

УДК 669.1

**В. В. Калинин<sup>1</sup>, А. С. Черненко<sup>1</sup>, Р. Д. Куземко<sup>2</sup>, В. О. Синельников<sup>3</sup>**

1 – Одесский национальный университет имени И. И. Мечникова, г. Одесса

2 – ПАО «МК «Азовсталь», г. Мариуполь

3 – AGH «Научно-технический университет», г. Краков, Польша

## **ОСОБЕННОСТИ ГОРЕНИЯ ПОЛИДИСПЕРСНОЙ УГОЛЬНОЙ ПЫЛИ ПРИ ФАКЕЛЬНОМ ТОРКРЕТИРОВАНИИ ФУТЕРОВКИ КИСЛОРОДНОГО КОНВЕРТЕРА**

В процессе выплавки стали в кислородном конвертере происходит постоянное изнашивание футеровки – защитного огнеупорного покрытия внутренней поверхности конвертера (до 1 мм за плавку). Факельное торкретирование футеровки кислородного конвертера – метод ремонта футеровки путем нанесения на ее изношенные участки слоя огнеупорной массы, для чего необходим ее разогрев выше температуры размягчения (для MgO около 1550 °C). Нагрев осуществляется за счет сгорания угольной пыли, которая подается одновременно с огнеупорным порошком (исходная смесь порошков – торкрет-масса).

В данной работе построена физико-математической модели факельного горения и динамики движения в кислороде полидисперсной торкрет-массы, представляющей смесь химически реагирующих частиц пылеугольного топлива (в отличие от монодисперсного топлива [1]), и химически инертных частиц огнеупорного порошка. Для аналитического рассмотрения горения и движения торкрет-массы в полости кислородного конвертера используется система уравнений, основанная на законах сохранения массы, энергии и импульса, законах химической кинетики.

Принималось, что на выходе из водоохлаждаемой торкрет-фурмы смешиваются под высоким давлением потоки торкрет-массы (6 атм) и кислорода (15 атм). Результирующая смесь на выходе имеет давление близкое к атмосферному и попадает в полость кислородного конвертера с высокой температурой (1200 °C) и содержанием угарного газа. Газовая фаза факела содержит кислород, необходимый для окисления углерода частиц ПУТ, и является посредником передачи тепла от частиц ПУТ к частицам огнеупора. Таким образом, температура этих фаз не является одинаковой ( $T_f(\text{MgO}) < T_g(\text{газовая смесь}) < T(C)$ ), а понятие температуры факела, которую и определяют экспериментальным путем, становится определенным усреднением.

В данной модели не учитывается наличие летучих газов, которые значительно улучшат разогрев и последующее горение углеродных частиц. Поэтому нагрев порошка до 1300 – 1400 К не приводит к их быстрому воспламенению.

Со временем, когда начинается воспламенение и горение частиц кокса, доля кислорода в смеси начинает активно уменьшаться. На поверхности частиц появляются продукты реакций: угарный и углекислый газ, которые практически мгновенно (турбулентный факел) переходят в газовую смесь. До тех пор, пока температура смеси «низкая» в гетерогенных реакциях образуются в соизмеримых количествах углекислый и угарный газы. При более высоких температурах сказывается роль эндотермической реакции (III): продуктом реакции является преимущественно угарный газ.

Скорость изменения диаметра и массы частиц угольной пыли высокая только при наличии в смеси кислорода. После его «исчезновения», медленное уменьшение диаметра и массы угольных частиц происходит за счет реакции восстановления углекислого газа. Частицы меньшего размера могут полностью выгорать, а более крупные терять в массе до 80 %.

Такое поведение угольных частиц объясняет качественное изменение температур составляющих элементов пылегазовой смеси. На начальном этапе температура частиц угольной пыли повышается. Они нагревают газ, который способствует нагреву частиц огнеупорного порошка. То есть,  $T_p < T_g < T_c$ .

После выгорания кислорода в смеси температура частиц за счет излучения падает быстрее, чем температура газа. Газовая смесь нагревает остывающие частицы огнеупорного порошка и оставшуюся угольную пыль. То есть:  $T_g > T_c, T_p$ .

В результате частицы огнеупорного порошка удается разогреть до температур выше температуры размягчения (1823 К). При этом в газопылевом факеле в результате горения практически исчезают исходные активные компоненты смеси: кислород и угольная пыль.

### Литература

1. *Калінчак В.В., Черненко О.С., Шевченко Т.Г., Козловцев С.В., Дорота Калиш, Куземко Р.Д., Сінельніков В.О.* Модель горіння вугілля і розігріву вогнетривких частинок в технології факельного торкретування футеровки конвертера // Теорія і практика металургії. – 2018. – № 1-2. – С. 27-34.