

CHẾ TẠO VẬT LIỆU COMPOZIT SINH HỌC TRÊN CƠ SỞ NHỰA POLYESTE KHÔNG NO GIA CƯỜNG BẰNG SỢI NỨA XỬ LÝ BẰNG PLASMA LẠNH

Đến Tòa soạn 7-11-2008

TẠ THỊ PHƯƠNG HÒA, TRẦN VĨNH ĐIỀU, ĐOÀN THỊ YẾN OANH, MẠC VĂN PHÚC
Trung tâm Nghiên cứu Vật liệu Polyme, Trường Đại học Bách khoa Hà Nội

ABSTRACT

After extracting by mechanical (by hand) and machine methods, Neohouzeaua fiber was treated by air plasma at atmospheric pressure with conditions of power 100W, frequency of 17 kHz and different treatment times (from 1 min to 7 min). SE M analyses showed that the fiber surface become rougher after plasma treatment because of the effect of plasma bombardment and etching. The testing on tensile strength and the interfacial shear strength (IFSS) showed that at the optimal treatment time of 4 minutes: the tensile strength of neohouzeaua fiber increased 15.5 percent after air plasma treatment and treated fiber have cleaner surface. IFSS of the treated fiber at 4 minutes increased 51.7% compared with untreated fiber. Unsaturated polyester (USP) resin composites reinforced by neohouzeaua fiber submitted to air plasma treatment and untreated and USP composites reinforced by hybrid neohouzeaua/glass fiber mat were fabricated using a vacuum infusion process (VIP). Mechanical test, SEM and water absorption measurements of the composites have been investigated. These results reveal that atmospheric pressure air plasma treatment is an effective method to improve not only the performance of neohouzeaua fiber but also of UPS-neohouzeaua composites. With hybrid composites with ply-by-ply structure and the content ratio of neohouzeaua/glass of 40/60 (by weight) the received materials has optimal properties, such as tensile, flexural and impact strengths improve 38.9%, 15.5% and 217.5% compare to PC-Neohouzeaua mat, respectively.

I – MỞ ĐẦU

Sự phát triển mạnh mẽ của vật liệu polyme compozit (PC) gia cường bằng sợi tổng hợp đã đặt ra những thách thức to lớn đối với nhân loại do sự gia tăng lượng chất thải khó phân hủy vào môi trường [1 – 4]. Chính vì vậy trong hai thập kỷ gần đây, việc sử dụng sợi tự nhiên để thay thế một phần hoặc toàn bộ cho sợi tổng hợp đã và đang được các nhà khoa học quan tâm nghiên cứu. Việc mở rộng nghiên cứu ứng dụng loại sợi tre nói riêng và sợi tự nhiên nói chung vào lĩnh vực vật liệu PC với các loại nhựa nền khác nhau là một hướng ứng dụng mới không những đem

lại hiệu quả kinh tế cao mà còn góp phần đáng kể việc bảo vệ môi trường.

Trong số những sợi tự nhiên được sử dụng gia cường trong vật liệu compozit, tre nứa là vật liệu có tỷ trọng thấp và độ bền cơ học cao, lại sẵn có, rẻ tiền, nguồn nguyên liệu dồi dào có khả năng tái tạo và phân hủy sinh học. Hiện nay, vật liệu PC sợi tre/nền PEKN có nhiều ưu điểm như dễ gia công, giá thành rẻ, tính chất cơ học khá tốt đã được chú trọng nghiên cứu và đạt được những thành công nhất định [9]. Tuy nhiên sợi tre nứa cũng như các loại sợi tự nhiên khác đều có nhược điểm chung là độ bám dính với nhựa nền kém, và tính chất cơ học của vật liệu

chế tạo được còn thấp chưa cạnh tranh được với PC cùng loại gia cường bằng sợi tổng hợp [5, 6, 10, 11].

Nhằm chế tạo được loại vật liệu có tính chất cơ học thỏa mãn yêu cầu đặt ra, đã tiến hành chế tạo vật liệu trên nền nhựa polyeste không no (PEKN) gia cường bằng sợi nứa xử lý bằng plasma lạnh [7] và lai tạo giữa sợi nứa với sợi thủy tinh.

II - THỰC NGHIỆM

1. Nguyên liệu

- Nhựa PEKN loại 2211 N (Singapore). Thông số kỹ thuật: chỉ số axit 14 mg KOH/g nhựa; độ nhớt (20°C): 825 cP; tỷ trọng: 1,18 g/cm³; hàm lượng styren 42 PKL.
- Chất đóng rắn metyletylketon peroxyt (MEKPO) (Trung Quốc).
- Nứa lấy từ Thanh Hóa.
- Mat sợi thủy tinh 300 g/m² (Trung Quốc).
- Axit axetic (Việt Nam).
- NaOH kỹ thuật (Trung Quốc).

2. Phương pháp nghiên cứu

a) Chế tạo sợi nứa

+ Sợi nứa được xử lý theo phương pháp trình bày trong tài liệu [7, 8].

+ Sợi nứa được xử lý bằng plasma lạnh

Quá trình xử lý plasma được tiến hành tại áp suất không khí và nhiệt độ phòng, với thiết bị tạo plasma được chế tạo tại Trung tâm Nghiên cứu Vật liệu Polyme, Trường Đại học Bách khoa Hà Nội.

b) Phương pháp chế tạo vật liệu

Vật liệu được chế tạo theo phương pháp hút chân không. Cấu tạo thiết bị thẩm hút chân không (Vacuum Infusion Process - VIP) trong phòng thí nghiệm về cơ bản được mô tả trong tài liệu [12].

Tẩm mat nứa sau khi được chuẩn bị, sấy khô (105°C trong 2h) và cân khối lượng rồi đặt vào

trong khuôn (đã được phủ lớp chống dính), được đặt lên một lớp chống dính và dẫn nhựa. Dùng màng PP phủ lên trên và dán kín lên viền xung quanh với khuôn bằng keo dán cao su. Hút không khí trong khuôn nhờ máy hút chân không. Khi đó tẩm mat nứa sẽ được tẩm PP ép chặt lên mặt khuôn. Kiểm tra thấy khuôn đã thật sự kín, mở van cho nhựa thẩm hút vào sợi nhờ lực hút chân không. Theo dõi cho đến khi nhựa điền gần đầy khuôn thì ngừng hút nhựa bằng cách đóng van hút nhựa. Lúc này bơm hút chân không vẫn duy trì cho đến khi gel hóa nhựa, chờ đóng rắn sau 24h rồi tháo khuôn, lấy sản phẩm.

Đã tiến hành chế tạo năm loại mẫu như sau: (1) PEKN + mat sợi thủy tinh; (2) PEKN + mat sợi nứa; (3) PEKN + mat sợi nứa xử lý plasma; (4) PEKN + lai tạo mat sợi nứa/sợi thủy tinh theo tỷ lệ 40/60 và (5) 50/50 (theo khối lượng).

3. Các phương pháp xác định tính chất cơ học của vật liệu PC

a) Độ bền kéo

Độ bền kéo được xác định theo tiêu chuẩn ISO 527-1993, trên máy INSTRON 5582-100 KN, của Mỹ, tốc độ kéo 5 mm/phút ở nhiệt độ 25°C, độ ẩm 75%.

b) Độ bền uốn

Mẫu do có hình khối thanh, kích thước tiêu chuẩn quốc tế ISO178:1993. Đo trên máy INSTRON 5582 - 100KN của Mỹ. Tốc độ kéo 5 mm/phút. Nhiệt độ 25°C, độ ẩm 70%.

c) Độ bền va đập

Độ bền va đập Charpy được xác định theo tiêu chuẩn ISO 179-1993 (E), trên máy Radmna ITR - 2000 (Úc).

d) Khảo sát cấu trúc hình thái học bề mặt của vật liệu

Để quan sát sự thay đổi hình thái học bề mặt của mẫu sợi nứa và mẫu PC bị phá hủy đã tiến hành chụp mẫu trên kính hiển vi điện tử quét (SEM) trên máy JEOL JMS 5300 (Nhật Bản).

Phân tích độ nhám bề mặt của sợi được thực hiện bằng kính hiển vi lực nguyên tử (AFM) trên thiết bị AFM PSIA XE-100.

III – KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

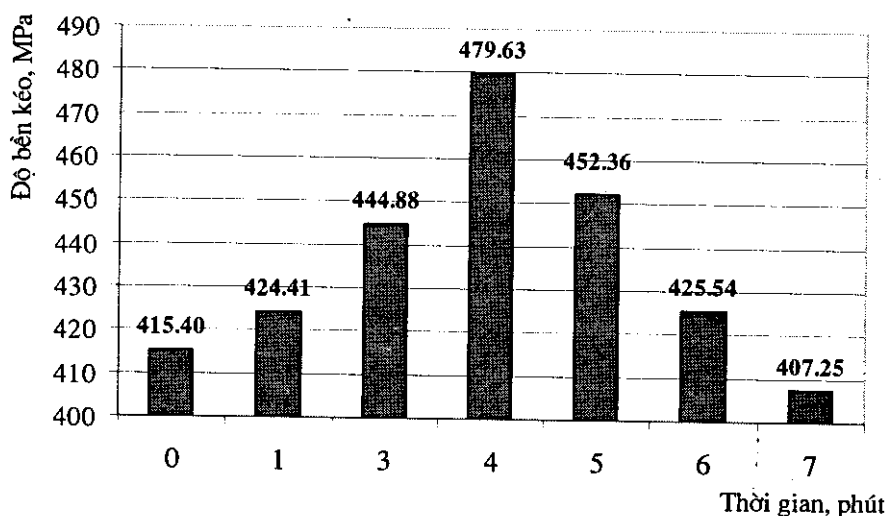
1. Ảnh hưởng của điều kiện xử lý plasma tới tính chất của sợi nứa

Sợi nứa thu được từ phương pháp tách cơ học được xử lý plasma ở điều kiện: tần số 17

kHz; công suất 100 W; thời gian xử lý: 1, 3, 4, 5, 6, 7 phút.

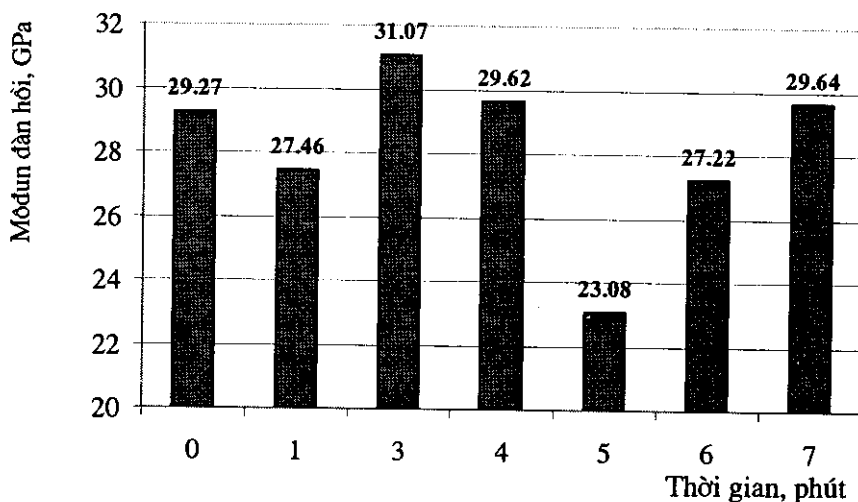
a) Độ bền kéo và môđun đàn hồi của sợi nứa

Hình 1 và 2 trình bày kết quả đo độ bền kéo và môđun đàn hồi của sợi sau khi xử lý plasma theo thời gian khác nhau.



Hình 1: Độ bền kéo của sợi nứa theo thời gian xử lý plasma

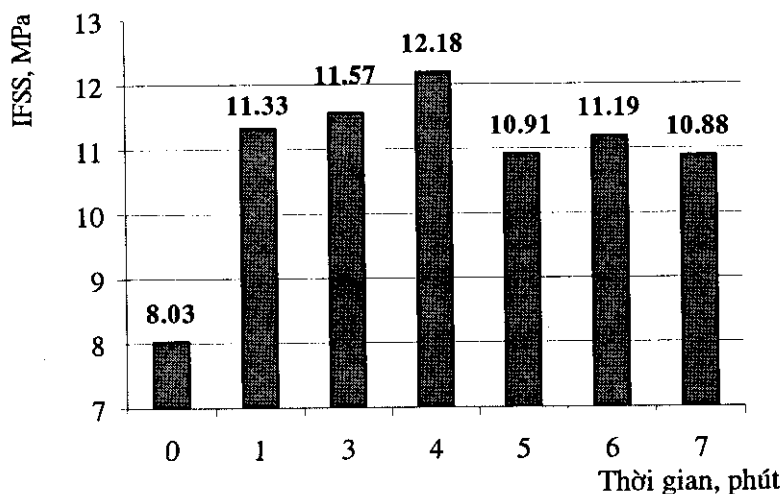
Từ hình 1 nhận thấy, độ bền kéo sợi nứa tăng khi tăng thời gian xử lý plasma, đến thời điểm tối ưu (4 phút) độ bền kéo đạt giá trị cao nhất, tăng 15,5% so với sợi ban đầu chưa xử lý. Khi qua ngưỡng tối ưu này thì độ bền kéo của sợi lại bắt đầu giảm, thậm chí còn giảm nhẹ (2%) ở 7 phút so với mẫu sợi ban đầu chưa xử lý. Lúc này cấu trúc bề mặt sợi nứa bị tác động mạnh, có thể bị phá hủy một vài chỗ và việc liên kết giữa các sợi đơn trở nên không chặt chẽ, dẫn đến độ bền kéo giảm mạnh.



Hình 2: Môđun đàn hồi của sợi nứa theo thời gian xử lý plasma

b) Độ bền bám dính Interfacial Shear Strength (IFSS) của sợi nứa với PEKN

Hình 3 cho thấy sự thay đổi của IFSS của sợi nứa theo thời gian xử lý plasma tại công suất 100W. So sánh với sợi nứa chưa xử lý, IFSS tăng đáng kể với sợi được xử lý plasma. Cụ thể tăng ít nhất 35,5% (với thời gian xử lý 7 phút) và nhiều nhất là 51,7% (với thời gian xử lý 4 phút), kết quả cho thấy IFSS tăng khi tăng thời gian xử lý plasma không khí đến 4 phút và sau đó lại giảm. Vì vậy có thể giả thiết rằng thời gian xử lý plasma khi quá 4 phút sẽ gây ra một vài sự phá hủy lớp bề mặt sợi nứa.



Hình 3: Độ bền bám dính của sợi nứa/PEKN theo thời gian xử lý plasma

c) Thay đổi hình thái học bề mặt sợi nứa trước và sau xử lý plasma

Hiệu quả của việc xử lý plasma với bề mặt sợi nứa được thể hiện rõ qua ảnh SEM (hình 4). Hình thái học của sợi nứa chưa xử lý (hình 4a) cho thấy còn nhiều mảnh nhỏ các tạp chất bám dính vào, dọc theo thân sợi có nhiều vết rạn. Còn với sợi nứa được xử lý trong thời gian 4 phút, sự thay đổi được thấy rõ, bề mặt sợi khá sạch và đồng nhất (hình 4c). Tuy nhiên khi kéo dài thời gian xử lý đến 7 phút bề mặt sợi trở nên thô hơn, có những vết nứt và những mảnh nhỏ xuất hiện (hình 4d).

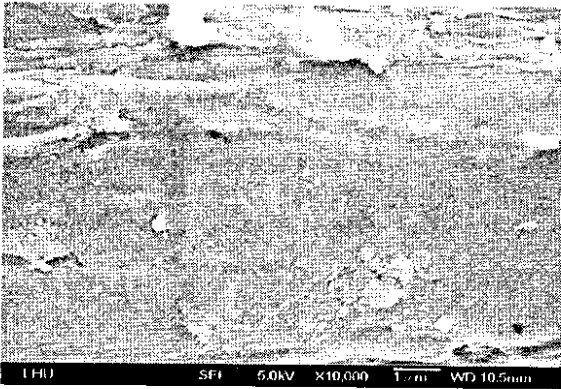
Hiện tượng này có thể được giải thích như sau: trong plasma có chứa các gốc, ion, photon và những dạng bị kích thích khác. Những dạng bị kích thích này có thể là vật lý hoặc hóa học với bề mặt nền sợi tới độ sâu vài chục nm nhờ hoạt tính cao của chúng. Với trường hợp trên trong thời gian vừa đủ (từ 3-4 phút) chúng đã bào mòn bề mặt sợi dẫn đến bề mặt sợi trơn

đồng nhất, đồng thời loại bỏ các mảnh tạp chất ra khỏi bề mặt. Nhưng khi thời gian xử lý tăng (5 phút), việc plasma “bắn phá” và bào mòn tiếp tục xảy ra với các lớp sợi tiếp theo, dẫn đến những vết nứt và những mảnh nhỏ mới.

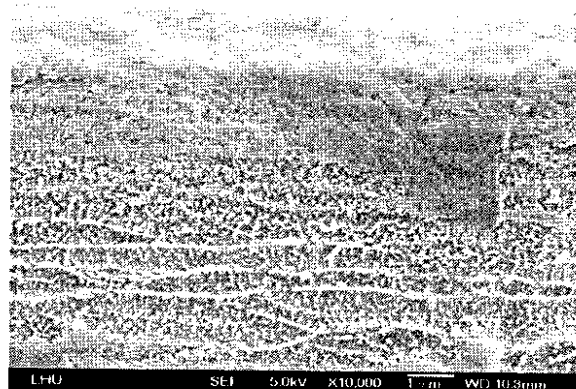
Sự thay đổi hình thái học bề mặt sau xử lý plasma cũng có thể được giải thích là do sự bào mòn cục bộ các lớp bề mặt. Sự bào mòn cục bộ này là do tốc độ cắt của plasma với các vùng tinh thể và vô định hình trên bề mặt sợi nứa là khác nhau.

d) Hình thái học bề mặt sợi nứa trước và sau khi xử lý plasma

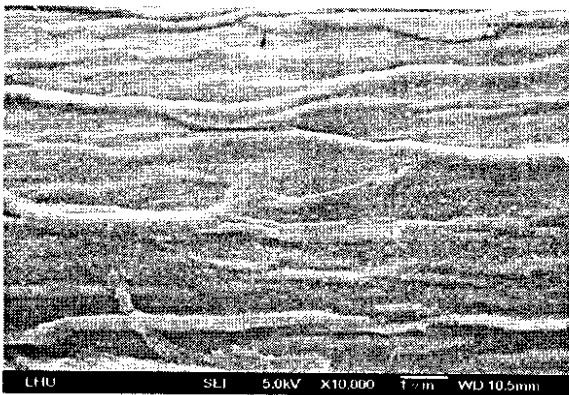
Để có thể khảo sát sâu hơn nữa sự thay đổi hình thái học bề mặt của sợi nứa được xử lý plasma, phương pháp kính hiển vi lực nguyên tử (Atomic Force Microscopy-AFM) đã được thực hiện. Hình 5 thể hiện hình thái học bề mặt của sợi ban đầu và sợi đã được xử lý plasma trong 1 và 3 phút.



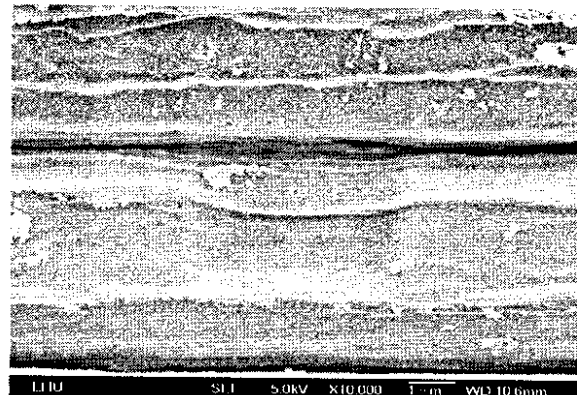
Chưa xử lý (a)



Xử lý 1 phút (b)



Xử lý 3 phút (c)



xử lý 5 phút (d)

Hình 4: Ảnh SEM chụp bề mặt sợi nửa chưa xử lý (a) và đã xử lý plasma 1 phút (b), 3 phút (c) và 5 phút (d) ở cường độ 100W

Bề mặt của sợi chưa được xử lý (5a) là tương đối đồng nhất hơn so với các mẫu đã được xử lý plasma. Từ hình 5b cho thấy khi xử lý plasma, bề mặt sợi đã bắt đầu hình thành các vết lõm lổm do sự bào mòn, cắt gọt của plasma. Khi tăng thời gian xử lý lên 3 phút (hình 5c), bề mặt sợi có độ nhám tăng dần, rõ nét và đồng đều hơn, điều này cho thấy tác động bào mòn của plasma càng rõ rệt khi thời gian xử lý lâu hơn. Như vậy, đối với sợi đã qua xử lý kiểm, plasma không khí đã ăn mòn bề mặt sợi, tạo nên độ nhám khá đồng đều, tạo điều kiện cho sự bám dính tốt hơn của sợi với nhựa.

e) *Phần trăm tổn hao khối lượng sợi sau xử lý plasma*

Phần trăm tổn hao khối lượng (%THKL) được sử dụng nhằm đánh giá tương đối mức độ

tác động của sự bào mòn, của plasma tới sợi nửa. Kết quả cho thấy %THKL của sợi nửa khi tăng thời gian và công suất xử lý plasma. %THKL của sợi tăng khi tăng thời gian. Cụ thể, ở công suất 100W tổn hao khối lượng sợi nửa tăng từ 1,36% (xử lý 1 phút) tới 3,26% (xử lý 7 phút). Bên cạnh đó có thể nhận thấy %THKL cũng tăng khi tăng công suất xử lý plasma. Lấy ví dụ với cùng thời gian xử lý là 4 phút thì tổn hao khối lượng sợi nửa là 2,90% (công suất 100 W) tăng lên 3,53% (công suất 150 W).

3. Nghiên cứu chế tạo vật liệu PC gia cường bằng mat nửa và lai tạo mat nửa/thủy tinh

a) *Chế tạo vật liệu polyme composit theo phương pháp VIP*

Quá trình chế tạo mẫu composit gia cường

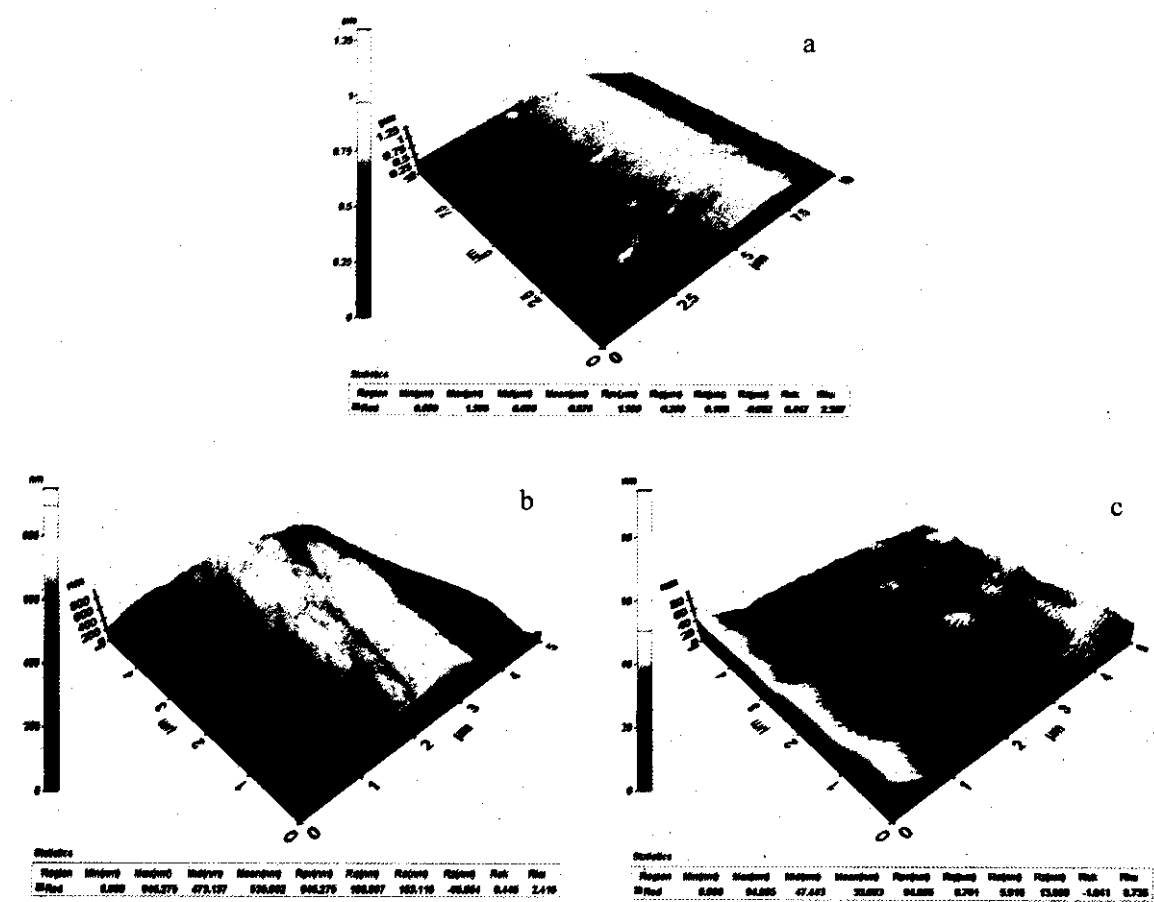
sợi nửa được tiến hành theo phương pháp VIP, với các bước tiến hành được mô tả ở phần thực nghiệm, áp suất chân không đạt được là 0,98 atm, thời gian nhựa điền đầy khuôn từ 25 - 40 phút, thời gian máy bơm hút chân không chạy (tương đương với thời gian nhựa gel) là khoảng 60 - 80 phút.

Các tấm mat nửa có khối lượng khoảng 250 - 300 g/m². Hàm lượng sợi trong mẫu

compozit khoảng 40% khối lượng.

+ Tính chất cơ học của vật liệu PC-sợi nửa

Để đánh giá hiệu quả của việc xử lý plasma, hai mẫu PC ($m_{\text{nửa}} = 40\%$ khối lượng) được chế tạo để so sánh: một gia cường sợi nửa không xử lý và một có xử lý plasma. Kết quả đo độ bền của hai loại vật liệu PC này như trong bảng 1.



Hình 5: Ảnh AFM 3D bề mặt sợi nửa trong quá trình xử lý plasma không khí.
(a - không xử lý; b - xử lý 1 phút; c - xử lý 3 phút)

Bảng 1: Tính chất của mẫu PC gia cường sợi nửa có và không xử lý plasma

PC sợi nửa	Độ bền kéo, MPa	Độ bền uốn, MPa	Độ bền va đập, kJ/m ²
Không xử lý	97,47	193,57	9,95
Có xử lý plasma	110,83	216,64	15,01

Từ bảng 1 nhận thấy hiệu quả của quá trình xử lý plasma tới tính chất của PC. Cụ thể: mẫu có xử lý plasma có độ bền kéo tăng 13,7%, độ bền uốn tăng 11,9% và đặc biệt là độ bền va đập tăng tới 51% so với mẫu PC không được xử lý plasma. Đó là vì sợi nứa sau khi được xử lý plasma đã tăng độ bền cũng như tăng đáng kể khả năng bám dính với nhựa nền, giúp cho việc truyền ứng suất tốt hơn, dẫn tới tính chất cơ học tốt hơn.

+ Ảnh SEM của vật liệu PC-sợi nứa có và chưa có xử lý plasma

Đã tiến hành chụp ảnh SEM bề mặt phá hủy được chụp khi kéo đứt của mẫu composit sợi nứa chưa xử lý và có xử lý plasma (hình 6).

Từ hình 6 cho thấy phần sợi nhô ra ngoài khá rõ, ở đây có sự khác biệt giữa mẫu PC chưa xử lý và có xử lý plasma. Mẫu PC gia cường sợi nứa chưa xử lý (hình 6a) cho thấy vẫn còn một vài điểm khuyết tật thể hiện ở các lỗ rỗng và phần sợi nhô ra khá nhẵn và dài chứng tỏ bám dính bề mặt giữa sợi – nhựa chưa được tốt.

Trong trường hợp PC gia cường sợi nứa có xử lý plasma (hình 6b), bám dính bề mặt phân chia pha giữa sợi và nhựa khá quan trọng hơn nhiều, các sợi đứt gãy cùng với nhựa nền, phần sợi nhô

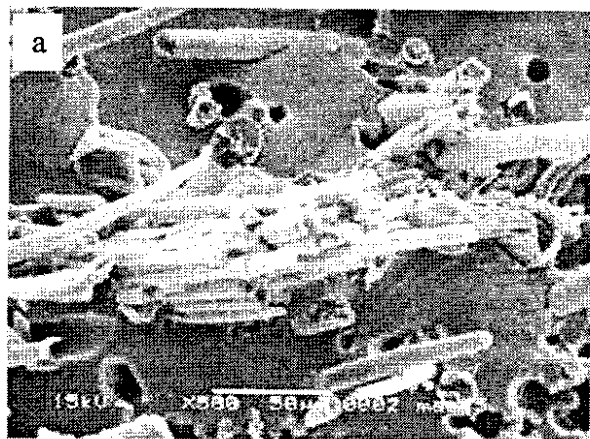
ra ít so với mẫu sợi chưa xử lý. Thông thường, khi mẫu PC bị ứng suất nào đó tác động thì phần sợi gia cường tiếp nhận phần lớn lực tác dụng, khi sợi đứt gãy mới dẫn đến phá hủy phần nhựa nền.

b) Ảnh hưởng của tỷ lệ lai tạo sợi nứa/thủy tinh tới tính chất của vật liệu PC

+ Tính chất cơ học của vật liệu PC

Nhằm nâng cao tính chất cơ học của vật liệu PC trên cơ sở nhựa PEKN gia cường bằng sợi nứa, đồng thời tăng khả năng chịu môi trường hóa chất và giảm độ hút ẩm của vật liệu đã tiến hành lai tạo mat sợi nứa với mat sợi thủy tinh.

Quá trình tạo mẫu được thực hiện bằng phương pháp VIP, tỷ lệ lai tạo sợi nứa/thủy tinh là 40/60 và 50/50 (khối lượng) theo kiểu xen kẽ với 01 lớp mat thủy tinh ở hai mặt ngoài. Các mẫu sau khi chế tạo có tổng hàm lượng sợi (nứa và thủy tinh) gia cường khoảng 40% khối lượng. ở đây sợi nứa chưa được xử lý plasma. Kết quả đo tính chất cơ học các mẫu composit được thể hiện ở bảng 2. Từ bảng 2 cho thấy, sự kết hợp mat thủy tinh với mat nứa đã đem lại cho composit lai tạo có tính chất cơ học tăng lên rõ rệt khi so với mẫu PC mat nứa chưa lai tạo. Với tỷ lệ mat nứa/thủy tinh = 40/60 cho độ bền cơ học tốt hơn so với tỷ lệ 50/50.



Hình 6: Ảnh SEM bề mặt phá hủy khi kéo của PC gia cường sợi nứa chưa xử lý (a) và có xử lý plasma (b)

Kết quả bảng 2 cho thấy, khi đưa sợi thủy tinh vào, mẫu PC lai tạo có độ bền kéo và

modun cao hơn mẫu không lai tạo. Khi hàm lượng mat thủy tinh tăng thì modun cũng tăng.

Tuy nhiên, có một ngưỡng nào đó mà khi hàm lượng sợi thủy tinh vượt qua nó thì tính chất cơ học của PC lại giảm. Ở đây, tỷ lệ mat nửa/thủy tinh 40/60 giúp vật liệu PC lai tạo có tính chất

cơ học tốt nhất. Cụ thể độ bền kéo tăng 38,9%, mô đun đàn hồi tăng 28,3%, biến dạng khi đứt tăng 61,6% so với PC chỉ có sợi nửa. Tương tự với độ bền uốn, PC lai tạo có độ bền uốn tăng so

Bảng 2: Ảnh hưởng của hàm lượng sợi thủy tinh đến tính chất cơ học của composit PEKN lai tạo mat nửa/thủy tinh

Tỷ lệ sợi nửa/thủy tinh (khối lượng)	Tỷ trọng, g/cm ³	Độ bền kéo, MPa	Mô đun đàn hồi, MPa	Biến dạng khi đứt, %	Độ bền uốn, MPa	Độ bền va đập, kJ/m ²
100/0	1,191	97,47	3674	8,380	193,57	9,45
50/50	1,372	125,07	4056	9,016	162,03	26,51
40/60	1,368	135,40	4715	13,543	223,57	30,00
0/100	1,679	257,63	5940	9,497	333,03	28,83

với PC không lai tạo là 15,5% ở tỷ lệ nửa/thủy tinh 40/60. Độ bền va đập của PC liên quan trực tiếp tới độ dai của cả vật liệu. Độ bền dai phụ thuộc vào các thông số như độ bền giữa các lớp cũng như độ bền của bề mặt tương tác giữa sợi và nhựa. Khi tỷ lệ nửa/thủy tinh là 40/60 độ bền va đập của vật liệu tăng tới 217,5% so với PC - sợi nửa, đặc biệt còn cao hơn PC - sợi thủy tinh là 4,1%.

Những kết quả này đã chứng minh rõ ràng sự hiệu quả của việc lai tạo sợi nửa/thủy tinh, đặc biệt là ở độ bền va đập vì đây là tính chất yếu nhất của PC sợi tự nhiên nói chung và sợi nửa nói riêng. Bên cạnh đó, từ bảng 2 cho thấy tỷ trọng vật liệu lai tạo nửa/thủy tinh 40/60 chỉ tăng 15% so với PC sợi nửa song tính chất cơ học thì đã tăng đáng kể. Trong vật liệu composit, khối lượng cũng là một yếu tố quan trọng nhằm đánh giá, lựa chọn vật liệu.

c) Ảnh SEM của vật liệu PC lai tạo sợi nửa/thủy tinh

Để có thể hình dung về bề mặt tương tác giữa sợi-nhựa trong các mẫu PC, các mẫu sau khi đo độ bền kéo đứt được đem đi chụp ảnh SEM bề mặt phá hủy (hình 7).

Từ hình 7 cho thấy, mẫu PC PEKN/sợi nửa (hình 7a) có sự bám dính giữa nhựa và sợi kém nên dẫn tới bề mặt sợi nhô ra khá nhẵn và

dài. Còn với mẫu PEKN/sợi thủy tinh (hình 7d) sự bám dính sợi-nhựa tốt hơn nhiều.

Với hai mẫu PEKN/lai tạo sợi nửa/thủy tinh, ở tỷ lệ 40/60 (hình 7c) có thể thấy sự bám dính tốt hơn so với tỷ lệ 50/50 (hình 7b), phần đầu các sợi nhô ra ít hơn và có nhựa bám xung quanh nhiều hơn

IV – KẾT LUẬN

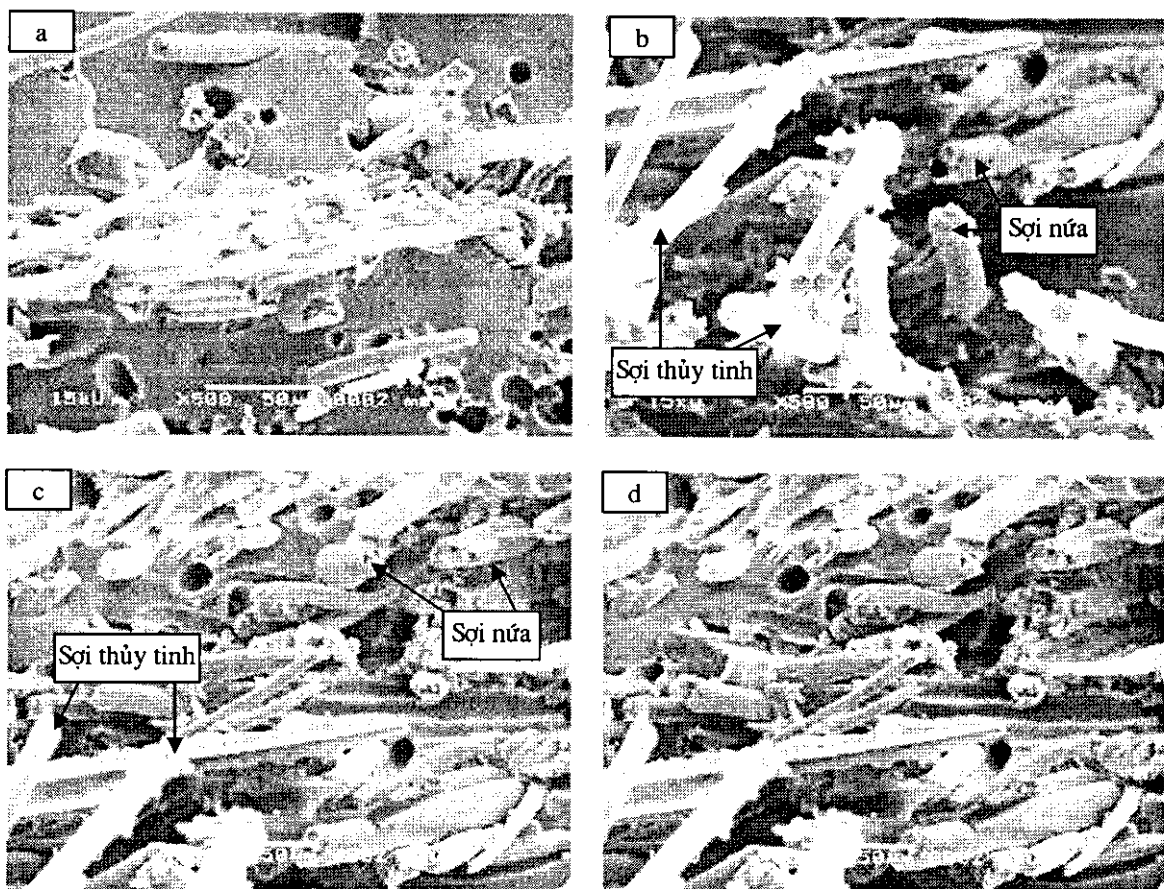
1. Đã tiến hành xử lý sợi nửa bằng plasma không khí ở nhiệt độ thường kết quả cho thấy tăng đáng kể tính chất cơ học của sợi. Với thời gian xử lý plasma là 3 - 4 phút cho kết quả tốt nhất: sợi có độ bền kéo tăng 15,5%, độ bền bám dính IFSS với PEKN tăng 51,7% so với sợi không xử lý plasma. Bên cạnh đó, %THKL cho thấy ảnh hưởng bào mòn của plasma tới bề mặt sợi nửa là rõ rệt.

2. Xử lý plasma không khí ở nhiệt độ thường bổ sung cho bề mặt sợi nửa nhẵn hơn, tăng khả năng tương hợp tốt với nhựa nền PEKN. Vật liệu PC mat nửa có xử lý plasma tăng độ bền kéo 13,7%, độ bền uốn 11,9% và đặc biệt độ bền va đập tới 51% so với mẫu không xử lý.

3. Đã tiến hành chế tạo vật liệu PC lai tạo mat nửa với mat thủy tinh theo kiểu xen kẽ bằng phương pháp thấm hút chân không (VIP) với tỷ

lệ mat nửa/mat thủy tinh = 40/60 và 50/50 (theo khối lượng). Tỷ lệ 40/60 cho tính chất cơ học tốt nhất: độ bền kéo tăng 38,9%, độ bền uốn tăng

15,5% và đặc biệt tăng độ bền va đập không những tăng 217,5% so với PC – mat nửa mà còn tăng nhẹ hơn 4,1% so với PC-mat thủy tinh.



Hình 7: Ảnh SEM bề mặt phá hủy khi kéo của PC gia cường với tỷ lệ mat nửa/thủy tinh: 100/0 (a), 50/50 (b); 40/60 (c); 0/100 (d)

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Trần Vĩnh Diệu, Trần Trung Lê. Môi trường trong gia công chất dẻo và composit, Nxb. Bách Khoa Hà Nội (2006).
2. Trần Vĩnh Diệu, Lê Thị Phái, Phan Minh Ngọc, Lê Phương Thảo và Lê Hồng Quang. Tạp chí Hóa học, T.40(3A), 8 - 13 (2002).
3. Trần Vĩnh Diệu, Phạm Gia Huân. Tạp chí Hóa học, T. 41 (3), 49 - 53 (2003).
4. Trần Vĩnh Diệu, Phạm Gia Huân. Tạp chí Hóa học, T.42 (3), 362 - 365 (2004).
5. Trần Vĩnh Diệu, Nguyễn Phạm Duy Linh, Phạm Gia Huân. Tạp chí Hóa học, T. 43 (2), 223 - 227 (2005).
6. Trần Vĩnh Diệu, Nguyễn Phạm Duy Linh, Phạm Gia Huân. Tạp chí Hóa học, T. 43 (2), Tr. 223-227 (2005).
7. Trần Quốc Chính. Nghiên cứu ảnh hưởng của xử lý plasma đến tính chất bề mặt của sợi tre và tính bám dính của chúng với nhựa nền PEKN, Luận văn tốt nghiệp đại học, Trường Đại Bách khoa Hà Nội (2008).
8. R. Li, L. Ye, and Y. Mai. Composites. Part

- A, Applied science and manufacturing
Vol. 28(1), 73 - 86 (1997).
9. D. N. Saheb, J. P. Jog. Adv. Polym. Technol., 18(4), 351 - 363 (1999).
 10. P. Kandachar, R. Brouwer. Mat. Res. Soc. Symp. Proc., Vol. 702 (2002).
 11. F. S. Denes, S. Manolache. Prog. Polym. Sci., 29, 815 - 885 (2004).
 12. Phạm Gia Huân. Luận văn tốt nghiệp cao học, Trường Đại học Bách khoa Hà Nội (2007).