Эта книга рассчитана на самый широкий круг читателей. Автор поставил себе цель рассказать о том, какую роль железо и созданные на его основе сплавы сыграли в развитии человеческого общества, как в наше время выплавляют сталь.

Природа как бы замаскировала железо, и оно явилось человеку прочно связанным с кислородом и смешанным со многими посторонними веществами. Опыт и смелая мысль позволили освободить железо от кислородного плена и построить из железных сплавов мир изумительной техники.

В своих рассказах о покорении железа человеком автор избегал употребления химических формул и специальных терминов, что могло бы затруднить чтение книги неподготовленным читателем. Лишь в нескольких местах дано самое элементарное представление о развитии химических процессов в плавильных агрегатах.

В книге показано, как изменился и продолжает меняться труд металлургов — людей, стоящих на огненных рубежах.



ИЗДАТЕЛЬСТВО · МЕТАЛЛУРГИЯ · 1964

И. Пешкин

ПОКОРЕНИЕ ЖЕЛЕЗА

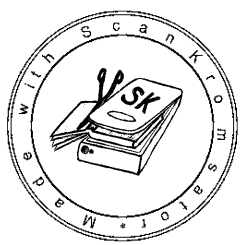
И. ПЕШКИН

ПОКОРЕНИЕ ЖЕЛЕЗА

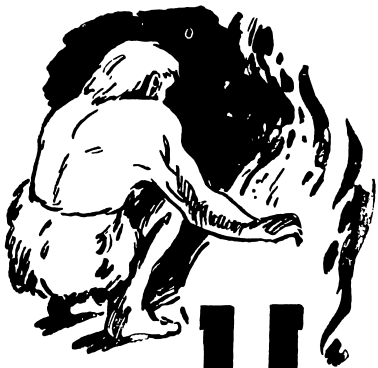
Повесть
о
пятитысячелетней
истории развития
металлургии железа
и о металлургии
наших дней

Издательство
«МЕТАЛЛУРГИЯ»
Москва 1964

УДК 669.1(023)



Scan AAW

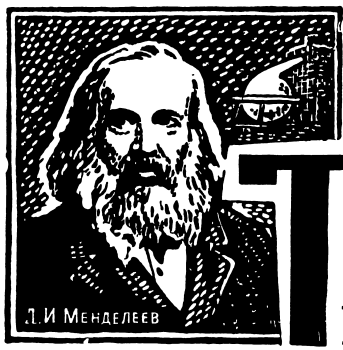


Часть первая

Человек строит свой мир



Глава первая



ТЫСЯЧЕЛЕТНИЕ ПОИСКИ

ТРЕБОВАТЕЛЬНЫЙ ЗАКАЗЧИК

Крепка, как сталь! И о людях говорят — стальной человек. А что такое сталь? Напрасно искать в перечне металлов или в периодической системе элементов сталь. Такого металла в природе нет. Но если вы уж прибегли к таблице, составленной почти сто лет назад знаменитым русским ученым Д. И. Менделеевым, к таблице, в которой все известные в то время (и остававшиеся еще неизвестными, но предугаданные провидцем) элементы получили строго определенные места, то остановите ваше внимание на восьмой группе. В третьем ряду под номером 26 значится железо. Этот химический элемент и составляет основу стали.

Сталь — это железо, в котором растворен углерод. В сталь часто вводят и другие элементы. И от того, какие из них входят в состав стали и в какой пропорции, зависят свойства ме-

талла. Сталь может быть твердой и мягкой, более или менее прочной, устойчивой против жара или холода и обладать многими другими свойствами.

Существует множество различных сортов или, как говорят металлурги, марок стали. Какой-то американский ученый заметил, что марок стали столько, сколько в ясную ночь простым глазом можно увидеть звезд на небе. Определение образное, хотя не очень точное.

Большое количество сплавов, в основе которых лежит железо, порождено многообразными требованиями, предъявляемыми к материалам техническим прогрессом — конструкторами различных машин, архитекторами, строителями. Рождение каждой новой марки стали или, иначе говоря, нового сплава — плод упорного и настойчивого труда многих людей, результат долгих поисков.

Именно поисков. Других, более надежных средств получения сплавов, обладающих необходимыми, заранее заданными свойствами, пока найти не удалось.

Наука настойчиво отыскивает закономерности, определяющие те или иные свойства сплавов.

Когда эти закономерности будут найдены, конструкторы машин или архитекторы смогут прийти к металловедам и сказать им: «Нам нужны сплавы, которые выдерживали бы нагрузку, скажем, в тысячу килограммов на квадратный миллиметр (теоретическая прочность железа около 1500 килограммов), чтобы они сохраняли прочность при нагреве до 800—1000 или более градусов и не теряли ее при охлаждении до температуры, близкой к абсолютному нулю, чтобы изделия из них были гибкими, немагнитными, чтобы...» Словом, к сплаву могут быть предъявлены самые разнообразные требования.

Металловед, естественно, попытается заглянуть в каталог сплавов, но конструктор остановит его: «Напрасный труд, ни один из известных сплавов нас не удовлетворяет». Металловед все же отыщет сплав, обладающий свойствами, более или менее приближающимися к предъявленным требованиям. Однако конструктор начнет доказывать, что предназначаемый сплав его не удовлетворяет. И тогда металловед скажет: «Зайдите через столько-то времени, мы подготовим такой сплав, какой вам нужен».

Чтобы получить сплав, который отвечал бы предъявленным требованиям, металлург или металловед не сделает, как это происходило до сих пор, попыток опытным (эмпирическим) путем подобрать подходящий состав. Он прежде всего засядет за расчеты... межатомных сил и электронных оболочек. Это будут очень сложные расчеты. Ему нельзя будет обойтись без электронно-счетной машины. И машина в конеч-

ном счете выдаст, вероятно, не одну, а несколько рекомендаций. Уже после этого можно будет включить электропечь, сварить сплав и проверить данные машиной рекомендации на практике.

Еще трудно сказать, как скоро наука придет к тому, что сможет выдавать рецепты на любые сплавы с заранее заданными свойствами, но мы все более приближаемся к такому положению вещей. Наши познания природы вещей намного выросли. Это итог долгой, очень долгой истории развития человеческой культуры, которая началась еще в первобытные времена.

Пять-шесть тысяч лет назад человек в борьбе за существование отыскивал нужные ему материалы из созданных самой природой. Развитие техники потребовало лучших, более совершенных материалов и со временем человек научился их создавать.

Проследим хотя бы бегло пройденный путь.

НА ЗАРЕ МЕТАЛЛИЧЕСКОГО ВЕКА

В первобытные времена человек изготовлял необходимые ему орудия труда главным образом из камня. Люди научились обтачивать, шлифовать и сверлить камни. Шлифовка производилась трением обрабатываемого камня о другой, а для ускорения этого процесса применяли песок и воду. Для высверливания дыр в камнях употребляли палки из твердого дерева; их вращали ладонями или при помощи тетивы лука. В некоторых случаях палку-сверло снабжали наконечниками из особо твердой породы камня.

Помимо камня, первобытный человек применял и другие материалы: раковины, кость, рога, дерево, растительные волокна, смолу. Раковины использовались как режущие и строгающие орудия. Они служили также сырьем для изготовления ножей, наконечников копий и стрел, рыболовных крючков.

Используя разные доступные для обработки материалы, первобытный человек изготовлял необходимые орудия труда и предметы обихода. Первоначально орудия труда служили также оружием для защиты от хищных зверей. Впоследствии люди научились делать специальное оружие, которое они могли применять не только для самозащиты, но и для нападения. Древнейшим оружием нападения служило копье, снабженное каменным или костяным наконечником. За коп-

ем последовали лук и стрелы: деревянные, тростниковые, обычно с наконечниками из камня, кости или зуба.

С возникновением земледелия появилась необходимость в новых орудиях труда. Чтобы глубже вспахать землю, земледельцы волочили по полю срубленный ствол дерева, на толстом конце которого оставляли предварительно заостренный сук. Это прообраз современного плуга.

Появляется меч, а спустя много времени — одно из важных орудий труда — серп. Но длинное лезвие меча, а тем более изогнутое лезвие серпа можно изготовить только из пластичного материала, способного принять необходимую форму. Для этих целей не годились ни камень, ни дерево, ни кость. Необходимый материал человек мог найти лишь среди металлов.

Какой же металл человек начал добывать и обрабатывать впервые?

Надо полагать, что это было золото. Еще в ранний период развития человеческой культуры золото могло привлечь внимание хотя бы блеском. Следует иметь также в виду, что в природе золото встречается главным образом в самородном состоянии, его нередко можно найти на поверхности. Так, еще в каменном веке наряду с изделиями из камня производили и мелкие золотые изделия. Найденные в Египте золотые изделия относятся, по-видимому, к VI тысячелетию до н. э. Завоеватели Южной Америки — португальцы — к великому своему удивлению обнаружили, что туземцы изготовляли рыболовные крючки из... чистого золота.

В природе встречается и чистая самородная медь. Ее также использовали как материал для украшения и для изготовления разного рода орудий труда. Куски найденной самородной меди первобытный человек, вероятно, рассматривал как камень мягкой породы и при помощи более твердых и плотный камней придавал им ту или иную форму. Чтобы изготовить топор из твердого камня и его отшлифовать, неолитический * человек должен был затратить месяцы; из самородной меди это можно было сделать намного быстрее. К тому же от частых ударов (ковки) медь уплотнялась, становилась более твердой, но не трескалась, не выщербливалась, как кремень или камни других пород.

Обработка самородной меди могла натолкнуть на мысль, что при сильном нагреве такие «камни» плавятся. Бросив на раскаленный уголь найденные им диковинные изумрудно-зе-

---

* Последняя эпоха каменного века, приблизительно V—II тысячелетия до н. э.

леноватые камни, человек столкнулся с новыми странностями: они таяли, расплавлялись, а остыв, приобретали новый вид и новые свойства. Шаг за шагом первобытный человек пришел к идее, что иные камни (медную руду) можно переплавить. А к тому времени уже была известна гончарная печь, температура пламени в ней была намного выше, чем в костре. Так открылась возможность начать систематическую выплавку меди. Процесс этот возник почти одновременно в ряде стран, расположенных в междуречье Тигра и Ефрата, в Египте, Китае, Индии...

Освоение выплавки меди относится к IV тысячелетию до н. э. Из меди делали кинжалы, топоры, наконечники копий, стрелы и другие предметы, которые нельзя было сделать из камня. Однако медь не могла еще вытеснить камень. Способы плавки были несовершенными, да и земля вовсе не была усеяна изумрудно-зелеными камнями.

В первобытную эпоху человек использовал также и самородное железо, но железо в самородном виде на земле не сохраняется. Соприкасаясь с кислородом земной атмосферы, оно окисляется и превращается в железную руду. Исследования показали, что самородное железо, которое человек иногда случайно находил на поверхности земли и использовал в раннюю эпоху своего развития, было метеорного происхождения. На землю ежегодно падают сотни, тысячи метеоритов, т. е. осколков небесных тел. Многие из них бесследно исчезают в морях, океанах, пустынях, степях, но некоторая часть метеоритных камней попадает в руки человека. Обнаруженные при раскопках в Египте и Мессопотамии древнейшие изделия сделаны не из рудного, а из метеоритного железа. Недаром железо издавна называли камнем с неба.

Падавшие с неба камни сначала служили предметом поклонения. Однако во многих случаях первобытные люди увидели в посланных им с неба камнях чудодейственный материал и использовали его для выделки разных украшений. Судя по раскопкам, которые производились в ближневосточных странах, метеоритное железо употреблялось для изготовления разных изделий.

Самородное железо, так же как и самородную медь, обрабатывали холодным способом при помощи каменного молотка. Для первобытного человека метеоритное железо было, видимо, ничем иным, как тем же камнем, хотя и обладавшим необычными качествами. Однако сколько-нибудь большого практического значения метеоритное железо не имело. Лишь после того как человек научился выплавлять железо в больших количествах из легковосстановимых озерных, болотных и других руд, камень как материал для изготовления различных изделий начал вытесняться железом.

ОТКРЫТИЕ ОГНЯ И ОВЛАДЕНИЕ МЕТАЛЛАМИ

Век металлов начинается с того времени, когда человек перешел от обработки случайно найденного куска самородного металла холодным способом к получению металлов из руды путем плавки с последующей горячей ковкой и литьем. Это произошло после того, как человек познакомился с огнем.

Открытие огня — одна из величайших вех в истории развития культуры. Можно предположить, что человек познал средства получения огня в то время, когда он изготовлял изделия из камня и дерева. Обрабатывая кремень, первобытный человек мог наблюдать появление искры. При обработке дерева возникало тепло, дерево нередко самовозгоралось. Огонь позволил человеку не только придавать тому или иному веществу необходимую форму, но и изменять природные свойства материала. Наиболее яркий пример — получение бронзы. Бронза почти одновременно начала применяться в различных странах мира.

«Важнейшим из производственных достижений Египта и Двуречья второго тысячелетия до н. э., — говорится во «Всемирной истории», — было введение в употребление бронзы (сплава меди и олова)... В Двуречье начали сплавлять медь с иранским оловом, во всяком случае, к концу III тысячелетия до н. э., но бронзовые изделия начинают появляться около этого же времени и в других местах. Огромную роль в этом сыграли литейные качества бронзы» *.

Двуречье было наиболее передовой страной того времени в отношении применения металла. Уже в начале II тысячелетия до н. э. там прочно установился бронзовый век.

Еще в III тысячелетии до н. э. в Греции были широко распространены металлы. Ученые полагают, что разработка месторождений меди была источником богатства Микен (одного из городов древней Греции). Медные и бронзовые орудия играли большую роль в освоении долины реки Инда. Бронзовые изделия были широко распространены в Китае в XIV—XII вв. до н. э., но большое значение еще сохраняли каменные и костяные изделия. На огромных пространствах Европы и Азии на рубеже III и II тысячелетий до н. э. создались условия, благоприятствовавшие развитию бронзолитейного дела.

Бронза служила основным материалом, из которого изготовляли орудия труда, предметы домашнего обихода, украшения. В бронзовую эпоху Египет стал возделывать свои равни-

---

* Всемирная история. Госполитиздат, т. I, 1955, стр. 261.

ны, и тогда же была построена сложная система искусственного орошения. Сооружение разветвленной сети каналов, водоемов, озер было бы немыслимым, если бы строители не имели в достаточном количестве орудий труда — лопат, кирок и т. п. Искусственные озера порой имели окружность в несколько сот километров. Для таких работ нужны были прочные орудия труда.

В ту пору, когда развивалась выплавка бронзы, состоялось и первое знакомство человека с железом, выплавленным из руды.

Когда и как это произошло?

КТО БЫЛ ПЕРВЫМ?

Место и время возникновения выплавки железа трудно установить. Да вряд ли и правильно было бы утверждать, что где-то в одном месте начали выплавлять железо из руды и оттуда, мол, это пошло. Вернее предположить, что в поисках лучшего материала для выделывания оружия и орудий труда люди разных племен в различных местах земного шара в разное время — кто раньше, кто позднее — пришли к мысли воздействием огня изменить природу и свойства естественных камней. Предполагают, что первыми начали выплавлять железо африканские негры. Произведенные раскопки подтвердили, что приблизительно во II тысячелетии до н. э. в Африке была широко распространена горячая обработка железа, но следы выплавки железа найдены и в других местах.

На основании письменных памятников можно установить, что в древнем Китае железное производство стояло на высоком уровне. В одной из китайских книг имеется упоминание о так называемом «железном Гуане» — административном органе, ведавшем добычей и обработкой железа в царствах древнего Китая.

В Индии, в городе Дели, который в течение тысячелетий остается столицей различных индийских государств, сохранилась железная колонна высотой около 8 метров и диаметром 0,4 метра. Железные балки длиной до 6 метров встречаются во многих древних храмах. Четыре тысячи лет назад индийцы умели изготовлять оружие из стали.

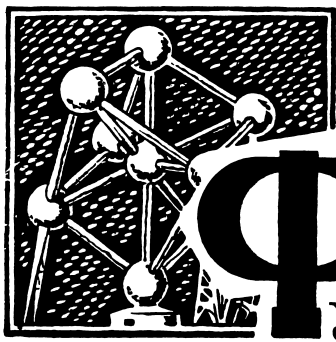
В странах ближнего Востока выплавка железа из руд началась примерно три с половиной тысячи лет назад (XV в. до н. э.).

В Европе впервые начали выплавлять и обрабатывать железо на юге Балканского полуострова. По данным археологи-

ческих раскопок, это произошло в конце II тысячелетия до н. э. В IX — VIII вв. до н. э. начинают плавить железную руду и ковать железные изделия племена Волго-Окского бассейна. В первой половине I тысячелетия до н. э. железное литье появляется у предскифских племен современной Украины. Полного развития культура железа в Восточной Европе достигает в VIII в. до н. э. и особенно во второй половине I тысячелетия до н. э.

В бассейне реки Камы железо более двух тысяч лет назад стало главным материалом, из которого племена, населявшие этот край, производили орудия труда. В Горном Алтае, а также в Южной Сибири железо начали применять две—две с половиной тысячи лет назад. Этим далеко не исчерпывается список мест, где были обнаружены следы железного промысла. Отечественные и иностранные археологи продолжают изучать этот чрезвычайно интересный вопрос.

Глава вторая



ФУНДАМЕНТ ПРОГРЕССА

ЭПОХИ И МАТЕРИАЛЫ

Историю материальной культуры принято делить по роду материалов, преимущественно применявшихся в то или иное время: каменный век сменился бронзовым, за ним наступил железный.

Поразительны успехи, одержанные в последние десятилетия химией. Она дала материалы, более дешевые и в ряде случаев более стойкие и более доступные, чем цветные и черные металлы. Понятно, что там, где это эффективно, железные сплавы уступают место новым синтетическим материалам. Однако потребности в материалах с различными свойствами столь велики, что развитие синтетической химии в обозримый период вряд ли намного снизит удельный вес железных сплавов в общем балансе конструкционных материалов. Известный советский металлург академик И. П. Бардин

незадолго до своей кончины писал: «Лично я не думаю, что в ближайшее столетие железо резко сдаст свои позиции». Близкую к этой точку зрения высказал академик А. Н. Фрумкин: «Хотя у металлов появился мощный конкурент в виде высокополимеров, металлы продолжают твердо сохранять свои позиции на важнейших участках фронта научно-технического продвижения».

Другие видные советские ученые полагают, что роль металлов, в частности железных сплавов, со временем несколько изменится. Академик П. А. Ребиндер считает, что все бóльшее значение будет иметь использование металлов совместно с пластиками, новыми высококачественными бетонами и другими неметаллическими материалами; при этом металлы станут играть роль начинки. «Это, конечно, не значит, — отмечает он, — что металлы перестанут применяться».

Ученые-химики, развивающие науку о полимерах, академики Н. Н. Семенов и В. А. Каргин считают, что «мы вступили в век искусственных материалов, век пластмасс», что «полимеры превзойдут лучшие стали», а по физическому объему производство полимерных материалов скоро приблизится к производству металлов.

Какое из этих высказываний ближе к истине? В наш век технического прогресса трудно быть пророком. В течение последнего столетия индустриально развитые страны соревновались между собой — какая из них произведет больше стали. И это понятно: сталь — важнейшая промышленная продукция, во многом определяющая мощность страны. Стоит, однако, вспомнить, что было время, когда значение этого материала еще не было осознано.

Полемизируя со схоластами, пытавшимися доказать, что металлы, якобы, бесполезны для людей и что человек не должен касаться священных недр земли, автор первого научного труда в металлургии Георгий Агрикола * писал:

«Человек не может обойтись без металлов... если бы не было металлов, люди влачили бы самую омерзительную и жалкую жизнь среди диких зверей. Они вернулись бы к желудям и лесным яблокам и грушам, питались бы травами и кореньями, ногтями выгребали бы себе логовища, чтобы лежать в них ночью, а днем бродили бы там и сям по лесам и полям, подобно зверям. Поскольку же такой образ жизни совершенно недостоин человеческого разума, самого лучшего дара природы, неужели кто-либо окажется столь глуп и упрям, чтобы не согласиться, что металлы необходимы для пропитания и

* Георгий Агрикола родился в 1494 г. в саксонском городке Глаухау. Следуя тридиции гуманистов эпохи Возрождения, он свою немецкую фамилию Бауэр (что означает «земледелец») перевел на латинский язык и в историю науки и техники вошел под именем Агриколы.

одежды, и что они вообще служат для поддержания человеческой жизни?» *

Два с лишним века спустя великий русский ученый М. В. Ломоносов писал в «Слове о пользе химии»: «Металлы подают укрепление и красоту важнейшим вещам в обществе потребным... Ими защищаемся от нападения неприятеля, ими утверждаются корабли и силою их связаны, между бурными вихрями в морской пучине плавают. Металлы отверзают недро земное к плодородию; металлы служат нам в ловлении земных и морских животных для пропитания нашего... И кратко сказать, не едино художество, не едино ремесло простое употребление металлов миновать не может». Металлургия «есть предводительница к сему внутреннему богатству».

Освоение даже примитивных методов добывания железа было важной вехой в истории человечества. «Железо сделало возможным полеводство на крупных площадях, расчистку под пашню широких лесных пространств; оно дало ремесленнику орудия такой твердости и остроты, которым не мог противостоять ни один камень, ни один из известных тогда металлов» **.

Прослеживая дальнейшую историю разных стран, разных народов, легко убедиться, что именно с развитием металлургии связан прогресс во всех областях, что железо явилось фундаментом прогресса.

Железо как материал для производства орудий труда и оружия стало применяться четыре — пять тысячелетий назад. Однако «детский период» железного века очень затянулся. Вся мировая выплавка стали в 1901 г. составляла лишь 31 млн. тонн. Немногим более чем за полвека мировая выплавка выросла примерно в десять раз; если бы этому не мешала сдерживающая развитие производительных сил капиталистическая система, рост был бы намного бóльшим.

ДОБРАЯ И ЗЛАЯ СТАЛЬ

Иногда можно услышать утверждения, что бурный рост металлургии в нашем веке вызван кровопролитными мировыми войнами, разразившимися в первой половине нашего века. Верно: железо играет в войнах значительную роль. Еще древнеримский писатель и ученый Плиний-старший писал,

---

* С. В. Шухардин. Георгий Агрикола. Изд. Академии наук СССР, 1955, стр. 67—68.

** Ф. Энгельс. Происхождение семьи, частной собственности и государства. Госполитиздат, 1952, стр. 168.

что железо — самый полезный и самый вредный материал, так как человек не мог придумать ничего более разрушительного, чем железо в войне.

Немногим более ста лет назад, к концу Крымской войны у берегов Крыма появились первые в мире плавучие панцирные, т. е. одетые в железо, батареи, а вскоре затем и суда, одетые в броневую сталь. Тотчас же начались поиски металла, который смог бы пробить эту броню. Это, в конечном счете, удалось, и сталь поборола сталь.

Сколько раз человечество сталкивалось с подобными обстоятельствами, когда великие открытия использовались во вред ему. Силы добра и силы зла всегда противоборствуют.

В 1889 г. в ознаменование происходившей в Париже Всемирной выставки французский инженер Эйфель построил башню из стали. Творение инженера Эйфеля призвано было олицетворять мир и согласие между народами. Эйфелева башня противопоставлялась вавилонской, символизировавшей разброд и несогласие народов. Однако мир удержался ненадолго. Через двадцать пять лет началась первая мировая война. Из огромной пушки — «Большой Берты» — немцы в первую мировую войну сталью били по Парижу и чуть не разрушили Эйфелеву башню.

А спустя всего четверть века разразилась вторая мировая война. Еще бóльшие массы стали обрушились на страны Европы и других континентов.

... На происходившей в 1958 г. в Брюсселе Всемирной выставке символом времени снова выступила сталь. Над территорией, которую занимала выставка, владычествовало необыкновенных очертаний здание Атомиума, составленное из девяти шаров, сделанных из шлифованного белого металла. Шары диаметром в 18 метров как бы висели в воздухе. Восемь шаров по вершинам куба, девятый — в центре. Это была модель молекулы железа, увеличенная в 165 миллиардов раз.

Да, железо основа основ, фундамент цивилизации!

Уже в то время, когда Энгельс указывал на выдающуюся роль железа в развитии человеческого общества (а это было в 1884 г.), из каждых 100 килограммов разных металлов, которые находили применение в технике, строительстве, в домашнем быту, 95 килограммов приходилось на железо и лишь 5 килограммов на все остальные металлы — медь, олово, свинец... В последующие десятилетия широко развернулось производство алюминия и магния, начиная с сороковых годов нашего века большие успехи начала делать металлургия титана, но главенствующим среди всех металлов остается железо.

Черная металлургия призвана сыграть исключительную роль в создании материально-технической базы коммунизма.

«Дальнейшее быстрое увеличение производства *металла* и *топлива*, составляющих фундамент современной промышленности, по-прежнему останется одной из важнейших народнохозяйственных задач. За 20 лет черная металлургия достигнет уровня, позволяющего выплавлять примерно 250 млн. тонн стали в год. Производство стали должно покрывать полностью растущие потребности народного хозяйства в соответствии с достигнутым к тому времени уровнем технического прогресса».

Так сказано в принятой в октябре 1961 г. XXII съездом Программе Коммунистической партии Советского Союза.

Сталь — фундамент современной промышленности, фундамент материально-технической базы коммунизма, и он должен быть прочным.

Посмотрим, как шло развитие металлургии нашей страны в прошлом.

ПРОШЛОЕ, НАСТОЯЩЕЕ И БУДУЩЕЕ ОТЕЧЕСТВЕННОЙ МЕТАЛЛУРГИИ

Добыча и обработка металлов на территории нашей Родины начались еще в древнейшие времена, но особенно большого развития металлургия достигла в XVIII в., когда по выплавке чугуна и производству железа Россия выдвинулась на первое место в мире.

Русское железо вывозили во многие страны, в том числе и в страны, которые затем по промышленному развитию вырвались вперед. Приведем одну выдержку из английской газеты «Морнинг пост» от 16 июня 1851 г.:

«Демидовское железо «старый русский соболь»,— писала английская газета, — называемое обыкновенно Sable, играет важную роль в истории нашей народной промышленности; оно впервые ввезено было в Великобританию для передела в сталь в начале XVIII столетия, когда сталеделательное производство наше едва начало развиваться. Демидовское железо много способствовало к основанию знаменитости шеффильдских изделий».

Россия сохраняла первенство в производстве металла вплоть до начала XIX в. и лишь тогда ее усиленно начали обгонять западные страны — Англия, Германия, Франция, США. Тот факт, что впоследствии Россия отстала от западноевропейских стран и Америки в развитии металлургии, нельзя, конечно, объяснить тем, что русские разучились выплавлять металл или какими-либо другими подобными причинами. И сырых материалов — железной руды, древесного и ми-

нерального угля — в России было предостаточно, чтобы наращивать производство черных металлов. Историческая обстановка сложилась так, что западные страны в индустриальном развитии вырвались вперед.

Правда, в конце прошлого века наступил некоторый подъем отечественной металлургии. На юге страны на базе донецких углей и криворожской руды построили ряд металлургических заводов (в Донбассе и на Днепре). Заводы эти в большинстве своем принадлежали заграничным акционерным обществам, а иностранные капиталисты были заинтересованы не столько в том, чтобы сделать Россию богатой железом, сколько в получении более высоких прибылей. Они смотрели на Россию как на колониальную или полуколониальную страну. И вся «политика» их сводилась к тому, чтобы производить в стране поменьше железа, а дивиденты чтобы были посолиднее. Поэтому даже возникновение довольно мощной металлургии на юге России не намного уменьшило нужду страны в металле.

В 1913 г., перед первой мировой войной, у нас на душу населения приходилось всего лишь 30 килограммов стали, в шесть — десять раз меньше стали, чем в развитых капиталистических странах. В. И. Ленин писал, что в отношении потребления металла «отсталость и дикость России» особенно велики, что по нормам потребления металла Россия стала непосредственной соседкой нищей Испании.

Началась война. Царская армия терпела поражение за поражением. Вражеская артиллерия засыпала русские войска градом снарядов, а отвечать было нечем. Армии не хватало пушек, снарядов, винтовок. Нередко на трех — пятерых солдат приходилась одна винтовка.

А в недрах нашей земли лежали несметные запасы железа...

В результате первой мировой и гражданской войн старая — слабая, немощная — металлургия была уничтожена дотла.

Само собой разумеется, что, не имея металла, нельзя было и думать о подъеме хозяйственной жизни страны — развитии сельского хозяйства, производстве машин, постройке новых железных дорог. Для всего этого требуются ведь железо, сталь...

Как вспахать землю без плуга и без трактора?! В первые годы советской власти В. И. Ленин, как о мечте, о фантазии, писал о ста тысячах тракторов для деревни. Мечта эта оставалась несбыточной, пока не была создана могучая советская металлургия. Восстановлению металлургии партия и правительство тогда уделяли огромное внимание. И все же на это ушло восемь лет.

Но страна не могла довольствоваться крайне низким уровнем развития металлургии, на котором стояла старая Россия. Партия поставила во главе фронта металла своих выдающихся деятелей — Ф. Э. Дзержинского, Г. К. Орджоникидзе.

В первые пятилетки были построены гигантские металлургические предприятия: на востоке — Магнитогорский и Кузнецкий комбинаты, на юге — заводы «Азовсталь», «Запорожсталь». Коренным образом реконструированы были старые заводы — Макеевский, Днепродзержинский и др. К концу второй пятилетки — в 1937 г.— выплавка стали в нашей стране достигла 17,7 млн. тонн. За десять лет (с 1928 г.) выплавка стали выросла более чем в четыре раза, при этом среднегодовой прирост за вторую пятилетку составил 2,4 млн. тонн. Однако в последующие три предвоенных года рост черной металлургии почти приостановился (среднегодовой прирост составил лишь 0,2 млн. тонн).

Этому были особые причины. Воспитанные партией и закаленные в боях за пятилетки кадры работников советской черной металлургии в период культа личности подверглись жестоким репрессиям. Многие крупные работники промышленности были оклеветаны и репрессированы. Разгром кадров металлургии не мог не сказаться на ее развитии, и за три года (1937—1940 гг.) выплавка стали поднялась немногим больше чем на 0,5 млн. тонн. К началу войны она составила 18,3 млн. тонн.

В первые же месяцы войны металлургические заводы Юга были заняты врагом. На территории СССР, оккупированной к ноябрю 1941 г., до войны выплавлялось 68% всего производившегося в стране чугуна и 58% стали *. Выпуск конечного продукта металлургического производства — проката черных металлов — основы военной промышленности уменьшился к декабрю 1941 г. против июня того же года в 3,1 раза. Мощности, которыми страна в то время располагала, были не намного бóльшими, чем те, которые имела старая царская Россия к началу первой мировой войны.

На восток перебазировали много прокатных станов, построили новые доменные печи в Магнитогорске, новые мощности для производства чугуна и стали созданы были на Ново-Тагильском металлургическом заводе, заново выстроен был Челябинский металлургический завод. По данным бывшего председателя Госплана СССР Н. А. Вознесенского, производство чугуна в восточных районах СССР в 1944 г. выросло на 46%, стали — на 44% и проката — на 42% ** (по сравнению с

---

* Н. А. Вознесенский. Военная экономика СССР в период отечественной войны. Госполитиздат, 1948, стр. 42.

** Там же, стр. 80.

уровнем производства в тех же районах в 1940 г.). В 1945 г. вся выплавка чугуна в СССР составляла 8,8 млн. тонн, стали 12,3 млн. тонн, проката 8,5 млн. тонн *.

Страна остро нуждалась в металле. Стала задача не только восстановить уровень производства металла, достигнутый перед войной, но и самыми быстрыми темпами двинуть металлургию вперед. Плановыми предположениями намечалось в двадцатилетний срок поднять выплавку металла до 60 млн. тонн (из дальнейшего будет видно, что план этот не учитывал всех возможностей страны).

Зорко наблюдавшие за ходом восстановления народного хозяйства нашей страны иностранные экономисты и дипломаты, утверждали, что эта задача нереальна. Они считали ее столь же фантастической, каким, по мнению знаменитого фантаста Герберта Уэллса, был ленинский план электрификации. В этом впоследствии открыто признался в своей книге «Мир с Россией?» один из видных деятелей США, бывший посол в СССР А. Гарриман. Чтобы оправдать свою, мягко говоря, недальновидность, Гарриман ссылался на то, что для выплавки 60 млн. тонн стали в год довоенное производство надо было превысить более чем в три раза, а фактический уровень 1945 г. — в пять раз. Советские металлурги на самом деле дали стране 60 млн. тонн стали не в 1965 г., как предполагалось, а в 1959 г. К 1965 г. выплавка стали достигнет 86—91 млн. тонн.

Этот бурный рост нашей металлургии — результат не только ввода новых мощностей (строительство черной металлургии также идет быстрее, чем намечено), но и того, что советские металлурги добились лучших в мире показателей использования оборудования. Глубокая заинтересованность каждого рабочего в развитии своей металлургии, сознание, что металлургия — основа, фундамент всего, — вот факторы, заложенные в советских темпах.

«Для советских рабочих-металлургов, — писал прогрессивный американский экономист Виктор Перло в своей книге «Экономическое соревнование СССР и США» **,— так же важно выплавить досрочно миллион тонн стали, как всегда было важно для капиталистов сколотить для себя первый миллион долларов. Но первая цель находится в полной гармонии с интересами всего народа, а вторая — нет. Вот почему советские металлурги выигрывают в соревновании между двумя системами».

---

* Промышленность СССР, статистический справочник. Госстатиздат, 1957, стр. 106.

* * ИЛ, 1960, стр. 125.

Ход развития металлургии у нас и в США в самом деле очень ярко отображает ход мирного соревнования между СССР и США.

Самого высокого уровня выплавки стали США достигли в 1955 г. — 106,2 млн. тонн, в 1958 г. выплавка стали в США упала до 77,3 млн. тонн, затем она несколько поднялась, но ни в один из последних годов она не поднималась выше 90 млн. тонн. Между тем ежегодный прирост выплавки стали в Советском Союзе составляет 5—6 млн. тонн. В 1963 г. выплавка стали в СССР составила 80,2 млн. тонн, и составила 80% от американской выплавки против 49% в 1957 г. и 37% в 1953 г. *

Так быстро шагает советская металлургия. Когда осенью 1962 г. выяснилось, что сталеплавильная промышленность СССР в третьем квартале дала больше стали, чем американская, то это повергло американских экономистов в уныние. «Специалисты по России» вопрошали: не близок ли день и час, когда американская металлургия вообще останется позади?

Говорят, к горю надо привыкнуть. Так произошло с американскими экономистами. Прошло еще немного времени и они уж, как о неизбежном, писали, что скоро, очень скоро русские, видимо, догонят Америку по производству стали.

В какие-то периоды американская экономика еще и поднимется, но за нашими темпами ей не угнаться и все меньше голосов раздается за океаном, что намеченные темпы развития советской металлургии — нереальные.

Рубеж советской металлургии намечен и он будет достигнут.

Куда пойдет эта масса стали? Зачем нам столько стали? — спросит иной читатель.

Попытаемся обозреть нашу страну, ее хозяйство.

ДЛЯ ЧЕЛОВЕКА

Величайшим подвигом советских людей явилось освоение миллионов гектаров целинных земель. Этого нельзя было бы осуществить без передовой сельскохозяйственной техники. Всесторонняя механизация — генеральный путь подъема сельского хозяйства и удовлетворения возрастающих потребностей советских людей в сельскохозяйственной продукции. *Сталь кормит нас.*

---

* Об итогах выполнения государственного плана развития народного хозяйства СССР в 1963 г. Сообщение Центрального статистического управления при Совете Министров СССР. «Правда» от 24 января 1964 г.

Главным и почти единственным орудием шахтера в старое время был обушок. Теперь каменный уголь добывают врубовыми машинами и комбайнами. Металлическими стойками крепят шахтные выработки. На многих шахтах процесс добычи угля организован так, что человеческая рука не прикасается к углю на всем пути его следования от забоя до вагона. Добыча угля в нашей стране будет еще более механизирована. Шахтам и угольным разрезам понадобится много металла.

Нефть называют кровью промышленности. Без нефти и продуктов, которые из нее извлекают — бензина, керосина, лигроина, смазочных веществ, остановятся тракторы, заглохнут моторы автомобилей, самолетов, замрут машины речных, морских и океанских кораблей, перестанут действовать многие электростанции. Нефть — ценнейшее сырье для химической промышленности. Нефть будет играть все бóльшую роль в народном хозяйстве. Но и нефть нельзя добыть без стальных долот (которые на глубине в несколько километров долбят землю), без труб, насосов, компрессоров. Со стальных островов ведется добыча нефти в открытом море. Стальные трубы достигли глубоких девонских * слоев на землях Татарии, Башкирии, Сибири.

Нефтепроводы пересекли страну в разных направлениях. Из месторождений Урало-Волжского района нефть течет на восток — в Восточную Сибирь и на запад — в социалистические страны Европы. Заканчивается прокладка нефтепровода, справедливо названного «трассой дружбы». И еще тысячи и тысячи километров нефтепроводов проложат в советской земле. Для этого нужны стальные трубы.

Природный газ сравнительно недавно вошел в наш обиход как топливо и как сырье для химической промышленности. Недра Советской страны богаты газом; этот вид топлива очень эффективен и удобен. Все гуще становится сеть газопроводов в нашей стране. Газ передается из районов Северного Кавказа в Москву и Ленинград, из Прикарпатья в Прибалтику. Закончено строительство первой очереди крупнейшего в мире газопровода Бухара — Урал. Доменные и мартеновские печи Магнитки, Орско-Халиловского комбината и Челябинского завода получили дешевое топливо — природный газ. В 1964 г. газопровод протянется до Свердловска, а затем до Нижнего Тагила.

Сотни городов Советского Союза получают природный газ. Чтобы еще расширить сеть подземных магистралей, по которым течет голубое топливо, нужны трубы, нужна сталь.

---

* Девонский период, или 3-й период палеозойской эры, 310—275 млн. лет назад.

А какой взлет получает в наше время химия! Декабрьский Пленум (1963 г.) ЦК КПСС принял грандиозную программу развития в нашей стране химической промышленности. Химия не может существовать без качественной металлургии, без таких видов стали, которые не боятся коррозии и воздействия различных кислот и щелочей.

Один из главных потребителей металла — *железнодорожный транспорт*. Вспомним, как выросли в последние годы скорости движения на железных дорогах. Теперь уже не редкость, когда поезда идут со скоростью 120—180 километров в час. Для этого требуются прочные железнодорожные рельсы, которые могли бы выдержать такие скорости; и вагоны должны стать более прочными и легкими. А для всего этого нужна сталь особых марок.

На речных и морских кораблях паруса давно уже заменены паровыми машинами и дизелями, деревянные корпуса уступили место стальным. На наших реках и морях появились и крылатые корабли. На сотнях новых судов поднимаются советские флаги, строятся новые порты и пристани. Все это требует много стали.

Автомобилестроение в нашей стране началось после Октябрьской революции. В первую пятилетку был построен Нижегородский (ныне Горьковский) автомобильный завод, захудалые ремонтные мастерские капиталиста Рябушинского в Москве были превращены в первоклассный автомобильный завод. Выросли автомобильные заводы на Урале, на Украине, в Закавказье, на Волге и в других местах. Наша страна не стремится догнать США по производству легковых автомобилей. Ведь там личный, индивидуальный автомобиль из предмета удобства, из вида транспорта, который должен облегчить передвижение, превратился в обузу: на содержание личного автомобиля средний американец тратит почти четверть своего заработка. В нашей стране все бóльшее развитие получает общественный транспорт. Растет таксомоторный парк, развивается прокат автомобилей. Особенно быстро растет выпуск грузовых автомобилей. На наших крупных стройках, при добыче полезных ископаемых широко применяются грузовые машины большой грузоподъемности. Развивается специальный автотранспорт. Автомобилестроение — один из крупнейших потребителей черных металлов.

Партия поставила задачу разрешить *жилищную проблему* с расчетом, чтобы каждая семья имела отдельную благоустроенную квартиру. И жилой дом, и школу, и детские ясли, и дворец пионеров, и клуб или кинотеатр нельзя построить без стали.

На стройках величайших *гидроэлектростанций* мира работают экскаваторы, каждый из которых заменяет труд тысяч

людей. Камнедробилки, бетонные заводы-автоматы, краны — все это сталь.

Из стали сплетены каркасы плотин. Стальные шпунты защищают плотины от натиска воды. На постройку одной только Волжской ГЭС им. Ленина понадобилось свыше 800 тыс. тонн стали. Если поезда, груженные этой сталью, вытянуть в одну линию, то получился бы состав в 50 тыс. вагонов. По мощности Волжскую станцию превзошла Волгоградская, но она уступила первенство Братской, которая с конца 1963 г. работает на полную мощность.

Развернулись подготовительные работы по строительству гидроузлов и каналов, которые соединят бассейн Волги и Печоры, и станций, которые будут работать на энергии морских приливов. На десятки километров протянутся плотины этих станций. Для этого требуется сталь.

На стальных мачтах укреплены провода, несущие электроэнергию в крупные экономические районы. Зайдем в цех любого машиностроительного завода и мы окажемся в мире стали. На текстильных фабриках вам прежде всего бросится в глаза сталь прядильных, чесальных, ткацких, отделочных машин и станков. Волны тканей, выработанных на текстильных фабриках, под стальной иглой швейной машины превращаются в одежду.

А хлеб, который мы едим? Его выпекают хлебозаводы-автоматы. А сотни километров конвейерных линий на мясо- и рыбокомбинатах, на консервных заводах?

Все это сталь!

Чтобы технически перевооружить пищевую и легкую промышленность, дать ей достаточно машин и автоматов, нужна сталь и притом высококачественная, нержавеющая!

Тонкими инструментами из самой высококачественной стали вооружен врач, когда он делает хирургическую операцию.

Посмотрите вокруг себя. Наши повседневные потребности в металле растут изо дня в день. Колхозники едут в поле на велосипедах и мотоциклах. Повысился уровень жизни людей. Предметом первой необходимости стал холодильник. Растет выпуск металлического ширпотреба.

Сталь производит электроэнергию, строит, добывает уголь, нефть и газ, кормит и лечит нас, обувает и одевает.

Механизировать тяжелый труд — одна из важных задач коммунистического строительства. Чуть ли не ежедневно мы узнаем о новых машинах и механизмах, которые приходят на помощь человеку. Целые армии грузчиков заняты были на речных и морских пристанях, на железных дорогах. Теперь там всюду машины — автокары, автопогрузчики, краны разных систем. Для этого нужна сталь.

...В Программе КПСС провозглашено мирное сосуществование государств с различным общественным строем. Коммунистическая партия высоко несет знамя мира и дружбы народов, но вместе с тем она стремится обеспечить безопасность и неприкосновенность нашего социалистического отечества и всего социалистического лагеря. Всемерное развитие металлургии преследует мирные цели, но не забыты и задачи обороны.

В удостоенном Ленинской премии труде «Капитализм двадцатого века» академик Е. Варга касается перемен, происшедших в военной технике. Еще в начале этого века она «принципиально мало отличалась от техники времен наполеоновских войн: та же пехота, вооруженная винтовками (пулемет типа «Максим» уже существовал, но был еще мало распространен), та же кавалерия, артиллерия с конным транспортом... Ни моторизованный транспорт, ни танки, ни самолеты еще не состояли на вооружении армий. Только военно-морской флот был на значительно более высоком уровне, чем за сто лет перед этим. Однако подводные лодки еще не применялись» *.

Незачем рассказывать, насколько изменилась военная техника за прошедшие полвека. Миллионы и десятки миллионов тонн стали потребовались на производство танков, артиллерийских орудий, минометов и прочей военной техники, нашедшей применение во второй мировой войне.

За послевоенные годы призошли новые существенные изменения. Металлоемкость военной техники, в частности ракетной, значительно снизилась, но намного повысились требования к качеству металла. Понятно, почему мощность стран определяют по уровню выплавки стали.

Итак, *сталь всюду*!

СЕГОДНЯ И ЗАВТРА МИРОВОЙ МЕТАЛЛУРГИИ

Какими темпами пойдет мировое развитие металлургии? Этот вопрос занимает и немало беспокоит государственных деятелей, экономистов, ученых разных стран. В США и в других капиталистических странах делались попытки определить развитие металлургии на ближайшие двадцать — двадцать пять лет. Само собой разумеется, что эти потуги не имеют ничего общего с народнохозяйственным планированием в СССР. В 1952 г. в США были опубликованы материалы созданной

---

* Е. Варга. Капитализм двадцатого века, Госполитиздат, 1961, стр. 8—9.

по указанию бывшего президента Трумэна комиссии Пейли. По этим данным, выплавка чугуна в США должна к 1965 г. составить 90 млн. тонн, а стали 135 млн. тонн. В конце 1957 г. в одном из американских журналов сообщалось, что к 1975 г. выплавка стали в США должна составить 163 млн. тонн, а производственные мощности должны вырасти до 180 млн. тонн. Ахиллесовой пятой этих планов является сырьевая база.

Как видим, даже в своих проектах американцы не находят возможностей развернуть производство стали таким образом, чтобы они могли сохранить мировое первенство. Главным препятствием этому являются противоречия капиталистической системы хозяйства.

Заслуживают внимания соображения о развитии мировой металлургии западногерманского экономиста, социал-демократа, профессора Ф. Бааде. В книге «Соревнование к 2000 году» * (подзаголовок к книге звучит так: «Наше будущее: рай на земле или самоуничтожение человечества») он анализирует перспективы соревнования двух общественных систем. Остановившись на основных тенденциях в развитии мирового производства стали, Бааде считает, что ближайшие десятилетия в производстве стали будут эпохой революционных преобразований. Проанализировав данные о потреблении стали на душу населения (США 568 килограммов, Турция 12, Индия 9, Индонезия 3,7), западногерманский ученый приходит к выводу, что «это резкое различие в потреблении стали на душу населения в отдельных странах порождает мощные динамические силы: потребление стали в развивающихся странах не останется, да и не может остаться, на существующем ныне низком уровне. Оно должно возрасти и непременно возрастет во много раз». По исчислениям Ф. Бааде, общее мировое производство стали к 1975 г. достигнет 540 млн. тонн; почти половина будет приходиться на коммунистические страны.

Заметим, что эти цифры близки к исчислениям, сделанным организациями экономической взаимопомощи социалистических стран. По этим данным производство стали социалистическим лагерем будет поднято к 1980 г. до 330 млн. тонн против 86 млн. тонн в 1960 г. **.

Бааде приходит к выводу, что предсказанное им увеличение производства стали в Западной Европе и США за пятнадцать лет на 50% окажется реальным только в случае, если в мире к тому времени будет осуществлено радикальное разоружение.

---

* Ф. Бааде. Соревнование в 2000 году. ИЛ, 1962, стр. 207—217.

* * Н. С. Хрущев, Коммунист, 1962, № 12.

«Это не описка: здесь действительно имеется в виду *разоружение*, а не вооружение» — подчеркивает автор и убедительно аргументирует это.

* *
*

Итак, миру нужна сталь для мира, для того, чтобы покончить с нищетой, с недоеданием, с жилищной нуждой, чтобы люди зажили по-людски!

А теперь вернемся к нашим внутренним делам. Чтобы выйти на намеченные рубежи, полностью удовлетворить потребности в металле, страна должна располагать необходимыми природными ресурсами — железной рудой, топливом и другими материалами; технология производства должна стоять на необходимой высоте, чтобы получить необходимое количество стали наименьшей ценой. Достаточны ли наши ресурсы? Насколько страна технически подготовлена к решению задачи?

Глава третья



КЛАДОВЫЕ СОВЕТСКОЙ МЕТАЛЛУРГИИ

К концу этого века ежегодная мировая выплавка стали, вероятно, приблизится к восьмистам миллионам — миллиарду тонн. За одно столетие — рост в 25—30 раз. В нашей же стране выплавка стали вырастет в 70—80 раз! Невольно подумаешь: не приведет ли это к исчерпанию запасов железа, содержащихся в нашей планете, не выберем ли мы из нее все доступные запасы железа?

Чтобы в этом разобраться, следует прежде всего узнать, из чего состоит планета, на которой мы обитаем, как в ней распределены разные химические элементы, какое место среди них занимает железо.

Ученые задумались над этим давно, им удалось рассчитать вес Земли, образно говоря, взвесить ее. Оказывается, масса Земли равна $5{,}98 \cdot 10^{21}$ тонн.

По данным выдающегося советского ученого академика А. Е. Ферсмана, Земля в основном состоит из девяти хими-

ческих элементов: кислорода, кремния, алюминия, железа, кальция, натрия, калия, магния, водорода. Эти девять элементов составляют более 98% веса земной коры *, на долю остальных элементов приходится менее 2%.

На разных глубинах земного шара элементы распределены неравномерно. В земной коре содержится кислорода 49,13%, кремния 26,00%, алюминия 7,45%, железа 4,20%.

Из этого следует, что железа в нашей планете много, но далеко не все оно доступно.

НЕ УГРОЖАЕТ ЛИ ЧЕЛОВЕЧЕСТВУ ЖЕЛЕЗНЫЙ ГОЛОД?

Еще в те времена, когда железо только начали применять, когда никто и не помышлял о железных дорогах, автомобилях или тракторах, люди стали задавать себе вопрос — хватит ли на Земле железа, чтобы удовлетворить потребности в нем? Две тысячи лет назад философы древней Греции заговорили об угрозе железного голода. «Что будет с человечеством, когда на Земле не останется больше железа?» — с тревогой спрашивали они.

И на протяжении многих веков, несмотря на успехи в изучении строения Земли, не так-то просто было найти пригодные железные руды. Вопрос этот особенно остро стал в конце XIX и начале XX вв., когда быстро стала развиваться машинная индустрия. В 1910 г. в Стокгольме происходил Международный геологический конгресс. Специальное заседание конгресса было посвящено вопросам борьбы с... железным голодом. Конгрессу был представлен баланс железных ресурсов Земли. По расчетам, полное истощение залежей железа должно было наступить через... шестьдесят лет.

Если бы доложенные Стокгольмскому конгрессу прогнозы оправдались, то мы теперь должны были бы уже крайне ограничить себя в потреблении железа, а не развивать производство его столь быстро. Железных дорог становилось бы все меньше и меньше, не из чего было бы делать автомобили и тракторы, плуги и комбайны, турбины и котлы. Словом, с исчерпанием железных ресурсов колесо технического прогресса повернулось бы вспять.

---

* Земная кора (литосфера) — верхняя твердая оболочка Земли. Ее толщина колеблется от 15 до 70 километров, уменьшаясь под океанами и увеличиваясь под материками. Практически доступны для добычи тех или иных ископаемых слои, расположенные на глубине до одного километра. Лишь в редких случаях особо ценные минералы добывают в шахтах глубиной до 5—6 километров. С глубины в 6—8 километров добывают нефть и газ. В последние годы ученые развернули подготовку к тому, чтобы пробурить земную кору на всю ее толщину и достичь подкоркового слоя.

Так что же данные о химическом составе Земли неверны? Подсчеты содержания железа в Земле касаются химического элемента железа. Однако ни на поверхности Земли, ни в ее недрах железа в природном виде, т. е. отдельно взятого химического элемента, не найти ни одного атома. Железо обладает химическим сродством с другими элементами и в особенности с кислородом. Оно любвеобильно: как только атом железа встретится с атомом газообразного кислорода (а таких встреч не избежать, ибо кислород почти вездесущ), они соединяются тесными узами, железо окисляется. Окислы железа загрязняются другими веществами (другими химическими соединениями) и только в таком виде, и ни в каком ином, мы их находим на поверхности Земли или в более или менее глубоких слоях земной коры. Железные окислы в природе встречаются в виде бурого, красного или черного камня, твердого или рыхлого. Однако не всякий минерал, содержащий железо, практически пригоден для извлечения из него этого металла. Время и опыт научили людей отличать соединения, более или менее пригодные для извлечения из них железа. Такие соединения и называются *железными рудами.*

Распознать железную руду, отличить ее от других минералов не так уж трудно. Бурые железняки оставляют на поверхности фарфоровой пластинки бурую черту. Отсюда и произошло название — руда. На древнерусском языке «рудой» значит «бурый», или, вернее, «рыже-бурый». «Руда» по-древнерусски означает также «кровь». Бурый железняк — водный окисел железа. Это наименее прочное соединение железа с кислородом.

Красный железняк, или гематит, оставляет на фарфоровой пластинке вишнево-красную черту, а магнитный железняк — черную.

Магнитный железняк — твердый, черноватого цвета; он обладает матовым блеском и магнитными свойствами, недаром его прозвали «магнитным камнем».

В одних из этих соединений чистого железа содержится больше, в других меньше, причем возможны очень резкие колебания — от 35—38 до 62, а иногда до 65—70%.

Отдельную группу железосодержащих минералов составляют так называемые железистые кварциты. Это очень плотная каменная порода, содержащая относительно немного железа (30—40%). Нужно большое искусство, чтобы из таких минералов извлечь железо. Недаром же говорят: природа — мать богатства, а человеческий труд — отец его. Лишь в последние годы научились использовать кварциты, содержащие даже меньше 20% железа.

Но полвека назад никто еще не помышлял об извлечении железа из кварцитов, а запасы открытых месторождений бо-

гатых железных руд были крайне ограниченными. Поэтому и забили тревогу о будто бы надвигающемся железном голоде. Нашлись, однако, трезвомыслящие люди, которые говорили: «Безнадежность — родная мать незнания. Хорошо ли мы обыскали Землю? Достаточно ли совершенны средства поисков?»

Стало быть, вопрос был не в том, чтобы приспособиться к якобы неизбежно надвигавшемуся железному голоду, а в том, чтобы искать новые залежи железной руды, совершенствовать методы поисков. И подобно тому как провалилась «теория» печально знаменитого попа Мальтуса, утверждавшего, что Земля будто бы неспособна прокормить все плодящееся человечество, потерпела крах и «теория» надвигающегося железного голода.

ВОЛШЕБСТВО И . . . НАУКА

Чтобы найти, надо искать. Надо лучше, глубже изучить строение Земли, раскрыть одну из сокровенных тайн природы — тайну образования месторождений тех или иных руд, усовершенствовать приборы, способные «увидеть», сигнализировать о кладах, которые могут оказаться либо в недоступных человеку местах, либо на больших глубинах земных недр. Не станем, однако, здесь останавливаться на вопросе о происхождении руд и строении земной коры — это увело бы нас далеко в сторону.

Какой же была техника отыскания железных руд?

В стародавние времена месторождения полезных ископаемых открывали большей частью случайно. Рудознатцы всячески скрывали от простых смертных те, прямо скажем, скудные знания, которыми они обладали, а сами поиски они превратили в волшебство. В своих трудах о металлургии Георгий Агрикола на этом подробно останавливается. Дело в том, что в те времена железные и другие руды отыскивали при помощи... волшебных лоз, т. е. легкого орехового прута с развилкой на конце его. Лозу брали руками за ее рожки, сжимая руки в кулаки, причем пальцы должны были быть обязательно обращены к небу. Если рудоискатель наступал на жилу, то лоза якобы моментально опускалась книзу, указывая на месторождение.

Изучая строение земных недр, доискиваясь тайн образования крупных месторождений тех или иных ископаемых, Агрикола пришел к выводу, что поиски руд при помощи лоз — не что иное, как шарлатанство. «Настоящий горняк,— писал Агрикола,— в котором мы хотим видеть основательного и серьезного человека, не станет пользоваться волшебной палочкой, ибо мало-мальски сведущий в природе вещей и рассудительный человек понимает, что эта вилка ему в этом деле

никакой пользы не принесет, но что он имеет в своем распоряжении естественные признаки руды, которыми он и должен руководствоваться» *.

Вера в лозу продержалась, однако, еще довольно долго. Спустя более полутора веков у нас на Урале поиски руды нередко вели при помощи лозы. Поклонников ее зло высмеял наш великий соотечественник Михаил Васильевич Ломоносов. «По моему рассуждению лучше на такие забобоны или, как прямо сказать, притворство,— писал он,— не смотреть».

Но тогда уже стали применять методы поисков руды, основанные на познаниях законов природы. Русские рудознатцы еще в XVIII в. пользовались компасом. При его помощи обнаружены были богатые залежи магнитного железняка на Урале. Но это были лишь первые, робкие шаги, сделанные для раскрытия природных богатств. Между тем плохая изученность недр на протяжении веков задерживала развитие производительных сил.

СПОР ВЕЛИКОГО УЧЕНОГО С ЦАРСКИМ ЧИНОВНИКОМ

В вышедшем на рубеже XIX и XX вв. замечательном труде «К познанию России» знаменитый русский ученый Д. И. Менделеев писал, что запасов железных руд на Урале много и их можно было бы превратить в такое количество металла, «с каким не могли бы соперничать ни только Англия и Германия, своих хороших руд почти не имеющие, но и САСШ».

Этот смелый прогноз, сделанный корифеем химии и горячим патриотом Родины, вызвал желчный ответ одного из руководителей горного дела в России К. И. Богдановича. В изданной в 1911 г. книге «Железные руды России» он упорно пытался доказать, что Россия бедна природными богатствами и что природа обделила нашу страну железными рудами.

«Среди не только широкой публики, но и лиц, заинтересованных в горной промышленности,— развязно писал сей царский сатрап,— очень распространено мнение о неисчерпаемости минеральных богатств, в частности железных руд России. Такое мнение, неоднократно и энергично выраженное таким блестящим представителем науки, как Менделеев, основано на цифре возможного запаса железных руд, определенного Менделеевым... Сделанный мною подсчет *действительного и вероятного запаса* (курсив наш. И. П.) для всего Урала на

---

* С. В. Шухардин. Георгий Агрикола. Изд. АН СССР, 1955. стр. 100.

основании действительных разведок... почти в 9 раз меньше». Общий же запас железных руд по всей огромной территории России — от Балтики до берегов Тихого океана, от Заполярья до южных окраин ее — определен был Богдановичем всего примерно в 2 млрд. тонн.

Бессовестным хвастовством и гнусным обманом было утверждение Богдановича, что подсчет сделан им на основе действительных разведок. На самом-то деле до 1917 г. территория России в геологическом отношении представляла собой почти сплошное белое пятно, а применявшиеся методы разведок не на много отличались от тех, которые были высмеяны Агриколой и Ломоносовым.

Среди русских геологов были, конечно, люди, которые понимали, что на огромной территории страны имеются богатые месторождения железных руд и других необходимых для развития промышленности полезных ископаемых. Они отвергали доморощенную теорию, что в Сибири-де нет и не может быть железной руды и других ископаемых.

Советские ученые сделали большой вклад в совершенствование методов раскрытия природных ископаемых. Особенно велика роль в этом относительно молодой науки геофизики, т. е. физики Земли. Вооруженные передовой теорией и современной техникой, советские геологи открыли на территории Советского Союза огромные залежи железных руд, составляющие более половины всех мировых запасов. Для отыскания руд ныне применяются разнообразные геофизические методы — сейсмический, магнитный, гравиметрический, электрический и ряд других. Это действительно «волшебные» методы, раскрывающие строение недр, их структуру.

В чем состоят эти методы? Сейсмический способ показывает направление волн, распространяемых от взрывов, которые производятся на глубине, где предполагаются залежи железной руды. Если в земной коре окажутся породы, содержащие железо, то они, как более плотные, чем обычные, заставят волны отклоняться от своего пути. Сейсмограф это отметит.

Большинство железных руд обладает магнитными свойствами, они влияют на стрелку компаса. Магнитное склонение против нормы для данной местности может служить доказательством наличия залежей магнитного железняка.

Гравиметрический способ состоит в измерении силы тяжести. Известно, что сила тяжести на разных широтах не одинакова. Если близко от поверхности Земли окажутся тяжелые рудоносные породы, то сила тяжести изменится, произойдет, как говорят геофизики, гравиметрическая аномалия.

Конечно, надежный ответ можно получить, используя одновременно разные методы.

Широкое развитие работ по геологическому изучению всех районов страны совершенно изменило представления о запасах железных руд СССР. Общие разведанные запасы (на 1 января 1958 г.) достигли 85,5 млрд. тонн, а возможные запасы (в дополнение к разведанным) примерно в 147 млрд. тонн. Вот насколько «неточен» был подсчет царского чиновника Богдановича. Но и сейчас нельзя еще утверждать, что территория страны достаточно полно изучена. Каждый год приносит новые открытия.

Однако наша страна велика. И если бы оказалось, что вся железная руда или большая часть ее сосредоточена где-либо в одном месте, а в других местах ее вовсе не оказалось бы, то это должно было бы привести к очень серьезным осложнениям в народном хозяйстве — пришлось бы перевозить железную руду или металл за много тысяч километров. Вот почему так важно изучить все районы страны, открыть железные руды в разных краях и областях.

В дореволюционное время страна обходилась лишь одной металлургической базой. Сначала она была сосредоточена на Урале, затем перенесена была на Украину. С развитием южной металлургической базы роль Урала в значительной мере стерлась. В советское время получила дальнейшее мощное развитие южная металлургическая база, заново создана была уральская металлургия. В центре Сибири был построен Кузнецкий металлургический гигант, в Казахстане вырос Карагандинский, построены металлургические заводы: на северо-западе — Череповецкий, в Грузии — Руставский.

Решения XXII съезда партии предусматривают, что наша страна должна иметь *пять* общесоюзных металлургических баз: на Урале, Украине, в районах Сибири и Дальнего Востока, в Казахстане и в центральных районах Европейской части СССР.

Посмотрим, как они обеспечены основным сырьем — железной рудой. Начнем с Урала.

ОТ ЛЕДОВИТОГО ОКЕАНА ДО КАСПИЯ

На Урал издавна влекло виднейших ученых — географов, геологов, путешественников. Петр Симон Паллас, Александр Гумбольдт, Родерик Мурчисон, Карпинский, Менделеев, Ферсман и многие другие отечественные и иностранные ученые изучали строение Уральского хребта.

...Еще в XVII в. обнаружилась острая нужда Московского государства в металле. Залежи железной руды в Подмосковье были незначительными, да и руда была худая. Царь Алексей

Михайлович посылал из Москвы экспедицию за экспедицией для поисков новых залежей железной руды. Разведочные партии уходили в пункты, которые указывало местное население, систематически отправлявшее в Москву «изветчиковые речи», т. е. сведения о виденных залежах руды. Верно, точность этих сообщений часто оказывалась весьма сомнительной и рудоискатели обрекались на длительные и часто почти безнадежные блуждания. Разведчики обычно следовали вдоль берегов рек и речушек. Инструкции вменяли им в обязанность узнать, «где какая руда объявится», а также определить, «сколько ее чаять (ожидать) будет, и как лежит, и чаять ли ей быть прочной». Первоначальную пробу найденных руд полагалось делать на месте. «Опыт чинить» следовало с точной записью веса взятого сырья и полученного материала. Случалось, образцы руд спешно отправляли с нарочным в Москву. Однако ощутимых результатов эти поиски не дали.

В самом начале своего царствования Петр Первый издал указ «искать всякому литому и кованому железу умножения, чтобы на потребу всему Московскому государству, без постороннего свейского * железа проняться было мочно, и стараться, чтобы русские люди тем мастерствам были изучены, дабы то дело в Московском государстве было прочно».

При Петре учредили приказ рудокопных дел. На городских площадях, в слободах и селах подьячие всенародно читали указ царя. В нем говорилось:

«Соизволяется всем и каждому дается воля, какого бы чина и достоинства ни был, во всех местах, как на собственных, так и на чужих землях, искать, копать, плавить, варить и чистить всякие металлы, сиречь: золото, серебро, медь, олово, свинец, железо, також и минералов, яко: селитра, сера, купорос, квасцы и всяких красок, потребные земли и каменья».

«...на собственных, так и на чужих землях». Даже святое право частной собственности отодвигалось на задний план, когда речь шла о сыскании металлов.

«А тем, которые изобретенные (то есть найденные) руды утаят и доносить о них не будут, ...объявляется наш жестокий гнев, неотложное телесное наказание и смертная казнь».

Вскоре же после вступления Петра на престол с Урала от верхотурского воеводы Протасьева поступило донесение: найдены богатые залежи магнитного камня. Сведущие в руде люди самым лучшим образом оценили присланные образцы. И царь приказал немедля приступить к строительству металлургических заводов. Заводы возникли один за другим: Невьянский, Каменский, Уктусский, Алапаевский. Но наладить на них работу никак не удавалось. Особенно много неполадок бы-

* Шведского.

ло на самом крупном заводе — Невьянском. Убедившись, что поставленным им приказным с делом не справиться, Петр передал Невьянский завод тульскому мастеру и железозаводчику Никите Демидовичу Антуфьеву, впоследствии принявшему фамилию Демидов.

В грамоте о передаче Невьянского завода Демидову Петр поставил перед ним задачу — добиться того, чтобы Россия не ввозила железо из-за границы. Демидову велено было делать на заводах «пушки, мортиры, фузеи, шпаги, сабли, тесаки, палаши, копья, латы, шишаки, проволоки...»

Пушки и фузеи из уральского металла гремели в битве под Полтавой.

Всем делом на Урале верховодил, однако, не Никита, а Акинфий Демидов. Известный бытописатель Урала Д. Н. Мамин-Сибиряк в очерке «От Урала до Москвы» рассказывает об обстоятельствах знакомства Петра с Демидовым (существуют, впрочем, многочисленные версии о том, как произошло их знакомство). Писатель подчеркивает сходство характеров Петра и Акинфия Демидова. «Было много общего в этих натурах: оба работали до кровавого пота, не знали границ своим замыслам. В тагильском музеуме сохранился портрет Акинфия Никитича; даже в выражении физиономии гениального русского заводчика есть сходство с Петром... Демидов был истинным птенцом гнезда Петрова, и на нем точно отпечатался образ гениального царя» *.

Исключительно богатые природные ресурсы (железная руда и леса) плюс неуемная энергия Петра и отобранных им людей положили основание железной промышленности Урала, созданной в первой четверти XVIII в. В донесении Протасьева речь шла о рудных месторождениях горы Высокой. Позднее была открыта почти вся начиненная железной рудой гора Благодать и много других мест, где руда выходила прямо на поверхность или оказывалась на небольшой глубине.

Производство металла на Урале развернулось быстро. До начала XIX в. Россия удерживала мировое первенство в выплавке чугуна и лишь с 1801 г. она уступила его Англии. В последнюю треть XVIII в. из России экспортировали металл в разные страны Западной и Южной Европы. В круг экономического влияния России были включены также Ближний Восток и Дальний Запад — Соединенные Штаты Америки.

Максимальный экспорт железа приходится на 1794 г., когда он достиг 3885 тысяч пудов (63 тыс. тонн), на сумму больше 6,5 млн. руб. **.

---

* Д. Н. Мамин-Сибиряк. Собр. соч, 1955, т. 8, стр. 280.

* * Д. Кашинцев. История металлургии Урала. ГОНТИ, 1939, стр. 209—222.

Почти двести пятьдесят лет подряд «кормила» гора Высокая нижнетагильские домны. Здесь, как и на других рудниках Урала, руду сначала копали, брали что легче взять. Затем гору Высокую пробивали штольнями: глубокие траншеи начиняли взрывчаткой. Днем и ночью гремели взрывы. Очертания горы менялись на глазах.

В годы Отечественной войны руду стали брать с шихана, т. е. с верхушки горы. Но как ни велики были запасы, а они уж подходят к концу. Подсчеты показали, что руды остается всего-то лет на десять. В Тагиле даже песню сложили: «Была гора Высокая, стала яма глубокая...»

Доменные печи Тагила получают руду и с горы Благодати, и с Лебяжинского рудника. Но печи ныне огромнейшие. В одни сутки они переваривают столько руды, сколько старой печи петровских и более поздних времен хватило бы на целый год. Так что же, конец железному Уралу?

Но нет, не исчерпаны железные клады Урала! Неподалеку от горы Высокой, на самом рубеже между Европой и Азией, есть гора Качканар. Еще в XVIII в. об этой горе упоминал отечественный ученый-естествоиспытатель Петр Симон Паллас. А спустя сто лет на нее обратил внимание молодой геолог, впоследствии президент Академии наук СССР, Александр Петрович Карпинский.

Приехали тогда на Качканар разведчики, заложили штольню, обнаружили гнездо хорошей руды, но за ней пошла пустая порода и работы забросили. Месторождение было признано не имеющим промышленного значения. Еще и еще приходили геологи к Качканару. Они изучали его, исследовали и установили, что руда в горе есть, но железа в ней содержится всего-навсего 16—17%. Чтобы получать из такой руды железо, надо «перегрызть» каменные глыбы. От Качканара отступились. И лишь в годы семилетки за него взялись всерьез. Техника наших дней справляется и с каменными горами. Стало быть, можно перемолоть Качканар и извлечь из него железо.

Оправдана ли, однако, такая работа? Экономические расчеты показали, что эксплуатация качканарских руд вполне оправдается. Руды, точнее железистых кварцитов, в горе много. Запасы ее определяются числом с девятью нулями — в несколько миллиардов тонн. В одной этой уральской горе железа больше, чем в крупнейших месторождениях Великих Озер, питающих всю металлургию США. Руду можно брать прямо с поверхности. Кроме железа, в ней содержатся ценнейшие металлы, среди них ванадий. Если извлечь ванадий, то он один перекроет все расходы по добыче. А та часть ванадия, которую не удастся отделить от руды, перейдет в сталь и придаст ей очень ценные свойства.

И не только металлы пойдут в дело. Перемолотый камень и тот будет использован: это хороший строительный материал. Решено было построить Качканарский горнообогатительный комбинат. В 1958 г. на Качканар потянулись строители и горняки, инженеры и экономисты.

Комбинат состоит из огромного корпуса крупного дробления (своим основанием он ушел в горную породу на десятки метров и поднялся вверх на 50 метров), рядом — корпуса среднего и мелкого дробления с могучими машинами, затем главный корпус обогащения, огромные склады концентрата. Первая очередь этого комбината уже вошла в строй.

...На протяжении Уральского хребта — от Ивделя на севере до Халилова на юге — имеется свыше двухсот железорудных месторождений. Многие из них известны давно, но только в советское время по-настоящему изучили богатства Урала.

Севернее Нижнего Тагила — комбинат им. Серова, к западу — Чусовской завод, к востоку — Салдинский и Алапаевский. На базе местных железорудных месторождений здесь еще в дореволюционные годы возникли небольшие металлургические заводы. Эти районы были как будто бы хорошо изучены, но и здесь в последние годы открыты новые месторождения, способные обеспечить сырьем действующие заводы и позволяющие значительно расширить производство на них металла.

Новое мощное месторождение железной руды открыто вблизи комбината им. Серова. Геологоразведчики усиленно изучают прилегающий к Уралу Ханты-Мансийский край. Каждый год туда отправляются партии геофизиков. Есть основания предполагать, что там будет найдено еще немало железной руды.

Дальше на юге — давно известное Бакальское месторождение, представляющее особую ценность для развития производства качественного металла. Бакал является рудной базой старинного Саткинского завода. Добыча руды из Бакальских месторождений значительно увеличилась в связи с постройкой в годы войны Челябинского металлургического завода. Для обогащения этих руд построены обогатительные и агломерационные фабрики.

А еще южнее — гора Магнитная. Свыше 200 лет назад заводчик Иван Мясников с «компанейщиком» Иваном Твердышевым подали челобитную о передаче им горы Магнитной для разработки ее недр. «За рекой Яик», * — писали они,— в горе, именуемой Атач, магнитная самая добрая руда». Последовала резолюция: «Быть по сему», и гора перешла в собст-

* Яик — старое название реки Урал.

венность Мясникова и Твердышева. В нескольких десятках километров от горы промышленники построили два небольших заводика, но почти за 200 лет, вплоть до Великой Октябрьской социалистической революции, из горы было добыто всего несколько сот тысяч тонн железной руды. Не по зубам был этот «орех» ни русским, ни иностранным капиталистам.

В «Полном описании России» известный русский географ Семенов-Тянь-Шанский нарисовал такую картину: «Вид с горы Магнитной восхитительный. Кругом у подножия расстилаются обширные степи, по которым в широкой долине вьется река Урал. За ним далеко на запад толпятся горы Уральского хребта...»

Этот пейзаж меняется чуть ли не каждый год.

На террасах, выдолбленных на горе Магнитной, теперь днем и ночью работают экскаваторы. Бегут электропоезда, отвозящие руду к обогатительным фабрикам; над домнами — легкий дымок; высоко в небе — трубы мартенов, облака пара над коксовыми батареями. Как зеркало, блестит огромное озеро-водоем, образовавшееся после постройки плотины. Прямая, как стрела, она перегородила мелководный Урал и превратила его в большую, многоводную реку.

Из недр горы Магнитной уже вынуто несколько *сот миллионов тонн железной руды.* Домны Магнитки с каждым годом увеличивают выплавку металла (в первое время магнитогорской рудой частично питались и кузнецкие домны). По расчетам, залежи Магнитной горы будут скоро выработаны.

Новая рудная база Магнитки открыта на юго-востоке, там, где Уральский хребет уходит вглубь и где горы сменяются степными просторами. Но это уже казахская земля, о ее железных богатствах мы расскажем в другом месте.

Представление о железных кладах Урала будет неполным, если не сказать о Халиловском месторождении. Халиловская руда особенная: в ней, кроме железа, содержатся хром и никель. Обычно для получения стали высокого качества к ней добавляют эти элементы. В земной коре их очень мало. Хрома в ней содержится всего 0,02%, никеля — примерно столько же. Добыча этих ценных добавок требует больших затрат и огромного труда. В Халилове сама природа обогатила ими железную руду. На этой базе и создан Орско-Халиловский металлургический комбинат.

На Урале сейчас действуют четыре гигантских металлургических предприятия — флагман советской металлургии Магнитогорский комбинат, Нижне-Тагильский и Орско-Халиловский комбинаты, Челябинский завод и много заводов среднего масштаба.

ЖЕЛЕЗНЫЙ ЮГ

Отечественная металлургия сделала бросок на юг в конце прошлого века. Анализируя причины этого, В. И. Ленин в своей знаменитой книге «Развитие капитализма в России» писал:

«Во времена оны крепостное право служило основой высшего процветания Урала и господства его не только в России, но отчасти и в Европе... Но то же самое крепостное право, которое помогло Уралу подняться так высоко в эпоху зачаточного развития европейского капитализма, послужило причиной упадка Урала в эпоху расцвета капитализма» *.

Природные ресурсы весьма благоприятствовали созданию в этом районе крупной металлургической базы. Первый металлургический завод построили в семидесятых годах прошлого столетия рядом с угольными шахтами на базе незначительных залежей железной руды. Спустя немного времени на берегу реки Ингулец обнаружены были богатейшие залежи железной руды — знаменитое Криворожское месторождение.

Криворожский железорудный бассейн занимает площадь в 300 квадратных километров, он тянется стокилометровой полосой. В 1884 г. по только что отстроенной железной дороге криворожская руда отправилась в свой первый рейс на металлургические заводы Донбасса и Приднепровья.

Богатства Криворожья огромны, они оцениваются в несколько миллиардов тонн. Долгие годы металлурги использовали здесь только лучшие, богатые железом руды. Но вместе с железной рудой здесь залегают и железистые кварциты. В них вообще больше кремнезема, чем железа, поэтому кварциты складывали в отвалы. Возле шахт выросли огромные горы — миллионы тонн бедной руды и кварцитов.

Хотя добыча руды в Криворожье ведется уже три четверти века, запасы ее далеко не исчерпаны, но горняки вынуждены были все больше углубляться в недра. Рудники закладываются уже на глубине в 1000—1200 метров под землей. Но и там вместе с богатой рудой, содержащей до 60% железа, оказываются пласты кварцитов. И эти маловыгодные породы приходилось поднимать с километровой глубины на поверхность. Поднимать только для того, чтобы бросить.

Задумались криворожцы: как обогатить бедные руды и кварциты? Ведь тогда можно будет использовать богатства, лежащие в отвалах, или добывать сырье открытым способом в карьерах, а на глубине разрабатывать только богатые железом пласты. Насколько это было бы легче и дешевле!

---

* В. И. Ленин. Сочинения, изд. IV, т. 3, стр. 424.

Задачу предстояло решить нелегкую, но она была решена.

...На светящейся карте Криворожского железорудного бассейна выделяется созвездие огоньков. Это обозначена «семья гигантов», как называют в Криворожье построенные здесь горнообогатительные комбинаты. Один за другим вступали они в действие. Здесь из железистых кварцитов получают концентраты, которые затем спекают в агломерат.

Так, Кривой Рог начал вторую жизнь: в доменные печи теперь идет и богатая руда, и агломерат.

Всего несколько лет назад у Криворожского бассейна появился младший брат — Кременчугский бассейн. Находка кременчугской руды — яркий пример того, как в старых, обжитых районах обнаруживаются новые клады земли.

...На восточном берегу Крыма, где плещутся воды Керченского залива, на самой поверхности земли лежит руда. Черпай сколько хочешь! Ни мороз не помешает, ни снег. Разве временами подует крепкий норд-ост. Почти круглый год здесь можно работать под открытым небом.

Об этих залежах железных руд известно было давно, но интересоваться ими стали лишь в конце прошлого века, в период «промышленной лихорадки» в России. В 1896 г. французский инженер Баяр заарендовал часть рудоносных земель (конечно, за бесценок) и приобрел 300 гектаров земли для постройки на ней металлургического завода. Трудно сказать, насколько серьезны были его намерения, ибо спустя короткое время этот делец переуступил свои права бывшему Брянскому обществу (Французский капитал), которому принадлежал металлургический завод в Екатеринославе (ныне Днепропетровск), в то время один из крупнейших в России, работавший на криворожской руде. Акционеры боялись упустить лакомый кусок и поспешили закрепиться на Керченском полуострове.

Не дремали и бельгийцы, создавшие для эксплуатации керченских руд два акционерных общества. Общество «Русский Провиданс» построило завод в Мариуполе (ныне Жданов) рядом с заводом Мариуполь-Никопольского общества. Другое общество открыло завод в Таганроге. Домны работали на смеси керченской и криворожской руд. Рельсы, изготовленные из этого металла, были уложены на строившихся в то время новых железных дорогах — Архангельской, Ташкентской, Владикавказской. Вскоре обнаружились, однако, серьезные неприятности. Керченская руда содержит множество различных элементов — одни из них улучшают качество металла, другие — мышьяк и фосфор — портят металл. Таганрогский завод вынужден был отказаться от керченской руды и... прогорел.

Так возникла так называемая керченская проблема.

В дальнейшем она неоднократно привлекала внимание крупнейших ученых нашей страны. Еще в первые годы советской власти выдающийся русский геолог В. А. Обручев предсказывал, что Керченский полуостров станет крупным центром железоделательной промышленности. Он высказывал уверенность, что керченская дешевая руда сможет быть широко использована не только на наших южных заводах, но и для экспорта в государства, расположенные по берегам Черного и Средиземного морей — ведь запасы руды определялись в несколько миллиардов тонн. Керчь имела все основания выступить конкурентом Лотарингии.

Но как быть с фосфором и мышьяком? В результате продолжительных исследований удалось разработать технологию избавления металла от фосфора. При этом фосфор уходит в шлак, т. е. в расплавленную массу, состоящую из специально добавляемых в печь флюсов, а также из примесей руды и топлива. Это позволяет получать из керченской руды не только хороший металл, но и, как побочный продукт, удобрения. Найдены и способы удаления и улавливания мышьяка.

Керченские руды используются еще в незначительной степени. При решении задач, поставленных двадцатилетним планом, доля керченских руд в общем потреблении намного возрастет. Три крупных завода с годовой производительностью свыше 10 млн. тонн чугуна — ждановские заводы «Азовсталь» и им. Ильича и Керченский (вблизи месторождения железных руд, недалеко от площадки разрушенного во время войны завода намечается новый крупный завод) — будут работать на керченской руде.

Железный юг — это металлургические гиганты: «Запорожсталь», «Криворожсталь», заводы им. Дзержинского и Макеевский, Коммунарский (б. Алчевский), названные выше приморские гиганты и омоложенные ветераны южной металлургии — завод им. Петровского, Донецкий, Енакиевский и др. У них прочная рудная база.

ВОСТОЧНЕЕ УРАЛА

За Уральским хребтом начинается великая страна Сибирь. А в самом центре ее богатейший Кузнецкий угольный бассейн. Залежи угля в Кузнецкой впадине открыты еще в начале XIX в. Сотни лет назад селившиеся по верховьям реки Томи и ее притокам шорцы выплавляли медь и железо из местных руд, делали металлическую посуду, охотничьи принадлежности, оружие. От шорцев-кузнецов унаследовала название заложенная в 1617 г. русская крепость «Кузнецкий острог» и выросший затем город Кузнецк.

В начале сороковых годов прошлого века выдающийся русский геолог П. А. Чихачев при описании угольного месторождения ввел название «Кузнецкий бассейн». Этот бассейн содержит не только уголь, но и железо. Стали известны два месторождения железной руды: Тельбесское и Темир-Тау. Конечно, по сравнению с уральскими запасами, по сравнению с месторождениями, открытыми уже в годы советской власти, эти бассейны невелики, но для промышленности того времени они не могли не представлять интереса. Однако заинтересовались этими находками... иностранцы.

Французский пушечный король Шнейдер-Крезо за не очень крупную сумму приобрел эти месторождения — концессия на девяносто девять лет! Летом 1914 г. в Сибирь прибыли инженеры, чтобы произвести изыскания и начать проектирование металлургического завода. Началась, однако, первая мировая война и дело расстроилось. Имелись сведения о выходах железной руды и в других местах, например за Ангарой, но к ним не было доступа.

Еще в период строительства Кузнецкого металлургического комбината были предприняты поиски местных источников обеспечения его сырыми материалами. Перво-наперво решили обыскать территорию, непосредственно примыкающую к Кузнецкой впадине,— Горную Шорию. Туда и отправились первые геологические партии. Одно за другим в бассейне реки Кондомы открыли месторождения железной руды. Уже по первоначальным расчетам выходило, что вновь открытые месторождения содержат, по крайней мере, в десятки раз больше руды, чем месторождения Тельбесса и Темир-Тау вместе взятые. Но и эти расчеты оказались значительно преуменьшенными. Дело в том, что на первых порах учли залежи, расположенные лишь на глубине 100—200 метров, а когда «копнули» глубже, увидели, что руда лежит как бы этажами. Запасы оказались втрое-вчетверо бóльшими.

Вслед за Горной Шорией решили обыскать соседний край — Хакассию. О том, что и там имеется руда, известно было давно. Железную руду в Хакассии в свое время открыл рудознатец Афанасий Ширяев. Ему же место выхода железной руды указали жители деревни Арбаты, знавшие о железном камне, который они называли тос-темир. За сто с лишним лет до того, как советские геологи взялись за детальную разведку недр Хакассии, там уже добывали руду. Вблизи Абакана известно было месторождение, которое назвали Абаканской Благодатью. Руду эту переплавляли на Абаканском железоделательном заводике.

Чтобы обеспечить Сибирь своим железом, надо было создать мощную металлургическую базу, и советским геологам предстояло детально разведать недра Хакассии. Но это ока-

залось еще более трудным делом, чем раскрытие богатств Горной Шории. Хакассия оказалась действительно благодатной страной: Абаканское месторождение, Тейское и др.

Но как к ним добраться? Чтобы выйти к Абакану, надо было ворваться в тайгу, в топи, пересечь горы южного Ала-Тау. Горы перегородили путь не только к железной руде, они стали преградой к другим природным богатствам, прежде всего к лесным.

Чтобы вовлечь в народное хозяйство ресурсы хакасской земли, нужна была железная дорога. Пока строилась дорога Новокузнецк — Абакан, эшелоны с абаканской рудой доставляли на кузнецкий комбинат кружным путем. Дорога сооружалась быстро: работы вели одновременно с двух сторон и день встречи строителей был днем высвобождения находившихся долгое время взаперти несметных богатств. Теперь они могли войти в народнохозяйственный оборот. Путь хакасской руды сократился более чем на полторы тысячи километров.

Однако это было лишь началом смелого плана вторжения в ранее недоступные богатые различными ценными ископаемыми края. Следующий этап — железнодорожная линия Абакан — Тайшет. Бессмертной славой покрыли себя комсомольцы, строящие эту дорогу, пробившие тоннели в неприступных Саянских горах, ставшие подлинными хозяевами тайги и болот.

От Тайшета начинается построенная еще раньше дорога до Усть-Кута на Лене. У самой этой дороги — давно известное Коршуновское месторождение, оно расположено между Ангарой и Илимом. Открыл его в XVIII в. рудознатец Коршунов-Шостачок. Отсюда и название — Коршуновка или Коршуниха. И руду там добывали уже лет сто назад, на ней работал Николаевский завод. Для своего времени это было довольно хорошо оборудованное предприятие. На заводе даже намеревались изготовлять рельсы для сибирской железной дороги. Однако эти планы не сбылись и завод вскоре закрылся. Невдалеке от Коршунихи открыто еще несколько месторождений, самое значительное из них Рудногорское. Огромные богатства лежат на самой поверхности!

И еще один богатый железорудный бассейн, открытый относительно недавно в междуречье между рекой Ангарой и ее притоком Питом,— Ангаро-Питский. Запасы его оцениваются в несколько миллиардов тонн, они в два-три раза превышают запасы Криворожья и в десять-пятнадцать раз запасы горы Магнитной в момент, когда началась ее разработка.

Ангаро-питскую руду относительно нетрудно добывать, она также залегает на самой поверхности, не надо строить шахт. Однако руда эта не очень богатая, железа в ней немного — около 40%. Разработанный новый метод обогащения (в так

называемом «кипящем слое») позволяет получать из этой руды концентрат с 60% железа.

Совершенно неожиданно открылись залежи железной руды в Нарымском крае, вблизи Колпашева. Искали там нефть, а натолкнулись на железную руду. Запасы оцениваются многими миллиардами тонн! Однако руда эта залегает в водоносных песках — плывунах, что крайне затрудняет добычу. Над этой задачей немало придется поработать ученым и инженерам. Освоение Колпашевского железорудного бассейна — дело более отдаленного будущего.

Пригодные для эксплуатации залежи железных руд обнаружены также восточнее озера Байкал. В южной Якутии — Алданское месторождение с запасом более чем в 150 млн. тонн, содержание железа 45,8% (рядом, всего в 40 километрах, находится бассейн пригодных для металлургических целей углей). В Читинской области известны Березовское месторождение (запас более 300 млн. тонн богатой руды), а также ряд месторождений магнетитовых руд — Яковлевское, Железный кряж и др. Все это благоприятствует развитию металлургии и в Забайкалье.

Рухнула «теория», что за Уральским хребтом, на огромной территории Сибири и Дальнего Востока будто бы нет и не может быть железной руды.

КАЗАХСТАН

Еще недавно Казахская республика считалась республикой цветных металлов. В последние годы там открыли и богатые месторождения железной руды. Их несколько.

Юго-восточнее Урала, как бы на продолжении его, лежит так называемая Тургайская низменность. Район этот привлекал пристальное внимание геологов, но он долгое время считался «закрытым». Это означало, что никто достоверно не знал, имеются ли там какие-либо природные ископаемые или их нет.

Была снаряжена большая геофизическая экспедиция, чтобы «осветить» Тургайскую страну. Вооруженные первоклассной техникой советские геофизики шаг за шагом стали добираться до кладов, похороненных под песками казахских степей.

Картина прояснилась благодаря... случаю. Летавший на почтовом самолете экспедиции пилот Михаил Сургутанов во время одного из рейсов заметил резкие колебания магнитной стрелки компаса. Поведение компасной стрелки навело его на мысль, что в том месте, над которым обнаружено резкое колебание, должны быть крупные залежи руды. Сургутанов о

своих наблюдениях поставил в известность работников экспедиции. Так были открыты богатейшие залежи железной руды — Соколовско-Сарбайское месторождение. Построенные здесь рудники и обогатительные фабрики снабжают железной рудой доменные печи расположенных неподалеку Магнитогорского комбината и Челябинского завода.

Руды Соколовского и Сарбайского месторождений — магнетитовые. К этой группе месторождений относятся и Качарское и Куржункульское, питающие доменные печи первенца металлургии Казахстана — Карагандинского завода.

Кроме магнетитовых руд, в Казахстане имеются огромные залежи бурых железняков, они сосредоточены в Аятском и Лисаковском месторождениях. По своей природе эти руды близки к керченским, т. е. отличаются повышенным содержанием фосфора; они содержат также ценный элемент — ванадий. Фосфористые шлаки, которые будут получены при переплавке этих руд, могут быть использованы как удобрение для полей.

На месторождения железных руд в Казахстане частично будут опираться и заводы, запроектированные в Сибири. Запасы железных руд Казахстана оцениваются в 15 млрд. тонн.

* *
*

Природа не оделила нашу страну. Исключительно богата железными рудами Украина; огромны железные клады Урала; учтенных богатств Сибири более чем достаточно, чтобы создать там могучую металлургическую базу; миллиардные запасы железной руды в Казахстане.

Железная руда имеется в Закавказье: Дашкесанский рудник питает доменные печи Руставского металлургического завода. Успешно освоена переработка кварцитов Кольского полуострова, ими питаются череповецкие доменные печи.

Однако самые большие богатства сосредоточены в районе *Курской магнитной аномалии*. На истории открытия этого бассейна остановимся несколько подробнее.

КМА

В центре европейской части Советского Союза давно известны были Липецкое и Тульское месторождения железных руд. Еще в петровские времена здесь построили доменные печи. Из выплавленного в них чугуна отливали пушки и ядра. Липецкие заводы служили основным арсеналом Петра Первого во время его азовских походов. Однако запасы железной ру-

ды в Липецком и Тульском бассейнах ограничены, а руда небогатая и конечно же эти месторождения не могли обеспечить потребности в сырье современного крупного металлургического завода.

Положение в корне изменилось после того, как раскрыта была тайна Курской магнитной аномалии. Оказалось, что в центре страны расположен крупнейший в мире железорудный бассейн, способный обеспечить высококачественной железной рудой не один, а десятки мощных заводов, и при том ее хватит на сотни лет.

...Первые сведения о железной руде в районе Курска относятся еще к XVIII в., когда белгородский купец Иван Гинкин со своими «компанейщиками» обнаружил рудные месторождения и добыл образцы, которые в 1742 г. отправил в Берг-коллегию (управление, ведавшее делами горной промышленности) для установления их качества.

Спустя сорок с лишним лет известный ученый-астроном академик Петербургской Академии наук П. Б. Иноходцев во время своих работ по межеванию обнаружил в районе Белгорода сильную *аномалию поля земного магнетизма*. Об этом весьма озадачившем его явлении он доложил общему собранию Академии в 1783 г. и высказал предположение, что отклонение магнитной стрелки вызвано близостью железной руды.

> «...В результате неоднократных наблюдений двумя приборами, — писал П. Б. Иноходцев, — я нашел отклонение магнитной стрелки на 15° к Западу. Поскольку это отклонение расходится с остальными, теми, которые я наблюдал в этой экспедиции и еще раньше в районе Волги, *можно продположить здесь близость залежей железной руды*» * (курсив наш. И. П.).

Отмеченное П. Б. Иноходцевым явление не вызвало, однако, большого интереса среди ученых и никаких мер к обнаружению железорудных месторождений предпринято не было.

Почти через сто лет другой русский ученый, приват-доцент Казанского университета И. Н. Смирнов проводил геомагнитные съемки ряда районов России. Летом 1874 г. он также обнаружил необычные для этих районов величины угла наклонения магнитной стрелки. Наблюдения И. Н. Смирнова не прошли незамеченными. На место происшествия один за другим выезжали исследователи. Ненормальное положение магнитной стрелки было отмечено в ряде пунктов Кур-

---

* Курская магнитная аномалия. История открытия, исследований и промышленного освоения железорудных месторождений. Сборник документов и материалов, т. I, 1742—1926 гг. Белгород, 1961, стр. 43.

ской губернии. В некоторых местах отклонения оказались очень значительными.

Продолжительное время изучавший магнитную аномалию профессор Харьковского университета Д. Н. Пильчиков, так же как и академик Иноходцев, пришел к выводу, что в *недрах курской земли должны быть огромнейшие залежи железной руды*. Пильчиков предложил приступить к бурению скважин. К точке зрения профессора Пильчикова присоединился другой русский ученый, профессор Московского университета Э. Е. Лейст.

Вполне естественно, что утверждения ученых о наличии в Курской губернии залежей руд заинтересовали помещиков-землевладельцев и этим делом занялось Курское земское собрание. Однако утверждения, что причиной магнитных аномалий является наличие громадных масс железной руды под землей, исходили от астрономов и геодезистов. Земское собрание запросило мнение геологов, а те заявили, что предположение, будто бы в курской земле имеются значительные скопления железной руды — ... чистейшая фантазия.

Ответ этот разочаровал помещиков-землевладельцев, но они решили продолжить магнитные исследования, а в местах наиболее сильных аномалий заложить буровые скважины. Одна из них была заложена у села Кочетовка и пройдена на глубину 245 метров, а другая — близ села Непхаево, здесь дошли до глубины 213 метров. Железных руд, однако, не обнаружили.

Это произошло в 1893 г. В то время особенно большую активность в раскрытии тайны Курской магнитной аномалии проявлял уже упомянутый выше профессор Э. Е. Лейст. Вопреки мнению геологов, он решительно утверждал, что в недрах курской земли имеется железная руда, он даже указывал, на какой глубине она должна быть, подсчитал, сколько ее. Но когда эти прогнозы не оправдались, на него обрушился гнев помещиков, которые не столько пеклись о благе Родины, сколько лелеяли надежды обогатиться. Газеты писали, что некоторые помещики успели сделать под еще неоткрытые богатства займы и оказались в тяжелом положении. Кто-то на этой почве покончил самоубийством, кто-то попал в психиатрическую больницу.

Прежняя уверенность в том, что курский клад вот-вот откроется, сменилась разочарованием и пессимизмом. Только один Лейст продолжал стоять на своем. И хотя все от него отвернулись и он был крайне стеснен в средствах, ученый продолжал исследования.

В течение многих лет Лейст каждое лето посещал Курскую губернию, где делал магнитометрические съемки. Он искал закономерности в отклонении магнитной стрелки. То в Белго-

родском, то в Обоянском, то в Тимском, то в других уездах Курской губернии появлялся высокий человек с большой окладистой бородой, в нанковом костюме, в широкополой шляпе. Он трясся на извозчиках и крестьянских подводах, держа перед собой драгоценные, им самим сделанные приборы для определения магнитных склонений. От восхода до захода солнца Лейст оставался в поле. Нередко дожди заставали его вдали от населенных пунктов, дороги быстро размокали и становились почти непроезжими и ему иной раз подолгу приходилось тащиться пешком по липкой, непролазной грязи.

К 1910 г. Лейсту удалось снять около двухсот тысяч показателей, он выполнил 4121 наблюдение. Наступило время проанализировать эти данные. Это заняло несколько лет. В своем труде «Курская магнитная аномалия» профессор Э. Е. Лейст доказывал, что единственной причиной магнитных аномалий в Курской области могут быть залегающие в недрах огромные массы магнитного железняка.

Рукопись ученый закончил словами, в которых выражена была твердая уверенность, что курские залежи несравненно богаче железистыми рудами с высоким содержанием металлического железа, чем незадолго до того открытые месторождения на севере Кольского полуострова, в Лапландии.

Свой труд Э. Е. Лейст завершил в канун Октябрьской революции. В начале 1918 г. он познакомил со своей работой своих коллег — членов ученого совета физического института Академии наук. Рукопись своей книги он вручил известному ученому, одному из основателей геофизики, академику П. П. Лазареву.

...Напряженная работа, недоедание, холод подорвали здоровье Лейста. Весной 1918 г. он тяжко заболел. Советское правительство предоставило ученому возможность поехать для лечения в Германию, на курорт Наугейм, где он 13 августа 1918 г. скончался. Э. Е. Лейсту не суждено было узнать истину о подземных богатствах Курской магнитной аномалии, в которые он верил и существование которых настойчиво доказывал.

У смертного одра ученого не было никого из близких, но зато там оказался дальний родственник Лейста, некий Штейн, который и завладел трудами Лейста. Вскоре после смерти ученого появилась брошюра о Курской магнитной аномалии. На обложке книги стояли две фамилии: Лейст и Штейн. Брошюра была напечатана в Берлине.

Появление брошюры вызвало крайнее удивление. Ведь Лейст оставил свой труд в Москве, в Физическом институте. Бросились искать рукопись Лейста, ее нашли, но карт, на которые нанесены были точки магнитных склонений, и вычислений не оказалось. А без карт работа теряла смысл.

Скоро в Москве появился и сам Штейн. Он предложил Советскому правительству купить у него материалы КМА и запросил за них 5 млн. рублей золотом. «Без карт, — нагло заявил он, — вам никогда не добраться до залежей железной руды». А когда Советское правительство отказалось от покупки у Штейна материалов КМА, тот обратился к правительственным и финансовым кругам Германии. После компетентной экспертизы, германское министерство государственного хозяйства решило создать специальный синдикат с капиталом в 100 млн. марок для разработки КМА. Но чтобы получить доступ к КМА, Германское правительство вознамерилось присоединить Курскую губернию к... Украинской державе, во главе которой тогда стояли верные слуги германского империализма — украинские националисты *.

Империалисты позарились на чужое добро, но им не пришлось им воспользоваться. Несмотря на чрезвычайно тяжелое положение Советского государства, оно нашло у себя силы и средства, чтобы заняться изучением КМА. Инициатива организации новых широких исследований Курской магнитной аномалии принадлежит академику П. П. Лазареву, все время поддерживавшему по этому вопросу связь с наркомом Л. Б. Красиным. По предложению Красина при Академии наук была создана специальная комиссия по исследованию КМА. Первое заседание этой комиссии состоялось 26 ноября 1918 г., на нем был составлен план новых изысканий.

10 февраля 1919 г. Л. Б. Красин доложил на заседании Совета Рабоче-Крестьянской Обороны о создании Комиссии по исследованию КМА. Председательствовал В. И. Ленин. С этого времени Советское правительство неослабно следило за ходом работ по исследованию КМА. В июне 1919 г. в районы КМА направился технический отряд в составе девяти человек под начальством К. С. Юркевича. Отряду пришлось действовать на самом краю фронта военных действий, тем не менее ему удалось собрать ценные материалы.

Решено было заложить в местах наибольших магнитных аномалий три скважины. Руководство работами перешло к Особой комиссии по изучению и исследованию курских магнитных аномалий при Горном совете ВСНХ (ОККМА), ее возглавил проф. И. М. Губкин.

После того как идея присоединения Курской губернии к Украинской державе провалилась (да и сама «держава» перестала существовать), Германское правительство начало зондировать вопрос о возможности получения концессии на эксплуатацию месторождений железных руд под Курском. На

---

* Сборник «Курская магнитная аномалия», Белгород, 1961, стр. 246—248.

сей раз пресловутый Штейн выступал уже как эмиссар Германского правительства. Его домогательства получили поддержку среди некоторых руководящих деятелей Горного Совета ВСНХ, но с резким протестом против концессии выступили П. П. Лазарев и И. М. Губкин. Они считали, что завершение исследований КМА — дело чести советских ученых и инженеров.

Лишь после вмешательства В. И. Ленина, который внимательно следил за ходом работ по изучению КМА, в концессии было отказано. 24 августа 1920 г. В. И. Ленин подписал постановление о развертывании буровых работ в районе КМА. В этом постановлении впервые была дана политическая оценка значения КМА, а все работы, связанные с разведкой месторождений железных руд КМА, признавались имеющими *особо важное* значение.

Вследствие чрезвычайно тяжелого экономического положения страны первую скважину удалось заложить лишь в середине 1921 г. Параллельно с организацией буровых работ продолжались магнитные исследования и предприняты были гравиметрические наблюдения.

В. И. Ленин не выпускал работы по исследованию КМА из поля зрения. Получив очередное сообщение о проходке скважины № 1, Ленин направил своим заместителям по Совнаркому письмо, в котором снова подчеркивал всю важность работ по исследованию КМА. «По моему мнению, — писал В. И. Ленин, — следовало бы не давать в печать никаких сведений об этом и принять меры к тому, чтобы в печати об этом не говорили, ибо можно опасаться, что в противном случае интервенционистские планы могут усилиться». В заключение В. И. Ленин писал: «мы имеем здесь почти наверное невиданное в мире богатство, которое способно перевернуть все дело металлургии» *.

7 апреля 1923 г. — почти через три года после того, как заложена была скважина № 1, с глубины 167 метров вынули столбик твердой породы — керн, состоявший из черных прослоек магнитного железняка и белых прослоек твердой безрудной породы — кварцита.

После этого уже не могло быть никаких сомнений, что аномалия вызывается залежами огромных масс магнитного железа. Установлена была причина Курской магнитной аномалии, которая почти полтора столетия занимала умы ученых.

Великий поэт нашей эпохи Маяковский приветствовал это открытие стихами:

---

* Сборник «Курская магнитная аномалия». Белгород, 1961, стр. 301—302.

...И когда
казалось —
правь надеждам тризну, —
из-под Курска
прямо в нас
настоящею
земной любовью брызнул
будущего
приоткрытый глаз.

В последующие годы заложили еще ряд новых скважин. Всего же к началу 1926 г. пройдено было 19 скважин, пробурили около 7000 метров. Самой глубокой была скважина № 9 (607,09 метра), что для того времени было рекордом. Всеми скважинами был встречен железорудный массив, находящийся на глубине до 200 метров и простиравшийся на 125 километров. Однако практическое использование месторождений железа натолкнулось на серьезные препятствия. В недрах КМА нашли не *железную руду*, а *железорудные кварциты*, содержавшие до 30% железа; лишь в некоторых случаях кварциты содержали 40—50% железа. Запасы руд оказались колоссальными, но их эксплуатация в то время представлялась экономически неоправданной.

Советское правительство высоко оценило деятельность Особой комиссии по Курской магнитной аномалии, наградив ее орденом Трудового Красного Знамени. По указанным выше причинам работы по исследованию КМА с 1925 г. начали свертываться; при этом председатель ВСНХ Ф. Э. Дзержинский подчеркнул, что «в перспективе развития промышленности СССР запасы руд КМА будут иметь большое экономическое значение». *

Геологические работы в районах КМА возобновились спустя пять лет. Вблизи города Оскол открыли богатую железную руду, однако ее оказалось очень немного. Поиски богатых руд продолжались. Природа не хотела выдавать свою тайну. Чем бóльшие усилия прилагали к отысканию залежей богатых руд, тем больше запутывались следы. Применили комплексный метод исследований — магнитометрия плюс гравиметрия. Если магнитные аномалии свидетельствуют, что в недрах Земли залегают большие массы железной руды, то там должны наблюдаться и положительные гравитационные аномалии. Иными словами говоря, магнитные и гравитационные аномалии должны совпадать. На деле же обнаружилось обратное явление: где наблюдается магнитная аномалия,

---

* Сборник «Курская магнитная аномалия». Белгород, 1961, стр. 359—361.

там гравитационная очень слаба, а гравитационные аномалии обнаруживались там, где магнитная стрелка вела себя совершенно добропорядочно. Это еще больше запутало дело.

Все как будто ополчилось против искателей кладов курской земли. Загадка волновала многих ученых и нашей страны, и за рубежом. Были выдвинуты разные гипотезы, которые должны были объяснить расхождение магнитометрических и гравитационных показателей. Наука разными путями подбиралась к истине. Прошло, однако, еще почти двадцать лет, прежде чем удалось обнаружить большие массивы богатой железной руды.

...Новая история КМА началась 14 мая 1953 г., когда из буровой невдалеке от Белгорода, возле села Яковлева были подняты керны, содержавшие богатую железную руду. Очень быстро развернули разведки. Все буровые оказались продуктивными. Каждый вынутый из земли керн говорил о том, что здесь уникальные залежи богатейшей руды.

По подсчетам геологов, запасы высококачественных железных руд только в двух месторождениях — Яковлевском и расположенном рядом с ним Гостищевском — превышают 25 млрд. тонн. Открыты и другие месторождения богатых руд. В одних местах, например к юго-западу от Старого Оскола и на севере Курской области (Михайловское месторождение), руда оказалась близко к поверхности, в других (Яковлево, Гостищево) — на значительной глубине, под толщей меловых и иных отложений.

Вместе с тем успехи, достигнутые в последние годы в технике обогащения бедных руд, сделали возможным и широкое использование кварцитов. В широком масштабе опытные работы по обогащению кварцитов организованы на Южнокоробковской обогатительной фабрике в городе Губкине.

В годы семилетки развернулось строительство рудников для открытой добычи богатых руд из Лебединского и Михайловского месторождений. Миллионы тонн высококачественной руды из этих месторождений уже переплавили доменные печи Ново-Липецкого и Ново-Тульского металлургических заводов. Из Лебединского и Михайловского месторождений руда добывается открытым способом. Расширение фронта добычи на этих карьерах, а также постройка открытых карьеров на других месторождениях, где богатая железная руда и железистые кварциты расположены на небольшой глубине, позволят уже в ближайшие годы довести добычу до 25—30 млн. тонн в год. Вместе с тем ведутся подготовительные работы к строительству глубоких шахт для добычи руды из Яковлевского и Гостищевского месторождений. Годовая мощность одного рудника на Яковлевском месторождении определяется в 18—20 млн. тонн.

Запасы богатых железных руд в районе КМА определяются более чем в 30 млрд. тонн, а железистых кварцитов — в 10 триллионов тонн (по утверждениям геологов эта цифра, вероятнее всего, даже преуменьшена). Все это создает условия для создания в центре страны новой могучей металлургической базы. Руды КМА будут также широко использованы для обеспечения металлургических заводов стран социалистического лагеря.

Так оправдались надежды, которые В. И. Ленин возлагал на КМА.

* *
*

Чтобы развивать металлургию, недостаточно иметь железную руду. Для восстановления железа из руды требуется *углерод*. Было время, когда доменные печи работали на древесном угле. С конца XVIII в. для доменной плавки широко стали применять каменный (минеральный) уголь. Однако не всякий минеральный уголь пригоден для доменной плавки. Металлурги вынуждены были отказаться от использования для доменной плавки сырого каменного угля, так как в этом случае в доменной печи не удается поднять необходимую температуру; к тому же металл засоряется нежелательными примесями.

Чтобы избежать этого, минеральный уголь предварительно подвергают коксованию, т. е. нагреву без доступа воздуха. При коксовании из угля выделяются содержащиеся в нем углеводороды — коксовый газ и каменноугольная смола, а твердые кусочки угля уплотняются и спекаются в твердую пористую массу — кокс. Он и используется в доменных печах для восстановления окислов руды. Но не все угли способны коксоваться. Одни угли хорошо коксуются, другие плохо или вовсе не коксуются. Поэтому угли принято делить на коксующиеся и некоксующиеся.

Развитие металлургии в западных странах тормозится из-за недостатка коксующихся углей. Это буквально ахиллесова пята европейской, и не только европейской, но и американской металлургии.

Геологические запасы каменных и бурых углей в СССР, залегающих на глубине до 1800 метров, определяются в 8669 млрд. тонн, т. е. составляют более половины всех мировых запасов. Месторождения каменного угля имеются в различных районах страны — на севере, в центре и на юге Европейской части СССР, на Урале, в Западной и Восточной Сибири, в Якутии и на Дальнем Востоке. Все угольные бассейны нашей страны, за исключением уральских, содержат угли,

пригодные для коксования. Особенно богаты коксующимися углями Донецкий, Кузнецкий и Печорский угольные бассейны. При этом границы Донбасса беспрерывно расширяются, что создает хорошие предпосылки для дальнейшего развития металлургии на юге.

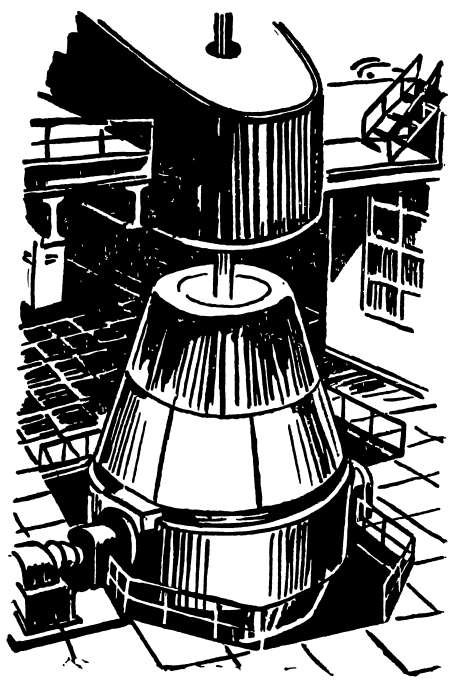
Печорский угольный бассейн обеспечивает коксующимися углями Череповецкий завод. Из углей Кузнецкого и Карагандинского бассейнов получают кокс в Магнитогорске, Челябинске, Новокузнецке, Нижнем Тагиле...

Для мощного развития металлургии в нашей стране достаточно не только железной руды, но и коксующихся углей. Природные ресурсы Советской страны не ставят никаких ограничений для выплавки любого количества черных металлов.



Часть вторая

Человек ищет



Глава четвертая



ОТ СЫРОДУТНОГО ГОРНА ДО ГИГАНТСКОЙ ДОМНЫ

Открытие огня привело к господству человека над многими силами природы. Первобытный человек отделился от животного мира, завершилась эпоха становления человека. Благодаря открытию огня существенно изменились условия материальной жизни людей. Человек стал приготовлять себе пищу, круг предметов его питания значительно расширился, употребление новых видов пищи несомненно повлияло на его психику. Огонь давал надежную защиту от холода и хищных зверей. Огонь стал играть важную роль при изготовлении орудий производства. Человек познал тайну плавления камней и научился получать материалы лучше природных: медь, бронзу, железо.

ПЕРВЫЕ ВСТРЕЧИ ЖЕЛЕЗА И УГЛЕРОДА

Как же человек догадался, что в бурых, красных или черных камнях содержится материал, который может ему пригодиться для изготовления орудий труда и оружия? Чтобы ответить на это, надо иметь в виду одно весьма важное свойство железа.

Хотя железо плавится при температуре 1539 градусов (в то время как точка плавления меди равна 1083 градусам), тем не менее легче добыть из руды железо, чем медь. Дело в том, что разрушение соединения железа с кислородом, т. е. восстановление железа, наступает при гораздо более низкой температуре. При этом железо превращается в тестообразную губчатую массу. Это свойство, вероятно, использовал первобытный человек, чтобы извлечь железо из руды.

Разводя костры, первобытный человек ограждал их камнями, защищая от ветра и воды. Среди этих камней могли оказаться и куски железной руды. Тогда, по-видимому, и произошла первая встреча железа с углеродом. При сильном огне кислород железной руды вступал в соединение с углеродом, содержавшимся в дереве, железо освобождалось от кислорода, оно восстанавливалось (само собой разумеется, что никто тогда и не подозревал о том, что в костре происходят такие сложные процессы).

Древний человек, разгребая очаг, обратил, вероятно, внимание на оставшиеся на дне его губчатые синеватые сплавки-лепешки. Он попробовал бросить их на землю — они зазвенели. Поскоблив их, он заметил, что они блестят. От удара лепешки сплющивались, стало быть, им можно было придавать желаемую форму. При нагреве лепешки сваривались, срастались, значит, несколько кусочков железа можно превратить в один.

Эти свойства открылись, конечно, не сразу, но самым важным достоинством железа было то, что его можно было сделать более твердым, чем бронза. Лепешки, лежавшие рядом с углем, оказались исключительно твердыми и годились на изготовление копий, более прочных и острых, чем бронзовые. Вот это главным образом и привлекало в лепешках, которые обнаруживались на дне очагов. Древний человек стал искать железосодержащие камни, чтобы подвергнуть их обработке огнем.

Как же тогда осуществлялся процесс получения железа? Мы теперь знаем, что восстановление железа, т. е. отделение кислорода от железа, начинается при температуре в 400 градусов, но при естественном притоке воздуха даже в самом большом костре лишь в редких случаях удается достигнуть

такой температуры. Этого можно добиться, если в течение продолжительного времени поддерживать огонь в костре при большом притоке воздуха. Необходимо также, чтобы железосодержащий камень, т. е. руда, оставался в самом центре огня. Древние железодельцы это, вероятно, поняли и стали изыскивать средства получения очень сильного огня. Ямы для плавки железа устраивались на склонах гор или высоких холмов с наветренной стороны. Чтобы увеличить выплавку железа, надо было усилить подачу воздуха в горн — очаг горения, и его стали вдувать искусственно через дутьевые трубки. Процесс восстановления ускорился, и в горне оставалось все бóльшее количество тестообразного или полужидкого продукта — железа. Но железо оказывалось смешанным с пустой породой и сплавок получался рыхлый. Стала задача устранить помехи, встретившиеся на пути выплавки железа.

«ЖИВИНКА В ДЕЛЕ»

Опыт показал, что исключительно большую роль играет хорошая подготовка топлива и руды. Поэтому железодельцы много внимания уделяли изготовлению древесного угля. Чтобы получить хороший уголь, в удобных местах, например на опушке леса, вырывали яму, куда в кучу складывали поленья, ветки, сучья. Кучу плотно закрывали дерном и замазывали глиной. Лишь наверху и внизу оставляли отверстия для слабого притока воздуха. Через нижнее отверстие дрова поджигали, им давали частично сгореть, но при очень ограниченном поступлении воздуха. По мере повышения температуры отверстия плотно замазывали и изолированная от внешней атмосферы древесина обугливалась. Искусство угольщика состояло в том, чтобы отрегулировать доступ воздуха и добиться быстрейшего обугливания всей древесной массы.

Так жгли уголь и впоследствии. И по сей день его выжигают таким же образом там, где еще сохранилась древесно-угольная металлургия. Об этом, в частности, говорят многочисленные описания металлургии старого Урала.

В сказе «Живинка в деле» известный уральский писатель П. П. Бажов поветствует о высоком мастерстве уральских углежогов.

«По угольному делу тогда на большой славе считался дедушка Нефед. Лучше всех уголь доводил. Так и назывался — нефедовский уголь. В сараях этот уголек отдельно ссыпали. На самую тонкую работу выдача была». А у деда Нефеда на все свой метод был, свои приемы: «Как стали плахи в кучи устанавливать, дело вовсе хитрое пошло. Мало того, что всякое дерево по-своему ставить доводится, а и с одним деревом случаев не сосчитаешь. С мокрого места сосна — один наклон,

с сухого — другой. Раньше рублена — так, позже — иначе, потолще плахи — продухи такие, пожиже — другие, жердовому расколу — особо. Вот и разбирайся. И в засыпке землей тоже... Чуть не доглядел — либо перегар, либо недогар будет. А коли все дорожки ловко улажены, уголь выйдет звон-звоном».

И в добыче, и подготовке руды древние металлурги показали большую сноровку и тщательность. Добыча минералов в подземных горных выработках производилась задолго до знакомства с металлами. Археологами открыты горные выработки, сделанные еще в каменном веке; это показывает, что горное искусство весьма древнее. Для добычи металлических руд, наряду с открытыми разработками, прибегали и к горным выработкам. Для вскрытия залежей рыли «дудки» (колодцы), т. е. неглубокие рудники. В северных районах добывали болотную руду. Ее доставали при помощи шеста с прикрепленным к нему ведерком или решетом. Прежде чем засыпать руду в горн, ее промывали, чтобы освободить от ила и земли, мельчили, просеивали, обжигали на кострах. Обжиг руды стал применяться еще в глубокой древности. Железодельцы знали, что таким образом руду можно разрыхлить и даже освободить от некоторых примесей. Что это за примеси, они, конечно, не знали, но понимали, что примеси эти вредят металлу. Руду обжигали в кострах, стойлах и специальных печах.

Как видим, подготовке топлива и руд к плавке в древние века и позднее придавалось очень большое значение. Не менее важную роль играла и температура плавки. Однако человеческие легкие оказались слишком слабыми, чтобы обеспечить интенсивное горение, и дутьевую трубку заменили мехами.

Употребление кожаных мехов относится к самой глубокой древности — примерно к 1500 г. до н. э. Смысл применения мехов — обеспечить равномерное и сильное дутье и повысить температуру плавки. Первоначально меха сшивали из шкур различных животных и представляли собой простой кожаный мешок, который приводился в действие ручным или ножным способом. Воздуходувные мехи постепенно совершенствовались, их приводили в действие сначала мускульной силой людей, затем для этой работы приспособили животных, а еще позднее — водяную энергию.

ГОРН И МЕХИ

Замена дутьевой трубки мехами позволила изменить и плавильное устройство. Горн заменили невысокой шахтной печью. Понятно, что в печи потери тепла ниже, чем в открытом горне.

Печи выкладывали из камней и снаружи обмазывали глиной. Размеры печей сначала были весьма незначительными, но по мере усовершенствования воздуходувных приспособлений появились печи все большей высоты.

Железодельцы первобытных времен делали печи, доходившие до полутора и даже до двух метров высоты. Дутье подводилось снизу, на уровне нижнего слоя угля, для чего в печь вставляли особые сопла. По окончании плавки эти печи разрушали — иначе нельзя было достать оплавившиеся куски железа. При непрекращающемся дутье плавка продолжалась несколько часов.

Для уплотнения и сваривания отдельных зерен металла, увеличения однородности и в особенности для удаления шлака железоделец сразу же после того, как вынимал крицу из печи, захватывал ее особыми щипцами, проковывал на наковальне, а затем вновь помещал в печь для нового нагрева и обработки. Процедура эта повторялась иногда до пяти-шести раз. Так получали кусок металла весом от 2 до 5 килограммов. Лишь изредка вес кусков достигал 10—15 килограммов. Для выплавки одного килограмма железа из красного железняка расходовалось около 12 килограммов сухого угля и 9 килограммов размельченной чистой руды. Извлечение железа было крайне низким.

Типичная древнерусская сыродутная печь была круглой, с наружным диаметром около 1 метра. Печь ставили на основание, чаще всего сложенное из булыжных камней и обмазанное сверху глиной. Стенки печи складывали из камня или сбивали из глины. В передней стенке печи на уровне лещади делали отверстие, через которое вынимали готовую крицу. В это же отверстие вставляли сопла.

Древнерусские домницы были двух типов: земляночные, т. е. расположенные в землянках, и наземные. У северной стенки землянки на полу стояла одна глинобитная сыродутная печь. Над печью в крыше для выхода газов было устроено вытяжное отверстие. В противоположной от печи стороне был вход в землянку по деревянной лестнице. Перед печью имелся предгорновой выем — он создавал удобства в работе при разжигании печи, установке мехов, выемке крицы. Шихта, т. е. руда и уголь, находилась снаружи землянки у вытяжного отверстия в крыше, через которое шихту загружали в печь. Землянка служила только производственным помещением. Этот тип домниц был рассчитан на круглогодовую эксплуатацию. Судя по этнографическим описаниям, наземные печи были заключены в срубы, засыпанные землей *.

---

* Б. А. Колчин. Техника обработки металла в древней Руси. Машгиз, 1953, стр. 23—29.

Процесс этот, однако, страдал крупными недостатками. Главными из них была низкая степень извлечения железа из руды и очень невысокая производительность. Чтобы устранить эти недостатки, увеличили высоту горна. Такое решение несомненно было разумным. Ведь если для увеличения емкости расширить печь, то руду и уголь пришлось бы подвигать к центру горения. В высокой печи руда и уголь сами спускались вниз.

Однако даже для невысоких печей уже не годились старые мехи, приводившиеся в действие силой человека или животного. Появились новые, более мощные мехи, способные подавать в печь во много раз больше воздуха. Это стало возможным благодаря применению водяного колеса как двигателя воздуходувных мехов.

Мехи в то время превратились в довольно сложную установку. Колесо через цевочную деревянную передачу вращало кулачковый вал, от которого в свою очередь в действие приводились мехи. Для каждой плавильной печи имелось два меха, работавших попеременно. Воздух в печь подавался через сопло, проходившее в отверстие, сделанное в задней стенке печи на высоте полуметра от пода.

По мере усовершенствования мехов открылась возможность увеличить высоту печей и использовать для плавки тугоплавкие руды. Более высокая температура в такой печи способствовала скорейшему восстановлению металла. И действительно, печи высотой выше 3 метров (до 5—6) давали наилучшие результаты: меньший расход топлива, больше однородного по строению металла.

В средние века широко распространены были так называемые «блауофены». Такая печь достигала высоты 6 метров, имела конусообразную форму с основанием в 1,5 метра. Плавка в этой печи продолжалась 12—18 часов и давала около 700—900 килограммов железа. Размеры крицы были часто таковы, что для ее извлечения из печи приходилось созывать всех мужчин из близлежащих селений.

Переслаивание железной руды и угля и усиление дутья сказались на всем ходе процесса. Температура верхней части горна понизилась, поэтому восстановление металлов из руд происходило раньше, чем образовывался шлак. При этом железо сильнее науглероживалось; оно стало не только восстанавливаться, но и расплавляться. В печи получалась уже не железная губка, как раньше, а жидкая огненная масса. Расплавленный таким образом металл легко было извлечь из печи. Процесс, стало быть, мог происходить беспрерывно, без остановки.

Все складывалось как будто очень хорошо, лучшего и желать не надо было.

Однако именно тогда металлурги столкнулись с задачей, которая поставила их в тупик. Застывший жидкий металл оказался лишенным природных свойств железа: он не ковался, не сваривался, из него нельзя было сделать прочных инструментов, гибкого и острого оружия.

Думали, что это произошло случайно. Ведь и до того бывало, что передержанный в горне металл не поддавался ковке. Однако в высоких печах с сильным дутьем все плавки приводили к таким последствиям. Долго бились, пока нашли применение новому продукту.

А это был чугун, т. е. сплав железа с углеродом. Печь, в которой получили первый чугун, была прародительницей современной доменной печи.

ДВЕ СТУПЕНИ

Наука тогда еще не могла объяснить случившееся. Теперь мы знаем, что, протекая через слои раскаленного топлива, восстановленное железо насыщается углеродом и образует новое соединение. Однако в то время еще не были развеяны воззрения алхимиков, горение объяснялось как выделение из горючего материала особого гипотетического вещества, получившего название «флогистона». Только после работ Роберта Бойля (1627—1691) произошли сдвиги в химии и наметился правильный подход к пониманию реакций. Надо отметить, что именно условия плавки металла в высокой шахтной печи были истолкованы некоторыми учеными, например немецким ученым Г. Э. Сталем (1660—1734), как подтверждение флогистонной теории. Даже окисление металла и превращение его в ржавчину объяснялись как выделение того же флогистона, а восстановление металла из его окислов — как соединение флогистона с металлом.

Таким образом, согласно воззрениям того времени, чистый металл представлялся веществом сложным, а его кислородное соединение простым. Все было поставлено, как говорится, с ног на голову. Теория флогистона продержалась еще в течение свыше ста лет.

Подведем итог.

В сыродутном горне железо восстановили из руды и получили блестящий мягкий металл — *железо*. Этот материал не был чистым железом, но по своим свойствам был близок к нему.

Совершенствуя методы выплавки и обработки, удалось сделать железо более твердым, прочным, пригодным для изготовления острых орудий. Для этого оказалось достаточным подольше подержать крицу рядом с раскаленными углями.

Затем человек предпринял ряд мер, чтобы увеличить количество металла, которое можно выплавить за один прием. Руда при этом расплавлялась, железо насыщалось углем и получался новый, мало на что пригодный продукт — *чугун.*

Сейчас мы отдаем себе ясный отчет во всех этих видоизменениях. В сыродутном горне был получен мягкий металл — *железо.* В сплаве с незначительным количеством углерода железо приобрело исключительно ценные качества — оно превратилось в материал, впоследствии нашедший широкое применение для производства орудий труда и оружия. Это была *сталь.* Особенно большое распространение сталь получила, когда открыли секрет ее закаливания (об этом будет рассказано ниже).

Наконец, в результате еще большего насыщения железа углеродом появился неизвестный сплав — *чугун.*

Таким образом, человек столкнулся с тремя сплавами химического элемента железа с углеродом, известными под названиями *железо, чугун, сталь.*

Твердых границ между железом, сталью и чугуном не существует. Условно принято железом называть чистое железо, в котором растворено незначительное количество углерода (не более 0,01—0,04%). Сплав, содержащий от 0,04 до 1,7% углерода, называют сталью. При большем насыщении сплава углеродом (от 1,7 до 4—5%) получается чугун.

Уже несколько сот лет процесс получения сплавов из железа ведется так. В доменных печах железо восстанавливают из руды. Там же оно насыщается углеродом, плавится и превращается в жидкий чугун. На следующих стадиях производства теми или иными способами удаляется излишнее количество углерода и другие посторонние элементы, содержащиеся в чугуне. Получается сталь.

Такой двухступенчатый метод добывания железа или, точнее, сплавов из него сохранился до наших дней. Окольный путь оказался более коротким, более производительным.

Итак, из высокой шахтной печи вытекли первые порции нового материала — чугуна. После того как убедились, что это происходит не случайно, после отнюдь не теплой встречи, оказанной ему, после того, как чугун удостоился таких нелестных эпитетов, как «свинья», «гусь» и тому подобное, наступило отрезвление. Оказалось, что чугун обладает отличными литейными качествами. Сначала из него отливали ядра, затем его употребили для отливки так называемой «казенной части» пушек, а в 1445 г. в городе Зигене были отлиты 30 пушек общим весом 7370 килограммов. Этому предшествовало открытие способа улучшения качеств чугуна путем его рафинировки (очистки от примесей). В сочинении итальянского металлурга Бирингучио упоминается особая шахтная

печь для переплавки кусков (чушек) чугуна, по-видимому, предшественница современных вагранок *.

В то время уже энергично велись поиски средств, чтобы вернуть железу его природное свойство — ковкость, т. е. *превратить чугун в сталь.*

ДОМЕННЫЕ ПЕЧИ ПОДМОСКОВЬЯ И СТАРОГО УРАЛА

Применение высоких шахтных печей сказалось прежде всего на географическом размещении металлургических предприятий. Раньше плавильные печи располагались на откосах гор. Теперь же, когда для приведения в действие мехов возникла необходимость в использовании водяной энергии, плавильные печи стали строить около рек и водопадов. Особенно быстрое развитие металлургия получала в тех случаях, когда руда и уголь оказывались рядом с источниками водяной энергии.

Первые доменные печи в России возникли в центральных областях и в Карелии. «После перехода к двухстадийному процессу получения железа,— указывается в вышедшем в 1962 г. исследовании Н. Н. Стосковой,— в документах попрежнему встречается название плавильный горн, иногда плавильная печь и очень редко — домна. Все сооружение — один или два горна и специальное помещение вокруг горнов — получило в XVII в. название плавильни...» **.

Еще в шестидесятых годах XVI в. производительность доменных печей была довольно высокой и достигала 100—120 пудов (1600—1920 килограммов) чугуна в сутки. Ни одна доменная печь в Европе, где развитие чугунолитейного дела зародилось значительно раньше, не имела такой высокой производительности. К концу века производительность была еще выше. На тульских заводах Демидова доменная печь выдавала по 150—170 пудов (2400—2720 килограммов) чугуна в сутки, а на Вейском заводе того же Демидова одна доменная печь давала 270—330 пудов (4320—5280 килограммов) в сутки. Чугун выпускали дважды в сутки. На Тульском, Поротовском и других заводах отливали чугунные пушки, ядра, гранаты. Гранаты были весом в пуд, полтора и в два; ручные гранаты имели меньший вес. Пушки делали по русским и «голанским» образцам.

---

* Ю. М. Покровский. Очерки по истории металлургии. ОНТИ, 1936, стр. 57—58.

* * Н. Н. Стоскова. Первые металлургические заводы России. Изд. АН СССР, 1962, стр. 68.

Еще более совершенными были доменные печи Урала. Быстрое развитие металлургии Урала объясняется тем, что там были открыты богатые месторождения железной руды, имелись нетронутые леса, а горные реки служили превосходным природным источником энергии. Уральские доменные печи снаружи были квадратной формы, высотой, считая, от лещади до верха колошника, в 10 аршин (чуть больше 7 метров), круглая бочкообразная шахта печи в самом широком месте («распаре») достигала 4 аршина (менее 3 метров). Стены делали очень толстыми: считалось, что «домна любит тепло». Объем такой десятиаршинной печи равнялся 62 кубическим аршинам (22 кубометра). Доменные печи строили парами, одна плотно к другой. Пара печей называлась фабрикой *. На Невьянском заводе имелась доменная печь больших размеров — ее высота достигала 12 аршин (8,5 метра). За сутки такие печи давали 120—150 пудов чугуна (около 2—2,5 тонны), а большие печи в отдельные дни выплавляли до 250 пудов (4 тонны).

Ведение процесса плавки в таких печах требовало высокого искусства: при малейшем недосмотре печи застывали. В инструкциях, разработанных в то время руководителями уральской металлургии, указывалось, что с домной надлежит обращаться так, «как добрая мать водится с детьми своими». Главные недостатки обслуживания сводились к «неправдивой сыпи» (загрузке), т. е. к нарушению пропорций руды, угля и известкового камня, и неправильному распределению шихты по сечению печи.

«Неправдивая сыпь», писалось в инструкции,— могла быть результатом «несмотрения, нерадения или пьянства». Поэтому предлагалось в случае, когда «в чюгуне учинилась худоба», тщательно разобрать причины, и если виноват мастер с подмастерьями, «то штрафовать вычетами из жалованья и «держанием скованных», а ежели и от того не уймутся и худоба не перестанет, то мастера написать в подмастерья и жалованье ему давать подмастерское» **.

Однако «худоба» в чугуне была результатом не только «неправдивой сыпи», но и плохой конструкции печей. Мысль русских людей настойчиво работала над улучшением конструкций домен. Спустя примерно полвека после постройки первой доменной печи на Урале там уже появились доменные печи высотой 14—15 и даже 20 аршин (10—14 метров).

В 1743 г. мастер Невьянского завода Григорий Махотин усовершенствовал доменные печи, устроив в них по два фур-

---

* Д. Кашинцев. История металлургии Урала, т. I. ГОНТИ, 1939, стр. 80.

* * Там же, стр. 87.

менных отверстия для подачи воздуха. Воздух подавался четырьмя мехами. Благодаря этому такие доменные печи плавили руду быстрее, чем другие, и выпускали рекордное количество чугуна. Невьянские доменные печи в то время были самыми мощными в мире.

Сложившиеся на Урале благоприятные условия привели к тому, что наша страна стала самой могучей металлургической державой.

ПОИСКИ НОВОГО ТОПЛИВА

Иначе сложились дела в других странах, например в Англии, где рост металлургии привел почти к быстрому истреблению лесов. Недостаток дерева настолько остро чувствовался, что превратился в тормоз при строительстве жилищ, кораблей и т. д. Были изданы специальные государственные акты, запрещавшие рубку леса для выплавки железа на всей территории Англии. В некоторых случаях за нарушение этих указов грозили самые тяжкие кары, вплоть до смертной казни. Стал вопрос об использовании для металлургических целей минерального топлива.

Необходимость перехода на минеральное топливо была вызвана не только недостатком древесины. Имевшиеся уже в то время довольно мощные воздуходувные средства позволяли строить более высокие доменные печи. Однако при опускании со значительной высоты (более 15 метров) древесный уголь крошился, рассыпался, превращался в пыль. Первые попытки перейти на минеральное топливо сделал Дод Додлей в 1619 г. В своем трактате об этом он писал: «Дрова и древесный уголь становились редкими — это обстоятельство побудило меня видоизменить устройство горна, чтобы попробовать положить туда *каменный уголь*... После второго опыта я убедился, что металл, получаемый мной, был хорошего качества. Количество оставляло еще кое-что желать, но я не сомневаюсь, что мне удастся усовершенствовать свое изобретение».

В выданном Додлею патенте указывалось, что он «открыл после долгих трудов и многих дорогостоящих опытов секрет, способ и средства выплавки железной руды и производства из нее чугунного литья или брусков путем применения каменного угля в печах с раздувательными мехами, причем результаты получились такого же хорошего качества, как и те, что **до сих пор** производились при помощи древесного угля,— изобретение, еще никем до сих пор несовершенное в нашем английском королевстве...» * Против Додлея ополчились за-

* А. А. Зворыкин и др. История техники. Соцэкгиз, 1962, стр. 154.

водчики, производившие чугун на древесном угле, ему не дали довести дело до конца.

Опыты применения в доменной плавке минерального угля велись и на континенте. Много патентов было выдано на использование минерального топлива, но дело все не ладилось: чугун либо застывал в печах, либо получался плохим.

Еще с древних времен был известен способ переработки каменного угля в кучах (так же, как обугливают дерево). Этим путем удавалось получить топливо большой прочности и в значительном количестве. Несчастье заключалось в том, что в угле сохранялась сера. Никто тогда не знал, при какой температуре, в каких условиях можно получить однородное чистое топливо, которое обладало бы достаточной механической прочностью и было бы в то же время, наподобие древесного угля, пористым.

Лишь в 1735 г. английскому железозаводчику Абрагаму Дерби (1711—1763) удалось добиться успеха. А. Дерби был владельцем фабрики чугунной посуды в Кольбрукделе. Фабрика эта досталась ему в наследство от отца. Вступив в 1730 г. в управление предприятием, Дерби, по примеру отца, занялся усовершенствованием способа приготовления каменного угля для доменной плавки. Сначала он попытался смешать каменный уголь с древесным, но вскоре от этого отказался. Чтобы металл не портился вследствие перехода в него содержащейся в каменном угле серы, Дерби стал примешивать к руде негашеную известь, которая поглощала серу и не позволяла ей переходить в металл. Одновременно он увеличил подачу воздуха в печь, для чего применил более сильные воздуходувки.

Древесный уголь, до тех пор служивший восстановителем металла из железной руды, был заменен новым видом топлива, полученным путем термической обработки каменного угля, которая совершалась в герметически закрытых тиглях. Так А. Дерби удалось получить новый вид восстановителя — кокс. Непрерывная цепь опытов закончилась, наконец, решающим успехом.

Кокс, полученный Дерби, обладал достаточной механической крепостью и хорошей пористостью.

ЕЩЕ БОЛЬШЕ ВОЗДУХА

По мере того как древесный уголь вытеснялся коксом (произошло это, конечно, не сразу — в разных странах в разное время), стало выясняться, что водяные приводы уже недостаточно мощны, чтобы обеспечить поступление достаточного ко-

личества воздуха. С переходом на кокс производительность домен в первое время даже понизилась по сравнению с той, какую они имели, когда плавка велась на древесном топливе. Причина состояла в том, что кокс обладает большей прочностью, чем древесный уголь; домнам, поэтому, требуется более сильное и упругое дутье. Чтобы привести в действие более мощные воздуходувки, потребовались иные двигатели, чем водяное колесо.

В 1711 г. английский изобретатель, кузнец по профессии, Томас Ньюкомен (1663—1729) изобрел пароатмосферную поршневую машину для подъема воды из шахт, при этом он использовал работы знаменитого французского ученого Дени Папена (1647—1714).

Абрагам Дерби в 1750 г. приспособил на своих кольбрукдельских заводах машину Ньюкомена для подачи дутья в коксовую домну. Это был первый шаг по пути замены гидравлической энергии паровой. Машина была несовершенной и работала с большими перебоями. Такая же пароатмосферная машина была выписана из Англии царем Петром Первым для использования в уральской металлургии, но от применения ее в доменном деле пришлось отказаться и ее приспособили для отлива воды из шахт.

Усовершенствованием пароатмосферной машины Т. Ньюкомена занялся Джемс Уатт (1736—1819). К этому же времени относятся и работы известного русского изобретателя И. Ползунова (1729—1766).

Воспитанник первой русской горнозаводской школы в Екатеринбурге (ныне Свердловск) Ползунов с 14 лет стал работать на заводах. Богатая двадцатипятилетняя заводская практика навела его на мысль создать машину, которая могла бы заменить водяное колесо. Ползунов был знаком с работами Папена, Сэвери и Ньюкомена, а также с работами М. В. Ломоносова по теплотехнике. Посещение Петербургской академии наук намного расширило его кругозор. В 1763 г. (заметим, в том же году, когда и Уатт занялся усовершенствованием машины Ньюкомена) Ползунов разработал проект создания «огнедействующей машины для заводских нужд». Он предполагал построить двухцилиндровую пароатмосферную машину.

В своей докладной записке от 26 апреля 1763 г. Ползунов писал, что он ставит себе целью «...сложением огненной машины водяное руководство пресечь и его, для сих случаев, вовсе уничтожить, а вместо плотин за движимое основание завода ее учредить так, чтобы она была в состоянии все наложенные на себя тягости, каковы к раздуванию огня обычно к заводам бывают потребны, носить и, по воле нашей, что будет потребно, исправлять». Заканчивалась записка словами: «Дабы сей славы (если силы допустят) Отечеству достигнуть

и чтоб то во всенародную пользу, по причине большого познания о употреблении вещей, поныне не весьма знакомых (по примеру наук прочих) в обычай ввести» *.

Постройка машины заняла три года. Всего лишь за неделю до испытания своего детища, в мае 1766 г., Ползунов умер от скоротечной чахотки. Машину пустили в августе и она в течение некоторого времени обслуживала дутьем плавильные печи. Котел дал течь, машину остановили, забросили, а потом сломали.

Между тем Уатт продолжал работать над конструкцией машины и в 1784 г. построил *универсальную паровую машину двойного действия.*

Лишь после того как были созданы средства, позволявшие обеспечить в домнах большое давление воздуха, открылась возможность интенсивной эксплуатации коксовых домен. Это был важный исторический момент в развитии всей мировой черной металлургии.

ПРОФИЛЬ ДОМЕННЫХ ПЕЧЕЙ

В свою очередь переход на коксовую плавку заставил заняться созданием наиболее выгодных конструкций доменных печей, разработкой рационального сечения, т. е. внутреннего профиля их. Сначала было замечено, что плавильные материалы дольше остаются в печи, если нижнее пространство ее сведено на конус. У печей появились так называемые «заплечики». Затем выяснилось, что из верхней, цилиндрической части печи материал плохо опускается вниз. Тогда и верхнюю часть стали делать на конус, но уже обратного направления. Так родилась коническая шахта, по фигуре своей близкая к профилю современной печи. Под «заплечиками» домен стали располагать цилиндрический горн. Горны первоначально сильно сужали и удлиняли в высоту. Нижняя часть горна служила металлоприемником. В верхней части горна делали отверстия для вдувания воздуха — фурмы, а в нижней части — отверстия для спуска шлака.

В те времена доменные печи окружали толстым слоем каменной кладки. Считалось, что подобным способом удастся уменьшить потери тепла печью. Каменный кожух, окружавший печь, имел внизу несколько амбразур, открывавших возможности подойти к фурмам, чугунным и шлаковым леткам. Подобного типа печи сохранились до конца XIX в. Об этом рассказывает в своих «Воспоминаниях металлурга» знамени-

---

* А. А. Зворыкин и др. История техники. Соцэкгиз, 1962, стр. 139.

тый русский металлург, один из виднейших доменщиков мира, академик М. А. Павлов (1863—1958). Вот, как он описывает Климковский завод, на котором он начал работать вскоре после окончания Петербургского горного института (Климковский завод входил тогда в Омутнинский горный округ, Вятской губернии, расположенной на западном склоне Урала):

«На завод я отправился через плотину, которая довольно высоко поднимается над горизонтом заводской территории. Приближаясь к заводским сооружениям, я невольно искал взглядом доменные печи. Но их не было видно. А между тем я твердо знал, что на заводе имеются две домны... Земляная насыпь плотины заканчивалась деревянным, слегка наклонным мостом, перекинутым к ближайшему заводскому зданию. Поднявшись по этому мосту, я неожиданно оказался на рабочей площадке доменной печи, которую тщетно искал. Рабочие загружали в открытую шахту печи древесный уголь и руду.

Уральские древесноугольные доменные печи тогдавшнего времени действительно можно было не заметить. Шахта доменной печи не представляла отдельного сооружения, а включалась в массивный доменный «корпус». Самой печи не видно, она скрыта в кладке корпуса. В корпусе выкладывались две печи. Когда одна печь стояла на ремонте, плавку вели на другой» *.

Вскоре же после поступления на этот завод М. А. Павлов реконструировал эти домны и их производительность значительно возросла: печи стали выдавать по 20 тонн чугуна в сутки вместо 10.

Спустя примерно тридцать лет Павлов возглавил школу советских доменщиков и при его участии были сконструированы гигантские доменные печи, выплавляющие по 2000 тонн чугуна в сутки и более.

Итак, применение парового двигателя открыло путь коксовым печам. Одну из первых паровых машин, построенных в мастерских Болтона и Уатта (Уатт вынужден был взять себе в компаньоны крупного английского промышленника Болтона, иначе он не мог осуществить свое изобретение), приобрел железозаводчик Джон Вилькинсон (1727—1808), построивший коксовую домну по образцу кольбрукдельских печей. При помощи парового двигателя Вилькинсон значительно поднял производительность домны. Этот опыт подсказал ему целесообразность увеличения объема доменных печей — увеличена была высота печей и число фурм.

Мысли доменщиков тогда были сосредоточены на проблемах давления (упругости) и количества воздуха, который мож-

---

* Металлургиздат, 1943, стр. 92.

но ввести в печь. Казалось бы, ясно: чем больше воздуха, тем скорее должна идти плавка. На деле же происходило обратное: слишком большое увеличение подачи воздуха не только не повышало производительности домен, а наоборот — снижало. Господствовавшая в то время флогистонная теория не могла объяснить причины этого противоречия, но теория эта вот-вот должна была рухнуть. А дело заключалось в том, что при увеличении подачи холодного воздуха, т. е. при избытке воздуха, понижалась температура горения, что приводило к замедлению всего процесса.

ПЕРВЫЕ ОСНОВАНИЯ НАУЧНОЙ МЕТАЛЛУРГИИ

Это было время, когда творили такие корифеи науки, как Михаил Васильевич Ломоносов (1711—1765) и Антуан-Лоран Лавуазье (1743—1794). Ломоносов вплотную подошел к экспериментальному доказательству закона о сохранении общего количества вещества. Повторив опыты Роберта Бойля, Ломоносов в 1756 г. нашел в них ошибку и доказал, что увеличением веса металл обязан соединению его с воздухом. Опыты эти, хотя и были доложены Академии, но не были опубликованы. Спустя семнадцать лет — в 1773 г.— французский физик Лавуазье повторил тот же эксперимент, доказав, что увеличение веса металла равно уменьшению веса воздуха в реторте. Так был нанесен решающий удар по гипотезе флогистона. В те годы был открыт и кислород (шведом К. Шееле в 1769—1770 гг. и независимо от него англичанином Дж. Пристли в 1774 г.).

Работы Ломоносова и Лавуазье, а также открытие составных частей воздуха позволили внести ясность в физико-химические процессы, протекающие в домнах.

Исключительно большое значение для развития металлургии имел труд М. В. Ломоносова «Первые основания металлургии, или рудных дел». В этой книге Ломоносов писал: «...напрасно многие думают, что все, что видим, с начала Творцом создано, будто не токмо горы, долы и воды, но и разные роды минералов произошли вместе со всем светом; и потому-де не надобно исследовать причин, для чего они внутренними свойствами и положением мест разнятся. Таковые рассуждения весьма вредны приращению всех наук, следовательно, и натуральному знанию шара земного, а особливо искусству рудного дела, хотя оным умникам и легко быть философами, выучась наизусть три слова: «Бог так сотворил»; и сие дая в ответ вместо всех причин».

Книга Ломоносова состоит из геологического очерка («О металлах и с ними в земле находящихся других минералах»), раздела, посвященного «рудным местам, жилам и приискам их», описания устройства оборудования рудников, пробирного дела и, наконец, пятой части, в которой излагаются способы выплавки металлов. Особенно подробно Ломоносов останавливается на пробирном искусстве.

«Искусные плавильщики,— пишет он,— сперва сысканную руду разными образцами с разными материями через плавление пробуют, а который способ больше металла подаст без излишней траты, тот и употребляют».

Ломоносов касается всех процессов добывания металлов, что, как он писал, «есть задача металлургии». Добытую из земли руду, учит Ломоносов, необходимо обогащать, отделяя бедные руды от богатых, освобождая руду от «пустой», т. е. лишенной металла, породы.

На протяжении более полустолетия этот научный труд Ломоносова оставался единственной книгой на русском языке, в которой глубоко осмысливались процессы обработки руд и выплавки из них металла. Выдвинутая Ломоносовым идея химической истории земли спустя 150 лет была развита выдающимися русскими учеными — академиками В. И. Вернадским и А. Е. Ферсманом.

Опровержение флогистонной теории было поворотным моментом в развитии научной металлургии. Понятными, в частности, стали причины понижения производительности доменных печей при большом вдувании воздуха: от поступления больших масс холодного воздуха печи сильно охлаждались.

Какой же выход? Уменьшить подачу дутья? А не вернее ли предварительно нагреть воздух, вдуваемый в домны?!

НОВИНКА ЗА НОВИНКОЙ

Вопрос о предварительном нагреве воздуха, вдуваемого в доменные печи, был поставлен спустя примерно три десятилетия после открытия кислорода. Прошли, однако, еще три десятилетия, прежде чем практически попытались испытать метод подогрева дутья. Это было сделано в 1831 г. в Шотландии. Дутье подводилось через чугунные трубы, шедшие через топки с каменным углем. Нагрев воздуха до 150—300 градусов позволил примерно на 40% снизить расход топлива и значительно повысить производительность печей.

Еще раньше — в 1829 г.— на Александровском казенном литейном заводе в Петербурге проводились опыты «над до-

менной печкой, раздувая оную теплым воздухом...» Через несколько лет опыты были повторены на Петрозаводском железоделательном заводе (в 1835 г.). Опыты показали, что горячее дутье может обеспечить рост выплавки чугуна при одновременном сокращении расхода топлива.

Однако во время этих опытов не были реализованы все возможные выгоды от нагрева дутья. Прошло некоторое время, пока додумались использовать для подогрева воздуха выходящие из печи горючие газы. Лишь в 1857 г. англичанин Э. Каупер (1819—1893) создал устройство для нагрева воздуха отходящими газами доменной печи. По имени изобретателя воздухонагреватель и назвали каупером. У доменных печей появился еще один вспомогательный аппарат — воздухонагреватель.

В последующие десятилетия мысль металлургов сосредоточилась на конструктивных улучшениях печей, организации их правильного питания. Создавались новые и новые «профили» печей. Изменились взгляды на причины потери тепла и отпала необходимость в строительстве толстостенных каменных кожухов. Появились так называемые «шотландские» печи, вовсе не имевшие наружного кожуха; высота печи от основания горна до колошниковой площадки достигла уже 20 метров и более. Наряду с печами, одетыми в металлические кожухи, строили и печи со свободной шахтой, каменная кладка которой охватывалась для прочности металлическими кольцами.

Применение горячего дутья привело к значительному повышению температуры в зоне горения. Возникла необходимость в охлаждении поясов высоких температур. В связи с этим весьма заметную роль в доменном деле стало играть водяное хозяйство. При выборе месторасположения новых заводов приходилось считаться с состоянием водных ресурсов. Чем больше росли домны, тем совершеннее и производительнее должны были быть воздуходувные машины. Стали применять новые виды двигателей — газовые, турбинные.

Производительность доменных печей росла, они требовали огромных масс сырья. Встал вопрос о способах их доставки к печам и подъема на колошник. Сначала приспособили наклонные мосты, по которым руду и уголь (кокс) подвозили гужом. Затем появились подъемники, приводившиеся в действие механической силой. Встал вопрос и о распределении шихты по окружности доменной печи; сконструированы были засыпные аппараты.

Доменные печи обрастали все новыми и новыми устройствами. Хозяйство доменной печи становилось многообразным и сложным. Методы ведения доменного процесса осложнялись. Процессы, происходившие в печи, еще не были доста-

точно изучены, хотя к тому времени ученые разных стран уже заняты были разработкой теории доменного дела.

В индустриально развитых странах Европы и США появились доменные печи, способные выплавить по несколько сот тонн чугуна в сутки. В своих «Воспоминаниях металлурга» М. А. Павлов повествует о посещении им шведских, американских и английских металлургических заводов. «Я видел,— писал он,— величайшие в мире доменные печи завода «Дюкен», из которых одна уже работала с полной механизацией подачи материала в печь и уборки готовых продуктов плавки».

Касаясь состояния доменного дела в России, Павлов писал: «О полной механизации в доменном цехе у нас в России тогда никто не думал. Да и в Европе к ней пришли через много лет. Но частичные улучшения в профиле печей и конструкции горна стали производиться на южнорусских печах, как только у них появились русские инженеры... Много позже (в 1911 г.) Курако удалось спроектировать и построить печь американского типа, но без автоматической загрузки, на заводе Юза (ныне Донецком). Лишь при советской власти русские техники (Луговцов и Кизименко) впервые спроектировали и построили целиком механизированный американский доменный цех на Макеевском заводе».

Южнорусские печи, как пишет М. А. Павлов, т. е. доменные печи Донбасса и Приднепровья, принадлежали монополистическим объединениям, созданным иностранным капиталом — французским, английским, бельгийским: «Генеральное общество» (Париж), «Генеральное общество индустрии и металлургии в России — Омниум» (Брюссель), Парижско-Нидерландский банк, Международный банк (Париж), Новороссийское металлургическое общество (Лондон)...

Из Парижа, Брюсселя, Лондона управляли металлургическими заводами, построенными на юге нашей страны в конце прошлого века. Конечно, не любовь к нашей стране заставила эти монополии тратить миллионы на постройку заводов. И они стремились к тому, чтобы вложения были минимальными, а прибыль максимальной.

Построенные на юге доменные печи во много раз превосходили уральские, но техника их обслуживания осталась почти такой же. Иностранные капиталисты не были заинтересованы во ввозе в Россию совершенных машин. Предприниматели заботились не о том, чтобы Россия имела свой металл, а о наполнении своих карманов высокой прибылью. Поэтому они привезли в Россию такие машины, которые у себя на родине собирались выбросить. Словом, они поступали по пословице: «На тоби, боже, що мени негоже».

Иностранный капитал привез к нам не только свою от-

сталую технику, но и свой технический персонал. Все командные посты — вплоть до мастеров — были заняты иностранцами. Они меньше всего заинтересованы были во внедрении технических новшеств, ставка делалась на «русский лапоть», т. е. на дешевую рабочую силу. В России в те времена готовилось очень мало инженеров, да и те с трудом находили себе место. В условиях капитализма они не могли применить свои инженерные знания, развернуть свои способности.

Михаил Александрович Павлов после работы на Урале и поездки по заводам США стал работать на Сулинском заводе, где организовал выплавку чугуна на природном антраците. После этого М. А. Павлов перешел на научную работу, он получил профессуру сначала в Екатеринославском горном училище (ныне Днепропетровском горном институте), а затем в Петербургском политехническом институте. Более чем полувековая деятельность М. А. Павлова в этой области оставила большой след в научной литературе. Труды Павлова и до сих пор служат настольными книгами металлургов всех стран.

Богатое наследство оставил и другой известный доменщик Михаил Константинович Курако.

ПОЭТ ДОМЕННОГО ДЕЛА

Михаил Константинович Курако не был инженером. В памяти людей, которым привелось с ним работать, он запечатлелся как самородок, как талант, поэт доменного дела.

Михаил Курако происходил из помещичьей, дворянской среды. Мальчиком он бежал из дома и вместе со своим сверстником деревенским парнишкой Петей Максименко пешком отправился в Екатеринослав (ныне Днепропетровск). Там они оба поступили на металлургический завод.

Миша работал пробоносом, т. е. доставлял пробы с домны в лабораторию. По неписанным правилам, пробонос обязан был также обслуживать инженеров, бегать за папиросами, подавать чай и т. д. Но Миша не захотел быть на побегушках у иностранцев и попросился в катали *. Крепкого здоровьем мальчика, бывшего воспитанника кадетского корпуса не испугали ни тяжелый труд, ни нищенская оплата. В рабочей казарме, среди простых трудовых людей он чувствовал себя куда лучше, чем в классах кадетского корпуса, где он учился раньше, или в богатом доме своего отца. Он подружился со своими товарищами по работе, читал им вслух Пушкина, пересказывал содержание прочитанных книг.

---

* Каталями называли рабочих, которые на тачках подвозили к домнам сырые материалы.

А во время тяжелой двенадцатичасовой рабочей смены Миша прислушивался к дыханию доменных печей и к речам инженеров и мастеров, говоривших между собой по-французски. Никто из этих иностранцев не мог и заподозрить, что оборванный, покрытый красной рудной пылью каталь понимает их речь. Через некоторое время Мише удалось перейти на работу к горну печи. Теперь он мог всматриваться и в глазки фурм... Но этого ему уже было мало — он хотел изучить работу домен, условия их питания. Каждый раз, когда это представлялось возможным, он заглядывал в суточные рапорты домен, которые лежали открытыми в будке газовщика. Рапорты велись на французском языке, но для Миши это не было помехой. Однажды незаметно вошедший сменный начальник цеха — француз — застал Мишу за чтением рапорта. Мишу прогнали с завода.

Молодой доменщик отправился в Мариуполь (ныне Жданов), куда незадолго до того из Америки привезли оборудование целого завода. На этом заводе домны были более совершенными, чем на французском. Миша снова начал работать каталем, но скоро его сделали горновым. Там и произошло событие, которое вскоре прославило его.

Доменные печи нового завода неожиданно стали плохо работать: они давали все меньше чугуна. Внутри домны рос «козел», т. е. глыба нерасплавленной спекшейся железной руды и других материалов, и ничего другого не оставалось, как остановить домну и сломать ее. Инженеры завода уже примирились с мыслью о неизбежности этого, фирме предстояло понести крупные убытки.

Незадолго до того как домну собирались остановить, в приемную директора пришел Курако. Еще не было случая, чтобы простой рабочий заходил в кабинет директора. Но Курако ошарашил секретаря французской речью и... ворвался в кабинет.

— Что тебе здесь надо? Откуда ты взялся? — испуганно спросил директор.

— Не беспокойтесь, я вам ничего плохого не сделаю и даже мебель не испачкаю,— ответил Миша на французском языке.— Я горновой. Говорят, вы на днях начнете ломать печь?..

— Да! — растерянно ответил директор.— Но какое тебе дело до домен? И кто тебя научил говорить по-французски?

— Не важно, кто научил меня говорить по-французски. Я не о ваших интересах пекусь, но... душа протестует. Не ломайте печь!

— Как же ее не ломать, если там «козел»?!

— «Козла» можно расплавить.

— Расплавить?! — Директор рассмеялся.— Не ты ли сумеешь это сделать?

— Сумею. Дайте мне печь на три дня.

Директор с любопытством оглядел неизвестно откуда явившегося «спасителя». «Может быть этому босяку действительно удастся спасти печь. Говорят, такие случаи бывали — «козлы» удавалось расплавить. Если это случится, можно получить большую премию, а терять нечего»,— подумал директор.

— Что ты за это хочешь получить?

— Вы выдадите мне удостоверение, что я — горновой Михаил Курако — расплавил в доменной печи «козла».

Директор задумался, это ему показалось наглостью, но он себя сдерживал. Почему-то директор поверил, что этот крепкий парень сможет спасти печь.

— Получишь четвертной билет.

— За это дело вы уплатите и сто четвертных, но я не о деньгах говорю. Вы мне дадите свидетельство, что я расплавил «козла»!

Курако не шел ни на какие уступки.

— Удостоверение должно быть на фирменном бланке с печатью,— настаивал Курако.

Директор вынужден был согласиться.

На три дня Михаилу отдали доменную печь, и он ее спас. Печь загудела, она дала чугун.

В удостоверении, выданном М. К. Курако, было написано:

«Выдано доменному мастеру Мариупольского завода М. К. Курако в удостоверение того, что на заводе «Русский Провиданс» ему поручена была печь с «козлом» и благодаря его умению через три дня пошла нормально».

Слава о Курако быстро разнеслась по всем заводам Юга. Вскоре после этого Михаил Константинович получил приглашение от немецких акционеров, владельцев Краматорского завода, приехать в Краматорск, чтобы наладить там нормальную работу домен.

Курако отправился туда не один, а со всей своей «командой»: Петром Максименко, Иваном Бандурой и другими доменщиками. Они быстро наладили ход домен. После этого Михаилу Константиновичу предложили занять должность начальника доменного цеха.

Из каталей и начальники цеха! Это было неслыханным.

Не из любви к русскому самородку иностранные предприниматели сделали Курако такое предложение. До Курако начальником цеха был профессор-немец. При нем домны то застывали, то начинали работать чересчур горячо, чугун они давали очень плохого качества. Но профессор ничего не мог сделать, а доменный мастер Курако в несколько дней выправил работу домен.

Курако не сразу принял предложение. Он поставил ряд предварительных условий: никто не должен вмешиваться в дела доменного цеха; акционеры должны построить на заводе новую доменную печь по проекту, который разработает он, Курако.

Как никто другой Михаил Константинович знал, насколько тяжел труд каталя, и он задумал построить такую домну, которая могла бы обходиться без каталей. Но никто и думать не смел о постройке механизированных печей в России. Зачем? Разве в России мало дешевых рабочих рук? Русская деревня поставляла достаточно людей, которые готовы были за мизерную плату выполнять любую каторжную работу. Так думали акционеры и их приказчики. Иначе думал Михаил Курако. И он решил построить в России первую механизированную печь. Такое условие Курако поставил своим будущим хозяевам.

И жалованье Курако потребовал более высокое, чем до него получал инженер-иностранец. Но не желанием разбогатеть было продиктовано это условие. Этому была иная причина. К тому времени Михаил Константинович уже был связан с подпольными революционными организациями. На печатание и распространение прокламаций, на оказание помощи своим товарищам по подполью нужны были ему деньги. Хозяева вынуждены были принять все условия Курако.

О Михаиле Константиновиче Курако написано несколько книг, но в них еще не исчерпана богатая, полная романтики и революционного пафоса биография этого человека. Здесь мы останавливаемся лишь на некоторых моментах ее, связанных с усовершенствованием доменного дела и проникновением в его тайны.

Пока домны загружали вручную, а колошник оставался открытым, рабочие, занятые на колошнике, так называемые верховые, могли время от времени даже посмотреть в печь. Иногда они разравнивали находившиеся на поверхности засыпи сырые материалы. Но то были домны-карлицы. А в больших доменных печах этого ведь не сделаешь.

На некоторых домнах Юга имелись привезенные из-за рубежа засыпные аппараты, но их конструкции далеки были от совершенства и не обеспечивали равномерного распределения сырых материалов по всему сечению печи. Курако задумал создать аппарат новой, более совершенной конструкции. Сделав большую воронку, он заполнял ее кусками руды разного размера, затем опрокидывал воронку и измерял, на каком расстоянии от ее оси ложились большие и малые куски. Над Курако посмеивались, говорили, что он затеял игру в камешки. Много труда и времени потратил он, прежде чем ему уда-

лось сконструировать аппарат. Его установили на печи, построенной по проекту самого Курако.

Однако аппарат закапризничал. Курако тщетно старался узнать причины этого. Целыми днями просиживал он на верху доменной печи, наблюдая за ходом загрузки сырых материалов. Между тем печь стала работать все хуже и хуже. Она, как говорят доменщики, пошла «боковым ходом».

Хозяева завода и иностранные инженеры настаивали, чтобы Курако снял засыпной аппарат, но Михаил Константинович был не из тех, кто отступает перед трудностями или неудачами. Курако решил заглянуть в печь, узнать, в чем причины плохой ее работы. Обвязавшись мокрым полотенцем, он наклонился над колошником и увидел: с одной стороны домны сорвалось прикрепленное к колошнику кольцо, которое защищало стены печи от ударов. Повиснув, кольцо нарушало так тщательно рассчитанное распределение материалов. На худой конец, можно было обойтись и без этого кольца. Но как сорвать его, сбросить в печь?

Курако решил спуститься в домну и отсечь злополучное кольцо. Один он этого сделать не смог бы, но у него всегда были верные помощники, которые и пошли за ним в действующую домну.

Курако приказал прекратить загрузку печи и перевести ее на самый тихий ход. Когда материалы опустились на несколько метров, дутье полностью выключили, фурмы замазали глиной. Затем сверх оставшихся в доменной печи материалов насыпали толстый слой рудной и коксовой пыли, густо смоченной водой. Таким образом Курако на время закрыл выход восходящим газам. После этих приготовлений в печь спустили лестницу, и смельчаки по очереди начали спуск.

Работали вчетвером: в первой паре были Курако и мастер Еременко, во второй — горновой Бандура и мастер Власенко. Их обвязали канатами. Решили работать по пять минут.

Уж по нескольку раз опускались они в домну и вылезали из нее, но заклепки оказались очень крепкими и не поддавались. Когда в печи находились Бандура и Власенко, раздался грохот. Через колошник вылетели тучи черной пыли, раскаленные куски кокса. Вместе с газовым потоком из печи выбросило Бандуру и Власенко, но они остались живыми и почти невредимыми. Курако стоял у самого жерла печи, его отбросило в сторону, обо что-то ударило, и он потерял сознание. Очнулся он, когда на нем загорелась одежда.

Газовая волна сделала то, чего не могли добиться Курако и его друзья — она сорвала повисшее кольцо. Засыпной аппарат и домна стали работать нормально. Так закончилось путешествие Курако и его друзей внутрь действующей домны.

Таким был Курако — доменщик-революционер, доменщик-

поэт, доменщик-фантаст. Как активного участника революционных событий 1905 г. (он был организатором рабочих боевых дружин), Курако арестовали и сослали на север. На пять долгих лет он был оторван от своего любимого дела, от своих друзей. Но за эти годы слава его, как непревзойденного доменщика, не померкла. В Краматорске работала построенная по его проекту домна — первая в России печь с механизированным подъемом шихты. Отверстие, через которое выпускают чугун, на ней закрывалось не вручную, как всюду, а машиной, действовавшей при помощи сжатого воздуха.

После возвращения из ссылки Курако стал работать на заводе в Юзовке (ныне Донецк). Курако не был инженером, но англичанин Юз назначил его — практика — начальником доменного цеха. Курако и тут не ограничился исполнением своих прямых обязанностей. На сей раз он задумал спроектировать механизированный доменный цех. Несколько лет он работал над этим проектом, но осуществить его в те времена было невозможно. Рассмотрев проект Курако, директор завода англичанин Бальфур сказал: «В России достаточно людей, зачем нам механизация?»

Курако не оставил мечты о создании механизированного металлургического завода. В 1917 г. его пригласили для проектирования металлургического завода в Сибири. Курако отправился в Томск, полный надежд осуществить, наконец, свою давнишнюю мечту.

Однако скоро пришлось остановить проектные работы. Гражданская война отодвинула планы постройки завода. Из Томска Курако со своими сотрудниками переехал в Кузнецк, а затем в Гурьевск. Группа проектировщиков была наготове в любой момент вернуться к прерванной работе, спроектировать и построить завод нового типа. Курако знал, что Советской стране понадобится много металла.

Курако был связан с наступающими частями Красной Армии и оказывал им большую помощь. Когда в Сибири восстановили Советскую власть, Курако вызвали на станцию Юрга, куда прибыл правительственный поезд. Вернулся он оттуда дней через десять, оживленно рассказывал о встрече с московскими работниками. «Надо ехать на юг,— горячо говорил он своим друзьям,— здесь нам несколько лет нечего будет делать: теперь не до строительства новых заводов... нужно восстанавливать разрушенные заводы Юга... Но мы сюда вернемся!»

М. К. Курако не дожил до того времени, когда в нашей стране начали строить механизированные металлургические заводы. Вскоре после возвращения из Юрги Курако заболел сыпным тифом и 8 февраля 1920 г. скончался. Не стало великого мастера доменного дела.

М. К. Курако умер коммунистом. Его похоронили на берегу реки Кондомы, недалеко от намеченной площадки для будущего завода, на том месте, где предполагалось заложить сквер рабочего поселка металлургов. 5 июня 1947 г. прах Курако перенесли в город Новокузнецк. Он покоится в березовой роще, куда долетает могучее дыхание Кузнецкого металлургического комбината — первого гиганта металлургии Сибири *.

СВОИМИ ПУТЯМИ

Построенная Курако на Краматорском заводе домна с наклонным мостом была в то время единственной такой печью в стране. Лишь в советское время, когда закончилось восстановление разрушенной во время мировой и гражданской войн южной металлургии, начали строить доменные печи, которые по степени механизации не только стояли на уровне самых современных печей США и Европы, но и во многом превосходили их.

В 1927 г. из Москвы поступило указание начать проектирование новой доменной печи для Макеевского завода. Там в то время работали ученики Курако, они с энтузиазмом взялись за осуществление мечты своего учителя. Решили построить полностью механизированную печь. Таких в нашей стране тогда еще не было.

Домну проектировал соратник Курако М. Л. Луговцов, в разработке проекта печи принимал активное участие в прошлом каталь, а затем газовщик и мастер доменной печи Иван Григорьевич Коробов.

На Юге зажглась первая крупная механизированная печь, но это было лишь прологом к большому скачку металлургии нашей страны.

При проектировании металлургических гигантов Востока прибегли к консультации американских проектных фирм. Они предложили строить у нас печи небольших размеров с частичной механизацией. Против этого решительно выступили советские инженеры. Развернулась дискуссия между консервативно настроенными специалистами, считавшими, что советская металлургия лишь постепенно сможет подняться на новый технический уровень, и теми учеными и инженерами, которые призывали смело идти по пути технического прогресса. На этом «скрестили шпаги» М. А. Павлов и его ученики с американскими консультантами и их низкопоклонниками. «Павловская команда» вышла из этого боя победительницей.

* Великий мастер доменного дела Курако. Сборник, изд. Научно-технической библиотеки КМК, 1950.

Однако победы, одержанные за столом в конференц-зале Гипромеза (Государственного института по проектированию металлургических заводов), нуждались в подтверждении на практике: надо было доказать, что большие доменные печи, на строительстве которых настаивали М. А. Павлов и другие отечественные специалисты, окажутся работоспособными и экономичными. В те годы академика М. А. Павлова (он был избран академиком в 1931 г.) можно было встретить то на доменных печах Магнитки, то на южных заводах, где он одновременно и помогал в освоении новых печей, и накоплял материалы для решения новых теоретических проблем. М. А. Павлов разоблачил, в частности, так называемую «теорию тотермана», т. е. теорию, из которой следовало, что строительство больших домен не оправдано, так как у оси их неизбежно должен образоваться мертвый столб материалов, не участвующих в плавке.

Еще только вошли в действие тысячекубовые печи, а М. А. Павлов уже вынашивал идею доменной печи бóльшей мощности, с полезным объемом в 1300—2000 кубометров. Он возглавлял работы по применению дутья, обогащенного кислородом. Под его руководством проведены были первые опыты плавки с кислородом. Одновременно Павлов отыскивал новые марки углей, пригодные для получения из них высококачественного кокса. Много времени ученый уделил разработке метода получения кокса из торфа.

Курс на строительство мощных и сверхмощных печей полностью оправдал себя. Работа на таких печах обеспечивает высокую производительность труда. На советских металлургических заводах действуют печи объемом свыше 2000 кубометров, спроектирована доменная печь объемом 2700 кубометров с годовой производительностью около 1,5 млн. тонн чугуна. Одна такая печь сможет выплавлять в полтора раза больше чугуна, чем в дореволюционное время давали примерно сто домен старого Урала. Что же собой представляет такая печь?

ДОМЕННАЯ ПЕЧЬ

Доменная печь — одно из самых могучих сооружений современной техники. Постройка доменной печи требует огромного количества материалов, механизмов и немалого времени. Заполненная рудой, топливом и флюсом доменная печь весит до 25 тыс. тонн.

Чтобы выдержать такую нагрузку, нужна прежде всего крепкая опора. Фундамент мощной доменной печи представляет собой бетонный массив восьмиугольной формы, он углуб-

ляется на 6—10 метров. Башня домны выложена из огнеупорного кирпича. В надлежащих местах в кирпич замуровывают холодильники. По ним беспрерывно циркулирует вода. Башня одета в «рубашку» из толстых стальных листов. Раньше стальные листы, из которых состоит кожух, склепывали болтами, теперь их «сшивают» электросваркой.

Кирпичная кладка ведется одновременно в несколько ярусов; даже части фундамента собирают в стороне от площадки и потом доставляют к месту, где ставят печь. Советские строители научились строить огромные доменные печи за восемь-девять месяцев вместо двух-трех лет, которые уходили на это раньше. Под кожухом печи невозможно, конечно, рассмотреть ее профиль, ее внутренние очертания. Увидеть печь изнутри можно только перед задувкой или когда ее останавливают на ремонт, но обычно печь начинают ломать, когда она совсем горячая. Хотя домны существуют уже почти пять столетий, но работа над усовершенствованием профиля, поиски наиболее выгодных углов сопряжения отдельных элементов печи, чтобы материалы плавно опускались, продолжаются.

На самом верху печи находится колошник (от слова «колоша» — так на старых уральских заводах назывались плетеные из прутьев коробы, в которых перевозили древесный уголь). Через колошник в печь загружают материалы и отводят газы. Продолжением колошника служит вертикальная часть доменной печи — шахта. Своим основанием шахта опирается на относительно невысокую цилиндрическую часть — распар. Эта наиболее широкая часть печи соединяет шахту печи с нижней частью домны — заплечиками. Они также имеют форму конуса, но он расположен широким основанием кверху. Ниже заплечиков — горн, имеющий цилиндрическую форму. Горн непосредственно опирается на фундамент. Дно доменной печи называют лещадью.

Из колошника железная руда, известняк, кокс (на большинстве наших заводов ныне применяют так называемый офлюсованный агломерат, в который входят железные окислы и известняк) попадают в шахту печи. Она расширяется книзу, и материалы свободно опускаются, попадая в зоны все более высоких температур, и вступают в различные реакции. Объем сырых материалов сокращается, поэтому доменная печь здесь сужается.

Самая ответственная часть печи — горн. В него под большим давлением через фурменные устройства поступает горячее дутье. В горне сгорает кокс; здесь развивается очень высокая температура — до 1900 градусов. В горне же сделаны отверстия (летки) для выпуска продуктов плавки, выше — для шлака, ниже — для чугуна.

Понятно, что строители особенно озабочены тем, чтобы

сделать горн прочным, надежным. Толщина стен горна достигает 1,5 метра. В каменную кладку закладывают холодильные полые плиты, по которым циркулирует вода, охлаждающая стены домны. Изнутри доменную печь выкладывают кирпичом высокой огнеупорности.

Как ни прочно делается доменная печь, металлурги постоянно обеспокоены тем, не разъест ли горячий металл кладку и в особенности лещадь. А как узнать это? Немало аварий случалось из-за того, что горн неожиданно оказывался оголенным и металл прорывался наружу. Об износе судили по разным косвенным признакам, но они давали весьма приблизительные, а часто и ошибочные представления о действительном положении. Лишь недавно металлурги обрели возможность «заглянуть» в печь. Для этой цели используются радиоактивные изотопы * некоторых химических элементов.

Мощная доменная печь потребляет в сутки около 10—12 тыс. тонн материалов; они должны поступать в печь в строгой очередности, равномерно. Печь всегда должна быть заполнена до определенного уровня, нельзя допускать ни перегруза ее, ни неполноты загрузки.

Если завод расположен не непосредственно возле месторождения руды и она на самом заводе не агломерируется, возникает необходимость в создании запасов. Для этого и предназначены рудные дворы. Сюда приходят поезда с железной рудой. В течение суток на завод прибывает по пять-шесть и более эшелонов с рудой, их надо быстро разгрузить. Обычно руда доставляется не в обыкновенных, а в специальных, саморазгружающихся вагонах. Автоматически открываются дверцы или днища, и содержимое вагонов высыпается. Опорожнение вагона длится 3—5 минут, состав разгружается за 15—20 минут.

Назначение рудного двора не только хранить руду, но перемешивать ее с тем, чтобы уравнять ее по химическому составу и по размеру. Для этой цели служат так называемые козловые краны — железные мосты на высоких ногах. С движущейся по мосту тележки спускается длинный стержень, на конце его как будто кисть с пальцами — это грейфер или самозахват. Грейфер захватывает горсть руды. В один прием он переносит с места на место 10—15 тонн руды, перемешивая ее и, таким образом, уравнивая (усредняя) ее состав. После этого сырые материалы поступают в устроенные под рудным двором бункера.

Бункерная — это как бы раздаточная домен. Здесь составляется шихта доменной печи. Некогда к старым, небольшим

---

* Изотопы — разновидность атомов одного и того же элемента.

домнам сырье подвозили вручную на тачках («козлах»), и на колошник руду вкатывали по наклонному мосту или поднимали в бадьях. На более совершенных заводах делали вертикальные подъемники вроде лифтов. Даже на небольших старых заводах обычно заняты были сотни, а то и тысячи каталей.

Какой тяжкой, изнурительной была работа каталей, мы можем узнать из рассказов, которые оставили нам старые металлурги. Вот как описывал знаменитый доменщик Иван Григорьевич Коробов условия труда на Макеевском заводе, принадлежавшем французскому акционерному обществу: «На работу каталями брали только сильных и выносливых. Не каждый может в течение смены нагрузить на «козы», перевезти и разгрузить около 2000 пудов железной руды... За 12 и более часов работы на заводе платили 70—80 копеек — по одной 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...»

Макеевский завод вовсе не был исключением. Так работали на всех заводах. Иностранные капиталисты все свои расчеты делали на дешевую рабочую силу, на безземельных русских крестьян, которых нужда и голод выгоняли из деревень.

Обслуживание гигантских доменных печей механизировано и автоматизировано. На новых домнах, конечно, нет никаких каталей. Профессия эта (если это можно назвать профессией) навсегда исчезла.

К доменным печам, строившимся в первый период создания советской металлургии, сырые материалы доставлялись на так называемых вагон-весах. Это моторный саморазгружающийся вагон, сверху открытый, оборудованный весовым устройством с циферблатом. Вагон-весы набирают из бункеров руду, известняк и кокс, взвешивают их и подвозят к загрузочной (скиповой) яме доменной печи. Бункер открывается лишь в том случае, если вагон стоит на точно предназначенном ему месте; если бункер плохо закрыт, вагон не сдвинется с места. Появление вагон-весов было важной вехой в механизации доменного дела, их применение освободило от тяжелого, изнурительного труда много тысяч людей.

Если со стороны наблюдать, то кажется, что машинист вагон-весов работает не спеша. Это потому, что он очень расчетлив в своих движениях. Вот он нажал кнопку — закрылись затворы бункеров, вагон-весы отправились к скиповой яме. Все же труд машиниста вагон-весов очень тяжелый, в особенности на тех домнах, где применяется горячий агломерат.

Встал вопрос о полной автоматизации вагон-весов. Это диктовалось не только тем, что машинисту вагон-весов приходит-

ся трудиться в весьма тяжелых условиях (жара, запыленность), но и тем, что машинист, вольно или невольно, может при наборе материалов нарушить порядок набора или вес, из-за чего часто нарушается ход печей. Задача автоматизации решалась на разных предприятиях по-разному.

Автоматические вагон-весы на Кузнецком металлургическом комбинате, сконструированные изобретателем-электриком Василием Гурьяновым, действуют по заданной программе, но когда требуется внести в нее изменения, доменный мастер должен спуститься в бункерную. На Нижне-Тагильском комбинате найдено лучшее решение — там изменение программы производится дистанционно. Преимущества автоматических весов перед обыкновенными не только в том, что значительно облегчается труд людей, но и в том, что набор материалов делается абсолютно точно.

Но и такая система не вполне удовлетворительна, и на новых доменных печах-гигантах подача материалов к бункерам осуществляется транспортерными лентами (да и на некоторых заводах, построенных в начальный период индустриализации, перешли с доставки вагон-весами на транспортерную, например на Магнитке).

Так или иначе материалы к подножию домны доставлены, теперь их надо поднять наверх, на вершину доменной печи. В скиповую яму упирается нижний конец наклонного моста доменной печи. Вдоль него проложены рельсы, по ним передвигается вагонетка (скип), она напоминает поставленный на колеса большой черпак. Скип наполняется, в нем сырые материалы совершают путь из скиповой ямы в печь. Находящаяся в будке под мотором автоматически действующая электрическая подъемная лебедка один за другим поднимает груженые скипы на верх домны, к колошнику. В то время как один скип разгружается, другой в скиповой яме принимает новую порцию шихты. Одновременно со спуском порожнего скипа по левому рельсовому пути совершается подача заполненного скипа по правому пути. В зависимости от условий работы печи мастер определяет тот или иной «рацион» доменной печи.

На верху домны засыпные устройства. Их назначение — обеспечить равномерное распределение материалов по всей окружности печи. От безотказного действия засыпных устройств зависит ход печи, и поэтому работа по улучшению их конструкции вот уж более полувека не прекращается.

Итак, загрузка печи налажена. А дутье?

В свое время дутьевую трубку заменили мехи, сшитые из шкур животных. Потом появились мехи ящичные и разных других конструкций. Мехи приводились в действие силой людей, животных, воды, пара. И здесь, как всюду, век пара сме-

нился веком электричества. Чтобы сжечь килограмм кокса, требуется 3,7—3,8 кубометра воздуха. В больших доменных печах каждую минуту сгорает более тонны кокса и им требуются тысячи кубометров воздуха. Какие же мехи требуются, чтобы создать такой воздушный поток?

Турбовоздуходувные мощные вентиляторы, которые приводятся в действие паровыми турбинами, делают 3000 оборотов в минуту, при этом воздух уплотняется до давления 2,6—3,5 атмосферы. От турбовоздуходувных машин дутье направляется по трубам-воздухопроводам к домнам.

Нагрев воздуха производится в воздухонагревателях — высоких (35 метров) башнях из толстых стальных листов. Внутри они выложены огнеупорным кирпичом. Сбоку делается колодец — камера горения, в которой сжигается газ. Основная часть башни состоит из сложенных в виде решеток кирпичных камер или насадок.

Прежде чем пустить в башню воздух, надо нагреть самую башню. Делается это следующим образом. В камеру горения пускают газ. Загоревшись, он поднимается по колодцу, проходит под куполом и затем начинает опускаться через каналы кирпичных насадок, отдавая им свое тепло. Под куполом воздухонагревателей температура достигает 1000—1200 градусов. Когда воздухонагреватель сам достаточно нагреется, закрывают доступ в него газа и впускают холодный воздух. Проходя по каналам насадок и встречаясь с раскаленным кирпичом, воздух отбирает от него тепло. Нагретый таким образом воздух по трубам направляется к домне.

Подготовка нагревателя к работе продолжается два часа, после чего он может в течение часа давать домне дутье необходимой температуры. Из этого следует, что для бесперебойного снабжения домны воздухом требуется не один, а три воздухонагревателя, из них два стоят «на газу», т. е. сами греются, а третий работает. К тому времени, когда работающий нагреватель начнет остывать, холодный воздух пускают через другой аппарат, а отработавший ставят «на газ».

На случай ремонта воздухонагревателей для двух рядом стоящих доменных печей делают один запасный, т. е. на две доменные печи строят семь нагревателей. Нагрев дутья регулируется при помощи специальных автоматических устройств. Воздухонагреватели работают на доменном газе, т. е. домна сама греет для себя воздух.

Теперь у нас имеется все для получения металла: из рудников, с обогатительных и агломерационных фабрик к печам поступила хорошо подготовленная, отсортированная или спеченная руда (офлюсованный агломерат или окатыши), из коксовых батарей — кокс. Смесь руды, известняка или самофлюсующегося агломерата и кокса — это *шихта*. Турбовоздухо-

дувки могут обеспечить нагреватель воздухом и дать в домну нагретое дутье. По газопроводам в печь поступает еще природный газ и в некоторых случаях кислород. Домну можно пустить, или, как металлурги говорят, задуть.

...Задувка, т. е. начало работы новой доменной печи, считается у доменщиков большим праздником. Перед задувкой обычно тщательно проверяют все устройства. При малейшем недосмотре большой труд строителей, механиков, электриков может пропасть даром: сырые материалы не расплавятся, а спекутся в огромную глыбу. Доменщики называют это «козлом». Такую глыбу трудно пробить воздухом; образование «козла» может привести печь к гибели. Печь тщательно просушивают. Когда-то сушка печи продолжалась два-три месяца. Теперь же с помощью факела горящего газа, который подается из соседней печи или из коксовой батареи, большую печь просушивают в шесть-семь дней.

После просушки начинается загрузка. Расчет шихты для первой загрузки должен быть сделан особенно тщательно. Можно так загрузить печь, что и праздник испортишь...

Некоторые доменщики хранили свои способы задувки в тайне. На одном из заводов задувку производили следующим образом: на лещадь набрасывали стружки, на них клали 12 дюжин березовых веников. Между ними размещали 13 бутылок, наполовину наполненных керосином. Сверх грузили дрова, а потом уже кокс и руду. Все это зажигали факелом, который вставляли в печь через фурму. Применение веников и 13 бутылок — именно 13! — для задувки было данью суеверию.

После того как печь задуют, она действует непрерывно в течение пяти-шести лет. Известны примеры, когда доменная печь проработала без остановки на холодный ремонт десять-двенадцать лет. Задача персонала домны состоит в том, чтобы обеспечить непрерывную интенсивную работу печи. Под этим надо разуметь достаточно быстрый сход материалов, благоприятное развитие реакций внутри печи с тем, чтобы добиться наименьшего расхода кокса и, само собой разумеется, получить чугун высокого качества.

Чтобы достигнуть наилучших результатов, доменщик должен знать, какие реакции происходят в доменной печи. Теория доменной плавки более или менее полно ответила на эти вопросы. Еще в середине тридцатых годов крупнейший знаток доменных печей академик Михаил Александрович Павлов писал: «В домне ничего не видно, но уже многое ясно».

Доменная плавка состоит из некоторого числа сравнительно простых физических и химических процессов, которые развиваются на отдельных горизонтах домны. Все, что происходит в печи, можно, грубо говоря, представить себе в виде двух

встречных потоков: сверху вниз движется столб сырых материалов, вверх рвутся раскаленные газы. Они вступают в химические соединения с железной рудой и известняком, развиваются процессы восстановления. Сначала получается губчатое, нагретое до белого каления железо. Если бы можно было в этот момент остановить процесс, из домен выходило бы железо. Однако восстановленное губчатое железо продвигается ниже, туда, где находятся большие массы раскаленного кокса; железо размягчается, оно растворяет в себе углерод, образуя с ним сплав — чугун, и переходит в жидкое состояние. По каплям сквозь не сгоревший еще раскаленный кокс чугун стекает вниз на лещадь печи. Пустая порода руды сплавляется с золой кокса и известью (известняк является обязательным компонентом шихты) и образует жидкий шлак.

Если доменная печь работает нормально, происходит равномерное накопление чугуна и его выпускают в точно определенное время.

По мере выгорания кокса в печи освобождается пространство, которое заполняется новыми порциями железной руды, известняка, кокса.

ГЛАЗ, ПРИБОРЫ, ЭЛЕКТРОНИКА

Академик Михаил Александрович Павлов был не совсем точен, когда сказал, что в домне ничего не видно. В домну можно посмотреть. На фурмах имеются специальные «окошки» размером чуть больше медного пятака. Через синее стекло смотрят в эти окошки, чтобы увидеть, что делается в горне, вблизи стенки домны.

Когда доменная печь работает нормально, виден ослепительно белый горящий кокс. Опытный доменщик по фурмам заметит, как опускается кокс, и во время определит назревание расстройства печи. Но чтобы достаточно полно и точно оценить работу доменной печи, нельзя полагаться только на глаз.

Как же быть?

Знатоку дела многое станет ясным, когда он будет знать, какая температура в разных точках печи, на разных горизонтах. О многом доменщику скажет температура воды, выходящей из холодильников. Эти и другие косвенные показания помогают доменным мастерам оценивать ход процесса в домне.

Много лет напряженно работали ученые над созданием приборов, которые позволили бы уверенно *управлять* доменными печами.

Основы новой культуры работы доменного мастера заложил М. К. Курако. В своих воспоминаниях о своем учителе один из сподвижников Курако инженер Г. Е. Казарновский

писал: «И здесь (имеется в виду Юзовский, ныне Донецкий, завод. Курако тогда был начальником доменных печей этого завода) было достигнуто немало, особенно в условиях того времени, при крайней слабости и примитивности технических средств. По выпускам печей можно было проверять часы; издали нельзя было определить, работает печь или стоит: потери газа через свечи, через засыпной аппарат не допускались... Здесь было осознано значение постоянства режима и непрерывности процесса, как решающего условия успешной работы; здесь не колдовали над печью, но управляли ею, здесь была установлена система сдачи смен... Сменный инженер здесь в своей конторке имел перед глазами диаграммы дутья всех печей — правда, убогие, но все же прототип современной установки КИП» * (контрольно-измерительных приборов).

Насколько, однако, усложнилось управление доменными печами-гигантами в настоящее время. Еще совсем недавно приборы, по которым судили о работе домен, могли уместиться на небольшом щите. Инженерная и научная мысль непрестанно занята была поисками средств, как можно лучше разузнать, что происходит внутри домны. Число приборов росло. Будка доменного мастера превратилась в большой зал, все стены которого заняты коробками разных форм. Щелкают перья самописцев, мигают разноцветные лампочки. В «красном углу» — большой светящийся экран. На нем то зажигаются, то гаснут квадратные и круглые окошечки. По ним можно проследить движение материалов от скиповой ямы до колошника.

Что же узнает мастер по приборам?

Его прежде всего интересует, полно ли загружена печь. Когда еще не было приборов, об этом узнавали следующим образом: рабочий поднимался на колошник, опускал в него лом и замерял, до какого уровня домна заполнена. Теперь мастер это видит по диаграмме, которая показывает уровень шихты в печи. Острие пера беспрерывно вычерчивает на листе бумаги зигзагообразные линии. Если зубцы этой линии равны, значит печь хорошо принимает материалы, она «идет» ровно; если же одни зубцы острые, а другие тупые, значит спуск материалов происходит неравномерно. Зубцы отражают ход «щупов», которые вместе с очередной партией материалов опускаются в печь. Глубина опускания щупов автоматически записывается.

И все же мастер и до сих пор не имеет полной картины распределения сырых материалов в печи. Их уровень изме-

---

* Великий мастер доменного дела Курако, к 30-летию со дня смерти. Сб. КМК, 1950.

ряется периодически опускаемыми на шихту «шомполами» лишь в двух точках, но этого совершенно недостаточно. Такой метод измерения немногим отличается от дедовских приемов, когда в печь опускали такие же шомполы. Разница лишь в том, что деды и прадеды делали это вручную и с колошника выкрикивали результаты измерений, а теперь для опускания и подъема шомполов приспособлены автоматически действующие лебедки, а результаты измерений автоматически записываются. Но мы ведь живем в век радиолокации, телевидения, ультразвука. Эти средства можно использовать, чтобы узнать, что делается в печи, как опускаются материалы.

Специальные приборы записывают количество и температуру дутья (воздуха), поступающего в печь, температуру кладки доменной печи в различных точках. (На известной высоте в каменную стену домны вставлены термопары. Каждая измеряет температуру в той точке, где установлена, а в кабинете мастера перья вычерчивают на диаграммах разноцветные линии.)

Десятки автоматических помощников у мастера! Может ли случиться, что показания разных приборов будут противоречивыми? Может! Что же тогда делать? Мастер должен из этих показаний сделать вывод, он как бы решает уравнение со многими неизвестными.

Неизвестными являются порции сырья, которые следует давать в домну, количество и температура дутья, давление... А решение должно быть таким, чтобы обеспечить ровный, наиболее интенсивный и экономичный ход печи. Этого можно добиться, когда приход сырых материалов сравняется с выходом продукции, а поступающее в печь тепло будет равно расходуемому. Малейшее несоответствие между приходом и расходом материалов или тепла может привести к расстройству хода печи, вызвать тяжелые аварии. Чтобы этого не случилось, надо было коренным образом усовершенствовать технологию ведения доменных печей.

Исключительное значение для ровного, бесперебойного хода доменных печей имеет обеспечение их стандартным по химическому составу и физическому состоянию сырьем. В связи с этим широко развернулось строительство обогатительных и агломерационных (спекательных) фабрик. Вместо сырой железной руды в домны стали загружать агломерат, получаемый путем спекания размельченной руды, из которой удалена значительная часть посторонних примесей.

Следующим шагом было предварительное офлюсование агломерата, т. е. спекание его с размолотым известняком. Было установлено, что таким образом весь ход процесса ускоряется и уменьшается расход топлива, необходимого на расплавление примесей. На некоторых предприятиях удалось до-

биться положения, при котором колебание содержания железа в сырье не превышает полупроцента.

Позднее идея стандартизации поступающих в печь материалов была распространена и на состав дутья. Домны стали получать дутье постоянной влажности. Осуществлена была и давнишняя идея высокого давления газов под колошником; таким образом, газы заставили интенсивнее работать, восстанавливать больше железа. Эти технологические мероприятия повлекли за собой переход на более горячее дутье. На советских доменных печах стали применять дутье высокой температуры: вместо 400—500 градусов дутье начали нагревать до 900—1000—1100 градусов и выше. А это в свою очередь потребовало автоматизации воздухонагревателей.

Наконец, советские доменщики, впервые в мире, стали вдувать в печи природный газ, что привело к резкому снижению удельного расхода кокса на тонну чугуна. На некоторых предприятиях дутье обогащается кислородом.

Таков далеко не полный перечень технологических новшеств, осуществленных за относительно короткий период — примерно за десять лет — на советских металлургических заводах.

Само собой разумеется, что осуществление любой из названных мер далось нелегко. Оно потребовало смелости, упорного труда, все более глубокого проникновения в развитие процессов, происходящих в печах.

Все эти новшества позволили советским металлургам добиться наивысших в мире показателей использования доменных печей.

Во время своего визита в сентябре 1959 г. в США Н. С. Хрущев побывал в крупнейшем центре американской металлургии, в Питтсбурге. На завтраке, где присутствовали руководители и инженеры главных сталелитейных компаний, глава Советского правительства подвел итог большой творческой деятельности советской школы доменщиков.

«В революционных условиях,— говорил Никита Сергеевич,— на новой социальной основе, мы использовали все полезное, что было создано у вас, и показали, что ваши достижения не только могут быть повторены, но и превзойдены... Наша страна располагает ценным опытом в индустриальном и научно-техническом развитии. Скажем, у нас лучше, чем в вашей стране, используется полезный объем доменных печей... В нашей стране в широких масштабах применяется кислородное дутье в металлургии. Мы теперь успешно применяем в металлургии природный газ» *.

---

* Жить в мире и дружбе. Пребывание Председателя Совета Министров СССР Н. С. Хрущева в США, 15—27 сентября 1959 г., стр. 323—324.

Освоив метод ведения печей с повышенным давлением под колошником, паровое дутье, природный газ, кислород, советские металлурги сделали революционный шаг в развитии доменного дела. Продолжая из года в год улучшать технологию ведения доменных печей, советские металлурги добились самых лучших коэффициентов использования полезного объема их и резкого снижения удельного расхода кокса на тонну чугуна. В США на выплавку тонны чугуна расходуют 750—800 килограммов кокса, советские доменщики расходуют около 600 килограммов на тонну, а на некоторых заводах и меньше.

Внедрение новой технологии, применение новых видов топлива, исключительно высокой температуры дутья и т. д. требует от руководителя доменной печи — мастера еще бóльшей бдительности, еще более тщательного учета и анализа показаний приборов. Однако показаний стало так много, а печи такие огромные, что мастер сплошь и рядом оказывается не в состоянии достаточно быстро реагировать на те или иные отклонения хода печи от нормального. А поскольку за показаниями приборов не следует никаких действий, направленных к отрегулированию процесса, сами приборы становятся как будто бы бесполезными. Стало быть, регистрирующие приборы следует заменить *активно действующими* приборами-автоматами.

Прежде всего встал вопрос об автоматизации теплового режима печей. Поддержание ровной температуры стало одним из решающих условий нормальной работы доменных печей. Эту задачу удачно решил электрик Кузнецкого металлургического комбината Василий Гурьянов (ранее он автоматизировал вагон-весы).

Вслед за тем возникла новая задача — добиться пропорционального распределения дутья по окружности печи, т. е. по фурмам. Ведь в большую доменную печь поступает до четырех тысяч кубометров воздуха в минуту и от того, насколько равномерно он распределится по всей окружности, зависит интенсивность горения и, стало быть, весь ход процесса.

В давние времена уральские мастера (они-то имели дело с крохотными печурками) добивались этого с помощью системы задвижек. Фурмы, ближе расположенные к воздуходувке, они держали более прикрытыми, а дальние — раскрывали шире. Единственным «прибором», по которому они судили о ходе печи, было синее стеклышко. Умение «колдовать» задвижками мастера передавали из рода в род. Позднее от задвижек отказались, стали регулировать печь, как говорили, «сверху», т. е. путем изменения состава и веса отдельных компонентов шихты. Но когда встала задача равномерного распределения дутья по фурмам, доменщики вернулись к... задвижкам. Толь-

ко это должен делать уже не «мастер-колдун», а автомат, связанный с приборами, постоянно следящими за давлением воздуха во всех расположенных по широкому поясу печи фурмах. Так шаг за шагом расширяется область применения автоматизации для управления отдельными узлами доменной печи.

В конце концов, встала задача *автоматизации управления всей доменной печью.* Каким бы искусным ни был мастер доменной печи, он не в состоянии учесть показания множества приборов, которыми оснащены современные домны, не в состоянии реагировать на те или иные отклонения хода печи от нормального. Если бы у мастера было достаточно времени, чтобы найти взаимозависимость различных показаний приборов и сделать необходимые расчеты, тогда он бы получил обоснованный ответ и действовал уверенно, но для выполнения таких расчетов ему потребовались бы недели и месяцы. Понятно, что расчеты стали бы совершенно бесполезными. Значит, мастеру доменной печи не остается ничего более, как полагаться на свой опыт, свою интуицию. Однако его решения могут оказаться не наилучшими из всех возможных.

Сопоставление различных показателей приборов дает уравнение с десятками неизвестных. Человек не в состоянии осмыслить показания многочисленных приборов, следящих за ходом доменной печи. Только электронно-счетная машина способна быстро — в считанные секунды — решить такое уравнение и указать, как исправить ход доменной печи.

Но прежде надо научить самую электронную машину «вести» доменную печь. В ее память надо заложить алгоритм *, который достаточно полно отразит взаимосвязь между отдельными параметрами хода печи. Иными словами, надо сделать математическое описание доменного процесса.

В основу алгоритма, разработанного в Московском институте стали и сплавов под руководством профессора А. В. Похвиснева, положены данные анализа выходящих газов. Для этой цели создан очень тонкий прибор — газоанализатор. Другую основу избрала днепропетровская группа доменщиков во главе с профессором А. Д. Готлибом. Созданы первые, пока еще опытные, электронно-счетные машины — электронные помощники доменного мастера. Они испытывались на заводах «Азовсталь», им. Дзержинского. В «память» счетно-решающей машины может быть заложен опыт, накопленный за многолетнюю практику работы десятков печей; его учтет электронный советник.

Так в корне изменяются функции мастера доменной печи,

---

* Алгоритм — порядок действий, совокупность математических операций.

труд его стал высокоинтеллектуальным. Понятно, что люди, не вооруженные необходимыми инженерными знаниями, не могут уже управлять такими агрегатами, как доменная печь объемом в 2000 кубометров, производительностью почти в 4000 тонн чугуна в сутки. Изменились и функции ближайшего помощника доменного мастера — газовщика. В прошлое уходят времена, когда перекидка клапанов для перехода с одного каупера на другой производилась вручную и успех работы в большой мере зависел от физической силы, сноровки, ловкости газовщика.

...Такова долгая история превращения сыродутного горна в гигантскую доменную печь, способную выплавлять тысячи тонн чугуна в сутки. Строительство таких печей при наличии в разных районах страны неисчерпаемых ресурсов железной руды обеспечивает такой рост нашей металлургии, какой требуется для создания материально-технической базы коммунизма.

Глава пятая



ТРУДНАЯ СТУПЕНЬ

В доменной печи, только в доменной печи оказалось возможным восстанавливать в массовых количествах железо из руды и получать жидкий чугун.

Когда же и как удалось найти средства переделать чугун в железо и вернуть природное свойство его — ковкость?

...Вспомним момент, когда из высокой шахтной печи вытекли первые струи огненной массы, оказавшейся чугуном. Если бы не были найдены способы передела чугуна в железо, кто бы стал заботиться о развитии производства этого материала, об увеличении объема печей, об обеспечении их сырыми материалами, топливом и воздухом?! Совершенно бессмысленным делом было бы тратить средства и силы на выплавку продукта, которому нельзя было найти широкого применения.

СНОВА ПОИСКИ

Отчего же так изменились и внешний вид, и свойства металла, извлеченного из одной и той же руды? Почему на дне сыродутного горна остается тестообразная масса мягкого же-

леза, а при плавке в высокой шахтной печи из этой же руды получают жидкий чугун? Затвердев, этот чугун становится хрупким, совсем непохожим на природное железо.

Наука не в состоянии была в то время ответить на этот вопрос. Все, что ни делали тогда с железной рудой, носило эмпирический (опытный) характер, все делалось вслепую. И поиски средств, как вернуть чугуну природные свойства железа, велись наощупь. Попробовали положить чушки чугуна в горн и сильно их нагреть. Свойства материала заметно изменились (теперь-то мы знаем причину этого — происходило частичное окисление, и содержащийся в чугуне углерод выгорал). При трех-, четырехкратном повторении этой операции свойства и внешний вид материала резко менялись и он уже мало чем отличался от тестообразной массы, извлеченной из низкого горна, получалась такая же крица. Оставалось ее уплотнить под молотом. Однако операция — многократный нагрев — оказалась очень длительной, требовала большого расхода топлива и в конце концов удавалось получить крайне неоднородную массу: в мягком железе оставались твердые зерна чугуна и разные примеси. Но самое главное, в результате всего этого получали мягкое железо. Между тем для многих изделий нужна была прочная сталь.

Металлурги того времени уже знакомы были со сталью — материалом, поддающимся ковке, но более твердым, чем железо. Никто еще не знал, в чем здесь дело. Интуиция порой подсказывала разные решения и можно заподозрить, что металлурги были более просвещенными в науках, чем химики.

Одним из способов превращения чугуна в сталь было фришевание (от немецкого слова «фришен» — освежать). Способом фришевания чугун полностью обезуглероживался. Реакция окисления углерода протекала крайне неравномерно и остановиться на какой-либо степени обезуглероживания было почти невозможно. Процесс вели до тех пор, пока из металла (чугуна) не выгорали все примеси — углерод, марганец, кремний и др. После этого в печи оставалось железо, не содержавшее больше никаких, способных выгорать примесей, и оно вновь начинало впитывать углерод. Таким способом получали сталь. Легко представить себе, насколько трудным был этот процесс. Он требовал весьма высокой температуры (около 900 градусов), но и при этом нельзя было обеспечить однородности сплава.

Разновидностью этого метода был и кричный способ, сохранившийся у нас на Урале вплоть до сороковых годов прошлого века. В кричном горне можно было получить около одной тонны металла в сутки, причем выход годного кричного железа составлял 90—92% от веса чугуна.

Переход от одноступенчатого (сыродутного) процесса получения железа к двухступенчатому (доменный и кричный) позволил значительно поднять производительность труда и увеличить производство металла, но таким образом нельзя было получать достаточно однородную сталь, а между тем потребность в стальных изделиях все возрастала.

Известен был и другой древний способ получения стали — путем сваривания кусков железа. Родиной его был Дамаск, и сталь получила название дамасской. Способ этот очень тяжелый и длительный и не нашел широкого применения. Металлурги искали более совершенные средства.

В начале XVII в. нашли способ получения стали путем цементации (т. е. науглероживания) железа. Для этого железные полосы пересыпали размельченным углем, клали в особые ящики и ставили на длительный срок (7—10 дней) в печи для томления. При этом железо насыщалось углеродом и, таким образом, превращалось в сталь.

О том, какое значение придавалось в то время отысканию лучшего метода производства стали, можно судить по мотивировочной части патента, выданного в 1617 г. английским королем Яковом I двум лондонским ремесленникам Вильяму Эллиоту и Матиасу Мейсею. «В нашем государстве Англии, Ирландии и доминионах — есть великая потребность в стали для изготовления доспехов и орудия..., а также для изготовления инструментов плотников, каменщиков и других ремесел, которые всюду употребляются в наших доминионах; а стали производится в наших доминионах слишком мало по сравнению с той массой, которая ежегодно требуется. Зная, что наши дорогие подданные вынуждены для вышеупомянутых нужд покупать сталь из-за моря, мы хотим, чтобы сталь производилась внутри нашего королевства» *.

Способ цементации в течение длительного времени оставался наиболее распространенным способом получения стали, из которой делали прочные инструменты. Но и этот способ далеко нельзя назвать быстрым и удобным. Цементация, как уже сказано, длилась более недели и все же не обеспечивала равномерного науглероживания.

Поиски лучших путей передела чугуна в сталь продолжались. Чтобы добиться однородности стали, шеффилдский часовой мастер Бенджамин Гентсман попытался расплавить ее в тиглях. В герметически закупоренные тигли он клал предварительно нацементованное железо, уголь и толченое стекло. Тигли помещались в горн, в котором температуру подняли до такого уровня, чтобы вся масса расплавилась, т. е. преврати-

---

* Ю. Покровский. Очерк по истории металлургии. ОНТИ, М. — Л., 1936, стр. 71.

лась в жидкость, и перемешалась. Но для осуществления этого процесса надо было, чтобы температура в горне достигла 1500 градусов. После пяти лет экспериментирования Гентсману удалось добиться удовлетворительных результатов (имеются данные, что раньше Гентсмана попытки получить литую сталь в тиглях предпринял известный физик Реомюр. Опыты его оказались удачными, но не были широко использованы).

Поиски Гентсмана были связаны с чисто практической задачей — ему требовалась однородная чистая сталь, чтобы делать из нее часовые пружины. Гентсман пытался утаить свой способ, но слух об его изобретении дошел до железозаводчиков. Существует версия, что один из них — Самуэль Уоркнер, чтобы выведать секрет, проник в мастерскую Гентсмана, переодевшись нищим.

Гентсман хорошо понимал, что его изобретение может получить гораздо более широкое применение чем то, ради которого были предприняты. В 1740 г. он построил в предместье Шеффилда сталелитейный завод, на котором делал разные стальные изделия и инструменты. Это был первый в мире сталелитейный завод.

МАШИННЫЙ ВЕК И СТАЛЬ

Промышленный переворот, происшедший в Англии в конце XVIII в., не мог не сказаться на технологии получения стали. В то время начали применять пароатмосферные машины Ньюкомена, а для их изготовления требовался металл, который мог бы выдерживать необходимое давление. Прочный и главное однородный металл нужен был и для других машинных конструкций, которые начали входить в обиход,— для грузоподъемных машин, разного рода станков, механических молотов. Однако способы передела чугуна в сталь все еще оставались весьма примитивными и не могли удовлетворить возросших потребностей. Поэтому станины ткацких и других станков, а также многие конструкции делали из дерева. Использование чугуна в машинной технике было крайне ограниченным вследствие его хрупкости. А между тем переход на коксовую плавку привел к весьма значительному увеличению выпуска чугуна и настоятельно необходимо было отыскать способы интенсифицировать и удешевить процесс передела чугуна в сталь.

Важный этап в развитии призводства стали связан с изобретением кольбрукдельских рабочих Томаса и Джорджа Кранеджи, предложивших переконструировать кричный горн в пламенную печь. По их идее печь как бы разделили на две части — рабочее и топочное пространство, между которыми был возведен пламенный порог. Рабочее пространство печи

имело арочный свод, под которым проходили раскаленные газы, отдававшие свою теплоту металлу. Пройдя под сводом, газы уходили в боров — дымоход, заканчивавшийся дымовой трубой. Топочное пространство имело колосниковую решетку и дверцу для загрузки топлива. На той же стороне было сделано рабочее окно, через которое заливали жидкий чугун я вынимали готовый продукт — тестообразное железо.

Преимущества этой конструкции по сравнению с обычным горном в том, что резко уменьшается влияние на металл серы, содержащейся в каменном угле. Кроме того, появилась возможность более спокойного и равномерного образования шлака, чем в кричном горне. Процесс обезуглероживания регулируется взаимодействием металла и шлака. Исключается также влияние на металл кислорода воздуха, которое в кричном горне невозможно регулировать. А для более энергичного соприкосновения металла с шлаком содержимое ванны непрерывно перемешивается. Отсюда и название процесса — пудлингование («puddle» по-английски «перемешивать»).

В патенте, выданном братьям Кранеджи, предложенный ими способ описывается так: «Чугун в свинках помещается в отражательной, или воздушной, печи соответствующего устройства, без прибавления чего бы то ни было, кроме сырого каменного угля, и превращается в хорошее ковкое железо; по извлечении в горячем состоянии из печи его обрабатывают под молотом и вытягивают, по желанию, в полосы разного вида и различных размеров» *.

Пудлингование стало применяться, однако, лишь спустя почти двадцать лет после того, как братья Кранеджи внесли свой проект. Широкое использование метода стало возможным благодаря усовершенствованию его английским изобретателем Генри Кортом (1740—1800). Одной из важных особенностей, введенных Кортом в пудлинговый процесс, были прокатные вальцы, позволявшие ускорить обработку крицы и получать значительные количества железа.

Метод пудлингования прочно вошел в промышленную эксплуатацию с 1810 г. Сначала он служил для получения так называемого пудлингового железа, а с 1835 г. из этого железа начали вырабатывать различные сорта стали, для чего применяли чугун с повышенным содержанием марганца и кремния. Одна садка пудлинговой печи весила от 250 килограммов до полутонны. Несмотря на многие недостатки, пудлинговый способ сыграл в мировой технике исключительную роль.

Однако широкое внедрение паровых машин и развитие машинной техники требовали все бóльшего количества металла и способ пудлингования также перестал удовлетворять.

---

* А. А. Зворыкин и др. История техники. Соцэкгиз, 1962, стр. 157.

ВКЛАД ОТЕЧЕСТВЕННЫХ МЕТАЛЛУРГОВ

Однобокое освещение истории техники привело к тому, что в научных трудах по этим вопросам долгое время замалчивалась роль русских ученых в решении одной из главных задач технического прогресса — отыскании совершенного, высокопроизводительного способа передела чугуна в сталь. Впрочем, как мы увидим дальше, и найденные во второй половине XIX в. решения совсем недавно претерпели новые, существенные изменения. Не будем, однако, забегать вперед.

Не ставя себе задачей проследить, как это дело развивалось в нашей стране, начиная, скажем, с того времени, когда из русских доменных печей получили первый чугун, отметим, однако, что в XVIII в., когда металлургический Урал стал мировой кузницей металла, там широко применялся кричный метод. На Урале были отменные мастера по железу. Однако каких бы успехов уральцы ни добились в выделке кричного железа, они отдавали себе отчет в том, что этот метод несовершенен и все чаще и чаще стали задумываться над созданием лучшего метода получения стали. Значительного успеха в этом удалось добиться уральскому железодельцу, работавшему на Прикамских заводах, крепостному Семену Бадаеву.

Слава о Бадаеве донеслась до Петербурга, и его вызвали в столицу. Приезд Бадаева был подробно описан в столичной газете «Северная почта», или, как она еще называлась, «Новая Санкт-Петербургская газета». Перед нами пожелтевший от времени номер газеты от 14 января 1811 г. Прочитаем, что писали тогда об этом выдающемся изобретателе. Статья напечатана на первой странице, там, где теперь помещают передовые. Уже из этого можно заключить, что изобретению Бадаева придавалось большое значение.

«Некто из дворовых людей, Семен Бадаев,— сообщала «Северная почта»,— вызвался правительству, что он знает способ делать литую сталь превосходной доброты. Опыт, произведенный им при Санкт-Петербургском заводе хирургических инструментов под надзором особо отряженного для сего горного чиновника, совершенно оправдал предложение Бадаева. Сталь, выделенная им, представлена была Горному совету и по пробам разных вещей, из нее отработанных, как-то: пуансонов, зубил, пружин, грабштихелей и сверл, найдена не уступающей английской стали.

Из сей же стали Бадаева сделаны разные хирургические инструменты и бритвы здесь и в Москве, кои равным образом признаны хорошими. Бадаев, как изобретатель сего способа.

желая открыть оный на пользу общую, предал себя совершенно в волю всемилостивейшего государя, объявя, что он готов служить, где угодно и открыть секрет свой кому повелено будет».

Однако Бадаев был крепостным и распоряжаться собой не мог. Изобретение его было признано столь значительным, что правительство решило его выкупить. Помещик, которому принадлежал Бадаев (как дико звучат эти слова!), побоялся продешевить и запросил очень высокую цену. После долгих торгов сошлись на 1800 рублях. Такой в те времена была цена талантливого человека из народа. Горный департамент исходатайствовал для Бадаева золотую медаль и определил его на казенный завод, но скоро о нем забыли.

Такова вкратце история изобретения, сделанного одним из талантливых сынов нашей страны.

...Среди читателей, отнесшихся с особенным вниманием к сообщению «Северной почты», был воспитанник Петербургского горного кадетского корпуса Павел Аносов. Еще до того юноша крайне интересовался хранившимися в музее корпуса саблями из булатной стали. В те времена булат считался лучшей сталью в мире, но секрет его производства был потерян. Одна из особенностей булатной стали состояла в том, что ее поверхность покрыта красивыми узорами, которые напоминают то струи водопада, то виноградные гроздья. Это не разрисовка — узоры эти естественно возникали во время ковки булатной стали. Аносов затаил мечту раскрыть тайну булата. Он знал, что ее стараются отыскать многие, в том числе и крупнейшие ученые Европы.

По окончании корпуса Аносов получил назначение в город Златоуст на построенную незадолго до того фабрику холодного оружия. Решение о создании такой фабрики русское правительство приняло еще до отечественной войны, в 1810 г. Царские министры и генералы не понадеялись на знания русских умельцев и для работы на фабрике выписали мастеров из-за границы, из немецких городков Золинген и Клингенталь. К моменту приезда Аносова в Златоусте уже работало более ста иностранцев. Однако они оказались вовсе не такими искусными специалистами по выделке стали, за каких себя выдавали. Фабрика выпускала оружие невысокого качества и это вызывало серьезную тревогу в высших кругах.

Вот в какой обстановке Аносов начал свои труды по металлургии стали. Он задался целью создать способ производства стали, совершенно отличный от всех известных в то время. А на Златоустовской фабрике сталь получали точно таким же способом, что и на других заводах Урала. Золингенцы никаких особых новшеств не привезли: чугун обезуглероживался в кричных горнах, а железо затем цементовали.

К тому времени, когда Аносов занялся опытами производства литой стали, была внесена ясность в металлургическую химию. Еще известный химик Реомюр попытался научно объяснить процессы, протекающие при выплавке чугуна, и указал на природу чугуна, железа и стали. Вопрос этот имел исключительно важное практическое значение и ему было посвящено много теоретических работ. К концу XVIII в., т. е. вскоре после открытия кислорода, Монж, Бертолле, Бандермонд пришли к выводу, что чугун, железо и сталь отличаются друг от друга бóльшим или меньшим содержанием углерода. Особенно известными были работы немецкого металлурга Карстена (1782—1853).

В Горном кадетском корпусе, где учился Аносов, химии уделялось большое внимание, а библиотека постоянно пополнялась трудами, выходившими за границей. Металлургию в Горном корпусе преподавали весьма сведущие люди — Архипов и Чебаевский. Хорошо эрудированный молодой инженер Аносов критически подошел к применявшемуся на фабрике методу — цементации. Он задал себе вопрос: в самом ли деле необходимо непосредственное соприкосновение железа и угольного порошка и многодневное томление в печи, чтобы насытить железо углеродом, т. е. получить сталь? Не скорее ли углерод проникнет в железо в газообразном состоянии?

Для опытов Аносову прежде всего понадобились огнеупорные горшки — тигли, в которых он намеревался расплавить железо. Молодой инженер занялся поисками рецепта глины для тиглей. Правда, он мог бы воспользоваться импортными тиглями, но они обходились слишком дорого, а Аносов намеревался осуществить не один и не два опыта, а сколько потребуется, чтобы добиться успеха. При таких намерениях он не счел возможным полагаться на тигли, которые привозили буквально за тридевять земель. И он начал с поисков огнеупорных глин. Это потребовало много труда и заняло немало времени. Но нас интересуют не тигли, а процесс производства стали. По описанию Аносова процесс он вел так:

«В прогретый окончательно горшок засыпают железных или стальных обсечков по железному желобу, сколько поместиться может с верхом, что составляет средним числом около пуда. Горн наполняют углем, шесточные дверцы замазывают глиною и пускают мехи. При постоянном дутье и забрасывании угля, по мере сгорания, скоро является в горну степень жара, потребная для расплавления стали, продолжающаяся до окончания работы... Закладываемое в горшки железо — составляет особенность способа, ибо в Англии сплавляют не железо, а цементованную сталь...» *

---

* П. П. Аносов. Собр. сочинений. Изд. АН СССР, 1954, стр. 112.

Описывая дальше ход опытов, Аносов отмечает, что удача пришла не сразу и он эмпирическим путем дошел до сути дела. Когда расплавившийся в тигле металл вылили, оказалось, что получился не ковкий металл, а чугун. Заключив из сего, что железо «в излишестве насытилось углеродом, я накрыл горшок крышкою прежде, нежели все железо расплавилось, оставив в ней небольшую скважину для наблюдения за ходом работы, и, спустя несколько времени, удостоверился, что металл совершенно расплавился. Тогда, вылив в форму, я получил удобно ковкий металл — литую сталь».

«Таким образом,— заключил Аносов,— для получения литой стали плавиленный горшок с крышею есть просто отпираемый ящик: стоит только знать, когда его открыть и когда закрыть». Этим способом Аносов регулировал ход выгорания углерода.

Аносов выплавлял сталь в довольно больших количествах и она получила очень высокую оценку. Аносовская сталь нашла применение для разных целей. П. П. Аносов провел также имевшие весьма важное значение для развития производства так называемых качественных сталей исследования свойств и особенностей булатной стали, считавшейся лучшей в мире.

Прямым продолжателем работ Аносова по производству литой стали был Павел Матвеевич Обухов (1820—1869). В 1857 г. ему была выдана привилегия на изобретенный им способ получения однородной тигельной стали в крупных отливках. Сталь, полученная по способу Обухова, получила очень высокую оценку на Всемирной выставке в Лондоне в 1862 г. Но в то время уже зародился другой, совершенно отличный от всех ранее известных метод получения стали в массовых количествах. В 1856 г. появился так называемый бессемеровский способ.

САМЫЙ БЫСТРЫЙ, САМЫЙ ДЕШЕВЫЙ, САМЫЙ ПРОСТОЙ

Возникновение этого способа отнюдь не было случайным. Как уже сказано, пудлинговый способ не мог обеспечить все возраставший спрос на сталь. Попытки усовершенствовать пудлингование не дали положительных результатов, метод себя исчерпал. Между тем потребность в стали столь возросла, что в ряде государств установлены были премии тем, кто предложит новый, эффективный способ передела чугуна в сталь.

Такой способ сумел найти англичанин Генри Бессемер (1813—1898). Бессемеру требовалась сталь для отливки орудий (в то время Бессемер был занят изготовлением изобретенного им артиллерийского снаряда), и ему пришла мысль продуть залитый в тигель чугун воздухом или паром. Бессемер знал, что на Балтонском машиностроительном заводе делали опыты «кипячения» чугуна, состоявшие в том, что в массу расплавившегося чугуна под невысоким давлением пропускали небольшое количество пара. Однако балтонские опыты не увенчались успехом.

Бессемер не был металлургом, и его поиски не имели под собой никакой научной основы. Свои опыты Бессемер осуществил в небольшом коническом огнеупорном тигле, который он поместил в плавильный горн с раскаленным коксом. В тигель он загрузил несколько килограммов чугуна, а после расплавления при помощи глиняной трубки стал вдувать в сосуд воздух и пар. В патенте, полученном им 17 октября 1855 г., записано, что для получения стали расплавленный чугун надо продуть воздухом или паром. Бессемер и сам не знал, какому из этих агентов отдать предпочтение, не знал, что происходит в тигле. Беспокоило Бессемера лишь то, что, если он будет продувать горячий чугун холодным воздухом, чугун остынет. Опасения Бессемера оказались напрасными. При продувке жидкого чугуна воздухом он не только не остыл, а, наоборот, сильно нагрелся.

Как это могло произойти, откуда взялось тепло? Бессемер стал догадываться, что это произошло за счет тепла реакций окисления примесей, имевшихся в чугуне. Однако четкого представления о химизме процесса у него еще не было.

Одной из главных черт характера Бессемера была настойчивость. Идея, раз промелькнувшая в его мозгу, никогда им не оставлялась, пока он не доводил дело до конца. На пути Бессемера стали большие трудности, причиной которых был крайне непостоянный химический состав железных руд Англии и, стало быть, выплавленного из них чугуна. Химический состав чугуна определялся по характерному цвету излома. Из-за этого результаты опытов были крайне противоречивыми.

Помощь Бессемеру пришла неожиданно. Шведский металлург Геренсен одним из первых стал применять метод Бессемера для передела высококачественных, богатых марганцем шведских чугунов и получил хорошие результаты. Между Бессемером и Геренсеном установилось творческое содружество, сначала путем переписки, а позднее шведский металлург отправился в Англию.

Уже через год после первых опытов Бессемер решился предпринять плавки с большими массами чугуна, и 12 февраля 1856 г. он получил патент на усовершенствованный метод

передела чугуна. В нем говорится уже не о продувке чугуна воздухом или паром, а только воздухом. Продувка ведется в специальном резервуаре-конвертере. Чугун превращается в сталь благодаря окислению углерода и содержащихся в чугуне примесей (кремния, марганца) кислородом воздуха. Процесс происходит без подвода тепла извне, без применения какого-либо горючего материала. Необходимое тепло выделяется во время химических реакций окисления примесей железа. Иными словами говоря, тепло дает сам процесс. Под давлением от 0,5 до 1,6 атмосферы в конвертер вдувается воздух. Он проникает в расплавленный чугун, и примеси, входящие в чугун, выгорают. Главные примеси, выгорание которых обеспечивает высокую температуру металла,— кремний, марганец, углерод. Выгорание протекает в строго определенном порядке (по образному определению известного русского металлурга В. Е. Грум-Гржимайло, во время продувки металла в конвертере происходит своеобразная борьба отдельных элементов чугуна за обладание кислородом).

Первый конвертер Бессемера представлял собой полый неподвижный железный цилиндр, выложенный внутри огнеупорным материалом. Чугун заливали через боковое отверстие, а готовый металл выпускали через отверстие у дна. Дутье подводилось через фурмы, расположенные по бокам. Впоследствии «груша» конвертера была оборудована специальным механизмом, который позволял придавать ей вертикальное или горизонтальное положение, что облегчало заполнение ее жидким чугуном, а также выпуск готовой жидкой стали. Воздушные фурмы для продувки стали делать в днище. Первая промышленная установка для конвертерной стали была введена в действие в начале 1858 г.

Как видим, от начала экспериментов до промышленной установки прошло совсем немного времени — меньше трех лет. Процесс, названный по имени изобретателя — бессемеровским, протекает исключительно быстро.

Преимущества конвертера перед всеми известными в то время способами получения стали были настолько очевидными, что способ получил всеобщее признание в Англии, Швеции и во многих других странах. Конструкция конвертера совершенствовалась, емкость его была увеличена (до 5 тонн), давление повышено (до 1,5—2,5 атмосферы). Дутье производилось мощными четырехцилиндровыми воздуходувками, действовавшими паром.

С внедрением бессемеровского способа цены на сталь в европейских странах снизились в четыре раза. Но самое главное — бессемеровский способ открыл возможность массового производства стали.

Бессемеровский метод очень скоро нашел применение и в

нашей стране. Первые опыты выплавки стали из жидкого чугуна в конвертере были предприняты в 1857 г. на Всеволодвиленском заводе. Они шли параллельно с работами по доводке процесса, проводившимися самим Бессемером. В 1864 г. бессемерование ввели на Воткинском заводе, а вслед за тем на Нижне-Салдинском, Нижне-Тагильском и Обуховском в Петербурге.

На отечественных заводах перерабатывали чугун иного состава, чем тот, который употреблял Бессемер. Бессемеровский процесс пришлось поэтому видоизменить, приспособив его к особенностям чугуна. Так был создан вариант бессемеровского процесса, известный как русское бессемерование. Разработкой русского процесса занимались Д. К. Чернов (1839—1921) и К. П. Поленов (1835—1908).

Отличие русского процесса от английского состояло в том, что чугун, поступавший в конвертер, предварительно нагревали в отражательной печи. Большим вкладом в науку о стали явилось сделанное Д. К. Черновым в феврале 1876 г. в Русском техническом обществе сообщение под названием «Материалы для изучения бессемерования».

КОЛИЧЕСТВО И КАЧЕСТВО

С вводом бессемерования удалось преодолеть несоответствие между достигнутой ко второй половине прошлого века производительностью доменных печей и преобладавшим в то время способом получения стали — пудлингованием. Был открыт способ, позволявший получать столько стали, сколько требовалось бурно развивавшейся машинной технике. Разрешена была количественная задача, но не качественная.

Сам Бессемер убедился в том, что поступающий в конвертер кислород взаимодействует не со всеми веществами, входящими в сплав. Кислород почти полностью выжигал из жидкого металла содержащиеся в нем кремний, марганец, углерод, но он оставался равнодушным к фосфору и сере, совершенно их не тревожа. А между тем фосфор и сера — злейшие враги железа. Оставаясь в сплаве, они портят его. Доброкачественную сталь удавалось поэтому получать лишь в тех случаях, когда для продувки применялся чугун с минимальным содержанием фосфора и серы.

Бессемеровский способ появился в период бурного развертывания строительства железных дорог, морских и речных судов, развития машиностроения. Бессемеровская сталь быстро вытеснила пудлинговую, но не могла удовлетворить требований, предъявлявшихся к стали в смысле прочности. Сталь эта оказалась совершенно непригодной для производства таких

широко распространенных изделий, как пружины или металлорежущий инструмент. Поковки и отливки, сделанные из такой стали, при их обработке под молотом часто растрескивались. Если к этому добавить, что по причинам, о которых уже сказано выше, не все виды чугуна оказалось возвожным переработать в конвертерах, вследствие чего большое количество его оставалось лежать мертвым грузом на складах заводов, то станет ясным, что бессемеровский метод отнюдь не был универсальным. Бурные восторги новым методом стали сменяться горькими разочарованиями. И тогда предприняты были новые поиски средств передела чугуна в сталь.

Существовала еще одна причина, заставившая продолжить поиски средств передела чугуна в сталь. При ковке (а в дальнейшем при прокатке) стальных слитков получались значительные отходы. Чем более развивалась выплавка металла, тем больше отходов. Машинный век только наступал, но уже стали образовываться кладбища отживших машин, накоплялся железный и стальной лом. Что с ним делать, как использовать эти железные богатства? Бессемеровский способ для этого не годился.

Взоры вновь были обращены к пламенной печи. Опыт эксплуатации пудлинговых печей подготовил условия для создания метода выплавки стали, который очень скоро стал соперником конвертерного, а затем решительно стал его вытеснять.

ИДЕЯ РЕГЕНЕРАЦИИ

Читатель уже знаком с тем, как шли поиски методов производства стали. Целые столетия проходили, прежде чем один метод уступал другому. А тут в течение одного десятилетия зародились и очень быстро получили распространение два способа, каждый из которых позволял переработать огромные массы чугуна в сталь. Вслед за бессемеровским родился мартеновский способ.

Мартеновские печи часто называют также регенерированными. «Регенерация» значит «восстановление», «возобновление». Что же возобновляется в мартеновской печи? Тепло!

Чистое железо плавится при температуре 1539 градусов. Чтобы получить ванну расплавленного железа, нужны печи, в которых можно достигнуть температуры, более высокой, чем температура плавления железа. Но построить такие печи долго не удавалось, пока не прибегли к одной «хитрости». Заключается она в следующем.

Известно, что всякое топливо обладает определенной теплотворной способностью. Под этим имеется в виду количество тепла, которое выделяется при полном сгорании одного кило-

грамма топлива. Чтобы топливо (уголь, нефть, газ) сгорало, требуется воздух. Если же приток воздуха в печь непропорционально велик, то горение идет хорошо, но от излишка воздуха пламя остужается. Чтобы достичь полного сжигания топлива, приходится вводить в печь приблизительно в полтора раза больше воздуха, чем на самом деле требуется для его сжигания. Этот избыток воздуха и отнимает часть выделяющегося тепла и сильно понижает эффект горения.

Для получения наивысшего эффекта надо создать условия, при которых в печь поступало бы столько воздуха, сколько действительно требуется для сжигания данного количества топлива. Этого можно достигнуть при условии, если воздух быстро смешается с топливом. Легче и лучше всего перемешивается с воздухом газообразное топливо. Эффект будет еще более высоким, если и воздух, и топливо предварительно нагреть. Эти соображения и лежат в основе конструкции мартеновской печи.

Как и чем нагреть воздух и газ? Решение нашлось очень простое — использовать тепло раскаленных продуктов горения, попросту говоря, дым. Ведь он содержит тепло, которое уходит из печи в воздушное пространство, чтобы «греть небо». В регенеративной печи тепло дыма полезно используется.

Осуществляется это следующим образом. Под печью с двух сторон делают две пары специальных камер — регенераторов. Камеры заполнены выложенными в клетки огнеупорными кирпичами. Проходя через эти клетки, дым отдает им свое тепло, сильно нагревая кирпичи. Сначала дым (раскаленные продукты горения) пропускают через одну пару камер, скажем, через правую. Когда они достаточно нагреются, направление дыма изменяется: ему закрывают ход в правые камеры, и он идет в левые. Это легко осуществляется при помощи особых клапанов. В то время как греются левые камеры, в одну из правых, уже успевших достаточно нагреться, пускают газ — топливо, на котором работает печь, а в другую — воздух. Проходя через камеры, газ и воздух отнимают у них тепло и выходят уже нагретыми; затем, быстро смешавшись, они сгорают под сводом печи.

Проходит некоторое время — одни камеры нагреются, другие остынут, тогда направление всего газопотока меняют: горячий дым пускают через остывшие камеры, а газ и воздух — через нагретые. Перекидка клапанов — так называется операция, которая изменяет направление движения газов, производится через определенные промежутки времени в зависимости от обстоятельств. Таким образом, в печи все время поддерживается высокая температура. Это и позволяет получать высокий тепловой эффект.

Принцип регенерации в печи, отапливаемой газом, впер-

вые был осуществлен Фридрихом Сименсом в 1856 г. Этой печью спустя примерно десять лет воспользовался французский инженер Пьер Мартен. Он задался целью получить в ней сталь путем сплавления чугуна со старым железом. Опыты он производил во Франции на заводе своего отца Эмиля Мартена. В патентах на этот метод получения стали указывалось, что метод должен именоваться сименс-мартеновским.

Около восьмидесяти лет прошло с тех пор, как была введена выплавка стали в мартеновских печах. Первая печь вмещала примерно 1000—1500 килограммов; площадь пода печи равнялась трем квадратным метрам.

ПЕРВАЯ МАРТЕНОВСКАЯ ПЕЧЬ В РОССИИ

В России первая регенеративная сталеплавильная печь мартеновского типа начала строиться в 1869 г. на Сормовском заводе под руководством горного инженера А. А. Износкова (1845—1911). Александр Александрович Износков по окончании Петербургского горного института был назначен практикантом на Златоустовские заводы, где до него работали выдающиеся русские металлурги П. П. Аносов и П. М. Обухов. Износков внимательно следил за техническим прогрессом методов выплавки стали. Когда спустя три года после поступления на завод ему поручили разработать проект производства рессор, шин и других изделий для железных дорог, он предложил их делать не из тигельной стали, а по новому способу в пламенной отражательной (мартеновской) печи. Предложенный Износковым проект, однако, не был утвержден и это было причиной его перехода на работу на Сормовский завод. Там ему удалось построить первую в России мартеновскую печь. А еще через три года, в 1872 г., им была построена такая же печь в Петербурге на Путиловском заводе.

В Сормове начал свою деятельность и другой замечательный русский металлург — Николай Николаевич Кузнецов. Сормовичи много сделали для освоения и совершенствования этого прогрессивного метода производства литой стали не только на своем заводе. Они построили такие печи на разных заводах страны, например на Людиновском, что позволило организовать там паровозостроение (1869—1870 гг.).

Мартеновский способ производства стали сначала не получил такого широкого распространения, как конвертерный, но очень скоро он стал преобладающим. И хотя выплавка стали в мартеновской печи длится гораздо дольше, чем в бессемеровском конвертере, и к тому же первый способ и более дорогой, но по причинам, о которых уже сказано (возможность полу-

чения стали лучшего качества, а также переработка лома), мартеновский способ быстро стал оттеснять конвертерный.

В нашей стране в начале семилетки (1958 г.) конвертерным способом получено было лишь немногим более 5% всей стали (примерно таким же был удельный вес конвертерной стали в США). Конвертерный способ отмирал так же, как в свое время изжило себя пудлингование. Но как раз к столетию изобретения бессемерования в истории конвертерного метода производства стали открылась новая страница (об этом будет рассказано ниже) и он в свою очередь начал теснить мартеновский метод. Теперь уж никто не говорит об отмирании конвертерного способа.

СТО ЛЕТ НА СЛУЖБЕ ТЕХНИЧЕСКОГО ПРОГРЕССА

Мартеновский метод сыграл большую роль в мировом техническом прогрессе, он служил ему почти целый век и будет служить и дальше, но удельный вес его в общей выплавке стали будет снижаться.

Первая мартеновская печь, как мы знаем, вмещала всего лишь 1000—1500 килограммов. К концу прошлого века емкость мартеновских печей достигала сорока тонн и более. На построенных в первые пятилетки металлургических заводах нашей страны установили печи, рассчитанные на садку 150—175 тонн. Толчок к дальнейшему росту емкости печей дало развернувшееся в 1935—1936 гг. движение за скоростное сталеварение. Сталевар Макар Мазай добился в 1936 г. на Мариупольском заводе им. Ильича небывалого в мировой практике съема стали с квадратного метра пода печи в сутки — около 12 тонн (основной показатель успешной работы). Этого удалось достигнуть благодаря тому, что ванну печи углубили и вес плавки увеличили в полтора раза. Опыт мариупольцев подсказал целесообразность перестройки на большую садку многих сталеплавильных печей страны. Так, 150-тонные печи Магнитогорского, Кузнецкого комбинатов и некоторых заводов были реконструированы в 350—380-тонные. Эти печи оказались самыми высокопроизводительными, экономичными.

Ряд других мер позволил намного ускорить ход плавок. Добиваясь лучшего использования печей, советские сталеплавильщики перешли на высокие температурные режимы. Однако осуществление этой меры ограничивалось недостаточной огнеупорностью материалов, из которых делали своды, стены и другие элементы печи. Пришлось заняться поисками материала, способного выдержать более высокие температуры. В конечном счете удалось найти такие материалы (на основе

окиси магния и окиси хрома). Наличие в стране богатых месторождений минералов, содержащих эти окислы, позволило сделать почти на всех мартеновских печах высокоогнеупорные своды и стенки.

Следующим важным условием значительного роста производительности печей было обогащение воздуха, поступающего в мартены, кислородом, что еще более повысило температурный режим. Еще большее значение для ускорения плавок имело вдувание кислорода непосредственно в металлическую ванну печи. Таким образом, продолжительность плавок сократилась на 30—35%.

Сталевары и их подручные отыскивали резервы в лучшей организации труда, в усовершенствовании технологии. Они экономят время на всех периодах, из которых складывается плавка. Все это позволило советским сталеплавильщикам повысить съем стали с квадратного метра пода мартеновской печи в сутки по сравнению с довоенным почти вдвое. В Советском Союзе мартеновские печи используются, по крайней мере, на 35—40% лучше, чем в США.

Высокие экономические показатели так называемых большегрузных 370-тонных печей Магнитки и Кузнецка подсказали целесообразность дальнейшего увеличения емкости мартенов. И в последние годы на ряде заводов построили 500-, 650- и даже крупнейшие в мире 900-тонные печи.

И все же мартеновский способ передела чугуна в сталь перестает играть, как раньше, первенствующую роль.

ВТОРАЯ ЖИЗНЬ КОНВЕРТЕРНОГО СПОСОБА

Новая переоценка ценностей произошла после того, как нашли способ получения дешевого кислорода. Почти одновременно предприняты были опыты использования кислорода в мартеновских печах и в конвертерах. И если в первых кислород играет роль интенсификатора, то конвертерам он открыл новую будущность.

Почему мартеновским печам удалось вытеснить конвертеры? Потому что мартеновская сталь была лучше, потому что в мартеновских печах можно было переработать железный лом.

Вдувание в конвертеры кислорода изменило всю картину. При продувке конвертера технически чистым кислородом (вместо атмосферного воздуха) получается сталь такого же качества, а в некотором смысле даже лучше, чем мартеновская. Вследствие резкого снижения содержания в металле азота он хорошо штампуется, сваривается, поддается глубокой вытяжке. Таким образом, стираются преимущества мартенов-

ского процесса. Но это еще не все. С переходом от атмосферного дутья к кислородному открылась возможность переработать в конвертерах разные виды чугуна, в том числе маломарганцовистый. В кислородных конвертерах успешнее, чем в стационарных мартеновских печах, можно использовать фосфористый чугун, а из шлака, образующегося при этом, можно получать затем очень ценное для сельского хозяйства удобрение — фосфористую муку. Наконец, с переходом на кислородное дутье температура в конвертере поднимается настолько, что в нем можно переплавить до 30% металлического лома. На нет сходит, стало быть, и последнее преимущество мартеновских печей перед конвертерами — возможность переработки лома.

Если к этому добавить, что на строительство конвертеров требуется значительно меньше средств (экономия по сравнению с мартеновскими печами составляет примерно шесть миллионов рублей на каждом миллионе тонн стали), а эксплуатация конвертеров обходится дешевле, то станет ясным, почему кислородно-конвертерный способ оттесняет мартеновский у нас и в других странах. Скорее достойно удивления то, что на этот более прогрессивный путь не встали раньше. Ведь первые опыты вдувания кислорода в конвертер предприняты были еще в 1932 г. Между тем первый кислородный конвертер вступил у нас в действие лишь в 1957 г. (на заводе им. Петровского в Днепропетровске). Четверть века прошло от первых опытов до промышленного использования. И лишь в 1962 г. широким фронтом развернулось строительство кислородных конвертеров.

ЭЛЕКТРОМЕТАЛЛУРГИЯ

Особняком от мартеновского и конвертерного способов производства стали стоит электропечной способ. Доля стали, полученной в электрических печах, в общей выплавке стали весьма значительна.

Особенность этих печей состоит в том, что высокая температура в них достигается путем превращения электрической энергии в тепловую.

В электропечах выплавляют, как правило, так называемые высококачественные стали. К ним относятся сплавы, в которые входят дорогие добавки — никель, вольфрам, молибден, хром, ванадий и др. Сталь, выплавленная в этих печах, содержит очень мало серы и фосфора.

На возможность применения электрической энергии для восстановления металлов из окислов, для плавки и сварки металлов указал еще в начале XIX в. знаменитый русский ученый В. В. Петров (1761—1834). Однако первую электропечь

для выплавки стали в России установили лишь в 1910 г., а первый в нашей стране электрометаллургический завод начал работать только в конце 1917 г. На нем было несколько небольших электропечей. Завод был крайне несовершенным, производительность его — очень низкой.

Лишь в годы пятилеток развитию электрометаллургии уделили необходимое внимание, и СССР в очень короткий срок вышел по производству электростали на одно из первых мест в мире.

Это стало возможным потому, что страна покрылась мощной сетью электростанций. Электрометаллургия развивалась на базе дешевой электроэнергии Днепрогэса и других построенных в годы пятилеток мощных электростанций.

Дуговая электропечь представляет собой выложенный огнеупорным кирпичом цилиндрический сосуд. Над плавильным пространством возвышается куполообразный свод. Он может сниматься или отводиться в сторону, и тогда загрузка печи сырыми материалами осуществляется сверху. В этом случае она продолжается всего несколько минут. Затем печь снова закрывают сводом, в нее опускают угольные электроды, включают ток. Между электродами и металлом возникает электрическая дуга. Находящиеся вблизи электродов железный лом и другие материалы начинают быстро плавиться, и через короткое время вокруг электродов появляются «лужи» расплавленного металла. Дальше процесс ведется так же, как в мартеновских печах, с той разницей, что в электропечах нет опасности загрязнения стали продуктами горения. Крупные современные печи имеют специальные устройства, чтобы перемешивать жидкую сталь в ванне. Это ускоряет плавку и обеспечивает получение металла точного и, главное, равномерного состава. Емкость электропечей достигает 180 тонн.

Очень эффективно использование при электроплавке кислорода путем вдувания его в металлическую ванну. Расход электроэнергии при этом снижается, а производительность увеличивается. В ряде случаев применяется дуплекс-процесс, т. е. сдвоенный процесс. Выплавка стали ведется последовательно в двух сталеплавильных агрегатах. Такой способ более экономичен, он позволяет экономить все еще дорогую и в ряде случаев дефицитную электроэнергию.

Для современных машин нередко требуется сталь, в которой содержание углерода не превышало бы сотых, а то и тысячных долей процента. Дуговые печи не в состоянии обеспечить такую чистоту стали: ведь в этих печах жидкий металл соприкасается с угольными электродами и часть углерода может быть занесена в металл. Наиболее чистые по углероду сплавы получают в индукционных печах.

Индукционная печь — это огнеупорный тигель цилиндри-

ческой формы, охваченный индукционной катушкой (соленоидом). Важное преимущество индукционных печей перед дуговыми состоит в том, что под действием образуемого соленоидом электромагнитного поля металл в тигле энергично перемешивается, из-за чего химические реакции ускоряются. Сталь, выплавленная в таких печах, более однородна, чем получаемая в мартеновских и дуговых печах. Однако этим не исчерпывается борьба за получение стали высокой чистоты.

ЗА СТАЛЬ ВЫСОКОЙ ЧИСТОТЫ!

Середина нашего века ознаменована небывалым взлетом технической мысли. Появились ядерные реакторы, мощные реактивные двигатели, резко повысились скорости, мощности, давления, температуры. Соответственно этому повысились требования к материалам. Главные из этих требований — высокая чистота по неметаллическим включениям, минимальная насыщенность газами — кислородом, азотом, водородом.

Ответом на эти требования было развитие так называемой вакуумной металлургии, которая с каждым годом завоевывает все более прочные позиции. «Вакуум» по-латыни значит пустота. В более точном представлении это пространство, из которого до определенных пределов выкачали воздух.

В трех направлениях развивалась вакуумная металлургия: это дегазация жидкой стали сразу после ее выпуска из сталеплавильного агрегата; непосредственная выплавка высоколегированных сталей в вакуумных индукционных печах и, наконец, переплав в вакуумных дуговых электропечах стали, полученной в обычных сталеплавильных агрегатах — мартеновских печах, конвертерах или электропечах.

В чем идея вакуумирования? Сталеразливочный ковш с жидкой сталью помещают в камеру, в которой создана разреженная атмосфера, и выдерживают его определенное время. Содержащийся в жидкой стали углерод при этом начинает взаимодействовать с кислородом закиси железа и неметаллических включений, восстанавливает железо и другие элементы. Образующаяся при этом газообразная окись углерода бурно выделяется из металла в атмосферу камеры, откуда она непрерывно отсасывается вакуумными насосами. Реакции эти протекают весьма энергично, и содержание кислорода в жидкой стали быстро понижается. Одновременно уменьшается содержание в стали азота и водорода, так как пузырьки окиси углерода увлекают с собой в атмосферу камеры азот и водород. И они так же удаляются вакуумными насосами. Все это приводит к тому, что насыщенность стали газом резко понижается и содержание неметаллических включений уменьшается, качество стали соответственно улучшается.

Вакуумирование стали в ковше в СССР впервые предложено было членом-корреспондентом АН СССР А. М. Самариным и Л. М. Новиком. Тогда же была разработана технология этого процесса и сконструирована установка. Однако к промышленному освоению этого метода приступили лишь спустя более десяти лет. В настоящее время вакуумирование в ковшах применяется на ряде советских заводов, что позволило резко улучшить качество металла. Вакуумирование трансформаторной стали на заводе «Днепроспецсталь» позволило почти вдвое повысить выход листа высшего качества. На заводе им. Дзержинского вакуумирование рельсовой конвертерной стали позволило снизить содержание кислорода в ней в 4 раза, водорода — в 2—2,5 раза, азота — на 10—20%. Соответственно повышается качество рельсов.

Вакуумирование вышло уже из стадии промышленных опытов. Этот относительно простой и не столь уж дорогой способ улучшения качества стали получает все более широкое применение.

Кроме вакуумирования в ковше, у нас и в зарубежных странах в промышленных масштабах находят применение и другие способы дегазации готовой жидкой стали — это разливка в вакууме, вакуумирование порциями из открытого ковша, обработка стали в ковше циркуляцией струи металла в вакууме. Цели, преследуемые этими операциями, одни и те же — обеспечить высокую чистоту и однородность металла. Не будем здесь детально останавливаться на конструктивном решении тех или других способов.

Чтобы получить сталь сложного химического состава, обладающую особыми, заранее заданными физическими свойствами, ее не только разливают, но и выплавляют в вакууме. Для этой цели применяются те же индукционные электропечи и нагрев металла производится в них как обычно. Однако печи помещаются в высоком вакууме, равном тысячным долям миллиметра ртутного столба. Плавка в вакууме создает особо благоприятные условия для полного восстановления углеродом закиси железа, а образующаяся при этом окись углерода непрерывно удаляется из рабочего пространства вакуумными насосами. Высокая степень разрежения в рабочем пространстве приводит к резкому снижению содержания азота и кислорода в жидком металле.

В последнее время стали применять дуговые вакуумные электропечи с расходуемым электродом. Такие печи используются для переплава стали, полученной в обычных сталеплавильных агрегатах.

Однако вакуумирование — довольно сложный процесс, он требует дорогого оборудования (затраты, правда, в конечном счете окупаются). Поэтому творческая мысль искателей уже

много лет занята поисками более простых путей получения металла высокой чистоты.

В Институте электросварки им. Е. О. Патона сконструирована специальная установка для электрошлакового переплава. Она уже несколько лет действует на заводе «Днепроспецсталь». Сущность этого процесса состоит в том, что конец металлического стержня, изготовленного из обычной электростали и выполняющего роль электрода, расплавляется в слое жидкого шлака специального состава. Шлак нагрет до высокой температуры электрическим током. Капли расплавленной стали проникают через слой шлака, дегазируются и очищаются от неметаллических включений, а затем скапливаются в медной водоохлаждаемой изложнице, охлаждаются и застывают. Регулируя электрический режим, можно установить желательное соотношение между скоростью расплавления и скоростью кристаллизации застывающей стали.

Полученная таким образом сталь была тщательно исследована, и было установлено, что ее качество значительно улучшилось. Сталь во всем ее объеме оказалась почти однородной и по химическому составу, и по содержанию отдельных элементов. Выплавленные таким способом слитки отличались плотной структурой. Поверхность слитков настолько улучшилась, что отпала необходимость в их обдирке перед прокаткой.

Более богата история другого метода обработки жидкой стали так называемыми синтетическими шлаками. Еще в 1925 г. видный советский металлург, в то время главный инженер мариупольского завода им. Ильича А. С. Точинский, предложил сливать жидкую сталь в сталеразливочный ковш, в который заранее налито определенное количество жидкого синтетического шлака. Такой же способ обработки жидкого металла с помощью синтетических шлаков был предложен во Франции Перреном. Этот способ поэтому и назван способом Точинского — Перрена. Опыты показали, что обработка в ковше жидкой стали синтетическими шлаками приводит к укрупнению частиц неметаллических включений, и поэтому они легче всплывают. В этом и суть процесса. Он прост и недорог. В ближайшее время метод получит широкое распространение.

Вот какими разными путями добиваются улучшения качества стали, однородности ее состава.

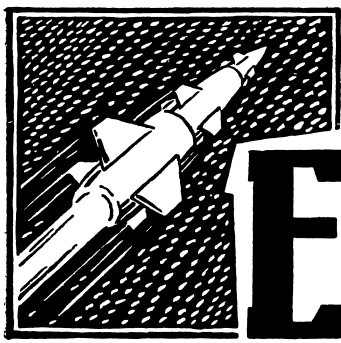
* *
*

Все известные в настоящее время агрегаты для выплавки стали — периодического действия. Мысль инженеров-исследователей занята разработкой схемы непрерывного процесса; удастся ли решить эту задачу — покажет будущее.

Мы убедились, что вторая ступень металлургического цикла — передел чугуна в сталь — оказалась чрезвычайно трудной. По крайней мере, четыре-пять столетий решается эта, как будто бы простая, задача, но и в настоящее время нельзя еще утверждать, что найдено наилучшее решение. Однако нет оснований и умалить значение сделанного. Успехи, достигнутые на этом этапе металлургического цикла, позволили поднять мировую выплавку стали с начала века более чем в десять раз, и практически нет никаких препятствий к увеличению выплавки стали до размеров, необходимых для полного удовлетворения потребностей в стали всех людей всех континентов.

Итак, мы знаем несколько способов получения стали. При выборе того или иного из них необходимо тщательно взвесить много обстоятельств. Но из сталеплавильного агрегата выходит жидкая сталь и нам придется пойти дальше, проследить за тем, как сталь застынет, как из нее получатся изделия определенной формы, т. е. пройти до конца по так называемому металлургическому циклу.

Глава шестая



ЕЩЕ БАРЬЕРЫ

Успехи, достигнутые в создании способов передела чугуна в сталь, оказали огромное влияние на развитие машиностроения и железнодорожного строительства. Сталь подешевела. Прежде всего появилась возможность использовать ее для изготовления различных изделий, в которых нуждался железнодорожный транспорт: осей паровозов и вагонов, бандажей, крестовин, стрелок. Естественно было предположить, что широкое применение стали на железных дорогах положительно скажется на их работе. Однако вышло наоборот. Участились катастрофы, главной причиной их были поломки осей и других стальных частей. Это вызвало серьезную тревогу у населения. Участившиеся поломки пытались объяснить тем, что вес поездов и скорость их движения значительно выросли. Так оно и было в действительности: вес паровоза увеличился почти втрое, вес пассажирского поезда — в 5—6 раз, а скорость движения поездов повысилась в два раза, дойдя до 40—50 километров в час. «Благоразумные люди» советовали вернуться

к старым средствам передвижения: «ни люди, ни материалы не могут выдержать таких нагрузок и скоростей».

Оставим в стороне вопрос, могут ли люди перенести «ошеломляющие» сорокакилометровые скорости, с которыми двигались в то время поезда. В наше время такие утверждения звучат анекдотично. Однако в самом ли деле превышены были пределы нагрузки на материал?!

В то время никто достоверно не знал свойств стали, не имел никакого представления о законах поведения этого нового материала. Между тем все дело было именно в этом. Машиностроители успели довольно хорошо распознать свойства чугуна. Одно из ценных качеств его — жидкотекучесть, т. е. высокая подвижность в жидком состоянии. Это позволяет изготовлять из чугуна изделия и детали самых причудливых форм. Попытки использовать таким же образом сталь оказались неудачными. Сталь вела себя совсем иначе, чем чугун, и отливки из стали оказались мало пригодными или совсем непригодными. Впрочем, для сведущих людей это не было полной неожиданностью. С подобными трудностями еще за четверть века до того встретился П. П. Аносов, когда он организовал выплавку стали в тиглях.

ОПРОМЕТЧИВЫЙ ОТВЕТ П. М. ОБУХОВА

Как известно, Аносов отливал из стали разные изделия; многие из них экспонировались на выставках в Петербурге и за границей. Однако попытки Аносова отлить из стали ствол пушки окончились неудачно, ствол разорвался. Аносов не мог установить причины этого, продолжить опыты ему запретили.

Спустя двадцать с лишним лет проблемой получения крупных и однородных стальных отливок занялся на том же Златоустовском заводе П. М. Обухов. Его опыты оказались более успешными, чем аносовские. Ему удалось после долгих хлопот добиться разрешения построить в Златоусте сталепушечную фабрику. Это была Княземихайловская фабрика, на ней и отливали стальные болванки.

В 1860—1861 гг. в Петербурге происходили испытания пушек различных иностранных заводов, а также первых пушек, отлитых на еще недостроенной Княземихайловской фабрике. На испытаниях присутствовал царь Александр II. В одном из описаний этого события * рассказывается, что перед началом испытаний царь спросил Обухова: «Уверен ли ты, что твоя пушка выдержит испытания?», на что тот ответил: «Вполне,

* Артиллерийский журнал, 1861, № 7.

Ваше Величество». И хотя из этой пушки за три месяца сделали свыше четырех тысяч выстрелов и она, как об этом свидетельствуют официальные документы, полностью сохранила боеспособность (пушку эту и сейчас можно увидеть в Артиллерийском музее в Ленинграде), тем не менее ответ Обухова был несомненно опрометчивым.

События, происшедшие всего несколько лет спустя после петербургских испытаний, показали, что ни Обухов и никто другой не подозревали, что любая из представленных на испытания пушек могла их подвести. Им и в голову не приходило, что стальная отливка, внешне такая прочная, надежная, может содержать какие-то внутренние дефекты. Никто не знал, как совершается переход стали из жидкого состояния в твердое. А оказалось, что природа затаила много тайн, без разгадки которых нельзя было и думать об использовании стали в технике — военной и гражданской. Словом, на пути широкого внедрения стали возникли барьеры.

И причины участившихся железнодорожных катастроф заключались вовсе не в том, что поезда шли слишком быстро, а в том, прежде всего, что тогда еще неизвестны были законы затвердевания стали. Оси часто лопались потому, что внутри их оказывались раковины, пузыри. Отчего они? Не в химическом ли составе стали дело? Оказалось, нет!

Одно из наиболее ранних исследований по этому вопросу провел Д. К. Чернов, с которым читатель уже знаком по его работе о русском бессемеровании.

СТАЛЬ И . . . ЛЕД

Опустим предысторию дела и предоставим интересующимся познакомиться с жизнью и деятельностью Дмитрия Константиновича Чернова по другим книгам. Нас в данном случае интересуют причины ненадежности изделий, полученных из литой стали.

В 1878 г. на заседании Русского технического общества Д. К. Чернов сделал доклад, который назывался «Исследования, относящиеся до структуры литых стальных болванок». Ко времени, когда Чернов выступил со своим докладом, прошло всего десять — пятнадцать лет с тех пор, как удалось найти способы получения больших масс жидкой стали. Однако в применении нового материала встретились исключительные трудности. Разрез стальных отливок, полученных в земляных или металлических формах, показал, что после остывания в них оказывались пузыри, пустоты, трещины. О том, чтобы применить такой металл для изготовления машин, нельзя было и думать. Взявшись изучить причины этого, Чернов сделал ряд весьма ценных наблюдений, в результате кото-

рых ему удалось нарисовать четкую и ясную картину процесса затвердевания жидкой стали.

Исследователь обратил прежде всего внимание на то, что при затвердевании сталь так же, как, скажем, замерзающая вода, *кристаллизуется.* Кристаллы, образуемые при замерзании воды, легко увидеть. Например, морозные узоры, возникающие зимой на стеклах окон,— это ведь кристаллики, в которые превратились замерзшие капли.

Сталь застывает в непрозрачных сосудах, стало быть, увидеть, что происходит при переходе стали из жидкого состояния в твердое, нельзя. Однако то обстоятельство, что сталь при затвердевании кристаллизуется, уже было известно. На это обратил внимание еще Аносов, когда он занимался разгадкой тайны булатной стали. Так, может быть, узоры на поверхности булатной стали сродни узорам на замерзшем окне?!

Прежде чем Чернов поступил на Петербургский Обуховский завод и занялся исследованиями поведения стали, он состоял на службе в Петербургском технологическом институте, где был хранителем библиотеки. По этой своей должности ему известны были как старинные научные труды, так и новейшие. Ему привелось прочесть появившееся более чем за два с половиной века до того — в 1611 г.— маленькое сочинение знаменитого астронома Иоганна Кеплера (1571—1630). Знаменитый ученый описал в нем свои наблюдения над «шестиугольными снежинками». Сам он не придавал ему значения и рассматривал свои описания как... забаву. А между тем это было первым научным сочинением о кристаллах. Учение о кристаллах было развито в ряде других трудов, делались попытки их классификации. В числе ученых, много занимавшихся изучением особенностей кристаллического строения тел, был русский академик Аксель Гадолин (1828—1892).

Изучая пороки стальных слитков, Чернов пришел к выводу, что все дело в... кристаллизации. На стенках пустот, образующихся в стальных болванках, Чернов рассмотрел мелкие, нагроможденные друг на друга и сросшиеся в виде друз* кристаллики. На основе своих наблюдений Чернов нарисовал картину роста кристаллов: как только металл начинает остывать, образуются центры кристаллизации, затем оси, которые отбрасывают от себя похожие на елки многочисленные ветви. Отсюда и возникло название «дендриты» (древовидные). Сталь раньше твердеет — пришел к заключению Чернов — в тех местах, где она соприкасается с холодными стенками изложницы. Из-за этого в первые же минуты, как только жидкий металл вольют в посуду, образуется твердая корка — нечто вроде сплетенного из мелких кристаллов «мешка». Затем затверде-

* Друзы — группы кристаллов, сросшихся вместе.

вание жидкой стали замедляется. Это и понятно. Ведь сталь изолирована от внешнего воздуха, но через стенку изложницы она имеет с ним контакт. При медленном охлаждении образуются кристаллы бóльших размеров.

Далее Чернов заметил следующее: остывая, сталь уменьшается в объеме; между тем размеры образовавшегося стального слитка уже не могут измениться, они определены коркой («мешком») из затвердевшего металла. Вследствие этого внутри слитка образуется пустота, или, как ее называют, усадочная раковина.

Наконец, Чернов обратил внимание на то, что вещества, входящие в состав стали, имеют различную температуру плавления и затвердевания: чистое железо твердеет при 1539 градусах, а соединения железа с серой или другими элементами — при более низкой температуре. Те составные части сплава, которые затвердевают позднее, оттесняются к середине слитка; они сосредоточиваются главным образом возле усадочной раковины.

Итак, источник дефектов стальных отливок, по заключению Чернова, следовало искать в законах перехода стали из жидкого состояния в твердое. Но не только к этому сводится дело. Одной из ценнейших черт Чернова как исследователя была его исключительная наблюдательность. Исследуя пороки слитков, он обратил также внимание на то, как из жидкого металла выходят растворенные в нем газы.

СТАЛЬ и . . . . .ШАМПАНСКОЕ

В жидкой стали, как бы хорошо она ни была сварена, всегда остается какое-то количество газов. Если не принять мер к их удалению, то частицы газа застрянут между кристаллами и внутри стального слитка или изделия останутся пустоты. Вот откуда пустоты!

Чтобы нагляднее представить картину удаления газов из жидкой стали, Д. К. Чернов стал наблюдать за тем, как газы выходят из... шипучих напитков. Если бутылка с шипучей жидкостью плохо закупорена, то газ выделяется медленно, постепенно, и лишь по истечении известного, иногда довольно продолжительного времени жидкость освободится от газа. Иначе происходит, когда откроешь плотно закупоренную бутылку. Вследствие внезапного уменьшения давления газ стремительно покидает жидкость, в которой он растворен. Получается «выстрел», «взрыв», и в жидкости образуются быстро всплывающие на поверхность пузыри.

При переливании из ковша в изложницы сталь сотрясается, взбалтывается, заметно понижается ее температура. Это

способствует бурному выделению газов. Однако не все газы успевают выделиться из жидкой стали. Между тем даже десятитысячная доля процента водорода может резко ухудшить качество металла. В нем появляются незаметные и в самом сильном микроскопе трещины.

МАТЕРИЯ С ИЗЪЯНАМИ

Выходит, сталь — материал очень капризный и обращаться с ним надо предусмотрительно, а то недалеко и до беды. А возможно ли предупредить образование внутри слитков или отливок пузырей, раковин и прочих дефектов?

Д. К. Чернов не только нарисовал картину затвердевания стали, но и дал рекомендации, как получить доброкачественный слиток. Качество слитка зависит от температуры разливаемого металла, скорости разливки и т. п. Чтобы извлечь из слитка стали наиболее вредные элементы, надо утеплить верхнюю его часть. «Голова» слитка остывает последней, в ней и располагается наибольшее количество вредных примесей, а также усадочная раковина. При дальнейшей обработке эту часть слитка отрезают как непригодную.

Итак, остывшая сталь — это не сплошное, монолитное тело. Наоборот, слиток стали представляет собой сложное и тончайшее переплетение кристаллов, между которыми образуются пузыри и раковины. Поэтому такое большое значение имеет продуманная разливка стали.

Разливку стали обычно начинают не сразу. Сталь сначала выдерживают некоторое время в ковше. За то время, пока сталь выдерживается в ковше, на поверхность всплывут плохо растворимые в металле посторонние примеси (чаще всего неметаллические включения и газовые пузыри), из жидкого металла выделится часть растворенных в нем газов. Все это займет немного времени: 10—15 минут, и сталь будет готова к разливке. Выше уже рассказано было о вакуумировании стали. Посмотрим, как осуществляется обычная разливка.

РАЗЛИВКА

Из огромных мартеновских печей сталь выпускают в два или даже три ковша. Над ковшом останавливается мостовой кран, который поднимает ковш, и отводит его к месту разливки.

Из ковша сталь разливают в металлические коробки — изложницы. Они разной формы и емкости. Применяют два способа заполнения изложниц: сверху и снизу. В первом слу-

чае сталь заливают отдельно в каждую изложницу. Изложницы готовят задолго до выпуска стали. Их устанавливают в «канаве» или на специальных платформах. Кран подает ковш к изложнице с таким расчетом, чтобы имеющееся в дне ковша отверстие для выпуска стали пришлось над серединой изложницы; затем особым механизмом вынимают закрывающий отверстие стопор. Когда изложница заполнится, стопор вновь входит в отверстие ковша, поток металла останавливается и ковш передвигается к следующей изложнице.

Разливка снизу происходит по принципу сообщающихся сосудов. Несколько изложниц, установленных на массивном чугунном поддоне, заполняется одновременно. От центра поддона расходятся каналы, которые служат для прохождения жидкой стали. Каналы сделаны из плотно составленных огнеупорных трубок. В центре группы изложниц, над точкой, где сходятся разводящие каналы, укрепляется «центровая» — чугунная труба, выложенная огнеупорным кирпичом, на которую надета воронка. Сталь из ковша льют в воронку. Через трубу сталь проникает в разводящие каналы, оттуда равномерно поднимается по изложницам. Тот или другой способ применяется в зависимости от условий работы цеха, от марки стали и других обстоятельств.

Разливка стали — один из наиболее тяжелых участков металлургического цикла. Рабочие, занятые на разливке, подвергаются воздействию теплового излучения от огромных масс расплавленной стали. Сама работа небезопасная — малейшая неточность и сталь польется мимо изложницы.

Научная и инженерная мысль ищет пути облегчения труда разливщиков. На некоторых заводах введено дистанционное управление разливкой, стопор ковша открывается телемеханическим способом. Однако в этой области предстоит еще сделать много.

Застывание стали в изложницах продолжается обычно несколько часов. Полученный таким образом слиток «раздевают», т. е. снимают с него изложницу. Затем он поступает в «руки» блюмингов или слябингов — сложнейших обжимных станов.

Такой длинный и сложный путь проходит металл после выпуска из печи. Описанные методы разливки несовершенны, вызывают большие потери металла. А нельзя ли более коротким путем получить стальные изделия необходимой формы? Неужели нельзя найти эффективные средства управления процессом кристаллизации и избежать образования внутри слитков раковин, пузырей и т. д. Эта мысль возникла еще тогда, когда удалось получить более или менее значительные массы литой стали. Первую такую попытку сделал Генри Бессемер.

ПУТЬ, НЕ УСЕЯННЫЙ РОЗАМИ

Как мы уже знаем, Бессемер был изобретателем. В 1846 г., т. е. за десять лет до открытия им способа получения литой стали, он получил патент на изготовление оловянной фольги и листового свинца непосредственно из расплавленного металла. Бессемер проделал также несколько серий опытов, имевших цель получить непрерывную ленту из жидкого стекла. А спустя десять лет — в 1856 г.— Бессемер «впервые сообщил миру», что ковкое железо может быть быстро и в большом количестве получено из жидкого состояния.

Для этой цели он использовал пару закаленных валков, внутри которых циркулировала охлаждающая вода. В зев между валками заливался жидкий металл, который в полужидком состоянии как бы обжимался. Таким образом Бессемеру удалось получить толстый лист. По утверждению Бессемера, полученная им полоса обладала чистой поверхностью и теми же свойствами, что и любой прокатанный лист железа. О своем открытии Бессемер сразу же оповестил всех заинтересованных лиц, он успел даже получить патент, а полосу разрезал на куски и разослал по разным адресам. Один из кусков попал в Британский музей, где и хранится до сих пор.

Однако спустя тридцать пять лет после того, как он получил стальную полосу, Бессемер опубликовал статью, в которой жаловался на то, что его изобретение не нашло применения. Откликаясь на эту статью, английский металлург и физик Спенсер высказал надежду, что «открытия русского ученого Чернова помогут получить литой металл без последующей обработки с весьма высокими механическими свойствами. Все дело в том, чтобы надлежащим образом вести охлаждение».

А как «надлежит вести охлаждение», этого не знал никто. Идея соединения в один процесс разливки стали, кристаллизации и формования в тот или иной вид изделия время от времени возникала вновь. Для ее решения предлагались разные пути и средства, но, увы, ни один из них не позволил решить проблему. Казалось, что все трудности преодолены, предусмотрены все тонкости дела, обеспечены максимально благоприятные условия кристаллизации, а на деле ничего путного не получалось. Требовалось еще «нечто», чтобы из жидкого металла получить лист, балку или металл другой формы. Это «нечто» и явилось той «синей птицей», за которой охотились тысячи изобретателей.

Первые патенты, относящиеся еще к девяностым годам прошлого века, касались олова, свинца, но каждый год наступившего двадцатого столетия приносил новые патенты уже

на бесслитковую прокатку стали. Среди изобретателей были французы, немцы, англичане, американцы. Над идеей бесслитковой прокатки работало много отечественных изобретателей. И советские металлурги, естественно, проявляли большой интерес к идее бесслитковой прокатки. В стране начали строить мощные агрегаты для выплавки чугуна и стали, в обиход входили разливочные машины для чугуна. А сталь...

Плавки из больших печей разливали в большие слитки, а чем больше слиток, тем больше потерь. Мысль изобретателей вновь сосредоточивалась на идее бесслитковой прокатки. Однако изобретатели бесслитковой прокатки бродили в потемках. Опыты, исследования, теоретическое изучение вопроса открыли, наконец, некоторые важные ориентиры. Сталь нельзя уподоблять цветным металлам: олову, меди, свинцу. Температура плавления стали выше, чем температура плавления каждого из этих металлов, а теплопроводность стали в 6—10 раз ниже. Поэтому процесс полного перехода стали из жидкого состояния в твердое гораздо более длителен, чем у цветных металлов.

В этом главным образом и заключалась «ахиллесова пята» проблемы. Опыты, проводившиеся в 1939—1940 гг. на промышленном стане, построенном на металлургическом заводе «Серп и молот» в Москве, показали, что методом бесслитковой прокатки получить стальной лист, который удовлетворял бы современным требованиям, невозможно. Выходившая из стана полоса оказалась неоднородной по структуре и по химическому составу, неравномерной по толщине. Валки, через которые проходил жидкий металл, почти моментально зарастали затвердевшим металлом. Процесс обладал такими органическими недостатками, что никакой надежды их устранить не было.

Неудача, постигшая исследователей, натолкнула на мысль попытаться решить более ограниченную задачу — создать установку не для бесслитковой прокатки, а лишь для непрерывной разливки стали. Цель — получить слиток простейшей формы, но с надежной внутренней структурой — такой *слиток, который бы не нуждался в обжиме.*

В этом случае будет достигнут большой эффект — непрерывность процесса, путь металла сократится, отпадет необходимость в изложницах, в транспортировании слитков, их нагреве (перед прокаткой на обжимном стане слитки нагревают) и обжиме. Задача непрерывной разливки — получить не рыхлый слиток с усадочной раковиной, а вполне пригодную заготовку, чтобы из нее можно было катать металл необходимого профиля — будь это лист, балка или другой так называемый сорт.

БЕСКОНЕЧНЫЙ СЛИТОК

К решению проблемы непрерывной разливки стали советские металлурги приступили вскоре после того, как авторитетная комиссия пришла к выводу, что работы по бесслитковой прокатке бесперспективны. Но и новую, более ограниченную задачу не так просто было решить. Снова возникли многочисленные проблемы. Предложенные варианты оказались неудовлетворительными. Война прервала поиски. Они возобновились тотчас после ее окончания.

В ЦНИИЧермете (Центральном научно-исследовательском институте черной металлургии) создали специальную лабораторию. Сложился небольшой, но крепкий коллектив энтузиастов этого дела, которым предстояло решить много трудных задач.

Главное звено — это кристаллизатор, т. е. сосуд, в котором сталь кристаллизуется. Отличие его от обыкновенной изложницы в том, что процесс кристаллизации в последней протекает произвольно, в кристаллизаторе же он, если неполностью, то в известной степени управляем. А какое положение придать кристаллизатору: горизонтальное, наклонное или вертикальное? Какой высоты должен быть кристаллизатор? Насколько интенсивным должно быть охлаждение?

Наконец, продумана была опытная установка. Сталь выливали в кристаллизатор, дно которого было подвижным. За время прохождения через кристаллизатор сталь покрывалась твердой корочкой, образовывался как бы «мешок с жидкой сталью». При помощи особых механизмов этот «мешок» вместе с подвижным дном осторожно вытягивали из кристаллизатора. А сверху еще и еще лили жидкую сталь, получился как бы бесконечный слиток.

Первую опытную установку построили в экспериментальном цехе ЦНИИЧермета. Поверхность первых слитков оказалась, однако, волнистой, а когда слиток разрезали, в нем обнаружились трещины и раковины. За первой установкой последовали вторая, третья, четвертая...

Все дело было в форме кристаллизатора и, стало быть, конфигурации слитка. Первый кристаллизатор был квадратной формы, сталь не успевала застыть на всю глубину, поэтому в ней и оказались раковины. Тогда перешли к плоскому кристаллизатору. Очень важно было подобрать такое соотношение между широкой и узкой сторонами прямоугольника, при котором кристаллизация протекала бы возможно быстрее, и чтобы строение слитка получилось мелкокристаллическим. Но и прямоугольная плоская форма кристаллизатора не решила задачу: вспучивались бока слитка и получалась фигура, напоминающая восьмерку.

Много дней и ночей провели у своих установок исследователи и они добились осуществления поставленной цели. На опытной институтской установке отлили почти полторы тысячи тонн металла, его послали на прокат. С заводов пришли хорошие отзывы.

После этого можно было заняться конструированием заводских установок. Первая такая установка была построена на Ново-Тульском заводе и рассчитана на разливку десятитонных плавок. По сути дела, это была еще полупромышленная установка. Следующая, построенная на заводе «Красное Сормово» могла уже разлить сталь из шестидесятитонных ковшей.

УНРС

Познакомимся с устройством типовой заводской установки непрерывной разливки стали (УНРС). Это довольно сложное сооружение, состоящее из многих механизмов. Для их размещения пришлось бы построить высокую башню. Однако конструкторы избрали другой, как оказалось, более удобный путь, разместив механизмы для разливки и вытягивания слитков в подземном колодце.

Процесс ведется следующим образом. Ковш с горячей сталью привозят на разливочную площадку, где установлены промежуточные ковши, а под ними кристаллизаторы. Первая установка была одноручьевая; на Сормовском и Липецком заводах построили двухручьевые установки, а на Донецком заводе действует четырехручьевая. Это значит, что разливка производится в два или четыре рядом расположенных кристаллизатора. За каждым кристаллизатором следуют механизмы для вытягивания слитка, система охлаждения и т. д. Чтобы удержать первые порции жидкой стали в кристаллизаторе, перед разливкой в него вводят затравку — отрезок стального слитка такой же формы и сечения, какая должна выйти из кристаллизатора (подвижное дно). В верхней части «затравки» сделан вырез, напоминающий по форме хвост ласточки; он вспоследствии срастается с застывающей сталью.

Кран приносит ковш, в который выпустили сталь из печи. Ее выливают в промежуточный ковш и уже из него через узкие стаканы сталь поступит в кристаллизаторы. Под воздействием воды, циркулирующей между стенками кристаллизатора, сталь затвердевает быстрее, чем в обыкновенной изложнице. Через несколько минут после поступления в кристаллизатор жидкая сталь оказывается как бы в мешке, образовавшемся из кристаллов стали.

Как только «ткань мешка» достигнет достаточной толщины, начинают действовать вытяжные механизмы, они берутся

за затравку, а за ней тянется бесконечный слиток. Но из кристаллизатора выходит еще не слиток, а как бы сосуд, наполненный жидкой сталью. Задача теперь состоит в том, чтобы продолжить его охлаждение, завершить кристаллизацию.

По пути вниз слиток попадает в зону вторичного охлаждения — его поливают водой, как из душа. А для того чтобы слиток не изменил своей формы, имеются специальные предохранительные ролики. Теперь важно установить момент, когда слиток стали затвердеет полностью, насквозь. Расчеты и опыт показали, что это происходит на глубине 13—17 метров. На этом горизонте и установлены газорезки. Они отрезают от столба металла куски необходимой длины. Специальными механизмами эти отрезки (слябы) по рольгангам из подземного помещения подаются на поверхность.

Качество металла при непрерывной разливке лучше, чем при разливке в изложницы, металл получается более однородный. Кроме того, отходов при непрерывной разливке гораздо меньше — ведь при обычной разливке от каждого слитка отрезается головная часть. Миллионы тонн стали идут на переплав. Слябы, которые выдают установки непрерывной разливки, не требуют дополнительного обжима. Стало быть, отпадает необходимость в обжимных станах (блюмингах и слябингах). Опыт работы УНРС, построенных на советских заводах, оказался весьма успешным.

Конструкция советской установки для непрерывной разливки стали привлекла внимание металлургов многих стран — Франции, ФРГ, США. Посетившая в мае 1963 г. делегация американских специалистов осмотрела установку на Ново-Липецком металлургическом заводе, наблюдала процесс и дала ему очень высокую оценку. «Вы разработали отличную машину по непрерывной разливке, качество отливаемых слитков — поверхность и структура — превосходное»,— заявили консультант фирмы «Юнион карбид корпорейшн» В. Дж. Нолэн и председатель комитета по непрерывной разливке стали той же фирмы Джон Кови *.

НА НОВЫЕ ПУТИ!

«Строя коммунистическую экономику,— говорил товарищ Н. С. Хрущев на XXII съезде партии,— мы не можем терпеть консерватизма в технике. На старом коне, как говорится, высоких барьеров не возьмешь!»

Приведя эти слова товарища Хрущева, член-корреспондент Академии наук СССР, директор Всесоюзного научно-исследо-

* «Известия» от 20 мая 1963 г.

вательского института металлургического машиностроения А. И. Целиков писал: «В металлургии есть немало качественно новых технологических процессов, широкое использование которых сулит огромные технические и экономические выгоды. К таким процессам относится, например, непрерывная разливка металла. У нас построены и освоены наиболее крупные в мировой практике агрегаты для непрерывной разливки. Приобретенный опыт дает полное основание утверждать, что дальнейшее строительство слябингов и блюмингов следует прекратить, а развитие нового производства слябов и блюмов базировать на непрерывной разливке... Еще бóльший экономический эффект достигается при совмещении непрерывной разливки в один общий агрегат с прокаткой, так, чтобы слиток неограниченной протяженности, получаемый при непрерывной разливке металла, безостановочно поступал в валки прокатного стана, придающего ему требуемый профиль... Наш институт совместно с Центральным научно-исследовательским институтом черной металлургии разработал проект первого в мировой практике опытно-промышленного агрегата, который совмещает непрерывную разливку и прокатку» *.

* *
*

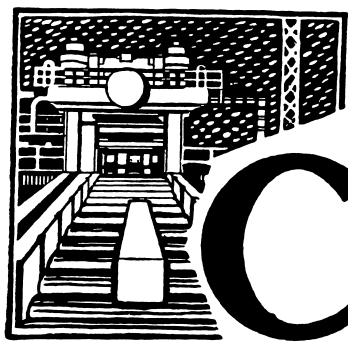
Природа заготовила много железа, но сколько барьеров воздвигла она на пути его использования.

Наш рассказ о том, как люди преодолевали эти барьеры, близится к концу. Мы подходим к последнему этапу долгого и сложного пути, ведущего от руды до того момента, когда сталь примет ту или иную форму или, как говорят металлурги, когда стальная заготовка превратится в прокат.

---

* «Правда» от 19 ноября 1962 г.

Глава седьмая



Стальной поток

К каким бы способам освобождения железа от кислородного плена не прибегали железодельцы — древние или современные,— плавился ли металл в примитивных горнах или в современной электропечи, он требует дальнейшей обработки — механической, тепловой, химической.

«Вынутую из печи губчатую массу крицы, представляющую собой бесформенный ком железа, покрытый шлаком и окалиной и пропитанный расплавленным шлаком, требовалось обжать, освободив от шлака, и окончательно сварить в монолитный кусок железа... Обжатие крицы производили сразу же после окончания сыродутного процесса, пока крица еще нагрета... Обжатие крицы производилось большими деревянными молотами на деревянном чурбане или на камне... Обжатая и сваренная крица дальше шла в раздел на полуфабрикаты» *.

Такой была техника обработки металла в древней Руси.

---

* Б. А. Колчин. Техника обработки металла в древней Руси. Машгиз, 1953, стр. 33—34.

КРИЦЫ ПОД МОЛОТОМ И В... ПАСТИ АЛЛИГАТОРА

В конце XVIII в. для обжатия крицы на Урале все еще применялись ручные молоты. «Нововведением», по свидетельству известного русского естествоиспытателя Петра Симона Палласа (1741—1811), была отливка кричных молотов из чугуна. Однако более дешевые, чем кованые железные, чугунные молоты раскалывались при битье, от них отлетали куски металла, вследствие чего рабочие «либо жизнь теряют, либо членов лишаются». Такие молоты применялись на демидовских заводах. Недорога была Демидовым жизнь крепостных, а экономия была заметная.

«В деле переработки железа,— пишет один из видных советских историков горнозаводского Урала Д. Кашинцев,* — некоторое распространение получили примитивные машины по плющению, протягиванию и разрезанию железа». А в 1770—1780 гг. при некоторых лучше организованных предприятиях существовали специальные «плющильные фабрики», оборудованные плющильными и резальными станками. Появились и прокатные станки для листового железа.

«Листовое железо плющится при Верх-Нейвинском заводе посредством двух утвержденных в чугунном станке полированных валков, из коих верхний движется в противную сторону в рассуждении нижнего»,— так описывает листопрокатные станы конца XVIII в. автор книги «Хозяйственное описание Пермской губернии» Попов. Обратное движение могло быть достигнуто благодаря помещению вододействующих колес по обе стороны станка. Распространение прокатных машин (такие машины действовали на ряде уральских заводов) привело к новому разделению операций: сначала крицу обжимали на молотах, затем разбивали на полосы, которые пропускали через машину. На последних операциях лист разглаживали, чтобы придать ему глянец.

Но в то время сохранились еще «дощатые» и «колотушечные» цехи, где раскаленное полосное железо сначала разбивалось под так называемым болванным молотом в листы, а затем под широким гладильным приводилось «в усовершенствованную и настоящую меру».

При пудлинговом процессе, основанном на постоянном перемешивании, в металле оставались шлаковые включения, что делало его как бы губчатым. Для выжимания чужеродных включений не годились ручные молоты. Возникла необходимость в создании более совершенных (и главное более мощных) обжимных и ковочных молотов. Они употреблялись

* История металлургии Урала. ГОНТИ, 1939, стр. 142.

как для отжатия шлака, так и для уплотнения и сварки металла (крицы). Тогда появились прокатные станы. Молоты и прокатные станы приводились в действие энергией пара.

В употребление стали входить кричные жомы; при их помощи из пудлинговой крицы выжимался жидкий шлак (сок), а металл дальше шел в прокатные цилиндры. Кричные жомы иногда по их сходству с пастью крокодила называли аллигаторами.

Но лишь в начале XIX в. прокату как способу обжима и придания формы металлу начали отдавать предпочтение перед ковкой.

ВАЖНЫЕ ВЕХИ

Приоритет в применении метода проката принадлежит Г. Корту, одному из создателей пудлингования. Английский заводчик пришел к выводу, что под молотом должно производиться лишь первое обжатие металла, чтобы придать ему мало-мальски пригодную для прокатки форму, остальные же операции надо осуществлять на прокатном стане.

Кортом был сконструирован первый прокатный стан для железных балок. В 1783 г. ему выдали патент на «изобретение способа проката фасонного железа с помощью особых вальцов».

Прокатные станы оказались в 10—15 раз более производительными, чем молоты. Кроме того, многократная прокатка способствовала более равномерному распределению шлаковых включений, содержавшихся в пудлинговом металле. Лишь спустя более полувека (1839 г.) английский механик Несмит сконструировал паровой молот, нашедший затем широкое применение в металлургии. Однако введенный Кортом метод проката успел утвердиться.

Развитие фасонной прокатки тесно связано со строительством железных дорог*. Метод проката окончательно утвердился с внедрением бессемеровского и мартеновского способов получения литой стали. Появляется ряд станов для изготовления разных фасонных изделий, конструируются станы с тремя валками.

Конструированием прокатных станов занимался и П. П. Аносов. Совсем недавно в архивах нашли документы о сконструированном в 1859 г. русским механиком В. С. Пятовым первом стане для прокатки броневых листов. Архив-

* Первый прокатный стан для получения из слитков бандажной полосы построен на заводах Круппа в 1854 г. В последующие годы (1856—1857) в Германии, в Сааре, был установлен стан для прокатки крупных балок. В 1857 г в США был сконструирован трехвалковый рельсопрокатный стан.

ными материалами установлено, что не без содействия высших царских сановников чертежи стана «уплыли» в Англию, и там в 1861 г. появился специальный стан для производства корабельной брони — аналог пятовского; изобретателем стана был объявлен Дж. Браун. Раньше на изготовление одного броневого листа уходило две недели, на прокатном стане эта работа отнимала три дня. Появление броневых станов оказало большое влияние на развитие военно-морского флота.

В начале нашего XX в. в США появились первые обжимные станы — блюминги и слябинги.

Прокатный способ не только утвердился, без него немыслима была бы переработка в товарную продукцию сотен миллионов тонн стали, которые ежегодно выплавляются металлургическими заводами мира. Непрерывная разливка стали, о которой рассказано выше, все еще делает первые шаги. Даже в СССР — родине этого метода — таким образом разливается еще крайне незначительная доля выплавляемой в стране стали. Основная масса металла разливается в слитки, а поэтому до проката должна пройти обжим. Сталь, которая варится в большегрузных печах, разливают в слитки весом в несколько десятков тонн. Для обжима такого «богатыря» нужны очень мощные агрегаты. Познакомимся с ними.

БЛЮМИНГИ И СЛЯБИНГИ

...По заводским путям прогромыхал состав. На железнодорожных платформах стоят стальные слитки. Их бока отливают пурпурно-красным цветом. Слитки везут на обжимный стан — блюминг или слябинг.

Но слитки только что проехались по заводской территории, их обдуло свежим ветром. Прежде чем обжать эти слитки, их надо размягчить. Для этой цели слитки помещают в нагревательные колодцы. Это довольно глубокие камеры, в которых слиток выдерживают по нескольку часов, пока он не нагреется до 1100—1200 градусов. Нагрев должен быть равномерным со всех сторон.

Затем слиток с помощью крана извлекают из колодца, кладут на электрическую тележку, и он попадает в клеть блюминга, в зазор между двумя валками. Диаметр каждого из них больше метра, они вращаются со скоростью свыше 100 оборотов в минуту. Мощность электродвигателя, который приводит валки в движение, достигает десяти тысяч и более лошадиных сил.

При каждом пропуске между валками слиток обжимается на 40—100 миллиметров. После двух или четырех пропусков слиток поворачивается. Поворот, или, как говорят металлурги,

кантовку, производит специальный механизм — кантователь. Нажим кнопки — и кантователь приходит в действие.

Кантователь обладает огромной силой: многотонный слиток он переворачивает, как коробку спичек. После каждого пропуска слиток попадает под холодный душ, сбивающий образовавшуюся на нем окалину, т. е. окислившийся поверхностный слой металла.

Много раз проходит слиток через валки и, наконец, вытянувшись, уплывает. В процессе обжима слитка раздавливаются газовые пузыри, заполняются пустоты, переламываются длинные кристаллы, сталь уплотняется.

Блюмингом управляют два человека: оператор-вальцовщик и его помощник. Их командный пункт помещается в высокой застекленной будке перед главной станиной. Советские прокатчики добились рекордной производительности блюмингов. На Кузнецком металлургическом комбинате прокатка одного слитка на первых порах длилась 5—6 минут. Через год после пуска блюминга там обжимали слиток уже за 2,5 минуты, а затем кузнецкие прокатчики сократили время обжима до 55—57 секунд. Однако такой темп работы стал уже почти непосильным для человека. Подсчитано, что при одиннадцати пропусках оператор блюминга должен проделать 108 различных движений (нажимов на кнопки и рычаги управления), при этом он действует двумя руками и двумя ногами. В среднем на каждое движение приходится менее полусекунды. За смену вальцовщик должен сделать до 50 тысяч движений! Возник вопрос об автоматизации управления блюмингами.

Первые попытки автоматизировать управление механизмами блюминга были сделаны в середине пятидесятых годов на Магнитогорском и Кузнецком комбинатах. В машинных залах блюмингов рядом с прокатными двигателями появились панели с реле и контакторами, поля штепсельных коммутаторов для набора программ управления работой станов. Работы по автоматизации этих станов осуществлялись под руководством видного специалиста по автоматизации А. Б. Челюсткина и были в то время новым словом в технике управления.

Однако при эксплуатации вскрылись серьезные недостатки средств автоматизации, которыми в то время располагали конструкторы. Неблагоприятный «климат» (высокая температура, пары, вибрация) постоянно портил «глаза» автоматики — фотодатчики. Главное же, фотодатчики оказались неспособными реагировать на те или иные, неизбежные, отклонения температуры и веса слитков от среднезаданного. В результате слиток то выбрасывало настолько далеко от клети, что на его возврат требовалось слишком много времени, создавались па-

узы, приводившие к заметному увеличению продолжительности цикла прокатки, то слиток оказывался настолько близко от клети, что нажимные винты не успевали уменьшить зазор между валками, а это грозило авариями. Органические недостатки автоматических средств не позволяли отказаться от ручного управления обжимными станами. Весьма характерно, что рекорд производительности блюмингов на автоматическом управлении составлял 80 слитков в час. Однако операторы Магнитки и Кузнецка Сомов, Диденко и другие на 20% превзошли этот рекорд: они выдавали за час 96 слитков!

Надежная автоматизация обжимных станов стала возможной лишь с применением электронно-вычислительной техники. Для этого пришлось создать специальную управляющую вычислительную машину, сделать математическое описание процессов прокатки и управления механизмами (найти алгоритм). Это были трудные задачи, но они решены. На Уралмашзаводе построен первый в мире блюминг-автомат производительностью в несколько миллионов тонн в год. В создании блюминга-автомата участвовали многие научно-исследовательские институты страны и ряд заводов. Это большая победа советской техники.

А теперь посмотрим, как происходит обжим слитков на автоматическом блюминге. Как только слиток поступает на рольганг, различные ячейки электронной машины снимают данные, необходимые для отыскания наилучшего режима обжима. Одна электронная ячейка определяет вес, другая — температуру... Сведения поступают в запоминающее устройство. Управляющая машина рассчитывает наилучший вариант прокатки. В момент, когда слиток попадет на рабочий рольганг, от электронной машины в системы управления нажимным устройством, манипулятором, кантователем, главным приводом уже пришли необходимые команды. Теперь задача проконтролировать исполнение, это делает та же управляющая машина. Она обладает «системой сложения» и корректирует действия механизмов.

Прокатка кончилась. Пока металлический брус двигался к ножницам, его не только точно измерили — специальная вычислительная машина дала указания о наиболее рациональном раскрое, с тем чтобы свести отходы до минимума.

Слябинги отличаются от блюмингов тем, что на них получают не квадратные, а плоские заготовки — слябы.

Много труда и дорогого оборудования требуется, чтобы получить годный для дальнейшей прокатки брусок стали! Но такие же бруски — блюмы и слябы — удалось, как мы видели, получить способом непрерывной разливки стали. В этом случае отпадает необходимость в блюминге или слябинге и потери металла значительно меньше.

Немалый путь прошли мы от начала металлургического цикла, от доменной печи. В разных видах представал перед нами сплав железа с углеродом и вот мы, наконец, получили материал (в виде заготовки определенной формы), которому можно придать необходимую форму.

Но читатель давно вправе был спросить — а в чем, собственно, суть прокатного метода, о котором мы вот уж сколько толкуем. И он прав. Вспомним, как был сформулирован выданный почти двести лет назад Корту патент: «Изобретение способа проката фасонного железа с помощью особых вальцов».

„СПОСОБ ПРОКАТА“

Одно из наиболее ценных свойств железа, которое привлекало еще наших предков,— его пластичность. В стали это природное свойство ее основы — железа — сохраняется, его и используют, чтобы получить металл необходимой формы.

Может быть, вам приходилось когда-нибудь заниматься лепкой из пластилина. Название этого вещества говорит само за себя — эта масса пластична, при небольшом усилии ей можно придать желательную форму. Если вы хорошо разомнете пластилин и пропустите его между пальцев, он примет форму полосы. Теперь представьте себе, что вы пропускаете брусок пластилина между двумя вращающимися в разные стороны цилиндрическими валками. Пройдя через них, брусок вытянется в полосы, толщина которых будет равняться высоте зазора между валками. На этом принципе и построены прокатные станы.

Стальной слиток, или заготовку, пропускают между валками, и он вытягивается. Однако в один проход трудно резко уменьшить сечение слитка стали, изменить его форму. Для этого потребовались бы слишком могучие валки и слишком много энергии, чтобы привести валки в действие. Но если нельзя сразу обжать слиток и превратить его в полосу, то этого можно добиться путем постепенного пропуска его не через один, а через ряд последовательных валков.

Как же все-таки получить металл определенной формы?

Представьте себе, что в каждом из валков сделана выемка. Если сложить пару валков, образуется «ручей». Через такие «ручьи» пропускают хорошо нагретый металл, и он принимает форму, соответствующую выемке.

Сталь определенной формы (профиля) получают постепенно, путем ряда последовательных пропусков металла. При этом учитывается пластичность стали данного состава, мощность оборудования и ряд других условий. По этому принципу построены рельсовые и другие прокатные станы. На рельсовых

станах, помимо рельсов, прокатывают также балки и другие виды прокатной продукции.

Народному хозяйству требуется металл самой разнообразной формы: рельсы и шпунт, толстые и тончайшие, как бумага, стальные листы, пруток и проволока, трубы со стенками разной толщины, разного диаметра.

СО СКОРОСТЬЮ КУРЬЕРСКОГО ПОЕЗДА

Подъем отечественной металлургии в последней четверти прошлого века был связан с развернувшимся в то время в стране строительством железных дорог. В старой России не было сколько-нибудь развитого машиностроения, и это наложило свой отпечаток на структуру выпускавшегося в стране проката. Более двух третей составляли рельсы и балки, а лист — около одной четвертой части. Листовая сталь шла на кровлю да на оцинкованную посуду.

Рост советского машиностроения, создание автомобильной, тракторной, электротехнической, химической промышленности, невиданное развитие сельскохозяйственного машиностроения и, наконец, внедрение нового способа транспортирования нефтепродуктов и природного газа потребовали решительной перестройки сортамента проката. На первое место выдвигается *лист*. Производство листовой стали в нашей стране за семилетку должно, по крайней мере, удвоиться, а доля ее в общем выпуске проката значительно возрасти. Для обеспечения этого на ряде заводов построили высокопроизводительные непрерывные листопрокатные станы.

Только тот, кому привелось увидеть, как по-старому прокатывали листы, может оценить, какой скачок сделан в технике машиностроения, как изменился труд листопрокатчиков. Автору довелось побывать в листопрокатном цехе старого, оставшегося с демидовских времен металлургического завода им. Куйбышева в Нижнем Тагиле. Цех доживал последние дни. Вот как шла там работа. Человек тянет клещами из печи горячий железный лист, тащит его волоком по полу, за ним тянется хвост искр. Вальцовщик и другой рабочий — застаночник — своей физической силой как бы воспроизводят то, что в технике называется реверсивным движением. Вальцовщик толкает лист к застаночнику, застаночник — к вальцовщику. Это в какой-то мере напоминает игру. Но это тяжелая и опасная игра. Чтобы так перебрасываться раскаленным листом, нужна огромная сила, выносливость, сноровка, точность. Нельзя передержать листы под валками, иначе они слипнутся и тут не поможет графит, которым посыпаны эти листы. Графит горит, дымит и в цехе стоит такой чад, что непривычный человек начинает задыхаться.

Раскаленные листы надо ровнехонько сложить, чуть перекосишь — пойдет брак. И все это надо делать в ритме. Бросай под валок лист и тут же лови его. Помни, что за твоей спиной уже следующий вальцовщик и лист у него в клещах может остыть, а тогда наново тяни его в печь.

А теперь войдем в листопрокатный цех непрерывного действия. Пусть это будет недавно построенный цех на заводе им. Ильича в Жданове. Еще только подходишь к зданию этого цеха, а уже невольно останавливаешься в удивлении. Здание, в котором разместился листопрокатный цех и слябинг, длиной 1200 метров. Километровая стена будто разгородила степь.

Но еще больше поражаешься, когда входишь внутрь. Сквозь клети бежит и бежит раскаленная добела широченная стальная полоса и кажется, что из-под колес мчащегося с большой скоростью автомобиля вылетает огненная дорога. Нигде на пути металла человек не прикасается к нему. Всем процессом управляют сидящие в застекленных кабинах операторы. Вернее сказать, все идет само собой, операторы вмешиваются в процесс лишь тогда, когда возникает какая-то неполадка. Через десять пар валков проходит стальная заготовка, чтобы превратиться в тончайший лист. Скорость бега полосы 18—20 метров в секунду, 60—70 километров в час. Это уж настоящий стальной поток.

Радиоактивные изотопы контролируют толщину листа. Они не только сигнализируют о нарушениях, но и сами корректируют зазоры между валками. Производительность таких станов — несколько миллионов тонн стали в год.

Огненная дорога заканчивается у моталок, лист сматывается в рулоны. Но и это еще не конец пути. Автомобилестроителям требуется такой лист, который бы под ударами мощных штампов, призванных в один прием «вылепить» кузов или крыло автомобиля, не трескался, не рвался. Словом, им нужен лист высокой вытяжки. Железо должно при этом проявить свои лучшие свойства. Чтобы достигнуть этого, лист подвергнется новой обработке по сложной программе. Его будут «купать» в кислотах, из него «высосут» последние следы азота, его будут нагревать и охлаждать и снова пропустят через прокатные валки, но уже в холодном виде. Тогда он станет таким листом, какой требуется. Конечно же, он не чета тагильскому листу, хотя тот в свое время славился на весь мир. А по производительности новые станы превышают старые в сотню раз.

Есть и другой путь «горячего листа» — он может пойти на изготовление сварных труб. Трубы делают по-разному — на одних продольный шов, а на других спиральный. Скорости, достигнутые в сварке труб, растут из года в год. Потребность в трубах увеличивается (во всех направлениях прорезали стра-

ну нефте- и газопроводы), и техническая мысль постоянно ищет средства ускорения процесса. Исключительно красив и высокопроизводителен процесс спиральной сварки! И тут все делается автоматически, обходятся без клещей, без ручного труда. Человек только настраивает механизмы и контролирует их.

Лист — уже холодный — идет еще на так называемые гнутые профили. Металловеды доказали, что при горячей прокатке в сложных профилях, скажем в балках, образуются внутренние напряжения, снижающие прочность. Преимущество гнутых профилей в том, что внутреннее строение металла в них неизменно.

Прокат — горячий и холодный — последний этап металлургического цикла современного металлургического завода.

* *
*

Мы пришли к концу металлургического цикла. Мы узнали, как были созданы процессы, методы, приемы, позволяющие извлекать из железной руды необходимый металл. На протяжении многих веков человек воюет с природой, отыскивает способы, как ее перехитрить, обойти барьеры, мешающие человеку воспользоваться богатством природы. Но мы рассматривали процессы отдельно взятые, в их развитии, а на металлургическом заводе они взаимно связаны. Современные металлургические заводы выпускают по 4—5 и более миллионов тонн готового продукта в год. Как же управляются с потоками сырья и материалов, какие же силы помогают укрощать вечно бушующую, рвущуюся наружу огненную стихию?

В художественной литературе можно найти немало красочных картин труда металлургов. Конечно же, он давно уж не такой, каким его описал уральский бытописец Д. Н. Мамин-Сибиряк. Но вот более близкая к современности картина.

«Металлургическое производство — круглосуточное производство. Ночь за днем, месяц за месяцем, год за годом непрерывно люди порождают огненную стихию металла, могущую своим многотысячетонным льющимся весом затопить и расплавить все, что ее порождает. Но люди непрерывно укрощают и организуют эту стихию на потребу человеку...»

Это строки из незаконченного романа А. А. Фадеева «Черная металлургия».

...Отправимся же, читатель, на современный металлургический завод — туда, где у огненных рубежей ни на секунду не затихает битва человека с металлом...

Часть третья



Человек управляет



Глава восьмая



У ОГНЕННЫХ РУБЕЖЕЙ

Приходилось ли вам проезжать по Донбассу, Уралу или другим местам, где расположены металлургические заводы? Еще задолго до того, как поезд приблизится к городу, где есть такой завод, вам встретятся идущие один за другим эшелоны, груженные рудой, железным ломом, углем, причудливой формы кирпичом, известняком, разным оборудованием и готовым металлом — рельсами, бунтами проволоки, разной формы прокатом, листом...

Навстречу бегут массивные опоры линий электропередач и, если бы можно было посмотреть «сквозь землю», то наверняка увидели бы не одну «нитку» труб, по которым течет газ и нефть.

Издалека вырисовываются контуры доменных печей со сложными переплетениями труб газоотводов и пылеуловителей. Рядом одетые в броню стражи — кауперы. Чуть подальше

громадные башни с углем и узкие строения коксовых батарей, «плачущие» стены градирен. А затем все явственнее открываются легкие, будто висящие в воздухе галереи, краны. Им несть числа. А там электростанция. Чуть поодаль сверкающая на солнце, зимой и летом заиндевевшая кислородная башня. Где-то вдали плотина и безбрежный водоем. И всюду натыканы трубы-свечи мартеновских, прокатных и всяких иных цехов. Где-то на головокружительной высоте на ажурных конструкциях вы увидите людей, кажущихся ласточками, севшими на провода.

А теперь взгляните на небо. Вам, вероятно, приходилось видеть картины, на которых художники со всей дотошностью изображали индустриальные пейзажи. Самое эффектное в таких пейзажах — небо. Какие дымы — черные, темно-бурые, коричневые, золотистые, зеленые, желтые, фиолетовые... Вся цветовая гамма. И еще сколько огня, вырывающегося из высоких труб мартенов или из-под тушильной башни коксовой батареи. Однако недаром говорят, что небо — зеркало завода. Чем более совершенствуется техника, тем меньше дыма и копоти, тем реже в небе вспыхивают сполохи огня, тем чище небо. И порой оно уж мало чем отличается от голубого неба над нивами и лесами. В воздух не вылетают ежечасно, ежеминутно триллионы мельчайших частичек угля и железной руды, в сумме составляющие тысячи и тысячи тонн, на добычу которых затрачен тяжелый человеческий труд. Эти частицы не поражают легкие рабочих и их детей, и они избавляются от болезней, которые раньше свирепствовали в рабочих поселках,— чахотки, силикоза, рака.

Однако так издалека мало что можно узнать о том, как работают на современном металлургическом заводе, ничего не узнаешь о труде металлурга.

В предыдущих главах было рассказано, как возникли и развивались процессы выплавки чугуна и стали, как совершенствовалось производство проката, какими высокопроизводительными стали наши доменные печи, сталеплавильные агрегаты, с какой поразительной скоростью металлу придается необходимая форма. Пройдем по пути превращения железной руды в прокат, проследим за взаимосвязями звеньев, составляющих металлургический завод. Но сначала надо уяснить некоторые моменты, касающиеся производительности современных металлургических заводов.

МАСШТАБЫ

Мы уже знаем, как увеличилась пропускная способность отдельных агрегатов — доменных печей, мартеновских печей, конвертеров, прокатных станов. Одна мощная доменная печь

способна выплавить больше миллиона тонн чугуна в год. Но не ставить же где-то одну одинокую доменную печь, это было бы бессмысленно. Чтобы переработать чугун, выплавляемый такой доменной печью, в сталь, понадобились бы десять-двенадцать средних мартеновских печей, скажем таких, какие в настоящее время действуют на столичном металлургическом заводе «Серп и молот», но с этой задачей справятся всего лишь две 900-тонные мартеновские печи или же (еще рациональнее!) два 100-тонных кислородных конвертера. А прокатать эту сталь легко смогут один-два современных прокатных стана. Этого металла не хватит даже, чтобы накормить непрерывный скоростной стан.

Усовершенствование техники привело к высокой концентрации производства, при этом производительность труда выросла, стоимость переработки снизилась, металл стал более дешевым.

Чтобы получить одну тонну готовой продукции (проката) на современном металлургическом предприятии с полным циклом, надо израсходовать:

Угля	Около 1,5 тонны
Железной руды	1,5—1,6 тонны
Металлолома	0,5 тонны
Известняка	0,33—0,4 тонны
Воды	100 кубометров
Электроэнергии	350 киловатт-часов

Это средние цифры. Применение природного газа уменьшает потребление угля. С другой стороны, механизация и автоматизация повышают потребление электроэнергии. Сырые материалы, как мы знаем, не сразу превращаются в готовый металл, они проходят по сложному пути, именуемому металлургическим циклом. Подсчитано, что на завод с годовой производительностью в 3,5—4 млн. тонн стали поступает около 30 млн. тонн разных грузов и он отправляет около 10 млн. тонн. Перевозки между цехами достигают 60—70 млн. тонн.

Для перевозки огромных масс сырых материалов и отходов, для связей между цехами, наконец, для вывоза готовой продукции надо иметь высокоразвитый транспорт. Виды транспорта, применяемые на металлургическом заводе, разнообразны: железные дороги широкой колеи, транспортеры, конвейеры, краны, трубопроводы. Наконец, тому, кто впервые ступит на территорию металлургического завода, бросятся в глаза широченные надземные трубы — по ним идет воздух и кислород. Доменным и мартеновским печам воздух и кислород так же необходимы, как и человеку.

Металлургический завод потребляет ежегодно миллиарды киловатт-часов электроэнергии. Не может завод существовать

и без воды. Заводу, выпускающему 3,5—4 млн. тонн стали в год, требуется столько воды, сколько городу с миллионным населением.

Хозяйство металлургического завода очень сложное, а успех зависит от согласованности действий всех его звеньев. Хотя основные агрегаты металлургического цикла — доменная и мартеновская печи, конвертер или электропечь — выдают продукцию периодически, через определенные промежутки времени — 3—5—6—8 часов, но в принципе весь процесс мыслится как *непрерывный* и он таким станет.

Посмотрите на схему основных технологических потоков металлургического завода и вы увидите, как она разветвлена. В состав металлургических заводов (или комбинатов) часто входят и агломерационные фабрики. Все процессы на них автоматизированы и осуществляются без участия людей. Персонал только наблюдает за исправностью механизмов.

С ТОЧНОСТЬЮ ЧАСОВОГО МЕХАНИЗМА

Высший класс работы доменщика — обеспечение такого хода доменной печи, чтобы чугун из нее выпускался точно по графику. «По выпуску чугуна можете проверять часы»,— такие слова нередко можно услышать на заводах, где дело поставлено хорошо.

В предыдущих главах было рассказано о том, как решительно и смело советские доменщики вторглись в технологический процесс, чтобы заставить доменные печи быстрее варить чугун. Мы знаем также, что на помощь руководителю процесса — доменному мастеру пришли приборы, не только регистрирующие развитие химических реакций и наблюдающие за тепловым состоянием печи, но и чутко реагирующие на малейшие отклонения от заданного режима. На некоторых печах действуют уже электронно-счетные кибернетические машины — советники доменного мастера. Их советы помогают управлять процессом, но не снимают с мастера забот и ответственности. Доменному мастеру доверен сложнейший агрегат (может быть один из самых сложных, какие знает современная техника), и чтобы обеспечить точную работу его, нужны обширные знания, опыт, надо «чувствовать» печь.

Как бы ни совершенствовалась техника, но творцом всех богатств остается человек. И любая работа требует не только знаний, умения и опыта, но и нечто большего, того, что называется искусством. И в этом убеждаешься, когда подходишь к горну гигантской доменной печи.

Было время, когда на доменных печах часто «горели» фурмы (иной раз это случалось по три-четыре и более раз в сутки), горновые даже соревновались между собой в том, кто

скорее сменит фурму. Некоторые делали замену, не снижая подачи дутья, на полном ходу печи. Времена таких «героев» уходят в прошлое. Задача горнового — помочь мастеру «держать печь» в повиновении, обеспечить выпуск чугуна и шлака по графику.

Даже бывалые доменщики с опаской подходили к горну. «В доменном деле такая же опасность, как и на войне,— писал знаменитый макеевский доменщик Иван Григорьевич Коробов.— Горн — самое опасное место. Там случаются прорывы чугуна... Тогда во все стороны хлещет чугун, шлак, горящий кокс и раскаленная пыль. Там в прежние времена рабочие нередко заживо сгорали».

Да, так было. В прежние времена чугун выливали в песок. Формовщики (такой профессии в доменных цехах больше не существует) «препровождали» огненный металл по ручьям и канавам, а затем клещами хватали еще красные горячие чушки, бросали их в вагоны. Краны и различные механизмы намного облегчили труд горновых. Удастся ли совсем убрать людей с горна, наладить автоматический выпуск металла — это покажет будущее.

...Когда стоишь у горна гигантской доменной печи, с трудом отдаешь себе отчет в том, что ее пра-пра-... (сколько уж раз надо взять это «пра»)-... родительницей была защищенная каменьями, вырытая на склоне горы яма.

...Точно по графику, в определенные часы и минуты выпускают чугун из советских домен-гигантов. Выпуск чугуна — это торжество серьезного, умного труда, но вместе с тем это и чрезвычайно сложная операция, требующая высокой точности и оперативности.

Горновые готовят желоба, по которым потечет огненная река, проверяют бурильную машину, при помощи которой открывается выпускная летка, и «пушку» для ее закрытия. К моменту выпуска к домне подают составы с ковшами: с одной стороны печи выставляют ковши для чугуна, с другой — для шлака. Старший горновой отдает команду, к летке подкатывают машину, с ее помощью пробурят летку, скопившийся в горне чугун получит выход.

Вот из печи уже вырвался сноп искр. А затем в облаках бурого дыма появляется и сам чугун. Сначала идет тонкая струйка, она становится толще, шире, превращаясь, наконец, в огненную реку. У этой реки очень короткое русло — с высоты примерно двух этажей она низвергается вниз, в ковш.

По искрам, по голубоватым огонькам да по поверхности огненного ручья доменщики судят о качестве чугуна и, стало быть, о ходе доменной печи. Чистая, гладкая поверхность означает, что чугун хороший, а если сверху появляется зыбь да еще пленочки вроде «сала», как поздней осенью на реке,

значит, чугун плохой, он «мерзнет». (Позднее мастер получит из лаборатории точный химический анализ чугуна, но и по внешним признакам он уже знает, хорошо ли работает печь.)

Заполнился первый ковш. По знаку горнового подручный «пересекает» струю горячего металла и направляет ее в другое русло.

Вслед за чугуном идет шлак. Бурлящий огненный поток. Шлаковые ковши заполняются почти молниеносно. Литейный двор окутывается клубами газа. Выпуск чугуна продолжается 25—30 минут. Струя шлака становится спокойнее, рассеивается дым. Раздается команда: «Пушку!»

Пушку легко подкатывают к летке. Она «выстрелила», и «снаряд» огнеупорной глины плотно закрывает летку доменной печи.

А внизу громыхают ковши, наполненные огненной массой. Паровоз (или тепловоз, электровоз) дает гудок и увозит чугун на разливочную машину, а чаще к сталеплавильным агрегатам.

...Выпуск чугуна из домны производится периодически, и интервалы между выпусками все сокращаются. Из больших домен Магнитки недавно еще делали по шесть выпусков в сутки, затем семь, восемь, девять.

Все интенсивнее работают наши доменные печи. Совсем недавно — в годы первых пятилеток — кое-кто считал, что и тонну чугуна с кубометра объема печи в сутки получить очень трудно, даже невозможно, Ссылались на практику американцев, немцев, англичан, французов... Делали оговорки и на так называемые «особые условия». Под этим имелось в виду, как само собой разумеющееся, что советский рабочий будто бы худший работник, чем американские или западноевропейские. Как, однако, ошиблись эти низкопоклонники! Упустили они из виду то, что советские рабочие трудятся на себя, в то время как рабочие капиталистических стран продают свой труд монополиям, магнатам капитала!

Прошло немного времени и советские доменщики вырвались вперед. С каждого кубометра объема доменных печей они дают ныне на 30—40% чугуна больше, чем такие же печи «передовых» капиталистических стран. Они были передовыми, да уж и не припомнят, когда это было. А лучшие доменные печи Советского Союза выдают почти по две тонны с каждого кубометра объема доменной печи в сутки.

Не душевной простотой и не долгом вежливости продиктованы были слова, сказанные посетившими Магнитогорск крупнейшими американскими специалистами доменного дела: «Мы снимаем перед вами шляпы». Они не только сняли шляпы, но не сочли для себя зазорным поучиться у советских доменщиков. Однако ход развития экономики США (слово «раз-

витие» здесь можно употребить только условно, скорее это топтание на месте) мешает американцам воспринять советский опыт. Такие мысли невольно приходят, когда наблюдаешь поистине артистическую работу советских доменщиков.

Последуем дальше за ковшами с чугуном — в мартеновских цех! Обычно сталеплавильные печи располагают неподалеку от доменных и пробег ковшей длится считанные минуты. Состав въехал в цех, но готовы ли печи к приему металла, не остынет ли он?

ПИТАНИЕ МАРТЕНОВСКИХ ПЕЧЕЙ

Нет, чугуну не дадут остыть, цех всегда готов его принять. У самых ворот цеха — башня, несколько напоминающая железнодорожную водокачку, только, пожалуй, повыше. Это своеобразный «термос» для сохранения жидкого чугуна — миксер.

Как только состав с чугуном входит в цех, к ковшам спускаются лапы могучего крана. Один за другим он снимает установленные на лафете ковши и поднимает их, чтобы залить чугун в миксер.

Здесь чугун не только сохраняется в жидком состоянии до тех пор, пока он не потребуется сталеплавильным печам, но еще и подогревается. Кроме того, в миксере выравнивается химический состав металла, полученного из разных печей. Только что миксер принял порцию чугуна, а через несколько минут по микрофону передают команду: «200 тонн на седьмую печь!»

Открывается отверстие. Ковши, в которых развозят чугун по печам, быстро заполняются, электровоз отвозит их по назначению.

В печи, к которой подошел электровоз, давно клокочет огненная масса — ведь плавка началась задолго до доставки чугуна.

Пока в одну из печей заливают чугун, к соседней подходит длинный состав. На каждой платформе по нескольку мульд *. Они заполнены кусками старых железнодорожных рельсов, отжившими частями тракторов и автомобилей, еще какими-то металлургическими частями, присланными на переплав. Это железный лом.

«Собирая железный лом, вы помогаете металлургам выполнять план» — такие плакаты можно увидеть в больших и маленьких городах, в селах и деревнях. Иной подумает: велика ли важность — там валяется ржавая железная кровать,

---

* Лоток, в котором транспортируется железный лом, железная руда, известняк и другие материалы для сталеплавильных печей.

тут — труба или невесть откуда взявшаяся шестерня... Но как ручейки сливаются в полноводные реки, так и собранный с разных задворков, кладовых, чердаков и сложенный вместе железный лом превращается в горы металла, который после переплавки начинает новую жизнь. Огромное, важное дело делают те, кто собирает лом. Нельзя не вспомнить о большой пользе, которую приносят пионерские организации, возглавившие поход юных граждан страны, учащихся школ за железный лом.

Если на заводе имеются и доменные и сталеплавильные печи, в плавку идет преимущественно жидкий чугун с некоторым добавлением железного лома. Иногда сталеплавильные печи строят вдали от доменных. В этих случаях основным материалом для получения стали служит стальной лом, к которому прибавляют некоторое количество чугуна в холодном виде. В мартеновских печах железо, уже отслужившее свой срок, начинает вторую жизнь.

СТАЛЕВАР!

Есть коренное отличие между работой доменщика и мартеновца. И тот, и другой стоят на огненных рубежах. Однако в доменных печах все процессы скрыты от человеческого глаза, в сталеплавильных — все на виду.

В домнах железо насыщается углеродом, в сталеплавильных печах из металла удаляют лишний углерод, а также вредные примеси — фосфор, серу и пр.

В домнах жидкий металл накопляется в горне по каплям. В сталеплавильных печах процесс делится на несколько периодов: загрузка, расплавление, кипение, доводка. Вся находящаяся в печи масса металла поспевает одновременно.

Как в феерической картине, беспрерывно меняются освещение, краски в печном пролете сталеплавильного цеха. То на одной, то на другой печи открывают заслонки. Электровозы доставляют ковши с горячим чугуном; в открытые жерла печей льются струи металла. Мириады искр носятся в воздухе.

Звонки — то протяжные, то короткие.

Движение каждой машины, каждого крана, все эти грандиозные потоки материалов строго подчиняются воле людей — сталеваров. Все должно действовать точно, строго, согласованно. Все должно быть рассчитано до мелочей, и в точно установленные часы и минуты то из одной, то из другой печи выпускают готовую сталь.

Плавка в мартеновской печи обычно длится от 5—6 до 10—12 и более часов. Длительность плавки зависит от размера печи, от того, сколько в нее загрузили материалов и

сколько тепла она получает. Но понятно, что скорость плавки зависит и от знаний, опыта и смелости сталевара.

Чтобы быстро плавить сталь, сталевар должен обладать разносторонними и обширными знаниями. Сталевар должен быть химиком, потому что в мартеновской печи происходят сложные химические процессы. Чтобы вести печь горячо, сталевар должен хорошо разбираться в процессах сгорания топлива, в теплотехнике и термохимии. Полезно использовать каждую калорию тепла — значит обеспечить быстрое течение плавки, дать стране больше стали. Сталевар должен быть организатором. Чуть замешкался, что-либо сам не успел сделать или не сдалали помощники (подручные), и плавка пойдет самотеком, сталь перегреется или остынет. Чуть недосмотрел, факел пламени отклонится, он может поджечь свод.

На каждом шагу сталевара ждут опасности. Сталевар должен быть бдительным. В сталеварении нет мелочей, все одинаково важно. И на каждом этапе надо по-иному вести печь.

Как капитан в бушующем океане водит свой корабль, так сталевар ведет плавку стали. Двух одинаковых плавок не бывает. Во время каждой плавки сталевар должен проявить находчивость, найти наилучший и самый короткий путь к успеху.

Но вот сталь готова, и сталевар выпускает ее из печи. Начинается борьба за новую плавку.

Первая операция — заправка печи. Как зеницу ока, должен сталевар беречь печь. А ведь внутри печи бушует огонь. Жидкий металл, находящийся в камере, может проесть под. Металл ищет лазейки, чтобы вырваться из плена.

Закончив плавку, сталевар тщательно осматривает печь и заправляет, т. е. заделывает, пострадавшие места огнеупорным составом. У сталевара для этого очень мало времени — считанные минуты: нельзя задержать начало следующей плавки. Ведь минута — это сотни килограммов стали. Поэтому сталевар начинает осмотр и заправку печи, когда сталь еще в печи, и исправляет поврежденные места в то время, когда сталь выпускают.

Еще не так давно заправку делали вручную — лопатами забрасывали материалы; теперь и эта операция механизирована. Мы у гигантской мартеновской печи. Одна ее плавка весит сотни тонн. Как из широкого пожарного рукава, заправочная машина сыплет в печь материалы — магнезитовый порошок, мартеновский шлак... Вся операция продолжается обычно минут семь-восемь. Но вот уж сталь выпущена, печь готова к приему следующей порции материалов для плавки.

Подходят завалочные машины. На дореволюционных заводах не было завалочных машин. Печи загружали так: на огромную лопату с рукояткой длиной в 8—10 метров забра-

сывали железный лом (накладывали порой пудов 50—60 лома). Затем несколько рабочих наваливались на ручку своеобразной «лопаты» и под «дубинушку» ее переворачивали. Таким образом лом сбрасывался в печь. Потому и держали в мартеновских цехах специально отобранных рабочих-силачей. Иногда «для забавы» хозяева устраивали состязания «силачей». Немало людей уродовалось во время этого.

Теперь загрузка печи производится при помощи специальных машин. Завалочные машины занимают позиции у «окон» печи (на больших печах их семь). От того, в каком порядке будут загружены сырые материалы, зависит ход плавки.

На высоких сиденьях завалочных машин сидят машинисты; они чуть-чуть нетерпеливо посматривают в сторону сталевара, и тот поднимает руку — команда отдана. Лязг железа заглушает человеческие голоса, и сталевар со своими помощниками разговаривает преимущественно знаками, мимикой. Защелкали контроллеры. Длинными штангами, похожими на хобот слона, завалочные машины захватывают мульды, разворачиваются, заносят в печь, легко и быстро переворачивают их, выбрасывают содержимое и снова ставят мульды на платформы. Так загрузка ведется минут десять. В печь сначала грузят сыпучие материалы.

Чуть ли не у каждого сталевара свои приемы завалки, свой «почерк». Загрузив сыпучие материалы, многие сталевары на какое-то короткое время прекращают загрузку, чтобы дать материалам прогреться. Часто на стержень завалочной машины надевают пустую мульду и при ее помощи перемешивают материалы. А затем уже грузят известняк и железную руду.

Проходит 20—30 минут. Содержимое печи хорошо перемешано, прогрето. В камеру идут куски железного лома. Там, где производство хорошо организовано, подготовке железного лома уделяется много внимания. Это делается на так называемых шихтовых дворах. Слишком крупный лом разрезают, чтобы он мог войти в печь. Но не менее важно «спакетировать» легкий лом, уплотнить его.

Сталевар контролирует работу машинистов завалочных машин. Лом надо положить ровно, без бугров, чтобы тяжелые куски оказались к пламени ближе, чем более легкие, мелкие.

Уже несколько раз раздавались звонки, оповещавшие о перекидке клапанов, т. е. об изменении направления газов в насадках печи. Раньше и перекидка клапанов производилась вручную. Теперь заранее рассчитывают, через какие интервалы производить перекидку клапанов, и это происходит автоматически.

При перекидке клапанов на какое-то очень короткое время — 20—30 секунд — прекращается доступ в печь газа, а затем он вновь в нее врывается. В этот момент нельзя стоять близко у окон печи — это опасно! Потому каждый раз, когда происходит эта операция, подается резкий звонок — сталевар, подручные, машинист завалочной машины отдаляются от печи.

Завалка закончена. Машинисты отъехали от печи, моментально спустились все заслонки над «окнами». Из-под заслонок выползли рыжие языки огня. После этого в печь можно смотреть только через имеющиеся в середине заслонки «глазки».

Куски лома быстро меняют окраску: они краснеют, белеют.

Вокруг твердых кусков появляются первые лужицы жидкого расплавленного металла. Сталевар обходит все «окна»

и сквозь синие очки, прикрепленные к козырьку фуражки, внимательно смотрит в печь.

Приборы, установленные на пульте управления, указывают, под каким давлением в печь идут газ и воздух, какое количество топлива и воздуха расходуется, с какой полнотой проходят процессы горения, какова температура свода и регенераторов.

Вот уж лом растаял, но в ванне еще плавают, точно льдины в конце ледохода, нерасплавленные куски. Они то ныряют, то вновь выплывают, пока совсем не исчезнут. Печь бурлит, масса жидкости колышется. Бугристая поверхность ванны — свидетельство того, что печь идет хорошо; так обеспечивается быстрая и интенсивная отдача тепла факелом вниз — на всю глубину ванны. Наконец, сталевар убедился, что расплавление лома закончилось. Самое время залить чугун. Раздается пронзительный звонок — краны подносят желоба, которые вставляют в средние «окна» печи. Почти тотчас подходит электровоз, доставивший ковш с жидким чугуном. В печь с двух сторон полилась огненная масса.

Печь быстро заполнилась. Что же в ней теперь происходит?

НАСТУПЛЕНИЕ ВЕДЕТ КИСЛОРОД

В реакциях, происходящих в доменной печи, главную роль играет углерод: он разрушает соединения железа с кислородом. В сталеплавильной печи наступление ведет кислород. В печь вторгаются пламя и воздушная волна с избыточным количеством кислорода. Кислород вырывает из содержащегося в печи металла кремний, марганец, фосфор, углерод.

К концу периода плавления в печи образуются два как бы совершенно самостоятельных слоя: металлический и шлаковый. Происходит цепь реакций между металлом и шлаком. Во время плавления сталевар должен быстро решать, сколько добавок давать, ускорить или, наоборот, замедлить образование шлака. После расплавления начинается новый, еще более ответственный период плавки — кипение.

То, что происходит в это время в ванне печи, лишь внешне напоминает кипение: на поверхности появляются пузыри. Это из глубины ванны через металл и шлак прорываются окись углерода и другие газы. Чем больше в печи углерода и выше температура, тем интенсивнее идет кипение. Чем меньше углерода и ниже температура, тем реже кислородные соединения железа сталкиваются с растворенным в металле углеродом, тем слабее идет кипение и тем меньше пузырей на поверхно-

сти ванны печи. Но кислорода воздуха недостаточно для хорошего кипения стали и, чтобы усилить выгорание углерода, в ванну печи добавляют железную руду.

Для форсирования процесса сталеварения на многих заводах, как уже рассказано было выше, применяют чистый кислород — либо им обогащают дутье, поступающее в печь, либо через специальные фурмы, сделанные в своде печи, его подают непосредственно в ванну. Применение кислорода дает огромный эффект.

Представим себе ход процесса. Ванна заполнена расплавленным жидким металлом. В нем содержатся газы: окись углерода, азот (он заносится в печь вместе с воздухом), водород (он попадает сюда вместе с влагой, вносимой в печь сырыми материалами — железной рудой, известняком). Растворяясь в металле, газы, в особенности водород и азот, резко ухудшают его качество — их необходимо удалить. От интенсивности и длительности кипения зависит, удастся ли более или менее полно освободить металл от нежелательных твердых и газообразных примесей.

Когда сталевар убедится, что сталь достаточно прокипела, он приступает к последней операции — раскислению. Сталь очищается от кислорода и неметаллических включений. Чем лучше сталевар знает химию процессов, тем скорее он ориентируется в ходе химических реакций, тем быстрее идет плавка, тем лучше сталь.

Чтобы узнать, что происходит в печи, систематически берут пробы металла. В течение плавки сталевар берет семь-восемь проб, а иногда и более: после расплавления, после снятия шлака, во время кипения, перед выпуском и т. д. Пробы берут специальными ложками с длинными (в несколько метров) ручками. Ложки предварительно опускают в шлак и лишь затем продвигают в глубь ванны.

Пробы металла исследуют в так называемой экспресс-лаборатории. Пока в лаборатории делают анализ, химические процессы в печи ведь продолжаются, и, если анализ займет много времени, смысл его в значительной мере потеряется. Обычно определение количества углерода продолжается 5—7 минут, серы и фосфора 6—7 минут. Таким образом, через 6—7 минут после взятия пробы сталевар получает сведения о составе стали. Одновременно берут и пробы шлака. По результатам проб сталевар решает, как дальше вести плавку.

Опытные сталевары умеют и на глаз, по разным косвенным показателям довольно точно определить химический состав стали и шлака. Окончание процесса раскисления можно узнать по полному прекращению выделения из металла и шлака пузырьков газа. Если в это время через синее стекло посмотреть в камеру печи, там можно увидеть почти неподвиж-

ную поверхность. Только что сталь волновалась, бушевала, и вдруг буря сменилась штилем.

Можно выпускать плавку? Такой вопрос на глаз решать нельзя. Берут последние пробы. Одна идет в экспресс-лабораторию, там ее уже ждут. Вторая проба рассматривается тут же, на месте — как искрит металл, как выглядит лепешка металла после поковки. Если раскисление проведено хорошо и в металле осталось мало серы, лепешка будет иметь ровные края. Если в металле осталось много серы, края кованой лепешки-пробы будут как бы рваными.

Для изучения хода процесса в сталеварении, как и в доменной плавке, применяют радиоактивные изотопы. Таким образом узнают, как движется металл, как в нем распределяются разные добавки. Специальный автоматический фотоэлектронный пирометр позволяет измерять температуру жидкого металла. Все это создает условия для того, чтобы сталевар мог работать более уверенно и выдавать такую сталь, которая точно соответствовала бы заданию.

КИБЕРНЕТИКА ДЛЯ МАРТЕНОВСКИХ ПЕЧЕЙ

Мартеновская печь отапливается газом или мазутом. В зависимости от условий мартеновские печи питали либо смесью доменного и коксового газов с некоторым прибавлением мазута, либо газогенераторным газом, либо одним мазутом. В самые последние годы значительное число мартеновских печей перевели на отопление природным газом, что дает значительный экономический эффект.

В каждый период плавки сталевар должен избрать такой тепловой режим, который удовлетворял бы трем требованиям: первое — чтобы процессы развивались с максимальной интенсивностью; второе — чтобы не перегреть печь или ее насадки и не вывести ее из строя; третье — чтобы удельный расход топлива на тонну стали был бы наименьшим, т. е. чтобы работа была экономичной.

Ориентирами при выборе теплового режима на каждый данный период служат показания приборов о расходе топлива и о температуре свода, насадок и других чувствительных точек печи, а также визуальные наблюдения за ходом плавки. Сталевару, работающему даже на самых современных гигантских мартеновских печах, многие очень важные решения приходится принимать на глаз, по личному разумению.

С почти аналогичным положением мы встречались на доменных печах. Там на помощь доменному мастеру приходит

электронно-вычислительная техника. На мартеновских печах нашей страны также стали применять электронику. Счетно-решающая машина на основе показаний приборов и в соответствии с заложенной в нее программой вычисляет, сколько тепла давать в печь в тот или иной период плавки, и посылает соответствующие импульсы приборам, следящим за теплоснабжением печи. Автоматизация теплового режима мартеновской печи привела к ускорению плавок, экономии топлива и повышению производительности труда.

Пионерами автоматизации мартеновских печей были нижнетагильцы. По этому пути пошли и сталеплавильщики других заводов. Поиски наилучших схем автоматизации продолжаются. Пройдет еще немного времени и о том, что регулирование теплового режима мартеновских печей производилось на глаз, забудут.

Но ведь также на глаз, на основе своего опыта сталевар ведет технологический процесс. Данные анализов (к тому же запоздалых) служат ему лишь ориентиром. Кое-где применяются номограммы, т. е. таблицы предварительных расчетов. Уверенности, что принятое решение наилучшее из всех возможных, нет и быть не может.

И в данном случае на помощь сталевару должна придти электронно-вычислительная техника. Возможно ли передать эти сложнейшие функции, где большую роль играет опыт и интуиция, счетно-решающей машине? Сама постановка этой задачи может показаться фантазией, но мы живем в такое время, когда действительность нередко обгоняет самую смелую фантастику.

Непременное условие создания «автоматического сталевара» — исчерпывающее математическое описание процессов, происходящих в ванне мартеновской печи. Технологи совместно с математиками должны будут составить уравнение (алгоритм) химических процессов, протекающих в сталеплавильной печи, и лишь тогда счетно-решающим устройствам можно будет поручить регулирование не только теплового режима, но и химических реакций, происходящих в ванне печи. Ученые над этим работают. Такие исследования ведут в лабораториях Украинского института автоматики и в других научных учреждениях. Будем терпеливо ждать хороших вестей и с этого участка науки.

Надо помнить, что к концу двадцатилетия, на которое рассчитана программа построения материально-технической базы коммунизма, преобладающая масса стали будет выплавляться в мартеновских печах.

Поэтому полная автоматизация управления мартеновской печью, создание автоматического сталевара или советника сталевара — важная задача.

Но пока даже регулирование теплового режима на большинстве заводов остается функцией самих сталеваров. Стало быть, задача в том, чтобы готовить хороших, знающих сталеваров, широко распространить опыт лучших. В нашей стране воспитано немало прекрасных сталеваров. Продолжительность плавок все время сокращается, съем стали с квадратного метра пода печи в сутки (основной показатель успешной работы сталевара) растет, он примерно на 35—40% выше, чем на заводах США или на лучших заводах западноевропейских стран. Из года в год растет годовая производительность мартеновских печей на советских заводах.

...Чудесна картина выпуска стали. Она похожа и на грандиозный салют, и на могучий водопад.

Ковш с расплавленной сталью в воздухе. Пройден еще один этап металлургического цикла.

Нам бы надо последовать за ковшом, но сталь получают ведь и в конвертерах, и в электропечах. Так посмотрим сначала, как это делается там.

У КОНВЕРТЕРНОЙ РЕТОРТЫ

Вернемся к доменным печам к моменту, когда из них выпускают чугун. Наполнены ковши, и поезд тронулся; он идет теперь не в мартеновский цех, а к конвертерам. Еще на выпуске чугуна опытный металлург мог заметить, что из доменной печи идет особый чугун — высококремнистый. В конвертерах, работающих на атмосферном воздухе, перерабатывают кремнистый чугун; как мы уже знаем, в нем должно оставаться лишь самое минимальное количество фосфора и серы. Кремний и марганец — главные теплоносители в конвертере. Окисление 1% кремния нагревает металл на 150—170 градусов, а марганца — на 40—45 градусов.

Итак, поезд с чугуном пришел в цех; жидкий металл зальют в миксер и уж оттуда его повезут, чтобы залить в конвертер. Только в случае очень горячего хода конвертерной плавки, т. е. когда в процессе продувки получается тепла больше, чем требуется для нормального развития плавки, присаживают охлаждающие добавки — железную руду, окалину, разные обрезки.

Дали дутье (оно поступает под давлением в 2,0—2,5 атмосферы). Глухой гул возвестил о начале процесса. Полетели искры, и вот из горловины бессемера появился короткий оранжевый язык пламени. Началось окисление железа, кремния, марганца.

Проходит четыре-пять минут. Язык пламени, вырвавшийся из горловины конвертера, вытягивается, он делается все свет-

лее и светлее и, наконец, становится ослепительно ярким. Еще более усиливается глухой гул. Происходит бурное окисление углерода, во время которого образуется большое количество окиси углерода, она и заставляет металл внутри конвертера клокотать. Содержание углерода в жидком металле резко снижается (до десятых долей процента). Пламя утихает, успокаивается.

Всего несколько минут прошло, как в конвертер залили чугун. Выгорание углерода продолжается, но оно протекает уже гораздо медленнее. Пламя над горловиной вновь укоротилось. Возобновилось окисление остатков кремния и марганца. И вдруг бурый дым — металл освободился от углерода, горит само железо.

Процесс идет к концу. В конвертере осталось жидкое железо, в нем совсем немного углерода, но не удалось изгнать вредные примеси, врага номер один — серу.

Конвертер ставят в горизонтальное положение. Теперь железо надо раскислить, т. е. по возможности «вытянуть» из него все, что ухудшает качество стали, и затем науглеродить.

И при выплавке стали в мартеновской печи реакции происходят настолько быстро, что сталевар подчас не успевает их регулировать. В конвертере же все происходит во много крат быстрее, молниеносно. Ворвавшись в реторту, молекулы содержащегося в воздухе кислорода с огромной скоростью набрасываются на железо и другие элементы. Период соприкосновения молекул кислорода и железа измеряется сотыми долями секунды, но за это время они успевают сделать свое дело.

Так возможно ли тут какое-либо вмешательство человека? Чем руководствуются сталевары, работающие на конвертерах, когда они ведут процесс? Они судят о ходе процесса по оттенкам пламени, по длине его, по гулу и по другим подобным признакам. Сплошная эмпирика!

КИЕВСКОЕ „ЧУДО“

И снова на помощь приходит электроника. Конвертерный метод был всесторонне изучен, сделано его подробное математическое описание. Весь процесс отображен в уравнении (алгоритме), его заложили в «память» счетно-решающей машины, ей поручили вести процесс.

Все это проделали в вычислительном центре (ныне Институте кибернетики) Украинской академии наук. Оттуда — из Киева, на расстоянии более 600 километров осуществлялось руководство плавкой стали в конвертерах металлургического завода им. Дзержинского в Днепродзержинске. Об этом экспе-

рименте подробно писалось в нашей и иностранной печати, его называли киевским «чудом».

В чем же смысл,— спросит читатель,— удаления сталевара-автомата от агрегата, в котором плавилась сталь, на сотни километров? Главное не в том, что процессом управляли издалека; это было сделано лишь потому, что для руководства плавкой использовали универсальную счетно-вычислительную машину Киевского вычислительного центра, и она отдавала команды по телетайпу. Не то важно, что руководство осуществлялось на расстоянии, а то, что на практике доказана возможность передачи функций руководства сложными химическими процессами кибернетической машине.

Однако плавка в обыкновенных «бессемерах» — это уже вчерашний день. Настоящее и будущее за конвертером, работающем на кислороде, вдуваемом в сосуды не снизу, а сверху. В строй вошли уже мощные конвертеры на Нижне-Тагильском металлургическом комбинате и на заводе им. Ильича в Жданове. В ближайшие годы их станет больше.

А теперь посмотрим, как варят сталь в электропечах.

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ГИГАНТЫ

Мы на Ново-Липецком металлургическом заводе. Электросталеплавильный цех встречает нас сильнейшим гулом. Две огромные печи. Сталевар нажимает кнопку, в действие вступают механизмы и свод печи отодвигается в сторону, печь раскрыта. Подняты массивные колонны, каждая диаметром в полметра. Это электроды, через них в печь поступает электроэнергия.

Печь раскрыта. Кран доставляет к печи «бадью» с шихтой. Открылся замок — шихта загружена в печь. Нажим кнопки и на печь надвинут свод. Электроды опускаются. Включается ток...

Точно из кратера вулкана вырывается пламя. Это напоминает большой пожар, когда горят склады с горючим. Но там стихия, а здесь... Огонь, точнее электроэнергия, делает свое дело, плавит сталь. Сбоку печи, точно аксельбанты, висят медные «канаты». Чтобы расплавление шло быстрее и равномернее, печь снабжена устройством для электромагнитного перемешивания металла. Автоматы регистрируют ход процесса, поступление энергии, температуру и т. п.

...Плавка готова. На пульте управления нажимают кнопку и покорный человеку гигант наклоняется — сталь льется в ковш.

Но и здесь еще многое предстоит сделать. Скоро и сюда придут электронные помощники.

ТЯЖЕЛЫЙ УЧАСТОК

...Продолжим наш путь по металлургическому циклу. Ковш повис на крюках и кран понес его на разливку, к изложницам. Вот они стоят, лоснящиеся, только что окрашенные. Кто же и где их так принарядил? Отклонимся от маршрута, заглянем на так называемый двор изложниц.

Только что из стрипперного отделения — так называется место, где слитки «раздевают», т. е. вытаскивают из изложниц,— пришел состав с изложницами. Они еще горячие и, чтобы они поскорее остыли, их везут под душ. Кругом облака пара. Это первая «гигиеническая» операция, совершенная над изложницей. Но залить в нее сталь еще нельзя. Изложницу каждый раз надо чистить и смазывать определенным составом. А как вычистить этот глубокий сосуд?

На некоторых заводах применяются механические скребки и щетки, осуществлена механическая смазка. Однако коренным образом решить задачу механизации труда на этом участке, освобождения людей от тяжелого физического труда (а на этой работе заняты преимущественно женщины) пока не удалось. И это еще один веский довод в пользу непрерывной разливки стали.

РАЗМЫШЛЕНИЯ У МАРТЕНОВСКИХ ПЕЧЕЙ

Мы наблюдали за работой отдельных агрегатов, но каждая мартеновская печь, конвертер или электропечь ведь тесно связаны с соседними такими же агрегатами. У них общее хозяйство — один источник сырья, они коллективно пользуются кранами, завалочными машинами. В одной и той же экспресс-лаборатории делают анализы для всех печей. Словом, каждая печь как бы живет в коллективе и успех действий сталеваров, занятых на том или ином агрегате, зависит от многих условий: от состояния всего хозяйства цеха, от того, во время ли подадут к печи составы с шихтой, свободны ли будут завалочные машины, подвезут ли жидкий чугун именно тогда, когда он потребуется, будут ли к выпуску плавки готовы ковши, свободны ли краны, подготовлены ли изложницы.

Кто же создает эти условия? Диспетчеры! В мартеновском цехе их несколько: один командует участком шихтовых материалов, другой подвижным составом, третий — разливкой. Над ними — диспетчер цеха, он согласовывает действия дис-

петчеров участков. Согласовывать — значит выбрать наилучшее решение.

Чуть ли не в любой день, в любом сталеплавильном цехе одни сталевары, одни печи «вырываются вперед», на других плавки задерживаются. Сталевары борются за скоростные плавки. Сама по себе скоростная плавка — это шаг вперед, проникновение в незнаемое. Но всегда возникает вопрос, как скоростная плавка «впишется» в график цеха, которым предусмотрено использование всей техники цеха по часам и минутам.

Реальное развитие событий в современном сталеплавильном цехе (а он в свою очередь связан с работой доменных печей и прокатных цехов, общезаводского транспорта, аппарата снабжения и других участков), как правило, отличается даже от самого продуманного графика, и роль диспетчера сводится к тому, чтобы корректировать развитие событий, предусмотреть ход их уже не на сутки, не на смену, а на гораздо более короткий период времени. Для этого диспетчер прежде всего должен располагать подробной информацией о положении дел и сделать из нее необходимые выводы. Но система управления такова, что один поток информации идет к шихтовщику, другой к тому, кто командует подвижным составом, и т. д. Каждый управляет своим участком самостоятельно, так сказать, автономно. Диспетчер же цеха, образно говоря, «монарх» без власти — он царствует, но не правит. Власть в руках мастеров отдельных служб — «удельных князей». В практике цеха может быть множество разных ситуаций. Для выбора наилучшего решения в каждом случае необходимо проделать сложные расчеты. Человек с ними справиться не сможет. Но это легко сделает быстродействующая счетно-решающая машина.

ТРИ «КИБЕРНЕТИЧЕСКИХ КИТА»

Исследования, расчеты показали, что использование кибернетики в управлении сталеплавильным производством должно открыть новые богатейшие резервы. Различные задержки, зафиксированные в течение года в сталеплавильном цехе завода им. Дзержинского в Днепродзержинске, оказались равными примерно тысяче часов работы большой печи. За это время можно сварить 30—40 тысяч тонн стали! Надо иметь в виду, что учтены были задержки, длившиеся не менее 20 минут (такова инструкция). Так что фактические потери гораздо больше.

Чем же были вызваны потери? Причин много, но главная — недостаток информации. Сталевар ведет плавку, не

располагая сколько-нибудь полными, достоверными сведениями о ходе процесса. Лишь опыт и интуиция подсказывают ему, как действовать. Один сталевар более опытен, другой менее. Стало быть, на ход производства влияет субъективный фактор.

Диспетчеры в случае столкновения плавок или в иные критические моменты также не располагают необходимой информацией, чтобы принять наилучшее решениие, т. е. такое, которое вело бы к наименьшим задержкам, наименьшим потерям.

Все это диктует настоятельную необходимость перестроить систему управления, чтобы в одном центре беспрерывно накапливалась информация о состоянии дел на всех печах, на всех участках цеха (и связанных с ним цехов). Моментально перерабатывая эту информацию, «центр» (подразумевается электронный мозг) сможет принимать необходимые решения, контролировать их выполнение и на ходу корректировать.

Работники Украинского института автоматики исследовали систему управления сталеплавильным производством и разработали проект перестройки ее с использованием кибернетических средств. Они пришли к выводу, что вычислительная машина, способная выполнить 14 тысяч арифметических операций в секунду, сможет осуществлять полное руководство большим сталеплавильным цехом (проект разработан применительно к сталеплавильному цеху завода им. Дзержинского). В цехе в этом случае будут действовать три связанные между собой автоматические системы — *«сталевар»*, *«диспетчер»*, *«учет»*.

Первой машине — «сталевару» (вернее ее назвать подручным или советником) — будет поручен расчет шихтовых материалов, чтобы обеспечить выпуск полновесных плавок (неполновесная плавка — это потеря!). Автоматический сталевар решает, когда нужно спускать шлак и сколько шлака нужно удалить, сколько давать присадок и каких (ведет материальный баланс), следит за температурой металла и поддерживает необходимый тепловой режим, получает и запоминает данные анализов.

Обязанность второй машины — *«диспетчера»* — прогнозировать ход плавок во всем цехе на четыре-шесть часов вперед и заранее распланировать загрузку обслуживающих механизмов, чтобы печи не простаивали в ожидании завалки материалов, заливки чугуна или доставки ковшей и кранов для выпуска стали (что сейчас случается сплошь да рядом). Прогнозирование, т. е. предсказание хода развития событий в цехе, — одна из самых трудных задач. Полтора года «обучали» электронно-вычислительную машину «Урал» предска-

зывать развитие событий с точностью до пятнадцати минут. «Диспетчер» не только прогнозирует. В случае столкновений плавок он принимает решение, как их «развести» с тем, чтобы потери были наименьшими. Иными словами, он решает проблему наивыгоднейшего комбинирования.

«Сталевар» и «диспетчер» будут не только давать команды, но и контролировать их исполнение. Скажем, «диспетчер» отдал команду подать к печи номер такой-то шлаковые ковши. Если приказ своевременно выполнен, «диспетчер» остается спокойным. Если же выполнение приказа задержится, «диспетчер» поднимает тревогу: на световом щите дежурного оператора цеха, наблюдающего за действиями всей автоматики, вспыхнет номер печи и замигают изображения шлаковых чаш.

Третья машина — *«учет»*. Ей поручен учет расхода топлива, воды, пара, электроэнергии, воздуха, кислорода. К концу смены она выдаст экономические показатели работы за эту смену. Эта машина будет начислять и заработную плату.

Всего этого еще нет ни у нас, ни в какой-либо другой стране. Но то, что мы рассказали, не фантазия. Проект новой системы управления сталеплавильным производством разработан Украинским институтом автоматики, осуществление его намечается на металлургическом заводе им. Дзержинского.

Техника производства так высоко поднялась, что она не может ужиться с системой управления на глаз, по методу «давай, давай!». Точный расчет, согласованность операций — богатейший резерв, который может быть наиболее успешно реализован в социалистическом хозяйстве.

Предстоит еще большая и сложная работа по математизации процессов. Математики и кибернетики вместе с технологами должны навести образцовый порядок в металлургических цехах.

У НАГРЕВАТЕЛЬНЫХ КОЛОДЦЕВ

Вернемся, однако, к текущим дням. Сталь разлили, изложницы заполнены, слитки «раздели», они следуют на обжим — без этого они мало на что пригодны. Мы же уже знаем, что прежде чем попасть на обжимной стан, слитки должны быть подогреты; для этого их помещают в нагревательные колодцы.

...Большой зал. Над ячейками колодцев «ходят» краны. Один из них, как-будто не спеша, останавливается у колодца, поднимается крышка и в воздухе повисает сверкающий, ослепительно белый слиток; кран заспешил, где-то в конце цеха

он выпустит слиток из своих «ладоней» и осторожно уложит на слитковоз.

На антресолях зала шкафы с приборами. Мигают разноцветные огоньки — зеленые, красные, желтые. Здесь властвуют сварщики, это они подают команды, в какие колодцы поместить прибывшие слитки. Однако и сварщики принимают решения, не располагая достаточно полной информацией, они действуют на основе своего опыта (снова интуиция, глаз!). Никаких объективных данных для лучшего, более продуманного решения вопроса у сварщика нет. «Майна» — «вира» — вот и вся «стратегия».

А нельзя ли подобрать колодец, в котором слиток нагреется быстрее и с меньшей затратой тепла?! Но для этого надо много знать — марку стали, температуру слитка, температуру в колодцах. Эту информацию надо осмыслить и тогда... Это слишком сложно, и моментальное решение такой задачи непосильно для человека. А между тем приборы наблюдают лишь за температурой и ориентируют сварщика, из какого колодца взять очередной слиток.

Достаточно ли этого?

Исследование движения слитков, поиски закономерностей потока показали, что и совершаемая в нагревательных отделениях работа может быть переведена на язык математики. А это позволит усовершенствовать процесс, увеличить пропускную способность колодцев (очень часто они становятся узким местом производства) и обеспечить выпуск металла более высокого качества. Ведь недогрев или перегрев слитка ухудшает качество металла и вызывает перегрузку механизмов блюминга.

В ЦНИИКА (Центральном научно-исследовательском институте комплексной автоматизации) уже разработали алгоритм управления нагревательным отделением. В нем учтены наиболее рациональные приемы работы сварщиков, он моделирует их. Счетно-решающая машина укажет ячейку, в которую выгоднее всего погрузить слиток, и очередную ячейку, из которой следует изъять нагретый слиток. Автоматизация этого участка обеспечит лучшее питание блюминга.

НА СМЕНУ КАТАЛЬЩИКАМ

Путь превращения железной руды в готовый металл непрерывно совершенствуется и сокращается, а труд металлургов — доменщиков, сталеваров, разливщиков, вальцовщиков и других рабочих — облегчается. Там, где вчера еще орудовали лопаткой, клещами, ломом, ныне действуют механизмы,

появляется автоматика. Огненный труд в том смысле, в каком он и до сих пор представляется людям, уходит в небытие.

И все же в старых уральских городах проживают еще старые люди, которым приходилось катать металл еще на демидовских заводах. Начнут старики рассказывать, как они железо покоряли, как они его варили, катали, и не верится, что человеку такое вмоготу. Да, что Урал, а разве на южных заводах или у Гужона (ныне завод «Серп и молот» в Москве) не такая же была огневая работа?! Выходило, кто кого: «Человек ли осилит работу или работа его осилит».

...Мы входим в новые прокатные цехи. По названию судить, ничего будто не изменилось: те же вальцовщики... А на деле... Такие блюминги и слябинги, какие установлены на наших металлургических заводах, хозяевам старых заводов и не снились. Первые блюминги наша страна купила за границей. Но уже в 1931 г. в СССР на Ижорском заводе (под Ленинградом) сделали советский блюминг. На этих гигантских станах все было механизировано. Однако и манипулирование рычагами оказалось делом очень трудным, изнурительным. Управление блюмингами автоматизировали (о том, как решалась эта задача, рассказано выше).

Прокатных цехов автоматизация коснулась раньше других. Вальцовщику не приходится больше клещами тащить огнедышащие болванки, сутунки, заготовки. Он и до рычагов управления не прикасается, за него все делают машины-автоматы и делают с толком.

В Нижнем Тагиле, неподалеку от демидовского завода, построен новый, гигантский металлургический завод (теперь это комбинат). На нем установлен рельсопрокатный цех, один из самых больших в мире. Стан сконструировали и сделали на знаменитом заводе «Уралмаш». Однако в период, когда его конструировали и изготовляли, автоматика еще не стояла на таком высоком уровне, как сейчас (за 10—15 лет эта область техники «взошла», как на дрожжах), и управление станом было оставлено за человеком.

На комбинате нашлись люди, которые взялись за оснащение стана автоматикой. На командном пункте в удобной застекленной будке, высящейся над станом, пять мягких кресел для операторов-вальцовщиков. Но сидят здесь сейчас уже не пять, а лишь два оператора. Да и те без дела сидят, на всякий случай. Стан работает по программе, заложенной в его «память».

Как пришли к этому?

Сначала выяснилось, что пила горячей резки не успевала за работой стана. Всегда ли не успевала? Нет, не всегда, а смотря по тому, кто управлял пилой. Одни резчики рабо-

тали почти вровень со станом, а другие (их было больше) не справлялись и у поста резки образовывались заторы. Стан вынужден был замедлять работу. Все это в порядке вещей — разные люди по-разному выполняют одну и ту же работу. Тогда и пришла мысль — передать работу по управлению пилой автоматам. Записали на магнитную ленту работу лучшего резчика, и магнитные импульсы, а не рука человека стали приводить в действие механизмы.

Вслед за тем приступили к автоматизации управления самим станом. Работу расчленили на этапы. Автоматизация нажимного устройства более чем наполовину разгрузила оператора главного стана: до автоматизации ему приходилось делать по восемь тысяч движений в час, автоматика сняла с него пять тысяч. Затем автоматизировали передний и задний рольганги и, наконец, главный привод. Для этого понадобилась счетно-решающая машина, наученная производить сложные исчисления. Машину такую скомпоновали сами. На заводе своя лаборатория по автоматике — ЦЛАК (центральная лаборатория автоматики и кибернетики).

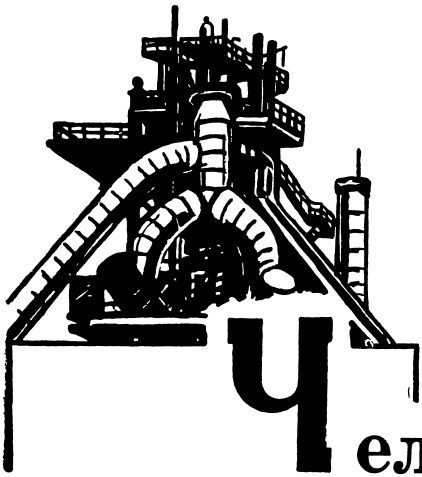
Так катают там рельсы. Чуть ли не на километр растянулся нижнетагильский рельсобалочный цех. Механизмы цеха действуют сами. И отделка рельсов без людей происходит. Вот как потомки прежних катальщиков катают рельсы на Нижне-Тагильском комбинате — не демидовском, а социалистическом!

...Можно бы продолжить наши описания. Мы уже видели, как из-под валков бежит тончайший лист. По соседству с Нижним Тагилом, в Первоуральске, на трубном заводе можно увидеть и автоматизированные трубные станы. В Магнитогорске на непрерывном заготовочном стане установили вычислительную машину «Сталь 1». Ей вменили в обязанность обеспечить наиболее выгодный раскрой готовой продукции с тем, чтобы отходы были наименьшими. Почти двухгодичный опыт эксплуатации машины подтвердил все расчеты. Выгода от применения машины очевидная: за год она позволила сэкономить 842 тыс. рублей, машина же стоит около ста тысяч, стало быть, она окупилась в полтора-два месяца.

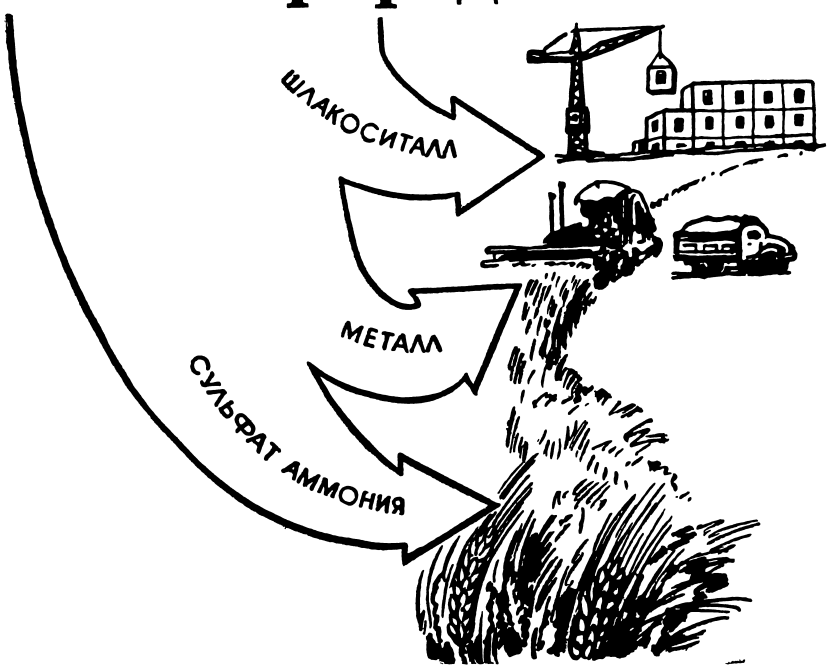
Мы живем в век автоматики. Будущее развитие техники в широком применении автоматики и кибернетики. В капиталистических странах внедрение автоматики встречает упорное сопротивление, так как она усиливает безработицу, ухудшает условия жизни людей, создает возможности для еще бóльшей эксплуатации рабочих. Лишь в социалистических условиях средствам автоматизации открыт широкий путь. Она преобразует характер труда во многих сферах, в том числе и в металлургии черных металлов.

С этими впечатлениями и мыслями мы закончим наше путешествие по металлургическому циклу. Мы проследили путь превращения железной руды в сталь и прокат. Мы убедились в том, что современные металлургические агрегаты обладают высокой производительностью, что процессы восстановления железа и получения стали из года в год совершенствуются и интенсифицируются. Но насколько человечество приблизилось к решению задачи — научиться изготовлять материалы с наперед заданными свойствами?

Часть четвертая



Человек раскрывает тайны природы



Глава девятая



ВЛАСТЬ НАУКИ

Итак, вот уже примерно несколько тысяч лет человек пользуется железом как универсальным материалом разного назначения. Но хорошо ли люди познали этот материал, сумели ли они использовать все свойства, которыми одарила железо природа?

Объективная оценка показывает, что достигнутые успехи следует признать довольно скромными. Прочность железных сплавов выросла всего лишь в 6—7 раз (с 30 килограммов на квадратный миллиметр сечения до 180—220), причем наибольшие сдвиги были отмечены за последние полвека. И это несмотря на то, что поиски путей упрочнения железных сплавов велись непрерывно, настойчиво, что проблема прочности всегда оставалась и остается проблемой номер один.

Прочность. Но что подразумевается под этим понятием, которым мы так широко пользуемся?

В зависимости от условий эксплуатации к металлам и сплавам, используемым в современных машинах и конструкциях, предъявляются самые разнообразные требования. В одних случаях решающую роль играет динамическая прочность (т. е. сопротивление ударным нагрузкам), в других — усталостная прочность (поведениие металла при повторяющихся нагрузках), в третьих — жаропрочность (сопротивление нагрузкам в условиях высоких температур). Чаще всего мы сталкиваемся с необходимостью обеспечить достаточное сопротивление действию постоянных нагрузок в обычных условиях. Речь идет о прочности, которой должны обладать балки мостов и зданий или металл затянутого болта.

Проследим за тем, как в разные эпохи, на разных этапах развития технического прогресса шла борьба за повышение потолка прочности железных сплавов.

ДРЕВНИЕ СЕКРЕТЫ

Пытливые древние металлурги заметили: если в меру науглероженное железо нагреть докрасна, а затем быстро погрузить в воду, масло или в другую жидкость и охладить, то железо становится особенно твердым, т. е. как мы теперь говорим, закаливается.

Процесс закалки впервые применили в XV в. до н. э. Секрет этой техники имел исключительно важное значение и он ревностно охранялся обитателями южного побережья Черного моря. Конечно, в те времена никто не мог объяснить, почему закалка делает сталь более твердой. Новые свойства, которые приобретала сталь, приписывали не самому сплаву, а составу, в который его погружали.

В «Одиссее» Гомера (который жил в период между XII и VIII вв. до н. э.) мы находим следующие строки:

> Расторопный ковач, изготовив топор или секиру,
> В воду металл — на огне раскаливши его, чтобы
> двойную
> Крепость имел, — погружает и звонко шипит он
> в холодной влаге.

Если вдуматься в эти строки, то это ведь настоящая технологическая инструкция: сначала металл надо накалить, затем погрузить в холодную влагу, где он звонко зашипит и оттого приобретет двойную крепость. Конечно, «расторопный ковач» времен Гомера не мог объяснить, почему металл становится вдвое крепче.

Примерно к тем же временам (IX в. до н. э.) относится

и рецепт закалки кинжала, обнаруженный в летописи одного храма в Балгале (Малая Азия): «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 придаст металлу твердость».

Широкой известностью пользовалась существовавшая в Дамаске во II в. до н. э. крупная мастерская по изготовлению стальных изделий. По описаниям, дамасские оружейники будто бы закаливали клинки в горном ущелье, где обычно дули сильные северные ветры. Считалось, что сила ветра передается оружию.

Совсем недавно, уже в наши дни открыты новые доказательства, что в древности умели хорошо закаливать сталь, придавать ей остроту. При раскопках, производимых в Нубийской пустыне (район затопления Асуанской плотины, строящейся в ОАР с помощью Советского Союза), найден нож, пролежавший в земле, по-видимому, несколько тысяч лет (подробное исследование еще не сделано). Нож остался настолько острым, что советские археологи резали им мягкий хлеб.

Способ придания железу (или сплаву) бóльшей крепости был крайне заманчивым и его широко использовали и в средние века. Высокие качества знаменитых испанских шпаг «толедо» приписывали таинственным свойствам особой воды, в которой они закаливались.

Европейские мастера средних веков широко использовали в качестве охладителя... мочу. Применение этой жидкости можно как-то объяснить. Раствор поваренной соли, а также другие соляные растворы быстрее отнимают теплоту от раскаленной докрасна стали, чем обыкновенная холодная вода. Зорко следившие за всеми изменениями свойств стали средневековые железодельцы могли это заметить и прийти к мысли закаливать сталь в жидкостях, содержащих соль. По мнению средневековых кузнецов, особенно ценной была моча трехгодовалой козы, которая в течение трех дней кормилась только папортником...

Так ценные наблюдения за изменениями свойств металла смешивались с суеверными выдумками.

ГЕНИАЛЬНАЯ ДОГАДКА Д. К. ЧЕРНОВА

Тысячелетия закалка оставалась тайной природы и лишь около ста лет назад удалось найти объяснения, почему при нагреве стали до определенной температуры (не так уж дав-

но люди научились определять температуру, а до тех пор степень нагрева определялась по цвету) и быстром охлаждении металл приобретает особые свойства.

На страницах этой книги уже было рассказано о попытках применить сталь для изготовления пушек. После того как П. М. Обухов удачно провел демонстрацию своих стальных пушек на петербургском полигоне, а затем на Всемирной выставке в Лондоне, в Петербурге построили сталепушечный завод (по имени его создателя он был назван Обуховским, ныне завод «Большевик» в Ленинграде). Завод стал лить пушки точно таким же образом, как это делали в Златоусте. И тогда выявились озадачившие всех обстоятельства. В то время как одни пушки выдерживали сотни и тысячи выстрелов и оставались целыми и невредимыми, другие после второго или третьего выстрелов разрывались на части. Ни Обухов и никто другой не мог объяснить, почему это происходит. Для исследования причин разрыва пушек на петербургский сталепушечный завод пригласили молодого ученого, преподавателя Петербургского технологического института Дмитрия Константиновича Чернова.

Выбор был сделан не случайно. Еще до поступления на завод Чернов глубоко заинтересовался металлургией; в своих исследованиях Чернов опирался на труды Аносова. В своем историческом сочинении «О булатах» Аносов высказал идею, что вид и размер зерен, из которых состоит сталь, являются своего рода ее паспортом, что между структурой стали и ее свойствами существует теснейшая связь. Это и навело Чернова на мысль заняться изучением частей разорвавшихся пушек. Он заметил, что в местах разрыва сталь состояла из крупных, видимых простым глазом зерен (кристаллов). Между тем в пушках, которые действовали безотказно, зерна металла были так мелки, что их едва удавалось рассмотреть в лупу.

Это обстоятельство очень заинтересовало Чернова, и он решил доискаться причины этого явления. Поиски привели его в кузнечный цех. Чернову удалось установить, что размеры зерен зависят от степени нагрева металла. Дело в том, что сталь нагревали либо до белого цвета, либо до вишнево-красного. В первом случае сталь после охлаждения получала мелкозернистое строение, в другом — крупнозернистое, хотя химический состав той и другой был одинаковым.

Проводя долгие часы у кузнечных горнов, Чернов обратил внимание еще на одно весьма загадочное явление. Сильно накаленное железо при быстром охлаждении в какой-то момент вдруг будто вспыхивало ярким светом — это длилось считанные секунды, после чего остывание продолжалось. Явление это, ныне известное под названием рекалесценция

(что означает вновь согревшийся), крайне заинтересовало Чернова. Позднее он пришел к выводу, что вспышка — своеобразный сигнал о какой-то внутренней перестройке стали. Спустя много лет Д. К. Чернов рассказывал отечественным ученым А. А. Байкову и М. А. Павлову, как он пришел к догадке о внутренних превращениях, происходящих в металле в момент вспышки (этот момент был им обозначен точкой «в»): «...во время перехода раскаленной стали через точку «в» поверхность ее, накаленная до красного каления, начинает как бы морщиться; ...вид ее поверхности, когда она нагрета выше точки «в», заметно отличается от вида при нагреве ниже точки «в». При известном навыке привычный глаз легко усматривает это различие: его можно сравнить с различием во внешнем виде белого мрамора и гипса... когда куется стальная болванка, то выше точки «в» она имеет раскаленную красную, как бы маслянистую блестящую мраморовидную поверхность, когда же она охладится ниже точки «в», она сохраняет тот же красный цвет, но поверхность ее тускнеет, утрачивает блеск и становится матовой, напоминающей вид гипсовых статуй» *.

Надо обладать поистине гениальным творческим воображением, чтобы из таких наблюдений сделать вывод, который стал краеугольным камнем науки о металлах — металловедения. Но прежде Чернов продолжал еще очень важные опыты, сыгравшие огромную роль в познании свойств железа и его сплавов. Он взял три обломка от одной и той же стальной болванки.

Первый он проковал под мощным молотом. На строении стали это никак не отразилось. И после проковки даже простым глазом можно было увидеть крупнокристаллическое рыхлое строение металла.

Второй обломок той же болванки Чернов нагрел немного выше красного каления и затем охладил его на открытом воздухе. По своей структуре этот обломок оказался мало похожим на первый. Не могло быть сомнений в том, что изменение строения металла произошло вследствие нагрева и быстрого охлаждения.

Третий обломок нагрели до ярко-красного цвета и затем быстро погрузили в воду. После того как он принял красно-бурый цвет, его вынули и продолжали охлаждать уже на открытом воздухе.

При исследовании с помощью лупы наружного слоя этого обломка на глубину около 0,1 дюйма (2,5 миллиметра) не обнаружили даже мельчайших зернышек. Снаружи металл оказался почти сплошным, аморфным. Следующий слой ста-

---

* Д. К. Чернов и наука о металлах. Металлургиздат, 1950, стр. 39—40.

ли состоял из мельчайших зерен. Они были примерно в 10 раз меньше зерен второго обломка и в 400 раз меньше зерен первого.

Чтобы разломать первый обломок, оказалось достаточно одного удара ручным молотом. Чтобы разломать второй, понадобилось пять таких ударов. Третий обломок удалось сломать только под паровым молотом — силы кузнеца для этого не хватало.

Из этих опытов Чернов сделал вывод, что сталь при нагревании не остается неизменной, а в определенные, как их назвал ученый, критические моменты претерпевает особые внутренние превращения, сопутствуемые изменениями всей структуры металла.

Путем соответствующего нагрева и охлаждения стали можно придать ей то или иное желательное строение.

Об этом Чернов и доложил весной 1868 г. в Русском техническом обществе (доклад его занял три заседания). Он не только ответил на вопрос, почему рвались пушки, но и открыл новую страницу в познании железа и сплавов.

Открытие это поразило ученых всего мира. В течение тысячелетий кузнецы всех стран закаливали или отпускали металл, т. е. делали его тверже или мягче, но делали это вслепую и потому не могли использовать всех возможностей, которые в этом методе кроются.

Открытие Д. К. Чернова получило всемирное признание. Французский инженер Флорис Осмонд продолжил исследования Чернова и спустя двадцать лет после того, как Чернов прочел свой доклад, писал, что вся физическая химия в зародыше содержится в докладе Чернова. Президент французской академии наук Поль Монгольфье приветствовал прибывшего в 1900 г. на Всемирную выставку в Париже Д. К. Чернова словами, в которых было высказано убеждение, что все сталелитейное дело своим развитием и успехами обязано в большой степени работам русского ученого.

„ЛОЦМАНСКАЯ КАРТА“ МЕТАЛЛОВЕДА

Гениальная догадка Д. К. Чернова подтвердилась в двадцатые годы нашего века, когда строение металлов начали изучать посредством рентгеновских лучей. Оказалось, что сталь имеет кристаллические решетки двух видов: одна — так называемая объемноцентрированная, другая — гранецентрированная. В первом случае атомы расположены в вершинах куба и в центре его, у каждого атома 8 соседей. В другом случае атомы сосредоточены и в центрах граней, и поэтому у каждо-

го атома 12 соседей. Путем нагрева металла и охлаждения его можно изменить расположение атомов внутри кристаллической решетки.

Какие же изменения происходят в железных сплавах, когда они остывают? При температуре 1539 градусов по Цельсию железо перейдет в твердое состояние. Это явление сопровождается выделением тепла. Металл закристаллизовался. При помощи рентгеновских лучей можно установить, что образовавшаяся кристаллическая решетка — объемноцентрированная (грань куба равна 2,93 ангстрема *). Это дельта-железо.

Продолжаем охлаждение. При 1400 градусах произойдет структурная перестройка. Кристаллическая решетка из объемноцентрированной перейдет в гранецентрированную. Процесс этот сопровождается выделением незначительного количества тепла. Грань куба равна 3,64 ангстрема. Это гамма-железо. Снижаемся до 910 градусов: гранецентрированные кубы перешли в объемноцентрированные (сторона куба 2,90 ангстрема). Это бета-железо.

Продолжаем охлаждение, спускаемая до 768 градусов: бета-железо перешло в альфа-железо. Решетка остается такой же, но сторона куба уменьшилась (она равна 2,88 ангстрема). После этого кристаллическая решетка стабилизуется.

Итак, кристаллы железа в разных условиях имеют различное строение: атомы, из которых состоят кристаллы, уложены то очень плотно, то между ними большие пустые пространства (большие по отношению к размеру всего куба). При переходе из состояния «гамма» в «бета» или «альфа» объем металла вырастает. Свойства каждой из разновидностей железа различны. В одном случае в железе растворяется много углерода, в другом — мало, в одном случае оно становится магнитным, в другом — немагнитным.

Догадки Д. К. Чернова развиты в научную теорию о состоянии железных сплавов. Диаграмма железо — углерод, на которой показаны все превращения, происходящие в сплавах железа с углеродом,— это путеводная звезда, «лоцманская карта» металловеда.

Свойства стали определяются не только химическим составом, но и физическим состоянием. Аустенитная сталь (по имени английского ученого Аустена) — это раствор углерода в гамма-железе. Атомы железа в этом случае расположены по углам куба и в центре каждой грани, в центре куба — углерод.

Такой же твердый раствор углерода в альфа-железе дает стали структуру, носящую название мартенсит (по имени

---

* Ангстрем — одна стомиллионная сантиметра.

французского ученого Мартенса). Переход из одного состояния в другое может регулироваться. Для этого имеется много средств. Методы термической обработки стали многообразны, и выбор того или другого зависит от поставленных целей.

Так удалось найти средство предопределения тех или иных свойств железных сплавов. Однако достаточно ли этих средств, чтобы железо приобрело любые, заранее заданные свойства?

Нет, недостаточно!

Стало быть, невозможно получить материал с заранее заданными свойствами? Такой вывод преждевременен. Имеются другие средства регулирования свойств железных сплавов.

Глава десятая



Витамины железных сплавов

Большинство горных деятелей и металлургов России XIX в. воспитывалось в Петербургском горном кадетском корпусе, впоследствии преобразованном в Горный институт. Учился в нем и уже известный нам П. П. Аносов. Юноши в то время увлекались историческими романами Вальтера Скотта. В одном из них рассказывалось о встрече английского короля Ричарда Львиное Сердце с султаном Саладином. Они заспорили: чей меч лучше. Чтобы доказать преимущество своего меча, английский король, как повествует писатель, разрубил им железную балку, при этом на лезвии не осталось ни малейшей зазубринки. Султан вынул свой булатный мечь, подбросил в воздух платок из тончайшего шелка, взмахнул меч — и платок оказался рассеченным. Король был в недоумении. Он решил, что султан над ним посмеялся, и уж было обиделся. Тогда Саладин предложил Ричарду попытаться своим мечом

рассечь такой же платок. Сколько Ричард ни старался, ничего не выходило: меч его был не настолько острым, чтобы на весу перерезать такую тонкую ткань. Оказалось, что это гораздо труднее сделать, чем разрубить кусок железа.

У сведущего в металлах человека этот эпизод может вызвать серьезные недоумения, но оставим на совести романиста достоверность этой истории.

НЕВЕДОМЫЙ ОКЕАН

С давних, очень давних времен булатная сталь считалась лучшей в мире. Однако тайна ее изготовления была потеряна и восстановить ее не удавалось. Разгадкой тайны булата занимались ученые многих стран, но ничего добиться не удалось. Не только из романов Вальтера Скотта Аносов узнал о булате: в музеуме Горного корпуса имелись изделия из булата и юноша часто останавливался у витрин, чтобы рассмотреть причудливые узоры на клинках из булатной стали. А поступив на службу на Златоустовский завод, где изготовлялось холодное оружие для русской армии, Аносов поставил себе задачу — доискаться до тайны булата. Впоследствии в своем сочинении «О булатах» Аносов писал, что предпринятое им дело напоминает «океан, который надлежало переплывать многие годы, не приставая к берегу и подвергаясь различным случайностям».

Некоторые писатели, не удосужившись познакомиться с архивными материалами, выдумали легенду, что для того, чтобы отыскать тайну булата, Аносов будто бы отправился, переодевшись нищим, в восточные страны. В этом нет ничего сколько-нибудь похожего на правду. Аносов вел исследования по всем правилам науки.

Изучая природу булатной стали, П. П. Аносов в 1831 г. сделал первую в мире попытку исследовать строение металла при помощи микроскопа *.

Знаменитый английский физик Майкл Фарадей пришел к выводу, что секрет особых свойств булата в том, что к сплаву примешаны алюминий или платина. Это натолкнуло Аносова на мысль сделать разные присадки к стали. Так была начата серия опытов, чтобы установить влияние различных химических элементов на свойства стали. Это были первые в мире

* П. П. Аносов пользовался биологическим микроскопом, предназначенным для наблюдения прозрачных предметов в проходящем свете, и картина, увиденная Аносовым, давала лишь отдаленное представление о строении металла. Лишь спустя почти семьдесят лет — в 1897 г. — французский ученый Ле Шателье сконструировал специальный микроскоп для наблюдения непрозрачных тел в свете, отраженном их поверхностью, — прототип современных металломикроскопов.

научные наблюдения над свойствами сплавов железа с углеродом и другими элементами. Так заложено было начало изготовления легированных сталей *.

Результаты своих наблюдений Аносов тщательно заносил в «Журнал опытов». Он прибавлял к стали хром, марганец, титан, платину, серебро, золото и другие химические элементы. Так, во время тридцать шестого опыта он прибавил в шихту 1% марганца. По испытании сталь оказалась «несколько крепкой». Во время следующего опыта Аносов увеличил порцию марганца в полтора раза, сталь получилась «лучше прежней». Прибавление 2% марганца еще улучшило качества стали. «Сталь весьма хороша,— отмечал Аносов в своем «Журнале опытов»,— и по ковкости и по остроте».

УПРАВЛЕНИЕ СВОЙСТВАМИ СПЛАВОВ

Человечество тысячелетия имеет дело со сплавами, а не с чистыми металлами. Например, латунь была получена благодаря тому, что древние металлурги не умели отделить цинковую руду от медной. Бронза — это сплав меди с оловом.

Но прежде всего надо уяснить себе, что такое сплав и в чем его отличие от химического соединения? Когда два или несколько элементов между собой химически соединяются, они образуют новое вещество с новыми свойствами, оно совершенно однородно во всех своих частях. Составляющие элементы обязательно входят в каждую, самую мельчайшую частицу нового вещества и в одном и том же строго определенном и постоянном весовом соотношении. Составляющие сплава химически не соединяются, а растворяются друг в друге, как сахар в воде. И подобно тому, как существует предел насыщения воды сахаром, солью и так далее, так и металлы обладают ограниченной растворимостью. При смешении большинства металлов, находящихся в расплавленном состоянии, образуются однородные жидкие растворы. Но есть и исключения из этого правила. Некоторые металлы практически не растворяются друг в друге, например железо и свинец; при смешении таких металлов образуются два жидких слоя, как вода и масло.

Строение сплава зависит от предела растворимости одного из них в другом. Скажем, к расплавленному металлу *А* прибавляется расплавленный металл *Б*. Если количество металла *Б* не превышает предела его растворимости в металле *А*, то образуется однородная жидкость, т. е. однородный жидкий

---

* Легировать — связывать, соединять, вводить в основной металл для улучшения его свойств добавки другого. Стали делят на низколегированные, т. е. с незначительными добавками, и высоколегированные.

раствор — одна фаза. Если же количество металла *Б* превышает его предельную растворимость, то жидкость разделяется на два слоя — один слой будет представлять насыщенный раствор металла *Б* в металле *А*, а другой — насыщенный раствор металла *А* в металле *Б*. По мере охлаждения он застывает и растворенный элемент полностью или частично кристаллизуется в элементе-растворителе, его кристаллы располагаются между кристаллами или зернами другого элемента. Получается механическая смесь кристаллов разных элементов, настолько тонко перемешанная, что при рассмотрении невооруженным глазом она представляется совершенно однородным телом.

Уяснение этого коренного отличия раствора от химического соединения необходимо для того, чтобы правильно оценить значение сплавов в борьбе за материалы с заранее заданными свойствами. Выдающееся значение опытов П. П. Аносова в том и состоит, что он указал, как те или иные добавки к стали влияют на ее свойства. Но и сама сталь это ведь не химическое соединение, а раствор углерода в железе. Степень насыщенности железа углеродом оказывает влияние на свойства этого сплава. Прибавление в раствор других элементов позволяет получить более сложные растворы с новыми свойствами.

Учение о растворах — самостоятельная ветвь металловедения и мы не будем дальше на этом подробно останавливаться. Напомним только о трудах советского ученого Н. С. Курнакова (1860—1941), создавшего науку о физико-химическом анализе, с помощью которого устанавливается зависимость между составом и свойствами сплавов и растворов. Это намного облегчило задачу отыскания материалов, обладающих нужными свойствами.

В изучении теоретических основ создания различных сплавов важное значение имели работы советских металловедов, работы академиков Г. В. Курдюмова, Н. Т. Гудцова, А. А. Бочвара, а также ряда ученых других стран.

ВСЕ ЭЛЕМЕНТЫ!

В настоящее время известны уже не только существующие в природе 92 элемента периодической системы элементов, но и 11 искусственно полученных «зауральных» элементов, также включенных в систему Менделеева. А ведь всего лишь четыре-пять веков назад представления о строении веществ были крайне ограниченными. Алхимики, например, считали, что существуют только семь металлов. Высмеивая убеждения алхимиков, русский ученый, народоволец Н. А. Морозов писал:

Семь металлов создал свет,
по числу семи планет.
Дал нам космос на добро
медь, железо, серебро,
злато, олово, свинец...
Сын мой! Сера их отец!
И спеши, мой сын, узнать:
Всем им ртуть родная мать.

Чем более совершенствуется техника, тем более разнообразные требования предъявляются к материалам. Почти ни один химический элемент не обойден вниманием. Для изготовления сплавов используют и широко распространенные в природе элементы и редкие. Однако термин «редкий» сплошь и рядом весьма условный. Некоторые элементы были отнесены в группу редких лишь потому, что месторождения этих элементов были неизвестны или их не умели извлекать из химических соединений.

Основные легирующие элементы — хром, никель, марганец, молибден, вольфрам, ванадий, титан и др.

«Конструкторы» сплавов используют все новые элементы для изготовления необходимых сплавов. Видное место среди легирующих добавок заняли ниобий, тантал, цирконий. Ниобий входит в сплавы с высокой жаропрочностью, необходимой для роторов газовых турбин и реактивных двигателей. Такие сплавы играют немалую роль в создании искусственных спутников и межпланетных кораблей. В производстве инструментов, машин и аппаратов, где особенно важно сопротивление коррозии, вводят тантал. Совсем недавно в сплавы стали вводить бор. Оказалось он увеличивает способность стали к закалке, снижает влияние вредных примесей. Производство сплавов — одна из важнейших отраслей металлургии.

Мы рассказали о сложных высоколегированных сталях. Но и незначительная добавка широкодоступных элементов придает стали исключительно ценные свойства, повышает ее прочность. Почти во всех отраслях народного хозяйства применяется так называемая низколегированная сталь, которая обладает более высокими механическими свойствами, менее подвержена коррозии и старению, чем обыкновенная углеродистая сталь.

А кто не знает, что такое коррозия!

ОПАСНЫЙ ВРАГ ЖЕЛЕЗА

«Ржа железо ест»,— говорит народная пословица. Но вряд ли многие представляют себе весь вред, который приносит ржавчина. Он настолько велик, что кое-кто договорился даже

до того, что коррозия является тем методом, которым природа доказывает, что человек как строитель индустриальной цивилизации вовсе не так всемогущ, как ему кажется. Природа-де ехидно подшутила над человеком, устроив так, что многие из металлов, наиболее стойких против коррозии — палладий, платина, радий, иридий и золото — редки и дороги и хотя бы поэтому не могут быть использованы в промышленных конструкциях и машинах, а наиболее распространенный — железо — при соприкосновении с воздухом, водой или газами быстро соединяется с содержащимся в них кислородом, т. е. ржавеет.

С тех пор как железо получило более или менее широкое распространение, и началась борьба с коррозией. Однако ежегодные потери от коррозии и затраты на разные мероприятия, в той или иной мере защищающие от нее, чрезвычайно значительны.

Наиболее распространенным методом борьбы с коррозией является покрытие металла защитным слоем. Железо красят, лудят, цинкуют. Свыше 500 млн. литров специальной краски ежегодно потребляется для предохранения железных изделий от воздействий атмосферы. Но ржа находит все же уязвимые места и беспощадно разрушает металл.

Оказывается, что добавление в состав стали даже незначительного количества хрома делает ее устойчивой против окисления. Сталь, содержащая 10 и более процентов хрома, становится нержавеющей. Такая сталь оказывается как бы одетой в тонкую рубашку, защищающую ее от агрессивных намерений кислорода. Если под влиянием каких-либо внешних причин «рубашка» разрушится, тотчас образуется новая.

Сталь с таким большим содержанием хрома относительно дорога и применяется в редких случаях. Но не только хром может защищать от коррозии. Довольно устойчивы против коррозии в воздухе и воде низколегированные стали, содержащие медь и фосфор или никель и медь. Срок службы таких низколегированных сталей в 2—5 раз больше срока службы обыкновенной углеродистой стали или листов из мягкого железа.

Борьба с коррозией — специальная область, которой заняты металлурги и химики. Достигнутые успехи позволяют высказать уверенность, что и на этом участке человек не спасует.

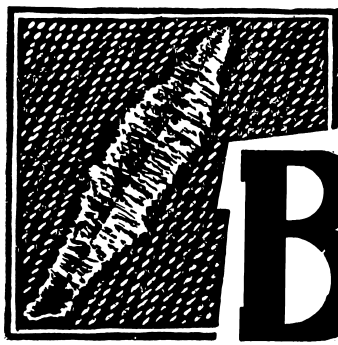
* *
*

...Так, шаг за шагом, раскрывались возможности, скрытые в веществах, которыми нас одарила природа, и в комбинациях этих веществ — в сплавах. Создание новых сплавов перестает быть предметом слепого «поиска». Создание сплавов, внедре-

ние в сталь небольших доз других элементов (этих своеобразных витаминов) значительно расширили возможности получения материала с заранее заданными свойствами.

Однако удалось ли раскрыть все возможности, которые таят в себе природные вещества и сплавы из них? Тысячи лет люди пользуются разными металлами и сплавами, но они не имели даже отдаленного представления о причинах, обусловливающих их свойства, делающих тот или иной сплав более или менее прочным. Эти тайны стали открываться лишь несколько десятилетий назад, и это связано с успехами, достигнутыми в изучении атомного строения вещества. На этом надо остановиться подробнее, так как на этом пути открывается возможность значительно поднять потолок прочности металлов и сплавов, возможность решения проблемы получения материалов с заданными свойствами.

Глава одиннадцатая



В МИРЕ КРИСТАЛЛОВ

За одно последнее столетие удалось значительно больше узнать о природе металлов, чем за тысячелетия, в течение которых человек использует металлы. Но оказалось, что, несмотря на широкое применение высокочувствительных (электронных) микроскопов, наши познания о металлах (и вообще о веществах) все еще поверхностны в прямом смысле этого слова. Чтобы удовлетворить разнообразные и часто противоречивые требования, которые конструкторы машин, химики, архитекторы, строители предъявляют к материалам, надо знать законы, управляющие свойствами материалов, а это, как писал всего сорок лет назад один из крупнейших физиков нашего времени академик А. Ф. Иоффе (1880—1960), оставалось «темной страницей науки». Лишь в последние десятилетия в разрешении тайны строения металлов удалось сделать такой значительный шаг вперед, что управление свойствами перестает быть мечтой.

Как к этому пришли?

КАК ПРОСВЕТИЛИ КРИСТАЛЛ?

Известно, что вещества отличаются по своему строению: одни кристалличны, другие — аморфны. Еще недавно к кристаллическим телам относили небольшое число веществ. Объясняется это тем, что не существовало необходимых средств, чтобы «рассмотреть» строение материи. Теперь они имеются. Удалось установить, что кристаллическое строение — это не исключительное, а нормальное состояние твердой материи. Только немногие тела составляют исключение. Этот вывод — результат более чем трехсотлетних трудов ученых, занимавшихся изучением природы вещества. Но не сама по себе геометрическая форма кристаллов интересовала ученых. Интуиция естествоиспытателей подсказывала им, что существует связь между формой и свойствами. Чтобы найти эту связь, надо было проникнуть в недра кристалла, изучить его строение, определить, какие силы удерживают атомы кристаллов на своих местах.

Изучение строения металлов и других твердых тел стало возможным благодаря открытию в 1895 г. рентгеновских лучей и явления дифракции *. В первые десятилетия нашего века был сделан еще ряд новых важных открытий, позволивших создать так называемый рентгеноструктурный метод, с помощью которого можно было не только рассматривать строение поверхности металла, как это делается металломикроскопами, но и просветить металл на глубину.

Вторую часть задачи — определение сил, удерживающих атомы кристалла на своих местах,— решил знаменитый физик Макс Борн. Результаты сделанных им расчетов оказались ошеломляющими и потому казались неправдоподобными. По расчетам М. Борна, теоретическая прочность оказалась в сотни раз больше максимальной фактически достигнутой.

Так не ошибочны ли данные, полученные в лабораториях по техническим испытаниям? Применявшиеся для этой цели измерительные приборы были проверены и усовершенствованы. Одинаковые кристаллы неоднократно испытывались на разных приборах, разными способами. И все же фактическая прочность кристаллов порой оказывалась в сотни раз меньше той, которой, согласно расчетам, должен обладать кристалл.

Так может быть расчеты были неверны?!

В начале двадцатых годов А. Ф. Иоффе в только что созданном Физико-техническом институте поставил ряд остроумных экспериментов, которые пролили на этот вопрос свет. Эти опыты вошли в историю физики. С помощью рентгенов-

* Явление дифракции заключается в огибании световыми, звуковыми, рентгеновскими и другими волнами встречных преград.

ских лучей Иоффе наблюдал разрушение кристаллов каменной соли, а путем непосредственных измерений подтвердил теоретические расчеты Борна: нагрузка, при которой наступает разрыв кристалла, действительно очень мала по сравнению с вычислениями теории.

Комментируя полученные результаты, А. Ф. Иоффе пришел к такому выводу: «Одно из важных объяснений того, что реальная прочность на разрыв так мала по сравнению с теоретической — это предположение, что разрыв никогда не происходит сразу по всему сечению, а начинается с маленькой трещинки, которая, углубляясь, все далее разделяет кристалл на две части... С целью по возможности устранить существующие на поверхности трещины и предотвратить их образование мы погрузили кристалл каменной соли в горячую воду, которая быстро растворяла и постоянно обновляла его поверхность. Действительно, прочность при этом повысилась во много десятков раз... Под водой соль оказалась уже не хрупкой, а, наоборт, чрезвычайно пластичной».

Другой опыт, осуществленный Иоффе, состоял в следующем. Из каменной соли вытачивали шарик, который предварительно охлаждали в жидком воздухе. Затем его внезапно переносили в расплавленное олово или свинец. Внешние слои шарика быстро нагревались, тогда как центральная часть оставалась еще совсем холодной. Напряжение в центре шарика достигало десятков килограммов на квадратный миллиметр, и тем не менее он не разрывался.

Все эти факты показали, что силы, связывающие твердое тело, и на самом деле в десятки раз больше, чем те, которые обычно его разрушают.

Так почему же в обычных условиях кристаллы разрушаются при усилиях, в 50—100 раз меньших?

Чтобы разгадать эту загадку, пришлось вновь вернуться к строению кристаллов и образуемой ими так называемой решетке. Все ли удалось в ней рассмотреть?

В МИРЕ НЕ ВСЕ ИДЕАЛЬНО

Многие из ныне всемирно известных советских физиков были участниками семинара, созданного в двадцатые годы А. Ф. Иоффе. Одним из активных участников этого семинара был Я. И. Френкель. Круг интересов этого выдающегося физика, труды которого известны ученым всего мира, был чрезвычайно широким. Им была разработана и электронная теория твердого тела.

Нарисованная Я. И. Френкелем картина в общих чертах сводится к следующему. Когда металл находится в твердом

состоянии, межатомные расстояния крайне уменьшаются, вследствие чего резко возрастают взаимодействия атомов. Атомы, как известно, являются электрически нейтральными частицами, так как отрицательные заряды электронов, вращающихся вокруг ядра, уравновешиваются его положительным зарядом. При сближении атомов возникает возможность отрыва внешнего электрона (их у металлов не более трех) от одного атома положительно заряженным ядром другого, у этого — следующим и т. д. Возникает положение, когда часть валентных электронов начинает перемещаться вокруг ядер всех взаимодействующих атомов. Происходит как бы их коллективизация всеми атомами данной массы металла. Металл не представляет собой неизменной, застывшей массы; частицы металла находятся в постоянном взаимодействии.

Изучая кристаллическую решетку металлов, Я. И. Френкель пришел к выводу, что в ее строении имеются различного рода дефекты, «несовершенства» и их изучение должно позволить найти объяснение расхождениям между расчетной и реальной прочностью металла.

Еще в тридцатые годы Я. И. Френкель и английский физик Тейлор положили начало изучению «несовершенств» в строении металла. Вопрос был поставлен по-новому. Предположения ученых подтвердились. Оказалось, что дефекты кристаллической решетки не остаются неподвижными, а при их перемещении происходит смещение частей кристалла. Возникло учение о так называемых дислокациях в металле.

ФИЗИКИ ВЕРЯТ ФАКТАМ

Прошло немало времени, прежде чем удалось «увидеть» дислокации. Это было время ожесточенных дискуссий. Первые подтверждения теории дислокации были получены косвенным путем — при протравливании поверхности металла некоторыми кислотами обозначались пятна; они появлялись в местах выхода дислокаций. В 1956 г. английскому ученому Ментеру удалось при помощи электронного микроскопа непосредственно наблюдать дислокации. Наблюдения он делал над некоторыми металлоорганическими соединениями — фталоцианидами платины и меди. Соединения эти отличаются тем, что их кристаллическая решетка образуется не атомами, а сравнительно большими молекулами, и поэтому примерно в десять раз крупнее обычной решетки металлов. Ментеру удалось получить на электронных микрофотографиях четкие полоски — изображение атомных (или в данном случае молекулярных) плоскостей, отстоящих друг от друга примерно на 12 ангстрем. На этих фотографиях можно было наблюдать так называемые краевые дислокации.

Один за другим появились методы распознания дислокаций. В Институте кристаллографии Академии наук СССР был заснят спиральный рост дислокаций. Таким образом, то, что вчера еще было гипотезой, стало физической реальностью.

Открытие дислокаций, по меткому выражению академика Г. В. Курдюмова, объяснило, почему металлы слабы.

Но как добиться, чтобы они стали более прочными? Первый вопрос, который возникает: часто ли встречаются дислокации в кристаллах? Увы, ответ неутешительный. Например, количество дислокаций на квадратный сантиметр стали выражается числом с восемью и даже девятью нулями, т. е. на один квадратный сантиметр приходится от 100 миллионов до миллиарда дислокаций. Словом, металл густо «населен» дислокациями.

После этого, казалось бы, остается только развести руками — ничего не поделаешь, придется по-прежнему делать тяжелые неуклюжие машины, «запасать» прочность мостов, строений. Но с языка вот-вот хочет сорваться и действительно срывается еще один вопрос. Он кажется наивным и, пожалуй, даже смешным: а в природе встречаются идеальные кристаллические построения, без дефектов, без всяких дислокаций и зацеплений?

Оказывается, да. Стало быть, бездислокационный металл вовсе не фантазия?

Выращивание бездислокационных кристаллов в настоящее время принимает широкий размах. «Дело это уже выходит за пределы лабораторных опытов и приняло промышленный характер»,— сказал член-корреспондент Академии наук СССР, один на видных советских металловедов И. А. Одинг.

Как же было открыто существование бездислокационных кристаллов?

КОВАРНЫЕ ВОЛОСИКИ

Произошло это случайно и, как часто бывает, неожиданно. Во время второй мировой войны и в последующие годы были случаи выхода из строя различного рода электронных устройств, конденсаторов, кабелей, находившихся на вооружении английской армии. Часто «срастались» детали, которые даже не касались друг друга. Причины этого сначала показались загадочными. Исследования показали, что виновниками этих неприятностей (порой очень больших!) были мельчайшие нитевидные кристаллики, выраставшие на покрытиях тех или иных частей конструкций. Образовавшиеся таким образом металлические волосики были толщиной 2—3 микрона и длиной 200—300 микрон. Особенно густой «волосяной» по-

кров оказывался на тонких покрытиях цинка, олова, кадмия, нанесенных на другие металлы в целях их защиты. Защита, таким образом, оказалась предательской. Выросшие «волосики» были очень колючими и они иной раз продырявливали стеклянные колбы. Исследуя это явление, ученые начали присматриваться к поверхности других металлов — волосяной покров был обнаружен не только на цинковых или оловянных покрытиях, но и на других металлах, а также на окислах металлов, на многих органических и неорганических твердых веществах кристаллического строения.

Исследования продолжались. Производственники торопили ученых. Из действующих частей армии приходили все новые и новые сигналы о выходе из строя электронных систем. Оказалось, что волосики эти не что иное, как монокристаллы (т. е. отдельно взятые кристаллы). Их испытания показали, что они обладают сверхвысокой прочностью, близкой к теоретической или даже равной ей. Объяснить это можно было тем, что эти кристаллы без дефектов.

Тогда вспомнили, что о нитевидном росте кристаллов писалось давно, сведения эти почти трехсотлетней давности, но никто на это не обратил никакого внимания. Так выплыли на свет божий металлические бездислокационные кристаллы, получившие сначала в английской научной литературе, а затем и всюду название «усов».

«УСЫ»

Нитевидные кристаллы с прочностью, близкой к теоретической, в настоящее время получены из различных материалов с различными типами межатомных связей и кристаллических структур. В кристаллах кремния достигнута теоретическая прочность. Показатели, близкие к теоретической, дали «усы» чистого золота, предел прочности удалось поднять с 25—30 до 1000—1300 килограммов на квадратный миллиметр. В Институте металлургии им. А. А. Байкова удалось получить нитевидный кристалл железа с прочностью в 1340 килограммов на квадратный миллиметр, что близко к расчетному. Для меди предел прочности в тонких нитевидных кристаллах поднялся с 25—30 до 350 килограммов на квадратный миллиметр.

Открылись новые качества, новые свойства металлов. Бесспорный факт, что эти свойства возникли не случайно, они не благоприобретенные, а материнского происхождения. Такова сама природа кристаллических веществ, но мы их до сих пор не знали.

«Усы» — это кристаллы без дефектов. Все атомы в этих кристаллах на своих местах. Кристаллическая решетка без-

укоризненна. В вершинах фигуры, в центре, на гранях — всюду, где им полагается, сидят атомы, и никаких «дырок», никаких блуждающих атомов, никаких посторонних жильцов.

Вот каков он — идеальный, бездислокационный металл.

Монокристаллы — «усы» вызвали огромный интерес. В научных институтах почти всех стран мира взялись за выращивание «усов»

Не будем здесь описывать технику получения «усов». Скажем только, что это тончайшая работа, требующая высокой точности и искусства. Свойства нитевидных кристаллов зависят от многих факторов. Малейший недосмотр, и в кристалле возникнут дислокации, он потеряет свои ценные свойства.

Почему же вокруг «усов» возник такой ажиотаж? На что, собственно, они годятся? Разве дело только в том, что эти крохотные тельца доказывают безошибочность теоретических предположений ученых? Вопрос о практическом использовании «усов» возник чуть ли не в тот самый момент, когда удалось разузнать, что это за странные волосики выросли на электронных приборах, что это за «щетина».

«Усы» нашли применение в разных областях техники, их значение возрастает с каждым днем. Они не заменимы при экспериментах, требующих особо чистых монокристаллов известной ориентации. Никаким другим способом нельзя получить материалы сверхвысокой чистоты. Но значение «усов» этим не ограничивается. Теперь уже имеются основания рассчитывать, что удастся создать материалы исключительно высокой прочности и это позволит коренным образом изменить весовые характеристики различных средств техники. Такие перспективы не за горами.

КАК ПОДАВИТЬ ДИСЛОКАЦИИ?

Дислокационная теория открыла и другие возможности намного повысить прочность металлов и сплавов. Теоретическая прочность может быть достигнута в тех случаях, когда кристаллы практически не содержат дефектов, дислокаций, но оказывается, что кристаллы, которые содержат большое число дефектов, намного более прочны, чем кристаллы, так сказать, умеренно насыщенные дислокациями. Взаимозависимость между прочностью металлов и сплавов и насыщенностью их дислокациями наглядно видна на кривой, на оси абсцисс которой отложена плотность дислокаций, а на оси ординат — сопротивление деформации. Минимальная прочность определяется некоторой критической плотностью дислокаций, порядка 10^7—10^8 дислокаций на квадратный сантиметр. По мере уменьшения плотности дислокаций прочность увеличивается, достигая максимума в бездислокационном материале . Но и

увеличение числа дислокаций ведет к повышению прочности. Правда, правая ветвь кривой, отражающая рост числа дислокаций, более пологая, чем левая, и она до теоретического потенциала не поднимается, но потолок ее во много выше, чем ныне достигнутый предел прочности.

Определились два направления дальнейшего увеличения прочности. Одно — выращивание «усов». Наивысшая теоретически возможная прочность в этом случае достигается путем выращивания кристаллов металла идеально правильного кристаллического строения. Однако в этом направлении сделаны пока первые шаги. Пройдет, вероятно, много времени, прежде чем такой металл сможет получить широкое применение. Неясно еще, как это произойдет. Разработка методов получения сверхпрочных металлов идеального строения — это задача со многими неизвестными. А то, что в этом отношении достигнуто, ничтожно мало.

Другое направление, как мы убедились, прямо противоположное первому, и состоит в увеличении числа дефектов строения, т. е. в усилении степени нарушения атомнокристаллического строения металла. Пути достижения этого весьма многообразны. Фактически все давно используемые на практике методы повышения прочности металлов—термическая обработка, легирование, холодная деформация, наклеп, а также недавно разработанные методы — термомеханическая и магнитная обработка, облучение ядерными частицами и др.— приводят к усилению нарушений в атомнокристаллической решетке и вследствие этого к повышению прочности. Задача сводится к тому, чтобы создать в металле желательную дислокационную структуру. Этим путем удалось уже получить сталь с прочностью 400—500 килограммов на квадратный миллиметр и «отрегулировать» другие свойства металла. Об этом и говорил на XXII съезда КПСС президент Академии наук СССР М. В. Келдыш:

«Разработка физической теории пластичности и прочности твердых тел уже дала ряд результатов по созданию высокопрочных материалов, пригодных для длительной эксплуатации под большими нагрузками, при высоких температурах и больших скоростях нагружения. Получен ряд материалов, во много раз более прочных, чем обычно применяемые. Методы термомеханической и термомагнитной обработки позволят в два раза повысить прочность готовых стальных изделий. Управление расположением «дислокаций» в металле дает возможность в 20—30 раз удлинять сроки службы деталей, работающих при высоких температурах. Проведены исследования, которые позволяют надеяться получить изделия из металлов с прочностью межатомных связей, превышающей в сотни раз прочность обычных».

ПОТОЛОК ПРОЧНОСТИ ПОДНИМАЕТСЯ

Опыты А. Ф. Иоффе с кристаллами каменной соли, проведенные сорок с лишним лет назад, вызвали в зарубежной печати поток сенсационных статей. Иоффе высмеял авторов этих статей, метко и иронически заметив, что они пишут «без того, чтобы кто-нибудь знал точно, в чем дело».

...Используя различные методы обработки металлов — давно известные и новые,— удалось получить сталь (и другие сплавы), обладающую гораздо более высокой прочностью, чем ранее применявшаяся. Потолок прочности поднимается. Задача теперь состоит в том, чтобы найти наилучшие решения. Предстоит большая работа, но это уже поиски не вслепую.

Металловеды уверены, что в ближайшее время (заметьте, в ближайшее!) удастся достигнуть очень высоких показателей прочности сравнительно простых по составу сталей, и откроются новые широкие области применения высокопрочных сталей.

Глава двенадцатая



НОВЫЕ ПРОЕКТЫ И... ФАНТАЗИИ

Путь от железной руды до рельса или стального листа, как мы убедились, сложный, извилистый. В доменной печи углерод отнимает у железной руды кислород, но железо в то же время излишне насыщается углеродом; затем мы используем кислород для получения стали. Много столетий люди искали наилучших методов превращения чугуна в сталь. Полученная тем или иным путем сталь в свою очередь проходит сложный и долгий путь. На каждом этапе потери — теряется тепло, металл превращается в окалину, т. е. снова соединяется с кислородом. А сколько лишних перевозок, какая огромная загрузка транспорта!

И это только бросающиеся в глаза противоречия. Достаточно задуматься над существом процессов, чтобы обнаружились еще более серьезные несуразности. В доменную печь вдувают нагретый воздух — чем больше дутья принимает домен-

ная печь, тем лучше идет плавка. Но для успешного хода доменного процесса нужен не воздух, а лишь составная часть его — кислород. На самом же деле в доменную печь вместе с каждой молекулой кислорода поступает около четырех молекул азота.

Какую же роль азот играет в домне? Ни в каких химических реакциях он не участвует, а между тем на его обогрев тратится тепло. Масса азота подпирает шихту и задерживает ее опускание в горн. Выходя из печи, азот увлекает с собой пылеватую руду, т. е. уменьшает количество железа в домне. Выходит, что азот только мешает работе домны.

Обогащение дутья кислородом оказалось весьма эффективным. Но это ведь только «поправка» к действующему, все еще несовершенному процессу восстановления железа. И на всех других этапах ныне действующего металлургического цикла (в мартеновском переделе и особенно, как мы видели, в конвертерном) кислород играет роль интенсификатора.

Существующий ныне двухступенчатый метод получения железа и сплавов можно и должно усовершенствовать. Первейшая задача — *превратить его из периодического в непрерывный.*

Металлургический завод непрерывного действия рисуется в виде цепи аппаратов, связанных металлопроводами — трубами для непрерывного движения металлов.

Посмотрим, насколько мы готовы к такому решению.

Началом металлургического цикла надо считать обогатительную фабрику. В переработке, обогащении и агломерации сырой железной руды достигнута та степень механизации и автоматизации, которая способна обеспечить непрерывность. Остается сделать совсем немного, чтобы вывести из обогатительных и агломерационных фабрик рабочий персонал, оставив там лишь наладчиков, электриков, контролеров. В этом звене внедрен поток, процесс осуществляется непрерывно. При транспортерной системе загрузки доменной печи достигается непрерывность и на участке от бункеров обогатительной фабрики до колошника домны. Последуем дальше.

Чтобы печь работала, как автомат, необходимо прежде всего обеспечить четкое управление сходом материалов, рациональное распределение их в столбе шихты. Для этого надо добиться стандартизации химико-технологических процессов. Математизация процесса и передача управления доменной печью электронно-вычислительной машине обеспечат ровный ход печи, т. е. в единицу времени будет проплавляться совершенно одинаковое количество сырых материалов. Тогда удастся получить ровную струю металла.

Струя металла! Мы у одного из кордонов, где металлургический процесс прерывается. Сейчас выпуск чугуна из до-

менной печи производится периодически. А почему не выпускать чугун непрерывно?

Несколько лет назад на это ответили бы так: надо, чтобы в печи накопилось достаточно металла. Все это было справедливо, когда производительность печей была относительно небольшой. Сейчас у нас действуют доменные печи объемом более двух тысяч кубометров, а на очереди постройка еще более мощных печей. В металлоприемник такой печи каждую минуту поступает около трех-четырех тонн восстановленного металла. Что мешает непрерывному выпуску чугуна? Крупнейшие специалисты — и отечественные, и иностранные — пришли к единодушному мнению, что непрерывный выпуск чугуна — задача вполне реальная.

Чугун выпускают в ковши, приводимые в движение паровозами или тепловозами. Ковши эти отражают типичные черты прерывного процесса. Именно прерывность процесса заставила отказаться от огромного преимущества, которое дает сама природа жидкости. Нефть и нефтепродукты транспортируют по трубопроводам, протянувшимся на тысячи километров. А почему подвижный, жидкий чугун каждый раз вливают в сосуд и в нем транспортируют? Скажут, чугун сам не потечет, придется поднять доменную печь на большую высоту, чтобы создать перепад. Но это не столь непреодолимое препятствие. Думается, однако, что к этой мере не придется прибегнуть: индукционный насос поможет «перегнать» жидкий чугун на такое расстояние, на какое потребуется.

Каков же дальнеший путь металла? Он не может и не должен остаться таким, как он есть. Совмещение кислородных конвертеров с установками непрерывной разливки стали — хорошая основа для создания завода непрерывного действия. Возможны и другие решения. Одно несомненно — блюминги и слябинги должны быть изъяты из непрерывного процесса. Операции обжима (или ковки) слитка со временем станут излишними. Не научившись управлять физическими процессами кристаллизации, пытались грубым механическим воздействием сделать слиток более плотным. Слиток нагревают, размягчают и затем на него наваливаются многими тысячами лошадиных сил, чтобы переломить непомерно выросшие кристаллы, раздавить внутренние пузыри. При этом, довольно значительную часть только что сваренного металла приходится возвращать на переплав. В век, когда мы учимся управлять микромиром, сохранение обжима — дань прошлому.

Главные трудности создания металлургического завода непрерывного действия — в среднем звене. За этим следует «зеленая улица» — прокатка на станах непрерывного действия.

Намечаются и принципиально новые методы формования металла. Советский ученый ленинградский физик А. В. Сте-

панов выдвинул принцип использования для формования капиллярных сил натяжения жидкость. Экспериментируя с легкими металлами, ему многое удалось. Может быть характерно то, что Степанов не металлург и что новые пути металлургии намечаются в лабораториях учебного заведения, готовящего педагогов и весьма далекого от металлургического производства.

Итак, соединение ныне разрозненных процессов периодического действия в единую поточную непрерывную систему принципиально возможно. Для этого надо только шире, чем до сих пор, использовать достижения науки и техники.

Металлургический цикл сейчас напоминает бурную реку с множеством порогов. Однако наука и техника поднялись настолько высоко, чтобы эти пороги устранить и сделать цикл автоматизированным и непрерывным. Идея полностью автоматизированного металлургического завода — отнюдь не фантазия. Компетентные специалисты считают, что создание полностью автоматизированного непрерывного процесса для получения сортового металла — задача ближайшего десятилетия. Но это все же будет завод с двухступенчатым процессом.

* *
*

А долго ли еще просуществуют доменные печи? На этот вопрос отвечают по-разному. Авторитетные ученые — отечественные и иностранные — утверждают, что, по крайней мере, в ближайшие полвека, а может быть и дольше сохранится окольный, двухступенчатый путь получения железа.

Размышляя о вчерашнем и завтрашнем дне металлургии, английский ученый профессор металлургии Лондонского университета Р. Д. Ричардсон говорил: «Хотелось бы знать, устареет ли когда-нибудь доменная печь после того, как она достигла столь высокого уровня развития. Основной причиной, почему это может произойти, является то обстоятельство, что она (печь) производит не тот продукт, который нужен. Нам не нужно железо, насыщенное углеродом; нам нужна сталь, а сочетание доменного и мартеновского производства не является самым прямым путем ее получения. Однако во многих металлургических процессах наиболее короткий путь не обязательно является самым экономичным».

Поиски путей прямого получения железа ведутся, вероятно, со дня рождения домен. Крупнейшие ученые нашей страны давно уже задумывались над принципиально новым решением задачи получения стали — прямым путем. Это привлекло внимание и таких корифеев науки, как Д. И. Менделеев и Д. К. Чернов.

В конце прошлого века Чернов создал конструкцию доменной печи, из которой можно было бы получить литое железо и сталь.

Д. К. Чернов не имел возможности проверить осуществимость предложенного им решения. Спустя 15 лет после того, как он внес свой проект, Чернов писал: «Вследствие обычной косности наших частных заводов я обратился в министерство торговли и промышленности в надежде получить возможность осуществить предлагаемый способ в упрощенном виде на одном из казенных горных заводов. Однако несмотря на двукратно выраженное тогдашним министром (В. И. Тимирязевым) желание помочь производству такого опыта, вопрос этот встретил неодолимые препятствия среди шкафов и коридоров министерства».

В последние годы значительно усилились работы по прямому восстановлению железа; при этом на переработку употребляют бедные, непромышленные, пылеватые руды с содержанием железа менее 25%.

Однако все, что делается для возрождения одноступенчатого метода восстановления железа, буквально бледнеет перед масштабами современного металлургического производства. И даже в том случае, если новые процессы окажутся рациональными и экономичными, то нельзя забывать о том, что в действующие предприятия двухступенчатого цикла вложены огромные средства. Так, по данным американского экономиста Дж. Уилера, строительство крупного сталелитейного завода требует капиталовложений порядка 650 млн. долларов. Во сколько же оценивается основной капитал мировой металлургии? Но это уже другой вопрос.

* *
*

Техническую мысль нельзя обуздать, она всегда устремлена вперед. Психологи давно заняты решением вопроса, как рождались и рождаются гениальные идеи, но никому еще не удалось ответить на этот вопрос. Можно наверняка утверждать, что технические идеи часто возникают из фантазии. Но равным образом верно и другое утверждение, что научные и технические идеи дают пищу для фантазии. Успехи атомной физики наталкивают на мысль создания так называемой радиационной металлургии.

В интервью, данном для книги «Репортаж из XXI века», академик И. П. Бардин, который известен был как деятель вполне реалистического направления, следующим образом представил процесс получения высококачественных сплавов:

«Я думаю, что на первых порах человек станет «конструировать» с помощью радиоактивного воздействия легированные стали требующегося состава, не вводя в них редких и дорогих легирующих добавок, а создавая их прямо в ковше расплавленной стали из атомов железа, углерода, может быть, серы и фосфора, может быть, из атомов распространенного элемента, специально для этой цели добавленного в расплав. Это можно представить себе так. Движется наполненный до краев ковш с плещущей упругими волнами сталью. На несколько десятков секунд он останавливается около какой-то машины, похожей на те, что применяются в медицине для лечения злокачественных опухолей рентгеновскими лучами. Свинцовая груша со скрытым в ней источником радиоактивного излучения требующегося состава склоняется над ковшом,— и в недрах расплава под влиянием потока лучей совершаются сложнейшие ядерные превращения. Через несколько минут сталь разливают по изложницам, но ее состав уже не тот, что был совсем недавно. И еще несколько дней — уже в затвердевшей стали — будет меняться этот состав, будет происходить под влиянием вызванной облучением собственной радиоактивности изменение химического состава металла. Вероятно, этим же способом — изменением структуры атомных ядер, искусственным превращением элементов — можно будет получать руды редких и рассеянных элементов. Возможно, появится целая отрасль промышленности — радиационная металлургия, которая будет заниматься изготовлением редких химических элементов из более распространенных. Но вряд ли, учитывая всю стремительность технического прогресса, радиационная металлургия разовьется в отрасль промышленности даже к началу XXI века. Это все-таки дело более отдаленного времени».

...Металлургия — одна из древнейших отраслей производства. Пять тысяч лет она совершенствовалась, но и сейчас она стоит перед столь же трудными и захватывающими задачами, как и сотни лет назад. Металлургия ждет своих новых творцов.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Часть первая
ЧЕЛОВЕК СТРОИТ СВОЙ МИР

Глава первая. ТЫСЯЧЕЛЕТНИЕ ПОИСКИ

Требовательный заказчик 5
На заре металлического века 7
Открытие огня и овладение металлами 10
Кто был первым? 11

Глава вторая. ФУНДАМЕНТ ПРОГРЕССА

Эпохи и материалы 13
Добрая и злая сталь 15
Прошлое, настоящее и будущее отечественной металлургии . . . 17
Для человека 21
Сегодня и завтра мировой металлургии 25

Глава третья. КЛАДОВЫЕ СОВЕТСКОЙ МЕТАЛЛУРГИИ

Не угрожает ли человечеству железный голод? 29
Волшебство и... наука 31
Спор великого ученого с царским чиновником 32
От Ледовитого океана до Каспия 34
Железный юг 40
Восточнее Урала 42
Казахстан 45
КМА 46

Часть вторая
ЧЕЛОВЕК ИЩЕТ

Глава четвертая. ОТ СЫРОДУТНОГО ГОРНА ДО ГИГАНТСКОЙ ДОМНЫ

Первые встречи железа и углерода 60
«Живинка в деле» 61
Горн и мехи 62
Две ступени 65
Доменные печи Подмосковья и старого Урала 67
Поиски нового топлива 69
Еще больше воздуха 70
Профиль доменных печей 72

Первые основания научной металлургии 74
Новинка за новинкой 75
Поэт доменного дела 78
Своими путями 84
Доменная печь 85
Глаз, приборы, электроника 92

Глава пятая. ТРУДНАЯ СТУПЕНЬ

Снова поиски 99
Машинный век и сталь 102
Вклад отечественных металлургов 104
Самый быстрый, самый дешевый, самый простой 107
Количество и качество 110
Идея регенерации 111
Первая мартеновская печь в России 113
Сто лет на службе технического прогресса 114
Вторая жизнь конвертерного способа 115
Электрометаллургия 116
За сталь высокой чистоты! 118

Глава шестая. ЕЩЕ БАРЬЕРЫ

Опрометчивый ответ П. М. Обухова 123
Сталь и... лед 124
Сталь и... шампанское 126
Материя с изъянами 127
Разливка 127
Путь, не усеянный розами 129
Бесконечный слиток 131
УНРС 132
На новые пути! 133

Глава седьмая. СТАЛЬНОЙ ПОТОК

Крицы под молотом и в... пасти аллигатора 136
Важные вехи 137
Блюминги и слябинги 138
«Способ проката» 141
Со скоростью курьерского поезда 142

Часть третья

ЧЕЛОВЕК УПРАВЛЯЕТ

Глава восьмая. У ОГНЕННЫХ РУБЕЖЕЙ

Масштабы 148
С точностью часового механизма 150
Питание мартеновских печей 153
Сталевар! 154
Наступление ведет кислород 157
Кибернетика для мартеновских печей 159
У конвертерной реторты 161
Киевское «чудо» 162
Электрические гиганты 163
Тяжелый участок 164
Размышления у мартеновских печей 164
Три «кибернетических кита» 165
У нагревательных колодцев 167
На смену катальщикам 168

Часть четвертая

ЧЕЛОВЕК РАСКРЫВАЕТ ТАЙНЫ ПРИРОДЫ

Глава девятая. ВЛАСТЬ НАУКИ

Древние секреты 176
Гениальная догадка Д. К. Чернова 177
«Лоцманская карта» металловеда 180

Глава десятая. ВИТАМИНЫ ЖЕЛЕЗНЫХ СПЛАВОВ

Неведомый океан 184
Управление свойствами сплавов 185
Все элементы! 186
Опасный враг железа 187

Глава одиннадцатая. В МИРЕ КРИСТАЛЛОВ

Как просветили кристалл? 191
В мире не все идеально 192
Физики верят фактам 193
Коварные волосики 194
«Усы» 195
Как подавить дислокации 196
Потолок прочности поднимается 198

Глава двенадцатая. НОВЫЕ ПРОЕКТЫ И... ФАНТАЗИИ

Автор
ПЕШКИН Илья Соломонович

Редактор издательства *С. И. Венецкий*
Технический редактор *Р. Я. Гинзбург*
Обложка художников *В. Ф. Шаршакова* и
А. И. Гофштейна

Сдано в производство 20/V 1964 г.
Подписано в печать 28/VII 1964 г.
Бумага $60 \times 90^{1}/_{16}$ — 6,50 бум. л. = 13,0
Уч.-изд. л. 12,0
Заказ 376 Изд. № 3873
Т-11713 Тираж 6140 Цена 36 коп.
Тематический план № 194 1964 г.

Издательство «Металлургия»
Москва Г-34, 2-й Обыденский пер., 14

Московская типография № 12
Главполиграфпрома Государственного комитета
Совета Министров СССР по печати
Цветной бульвар, 30

36 коп.