

**Раздел 4. Производство стали в конвертерах.
Тема 4.3. Основы проектирования плавильных цехов.**

Лекция №111

**Тема: Вспомогательные отделения кислородно-конвертерного цеха.
Оборудование и работа. Охрана труда во вспомогательных отделениях.
ТЭП работы ККЦ. Качество и себестоимость стали. Резервы
производства и пути снижения себестоимости конвертерной стали.**

План лекции:

- 1 Контроль и управление кислородно-конвертерной плавкой
- 2 Качество и назначение кислородно-конвертерной стали
3. Качество стали и технико-экономические показатели кислородно-конвертерного процесса

1 Контроль и управление кислородно-конвертерной плавкой

Задачей контроля и управления кислородно-конвертерной плавкой, как и плавкой в любом сталеплавильном агрегате, является получение к концу продувки металла с заданным химическим составом и требуемой температурой. Обычно применяемый контроль этих параметров по ходу продувки путем непосредственного отбора проб металла и шлака для анализа и измерения температуры возможен только после прекращения продувки и наклона конвертера. Длительность этих операций и ожидания результатов анализа составляет 4—5 мин, что соизмеримо с продолжительностью продувки. Поэтому в условиях высокой скорости кислородно-конвертерного процесса такой контроль связан с относительно большими потерями времени и, следовательно, с потерей производительности.

Управление конвертерной плавкой визуально по внешним признакам (вид искр и факела, выносы и выбросы) не обеспечивает требуемой точности установления момента окончания продувки и по- валки конвертера. Как показывает опыт работы конвертерных цехов, эффективность ручного управления зависит от мастерства и опыта операторов, при этом 40—60 % плавков требуют дополнительных корректировок в виде додувок, охлаждения и науглероживания. Число корректировок возрастает при колебаниях качества лома, извести, химического состава чугуна, а также при переходе на выплавку стали другой марки. Додувки приводят к увеличению продолжительности цикла плавки, расхода дорогостоящих добавок (коксыка, извести, легирующих); они влияют на стойкость футеровки, выход годного металла и т. д. Так, додувка плавки для повышения температуры металла, кроме увеличения продолжительности плавки, приводит к росту окисленности металла, что в свою очередь требует повышения расхода раскислителей и легирующих, увеличивает износ футеровки.

В этих условиях наиболее действенным решением проблемы является разработка и создание системы автоматического управления конвертерной плавкой, позволяющей вести процесс по опти-

мальному режиму и заканчивать продувку на заданном химическом составе металла при необходимой его температуре.

В настоящее время созданы и применяются различные системы контроля и управления ходом кислородно-конвертерной плавки, которые можно разделить на две группы: статические и динамические. Статическое управление основано на создании математической модели процесса, которая представляет собой ряд балансовых Уравнений, полученных на основе обработки и анализа результатов большого числа экспериментальных данных. На основе математической модели создается определенная программа процесса, или его алгоритм, характеризующий порядок ведения плавки. Электронно вычислительная машина по заданному алгоритму и вводимой информации о конкретной массе и составе каждой составляющей шихты, температуре чугуна и готовой стали, степени чистоты кислорода, составе готовой стали, основности конечного шлака, состоянии и температуре футеровки определяет суммарный расход кислорода на плавку и момент окончания продувки при соответствующем режиме подачи сыпучих

Продувку заканчивают после израсходования на плавку рассчитанного количества кислорода; конвертер наклоняют, отбирают пробы металла и шлака и измеряют температуру стали. Следует отметить, что все расчеты выполняют до начала очередной плавки и, следовательно, не используют текущую информацию о ходе процесса. Поэтому такая система может быть использована только в качестве «советчика» оператора.

Эффективность прогнозирования при помощи статических систем зависит от точности сведений о составе и массе исходных шихтовых материалов, качестве шлакообразующих материалов, фракционном составе сыпучих материалов и т. д. Так, в первой половине продувки, когда содержание углерода, кремния, фосфора и марганца в металлической ванне достаточно высоко, кислород расходуется главным образом на окисление этих элементов. Поскольку их начальные концентрации известны, то можно с достаточно большой точностью на основе стехиометрических расчетов составить материальный и тепловой балансы. Однако и в этот период продувки существуют факторы, которые снижают эффективность прогнозирования. К ним относятся фракционный состав металлического лома, ошибки в измерении масс и температуры исходных материалов, точность оценки тепловых потерь конвертера, степень дожигания CO до CO₂, количество и состояние шлака, потери металла и шлака (вынос и выброс).

Во второй половине продувки, когда концентрации углерода, кремния и фосфора низки, значительная часть кислорода расходуется на окисление железа. Соотношение расхода кислорода на окисление углерода и железа зависит от ряда факторов — особенностей шлакообразования, степени перемешивания металла и шлака, реакционной способности флюсующих материалов и т. д. Колебания распределения кислорода между углеродом и железом в течение одной продувки, а также от плавки к плавки приводят к изменению соотношения скоростей обезуглероживания и нагрева ванны, что, в свою очередь, вызывает отклонения фактических заданных параметров от результатов статистического расчета. Более перспективным является динамическое управление конвертерной плавкой. Характерной особенностью такого управления является создание такого алгоритма, который учитывает текущую информацию о кислородно-конвертерном процессе, получаемую непосредственно измерением основных или косвенных параметров. Это позволяет своевременно регулировать протекание тех или иных процессов, связанных с окислительными процессами и нагревом ванны.

Качество и назначение кислородно-конвертерной стали

Дефекты конвертерной стали не связаны с самим принципом процесса и могут быть полностью устранены при следующих условиях:

1) тщательной подготовке шихтовых материалов (десульфурации чугуна до $0,04\%$, отсутствии недожога и извести-пушенки) для обеспечения раннего шлакообразования и низкого содержания фосфора в готовом металле;

2) поддержании нормального теплового режима плавки и исключении передувов металла, вызываемых необходимостью нагрева его до требуемой температуры (устранении значительных переокислений металла);

3) обеспечении высокой чистоты кислорода ($>99,6\% O_2$, $<0,02\% H_2$).

В настоящее время общепризнано, что кислородно-конвертерным способом можно выплавлять все углеродистые и легированные стали, ранее производившиеся только мартеновским способом. В ряде случаев качество кислородно-конвертерной стали даже выше, чем мартеновской. Так, например, только в кислородных конвертерах при их работе без дожигания можно получить низкоуглеродистые стали 08кп, 08Ю, Юкп и др., содержащие $<<0,004\%$ H , что очень важно при использовании их для холодной штамповки.

Кислородные конвертеры легко комбинировать с машинами непрерывного литья заготовок (МНЛЗ), включая при этом как промежуточную стадию обработки металла в ковше (раскисление, микролегирование, обработка инертным газом). Этот способ используют для производства газопроводных труб большого диаметра. Кислородно-конвертерный процесс оказался удобным для получения сталей с очень низким содержанием углерода ($0,02—0,04\%$). В СССР и за рубежом этим процессом производятся стали: трансформаторные, легированные кремнием, типа Армко и подобные ей стали для электро- и радиотехнической промышленности. При кислородно-конвертерном процессе можно создать в атмосфере конвертера очень малые парциальные давления водяного пара, обеспечить нефлокено-чувствительность среднеуглеродистых сталей (рельсовых, осевых, бандажных и др.), т. е. низкое содержание в них водорода $[H] = 2—3,5 \text{ см}^3/100 \text{ г}$. Эти преимущества кислородно-конвертерной стали позволяют в некоторых странах полностью (Япония), или частично (США, ФРГ, Великобритания) заменить мартеновские цехи конвертерными.

В СССР кислородно-конвертерный процесс также постепенно заменяет мартеновский.

Технико-экономические показатели кислородно-конвертерного процесса

Широкое развитие кислородно-конвертерного процесса обусловлено его высокой производительностью на единицу емкости агрегата. Производительность конвертера в первую очередь зависит от его емкости и интенсивности продувки, определяющей продолжительность плавки. Простой конвертера определяются стойкостью футеровки и продолжительностью ремонтов. В настоящее время стойкость футеровки конвертеров составляет 600—2000 плавов, а продолжительность ремонтов — от 3 до 6 суток в зависимости от емкости конвертера. В кислородно-конвертерных цехах обычно установлено два-три конвертера, причем постоянно работают один или два. В этом случае простой не должны превышать в первом случае 50%, а во втором 33% от календарного времени.

Сравнение кислородно-конвертерного процесса с мартеновским показывает, что производительность конвертера в несколько раз выше, чем мартеновской печи аналогичной емкости. Так, производительность 300-т мартеновской печи, работающей скрап-рудным процессом с интенсивной продувкой кислородом, почти в шесть раз меньше производительности 300-т конвертера. Более высокая производительность кислородных конвертеров обуславливает и более высокую производительность труда. Так, выплавка стали на одного работающего в конвертерном цехе на 30—50 % выше, чем в мартеновском. При сопоставимой стоимости шихты себестоимость конвертерной стали может быть несколько ниже мартеновской вследствие меньших расходов по переделу. Для кислородно-конвертерного процесса характерны небольшие удельные расходы огнеупорных материалов, составляющие 2,5—5 кг/т, что в три-четыре раза меньше, чем в мартеновском процессе. Кислородно-конвертерный процесс значительно легче поддается комплексной механизации и автоматизации, хорошо сочетается с условиями разливки на МНЛЗ благодаря своей ритмичности и скоротечности.

Вместе с тем для кислородно-конвертерного процесса имеется ряд нерешенных проблем:

1. Повышенный расход металлошихты (1120—1135 кг/т при 1080—1100 кг/т в мартеновских печах), что объясняется значительными потерями металла в виде угара и выбросов.
2. Небольшое количество перерабатываемого лома (25—30 %) и высокий расход чугуна.
3. Высокая загрязненность отходящих газов мелкодисперсной пылью, что требует сооружения сложных и дорогостоящих очистных сооружений.

Однако возможности кислородно-конвертерного процесса не полностью раскрыты, и в настоящее время он находится в стадии непрерывного совершенствования. Об этом свидетельствует постепенный рост единичной мощности конвертеров, повышение стойкости футеровки, возрастание интенсивности продувки, совершенствование управления процессом, конструкции кислородных фурм и режима продувки, увеличение выхода годного и повышение качества металла. Характерно, что ни для одного из перечисленных факторов не достигнуто оптимальных значений. В ходе совершенствования процесса возникают новые модификации и способы производства стали, имеющие для конкретных условий более высокие технико-экономические показатели. К ним относятся различные современные способы передела высокофосфористого чугуна, природно-легированных чугунов, использование донной и комбинированных способов продувки кислородом. Это свидетельствует о возможностях и перспективах кислородно-конвертерного процесса.

Качество стали и технико-экономические показатели кислородно-конвертерного процесса

Механические и технологические свойства кислородно-конвертерной стали не уступают, а в ряде случаев даже превосходят свойства мартеновской стали. Свойства стали в основном определяются содержанием примесей кислорода, азота, серы, фосфора, водорода и неметаллических включений. Выше уже отмечалось, что удаление фосфора и серы успешно осуществляется при кислородно-конвертерном процессе. Содержание кислорода в конвертерной стали примерно такое же, как и в мартеновской. При использовании

кислорода чистотой 99,5 % кислородно-конвертерная сталь содержит до 0,005 % азота.

В настоящее время освоено производство углеродистой, низколегированной и легированной сталей некоторых марок. Освоена выплавка и ответственных средне- и высоколегированных сталей (нержавеющей, динамической, трансформаторной). Из кислородно-конвертерной стали изготавливают катанку, проволоку, сортовой прокат, лист, трубы, рельсы и широкий сортамент других изделий.

Производство стали кислородно-конвертерным процессом характеризуется меньшими удельными капитальными затратами по переделу, высокой производительностью агрегатов и более высокой производительностью труда по сравнению с мартеновским производством. Капитальные затраты на строительство кислородно-конвертерного цеха на 17—20% меньше, чем на строительстве мартеновского цеха, производительность труда выше на 27% и себестоимость стали ниже на 2%, чем в мартеновском цехе. Основные технико-экономические показатели работы современных кислородно-конвертерных цехов при продувке мартеновского чугуна следующие:

Вместимость конвертеров, т	100—350
Продолжительность, мин:	
продувки	15—24
цикла плавки.....	30—50
Годовая производительность цеха, млн. т. слитков:	
три 100-т конвертера	2,5—3,0
три 250-т конвертера	4,7—5,0
Выход годного, %.....	89—92
Расход, %:	
извести	6—10
лома	18—27
Расход кислорода, м ³ /т стали.....	50—56
Расход огнеупоров на футеровку конвертеров, кг/т стали	2—4
Стойкость футеровки, число плавок ..	400—800
Расходы по переделу, руб/т	5—8
При продувке фосфористого чугуна	
Вместимость конвертеров, т	20—180
Продолжительность, мин: 50-65	
продувки	18—28

цикла плавки

Вопросы дл самоконтроля:

1. Назначение конвертерного отделения?
2. ТЭП конвертерного цеха?
3. Назовите длительность периодов плавки?
4. Капитальные затраты- что это?
5. Как происходит взвешивание и доставка стального лома в конвертер?
6. Содержание кислорода в конвертерной стали такое же, как и в мартеновской?
7. Чем определяются прстои конвертера

Используемая литература:

А.М.Якушев «Проектирование сталеплавильных и доменных цехов», стр.137-144.

http://ohrana-bgd.ru/metal/metal2_24.html

