

## ОБ ИССЛЕДОВАНИЯХ, ПРОВОДИМЫХ ЗА РУБЕЖОМ, ПО СОЗДАНИЮ НОВЫХ ВЫСОКОПЛОТНЫХ РЕАКЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ПЕРСПЕКТИВНЫХ БОЕПРИПАСОВ РАЗЛИЧНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Н. А. Имховик<sup>1</sup>, А. В. Свидинский<sup>2</sup>, А. С. Смирнов<sup>3</sup>, В. Б. Яшин<sup>4</sup>

**Аннотация:** Рассмотрены перспективные направления по новым высокоплотным энергетическим материалам (ЭМ): RM (Reactive Materials), HDRM (High-Density Reactive Materials), DIME (Dense Inert Metal Explosive), RMBX (Reactive Multiphase Blast Explosive), RMS (RM Structures), достигнутый уровень и области применения. Составы реакционных материалов (РМ) с высокой энергетикой (5–10 кДж/г) на основе металл-фторопластовых композитов с умеренной прочностью и плотностью (2–3 г/см<sup>3</sup>) внедряются в боевые части (БЧ) систем противоракетной (ПРО) и противовоздушной обороны (ПВО) и ракет «воздух–земля», в бронебойно-зажигательные пули и снаряды. В кумулятивных зарядах в составе облицовки они находят применение там, где не требуется большая глубина проникания, но нужен высокий запреградный эффект. В отдельное направление выделились работы по РМ с высокой плотностью (7–8 г/см<sup>3</sup>) и прочностью (140–600 МПа), HDRM. Они могут заменять конструкционные металлы и позволяют модернизировать боеприпасы (БП) без изменения массогабаритных характеристик. Из HDRM можно изготавливать корпуса снарядов и БЧ, поражающие элементы (ПЭ) для шрапнельных БП, систем активной защиты и разминирования. Близкими свойствами к HDRM обладают структурные РМ (или RMS), в которых плотность и прочность обеспечиваются металлическим каркасом. Для композитов, армированных вольфрамовой проволокой, достигнуты плотность и прочность, близкие к конструкционным сталям. На основе RMS изготовлены опытные образцы, подтверждающие возможность их использования в корпусах бетонобойных проникателей при скоростях удара 300–760 м/с. Добавки вольфрама во взрывчатых составах DIME увеличивают плотность снаряжения, что позволяет без ущерба для эффективности снизить побочное действие высокоточного оружия. При использовании вместо инертного вольфрама пиррофорных тяжелых металлов (например, Та) в RMBX энергоемкость снаряжения повышается до ~ 30 кДж/см<sup>3</sup>, фугасное действие при этом значительно превосходит обычные термобарические составы.

**Ключевые слова:** энергетические материалы; высокоплотные реакционные материалы; механохимические реакции; высокоскоростной удар; поражающее действие; металл-фторопластовые композиции; волоконные структурные РМ; высокоплотные металлизированные взрывчатые вещества

### Литература

1. Advanced Energetic Materials. Committee on Advanced Energetic Materials and Manufacturing Technologies. National Research Council, 2004.
2. Ames R. G. A standardized evaluation technique for reactive warhead fragments // 23rd Symposium (International) on Ballistics. — Tarragona, Spain, 2007.
3. Mock W., Jr., Drotar J. T. Effect of aluminum particle size on the impact initiation of pressed PTFE/Al composite rods // Shock Compression of Condensed Matter Proceedings, 2007. P. 971–974.
4. Energetic Materials & Products, Inc. [http://www.emp-inc.com/Reactive\\_Materials.html](http://www.emp-inc.com/Reactive_Materials.html).
5. Rosencrantz S. D. Characterization and modeling methodology of polytetrafluoroethylene based reactive materials for the development of parametric models. — University of Washington, 2007.
6. Reactive materials in mines and demolitions systems. [http://proceedings.ndia.org/3500/Cvetnic\\_Demo\\_NDIA.pps](http://proceedings.ndia.org/3500/Cvetnic_Demo_NDIA.pps).
7. Daniels A., Baker E., Ng K. A unitary demolition warhead // Mines, Demolition and Non-Lethal Weapons Conference, 2003.
8. Chief S. N., Surapaneni R. Energetic materials to meet warfighter requirements: An overview of selected US Army RDECOM-ARDEC energetic materials programs // 42nd Annual Armament Systems: Gun and Missile Systems Conference, 2007.
9. MATSYS. <http://matsys.com>.
10. Gotzmer C., Amato B., Kim S. Applications overview of

<sup>1</sup>Московский государственный технический университет им. Н. Э. Баумана, imkhovik-n@mail.ru

<sup>2</sup>Российский федеральный ядерный центр Всероссийского научно-исследовательского института экспериментальной физики, artem-vs@mail.ru

<sup>3</sup>АО «ГосНИИМаш», smirnoffas@mail.ru

<sup>4</sup>АО «ГосНИИМаш», yashindzer@mail.ru

- IHDIV NSWC's reactive materials // National Capital Region Energetics Symposium. — La Plata, MD, USA, 2009.
11. *Zhang F., Donahue L., Wilson W. H.* The effect of charge reactive structural metal cases on air blast // 14th IDS, 2010.
12. *Grudza M. E., Flis W. J., Lam H. L., Jann D. C., Ciccarel- li R. D.* Reactive material structures. De Technologies, March 10, 2009 – December 31, 2013. Final Report.

*Поступила в редакцию 29.12.16*