

## О ДИСПЕРГИРОВАНИИ НАНОЧАСТИЦ АЛЮМИНИЯ\*

П. С. Кулешов<sup>1</sup>

**Аннотация:** Предложен возможный механизм диспергирования частицы алюминия с твердой оксидной оболочкой радиусом 10 нм – 1 мкм на неокисленные жидкие кластеры радиуса 1–10 нм. При определенной толщине оксидного покрытия можно быстрым нагревом добиться растрескивания оболочки и дальнейшего диспергирования жидкого ядра на кластеры, которые потом атоمیзируются и полностью окисляются в газофазных реакциях. Предложены формулы, связывающие размеры исходных наночастиц и вторичных кластеров, а также степень дисперсии последних. Обнаружен минимальный размер исходной частицы, которая может быть диспергирована. Рассмотрены необходимые условия для диспергирования. Показано влияние размеров частиц на процессы воспламенения Al в разных окислительных средах.

**Ключевые слова:** диспергирование; наночастица; кластер; алюминий

**DOI:** 10.30826/CE19120313

Автор выражает благодарность к.т.н. А. М. Савельеву за полезные обсуждения.

### Литература

1. *Гремячкин В. М., Еремеев П. М.* О воспламенении частицы алюминия в окисляющей среде // Хим. физика, 2006. Т. 25. № 8. С. 42–46.
2. *Levitas V. I.* Burn time of aluminum nanoparticles: Strong effect of the heating rate and melt-dispersion mechanism // Combust. Flame, 2009. Vol. 156. P. 543–546.
3. *Ohkura Y., Rao P. M., Zheng X.* Flash ignition of Al nanoparticles: Mechanism and applications // Combust. Flame, 2011. Vol. 158. P. 2544–2548.
4. *Kuleshov, P. S., Saveliev A. M., Titova N. S., Starik A. M.* Modeling study of Al nanoparticle oxidation in CO<sub>2</sub>/H<sub>2</sub>O environment // 9th Seminar (International) on Flame Structure Book of Abstracts. — Novosibirsk, 2017. P. 63.
5. *Физические величины: Справочник / Под ред. И. С. Григорьева, Е. З. Мейлихова.* — М.: Энергоатомиздат, 1991. 1232 с.
6. *Кулешов П. С., Маношкин Ю. В.* Теплообмен и физическая газодинамика. Влияние электрического поля на формирование и дробление пленки конденсата на стенках капилляра в потоке водяного пара // ТВТ, 2009. Т. 47. Вып. 1. С. 108–116.
7. *Ландау Л. Д., Лифшиц Е. М.* Теоретическая физика. Т. 6. Гидродинамика. — 3-е изд., перераб. — М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1986. 738 с.
8. *Sundaram D. S., Puri P., Yang V.* A general theory of ignition and combustion of nano- and micron-sized aluminum particles // Combust. Flame, 2016. Vol. 169. P. 94–109.
9. *Levitas V. I., Pantoya M. L., Dikici B.* Melt dispersion versus diffusive oxidation mechanism for aluminum nanoparticles: Critical experiments and controlling parameters // Appl. Phys. Lett., 2008. Vol. 92. P. 011921.
10. *Ландау Л. Д., Лифшиц Е. М.* Теоретическая физика. Т. 7. Теория упругости. — 4-е изд., испр. и доп. — М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1986. 248 с.
11. *Пу Х., Пу Э., Химухин С. Н. и др.* Тепловые воздействия на структурообразование и свойства алюминиевых сплавов // Вестник ТОГУ, 2013. № 2(29). P. 137–144.

Поступила в редакцию 05.02.19

\* Работа была поддержана грантами РФФИ № 16-29-01098-офи-м и № 18-08-00476-а.

<sup>1</sup> Центральный институт авиамоторостроения им. П. И. Баранова; Московский физико-технический институт (государственный университет), KuleshovPS@yandex.ru