

УДК 669.053

Гичёв Ю.А. /д.т.н./, Перцевой В.А.

НМетАУ

Результаты экспериментального исследования запирающих с газовой струи при газодинамической отсечке шлака

Исследования связаны с разработкой системы газодинамической отсечки шлака при выпуске сталеплавильных конвертеров. Приведены результаты экспериментального исследования затекания турбулентной газовой струи при различных вариантах натекания струи на сталевыпускное отверстие. Библиогр.: 2 назв.

Внедрение ресурсо- и энергосберегающих технологий в черной металлургии имеет чрезвычайно важное значение, т.к. отрасль отличается высокой материало- и энергоемкостью. Данная работа касается ресурсосбережения в кислородно-конвертерном производстве стали, а именно, качественного отделения от стали при выпуске стали из конвертеров. Качественное отделение шлака обеспечивает успешное выполнение последующих операций, связанных с обработкой стали вне конвертера.

В числе большого разнообразия способов отсечки шлака при выпуске стали из конвертеров выделяются газодинамические способы отсечки, суть которых заключается в воздействии на момент его появления в сталевыпускном отверстии струей газа, запирающей шлак внутри объема. В сравнении с другими способами отсечки газодинамическая отсечка отличается быстротой действия, дистанционным управлением, отсутствием быстроизнашивающихся элементов и компактностью оборудования.

© Гичёв Ю.А., Перцевой В.А., 2006

что давление газа в полости выпускного отверстия для записывания шлака должно обеспечить некое равновесие со шлаком и реакцию на гидроудар вследствие резкого торможения шлака

$$P_{\text{изб}} = \rho_{\text{ш}} \cdot g \cdot (H_{\text{ш}} + L) + (2 \cdot L \cdot \rho_{\text{ш}} \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot (H_{\text{ш}} + L)}) / \tau_{\text{зап}}, \text{ Па}, \quad (1)$$

$\rho_{\text{ш}}$ — плотность расплава шлака, кг/м³;
 g — ускорение свободного падения, м/с²;
 $H_{\text{ш}}$ — высота уровня шлака над сталевыпускным отверстием, м;

L — длина сталевыпускного отверстия, м;

$\tau_{\text{зап}}$ — время записывания шлака, с.

Данные избыточного давления, полученные в ходе эксперимента, приведены на рис. 1, из которых следует, что для обеспечения необходимого для записывания шлака в конвертере, например, при времени срабатывания клапана 1 с, должно быть в пределах 0,040 МПа, а при 2 с — 0,033 ± 0,037 МПа и т.д. Таким образом, с этим первоочередной задачей тальных исследований является обеспечение возможности достижения такого избыточного давления в полости сталевыпускного отверстия.

Сущность задачи для решения данной задачи заключались в измерении давления в струе, втекающей в тупиковый канал импактной струи. Тупиковый канал в эксперименте имитировал сталевыпускное отверстие конвертера, а днище тупикового канала — заторможенный шлак. Принципиальная схема экспериментальной установки для исследования запирающих свойств

представлена на рис. 2. Воздух от компрессора через форкамеру центрального потока при эксперименте с одним запирающим клапаном поступает непосредственно к соплу. Кольцевой канал и форкамера кольцевого потока в экспериментальной установке предназначены для возможности размещения нескольких сопел перед моделью.

Имитирующая сталевыпускное отверстие, выполнена в виде тупикового канала и размещена на модели, который обеспечивал изменение угла натекания струи на тупиковый канал. Для наблюдения волновой структуры потока установка оборудована теневым прибором. В модели тупикового канала дренажные отверстия, к которым подведены импульсные трубки (линии).

Экспериментальные исследования выполнены в два этапа.

На первом этапе исследовалось давление газа на внутреннюю поверхность тупикового канала при натекании струи.

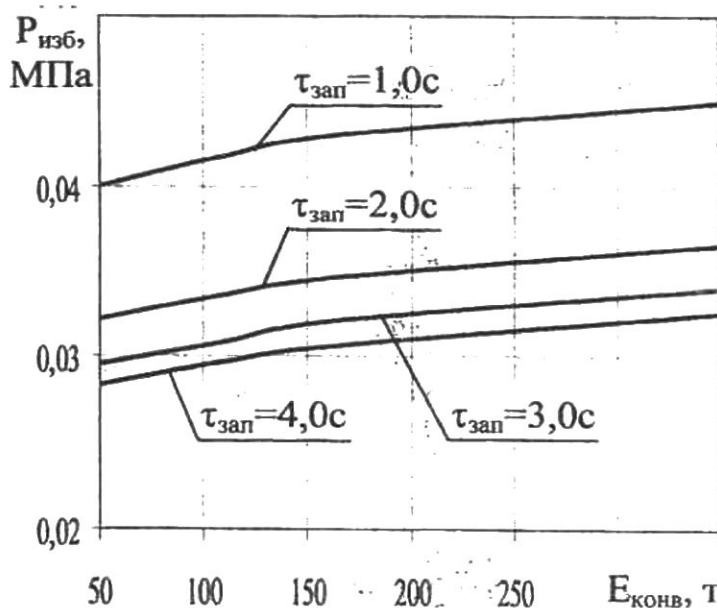


Рис. 1. Давление, необходимое для записывания шлака ($P_{\text{изб}}$) для конвертеров различной емкости ($E_{\text{конв}}$)

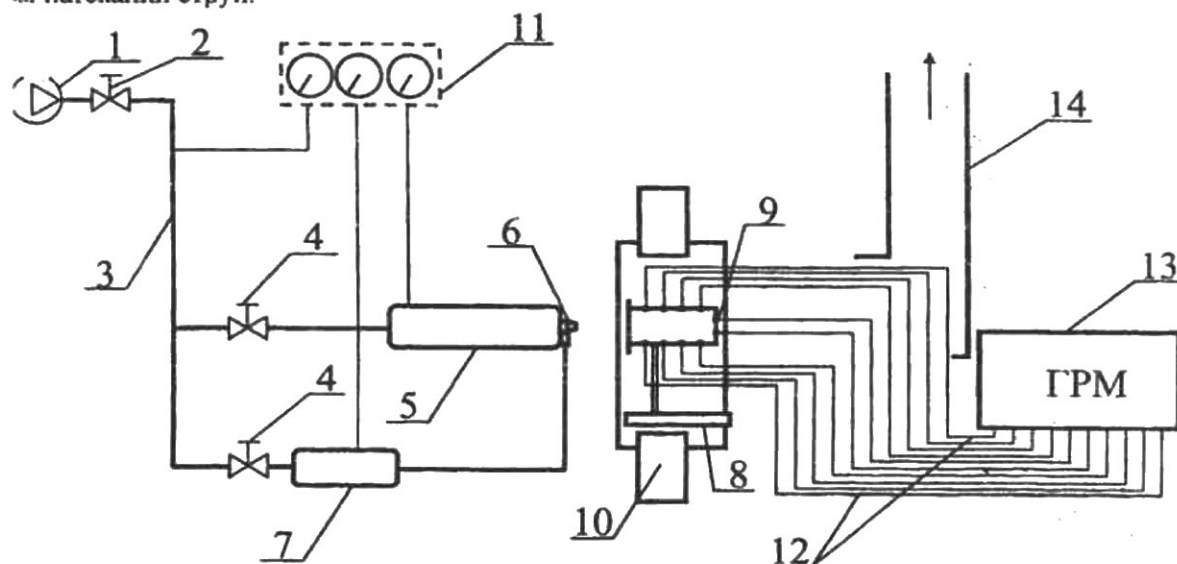


Рис. 2. Принципиальная схема экспериментальной установки.

1 — компрессор; 2 — запорная задвижка; 3 — воздухопровод высокого давления; 4 — регулирующая задвижка; 5 — форкамера центрального потока; 6 — сопло; 7 — форкамера кольцевого потока; 8 — координатник; 9 — модель тупикового канала; 10 — теневой прибор; 11 — щит образцовых манометров; 12 — пакет импульсных линий; 13 — групповой регистрирующий манометр (ГРМ); 14 — воздухоотвод

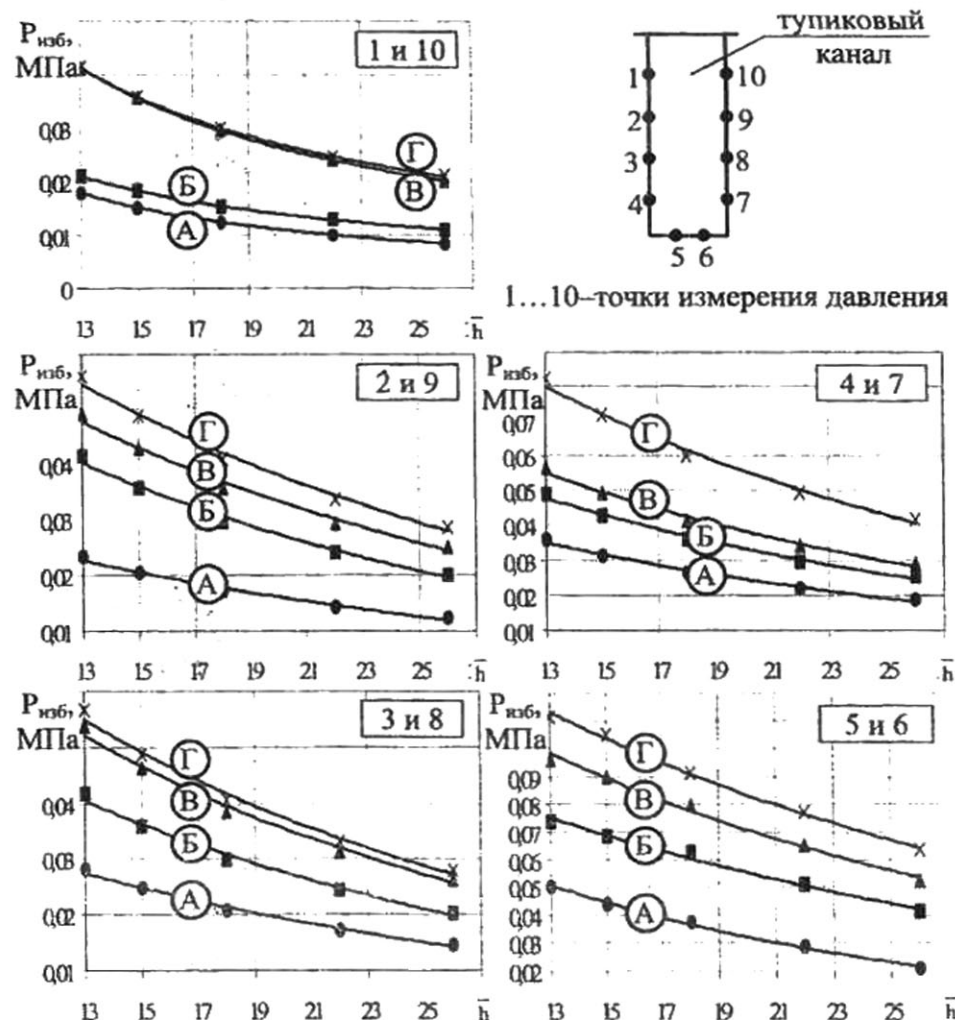


Рис. 3. Результаты измерений давления газовой струи на внутреннюю стенку тупикового канала ($P_{изб}$) — различных относительных расстояниях между соплом и срезом канала $h = h/d_s$, где h — расстояние от сопла до тупикового канала, d_s — диаметр выходного сечения сопла; А, Б, В и Г — давление газа перед соплом (P_0) 0,5, 0,7, 1,0, 1,1 МПа, соответственно

Результаты измерений представлены на рис. 3.

Сравнение давлений газовой струи на внутреннюю поверхность тупикового канала позволяет сделать следующие выводы.

При прочих одинаковых условиях давление на поверхность тупикового канала возрастает с увеличением давления перед соплом и с уменьшением расстояния между соплом и тупиковым каналом, что свидетельствует об адекватности результатов измерений [2]. При всех значениях давлений и расстояниях от сопла до тупикового канала давление струи на днище канала (точки измерения давления 5 и 6) заметно выше по сравнению с давлением на боковую поверхность канала (точки измерения давления 1...4 и 7...10), что объясняется следующим.

Во-первых, реакция днища на втекающую в канал импульсную струю соответствует полному давлению приближающегося к давлению ее торможения.

Во-вторых, давление на боковую поверхность канала не отражает в достаточной степени полное давление струи газа в связи с большой скоростью струи, турбулизацией струи вблизи кромок дренажных отверстий, параллельностью направления движения струи боковым стенкам канала.

В-третьих, давление втекающей в тупиковый канал струи на боковую поверхность канала так же, как и в центральной части канала, уравнивается встречным, отраженным от днища, потоком газа, что приводит к стабилизации давления.

Все это указывает на то, что принятая для отсечки шлака схема движения газа, т.е. непосредственное воздействие струи газа на сталевыпускное отверстие, по своей физической сути вполне обеспечивает работоспособность устройства для газодинамической отсечки шлака, а именно, обеспечивает максимальное давление струи на днище канала и стабилизацию давления внутри канала.

Второй этап экспериментальных исследований включал измерения давления газа при боковом натекании

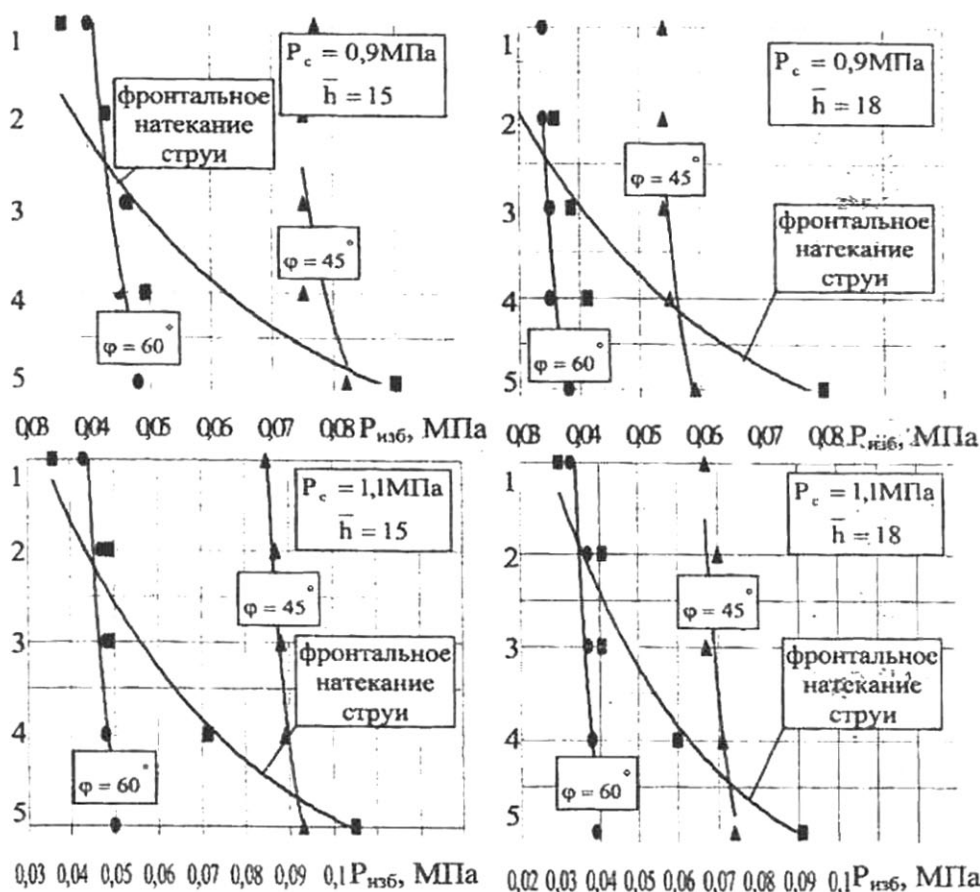


Рис. 4. Зависимость давлений на внутреннюю стенку тупикового канала ($P_{изб}$) при различных вариантах натекания струи на канал

б) канал. Результаты измерений и сравнение давлений газа на внутреннюю поверхность тупикового канала в различных значениях угла (φ) между осью сопла и осью канала представлены на рис. 4.

к) боковом натекании струи на тупиковый канал так же, как и при фронтальном натекании струи, результаты измерений вызывают на их адекватность, т.е. давление на внутреннюю поверхность тупикового канала возрастает с увеличением давления газа перед соплом и с уменьшением расстояния между соплом и тупиковым каналом.

з) особенностей бокового натекания струи можно отметить следующие:

- 1) изменение давления на внутреннюю поверхность тупикового канала, т.е. резко увеличенное давление на боковую стенку по сравнению с фронтальным натеканием здесь отсутствует;
- 2) при боковом натекании на тупиковый канал под углом 45° давление на боковые стенки канала в целом более равносильно с фронтальным натеканием, а при натекании под углом 30° , т.е. при угле φ между осью сопла и тупикового канала 60° , резко снижается.

Из представленных значений измеренных давлений позволяют подобрать конструктивные параметры и давление газа перед запирающим соплом, необходимые для отсечки и записывания шлака в устройстве.

При проектировании устройства для газодинамической отсечки шлака можно использовать уравнение, полученное в результате анализа, которое обобщает всю совокупность измерений избыточного давления в тупиковом канале.

$$P_{изб} = -0,344 + 0,581 \cdot P_c^{0,4} - 0,028 \cdot \bar{h}^{0,5} + 0,0017 \cdot \varphi - 0,0032 \cdot D, \text{ МПа}, \quad (2)$$

где $\bar{h}$ – диаметр тупикового канала, мм.

Приведенное уравнение дает среднеквадратичное отклонение расчетной величины от экспериментальной, что свидетельствует о высокой степени точности аппроксимации совокупности измеренных данных.

Список литературы

1. Ю.А. Исследование газодинамической отсечки шлака при выпуске стали из конвертера // Металлург. и горноруд. техн. - № 7. - С. 170-173.
2. О.А., Перцевой В.А. Исследование турбулентной газовой струи в системе газодинамической отсечки шлака // Металлургия. Сб. науч. тр. НМетАУ. - Том 9. - Днепропетровск: НМетАУ, 2003. - С. 186-188.