СТЕНД ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ ГЕНЕРАТОРОВ ХОЛОДНОГО ГАЗА

А.А. Павленко, С.С. Титов, Е.В. Муравлев

Институт проблем химико-энергетических технологий Сибирского отделения РАН (ИПХЭТ СО РАН), г. Бийск

Приведено описание стенда для определения параметров газогенераторов холодного газа (расхода, давления и температуры). Описано оборудование для измерения характеристик исследуемых газогенераторов. Приведены данные по работе газогенераторов.

Ключевые слова: топливо, генератор, газ..

ВВЕДЕНИЕ

К настоящему времени в нашей стране и за рубежом разработано весьма большое количество низкотемпературных твёрдых топлив и пиротехнических составов, которые в литературе во многих случаях объединяются под общим названием «газогенерирующих составы» (ГГС). Однако абсолютное большинство из них при горении выделяют газы, содержащие в больших количествах либо пожаро- и взрывоопасные, либо агрессивные, либо токсичные составляющие, либо их различные комбинации. Более того, только наилучшие из существующих газогенерирующих составов способны при горении выделять газы с минимальной адиабатической температурой на уровне 5000С [1,2]. Эти обстоятельства не позволяют их или подобные им составы использовать в разрабатываемом генераторе. Многие из этих составов либо способны к детонации, либо высокочувствительны к механическим воздействиям, либо обладают недостаточным уровнем механических характеристик, либо низким уровнем скорости горения, либо имеют низкую стойкость, либо различными комбинациями этих свойств. По всем этим показателям они также не удовлетворяют поставленным требованиям, что также препятствует созданию газогенератора на их основе.

В последнее время во многих странах мира для низкотемпературных газогенераторов был разработан новый класс твёрдотопливных газогенерирующих составов на основе азидов натрия, обладающих уникальной способностью генерировать при горении азот с высокой чистотой и низкой температурой.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Схема газогенератора с фильтрационным режимом горения пористых газопроницаемых газогенерирующих элементов (ГГЭ) из специальных газогенерирующих составов приведена на рисунке 1.

При этом данный способ предполагает, что эти ГГЭ (поз. 6) после зажигания от устройства зажигания (воспламенителя) (поз. 2) способны без разрушения или объёмного горения к пропусканию горячего газа (поз. 10) через собственное тело. ГГЭ в корпусе (поз. 1) генератора размещается таким образом, чтобы выделяемый во фронте горения (поз. 5) газ под действием перепада давления проходил через негоревшую часть ГГЭ (поз. 6) в направлении движения (поз. 4) этого фронта. При этом он охлаждается до температуры окружающей среды, благодаря теплообмену с материалом ГГЭ. Одновременно он подогревает ГГЭ вблизи фронта горения до температуры, необходимой для поддержания горения. Образующиеся после горения шлаки (поз. 3) являются высококипящими продуктами и за счёт задержки фильтром (поз. 8) остаются в корпусе (поз. 1) генератора, аккумулируя тепловую энергию, переданную им газом при охлаждении.

Запуск газогенератора осуществляется подачей импульса электрического тока на мостик электровоспламенителя. При срабатывании узла запуска поток продуктов сгорания воспламенителя зажигает торец газогенерирующего элемента и вызывает в нем самоподдерживающуюся реакцию горения. Давление газа внутри корпуса может достигать 100–150 кгс/см², в зависимости от величины противодействия в выходной части ГГ.

Под действием перепада давления реализуется режим фильтрационного горения пористого газопроницаемого элемента, за счёт чего обеспечивается охлаждение генерируемого газа. Улавливание и задержку в корпусе шлаков и дополнительное охлаждение генерируемого газа в газогенераторе обеспечивает фильтр. Очищенный и охлажденный газ из патрубка в нижней крышке в виде струи под большим давлением поступает к потребителю.

1 – корпус ГГЭ; 2 – устройство для зажигания ГГЭ; 3 – сгоревшая часть ГГЭ (шлак); 4 – направление движения фронта горения ГГЭ; 5 – фронт горения ГГЭ; 6 – несгоревшая часть ГГЭ; 7 – решётка; 8 – фильтр; 9 – надуваемая ёмкость; 10 – направление движения газа

Рис. 1. Схема газогенератора с фильтрационным режимом горения ГГЭ в процессе работы

На рисунке 2 приведена схема стенда для определения параметров газогенераторов.

1 – газогенератор, 2 – устройство запуска газогенератора, 3 – устройство сбора и обработки информации, 4 – расходомер, 5 – датчик давления, 6 – термопара, 7 – полые трубки для стабилизации потока

Рис. 2. Схема стенда для определения параметров газогенераторов

В качестве расходомера использовался расходомер Smart-Trak. (рисунок 3).

Рис. 3. Расходомер Smart-Trak

При поступлении в расходомер поток газа разделяется на две части, одна часть потока проходит через трубку сенсора, другая часть потока проходит байпас ламинарного потока (рисунок 4). Элемент ламинарного потока создает разность давлений за счет чего часть потока ответвляется через трубку сенсора. Геометрия внутренних каналов прибора такова, что на сенсор поступает строго определенная доля общего потока.

Рис. 4. Схема движения газа через расходомер Smart-Trak C100

На трубке сенсора расположены две терморезистентные катушки, которые подводят постоянное количество теплоты к трубке сенсора, и измеряют ее температуру. Поток газа двигаясь в трубке сенсора переносит тепло от одной катушки к другой. Катушки представляют собой плечи мостовой электрической схемы, где выходное напряжение прямо пропорционально разности сопротивлений катушек, которое в свою очередь является результатом температуры катушек. Два других параметра, подводимое количество теплоты и удельная теплоемкость являются константами. В результате измерений массовый расход газа в основном русле прямо пропорционален изменению напряжения мостовой схемы.

Smart-Trak имеет 2 аналоговых выхода, линейно пропорциональных массовому расходу газа, токовый и по напряжению. Токовый сигнал в диапазоне 0 – 20 мА или 4 – 20 мА, по напряжению в диапазоне 0 – 5 В, 1 – 5 В или 0 – 10 В. Вид выходного сигнала выбирается с помощью пилотного модуля или программного обеспечения прибора. Выходной аналоговый сигнал будет продолжать показывать расход при значениях превышающих полную шкалу на 20%.

Расходомер Smart-Trak имеет основные характеристики:

- относительная погрешность – 1%;
- максимальный расход газа – 15 Нл/с;
- диапазон рабочей температуры – 0-50;
- максимальное давление в системе 35 атм;
- рабочий газ – азот (имеется набор ряда газов).

Для измерения расхода газа с использованием данного расходомера необходимо монтаж в прямолинейный участок трубы с диаметром равным диаметру проходного отверстия расходомера. Длина прямолинейного участка должна быть не менее 30 внутренних диаметров трубы. На рисунке 5 приведен внешний вид газогенератора с подключенным к нему расходомером Smart-Trak C100.

Рис. 5. Установка расходомера

В качестве датчика давления использовался тензометрический датчик РЗМА. В качестве измерителя температуры – термopара ХА.

Экспериментальные исследования

На рисунке 6 приведена зависимость давления P_1 от времени в газогенераторе измеренное тензометрическим датчиком.

Рис. 6. Зависимость давления в газогенераторе

На рисунке 7 приведена зависимость температуры от времени на выходе из газогенератора.

Рис. 7. Зависимость температуры в газогенераторе

Зависимость изменения потока газа проходящего через расходомер Smart-Trak C100 представлена на рисунке 8.

Рис. 8. Зависимость потока газа от времени

При этом общее количество газа при работе газогенератора будет определяться интегрированием данной зависимости по времени. После интегрирования получено 110,8 Нл.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В статье приведены данные по разработанному стенду для определения характеристик топливных газогенераторов.

Для определения давления внутри газогенератора использовался тензометрический датчик давления РЗМА. Для определения расхода использовался расходомер Smart-Trak C100 и для определения температуры на выходе из генератора термopара. Приведены экспериментальные данные по характеристикам газогенераторов.

Работа выполнена в рамках базового бюджетного проекта «Энергонасыщенные материалы: разработка, создание, применение» и при использовании приборной базы Бийского регионального центра коллективного пользования СО РАН (ИПХЭТ СО РАН, г. Бийск).

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Шандаков В.А., Жарков А.С., Стрельников В.И., Пилюгин Л.А. и др. Физико-химические основы создания элементов снаряжения низкотемпературных газогенераторов различного назначения.-М., ФИЗМАТЛИТ, -2011,- 152с.

2. Ваулин С.Д., Калинин А.М., Ковин С.Г., Марьяш В.И. Низкотемпературные газогенераторы на твёрдом топливе. Т1. – Ижевск, ИПМ УРО РАН, -2006г. -236с.

3. Патент на изобретение № 2108282 (РФ). Способ получения холодных газов и изделие для его осуществления. / Авторы: Комаров В.Ф., Шандаков В.А., Борочкин В.П., Сакович Г.В.; заявитель ОАО «ФНПЦ «Алтай»; дата приоритета 28.11.1996.

Титов Сергей Сергеевич – заместитель директора по научной работе, к.т.н., ИПХЭТ СО РАН, Телефон/факс: (3854) 30-17-25, Эл.почта: titov@ipcet.ru

Павленко Анатолий Александрович – главный научный сотрудник д.ф.-м.н., ИПХЭТ СО РАН, Телефон/факс: (3854) 30-17-25.

Муравлев Евгений Викторович – старший научный сотрудник, к.т.н., ИПХЭТ СО РАН, ИПХЭТ СО РАН, Телефон/факс: (3854) 30-58-47.

STAND FOR DETERMINING THE PARAMETERS OF COLD GAS GENERATORS

A.A. Pavlenko, S.S. Titov, E.V. Muravlev

Institute for Problems of Chemical and Energetic Technologies of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Biysk

Abstract – A description of the stand for determining the parameters of cold gas generators (flow rate, pressure and temperature) is given. Equipment for measuring the characteristics of the gas generators under study is described. The data on the operation of gas generators are presented.

Index terms: fuel, generator, gas.

REFERENCES

1 Shandakov V.A., Zharkov A.S., Strelnikov V.I., Pilyugin L.A. and others. Physicochemical foundations for the creation of elements of equipment for low-temperature gas generators for various purposes. -M., FIZMATLIT, -2011, -152s.

2. Vaulin S.D., Kalinkin A.M., Kovin S.G., Maryash V.I. Low temperature solid fuel gas generators. T1. - Izhevsk, IPM URO RAS, -2006. -236s.

3 Patent for invention No. 2108282 (RF). A method for producing cold gases and a product for its implementation. / Authors: Komarov V.F., Shandakov V.A., Borochkin V.P., Sakovich G.V. ; applicant JSC FNPTs Altai; priority date 11/28/1996.

Pavlenko Anatoliy Aleksandrovich - Doctor of physical and mathematical sciences, Chief researcher, Institute of problems of chemical and power technologies of the Siberian Branch of the Russian Academy of Science Ph. (3854) 30-58-47, e-mail: pavlenko@ipcet.ru.

Titov Sergey Sergeevich - Candidate of Technical Sciences, Scientific Secretary, Institute of problems of chemical and power technologies of the Siberian Branch of the Russian Academy of Science Ph. (3854) 30-17-25, e-mail: titov.sergey.s@gmail.com.

Muravlev Eugene Viktorovich - Candidate of Technical Sciences, Senior research, Institute of problems of chemical and power technologies of the Siberian Branch of the Russian Academy of Science Ph. (3854) 30-58-47, e-mail: evvimv@gmail.com.