

УДК 539.3

А.С.Немов (5 курс, каф. МПУ), Д.В.Шевченко, асс., А.И.Боровков, к.т.н., проф.

КОНЕЧНО-ЭЛЕМЕНТНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ВОЛОКНИСТОГО КОМПОЗИТА С КЕРАМИЧЕСКОЙ МАТРИЦЕЙ

Создание волокнистых композитов с керамической матрицей – это способ существенного улучшения прочностных свойств керамического материала путем внедрения в него армирующих волокон. Большой интерес к волокнистым композитам с керамической матрицей обусловлен нуждами аэрокосмической и некоторых других областей промышленности, где объекты подвергаются большим температурным и механическим нагрузкам.

Кривая нагружения для таких композитов имеет форму, соответствующую пластичным материалам, хотя сама керамическая матрица и армирующее волокно относятся к хрупким материалам. Такая форма кривой нагружения обусловлена возникновением и распространением разрушений в композитной структуре. По этой причине волокнистые композиты с керамической матрицей относят к “псевдопластичным” материалам. Таким образом, исследование влияния различных разрушений на поведение таких композитов, а также механизмов возникновения этих разрушений представляют большой интерес.

Для однонаправленных волокнистых композитов с керамической матрицей различают три основных вида разрушений: трещины в керамической матрице, трещины на границе раздела матрицы и волокна (debonding) и разрыв армирующих волокон. В ходе исследования использовались результаты, представленные в [1], где для таких композитов введены критерии разрушения и рассчитано поведение композита на основе аналитической осесимметричной модели одного представительного элемента объема композита. В работе проводится исследование напряженно-деформированного состояния однонаправленного волокнистого композита с керамической матрицей SiC/CAS, подвергнутого растяжению усилием σ , направленным вдоль оси волокон, при отсутствии разрушений и при наличии трещин в керамической матрице с помощью системы КЭ анализа ANSYS. Параметры рассматриваемого материала (SiC/CAS): модули Юнга матрицы и волокна $E_m = 95.5$ ГПа, $E_f = 210$ ГПа, коэффициенты Пуассона $\nu_m = \nu_f = 0,2$; объемная концентрация волокон $\nu_f = 0,38$. При КЭ исследовании напряженно-деформированного состояния композита при отсутствии разрушений проводится сравнение трех КЭ моделей: осесимметричная модель представительного элемента объема композита (рис. 1), трехмерная модель представительного элемента объема композита (рис. 2) и трехмерная модель элемента композита, содержащего 25 армирующих волокон (рис. 3).

Кривые нагружения для всех моделей и их сравнение с экспериментальными данными [2] приведены на рис. 4. В ходе исследования установлено, что для изучения напряженно-деформированного состояния композита SiC/CAS при отсутствии разрушений достаточно использовать осесимметричную модель одного представительного элемента объема композита, что позволяет экономить машинное время и ресурсы, требуемые для проведения расчетов.

При КЭ исследовании напряженно-деформированного состояния композита при наличии трещин в керамической матрице рассмотрены три модели: осесимметричная модель представительного элемента объема композита с одной трещиной в матрице, трехмерная модель элемента композита, содержащего 25 армирующих волокон, с одной трещиной в

матрице вокруг одного волокна и осесимметричная модель представительного элемента объема композита с двумя трещинами в матрице.

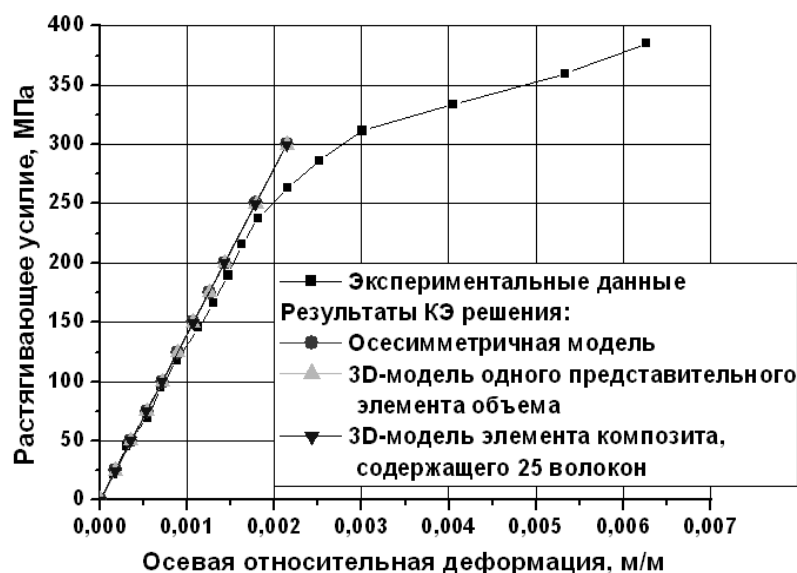
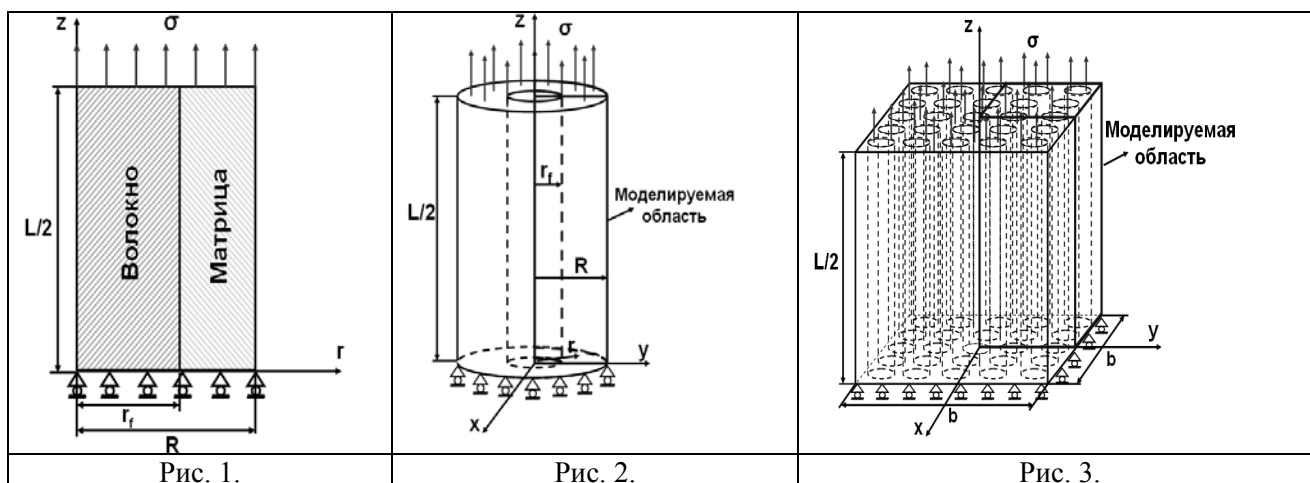


Рис. 4.

матрице вокруг одного волокна существенно различаются. Поэтому при исследовании напряженно-деформированного состояния композита при наличии трещин можно рекомендовать использовать трехмерную модель.

•

ЛИТЕРАТУРА:

1. Solti J.P. Modeling of Progressive Damage in Fiber-reinforced Ceramic Matrix Composites. Dissertation, 1996.
2. Kuo W.S. Damage of Multi-Directionally Reinforced Ceramic Matrix Composites. PhD dissertation, Department of Mechanical Engineering, University of Delaware, 1992.

В ходе исследования установлено:

- Введение трещин в керамической матрице существенно изменяет картину распределения напряжений в районе введения трещин. Уточнено приведенное в [1] распределение напряжений вблизи трещин.

- Распределения напряжений для осесимметричной модели одного представительного элемента объема композита с одной трещиной в матрице и трехмерной модели элемента композита, содержащего 25 волокон, с одной трещиной в

