

ИССЛЕДОВАНИЕ ТУРБУЛЕНТНОЙ ГАЗОВОЙ СТРУИ В СИСТЕМЕ ГАЗОДИНАМИЧЕСКОЙ ОТСЕЧКИ ШЛАКА*

Представлены результаты экспериментального исследования распределения давления вдоль оси импактной газовой струи, необходимые для конструирования соплового аппарата в системе газодинамической отсечки шлака.

Данное исследование связано с разработкой системы газодинамической отсечки шлака при выпуске стали из конвертеров, которая по своим техническим характеристикам выгодно отличается от других способов отсечки [1-3].

При газодинамической отсечке запирающие шлакометаллического потока осуществляется газовой струей, истекающей из соплового аппарата. По мере продвижения соплового аппарата к срезу сталевыпускного отверстия расстояние между срезом сопла и срезом отверстия сокращается. Встреча газовой струи со шлакометаллической струей происходит под углом 90° . Затем, по мере продвижения сопла, расстояние между срезом сопла и сталевыпускным отверстием уменьшается, а угол встречи струй приближается к 180° . Отсечка шлака реализуется на последней стадии перемещения сопла, поэтому для разработки системы газодинамической отсечки шлака представляет интерес именно эта стадия.

Основным направлением исследований при разработке системы газодинамической отсечки шлака является оптимизация параметров запирающей газовой струи с целью достижения максимальной надежности и эффективности газового затвора. В число параметров, влияющих на работоспособность затвора, входят предсопловое давление запирающего газа в форкамере P_0 , расстояние между срезом сопла и сталевыпускным отверстием L , диаметр выходного сечения сопла d_c и его конфигурация, диаметр сталевыпускного отверстия D и другие конструктивные характеристики. В литературе отсутствуют сведения о влиянии перечисленных параметров на характеристики запирающей газовой струи.

Цель данной работы заключалась в исследовании давления вдоль оси импактной газовой струи в сравнении со свободной струей при достаточно широком диапазоне изменения давления перед соплом и различных расстояниях между срезом сопла и сталевыпускным отверстием.

© Гичёв Ю.А., Перцевой В.А., 2003

* Исследования выполнены совместно с к.т.н. Нещерет П.А. (ДНУ)

Исследования выполнены на экспериментальной установке для определения запирающих свойств газового потока, описанной в работе [4]. В опытах использовались профилированные и конические сопла.

Относительные значения располагаемого давления перед соплом \bar{P}_k , давления торможения газа вдоль оси струи \bar{P} и расстояния от среза сопла до среза отверстия определялись соотношениями:

$$\bar{P}_k = (P_k + P_{\text{вн}}) / P_{\text{вн}}; \quad \bar{P} = (P_m + P_{\text{вн}}) / P_{\text{вн}}; \quad \bar{l} = L / d_c, \quad (1-3)$$

где P_m — манометрическое давление, измеренное трубкой полного напора; $P_{\text{вн}}$ — давление внешней среды.

Результаты измерений представлены на рисунках 1 и 2.

Из данных, приведенных на рис. 1 видно, что для профилированных сопел изменение давления вдоль оси на начальном участке истечения незначительно. Вместе с этим просматривается граница между начальным и переходным участками течения, т.е., когда вязкие потери течения начинают сказываться в монотонном падении давления вдоль оси струи.

В соплах с конической сверхзвуковой частью наблюдаются резкие начальные возмущения, связанные с непараллельностью оси сопла векторам скорости газа, истекающего вблизи образующей сопла. Затем возмущения затухают из-за учета вязких потерь при перестройке векторов поля скоростей газа параллельно оси сопла. Наблюдается также монотонное уменьшение давления с ростом относительного расстояния от среза сопла.

В соответствии с характером изменения давления вдоль оси струи можно утверждать, что на участке монотонного уменьшения давления статическое давление в струях близко к атмосферному, т.к. наличие неизобарических областей ведет к пульсации давления торможения на оси. Дальнейшие эксперименты по определению давления вдоль оси струи проводились для переходного участка на расстоянии $\bar{l} > 12$ с использованием только конических сопел, которые предполагается установить в газовом затворе вследствие их более высоких эксплуатационных характеристик.

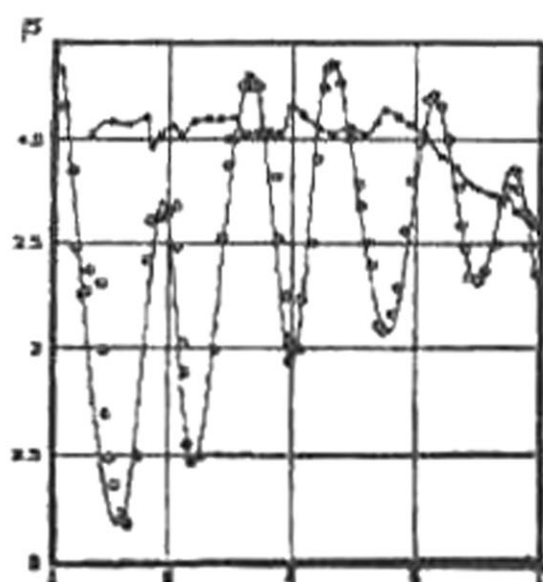


Рисунок 1. Сравнение распределения давления оси струй, истекающих из профилированного (●) и конического (△) сопел

На рисунке 2 представлено сравнение эпюр давления для звукового сопла ($M=1$) в случае истечения из него свободной и импактной газовых струй. Импактность струи создавалась нормально установленной к оси струи ограничивающей плоскостью.

Из сравнения следует, что давление импактной струи при одном и том же расстоянии от среза сопла выше, чем для свободной струи. При этом разность давлений растет с увеличением давления в форкамере, что свидетельствует о возрастании размеров переходной зоны, т.е. зоны перестройки течения от характерного для свободной струи до всеерного потока, растекающегося по плоскости преграды. Такой вывод совпадает с результатами теоретических исследований, приведенных в работе [5].

Представленные результаты измерений позволяют уточнить физическую картину взаимодействия импактной газовой струи с преградой, что необходимо для разработки математической модели турбулентной газовой струи при конструировании соплового аппарата в системе газодинамической отсечки шлака.

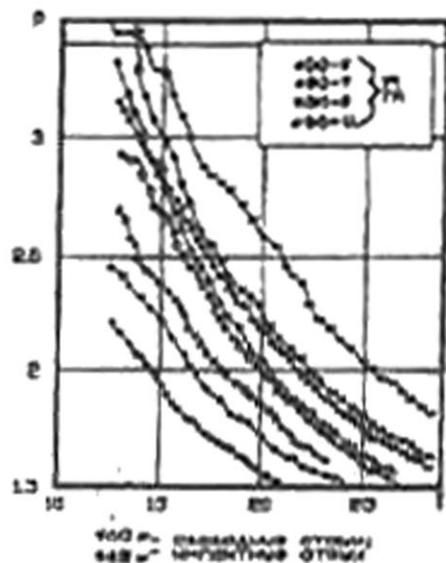


Рисунок 2 – Распределение давления вдоль осей свободной и импактной струй при различных давлениях перед соплом

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Вяткин Ю.Ф., Шор В.И. Отделение металла от шлака при производстве конвертерной стали// Черная металлургия.-1985.-№22.-С.29-35.
2. Разработка способа отсечки шлака в кислородном конвертере//Экспресс информация/ин-т "Черметинформация". Сер. Сталеплавильное производство-1990.-вып.9.-с.1-3.
3. Hammerschmid P., Tacke K.H., Popper H. S., et al. Vortex formation during drainage of metallurgical vessels//Iron making and Steelmaking, 1984-V.11, №6, p.322-339.
4. Гичёв Ю.А. Исследование газодинамической отсечки шлака при выпуске стали из конвертеров// Металлургическая и горнорудная промышленность.2002. №7. С.170-173.
5. Иевлев В.М. Численное моделирование турбулентных течений. - М.: Энергия, 1990.-205с.:ил.

Рукопись поступила 14.03.03.