

Ảnh hưởng của polysiloxane tới tính chất chống thấm và cơ tính của vải cotton

Nguyễn Vũ Việt Linh¹, Phạm Thị Hằng^{2,3}, Huỳnh Đại Phú^{2,3*}

¹Khoa Khoa học Ứng dụng, Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật TP Hồ Chí Minh, 1 Võ Văn Ngân, phường Linh Chiểu, TP Thủ Đức, TP Hồ Chí Minh, Việt Nam

²Khoa Công nghệ Vật liệu, Trường Đại học Bách khoa TP Hồ Chí Minh, 268 đường Lý Thường Kiệt, phường 14, quận 10, TP Hồ Chí Minh, Việt Nam

³Đại học Quốc gia TP Hồ Chí Minh, phường Linh Trung, TP Thủ Đức, TP Hồ Chí Minh, Việt Nam

Ngày nhận bài 12/8/2022; ngày chuyển phản biện 15/8/2022; ngày nhận phản biện 29/8/2022; ngày chấp nhận đăng 5/9/2022

Tóm tắt:

Vải cotton được sử dụng phổ biến trong ngành dệt may do khả năng thông thoáng và thấm hút tốt. Tuy nhiên, khả năng kháng bẩn và kháng nước của vải cotton không cao. Vì vậy, phủ lên vải cotton chất chống thấm polysiloxane là một yêu cầu đặc biệt cần thiết trong các ứng dụng cho những sản phẩm quần áo ngoài trời và quần áo bảo vệ. Ảnh hưởng của hàm lượng polysiloxane lên khả năng chống thấm nước và tính chất cơ lý của vật liệu được tiến hành nghiên cứu. Hình thái của vải cotton đã phủ nhựa được xác định bởi SEM (Scanning electron microscope) và EDX (Energy dispersive X-ray) dùng để xác định sự hiện diện của lớp phủ polysiloxane trên bề mặt vải. So với vải cotton thô, độ bền kéo đứt của vải cotton tẩm dung dịch 20% polysiloxane tăng, tuy nhiên độ giãn dài khi đứt giảm. Kết quả đo áp lực thủy tĩnh (AATCC 127) và thử nghiệm phun nước (AATCC 22) cho thấy khả năng chống thấm nước của vải cotton phủ polysiloxane tăng đáng kể so với vải cotton thô. Ngoài ra, hàm lượng polysiloxane hầu như không ảnh hưởng đến khả năng chống thấm nước của vật liệu. Vì vậy, sử dụng hợp lý polysiloxane sẽ góp phần giảm thiểu chi phí cho sản phẩm.

Từ khóa: chống thấm nước, cơ tính, polysiloxane, vải cotton.

Chỉ số phân loại: 2.4

1. Đặt vấn đề

Trong ngành công nghiệp dệt may, cotton là chất liệu được ứng dụng phổ biến và rộng rãi nhất hiện nay bởi nhiều tính chất ưu việt như khả năng thấm hút nước tốt, thông thoáng, nhẹ, bền, khả năng chịu kiềm và axit yếu tốt. Vải cotton có thể hấp thu 27% nước mà vẫn cho cảm giác thông thoáng đối với người sử dụng nhờ đặc tính ưa nước của các nhóm hydroxyl có trong cấu trúc của cotton [1, 2]. Khả năng thấm hút tốt của vải cotton vừa là ưu điểm cũng là nhược điểm khi ứng dụng trong các lĩnh vực cần có sự chống thấm. Bên cạnh đó, khả năng kháng bẩn của vải cotton không cao nên dễ gây bám bẩn và mùi hôi khi sử dụng. Do vậy, việc phủ lên vải cotton chất chống thấm là một yêu cầu đặc biệt cần thiết trong các ứng dụng cho các sản phẩm quần áo ngoài trời và quần áo bảo vệ [3-7]. Đặc tính chống thấm của vải phụ thuộc vào bề mặt hóa học vải và địa hình bề mặt của vải. Vì vậy, có thể tiến hành sửa đổi bề mặt, làm thay đổi năng lượng bề mặt hoặc tăng độ nhám bề mặt. Các nghiên cứu đã đưa ra một số phương pháp để tạo bề mặt chống thấm cho vải như: phủ hóa học hợp chất không phân cực; phủ vật lý lớp màng mỏng không phân cực; tạo bề mặt gồ ghề ở cấu trúc vi mô [8-10].

*Tác giả liên hệ: Email: hdphu@hcmut.edu.vn

Phủ hóa học hợp chất không phân cực là một trong những phương pháp chống thấm áp dụng hiệu quả cho loại vải cotton. Trong phương pháp này, fluorocarbon được sử dụng như là một chất kỵ nước trong quy trình ướt, như nhúng vải vào trong dung dịch sau đó ổn định nhiệt. Các sản phẩm này cho tính chống thấm tốt, tuy nhiên phương pháp này lại dẫn đến vấn đề về xử lý nước thải ra môi trường. Để thay thế cho fluorocarbon, một số nghiên cứu đã sử dụng polysiloxane để phủ lên bề mặt sợi vải [9, 11, 12]. Sự lựa chọn polydimethylsiloxane (PDMS) thay vì các chất phủ hữu cơ khác là do đặc tính ưu việt như chống thấm tốt, mềm dẻo ở nhiệt độ thấp, chống nhiệt và lạnh tốt. Nhóm methyl -CH₃ có tính kỵ nước sắp xếp dọc theo hai bên mạch chính siloxane (-Si-O) nên làm cho polysiloxane có tính chống thấm nước cao. Ngoài ra, PDMS có cấu trúc phân tử mở, hơi nước nằm kẹt trong chất nền có thể dễ dàng thoát đi [4, 13-17]. Ngoài phương pháp quay phủ và phun phủ PDMS, phương pháp đơn giản và chi phí thấp là nhúng vải vào dung dịch PDMS, sau đó cho vải qua hai trục vắt [11, 17].

Hiện nay, việc sử dụng PDMS làm chất chống thấm cho vải cotton chưa được chú trọng nghiên cứu tại Việt Nam để tạo ra các sản phẩm cotton chống thấm. Vì vậy, mục tiêu

The influence of polysiloxane on the mechanical properties and water repellency of cotton fabrics

Vu Viet Linh Nguyen¹, Thi Hang Pham^{2,3},
Dai Phu Huynh^{2,3*}

¹Faculty of Applied Sciences, Ho Chi Minh City University of Technology and Education,
1 Vo Van Ngan Street, Linh Chieu Ward, Thu Duc City, Ho Chi Minh City, Vietnam

²Faculty of Materials Technology, Ho Chi Minh City University of Technology,
Block C4, 268 Ly Thuong Kiet Street, Ward 14, District 10, Ho Chi Minh City, Vietnam

³Vietnam National University - Ho Chi Minh City,
Linh Trung Ward, Thu Duc City, Ho Chi Minh City, Vietnam

Received 12 August 2022; revised 29 August 2022; accepted 5 September 2022

Abstract:

Cotton fabric is commonly used in the textile industry owing to good ventilation and absorption capacity. However, dirt resistance and water resistance of cotton fabrics are low. Therefore, coating cotton fabrics with water-repellent polysiloxane is a special requirement for outdoor and protective clothing products. The effects of polysiloxane content on the water resistance and mechanical properties of materials were studied. The morphology of coated cotton fabric was characterised by SEM (Scanning electron microscope), and EDX (Energy dispersive X-ray) was used to determine the presence of polysiloxane on the surface of cotton fabric. The effects of polysiloxane content on the water resistance and mechanical properties of materials were studied. Compared with raw cotton fabrics, the tensile strength of the cotton fabrics impregnated with 20%wt polysiloxane solution increased, but the elongation at break was reduced. The hydrostatic pressure (AATCC 127) and water spray test (AATCC 22) results showed that the water repellence of polysiloxane-coated cotton fabrics increased significantly compared to pure cotton fabrics. In addition, the polysiloxane content has no almost effect on the water repellency of the material. Therefore, the appropriate use of polysiloxane can contribute to minimising the cost of the product.

Keywords: cotton fabric, mechanical properties, polysiloxane, water repellency.

Classification number: 2.4

của nghiên cứu này là hướng đến ảnh hưởng của nồng độ polysiloxane tới tính chất chống thấm và tính chất cơ lý của vải cotton.

2. Nguyên liệu và phương pháp nghiên cứu

2.1. Nguyên liệu

Hydroxyl terminated polydimethylsiloxane (khối lượng phân tử 4200 g/mol, thành phần siloxane và polysiloxane, dimethyl, hydroxy-terminated), trimethylsilyl chloride (độ tinh khiết 98%) và methyl triacetoxysilane (độ tinh khiết ≥95%) được phân phối bởi Hãng Thermo Fisher Scientific, Mỹ. Dung môi xylene, độ tinh khiết 85%, được cung cấp bởi Hãng Xilong, Trung Quốc. Vải cotton kiểu dệt thoi, mật độ dệt: dọc $P_d=66$ sợi/inch, ngang $P_n=42$ sợi/inch, khối lượng 101 g/m² được cung cấp bởi Công ty Cổ phần dệt Thái Tuấn.

2.2. Phương pháp nghiên cứu

Phủ polysiloxane lên vải cotton: Công thức phối chế ban đầu của hỗn hợp polysiloxane bao gồm: 100 phần khối lượng PDMS + 3 phần khối lượng trimethylsilyl chloride + 3 phần khối lượng methyl triacetoxysilane, được giữ cố định trong toàn bộ khảo sát. Hỗn hợp polysiloxane được hoà tan với dung môi xylene để tạo thành dung dịch polysiloxane với các tỷ lệ % khối lượng là 10 (PoSi10), 15 (PoSi15) và 20% (PoSi20). Sau khi tiến hành tẩm vải cotton thô với dung dịch polysiloxane trong 2 giờ, vải tẩm được cho qua 2 trục vắt, sau đó mẫu được đóng rắn ở 100°C trong 1 giờ. Tên mẫu vải cotton phủ dung dịch polysiloxane được ký hiệu tương ứng với dung dịch phủ, bao gồm các mẫu vải PoSi10, PoSi15 và PoSi20.

Hàm lượng polysiloxane (%kl PoSi) phủ lên vải cotton được tính toán dựa trên khối lượng vải phủ sau đóng rắn và vải cotton thô (không phủ) theo công thức sau:

$$\%kl \text{ PoSi} = \frac{(m_{\text{vải sau phủ polysiloxane}} - m_{\text{vải cotton thô}})}{m_{\text{vải cotton thô}}} \times 100$$

Hình thái và thành phần nguyên tố: Vải cotton phủ và không phủ polysiloxane được quan sát trên thiết bị kính hiển vi điện tử quét SEM (Jeol JSM-5200, Bazil) và tích hợp EDX. Điện thế sử dụng 15 kV, mẫu được phủ 1 lớp vàng mỏng trước khi phân tích hình thái.

Góc tiếp xúc: Góc tiếp xúc của mẫu vải với nước được xác định bằng thiết bị SEO-Phoenix 300 (Mỹ). Điều kiện môi trường có độ ẩm 55±2%, nhiệt độ 25±2°C.

Bề dày mẫu vải: Vải cotton thô và vải đã phủ polysiloxane được xác định bề dày bằng máy đo Mitutoyo 547-301 (Nhật Bản) với độ chính xác 0,01 mm.

Áp lực thủy tĩnh: Máy kiểm tra áp lực thủy tĩnh được áp dụng để xác định khả năng chống thấm nước của các mẫu vải với sự xâm nhập của nước dưới áp lực. Thí nghiệm được tiến hành theo tiêu chuẩn AATCC 127 trên thiết bị Hydrostatic Head Tester FX 3000 IV của Hãng TEXTEST (Thụy Sĩ). Kích thước mẫu đo 15x15 cm. Ổn định mẫu thử, tiến hành thí nghiệm ở điều kiện môi trường có độ ẩm $65\pm 2\%$, nhiệt độ $27\pm 2^\circ\text{C}$.

Phun nước: Phương pháp phun nước được dùng để đánh giá độ chống thấm nước của vải và được thực hiện trên máy phun nước Spray rating Tester TF160-TESTEX (Trung Quốc) theo tiêu chuẩn AATCC 22. Mẫu vải có kích thước 17,8x17,8 cm. Nước cất (250 ml) được phun qua vòi phun lên mẫu thử nghiệm, lúc này mẫu vải được đặt cách vòi phun 150 mm với góc nghiêng 45° [14, 16]. Thí nghiệm được thực hiện ở điều kiện độ ẩm $65\pm 2\%$, nhiệt độ $27\pm 2^\circ\text{C}$.

Độ bền kéo đứt của các mẫu vải: Tính chất kéo của vật liệu được đánh giá theo tiêu chuẩn ISO 5081-1977 trên máy Instron 6800 (Mỹ). Tốc độ kéo 20 cm/phút.

3. Kết quả và bàn luận

3.1. Đánh giá hình thái và thành phần nguyên tố của các mẫu vải

Kết quả ảnh SEM cho thấy, mẫu vải không phủ có bề mặt sợi vải láng mịn, tuy nhiên các bó sợi vải không được dẹt chặt với nhau tạo nên các lỗ hổng giữa các bó sợi (hình 1A). Sau khi phủ polysiloxane, mẫu PoSi10 có các sợi vải được bao bọc xung quanh một lớp nhựa mỏng, bề mặt vẫn còn láng mịn (hình 1B). Khi tăng nồng độ dung dịch polysiloxane lên 15 và 20% thì lớp nhựa phủ trên bề mặt sợi dày hơn và bề mặt sợi có độ gồ ghề (hình 1C và 1D).

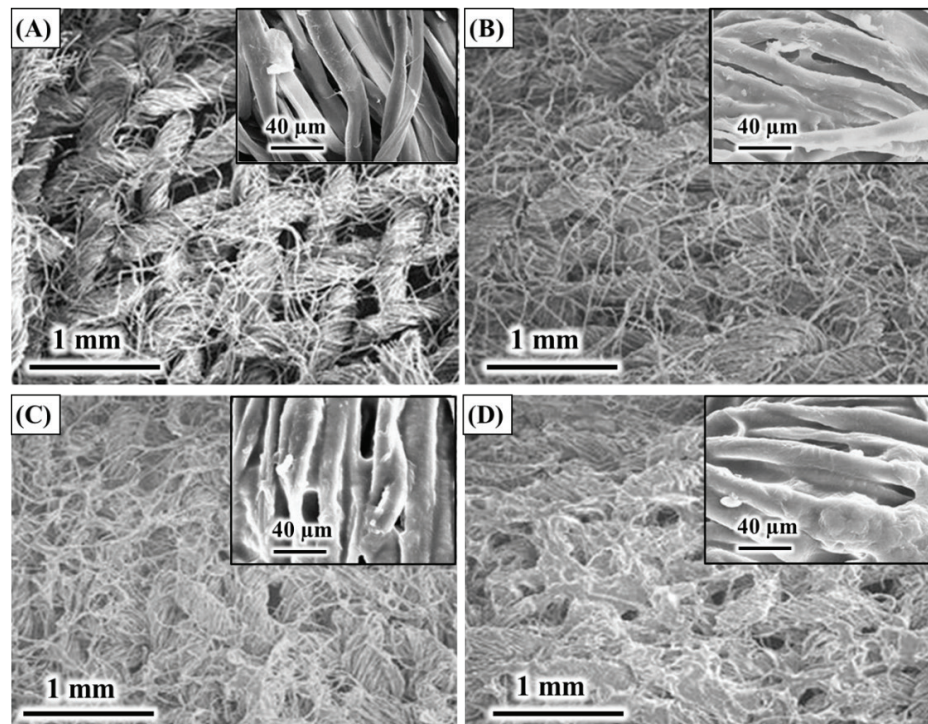
Ngoài ra, khi tăng dần nồng độ phủ polysiloxane thì bề mặt các bó sợi được che phủ càng nhiều, các lỗ trống giữa các bó sợi dần được lấp đầy (hình 1). Vải cotton phủ polysiloxane làm tăng khả năng chống thấm là do các lỗ trống giữa

các bó sợi được phủ bởi lớp polyme, đồng thời từng sợi cotton và bó sợi cũng được bao phủ bởi polysiloxane, nhờ vậy sẽ ngăn cản được sự xâm nhập của nước vào bên trong bó sợi.

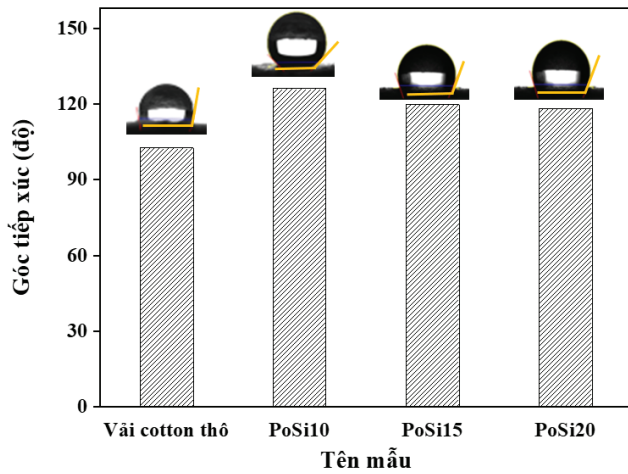
Kết quả phân tích EDX cũng cho thấy có sự hiện diện của nguyên tố Si trên bề mặt sợi vải cotton khi phủ polysiloxane. Nồng độ polysiloxane phủ lên bề mặt vải cotton càng tăng tương ứng với mẫu PoSi10, PoSi15 và PoSi20 thì tỷ lệ Si/C trên bề mặt vải tăng lần lượt là 40/8, 47/8 và 60/8. Như vậy, kết quả SEM và EDX chứng tỏ hiệu quả của việc phủ polysiloxane lên sợi và vải cotton thô bằng phương pháp tẩm.

3.2. Kết quả đo góc tiếp xúc

Hình 2 cho thấy, vải cotton thô có góc tiếp xúc với nước là $101,6^\circ$, khi phủ polysiloxane lên vải thì góc tiếp xúc tăng với mẫu PoSi10 là $126,1^\circ$, PoSi15 là $119,9^\circ$ và PoSi20 là $118,4^\circ$. Phủ polysiloxane làm giảm bớt đặc tính thô ráp của bề mặt vải, đồng thời lấp đầy các khoảng trống giữa các bó sợi, vì vậy mà góc tiếp xúc của mẫu vải phủ PoSi cao hơn vải chưa phủ. Tuy nhiên, khi tăng nồng độ polysiloxane phủ lên sợi thì góc tiếp xúc của mẫu vải giảm khoảng 5-6%, nguyên nhân là do lớp phủ polysiloxane dày làm bề mặt của sợi cotton và cả tấm vải trở nên gồ ghề hơn (hình 1).



Hình 1. Ảnh SEM của vải cotton thô (A) và các mẫu vải phủ polysiloxane với nồng độ khác nhau: PoSi10 (B), PoSi15 (C) và PoSi20 (D).

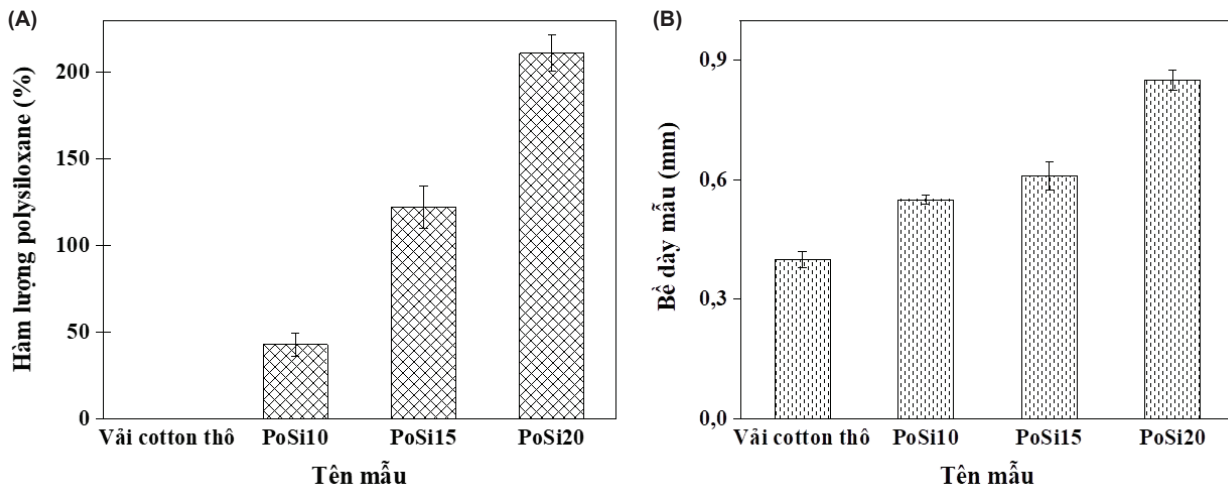


Hình 2. Góc tiếp xúc của vải cotton thô và các mẫu vải phủ polysiloxane.

lượng polysiloxane trên mẫu vải cũng tăng tương ứng 2 lần. Như vậy, vải cotton phủ hàm lượng nhựa càng cao thì lớp phủ càng dày. Chứng tỏ, khi tẩm dung dịch polysiloxane lên vải cotton, nhựa được vải hấp phụ và tạo thành lớp phủ bao bọc quanh sợi và các bó sợi, đồng thời tạo thành lớp phủ mỏng trên bề mặt vải.

3.4. Đánh giá khả năng chống thấm nước

Kết quả thử nghiệm phun nước được thể hiện qua chỉ số đánh giá phun nước (WSR - Water spray test rating) như sau: 0 là mẫu vải bị thấm nước hoàn toàn (cả mặt trên và mặt dưới, thấm ướt toàn bộ mẫu); 50 là mẫu bị thấm ướt hoàn toàn bề mặt trên; 70 là thấm ướt một phần bề mặt trên mẫu; 100: thể hiện mẫu không dính hoặc ướt [14]. Đồ thị áp lực



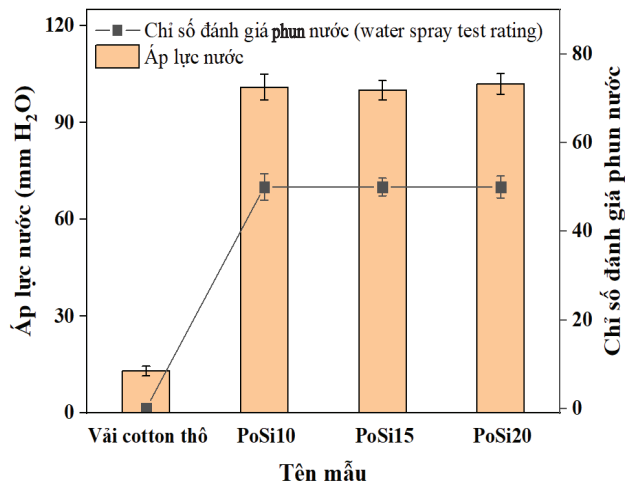
Hình 3. Hàm lượng polysiloxane phủ lên vải cotton (theo % khối lượng) (A) và bề dày (B) của vải cotton thô và các mẫu vải phủ polysiloxane.

3.3. Hàm lượng polysiloxane phủ lên vải cotton

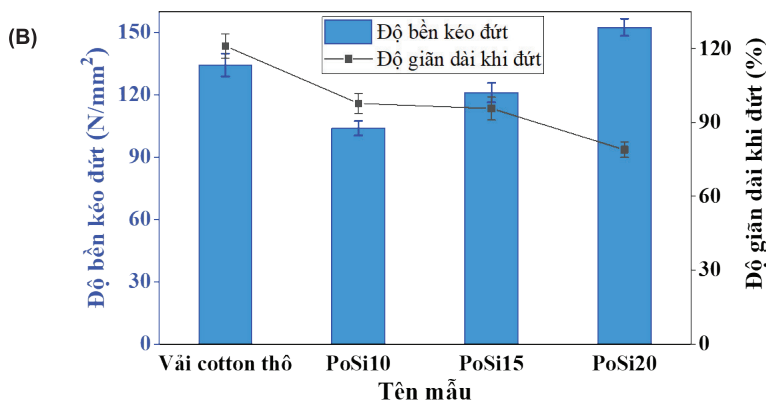
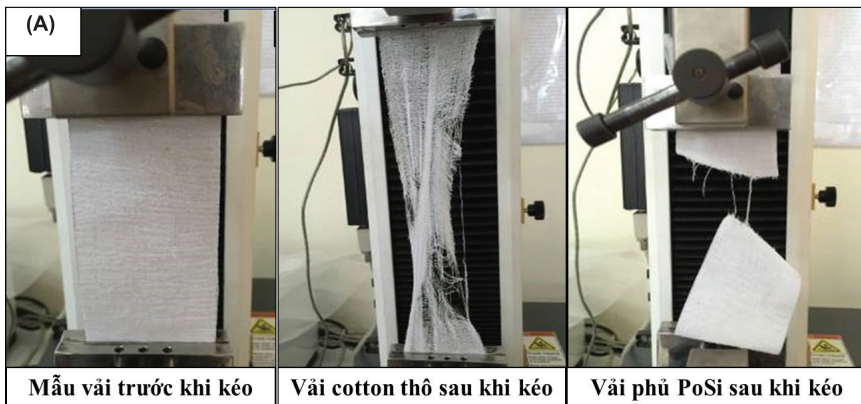
Hàm lượng polysiloxane phủ lên vải cotton tỷ lệ thuận với nồng độ của dung dịch polyme. Nồng độ dung dịch polysiloxane tăng dần từ 10-20% thì hàm lượng nhựa trên sợi càng cao, tương ứng mẫu PoSi10, PoSi15 và PoSi20 lần lượt là 42,86, 122,22 và 211,11 %kl (hình 3A).

Vải cotton không phủ có bề dày là 0,4 mm, vải được tẩm dung dịch polysiloxane 10% thì bề dày mẫu là 0,55 mm, tương ứng lớp phủ chỉ tăng 0,15 mm. Khi tăng nồng độ dung dịch polysiloxane lên 15 và 20% thì bề dày lớp phủ tăng lần lượt là 0,21 và 0,45 mm (hình 3B). Mẫu vải PoSi20 có bề dày tăng xấp xỉ 2 lần so với mẫu vải cotton thô, hàm

nước (áp lực thủy tĩnh) và WSR của vải không phủ (cotton thô) và vải phủ với nồng độ polysiloxane khác nhau cho thấy, vải cotton thô có áp lực thủy tĩnh rất nhỏ (13 mm H₂O) và chỉ số WSR bằng 0, thể hiện khả năng chống thấm nước rất kém, nước có thể thấm từ bề mặt vào trong mẫu hoàn toàn. Khi phủ polysiloxane, khả năng chống thấm nước của vải tăng lên đáng kể thể hiện qua áp lực thủy tĩnh tăng 7,8 lần và chỉ số WSR tăng từ 0 lên 50. Kết quả cũng cho thấy, nồng độ polysiloxane không ảnh hưởng nhiều đến áp lực thủy tĩnh của vải và chỉ số WSR (hình 4). Kết quả này chỉ cho thấy sự gia tăng khả năng chống thấm nước của vải phủ polysiloxane so với vải cotton thô, tuy nhiên vẫn chưa đạt hiệu quả siêu chống thấm.



Hình 4. Đồ thị áp lực nước và chỉ số đánh giá phun nước của vải cotton thô (không phủ) và các mẫu vải phủ polysiloxane.



Hình 5. Hình ảnh thí nghiệm kéo đứt mẫu vải thực tế (A) và đồ thị biểu diễn độ bền kéo đứt, độ giãn dài khi đứt (B) của vải cotton thô và các mẫu vải phủ polysiloxane.

3.5. Đánh giá độ bền kéo

Hình 5 cho thấy, độ bền kéo đứt của vải cotton không phủ là 134,3 N/mm². Khi phủ dung dịch polysiloxane nồng độ 10-15% thì độ bền kéo đứt của mẫu vải giảm, tuy nhiên mẫu PoSi20 thì cơ tính tăng, đạt 152,4 N/mm². Vải cotton

với cấu trúc xốp, bó sợi không được xếp chặt chẽ, khi phủ với nồng độ polysiloxane thấp (10-15%), lớp nhựa mỏng làm xốp sợi vải hơn nên độ bền kéo đứt giảm. Khi nồng độ dung dịch polysiloxane tăng lên 20%, nhựa đóng rắn trên vải nhiều hơn, tạo liên kết giữa các sợi vải với nhau, giúp vải có kết cấu chặt chẽ hơn nên độ bền kéo đứt tăng lên.

Độ giãn dài khi đứt của mẫu vải giảm dần từ 121,1 xuống 78,9% khi tăng nồng độ dung dịch phủ polysiloxane từ 0 lên 20% (hình 5B). Ban đầu vải cotton thô với các lỗ trống phân bố trong cấu trúc tấm vải sẽ giúp các bó sợi sắp xếp và định hướng theo phương của lực kéo, nhờ vậy mà độ giãn dài khi đứt của mẫu cao. Khi phủ polysiloxane, bề mặt vải cứng hơn do nhựa làm đầy các lỗ hổng giữa các bó sợi và liên kết các sợi dọc, ngang với nhau nên độ giãn dài khi đứt càng giảm.

4. Kết luận

Khi vải cotton được phủ một lớp polysiloxane, khả năng chống thấm ướt sẽ tăng đáng kể, thể hiện qua chỉ số đánh giá phun nước (AATCC 22) tăng từ 0 lên 50 và áp lực thủy tĩnh tăng 7,8 lần so với khi chưa phủ. Góc tiếp xúc với nước cũng tăng lên trên 118,4° so với mẫu cotton thô là 101,6°. Độ bền kéo đứt và độ giãn dài khi đứt của vải cotton tẩm dung dịch polysiloxane ở nồng độ thấp (10-15%) kém hơn vải cotton thô. Khi tăng nồng độ dung dịch polysiloxane phủ lên vải cotton 20% (Mẫu PoSi20) thì độ bền cơ lý tăng.

Kết quả nghiên cứu này làm tiền đề cho những nghiên cứu tiếp theo để hoàn thiện quá trình phủ polysiloxane lên vải cotton để chế tạo một loại vải chống thấm có năng suất cao và tính chất tốt đáp ứng nhu cầu của thị trường.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] K.O. Jang, K. Yeh (1993), “Effects of silicone softeners and silane coupling agents on the performance properties of cotton fabrics”, *Textile Research Journal*, **63(10)**, pp.557-565, DOI: 10.1177/004051759306301001.
- [2] D.T. Liles (2012), “The fascinating world of silicones”, *CoatingsTech*, **9(4)**, pp.58-66.
- [3] Q. Gao, Q. Zhu, Y. Guo, et al. (2009), “Formation of highly hydrophobic surfaces on cotton and polyester fabrics using silica sol nanoparticles and nonfluorinated alkylsilane”, *Industrial & Engineering Chemistry Research*, **48(22)**, pp.9797-9803, DOI: 10.1021/ie9005518.
- [4] A. Hassabo, A. Mohamed (2019), “Review of silicon-based materials for cellulosic fabrics with functional applications”, *Journal of Textiles, Coloration and Polymer Science*, **16(2)**, pp.139-157, DOI: 10.21608/jtcps.2019.18580.1030.
- [5] J. Wu, Z. Hu, W. Lu, et al. (2020), “Fabricating self-stratifying coating for superhydrophobic cotton textile”, *Journal of Applied Polymer Science*, **139(17)**, DOI: 10.1002/app.52008.
- [6] T. Makowski (2020), “Hydrophobization of cotton fabric with silanes with different substituents”, *Cellulose*, **27(1)**, pp.1-9, DOI: 10.1007/s10570-019-02776-4.
- [7] X. Jin, W. Li, S. Wang, et al. (2023), “Developing flame-retardant, antibacterial cotton fabric by incorporating a linear polysiloxane-based coating”, *Industrial Crops and Products*, **191(A)**, DOI: 10.1016/j.indcrop.2022.115934.
- [8] M.J. Owen, P.R. Dvornic (2012), “Silicone surface science”, *Advances in Silicon Science*, **4**, DOI: 10.1007/978-94-007-3876-8_14.
- [9] M. Zahid, G. Mazzon, A. Athanassiou, et al. (2019), “Environmentally benign non-wettable textile treatments: A review of recent state-of-the-art”, *Advances in Colloid and Interface Science*, **270**, pp.216-250, DOI: 10.1016/J.CIS.2019.06.001.
- [10] T. Suzuki, A. Kasuya (1989), “Adhesion of addition-reaction type silicone elastomers”, *Journal of Adhesion Science and Technology*, **3(1)**, pp.463-473, DOI: 10.1163/156856189X00344.
- [11] H. Enawgaw (2023), “A compressive review on different surface finishing of cotton fabrics”, *Research Journal of Textile and Apparel*, DOI: 10.1108/RJTA-06-2022-0068.
- [12] M. Yang, Y. Yang, J. Shi, et al. (2023), “Fabrication of eco-friendly flame-retardant and hydrophobic coating for cotton fabric”, *Cellulose*, **30(5)**, pp.3267-3280, DOI: 10.1007/s10570-023-05051-9.
- [13] C. Dong, Z. Lu, F. Zhang, et al. (2015), “Preparation and properties of cotton fabrics treated with a novel polysiloxane water repellent and flame retardant”, *Materials Letters*, **152**, pp.276-279, DOI: 10.1016/j.matlet.2015.03.132.
- [14] H. Liu, Z. Wang, C. Sun (2018), “Robust water-repellent treatment of cotton fabrics with polysiloxane modified via thiol-ene click reaction”, *Fibers and Polymers*, **19(3)**, pp.580-586, DOI: 10.1007/s12221-018-7948-y.
- [15] Lipika, A.K. Singh (2022), “Polydimethylsiloxane based sustainable hydrophobic/oleophilic coatings for oil/water separation: A review”, *Cleaner Materials*, **6**, DOI: 10.1016/J.CLEMA.2022.100136.
- [16] A.M.E. Naggar, M.H. Zohdy, S.S. Mohammed, et al. (2003), “Water resistance and surface morphology of synthetic fabrics covered by polysiloxane/acrylate followed by electron beam irradiation”, *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section B: Beam Interactions with Materials and Atoms*, **201(4)**, pp.595-603, DOI: 10.1016/S0168-583X(02)02069-4.
- [17] Q. Wang, G. Sun, Q. Tong, et al. (2021), “Fluorine-free superhydrophobic coatings from polydimethylsiloxane for sustainable chemical engineering: Preparation methods and applications”, *Chemical Engineering Journal*, **426**, DOI: 10.1016/j.cej.2021.130829.