

УДК 677.017

**РАСЧЕТНЫЙ МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ
ДЕФОРМАЦИИ РАСТЯЖЕНИЯ ТЕКСТИЛЬНЫХ ПОЛОТЕН**

**CALCULATION METHOD FOR DETERMINING
TENSILE STRAIN OF TEXTILE WEBS**

Е.М. КОПАРЕВА, С.Н. ТИТОВ, Л.Л. ЧАГИНА, Н.А. СМИРНОВА

E.M. KOPAREVA, S.N. TITOV, L.L. CHAGINA, N.A. SMIRNOVA

(Костромской государственной университет)

(Kostroma State University)

E-mail: lyu-chagina@yandex.ru

В статье приведено теоретическое обоснование и вывод формулы для вычисления деформации растяжения текстильного полотна по его фрагменту или изображению фрагмента при неразрушающем оптическом контроле.

The article provides theoretical justification and inference of the formula for calculating the strain of the stretching of the textile web from its fragment or from the image of the fragment in non-destructive optical control.

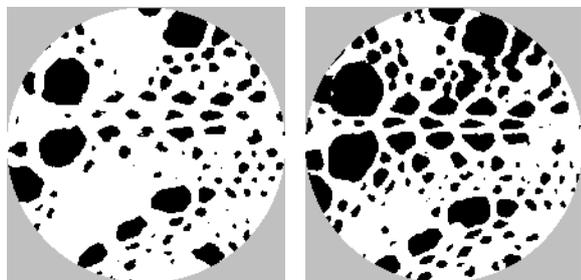
Ключевые слова: текстильное полотно, деформация растяжения, оптическое изображение, поверхностное заполнение, расчетный метод.

Keywords: textile web, tension strain, optical image, surface filling, design method.

Характеристики деформационных свойств являются наиболее информативными и необходимыми для учета при проектировании изделий легкой промышленности. Наиболее ценными для трикотажных полотен являются показатели растяжимости и упругих свойств, определяющие условия использования материала для конкретного изделия [1...7]. На сегодняшний день перспективными методами исследова-

ния являются прямые наблюдения структуры материалов средствами электронной и оптической микроскопии. Предлагаемый метод [8] позволяет оценить изменение структуры трикотажного полотна при растяжении в пределах эксплуатационных нагрузок в результате автоматизированного распознавания оптических изображений (рис. 1 – оптические изображения трикотажного полотна: а) – до нагружения, б)

– после нагружения) с использованием разработанного программного обеспечения. Количественной характеристикой является изменение площади сквозных пор после растяжения в пределах эксплуатационных нагрузок. Эта методика применима для трикотажных полотен разреженных структур разного волокнистого состава.



а) б)
Рис. 1

С целью расширения области использования метода [1] в качестве критерия оценки предлагается использовать коэффициент изменения структуры, определяющий поверхностное заполнение текстильного полотна. Для реализации метода принимаются следующие начальные условия и ограничения.

1. Объект анализа – изображение двухкомпонентного материала (один компонент – сквозные поры, другой – проекция нитей), обладающего следующими свойствами:

- компоненты достаточно равномерно распределены по объему полотна;
- податливость компонентов в направлении (направлениях) деформирования многократно различается;
- при растяжении площадь проекции текстильного полотна в направлении деформирования остается неизменной, деформация осуществляется за счет изменения площади сквозных пор.

2. Физические размеры объекта анализа в окне изображения до и после деформирования остаются неизменными.

3. Разрешения фотографий могут различаться.

Перечисленным условиям, кроме трикотажных полотен, удовлетворяют ткани и нетканые материалы со сквозными порами, а также эластичные материалы.

На рис. 2 представлены схемы объектов исследования до и после растяжения.

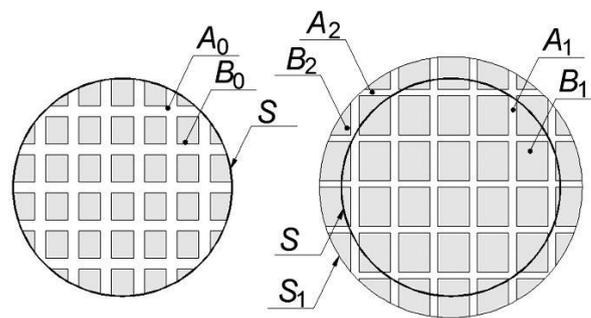


Рис. 2

Пусть анализируемая область объекта имеет размер S , а количества компонентов в этой области соответственно равны: до деформирования – A_0 и B_0 , после деформирования – A_1 и B_1 , где через A обозначен материал, количество которого в процессе деформации не изменяется, через B – просветы (эластичная составляющая) с изменяемым в процессе деформирования значением количественной характеристики. Компонент A будет отражать площадь проекции полотна, компонент B – площадь сквозных пор.

Очевидны следующие соотношения:

$$\begin{aligned} S &= A_0 + B_0 = A_1 + B_1, & (1) \\ A_0 &= A_1 + A_2. &) \end{aligned}$$

В результате растяжения размер области S материала изменится и станет равным S_1 . Абсолютная деформация анализируемой области

$\Delta S = S_1 - S$, а относительная деформация материала (цель анализа) определится следующим образом:

$$\varepsilon = \frac{\Delta S}{S} = \frac{S_1 - S}{S} = \frac{S_1}{S} - 1. \quad (3)$$

При растяжении границы S_1 объекта выходят за границы анализа S и, как следствие, не могут быть определены путем прямого измерения. Поэтому абсолютная деформация ΔS напрямую не определяется.

Однако учитывая, что:

$$\Delta S = A_2 + B_2, \quad (4)$$

из (2) следует:

$$A_2 = A_0 - A_1 = \Delta A. \quad (5)$$

Из условия равномерности распределения компонентов в материале $\frac{B_2}{A_2} = \frac{B_1}{A_1}$ получаем: $B_2 = A_2 \frac{B_1}{A_1}$, что дает после подстановки в (4) с учетом (5):

$$\Delta S = \Delta A \left(1 + \frac{B_1}{A_1}\right) = \Delta A \frac{A_1 + B_1}{A_1} = \Delta A \frac{S}{A_1}. \quad (6)$$

После подстановки (6) в (3) выражение принимает вид:

$$\varepsilon = \frac{\Delta A}{S} \cdot \frac{S}{A_1} = \frac{\Delta A}{A_1}. \quad (7)$$

Таким образом, относительная деформация представляет собой отношение величины уменьшения площади проекции нитей к площади проекции нитей в зоне измерения после деформирования.

Следует учесть, что в этом определении вместо термина “абсолютная деформация” использован термин “уменьшение площади проекции”, которое численно равно абсолютной деформации, но противоположно ей по знаку, что обеспечивает положительную относительную деформацию материала при растяжении и отрицательную при сжатии.

Степень поверхностного заполнения материала представляет собой отношение количества площади проекции нитей к общему количеству материала в объекте анализа: $E = \frac{A}{S}$. Тогда степени заполнения до и после деформирования будут соответственно равны $E_0 = \frac{A_0}{S}$ и $E_1 = \frac{A_1}{S}$.

Подставив (5) в (7):

$$\varepsilon = \frac{A_0 - A_1}{S} \cdot \frac{S}{A_1} = \left(\frac{A_0}{S} - \frac{A_1}{S}\right) \bigg/ \frac{A_1}{S}. \quad (8)$$

После замены в (8) отношений на соответствующие степени заполнения получаем:

$$\varepsilon = \frac{E_0 - E_1}{E_1} = \frac{E_0}{E_1} - 1. \quad (9)$$

Следовательно, относительная деформация представляет собой уменьшенное на единицу отношение степеней поверхностного заполнения материала до и после деформирования.

Учитывая, что каждая степень заполнения определяется только по одному объекту измерения (области, фотографии), и будучи относительной величиной, не зависит ни от размера области, ни от оптического разрешения фотографии, можно заключить, что выражение (9) и соответствующее определение являются универсальными для вычисления относительной деформации материала по его фрагменту или изображению фрагмента при неразрушающем оптическом контроле.

В Ы В О Д Ы

1. Предложен расчетный метод определения деформации растяжения текстильных материалов по поверхностному заполнению.

2. Предлагаемое решение целесообразно использовать для неразрушающего контроля стабильности структуры текстильных полотен при проектировании и эксплуатации изделий.

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Флерова Л.Н., Сурикова Г.И. Материаловедение трикотажа. – М.: Легкая индустрия, 1972.

2. Чагина Л.Л., Смирнова Н.А., Вершинина А.В. Исследование и учет деформационных свойств при проектировании одежды из льняных трикотажных полотен // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2011, № 1. С. 10...14.

3. Чагина Л.Л., Смирнова Н.А. Трикотажные полотна и изделия из льна: методы исследования свойств и оценка качества. – Кострома: Изд-во Костром. гос. ун-та, 2015.

4. Чагина Л.Л., Копарева Е.М. Трикотажные полотна и изделия из льна: современные направления в проектировании. – Кострома: Изд-во Костром. гос. ун-та, 2017.

5. Чагина Л.Л. Влияние свойств трикотажного полотна на конструктивные характеристики изделия // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2014, № 2. С. 91...95.

6. Чагина Л.Л., Смирнова Н.А., Воронова Е.М. Применение неразрушающего метода для исследования деформационных свойств льняных трикотажных полотен // Вестник КГТУ. – Кострома: КГТУ, 2012, №1(28). С. 40...43.

7. Чагина Л.Л., Виноградова Г.Л., Воронова Е.М. Разработка методики конструирования льняных трикотажных изделий и ее реализация в системе T-Flex CAD // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2012, № 4. С. 124....127.

8. Способ определения изменения структуры трикотажного полотна при пространственном растяжении /Копарева Е.М., Маринкина М.А., Рассадина С.П., Чагина Л.Л. Патент на изобретение № 2619728 РФ - Оpubl. 17.05.2017 Бюл. № 14.

REFERENCES

1. Flerova L.N., Surikova G.I. Materialovedenie trikotazhaa. – М.: Legkaya industriya, 1972.

2. Chagina L.L., Smirnova N.A., Vershinina A.V. Issledovanie i uchet deformatsionnykh svoystv pri proektirovanii odezhdy iz l'nyanykh trikotazhnykh poloten // Izv. vuzov. Tekhnologiya tekstil'noy promyshlennosti. – 2011, № 1. S. 10...14.

3. Chagina L.L., Smirnova N.A. Trikotazhnye polotna i izdeliya iz l'na: metody issledovaniya svoystv i otsenka kachestva. – Kostroma: Izd-vo Kostrom. gos. un-ta, 2015.

4. Chagina L.L., Kopareva E.M. Trikotazhnye polotna i izdeliya iz l'na: sovremennyye napravleniya v

proektirovanii. – Kostroma: Izd-vo Kostrom. gos. un-ta, 2017.

5. Chagina L.L. Vliyanie svoystv trikotazhnogo polotna na konstruktivnye kharakteristiki izdeliya // Izv. vuzov. Tekhnologiya tekstil'noy promyshlennosti. – 2014, № 2. S. 91...95.

6. Chagina L.L., Smirnova N.A., Voronova E.M. Primenenie nerazrushayushchego metoda dlya issledovaniya deformatsionnykh svoystv l'nyanykh trikotazhnykh poloten // Vestnik KGTU. – Kostroma: KGTU, 2012, №1(28). S. 40...43.

7. Chagina L.L., Vinogradova G.L., Voronova E.M. Razrabotka metodiki konstruirovaniya l'nyanykh trikotazhnykh izdeliy i ee realizatsiya v sisteme T-Flex CAD // Izv. vuzov. Tekhnologiya tekstil'noy promyshlennosti. – 2012, № 4. S. 124....127.

8. Sposob opredeleniya izmeneniya struktury trikotazhnogo polotna pri prostranstvennom rastyazhenii /Kopareva E.M., Marinkina M.A., Rassadina S.P., Chagina L.L. Патент на изобретение № 2619728 РФ - Оpubl. 17.05.2017 Бюл. № 14.

Рекомендована кафедрой дизайна, технологии, материаловедения и экспертизы потребительских товаров. Поступила 10.12.19.