

ЛАЗЕРНОЕ ИНИЦИИРОВАНИЕ НАНОТЕРМИТОВ

Al/CuO И Al/Bi₂O₃*В. Г. Кириленко¹, Л. И. Гришин^{2,3}, А. Ю. Долгобородов^{1,2,3}, М. А. Бражников¹

Аннотация: Исследованы характеристики инициирования и распространения реакции горения в нанотермитах Al/CuO и Al/Bi₂O₃ при воздействии лазерного импульса. Нанотермиты получены перемешиванием наноразмерных порошков ультразвуковым диспергатором. В качестве источника излучения использовался лазер с длиной волны 808 нм и средней мощностью 3,4 Вт. С помощью регистрации свечения продуктов реакции двухканальным пирометром измерялись задержки инициирования, минимальная энергия инициирования и средняя скорость горения в зависимости от пористости составов. Было изучено влияние старения составов на чувствительность к воздействию лазерного импульса. Результаты показали сильную зависимость скорости горения и энергии инициирования от пористости образцов. На основании полученных результатов выдвинуты предположения о механизме протекания реакции при воздействии лазерного излучения, в частности о двух стадиях развития реакции.

Ключевые слова: нанотермиты; лазерное инициирование; скорость горения; задержка воспламенения

DOI: 10.30826/CE20130115

Литература

1. *Goldschmidt H., Vautin Cl.* Aluminium as a heating and reducing agent // *J. Soc. Chem. Ind.*, 1898. Vol. 17. No. 6. P. 543–545.
2. *Бекетов Н. Н.* Исследования над явлениями вытеснения одних элементов другими // Соч. проф. Н. Н. Бекетова. — Харьков: Заленский А. и Любарский Е., 1865. 79 с.
3. *Goldschmidt H.* New thermit reactions // *Iron Age*, July 23, 1908. P. 232.
4. *Wang L., Munir Z., Maximov Y.* Thermit reactions: Their utilization in the synthesis and processing of materials // *J. Mater. Sci.*, 1993. Vol. 28. P. 3693–3708.
5. *Aumann C. E., Skofronick G. L., Martin J. A.* Oxidation behavior of aluminum nanopowders // *J. Vac. Sci. Technol. B*, 1995. Vol. 13. P. 1178.
6. *Fischer S., Grubelich M.* Theoretical energy release of thermites, intermetallics, and combustible metals. — Albuquerque, NM, USA: Sandia National Labs., 1998. Technical Report SAND98-1176C. doi: 10.2172/658208.
7. *Baijot V., Glavier L., Ducéré J., Djafari Rouhani M., Rossi C., Estève A.* Modeling the pressure generation in aluminum-based thermites // *Propell. Explos. Pyrot.*, 2015. Vol. 40. P. 402–412.
8. *Pantoya M., Granier J.* The effect of slow heating rates on the reaction mechanisms of nano and micron composite thermit reactions // *J. Therm. Anal. Calorim.*, 2006. Vol. 85. P. 37–43.
9. *Sullivan K.* Ignition, combustion and tuning of nanocomposite thermites. University of Maryland, 2010. Ph.D. Thesis.
10. *Долгобородов А. Ю., Кириленко В. Г., Стрелецкий А. Н., Колбанев И. В., Шевченко А. А., Янковский Б. Д., Ананьев С. Ю., Вальяно Г. Е.* Механоактивированный термитный состав Al/CuO // *Горение и взрыв*, 2018. Т. 11. № 3. С. 106–113.
11. *Dolgoborodov A. Yu., Yankovskii B. D., Kirilenko V. G., Streletskii A. N., Ananev S. Y., Kolbanev I. V., Shevchenko A. A.* Combustion of mechanoactivated mixtures of aluminum and copper oxide // *Research Development Material Science*, 2018. Vol. 9. No. 1. RDMS.000703.2018. doi: 10.31031/RDMS.2018.09.000704.
12. *Son S., Quinn Brewster M.* Radiation-augmented combustion of homogeneous solids // *Combust. Sci. Technol.*, 1995. Vol. 107. P. 127–154.
13. *Sanders V., Asay B., Foley T., Tappan B., Pacheco A., Son S.* Reaction propagation of four nanoscale energetic composites (Al/MoO₃, Al/WO₃, Al/CuO, and Bi₂O₃) // *J. Propul. Power*, 2007. Vol. 23. P. 707–714.

*Работа выполнена при финансовой поддержке программы фундаментальных исследований Президиума РАН № 6 «Новые подходы к созданию и изучению экстремальных состояний вещества» и проекта РФФИ № 16-29-01030.

¹Федеральный исследовательский центр химической физики им. Н. Н. Семёнова Российской академии наук, vladkiril@gmail.com

²Объединенный институт высоких температур Российской академии наук; Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ», lenya-grishin@mail.ru

³Федеральный исследовательский центр химической физики им. Н. Н. Семёнова Российской академии наук; Объединенный институт высоких температур Российской академии наук; Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ», aldol@ihed.ras.ru

⁴Федеральный исследовательский центр химической физики им. Н. Н. Семёнова Российской академии наук, birze@inbox.ru

14. Колесов В. И., Патрикеев Д. И. Горение нанотермитов в вакууме // Горение и взрыв, 2017. Т. 10. № 1. С. 69–72.
15. Гордеев В. В., Казутин М. В., Козырев Н. В., Кашкаров А. О., Рубцов И. А., Тен К. А., Рафейчик С. И. Исследование механизма горения нанотермитных систем // Ползуновский Вестник, 2018. № 2. С. 96–101.
16. Saceleanu F., Idir M., Chaumeix N., Wen J. Z. Combustion characteristics of physically mixed 40 nm aluminum/copper oxide nanothermites using laser ignition // Front. Chem., 2018. Vol. 6. Art. 465.
17. Бриш А. А., Галеев И. А., Зайцев Б. Н., Сбитнев Е. А., Татаринцев Л. В. Возбуждение детонации конденсированных ВВ излучением оптического квантового генератора // Физика горения и взрыва, 1966. Т. 2. № 3. С. 132–133.
18. Petre C., Chamberland D., Ringuette T., Ringuette S., Paradis S., Stowe R. Low-power laser ignition of aluminum/metal oxide nanothermites // Int. J. Energetic Materials Chemical Propulsion, 2014. Vol. 13. P. 479–494.
19. Egorshv V. Y., Sinditskii V. P., Yartsev K. K. Combustion of high-density CuO/Al nanothermites at elevated pressures // Autumn Seminar (International) on Propellants, Explosives and Pyrotechnics Proceedings, 2013. Vol. 10. P. 287–290.
20. Ершов А. П. Конвективная детонационная волна в пористой структуре // Физика горения и взрыва, 1997. Т. 33. № 1. С. 98–106.

Поступила в редакцию 21.11.2019