

# ИНИЦИИРОВАНИЕ ВЗРЫВА ВЫСОКОВОЛЬТНЫМ РАЗРЯДОМ ПРЕССОВАННЫХ СМЕСЕЙ СЕВИЛЕНА С ПЕРХЛОРАТОМ И НИТРАТОМ АММОНИЯ С ДОБАВКОЙ ПОРОШКООБРАЗНОГО АЛЮМИНИЯ\*

А. Г. Ребеко<sup>1</sup>, Б. С. Ермолаев<sup>2</sup>

**Аннотация:** Применение высоковольтного разряда для инициирования взрыва оправдано, когда требуется строгая синхронизация действий. Типично рабочим процессом, который возбуждается разрядом, является детонация. Чтобы снизить напряжение разряда и повысить стабильность инициирования, используются мощные бризантные взрывчатые вещества (ВВ) с добавкой нанодисперсных металлов, включая алюминий. Однако имеются технические направления (здесь можно назвать применение в элементах динамической защиты танков и в перспективных гиперзвуковых ускорителях типа “blast wave accelerator”), где нанодисперсные металлы не приемлемы из-за невысокой стабильности и дороговизны, а вместо нормальной детонации требуются более мягкие взрывные процессы с тем, чтобы исключить излишнее бризантное воздействие на элементы устройств. В данной работе исследовано инициирование взрыва высоковольтным разрядом в прессованных смесях перхлората и нитрата аммония с севиленом с добавками различных металлов. Севилен — термопластичный клей, сополимер этилена и винилацетата, обладает прекрасной адгезией ко всем компонентам исследуемых смесей и обеспечивает замечательные условия для прессования образцов. Наилучший результат: надежные взрывы в широком диапазоне пористостей образца вплоть до образца с пористостью на уровне 1% при пороговом напряжении от 5,5 до 1,5 кВ получены на смесях перхлората аммония с добавкой 20% порошка алюминия с частицами размером 10 мкм. Замена перхлората аммония на нитрат аммония также демонстрирует хорошие результаты, а при добавлении других металлов (исследовались медь, железо и цинк) взрывы практически отсутствовали вплоть до максимального напряжения 12 кВ, использованного в данной работе. Наиболее вероятная причина: энергичное экзотермическое взаимодействие расплава алюминия, образующегося при электрическом пробое, с перхлоратом аммония. Этот эффект можно попытаться использовать для замены нанодисперсного алюминия на порошок с частицами микронного размера при высоковольтном инициировании детонации мощных вторичных ВВ, если ввести в смесь определенное количество перхлората аммония.

**Ключевые слова:** детонация; высоковольтный электрический разряд; смесевые взрывчатые материалы; перхлорат аммония; нитрат аммония; севилен; порошкообразный алюминий

DOI: 10.30826/CE21140311

## Литература

1. Романов Д. И., Стеньгач В. В. Чувствительность тэна к электрической искре // Прикладная механика и техническая физика, 1972. № 6. С. 151–155.
2. Андреев В. В., Лукьянчиков Л. А. К механизму распространения детонации с малой скоростью в порошковом тэне при искровом инициировании // Физика горения и взрыва, 1974. Т. 10. № 6. С. 912–919.
3. Андреев В. В., Ершов А. П., Лукьянчиков Л. А. Двухфазная низкоскоростная детонация пористого ВВ // Физика горения и взрыва, 1984. Т. 20. № 3. С. 89–93.
4. Лукьянчиков Л. А. Системы инициирования на вторичных взрывчатых веществах // Прикладная механика и техническая физика, 2000. Т. 41. № 5. С. 48–61.
5. Даниленко В. В. Взрыв — физика, техника, технология. — М.: Энергоатомиздат, 2010, 40 с.
6. Брагин В. А., Душенок С. А., Куликов В. Г., Савенков Г. Г., Семашкин Г. В. Влияние металлических нанопорошков на чувствительность взрывчатых веществ к высоковольтному электрическому разряду. Фрактально перколяционный подход // Хим. физика, 2012. Т. 31. № 5. С. 57–64.
7. Рашковский С. А., Савенков Г. Г. Инициирование детонации высоковольтным разрядом в порошкообраз-

\*Работа выполнена за счет субсидии, выделенной ФИЦ ХФ РАН на выполнение государственного задания по теме 44.8 «Фундаментальные исследования процессов превращения энергоемких материалов и разработка научных основ управления этими процессами» (номер государственной регистрации АААА-А21-121011990037-8).

<sup>1</sup>Федеральный исследовательский центр химической физики им. Н. Н. Семенова Российской академии наук, alex@akmeon.com

<sup>2</sup>Федеральный исследовательский центр химической физики им. Н. Н. Семенова Российской академии наук, boris.ermolaev44@mail.ru

- ных взрывчатых веществах с наноразмерными инертными добавками // Ж. технической физики, 2013. Т. 83. Вып. 4. С. 47–58.
8. Тарасенко А. А. Комплексная защита бронетанковой техники // Техника и вооружение, 2007. № 2. С. 10.
  9. Wilson D., Tan Z., Varghese P. L. Numerical simulation of the blast-wave accelerator // AIAA J., 1996. Vol. 34. No. 7. P. 1341.
  10. Ермолаев Б. С., Беляев А. А., Романьков А. В., Храповский В. Е., Сулимов А. А., Ребеко А. Г. Свойства низкоскоростной детонации в прессованной стехиометрической смеси перхлората аммония с полиметаметилакрилатом // Хим. физика, 2019. Т. 38. № 8. С. 80–90.
  11. Ермолаев Б. С., Хасаинов Б. А., Прель А.-Н., Видаль П. Сулимов А. А. Низкоскоростная детонация в нитрате аммония и смесях на его основе // 13-й Всеросс. симпозиум по горению и взрыву. — Черноголовка, 2005. Доклад № 155 (электронная версия).
  12. Храповский В. Е., Ермолаев Б. С., Сулимов А. А., Беляев А. А., Фотеенков В. А. Конвективное горение прессованных зарядов из смесей алюминия и перхлората аммония // Хим. физика, 2007. Т. 26. № 1. С. 35–47.
  13. Худавердиев В. Г., Сулимов А. А., Храповский В. Е. О переходе горения в детонацию в мелкодисперсных смесях перхлората аммония с алюминием // Горение и взрыв, 2014. Вып. 7. С. 395–399.
  14. Крыжановский В. К., Бурлов В. В., Паниматченко А. Д., Крыжановская Ю. В. Технические свойства полимерных материалов. — СПб.: Изд-во «Профессия», 2003. 34 с.
  15. Ребеко А. Г. Способ изготовления заряда РДТТ из смесового ракетного топлива. Патент РФ № 2626353, 2015.
  16. Nelson L. S., Eatough M. J., Guay K. P. Why does molten aluminum explode at underwater or wet surfaces? // Light Met., 1989. Vol. 3. P. 1057.
  17. Nelson L. S., Hogelandb S. R., Roth T. C. Aluminum-enhanced underwater electrical discharges for steam explosion triggering. — Albuquerque, NM, USA: Sandia National Labs., 1999. Report No. SAND99-0796. 45 p.

Поступила в редакцию 15.08.2021