

## ВЛИЯНИЕ КОНЦЕНТРАЦИИ ЛЕГКО ИОНИЗИРУЮЩИХСЯ ДОБАВОК К АЛЮМИНИЮ НА ДИСПЕРСНОСТЬ ЕГО ПРОДУКТОВ СГОРАНИЯ

Дорошенко Ю. А., Полетаев Н. И., Золотко А. Н.,  
Горинчук С.А.

*Институт горения и нетрадиционных технологий Одесского  
национального университета имени И. И. Мечникова, Одесса, 65082,  
ул. Дворянская 2, incomb@ukr.net*

Эффективным способом увеличения дисперсности продуктов сгорания металлов в пылевом пламени является управление процессами зародышеобразования в зоне конденсации факела [1]. При увеличении концентрации ионов в газовой фазе (этого можно достичь введением в исходную газовзвесь соединений легкоионизирующихся щелочных металлов, например солей  $K_2CO_3$ ,  $KCl$ ,  $Na_2CO_3$  и др.) следует ожидать увеличения центров гетерогенной нуклеации и, следовательно, уменьшения характерного размера частиц конденсированных продуктов сгорания.

Представляет интерес выявить связь концентрации вводимой к горючему добавки с дисперсными и фазовыми характеристиками продуктов сгорания. В настоящей работе ионизация пламени достигалась введением в исходное горючее – порошок алюминия – добавки соли карбоната калия. Концентрация  $K_2CO_3$  варьировалась в диапазоне (0,1 – 5,0)% по массе. Продукты сгорания порошка алюминия (АСД-4, средний диаметр частиц  $d_{10} = 4.8$  мкм) отбирались и анализировались с помощью электронного и сканирующего микроскопов. По результатам дисперсного анализа, проведенного по микрофотографиям, построена зависимость среднего размера частиц  $Al_2O_3$  от концентрации добавки. Данная зависимость является экстремальной (с минимумом). При небольших (до 0.5%) концентрациях добавки средний размер частиц оксида снижается от 100 нм для чистого алюминия до 30 нм для 0.5%  $K_2CO_3$ . Это объясняется увеличением концентрации ионов в газовой фазе (как положительных – ионы калия, так и отрицательных – электроотрицательные газы), которые являются зародышами конденсированной фазы продуктов сгорания. Увеличение концентрации добавки до (1-5)% привело к росту среднего размера частиц оксида до 70 нм. Было выдвинуто предположение о том, что

немонотонный характер зависимости характерного размера частиц от концентрации добавки объясняется электрическими характеристиками зоны конденсации.

Известно, что при температурах, развивающихся при горении металлизированных горючих  $T \sim 2000 - 3500$  К зону горения пылевого факела можно рассматривать как комплексную плазму с конденсированной дисперсной фазой. Пылевые частицы являются центрами рекомбинации плазменных электронов и ионов, источником электронов и их стоком, тем самым пылевая компонента может существенно влиять на ионизационное равновесие в системе. Электрические характеристики зоны горения в зависимости от концентрации добавки оценивались с помощью расчетов ионизационного равновесия двухфазной системы при температуре горения алюминия ( $T \sim 3200$  К). Это позволило рассчитать константы скорости коагуляции одноименно заряженных частиц по модели электростатического взаимодействия, а также проанализировать влияние поляризационного взаимодействия заряженных частиц по модели, предложенной в работе [2]. Показано, что поляризация растущих оксидных частиц в плазме в электрических полях соседних частиц, начиная с некоторой пороговой концентрации ионов примеси, приводит к преобладанию сил притяжения между одноименно заряженными частицами по сравнению с силами кулоновского отталкивания. Этот факт может служить объяснением обнаруженного в эксперименте увеличения среднего размера частиц  $Al_2O_3$  с ростом концентрации добавки.

Экспериментально установлено, что, как и в случае горения частиц чистого алюминия продукты сгорания металла с добавками легко ионизирующихся примесей представляют сферические наночастицы  $\gamma$ ,  $\delta$  - $Al_2O_3$ . Важно отметить, что по данным энергодисперсионного микроанализа (Оже микросонд Jump-9500F) продуктов сгорания в образцах не обнаружено присутствие калия.

## Литература

1. Полетаев Н. И. Дисперсность продуктов сгорания металлов в ламинарном пылевом факеле. / Полетаев Н. И. Золотко А. Н., Дорошенко Ю. А //Физика горения и взрыва. – 2011. Т. 47, №.2. – С. 30-44.
2. Олеванов М. А. Механизмы коагуляции и роста пылевых частиц в низкотемпературной плазме / М. А. Олеванов, Ю. А. Манкелевич, Т. В. Рахимова // Журнал экспериментальной и теоретической физики. – 2004. – Т. 125, вып. 2. – С. 324 – 344.