

NGHIÊN CỨU ĐẶC TÍNH CƠ HỌC VÀ TỶ SỐ POISSON CỦA SỢI AUXETIC CÓ CẤU TRÚC LỖI/BỀN

STUDY ON MECHANICAL PROPERTIES AND POISSON'S RATIO OF CORE/WRAP AUXETIC YARNS

Nguyễn Thị Hòa

Khoa Dệt may và Thời trang, Trường Đại học Kinh tế - Kỹ thuật Công nghiệp

TÓM TẮT

Vải auxetic có tỷ số Poisson âm cho thấy khả năng hấp thụ năng lượng đáng kể nên có tiềm năng trong vật liệu bảo vệ vận động viên và các vật liệu làm việc trong môi trường chịu lực. Độ ổn định, độ tin cậy của cấu trúc và tính chất của vải auxetic cũng là một yếu tố quan trọng để đánh giá và thúc đẩy ứng dụng của nó. Trong nghiên cứu này, sợi auxetic có cấu trúc lõi/sợi bền được khảo sát để nghiên cứu mối quan hệ giữa cấu trúc và hiệu ứng auxetic của các mẫu sợi. Kết quả thí nghiệm cho thấy, tỷ số Poisson tối đa của sợi auxetic có cấu trúc bền được khảo sát là -3,0.

Từ khóa: Auxetic; Kéo; Sợi lõi; Sợi bền; Tỷ số Poisson.

ABSTRACT

Auxetic textiles with a negative Poisson's ratio demonstrate significant energy absorption, making them promising for use in athlete protection and load-bearing environments. The stability and reliability of the structure and properties of auxetic textiles is also an important factor to evaluate and promote their application. In this study, auxetic fibers with multiple core/wrap structures were investigated to study the relationship between the structure and the auxetic effect of the fiber samples. The experimental results showed that the maximum Poisson's ratio of the investigated auxetic fibers with braided structures was -3.0.

Keywords: Auxetic yarns; Tensile; Core; Wrap; Poisson's ratio.

1. GIỚI THIỆU

Vật liệu auxetic có tỷ số Poisson âm cho thấy hành vi biến dạng giãn khi chịu ứng suất kéo. Loại vật liệu này được ứng dụng trong quần áo bảo hộ, vật liệu lọc, vật liệu y sinh do các tính chất đặc biệt về cơ học và biến dạng cấu trúc [1, 2]. Đã có nhiều nghiên cứu về hàng dệt may [3, 4], với tỷ số Poisson âm về thiết

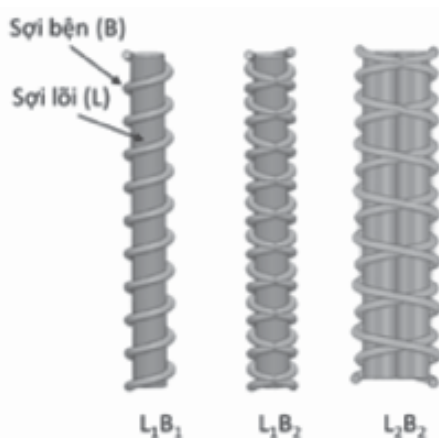
kế cấu trúc, phương pháp chuẩn bị, tính chất cơ học và cơ chế biến dạng đã được thực hiện và báo cáo [5]. Sợi auxetic ban đầu được đề xuất có cấu trúc xoắn ốc hai thành phần. Thành phần cứng có mô-đun lớn hơn được quấn xoắn ốc trên bề mặt của sợi lõi đàn hồi. Dưới lực căng dọc trục, sự khác biệt về tính chất cơ học và hiệu ứng nén lẫn nhau giữa hai thành phần cũng khiến sợi lõi đàn hồi chuyển từ trạng thái

thẳng sang trạng thái uốn cong. Khi đường kính đường viền tổng thể tăng lên, tỷ số Poisson của sợi tổng hợp cho thấy xu hướng thay đổi động từ dương sang âm. Nhìn chung, góc xoắn ốc ban đầu, tỷ lệ đường kính và tỷ lệ mô-đun giữa hai thành phần được coi là các thông số cấu trúc chính để xác định hiệu ứng auxetic [6]. Đặc tính hấp thụ năng lượng và khả năng thích ứng của sợi tỷ số Poisson âm đàn hồi và linh hoạt đáp ứng các yêu cầu về độ bền, khả năng bảo vệ và sự thoải mái của vật liệu dùng cho đồ thể thao [7].

Trong bài báo này, tác giả tập trung nghiên cứu ảnh hưởng của cấu trúc lõi/sợi bên đến độ bền và tỷ số poisson của sợi auxetic được chế tạo bằng phương pháp bện.

2. VẬT LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP

Sợi auxetic có cấu trúc xoắn ốc được kết cấu từ sợi lõi và sợi bên. Sợi lõi đàn hồi và sợi quần cứng dẫn đến hiệu ứng auxetic. Như thể hiện trong Hình 1, cấu trúc của sợi auxetic được biểu diễn bằng L_iB_j , trong đó L có nghĩa là sợi lõi, B có nghĩa là sợi quần (bện), i và j có nghĩa là số lượng sợi lõi và sợi quần. Các hiệu ứng tương tác giữa nhiều sợi lên hành vi kéo và tính chất đã được nghiên cứu.



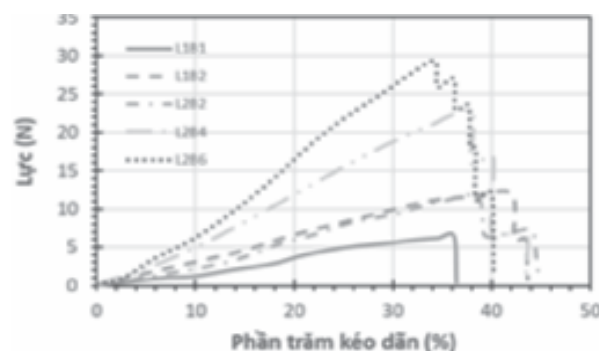
Hình 1. Cấu trúc bện sợi auxetic

Theo cấu trúc nhiều sợi, phương pháp bện được chọn để chuẩn bị sợi auxetic. Sợi PU (polyurethane, 840D) và Polyamide (120D) được sử dụng làm sợi lõi và sợi quần tương ứng. Sau đó, sợi auxetic được chuẩn bị để thực hiện các thử nghiệm kéo giãn dọc trục và đường kính đường viền dưới ứng suất kéo dọc trục được ghi lại để tính hệ số Poisson.

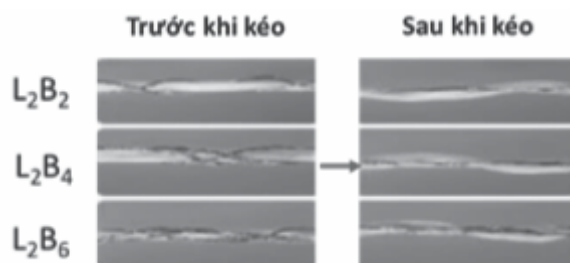
3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Ảnh hưởng của cấu trúc đến tính chất cơ học

Cấu trúc của sợi là một trong những thông số quan trọng nhất liên quan đến tính chất cơ học. Như thể hiện trong Hình 2, hành vi kéo giãn dọc trục của sợi auxetic với các cấu trúc khác nhau đã được thực hiện. Độ giãn đứt của sợi auxetic là từ 32% đến 45% và lực đứt là từ 6 N đến 30 N. Sợi auxetic có cấu trúc L_2B_6 cho lực đứt và độ giãn dài cao nhất.



Hình 2. Đặc trưng kéo giãn của sợi auxetic



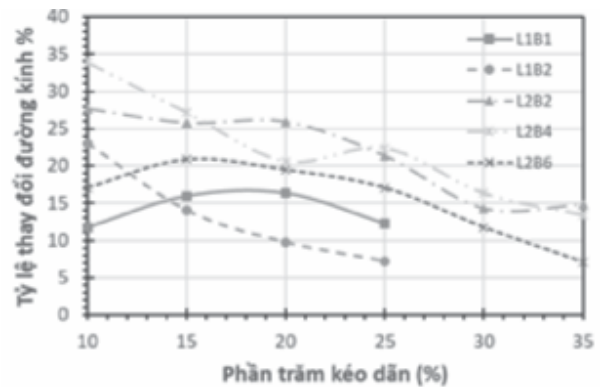
Hình 3. Trạng thái ban đầu và trạng thái giãn của sợi auxetic

Hình 2 cho thấy sợi auxetic cho lực đứt cao hơn khi số lượng sợi xoắn tăng lên. Lực đứt của sợi phức hợp có sáu sợi xoắn cao hơn nhiều so với sợi có một sợi xoắn. Độ giãn đứt của sợi auxetic đầu tiên tăng lên và sau đó giảm đi khi số lượng sợi xoắn tăng lên. Độ giãn đứt của sợi auxetic có 2 sợi lõi lớn hơn nhiều so với các loại khác. Tuy nhiên, lực đứt của sợi auxetic có số lượng sợi lõi khác nhau cho thấy một giá trị khá tương đồng. Điều này chỉ ra rằng số lượng sợi lõi có ít tác động đến lực đứt tổng thể của sợi phức hợp. So với sợi lõi đàn hồi, sợi xoắn cứng bị đứt trước trong quá trình kéo giãn. Các yếu tố chính của lực đứt và độ giãn đứt của sợi auxetic là tính chất cơ học của sợi xoắn và sợi lõi riêng biệt. Số lượng sợi xoắn tăng lên đóng vai trò tích cực trong sợi auxetic, ngược lại, nó lại hạn chế hành vi giãn dài dọc trục. Đây là lý do chính khiến sợi auxetic có cấu trúc khác nhau có lực đứt tăng dần và độ giãn đứt tương tự nhau.

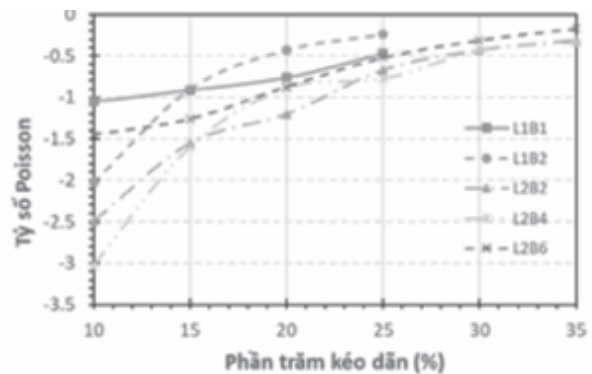
3.2. Ảnh hưởng của cấu trúc lên tỷ số Poisson

Sợi auxetic với nhiều cấu trúc lõi/bện được chuẩn bị bằng máy bện. Hình 3 mô tả trạng thái ban đầu và trạng thái kéo giãn của sợi auxetic. Dưới biến dạng dọc trục 15%, các sợi xoắn xoắn ốc (bện) phải thể hiện trạng thái thẳng. Thay vào đó, do lực tác dụng từ các thành phần xoắn, các sợi lõi thể hiện hành vi uốn cong. Đường kính đường viền của sợi auxetic lớn hơn giá trị ban đầu, dẫn đến tỷ số Poisson âm.

Đường kính đường viền của sợi auxetic dưới tác động của lực căng đã được thu thập và tỷ lệ thay đổi đường kính được thể hiện trong Hình 4. Giá trị dương liên tục của biến dạng dọc trục từ 10% đến 35% biểu thị xu hướng tăng của đường kính đường viền của sợi auxetic.



Hình 4. Tỷ lệ thay đổi đường kính với độ biến dạng dọc của sợi auxetic



Hình 5. Tỷ số Poisson với độ biến dạng dọc của sợi auxetic

Kết quả tính toán tỷ số Poisson theo phần trăm kéo giãn được cho trong hình 5. Có thể thấy rằng, tỷ số Poisson tối đa của sợi auxetic có cấu trúc L2B4 là -3,0 dưới biến dạng trục 10%, điều này do giá trị đường kính đường viền là lớn nhất tại biến dạng 10%. Khi biến dạng trục tăng, giá trị tỷ số Poisson âm giảm dần, điều này có nghĩa là hiệu ứng giãn nở của sợi auxetic yếu hơn. Lý do chính là trạng thái của sợi lõi từ uốn thẳng sang uốn hoàn toàn dưới tác động nén từ các sợi xoắn. Sợi lõi giảm đường kính dưới sự kéo dài trục, dẫn đến đường kính đường viền của sợi auxetic giảm. So với sợi auxetic có hai thành phần cấu trúc L1B1, hầu hết các sợi có nhiều cấu trúc lõi/quần đều cho thấy hành vi giãn nở đáng kể hơn nhiều. Hơn nữa, khi số lượng sợi lõi tăng, hiệu ứng

auxetic của sợi phức tạp giảm khi số lượng sợi xoắn tăng lên. Hiệu ứng auxetic của sợi phức tạp có 2 sợi xoắn cao hơn sợi phức tạp có 6 sợi xoắn. Tất cả các kết quả thử nghiệm đều ghi nhận hiệu ứng auxetic của sợi phức tạp có cấu trúc bên.

4. KẾT LUẬN

Biến dạng cấu trúc và tính chất cơ học của sợi auxetic có lõi và sợi xoắn đã được nghiên cứu. Số lượng sợi lõi và sợi xoắn có ích cho ứng suất đứt và độ bền đứt tương ứng. Dưới tải trọng dọc trục, trạng thái của sợi lõi chuyển từ duỗi thẳng sang uốn cong. Khi đường kính đường viền tăng lên, sợi phức hợp cho thấy hiệu ứng tỷ số Poisson âm. Tỷ số Poisson âm tối đa của sợi phức hợp là -3,0. Hầu hết các sợi có nhiều cấu trúc lõi/bọc cho thấy hành vi giãn nở đáng kể hơn nhiều so với sợi có hai thành phần cấu trúc L1B1.❖

Ngày nhận bài: **06/9/2024**

Ngày phản biện: **05/10/2024**

Tài liệu tham khảo:

- [1]. Xin R, Das R, Tran P, Ngo TD, Xie YM, “Auxetic metamaterials and structures: A review”. Smart Mater Struct 2021;27:0-10. <https://doi.org/10.1088/1361-665X/aaa61c>.
- [2]. Steffens F, Oliveira FR, Figueiro R, “Energy absorption from composite reinforced with high performance auxetic textile structure”. J Compos Mater 2021;55:1003-13. <https://doi.org/10.1177/0021998320964552>.
- [3]. Jiang N, Hu H, “Auxetic Yarn Made with Circular Braiding Technology”. Phys Status Solidi Basic Res 2019;256:1-12. <https://doi.org/10.1002/pssb.201800168>.
- [4]. Wang XT, Wang B, Wen ZH, Ma L, “Fabrication and mechanical properties of CFRP composite three-dimensional double-arrow-head auxetic structures”. Compos Sci Technol 2018;164:92-102. <https://doi.org/10.1016/j.compscitech.2018.05.014>.
- [5]. Zeng J, Hu H, “A theoretical analysis of deformation behavior of auxetic plied yarn structure”. Smart Mater Struct 2018;27. <https://doi.org/10.1088/1361-665X/aac23a>.
- [6]. Ming Z, Zhaoqun D, “Effects of structural parameters and performance on Poisson's ratio of auxetic yarn”. Adv Mater Res 2013;821-822:252-8. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/AMR.821-822.252>.
- [7]. Ma P, Chang Y, Boakye A, Jiang G, “Review on the knitted structures with auxetic effect”. J Text Inst 2017;108:947-61. <https://doi.org/10.1080/00405000.2016.1204901>.