

РАЗРАБОТКА МОДЕЛИ ГИБРИДНОЙ ДЕТОНАЦИИ В СМЕСИ КИСЛОРОД–ВОДОРОД–АРГОН С ЧАСТИЦАМИ АЛЮМИНИЯ*

Т. А. Хмель, С. А. Лаврук

Институт теоретической и прикладной механики им. С. А. Христиановича Сибирского отделения Российской академии наук

Аннотация: Предложена простая математическая модель гибридной детонации в смесях кислород–водород–аргон с частицами алюминия. Модель основана на подходах механики многофазных сред и уравнениях приведенной кинетики для описания газообразных и гетерогенных реакций. Рассмотрено получение оксида алюминия в виде наночастиц. Анализируется задача об иницировании и распространении ячеистой детонации в плоском канале. Результаты расчетов показывают, что добавление небольшого количества горючих частиц приводит к увеличению скорости детонации и перестроению ячеистой структуры.

Ключевые слова: численное моделирование; гибридная детонация; частицы алюминия; водород-кислородные смеси

DOI: 10.30826/CE23160107

EDN: ZTTNEN

Литература

1. Сандарам Д., Янг В., Зарко В. Е. Горение наночастиц алюминия (обзор) // Физика горения и взрыва, 2015. Т. 51. № 2. С. 37–63.
2. Khasainov B. A., Veyssiere B. Steady, plane, double-front detonations in gaseous detonable mixtures containing a suspension of aluminum particles // Dynamics of explosions / Eds. A. Borisov, A. L. Kuhl, J. R. Bowen, J.-C. Leyer. — Progress in astronautics and aeronautics ser. — AIAA, 1988. P. 284–299.
3. Veyssiere B., Khasainov B. A. A model for steady, plane, double-front detonations (DFD) in gaseous explosive mixtures with aluminum particles in suspension // Combust. Flame, 1991. Vol. 85. No. 1-2. P. 241–253.
4. Veyssiere B., Khasainov B. A. Structure and multiplicity of detonation regimes in heterogeneous hybrid mixtures // Shock Waves, 1995. Vol. 4. No. 4. P. 171–186.
5. Khasainov B. A., Veyssiere B. Initiation of detonation regimes in hybrid two-phase mixtures // Shock Waves, 1996. Vol. 6. P. 9–15.
6. Velasco F. J. S., Otón-Martínez R. A., García-Cascales J. R., et al. Modelling detonation of $H_2-O_2-N_2$ mixtures in presence of solid particles in 3D scenarios // Int. J. Hydrogen Energ., 2016. Vol. 41. No. 38. P. 17154–17168.
7. Veyssiere B., Ingnoli W. Existence of the detonation cellular structure in two-phase hybrid mixtures // Shock Waves, 2003. Vol. 12. No. 4. P. 291–299.
8. Carvel R. O., Thomas G. O., Brown C. J. Some observations of detonation propagation through a gas // Shock Waves, 2003. Vol. 13. P. 83–89.
9. Нугматулин Р. И. Динамика многофазных сред. — М.: Наука, 1987. Ч. 1. 464 р.
10. Федоров А. В., Хмель Т. А. Численное моделирование формирования ячеистой гетерогенной детонации частиц алюминия в кислороде // Физика горения и взрыва, 2005. Т. 41. № 4. С. 84–98.
11. Федоров А. В., Хмель Т. А. Характеристики и критерии воспламенения взвесей частиц алюминия в детонационных процессах // Физика горения и взрыва, 2012. № 2. С. 76–88.
12. Бедарев И. А., Рылова А. В., Федоров А. В. Применение детальных и приведенных кинетических схем для описания детонации водородовоздушных смесей с разбавителем // Физика горения и взрыва, 2015. Т. 51. № 5. С. 22–33.
13. Khmel T. A., Lavruk S. A. Detonation flows in aluminium particle gas suspensions, inhomogeneous in concentrations // J. Loss Prevent. Proc., 2021. Vol. 72. Article No. 104522.
14. Strehlow R. A., Maurer R. E., Rajan S. Transverse waves in detonations. I: Spacing in the hydrogen–oxygen system // AIAA J., 1969. Vol. 7. No. 2. P. 323–328.

Поступила в редакцию 27.04.2022

*Работа выполнена при поддержке Российского научного фонда, проект № 21-79-10083 (<https://rscf.ru/project/21-79-10083/>). Статья основана на докладе, представленном на 10-м Международном симпозиуме по неравновесным процессам, плазме, горению и атмосферным явлениям (NEPCAP), прошедшем в Сочи (Россия) в период с 3 по 7 октября 2022 г.