

УДК 669.184

АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ОСОБЕННОСТЕЙ ПЕРЕДЕЛА ФОСФОРИСТЫХ ЧУГУНОВ В ТОМАСОВСКОМ КОНВЕРТЕРЕ

Дида Н.И., Раковский В.С., Лопатина А.О., Галич А.А.

Научный руководитель: ассистент Сафонов С.О.

Сибирский государственный индустриальный университет, Новокузнецк,

Аннотация. Статья посвящена анализу конструктивных особенностей Томасовского конвертера и технологических особенностей выплавки в данном сталеплавильном агрегате, физико-химическим процессам, происходящим в конвертерной ванне, теплового баланса плавки. Приведена характеристика процесса продувки воздухом через пористые блоки в днище агрегата, описано влияние азота на качество стали. Описана конструкция и материалы, применяемые в футеровке Томасовского конвертера.

Ключевые слова: Томасовский конвертер, термодинамика, продувка, футеровка, динасовый кирпич, железоуглеродистый расплав, азот.

Введение

Назначением томасовского процесса является передел фосфористых чугунов, содержащих 1,6-2,2% P. Для успешной дефосфорации металла необходимы основные шлаки, следовательно, футеровка конвертера должна быть выполнена из основных материалов. Томасовские конвертеры имеют смолодоломитовую футеровку. Исходными материалами для нее служат обожженный доломит (52-57% CaO, 35-40% MgO) и обезвоженная каменноугольная смола. Из дробленого доломита, смешанного со смолой, прессуют блоки, которыми и футеруют полость конвертера. Обжиг поверхности футеровки происходит непосредственно в конвертере при его разогреве и распространяется на всю толщу огнеупоров во время проведения плавки. При обжиге смола коксуется и прочно связывает зерна доломита.

По конструкции томасовский конвертер принципиально не отличается от бессемеровского, но относительные размеры его большие. Так, удельный объем рабочего пространства достигает 1,4 м³/т против 0,8-1,2 у бессемеровского. Эти увеличенные размеры необходимы ввиду большого количества шлака (30% против 5-7%), образующегося при томасовском процессе. Днища конвертеров футеруют на вибрационных машинах или прессах из смолодоломитовой массы; после формовки в теле днища образуются игольчатые сопла, которые иногда армируют металлическими трубками. Готовые днища подвергают обжигу в специальных печах при температуре 600-700°C.

Особенности применяемых шихтовых материалов

Томасовский чугун имеет следующий состав, %: 0,2-0,5 Si; 0,6-1,3 Mn; 1,8-2,2 P; до 0,06 S. Фосфористые чугуны легкоплавки (температура ликвидуса 1050-1100°C), поэтому их можно заливать в конвертер при 1200-1250°C.

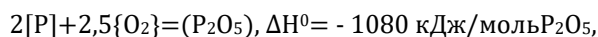
Высокое содержание кремния в томасовском чугуне нежелательно, так как для шлакования кислого оксида SiO₂, необходимо дополнительное количество извести. Фосфор является главным теплоносителем процесса, по его содержанию томасовские чугуны делятся химически холодные (<1,8% P) и химически горячие (>2,2% P). Повышенное содержание серы в чугуне допускается потому, что в ходе процесса она может быть удалена на 30-40%. Содержание углерода в томасовском чугуне (3,2-3,6%) ниже, чем в бессемеровском, так как фосфор снижает растворимость углерода в железе.

В качестве шлакообразующей присадки используют металлургическую известь. При продувке перегретого или химически горячего чугуна применяют охладители: мелкий стальной лом, руду и ее заменители.

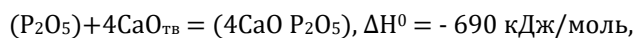
Термохимия томасовского процесса

Теплота, получаемая ванной от окисления углерода, такая же, как и в бессемеровском процессе, теплота от окисления кремния, марганца и железа различается на величину тепловых эффектов образования соответствующих силикатов, так как в основном процессе Mn и Fe остаются в шлаке свободными, а SiO₂ связывается в силикатные комплексы с CaO извести.

Фосфор окисляется с высоким тепловым эффектом для реакции



Теплота шлакования P₂O₅ в фосфатные комплексы также значительна, например, для реакции



В приходную часть теплового баланса томасовской плавки 45% теплоты вносит жидкий чугуны, 55% - экзотермические реакции окисления его примесей. В расходной части баланса физическая теплота металла и шлака составляет 70-72%, теплота, теряющаяся с отходящими газами, - 22-26%. Тепловой КПД томасовского процесса составляет 0,70-0,72.

Технология томасовской плавки

После выпуска очередной плавки в конвертер присаживают расчетное количество извести и заливают чугуны. Затем включают дутье, ставят конвертер в рабочее положение и начинают продувку металла. Томасовская плавка состоит из трех периодов. Кривые окисления примесей в процессе продувки томасовской ванны, изменение ее температуры и состава шлака показаны на рис. 5.

В период I окисляются, главным образом, кремний, марганец и железо, образуя жидкий кислый шлак (силикаты железа и марганца), в котором находятся куски извести. Вследствие низкой температуры начала продувки растворение извести в жидкой части шлака происходит медленно; низкая активность CaO в шлаке препятствует раннему окислению и связыванию фосфора в шлаке.

После снижения концентраций кремния и марганца и разогрева металла начинается период II - окисление углерода. Внешним признаком этого периода является появление над горловиной конвертера факела пламени. Окисление углерода происходит интенсивно, так как фосфористый металл характеризуется повышенной жидкоподвижностью и хорошо перемешивается с газами дутья. Незначительное повышение температуры ванны в этот период (см. рис. 1) объясняется затратами теплоты на растворение извести при относительно небольшом тепловом эффекте реакции окисления углерода. Первые два периода продувки томасовской ванны похожи на бессемеровские.

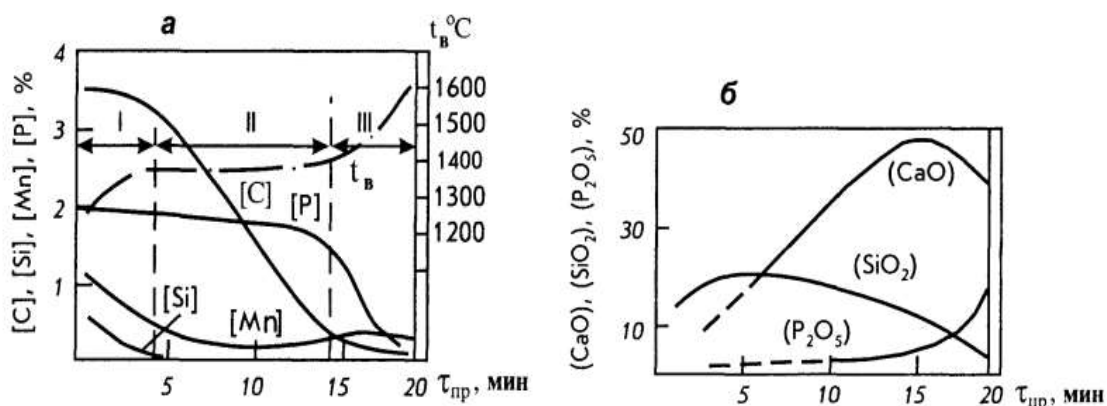


Рисунок 1 – Изменение состава и температуры ванны t (а), состава шлака (б)

Период III - передувка. К концу второго периода в ванне остается небольшое количество элементов-примесей, кроме фосфора, содержание которого уменьшилось незначительно. Следовательно, создаются условия, при которых кислород дутья может расходоваться на окисление фосфора. Одновременно во втором периоде начинает формироваться основной известковый шлак с активностью CaO, достаточной для связывания окисляющегося фосфора, в фосфатные комплексы, то есть для удержания его в шлаке.

Признаком начала третьего периода считают резкое сокращение факела пламени, что свидетельствует об окончании процесса обезуглероживания и начала дефосфорации. В третьем периоде совсем исчезает пламя и идет почти черный дым, продолжительность его устанавливают по аналогии с предыдущими плавками и контролируют по секундомеру.

В начале третьего периода шлак остается еще гетерогенным, но оксиды железа и кислый оксид P_2O_5 , переходящие в шлак, быстро растворяют остатки извести, и шлак гомогенизируется. Поэтому процесс дефосфорации протекает с высокой скоростью и период передувки длится всего 3-4 мин. Экзотермическая реакция окисления и шлакования фосфора значительно повышает температуру ванны. По расчетам 1% окисленного фосфора повышает температуру металла на 120-130°C, следовательно, за период передувки ванна должна нагреться на 220-270°C. Как видно из диаграммы рис. 5, в третьем периоде происходит основной нагрев ванны.

Раскисление томасовской стали

По окончании продувки конвертер наклоняют и возможно полнее сливают шлак, остатки его загущают угорловины присадками извести или доломита и из-под образовавшегося "мостика" сливают металл в ковш. После продувки в конвертерную ванну вводят только кусковой ферромарганец, чтобы он успел раствориться за время слива шлака. Ферросилиций и алюминий присаживают в ковш, на струю металла.

Томасовский металл всегда получают низкоуглеродистым, поэтому для получения среднеуглеродистых сталей его следует науглероживать. Для этого обычно применяют жидкий зеркальный чугун, который заливают в ковш непосредственно перед выпуском плавки. Во избежание сильной рефосфорации, использование твердых и порошкообразных карбюризаторов (кокса, электродного боя и др.) не допускается. Несмотря на все предупредительные меры при выплавке спокойной стали, концентрация фосфора в металле перед разливкой увеличивается обычно на 0,006-0,010%.

Томасовский фосфатшлак

Фосфатшлак – ценный побочный продукт, в значительной степени определяющий экономичность всего процесса. Средний химический состав конечного шлака томасовской плавки следующий, %: 5-10 SiO₂, 16-24 P₂O₅, 40-50 CaO, 8-12 FeO, остальное - MnO, MgO, Al₂O₃. Количество шлака обычно составляет 20-24% от массы чугуна.

Качество фосфатшлака как удобрения определяется содержанием P₂O₅ и растворимостью фосфатов в органических кислотах. При испытаниях растворимость P₂O₅ шлака в 2-процентном водном растворе лимонной кислоты должна быть не ниже 90%. Хорошо растворяются в органических кислотах соединения типа силикат-фосфатов кальция: 4CaO·P₂O₅·SiO₂.

При недостатке SiO₂ в шлаке образуются труднорастворимые соединения типа апатитов. Особенно нежелательно присутствие в шлаке CaF₂, связывающего фосфор в нерастворимые фторапатиты. Так, повышение содержания в шлаке фтора с 0,02 до 0,05% снижает растворимость P₂O₅ с 90 до 80%. Поэтому в томасовском процессе применение плавикового шпата для разжижения шлака недопустимо.

Для получения высококачественного фосфатшлака в нем должно быть не менее 7-8% SiO₂. Недостающее его количество вводят в шлак при выпуске плавки в виде сухого песка, который хорошо растворяется в горячем шлаке. После застывания шлак измельчают, затем тонко размалывают, фасуют и используют в сельском хозяйстве.

Качество и назначение томасовской стали

Томасовская сталь характеризуется повышенным содержанием фосфора (0,040-0,080%) и азота (0,015-0,025%). Эти особенности состава определяют снижение вязкости и пластичности стали, хладноломкость и склонность к старению.

Томасовский металл интенсивно насыщается азотом в период передувки, характеризующейся высокими температурами и отсутствием промывающего эффекта пузырьков CO₂ поэтому в современных вариантах томасовского процесса большое внимание уделяют регулированию температурного режима третьего периода. Наиболее благоприятные результаты были получены при использовании мелкой руды или окалины, вводимых в конвертер в конце второго или в начале третьего периода. Снижение температуры, повышение степени окисленности шлака и металла и одновременное уменьшение расхода дутья снижают содержание азота в готовом металле до 0,012-0,014%.

Томасовская сталь используется, как правило, для изделий неответственного назначения: строительных профилей, арматурного железа, проволоки, штрипсов для сварных труби др. Этот металл характеризуется хорошей свариваемостью и способностью держать покрытия (краски, эмали). Поэтому томасовскую сталь улучшенного качества, то есть с пониженным содержанием азота и фосфора и благодаря низкому содержанию углерода, используют для массового производства автомобильного листа.

Список литературы

1. Конвертерное производство стали. / Б.М. Бойченко - Днепропетровск: Металлургия, 2006. - 453 с.
2. Технологии интенсификации кислородно-конвертерного процесса/ С.О. Сафонов // Наука и молодежь: проблемы, поиски, решения. Труды Всероссийской научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. – 2021. – С. 177 – 180.
3. Изучение влияния (положения, интенсивности) фурмы на параметры реакционной зоны/ В.С. Фадеев, С.О. Сафонов // Наука и молодежь: проблемы, поиски, решения. Труды Всероссийской научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. – 2021. – С. 193 – 196.
4. Анализ конструктивных особенностей дутьевых устройств для продувки металлического расплава в конвертере/ С.О. Сафонов // Наука и молодежь: проблемы, поиски, решения. Труды Всероссийской научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. – 2017. – С. 141 – 143.