

Турусбекова Н.К.

К ВОПРОСУ О РАСЧЕТАХ ПОРИСТОСТИ ТЕКСТИЛЬНОЙ ОСНОВЫ КОМПОЗИТА В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ДЕФОРМАЦИИ

УДК: 677.051.154

В статье рассматриваются проблемы проектирования текстильного материала из базальтовых волокон в качестве армирующей основы композиционных материалов.

В работе представлен метод расчета основных параметров строения базальтовой ткани и трикотажа.

In clause the problems of designing of a textile material from basalt fibres in quality of a basis of composite materials are considered (examined).

In job the method of account of the basic parameters of a structure of a basalt fabric and jersey is submitted.

Текстильные материалы, предназначенные для армирования композитов, требуется проектировать по заданной поверхностной пористости (без учета пористости нитей). Пористость в текстильной основе [1], как армирующего компонента, различных переплетений, имеющих постоянные числа нитей по основе и утку для тканой структуры и петель по вертикали и горизонтали для вязаной структуры, существенно зависит от характера переплетения и может изменяться под влиянием этих факторов строения в значительных пределах. Что связано как с изменением поперечных размеров нитей в результате их сплющивания или расплющивания, так и с вертикальными и горизонтальными изгибами нитей.

Для решения задач, связанных с проектированием текстильной базальтовой основы как армирующего компонента в композиционных материалах, необходима разработка метода расчета пористости проектируемого материала на основе геометрических моделей, определяющих основные параметры строения базальтовой ткани и трикотажа в зависимости от деформации.

Как известно пористость текстильных материалов определяется экспериментально - расчетным путем в состоянии покоя. А в деформированном состоянии определить сложно, поэтому находим теоретически - расчетным путем с применением геометрической модели.

В тканой структуре текстильной основы композита пористость определяется в декартовых координатах x и y , т.к. форма пор может быть квадратной, прямоугольной, но плоской. Предполагаем, что в вязаной структуре пористость определяется в трехмерных координатах x, y и z . Структура трикотажа является объемной. Тогда отношение пористости тканой и трикотажной структуры имеет вид:

$$R_v = 3R_s, \quad (1)$$

Из этой формулы определения объемной пористости видно, что при вязаной структуре пористость материала увеличивается в 3 раза, значит, с увеличением пористости материала увеличиваются деформационные свойства, т.е. растяжимость.

Для тканой структуры текстильной основы композиционных материалов из базальтовых волокон пористость может быть определена по формуле:

$$R_s = 100 - a_o P_o - a_y P_y + 0,01 a_o P_o a_y P_y, \quad (2)$$

где a_o и a_y - размеры поперечного сечения нити в ткани вдоль большой оси; P_o и P_y - плотность ткани по основе и утку.

Тогда деформация в направлениях нитей основы и утка будет определена следующим образом:

$$\begin{aligned} \varepsilon_o &= \frac{a_{o,max} - a_o}{a_o} \cdot 100; \quad \varepsilon_y = \frac{a_{y,max} - a_y}{a_y} \cdot 100, \quad a_o \cdot \varepsilon_o = (a_{o,max} \cdot a_o) \cdot 100; \\ a_o \cdot \varepsilon_o + a_o \cdot 100 &= a_{o,max} \cdot 100; \quad a_y \cdot \varepsilon_y + a_y \cdot 100 = a_{y,max} \cdot 100; \\ a_o \cdot (\varepsilon_o + 100) &= a_{o,max} \cdot 100; \quad a_y \cdot (\varepsilon_y + 100) = a_{y,max} \cdot 100. \end{aligned}$$

$$\text{Тогда} \quad a_o = \frac{a_{o,max} \cdot 100}{\varepsilon_o + 100}, \quad (3)$$

$$a_y = \frac{a_{y,max} \cdot 100}{\varepsilon_y + 100}, \quad (4)$$

где E_o, E_y - деформация по основе и по утку; a_o, a_y - размеры поперечного сечения нити в ткани вдоль большой оси; $a_{o,max}, a_{y,max}$ - максимальные размеры поперечного сечения нити в ткани вдоль большой оси при деформации.

Формулы (3) и (4) подставим в формулу (2). С учетом изменения размеров нитей формула для определения пористости тканой структуры текстильной основы примет окончательный вид:

$$R_s = 100 \cdot \left(1 - \frac{a_{o,max}}{\varepsilon_o + 100} \cdot P_o + \frac{a_{y,max}}{\varepsilon_y + 100} \cdot P_y \right) + \frac{0,01 \cdot a_{o,max}}{\varepsilon_o + 100} \cdot P_o \cdot \frac{a_{y,max}}{\varepsilon_y + 100} P_y, \quad (5)$$

По формуле (5) деформация в тканой структуре показывает, что с увеличением R_s уменьшается деформация по основе и утку. Это объясняется уменьшением числа нитей в единице площади материала.

Для вязаной структуры текстильной основы из базальтовых волокон, имеющего петельный шаг A , мм, высоту петельного ряда B , мм в равновесном или фиксированном состоянии деформация, % по длине определяется по формуле:

$$\begin{aligned} \varepsilon_\delta &= \frac{B_{max} - B}{B} \cdot 100; \quad \varepsilon_\delta \cdot B = (B_{max} - B) \cdot 100; \\ \varepsilon_\delta \cdot B - (B_{max} - B) \cdot 100 &= 0; \quad \varepsilon_\delta \cdot B - B_{max} \cdot 100 + B \cdot 100 = 0; \\ \varepsilon_\delta \cdot B + 100B &= B_{max} \cdot 100. \end{aligned}$$

Тогда высота петельного ряда B будет определяться по формуле:

$$B = \frac{B_{max} \cdot 100}{\varepsilon_\delta + 100}, \quad (6)$$

Петельный шаг A определяется аналогично. Окончательно петельный шаг A будет определяться по формуле:

$$A = \frac{A_{max} \cdot 100}{\varepsilon_{uu} + 100}, \quad (7)$$

где A – петельный шаг, мм; B – высоту петельного ряда, мм; A_{max} , B_{max} – высота петельного ряда и петельный шаг трикотажа к моменту деформации; ε_δ , ε_{uu} – деформации по длине и по ширине, %.

Так как поверхностное заполнение E , % характеризуется степенью прозрачности (просвечиваемости) и степенью частоты трикотажа, то показатели поверхностного заполнения определяются по известной формуле:

$$E = \frac{100ld}{(AB)},$$

где l – длина нити в петле, мм; d – условный диаметр нити, мм.

Тогда объемное заполнение трикотажа примет вид:

$$E_v = \frac{100 \cdot ld}{\left(\frac{B_{max} \cdot 100}{\varepsilon_\delta + 100} \cdot \frac{A_{max} \cdot 100}{\varepsilon_{uu} + 100} \right)}, \quad (8)$$

Объемная пористость, показывающая процентную долю воздушных промежутков только между нитями может быть определена по формуле: $R_v = 100 - E_v$. Приняв объемное заполнение вязаной структуры текстильной основы из базальтовых волокон за формулу (8) получим:

$$R_v = 100 - \frac{100 \cdot ld}{\left(\frac{B_{max} \cdot 100}{\varepsilon_\delta + 100} \cdot \frac{A_{max} \cdot 100}{\varepsilon_{uu} + 100} \right)}$$

Окончательно пористость трикотажной структуры с учетом деформации нитей примет вид:

$$R_v = 100 - ld \cdot \frac{(\varepsilon_\delta + 100) \cdot (\varepsilon_{uu} + 100)}{B_{max} \cdot A_{max}}, \quad (9)$$

Если увеличится поверхностная пористость R_s материала, то по формуле (8) увеличится деформация по ширине и длине. А пористость R_s материала обратно пропорционально B_{max} и A_{max} , показатели уменьшаются B_{max} и A_{max} , значит, в сравнении с тканой структурой при получении вязаной структуры разрабатываемой текстильной основы материала с увеличением объемной пористости материала деформация по ширине и длине уменьшается. По формуле (9) в тканой структуре проектируемой текстильной основы деформация в 3 раза меньше чем в вязаной.

На рис.1 и 2 показаны кривые зависимости пористости проектируемого материала от деформации внешней нагрузки по расчетным формулам (5 и 9). В формулах (5 и 9) введены предполагаемые

исходные параметры (таблица) в сравнении с материалами из непрерывного стекловолокна согласно экспериментальным данным [2].

Таблица

Предполагаемые исходные геометрические параметры базальтовой текстильной основы

Для вязаной структуры базальтовой текстильной основы					
Длина нити в петле, мм	Диаметр нити, мм	Деформация по длине, %	Деформация по ширине, %	Максимальная высота петельного ряда, мм	Максимальный петельный шаг, мм
l	d	$\epsilon_{\dot{a}}$	$\epsilon_{\dot{o}}$	B_{max}	A_{max}
8-15	0,5-1,5	5-100	4-100	2-5	1-3
Для тканой структуры базальтовой текстильной основы					
Макс. размеры поперечного сечения нити в ткани вдоль большой оси, мм	Макс. размеры поперечного сечения нити в ткани вдоль большой оси, мм	Деформация по основе, %	Деформация по утку, %	Плотность нитей по основе, нит/10 см	Плотность нитей по утку, нит/10 см
$\dot{a}_{i.ma\dot{o}}$	$\dot{a}_{o.ma\dot{o}}$	$\epsilon_{\dot{i}}$	$\epsilon_{\dot{o}}$	P_o	P_y
5	10	5-100	10-100	30-90	30-80

Как видно, пористость текстильного материала как армирующей основы композитов зависит от его геометрической структуры. При изменении пористости материала изменяются размеры формы структуры проектируемой текстильной основы. Значит, пористость материала можно применять как меру оценки его структуры.

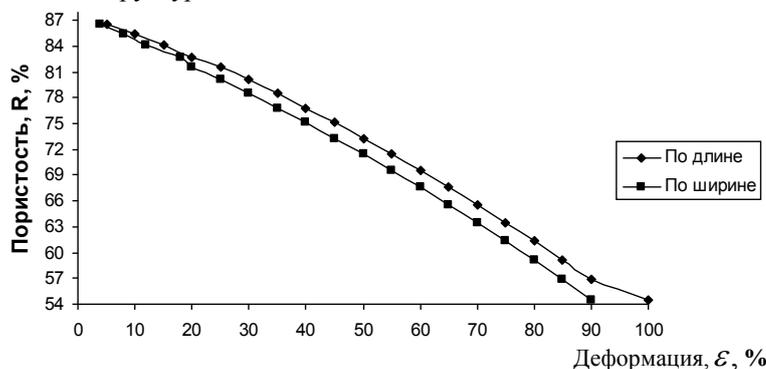


Рис. 1. Кривые зависимости пористости от деформации вязаной структуры текстильной основы из базальтовых волокон.

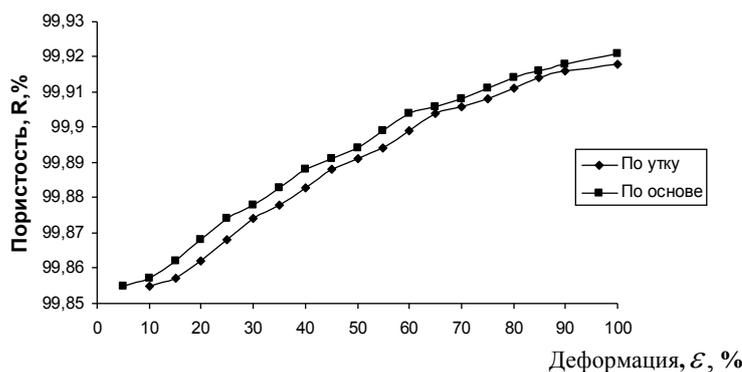


Рис. 2. Кривые зависимости пористости от деформации тканой структуры текстильной основы из базальтовых волокон.

Таким образом, получены расчетные формулы зависимости деформации от пористости тканой и вязаной структуры разрабатываемых текстильных основ композиционных материалов.

Литература:

- Иманкулова А.С., Турусбекова Н.К. Текстильный материал из базальта как армирующая основа в композитах. //«Текстильная промышленность», № 7-8, Москва, 2005. С. 26-28.
- Асланова М.С. и др. Стекланные волокна. -М.: Химия, 1979. -255 с.