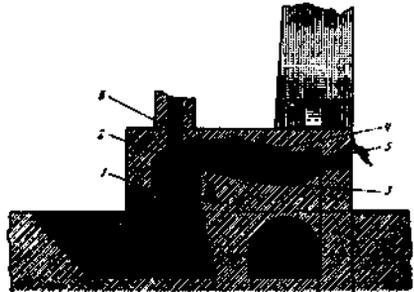


## ЛИТАЯ СТАЛЬ

В истории металлургии железа было три революционных переворота, оказавших глубочайшее влияние на весь ход человеческой истории: первый имел место еще в глубокой древности, когда появились сыродутные горны; второй произошел в средние века, после открытия передельного процесса; третий пришелся на вторую половину XIX века и был связан с началом производства литой стали. Сталь во все времена оставалась самым необходимым и желанным продуктом металлургии железа, потому что только она обладала той твердостью и крепостью, какие требовались для изготовления инструментов, оружия и деталей машин. Но прежде чем превратиться в стальное изделие, металл должен был подвергнуться целому ряду трудоемких операций. Сначала из руды выплавляли чугуны. Потом чугуны восстанавливали в мягкое железо. Наконец путем длительной проковки железной крицы получали из нее необходимую стальную деталь (или только заготовку к ней, которую затем подвергали окончательной отделке на металлорежущих станках). Производство мягкого железа и в особенности ковкая долгое время оставались самыми узкими местами в процессе обработки железа. На них уходило больше всего сил и времени, а результаты далеко не всегда оказывались удовлетворительными. Особенно остро эта проблема стала ощущаться в XIX веке, когда резко возрос спрос на дешевую сталь. Естественным образом у многих ученых и изобретателей возникала мысль, которую потом высказал Бессемер: каким образом получить металл со свойствами железа и стали, но в жидком виде, чтобы его можно было использовать для отливки? Разрешение поставленной проблемы потребовало нескольких десятилетий упорного труда многих металлургов. На этом пути было сделано несколько важных открытий и изобретений, каждое из которых составило эпоху в истории обработки железа.

До конца XVIII века передел чугуна в мягкое ковкое железо происходил только в кричных горнах. Этот способ, однако, был неудобен во многих отношениях. Получившийся в ходе него металл был неоднородным — местами приближался по своим качествам к ковкому железу, местами — к стали. Кроме того, работа требовала больших затрат времени и физических сил. Так как топливо (уголь) находилось в непосредственном соприкосновении с железом, к нему предъявлялись очень вы-



*Пудлинговая печь конца XIX века:*

*1 - топка; 2 - каменный порог;*

*3 - под печью; 4 - рабочее пространство;*

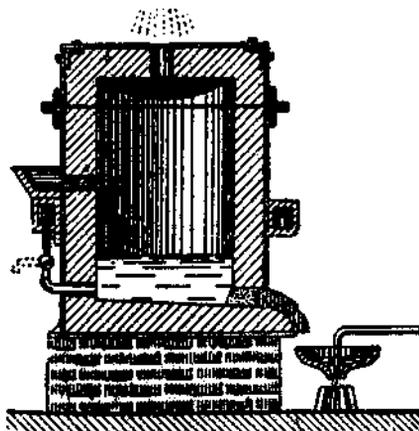
*5 и 6 - трубы*

сокие требования, ведь любые примеси влияли на качество конечного продукта. Расход угля был очень велик (в среднем, на восстановление 1 кг железа уходило до 4 кг угля). В самых крупных горнах можно было за 24 часа получить не более 400 кг железа. Между тем рынок требовал все больше железа и стали. Для удовлетворения этих запросов необходимо было найти более совершенный способ переделки чугуна.

Значительным шагом вперед на этом пути стал предложенный в 1784 году англичанином Кортон процесс пудлингования в специально созданной для этого печи.

Принципиальное устройство пудлинговой печи состояло в следующем. В топке сжигали топливо. Продукты горения через каменный порог попадали в рабочее пространство печи, где на поду находился загруженный чугун с железистыми шлаками. Шлаки под действием пламени переходили в тестообразное состояние и частично расплавлялись. С повышением температуры чугун начинал плавиться и примеси его выгорали за счет кислорода, заключенного в шлаках. Таким образом чугун обезуглероживался, то есть превращался в крицу губчатого железа. Важное отличие пудлинговой печи от кричного горна заключалось в том, что она допускала использовать в качестве горючего любое топливо, в том числе и дешевый неочищенный каменный уголь, а объем ее был значительно больше. Благодаря пудлинговым печам железо стало дешевле. Вместе с тем в отличие от кричных горнов печь Корта не требовала принудительного вдувания. Доступ воздуха и хорошая тяга достигались благодаря высокой трубе. Это была одна из причин, почему пудлинговые печи получили широкое распространение во всем мире. Однако существенным недостатком этих печей было то, что воздух обдувал только верхнюю часть чугуна. Для того чтобы восстановление железа шло равномерно и по всему объему, приходилось периодически открывать печь и перемешивать чугун. Это был тяжелый ручной труд. Кроме того, поскольку силы и возможности рабочего были ограничены, печь не могла быть слишком большой. (Чтобы допустить помешивание, Корт предусмотрел две трубы, из которых одна находилась под топкой, а вторая — в конце печи. Ее открывали в тот момент, когда требовалось снизить температуру.)

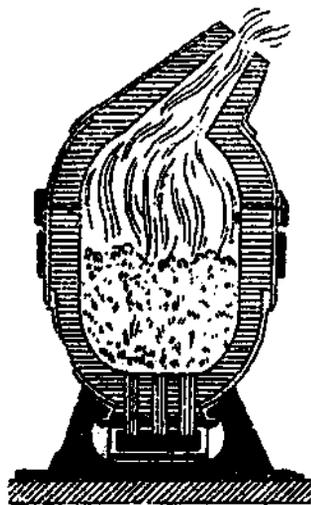
Уже к середине XIX века пудлинговые печи перестали



*Опыт получения Бессемером литой стали в 1856 г. продувкой воздуха через металл, находившийся в тигле и помещенный в печь*

удовлетворять новым потребностям промышленности. Чтобы поспевать за спросом, приходилось строить на каждую большую домну несколько печей (в среднем одну домну обслуживало десять пудлинговых печей). Это удорожало и усложняло производство. Многие изобретатели думали над тем, как заменить пудлингование более совершенным способом восстановления железа. Раньше других эту задачу удалось разрешить английскому инженеру Бессемеру. К занятиям металлургией Бессемер пришел после многих лет работы над усовершенствованием артиллерийских орудий и снарядов. Он поставил перед собой цель найти способ производства высококачественной литой стали, из которой можно было бы отливать пушки. Наблюдая много раз за плавкой чугуна, он заметил, что твердое восстановленное железо образуется раньше всего у воздуходувных труб. Это навело его на мысль получать сталь путем усиленной продувки через расплавленный чугун воздуха. Первые свои опыты Бессемер провел в закрытом тигле, который он нагревал в горне с коксом. Результат превзошел самые смелые ожидания. Менее чем за час продувки он получал из чугуна первосортную сталь. Кроме того, дальнейшие опыты показали, что нет никакой необходимости вводить в металлургический процесс тепло извне. Дело в том, что чугун содержит собственный горючий материал в качестве примесей: кремний, марганец, углерод — всего около 45 кг горючих материалов на каждую тонну чугуна. Своим горением они позволяли значительно повысить температуру плавки и получать сталь в жидком состоянии.

В 1856 году Бессемер публично демонстрировал изобретенный им неподвижный конвертер. Конвертер имел вид невысокой вертикальной печки, закрытой сверху сводом с отверстием для выхода газов. Сбоку в печи было второе отверстие для заливки чугуна. Готовую сталь выпускали через отверстие в нижней части печи (во время работы конвертера его забивали глиной). Воздуходувные трубки (фурмы) находились возле самого пода печи. Так как конвертер был неподвижным, продувку начинали раньше, чем вливали чугун (в противном случае металл залил бы фурмы. По той же причине надо было вести продувку до тех пор, пока весь металл не был выпущен. Весь процесс длился не более 20 минут. Малейшая задержка в выпуске давала брак. Это неудобство, а также ряд других недостатков неподвижного конвертера заставили Бессемера перейти к вращающейся печи. В 1860 году он взял патент на новую конструкцию конвертера, сохранившуюся в об-



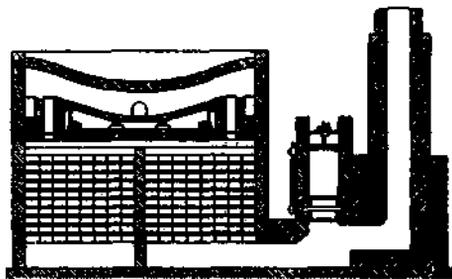
*Вращающийся конвертер  
Бессемера*

щих чертах до наших дней.

Способ Бессемера был настоящей революцией в области металлургии. За 8—10 минут его конвертер превращал 10—15 т чугуна в ковкое железо или сталь, на что прежде потребовалось бы несколько дней работы пудлинговой печи или несколько месяцев работы

прежнего кричного горна. Однако, после того как бессемеров метод стал применяться в промышленных условиях, результаты его оказались хуже, чем в лаборатории, и сталь выходила очень низкого качества. Два года Бессемер пытался разрешить эту проблему и наконец выяснил, что в его опытах чугун содержал мало фосфора, в то время как в Англии широко использовался чугун, выплавленный из железных руд с высоким содержанием фосфора. Между тем фосфор и сера не выгорали вместе с другими примесями; из чугуна они попадали в сталь и существенно снижали ее качество. Это, а кроме того высокая стоимость конвертера, привело к тому, что бессемеровский способ очень медленно внедрялся в производство. И 15 лет спустя в Англии большая часть чугуна переплавлялась в пудлинговых печах. Гораздо более широкое применение конвертеры получили в Германии и США.

Наряду с бессемеровским способом производства стали вскоре огромную роль приобрел мартеновский способ. Суть его заключалась в том, что чугун сплавляли с железным ломом в специальной регенеративной печи. Эта печь была придумана и построена в 1861 году немецкими инженерами Фридрихом и Вильямом Сименсами для нужд стекольной промышленности, но наибольшее распространение получила в металлургии. В состав печи входили газопроизводители (или генераторы газа), сама печь с возобновителями теплоты (или регенераторами) для подогрева газа и воздуха и литейного отделения (двора). Генераторы и регенераторы были связаны между собой особой системой каналов для газа, воздуха и продуктов горения. Последние отводились в дымовую трубу высотой до 40 м, дававшей необходимую тягу. Генераторы располагались под подом или по бокам печи. Регенераторы представляли собой особые камеры для нагрева газа и воздуха. Специальные переменные клапаны направляли газ и воздух то в одну камеру, то в другую, а продукты горения отводили в трубу. Горение происходило следующим образом. Газ и воздух нагревались каждый в своей камере, а затем поступали в плавильное пространство, где происходило горение. Продукты горения, пройдя над подом печи, устремлялись в регенераторы и отдавали здесь большую часть своей теплоты кладке регенераторов, а затем уходили в трубу. Чтобы процесс происходил непрерывно, с помощью клапанов направляли воздух и газ то в одну пару регенераторов, то в другую. В результате такого



*Регенеративная печь*

продуманного теплообмена температура в печи достигала 1600 градусов, то есть превышала температуру плавки чистого безуглеродистого железа. Создание высокотемпературных печей открыло новые горизонты перед металлургией. К середине XIX века во всех промышленных странах имелись огромные запасы железного лома. Из-за высокой тугоплавкости его не могли использовать в производстве. Французские инженеры Эмиль и Пьер Мартены (отец и сын) предложили сплавлять этот железный лом с чугуном в регенеративной печи и таким образом получать сталь. В 1864 году на заводе Сирейль они под руководством Сименса осуществили первую успешную плавку. Затем этот способ стал применяться повсюду.

Мартеновские печи были дешевле конвертеров и потому имели более широкое распространение. Однако ни бессемеровский, ни мартеновский способ не позволял получать высококачественную сталь из руды, содержащей серу и фосфор. Эта проблема оставалась неразрешенной в течение полутора десятилетий, пока в 1878 году английский металлург Сидней Томас не придумал добавлять в конвертер до 10—15% извести. При этом образовывались шлаки, способные удерживать фосфор в прочных химических соединениях. В результате фосфор выгорал вместе с другими ненужными примесями, а чугун превращался в высококачественную сталь. Значение изобретения Томаса было огромно. Оно позволило в широком масштабе производить сталь из фосфоросодержащих руд, которые в большом количестве добывались в Европе.

В целом введение бессемеровского и мартеновского процессов дало возможность производить сталь в неограниченных количествах. Литая сталь быстро завоевала себе место в промышленности, и начиная с 70-х годов XIX века сварочное железо почти совершенно выходит из употребления. Уже в первые пять лет после введения мартеновского и бессемеровского производств мировой выпуск стали увеличился на 60%.

---

**Источник:** Рыжков К.В. 100 великих изобретений. — М.: Вече, 1999. — 528с. — (100 великих).