УДК 662.951.2

Климаш А.А. − инж., Институт химических технологий Восточноукраинского национального университета им. В. Даля, г. Рубежное, Украина
Соловьёв Г.И. − к.т.н., доц., Технологический институт Восточноукраинского национального университета им. В. Даля, г. Северодонецк, Украина
Попович А.Н. − аспирант, Технологический институт Восточноукраинского национального университета им. В. Даля, г. Северодонецк, Украина

ИССЛЕДОВАНИЕ КАТАЛИТИЧЕСКИ-СТАБИЛИЗИРОВАННЫХ ГАЗОГОРЕЛОЧНЫХ УСТРОЙСТВ ДЛЯ БЫТОВЫХ И ПРОМЫШЛЕННЫХ АППАРАТОВ

В данной работе показаны результаты исследования энергосберегающих каталитически-стабилизированных газовых горелок инфракрасного излучения. Экспериментально показана возможность эффективного использования инфракрасных газогорелочных устройств в бытовых и промышленных аппаратах.

Ключевые слова: металлофольговый катализатор, горелка инфракрасного излучения, каталитически-стабилизированное сжигание газа, КГТУ.

Введение

В промышленности и энергетике весьма актуальными остаются проблемы экологически чистого сжигания топлив, а также энергосбережения, которые решаются благодаря повышению КПД горелок и агрегатов. На Украине и в других странах СНГ в настоящее время выпускаются разнообразные типы бытовых водогрейных аппаратов и промышленных котлов, которые по энергосбережению (КПД не более 92% по низшей теплотворной способности топлива) и экологическим показателям (содержание NO – 130 мг/м^3; CO – 120 мг/м^3) существенно уступают мировым стандартам. Анализ технических решений зарубежных фирм показал, что улучшить показатели энергосбережения и экологии в отечественных изделиях невозможно без существенного изменения принципов сжигания природного газа в горелках и условий теплопередачи в котлах.

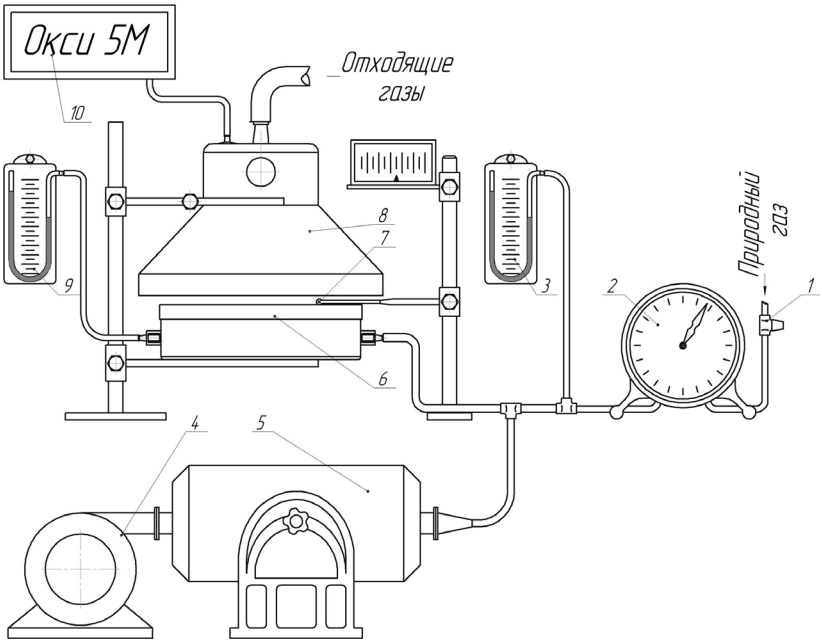
Цель работы

Целью данной работы являлось разработка и проведение исследования энергосберегающих каталитически-стабилизированных газовых горелок на базе новых катализаторов, носителями которых являются термостойкие сотовые керамические, керамволокновые и металлофольговые структуры. Определение возможности их использования в газовых котлах, печах и КГТУ.

© Климаш А.А., Соловьёв Г.И., Попович А.Н. 2013

Методика исследования

Исследование полученных образцов проводились на следующей экспериментальной установке:



1 – газовый кран, 2 – газовый счетчик, 3 – дифманометр, 4 – вентилятор, 5 – печь для нагрева воздуха, 6 – газовая горелка, 7 – термопара, 8 – купол для отбора проб, 9 – дифманометр, 10 – прибор ОКСИ 5М
Рис. 1. Установка для исследования работы каталитически-стабилизированных газовых горелок

Экспериментальные исследования проводили следующим образом. Природный газ из сети низкого давления через газовый кран 1 поступал в газовый счетчик барабанный марки «ГСБ-400» 2. Давление природного газа перед горелкой измеряли с помощью водяного дифференциального манометра 3. Воздух из атмосферы забирался с помощью вентилятора 4 и подогревается с помощью печи 5 до температуры ≈300-350ºС. Воздух и природный газ смешивали в заданном соотношении и подавали в опытную газовую горелку 6. Анализ топочных газов, поступающих в купол для отбора проб, проводили с помощью автоматического переносного газоанализатора марки

«Окси 5М» на содержание O_2, CO_2, CO, NO и здесь же определялся коэффициент избытка воздуха, а также измерялась температура охлажденных выбросных топочных газов.

Результаты работы

Катализаторы и каталитически-стабилизированные горелки, в которых они применяются, могут эксплуатироваться в весьма разнообразных процессах и агрегатах. В соответствии с этим устанавливаются особые требования к дизайну и допустимым параметрам эксплуатации.

Пример 1.

В каталитически-стабилизированную горелку мощностью до 6 кВт загружают сотовый палладиевый (0,07% масс.) катализатор, представляющий собой металлофольговый носитель, из нержавеющей стали марки 12Х18Н10Т (гофра 1,7×1.7 мм, толщина 0,08 мм). Преимущества катализаторов на металлических носителях, в отличии от керамических структур показаны в работах [1, 2]. Носитель предварительно обработан в установке ионной имплантации для нанесения приповерхностного слоя нитрида и оксида алюминия на глубину 10-25 нм, который обеспечивает термостойкость катализатора до 1350°С и прочность сцепления тонкой пленки активных компонентов с металлической подложкой [3]. Размер каталитического блока 95×135×12 мм, порозность – 89%.

Экспериментальные исследования проводили в лабораторной установке рис. 1 со следующими параметрами процесса:

- пределы по избытку воздуха α=1,05÷1,55 («богатые» смеси близкие к стехиометрии);
- время пребывания газо-воздушной смеси в слое катализатора – 0,007-0,03 с;
- линейная скорость газовой смеси в пересчете на полное сечение фильтрации – 0,07-0,35 м/с;
- степень гетерогенно-каталитического превращения метана – не более 50%;
- доля инфракрасного излучения – 37-41%;
- температурный режим горения:
- σ=18 Вт/см^2, τ=0,03 с, $Q_{изл.}$=660ºС, $T_{топ. газ.}$=720ºС.
- σ=55 Вт/см^2, τ=0,006 с, $Q_{изл.}$=980ºС, $T_{топ. газ.}$=1050ºС.

Пример 2.

Горелка была помещена в лабораторную модель печи плавки базальта с переменным и уменьшающимся во времени теплоотводом [4]. В каталитически-стабилизированную горелку загружают сотовый катализатор, носителем которого является синтетическое минеральное волокно марки «ALSIFLEX KT-1600». Ката-

литически активным компонентом является шпинель алюмината магния (20%) и шпинель хромата магния (6,5%). Допустимая температура эксплуатации минераловатного катализатора - 1600ºС. Магниевые шпинели активных компонентов алюминия и хрома имеют температурный предел стабильности до 2300ºС. Размер каталитического блока 70×120×5 мм, порозность – 96±2%. Для предотвращения прогрева нижних слоев катализатора до температуры самовоспламенения в горелке под слоем катализатора располагают теплоизоляционный слой толщиной 25-50мм, который представляет собой плиту из керамического волокна плотностью 300 кг/м^3 (порозность 91±1%, доля просверленных диаметром 1мм отверстий -4%).

Исследования проводили со следующими параметрами процесса:

- пределы по избытку воздуха α=1,05÷1,1;
- линейная скорость газовой смеси в пересчете на полное сечение фильтрации – 0,1-0,5 м/с;
- степень гетерогенно-каталитического превращения метана – не более 50%;
- доля инфракрасного излучения – 37-41%;
- температурный режим горения:
- σ=25 Вт/см^2, $Q_{изл.}$=1050ºС, $T_{топ. газ.}$=1150ºС.
- σ=75 Вт/см^2, $Q_{изл.}$=1530ºС, $T_{топ. газ.}$=1600ºС.

Пример 3.

Исследование сотового металлофольгового палладиевого (0,15% масс.) катализатора проводили в модели КГТУ. Размеры цилиндрического каталитического блока: Ø – 50мм, h – 100 мм.

Параметры процесса:

- содержание метана в метано-воздушной смеси – 4±0,3% («бедная» смесь, α≥2,2÷2,3);
- линейная скорость газовой смеси в пересчете на полное сечение фильтрации – 1,4-5,2 м/с;
- температура газовой смеси на входе в каталитический слой - 350±20ºС;
- температура топочных газов после каталитического блока - 1240±50ºС.

В результате проведения исследований были получены данные, свидетельствующие о том, что организация процесса каталитически-стабилизированного сжигания углеводородного топлива способствует повышению эффективности и экологичности работы газовых горелок.

Благодаря внедрению каталитических горелок обеспечивается постоянство значений КПД котлов во всем диапазоне мощностных нагрузок и экономия горючего газа составит 12-17% (см. Рис. 2).

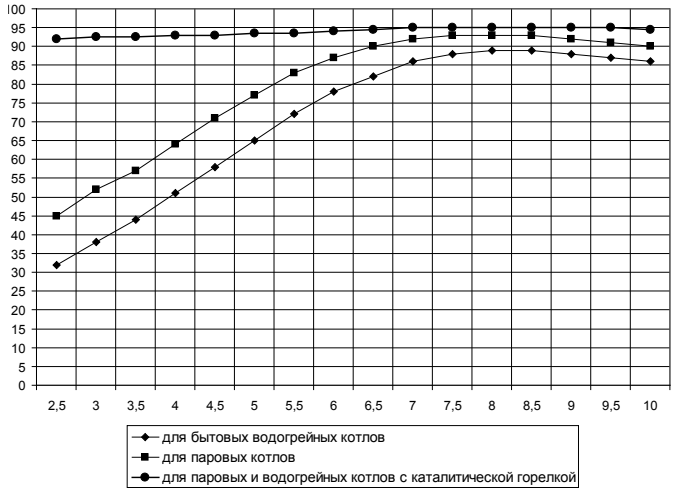


Рис. 2. Зависимость КПД котлов от мощности

Экологические показатели при внедрении каталитически-стабилизированных беспламенных инфракрасных горелок:

- содержание CO в дымовых газах – 0-45 p.p.m. (не более 0,005% об.);
- содержание NO_x – 3-8 p.p.m. (не более 12 мг/м^3).

Сравнение каталитически-стабилизированной и пламенной горелок по удельным выбросам NO_x в воздух показано на рисунке 3.

Рис. 3. Зависимость удельных выбросов NO в атмосферу от удельной термической нагрузки для обычной и каталитически-стабилизированной горелок

Также для промышленных аппаратов (высокотемпературные печи варки стекла и плавки базальта) экспериментально было установлено, что замена существующих газовых пламенных горелок на каталитически-стабилизированные горелки с управляемым процессом двухступенчатого горения обеспечивает снижение максимальных пиковых температур в инертных дымовых газах до примерного равенства с температурой излучающей твердой поверхности. Этот эффект способствует сокращению тепловых потерь в окружающую среду и экономии природного газа на 15-17%.

Выводы

В результате исследования газовых установлено, что замена существующих пламенных горелок на каталитически-стабилизированные инфракрасные горелки обеспечивает:

- увеличение доли инфракрасного излучения до 37-41% и коэффициента теплопередачи в 1,5-1.8 раза;
- повышение КПД аппаратов (вплоть до конденсационных режимов);
- экономию горючего газа до 20%.

Практическое значение проведенного исследования связано с возможностью освоения промышленного производства на Украине современных катализаторов и каталитически стабилизированных инфракрасных газовых горелок, а также нового поколения экологически чистых, энергосберегающих бытовых газовых плит, котлов, и промышленных аппаратов, в том числе решить проблему создания отечественных КГТУ.

Литература

1. Vaneman G.L. Comparison of metal foil and ceramic monolith automotive catalytic converters / G.L. Vaneman // Catalysis and automotive pollution control II. – 1991. – vol. 71 – С. 537 – 555.
2. McCarty J.G. Stability of supported metal and supported metal oxide combustion catalysts / J.G. McCarty, M. Gusman, D.M. Lowe [та ін.] // Catalysis Today. – 1999. – № 47 – С. 5 – 17.
3. Гончаров В.В. Синтез Al_2O_3 на поверхности блочных носителей для катализаторов из нержавеющей стали / В.В. Гончаров, Г.И. Соловьев // Вісник Східноукраїнського національного університету. – 2011. – № 10 (164). – С. 122-126.

   Goncharov, V.V., Soloviev, G.I. (2011), “Synthesis of Al2O3 on the surface of a catalyst support block of stainless steel”, Vistnyk

Skhidnoukrainskoho natsionalnoho universytetu, no.10 (164), pp. 122-126.

4. Климаш А.А. Испытание каталитически-стабилизированных газогорелочных устройств в энерготехнологических высокотемпературных печных процессах / А.А. Климаш, Г.И. Соловьев // Вісник Національного технічного університету «ХПІ». – 2013. – № 16 (989). – С. 168-171.

   Klimash, A.A., Soloviev, G.I. (2013), "The test of catalytically-stabilized gas burning devices in energotechnological high-temperature furnace processes", Vistnyk Natsionalnoho tekhnichnoho universytetu , no.16 (989), pp. 168-171.

Рукопись поступила 15.05.2013 г.