

ТЕХНОЛОГИИ СОЗДАНИЯ И ИСПЫТАНИЯ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНЫХ ДЕТАЛЕЙ ИЗ КЕРАМИЧЕСКИХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

Мезенцев М. А., Каримбаев Т. Д., Пальчиков Д. С., Сеницын А. В.

ФАУ «Центральный институт авиационного моторостроения им. П.И. Баранова», г. Москва,
mma@ciam.ru

Ключевые слова: керамический композиционный материал, высокотемпературные испытания, прочность

Характеристики вязкости разрушения керамических композиционных материалов (ККМ) почти на порядок превышают характеристики вязкости разрушения монолитной керамики [1]. Это обстоятельство, несмотря на более низкие по сравнению с монолитной керамикой прочностные характеристики, позволило разработать детали авиационных двигателей из ККМ, обеспечив работоспособность этих деталей в условиях длительной работы двигателей. Разработка 3-го поколения бескерновых волокон карбида кремния (SiC_f), работающих длительно в окислительной среде при температуре до 1316°C , позволила фирмам General Electric и SNECMA применить ККМ SiC_f/SiC в высокотемпературных узлах двигателей гражданской авиации LEAP и GE9x [2].

В России проводятся работы [3] по созданию и организации производства волокна SiC_f с соответствующими свойствами. В 1970-1980гг в ЦИАМ им. П.И. Баранова совместно с предприятиями отрасли созданы уникальные оснастка и оборудование для испытаний монолитной керамики на растяжение при температуре до 2200°C в инертной среде [4 – 6] исчерпали свою практическую пригодность.

В настоящее время в ЦИАМ обрабатываются технологии проектирования и изготовления жаровых труб и других элементов камеры сгорания из различных высокотемпературных ККМ, сопловых аппаратов с лопатками и трактовыми полками из дисперсно-упроченных алмазными частицами керамических материалов (ДУКМ), рабочих колёс из материалов C_f/SiC и SiC_f/SiC , а также ведутся работы по получению методами 3D-печати лопаток турбин из Si_3N_4 малоразмерных газотурбинных двигателей (см. рис. 1), [7].



Рис. 1 – Разработанные и изготовленные жаровая труба из C_f/SiC , сопловой аппарат из ДУКМ, заготовка колеса турбины из C_f/SiC

В рамках работы получены методики расчётных исследований деталей из анизотропных материалов с учётом направления армирования и кривизны монослоев. Разработаны, изготовлены и получены первые характеристики прочности опытных образцов из ККМ (SiC_f/SiC). Проведены экспериментальные исследования конструктивно-подобных элементов и деталей авиационных двигателей из монолитной керамики и ККМ на теплостойкость на стендах при нормальных и повышенных (до 1500°C) температурах.

Финансирование

Работа выполнена в рамках развития программы НЦМУ «Сверхзвук» при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования.

Список литературы

1. Dutta S. Fracture Toughness and Reliability in high-Temperature Structural Ceramics and Composites: Prospects and challenges for the 21st Century. National Aeronautics and Space Administration, John Glenn Research Center, 1999.
2. Nakamura T., Oka T., Imanari K. Development of CMC Turbine Parts for Aero Engines. *ИИЭ Инженеринг Ривью*, 2014. Vol. 47. №1.
3. Щербакoвa Г.И., Жигалoв Д.В., Сидoрoв Д.В. Oсoбeннoсти тeхнoлoгии пoлучeния бeскислoрoднoгo пoликaрбoсилaнa. // XIII Мeждунaрoднaя нaучнo-тeхничeскaя кoнфeрeнция «Нaукoёмкиe химичeскиe тeхнoлoгии» 28 иуня – 2 иуня 2010, г. Ивaнoвo – Суздaль: Тeзисы дoклaдoв. Ивaнoвo, 2010. 381 с.
4. Nozhnitsky Y.A., Fedina Y.A., Rekin A.D., Petrov N.I. Ceramic Gas Turbine Components Development Experience at the Central Institute of Aviation Motors // In “Ceramic Gas Turbine Design and Test Experience”, ASME. 2002. 1. pp 669-682.
5. Nozhnitsky Y.A., Fedina Y.A., Fishgoit A.V. Equipment and Methods for Ceramic Materials Evaluation // In “Ceramic Gas Turbine Component Development and Characterization” ASME. 2003. Vol. 2, pp 425-440.
6. Negovskii A. N., Drozdov A. V., Kutnyak V. V., Nozhnitskii Yu. A., Menshikov A. N., Qiao Shengru, and Bai Shihong. Experimental equipment for the evaluation of the strength characteristics of Carbon-Carbon composite materials within the temperature range 20-2200 °C. *Strength of Materials*, 1999. Vol. 31. No. 3. pp 319-325.
7. Мeзeнцeв М.А., Кaримбaев Т.Д., Eжoв А.Ю. Рaзрaбoткa и экcпeримeнтaльнe иccлeдoвaния нeмeтaлличeских дeтaлeй и узлoв гoрyчeй чaсти пeрcпeктивнoгo ГТД. / Вeстник СГАУ, 2015. Т. 14. №3. Ч. 1.

Сведения об авторах

Мезенцев Михаил Александрович, начальник сектора. Область научных интересов: прочность деталей двигателя из высокотемпературных неметаллических материалов.

Каримбаев Тельман Джамалдинович, д-р техн. наук, начальник отдела. Область научных интересов: прочность деталей двигателя из керамических и композиционных материалов.

Пальчиков Денис Сергеевич, начальник сектора. Область научных интересов: испытания деталей и узлов двигателя из керамических и композиционных материалов.

Синицын Антон Владимирович, ведущий инженер. Область научных интересов: испытания образцов и деталей из керамических и композиционных материалов.

TECHNOLOGIES FOR CREATING AND TESTING HIGH-TEMPERATURE PARTS FROM CERAMIC MATRIX COMPOSITE

Mezentsev M.A., Karimbaev T.D., Palchikov D.S., Sinitsyn A.V.

FAU Central Institute of Aviation Motors by P.I. Baranov, Moscow, Russia, mma@ciam.ru

Keywords: ceramic matrix composite, high-temperature testing, strength

The methods of computational studies of parts made of anisotropic materials are being improved, taking into account the direction of reinforcement and the curvature of monolayers. Experimental studies of aircraft engine parts for heat resistance and prototypes are carried out to determine the mechanical properties of various ceramic monolithic and composite materials at normal (20 ° C) and elevated (up to 1500 ° C) temperatures.