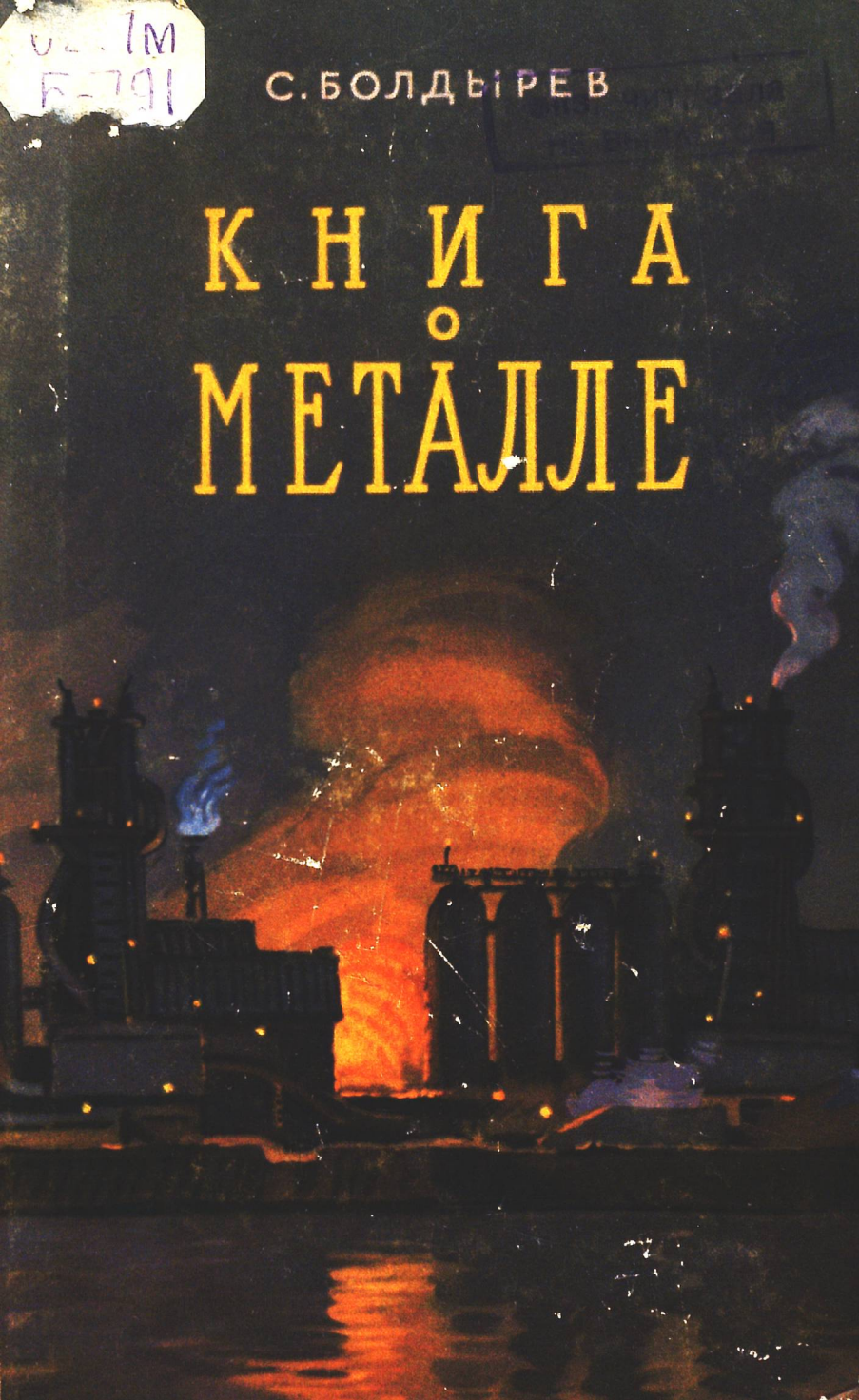
Б-791

С. БОЛДЫРЕВ

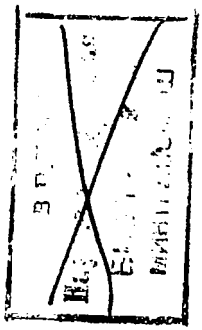
КНИГА О МЕТАЛЛЕ



С. БОЛДЫРЕВ

Библ. чит.

КНИГА О МЕТАЛЛЕ



22210

ИЗДАТЕЛЬСТВО ЦК ВЛКСМ
„Молодая гвардия"
1956

ГОСУДАРСТВЕННАЯ
НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ
БИБЛИОТЕКА СССР

1324/23
59

Научный консультант
кандидат технических наук
И. В. АБРАМОВ

01
9647

ВМЕСТО ВВЕДЕНИЯ

Сколько бы я ни приходил на металлургический завод, волнующее чувство всякий раз охватывает меня там, возле цехов и заводских сооружений, где и землю, и стены, и даже небо над городом красит зарево от расплавленного металла, ночами похожее на зарю пробуждающегося утра. Но только теперь я по-настоящему понял истоки этого чувства. Поэтому сейчас, в самых первых строках книги, я хочу сказать... о мечте.

То, что я назвал коротким словом мечта, можно назвать по-иному: главные планы в жизни, идеалы, за которые борешься, которые отстаиваешь, пробиваешь им дорогу. Без этой борьбы жизнь становится прозябанием или растратой сил по пустякам.

Да, мечта!..

Никогда не сотрется в моей памяти картина строительства крупнейшего завода Сибири — Кузнецкого металлургического комбината, в котором довелось принимать небольшое участие и мне.

Строители жили в землянках и наспех сколоченных бараках. Но по ночам россыпь огней строительной площадки представлялась нам ярким городом с шумными проспектами и широкими витринами магазинов. В дощатых лесах и тепляках мы угадывали контуры будущего завода. Молодежь тридцатых годов строила мечтая. Да без этого, без мечты, и невозможно в буран клепать кожухи домен на верхних ярусах лесов и рыть котлованы в свирепые сибирские морозы.

Недавно ко мне вновь пришло живое ощущение тех беспокойных дней. Коммунистическая партия еще раз подчеркнула величайшее значение для победы коммунизма дальнейшего развития тяжелой индустрии. Укрепляя и развивая тяжелую

индустрию, и прежде всего металлургию, мы строим наше светлое будущее.

Что может быть более вдохновляющим и в то же время более осуществимым, чем такая мечта?

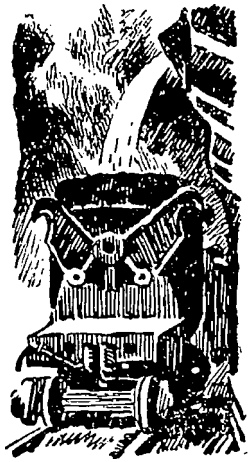
Партия, с железной последовательностью двигая вперед развитие черной металлургии, сумела сомкнуть мечты, идеалы тридцатых годов с еще более смелыми мечтами и делами наших дней.

На советских металлургических заводах претворяются в действительность планы нашей партии. Оттого и рождается здесь удивительное чувство: начинаешь ощущать как бы пульс нашей огромной, стремительной жизни. Ведь там, где советские рабочие и инженеры побеждают огонь, превращая бесформенный кусок руды в тяжелый чугун и крепчайшую сталь, прежде всего там и создается простое и реальное человеческое счастье.

Сталь необходима для постройки жилого дома и электростанции, для изготовления швейной иглы и тепловоза, рельсов и столового ножа. С помощью стальных машин создается нежнейшее одеяние новорожденного и одежда рабочего, выращиваются зерно, овощи и умножаются стада... Сталь, преображенная в оружие и моторы, — это основа защиты Родины от посягательств врага.

Выплавка стали служит самым верным мерилом экономического положения страны. А улучшение экономического положения страны социализма — это рост материального благосостояния ее народа, это новые культурные и материальные потребности людей, это расцвет наук и искусств — духовное обогащение общества. Вот почему я написал эту книгу — книгу о металле, о металлургическом заводе, где совершается одно из самых трудных и сложных человеческих деяний. Это трудно и сложно, но ведь как раз в трудном и есть самое интересное!

Чтобы написать книгу о том, как на наших крупнейших заводах производятся чугун, сталь и прокат, мне пришлось побывать на Магнитогорском металлургическом комбинате, на заводе «Азовсталь», на Макеевском металлургическом заводе в Донбассе, на подмосковном заводе «Электросталь» и московском заводе «Серп и молот». Не могу не принести глубокую благодарность всем тем рабочим, инженерам и ученым, чьи опыт, знания и энтузиазм помогли рассказать о производстве металла на советских заводах. Без помощи металлургов, без их дружеского участия эта книга не вышла бы в свет.



Часть 1

ПЕЧИ ВЕЛИКАНЫ

Глава первая

МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИЙ «КОНВЕЙЕР»

Первый шаг за «волшебной дверью»

Я приезжал на заводы Урала и Донбасса как литератор, но бывало откладывал в сторону блокнот и карандаш, переодевался в заводскую одежду и становился на некоторое время рабочим.

Необыкновенный мир труда у автоматически действующих колоссальных агрегатов, труда, все-таки иной раз и нелегкого, но всегда захватывающе-увлекательного, постепенно раскрывался передо мной. Страница за страницей развертывалась повесть о производстве металла.

Не сразу открывалась истина новичку на заводе. Надо было проверять первые впечатления, уточнять факты. И пусть не посетуют на меня металлурги, если иной раз я назову удивительными простые вещи, примелькавшиеся человеку, имеющему с ними дело каждый день.

Когда я впервые попал на заводскую территорию, мной овладела радость. Она возникла и от свежести раннего утра и от того, что вместе со мной плечом к плечу шло множество людей выполнять большое общее дело...

Это было в 1949 году в Магнитогорске. Я приехал в город металлургов с редакционным заданием написать очерк о ремесленном училище. Очерк не получался. Совсем отчаявшись найти интересный материал, я уже перед отъездом решил посмотреть завод. До того мне не приходилось бывать около домен, мартеновских печей и прокатных станов.

Говорят, смысл жизни заключается в том, чтобы смело открывать одну волшебную дверь за другой. Такой вот волшебной дверью неожиданно для меня и оказалась проходная магнитогорского завода.

По ту сторону проходной встал громадный, непонятный еще тогда для меня в своих подробностях металлургический завод. Синеватый утренний туман чуть скрадывал далекие силуэты неправдоподобно больших башен доменных печей. Трубы мартеновского цеха красили облака цветными дымами под стать заре. Стальные мосты были смело перекинуты через сеть железнодорожных путей от одного цеха к другому, создавая как бы второй этаж заводских улиц. Под висячими тротуарами двигались составы платформ и наполненных металлом, источавших тепло ковшей величиной с вагон. Гудки паровозов, сигнальные звонки на перекрестках, сирены несущихся по заводским магистралям машин, тяжелые вздохи доменных печей... Все здесь поражало зрение, слух, воображение нового человека. Казалось, силу молодости источал завод, и она бодрила и возвышала людей, каждое утро стекавшихся к заводским воротам.

С этим умножающим силы чувством я пошел в цехи.

Меня встречали по-разному. Находились люди, которые с сожалением глядели на меня, когда я задавал им иной раз и в самом деле наивные вопросы, и пожимали плечами. Но большинство инженеров, техников, рабочих сразу заражалось идеей открытия необычного в обычном. Они с энтузиазмом повели меня в мир реальных чудес.

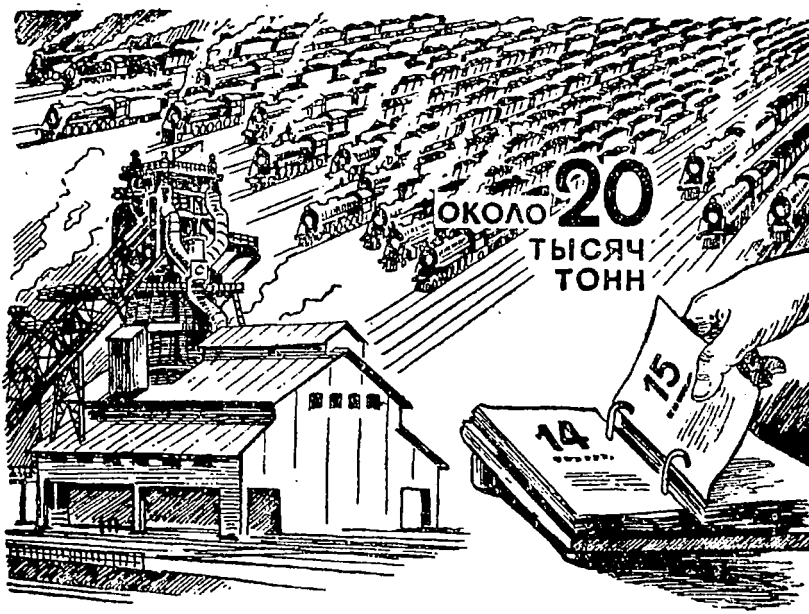
Почему крупнейший металлургический завод «Азовсталь» построен на берегу моря, где нет ни угля, ни руды? Что заставило в начале тридцатых годов объединить в одной идее заводы, отстоящие друг от друга на тысячи километров, — Магнитогорский и Кузнецкий гиганты черной металлургии? Почему проектировщики выбирают для строительства завода одно место и отвергают другое? Это были первые вопросы, возникшие у меня.

Ответ на них нашелся в самой работе завода.

...Даже смелая фантазия никогда не наделяла сказочных великанов таким большим аппетитом, каким отличаются доменные печи. Суточный «рацион» домен так велик, что трудно даже представить себе его размеры. Доменный цех крупного металлургического завода за 24 часа поглощает более 20 тысяч тонн железной руды, кокса, известняка и других материалов, необходимых для правильного ведения выплавки чугуна. Чтобы подать к домнам это количество материалов, через доменный цех за сутки проходит более 20 товарных составов.

Поток «пищи» для печей должен быть беспрерывным, потому что домна, однажды задутая, работает день и ночь без остановки на капитальный ремонт в течение десятка лет.

Основную часть материалов доменной плавки составляют руда и кокс. Руду нужно добыть в земле, кокс — изготовить



Более 20 тысяч тонн различных материалов поглощает доменный цех крупного металлургического завода.

из каменного угля. Зная одно только это, может ли проектировщик наметить строительство металлургического завода в любом месте?

Удобнее всего строить завод там, где есть залежи и каменного угля и железной руды. Но это — редкое совпадение. Чаще всего инженерам и ученым приходится решать, где выгоднее расположить завод: около месторождений руды или вблизи угольных шахт.

В тридцатых годах по воле Коммунистической партии были разработаны смелые, невиданных тогда в нашей стране масштабов проекты и построен Урало-Кузнецкий металлургический комбинат.

На Урале, возле горы Магнитной, хранящей значительные запасы богатой железом руды, был сооружен Магнитогорский завод-гигант. Там же, где лежал уголь, в Кузбассе, построили второй гигант — Кузнецкий металлургический завод. Вагоны доставляли в Кузнецк руду, а на Урал возвращались груженные углем.

Для тридцатых годов это было великолепным решением сложной технико-экономической задачи.

Позднее же, когда рядом с Кузнецким металлургическим комбинатом разведали залежи руды и организовали ее добычу,

стало более выгодным пользоваться местной кузнецкой рудой. Уголь в Магнитогорск доставляется теперь с более близко расположенного Карагандинского месторождения.

Таким образом, в наше время идея обмена углем и рудой между Магнитогорским и Кузнецким заводами потеряла свое первоначальное значение.

Можно решить задачу и по-другому: расположить завод где-то посередине между углем и рудой. Так было выбрано место для крупнейшего завода на юге нашей страны — завода имени Серго Орджоникидзе «Азовсталь». Он построен на самом берегу моря. Всякого, кто впервые приезжает сюда, поражает необыкновенная картина: морские пароходы стоят почти рядом с доменными печами. В трюмах морских судов доставляется на завод особым образом подготовленная к плавке керченская руда. В железнодорожных вагонах подвозят уголь с недалеко расположенных шахт Донбасса.

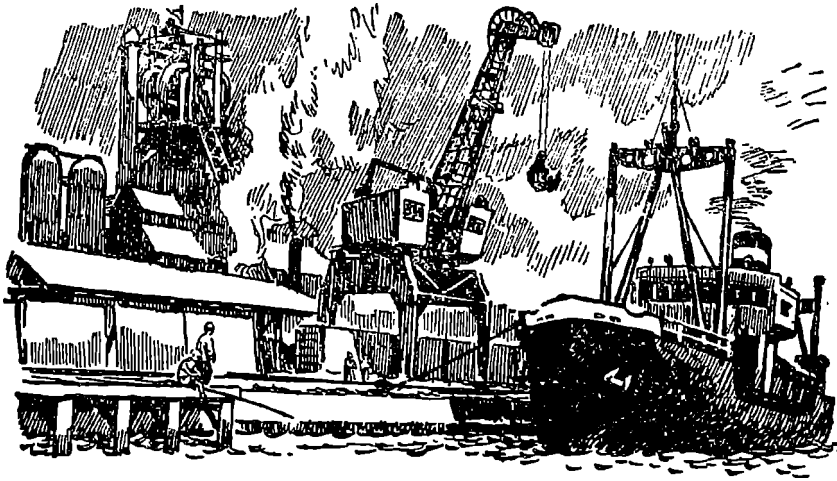
Есть у этого завода еще одна особенность. Доменные печи «Азовстали» плавят керченскую руду, содержащую много фосфора. Для металла это вредная примесь. От нее с трудом избавляются только в сталеплавильном агрегате. Но вот фосфор переходит в шлаки мартеновских сталеплавильных печей, и бросовый материал — шлак — превращается в ценнейшее фосфористое удобрение для сельского хозяйства. Фосфориты, добываемые на Украине, на Кольском полуострове и в других местах, не усваиваются растениями. Для того чтобы минерал превратить в удобрение, надо обработать его серной кислотой. Мартеновские же шлаки «Азовстали» содержат фосфор в таком химическом соединении, которое легко усваивается без всякой предварительной обработки. Фосфористые шлаки особенно хороши для удобрения кукурузных полей, виноградников и табачных плантаций; и те и другие есть на юге Украины и в Крыму.

Но руда и уголь — это еще далеко не все. На выбор места для строительства завода влияют и многие другие условия.

В старину металлургические заводы строились около лесов, озер и болот. Лес давал топливо для печей — древесный уголь; озера и болота — часто руду. Руда в них образуется из содержащихся в их воде окислов железа, которые постепенно оседают на дне; концентрации железа способствуют также некоторые виды бактерий.

Для вдувания воздуха в печь в то время использовались примитивные мехи, которые приводились в движение людьми или животными.

Позднее, когда потребовались более мощные воздуходувки, их пришлось приводить в действие с помощью водяного колеса, и заводы стали строить по берегам рек. По воде же вывозили



На заводе «Азовсталь» пароходы стоят рядом с доменными печами.

продукцию заводов, завозили сырье — руду — и сплавляли лес, который служил топливом. Оттого-то все старые заводы Урала и расположены около рек.

В дальнейшем, с ростом металлургических заводов, они начали поглощать огромное количество древесины. Для получения одной тонны чугуна надо было затратить 12 тонн дров. Леса стали быстро вырубаться.

В 1535 году английская королева Елизавета издала эдикт, запрещавший выплавку металла на древесном угле. Древесины в Англии едва хватало на строительство кораблей (флот был необходим для поддержания связи между метрополией и колониями).

Через 200 лет для выплавки металла был применен кокс. Металлургические заводы стали строить вблизи месторождений каменного угля.

С развитием техники и технологии выплавки металлов заводы вновь стали располагать около рек или больших водоемов. Но теперь вода нужна уже не для водяных двигателей. В доменных и мартеновских печах развиваются такие высокие температуры, что металлические конструкции и огнеупорная кладка не выдерживают их без непрерывного водяного охлаждения. Стоит только на несколько секунд приостановить подачу воды в систему холодильников домны, и тяжелая авария неизбежна.

Для производства одной тонны чугуна нужно 1,6—1,8 тонны руды, 1,3 тонны угля и... 60 тонн воды. 800 тысяч кубометров воды в сутки, подобно большому городу, потребляет домен-

ный цех Магнитогорского металлургического комбината. Этой водой можно было бы наполнить большое озеро.

Охлаждать приходится не только домны. Вода непрерывно омывает отдельные части мартеновских печей. Потоки воды низвергаются на валки блумингов и прокатных станов.

Вот почему Магнитогорский завод стоит на берегу реки Урал, Кузнецкий — на берегу реки Томь, Запорожский — на Днепре, а завод «Азовсталь» выстроен у Азовского моря, при впадении в него реки Кальмиус (с трех сторон его омывает море, с четвертой — воды реки). По берегам рек расположены и другие металлургические заводы.

Но и это еще не все.

Приходится думать и о том, чтобы заводы строились в местах, где испытывается наибольшая нужда в металле, и о том, чтобы не пропадал даром металлический лом — отходы производства машиностроительных заводов. С учетом этих обстоятельств построены сталинградский завод «Красный Октябрь», московский «Серп и молот», подмосковный завод «Электросталь».

Недавно вступивший в строй Череповецкий металлургический завод (первая домна задута 23 августа 1955 года) будет снабжать металлом северо-западные области нашей страны.

Как видно из этих примеров, при постройке металлургического завода приходится учитывать множество самых различных обстоятельств. Это и понятно: ведь черная металлургия — основа могущества страны. Ленин назвал железо одним из фундаментов цивилизации. С виду скромный «черный» металл играет огромную роль в жизни людей, он прочен, долговечен, дешев. Поэтому мощность, техническая оснащенность, расположение заводов, производящих чугун, сталь и прокат, определяются в первую очередь экономическими, политическими и стратегическими соображениями.

Коммунистическая партия придает большое значение правильному размещению предприятий черной металлургии. Размещение ряда новых металлургических заводов на Урале, в Сибири, на Дальнем Востоке, в Средней Азии помогло быстрому экономическому развитию этих обширных районов нашей Родины.

Но природные ресурсы нашего Востока огромны. Здесь много еще необжитых земель, спящих пока гор, неосвоенных рек.

В восточных районах страны находится почти три четверти всех наших запасов угля и до восьмидесяти процентов гидроэнергии, четыре пятых лесных богатств, огромные ресурсы железных руд, основные запасы цветных и редких металлов.

Очень важно еще и другое. Благодаря тому, что пласты

угля на Востоке отличаются большой мощностью, а реки многоводны и протекают в удобных для строительства плотин местах, стоимость добычи топлива и получения электроэнергии там ниже, чем в европейской части нашей Родины. Например, себестоимость одной тонны угля в 1955 году в Кузбассе была почти в полтора раза меньше, чем в Донбассе.

Строящаяся в Сибири на реке Ангаре Братская гидроэлектростанция будет вырабатывать электроэнергии столько же, сколько Куйбышевская и Сталинградская вместе — 22 миллиарда киловатт-часов электроэнергии в год. Строительство Братской электростанции обойдется в два раза дешевле строительства Куйбышевской и Сталинградской. И себестоимость электроэнергии, вырабатываемой мощной сибирской гидроэлектростанцией, будет дешевле.

Вот почему Коммунистическая партия ставит перед советским народом задачу в ближайшие десять лет превратить Сибирь в крупнейшую базу нашей страны по добыче угля и производству электроэнергии, базу электрометаллургии и других производств, которые поглощают большое количество тепла и электричества.

Решение этой важной народнохозяйственной задачи прежде всего потребует огромного количества металла для сооружения электростанций, новых железных дорог среди сибирской тайги, шахт, рудников, городов...

Уже и в 1955 году на Урале и в Западной Сибири чугуна было произведено больше, чем в Англии, — 14 миллионов тонн. И все же этого количества не хватило для того, чтобы покрыть нужду Востока в металле. Пришлось завезти сталь из европейских районов страны.

В течение ближайших десяти-пятнадцати лет в Сибири будет создана третья в стране мощная металлургическая база с ежегодной выплавкой 15—20 миллионов тонн чугуна.

Постройка крупного советского завода не только способствует освоению природных ресурсов и не только увеличивает темпы развития промышленности. Как и каждое новое крупное промышленное предприятие, металлургический завод приносит с собой все блага советской культуры. Новый завод — это обязательно и новый город. Около Магнитогорского завода за широкой сизой полосой водохранилища возвышаются светлые здания. И справа и слева от них простирается всхолмленная степь. Магнитогорск стоит, будто возникший из-под земли, как бывает в сказках.

Едва минуешь степь и вступишь на первые улицы, как попадаешь в красивейший, полный жизни большой город. Не заводской поселок, а именно город! Дома широких проспектов составляют многообразный и в то же время единый архитектур-

ный ансамбль. Сверкают стекла витрин магазинов, много светлых, удобных школ, работают технические учебные заведения, библиотеки, клубы.

На другом конце страны, в Грузии, мне довелось попасть в город Рустави в то время, когда он только еще строился. Он создавался в широкой долине реки Куры рядом с первым металлургическим заводом Грузинской Советской Социалистической Республики. Еще не успели достроить цехи завода, а уже была посажена густая роща между заводом и территорией будущего города. В степи почти одновременно с постройкой домов проложили водопроводные и канализационные трубы, распланировали и заасфальтировали первые улицы и посадили вдоль них деревья.

Большой благоустроенный город построен рядом с новым Череповецким заводом.

Неудачное знакомство

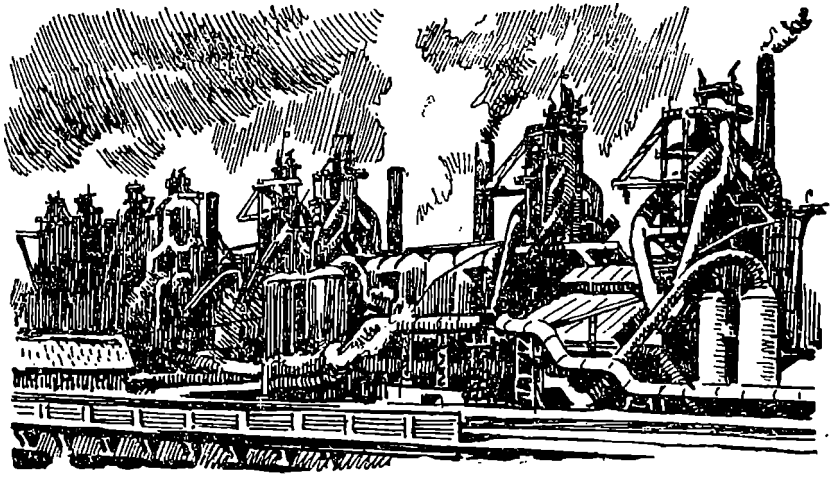
В тот день, когда я впервые пришел на Магнитогорский металлургический комбинат, мое внимание прежде всего привлекли доменные печи, просто потому, что они больше других заводских сооружений.

Я подошел к подножию печей, потом подумал, что надо бы зайти к начальнику доменного цеха и попросить разрешения посмотреть выпуск чугуна.

Первое, что я увидел в кабинете начальника цеха Борисова, был стол, по краям заваленный книгами и техническими журналами. Их было так много, что они едва умещались здесь. Несколько боком на стуле сидел крупный мужчина в костюме рабочего и читал, охватив лоб ладонью. Почему-то я ждал, что встречу шумного человека за столом, на котором стоит чернильница и лежит пачка каких-нибудь нарядов или рапортов. Здесь же был скорее стол ученого, чем заводского работника.

Слушая меня, изредка односложно отвечая, он иной раз, вдруг прервав разговор, томительно спокойно молчал, отворачиваясь к окну. В таких случаях приходилось ждать, когда Борисов повернется и ответит на вопрос. Он так неожиданно продолжал разговор, что я терялся, захваченный врасплох: оказывалось, что во время паузы мысль Борисова работала в прежнем направлении, а не отвлекалась в сторону.

Скрывая досаду, я смотрел на плотного, спокойного человека, привольно расположившегося в кресле за столом, и не знал, как мне быть.



Домны «Магнитки».

Негодуя на своего немногословного собеседника за его странное поведение и в то же время стремясь вызвать его на более активный разговор, я наугад произнес:

— Вы как будто много времени проводите около домен. Почему так?

Начальник цеха опять отвернулся к окну. А я сердился в душе: «Вот так тип! Может быть, мне надо еще что-то сказать?»

Но тут Борисов вдруг повернулся ко мне и решительно объявил:

— Наверное, таланта мало... У других, может быть, и получается, когда они немного времени проводят в цехе, а у меня ничего не выходит.

Такого ответа трудно было ждать. Это было уже интересно. Во мне начало пробуждаться чувство досады на самого себя: как еще не умею я разговаривать с людьми, хотя мне так нужно это качество!

Я неуверенно спросил:

— Что же сложного в вашей работе?

И опять почувствовал себя неважно в ожидании, пока он ответит.

— Много сложного, — наконец сказал он.

— Может быть, у вас нет сейчас времени?

— Время у меня есть.

И вдруг я отчетливо понял, что до смешного неумело начал разговор с этим молчаливым, сдержанным, несколько странным человеком. Чем яснее сознавал я собственную беспомощ-

ность, чем безнадежнее заходила в тупик беседа, тем острее я ощущал, что передо мной интересная личность.

Но спрашивать его мне больше было не о чем.

— Пожалуй, я пойду к печам, — сказал я и, поклонившись, вышел из комнаты, теперь больше сердясь на самого себя, чем на Борисова.

Найдя путь на печи — стальную лесенку, поднимавшуюся к башням воздухонагревателей, — я отправился наверх.

Невольный трепет охватил меня, когда глазам открылся просторный литейный двор с высокой крышей вместо неба и клубами дыма, опаленными красноватым заревом. Река огня вырывалась откуда-то из основания печи и, вскипая и бурля, текла прямо по «полу» в канаве. Стена обжигающего жара преградила мне путь.

В небольшой комнатке со множеством самопишущих приборов, рядом с литейным двором, я нашел мастера печи Константина Филипповича Хабарова. Молодой, с жестковатыми чертами лица и решительными движениями, он был прям и несколько даже резковат.

Хабаров показал мне все, что было доступно для осмотра, даже самый верх домны — колошник.

Когда мы спустились вниз в комнату с приборами, в моем знакомом внезапно произошла перемена: он стал сдержанным и невнимательным.

— Заняты? — спросил я.

— Сейчас сюда Борисов придет.

— Почему вы так думаете? — Я невольно встал из-за стола.

— У него обход печей всегда в одно время. Часы по нему проверяют. Сначала ко мне на первую печь пожалует, затем по эстакаде — на вторую... А возвращается внизу по путям.

— Одним маршрутом? Почему же?

— Так можно короче всего обойти печи.

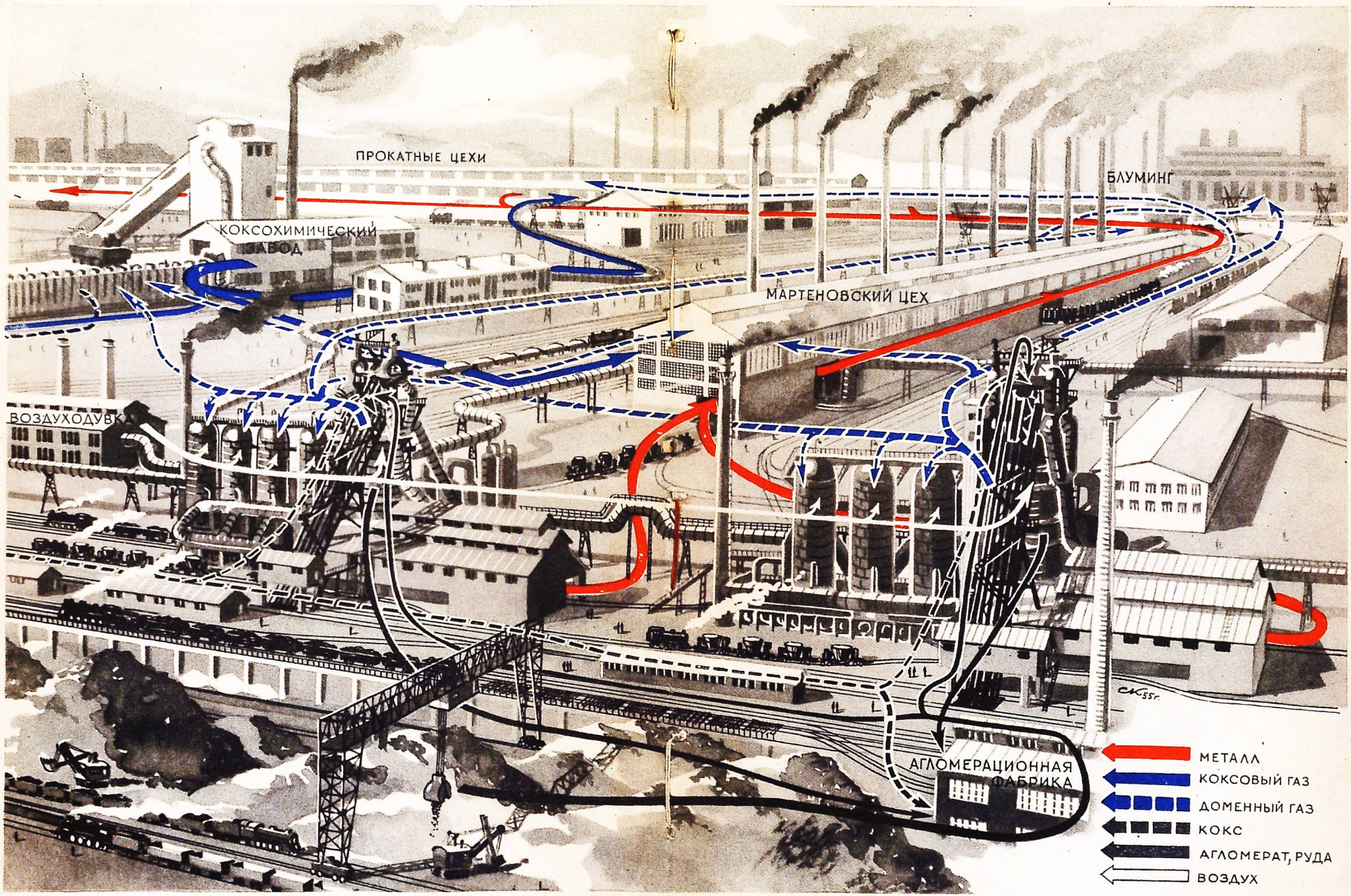
Дверь внезапно распахнулась, впустив в комнату рев газовой горелки воздухонагревателя, и вошел Борисов.

Он кивнул Хабарову и, не замечая меня, неторопливо пошел вдоль приборов. Иногда он останавливался, заложив руки назад, долго вглядывался в чернильные линии и точки на миллиметровке, присматривался к поведению стрелок. Уже направляясь к выходу, Борисов вдруг увидел меня. Я уловил в его взгляде живой огонек, но он ничего не сказал. Мы слегка поклонились друг другу, и он вышел.

Хабаров, улыбаясь, произнес:

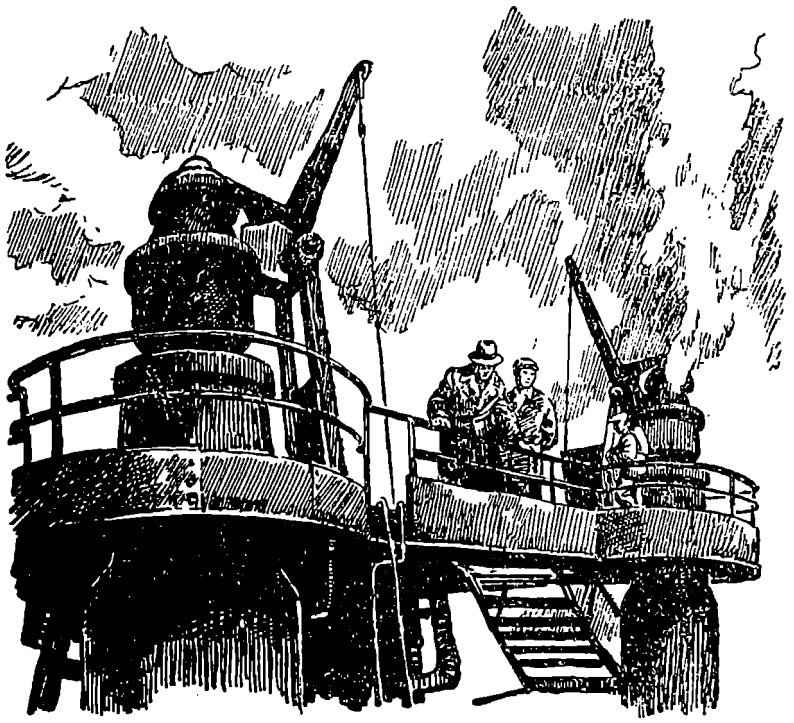
— Доменщики любят его. А есть кое-кто и ругают. Он, например, инженера, только что кончившего институт, рабочим-горновым к печи поставил.

— А это правильно?



Панорама крупного металлургического комбината. Разноцветными стрелками показано движение и преобразование на металлургическом «конвейере» различных материалов. Руда (черная стрелка), прежде чем попасть в доменные печи, спекается с коксом, известью и колошниковой пылью (черная стрелка от доменных печей) и заваливается в печи в виде агломерата, который изготовляется на агломерационной фабрике. Воздух (белая стрелка) подается к печам из воздуходувной фабрики. Кокс (черные пунктирные стрелки) поступает в доменные печи с коксохимического завода. Доменный газ (синие пунктирные стрелки) идет на отопление коксовых печей коксохимического завода, воздухонагревателей, мартеновских печей, нагревательных колодцев и печей блуминга и прокатных цехов. Туда же направляется и коксовый газ с коксохимического завода (синие стрелки).

Чугун (красные стрелки) из доменных печей подается в мартеновские цехи, из мартеновских цехов сталь (красные стрелки) в виде слитков доставляется к прокатным цехам. Шлак в шлаковозах (на переднем плане показаны шлаковозы доменного цеха) отправляется к шлаковому отвалу.



Хабаров показал мне даже самый верх домны — колошник.

— Какой же инженер, если он практически не умеет плавить чугун? Борисов, знаете, как говорит: скрипач должен в совершенстве овладеть скрипкой, тогда он получит право называться артистом, а инженер только тогда инженер, когда научится управлять печью...

Простая мысль поразила меня: о чем же мог говорить со мной Борисов, если я в первый раз пришел к печам? Мне надо начинать с того, с чего он заставил начать молодого инженера.

Наспех распростившись с Хабаровым, почти бегом я ушел с завода. Теперь понятно было, что делать: надо сменить мою одежду на рабочий костюм, прийти в цех и в каждодневной работе у печей начать шаг за шагом проникать в тайны доменной плавки, знакомиться с людьми. Это единственная возможность узнать, как работают здесь люди.

В ремесленном училище металлургов я выпросил на время стеганую телогрейку, рабочие брюки и ботинки, в магазине купил кепку с пуговкой на макушке. В потоке рабочих в поло-

вине восьмого утра, еще в сумерках, я прошел на завод, чувствуя себя легко и свободно.

Около печи Хабаров приветствовал меня веселым восклицанием:

— А где же шляпа?

— Хватит, надоела.

— Так-то оно лучше, — одобрительно кивнул он.

С тех пор каждый день, а иногда и ночью, я приходил на первую печь. Робко и неумело пытался подтаскивать рабочим глину, которой заправляли летку, помогал очищать канаву от шлака, прибирать цех. Хабаров, заглядывая на литейный двор, весело перемигивался с горновым: теперь в рабочих около домны впридачу к инженеру ходил еще и журналист. Занятная картинка, ничего не скажешь!

Когда Хабарову настал черед работать в третью смену, я начал приходить на завод ночью вместе с ним. Иной раз всю смену я, как тень, неотступно следовал за мастером, смертельно надоедая ему своими вопросами. До поры до времени я решил не обращаться к Борисову ни с какими просьбами. Надо было прежде всего узнать, что такое доменная плавка.

Происходившее у доменной печи иной раз было настолько неясно и в то же время так много интересного угадывалось за этими событиями, что мне пришлось и беседовать с инженерами и рабочими, и заглядывать в книги, и знакомиться с другими цехами завода. Когда я узнал и понял многое из того, что делалось в то время на Магнитке, появилась необходимость побывать на других заводах и в других доменных цехах, и я поехал в Донбасс. А ведь все началось когда-то со знакомства с немногословным начальником доменного цеха, заставившим меня взяться за изучение дела, о котором я не знал тогда самых простых вещей.

Позднее мне не раз приходилось встречаться с Борисовым, и я еще расскажу об этих встречах. Сейчас же буду вести свой рассказ по порядку.

Сложный «конвейер»

Однажды я взобрался на гору Магнитную. С нее открывалась огромная, украшенная заревами, клубами пара и дыма панорама большого металлургического завода. Отсюда, сверху, сразу бросилась в глаза последовательность расположения сооружений, в которой угадывалась неразрывная связь всех частей заводского организма.

Доменные печи, похожие на палубные надстройки гигант-

Теперь в рабочих около домны впридачу к инженеру ходил еще и журналист...

ских океанских кораблей, выстроились в один строгий ряд. Ниточки железнодорожных путей связывают их с вытянувшимися чуть ли не на полкилометра подле «аллеи» высоких труб зданиями мартеновских цехов.

За мартеновскими цехами — здания прокатных цехов, их окна горят огнем от раскаленных слитков.

Всматриваясь в эту величественную панораму сооружений, скользя взглядом по сети железнодорожных путей, опоясывающих и соединяющих их, начинаешь понимать, что перед тобою необыкновенный, громадный и сложный «конвейер».

Властное чувство охватило меня на вершине горы: захотелось сейчас же шаг за шагом проследить, как действует этот «конвейер», как добились люди согласованной работы различных его звеньев.

Сойдя с горы, я начал свое путешествие по главным магистральным лентам «конвейера», по разветвлениям многих параллельных ручейков его и боковым притокам. Путешествие это продолжается до сих пор. Ведь каждый раз, приходя на какой-либо металлургический завод, открываешь для себя что-то новое. Так происходит не только потому, что «конвейер» сложен, но еще и потому, что он неустанно, непрерывно совершенствуется инженерами и рабочими и сегодня выглядит иначе, чем вчера.

Еще до того, как на «конвейере» появляется металл, к порогу доменного цеха подходят три технологических потока — как бы три самостоятельные «ленты». На одной подготавли-

вается к плавке и доставляется к домнам руда; на другой изготовляется и подается топливо — кокс; по третьей идет воздух. Это истоки металлургического «конвейера».

Подготовка плавильных материалов и воздуха необходима для того, чтобы внутри доменной печи наиболее гладко и экономично протекали химические реакции, благодаря которым руда (окислы железа — соединение железа с кислородом) превращается в металлическое железо, содержащее углерод и некоторые другие примеси, то-есть в чугун.

Эта часть «конвейера» на Магнитогорском заводе представляет собой несколько крупных цехов, объединенных в единый индустриальный городок. Руда добывается открытым способом из горы Магнитной и электропоездами доставляется на обогатительные фабрики. Их высокие корпуса растянулись неподалеку от рудника. Железнодорожные линии соединяют их с доменным цехом.

Для выплавки чугуна в современных больших доменных печах нельзя применять каменный уголь. Куски природного каменного угля лишены пор и потому не пропускают газов, необходимых для обработки руды. Кроме того, при высоких температурах каменный уголь становится менее прочным, рассыпается на мелкие части. Приходится непрерывно изготовлять и подавать в доменный цех в качестве топлива для плавки чугуна спеченный под действием высокой температуры без доступа воздуха каменный уголь — кокс. Этот искусственно приготовленный материал пористый и прочен.

Воздух (для доменной плавки нужен кислород воздуха) гонится по трубам от здания воздуходувки. День и ночь дымят короткие широкие трубы ее котельного отделения; 2½—3 тысячи кубических метров подогретого воздуха в минуту поступает отсюда к каждой домне.

Все то, что приносят к домнам три ветви «конвейера», соединяется в один сплошной беспрерывный поток в шахте доменной печи. Почти все процессы обслуживания печи — загрузка плавильных материалов, нагрев и подача воздуха, контроль за температурой стенок домны, выпуск чугуна — механизированы или автоматизированы. У подножия домны, около ее горна, на «конвейере» впервые появляется жидкий чугун.

Доменные печи расположены так, что металл можно по самому короткому пути доставить к длинным и высоким зданиям мартеновских цехов. Если домны так велики, что не умещаются под крышей и значительная часть каждой печи находится у всех на виду, то сталеплавильные печи целиком скрыты в зданиях цехов. Только по цветному дыму над трубами мартеновского цеха и можно понять, что происходит внутри его здания.

В строго определенные часы к зданию сталеплавильного цеха подходят составы опаленных огнем высоких чаш-ковшей, каждый из которых вмещает 80 тонн расплавленного чугуна.

С железнодорожных платформ ковши поднимаются могучим краном на высоту пятиэтажного дома — под самую кровлю. Тяжелой слепящей струей чугун выливается в бочку — миксер — хранилище жидкого металла.

В сталеплавильных печах от чугуна отнимается значительная часть углерода, марганца, кремния и вредные примеси: сера, фосфор. Получается сталь. В нее добавляются вещества, придающие металлу различные полезные свойства: повышенную твердость, прочность, упругость, сопротивляемость ржавлению, жаропрочность, то-есть способность сохранять механические свойства при высокой температуре, и многие другие.

В мартеновских печах сталь выплавляется в течение 8, 10 или 14 часов (в зависимости от того, какие вредные примеси приходится удалять и сколько металла вмещает печь). На крупных заводах бывает 2—3 мартеновских цеха. В каждом из них стоит по 10—12 печей.

В мартеновском цехе шумно. Непрерывно движется множество механизмов, то и дело раздаются предупредительные звонки крановщиков («под грузом не стоять!»), гудки паровозов, свистки, сигнальные звонки около пультов, где сосредоточены приборы и автоматы, управляющие режимом плавки, голос диспетчера из репродуктора, вызывающий кого-либо из работников цеха. Сверкают огромные транспаранты, на которых электрическими лампочками «написан» номер печи и результаты произведенного в экспресс-лаборатории анализа химического состава металла. Ревет пламя в печах...

Казалось бы, никакого порядка нельзя установить в этой сутолоке и суматохе. Но без четкой, строго согласованной работы мартеновских цехов невозможно было бы наладить правильную и бесперебойную работу прокатных цехов и всего завода в целом.

Из мартеновских цехов время от времени выходят составы с горячими, похожими на узкие огромные стаканы изложницами, только что наполненными сталью. Отсюда металл идет дальше — в прокатные цехи. Там, между валками прокатных станов, раскаленная сталь подвергается обработке давлением.

Ни один слиток не минует могучий обжимной стан — блуминг. «Ворота проката», — образно называют его на заводе.

Блуминг — огромный агрегат. Когда смотришь на него, кажется, что это целый завод. Для перевозки его в разобранном виде потребовалось бы 60 большегрузных железнодорожных вагонов и платформ — три товарных эшелона!

Назначение блюминга — обжимать слитки, делать их пригодными для обработки на листовых, крупносортных и мелкосортных станах, где металлу придается форма листов, рельсов, балок, полос, толстых прутов, проволоки и т. д.

Прокатные станы — самая подвижная и, если так можно выразиться, «скоростная» часть заводского «конвейера». Иной раз раскаленные полосы металла несутся по рольгангам станов со скоростью бегуна-рекордсмена, а бывает — и со скоростью поезда.

Как-то я задал себе вопрос: почему прокатные станы входят в состав металлургического предприятия? Коксохимический завод, рудники и обогатительные рудные фабрики дают материал для плавки в доменных печах. Эти предприятия — законные звенья металлургического «конвейера», так же как и домны и мартеновские печи, в которых рождается металл и преобразуется его химический состав. Из мартеновского цеха выходит готовая продукция — сталь. Дальше эту сталь можно превратить в рельс или иглу, в станок или в лезвие перочинного ножа, в автомобиль или в шарик подшипника, в пароход или в деталь конструкции плотины. Изменится форма, иной раз внутренняя структура металла, но это будет все та же сталь, обработанная на машиностроительных, судостроительных, автомобильных заводах или на предприятиях легкой промышленности.

Почему же один из видов обработки металла — прокатка — оказался включенным в цикл металлургического производства? Поиски ответа на этот вопрос привели меня к открытию еще одной интересной особенности металлургического «конвейера».

На металлургическом заводе сразу обращает на себя внимание характерная деталь заводского пейзажа: от цеха к цеху протянулись огромные трубопроводы, установленные на стальных опорах. Такие же трубы подходят и к прокатным цехам. По ним подаются коксовый газ, полученный на коксохимическом заводе, и побочный продукт плавки чугуна — доменный газ. В смеси эти газы представляют собой прекрасное топливо для подогрева металла в нагревательных колодцах блюминга и нагревательных печах прокатных станов.

Оказывается, на заводе вырабатывается столько газа, что одни мартеновские печи не в состоянии поглотить его. Оставшийся газ направляют в прокатные цехи для нагревательных печей и используют для других нужд.

Расположение прокатных станов вблизи мартеновских печей позволяет, кроме того, экономить топливо, необходимое для подогрева металла перед прокаткой: слитки еще не успевают остыть.

Таким образом, как говорят инженеры, работа прокатных цехов удачно укладывается в энергетический баланс завода.

Последнее важное звено «конвейера» — склады готовой продукции. Со складами прокатных цехов соединены железнодорожные магистрали, уходящие с заводской территории. Отсюда начинается путешествие продукции металлургического завода к строительным площадкам, машиностроительным, автомобильным, судостроительным и многим другим заводам.

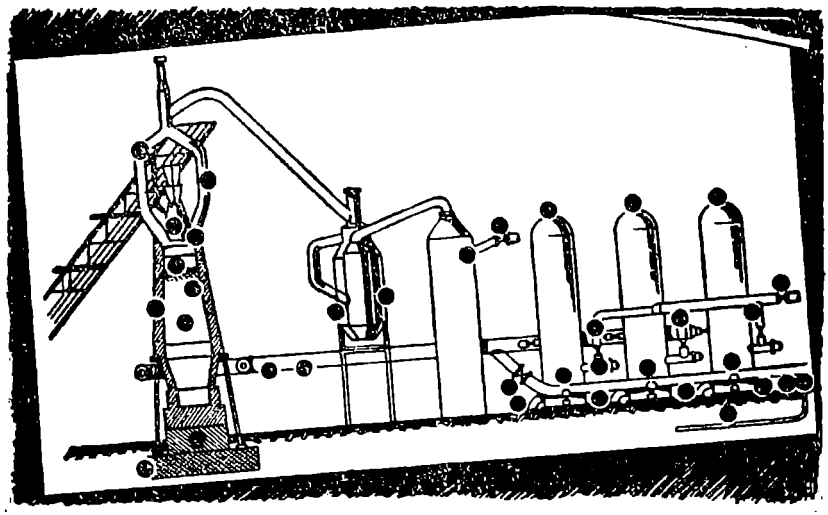
«Секрет» бесперебойной работы завода

Удивительный «конвейер»! В непрерывные, ни на минуту не останавливающиеся «ленты» здесь соединены ковши экскаваторов, электрические и паровые поезда, транспортеры, вагонетки подъемников, ковши для перевозки жидкого металла и шлака, доменные печи, ванны сталеплавильных печей, прокатные станы, подъемные краны, автомашины, газо-, паро- и воздухопроводы, водопроводные трубы и тоннели для слива воды.

Но металлургический «конвейер» является не просто механическим соединением отдельных машин и агрегатов. Это цепь, в которой связаны в единое целое коксохимический, чугуноделательный, сталеплавильный, прокатный и ряд побочных заводов. Цепь кооперированных предприятий — вот что такое металлургический «конвейер».

Успех деятельности металлургического предприятия зависит не только от прочности и надежности механизмов и даже не только от успешной работы составляющих его заводов.

Чтобы все звенья металлургического завода действовали слаженно, люди различных профессий, работающие здесь, должны в совершенстве знать свое дело, работать предельно согласованно. На металлургическом комбинате особенно должно быть развито «чувство локтя». Рабочие и инженеры советских металлургических заводов никогда не замыкаются в круг интересов своей бригады и даже всего своего цеха-завода. Они все время думают о том, как обеспечить бесперебойную деятельность соседей, получающих их продукцию. Эту простую, но важную идею — прежде всего заботиться о своих соседях — не так-то легко претворить в дела. Но там, где этого добиваются, где есть дружный трудовой коллектив, в котором каждый чувствует себя ответственным за всю работу предприятия, — там люди становятся полными хозяевами техники. Если же этого нет, частенько случается, что не человек управляет машиной, а машина садится верхом на человека. Бывает и так, что греха таить.



Черными кружками отмечены места, где в доменном цехе установлены автоматы.

Сложность деятельности металлургического «конвейера» не только в сочетании не похожих друг на друга «звеньев», но и в разнообразии материалов, которые обрабатываются и продвигаются по «конвейерным лентам». В движении все время находятся кусковатые и порошкообразные материалы, вещества в расплавленном и газообразном состоянии, металл в слитках, отходы — обрезки, стружка и т. д., и вода, и пар, и готовая продукция — рельсы, балки, трубы, проволока и многое другое.

Приходится иметь дело и с огромными тяжестями и с громоздким сырьем.

И тем не менее самый сложный из всех видов конвейеров должен работать бесперебойно даже в мельчайших звеньях, иначе современный завод перестанет выпускать металл.

Вот почему на металлургических предприятиях сильно развита механизация и автоматизация. Здесь можно увидеть остроумно сконструированные приборы, которые «сами» дозируют смесь углей разных сортов для получения кокса, пускают в ход подъемники доменных печей, как только вагонетки заполняются нужным материалом, открывают и закрывают устройства наверху доменной печи для засыпки руды и кокса. Автоматы «следят» за тем, чтобы не был перепутан порядок загрузки в печь материалов, отмечают на бумажных лентах температуру кладки печей и находящегося в них металла, смешивают строго определенные количества коксового газа, доменного газа

и воздуха, приводят в движение или останавливают рольганги прокатных станов; взвешивают; сигналят светом или звуком или выключают механизм, если рабочий сделал что-то неправильно, регулируют температуру внутри мартеновских и нагревательных печей и строго поддерживают ее на заданном уровне.

Автоматы заключают в себе электромагниты и электронные лампы, контакторы и полупроводники, фотоэлементы и термопары, оптические линзы, манометры, электрические и масляные моторы, радиоактивные элементы и счетчики, улавливающие их излучение. Все самые последние достижения техники и науки используются на современном металлургическом заводе. Поистине мир реально существующих чудес, сотворенных умом и руками ученых, инженеров и рабочих!

Чтобы построить эти автоматы, потребовался труд многих ученых самых разных специальностей, работающих иной раз в очень далеких как будто бы от плавки металла областях. Пожалуй, только здесь, на заводе, можно особенно ясно понять ту простую истину, что математические теории или исследования межзвездных пространств нужны не сами по себе, а для облегчения труда и улучшения жизни миллионов людей.

Глава вторая

ПРЕВРАЩЕНИЯ РУДЫ

Первый «ручеек»

С горы Магнитной открывается взгляду металлургическое предприятие в целом. Но чем пристальнее всматриваешься в каждый уголок завода, тем все более захватывающим становится путешествие по металлургическому «конвейеру».

Внимание всякого, кто приходит на металлургический завод, не может не остановить та часть заводского организма, которую металлурги образно называют «тылами доменных печей». Здесь на рудообогатительных и агломерационных фабриках, на коксохимическом заводе и на воздуходувке подготовляются три обязательные составляющие доменной плавки: руда, кокс и воздух.

От состояния и правильной деятельности «тылов» прежде всего зависит хорошая работа доменных печей. Путешествуя по «тылам», как бы заглядываешь внутрь домны, еще и не приближаясь к ней, догадываешься о тех превращениях, которые происходят при выплавке чугуна в наглухо закрытой гигантской башне высотой в тридцать с лишним метров.

Первым «ручейком» в общий поток плавильных материалов вливается руда.

Наука подвела предварительный баланс веществ, содержащихся в земной коре, и теперь можно утверждать, что железная руда довольно широко распространена в природе.

Диаметр земного шара превышает 12 тысяч километров. Толщина же той твердой оболочки земного шара, на поверхности которой мы живем, в недрах которой добываем уголь, нефть, металлы и другие необходимые нам материалы, составляет всего... 16 километров. Геологи прибегают к такому сравнению: земная кора, уменьшенная до масштабов школьного глобуса, оказалась бы толщиной с бумажную оклейку, на которой изображаются моря, океаны и материки.

Больше всего в твердых недрах земли кислорода (49,1 процента веса земной коры) и кремния (26 процентов). Гораздо меньше металлов. Среди них один из самых распространенных — железо. Вес железа, содержащегося в оболочке земного шара, составляет 4,2 процента от веса земной коры. В пересчете на единицы веса это огромная величина.

Кусок железной руды по внешнему виду — красновато-коричневый камень. Но стоит взять его в руку, и сразу становится ясно, что это не обычный камень: он слишком тяжел. Куски некоторых железных руд (магнитного железняка) заставляют двигаться стрелку компаса.

Используя руду для получения железа, люди долгое время не знали, что же представляют собой эти тяжелые красноватые камни. Лишь в XVIII веке гениальный русский ученый Михаил Васильевич Ломоносов первый правильно понял ряд ссобенностей состава железных руд и в своих научных исследованиях высказал важные соображения о способах их переработки.

Теперь мы знаем, что железная руда — это химическое соединение железа с кислородом. В печи при высокой температуре, с помощью углерода, заключенного в доменном газе, и твердого углерода кокса это прочное химическое соединение разрушается. Из руды восстанавливается металлическое железо. Кислород, соединяясь с углеродом, образует углекислый газ. Глина, песок и другие породы, с которыми смешана руда, плавятся и уходят из печи в виде шлака.

Но это только весьма общее описание физико-химической реакции, происходящей внутри печи. На практике выплавка чугуна протекает гораздо сложнее и далеко не всегда проходит гладко.

Домны очень требовательны к «пище». Недаром доменщики так внимательно следят за «поведением» печей, улавливая малейшие признаки нарушения их нормальной работы.

Они хорошо знают «характер» каждой домны, говорят о печах, как о живых существах: «домна требует кокса», «печи идут ровно», «домна дурит»...

Какая же «пища» нужна доменным печам? В чем причины их «недовольства»?

На многие заводы руда поступает издалека. К заводу «Азовсталь», например, непрерывно идут пароходы из Керчи. Их можно увидеть и в дымке раннего утра и в разгар дня. И по ночам в море сверкают огни подходящих к заводу и уходящих в Керчь пароходов.

Руды, поступающие на завод, неодинаковы по содержанию в них окислов железа. Из-за этого бывают серьезные осложнения. Плавка бедных железом руд требует большего количества топлива, потому что приходится расплавлять много пустой породы, плавка богатых — меньшего.

Керченская руда не богата железом (в ней содержится всего 48—50 процентов железа) и имеет в своем составе нежелательные примеси — мышьяк, фосфор. Поэтому доменщики «Азовстали» стремятся добавлять к ней более «богатую» криворожскую руду, для того чтобы выплавлять больше чугуна и уменьшить содержание в нем мышьяка. Из Криворожья руду доставляют железнодорожные составы. Криворожская руда, добытая в шахтах, проходит лишь предварительную подготовку — освобождается от крупных кусков так называемой пустой породы. Значительная часть этой руды, как говорят металлурги, «пылевата». Ветер разносит вокруг красно-рыжую пыль из огромных куч руды, доставленной поездами к домнам. Так же легко уносится рудная мелочь из доменной печи потоком газов. В результате уменьшается количество выплавляемого чугуна, нарушается режим плавки.

Но не только с этим неудобством встречаются доменщики. Часть руды кусковата. Это создает совсем иные условия движения газов внутри печи, и плавку приходится вести по-другому, чем при руде, содержащей много мелких крупинок.

Если бы руды заваливались в домны в таком виде и в такой последовательности, как они прибывают на завод, доменный цех не смог бы работать из-за постоянных аварий с печами.

Как же удовлетворить «требованиям» домен? Разве добьешься того, чтобы завод получал строго однородную руду? Ведь завод — это не лаборатория, для которой всегда можно достать немного высококачественных однородных материалов. Домны требуют огромного количества руды, и поневоле ее приходится брать из нескольких шахт, а в отдельных случаях даже из разных рудных месторождений, различного качества, разного состава.

Доменщики могут найти выгодный режим плавки почти для любой руды. Самое сложное — «настроить» домну на новый состав плавильных материалов и понять, чего она «хочет». Строго постоянный состав материалов, заваливаемых в печь, — вот чего надо добиваться в первую очередь.

Осуществить это как будто нетрудно: следует только хорошенько перемешать все руды, поступающие на завод. Тогда в любом месте рудного отвала, или штабеля, будет и мелкая, и крупная, и богатая, и бедная руда. Доменная печь начнет получать однородную «пищу».

Смешать несколько горстей руды легко. Но ведь около домен наваливаются кучи руды высотой иногда с пятиэтажный дом. Это настоящие искусственные горы. Каким же великаном надо быть, чтобы быстро перемешивать, усреднять, такие массы руды!

Простая с виду операция оказывается трудно выполнимой, сложной.

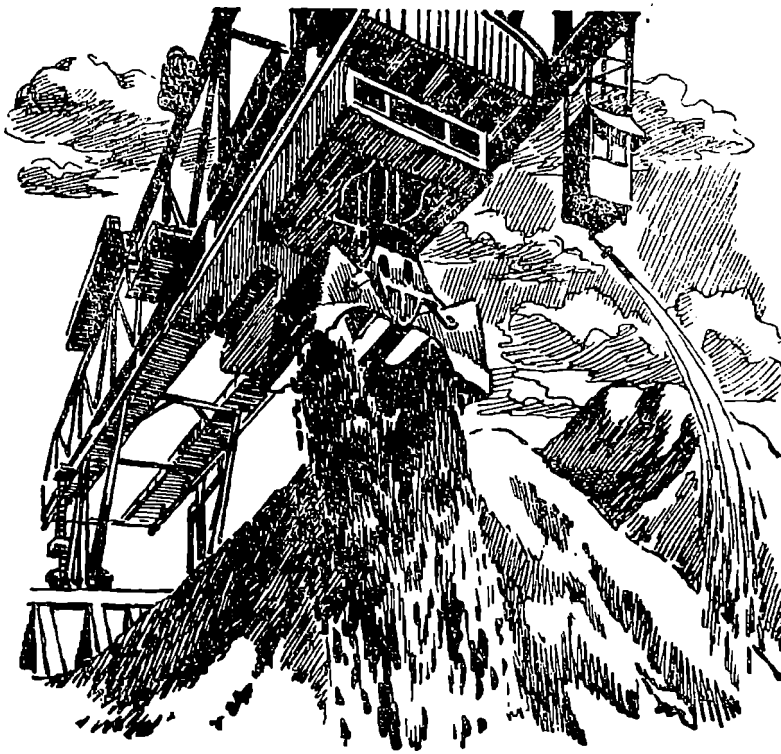
Когда я впервые увидел на Макеевском заводе в Донбассе рудный двор — место, где хранятся и усредняются руды, мне невольно вспомнился высокогорный пейзаж. Бывает, что, поднявшись высоко в горы, останавливаешься, пораженный хаосом нагромождений камней, глины, песка. На рудном дворе тоже чувствуешь себя, словно в стране великанов, где обычные предметы достигают исполинских размеров.

...Изгрызенные челюстями грейферов, возвышаются причудливые нагромождения руды. Здесь есть и «обрывы», и «пропасти», и «пики». Над красноватым «хребтом» перекинута длинная могучая ферма, опирающаяся своими концами на две решетчатые «ноги». В первый момент кажется, что это фантастический мост, смело вознесенный над горами. Но вдруг «мост» медленно двигается вместе со своими опорами. И тогда становится ясно: это необычной конструкции кран для перегрузки руды.

Площадка рудного двора тянется вдоль доменных печей. Ее ограничивают железобетонные стенки. Между рудным двором и печами, на высокой железобетонной эстакаде, проложены железнодорожные пути. Они тоже необычайны. Между шпалами нет грунта. В «окна» может свободно проваливаться на площадку рудного двора выгружаемая из железнодорожных вагонов руда.

День и ночь приходят на эстакаду покрытые рыжеватой пылью составы особых, приспособленных для перевозки руды вагонов. Почти сплошным потоком сыплется вниз руда.

Массы руды перемешиваются с помощью рудно-козлового грейферного крана. Внутри фермы крана на высоте примерно крыши пятиэтажного дома по рельсам передвигается тележка



Козловой кран на рудном дворе.

с лебедкой. На тросах лебедки подвешено устройство для захвата руды — грейфер с челюстями. За один «глоток» эти челюсти могут захватить 16 тонн материалов. Тележка может оказаться над любым местом рудного двора, прокатываясь от одной его стороны до другой на расстояние 80 метров — такова длина фермы. Если же надо перенести руду вдоль рудного двора, в движение приходят «ноги» крана.

Для каждой «ноги» на железобетонных стенках, ограничивающих рудный двор, проложено по паре упроченных рельсов. Моторы, приводящие в движение колеса «ног», установлены у их основания.

Колеса обеих «ног» должны действовать строго согласованно: ведь если одна «нога» опередит другую, кран перекосится и в конце концов рухнет на землю. Советские инженеры сконструировали автоматическое приспособление, которое «следит» за правильностью передвижения крана и выключает моторы в случае малейшего перекоса «ног», немедленно останавливая кран.

Кран работает днем и ночью. Он захватывает руду, только что ссыпанную из вагонов. Крановщик поднимает грейфер, не закрывая плотно его челюстей, и сейчас же дает тележке ход. Грейфер быстро передвигается над отвалом, непрерывно рассыпая руду. Тонким слоем руда ложится от одной стенки двора до другой. На этот слой насыпается следующий и так далее.

Каждый слой поливается струей воды из шланга. Поливка уменьшает выдувание рудной мелочи и улучшает укладку руды в штабель.

На заводе «Азовсталь» рудный двор сооружен на самом берегу морского канала. Кран на этом заводе особенно грандиозен. Его ферма имеет длину 100 метров. Но самое интересное, что кран приспособлен для выгрузки руды прямо из трюмов пароходов и укладки ее в штабели на рудном дворе. Ферма крана на 40 метров выдается над морским каналом. Тележка с грейфером передвигается над водой и может останавливаться над люком трюма.

Первые превращения руды

Усреднение руды — важная и необходимая операция. Но советские металлурги на передовых заводах не ограничиваются ею: они готовят руду к плавке более тщательно. Трудно даже представить себе, какой сложный путь проделывает руда и какие неожиданные превращения происходят с ней, прежде чем она окажется в доменной печи.

Нет у нас другого металлургического завода, где бы ухаживали за рудой так заботливо и неотступно, как это делают металлурги Магнитогорского комбината.

Инженеры и рабочие этого завода, занятые подготовкой руды к плавке, проявили большую изобретательность, упорство, затратили много труда, чтобы усовершенствовать механизмы и машины, заставить их работать по-новому. Они знали: чем тщательнее подготовлена руда, тем лучше будут работать доменные печи, и всеми силами стремились помочь доменщикам выплавить как можно больше высококачественного чугуна. В этом частица «секрета» почти сказочных успехов магнитогорцев, выплавляющих самый дешевый и самый лучший в стране чугун.

Чем меньше пустой породы смешано с рудой, тем меньше тепла уходит на ее расплавление. Чем более пориста засыпанная в печь масса сырья, тем лучше ее обрабатывают газы. Кажется, ясно.

Но вот беда: руда часто поступает в доменные печи в виде очень маленьких кусочков, и это приводит к обратному резуль-

тату. Рудная мелочь, смешанная с глиной и песком, под тяжестью плавильных материалов уплотняется и перестает пропускать газы. Порошкообразная руда забивает домну газонепроницаемой пробкой, в результате чего на расплавление ее расходуется большое количество топлива. Доменные печи начинают в этом случае работать неровно, чугун оказывается насыщенным вредными примесями и стоит дороже.

Оттого-то магнитогорцы и затрачивают столько сил на подготовку руды к плавке.

На Магнитогорском комбинате даже новичку бросается в глаза одна интересная особенность: около домен не видно рудного двора — его здесь просто нет. Подготовка руды к плавке ведется на горе Магнитной в зданиях различных фабрик.

Этот «горный цех» металлургического комбината сам представляет собой сложный комбинат, состоящий из многих производственных предприятий.

Забота о доменных печах у магнитогорцев начинается еще на руднике, там, где руда добывается. И прежде всего горняки позаботились о том, чтобы руда шла на дальнейшую обработку мощным, никогда не прерывающимся и даже никогда не ослабевающим потоком.

Гора как бы могучим резцом превращена в гигантскую ступенчатую пирамиду. Высота каждой ступени — метров двенадцать, а ширина — несколько десятков, а иногда и сотен метров. На ступенях протянулись железнодорожные рельсы; над ними на переносных опорах подвешены провода для электровозов. Железнодорожные пути проложены по рудным полям. Когда руда забирается и ступени постепенно отступают ближе к центру горы, рельсы и опоры с проводами быстро переносятся на новое место.

С помощью множества мощных экскаваторов руда добывается и грузится в пятидесятитонные вагоны-думпкары. На руднике установлено такое количество механизмов, которое позволяет быстро вскрывать рудные поля (то-есть убирать грунт, закрывающий руду). Благодаря этому на горе все время есть места, в которых идет выемка достаточного количества руды.

Но этого мало. Чтобы избежать каких бы то ни было случайностей, горняки Магнитогорска все время поддерживают полуторагодовой запас подготовленной к добыче руды. Для того чтобы работать с такой четкостью, потребовалось не только ввести недельные планы и следить за их выполнением, но и установить графики работы для каждого экскаватора.

Здесь же, на руднике, заботятся и о качестве руды и о постоянстве ее химического состава, то-есть содержании в ней железа, кремнекислоты, окиси кальция и серы. В планах-графиках рудника указан строго определенный химический состав

руды. Инженеры горного надзора следят за тем, чтобы руда выдавалась не с одного какого-либо рудного поля, а с разных, имеющих различные по химическому составу руды. Выдавая строго определенные количества различных руд, горняки добиваются того, что в сумме получается руда установленного планом-графиком химического состава.

Так решается на Магнитогорском комбинате проблема усреднения качества руды. Введя строгие планы-графики и точно выполняя их, магнитогорцы добились важного результата: рудник в течение всей первой послевоенной пятилетки перевыполняет годовые планы.

...На горе экскаватор в несколько минут загружает рудой поезд из шести пятидесятитонных вагонов-думпкаров. Затем поезд прибывает на вершину соседнего холма, где расположились здания и башни дробильных, обогатительных и агломерационных фабрик. «Коробка» думпкара с необыкновенной легкостью переворачивается, и глыбы руды, подобно горному обвалу, с грохотом летят вниз в металлическую чашу — бункер. Ее дно представляет собой широкую ленту мощного транспортера, уходящую в здание обогатительной фабрики. Лента движется медленно, и масса руды почти незаметно тает, но все новые и новые «горные обвалы» обрушиваются в бункер. Кучи руды располагаются на ленте, словно моренные отложения на медленно ползущем в горах леднике. Только этот «ледник» не сползает, как обычный, в долину, рассыпаясь там на куски при падении со скал, а вползает прямо в верхний этаж построенного на косогоре здания обогатительной фабрики, где находится дробилка.

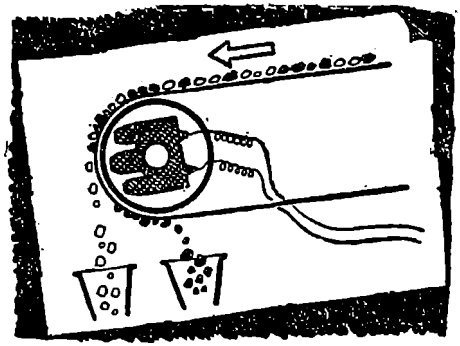
Мне приходилось видеть в горах губительные камнепады, причиняющие немало бед альпинистам. Отскакивая от скал, свистя в воздухе, дробясь на град осколков, летят сверху камни, угрожая всему живому. Горе неосторожным путникам, не сумевшим во-время укрыться под защиту утесов. На обогатительной фабрике я увидел, как человек подчинил себе силу, подобную этой грозной стихии. В дробилку с транспортера непрестанно летят куски руды. Ударяясь о ребристую, все время колеблющуюся стальную плиту, они высекают из металла дождь искр и рассыпаются на мелкие куски. Решетчатая верхняя площадка дробилки все время содрогается от беспорядочных ударов.

Так начинаются превращения руды, важную роль в которых играет одна из самых могучих сил природы — сила тяжести.

Раздробленная на куски средней величины руда попадает в более низко расположенные корпуса фабрики. Силой, передвигающей массы руды от агрегата к агрегату, и здесь являет-

ся все то же земное притяжение.

Из дробилок после промывки водой куски руды величиной с кулак и несколько меньше поступают на рудный склад. Здесь руда усредняется, то-есть смешивается в однородную массу, в каждой своей части заключающую одинаковое количество крупных и более мелких, богатых окислами железа кусков. Эта руда идет и в доменные печи и в мартеновский цех, где добавляется к шихте сталеплавильных печей. Мелкая руда, смешанная с пустой породой, проходит дальнейшее обогащение.



Магнитный сепаратор отделяет руду от пустой породы.

Отделение богатых окисью железа частиц от пустой породы происходит в ваннах с водой. Содержащие больше железа и потому более тяжелые частицы руды оседают на самое дно ванны и выбираются оттуда транспортером-элеватором.

Затем руду измельчают в порошок. Эта операция производится в стержневых мельницах. Внутри вращающихся стальных бочек находятся тяжелые металлические стержни. Во время вращения бочки стержни под действием силы тяжести переваливаются с места на место и измельчают руду. И здесь сила тяжести играет решающую роль.

На следующем этапе превращений руды в дело вступает другая великая сила природы — магнетизм. Измельченная в порошок руда попадает в сепаратор — барабан, внутри которого установлен сильный электромагнит. Окись железа прилипает к барабану. Пустая же порода электромагнитом не притягивается и уходит в отвал.

Так постепенно руда проходит через ряд сложных, часто автоматически действующих машин и механизмов. От механизма к механизму она передается транспортерами. Длина их лент достигает 10 километров.

На обогатительной фабрике бо́льшая часть окислов железа улавливается и частично отделяется от пустой породы. Но при этом все-таки бывают потери руды.

Минимальное количество потерь окислов железа во время обогащения руды — важный показатель технической культуры металлургического предприятия. В 1955 году магнитогорцы решили пересмотреть свои способы обогащения руды и по-

ставили перед собой задачу ликвидировать почти все потери руды. Для этого они вводят самую совершенную технику. Их примеру должны следовать рабочие и инженеры обогатительных фабрик всех наших металлургических заводов. Здесь широкое поле деятельности для новаторов.

Подсчитано, что увеличение содержания железа в руде во время обогащения на 1 процент увеличивает производительность доменных печей на 2,5 процента и уменьшает расход кокса на 2 процента. Это наиболее дешевый путь получения дополнительных миллионов тонн чугуна.

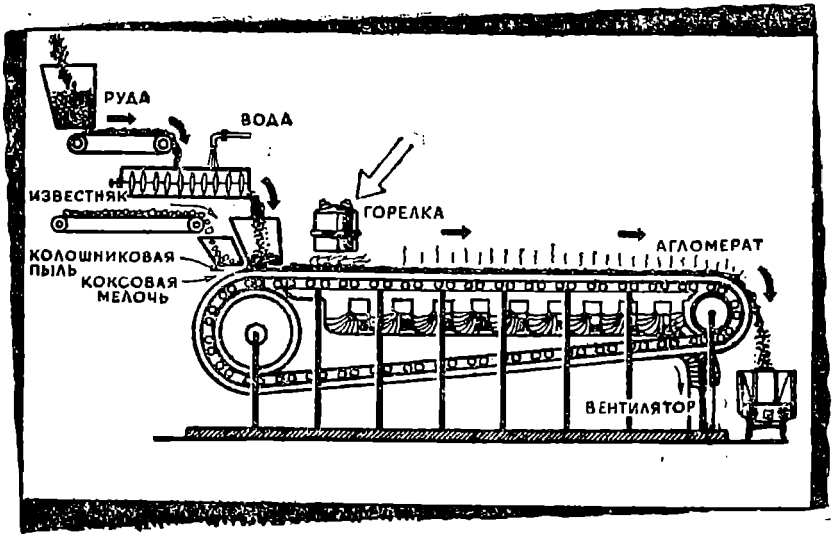
Обогащение — еще не последний этап подготовки руды к плавке. Крупнокусковатая руда, лежащая на складе, готова для выплавки чугуна. Но как быть с тончайшим рудным порошком — шлихами, — полученным из магнитных разделителей — сепараторов? Мало того, что порошкообразная руда в домне будет затруднять ведение плавки, большую ее часть просто вынесут из печи газы.

Металлурги научились превращать порошкообразную руду в один из самых лучших видов доменной «пищи» — агломерат — пористые, как губка, куски величиной с кулак. Они прочны, не разрушаются под давлением массы загруженных в печь материалов и хорошо пропускают газы сквозь свои поры.

На агломерационных фабриках, расположенных в многоэтажных зданиях, обогащенная порошкообразная руда, доставленная с обогатительной фабрики, смешивается с коксовой пылью, полученной при рассеве кокса, и с так называемой колошниковой пылью — вынесенной из домны потоком газов порошкообразной рудой. Подготовленная смесь — шихта — вываливается на металлическую ленту транспортера и разравнивается на ней в слой одинаковой толщины. Медленно движущаяся лента с шихтой проходит под горном — «колпаком», куда подается смесь доменного и коксового газов. Кокс шихты загорается по всей толще слоя, и руда спекается в пористую массу.

Под звеньями металлической ленты транспортера находится камера, воздух из которой все время выкачивается мощными насосами. Благодаря этому через слой шихты, лежащей на ленте транспортера, все время просачивается воздух, устремляющийся в разреженное пространство камеры под звеньями транспортера. В результате шихта остается раскаленной, так как пронизывающие ее струйки воздуха поддерживают горение остатков кокса.

Пока металлическая лента конвейера медленно движется, происходит не только спекание руды, но и частичное выгорание вредной примеси — серы.



Так руда превращается в агломерат.

Конвейер выносит агломерат из здания фабрики через невысокий проем в стене к железнодорожному составу. С высоты второго этажа пышущие жаром куски агломерата сваливаются прямо в металлические вагоны, которые отвозят руду к домнам. Раскаленный агломерат остывает прямо в вагонах. Машинист электровоза зорко следит за погрузкой вагонов. Как только очередной вагон наполнится ценным грузом, машинист продвигает поезд, и под лотком, с которого соскальзывают куски агломерата, оказывается порожняк.

Приток агломерата в домны должен быть беспрерывным. Даже пробы для исследования качества агломерата берутся, так сказать, «на ходу» — прямо из вагонов. Несколько раз в сутки в лаборатории ускоренными методами устанавливается содержание серы в пористых, тяжелых, еще теплых кусках агломерата. Изучается механическая прочность «пищи» домен.

А товарный состав тем временем продвигается все дальше и дальше, пока последний вагон не будет заполнен доверху. Тогда на путях сразу же появляется новый поезд с пустыми вагонами.

Переход передовых заводов на агломерат привел к тому, что рудные дворы около доменных цехов стали ненужными. Там, где в доменной плавке главную роль играет агломерат, рудный двор обслуживает не доменный цех, а обогатительные и агломерационные фабрики.

Агломерат помог магнитогорцам намного улучшить ход доменных печей. Но и это не удовлетворило доменщиков. Они продолжали думать над тем, как бы заставить печи плавить чугун еще быстрее, выдавать металла еще больше.

Неожиданный союзник

Восстанавливающееся в домне железо всегда смешано с пустой породой, которую надо отделить от металла. Когда и порода и металл расплавлены и находятся в жидком состоянии, это отделение происходит «само собой», благодаря различным удельным весам металла и шлака, состоящего главным образом из пустой породы. Пустая порода превращается в жидкий шлак в нижней части печи — горне. Металл, как более тяжелый, опускается вниз, а шлак располагается сверху.

Но вот какое, казалось бы, непреодолимое препятствие встает перед доменщиками: в состав так называемой пустой породы входит глинозем, плавящийся при температуре 2050 градусов, а температура, которую можно получить в доменной печи, обычно не превышает 1500—1900 градусов, то-есть на 150—550 градусов ниже точки плавления глинозема.

Как доменщики выходят из этого затруднения? Известно, что сплавы различных веществ становятся жидкими при температурах более низких, чем каждое из веществ, входящих в сплав, в отдельности. Так, сплав железа и углерода, то-есть чугун, плавится при температурах 1150—1300 градусов. Для того же, чтобы расплавить железо, нужна температура в 1528 градусов.

Этим законом природы и воспользовались доменщики. Они добавляют в печь такие вещества (флюсы), которые резко понижают температуру плавления пустой породы. Если завалить в печь известняк, то пустая порода может перейти в жидкое состояние при температуре в 1400—1500 градусов (то-есть на 500 градусов ниже максимальной температуры, получающейся в так называемых фокусах горения около фурм). Засыпая в печь больше или меньше известняка, можно облегчить расплавление пустой породы. От умения определить нужное количество флюса (добавок) в доменной шихте во многом зависит успех плавки.

Но расплавление шлака не означает еще, что он претерпел уже в домне все изменения. В горне к нему добавляется расплавленная зола кокса, и с этого момента такой нежелательный, «бросовый», казалось бы, продукт доменной плавки, как шлак, становится хорошим помощником умелого доменщика.

Ученые-металлурги обнаружили, что присутствие шлака определяет температуру горна: она не может быть выше температуры, при которой плавится шлак. Если шлак легкоплавкий, высокой температуры в печи получить нельзя. Сколько ни повышай температуру дутья и интенсивность сгорания топлива, избыток тепла уйдет на плавление шлака. Однако стоит заложить в печь материалы, дающие более тугоплавкий шлак, и температура горна возрастет до величины температуры плавления нового шлака. Знание теории металлургии и высокое мастерство доменщиков позволяют и этот закон физики поставить на службу человеку.

Но шлак обладает еще одним замечательным свойством: отнимает от чугуна вредные примеси — серу и частично фосфор.

В железной руде и коксе часто содержатся сера и фосфор.

Присутствие серы в металле придает ему красноломкость — он легко ломается при температурах красного каления. Фосфор же делает металл хладноломким.

Правда, в литейные чугуны фосфор добавляют, так как он сообщает расплавленному металлу большую подвижность и текучесть. Из такого чугуна изготовляются детали механизмов, для работы которых примесь фосфора в металле не представляет опасности. Но в передельных чугунах, предназначенных к переплавке в сталь, присутствие фосфора недопустимо.

Процент содержания в чугуне серы устанавливается государственным стандартом. Серы в чугуне обычных марок не должно быть более 0,06—0,08 процента.

Совершенно избавить металл от вредных примесей трудно. Но доменщики всегда стремятся свести их к минимуму. Во время хода плавки бороться с присутствием фосфора невозможно. Остается один путь: задавать в печь шихту с минимальным количеством этой вредной примеси.

Сера во время плавки частично сгорает и уходит из печи вместе с доменным газом. Но в печи остается еще значительное количество серы.

И вот здесь-то на помощь доменщикам приходит, казалось бы, неожиданный союзник — шлак.

В шлаке содержится известь, то-есть соединение кальция с кислородом, окись кальция. Кальций и сера при температурах, господствующих в нижней части печи, вступают в химическое взаимодействие: кальций присоединяет к себе серу, удаляя ее, таким образом, из чугуна. И все-таки в печи остается небольшая часть серы, вступающая в химическое соединение с металлом.

Чем больше в шлаке извести, тем активнее он отбирает серу у металла. Но такие шлаки более тугоплавки. При образовании шлака значительное количество тепла расходуется на химическое разложение известняка. В результате в доменную печь приходится давать больше кокса, а чугуна получается меньше. В случае же нарушения ровного хода печи и понижения температуры внутри нее шлак застывает на стенках, затрудняя равномерное опускание шихты и движение газового потока.

«Нельзя ли избавить доменную печь от необходимости затрачивать тепло на разложение известняка? — задумались магнитогорцы. — Что, если производить эту химическую реакцию до завалки известняка в домну?» Впервые в мире они при изготовлении агломерата прибавили в смесь кокса и руды перемолотый известняк. На конвейерной ленте аглофабрики стало производиться не только спекание руды и выжигание серы, но и разложение известняка.

Новый агломерат был назван самоплавким. Тепловую и химическую энергию доменных газов, которую раньше затрачивали на разложение известняка, теперь можно было использовать для обработки дополнительного количества руды при том же расходе кокса. Доменная печь стала выдавать больше чугуна, стоимость металла понизилась.

Самоплавкий агломерат — замечательное достижение советских металлургов.

На этом кончаются превращения руды до загрузки ее в доменную печь. В темносером, изъеденном порами куске агломерата непосвященный человек не найдет ничего общего с железной рудой. «Шлак», — чаще всего скажут люди, не знакомые с металлургией, если вы им покажете такой кусок. А между тем это ценнейшее сырье для доменной плавки.

Агломерат стал своеобразным показателем технической культуры завода: предприятие, где это сырье не применяется или заваливается в печи в небольшом количестве, нельзя назвать в полном смысле передовым. На агломерационных фабриках Магнитогорского завода пущено в ход семь агломерационных лент. Это позволило подавать в доменные печи только агломерат. Перевод печей на агломерат вместе с другими техническими усовершенствованиями помог магнитогорцам увеличить выплавку чугуна дополнительно на 10 процентов.

Тщательная подготовка руды к плавке — это советская металлургическая школа, самое прогрессивное направление в черной металлургии.

Глава третья

НЕОБЫЧАЙНЫЙ МАТЕРИАЛ

«Королек»

Около доменных печей с потоком подготовленной к плавке руды сливается «ручеек» кокса. Иной раз кокс, подаваемый в доменный цех на транспортерных лентах, и в самом деле напоминает ручеек, иногда же он подвозится в вагонах и ссыпается в особые хранилища — бункера.

Кокс решающим образом влияет на ход доменной плавки. Трудно найти в промышленности другой материал, который выполнял бы столько различных назначений, как этот.

С виду кусок кокса ничем особенным не примечателен. Его можно принять за полусгоревший каменный уголь. Кокс и есть каменный уголь, искусственно лишенный почти всех летучих веществ. По химическому составу это почти чистый углерод. При изготовлении кокса измельченный каменный уголь подвергают действию высоких температур без доступа воздуха. Гореть без свободного кислорода уголь не может, но из него выделяются летучие, легко переходящие в газообразное состояние вещества, представляющие собой соединения углерода с кислородом и водородом. Особые клейкие (битуминозные) вещества скрепляют между собой отдельные зерна угля. После выделения летучих веществ в кусках кокса образуется множество каналов, через которые легко проходят газы. Это важно для нормального хода плавки.

В готовом коксе около 90 процентов нелетучего углерода, иногда значительное количество золы (в донбасском коксе — 9—13 процентов) и 1—2 процента летучих веществ. Кроме того, кокс обычно содержит в себе вредные для чугуна фосфор и серу, о борьбе с которыми уже говорилось.

Сгорая, то-есть соединяясь с кислородом воздуха или руды, углерод кокса выделяет значительное количество тепла. Вот почему кокс является прекрасным топливом для доменной печи, в которой температура должна быть доведена до 1900 градусов.

И в то же время это замечательное вещество выполняет роль химического реагента: в доменной печи углерод кокса отнимает от руды кислород, как говорят химики, восстанавливает металлическое железо.

Мало того, твердые куски кокса обладают еще одним ценным свойством: они способны выдерживать большое давление. Для доменной плавки это важно. Ведь в нижних горизонтах печи вес столба шихты очень велик. Если материалы,

составляющие шихту, спрессуются под таким давлением, то доменная плавка окажется невозможной. Газы не смогут найти путь сквозь материалы шихты, руда останется холодной и не восстановится.

При завалке в домну кокс равномерно распределяют в массе шихты. Куски его противостоят давлению столба засыпанных материалов. Они представляют собой как бы скелет шихты, который не дает образоваться непроницаемой для газов преграде.

Необычайный «скелет» противостоит не только механическому давлению. В зоне плавления, где куски руды или агломерата под действием высокой температуры размягчаются в тестообразную массу, кокс продолжает сохранять необходимую прочность и «кусковатость», что помогает газам пробивать себе путь вверх.

Кокса нет в недрах земли. Этот поистине замечательный материал, как мы уже знаем, изготовляется в коксовых печах. Задача эта не из легких, и решена она была не сразу.

Впервые каменный уголь взамен древесного был использован для плавки железных руд еще в конце XVI века в Англии. Но в чем состоял тот способ, до сих пор никому не известно. Изобретатель его Эдвард Додлей был окружен завистливыми конкурентами, его преследовали политические противники, и он никому не раскрыл своего секрета. Можно предполагать, что этот англичанин — предприимчивый делец, металлург по призванию, участник гражданской войны на стороне королевской власти, дважды ускользавший из плена и только потому избежавший смертной казни, — был первым изобретателем кокса. Известно, что Додлей использовал в домне угольную мелочь. Очевидно, он случайно открыл способность каменного угля спекаться, освобождаясь от летучих веществ и превращаясь почти в чистый углерод.

Корыстная борьба предпринимателей против изобретателя на сто с лишним лет задержала развитие металлургии.

Лишь в 1735 году англичанин Авраам Дерби после многих опытов овладел секретом получения кокса. Нехватка древесного угля заставила его попробовать обжечь в кучах, обложенных землей, без доступа воздуха, вместо древесного, каменный уголь. Так было получено новое топливо. Загрузив его в печь, Дерби через шесть бессонных суток выпустил чугун, выплавленный при помощи кокса.

Несколько лет назад, когда только еще начинал осваиваться крайний северо-восток нашей Родины, мне пришлось наблюдать получение кокса для первых вагранок в тайге этим примитивным способом. Рядом с мощными угольными пластами, выходившими прямо на поверхность, куски угля

складывались в кучи, обжигались и засыпались землей. Кокс получался хороший; мы радовались тому, что обходимся своим металлургическим топливом, а не завозим его за многие тысячи километров из обжитых районов страны. Через некоторое время в тайге были построены современные коксовые батареи, и северяне имели возможность наглядно на собственном опыте убедиться, как далеко шагнула вперед коксохимическая промышленность.

Не всякий каменный уголь пригоден для получения кокса.

...Вот лаборант берет пинцетом кусочек каменного угля и кладет его в фарфоровый или кварцевый тигль. Ставит тигль с образцом угля в небольшую, помещающуюся на столе лабораторную электрическую печь. Температура в печи достигает 900 градусов. Кусочек угля, не защищенный от доступа воздуха, при такой температуре сгорит почти без остатка. Поэтому лаборант покрывает тигль фарфоровой крышечкой. После испытания на донышке тигля остается мягкий, легко распадающийся в порошок осадок. Уголь не пригоден для коксования!

Образчик угля, добытого из другой шахты, из другого угольного пласта, «ведет себя» иначе: в тигле, нагретом без доступа воздуха, оказывается твердый, серебристый в изломе кусочек — «королек». Интересное превращение: перед нами уже не уголь. На дне тигля остался почти лишенный примесей, пористый, но прочный кусочек углерода. Это и есть кокс. Исследование показало, что в данном случае мы имели дело с коксующимся углем, способным при прокаливании спекаться.

Более глубокое изучение свойств угля выяснило, какими именно качествами должен обладать уголь, чтобы из него получился хороший кокс. Например, угли, которые при прокаливании сильно вспучиваются, могут разрушить кладку коксовой печи. Для коксования нужны угли, обладающие этим свойством лишь в небольшой степени. Малое содержание летучих веществ в угле также невыгодно. Ведь параллельно с получением кокса на коксохимических заводах из коксового газа улавливается ряд ценных веществ.

Прежде считалось, что кокс можно изготовлять только из углей, в наибольшей степени обладающих полезными для коксования свойствами. Но идеально коксующихся углей в природе не так уж много. Это заставило ученых найти способы использования различных сортов угля.

На Ждановский коксохимический завод поступает уголь четырех марок: «ПЖ», «К», «Г» и «ПС». Каждая марка обладает различными отрицательными и положительными свойствами. На заводе специально подбирают соотношение от-

дельных марок угля, с тем чтобы смесь приобрела все необходимые для коксования качества.

«ПЖ» — паровично-жирные угли. Слово «паровично» сохранилось от старых времен. Им называли угли, пригодные для сжигания в топке паровозов.

Угли «ПЖ» содержат большое количество различных летучих химических веществ. Не случайно в смеси, подготавливаемой для коксования, — шихте — почти половина (48 процентов) углей марки «ПЖ». Кроме кокса, из таких углей получают и многие другие полезные вещества.

Буква «К» означает «коксовые». Эти угли содержат меньше летучих веществ, но зато они обладают другим важнейшим свойством: хорошо спекаются. В шихту входит более 20 процентов углей этой марки.

Интересным и очень важным свойством обладают угли марки «Г» — газовые; они дают много коксового газа и при нагреве в коксовых печах не расширяются, а сжимаются. Это помогает сохранению каменной кладки печей. Шихта содержит 12 процентов газовых углей.

Металлургический кокс должен представлять собой крепкие без трещин куски, диаметром от 40 до 80 миллиметров. Это важно для ровного хода доменных печей. Оказалось, что добавка в шихту углей марки «ПС» — паровично-спекающихся, приводит к увеличению кусковатости кокса.

Состав шихты был установлен в результате продолжительных кропотливых опытов. Изучив составы отдельных марок углей, ученые предложили угольную шихту, наиболее выгодную для коксования. Изготовленный из смеси различных углей кокс обладает всеми важными для металлургического процесса качествами: он прочен, порист, хорошо спекается в куски большого размера, дает мало золы при сжигании в доменных печах, содержит малое количество вредной для чугуна примеси — серы.

Никто на заводе не имеет права изменить «рецептуру» шихты, она утверждается Главным управлением коксохимической промышленности Министерства черной металлургии.

В центральной лаборатории Ждановского коксохимического завода можно наблюдать то, что происходит с углем в наглухо закрытой коксовой печи. Здесь имеется как бы модель печи. Она не воспроизводит ни внешних форм печи, ни способов нагрева угля. Но уголь в ней спекается в кокс, и можно наблюдать превращения, которые происходят с угольной шихтой под воздействием высокой температуры без доступа воздуха. Модель нужна не для любопытных экскурсантов, с ее помощью ежедневно определяются марки прибывающих на завод углей.

Прибор этот — пластометрический аппарат — носит имя советского ученого Сапожникова. Устройство прибора несложно и остроумно. В стальной стакан помещается проба угля, закрытая асбестом от воздуха. Сверху на уголь давит поршенек, скрепленный с рычагом. На конце рычага помещено перо. Стакан подогревается электрическим током.

При сравнительно низкой температуре газы, выделяющиеся из угля, уходят вниз сквозь отверстие в донышке стакана, и поршенек остается неподвижным. С повышением температуры на дне стакана образуется пластический слой. Он затрудняет выход газов прежним путем, и тогда под их давлением поршенек поднимается. Вместе с ним поднимается и рычаг. Перо начинает вычерчивать кривую на миллиметровке, натянутой на медленно вращающемся барабане.

Пластический слой на дне стакана утолщается и превращается в полукокс. Трещины рассекают его, и газы вновь устремляются к дну стакана, так как путь сюда легче, чем вверх. Поршенек втягивается в стакан, опуская за собой и рычаг с пером. Кривая на миллиметровке загибается и движется вниз. Но вот в трещинах полукокса образуется графит и вновь закрывает путь газам через дно. Кривая на миллиметровке поднимается.

С помощью пластометрического аппарата Сапожникова можно записать характер газовыделения угля и определить толщину и скорость образования пластического слоя. Эти данные характеризуют способность угля коксоваться. По характеру кривой можно определить марку угля. Для углей марки «К» — коксующиеся — кривая получается зигзагообразной. Углям марки «ПЖ»—паровично-жирным—соответствует горбообразная кривая, так как на дне стакана все время образуется жидкая масса и газ большую часть времени идет вверх.

Каждая марка дает в стакане свой характерный «королек». Так, «королек» паровично-жирных углей получается хотя и хорошо спекшимся, но рыхлым, вспученным, с большим количеством трещин.

Полученные при испытании углей «корольки» хранятся в лаборатории. У каждого образца есть свой паспорт, в котором обозначены рисунок трещин, пластометрическая кривая, пористость, цвет.

Над бункером опрокидывается вагон

На Ждановский коксохимический завод, расположенный подле доменных и мартеновских печей металлургического за-

вода «Азовсталь», из разных мест Донбасса прибывают железнодорожные составы с углем. Это уже не тот уголь, каким он был добыт в шахтах глубоко под землей. Он освобожден от пустой породы на углемойках, предварительно перемолот и, таким образом, превращен в концентрат.

За оградой коксохимического завода поезд замедляет свой бег, затем, остановившись, меняет направление движения. Хвостовой вагон осторожно проталкивается в высокое здание, стоящее прямо посреди путей. Это не железнодорожное депо. Двери его с обеих сторон распахнуты, и вагон, вкатившись в одни двери, может уйти в противоположные. Но едва вагон целиком входит в здание, поезд останавливается, а вагон быстро отцепляется от состава.

Затем происходит, кажется, невероятное: часть пола здания вместе с рельсовыми путями и стоящим на них вагоном начинает опрокидываться набок. Вагон все больше и больше кренится, вот колеса его приняли горизонтальное положение, затем поднялись еще выше... Поток угля падает в огромный бункер, облицованный толстыми металлическими плитами.

Так машина — вагоноопрокидыватель — упрощает и ускоряет выгрузку угля. А это необходимо. Ведь если поток угля на некоторое время остановится, домны останутся без кокса, а мартеновские и прокатные цехи — без коксового газа.

Машина может разгружать за час до 1 000 тонн угля. Транспортерные ленты, проложенные в подземных тоннелях, под бункером, непрерывно загружаются углем.

Вагон, повисший над бункером почти кверху колесами! Это кажется удивительным.

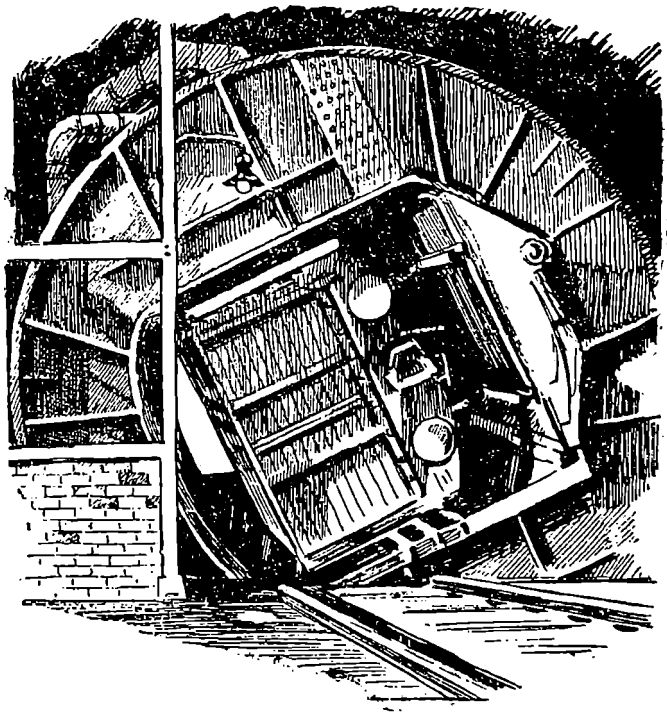
Вагоноопрокидыватель — сложная, умно устроенная машина.

Ротор — часть машины, вращающаяся вместе с вагоном, — представляет собой огромную цилиндрическую клетку, напоминающую отрезок фермы моста. Внутри нее помещается платформа с рельсами. Нижняя и боковая части фермы имеют бандажи в виде полуколец, установленные на ролики. Когда ферма ротора поворачивается, подобно бочке, вокруг своей оси, бандажи ее скользят по роликам.

Во время вращения ротора вагон вместе с платформой, находящийся внутри бочкообразной клетки, под действием силы тяжести плотно прижимается к брусьям клетки.

Если ротор будет вращаться дальше, вагон, ничем не закрепленный, должен сорваться с рельсов. Но вагон остается на месте. Он автоматически особыми зажимами намертво придавливается к рельсам платформы.

Управляет машиной машинист из застекленной кабины,



Вагоноопрокидыватель.

расположенной над ротором. Вместе с ним работает еще один рабочий — установщик.

Когда я впервые увидел вагоноопрокидыватель, кое-что в его работе показалось мне неясным. В самом деле, вагоноопрокидыватель переворачивает вагон почти кверху колесами — на 160°. Вес вагона, угля и ротора, вместе взятых, очень велик. Почему же сила инерции не уводит ротор дальше необходимой величины наклона, каким образом при наличии значительной инерции машина работает плавно, без рывков, а вагон не ударяется о стенки ротора и не разбивается?

Оказывается, ротор построен так, что если дать ему возможность вращаться свободно, он остановится с наклоном в 30°. Такое расположение центра тяжести машины обеспечивает плавное торможение при опрокидывании вагона или возвращении его в нормальное положение. Стоит только повернуть ротор в любом направлении, вывести его из положения равновесия, как сила инерции погасится силой тяжести, — ведь сила тяжести будет стремиться вернуть ротор в положение с наклоном в 30°.

Когда вагоноопрокидыватель, сконструированный и построенный на Днепропетровском заводе металлургического оборудования (ДЗМО), был установлен на заводе «Азовсталь», оказалось, что стенки вагонов все-таки повреждаются от ударов о привалочные брусья в момент начала вращения ротора. Тогда слесари, обслуживавшие машину, сконструировали и установили пружины, смягчающие удар вагона о стенку ротора. Зимой обнаружился еще один недостаток сложного устройства. На барабаны тормозов, прижимающих вагон к рельсам во время его опрокидывания, намерзал иней. Тормоза работали ненадежно. Из-за такой, казалось бы, мелочи, как иней, могла произойти тяжелая авария. Рабочие и тут помогли улучшить конструкцию машины. Они поставили более сильные пружины, прижимающие тормозную ленту к барабану. И в зимние холода тормоза стали действовать так же безукоризненно, как и летом.

Все это я узнал от слесаря, объяснявшего мне устройство и действие машины. Не раз объяснения на заводах давали мне рабочие. И всегда я убеждался, как высока их техническая культура, как глубоки и точны их знания в области механики, принципов действия автоматических устройств и деталей технологии.

Они с такой заинтересованностью относились к действию машины, так много раздумывали над устройством ее механизмов и с таким энтузиазмом улучшали их, что работа на заводе становилась настоящим творчеством.

Башни и висячие галереи

К вагоноопрокидывателю подаются составы с углями одной какой-либо марки. Транспортерные ленты, сначала движущиеся в подземных тоннелях, а затем поднимающиеся высоко над землей, приносят уголь в железобетонные силосные башни. Каждое из этих огромных сооружений, высотою в восьмиэтажный дом, хранит в себе уголь одной марки. Силосные башни выстроены одна подле другой. Внизу их соединяет общая галерея, в которой установлен длинный транспортер. Лента его проходит под бункерами всех башен. На нее из каждого бункера высыпается строго определенное в единицу времени количество угля каждой марки. Когда лента пройдет под всеми бункерами, на ней оказывается как бы слоеный пирог. Внизу лежит слой угля той марки, которая хранится в первом силосе, затем слой угля из следующей башни и т. д. Толщина каждого слоя строго соответствует процентному содержанию углей той или иной марки в угольной шихте.

Кто же сыплет на транспортер различное количество угля из каждой башни? Ведь это утомительная работа, требующая постоянного напряженного внимания.

В тоннеле под силосами работают девушки. Работниц немного, но они вовсе не кажутся усталыми. Их задача — лишь следить за механизмами.

Из каждого бункера непрерывно стекают черные струйки угля. Струйки разные: из одних бункеров сыплется больше угля, из других — меньше. Достигается это так. Под каждым бункером укреплен дозировочный стол. Особый нож отсекает от потока угля, вываливающегося из бункера на «стол», «струйку» необходимой величины. Положение ножа можно регулировать.

Раньше рабочим приходилось внимательно следить за тем, чтобы уголь не застрял в отверстиях бункеров и какая-либо «струйка» не иссякла. Сейчас этот контроль выполняет простое устройство. В горле бункеров установлена небольшая заслонка, рычаг которой выведен наружу. Небольшой груз давит на рычаг и стремится поднять заслонку. Но на заслонку давит и вываливающийся из бункера уголь. Как только уголь перестает высыпаться из бункера, заслонка больше не испытывает давления сверху, и рычаг приводится в движение. Включается сигнализация. В то же время внутри бункера пускается в ход стальной вибратор. Под действием его колебаний масса угля разрыхляется и вновь начинает вываливаться на дозировочный стол.

Лента транспортера несет «слоеный пирог» углей к смесительным и перемалывающим машинам — дезинтеграторам. Но прежде чем шихта попадет в дезинтеграторы, она проходит под сильным электромагнитом. Все металлические предметы, случайно попавшие на ленту, «прилипают» к нему. Эта предосторожность необходима. В дезинтеграторах уголь перемалывается бичами — стальными прутьями, с большой скоростью двигающимися один возле другого. Случайно попавший в машину металлический предмет может вывести ее из строя.

Роторы с бичами вращаются со скоростью 270 оборотов в минуту и перемешивают и перемалывают 125 тонн угля в час.

Из дезинтеграторной транспортерные ленты по «воздушным» висячим тоннелям поднимают шихту на самый верх огромной четырехугольной железобетонной угольной башни, высотой с девятиэтажный дом. Несколько тысяч тонн угля вмещает это необычное по внешнему виду сооружение. В нем находится суточный запас шихты. Две трети башни всегда должны быть заполнены углем. Только при этом условии коксохи-

мический завод может быть гарантирован от случайных перебоев с шихтой и неравномерной выдачи продукции.

В угольной башне находится уже совершенно готовая для подачи в коксовые печи и спекания в кокс шихта.

Механизмы и сооружения, о которых до сих пор шла речь, составляют углеподготовительный цех. Его работа оценивается по тому, насколько заполнена угольная башня.

Стоя около силосов или на железнодорожных путях, по которым прибывает уголь, можно одним взглядом охватить вытянувшиеся вверх сооружения цеха. Я пришел сюда уже после того, как рабочие и инженеры показали мне и вагоноопрокидыватель, и силосы, и дозирующее отделение, и дезинтеграторную, и угольную башню. Стоял, смотрел на висячие тоннели с транспортерами, поднимающимися на башни, и вдруг понял, что еще далеко не все здесь мне ясно. Конструкция каждого сооружения, его положение на территории завода всегда определяются точными соображениями. А мне непонятно было, почему все транспортерные галереи скрещиваются в одном месте — еще в одной башне. Она стояла почти точно в середине между остальными сооружениями. К ее верху подходила наклонная галерея с транспортером, подающим уголь из подземного тоннеля, от вагоноопрокидывателя. Влево между башней и силосами шла вторая наклонная галерея. Уголь сначала поднимался на башню по первой галерее, а затем менял направление своего движения под углом в 90° и тогда уже забирался на самый верх силосов.

От здания дезинтеграторной к загадочной башне тоже была перекинута идущая наклонно вверх транспортерная галерея. По ней, без сомнения, передавалась смешанная и перемолотая шихта. Дальнейший ее путь был ясен: от «центральной» башни еще одна транспортерная галерея устремлялась прямо на верхнюю часть громадной угольной башни.

Но почему же все-таки галереи скрещиваются в «центральной» башне?

Оказалось, что если поднять транспортерную ленту на угол больше 18°, мелкий уголь начнет ссыпаться вниз. Для того чтобы подать уголь к верхней части силосов или угольной башни, то-есть на высоту в 40 метров, пришлось бы строить слишком длинные висячие галереи, так как направить их круто вверх нельзя. Длина транспортерных лент превысила бы 600 метров, и такой огромный транспортер, безусловно, работал бы с перебоями. В «центральной» башне установлены конечные и начальные барабаны входных и выходных транспортеров. Таким образом, уголь подается на верх силосов или угольной башни не одним сверх меры длинным транспортером, а двумя более короткими.

Экспресс-лаборатория

Неподалеку от вагоноопрокидывателя и сорокаметровых силосов на Ждановском заводе поместился небольшой розовый домик. В светлой комнате со стенами, облицованными белыми кафельными плитками, находится так называемая экспресс-лаборатория. Это «передний край» большой, хорошо оборудованной общезаводской лаборатории. Экспресс-лаборатория, так же как и весь завод, работает и днем и ночью: сюда каждый час приносят пробы шихты. Задача лаборантов — как можно быстрее определить, много ли влаги и серы в угольном помоле, какова зольность угля. Быстрота анализа — вот за что название лаборатории получило приставку «экспресс». Здесь нельзя медлить. Если в составе углей обнаружены какие-то отклонения от нормы, необходимо сейчас же принять меры: может быть, исправить дозировку углей или изменить технологию процесса коксования.

Если, например, установлено, что повысилась влажность шихты, приходится увеличивать количество газа, поступающего для обогрева печей, так как часть тепла будет расходоваться на испарение излишней влаги.

Для определения влажности шихты в заводской лаборатории требуется два с лишним часа. Экспресс-лаборатория сообщает производственникам результаты анализа по влаге через 15 минут после доставки пробы.

Нельзя терять ни секунды! Все операции анализа поэтому максимально сокращены. В заводской лаборатории для определения влажности берется 100 граммов шихты, а здесь — всего 10. Меньшее количество угля требует меньше времени для его обработки.

Чтобы узнать, сколько влаги в угольном порошке, надо взвесить пробу, затем высушить и вновь взвесить. Вес сухого порошка будет меньше веса порошка, принесенного в лабораторию, ровно на столько, сколько влаги испарилось за время сушки.

Сушка шихты в заводской лаборатории происходит в сушильном шкафу, обогреваемом электричеством.

В экспресс-лаборатории проба подвергается действию инфракрасных лучей. Маленькая десятиграммовая порция угольного порошка рассыпается на крохотном противне и прикрывается металлическим рефлектором. В центре его помещена спираль, нагретая электричеством до тлеющего света. Тепловые инфракрасные лучи, отражаясь от рефлектора, падают на противень и быстро высушивают пробу угля.

Одним анализом в течение 20—25 минут определяются зольность угля и содержание в нем серы.

В центральной лаборатории все эти анализы повторяются с большим количеством угля, более тщательно и с меньшей быстротой. Если окажется, что между анализами одних и тех же проб в центральной и экспресс-лаборатории есть заметное расхождение, анализы повторяются.

При температуре в 1100 градусов

Коксовая печь представляет собой подобие огромной спичечной коробки. Это узкая, высокая камера, стенки которой выложены огнеупорным кирпичом. В стенках устроены каналы для подвода и сжигания обогревающего печь топлива — смеси доменного газа с воздухом.

В этих печах угольный порошок подвергается действию высокой температуры без доступа воздуха.

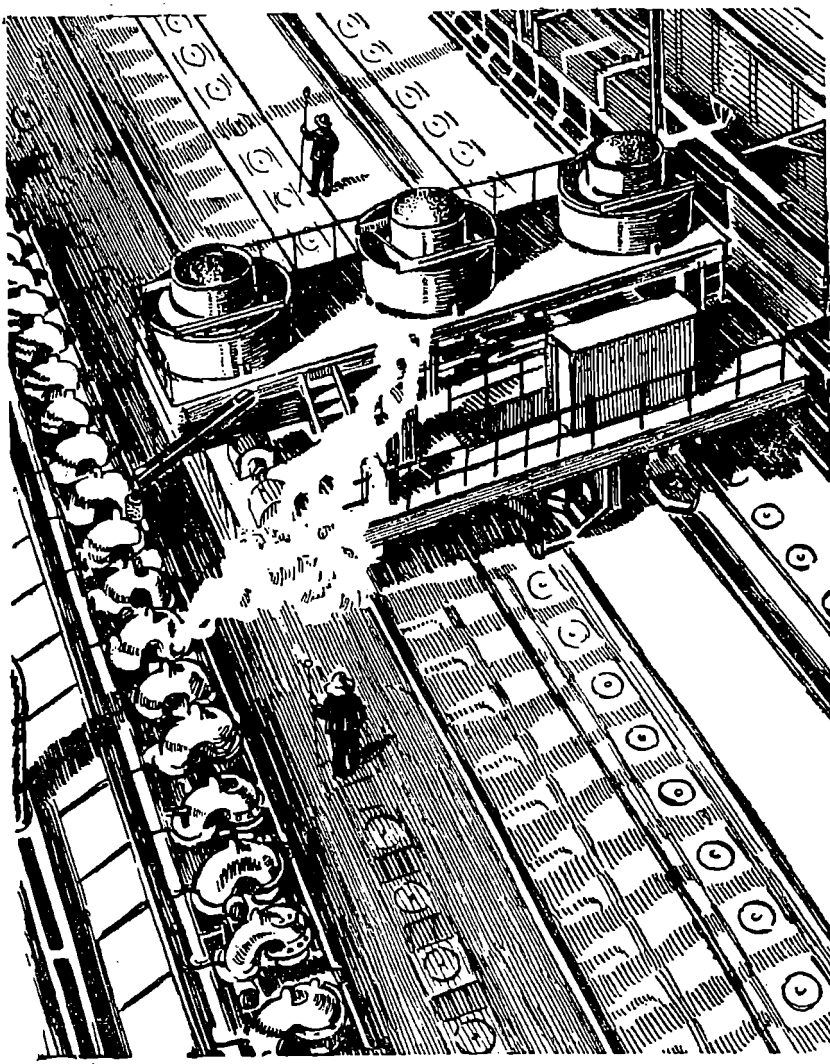
Выделяющийся при спекании кокса в камерах печей коксовый газ отводится по особым газопроводам.

50—70 камер печей соединяются в батареи с общей системой каналов, подводящих газообразное топливо, и другой системой каналов, которые уводят из камер печей выделившиеся из угля летучие вещества.

Батареи высотой с двухэтажный дом, тянущиеся на расстояние в несколько сот метров, напоминают здания цехов без окон с плоской крышей. С обеих сторон в стенах батарей имеются узкие, высокие дверцы, закрывающие с торцов «спичечные коробки» камер. Рабочих здесь трудно заметить. Батареи обслуживаются огромными машинами, передвигающимися по рельсам вдоль печей и по их плоским крышам.

Специальный магнит углепогрузчика открывает люки коксовых батарей.

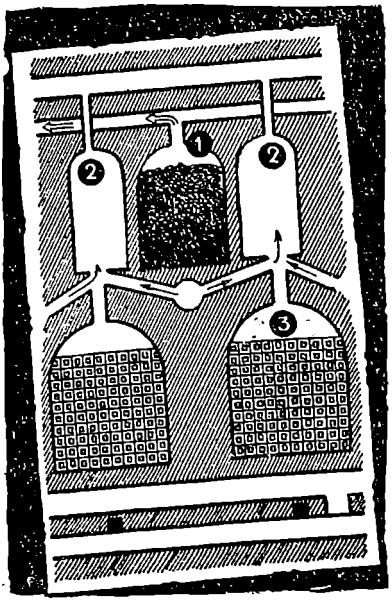
Над самыми батареями возвышается башня с угольной шихтой. Наверху коксовых батарей по всей плоской «крыше» из конца в конец проложен широкий рельсовый путь. Он проходит под основанием башни, по середине «крыши». Сюда, под башню, забирается одна из громоздких машин — металлический загрузочный вагон — углепогрузчик, представляю-



Коксовые батареи загружаются углем при помощи углепогрузчика.

щий собой в то же время и весы. Из бункеров угольной башни вагон заполняется шихтой. Через узкие люки взвешенная шихта — в вагон ее входит 17 тонн — попадает в камеры печей.

Стенки огневого канала печи нагреты до 1350 градусов. Камера, куда загружен уголь, прогревается до 1100 градусов. В узкой щели между двумя выложенными из огнеупорного



Разрез коксовой батареи:
1 — коксовая камера, *2* — камера сгорания, *3* — регенеративная камера (черными стрелками показан путь газа, белыми — выход коксового газа).

динасового кирпича раскаленными докрасна стенками уголь спекается в кокс. 16 часов необходимо для того, чтобы процесс коксования завершился. В три раза меньше времени, чем при выжигании кокса в кучах.

В наглухо закрытых камерах уголь подвергается действию очень высокой температуры. Если бы воздух свободно проникал в печь, шихта простонапросто сгорела бы. Не подвергаясь же действию кислорода, шихта начинает обволакиваться пластической массой. Уголь, спекаясь, отдает свои летучие вещества. Они не задерживаются в печи. По особым каналам из каждой камеры коксовый газ уводится в так называемый стояк — вертикальную трубу.

Температура газа велика — 750 градусов. Прежде чем отправить коксовый газ в химический цех и затем, после обработки, в качестве топлива на металлургический завод, его охлаждают. Эту задачу выполняет водяной «душ».

Но охлаждают газ не холодной водой. Воду «душа» заранее подогревают до 76 градусов, чтобы в момент охлаждения газа облегчить ее испарение. Ведь на парообразование затрачивается во много раз больше тепла, чем на нагревание, поэтому температура газа понизится гораздо больше, если тепло его будет расходоваться на испарение воды.

Охлажденный газ попадает в газосборник — трубу большого диаметра — и направляется в химический цех. Более 200 различных веществ получают из коксового газа, в том числе удобрения, нафталин, анилиновые краски, искусственное волокно, фенацетин, аммиак, серу и многое другое.

Но вернемся к тому, что происходит с углем. Важно, чтобы в камере печи вся масса шихты нагревалась равномерно и не получилось так называемого «пережога» или «недопала» — такой кокс доменщики бракуют. Опытные коксовики выдают из печей прочный, крупный, хорошо спекшийся, пористый кокс.

На забетонированном основании вдоль одной из стен батареи проложены необычные рельсы. Уже одного взгляда на них достаточно, чтобы представить себе исполинские размеры машины, передвигающейся по ним. Рельсы особенно прочно скреплены с бетонным основанием, а расстояние между ними — 8 метров 686 миллиметров. Это путь для коксовыталкивателя. Издали, в клубах дыма, вырывающегося из открытой камеры печи, машина высотой с двухэтажный дом и в самом деле кажется каким-то гигантом. Она весит 120 тонн. 14 различных операций выполняется коксовыталкивателем. Когда я впервые увидел работу этой необычайной машины, мне показалось неправдоподобным то, что происходило.

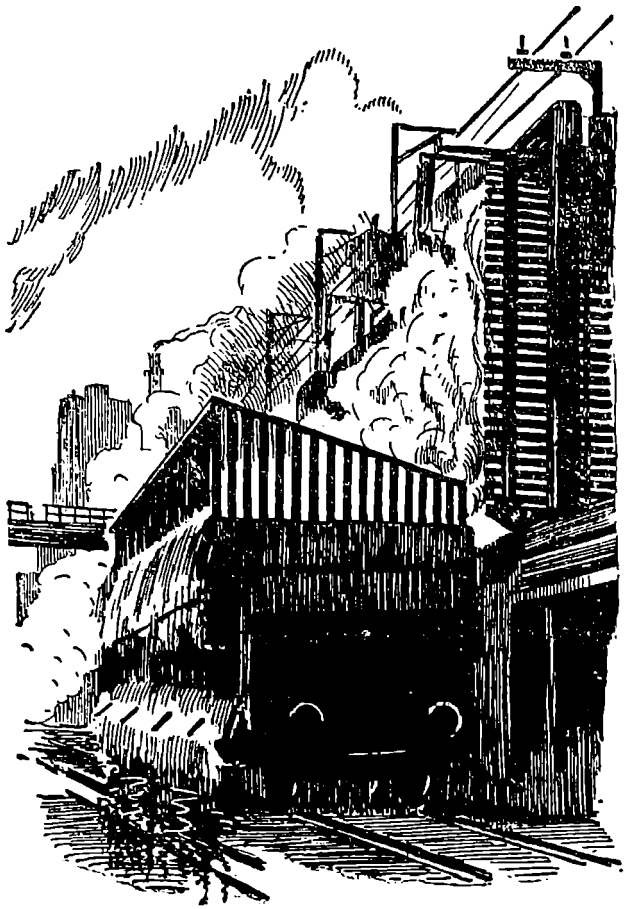
...Машина остановилась, и через некоторое время к ней словно прилипла одна из дверец-крышек батареи, открыв узкую, раскаленную щель печи. «Каким же чудом это произошло?» — спрашивал я себя. Внимательно осмотрев, как устроены соседние дверцы-крышки, наглухо закрывавшие печи, я убедился, что прежде чем их снять, надо отвинтить болты и отодвинуть зажимы. Кто и когда успел это сделать?

Оказалось, что и открывала зажимы «сама» машина.

В застекленной кабине, расположенной на уровне второго этажа, за небольшим пультом сидел всего один рабочий. Он нажимал на ту или иную рукоятку, и машина переезжала с места на место, открывала дверцы печей, вдвигала в раскаленное пространство «спичечной коробки» огромный хобот, одним движением выталкивавший весь коксовый «пирог» с противоположной стороны батареи, разравнивала засыпанный в печь уголь... Вытолкнув «пирог», машина подвигала дверцу на место, и выдвинутые вперед «щупы», «усики» или «руки», — называйте как хотите этот удивительный механизм, вновь завинчивали болты и наглухо закрывали дверь.

Каждый механизм этой замечательной машины приводится в действие отдельным электромотором: их на коксовыталкивателе установлено до десятка.

Но у батареи коксовых печей работы выполняются не только механизмами. Трудятся здесь и рабочие с самой обычной лопатой или скребком в руках. Рабочие, как в доспехи, одеты в грубые, прочные асбестовые костюмы, которые не так-то просто прожечь случайной искре. На головах у них войлочные шляпы с низкими полями, на ногах — ботинки с деревянной подошвой, которая не обожжет ногу, даже если придется пройти по горячему углю. Люди работают рядом с машиной. Машинист коксовыталкивателя — их начальник. То, что не в состоянии выполнить механизмы, — уборка случайно высы-



Готовый кокс при помощи коксовыталкивателя выгружается в тушильный вагон.

павшегося из печи кокса, зачистка дверцы от угольной смолы — делается руками рабочих.

К тому времени, когда штанга коксовыталкивателя входит в пышущую жаром щель печи, с другой стороны батареи особой машиной также снимается дверца печи. Там подле печи стоит металлический тушильный вагон. Раскаленный ломоть «коксового пирога» сначала высовывается из камеры целиком, затем вдруг разламывается, рушится, и в вагон летят огненные куски готового кокса. Едва вагон наполнится пылающим коксом, машинист включает электрический мотор. Вагон устремляется в тушильную башню. Здесь, как только кокс

оказывается под кранами башни, автоматически включается сильный душ, и кокс в несколько секунд тушится. Более 60 кубических метров воды обрушивается на вагон. Из башни вырываются белоснежные клубы пара, над заводом вырастает искусственное облако. Вода здесь нужна не только для того, чтобы прекратить горение кокса, но и как химический реагент для образования сероводорода и удаления таким путем серы из кокса.

Хорошо очистить кокс от серы особенно важно. Инженеры подсчитали, что если понизить всего на 0,5 процента содержание серы в углях Донбасса, то это позволит получить дополнительно на металлургических заводах нашего Юга не менее 1 500 тысяч тонн чугуна и сберечь 1 300 тысяч тонн кокса в год.

Но мокрое тушение — уже не последнее слово техники. Сейчас ученые разработали способ «сухого» тушения кокса в закрытой камере. Кокс при этом получается менее влажный; кроме того, меньшая его часть сгорает. Проблема сухого тушения кокса должна быть в ближайшее время практически решена советскими коксовиками.

Тот же вагон отвозит кокс на рампу — наклонную плоскость, выложенную металлическими плитами, и вываливает его здесь для просушки. Влага, находящаяся на поверхности кусков, испаряется под влиянием тепла, сохранившегося внутри них.

Отсюда начинается довольно сложный путь топлива доменной плавки сначала на транспортерной ленте по наклонным галереям, а затем в сортировочных башнях. Кокс сортируется на четыре класса: металлургический — диаметром 40 миллиметров и больше; для литейных цехов — 25—40 миллиметров; коксовый «орешек» — 10—25 миллиметров и коксовая мелочь. Мелким коксом (коксовым «орешком» и мелочью) засыпается поверхность расплавленного чугуна в ковшах, чтобы металл не застывал. Кокс употребляется также для спекания руды в агломерат, для хозяйственных целей.

К доменным печам направляются самые крупные куски топлива. От его качества во многом зависит ровный ход печей. Если в домну будет попадать коксовая мелочь, ход газов будет затруднен, так как топливо перестанет играть роль скелета плавильных материалов.

В свое время доменщикам Магнитки пришлось проявить немало энергии для того, чтобы добиться тщательной сортировки кокса. Не одну бессонную ночь провели они около приспособлений, сортирующих кокс по размеру кусков.

Теперь они заваливают в домну отборный кокс. Это второй после подготовки руды «секрет» трудовых успехов магнитогорцев.

Глава четвертая

«ЛЕГКИЕ» ПЕЧЕЙ

Пять миллионов кубометров...

Того, кто впервые видит доменные печи, поражают и гигантские их размеры и, особенно, конструктивные формы сооружений доменного цеха. Сначала даже трудно отдать себе отчет, что же, собственно, производит такое неотразимое впечатление. Помню, я долго расхаживал у подножия печей не в силах оторвать взгляда от переплетения могучих трубопроводов, вознесенных, казалось, под самые облака.

Когда меня познакомили с устройством механизмов, с машинным залом, заполненным автоматически действующими машинами, управляющими процессом выплавки чугуна, первое взволнованное чувство уступило место глубокому интересу ко всему тому, что делается около домен.

Как-то, придя к доменным печам уже в двадцатый или тридцатый раз, я, наконец, понял, откуда родилось ощущение необыкновенности окружающего, которое я испытал, в первый раз увидев домны — магнитогорские домны.

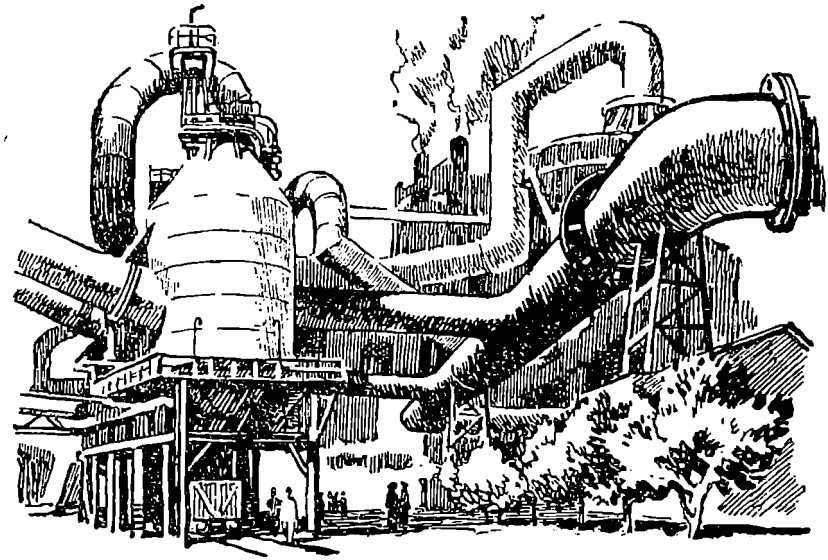
Это «открытие» произошло уже за 2 тысячи километров от Магнитогорска, у Азовского моря, на заводе «Азовсталь». Все те же доменные печи, увенчанные трубопроводами, возвышались передо мной. Рядом с печами стояли как бы опрокинутые вверх дном формы для песочных «куличиков», только гигантских размеров — воздухонагреватели. Напротив, составляя другую сторону небывалой улицы, возвышались бочки пылеуловителей, в которых доменный газ очищается от крупинок руды.

Все эти сооружения выше соседних цеховых зданий. Неожиданная мысль заставила меня улыбнуться. Здесь как будто произошла необыкновенная метаморфоза: предметы, которые обычно бывают небольшими и помещаются внутри зданий, приобрели сказочные размеры. Здания же по сравнению с ними как бы уменьшились и выглядели игрушечными.

Чем же вызвана эта метаморфоза? Что потребовало увеличения, кажется, до фантастических размеров тех сооружений, которые нагревают и подводят к печам воздух или отводят и очищают от пыли газ?

Для того чтобы печь могла нормально работать, в нее надо вдувать более 3 500 кубических метров воздуха в минуту, то-есть более 5 миллионов кубических метров воздуха в сутки. Колоссальное количество!

Вес воздуха, потребляемого домной за час, составляет



Могучие трубопроводы опутывают территорию завода.

270 тонн, а за сутки — около 6½ тысяч тонн. Такой груз смогли бы увезти лишь 6 товарных эшелонов.

Прежде чем вдуть в печь все это количество воздуха, надо в короткое время нагреть его до 800—900 градусов.

Эти простейшие подсчеты объясняют, почему так велики воздухонагреватели: в них подогреваются огромные массы воздуха.

Что же заставляет металлургов вдувать в печь именно нагретый воздух?

Химическая реакция восстановления железа — полное освобождение железа из плена кислорода с помощью углерода кокса — завершается при высоких температурах. Они достигаются сжиганием кокса (заключенный в коксе углерод соединяется с кислородом воздуха). Для получения высоких температур надо сжечь много топлива, а для этого, понятно, необходимо и много воздуха.

В старину в течение столетий в печь вдували воздух с помощью мехов. Двигательной силой были руки рабочего, сила животных, а позднее падающая вода. Дутья с помощью мехов едва хватало для получения небольших количеств железа в примитивных печах.

Первая паровая машина, приводившая в движение мехи, была сконструирована в 1765 году гениальным русским механиком Иваном Ивановичем Ползуновым.

Не менее важным оказалось подогревать воздух перед вдуванием его в печь. Переход к подогреву дутья привел к целой революции в выплавке чугуна.

Подогрев вдуваемого в печь воздуха впервые был применен в 1829 году директором одного из шотландских заводов Джемсом Нилсоном. Это был смелый эксперимент. В то время доменщики считали, что дутье надо не подогревать, а охлаждать. Было замечено, что зимой печи идут ровнее, чем летом. Нилсон считал, что дело здесь в другом: дутье надо осушать. Вопреки сопротивлению владельца завода, Нилсон все-таки провел свой опыт: подогрел воздух, решив, что он осушил его. Достигнутый при этом результат поразил самого изобретателя. Повысилась температура внутри домны, шлаки стали текучими, а это облегчило работу печи и позволило увеличить суточную выплавку чугуна.

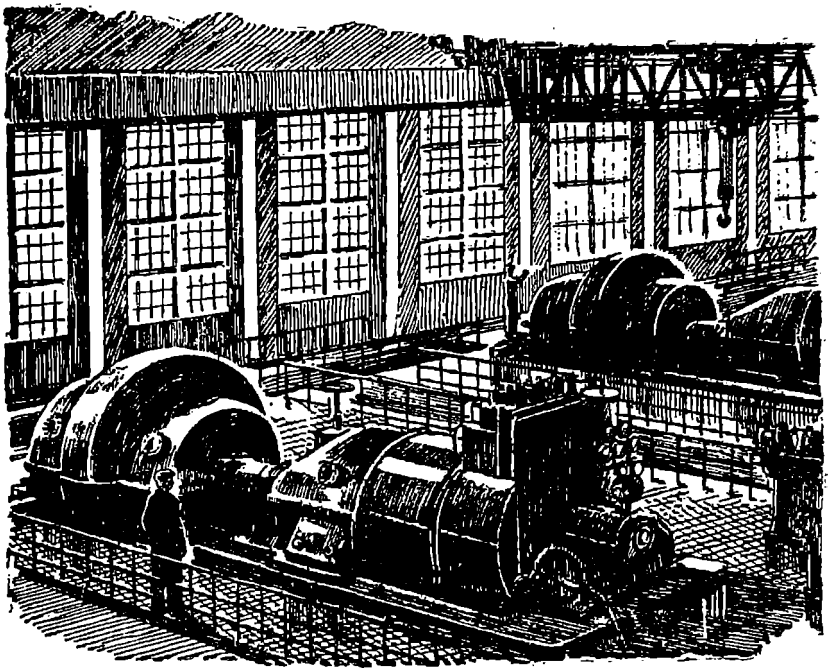
Огромное значение изобретения в полную меру выяснилось несколько позднее. С течением времени стало очевидно, что нагретое дутье не только способствует повышению температуры в печи и увеличивает суточную производительность домны, но и снижает расход топлива. При подогреве воздуха на 300 градусов расход топлива уменьшился почти на одну треть. Экономия кокса намного превысила дополнительный расход угля на подогрев дутья. Это казалось невероятным!

Металлурги долго искали объяснения загадочному явлению. Одни считали, что горячее дутье ускоряет горение, другие, — что в горячем дутье способны сгорать битуминозные и углеродистые газы, повышающие температуру в печи. Полагали также, что при нагретом воздухе более полно и наиболее выгодно для химических процессов восстановления железа сгорает углерод. Высказывалась и мысль, что причиной успеха является повышение давления горячего дутья.

Впервые строго научное объяснение неожиданно обнаруженному явлению дал шведский металлург Оккерман. Он показал, что тепло, которое развивается в печи от сгорания топлива, используется для выплавки чугуна далеко не в полном размере, так как значительная его часть уходит из печи с отходящими нагретыми газами. То же тепло, которое приносится в печь заранее подогретым воздухом, целиком тратится на полезную работу. Этот источник тепла приводит к большой экономии топлива и потому наиболее выгоден для доменной плавки.

«Фабрика воздуха»

Та часть современного металлургического «конвейера», где подготовляется для подачи в домну горячее дутье, представляет собой мощное предприятие. Его сердце — воздуходувка.



Воздуходувные машины.

Неустанно дымят трубы большого восьмиэтажного здания, в котором установлены паровые котлы и воздуходувные машины.

В котельной и в машинном зале воздуходувки доменного цеха завода «Азовсталь» попадаешь в мир высоких давлений пара, огромных скоростей вращающихся частей машин, точнейших автоматических устройств. Целая «фабрика воздуха», в которой сосредоточены многие достижения техники и науки!

Воздуходувки старых заводов нагнетали воздух работающими в цилиндрах поршнями. Эти машины не успевали подавать в современные мощные доменные печи необходимое количество дутья. На смену им пришли машины, нагнетающие воздух подобно вентиляторам и сжимающие его до 2—3 атмосфер.

На современных металлургических заводах с доменными печами большой мощности установлены воздуходувки, позволяющие гнать по трубопроводам в доменный цех 3—3½ тысячи кубических метров воздуха в минуту при давлении 2—3 атмосферы.

В машинном зале «фабрики воздуха» завода «Азовсталь» работают воздуходувные машины, каждая мощностью в 14 тысяч лошадиных сил.

Мощные воздуходувки приводятся в действие паровыми турбинами. Пар большого давления и температуры, вырываясь из сопла, резко расширяется. Струя пара ударяется в лопасти колеса турбины и вращает его со скоростью 3—4 тысяч оборотов в минуту.

Доменная печь должна получать в каждую единицу времени строго постоянное количество воздуха. Если это условие не будет выполняться, доменщики не смогут справиться с «капризами» печи, чугун окажется плохим. Турбовоздуходувки — совершенные машины. Число оборотов их роторов может быть выдержано одинаковым, и по трубопроводам будет подаваться в доменный цех одно и то же количество кубических метров дутья в минуту или в час. Но этого оказывается недостаточно.

Кубометр воздуха при нормальных условиях весит 1,29 килограмма. Но разве эти условия «выдерживаются» природой? Воздух засасывается вентиляторами из атмосферы. Зимой воздух холоднее, и его кубометр весит больше, чем летом, ночью воздух холоднее и, следовательно, тяжелее, чем днем. Атмосферные течения сегодня приносят к заводу воздушные массы с одним давлением, завтра — с другим. Нет, постоянством числа оборотов рабочего колеса вентилятора делу не поможешь. Нужно как раз обратное: машина должна менять число оборотов ротора вентилятора в зависимости от условий погоды или времени года. Чем больше весит воздух, тем меньшее число оборотов должна делать воздуходувная машина.

Устанавливает число оборотов человек — его мозг, его рука. Все остальное — контроль за постоянством установленного в данную минуту числа оборотов, контроль за смазкой подшипников, за подачей воздуха в доменный цех — выполняют автоматические устройства.

В большом светлом зале, заполненном машинами и множеством различных механизмов и приборов, работает всего несколько человек. Каждую турбовоздуходувку со всеми ее механизмами обслуживает один машинист.

На высоком столике раскрыт журнал. 16 раз за смену машинист подходит к столику и записывает в журнал температуру и давление наружного воздуха.

В зависимости от этих данных поворотом небольшой рукоятки машинист увеличивает или уменьшает число оборотов турбины. Этот же поворот рукоятки одновременно дает автоматическому регулятору постоянства объема команду: строго поддерживать установленное число оборотов.

Для работы турбины необходим пар высокого давления. Он вырабатывается мощными паровыми котлами. В огромном здании «фабрики воздуха» — в той его части, которая называется котельной, котлы, установленные вертикально, занимают почти все пространство от первого этажа до крыши. Отсюда в машинный зал непрерывно поступает пар под давлением в 29 атмосфер, перегретый до температуры в 400 градусов. 105 тонн пара в час вырабатывает каждый такой котел. В его топке сгорает доменный газ или угольная пыль.

Приборы управления котлами и контроля за их работой расположены на щитах.

На одном из таких контрольно-измерительных постов я увидел рабочего, изучавшего показания приборов. Он был одет несколько необычно для металлургического завода — в простой костюм. Очевидно, здесь нечего было опасаться грязи и копоти. Его голубая рубашка сверкала чистотой. Мы разговорились. Оказалось, что это кочегар котла. Когда мы прощались, он с улыбкой сказал:

— Давно бы пора изменить название моей должности. Разве я похож на кочегара? Во время дежурства у котла мне не приходится брать в руки лопату или иметь дело с копотью и углем.

— Но как же следовало бы назвать вашу должность?

— Очень просто: машинист котла.

Воздух на «конвейере»

Из здания воздуходувки выходят трубопроводы — начало воздушного «конвейера». По ним воздух гонится в доменный цех. Но прежде чем попасть в печь, воздух должен быть подогрет.

Воздух немного нагревается еще в самих воздуходувных машинах. Та часть огромного вентилятора, где проходит только что взятый из атмосферы воздух, холодна. С противоположной же стороны стенки машины нагреты так сильно, что о них можно обжечь руку. В воздуходувке происходит нечто подобное тому явлению, которое часто возникает в горах. Если потоки воздуха, перевалив гребень горного хребта, спускаются вниз вдоль его склона, они попадают из области с меньшим давлением к подножию гор, где давление больше. В сжатом воздухе молекулы начинают чаще встречаться друг с другом, двигаются быстрее, и температура его повышается. Вот почему иной раз с ледников в горных ущельях начинает дуть теплый ветер.

В воздуходувной машине воздух сжимается до 2 атмосфер и подобно воздуху, уплотняющемуся у подножия гор, нагревается. Благодаря этому физическому явлению летом воздух выходит из воздуходувки подогретым до 80—100 градусов. Но для современной доменной печи этого подогрева недостаточно. Температура дутья должна равняться 800—900 градусам.

Воздушные трубопроводы подводят воздух к башням воздухонагревателей, по форме, как уже говорилось, напоминающим опрокинутые песочные стаканчики, высотой в 35 метров и диаметром в 8 метров.

Первые аппараты для нагрева дутья выглядели совсем иначе. Они были не только меньшего размера, но и работали по другому принципу. Воздух в них проходил по чугунным трубам, которые обогревались продуктами сгорания угля. Этот принцип подогревания воздуха получил в технике название рекуперации тепла. Однако в аппаратах, устроенных по этому принципу, воздух можно было подогреть лишь до 300—400 градусов. Стремление доменщиков повысить производительность печей и уменьшить расход кокса при выплавке чугуна заставляло их увеличивать температуру дутья. Но чугунные трубы, в которых нагревался воздух, при этом быстро выходили из строя.

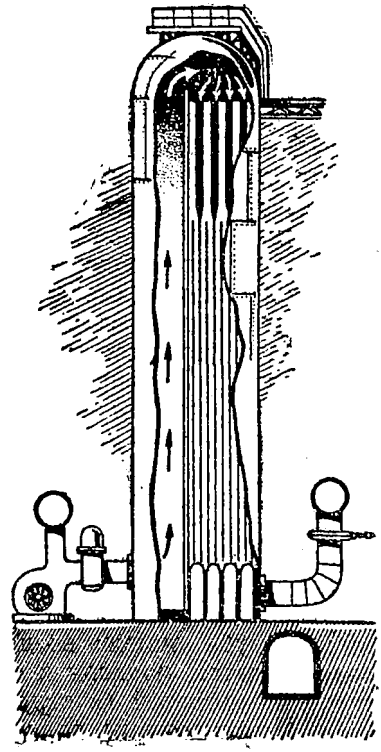
В 1857 году англичанин Эдуард Каупер изобрел воздухонагревательный аппарат, основанный на принципе регенерации — восстановления тепла. Сначала нагревалась огнеупорная кладка аппарата, а затем через раскаленные каналы ее пропускался воздух. Кирпичи кладки, отдавая скопленное тепло, нагревали воздух до высокой температуры.

Такой способ подогрева дутья требовал согласованной попеременной работы двух-трех нагревательных аппаратов: пока один нагревал воздух, второй и третий подогревались сами или один из них играл роль резервного. Система из нескольких аппаратов потребовала более сложных вспомогательных механизмов.

В современной технике происходит интересное явление: сданный, казалось бы, в архив истории принцип рекуперации тепла вновь возрождается. Аппараты, основанные на этом принципе, проще и выгоднее, так как позволяют вести подогрев без переключения на резервные аппараты, непрерывно. Техника же получения жаростойких марок стали достигла сейчас такого развития, что оказалось возможным делать трубы, не поддающиеся быстрому разрушению под действием высокой температуры.

Но в доменных цехах пока что подогрев воздуха основан на принципе регенерации тепла.

Около самой башни современного воздухонагревателя труба, подводящая воздух, разделяется надвое. Одна часть «вилки» входит в основание тридцатипятиметровой башни. Это путь холодного воздуха перед его подогревом. Другая часть раздвоенного трубопровода огибает башню и соединяется с трубой, по которой движется уже нагретый в воздухонагревателе воздух. Назначение этого разветвления воздушного «конвейера» станет понятным, когда мы познакомимся с автоматическим регулированием постоянства температуры дутья. Но не будем забегать вперед.



Воздухонагреватель в разрезе.

Холодная струя воздуха нагревается, проходя сквозь заранее подогретые ячейки огнеупорной кладки внутри огромной стальной башни воздухонагревателя. Предварительный подогрев ячеек кладки — дело несложное. Для этой цели служат газовые горелки, установленные у основания воздухонагревателя. Через сопла горелок внутрь башни подается очищенный доменный газ. Туда же нагнетается необходимый для процесса горения воздух из атмосферы. В крохотное смотровое окошечко видно, как внутрь воздухонагревателя врываются языки горящего газа. Новичка обычно поражает отчаянный рев и гул этих механизмов. Сколько раз мне доводилось с опаской обходить газовые горелки или пробегать мимо, согнувшись в три погибели, пока я не понял происхождения оглушающего звука: это пламя горелки врывается в ячейки, выложенные из огнеупорного кирпича, — насадки.

Горячие газы, получившиеся в результате сгорания топлива, с большой быстротой проходят сквозь все насадки. Их путь сначала направлен вверх. Под куполом башни, следуя по огнеупорным каналам, раскаленные газы изменяют направление движения. Они устремляются вниз, к основанию дымовой трубы. На всем своем пути внутри башни воздухонагревателя газы отдают свое тепло огнеупорной кладке. Каналы кладки

извилисты и длинны, и большая часть тепла мчащихся по ним газов успевает перейти к огнеупорным кирпичам насадок.

Несколько часов неумолчно ревет газовая горелка. За это время температура «начинки» башни постепенно поднимается до 800—950 градусов. Воздухонагреватель готов к действию. Теперь нужно выключить горелку и пропустить через раскаленные ячейки насадок воздух, подаваемый воздуходувкой. Но прежде надо отсечь от доменной печи охладившийся, только что, как говорят доменщики, «дувший» воздухонагреватель. Для этого служит особая заслонка — шибер горячего дутья.

Закрыв шибер «дувшего» воздухонагревателя, на печь переключают поток воздуха из только что нагретой башни.

Важнейший, непреложный закон доменной плавки заключается в постоянстве режима печи, в единообразии подаваемых в печь материалов. Строго постоянной должна быть и температура дутья. Но как же этого достигнуть? Ведь насадки воздухонагревателя потому-то и нагревают проходящий через них воздух, что отдают ему свое тепло и становятся холоднее. Значит, вначале воздух будет нагреваться хорошо, а чем дальше, тем тепла ему будет доставаться меньше.

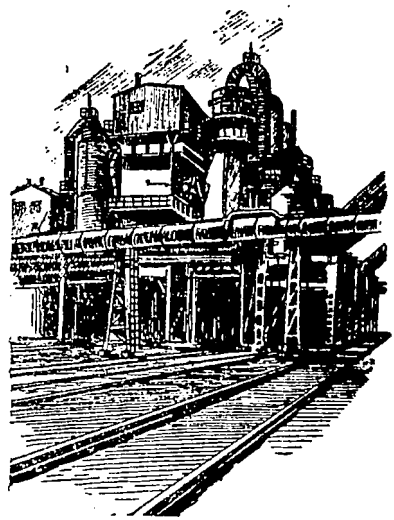
Для поддержания постоянной температуры дутья и служит вторая труба «вилки» воздушного «конвейера», на которую он разветвляется, подходя к стальной башне. По этой трубе к горячо нагретой (в первый момент работы воздухонагревателя) струе воздуха подается холодный воздух. Чем дольше работает нагреватель, тем все меньше и меньше холодного воздуха примешивается к горячей струе.

Эта важная операция, как и многие другие здесь, выполняется не человеком, а автоматом. В трубе, по которой поступает горячий воздух, устанавливается так называемая термопара — прибор, представляющий собой спай двух разных металлов. Термопара при нагревании способна давать электрический ток, сила которого зависит от степени нагрева спая. Как только температура дутья начинает понижаться, термопара дает меньший ток и этим «командует» реле включать электрический мотор, с помощью которого прикрывается заслонка в трубе холодного воздуха. Струя холодного воздуха уменьшается с таким расчетом, чтобы температура подаваемой в домну смеси сохранялась на одном уровне.

«Выдох» доменной печи

Нижнюю часть домны кольцом охватывает трубопровод большого диаметра, изнутри выложенный огнеупорным кирпичом. Сюда поступает нагретый воздух и по нескольким

патрубкам подводится к печи. Внутрь домны горячий воздух попадает сквозь амбразуры в стенках, через так называемые фурмы — трубки с двойными стенками, между которыми непрерывно циркулирует холодная вода. Охлаждение фурм необходимо, иначе они сгорят от развивающегося в домне жара.



Газоочистка.

Едва попав внутрь печи, воздух резко изменяет свой состав. Около фурм происходит полное сгорание углерода, то-есть окисление углерода кокса кислородом воздуха. Кислород еще можно обнаружить на расстоянии 120 сантиметров от фурм. Дальше весь присутствовавший в воздухе кислород соединяется с углеродом. Между кусками заваленных в печь плавильных материалов к верхней части печи — колошнику — пробиваются струйки газа, вбирающего дополнительные порции кислорода руды. Лишь азот, содержащийся в воздухе в больших количествах (почти 79 процентов по объему), не подвергается изменениям.

Из верхней части домны вырываются потоки доменного газа, насыщенного окисью углерода и углекислотой и содержащего пылеобразные частички руды и кокса. На заре доменного производства газ этот бесполезно сжигался над колошником печи. Теперь он после очистки подается в мартеновские и прокатные цехи завода, где служит ценным топливом при выплавке стали и нагреве слитков и заготовок.

У колошника домны собирается и направляется на очистку ежеминутно более $4^1/_2$ тысяч кубических метров газа, то-есть $6^1/_2$ миллионов кубических метров газа в сутки.

Из домны с потоком газов захватываются мелкие частицы руды. Отоплять неочищенным газом металлургические печи нельзя: каналы для подогрева топлива будут быстро забиваться колошниковой пылью и выходить из строя.

Очистка продуктов «дыхания» доменной печи начинается в больших сооружениях — пылеуловителях.

Сначала струя газа, несущаяся по трубе со скоростью 1,5—2 метров в секунду, врывается сверху в огромную металлическую «бочку» высотой с пятиэтажный дом. Переходя в широкое пространство, газовый поток резко теряет свою

скорость, пыль отбрасывается к стенкам и оседает вниз. Газ уходит через трубу вверх.

Из пылеуловителей пыль выгружается прямо на железнодорожные платформы и отвозится или в отвал, или на агломерационную фабрику.

В пылеуловителях до недавнего времени происходила грубая очистка доменного газа. Тонкая очистка велась в так называемых дезинтеграторах — машинах, в которых газ смешивался с мельчайшими капельками воды, механически превращенной в туманообразное состояние.

Теперь же благодаря нововведениям в технологии выплавки чугуна дезинтеграторы, требовавшие больших затрат электроэнергии, оказались ненужными. Тонкая очистка газа происходит с помощью воды в так называемых скрубберах высокого давления или в электростатических установках.

В очищенном доменном газе содержится ничтожное количество пыли: 1—3 миллиграмма на 1 кубический метр газа. Газообразное топливо, подающееся в мартеновские и прокатные цехи, содержит меньше пыли, чем городской воздух.

Глава пятая

ПЕЧИ-ВЕЛИКАНЫ

Зал автоматов

Доменные печи — сооружения более чем в 30 метров высотой.

Это мир автоматов. Их здесь больше, чем в любом другом месте завода.

С чего начать, как рассказать об устройстве и работе одного из самых величественных созданий современной техники?

Когда я думал над этим, мне приходили в голову сравнения и эпитеты, которыми обычно выражают восхищение завоеваниями техники и науки: «мир чудес», «волшебные автоматы», «чудо-печи» и т. д. Но оказалось, что привычные, испытанные слова здесь не годятся. Они не дают представления о том, что происходит на этом важнейшем участке металлургического «конвейера», да к тому же и не могут передать всю грандиозность происходящего.

А происходит вот что. В сутки доменная печь должна поглотить, как мы уже знаем, более 20 товарных составов плавильных материалов. Инженеры подсчитали, что с помощью ручного труда загрузить современную доменную печь плавильными материалами было бы вообще невозможно. И дело тут

не только в том, что потребовались бы многие сотни рабочих: слишком ограниченный «фронт работ» позволил бы одновременно занять делом лишь небольшое число людей.

Но как же решается эта трудная задача с помощью машин и механизмов? Ведь огромное количество руды, кокса, известняка и других добавок должно быть поднято на высоту в 30 с лишним метров и завалено в сравнительно узкое отверстие печи. Как же можно около одной печи на ограниченном пространстве расположить погрузочные механизмы и машины, которые призваны заменить собой множество вагонов, паровозов, экскаваторов, кранов, участвовавших до сих пор в погрузке и доставке «пищи» к печам? Для движения товарных составов около доменного цеха на значительной территории создана сеть железнодорожных путей. Их на этом участке «конвейера» также должны заменить какие-то совершенно особенные «воздушные подъездные пути», способные пропускать всю массу материалов, необходимых для доменной плавки.

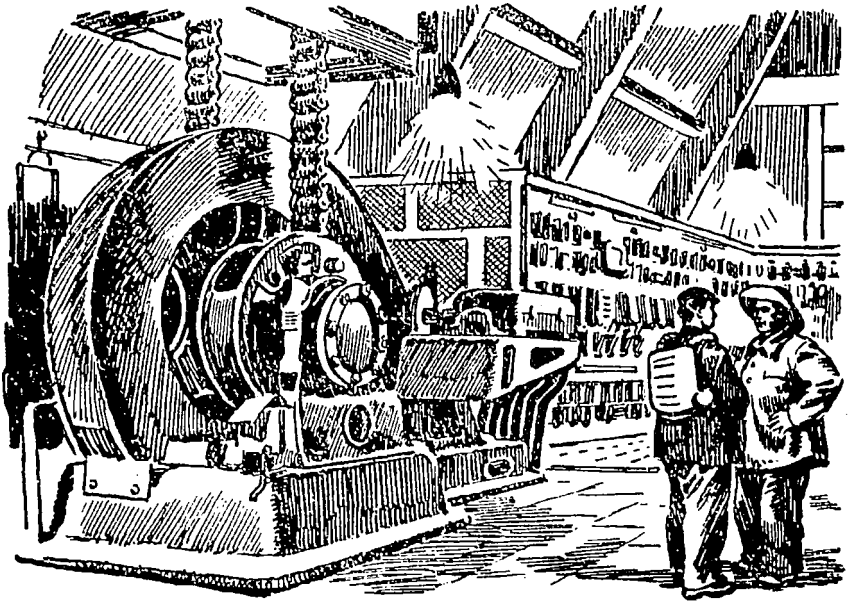
Выполнима ли вообще такая задача? И какие это должны быть машины?

Оказалось, что если соединить в одно целое, как бы в одну колонию, множество транспортных, энергетических, контрольных машин и механизмов и подчинить их управление автоматам, которыми, в свою очередь, командуют автоматы-командиры, то многие тысячи тонн материалов в смену смогут загрузить в печь... всего двое-трое рабочих. Какими словами оценишь эту победу технической и научной мысли и трудового мастерства рабочих, строивших доменные печи?!

И недаром, когда я в первый раз пришел в машинное помещение доменной печи, меня охватило странное чувство: мне показалось, что я стал действующим лицом недавно прочитанных фантастических романов. То, о чем рассказывалось в романах, как о будущем техники и науки, здесь стало реальностью. Это, кстати сказать, говорит о том, что некоторые наши писатели, работающие в области научно-фантастической литературы, иногда не столь уж смело заглядывают в будущее. Развитие науки и техники стало в наши дни особенно стремительным, и писатели просто не имеют права не замечать этого.

Машинный зал находится в здании, поставленном на железобетонные сваи около самой доменной печи. Под полом здания свободно передвигаются железнодорожные составы, обслуживающие доменный цех.

Высокое помещение с полом, выложенным кафельными плитками, занято машинами и моторами — между ними лишь узкие проходы. На панелях вдоль стен то и дело раздаются



Машинный зал

резкие щелчки автоматически включающихся и выключающихся контакторов. Внезапно то здесь, то там слышится жужжание моторов, включенных автоматами, или вдруг начинает вращаться огромный барабан лебедки. Создается впечатление, что машины и механизмы действуют «сами», помимо воли людей. В машинном зале доменной печи на заводе «Азовсталь» находится всего один рабочий. Но и он не вмешивается в действия автоматов, загружающих печь плавильными материалами: его дело лишь следить за их исправностью.

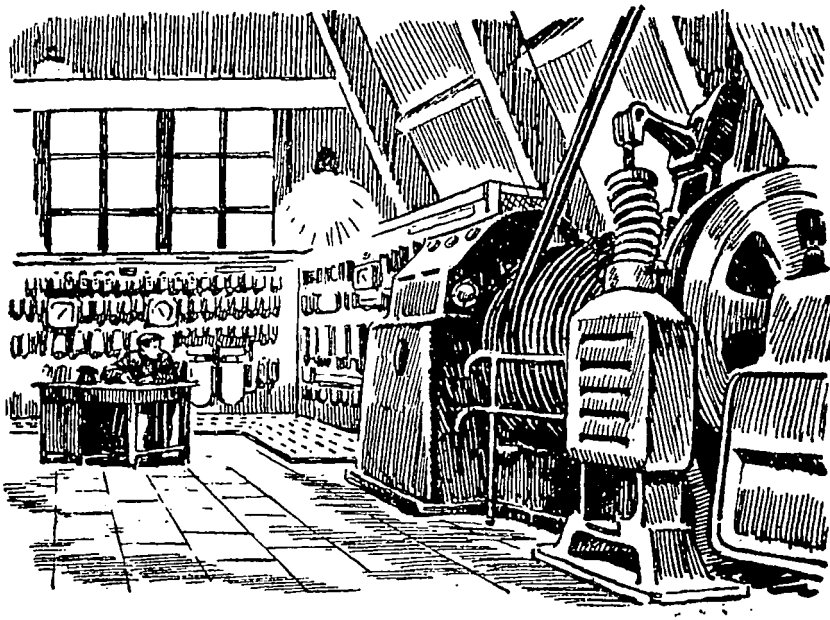
На Магнитогорском комбинате, когда мы вместе с мастером Константином Филипповичем Хабаровым подошли к машинному залу, дверь его была закрыта, а внутри здания не оказалось никого. Автоматы действовали так безукоризненно, что здесь решили не ставить дежурного, поручив мастеру печи время от времени следить за работой автоматических устройств.

Загрузка печи

Какие же операции выполняют автоматические устройства?

Подача в печь плавильных материалов — шихты — организована так.

Две решетчатые стальные фермы так называемого наклон-



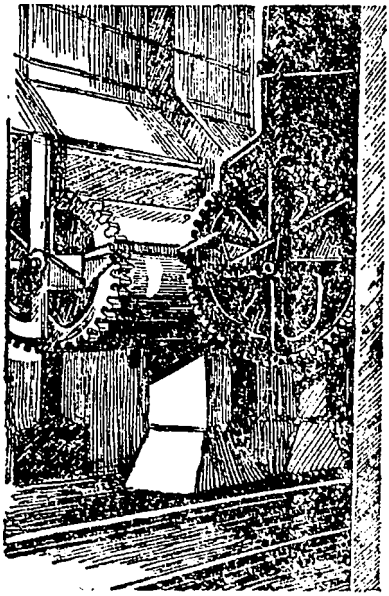
доменной печи.

ного моста подъемного устройства соединяют подземный этаж железнодорожной эстакады, куда товарные составы подвозят плавильные материалы, с верхом домны—колошником. Внутри ферм моста передвигаются вагонетки. Когда одна вагонетка-скип с грузом поднимается до самого верха — на колошник печи, вторая — пустая — в этот момент останавливается внизу, в так называемой скиповой яме. Непрерывное, ритмичное, как ход часового механизма, движение вагонеток вверх и вниз — результат действия автоматических устройств. Если мы станем заглядывать в вагонетки, то увидим, что они везут наверх попеременно то руду с необходимыми для плавки добавками, то кокс. Вот вверх поднялись две вагонетки, загруженные коксом. В следующих трех вагонетках наверх поднимается руда. Затем опять две вагонетки кокса и три вагонетки руды. Порядок подач нерушим. Это опять-таки результат действия автоматов.

Если взвесить количество кокса или руды в одной, другой, третьей вагонетке, окажется, что вес каждой порции материалов строго постоянен.

И в этом также решающую роль играют автоматы.

Руда в вагонетках всегда влажная, светлые капли висят на стальных стенках. Только что в скиповой яме автоматический



Бункеры, из которых плавильные материалы ссыпаются в вагон-весы.

механизм вылил в вагонетку с рудой заранее установленное количество воды, для того чтобы рудная мелочь не выносилась в газопроводы потоком газов.

Плавильные материалы, привезенные в товарных вагонах к подножию печей, на эстакаду, складываются в хранилища-бункера, устроенные внутри эстакады в виде целой батареи «закромов».

Материалы засыпаются в хранилища сверху из вагонов через широкие люки. Внизу под бункерами устроены воронки с открывающимися отверстиями. Стоит только поднять дверцу воронки, и куски материалов сыплются широкой струей в вагон-весы, передвигающийся между рядами бункеров. Вагон-весы, управляемый машинистом, берет необходимое количество руды или добавок и подает материалы к скиповой яме. Против машиниста установлена шкала весов для того, чтобы он мог забрать из бункера строго установленное количество того или иного материала.

В скиповой яме плавильные материалы загружаются в скипы. Поворот рукоятки — и все содержимое вагон-весов высыпается в вагонетку подъемника.

Автомат не даст машинисту по ошибке разгрузить вагон-весы, если скип еще не спустился, в пустую яму.

Машинисты вагон-весов раньше работали в грязи, одежда их покрывалась рудной и угольной пылью. Теперь на передовых заводах и, в частности, на «Азовстали» дело обстоит совершенно иначе. На вагон-весах для машинистов сооружены застекленные, герметически закрытые кабины. Воздух в них попадает через особые фильтры, улавливающие всю пыль. Это нововведение намного облегчило труд рабочих.

На Ново-Тагильском заводе сделан еще один решительный шаг вперед. Там на вагон-весах вообще нет машиниста. Развеска руды и доставка ее к скипам производится автоматически.

Кокс попадает в скип не через вагон-весы. Бункер с коксом находится около скиповой ямы. Сначала куски топлива высы-

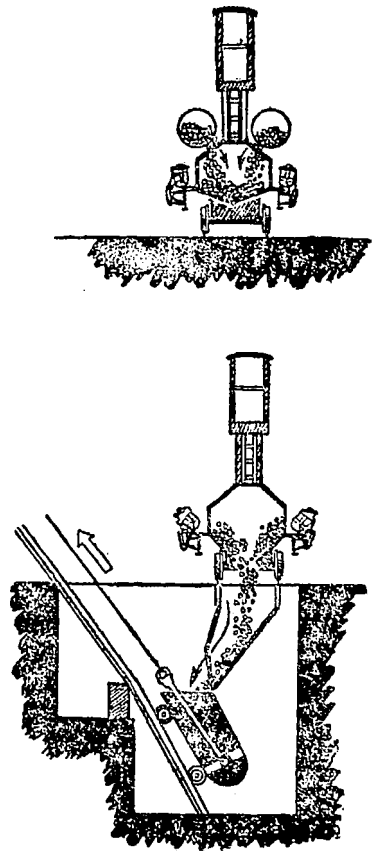
паются в воронку-весы, автоматически отвешивающие заранее установленные доменщиками порции топлива, а оттуда уже подаются в скип.

До сих пор плавильные материалы перемещались из вагонов в бункеры, затем в вагон-весы и, наконец, в вагонетку подъемника под действием силы тяжести.

Для того чтобы создать поток материалов сверху из вагонов в скиповую вагонетку, и приходится строить вдоль печей высокую железобетонную эстакаду.

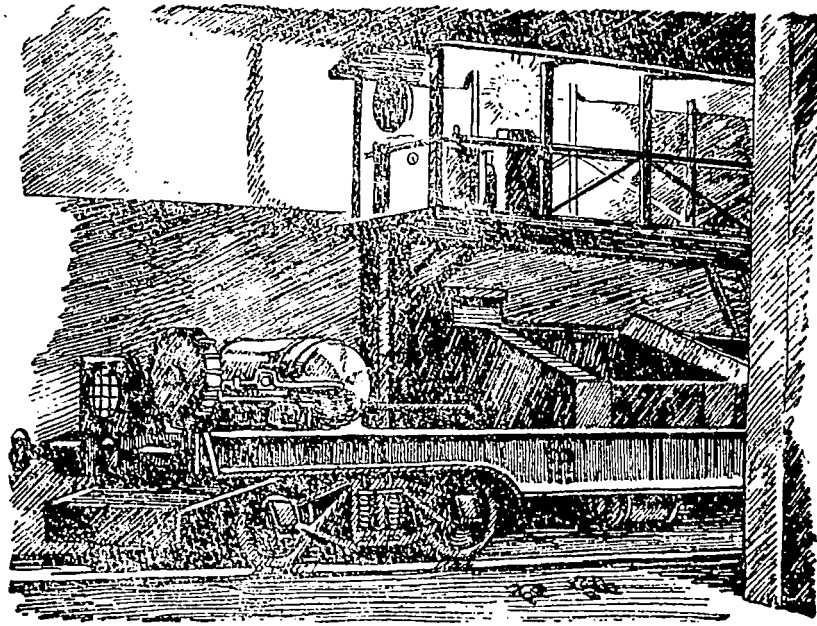
Дальнейший путь плавильных материалов — подъем их на колошник домны — связан с затратой электрической энергии.

Скип поднимается на колошник по рельсам, проложенным внутри наклонного моста. Каждая печь имеет две вагонетки. Обе они прикреплены к одному канату. Канат намотан на барабан мощной лебедки с таким расчетом, чтобы в тот момент, когда один из скипов занимает верхнее положение и полуопрокидывается для высыпания шихты в печь, второй скип спустился в скиповую яму. Когда верхний скип начинает спускаться и с барабана лебедки разматывается прикрепленный к вагонетке канат, второй, загруженный, скип поднимается, так как скрепленный с ним конец каната наматывается на тот же барабан. С места скипы трогаются с небольшой скоростью, затем число оборотов барабана, а следовательно, и скорость движения вагонеток автоматически возрастает. Остановка движения также происходит плавно.



Загрузка в скип плавильных материалов при помощи вагон-весов.

В 1949 году в Магнитогорске около пульта управления скиповой ямой я увидел женщину, регулирующую подъем материалов. Она сигналила машинисту вагон-весов об исполнении операций, связанных с подъемом материалов. Через



Вагон-весы.

два года, приехав вновь на Магнитку, я нашел на том месте, где сидела работница, светящийся транспарант. Вспыхивающие на нем цветные окошечки показывали все, что происходит в скиповой яме и на подъемниках. Посмотришь на транспарант и видишь, как движутся скипы: какой из них вверху, какой внизу, что загружается в вагонетку — кокс или руда, когда оканчивается загрузка. Машинист вагон-весов, подъехав к кабине скиповой ямы и взглянув на транспарант, поворотом рукоятки включал автоматическое устройство, и очередные порции материалов поднимались наверх и загружались в печь самими механизмами.

Спустя три года я увидел то же самое и на заводе «Азовсталь», инженеры и рабочие которого сумели творчески перенять и внедрить на своем заводе опыт уральцев.

Наиболее сложная операция — завалка плавильных материалов внутрь печи. Производится она на колошнике.

Колошник — это верхняя часть домны. В старых домнах отсюда, с небольшой площадки, рабочие вручную заваливали внутрь печи руду и топливо. Порция плавильных материалов называлась колошей. От этого слова и получила название

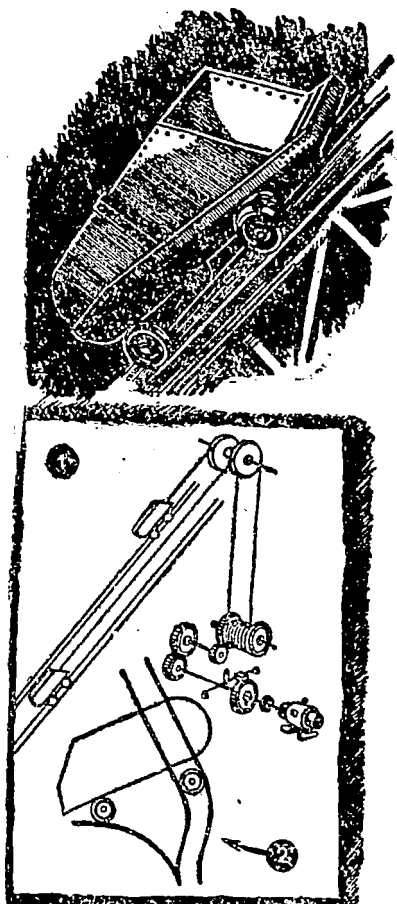
расположенная на самом верху современной доменной печи стальная площадка.

При превращении руды в чугун образуются большие количества доменного газа. Прежде горящие газы просто вырывались из открытой горловины домны наружу. В современных доменных печах горловина и засыпное устройство наглухо закрыты толстой броней. Газ не сжигается и не уходит в атмосферу, а отводится по трубопроводам, очищается от пыли и подается в сталеплавильные и нагревательные печи мартеновских и прокатных цехов или идет на подогрев воздуха, вдуваемого в доменную печь.

В течение многих десятилетий мысль доменщиков работала над тем, как уловить эти газы, уменьшить потери ценного топлива во время засыпки в печь плавильных материалов. Эта сложная задача на современной доменной печи разрешена: могучий поток материалов попадает в печь без особых задержек и не нарушает ее герметичности. Решена она также с помощью автоматов.

Во время подводных работ применяются кессоны — камеры с повышенным давлением воздуха, благодаря которому вода не может в них проникнуть. Но прежде чем попасть в кессон, рабочие входят в небольшую камеру, где давление воздуха постепенно повышается до величины давления в кессоне. Только после этого отворяется дверь в кессон.

Нечто подобное происходит и при засыпке в печь плавильных материалов. Плавильные материалы — содержимое нескольких вагонеток — сначала попадают в камеру, которую можно отделить с помощью конусообразных затворов и от атмосферы и от печи. Когда



Вверху: скип на эстакаде. *Внизу:* схема подъема и опускания скипов (1) и механизм опрокидывания скипа (2).

наружное отверстие наглухо закрывается, давление в камере уравновешивается с давлением газов внутри печи, и только тогда материалы из камеры ссыпаются в печь. Затем плотно закрывается «вход» в домну — и камера готова к приему следующей порции шихты.

«Дверью», отделяющей пространство печи от камеры, служит массивный стальной конус, вершина его прикреплена к прочной штанге. Несколько вагонеток руды или кокса высыпается на конус. Затем штанга вместе с конусом опускается, и между стенками конуса и стальным кожухом — чашей — образуется щель, через которую руда, кокс, известняк ссыпаются внутрь печи.

В этот момент «вход» в камеру закрыт «дверью», также представляющей собой конус, но меньшего размера. Штанга большого конуса проходит внутри полой штанги малого, и поэтому конусы не мешают работе друг друга.

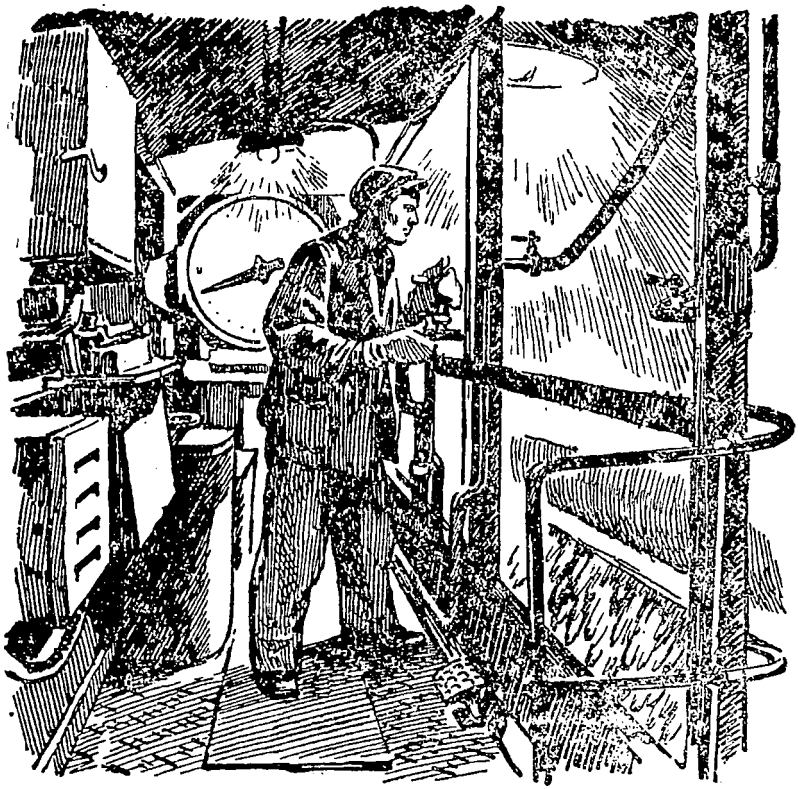
Когда скип с материалами достигает колошниковой площадки, он механически опрокидывается, и его содержимое высыпается в стальную, покрытую защитной броней воронку. Дном этой воронки служит малый конус. Из скиповой ямы наверх отправляется новая загруженная вагонетка, а пустая идет вниз. В этот момент малый конус вместе с воронкой, в которую высыпаются материалы из скипа, поворачивается на 60°. Затем малый конус опускается, и плавильные материалы ссыпаются в образовавшуюся щель на большой конус. Так как малый конус предварительно повернулся, то материалы упадут не на то место, где лежит содержимое предыдущей вагонетки, а рядом. Этим достигается равномерное расположение шихты на поверхности большого конуса.

К тому времени, как новый нагруженный скип доберется наверх, малый конус закрывается. Если он вследствие какой-либо аварии не откроется или не закроется, скип автоматически остановится. Автомат не включает подъемную лебедку до тех пор, пока рабочие не ликвидируют аварию и малый конус не займет своего нормального положения.

Перед тем как вновь опуститься, чтобы ссыпать только что принятую из вагонетки порцию материалов, малый конус обязательно повертывается на 60°.

Главная «дверь» в печь — большой конус — остается закрытой, пока вся ее поверхность не окажется равномерно заполненной плавильными материалами. Только тогда большой конус опускается, и в печь ссыпается одновременно несколько скипов шихты.

Как только большой конус опустится, материалы, лежащие равномерным слоем по всей его поверхности, ссыплются внутрь печи и лягут в ней таким же равномерно распределен-

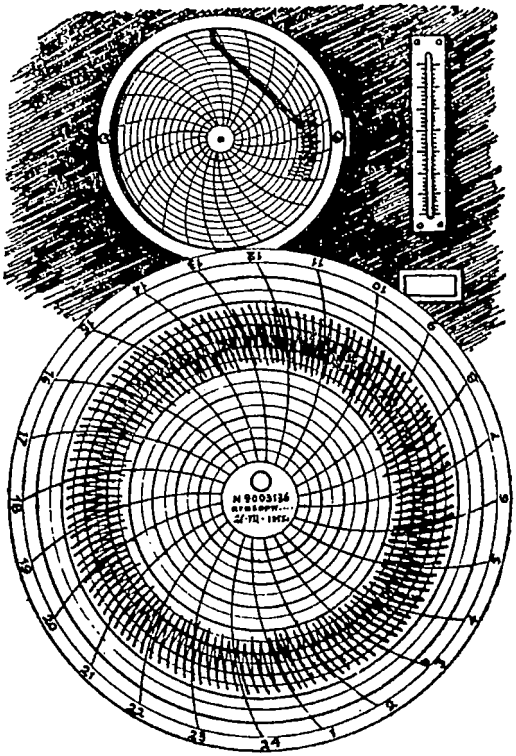


Машинист управляет вагон-весами.

ным слоем. Это очень важно! Если руда, кокс, известняк и другие плавильные материалы ложатся неровным слоем, нарушается распределение газа в массе шихты. В одном месте газа пойдет больше, в другом — меньше. Руда будет обрабатываться газами неодинаково, ход печи нарушится. Для того чтобы этого избежать, и пришлось устроить поворачивающийся малый конус.

В устройстве этой части засыпного аппарата есть две интересные особенности. Казалось бы, не так-то просто добиться того, чтобы малый конус, становясь дном воронки, вращался вместе с ней. На деле же ничего особенно сложного в этом нет. Штанга малого конуса снабжена кольцевым подшипником, на котором она вращается вокруг своей оси.

Автоматы отрегулированы таким образом, что малый конус будет оставаться закрытым, если большой не закрывается, а большой конус не опустится, пока открыт малый.



Автомат, показывающий уровень шихты в домне. Самопишущий прибор левого щупа и его показания.

Технологи задают автоматам тот уровень шихты, выше которого печь не должна быть загружена. Если уровень шихты в печи оказался критическим, автоматическое устройство «не позволит» большому конусу опуститься до тех пор, пока плавильные материалы в результате сгорания кокса и плавления руды не опустятся.

Автомат этот действует так. С большим конусом связаны два щупа-шомпола, которые входят сверху внутрь печи и опираются своими нижними концами о поверхность засыпи. Они опускаются вместе с плавильными материалами. За их движением «следят» самопишущие приборы, отмечая на миллиметровке «поведение» массы шихты. Опускание шомполов отмечается также световой сигнализацией в кабине дежурного мастера печи. Перед тем как большому конусу открыться, шомпола автоматически поднимаются и тотчас опускаются на поверхность вновь засыпанных материалов.

Механический «командир» автоматов

Не так уж сложно построить автоматические весы, автоматическую лейку для увлажнения руды и многие другие автоматы. Но соединить все автоматические устройства, моторы, подъемники, затворы и так далее в одну «колонию», добиться взаимной связи между деятельностью отдельных автоматов и предельно слаженной работы всех их — задача трудная.

Надо, например, тщательно отрегулировать опускание и подъем малого и большого конусов, при помощи которых шихта попадает в печь. Если большой конус откроется не вовремя, нарушится ход доменной печи, может произойти авария. Нельзя перепутать последовательность загрузки руды и кокса и число подаваемых наверх скипов тех и других материалов. Путаница в составе подач также приведет к полному нарушению процесса выплавки чугуна.

Сколько разных условий, запретов!.. Кажется, нужна постоянная работа мысли человека, напряжение всего внимания, всей воли, чтобы своевременно и точно выполнять необходимые операции. Разве можно воспроизвести электрическими проводами, светофорами, контакторами, моторами мозг, нервную систему, мышцы человека?

Конечно, нельзя. Но передать автоматам наиболее утомительную и однообразную часть работы оказалось вполне возможным.

В зале автоматов мое внимание прежде всего привлекла большая панель со множеством рубильников, сигнальных лампочек и электромагнитных реле. Вверху панели большими буквами было написано: «Программа цикла». Над верхним рядом рубильников помещалась блестящая металлическая полоса с делениями и надписью «руда». У нижнего ряда рубильников на такой же полосе виднелось выгравированное слово «кокс». Два рубильника были включены вверх — на руду, три следующих вниз — на кокс.

«Неужели инженеры создали такие автоматические устройства, которым можно заранее задать порядок подач и их чередование и доверить сложное дело управления загрузкой печи?» — мелькнула у меня догадка.

Мой провожатый мастер-электрик Иван Прокофьевич Цыбышев подтвердил это смелое предположение. Мы стояли перед сложным устройством, которое «командует» всеми остальными приборами и механизмами и контролирует их действия.

Главная часть, «сердце», этого автомата называется очень характерно: командо-аппарат.

Под кожухом аппарата смонтирован небольшой мотор с валиком, оборудованным контактами. Провода от контактов выведены к рубильникам на щите магнитной станции программы подач и связаны с сигнальными и автоматическими устройствами скиповой ямы.

Команду этому аппарату подает технолог-доменщик. Он подходит к панели и поднимает два первых рубильника на верхние контакты (руда). С этой минуты командо-аппарат от подачи к подаче будет включать в действие такие автоматические устройства и механизмы, которые помогают машинисту вагон-весов грузить в первые два скипа руду и отправлять ее наверх.

Затем технолог опускает три следующих рубильника вниз (кокс) и тем самым дает распоряжение последующие три скипа грузить коксом.

Тогда командо-аппарат начнет действовать следующим образом. Прежде всего перед машинистом вагон-весов автоматы зажгут световой сигнал на погрузку руды.

Машинист вагон-весов, выполняя этот «приказ», загружает скип рудой и поворотом рукоятки включает мотор главного подъемника. Скип трогается вверх, и дальнейший подъем его, опускание и открытие малого конуса происходят автоматически.

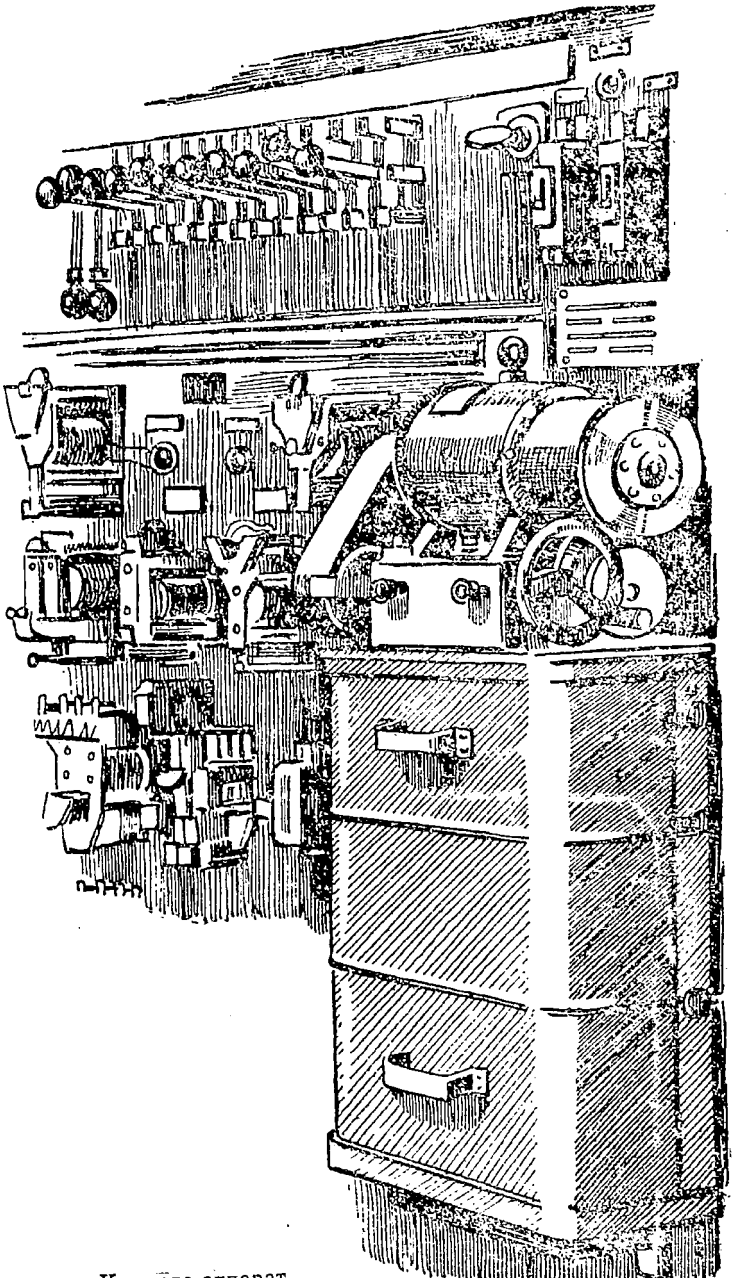
Так повторяется дважды потому, что на погрузку руды включены два рубильника.

Затем мотор командо-аппарата, вращая валик, приводит в действие контакт, связанный с третьим рубильником, опущенным вниз, — на погрузку кокса. Сейчас же срабатывают реле, которые, в свою очередь, включают мотор воронки-весов, и происходит автоматическая загрузка кокса. Дело машиниста лишь включить мотор подъемника, а все дальнейшие операции опять выполняются автоматически. Три раза подряд в скип будет ссыпаться коке, так как на погрузку его включено три рубильника. Подобным же образом управляются и другие автоматы.

Секрет «чудес» автоматики

Осматривая домны «Азовстали», я с таким упорством расспрашивал своего провожатого — энергичного, доброжелательно ко мне настроенного инженера Юлия Залмановича Ратнера — об автоматических устройствах, что, наконец, часа через три он, как бы сдаваясь, сказал:

— Ну, я вижу, вам нужно самое нутро романтики нашего производства... Знаете что, я отправлю вас по очереди ко



Командо-аппарат.

всем нашим начальникам участков. Их много, и они выдержат. Договорились?

Так я попал к мастеру слесарей Федору Яковлевичу Сингуру. Он оказался невысоким, подвижным, разговорчивым человеком в кепке, удивительно пригнанной к его бритой голове. Узнав, в чем дело, он сказал:

— В кого же зараз я заделался, и сам не пойму? Да когда ж мне робить?

— Если ты не хочешь показать человеку свое «хозяйство», мы его к другому направим, — невозмутимо сказал Ратнер.

— На меня еще никто не обижался... Пусть ходит за мной, як цыпленок за маткой... Участок у меня объемный, если все смотреть — дня не хватит.

Но вскоре Сингур вошел в роль учителя. Он объяснял мне, для чего нужен каждый винтик и гаечка, как много труда затрачивают его слесари, чтобы домна работала исправно, и как вообще интересно на его участке, простирающемся от подножия печей до наивысшей их точки — клапанов высокого давления, над которыми лишь гуляют морской ветер да облака.

Сидя в конторке, крохотной комнатке позади слесарной мастерской, сдвинув кепочку на лоб, Сингур говорил:

— В последнее время, если взять с практической точки зрения, аварий у нас не было, шоб не прихвалить — пень мне на язык! Можно прямо выразиться — безаварийно живем... То в первую очередь зависит от того, какие такие люди есть. Надо, чтобы человек имел натуру, то-есть энтузиазм, характер. Был у нас молодой ижненер, только что из института.. Ходил за мной, к примеру, как и вы, бачил, скучал, и никакой натуры в нем не обозначалось...

— Федор Яковлевич, да я ж не скучаю, я просто еще опомниться не могу от ваших печей, с чего начать знакомство с ними — не знаю.

— Да вы послушайте, я ж не о вас, а о том молодом инженере... Ему тогда и говорят: «Ты себя решительно не оправдываешь, завертай в газоочистку». Там старичок один пошел на пенсию, место освободилось. Вот так получилось... Наше производство требует от человека натуры, живости, мгновенных решений. Надо варить головой при условии, конечно, практического опыта.

Через день после этого разговора одна из доменных печей стала на плановый профилактический ремонт. Печь была остановлена всего на сутки, и за это время следовало осмотреть все механизмы, сменить многие их части, проверить работу автоматических устройств.

В обычное время печь обслуживается сравнительно небольшим количеством людей. Теперь же всюду и везде трудились рабочие. Работали дружно, с какой-то особенной приподнятостью, с огоньком, всегда появляющимся там, где сообща выполняется захватившее всех дело.

В условиях завода, ежедневно производящего большие массы металла, сами по себе простые дела требуют подчас усилий многих людей, напряженной работы мысли рабочих, инженеров и ученых.

Простая операция — закрыть или открыть шибер горячего дутья, то-есть, попросту говоря, привести в действие заслонку в трубе. Но труба имеет диаметр 1,5 метра. Надо остановить стремительный поток раскаленного воздуха, в котором мгновенно загорается кокс, нагревается докрасна металл, горит смазочное масло. А заслонка — шибер — весит 3 тонны! И выходит, что по виду легкую операцию осуществить довольно трудно.

Устройство шибера как будто просто. Он установлен поперек трубопровода. Между кольцами корпуса заслонки входит металлическая пластина, наглухо преграждающая путь воздуху. Но и здесь есть сложности. Заслонку необходимо охлаждать: к ней по двум мягким шлангам подводится вода.

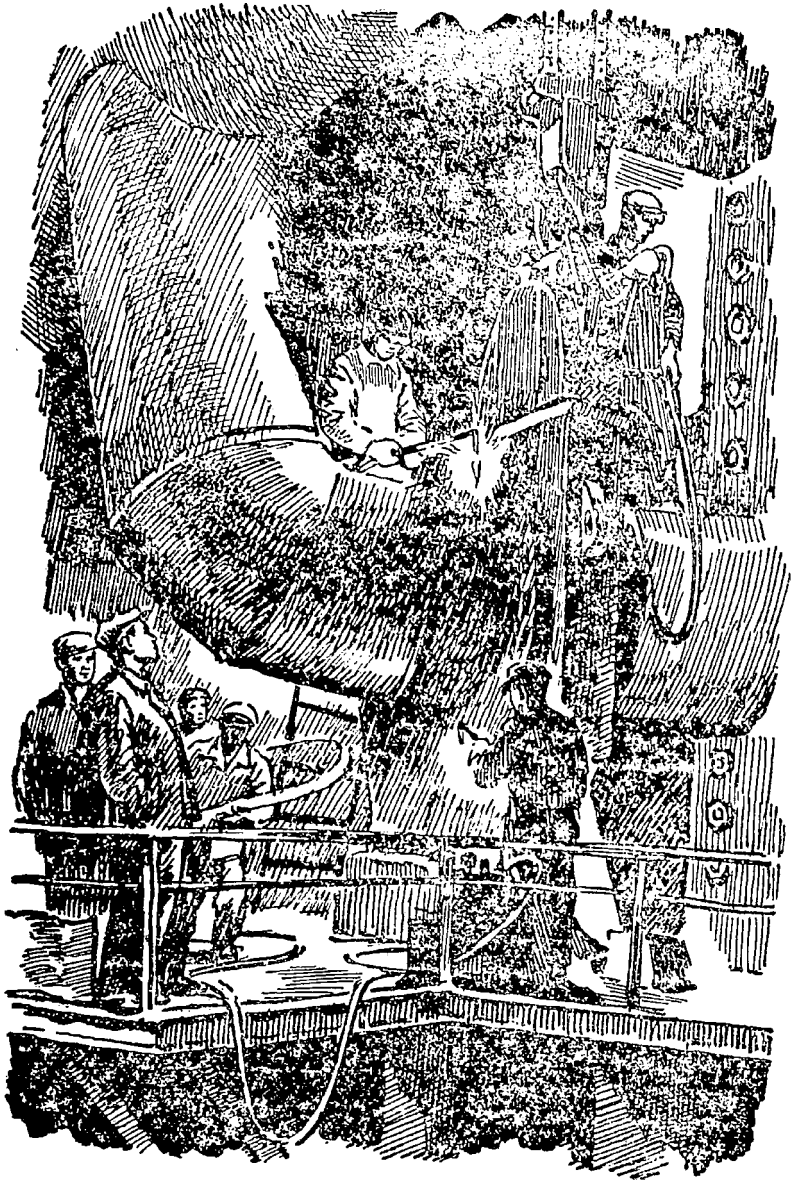
И все же, несмотря на эти предосторожности, шибер горячего дутья под действием высокой температуры рано или поздно выходит из строя.

Мне пришлось наблюдать замену сгоревшего шибера новым. Что, казалось бы, особенного — смена заслонки? Однако посмотреть на работу слесарей собрались многие не занятые в данную смену доменщики. Часть зрителей стояла внизу, другие расположились на лестницах и мостиках над трубопроводом. Печь в это время была остановлена.

Бригада слесарей работала с особенной быстротой. Рабочие понимали, что каждая лишняя минута простоя домны — это потеря необходимого стране металла.

Успех дела сейчас зависел от смекалки, ловкости, смелости, осторожности рабочих. Надо было вытащить шибер из щели в трубопроводе так, чтобы ничего не повредить, не обжечь людей.

Раскаленной струей кислорода были срезаны пригоревшие гайки. Шибер вынимали из трубопровода при помощи крана. Языки пламени сгорающих остатков газа вырвались из образовавшейся щели. Прогоревшие части заслонки цеплялись изнутри за огнеупорную кладку трубопровода. Рабочим пришлось влезть на огромную трубу. Пламенем кислорода они отрезали мешающие, наполовину прогоревшие куски заслонки.



Ремонт шибера.

Так же краном вдвинули на место вышедшего из строя шибера новый...

Долго стоял я, наблюдая горячую, спорую работу слесарей, слушая реплики доменщиков, живо переживавших каждое удачное или неудачное движение рабочих, каждую правильную или ошибочную команду их бригадира.

Вспомнилось, как при первом знакомстве я невольно подумал: «Как легко здесь работается!» Осталось ли на современном советском металлургическом заводе место физическому труду, преодолению сложностей производства?

Теперь, когда домна была остановлена на ремонт, я убедился, что дело обстоит гораздо сложнее, чем могло показаться с первого взгляда.

На ремонте печи было занято около 200 рабочих: слесарей, водопроводчиков, электриков... Меня поразило это число рабочих — 200!

Так вот, значит, сколько людей дает жизнь автоматическим устройствам доменной печи!

Современная домна — это почти полный автомат. Но ведь механизмы и автоматы, как бы остроумны они ни были, с неба не падают. Их надо изобрести, построить, установить и наладить. Чтобы вдохнуть жизнь в громадное, снабженное множеством приборов и механизмов сооружение, нужен труд рабочего. Он так же важен и увлекателен, как труд инженера, проектировавшего автоматику. Усилия рабочего — второй акт творения совершенной автоматической техники. Только после сложной, умной, по-настоящему творческой работы слесарей, электриков, водопроводчиков автоматика способна поразить воображение своими «чудесами». Ведь именно благодаря труду сотен рабочих, и физическому и механизированному, и кажется неискушенному наблюдателю, что механизмы, машины и целые колонии машин — агрегаты — работают «сами собой»!

Пять высотных площадок

Сейчас, когда печь бездействовала и рабочие раскрыли, обнаружили все ее механизмы, можно было ознакомиться с устройством всей этой грандиозной колонии машин и автоматических устройств.

Первым долгом я отправился наверх — туда, где происходит засыпка в печь шихты, — на колошник: представлялась редкая возможность заглянуть внутрь печи.

Вся домна до самого верха увита крутыми стальными лесенками. Они сварены из стальных полос и прутов, и потому

ступеньки их как бы прозрачны. В промежутки между прутами видно землю внизу с двигающимися по рельсам паровозами, ковшами со шлаком и металлом, с маленькими фигурками людей. Точно поднимаешься на небо по сказочной лесенке, которая опирается на облако!

Когда мы поднялись на колошник, печь была уже остановлена, подачу дутья прекратили. Мы поднялись на вторую площадку, помещающуюся над колошниковой, чтобы осмотреть засыпное устройство.

Здесь, в верхней воронке засыпного устройства, все материалы, устремляющиеся к печи по многим разветвлениям технологических потоков, как бы собираются в один пучок и проскальзывают в печь через одно отверстие. Непрерывно проходящий через воронку поток плавильных материалов — куски руды, кокса, агломерата, известняка — изнашивает металл. На стенки воронки приходится ставить броню.

И сейчас одновременно со сменой малого конуса особая бригада рабочих ставила новую броню на воронку.

Для доставки оборудования наверх печи и смены вышедших из строя частей служит третья по счету, начиная от колошниковой, площадка. На этой вынесенной несколько в сторону от печи площадке устроен люк, через который с земли может быть поднято необходимое оборудование для смены вышедшего из строя. Здесь же расположена так называемая монтажная балка. С помощью небольшого подъемного крана на ней подвешивается снимаемое или устанавливаемое оборудование.

Еще выше помещается четвертая площадка — площадка балансиров. Она окружает устройства, которые плотно прижимают поверхности конусов к чашам. Для этой цели служит большой груз, подвешенный к балансирам — рычагам, соединенным со штангами конусов. Груз оттягивает конусы вверх. Чтобы опустить конусы, надо поднять груз противовесов. Это выполняют лебедки, установленные в машинном зале у подножия доменной печи.

Самая верхняя, пятая, площадка доменной печи сооружена почти на тридцатипятиметровой высоте. Здесь расположены атмосферные клапаны, через которые выпускается часть газов в случае, если давление в печи возрастет выше нормального. И на этой самой верхней площадке теперь также работали люди, одетые в прочные брезентовые куртки и брюки. Работали с таким увлечением и так спокойно, словно рядом с ними и не существовало огромной голубой, наполненной теплым ветром пропасти... Бригада слесарей ремонтировала один из клапанов.

Широкая, слегка затуманенная дымкой панорама завода открывалась отсюда. За трубами и зданиями заводских цехов лежала зеленоватая полоса моря...

Мы спустились на первую — колошниковую — площадку, чтобы осмотреть большой конус.

Доступ в камеру — чашу большого конуса — был открыт через ремонтный люк, с которого сейчас сняли крышку. Влезть туда не представляло особого труда. Камера оказалась довольно большой — более 4 метров в диаметре. От внутреннего пространства печи рабочих отделял лишь большой конус у них под ногами. Сейчас он был плотно прижат к чаше. Кроме того, на его поверхность заранее насыпали толстый слой руды и кокса, чтобы не допустить проникновения в камеру угарного газа через мельчайшие щели между поверхностью конуса и чашей, которые могли бы почему-либо образоваться. Рабочие, стоя и сидя на неровном слое плавильных материалов, голубым пламенем кислорода резали на части и выдавали из люка на колошниковую площадку куски сработавшегося малого конуса. Им предстояло поставить новый малый конус, состоящий из двух половинок (так его удобнее втащить в камеру).

В стенке трубопровода на колошнике устроен наглухо закрывающийся люк. Теперь с него сняли крышку, чтобы можно было поджечь смертельный для всего живого угарный газ, еще выделявшийся внутри печи, так как кокс не успевает потухнуть сразу после прекращения дутья. Во время ремонтов засыпного устройства газ всегда поджигается, чтобы людям было безопасно здесь работать.

В отверстие люка можно было увидеть внутренность домны. Я заглянул в люк и поспешно отстранился. Дыхание печи даже сейчас, когда дутье больше не подавалось, почти обжигало.

И все-таки кое-что удалось увидеть. Печь была едва ли не доверху заполнена шихтой. Неровная, слегка выпуклая поверхность руды и кокса цвела желто-красными короткими языками пламени сгорающего газа. Точно огромный сказочный драгоценный камень с причудливой игрой света лежал внизу.

Над языками пламени виднелась кирпичная кладка. Стенки печи расширялись книзу. Здесь уже начинался новый участок металлургического «конвейера». Все, что происходит на нем во время работы печи, скрыто от глаз людей толстыми стенами из огнеупорного кирпича и стальной броней кожуха.

Что же происходит в чреве доменных печей? Что заставляет строить их в виде высокой башни? И почему они так велики?

Немного истории

Прежде чем внутренние очертания и устройство домны приняли современный характер, доменная плавка прошла длинный путь развития.

Чтобы создать современный завод и привести в действие металлургический «конвейер» потребовались величайшие достижения химии и физики. Только проникнув в тайны выплавки металлов, металлурги оказались в состоянии управлять превращениями веществ в металлургических и, в частности, в доменных печах.

В течение многих столетий люди получали железо, не понимая сущности химических превращений, происходящих в охваченном огнем чреве печей. Металлургам, пожалуй, было труднее, чем кому бы то ни было. Наглухо закрытое рабочее пространство печи, отделенное от исследователя прочными, как у крепостной башни, стенками, и наивысшая температура, какой только мог достигнуть человек, всегда были трудно преодолимыми препятствиями на пути раскрытия тайн получения металла. Вот почему всякое усовершенствование способов получения железа давалось дорогой ценой продолжительных поисков, горьких ошибок и неудач.

Процессы, происходящие при получении металла, несмотря на кажущуюся простоту, на самом деле сложны.

Лишь успехи «большой науки» шаг за шагом помогали объяснять процессы доменной плавки, а впоследствии — и управлять ими.

В 1673 году, прокаливая металл в запаянном стеклянном сосуде, знаменитый английский ученый Роберт Бойль обнаружил удивительное явление: подвергаясь нагреванию, металлы прибавляли в весе. «После двух часов нагревания, — писал Бойль, — был открыт запаянный кончик реторты, причем в нее ворвался с шумом наружный воздух. По нашему наблюдению, при этой операции была прибыль в весе на 8 граммов».

Находившийся в сосуде чистый металл всякий раз превращался в окалину, и это и сопровождалось прибавлением его в весе. Результаты опытов дали повод ученому сделать неправильный вывод, будто должна существовать специальная «тонкая материя огня», при прокаливании металла проникающая сквозь стенки сосуда и соединяющаяся с металлом. Вот откуда прибавление в весе!

Ученый ошибался: увеличение в весе происходило оттого, что при прокаливании металла с ним соединялся кислород воздуха, находившегося в сосуде.

Бойль жил в эпоху, когда наука, бессильная объяснить многие явления природы, прибегала к помощи таинственных

«тонких материй». Гипотеза об «огненной материи» в средние века и даже позднее использовалась учеными для объяснения процесса горения и получила название теории флогистона (от греческого «флогидзейн» — гореть).

Это была первая попытка проникнуть в тайну горения. Теория флогистона впервые объяснила процесс выплавки металлов из руд. «Металлы, — говорили ученые того времени, — сложные тела, состоящие из соединения окалины и флогистона. Флогистон угля при нагревании переходит к руде, соединяется с ней и дает металл».

М. В. Ломоносов.

Несмотря на всю свою несостоятельность, эта теория все-таки обобщала ряд явлений природы, и в этом была ее заслуга.

«Химия... освободилась от алхимии посредством теории флогистона», — сказал Энгельс.

Через 83 года после знаменитых опытов Бойля гениальный Ломоносов повторил их, также нагревая металл в запаянных стеклянных сосудах.

«Онымн опытами нашлось, — писал Ломоносов,—что славного Роберта Бойля мнение ложно, ибо без пропущения внешнего воздуха вес сожженного металла остается в одной мере».

Ломоносов взвешивал металлы, не вскрывая сосуда, и установил, что с металлом соединяется не «материя огня», а часть воздуха, находящегося в запаянном сосуде.

Таким образом, впервые была правильно понята реакция окисления. Ломоносов объяснил химический смысл процесса горения — одного из главнейших процессов, протекающих в доменной печи.

В 1757 году Ломоносов выступил на собрании Академии наук с речью — «Словом о рождении металлов», а в 1763 году опубликовал книгу «Первые основания металлургии, или рудных дел».

Эта книга сыграла большую роль в развитии русской и мировой металлургии. Она была написана как учебник горного дела и металлургии и разослана по металлургическим районам страны.

В своей книге Ломоносов сумел дать основы металлургической науки и как бы наметить пути ее дальнейшего развития. Он подчеркивал, что металлург должен прежде всего исходить из химии, указывал на необходимость экспериментального изучения неясных вопросов производства.

Дальнейшее развитие науки окончательно раскрыло состав железных руд, и это помогло металлургам объяснить явления, происходящие при получении железа.

В древности, еще до возникновения доменного производства, железо получали в сыродутных горнах — примитивных печах, вырытых в земле или устроенных из камней. Топливом служил древесный уголь, содержащий углерод. Древние металлурги даже и не подозревали, какие сложные химические превращения происходят в сыродутном горне. Лишь значительно позднее ученые стали проникать в тайны этих превращений. Изучением древних способов получения железа, в частности, занимался и советский академик, основоположник теории металлургических процессов Александр Александрович Байков.

Постепенно было выяснено, какие химические реакции происходили во время получения железа в сыродутном горне. Соприкасаясь с углем, руда — химическое соединение железа и кислорода — отдавала свой кислород углероду. Руда превращалась в куски пористого — губчатого — железа, насыщенного углеродом. Железо, как говорят химики, восстанавливалось. Однако в примитивной печи всегда оставалась часть железистых шлаков, представлявших собой не успевшую восстановиться, расплавившуюся руду. Шлаки, содержавшие кислород, соприкасаясь с губчатым железом, окисляли углерод, находившийся в металле, и таким образом, помимо сознания древних мастеров, получалось железо. Раскаленную губку-крицу проковывали; отдельные куски металла при этом сваривались, а из пор под ударами молота выжимались шлаки и пустая порода.

В примитивных печах — сыродутных горнах, а позднее в домницах могли получать лишь сварочное железо.

Откапывая древние металлургические печи или находя их остатки, археологи убедились, что эти сооружения представляли собой как бы два соединенных основаниями усеченных, полых внутри конуса общей высотой до 4,5 метра и наибольшей шириной в 1,8 метра.

Почему же древние металлурги строили печи такой, казалось бы, причудливой формы? Опыт учил их, что железа получается больше, если заложенные сверху в печь материалы под влиянием огня, разведенного в нижнем конусе, оседают равномерно во всех частях печи. Расходящиеся вниз стенки

«Молотовый амбар».

верхнего конуса не задерживали движения тех кусков руды, которые располагались по краям слоя. Суживающиеся книзу стенки нижнего конуса не давали всему столбу плавильных материалов резко осесть в результате плавления руды и выгорания угля.

Современный металлург может еще прибавить, что такая форма печи способствует наилучшей обработке плавильных материалов газами, образующимися при сгорании топлива. Эти газы участвуют в химических реакциях, в результате которых железо освобождается из плена кислорода.

Развитие промышленности и техники требовало более производительных способов получения железа и использования тугоплавких руд. В середине XIV века сыродутные горны постепенно уступили место более высоким шахтным печам — домницам, в которых можно было плавить большее количество руды и добиться более высокой температуры. Научившись использовать силу падающей воды, металлурги начали применять мощные мехи и вдувать в печь большее количество воздуха. Теперь в единицу времени сгорало больше углерода, и температура в горне печи еще поднялась.

Новый способ выплавки железа привел к открытию, значение которого металлурги вначале даже не поняли.

Из шахтной печи вместе со шлаком часто вытекало невиданное прежде вещество. Оно напоминало железо, но ковке не поддавалось. Это был чугун.

Получение его в то время считали случайностью, а между тем оно было вполне закономерно. При повышенной температуре, создавшейся в шахтной печи, науглероженное губчатое железо плавилось и получался сплав железа и углерода, то-есть чугун.

Железистых шлаков, окислявших углерод крицы — куска губчатого железа в сыродутном горне, теперь уже не хватало для этой химической реакции, так как металла получалось больше, и чугун вытекал из печи вместе со шлаком. Чугун обладает более низкой, чем железо, температурой плавления и потому мог быть получен в жидком виде даже в примитивных плавильных печах.

Образование чугуна приводило к уменьшению количества кричного железа, выдаваемого печью. Поэтому мастера относились к новому веществу, как к тяжелому злу. В России его называли «диким камнем», «гусем», а в Англии — «свинским железом». Его считали отходами производства и первое время выбрасывали.

Однако «свинскому железу» вскоре суждено было занять важнейшее место в металлургическом производстве. Когда жидкий чугун научились использовать для отливки различных изделий, потребность в этом металле возросла. Металлурги стали увеличивать высоту и объем печей, придавая им все более удачную форму. Так домница превратилась в домну.

Уже в XIV веке начали изготовлять изделия из чугуна, а в конце XV и начале XVI веков чугунолитейные изделия перестали быть редкостью.

Вскоре металлурги убедились, что чугун можно переработать в железо. Но еще более удивительным было последующее открытие: двойная плавка — сначала чугуна, а затем из него железа — оказалась выгоднее, чем получение кричного железа непосредственно из руды.

Этот парадокс был объяснен много позже. При получении крицы из руды для окисления углерода требовались шлаки, содержащие не менее 50 процентов окислов железа. Таким образом, вместе со шлаками терялось много железа. При выплавке же чугуна почти все содержавшееся в руде железо использовалось для получения металла.

Экономилось и топливо на единицу веса металла, так как металла при том же количестве угля и руды при выплавке чугуна получалось больше. Экономия топлива возникала еще и потому, что при выплавке чугуна образовывалось мало шлака и, следовательно, на его расплавление затрачивалось меньше угля.

Английский металлург Д. Перси подсчитал, что при получении полосового железа из чугуна по сравнению со старым

способом получения железной полосы из крицы расход древесного угля уменьшается почти вдвое, а расход руды почти в полтора раза.

Чугун начали выплавлять в шахтных печах — домницах, а выплавку железа из чугуна вели в так называемых кричных горнах, мало отличавшихся от сыродутных. Углерод, содержавшийся в чугуне, удалялся в этих горнах в результате его окисления кислородом воздуха, а отчасти — кислородом окислов железа, содержавшихся в шлаке.

Так металлурги перешли к производству железа двухступенчатым способом, то-есть способом, подобным тому, какой существует в современной промышленности. Две противоположные химические реакции — восстановления и окисления, совмещавшиеся прежде в сыродутном горне, теперь были разделены, и каждая из них протекала в особой печи. Но, впрочем, в то время металлурги ничего не знали об этих реакциях.

Теперь мы знаем, что в доменной печи происходит восстановление железа из руды. Во время этого химического процесса углерод, содержащийся в доменном топливе — коксе или древесном угле, — не только отнимает кислород от окислов железа, но и науглероживает железо, превращая его в чугун. Лишь при последующей обработке в сталеплавильных печах от чугуна отбирается излишек углерода и, таким образом, получается сталь.

Уральская домна

В России первые доменные печи для выплавки чугуна были построены в 1632 году близ Тулы.

В самом начале XVIII века по указанию Петра I приступили к постройке новых заводов для выплавки чугуна прежде всего на Урале. Первым петровским заводом был сооруженный 15 октября 1701 года Каменский завод. Вслед за ним вступили в строй Невьянский, Уктусский, Алапаевский и другие заводы. Всего на Урале было построено более 20 доменных печей. Некоторые заводы принадлежали казне, другие же были переданы частным лицам, как, например, Невьянский завод, попавший в руки родоначальника уральских горнозаводчиков знаменитого Никиты Демидова.

При Петре I были построены также новые воронежский, липецкий и тульский заводы. Ускоренное развитие черной металлургии быстро увеличивало мощь России. Это была грандиозная по тому времени перестройка промышленности страны. Результаты ее не замедлили сказаться. До нее Россия выплавляла почти в пять раз меньше чугуна, чем Англия, — всего 150 тысяч пудов в год. Через 20 лет, в 1720 году, доменные

печи построенных при Петре I заводов вместе со старыми заводами выдали 730 тысяч пудов чугуна, а еще через четыре года — 1165 тысяч пудов. Так в XVIII веке Россия вышла на первое место по производству важнейшего металла, увеличив за одно столетие выплавку его в шестьдесят раз.

В истории развития нашей отечественной металлургии XVIII век отмечен величайшим расцветом доменного производства. Ко второй половине XVIII века русские доменные печи оказались самыми мощными и производительными.

Еще в 1743 году русский техник Г. Махотин предложил двухфурменную систему дутья. Изобретенные И. Ползуновым цилиндрические воздуходувные мехи были в то время наиболее совершенными.

Одним из важных показателей работы доменной печи является не только количество получаемого чугуна, но и расход горючего на единицу выплавленного металла. На заводах в Нижнем Тагиле, Касли, Невьянске эти экономические показатели были значительно лучше, чем на зарубежных заводах.

Быстрое развитие русской металлургии в XVIII веке, наличие в России мощных доменных печей, дававших дешевый чугун, привели к тому, что русский металл начал завоевывать мировую известность. Русское железо со старинным, прославившимся на весь мир клеймом «Старый соболь» постепенно стало вывозиться в другие страны. В 1716 году в Англию поступила первая партия железа из России — 2 200 пудов. Через 16 лет Англия ввозила уже 200 тысяч пудов русского железа в год. Во второй половине XVIII века наибольшее количество ввозимого в Англию железа было получено на русских заводах. Русский металл оттеснил на второй план ввоз шведского железа.

Какие же изменения произошли с домницей, когда потребовалось выплавлять чугун, и чем они были вызваны?

Вначале доменщики насколько возможно расширили верхнюю часть печи. Благодаря этому в домну удавалось загружать больше материалов и получать больше металла.

Дальнейшему увеличению диаметра домны препятствовал ручной способ загрузки шихты. Материалы, заваливаемые в печь, должны были быть уложены ровными горизонтальными слоями. При чрезмерно широком верхе (колошнике) печи невозможно было вручную расположить шихту равномерно, и в ходе плавки начинались нарушения.

Нижнюю часть печи — горн и лещадь, где сгорало топливо и находился жидкий металл, долгое время не увеличивали. Доменщики были во власти заблуждения, считая, что узкий горн способствует сосредоточиванию тепла. Заблуждение это было вызвано слабостью и неразработанностью теории печей

Доменная фабрика XVIII века.

и теории металлургических процессов. Высокой же температуры в горне стремились достигнуть потому, что более горячий чугун было легче заливать в формы для получения нужных изделий.

Вот почему горны доменных печей до середины XIX столетия представляли собой подобие узких колодцев, что уменьшало производительность домен. Удивительной была сила традиции: практика не раз наталкивала доменщиков на мысль, что узкий горн ухудшает работу печи, и все-таки строители домен упорно повторяли одну и ту же ошибку, руководствуясь мнением, издавна укоренившимся в умах металлургов.

«Поведение» печей во время эксплуатации и в самом деле давно указывало доменщикам на возможность расширения горна. Узкие горны затрудняли вдувание воздуха, необходимого для усиления процесса горения, и сильно понижали производительность печей. Это бросалось в глаза.

Доменные печи, проработавшие некоторое время, выдавали значительно больше чугуна, чем печи только что построенные. Останавливая домну на ремонт (как говорят доменщики: выдувая печь), мастера видели, почему так происходит: горн от действия огня становился гораздо шире — «разгорал».

В Англии в некоторых печах благодаря тому, что стенки их были цилиндрическими (а не расширяющимися книзу), а заплечики (стенки около горна) довольно пологими, опускание шихты вниз при плавке носило уродливый характер. Когда выдули одну из таких печей, то обнаружилось, что слой шихты, прилегающий к стенкам, оставался неподвижным, создав как бы вторые стены, возникшие помимо воли конструкторов. Засыпаемая в печь шихта двигалась в этом «построенном» огнем и плавильными материалами рабочем пространстве. Печь как бы сама выработала себе профиль, внутри которого опускались плавильные материалы и поднимался поток газов.

И все-таки, ремонтируя печь или строя новую, доменщики со слепым упорством вновь и вновь повторяли одну и ту же ошибку в конструкции горна.

Такова была сдерживающая сила слепой традиции в то время, когда уральским горнозаводчиком Прокопием Демидовым на Невьянском заводе была построена новая доменная печь. Высота ее достигала почти 13 метров. Это позволило увеличить вместимость печи, то-есть одновременно плавить значительно большее количество материалов.

Но самое важное нововведение заключал в себе горн. Его сделали шире, чем в других печах. Стенки горна довольно резко расширялись кверху, и это еще более увеличивало его объем. Кроме того, знаменитая уральская домна впервые

в истории техники была оборудована не одной, как обычно, а двумя фурмами — приборами для вдувания в печь воздуха. Благодаря этому в единицу времени печь получала больше воздуха, горение топлива ускорялось и производительность домны возрастала.

И расширение горна, и увеличение высоты, и две фурмы вместо одной — все это были согласованные друг с другом нововведения, в совокупности обеспечившие заслуженную славу уральской домне. Высота печи способствовала лучшей обработке материалов газами, а расширенный горн позволял вдувать значительное количество воздуха. Демидовская домна стала выплавлять в сутки 14 тонн чугуна — больше, чем лучшие доменные печи Европы. Русская печь побила мировые рекорды производительности.

Советский академик М. А. Павлов, один из крупнейших создателей теории и истории доменного процесса, считает, что профиль демидовской домны был крупным шагом вперед.

Строители уральской домны сумели понять некоторые закономерности плавки чугуна и придали внутренним очертаниям печи необычные в то время формы.

В середине XVIII века уральские доменные печи стали образцом для зарубежных металлургов.

«Сибирские домны — величайшие и лучшие древесно-угольные доменные печи, которые были до тех пор построены, — писал западноевропейский историк металлургии Л. Бек, имея в виду уральские заводы, — и все, также и английские печи, по производительности были далеко ими превзойдены. Они были с мощными цилиндрическими воздуходувками с водяным приводом. Сибирские домны имели от 35 до 45 футов (от 10,5 до 12,96 метра) в высоту, от 12 до 13 футов (от 3,6 до 3,9 метра) в поперечнике в распаре, имели шесть цилиндрических воздуходувных мехов и производили в неделю от 2 000 до 3 000 центнеров чугуна, каковая мощность тогда не была достижимой даже для величайших английских коксовых домен».

Даже после того как в 1740 году в Англии была проведена выплавка чугуна на новом топливе — коксе, отличавшемся большей прочностью, чем древесный уголь, и потому открывавшем новые возможности для увеличения размеров печей (кокс может выдержать, не разрушаясь, давление значительной массы шихты), печи все же строились сравнительно небольшими. Так, печь, построенная в 1796 году в Силезии для работы на коксе, была ниже и меньше в поперечнике, чем древесно-угольная демидовская домна, построенная на 56 лет раньше.

Только в середине XIX века западноевропейские металлурги сделали решительный шаг вперед в улучшении профиля доменной печи. Произошло это тогда, когда доменщики стали внимательно изучать профиль, приобретенный стенками долго работавших доменных печей под действием высокой температуры. Некоторые печи огонь разрушал более интенсивно, другие — меньше. Но всегда профиль остановленной на ремонт печи был весьма далек от первоначально приданных ее стенкам очертаний. Эти-то «указания», как бы исправлявшие ошибки строителей, некоторые доменщики стали класть в основу конструирования печей.

Английский металлург Джон Гиббонс начал внимательно следить за всеми изменениями рабочего пространства печи под влиянием жара и механического воздействия шихты. Он управлял 6 печами, и поэтому, несмотря на продолжительность кампании печей в 4—5 лет (кампания — время работы печи между остановками ее на капитальные ремонты), ему удавалось довольно часто заглядывать внутрь той или иной домны, остановленной на текущий или капитальный ремонт.

«Обращая свое внимание на состояние огнеупорных стен рабочего пространства, — писал в 1839 году Гиббонс, — я говорил себе: огненный перст пишет на этих стенах, постараюсь же разобрать, что он пишет, и тогда многое мне станет ясным...»

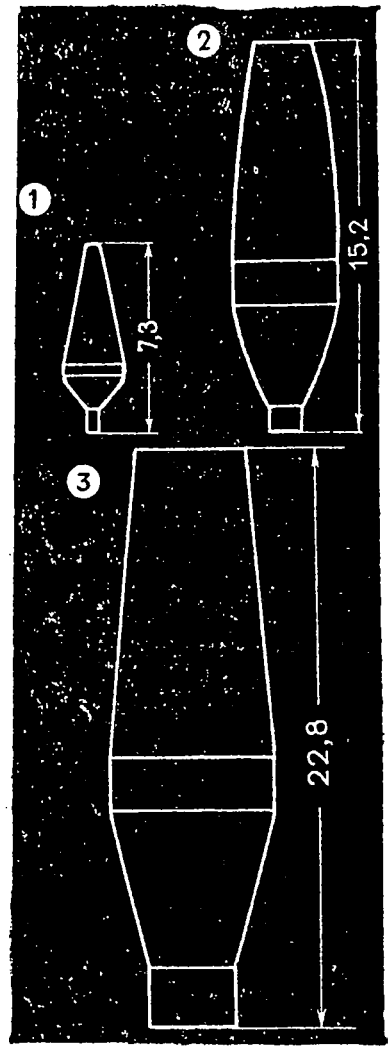
Первым, что заставило Гиббонса задуматься, был обнаруженный им интересный факт: вскоре же после задувки (то-есть пуска отремонтированной или вновь построенной печи) стенки горна и прилегающие к горну и выше него расположенные стенки так называемых заплечиков сильно «разгорали». Не проходило и полугода, как эти части стен печи почти на глазах Гиббонса теряли около половины своей толщины. Дальнейший «разгар» стен заплечиков происходил во много раз медленнее. Неоднократно наблюдая это явление, Гиббонс решил, что если при постройке домны внутренним очертаниям печи придать тот вид, какой они приобретают вследствие «разгара», то разрушительное действие огня уменьшится. Он увеличил диаметр горна одной из печей насколько было возможно. Результат оказался удачным: печь достигла максимальной производительности раньше, чем другие отремонтированные или вновь построенные домны, и проработала дольше их.

Обрадованный первым успехом, Гиббонс устроил более крутые заплечики и расширил верх печи. Теперь домна имела резко отличный от других профиль, совпадающий с «есте-

На литейном дворе.

ственным», получившимся от «разгара». И что же? За четыре с половиной года своей работы новая домна выплавила чугуна в два раза больше, чем соседние печи. Несмотря на такую интенсивную работу, печь не требовала ремонта: ход ее был ровным, и она продолжала успешно выдавать чугун, хотя средняя продолжительность кампании истекла. Печь проработала сверх положенного срока еще два с половиной года. Семь лет безостановочно выдавала чугун печь Гиббонса, и когда ее остановили на ремонт, стенки рабочего пространства оказались в хорошем состоянии.

Это была еще одна крупная победа разума человека в области строительства доменных печей, последовавшая примерно через столетие после сооружения знаменитой уральской домны.



Изменения профиля доменной печи:
1 — печь XVIII века, *2* — печь Гиббонса 1840—1850 годов, *3*—печь конца XIX века.

«Идеальный ход» печи

Приблизительно в то же время, когда Гиббонс изучал действие «огненного перста» на стенах своих доменных печей, металлургам удалось проникнуть в тайну некоторых превращений веществ, происходивших при выплавке чугуна.

В первой половине XIX века французский металлург Эбельман начал исследовать состав доменного газа. Это помогло в общих чертах понять ход процессов восстановления руды. Ученый нашел, что в основном железо восстанавливается окисью углерода — газом, образовавшимся в результате неполного сгорания топлива. В молекуле окиси углерода CO на один атом кислорода приходится

один атом углерода. Отнимая кислород от железа и присоединяя его к себе, этот газ становится углекислотой CO_2 (на один атом углерода — два атома кислорода).

Однако, несмотря на некоторые успехи изучения доменной плавки, теория металлургических процессов к тому времени еще не окрепла настолько, чтобы отвечать на многочисленные вопросы производственников. Доменные печи попрежнему строились на основании иногда порочных традиций, иногда более или менее верных данных практики.

Наука того времени не имела еще в своем распоряжении ни хорошо разработанной методики исследований, ни точных и удобных приборов. Многое сделавший в области изучения доменной плавки англичанин Латиан Белл должен был, например, для определения температуры окружать испытываемый кусок руды кусочками металлов, точка плавления которых была известна, и устанавливать температуру на различных этапах исследования в зависимости от того, какой металл начал плавиться.

К семидесятым годам XIX века доменщиками овладела идея создания высоких печей. С каждым годом на том или ином заводе строились все более высокие домны: сначала более 18 метров высотой, затем более 20 метров... В 1867 году была построена печь высотой в 26 метров, а в 1871 году появилась домна в 27,5 метра высотой.

Некоторые из этих печей работали лучше домен старой конструкции, в иных получаемый чугун оказывался дорогим.

Небывалый и, как казалось, не всегда оправданный рост размеров печей привел к тому, что среди производственников и ученых в различных странах началась дискуссия о том, какими следует строить доменные печи. Научный спор захватил самых знаменитых в то время металлургов: Бессемера, Сименса, Витворта, Менелауса.

Доменщиков особенно поражало одно, как им казалось, неожиданное обстоятельство: выплавка чугуна росла не пропорционально увеличению объема печей, а медленнее. Производительность печи объемом в 25 тысяч кубических футов не была вдвое больше производительности печи в 12 тысяч кубических футов.

Немаловажный факт отставания производительности печей от роста их размеров был установлен повсеместно, и металлурги старались понять, какие причины порождали его.

За разрешение этого вопроса взялся французский ученый Луи Грюнер.

В доменной печи чугун получается из руды в результате химического взаимодействия двух противоположных потоков: медленно движущихся вниз к горну плавильных материалов

и газов, значительно более быстро восходящих кверху. Плавильные материалы непрерывно опускаются вниз, так как уголь сгорает, а руда, превращаясь в чугун и шлак, плавится и стекает на дно горна — лещадь.

Сложные химические реакции происходят при этом. Топливо — кокс, древесный уголь, — сгорая в нагретом воздухе дутья, отдает свой углерод кислороду воздуха. В результате реакции неполного сгорания образуется окись углерода и азот воздуха, не вступающий ни в какие реакции. Оба газа нагреваются до температуры в 1800 градусов.

Газы, поднимаясь кверху в промежутках между кусками плавильных материалов, по пути нагревают руду. Окись углерода вступает в химическое взаимодействие с кислородом руды и присоединяет его к себе. При этой реакции окись углерода становится углекислотой.

Так постепенно руда превращается в губчатое металлическое железо. Опускаясь ниже, железо присоединяет к себе углерод и некоторые другие примеси и плавится. Так образуется чугун.

Реакция восстановления железа из его соединения с кислородом с помощью окиси углерода идет успешно, только если руда нагрета до определенной температуры, а воздействие на руду окиси углерода более или менее продолжительно. В доменной печи такие условия создаются благодаря постепенному нагреванию опускающихся вниз плавильных материалов и непрерывному соприкосновению с ними струек восходящих газов. В толще материалов газы наилучшим образом отдают свое тепло руде и ведут ее химическую обработку.

Луи Грюнер заметил, что в высоких печах руда движется вниз навстречу газам медленнее, чем в низких. Это явление должно было вести к лучшей обработке руды газами.

«Но нет ли некоторого предела для увеличения размеров доменных печей? — спрашивал себя ученый. — Может быть, слишком медленное движение шихты к горну приводит к каким-то нежелательным химическим и физическим процессам, затрудняющим ход плавки? Одним словом, действительно ли потребление горючего тем меньше, чем печи выше и чем движение плавильных материалов вниз медленнее?»

Изучение работы доменных печей показало, что в некоторых новых домнах расход топлива на единицу чугуна не меньше, чем в старых. Чугун не стал дешевле оттого, что размеры печей увеличились. Пожалуй, стоимость его даже возросла, так как постройка большой печи стоит немалых денег. Именно к такому заключению начали приходить владельцы заводов. И печи стали строить меньшей высоты.

«Но какие же все-таки причины ведут к более или менее экономичной работе печей?» — этот вопрос неотступно стоял перед исследователями. Надо было всесторонне изучить ход химических и физических процессов в доменной печи.

Считалось, что материалы доменной плавки опускаются навстречу газам со скоростью полметра в час, а газы, поднимаясь вверх, проходят то же расстояние менее чем в секунду. По новейшим данным, скорость газов еще больше. Весь столб загруженных в печь материалов газы проходят примерно за пять с половиной секунд.

От того, насколько полно отдадут газы свое тепло во время быстрого продвижения вверх и в какие химические взаимодействия вступят они в рабочем пространстве печи, прежде всего и зависит экономичность работы домны.

«Воздух, вдуваемый в нижнюю часть печи, — рассуждал Грюнер, — реагируя с топливом, почти немедленно превращается в окись углерода. В дальнейшем восстановление железа происходит с помощью этого газа. Но в освобождении железа из плена кислорода может участвовать и твердый углерод топлива, а не только углерод, перешедший в окись углерода в газообразном состоянии.

При каких же условиях в доменной печи возникает та или иная реакция и какая из них наиболее выгодна с точки зрения расхода топлива?»

Речь шла не только о том, чтобы понять то или иное физическое или химическое явление, но и о том, чтобы найти способ предсказывать ход сложного доменного процесса и даже управлять им, вызывая нужные превращения вещества.

Расчеты показали, что реакция восстановления железа окисью углерода идет почти без поглощения тепла, а восстановление железа при участии твердого углерода — со значительным поглощением тепла. «Следовательно, — рассуждал ученый, — если рассматривать эти реакции с точки зрения расхода топлива, то первая реакция более выгодна, чем вторая, так как требует меньше тепла и, значит, меньших затрат топлива».

Сделав такой вывод, ученый пришел к важному заключению, позволяющему, как ему казалось, вести плавку не вслепую, а строго научно.

«Необходимо, чтобы восстановление железной руды в доменных печах, — утверждал он, — совершалось, насколько это возможно, единственно первым способом, то-есть окисью углерода, переходящей в угольную кислоту, — другими словами, без потребления твердого угля, что я буду называть идеальным ходом доменных печей».

Грюнер попытался представить себе, как пойдет реакция внутри домны во время ее «идеального хода». Около фурм, в пространстве, куда вдувается воздух, будет образовываться окись углерода. Вступая во взаимодействие с кислородом руды, окись углерода превратится в углекислоту. При идеальном ходе углекислота должна улететь из печи, не вступая в реакцию с твердым углем, то-есть излишнего расхода топлива не должно происходить. Поэтому весь уголь благополучно спустится внутри печи и, достигнув зоны, куда вдувается воздух, и раскалившись, перейдет в окись углерода.

Какие же физические условия необходимо создать, чтобы вызывать именно такой, наиболее выгодный ход химических реакций?

Углекислота вступает в реакцию с твердым углеродом при условии, если температура достаточно высока. «Чтобы затруднить ход нежелательной реакции, — рассуждал Грюнер, — надо вести восстановление железа, сопровождаемое образованием углекислоты, в такой зоне печи, где бы температура была не слишком высока. Иначе неминуемо возникнет химическое взаимодействие между образовавшейся здесь углекислотой и твердым углеродом топлива.

Для того же, чтобы восстановление руды происходило при низких температурах, нужно, чтобы печь была высокой».

Это был замечательный вывод, теоретически обосновывавший выгодность постройки высоких печей.

«Вот весь секрет превосходства высоких печей!» — заявил ученый.

Теперь Грюнер мог объяснить загадку, с которой в 1845 году столкнулся французский ученый и инженер Ж. Эбельман, одним из первых начавший раскрывать секреты доменной плавки. Он был поражен большим потреблением в домне нового в то время топлива — кокса. Не понимая сущности происходящих в печи превращений, исследователь решил, что громадный расход кокса объясняется свойствами самого топлива, так как в печах, работавших на древесном угле, топлива сгорало гораздо меньше.

Грюнер взглянул на дело иначе. Он уже владел научно разработанной теорией выплавки чугуна и мог разобраться в том, что происходит внутри печи. Большой расход топлива в коксовых печах объяснялся просто: доменные печи, с которыми имел дело Эбельман, были слишком низки. В таких печах руда быстрее, чем в высоких, попадала в зону больших температур. До этого момента она не успевала восстановиться, и большая часть процесса восстановления протекала при высоких температурах. Углекислота, образовавшаяся еще в результате восстановления железа при низкой температуре,

при высокой температуре легко вступала во взаимодействие с твердым углеродом кокса, и топливо сгорало, превращаясь в окись углерода. Потому-то в низких печах и расходовалось так много кокса.

Грюнер сделал и еще один важнейший вывод: он показал, что на расход топлива влияет также быстрота оседания — схода — плавильных материалов. Если сход материалов слишком быстр, то окись углерода не успевает в достаточной мере обработать руду в верхних горизонтах печи. И, конечно, такой ход плавки приведет к перерасходу топлива.

Чрезмерно медленное оседание материалов грозит той же бедой, так как углекислота будет слишком долго соприкасаться с коксом и сжигать его. Чтобы печь потребляла наименьшее количество топлива, скорость оседания плавильных материалов должна быть средней: не слишком малой и не слишком большой.

Наконец-то доменщикам стало понятно, чем определяются многие сложности выплавки чугуна, почему так трудно найти наиболее удачные соотношения размеров доменных печей.

Но ученый не ограничился только объяснением явлений.

Он считал, что задача доменщика заключается в том, чтобы как можно больше приблизить процесс выплавки чугуна к условиям «идеального хода» печи.

Грюнер начал сравнивать между собой результаты работы различных печей и соотношения их размеров. Ему удалось установить, что величиной, характеризующей многие качества печи, является отношение высоты печи к наибольшей ее ширине (самое широкое место домны называется распаром). Чем больше отношение высоты печи к наибольшему ее диаметру, утверждал ученый, тем печь лучше работает: выдает больше чугуна и сжигает меньше топлива.

Грюнер разделил печи на три группы. В первую входили домны, показывавшие наихудшие результаты. Отношение высоты к распару в таких печах было меньше трех. Внешне они выглядели невысокими, приземистыми уродцами.

Печами второй группы ученый считал такие, в которых отношение высоты к распару выражалось цифрой более трех, но менее четырех. Домны этой группы Грюнер называл обычными. Печи третьей группы — узкие — имели отношение высоты к распару равное 4 : 5. Они давали наилучшие результаты, так как газы в них лучше обрабатывали плавильные материалы, а шихта опускалась равномерно и с необходимой скоростью. Из этих наблюдений ученый сделал решительный вывод: надо строить только печи, подобные домнам третьей группы.

Ошибка Грюнера и открытие Павлова

Исследование Грюнера перевел на русский язык в 1877 году член горного совета и горного ученого комитета П. Миклашевский. В своем предисловии к книге переводчик писал, что работа Грюнера «...вносит новый и богатый материал в нашу литературу для будущего деятеля, который посвятит свой труд и время для разработки столь серьезной и вместе с тем любопытной отрасли горнозаводской техники».

Таким деятелем в области металлургии оказался Михаил Александрович Павлов. В годы советской власти он стал академиком, известным на весь мир теоретиком металлургических процессов, автором атласов, таблиц и формул для расчета при проектировании доменных печей и ведении выплавки чугуна. Его производственная деятельность началась в 1885 году на одном из уральских заводов. Через четыре года молодой инженер, продолжая работать на разных заводах, начал широкую научно-исследовательскую деятельность.

В годы своей инженерной деятельности М. А. Павлов решил выполнить, казалось, уже не столь оригинальную научно-исследовательскую работу: определить, какая экономия топлива получается при нагреве дутья.

В России, вследствие общего застоя и отсталости металлургии в XIX веке, даже в девяностых годах ряд домен работал все еще на холодном дутье.

В течение нескольких лет М. А. Павлов изучал работу доменных печей на холодном и горячем дутье, сопоставлял результаты выплавки чугуна, соотношение размеров печей, расход горючего и т. д.

Благодаря большой глубине и всесторонности своих опытов Павлов получил богатейший материал. Казалось бы, скромная работа превратилась в крупное научное исследование, имеющее самостоятельное значение. Обработка материалов опытов позволила не только определить, сколько топлива сберегается при горячем дутье, но и установить истинную роль реакции восстановления железа с помощью твердого углерода.

Дальнейшие исследования М. А. Павлова показали, что Луи Грюнер допустил серьезную ошибку в своих научных выводах об «идеальном ходе» доменных печей, когда утверждал, что выгоднее всего вести восстановление железа лишь окисью углерода. Корни этой ошибки заключались в том, что французский ученый подходил к явлениям, происходящим в доменной печи, односторонне: он рассматривал только тепловые эффекты реакций.

В отличие от Л. Грюнера М. А. Павлов в своем анализе сумел учесть все стороны сложных реакций восстановления

железа и окисления углерода. Павлов не только изучил, сколько тепла поглощается или выделяется при различных реакциях, но и определил, сколько расходуется углерода при том или ином способе восстановления железа. Такого вопроса Грюнер перед собой не ставил.

Теоретические подсчеты привели Павлова к интересному выводу. Оказалось, что при восстановлении железа твердым углеродом последнего расходуется меньше, чем при восстановлении окисью углерода.

Способ восстановления железа целиком за счет окиси углерода, наиболее выгодный с точки зрения расхода тепла, в то же время наименее экономичен с точки зрения расхода углерода, заключенного в топливе.

Вычисления показали русскому ученому, что для наиболее выгодного использования топлива в доменной печи необходимо совмещать оба процесса восстановления железа, причем восстановление твердым углеродом должно играть в получении чугуна гораздо меньшую роль.

Дальнейшие теоретические и практические исследования привели к новым важным открытиям.

Было выяснено, что реакция с участием окиси углерода протекает при температуре от 450 до 900 градусов. Восстановление же твердым углеродом возможно лишь при температуре выше 900 градусов.

Таким образом, не оставалось сомнений, что при правильном режиме плавки главная восстановительная работа должна протекать в верхних зонах печи, где устанавливаются умеренные температуры. В зону высоких температур, где может происходить восстановление твердым углеродом, должно попадать сравнительно небольшое количество окиси железа. Но создать такой режим плавки — это значит создать в печи такие условия, при которых газ-восстановитель мог бы иметь доступ ко всем частичкам шихты. Только тогда наибольшая часть железа окажется восстановленной в высоких горизонтах именно окисью углерода и лишь небольшая часть его попадет в зону высоких температур. Достичь такого положения можно лишь в том случае, если шихта легко проницаема для газов во всей своей массе.

Это был важнейший практический вывод из теоретических исследований. Доменщики получили возможность разумно управлять доменной плавкой, в какой-то мере предугадывать ход событий и влиять на них.

Газопроницаемость шихты обеспечивается прежде всего равномерным распределением материалов одинаковой крупности и пористости по всему сечению печи. Если, предположим, где-то скопится много мелких кусков, газы в этом месте встре-

тят большее сопротивление и «найдут» для себя другие, удобные для них пути. В результате там, где скопляется мелочь, руда будет меньше подвергаться воздействию газов и опустится в процессе плавки в зону высоких температур почти не восстановленной и недостаточно нагретой. Это сейчас же приведет к осложнению плавки. В то же время образование участков шихты, представляющих собой легко проходимые для газа каналы, будет способствовать тому, что газ не только уйдет, не выполнив предназначенной ему работы, но и унесет с собой много тепла. Это охладит печь и ухудшит ее работу.

М. А. Павлов.

Проблемы равномерной загрузки доменной печи, создания газопроницаемой шихты с целью наилучшего использования газового потока и поныне представляют собой область для поисков доменщиков, область, где сделано немало открытий, но еще далеко не исчерпаны все возможности.

Формулы Павлова

М. А. Павлов работал на многих заводах Урала, в Донбассе, объехал ряд заводов Америки, Швеции, исследовал профили печей других стран. В результате многолетнего изучения домен он собрал огромный материал, позволивший составить общую картину совершенствования конструкций печей и сделать ряд теоретических выводов и важных открытий.

Внутренние очертания доменных печей были уже к тому времени близки к профилю современных домен.

Знакомясь с изменениями профиля печей, Павлов установил, что указание Грюнера о необходимости строить высокие домны подтверждено самой жизнью. Недаром русский горнозаводчик Прокопий Демидов еще в середине XVIII века соорудил наиболее высокую в то время печь. Не имея представления о теории доменной плавки, русские доменщики тем не менее на собственном опыте убеждались в преимуществах высоких печей и намного опередили зарубежных металлургов в совершенствовании доменного процесса.

Пятнадцать лет спустя после исследований Грюнера американские металлурги также пошли по пути увеличения высоты печей. М. А. Павлов считает, что такое направление в развитии выплавки чугуна было подсказано американским металлургам их собственной практикой. Сравнение работы многих печей позволило Павлову сделать свои выводы об удачах или ошибках строителей.

В 1894 году в Америке была построена печь с расширенным горном и низко расположенным распаром. Эти изменения профиля оказались удачными. В печь можно было подать больше воздуха, уменьшить расход топлива.

Однако новая печь имела серьезный недостаток, которого впоследствии старались избежать: наклон стен ее шахты был слишком крут. При опускании плавильных материалов куски кокса и руды задерживались у стенок в результате сильного трения о кирпичи огнеупорной кладки. Движение шихты вниз получалось неровным, и это вызывало расстройство хода. Если бы стены печи больше расходились книзу, этот недостаток был бы устранен, так как при опускании плавильные материалы попадали бы во все более и более широкое пространство печи и не задерживались бы у ее стен.

В 1895 году на американском же заводе «Дюкен» были произведены дальнейшие важные изменения профиля печи — построены домны высотой в 30,48 метра. Но увеличение высоты печей и расширение горна привело к неожиданным результатам: ток газов сосредоточился в центре печи, образовался канал, по которому газы быстро поднимались вверх, не успевая отдавать материалам значительную часть своей тепловой и химической энергии. Кроме того, быстро поднимавшиеся газы уносили с собой из печи много пылеватой руды.

Немало волнений и разочарований выпало на долю доменщиков, пытавшихся выяснить причину расстройства хода таких печей. Только в 1929 году доменщики изменили систему загрузки в печь материалов, так как решили, что неудачи объясняются неправильным распределением засыпаемых в печь руды, кокса и других составляющих шихты. Был расширен колошник домны и изменен засыпной аппарат. После этих изменений печи стали работать гораздо лучше.

Так практика помогала доменщикам находить правильное соотношение размеров печи: ее высоты, диаметра распара и колошника, угла наклона стен шахты, диаметра горна.

В 1930 году американские инженеры решили подвести итог многолетним поискам доменщиков, учесть все ошибки и находки строителей печей и выработать наиболее удачный профиль мощной домны для выплавки 1 000 тонн чугуна в сутки. Если вспомнить, что рекордная русская домна в XVIII веке

выплавляла 14 тонн металла в сутки, то станет понятно, какой огромный путь за это время прошла техника доменного производства.

Но развитие общества шло своим чередом. И если прежде молодой капитализм способствовал развитию техники, то в тридцатых годах XX столетия оно тормозилось экономическими кризисами. Благим решениям американских доменщиков не суждено было в то время осуществиться. На заводах не было сооружено ни одной домны по их проектам. Американскую экономику, так же как и экономику других капиталистических стран, потряс очередной, наиболее разрушительный экономический кризис.

В то время когда американцы еще вырабатывали наиболее удачный профиль для сверхмощных печей, в Советском Союзе уже строились печи на 1 000 тонн чугуна в сутки.

Только во время второй мировой войны, в 1941—1943 годах, печи в Америке начали строиться более совершенные, больших размеров.

Рассматривая изменения в конструкции доменных печей европейских стран, М. А. Павлов замечает: «Только свойственным современной английской металлургии крайним консерватизмом можно объяснить тот факт, что за четыре десятка лет в Англии и Шотландии почти ничего не было сделано для того, чтобы изменить размеры и улучшить профили работающих там печей...».

М. А. Павлов изучил множество профилей печей и установил ряд важнейших закономерностей, которые помогли ему правильно оценить работы предшествующих исследователей, а затем сделать новый крупнейший шаг вперед и увенчать теорию расчета доменных печей новыми выводами и открытиями, позволяющими создать печь любой производительности с наиболее выгодным профилем.

Инженеры прошлого века хранили втайне добытые опытным путем данные для проектирования печей. Известный металлург Д. Перси ограничился лишь тем, что привел в своей книге выводы Гиббонса о наиболее выгодных внутренних очертаниях печи. Инженер и теоретик Л. Белл, деятельность которого особенно широко развернулась в середине прошлого века, также ничего не говорил в своих работах о размерах печи.

Впервые влияние профиля печей на их производительность подверг анализу Л. Грюнер. Он предложил правильное, с его точки зрения, отношение высоты печи к диаметру распара.

В конце семидесятых годов прошлого века металлург Ледебур утверждал, что все размеры отдельных частей профиля печи прямо пропорциональны ее высоте.

Изучение профиля многих печей привело М. А. Павлова к убеждению, что заключение Ледебура ошибочно, и если вести расчет печи, руководствуясь его принципом, то неминуемо будет спроектирована уродливая печь.

Размеры всех частей печи с развитием металлургии и в самом деле росли, но неодинаково быстро. М. А. Павлов ясно видел, что высота горна, например, росла очень медленно. Высота заплечиков совсем не увеличилась.

Ученый произвел расчеты диаметра горна для нескольких современных высоких печей, пользуясь методом Ледебура. Оказалось, что горн при этом всегда получается более узким, чем горны работавших печей.

Павлов сделал важное обобщение. Он установил, что в своей практике доменщики многих стран пришли к одному и тому же интересному результату: полезный объем печи раньше сосредоточивался главным образом в верхних ее частях, но затем профиль печей изменился так, что теперь наибольшая часть полезного объема печи располагается в горне, заплечиках и в цилиндрическом распаре, то-есть в зоне высоких температур.

Такое изменение профиля дало лучшее использование полезного объема печи и способствовало более равномерному опусканию столба плавильных материалов.

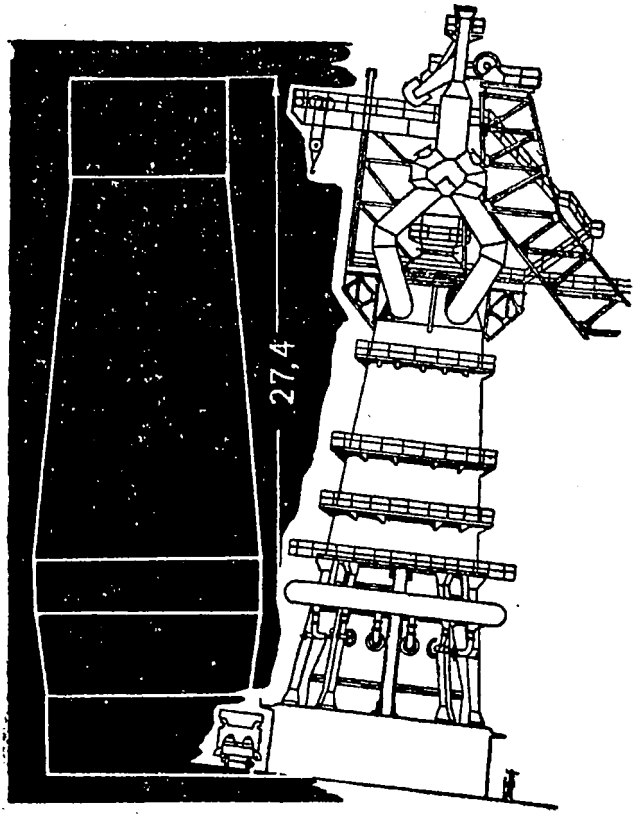
Когда была установлена ошибочность метода Ледебура и изучены постепенные изменения размеров частей печи, М. А. Павлов вывел свою расчетную формулу. Метод советского академика позволяет по заданному объему печи определять ее высоту или по высоте печи определять ее объем. Эта работа М. А. Павлова завершила многолетние поиски доменщиков.

Раскрыты новые тайны домны

Внутри доменной печи вместе с плавильными материалами находится кокс. Когда печь загружена, кокс занимает $^2/_3$ ее объема. Опускаясь вниз, кокс попадает в зону высоких температур и сгорает в потоке горячего воздуха около фурм.

Процесс горения топлива в доменной печи иной, чем в топке, например, парового котла. В обычной топке горение поддерживает холодный воздух, поступающий снаружи. Сгорает верхний слой угля. Образовавшаяся углекислота, как и азот воздуха, ни в какие другие реакции с углеродом топлива не вступает, так как быстро улетает из печи.

В домну под давлением вдувается горячий воздух, интенсивно омывающий куски кокса. При таких условиях углекислота образуется очень быстро и устремляется вверх к колош-



Внешний вид современной доменной печи и ее внутренние очертания.

нику печи. По пути газ встречает куски топлива и вступает в реакцию с твердым углеродом. Образуется окись углерода. Этой реакции нет в топке парового котла. Она возникает лишь внутри доменной печи и приводит к затратам твердого углерода, то-есть к дополнительному расходу топлива.

Наука установила, что окись углерода обладает способностью жадно вступать в реакцию с окислами металлов, отнимая от них кислород. Химики говорят: окись углерода является энергичным восстановителем.

Советские исследователи под руководством академика М. А. Павлова провели изучение работы мощной домны одного из советских заводов и установили, что уже на расстоянии метра от фурм кислород воздуха практически исчезает, обнаружить его не удается. В середине же горна оказалось около

40 процентов окиси углерода от общего объема продуктов горения.

Опускаясь все ниже, руда постепенно теряет влагу и становится все более пористой.

Этот процесс начинается в самой верхней части печи, где газы нагреты до температуры в 150—350 градусов. Здесь их воздействие на руду сводится к ее осушению.

Нижние части столба шихты частично выгорают (кокс), частично плавятся (руда, добавки), уменьшаясь в объеме. Благодаря этому плавильные материалы непрерывно оседают и постепенно попадают в зоны все более высоких температур. Здесь куски руды сильно нагреваются доменными газами. Подготовленная таким образом к восстановлению (то-есть к избавлению от кислорода) руда вступает в реакцию с углеродом. Ученые выяснили, что в домне протекают три восстановительные реакции: с помощью окиси углерода, твердого раскаленного углерода и водорода, попадающего в печь вместе с влагой.

Руда, в которой железо соединено с наибольшим количеством кислорода — окись железа Fe_2O_3 (в каждой молекуле ее на два атома железа приходится три атома кислорода), легко отдает окиси углерода часть своего кислорода. При этом окись железа переходит в магнитную закись Fe_3O_4 (на три атома железа четыре атома кислорода). Профессор И. А Соколов поместил магнитный железняк в струю чистой окиси углерода. Руда стала восстанавливаться при температуре в 450 градусов. В доменной печи для восстановления магнитной окиси железа необходима более высокая температура.

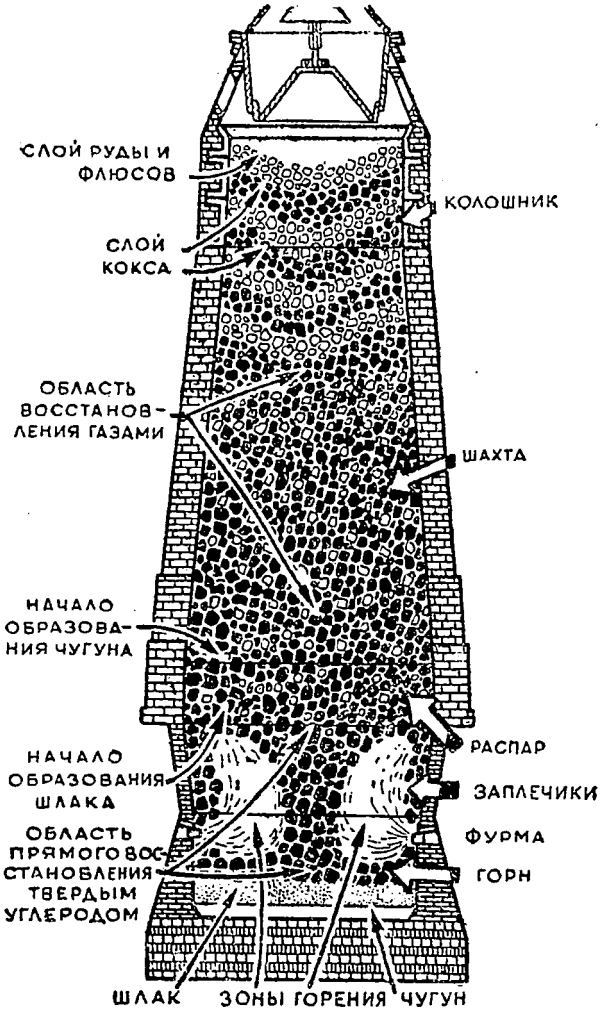
Спускаясь и попадая в зоны все более высоких температур (до 600—700 градусов), руда теряет новую порцию кислорода, превращаясь в закись железа FeO (на один атом железа один атом кислорода).

Но все это как бы подготовительные этапы перед окончательным освобождением железа от кислорода. Закись железа — наиболее прочный союз железа и кислорода. Нужна высокая температура и большое количество углерода в газе, чтобы железо, наконец, выделилось в чистом виде в форме железной губки, смешанной с пустой породой.

Какие же силы так прочно связывают железо и кислород?

Прежде чем наука смогла объяснить этот закон природы, потребовалось решить один из главных вопросов химии.

В конце XVIII и начале XIX века новая методика измерений объемов газов при различных химических реакциях натолкнула ученых на важнейшее открытие. Английский химик Джон Дальтон обратил внимание на интересное обстоятельство: при разложении воды электрическим током объем выде-



Доменная печь в разрезе.

лившегося водорода ровно вдвое превышал объем кислорода. Исследуя таким же «объемным методом» состав окиси углерода и углекислоты, Дальтон убедился, что на одну часть углерода в углекислоте приходится две части кислорода, а в окиси углерода на одну часть углерода приходится одна часть кислорода. Какие бы газы ученый ни исследовал, он всюду обнаруживал простые кратные отношения объемов химических элементов, входящих в состав газов.

Прежде, когда основным измерительным прибором химиков были весы, трудно было увидеть в цифрах, выражающих процент содержания тех или иных элементов в химическом соединении, проявление этого закона. Теперь же с введением измерений объемов газов эта интересная закономерность была обнаружена довольно просто, ибо проявлялась наглядно.

Смысл нового закона не был еще понят, когда установили и другую закономерность: во всех точках земного шара каждое вещество имело строго определенный, постоянный состав. Где бы ни находили, например, поваренную соль, она всегда содержала 39,3 процента натрия и 60,7 процента хлора.

Стремясь объяснить эти явления природы, Дальтон пришел к выводу, что в молекулу каждого химического соединения входит определенное, строго постоянное для данного вещества количество атомов каждого элемента. Это учение сразу объяснило и закон постоянства вещества и закон простых кратных отношений в химических соединениях.

Однако никто не знал, по каким причинам в молекулах атомы различных элементов соединяются в определенном порядке, какие силы связывают атомы различных веществ в прочные химические соединения. Одним словом, какому закону подчиняются сами атомы?

Незнание этого закона привело к тому, что в середине XIX века химия зашла в тупик.

Ученым, сумевшим указать науке правильный путь развития и предугадать его на много лет вперед, оказался наш соотечественник Д. И. Менделеев.

Первую попытку ответить на вопрос, почему атомы соединяются между собой, сделал знаменитый шведский ученый Иенс Берцелиус. Созданную им теорию почти сейчас же с необычайной смелостью и точностью развил русский ученый М. Г. Павлов. Он утверждал, что силы, связывающие между собой атомы различных элементов, есть силы электрические. В этом он соглашался с Берцелиусом, но в противоположность ему считал, что атомам различных элементов свойственны не одинаковые по знаку электрические заряды (только плюс или только минус), а различные. «Знак заряда у атомов одного и того же вещества в различных соединениях, — говорил он, — может быть различным».

Дальнейшее развитие науки подтвердило теорию М. Г. Павлова. Сейчас установлено, что в процессе химического соединения атомы, в нормальных условиях нейтральные, приобретают электрические силы, связывающие их.

Вот почему можно сказать, что в доменной печи, в конечном счете, действуют электрические силы атомов и прочность последнего химического соединения в цепи превращений окис-

лов железа в металл — закиси железа — объясняется значительными силами, связывающими атомы железа с атомами кислорода.

Разрушение стойкого соединения — закиси железа — происходит в нижней части печи при температурах 900—1000 градусов. Значительная часть железа в этой зоне оказывается восстановленной. Оставшаяся часть металла, связанная с кислородом (гораздо меньшая) при экономичном режиме работы печи, как указывает академик М. А. Павлов, должна быть восстановлена твердым углеродом в зоне максимальных температур.

Бо́льшая часть восстановленного железа находится еще в твердом состоянии и представляет собой как бы металлическую губку. Куски его становятся все более пористыми. В таком виде металл еще не успел сплавиться с составными частями, обычно присутствующими в чугуне, — углеродом, кремнием, марганцем. Вредные примеси — сера и фосфор — также еще не сплавлены с железом. Постепенно углерод начинает проникать сначала в поверхностные слои металла, а затем и в глубину кусков железа, образуя сплав.

Сплав не похож на химическое соединение. Как было установлено еще Дальтоном и другими учеными, всякое химическое соединение постоянно по составу. В сплаве же содержание отдельных элементов, его составляющих, может быть различным. Элементы в сплавах растворяются один в другом. Когда сплавы охлаждаются, кристаллы отдельных веществ располагаются как бы тщательно перемешанные между собой.

Чистое железо плавится при сравнительно высокой температуре, сплав же его с углеродом становится жидким при значительно более низких температурах. Первые капли металла в доменной печи наблюдаются при температуре в 1250—1300 градусов, к концу полного восстановления железа.

Глава шестая

НОВЫЙ ШАГ ВПЕРЕД

Высокое давление

В Магнитогорске мне довелось в свое время застать начало интереснейших событий, сейчас во многом определяющих развитие доменного производства в нашей стране, — перевод печей на высокое давление газов под колошником. Спустя несколько лет на заводе «Азовсталь» я наблюдал дальнейшее развитие этого передового метода доменной плавки.

Еще в 1871 году известный английский металлург Бессемер высказал интересную мысль. «При повышении давления восстановительных газов, — предположил он, — руда будет лучше ими обрабатываться». В 1915 году русский инженер Есманский опубликовал статью о том, почему повышение давления колошниковых газов улучшает доменную плавку. Таким образом, серьезная разработка этой проблемы была впервые произведена нашим соотечественником.

В 1942 году директор одного из донбасских заводов выступил в печати с предложением перевести доменные печи на новый режим.

Американский химик Эверти безуспешно добивался осуществления той же идеи. Но только в 1944 году на Кливлендском заводе была проведена первая плавка с повышенным давлением под колошником. К 1952 году в Америке работало на новом режиме 13 доменных печей.

В Англии на повышенное давление в феврале 1950 года была переведена лишь одна доменная печь сравнительно небольшого объема — в 643 кубических метра.

Советские доменщики добились практического осуществления этой идеи. Впервые в нашей стране с большим производственным эффектом и в широких масштабах новый способ был применен доменщиками Магнитки.

Оказалось, что переход на повышенное давление колошниковых газов возможен только при условии высокой технической культуры завода. Приходится «выжимать» из воздуходувных машин все, что они могут дать, улучшать действие механизмов, загружающих печь, систему охлаждения, подготовку плавильных материалов, деятельность внутризаводского транспорта и многое другое.

Что же это такое — повышенное давление газов под колошником?

Представьте себе, что реку перегородили плотиной. За ее стеной соберется большое количество воды. Чем выше плотина, тем больше будет скапливаться воды в водохранилище и тем выше будет ее давление на плотину.

Подобной плотиной для печи является суженное место в трубопроводе, по которому отводится доменный газ. Образуется как бы подпор газа в пространстве печи.

Правда, между тем, что происходит в доменной печи, и давлением воды на плотину в водохранилище не может быть полной аналогии. Ведь вода свободно растекается меж берегов, а газ внутри печи, «подпертый» суженным трубопроводом, сжимается, давление его возрастает.

Повышенное давление внутри печи существенно влияет на ход плавки.

Благодаря давлению под колошником газ будет занимать все меньший объем. Поэтому скорость движения газов в печи уменьшится, они будут «спокойнее» искать себе путь между кусками плавильных материалов. Печь начнет работать ровнее. Одно это очень важно для доменщиков. Сколько усилий прилагают они, чтобы заставить печь итти спокойно!

Появляется возможность подавать в домну больше воздуха. При обычном давлении увеличение дутья приводило к образованию так называемого канального хода. Газы, бушующие в печи, прорывали для себя один широкий ход. Плавильные материалы в своей массе переставали ими обрабатываться. Наступало так называемое «подвисание шихты». Когда же газы сжаты в результате существования «плотины» в газопроводе, их движение через шихту проходит более спокойно; они как бы растекаются по всей массе материалов, и можно вдувать в печь дополнительно 200—300 кубических метров воздуха в минуту.

А это очень важно. Увеличение количества воздуха, вдуваемого в доменную печь, позволяет сжечь больше кокса в единицу времени и, следовательно, переработать больше руды. Производительность печи возрастет.

Газовый поток начнет лучше обрабатывать руду, его химическая энергия будет использоваться без потерь. Поэтому расход кокса на тонну выплавленного чугуна уменьшится. Металл будет стоить дешевле. При нормальном давлении на тонну чугуна сжигалось 1,04—1,05 тонны кокса. Повышение давления под колошником привело к уменьшению расхода кокса для хорошо работающих печей до 0,7 — 0,8 тонны.

Почти со скоростью звука

«Плотина» в газопроводе представляет собой несколько сравнительно узких труб, внутри которых установлены заслонки. Прикрывая или открывая заслонки, можно установить в доменной печи необходимый подпор газов.

Пройдя суженное место трубопровода, газы попадают в верхнюю часть металлического цилиндра высотой в несколько десятков метров — скруббер высокого давления. Внутри скруббера установлены все время смачиваемые водой деревянные решетки — насадки. Они нужны для того, чтобы создать наибольшую площадь соприкосновения газа с пленкой воды. Крупинки руды как бы прилипают к воде и вместе с ней падают вниз. Газ таким образом очищается от механических примесей. Насадки создают площадь водяной пленки в 4 тысячи квадратных метров.

Перевод печей на повышенное давление повлек за собой еще одно важное последствие: отпала необходимость подвергать газ тонкой очистке в дезинтеграторах, в результате чего резко понизился расход электроэнергии. Газовый поток в печи стал настолько спокойным, что вынос пыли из домен во много раз сократился.

В доменном цехе «Азовстали» бригадир слесарей Сингур по этому поводу высказался так:

— Прежде из-за пылищи у нас не то что шпал — яблоко рельса побачить было трудно — столько ее несло из печей. Как начинали чистить пылеуловители, домохозяйки во всем Ждановe нас, доменщиков, проклинали... А теперь вон каждый костылик на путях явственно обозначается. Так то все, чтоб вы знали, — через высокое давление...

Когда газ проходит узкие трубы с заслонками, скорость его движения возрастает во много раз. Для того чтобы определенное количество газа прошло через узкую часть трубы, скорость его в ней должна быть большей, чем скорость движения того же количества газа в широкой части трубы. В узких трубах с заслонками газовый поток мчится почти в десять раз стремительнее, чем в широких, — со скоростью 200 метров в секунду. Почти с такой же скоростью летит современный реактивный самолет.

Но едва газовая струя попадает в просторный, широкий скруббер высокого давления, как скорость ее резко снижается, и крупинки, двигаясь по инерции вниз, ударяются о смоченные водой решетки деревянных насадок. Оседанию крупинок руды на водяную пленку помогает увеличение их размеров при прохождении через узкие трубы. Здесь мелкие рудные осколки сближаются друг с другом и многие из них слипаются.

В доменном цехе «Азовстали» и сейчас еще газ на пути к потребителям проходит через дезинтеграторы. Но их моторы выключены. Машины тонкой очистки теперь уже не нужны.

Прежде на очистку 1 000 кубических метров газа затрачивалось 6,8 киловатт-часа электроэнергии. Введение повышенного давления сократило расход электроэнергии на очистку того же количества газа до 0,6 киловатт-часа. Теперь электроэнергия затрачивается лишь на подачу воды в скруббер высокого давления.

Остановка дезинтеграторов позволила уменьшить обслуживающий персонал домны на 11 человек. Сокращение штата, обслуживающего агрегаты в Советской стране, вовсе не означает, что люди остались без работы, как могло произойти бы в капиталистической стране. Машинисты, обслуживавшие дезинтеграторы, после остановки машин сразу же были переведены на другую работу. Производство в Советском Союзе

непрерывно расширяется, дело для всех находится. Вот почему сокращение числа обслуживающего персонала на наших заводах не ухудшает, а улучшает уровень жизни трудящихся, так как приводит к удешевлению заводской продукции.

Переход на новый режим работы печей потребовал улучшения всех механизмов.

Увеличение потока засыпаемых в печь материалов стало приводить к быстрому изнашиванию тех частей засыпного аппарата, о которые терлись плавильные материалы. Конусы, штанги конусов, воронку малого конуса пришлось покрыть защитной броней. Ведь каждая остановка печи на ремонт теперь приводила к значительно большим потерям металла, так как производительность домен возросла, главное же — нарушалось поступление доменного газа в другие цехи завода.

В том месте, где конусы прижимались к чашам, иной раз возникали крохотные щелки. Сильно сжатые газы под большим конусом с силой прорывались в отверстия. Вместе с газами летели острые песчинки руды и, стирая металл, быстро расширяли щель. Пришлось опоясать конусы полосой очень твердого сплава, не поддающегося быстрому разрушению.

Но и эти меры не помогли бы, если бы сохранилась без изменения конструкция засыпного устройства. «Вход» в печь пришлось совсем уподобить подводному кессону. Прежде чем открыть большой конус, в межконусное пространство начали вводить газ высокого давления. Только когда давление поверх конуса и под конусом уравновесится, можно опускать «главную дверь». В противном случае давление газов может погнуть штангу конуса и сильно затруднит его открытие.

Перед опусканием же малого конуса газ из межконусного пространства через особые перепускные клапаны удаляется в атмосферу.

Изменилась и технология плавки. Доменщики начали очень внимательно следить за температурой под большим конусом. Резкое повышение температуры (выше 400 градусов) может вывести из строя «главную дверь».

Недопустим стал неровный ход печи. Если это все-таки случается, газовый поток при повышенном давлении бушует с такой силой, что раскачивает большой конус, как язык огромного колокола.

Пришлось улучшить систему охлаждения фурм, так как выход чугуна и шлака происходит сейчас более бурно. Горновые теперь должны более тщательно вести работу при открытии и закрытии чугунной и шлаковой леток.

Так увеличение давления колошниковых газов потребовало от рабочих и инженеров повышения технической культуры.

Пар в доменной печи

Воздух вдувают в доменную печь для того, чтобы подать необходимый для горения кокса кислород. Из всего количества дутья используется лишь одна пятая его доля — столько в составе воздуха кислорода. Бо́льшая часть воздуха не принимает никакого участия в усилении процесса горения, так как почти на 80 процентов воздух состоит из азота. Таким образом, на нагрев инертного газа — азота приходится тратить тепла почти в четыре раза больше, чем на повышение температуры кислорода. Правда, значительная часть запасенного азотом тепла отдается внутри печи плавильным материалам — и в этом заключается полезная роль этого газа. Но все же много тепла уносится азотом из печи. Если бы удалось уменьшить долю содержания азота в воздухе, то уменьшились бы и тепловые потери.

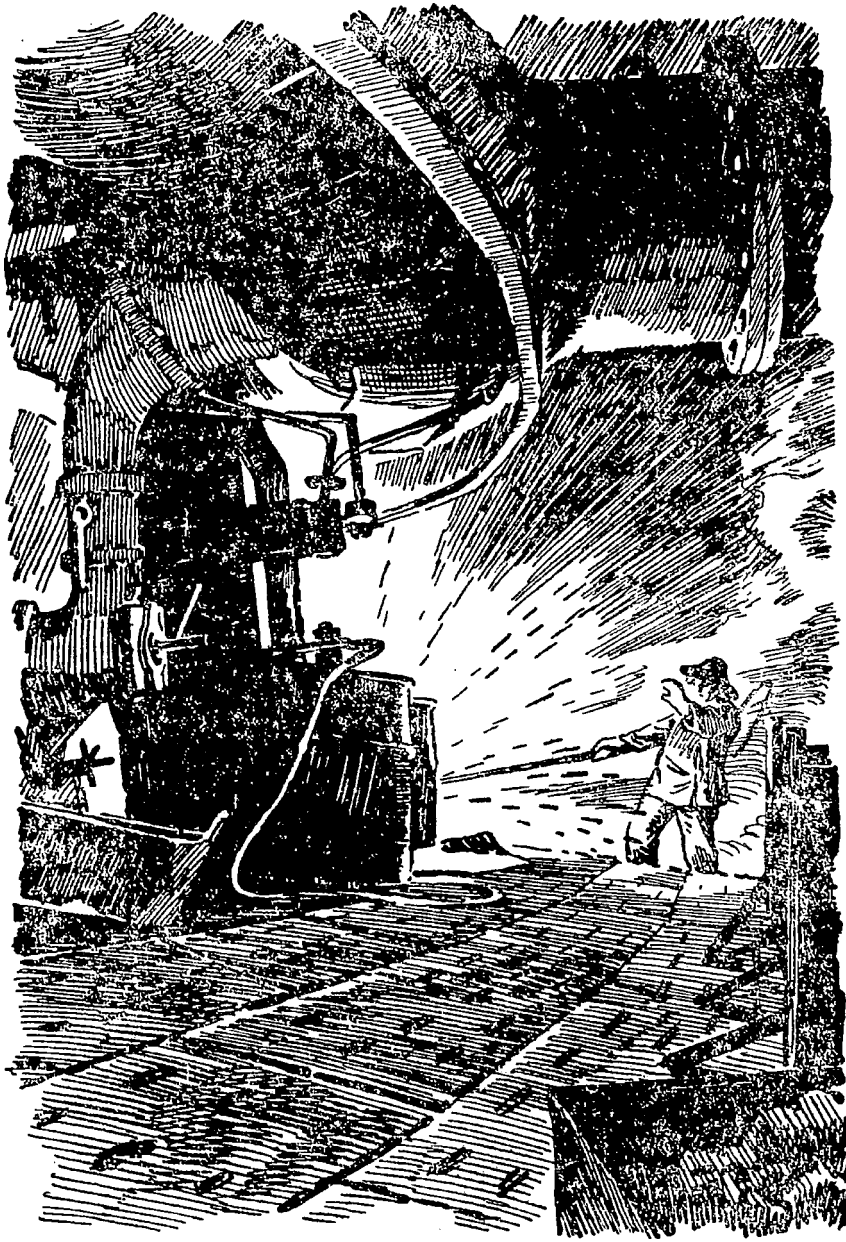
Металлурги давно уже ищут способ ускорения сгорания кокса и, следовательно, увеличения производительности доменных печей путем замены в составе дутья инертного, бесполезного газа азота кислородом, необходимым для реакции горения. Задача эта оказалась не из легких. Обогащенное кислородом дутье дает сравнительно короткий факел пламени около фурм (так как кислород быстрее сгорает), а это осложняет ход химических реакций.

В последние годы предложен другой — простой и остроумный способ ускорения доменной плавки. К дутью примешивается некоторое количество пара.

Внутри печи недалеко от фурм происходит химическое разложение воды на кислород и водород. Кислород воды соединяется с углеродом кокса, горение топлива благодаря этому ускоряется. Водород же сам хорошо горит. Правда, реакция диссоциации (разложения) воды протекает с поглощением тепла. Поэтому при добавлении пара дутье надо нагревать больше, чем дутье без пара.

Оказалось, что введение пара в дутье не ухудшает факела пламени около фурм и в то же время уменьшает долю азота в дутье. Для того чтобы расход кокса не увеличился, необходимо при добавлении 1 грамма влаги на кубометр воздуха повышать температуру дутья на 9 градусов.

Когда на заводе «Азовсталь» начали добавлять к дутью пар, удалось избавиться от одного неприятного явления. Доменщики давно уже заметили, что печи шли горячее ночью и холоднее днем. Около моря печи особенно резко «реагировали» на разницу влажности воздуха в дневное и ночное время. Когда же появилась возможность искусственно менять количество влаги в дутье и с помощью автоматических устройств до-



Выпуск шлака из доменной печи.

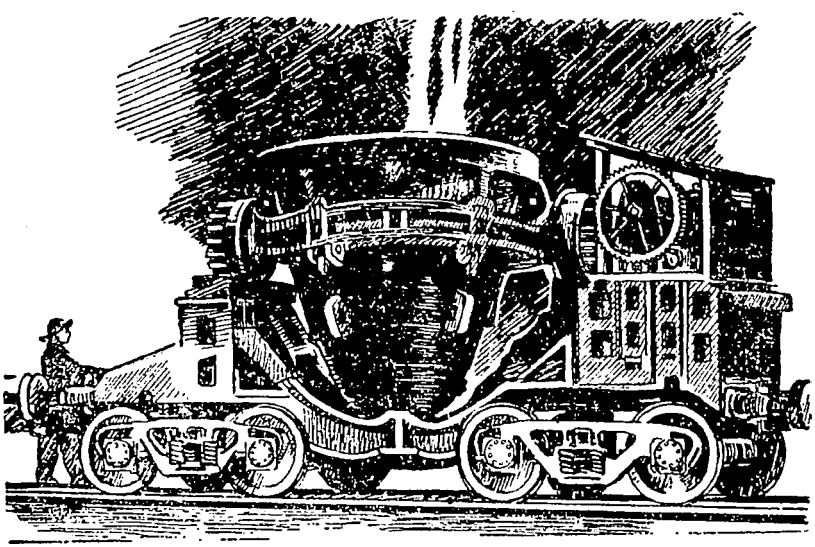
биваться вполне определенной, постоянно выдерживаемой влажности вдуваемого в печь воздуха, домны стали итти ровно и днем и ночью.

Печь выдает чугун

Почти вся внутренность домны сверху до фурм, расположенных в нижней части печи, постоянно загружена коксом, рудой, известняком и другими материалами, необходимыми для доменной плавки. Убыль шихты в печи, происходящая в результате сгорания кокса и плавления руды, все время пополняется сверху через засыпное устройство. В течение 2—2,5 лет работы доменной печи между очередными средними (небольшими) ремонтами она все время наполнена шихтой и процесс выплавки чугуна происходит непрерывно.

Через определенные промежутки времени из небольшого отверстия у основания печи выпускается скапливающийся в горне расплавленный шлак. Золотистая струя шлака вырывается из печи, обдавая быстро меркнущими желтыми каплями борта канавы, и стекает в шлаковозные ковши. Вместе со шлаком из печи удаляется сера и другие вредные для металла вещества, а также пустая порода.

Шлаковая летка находится выше уровня расплавленного металла, и потому чугун в нее не может попасть. Он может быть выпущен лишь через другую, чугунную, летку, располо-



Шлаковоз.

женную с другой стороны печи и обращенную в сторону литейного двора. Когда-то здесь чугун разливался в систему канав и застывал там в виде небольших слитков. Сейчас по канавам литейного двора чугун подается от печи к чугуновозным ковшам.

В строго определенные часы несколько раз в сутки горновые пробуривают отверстие летки, забитое глиной. Первые еще робкие брызги металла, вырывающиеся из отверстия, заставляют рабочих быстро убрать инструмент и отойти в сторону.

С каждым мгновением струя чугуна становится все более бурной, и вот уже слепящий, обжигающий жаром поток металла, цветом напоминающий солнце, мчится по канаве. С высоты второго этажа чугун сливается через желоб в ковш, стоящий внизу на железнодорожных путях.

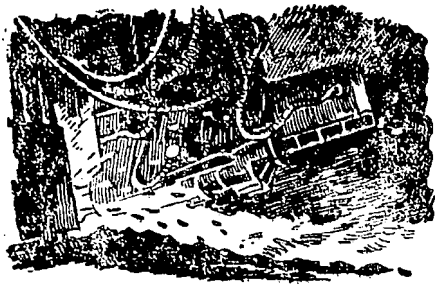
Выдача чугуна из доменной печи.

Когда один восьмидесятитонный ковш наполнен, металл направляется по другой канаве к соседнему желобу, под которым наготове стоит пустой ковш...

Наконец весь металл из печи взят. Надо забить отверстие глиной. Раньше, на старых заводах, это была трудная и не всегда безопасная работа. Теперь же мастер подходит к пульту, помещенному в кабине на расстоянии 6—8 метров от печи. Поворота рукоятки достаточно, чтобы привести в действие электрическую «пушку». Этот механизм, и в самом деле напоминающий короткую пушку, подходит вплотную к отверстию летки и «выстреливает» в него длинной «колбасой» глины. Мгновенно в цехе исчезает зарево и стихает шум от воздуха, вырывавшегося сквозь отверстие летки. Печь наглухо закрыта. На ее дне — лещади, продолжает по каплям собираться металл с плавающим поверх него шлаком.

Выплавка чугуна — сложное дело.

Чугун, как мы уже знаем, — это сплав железа и углерода.



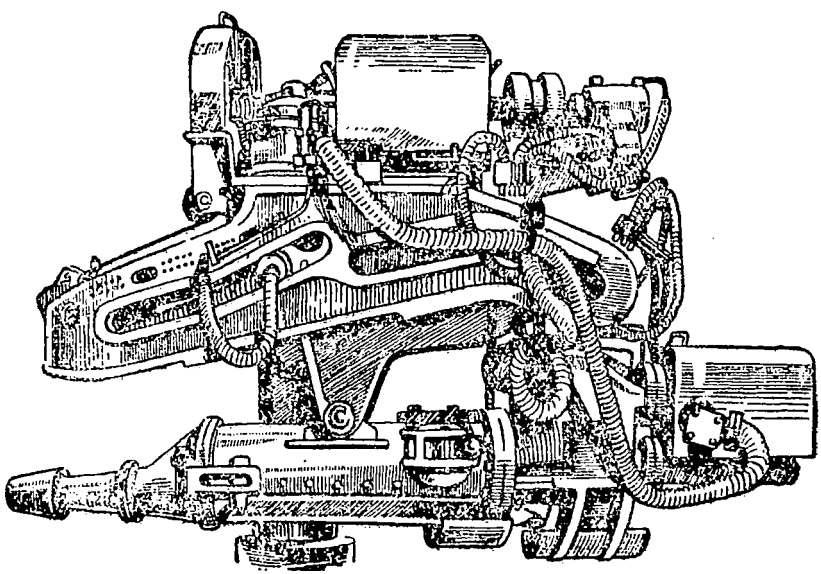
С помощью электрической «пушки» закрывается летка.

Чтобы получить тот или иной сорт чугуна, доменщикам надо управлять степенью насыщения металла углеродом, удалением из металла серы и другими процессами.

Сложные химические и физические превращения происходят в печи. Различные явления сопутствуют им. И весь этот клубок непрерывно перемещающихся и изменяющихся веществ, все сложные химические реакции скрыты за бронированными стенками огромного сооружения, называемого доменной печью. Трудно проконтролировать даже один какой-либо процесс. Как же проследить за совокупностью их? Можно ли учитывать влияние одних процессов на другие, быстро оценивать их, влиять на их развитие?

И хотя доменщики отвечают на этот вопрос положительно, достигнуть этого не так-то легко.

В настоящее время доменщики стремятся учитывать и контролировать как можно больше происходящих в домне явлений и управлять ими. Вот почему в доменном цехе так много ме-



Электрическая «пушка».

ханизмов, автоматических устройств и контрольно-измерительных приборов.

Доменщики в полной мере используют величайшие достижения современной науки, прибегают к последним достижениям строительной техники, механизации процессов труда, технике измерения температур, давлений, веса, методике и технике химических исследований, автоматизации действия механизмов. Но, превратив таким образом доменную печь в агрегат, где почти все механизировано и автоматизировано, где, кажется, за всеми химическими и физическими изменениями вещества непрерывно и неустанно «следят» десятки сложнейших приборов, они все-таки иногда разводят руками: слишком много неожиданно возникающих и потому трудно поддающихся учету событий влияет на ход доменной плавки.

Наблюдая за приборами, газовщик сообщает мастеру температуру отходящих газов.

Ход процессов восстановления зависит от распределения материалов в печи, от характера их движения к горну. И то и другое нельзя ни предусмотреть, ни проконтролировать с требуемой точностью.

Многое еще нельзя ни увидеть, ни измерить. И в этом случае доменщикам приходится контролировать не основные, интересующие их процессы, а более доступные косвенные процессы, связанные с основными и дающие о них представление.

Доменщикам важно, например, знать, как в верхней части печи распределяются газы, пронизывающие шихту, какова их температура, химический состав и давление, каков уровень загруженных в печь материалов.

Контролировать характер газового потока необходимо для того, чтобы можно было влиять на равномерное восстановление всей массы руды. Если газы в каком-либо месте печи будут

проникать через шихту хуже или, наоборот, лучше, чем в других местах, ход печи перестанет быть нормальным.

Характер потока газов — важный показатель. Однако не так просто «увидеть» движение отдельных газовых струй.

Самопишущие приборы регистрируют температуру газов в каждом из газоотводов. По одним только этим показателям трудно, конечно, судить о том, как ведет себя газовый поток. Но кое-что сказать все-таки можно. Зная температуру во всех четырех газоотводах, можно вычислить, сколько тепла уносят с собой отходящие газы. Этот показатель позволяет понять, отдают ли газы свое тепло на восстановление железа или, наоборот, уходят из печи, не совершив необходимой химической работы. Температура отходящих газов — признак косвенный, однако по нему до некоторой степени можно судить, идет ли газ сплошным потоком, найдя себе путь между крупными кусками материалов (в этом случае температура отходящего газа будет высокой), или проходит мелкими струйками сквозь массу шихты (температура нормальная).

Так как газ уходит из печи в четыре трубы, то по разнице температур в газопроводах можно представить себе, как распределяется газ по окружности печи.

Если в каком-либо газопроводе температура значительно выше нормальной, это означает, что с той стороны печи, у которой расположен газопровод, в шихте создался свободный ход газов.

Сопоставив все эти данные, доменщик должен изменить характер загрузки печи сырыми материалами так, чтобы выровнять газовый поток.

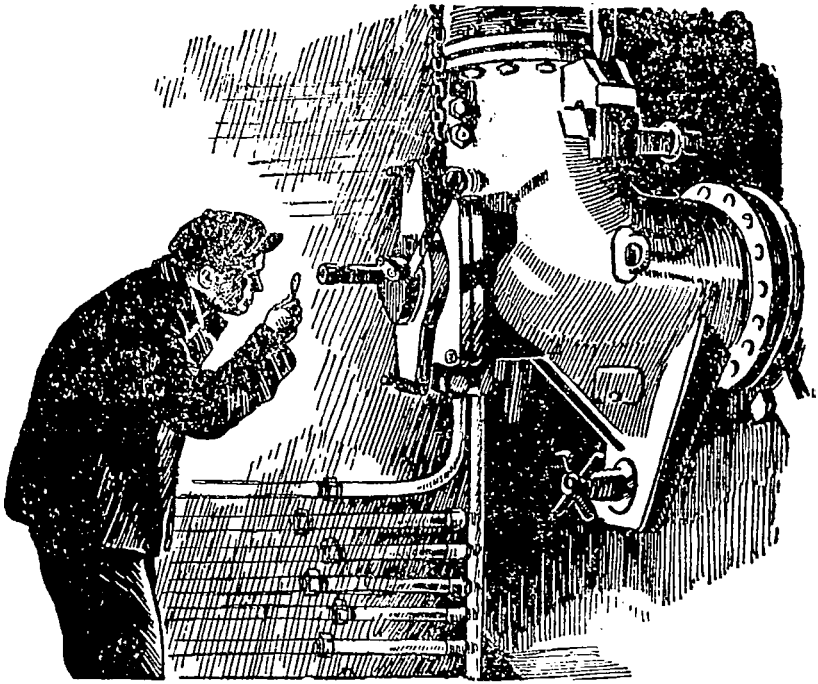
А как получить данные о температуре не только вверху домны, но и внутри ее шахты? Ведь в этом месте печи непрерывно движется вниз к горну огромный столб шихты?

Термопары — сплавленные между собой проволочки из разных металлов, заложенные в стены печи с разных ее сторон на различной высоте, — соединены проводами с приборами, которые расположены в помещении дежурного мастера. При нагревании их в местах соединения металлов возникает электродвижущая сила, строго соответствующая по величине степени нагрева слоя.

Таким образом, мастер может узнать, как нагреты стенки печи на разной высоте ее и какова разница этого нагрева по окружности.

В верхней части печи берут газ для определения его химического состава, чтобы узнать, используется ли полностью восстановительная способность газов. Если в доменном газе много углекислоты, это говорит о хорошей работе печи.

Есть еще один показатель, связанный с явлениями, проис-



Доменный мастер через фурму наблюдает за ходом печи.

ходящими в верхней части домны: давление колошниковых (отходящих) газов, по которому можно судить о характере опускания шихты.

Для того чтобы правильно вести доменную плавку, надо знать не только то, что делается в шахте печи и за пределами ее, в отводящих газопроводах, но и то, что происходит в горне домны — в нижней части печи.

Через фурмы в печь вдувается подогретый до 850—900 градусов воздух. Мастер довольно часто поглядывает на простой прибор, измеряющий давление дутья, — манометр. Вот самописец, вычерчивающий на барабане кривую, стал резко забирать вверх, показывая тем самым возрастание давления. О чем это может говорить? Что произошло в печи?

В печь все время вдувается воздух примерно одинаковой температуры и в одинаковом количестве. Если ток газов через шихту равномерен, то давление дутья постоянно. Но вот шихта перестала пропускать нужное количество газов вверх, а воздух продолжает поступать в прежнем количестве. Ему становится тесно, он начинает сжиматься, давление дутья возрастает.

Это один из важных признаков наступающего расстройства печи. В сопоставлении с другими данными он может многое объяснить доменщику.

Мастер доменной печи регулярно отправляет в экспресс-лабораторию пробы шлака и чугуна. Их состав говорит ему о том, правильные ли меры он принимает.

На советских заводах применяются самые передовые методы спектрального анализа. Изучая пары металла в пламени небольшой электрической дуги, можно гораздо быстрее, чем при химическом анализе, получить необходимые данные о количестве различных примесей, присутствующих в чугуне.

Есть и еще один способ контроля: мастер может заглянуть внутрь печи. Для этого в фурмах устроены небольшие глазки, закрытые толстыми стеклами. Ослепительные лучики света, словно раскаленные пруты, как бы торчат из этих смотровых отверстий. Мастер приставляет к глазу синее стекло и внимательно изучает картину, открывшуюся ему. Быстро меняются облака пламени. Темные куски кокса движутся в струях горячего воздуха, иногда напоминая больших бабочек. Можно даже увидеть крупные капли чугуна, падающие в горн. Пользуясь глазками, узнают, насколько разогрета печь, равномерно ли нагреты материалы по окружности домны и так далее.

Способов контроля за доменной плавкой как будто немало, и все же ведение ее — трудное дело. Работа мастера печи гораздо сложнее, чем только регистрация показаний приборов и контроль за действием автоматических устройств.

Мастер печи должен сопоставить показания ряда приборов, взвесить роль каждой цифры. Но этого мало. Он должен с помощью воображения как бы воссоздать картину того, что происходит в печи. Это интереснейшая особенность профессии доменщика. Воспитать, выучить мастера печи далеко не просто именно потому, что он, в конечном счете, должен обладать способностью самостоятельно и непрерывно думать, не теряться в сложных и неожиданных положениях и уметь смело принимать правильные решения.

Глава седьмая

ДОМЕНЩИКИ

Костя Хабаров

Понять сущность и особенности работы мастера доменной печи мне удалось лишь после того, как я провел у печи много дней подряд. Случилось это в тот самый первый приезд в Маг-

нитогорск в 1949 году, когда я с завидным упорством начал ходить к домне в смену мастера Хабарова.

Передо мной была огромных размеров наглухо закрытая башня. Десятки приборов отражали процессы, происходившие за бронированными, выложенными огнеупорным кирпичом стенками. Но показания приборов — колебания стрелок и следы самописцев, оставляемые на миллиметровках, — мне, в то время новичку, не давали никакого представления о том, что же происходит внутри домны. Наблюдая за мастером, я понял, что и ему приборы говорят не все. Время от времени он заглядывал через синее стекло в глазки фурм, расположенных по окружности печи и напоминавших стволы орудий, вдвинутых в домну. Когда выпускали чугун, Хабаров наблюдал его внешний вид, характер искрения. Пробы шлака и чугуна рабочие относили в цеховую лабораторию для химического анализа.

Все это, как казалось мне, говорило о сложности и некоторой неясности происходящих внутри печи явлений. И это действительно оказалось так.

Однажды, явившись ночью, я застал молодого мастера в комнатке с приборами. Время было позднее, никто нам не мешал, с печью, казалось, все обстояло благополучно, и Хабаров принялся объяснять мне, чего же, собственно, должен добиваться мастер доменной печи: надо вести плавку так, чтобы расход топлива был наименьшим, а чугуна заданного состава и качества выплавлялось наибольшее количество.

Для этого надо, чтобы печь шла ровно. Отклонение хода печи от нормы приводит к увеличению содержания серы в чугуне, перерасходу горючего, недодаче металла, а иногда даже к авариям оборудования.

Печь должна итти ровно! — вот критерий работы доменщика.

Она «идет ровно» уже много дней. И хотя это достижение доменщиков, но, может быть, именно потому, что колоссальный агрегат работает, как точно отрегулированный механизм часов, умещающихся на ладони, может быть именно поэтому я не мог сразу понять, сколько ума, воли, энергии стоит людям этот самый «ровный ход».

Я слушал Хабарова и думал... Вот уже сколько дней вижу я около печи этого молодого человека с решительными движениями и резковатым голосом. Он спокоен, находит время, чтобы поговорить со мной. Кажется, даже и на шкалы приборов поглядывает редко. Иной раз выйдет на литейный двор, наклонится к фурмам, взглянет на выпускаемый чугун и опять придет в комнату с приборами. В чем же «изюминка» работы мастера?

И что за человек Хабаров? Как он стал мастером?

Мне захотелось поближе узнать человека, с которым я провел так много часов у печи.

...Приближаясь к Магнитогорску, поезд идет по широким, иногда пустынным степям. Это уральские, подлинно каменные степи: в придорожных канавах видны под тонким слоем почвы пласты красновато-серой скалы. Наконец где-то далеко-далеко в степи из-за пологих увалов всплывает легкое дымное облако — наверное, там легендарный завод. Поезд обходит невысокую сопку, знаменитую гору Магнитную, и как-то неожиданно степная пустыня сменяется дымным, шумным городом, главное в котором — громадный завод.

И тот, кто не видел пустынных равнин, подъезжая к Магнитогорску, не до конца поймет этот город и завод, родившиеся по воле нашей партии в начале тридцатых годов посреди суровых пологих сопок.

Биография Кости Хабарова началась одновременно с возникновением города. Мальчишкой он бегал среди котлованов, когда едва только начал строиться завод. Учился в одной из школ, открывшихся в первых бараках строителей. Вырос, отстроился завод, в цехи понадобились новые люди, и Костя начал заниматься в ремесленном училище металлургов.

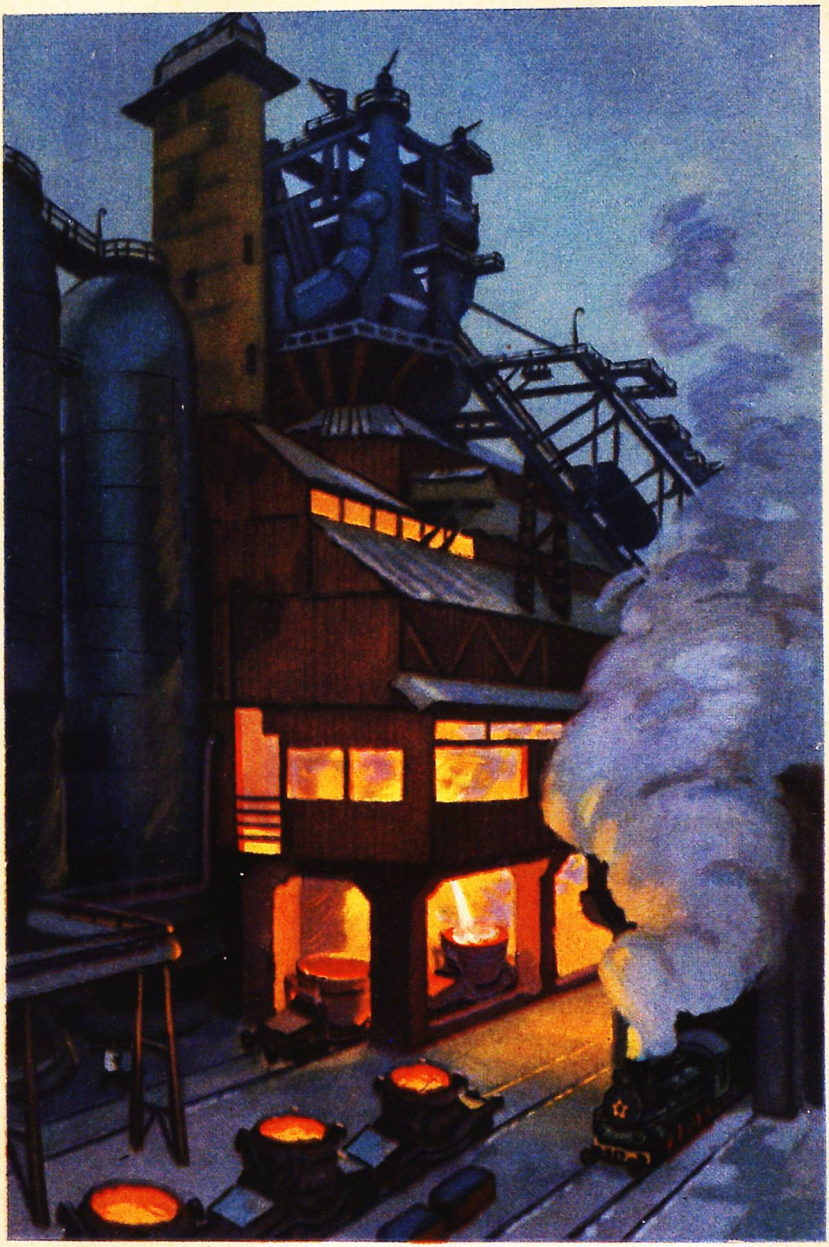
В детстве он хотел стать художником — в школе оформлял стенную газету, дома рисовал пейзажи города-завода. Во время Великой Отечественной войны, окончив ремесленное училище, Костя Хабаров стал не художником, а металлургом.

В начале войны в ночной смене в доменном цехе на работу не вышел газовщик — заболел. Его место занял ученик ремесленного училища Хабаров. Молодой рабочий почувствовал себя полноправным членом огромного коллектива. За отличную работу для нужд фронта Костя был награжден орденом «Знак Почета».

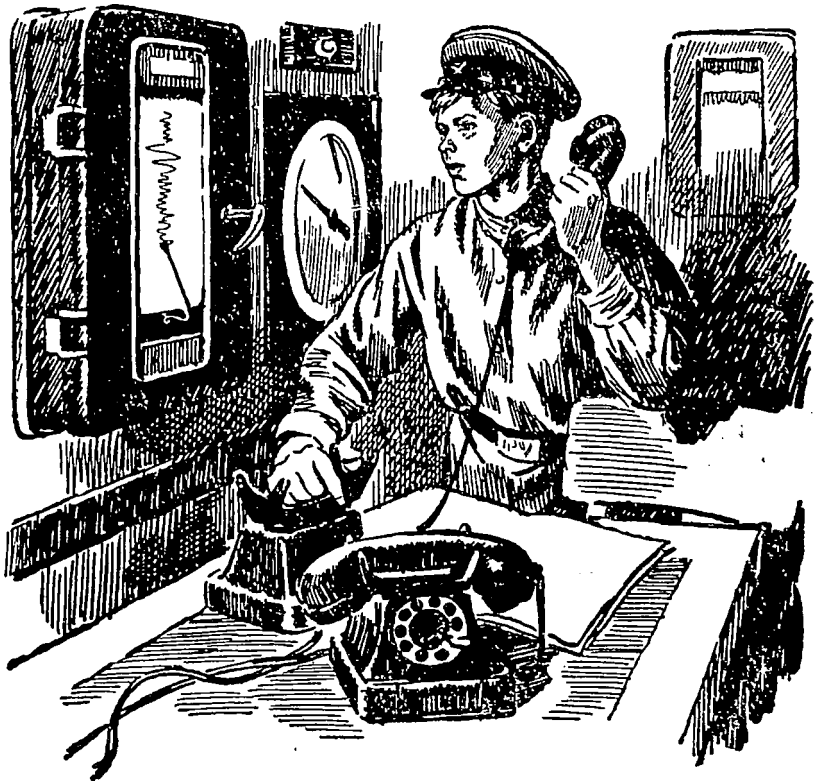
После войны паренек начал подменять мастеров на печах. Город к этому времени неузнаваемо похорошел. На правом берегу запруженного Урала, образовавшего широкое озеро, вырос новый Магнитогорск.

Со всех сторон город внезапно оканчивался шеренгами светлых жилых домов. Дальше расстилалась степь. Но уже там, где должен был вырасти второй строй домов, чтобы образовать улицу, работали могучие землеройные машины, планируя территорию под будущие магистрали и площади.

На другом берегу водохранилища дымил завод. По вечерам в туманном мареве за водохранилищем расцветала огненная полоска, словно вылезал из-за выпуклости земли ярко тлеющий край лунного диска, — это выплескивали из ковша на откос жидкий шлак.



У доменной печи ночью.



Ученик ремесленного училища Костя Хабаров занял место газовщика.

Несколько лет назад по милости начальника цеха Борисова Костя Хабаров, работавший тогда газовщиком, попал в глупейшее положение. Он только что вернулся из отпуска, когда Борисов сказал ему:

— Ходите по печам и присматривайтесь. Читайте литературу. Больше от вас пока ничего не требуется.

Произошло это довольно неожиданно. Уже несколько лет он работал в доменном цехе. Он всегда был занят от начала и до конца смены. Худощавый, в те годы слабосильный на вид, Хабаров по своему желанию выполнял обязанности газовщика и горнового, легко бегал от горна к газовой аппаратуре, упрямо орудовал ломами и резаками... И вот на тебе: ходи, заложив руки за спину, и смотри, как работают другие.

Через несколько дней он не выдержал безделья и попросил начальника цеха направить его на работу по старой специальности — газовщиком.

Борисов сказал:

— Нет. Ходите и смотрите, что делается с печами.

После этого короткого ответа у Кости отпала всякая охота вступать в объяснения с начальником цеха. Хабаров уже успел узнать Борисова: казалось, начальник цеха рад был поставить людей в такое положение, когда решение взять на себя всю тяжесть работы или уйти от неприятного дела мог принять сам работник цеха, без всякого давления. Иногда это приводило к тому, что кое-кто уходил с тяжелого участка работы, и Борисов не противился такому поступку, даже и в том случае, если это на время оголяло какой-то уголок цеха. Но обратно такой человек уже никогда не возвращался, и этого Борисов добивался со всей своей молчаливой настойчивостью.

Косте многое нравилось в Борисове: и его стремление учить мастеров правильно вести плавку, и его твердость, и немногословие. Одно только угнетало — собственное безделье.

У печей начальник цеха был внешне бесстрастен. Встречаясь с Костей, он окидывал его как будто безразличным взглядом, здоровался и, тут же отворачиваясь, шел дальше.

Однажды после дневной смены, Костя, для храбрости поглубже надвинув кепку, заглянул в диспетчерскую на рапорт к начальнику цеха. В скупо обставленной диспетчерской он присел в углу на деревянный диванчик рядом с мастерами, только что окончившими смену.

На оперативном совещании Борисов никого не ругал, как это иногда бывает, никого не обвинял в разных грехах. Он требовал от мастеров одного: объяснить, почему печи «вели» себя так, а не иначе. Это было не совещание, это был урок, во время которого некоторые мастера краснели, как мальчики, не зная, что сказать. Борисов и таких ни в чем не упрекал. Он называл книги, главы, номера страниц, которые надо было прочитать, и предупреждал, что завтра вновь попросит объяснить, что было с печью.

Да, это был урок!

Костя плотнее вобрался в диванчик: он многого еще не понимал из того, что происходило на печах и что требовал объяснить начальник цеха. А ведь Борисов затем и заставил его ходить около домен, чтобы он научился разбираться в их «поведении». «А что, если начнет спрашивать?»

Но Борисов ни разу не устроил ему экзамена.

Перед майскими торжествами, встретив Костю в цехе, Борисов спросил:

— Хотите съездить с делегацией магнитогорцев на завод в Кузнецк, с которым мы соревнуемся?

— Не против, — сказал Костя, — я всегда могу поехать...

— Сегодня от часу до трех зайдите ко мне.

В кабинете Борисов продиктовал Косте задание на время

поездки: молодой человек должен был проанализировать работу доменных печей завода, на который ехали магнитогорцы. Борисов ни разу не спросил, справится ли Костя с этим делом, он коротко и точно сказал, какие данные Костя должен был привезти с собой, какие графики составить.

Вот это и был экзамен, придуманный Борисовым, но экзамен не на словах: жизнь должна была проверить качества будущего мастера, его добросовестность — научился ли он чему-нибудь, читал ли он техническую литературу, одним словом: искал ли он легкой жизни в эти дни, или сам, без подталкиваний, шел навстречу трудностям и овладевал мастерством думать около печи, неотступно искать причины неудач, проникать в тайны домны.

Из командировки Костя приехал с цифровыми данными, графиками показаний приборов, записями своих наблюдений.

Теперь он шел в кабинет Борисова без прежнего чувства тоскливой неуверенности. Он понял, что было главным в начальнике цеха, чего добивался этот внешне замкнутый и неразговорчивый человек: заставить доменщиков думать.

Доложив о положении вещей, Костя, несколько торопясь от волнения, сказал:

— Они не используют всех своих возможностей...

Это был смелый вывод, и Костю волновало, что он говорит о нем самому начальнику цеха.

— Почему вы так думаете? — быстро, с видимым интересом спросил Борисов.

Костя объяснил.

Борисов взглянул в окно.

— Правильно, — сказал он, вновь поворачиваясь к Косте. — Правильно.

Он помолчал.

— Будете работать мастером на первой печи, — спокойно сказал он. — Ваше постоянное место. Старайтесь, чтобы было меньше замечаний, — это для вас очень важно.

С тех пор Хабаров стал работать мастером.

Как-то морозной зимней ночью в комнатку с приборами, где находился Хабаров, прибежал с литейного двора горновой.

— Продуло! — крикнул он.

Молодой мастер ринулся к печи. Только что он был около нее, смотрел в фурмы. Печь шла нормально — ровно. И вдруг — авария: прогорел небольшой участок печи, надо было заделывать «пробоину».

Хабаров принялся командовать «спасательными» работами. Водопроводчик с брандспойтом направился к месту повреждения, доставили кирпич, глину. Работать было очень трудно. Только через час 20 минут отверстие было заделано.

На оперативном совещании Борисов, хмурясь, попросил объяснить, как произошла авария. Костя принялся было оправдываться и вдруг только теперь понял, что виноват. Это была не боязнь ответственности, не страх перед возможным наказанием, сопровождаемые невольными мыслями о том, как бы лучше выпутаться из беды. Сейчас к нему пришло точное и ясное сознание собственной вины. Да, он виноват. Он, мастер, недостаточно точно оценил состояние печи, не позаботился узнать, где опасное место, не заставил заранее проверить на печи охлаждение.

Стоя перед начальником цеха и глядя ему в лицо, Хабаров осознал одну замечательную особенность рапортов: здесь интересовались не только конечным результатом, здесь делалось также и более существенное — всегда, так же как и сегодня, вскрывались причины, породившие неудачу или успех. Знать причины, уметь делать точные выводы, принимать правильные меры, думать о завтрашнем дне, работать коллективно, — вот чему учил Борисов.

Овладевая профессией мастера, Хабаров все время учился: сначала на двухгодичных курсах мастеров доменных печей, затем — в вечерней школе рабочей молодежи.

Позднее, когда Хабаров окончил курсы, он должен был защищать дипломный проект, по сложности не уступавший дипломной работе выпускника металлургического техникума. Экзамены Хабаров сдавал Борисову — председателю Государственной экзаменационной комиссии. Молодого мастера поразило, что Борисов стал задавать вопросы не по доменной плавке, а по грамматике, истории, математике, проявив при этом точное знание предметов.

— Всесторонне образованный человек, — сказал мне Хабаров о своем экзаминаторе. — Поэтому-то он и умеет правильно работать, организовать коллектив...

Эта мысль была важна для Хабарова, она определяла тот путь, который он сам выбрал себе в жизни: кончив курсы мастеров с отличными оценками, он поступил в вечернюю среднюю школу. Мне он часто говорил:

— В институт я пойду обязательно и буду учиться без отрыва от производства.

— Но почему же без отрыва?

— Не хочу время терять... Да и не могу без домен...

Недавно, через несколько лет после этого разговора, я узнал, что Хабаров занимается в вечернем институте и работает мастером печи.

Через заводскую проходную, для многих молодых людей первую «волшебную дверь» на их жизненном пути, лежит верная и надежная дорога в будущее. Ведь завод — это и место

работы, и школа жизни, и школа в прямом смысле этого слова.

Здесь все учатся. На заводе «Азовсталь», например, работает множество школ по овладению передовыми методами труда, общеобразовательные вечерние школы, двухгодичные школы мастеров, вечерний техникум. Многие рабочие завода учатся на различных факультетах вечернего металлургического института. Инженеры готовятся к сдаче кандидатского минимума. Обобщая опыт деятельности в заводских цехах, исследуя физико-химические процессы, возникающие во время производства металла, они работают над диссертациями.

Постоянная устремленность вперед — одна из самых характерных черт советских людей.

Давление повышается

Как-то ночью, сидя вместе с Хабаровым в пирометрической (комнате, где расположены контрольно-измерительные приборы), я сказал:

— Константин Филиппович, продиктуйте мне, пожалуйста, какими явлениями сопровождается расстройство хода печи. Надо понять, что это такое, тогда, может быть, яснее станет сущность работы мастера, ход его мысли.

— Берите блокнот, — сказал Хабаров.

На щите автоматической сигнализации положения шихтовых подач то и дело вспыхивали разноцветные лампочки, показывая, до какой высоты загружена шихтой печь. Хабаров диктовал, облокотившись о стол, и в то же время не отрывал взгляда от двух десятков приборов, расположенных на щите.

Вот что записал я в своем блокноте:

«Неровный ход печи означает следующее. Первое: при обычном режиме работы вдруг начинает понижаться температура стен печи. Это отмечает особый самопишущий прибор.

Почему так происходит?

И вот здесь-то выступает на сцену искусство мастера: он должен представить себе, что в этот момент случилось в чреве домны. А случиться могло вот что. Горячие газы обычно проходят через всю массу загруженных в печь материалов. Но вот при очередной завалке в печь подали мелкую руду, мелкий кокс, и эти измельченные материалы легли у стен шахты. Газам труднее будет проходить в этом месте через мелкий материал, и стенки шахты нагреются меньше.

Второе: прибор, регистрирующий нагрев в четырех местах стен печи, начнет показывать одну и ту же температуру в каждом из них. Почему?

Вообразив себе заполненную газом и шихтой внутренность печи, мастер постарается ответить и на этот вопрос: газовый поток сконцентрировался в середине, и потому температура стенок печи стала ровной во всех точках по окружности. (При нормальной работе температура стенок со всех четырех сторон не может быть совершенно одинаковой, так как газы идут сквозь шихту не одним равномерным потоком, а беспорядочно пронизывающими материалы многими струями. Поэтому небольшая разница температур должна быть.)

Третье: повышается давление газа в домне. И это объяснимо: ход для газов сузился, и это вызывает повышение давления в печи. Нормальный ход печи нарушен. Доменщики говорят: «Печь идет неровно».

Но это еще полбеды. Хуже, если произойдет «зависание» печи. Это уже серьезная неприятность.

Представим себе, что движение газов сквозь шихту затруднено не только по периферии — около стенок, но забит и центральный ход.

Тогда вся масса материала, загруженного в печи, становится как бы гигантской пробкой. Газы подпирают ее снизу, опускание шихты прекращается, и она как бы повисает. Это значит, что в печь нельзя задать новой порции шихты. Горячие газы не проникают в массу руды и кокса. Температура их понижается, и сокращается количество выплавляемого чугуна.

Вслед за тем может наступить еще более серьезная авария».

— Начинаю кое-что соображать, — оживился я, обрадованный тем, что понял, как связать между собой показания отдельных приборов.

— А теперь скажите, что должен сделать мастер для устранения зависания?

Неожиданно Хабаров встал и подошел к манометру.

— Что случилось? — с любопытством спросил я.

Хабаров молча поглядел на стрелку, затем перешел к другому прибору, потом к третьему. Он ни на секунду не останавливался, прохаживаясь вдоль щита с приборами, изучая их показания. Словно вспомнив обо мне, он на ходу заметил:

— Давление повышается...

Через некоторое время он отрывисто сказал:

— Подойдите сюда. — И, откинув стеклянную крышку прибора, указал на ленту миллиметровки. Этот прибор записывал показания температуры в четырех трубах газопровода. Каждый замер температуры изображался на бумажной ленте чернильной точкой. Прежде эти точки были разбросаны в различных местах. Теперь же они почти сливались друг с другом: температура во всех четырех газопроводах стала одинаковой.

— Центральный ход, — воскликнул я, — газы пошли в центре печи!

Хабаров кивнул и смущенно усмехнулся: все, о чем он только что рассказывал, происходило в действительности.

Хабаров ушел к печи, а я принялся наскоро записывать в блокнот свои впечатления.

Резко зазвонил телефон.

— Печь не берет подач, — раздался в трубке женский голос. — Зависла, что ли?

— Подождите, сейчас придет мастер.

Появился Хабаров, взял телефонную трубку и быстро сказал:

— Измените систему загрузки, — и объяснил, что надо сделать.

Смысл его распоряжения сводился к тому, чтобы по периферии загрузить газопроницаемые материалы. Тогда рано или поздно газы начнут пробиваться через шихту не только в центре печи, но и по всему сечению шихты.

Давление в печи все же продолжало расти. Уже не вспыхивали контрольные лампочки на сигнальном щите: уровень загруженных в печь материалов оставался постоянным — печь «зависла».

Снаружи внезапно ворвался звенящий свист — это открыли предохранительный клапан на воздуходувке, так как давление в печи поднялось сверх допустимого.

Полтора часа Хабаров и его товарищи — те, кто управлял подачей в печь шихтовых материалов и дутья, — боролись с печью. Люди меняли систему загрузки, уменьшали давление в печи, выпуская в атмосферу излишек газов.

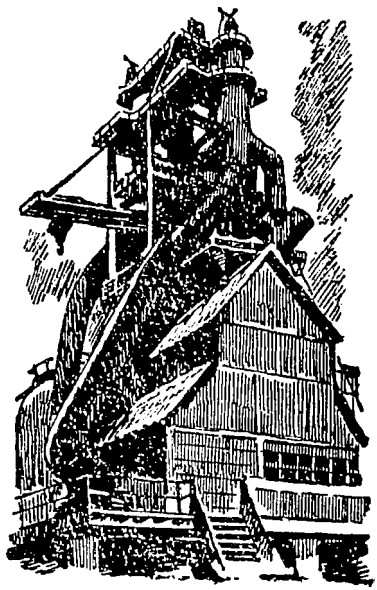
Хабаров при этом безостановочно прохаживался около приборов, изучая их показания, обдумывая очередной свой шаг.

...Печь пошла как-то неожиданно: вдруг замелькали цветные лампочки на щите — уровень шихты в печи начал быстро оседать: полтора метра, два, два с половиной... Стрелка манометра поползла влево, давление резко спало. Даже я, неопытный в доменном деле, почувствовал неожиданное облегчение. Я подошел к щиту с приборами. Точки на бумаге прибора, измеряющего температуру в отводящих газопроводах на высоте 35 метров над землей, теперь «разбрасывало» — газы шли беспорядочным широким потоком сквозь всю массу материалов и поступали в газопроводы с несколько различной температурой.

— Пошла печь, — улыбнулся Хабаров.

— Хорошо! — искренне обрадовался я. — Почему же произошло зависание?

— Мне кажется так: рудная мелочь засыпала периферию. Некачественный материал нам сегодня подали, а я во-время не заметил наступающее расстройство. Это впервые за два месяца. Хорошо еще — быстро пошла...



Телефонный звонок прервал мастера. Хабаров сразу стал серьезен: звонил Борисов. Мастер коротко объяснил, что произошло, какие меры он принял и в чем причина зависания. Разговор кончился быстро. Костя окинул взглядом приборы и ушел на литейный двор посмотреть фурмы.

Вернулся он быстро и сел против меня, облокотившись о стол и краем глаза поглядывая на щит с приборами — точно в такой же позе, казалось, безмятежного спокойствия, в какой сидел он, когда мы часа два назад начинали наш разговор, и в какой видел я его не раз. Но теперь уже эта поза не могла обмануть меня. Я знал, что мысль Хабарова занята непрерывной работой, что он с первой до последней минуты своей смены сопоставляет показания приборов, вид фурм, результаты анализа чугуна и шлака и время от времени принимает меры к тому, чтобы ход печи оставался ровным: то позвонит машинистке скипового подъемника и отдаст распоряжение об изменениях с загрузкой шихты, то несколько изменит температуру дутья... Прежде я не придавал значения этим действиям, теперь же понимал, что они не случайны, от них многое зависит, и что пресловутый ровный ход возникает и поддерживается далеко не сам собой.

...Каждый день в одно и то же время на литейном дворе появлялся Борисов.

Вот и сейчас он, спокойно переступив порог дверцы литейного двора, проходит мимо шлаковой летки. Струя шлака брызжет в канаву, окрашивая лицо начальника цеха горячими вспышками. На Борисове сапоги, кепка небрежно надвинута на крупную голову, руки закинуты за спину. Он подходит к фурмам. Одна рука остается за спиной, другой он достает из кармана синее стеклышко, приставляет его к яркому крохотному глазку фурмы и, наклонившись, смотрит в чрево домны.

Я уже знаю, что он там видит: пляшущие в пламени куски материалов, словно рой порхающих темнокрылых бабочек. Иногда видно, как падают вниз тяжелые блестящие капли чугуна. Бывает, что куски руды и кокса заваливают фурму.

Борисов идет вокруг печи, заглядывая в фурмы. Внешне он держится здесь как посторонний, ни с кем не заговаривает. Обойдя печь, он снова засовывает за спину под пальто обе руки и спокойно, кажется, погруженный в глубокую задумчивость, идет к двери на железнодорожную эстакаду, по которой подаются к печам руда, известь и другие материалы.

Пришел Хабаров, тоже заглянул в фурмы. Наверное, мастер хочет представить себе, на что обращал внимание здесь Борисов, какие выводы о ходе печи мог он сделать.

Я последовал за Хабаровым в комнату дежурного мастера. Через некоторое время он подозвал меня к окну:

— Вон Борисов... Возвращается к себе.

Внизу на железнодорожных путях стоял начальник цеха все в той же позе, как и у печей, — заложив руки за спину под пальто, — и, подняв голову, смотрел на вершины домен.

Борисов смотрел на колошник домны...

Наша комнатка должна была представляться ему снизу небольшим гнездом на высоких железобетонных колоннах. Он не мог видеть нас. Довольно долго он смотрел вверх, словно изучая что-то. Потом повернулся и, глядя себе под ноги, медленно пошел вдоль путей к светлому двухэтажному домику конторы.

— Что он сказал вам, когда приходил сюда? — живо обернулся я к Хабарову.

— Ничего. Вошел, поздоровался, посмотрел приборы и ушел.

— Почему он такой... странный?

Хабаров пожал плечами, потом сказал:

— Думает...

— О чем?

— Не знаю... Наверное, о том, чтобы чугуна больше выплавлять.

Через три года я узнал, о чем думал Борисов. К тому времени трудом многих доменщиков Магнитки под руководством Борисова было введено коренное усовершенствование доменного процесса — перевод домен на работу при повышенном давлении газов под колошником.

Истоки нашей силы

Путь Борисова-инженера, так же как и многих других советских металлургов, связан со строительством в тридцатых годах Кузнецкого и Магнитогорского металлургического заводов, с развитием всей советской металлургии. Поэтому прежде, чем продолжить рассказ о магнитогорцах, надо познакомиться с основными этапами развития советской металлургии. Только тогда станет понятно, в чем истоки нашей силы, откуда у наших металлургов их замечательные качества: большое упорство в труде, высокое чувство коллективизма.

Представители того поколения металлургов, к которому принадлежит Хабаров, в тридцатых годах были еще детьми. А такие, как Борисов, уже начинали тогда самостоятельную трудовую жизнь. После окончания Ленинградского политехнического института Борисов, в числе других молодых специалистов, был направлен на строительство Кузнецкого завода. Там он сначала участвовал в сооружении домен, а затем начал плавить чугун.

В стране шла напряженная работа по созданию своей собственной индустрии.

Сложные причины экономического и политического характера привели к тому, что промышленность царской России на-

кануне Великой Октябрьской социалистической революции резко отставала от уровня развития стран Западной Европы.

В начале XIX века Англия стала производить чугуна и железа больше, чем Россия. Франция и Соединенные Штаты Америки также обогнали Россию в области металлургии. XIX век для русской металлургии был временем отставания от зарубежной металлургической техники.

Талантливые русские ученые-металлурги — П. П. Аносов, П. М. Обухов, Д. К. Чернов, А. А. Ржешотарский и многие другие — внесли много нового в способы выплавки металла и в металлургическую науку. Но общий уровень металлургического производства в России в XIX столетии уступал западноевропейским странам.

Объяснение этому дал Владимир Ильич Ленин в своей работе «Развитие капитализма в России». Он указал, что крепостное право помогло высокому развитию металлургической промышленности на Урале в эпоху зачаточного развития европейского капитализма. Но в эпоху расцвета капитализма то же крепостное право привело к упадку уральской промышленности.

...Горнопромышленники были и помещиками и заводчиками, основывали свое господство не на капитале и конкуренции, а на монополии и на своем владельческом праве, — указывал В. И. Ленин, анализируя причины упадка Урала в XIX веке.

Развитие западноевропейской промышленности потребовало большого количества металла. Неудивительно, что за сто с лишним лет благодаря осуществлению ряда новых способов, ускорявших выплавку чугуна, производительность печей в зарубежных странах возросла в сто раз.

Молодой Республике Советов досталось тяжелое наследство: интервенция и гражданская война вконец разрушили народное хозяйство.

В 1920 году наша страна выплавляла чугуна 2,7 процента от уровня 1913 года, а стали — 4,6 процента. Таким образом, черную металлургию, по существу, надо было создавать заново. К этому времени потухли почти все домны.

Восстановление черной металлургии до довоенного уровня, начавшееся еще при жизни В. И. Ленина, завершилось по производству чугуна к 1929 году, по стали — к 1928 году.

В 1928 году работало 69 домен (вместо 128 более мелких, действовавших в царской России в 1913 году).

Коммунистическая партия указала дальнейший путь развития нашей страны: для сохранения ее независимости и построения социализма необходимо было создать мощную тяжелую индустрию.

Но когда Советское правительство предложило металлургам заняться разработкой вопросов развития черной металлургии, обнаружились резкие расхождения между двумя группами специалистов и в том, где строить новые заводы, и в том, какими они должны быть.

Бешеное сопротивление некоторых инженеров вызвала идея постройки мощных заводов на Урале и в Кузнецке — идея создания второй угольно-металлургической базы на Востоке. Ведя против нее последовательную и непримиримую борьбу, эти инженеры утверждали, что металл Магнитки и Кузнецка якобы окажется беспримерно дорогим, что кооперация двух заводов-гигантов будет экономически невыгодной.

Эти предсказания не оправдались. Спустя почти четверть века директор Магнитогорского металлургического комбината Григорий Иванович Носов заявил:

— Магнитогорский металл теперь самый дешевый в нашей стране. А если бы стоимость тонны металла удалось выразить в трудовых затратах, то вероятнее всего, что магнитогорский металл оказался бы и самым дешевым во всем мире. Вот как просчитались господа экономисты.

Мысль об использовании кузнецких углей в Сибири возникла еще до революции. За ее осуществление взялся знаменитый русский доменщик-самоучка Михаил Константинович Курако, с именем которого связаны легенды. Курако в совершенстве овладел «секретами» доменной плавки и конструирования печей. Но решение сложнейшей задачи, требовавшее обновления экономики целого края, при царском строе, естественно, оказалось невозможным.

Едва окончилась гражданская война, Курако обратился к Советскому правительству со своей идеей постройки завода на базе кузнецких углей. Предложение Курако получило поддержку. Но не так-то просто было в первые годы советской власти, в период разрухи всего хозяйства, начать строительство большого завода. В 1920 году Курако умер от сыпного тифа, и проектные работы приостановились.

В следующем, 1921 году существовало уже несколько проектов использования рудных и каменноугольных богатств Урала и Кузнецка.

Период отстаивания идеи Урало-Кузнецкого комбината был периодом борьбы с «правыми» и другими контрреволюционными элементами, стремившимися сорвать осуществление генеральной линии партии на индустриализацию страны, на первоочередное развертывание тяжелой промышленности.

Стране нужны были новые производственные мощности. Но каким путем итти? Постепенно и незначительно улучшать технику на металлургических заводах, как это предлагали некото-

рые инженеры, или, опираясь на самые последние достижения науки и техники, создавать самые мощные, самые передовые в мире заводы?

В конце двадцатых годов многие наши инженеры не знали техники передовых стран. Не так-то просто было ответить на вопрос о том, каким путем должна пойти молодая советская металлургия.

В 1926 — 1928 годах были составлены проекты Магнитогорского, Кузнецкого и Криворожского заводов. Предприятия, построенные по этим проектам, нельзя было бы назвать самыми мощными и передовыми. Они во многом уступали бы технике ведущих капиталистических стран. Немногие опытные и преданные советской власти металлурги считали, что нам нужно смело строить мощные предприятия.

Спор, возникший среди металлургов, разрешила Коммунистическая партия. Партия указала, что постройка заводов по проектам 1926 — 1928 годов привела бы к задержке развития советской металлургии на многие годы. И, несмотря на то, что началась первая пятилетка и надо было быстро строить новые заводы, проекты эти были забракованы. Было решено строить заводы-гиганты.

Один из самых активных участников строительства Урало-Кузнецкого комбината, ныне академик, Герой Социалистического Труда Иван Павлович Бардин рассказывает, что в те годы всякий технический проект сравнивался с последними, лучшими достижениями зарубежной техники для того, чтобы построенные нами заводы оказались более передовыми, более совершенными.

После выполнения директивных указаний нашей партии проектная мощность Магнитогорского завода по выплавке чугуна стала превышать цифры первоначального проекта в... шесть с половиной раз.

Но дело было не только в масштабах производства. Осуществление старых проектов привело бы к торможению роста производительности труда. То, что сейчас на наших заводах делает один человек, при отсталой технике стали бы делать трое. А производительность труда, как указывает В. И. Ленин, в конечном счете, — самое важное, самое главное для победы нового общественного строя.

Серьезнейшая опасность отвергнутого партией пути развития черной металлургии заключалась именно в противопоставлении темпов роста промышленности ее техническому уровню, то-есть производительности труда.

Нельзя, недопустимо, увеличивая темпы развития промышленности, не обращать внимания на рост производительности труда.

Техническая суть разногласий между двумя группами металлургов выразилась в споре о том, какой величины и какой производительности печи надо у нас строить.

По мнению части инженеров, следовало сооружать средние печи объемом 500—600 кубометров, подобные большинству западноевропейских домен того времени. При этом ссылались на якобы непригодность нашего сырья для мощных печей, на неопытность русских инженеров и рабочих, которые не будут в состоянии освоить современную сложную технику мощных домен.

Опирались еще и на так называемую «теорию тотермана», утверждающую, что в мощных доменных печах с горном диаметром больше 5 метров газы не в состоянии достигнуть центра горна и в результате температура в осевой части оказывается недостаточной для расплавления шлака и чугуна. Холодную зону и назвали «тотерманом», что означает «мертвый человек». На практике эта теория призывала к строительству средних печей.

Против таких доводов возражали передовые специалисты. Они требовали постройки мощных печей объемом в 900—1 000 кубометров и использования в них всех достижений автоматики и приборостроения. Эту группу возглавлял И. П. Бардин. Советское правительство одобрило точку зрения этой части специалистов.

Позднее М. А. Павлов доказал ошибочность «теории тотермана», проведя ряд исследований вместе с бригадой своих учеников. Опровергнута была эта «теория» и самой жизнью. К началу шестой пятилетки (к 1956 году) 72 процента доменных печей СССР имели полезный объем в 900 кубических метров и больше. Самые крупные наши печи достигали 1 386 кубометров. А Директивами XX съезда КПСС по шестому пятилетнему плану развития народного хозяйства СССР предусмотрено строительство и ввод в действие большого количества доменных печей объемом в 1 513 и 2 000 кубометров.

Уверенная новаторская позиция Бардина в те годы объяснялась и многолетней плодотворной практикой и прекрасным знанием мировой металлургии. Было и еще одно важное обстоятельство. До революции он встретил на одном из донбасских заводов Куракó. Дружба с этим замечательным человеком и блестящим доменным техником во многом определила дальнейший путь Бардина и сделала его сторонником механизированных мощных домен.

Бардин был направлен в Кузнецк и возглавил строительство гигантского металлургического комбината.

Буржуазная печать за рубежом без конца писала об оче-

редных выдумках большевиков, о несбыточности планов создания мощной советской металлургии, о порочности проектов, неправильности данных геологоразведок.

Один из буржуазных журналистов того времени писал:

«Думали, что в Магнитогорске имеется 300 миллионов тонн богатой, как Крез, руды, содержащей около 60 процентов железа. Когда американские специалисты произвели бурение и проверили результаты, то оказалось, что гора Магнитная лишь покрыта железным слоем, а тех миллионов тонн руды, которые, по предположениям, должны были обнаружиться в глубине, не оказалось... Теперь все эти розовые надежды лопнули. Машины, предназначенные для Магнитогорска, переотправляются в Кузнецк. Я сам видел груженные оборудованием вагоны, на которых поверх первоначальной станции назначения «Магнитогорск» сделаны мелом надписи «Кузнецк...»

Но, несмотря на противодействие врагов советской власти, вопреки сопротивлению некоторых недальновидных техников старой школы, партия твердо вела советский народ правильным путем. Миллионы людей поднялись на осуществление программы индустриализации нашей страны.

Пафос строительства

С началом первой пятилетки почти одновременно начали строиться и металлургические заводы, и громадная электростанция на Днепре, и Сталинградский тракторный, и угольные шахты Кузбасса и Караганды. Всего строилось и вводилось в эксплуатацию более 1 500 фабрик и заводов. Страна превратилась в огромную строительную площадку.

С целью форсированного развития черной металлургии в первый же год пятилетки начали строиться восемь новых заводов: Магнитогорский комбинат, Кузнецкий металлургический комбинат, Ново-Тагильский металлургический завод, «Азовсталь», «Запорожсталь», Криворожский завод, Ново-Липецкий и Ново-Тульский заводы. Ряд других заводов реконструировался.

Особенно широкий размах приобрело строительство Кузнецкого и Магнитогорского комбинатов. Строители этих металлургических гигантов добились невиданных темпов работ.

На помощь далекому строительству пришла вся страна. Тысячи рабочих ехали туда. Прибывали поезда с новейшей техникой: землеройными машинами, подъемными кранами, оборудованием для мощных домен.

Много трудностей пришлось преодолеть строителям. Как-то в начале стройки на строительную площадку обрушился весен-

ний паводок. Рабочие, сплоченные и возглавленные коммунистами, стали на борьбу со стихией и одолели ее.

В другой раз на сооружаемых скиповых ямах доменных печей произошел обвал земли. На помощь землекопам, находящимся в яме, кинулись их товарищи. Грунт продолжал обваливаться, но люди, помогая друг другу, спасли всех, кто мог бы пострадать.

Так, в борьбе с опасностями, с трудностями креп и мужал коллектив строителей.

В мае 1930 года заложили фундаменты доменных печей в Кузнецке, начали рыть котлованы под здания мартеновских цехов. Работы шли днем и ночью, и железобетонные конструкции вырастали быстро.

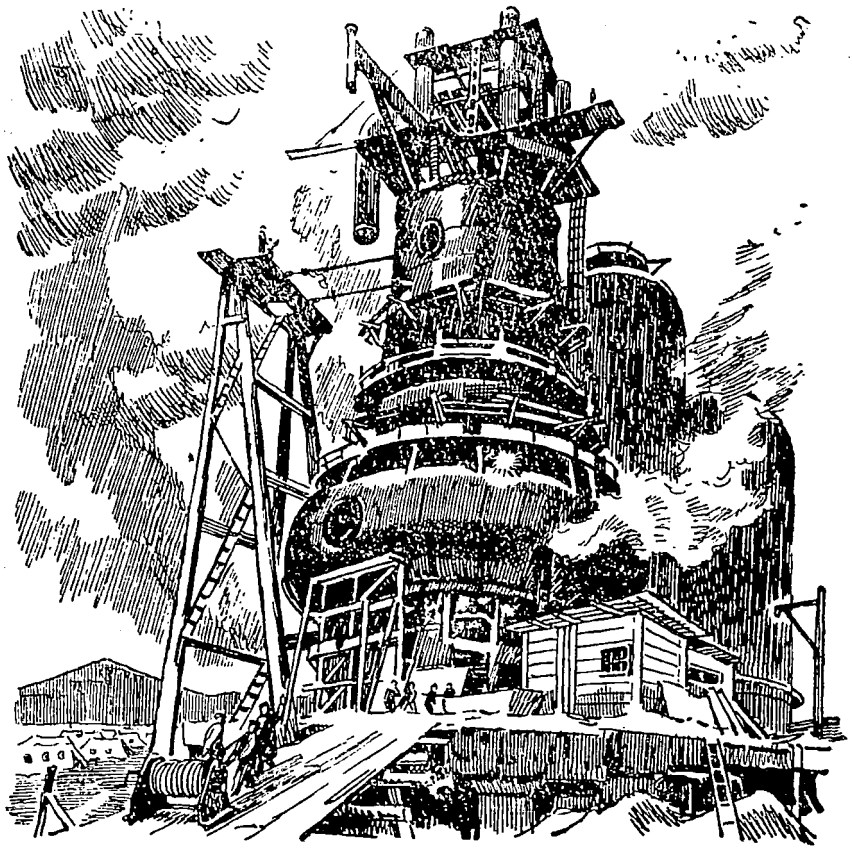
Когда дело дошло до кладки огнеупорного кирпича, трудовой героизм людей принес чудесные, небывалые результаты. Вначале каждый огнеупорщик выкладывал тонну кирпича в смену, но через некоторое время прежняя норма была повышена до 6 тонн, а отдельные энтузиасты-комсомольцы укладывали до 11 тонн кирпича.

На укладке бетона в фундамент коксовых батарей Магнитогорского завода бригада Х. Галиуллина (позднее инструктора передовых методов труда треста «Магнитострой») поставила мировой рекорд, дав 1 196 замесов бетона в смену. Рабочие этой бригады, приехав на Магнитку, трудились вначале землекопами. Многих из них и сейчас можно встретить в Магнитогорске. А один из членов этой бригады, бывший землекоп Мухамед Зинуров, прославился на всю страну как сталевар-новатор.

5 июля 1931 года была сдана в эксплуатацию самая длинная в то время в мире — около 1 000 метров — железобетонная многоарочная Магнитогорская плотина заводского водохранилища. Плотине было присвоено имя IX съезда ВЛКСМ, так как комсомольцы и молодежь проявили подлинный трудовой героизм на строительстве этого сложного заводского сооружения.

Строительство начали одновременно с обоих берегов. Работы не прекращались ни ночью, ни в морозы, ни в бураны. Строители знали, что опоздание с окончанием работ грозит катастрофой: паводок мог погубить неоконченное сооружение. Плотина была построена за 155 дней, что являлось рекордом.

Энтузиазм строителей, их трудовая инициатива были просто небывалые. Так, когда строилась доменная печь Магнитогорского завода, рабочий П. Кержакин, специалист по клепке мостов, предложил для сокращения сроков строительства смонтировать наклонный мост скипового подъемника в стороне от домны, а затем установить его с помощью лебедок.



Строительство Магнитки.

Предложение это было очень смелое — ведь мост весил 125 тонн.

— Поставим в два приема, — сказал Кержакин. — Сначала нижнюю часть, потом на катках выдвинем вторую.

Кержакин как сказал, так и сделал: мост был собран под его руководством в стороне от домны. Затем две части фермы моста погрузили на железнодорожные платформы и подвезли к домне.

И тут рабочий понял, что с громоздкими конструкциями не развернуться на тесной площадке: с одной стороны мешала опалубка бетонируемой эстакады, по которой должны были подаваться к домнам руда и известь, а с другой — хибара из досок — временная столовая.

— Боже тебя упаси, Прокоша, тронуть мою опалубку! — воскликнул молодой инженер, прораб эстакады, поняв, о чем задумался Кержакин.

Тысячи строителей в этот момент следили за Кержакиным, стоящим на платформе. Они собрались, чтобы посмотреть на необычайную установку наклонного моста.

Руководитель работ, узнав, в чем дело, крикнул:

— Убрать все, что мешает!..

— Столовую придется фугануть, — смущенно объявил рабочий.

Наклонный мост был благополучно установлен за 4 дня вместо 15, отведенных проектом.

— Мистер Кержакин — великий человек, — сказал один из американских инженеров, недоверчиво отнесшихся к проекту русского рабочего. — Но все-таки мы остаемся при своем мнении: так рисковать не следует.

Один из советских инженеров ответил ему:

— Нам надо в десять лет создать современную тяжелую индустрию. И мы это сделаем.

Интересно, что и на Кузнецкстрое произошел аналогичный случай: старик рабочий Воронин предложил установить наклонный мост скипового подъемника в собранном виде. Бардин, тогда главный инженер Кузнецкстроя, решительно поддержал проект Воронина, несмотря на возражения некоторых «специалистов». Установка моста новым способом была блестяще выполнена за 15 часов.

Строительство второй домны Магнитки решено было передать комсомольцам. Молодые рабочие склепывали кожух печи, не уходя с лесов даже в страшные морозы, даже в бураны.

Комсомольцы послали свою бригаду разыскивать застрявшее где-то на железных дорогах оборудование для домны. Бригада и в самом деле разыскала на одной из станций все необходимое и добилась быстрой доставки грузов на строительную площадку.

Но здесь случилось непредвиденное.

По планам строительства сначала следовало сдать в эксплуатацию не вторую, комсомольскую, а первую печь. И работа задерживалась потому, что на первой печи не хватало как раз того оборудования, какое разыскали и продвинули к строительству комсомольцы, заботясь о своей домне.

Попытались уговорить комсомольцев «отдать» необходимое оборудование на первую печь. Молодежь запротестовала: «Мы поехали, нашли, привезли, а теперь отдавай?»

— Но ведь в интересах всего строительства, всей страны надо срочно пустить именно первую печь, — убеждали молодых строителей.

— Но мы же давали слово комсомольскую печь пустить раньше срока, — горячо возражали рабочие. — Мы хотим выполнить свое обещание. О нашем обязательстве знают товарищ Орджоникидзе, товарищ Молотов, товарищ Ворошилов. Мы не можем не выполнить обещания. Такого позора мы не допустим.

Партийная организация Магнитостроя нашла разумный выход, который не только разрешил «неразрешимое» противоречие, но и помог комсомольцам осознать ту важную истину, что их трудовой героизм должен быть направлен на выполнение общих, а не только частных задач строительства. Комсомольцам было предложено не просто «отдать» на первую печь «свое» оборудование, а послать вместе с оборудованием в помощь строителям первой домны комсомольскую бригаду. Это неожиданное предложение сразу решило исход дела: комсомольцы приняли его с воодушевлением.

Первая печь вскоре была пущена, но и строители второй с честью выполнили задание партии, показав пример высокого трудового героизма.

Много позднее, уже в годы Великой Отечественной войны, когда строилась очередная печь Магнитки, комсомольцы-строители, вспомнив традиции тридцатых годов, объявили эту печь комсомольской и в невиданно короткие сроки сдали ее в эксплуатацию.

Освоение мощных печей

После окончания строительства кузнецких и магнитогорских домен начался следующий, не менее сложный период — период их освоения.

Ввод в строй крупнейших современных металлургических заводов, насыщенных автоматическими и полуавтоматическими агрегатами, сложнейшими машинами и механизмами, потребовал кадров, способных управлять этой новой для нашей страны техникой.

Сама задувка печи в трескучие уральские морозы была делом опасным: она требовала бесперебойной работы водопроводной сети, по которой подавалась вода для охлаждения печи, непрерывного подвоза сырых материалов, соблюдения правильной технологии. Зимой всего этого не так-то просто добиться. Однако дожидаться весны было нельзя: вся страна с нетерпением ждала пуска Магнитки, выплавки первого магнитогорского чугуна.

Едва только в конце января 1932 года была пущена первая магнитогорская домна, как обнаружилось, что доменщикам в процессе эксплуатации печи придется многому учиться.

Печь часто выходила из-под власти обслуживающего персонала, производительность ее была ниже проектной. Случались и аварии. Все это было результатом неумелой и нечеткой работы доменщиков: и рабочих и инженеров. Менее чем через два года первую домну пришлось выдуть для капитального ремонта: вследствие неумелой эксплуатации огнеупорная кладка шахты была сильно повреждена.

Заметно улучшилась работа доменного цеха Магнитки с приходом к печам потомственного доменщика П. И. Коробова. Его отец — известный доменщик Иван Григорьевич Коробов — больше полувека проработал в доменном цехе Макеевского металлургического завода в Донбассе.

П. И. Коробов прежде всего взялся за наведение элементарного порядка около печей.

Оказалось, что главные неполадки таились в том, что печь загружали плохо отсортированным коксом и перед завалкой не смешивали пылеватую руду с кусковатой, что способствует более правильному режиму плавки.

«Когда печей много, важно выдавать плавку из каждой печи в свое, строго определенное время, — говорил П. И. Коробов, вспоминая то время. — Скажем, в одиннадцать часов я знаю, что первая печь должна выдать металл, а в двенадцать с половиной — третья. При правильной работе по выпуску чугуна можно проверять часы... Товарищи, работавшие до моего прихода, считали, что чугун можно выдавать, когда вздумается. И вот первое, с чего я начал, была борьба за график. В достижении этой цели я вел себя жестоко, можно сказать беспощадно, и заставил доменщиков работать дисциплинированно.

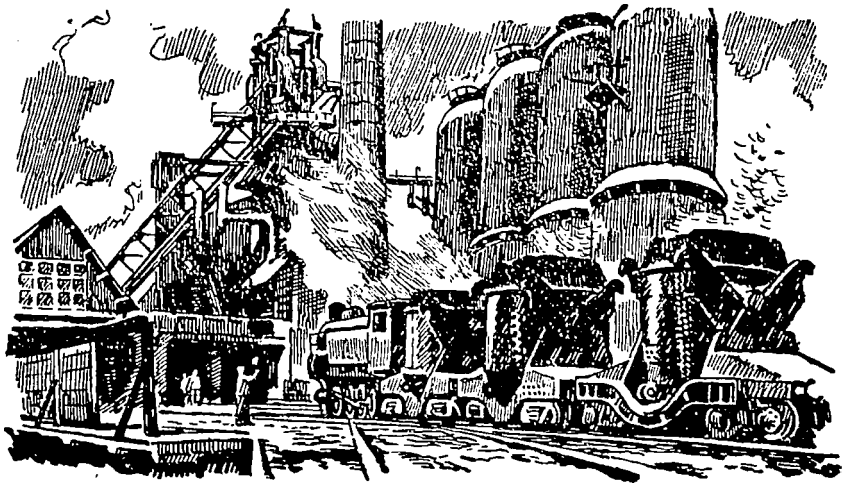
Мне пришлось завести рапорты, то-есть совещания, работников, кончивших смену. Раньше каждый уходил домой, не зная, как отработал его товарищ. Теперь же во время совещаний работников смен все узнают происшествия на любых печах. Это важно.

Прошло некоторое время, и те, кто считал работу по графику невозможной, начали выдавать металл в строго определенные часы».

Постепенно работа магнитогорских домен стала все более улучшаться. Немало выдающихся доменщиков выросло здесь.

Первую доменную печь Кузнецкого завода задули 1 апреля 1932 года.

Освоение печей на Кузнецком заводе проходило более гладко. С самого начала строительства и во время освоения печей в Кузнецке находился И. П. Бардин, сумевший вместе со своими ближайшими помощниками быстро организовать и обучить коллектив доменщиков и ввести передовую технологию. В этом коллективе в то время был и Александр Филиппович Борисов.



Кузнецкий металлургический комбинат.

Решающие годы

Партия помогала металлургам и после создания Урало-Кузнецкого комбината.

Дважды — 26 декабря 1934 года и 29 октября 1937 года — руководители партии и правительства принимали металлургов в Кремле. Каждый раз на этих приемах металлурги получали указания о дальнейшем развитии советской металлургии.

Меры, принятые партией и правительством, вывели советскую черную металлургию на широкую дорогу.

В 1940 году количество выплавленного чугуна составило 14 миллионов 900 тысяч тонн, на 345 процентов больше, чем в 1929 году. За эти годы по производству чугуна Советский Союз обогнал Францию и Англию и уступал лишь Германии и Соединенным Штатам Америки.

Великая Отечественная война оказалась серьезнейшей проверкой политики партии в развитии черной металлургии и размещении металлургических заводов по территории нашей Родины.

Эта проверка показала правильность того пути, по которому было направлено развитие черной металлургии. Советские люди с честью сумели выполнить указания партии о том, чтобы в 10 лет сделать то, что капиталистические страны сделали в 50—100 лет. К 1941 году Советский Союз уже имел свою мощную, механизированную по последнему слову техники металлургическую промышленность. Поистине решаю-

щими годами для социалистического государства были эти десять лет.

Григорий Иванович Носов, который во время войны был директором Магнитогорского металлургического комбината, приводил интересные данные: каждый второй снаряд, выпущенный по врагу, был изготовлен из магнитогорской стали; всего в ходе войны Магнитогорский комбинат освоил свыше ста новых марок стали: броневых, бронебойных, автоматной, авиационных и многих других. Урало-Кузнецкий комбинат в годы войны стал надежной опорой советского народа в его битве за счастье и независимость Родины.

После Великой Отечественной войны советские доменщики сумели добиться самой высокой в мире производительности печей.

Для сравнения количественных показателей работы доменных печей металлурги пользуются так называемым коэффициентом использования полезного объема печи. Этот коэффициент показывает, какой объем печи приходится на одну тонну выплавленного металла. На заре развития советской металлургии, в 1933 году, одну тонну чугуна выплавляли с 1,69 кубического метра объема доменной печи. Через 22 года, в 1955 году, на Магнитогорском комбинате тонну чугуна получали с 0,65 кубического метра объема печи.

Это значит, что советские доменные печи в наше время работают во много раз интенсивнее, чем во второй пятилетке, выдавая в два с лишним раза больше чугуна.

Магнитогорцы намного превысили аналогичные показатели лучших печей Соединенных Штатов Америки.

В настоящее время по выплавке чугуна Советский Союз перегнал все страны Европы.

Темпы роста выплавки стали в нашей стране за последние 26 лет значительно выше, чем в капиталистических странах, несмотря на то, что во время Великой Отечественной войны металлургические заводы Юга СССР были разрушены. За четверть столетия среднегодовой прирост производства стали в СССР составил 9 процентов, в США — всего 2,4 процента, в Англии — 2,8 процента, во Франции — 1 процент.

Но дело не только в темпах. За последние годы тяжелая промышленность СССР, как это отмечалось на XX съезде КПСС, начинает обгонять главные капиталистические страны и по размерам абсолютного прироста важнейших промышленных продуктов. За последние пять лет, например, выплавка чугуна в США выросла на 10,6 миллиона тонн, в Англии, Франции и Германии, вместе взятых, — на 13 миллионов тонн, а в СССР — на 14 миллионов тонн. Подобная же картина имеет место и с приростом выплавки стали.

Директивами XX съезда КПСС по шестому пятилетнему плану развития народного хозяйства СССР на 1956—1960 годы предусмотрено выплавить в 1960 году 53 миллиона тонн чугуна и 68,3 миллиона тонн стали, в полтора с лишним раза больше, чем в 1955 году.

Чтобы достигнуть этого, среднегодовой прирост производства чугуна в шестой пятилетке должен составить 3,9 миллиона тонн, а стали 4,2 миллиона тонн. Такого высокого прироста производства металла мы не имели ни в одну из прошлых пятилеток. Более чем в два раза увеличится в шестой пятилетке выпуск агломерата, достигнув в 1960 году 73 миллионов тонн.

Получение столь большого количества металла окажется возможным потому, что в нашей стране будут построены новые мощные металлургические заводы в Сибири, введены в строй новые доменные и сталеплавильные печи на Урале, на Юге и на северо-западе Европейской части СССР. Кроме того, повысится производительность существующих доменных и сталеплавильных печей. В доменных печах увеличивается давление под колошником и нагрев дутья, будет применено дутье, обогащенное кислородом.

На Магнитогорском заводе после войны

Борисов был переведен с Кузнецкого завода на Магнитогорский в 1946 году. К этому времени он был уже сложившимся инженером, широко образованным человеком. Он ехал на Магнитку не просто занять должность начальника доменного цеха, но полный смелых планов и надежд: хотелось так организовать четкую, слаженную коллективную работу доменщиков, чтобы максимально увеличить производительность магнитогорских печей, поднять на новую ступень и производство и науку.

Однако не так-то просто было осуществить эти планы на практике. Немало предстояло затратить сил и энергии, чтобы повести за собой доменщиков, привыкших оценивать нового человека не по словам и планам, а по тому, насколько успешно удастся ему «обуздать» печи, подчинить их работу воле коллектива доменщиков, понять их особенности и, в конечном счете, увеличить выплавку чугуна. Проверка чугуном — жесткая проверка!

Свою деятельность на заводе новый начальник цеха начал несколько необычно. Рассказывают, что он объявил директору:

— Порядок на печах наведу, если мне не будут мешать...

Естественно, я не мог слышать этого интересного разговора,

но в 1949 году мне пришлось видеть не только Борисова, но и бывшего в то время директором Магнитогорского металлургического комбината Григория Ивановича Носова. Можно себе представить, как встретились эти два человека.

Директор, в прошлом сталевар, человек с крупной фигурой, большим лбом и добродушными складками около губ, обладал исключительной волей. Однажды произошла крупная авария. Вскоре после нее на совещании Носов спросил начальника того цеха, где случилось несчастье:

— Что нового сейчас делаете? Какие усовершенствования производства вводите?

— Никак еще не можем прийти в себя, Григорий Иванович...

— Что же вы за руководитель? — жестко спросил директор. — Никакие аварии не остановят нашего движения вперед. Слышите, никакие!

Он заставил людей перейти от мыслей об аварии к кипучей творческой деятельности по увеличению выпуска продукции.

Он говорил инженерам:

— Если у вас что-то не получается — экспериментируйте. Сделайте один опыт, второй, десятый, сотый...

— А если и сотый опыт ничего не даст? — спрашивали его.

— Сделайте двести, триста, тысячу, — суживая глаза, говорил директор.

— А если и тысяча опытов не поможет?

Директор очень спокойно говорил:

— Сделайте тысячу первый.

И вдруг, загораясь, резко восклицал:

— Я возьмусь за вас не потому, что у вас ничего не выходит. Я не дам вам покоя, если вы не сделаете тысяча первого опыта...

Война научила этого человека итти на смелый производственный риск, вводить новые технологические методы даже там, где наука не сказала еще своего слова. Так во время войны при участии Носова впервые в истории мировой металлургии в мартеновских печах, предназначенных плавить обычные, «мирные», марки стали, магнитогорцы научились плавить специальную, нужную фронту сталь.

Носов умел дорожить доверием рабочих, мастеров, инженеров, совмещая это качество советского хозяйственника с требовательностью, смелостью и настойчивостью в решении производственных проблем, в отношениях с подчиненными. Трезвая деловитость, умение почувствовать и поддержать силу в людях — это был его стиль руководства.

Выслушав прямое заявление Борисова во время их первой встречи на Магнитке, он не мог не остаться спокойным. Гово-

рят, что он даже согласился с тем, о чем просил его новый начальник цеха. Это было в его характере.

С приходом Борисова доменщики ждали больших и немедленных перемен. Но в первый день своего появления около печей новый начальник цеха внимательно осмотрел приборы и ушел, не сказав ни слова порицания и не дав никаких указаний.

Доменщики обратили внимание на то, что Борисов дольше всего простаивал как раз перед теми приборами, на которые они меньше всего смотрели. Это были приборы, показывающие температуру отходящих колошниковых газов и температуру стенок шахты.

Так повторялось и в последующие дни. Поведение нового начальника было необычно и потому привлекало внимание.

Вскоре начались эксперименты: Борисов стремился установить наилучший режим хода печей. Для этого ему временно пришлось перевести печи на более спокойный режим работы.

Хотя домна оснащена множеством приборов и ряд операций выполняется автоматически, все-таки требуется определенное время, чтобы изучить печь и быть в состоянии уверенно управлять ею.

Борисовские эксперименты вначале отразились на выплавке чугуна: иной раз печи выдавали заниженное количество металла.

Не все на заводе одобряли поведение нового начальника цеха. Носов под давлением создавшейся обостренной обстановки стал настойчиво требовать от Борисова объяснений на рапортах:

— Почему чугуна сегодня меньше?

— Печи идут неровно, — пожимал плечами Борисов.

— А почему печи идут неровно?

— Если бы знал, сказал бы...

— Я тебя все-таки заставлю, товарищ Борисов, объяснять, почему печи идут неровно.

Как-то директор вновь упрекнул Борисова. Тот сидел рядом и молчал.

— Что же ты молчишь? — с досадой воскликнул Носов. — Скажи хоть что-нибудь.

— Но я же слушаю, — покорно произнес начальник доменного цеха.

Острого конфликта с директором не произошло. Оказалось, что действия Борисова и доменщиков не осложняли работы конвейера металлургического производства, а наоборот, придавали ему необходимую ритмичность. Спокойный ход печей привел к тому, что доменный газ — топливо для многих агрегатов — стал подаваться к сталеплавильным и нагревательным

печам мартеновских и прокатных цехов более ровно, и это сразу сказалось на улучшении их работы.

Снижение интенсивности работы печей была мера временная, необходимая для того, чтобы определить особенности каждой домны, установить нужный режим плавки и создать возможности для небывалого, технически подготовленного и оправданного форсирования хода печей.

Установив нужный режим плавки и порядок загрузки сырых материалов, что, с точки зрения Борисова, играло решающую роль и на что прежде мало обращали внимания, он начал заставлять мастеров вести плавку самостоятельно.

Изменился характер требований к людям, работающим около доменной печи.

Прежний начальник цеха требовал от доменщиков объяснений, почему во-время не подали ковшей под чугун, и так далее. Между рабочими и мастерами разных смен одной и той же печи обычно шла грызня из-за пустяков.

Борисов принялся высмеивать эти ссоры, требовал большей коллективности в работе, а на «рапортах» стремился не столько выяснить виновников неполадок, сколько приучить мастеров к серьезному и последовательному анализу хода печи с учетом теоретических соображений. Углубленное изучение хода доменной плавки не в кабинете, не на школьной скамье, а у самой печи, неотступно наблюдая за ходом печи, — вот та новая и важнейшая черта, которую приобрели при Борисове оперативные совещания и которой отличалась вся его работа с людьми.

Своим поведением, отношением к людям он требовал не просто борьбы с производственными неполадками, а изучения существа процесса выплавки чугуна, овладения сложной наукой регулирования хода доменной печи. И этого он требовал не только от инженеров, а от вчерашних рабочих, ставших мастерами печей, ибо он считал, что главным лицом в доменном цехе — технологом производства — должен быть именно мастер печи. Мастер изо дня в день, из ночи в ночь, как мать за ребенком, следит за домной. Именно мастер может понять ее особенности, сокровенные черты ее «характера», тончайшие оттенки в ее «поведении».

Но мастер может это сделать только в том случае, если станет культурным, образованным, знающим не только практику, но и теорию, если научится думать около печи. Мастер должен быть советским человеком! Борисов подчеркивал: именно советским человеком! В это понятие он вкладывал большой смысл: мастер должен быть прежде всего коллективистом. «Три сменных мастера доменной печи обслуживают один сложнейший агрегат, — говорил он. — Разве могут они при этом условии работать разобщенно, преследовать каждый какие-то свои

Мастер наблюдает за выпуском чугуна.

цели, вести каждый какую-то свою производственную линию? Конечно, нет, ибо если они будут жить «единоличниками», они только добьются расстройства печи. Начнутся аварии, и никакое постороннее вмешательство, пусть самого гениального инженера, дела не исправит, ибо домна требует длительного и систематического ухода, точного расчета, единообразных условий работы».

Беда была не только в том, что мастера не умели самостоятельно вести плавку, не были приучены к тому, чтобы отвечать за ход печи, но также еще и в том, что они работали разобщенно. Это была основная болезнь, и Борисов с невероятным упорством повел с ней борьбу.

Коммунисты цеха очень скоро поняли, что к ним пришел несколько своеобразный, но «правильный» человек. Ему надо было помогать, да и сам Борисов — коммунист — старался опираться на партийную организацию в своих реформах. Он стре-

мился не только усовершенствовать технологию плавки, но и поднять людей, создать четкие, правильные отношения между ними. Точнее было бы сказать так: из всех его действий можно было сделать вывод, что без изменения отношений между людьми, без воспитания чувства коллективизма дальнейшие технические успехи просто невозможны.

Партийная организация цеха поддержала Борисова. Коммунисты предложили изменить систему организации социалистического соревнования. До сих пор соревновались между собой коллективы отдельных смен одной и той же печи. Это приводило к тому, что руководители смен — мастера — попадали в ложное положение: стараясь получить больше чугуна в свою смену, они иной раз волей-неволей поступали так, что от этого, казалось бы, хорошего стремления страдали работники следующей смены. Мастера заботились о ровном ходе печи в свою смену и не особенно горевали, если у сменщиков из-за их ошибок дела хромали. В результате общее положение ухудшалось.

Организация социалистического соревнования по-новому привела к тому, что мастера всех трех смен каждой печи стали сообща решать все технические и организационные вопросы. Они советовались друг с другом о различных изменениях технологии. Каждый стремился теперь добиться единообразия условий выплавки чугуна. А это и есть самое важное в обслуживании доменной печи. Доменщики должны дополнять технику непрерывной работой коллективной мысли.

Вот что узнал я в 1949 году на Магнитке.

Но это еще было не все. Я видел, что доменщики Магнитки обладают каким-то важным качеством, назвать которое оказалось трудно. Это был словно какой-то очень важный элемент доменной плавки. Я чувствовал, что там, где его нет, печь без малейшего уважения к чудесам техники, ее окружающим, сможет выходить из-под власти доменщиков.

Важнейший элемент плавки

В работе около печи, в наблюдениях за доменщиками время летело незаметно. Подошла пора уезжать.

Накануне отъезда, увидев Борисова на литейном дворе, я решительно направился к нему и, в душе все же не совсем уверенный в благоприятном исходе дела, попросил разрешения еще раз встретиться с ним.

— Завтра уезжаю, — объяснил я свою просьбу. — Во многих ваших делах я разобрался, но кое-что все-таки непонятно. Кроме вас, объяснить некому.

— Пожалуйста, приходите, — ответил он.

— Когда же?

— Приемные часы у меня от часу до трех дня... — Борисов помедлил и прибавил: — Только приготовьте вопросы.

Я отлично понимал, почему он просил заранее приготовить вопросы: наш первый разговор зашел в тупик только потому, что я проявил полнейшее невежество в доменных делах. Весь вечер я готовился к встрече.

На следующий день, сменив заводской костюм на свое пальто и шляпу, я отправился к Борисову в таком же виде, в каком когда-то знакомился с ним.

— Задавайте вопросы, — сказал Борисов, как бы продолжая вчерашний разговор.

— Когда я приехал к вам, — издалека начал я, — мне непонятно было, кто же среди доменщиков передовые производственники...

— Как же теперь вы считаете? — живо перебил меня Борисов. — Можно понять, кто передовики производства?

Я вспомнил борьбу Хабарова с печью, точность его расчета, в результате которого печь «пошла» ровно, вспомнил, что доменщики приучились к коллективному обслуживанию печи и хотя работают в трех разных сменах, но действуют заодно, и ответил:

— Да, можно понять кто... Но вот что мне не совсем ясно: между работниками вашего цеха складываются какие-то не совсем обычные отношения, сущность которых я никак не могу определить... не могу подыскать нужного слова. Это не просто отношения начальников и подчиненных в обычном смысле этого слова и не просто отношения хорошо знающих друг друга людей...

— Отношения ответственности.

— Ответственности? — Я на мгновение задумался. — Отчасти так, но в общем это все-таки что-то другое.

— Что вы понимаете под словами «отношения ответственности»? — спросил Борисов.

— Это значит, что с человека ответственного можно потребовать выполнения порученного ему дела.

Борисов подсказал:

— Наказать его.

— Если того заслуживает — и наказать.

— Прежде всего надо учить, — нахмурившись, сказал Борисов. — А этой простой истины иной раз понимать не хотят.

Борисов впервые в разговоре со мной разволновался. Он продолжал почти запальчиво, словно споря со мной:

— Ответственный человек — это значит научившийся выполнять серьезную работу, вот в чем дело. Если человек че-

стен, скажите, пожалуйста, чем можно объяснить его ошибку? Недостаточной грамотностью. Разве надо за это наказывать? Надо прежде всего научить человека. Почему у нас часто начальник ругает подчиненного?

Пожав плечами, я сказал:

— Наверное, потому, что начальник в первую очередь отвечает за дело.

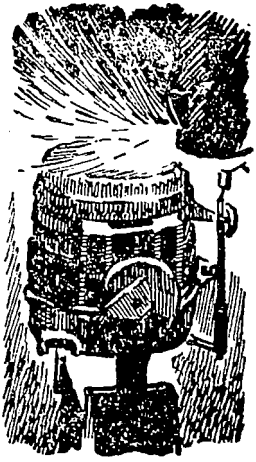
— Нет. Начальник ругает потому, что он ждал от подчиненного поступка умного и правильного, а подчиненный поступил совсем не так, как того хотелось начальнику. Но за что же здесь ругать? Учить надо, а не ругать.

— Но ведь и подчиненный может научить начальника?

— Да, может. Вот почему и надо строить отношения между людьми на основе ответственности и учиться друг у друга. Это и есть коллективизм.

Я смотрел на разволновавшегося Борисова, и профессиональное радостное чувство победы охватило меня: вот наконец-то разговорился этот с виду молчаливый и, казалось, замкнутый человек! Оживленность Борисова вызвана не разговором о технологии плавки чугуна, а совсем другим: беседой о «технологии» преображения людей.

Теперь я знал, откуда в таких, как Борисов, их большое мастерство, уверенная сила организаторов, их умение вести за собой людей. Я понял, что и Борисов и многие другие советские металлурги, возмужавшие в годы борьбы за социализм, прошли великую школу жизни под руководством нашей славной партии. Они выросли вместе с советской металлургией.



Часть 2

СТАЛЬ НА „КОНВЕЙЕРЕ"

Глава первая

РИТМ И ПЛАН

В центре противоречий

Через два с лишним года я вновь собрался ехать в Магнитогорск. Причиной тому послужило посещение Донбасса, где я побывал на нескольких металлургических заводах и познакомился с работой доменных и сталеплавильных печей. Это были большие заводы, но в то время я увидел на них техническое бескультурье, нежелание учить людей и, как следствие этого, боязнь доверять мастерам-доменщикам самостоятельное ведение плавки.

Когда на одном из таких заводов я заговорил о Борисове, меня перебили:

— Знаем мы вашего Борисова. Хи-итрый человек!..

— Да чем же хитрый?

— Он хочет, чтобы в его цехе на каждой печи работало по пяти инженеров, а себе оставить только так называемое «общее руководство».

— Как это так?

— Он же собрался из мастеров инженеров сделать. Легкой жизни для себя захотел. А вот мы и днюем и ночуем в цехе.

— Печи, что ли, идут неровно?

— А где они идут ровно? Это же, понимаете ли, доменная печь! Доменная, а не мартеновская.

— Но у вас на заводе и мартеновские печи словно лихорадит.

— А уж это идите к мартеновцам. Они вам и объяснят, почему их лихорадит.

Там, в Донбассе, я понял, что, по всей вероятности, как говорится, волею судеб попал в самый центр противоречий среди металлургов.

Магнитогорцы предпринимали прямо-таки героические усилия, чтобы получить высококачественный кокс и хорошенько его отсортировать. На донбасский завод кокс приходил со стороны, и никто особенно не заботился о его качестве. В Магнитогорске бились над тем, чтобы получить побольше агломерата, а на донбасском заводе шли споры о том, что лучше: хорошая руда или агломерат.

Правда, на донбасском заводе были прекрасные сталевары, выдававшие сталь намного раньше графиков. Но мне казалось странным, что мартеновцы говорят со мной об этих успехах с такой радостью, будто бы только этого они и стремились достигнуть. А ведь дело обстояло совсем не так хорошо. Однадве печи плавили сталь на предельной скорости, а десять других работали из рук вон плохо. «Неладное это положение», — думалось мне. Но что я тогда мог противопоставить этой «лихорадке»? В Магнитогорске я успел познакомиться лишь с доменными печами, и мне не с чем было сравнивать работу донбасских сталеваров.

Да и скептическое отношение доменщиков донбасского завода к идеям магнитогорцев сбивало с толку. Обескураженный и смущенный, вернулся я в Москву и отправился искать правды к руководящим товарищам.

Руководящий товарищ выслушал меня и решительно, но без особого волнения, словно сообщал давно примелькавшуюся истину, сказал:

— На том заводе, где вы были, испокон веков сидели консерваторы. Сидят они там и сейчас. А Борисов прав: он хочет, чтобы печью управлял технолог, а не полуграмотный рабочий. Это единственно правильный путь повышения производительности доменной печи. Но все дело в том, что мы не можем дать прогрессивным доменщикам, таким, как Борисов, нужного количества инженеров. Их просто не хватает. Магнитогорцы это понимают и подтягивают своих мастеров до уровня техников и инженеров. Правильная, прогрессивная мысль, только не везде ее еще можно осуществить. Консерваторы мешают...

Вот после этого-то разговора мне и захотелось сопоставить донбасские впечатления с тем, что происходит на крупнейшем заводе страны в Магнитогорске, где я когда-то впервые увидел расплавленный металл.

Накануне отъезда в Магнитогорск я узнал, что директором огромного металлургического комбината недавно назначен Борисов. Меня охватило волнение. Все, что было два года назад, вспомнилось особенно ярко. Какие новшества отстаивает сейчас этот своеобразный человек, теперь уже не только с помощью доменщиков, но и со всем заводским коллективом? Не давало покоя и простое человеческое любопытство: трудно

было представить себе Борисова не таким, каким я видел его в доменном цехе. А остаться прежним в новом положении он, конечно, не мог.

«Времени у него теперь еще меньше, чем было два года назад, — думал я. — Но со мной он, наверное, поговорит». Впрочем, разве можно было предвидеть, какой будет наша встреча? Я хорошо помнил, сколько труда стоил мне первый разговор с Борисовым.

В Магнитогорск я приехал осенью. Как и в первый приезд, я поднялся на гору Магнитную. Тяжелые облака повисли над огромной котловиной среди бурых сопок, в которой раскинулись завод и старая часть города, построенная еще в тридцатых годах. Свежий ветер дул в лицо, заставлял крепче упираться ногами в землю. Я внимательно вглядывался в знакомую, кое-где измазанную дымами панораму завода. В разных ее местах обнаруживались изменения. Далеко, в самом центре панорамы, в ряду темных великанов-печей прибавилась еще одна, недавно построенная и задутая домна. Неподалеку от горы, на которой я стоял, поднялась к самым осенним облакам железобетонная башня новой трубы. Ее основание скрыто среди построек обогатительных и агломерационных фабрик. Дальше краснели свежим кирпичом стены зданий. Это недавно отстроенные сооружения новой агломерационной фабрики.

Далеко за территорией завода, за сизой полоской водохранилища, в степи белели крохотные светлые кубики домов нового города. Даже отсюда было заметно, как сильно разросся город, какую большую площадь отвоевал он у степи.

Глядя на огромный завод, я постарался представить себе, что должен был чувствовать инженер, которому предложили стать его руководителем. Наверное, он испытал подъем всех душевных сил. Работать в многотысячном коллективе, ощущать себя его «винтиком» и в то же время управлять сложным производством — не всякому по плечу такая задача!

Мне неизвестно, какие чувства испытывал Борисов в то время, когда ему предложили принять дела главного инженера завода. Но ответил он на это предложение так:

— Я не умею.

— А есть ли такой человек, который умеет быть главным инженером, когда он в первый раз получает назначение на эту работу? — спросили его.

— Не знаю. Но я не умею.

— Разве есть такая школа, где готовят главных инженеров? — спросили Борисова.

— Нет, такой школы не существует.

— Вот потому-то вы и будете главным инженером.

Через некоторое время коллектив завода постигло большое

горе: умер много лет работавший на заводе директором Григорий Иванович Носов.

Тогда главный инженер Борисов был назначен директором завода...

Спустившись с горы Магнитной, я не пошел сразу к Борисову. Но не потому, что испытывал робость. Просто мне снова захотелось прежде всего самому побыть около печей, поближе присмотреться к труду металлургов, по их делам узнать их замыслы. Ведь не узнав, не полюбив мечты труженика, невозможно понять его душу — я уже крепко усвоил эту истину. Только таким путем можно понять и Борисова-директора. «Вот побуду у мартеновских печей, — решил я, — узнаю, что там происходит, а потом уж начну добиваться встречи с Борисовым. Так будет вернее».

В преддверии сталеплавильного цеха

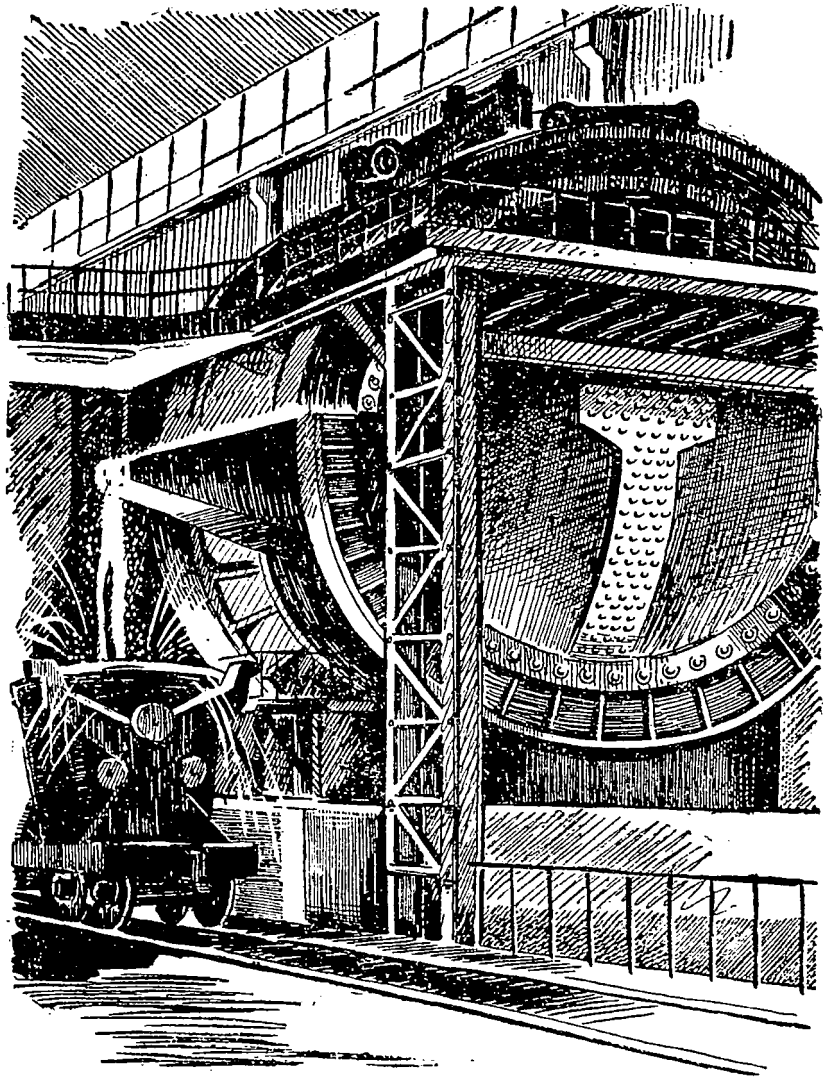
Холодным ясным днем я остановился около заводских железнодорожных путей. Мимо проходил поезд ковшей с чугуном. Волна тепла отодвинула пронизывающий ветер, снежинки таяли в воздухе. Казалось, осень внезапно сменилась теплым дыханием весны.

Состав ковшей прошел мимо, унося с собой живительное тепло. И я последовал за ним — к мартенам.

Я нагнал поезд, когда он медленно входил под крышу мартеновского цеха, вошел за ним внутрь здания и... вдруг почувствовал себя карликом. Сначала даже было непонятно, в чем дело. Цех не казался особенно большим. Размеры цеха скрадывались тем, что половину его высоты занимала всего одна лежащая на боку бочка. Хотя поезд ковшей в сравнении с ней и казался игрушкой, все-таки это была всего лишь бочка. Только когда мне пришлось подняться по лестнице на высоту четырехэтажного дома, чтобы попасть в верхнюю часть цеха, стало ясно, как велико здание и эта стальная бочка—миксер — хранилище расплавленного чугуна.

Мощный кран почти под крышу поднимает ковш, весящий вместе с металлом 100 тонн, для того чтобы слить металл в миксер. Более 1 300 тонн чугуна постоянно находится в гигантской бочке.

Устройство миксера во многом объясняется его назначением. Вес бочки вместе с различными механизмами — 1 000 тонн. К этому надо еще прибавить около 1 300 тонн — вес залитого в миксер чугуна. И все-таки, несмотря на громадную тяжесть, хранилище металла смонтировано на прочных стальных серповидных опорах не «намертво». Его можно наклонять и выли-



Хранилище чугуна — миксер.

вать чугун в ковши поезда, курсирующего на уровне второго этажа в самом здании мартеновского цеха. Бочка перекатывается с боку на бок по 24 роликам, установленным на опорах. От верхней части миксера вниз спускаются массивные зубчатые штанги. Шестерни, связанные с электромотором, вращаясь, поднимают штанги вверх. Тогда бочка миксера ка-

тится по роликам, поворачивается, и чугун выливается из горловины. В случае внезапного отключения электроэнергии миксер «сам», подобно «ваньке-встаньке», повернется в такое положение, при котором чугун перестанет выливаться.

Стальной кожух миксера склепан из листов тридцатимиллиметровой брони и выложен изнутри в несколько рядов огнеупорной кирпичной кладкой, с которой и соприкасается чугун. Внутрь бочки введены три форсунки для сжигания коксового газа, чтобы подогревать металл.

Миксер — важная часть заводского организма. Он предназначен прежде всего для усреднения состава чугуна и для очищения его от серы.

Около огромного здания мартеновского цеха шпалы и землю покрывают блестки с металлическим отсветом. Это графит (видоизменение углерода), выделяющийся из расплавленного чугуна во время перевозки металла в ковшах. Явление это, хотя и бросается в глаза, никакого значения для производственных процессов не имеет. Однако в восьмидесятитонных ковшах на пути металла от домен к мартеновским печам происходит и другое, неприметное для глаза, но тем не менее очень важное химическое превращение. В остывающем чугуне после добавления в него соды вреднейшая примесь — сера — начинает выделяться в шлак, благодаря чему качество металла улучшается.

В миксере выделение серы в шлак продолжается. На верхней площадке, около отверстия, через которое внутрь бочки заливается чугун, и желоба, по которому чугун сливается для отправки его в мартеновские печи, стоит мощный вентилятор. Струя воздуха относит в сторону жар, испускаемый чугуном. Здесь с помощью скребков, всовываемых через носок в бочку, рабочие удаляют шлак с поверхности металла. Скребки должны быть деревянными, так как на железные «налипает» чугун. Вместе со шлаком, стекающим в особые «шлаковые» ковши, уходит и часть серы.

Хранилище чугуна необходимо не только для удаления серы. Из доменных печей поступает не всегда одинаковый по составу чугун. Но если в сталеплавильные печи будет заливаться металл разного состава, сталеварам все время придется менять режим плавки. График выпуска стали тогда нельзя будет выдержать, металлургический «конвейер» начнет работать рывками, завод перестанет выполнять план.

В миксере чугуны разных плавок смешиваются, усредняются, подобно тому как различные руды перемешиваются на рудном дворе.

И еще одно назначение имеет миксер. Он похож на водохранилище, устроенное в верховьях реки. Весной плотина во-

дохранилища, регулирующего сток реки, улавливает паводковые воды, не дает им устремляться вниз и разрушать все на своем пути. В жаркое же время года, когда приток воды резко сокращается, из водохранилища выпускают сбереженную весной воду. В результате сток реки бывает равномерным в течение всего года. Так и миксер регулирует поток металла; благодаря ему сталеплавильные печи всегда обеспечены необходимым количеством чугуна.

Уже здесь, в преддверии сталеплавильного цеха, становится ясно, что производство стали рассчитано на ритмичную, ровную работу агрегатов. Всякая «лихорадка» в организации выплавки стали противоречит основным техническим, технологическим и организационным принципам, действующим на этом участке «конвейера».

Важная мысль! Как же воплощается она дальше в машины, механизмы, даже в планировку цеха? А самое главное, как она претворяется в дела людей? Нет ли и здесь противоречия между стройной системой организации производства и бессистемной организацией труда около печей, с которым мне пришлось столкнуться на одном из донбасских заводов?

Особый счет времени

Рабочая площадка мартеновского цеха Магнитки просторна и величественна. Кровля над ней так высока, что когда во время разборки отслужившей свой срок печи рабочие взрывают сварившуюся огнеупорную кладку, вихрь газов, пыли и осколков кирпича не достигает стальных ферм перекрытий. Кажется, будто попал в особый мир со своими солнцами — ослепительно сверкающими завалочными окнами печей в тот момент, когда их открывают для выполнения различных операций, со своими ветрами от мощных вентиляторов, со своими железными дорогами и даже с особым счетом времени: здесь не делят сутки на день и ночь, а считают время по графикам работы печей.

Пожалуй, самое характерное для мартеновского цеха именно этот необычайный счет времени.

Все операции около мартеновских печей — этапы плавки — строго распределены во времени. И вот почему.

В сталеплавильных печах мартеновских цехов понижается содержание в металле углерода. Одновременно чугун освобождается от примесей: кремния, марганца, серы, фосфора, и в него вводятся добавки, придающие металлу нужные свойства. Так чугун превращается в сталь. Эти сложные химические превращения в металле внутри раскаленной печи после-

довательно сменяют друг друга. Нельзя запоздать ни с установлением того или иного теплового режима, ни с подачей нужного для данной химической реакции материала. Малейшее нарушение необходимых условий приведет к порче металла или к осложнению плавки, к ее удорожанию. Хочешь не хочешь — надо привыкать к точности.

Мартеновские цехи — вторая сложная часть металлургического «конвейера». Здесь, как и у доменных цехов, есть и свои «тылы» — хранилище чугуна и цехи, где подготовляются к завалке в печи плавильные материалы: стальной лом — скрап (вышедшие из строя старые машины), руда (кислородом которой окисляются примеси чугуна), известь (для наведения шлака и создания условий, при которых возникают нужные химические реакции, в частности происходит удаление серы и фосфора). Все эти материалы и различные добавки, улучшающие качество металла или придающие ему свойства повышенной твердости, вязкости, сопротивления ржавлению, резкой перемене нагрузок и так далее, непрерывным потоком текут к печам. Сюда же подается и расплавленный чугун из миксера, и подготовленные для заливки готовой стали изложницы, и разного сорта огнеупорный кирпич для текущих и капитальных ремонтов печей, и огнеупорный материал для заправки внутренних стенок (откосов) печей. Одновременно от печей приходится забирать большое количество шлака, готовую сталь, вышедший из строя огнеупор.

К печам надо постоянно подавать и топливо (доменный и коксовый газ) и воздух.

Для того чтобы правильно организовать все эти сложные технологические потоки, необходимы мощные, четко и взаимосвязанно работающие механизмы и машины. Но одной механизации мало, нужна строжайшая очередность в обслуживании печей, чтобы одним и тем же механизмом или машиной можно было обслужить несколько печей.

Грубо говоря, организацию работы в мартеновском цехе можно представить себе так: когда одна печь выдает сталь, другая только недавно приняла порцию плавильных материалов, в третьей процесс плавки дошел до середины, в четвертой печи производится последняя операция, а пятая готовится к выдаче металла. Когда, скажем, на очередной печи завершается выплавка стали, ковш уже освобожден от металла, недавно выданного первой печью, и может быть подан туда, где он необходим. Так бывает и со всеми другими машинами: они заняты последовательно у каждой печи.

Трудно даже представить себе ту суматоху и неразбериху, которая возникла бы в мартеновском цехе, если бы рабочие его не привыкли к точности и мирились с нарушением графи-

ков. Страдал бы не только цех; эта неразбериха сейчас же вызвала бы перебои в работе блуминга, прокатных станов и пагубно отразилась на деятельности всего металлургического «конвейера».

Три ветви «конвейера»

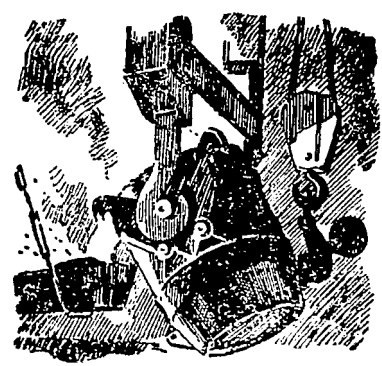
Когда наблюдаешь беспрерывное и сложное движение различных материалов в мартеновском цехе, понимаешь, что если бы все пространство цеха не было самым строжайшим образом распределено между ветвями и ручейками «конвейера», современное производство стали в широких масштабах оказалось бы просто невозможным.

Само здание мартеновского цеха распланировано с таким расчетом, чтобы множество стекающихся сюда ручейков «конвейера» можно было распределить в нем на три ветви.

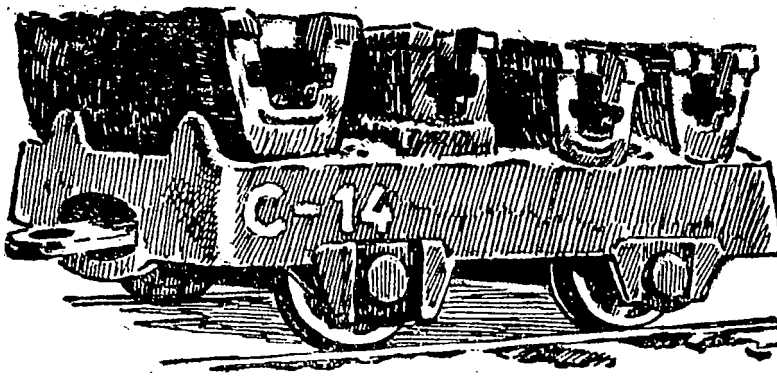
Сталеплавильные печи вытянуты в одну линию вдоль цеха примерно по середине его. Перед печами на уровне второго этажа устроена так называемая рабочая площадка, на которую доставляются все плавильные и заправочные материалы. Это самое шумное и бойкое место цеха. Здесь работают сталевары. Отсюда производится завалка в печи шихтовочных материалов, доставляемых поездами. Сюда же для заливки в печи подвозится чугун. Ковши с металлом подаются на рабочую площадку электровозом, затем с помощью крана они снимаются с лафетов тележек и подносятся к печам. Металлические конструкции стен и крыши здания мартеновского цеха отличаются особой прочностью; им приходится выдерживать огромный вес ковшей с металлом, так как краны, поднимающие ковши, опираются о детали конструкции самого здания.

Рабочая площадка и то пространство над ней, где действуют краны, предназначены для одной из трех ветвей металлургического «конвейера».

Вторая его ветвь расположена внизу, под рабочей площадкой. Здесь протянулись трубопроводы, по которым подается к печам газ и воздух, и установлены устройства для подогрева газообразного топлива и воздуха. В этой части громадного здания, в противоположность верхнему этажу, безлюдно и тихо.



Заливка чугуна в мартеновскую печь.



В мульдах, установленных на платформах, подвозятся к мартеновским печам плавильные материалы.

Третья ветвь «конвейера» — позади печей, с той их стороны, где через стальное отверстие выпускается наружу готовый металл. Сюда подаются составы платформ с изложницами. При помощи крана ковши, наполненные выданной из печи жидкой сталью, поднимаются, и металл разливается по изложницам.

Труднее всего организовать бесперебойную деятельность людей и механизмов на рабочей площадке. Только строжайшее распределение пространства между отдельными машинами и механизмами позволяет добиться этого.

Транспортные механизмы размещены так, чтобы они могли работать, не мешая друг другу. Над рабочей площадкой и по самой площадке одновременно могут двигаться, несмотря на свою громоздкость, кран с ковшом чугуна, электровоз с составом чугуновозных ковшей, состав с плавильными материалами и завалочная машина, занимающая чуть не всю ширину площадки.

Электровозы доставляют поезд ковшей с чугуном по рельсам, расположенным дальше всего от печей.

Пространство между этими путями и линией печей занимает колея шириной в... 8 224 миллиметра, то-есть более 8 метров. Это рельсы для машины, заваливающей внутрь печи лом, руду, известь.

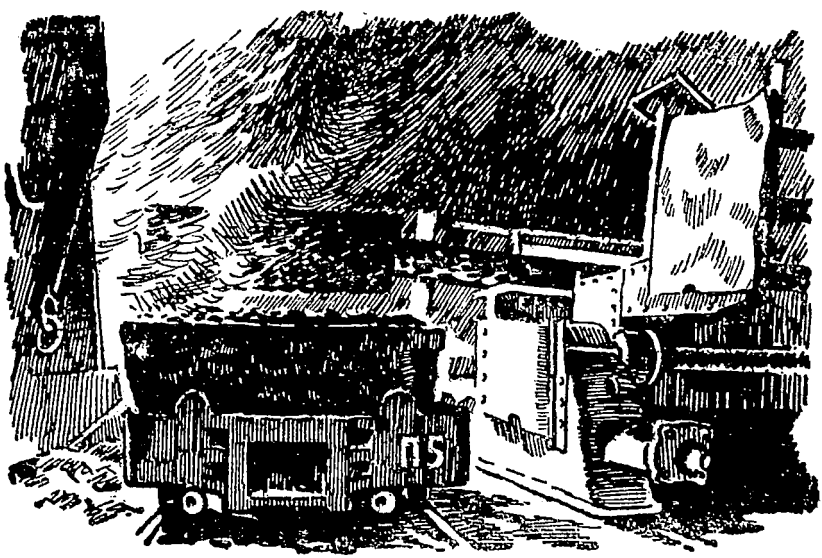
Все твердые плавильные материалы доставляются паровозом в чугунных ваннах — мульдах, установленных на платформах. Рельсы для движения составов платформ проложены у самых печей.

Огнеупорный кирпич привозится на автокарах, для которых, что называется, открыты все пути.

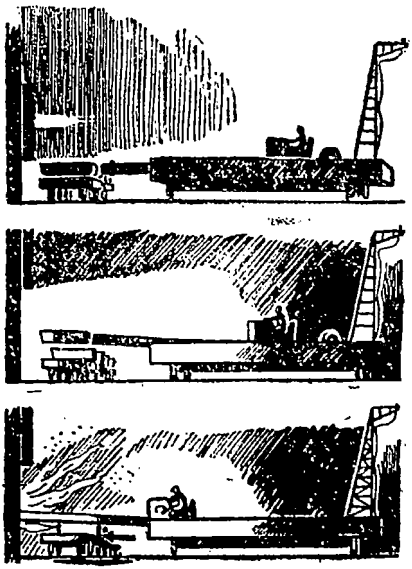
Использовано, как мы уже знаем, даже воздушное пространство над площадкой: в нем движутся краны с ковшами.

Одна из наиболее интересных машин цеха — завалочная машина. Она значительно облегчила труд рабочих около сталеплавильной печи и позволила заменить многих людей, раньше занятых на завалке, всего одним машинистом.

Машина представляет собой как бы широкий мост, способный передвигаться от одной печи к другой. На мосту смонтирована тележка, при помощи которой и производится загрузка печи. Тележка вместе с сидящим на ней машинистом передвигается поперек моста, то приближаясь к печам, то удаляясь от них. Спереди на раме тележки укреплен массивный, весом в 3,5 тонны, хобот. Машинист с помощью того или иного из пяти моторов, установленных на машине, может поднять или опустить хобот или заставить его вращаться вокруг продольной оси. Подъехав на машине к печи, машинист дает тележке ход вперед, вдвигает хобот в замок мульды и с помощью рычага запирает замок. Подняв хоботом мульду с тем или иным материалом, машинист продвигает тележку еще ближе к печам. Мульда входит в ослепительно яркое завалочное окно печи. Легкое нажатие на рукоятку командо-контроллера, и хобот, вращаясь, мгновенно переворачивает мульду. Языки пламени с ревом вырываются из окна печи, освещая цех жел-



Плавильные материалы загружаются в печь с помощью завалочной машины.



Завалочная машина подъезжает к мульде и вводит ее в мартеновскую печь.

тым заревом. Тележка тотчас отъезжает назад. От слепящего света глаза машиниста защищены синими очками, которые прикреплены к козырьку кепки. Случайные искры задерживает частая сетка, находящаяся спереди на тележке. Но все же, чтобы уйти от пламени, приходится давать тележке почти полный ход назад. Совершенная конструкция машины позволяет и быстро вести загрузку печи и предохранить рабочего от пламени.

Тележка может мчаться со скоростью 7 метров в секунду — 25 километров в час. Но вот беда — путь для ее движения очень короток, лишь 8,5 метра. Чтобы пробежать такое расстояние, нужна всего секунда с небольшим. Как успеть машинисту, на максимальной скорости уходя от пламени, во-время затормозить?

При обычном механическом тормозе рабочий не в состоянии был бы во-время остановиться: тормозной механизм не успевал бы своевременно срабатывать, и тележка выбивала бы задний тупик. Вот почему торможение ведется с помощью контртоков, заставляющих якорь мотора вращаться в обратном направлении.

Но даже и такой электрический способ торможения не всегда спасает неопытного машиниста от удара тележкой в тупик. Не зря здесь поставлена пружина, смягчающая удар.

Управление завалочной машиной — сложная и ответственная операция. Раньше завалка плавильных материалов в печь производилась вручную. Это была тяжелая, изнурительная работа, не требовавшая ни знаний, ни сложных производственных навыков. Любой физически сильный рабочий мог руками забрасывать внутрь печи куски лома или при помощи лопаты — руду. Теперь же невозможно даже представить себе на завалочной машине технически малограмотного человека. От машиниста зависит бесперебойная работа нескольких печей, выдача многих сотен тонн высококачественной стали, безопасность многих людей, работающих около печей, так как при неумелом управлении машина может задавить человека.

Поэтому, прежде чем попасть на тележку завалочной машины, рабочий, как правило, должен потрудиться три года на уборочных и разливочных кранах и окончить почти годичную школу машинистов. Ему необходимо, по крайней мере, семилетнее образование.

Человек и металл

Главный закон мартеновского цеха — работа по графику. График работы печей явно или незримо присутствует здесь всюду. В устройстве каждого механизма и машины, в конструкции здания, в планировке рабочих мест, в организации труда — во всем заложена мысль о строжайшей согласованности между собой отдельных элементов, о строжайшей плановости в работе людей.

Но как же совместить с этим законом стремление передовых сталеваров увеличивать количество металла, выдаваемое одной печью, то-есть ускорять ход плавки, «выбиваясь» этим самым из общецехового графика?

Когда Борисов-директор впервые пришел к мартеновцам, он сказал им со свойственной ему решительностью:

— Скоростные плавки, которые нарушают нормальную работу всего цеха, нужны только плохим корреспондентам, гоняющимся за сенсациями. Нам такие плавки не нужны...

Это заявление нового директора было воспринято некоторыми как очередное чудачество своеобразного человека, который, может быть, и был хорошим доменщиком, но еще неизвестно, каким будет руководителем завода. «Как это так — возражать против скоростных плавок, когда по всей стране развернулось движение сталеваров-скоростников?! Это уж слишком!» — поговаривали такие люди.

Но многие инженеры и рабочие обоих мартеновских цехов Магнитки увидели в такой постановке вопроса новые возможности увеличения выплавки стали. Ведь Борисов возражал не вообще против скоростных плавок, а только против неразберихи, которую вносили наспех организованные скоростные плавки.

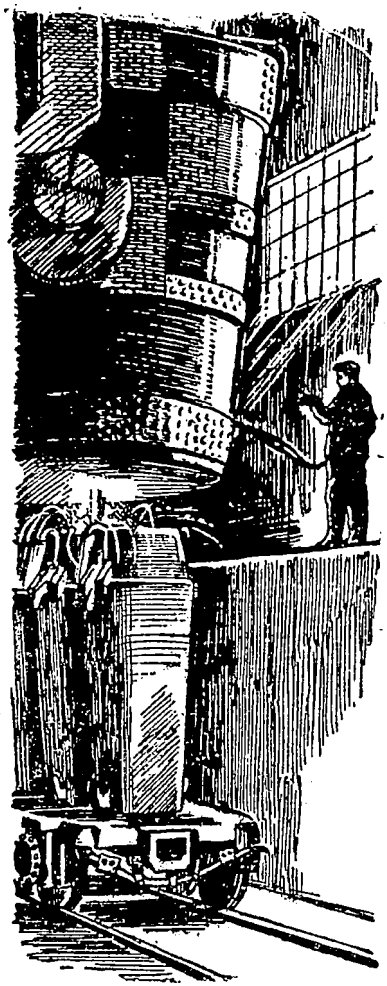
— Не нарушайте графика, — говорил Борисов. — Скоростные плавки нужны — это прогрессивное направление в выплавке стали. Но они должны указывать нам на невидимые прежде резервы производства, а не срывать работу всего цеха.

В обстановке, когда — что греха таить! — скоростные плавки часто были нужны для трескотни и шумихи, когда, возражая против организации такой скоростной плавки, можно было легко попасть в «консерваторы» и «зажимщики», заявления Борисова звучали необычно и смело. Это отталкива-

ло от него тех, кто привык работать по старинке, но привлекало людей, упорно искавших путей улучшения производства.

Скоростные плавки начали вести по особому графику, согласованному с общецеховым расписанием использования ковшей и подачи материалов.

Как-то Борисов созвал совещание руководителей цехов и потребовал, чтобы все инженеры в совершенстве изучили свою технику. Сам он в то время пропадал в мартеновских и прокатных цехах, как несколько лет назад — в доменном. Знать каждый механизм и прибор, каждый винтик, особенно электрооборудование и автоматические устройства, — вот чего он добивался.



Разливка стали в изложницы.

Закончил Борисов это совещание многообещающе:

— Проверять вас буду сам...

Кое-кто был обрадован борисовским заявлением, а кое-кто и расстроился.

Борисов требовал не беготни и ругани мартеновцев по поводу нехватки ковшей или сталеплавильных материалов, а отличного знания техники и организации труда, «борьбы за идею», как образно говорили о его «установках» рабочие.

Только при этих условиях, по его мнению, скоростные плавки могли быть полезными.

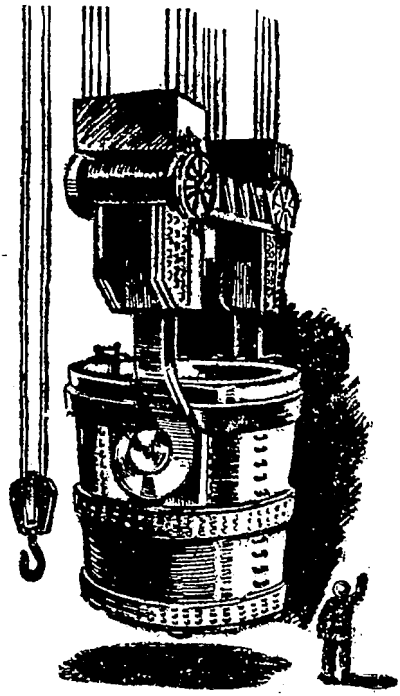
Проблема скоростных плавок сразу и глубоко заинтересовала меня. Интерес этот еще более увеличился, когда однажды возле печи, в которой ускоренно плавилась сталь, неожиданно для меня обнаружились не только производственные резервы, но и «душевные резервы» человека, особенно наглядной стала необходимость «борьбы за идею».

Произошло это так. Учащиеся ремесленного училища металлургов, того самого, куда

я приезжал два года назад и где тогда не сумел увидеть ничего интересного, решили провести скоростную плавку. Несколько часов я провел около печи вместе с ними.

Когда сталь была уже готова, Володя Ч., чернобровый, статный юноша, принялся открывать стальное отверстие мартеновской печи, чтобы выпустить металл. Парень действовал осторожно и в то же время смело. Сначала он пробил первую пробку из огнеупорной глины. Затем точными движениями, не заглядывая в образовавшееся, пышущее жаром отверстие, выбрал оттуда магнезитовый порошок, раскаленный до красного свечения.

Оставалось пробить последнюю преграду из огнеупорной глины, за которой клокотала жидкая, яркая, как солнце, сталь.



Разливочный ковш.

Юноша ловко орудовал пикой, почти касаясь грудью желоба, по которому вот-вот должен был ринуться поток огня. И вдруг отверстие ослепительно засияло, и металл хлынул наружу. Но прежде чем первые золотисто-белые капли его упали на огнеупорные кирпичи желоба, Володя сильным движением пригнулся и кинулся в сторону. Это была точная и красивая работа. Мне показалось в этот момент, что я до сих пор был несправедлив к нему. Всю смену я наблюдал за Володей, видел, как он силен, как он умело, почти по-рабочему, управляется с тяжелым инструментом, и все-таки какое-то подсознательное чувство настороженности не оставляло меня, хотя я ничем не мог объяснить его появления.

Вместе со мной за юношей наблюдал его учитель и наставник, мастер ремесленного училища, человек молодой, как и Володя, комсомолец, с ясным, открытым лицом, на котором отчетливо отражались душевные переживания.

— Вот так Володя! — сказал он, улыбаясь и покачивая головой, выражая этим и одобрение и некоторое смущение за невольно вырвавшуюся похвалу.

— А почему вы недавно с такой осторожностью отзывались о нем? — спросил я, улыбнувшись хорошей улыбке, все еще освещавшей лицо моего собеседника. — Ведь он и в самом деле хорош, этот ваш Володя.

Может быть, несколько странное поведение молодого мастера и явилось причиной моей подозрительности? В недавнем разговоре со мной перед плавкой он то хвалил Володю, то, как бы опомнившись, пожимал плечами и с сомнением покачивал головой. Мне казалось, что паренек нравится мастеру, а прямо сказать об этом он почему-то остерегается.

На этот раз мой собеседник, нахмурившись, вдруг заметил:

— Вот здесь он и хорош... как будто... А недавно его из комитета комсомола вывели...

— Да за что же?

— Дисциплина плохая, учиться не хотел. Мастер у них такой был: придет бывало на завод, встанет в стороне — и делай, что хочешь. Они и бежали от печей со скуки. Ну, а сейчас мы сами всей группой скоростные плавки даем. Вот как сегодня: начальник цеха убирает подручных, а на их место к печи ставит моих ребят. Из штатных рабочих только сталевар да первый подручный остаются для руководства. Вот тут Володя в первый раз и показал себя.

— Ну, а сейчас как у него с дисциплиной, с учебой?

Мастер потупился и, помолчав, сказал:

— Лучше не спрашивайте.

— А ведь он вам все-таки нравится! — Я усмехнулся.

Молодой человек смущенно и как-то виновато улыбнулся.

— Смелый, работать любит, — сказал он.

Было это накануне годовщины Великой Октябрьской социалистической революции, в честь которой Володя и его товарищи выдали скоростную плавку.

Снова встретился я с будущими сталеварами уже после праздников. Ребята с блеском в глазах вспоминали о демонстрации. Впереди колонны они несли прикрепленный на бархате, сиявший в лучах солнца орден Трудового Красного Знамени, которым было награждено училище. Дружно и громко играл оркестр. Шагали так четко и красиво, что когда проходили мимо трибуны на Комсомольской площади, какой-то полковник взял под козырек и стоял, вытянувшись и расправив плечи, пока не прошла вся колонна училища. Ребят взволновало то, что полковник отдал им честь. Это была честь их училищу, их труду, их скоростным плавкам.

— А как вел себя Володя? — спросил я.

Мастер покачал головой.

— Его не было на демонстрации, — сказал он. — Его задержала милиция...

После занятий мы вместе с мастером отправились к Володе домой. Он жил в одном из рабочих поселков на окраине Магнитогорска, в здании школы. Мать его, простая работящая женщина, уборщица школы, встретила нас радушно. Она рассказала, что произошло накануне праздника.

Отец Володи, механик, сопровождающий товарные поезда с металлом Магнитки, уехал из дома. Володя явился поздно.

Вечером он ушел к своим товарищам, с которыми проводил все свободное время. Один из них жил в комнате напротив. Мать Володи часто встречала его: все лицо паренька бывало в разноцветных синяках. Они говорили о многом, эти синяки... Товарищи Володи — несколько молодых рабочих — часто затевали драки, занимались картежной игрой, выпивкой. Накануне праздника они учинили потасовку. Володя оказался среди них и попал в милицию.

Дома Володя почти никогда не читал, не занимался. Бездумной была его жизнь. Только у мартеновской печи он, казалось, становился другим. «Была ли у него когда-нибудь большая, настоящая мечта? — спросил я себя. — Наверное, нет».

Но все-таки, что же мне тогда у печи не понравилось в нем? И сейчас я все еще не мог ответить на этот вопрос.

Я продолжал бывать около печей и вскоре познакомился еще с двумя будущими рабочими. Так же, как и Володя, они вместе со своими товарищами через некоторое время приняли участие в скоростной плавке стали.

...В тот день, когда на комсомольском собрании (уже после праздников) решено было самостоятельно варить сталь, староста группы Анатолий Пустовойтов сказал товарищам:

— Ну, ребята, завтра пораньше на завод. Примем смену у рабочих по всем правилам...

По дороге домой комсомольцы возбужденно обсуждали предстоящее испытание.

Но утром мать — полная, розовощекая, с ласковым огоньком в светлых глазах — разбудила Анатолия позднее, чем следовало. Каждое утро раньше всех она будила отца — Павла Васильевича, плотника треста «Магнитострой». Через некоторое время наступала очередь поднять старшего сына, автогенщика. Затем она будила младших: пятиклассницу Нину, ученика ремесленного училища Алексея и, наконец, Анатолия.

В этот торжественный день мать захлопоталась по хозяйству, спутала «график подъема» и немного запоздала с побудкой будущего сталевара.

Наспех одевшись, досадуя и на себя и на мать, Анатолий помчался к трамвайной остановке. На скоростную плавку рабочие всегда приходили пораньше, чтобы заранее подготовить инструмент и рабочую площадку, а тут вон как получилось —

Сталевар управляет ходом плавки.

и опоздать можно! На трамвайной остановке он встретил давнего своего друга Пузанова, худощавого, стеснительного паренька. Это было уже совсем плохо: Анатолий укорял Пузанова, когда тот неважно учился, требовал от друга хорошего поведения на работе, а теперь сам опаздывает. Что же он мог сказать другу?

...Соскочив с трамвайной подножки, ребята все время бежали и еле успели к началу скоростной плавки. В цехе они горячо поспорили. Анатолий не хотел примириться с тем, что его друг вновь решил работать в роли третьего подручного, то-есть стремился уйти от серьезной ответственности; он требовал, чтобы друг смело шел навстречу трудностям.

Сейчас рядом с Анатолием на месте первого подручного встал маленький, смешливый и подвижной Александр Катыхов.

В тот момент, когда Анатолий и Александр открывали стальное отверстие, я следил за ними, невольно сравнивая их с Володей.

Анатолий, более опытный и сильный, не спускал глаз с товарища. Пожалуй, работа Анатолия выглядела менее эффектно, чем работа Володи, — ведь он оставил себе скромную роль консультанта и помощника. Но по лицу его было видно, каким волнением он охвачен сейчас: он и боялся за товарища, и ободрял его взглядом, и ждал от него победы.

Теперь я знал, чего не хватает Володе. Мне вспомнилась важная мысль, высказанная замечательным педагогом А. С. Макаренко: труд, не сопровождаемый образованием и воспитанием, может оказаться процессом нейтральным. Володя работал хорошо, красиво, но у него не было заботы о чести своих товарищей, не было заботы об общих успехах. Он не умел «бороться за идею».

Здесь, около печей, наблюдая, как становятся рабочими эти пареньки, как они с первых же своих самостоятельных шагов проникаются традициями славного заводского коллектива, я окончательно поверил в силу и важность того, что отстаивали передовые мартеновцы вместе с Борисовым.

Скоростная плавка сама по себе мало что значит. Она может даже «спутать карты» всему цеху, если не будет итти в фарватере общих дел. Но там, где скоростная плавка проводится во имя идеи борьбы за общие успехи, за общий подъем, за общие победы, — там она дает огромные результаты. И не только в области выплавки металла. Она помогает людям обнаружить замечательные «резервы» коллективизма.

Разговор с директором завода

День 7 ноября я провел вместе с доменщиками. Я отправился на демонстрацию прямо из цеха с ночной сменой. По всей территории завода на стальных мостах, перекинутых над железнодорожными путями, виднелись толпы людей с красными флагами и сверкающими на солнце трубами оркестров, направлявшиеся к проходным. Красные флаги и демонстранты рядом с домнами и заводскими цехами — это было похоже на предпраздничные рисунки художников. Но это была реальная жизнь, и потому, наверное, картина завода с движущимися по «воздушным тротуарам» праздничными колоннами так волновала.

После демонстрации мой старый знакомый, мастер-доменщик Константин Филиппович Хабаров, пригласил меня на весь день и вечер к себе. Когда мы вошли в обширный двор дома,

где жил Хабаров в новом городе-красавце, навстречу нам попался крепкий, высокий человек, мастер Ч. Несмотря на мороз — в Магнитогорске выпал уже снег, — он распахнул пальто, ворот его синей рубашки расстегнулся, но мастеру не было холодно. Он успел уже ради праздника выпить, но в меру, был весел и общителен. Не без некоторой гордости он сообщил нам, что только недавно вернулся из творческой командировки по заводам, в которой сам учился новому и передавал свой опыт другим.

Я с интересом прислушивался к разговору Хабарова с ним. Мастер Ч. рассказывал о том, как неумело организована работа в доменном цехе одного из заводов, где он только что побывал. Со злой иронией говорил он о послесменных рапортах, на которых вместо серьезной учебы начальники лишь ругают подчиненных и требуют чугуна, не интересуясь тем, как идут плавки. Он даже принялся представлять в лицах такой «рапорт». Сначала отправился в дальнюю часть двора, показал там место, где стоит стол начальника цеха, и изобразил грозное выражение его лица. Затем по колено в снегу прошел на другой конец двора. Сняв там кепку и прижав ее к сердцу, Ч. на цыпочках двинулся к «столу», высмеивая подобострастие мастера печи, не давшего нужного количества чугуна.

Смеясь вместе с Хабаровым над этим «театрализованным рассказом», я вдруг подумал о том, что мастер Ч. высмеивает сейчас техническое бескультурье и неумение воспитывать людей. А ведь несколько лет назад он сам обладал многими из этих недостатков. Я встречал этого мастера во время первого посещения завода, в 1949 году. Тогда мне говорили о нем, как о человеке, не желающем учиться, вечно всем грубившем. А теперь он ездит в творческие командировки и бичует техническую неграмотность! И я по-новому, пристальнее и внимательнее, начал приглядываться к этому человеку. Мне подумалось, что изменения, происшедшие с ним, — это результат той работы с людьми, которая велась и ведется в коллективе Магнитогорского комбината.

И тогда мне захотелось поскорее еще раз увидеть Борисова, узнать и понять новые планы, замыслы и дела магнитогорцев.

После праздников я отправился в заводоуправление. Референт директора сообщил мне, что я буду принят в пять часов дня. Зная, что Борисов любит точность, я уже без пяти пять входил в приемную.

— У директора совещание, — сказала мне женщина-секретарь. — Присядьте, подождите.

«Вот тебе и точность», — с искренним огорчением подумал я и спросил:

— Давно ли началось?
— Минут пятнадцать назад.
— А когда кончится?
— Вот этого сказать не могу.

Стрелка часов подошла ровно к пяти, потом перевалила на шестой час. Одна минута шестого, две минуты...

Дверь директорского кабинета неожиданно распахнулась, и в приемную один за другим стали выходить оживленные работники завода.

— Вот так совещание! — весело сказал один из них. — Двадцать минут — и все вопросы исчерпаны, и поговорить не успели, даже не по себе.

Борисов встретил меня совсем иначе, чем в 1949 году в доменном цехе. Он был весел и приветлив, и костюм на нем был совсем иной — не заводской. На его столе не видно было ни одной бумажки. Лишь на углу лежал какой-то специальный иностранный журнал.

Я рассказал о поездке в Донбасс, сообщил о своих наблюдениях в мартеновских цехах.

Борисов объяснил, почему так трудно перевести на скоростные графики одновременно все печи: для этого надо увеличить мощность тех участков цеха, где подготавливаются плавильные материалы, увеличить емкость миксера, повысить мощность кранов, увеличить емкость ковшей и так далее.

Я спросил, не ставит ли Борисов и перед мартеновцами задачи овладеть самостоятельным ведением плавки подобно тому, как это было в доменном цехе.

— Сталевар по своей роли несколько ниже мастера доменной печи, — сказал Борисов. — Полной аналогии здесь нет. Самостоятельность нужна и мартеновцам. Но дело не только в самостоятельности. Это вы, очевидно, не уловили в первый раз... — Борисов смотрел на меня внимательно, почти строго. — Работник каждого цеха, кем бы он ни был, должен жить не только сегодняшним днем, но и видеть перспективу, работать с учетом назревающих перемен. Если этого не будет, человек опустится, захиреет или превратится в придаток машины, а производство остановится в своем развитии...

И Борисов заговорил о том, что видеть завтрашний день — это значит непрерывно снижать себестоимость продукции.

— Почему-то некоторые товарищи всячески избегают говорить о том, что мы еще отстаем от Америки в экономическом отношении, то-есть, что на душу населения у нас приходится меньше промышленной продукции, чем в Америке. Но мы должны смотреть правде в глаза. Только тогда мы увидим путь, по которому надо итти, чтобы обогнать США в экономи-

ческом отношении. Путь этот как раз и заключается в удешевлении продукции промышленности. Экономичность производства — это самое главное. Вот недавно был такой случай в мартеновском цехе. Инженер предложил ввести техническое усовершенствование. В результате нововведения на одной из операций можно было уменьшить количество занятых рабочих. Чем меньше рабочих занято на производстве единицы продукции, тем выше производительность труда, тем дешевле металл. Но начальник инженера написал на его докладной записке такую резолюцию: «С предложением согласен, уменьшать количество рабочих не разрешаю».

— Где же здесь перспектива? — с горячностью спросил Борисов.

Он начал говорить о том, как четыре года назад, каждую доменную печь обслуживало почти вдвое больше рабочих, чем сейчас. Доменщики вводили новые механизмы и автоматические устройства, и это влекло сокращение числа занятых у печей рабочих. Но еще и сейчас (это было в 1952 году) американская доменная печь такой же мощности обслуживается меньшим количеством людей, чем у нас. Мы обогнали американскую металлургию в производительности печей, и если доведем механизацию и автоматизацию до высокого уровня, наш металл будет более дешевым, чем сейчас.

— Надо, чтобы каждый заводской работник, — заключил Борисов, — прежде всего стремился к увеличению производительности труда... Вот такое отношение к делу и надо воспитывать у людей.

Я вспомнил свой первый разговор с Борисовым. Тогда он сказал мне, что в доменном цехе работают люди честные и искренние — другие долго не задерживаются, — и поэтому, если они допускают ошибки, их надо не наказывать, а учить. Сейчас, когда он, будучи уже директором завода, вновь заговорил о воспитании людей, я с некоторой опаской напомнил ему то, о чем мы когда-то с ним говорили:

— Как же вы поступаете теперь, когда стали одним из руководителей многих тысяч людей? — спросил я. — Среди них есть и такие, которых надо воспитывать разными мерами.

Борисов, слушая меня, все более мрачнел и, наконец, подперев щеку кулаком, отвернулся. Я вспомнил, как недавно, принимая трех корреспондентов, он прервал беседу потому, что журналисты, не понимая существа вопроса, стали уверять его, будто в нашей металлургии нет и не может быть недостатков. Борисов сказал тогда примерно так: «Надо знать дело, о котором споришь...» И на этом «прессконференция» окончилась.

Я замолчал, ожидая ответа. Вдруг Борисов повернулся ко мне и, слегка покраснев, рассмеялся.

— А теперь я считаю, что надо наказывать... — сказал он. — Но все-таки и теперь я убежден, что прежде всего надо не наказывать, а учить. Конечно, я имею в виду, так сказать, нормальные случаи. Если кто-то на заводе начнет сознательно лентяйничать или портить оборудование, с таким у меня будет короткий разговор. Но людей, которых надо воспитывать, следует не столько наказывать, сколько учить... — Борисов помедлил и серьезно продолжал: — Правда, есть одна сложность. Некоторые товарищи еще не понимают этой идеи, они иногда воспринимают мою позицию как мягкотелость. Вот когда поймут, почему я иной раз не наказываю, тогда такая педагогика окажется наиболее правильной.

— А поймут?

— Завод — это не доменный цех, директору работать сложнее, чем начальнику цеха. Но все-таки обязательно поймут... Ведь эти сложные вопросы решаются прежде всего в работе партийной, комсомольской и профсоюзной организаций завода.

Мартеновская печь

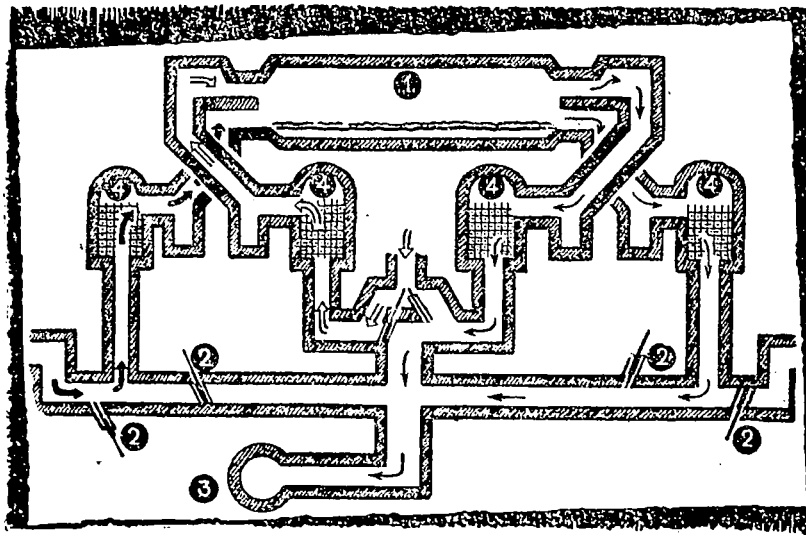
После разговора с Борисовым я стал приходить на завод с новым чувством: захотелось увидеть в жизни то, о чем он говорил, подсмотреть назревающие технические преобразования металлургического «конвейера».

С этим чувством я и пришел вновь к мартеновским печам, чтобы заглянуть внутрь удивительного сооружения, где с ревом бушевало слепящее пламя и «кипел» жидкий металл, понять, как работает печь, разобраться в действиях обслуживающих ее людей.

Работа мартеновских печей является главной заботой многих рабочих, техников, инженеров. Все механизмы и машины мартеновского цеха предназначены для обслуживания сталеплавильных печей. К ним тянутся рельсовые пути из всех уголков мартеновского цеха. Сюда же протянулись и трубопроводы с газом и воздухом.

Мартеновские печи — это главная линия той части металлургического «конвейера», на которой чугун превращается в сталь. Внутри печи создаются условия, необходимые для этого превращения, и возникает свой особый «конвейер» химических реакций. И все, что делается в мартеновском цехе, направлено к тому, чтобы этот «химический конвейер» работал правильно.

Современная мартеновская печь — творение нескольких поколений металлургов. Проникновение разума человека в тайны превращений веществ, происходящих внутри печи при температурах, приближающихся к 2000 градусов, и достижения



Разрез мартеновской печи:

1 — ванна, где варится сталь, *2* — заслонки-шиберы, *3* — дымовая труба, *4*—регенеративные насадки. Толстыми черными стрелками показан путь топлива — доменного и коксового газа, белыми—путь воздуха, тонкими черными — выход продуктов горения.

электроники, оптики и механики позволили в наши дни превратить мартеновскую печь в безукоризненно действующий агрегат.

Мартеновские печи на больших современных заводах вмещают от 75 до 360 и более тонн стали. Это крупные сооружения. Они состоят из расположенных в основании печи под рабочей площадкой камер регенеративных насадок и закрытой ванны, выложенной из огнеупорного кирпича, поверх которого наплавлена в 18—20 слоев магнезитовая набойка. В регенеративных насадках предварительно подогреваются газ и воздух для того, чтобы можно было достигнуть наибольшей температуры при сжигании топлива. Над ванной в рабочем пространстве печи сгорает топливо, нагревая лежащие в ванне плавильные материалы.

Плавильные материалы загружаются в ванну через завалочные окна, которые во время плавки закрываются массивными полыми, изнутри охлаждаемыми водой заслонками.

Нагревательных камер у мартеновской печи две пары: левая и правая (в каждой паре одна камера для подогрева газа, другая для подогрева воздуха). Внутри камеры сплошь заполнены ячейками из огнеупорного кирпича (насадками). Пáры нагревательных камер работают попеременно: пока одна пара, например левая, нагревается отходящими в дымовую

трубу раскаленными продуктами горения топлива, сгорающего в рабочем пространстве печи, то-есть служит частью системы дымовой трубы, через вторую — правую, ячейки которой уже нагреты, в рабочее пространство печи поступают газ и воздух, по пути нагреваясь в насадках. Таким образом, в мартеновской печи тепло, выделившееся при сгорании газа, при помощи нагревательных камер (в которых этим теплом перед сжиганием нагреваются газ и воздух), возвращается обратно в печь.

С помощью остроумно устроенных автоматов правая и левая пары камер меняются ролями, попеременно становясь то каналами для отвода продуктов сгорания топлива, то каналами, в которых нагреваются газ и воздух.

Такая смена роли насадок происходит непрерывно в течение всего времени плавки.

Регенеративные насадки имеют и еще одно назначение. Нагретый в регенераторах воздух (или газ) легче холодного. Благодаря этой разнице весов достигается тяга в регенераторах и каналах, подводящих топливо к рабочему пространству печи и правильное движение газа и воздуха над металлической ванной. Величина тяги зависит от высоты насадок: чем выше насадки, тем больше тяга.

Вот почему регенеративные насадки сооружаются высокими.

Эта особенность конструкции печей, в свою очередь, во многом определяет конструкцию всего мартеновского цеха. Насадки и трубопроводы цеха располагаются в первом этаже, рабочая же площадка печи поэтому поднята на уровень второго этажа (на 5—7 метров выше пола первого этажа). Под рабочей площадкой установлены так называемые перекидные клапаны, при помощи которых газ и воздух направляются то через левую, то через правую пару насадок.

Слева и справа над ванной внутрь печи входят каналы, соединенные с нагревательными камерами. Если через каналы слева в данный момент в печь подаются газ и воздух, то через правые каналы отводятся из рабочего пространства печи продукты сгорания.

Ванна печи, в которой плавятся стальной лом и другие материалы, выкладывается из высококачественного огнеупорного кирпича. Она образована подиной (дном) и откосами, которые сооружаются с особой тщательностью не только из кирпичей, но и из толстого слоя огнеупорного материала, наваренного на кирпич. Это делается для того, чтобы расплавленный металл не «проел» отверстия в кладке и не хлынул наружу.

Но особенно огнеупорным должен быть свод печи. Ведь пламя, бушующее над ванной, горячее шлака и металла, оно легко может «прожечь» кирпичи свода, и тогда печь будет

выведена из строя. Подина и откосы ванны ремонтируются после каждой плавки, все выбоины и расселины в докрасна раскаленной огнеупорной кладке засыпаются огнеупорным порошком. Порошок приваривается к поврежденным от воздействия горячего металла местам, и, таким образом, прочность огнеупорной «одежды» восстанавливается.

На свод-потолок печи трудно забросить огнеупорный порошок, да если даже порошок и долетит туда, он сейчас же упадет вниз, не успев привариться к кирпичам. Вот почему обычно, как только прогорит свод, мартеновская печь останавливается на ремонт.

В последние годы для кладки сводов начали применять особенно хорошо противостоящие высокой температуре хромомагнезитовые кирпичи. Их сразу можно отличить от обычного огнеупора — так называемого динасового и шамотного кирпича. Магнезитовый кирпич не белого и желтоватого цвета, как обычный огнеупор, а шоколадного. Кроме того, его удельный вес значительно больше, чем у динаса и шамота.

Применение хромомагнезитового кирпича оказалось очень выгодным: ведь чем большее число плавок выдержит свод печи не разрушаясь, тем реже надо будет перекладывать печь, тем дешевле будет металл.

Увеличилась производительность мартеновских печей. Необходимость беречь свод препятствовала увеличению температуры в печи сверх определенного предела. Жаростойкий хромомагнезитовый кирпич в сводах позволил поднять температуру в печи, в результате чего время плавки сократилось на два с половиной — три часа.

Работа мартеновской печи автоматизирована. Приборы и механизмы сами «командуют» и выполняют перекидку газа и воздуха из охлажденных насадок в нагретые, измеряют количество топлива, сжигаемого печью, устанавливают необходимый тепловой режим.

Вот, например, как устроена перекидка потока газа и воздуха попеременно то в одну, то в другую пару насадок.

Автоматические устройства приводятся в действие в результате «команды»... самих насадок. В стенке нагревательных камер сделано отверстие. Перед ним с наружной стороны печи устанавливается «стеклянный глаз» — линза, в которую попадают лучи, испускаемые раскаленными кирпичами ячеек. Когда кирпичи верха насадок нагреются до предельно допустимой температуры, лучи, собираемые линзой, будут сильнее нагревать термопару и она даст бо́льшую электродвижущую силу. Реагируя на это, автоматические приборы приведут в действие моторы, и перекидные клапаны изменят направление подачи газа и воздуха.

То же произойдет, когда нагреются до предельной температуры кирпичи противоположных насадок.

С помощью подобных автоматов сталевары управляют многими процессами и явлениями, сопутствующими выплавке стали.

Специальный прибор регистрирует давление в рабочем пространстве печи. Другие приборы отмечают количество поступающих в печь воздуха и газов.

Термопары, вделанные в основание дымовой трубы, показывают, какова температура отходящих продуктов горения.

Приборы и механизмы во многом избавили сталеваров от тяжелой физической работы, от необходимости своими руками выполнять некоторые операции (например, перекидку потока газов из одних насадок в другие и т. д.).

Труд сталевара состоит теперь главным образом в контроле за качеством металла, он стал в полном смысле слова творческим, увлекательным.

Мартеновские печи в нашей стране все время совершенствуются. 90 процентов сталеплавильных печей на советских заводах оборудованы приборами, автоматически устанавливающими необходимый для плавки тепловой режим.

Отдельные узлы мартеновской печи необходимо охлаждать, чтобы уменьшить разрушительное действие высокой температуры. До недавнего времени во всех странах мартеновские печи охлаждались водой, которая подводилась по трубам. Отбирая тепло, вода нагревалась и затем подавалась в охладительные устройства. Способ этот неудобен тем, что требует огромного количества воды. Приходится сооружать дополнительные устройства, охлаждающие воду.

Советские металлурги изобрели принципиально новый способ охлаждения, при котором тепло охлаждаемого узла печи идет на превращение воды в пар. Для этого в охлаждающие устройства подается не холодная вода, а горячая смесь пара с водой. Для парообразования требуется гораздо больше тепла, чем для простого нагревания холодной воды. Вот почему при новом способе расход воды сократился в пятьдесят-шестьдесят раз и никакие специальные устройства для охлаждения воды не нужны.

Важным показателем работы мартеновской печи является количество стали, получаемое с одного квадратного метра пода печи. На одном из лучших заводов Соединенных Штатов Америки, заводе Гери, с квадратного метра пода мартеновских печей снимают 5,3 тонны стали. На советских заводах средний съем стали — более 7 тонн с одного квадратного метра пода печи. На лучших наших заводах съем стали достигает 10 тонн с одного квадратного метра пода. Таким образом, средняя

производительность советских печей значительно выше производительности лучших американских.

Способ производства стали в мартеновских печах наиболее дешев и обладает крупными техническими преимуществами перед всеми другими. В современной мартеновской печи можно перерабатывать материалы любого химического состава, жидкие и твердые, и, не опасаясь вредных примесей, получать сталь разнообразного состава, в том числе и высококачественную.

Неудивительно, что до 80 процентов всей получаемой в мире стали выплавляется в мартеновских печах.

Глава вторая

ЦЕПЬ ОТКРЫТИЙ

Тайна булата

Долог и сложен был путь открытия тех законов, которые управляют «конвейером» химических реакций в сталеплавильной печи.

На первом своем этапе история развития сталеплавильного дела представляла собой сплошную цепь неожиданных открытий.

Сталеварам в старину трудно было получить температуру в 1900 градусов, необходимую для изготовления литой стали. Еще труднее было разгадать, какие химические превращения происходят в тиглях и металлургических горнах и каким путем можно с наибольшей выгодой направлять ход химических реакций. И тем не менее производство стали, и к тому же стали чрезвычайно высокого качества, было известно уже в глубокой древности мастерам Индии, Ирана, Китая, Японии.

Искусство приготовления стали высокого качества — булата (слово персидского происхождения) — рождалось и совершенствовалось в течение веков. Древние мастера, должно быть, проделали тысячи опытов, прежде чем получили такой металл.

Еще за 1 300 лет до нашей эры в Индии изготовлялись слитки стали, по форме напоминавшие хлебцы. Сталь эта носила название «вутц». Оружейники делали из нее булатные клинки не только в самой Индии, но и в Персии, Сирии, Египте. В средние века булатные клинки изготовлялись в Дамаске.

После прихода в Индию англичан, когда страна была превращена в колонию и местная сталь не могла выдержать конкуренции с более дешевой, хотя и худшей по качеству,

Оружейники Индии.

английской сталью, изготовление вутца прекратилось. В Дамаске производство булата пришло в упадок еще раньше, после вторжения в Сирию Тамерлана, а потомки древних мастеров забыли способы выделки замечательного металла.

Лишь в XVII веке искусство выделки булатного оружия ненадолго возродилось в Москве. Мастер Богдан Ипатьев и другие мастера Оружейной палаты делали знаменитые булатные ножи. В документах того времени говорится о синем булате московской выковки, о русских саблях из булата.

Позднее тайна выплавки булатной стали была окончательно утрачена и русскими мастерами.

Инженеры и ученые XIX века — русские, англичане, французы, немцы, шведы — с жадным любопытством изучали клинки дамасской, или булатной, стали, привозимые путешественниками из азиатских стран. Изделия из булатной стали были

непревзойденными по качеству. В булате удивительно сочетались вязкость и упругость, твердость и «нежность» лезвия — его можно было отточить очень остро.

Испытатели древних клинков дивились также их стойкости: булатные сабли перерубали кости и даже гвозди, а сами оставались неповрежденными.

Булат можно было очень сильно согнуть, не боясь, что он сломается. Когда клинок выскальзывал из рук, он мгновенно, с легким звоном распрямлялся.

В 1820 году английский путешественник Скотт, посетив Бомбей, приобрел там несколько образцов индийского булата — вутца. Он узнал, что индийцы при изготовлении огнестрельного оружия, сверл, резцов и пил предпочитают вутц любой другой стали. Скотт передал образцы металла в Английское королевское общество. Необычайным металлом заинтересовался известный ученый Фарадей. Он подверг вутц химическому исследованию и обнаружил в нем присутствие алюминия. Это обстоятельство заставило ученого прийти к выводу, что отличительная особенность изделий из вутца — характерные узоры на отполированной и травленой их поверхности — зависит от присутствия в металле алюминия.

Фарадей сплавил литую английскую сталь с приготовленной им смесью железа и алюминия. Получился металл с узорами, напоминающими булатные. Но добившись этого внешнего сходства, ученый не проверил свойств нового металла. Позднее выяснилось, что Фарадей ошибался, думая, что раскрыл секрет вутца. Ни алюминий, ни серебро и платина, с которыми он также сплавлял английскую сталь, не придали металлу тех исключительных свойств, которыми обладали булат, или вутц, или дамасская сталь.

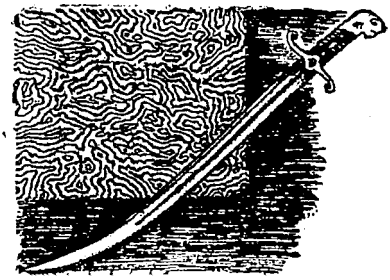
Кроме Фарадея, приготовить булат пытался француз Бреан, но также безуспешно.

В 1828 году, когда исследования Фарадея стали известны за пределами Англии, изучением способов получения булата занялся русский металлург Павел Петрович Аносов.

Чем дольше Аносов изучал древние клинки в частных и государственных коллекциях, тем все яснее становилось ему, что сказочные свойства, приписываемые булату, — не легенда, что они существуют в действительности. Он сам повторял испытания клинков, о которых читал или слышал. Клинком из лучшей для того времени английской стали он разрубал лишь падающий шелк, но не мог нанести повреждения лоскуту легчайшей газовой материи. Зато булатным клинком он добивался того же, что сделал герой романа Вальтер Скотта «Ричард Львиное Сердце» султан Саладин: разрубал, казалось, неуязвимый лоскуток «газа». Исследователь сгибал булатную шпагу под

прямым углом, рубил ею куски железа. Он понял, что имеет дело с металлом, упругость и крепость которого представляют верх совершенства.

Ученый все более увлекался работой. Он был патриотом своей страны. Его вдохновляла мысль, что раскрытие тайны изготовления стали высокого качества нужно для народа, для родины.



Булатный клинок и узор на булатной стали.

«Россия, богатая железными рудами различного свойства, не бедна и искусными руками, — писал он. — Ей недоставало только совершенства в общеупотребительном материале — в стали, а это есть булат».

Металлургов того времени поражали узоры, отчетливо видные на отполированной и протравленной слабой кислотой поверхности булата.

Европейские мастера пытались достичь внешнего сходства с булатом, вытравливая на поверхности клинка искусственные узоры. Но эти узоры легко стирались. Узорчатые же рисунки на истинном булате не исчезали при полировке или точке. Сколько бы ни полировали металл, рисунок темных и светлых, прихотливо изгибавшихся и переплетавшихся линий оставался неизменным. Предположение европейских металлургов того времени о том, что булатная сталь выделывалась путем сваривания полос стали и железа и дальнейшей их проковки, также оказалось ошибочным. Аносов думал, что древние мастера скорее всего выплавляли сталь в тиглях — глиняных огнеупорных сосудах, придавая металлу нужный химический состав, особую внутреннюю структуру и очищая его от вредных примесей.

Вскоре Аносов научился безошибочно отличать подделку от истинного булата. Он убедился, что изготовить сталь со свойствами и узорами булата так же сложно и трудно, как, по его словам, путешествовать на лодке через океан.

С удивительной последовательностью и упорством, шаг за шагом раскрывая тайну изготовления булата, талантливый русский ученый шел непроторенным путем.

«Не имев до того времени случая видеть производство литой стали, ни переплавлять ее, — писал он позднее в своей работе «О булатах», — легко представить, сколько предстояло мне затруднений... Надлежало устроить печь, приготовить огнеупорные тигли, избрать способ приготовления литой стали,

ибо сплавление английской стали с платиной не могло принести существенной пользы».

Повторив опыт Фарадея, он убедился в ошибке английского ученого.

Полученный сплав — «платинистая сталь» — при испытании оказался менее твердым, чем обычная сталь, сваренная в таком же тигле. Стало ясно, что прибавление платины не приближает сталь по качествам к булату.

К тому же, как и ожидал исследователь, узорчатый рисунок платинистой стали нисколько не напоминал булатный. Это подтверждало его мысль о том, что структура металла, его состав и свойства взаимосвязаны и узор булата является следствием особого состава металла, придающего ему важные качества. Платинистая сталь, не обладавшая качествами булата, имела и свой, отличный от булатного, узор.

Дальнейшие исследования все более убеждали ученого, что характер узоров на булате определяется внутренней структурой и составом металла.

«Настоящий булат, — писал ученый, — отличается от сварочного неподражаемым для искусства расположением узоров, происходящих от состава металла».

Так был сделан первый важнейший вывод: состав металла, внутренняя его структура и его качества связаны между собой строжайшими закономерностями.

Эту замечательную мысль П. П. Аносова подтвердили и развили в позднейших работах русские ученые-металлурги Н. В. Калакуцкий, А. С. Лавров, Д. К. Чернов, А. А. Ржешотарский, а в наше время советские ученые А. А. Байков, Н. Т. Гудцов, И. П. Бардин и другие.

Отчего все-таки возникают булатные узоры?

Знатоки булата оценивали его по рисунку и крупности узора, по цвету грунта, на фоне которого выступает узор, и по отливу поверхности металла. Крупный узор шириной с нотные знаки, темный грунт и золотистый оттенок отлива — вот признаки совершенного булата. Чем чище и продолжительнее звон клинка, тем выше достоинство металла. По этим признакам, утверждал Аносов, даже не проводя сложных исследований, можно сказать, вязок или хрупок, тверд или мягок, упруг или слаб, остр или туп металл.

Опыты с платинистой сталью заставили Аносова предположить, что если прибавление к стали платины сопровождается появлением узоров, то и в других случаях появление на поверхности обычной литой стали узоров и приобретение ею осо-

бых свойств зависит от сплавления ее с каким-то металлом, может быть даже с алюминием, как то утверждал еще Фарадей.

Аносов попробовал сплавлять со сталью небольшие количества алюминия, кремния, магния. Оказалось, что прибавление этих металлов дает узоры, отличные от булатных, и ухудшает сталь.

После этого он сплавил со сталью марганец, хром, титан, серебро и даже золото. Так началась первая в мире систематическая работа по изучению влияния на свойства стали различных металлических примесей. Результаты были те же: сталь нисколько не приближалась к булатной.

Первые неудачи не остановили исследователя. Аносов сделал из них справедливый вывод, что примеси, которые всегда есть в железе, не могут не сказываться на свойствах полученной из этого железа стали.

Чтобы точно определить влияние различных веществ на свойства стали, ее следовало получать из чистого железа, а не из железной руды. Тогда на металл, кроме добавляемого вещества, не будут влиять никакие примеси.

Но как этого добиться? Ведь даже в чистейшее железо могут перейти нежелательные вещества из флюсов.

Однажды, наблюдая плавку железа, Аносов заметил, что флюсы расплавляются раньше металла и просачиваются на дно тигля, обнажая нагретое железо, которое получает возможность вступать в химическое взаимодействие с выделяющимися при сгорании топлива газами и насыщаться углеродом. Углеродистое железо, становясь более легкоплавким, разжижается и опускается на дно тигля, вытесняя более легкие остатки сгоревших флюсов на поверхность. Образуется шлаковая корка, которая предохраняет железо от дальнейшего соединения с углеродом, служит как бы естественной преградой между углеродистым железом и углеродом топлива.

Внезапная мысль поразила ученого: насыщения железа необходимым и никак не большим количеством углерода можно добиться не только путем защиты металла шлаком, но и при помощи простой крышки, преграждающей доступ к железу продуктов сгорания топлива. Момент, когда надо закрыть тигль крышкой, можно точно установить, если узнать, по истечении какого времени металл покрывается шлаком. Тогда-то плавку можно будет вести с чистым железом и без очищающих флюсов.

Ученый проверил свое открытие. Сталь, приготовленная без помощи флюсов и медленно охлажденная, казалось, была совсем без узоров.

Тогда Аносов прибег к помощи микроскопа.

П. П. Аносов.

Никто никогда до него не пытался применить микроскоп для изучения структуры металла. Рассматривая образцы стали под микроскопом, ученый стал зачинателем новой науки — металлографии, науки о структуре металлов и сплавов.

В некоторых зарубежных трудах по истории техники неправильно указывается, что первым применил микроскопический метод исследования металлов англичанин Сорби. Английский ученый воспользовался микроскопом для этой цели лишь в 1863 году, Аносов же за тридцать лет до него первый заглянул в неведомый «железный мир», упорно разгадывая тайну булата.

Под микроскопом Аносов ясно различил узоры стали, приготовленной без флюсов. Сталь, полученная с помощью флюсов, просто обладала более явственными узорами.

Это натолкнуло ученого на мысль, что узоры в стали зависят не только от присутствия в ней посторонних металлов, но и от углерода. В стали, дольше подвергавшейся действию углерода, образовывались и более отчетливые узоры.

Когда полученные слитки проковали при разной температуре, на некоторых из них узоры совершенно исчезли. Дальнейшими опытами было установлено, что узоры исчезают в случае нагрева такой стали при ковке до особенно высокой температуры. То же самое происходило и с настоящими булатами. При неосторожной обработке — перегреве — булатная сталь теряла свои характерные свойства и узорчатый рисунок. Узоры же, полученные в стали от прибавления различных металлов, не исчезали во время ковки даже при высокой температуре.

Было в полученных слитках и еще одно свойство, сближающее их с булатами: узоры в медленно охлажденной стали, содержащей лишь углерод, походили на булатные, хотя и были значительно мельче.

Вывод напрашивался сам собой: булат вовсе не смесь железа с какими-либо металлами, как предполагали Фарадей и другие ученые, а сплав железа с углеродом. Правда, этот сплав железа с углеродом — особого рода и получается при

каких-то особых, неизвестных еще обстоятельствах. Поэтому-то булат по качеству и отличен от обыкновенной стали.

Это был замечательный итог множества сложных и трудных опытов: только углерод играет решающую роль в повышении твердости готовых стальных изделий.

Сделав столь важный вывод из своих наблюдений, Аносов теперь уже мог вести свои исследования с большей определенностью.

Первый булат Аносова

Ученый начал опыты по сплавлению железа с углеродом, содержащимся в различных телах. Он брал всевозможные растения, муку, сажу, рог, слоновую кость. Стало ясно, что для получения булатной стали неважно, в каком теле заключен углерод, что успех, видимо, зависит, как писал Аносов, от «образа соединения углерода с железом...».

Во время опытов было обнаружено, что в тех случаях, когда в тигле образовывалось значительное количество шлака, сталь приобретала более отчетливые узоры, приближавшиеся к булатным. Из этого Аносов сделал вывод, «...что переход земель и щелочей, заключающихся в дереве, в шлак, а не присоединение их к железу, способствует образованию собственно булатных узоров, которые на иных образцах были столь явственны, что составляли булат, подобный харасану (род булата. — *С. Б.*), хотя невысокого качества».

Так было установлено, что металл вступает в химическое взаимодействие также и со шлаком, очищаясь таким образом от вредных примесей. До этого считалось, что шлак совершенно бесполезен.

Это новое открытие Аносова стало впоследствии краеугольным камнем теории выплавки стали. Для понимания сущности мартеновского получения стали надо прежде всего знать пути и характер взаимодействия шлака и металла.

Но несмотря на интереснейшие открытия и наблюдения, которые были сделаны в ходе исследования, сама тайна получения булатной стали все еще не была раскрыта. Не достигнув цели в опытах с углеродом растений и «животных тел» (рог, слоновая кость), то-есть органических веществ, Аносов перешел к опытам с минеральными ископаемыми. Он собирался испытать углерод алмаза и графита. Однако алмаз слишком дорог, поэтому ученый в первое время ограничился сплавлением стали с графитом.

В небольшой по объему тигль положили 5 фунтов чистого железа. Сверху было насыпано $^1/_2$ фунта графита. После плавки тигль медленно охладили и, разбив, вынули слиток. Сталь

проковали, затем соответствующим образом обработали для выявления узоров, и тогда, к величайшей радости Аносова, на одном конце металлической полосы отчетливо проступили прихотливо изгибающиеся линии рисунка подлинного булата. Наконец-то пришел успех, тайна почти разгадана!

Ближе к другому концу полосы рисунок становился реже и неправильнее, поэтому для изготовления клинка была взята первая часть полосы. Клинок получился отличный. Ученый с волнением рассматривал оружие, подобное древнему по своим качествам, но созданное им и его помощниками.

Продолжая свои работы, Аносов все-таки сплавил железо с алмазом. Получилась сталь худшего качества, чем от сплавления железа с графитом.

Аносов окончательно утвердился в мнении, что появление узоров и совершенство булата зависят не от присоединения каких-то посторонних примесей, а наоборот, от выделения их, как вредных примесей. Для изготовления булата нужно особенно чистое железо. Твердость же стали определяется количеством присутствующего в металле углерода.

Результаты многолетних поисков, опытов, исследований были изложены П. П. Аносовым в работе «О булатах», напечатанной в 1841 году в «Горном журнале».

«Оканчиваю сочинение надеждой, — писал Аносов, — что скоро наши воины вооружатся булатными мечами, наши земледельцы будут обрабатывать землю булатными орудиями, наши ремесленники выделывать свои изделия булатными инструментами».

Аносов сумел не только приоткрыть завесу над тайной булата, но и начать изучение «тайн» превращения вещества при изготовлении стали. В результате многолетней работы он первый понял и описал некоторые химические и физические превращения в металле и шлаке и, таким образом, дал возможность металлургам в определенной мере управлять ходом плавки.

Аносов применил открытые им закономерности для производственных целей, организовав в Златоусте изготовление по своему новому, тигельному, способу первоклассной по тому времени стали. Еще в начале своих опытов, в 1828 году, Аносов изготовил клинок очень высокого качества. Хотя это еще не был булат, но качество металла и искусство выделки клинка было таким высоким, что великолепное оружие привлекло внимание знатоков и было подарено естествоиспытателю Гумбольдту. Через год получаемая на Златоустовском заводе сталь могла конкурировать с лучшей английской, а еще через три года, в 1833 году, был получен настоящий булат. Три года но-

вых опытов и производственных исканий дали возможность получить и другие сорта стали: воспроизвести древний «шам» и высокого качества «харасан», «куш-гынды», «крупный харасан», «табан» с мелкими и крупными узорами и «каратабан». Каждый из этих сортов булата получил свое название от места, где он когда-то в древности изготовлялся, или в зависимости от способа изготовления.

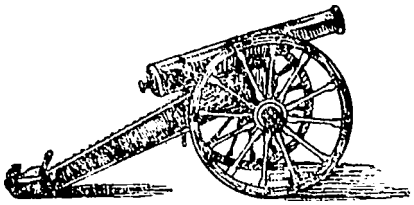
П. М. Обухов.

Впоследствии знаменитый русский ученый-металлург Д. К. Чернов, изучая работы Аносова, объяснил, почему булат обладает такими замечательными качествами. Когда металл остывает и начинается кристаллизация, то затвердевает вначале сталь, содержащая меньше углерода, так как она более тугоплавка. В слитке образуются кристаллы с древовидными осями. Между ними располагается позднее затвердевающая, менее тугоплавкая сталь с большим содержанием углерода. В слитке, таким образом, возникает сложное переплетение более твердого и более вязкого металла.

Древние мастера ковали булат так искусно, что его древовидная структура не разрушалась, а лишь сминалась, и волокна «твердой» и «мягкой» стали переплетались между собой. Как пишет Д. К. Чернов, «при закалке более твердое вещество сильно закаливается, а другое вещество остается слабо закаленным, но так как оба вещества в тонких слоях и фибрах тесно перевиты одно с другим, то получается материал, обладающий одновременно и большой твердостью и большой вязкостью».

Косы из булата Аносова обладали необычайной стойкостью, твердостью и вязкостью: ими можно было косить березовую поросль. Ломались деревянные косовища, но сами косы оставались неповрежденными. Полоска булатной стали Аносова, по отзывам современников, сгибалась без малейшего повреждения и издавала звон чистого и высокого тона. Отполированный и закаленный конец такой полоски крошил лучшие английские зубила, тогда как отпущенный — легко принимал «впечатления» и отсекался чисто и ровно.

Опередив своих современников, знаменитый ученый-метал-



Пушка Обухова.

лург начал изготовление первого в мире орудия из стали, предвидя, что этот металл окажется более стойким и долговечным, чем чугун, и увеличит боеспособность артиллерии. Аносову не удалось довести до конца это свое начинание, так как он должен был уехать из Златоуста на Алтай. Но известный русский инженер Обухов продолжил дело Аносова на том же заводе и начал изготовлять стальные орудия.

Благодаря трудам Аносова, златоустовская сталь завоевала всемирную известность и славу.

Можно с полным основанием сказать, что теоретическая и производственная деятельность П. П. Аносова создала научные предпосылки для развития новых способов получения стали, которые появились во второй половине XIX века,—бессемеровского и мартеновского.

Гениальное изобретение

Для того чтобы получить из чугуна сталь, надо, как уже говорилось выше, с помощью кислорода отнять от него часть углерода и некоторые примеси. В кричных горнах, где получалось губчатое железо, и в более совершенных пудлинговых печах, где еще в начале XIX века выплавляли сталь, этого достигали при помощи кислорода воздуха и шлака. Окисление примесей чугуна кислородом воздуха также было известно металлургам с древности. Но получать высокие температуры и ускорять процесс они не умели. Поэтому стали выплавлялось мало и она была дорогой.

Нельзя ли использовать неисчерпаемый источник кислорода — воздух — более полно и таким образом увеличить производство стали.

Эта мысль владела многими умами.

К пятидесятым годам XIX века молодая наука получения стали окрепла благодаря выдающимся работам П. П. Аносова, П. М. Обухова и других русских и зарубежных металлургов. Поиски производственников и ученых становились все более энергичными. Развивающаяся капиталистическая промышленность требовала все больше и больше металла.

Различные способы окисления углерода чугуна кислородом воздуха были предложены рядом изобретателей. Но все эти

способы были настолько несовершенны, что ими нельзя было воспользоваться на заводах.

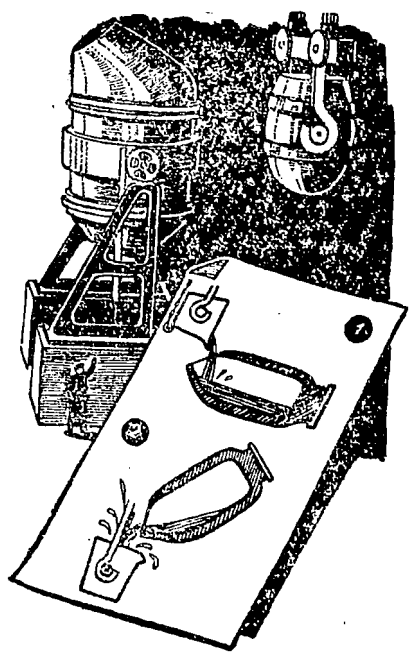
В годы Крымской войны за осуществление проблемы окисления углерода чугуна кислородом воздуха взялся английский изобретатель Генри Бессемер. Для французской армии нужно было много дальнобойных пушек, и Бессемер решил найти дешевый способ получения стали для их отливки.

Труден был путь изобретателя. Идея казалась простой и безошибочной, но воплотить ее на деле было не так-то легко.

Вначале Бессемер взял обычный, много лет известный металлургам тигль и поместил его внутрь печи. Сквозь верхнюю кладку в тигль была проведена тонкая трубка, через которую в металл вгонялась струя воздуха. Реакция взаимодействия воздуха с веществами, составляющими чугун, происходила бурно, металл при этом не только не охлаждался, но даже разогревался. Однако полученная таким образом сталь оказалась непригодной для употребления.

Но Бессемер не оставил своей идеи. Он пришел к заключению, что подогревать тигль в печи в момент продувки чугуна вовсе не обязательно, так как металл разогревается как бы «сам собой». Для обработки чугуна воздухом была сконструирована особая, опрокидывающаяся «на спину» печь-реторта, или конвертер. Оболочка реторты изготовлялась из прочного железа. Внутренность ее выкладывалась огнеупором, обмазанным кварцевым песком и глиной. Для заливания чугуна и выдачи стали реторта могла быть повернута в горизонтальное положение — «на спину». Воздух, вдуваемый под большим давлением через дно, пронизывал весь слой металла.

Постепенно изобретатель пришел к грушевидной форме конвертера. Только при этой форме объем реторты был наименьшим, всего в десять раз превышал объем чугуна. Реторты с другими внутренними очертаниями оказывались слишком громоздкими: ведь они должны были вмещать



Бессемеровский конвертер:
1 — конвертер в момент заливки чугуна,
2 — выпуск стали из конвертера.

нужное количество металла, находясь не только в вертикальном положении, но и «на спине».

Опыты в конце концов привели к успеху. В конвертере при продувке воздуха возникала необычайно бурная реакция. К концу операции металл не только не загустевал, как это обычно бывало в пудлинговых печах, когда, освобождаясь от углерода, железо делалось более тугоплавким, но становился еще более текучим и горячим. Исследовав металл после обработки его воздухом, убедились, что он получается почти полностью обезуглероженным. Углерод и кремний окислялись очень быстро. Несколько тонн литой стали можно было получить за 15 минут. Прежде об одновременном производстве такого количества нужного всем металла нельзя было и мечтать, а литую сталь вообще невозможно было получить ни в кричном горне, ни в пудлинговой печи.

Производительность нового способа по сравнению со старым оказалась колоссальной. Это было столь необычно, что походило на волшебство. Процесс получения стали, на который прежде тратилось огромное количество времени, топлива, труда рабочих, перемешивавших шлак и металл в пудлинговой печи, теперь шел почти с молниеносной быстротой. И вдобавок металл разогревался без всяких дополнительных затрат топлива. То, к чему стремились металлурги всего мира в течение более ста лет — одновременное получение большого количества литой стали, было достигнуто этим простым способом. В 1855 году Генри Бессемер взял патент на свое изобретение.

И все-таки проблема получения литой стали не была еще окончательно решена. Далеко не всякий чугун при вдувании воздуха разогревался до необходимой температуры. Вскоре было замечено, что лишь металл, содержащий много кремния, вступает в бурную реакцию с кислородом и температура содержимого реторты при этом резко возрастает.

Но из чугунов, богатых кремнием, сталь получалась красноломкая и загрязненная вредными примесями. Кроме того, она оказывалась настолько обезуглероженной, что неспособна была принять закалку.

Новый способ был обманчив: сталь некоторых плавок можно было использовать в промышленности, другие плавки давали «дурную сталь», которую приходилось перерабатывать. К тому же в конвертере невозможно было избавиться от вреднейшей примеси чугуна — фосфора.

В этот критический период на помощь Бессемеру пришел французский металлург Мэшет. Он предложил после окончания продувки вливать в конвертер определенную порцию чугуна. Этим достигались одновременно две цели. Во-первых, углерод чугуна науглероживал металл, который обычно к концу бессе-

меровского процесса почти совершенно терял это вещество. Добавляя меньше или больше чугуна, можно было получить сталь или менее углеродистую (мягкую), или более углеродистую (твердую). Во-вторых, в прибавляемом к бессемеровской стали чугуне находилось большое количество марганца, присоединявшего к себе вредные примеси.

После того как вслед за продувкой, по предложению Мэшета, была добавлена еще одна операция — раскисление жидкой стали путем добавки «зеркального чугуна», то-есть чугуна с высоким содержанием марганца, — способ Бессемера вышел из стадии опытов и стал применяться на заводах.

Г. Бессемер.

К началу семидесятых годов XIX века бессемеровский способ производства стали нашел широкое применение в передовых странах Европы. В Швеции к этому времени бессемеровскую сталь получали на 14 заводах из 30 реторт. В Англии действовало около 40 реторт, во Франции — 31 реторта. В Германии на заводе Круппа в работе находилось 22 реторты.

И все-таки ошибки металлургов и неясность некоторых процессов привели к тому, что бессемеровскую литую сталь не хотели признавать. Многие даже предлагали назвать ее не сталью, а просто литым металлом, считая, что качество продукции, вырабатываемой в конвертере, очень низко.

Да и на самом деле, далеко не все еще шло гладко. Реакции в реторте протекали с такой большой скоростью, что и самые опытные металлурги не всегда могли с необходимой точностью следить за ними.

Неуверенность металлургов в том, какая сталь получится в результате плавки, мешала распространению бессемеровского способа. Получение «дурной стали» приносило крупные убытки, так как металл приходилось вновь пускать в переплавку.

Спектроскоп заменяет человеческий глаз

Бессемер еще разрабатывал устройство конвертера и производил первые опыты, а в России на Нижне-Тагильских за-

водах уже было составлено описание этого нового способа и начались самостоятельные исследования его применения. Первый бессемеровский конвертер был пущен на уральском Всеволодовильненском заводе в период, когда Бессемер еще продолжал свои опыты, — в 1857 году. Но этим тогда дело и ограничилось. Крепостничество в России того времени сковывало всякое движение вперед.

Говоря об отставании России в развитии бессемерования, знаменитый русский ученый металлург Дмитрий Константинович Чернов с горечью и прошей писал: «Не буду касаться тех причин, которые тормозят у нас это дело, скажу только, что никак не наши чугуны в том виноваты».

Чернов всячески добивался введения способа Бессемера на отечественных заводах. Он сам провел глубокое исследование явлений, происходящих в конвертере, во многом объяснил их, предложил способ управления некоторыми из них и тем самым создал русский бессемеровский процесс.

Какие же превращения вещества происходят в конвертере?

В тот момент, когда струи воздуха врываются в дно реторты, кислород воздуха вступает в химическое взаимодействие с металлом.

Окислив вначале железо, кислород затем окисляет кремний. При этой реакции выделяется значительное количество тепла. Один килограмм кремния, сгорая, повышает температуру в реторте на 300 градусов. «Окончательный продукт — железо, — писал Чернов, — получается так жидко, как ртуть».

«Химическое» тепло сильно разогревает всю массу металла, и уже тогда быстро и энергично начинает гореть, то-есть окисляться, углерод чугуна.

Вещества, получающиеся в результате горения кремния и углерода, частично уносятся из реторты в виде газов.

При прохождении струй воздуха сквозь металл шлак быстро перемешивается с металлом. В результате взаимодействия металла с кислородом воздуха и шлака одновременно во всей массе содержимого реторты реакция достигает огромной скорости, приближающейся к взрывной.

Д. К. Чернов начал внимательно наблюдать за ходом этой быстротечной и бурной реакции. Ему хотелось найти способ точно определять момент, когда надо остановить процесс продувки, чтобы получить годный металл. В то время лишь очень опытные мастера могли приблизительно угадать состав металла по форме и цвету вырывающегося из грушевидного конвертера пламени и газам. Да и они часто ошибались и в результате получали «дурную сталь».

Однажды, когда Чернов наблюдал пламя над бессемеровской ретортой, ему в голову пришла счастливая мысль: нельзя ли при определении по характеру пламени состава металла заменить глаз мастера стеклянным «глазом» спектроскопа?

Д. К. Чернов.

Науке уже был к тому времени известен спектральный анализ, основанный на том, что нагретые твердые тела и пары веществ испускают определенные, характерные лишь для данных веществ световые лучи. Присутствие их можно обнаружить, разложив свет, испускаемый нагретым твердым телом или газом, на составные цвета при помощи оптической призмы, отделяющей друг от друга световые лучи разной длины волн. Глядя при этом на экран или в окуляр спектроскопа, мы видим ряд переходящих друг в друга цветных полос. Световой луч, испускаемый каким-либо веществом, дает на фоне сплошного спектра в той или иной его части определенного цвета свойственные лишь данному веществу линии.

С помощью спектроскопа можно определять присутствие самых ничтожных количеств веществ, иной раз всего десятимиллионных долей миллиграмма.

Чернов поместил спектроскоп в некотором удалении от реторты, направил стеклянный «глаз» на ее горло и с волнением заглянул в окуляр прибора. Едва начался процесс продувки металла, в спектроскопе возник постоянный, не особенно яркий спектр.

Но вот глухой клекот и шипение начали подступать к горлу реторты. Пламя вытянулось и стало ярче. В этот момент на фоне посветлевшего спектра замерцала двойная линия. Наконец она ярко заблестела, уже больше не угасая. Это была характерная линия натрия. Некоторое время она одна украшала собой разноцветную полосу спектра.

Вдруг пламя над ретортой вытянулось еще больше, послышались как бы слившиеся друг с другом взрывы, пена шлака набежала на края горла реторты. И тотчас же в спектре произошли резкие изменения: в желтом поле появилась светлая линия, в красном поле вспыхнуло сразу несколько линий,

загорелась яркая красная линия металла лития. Затем вспыхнул ряд линий в зеленой и оранжевой частях спектра. Они принадлежали углероду, марганцу, кальцию и другим элементам. Присутствие этих веществ было вполне объяснимо: они находились или в чугуне, или в набойке конвертера.

Но недолго пришлось ученому любоваться «иллюминированным» спектром. С уменьшением шума в реторте и угасанием пламени спектр стал темнеть. Было такое впечатление, словно разноцветная полоса его покрывалась все более и более густой вуалью. Линии одна за другой исчезали, в том числе и линии углерода. И неудивительно: в конце процесса металл почти совершенно обезуглероживается, сохраняя лишь ничтожное количество этого вещества — всего от 0,02 до 0,05 процента.

Только две яркие линии: двойная желтая — натрия и красная — лития, горели в спектре до тех пор, пока он не стал быстро меркнуть. Секунд через пять разноцветная полоска исчезла совсем.

В этот момент продувка была прекращена.

Не раз потом Чернов направлял свой спектроскоп на горло реторты и все более и более убеждался в том, что исчезновение спектра означает конец процесса.

Иногда бывало так, что в середине бессемерования сила света спектра настолько возрастала, что линии элементов как бы смывались, исчезая на некоторое время. Но скоро линии вновь выступали и ярко горели в спектре до самого конца операции. Более 500 опытов по изучению бессемеровского спектра проделал ученый. Он пришел к выводу, что линии спектра исчезают в тот момент, когда наступает почти полное обезуглероживание металла.

Подводя итоги своей научной работы, Чернов писал: «Хотя спектроскоп сам по себе не указывает с точностью конца операции, однако он избавляет от необходимости запасаться большой практической опытностью в наблюдении над пламенем и весьма значительно суживает пределы ошибок, в которые впадают иногда опытные мастера при наблюдении пламени простым глазом».

В своих теоретических исследованиях Д. К. Чернов сделал интересный прогноз. Он с одобрением отозвался об идее прибавления кислорода к вдуваемому в конвертер воздуху. Это, по мнению Чернова, должно было повысить температуру металла, ускорить процесс и позволить применять менее мощные воздуходувные машины, то-есть уменьшить расход энергии при производстве стали. Современное производство стали пошло по пути применения кислорода для ускорения плавки металла и повышения его качества.

Почему первые печи не могли расплавить сталь?

Вслед за бессемеровским способом получения стали был изобретен способ получения стали в отражательной печи.

Изобретению сталеплавильной мартеновской печи предшествовали долгие поиски.

Французы отец и сын Эмиль и Поль Мартены целых 25 лет безуспешно пытались осуществить идею Реомюра о получении стали при переплавке металлического лома и чугуна на поду отражательной печи, то-есть такой, в которой тепло от сгорающего топлива попадает к металлу, отражаясь от огнеупорной кладки. Реомюр, автор первой печатной работы о выплавке стали, высказал эту мысль почти за 120 лет до начала опытов Мартенов — в 1772 году. В то время не существовало печей, в которых можно было бы плавить сталь. Но и в годы, когда начинали свои опыты Мартены, техника еще не знала пламенно-отражательной печи с температурой до 1900 градусов.

Что же заставляло Мартенов с таким упорством вести разработку нового способа плавки стали?

Дело в том, что на всех металлургических заводах скапливалось множество обрезков и кусков железа и стали — отходов производства, которые трудно было использовать.

О переплавке этих отходов и думали Мартены, производя один за другим свои опыты.

Однако все их опыты кончались неудачей. Уже разработал свой способ получения стали Бессемер и его применили на многих заводах, а исследования Мартенов на их заводе в городе Сирейле, начатые за 15 лет до появления бессемеровского процесса, не приносили желаемых плодов. Металл в их печах не нагревался до такой температуры, при которой могли бы беспрепятственно происходить необходимые при выплавке стали реакции.

Современная наука объяснила, в чем заключалась причина неудач Мартенов. Ученые подсчитали, что если бы удалось сжечь каменный уголь с необходимым для этой цели количеством воздуха без потери теплоты, то была бы достигнута температура более 2000 градусов. Сжигание дров с соблюдением тех же условий могло дать температуру до 1900 градусов. При таких температурах даже тугоплавкая по сравнению с чугуном сталь была бы расплавлена.

Совершенно устранить потери тепла можно было бы при мгновенном сжигании топлива. На практике же топливо сгорало медленно, температура обычно не превышала 1100 градусов.

П. Мартен.

До середины XIX века температуру повышали лишь путем ускорения реакции горения. Для этого увеличивали количество воздуха, подаваемого для горения, против теоретически необходимого. Избыток кислорода и в самом деле приводил к ускорению реакции горения, но температура повышалась недостаточно. Ведь с увеличением количества кислорода, ускорявшего процесс горения, возрастала и масса воздуха, на подогрев которого также затрачивалось тепло (точнее — масса азота, присутствующего в составе воздуха). Вот почему этот путь привел к повышению температуры всего до 1400 градусов. Такая температура была в пламенных печах для получения так называемого кричного железа не в расплавленном, а почти в твердом состоянии.

Когда тигль с металлом помещали непосредственно в топке, уменьшая этим потери тепла на лучеиспускание печи, удавалось нагревать металл до 1600 градусов, но только до 1600.

Все попытки плавить сталь на поду пламенно-отражательной печи терпели неудачу потому, что в таких печах очень велика потеря тепла на лучеиспускание. Именно поэтому опыты изобретателей были заранее обречены на провал.

Пока Мартены и другие изобретатели безуспешно пытались осуществить идею Реомюра, произошло знаменательное событие: братья Сименс нашли путь, суливший получение более высоких температур, чем во всех существовавших тогда пламенно-отражательных печах.

У инженера Ф. Сименса, жившего в Германии, появилась мысль использовать ту часть тепла нагревательных печей, которая обычно уходила в атмосферу вместе с дымом. Это был гениальный замысел. Осуществление его обещало большие выгоды.

Печь, которую построил Ф. Сименс, была необыкновенной, хотя и простой. Нагретые газы от сжигания топлива в этой печи не уходили сразу в атмосферу, а прежде чем попасть в дымовую трубу, проходили извилистый путь между кусками огнеупорной глины. Эти куски были уложены в особой камере между трубой и горном, где сгорало топливо. Таким образом,

на пути в атмосферу газы нагревали куски глины. Когда глина нагревалась, путь газов (от сгорающего топлива) изменялся: они направлялись в другую камеру с такими же кусками глины. Воздух же, необходимый для поддержания горения, засасывался в печь через камеру с только что нагретой глиной. В горн, где сгорало топливо и плавился металл, воздух приходил сильно нагретым, возвращая сюда тепло продуктов горения.

В тот момент, когда во второй камере глина нагревалась, а в первой теряла свое тепло, пути движения воздуха и газа вновь менялись. Газ начинал нагревать охлажденные огнеупорные материалы первой камеры, а воздух отбирал тепло от кусков огнеупора во второй.

Куски глины Сименс назвал регенераторами — возродителями — тепла.

Производя опыты с первой печью, Ф. Сименс после шести часов нагрева печи «...получил такой жар, что плавил стальные напильники, причем сгорали наиболее огнестойкие тигли» (из письма Ф. Сименса брату).

Итак, успех, выпавший на долю изобретателя, объяснялся тем, что в печь поступал предварительно подогретый воздух.

Но почему же повышается температура в горне, если воздух, кислород которого участвует в реакции горения, подогреть?

Еще М. В. Ломоносов открыл закон сохранения вещества и энергии. Ничто в природе не пропадает и не рождается из ничего. Тепло, принесенное в печь предварительно подогретым воздухом, не может исчезнуть. Оно складывается с тем теплом, которое выделяется во время реакции горения топлива, и температура в рабочем пространстве печи повышается. В этом и заключался «секрет» одного из величайших изобретений XIX века.

Новая идея находит применение в металлургии

Ф. Сименс сообщил письмом о своих успехах брату — В. Сименсу, жившему в Англии.

Необычное известие так заинтересовало В. Сименса, что он сразу же начал опыты с новой печью, но не в области стекловарения, в которой работал его брат, а в области плавки металлов, в частности при получении кричного железа (пудлинговании).

В. Сименс вел свои опыты долгое время, не обращая внимания на неудачи. Но все-таки он не смог плавить сталь на поду своей печи: температура была недостаточной.

Мартены воспользовались печью Сименсов для продолжения своих опытов. Только теперь, когда был осуществлён принцип возврата — регенерации тепла, опыты их дали положительные результаты. В 1867 году на выставке в Париже были показаны первые изделия из литой стали, полученной на поду отражательной печи.

Вначале ни изобретателю, ни его последователям не приходило в голову, что в мартеновской печи можно вести окисление углерода (то-есть его выжигание) подобно тому, как это делалось в бессемеровской реторте. Изобретатель П. Мартен стремился создать тигль в увеличенном размере, то-есть предназначал свою печь лишь для сплавления железа и чугуна и получения таким образом стали.

Жидкий чугун пытались заливать в мартеновскую печь только из соображений экономии топлива. Но эта идея тут же потерпела крах, так как присутствие большого количества примесей заставляло растягивать процесс плавки для их выжигания. Это приводило к излишним затратам топлива, и никакой экономии не получалось.

Жизнь заставила первых сталеваров-мартеновцев главное внимание обращать не на переплавку чугуна, а на переработку в сталь огромного количества скопившегося на заводах стального лома (скрапа). Поэтому-то никто из них и не задумывался вначале над возможностью освобождения чугуна от примесей в новом агрегате.

Однако та же жизнь — практика работы на одном ломе — со временем показала сталеварам, что они не учитывают какого-то важного «секрета». Металл, получаемый из печи, всегда содержал много закиси железа. Позднее, когда в металлургию проникли идеи физической химии, стало ясно, в чем заключалась главная причина порока получавшегося металла: лом, загружаемый в печь, был почти лишен примесей, характерных для чугуна: углерода, кремния и марганца. Нагреваясь в печи в присутствии кислорода, металл окислялся. Образовывалось много понижавшей качество металла закиси железа, раскислить которую, то-есть отнять от нее кислород, было нечем ввиду отсутствия веществ, способных это сделать (углерода, кремния и марганца). В результате и получался никуда не годный металл, насыщенный закисью железа.

Во времена изобретения сталеплавильной печи объяснить эти странные явления металлурги не могли и потому терпели многие неудачи в своих попытках использовать с целью увеличения количества выплавляемой стали железный лом. Но постепенно, на собственном горьком опыте, они убеждались, что необходимым условием получения хорошего металла в мартеновской печи является работа с шихтой, содержащей чугун.

При этом нагреваемый металл должен был продолжительное время «кипеть». Только тогда получалась хорошая сталь. Если же металл нагревался, но не имел возможности «кипеть», сталевара ждала неудача. «Кипение» металла представляет собой результат окисления содержащегося в чугуне углерода с помощью кислорода закиси железа. Окисленный углерод выделяется из металла в виде газа и вызывает на поверхности расплавленной стали появление пузырей. Кажется, будто металл кипит.

Таким образом, главное условие получения металла мартеновским способом заключается в нагревании стали с одновременным освобождением металла от избытка углерода, от кремния и марганца. Это и приводит к уничтожению вредного, растворимого в металле вещества, непременно образующегося во время варки стали, — закиси железа. Нагревание металла без примесей, то-есть без одновременного окисления кремния, углерода, фосфора, ведет к порче металла.

В мартеновской печи окисление примесей происходит медленно; за это время печь теряет в результате излучения много тепла. Вот почему мартеновская печь должна развивать высокую температуру, хорошо нагревать металл.

Следовательно, мастерство сталевара во многом определяется его умением поддерживать наивысшую температуру и в то же время сохранять кладку печи от расплавления.

Но сталевар должен выполнять и ряд других требований: выпускать металл высокого качества. Сталевару нужно уметь управлять выгоранием примесей чугуна с таким расчетом, чтобы время окисления примесей совпадало с временем нагревания металла. В этом случае примеси будут окисляться (выгорать) в необходимой последовательности и под конец уменьшат содержание закиси железа до необходимой величины. А этим и определяется высокое качество металла.

Глава третья

ТЕОРИЯ ПРИХОДИТ НА ПОМОЩЬ СТАЛЕВАРУ

Судьба двух наук

Что же происходит с металлом в сталеплавильной печи под действием высокой температуры? Какие законы химии и физики действуют на сложном участке металлургического «конвейера»? И как они используются для управления плавкой?

Научное объяснение процессов производства стали намного отстало от практики.

Теоретическую основу выплавке чугуна и стали дают химия и физика. Первоначально химия и металлургия как наука были неотрывны друг от друга. Но пришло время, когда трудами многих ученых, начиная с Ломоносова и Лавуазье, химия была превращена в науку точного расчета, точных измерений, точного определения качества и количества вещества. И уже к концу XVIII века между химией и металлургической наукой началось расхождение: химия намного ушла вперед. Металлургия как наука не могла угнаться за ней. Ведь ученому-металлургу, имеющему дело с раскаленным металлом, недоступны были даже самые простые для обычной химической или физической лаборатории опыты. Трудно было и точно измерить температуру расплавленной стали, и приготовить достаточно огнестойкие сосуды для металла, и определить теплопроводность, вязкость, электропроводность жидкого металла.

Развитие химии не могло не привести к успехам и в металлургии. Некоторые реакции, возникающие при получении чугуна и стали, были объяснены, но сущность процессов выплавки металла оставалась неразгаданной. Недаром ученые даже во второй половине XIX столетия считали металлургию не столько наукой, сколько искусством.

С течением времени от химии отделилась и превратилась в самостоятельную область научного исследования физическая химия — наука, как бы перекидывавшая мост между химическими и физическими явлениями. Это произошло в конце XIX века и явилось новым этапом в развитии науки.

Физическая химия основывалась на точнейших измерениях и исследованиях состояния вещества, на сложных и тонких расчетах. Сущность химических явлений объяснялась теперь с достаточной глубиной. Были сделаны широкие обобщения сложных явлений превращений веществ, и это помогло установить ряд всеобъемлющих законов природы.

Металлургическая же наука оставалась попрежнему на низком уровне.

Одним из первых применил законы физической химии к металлургии русский ученый, инженер и администратор на металлургических заводах Владимир Ефимович Грум-Гржимайло.

Во второй половине XIX века, когда Грум-Гржимайло начинал работать инженером на заводах, теория была еще неважным помощником для сталеваров. Мастера, недовольные тем, что наука часто не могла объяснить причину брака металла, досадливо отмахивались от нее. Книги по сталеварению, говорили сталевары, хороши только на полках библиотек. Лишь опыт, иногда долгий и трудный, помогал им находить верный путь.

Следуя совету одного из своих друзей, Грум-Гржимайло начал знакомиться с основами физической химии. С каждой новой прочитанной страницей его все более охватывало радостное чувство: вот где надо искать ключ к решению сложных задач, казалось прежде неразрешимых противоречий, которые каждый день возникали на производстве! Огромный двадцатидвухлетний опыт заводской деятельности подсказывал Грум-Гржимайло, что открытия физической химии вполне применимы для объяснения подчас загадочных явлений, происходящих в бессемеровской реторте или в стальной ванне мартеновской печи. Точные эксперименты с расплавленным металлом трудны из-за высоких температур. Но теперь открывался новый путь для теоретических обобщений и исследований. Надо было перевести законы физической химии на язык металлургии.

В. Е. Грум-Гржимайло.

Владимир Ефимович оставил заводскую деятельность и, возглавив кафедру производства стали в Петербургском политехническом институте, приступил к теоретическим исследованиям.

«Туман, окружавший меня 22 года моей работы на заводах, стал рассеиваться», — писал он впоследствии, вспоминая начало своей работы.

Но теоретические работы Грум-Гржимайло были всегда теснейшим образом связаны с практикой, с производством. Ученый не ограничился общим описанием явлений и анализом их качества. Он всегда старался учесть и количественные изменения вещества.

Постоянное стремление подсчитать, вычислить, начертить было важнейшей чертой теоретических исследований ученого-металлурга. В кропотливой расчетной работе неоценимую помощь оказывали ему прекрасные таблицы термохимических данных и теплоемкостей, составленные знаменитым русским металлургом М. А. Павловым.

Вооружась достижениями теории, ученый начал постепенно проникать в тайны работы бессемеровского конвертера и мартеновской печи, уточнять физико-химические явления в остывающем слитке стали.

Как в конвертере загорается чугун

Прежде всего следовало точно разобраться в химических превращениях вещества для того, чтобы найти связь между химическими и физическими явлениями, происходящими при плавке стали.

Большую роль в химических реакциях бессемеровского процесса играет воздух. При каких обстоятельствах вступает он во взаимодействие с расплавленным чугуном? Какова продолжительность этого взаимодействия? Какую роль играет при этом количество воздуха?

Подсчеты убедили Грум-Гржимайло, что струйки воздуха с большой быстротой пронизывают толщу металла. Поэтому кислород воздуха может химически воздействовать на металл и его примеси в бессемеровской реторте в течение всего лишь нескольких сотых долей секунды.

Что может произойти в реторте за столь короткий промежуток времени?

Ясно, что реакции, которые протекают вяло, медленно, не успеют развиться. Пойдут лишь те реакции, скорость которых очень велика.

Из этого следовал необходимый для практики вывод: все, что способно увеличивать скорость реакции, имеет огромное значение во время получения стали в реторте. Одним из таких «ускорителей» является температура.

Вот он, первый важнейший вывод: температура металла в реторте оказывает огромное влияние на ход процесса. Повышение температуры ускоряет реакции. Но даже незначительное понижение температуры, в других металлургических реакциях не имеющее большого значения, здесь должно резко замедлять ход химических взаимодействий. Теперь понятно стало, почему первые опыты введения бессемеровского способа кончались неудачей: на температуру металла не обращали внимания.

Так как воздействие воздуха на металл кратковременно, то ясно, что количество кислорода, участвующего в реакциях, по сравнению с металлом и его примесями ничтожно. А это значит, что в реторте происходит борьба примесей металла за кислород воздуха. Второе важнейшее заключение!

Чугун состоит на 92—95 процентов из железа. Примеси же (углерод, кремний, марганец и т. д.) по весу составляют от 3,5 до 0,5 процента каждая. Один из законов физической химии — закон действия масс — утверждает, что интенсивность химического действия реагирующих тел пропорциональна их концентрациям. Согласно этому закону во время продувки воздуха кислород прежде всего должен вступать в химическое взаимодействие с железом, которого в чугуне больше всего.

В результате получается закись железа. Это вещество растворяется в железе и лишь потом отдает свой кислород примесям чугуна. Ученому стало ясно, что только поэтому и оказался возможен бессемеровский способ получения стали: реакция окисления примесей должна итти в конвертере с большой быстротой, а это возможно только при взаимодействии жидких растворов, то-есть чугуна и растворенной в металле закиси железа.

Таким образом выяснилось, что примеси чугуна окисляются не кислородом воздуха, как предполагали прежде, а кислородом закиси железа, которая выполняет роль «переносчика» кислорода из воздуха к примесям.

Сама по себе закись железа, оставаясь в охлажденном металле, приносит вред: железо с примесью этого вещества становится красноломким. В то время когда бессемерование еще не было известно, сталевары не понимали, чем объясняется этот порок металла. Они знали только, что если мастер не имеет опыта, железо у него получается «горелым». Лишь впоследствии, когда открыли влияние закиси железа на качество металла и узнали ее роль в окислении примесей чугуна, стало ясно: задача сталевара заключается в том, чтобы в начале процесса использовать закись железа для очищения металла от примесей, в нем заключенных, а затем избавить сталь и от закиси железа.

В противоположность кислороду воздуха, кислород закиси железа остается в металле значительное время; поэтому и могут возникнуть реакции окисления примесей чугуна: кремния, марганца и углерода. Если в конвертере создаются наилучшие условия для выгорания примесей, или, иными словами, для захвата кислорода примесями, то в металле останется наименьшее количество закиси железа. Получится «здоровая» сталь. Если же условия будут неблагоприятными для вторичных реакций (то-есть для реакций окисления примесей), то в металле будет присутствовать много растворенной неиспользованной закиси железа. В этом случае получается нераскисленная, «горелая», «нездоровая» сталь.

Обобщая свои мысли, Грум-Гржимайло сделал простой и очень интересный вывод. «В чем заключается суть мастерства сталевара?» — спрашивал он. И отвечал так: для получения здоровой стали надо научиться создавать условия, благоприятные для развития вторичных реакций (то-есть реакций окисления примесей).

Что же способствует наиболее успешному выгоранию той или иной примеси?

Исследуя характер вторичных реакций в конвертере, ученый установил, что одни из них идут с выделением тепла, а другие—

с поглощением. При горении кремния и марганца тепло выделяется. Горение углерода, наоборот, сопровождается поглощением тепла. Надо было выяснить, какие условия способствуют реакциям, протекающим с выделением тепла, или, как их называют физики и химики, экзотермическим реакциям, и какие условия способствуют возникновению реакций с поглощением тепла — эндотермических.

Закон подвижного химического равновесия

Свои теоретические исследования Грум-Гржимайло начал тогда, когда уже были созданы основы физической химии и установлены два ее важнейших положения: закон действия масс и закон подвижного химического равновесия.

Закон действия масс был открыт в конце XIX века французским химиком Бертоле, а затем уточнен и развит дальше самим Бертоле и двумя норвежскими учеными, Гульбергом и Вааге. Этот закон гласил, что интенсивность химического действия пропорциональна концентрациям реагирующих тел, и объяснял ход реакций при определенной, постоянной температуре.

Но важно было выяснить и то, как влияет на химические взаимодействия веществ температура. Это исследование провел голландский физико-химик Вант-Гофф, а сформулировал закон, названный законом подвижного химического равновесия, французский ученый Ле Шателье.

В чем же заключается закон подвижного химического равновесия?

Вот пример: в доменной печи при высокой температуре происходит реакция получения окиси углерода ($CO_2+C=2CO$). Каждая молекула углекислоты (CO_2) присоединяет к себе один атом углерода, в результате чего и получается окись углерода ($2CO$ — две молекулы окиси углерода). Эта реакция идет с затратой, поглощением тепла. Но может произойти и обратная реакция. В верхней части доменной печи, где температура не так высока, окись углерода вступает в химическое взаимодействие с рудой, то-есть соединением железа с кислородом. При этом окись углерода распадается на углекислоту и углерод, осаждающийся в виде сажи на кусках руды. Во время этой реакции выделяется ровно столько тепла, сколько было поглощено при образовании окиси углерода.

Таким образом, первая реакция, эндотермическая (с поглощением тепла), идет при высокой температуре, а вторая, обратная ей, экзотермическая, — при относительно низкой.

По законам физической химии все химические реакции при определенных физических условиях обратимы. Одним из усло-

вий, влияющих на обратимость реакций, является изменение температуры.

И еще на одно обратила внимание физическая химия.

Если брать все тот же пример, то при определенной температуре в печи всегда будет присутствовать вполне определенное процентное содержание окиси углерода и углекислоты. Но стоит только изменить температуру, как сейчас же возникнет преобладание той или иной реакции (реакции получения окиси углерода или реакции получения углекислоты). Это преобладание сохранится до тех пор, пока процентное содержание окиси углерода и углекислоты не достигнет опять-таки строго определенного соотношения, но уже для новой температуры. Тогда опять наступит подвижное химическое равновесие, то-есть такое равновесие, которое поддерживается непрерывным ходом реакций.

Следовательно, и в случае подвижного химического равновесия реакции не прекращаются и система химических веществ, как говорят физико-химики — равновесная система, вовсе не находится в состоянии покоя. Нет, реакции идут и при подвижном химическом равновесии, но только они противоположны одна другой, а скорости их протекания равны между собой. Такое положение сохраняется до тех пор, пока температура не изменится и не вызовет преобладания химических реакций в том или ином направлении в зависимости от понижения или повышения температуры.

Так, при температуре 400 градусов химическое равновесие наступит тогда, когда в системе химических веществ будет содержаться 1 процент (по объему) окиси углерода на 99 процентов углекислоты; при 500 градусах равновесие наступает при 5 процентах окиси углерода и 95 процентах углекислоты; при 600 градусах равновесие наступит, когда в результате химических реакций содержание окиси углерода поднимется до 23 процентов, а содержание углекислоты понизится до 77 процентов и так далее.

О чем говорят эти цифры? Предположим, что мы повышаем температуру с 400 градусов до 500. Тем самым мы вызовем реакцию образования окиси углерода, так как по закону подвижного химического равновесия при 500 градусах окиси углерода должно содержаться не 1 процент, как при 400 градусах, а 5 процентов. Но образование окиси углерода идет с поглощением тепла. Таким образом, повышая температуру, мы вызываем реакцию с поглощением тепла — вывод, как мы дальше убедимся, очень важный для сталевара.

Если мы понизим температуру с 500 до 400 градусов, мы тем самым положим начало реакции разложения окиси углерода на углекислоту и углерод. А это означает, что, понижая

Ле Шателье.

температуру, мы вызовем реакцию с выделением тепла. Она будет итти до тех пор, пока соотношение окиси углерода и углекислоты не достигнет прежней величины, то-есть 1 процент окиси углерода на 99 процентов углекислоты.

Нарушение химического равновесия в ряде случаев происходит не только в результате изменения температуры, но и при изменении концентрации углекислоты или окиси углерода.

В общем виде важнейший закон физической химии — закон подвижного химического равновесия — утверждает, что в химической равновесной системе при изменении одного из условий, влияющих на равновесие (например, температуры, концентрации), возникают превращения, которые приводят к такому результату, что если бы они возникали самостоятельно (без предварительного изменения условия), то вызвали бы изменение этого условия (температуры, концентрации) в обратном направлении.

Применение этого закона к объяснению процессов сталеварения должно было, казалось, помочь правильно понять превращения металла и научиться управлять ходом получения стали.

Но прежде надо было доказать, что закон подвижного химического равновесия, открытый учеными Ле Шателье и Вант-Гоффом, применим для случая выплавки металлов, то-есть что расплавленный металл, например, в бессемеровском конвентере представляет собой равновесное состояние веществ. Сделать это Грум-Гржимайло помогло не только знание теоретических законов, но и богатейшая производственная практика и многочисленные наблюдения за явлениями, которые происходят в конвертере или мартеновской печи на заводах.

Почему присутствующие в стали примеси, способные активно соединяться с кислородом, далеко не всегда отбирают весь кислород у закиси железа (Fe O), также растворенной в металле, и значительное количество неразложившейся закиси железа остается в стали даже после сравнительно продолжительного нагревания, портя металл? Очевидно, потому, рассуждал он, что физические (в частности, температурные) условия в этих случаях таковы, что содержание закиси железа не может

быть уменьшено — действует непреложный закон химического равновесия.

Но Грум-Гржимайло не раз наблюдал и обратное явление: достаточно было остудить металл, содержащий большое количество закиси железа, и это вещество быстро разлагалось, отдавая свой кислород кремнию, марганцу и другим примесям. Так могло происходить только потому, что в металле создавались физические условия, при которых для восстановления химического равновесия должно было уменьшиться количество закиси железа. В результате сталевар получал «здоровый» металл, так как действие закона подвижного химического равновесия совпадало в этом случае со стремлениями сталевара.

Чтобы получать металл, свободный от закиси железа, сталевары опытным путем научились в конце плавки прибавлять так называемые раскислители — вещества, способные отнимать кислород у закиси железа.

Сущность процесса раскисления также легко было объяснить с точки зрения закона подвижного химического равновесия. Прибавляя раскислители, сталевар увеличивал процентное содержание примесей в металле. В результате нарушалось химическое равновесие, устанавливавшееся между примесями и закисью железа, и, естественно, начиналась реакция разложения закиси железа.

Грум-Гржимайло видел и множество других фактов, убеждавших в том, что жидкий металл и шлак представляют собою случай подвижного химического равновесия — равновесную систему.

Вот сталевар сунул в расплавленный металл железный лом. Сталь «закипает», то-есть начинается более интенсивное, чем раньше, выделение газа — окиси углерода. Почему? Лом был покрыт окалиной (закись железа), она-то и нарушила установившееся прежде химическое равновесие. Через некоторое время металл «успокоится». Но стоит только снова помешать сталь тем же ломом, как она вновь забурлит.

Вот сталевар смешал разные слои металла, нарушив этим установившиеся местные равновесия и равновесие между верхним слоем металла и нижним слоем шлака. Это ускорило химические реакции. Они будут направлены к установлению химического равновесия при новых физических условиях, вызванных перемешиванием стали и шлака.

Однажды Грум-Гржимайло бросил в горло бессемеровского конвертера кусок руды. Был первый, спокойный, период продувки, однако металл в конвертере резко всплеснулся, так как началось интенсивное выделение окиси углерода. Почему? Ответ был ясен: руда обогатила шлак окислами железа, химическое равновесие между шлаком и металлом было резко

нарушено, и реакции, направленные к восстановлению равновесия, пошли также резко.

Все, что прежде было необъяснимым или недостаточно ясным, теперь, когда ученый подходил к каждому явлению с точки зрения закона подвижного химического равновесия, оказывалось понятным и строго закономерным.

Процессы сталеварения представлялись ему теперь непрерывной борьбой природы за сохранение химического равновесия между металлом и шлаком. Это равновесие, утверждал ученый, «...все время нами нарушается вследствие изменения состава ванны, изменения ее температурных условий, введения различных реактивов (кислород воздуха, руда, флюс, лом, чугун) и постоянно само собой восстанавливается, следуя принципу Ле Шателье».

Металл и шлак все время живут, говорил Грум-Гржимайло своим ученикам, надо научиться видеть эту жизнь и понимать ее принципы. Тогда можно учесть все, что способствует получению «здорового» металла, и все, что приводит к его порче. Сталевар должен научиться использовать закон подвижного равновесия в своих интересах.

Грум-Гржимайло пришлось выдержать серьезную борьбу, отстаивая правильность своего толкования закона подвижного химического равновесия, применительно к сталеварению. Он утверждал, что всякое приближение состояния расплавленной стали к условиям отвердевания равносильно ее охлаждению. Всякое удаление ее от этих условий равносильно нагреванию. Ему возражали, говоря, что он искажает принцип Ле Шателье, что нельзя считать равносильным охлаждению приближение металла к отвердеванию в результате выгорания углерода и повышения точки плавления. Ведь фактически температура не понижается.

Тогда для доказательства своей правоты ученый привел в споре со своими оппонентами такой пример.

— Представьте себе, — говорил он, — что я играю в мяч с мальчиком. Мы научились бросать мяч точно в руки друг другу и ловко подхватывать его. Но вот я нахожусь в мчащемся поезде, а мой партнер стоит около полотна железной дороги. Я бросаю мяч мальчику, но на этот раз партнеру не удается его поймать. Почему это происходит? Неужели законы инерции и свободного падения тел Ньютона перестали действовать или бросающий мяч забыл их? Нет, законы остаются действительными, бросающий мяч не забыл об их существовании. Ошибка его заключается в другом: он не учел скорости мчащегося поезда, не ввел в законы инерции и падения тел необходимых в данном случае поправок.

Так же рекомендовали поступать оппоненты в случае с при-

менением закона подвижного химического равновесия к стальной ванне. Незачем, говорили они, менять формулировки закона, незачем вводить поправки, требуемые особыми физическими и химическими условиями реторты или мартеновской печи. Надо применять закон так, как он написан.

Но поступать так нелепо. Разве поправка на скорость мчащегося поезда исказит законы Ньютона? Нет, они останутся незыблемыми. Введя поправку, мы лишь добьемся того, что мяч не будет пролетать мимо мальчика и мальчик сможет поймать его.

Расплавленная сталь в печи — стальная ванна — в термическом отношении случай, аналогичный мчащемуся поезду.

Химический состав этой ванны, находящейся в состоянии подвижного равновесия, утверждал Грум-Гржимайло, ежесекундно и непрерывно меняется от чугуна до химически чистого железа. Меняется по мере выгорания углерода и температура отвердевания ванны от 1150 до 1500 градусов. Поэтому ванна для поддержания ее в жидком виде должна непрерывно нагреваться. Это нагревание, однако, заметно только для наблюдателя, находящегося вне ванны, и совершенно незаметно для молекулы железа, находящейся внутри нее, так же как пассажиру поезда, в нем сидящему, незаметна скорость поезда. И тогда, когда примеси исчезли, эта молекула находилась и находится среди своих собратьев, накануне отвердевания, хотя температура повысилась до 1500 градусов.

Несмотря на колоссальную разницу температур, физическое состояние молекулы не меняется. Она в таком же термическом покое, как пассажир курьерского поезда в вагоне, несмотря на его бешеную скорость. Молекула только тогда «ощутит» изменение температуры, когда она будет нагрета или охлаждена сверх нормы приращения тепла, обусловленной изменением химического состава ванны. То же происходит и в поезде с пассажиром. Как бы быстро ни мчался поезд, пассажир не будет ощущать движения до тех пор, пока он не пойдет по вагону. Он может пойти в сторону паровоза, и тогда будет двигаться скорее поезда (аналогично приращению тепла с положительным знаком), или назад по вагону, и тогда будет двигаться медленнее поезда (аналогично уменьшению тепла).

«...Если молекула железа, — говорил ученый, — сверх обязательного приращения тепла, обусловленного изменением химического состава ванны, получает избыточное количество тепла, то мы получим ванну перегретую; если молекула получает меньше обязательного количества тепла, то мы получим стынущую ванну. В первом случае ванна не нуждается в тепле, во втором — она нуждается в тепле, чтобы не замерзнуть».

В этом и заключается та поправка, которую необходимо было внести в общую формулировку закона Ле Шателье. Только внеся эту поправку, сталевар мог правильно оценить состояние металла в конвертере или в мартеновской печи. Эта поправка, аналогичная поправке на скорость поезда, не извращает смысла принципа Ле Шателье, а развивает его применительно к реальным условиям стальной ванны.

Грум-Гржимайло говорил:

«Только усвоив понятие «ванны перегретой», «ванны стылой», усвоив законы Ле Шателье, что в перегретой ванне идут реакции с поглощением тепла, а в стылой — с выделением тепла, сталевар получает почву под ногами и понимает, что делается у него в печи».

Применение законов физической химии к сталеварению в конце XIX века объяснило многие непонятные явления и в самом деле как бы раскрыло глаза сталеварам.

Металлурги начали смело исследовать стальную ванну как равновесную систему. Почетное место среди металлургов-теоретиков заняли русские ученые. Грум-Гржимайло не был одинок. Талантливый ученый советский академик Александр Александрович Байков одно время работал в лаборатории Ле Шателье в Париже. Впоследствии А. А. Байков применил законы физической химии к металлургии, развил теорию металлургических процессов.

Закон подвижного химического равновесия в действии

Когда стало ясно, что принцип Ле Шателье вполне применим к процессам получения стали, что, только опираясь на этот закон физической химии, можно научиться строго научно управлять производством стали, ученые с новых позиций приступили к исследованию явлений, происходящих в бессемеровской реторте.

При продувке воздуха через металл в конвертере, рассуждали они, сначала окисляется железо, превращаясь в закись железа. Металл содержит три вещества, способных соединяться с кислородом закиси железа: кремний, марганец, углерод. Согласно законам физической химии, гореть (то-есть отнимать кислород у закиси железа) должны те элементы, окисление которых будет способствовать сохранению существующего равновесия. Вот почему в бессемеровском конвертере в каждый данный момент усиливаются одни реакции и ослабляются другие. Возникает очередность в раскислении закиси железа присутствующими в металле примесями. При высоких температурах пойдут реакции с поглощением тепла. Такой

реакцией является горение углерода. С понижением температуры более усиленно пойдут реакции с выделением тепла, то-есть начнут гореть кремний и марганец.

Выгорание углерода во время продувки воздуха через конвертер приводит к тому, что металл становится все более тугоплавким. Хотя температура при этом не падает, но состояние металла приближается к состоянию затвердевания. Таким образом, можно сказать, что металл, с точки зрения физических законов, становится все более холодным. Но если это так, то по законам физической химии в остывающем веществе должны возникнуть реакции, препятствующие остыванию, стремящиеся сохранить прежнее равновесие, то-есть реакции с выделением тепла, идущие при пониженной температуре.

Знание закона подвижного химического равновесия помогает понять сложные, неожиданные и противоречивые явления происходящей в металле борьбы примесей за кислород закиси железа.

Если бы, например, температура металла в конвертере оставалась постоянной, то в результате выгорания углерода металл постепенно приближался бы к состоянию затвердевания, так как температура плавления чистого железа значительно выше температуры плавления чугуна. Естественно, что к концу процесса наиболее интенсивно шло бы выгорание кремния, как реакция, сопровождающаяся выделением тепла и, следовательно, направленная на сохранение равновесия, нарушаемого выгоранием углерода. При этом в металле всякий раз уничтожалась бы закись железа, потому что кремний отнимал бы у нее кислород.

Однако на практике нередко получается, что в стали все же оказывается большое количество закиси железа и металл приходится вновь переплавлять. Чем это объяснить?

Причину неудачи можно понять (а поняв, избежать), если изучить явления, происходящие при получении стали, во всей их сложности. Законы физической химии оказывают в этом отношении неоценимую помощь.

Ведь на практике чугун в реторте не сохраняет одинаковой температуры, как мы только что предположили, чтобы яснее понять происходящие явления. В начале продувки температура чугуна обычно ниже, чем в дальнейшем ходе процесса. Поэтому в начальный период загорается кремний. Он будет активно отнимать кислород у закиси железа.

Но вот температура чугуна в результате продувки возросла. Она может быть повышена настолько, что, даже несмотря на увеличение тугоплавкости металла (в результате выгорания углерода) и приближения его к состоянию отвердевания, металл все же окажется перегретым, то-есть получит больше теп-

ла, чем это обусловлено изменением его химического состава. Равновесие нарушится. С этого момента, согласно закону подвижного химического равновесия, кремний начнет гореть более вяло, так как в действие должны вступить реакции с поглощением тепла. При дальнейшем повышении температуры, по законам физической химии, может возникнуть обратная реакция — восстановление кремния: железо будет отбирать кислород не только от воздуха, но и от окислившегося кремния. В этом случае количество закиси железа в металле не будет уменьшаться и даже не останется на одном уровне, а начнет увеличиваться. Вот почему сталевар получает при перегреве испорченный металл.

Этот вывод — блестящий пример того, как мысль человека, вооруженная правильной теорией, может проникнуть в самые сокровенные тайны превращений веществ, происходящих при очень высоких температурах, когда затруднены всевозможного рода измерения и опытные исследования.

А как сгорает в металле марганец? Какую роль с точки зрения физико-химика играет эта реакция в процессе производства стали?

Марганец, соединяясь с кислородом, иными словами, сгорая, выделяет меньше тепла, чем кремний. Поэтому в первый период продувки, когда чугун еще недостаточно нагрет, реакция окисления марганца развивается значительно слабее, чем реакция окисления кремния. Когда металл перегреется, условия для горения марганца также неблагоприятны; в этот момент пойдут химические превращения, направленные на сохранение равновесия: реакция с поглощением тепла — разложение закиси железа с помощью углерода.

Вот почему обычно некоторое количество марганца сохраняется в металле до заключительного периода продувки, когда горение его начинает играть важную роль. В самом деле, ведь если бы марганец к этому времени весь выгорел, то по закону химического равновесия должна была бы развиться какая-либо другая реакция, поддерживающая в жидком состоянии уже обезуглероженный и потому тугоплавкий, то-есть холодеющий, металл. Такой реакцией могло бы быть лишь горение железа, так как кремния и марганца больше нет. А результатом этой реакции было бы появление в металле большого количества закиси железа, что в конечном счете испортило бы металл.

Углерод выгорает преимущественно во второй период, когда в результате реакции соединения кремния с кислородом закиси железа металл уже перегрет. Но при этом из-за уменьшения содержания углерода в металле тугоплавкость металла повышается (ведь чугун, то-есть сплав железа и углерода,

плавится при 1130 градусах, а железо — при 1535 градусах). Этим, как мы уже говорили, металл приближается к состоянию отвердевания, то-есть охлаждения, хотя температура его может быть сравнительно высокой. Состояние же охлаждения, согласно закону химического равновесия, вновь вызывает реакции, дающие ванне тепло, то-есть возобновление горения остатков кремния и главным образом марганца.

Объяснение процесса выгорания примесей в соответствии с принципом Ле Шателье и есть теория бессемерования, разработанная целым рядом металлургов. Вся эта теория построена на перефразированном законе подвижного химического равновесия. Грум-Гржимайло, например, так изложил принцип Ле Шателье применительно к сталеварению: когда ванна холодная и нуждается в тепле — идут реакции, выделяющие тепло; когда ванна перегрета — идут реакции с наименьшим тепловым эффектом.

В этом и заключается суть теории получения стали.

Удаление фосфора

С позиций физической химии удалось объяснить и явления, возникавшие в конвертере англичанина Джилькриста Томаса, который через несколько лет после Бессемера предложил способ переплавки в сталь чугунов, содержащих фосфор.

Фосфор — один из самых коварных врагов металлурга. Присутствие фосфора в металле, как мы уже говорили, делает сталь хладноломкой и потому непригодной для технического употребления. В доменной печи бороться с этой вредной примесью пока не удается. Весь фосфор, присутствующий в руде, переходит в чугун. Такой металл нельзя перерабатывать в конвертере Бессемера, так как фосфор, не в пример другим примесям, выжечь невозможно.

Для получения стали без фосфора надо было переплавлять в домнах руду, лишенную этой примеси. Но не всюду можно найти такие руды. Залежи их имеются в СССР, Англии, Америке, Испании. Но в Германии, Бельгии и других странах почти все руды загрязнены фосфором. Понятно, что в этих странах бессемеровская реторта не могла быть широко применена. Многие ученые — металлурги, химики, физики — были заняты поисками такого способа выплавки стали, который помог бы освобождать металл от фосфора. Но поиски эти кончались неудачами и даже авариями.

Сам Бессемер также искал способ удаления фосфора, но успеха так и не достиг.

Особенно упорно стремился решить эту задачу английский металлург Белл. Начиная свои опыты, он рассуждал так: при старом способе получения стали — в пудлинговой печи — фосфор можно было удалить: большая часть его переходила в шлак, богатый окислами железа. Белл решил добиться того, чтобы шлаки в бессемеровской реторте стали в большей мере железистыми. Для этого он постарался продлить последний период бессемерования, с тем чтобы после выгорания кремния и марганца за счет кислорода закиси железа кислород продуваемого воздуха окислял железо.

Результат был неожиданным: вместо того чтобы отбирать фосфор от металла, окислы железа, в изобилии появившиеся в шлаке, стали разъедать кремнеземную набойку (то-есть огнеупорную «одежду» реторты, выстилающую изнутри ее дно и стенки). Это произошло потому, что окислы железа принадлежат к группе так называемых основных веществ, вступающих в активное химическое взаимодействие с кислотными веществами, к которым относится кремний набойки. Набойка реторты сильно разрушалась, а закись железа, растворяясь в металле, к концу опыта сделала сталь совершенно непригодной для технических целей. Но самая главная неудача заключалась в том, что весь фосфор так и остался в металле.

Шлак, полученный Беллом, резко отличался по своему химическому составу от пудлинговых шлаков — в нем было очень много окислов кремния. Металлурги, следившие за опытами Белла, сделали вывод, что большое количество кремнекислоты в шлаке является основной причиной неудачи: кремнекислота препятствует переходу фосфора в шлак.

Но изобретатель все еще не терял надежды получить чистый металл путем увеличения количества окислов железа в бессемеровской реторте, то-есть путем превращения шлаков в более основные.

Белл влил в конвертер расплавленную железную руду (окислы железа). Однако в ходе этого опыта из-за резких изменений химических и физических условий, вызванных вливанием расплавленной руды, произошел взрыв, и все содержимое реторты было выброшено наружу.

Казалось, неудача была полной. Но опыты Белла хотя и окончились неудачей, все-таки принесли немало пользы: стало ясно, в каком направлении следует вести дальнейшие поиски.

— Надо соорудить такой конвертер, — рассуждали ученые, — футеровка, «одежда» которого не разрушалась бы железистыми шлаками. Тогда можно будет искусственно увеличить содержание окислов железа в шлаке, приблизить его состав к шлаку пудлинговой печи.

Ученые начали исследовать состав металла и шлака, получаемых в пудлинговой печи. Вскоре была установлена интересная закономерность. Если в шлаке присутствовало много кремнекислоты (SiO_2), то в металле оставалось значительное количество фосфора. Когда же получался шлак с малым количеством кремнекислоты, почти весь фосфор — $^7/_8$ его количества — переходил в шлак, и металл очищался от нежелательной примеси.

Вывод был ясен: надо добиваться, чтобы в шлаке конвертера содержалось как можно меньше кремнекислоты и как можно больше окислов железа.

Так металлурги пришли к правильному пониманию теоретической стороны дела. До практического же осуществления этих выводов было еще далеко.

Решение задачи стало бы совсем простым, если бы для бессемеровского конвертера можно было изготовить «одежду» из того материала, которым был выстлан под пудлинговой печи. Но разгадав причину удаления фосфора в пудлинговой печи, изобретатели оказались перед новой трудностью: железистая набойка, вполне применимая для пудлинговой печи, в которой развивалась сравнительно невысокая температура, не могла выдержать большого нагрева в бессемеровской реторте.

Вскоре теоретическим путем металлурги пришли к выводу, что материалом для набойки конвертера могли бы служить «основные» вещества — доломит или магнезит.

В современных сталеплавильных печах успешно применяются эти два материала. Однако в то время никто еще не пробовал использовать их.

Англичанин Томас в течение семи лет с невероятным упорством производил опыты, стремясь отделить фосфор от металла с помощью железистых шлаков, как рекомендовала часть металлургов.

Успех пришел к изобретателю после того, как ему удалось изготовить надежную доломитовую набойку. Он обжег доломит, смешанный с каменноугольной смолой. Рецепт приготовления массы для набойки из доломита и смолы также не принадлежал самому изобретателю. Томас воспользовался советом известного химика Рилея. Таким образом, изобретатель обобщил ряд высказываний и теоретических положений, разработанных несколькими учеными и инженерами. Это ограничивает роль Томаса в изобретении нового способа производства стали и одновременно говорит о возросшей силе человеческого разума, о возникновении строго научной теории металлургии, делающейся все более надежной помощницей практиков. В 1877 году Томас взял патент на изобретение способа изго-

товления бесфосфористой стали из фосфористых чугунов в конвертере Бессемера.

Явления, происходящие при томасировании (процесс был назван по имени Томаса), ученые начали оценивать так же, как случай проявления закона подвижного химического равновесия в равновесной системе.

Попытки вести реакцию окисления фосфора в бессемеровской реторте с набойкой, содержащей кремний, и не могли увенчаться успехом. Кислород охотнее, чем с фосфором, вступает в соединение с железом и кремнием, образуя так называемые силикаты железа. Даже в том случае, когда фосфор все-таки окисляется и попадает в шлак в виде соединения с кислородом, он вновь восстанавливается силикатами железа и вытесняется в металл. Надо было найти вещество, с которым окисленный фосфор вступал бы в прочное химическое соединение и, таким образом, переходил бы из металла в шлак. Таким веществом оказалась известь.

Так же, как и в бессемеровском процессе, при томасировании первичной реакцией является горение железа и образование закиси железа. Растворяясь в металле, это вещество служит передатчиком кислорода от быстро проходящего сквозь металл воздуха примесям чугуна.

Порядок вторичных реакций, порядок горения примесей, и при томасировании определяется действием закона подвижного химического равновесия. Вначале, когда горячий чугун выливается на холодную известь и начинает стынуть, развиваются реакции, сопровождающиеся выделением тепла (окисление кремния и марганца).

Фосфор в это время не будет соединяться с кислородом, так как без участия извести (она еще холодная и в химические реакции не вступает) реакция его горения дает значительно меньше тепла, чем окисление кремния и марганца.

Как только в результате этих реакций металл нагреется, начинается выгорание углерода.

Температура металла все время повышается. И только теперь, в третий период томасирования, начинается выгорание фосфора.

Почему так происходит?

Потеряв углерод, металл становится более тугоплавким и, несмотря на повышение температуры, вызванное горением кремния, марганца и углерода, по своему физическому состоянию приближается к отвердеванию. При реакции же горения фосфора, соединившегося с известью, выделяется огромное количество тепла. Именно такая реакция и нужна в данный момент для установления равновесия, нарушенного в результате обезуглероживания железа.

Новый процесс производства стали получил сразу же большое развитие в ряде стран, и особенно в Германии, обладающей значительным запасом фосфористых руд.

Казалось, техника и технология получения стали достигли небывалого развития. Металлурги научились перерабатывать в сталь огромное количество чугуна. Ни сера, ни фосфор не были больше страшны. Теория играла все большую роль в производстве металла, и сталевары теперь понимали и могли направлять процессы, происходящие в бессемеровских и томасовских ретортах. И все-таки и бессемерование и томасирование начали постепенно уступать свое место производству стали в мартеновских печах.

В Советском Союзе бессемеровские реторты работают на уральском Чусовском заводе и на украинских: имени Дзержинского, имени Петровского, Енакиевском, Криворожском. На двух из этих заводов — Чусовском и Енакиевском — сталь, полученная в конвертерах, «доводится» в мартеновских печах. При этом способе производительность мартеновской печи возрастает в два с половиной раза.

Чем же объясняется сравнительно неширокое до последнего времени распространение у нас бессемерования?

Бессемеровская сталь дешева, но до сих пор в конвертере нельзя было получить металл высокого качества. Сталь насыщалась азотом, пузырьками воздуха, это резко ухудшало ее свойства.

Но в последнее время положение дел резко изменилось. Применив в конвертере кислородное дутье, металлурги получили возможность уменьшить содержание азота в металле. Удается также избавить металл, полученный в конвертере, и от других вредных примесей. В результате теперь оказалось, что производить углеродистую сталь в конвертерах значительно выгоднее, чем в мартеновских печах. В соединении с другим новшеством — непрерывной разливкой стали (о ней будет рассказано дальше) — производство металла в конвертерах даст снижение капитальных затрат на тонну выплавленной стали не менее чем на 30—35 процентов по сравнению с мартеновскими цехами.

В шестой пятилетке производство стали в конвертерах будет широко применяться на новых заводах.

«Конвейер» реакций в мартеновской печи

В мартеновской печи в ходе выплавки стали из чугуна возникает цепь химических реакций, своеобразный «конвейер» превращений веществ. Разобраться в этих превращениях, на-

учиться управлять ходом плавки также помогло металлургам знание закона физической химии — закона подвижного химического равновесия.

Когда в печь заложен стальной и чугунный лом (скрап) и топливо загорелось, начинается первый период плавки — расплавление лома. Нагревание металлического лома пламенем в присутствии кислорода приводит к окислению железа, то-есть к образованию закиси железа, а затем к ее расплавлению. Уже в этот первый период идет также и окисление примесей металла: кремния, марганца, углерода. Окислы этих веществ дают шлак, который постепенно покрывает расплавленный металл.

Чем скорее удастся расплавить скрап, тем меньше сгорит топлива и, следовательно, тем дешевле будет сталь. Поэтому сталевар стремится развить в печи как можно более высокую температуру, тем более, что печь в первый период еще недостаточно нагрета и можно не опасаться, что кладка ее свода оплавится.

Когда весь скрап расплавлен, шлак покрывает жидкий металл ровным слоем. Передача тепла от пламени металлу происходит довольно сложным путем. Бо́льшая часть тепла сначала попадает на свод печи и затем уже, отражаясь от огнеупорной кладки, более или менее равномерным тепловым потоком устремляется вниз на шлак. Потому-то мартеновские печи и носят название пламенно-отражательных.

Шлак плохо проводит тепло. Но во время «кипа» шлаковое «одеяло» во многих местах пронизывается струйками газов, и тепло лучше проникает к металлу.

Процесс окисления примесей металла должен продолжаться и после того, как металл покроется шлаком, иначе невозможно было бы получить сталь нужного качества. На практике так и происходит: расплавленный металл со шлаком, плавающим поверх него, подвергается дальнейшему очищению от кремния, марганца и углерода.

Но каким образом окисляются примеси в металле, казалось бы предохраненном слоем шлака от воздействия воздуха?

Знать это очень важно. Поняв «механизм» окисления металла под слоем шлака, можно найти способы управлять течением этого процесса.

Прежде всего надо выяснить, откуда берется кислород в печи. Ведь в пламени, нагревающем ванну, не так уж много кислорода — всего два процента (по объему).

Если зажечь лучину и поднести ее к нижней части заслонки печи, пламя лучины будет втягиваться в щель между заслонкой и огнеупорной кладкой. Значит, здесь в печь поступает воздух. В верхней же части заслонки воздух не только не «течет»

внутрь печи, но, наоборот, из щелей выбивается пламя горящего в печи топлива.

Если заглянуть через щели в печь, можно увидеть, как между пламенем и поверхностью шлака образуется тонкий слой прозрачного воздуха. Это явление вполне объяснимо: холодный воздух гораздо тяжелее образующихся в печи газов и поэтому растекается по поверхности шлака. Вот откуда в печь все время притекает кислород — из холодного наружного воздуха. Значит, шлак все время подвергается воздействию кислорода воздуха.

В шлак входят соединения кремния с железом и марганцем и соединение фосфора с известью и кислородом. Кислород воздуха, притекающий в печь, разлагает соединения кремния с железом и марганцем и сам соединяется с этими элементами. Образуются высшие окислы кремния, железа и марганца, то-есть окислы, содержащие большие доли кислорода.

В пудлинговой печи в этот момент вступал в действие лом сталевара, перемешивавший шлак с чугуном. В результате кислород передавался от окислов кремния, марганца и железа металлу. В мартеновской печи перенос кислорода выполняют «сами» молекулы веществ, находящихся в шлаке. Жидкости или газы всегда стремятся проникнуть в окружающую их массу вещества, разойтись по ней. Высшие окислы марганца и железа, подобно дыму в комнате или капле чернил в стакане с водой, расходятся по всей толще шлака. Достигнув, наконец, поверхности металла, эти вещества передают часть своего кислорода железу, находящемуся в металле, — образуется закись железа. Затем начинается процесс «передачи» кислорода от закиси железа, растворяющейся в металле, его примесям: марганцу, углероду, кремнию, фосфору и сере.

Освобожденные от части кислорода окислы кремния, железа и марганца снова будут стремиться разойтись в толще шлака и достигнут его поверхности, где присоединят к себе новые порции кислорода.

Движение этих невидимых помощников сталевара — «переносчиков» кислорода — становится все быстрее и быстрее благодаря одному очень важному для плавки сталй явлению.

Окисленный углерод — окись углерода — выделяется из металла в виде пузырьков и перемешивает как шлак, так и металл, тем самым убыстряя работу «переносчиков» кислорода. Кроме того, ускоряется движение закиси железа в толще металла, что способствует лучшему окислению примесей чугуна.

Между процессом захвата кислорода воздуха веществами, растворенными в шлаке, и процессом передачи этого кислорода металлу устанавливается подвижное химическое равновесие.

Реакции образования высших окислов железа и марганца при взаимодействии шлака с кислородом воздуха и последующая реакция передачи части кислорода этих окислов металлу (то-есть образования закиси железа) идут с выделением тепла. Поэтому, согласно закону подвижного химического равновесия, передача кислорода воздуха металлу пойдет лучше в остывающем металле, а в нагревающемся — хуже.

Важный вывод для сталевара! Теперь ясно, почему в плохо прогретом металле оказывается много вредной закиси железа: возникновение этого вещества легче идет в остывающем металле, и иначе быть не может, так как это химическое явление диктуется объективно существующим законом природы.

В соответствии с тем же законом в холодном металле начинаются прежде всего реакции окисления кремния, марганца и фосфора (в том случае, если созданы подходящие для окисления фосфора условия), идущие с выделением тепла.

Реакция окисления углерода протекает с поглощением тепла. Это значит, что окисление углерода чугуна в мартеновской печи особенно активно пойдет в сильно нагретом металле. В то же время при высокой температуре замедлятся реакции окисления железа, и металл будет получать меньше закиси железа, а углерод начнет более усиленно соединяться с кислородом закиси железа. Оба эти процесса приведут к резкому уменьшению закиси железа в металле.

Второй важнейший вывод! Рассматривая процессы, происходящие в мартеновской печи, с позиций закона подвижного химического равновесия, сталевар получает возможность командовать печью, управлять ходом реакций, производя дешевый и высококачественный металл нужного химического состава. Становится совершенно ясным, что для получения «здоровой» стали надо увеличить температуру в конце плавки.

Таким образом, когда ванна холодная — горят примеси, окисление которых происходит с выделением тепла (кремний, марганец, фосфор); когда ванна горячая — горит углерод.

Это не что иное, как знакомый нам перефразированный Грум-Гржимайло в применении к сталеварению принцип Ле Шателье.

Есть несколько способов получения стали в мартеновских печах. В печах с подом, изготовленным из материалов, которые помогают удалению фосфора (основных), применяются два способа: скрап-процесс и скрап-рудный процесс.

При скрап-процессе перерабатывается главным образом стальной лом (скрап). Чугун добавляется лишь для того, чтобы получить сталь нужного состава и свойств. Скрап-процесс применяется на тех заводах, где нет доменных печей, но имеется много стальных отходов производства.

Наиболее выгодным и потому наиболее распространенным является скрап-рудный процесс. Он применяется на крупных заводах с полным металлургическим циклом (чугун—сталь—прокат). Если в печь влить большое количество чугуна, то окисление примесей металла только за счет кислорода пламени (так обстоит дело при скрап-процессе) затянется на продолжительное время. Поэтому металлурги нашли дополнительный способ окисления примесей чугуна при помощи руды.

Перед началом плавки на подину заваливают руду, затем известняк, еще раз руду и, наконец, мелкий и крупный железный лом. После полутора- или двухчасового прогрева шихты в печь заливается из ковша жидкий чугун. Прогрев нужен для того, чтобы холодная шихта не понижала температуру ванны и этим не уменьшала производительности печи. Принцип предварительного подогрева руды — изобретение русских металлургов братьев Горяиновых.

В мартеновских печах, поды которых изготовлены из так называемых кислых материалов (содержащих 95—97 процентов кремнезема), применяется кислый мартеновский процесс.

В кислых мартеновских печах, благодаря особенностям химического состава их пода, к концу плавки можно получить металл, содержащий очень мало закиси железа, а это важно для улучшения качества стали. Кроме того, в кислых печах можно добиться значительного выделения из металла вредных газов, что еще более повышает качество стали. Однако в таких печах нельзя перерабатывать чугун с повышенным содержанием серы и фосфора.

Борьба за качество стали

Во все времена при всех способах получения стали сталеварам приходилось вести борьбу с фосфором, серой, закисью железа, с газовыми и другими неметаллическими включениями. Первые сталевары вели эту борьбу вслепую, на ощупь, на собственном горьком опыте убеждаясь в отрицательном влиянии вредных примесей на качество металла и путем долгих поисков находя способы их устранения. Также на собственном опыте сталевары видели, что некоторые примеси — углерод и ряд металлов — могут улучшить сталь.

С течением времени ученые научились объяснять причины благотворного или вредного влияния тех или иных веществ, присутствующих в металле. А металлурги, поняв, в чем корни того или иного положительного или отрицательного качества металла, постепенно стали находить способы устранения не-

желательных примесей и создавать все более точную рецептуру металла.

Значительную роль в получении высококачественной стали сыграли ученые нашей Родины.

Каким образом, какими путями попадают в металл портящие его неметаллические включения?

Один из основоположников теории металлургических процессов, выдающийся советский ученый А. А. Байков указал на три источника неметаллических включений в стали. Прежде всего, различные неметаллические вещества — закись железа, сернистое железо, кремнезем, закись марганца — способны растворяться в расплавленной стали. А когда металл охлаждается, эти вещества выделяются из него и остаются в его массе в виде неметаллических включений.

Кроме того, такие включения могут образоваться при химических реакциях между неметаллическими веществами, в результате которых возникают нерастворимые в металле соединения.

И, наконец, третьим источником включений служат частицы огнеупорных материалов, попадающие в сталь в печи, в желобах, в ковше.

А. А. Байков считает, что неметаллические включения представляют собой, по существу, трещины в металле, заполненные инородным веществом и ухудшающие его механические качества.

Одним из таких неметаллических включений является сера. Эта вредная примесь попадает в чугун и в сталь из кокса, мазута, газа, руды. В стали сера присутствует в виде соединений с марганцем или железом (сернистый марганец и сернистое железо) или в других соединениях.

Сернистое железо образует в мартеновской печи сплав с железом, который имеет значительно более низкую, чем железо, температуру плавления. Когда сталь застывает, сплав сернистого железа с железом все еще находится в жидком состоянии и располагается вокруг зерен затвердевшей стали, обволакивая их тончайшим слоем и отделяя одно от другого.

Для прокатки сталь нагревают до температуры 1150—1200 градусов. А сплав сернистого железа с железом, охватывающий в виде пленок кристаллические зерна стали, плавится (размягчается) уже при температуре в 985 градусов. В результате связь между отдельными зернами металла нарушается, и в прокатываемой заготовке образуются трещины в местах, где расположились пленки легкоплавкого сплава сернистого железа с железом. Прокатчики говорят тогда: «Сталевары выдали нам красноломкую сталь».

Если же сера входит в сталь в виде некоторого количества

сернистого марганца, вредное действие ее уменьшается. Сернистый марганец плавится при более высокой температуре, чем металл, и в результате при застывании стали первым переходит в твердое состояние, оказываясь не снаружи кристаллических зерен металла, а внутри них. Такой металл не будет красноломким.

А. А. Байков.

Металлурги научились вести борьбу с серой. Они установили, что если сернистое железо легко растворяется в стали, то сернистый марганец этим свойством не обладает; кроме того, он легок и потому быстро всплывает в шлак. Стало ясно, что серу надо удалять в шлак с помощью марганца, создавая необходимые условия для наиболее успешного течения реакции соединения марганца с серой.

В перегретом металле сера, согласно закону подвижного химического равновесия, находится в соединении с железом, так как соединение этих элементов происходит с поглощением тепла; реакция же, при которой марганец отбирает серу от сернистого железа (нужная для сталевара), идет с выделением тепла, и потому для наиболее благоприятного ее течения необходима пониженная, а не повышенная температура металла. Вот почему сера легко переходит в шлак при перевозке чугуна в ковшах от домен к мартеновским печам, а также в миксере.

В большинстве случаев вредное влияние оказывают на сталь примеси азота, водорода и некоторых других веществ.

Д. К. Чернов еще в 1878 году обнаружил, что с охлаждением металла понижается растворимость газов. Выделяясь в остывающей стали, газы создают внутри нее пузыри, иногда вспучивают, разрыхляют слиток.

Советские металлурги установили, что в начале остывания выделяется в основном окись углерода, а в конце — водород и азот. Так узнали, какие газы создают дефекты в слитке.

Кислород, находящийся в металле главным образом в виде соединения с железом — закиси железа, делает сталь одновременно и хладноломкой (как фосфор).

Металл с большим содержанием кислорода сталевары называют горелым или пережженным.

В современном производстве стали закись железа удаляется в конце плавки путем добавления в нее веществ, жадно соединяющихся с кислородом и потому способных отнять его у закиси железа. К этим веществам предъявляется еще одно требование: они в соединении с кислородом должны плохо растворяться в металле, быстро выделяться в шлак. Операция удаления кислорода из стали называется раскислением, а вещества, добавляемые в металл для его раскисления (например, марганец, кремний, алюминий), — раскислителями. Явления, возникающие при раскислении, во многом были объяснены академиком А. А. Байковым еще в 1914 году. Его исследования позволили шире применить законы физической химии к процессам производства стали.

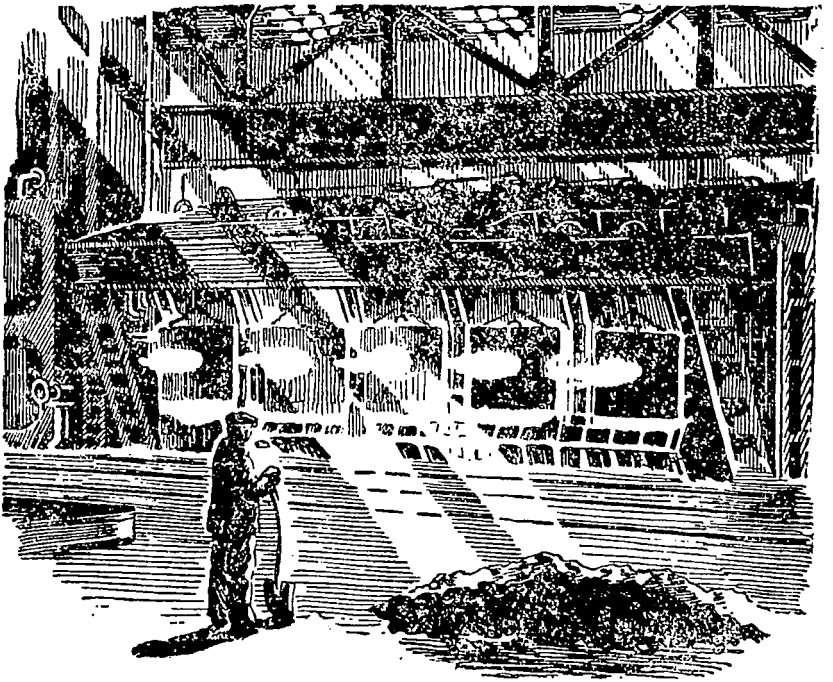
На современных заводах можно наблюдать раскисление стали в конце плавки. Раскислители вводятся в печь, когда сталь уже почти готова, или добавляются в ковш, наполненный только что выданной из печи сталью.

Но сталевар, в совершенстве владеющий приемами варки стали в мартеновской печи, может так управлять самим ходом процесса, что к моменту окончания плавки получит металл с небольшим содержанием закиси железа. Возможность раскислять сталь в самом процессе ее варки в мартеновской печи — еще одно крупное преимущество мартеновского способа получения стали перед бессемерованием. В конвертере повлиять на ход раскисления стали в момент выгорания примесей труднее из-за быстроты реакций. Там приходится принимать специальные меры для устранения закиси железа — раскислять сталь.

Для очищения металла от фосфора необходима, как мы уже знаем, известь. Вступая в химическое взаимодействие с этим веществом, фосфор дает очень прочное соединение (основную фосфорно-кальциевую соль) и обратно в металл не переходит. Достаточное количество извести в шихте — важнейшее условие избавления стали от фосфора.

Академик М. А. Павлов изучил анализы шлаков разных заводов, как русских, так и зарубежных, и свел данные этих анализов в таблицу. Оказалось, что конечные шлаки заводов содержат вполне определенное, почти одинаковое количество окисленного кремния и окисленного марганца. Сумма этих веществ в шлаке всюду составляла около 25 процентов. Если бы эта сумма была более 25 процентов, известь не смогла бы связать весь кремний и фосфор в известковые соли кремниевой и фосфорной кислот.

«Но каким же образом заводы пришли к такому удачному составу шлаков? — спрашивали себя ученые. — Ведь анализ шлаков на заводах в прежнее время почти не делался».

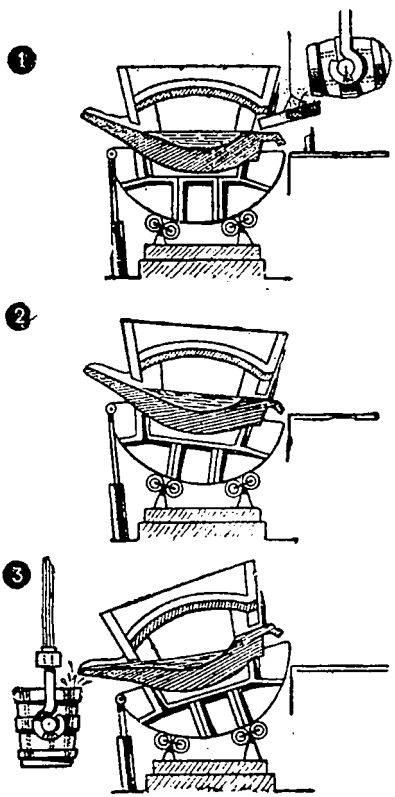


Качающаяся мартеновская печь «Азовстали».

Сталеварами руководил их опыт работы у печей. Было установлено, что когда в печи образовывались кислые шлаки, то-есть шлаки, содержащие много кремния, они начинали вступать в химическую реакцию с основными материалами откосов печи. После выпуска шлака на откосах печи там, где с ними соприкасался кислый шлак, оставалась разъеденная полоска. Но стоило добавить в шихту извести (сделать шлаки более основными), как разрушение печи прекращалось. Так, не понимая еще всех особенностей процесса удаления фосфора из металла, сталевары в своем стремлении избежать разъедания откосов, пришли к наиболее выгодным шлакам.

Это совпадение состава шлаков многих заводов помогло М. А. Павлову и другим ученым установить, каким должен быть состав шихты, чтобы получились шлаки, наиболее выгодные для удаления вредной примеси — фосфора.

Дальнейшие исследования показали, что увеличение содержания извести в шлаке не должно переходить определенного предела (50 процентов), иначе шлаки становятся слишком густыми, плохо проводят тепло и затрудняют ход плавки.



Качающаяся мартеновская печь. Момент заливки чугуна (1), выпуска шлака (2), выдачи стали (3).

На заводе «Азовсталь» перерабатываются в чугун фосфористые керченские руды. Как мы уже знаем, удалить фосфор в доменной печи невозможно. Весь фосфор из руды переходит в чугун, и от него избавляются уже в мартеновских цехах.

Главная линия «конвейера» мартеновских цехов «Азовстали» выглядит необычно: она состоит из качающихся сталеплавильных печей. Шлак, отбирающий от металла фосфор, нужно удалить в процессе плавки. Вот почему печи, в которых перерабатывается фосфористый чугун, устроены так, что их можно накренить в сторону завалочных окон и слить в ковш плавающий поверх металла шлак.

Тому, кто ни разу не видел качающихся печей, трудно даже представить себе, как это можно накренить огромное сооружение, вмещающее 300—350 тонн стали. И тем не менее мартеновская печь с бушующим внутри нее пламенем с удивительной легкостью плавно наклоняется, сливая шлак.

Огнеупорная кладка качающихся печей «Азовстали» выложена в массивном стальном каркасе, многие части которого охлаждаются водой. Печь, подобно миксеру, покоится на полукруглых опорах, катающихся по роликам. Соединенная с корпусом печи штанга при помощи мотора то поднимается, наклоняя печь, то опускается, возвращая сооружение в нормальное положение.

Регенеративные насадки печей стоят неподвижно. Топливо подводится от них к отверстиям в торцовых частях печи.

Фосфористые мартеновские шлаки «Азовстали» являются прекрасным удобрением. Вот почему мартеновские цехи этого завода получают план не только на выпуск стали, но и на получение фосфористых шлаков необходимого качества.

Глава четвертая

ЭЛЕКТРОСТАЛЬ

«Вторая Магнитка»

Есть еще один способ производства стали. Полученный этим способом металл называется электросталью.

Слово «электросталь» кажется необычным, загадочным. Электрическая сталь — что же это такое?

Электросталь — металл, выплавленный в электрических печах. Далеко не все заводы имеют печи, в которых источником тепла служат электрическая дуга или индукционные токи. Нет их и на Магнитогорском комбинате. Так выплавляются только стали особенно высокого качества.

Инженеры подсчитали, что автомобиль, построенный из стали, которую производили в 1900 году, не смог бы двигаться: он был бы слишком громоздким и тяжелым. Для того чтобы создать машину необходимой прочности, пришлось бы затратить слишком много металла, потому что качество стали тогда было несравненно хуже.

Реактивный самолет, изготовленный из металла 1900 года, не смог бы взлететь; турбину в 100 тысяч киловатт нельзя было бы заставить работать.

В 1900 году в распоряжении строителей паровозов — этой наиболее сложной для того времени машины — имелось всего 10 марок стали и цветных металлов. Для постройки же современного автомобиля используется около 100 различных марок стали и сплавов цветных металлов, а для создания самолета — 300 марок стали и сплавов.

Достижения науки и техники в области выплавки стали высокого качества и ее термической обработки позволили сделать детали машин и конструкций во много раз легче. Для стали массовых марок предельная нагрузка составляет 50 килограммов на квадратный миллиметр. Но стоит только подвергнуть ту же сталь термической обработке, как допустимая нагрузка возрастает до 200 килограммов на квадратный миллиметр. Это означает, что металлическую конструкцию для какого-либо сооружения из термически обработанной стали можно сделать в четыре раза легче.

Наш век — век высококачественной стали. Без нее было бы просто невозможно развитие промышленности. Современные марки стали должны обладать самыми различными качествами. Для двигателей реактивных самолетов нужна сталь, способная сохранять прочность при высоких температурах. Рельсы прокатываются из металла, выдерживающего требуе-

мые ударные нагрузки. Для электротехнической промышленности металлурги создают специальные марки стали, обладающие значительными магнитными свойствами или почти вовсе лишенные их. Для атомных котлов нужен металл с наибольшей магнитопроводностью. Во многих отраслях техники достигнуть совершенных конструкций машин оказалось возможно только после изобретения нержавеющей стали. Создание особо твердых сплавов позволило добиться большого прогресса в машиностроении, так как появилась возможность вести скоростную обработку металла резанием.

Многие из этих замечательных марок стали плавятся в электропечах.

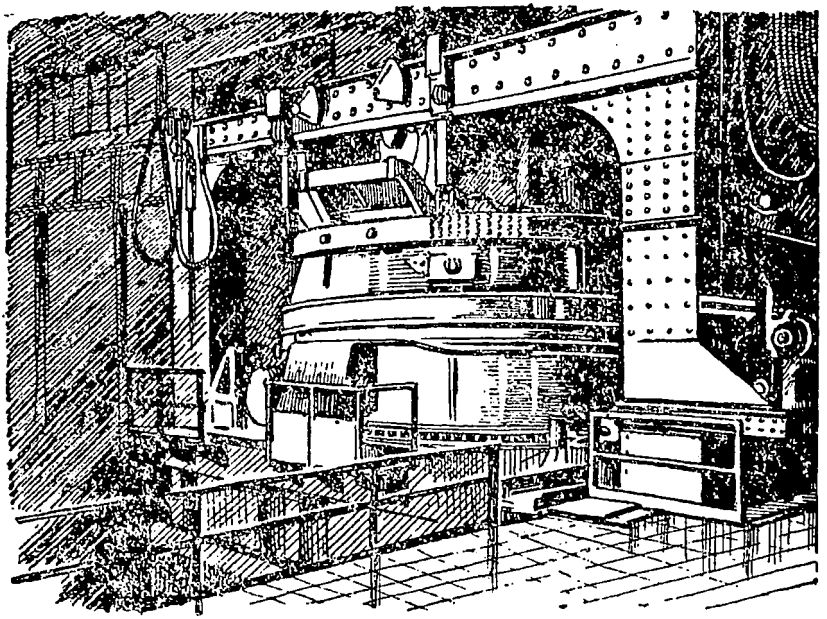
Но попав однажды на завод, где работали электропечи, я в первый момент был разочарован. Я привык к грандиозным масштабам сооружений на металлургических заводах, где изготовляется основная масса металла в стране. Здесь же все заводские здания были небольшого размера, да и весь завод, пожалуй, уместился бы на территории, которую в Магнитогорске занимает всего один цех.

Поэтому меня так удивили слова директора завода с электрическими печами.

— По размерам территории и сооружений наш завод невелик, — сказал он, — но стоимость ежемесячно выпускаемой нами продукции не меньше стоимости металла, выдаваемого Магнитогорским комбинатом в течение того же срока. В этом смысле наш завод — это вторая Магнитка.

Продукция завода качественной стали дорога. Дорога потому, что трудно, сложно бывает очистить металл от примесей и придать ему необходимые свойства: жаропрочность, особую твердость или мягкость, сочетающуюся с повышенной прочностью, кислотоупорность и много других. Для изготовления такой стали нужны дорогостоящие материалы. Твердую сталь труднее и дороже обрабатывать на прокатных станах или на кузнечных молотах или прессах. Металл, предназначенный для сооружения двигателей реактивных самолетов, атомных котлов, мощных машин и механизмов, должен пройти требующие больших средств длительные испытания. Только для того чтобы подготавливать к испытаниям образцы различных марок сталей, на заводе создана целая мастерская, в которой установлено 17 станков: 5 строгальных, 6 токарных, 4 дисковые пилы, один шлифовальный станок и один сверлильный. Но подготовку образцов к испытаниям, кроме того, ведут еще и на многих других цеховых станках.

На плавку стали особенно ответственных марок от того момента, когда в электропечь заваливается шихта, до сдачи металла на склад готовой продукции уходит 30—40 дней.



Электросталеплавильная печь.

В кладовых сталеплавильного цеха хранятся необходимые для выплавки электростали материалы, из названий их можно составить почти полную таблицу Менделеева. Стоимость некоторых из них баснословна. Например, тонна металла молибдена, придающего стали особую прочность, стоит более 300 тысяч рублей, тонна кобальта, также добавляемого в сталь, — более 320 тысяч рублей, церия — почти полмиллиона: 420 тысяч рублей. На заводе тщательно собирают с помощью пневматических устройств металлическую пыль, остающуюся после устранения поверхностных дефектов на отливках высококачественной стали — так дорого стоит эта пыль.

Как работает электропечь?

День за днем приходил я на завод, и постепенно производство электростали стало для меня таким же понятным, как и все остальное на металлургических заводах.

Первые электрические печи для плавки металлов появились в начале нашего столетия. В то время их применяли далеко не везде, так как электроэнергия стоила дорого, а металлурги еще не знали, что электросталь отличается высоким качеством. Неудивительно поэтому, что первые электрические

печи появились там, где электрическая энергия стоила дешевле всего, — в горных районах. Электростанции здесь приводились в движение даровой энергией падающей воды горных рек. Печь Стассано была построена в Северной Италии, печь Эру — у отрогов Альп, а печь Челлини — в Швеции.

Распространение и удешевление электроэнергии привело к тому, что электросталь начала успешно конкурировать с тигельной сталью, которая до этого всегда была наиболее высококачественной. Приближаясь по своим свойствам к тигельной, электросталь стоила гораздо дешевле ее.

В 1915 году в Германии электропечи начали выдавать больше стали, чем тигли. В 1916 году то же произошло в Америке.

В 1912 году во всем мире работало 125 электропечей, через 10 лет их число возросло до 1 200.

Много сделал для развития электрометаллургии ученик Д. К. Чернова Н. И. Беляев. Он был одним из основателей завода «Электросталь» — первого в России электросталелитейного завода. Продолжая дело своего знаменитого учителя, Н. И. Беляев исследовал также законы кристаллизации металла, работал над созданием правильных режимов термической обработки и получением новых марок высококачественных сталей.

Особенно быстрый рост выплавки электростали в нашей стране начался с 1926 года. За шесть лет (по 1932 год) производство стали в электропечах возросло в восемь раз, а с 1932 по 1937 год — примерно в двенадцать раз. И все-таки электростали у нас производится недостаточно. В шестой пятилетке удельный вес высококачественной, легированной стали, получаемой в электропечах, в общей массе стали, выплавляемой в стране, должен вырасти почти вдвое. Много придется поработать советским металлургам над увеличением объема электропечей. В этом мы пока отстаем от части западных стран: к 1956 году емкость наших печей достигала 40 тонн, а за границей уже работали электропечи емкостью до 180 тонн.

Особенности стали, полученной в электрических печах, определяются тем, что источником тепла при этом способе служит не окисляющее (содержащее много кислорода) пламя сгорающего топлива, как в мартеновской печи, а восстанавливающая (содержащая много углерода) атмосфера электрической дуги. Поэтому возникают хорошие условия для очищения металла от вредной закиси железа.

Кроме того, высокая температура электрической дуги позволяет получать шлаки, наиболее выгодные для удаления из металла других вредных примесей.

Как-то в первые годы эксплуатации электропечей на одном из заводов предстояло отлить сложные детали машины в 100 формах (опоках). Детали эти решено было отливать из бессемеровской стали и электростали. Среди 100 отливок из бессемеровской стали пригодных оказалось лишь 10. В остальных были обнаружены трещины и рванины. Отливки же, выполненные из электростали, — все 100 — были отличного качества.

Электрическую дугу впервые получил профессор Петроградской военно-медицинской академии В. В. Петров. Это знаменательное событие произошло в 1802 году, когда В. В. Петров производил опыты с батареей из 4 200 гальванических элементов. Им же электрическая дуга впервые была применена для плавки металлов.

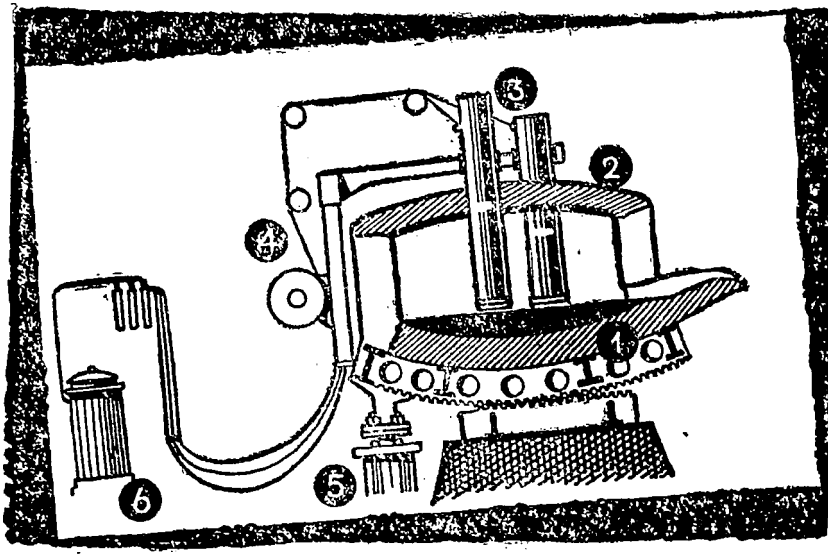
Если сблизить два электрода, к которым подведен ток, то в результате значительного электрического сопротивления в месте соединения электродов начнется выделение теплоты. Температура так резко возрастает, что вещество, из которого сделаны электроды, начинает плавиться, а затем испаряться. Стоит несколько развести электроды, и благодаря тому, что между ними находятся электропроводные пары металла или угля, электроны, выделяющиеся из отрицательного накаленного электрода, полетят в сторону положительного. Через накаленные пары пойдет электрический ток. Температура электрической дуги будет зависеть от температуры испарения того вещества, из которого состоит электрод. Для того чтобы получить наиболее высокую температуру, надо изготовить электроды из вещества, способного испаряться только при очень высокой температуре. Таким веществом является уголь, испаряющийся при 3500 градусах. Вот почему в электропечах применяются угольные электроды или электроды из графита.

В некоторых электропечах вторым электродом служит загруженная в печь металлическая шихта, в печах другой конструкции оба электрода угольные.

Под, стенки и свод электропечи выкладываются прочным слоем огнеупоров. По внешнему виду такая печь представляет собой большой, широкий, закрытый сверху «стакан». Электроды вдвинуты в печь сверху.

Процесс производства стали в электропечах состоит из плавления, окисления примесей металла для их полного или частичного удаления, раскисления, то-есть очищения стали от остатков вредной для металла закиси железа, и удаления серы.

В первой половине плавки в шлаке должно быть много закиси железа, так как это соединение, — мы это уже знаем, — выполняет роль «переносчика» кислорода из шлака к примесям металла.



Электросталеплавильная печь:
1 — под печи, *2* — съемный свод, *3* — электроды, *4* — устройство, регулирующее положение электродов, *5* — механизм движения печи, *6* — трансформатор.

В последний период плавки закись железа, теперь уже ненужная для химических реакций и вредная для готового металла, удаляется. Это химическое соединение разрушается с помощью углерода, которого много в пламени электрической дуги. Одно из важных преимуществ электропечи заключается как раз в том, что в ней можно почти совершенно избавиться от закиси железа.

В электропечи устанавливается подвижное химическое равновесие между сернистым железом, закисью железа и другими веществами. Наличие определенного количества закиси железа, согласно закону подвижного химического равновесия, всегда будет устанавливать и определенную «норму» наличия серы. Следовательно, имея возможность избавиться от закиси железа благодаря углероду в пламени электрической дуги, можно добиться и наиболее полного удаления из металла серы.

Почти полное отсутствие в электростали фосфора, серы и закиси железа придает металлу (даже без каких бы то ни было улучшающих добавок) ценнейшие свойства: электросталь более ковка в горячем состоянии, чем другие стали, менее чувствительна к перегреву, хорошо сопротивляется удару, имеет однородные свойства в различных местах слитка. Кроме того, электросталь хорошо сопротивляется изнашиванию.

Неприятное происшествие

Через несколько лет после первого посещения завода, где производилась электросталь, когда я принялся писать эту книгу, передо мной снова (в какой уже раз?!) возник вопрос: какими словами рассказать о том, что я увидел? Как передать в книге то самое характерное, необычное, увлекательное, что поражает на заводе высококачественной стали? И так и не решив этой проблемы, я еще раз отправился к электропечам, уже на другой завод — на подмосковный завод «Электросталь».

Трудно сказать, что помогло мне здесь: то ли среди металлургов вообще много отзывчивых людей, умеющих понимать затруднения таких, как я, то ли по случайному стечению обстоятельств мне везло на встречи с интересным народом. Так или иначе, но вскоре после прихода на завод я уже сидел в кабинете начальника центральной заводской лаборатории Василия Семеновича Култыгина и выкладывал ему свои сомнения. Этот с виду суховатый и строгий человек, как мне рассказывали, участвовал в «конструировании» многих марок сталей, каждая из которых обладает своими характерными свойствами. Я просил его рассказать о событиях, связанных с созданием какой-либо марки стали, а он, как мне казалось, вместо того чтобы вспоминать интересующие меня вещи, выпрямившись в кресле с высокой монументальной спинкой и сведя брови, словно судья, пристально изучал меня.

— Надо посоветоваться с нашими сотрудниками, — наконец сказал он. — Если вас и в самом деле интересует наша беспокойная работа, приходите на завод еще раз.

Сколько уже было у меня таких встреч: люди хотели знать, серьезно ли я отношусь к их профессии, к их труду, к их неудачам и победам.

Когда я еще раз приехал на завод, Василий Семенович встретил меня словами:

— Мы провели совещание с четырьмя инженерами и, кажется, нашли то, что вам надо.

Меня охватило противоречивое чувство: было и неловко, что крупные специалисты потратили столько времени, чтобы помочь мне, и радостно от сознания, что впереди объяснение непонятного, узнавание нового, интересного.

Вот что рассказали мне инженеры М. Дзугутов, М. Виноград, В. Исаев и Г. Ширяев.

Для лопаток мощных паровых турбин потребовалось изготовить сталь с новыми, трудно достижимыми свойствами. Она не должна была ржаветь. Колесо турбины под действием струи пара давлением в 170 атмосфер, нагретого более чем на

500 градусов, вращается со скоростью 3 тысяч оборотов в минуту. Турбины такого типа приводят в движение подводные винты больших океанских судов. Металл должен был противостоять растяжению, изгибу, скручиванию, ударным нагрузкам. 100 тысяч часов работы — вот какое требование предъявлялось к металлу.

Но для того чтобы из стали можно было изготовить турбину, металлу следовало придать и такие свойства, которые позволили бы более или менее просто обрабатывать его на станках — фрезерном, строгальном, токарном — и подвергать штамповке. Твердость стали не должна была быть чрезмерной, иначе резцы станков и штампы быстро выйдут из строя.

Сталь со всеми этими свойствами создавали специалисты в лаборатории. Вскоре на завод «Электросталь», где предстояло плавить в больших количествах эту сложную марку стали, сообщили состав металла: 0,1—0,14 процента углерода и 13 процентов хрома, остальное — железо. Углерод придавал металлу необходимую прочность и твердость, а хром — вязкость и свойство противостоять ржавлению при высокой температуре.

Эта марка стали, как видно из ее «рецепта», не была сложна по количеству входящих в ее состав добавок. Гамма добавок требовалась весьма нешрокая — углерод да хром. Сложность изготовления новой марки угадывалась металлургами, когда они начинали перебирать свойства, которыми должен был обладать металл. Свойства эти зависели и от предельно точного соотношения добавок, и от внутренней структуры металла, и от технологических особенностей производства. Работа обещала быть трудной. Вскоре события показали, что ожидания металлургов оправдались.

Новую для завода сталь надо было получать в печах, где металл плавится теплом электрической дуги. Потому-то заказ на турбинную сталь и был направлен на подмосковный завод «Электросталь».

Сталевары, прекрасно владевшие своим делом, «попали в анализ», то-есть выплавили металл, казалось, строго в соответствии с «рецептом». Плавка прошла предварительный технический контроль и была направлена в прокатный цех. Здесь слитки предстояло превратить в прокатанные заготовки для дальнейшей их обработки на станках уже на металлообрабатывающем заводе.

Неожиданно начальнику сталеплавильного цеха Николаю Ивановичу Горбатову позвонили из прокатного цеха и сказали, что часть выпущенного им металла не прокатывается. Под давлением валков прокатных станов сталь покрывалась трещинами и рванинами.

— Еще раз проверю, как плавили,— спокойно сказал Горбатов в ответ на довольно резкое заявление инженера-прокатчика. — Сейчас спорить не буду...

Обстоятельно, не горячась, Горбатов, инженер с большим производственным стажем, принялся выяснять, в каких условиях плавили сталь. Вновь были проделаны анализы проб стали. Они, как казалось Горбатову, подтвердили, что химический состав ее соответствует «рецепту». Горбатов вызвал к себе сталеваров и цеховых инженеров. Они также считали, что режим плавок был правилен. Разыскали анализы, которые проделывались в ходе выплавки. Их данные тоже как будто говорили о том, что сталь изготавливалась в нормальных условиях.

Решив, что ошибки не было и сталь имеет нужный состав, Горбатов позвонил начальнику прокатного цеха Павлу Петровичу Зуеву и отверг ссылки прокатчиков на недоброкачественность металла.

— Может быть, вы не выполнили режима нагрева слитков в своих печах, — говорил Горбатов, — катали холодную или перегретую сталь. Ведь не все же заготовки в плавке пошли в брак.

Зуев, человек, не любивший отступать, на этот раз не стал особенно протестовать против попытки сталеплавильщиков свалить вину на нагревательные печи прокатного цеха. Испорченные заготовки — недокат — уже были списаны в брак, и острота положения сгладилась.

О странном происшествии с «упрямой», не поддающейся прокатке сталью вскоре забыли. Но прошло месяца два, и Горбатов был неприятно поражен новыми «капризами» стали в прокатном цехе.

— Приди посмотри на свой металл, — раздраженно сказал ему по телефону Зуев.

Едва взглянув на изуродованные трещинами заготовки, Горбатов понял, что положение и в самом деле серьезно. Из такого металла турбины не построишь. Или сталь действительно обладает недостатками — то-есть неправильно выплавлена, или у прокатчиков что-нибудь неладно: может быть, режим нагрева слитков выбран неподходящий, может быть, слишком велики обжимные усилия между валками прокатного стана.

Спорить сейчас было бесполезно. Следовало снова, более тщательно, чем в первый раз, проверить, в каких условиях выплавлялась сталь. Что, если все-таки есть какая-то скрытая причина, приводящая к порче металла, которую не удалось обнаружить в тот раз и которая вторично привела к порче металла?

Результаты выплавки высококачественной стали часто зависят от ничтожных, буквально гомеопатических количеств какого-нибудь вещества, случайно попавшего в печь. Одни вещества, как, например, свинец, или мышьяк, или сурьма, даже в самых ничтожных количествах губят всю плавку. В остывшем металле эти легкоплавкие и непрочные вещества располагаются по границам зерен, и потому металл легко разрушается.

Добавление же других, нужных, веществ придает металлу прямо-таки замечательные свойства. Если, например, добавить к металлу всего от 0,8 до 1,5 процента вольфрама, это делает сталь после закалки исключительно твердой. Вольфрам, растворяясь в стали, вступает в химическое взаимодействие с углеродом и образует очень прочные соединения. Эти соединения, карбиды, и обладают особенно большой твердостью. Добавка 19 процентов того же металла приведет к получению особенно твердой стали, которую используют для изготовления быстрорежущих инструментов. Резцы, изготовленные из такой стали, выдерживают большие нагрузки при скоростном резании металлов. Не случайно именно благодаря этим резцам открылись в свое время новые резервы повышения производительности труда в металлообрабатывающей промышленности.

Добавленный в сталь молибден также вступает во взаимодействие с углеродом и, подобно вольфраму, образует с ним твердое соединение. Сплавляясь со сталью, этот металл улучшает ее внутреннее строение, придает ей мелкозернистую структуру, отчего повышается ее прочность и увеличивается вязкость.

Молибден в небольших количествах — от 0,1 до 0,4 процента — добавляется в хромистую и хромоникелевую сталь для улучшения механических свойств металла.

Никель хорошо растворяется в железе, образуя так называемые твердые растворы. Во время охлаждения никель из растворов не выделяется, и поэтому его нельзя обнаружить в металле при помощи микроскопа. Присутствие никеля делает сталь способной закаливаться даже при незначительном количестве углерода. Свойством закалки, то-есть повышения твердости в результате термической обработки, обладает лишь сплав железа с углеродом. Таким образом, никелевая сталь может обладать после закалки высокой твердостью и в то же время благодаря малому содержанию углерода сохранять вязкость мягкой стали.

Добавка в сталь определенного количества никеля, мар-

ганца или хрома приводит еще к одному удивительному результату: железо теряет магнитные свойства.

Никель, прибавленный в сталь, вместе с хромом (8 процентов никеля, 18 процентов хрома и 0,1 процента углерода) придает ей свойство кислотоупорности.

Никелевая сталь применяется в машиностроении, так как хорошо выдерживает ударные нагрузки.

Сталь с добавками дорогого металла кобальта сохраняет твердость после отпуска (то-есть нагревания с последующим замедленным охлаждением). Вот почему некоторые стойкие лезвия резцов, подвергающиеся при скоростном резании металлов значительному нагреву и, следовательно, отпуску, делаются из кобальтовой стали. Кроме того, присутствие этого металла в определенной пропорции с углеродом сообщает стали высокие магнитные свойства, и потому из нее изготовляют магниты.

Прибавление металла титана препятствует разрушению стали по границам кристаллических зерен под действием азотной кислоты.

Советский ученый В. Н. Липин доказал, что присутствие в стали меди не только не ухудшает качества металла, как утверждали зарубежные ученые, но в определенных количествах бывает даже полезно. Прибавка одного процента меди может улучшить механические свойства стали: повышается сопротивление металла коррозии (ржавлению). Выводы ученого нашли применение на практике: мосты через Москву-реку сооружены из такого металла — с добавкой меди.

Получив заказ на изготовление стали для турбин, сталеплавильщики особенно внимательно изучили свойства хромистой стали. Хром улучшает способность стали закаливаться, повышает ее прочность. Добавка большого количества хрома (от 8 до 25 процентов) делает сталь нержавеющей, жаростойкой и кислотоупорной.

Все эти свойства хромистая сталь приобретает потому, что на ее поверхности образуется тончайшая пленка окислов хрома, предохраняющая металл от вредных влияний.

Повторный химический анализ проб стали показал, что хрома в металле присутствует ровно столько, сколько требуется.

Но не оказалось ли в металле меньше или больше, чем следовало, углерода? Присутствие углерода влияет на способность стали прокатываться. Могло случиться, что сталевары не «выжгли» углерод до необходимой величины. Ведь немногим больше одной десятой процента — это ничтожное количество! Далеко не просто довести содержание углерода до

требуемой величины и одновременно выдержать другие необходимые условия плавки.

Однако проверка анализа на углерод убедила сталеплавильщиков, что и здесь ошибки не было: углерода в металле перед выпуском из печи было от 0,1 до 0,13 процента.

Теперь следовало выяснить, не попадают ли в металл вредные примеси, с которыми обычно встречаются сталеплавильщики, — сера, фосфор, закись железа.

В мартеновской печи нельзя получить сталь с очень малым содержанием этих вредных примесей. Зато, как мы уже знаем, при правильном ведении плавки обычно сравнительно легко бывает избавиться от серы, фосфора и закиси железа в сталеплавильных печах, где источником тепла служит не пламя, а электрическая дуга. Вот почему начальник сталеплавильного цеха завода «Электросталь» начал подробнейшим образом выяснять, правильно ли велся процесс получения турбинной стали.

Но и эта проверка не дала никаких «улик»: сталь плавилась без каких-либо отклонений от технологии.

Что же все-таки портит сталь?

Неопровержимые данные, подтверждающие, что химический состав стали и условия ее производства точно соответствуют «рецепту» и технологии, казалось, говорили, что сталеплавильщики в порче стали не виноваты. И все-таки Горбатов не мог успокоиться. Он теперь начинал думать, что испортить сталь могли какие-то еще не изученные причины, которые трудно обнаружить обычным химическим анализом.

Ведь вот пришлось же однажды сталеплавильщикам столкнуться с тем, что ничтожнейшее количество случайно попавшего в электропечь вместе с плавильными материалами свинца испортило сталь: металл перестал коваться и буквально рассыпался под молотом. Свинец распределился тончайшей пленкой по поверхности отдельных кристаллов, и они потеряли прочную связь друг с другом.

В самом деле, не попадает ли в печь вместе с плавильными материалами какое-то до сих пор не обнаруженное вещество?

В переплавку шли обрезки и обломки стали — отходы производства — и вышедшие из строя части машин и механизмов. «Пища» для электропечей хранилась на шихтовом дворе.

Сталеплавильщики внимательно обследовали, в каком состоянии находится металл, подготовленный к плавке.

Шихтовый двор сталеплавильного цеха представляет собой длинный навес с закромами, куда сваливаются куски металла

и металлическая стружка, полученная из металлообрабатывающих цехов. В каждый закром попадают только такие куски металла, химический состав которых однороден. Это важно для того, чтобы переплавка шла наиболее правильно и быстро. Получив заказ на подготовку плавильных материалов, начальник шихтового двора берет металл из того закрома, в котором сложен стальной лом, по химическому составу наиболее близкий к составу изготовляемой стали. Иногда приходится забирать лом из разных закромов, но в определенном соотношении, с тем чтобы, смешав порции различного металла, получить нужное количество углерода и разных добавок.

Важно, чтобы в каждый закром складывался металл лишь определенного состава и не загрязненный вредными примесями. Поэтому весь лом, попадающий сюда, предварительно исследуется. Некоторые марки стали можно узнать по тому, насколько ярко выражены магнитные свойства кусков стали. Наметанный глаз рабочих шихтового двора определяет состав стали по искре, получающейся, когда куском металла касаются быстро вращающегося наждачного круга. Хромоникелевая сталь дает искру оранжевого накала, сталь «быстрорез» — крупную красную, кремнистая сталь — белую, похожую на бенгальский огонь, и так далее. Когда возникают сомнения, образец металла направляется в лабораторию для химического анализа.

Оказалось, что в закромах шихтового двора был запасен вполне доброкачественный металл. Веществ, которые могли бы повлиять на качество будущей стали, здесь не обнаружили. Только в кучах стружки, привезенной из токарного цеха, были найдены следы машинного масла.

Уж не эта ли никем и нигде не учитываемая «добавка» повлияла на качество стали? Трудно было предположить, чтобы такое незначительное количество машинного масла могло испортить металл. Но все-таки сталеплавильщики решили следить за тем, чтобы в печь не попадала непрошенная «добавка».

Оставалась еще одна возможная причина неудач. В сталь уже после всех анализов могло попасть дополнительное количество углерода и придать металлу нежелательные свойства.

Источником лишней порции углерода в электропечи являются электроды. Между электродами и металлом в печи возникает электрическая дуга. В первый момент, когда включается ток сразу после завалки лома, из печи несется оглушительный треск. Если в это время открыть завалочное окно, ослепительные, быстро меняющиеся вспышки синего света озарят людей и стены цеха. Между электродами, медленно движущимися навстречу шихте, и кусками металла вспыхи-

вает молния электрической дуги. Куски лома плавятся, падают, и тогда дуга мгновенно меняет свое положение.

Электроды все время находятся в движении. Автоматический механизм — «командующая» моторами система электрических устройств, реагирующих на изменение сопротивления дуги, — поддерживает постоянное расстояние между электродами и кусками расплавляемого металла. Дуга то укорачивается, то удлиняется, и благодаря тому, что ее сопротивление от этого меняется, электроды автоматически, с помощью моторов, опускаются или поднимаются. Постепенно они как бы пронизывают весь слой шихты. На дне печи образуется небольшое озерко жидкого металла. Температура в печи возрастает, плавятся и другие куски лома; озерко металла увеличивается. Электроды начинают подниматься, так как автоматические устройства «следят» за сохранением определенного расстояния между ними и поверхностью все прибывающей жидкой стали. Во время непрерывного движения электродов от них могут отломиться куски и упасть в металл. А электрод изготовлен из графита, одного из видоизменений углерода. Если часть электрода попадет в печь перед выпуском металла, состав стали резко изменится.

Сталеплавильщики установили особенно строгий контроль за состоянием электродов и действием автоматических регуляторов электрической дуги.

Теперь, казалось, было сделано все возможное, чтобы выдавать прокатчикам чистый от вредных примесей металл, состав которого точно соответствовал бы «рецепту».

И как раз тогда, когда все эти исследования были завершены и приняты необходимые меры, прокатчики вновь забраковали очередную плавку турбинной стали.

Но теперь Горбатов решительно отверг претензии своих соседей. Сталеплавильщики с такой тщательностью изучили весь путь, все превращения металла в своем цехе, что невозможно было заподозрить какую-либо ошибку в их работе.

По следу...

Спор сталеплавильщиков и прокатчиков давно уже привлек к себе внимание инженеров центральной заводской лаборатории. И хотя все эти неприятные происшествия могли показаться случайными, так как обработке между валками прокатных станов не поддавался лишь металл некоторых плавок, инженеры лаборатории угадывали в «капризах» металла нечто более значительное, чем следствие неполадок в том или ином цехе.

Начальник лаборатории Василий Семенович Култыгин не раз приглашал к себе Зуева и Горбатова. Устроившись поудобнее в своем «епископском» кресле с резной спинкой выше головы, Василий Семенович с бесстрастным видом выслушивал сначала одного, потом другого. Зуев считал, что сталь недоброкачественна, а Горбатов советовал получше нагревать металл перед прокаткой или пересмотреть калибровку. Может быть, недавно введенная в прокатном цехе усовершенствованная прокатка, при которой металл подвергался более высокому, чем прежде, давлению между валками, и есть причина всех бед?

Зуев решительно отвергал это.

— Возвращаться к старой калибровке! — восклицал он. — Итти назад, сдавать завоеванные позиции?! Нет, этого делать нельзя. Вот, может быть, вместо прокатки, ковать эту сталь на молоте?

Но в ковку обычно отправляли лишь сталь марок, совсем уж не поддававшихся прокатке. Молоты и так были загружены. Руководители завода заранее отвергали такой путь. Да, кроме того, надо же было, наконец, выяснить, в чем причина неудач!

Ясно было одно: решение задачи связано с какими-то еще недостаточно изученными свойствами турбинной стали. Надо провести настоящее научное исследование.

Начальник лаборатории не становился ни на сторону Зуева, ни на сторону Горбатова. Он стремился найти хотя бы намек на какую-то закономерность в «поведении» металла.

И эта закономерность вскоре была обнаружена.

В сталеплавильном цехе, кроме турбинной стали, изготовлялся и металл другой марки, близкой к турбинной по химическому составу. В турбинной стали углерода содержалось от 0,1 до 0,14 процента, а в стали соседней марки — от 0,15 до 0,25 процента. Подозревая, что большую роль во всей этой истории играет количество содержащегося в металле углерода, инженеры лаборатории начали просматривать результаты испытаний образцов обеих марок металла за продолжительное время. И вот что оказалось: сталь соседней марки, содержащая больше углерода, никогда не «капризничала» на прокатке. Прежде заметить это было трудно — не было достаточного количества плавок. Теперь же сопоставление результатов «поведения» обеих марок стали по многим плавкам за много месяцев сразу выявило важную закономерность: чем больше углерода в стали данного состава, тем лучше она прокатывается.

Вывод напрашивался сам собой: надо изменить рекомендованные «рецептом» пределы содержания в металле углерода.

Сталеплавильщики должны выдавать турбинную сталь с содержанием углерода около 0,14 процента, не меньше, так как иначе сталь не будет прокатываться, но и не больше, потому что увеличение количества углерода сверх нормы «рецепта» приведет к получению уже другой, соседней, марки стали.

Первый успех в исследовании причин неудач с новой маркой потребовал от сталеплавильщиков совершенствования методов их работы. Выплавить сталь с содержанием углерода в таких узких пределах — это все равно, что удержать равновесие на лезвии ножа. Надо было улучшить автоматические устройства, приводящие в движение электроды, более точно подбирать состав шихты, правильно вести инженерный расчет по углероду и безошибочно управлять варкой стали.

Два вывода

Первый вывод был, наконец, сделан: турбинную сталь следовало изготовлять «на верхнем пределе» содержания углерода.

Но этого оказалось недостаточно. Некоторые плавки, изготовленные по новой технологии, все-таки с трудом поддавались прокатке.

Мало только установить факт, надо еще выяснить причины, его породившие. Почему увеличение количества углерода в турбинной стали улучшает прокатываемость металла? Если узнать это, наверное, удастся найти еще и другие меры, с помощью которых можно будет полностью устранить «капризы» металла.

Так рассуждали инженеры.

При современном развитии металлургической науки оказалось возможным найти довольно точный ответ на вопрос, интересующий инженеров заводской лаборатории.

Наукой установлено, что сплав железа с углеродом может находиться в трех состояниях. При температуре до 900 градусов железо имеет обычную внутреннюю структуру. Такое состояние железа условились обозначать греческой буквой «альфа». Но едва температура металла превысит 900 градусов, происходит внезапная перегруппировка атомов, и структура железа меняется. Это новое состояние железа названо буквой «гамма». Дальнейшее повышение температуры до 1401 градуса приводит к новому структурному превращению металла, обозначенному буквой «бета».

В каждом из этих состояний железо в разной мере поддается прокатке — имеет различную пластичность. На переход железа из одного состояния в другое оказывает влияние не

только температура, но и количество углерода и других добавок.

Оказалось, что в слитках турбинной стали, нагретых для прокатки, железо находится частично в состоянии «альфа» и частично в состоянии «гамма». Такие слитки плохо поддаются обработке давлением, так как пластичность железа «альфа» и железа «гамма» различна.

Увеличение содержания углерода приводило к тому, что весь металл слитка переходил в состояние «гамма», и прокатывать его становилось легче.

Но железо «гамма» все же менее пластично, чем железо «бета». Перевести металл в состояние «бета» было нетрудно: следовало лишь нагревать его перед прокаткой до более высокой температуры, чем это прежде делали прокатчики.

Теоретический анализ позволил сделать необходимые рекомендации не только сталеплавильщикам, но и прокатчикам. Инженеры лаборатории предложили им повысить температуру нагрева металла с 1220 до 1280 градусов.

Добиться этого оказалось не так-то просто. Потребовалось все мастерство рабочих-сварщиков, следящих за нагревательными печами, чтобы не подплавить огнеупорную кладку.

Так, наконец, были разгаданы причины порока турбинной стали и найдены пути их устранения. Так кончилась эта история — обыкновенная история будней электросталелитейного завода.

Глава пятая

СТАЛЬНОЙ «КОНВЕЙЕР» НАКАНУНЕ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ

Традиция русских металлургов

В русской металлургии издавна живет замечательная традиция содружества ученых, инженеров и рабочих, теоретиков и практиков, научные исследования ученых-металлургов всегда тесно связаны с заводской практикой.

Павел Петрович Аносов сумел разгадать тайну булата и добиться исключительных успехов в получении замечательной по своей прочности, твердости и упругости стали только потому, что его научная и производственная деятельность были едины. Проводя исследования, он непрерывно проверял справедливость своих выводов в заводских условиях, добытый в результате исследований научный, теоретический материал всегда стремился использовать для улучшения заводских методов работы. Его окружали талантливые мастера,

вышедшие из народа, из рабочей среды. Аносов с любовью относился к ним, так как они, опытные практики, не раз подсказывали ему, как лучше организовать тот или иной производственный процесс.

Таким же последовательным стремлением соединять заводскую деятельность с глубочайшими научными исследованиями отличался Дмитрий Константинович Чернов. Он не представлял себе завода без науки, и когда недальновидные управители знаменитого Обуховского завода стали чинить ему препятствия в проведении научной работы, он, прямой и решительный человек, счел невозможным для себя итти на уступки в этом важнейшем из своих принципов. Чернов ушел тогда с завода. Но этот величайший ученый-металлург не считал возможным также заниматься «чистой наукой», оторванной от заводских цехов, от рабочих и инженеров, от всей обстановки крупного производства, позволяющей с наибольшей полнотой сделать ценнейшие наблюдения, провести исследования и проверить научные выводы. Так, для изучения булатной стали Д. К. Чернов уехал на Урал, разыскал там мастеров, знавших, как получал сталь Аносов, подолгу беседовал со старыми рабочими.

Эта же замечательная черта — стремление соединять в одно целое производство и научную работу — была свойственна ученику Чернова Альфонсу Александровичу Ржешотарскому. Придя на Обуховский завод молодым инженером с целью поучиться у Чернова, А. А. Ржешотарский вначале стал рабочим-сталеваром у мартеновской печи. Все исследования и открытия А. А. Ржешотарского были связаны с его заводской деятельностью. Созданная им заводская лаборатория поражала богатством оборудования, научной широтой ведущихся там исследований.

Грум-Гржимайло, одним из первых применивший теорию в практике выплавки стали, долгие годы работал на заводах Урала. Сначала он учился у мастеров и рабочих искусству сталеварения, а позднее, соединив производственную практику с наукой, стал, в свою очередь, их учителем.

Знаменитый металлург Михаил Александрович Павлов всю свою огромную научно-исследовательскую работу связал с заводской практикой и только благодаря этому создал научные труды, легшие в основу теоретического изучения металлургических процессов.

Выдающийся советский ученый Герой Социалистического Труда Александр Александрович Байков, ученик Чернова, начинал свою производственную и научную деятельность на том же Обуховском заводе. Научная работа А. А. Байкова всегда была связана с решением какой-то практической, производ-

ственной проблемы, и именно эта особенность его работы позволила ему подняться на большую высоту научных обобщений.

Всю свою жизнь академик А. А. Байков ценил замечательную школу, какой оказался для него Обуховский завод.

«Здесь, на этом месте, — писал он, — я начал свою научную деятельность. Здесь впервые познакомился с техническими процессами металлургии. Заводу я многим обязан...»

Обуховский завод — завод, в котором творилась научная мысль, крепла и потом становилась мировым достижением. Особое значение имеет термическая обработка... Учение о термической обработке выросло на Обуховском заводе...

...Наш завод — настоящая «производственная академия металлургов».

О значении связи производства с наукой с особенной ясностью, точностью и убежденностью сказал Дмитрий Иванович Менделеев:

«Если без науки не может быть современной промышленности, то без последней не может быть и современной науки».

Талантливые русские техники, мастера, рабочие-самоучки всегда стремились обогатить производство и науку своими открытиями, поисками новых производственных путей, а передовые русские ученые бок о бок с рабочими и мастерами вели свои изыскания и исследования. Но до Октябрьской революции эти поиски новаторов-ученых и рабочих, их совместная творческая деятельность далеко не всегда находили поддержку со стороны недальновидных управителей заводов и царского правительства. Часто творческое горение новаторов, содружество людей производства и науки встречало холодное безразличие и насмешки власть имущих.

В содружестве советских ученых, инженеров и рабочих, в движении сталеваров-скоростников нашли свое выражение вековые чаяния и мечты талантливых русских металлургов. И неудивительно, что содружество это приносит замечательные плоды.

Кислород в мартеновской печи

Достижения науки, техники и практики сталеваров позволили значительно повысить производительность мартеновских печей. Результат содружества ученых, инженеров и рабочих привел к тому, что те же печи начали выдавать больше металла. Например, на заводе «Запорожсталь» без ввода в строй новых печей, исключительно благодаря использованию научно-технических достижений и улучшению организации произ-

водства, выплавка стали с начала второй послевоенной пятилетки выросла более чем наполовину — на 62 процента.

За счет каких же технических улучшений удалось так увеличить производство стали?

Самую главную роль в этом сыграло применение кислорода для ускорения выплавки стали.

Первую попытку использовать кислород в производстве стали предпринял Бессемер. Научно обоснованная идея применения кислорода для ускорения химических реакций в металлургии принадлежит Д. И. Менделееву.

Промышленное же применение кислорода в черной металлургии впервые осуществили металлурги нашей страны.

В 1926 году советский металлург К. Г. Трубин предложил вводить кислород в топливо иначе, чем это пытались сделать за границей, — используя газ в качестве распылителя мазута. Это предложение в то время не было осуществлено. Некоторые металлурги сомневались в успешности нового способа, начались долгие научные споры.

Через семь лет на заводе «Красное Сормово» и московском заводе «Серп и молот» были произведены первые опыты по применению кислорода для распыления жидкого топлива. Они дали положительные результаты.

Замечательных успехов впервые в мире добились советские инженеры в применении другого способа ускорения плавок с помощью кислорода. 21 апреля 1933 года в Академии наук УССР инженер Николай Илларионович Мозговой сделал доклад о своем изобретении: ускорении выплавки стали при продувке кислорода через расплавленный металл.

Некоторые ученые с недоверием встретили предложение изобретателя. Они высказали чисто теоретические соображения о том, что введение кислорода в расплавленный металл вызовет взрывную реакцию.

Но нашлись и горячие сторонники нового способа. Академик Плотников поручился за то, что взрывов не будет. Тогда в лаборатории инженер Мозговой попробовал ввести кислород непосредственно в металл. Взрыва не произошло.

После этого Украинская Академия наук организовала на московском заводе «Серп и молот» опыты в производственных масштабах. Кислородом продувалась сталь в мартеновских печах.

Через несколько лет в Киеве, на заводе «Большевик», Мозговой попробовал продувать металл в ковшах и также достиг замечательных результатов. В годы Великой Отечественной войны на Косогорском металлургическом заводе, в Туле, по указанию правительства получали сталь, продувая чугун прямо в ковшах.

Сталевары у мартеновской печи.

Позднее, уже в 1945 году, на московском заводе «Динамо» под руководством Мозгового и при активном содействии рабочих и инженеров был изготовлен и начал работать первый в мире конвертер, в котором чугун продувался кислородом и получалась сталь. Подобные конвертеры и сейчас работают на некоторых машиностроительных заводах.

Однако, несмотря на эти замечательные успехи, несмотря на огромную энергию и настойчивость, проявленные Н. И. Мозговым в борьбе за производственное осуществление идеи продувки металла кислородом, она так и не получила своевременного применения в нашей промышленности.

Нельзя не пожалеть о том, что в борьбе за осуществление важной идеи металлурги не проявили необходимой активности и непримиримости к консерваторам.

В течение многих лет по поводу предложения Мозгового велись бесплодные споры среди некоторой части специалистов. Только в 1948 году, через 12 лет после первых заводских опытов, на заводе «Серп и молот» под руководством академика И. П. Бардина была повторена плавка на кислороде. Но и в 1955 году способ Н. И. Мозгового все еще не был внедрен на заводах.

Между тем, как только о работах советских инженеров узнали в США, американские металлурги начали широкое экспериментирование с кислородом в мартеновской печи, а затем и применили способ продувки расплавленного металла чистым кислородом в производственных масштабах.

Я рассказал об этой истории для того, чтобы стало ясно, какой вред наносится народному хозяйству нашей Родины, когда люди, призванные двигать вперед и науку и технику производства, перестают быть борцами за все передовое и успокаиваются на достигнутом, предпочитая борьбе «тихую жизнь».

Какова же техническая основа применения кислорода в мартеновской печи и в случае добавления его в факел пламени и при введении его в металл?

Сначала о первом способе.

Ускорить плавку можно, повысив температуру факела пламени сгорающего топлива, а также увеличив светимость пламени.

Температура пламени уменьшается, если объем отходящих в дымовую трубу продуктов горения возрастает. Это понятно: чем больше продуктов горения уносится в атмосферу, тем больше тепла они отбирают у печи. С уменьшением количества газов, получающихся в результате сгорания топлива, температура пламени возрастает.

В воздухе содержится значительное количество азота. Этот газ в горении не участвует и поэтому является как бы лишним балластом: его присутствие увеличивает объем отходящих продуктов горения и, следовательно, способствует растрате тепла и понижению температуры пламени. Если изменить состав воздуха, добавив к нему какое-то количество кислорода, то «балласта» на один и тот же объем окажется меньше, чем в обычном воздухе, и температура пламени должна возрасти.

Прибавление к воздуху кислорода одновременно увеличивает и светимость факела пламени — топливо начинает гореть интенсивнее, ярче. А это тоже важно, так как теплота от пламени к металлу передается в значительной мере за счет излучения.

Металлурги решили найти такие условия использования кислорода в топливе мартеновской печи, при которых резко повысились бы и температура и светимость пламени.

Начались опыты на заводе. Измерения показали, что при добавлении в сгорающий мазут 30 процентов кислорода объем азота в продуктах горения уменьшается примерно на 30—40 процентов. Потому-то и возрастает температура горения. Было установлено, кроме того, что факел пламени при сгорании топлива в обогащенном кислородом воздухе выглядит иначе, чем обычно: он короче и не имеет темной зоны неполного сгорания. Уменьшение длины факела пламени при добавлении кислорода оказалось также полезным. Сталевары смогли подавать в печь больше горючего, и это также увеличило температуру горения.

И тут обнаружилось интересное явление: при высокой температуре значительную роль начинает играть не только излучение, но и передача тепла нагретыми газами — конвекция. Чем больше разница температур между нагреваемым предметом и источником тепла, тем лучше идет теплопередача конвекцией. А это означает, что наиболее выгодно повышать температуру пламени добавлением кислорода, когда в печи перерабатывается в сталь не горячий, жидкий чугун, а холодная шихта — стальной и чугунный лом. Высокая температура пламени в этом случае не страшна для свода печи, так как холодная металлическая шихта поглощает тепло лучше, чем нагретый свод.

Опыты показали, что добавление кислорода в топливо мартеновской печи способствует более быстрой плавке шихты и резкому уменьшению расхода горючего.

Вначале кислород подавался с помощью газовых труб, но они быстро сгорали. Затем было сконструировано усовершенствованное сопло с медным наконечником, изнутри охлаждае-

мым водой. Сопло вводилось в печь через заднюю ее стенку и помещалось над металлом. Кислород вдували с огромной скоростью, превышавшей скорость распространения звука, — 450 метров в секунду.

При продувке струей кислорода самого металла окисление углерода в нем идет быстрее, чем при добавлении кислорода к топливу. Ученым удалось установить, что причиной этого ускорения является как химическое воздействие кислорода, так и механическое действие струи газа. Исследователи попробовали подавать в печь вместо кислорода «балластный» газ — азот. И все-таки скорость окисления возрастала, так как газовая струя сильно перемешивала металл и шлак. Когда к дутью прибавили кислород, скорость реакции окисления возросла еще больше: теперь уже сыграло свою роль химическое взаимодействие кислорода с примесями ванны.

Н. И. Мозговым, как уже говорилось, был усовершенствован путем добавления кислорода и бессемеровский способ производства.

По старой технологии во время продувки выгорал почти весь углерод, а затем содержание углерода в чугуне восстанавливалось соответствующими добавками. Советские металлурги разработали новую технологию процесса. Теперь выгорание углерода идет лишь до тех пор, пока его содержание в металле не достигнет необходимой по техническим условиям величины. Новый метод оказался удачным: улучшилось качество получаемой стали, возрос выход годного металла.

На заводе «Запорожсталь»

Сталеплавильщики украинского завода «Запорожсталь» первые применили кислород в крупных производственных масштабах.

Кислород начали вводить в печь № 10. За год эта печь дала на 32 тысячи тонн больше стали, чем при работе в обычных условиях. Увеличение выплавки металла произошло потому, что кислородное дутье на два часа сократило продолжительность плавки.

Вначале некоторые сомневались, говорили, что применение кислорода приведет к быстрому выходу из строя свода печи: огнеупорная кладка будет прогорать слишком быстро. Но сталевары товарищи Якименко, Небылицын и Мартынов не только не вывели свою печь из строя раньше срока, но произвели без ремонта сверх обычных 424 плавок еще 144 дополнительных.

Опыт сталеваров «Запорожстали» подтвердил, что введение кислорода в пламя факела помогает использовать большую часть тепла, полученного от сжигания топлива, для полезной работы. Оказалось, что в современных мартеновских печах, построенных из известных нам огнеупоров — шамота, динаса и хромомагнезита, выгодно добавлять в струи воздуха 25 процентов кислорода.

Работники завода приводят следующие интересные данные. В 1952 году, когда кислород на заводе еще не применялся, продолжительность плавок в среднем по цеху составляла 9,8 часа. В 1954 году, когда все печи работали уже с ускорителем-кислородом, продолжительность плавок сократилась до 8 часов. Съем стали с каждого квадратного метра пода печи в сутки увеличился с 6,4 тонны до 8,3 тонны. За год каждая мартеновская печь стала выплавлять на 30 тысяч тонн стали больше.

Сталеплавильщики решили еще больше ускорить выплавку стали. Они увеличили количество добавляемого к воздуху кислорода до 30 процентов и заставили печь выдавать готовую сталь четыре раза в сутки, то-есть сократили продолжительность плавки до 6 часов.

Но здесь на пути работников завода встали препятствия.

Чтобы наилучшим образом использовать выгоды от ускорения плавки с помощью кислорода, надо прежде всего сократить операцию расплавления металлолома, уменьшив время загрузки в печь шихты. Этого можно достигнуть, если заваливать в печь не легковесный металлолом, как это делалось прежде, а тяжеловесный, который можно загрузить в печь гораздо быстрее.

Пришлось установить небольшой пресс и прессовать часть легковесного металлолома в пакеты.

Интересно, как это сравнительно несложное техническое усовершенствование отразилось на выплавке стали: завалка шихты в печь сократилась на 31 минуту, а выдача металла в год увеличилась на 100 тысяч тонн!

Но инженеры подсчитали, что для того, чтобы заваливать тяжеловесный металлолом во все печи, на заводе надо установить мощный тысячетонный пресс. Это уже серьезное преобразование металлургического «конвейера», и не так-то просто его осуществить.

Своды печей, в которых применяется кислород, должны сооружаться из хромомагнезитового кирпича. Но в то время этот важнейший огнеупор изготовлялся еще в недостаточных количествах, им трудно было обеспечить все печи.

Эти реальные препятствия на пути общего прогресса сталеварения были не шуточными, требовали для их преодоле-

ния усилий многих передовых руководителей производства, инженеров и рабочих. Выяснилось, что производство магнезитового кирпича в то время в нашей стране было организовано слабо, а строительство новых заводов шло недостаточно быстро.

И еще одно серьезное препятствие встало перед запорожскими сталеплавильщиками. Обеспечить кислородом все мартеновские печи было нельзя, так как мощность заводской кислородной станции оказалась недостаточной.

Чтобы давать кислород в больших количествах и удешевить его, следовало не только увеличить мощность заводских кислородных станций, но и улавливать бесполезный в мартеновской печи, но необходимый в электровакуумной промышленности газ криптон. Однако и этого еще было мало для того, чтобы организовать дело с необходимым размахом, экономично и на высоком техническом уровне. Надо было так вести производство кислорода, чтобы одновременно в качестве побочного продукта получалась азотная кислота и химические удобрения из азота, который в огромных количествах выбрасывался кислородными станциями в атмосферу.

Так применение новых методов в сталеварении потребовало изменения и улучшения и самого металлургического «конвейера» и его ближних и глубоких тылов. И не только на заводе «Запорожсталь».

Две важные проблемы

Две крупные, совсем непохожие одна на другую проблемы стоят сейчас перед советскими металлургами.

Вот первая из них.

Большое значение в производстве стали имеет повышение качества так называемого рядового металла. Решение этой задачи не связано с какими-либо сложными научными изысканиями новых рецептов технологии. Речь идет о том, чтобы при выплавке стали, предназначенной для производства машин и строительных конструкций, то-есть при выплавке основной массы металла, добавлять в металл небольшое количество давно известных, сравнительно недорогих примесей (меди, никеля, титана, хрома), повышающих его прочность и твердость и придающих ему некоторые другие полезные свойства. Такие низколегированные стали дешевы в производстве и выгодны для народного хозяйства, так как позволяют облегчать вес конструкций и деталей машин, в результате чего из низколегированного металла можно изготовить много больше машин или строительных конструкций, чем из такого же количества обычной стали.

В чем же, спросите вы, заключается проблема, если технология производства низколегированной стали давно известна и сулит выгоды народному хозяйству?

Дело в том, что для изготовления больших количеств низколегированных сталей все же необходима некоторая перестройка производства: такую сталь изготавливать немного сложнее, чем обычную. При переводе заводов на производство низколегированного металла в первое время может понизиться количество выдаваемой продукции, выполнение плана будет поставлено под угрозу. Эти чисто производственные затруднения не могли не встретить сопротивления со стороны тех заводских работников, кто привык цепляться за старинку.

Так узкоцеховые интересы некоторых отсталых, успокоившихся на достигнутом металлургов еще раз пришли в противоречие с требованиями народного хозяйства нашей страны, которому нужно и выгодно производство низколегированной стали.

Отрицательно сказалось на внедрении низколегированных марок стали и то, что работа заводов до сих пор оценивалась по весу выпускаемой продукции, а сортамент металла и его качество в расчет не принимались.

Сейчас проблема организации производства низколегированных марок стали решается самоотверженным трудом многих и многих передовых ученых, рабочих, инженеров и руководителей производства. В шестой пятилетке выпуск низколегированных сталей возрастет в 17 раз.

Вторая проблема лежит в области производства новых марок высококачественных сталей и коренного улучшения технологии их производства.

Наукой установлено, что ничтожные по количеству примеси, случайно попадающие в дорогостоящие сплавы, приводят иногда к резкому ухудшению их механических и физических свойств — теплопроводности, электропроводности, магнитной проницаемости. Например, сплав с примесью азота и кислорода становится с течением времени хрупким и чрезмерно твердым, как говорят металлурги, «стареет». Это может привести к поломке изготовленной из такого металла детали машины.

Водород скапливается внутри металла в микропорах, и с течением времени в результате возникновения значительного давления внутри уже готовой детали может образоваться предательская трещинка.

Для того чтобы избежать всех этих пороков металла, были построены сталеплавильные печи, в которых над жидким металлом создается разреженная атмосфера. Впервые мысль

о вакуумных печах возникла почти 50 лет назад. Но практически ее осуществили лишь тогда, когда появились достаточно совершенные насосы (в двадцатых годах нашего века).

И только сейчас, в наше время, когда вакуумная техника получила большое развитие, удалось построить достаточно большие вакуумные печи, вмещающие 3—5 тонн металла.

Выплавляя металл в сильно разреженном пространстве, удалось придать ему важные новые свойства. Если, например, сталь марки, которая при выплавке в обычной печи приобретала наряду с ценными свойствами отрицательное качество — хрупкость, начинали плавить в вакууме, металл становился ковким, более пластичным. Трансформаторная сталь приобретала более высокие электромагнитные свойства, и это позволило на 10—15 процентов уменьшить потери энергии при трансформировании электрического тока.

Прежде считалось невозможным использовать в технике в чистом виде хром, титан, ванадий, так как эти металлы хрупки. А между тем они обладают рядом ценных, нужных в промышленности свойств. Когда же эти металлы были выплавлены в вакууме, они стали пластичными.

Такие металлы, как цирконий, германий, бериллий, в чистом виде нельзя было получить в обычных печах. Только в вакуумных печах оказалось возможным очистить ценные металлы от вредных примесей.

Много еще важного и пока не открытого таит в себе выплавка металла в разреженном пространстве.

Поправка жизни

Достижения теоретической мысли в области сталеварения, создание более стойких огнеупоров — хромомагнезитового кирпича, внедрение кислорода — все это и многие другие нововведения привели к тому, что печи начали выдавать металла гораздо больше, чем это предусматривалось проектами современных мартеновских цехов.

Все машины и механизмы мартеновского цеха предназначены для того, чтобы во-время загружать печи плавильными материалами, принимать от печей готовую сталь, во-время убирать шлак и доставлять к мартенам ремонтные материалы и оборудование.

Мощность механизмов, направление и скорость технологических потоков, емкость ковшей под металл, даже прочность самого здания мартеновского цеха рассчитаны на бесперебойное обслуживание стоящих в цехе печей определенной емкости.

И вот в последние годы сама жизнь нарушила это строго рассчитанное соотношение между количеством выдаваемой цехом стали и его энергетическим и механическим оснащением.

Мощность потока стали на металлургическом «конвейере» начала неуклонно возрастать, и оборудование и «тылы» цехов оказались недостаточными. Они не могли справиться с увеличившимся количеством плавильных материалов и металла. Да и сам ритм деятельности «конвейера» оказался теперь неподходящим.

Так возникло острейшее противоречие, разрешить которое оказалось далеко не просто.

Передовики производства, опираясь на достижения теории, а иной раз своей практикой двигая вперед и науку, доказали, что при правильном уходе за печью можно, без риска вывести огнеупоры из строя и испортить металл, увеличить количество выплавляемой стали. Для этого надо сохранять тепло в печи (быстрее производить завалку плавильных материалов и текущие ремонты между плавками), повысить температуру внутри печи, увеличить количество загружаемых в каждую печь плавильных материалов.

В больших печах, где помещается 380 тонн металла (это составляет более трети грузоподъемности товарного поезда), плавка обычно идет 13—14 часов. Сталевары-скоростники начали завершать такую плавку за 11—12 часов. На печах меньшего размера нормальное время плавки 8—10 часов, а скоростная плавка выдается через 6—7 часов. В еще меньших печах скоростные плавки еще короче.

Опыт сталеваров-скоростников послужил основой для дальнейшего развития теории процесса сталеварения. Передовые сталевары практически доказали возможность более быстрого обезуглероживания металла без ущерба для качества стали. Их работа позволила сделать заключение, что научно правильное ускорение плавки приводит даже к повышению качества металла.

Например, до 1953 года считалось, что при выплавке любой марки стали в мартеновской печи должно быть не менее 0,2 процента (от веса плавильных материалов) марганца,— так утверждала инструкция Министерства черной металлургии. Марганец был нужен для придания плавке более спокойного характера, а также для избавления металла от серы.

Кузнецкие сталевары заметили, что при выплавке некоторых марок стали завалка в печь ферромарганца (то-есть чугуна, сплавленного с марганцевой рудой) лишь замедляет процесс получения стали и тем мешает вести скоростные плав-

ки. От серы же можно избавиться и без помощи марганца.

В Ленинграде было собрано совещание специалистов. На нем сталеплавильщики утверждали, что добавка марганца при плавке некоторых марок стали не нужна.

На Кузнецком заводе на некоторых печах стали плавить сталь без добавления марганца, не дожидаясь, пока устаревшая инструкция будет поправлена.

Когда происходили все эти события, директор Магнитогорского комбината Борисов предложил доменщикам одной из печей выплавлять чугун без добавки в плавильные материалы марганцевой руды. Сталеплавильщики, узнав об этом, также перестали добавлять марганец при выплавке определенных марок стали. Металл, выдаваемый заказчикам, от этого хуже не стал, а завод получил миллионы рублей экономии.

Процесс плавки стали улучшен трудом многих и многих передовиков производства. Среди них такие сталевары, как М. Бербасов, А. Овчинников, Ф. Коновалов, М. Буркацкий, М. Мазай, И. Семенов, М. Зинуров, В. Захаров, А. Хохлов, П. Болотов, В. Зубков, А. Субботин, С. Якименко, Небылицын, Мартынов, Н. Цышнатый и другие.

Но повышенная выдача стали печами привела не только к развитию науки о сталеварении. Движение передовиков-сталеваров превратилось в могучую силу, которая заставляла всех считаться с собой, потому что влияла на экономическую сторону производства стали.

Тем острее было возникшее противоречие. Идя по следам этих жизненных столкновений и противоречий, я стал в мартеновских цехах Магнитогорского завода свидетелем очень характерных событий.

...На заводе работают первоклассные сталевары Владимир Захаров, Иван Семенов и Мухамед Зинуров. Семенов и Захаров несколько лет назад окончили ремесленное училище. Мухамед Зинуров приехал на Магнитку давно и участвовал в строительстве завода в одной из ударных бригад.

Однажды Захаров заметил, как подручный сталевара споткнулся о кусок ферромарганца, валявшийся на полу цеха около печи. Захаров спросил молодого рабочего, почему он не поднял деньги. Тот удивился: что за деньги?

Этот случай заставил Захарова задуматься над тем, как сильно можно было бы удешевить сталь, если экономить каждый кусок дорогостоящего ферромарганца и другие материалы, употребляемые при плавке стали. Вместе со своими товарищами Иваном Семеновым и Мухамедом Зинуровым Захаров обдумал, как лучше беречь стальной лом, чугун,

руду, раскислители, материалы, которыми заправляют откосы и под печи, топливо. За два месяца сталеварам удалось сэкономить 130 тысяч рублей.

На помощь рабочим пришли инженеры-экономисты. Тысячи рабочих подробно ознакомились с тем, как следует экономить топливо, электроэнергию, сырье, каким путем можно еще удешевить металл. Администрация цеха улучшила учет расхода различных материалов, сырья, инструмента. Теперь сталевары считали зазорным для себя выбрасывать в шлаковый ковш неисправный инструмент. Они стали его ремонтировать.

Рабочие внимательно следили за каждым куском лома, руды, стремясь, чтобы все то, что предназначалось для плавки, попало в печь и ни один килограмм шихты не оказался на свалке.

Чтобы наиболее полно использовать все возможности снижения стоимости металла, В. Захаров, М. Зинуров и И. Семенов начали строжайшим образом соблюдать все технологические правила плавки стали. Они, например, тщательно следили за тем, чтобы температура выпускаемого металла не была ниже 1500—1590 градусов, так как это помогало избежать «козелков», то-есть застывания металла и, следовательно, потерь его в ковше.

Улучшив технологию освобождения стали от вредных примесей, сталевары смогли экономить по 7—10 тонн известняка на каждой плавке. Экономию топлива они получили, научившись загружать известняк не сразу, а распределяя его тонким слоем, так как этот материал является плохим проводником тепла.

Текущий ремонт огнеупорной «одежды» печи (заправку задней стенки) сталевары проводили теперь за 30—50 минут до выпуска стали. В это время печь бывает сильно разогрета и потому заправочные материалы сразу привариваются. Расход их заметно понижается.

Сокращая время плавок благодаря более форсированному тепловому режиму, сталевары также добились резкого снижения стоимости металла.

Много еще полезного было сделано тремя сталеварами. За год они дали 15 тысяч тонн стали сверх плана и добились экономии больше миллиона рублей. В следующем году они сэкономили еще почти 200 тысяч рублей. Вот что может дать творческое отношение к труду! А ведь когда-то все началось с замеченного Захаровым на полу цеха куска ферромарганца...

О другом важном событии, происшедшем уже на Кузнецком металлургическом заводе, я знал понаслышке.

В 1948 году сталевар Кузнецкого металлургического комбината Михаил Привалов заявил на совещании металлургов

Урала и Сибири, что в наше время, когда мартеновские сталеплавильные печи оснащены автоматическими приборами, когда контролировать плавку помогают цеховые экспресс-лаборатории, очень быстро производящие анализ находящейся в печи стали, можно работать совершенно без брака, всегда выдавать высококачественный металл.

За предыдущий, 1947 год брак составил всего 0,79 процента по отношению ко всему выплавленному комбинатом металлу. Казалось, сталевары сделали почти все для того, чтобы работать отлично. Но теперь они решили устранить и оставшиеся 0,79 процента брака.

Первое необходимое условие высокого качества стали — хорошая работа печи. Сталевары начали особенно тщательно следить за состоянием огнеупорной «одежды» различных частей печи.

Практика привела сталеваров к важному выводу: она убеждала их, что следует с особенной точностью вести все этапы процесса выплавки стали, а не надеяться на устранение ошибок в последней операции и во время раскисления стали, как это нередко делали сталеплавильщики прежде. Вот где был путь к достижению цели: плавку надо было вести так, чтобы реакции окисления примесей и восстановления закиси железа шли с наибольшей выгодой для сталевара. Надо было создать наиболее благоприятные условия для возникновения нужных реакций.

Первое необходимое условие — хорошая работа самой печи. Сталевары начали особенно тщательно следить за состоянием пода, регенеративных насадок, свода.

Опыт убеждал новаторов, что надо научиться точно определять время заливки чугуна. Слишком поздняя или слишком ранняя заливка затягивала плавку. Чугун следует подавать, когда руда нагреется до температуры, какой обладает заливаемый металл.

Сталевары разработали новые способы получения наиболее выгодного шлака, лучше всего удаляющего вредные примеси, начали тщательно следить за процессом выгорания углерода, с тем чтобы металл не получался стылым. Им пришлось решать сразу три задачи: сокращать продолжительность плавки, улучшать качество металла и повышать стойкость печи.

Но чем больше развивалось движение сталеваров-скоростников, чем большее количество печей переходило на скоростной график, тем труднее становилось их обслуживать.

А ведь при скоростных плавках требуется особенная четкость работы. Малейшая оплошность — запоздание с подачей ковшей, не во-время подвезенная шихта или еще какие-либо неполадки, прежде не бросавшиеся в глаза, при скоростных

плавках совершенно недопустимы. Становилось все яснее, что существовавшие до того расчеты технологических потоков в мартеновском цехе начали отставать от требований жизни: не хватало емкости ковшей, мощности и количества кранов, прочности конструкций самих зданий, мощности «тылов» — цехов, где подготавливаются плавильные материалы, и т. д. От этого противоречия нельзя отмахнуться, уйти в сторону, не разрешив его. Скоростные плавки резко повысили производительность труда сталеваров и этим повлияли на экономическую сторону дела, значительно снизив себестоимость стали. А это очень важно. В этом заключается огромная сила скоростных плавок: они настоятельно требуют решительных и продуманных действий. Так сталеплавильный участок металлургического «конвейера» оказался накануне технической революции.

Часть 3

У ПРОКАТНЫХ СТАНОВ

Глава первая

ВОРОТА ПРОКАТА

Кристалл Чернова

От мартеновских цехов к прокатным станам, как и от доменных печей к мартенам, ведут стальные нити рельсов. Они сходятся под крышей высокого, но сравнительно короткого здания стрипперного отделения, которое служит как бы прихожей прокатных цехов. Здесь горячие еще слитки с помощью клещевого крана вытаскиваются из изложниц — раздеваются.

Стоит проследить за движением слитка от мартеновских до прокатных цехов, и даже непосвященному человеку ясно, что скорость движения потока металла в стрипперном отделении как будто неоправданно замедляется. Около двух часов слитки находятся на этом звене металлургического «конвейера».

На крупном заводе почти всегда есть участки, где по сравнению с другими участками производственные операции выполняются медленно. Так происходит потому, что методы работы, машины, оборудование постоянно совершенствуются. И если что-то улучшено в одном месте, то соседнее, еще недавно совершенное, становится устаревшим.

Но скоро я понял, что в данном случае передо мной явление гораздо более значительное, чем временное отставание одной части заводского «конвейера» от другой: этот участок в современном виде мешает производству металла сделать крупный шаг вперед.

Казалось бы, чего проще подать расплавленную сталь непосредственно в прокатные станы, минуя изложницы? Тогда не будет тратиться время на перевозку слитков, на их раздевание и вслед за тем на дополнительный нагрев их перед прокаткой. Почему обязательно нужен слиток? Разве нельзя

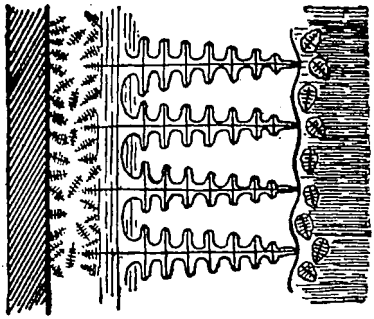
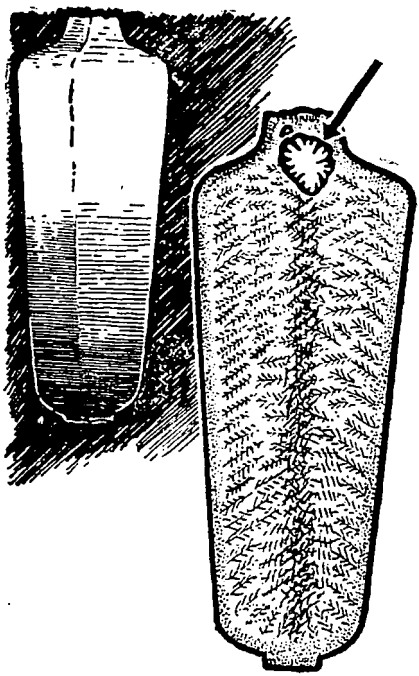


Схема кристаллизации слитка. *Слева направо:* стенка изложницы, мелкие дендриты, столбчатые кристаллы, равноосные кристаллы, жидкая сталь.



Кристаллизация слитка. Стрелкой показана усадочная раковина.

прямо из жидкой стали получать стальную заготовку любой формы?

Оказывается, при современном уровне металлургического производства сделать это нельзя. Охлаждение стали перед прокаткой необходимо для того, чтобы она прошла через стадию кристаллизации. Иначе металл не будет прокатываться.

Какие же внутренние изменения происходят при этом в металле?

Одним из первых исследователей процесса кристаллизации стали был Дмитрий Константинович Чернов, по праву названный отцом металлографии. В конце прошлого века Д. К. Чернов открыл, что жидкий металл представляет собой сильно перенасыщенный раствор, способный кристаллизоваться.

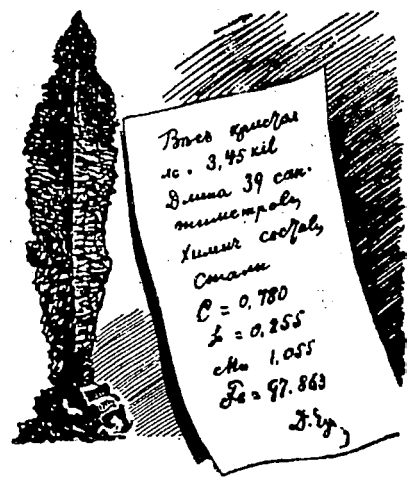
Чернов первый графически изобразил схему древовидной кристаллизации стали. Впоследствии такие образования получили название «кристаллов Чернова».

Ученый показал, что при затвердевании металла сначала начинают расти главные оси будущих кристаллов. От них ответвляются перпендикулярные оси второго порядка, затем третьего порядка и т. д. Возникают образования, напоминающие ветвистые деревья, дендриты (по-гречески дерево). В дальнейшем промежутки

между «ветвями» заполняются кристаллическим веществом, и, таким образом, получается плотный кристалл.

При малом количестве кристаллизирующего вещества дендриты, то-есть недоразвившиеся кристаллы, затвердевают, образуя причудливые формы.

Чернов обнаружил древовидный кристалл в усадочной раковине слитка. Дендрит оказался высотой в 390 миллиметров.



«Кристалл Чернова».

Один из токарей Уральского металлургического завода имени Б. К. Серова, обрабатывая прокатный вал, увидел в усадочной раковине отливки огромный иссиня-черный металлический кристалл, напоминающий по форме дерево с разветвленной кроной — «кристалл Чернова», высотой около 400 миллиметров. Через некоторое время при обработке такого же вала был обнаружен подобный же кристалл черного цвета.

В наше время теоретическую разработку явлений, возникающих при кристаллизации стали, а также при термической обработке металлов ведет школа советских металлургов, выдающимся представителем которой является академик Н. Т. Гудцов. Эта школа продолжает славные традиции Д. К. Чернова, углубляет и развивает дальше теорию кристаллизации стали и термической обработки стали и сплавов.

Что такое пластичность металла?

После того как на пути от мартеновских цехов к стрипперному отделению и в самой «прихожей» прокатных цехов в металле произойдут необходимые внутренние изменения, его можно обрабатывать в обжимных и прокатных станах.

Но для того, чтобы в обжимных станах под огромным давлением, примерно в 1 000 тонн, слитки приняли форму вытянутой заготовки, металл необходимо снова нагреть.

Это еще раз подтверждает несовершенство современной заводской технологии: металл нагревается в сталеплавильной печи, охлаждается в стрипперном отделении и вновь подогре-

вается на пороге обжимного стана в особых нагревательных колодцах. Лишняя как будто трата топлива и труда людей.

И все же на современной ступени развития производства металла повторный подогрев необходим. Обработка металла прокаткой возможна благодаря его способности изменять форму под влиянием давления не разрушаясь. Степень нагрева подвергающегося давлению металла имеет при этом большое значение.

Чем же объясняется это важное свойство стали?

Прокатка — один из самых распространенных способов обработки металла. Его знали давно. Описание прокатного стана для свинцовых полос было обнаружено в сочинении знаменитого итальянского ученого и художника эпохи Возрождения Леонардо да Винчи. Через несколько лет им был изобретен стан для прокатки круглых стержней. С течением времени прокатка металла все более совершенствовалась, но лишь в конце XIX — начале XX столетия ученым удалось проникнуть в тайну невидимых превращений, происходящих в металле под влиянием давления. Оказалось, что они объясняются кристаллическим строением слитков металла.

Исследуя кристаллы при помощи невидимых рентгеновских лучей с очень короткой длиной волны, ученые обнаружили, что с лучами при этом происходят те же явления так называемой дифракции, которые наблюдаются при прохождении лучей света через мельчайшие отверстия очень частой решетки. А так как длина волны невидимых лучей во много раз короче, чем у световых, то оставалось предположить, что дифракционная решетка состоит из сверхмалых симметрично расположенных отверстий. Эта природная тончайшая дифракционная решетка могла состоять лишь из атомов. Таким образом, было экспериментально доказано, что атомы в кристалле расположены в строго согласованном, симметричном порядке, образуя так называемую кристаллическую решетку.

Основатель кристаллографии — науки о строении кристаллов — известный русский ученый Евграф Степанович Федоров открыл, что в кристаллах, подобно тому, как мы видим это на обоях, множество раз повторяется один и тот же узор, но не плоскостной, а объемный. Уже более 60 лет назад он вычислил, что в кристаллах возможно 230 различных объемных «узоров», 230 различных симметричных расположений атомов, и указал, какие это могут быть расположения. Свое гениальное предсказание ученый сделал не на основании наблюдения внутренней структуры кристаллов — ни один самый совершенный микроскоп пока еще не дает возможности увидеть ее, — а на основе вычислений и теоретических исследований.

В расплавленных металлах, и в том числе в жидкой стали, атомы движутся беспорядочно. Когда же при затвердевании металлы кристаллизуются, атомы их располагаются в определенном для каждого металла порядке, и с этого момента они подчиняются общим для многих кристаллических веществ законам. Группы кристаллов соединяются в более крупные кристаллы, представляющие собой как бы зерна, из которых и состоит масса металла.

Происходит это так.

Кристаллизация начинается не в одном каком-либо месте, а сразу во многих местах в массе металла. В многочисленных центрах кристаллизации растут отдельные кристаллы. При этом в каждом из кристаллов грани первичных ячеек, их составляющих, ориентированы в пространстве одинаково, но по отношению к другому кристаллу каждый кристалл имеет свое собственное, присущее только данному кристаллу расположение граней.

В процессе роста соседние кристаллы сталкиваются между собой. Так и возникают многоугольные зерна неправильной формы, каждое из которых является группой кристаллов, остановленных в своем росте соседними кристаллами.

Каждое зерно имеет свое собственное, только ему одному присущее направление плоскостей граней первичных кристаллических ячеек. Эта особенность строения слитка во многом определяет его свойства.

В кристалле есть плоскости, по которым он может быть разрушен с наименьшим усилием.

Это объясняется строением кристаллов, которые состоят из электрически заряженных атомов — ионов; атомы, заряженные разноименным электричеством, притягиваются, заряженные одноименным электричеством, — отталкиваются. Если внешняя сила будет направлена в такой плоскости, где встречаются одноименно заряженные атомы, сцепление между которыми меньше, чем между разноименно заряженными, кристалл расколется. В самом деле, под нагрузкой металл разрушается большей частью не по границам кристаллов, а прямо через кристалл.

Если бы плоскости граней кристаллов во всех зернах были ориентированы в одном направлении, металл легко бы разрушался при совпадении направления внешней силы с этими плоскостями. Однако кристаллы в момент затвердевания металла растут беспорядочно, и при любом направлении действия разрушающей силы всегда найдется большое количество зерен с различно ориентированными гранями кристаллов. Поэтому прочность металла во всех направлениях обычно одинакова и притом весьма значительна.

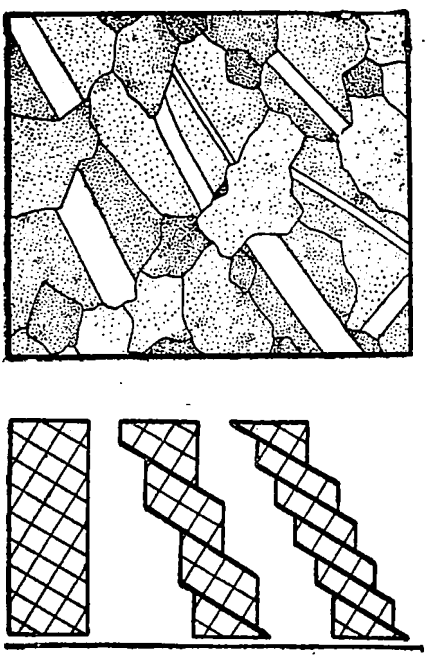
Получив достаточно точное представление о строении кристаллических веществ, ученые смогли объяснить сущность явлений, происходящих в металлах во время их обработки давлением. Увеличение прочности металлов под действием молота и наковальни, валков прокатного стана или штампа объясняется изменением формы или ориентировки кристаллов, или изменением формы и размера кристаллических зерен.

Представим себе, что на кристалл металла начала действовать определенная сила. Как это отразится на расположении атомов в первичной ячейке кристалла? Действие даже небольшой силы приведет к некоторому сдвигу атомов, расположенных в кристаллах в строго определенном порядке.

Если действие внешней силы меньше сил сцепления атомов, то после прекращения этого действия атомы займут прежнее положение и металл, получивший было некоторые изменения своих форм, вернется к прежнему состоянию.

Техники в этом случае скажут: «Предел упругости не был превзойден».

Деформирующая сила может и превысить силы сцепления атомов между собой до такого предела, что тело разрушится.



Смещение кристаллов металла при прокатке.

Но металлы обладают удивительным свойством — пластичностью. Если к металлическому телу приложить какое-то среднее усилие, превышающее предел упругости, но еще не разрушающее металл, произойдет сдвиг одних атомов по отношению к другим, и при этом тело, а следовательно, и кристалл или группа кристаллов, не разрушится, но и не вернется к своим прежним размерам, даже когда усилие будет устранено. Появится так называемая остаточная деформация, следствие важнейшего свойства металлов — пластичности.

Эта удивительная особенность металлов и позволяет обрабатывать их давлением: прокатывать, ковать, протягивать, вытягивать, штамповать, закручивать, изгибать.

Величина изменений, которую выдерживает металл, не разрушаясь при определенной температуре, зависит от формы кристалла.

Сталь в зависимости от условий охлаждения слитка и химического состава металла может иметь крупнокристаллическое или мелкокристаллическое строение. Крупнозернистая сталь менее прочна, чем мелкозернистая. Горячая прокатка слитка уменьшает размеры кристаллических зерен. Кроме того, обработка давлением приводит в ряде случаев к завариванию пор и газовых пузырей, то-есть уплотняет металл.

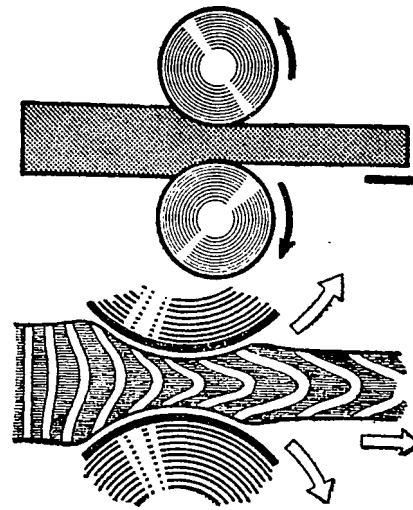


Схема прокатки металла.

При прокатке металл вытягивается. Это значит, что вытягиваются в волокна и кристаллы слитка. Образовавшиеся таким образом нити переплетаются между собой, сцепление между отдельными кристаллами возрастает. Все эти превращения и приводят к повышению механической прочности стали.

С увеличением нагрева пластичность металла, то-есть его способность изменять форму не разрушаясь, возрастает. Вот почему перед прокаткой заготовки нагреваются до 1100—1250 градусов.

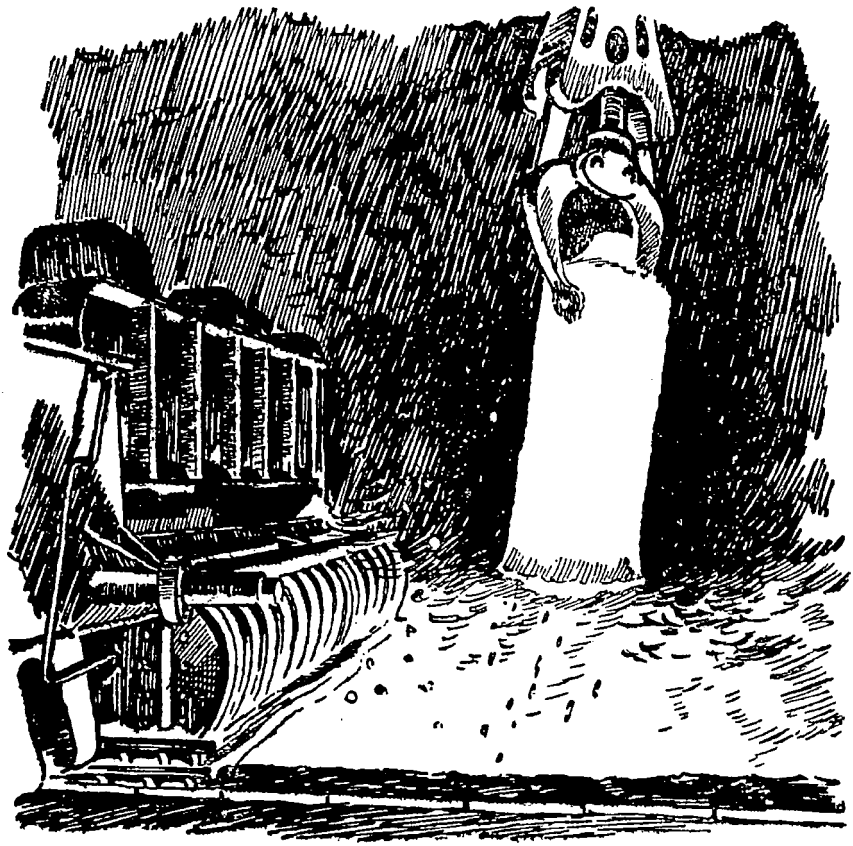
Колодцы с огнем

Освобожденные от «одежды» слитки на платформах прибывают в обширный цех, где они подогреваются перед обработкой давлением.

Внешне цех этот представляет собой огромный светлый зал. Вдоль одной его стены протянулись железнодорожные пути. Рядом с ними расположена поднятая на уровень второго этажа большая площадка с нагревательными колодцами.

Слитки снимаются с платформ клещевым краном, который поднимает их под самую крышу над высокой площадкой нагревательных колодцев.

Кран подкатывается к тому колодцу, в котором есть свободное место, с колодца с помощью машины снимается крыш-



Нагретый слиток вынимается из колодца с помощью клещевого крана.

ка, и машинист крана осторожно опускает в огненное гнездо очередной слиток, требующий подогрева. Затем крышка закрывается.

Чтобы попасть наверх, к нагревательным колодцам, надо подняться по стальной лесенке. На площадке прежде всего бросается в глаза малое количество людей. Против закрытых массивными крышками колодцев стоят стальные кабины, заполненные приборами и автоматическими механизмами. Рабочим-сварщикам, каждый из которых обслуживает два колодца, приходится лишь следить за приборами и командовать выдачей нагретых слитков и установкой новых в колодцы.

Нагревательный колодец представляет собой печь, основание которой находится в подземной части цеха. По сравнению с домной или сталеплавильной печью, нагревательные колод-

цы устроены много проще. Да это и понятно: ведь никаких химических реакций здесь не происходит. В нагревательный колодец устанавливается обычно пять слитков. Затем горловина колодца закрывается массивной крышкой, изнутри защищенной огнеупорным материалом.

Газообразное топливо — смесь коксового и доменного газов и воздуха — поступает через центр дна. Языки пламени сгорающего топлива поднимаются, затем опускаются, огибая слитки сверху вниз по направлению к отверстиям в стенках около дна, через которые уходят в трубу продукты горения.

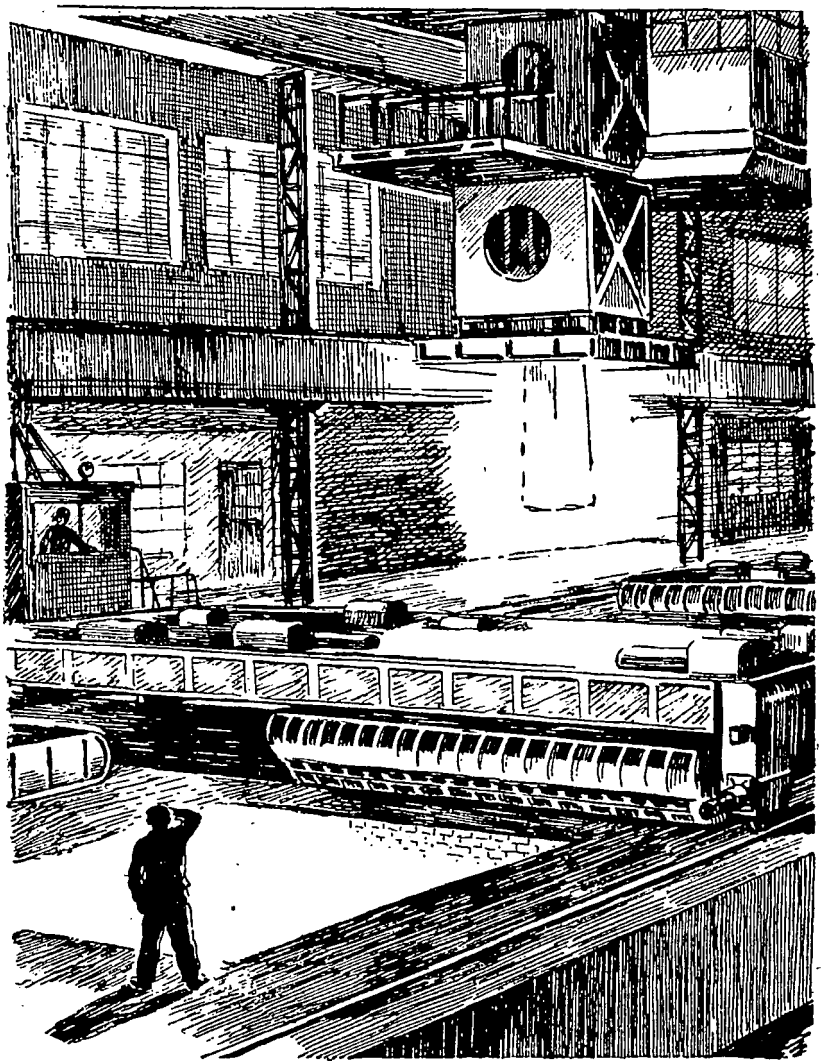
Прежде чем попасть в колодец, топливо, как и в мартеновской печи, подогревается с целью повышения температуры его горения.

На заводе «Азовсталь» топливо нагревательных колодцев предварительно нагревается не в регенераторах, как это обычно делается в современных мартеновских и доменных печах, а в рекуператорах. Газообразное топливо на пути к колодцам непрерывно проходит через трубы, с внешней стороны нагреваемые отходящими в дымовую трубу газами — продуктами горения. По принципу рекуперации были устроены, как рассказано выше, первые воздухонагревательные аппараты доменных печей. Их заменили в дальнейшем регенеративными нагревателями только потому, что чугунные трубы рекуператоров не в состоянии были выдержать высоких температур. Теперь вновь вспомнили о старом принципе нагрева газообразного топлива: он проще регенерации, не требует переключения нагреваемого газа с одного регенератора на другой. Что касается труб, то успехи современной металлургии позволяют изготовлять трубы для рекуператоров из материалов, хорошо противостоящих разрушительному действию высокой температуры.

Во время нагрева слитков в колодец подается в час около 10 тысяч кубических метров воздуха и около 3 300 кубических метров газа. Обилие воздуха приводит к образованию яркого горячего пламени с «острыми» языками, которое охватывает все слитки сверху донизу. Стенки колодца разогреваются до 1350 градусов, тогда температура металла повышается до 1250 градусов.

К концу нагрева количество подаваемого топлива резко уменьшается: воздуха поступает 1 500 кубических метров в час, а газа — до 500 кубических метров. В пламени уже нет «острых» языков, — они могли бы теперь подплавить металл. Слиток, как говорят сварщики, томится, температура нагрева во всех его частях становится одинаковой.

Если слиток будет нагрет недостаточно, то валки прокатных станов могут сломаться. Перегрев же металла приведет



Нагревательные колодцы.

к нарушению его внутреннего строения. Важно нагреть слиток равномерно по всему его объему до необходимой температуры, а для этого надо строго контролировать степень нагрева колодца. Вот почему здесь находит такое широкое применение автоматика.

В колодце установлена термопара из тугоплавких металлов. Электродвижущая сила термопары, в конечном счете,

не только управляет движением стрелки, указывающей степень нагрева, но и регулирует подачу топлива для нагрева колодца.

В тот момент, когда машинист снимает с колодца крышку, чтобы поместить туда очередной слиток или вынуть уже нагревшийся, подача топлива автоматически прекращается.

В середине цеха стоит большая кабина с застекленными стенками — рабочее место диспетчера, управляющего нагревом слитков. Сюда тянутся провода телефонной связи, соединяющие диспетчера и со стрипперным отделением, и с постами блуминга, и с цеховым диспетчером. На большой черной доске мелом записываются время посадки слитков в колодцы, температура нагрева металла, время выдачи слитков. Здесь идет счет каждой минуте. От бесперебойного, строго соответствующего графику нагрева слитков и своевременного их поступления на рольганг блуминга зависит успешная деятельность всего заводского «конвейера».

Ворота проката

Вся сталь, предназначенная для обработки в прокатных цехах, предварительно проходит между валками мощного обжимного стана-блуминга. Вот почему блуминг образно называют «воротами проката».

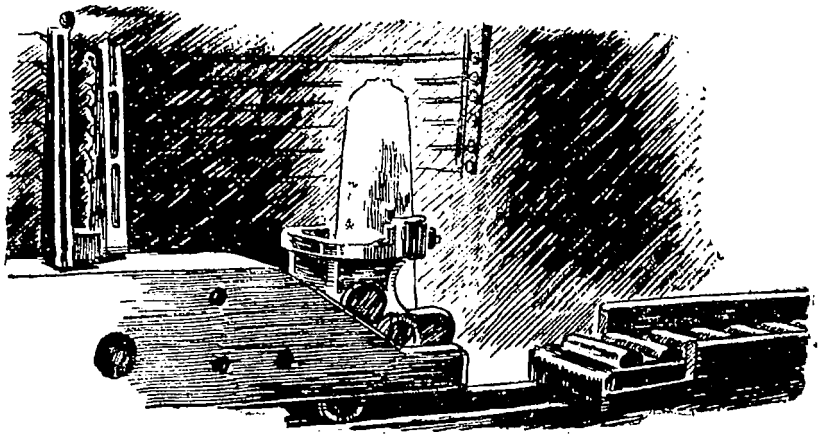
В небольшое сравнительно отверстие между валками блуминга, как нитка в ушко иглы, устремляется сталь, сваренная во многих печах, подготовленная на многих параллельных лентах «конвейера».

Особенно уверенно, четко должно действовать это «ушко». Ведь если оно выйдет из строя, остановится весь завод. Неудивительно, что здесь, на блуминге, я вновь попал в мир чудес автоматики.

В цехе блуминга поражают большие размеры машин, огромные мощности двигателей, широкая автоматизация трудоемких операций по обработке крупных масс металла.

Первая операция здесь заключается в том, чтобы положить на ролики рольганга блуминга слиток. Как будто просто — положить слиток. Но металл раскален, а слиток весит до девяти тонн. Кроме того, на рольганг надо укладывать непрерывно один слиток за другим с промежутком в 50—60 секунд. Надо создать почти сплошной поток нагретого более чем до 1000 градусов металла.

Нелегкая задача! Однако с ней справляется всего один человек — оператор первого поста. Его рабочее место помещает-



Слитковоз подвозит слиток к рольгангу.

ся в застекленной кабине, расположенной около начала рольганга на уровне второго этажа.

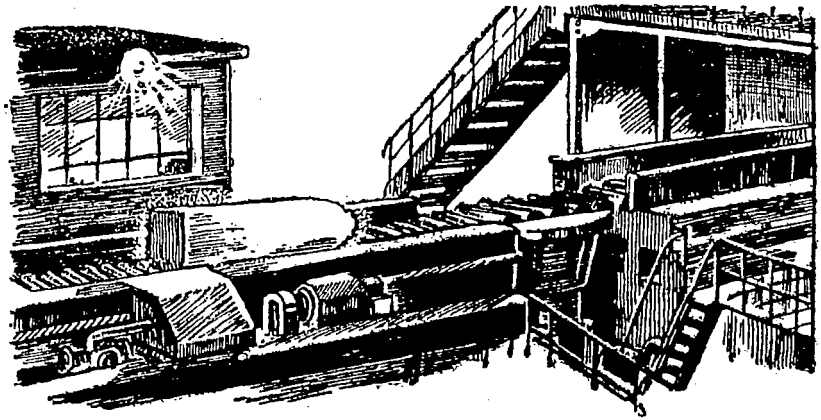
В распоряжении оператора находится слитковоз — вагон, приводимый в движение электромотором. Управление движением вагона сосредоточено на пульте в кабине. Крановщик опускает слиток на вагон, оператор в кабине включает мотор вагона, и слитковоз устремляется к рольгангу блуминга.

Люди, впервые пришедшие в цех, подолгу простаивают перед этим вагоном без машиниста, который «сам» подвозит раскаленные слитки к рольгангу, сбрасывает их на ролики, отъезжает к колодцам и с новым слитком спешит к блумингу. Потом, узнав об операторе в застекленной кабине, испытываешь некоторое разочарование: все-таки слитковозом управляет человек, все-таки это не полностью автомат!

Но не так-то просто оказалось довести управление вагоном и до такой четкости, с какой это происходит сейчас.

...В свое время, когда управление слитковозом перенесли с вагона в кабину около рольганга, слитковоз довольно часто разбивался о рольганг: оператор забывал во-время тормозить.

Инженеры и рабочие цеха блуминга завода «Азовсталь» установили на вагоне и в машинном зале автоматически действующие устройства, включающие тормоз. Сбоку от железнодорожных путей был помещен сильный электромагнит. Когда вагон проходил мимо него, в соленоиде реле, смонтированном на вагоне, возбуждалась элетродвижущая сила, заставлявшая срабатывать тормозной механизм. Автомат действовал хорошо, и все же иной раз, когда контакты реле портились, вагон ударялся о рольганг.



По пути к блумингу слиток проходит через автоматические весы.

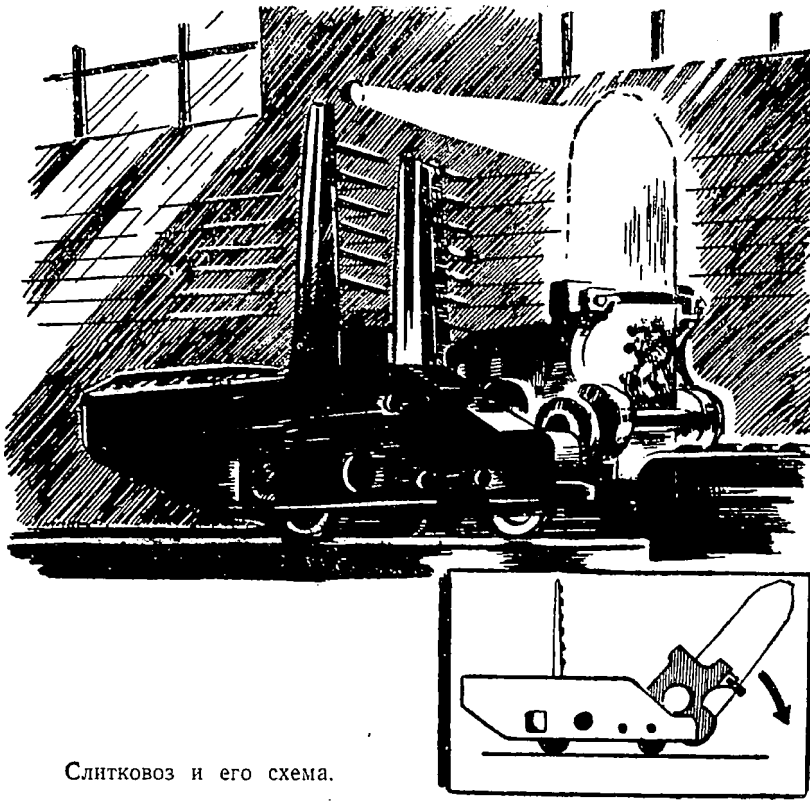
Тогда установили две параллельные цепи реле. Трудно было предположить, что контакты на обоих реле одновременно выйдут из строя; торможение стало гораздо более надежным. Но все-таки, хоть и редко, аварии происходили. Дело в том, что при одной цепи реле оператор должен был одновременно с автоматикой также включать тормоз. Но когда были установлены две цепи реле, операторы стали целиком доверять автоматике, и в тот момент, когда механизмы все-таки портились, происходила авария.

Чтобы окончательно избежать аварий, в операторской кабине был установлен прибор, записывающий действие автоматов и действия оператора. Взглянув на диаграмму, можно было узнать, какая цепь срабатывает раньше — включаемая автоматом или человеком. Руководители цеха могли теперь контролировать действия оператора.

Позднее установили дополнительные контакты, включавшиеся механически во время движения вагона. Это устройство сделало автоматическое торможение совсем надежным.

Только теперь можно было вполне надеяться на механизмы. Слитковоз стал почти полным автоматом. Оказалось возможным повысить скорость его движения с 4 метров до 5,5 метра в секунду, поставив для этого более мощный мотор и увеличив диаметр колес вагона. Это позволило подавать на блуминг из 7 колодцев 40 слитков в час.

На Кузнецком заводе слитковоз уже до конца автоматизирован. Недалеко то время, когда он станет полным автоматом на всех заводах.



Слитковоз и его схема.

Поданный вагоном слиток уносится роликами рольганга к обжимному стану — блумингу. Валки блуминга подготавливают металл для обработки на прокатных станах — обжимают его. Слиток принимает форму длинного прямоугольного бруса.

Пара валков, расположенных один над другим, заключена в мощную станину — клеть. Во время работы блуминга валки находятся под водяным душем. Вода не только охлаждает части машины, соприкасающиеся с раскаленным металлом, но и играет роль смазки в подшипниках.

Вращаясь в противоположные стороны, валки захватывают слиток и сжимают его. Проходя между ними, слиток удлиняется и становится более плоским. Нажимное устройство, состоящее из двух огромных винтов, опускает верхний валок, промежуток между валками уменьшается. Вслед за тем заготовка вновь устремляется в щель между валками. Так как валки теперь сблизились, то сузилось и пространство между ними. Поэтому металл опять обжимается.

Для того чтобы обжать заготовку несколько раз, ее вовсе не нужно возвращать на передний рольганг. Вращение валков может быть изменено на обратное простым переключением рукоятки командо-контроллера в кабине оператора блуминга. Тогда заготовка пойдет назад. Слиток можно «прогнать» между валками вперед и назад столько раз, сколько необходимо для придания металлу нужных размеров и формы.

В валках устроены вырезы, как их называют прокатчики, — калибры или ручьи, придающие металлу необходимую форму.

Чтобы направить заготовку в одни ручьи, затем в следующие и так далее, ее надо передвигать поперек рольганга и устанавливать точно против соответствующего «окошка» калибра. Это оператор выполняет с помощью линеек манипулятора, которые внешне напоминают ладони рук. Только «ладони» эти так велики, что по ним может свободно разгуливать человек. Линейки манипуляторов, управляемые оператором, сжимают заготовку и ставят ее против нужного «окна». Они служат как бы коридором, направляющим заготовку в валки.

Есть и еще одна важная операция, выполняемая стальными «руками», — кантовка заготовки. В линейках манипуляторов смонтированы так называемые «пальцы» кантователей, с помощью которых можно перевернуть заготовку с одного ребра на другое (иначе слиток будет обжиматься лишь с одной стороны и расплющится в лист).

Оператор, управляющий линейками манипулятора, испытывает необыкновенное чувство: ему кажется, что сила его рук возросла во много раз. И неудивительно: огромные стальные «ладони», послушные движению его руки, легко схватывают, переворачивают, передвигают заготовку весом в несколько тонн, которую вручную едва сдвинули бы с места 15—20 человек.

Рабочие органы блуминга способны оказать огромное давление на металл раскаленной заготовки. Ученые подсчитали, что для придания слитку формы заготовки — блумса — надо сдавливать его с силой в тысячу тонн, а иногда и в 2 тысячи тонн и более. При таком давлении все части машины должны обладать высокой прочностью.

Современный блуминг — это огромная машина-завод. Для перевозки оборудования блуминга требуется несколько товарных составов. Вес всех его машин и механизмов превышает 6 тысяч тонн.

Один только вал, передающий усилие от двигателя к исполнительному механизму — валкам, весит 30 тонн. Чтобы такая тяжелая «деталь» не поломала частей машины, пришлось найти способ сделать этот вал — шпиндель — невесомым. Шпиндель поддерживается системой рычагов при помощи тридцати-

тонного же противовеса. Собственный вес вала уничтожается противовесом, как это бывает с чашками весов. Поэтому шпиндель не нагружает машину дополнительными усилиями.

Вращать валки блуминга, сдавливающие металл с огромной силой, в состоянии лишь очень мощные двигатели.

Рядом с блумингом за стеной расположен машинный зал, напоминающий большую электростанцию. Здесь установлены динамомашины. Вырабатываемый ими постоянный ток приводит в движение роторы электрических моторов блуминга. Моторы, вращающие валки, обладают мощностью до 7—10 тысяч лошадиных сил. Этой мощности недостаточно для создания необходимого давления.

Откуда же берется необходимая мощность?

На валу мотора установлен огромный маховик. Необходимое давление на металл во многом создается силой инерции этого маховика.

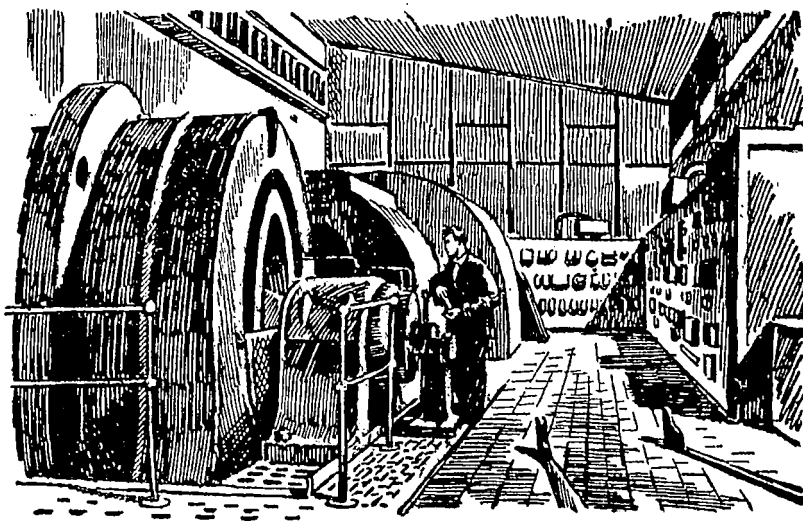
Днем и ночью работает «электростанция» блуминга. Для охлаждения моторов в подвальном помещении, в особых камерах и тоннелях, снизу подходящих под моторы, создается сильный поток воздуха.

Ротор главного мотора все время должен менять направление вращения, так как заготовка пропускается между валками стана то вперед, то назад. Торможение ротора, связанного со станом с помощью вала (шпинделя) верхнего валка, должно происходить почти мгновенно. Одни механические тормозы не смогли бы выполнять эту задачу, так как инерция громоздких частей механизмов слишком велика. Ротор мотора тормозится электромагнитным путем — так называемыми противотоками. Они создают магнитное поле, стремящееся вращать ротор в обратном направлении, то-есть тормозящее его вращение.

Машинный зал сверкает чистотой. Металлические его конструкции выкрашены серебряной краской, стены облицованы белыми кафельными плитами, пол выложен керамическими плитками. Вдоль щитов с приборами постелены резиновые дорожки. Управление механизмами и моторами, установленными в машинном зале на станине блуминга и по соседству с ним, осуществляется из кабины операторов.

Сотни проводов от реле, установленных в машинном зале, сходятся к этому «капитанскому мостику» блуминга. Узкая кабина операторов, расположенная перед клетью блуминга над рольгангом, и в самом деле напоминает капитанский мостик большого корабля.

В кабину ведет узкая стальная лесенка. Поднявшегося по «трапу» встречают порывы прохладного ветра. На заводе «Азовсталь» это в буквальном смысле морской ветер. Установленные в кабине мощные вентиляторы забирают воздух снару-



В машинном зале блуминга.

жи здания, а от прокатного цеха до моря рукой подать. Жерла вентиляторов обращены в сторону людей, управляющих станом. Майки операторов трепещут в сильной и прохладной воздушной струе.

Рядом стоит баллон, обложенный льдом. Из крана баллона в любую минуту можно налить стакан ледяной, пенящейся «газировки».

На невысоких пультах расположены рукоятки, при помощи которых включаются и выключаются механизмы стана. Перед пультами в креслах сидят двое: слева — старший оператор, справа — манипуляторщик.

Управление станом распределено между ними. Манипуляторщик передвигает заготовку вправо и влево при помощи линеек манипулятора, устанавливает ее перед тем или иным калибром и кантует — переворачивает с бока на бок, для того чтобы обжатие металла в валках происходило более равномерно.

В распоряжении старшего оператора находится включение роликов рольганга (то-есть подача заготовки), управление вращением валков и приведение в действие нажимного устройства, с помощью которого валки сближаются или отдаляются один от другого.

Таким образом, обжатие ведет старший оператор. Но темп работы зависит прежде всего от искусства манипуляторщика.

Если манипуляторщик будет медленно кантовать или долго «нацеливать» заготовку в калибр, то как бы ни старался старший оператор, стан выдаст мало продукции. Поэтому надо, чтобы действия обоих операторов были очень точно согласованы между собой, являлись продолжением одно другого.

...Вот очередной слиток подан, и ролики рольганга передвигают его вперед. Это происходит за спиной операторов, позади их кабины. Через застекленную заднюю стенку кабины виден несущийся к валкам раскаленный кусок металла. Манипуляторщик должен знать, как далеко находится заготовка, но оборачиваться ему некогда. Конструкторы блуминга нашли простой выход из положения: вверху перед манипуляторщиком висит большое, начисто протертое зеркало, наклоненное под углом в 45°.

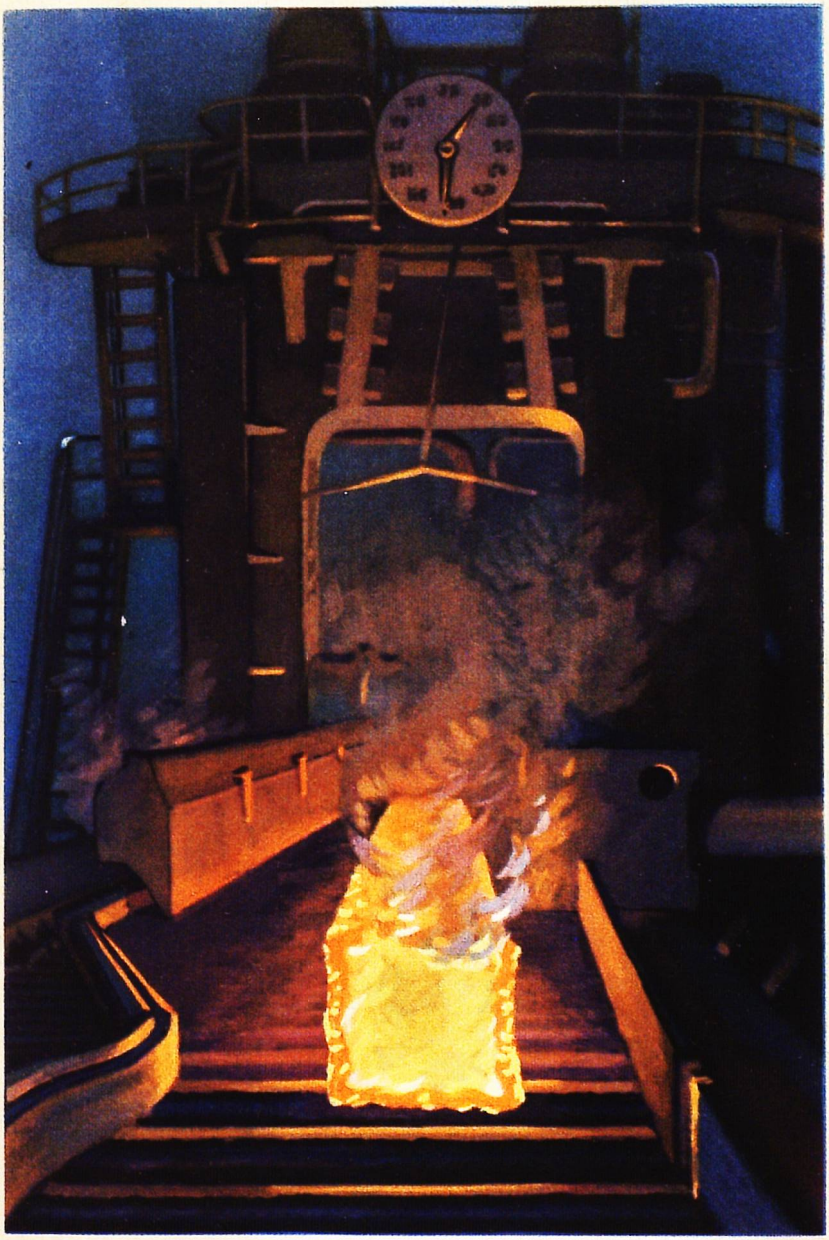
Между валками стана только что прошла предыдущая заготовка. Линейки манипулятора в момент ее прохода были сведены в узкий коридор, по которому блумс «вошел» в калибр. Но едва только заготовка проскочила между валками и пошла дальше, манипуляторщик резким движением рычага отвел левую линейку в крайнее левое положение. Там, в левой части валка, находится первый калибр, через который должен пройти приближающийся к стану новый слиток.

Вторая (правая) линейка манипулятора на какую-то долю секунды задерживается еще у правой части валков, потому что предыдущий, обжатый, блумс «не успел» далеко уйти от клети стана; по ту сторону валков также имеется правая линейка, действующая одновременно с линейкой, находящейся перед станом.

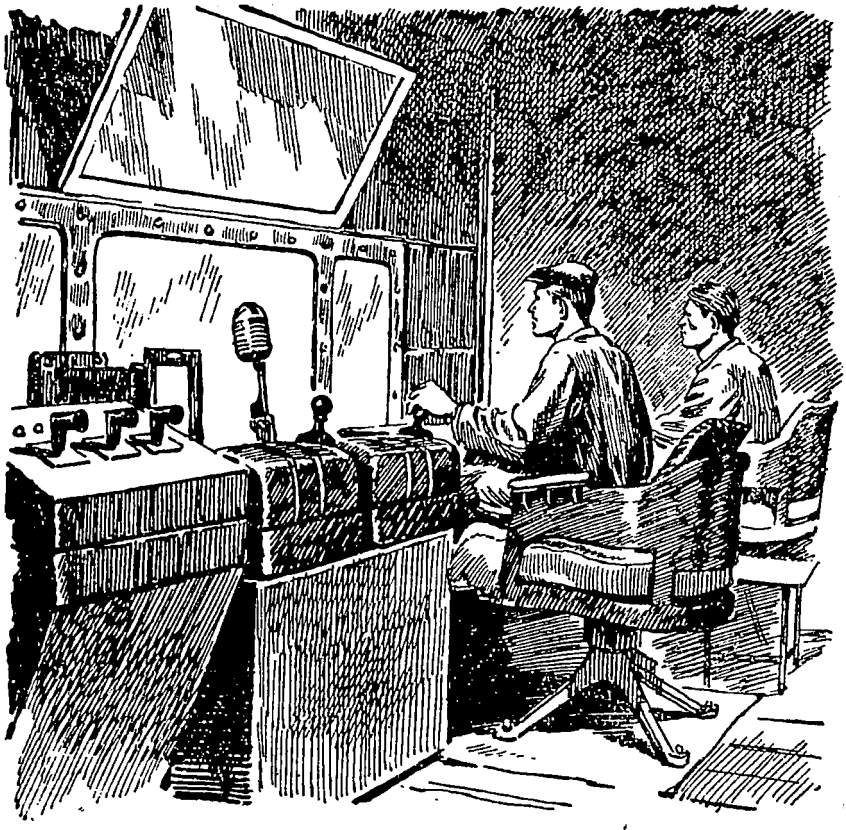
Но ждать, когда обжатая заготовка целиком выйдет из поля действия линеек, нельзя — это была бы слишком большая трата времени. Поэтому манипуляторщик включает мотор, передвигающий правые линейки. Они двигаются влево, образуя коридор для новой заготовки. Правая линейка, находящаяся за валками, задевает конец обжатого блумса, сдвигая его вправо. Не беда: рольганг тут же подхватывает и уносит его. Зато «коридор» для только что поданного слитка приготовлен как раз во-время.

Старший оператор легким движением руки включает моторы нажимного устройства. Валки сближаются на необходимое расстояние. Тотчас же оператор приводит валки во вращение. Слиток попал в калибр, и вот уже металл сминается, заготовка, несколько вытягиваясь, переходит на ту сторону валков.

В узком калибре слиток мнется, как брус масла, и на глазах утончается. С гулким треском лопается корка окалины, покрывавшая поверхность металла, слиток сразу становится ярче, «чище». Кусочки окалины ударяются в стекла кабины



Блуминг.



В кабине операторов блуминга.

операторов с таким звуком, словно кто-то с силой бросает в них горсти мелких камешков. Невольно вбираешь голову в плечи. Кажется, будто стекла вот-вот разлетятся вдребезги. Но операторы спокойно сидят в своих креслах, продолжая делать необходимые переключения на командо-контроллере: стекла в кабине необычные, сталинитовые, — они выдерживают сильные удары. Правда, со временем закалка стекла, придающая ему прочность, под влиянием жара слитков ухудшается. Но тогда отслужившие стекла заменяют новыми.

Пропустив слиток через валки, оператор включает ролики рольганга по ту сторону клети и валки на обратный ход. Заготовка как бы выдавливается валками обратно на передний рольганг. Кабина вновь освещается розовато-красным заревом.

Сбоку от операторов сидит пирометристка. Она быстро берет в руки трубку пирометра — прибора, определяющего температуру слитка по силе испускаемого раскаленным металлом света. Открыв окошечко кабины, работница моментально наводит трубку пирометра на слиток.

Замер температуры можно производить только после второго пропуска слитка, когда от него отлетит корка окалины. Если окажется, что металл нагрет недостаточно, температура его ниже нормальной, то слиток необходимо снять с рольганга, так как в противном случае могут быть поломаны валки блуминга.

Еще один проход слитка в обратном направлении — и манипуляторщик включает «пальцы» кантователя, переворачивающие болванку. Новое незначительное движение линеек — прокатная полоса передвинута и установлена перед «окном» следующего калибра. Тут и приходят в движение ролики рольганга и заготовка втягивается между валками стана. Эту операцию выполняет уже старший оператор. Но она с такой логичной последовательностью и без секунды промедления сменяет операцию установки блумса против калибра, что кажется, будто действует одна мысль, одна воля, одна рука.

Еще и еще прогон между валками, и вот уже левые линейки быстро отходят в крайнее левое положение, обжатая заготовка удаляется для дальнейшей обработки. На линейки, ролики рольганга и клеть падает отсвет зарева приближающегося очередного слитка. Цикл обжатия блумса завершен.

На первый взгляд кажется, что все заготовки похожи друг на друга и «ведут себя» одинаково. Но стоит подольше посидеть рядом с оператором, как убеждаешься в обратном.

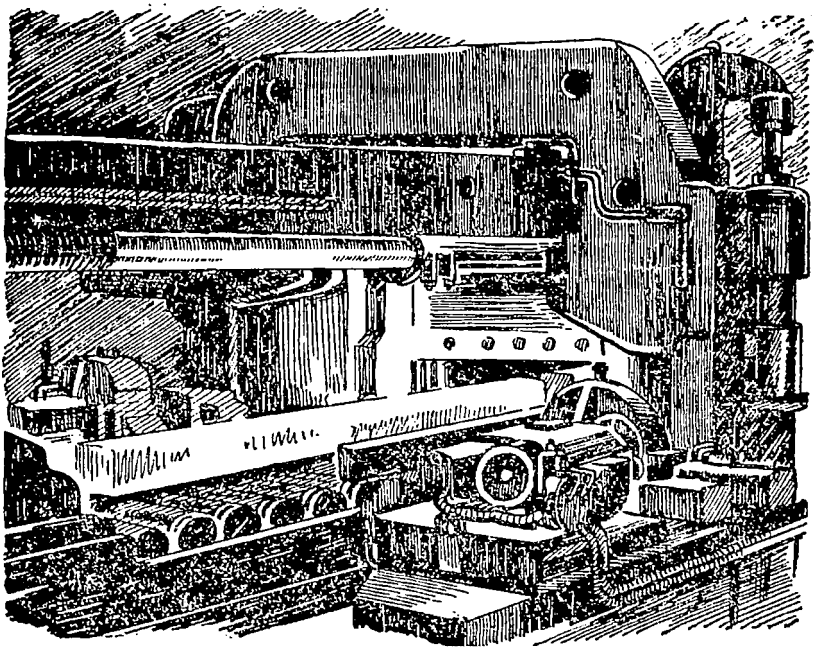
Иной слиток не сразу попадает в калибр, приходится отвести его назад и легким движением линеек манипулятора придать ему более точное направление.

Другая заготовка, пройдя первый раз через калибр, изгибается. При помощи линеек ее выпрямляют.

Бывает, что оператор, утомившись, на мгновение теряет контроль над машиной.

— Оп! — кричит манипуляторщик. (Это короткое словечко можно произнести очень быстро, оно означает «стоп!») Резким движением рукоятки командо-контроллера манипуляторщик зажимает заготовку линейками манипулятора, не спуская ее на бурт (как бы ребро между вырезами калибров). Иначе может произойти авария: попав на бурт, заготовка подомает огромные валки стана.

Когда на блуминге ставятся новые валки с гладкой поверхностью металла, заготовка с трудом захватывается ими, и опе-



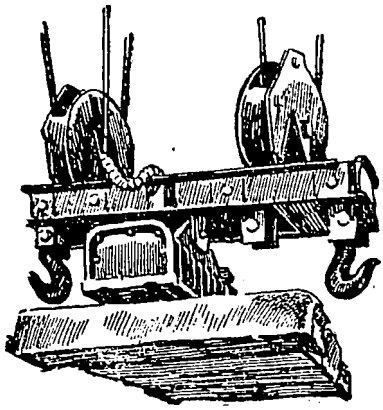
Ножницы, на которых блумсы разрезаются на заготовки нужной длины.

ратору нужно обладать большим искусством, чтобы быстро задавать слиток в калибры.

Со временем поверхность валков покрывается сеткой трещин, так называемой сеткой разгара. Более мелкие звенья сетки окружаются крупными трещинами, связанными друг с другом. Причиной их возникновения является высокая температура слитков. Сетка разгара играет большую положительную роль. Она увеличивает сцепление валков с раскаленным металлом, помогая быстрее «захватить» слиток валками. Производительность блуминга возрастает.

На некоторых заводах на поверхность валков специально наносят легкую насечку.

С течением времени валки снашиваются настолько сильно, что «окно» калибра изменяет свою первоначальную форму. Приходится или ремонтировать, или совсем заменять рабочие валки блуминга. Некоторое время назад увеличение стойкости валков блуминга было проблемой. Пытались наваривать на поверхность валков сверхтвердые сплавы. Такие валки выдерживали большую нагрузку, но при переточке износившихся валков резцы токарных станков не могли срезать с поверхности валков неровности из твердой наплавки.



Электромагнитный кран переносит блумсы.

Усилиями нескольких советских инженеров — главного калибровщика завода «Азовсталь» Хлебникова, Боровкова, научного работника Куницына, инженера Кузнецкого завода Волкова и других был разработан интересный способ увеличения срока службы валков. С помощью пламени газовой горелки или токов высокой частоты нагревают поверхностный слой валка. Струя холодной воды охлаждает нагретое место. Так происходит закалка слоя толщиной всего в несколько миллиметров. Валок как бы одевается в крепкую броню. Перед переточкой производится «отпуск» закалки.

Операторы должны строго согласовывать свои действия не только между собой, но и с работой персонала, обслуживающего нагревательные колодцы, и с действиями операторов, управляющих мощными ножницами, разрезающими блумсы на заготовки определенной длины. Такая взаимная зависимость работников требует всесторонней и бесперебойной связи всех постов управления и ответственных участков работы. Вот почему кабина операторов оборудована тремя системами связи: селекторной, телефонной и электрической звонковой сигнализацией.

Перед креслом старшего оператора установлены микрофон и громкоговоритель селекторной связи.

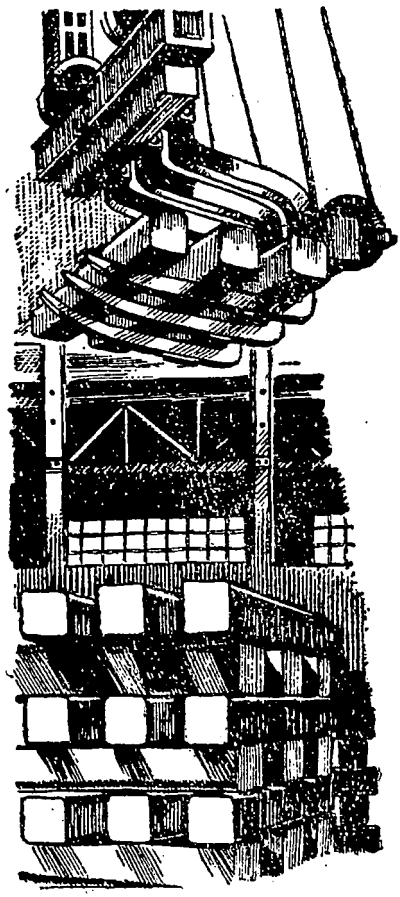
Стоит оператору протянуть руку и нажать кнопку, включающую микрофон, и он может обратиться к любому работнику, обслуживающему стан. Тот, кого вызвал старший оператор, услышав через репродуктор свое имя, немедленно включает микрофон и сообщает оператору все интересующие его сведения.

Пройдя валки блуминга, прокатная полоса на несколько секунд задерживается в могучей машине — ножницах, удаляющих передний и задний концы полосы и режущих ее на заготовки необходимой длины. Ножи машины так тяжелы, что приходится их уравновешивать с помощью противовеса, иначе от ударов ножей о заготовку машина будет расшатываться и быстро выходить из строя. Верхний нож как бы опирается при помощи особых поршней о масло, заключенное в цилиндрах. Цилиндры соединены трубками с вертикальной колонкой,

также заполненной маслом. На масло давит поршень, к которому прикреплен груз, по весу равный весу ножа. Получаются своеобразные масляные весы, в которых нож и груз уравновешивают друг друга, как две чашки весов. Во время работы ножниц противовес все время поднимается и опускается.

Сразу за ножницами блюминга находятся так называемые заготовочные станы. На Магнитогорском комбинате два заготовочных стана работают строго согласованно. Заготовка одновременно прокатывается валками всех клетей. К зданию, в котором установлены блюминг и заготовочные станы, вплотную примыкает другое — высокое и широкое, которое как бы разрезает поперек заводской «конвейер». Внутри этого светлого цеха от края до края его лежат на металлических стеллажах аккуратно сложенные в штабели прокатанные блюмингом и заготовочными станами блумсы, заготовленные для сортовых станов. Некоторые из них еще источают жар, другие остыли. Краны непрерывно переносят по цеху пачки заготовок. Здесь продукция заготовочных станов внимательно осматривается, затем устраняются поверхностные дефекты, которые при дальнейшем прокате могут дать рванины и трещины. Зачищенные заготовки распределяются между прокатными станами, здания которых примыкают к цеху с противоположной стороны.

Это напоминает миксер. Здесь, в складе заготовок, обеспечивается равномерная и постоянная работа следующего участка металлургического «конвейера» — крупносортных и мелкосортных прокатных станов, на которых из блумсов и других заготовок прокатываются рельсы, балки, арматурное железо, листы, полосы, проволока.



Укладка блумсов на складе.

Глава вторая

СТАН-АВТОМАТ

Старый мастер ничего не знал

За один прогон между одной парой валков «штука» металла вытягивается примерно в полтора раза. Но чтобы получить прокат того или иного профиля, необходима во много раз бо́льшая вытяжка. Вот почему процесс прокатки приходится несколько раз повторять.

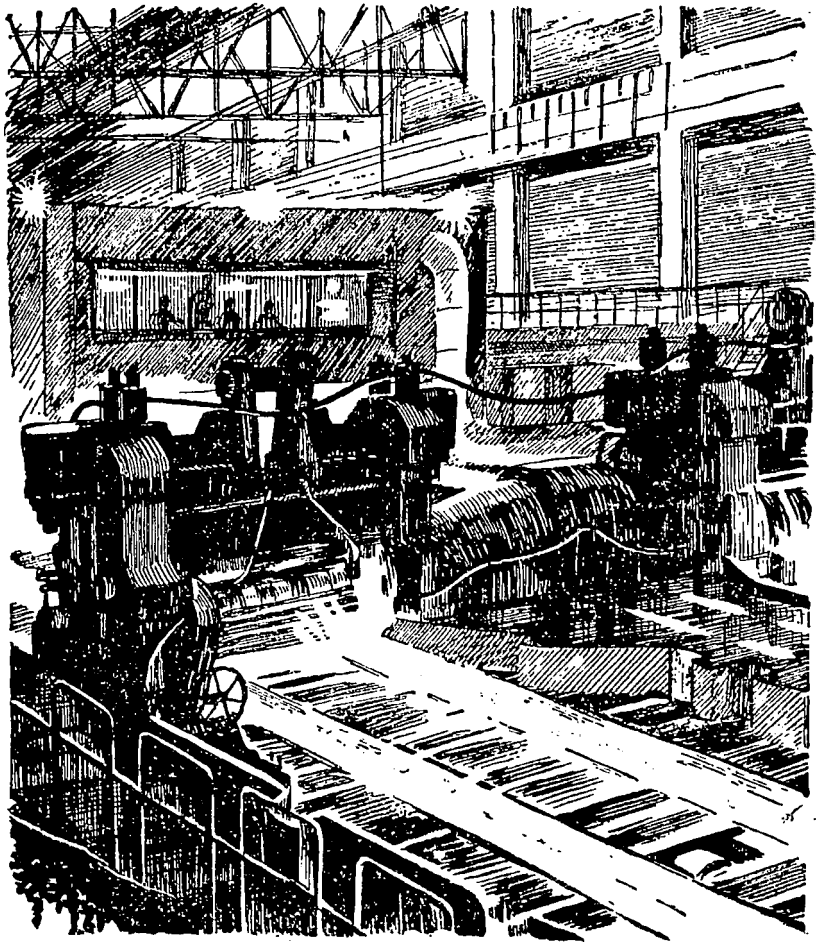
В прокатных станах в нескольких клетях блумсы постепенно обжимаются, вытягиваются, уширяются, причем каждая пара валков придает прокатываемой штуке металла свою особую форму. Прокатка продолжается до тех пор, пока металл не приобретает заданного профиля.

Даже для того, чтобы получился самый простой профиль, например полоса, нагретые штуки должны последовательно пройти между несколькими парами валков, установленных в нескольких клетях.

В 1949 году, знакомясь с одним из прокатных станов Магнитогорского завода, я был удивлен малым числом обслуживающих его работников. В большом светлом зале раскаленные оранжевые штуки металла неслись от одной клети с валками для прокатки к другой. Ровный шум слаженно работающих клетей наполнял цех.

Когда я пригляделся к работе стана внимательнее, то увидел, что ряд операций на нем выполняется механизмами. Штуки, например, перевертывались на другое ребро (кантовались) не вальцовщиком, а механическим кантователем, повидимому, приводящимся в действие автоматически. Догадка эта скоро стала уверенностью: я заметил над рольгангами, как раз над тем местом, где проходила штука, металлическую коробку с отверстием, «смотрящим» на рольганг. Едва раскаленная штука оказалась под коробкой, как сейчас же с металлическим шумом сработал хомутик кантователя. Штука была мгновенно перевернута на другой бок. Очевидно, над рольгангом был помещен фотоэлемент, приводящий в действие механизмы кантователя под влиянием света, испускаемого раскаленным металлом.

Эти наблюдения так заинтересовали меня, что я принялся искать человека, который смог бы объяснить мне, как работает стан. Но те немногие люди, которых я встречал, были очень заняты: они управляли механизмами. Тогда я поднялся в контору, расположенную на втором этаже, рядом с помещением цеха.



Крупнобалочный стан.

В одном из кабинетов сидел за столом средних лет человек в сапогах и пиджаке и, нахмурив светлые брови, манипулировал со счетной линейкой. Я объяснил ему, кто я такой, и мы разговорились. Мой собеседник оказался начальником стана Евсеем Федосеевичем Кандауровым.

Постепенно от него, от мастеров и вальцовщиков мне удалось узнать историю превращения прокатного стана в стан-автомат.

Евсей Федосеевич Кандауров, окончив институт, решил поработать на Магнитогорском заводе в должности рабо-

чего-вальцовщика. Ему хотелось узнать прокатный стан, «душу стана», как любил он говорить. Кое-кто посмеивался над ним: стоило ли учиться десять лет в школе и пять лет в институте, чтобы в конечном итоге стать около стана и кантовать щипцами излучающие нестерпимый жар штуки металла!

В первые дни работы Кандауров сильно уставал, не хватало времени для чтения. Но зато он скоро понял, чему ему следует посвятить себя на заводе: надо было разгадать секреты настройки стана. Секреты эти десятилетиями передавались от одного старого мастера к другому. Настройкой стана прежде занимались малообразованные практики, а не инженеры. Техническая литература, по существу, долгое время обходила молчанием эту сложную и важную проблему, и она до последнего времени оставалась самой сложной и неясной проблемой в прокатке металла.

Каждый раз, когда на стан поступало указание прокатать новый профиль, рабочие, мастера и инженеры должны были так отрегулировать положение валков, между которыми прокатывался металл, чтобы профиль проката точно соответствовал заданным размерам и не имел никаких дефектов. Это и называлось настроить стан. Такая настройка иной раз отнимала много часов.

Рядом с Кандауровым работал старый мастер-прокатчик. 25 лет он настраивал станы. С ним было трудно: он не только не раскрывал своих «секретов», но и не упускал случая посмеяться над неопытностью инженера.

И все-таки, приглядываясь к действиям старого мастера, Кандауров сумел кое-что разгадать: если штуку коверкало в одной из клетей, старик сам искажал профиль проката в следующей клети, придавая этому искажению обратный характер. Две противоположные силы взаимно уничтожались, и получался прокат нужного профиля.

Нет, метод скрытного мастера вовсе не был похож на сознательное и точное техническое предвидение. Кандаурову стало ясно, что старик, в сущности, не обладал никакими секретами. Так же, как и другие, мастер действовал вслепую, как бы блуждая в потемках. Правда, этот вывод не принес еще практических результатов. Ценность его была в другом. Кандауров теперь отчетливо видел, куда надо направить дальнейшие исследования. Найти причину искажения проката — вот что было главным.

Знать направление, по которому надо двигаться к цели, очень важно — это первое условие достижения победы. Кандауров перестал следить за приемами мастера и начал наблюдать за поведением валков.

В один из калибров черновой клети, где ручьи валков, совпадая, образовывали, грубо говоря, прямоугольное «окно», штука, уже принявшая форму полосы, входила повернутой на ребро. А выходя из калибра, штука часто скручивалась, подобно тому как скручены лопасти пропеллера. В дальнейшем эта уродливая деформация металла приводила к браку.

В чем же была причина скручивания?

Из наблюдений за валками во время работы клети и теоретических расчетов Кандауров сделал простой вывод: штуку скручивает в том случае, если валки несколько сдвинуты один по отношению к другому и вырезы в них — ручьи — не совпадают друг с другом. «Окно» тогда имеет форму как бы изломанного прямоугольника. Попав в такой калибр, штука располагается в нем несколько наискось, и это приводит к тому, что, пройдя через калибр, она начинает скручиваться.

Начертив самый грубый эскиз искаженного калибра, можно сразу понять, что штука будет скручиваться в том направлении, в каком сдвинуты валки: если верхний валок сдвинут влево, то верхняя грань штуки будет винтообразно изгибаться влево, и наоборот. Теперь ясно, что надо сделать для устранения этого. Можно даже и на валки не смотреть! Достаточно взглянуть на дефект металла: если штука скручена вправо, верхний валок надо чуть-чуть сдвинуть влево. Такой подход к делу был уже похож на разумно обоснованные действия.

Первый практический результат! Евсей Федосеевич Кандауров, человек внешне суховатый, но беспредельно увлеченный своим делом, был глубоко взволнован. Сколько трудностей, неоправданных надежд, горьких разочарований осталось позади!.. Теперь, казалось ему, победа достигнута: настройка стана превратится из случайных, бесчисленных и часто малоосмысленных экспериментов в точную и быструю техническую операцию.

Новое открытие

Однажды старый мастер никак не мог настроить стан. Кандауров же, даже не подходя к клетям, лишь взглянув на исковерканный прокат, понял, что надо сдвинуть верхний валок чуть-чуть влево. Он смело подошел к мастеру и предложил свою помощь. Тот иронически усмехнулся, но все-таки уступил Кандаурову роль командира. Инженер с помощью вальцовщиков произвел необходимую передвижку валков, и металл перестало крутить.

— Что же это — расчет? — спросил мастер.

— Да, расчет.

— Случайность, — махнул рукой упрямый старик.

Вскоре на стане был получен новый заказ: надо было катать «круг» — гладкие пруты.

Настройку стана вели долго, и все-таки ничего не выходило. К этому времени Кандауров работал уже начальником смены. Он подсказал мастеру, как следовало поправить валки. В ту смену мастером работал молодой прокатчик Игнатович. Он не раз вместе с Кандауровым принимал участие в наблюдениях за станом. Валки были поставлены в соответствии с требованиями наблюдений. Стан вновь запустили. Но когда прокатчики присмотрелись к вышедшему из стана пруту, они были неприятно поражены: металл скручивало еще сильнее.

— Что же это значит? — спросил Игнатович.

— Запутался, — признался Кандауров. — Вся «теория» провалилась.

Долго они в тот день бились над настройкой стана. Наконец усталый Кандауров сказал:

— Знаешь что? Если валки не хотят подчиняться нашему расчету, давай попробуем сдвинуть их в другую сторону.

Они быстро произвели необходимые изменения, передвинув валки так, как этого, казалось, не следовало бы делать. ...И прокатка пошла нормально!

Кандауров сделал чертежи ручьев и сразу все понял. Когда верхний валок сдвигали, например, влево, на поверхности прута образовывался выступ по всей его длине. Упираясь в сдвинутый валок, выступ не позволял металлу при прокатке полосы скручиваться влево. Кручение штуки могло возникнуть при данном положении валков лишь вправо.

Расчеты и наблюдения не были ошибочны. Они были верны в одном случае и требовали дополнения в другом.

Это было уже второе открытие. Но и оно не объяснило всех неожиданных осложнений, которые возникали в практике прокатчиков. Иной раз, как ни переставляли валки, все-таки не могли добиться нужного результата.

Стало ясно, что существует еще какая-то скрытая причина порчи металла. Но какая же?..

Как-то долго не могли настроить стан для прокатки полосы. Каждая штука оказывалась скрученной. Наконец Кандауров обратил внимание на то, что штуки скручивает лишь в одну сторону. В спешке при настройке стана, когда хочется поскорее начать прокатку, не всегда отметишь такую деталь.

Как ни меняли положения валков, металл крутило только в одну сторону! Это означало, что регулировка положения валков обычным способом не затрагивала какой-то неизвестной причины скручивания.

Инженер попытался представить себе, что же могло быть причиной неудач.

Оси обоих валков должны быть строго параллельны между собой. Так их и вваливали в клети. Но сохраняют ли валки это положение в тот момент, когда штука с шумом ударяется в них и начинается процесс прокатки, то-есть когда валки находятся под нагрузкой? По всей вероятности, их положение меняется — ничем другим нельзя было объяснить неожиданно возникшие трудности в настройке стана для проката полосы.

До сих пор Кандауров исследовал смещение валков в вертикальной плоскости, вправо или влево. Но ведь вполне вероятно, что под нагрузкой валки смещаются один относительно другого и в горизонтальной плоскости, то-есть что оси валков, спроектированные на горизонтальную плоскость, сдвигаются, грубо говоря, накрест по отношению друг к другу.

Как же увидеть это смещение?

Если оно и в самом деле возникает, то валки должны занять положение, напоминающее лопасти пропеллера. И вдруг Кандауров вспомнил, как в детстве отец, столяр, учил его определять, не повело ли брусок, не скрутило ли «пропеллером». «Не с торца смотри», — говорил отец, — а возьми брусок и поверни так, чтобы смотреть, как в крест».

Кандауров быстро пошел к клети и, дождавшись, когда штука ударила в валки, посмотрел на них так, как смотрел на брусок, — в крест, то-есть сверху вниз. И тогда он заметил, что верхний валок одним концом чуть-чуть, миллиметров на шесть, выдается над нижним: валки сдвинуты крестом. Штука выскользнула из валков, и сейчас же они выровнялись, встав параллельно один другому.

Сколько раз уже инженер наблюдал за валками и все-таки часто открывал в них для себя что-нибудь новое.

С течением времени таких открытий накапливалось все больше. Они помогали Кандаурову, теперь уже обер-мастеру стана, и его товарищам резко сократить время настройки стана.

На стане было 10 клетей. При переходе с прокатки одного профиля на другой во многих клетях надо было сменять валки. Операция это трудная и долгая. Прежде, когда настройка стана была сложным делом, потери времени на перевалке валков меньше бросались в глаза. Теперь же, когда настройка упростилась, оказалось, что главное препятствие на пути повышения производительности станов — трата времени на перевалку.

Постоянное совершенствование производства — неотъемлемая черта жизни заводского коллектива, в ней ярко проявляется социалистический характер нашего производства. Три молодых советских инженера: обер-мастер Е. Ф. Кандауров, калибровщик А. К. Кноблох и начальник стана В. Г. Синдин

горячо взялись за решение новой проблемы, выдвигаемой жизнью.

Казалось, что сократить время перевалки валков уже невозможно: операция механизирована, соревнование вальцовщиков помогло хорошо организовать труд во время перевалок. Однако инженеры, отлично знавшие производство и вооруженные достижениями теоретической мысли, сумели решить эту на первый взгляд неразрешимую задачу.

Для того чтобы получился прокат заданного профиля, раскаленные штуки последовательно проходят все 10 клетей. В первых — черновых, подготовительных клетях штуке придается предварительная форма, совсем еще не похожая на окончательный профиль проката.

При переходе на прокатку нового сорта, скажем, круглой стали, надо было сменить валки в шести клетях, затратив на это более трех часов.

А нельзя ли придумать подготовительные ручьи такой формы, чтобы они оказались хороши и для «уголка», и для «круга», и для «полосы», и для «шестигранника», то-есть для всех сортов проката, изготовляемого на стане? Иными словами, нельзя ли сделать так, чтобы при переводе стана с одного сорта на другой не менять валки в подготовительных клетях, чтобы производить перевалку валков лишь в последних, чистовых клетях?

И снова начались творческие искания.

Универсальная калибровка

Подбор нужной формы ручьев и их сочетание в определенной последовательности — калибровка — до сих пор искусство. Подобрать калибровку на основании одних лишь математических вычислений нельзя — не все еще тайны пластической деформации металлов познаны учеными. В прежнее время на заводах шаблоны, по которым вырезаются ручьи в теле валков, вообще составляли «секрет» какого-нибудь старого производственника.

Три инженера начали свои поиски и в области теории и в области практики в очень сложных условиях. Им предстояло, по существу, вести настоящее научное исследование и в то же время бороться за выполнение плана по выпуску проката. Ведь они работали не в лаборатории, а в цехе крупнейшего завода, поставлявшего прокат для многих строек нашей страны. Приходилось заниматься расчетами по ночам, а опыты они производили в то время, когда стан ремонтировался.

Наконец исследования были завершены. Однако не так-то

просто оказалось ввести новую калибровку. На этот раз делу мешали не технические или математические затруднения, а люди. Один из цеховых руководителей запретил вводить новую калибровку. Видимо, он считал, что это может сорвать выполнение плана.

На заводе существует строгая производственная и технологическая дисциплина. Нарушать ее никто не имеет права. Но в данном случае речь шла о технической революции в калибровке стана, которая должна была принести заводу значительные выгоды, увеличить выпуск проката. И молодые инженеры решили все-таки попробовать новую схему калибровки.

...Однажды стан «300» № 3 получил заказ на прокат четырех разных профилей. На одну только перевалку валков надо было потратить 9 часов. Инженеры начали прокатку по своей схеме. Они были уверены в успехе — ведь сколько уже опытов сумели они провести!

И успех пришел: им удалось не только несколько раз за одну смену настроить стан, но и прокатать 230 тонн металла.

Цеховой руководитель, не поверив сводке о выполнении плана, пришел на стан. Узнав о поступке своих подчиненных, он был рассержен, однако препятствовать введению новой калибровки уже не мог: она себя вполне оправдала.

По новой схеме валки в пятой и шестой подготовительных клетях имели одни и те же ручьи для всех сортов проката и только в седьмой клети надо было переваливать валки. Но и в этой клети при переходе с одного профиля на другой перевалки были сокращены. Вместо трех часов на них теперь уходило всего сорок пять минут.

Возможность благодаря новой схеме калибровки быстро настроить стан и сократить время перевалки валков привела к неожиданному результату.

Работой стана управляет оператор. Он находится в застекленной кабине, поднятой на уровень второго этажа, откуда можно видеть все клети. В кабину подведены провода от приборов, включающих и выключающих электромоторы. Эти электромоторы приводят в движение валки, рольганги и другие вспомогательные механизмы. Передвигая рукоятки контроллера, оператор направляет движение металлических штук по рольгангам и следит за их прокаткой между валками клетей.

В результате открытий и нововведений Кандаурова, Кноблоха, Синдина и других инженеров и рабочих производительность стана резко возросла. Теперь во время работы стана операторам приходилось делать в час от 1 000 до 1 300 движений, включая и выключая механизмы стана!

Положите перед собой часы с секундной стрелкой и попробуйте производить различные движения руками. Каждое дви-

жение занимает несколько секунд. А на стане «300» № 3 некоторые переключения надо было производить теперь меньше, чем за одну секунду. Стан начал работать с такой высокой производительностью, что операторы не могли долго выдержать требуемого темпа. Даже самые опытные из них не сумели исчерпать всех возможностей отлично работавших механизмов.

Вот тогда-то всем стало ясно, что управление станом должно быть автоматизировано.

Шаг в будущее

Автоматизация прокатки должна была облегчить труд вальцовщиков и операторов и намного повысить производительность стана. Это был бы шаг в будущее.

За новое интересное и сложное дело взялся коллектив теперь уже из пяти инженеров.

Решено было автоматизировать именно стан «300» № 3 потому, что он работал с наибольшей производительностью. Скорость прокатки на нем равнялась 8 метрам в секунду: штука стали неслась от клети к клети со скоростью более 28 километров в час.

Автоматизировать такой стан было труднее, но именно здесь больше всего нужна была автоматизация.

Инженеры решили, что приводить в действие автоматические устройства должен сам прокатываемый металл.

...И вот их идеи осуществлены. Штука вываливается из нагревательной печи. Свет, испускаемый раскаленным металлом, воздействует на фотоэлемент, и электрический глаз командует соответствующим приборам и механизмам: «Начать прокатку!»

Перед третьей клетью штуку надо перевернуть на другой бок. Эту операцию осуществляет несложное приспособление — кантователь, приводимый в действие электромотором. Сейчас же за кантователем стоит «смотрящий» сверху вниз на рольганг фотоэлемент. Если поднести к фотоэлементу горящую спичку, кантователь с шумом сработает. Спичка погасла, и кантователь принимает первоначальное положение. То же самое происходит, когда под фотоэлементом оказывается раскаленная штука металла, предварительно прошедшая через отверстие кантователя: она сейчас же будет перевернута на другой бок. Но едва только металл уйдет из поля зрения фотоэлемента, как механизм вновь будет готов к приему следующей штуки.

Пройдя ряд клетей, металл вытягивается, становится уже

и излучает меньше света. Опыты показали, что в таких условиях фотоэлемент начинает работать неуверенно. Конечно, можно было бы повысить чувствительность фотоэлемента, но тогда он начинает реагировать на незначительные изменения освещенности предметов и срабатывает не во-время от случайных причин. Выход был найден: вместо «фотоэлектрического глаза» на пути штук поставили стальной флажок, подвешенный горизонтально и похожий на приподнимающуюся дверцу. Под действием силы тяжести этот флажок ложится на рольганг. Движущаяся штука металла приподнимает его и тем самым механически включает электромотор кантователя или рольганга.

Недостатком флажков является то, что они быстро изнашиваются, выходят из строя.

Конструкторам пришлось проделать множество опытов, прежде чем они поняли, в каких местах на стане надо установить флажки, а в каких — фотоэлементы.

Так постепенно операции, которые прежде выполнялись вручную, стали производить механизмы, приводимые в движение излучаемым раскаленным металлом светом, или силой несущейся по рольгангам металлической штуки, или давлением, возникающим на шейках валков в момент, когда штука прокатывается.

Но автоматизировать отдельные механизмы было еще недостаточно. Движение штук по рольгангам должно быть строго согласованным, иначе в отдельных местах стана неизбежно скопление металла и нарушение процесса прокатки. Инженерам предстояло связать все автоматические устройства в одну строго согласованную систему и заставить их подчиняться единой «команде».

Нужен был прибор, который смог бы задавать определенный темп прокатке. Ведь для прокатки каждого профиля выбирают свой, наилучший для данных условий темп. Значит, прибор должен был каждый раз устанавливать по желанию мастера свой, особый, наивыгоднейший режим работы стана.

Электрики, механики и прокатчики в тесном содружестве сумели создать такой прибор — регулятор темпа, электронное реле времени.

Сразу за первой клетью над рольгангом был установлен фотоэлемент. Когда внизу проходила раскаленная штука, фотоэлемент посылал радиолампам регулятора темпа электрический сигнал — и регулятор останавливал рольганг, подающий заготовки из печи. Выданная из нагревательной печи очередная штука останавливалась перед первой клетью, словно терпеливо дожидаясь своей очереди.

Когда первая штука уходила из поля зрения фотоэлемента, рольганг не сразу приводился в движение — в этот момент реле вело счет времени. И лишь когда истекало заранее заданное на шкалах реле время паузы, прибор срабатывал и посылал новый сигнал, в результате которого включался мотор рольганга и очередная штука подавалась в первую клеть.

Прокатчики имели возможность настроить реле на любой темп прокатки. Стан-автомат, подчиняясь «командам» реле, мог теперь работать четко и производительно без вмешательства человеческих рук.

Должность оператора все-таки осталась: надо было следить за работой автомата, а иной раз и прийти на помощь машине. Но теперь операторы уже не переутомлялись. Их работа стала легче и, если так можно выразиться, умней.

Стан стал выдавать значительно больше проката, чем при ручном управлении, а электроэнергии потребляет меньше, так как автоматы расходуют ее ровно столько, сколько необходимо.

Превращение магнитогорского стана в автомат было осуществлено под руководством инженеров Н. Бурцева, С. Хусида, М. Синдина, Г. Лаура и А. Челюсткина.

Советские прокатчики непрерывно увеличивают производительность прокатных станов, ускоряя выполнение производственных операций. Немалых успехов, например, добились прокатчики рельсобалочного цеха днепропетровского завода мастер Ф. Пымбал, старший сварщик Э. Клименко, старший оператор блуминга В. Куканов, вальцовщик В. Тринозенко, решившие добиться наивысшей скорости прокатки и свести к минимуму потери металла.

Прокатчики начали улучшать работу каждого звена. Повысив температуру в нагревательных колодцах, они уменьшили время нагрева слитков. Обжим каждого слитка на блуминге сократили с 2—2,5 минуты до 1,5 минуты благодаря тому, что стали быстрее подавать в валки блуминга слитки и уменьшили время холостой работы мощного обжимного агрегата.

Но эти усовершенствования в организации производства привели к тому, что последующие обжимные станы перестали справляться с обработкой продукции блуминга. Тогда прокатчики организовали на рельсобалочном стане одновременную прокатку двух и даже трех полос. Кроме того, была сокращена продолжительность вспомогательных операций: например, смены отработанных валков. Раньше эта операция занимала от двух до четырех часов, теперь же ее стали выполнять всего за 50 минут, в результате чего осталось дополнительное время для производительной работы прокатных станов.

Глава третья

ТАК ДЕЛАЕТСЯ РЕЛЬС

Методическая печь

На заводе «Азовсталь» из цеха, где происходит устранение поверхностных дефектов металла, один из ручейков потока уходит сквозь проем в стене на рольганг рельсобалочного стана.

Часть блумсов не нуждается в зачистке от поверхностных дефектов. Если блуминг и последующие обжимные и прокатные станы работают строго согласованно, то такие блумсы могут поступать для дальнейшей обработки горячими. Это выгодно: экономится время и топливо, возрастает производительность цехов, снижается стоимость продукции.

Но согласовать деятельность заводских цехов настолько, чтобы заготовки ежедневно, ежечасно, ежесекундно проходили все стадии обработки в строго определенные промежутки времени, не остывая, трудно.

Молодой инженер, дававший мне объяснения, сказал, что рельсобалочный стан получает подогретый металл не так уж часто.

— Некому заняться. Приди на этот участок человек с большими планами, энергичный, ищущий новое, он бы мог многое сделать.

Вот еще одна проблема, которая ждет своего разрешения. Инженерам, рабочим, живущим не только сегодняшним днем, окрыленным смелыми надеждами, предстоит сделать то, что сейчас пока еще не всегда удается. Для этого потребуются улучшения конструкций механизмов, изобретения, научные исследования.

Но даже если удастся добиться, чтобы в рельсобалочный цех постоянно поступал горячий металл, его все равно надо подогревать. Для прокатки рельсов, например, температура блумса должна быть не ниже 1180 градусов. После же обжатия на блуминге металл теряет значительное количество тепла и температура его сильно понижается.

Вот почему в рельсобалочном цехе сооружены три нагревательные печи. Они стоят одна подле другой. Вдоль посадочных окон печей проходит рольганг по которому подаются блумсы. Против пышущих жаром посадочных окон установлены Т-образные толкатели. Нажатием кнопки оператор включает мощные моторы, и толкатель вдвигает заготовку в печь.

Операторов в кабинах защищают от жары не только стекла. Перед ними устроен как бы водяной занавес: все время

льются десятки тонких струек воды, которые поглощают часть тепловых лучей.

Подогрев металла — довольно сложная задача.

Если нагревать металл быстро, заготовки сгорают на кромках и не выдерживают обработки между валками прокатных станов. Изделие получается с дефектами: трещинами и рванинами.

Поэтому заготовки в печи нагреваются не сразу. Они проходят через три по-разному нагретые сгорающим газом зоны, постепенно, методически, нагреваясь (отсюда название печей — методические). Пространство, куда сначала попадают холодные заготовки — третья зона, — нагрето в пределах от 100 градусов (у завалочного окна) до 700 градусов. Затем передвигаемые толкателем заготовки попадают в сварочную зону, где температура достигает 1300 градусов.

Но не вся заготовка нагревается до этой температуры. В сварочной зоне блумсы передвигаются по так называемым глиссажным трубам, проложенным вдоль печи. Трубы охлаждаются водой. Там, где заготовка соприкасается с трубами, температура металла ниже, чем в других местах заготовки. Такой блумс прокатывать нельзя, металл будет обжиматься неравномерно, получится брак. Необходимо выровнять температуру во всей массе блумса.

Раскаленные почти добела в сварочной зоне блумсы передвигаются в последнюю зону — томильную. Здесь они лежат уже не на трубах, а на равномерно нагретом поду печи. Температура во всех частях заготовки постепенно становится одинаковой, теперь она на 10—15 градусов выше, чем это необходимо для обработки блумса между валками. Запас температуры рассчитан на остывание заготовки за время, пока она, вывалившись из печи на рольганг, будет подаваться в валки стана.

Какая же сила заставляет заготовки передвигаться внутри печи и вываливаться наружу, на рольганг? Это просто. Каждый очередной блумс, подаваемый в посадочное окно толкателем, теснит заготовку, находящуюся в печи, а с противоположного конца печи вываливается на рольганг прокатного стана подогретая заготовка, для которой в печи уже не хватает места.

За нагревом металла следит старший сварщик. Он должен быть опытным, знающим металлургом. Ведь от правильного нагрева металла зависит работа прокатных станов. Приходится следить не только за степенью нагрева, но и за состоянием труб, по которым передвигается металл в сварочной зоне, быстро принимать меры, если какая-нибудь труба дала течь, вовремя убирать окалину с пода печи.

Нагревательные методические печи работают строго согласованно. Примерно через каждые 40 секунд из каждой печи с глухим стуком (раскаленный металл не звенит), вываливается на рольганг нагретая заготовка. В стан должны попадать блумсы, нагретые до одинаковой температуры. Только тогда «конвейер» прокатных цехов будет работать ровно, без перебоев и остановок. Вот почему так важно согласовать работу печей. И это тоже требует сочетания строгого расчета инженера со знаниями и опытом рабочего.

Тринадцать тысяч лошадиных сил

Сколько раз пробегут по изготовленным на заводе рельсам колеса тяжелых паровозов и вагонов — не сочтешь! Незамеченная поломка рельса может стоить жизни десяткам людей. Поэтому рельсы изготовляются из твердой стали. И размеры их должны быть строго выдержаны.

Существуют жесткие технические условия изготовления рельсов.

И все-таки на рельсобалочном стане превращение заготовки в рельс происходит всего за несколько минут.

В прокатке рельса участвуют два стана. Блумс сначала попадает на обжимной стан, лишь немногим уступающий по мощности блумингу. Диаметр его валков — 900 миллиметров, и потому его называют стан «900». В калибрах обжимного стана блумс принимает в сечении форму трапеции.

В трех клетях следующего стана — стана «800» — заготовка превращается в рельс. Постепенно приобретая форму рельса, блумс последовательно проходит через 10 пар валков. Около 200 электрических моторов приводят в действие валки станов и механизмы, которые передвигают, кантуют, режут заготовку и рельсы.

Три из числа этих моторов имеют громадную мощность. Мощность мотора, приводящего в движение валки стана «900», — 5 тысяч лошадиных сил, мотора двух клетей стана «800» — 6 тысяч лошадиных сил, мотора чистовой клети того же стана «800» — 2 500 лошадиных сил. Общая мощность этих трех моторов более 13 тысяч лошадиных сил. Это мощность электростанции города.

Раскаленные заготовки глухо ударяются о валки стана, с треском лопается и разлетается в стороны окалина, заготовка, кажется, с удивительной податливостью вытягивается, делается тоньше, и вот уже она уносится по рольгангу к соседнему стану «800». Вблизи раскаленного металла не появляется ни один рабочий. Лишь за стеклами кабины операторов

виднеются лица двух человек, внимательно следящих за движениями заготовки.

Каждым станом со всеми его механизмами и электромоторами управляют всего 8—10 человек. Обжим и прокатку заготовок ведут 5 операторов. Они находятся в застекленных кабинах, расположенных над станом, и не прикасаются ни к инструменту, ни к механизмам. Кроме того, в течение смены оба стана обслуживаются бригадой вальцовщиков. Их дело следить за исправностью механизмов. Труд современных вальцовщиков несравненно легче, чем прежде, на старых станах. Теперь вальцовщик берется за инструмент только в том случае, если механизмы выходят из строя или нарушается их правильная работа.

Раньше стан «900» выдавал заготовку прямоугольного сечения. Трапецевидная форма сечения, которую придают теперь блумсу калибры обжимного стана «900», облегчает и ускоряет получение рельса на последующем стане, позволяет сократить число необходимых проходов заготовки через калибры. Время прокатки рельса сократилось, производительность рельсобалочного стана возросла.

Все оборудование трех клетей последующего стана «800» сконструировано и расставлено так, чтобы оно занимало как можно меньше места. Клети поставлены не одна за другой, а рядом друг с другом поперек цеха. Раскаленная штука металла, пройдя через калибры первой клети, сдвигается в сторону ко второй, а затем к последней, третьей, — чистовой клети. Это передвижение выполняется механизмом, который называется шлеппером. На раскатном поле спереди и сзади клетей поперек рольгангов движутся «бесконечные» цепи, расположенные ниже уровня поверхности раскатных полей. На цепях устроены выступы, возвышающиеся над поверхностью рольгангов. Таких цепей на раскатном поле несколько. Когда приходит время передвинуть заготовку поперек рольганга от одной клети к другой, оператор стана «800» включает моторы, приводящие в движение шлепперы. Выступы цепей в нескольких местах упираются в заготовку, и цепь, передвигаясь, легко перетаскивает ее к соседней клети.

В двух первых черновых клетях установлено не по два валка, как в клети стана «900», а по три. Заготовки сначала проходят между первым и вторым валками, а затем, так сказать, на втором этаже, — между вторым и третьим.

Такой способ прокатки существовал и на менее совершенных станах старой конструкции. Но там передача заготовки с нижнего «этажа» на верхний производилась вальцовщиком. Рабочий должен был находиться в самом опасном во время прокатки месте — около клети. Он ловил клещами

Пилы распиливают рельсы на куски.

конец раскаленной штуки на лету и подавал его в верхний калибр.

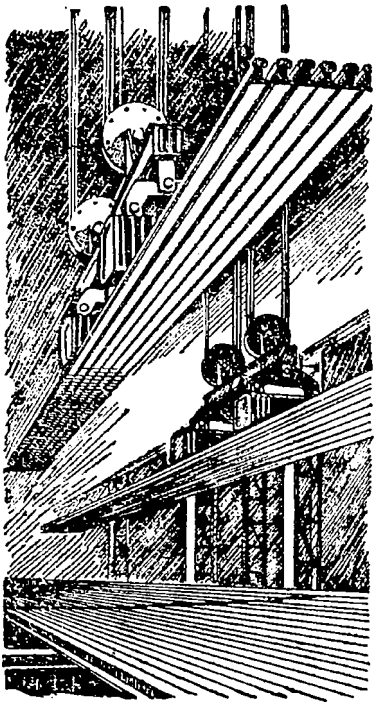
На стане «800» ручной труд во время прокатки исключен. Для подачи заготовки в калибры второго и третьего валков установлены подъемные столы: большие сооружения весом в несколько десятков тонн. Они представляют собой часть рольганга вместе с линейками манипулятора. Подчиняясь воле оператора, подъемные столы по обеим сторонам клети могут подняться и подвести заготовку к верхним калибрам.

Когда столы опущены, они как бы сливаются в одно целое с раскатным полем. Поднятые, они напоминают арку моста, разделенную на две половины клетью.

Манипуляторы первых двух клетей работают значительно мягче, «нежнее», чем на подобном же устройстве на стане «900». Здесь линейки манипуляторов напоминают чугунную клешню. Заготовка проходит между двумя ее «пальцами». Таким манипулятором можно очень точно подвести заготовку к калибрам и почти всунуть раскаленный металл в ручьи валков. Этот механизм целиком заменил собой клещи, которыми прежде пользовался вальцовщик, стоявший около клети. Механические клещи не боятся ни жара, ни удара заготовки, а сила машины во много раз больше силы рук человека.

Манипулятор управляется электрическими и гидравлическими установками. Электромоторы приводят в действие линейки манипулятора. Кантователь, переворачивающий заготовки на другой бок, связан с поршнем масляного насоса.

Готовый, красный еще рельс, выйдя из последнего калибра, на несколько секунд останавливается. Тотчас над ним склоняются маятниковые пилы. Их зубчатые диски вращаются с большой скоростью. Вверх взлетают фонтаны ярких искр. В несколько секунд рельс разрезается на двадцатипятиметровые куски.



Магнитный кран пачками уносит рельсы.

Но это еще не все. Рельс еще не готов. Он движется дальше.

За рольгангом рельсобалочного стана открывается огромный цех, наполненный мягким, рассеянным светом, льющимся с застекленного потолка. Здесь находятся холодильники. Над ближайшей к входу частью цеха колеблются струи нагретого воздуха. Шлепперы убирают с рольганга все новые и новые, пока еще раскаленные рельсы. Постепенно ряды рельсов сдвигаются к далекой левой стене. Чем больше удаляется металл от рольганга, тем заметнее меркнет его накал.

Но на холодильнике нельзя дать рельсам окончательно остыть. Быстрое охлаждение приводит к тому, что внутри металла образуются вредные напряжения, так как поверхность рельса охлаждается значительно быстрее, чем его внутренняя часть. В таком рельсе может образоваться трещина. Только замедленное, постепенное остывание рельсов исключает возможность появления дефектов.

Магнитный кран пачками уносит рельсы с холодильника и укладывает в длинные узкие колодцы. Температура рельсов при этом не должна быть ниже 450 градусов, иначе остывание будет происходить быстрее, чем следует.

Не так давно металлургический «конвейер» завода «Азовсталь» на этом участке стал давать перебои. Потребовалось выпускать рельсы длиной не в 12,5, как раньше, а в 25 метров. На холодильник рельсов стало поступать вдвое меньше (так как длина их увеличилась). На то, чтобы заполнить всю площадь холодильника, уходило теперь больше времени. Рельсы стали остывать больше, чем следовало. Для того чтобы забирать рельсы быстрее, — еще недостаточно остывшие, — магнитный кран не приспособлен: металл, нагретый до температуры выше 450 градусов, теряет магнитные свойства.

Крановщики добились того, что кран стал работать на пределе грузоподъемности. Они старались переносить рельсы плавно, без резких толчков, и быстрее, чем раньше.

Но и охлажденные в колодцах рельсы еще не готовы к установке на железнодорожное полотно: они изогнуты на самую толстую часть, головку, наподобие серпа. Дело в том, что в остывающем металле происходят структурные изменения. А так как разные части рельса различны по форме и количеству металла и поэтому остывают с различной скоростью, то структурные превращения возникают в них в разное время. Еще находясь в колодце, рельс вначале изогнется на подошву, затем изменится форма пера и, наконец, когда металл совсем остынет, форма головки.

Из колодцев рельсы отправляют на правильную машину. Здесь они пропускаются между сдвинутыми один по отношению к другому валками. Это — грубая правка.

Более точное выравнивание происходит, как это ни странно, под контролем... глаза человека. На точной правке пока ни одна машина не может превзойти человеческий глаз и мозг. Эта операция выполняется двумя рабочими с помощью пресса. Один из правильщиков сидит около машины, другой — метрах в пяти от нее, возле рельса, проходящего под бойком пресса. Рельс как будто сам переворачивается с бока на бок, передвигается вперед, вдруг возвращается обратно, потом снова движется вперед. Боек пресса в нужных местах опускается, выправляя изгиб.

Только внимательно присмотревшись к действиям правильщиков, понимаешь, наконец, как идет работа. Главный здесь тот, кто ищет изгиб рельса. В его руках — управление кантователем. Глядя вдоль рельса, он все время приводит в действие кантующий механизм: кольцо с двумя роликами внутри, между которыми проходит рельс. Кольцо вращается с помощью моторов и поворачивает рельс.

Второй рабочий — прокладчик — управляет рольгангом и прессом. По знаку правильщика он останавливает рольганг или дает ему обратный ход, чтобы изогнутая часть рельса оказалась точно под бойком пресса, кладет на рельс молоток — металлическую подкладку — и приводит в действие пресс. Работа правильщиков удивительно согласованна. В первый момент кажется, что люди понимают друг друга без всяких слов и сигналов — так быстры и едва приметны команды и мгновенны их исполнения.

После правки концы рельс фрезеруют и делают на них отверстия для болтов.

Уже давно было замечено, что больше всего металл снашивается около стыков двух рельсов. Следовательно, на кон-

цах рельсов металл головок должен обладать значительно большей твердостью, чем во всех остальных местах.

Повысить устойчивость стали можно с помощью ее термической обработки. На металлургическом «конвейере» эта операция, называемая закалкой, занимает всего несколько секунд. Но какие сложные изменения в металле происходят за это время!

В середине XIX века считалось, что сталь можно улучшить механической обработкой — ковкой. Но уже тогда работавший в то время на Обуховском заводе Дмитрий Константинович Чернов, пристально наблюдая и изучая все процессы получения и обработки металла, сделал гениальное открытие, которое намного опередило теоретические достижения металлургии того времени. Чернов установил, что главным в улучшении свойств металла является не столько ковка, сколько его термическая обработка.

Наблюдения над нагреваемыми и охлаждаемыми кусками стали привели Чернова к мысли, что в сплаве железа с углеродом при изменении температуры происходят резкие изменения внутреннего состояния металла, отражающиеся на его свойствах. В распоряжении Чернова не было ни точных приборов, определяющих высокие температуры, — пирометров, ни микроскопов с большим увеличением. Все эти приборы появились значительно позднее. И все же ученый с точностью, впоследствии поражавшей исследователей, определил те критические температуры, при которых происходят внутренние изменения в металле.

Прежде всего Чернов стал изучать странное явление, замеченное до него другими исследователями. Когда нагретый кусок стали охлаждается, металл постепенно темнеет, и вдруг как бы вспыхивает и разогревается сам собой. Вслед за тем сталь охлаждается до обычной температуры.

Чернов установил, что сталь, как бы тверда она ни была, не принимает закалки (то-есть не становится более твердой после резкого охлаждения), если ее не довести до температуры, при которой происходит только что описанное явление. Критическую температуру, до которой необходимо нагревать металл, подлежащий закалке, ученый назвал точкой «а».

«...Сталь, как бы тверда она ни была, — писал он, — будучи нагрета ниже точки «а» не принимает закалки, как бы быстро ее ни охлаждали; напротив того — она становится значительно мягче и легче обрабатывается пилою».

Чернов сделал и еще одно важнейшее открытие: он установил, что при дальнейшем повышении температуры состояние металла снова изменяется. Позднейшим исследователям, говорил академик А. А. Байков, всегда представлялось удиви-

тельным и загадочным то, каким образом Чернов сумел сделать это второе открытие, не имея никаких приборов, — ведь никаких внешних, бросающихся в глаза признаков, которые говорили бы об изменениях внутри металла при нагревании его до температуры выше точки «а», не наблюдается. В беседе с А. А. Байковым и М. А. Павловым знаменитый ученый уже на склоне своей жизни рассказал, как ему удалось открыть существование точки «в», в которой происходят новые изменения состояния сплава железа с углеродом при высоких температурах.

Внимательно следя за остывающим металлом, нагретым до температуры, значительно превышающей точку «а», Чернов всякий раз наблюдал, что при определенной температуре раскаленная докрасна поверхность стали вдруг как бы морщится и от металла отделяются мельчайшие чешуйки тонкого слоя окалины.

И еще один признак изменений, происходящих в металле, не ускользнул от внимания ученого. В начале остывания раскаленная поверхность металла не вспыхивает, как это наблюдается в точке «а», и не темнеет, а приобретает как бы маслянистый, мраморовидный характер. Но как только температура становится ниже какой-то определенной точки, которую он и назвал точкой «в», раскаленная поверхность металла делается матовой.

Объясняя изменения внешнего вида поверхности металла, Чернов сделал такое сравнение. Всегда можно, сказал он, отличить поверхность белого гипса от поверхности белого мрамора. Мраморная статуя имеет маслянистый, блестящий вид, а гипсовая — тусклый и матовый. Во время ковки болванка обладает мраморовидной поверхностью при температуре выше точки «в» и напоминает вид гипсовых статуй при температуре ниже этой точки.

Эти замечательные разъяснения Д. К. Чернова, отмечает академик Байков, показывают, каким он был тонким, проницательным и глубоким наблюдателем-мыслителем, как тщательно изучал вещи в том виде, в каком их дает природа, во всей их реальной сложности, не упуская из виду самых незначительных подробностей и едва ощутимых признаков.

Как установили позднее ученые, явления, замеченные Черновым, в точке «в», объясняются внезапными объемными изменениями, происходящими при этой температуре в металле. Сам Чернов так объяснял значение открытой им точки «в»: металл переходит как бы в воскообразное состояние и остается в этом состоянии до самого момента расплавления. Масса стали при температуре выше точки «в» по состоянию напоминает концентрированный раствор сильно кристаллизующейся

соли. Если охлаждать такую жидкость, то начинается кристаллизация. Чем медленнее охлаждение, тем более крупными будут получаться кристаллы. То же самое, говорит ученый, происходит и с внутренним строением стали, нагретой до температуры, превышающей точку «в». Высокая температура нагрева размягчает сталь, и ее частицы могут свободно группироваться в кристаллы. Если после нагрева до температуры выше точки «в» сталь охлаждать медленно, кристаллы будут поставлены в условия, наиболее благоприятные для их развития, и тогда сталь получит крупнокристаллическое строение. Более быстрое охлаждение, сопровождаемое сотрясениями, придает металлу мелкозернистое строение.

Свои открытия Д. К. Чернов сформулировал в докладе, сделанном им в Русском техническом обществе в 1886 году. Доклад этот произвел подлинный переворот в представлениях металлургов того времени о свойствах стали и характере ее обработки.

Более поздний исследователь критических точек стали, французский ученый Флорис Осмонд считал, что в докладе Д. К. Чернова Русскому техническому обществу содержится в зародыше вся физическая химия. В 1900 году президент французской академии наук Поль Монгольфье заявил, что «все сталелитейное дело обязано своим развитием и успехами в большой степени работам Д. К. Чернова».

А. А. Байков, оценивая значение научной деятельности Д. К. Чернова, писал, что он «...является величайшим, гениальным ученым, который своими замечательными исследованиями произвел в металлургии полную революцию. Значение Д. К. Чернова для металлургии можно сравнить со значением Д. И. Менделеева для химии. Подобно тому как химия в своем дальнейшем развитии будет итти по пути, указанному Д. И. Менделеевым, так и металлургия стали будет развиваться в том направлении, которое было указано Д. К. Черновым»

Изучение свойств сплава железа с углеродом было продолжено учеником Чернова Альфонсом Александровичем Ржешотарским.

В результате исследований и практической заводской деятельности Ржешотарский написал крупную научную работу «Микроскопические исследования железа, стали и чугуна».

В ней ученый утверждал, что удержание углерода в соединении с железом придает металлу способность закаливаться, то-есть изменять свойства под действием тепловой обработки. «Из этого прямо следует, — писал он, — что чем меньше углерода в железе, тем влияние закалки на данный кусок стали будет меньше, и, наоборот, с увеличением

углерода в стали влияние закалки должно быть все больше и больше...»

Благодаря работам Д. К. Чернова, А. А. Ржешотарского, ряда иностранных ученых, среди которых особенно выделяются исследования французского ученого Осмонда, советского ученого А. А. Байкова и других, в настоящее время установлено, что углерод оказывает серьезнейшее влияние на свойства железа. Эти свойства зависят от нагрева и определяются различной структурой стали при различных температурах, причем внутреннее строение металла меняется «само собой» с повышением или с понижением температуры. С этим мы уже сталкивались при рассказе о выплавке новой марки турбинной стали.

Но вернемся к обработке рельса.

Необходимый для закалки предварительный нагрев рельса производится токами высокой частоты. Индуктор надевается на конец рельса, плотно охватывая его головку. Запальщик включает ток. Автоматическое приспособление отсчитывает строго установленное время и выключает ток. Головка рельса оказывается разогретой только в той части, где необходимо закалить металл.

Сильная струя из лейки-автомата поливает раскаленный участок. Закалка завершена.

Только теперь рельсы готовы. Каждый из них проходит двойной контроль качества. Затем магнитный кран грузит рельсы на железнодорожные платформы.

Новый цех

Рядом с рельсобалочным цехом на «Азовстали» не так давно выросло новое светлое здание огромного крупносортного прокатного цеха. В клетях стана с маркой «Новокраматорский машиностроительный завод» («НКМЗ») самым совершенным способом изготовляются балки, швеллеры, «квадрат», необходимые для строительных работ, для сельскохозяйственного машиностроения и развития легкой промышленности.

Цех построен в 1953 году. В нем много нового и необычного. Советские конструкторы и машиностроители постарались создать такой стан, чтобы узлы его действовали бесперебойно. Это цех скоростной прокатки.

Около методических нагревательных печей чисто и светло. В металлических плитках пола отражаются лучи солнца, падающие из верхних окон.

Печи сделаны с таким расчетом, чтобы на новом стане всегда было вдоволь подогретого металла и можно было да-

вать большой темп прокатки. Длина печей 27 метров. В каждой из нагревательных камер одновременно помещается до 250 заготовок.

Глиссажные трубы, по которым заготовки скользят внутри печи, прикрыты снизу и с боков теплоизолирующим слоем. Благодаря этому трубы реже выходят из строя.

Топливо — смесь коксового и доменного газов и воздуха — подается в печь в установленных соотношениях. Регулировка подачи топлива производится при помощи очень четко работающих механизмов. Сварщик может вести регулировку и сам. Но когда установлено, каким должен быть режим нагрева, контроль за подачей топлива переключают на автоматическое управление. Автомат точно выдерживает заданные сварщиком состав и количество топлива. Для перехода на автоматическую регулировку достаточно повернуть рукоятку на щите контрольно-измерительной аппаратуры.

Приборы размещаются в светлой, застекленной кабине. У печей так чисто, светло и просторно, что человеку несведущему и в голову не придет, где он находится. А ведь в старых кузницах именно здесь, у горна, где греется металл, было самое грязное и жаркое место.

Конструкторы и строители стана сумели упростить управление механизмами и сделать их более прочными.

Передачей заготовки от одного пункта обработки к другому занято около 170 электрических моторов. Каждый ролик почти у всех рольгангов приводится во вращение отдельным мотором. На подводящем рольганге стана «650», например, установлено 32 электромотора: по мотору на каждом ролике. Такая система упрощает механическую часть рольгангов. Уменьшается возможность простоя стана из-за повреждений: если вышел из строя ролик, это не отражается на работе всего рольганга, ремонт ролика и связанного с ним мотора может производиться без прекращения прокатки.

Громоздкие манипуляторы с манипуляторными линейками и кантователями заменены в новом цехе необычными, роликовыми. На подъемных столах около клетей прежде всего поражает простор. Только в момент появления заготовки манипуляторы и кантователи обнаруживают свое присутствие. Из-под поверхности стола появляется небольшая «вилка» с роликами. Она ложится на бок и как бы охватывает своими роликами заготовку снизу и сверху. Вслед за тем вилка плавно приходит в прежнее вертикальное положение, и сжатая роликами заготовка поворачивается на другой бок. Выполнив свою операцию, кантователь как бы проваливается, освобождая поверхность стола.

Вилки двух манипуляторов также в нужный момент слов-

но в сказке «встают из-под земли» и, выполнив свое назначение, вновь прячутся.

Новый манипулятор и кантователь не только упрощают работу операторов на посту управления и передвижение вальцовщиков около клетей. Благодаря тому, что эти удивительные механизмы, «прячущиеся» под поверхностью стола, не загромождают собой рольганги, появилась возможность подводить к валкам одной клети сразу две заготовки. В результате экономится время, темп прокатки возрастает.

Создатели новых крупносортных станов с маркой «НКМЗ» стремились улучшить условия труда рабочих и техников. Кабины операторов на этих станах покрыты толстым слоем «серебряной» краски, отражающей тепловые лучи.

В соседнем, рельсобалочном, цехе в кабины подается наружный воздух, и летом температура в них высоковата, несмотря на вентиляторы. Здесь же на «командные пункты» поступает предварительно очищенный от пыли и охлажденный воздух. Мощная холодильная установка размещается в трехэтажном здании, примыкающем к цеху. Благодаря ей во всех кабинах операторов даже летом, в жару и духоту, прохладно, воздух чист и свеж. Интересно, что обслуживание и этой сравнительно большой установки механизировано. Всю смену ею управляет всего один человек.

При горячей резке пилы стана «650» внешне выглядят так же, как на соседнем, рельсобалочном, стане. Но работают они несколько иначе: подводятся к металлу и режут штуку не сверху, а сбоку. Так как тяжелые механизмы здесь не качаются, а скользят, пилы более прочны, реже выходят из строя.

Прокатчики стана «650» ввели у себя наиболее правильную обработку дисков пил. На соседнем стане пилы быстрее приходили в негодность, потому что во время их цементации углеродом насыщалась довольно широкая полоса края диска. При ударе зубьев о металл возникали трещины, как бы отделявшие один зуб от другого. Резкие удары нельзя было ничем смягчить — ведь весь край диска был закален одинаково твердо. Для того же чтобы сохранить зубья, металл в их основании должен быть гораздо «мягче», чем в режущей кромке. И прокатчики стана «650» добились именно такой закалки. К диску пилы присоединили один полюс источника электрического тока небольшого напряжения, но большой силы. Другой полюс подключили к электроду, содержащему значительный процент углерода. Когда углеродистым электродом прикасались к поверхности зуба, она благодаря неплотному контакту между углеродом и металлом нагревалась и сравнительно быстро насыщалась углеродом. Науглероженный слой металла

представлял собой тонкую пленку, после закалки превращавшуюся в броню. Основание же зуба оставалось не закаленным, «мягким» и легко амортизировало удары зубьев о металл во время резки.

Глава четвертая

ТРУБОСВАРОЧНЫЙ СТАН

Рождение одной идеи

Блуминг, рельсобалочные станы-автоматы и другие мощные машины, обрабатывающие металл давлением, поражают своими размерами, весом, гигантскими усилиями, развивающимися при обжатии металла. Без этих машин не могли бы родиться ни автомобиль, ни паровоз, ни авиационный мотор. Здесь истоки всего, что сделано из стали.

Но как же создаются сами эти машины?

Случай помог мне узнать, как сложно и трудно рождается металлургическая машина.

На трубопрокатном заводе имени В. В. Куйбышева в Жданове в одном из цехов находится чудо современной советской техники — трубосварочный стан. Когда я впервые пришел в этот просторный цех, стан не работал. Около самой важной его части — формовочной машины, в которой стальная полоса сворачивалась спиральными витками и сваривалась в трубу, стояло несколько человек. Оказалось, что на завод приехали из Москвы конструкторы стана-автомата: научный и технический руководитель проекта член-корреспондент Академии наук СССР Александр Иванович Целиков и главный инженер проекта Алексей Алексеевич Сарычев.

Огромная машина, или, вернее, цепь взаимосвязанных машин, так заинтересовала меня, что я решил разыскать ее создателей по возвращении в Москву.

В деятельности советского ученого А. И. Целикова, одного из создателей теории прокатки и конструктора многих машин для черной металлургии, есть одна черта, определяющая все другие особенности его творчества. В этом мягком по характеру, но настойчивом человеке как бы сплавились воедино качества педагога, ученого и конструктора.

С необычайной отчетливостью эта его черта проявилась при конструировании и пуске в ход трубосварочного стана.

Первый толчок к началу работы мысли ученого в этом направлении был дан довольно прозаическим обстоятельством.

Целиков обратил внимание на то, что при прокладке труб нефте- и газопроводов в земле без всякой нужды тратится

большое количество металла. Из-за несовершенства машин, изготовляющих трубы, стенки одной и той же трубы в разных местах оказываются различной толщины. В промышленности это даже узаконено: по техническим условиям толщина стенок может колебаться в пределах более чем 20 процентов. А между тем прочность трубы вовсе не возрастает от того, что стенка в каких-то местах утолщена. Давление внутри трубы все равно разорвет ее в том месте, где металл тоньше всего. Строители оценивают прочность трубы по самому тонкому месту ее стенок. Следовательно, почти четверть металла, уходящего на изготовление трубы, пропадает зря. Едва успев выплавить металл из руды, люди своими руками выбрасывают его.

Народному хозяйству нужны трубы с одинаковыми по толщине стенками — таков был неминуемый вывод.

В промышленности существует способ изготовления труб большого диаметра с тонкими одинаковой толщины стенками — из листа. Лист сгибается в трубу, затем кромки его свариваются электричеством, и получается короткая труба с продольным швом. Но для таких труб нужны широкие листы, а они довольно дороги и изготовлять их нелегко. Кроме того, трубы оказывались слишком короткими, а продольный шов был слабым местом, и внутреннее давление, благодаря которому нефть или газы движутся по трубе, часто приводило к его разрыву.

Как устранить все эти недостатки?

Может быть, можно построить такую машину, которая будет изготовлять из прокатанного металла одинаковой толщины длинную трубу, не требуя широкого листа, и давать сварной шов, способный хорошо противостоять разрывным усилиям внутреннего давления?

Александру Ивановичу Целикову было известно предложение покойного советского трубопрокатчика члена-корреспондента Академии наук УССР Павла Терентьевича Емельяненко и инженера Евгения Ильича Левина создать формовочную машину, в которой труба получалась бы путем спиралеобразного изгибания непрерывно движущейся полосы.

Простота принципа действия машины была очевидна. В ней можно будет получать трубу почти любого диаметра, скручивая стальную полосу в располагающиеся один за другим витки и сваривая стык ее кромок. Этот принцип получения трубы легко воспроизвести с помощью бумажной ленты. Надо только перегнуть ленту так, чтобы место перегиба не представляло собой угол, а плавно закруглялось, и затем продолжать скручивать ленту. Стык кромок ленты на возникающей таким образом трубе представляет собой спираль.

В этой идее, казалось, соединялись все преимущества, отсутствовавшие в способе получения труб из листа с продольным швом. Непрерывно движущаяся полоса позволяла вести конвейерным способом производство труб любой длины. Из сравнительно узкой ленты можно было изготовлять трубы большого диаметра. Спиралеобразный шов лучше противостоял действию внутреннего давления, так как опасные силы, разрывающие трубу, действовали под углом к его направлению.

Сложности создания машины в деталях были еще неясны. Но мысль конструктора угадывала их. Толстую и широкую стальную полосу, по существу котельное железо, следовало скручивать с такой точностью, чтобы не получалось ни нахлестов кромок одна на другую, ни провалов между ними.

При создании машины надо было учитывать толщину металла, его упругость, «поведение» свободного витка, добиться получения ровных и прямых, как натянутая струна, кромок на полосе большой длины. Предстояло не только рассчитать, сконструировать, вычертить машину, но и следить за ее постройкой и произвести ее наладку на заводе.

Сама по себе простая идея требовала для своего осуществления многих месяцев поисков и большого труда сплоченного коллектива конструкторов, инженеров-производственников и рабочих.

Первые опыты с моделью

Прежде чем начать проектирование сложной машины, Целиков и его помощники решили построить модель и изучить работу механизмов в научно-исследовательской лаборатории. Это обычный путь ученых, стремящихся соединять в один процесс проектирование и исследование.

Трубосварочный стан должен был состоять из цепи машин и механизмов, разматывающих рулон, выправляющих полосу, выравнивающих ее кромки, сваривающих одну полосу с другой и, наконец, скручивающих полосу в трубу. В лаборатории же достаточно было точно воспроизвести лишь самую последнюю операцию — формовку труб, так как именно этот процесс не был изучен. Работу всех остальных машин и механизмов модель могла повторять лишь схематически, так сказать, в принципе.

Руководителем испытания модели и проектирования новой машины был назначен Алексей Алексеевич Сарычев.

Сарычев не только обладал опытом конструктора, но и знал производство и любил экспериментальные исследования. Почти двадцать лет назад, студентом, он слушал лекции Целикова в Московском высшем техническом училище. Став инженером,

он не раз работал под руководством своего учителя и привык выполнять сложные дела с железным упорством, изо дня в день, не смущаясь тем, что шаг, сделанный сегодня, не столь уж велик.

Едва модель была построена и начались ее испытания, как Сарычеву стало ясно, что более беспокойной и сложной работой ему еще не приходилось заниматься.

Формовочная машина состояла из оправки — металлического стержня, расположенного под углом к линии движения полосы; стальная полоса, непрерывно двигаясь, огибалась вокруг этого стержня. Полоса проходила в «щели» между тремя гибочными валками и стержнем оправки. Гибочные валки располагались вокруг оправки, придавая полосе необходимый изгиб. Приняв закругленную форму, полоса при дальнейшем ее проталкивании между гибочными валками и стержнем оправки «сама» сворачивалась в свободно расположенный виток.

В том месте, где металлическая лента образовывала полный первый виток, была поставлена электросварочная головка. Конструкторам казалось, что чем скорее по выходе из гибочных валков будут свариваться кромки свивающейся в трубу полосы, тем легче пойдет дело. Но на поверку оказалось, что сваривать стык кромок в этом месте не удается: то труба получается неправильной формы, то кромки оказываются несваренными.

Тогда было решено перенести место сварки с первого витка на начало второго. Сварщик Павел Григорьевич Рыбалко сумел добиться хорошей работы сварочного устройства.

Но дело все же не ладилось. Кромки витков то наезжали внахлест друг на друга, то расходились, образуя широкую щель.

Наблюдения показали, что поверхность витка довольно сильно трется о концы гибочных валков. Эти валки были сделаны такими длинными, что выходили за край сгибаемой полосы, заходя на первый виток, и край первого витка терся о валки.

Сила трения была направлена против хода полосы и поэтому способствовала не скручиванию витка, а его развиванию, стремилась сделать виток бо́льшим по диаметру.

Чтобы гибочные валки не мешали первому витку принять свое естественное положение, их укоротили — обрезали.

Но когда вновь пустили в ход формовочную машину, оказалось, что труба все-таки не получается.

Сплошные неудачи!

Однако инженеры и помогавшие им рабочие во главе с опытным слесарем Степаном Степановичем Сучковым не упали духом. Они решили, что просто-напросто еще не умеют налаживать машину, как говорят прокатчики, не умеют «настраивать стан».

День за днем они возились с машиной: меняли скорость движения полосы, величину давления на нее гибочных валков, место сварки... Но положение не менялось: труба не получалась.

Нет, дело было не в настройке! Какой-то органический порок в конструкции модели мешал правильной формовке трубы.

Нахлесты или расхождения кромок витков могли происходить только оттого, что диаметр первого свободного витка все время менялся. Что-то заставляло виток «дышать»!

Скручивание полосы и сварка витка идут непрерывно. Из формовочной машины как бы выталкивается труба. Она двигается в машине по вращающимся роликам рольганга. Сопротивление, которое оказывает рольганг трубе, не везде одинаково: один ролик вращается легче другого, малейший перекос какого-нибудь из роликов создает дополнительное трение. Напряжение в электрической сети не всегда постоянно, это также сказывается на работе рольганга. Таким образом, на трубу действуют все время меняющиеся по величине силы, стремящиеся затормозить ее поступательное движение. Свободный виток поэтому, словно пружина вагонного буфера, испытывает различные по силе толчки. Потому-то он и «дышит».

Теперь, когда причина неудач была найдена, дальнейший путь улучшения машины казался ясным и простым. Следовало поставить такие приспособления, которые искусственно затрудняли бы постоянные изменения размеров витка — калибровали бы его.

Решающее открытие

Сконструировать приспособление, центрирующее витки, было не так уж трудно. Инженеры выполнили его в виде охватывающих трубу полуколец с укрепленными на них роликами. Витки трубы со всех сторон сдерживались роликами. Это калибрующее приспособление было названо кассетами.

Дополнение формовочной машины кассетами, казалось, позволяло избежать всех недостатков прежней конструкции. Ролики кассет должны были охватывать одновременно и «дышащий» и сваренный витки, тем самым придавая трубе более правильную форму. Прежде мешавшее движению трубы сопротивление рольганга теперь оказывалось полезным. Сила этого сопротивления, стремясь расширить виток, должна была прижимать поверхность витка к роликам кассет. Благодаря этому витки приняли бы в кассетах более устойчивое положение.

Кассеты вскоре были изготовлены в точном соответствии с чертежами конструкторов и установлены на формовочной машине. Но первый же прогон полосы принес неудачу: труба опять не получалась. И вторая, и третья, и четвертая попытки наладить машину ни к чему не привели... Система попрежнему не работала, хотя по всем расчетам и соображениям должна была бы уже действовать безукоризненно. Что было делать?

Когда первое горькое чувство разочарования прошло, Сарычев попытался восстановить в памяти всю цепь неудач. Выходило, что процесс гибки полосы между оправкой и гибочными валками еще недостаточно изучен металлургами и таит в себе какой-то нераскрытый «секрет».

Пришлось временно оставить модель и взять в руки карандаш. Начертили схему движения полосы во время гибки между валками и оправкой. Что происходит здесь с металлом? Если бы гнулась не обладающая упругостью свинцовая полоса, то часть витка, сгибаемая валками, и другая его часть, уже вышедшая из-под валков и принявшая форму полувитка, были бы как бы продолжением одна другой. Радиус изгиба обеих частей одного и того же витка был бы одинаковым. Но сталь упруга. Поэтому часть витка, освободившаяся от сгибающего действия валков, слегка распрямляется, радиус ее будет больше радиуса той части витка, которая еще находится между оправкой и валками.

Из схем, набросанных конструкторами, и несложных расчетов стало очевидно, что виток стальной полосы по форме не будет похож на идеальный по очертаниям виток из свинца. Но ведь все механизмы формовочной машины создавались с расчетом на правильную форму витка.

...Словно яркий луч осветил путь поисков.

Стало понятно, почему выбранное место сварки — там, где соприкасались кромки первой половины витка, еще заключенной между валками и оправкой, и второй его половины, свободной от действия валков, — оказалось в проекте модели неудачным. Как раз в районе места сварки виток находился в неестественном положении: кромки обеих его половин не совпадали и не могли совпадать, так как сталь упруга, и потому сварить их было невозможно.

Ясно стало теперь также и то, почему не выполняли своего назначения кассеты. Ролики кассет были расположены правильно, с расчетом на воображаемый, идеальный виток, и совершенно неправильно по отношению к витку, действительно возникающему.

Решение, казалось бы, столь сложного вопроса напрашивалось само собой: кассеты следует устанавливать не с расчетом

на идеальный виток, а так сказать, «подлаживаясь» под первый, возникший уже виток трубы.

Словно крылья выросли у Сарычева, когда он вновь пришел в институт, чтобы проверить столь неожиданно сделанное на бумаге открытие и продолжить опыты с моделью. Уверенность в успехе дела рождала радость.

В лаборатории инженеры и рабочие убрали ролики кассет и пустили в ход формовочную машину. Когда из-под гибочных валков появилось самое начало трубы, машина была остановлена. Рабочие очень осторожно, стараясь не сдвинуть с места первый, едва образовавшийся виток, подвели к его поверхности ролики кассет и закрепили их. «Выстлали под трубу постель», как метко сказал кто-то из рабочих. Теперь ролики были установлены не по воображаемому, а по реально возникшему витку, еще не деформированному силами сопротивления рольганга, так как труба была коротка и не успела достигнуть даже первых его роликов.

И когда вновь пустили в ход формовочную машину, труба пошла хорошо.

Новые испытания

В лаборатории был изучен лишь процесс формовки. Другие стороны работы стана оставались неясными. Например, в лаборатории невозможно было проверить первую машину стана — разматыватель рулонов стальной полосы. Легко выполнимая, казалось бы, операция была на деле довольно сложна. На одном из небольших заводов, где не было специальных приспособлений, рабочим однажды так и не удалось вручную размотать большой рулон толстого котельного железа. Современное производство требует мощных машин для выполнения даже простейших по виду операций.

Кроме того, существовало и еще одно осложняющее обстоятельство. Труба должна была выходить из стана непрерывно, а это означало, что пока один рулон разматывается, другой уже должен быть задан в машину и подготовлен к размотке. Таких разматывателей промышленность до сих пор не знала, приходилось проектировать его, так сказать, на «пустом месте», не имея перед собой ранее созданных образцов, без предварительных экспериментов на модели.

Предполагали, что при наладке стана на заводе с разматывателем придется повозиться. Однако много дней спустя оказалось, что инженеры ошиблись: разматыватель заработал сразу же после его установки. Зато при пуске в ход других машин стана конструкторы, заводские рабочие и инженеры столкнулись с неожиданными препятствиями.

Машины стана были построены на Новокраматорском заводе. Монтировать же их решили на трубопрокатном заводе в Мариуполе.

Стан состоял из нескольких машин, через рабочие органы которых проходила обрабатываемая стальная полоса. Первая машина разматывала рулоны, вторая — правильная машина — правила полосу, мощные ножницы обрезали кромки двух полос на месте их стыка, сварочная машина сваривала одну полосу с другой, чтобы создать непрерывность процесса, дисковые ножницы обрезали края полосы, валки мощной машины толкали полосу в гибочные валки и, наконец, формовочная машина давала трубу. Рольганг и другие устройства принимали готовую трубу, отрезали от нее необходимой длины кусок и передавали для проверки качества мастерам отдела технического контроля. Цех, в котором монтировался стан, раскинулся почти на километр.

Все операции в нем были не только механизированы, но и автоматизированы.

Но не так-то просто было наладить работу этого чуда техники — механизмов и автоматов, заменявших руки и глаза рабочих.

Трудности освоения стана оказались так велики, что некоторые работники потеряли веру в возможность пуска новой машины. Между тем на экспериментальные строительные и монтажные работы к тому времени была израсходована огромная сумма, и это еще более обостряло положение.

На пути создателей трубосварочного стана встали новые препятствия.

Что значит коллективизм

Работа по наладке стана и улучшению действия его узлов заняла много месяцев. Наконец она была закончена. Механизмы и машины работали теперь хорошо. Трубы малых диаметров получались. Но производство труб большого диаметра все еще не было налажено. И рабочим и инженерам было ясно, что «секрет» неудач заключается не в пороках каких-либо частей стана, а в неумении «настраивать» машину при переходе на производство труб большого диаметра.

Люди нервничали. Столько времени и сил было затрачено на освоение машины, столько препятствий устранено, и все-таки стан как следует не работает!

Новый цех был укомплектован молодыми рабочими и инженерами. Они с энтузиазмом взялись за освоение и исследование невиданной машины, необычной технологии, автоматических устройств.

К конструктору и начальнику цеха каждый день приходили наиболее опытные рабочие, предлагая внести те или иные улучшения. Многие из этих предложений принимались, но кое-что конструкторы и отвергали. Надо было проявлять большую заботу о каждом предложении, чтобы улучшить машину, и о каждом рабочем, вносившем предложение, чтобы не обидеть человека и помочь ему найти правильный путь для решения технической задачи.

Когда неудачи с настройкой стана пошли одна за другой и вера в успех у многих поколебалась, рабочие то и дело стали оставлять свои места и подходить к формовочной машине — смотреть, что там делается. Оставшиеся без присмотра механизмы действовали плохо, и эта неразбериха еще больше осложняла наладку машины. Все чаще начали раздаваться голоса недовольных ходом работ, требовавших, чтобы стан настраивали так, как им казалось более правильным.

А неудачи между тем следовали с какой-то неумолимой постоянностью. Было время, когда даже Сарычева охватило сомнение в успехе, и ему немалых усилий стоило перебороть себя.

— Что будем делать? — спросил его начальник цеха Иван Васильевич Кузнецов. — Нам же скоро совсем перестанут верить.

Сарычев молчал: ему не хотелось показывать свою душевную слабость.

Кузнецов предложил:

— Алексей Алексеевич, дадим недовольным самим поэкспериментировать. Пусть те, кто шумит больше всех, убедятся, что не так-то просто создать новую машину.

Сарычев согласился. Несколько дней некоторые рабочие, техники, инженеры пытались по-своему наладить стан. Каждый стремился попробовать только свой метод и мало обращал внимания на усилия других. Работали бестолково, шумно...

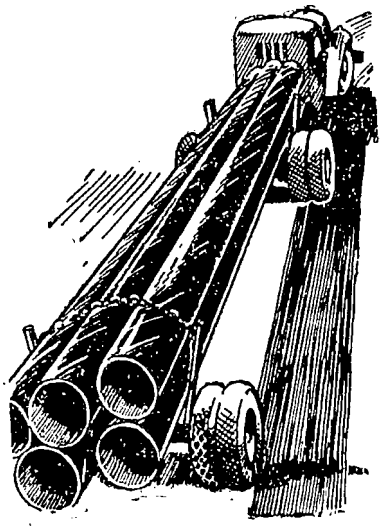
Прошла неделя в этих экспериментах. Как-то появились утром в цехе вновь сильными и спокойными, отдохнувшими от напряженных дней поисков Сарычев и Кузнецов, собрали рабочих первой смены и объяснили им, что успеха можно добиться только тогда, когда все будут действовать заодно, подчиняя свои интересы и желания общему делу.

...После собрания рабочие, техники, инженеры разошлись по своим местам. Никто уже не бегал к формовочной машине, каждый следил за порученным ему механизмом.

Не заметили, как прошло восемь часов. Пришли рабочие второй смены. С ними перед началом работы также было проведено собрание. Настройка стана продолжалась. Это была дружная, согласованная работа. После многих дней неверия

в успех дела всеми теперь вновь овладело ощущение своей силы. Действия каждого сливались с усилиями остальных.

За два часа до окончания второй смены в который уже раз пустили в ход все машины стана. Полоса медленно двигалась от одного механизма к другому. Вот гибочные валки свернули ее в трубу, сухо затрещала невидимая под слоем порошкообразного флюса электрическая искра сварочной головки... По рольгангу, вращаясь вокруг своей оси, поползла готовая труба. Стенки ее были абсолютно ровными, шов — плотным, одинаковой толщины.



Стальные трубы бывают диаметром до 630 миллиметров.

К Сарычеву подбежал технолог цеха и воскликнул:

— Смотрите, смотрите, труба пошла! Как в сказке...

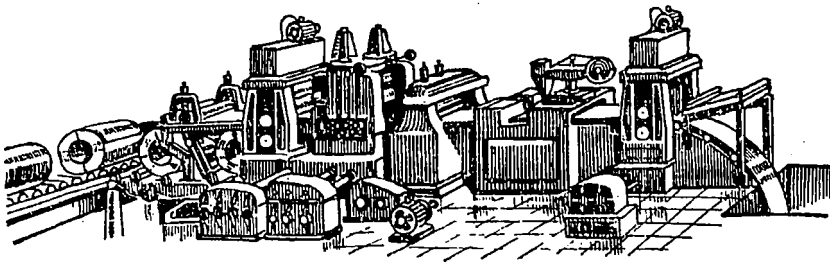
Люди бросились к формовочной машине. Убеждаясь в том, что победа достигнута, они поздравляли друг друга. Радость светилась на всех лицах. Работников нового цеха охватило ликование. Оно передалось рабочим соседних цехов, служащим и инженерам заводоуправления. Стан пошел...

Трубосварочный стан в действии

Как работает стан?

...При помощи магнитного крана рулоны стальной полосы снимаются с железнодорожных платформ. Другой кран, исполнительный механизм которого представляет собой скобу, входит в рулон, точно рука в муфту, и переносит его на входной рольганг стана. Отсюда рулон попадает в разматыватель, и на рольганге оказывается уже новый рулон.

Около рольганга и разматывателя не видно людей. Кажется, что машины, от которых зависит бесперебойность работы стана, действуют сами. Это впечатление еще более усиливается тем, что и дальше, вдоль линии других машин, людей как будто нет. Лишь когда проходит первое ошеломляющее ощущение фантастичности происходящего, замечаешь две застекленные кабины с операторами. Одна из кабин находится как раз над



разматывателем. В ней и сосредоточено управление двумя первыми машинами. Видно, как девушка нажимает на кнопки, и мощные, тяжелые машины, послушные малейшему движению ее руки, подготавливают стальную ленту для дальнейших операций.

Затем полоса входит в листоправильную машину.

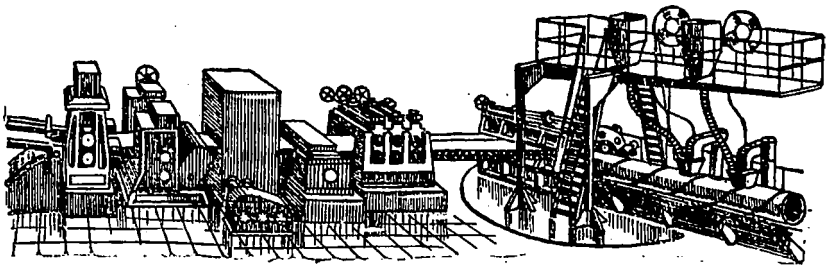
Обрезанные под давлением в 25—30 тонн гильотинными ножницами кромки стыков полос свариваются на сварочно-фрезерном станке.

Сварка производится автоматической сварной головкой. Пламени электрической дуги не видно, так как электрод во время движения головки вдоль стыка все время засыпается порошкообразными флюсами, в состав которых входят кремний, марганец и другие вещества. Флюсы создают устойчивое пламя дуги и предохраняют расплавленный металл шва от попадания в него кислорода, придающего стали хрупкость и пористость.

Во время сварки рулон не разматывается, так как лента должна быть неподвижной. Что же происходит в этот момент на других машинах стана? Неужели и формовочная машина стоит в ожидании, когда закончатся резка и сварка? Ведь это означало бы потерю драгоценного времени, снижение производительности машины!

Конструкторы нашли простой выход из трудного положения, разделив все машины и механизмы стана на две системы.

Длинный и сложный путь проходит стальная полоса.



К первой системе они отнесли машины, которые вынуждены так или иначе прекращать обработку ленты в момент резки кромок и сварки стыков: рольганг, разматыватель, листоправильную машину, гильотинные ножницы и сварочно-фрезерный станок.

Ко второй системе были отнесены все последующие механизмы и машины: дисковые ножницы, обрезающие боковые кромки, подающая машина, валки которой толкают ленту в формовочную машину, сама формовочная машина. Для того чтобы машины второй системы могли действовать безостановочно даже в то время, когда идет резка и сварка, после сварочно-фрезерного станка устроен железобетонный колодец — «яма», как говорят производственники, — глубиной и длиной в 10 метров.

Едва сварка заканчивается, машины первой системы начинают работать быстрее, чем машины второй, и «яма» заполняется опускающейся в нее стальной полосой, образующей как бы петлю. Как только наступает время резки и сварки нового стыка, машины первой системы останавливаются, чтобы дать возможность ножницам и сварной головке произвести необходимые операции, а машины второй системы продолжают работать: ведь в яме лежит запас — пятнадцатиметровая лента.

Все эти операции выполняются автоматами, работу которых контролирует один лишь оператор, находящийся во второй застекленной кабине.

прежде чем превратится в витую стальную трубу.

...Вот машины первой системы остановились, началась резка, затем сварка стыков. Лента выбирается из «петлевой ямы». Оператор не видит ямы, но знает, что там происходит. На пульте управления погасло световое окошечко со словом «полно» и вспыхнула надпись «есть». Эти сигналы означают, что вначале полоса заполняла весь колодец, а затем петля ее стала уменьшаться. Но вот вспыхнул сигнал «мало». Одновременно без какого бы то ни было участия оператора автоматы подготовили моторы первой линии машин к ускоренному ходу.

Дело оператора — нажать кнопку, пускающую в ход моторы первой системы. Скорость работы моторов в результате действия автоматов плавно возрастает и перекрывает скорость движения ленты в машинах второй системы. «Яма» опять наполняется лентой, и на щите оператора в обратном порядке мелькают световые сигналы: «мало», «есть», «полно». Наконец «яма» наполнена петлей доотказа. Теперь надо уменьшить скорость моторов первой системы, иначе из-за переполнения «ямы» лентой может произойти авария. Это также делается автоматически. Скорость моторов первой системы без участия оператора постепенно сравнивается со скоростью машин второй системы. Если формовочная машина почему-либо будет остановлена, то остановятся и все другие машины, благодаря чему колодцу и в этом случае не будет угрожать переполнение лентой.

«Командиры» автоматических устройств, управляющих работой стана, помещаются в «яме». На одной из ее стенок около дна, посередине и у верха, расположены три прожектора, а в противоположной стене — фотоэлементы. Когда яма заполнена петлей полосы и все три луча заслонены провисшей в «яму» лентой, на пульте загорается сигнал «полно». Стоит уменьшиться петле, как полоса уже не закрывает нижнего луча. Его свет попадает на соответствующий фотоэлемент, включается ряд реле. На щите оператора сигнал «полно» гаснет. Как только откроется луч среднего прожектора, зажигается сигнал «есть». Когда же петля будет почти выбрана из колодца и луч верхнего прожектора упадет на третий фотоэлемент, загорится сигнал «мало».

Если оператор во-время не остановит машин второй системы в тот момент, когда петля из колодца выбрана до конца, а новой полосы не поступает, так называемый конечный автоматический выключатель остановит машины всего стана. Устроен он очень просто: петля полосы, выбираемой из «ямы», начинает провисать все меньше и, наконец, вытягиваясь горизонтально, касается опущенного над ней контакта, замыкая цепь мотора, выключающего стан.

Наиболее ответственная работа на стане выпадает на долю операторов и операторов-сварщиков. У этих рабочих обычно

десятиклассное образование. Они должны многое знать для того, чтобы уметь на ходу, быстро подобрать наилучший режим сварки.

Настройка стана, дававшаяся раньше с таким трудом, теперь выполняется сравнительно быстро и с полной уверенностью в успехе дела. Но все-таки и сейчас настройка стана и управление им остаются сложными работами, требующими творческих исканий и от инженеров и от рабочих.

Новое в прокатке

Техника прокатки не стоит на месте. В последние годы вводятся новые способы производства проката.

Большое значение для народного хозяйства имеет изготовление так называемых гнутых профилей. Угловую сталь можно изготовить двумя способами. Со старым способом, принятым на многих заводах, мы уже знакомы: квадратная в сечении заготовка пропускается между валками нескольких клетей, и лишь в последней, чистовой, клети металл приобретает требуемую форму «уголка». Но ведь гораздо проще сначала прокатать полосу, затем согнуть ее — и «уголок» готов!

Таким способом можно изготавливать и другие, более сложные профили проката.

Правда, переход на массовое производство гнутых профилей нельзя совершить в короткие сроки. Ведь для того, чтобы согнуть полосу по всей ее длине, нужны особые машины. Кроме того, надо значительно увеличить производство полосы и листа, служащих заготовками для получения гнутых профилей. Эту задачу тоже сразу не решишь. До 1955 года в Америке из всей массы прокатываемого металла 54 процента шло на производство листа. У нас же — лишь 18 процентов.

Увеличение производства листовой стали и гнутого проката — это одна из проблем, над решением которой усиленно работают сейчас советские металлурги.

В середине 1955 года инженер Б. Г. Ложкин предложил увеличить производство так называемых широкополочных балок и трубчатых профилей. В конструкциях строительных сооружений и при изготовлении машин такой прокат обладает большой прочностью, а металла на его изготовление идет меньше, чем для аналогичного проката старых профилей. Расширение производства экономичных видов проката ведет к усовершенствованию машин и механизмов, к созданию новых прокатных станов. Народному хозяйству использование экономичных профилей проката принесет большую выгоду, так как позволит экономить металл.

...Однажды к члену-корреспонденту Академии наук СССР Александру Ивановичу Целикову пришел рабочий и положил на стол небольшую шестеренку, изготовленную из дюралюминия.

— Эту шестеренку, — сказал рабочий, — я сделал не на фрезерном станке, а путем прокатки.

Ученый измерил расстояния между зубьями шестеренки и увидел, что деталь изготовлена довольно точно.

После этого в мастерских и лабораториях началась разработка нового способа производства шестерен. Были построены станки, на которых шестеренки изготовлялись не с помощью фрезы — не резанием, а давлением на металл валками. Разогрев заготовки в таком станке производился с помощью токов высокой частоты.

Под руководством А. И. Целикова была решена интереснейшая проблема получения с помощью прокатки... шаров. Много дней велись исследования и опыты, прежде чем на стане, в который заготовки задавались не поперек валков, а с их торцовой части, грубо говоря, вдоль валков, начали получать стальные шары различных диаметров. Сейчас станы по прокатке шаров работают уже на советских заводах, производящих подшипники.

Ученые и инженеры разрабатывают и внедряют в производство новые способы получения листа разной толщины, изготовления с помощью прокатки осей автомашин, коленчатых валов двигателей, создают новые способы производства труб.

ПУТЬ В БУДУЩЕЕ

Атомная энергия в металлургии

Мы, советские люди, горды тем, что именно в нашей стране атомная энергия нашла наиболее широкое применение в мирных целях. Как только были решены принципиальные вопросы об освобождении энергии атома, у нас начались поиски возможностей использования новых открытий в области металлургии, строительства, химии, медицины и т. д.

В 1948 году в одном из советских научно-исследовательских институтов была создана первая лаборатория для разработки способов применения радиоактивных изотопов в металлургической промышленности. С тех пор эти исследования шагнули далеко вперед. В конце 1955 года, например, уже несколько сот сотрудников вело около 200 научных работ в этой области. Многие работы к этому времени вышли из стен лабораторий и были перенесены на заводы.

Доменная печь работает почти беспрерывно в течение нескольких лет. Даже в те часы, когда проводятся кратковременные профилактические ремонты, плавильные материалы заполняют ее внутренность. Огнеупорная кладка, изнутри выстилающая печь, все время подвергается действию высокой температуры и механическому воздействию шихты.

Приходит время, когда «одежду» печи надо менять, иначе может наступить тяжелая авария. История доменного производства знает немало случаев, когда расплавленный чугун внезапно пробивал себе путь сквозь разрушенную кладку, когда при соприкосновении жидкого металла с водой возникал сильный взрыв.

Чем мощнее домны, чем более они механизированы и автоматизированы, тем важнее знать, в каком состоянии находится

их «одежда». Случайный выход из строя современной огромной домны выбьет из колеи весь завод. А для завода будущего подобные аварии вообще недопустимы: выход из строя какого-либо крупного звена остановит весь завод-автомат.

Но как узнать состояние огнеупорной кладки домны? Осмотреть внутренность мартеновской печи просто. После каждого выпуска металла можно видеть, в каком состоянии ее огнеупорная кладка. Так же несложно осмотреть нагревательные колодцы и методические нагревательные печи обжимных и прокатных станов. Но в домну во время ее работы заглянуть невозможно. В течение нескольких лет она наглухо закрыта, и почти беспрерывно внутри нее бушует огонь.

А останавливать печь и удалять из нее плавильные материалы только для того, чтобы осмотреть ее внутренность, нельзя — ведь эти остановки будут приводить к перебоям в работе всего металлургического «конвейера».

До последнего времени доменщики следили за сохранностью кладки по косвенным признакам. Если, например, какое-то место наружных стенок нагревалось сильнее, чем обычно, они начинали внимательно следить за печью или готовились к ее остановке. Нагревание воды в холодильниках выше нормы также сигнализировало о том, что металл быстро разрушает внутреннюю кладку и может хлынуть наружу. Нагревание бетонного фундамента означало, что подплавилась кладка дна печи — лещади. Но это были неточные признаки, по ним трудно было определить, как быстро разрушается огнеупорный кирпич и когда следует останавливать печь на ремонт.

Разрешить сложную задачу контроля за сохранностью кладки помогли достижения атомной физики.

В атомных реакторах удается создать мощный поток мельчайших частиц — нейтронов, обладающих огромной скоростью — в десятки тысяч километров в секунду — и большой «пробивной силой». Нейтроны не имеют электрического заряда и поэтому сравнительно легко проникают в атомы веществ, встречающихся на их пути: электрические силы, скрепляющие отдельные части атома, не могут стать препятствием для электрически нейтральных частиц.

Подвергая бомбардировке нейтронами ядра атомов различных веществ, ученые научились получать новые химические элементы, не встречающиеся в природе. Под действием нейтронов сера, фосфор, кобальт и другие элементы теряли или прибавляли в атомном весе, превращаясь в своих близнецов — в так называемые изотопы серы, фосфора, кобальта и других веществ. Изотопы, полученные в атомных реакторах, отличались необычайным, никогда в природе в этих элементах не встречающимся качеством: они становились радиоактивными.

Их атомы, самопроизвольно распадаясь, давали при этом мощное излучение.

Так были получены искусственные радиоактивные вещества. Они стоили во много сот раз дешевле радия. Теперь в каждой лаборатории, где ведутся исследования по применению атомной энергии, в распоряжении ученых находится такое количество искусственных радиоактивных веществ, которого вполне достаточно для всех экспериментальных работ. Несколько лет назад необходимое для такого объема работ количество радия можно было бы с трудом набрать во всех лабораториях мира, занимавшихся изучением радиоактивности.

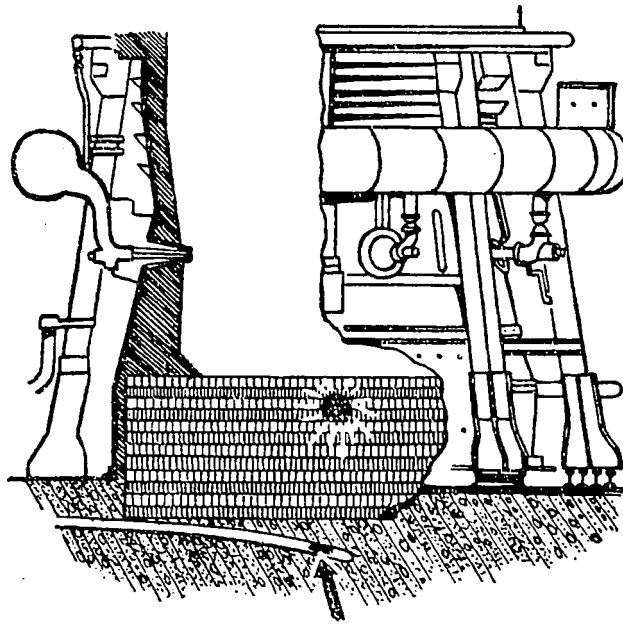
С тех пор как радиоактивные вещества стали изготовляться в достаточном количестве, появилась практическая возможность использовать энергию самопроизвольно распадающихся атомов изотопов серы, фосфора, кобальта и других элементов в промышленности. Тогда-то и возникла мысль заставить радиоактивные изотопы «следить» за состоянием огнеупорной кладки доменных печей. Осуществили ее научный работник П. Л. Грузин и работники Ново-Тульского металлургического завода С. В. Земский, С. К. Трикало, А. Н. Редько, А. А. Миликян.

Выполнить это оказалось не так уж сложно. «Одежда» дна печи, лещади, выкладывается из многих рядов кирпичей. Если во время капитального ремонта в разные ряды кирпичей заложить несколько ампул с радиоактивным веществом, в дальнейшем ходе работы печи произойдет вот что. Когда разрушатся первые, верхние ряды кирпичей и радиоактивное вещество расплавится, в чугуне пробы металла некоторое время будут содержаться радиоактивные меченые атомы. Определить их присутствие в металле легко: самопроизвольно распадающиеся атомы выделяют электроны, которые можно зарегистрировать при помощи точно действующей чувствительной аппаратуры.

После разрушения первой ампулы наступит период, когда пробы чугуна перестанут обладать радиоактивностью.

Но как только выйдут из строя новые ряды кирпича и в шихту попадет содержимое второй ампулы с мечеными атомами, приборы вновь зарегистрируют слабую радиоактивность проб чугуна. Так металлурги получили возможность следить за скоростью разрушения лещади или стенок шахты печи и, следовательно, во-время предотвращать аварию.

Однако не всякие радиоактивные изотопы оказались пригодными для этой цели. Прежде всего надо было выбрать такие изотопы, атомы которых самопроизвольно распадаются в течение продолжительного времени. Кремний, например, обладает радиоактивностью в течение всего лишь нескольких минут. Число радиоактивных атомов фосфора уменьшается в два раза



Радиоактивные изотопы позволяют контролировать состояние огнеупорной кладки доменной печи.

за 14,3 суток (этот срок называется периодом полураспада). Для радиоактивного кобальта период полураспада составляет 5,3 года, а для углерода — около 5 тысяч лет.

Наиболее пригодным для контроля за разрушением огнеупорной кладки оказался радиоактивный изотоп металла кобальта.

Для первых испытаний нового метода контроля была выбрана домна небольшого металлургического завода. Среди кирпичей ее лещади были заложены ампулы. На заводе не особенно верили в пользу новых опытов, и поэтому пробы чугуна испытывались на радиоактивность от случая к случаю. Вскоре эти испытания и совсем были заброшены.

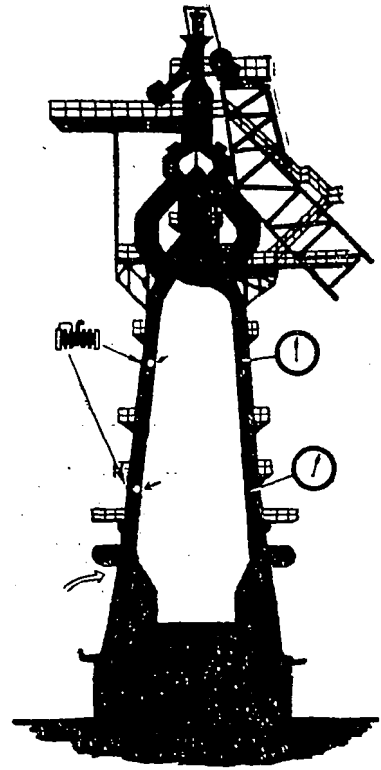
Неожиданно с домной произошла авария: чугун «проел» кладку лещади. Только тогда вспомнили об изотопах. Из Москвы вызвали научного работника, руководившего опытами, Павла Лукича Грузина. Человек спокойный и настойчивый, уверенный в безошибочности нового метода, он прежде всего принялся выяснять, сохранились ли пробы чугуна. Пробы металла за все время работы печи вплоть до аварии были найдены. Тогда Миликян, Земский и Грузин стали терпеливо исследовать их на радиоактивность.

Несколько проб показали присутствие меченых радиоактивных атомов, правда очень незначительное. Когда выяснили, от каких плавок взяты эти пробы, то оказалось, что радиоактивность в чугуне появилась за несколько дней до аварии.

Изотопы не подвели: просто металлурги во время этих первых опытов еще не привыкли считать атомную энергию своей надежной помощницей и не испытали на радиоактивность пробы чугуна.

Изотопы помогают доменщикам не только контролировать кладку, но и следить за сложным «путешествием» внутри печи вредной для чугуна примеси — серы, определять, сколько этого вещества попадает в шлак, сколько в чугун и сколько уходит с газами.

Узнать, как распределилась в печи сера, можно, конечно, и с помощью химического анализа газов, шлака и чугуна. Но такой анализ занимает довольно много времени, с его помощью трудно непрерывно следить за путешествиями серы.



Радиоактивные изотопы помогают контролировать скорость прохождения газов в доменной печи.

Зато если в печь вместе с плавильными материалами попадает ампула, заполненная изотопом серы, счетчики электронов быстро и безошибочно расскажут доменщикам, какая часть попавшей в печь с плавильными материалами серы уносится газом, какая переходит в шлак, какая остается в чугуне. В результате доменщики могут основную часть серы вывести из печи с газами или шлаком и освободить, таким образом, чугун от вредной примеси.

* * *

На заводе «Азовсталь» перерабатывается керченская руда камыш-бурунского месторождения, содержащая много вредной для металла примеси — фосфора, присутствие которого в стали понижает прочность ее при низких температурах. Чтобы изба-

виться от фосфора, его надо перевести из металла в шлак. В чистом виде фосфор отделить от металла невозможно, потому что это вещество растворяется в шлаке только в виде кислородной соли фосфорной кислоты — фосфата кальция. Но это даже хорошо: такое соединение представляет собой совершенно готовое, легко усваиваемое растениями удобрение.

Вот почему важно, чтобы мартеновские шлаки содержали как можно больше фосфата кальция.

Добиться этого трудно. В расплавленной стали все время с большой скоростью идут химические превращения. Поэтому сталевары должны уловить момент, когда в шлаке окажется наибольшее количество фосфата кальция, и тотчас привести в движение механизм, наклоняющий громадную печь. Тогда в ковш будет слит шлак, представляющий собой ценнейшее удобрение.

Анализ шлака на фосфор занимает в цеховой экспресс-лаборатории 20—25 минут. За это время в расплавленном металле и шлаке могут произойти новые изменения, в результате которых фосфор вновь перейдет в сталь.

Но как ускорить анализ? Решение этой задачи долгое время не давалось химикам и металлургам.

Получение искусственных радиоактивных изотопов позволило пойти в исследованиях совершенно новым путем. По химическим и физическим свойствам радиоактивные изотопы не отличаются от обычных атомов. Но обнаружить и «сосчитать» их можно во много раз быстрее, чем обычные атомы этих веществ во время химического анализа. Для этого надо лишь уловить испускаемые радиоактивными атомами электроны, число которых пропорционально числу радиоактивных атомов. Для регистрации электронов можно применять счетчики Гейгера-Мюллера, с помощью которых ученые уже давно исследуют лучи, врывающиеся в атмосферу из космического пространства.

Стоит только смешать с металлом небольшое количество радиоактивного изотопа фосфора, как оказывается возможным следить за тем, какой процент фосфора перешел в шлак. Ведь меченые атомы фосфора химически и физически «ведут себя» так же, как и все остальные, обычные, атомы фосфора; поэтому, узнав при помощи счетчика электронов, какая часть радиоактивного фосфора перешла из стали в шлак, можно утверждать, что в шлаке содержится точно такой же процент всего количества нормального фосфора.

Молодые научные работники И. Ю. Кожевников, М. Л. Сазонов и В. Е. Иудин под руководством А. И. Осипова приступили к опытам.

Прежде всего нужно было научиться получать пробу шлака наиболее выгодной для улавливания электронов формы.

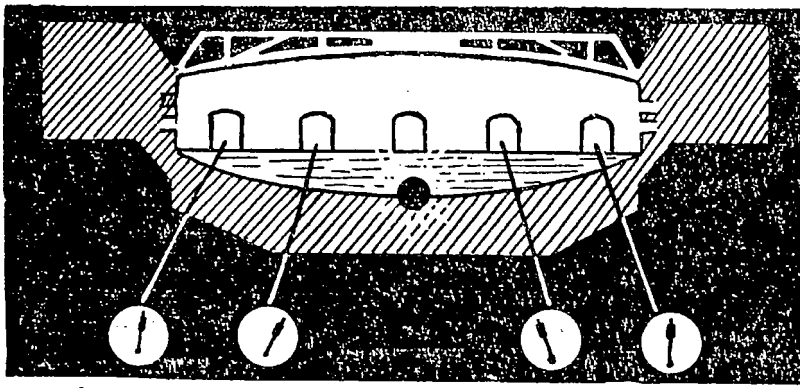
Электрон радиоактивного фосфора способен «прошибить» слой воздуха в семь метров. Но в массе шлака такой электрон в состоянии продвинуться лишь на... два-три миллиметра. Поэтому из глубины шлаковой пробы электрон вырваться не может. Только радиоактивные атомы, оказавшиеся на поверхности шлака, в состоянии выбросить электрон в пространство. Учитывая это свойство электронов фосфора, пробу следовало изготовлять в виде плоской лепешки с ровной, гладкой поверхностью. Каждая выбоина или бугорок на ней уменьшали точность результатов. Электрон, начавший свое стремительное движение из углубления, достигал счетчика позднее, чем электрон с возвышения поверхности шлака. Количество зарегистрированных счетчиком электронов переставало соответствовать количеству меченых атомов, счет сбивался...

На московском заводе «Серп и молот» было изготовлено несколько образцов изложниц для заливки в них шлака. Никогда прежде металлурги не ставили себе задачу получать пробу шлака с ровной поверхностью. Вот почему даже это простое дело потребовало от рабочих и исследователей изобретательности. Наиболее удачными оказались изложницы с выдвижными стенками, изготовленные по типу кассет для фотопластинок, которые позволяли открыть поверхность шлака, когда он затвердевал.

Для окончательных испытаний ученые выехали на завод «Азовсталь».

Точность задуманного анализа зависела от того, насколько хорошо удастся перемешать радиоактивный фосфор с массой металла. Надо, чтобы в любом месте стальной ванны мартеновской печи, скажем, на 1 000 обычных атомов приходился один меченый, радиоактивный. Тогда в каком бы месте ванны ни взята была проба шлака, результаты анализа будут точно показывать, что происходит в печи.

Работа с радиоактивными веществами небезопасна для человека. Вот почему исследователи воспользовались очень чувствительной аппаратурой, позволяющей улавливать электроны от ничтожно малых, не опасных для организма количеств меченых атомов фосфора. Радиоактивный фосфор был заложен в медные ампулы. Их привязали к тяжелым штангам и опустили в ковши с жидким металлом. Ученые поднялись на верхнюю площадку миксера. В громадной «бочке» в это время оставалась лишь часть чугуна — тонн около шестисот. Краны поднимали один за другим ковши с металлом, содержащим теперь радиоактивный фосфор, и выливали чугун в чугунохра-



Контроль за перемешиванием стали в ванне мартеновской печи с помощью радиоактивных изотопов.

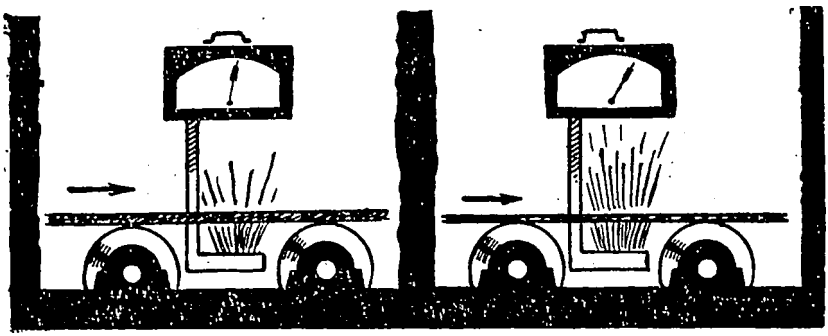
нилище. Тяжелая светящаяся струя металла, падая в миксер, перемешивала ранее залитый туда чугун.

Дальше все пошло своим чередом: из миксера чугун был разлит по ковшам, которые подали в мартеновский цех, затем металл залили в печи.

В ожидании пробы шлака счетчики были включены. Ученые еще раз проверили так называемый «естественный фон». Дело в том, что на показания счетчиков могли повлиять элементарные частицы, врывавшиеся в мартеновский цех из межпланетного пространства, — космические лучи. От их воздействия счетчик был огражден толстыми свинцовыми пластинами. И все-таки часть космических «снарядов» прорывалась внутрь свинцового «домика».

Позднее, выслушав рассказ Игоря Юлиановича Кожевникова обо всем этом, я попросил показать мне регистрирующие космические лучи счетчики Гейгера-Мюллера. Они состояли из довольно сложных электрических приборов и связанного с ними механического регистратора числа электрических импульсов. Каждый достигавший счетчика межпланетный гость вызывал электрический импульс, и стрелка механического регистратора с легким щелчком передвигалась на одно деление циферблата. Когда приборы включили, сразу послышалась дробь щелчков — это быстро передвигалась по циферблату стрелка механического регистратора. Оказалось, что в комнату, где мы стояли, врывается целый дождь космических частичек.

Когда же к аппарату был поднесен кусочек радиоактивного фосфора, дробь щелчков превратилась в сплошное стрекотание.



С помощью радиоактивных изотопов измеряется толщина прокатываемого листа.

На заводе, в ожидании пробы шлака, ученые занялись проверкой интенсивности космического излучения, так как в разное время она различна. Перед анализом надо было выяснить, сколько импульсов, вызванных космическими лучами, отсчитывает счетчик в единицу времени, чтобы потом при регистрации электронов, вылетающих с поверхности шлаковой пробы, внести соответствующую поправку.

Наконец из печи была взята проба шлака и залита в крохотную изложницу. Дальнейшие операции анализа были очень просты. Через семь минут выяснилось, какой процент фосфора, находившегося в металле в начале плавки, теперь перешел в шлак. Семь минут — рекордно короткое время. Ведь химический анализ потребовал бы не один десяток минут!

Позднее оказалось, что радиометрический анализ можно проводить еще быстрее — за пять минут и с точностью, почти в два раза превышающей точность химического анализа.

Радиометрическим путем можно определять присутствие в стали не только фосфора, но и других элементов, например серы. В этом случае в печь вводится изотоп серы. С помощью счетчиков определяется, какая часть общего количества радиоактивного изотопа серы осталась в металле. Это будет означать, что точно такая же часть всей содержащейся в плавильных материалах обычной серы также находится в стали.

Простота и быстрота радиометрического анализа имеет большое значение для улучшения работы сталеплавильной печи. Ведь сталевару в ходе плавки приходится производить до двух десятков анализов. Особенно сложно определение содержания легирующих (улучшающих свойства металла) добавок — вольфрама, молибдена, никеля и других. На каждый такой анализ затрачивается больше часа. С помощью изотопов

определение содержания этих элементов в металле занимает всего несколько минут.

Изотопы других элементов, например металла кобальта, помогают ученым узнать, с какой скоростью в расплавленной стали происходит передача тепла, как быстро растворяются и перемешиваются со сталью легирующие добавки, с какой скоростью перемешивают расплавленное содержимое мартеновской печи выделяющиеся пузырьки окиси углерода в период «кипа». Все эти данные необходимы, чтобы точно управлять выплавкой стали.

Радиоактивное излучение некоторых элементов используется для измерения толщины прокатываемого листа. Такой прибор действует, например, на заводе «Запорожсталь». Толщина стальной полосы измеряется на полном ходу прокатного стана. Мчащаяся полоса непрерывно «осматривается» оптическим «глазом» радиоактивного прибора. Результаты измерения толщины металла автоматически передаются на пульт оператора.

Применение радиоактивных изотопов помогло «увидеть» трудно доступные, невидимые для простого глаза преобразования веществ, нагретых почти до 2000 градусов, и оперативно следить за их «поведением». Это решительный шаг вперед на пути превращения сталеплавильной печи в полный автомат, то-есть в такую печь, какая будет на металлургическом заводе будущего.

Через десять лет...

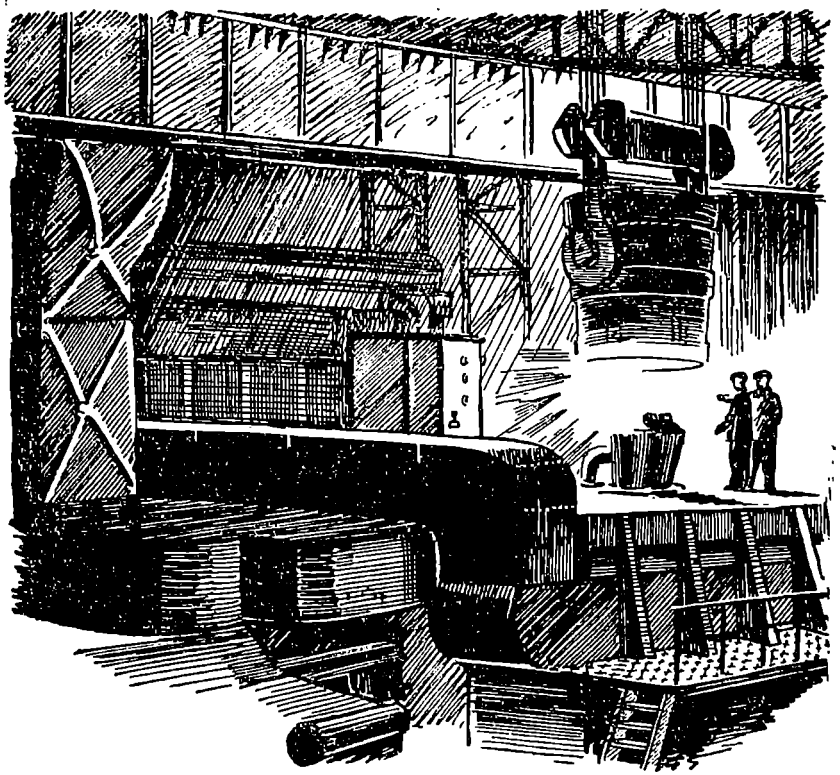
Пройдет каких-нибудь 8—10 лет, и мы не узнаем металлургических заводов.

В металлургии сегодняшнего дня назревают крупные изменения. Мы стоим у самого порога интереснейших превращений металлургического «конвейера».

...Может быть, уже к этому времени иными станут доменные печи. Источником тепла в них будет электричество.

Сталеплавильные мартеновские и электропечи достигнут гораздо больших размеров и начнут выдавать большее количество металла. Для этого будут использованы многие технические и технологические новшества и прежде всего ускорение плавок с помощью кислорода. На всех заводах будут построены мощные кислородные станции. Время плавки стали сократится на несколько часов.

Из мартеновских и электрических печей сталь будет попадать не в изложницу, а в машину, первые образцы которой уже работают на некоторых современных наших и зарубежных заводах, — в кристаллизатор металла (с помощью этой машины производится непрерывная разливка стали).



Кристаллизатор на заводе «Красное Сормово».

Одна из таких машин установлена на Сормовском заводе, в Горьком. Она сооружена на советских заводах и работает во многом автоматически. Непрерывная разливка стали выгодна потому, что в результате получается слиток такой формы, при которой прокатка металла на блуминге уже не требуется; для обработки слитка нужен лишь обжимной стан. Вместо многих слитков из всего металла, заключенного в ковше, получается один. На так называемую прибыльную его часть (верхнюю, в которой выделяются вредные примеси) уходит немного металла.

В этой машине сталь заливается в вертикально поставленную изложницу.

Кристаллизатор с вертикальной изложницей уже несколько лет работает на специальном заводе в Канаде.

На московском заводе «Серп и молот» установлена машина, построенная по чертежам ее изобретателя инженера

М. Ф. Голдобина. В машине Голдобина воплощена идея непрерывного поточного производства. Сталь заливается как бы между двумя поставленными одна на другую огромными гусеницами, напоминающими тракторные. Каждое звено гусениц представляет собой половинку изложницы. Когда звенья верхней гусеницы соприкасаются со звеньями нижней, из половинок изложниц составляется как бы одна наклонно расположенная изложница. Сталь с помощью ряда приспособлений вливается в верхнюю часть кристаллизатора. Гусеницы при этом приходят в движение, и из машины непрерывно выползает затвердевший, но еще раскаленный слиток, по форме напоминающий блумс. Длина этого слитка зависит от того, сколько металла заливается в кристаллизатор.

К сожалению, заводы, которым было поручено изготовление машины М. Ф. Голдобина, так небрежно выполнили работу, что изобретателю пришлось не столько совершенствовать процесс непрерывного получения слитка, сколько подгонять неточно изготовленные детали. Отчасти поэтому до сих пор трудно определить все преимущества и действительные недостатки этого способа. Время покажет, какой принцип непрерывной разливки стали восторжествует.

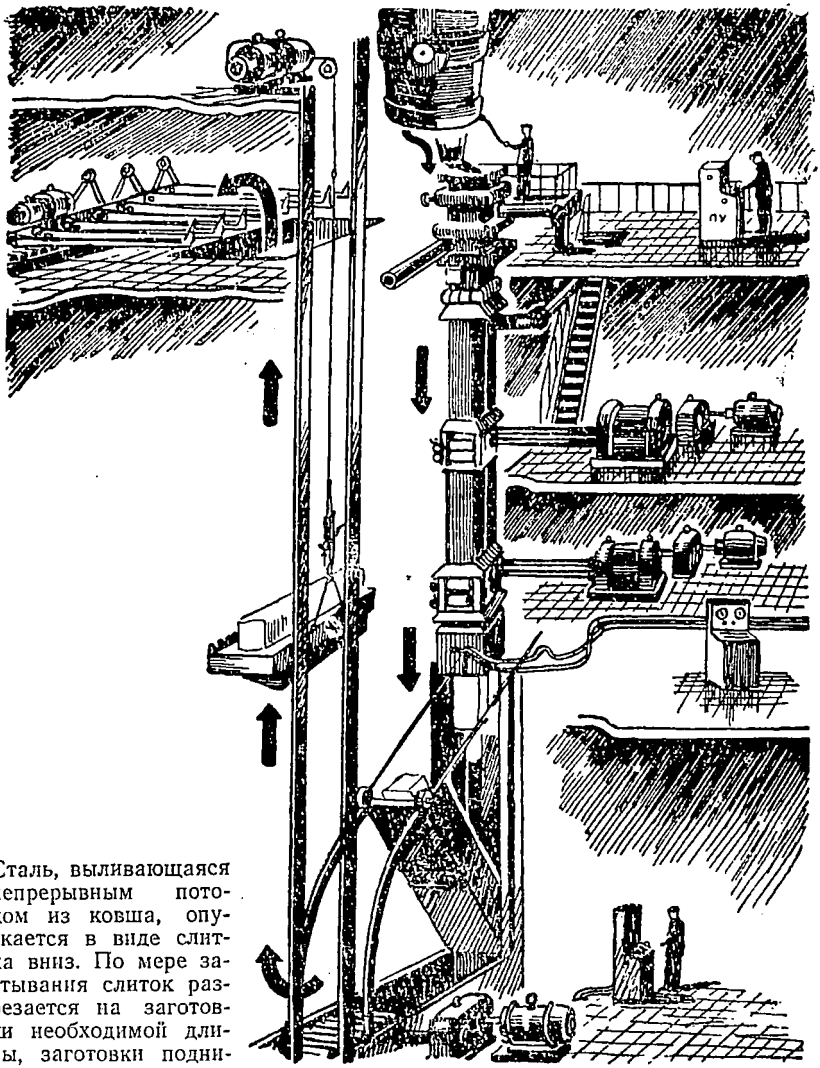
Наблюдая, как выползает из кристаллизатора М. Ф. Голдобина раскаленный слиток, я подумал, что не за горами то время, когда подобные этой, но во много раз более совершенно выполненные машины начнут работать на крупнейших наших заводах, заменив собой и изложницы, и стрипперное отделение, и дорогой и медленнее работающий блуминг...

Представим себе на минуту, что прошло несколько лет, и мы идем по цехам нового металлургического завода.

...Из кристаллизатора выползает непрерывный брус затвердевшего металла. Машина может сформовать брус любого сечения. Вот почему на этом заводе нет мощного обжимного стана — блуминга, а прокатные цехи не отделены от сталеплавильных печей значительным расстоянием, как было прежде. Новые автоматизированные станы служат естественным продолжением металлургических печей.

Каждый сорт проката производится на одном полностью механизированном стане. Человек больше не передвигает рукоятки командо-контроллеров. Металл «сам» командует машинам-автоматам своей температурой, испускаемым светом, тяжестью, формой. Сплошная лента металла движется с огромной скоростью. Глаз не успевает следить за ее стремительным бегом и изменениями ее формы.

Совершенно иначе, чем прежде, устроены цехи, где производится контроль за качеством продукции. Автоматические аппараты «осматривают» изделия, контролируют их внешний



Сталь, выливающаяся непрерывным потоком из ковша, опускается в виде слитка вниз. По мере застывания слиток разрезается на заготовки необходимой длины, заготовки поднимаются лифтом наверх.

вид и внутреннюю структуру. Они действуют с помощью атомной энергии, ультразвука, рентгеновских лучей. (Эти аппараты можно уже встретить и на некоторых современных заводах.)

Для того чтобы привести в движение все звенья обновленного металлургического «конвейера», нужно много электроэнергии, гораздо больше, чем на заводе сегодняшнего дня.

И все же над заводскими сооружениями не видно клубов дыма, какие обычно вырываются из труб электростанции современного нам завода. Это потому, что электрический ток вырабатывается в необходимых количествах на атомной электростанции.

Изменился и заводской пейзаж и условия труда. Воздух над заводом не загрязняется дымом, в цехах светло, чисто, меньше шума.

Завод-автомат

Пройдет еще несколько лет, может быть, десять, а может быть, и двадцать... Но как-нибудь мы войдем на территорию металлургического завода—и остановимся пораженные. Огромные сооружения, ничем не напоминающие ни домны, ни мартеновские цехи, встанут перед нами. Не видно ни громоздких башен воздухонагревателей, ни дымящего здания воздуходувки. Сады со свежей, сверкающей яркой зеленью листвой раскинулись у подножий невиданных по величине зданий, вытянувшихся в строгую линию. Даже один этот подчеркнутый порядок расположения сооружений говорит о том, что перед нами совершенный и необычный конвейер. Все, что прежде представляло собой колонию отдельных заводов, связанных друг с другом рельсами железнодорожных путей и трубопроводами, теперь стало единым целым не только по логике производства, но и по конструктивным формам.

Напрасно мы будем искать на этом удивительном заводе доменный цех: его здесь нет совсем. В сталеплавильные установки поступает не чугун, а железо, полученное прямым восстановлением из руды. Восторжествовал принцип изготовления железа, применявшийся в древности. Но как не похожа на примитивные сыродутные и кричные горны установка, превращающая руду в железо, которую мы, наконец, находим у начала завода-конвейера! Внутри здания медленно вращается исполинская труба. Что в ней происходит, непосредственно увидеть нельзя. Все процессы скрыты от глаз обслуживающего этот агрегат человека, который сидит в светлой, просторной комнате. Прямо перед дежурным — пульт с множеством лампочек и светящихся схем. Они отражают превращения руды в трубе — восстановителе железа. Здесь же помещены сигнальные устройства, которые с помощью атомной энергии следят за состоянием металлургических агрегатов, предупреждая о необходимости провести их очередной ремонт.

Дежурный, по образованию инженер, и его три помощника контролируют получение нескольких тысяч тонн железа в сут-

ки. Десятки людей, которым приходилось обслуживать доменные печи, заменены приборами и автоматами. Идея автоматической работы «конвейера» только здесь полностью воплотилась в жизнь.

Но и на этом, казалось бы, столь совершенном конвейере-автомате немало людей, умеющих работать инструментом (а не только с помощью кнопок автоматов). Сейчас, когда восстановитель железа работает, они заняты совершенствованием механизмов и машин, с помощью которых производятся текущие ремонты и усовершенствования отдельных агрегатов. Каждый работник завода обладает высшим образованием. Оно необходимо здесь так же, как и рабочая сноровка и смекалка. Иначе не был бы построен этот словно из сказки пришедший к нам завод, не было бы возможно никакое движение вперед техники, науки, промышленности.

В металлургическую печь-восстановитель с одной стороны задается тончайший порошок руды; с другой — в трубу вдуваются газы, восстанавливающие железо. Непременной составляющей частью топлива является кислород руды. Сгорая, он освобождает металл.

Из бушующего внутри трубы пламени на конвейерную ленту дождем падает чистое железо.

Непрерывные конвейерные ленты несут металл в сталеплавильные печи. Они мало похожи на мартеновские. Теперь уже нельзя заглянуть внутрь печи: завалочных окон нет. Сплавление железа с углеродом и другими присадками происходит в три-четыре раза быстрее, чем прежде. Ни один, даже самый внимательный, сталевар не смог бы уследить за ходом реакций и повлиять на их течение. Только автоматические устройства (в том числе быстродействующие счетные электронные машины) способны произвести скоростной химический анализ металла и в зависимости от его результатов изменить тепловой режим, прибавить в ванну то или иное вещество, необходимое для получения установленной марки стали.

Работу нескольких таких печей во всех подробностях отражают приборы и сигнальные аппараты. Благодаря им дежурный инженер может, не заглядывая внутрь печи, видеть все, что там происходит. На большом дневном телевизионном экране возникает отчетливое изображение «кипящего» металла, пламени, огнеупорных откосов, свода...

Плавка стали идет непрерывно. Струя металла, ни на секунду не иссякая, вытекает из печи и тотчас попадает в кристаллизатор.

Автоматические машины, заменившие прокатные станы, выдают не только полуфабрикат, но и многие готовые стальные изделия.

Картина этого замечательного завода не выдумана автором. Она создана на основании прогнозов известного советского ученого-металлурга академика Н. Т. Гудцова и новейших достижений советской и мировой металлургии, внедряемых сейчас в производство. Металлургический завод-автомат — это не столь уж отдаленная перспектива. Путь к нему лежит через современный металлургический завод. Многое из того, что войдет в металлургический «конвейер» будущего в качестве неотъемлемых его звеньев, не только внедряется, но уже давно существует на современных заводах: Кузнецком в Сибири, Магнитогорском и Тагильском на Урале, «Азовстали» на Украине, на «Серпе и молоте» в Москве, на металлургических заводах Канады, Америки.

Многое уже разрабатывается в институтах и лабораториях или испытывается и начинает эксплуатироваться на заводах (например, применение атомной энергии для контроля металлургических процессов, кристаллизатор металла на заводе «Серп и молот» в Москве и в Сормове станы-автоматы и т. д.).

Многое надо будет еще изобрести, разработать, сделать, испытать...

Но самое главное заключается все-таки в людях, в их замечательном стремлении всегда двигаться вперед, опрокидывая все преграды на пути производственных улучшений.

* * *

Здесь, в конце путешествия по металлургическому «конвейеру», мне еще раз хочется вспомнить то, что сказал мне Александр Филиппович Борисов, когда, уезжая из Магнитогорска, я пришел проститься с ним.

— Надо всегда воспитывать людей. Не так уж сложно добиться технического усовершенствования. Но если отношения между людьми неправильные, — эффект будет незначителен. Организовать общие действия людей сложно. Зато результаты огромны.

— Пожалуй, надо учить молодых инженеров искусству организации правильных взаимоотношений людей на заводе, — вслух подумал я.

— Обязательно надо, еще в институте.

— Но вряд ли можно научить этому на студенческой скамье.

Борисов покачал головой:

— Только в практической деятельности можно овладеть этими обязательными для инженера знаниями. Но все равно в наших технических вузах должен существовать подобный

специальный курс, если хотите, «производственной педагогики».

После всего того, что я видел на заводах, я, пожалуй, могу сформулировать самые основные черты этой «производственной педагогики». Надо учить рабочих, мастеров, инженеров единоначальной ответственности, точному знанию своего дела, надо поднимать рабочих и мастеров до уровня инженерно-технических работников, создавать такую обстановку, при которой волей-неволей все взялись бы за серьезную учебу и усовершенствование производства. Коллективизм — вот основа отношений людей на заводе. Каждый работник завода должен быть поставлен в обстановку ответственности и при этом понимать, что он, член коллектива, выполняет часть общего дела, участвует в строительстве коммунизма.

— Очень сложная область, — сказал Борисов. — Единственная область, которую нельзя автоматизировать. Иначе было бы просто.

— Но неинтересно?

Борисов засмеялся.

— Да, пожалуй, — сказал он. — А жизнь всегда должна быть интересной, увлекающей вперед.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Вместо введений 3

Часть 1. ПЕЧИ-ВЕЛИКАНЫ

Глава первая. Металлургический «конвейер» 7
Глава вторая. Превращения руды 25
Глава третья. Необычайный материал 39
Глава четвертая. «Легкие» печей 56
Глава пятая. Печи-великаны 66
Глава шестая. Новый шаг вперед 113
Глава седьмая. Доменщики 126

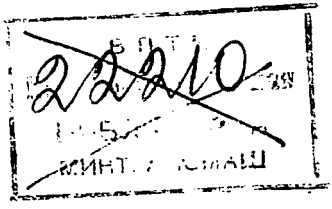
Часть 2. СТАЛЬ НА „КОНВЕЙЕРЕ"

Глава первая. Ритм и план 161
Глава вторая. Цепь открытий 188
Глава третья. Теория приходит на помощь сталевару . . . 209
Глава четвертая. Электросталь 237
Глава пятая. Стальной «конвейер» накануне преобразования 253

Часть 3. У ПРОКАТНЫХ СТАНОВ

Глава первая. Ворота проката 271
Глава вторая. Стан-автомат 294
Глава третья. Так делается рельс 305
Глава четвертая. Трубосварочный стан 318

Путь в будущее. 333



УВАЖАЕМЫЕ ЧИТАТЕЛИ!

Присылайте ваши отзывы о содержании, художественном оформлении и полиграфическом исполнении книги по адресу: Москва, А-55, Сущевская ул., 21, издательство ЦК ВЛКСМ «Молодая гвардия», массовый отдел.

Болдырев Сергей Николаевич
КНИГА О МЕТАЛЛЕ

Редактор *М. Метаниева*
Оформление и цветные иллюстрации
художн. *Г. Позина*
Рисунки художн. *Г. Позина и С. Каплана*
Худож. редактор *Н. Печникова*
Техн. редактор *И. Егорова*

*

А00333 Подп. к печати 19/V 1956 г. Бумага $60\times92^{1}/_{16}$= 11 бум. л.= 22 печ. л. + 6 вкл. Уч.-изд. л. 21,1 Тираж 90 000 экз. 1-й завод 60 000 Цена 9 р. 05 к. Заказ 2915

*

Типография «Красное знамя»,
изд-ва «Молодая гвардия».
Москва, А-55, Сущевская, 21.

Об к.

9647

Физ. чит. зал
Не вы