

ТКАНЫЕ ПОЛУФАБРИКАТЫ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ АРМИРОВАННЫХ ВЫСОКОМОДУЛЬНЫМИ НИТЯМИ ПЛЕНОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ

В.Н. ГРАЧЕВ, Г.В. СТЕПАНОВ, А.В. МОТОРИН

(Ивановская государственная текстильная академия)

E-mail: ttp@igta.ru

Предложен способ получения армированного высокомодульными нитями пленочного материала на базе тканого полуфабриката, получаемого на ткацком станке. В качестве плавкого компонента используются полиамидные мононити.

The method of production of the film material reinforced by high-modular threads on the basis of the woven semi-manufactured article received on a loom is offered. As a fusible component polyamide monothreads are used.

Ключевые слова: тканый полуфабрикат, армированная пленка, огнестойкие высокомодульные нити, полотняное переплетение, методики расчета поверхностной плотности нитей.

Тканым полуфабрикатом является ткань, в структуре которой в определенной последовательности находятся плавкие и огнестойкие нити. Использование таких нитей дает возможность получения армированной пленки. Она образуется после прохождения тканого полуфабриката через поверхность нагретых до определенной температуры каландров.

Расположение армирующего компонента в пленочном материале может быть различным, и от этого фактора в первую очередь зависит технологическое назначение полученного материала.

В качестве армирующего компонента используются огнестойкие высокомодульные нити, базальтовые и нити из стекловолокна, а в качестве плавкого – различные полиамидные материалы, в частности, капроновые мононити. Переплетение нитей в тканом полуфабрикате может быть различным, однако в данном случае рассмотрим полотняное переплетение.

Толщина пленочного материала зависит от количества плавкого компонента – мононитей. В связи с этим возникает задача: какое количество нитей по

основе и по утку необходимо заложить в ткань, чтобы получить пленочный материал заданной толщины. Приведем расчет плотности нитей в элементе ткани.

Для этого найдем объем основных и уточных нитей в структуре пленочного материала:

$$V_o = g V_{пл}, \quad (1)$$

$$V_y = (\ell - g) V_{пл}, \quad (2)$$

где V_o и V_y – соответственно объем основных и уточных нитей; $V_{пл}$ – объем пленочного материала, соответствующего 1 м^2 ; g – коэффициент, отражающий процентное содержание основных нитей в объеме пленочного материала.

Объемы одной нити основы и одной нити утка, соответствующие 1 м^2 пленочного материала, составят:

$$V_{o.н} = \frac{\pi d_o^2 \ell_y}{4} \left(1 + \frac{a_o}{100} \right), \quad (3)$$

$$V_{y.н} = \frac{\pi d_y^2 \ell_o}{4} \left(1 + \frac{a_y}{100} \right), \quad (4)$$

где d_o и d_y – диаметры основной и уточной нитей; l_o и l_y – геометрические плотности по основе и утку; a_o и a_y – уработка нитей основы и утка. В (3) и (4) входят коэффициенты a_o и a_y , определяющие уработку нитей. Для их нахождения запишем уравнения осевых линий основных и уточных нитей в следующем виде [1]:

$$y_1 = h_o \left(1 - \cos \frac{\pi x}{l_y} \right), \quad (5)$$

$$y_2 = h_y \left(1 - \cos \frac{\pi z}{l_o} \right), \quad (6)$$

где h_o и h_y – максимальные высоты волн изгиба нитей основы и утка.

Для нахождения h_o и h_y запишем систему [1]:

$$\begin{aligned} h_o &= \frac{4Q_o l_y}{\pi^2 \left(A_o \frac{\pi^2}{l_y^2} + N_o \right)}, \\ h_y &= \frac{4Q_y l_o}{\pi^2 \left(A_y \frac{\pi^2}{l_o^2} + N_y \right)}, \\ h_o + h_y &= \eta_{ов} d_o + \eta_{ув} d_y, \\ Q_o &= Q_y, \end{aligned} \quad (7)$$

где A_o и A_y – жесткости основной и уточной нити при изгибе; Q_o и Q_y – силы взаимного давления со стороны утка на основу и со стороны основы на уток; N_o и N_y – натяжение нитей основы и утка; $\eta_{ов}$ и $\eta_{ув}$ – коэффициенты вертикального смятия нитей основы и утка, которые для упрощения выкладок принимаем равными 1.

Также необходимо учитывать, что натяжение нитей основы и утка в ткани, снятой со станка:

$$N_o = N_y = 0. \quad (8)$$

С учетом (8) из системы (7) следует:

$$h_o = \frac{d_o + d_y}{\left(\frac{A_o l_o^3}{A_y l_y^3} + 1 \right)}, \quad (9)$$

$$h_y = \frac{d_o + d_y}{\left(\frac{A_y l_y^3}{A_o l_o^3} + 1 \right)}. \quad (10)$$

Дальнейшее нахождение уработки связано с определением длины нити в ткани. Ее найдем по формуле [2]:

$$L = \int_0^{\ell} \sqrt{1 + [f'(x)]^2} dx, \quad (11)$$

где под $f(x)$ следует понимать $\frac{dy_1}{dx}$ при

определении длины основной нити и $\frac{dy_2}{dz}$

при нахождении длины уточной нити в элементе ткани.

Применительно к искомым величинам (11) примет вид:

$$L_o = \int_0^{\ell_y} \sqrt{1 + \left(h_o \frac{\pi}{l_y} \sin \frac{\pi x}{l_y} \right)^2} dx, \quad (12)$$

$$L_y = \int_0^{\ell_o} \sqrt{1 + \left(h_y \frac{\pi}{l_o} \sin \frac{\pi z}{l_o} \right)^2} dz. \quad (13)$$

Подставим (9) и (10) в (12) и (13) соответственно

$$L_o = \int_0^{\ell_y} \sqrt{1 + \left(\frac{d_o + d_y}{\left(\frac{A_o l_o^3}{A_y l_y^3} + 1 \right)} \frac{\pi}{l_y} \sin \frac{\pi x}{l_y} \right)^2} dx, \quad (14)$$

$$L_y = \int_0^{\ell_o} \sqrt{1 + \left(\frac{d_o + d_y}{\left(\frac{A_y l_y^3}{A_o l_o^3} + 1 \right)} \frac{\pi}{l_o} \sin \frac{\pi z}{l_o} \right)^2} dz. \quad (15)$$

Точное вычисление интеграла затруднительно. Его можно вычислить приближенно, используя формулу Симпсона [3]:

$$\int_a^b Y dx \cong \frac{b-a}{3m} (Y_{кр} + 4Y_{неч} + 2Y_{чет}), \quad (16)$$

$$Y_{кр} = Y_0 + Y_n,$$

где m – число частей, на которые разбит интервал интегрирования; Y_0 и Y_n – значения функции на краях интервала; $Y_{неч}$ – нечетные значения функции на интервале a, b ; $Y_{чет}$ – четные значения функции на интервале a, b . Длину нити в ткани найдем, подставив (14) и (15) в (16):

$$L_o = \int_0^{\ell_y} Y dx = \frac{\ell_y}{3m} (Y_{кр} + 4Y_{неч} + 2Y_{чет}), \quad (17)$$

$$L_y = \int_0^{\ell_o} Y dx = \frac{\ell_o}{3m} (Y_{кр} + 4Y_{неч} + Y_{чет}). \quad (18)$$

Величину уработок подсчитаем по формулам:

$$a_o = \frac{L_o - \ell_y}{L_o} \cdot 100\%, \quad (19)$$

$$a_y = \frac{L_y - \ell_o}{L_y} \cdot 100\%, \quad (20)$$

где L_o и L_y – длины нитей в ткани; ℓ_o и ℓ_y – геометрические плотности.

Найдем количество нитей основы и утка в 1 м^2 материала:

$$M_o = \frac{V_o}{V_{o.н}} = \frac{4gV_{пл}}{\pi d_o^2 \ell_y \left(1 + \frac{a_o}{100}\right)}, \quad (21)$$

$$M_y = \frac{V_y}{V_{y.н}} = \frac{4gV_{пл}}{\pi d_y^2 \ell_o \left(1 + \frac{a_y}{100}\right)}. \quad (22)$$

Плотность нитей в элементе тканого полуфабриката (нит. на дм):

$$P_o = \frac{M_o}{10} = \frac{2gV_{пл}}{5\pi d_o^2 \ell_y \left(1 + \frac{a_o}{100}\right)}, \quad (23)$$

$$P_y = \frac{M_y}{10} = \frac{2gV_{пл}}{5\pi d_y^2 \ell_o \left(1 + \frac{a_y}{100}\right)}. \quad (24)$$

Приведенные выше выкладки будут более полными, если ввести коэффициент, отражающий содержание армирующего компонента в элементе тканого полуфабриката. Этот коэффициент будет влиять на физико-механические свойства расчетного материала, и именно этот показатель является определяющим его назначение.

ВЫВОДЫ

Предложен вариант получения армированной пленки, на основе тканого полуфабриката содержащего плавкие мононити и комплексные тугоплавкие высоко-модульные нити. Приведена методика расчета поверхностной плотности нитей в элементе тканого полуфабриката.

ЛИТЕРАТУРА

1. Степанов Г.В. Математическая модель строения ткани // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 1992, №1.
2. Бронштейн И.Н., Семендяев К.А. // Справочник по математике. – М.: Наука, 1986.
3. Натансон И.П. Краткий курс высшей математики. – СПб.: Изд-во "Лань", 1989.

Рекомендована кафедрой механической технологии текстильных материалов. Поступила 02.04.10.