

ПИСЬМО В РЕДАКЦИЮ

О НАКОПЛЕНИИ ОКСИДА АЛЮМИНИЯ НА ГОРЯЩЕЙ
ЧАСТИЦЕ АЛЮМИНИЯ

В. М. Гремячкин, А. Г. Истратов, В. И. Колесников-Свиридов, О. И. Лейпунский
(Москва)

В работах [1—3] авторы предложили новые механизм и теорию горения алюминия вместо прежних теорий [4—6], основанных на предположении о том, что продукт горения — конденсированная окись алюминия — образуется конденсацией из перенасыщенных паров окиси алюминия. Масс-спектрометрический анализ [7] показал, что паров окиси алюминия не существует, а в газообразном состоянии имеются только субокислы Al_2O и в меньшем количестве AlO . Тем самым упомянутые выше теории, основанные на наличии паров окиси алюминия, стали иллюзорными, и оказалось, что почти двадцать лет экспериментальных и теоретических исследований горения алюминия не привели к правильному представлению о механизме его горения, в котором не должны фигурировать пары окиси.

В предлагаемом механизме имеются две зоны реакции: на поверхности частицы и в окружающем объеме. Окислитель вступает в реакцию с частицей алюминия, образуя конденсированную окись алюминия. Последняя вступает в экзотермическую реакцию с алюминием, при которой образуются газообразные продукты: в основном субокисль Al_2O и сравнительно мало паров алюминия. Их концентрации на поверхности частицы определяются термодинамическим равновесием в системе окись алюминия, алюминий, субокислы и пары алюминия. Газообразные продукты поверхностной реакции диффундируют в объем — вторую зону реакции, где путем химической конденсации образуют конденсированную окись алюминия.

Расчет [2, 3] изложенной модели приводит к спектру размеров частиц окиси алюминия: т. е. частицы, которые образуются химической конденсацией, в объеме имеют субмикронный и микронный размер, частицы, образующиеся на горящей капле из накопившейся на ней окиси алюминия, крупнее и размер их определяется долей σ накопившейся окиси от всего возможного количества окиси алюминия. При $\sigma=1$ частица алюминия окисляется в своем объеме, и размер частицы окиси несколько больше начального размера частицы алюминия. При $\sigma=0$ на поверхности накопления нет, и вся окись образуется химической конденсацией в объеме, т. е. имеет субмикронные размеры.

Согласно теории [2, 3], величина σ зависит от вида и концентрации окислителя и от температуры окружающей среды. Качественные закономерности накопления окиси таковы: при данной температуре окружающей среды σ уменьшается с падением концентрации окислителя. При данной концентрации окислителя σ уменьшается с увеличением температуры окружающей среды. Есть две характерные качественные области при соответствующих концентрациях окислителя: при высокой температуре среды $\sigma \rightarrow 0$, при низкой температуре среды $\sigma \rightarrow 1$. В таблице приведено сравнение экспериментальных и теоретических значений доли окиси, накопившейся на поверхности частицы и дающей крупные частицы окиси алюминия.

| Газ-окислитель | Давление, атм | Концентрация окислителя | Температура, К | Накопившаяся доля окиси | |
|----------------|---------------|-------------------------|----------------|-------------------------|---------|
| | | | | опыт | теория |
| Воздух | 1 | 0,2 | 300 | 0,14 | 0,17 |
| | 1 | 1 | 373 | 0,6—1,0 | 0,4 |
| Водяной пар | 1 | 0,7 | 363 | 0,5—0,8 | 0,4—0,5 |
| | 40 | 0,3 | 2700 | 0,9 | 0,2—0,3 |
| | 40 | 0,13 | 3200 | 0,2—0,4 | 0,1—0,2 |

Первая строка таблицы (с малым накоплением окиси) показывает удовлетворительное согласие с теорией, вторая и третья — более приблизительное, с тенденцией к завышению накопления окиси по сравнению с теоретическим значением. Результаты опытов при высоких температурах в условиях, приближающихся к $\sigma \rightarrow 0$, показывают качественную тенденцию к уменьшению σ с ростом температуры, следующую из теорий. Однако накопление окиси превышает теоретическое значение (см. таблицу, строка 4). По-видимому, начавшееся накопление пленки окиси на частице меняет условия диффузии и установленное равновесие в поверхностной реакции — в сторону увеличения накопления. Отмечено также, что узкая фракция размеров частиц алюминия (50—60 мкм) не дает ожидаемой узкой фракции окиси алюминия (35—45 мкм), но дает непрерывный спектр размеров частиц окиси с максимумом в области ожидаемого размера частиц окиси (35—45 мкм) и с минимумом в области 3—5 мкм. Непрерывность спектра крупных частиц, вероятно, указывает на действие нового фактора — механического отрыва окиси с горячей частицы. Возможность этого высказывалась рядом авторов, и она видна из фотографии в работе [8].

Резюмируя, можно сказать, что результаты опытов находятся в качественном согласии с теорией спектра частиц окиси алюминия, но показывают наличие дополнительных факторов — тенденций к увеличению накопления при наличии уже накопившейся окиси и к механической устойчивости окиси на поверхности горячей частицы.

Авторы благодарны Г. П. Кузнецову, В. М. Пучкову, С. В. Писковскому за помощь в работе и ценную дискуссию.

Поступила в редакцию
6/IV 1979

ЛИТЕРАТУРА

1. В. М. Гремячкин, А. Г. Истратов, О. И. Лейпунский. ПМТФ, 1974, 4.
2. В. М. Гремячкин, А. Г. Истратов, О. И. Лейпунский. ФГВ, 1975, 11, 3.
3. В. М. Гремячкин, А. Г. Истратов, О. И. Лейпунский. Archiwum termodynamiki i spalania, 1977, 8, 1.
4. Т. Бржустовский, И. Глассмен.— В сб.: Гетерогенное горение. М., Мир, 1967.
5. D. Kuehl, M. Zwillenberg. AIAA Paper, N 68—44 g.
6. Л. А. Клячко. ФГВ, 1969, 5, 3.
7. J. Drowart, R. Burns. a. o. J. Chem. Phys., 1960, 32, 1366.
8. J. Bgulard. Rech. aerosp., 1967, 8.

ОБЪЯВЛЕНИЕ

Дом техники Карагандинского областного совета НТО и Химико-металлургический институт АН КазССР намечают провести в апреле — мае 1980 г. III Всесоюзный семинар по электрофизике горения.

На семинаре предлагается рассмотреть следующие вопросы:

1. Электронно-ионные явления при горении различных топлив, их роль в механизме процесса горения и связь с его параметрами.
2. Влияние на процесс горения внешних полей.
3. Использование электронно-ионных явлений для разработки способов и средств контроля, управления и интенсификации технологических и теплотехнических процессов.
4. Методы и средства экспериментальных исследований.

О желании принять участие в работе семинара с указанием названия доклада просим сообщить не позднее 1 марта 1980 г.

Расширенные тезисы, оформленные надлежащим образом, объемом не более 4 — 5 стр. машинописного текста необходимо прислать до 1 марта 1980 г.

Адрес оргкомитета: 470032, Караганда, 32, ул. Дзержинского, 63, ХМИ АН КазССР. Фиалякову Б. С.