

УДК 662.612.3+537.6

ГОРЕНИЕ КОНДЕНСИРОВАННЫХ ВЕЩЕСТВ В ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКОМ ПОЛЕ

© 2011 И. А. Зырянов, А. П. Позолотин

Вятский государственный университет

Представлены результаты экспериментального исследования влияния внешнего электростатического поля на массовую скорость горения тридекана, ПММА, СКН-26, СКМС-30, локализованного в области газозажигательных реакций и жидкой фазы. Воздействие поля на газовую фазу меняет форму факела пламени и протекания в нём хемионизационных реакций, что приводит к изменению скорости горения. При предварительной обработке полей жидкой фазы наблюдается уменьшение интенсивности горения. Для полимеров подобного эффекта не обнаружено.

Горение, электрическое поле.

В работах [1-3] показаны возможности влияния электростатических полей на горение конденсированных веществ как в сторону увеличения, так и уменьшения скорости горения. Поля в работах накладываются интегрально на всю зону горения, а интерпретация результатов даётся на основании механизмов взаимодействия хемоплазмы пламени и электрического поля [1]. Однако существующие механизмы не позволяют описать ряд эффектов [4], а также не учитывают влияния поля на свойства самого топлива, которые имеют место [5-7].

В связи с этим в работе поставлена задача исследовать влияние электростатического поля, созданного локально в области факела пламени, и жидкой фазы на скорость горения конденсированных веществ.

Электрическое поле создаётся пластинами плоского конденсатора, что позволяет локализовать поле в выбранной зоне, схема расположения электродов представлена на рис.1. В качестве топлив использовались: тридекан, полиметилметакрилат (ПММА), бутадиев-нитрильный каучук (СКН-26), бутадиев-стирольный каучук (СКМС-30). Погрешность определения массовой скорости горения не превышает 12%. Электрическое поле создаётся источниками высокого напряжения ВСВ-2 и Плазон ИВНР-25.

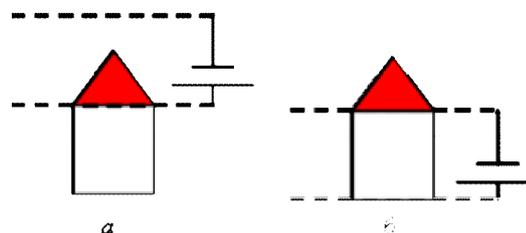


Рис.1. Схема расположения сетчатых электродов

На рис.2 представлены фотографии пламени при использовании электродов по схеме рис.1, а.

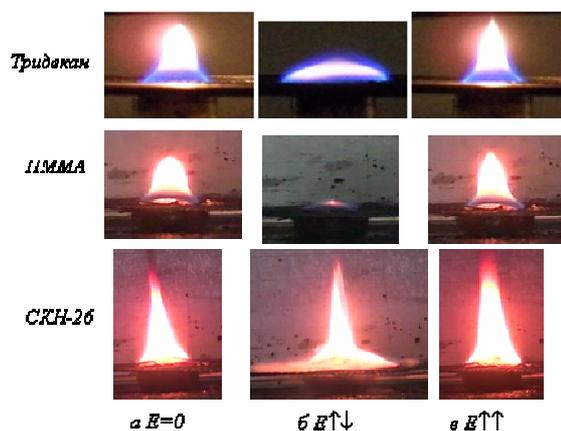


Рис.2. Изменение фронта горения в электростатическом поле

Электростатическое поле одинаково влияет на геометрию пламени. Для описания применяются следующие обозначения: поле, направленное к поверхности горючего, обозначено - $E \updownarrow$, поле, направленное от поверхности горючего, -

$E \uparrow \uparrow$. При $E \uparrow \downarrow$ пламена приобретают форму полусферы, снижается их высота. Наличие конуса в пламени полимера обусловлено недостаточной напряжённостью поля. При $E \uparrow \uparrow$ форма пламени становится конусообразной, высота пламени увеличивается незначительно. Наблюдаемые изменения геометрии аналогичны изменениям геометрии пламен газообразных топлив, представленных в работе [8].

Результаты исследования влияния электрического поля на скорость горения при данной схеме электродов (рис.1, а) от напряжённости представлены на рис.3.

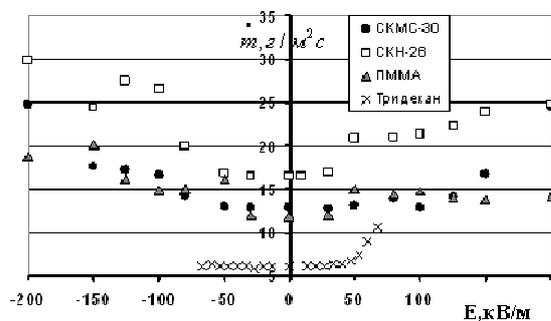


Рис.3. Зависимость массовой скорости горения от напряжённости поля

Отрицательной выбрана напряжённость, направленная от поверхности топлива ($E \uparrow \uparrow$), положительной соответствует противоположное направление - $E \uparrow \downarrow$. Для всех исследованных веществ наблюдается увеличение скорости горения в случае $E \uparrow \downarrow$. При $E \uparrow \uparrow$ электрическое поле не влияет на скорость горения тридекана, при этом увеличивает скорость горения полимеров. Следует отметить, что при наложении поля на пламена жидкостей наблюдается обильное осаждение сажи на отрицательном электроде, при горении полимеров сажа оседает на обоих электродах. Согласно графику рис.4, где \dot{m} / \dot{m}_0 есть отношение массовой скорости горения в электрическом поле к скорости горения без поля, при $E \uparrow \downarrow$ в диапазоне напряжённости 0-60 кВ/м скорость горения тридекана увеличивается в 1,7 раза, в диапазоне 0-200 кВ/м для SKMC-30, SKH-26, ПММА скорость увеличивается в

1,9, 1,5, 1,2 раза соответственно. При $E \uparrow \uparrow$ в диапазоне напряженности 0-200 кВ/м скорость горения для SKMC-30, SKH-26, ПММА увеличивается в 1,9, 1,8, 1,6 раза.

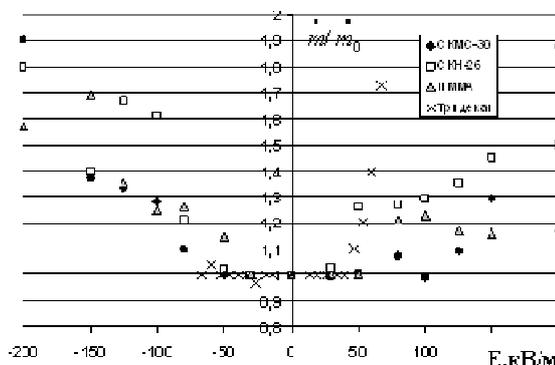


Рис.4. Зависимость относительной массовой скорости горения от напряжённости поля

Известно, что пламена представляют собой низкотемпературную хемоплазму [9]. Наложение электрического поля приводит к возникновению ионного ветра, который смещает горячие продукты реакции, источники тепловыделения [8]. В зависимости от смещения будут наблюдаться различные эффекты. При $E \uparrow \downarrow$ происходит приближение горячих зон к поверхности топлива, в результате чего интенсифицируется тепловой поток в к-фазу, что приводит к увеличению скорости горения. Обратное направление поля смещает источники тепла от поверхности, однако наряду со смещением в них наблюдается увеличение температуры [8], в результате тепловой поток не изменяется. Отсутствие изменения теплового потока оставляет неизменной скорость горения жидкости. Увеличение скорости горения полимеров при $E \uparrow \uparrow$ можно объяснить влиянием электростатического поля на кинетику химических реакций [2].

Другой результат наблюдается при наложении электростатического поля на топливо. Предварительная обработка полимера, в диапазоне напряжённости 0-±200 кВ/м, не изменяет скорости горения. Существенное влияние наблюдается при обработке жидкости перед подачей в зону горения.

При включении внешнего электрического поля наблюдается уменьшение высоты пламени. На рис.5 представлено соотношение пламен с предварительной обработкой жидкости (рис.5, б) и без неё (рис.5, а).

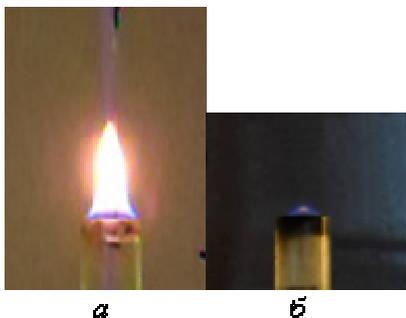


Рис.5. Изменение формы пламени тридекана

Одновременно с уменьшением высоты изменяется цвет пламени с ярко-оранжевого на светло-синий (рис.5, б). Изменение высоты происходит в течение 4 с. Гашения пламени в экспериментах не наблюдается. Создание внешнего электростатического поля в жидкости наряду с уменьшением высоты пламени приводит к существенному снижению скорости выгорания горючей жидкости (рис.6).

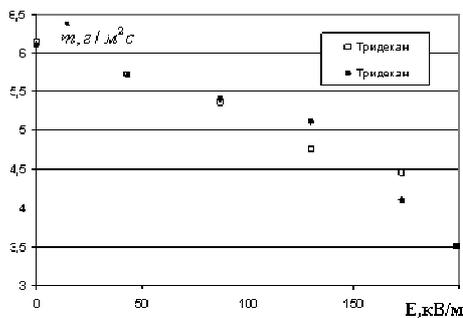


Рис.6. Зависимость массовой скорости выгорания тридекана от напряжённости поля

Тёмными точками обозначены ситуации при напряжённости поля, направленной к поверхности жидкости. Следует отметить, что в пределах погрешности измерений направление вектора напряжённости поля значения не имеет.

Предварительная обработка жидкости электрическим полем приводит к изменению свойств жидкости. Как отмечено в [7], при наложении электрического поля в жидкости возникает частичная упорядо-

ченность. Это приводит к снижению испарения и, как следствие, скорости выгорания. Отсутствие изменения скорости горения полимеров может объясняться малой величиной напряжённости поля.

Таким образом, экспериментально установлено, что наложение электростатического поля на разные зоны горения конденсированных веществ приводит к различным эффектам. Воздействие поля на газовую фазу меняет форму факела пламени и протекания в нём хемионизационных реакций, что приводит к изменению скорости горения. При предварительной обработке полем к-фазы жидкости наблюдается уменьшение интенсивности горения. Для полимеров подобного эффекта не обнаружено.

Библиографический список

1. Кавера, А.Л. Исследование состояния вопроса о процессах горения в электрическом поле [Текст] / А.Л. Кавера // Вісті Донецького гірничого інституту, 2005. - №1. - С. 182-187.
2. Подвальный, А.А. Влияние электрического поля на процесс горения конденсированных систем [Текст] / А.А. Подвальный, М.М. Арш, Ю.В. Гойхма, А.Н. Максимов // Физика горения и методы её исследования. - 1975. - Вып.5. - С. 81-86.
3. Дудышев, В.Д. Новая электрическая технология бесконтактного тушения пламени и предотвращения его возгорания [Текст] / В.Д. Дудышев // Новые технологии. - 2002. - №9. - С. 7-14.
4. Колецов, С.Н. Влияние электрического поля на горение самозатухающих материалов на основе полистиролов [Текст] / С.Н. Колецов, С.А. Корниевский, Б.П. Степанов, И.М. Дашков // Электрофизика горения. - 1983. - С. 37.
5. Харитонов, В.А. Риформинг бензинов электромагнитным полем [Электронный ресурс] / В.А. Харитонов, А.Б. Александров // Научный журнал КубГАУ. - 2008. - №35(1). - С. 50-55. - Шифр Информрегистра: 0420800012\0001. - Режим доступа:

<http://ej.kubagro.ru/2008/01/pdf/05.pdf>,
0,375 у.п.л.

6. Tabatabaei, N.M. Charging of polymer dielectrics under the electrical exposures / N.M. Tabatabaei, A.M. Hashimov, R.N. Mentizaden // Fizika, 2001. - Cild 7. - №3. - P. 8-12.

7. Красиков, Н.Н. неполярные жидкости в электрическом поле без контакта с потенциалзадающими электродами [Текст] / Н.Н. Красиков, О.В. Шуваева // Письма в ЖТФ. - 2001. - Т. 27. - Вып. 20. - С. 35-38.

8. Решетников, С.М. Влияние электрического поля на структуру диффузионного пламени при различных коэффициентах избытка окислителя [Текст] / С.М. Решетников, А.С. Бобров, И.А. Зырянов. // Изв. Вузов. Авиационная техника. - 2010. - №2. - С.59-62.

9. Степанов, Е.М. Ионизация в пламени и электрическое поле [Текст] / Е.М. Степанов, Б.Г. Дьячков. - М.: Металлургия, 1968. - 311 с.

COMBUSTION OF CONDENSED SUBSTANCE IN THE ELECTROSTATIC FIELD

© 2011 I. A. Zyryanov, A. P. Pozolotin

Vyatka State University

The paper presents the results of experimental investigation of the influence of the external electrostatic field on the mass burning rate of tridekane, PMMA, SKN-26, SKMS-30, localized in the zone of gas phase reactions and c-phase. The influence of the field on the gas phase results in changing the form of the flame tongue and chemiionization reactions proceeding in it, which leads to changing the burning rate. The intensity of combustion decreases if the liquid c-phase is first exposed to the field. This effect has not been detected in polymers.

Combustion, electric field.

Информация об авторах

Зырянов Илья Андреевич, кандидат технических наук, Вятский государственный университет, e-mail: b185@mail.ru. Область научных интересов: влияние внешнего электрического поля на горение углеводородных топлив.

Позолотин Александр Павлович, аспирант, Вятский государственный университет, e-mail: firewcross@mail.ru. Область научных интересов: горение полимеров, влияние внешних электрических полей на горение.

Zyryanov Ilya Andreevich, candidate of technical science, Vyatka State University, e-mail: b185@mail.ru. Area of research: effect of an external electric field on the combustion of hydrocarbon fuels.

Pozolotin Alexandr Pavlovich, postgraduate student, Vyatka State University, e-mail: firewcross@mail.ru. Area of research: combustion of polymers, influence of external electric fields on combustion.