

УДК 677.026.444-977.001.63:677.017.4

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ НЕКОТОРЫХ
ДЕФОРМАЦИОННО-ПРОЧНОСТНЫХ СВОЙСТВ
НЕТКАНЫХ ТЕРМОСКРЕПЛЕННЫХ МАТЕРИАЛОВ**

С.А. ОВЧИННИКОВА, Н.В. КОПАЧЕВСКАЯ, В.М. ГОРЧАКОВА

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

Данное исследование посвящено изучению влияния структуры нетканых термоскрепленных материалов на их деформационно-прочностные свойства.

Целью работы является получение математических зависимостей, позволяющих прогнозировать свойства нетканых термоскрепленных материалов в зависимости от условий получения материалов, состава волокнистого холста и свойств связующего.

Взаимосвязь структуры и свойств нетканых термоскрепленных материалов определяется в первую очередь количеством и характером распределения связующего в волокнистой основе. Особенность нетканых материалов заключается в их сетчатой структуре, образованной ориентированными в одной плоскости волокнами ограниченной длины, связи между которыми осуществляются преимущественно через промежуточный элемент – полимерное связующее [1].

Исследуя поведение такой "сетки" в условиях одноосного растяжения, можно решить задачу по созданию материалов с заранее заданными деформационно-прочностными свойствами, а также спрогнозировать технологический процесс их изготовления.

В [2] поведение при растяжении нетканого материала, полученного импрегнированием холста дисперсией полимеров, описывается уравнением

$$E_M = \frac{A \rho_0^3 l^2}{r_B^2} \frac{E_B}{\rho_B^3 (\rho_B - \rho_0)^4}, \quad (1)$$

где E_B – модуль упругости базового волокна, МПа; ρ_B – объемная плотность волокна, г/см³; ρ_0 – объемная плотность материала, г/см³; l_B – длина волокна, см; r_B – радиус волокна, см; A – коэффициент, зависящий от структуры материала.

Это уравнение было выведено при условии, что расстояние между склейками по длине волокна l_0 равно расстоянию между

центрами склеек по длине волокна l_0' , что справедливо для большей части нетканых термоскрепленных материалов, в которых размер элементарных ячеек значительно превышает размеры склеек.

Однако если нетканый материал получен по технологии термоскрепления с использованием легкоплавких или гетерогенных волокон в качестве связующего, то применение уравнения (1) в таком виде некорректно. Связано это с тем, что в процессе термопрессования только определенная часть связующего образует склейки, другая же часть сохраняет свою волокнистую форму и в процессе нагружения ведет себя аналогично базовым волокнам холста. Вследствие этого в уравнении (1) необходимо учитывать геометрические свойства как базовых волокон холста, так и волокнистого связующего.

Нами получено уравнение (2) для нетканых термоскрепленных материалов с легкоплавкими и гетерогенными волокнами (полипропиленовое волокно – резка 69 мм и диаметр 23,8 мкм и бикомпонентное полиэфирное волокно – резка 50 мм и диаметр 22 мкм):

$$E_M = A \rho_o^3 \left(\frac{a E_B l_B^2}{\rho_B^3 (\rho_B - \rho_o)^4 r_B^2} + \frac{b E_{CB} l_{CB}^2}{\rho_{CB}^3 (\rho_{CB} - \rho_o)^4 r_{CB}^2} \right), \quad (2)$$

где E_{CB} – модуль упругости связующего, МПа; ρ_{CB} – объемная плотность связующего волокна, г/см³; l_{CB} – длина связующего волокна, см; r_{CB} – радиус волокна, см; a и b – коэффициенты, учитывающие массовое содержание базовых и связующих волокон в материале.

Коэффициенты a и b в этом уравнении показывают содержание в материале базовых волокон и связующего и в сумме равны единице. Таким образом, первая составляющая описывает поведение базовых волокон при растяжении, а вторая – связующего.

Основная трудность применения уравнения (2) заключается в отсутствии точного значения структурного коэффициента A , поскольку его величина зависит от типа структуры нетканого материала.

В [2] приведено также уравнение для ориентировочной оценки прочности нетканого материала, полученного импрегнированием волокнистого холста дисперсией полимера:

$$P_M = \varphi n_{\text{общ}} \frac{l_o}{4l_o'} P^c, \quad (3)$$

где φ – коэффициент, учитывающий долю разрушенных склеек в момент разрыва материала от общего числа разрушенных склеек; $n_{\text{общ}}$ – общее число волокон в поперечном сечении образца материала:

$$n_{\text{общ}} = \frac{C_o S \rho_o}{\pi} \left(\frac{a}{r_B^2 \rho_B} + \frac{b}{r_{CB}^2 \rho_{CB}} \right), \quad (4)$$

где C_o – коэффициент ориентации волокон в материале, равен 0,85; S – площадь поперечного сечения образца материала, см²; P^c – прочность склейки:

$$P^c = 2 \sigma_K r_B^2 \left[(1 + C) - (1 + C)^{1/2} \right], \quad (5)$$

где σ_K – когезионная прочность связующего, Н/мм²; P_{CB} – прочность связующего, Н.

Нами исследовано изменение структурного коэффициента A и коэффициента φ от основных технологических параметров нетканых материалов, полученных из лавсановых волокон с использованием в качестве связующего легкоплавких полипропиленовых и бикомпонентных полиэфирных волокон.

Необходимо отметить разницу в условиях получения этих нетканых материалов. Как показали исследования, физико-механические свойства бикомпонентных полиэфирных волокон существенно ухудшаются под одновременным воздействием температуры и давления. В связи с этим в качестве фактора, влияющего на изменение объемной плотности нетканого материала с бикомпонентными полиэфирными волокнами, мы выбрали расстояние между валами каландра, что позволило обеспечить образование склеек без использования давления. Для нетканых материалов с легкоплавкими полипропиленовыми волокнами образование склеек осуществляли при совместном влиянии давления и температуры.

Как показали эксперименты и расчеты, основное влияние на значение структурного коэффициента A и коэффициента φ оказывает объемная плотность материала. На нее в свою очередь влияют: температура термопрессования (термообработки для материалов с бикомпонентными волокнами), количество вводимого в волокнистый холст связующего и давление прессования (расстояние между валами каландра для материалов с бикомпонентными волокнами).

При увеличении плотности основы происходит снижение деформации волокон и, как следствие, увеличение жестко-

сти материала. Чем подвижнее волокна, тем более подвижна вся структура в целом и тем меньше коэффициент A , и больше коэффициент φ . Исследования показали, что получение оптимальной точечной структуры возможно при содержании связующего в холсте 30...35 масс.% и температуре прессования, близкой или равной температуре плавления полимера связующего.

Коэффициент A для материала из лавсановых волокон, скрепленных легкоплавкими полипропиленовыми волокнами при 160°C (количество связующего 30 масс.%, время прессования 1 мин), изменяется в пределах от $5 \cdot 10^{-10}$ до $5 \cdot 10^{-11}$. Коэффициент φ такого материала имеет значение от 0,2 до 0,45.

Объемный нетканый материал из лавсановых базовых волокон и поли-

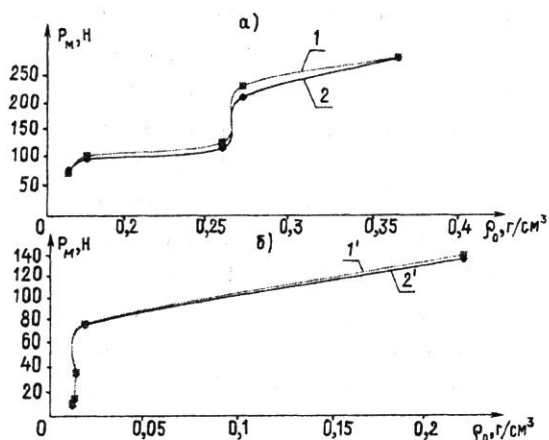


Рис. 1

На рис. 1 представлено изменение прочности материалов с полипропиленовыми (а; 1 – расчетная, 2 – экспериментальная кривая) и бикомпонентными полиэфирными (б; 1' – расчетная, 2' – экспериментальная кривая) волокнами соответственно, а на рис. 2 – изменение модулей упругости материалов с полипропиленовыми (а; 1 – расчетная, 2 – экспериментальная кривая) и бикомпонентными полиэфирными волокнами (б; 1 – расчетная, 2 – экспериментальная кривая) соответственно. Расчетные кривые 1, 1' и экспериментальные кривые 2, 2' практически совпадают.

Однако повышение плотности воло-

эфирных бикомпонентных волокон (связующего 30 масс.%, температура прессования 110°C, время термообработки 3 мин) имеет значение коэффициента A , равное $5 \cdot 10^{-9}$ в интервале объемной плотности 0,005...0,1 г/см³, и $5 \cdot 10^{-12}$, если объемная плотность больше 0,1 г/см³. Коэффициент φ этого материала равен 0,9. Это объясняется более равномерным распределением связующего в материале и образованием оптимальной точечной структуры.

Для проверки правильности полученных значений коэффициентов A и φ , а также преобразованных математических зависимостей были рассчитаны прочности и модули упругости материалов с оптимальной структурой и произведено их сравнение с экспериментальными значениями прочностей и модулей упругости.

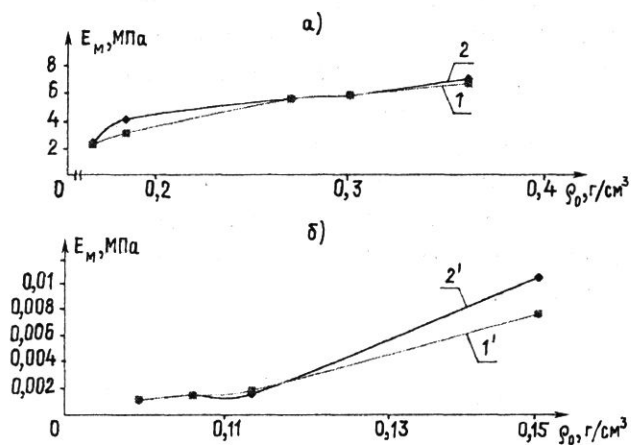


Рис. 2

нистой основы может привести к расхождению экспериментальных и расчетных данных, что вызвано нарушением условия равенства расстояния между центрами склеек по длине волокна и расстоянием между склейками по длине волокна ($l'_0 \approx l_0$), которое было принято при выводе выражения (1).

Объемная плотность реальных нетканых материалов в большинстве случаев не превышает 0,4 г/см³, поэтому уравнение (2) можно использовать для ориентировочной оценки модуля упругости нетканых материалов в зависимости от природы и геометрии химических волокон, а также

структуры материалов, определяемой их объемной плотностью. Уравнение (3) также может быть использовано для прогнозирования прочности нетканых материалов, получаемых по технологии термоскрепления с легкоплавкими и бикомпонентными волокнами в качестве связующего.

Следует заметить, что использованные для расчета значения коэффициента A подходят не для всех нетканых материалов без исключения. При увеличении жесткости материала, а следовательно, и модуля упругости, значения коэффициента A будут существенно больше. Для получения наиболее достоверных расчетных величин модуля упругости нетканого материала (при использовании предложенной формулы) необходимо точно знать, что структура этого материала в достаточной степени соответствует вышеописанной модели. Такую структуру можно получить при изготовлении материала в оптимальных условиях.

ВЫВОДЫ

1. Получены аналитические зависимости для вычисления прочности и модуля упругости нетканых термоскрепленных материалов со связующим в виде легко-

плавких и бикомпонентных волокон. Показано, что применение предложенных формул ограничивается условиями получения и подходит для материалов со структурой, близкой к оптимальной.

2. Рассчитаны структурный коэффициент A и коэффициент φ для нетканых материалов с полипропиленовыми и бикомпонентными полиэфирными волокнами, взятыми в качестве связующего.

3. Проверка полученных результатов показала хорошее совпадение расчетных и экспериментальных данных. Рекомендовано использование полученных формул для прогнозирования прочности и модуля упругости термоскрепленных нетканых материалов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бершев Е.Н., Горчакова В.М., Курицына В.В., Овчинникова С.А. Физико-химические и комбинированные способы производства нетканых материалов. – М.: Легпромбытгиздат, 1993.

2. Фролов М.В. Структурная механика бумаги (бумажных текстильных материалов из химических и натуральных волокон). – М.: Лесная промышленность, 1982.

Рекомендована кафедрой технологии нетканых материалов. Поступила 21.02.03.