

Юрин В.Ф., инженер – металлург,  
ветеран труда Лысьвенского  
металлургического завода

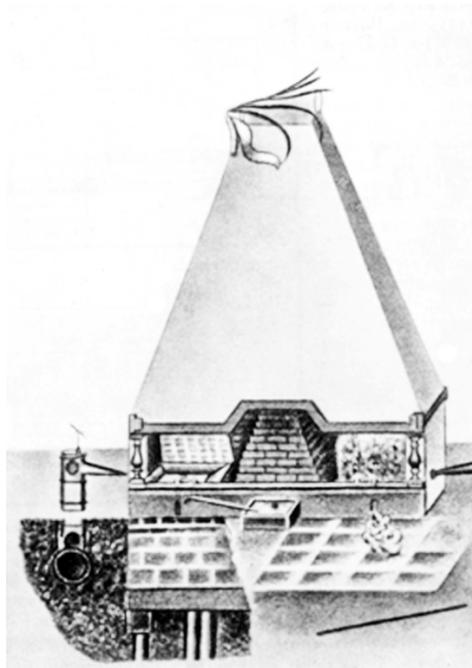
### ПРОИЗВОДСТВО ЖЕЛЕЗА В 18-19 ВЕКАХ

Развитие машиностроения и других отраслей крупной индустрии потребовало технического перевооружения металлургии. Значение металлов и сплавов быстро возросло, что вызвало необходимость увеличить выплавку чугуна, железа, стали и специальных сплавов на основе железа, а также цветных металлов (меди, олова, цинка и их сплавов, некоторых редких металлов). Известные ранее способы получения железа, применявшиеся в мануфактуре, уже не могли удовлетворить требований производства ни в количественном, ни в качественном отношении.

Как сварочный, так и литой металл — железо и сталь — готовятся из чугуна, путем освобождения его от содержащихся в нем примесей, в том числе и углерода, которые обладают значительным сродством к кислороду и, при известных условиях, могут окисляться и удаляться, либо в газообразном виде, либо переходя в шлаки.

До второй половины XIX века сталь, то есть сплав железа с углеродом до 1,5 %, в жидком виде получить не могли. Все дело в том, что при использовании угля и холодного воздуха получить температуру в печи около 1600 °С, нужную для расплавления стали получить не могли. Чугун же плавится при 1200 °С. Поэтому по мере удаления из чугуна примесей и углерода, температура плавления металла повышалась и металл становился тестообразным, как при производстве в кричных горнах, так и в пудлинговых печах.

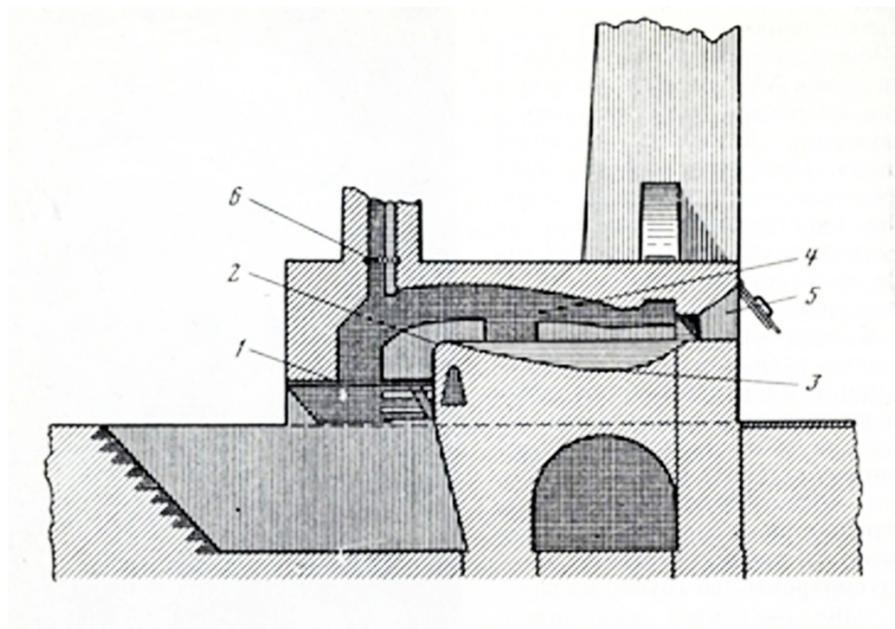
1. **Кричный горн** — небольшой горн, выложенный чугунными плитами: в одной из них находится фурменное отверстие, в которое вдувается воздух. В горн закладывают древесный уголь и поверх его куски чугуна и шлаки, богатые окисью железа. Плавясь, чугун стекает мимо струи вдуваемого воздуха, и часть содержащихся в нем марганца, кремния и углерода выгорает. Далее начинают перемешивать находящийся в горне металл железным ломом, причем примеси продолжают сгорать уже за счет кислорода окиси железа, содержащейся в шлаках; при этом масса, по мере разуглероживания, местами густеет; образовавшиеся сгустки прилипают к лому и образуют целый ком или крицу, состоящую из железа, смешанного со шлаками. Когда крица получилась надлежащих размеров и качества, ее переносят под молот и проковывают или прокатывают между валками. При этом большая часть шлаков выдавливается, а металл уплотняется. За один раз обрабатывается 80—130 кг чугуна. На 100 кг получаемого железа расходуется 80—100 кг угля.



*Кричный горн (1830 г.)*

2. **Пудлингование**, позволяя одновременно производить значительно более металла и при том пользоваться каким угодно топливом, в свое время практически вытеснило кричный способ.

В пудлинговой печи топливо сгорает на колосниковой решетке в отдельной топке с дверцами, или же в это пространство вводится и здесь сгорает генераторный газ. Горячие газы отсюда направляются в покрытую сводом камеру, через порог, защищающий чугуны от соприкосновения с топливом, а отсюда идут по борозу в дымовую трубу, или отводятся под паровые котлы. Топливом чаще всего служит каменный уголь, но можно пользоваться дровами, торфом и генераторными газами. Под камеры или рабочего отделения состоит из чугунных плит, поддерживаемых балками и рельсами; каналы, по которым постоянно циркулирует воздух, служат для предохранения стенок от излишнего накаливания. В одной из боковых стен рабочего отделения (а иногда и в обеих) устроено отверстие, закрываемое дверцей, обделанной огнеупорным кирпичом и подвешенной на цепи с противовесом: очко служит для наблюдения за ходом работы. Снаружи вся печь обложена чугунными плитами, прижатые к ее стенкам посредством рельс, поставленных стоймя и стянутых между собою.



*Пудлинговая печь конца XVIII в. для пудлингования на каменном угле 1 - топка; 2 - пламенный порог; 3 - под печи; 4 - рабочее пространство печи; 5 и 6 - трубы*

Сперва в печь садят шлаки, а также окалину, руду и вообще вещества, богатые окисью железа; когда шлаки размягчатся, то посредством железной кочерги их разравнивают по всему поду и по его бокам слоем около 10—12 см; затем закладывают чугуны, дают ему расплавиться и перемешивают со шлаками сперва кочергой, затем остроконечным ломом. При этом за счет кислорода окиси железа, содержащейся в шлаках, выгорают — сперва кремний и марганец, затем углерод, а также переходит в шлаки большая часть находившихся в чугуне фосфора и серы. Углерод выделяется в виде окиси углерода (СО), тут же сгорающей синими огоньками. При этом вся масса металла и шлаков вскипает, пенится и начинает понемногу густеть. Как и в кричном горне железо начинает образовываться в виде отдельных частиц, пристающих к лому и образующих крицу весом 30 — 40 кг. Ее подкачивают к порогу, чтобы хорошенько проварить и дать выделиться шлакам, а затем вынимают из печи и проковывают под молотом. Далее крицу прокатывают между валками в полосы, называемые сырым железом или мильбарсом. В нем еще много шлаков, запутанных между зернами железа. Мильбарс нуждается в дальнейшей обработке. Для этого полосы режут на куски, связывают в пакеты, нагревают в особых печах до сварочного жара и снова прокатывают, повторяя эти операции два или три раза (одно, двух, трехсварочное железо); дальнейшая сварка уже не улучшает заметно качества железа.

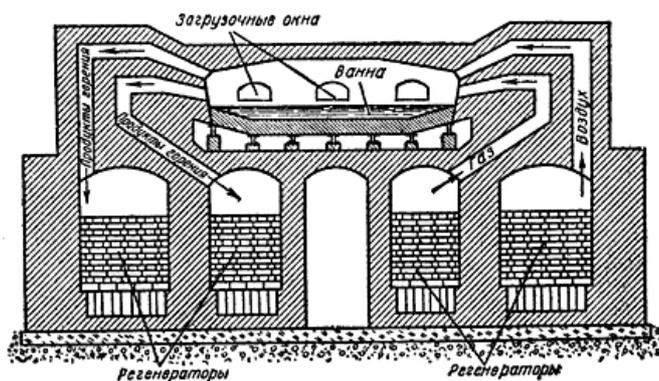
В пудлинговую печь сразу садят от 0,25 до 0,5 тонн чугуна, и переработка одной такой садки длится 1½— 2 часа, при чем на каждые 100 кг чугуна расходуется до 100 — 125 кг каменного угля; в сутки делается от 7 до 10 садок.

Как в кричном горне, так и в пудлинговой печи можно доводить процесс или до почти полного выделения углерода, при чем получится мягкое железо, или же можно останавливать работу ранее, при чем получается сталь с желаемым содержанием углерода. Сталь, приготовленная таким образом в пудлинговых печах, называется пудлинговой сталью, а приготовленная в кричных горнах — укладом.

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 пудлинговая печь 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.

3. И только во второй половине XIX века **мартеновский способ производства стали** стал вытеснять кричный и пудлинговый. 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 газогенераторы, сама печь имела регенераторы для подогрева газа и воздуха. 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, то в другую, а продукты горения отводили в трубу. Газ и воздух нагревались каждый в своей камере, а затем поступали в плаvilное 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 продуманного теплооб-

мена температура в печи достигала 1600 градусов, то есть превышала температуру плавки чистого железа.



Мартеновская печь.

Мартеновская печь работает периодически. После выпуска стали в горячую печь загружают в установленной последовательности лом, железную руду, чугуны, а в качестве флюса — известняк или известь. Шихта плавится. При этом интенсивно окисляются: часть железа, кремний и марганец. Затем начинается период быстрого окисления углерода, называемый периодом “кипения”, — движение пузырьков окиси углерода через слой расплавленного металла создаёт впечатление, что он кипит.

В конце процесса добавляют раскислители. За изменением состава сплава тщательно следят, руководствуясь данными экспресс-анализа, позволяющего дать ответ о составе стали в течение нескольких минут. Готовую сталь выливают в ковши. Для повышения температуры пламени газообразное топливо и воздух предварительно подогревают в регенераторах. Принцип действия регенераторов тот же, что и воздухонагревателей доменного производства. Насадка регенератора нагревается отходящими из печи газами, и когда она достаточно нагреется, через регенератор начинают подавать в печь воздух. В это время нагревается другой регенератор. Для регулирования теплового режима печь снабжается автоматическими приспособлениями.

Создание высокотемпературных печей открыло новые горизонты перед металлургией. К середине XIX века во всех промышленных странах имелись огромные запасы железного лома. Из-за высокой температуры плавления 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.