

ВЛИЯНИЕ СМЕШАННОЙ КОНВЕКЦИИ НА АЭРОДИНАМИКУ ВЫБРОСОВ ПРИ ПЕРЕЛИВАХ ЧУГУНА

Стаховская Н.А., студентка, Недопёкин Ф.В., докт. тех. наук.,
проф., Бодряга В.В., мл. науч. сотр.
Донецкий национальный университет

Предложена математическая модель для изучения влияния тепловой конвекции на аэродинамику выбросов при переливах чугуна. Для оценки вклада естественной и вынужденной конвекции вводится локальный критерий Gr/Re^2 . Модель обеспечивает качественное описание влияния смешанной конвекции на распределение газовых потоков.

В работе рассматривались аэродинамические и теплообменные процессы в полости ковша при переливах чугуна. Каждый перелив сопровождается выбросом пыли, которая состоит из двух основных компонентов: крупнодисперсная графитсодержащая спель и мелкодисперсные оксиды железа (бурого дыма).

Непосредственной причиной образования бурого дыма является взаимодействие мелких капель чугуна с кислородом газовой фазы. Эффективным инструментом подавления бурого дыма является технология [1] с применением нейтрального газа. Правильная организация подачи азота с учётом аэродинамических процессов, является необходимым условием, обеспечивающим эффективность пылеподавления [1]. Для решения задачи необходимо изучить влияние тепловой конвекции на формирование факела выбросов и распределение газовых потоков в объёме наполняемой металлом ёмкости.

Предположим, что струя металла падает отвесно вдоль вертикальной оси ковша и имеет идеальную цилиндрическую форму, а поверхность расплава в ковше плоская. Модель формулировалась для цилиндрической области, имеющей вертикальную симметрию вдоль оси z , ограниченной справа стенкой ковша, слева струёй металла, зеркалом металла в ковше снизу и верхней кромкой ковша сверху. Ввиду малых значений числа Маха ($M < 0,1$), газ считался несжимаемым. Стенки ковша нагреты до температуры $T_{cm} = 1000^\circ C$, расплав чугуна – $T_{cmp} = 1350^\circ C$. Считаем, что температура стенки постоянна и не изменяется, что позволяет не считать теплоотвод от стенки.

Математическая модель процесса аэродинамики в области ковша при наполнении его жидким чугуном описывается следующей системой уравнений: Навье-Стокса в приближении Буссинеска, не-

разрывности, теплопереноса, турбулентной кинетической энергии k и скорости ее диссипации ε :

При разработке математической модели используется модель турбулентности второго порядка – $k - \varepsilon$ модель [2]. В этой модели коэффициент турбулентной вязкости ν_t выражается через кинетическую энергию турбулентности k и скорость ее диссипации ε . При реализации математической модели использованы методы чередующихся направлений, возмущённых коэффициентов и прогонки. Вычислительный эксперимент проводился для случая, когда в незаполненной части ковша аэродинамическая архитектура определяется смешанным конвективным движением: тепловым и динамическим воздействием.

Для оценки вклада естественной и вынужденной конвекции на аэродинамику воздуха в полости ковша, вводится локальный критерий $Gr/Re^2 = x_0 g \beta_T \Delta T / u_0^2$ [3], который вычисляется в каждой точке расчетной области.

При $Gr/Re^2 \ll 1$, вклад вынужденной конвекции существенно превосходит влияние тепловой. Когда значение $Gr/Re^2 \ll 1$, то определяющим фактором в движении газа является тепловая конвекция. Значения Gr/Re^2 по всему объему значительно ниже единицы, что подтверждает существенное влияние вынужденной конвекции, вызванной падающей струей чугуна. Причем в области струи влияние тепловой конвекции выше, чем в пристеночной. Наибольший вклад тепловой конвекции в результирующее движение получен в области “зеркала” металла. Вместе с тем и в этих зонах выполняется условие $Gr/Re^2 \ll 1$. Поэтому можно утверждать, о незначительном влиянии тепловой конвекции на образование потока выбросов.

Список источников

1. Кравец В. А. Подавление бурого дыма при переливах чугуна: Монография. – Донецк: Издательство «УкрНТЭК», 2002-186 с.
2. Launder B. E., Spalding D. B. The numerical computation of turbulent flow Computer methods in applied mechanics and engineering, vol. 3, №2, 1974, pp. 269-288.
3. Гебхарт Б., Джалурия Й., Махаджан Р. Свободноконвективные течения, тепло- и массообмен. В 2-х книгах, кн. 1. Пер. с англ. – М.: Мир, 1991. – 678с.