

МЕХАНОАКТИВИРОВАННЫЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ КОМПОЗИТЫ НА ОСНОВЕ БОРА*

А. Ю. Долгобородов¹, В. Г. Кириленко², Г. А. Воробьева³, Л. И. Гришин⁴, Г. И. Иванов⁵,
Г. Е. Вальяно⁶, Т. И. Бородин⁷

Аннотация: Изучены закономерности процесса механоактивации бора с добавками графита, алюминия, титана и фторполимера, а также смесей бора с перхлоратом аммония (ПХА) в планетарной мельнице. Проведен синхронный термический анализ влияния механоактивации на окисление порошков с помощью дифференциальной сканирующей калориметрии (ДСК) и термогравиметрии (ТГ). Получены данные по температурам начала реакции бора с добавками при нагреве в кислороде и температуры воспламенения горячей поверхностью на воздухе в зависимости от дозы активации. Получены быстрогорящие составы на основе активированного бора с добавками и ПХА способные к переходу к детонации на расстояниях менее 50 мм.

Ключевые слова: механоактивация; бор; графит; алюминий; титан; перхлорат аммония; температура воспламенения; горение; детонация

DOI: 10.30826/CE26190109

EDN: RNOKSS

Литература

1. Talley C. P. The combustion of elemental boron // Solid propellant rocket research / Ed. M. Summerfield. — Progress in astronautics and rocketry ser. — New York, NY, USA, 1960. Vol. 1. P. 279–285.
2. Pang W.-Q., Yetter R. A., DeLuca L. T., et al. Boron-based composite energetic materials (B-CEMs): Preparation, combustion and applications // Prog. Energ. Combust., 2022. Vol. 93. P. 101038. doi: 10.1016/j.pecs.2022.101038.
3. Liu R., Yang D., Xiong K., et al. Fabrication and characterization of multi-scale coated boron powders with improved combustion performance: A brief review // Defence Technology, 2024. Vol. 31. P. 27–40. doi: 10.1016/j.dt.2023.03.015.
4. Yan L., Zhu B., Chen J., et al. Study on nano-boron particles modified by PVDF to enhance the combustion characteristics // Combust. Flame, 2023. Vol. 248. P. 112556. doi: 10.1016/j.combustflame.2022.112556.
5. Долгобородов А. Ю. Механоактивированные энергетические композиты окислитель–горючее // Физика горения и взрыва, 2015. Т. 51. № 1. С. 102–116. EDN: TJHZJP.
6. Streltskii A. N., Sivak M. V., Dolgoborodov A. Yu. Nature of high reactivity of metal/solid oxidizer nanocomposites prepared by mechanoactivation: A review // J. Mater. Sci., 2017. Vol. 52. No. 20. P. 11810–11825. doi: 10.1007/s10853-017-1277-1.
7. Dreizin E. L., Schoenitz M. Mechanochemically prepared reactive and energetic materials: A review // J. Mater. Sci., 2017. Vol. 52. No. 20. P. 11789–11809. doi: 10.1007/s10853-017-0912-1.
8. Dolgoborodov A. Yu., Streltskii A. N., Shevchenko A. A., Vorob'eva G. A., Val'yano G. E. Thermal decomposition of mechanoactivated ammonium perchlorate // Thermochim. Acta, 2018. Vol. 669. P. 60–65. doi: 10.1016/j.tca.2018.09.007.
9. Долгобородов А. Ю., Бородин Т. И., Кириленко В. Г. и др. Развитие метода механоактивации термитных смесей // Горение и взрыв, 2024. Т. 17. № 1. С. 105–117. doi: 10.30826/CE24170109.
10. Mursalat M., Schoenitz M., Dreizin E. L. Effect of particle morphology on reactivity, ignition and combustion of boron powders // Fuel, 2022. Vol. 324. Part A. P. 124538. doi: 10.1016/j.fuel.2022.124538.

*Работа выполнена при поддержке Российского научного фонда, грант № 25-23-00013.

¹Федеральный исследовательский центр химической физики им. Н. Н. Семёнова Российской академии наук; Объединенный институт высоких температур Российской академии наук, aldol@ihed.ras.ru

²Федеральный исследовательский центр химической физики им. Н. Н. Семёнова Российской академии наук, vladkiril@gmail.com

³Федеральный исследовательский центр химической физики им. Н. Н. Семёнова Российской академии наук, vorob@chph.ras.ru

⁴Федеральный исследовательский центр химической физики им. Н. Н. Семёнова Российской академии наук; Объединенный институт высоких температур Российской академии наук, lenya-grishin@mail.ru

⁵Федеральный исследовательский центр химической физики им. Н. Н. Семёнова Российской академии наук; Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ», Ivanov-ga-1016@1511.ru

⁶Объединенный институт высоких температур Российской академии наук, gev06@bk.ru

⁷Объединенный институт высоких температур Российской академии наук, borodina@ihed.ras.ru

11. *Momtaž M., McNanna J. L., Gandhi P., Schoenitz M., Dreizin E. L.* Effect of aluminum, iron, and zirconia additives on the combustion of boron // *Combust. Flame*, 2025. Vol. 281. P. 11444. doi: 10.1016/j.combustflame.2025.114446.
12. *Шевченко А. А., Долгобородов А. Ю., Кириленко В. Г., Бражников М. А.* Скорость детонации механоактивированных смесей перхлората аммония с алюминием // *Физика горения и взрыва*, 2017. Т. 53. № 4. С. 103–113. doi: 10.15372/FGV20170410.

Поступила в редакцию 23.09.2025

После доработки 17.10.2025

Принята к публикации 20.10.2025