

ДОМЕННАЯ ПЕЧЬ

На протяжении многих веков железо добывалось в сыродутных печах способом, открытым еще в глубокой древности. Пока на поверхности земли в изобилии встречались легкоплавкие руды, этот способ вполне удовлетворял потребности производства. Но в средние века, когда спрос на железо стал возрастать, в металлургии все чаще пришлось использовать тугоплавкие руды. Для извлечения из них железа требовалась более высокая температура «плавки». В то время знали только два способа ее повышения: 1) увеличение высоты печи; 2) усиление дутья.

Так постепенно к XIII веку из сыродутной печи образовалась более высокая и более усовершенствованная плавильная печь, получившая название штукофена, то есть «печи, выделяющей крицу». Штукофены были первой ступенью на пути к доменной печи. Впервые они появились в богатой железом Штирии, затем в Чехии и других горнопромышленных районах. В этих печах можно было достичь более высокой температуры и обрабатывать более тугоплавкие руды. Шахта штукофена имела форму двойного усеченного конуса, суживавшегося по направлению к колошнику (так называли верхнюю, открытую часть печи, через которую порциями (колошами) загружались руда и уголь) и ко дну. В стенке имелось одно отверстие для фурмы (трубы, через которую в печь с помощью мехов нагнетался воздух) и для вытаскивания крицы. Процесс переделки руды в железо происходил в штукофенах совершенно также, как в сыродутных печах, но налицо был прогресс: закрытая шахта хорошо концентрировала тепло, а благодаря ее высоте (до 3,5 м) плавка шла равномернее, медленнее и полнее, так что руда оказывалась более использованной. Независимо от намерений плавильщиков, в штукофенах получались сразу все три вида железного сырья: чугуны, который стекал как отброс вместе со шлаком, ковкое железо в крицах и сталь, тонким слоем покрывавшая крицу. (Напомним, что железом, сталью и чугуном в металлургии называют собственно сплав химического железа с углеродом. Разница между ними заключается в количестве углерода: так, в мягком кричном (сварном) железе его не более 0,04%, в стали — до 1,7%, в чугуне — более 1,7%. Несмотря на то, что количество углерода варьируется в таких незначительных пределах, по своим свойствам железо, сталь и чугун очень отличаются друг от друга: железо представляет собой мягкий металл, хорошо поддающийся ковке; сталь, напротив, очень твердый материал, прекрасно сохраняющий режущие качества; чугун — твердый и хрупкий металл, совершенно не поддающийся ковке. Количество углерода заметно влияет и на другие свойства металла. В частности, чем больше его в железе, тем легче оно плавится. Чистое железо — достаточно тугоплавкий металл, а чугун плавится при гораздо более низких температурах.)

Преимущества штукофена были, однако, недостаточны для всех тугоплавких руд. Требовалось более сильное дутье. Человеческих сил для под-

держания температуры оказалось уже недостаточно, и для приведения в действие мехов стали употреблять водяное колесо. Вал водяного колеса снабжали посаженными на него в разбивку кулачками, которые оттягивали крышки клинчатых кожаных мехов. Для каждой плавильной печи имелось два меха, работавших попеременно. Появление гидравлических двигателей и мехов надо относить к концу XIV века, так как уже в XV веке многие плавильни в связи с этим передвинулись с гор и холмов вниз — в долины и на берега рек. Это усовершенствование явилось исходным моментом для крупнейшего сдвига в технике металлургии, так как привело к открытию чугуна, его литейных и перделочных свойств.

Действительно, усиление дутья сказалось на всем ходе процесса. Теперь в печи развилась такая высокая температура, что восстановление металла из руды происходило раньше, чем образовывался шлак. Железо начинало сплавляться с углеродом и превращаться в чугун, который, как отмечалось выше, имеет более низкую температуру плавления, так что в печи вместо обычной вязкой крицы стала появляться совершенно расплавленная масса (чугун). Сначала эта метаморфоза очень неприятно поразила средневековых металлургов. Застывший чугун был лишен всех природных свойств железа: он не ковался, не сваривался, из него нельзя было сделать прочных инструментов, гибкого и острого оружия. Поэтому чугун долгое время считали отбросом производства и плавильщики весьма враждебно относились к нему. Однако что же было с ним делать? При восстановлении железа из тугоплавких руд изрядная его часть уходила в чугун. Не выбрасывать же все это железо вместе со шлаком! Постепенно негодный чугун стали выбирать из остывшего шлака и пускать во вторую переплавку, сначала добавляя его к руде, а потом сам по себе. При этом неожиданно обнаружилось, что чугун быстро плавится в горне и после усиленного дутья легко превращается в кричное железо, которое по своему качеству не только не уступает, но даже по многим показателям лучше того железа, которое получали из руды. А так как чугун плавится при более низкой температуре, передел этот требовал меньше топлива и занимал меньше времени. Так в течение XV века, сначала бессознательно и ощупью, а затем вполне осознано, было сделано величайшее в металлургии открытие — перделочный процесс. Широкое применение он нашел уже в XVI веке в связи с распространением доменных печей.

Вскоре в чугуне открыли и другие положительные свойства. Твердую крицу было нелегко достать из печи. На это обычно уходило несколько часов. Между тем печь остывала, на разогрев ее шло дополнительное топливо, тратилось лишнее время. Выпустить из печи расплавленный чугун было намного проще. Печь не успевала остыть и ее можно было сразу загружать новой порцией руды и угля. Процесс мог происходить непрерывно. Кроме того, чугун обладал прекрасными литейными качествами. (Напомним, что на протяжении многих веков единственным способом обработки железа былаковка.) К середине XIV века относят первые грубые отливки из него. С развитием артиллерии применение чугуна расширилось. Сначала его стали

употреблять на отливку ядер, а затем на литье отдельных частей самих пушек. Впрочем, вплоть до конца XV века чугун был еще низкого качества — неоднородный, недостаточно жидкий, со следами шлака. Из него выходили грубые и незатейливые изделия: надгробия, молоты, печные котлы и прочая незамысловатая продукция.

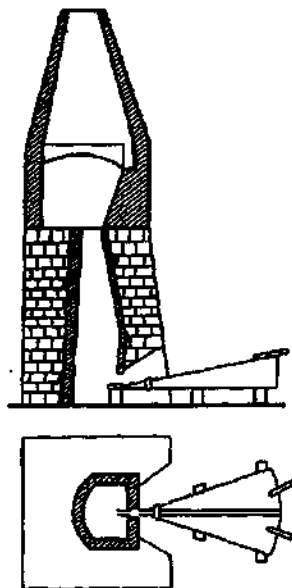
Литье чугуна требовало некоторых изменений в устройстве печи; появились так называемые блауофены (поддувные печи), представлявшие собой следующий шаг к доменной печи. Они отличались большей высотой (5—6 м), чем шутофены, и допускали непрерывность плавки при весьма высокой температуре. Правда, мысль о том, что процесс выделки железа можно разделить на две стадии (то есть в одной печи непрерывно выплавлять чугун, а в другой — перерабатывать этот чугун в железо), пришла не сразу. В блауофенах получали одновременно и железо, и чугун. Когда плавка заканчивалась, шлак выпускали через отверстие, расположенное ниже фурмы. После охлаждения его измельчали и отделяли корольки чугуна. Крицу вытаскивали большими клещами и ломом, а затем обрабатывали молотом. Наиболее крупные крицы весили до 40 пудов. Кроме того, из печи вытаскивали до 20 пудов чугуна. Одна плавка длилась 15 часов. На извлечение крицы требовалось 3 часа, на подготовку печи к плавке — 4—5 часов.

Наконец пришли к идее двухступенчатого процесса плавки. Усовершенствованные блауофены превратились в печь нового типа — доменную, которая предназначалась исключительно для получения чугуна. Вместе с ними был окончательно признан переработочный процесс. Сыродутный процесс стал повсеместно вытесняться двухступенчатым способом обработки железа. Сначала из руды получали чугун, потом, при вторичной переплавке чугуна, — железо. Первая стадия получила название доменного процесса, вторая — кричного передела. Древнейшие домны появились в Зигерланде (Вестфалия) во второй половине XV века. Конструкции их отличались от блауофенов тремя чертами: большей высотой шахты, более сильным воздухоподводящим аппаратом и увеличенным объемом верхней части шахты. В этих печах достигалось значительное повышение температуры и еще более длительная ровная плавка руды. Сначала строили домны с закрытой грудью, но вскоре открыли переднюю стенку и расширили горн, получив домну с открытой грудью. Такая доменная печь при высоте 4,5 м давала в день до 1600 кг чугуна.

Перерабатывали чугун в железо в кричном горне, сходном по устройству с сыродутной печью. Операция начиналась с загрузки древесного угля и подачи дутья. После того как древесный уголь разгорался вблизи сопла, клали чугунные чушки. Под действием высокой температуры чугун плавился, капля за каплей стекал вниз, проходил через область против фурм и терял здесь часть углерода. В результате металл загустевал и из расплавленного состояния переходил в тестообразную массу малоуглеродистого железа. Эту массу ломом подымали к соплу. Под воздействием дутья происходило дальнейшее выгорание углерода, и вновь осевший на дно горна металл быстро делался мягким, легко сваривающимся. Постепенно на дне образовывался ком —

крица весом 50—100 кг и больше, которая извлекалась из горна для проковки под молотом с целью уплотнения его и выдавливания жидкого шлака. Весь процесс занимал от 1 до 2 часов. В сутки в кричном горне можно было получить около 1 т металла, причем выход готового кричного железа составлял 90—92% веса чугуна. Качество кричного железа было выше сыродутного, так как в нем содержалось меньше шлака.

Переход от одноступенчатого (сыродутного) процесса к двухступенчатому (доменному и кричному) позволил в несколько раз поднять производительность труда. Возросший спрос на металл был удовлетворен. Но вскоре металлургия встретилась с затруднениями другого рода. Выплавка железа требовала огромного количества топлива. За несколько веков в Европе было срублено множество деревьев и уничтожены тысячи гектаров леса. В некоторых государствах были приняты законы, запрещающие бесконтрольную рубку леса. Особенно остро этот вопрос стоял в Англии. Из-за нехватки древесного угля англичане принуждены были большую часть необходимого им железа ввозить из-за границы. В 1619 году Додлей впервые применил в плавке каменный уголь. Однако широкому применению каменного угля препятствовало присутствие в нем серы, мешающей хорошей выделке железа. Очищать каменный уголь от серы научились только в 1735 году, когда Дерби нашел способ поглощать серу с помощью негашеной извести при термической обработке угля в закрытых тиглях. Так был получен новый восстановитель — кокс.



Доменная печь в XV-XVI веках

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