

УДК [677.026.4:687.076]:629.113

**ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПРОЦЕССА ИГЛОПРОКАЛЫВАНИЯ
ВОЛОКНИСТОГО ХОЛСТА,
СОДЕРЖАЩЕГО РЕГЕНЕРИРОВАННЫЕ ВОЛОКНА И НИТИ**

В.Е. МУРАШОВА, Т.Е. ВОЛОЩИК

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

В производстве нетканых иглопробивных материалов [1], особенно из дорогостоящих видов сырья, для снижения издержек производства целесообразно использовать регенерированные волокна и нити. Однако вложение менее качественного сырья в материал сопряжено с факторами, влияющими на свойства готовых материалов (в первую очередь – прочностные характеристики).

Целью данной работы являлось изучение факторов, влияющих на прочность иглопробивных нетканых материалов, содержащих регенерированные волокна и нити. Это влияние в той или иной степени сказывается на свойствах и структуре нетканого иглопробивного материала.

Известно, что наибольшее влияние на свойства иглопробивного материала оказывает плотность прокалывания. Для вывода зависимости прочности материала, содержащего регенерированные волокна и нити, от плотности прокалывания рассмотрим силы, возникающие в сечении макроэлемента структуры материала под действием сил растяжения (рис. 1 – сечение макроэлемента структуры иглопробивного материала).

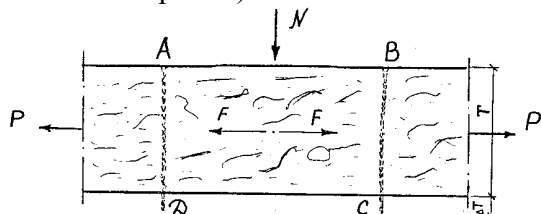


Рис. 1

Под действием силы тяги $F_{\text{тяги}}$ в макроэлементе структуры материала возникает

сила нормального давления N , вследствие сжатия макроэлемента. Сила нормального давления N вызывает силу сопротивления $F_{\text{сопр}}$, которая характеризуется возникающими силами трения между отдельными волокнами.

В векторном виде:

$$\vec{F}_{\text{тяги}} + \vec{F}_{\text{сопр}} + \vec{mg} + \vec{m}'g + \vec{F}_N = 0. \quad (1)$$

I закон Ньютона в скалярном виде:

$$F_{\text{тяги}} = F_{\text{сопр}}, \quad (2)$$

$$mg + m'g = F_N, \quad (3)$$

где m , m' – масса материала соответственно без вложения и с вложением регенерированных волокон и нитей, g – коэффициент свободного падения, m/c^2 ; F_N – сила реакции опоры, N .

По аналогии с силой трения $F_{\text{тр}}$ сила сопротивления $F_{\text{сопр}}$ прямо пропорциональна силе нормального давления N холста на движущийся транспортер:

$$F_{\text{сопр}} = \mu N, \quad (4)$$

где μ – коэффициент трения.

Согласно III закону Ньютона сила нормального давления N холста на движущийся транспортер численно равна силе, с которой транспортер "давит" на холст, то есть силе реакции опоры F_N :

$$N = F_N, \quad (5)$$

$$F_{\text{сопр}} = \mu F_N, \quad (6)$$

$$F_{\text{тяги}} = \mu F_N = \mu (m + m')g. \quad (7)$$

Силу реакции опоры можно выразить так:

$$F_N = f(\gamma(\text{const}), g(\Pi), \Pi), \quad (8)$$

где γ – постоянная величина, характеризующая влияние на силу фиксированных на каком-либо уровне факторов.

Так как выражение (8) представляет собой неявную зависимость, то необходимо перейти к дифференциальному уравнению:

$$dF_{\text{тяги}} = \mu dF_N, \quad (9)$$

которое следует из уравнения (6).

Дифференциал dF_N , учитывая функциональную зависимость (8), имеет вид:

$$dF_N = \frac{\partial F_N}{\partial \gamma} d\gamma + \frac{\partial F_N}{\partial m} \frac{\partial m}{\partial \Pi} d\Pi + \frac{\partial F_N}{\partial m'} \frac{\partial m'}{\partial \Pi} d\Pi + \frac{\partial F_N}{\partial \Pi} d\Pi. \quad (10)$$

Так как $\gamma = \text{const}$, то $d\gamma = 0$. Следовательно:

$$dF_N = \left[\frac{\partial F_N}{\partial m} \frac{\partial m}{\partial \Pi} + \frac{\partial F_N}{\partial m'} \frac{\partial m'}{\partial \Pi} + \frac{\partial F_N}{\partial \Pi} \right] d\Pi. \quad (11)$$

Из экспериментальных исследований влияния плотности прокалывания на прочность иглопробивного материала известно, что эта зависимость имеет вид:

$$m = m(\Pi) = a + b\Pi - c\Pi^2, \quad (12)$$

$$m' = m'(\Pi) = d + f\Pi - \chi\Pi^2, \quad (13)$$

где a, b, c, d, f, χ – положительные коэффициенты.

Следовательно:

$$\frac{\partial m}{\partial \Pi} = b - 2c\Pi, \quad (14)$$

$$\frac{\partial m'}{\partial \Pi} = f - 2\chi\Pi. \quad (15)$$

Подставляя эти выражения в уравнение (11), имеем:

$$dF_N = \left[b \frac{\partial F_N}{\partial m} + \frac{\partial F_N}{\partial \Pi} \right] d\Pi - 2c \frac{\partial F_N}{\partial m} \Pi d\Pi + \left[f \frac{\partial F_N}{\partial m'} + \frac{\partial F_N}{\partial \Pi} \right] d\Pi - 2\chi \frac{\partial F_N}{\partial m'} \Pi d\Pi. \quad (16)$$

Учитывая уравнение (9), при

$$\beta_1 = \mu \left[b \frac{\partial F_N}{\partial m} + \frac{\partial F_N}{\partial \Pi} \right], \quad (17)$$

$$\beta_2 = -\mu c \frac{\partial F_N}{\partial m}, \quad (18)$$

$$\beta_1' = \mu \left[f \frac{\partial F_N}{\partial m'} + \frac{\partial F_N}{\partial \Pi} \right], \quad (19)$$

$$\beta_2' = -\mu \chi \frac{\partial F_N}{\partial m'}. \quad (20)$$

получим

$$dF_N = \beta_1 d\Pi + 2\beta_2 \Pi d\Pi + \beta_1' d\Pi + 2\beta_2' \Pi d\Pi. \quad (21)$$

После интегрирования уравнения (21):

$$F_N = \beta_1 \Pi + \beta_2 \Pi^2 + \beta_1' \Pi + \beta_2' \Pi^2 + \ell. \quad (22)$$

Постоянная интегрирования ℓ находится из условия $\Pi=0, F_N=F_{N0}$, то есть

$$\ell = F_{N0},$$

где F_{N0} – прочность прочесанного волокнистого холста.

Окончательно получим:

$$F_N = F_{N0} + \beta_1 \Pi + \beta_2 \Pi^2 + \beta_1' \Pi + \beta_2' \Pi^2. \quad (23)$$

Коэффициенты β_1 и β_1' характеризуют прочность иглопробивного материала соответственно без вложения регенерированных волокон и нитей и с учетом вложения регенерированных волокон и нитей при отсутствии вытяжки прочесанного волокнистого холста. Коэффициенты β_2 и β_2' характеризуют потерю прочности иглопробивного материала соответственно без вложения регенерированных волокон и нитей и с учетом вложений регенерированных волокон и нитей за счет уменьшения его массы с увеличением плотности прокалывания.

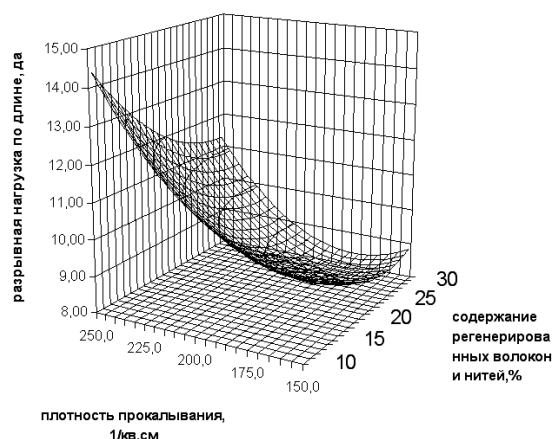


Рис. 2

Как видно из уравнения (23), график зависимости F_N от Π , показанный на рис. 2, должен представлять собой параболу. При увеличении плотности прокалывания от 0 до $\Pi_{кр}$ прочность иглопробивного материала должна увеличиваться, а при дальнейшем увеличении плотности прокалывания – уменьшаться.

Значение $\Pi_{кр}$ можно получить из уравнения (23), для чего следует взять первую производную по прочности и приравнять ее к нулю. В таком случае мы получим выражение:

$$\Pi_{кр} = -(\beta_1 + \beta_1')/2(\beta_2 + \beta_2'). \quad (24)$$

Так как ранее показано, что $\beta_1 > 0$, $\beta_2 < 0$, $\beta_1' > 0$, $\beta_2' < 0$, то $\Pi_{кр} > 0$.

Подставляя в уравнение (23) выражение $\Pi_{кр}$ из формулы (24), получим максимальное значение прочности материала с учетом вложений регенерированных волокон и нитей:

$$F_{N \max} = F_{N0} - [(\beta_1 + \beta_1')^2]/[4(\beta_2 + \beta_2')]. \quad (25)$$

Из [1] известно: $P_{\max} = P_0 - \beta_1^2/(4\beta_2)$, если холст состоит только из первичных волокон. Сравним $F_{N \max}$ и P_{\max} :

$$(\beta_1 + \beta_1')^2/4(\beta_2 + \beta_2') > \beta_1^2/(4\beta_2).$$

Следовательно:

$$F_{N \max} < P_{\max}.$$

Проведенное теоретическое исследование показало, что вложение регенерированного сырья снижает максимальную прочность иглопробивного материала, поэтому важно определить оптимальный процент вложения регенерированных волокон и нитей в материал с целью не только снижения затрат на сырье, но и сохранения качества готового материала.

Для этого в данной работе по плану Коно-2 был проведен эксперимент, в ходе которого осуществлялось исследование влияния плотности прокалывания и содержания регенерированных волокон и нитей на прочностные характеристики иг-

лопробивного нетканого материала из метаарамидных волокон. В результате были получены уравнения регрессии и построены графические зависимости разрывных нагрузок иглопробивного материала от плотности прокалывания и содержания регенерированных волокон и нитей. (рис. 3). Анализ полученных зависимостей (рис. 2 и 3) показал, что процент вложения в смеску регенерированных волокон и нитей не должен превышать 20%.

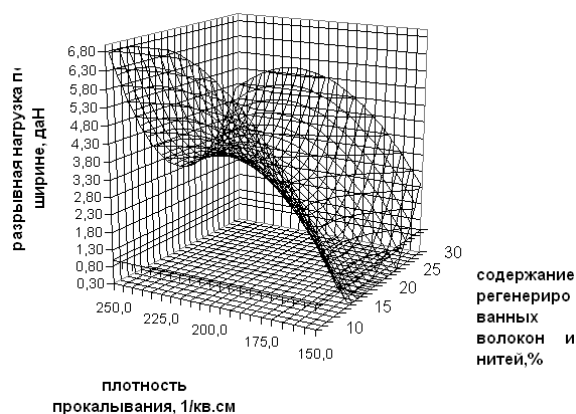


Рис. 3

ВЫВОДЫ

1. Проведен анализ процесса иглопробивания волокнистого холста, содержащего регенерированные волокна и нити, который показал, что их вложение снижает максимальную прочность иглопробивного материала, поэтому важно определить оптимальный процент их вложения в материал.

2. Проведены экспериментальные исследования влияния плотности прокалывания и содержания регенерированного сырья на разрывные характеристики иглопробивного нетканого материала из метаарамидных волокон. Показано, что процент вложения в смеску регенерированного сырья не должен превышать 20%.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Барabanов Г.Л.* Иглопробивной способ производства иглопробивных нетканых материалов // Конспект лекций. – М., РИО МТИ, 1978.

Рекомендована кафедрой технологии нетканых материалов. Поступила 01.02.08.