

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ РАЗВИТИЯ ПОВРЕЖДЕНИЙ В ПКМ ПРИ ЦИКЛИЧЕСКОМ НАГРУЖЕНИИ

Богомолова А. Д., Пальчиков Д. С.

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

Ключевые слова: полимерный композиционный материал, прочность, повреждения, циклические испытания на сжатие

Настоящая работа посвящена экспериментальному исследованию роста повреждений в полимерном композиционном материале (ПКМ) в условиях циклического нагружения (сжатия). Циклическими испытаниями образцов углепластика с повреждениями получены зависимости размера повреждения и остаточной прочности от количества пройденных циклов нагружения. Показано применение методов неразрушающего контроля (ультразвуковая дефектоскопия и ИК-термография) для измерения размеров повреждений в ПКМ. Результаты данных исследований использовались для формирования подхода к оценке допустимого уровня повреждений для деталей из ПКМ. Предлагаемый подход основан на анализе изменения остаточной прочности углепластика с повреждением от количества пройденных циклов нагружения.

Одним из недостатков ПКМ применительно к деталям АД и ВС является низкая ударостойкость. В случае ПКМ, под низкой ударостойкостью, в первую очередь, понимается существенное снижение прочности вследствие ударного повреждения. Так как основным фактором, непосредственно влияющим на остаточную прочность ПКМ, является размер внутреннего повреждения, то для обеспечения надёжной эксплуатации детали возникает необходимость в оценке его допустимого уровня (размера). Стоит заметить, что допустимый уровень повреждений должен быть определён для каждой конкретной детали из конкретного ПКМ. В рамках настоящей работы проведены исследования роста повреждений в углепластике при циклическом сжатии, являющиеся основой для реализации подхода к оценке допустимости повреждений в деталях из ПКМ.

Объектом исследования являлись образцы перспективного углепластика авиационного назначения T144 со схемой армирования $[0; +45; 0; -45]_{ns}$ размерами 150x100x4,6 мм и предварительно нанесёнными повреждениями 2-й категории по классификации FAA [AC 25.571]. Нанесение повреждений осуществлялось методом квазистатического продавливания полусферическим индентором [ASTM D6264]. На первом этапе проводились циклические испытания образцов с повреждениями на уровнях напряжений, составляющих 60-85% от предельного значения напряжения при кратковременном нагружении образца с повреждением $(0,6 \div 0,85 \cdot \sigma_{CAI})$. База испытаний N составляла 10^5 циклов, коэффициент асимметрии $R = 0,1$. В процессе испытаний с заданным интервалом проводились измерения размера внутреннего повреждения методами НК.

По результатам испытаний получен вид зависимостей размера повреждения от количества пройденных циклов, а также оценено значение предела выносливости данного ПКМ с повреждением 2-й категории. На следующем этапе работ получена кривая остаточной прочности углепластика T144 с повреждением 2-й категории – зависимость остаточной прочности от количества пройденных циклов нагружения. На основе совокупности отработки предлагаемых методик и полученных результатов сформирован подход к экспериментальной оценке допустимого размера повреждения для деталей из ПКМ.

Список литературы

1. AC 25.571-1D – Damage Tolerance and Fatigue Evaluation of Structure.
2. ASTM D6264 – Standard Test Method for Measuring the Damage Resistance of a Fiber-Reinforced Polymer-Matrix Composite to a Concentrated Quasi-Static Indentation Force.

Сведения об авторах

Богомолова Анна Дмитриевна, инженер. Область научных интересов: испытания образцов и деталей двигателя из композиционных материалов, неразрушающий контроль изделий.

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

EXPERIMENTAL RESEARCH OF DAMAGE DEVELOPMENT IN POLYMERIC COMPOSITE MATERIALS UNDER CYCLIC LOADING

Bogomolova A.D., Palchikov D.S.

FAU Central Institute of Aviation Motors by P.I. Baranov, adbogomolova@ciam.ru

Keywords: polymer composite material, strength, damage, cyclic compression tests

This work is devoted to the experimental study of damage growth in polymer composite materials under conditions of cyclic loading (compression). Dependences of the size of damage and residual strength on the number of passed loading cycles are obtained. The application of non-destructive testing methods (ultrasonic flaw detection and thermography) for measuring the size of damage in polymer composite materials is shown. The results of these studies were used to create an approach to assessing the permissible level of damage for polymer composite materials parts, which is based on an analysis of the change in the residual strength of CFRP with damage from the number of loading cycles passed.