

Е.В. Протопопов, А.Г. Чернятевич, С.В. Фейлер, А.Н. Калиногорский
Сибирский государственный индустриальный университет, Новокузнецк

ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ВИХРЕВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ НАНЕСЕНИЯ ОГНЕУПОРНЫХ ПОКРЫТИЙ НА ФУТЕРОВКУ КОНВЕРТЕРОВ¹

Тепловая работа конвертеров, их производительность, качество и себестоимость стали во многом определяются стойкостью огнеупорной футеровки. Сегодня одним из общепризнанных направлений повышения стойкости футеровки является разработка технологических способов нанесения шлакового гарнисажа, различных огнеупорных покрытий и создание дутьевых устройств для их реализации.

В практике торкретирования хорошо известен положительный эффект применения закрученных газовых струй [1]. На основании проведенного объема низкотемпературного моделирования и анализа теории вихревых течений выполнена постановка задачи для осуществления «горячих» ремонтов футеровки конвертера. Комбинированное дутьевое устройство предусматривает использование нижней головки фурмы, обеспечивающей раздувку шлака с использованием вихревых течений и конструкцию торкрет-сопел, расположенных по стволу при подаче торкрет-массы закрученными газовыми потоками.

В данной постановке течение на выходе из сопел фурмы качественно отличается в зависимости от степени закрутки потока. При слабо закрученном потоке газа струя ведет себя как обычная незакрученная, которая равномерно раздувает капли шлака по окружности. Во втором предельном случае в центральной области истекающей струи образуется зона возвратного течения, которое в некоторых случаях может даже проникать внутрь сопел фурмы. При больших скоростях, соответствующих реальному случаю, картина течения качественно не меняется. При взаимодействии с поверхностью жидкости в центральной области может возникать приток шлака в центр и возникает режим течения, напоминающий торнадо. Отсос газа создает повышенное разрежение в центре, что увеличивает высоту поднятия жидкости в центре перед фурмой. При приближении к днищу конвертера струя оттесняет жидкость на периферию, и картина течения напоминает обычное взаимодействие струи с жидкостью.

¹ Работа выполнена в СибГИУ по государственному заданию Минобрнауки России, проект 2556

Для данных условий угол раскрытия струи зависит от степени закрутки потока, причем с увеличением последнего струя раскрывается сильнее. Уровень закрутки потока можно менять во время операции при помощи вдувания дополнительного потока газа в зону закручивающего аппарата.

Поток кинетической энергии струи, поступающий в зону взаимодействия, в основном затрачивается на образование новой поверхности и преодоление силы трения при деформации жидкости. В районе взаимодействия струи газа и жидкого шлака наблюдаются мощные пульсации скорости, обусловленные сдвиговыми течениями. На основании предложенной упрощенной модели получено уравнение в критериальной форме, позволяющее оценить средний размер отрывающихся капель:

$$\frac{D}{d} = 6\tau^{\frac{1}{3}} \left(We^{-1} + Re^{-1} \frac{\mu}{\mu_2} \right),$$

где D – диаметр капель шлака, м; We – число Вебера; Re – критерий Рейнольдса; d – эффективный диаметр столба шлака, м; μ_2 – коэффициент динамической вязкости газа, Па·с; μ – коэффициент динамической вязкости жидкой фазы, Па·с; \bar{v}^{\square} – отношение весовых расходов газа и жидкой фазы;

При этом крупные частицы шлака приобретают начальный импульс и до стенки движутся практически по инерции, испытывая практически только сопротивление среды. Частицы среднего размера после выхода в область умеренных скоростей движутся, взаимодействуя с потоком газа, и как бы дрейфуют к стенке конвертера.

На основании предложенных оценок создается предварительное описание процесса, которое позволяет в первом приближении выбрать конструкцию фурмы.

Список литературы

1. Багрянцев В.И. Динамика частиц при торкретировании закрученным потоком / В.И. Багрянцев, А.Л. Николаев, З.Я. Павленко // Огнеупоры. – 1988. – № 6. – С. 48-51.