

РАЗВИТИЕ МЕТОДА МЕХАНОАКТИВАЦИИ ТЕРМИТНЫХ СМЕСЕЙ*

А. Ю. Долгобородов¹, Т. И. Бородина², В. Г. Кириленко³, Б. Д. Янковский⁴,
Г. Е. Вальяно⁵, А. Н. Стрелецкий⁶, Г. А. Воробьева⁷

Аннотация: Проанализирован процесс механоактивации термитных составов на основе смесей порошков алюминия с твердыми окислителями. Приведены новые данные по изменению фазового состава в процессе активации алюминия в смеси с оксидом меди и оптимальным условиям получения механоактивированных композитов в планетарной мельнице. Получены быстрогорящие составы, сравнимые с составами на основе наноразмерных компонентов по скоростям горения и параметрам лазерного инициирования.

Ключевые слова: механоактивация; нанотермиты; алюминий; оксид меди; температура воспламенения; скорость горения

DOI: 10.30826/CE24170109

EDN: PKPVZM

Литература

1. Колбанев И. В., Бутягин П. Ю., Стрелецкий А. Н. К механохимии алюминия // Хим. физика, 2000. Т. 19(8). С. 96.
2. Долгобородов А. Ю., Махов М. Н., Гоголя М. Ф., Стрелецкий А. Н., Колбанев И. В., Фортвов В. Е. Влияние механической активации на детонационную способность смесей окислитель–горючее // Вещества, материалы и конструкции при интенсивных динамических воздействиях / Под. ред. А. Л. Михайлова. — Саров: РФЯЦ-ВНИИЭФ, 2003. С. 273–278.
3. Долгобородов А. Ю., Махов М. Н., Колбанев И. В., Стрелецкий А. Н. Состав пиротехнический механоактивированный. Патент РФ № RU2235085C1, 2004.
4. Schoenitz M., Ward T., Dreizin E. L. Preparation of energetic metastable nano-composite materials by arrested reactive milling // MRS Online Proceedings Library. 2003. Vol. 800. P. 103–108. doi: 10.1557/PROC-800-AA2.6.
5. Schoenitz M., Ward T. S., Dreizin E. L. Fully dense nano-composite energetic powders prepared by arrested reactive milling // P. Combust. Inst. 2005. Vol. 30. No. 2. P. 2071–2078. doi: 10.1016/j.proci.2004.08.134.
6. Долгобородов А. Ю. Механоактивированные энергетические композиты окислитель–горючее // Физика горения и взрыва, 2015. Т. 51. № 1. С. 102–116. EDN: TJHZJP.
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. Streletskii 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.
9. Долгобородов А. Ю., Стрелецкий А. Н., Махов М. Н., Колбанев И. В., Фортвов В. Е. Взрывчатые составы на основе механоактивированных смесей металл–окислитель // Хим. физика, 2007. Т. 26. № 12. С. 40–45. EDN: IBMRCT.
10. Dolgoborodov A. Yu., Streletskii A. N., Kolbanev I. V., Makhov M. N. Influence of particle sizes on the properties of mechanoactivated Al/MoO₃ thermite mixtures // 35th Pyrotechnics Seminar (International) Proceedings / Ed. F. J. Schelling. — Fort Collins, CO, USA, 2008. P. 169–173.
11. Полубояров В. А., Солоненко О. П., Жданок А. А., Чесноков А. Е., Паули И. А. Сравнение эффективности мельниц «АГО-2» и «Активатор-2SL» при механической активации порошка титана // Ж. СФУ. Техника и технологии, 2017. Т. 10. № 5. С. 646–656.
12. Streletskii A. N., Kolbanev I. V., Vorobieva G. A., Dolgoborodov A. Y., Kirilenko V. G., Yankovskii B. D. Kinetics of mechanical activation of Al/CuO thermite // J. Mater. Sci., 2018. Vol. 53. No. 19. P. 13550–13559. doi: 10.1007/s10853-018-2412-3.

*Работы по механоактивации смесей и рентгенофазовый анализ выполнены в ОИВТ РАН с использованием оборудования УНУ «Сфера». Измерения температуры воспламенения и скоростей горения выполнены в ФИЦ ХФ РАН. Работы проводились в рамках выполнения госзадания.

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

²Объединенный институт высоких температур Российской академии наук, borodoina@ihed.ras.ru

³Федеральный исследовательский центр химической физики им. Н. Н. Семёнова Российской академии наук, vladkiril@gmail.com

⁴Объединенный институт высоких температур Российской академии наук, yiy2004@mail.ru

⁵Объединенный институт высоких температур Российской академии наук, gev06@bk.ru

⁶Федеральный исследовательский центр химической физики им. Н. Н. Семёнова Российской академии наук, str1945@yandex.ru

⁷Федеральный исследовательский центр химической физики им. Н. Н. Семёнова Российской академии наук, vorob@chph.ras.ru

13. 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. 117–124.
14. Morgan P. E. D., Partin D. E., Chamberland B. L., O'Keeffe M. Synthesis of paramelaconite: Cu_4O_3 // J. Solid State Chem., 1996. Vol. 121. No. 1. P. 33–37. doi: 10.1006/jssc.1996.0005.
15. Dolgoborodov A. Yu., Kirilenko V. G., Brazhnikov M. A., Grishin L. I., Kuskov M. L., Valyano G. E. Ignition of nanothermites by a laser diode pulse // Defence Technology, 2022. Vol. 18. No. 2. P. 194–204. doi: 10.1016/j.dt.2021.01.006.
16. Стрелецкий А. Н., Воробьева Г. А., Колбанев И. В., Борунова А. Б., Леонов А. В. Термические превращения в механохимически активированных системах МЕОх/С (МЕ = MO, MN, BI, V) // Коллоидный ж., 2021. Т. 83. № 6. С. 702–714. doi: 10.31857/S0023291221060148. EDN: CNKVNL.
17. Dolgoborodov A. Yu., Streletskii A. N., Shevchenko A. A., Vorob'eva G. A., Val'vano G. E. Thermal decomposition of mechanoactivated ammonium perchlorate // Thermochim. Acta, 2018. Vol. 669. P. 60–65. doi: 10.1016/j.tca.2018.09.007.
18. Сивак М. В., Стрелецкий А. Н., Колбанев И. В., Леонов А. В., Дегтярев Е. Н. Термическая релаксация дефектов в наноразмерном механически активированном MoO_3 // Коллоидный ж., 2016. Т. 78. № 5. С. 618–628. doi: 10.7868/S0023291216050189. EDN: WLNFDZ.

Поступила в редакцию 01.12.2023