

АНАЛИЗ РАЗРУШАЮЩЕГО ВОЗДЕЙСТВИЯ АЗОТНОЙ ПЛАЗМЕННОЙ СТРУИ НА ТЕРМОСТОЙКИЕ МАТЕРИАЛЫ

Хромов М.А., Чиннов В.Ф., Саргсян М.А., Кавыркин Д.И.,
Щербаков В.М., Ефимов А.В.*

ОИВТ РАН, Москва, Россия

**volteg@mail.ru*

Процессы тепло- и массообмена в зоне взаимодействия высокотемпературного дозвукового плазменного потока с поверхностью сублимирующего термостойкого материала определяют скорость его разрушения [1–4]. Проводятся интенсивные работы по созданию и исследованию новых теплозащитных материалов на основе композитов (SiC/C, HfB₂-SiC и др.), детально изучаются механизмы их разрушения под воздействием высокотемпературных и химически активных сред [2–4]. Целью исследования является установление изменений параметров и состава плазмы в зоне разрушающего воздействия высокоэнтальпийной азотной плазменной струи, набегающей на образцы из углеродсодержащего материала. Созданный в ОИВТ РАН комплекс [4] обеспечивает получение и исследование плазмы различных газов (Ar, He, N₂, воздух) и их смесей в широком диапазоне температур ($T = 10\text{--}30$ кК), массовых расходов 0,2–5 г/с, скоростей 50–1000 м/с в выходном сечении плазмотронов. Экспериментальная оценка скорости потери массы материала образца в режиме реального времени выполняется методами двухпозиционной высокоскоростной видеосъемки и разработанного авторами метода лазерной профилометрии с использованием «лазерного ножа» [5]. В исследованиях использовались изотропный графит марки МПГ-6 цилиндрической формы с плотностью $\rho \approx 1,70\text{--}1,8$ г/см³ и анизотропный графит УПВ-1Т с плотностью $\rho \approx 2,1\text{--}2,2$ г/см³ в форме параллелепипеда с характерной толщиной 3–5 мм и стороной 15–25 мм. При удельных тепловых нагрузках 1–2 кВт/см² экспериментально установлены пространственно-временные изменения скорости убыли материала образцов (3–20 мг/см²с), температуры их поверхности (2000–3500 К), температуры электронов плазмы набегающего потока (6000–12000 К), плазмохимического состава в области «вдува» продуктов разрушения. Совместный анализ пространственно-временных изменений концентрации основных продуктов разрушения – атомов углерода и радикала CN и скорости убыли материала углеродсодержащего образца позволяет установить относительную роль процессов гетерогенной ($C_{solid} + N \rightarrow CN$) и гомогенной ($C_{gas} + N + M \rightarrow CN + M$) нитризации углерода в зоне взаимодействия.

Работа выполняется при частичной поддержке Российского Фонда

Фундаментальных Исследований по проектам No 16-08-00323 и No 17-08-00816.

-
1. Михатулин Д.С. Полежаев Ю.В., Ревизников Д.Л. Теплообмен, термохимическое и термоэрозионное разрушение тепловой защиты. М., Янус-К, 2011.
 2. Helber B., Turchi A., Scoggins J.B., Hubin A., Magin T.E. // Int. J. Heat. Mass. Tran. 2016. V. 100. P. 810.
 3. Lei L., Yiguang W., Liping L., Liyuang D., Guolin W., Yonghong L. // Carbon. 2016. V. 103. P. 73.
 4. Chinnov V.F., Tyuftyaev A.S., Kavyrshin D.I., Ageev A.G., Sargsyan M.A., Gadzhiev M.Kh. // High Temp. 2018. V. 56. No. 1. P. 25.
 5. Ageev A.G., Kavyrshin D.I., Sargsyan M.A., Gadzhiev M.Kh., Chinnov V.F. // Int. J. Heat. Mass. Tran. 2017. V. 107. P. 146.