

# Проведение плавки в кислородном конвертере



Выполнили : Абросимов Р.Е.  
Абросимов И.Е.

Классической схемой кислородно-конвертерного процесса принято считать определенную совокупность технологических операций по переработке жидкого чугуна и некоторого количества добавленного металлолома благодаря вдуванию в расплав технически-чистого кислорода, что обеспечивает удаление углерода и повышение температуры расплава. При этом, для проведения конвертерной плавки не требуется дополнительного (внешнего) источника тепла. Конвертер представляет собой открытый сверху сосуд грушеобразной формы, внутренняя поверхность которого имеет огнеупорную футеровку. Для выполнения технологических операций конвертер способен вращаться относительно некоторой горизонтальной оси, проходящей через него. Основные технологические операции в процессе выплавки стали в кислородном конвертере такие: загрузка металлолома; заливка чугуна; продувка кислородом через погружаемую сверху водоохлаждаемую фурму; отбор проб для химического анализа металла; слив стали и шлака; подготовка конвертера к следующей плавке (табл.2).

Таблица 1- Основные операции и их длительность при кислородно-конвертерном процессе (для большегрузных конвертеров)

Наименование операции	Длительность, мин	Примечание
Загрузка металлолома и заливка жидкого чугуна	5...10	Количество металлолома в шихте 15...25 %, чугуна 75...85 % при температуре 1300...1350 °С
Продувка жидкой ванны кислородом	14...23	Протекание реакций окисления кремния, углерода, железа, марганца и фосфора; добавка флюсов для формирования шлака
Отбор проб для определения химического состава стали с его корректировкой при необходимости	4...15	Температура стали около 1650 °С
Слив стали из конвертера в разливочный ковш	4...8	Операция слива стали предполагает отсечку шлака
Слив шлака из конвертера в шлаковоз	3...9	Большая часть шлака сливается в шлаковоз, а часть остается в конвертере и используется для покрытия футеровки стен
Подготовка конвертера к следующей плавке	3...5	Торкретирование наиболее поврежденных участков футеровки и раздувание шлака

Как правило, при кислородноконвертерной плавке, длящейся 35...45 мин., содержание углерода уменьшают от уровня, примерно, в 4 % почти до 0,1 % и ниже, повышая при этом температуру расплава до 1635...1650 °С. В практике металлургического производства успешно применяются три схемы вдувания кислорода в жидкую ванну – сверху через погружаемую фурму, через расположенные в днище продувочные блоки и комбинированную, у каждой из них свои преимущества и недостатки. Наибольшее распространение в металлургии получила схема, при которой кислород с расходом 2...3,5 м<sup>3</sup> в минуту подается через погружаемую сверху водоохлаждаемую фурму. В наконечнике такой фурмы предусмотрены три или пять специальных отверстий, через которые кислород вдувается в расплав со сверхзвуковой скоростью, создавая тем самым благоприятные условия для интенсивного перемешивания металла с вводимыми флюсами и максимально ускоряя протекание химических реакций окисления и рафинирования вследствие эмульгирования металла со шлаком.

На практике различают следующие схемы комбинированной продувки с вдуванием:

- кислорода сверху и инертного (Ar) или нейтрального (N<sub>2</sub>) газа через пористые элементы, установленные в днище;
- кислорода сверху и смеси "кислород – природный газ" через донные фурмы;
- кислорода сверху и инертного (Ar) или нейтрального (N<sub>2</sub>) газа через неохлаждаемые фурмы, установленные в днище.

В результате окисления образуются оксиды  $\text{CO}$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{MnO}$  и оксиды железа. Газообразные оксиды всплывают в жидкой ванне, способствуя ее вспениванию, а затем поднимаются к горловине конвертера. Остальные оксиды перемешиваются с флюсом, состоящим, в основном, из обожженной извести, способствуя образованию жидкого шлака, который обеспечивает рафинирование расплава (удаление серы и фосфора). Успешная промышленная эксплуатация конвертеров с донным дутьем началась в конце 60-х годов в Германии (ОВМ-процесс) и Канаде (Q-BOP-процесс). Собственно, реализация этого процесса связывается с успешным решением технической задачи предотвращения быстрого износа днища и продувочных фурм. Каждая из таких фурм состоит из двух концентрически установленных труб. Кислород подается через центральную трубу, а охлаждающий ее углеводород (природный газ) – в пространство между трубами.

Характерно, что при донной продувке весь кислород вдувается через фурмы, расположенные в днище конвертера, что обеспечивает его всплытие через жидкую ванну металла и шлака, создавая максимально интенсивное перемешивание и эмульгирование шлака и металла. Порошкообразные флюсы вводятся в жидкую ванну через специальные фурмы, расположенные в днище конвертера. Примерно, в это же время в практике металлургического производства начали применять конвертеры с донным кислородно-аргонным дутьем (AOD-процесс). В конструкционном плане безусловным преимуществом конвертеров с донной продувкой оказалось радикальное уменьшение высоты цеха и возможность переработки крупногабаритного металлолома. При этом, судя по промышленным данным, при донной продувке снижается содержание железа в шлаке, улучшается удельный расход извести и кислорода на тонну стали, повышается стойкость футеровки конвертера и т.д. В дальнейшем, с середины 70-х годов, многие ведущие металлургические компании приступили к разработке своих модификаций кислородно-конвертерного процесса, сводя все, по сути, к организации комбинированной (верхней и донной) продувки с учетом специфики каждого конкретного сталеплавильного производства. На практике различают следующие схемы комбинированной продувки с вдуванием:к

Выбор вариантов комбинированного процесса зависит от многих факторов и определяется, прежде всего, сортаментом выплавляемой стали, наличием достаточного количества чугуна и требованиями экономического и конъюнктурного характера. Так, например, весомо влияют на долю жидкого чугуна и лома в шихте соотношение цен на эти материалы и, в конечном счете, экономика процесса.

Вместе с тем, наибольшее распространение в мире получила комбинированная продувка кислородом сверху и нейтральным газом снизу. По такой технологии в мире работает около 80 % от общего числа конвертеров. Через донные фурмы могут вдуваться не только аргон или азот, но и  $\text{CO}_2$  с интенсивностью до  $0,1 \text{ м}^3/(\text{т} \cdot \text{мин})$  и даже  $\text{CO}$ . Все шире в мировой практике применяют вдувание снизу нейтрального газа после завершения кислородной продувки сверху. В целом же комбинированная продувка обеспечивает: снижение окисленности конечного шлака на 10...20 % и повышение выхода годного на 0,2...0,3 %; высокую гомогенизацию металла в конвертере по составу и температуре; повышение точности попадания в анализ на выпуске (сокращается средняя продолжительность продувки на 0,5...1,5 мин.); уменьшение содержания углерода в конце продувки; сокращение расхода раскислителей и пр.



Выбор вариантов комбинированного процесса зависит от многих факторов и определяется, прежде всего, сортаментом выплавляемой стали, наличием достаточного количества чугуна и требованиями экономического и конъюнктурного характера. Так, например, весомо влияют на долю жидкого чугуна и лома в шихте соотношение цен на эти материалы и, в конечном счете, экономика процесса

Вместе с тем, наибольшее распространение в мире получила комбинированная продувка кислородом сверху и нейтральным газом снизу. По такой технологии в мире работает около 80 % от общего числа конвертеров. Через донные фурмы могут вдуваться не только аргон или азот, но и  $\text{CO}_2$  с интенсивностью до  $0,1 \text{ м}^3/(\text{т} \cdot \text{мин})$  и даже  $\text{CO}$ . Все шире в мировой практике применяют вдувание снизу нейтрального газа после завершения кислородной продувки сверху. В целом же комбинированная продувка обеспечивает: снижение окисленности конечного шлака на 10...20 % и повышение выхода годного на 0,2...0,3 %; высокую гомогенизацию металла в конвертере по составу и температуре; повышение точности попадания в анализ на выпуске (сокращается средняя продолжительность продувки на 0,5...1,5 мин.); уменьшение содержания углерода в конце продувки; сокращение расхода раскислителей и пр.

Выбор вариантов комбинированного процесса зависит от многих факторов и определяется, прежде всего, сортаментом выплавляемой стали, наличием достаточного количества чугуна и требованиями экономического и конъюнктурного характера. Так, например, весомо влияют на долю жидкого чугуна и лома в шихте соотношение цен на эти материалы и, в конечном счете, экономика процесса

Вместе с тем, наибольшее распространение в мире получила комбинированная продувка кислородом сверху и нейтральным газом снизу. По такой технологии в мире работает около 80 % от общего числа конвертеров. Через донные фурмы могут вдуваться не только аргон или азот, но и  $\text{CO}_2$  с интенсивностью до  $0,1 \text{ м}^3/(\text{т} \cdot \text{мин})$  и даже  $\text{CO}$ . Все шире в мировой практике применяют вдувание снизу нейтрального газа после завершения кислородной продувки сверху. В целом же комбинированная продувка обеспечивает: снижение окисленности конечного шлака на 10...20 % и повышение выхода годного на 0,2...0,3 %; высокую гомогенизацию металла в конвертере по составу и температуре; повышение точности попадания в анализ на выпуске (сокращается средняя продолжительность продувки на 0,5...1,5 мин.); уменьшение содержания углерода в конце продувки; сокращение расхода раскислителей и пр.

Оперативный контроль по ходу кислородно-конвертерной плавки представляется весьма важным элементом, обеспечивающим контроль химического состава металла и его температуры, а также веса плавки, металлолома, железной руды (или окалины), обожженной извести и доломита. Такая стратегия, в конечном счете, минимизирует количество додувок и добавок охладителя. Используемые системы автоматического контроля и управления процессом конвертерной плавки базируются либо на статистических, либо на динамических моделях. В первом случае применяются компьютерные аналоги с накопленным в данных производственных условиях статистическим материалом.

Однако такие модели требуют достаточно точной информации о химическом составе, весе и температуре заливаемого металла и заваливаемого скрапа, а также о химическом составе и размерах кусков извести, доломита и прочих флюсов. На практике это не всегда возможно обеспечить, так что точность таких моделей, как правило, не удовлетворяет производителей. Поэтому прямым развитием процесса моделирования стало введение в них вспомогательных параметров, контролируемых по ходу плавки.

Например, для корректировки статистической модели может быть использована информация о химическом составе отходящих газов либо температура металла и активность кислорода, определяемая по ходу плавки. На нескольких заводах в Северной Америке, например, для оценки уровня содержания углерода в низкоуглеродистых сталях применяются световые сенсоры. Эта система определяет интенсивность свечения в горловине конвертера в период продувки. Безусловно, динамические модели автоматического контроля более эффективны, поэтому следует ожидать их дальнейшего усовершенствования, особенно в части создания новых приемов измерения (контроля) используемых в модели корректирующих параметров.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ:

- Лаборатория крупного слитка [Электронный ресурс] – Режим доступа :  
[http://steelcast.ru/ld\\_process](http://steelcast.ru/ld_process)

Спасибо за внимание