

УДК 677.05:519.8

**КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ
МЕТОДОМ КОНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ
ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ НЕТКАНОГО МАТЕРИАЛА С ИГЛАМИ
В ПРОЦЕССЕ ИГЛОПРОКАЛЫВАНИЯ**

П.А. СЕВОСТЬЯНОВ, Т.В. СЕРЯКОВА

(Московский государственный текстильный университет им. А.Н. Косыгина)

Одним из распространенных механических способов производства нетканых материалов (НМ) является иглопробивной способ [1], при котором волокнистый холст скрепляется составляющими его волокнами в результате прокалывания его специальными иглами [2]. Автоматическое управление этим процессом требует знания зависимостей между физико-механическими характеристиками НМ и управляемыми параметрами процесса. Натурные эксперименты для решения такого рода задач оказываются трудоемкими и дорогостоящими, поэтому компьютерное моделирование процесса иглопрокалывания является в этом случае одним из наиболее эффективных методов исследования.

При компьютерном моделировании деформируемый НМ представляется в виде сплошной среды, которая подвергается воздействию игл. Моделирование этой среды осуществлялось методом конечных элементов в соответствии с уравнениями механики деформируемых сплошных сред с использованием универсальной программной системы NASTRAN [3].

На рис.1 показана геометрическая модель задачи в виде деформируемого материала Z и игл a, b. Изображение дано в разрезе. Точки первоначального контакта (точки входа игл a и b в материал) обозначены соответственно как X и Y. По толщине материала образец и его деформация

считаются однородными, что позволяет рассматривать плоскую задачу.

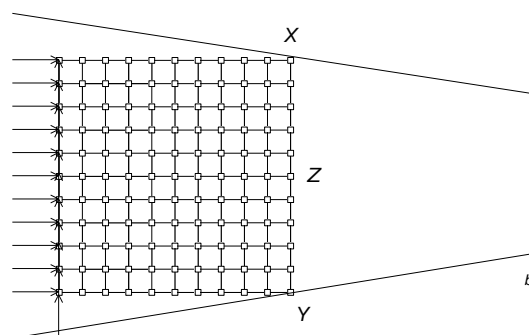


Рис.1

При моделировании имеется возможность задавать разнообразные свойства деформируемого НМ и игл, такие как толщина и плотность НМ, геометрическая форма игл. Рассматривались механические свойства НМ как в виде абсолютно-упругого, так и в виде упругопластичного материала. Задавались условия контакта игл с материалом, в частности, отсутствие трения между НМ и иглами, а также глубина и скорость перемещения игл в НМ. Таким образом, данная моделируемая система позволяет производить анализ процесса взаимодействия НМ и игл по многим параметрам. В приводимых ниже результатах моделирования использованы относительные единицы длины, времени и нагрузки. Поэтому приводимые ниже размерные характеристики НМ измеряются в тех же относительных единицах.

В качестве примера приведем результаты моделирования изотропного материала со следующими характеристиками: модуль Юнга $E = 0,1$; коэффициент Пуассона $\mu = 0,01$; объемная плотность материала $\rho = 0,001$; предел текучести для упругопластического материала $\sigma_T = 6e-5$. Выбранное значение коэффициента Пуассона отражает свойство НМ, заключающееся в том, что в этом материале напряжение вдоль одной оси практически не передается напряжениям по другим осям. Закон движения игл, использованный при моделировании, приведен на рис.2.

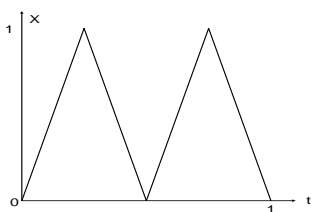


Рис.2

Время моделирования равно $T = 1$ ед. времени и квантовалось на 100 шагов с продолжительностью 0,01 ед. В качестве показателей анализа, которые рассчитывались при моделировании, были выбраны компоненты тензора напряжения и тензоров полной и пластической деформации.

Конечное состояние материала и игл по завершении моделирования представлено (в повернутом состоянии) на рис.3-а для упругопластического материала и на рис.3-б для абсолютно пластического материала.

Из рисунков видно, что пластичность материала приводит к отрыву материала от

игл, причем величина отрыва возрастает при увеличении пластичности материала.

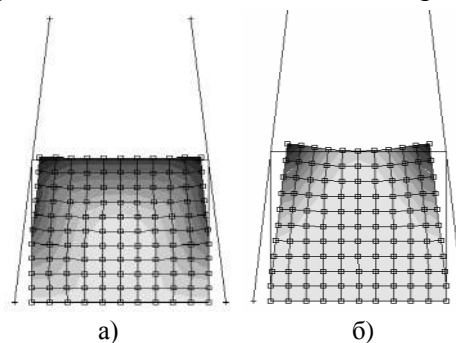
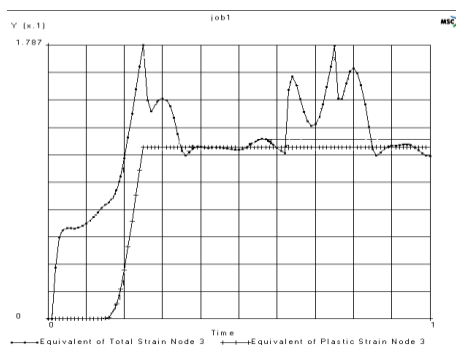


Рис.3

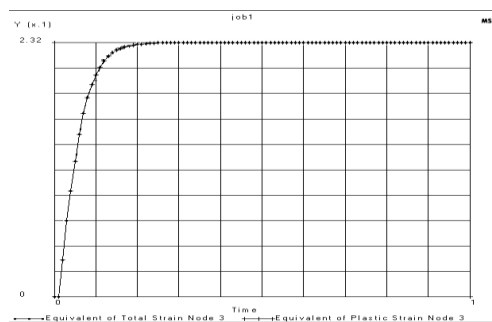
Там же приведены поля компонента ϵ_{xx} тензора деформации, описывающие его распределение по объему НМ. Аналогичные поля были получены для всех шести компонентов указанных выше тензоров, а также кривые изменения этих характеристик во времени при проникновении игл в НМ и при их выходе из него. Распределения различных характеристик и компонентов деформации позволяют наглядно судить о наиболее напряженных областях образца, в которых материал подвергается наибольшему напряжению и деформации.

Характерно, что у большинства характеристик эти области сосредоточены в окрестности участка приложения нагрузки (то есть в области вхождения игл в материал) и не распространяются на весь объем материала.

На рис.4-а для упругопластического материала и рис.4-б для абсолютно упругого материала приведены графики, показывающие изменение полной и пластической составляющих деформации по мере движения игл в точке X.



а)



б)

Рис.4

Из рисунков видно, что динамика развития деформации в упругопластической модели НМ носит сложный характер и содержит как циклические составляющие, так и пластическую деформацию, которые обнаруживаются только в результате динамического моделирования процесса. Отметим, что, как и следовало ожидать, для абсолютно упругого НМ деформация полностью обратима и заметно отличается от упругой составляющей деформации для упругопластического материала.

ВЫВОДЫ

1. Для анализа процесса взаимодействия игл и НМ при прокалывании для упрочнения НМ разработана и исследована конечно-элементная модель, в которой учитываются геометрические особенности взаимодействующих НМ и игл, механические свойства НМ и кинематика процесса иглопрокалывания.

2. Проведенные с помощью модели эксперименты позволяют установить

влияние эффектов пластичности НМ на динамику воздействия игл на НМ, вычислять значения тензоров напряжения и деформации как во времени для любой выбранной точки НМ, так и полей этих тензоров по всему объему материала.

ЛИТЕРАТУРА

1. Севостьянов А.Г., Осьмин Н.А., Щербаков В.П. и др. Механическая технология текстильных материалов. – М.: Легпромбытиздат, 1989.

2. Сергеев А.Н. Теория процессов, технология, оборудование подготовки смесей и холстообразования. – М.: МГТУ им. А. Н. Косыгина, 2004.

3. Соловьев А. Н., Кукин Г. Н. Текстильное материаловедение. – Часть III – М.: Легкая индустрия, 1967.

4. Зубчанинов В.Г. Основы теории упругости и пластичности: Учебник для вузов. – М.: Высшая школа, 1990.

Рекомендована кафедрой информационных технологий и систем автоматизированного проектирования. Поступила 01.02.08.