О ВЗАИМОДЕЙСТВИИ ВЫСОКОЭНТАЛЬПИЙНОЙ ПЛАЗМЕННОЙ СТРУИ С ПОВЕРХНОСТЬЮ ГРАФИТА

Э.Е. Сон, Э.Х. Исакаев, В.Ф. Чиннов, А.С. Тюфтяев, М.Х. Гаджиев, Д.И. Кавыршин, М.А. Саргсян

ОИВТ РАН, г. Москва, [makhach@mail.ru](mailto:makhach@mail.ru)

Создан генератор высокоэнтальпийной (*H0*>40 кДж/г) плазменной струи [1] азота и воздуха с характерным диаметром 10-15мм.

Выполнен сопоставительный анализ воздействия такой струи длительностью 40-100 сек, обеспечивающего плотность теплового потока *q0*>1 кВт/см2 на образцы технического (изотропного) и пиролитического (анизотропного) графита. Методами микропирометрии, скоростной визуализации и спектроскопии получены данные о динамике убыли материала образцов, о характере изменения во времени и пространстве поля температур на их поверхности, об изменениях параметров (температура и концентрация электронов, температура тяжелых частиц) набегающей на образец плазменной струи.

Установлены принципиальные различия в характере протекания процесса «сверхинтенсивного» лобового воздействия плазменного потока азота и воздуха на графитовые образцы.

В азотной плазме по достижении температуры образцов *Tw*>2500 K наблюдается выход главным образом из его боковых поверхностей струй сублимированного материала с характерным поперечным размером 20-100 мкм и скоростью «истечения» 30-100 м/с. При этом нагретая поверхность образцов окружена «дымкой» сублимата, вероятно, обусловленной концентрацией кластеризованных микрочастиц углерода.

В воздушной плазме, которая содержит большое количество атомов кислорода в основном и метастабильных состояниях, на этапе установления *Tw*>2000 K включается высокоинтенсивный процесс поверхностного горения графита [2]. В сочетании с процессом сублимации он приводит к значительно большей (в 2-3 раза) скорости убыли материала образцов, в особенности из изотропного графита.

Спектроскопически установлено, что благодаря большой скорости истечения плазмы (*U0*≈500м/с) из выходного сопла плазмотрона плазма в зоне взаимодействия с образцом (∆*Z*≈20мм) является термически неравновесной: концентрация электронов *ne* (измеренная по ширине линии *Hß*) оказывается выше равновесной *ne*0(*Te*) (температура электронов измерена методом «больцмановской экспоненты»[1, 3] по интенсивностям многочисленных линий NI и OI). Выше равновесной является и концентрация атомов азота и кислорода: процесс рекомбинации атомов в молекулы не успевает произойти за время пролета плазмы от плазмотрона (*Te*≈11000 K, *ne*≈4·1016 см-3) до мишени (*Te*≈8000 K, *ne*≈1016 см-3).

Такая плазмы с [N]>[N0(*Te*)] и [O]>[O0(*Te*)] обеспечивает высокую скорость протекания реакций в поверхностном слое и на поверхности образцов:

C+O→CO

C+N→CN.

Спектры излучения плазмы вблизи поверхности образцов действительно содержат молекулярные полосы CN и CO, тогда как спектральные линии атомов углерода CI практически не наблюдаются.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 13-08-0143

Литература

1. Исакаев Э.Х., Синкевич О.А., Тюфтяев А.С., Чиннов В.Ф., ТВТ, 2010, т.48, № 1, С. 105-134.
2. Полежаев Ю.В., Юревич Ф.Б., Тепловая защита, М, Энергия, 1976.
3. Очкин В.Н., Спектроскопия низкотемпературной плазмы, М, Наука, 2006.