

ĐÁNH GIÁ HIỆU QUẢ XỬ LÝ BỀ MẶT BẰNG CÔNG NGHỆ PLASMA TRÊN MÀNG NHỰA PP, PE, PVC EVALUATING THE EFFICIENCY OF SURFACE TREATMENT ON PLASTIC FILM PP, PE, PVC BY COLD PLASMA

Thái Văn Phước, Trần Ngọc Đảm, Dương Khoa Nam
Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật TP. Hồ Chí Minh

Ngày tòa soạn nhận bài 29/10/2015, ngày phản biện đánh giá 13/01/2016, ngày chấp nhận đăng 28/01/2016

TÓM TẮT

Các loại màng nhựa polymer như PP, PE, PVC, PA đều có năng lượng bề mặt thấp, do đó trước khi in ấn, sơn phủ cần phải được xử lý bề mặt nhằm tăng hiệu quả sơn phủ và độ bền sản phẩm. Các phương pháp xử lý hiện nay chủ yếu là dùng nhiệt từ các loại gas hoặc pha thêm vào dung dịch sơn một số hóa chất nhằm tăng tính hấp thụ cho bề mặt nhựa. Các phương pháp này gặp khó khăn trong việc điều chỉnh trong hệ thống, tốn nhiều năng lượng, gây ô nhiễm môi trường, hiệu quả xử lý không cao. Trong phần nghiên cứu này, một mô hình xử lý màng nhựa bằng Plasma lạnh được thiết kế và tiến hành xử lý bề mặt trên các màng nhựa PP, PE, PVC. Kết quả thí nghiệm cho thấy sau khi xử lý, năng lượng bề mặt màng nhựa được cải thiện đáng kể, góc tiếp xúc bề mặt giảm xuống dưới 88° , năng lượng xử lý – 225Wh (150V, 1.5A) với thời gian xử lý 3 giây/m bề rộng xử lý 150mm. Mô hình cho thấy nhiều ưu điểm so với các phương pháp truyền thống: dễ lắp ráp trên dây chuyền, dễ dàng điều khiển (điều chỉnh năng lượng đầu vào), không tạo ra các sản phẩm phụ-dư lượng hóa chất trên bề mặt.

Từ khóa: Plasma lạnh; màng nhựa; năng lượng hấp thụ bề mặt; góc tiếp xúc.

ABSTRACT

Before printing, gluing and coating, plastic films having low surface energy like PP, PE, PVC, PA must be pretreated to increase adhesive quality. Current pretreatment methods, e.g. using flame or chemical solution have problems such as waste energy, polluting environment, difficulty adjusting. In this paper, a surface treatment model utilizing cold plasma at atmospheric pressure has been designed and experiments on plastic films PP, PE, PVC have been carried out. The advantages of the model are non-using chemical solution, easy control (adjustable input power). The results of experiments show that surface adhesion of pretreated plastic film is clearly improved (contact angle reduces under 88° after plasma treatment) with supplied power-225Wh (150v, 1.5A), treated width -150mm and treatment duration -3s/m.

Keywords: Cold-plasma; plastic film; surface adhesion; contact angle.

1. GIỚI THIỆU

Với đặc tính như nhẹ, dẻo, giá thành thấp, chống thấm nước và khí tốt, màng nhựa là vật liệu được sử dụng phổ biến để tạo ra các sản phẩm như túi nhựa, túi đựng thực phẩm, các bao bì bảo quản, các màng chắn, v.v... Tuy nhiên các quá trình in ấn, phủ hay ghép với vật liệu khác trên màng nhựa rất khó khăn, nguyên nhân do màng nhựa được làm chủ yếu từ vật liệu polymer, có mức năng lượng bề mặt rất thấp. Bảng 1 cho thấy hầu hết các vật

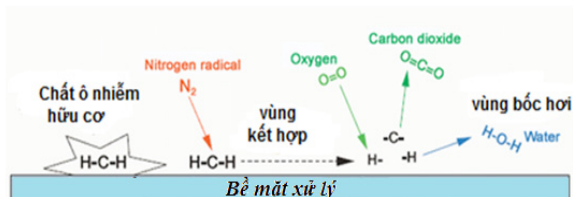
liệu làm màng nhựa được sử dụng phổ biến như PP, PE, PVC đều có mức năng lượng bề mặt thấp dưới 33 dynes/cm.

Nhằm làm tăng tính hấp thụ trên bề mặt, màng nhựa cần được xử lý bề mặt trước khi in ấn, phun phủ. Phương pháp được sử dụng phổ biến hiện nay là xử lý nhiệt, màng nhựa trước khi in sẽ được đưa qua một ngọn lửa đốt bằng gas (hỗn hợp C_3H_8 và C_4H_{10}). Đối với các màng nhựa mỏng, nhạy với nhiệt độ, thì

trong dung dịch in ấn được pha thêm các loại dung môi với nồng độ cao nhằm tăng độ bám dính của lớp sơn phủ lên trên bề mặt màng nhựa. Các phương pháp trên cho hiệu quả xử lý thấp, tốn nhiều năng lượng, hệ thống khó điều chỉnh, ảnh hưởng đến sức khỏe và môi trường do dùng các hóa chất độc hại.

Bảng 1. Năng lượng bề mặt của một số vật liệu polymer

Hydrocarbons	Surface energy (dynes/cm)
Polypropylene, OPP, BOPP	29-31
Polyethylene	30-31
Polyvinyl Acetate (PVA) Copolymer	33-44
Polystyrene	38
Polystyrene (low ionomer)	33
ABS	35-42
Polyamide	<36
Epoxy	<36
Polyester	41-44
Plasticized PVC	33-38



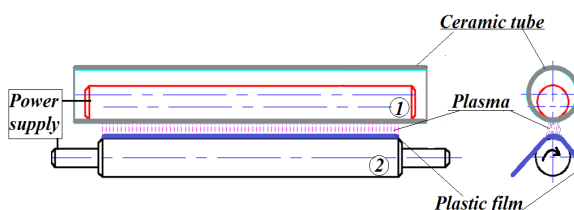
Hình 1. Nguyên lý xử lý, làm sạch và tăng năng lượng bề mặt bằng Plasma

Plasma lạnh chứa cácelectrons, ion dương, nguyên tử hay phân tử khí trung tính, tia UV và các nguyên tử, phân tử ở trạng thái kích thích ở áp suất thường, nhiệt độ từ 30-70°C. Các hạt điện tích có trong Plasma chứa một năng lượng dưới dạng nội năng và động năng, có khả năng bắn phá, làm bề gãy các liên kết trên bề mặt, qua đó làm sạch bề mặt và tăng năng lượng bề mặt nhựa [1, 2]. Thời gian tương tác của các hạt lên bề mặt diễn ra rất nhanh (vài mili giây) do đó sẽ giúp tiết kiệm năng lượng, rút ngắn thời gian xử lý và do vậy chi phí sản xuất sẽ được giảm xuống đáng kể.

2. THÍ NGHIỆM

2.1 Mô hình thí nghiệm

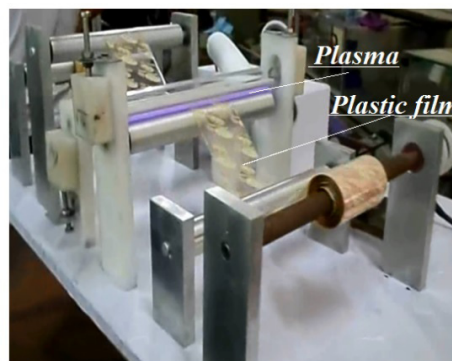
Hình 2 mô tả nguyên lý hoạt động của mô hình xử lý, làm tăng năng lượng bề mặt màng nhựa bằng công nghệ Plasma lạnh, cấu tạo chính của thiết bị gồm 2 điện cực 1 và 2 được nối vào nguồn điện áp và tần số cao, trong đó điện cực 1 (một thanh inox với kích thước $\varnothing 10 \times 150 \text{ mm}$) được đặt trong một ống ceramic (*hình 2*) và điện cực 2 - một trục tròn được làm từ nhôm ($\varnothing 30 \times 210 \text{ mm}$) gắn với hai thành nhựa cách điện (*hình 4*). Bộ nguồn (power supply) được cung cấp bởi nguồn điện xoay chiều 220V, 50Hz qua hệ thống khuếch đại để tạo ra giữa hai điện cực 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 3*.



Hình 2. Nguyên lý làm việc của mô hình

Bảng 2. 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	15..30
Bề rộng vùng Plasma.....	mm	150
Khoảng cách giữa 2 cực.....	mm	3
Đường kính trong và ngoài ống ceramic, mm		19, 25



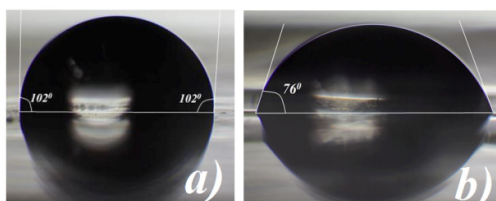
Hình 3. Quá trình xử lý thực tế

2.2 Tiến hành thí nghiệm

Để đánh giá khả năng làm năng lượng bề mặt (khả năng hấp thụ) trên bề mặt của Plasma lạnh, các thí nghiệm sẽ tiến hành trên các màng nhựa từ 3 vật liệu PP, PE, PVC với chiều rộng 60 mm. Màng nhựa được bắt lên các trục rulo trung gian (hình 4) nhằm làm căng bề mặt trước khi qua vùng xử lý Plasma, sau đó cuốn vào trục rulo cuối cùng gắn một động cơ bước, nhằm điều chỉnh các tốc độ xử lý khác nhau. Các yếu tố ảnh hưởng đến hiệu suất xử lý được khảo sát: thời gian xử lý (vận tốc màng nhựa di chuyển qua vùng Plasma), điện áp và cường độ dòng điện đầu vào cung cấp cho bộ nguồn Plasma. Trong quá trình xử lý, khoảng cách giữa 2 điện cực 2 và ống ceramic được giữ không đổi là 3mm.

2.3 Góc tiếp xúc

Để đánh giá hiệu quả của quá trình xử lý và ảnh hưởng của các thông số nói trên, màng nhựa sau khi xử lý được đo góc tiếp xúc θ_c [3]. Một giọt nước cất với thể tích 5 μ l được nhỏ lên trên màng nhựa và được chụp bằng máy ảnh Canon 40D với ống kính Tamron 17-50 đảo đầu, ảnh sau khi chụp sẽ được xử lý bằng phần mềm xử lý ảnh ImageJ [4] (Plugin: Contact angle) để đo góc tiếp xúc θ_c . Mỗi mẫu màng nhựa được xử lý bởi một thông số cụ thể được tiến hành đo góc tiếp xúc 3 lần. Năng lượng bề mặt hay hiệu quả xử lý được đánh giá qua thông số góc tiếp xúc bề mặt θ_c , năng lượng bề mặt càng lớn thì góc tiếp xúc θ_c càng nhỏ [4], để đảm bảo chất lượng in trên bề mặt nhựa góc tiếp xúc cần đạt sau khi xử lý, $\theta_c \leq 88^\circ$.



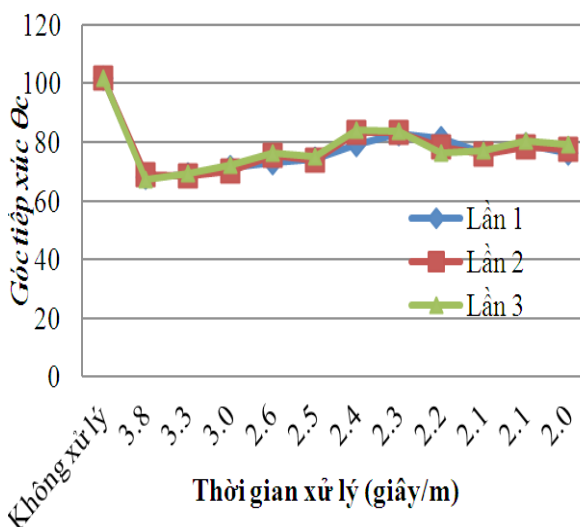
Hình 4. Góc tiếp xúc trên màng nhựa PP
 a) Trước khi xử lý; b) Sau khi xử lý bằng Plasma (150V, 1.75A, 20m/ph)

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

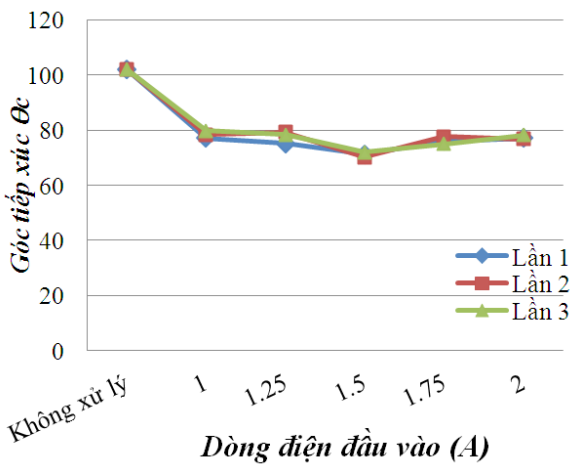
Các kết quả thí nghiệm cho thấy rằng sau khi được xử lý bề mặt bằng Plasma lạnh, độ hấp thụ bề mặt trên màng nhựa được cải thiện rõ rệt, đủ điều kiện để tiến hành in ấn nhãn mác (góc tiếp xúc $\theta_c \leq 88^\circ$).

Các kết quả ở hình 5 cho thấy ảnh hưởng của thời gian xử lý đến góc tiếp xúc θ_c trên màng nhựa PP, các thí nghiệm được tiến hành với thông số: điện áp đầu vào 150 V, cường độ dòng điện đầu vào 1.5A. Kết quả cho thấy sau khi xử lý, chất lượng bề mặt màng nhựa PP được tăng lên rõ rệt, góc tiếp xúc θ_c giảm từ 102° xuống dưới 88° với tất cả các vận tốc được tiến hành khảo sát. Khi thời gian xử lý giảm từ 3.8 giây/m xuống 2 giây/m góc tiếp xúc trên bề mặt màng nhựa PP tăng từ 67° lên 84° .

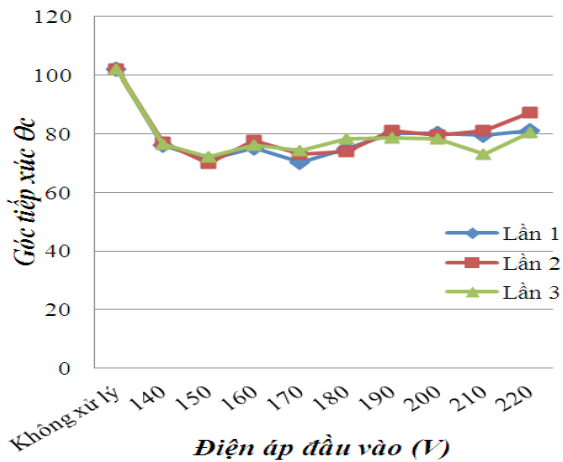
Khi thay đổi các thông số của bộ nguồn Plasma (thay đổi cường độ dòng điện đầu vào 1÷2A, điện áp đầu vào 140÷220V) ở hình 6 và 7 thì các giá trị của góc tiếp xúc θ_c đo trên bề mặt màng nhựa PP không chênh lệch nhiều. Điều đó cho thấy rằng, xử lý bề mặt với mức năng lượng từ 150÷300Wh trên màng nhựa có bề rộng 60mm, với tốc độ 20 m/ph (thời gian xử lý 3 giây/m) thì hiệu quả xử lý thay đổi không rõ rệt.



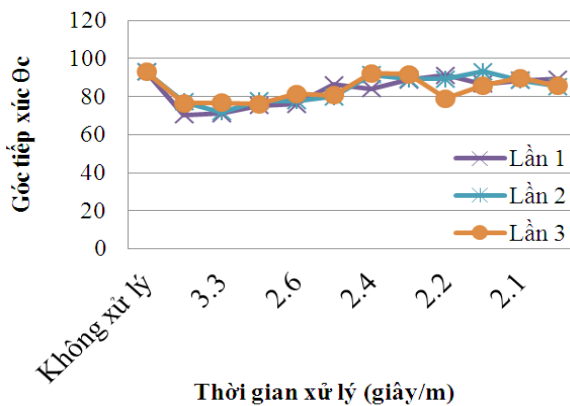
Hình 5. Ảnh hưởng của thời gian xử lý đến hiệu quả xử lý (góc tiếp xúc θ_c)



Hình 6. Ảnh hưởng của dòng điện đầu vào đến hiệu quả xử lý (góc tiếp xúc θ_c)



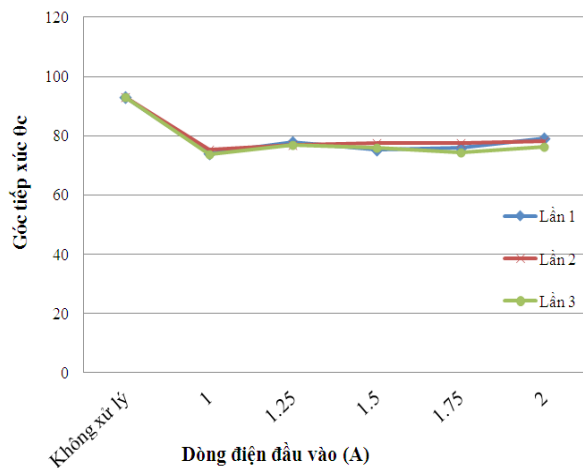
Hình 7. Ảnh hưởng của điện áp đầu vào đến hiệu quả xử lý (góc tiếp xúc θ_c)



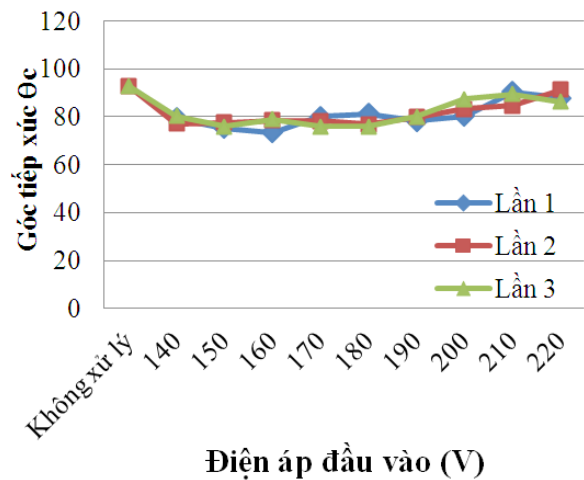
Hình 8. Ảnh hưởng của thời gian xử lý đến hiệu quả xử lý (góc tiếp xúc θ_c)

Các thí nghiệm trên màng nhựa PE cũng thu được kết quả tương tự. Khi thay đổi các thông số của bộ nguồn Plasma (dòng điện-

điện áp đầu vào) hiệu quả xử lý (góc tiếp xúc) không thay đổi đáng kể, các kết quả thể hiện ở hình 9, 10. Nhưng khi thay đổi thời gian xử lý từ 3.8 giây/m xuống 2 giây/m, kết quả thu được (góc tiếp xúc) có xu hướng tăng từ 76° lên đến 86°, điều đó cho thấy hiệu quả xử lý giảm đi khi vận thời gian xử lý giảm (hình 8). Góc tiếp xúc θ_c trên bề mặt nhựa PE trước khi xử lý là 93°.



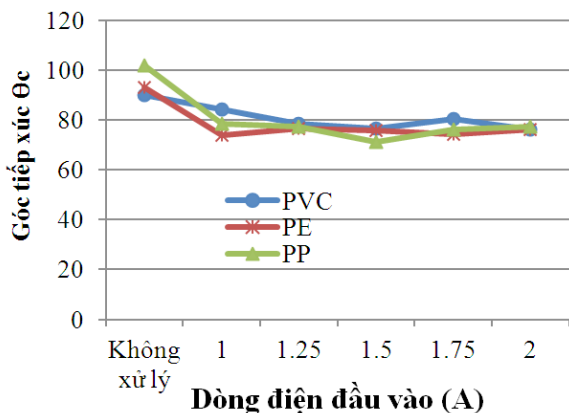
Hình 9. Ảnh hưởng của dòng điện đầu vào đến hiệu quả xử lý (góc tiếp xúc θ_c)



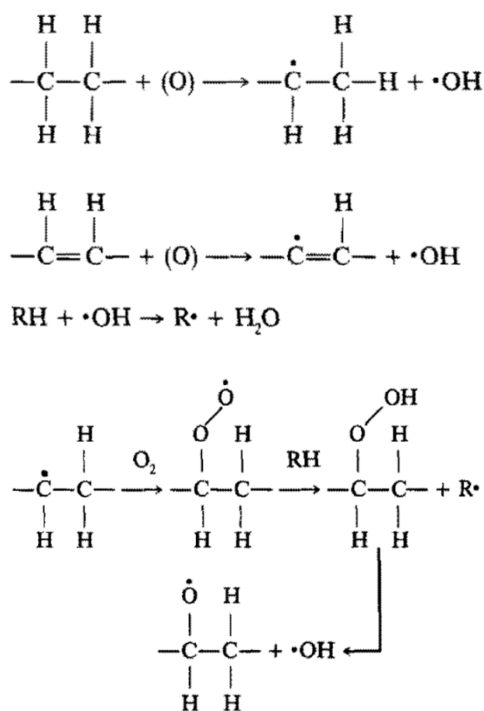
Hình 10. Ảnh hưởng của điện áp đầu vào đến hiệu quả xử lý (góc tiếp xúc θ_c)

Để so sánh hiệu quả xử lý trên các vật liệu, các thí nghiệm được tiến hành trên ba vật liệu khác nhau PP, PE, PVC với sự thay đổi dòng điện đầu vào thể hiện trên hình 11 với các thông số: vận tốc xử lý 20 m/ph, điện áp đầu vào 150 V. Kết quả cho thấy, với cùng một mức năng lượng và vận tốc xử lý, màng nhựa PE, PP cho hiệu quả xử lý tốt hơn so với PVC,

trong khi mức năng lượng bề mặt của nhựa PE, PP khi chưa xử lý là 30-31 dynes/cm thấp hơn cho với nhựa PVC 33-38 dynes/cm (bảng 1).



Hình 11. Ảnh hưởng của dòng điện vào đến hiệu quả xử lý (góc tiếp xúc θ_c) trên các vật liệu



Hình 12. Một số phản ứng giữa nguyên tử oxygen với lớp polymer [5]

Kết quả trên có thể được giải thích bởi một tính chất quan trọng của Plasma lạnh, đó là trong thành phần của Plasma có chứa các gốc oxy hóa bậc cao HO^* , O^* , H^* , NO^* ... Các thành phần này khi va đập vào bề mặt nhựa, một phần năng lượng sẽ chuyển sang năng lượng bề mặt cho màng nhựa, và một phần tham gia phản ứng với các thành phần trên bề mặt, tạo ra một lớp nền có tính chất hóa-lý mới, giúp bề mặt màng nhựa trở nên linh hoạt, dễ dàng in ấn, ghép-dán với các vật liệu khác. Vật liệu PP và PE là kết quả của quá trình polymer hóa $(-\text{CH}_2)_n$ và $(-\text{C}_2\text{H}_4)_n$, do đó phản ứng giữa các gốc oxy hóa bậc cao trong Plasma với lớp bề mặt trên màng nhựa này xảy ra nhanh và dễ dàng hơn so với lớp bề mặt $(-\text{C}_2\text{H}_3\text{Cl})_n$ của PVC.

4. KẾT LUẬN

Từ những kết quả nghiên cứu trên cho thấy rằng xử lý bề mặt màng nhựa bằng Plasma nhiệt độ thấp ở áp suất thường cho hiệu quả cao, kết quả cho thấy sau khi xử lý, góc tiếp xúc bề mặt giảm xuống dưới 88° ở mọi thông số vận hành của mô hình. Yếu tố ảnh hưởng lớn nhất đến hiệu quả xử lý là thời gian xử lý, sự thay đổi của các thông số điện áp đầu vào và cường độ dòng điện đầu vào làm chất lượng bề mặt thay đổi không đáng kể, cùng một mức năng lượng và tốc độ, hiệu quả xử lý bề mặt trên nhựa PP và PE cho kết quả tốt hơn so với nhựa PVC. Để tiết kiệm năng lượng và đạt độ ổn định hiệu suất xử lý mô hình trên đã sử dụng: điện áp đầu vào 150V, dòng điện 1.5A, thời gian xử lý 3 giây/m cho cả ba vật liệu nhựa PP, PE, PVC. Thực tế trên mô hình cho thấy Plasma tạo ra giữa hai điện cực có bề rộng 150 mm nhưng bề rộng của màng nhựa được xử lý là 60mm nên mức năng lượng được sử dụng để xử lý thực tế là 90Wh thời gian xử lý 3 giây/m. Các điện cực được thiết kế dưới dạng trục-rulo nên dễ dàng xử lý được hai bề mặt trên màng nhựa với bề dày khác nhau từ những vật liệu nhựa khác nhau.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Hubert Rauscher, Massimo Perucca and Guy Buyle. *Plasma technology for hyperfunctional surfaces*, pp 63-77, Wiley-VCH, 2010.
- [2] Yves Pauleau. *Materials surface processing by directed energy techniques*, 111-145, European materials research society, 2006.

- [3] Guillaume Lamour, Admed Hamraoui, Andrii Buvailo, et al., *Journal of Chemical education*, vol 87, pp 1403-1407, 2010.
- [4] Douglas J.C. Gomes, Nara C. de Souza, Jousmary R. Silva, *Measurement*, vol 46, pp 3623-3627, 2013.
- [5] Egitto F. D., MatienzoL. J., *IBM Journal of Research and Development*, vol 38, no.4, pp.423-439, 1994.