

XỬ LÝ VẢI SIÊU CHỐNG THẨM BẰNG CÔNG NGHỆ PLASMA LẠNH Ở ÁP SUẤT THẤP SUPERHYDROPHOBIC COATING ON FABRIC BY COLD-PLASMA AT ATMOSPHERIC PRESSURE

Thái Văn Phước, Trần Ngọc Đảm
 Trường Đại học Sư phạm Kỹ Thuật TP.HCM

Ngày tòa soạn nhận bài 05/11/2014, ngày phản biện đánh giá 04/12/2014, ngày chấp nhận đăng 08/12/2014

TÓM TẮT

Các phương pháp sản xuất vải siêu chống thấm hiện nay có nhiều nhược điểm như tốn nhiều năng lượng, quy trình vận hành phức tạp, công kênh, sử dụng nhiều hóa chất gây ô nhiễm môi trường. Trong nghiên cứu này mô hình xử lý-phủ nano trên vải bằng công nghệ Plasma được thiết kế và chế tạo nhằm khắc phục những nhược điểm trên. Ưu điểm của mô hình là sử dụng trực tiếp tia Plasma ở áp suất thường để tạo ra liên kết giữa các hạt nano và vải nên giảm được thời gian xử lý, không gây ô nhiễm. Qua kết quả thí nghiệm cho thấy hiệu suất phủ nano phụ thuộc vào vật liệu vải, năng lượng điện được cung cấp và thời gian xử lý. Mô hình trên sử dụng mức năng lượng 110V, 1A với tốc độ 1,5 m/ph để tạo ra thành công hiệu ứng siêu chống thấm trên vải thun cotton.

ABSTRACT

The current methods of fabric production with superhydrophobic property have some defects such as waste a lot of power, complex operation, environmental pollution caused by chemicals. Therefore, in this paper the model of nano-coating on fabric by cold-Plasma is designed and manufactured to solve above problems. The advantage of the model is that using plasma rays directly at atmospheric pressure to create chemical bonds between fibre and nanoparticles, so the time of processing is reduced. The result of experiment shows that coating effect depends on fabric materials, supplied power (voltage, current) and coating time. The model creates superhydrophobic property on cotton spandex successfully due to using 110V, 1A and 1,5m/min of speed.

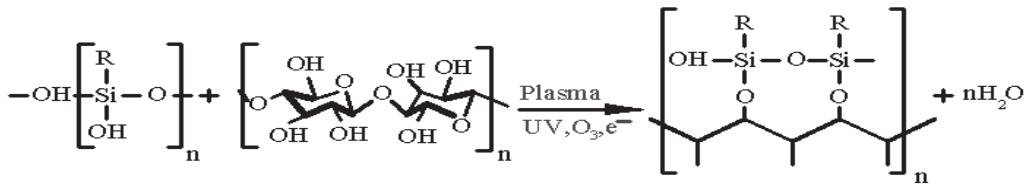
I. GIỚI THIỆU

Để tạo tính chất siêu chống thấm (góc tiếp xúc $\theta_c \geq 150^\circ$), vải thường được chế tạo-xử lý như sau: vải được dệt bằng các sợi có tính chất siêu chống thấm chủ yếu từ polymer; hoặc theo cách thứ hai, vải được phun phủ các vật liệu siêu chống thấm có kích thước cỡ nano từ vật liệu SiO_2 , ZnO , TiO_2 v.v... và làm cho các sợi vải liên kết với các hạt nano này để tạo cho vải tính chất như hiệu ứng lá sen. Vải được tạo theo cách thứ nhất có giá trị sử dụng không cao, lý do chính là vì được chế tạo từ vật liệu polymer nên vải thô-cứng, màu sắc bóng loáng, khi mặc có cảm giác nóng, không

thoải mái. Theo cách thứ hai vải được ngâm trong hỗn hợp gồm các dung dịch nano+dung môi trong thời gian dài, sau đó được xử lý nhiệt. Theo phương pháp này, chi phí sản xuất rất cao do việc xử lý trong thời gian dài tốn nhiều năng lượng, quy trình vận hành công kênh, và một lượng lớn hỗn hợp dung dịch nano+dung môi được sử dụng trong quá trình xử lý. Để giải quyết vấn đề trên, nhóm nghiên cứu đã chế tạo một mô hình ứng dụng công nghệ Plasma nhiệt độ thấp ở áp suất thường để xử lý và tạo ra tính chất siêu chống thấm trên vải.

Plasma là trạng thái thứ tư của vật chất, chứa các electrons, ion dương, nguyên tử hay phân tử khí trung tính ở trạng thái kích thích, và tia UV. Khi chiếu chùm tia Plasma này lên trên vải, các hạt mang năng lượng lớn trong chùm tia Plasma sẽ bắn phá, bẻ gãy và tạo ra liên kết hóa học giữa vải và các hạt nano (*hình 1*). Liên kết hóa học bền vững này sẽ

giúp cho vải có được tính siêu chống thấm và giữ được tính chất đó trong thời gian dài. Quá trình tương tác giữa chùm tia Plasma với vải diễn ra rất nhanh (vài miligiây) do đó sẽ giúp tiết kiệm năng lượng, đồng thời rút ngắn thời gian xử lý và do đó chi phí sản xuất sẽ được giảm xuống đáng kể



Hình 1. Phản ứng tạo liên kết hóa học giữa chuỗi phân tử silane với sợi vải cotton [1,2]

II. THÍ NGHIỆM

1. Mô hình thí nghiệm

Hình 2 mô tả nguyên lý hoạt động của mô hình xử lý vải siêu thấm bằng công nghệ Plasma lạnh. Cấu tạo chính của thiết bị gồm 2 điện cực 1 và 2 được nối vào nguồn điện áp và tần số cao, trong đó điện cực 1 (một thanh đồng với đường kính 10 mm và dài 180 mm) được đặt trong một ống ceramic (*hình 2*) và điện cực 2 được làm từ một khối nhôm (100x100x75 mm) gắn với trục vít-me, và được truyền động từ một động cơ bước (*hình 4*). Bộ nguồn AC được cung cấp bởi nguồn điện xoay chiều 220V, 50Hz qua hệ thống khuếch đại để tạo ra giữa hai điện cực một điện áp cao và tần số lớn: 5÷20 kV; 5÷40 kHz. Khi cung cấp bởi điện áp cao và tần số lớn như thế thì giữa hai điện cực này sẽ tạo một vùng điện trường lớn và kết quả không khí giữa hai cực sẽ bị ion hóa tạo thành chùm tia Plasma như *hình 4*.

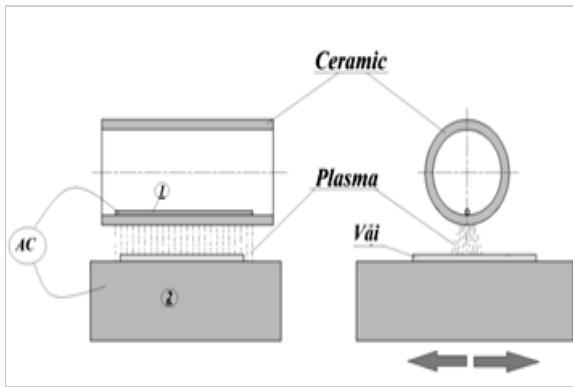
được sấy khô và được đặt lên trên điện cực 2 (*hình 4*). Dưới sự điều khiển bởi một máy tính, động cơ bước sẽ mang điện cực 2+ vải đi chuyển với các vận tốc khác nhau.

Các yếu tố ảnh hưởng đến hiệu suất xử lý được khảo sát: thời gian xử lý (vận tốc vải di chuyển qua chùm tia Plasma), điện áp và cường độ dòng điện đầu vào cung cấp cho bộ nguồn Plasma, các loại chất liệu vải khác nhau. Trong quá trình xử lý, khoảng cách giữa 2 điện cực 2 và ống ceramic được giữ không đổi =5mm.

Để đánh giá hiệu quả của quá trình xử lý và ảnh hưởng của các thông số trên, vải sau khi xử lý được đo góc tiếp xúc θ_c . Quá trình đo góc tiếp xúc θ_c trên vải được tiến hành sau 48 giờ sau khi xử lý, nhằm tránh ảnh hưởng của việc tăng năng lượng bề mặt trên vải do quá trình xử lý gây nên. Mỗi mẫu vải – xử lý bởi một thông số cụ thể được tiến hành đo 3 lần.

2. Tiến hành thí nghiệm

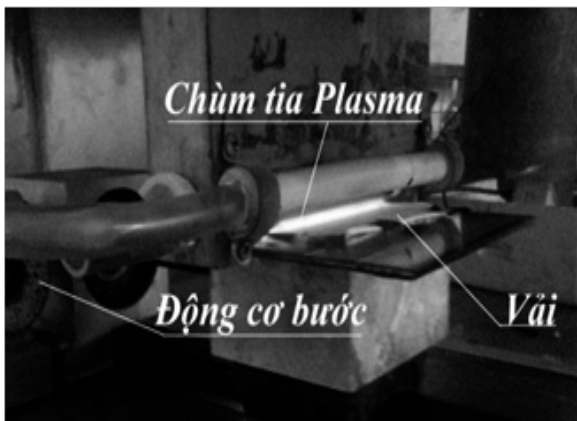
Sau khi được phun dung dịch silane, vải sẽ



Hình 2 – Nguyên lý làm việc của mô hình



Hình 3 – Ảnh thực tế của mô hình



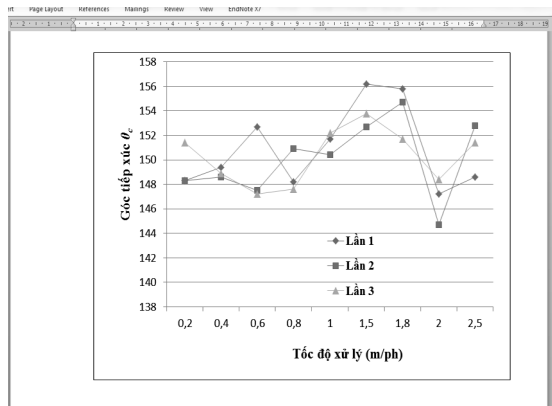
Hình 4 – Quá trình xử lý thực tế

Bảng 1 - Thông số thí nghiệm

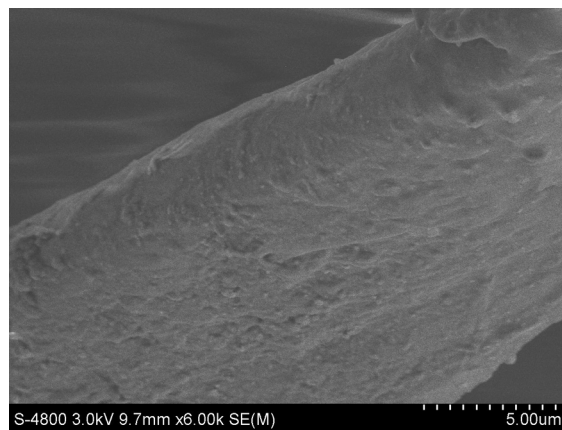
Điện áp đầu vào	V	100÷220
Dòng điện đầu vào	A	1÷2,5
Vận tốc xử lý	m/ph	0,1...2,5
Bề rộng vùng Plasma.....	mm	150
Khoảng cách giữa 2 cực.....	mm	5
Đường kính ngoài ống ceramic, mm		25
Đường kính trong ống ceramic, mm		19

III. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

Hình 5 cho thấy ảnh hưởng của tốc độ xử lý đến góc tiếp xúc θ_c trên vải thun cotton, các thí nghiệm được tiến hành với thông số: điện áp đầu vào 110V, cường độ dòng điện đầu vào 1A. Kết quả cho thấy khi tốc độ xử lý tăng từ 0,2 m/ph đến 1,8 m/ph thì góc tiếp xúc θ_c tăng từ dưới 150° đến 154° , tuy nhiên khi tốc độ xử lý tăng đến 2÷2.5 m/ph thì θ_c lại giảm.



Hình 5. Ảnh hưởng của tốc độ xử lý đến góc tiếp xúc θ_c trên vải thun cotton

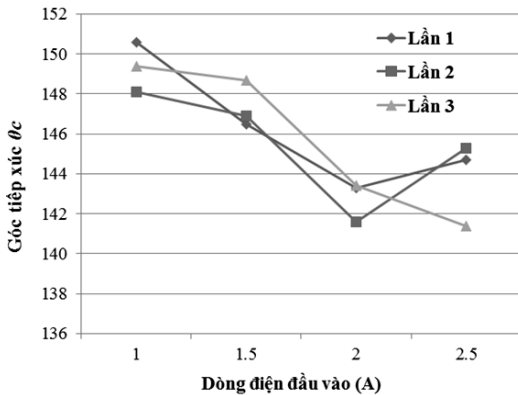


Hình 6. Ảnh chụp sợi vải thun cotton sau khi xử lý nano trên máy SEM (110V, 1A, 0,8 m/ph)

Kết quả trên giải thích rằng dưới tác dụng của Plasma, phản ứng tạo liên kết hóa học giữa sợi vải-cotton và các phân tử silane đã diễn ra và kết quả làm cho vải có tính chất siêu chống thấm. Tuy nhiên, nếu duy trì Plasma trong

thời gian dài (vận tốc xử lý chậm) thì chùm tia Plasma sẽ phá hủy, bẻ gãy các liên kết giữa sợi vải và phân tử silane, làm cho tính chất siêu chống thấm bị giảm xuống. Ngược lại khi tốc độ xử lý quá nhanh dẫn đến thời gian phản ứng tạo liên kết hóa học giữa sợi vải và phân tử nano-silane diễn ra không đầy đủ, do đó kết quả xử lý $\theta_c < 150^\circ$.

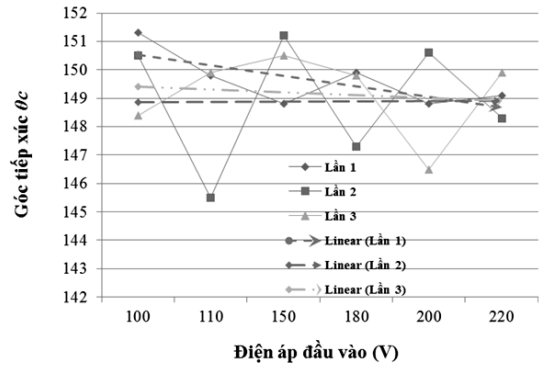
Hình 7 và hình 8 cho thấy ảnh hưởng của cường độ dòng điện đầu vào và điện áp đầu vào đến góc tiếp xúc θ_c trên vải thun cotton. Các thông số thí nghiệm đối với các thí nghiệm hình 7: điện áp đầu vào 110V, tốc độ xử lý 0,8 m/ph; và hình 8: cường độ dòng điện đầu vào 1A, tốc độ xử lý 0,8 m/ph. Kết quả cho thấy rằng khi tăng cường độ dòng điện hoặc tăng điện áp đầu vào thì θ_c giảm. Cụ thể ở hình 7, khi cường độ dòng điện đầu vào ở mức 1A, $\theta_c \approx 150^\circ$ (siêu chống thấm) nhưng khi tăng đến 2÷2.5 A thì $\theta_c < 144^\circ$, mức độ giảm của θ_c rất lớn.



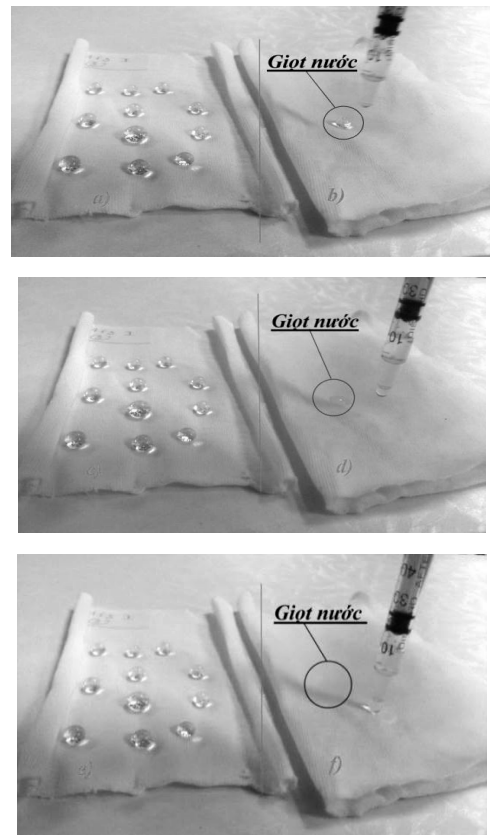
Hình 7. Ảnh hưởng của dòng điện đầu vào đến góc tiếp xúc θ_c trên vải thun cotton

Ở hình 8, $\theta_c \geq 150^\circ$ khi điện áp đầu vào nhỏ hơn 110V, khi điện áp tăng lên đến 220V thì góc tiếp xúc giảm xuống $\theta_c \approx 148^\circ$. Góc θ_c giảm khi tăng điện áp và dòng điện cho thấy rằng khi tăng năng lượng Plasma (tăng điện áp và dòng điện) thì trên bề mặt vải đã diễn ra quá trình phá hủy, bẻ gãy các liên kết hóa học giữa sợi vải và phân tử silane. Hay năng lượng

Plasma được cung cấp quá lớn.



Hình 8. Ảnh hưởng của điện áp đầu vào đến góc tiếp xúc θ_c trên vải thun cotton

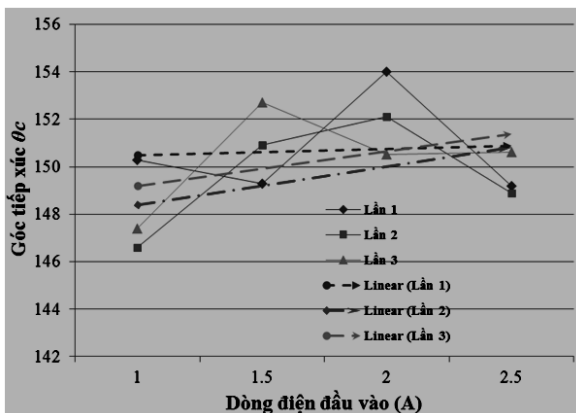


Hình 9: Ảnh thực tế: vải được xử lý và phủ nano (bên trái) và vải không được xử lý (bên phải), vải thun cotton

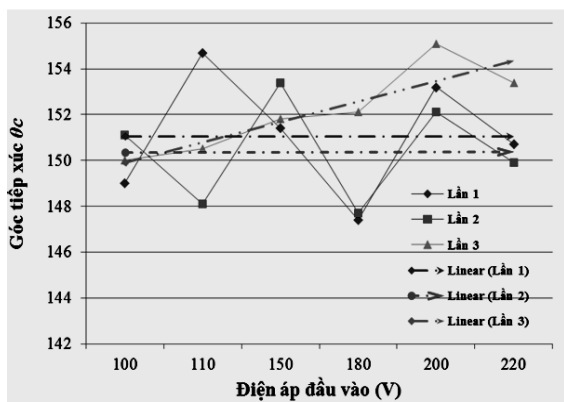
a) b) – sau 1 giây; c) d) – sau 3 giây;
 e) f) – sau 2 phút

Vải sau khi phun dung dịch Silane mà không được xử lý bằng Plasma hoàn toàn không có được tính chất siêu chống thấm, *hình 9*. Kết quả thí nghiệm cho thấy sau 3 giây nước hoàn toàn thấm vào vải, $\theta_c = 0$.

Hình 10, hình 11 cho thấy ảnh hưởng của dòng điện đầu vào và điện áp đầu vào đến góc tiếp xúc trên vải sơ-mi polyester. Các thông số thí nghiệm đối với hình 10: dòng điện đầu vào 1A, tốc độ xử lý 0,8 m/ph; và điện áp đầu vào 110V, tốc độ xử lý 0,8 m/ph. Kết quả cho thấy rằng khi tăng cường độ dòng điện, hoặc điện áp đầu vào (tăng năng lượng Plasma) thì góc tiếp xúc θ_c tăng lên. Trong khi đó đối với các thí nghiệm tương tự trên vải cotton, khi tăng năng lượng Plasma thì góc tiếp xúc θ_c lại giảm. Điều nghịch lý này chỉ ra rằng năng lượng Plasma để tạo ra các liên kết hóa học giữa sợi polyester với phân tử silane lớn hơn so với sợi cotton với phân tử silane.



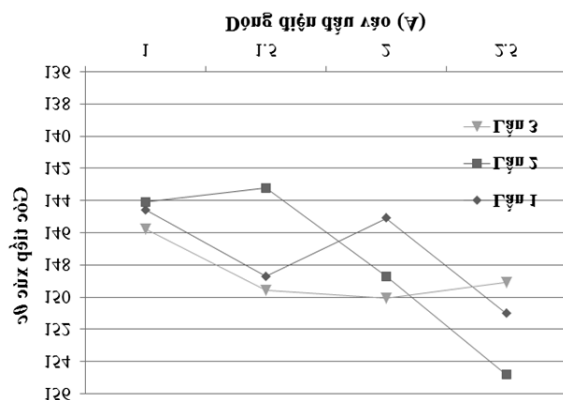
Hình 10. Ảnh hưởng của dòng điện đầu vào đến góc tiếp xúc θ_c trên vải sơ-mi polyester



Hình 11. Ảnh hưởng của điện áp đầu vào

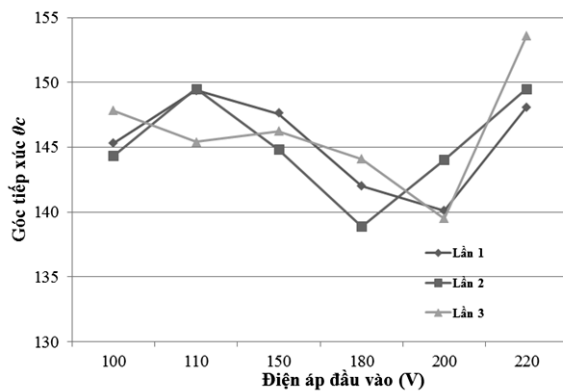
đến góc tiếp xúc θ_c trên vải sơ-mi polyester

Hình 12 cho thấy ảnh hưởng của dòng điện đầu vào đến góc tiếp xúc θ_c trên vải thun tổng hợp (65% cotton và 35% polyester), thông số thí nghiệm: cường độ dòng điện đầu vào 1A, tốc độ xử lý 0,8 m/ph. Kết quả cho thấy rằng khi dòng điện đầu vào tăng thì góc tiếp xúc θ_c tăng. Tính siêu chống thấm ($\theta_c \geq 150^\circ$) đạt được khi cường độ dòng điện đầu vào đạt 2,5A.



Hình 12. Ảnh hưởng của dòng điện đầu vào đến góc tiếp xúc θ_c trên vải thun tổng hợp

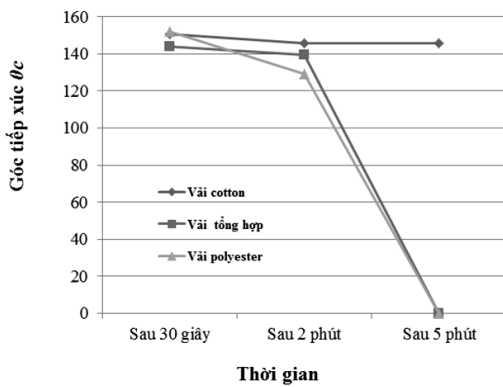
Các kết quả minh họa ở *hình 13* thu được từ những thí nghiệm ở điều kiện: dòng điện đầu vào 1A, tốc độ 0,8 m/ph. Kết quả cho thấy khi điện áp tăng từ 100V đến 180V thì góc tiếp xúc θ_c giảm 148 $^\circ$ đến 140 $^\circ$. Tuy nhiên, khi điện áp tăng từ 200V đến 220V thì góc tiếp xúc lại tăng, $\theta_c \geq 150^\circ$ khi điện áp đầu vào bằng 220V.



Hình 13. Ảnh hưởng của điện áp đầu vào đến góc tiếp xúc θ_c trên vải thun tổng hợp

Sự thay đổi nghịch lý trên chỉ ra rằng ở

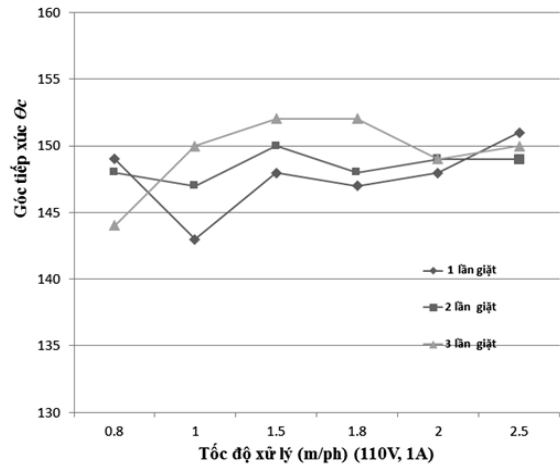
mức năng lượng ban đầu (110V, 1A) các sợi cotton (chiếm 65%) dễ dàng tạo liên kết với các phân tử nano-silane; khi điện áp tăng lên dẫn đến năng lượng Plasma tăng theo, tiếp đó là quá trình bẻ gãy, phá hủy các liên kết hóa học giữa phân tử silane vào sợi cotton này. Tuy nhiên, ở mức năng lượng lớn này các sợi vải polyester tạo được liên kết hóa học với các phân tử silane, và kết quả là khả năng chống thấm của vải tăng lên.



Hình 14. Sự thay đổi góc tiếp xúc θ_c theo thời gian

Hình 14 cho thấy sự thay đổi của góc tiếp xúc trên vải theo thời gian, các thông số tiến hành thí nghiệm: điện áp đầu vào 200V, cường độ dòng điện đầu vào 1A, tốc độ xử lý 0,8 m/ph. Kết quả cho thấy rằng đối với vải cotton, sau 5 phút khả năng chống thấm trên vải thun cotton không có nhiều sự thay đổi, còn đối với vải thun tổng hợp và vải polyester thì sau 5 phút vải bị thấm ướt hoàn toàn. Khi nước được đặt trên vải (có xử lý tạo liên kết nano) sẽ có hai quá trình diễn ra cùng lúc, các sợi vải có xu hướng hút giọt nước vào bên trong, trong khi đó các phân tử silane có kích thước nano trên vải tạo ra hiện tượng lá sen tức là sẽ đẩy giọt nước ra ngoài. Quá trình nào diễn ra mạnh hơn thì vải có tính chất tương tự. Đối với vải cotton, khả năng tạo liên kết với giữa sợi vải cotton và các hạt nano-silane dễ dàng hơn so với các các loại vải tổng hợp hay vải polyester, khi đó số lượng hạt nano liên kết trên sợi

vải cotton lớn hơn nhiều so với vải tổng hợp, polyester. Số lượng hạt nano trên vải cotton này đủ khả năng chống lại sự hút nước của sợi vải trong thời gian dài, còn đối với vải polyester và vải tổng hợp số lượng nano không lớn, đủ để duy trì tính siêu chống thấm được lâu.



Hình 15. Ảnh hưởng của tốc độ xử lý đến góc tiếp xúc θ_c trên vải thun cotton sau 1, 2 và 3 lần giặt

Vải sau khi xử lý được giặt bằng dung dịch 1 lít nước + 5g bột giặt Omo, để khô và được đo lại góc tiếp xúc. Sự thay đổi góc tiếp xúc theo tốc độ xử lý sau 1, 2 và 3 lần giặt được thể hiện trên hình 15. Thông số tiến hành thí nghiệm: 110V và 1A. Kết quả cho thấy vải sau 3 lần giặt vẫn còn giữ được tính siêu chống thấm $\theta_c \approx 150^\circ$, và sau 3 lần giặt góc tiếp xúc lại lớn hơn 2 lần, 1 lần giặt. Điều này được giải thích rằng, sau một số lần giặt các sợi lông và các chất bẩn trên vải bị tẩy đi, do đó tính chất siêu chống thấm trên vải thể hiện tốt hơn.

KẾT LUẬN

Từ những kết quả nghiên cứu trên cho thấy Plasma nhiệt độ thấp ở áp suất thường dễ dàng tạo ra liên kết hóa học giữa các sợi vải và các phân tử silane. Khả năng này có thể áp dụng để tạo ra sản phẩm vải có khả năng chống thấm. Các yếu tố ảnh hưởng đến khả năng trên phụ thuộc vào tính chất của vải, thời gian xử lý và năng lượng Plasma (điện áp và cường độ dòng điện đầu vào). Để tiết kiệm

năng lượng và đạt độ ổn định hiệu suất xử lý trên vải thun cotton, mô hình trên đã sử dụng: điện áp đầu vào 110V, dòng điện 1A, tốc độ xử lý 1,5m/ph. Ngoài dung dịch silane đã sử dụng, có rất nhiều loại dung dịch khác có khả năng tạo ra tính chất chống thấm có gốc từ ZnO, TiO₂, Ag... Các hạt nano ZnO, TiO₂,

Ag này ngoài khả năng tạo tính chống thấm còn có khả năng kháng khuẩn, khử mùi rất tốt. Điều này mở ra khả năng tạo sản xuất vải bằng công nghệ Plasma vừa có tính chống thấm, lại có tính kháng khuẩn và có tính ứng dụng cao trong lĩnh vực thời trang và y tế.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Haifeng Lu, Bin Fei, John H. Xin, *Fabrication of UV-blocking nanohybrid coating via miniemulsion polymerization*, Journal of Colloid and Interface Science 200(2006) 111-116.
- [2] R. Shishoo, *Plasma technologies for textiles*, 2007.
- [3] A Yadav, Virendra Prasad, A A Kathe, *Functional finishing in cotton fabrics using zinc oxide nanoparticles*.
- [4] F. Leroux, C. Campagne, A. Perwielz, L. Gengembre, *Flourocarbon nano-coating of polyester fabrics by atmospheric air plasma with aerosol*, Surface Science 254 (2008) 3902-3908.
- [5] Minghua Yu, Goutuan Gu, Wei-Dong Meng, Feng-ling Qing, *Superhydrophobic cotton fabric coating based on a complex layer of silica nanoparticles on perfluorooctylated quaternary ammonium silane coupling agent*, Surface Science 253 (2007) 3669-3673.
- [6] Chien-Te Hsien, Fang-Lin Wu, Shu-Ying Yang, *Superhydrophobicity from composite nano/mircio structures: Carbon fabrics coated with silica nanoparticles*, Surface and coatings technology 202 (2008) 6103-6108.