**Исследование температурной кинетики процесса релаксации высокотемпературного оксида алюминия**

***Абрамова М.В.1,3, Сидельников Д.2,3***

*Студент, 2 курс бакалавриата*

*1Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, факультет фундаментальной физико-химической инженерии, Москва, Россия*

*2Московский физико-технический институт, физтех-школа фотоники, электроники и молекулярной физики, Долгопрудный, Московская область, Россия*

*3ФИЦ ХФ РАН, Москва, Россия*

*E-mail: Mariya.Abramova@student.physchem.msu.ru*

Сопровождающий горение алюминия процесс формирования оксида алюминия (Al2O3), является важной составляющей современных энергетических технологий [1]. Специфическим свойством Al2O3 является способность к неконгруэнтному испарению с образованием летучих соединений атомов алюминия и кислорода, в которых степень окисления атомов Al отличается от трех. Свойства этих соединений, называющихся субоксидами, представляют большой интерес. В том числе интересна их рекомбинация с образованием конденсированной фазы. Субоксиды недостаточно изучены, что связано, в основном, со сложностью их воспроизведения в лабораторных условиях.

Удобным методом создания высоких концентраций субоксидов является лазерная абляция кристаллической формы Al2O3 – лейкосапфира. Облучение лейкосапфира проводилось высокоэнергетическими импульсами СО2-лазера. Результатом облучения является образование и выброс из лазерного кратера в окружающую среду продуктов: частиц перегретого расплава Al2O3 и газообразных субоксидов. Измерения показали, что температура выбрасываемых субоксидов может достигать 5000К, а измеренная методом двухлучевой пирометрии температура поверхности частиц достигала 3000К. Большой интерес для данного исследования представляют замкнутые полые оболочки (пузыри) из расплава Al2O3, раздутыми субоксидами [2]. В их составе имеются и конденсированная, и газовая фазы, а во время полета частицы происходит взаимодействие между ними.

В ходе изучения температурной кинетики пузырей – продуктов лазерной абляции оксида алюминия с использованием данных работ [3, 4] была разработана модель, связывающая между собой параметры (радиус, температуру, толщину оболочки) летящих частиц. Изменение температуры пузырей, наблюдаемых в опытах, связано с потерями тепла на испарение расплава и на излучение с их внешней поверхности, зависящими от радиуса частицы, а также вкладом происходящих во внутренней полости пузыря реакций рекомбинации. Толщина выбрасываемой из лазерного кратера оболочки (пузыря) определяется его радиусом и массой, которые, в свою очередь, зависят от энергии лазерного импульса. При исследовании данных взаимосвязей было выявлено распределение типов частиц по их радиусам и оценена величина теплового эффекта реакций рекомбинации субоксидов алюминия.

**Литература**

[1] J. Harrison & M. Q. Brewster (2009) Analysis of thermal radiation from burning aluminium in solid propellants // Combustion Theory and Modelling, 13:3, 389-411,

[2] Larichev, M.N., Velichko, A.M., Belyaev, G.E. et al. Studying condensed phase formed upon interaction between a high-power laser pulse and crystal aluminum oxide // Bull. Russ. Acad. Sci. Phys. 80, 402–406 (2016)

 [3] Tonini, S., Cossali, G.E. An analytical approach to model heating and evaporation of multicomponent ellipsoidal drops // Heat Mass Transfer 55, 1257–1269 (2019)

[4] S. Tonini, G.E. Cossali. An evaporation model for oscillating spheroidal drops // International Communications in Heat and Mass Transfer, Volume 51, 2014, Pages 18-24, ISSN 0735-1933