

ДЕТОНАЦИОННАЯ СПОСОБНОСТЬ ВОЗДУШНЫХ СМЕСЕЙ ПРОДУКТОВ ПИРОЛИЗА ПОЛИЭТИЛЕНА*

С. М. Фролов¹, В. И. Звегинцев², И. О. Шамшин³, М. В. Казаченко⁴, В. С. Аксёнов⁵, И. В. Билера⁶, И. В. Семенов⁷

Аннотация: По измеренным значениям длины и времени перехода горения в детонацию (ПГД) в эталонной импульсно-детонационной трубе (ЭДТ) определена детонационная способность (ДС) воздушных смесей продуктов пиролиза полиэтилена (ПЭ) — пирогаза — разного состава. Пирогаз ПЭ получали в реакторе при температуре разложения 650–850 °С. Хроматографический анализ пирогаза показал, что при высокой температуре разложения (850 °С) он в основном состоит из водорода, метана, этилена и этана и имеет молекулярную массу на уровне 5–10 кг/кмоль, а при низкой температуре разложения (650 °С) — из метана, водорода, этилена, этана, пропилена и более высоких углеводородов и имеет молекулярную массу на уровне 24–27 кг/кмоль. Показано, что в смесях с воздухом с коэффициентом избытка горючего $0,6 \leq \bar{\Phi} \leq 1,6$ при нормальном давлении пирогаз ПЭ обладает ДС, близкой к ДС гомогенных воздушных смесей этилена и пропилена. С одной стороны, это свидетельствует о высокой взрывоопасности пирогаза ПЭ, который может образовываться, например, при промышленных и бытовых пожарах. С другой стороны, пирогаз ПЭ может рассматриваться как перспективное горючее для детонационных прямоточных воздушно-реактивных двигателей (ПВРД) на твердом топливе.

Ключевые слова: детонационная способность; эталонная импульсно-детонационная труба; гранулированный полиэтилен; термический пиролиз полиэтилена; пирогаз; топливно-воздушная смесь; переход горения в детонацию, детонационный ПВРД

DOI: 10.30826/CE20130206

Литература

1. Фролов С. М., Звегинцев В. И., Аксёнов В. С., Билера И. В., Казаченко М. В., Шамшин И. О., Гусев П. А., Белоцерковская М. С., Коверзанова Е. В. Детонационная способность воздушных смесей продуктов пиролиза полипропилена // Горение и взрыв, 2018. Т. 11. № 4. С. 44–60. doi: 10.30826/CE18110406.
2. Звегинцев В. И., Федорычев А. В., Жестерев Д. В., Мишкин И. Р., Фролов С. М. Газификация легкоплавких углеводородных материалов в высокотемпературном газовом потоке // Горение и взрыв, 2019. Т. 12. № 3. С. 108–116. doi: 10.30826/CE19120312.
3. Shpilyuk A. N., Zvegintsev V. I., Frolov S. M., Vnuchkov D. A., Lukashevich S. V., Nalivaychenko D. G. Experimental study of the low-melting hydrocarbons regression rate in the air flow // J. Phys. Conf. Ser., 2019. Vol. 1404. P. 012066. doi: 10.1088/1742-6596/1404/1/012066.
4. Shpilyuk A. N., Zvegintsev V. I., Frolov S. M., Vnuchkov D. A., Lukashevich S. V., Nalivaychenko D. G. Experimental study of the low-melting hydrocarbons regression rate in the inert gas flow // J. Phys. Conf. Ser., 2019. Vol. 1404. P. 012068. doi: 10.1088/1742-6596/1404/1/012068.

*Работа выполнена за счет субсидии, выделенной ФИЦ ХФ РАН на выполнение государственного задания по теме 0082-2016-0011 (номер государственной регистрации АААА-А17-117040610346-5) и субсидии, выделенной ФГУ ФНЦ НИИСИ РАН по теме № 0065-2019-0005 (номер государственной регистрации АААА-А19-119011590092-6), а также при финансовой поддержке РФФИ (грант № 18-08-00076а).

¹Федеральный исследовательский центр химической физики им. Н. Н. Семёнова Российской академии наук; Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»; Федеральный научный центр Научно-исследовательский институт системных исследований Российской академии наук, smfrol@chph.ras.ru

²Институт теоретической и прикладной механики им. С. А. Христиановича Сибирского отделения Российской академии наук, zvegin@itam.nsc.ru

³Федеральный исследовательский центр химической физики им. Н. Н. Семёнова Российской академии наук; Федеральный научный центр Научно-исследовательский институт системных исследований Российской академии наук, igor.shamshin@mail.ru

⁴Федеральный исследовательский центр химической физики им. Н. Н. Семёнова Российской академии наук; Московский государственный технический университет имени Н. Э. Баумана (национальный исследовательский университет), maksx71997@gmail.com

⁵Федеральный исследовательский центр химической физики им. Н. Н. Семёнова Российской академии наук; Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ», v.aksenov@mail.ru

⁶Институт нефтехимического синтеза им. А. В. Топчиева Российской академии наук, bilera@ips.ac.ru

⁷Федеральный научный центр Научно-исследовательский институт системных исследований Российской академии наук, semenov@icad.org

5. Фролов С. М., Звезгинцев В. И., Аксенов В. С., Билера И. В., Казаченко М. В., Шамшин И. О., Гусев П. А., Белоцерковская М. С. Переход горения в детонацию в воздушных смесях продуктов пиролиза полипропилена // Докл. Акад. наук, 2019. Т. 488. № 2. С. 162–166. doi: 10.31857/S0869-56524882162-166.
6. Shiplyuk A. N., Zvegintsev V. I., Frolov S. M., Vnuchkov D. A., Kiseleva T. A., Kislovsky V. A., Lukashovich S. V., Melnikov A. Yu., Nalivaychenko D. G. Gasification of low-melting hydrocarbon material in the airflow heated by hydrogen combustion // Int. J. Hydrogen Energ., 2020. Vol. 45. P. 9098–9112. doi: 10.1016/j.ijhydene.2020.01.099.
7. Фролов С. М., Шамшин И. О., Аксёнов В. С., Казаченко М. В., Гусев П. А. Ранжирование газовых топливно-воздушных смесей по их детонационной способности с помощью эталонной импульсно-детонационной трубы // Горение и взрыв, 2019. Т. 12. № 3. С. 78–90. doi: 10.30826/CE19120309.
8. Frolov S. M. Initiation of strong reactive shocks and detonation by traveling ignition pulses // J. Loss Prevent. Proc., 2006. Vol. 19. Iss. 2-3. P. 238–244.
9. Викторов С. Б., Губин С. А. Применение системы термодинамических расчетов TDS для моделирования физико-химических процессов // Научная сессия «МИФИ-99». Сборник научных трудов. — М.: МИФИ, 1999. Ч. 8. С. 73–74.
10. Lee J. H. S. The detonation phenomenon. — Cambridge: Cambridge University Press, 2008. 400 p. doi: 10.1017/CBO9780511754708.
11. Oppenheim A. K. Introduction to gasdynamics of explosions. Wien — New York: Springer, 1972. 220 p.

Поступила в редакцию 15.05.2020