

УДК 677.11

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ РАЗРУШЕНИЯ КОМПЛЕКСА ЛЬНЯНЫХ ВОЛОКОН*

М.В. КИСЕЛЕВ, А.А. СМИРНОВ

(Костромской государственный технологический университет)

Механические свойства текстильных материалов являются самыми важными, поскольку они влияют на поведение волокон при обработке и на свойства окончательного продукта. При изучении механических свойств волокон наиболее важное значение имеют их исследования при растяжении. Одной из причин этого является форма волокон – малые поперечные размеры и значительная длина. Наиболее распространенными механическими характеристиками при растяжении являются удлинение и нагрузка при доведении образца до разрушения. Однако данные характеристики материала являются макроскопическими показателями характеристик материала. Для эффективного управления технологическими процессами обработки материалов важно знание основных закономерностей процесса разрушения. В целях изучения процесса разрушения применяются различные теории: статистическая,

кинетическая, теория дислокаций и ряд теорий применительно к полимерным материалам. Каждая из данных теорий использует различный математический аппарат, качество которого будет определяться теми упрощающими допущениями, которые были приняты при решении конкретной задачи. В большинстве случаев при моделировании поведения материала под нагрузкой принимается допущение об однородности материала и сплошности среды. Комплекс льняных волокон представляет собой сложную систему элементарных волокон, соединенных друг с другом клеящим веществом. При этом и материал клеящего комплекса, и материал элементарных волокон имеют различные физико-механические и геометрические характеристики, поэтому допущение об однородности материала комплекса льняных волокон является очень грубым.

* Работа выполнена под руководством проф., докт. техн. наук Р.В. Корабельникова.

В данной работе рассматривается построение математической модели разрушения комплекса льняных волокон при его растяжении с позиций механики сплошной среды. В основе математической модели процесса разрушения заложен метод конечных элементов. Для построения вероятностной статистической геометрической модели комплекса льняных волокон разработана модель в виде batch- файла на языке APDL ANSYS. В качестве исходных данных для моделирования льняного комплекса выбраны следующие характеристики: длина комплекса 50 мм, количество элементарных волокон 25, предел прочности при растяжении элементарных волокон изменялся в диапазоне 450...470 МПа, модуль упругости элементарных волокон изменялся в диапазоне 25...30 ГПа, предел прочности при растяжении материала клеящего комплекса изменялся в диапазоне 1,2...4 МПа, модуль упругости материала клеящего комплекса изменялся в диапазоне 25...30 ГПа. Результаты построенной геометрической модели комплекса представлены на рис 1.

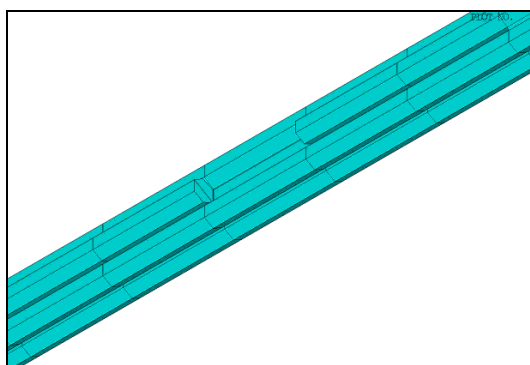


Рис. 1

Каждое элементарное волокно представлялось совокупностью 30 конечных элементов для определения его частичного разрушения. Клеящий комплекс формировался из конечных элементов, соединяющих элементарные волокна по всей их поверхности. Для определения динамики процесса разрушения использовался метод последовательных нагружений. В нашей работе метод конечных элементов применялся в форме перемещений, то есть незакрепленному концу комплекса задавалось

перемещение. На начальной итерации величина перемещения составляла 0,05мм и затем увеличивалась с шагом 0,1 мм. Расчеты выполнялись в ППП ANSYS v10. В качестве теории прочности использована теория “пучка”, известная из механики разрушения полимеров [1]. На каждой итерации фиксировалось количество разрушенных конечных элементов, имитирующих клеящий комплекс и элементарные волокна. Для учета разрушенных конечных элементов использовалась опция конечных элементов “жизнь и смерть”. С физической точки зрения “смерть” конечного элемента наступает тогда, когда интенсивность напряжений в нем достигает значения предела прочности. Результаты расчетов на I-й итерации представлены на рис. 2, 3.

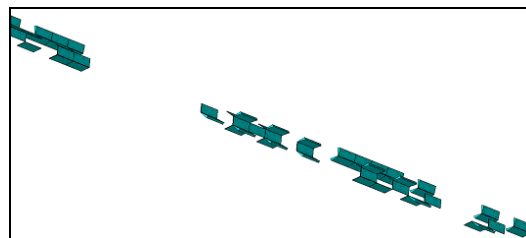


Рис. 2

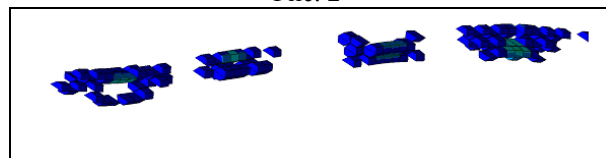


Рис. 3

Условием окончания расчетов является наличие магистральной трещины через произвольное сечение комплекса льняных волокон. Такое состояние комплекса при увеличении нагрузки на последней итерации соответствует состоянию, представленному на рис. 4.

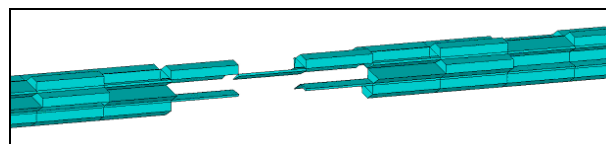


Рис. 4

Использование постпроцессора ANSYS дает наглядное представление процесса

разрушения комплекса волокон, однако реальное его использование весьма затруднительно в связи с малыми поперечными размерами комплекса. Для получения интегрированных количественных характеристик процесса нами разработана программа на языке Delphi 6. Программа подсчитывает количество разрушенных

конечных элементов клеящего комплекса и элементарных волокон на каждой итерации и представляет данные в виде графика. Результаты работы программы (динамика изменения количества разрушенных конечных элементов комплекса по итерациям) представлены на рис. 5.

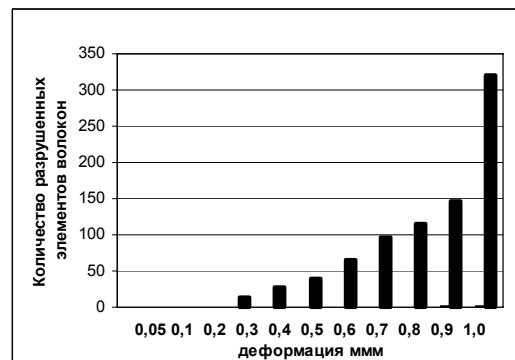
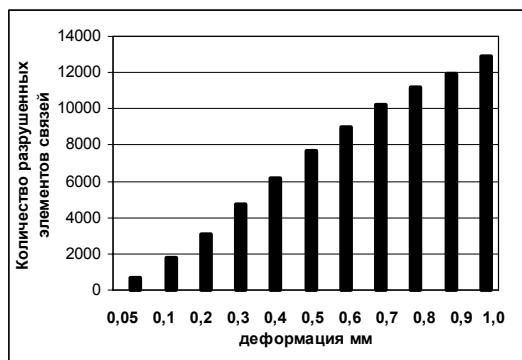


Рис. 5

По результатам вычислительного эксперимента величина предельной деформации до разрыва комплекса составила 2% в пределах погрешности шага приращения нагрузки, что соизмеримо с величиной деформации разрыва элементарного волокна.

ВЫВОДЫ

1. Разработано программное обеспечение, моделирующее разрушение комплекса льняных волокон с учетом вероятностных

свойств элементарных волокон и клеящего комплекса.

2. Разработанная модель позволяет не только качественно, но и количественно оценить эффективность процесса разрушения комплекса льняных волокон.

ЛИТЕРАТУРА

1. Нарисава И. Прочность полимерных материалов: пер. с япон. – М.: Химия, 1987.

Рекомендована кафедрой теории механизмов и машин и проектирования текстильных машин. Поступила 25.12.06.