

САМОРАСПРОСТРАНЯЮЩИЙСЯ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНЫЙ СИНТЕЗ ПОРИСТЫХ ПРОНИЦАЕМЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ УТИЛИЗАЦИИ ПОПУТНОГО НЕФТЯНОГО ГАЗА В РЕЖИМЕ ФИЛЬТРАЦИОННОГО ГОРЕНИЯ

Нурушев А.М., Имамов Р.Р., Милюкова И.В.

Руководитель: д.т.н. Гуляев П.Ю.

ГОУ ВПО «Югорский государственный университет», г.Ханты-Мансийск.

I_Milykova@ugrasu.ru

Утилизация попутного нефтяного газа (ПНГ) является актуальной проблемой из-за неподготовленности инфраструктуры для сбора, подготовки, транспортировки, переработки попутного газа и отсутствия его потребителя, в большинстве случаев, Сжигание и выброс в атмосферу ПНГ ведет к загрязнению окружающей среды и усиливает глобальный парниковый эффект. Существует несколько методов утилизации ПНГ, однако данные технологии требуют существенных финансовых вливаний:

Задачей любой ресурсосберегающей технологии утилизации ПНГ является преобразование тепловой энергии непосредственно на месторождении с наилучшим коэффициентом использования топлива, экологическим эффектом и безопасностью.

Принципиально новые возможности для решения данной проблемы открывает применение физического явления «сверхадиабатического фильтрационного горения» (СФГ) [1], являющегося новым направлением и физико-химическим механизмом сжигания газов. Процесс фильтрационного горения протекает внутри проницаемой пористой среды, которая служит стабилизатором теплоотвода из зоны реакции и позволяет накапливать теплоту продуктов сгорания. С этим связано появления эффекта сверхадиабатического горения, когда интегрирование теплового потока приводит к резкой локализации области экзотермической реакции внутри пористой среды со значительным повышением температуры в ней по сравнению с обычным сжиганием газа. Данное свойство фильтрационного горения позволяет поднять эффективный коэффициент использования топлива (КИТ) в подобных горелках до 85-95%./.. Кроме того, уменьшение зоны сгорания газа, которая обладает высокой температурой, позволяет уменьшить концентрацию токсичных продуктов горения CO, NO и др. Следует подчеркнуть устойчивость фильтрационного горения к ряду возмущающих факторов, среди которых изменение давления и температуры окружающей среды, а также изменение направления и интенсивности конвективного теплоотвода, связанного с изменением направления и скорости ветра.

Наиболее просто режим СФГ реализовать в виде спутной волны фильтрационного горения метановоздушной смеси в инертной засыпке или пористом проницаемом материале. Предложено использовать в качестве фильтрующей среды пористую тугоплавкую металлокерамику на основе Ni_3Al , полученную методом самораспространяющегося высокотемпературного синтеза (СВС) [2] из стехиометрической смеси порошков никеля (ПНК-УТЗ, 3-10 мкм) и алюминия (ПА-4, 30-60 мкм).



Рисунок 1. СВС-синтез металлокерамического элемента «фильтрационной горелки»

СВС-технология получения конечных изделий состоит из засыпки порошков в необходимую форму «фильтра-горелки» и зажиганию самораспространяющейся волны синтеза. На рисунке 1 показан процесс СВС-синтеза проницаемой пористой металлокерамики для фильтра-горелки и готовый элемент фильтра-горелки, выдерживающей давление газа до 35 МПа. Формирования структуры пористого ПМ включает несколько стадий по схеме: $3\text{Ni} + \text{Al} \rightarrow \text{NiAl} + 2\text{Ni} + \text{Q}(\text{тепло}) \rightarrow \text{Ni}_3\text{Al}$.

Для исследования механизма формирования пористой структуры была применена методика яркостной микропирометрии [3] с высоким разрешением по времени (1 мкс) и тепловизионной видеосъемки тонкой тепловой структуры волны СВС [4]. Экспериментальная установка, в которой использовались сверхскоростная телевизионная камера «Видео-Спринт» с электронно-оптическим преобразователем-фотоумножителем на микроканальной пластине и оптическим затвором «Nano-Gate» с быстродействием 20 нс, показана на рисунке 3.

По методикам, описанных в [3,4], проведены эксперименты по регистрации теплового поля и измерению локальных температур самораспространяющегося высокотемпературного синтеза в системе Ni-Al-инерт. В качестве инерта использовался размолотый конечный продукт СВС-синтеза той же системы.

Результаты этих экспериментов представлены в виде последовательности кадров развития процесса синтеза, а также термограмм, показывающих изменение температуры с течением времени во фронте горения. Регистрация производилась с боковой поверхности образца при прохождении волны СВС в поле зрения 2x2 мм через два оптических канала бинокулярного микроскопа МБС-10. На основе одновременно получаемых данных микропирометрии (поле зрения 100x100 мкм) и тепловизионной съемки, определялись характерные

пространственно – временные масштабы тепловой структуры волны СВС и температурная динамика в локальной точке (рис.2).

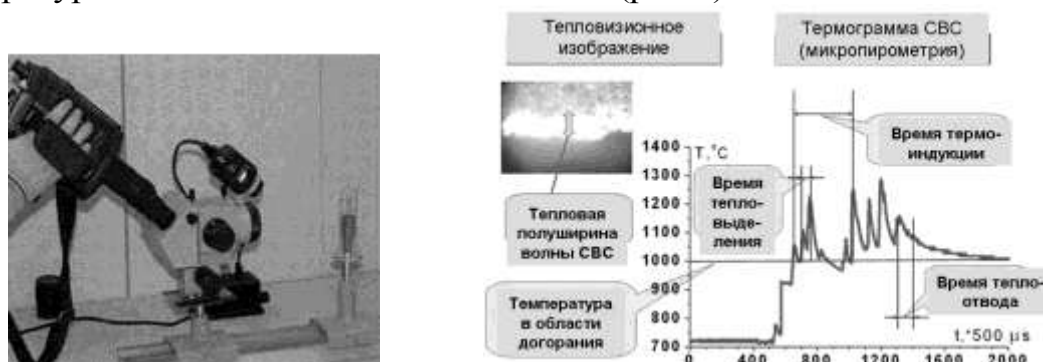


Рисунок.2 Стенд для регистрации теплового поля СВС, и результаты эксперимента

Установлено, что при объемной пористости в пределах 55-65% определяющим механизмом структурообразования являются наноразмерные (10^{-14} - 10^{-16} м²) контактные явления между частицами никеля. Статистическим методом случайных секущих было выявлено наличие трех характерных масштабов структур: «шероховатости» на уровне гетерогенности (менее 10 мкм), агломераты частиц (порядка 100 мкм), магистральные поры типа «кораллов» (от 250 до 1500 мкм). Наноструктура каталитической поверхности объясняется появлением трехмерных зародышей в тонком слое промежуточных интерметаллидов.

Заключение

Применение порошковых технологий СВС, для изготовления основного функционального элемента: высокопористого «фильтра-горелки-пламегасителя» легко позволяет решать задачу конструирования и производства таких элементов. Тугоплавкость и особая наноструктура СВС-материалов позволяют безопасно эксплуатировать «фильтры-горелки» в экстремальных температурных условиях, недоступных для конструктивных элементов из обычных металлов. Пористые проницаемые материалы привлекательны тем, что имеют хорошую воспроизводимость таких свойств как пористость, проницаемость, возможность формообразования в процессе изготовления, возможность введения дешевых инертных добавок в процессе приготовления шихты, а также возможность многократной термической регенерации.

Литература

1. Гусаченко Л.К., Зарко В.Е., Рычков А.Д., Шокина Н.Ю. Фильтрационное горение энергетического материала в спутном потоке собственных продуктов. Критические условия // ФГВ, 39, № 6, 97-103, (2003).
2. Милукова И.В. и др. Интегральные технологии самораспространяющегося высокотемпературного синтеза – М.: Высшая школа, 1996. – 274с.
3. Гуляев, П.Ю. Новая методика высокоскоростной яркостной пирометрии для исследования процессов СВС [Текст]/ П.Ю.Гуляев, Д.А.Гарколь, В.В.Евстигнеев, А.Б.Мухачев - Физика горения и взрыва.-1994.-т. 30, № 1.- С.72-77.
4. Гуляев, П.Ю. Исследование тепловой структуры волны горения самораспространяющегося высокотемпературного синтеза [Текст]/ П.Ю.Гуляев, В.И.Иордан, А.В.Калачев - Известия АлтГУ, сер. Физика.- 2005. - № 1(45).- С. 104-109.