

ДВИЖЕНИЕ И КОЭФФИЦИЕНТ АЭРОДИНАМИЧЕСКОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ ЧАСТИЦ ТИТАНА И АЛЮМИНИЯ ПРИ ГОРЕНИИ В ВОЗДУХЕ*

Н. С. Белоусова¹, О. Г. Готов²

Аннотация: Представлены результаты исследования движения одиночных крупных горящих частиц титана (200–550 мкм) и алюминия (215–840 мкм) в свободном падении в воздухе. Для исследования горения частиц металлов был применен оригинальный «метод модельных агломератов», основанный на использовании образцов, генерирующих горящие частицы контролируемого размера. Частицы могут быть или изначально монолитные (здесь Ti), или агломераты (здесь Al), образующиеся в ходе эксперимента. Получены эмпирические аппроксимирующие зависимости координаты $x(t)$ и скорости $v(t)$ от времени для частиц разных диаметров. Путем сопоставления эмпирических и расчетных зависимостей $x(t)$ и $v(t)$ определен эффективный коэффициент аэродинамического сопротивления горячей частицы C_d в зависимости от ее размера при движении в воздухе. Показано, что для исследованных горящих частиц Ti и Al коэффициент C_d в 2,5–3,2 раза превышает значение, соответствующее Стоксовскому режиму.

Ключевые слова: горение; частицы титана; агломераты алюминия; коэффициент аэродинамического сопротивления; движение частицы

DOI: 10.30826/CE25180106

EDN: BAABVK

Литература

1. Похил П. Ф., Беляев А. Ф., Фролов Ю. В., Логачёв В. С., Коротков А. И. Горение порошкообразных металлов в активных средах. — М.: Наука, 1972. 294 с.
2. Glotov O. G., Zarko V. E. Formation of nanosized products in combustion of metal particles // *Energetic nanomaterials: Synthesis, characterization, and application*. — Elsevier, 2016. P. 285–321.
3. Готов О. Г., Сурудин Г. С., Бакланов А. М. Горение сферических титановых агломератов в воздухе. III. Движение агломератов и влияние скорости обдува на наноразмерные продукты горения и время сгорания // *Физика горения и взрыва*, 2019. Т. 55. № 1. С. 49–62.
4. Алхимов А. П., Клинков С. В., Косарев В. Ф., Фомин В. М. Холодное газодинамическое напыление. Теория и практика. — М.: Физматлит, 2010. 537 с.
5. Glotov O. G. Method of model agglomerates and its application to study the combustion mechanisms of Al, Al + B, and Ti particles // *Innovative energetic materials: Properties, combustion performance and application*. — Singapore: Springer, 2020. P. 405–455. doi: 10.1007/978-981-15-4831-4_14.
6. Готов О. Г., Белоусова Н. С., Сурудин Г. С. Горение крупных монолитных частиц титана в воздухе. I. Экспериментальные методики, время горения и режимы фрагментации // *Физика горения и взрыва*, 2021. Т. 57. № 6. С. 20–31. doi: 10.15372/FGV20210603. EDN: CFUUON.
7. Горбенко Т. И. Регулирование энергетических характеристик топлив на основе нитрата аммония // *Вестник Сибирского государственного аэрокосмического университета им. академика М. Ф. Решетнева*, 2009. № 2. С. 173–178.
8. Архипов В. А., Горбенко Т. И., Жуков А. С., Пестерев А. В. Влияние хлорида олова на скорость горения гетерогенных конденсированных систем // *Химическая физика и мезоскопия*, 2011. Т. 13. № 4. С. 463–469.
9. Кижняев В. Н., Голобокова Т. В., Покатилов Ф. А., Верещагин Л. И., Эстрин Я. И. Синтез энергоёмких триазол- и тетразолсодержащих олигомеров и полимеров (обзор) // *Химия гетероциклических соединений*, 2017. Т. 53. № 6/7. С. 682–692.
10. Белоусова Н. С., Готов О. Г. Закономерности движения и коэффициент аэродинамического сопротивления крупных горящих частиц титана в воздухе // *Теплофизика и аэромеханика*, 2022. № 4. С. 587–595.
11. Физические величины. Справочник / Под ред. И. С. Григорьева, Е. З. Мейлихова. — М.: Энергоатомиздат, 1991. 1232 с.

* Работа выполнена при поддержке Российского научного фонда в рамках проекта № 24-29-00474. Статья основана на докладе, представленном на 11-м Международном симпозиуме по неравновесным процессам, плазме, горению и атмосферным явлениям (NERCAP), прошедшем в Сочи (Россия) в период с 7 по 11 октября 2024 г.

¹ Институт химической кинетики и горения им. В. В. Воеводского Сибирского отделения Российской академии наук; Новосибирский государственный технический университет, nata.bel@mail.ru

² Институт химической кинетики и горения им. В. В. Воеводского Сибирского отделения Российской академии наук; Новосибирский государственный технический университет, glotov@kinetics.nsc.ru

12. Теплофизические свойства воздуха. — Государственная служба стандартных справочных данных в области использования атомной энергии «Росатом» —

НИЯУ МИФИ. Головной научно-методический центр данных. <https://gsssd-rosatom.mephi.ru/DB-tp-02/Air.php?ysclid=lj48811jad268377932>.

Поступила в редакцию 25.07.2024

После доработки 23.01.2025

Принята к публикации 27.01.2025