УДК 532.525.6

ДАВЛЕНИЕ ЗАПИРАНИЯ В СИСТЕМЕ ГАЗОДИНАМИЧЕСКОЙ ОТСЕЧКИ ШЛАКА ПРИ ВЫПУСКЕ СТАЛИ ИЗ КОНВЕРТЕРОВ

Гичёв Ю.А., Исраелян К.А.

Национальная металлургическая академия Украины (НМетАУ), Днепропетровск, Украина

АННОТАЦИЯ

Приведены результаты исследования одного из вариантов устройства газодинамической отсечки шлака, разработанного в НМетАУ. Представлены избыточные давления газа, необходимые для запирания шлака в летке конвертера. Экспериментально на лабораторной установке определены условия эксплуатации устройства для обеспечения запирающих избыточных давлений при различных конструктивных характеристиках устройства.

Результаты работы можно использовать для разработки режимов эксплуатации рассматриваемого устройства.

ВВЕДЕНИЕ

Среди известных способов отсечки шлака при выпуске стали из конвертеров выгодно выделяется газодинамическая отсечка [1]. По сравнению с другими способами газодинамическая отсечка отличается быстродействием, возможностью автоматизации и дистанционного управления, отсутствием быстроизнашивающихся элементов при эксплуатации и компактностью оборудования.

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЯ

Существующие устройства газодинамической отсечки шлака обладают рядом недостатков: необходимость соосного расположения сопла и сталевыпускного отверстия конвертера для обеспечения качественного отделения шлака от металла и надежного функционирования устройства, ограниченный диапазон диаметров выпускного отверстия конвертера, при которых возможна надежная работа пневматического затвора, а также повышенные давления и расходы газа [1].

Варианты устройств газодинамической отсечки шлака, разработанные на кафедре промышленной теплоэнергетики НМетАУ, учитывают основные конструктивные и эксплуатационные недостатки известных устройств.

На рисунках 1 и 2 показано устройство для отсечки шлака, которое размещено непосредственно в летке конвертера [2, 3].

Для этого летка оборудована футерованным насадком, который жестко прикреплен к торцу летки с возможностью периодической замены, например, в период перефутеровки конвертера.

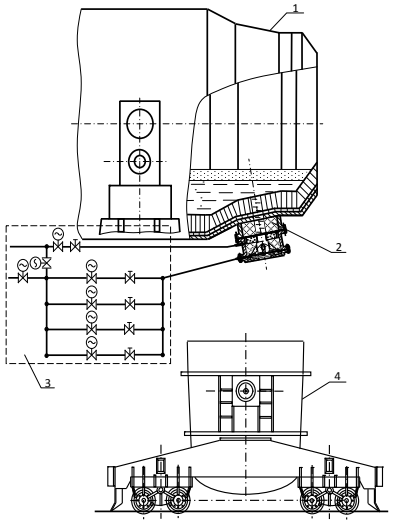


Рис.1 Общий вид системы газодинамической отсечки шлака. 1 – конвертер; 2 – устройство для отсечки; 3 – система подачи запирающего газа; 4 – сталеразливочный ковш.

© Гичёв Ю.А., Исраелян К.А.

Сопла для подачи запирающего газа выполнены наклоненными к оси сталевыпускного отверстия и равномерно размещены по периметру сечения сталевыпускного отверстия.

В период появления шлака во входном торце сталевыпускного отверстия включается система подачи запирающего газа, что обеспечивает необходимое для запирания шлака давление в полости сталевыпускного отверстия конвертера.

В задачу данных исследований входили:

- вычисление давления, необходимого для запирания шлака в сталевыпускном отверстии;
- экспериментальное определение условий, необходимых для обеспечения избыточного давления, запирающего шлак, применительно к приведенному устройству для газодинамической отсечки шлака.

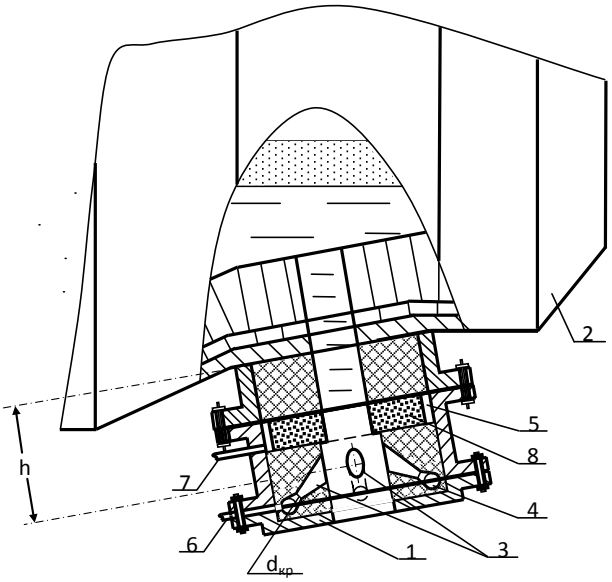


Рис.2 Размещение устройства для отсечки шлака в сталевыпускном отверстии конвертера. 1 - футерованный насадок; 2 - конвертер; 3 - сопла; 4, 5 - коллекторы газа; 6, 7 - газоподводящие каналы; 8 - пористая вставка.

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

Принципиальная схема экспериментальной установки представлена на рисунке 3.

Модель, имитирующая сталевыпускное отверстие, представляет собой тупиковый канала, размещенный на кординатнике, что позволяет изменять угол натекания струи на тупиковый канал.

Давление газа в полости летки для запирания шлака должно обеспечить гидростатическое равновесие в соответствии со схемой, представленной на рисунке 4.

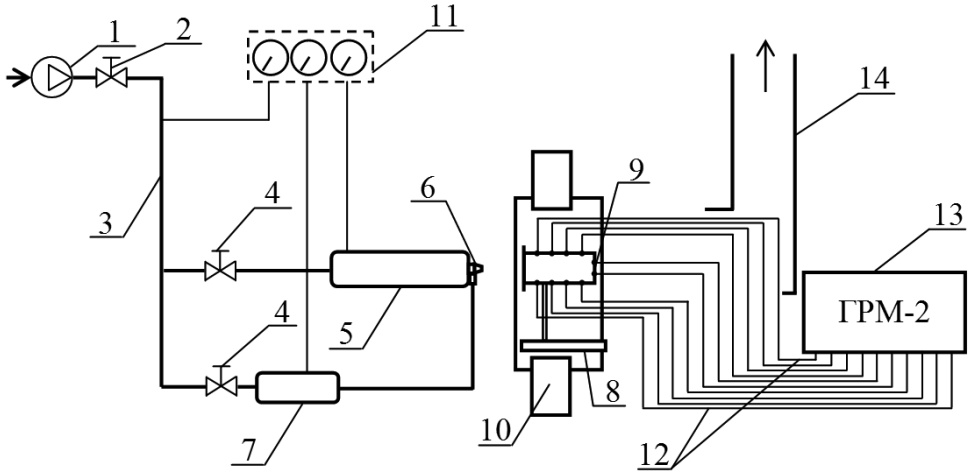


Рис.3 Принципиальная схема экспериментальной установки. 1 - компрессор; 2 - запорная задвижка; 3 - воздухопровод высокого давления; 4 - регулирующая задвижка; 5 - форкамера центрального потока; 6 - сопло; 7 - форкамера кольцевого потока; 8 - координатник; 9 - модель тупикового канала; 10 - теневой прибор;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

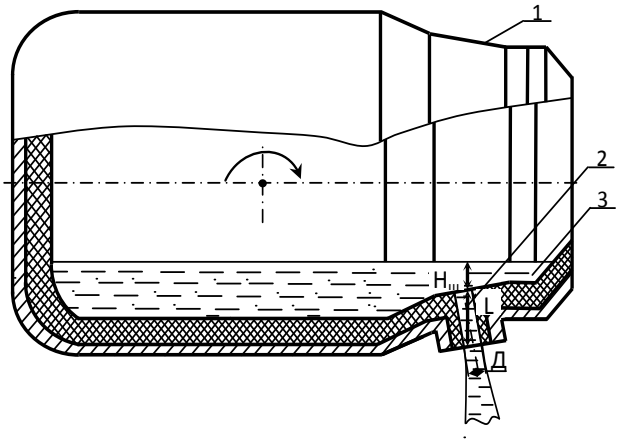


Рис.4 К расчету избыточного давления, необходимого для запирания шлака. 1 - конвертер; 2 - сталевыпускное отверстие; 3 - шлак; $H_ш$ - высота уровня шлака; L и Д - длина и диаметр сталевыпускного отверстия.

Выражение для определения гидростатического давления шлака имеет следующий вид:

$$P_г = H_ш \cdot g \cdot \rho_ш \cdot (1 + K_{ст}), \quad (1)$$

где $H_ш$ – высота уровня шлака над сталевыпускным отверстием, м; g – ускорение свободного падения, м/с^2; $\rho_ш$ – плотность расплава конвертерного шлака, кг/м^3; $K_{ст}$ – коэффициент, учитывающий массовую долю металла в шлаке.

Избыточное давление газа в полости летки конвертера при газодинамической отсечке помимо гидростатического давления шлака должно уравновесить гидравлический удар, обусловленный резким торможением шлака при отсечке. Для уравновешивания гидравлического удара необходимо дополнительное избыточное давление газа:

$$\Delta P = \rho_ш \cdot c \cdot w \cdot \frac{\tau_{гидр}}{\tau_{зап}}, \quad (2)$$

где c – скорость звука в расплаве шлака, м/с; W – скорость движения расплава в сталевыпускном отверстии конвертера, м/с; $\tau_{гидр}$ – продолжительность гидравлического удара, с; $\tau_{зап}$ – время запирания шлака, с.

Окончательно избыточное давление газа, необходимое для запирания шлака, с учетом гидравлического удара составит:

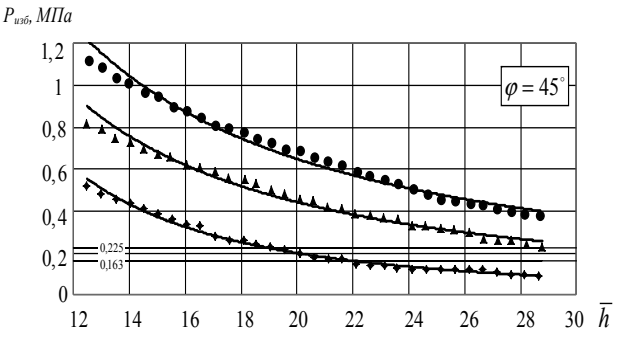
$$P_{изб} = P_г + \Delta P. \quad (3)$$

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

На рисунке 5 помимо экспериментальных данных пунктиром показан интервал давлений (0,163÷0,225 МПа), необходимый для отсечки шлака в зависимости от содержания металла в шлаке (15÷50%). Необходимый интервал давлений для запирания шлака вычислен по формулам (1) – (3) для конвертера емкостью 250 т при времени запирания шлака 1с. Угол наклона оси сопел к оси сталевыпускного отверстия φ=45º.

Сравнение экспериментальных и расчетных данных, представленное на рисунке 5, позволяет подобрать необходимые конструктивные характеристики устройства для отсечки шлака и принять соответствующие давления запирающего газа перед соплом P_c.

В частности, по экспериментальным данным, давление перед соплом 0,8÷1,2 МПа обеспечивает давление запирания во всем диапазоне возможных конструктивных характеристик устройства. За основную конструктивную характеристику принято относительное расстояние выходного сечения сопла до среза летки $\bar{h} = h / d_{кр}$, где h – расстояние от сопла до среза летки, $d_{кр}$ – критическое сечение сопла (см. рис. 2).



◆- $\bar{P}_c = 0{,}8$ МПа; ▲- $\bar{P}_c = 1{,}0$ МПа; ●- $\bar{P}_c = 1{,}2$ МПа.

Рис.5 Зависимость избыточного давления на днище тупикового канала ($P_{изб}$) от относительного расстояния критического сечения сопла до среза летки ($\bar{h}$) при давлениях газа перед соплом 0,8 – 1,2 МПа.

ВЫВОДЫ

Приведена расчетно-экспериментальная методика определения избыточного давления запирающего газа в устройстве газодинамической отсечки шлака. Применение методики проиллюстрировано на примере одного из вариантов системы газодинамической отсечки шлака, разработанного в НМетАУ. Данные, приведенные в работе, могут быть использованы при конструировании рассмотренного варианта системы газодинамической отсечки шлака и разработки режимов его эксплуатации.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гичёв Ю.А., Перцевой В.А. Классификация и сравнение способов отсечки шлака при выпуске стали из конвертеров // Бюллетень научно-технической и экономической информации «Черная металлургия». 2009. №5(1313).- С.32-35
2. Гічов Ю.А., Бичков С.В., Малик О.О., Перцевий В.О. Пристрій для відділення металу і шлаку // Патент на корисну модель. №36516. Україна. C21C5/46, F27D3/15. 2008. 27.10.2008. Бюл. №20.
3. Гічов Ю.А., Бичков С.В., Малик О.О., Перцевий В.О. Спосіб випуску продуктів плавки з конвертера і відсічення шлаку // Патент на корисну модель. №36517. Україна. C21B7/14, F27D3/15. 2008. 27.10.2008. Бюл. №20.