

КРИТЕРИИ РАЗРУШЕНИЯ ОБРАЗЦОВ ИЗ ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ ПРИ РЕЗОНАНСНЫХ УСТАЛОСТНЫХ ИСПЫТАНИЯХ

©2016 Н.А. Саженов, Д.А. Самодуров

Пермский национальный исследовательский политехнический университет

FRACTURE CRITERIONS FOR SAMPLES MADE FROM POLYMERIC COMPOSITE MATERIAL DURING RESONANCE FATIGUE TESTS

Sazhenkov N.A., Samodurov D.A. (Perm National Research Polytechnic University, Perm, Russian Federation)

Has been analyzed the fatigue damage of samples made from polymer composite material with different reinforcing. An analysis of fatigue damage samples is based on the process of damage accumulation in multiply laminate. Has been observed the longitudinal cracking during to fatigue tests of unidirectional samples as well as longitudinal delamination during to fatigue tests of multidirectional samples. The transverse failure is observed to be caused by the failure of longitudinal fibers during to fatigue tests of cross-reinforced samples.

Ввиду большого разнообразия структур полимерных композиционных материалов (ПКМ), отсутствия отечественных гостов на усталостные испытания и критериев разрушения ПКМ при усталостных испытаниях одной из главных задач при проведении усталостных испытаний этих материалов становится разработка критериев их разрушения. В данной работе проведён анализ особенностей усталостного разрушения образцов из ПКМ различной укладки и предложены некоторые критерии усталостного разрушения однонаправленных, разнонаправленных и перекрёстно-армированных материалов.

Процесс накопления повреждений в многослойных композитах может быть представлен тремя стадиями [1] (рис. 1): 1 – потеря адгезионных связей, микрорастрескивание на границах матрицы и волокна, и образования трещин в поперченных слоях, 2 – накопление трещин на границах соседних слоёв и расслоение, 3 – разрушение волокон в слоях с продольным армированием и образца в целом.

Следует отметить, что все этапы в данном процессе накопления повреждений характерны и для однонаправленных композитов, за исключением образования трещин в продольных слоях.

Согласно [2] квадрат частоты собственных колебаний образца под нагрузкой прямопропорционален модулю упругости материала:

$$f^2 \sim E. \quad (1)$$

Поэтому падение модуля упругости материала вследствие накопления поврежде-

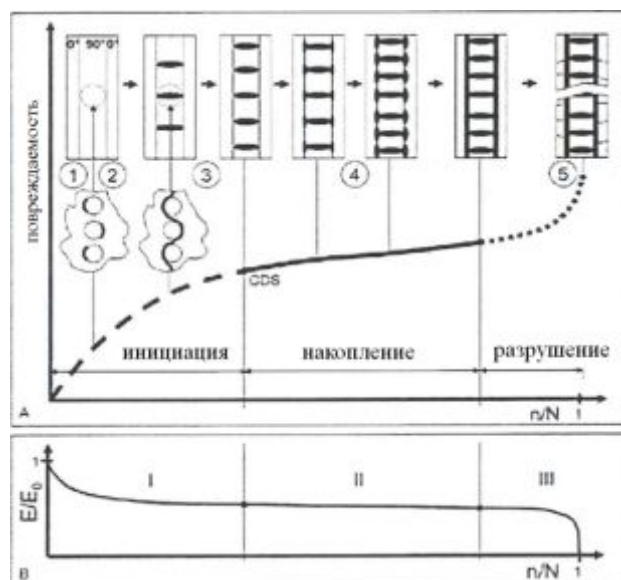


Рис. 1. Зависимость накопления повреждений и модуля упругости от циклов нагружения

ний может быть определено по снижению резонансной частоты нагружения.

В ходе усталостных испытаний на машине резонансного типа производился контроль собственной частоты колебаний образца под нагрузкой, динамической и статической составляющей осевого усилия в цикле нагружения. Испытания проводились при базовом числе циклов $N=10^6$ при комнатной температуре и коэффициенте асимметрии $R = 0,1$.

При испытании образцов из однонаправленного полимерного композиционного материала в качестве критерия разрушения

было принято падение собственной резонансной частоты нагружения до определенного значения, при котором происходит продольное растрескивание образца (рис. 2).

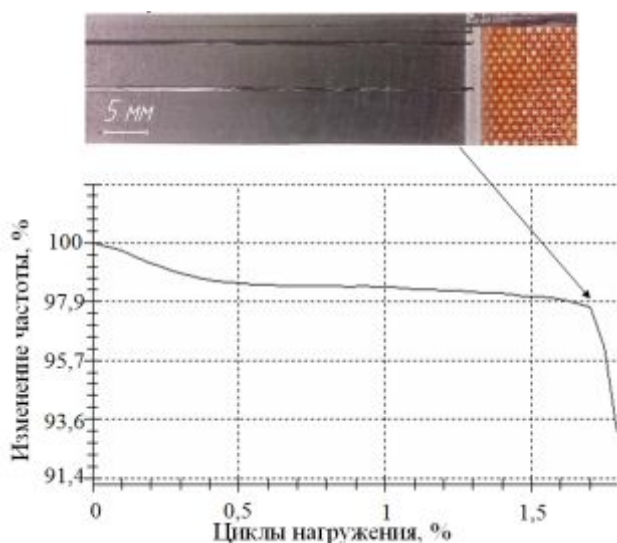


Рис. 2. Разрушенный образец из однонаправленного композита и изменение его частоты собственных колебаний в процессе усталостных испытаний

При испытании разнонаправленных композиционных образцов, в качестве критерия разрушения было принято падение собственной резонансной частоты нагружения до определённого значения, при котором происходит расслоение образца (рис. 3).

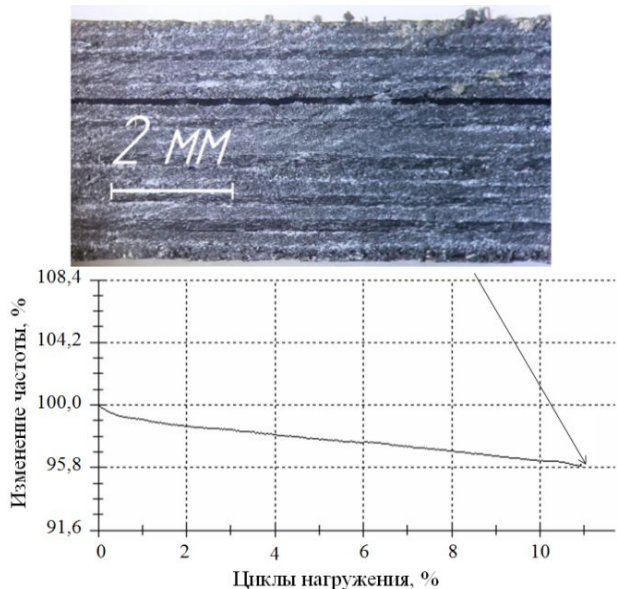


Рис. 3. Разрушенный образец из разнонаправленного композита и изменение его частоты собственных колебаний в процессе усталостных испытаний

При испытании перекрёстно-армированных многослойных композитов в качестве критерия разрушения было принято падение собственной резонансной частоты нагружения до определенного значения, при котором происходил разрыв образца, вызванный разрушением волокон продольных слоёв (рис. 4).

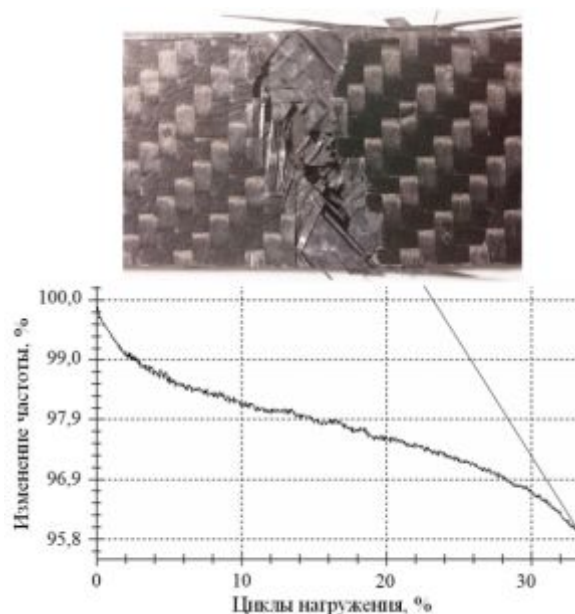


Рис. 4. Разрушенный образец из перекрёстно-армированного композита и изменение его частоты собственных колебаний в процессе усталостных испытаний

Разработанные критерии разрушения образцов из полимерных композиционных материалов с однонаправленной, разнонаправленной и перекрёстно-армированной структурой слоёв позволяют проводить резонансные усталостные испытания и определять предел выносливости материалов.

Библиографический список

1. Adam T.J., Horst P., Lorsch P., Sinapius M. Experimental Investigation of VHCF of Polymer Composites: Two Alternative Approaches. *Materials Testing*. 2012. Vol. 54. P. 734-741.
2. Вибрации в технике / под ред. В.В. Болотина. – М.: Машиностроение, 1976. Т. 1. 352 с.