

## ВОСПЛАМЕНЕНИЕ ОДИНОЧНОЙ ЧАСТИЦЫ МЕТАЛЛА В СРЕДЕ ОКИСЛИТЕЛЯ

*Авдеев К.А.<sup>1</sup>, Борисов А.А.<sup>2</sup>, Фролов С.М.<sup>2</sup>, Фролов Ф.С.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>ТулГУ, Тула

<sup>2</sup>ИХФ РАН им. Н.Н. Семёнова, Москва

Мелкодисперсные частицы металлов (магний, алюминий и др.) нашли широкое применение в различных областях аэрокосмической промышленности и энергетике. Обычно для моделирования их воспламенения и горения привлекают стандартные модели [1], основанные на эмпирических законах установившегося теплообмена Ньютона и роста оксидной плёнки. Применение стандартных моделей приводит к неточным результатам при вычислении такой важной характеристики процесса горения как задержка воспламенения. Это связано с завышением средней температуры частицы в процессе предварительного прогрева [2], использованием значений эффективных кинетических параметров, полученных без учёта нестационарного характера теплообмена частицы с окислительной средой [3] и исключением периода плавления металла [4]. В [3] была предложена простая модель воспламенения металлической частицы с поправками к законам Ньютона и окисления металла, которые учитывают нестационарность теплового потока к частице и неоднородное распределение температуры внутри неё. Результаты расчётов для частиц алюминия, представленные в [3], показали, что задержки воспламенения и величины эффективных кинетических параметров, вычисленные по новой модели, могут значительно отличаться от значений, полученных при помощи стандартной модели. Однако, в модели [3], также как и в [1], не учитывается период плавления частицы. Поэтому вычисленные значения задержек воспламенения могут отличаться от действительных величин, что было показано в [4] для частиц магния, окисление которого не зависит от толщины оксидной плёнки, образующейся на поверхности частицы (линейный закон окисления).

Цель работы – модифицировать модель [3] таким образом, чтобы применить ее к задаче о воспламенении частицы с учётом плавления металла, на окисление которого влияет динамика роста оксидной плёнки на поверхности частицы. Применение модифицированной модели для решения прямой задачи воспламенения частиц алюминия и магния позволило более точно вычислить задержки воспламенения. Так, для частиц алюминия диаметром 6 мкм, помещённых в кислород с температурой 1780-2064 К при атмосферном давлении, предложенная модель прогнозирует более длительные задержки воспламенения (на 18-21%) по сравнению с моделью [3]. Полученные результаты лучше согласуются с экспериментальными данными [1]. Для оценки влияния процесса плавления на величину эффективных кинетических параметров в законах окисления алюминия и магния решили обратную задачу.

Таким образом, в работе показана важность учёта нестационарности теплообмена и процесса плавления при решении задачи о воспламенении частицы металла, как в случае линейного закона окисления, так и нелинейного.

Работа выполнена при поддержке РФФИ (гранты 05-08-18200а и 05-08-50115а).

### Литература

1. Фёдоров А.В., Харламова Ю.В. // ФГВ. 2003. № 5. с. 65-68.
2. Авдеев К.А., Фролов С.М., Фролов Ф.С. // Хим. физика, 2006, т.25, №11, с.17-24.
3. Avdeev K.A., Frolov F.S., Borisov A.A., Frolov S.M. // 7-th ISHPMIE, Vol.3, SPb, 2008. – p. 97-102.
4. Avdeev K.A., Frolov F.S., Borisov A.A., Frolov S.M. I // 7-th ISHPMIE, Vol.1, SPb, 2008. – p. 127-130.