

СРАВНИТЕЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ИМПУЛЬСА ВЗРЫВЧАТОГО ПРЕВРАЩЕНИЯ НАНОТЕРМИТОВ

Д. И. Патрикеев¹, В. И. Колесов², В. Ю. Егоршев³

Аннотация: Разработана методика тензометрического определения импульса быстрогорящих пиротехнических составов. Определены значения удельного импульса наноразмерных композиций CuO/Al, MoO₃/Al, Bi₂O₃/Al (нанотермитов), а также инициирующих взрывчатых веществ (ВВ): азида свинца и тринитрорезорцината свинца (ТНРС). Продемонстрирована ударно-волновая природа процесса взрывчатого превращения нанотермитов.

Ключевые слова: нанотермиты; пиротехнические составы; инициирующие взрывчатые вещества; детонация; импульс взрывчатого превращения

DOI: 10.30826/CE22150210

EDN: DFWAUC

Литература

1. Долгобородов А. Ю., Кириленко В. Г., Стрелецкий А. Н. и др. Механоактивированный термитный состав Al/CuO // Горение и взрыв, 2018. Т. 11. № 3. С. 117–124.
2. Рашковский С. А., Долгобородов А. Ю. Малогазовая детонация в низкоплотных механоактивированных порошковых смесях // Ж. технической физики, 2019. Т. 89. № 6. С. 821–829.
3. Ананьев С. Ю., Гришин Л. И., Долгобородов А. Ю., Яновский Б. Д. Ударно-волновое инициирование термитной смеси Al + CuO // Физика горения и взрыва, 2020. Т. 56. № 2. С. 107–117.
4. Pantoya M. L., Granier J. J. Combustion behavior of highly energetic thermites: Nano versus micron composites // Propell. Explos. Pyrot., 2005, Vol. 30. No. 1. P. 53–62.
5. Egorshv V. Y., Sinditskii V. P., Yartsev K. K. Combustion of high-density CuO/Al nanothermites at elevated pressures // 10th Autumn Seminar (International) on Propellants, Explosives and Pyrotechnics Proceedings. — Chengdu, China, 2013. P. 273–283.
6. Колесов В. И., Патрикеев Д. И. Горение нанотермитов в вакууме // Горение и взрыв, 2017. Т. 10. № 1. С. 69–72.
7. Sanders V. E., Asay B. W., Foley T. J., Tappan B. C., Pacheco A. N., Son S. F. Reaction propagation of four nanoscale energetic composites (Al/MoO₃, Al/WO₃, Al/CuO, and Bi₂O₃) // J. Propul. Power, 2007. Vol. 23. No. 4. P. 707–714.
8. Son S. F., Asay B. W., Foley T. J., Yetter R. A., Wu M. H., Risha G. A. Combustion of nanoscale Al/MoO₃ thermite in microchannels // J. Propul. Power, 2007. Vol. 23. No. 4. P. 715–721.
9. Shende R., Subramanian S., Hasan S., et al. Nanoenergetic composites of CuO nanorods, nanowires, and Al-nanoparticles // Propell. Explos. Pyrot., 2008. Vol. 33. P. 122–130.
10. Багал Л. И. Химия и технология инициирующих взрывчатых веществ. — М.: Машиностроение, 1975. 456 с.
11. Belov G. B. Thermodynamic analysis of combustion products at high temperature and pressure // Propell. Explos. Pyrot., 1998. Vol. 23. P. 86–89.
12. Clay S. S., Kristofer E. R., Thiruvengadathan R., Jackson J. H., Sean M. S., Robert J. T., Gangopadhyay K., Gangopadhyay S. Effect of nitrocellulose gasifying binder on thrust performance and high-g launch tolerance of miniaturized nanothermite thrusters // Propell. Explos. Pyrot., 2014. Vol. 39. No. 3. P. 374–382.
13. Staley C. S., Raymond K. E., Thiruvengadathan R., Apperson S. J., Gangopadhyay K., Swaszek S. M., Taylor R. J., Gangopadhyay S. Fast-impulse nanothermite solid-propellant miniaturized thrusters // J. Propul. Power, 2013. Vol. 29. No. 6. P. 400–1409. doi: 10.2514/1.B34962.
14. Apperson S. J., Bezmelnitsyn A. V., Thiruvengadathan R., et al. characterization of nanothermite material for solid-fuel microthruster applications // J. Propul. Power, 2009. Vol. 25. No. 5. P. 1086–1091.
15. Dai Ji, Wang Fei, Ru Chengbo, Xu Jianbing, Wang Chengai, Zhang Wei, Ye Yinghua, Shen Ruiqi. Ammonium perchlorate as an effective addition for enhancing the combustion and propulsion performance of Al/CuO nanothermites // J. Phys. Chem. C, 2018. Vol. 122. No. 18. P. 10240–10247. doi: 10.1021/acs.jpcc.8b01514.
16. Lee J., Kim K., Kwon S. Design, fabrication, and testing of MEMS solid propellant thruster array chip on glass wafer // Sensor. Actuat. A — Phys., 2010. Vol. 157. P. 126–134.
17. Puszynski J. A., Bulian C. J., Swiatkiewicz J. J. Processing and ignition characteristics of aluminum–bismuth trioxide nanothermite system // J. Propul. Power, 2007. Vol. 23. No. 4. P. 698–706.

Поступила в редакцию 01.02.2022

¹Российский химико-технологический университет им. Д. И. Менделеева, pdm31@yandex.ru

²Российский химико-технологический университет им. Д. И. Менделеева, Kolesov2116@mail.ru

³Российский химико-технологический университет им. Д. И. Менделеева, egorshv@yahoo.com