

Выплавка стали: история и современность

Что необходимо, чтобы приготовить какое-либо блюдо? Температура! Если пару веков назад ее давал открытый огонь костра из дров или угля, то сегодня на кухнях используют газовые или электрические плиты.



На

[металлургической кухне](#)

выплавка стали происходит по похожему сценарию: в огромную «кастрюлю» засыпают сырье (шихту) и «варят» в условиях высокой температуры по определенной технологии (рецепту). А нужная температура также достигается либо с помощью газа, либо электроэнергии.

Сейчас есть три основных промышленных способа выплавки стали в мире:

- мартеновский;
- кислородно-конвертерный;
- электрометаллургический.

История выплавки стали

Человечество научилось получать железо еще в средние века. Но вплоть до середины XIX века это были небольшие объемы низкокачественного материала. Его производили, как правило, в сыродутных печах и дорабатывали в кузнях, где мастера получали штучный товар. Интересно, что остатки средневековых сыродутных печей (также известных как гамарни) найдены на территории современной Украины. Что наиболее примечательно, они находились в западной части страны, которая сегодня не является центром металлургии.

Но в существовавших до XIX века технологиях производства железных изделий был один существенный недостаток. Фактически это было либо очень мягкое железо, либо хрупкая сталь, которую получали из железа доработкой в кузнях. И такие материалы нельзя было в чистом виде использовать - предметы быстро тупились или легко ломались.

Сейчас известно, что железный сплав обладает таким свойством как упругость. Оно появляется лишь при формировании четкой кристаллической структуры из расплава. А средневековые технологии не позволяли расплавить металл с нужной пропорцией железа и углерода. Для этого требовалась недостижимая в те времена температура 1450 °С.

Промышленная революция привела к резкому росту спроса на новый конструкционный и оружейный материал: прочный, долговечный и поддающийся механической обработке.

Как результат, в XIX веке появились истоки всех трех современных способов выплавки стали.

Мартеновское производство: преимущества и модернизация

Вплоть до середины XX века мартеновские печи были основной технологией, которая позволяла

плавить сталь. Первые ее построил француз Эмиль Мартен в 1864 году. Среди ее преимуществ были: возможность использования стального лома в шихте (его было много благодаря активному развитию железных дорог) и большой сортамент качественных марок стали, которые можно было производить благодаря длительной плавке (до 13 часов).

Первые мартены на территории современной Украины построил валлиец Джон Юз в 1879 году. В середине XX века с использованием этой технологии, по разным оценкам, выплавлялось от 50% до 80% всей мировой стали.

Однако из-за длительного времени плавки, необходимости постоянного внешнего подогрева печи, удорожания природного газа, неэкологичности процесса и других сложностей мартены уступили свои позиции новым технологиям.

В большинстве действующих мартеновских цехов используются не классические мартены, а, так называемые двухванные сталеплавильные агрегаты. В них объединены элементы конвертерной и мартеновской технологий. Грубо говоря, это две мартеновских печи, которые объединены между собой, что позволяет подогревать железный расплав изнутри кислородом, а не только внешнюю часть печи природным газом. Это дает существенную экономию ресурсов и возможность сократить длительность одной плавки до 3-4 часов.



Конвертерное производство: в поисках кислорода

Предтеча конвертерного способа выплавки стали – бессемеровский процесс – появился раньше мартенов. Англичанин Генри Бессемер получил патент на свое изобретение в 1856 году. В нем жидкий чугун продували атмосферным воздухом, чтобы снизить содержание углерода. Но при этом в сталь попадал азот, который снижал температуру плавки и частично переходил в виде примеси в сталь. В том числе из-за этого способ не получил широкого распространения. Ведь более низкая температура плавки ограничивала использование металлолома, возникала потребность в высококачественном сырье – чугуне, который производился бы из железной руды без вредных примесей. Бессемер знал об этом недостатке, но в те годы было практически невозможно получить большие объемы чистого кислорода. Бессемеровские печи работали на территории современной Украины вплоть до 1983 года.

В 1878 году еще один англичанин Сидни Гилкрист Томас усовершенствовал изобретение своего земляка. Томасовские печи позволили выводить из расплава часть вредных примесей, таких как фосфор. Благодаря этому технология получила распространение в Бельгии и Люксембурге, где добывались высокофосфористые железные руды.

Однако, в обеих технологиях качество стали оставалось низким по сравнению с мартенами вплоть до начала 1930 годов. Именно тогда начались попытки внедрения кислородного дутья. В бессемеровских конвертерах жидкую сталь продували не воздухом, а чистым кислородом, получаемым в криогенных установках. Считается, что одни из первых опытов по использованию такой технологии проводились Николаем Мозговым в Киеве на заводе Большевик. Параллельно велись пробные плавки в Германии и Австрии. Но Вторая мировая война затормозила технологический прогресс в металлургии.

Лишь после окончания войны с развитием криогенных технологий кислородные конвертеры начали вытеснять мартеновское производство. Первые промышленные цеха заработали в 1952 году. Производство конвертерной стали оказалось более производительным и экономным. Некоторое время на эту технологию переводили устаревшие бессемеровские цеха, но все чаще строили новые более совершенные производственные линии.

Современные кислородные конвертеры представляют собой сосуды грушевидной формы, изготовленные

из стали. Внутри они обложены специальным огнеупорным материалом. Сверху в них погружаются фурмы, через которые под высоким давлением подается чистый кислород. С помощью этого газа дожигается углерод до требуемого в стали уровня.

Дуговые электросталеплавильные печи: сила тока

Еще в 19 веке стало известно, что не только газы, но и постоянный электрический ток может восстанавливать металлы из окислов, а также расплавлять их с помощью электрической дуги. Однако отсутствие мощных источников электроэнергии сдерживало развитие технологии выплавки стали в электрических печах.

Лишь в 30-х годах 20 века начали появляться мощные электростанции, которые позволили задуматься о промышленном внедрении электрометаллургии. Сначала это был цветмет. Впоследствии технология пришла и в черную металлургию. Одним из наиболее наглядных примеров внедрения электрометаллургии является Запорожье. В этом городе в 1932 году запустили первые турбины ДнепроГЭС. После этого здесь один за другим появились предприятия электрометаллургии, которые производили алюминий, титан, ферросплавы и специальные стали.

Сегодня дуговые сталеплавильные печи (ДСП) используют не только для выплавки специальных, но и рядовых марок стали. Из них, как правило, производят квадратную заготовку и длинномерный

[с тальной прокат](#)

. В печи, заполненные шихтой, погружают три огромных графитовых электрода, на которые подается переменный или постоянный ток. Возникает электрическая дуга, которая создает высокую температуру внутри печи и плавит лом. На базе ДСП обычно строят так называемые мини-заводы (mini-mills) – небольшие металлургические предприятия годовой мощностью 0.5-2 млн. тонн стали. Распространены они в странах с доступной электроэнергией и большими источниками ломаобразования.



Как и в кислородных конвертерах, в электрометаллургии достаточно короткий период плавки – 40-60 минут. На первых этапах развития этих технологий скорость была и основным недостатком – возникали сложности с освоением большого количества марок стали. Ведь за несколько часов плавки в мартенах, в шихту постепенно вводили флюсы, раскислители, легирующие элементы, которые влияли на характеристики материала. А заводские лаборатории успевали за это время провести анализ полученного продукта и дать рекомендации сталеварам. Однако сейчас это преимущество мартенов практически нивелировано внедрением внепечной обработки. Сталь из конвертеров и ДСП дорабатывается в вакууматорах и установках печь-ковш до необходимого состояния и химсостава и уже после этого подается на машины непрерывной разливки.

Сырье: как найти нужную пропорцию шихты

Все три основных способа выплавки на выходе дают один продукт – жидкую сталь. При ее производстве используются разные сырьевые компоненты и их пропорции.

В мартенах при классической плавке около 33% шихты составляет лом черных металлов. Остальное – жидкий чугун из доменных печей. В отдельных случаях доля лома доходила до 66%. Это, так называемый, скрап-процесс, который активно использовался в мартенах при машиностроительных или трубных предприятиях. Ведь там во время обработки металлопродукции образовывалось огромное количество стальных отходов. Но чем больше лома, тем более высокая температура требуется для его расплавления. И мартены благодаря внешнему обогреву природным газом обеспечивали нужный уровень тепла.

А вот в кислородных конвертерах возможности внешнего обогрева нет. Поэтому доля лома в шихте здесь существенно ниже – около 15-25%. Иначе расплав получится слишком холодным. Кроме того, этот способ выплавки стали начал активно распространяться параллельно с непрерывной разливкой, которая привела к сокращению оборотного лома на металлургических предприятиях. Чтобы его не закупать на стороне, приходилось увеличивать долю горячего чугуна.

В электрометаллургических печах нет сложностей с достижением нужной температуры. Поэтому здесь до 100% шихты может быть сформировано из лома черных металлов. Однако, некоторые современные ДСП были построены вместо мартенов в составе интегрированных металлургических комбинатов с действующим доменным производством. Поэтому их конструкцией предусмотрено использование до 40% жидкого чугуна в составе шихты. Но страны, в которых распространены ДСП, имеют свои особенности. Например, в США около 70% стали выплавляется таким способом. Это объясняется высоким уровнем ломообразования: американцы часто меняют автомобили и бытовую технику, в этой стране развито машиностроение. В Турции около 68% электростали, но гораздо меньше источников ломообразования. Поэтому эта ближневосточная страна является крупнейшим в мире импортером лома.

Выплавка стали в Украине производится всеми тремя рассмотренными способами. По итогам 2019 года согласно данным www.worldsteel.org в мире было произведено 1,87 млрд. тонн стали. Из них – почти 72% в конвертерах, чуть менее 28% в ДЭСП, и лишь 0,3% в мартенах. Полный список стран по выплавке стали можно посмотреть на сайте ассоциации

Worldsteel

.

В любом случае можно уверенно говорить, что на современной

[металлургической кухне](#)

при соблюдении технологии (рецепта) и хорошей подготовке компонентов (сырья) получится качественное блюдо... то есть сталь. И при этом не важно, в какой печи его готовишь – электрической или газовой.

А то, что это хорошо получается у металлургов Украины, подтверждено географией экспорта их металлопродукции – от ближайших соседей до самых отдаленных уголков земли.