

NGHIÊN CỨU ĐỘ RỘNG VÀ ĐỘ THOÁNG KHÍ SỬ DỤNG MÔ HÌNH VÒNG SỢI CỦA VẢI DỆT KIM SINGLE DỆT VÒNG KÉP SỢI SPANDEX ỨNG DỤNG CHO QUẦN ÁO THỂ THAO

RESEARCH OF THE POROSITY AND AIR PERMEABILITY USING LOOP MODEL OF PLATE SINGLE KNITTED FABRIC WITH SPENDEX YARN FOR SPORTWEAR APPLICATION

Chu Diệu Hương^{1,*}

DOI: <http://doi.org/10.57001/huiv5804.2024.220>

TÓM TẮT

Vải dệt kim single dệt vòng kép sợi spandex được sử dụng rộng rãi cho các sản phẩm thể thao do khả năng đàn hồi và quá trình công nghệ tương đối đơn giản, giá thành thấp. Trong khi đó độ thoáng khí của vải đóng vai trò quan trọng trong tính tiện nghi sinh lý của sản phẩm. Bài báo nghiên cứu độ thoáng khí của 4 loại vải dệt kim single CVC (60% cotton 40% PES) cài sợi spandex với tỷ lệ các vòng sợi dệt vòng kép khác nhau (100%, 50%, 33% và 25%). Độ rộng thể tích của vải được tính toán lý thuyết dựa trên mô hình vòng sợi và độ thoáng khí của vải được kết quả đo thực tế. Kết quả cho thấy mối tương quan giữa tỷ lệ các vòng sợi dệt kép spandex và độ thoáng khí là tỷ lệ nghịch với hệ số tương quan cao $R^2 = 0,99$, trong khi đó mối tương quan giữa độ rộng thể tích được tính toán lý thuyết theo mô hình vòng sợi với độ thoáng khí của vải là một hàm ln với hệ số tương quan thấp hơn $R^2 = 0,88$.

Từ khóa: Cấu trúc vòng sợi, mô phỏng vòng sợi, vải dệt kim một mặt phải, sợi spandex, độ thoáng khí.

ABSTRACT

Plate single fabrics with the spandex yarn were used commonly for sportwear because of their elasticity, simple and low-cost production. Meanwhile, air permeability is important for physiological comfort of knitted garment. This paper investigated the air permeability of four plate single fabrics CVC (60% cotton 40% PES) with the spandex yarn. The plate spandex stitches ratio was 100%, 50%, 33% and 25%. The fabric volumetric porosity was theoretical calculated based on stitch geometrical model while the fabric air permeability was experimentally measured. The results showed that the relationship between the plate stitches ratio and the fabric air permeability was inversely proportional with high R-square value of 0.99 while the relationship between fabric volumetric porosity and air permeability was the logarithmic with R-square value of 0.88.

Keywords: Loop structure, loop simulation, single jersey fabric, spandex yarn, air permeability.

¹Đại học Bách khoa Hà Nội

*Email: huong.chudieu@hust.edu.vn

Ngày nhận bài: 25/3/2024

Ngày nhận bài sửa sau phản biện: 10/5/2024

Ngày chấp nhận đăng: 25/6/2024

1. GIỚI THIỆU

Với trang phục thể thao, tính tiện nghi sinh lý có ý nghĩa vô cùng quan trọng đối với người mặc. Tính chất này chịu ảnh hưởng của nhiều yếu tố liên quan đến cơ thể con người, điều kiện khí hậu, môi trường và quần áo. Quần áo nói chung đều có vai trò bảo vệ cơ thể khỏi những tác động tiêu cực ảnh hưởng của các yếu tố bên ngoài và tác động của nó đến quá trình trao đổi nhiệt giữa cơ thể con người và môi trường. Quần áo thể thao còn có tác dụng hỗ trợ người mặc trong quá trình tập luyện [1]. Trong tính tiện nghi sinh lý, sự truyền nhiệt, truyền ẩm phần lớn phụ thuộc vào cấu trúc của vải dệt cũng như các tính chất nhiệt của vật liệu được sử dụng để dệt vải. Một thông số của quần áo mà có ảnh hưởng mạnh mẽ đến sự trao đổi nhiệt giữa con người và môi trường là độ thoáng khí. Độ thoáng khí là một trong những chỉ số quan trọng nhất về giá trị của sản phẩm dệt may, đặc biệt đối với vải may mặc, vải dệt kim và vải kỹ thuật, bởi vì tham số vật lý này xác định các chức năng cơ bản của tiện ích của những loại vải này, tức là các đặc tính sinh lý của dệt may quần áo. Ngoài ra, độ thoáng khí còn mô tả khả năng giữ lại cho vật liệu lọc.

Trong những năm gần đây đã có nhiều tác giả tiến hành nghiên cứu nhằm mục đích dự đoán độ thoáng khí của vật liệu dệt dựa trên các thông số cấu trúc của chúng. Những nghiên cứu này thường liên quan đến vải dệt kim [2-4]. Các nghiên cứu có sử dụng một số công cụ để thể hiện các quá trình vật lý xảy ra trong sản phẩm dệt may, là phần mềm cho phép thiết kế chính xác các sản phẩm mô hình ba chiều của vải thực tế và thực hiện thí nghiệm ảo sử dụng các phương pháp tính toán khác nhau như phương pháp phần tử hữu hạn (FEM) hoặc chất lỏng tính toán động lực học (CFD) [5, 6]. Marie Havlová và cộng sự [7] đã nghiên cứu mối quan hệ giữa cấu trúc và độ thấm thấu không khí của vải dệt kim jersey đơn. Tác giả đã khảo sát khả năng có thể bỏ qua độ thấm thấu của sợi khi đánh giá tính thấm thấu vải dệt kim và đã cho rằng ảnh hưởng của độ xù lông của sợi dệt có đóng vai trò quan trọng trong mối quan hệ giữa độ thoáng khí và

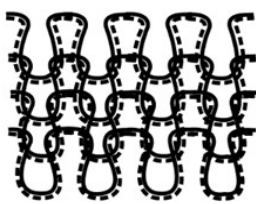
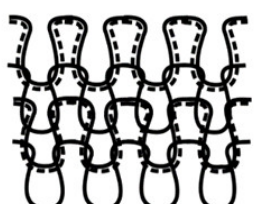
độ xoắn của vải dệt kim. Tính toán lý thuyết và thí nghiệm được thực hiện bằng cách sử dụng phân tích hình ảnh hiển vi của cấu trúc vải được sử dụng để xác định độ xoắn giữa các sợi và trong cấu trúc sợi. Tác giả đã chứng minh rằng kích thước đặc trưng của các lỗ rỗng giữa các sợi cao hơn đáng kể hơn so với các lỗ rỗng giữa các xơ trong sợi và các giá trị độ xoắn giữa các sợi được đo bằng phương pháp phân tích hình ảnh có độ xù lông và sau khi loại bỏ độ xù lông được thống kê khác nhau đáng kể. Các hệ số tương quan cho thấy các giá trị độ xoắn được đo thực tế và tính toán có độ đồng nhất rất cao [7] với R^2 đạt giá trị 0,98 - 0,99. Virginija Daukantiene và cộng sự [8] đã nghiên cứu về khả năng quản lý độ ẩm và độ thấm thấu không khí của vải dệt kim dệt từ sợi pha PES/CO chống tĩnh điện. Các kiểu đan rib 1x1 và rib haft Milan được áp dụng trong nghiên cứu này. Kết quả cho thấy vải dệt kim rib 1x1 có khả năng thấm hơi nước và thoáng khí cao hơn đáng kể so với vải rib haft Milano. Độ thấm hơi nước và thấm thấu không khí tương đối của mẫu được xử lý tăng đáng kể với tỷ lệ polyester ngày càng tăng. Trong các nghiên cứu, các thí nghiệm được thực hiện nhằm kiểm chứng các mô hình toán học lý thuyết mô tả mối quan hệ giữa cấu trúc hình học của vải với kết quả đo thực tế về độ thấm thấu không khí của chúng.

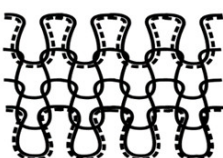
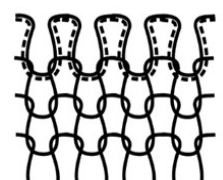
Mục đích của bài báo này là nghiên cứu tính chất thấm thấu không khí của vải dệt kim single dệt vòng kép sợi spandex sử dụng cho quần áo thể thao như một yếu tố quan trọng của sự thoải mái sinh lý. Độ thoáng khí của vải dệt kim phụ thuộc chủ yếu vào cấu trúc hình học của vải (độ dày của vải ở các lớp riêng lẻ và vị trí tương hỗ), độ dày, chiều dài vòng sợi, độ rỗng diện tích và độ rỗng thể tích của vải. Sự phụ thuộc này được mô tả qua các phương trình toán học dựa trên mô hình hình học cấu trúc vòng sợi của vải dệt kim.

2. VẬT LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Vật liệu

Bảng 1. Phương án cài sợi chun trên vải CVC

Mẫu vải	Tỷ lệ các vòng sợi cài spandex (%)	Phương án cài sợi spandex
CVC100	100,0	Cài sợi spandex trên tất cả các hàng vòng 
CVC50	50,0	Cài sợi spandex trên 1 hàng và không cài 1 hàng 

CVC33	33,3	Cài sợi spandex trên 1 hàng và không cài 2 hàng 
CVC25	25,0	Cài sợi spandex trên 1 hàng và không cài 3 hàng 

Bài báo đã sử dụng vải dệt kim Single dệt từ sợi CVC có thành phần (60% Co, 40% PES) chỉ số Ne 30/1. Vải được dệt vòng kép spandex chỉ số 20D với các tỷ lệ vòng sợi kép khác nhau trên máy dệt kim tròn có đường kính máy là 34 inches và cấp máy G28. Bốn phương án cài sợi spandex được trình bày trong bảng 1.

2.2. Phương pháp nghiên cứu

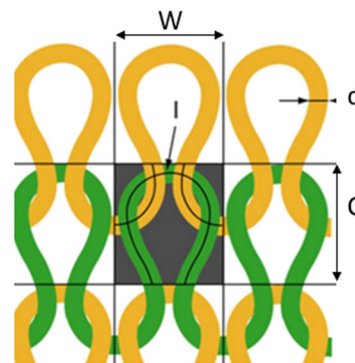
Độ dày của các mẫu vải được xác định theo tiêu chuẩn ASTM D1777- 96 (2011), mỗi mẫu được đo tại 5 vị trí và giá trị trung bình của 5 vị trí được ghi nhận. Khối lượng g/m^2 của các mẫu được xác định theo tiêu chuẩn TCVN 8042:2009, mật độ vải (vòng sợi/10 cm) được đo theo tiêu chuẩn TCVN 5794-1994 và độ thoáng khí đo trên thiết bị SDL ATLAS (diện tích đo là $20cm^2$, áp suất là $100MPa$) theo tiêu chuẩn TCVN 5092:2009.

Các thông số của vải dệt kim được tính theo mô hình hình học của vòng sợi theo giả thuyết của Dalidovic công thức 1 [4, 9]:

$$\text{Chiều dài vòng sợi } l = 1,57W + 2C + \Pi d \tag{1}$$

$$\text{Độ dày của vải single } T = 2d$$

Trong đó: W là bước vòng (mm), C là chiều cao hàng vòng (mm), d là đường kính sợi (mm) với giả thiết là sợi có thiết diện tròn đều (hình 1).



Hình 1. Cấu trúc vòng sợi vải dệt kim single [4, 9]

Tỷ lệ lỗ rỗng của vải được tính theo công thức:

$$\epsilon_D = 1 - \frac{\rho_T}{\rho_F} \tag{2}$$

Trong đó, ρ_F là khối lượng riêng của xơ (kg/m^3) và ρ_T là khối lượng thể tích của vải (kg/m^3).

ρ_T được tính theo công thức:

$$\rho_T = \frac{W_T}{t} \tag{3}$$

Với W_T khối lượng một m^2 của vải (kg/m^2) và t là độ dày của vải (m).

Như vậy, độ rỗng của vải được tính theo công thức

$$\epsilon_D = 1 - \frac{W_T}{\rho_F \cdot t} \tag{4}$$

Độ rỗng diện tích của vải được tính theo công thức:

$$\epsilon_A = 1 - \frac{A_Y}{A_T} \tag{5}$$

Với A_Y là hình chiếu của sợi trong một đơn vị diện tích vòng sợi (m^2).

$$A_Y = l \cdot d - 4d^2$$

A_T là diện tích một đơn vị vòng sợi (m^2).

$$A_T = C \cdot 2W$$

Như vậy, độ rỗng diện tích được tính:

$$\epsilon_A = 1 - \frac{d \cdot l - 4d^2}{C \cdot W} \tag{6}$$

Độ rỗng thể tích ϵ_V được tính theo công thức:

$$\epsilon_V = 1 - \frac{V_Y}{V_T} \tag{7}$$

Trong đó, V_Y là thể tích sợi trong một đơn vị vòng sợi (m^3)

$$V_Y = \left(\frac{\pi d^2}{4} \right) \cdot l \tag{8}$$

V_T là thể tích một đơn vị vòng sợi

$$V_T = C \cdot W \cdot t \tag{9}$$

Như vậy, độ rỗng thể tích của vải được tính:

$$\epsilon_V = 1 - \frac{\pi d^2 \cdot l}{4C \cdot W \cdot t} \tag{10}$$

3. KẾT QUẢ VÀ BÀN LUẬN

Xác định thực nghiệm các thông số vải được trình bày trong bảng 2.

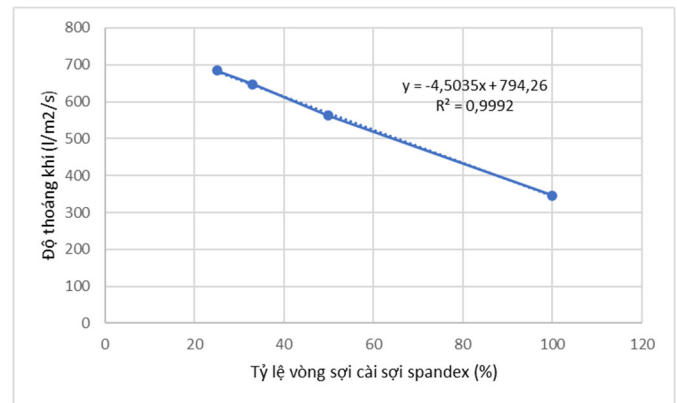
Bảng 2. Các thông số thực nghiệm của các mẫu vải khảo sát

Mẫu vải	Khối lượng g/m^2	Độ dày vải (mm)	Mật độ dọc (vòng sợi/10cm)	Mật độ ngang (vòng sợi/10cm)	Độ thoáng khí ($\text{l/m}^2/\text{s}$)
CVC100	195,6	0,52	208	165	345,9
CVC50	176,0	0,48	230	157	562,7
CVC33	166,1	0,45	234	157	646,9
CVC25	162,4	0,44	251	156	684,8

Từ các kết quả đo thực nghiệm, sử dụng các công thức (1) - (10), tính được các thông số gián tiếp khác của bốn mẫu vải trong nghiên cứu (bảng 3).

Bảng 3. Các thông số gián tiếp của các mẫu vải

Mẫu vải	Đường kính sợi d (mm)	Bước vòng W (mm)	Chiều cao hàng vòng C (mm)	Chiều dài vòng sợi l (mm)	Hình chiếu của sợi A_Y (mm^2)	Diện tích một đơn vị vòng sợi A_T (mm^2)	Độ rỗng diện tích của vải ϵ_A	Độ rỗng thể tích ϵ_V
CVC100	0,26	0,61	0,48	2,74	0,42	0,59	0,29	0,52
CVC50	0,24	0,64	0,43	2,61	0,39	0,55	0,29	0,54
CVC33	0,23	0,64	0,43	2,58	0,39	0,55	0,29	0,56
CVC25	0,22	0,64	0,40	2,49	0,35	0,51	0,31	0,55



Hình 2. Ảnh hưởng của tỷ lệ các vòng sợi cài spandex đến độ thoáng khí

Đồ thị thể hiện mối liên quan giữa tỷ lệ các vòng sợi dệt vòng kép spandex là một đường thẳng với hệ số tương quan $R^2 = 0,99$ cho thấy trong miền khảo sát của nghiên cứu, mối liên hệ này là tỷ lệ nghịch: Số các vòng sợi cài sợi spandex càng cao thì độ thoáng khí càng giảm. Dựa vào mối quan hệ này, cũng như phương trình xu thế đã được thiết lập:

$$y = -4,5035x + 794,26 \quad R^2 = 0,9992 \tag{11}$$

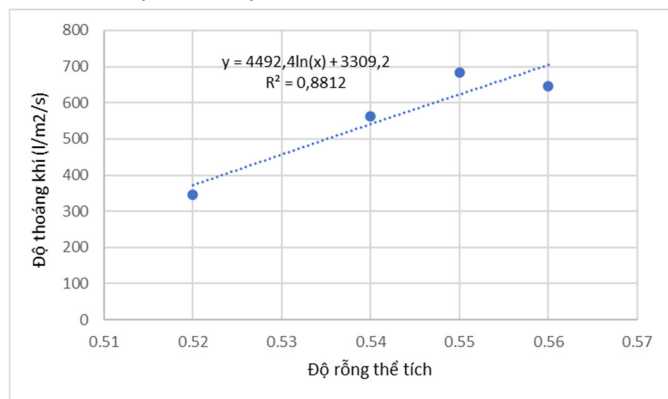
có thể tính toán, thiết kế được độ thoáng khí của loại vải CVC cài sợi spandex cho phù hợp với yêu cầu của sản phẩm quần áo thể thao, đặc biệt là khi cấu trúc vải được thiết kế dựa trên sự thay đổi tỷ lệ các vòng sợi dệt vòng kép spandex và miền thiết kế nằm trong miền giới hạn của nghiên cứu.

Độ rỗng thể tích của vải được cho là có liên quan trực tiếp đến độ thấm thấu không khí [3-5]. Đại lượng này có thể tính toán lý thuyết dựa trên giả thuyết mô hình vòng sợi của vải dệt kim. Vì vậy nghiên này đã tính toán độ rỗng thể tích của vải theo một vài điều kiện biên về giả thuyết hình học vòng sợi của Dalidovic (sợi được coi có thiết diện tròn không đổi theo chiều dài sợi và các vòng sợi được dệt sát nhau) và đã xây dựng mối liên quan giữa độ rỗng thể tích của vải với độ thoáng khí (hình 3), thể hiện qua phương trình:

$$y = 4492,4 \ln(x) + 3309,2 \quad R^2 = 0,8812 \tag{12}$$

Hệ số tương quan $R^2 = 0,88$, thấp hơn trong phương trình (11) cho thấy mối liên hệ kém chặt chẽ hơn. Tuy nhiên việc

sự dụng mô hình cấu trúc vải dệt kim trong việc tính toán, thiết kế các thông số và đặc biệt là tính chất cơ lý của vải là một xu thế trong việc thiết kế các loại vải và sản phẩm dệt kim. Trong giới hạn của nghiên cứu này, tỷ lệ các vòng sợi được dệt kép với sợi spandex là 25%, 33%, 50% và 100%.



Hình 3. Ảnh hưởng của độ rỗng thể tích đến độ thoáng khí

4. KẾT LUẬN

Bài báo này nghiên cứu khảo sát việc sử dụng mô hình vòng sợi trong việc tính toán các thông số của vải như hình chiếu của vòng sợi, diện tích của một đơn vị vòng sợi, độ rỗng diện tích và độ rỗng thể tích của vải dệt kim single dệt vòng kép spandex với tỷ lệ các vòng sợi dệt kép khác nhau. Mỗi liên quan giữa tỷ lệ vòng sợi dệt kép với độ thoáng khí cũng như độ rỗng thể tích tính toán lý thuyết so với độ thoáng khí đã được xây dựng bởi các phương trình với hệ số tương quan cao R² đạt giá trị 0,99 và 0,88. Về giá trị thực tiễn, bài báo cho thấy độ thoáng khí của vải dệt kim trong nghiên cứu này có quan hệ tỷ lệ nghịch với tỷ lệ các vòng sợi dệt kép spandex, trên cơ sở đó có thể thiết kế được tính chất sinh lý này của vải theo mục đích sử dụng của sản phẩm, đặc biệt là quần áo thể thao.

Về mặt lý thuyết, việc sử dụng mô hình vòng sợi dệt kim trong việc tính toán các thông số của vải, bao gồm các thông số hình học và các tính chất cơ lý, sinh lý của vải sẽ giúp cho việc thiết kế vải và sản phẩm dệt kim thuận lợi hơn, tiết kiệm được chi phí sản xuất. Việc chọn mô hình và các điều kiện biên phải được khảo sát và lựa chọn phù hợp.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Roshan Shishoo, *Textiles for Sportswear*. Woodhead Publishing Series in Textiles, number 162, Elsevier, 2015.
- [2]. Serin Mezarciöz, Serkan Mezarciöz, R.Tuğrul Oğulata, "Prediction of air permeability of knitted fabrics by means of computational fluid dynamics," *Tekstil ve Konfeksiyon* 24(2), 202-211, 2014.
- [3]. S. S. Bhattacharya, J. R. Ajmeri, "Air Permeability of Knitted fabrics made from Regenerated Cellulosic fibres," *International Journal of Engineering Research and Development*, 10, 7, 16-22, 2014
- [4]. Marie Havlová, "Air permeability and structural parameters of single jersey knitted fabric," *Fibers and Textiles*, 28, 3, 20-27, 2021.
- [5]. Adam K. Puszkarz, Izabella Krucińska, "Modeling of air permeability of knitted fabric using computational fluid dynamics," *AUTEX Research Journal*, 18, 4, 364-376, 2018. DOI: 10.1515/aut-2018-0007.
- [6]. Muhammad Owais Raza Siddiqui, Muhammad Ali, Muhammad Zubair, Danmei Sun, "Prediction of air permeability of knitted fabric by using computational method," *Tekstil ve Konfeksiyon*, 28(4), 273-279, 2018.
- [7]. Marie Havlová, Jana Špánková, "Porosity of Knitted Fabrics in the Aspect of Air Permeability - Discussion of Selected Assumptions," *Fibres & Textiles in Eastern Europe*, 25, 3(123), 86-91, 2017. DOI: 10.5604/12303666.1237242.
- [8]. Norina Asfand, Virginija Daukantiene, "Evaluation of the moisture management and air permeability of cotton/ antistatic polyester knitted fabrics," *Journal of Industrial Textiles*, 53, 1-33, 2023. DOI: 10.1177/15280837231194369.
- [9]. Huynh Van Tri, *Công nghệ dệt kim đan ngang*. Vietnam National University, Ho Chi Minh City Press, 2003.

AUTHOR INFORMATION

Chu Dieu Huong

Hanoi University of Science and Technology, Vietnam