

Лекция № 58

Тема: Тепловой баланс мартеновской плавки. Механика движения газов по системе мартеновской печи. Технология ведения плавки в двухванных сталеплавильных агрегатах. Тепловая работа двованных печей.

План лекции:

Тепловой баланс мартеновской плавки. Механика движения газов по системе мартеновской печи. Технология ведения плавки в двухванных сталеплавильных агрегатах. Тепловая работа двованных печей.

Тепловой и материальный балансы мартеновской плавки

Основные статьи себестоимости мартеновской стали (расход металлической шихты и расход топлива на 1 т жидкой стали) определяются тепловыми и материальными балансами. Данные расчетов баланса одной из плавки в 50-т печи по скрап-процессу, а 185-т печи по скрап-рудному процессу при работе без продувки ванны кислородом.

Выход жидкой стали при скрап-рудном процессе (по отношению к массе чугуна и скрапа) значительно выше, чем при скрап-процессе, что обусловлено восстановлением железа из заваливаемой в печь железной руды.

Из атмосферы печи поступает кислорода значительно больше при скрап-процессе (при скрап-рудном процессе основное количество кислорода на окисление примесей поступает с заваливаемой железной рудой).

Общее количество образующегося за плавку шлака при скрап-рудном процессе больше, чем при скрап-процессе.

Мартеновская печь является очень несовершенным тепловым агрегатом, лишь небольшая доля общего прихода тепла расходуется полезно — на нагрев металла и шлака. Значительное же количество тепла уносится дымовыми газами и теряется (следует при этом иметь в виду, что часть тепла, уносимого из рабочего пространства газами, возвращается с нагретым в регенераторах воздухом и газом).

В отличие от конвертерных процессов доля прихода тепла от экзотермических реакций окисления примесей невелика, основную статью прихода тепла составляет тепло сгорания топлива.

Если составить тепловой баланс не рабочего пространства, а всей печи (без учета регенерации тепла), то можно приблизительно принимать, что 90 % прихода тепла — это тепло сгорания топлива (10 % — тепло экзотермических реакций окисления примесей). Что же касается расхода тепла, то он делится примерно на три равные доли: 1) на процесс (нагрев

металла и шлака); 2) на потери через кладку, с охлаждающей водой и др.; 3) на тепло, уносимое с продуктами сгорания.

Следует иметь в виду, что во всех экономических расчетах расходы шихты, топлива и других материалов относят не к жидкой стали (как в расчете баланса), а к годной стали. Выход 1 т годной стали равен 1 т жидкой стали минус потери при разливке, брак и др. С уменьшением этих потерь величина выхода годной стали приближается к величине выхода жидкой стали, в результате чего уменьшается расход шихты и других материалов на 1 т годной стали.

Уменьшить в тепловом балансе абсолютные величины статей расхода тепла на нагрев стали и шлака невозможно, так как сталь и шлак необходимо нагревать до определенной температуры. Однако повысить долю этих статей в тепловом балансе можно, уменьшив другие статьи расходной части баланса: количество тепла, уносимого продуктами сгорания (в результате улучшения теплопередачи), и потери тепла (в окружающую среду, при охлаждении и др.) в результате сокращения продолжительности плавки и улучшения конструкции печи. Все мероприятия, способствующие сокращению продолжительности плавки, влияют на тепловой баланс таким образом, что доля полезно расходуемого тепла (на нагрев стали и шлака) возрастает. К этим мероприятиям прежде всего относятся: а) сокращение продолжительности завалки шихты; б) применение кислорода (вместо воздуха) для повышения температуры факела, в результате чего улучшается теплопередача и продолжительность плавки сокращается; в) подача в факел высокоскоростной струи кислорода, сжатого воздуха или перегретого пара, в результате чего повышается кинетическая энергия факела, улучшается его излучательная способность и возрастает доля тепла, передаваемого конвекцией; г) ускорение реакций окисления примесей при замене железной руды газообразным кислородом или сжатым воздухом; д) автоматизация работы печи с целью организации ведения плавки при оптимальных расходах топлива и добавочных материалов.

Цель почти всех технико-экономических мероприятий, проводимых в мартеновских цехах, — улучшение показателей материального и теплового балансов, так как эти показатели определяют в основном себестоимость стали.

Двухванные сталеплавильные печи

Существенным обстоятельством, ускорившим процесс широкого распространения двухванных печей, явились трудности обслуживания и ремонта регенеративных насадок мартеновских печей, работающих с продувкой ванны кислородом. По мере повышения интенсификации продувки ванны количество плавильной пыли увеличивается, появляется необходимость все более частой очистки насадок и поднасадочного пространства, что усложняет и удорожает обслуживание печи и увеличивает трудовые затраты на ремонт. Поскольку методы очистки насадок

несовершенны и не всегда эффективны, практически на всех печах, работавших с продувкой ванны, постепенно от ремонта к ремонту увеличивались размеры ячейки насадок регенераторов (от 120x120 до 460x220 мм). Однако чем больше сечения ячейки, тем меньше эффективность использования регенератора (меньше степень регенерации тепла), тем ниже температура подогрева воздуха. В результате оказывается, что затраты на сооружение, ремонт и обслуживание таких малоэффективных регенераторов уже с трудом покрываются экономией на топливе (в результате регенерации тепла).

Кроме этого, по мере увеличения степени обогащения дутья кислородом возрастает температура отходящих газов и соответственно температура верха насадок регенераторов, что также усложняет условия их эксплуатации.

Конструкторы двухванных печей предложили, помимо интенсивной продувки ванны кислородом, утилизировать хотя бы часть тепла выделяющихся газов для нагрева шихты. При этом используется как физическое тепло отходящих газов, так и тепло, выделяющееся при окислении CO до CO₂. Даже частичная утилизация тепла отходящих газов позволяет повысить долю металлического лома в шихте до 40—45 %.

В нашей стране первые двухванные печи были установлены в 1965 г., в последствии в России и Украине работало более десяти двухванных печей. Двухванные печи представляют собой плавильные агрегаты с двумя ваннами, двумя головками, двумя вертикальными каналами, двумя шлаковиками и системой борозов и перекидных клапанов. Принцип работы двухванной печи заключается в том, что в то время как в одной (I) ванне идет продувка металла кислородом, в другой (II) твердая шихта (металлолом, добавочные материалы) подогревается теплом отходящих от первой ванны газов (рис. 113). Производительность печи при таком методе работы возрастает.

Обычную плавку в мартеновской печи (с интенсивной продувкой ванны кислородом, начинающейся сразу после заливки жидкого чугуна) можно условно разделить на два периода: 1) твердый- завалка лома, руды, известняка и их прогрев; 2) жидкий- заливка чугуна, продувка ванны и окисление ее примесей, раскисление, легирование и выпуск. Организация проведения плавки в двухванной печи примерно такая же.

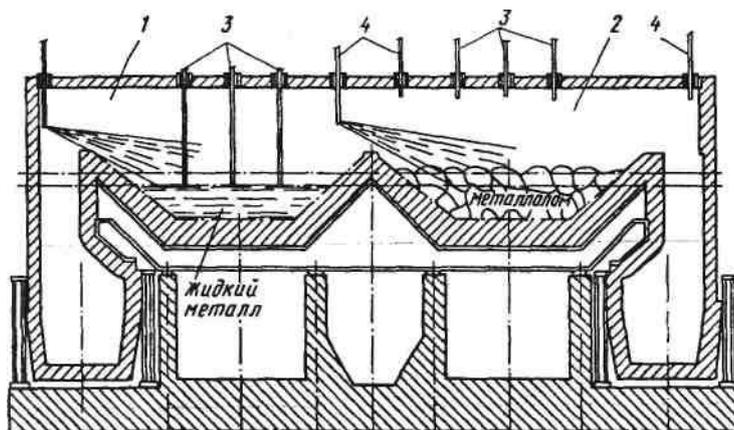


Рис. 113. Схема двухванной сталеплавильной печи:

/ - ванна /; 2 — ванна //; 3 — кислородные фурмы; 4 — топливо-кислородные горелки

Технология плавки в двухванной печи принципиально не отличается от технологии плавки в мартеновской печи, работающей с интенсивной продувкой ванны кислородом, однако имеется некоторое различие. В момент окончания заливки чугуна и начала продувки ванны в шлаке наблюдается высокое содержание оксидов железа (30—40 %, а на некоторых плавках еще выше). В период интенсивного обезуглероживания содержание оксидов железа в шлаке несколько снижается, однако в конце плавки, при понижении концентрации углерода вновь возрастает.

Основное количество тепла в ванне печи выделяется в результате окисления железа и его примесей, а относительная величина теплоотдающей поверхности в двухванной печи выше, чем в конвертере, поэтому температура в рабочем пространстве ниже, чем в мартеновских печах в периоды плавления и доводки и в конвертерах. Температура шлака в двухванной печи, как правило, не превышает температуры металла. Вследствие более низкой температуры шлака наведение активного жидкоподвижного высокоосновного шлака затрудняется, поэтому предпочитают по ходу плавки не вводить значительных порций извести, а для полного ошлакования извести или известняка, загруженных во время завалки, практикуют метод подъема одной или двух фурм. При этом начинает интенсивно окисляться железо (так же, как в начальный период конвертерной плавки), в результате повышения температуры шлака и его окисленности быстро формируется достаточно жидкоподвижный и гомогенный шлак.

Содержание SiO_2 в шлаке ниже, чем обычно в мартеновской плавке, что связано с тем, что в двухванной печи железную руду в период завалки обычно не вводят. Растворение в шлаке извести, введенной в печь в период завалки, начинается через некоторое время после окончания заливки чугуна. К моменту расплавления основность шлака CaO/SiO_2 повышается до 2, во время доводки основность шлака продолжает возрастать. Формирование

активного жидкоподвижного шлака обеспечивает достаточно успешное проведение десульфурации металла. Повышенная окисленность шлака в двухвальной печи обеспечивает также успешное проведение дефосфорации металла.

Расчет показывает, что при продувке кислородом обычного передельного чугуна приход тепла на 1т чугуна составляет примерно 3150 МДж. Это количество тепла складывается из трех примерно равных частей: 1) физического тепла жидкого чугуна; 2) тепла, выделяющегося при окислении примесей чугуна; 3) тепла дожигания СО в СО₂.

Расход этого тепла распределяется следующим образом: около 50 % от прихода тепла содержится в жидкой стали и шлаке (энтальпия ванны); около 10 % — тепло, заключенное в отходящих газах (в основном СО₂) и остальные 40 % тепла расходуются на компенсацию потерь через кладку, потерь с водой, охлаждающей отдельные элементы печи, и на переработку лома или железной руды (избыток тепла). Таким образом, количество переработанного лома (или железной руды) определяется тепловым балансом.

Теоретически при содержании в шихте более 65 % жидкого чугуна двухвальные печи могут работать без расходования топлива. Если же по условиям производства в печь загружают лома больше, чем соответствует по балансу тепла, то недостаток тепла должен быть скомпенсирован подаваемым топливом. Естественно, что тепловой баланс зависит также от состава чугуна, главным образом от содержания в нем кремния.

Топливо в двухвальные печи подают с помощью газокислородных горелок, установленных в своде и торцах печи. Горелки могут быть стационарными или подвижными.

Хорошо работающие двухвальные печи расходуют на 1т стали 70—75 м³ кислорода и 3—4 кг огнеупоров. Расход топлива определяется составом шихты (главным образом расходом и составом чугуна).

Естественно, что замена мартеновских печей на двухвальные, поскольку она не сопровождается увеличением числа единиц оборудования, приводит к повышению производительности труда. Так, в мартеновском цехе Магнитогорского металлургического комбината выплавка стали на одного рабочего после замены мартеновских печей на двухвальные приблизилась к 6 тыс.т в год (что существенно превышает показатели других сталеплавильных цехов страны, оборудованных мартеновскими печами).

Таким образом, достоинствами двухвальных печей являются: 1) высокая производительность; 2) меньшая трудоемкость ремонтов; 3) возможность размещения печей в существующих мартеновских цехах (габариты, использование кранового оборудования, коммуникаций и т.д.).

Эти достоинства определили распространение печей такого типа для замены мартеновских печей, работающих скрап-рудным процессом с интенсивной продувкой кислородом.

Вместе с тем целый ряд проблем организации работы двухванных печей оказался нерешенным: а) тепловая работа печи осложняется большими подсосами холодного воздуха (в результате подсоса основная масса CO окисляется в том рабочем пространстве, где происходит продувка, не успевая перейти в то пространство, где идет подогрев твердой шихты); б) в двухванных печах при интенсивной продувке кислородом наблюдается повышенный угар металла; в) не решена проблема удаления из атмосферы цеха бурого дыма, выбивающегося при интенсивной продувке через щели в кладке и смотровые гляделки; не решены и некоторые другие проблемы.

Однако самый главный недостаток — неудовлетворительные условия работы в экологическом отношении: значительный вынос плавильной пыли и газов, содержащих CO, SO₂, NO_x. При этом выбросы газов и пыли непосредственно на рабочих местах в цехе вредны и мешают обслуживанию печей

В качестве примера приведем усредненные данные о работе прямооточной двухванной печи Алчевского металлургического комбината, изображенной на рис. 114, в первой половине 1993 г:

Масса плавки (т. годного)	262,3
В том числе жидкого чугуна (кг/т стали)	750-760
Продолжительность (ч/мин):	
заправки	0—25
завалки твердой шихты'	0—55
прогрева твердой шихты . . .	1—11
слива жидкого чугуна	0—30
плавления	1—18
доводки	1—47
Интенсивность продувки ванны кислородом, м ³ /ч	6000
Расход топлива (кг условного топлива на 1 т стали)	61,6
Расход кислорода, м ³ /т ,	138,2

Положительным, однако, является то, что при переводе двухванных печей на прямооточный режим улучшилась экологическая обстановка на рабочих местах в цехе (концентрации пыли в воздухе на рабочих местах, содержания сернистого ангидрида, оксидов азота). На упомянутой печи Алчевского комбината выбросы в атмосферу по сравнению с мартеновскими печами уменьшились: пыли в 2,3 раза, NO₂ - в 4 раза, CO — в 4,2 раза.

Характеризуя ситуацию в целом, следует отметить, что как мартеновские печи с интенсивной продувкой ванны кислородом, так и двухванные печи в экологическом отношении представляют собой агрегаты, не удовлетворяющие условиям современных высоких требований по охране природы и охране труда из-за интенсивного выделения пыли, а также газов, содержащих CO₂, SO₂, NO*.

Работа этих агрегатов связана с достаточно высоким расходом огнеупоров, большими затратами труда на ремонты (проводимые к тому же в условиях горячего цеха). Производительность труда (в тыс. т стали на одного работающего) в мартеновском производстве ниже, чем в конвертерном.

В соответствии со сказанным понятно, почему строительство новых мартеновских цехов не ведется.

Вопросы для самоконтроля.

1. Что такое тепловой режим мартеновской плавки.
2. Почему во время периода плавления уменьшается величина тепловой нагрузки.
3. Назовите недостаток способа регулирования по заданной программе
4. Как изменяется тепловая нагрузка печи по периодам плавки.
5. Назовите недостаток способа регулирования по заданной программе.
6. Где возможно его применение.
7. Какой способ работает в комплексе с вычислительной машиной.
8. Назовите задачу способы регулирования сгорания топлива.
9. Назовите задачу регулирования давления.
10. Охарактеризуйте тепловую работу ДСА

Использованная литература:

И.И. Борнацкий «Производство стали», стр. 235-236