

Nghiên cứu chế tạo vật liệu composit bằng phương pháp chuyển nhựa vào khuôn có hỗ trợ chân không

Nguyễn Huy Tùng*, Nguyễn Phạm Duy Linh, Nguyễn Văn Hiệp, Nguyễn Thị Hưng, Vũ Văn Sơn

Trung tâm Nghiên cứu vật liệu polyme, Trường Đại học Bách khoa Hà Nội

Đến Tòa soạn 13-6-2016; Chấp nhận đăng 25-10-2016

Abstract

The parameter of VARTM process such as flowing time, permeability was investigated. The experimental results so that when increasing number of layer of glass fiber, the flow time of resin in the VARTM mould decrease because of porosity of glass fiber. The permeability of woven glass fiber is better than that of mat fiber. The mechanical properties of composite materials were investigated. The increasing of glass fiber content will rise tensile and bending strength of the materials. The best strength was obtained at the 65 % fiber content.

Keywords. VARTM, permeability, composite.

1. MỞ ĐẦU

Vật liệu polyme composit đang được sử dụng rộng rãi trong nhiều lĩnh vực như giao thông, hàng không, thiết bị hóa chất, dụng cụ thể thao, ... nhờ có độ bền cao, nhẹ, chịu được các môi trường ăn mòn, ... [1].

Phương pháp chế tạo các vật liệu này ở Việt Nam chủ yếu theo phương pháp lăn ép bằng tay. Phương pháp này có ưu điểm là đơn giản, chi phí thấp. Tuy nhiên, phương pháp lăn ép bằng tay gây ô nhiễm môi trường không khí do phát thải dung môi trong nhựa làm ảnh hưởng đến sức khỏe người lao động cũng như dân cư xung quanh. Hiện nay, có nhiều nghiên cứu ứng dụng các công nghệ chế tạo vật liệu tiên tiến để giảm thiểu ô nhiễm cũng như tăng tính chất sản phẩm như phương pháp chuyển nhựa vào khuôn, SMC, BMC, ... [2, 3].

Nghiên cứu này đã khảo sát các yếu tố ảnh hưởng như độ thấm ướt của nhựa lên các loại sợi thủy tinh và tính chất của vật liệu composit chế tạo theo phương pháp chuyển nhựa vào khuôn có hỗ trợ chân không (VARTM).

2. THỰC NGHIỆM

2.1. Hóa chất, thiết bị

Nhựa polyeste không no 2660 (Đài Loan), có độ nhớt 556 cps. Chất khơi mào MEKPO (Trung Quốc). Sợi thủy tinh mat KCC 300 g/m² (Hàn Quốc) và sợi thủy tinh thô 360 g/m² (Trung Quốc).

Tính chất kéo và uốn của vật liệu được xác định trên máy thiết bị đo đa năng Instron. Độ bền va đập được xác định trên máy đo va đập Tinius Olsen.

2.2. Phương pháp xác định độ thấm ướt của nhựa lên sợi

Độ thấm ướt của nhựa lên sợi được xác định theo phương trình Darcy [4-5]:

$$q = \frac{Q}{A} = \frac{K}{\mu} \cdot \frac{\Delta p}{L}$$

K: hệ số thấm ướt, m²
μ: độ nhớt của nhựa, Pa.s

Hình 1: Phương trình Darcy áp dụng cho phương pháp VARTM

Trong đó:

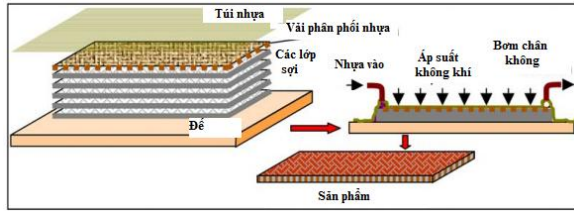
- K: hệ số thấm ướt, m²
- η: độ nhớt, Pa.s
- ΔP: độ chênh lệch áp suất, Pa
- L: khoảng cách nhựa chảy, m.

2.3. Phương pháp chế tạo vật liệu composit

Quy trình chế tạo mẫu vật liệu composit bằng phương pháp VARTM như sau:

Làm sạch khuôn và bôi chống dính lên bề mặt. Cân lượng vải thủy tinh theo tỷ lệ và xếp vào giữa khuôn. Dùng keo chuyên dụng dán xung quanh lớp sợi, khoảng cách giữa lớp keo và sợi là 1-2 cm để

không dính vào sợi. Đặt lớp vải chống dính lên bề mặt lớp sợi (lớp vải này có tác dụng để tháo mẫu ra khỏi lớp màng polypropylen (PP) làm kín khuôn. Phủ lên toàn bộ mẫu một lớp màng PP và vuốt màng cho dính chặt vào lớp keo dán chuyên dụng phía dưới.



Hình 2: Sơ đồ chế tạo vật liệu compozit theo phương pháp VARTM

Khóa đầu vào của cửa dẫn nhựa và bật bơm chân không, kiểm tra áp suất trong khuôn xem có chỗ nào rò khí thì bịt lại. Mở van nạp nhựa cho nhựa chảy vào khuôn và tính thời gian dòng nhựa chảy

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Ảnh hưởng của số lớp sợi thủy tinh đến thời gian chảy của nhựa trong khuôn

Đã chế tạo vật liệu compozit với hàm lượng sợi thủy tinh là $55 \pm 2\%$ với số lớp sợi thay đổi từ 4, 6 và 8 lớp. Thời gian chảy của nhựa trong khuôn được trình bày trong bảng 1.

Dựa trên kết quả trình bày trong bảng 1 nhận thấy, khi số lớp sợi tăng lên thì thời gian nhựa chảy trong khuôn giảm đi. Hiện tượng này đúng với cả vải thủy tinh loại thô và loại mát. Điều này có thể được giải thích như sau: Khi hút chân không toàn bộ khuôn, các lớp sợi bị ép chặt xuống làm giảm độ rỗng của chúng. Do đó khoảng không gian cho nhựa di chuyển bị suy giảm. Khi số lớp sợi tăng lên, độ rỗng của mẫu cũng tăng lên theo do đó thể tích tự do trong lòng mẫu sau khi bị ép do chân không tăng lên nên dòng nhựa di chuyển dễ dàng hơn và làm thời gian nhựa di chuyển trong khuôn giảm đi.

Bảng 1: Thời gian chảy của nhựa theo số lớp vải thủy tinh

Loại sợi	Thời gian chảy ứng với lớp sợi, phút		
	4 lớp	6 lớp	8 lớp
Vải thủy tinh thô (360 g/cm ²)	21,40	16,85	14,07
Vải thủy tinh mat (300 g/cm ²)	28,00	25,07	20,22

Khi thay vải thủy tinh dạng thô bằng sợi thủy

tinh dạng mat, thời gian bơm nhựa tăng lên. Lý do này có thể được giải thích là sợi thủy tinh dạng thô được dệt từ các sợi thủy tinh đơn hướng nên chúng ít cản trở dòng chảy của nhựa còn sợi thủy tinh dạng mat thì các sợi ngăn được sắp xếp một cách ngẫu nhiên nên có nhiều sợi sẽ nằm vuông góc với dòng chảy của nhựa. Các sợi này sẽ cản trở dòng chảy nên làm tăng thời gian bơm nhựa trong khuôn.

3.2. Ảnh hưởng của hàm lượng sợi thủy tinh đến thời gian chảy của nhựa trong khuôn

Đã chế tạo vật liệu compozit với hàm lượng sợi thủy tinh là $55 \pm 2\%$, $65 \pm 2\%$ và $75 \pm 2\%$ tính theo khối lượng với số lớp sợi là 6 lớp. Thời gian chảy của nhựa trong khuôn được trình bày trong bảng 2.

Bảng 2: Thời gian chảy của nhựa theo hàm lượng sợi thủy tinh

Loại sợi	Thời gian chảy ứng với hàm lượng sợi, phút		
	$55 \pm 2\%$	$65 \pm 2\%$	$75 \pm 2\%$
Vải thủy tinh thô (360 g/m ²)	16,85	18,83	21,00
Vải thủy tinh mat (300 g/m ²)	25,07	28,33	Thiếu nhựa

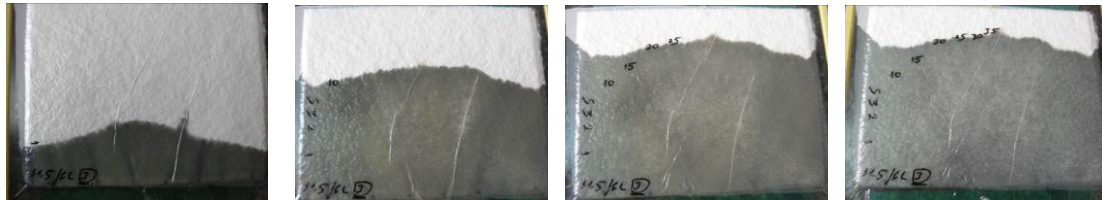
Các kết quả trình bày trong bảng 2 cho thấy, khi hàm lượng sợi tăng lên thì thời gian bơm nhựa cũng tăng lên theo. Điều này có thể lý giải là do khi hàm lượng sợi tăng lên thì mức độ cản trở dòng nhựa cũng tăng lên theo do đó làm tăng thời gian bơm nhựa. Mặt khác khi hàm lượng nhựa tăng lên thì thời gian cần để nhựa thấm ướt hết sợi cũng tăng lên theo do đó cũng làm tăng thời gian bơm nhựa. Cũng tương tự với khảo sát ở mục 3.1, khi thay vải thủy tinh dạng thô bằng vải thủy tinh dạng mat thì thời gian bơm nhựa cũng tăng lên theo. Khi hàm lượng sợi thủy tinh dạng mat tăng lên đến 75 % (hình 1), lượng nhựa bị cản trở nhiều bởi các sợi thủy tinh ngăn nên dẫn đến thiếu nhựa. Như vậy, với vải thủy tinh dạng mat không thể tăng hàm lượng sợi/nhựa quá 70/30. Điều này có thể thấy rõ qua hình 3.1, trong giai đoạn đầu dòng nhựa chảy rất nhanh, tuy nhiên sau khoảng 10 phút, tốc độ dòng nhựa di chuyển rất chậm. Ở gần cửa nạp nhựa thì nhựa tương đối nhiều trong khi phía cửa hút chân không thì lượng nhựa bị thiếu.

3.3. Đánh giá hệ số thấm ướt của nhựa nền polyeste không no với các loại vải thủy tinh

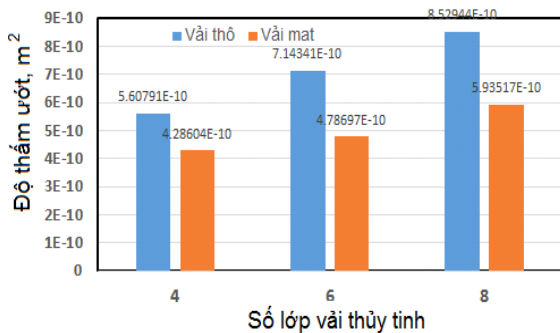
Hình 3 và 4 biểu diễn độ thấm ướt của nhựa nền polyeste không no 2660 lên vải thủy tinh thô và mat

với các hàm lượng và số lớp sợi khác nhau. Từ hình 4 nhận thấy, khi số lớp sợi trong khuôn tăng lên thì khả năng thấm ướt của nhựa nền lên vải thủy tinh tăng lên đối với cả loại thô và mat. Điều này là do khi số lớp sợi thủy tinh tăng lên thì độ xốp của vải thủy tinh tăng lên dẫn đến nhựa chảy dễ dàng hơn

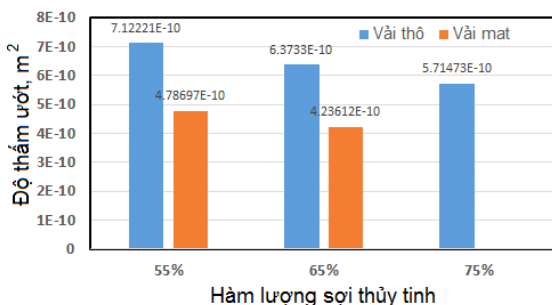
thể hiện qua thời gian chảy của nhựa trong khuôn ít hơn. Hệ số thấm ướt của vải thủy tinh thô cao hơn so với vải mat do các bó sợi chạy song song giúp định hướng dòng chảy của nhựa và ít cản trở dòng chảy hơn so với các sợi ngắn sắp xếp không theo hướng trong vải thủy tinh mat.



Hình 3: Thời gian chảy của nhựa với hàm lượng vải thủy tinh mat 75 %



Hình 4: Độ thấm ướt của nhựa nền với các lớp sợi khác nhau



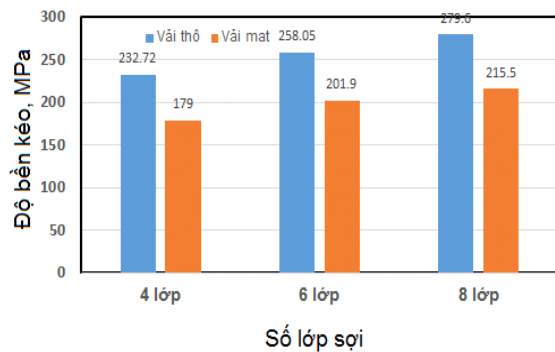
Hình 5: Độ thấm ướt của nhựa nền với các hàm lượng sợi khác nhau

Đối với ảnh hưởng của hàm lượng vải thủy tinh, các kết quả trong hình 5 cho thấy, khi hàm lượng sợi tăng lên thì khả năng thấm ướt của nhựa đối với sợi giảm xuống do mức độ cản trở dòng chảy của nhựa trong khuôn tăng lên.

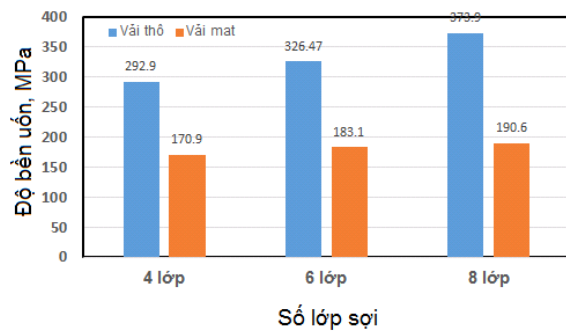
3.4. Ảnh hưởng của số lớp sợi đến độ bền cơ học của vật liệu composit

Độ bền kéo của vật liệu composit với số lớp sợi khác nhau được trình bày trong hình 6. Khi tăng số lớp sợi, do dòng chảy của nhựa dễ dàng hơn nên nhựa thấm ướt sợi thủy tinh tốt dẫn đến các liên kết

giữa nhựa nền và sợi thủy tinh tốt hơn, mẫu ít có khuyết tật và độ bền của vật liệu tăng lên.



Hình 6: Độ bền kéo của vật liệu với các số sợi khác nhau

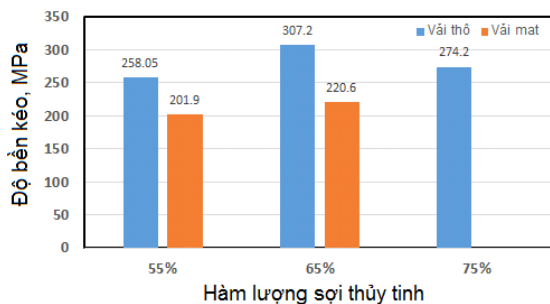


Hình 7: Độ bền uốn của vật liệu với số lớp sợi khác nhau

Độ bền uốn của vật liệu composit với số lớp sợi khác nhau được trình bày trên hình 7. Các số liệu trong hình 7 cho thấy xu hướng của độ bền uốn cũng giống như đối với độ bền kéo khi tăng số lớp vải thủy tinh. Điều này cũng được giải thích thông qua độ bám dính giữa nhựa nền vào vải thủy tinh tăng lên khi khả năng thấm ướt của nhựa nền lên sợi tăng lên do đó dẫn đến độ bền của vật liệu tăng lên theo.

3.5. Ảnh hưởng của hàm lượng sợi đến độ bền cơ học của vật liệu composit

Hàm lượng sợi thủy tinh ảnh hưởng lớn đến độ bền của vật liệu composit. Khi hàm lượng sợi thủy tinh tăng lên sẽ làm tăng khả năng gia cường của vật liệu. Tuy nhiên nếu tăng quá nhiều, khả năng thấm ướt của nhựa lên hết bề mặt sợi sẽ giảm xuống và gây ra các khuyết tật trong lòng vật liệu. Đây sẽ là các điểm tập trung ứng suất khi vật liệu chịu tác động của lực bên ngoài và sẽ làm suy giảm độ bền của vật liệu. Điều này thể hiện rõ thông qua các kết quả về độ bền kéo và độ bền uốn của vật liệu composit với các hàm lượng sợi khác nhau trên hình 8 và 9. Khi tăng hàm lượng sợi từ 55 % lên 65 % thì độ bền của vật liệu tăng lên. Tuy nhiên khi tăng lên thêm nữa thì độ bền đối với vải thô giảm xuống còn đối với vải mat thì nhựa không chảy hết trong khuôn do nhựa đã bị đóng rắn trong quá trình chảy vì thời gian quá lâu. Như vậy là hàm lượng sợi tối ưu khi chế tạo vật liệu composit theo phương pháp VARTM không vượt quá 65 % về khối lượng.



Hình 8: Độ bền kéo của vật liệu với các hàm lượng sợi khác nhau

4. KẾT LUẬN

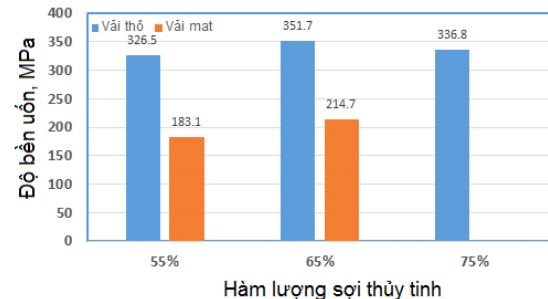
Đã đánh giá được ảnh hưởng của số lớp sợi cũng như hàm lượng sợi đến thời gian chảy của nhựa polyeste không no trong khuôn theo phương pháp VARTM. Vải thủy tinh thô cho khả năng chảy của nhựa tốt hơn so với vải thủy tinh mat.

Khi tăng số lớp sợi thủy tinh giúp cho dòng chảy của nhựa dễ dàng hơn và độ bền của vật liệu composit tăng lên.

Liên hệ: **Nguyễn Huy Tùng**

Trung tâm Nghiên cứu vật liệu polyme
 Trường Đại học Bách khoa Hà Nội
 Số 1, Đại Cồ Việt, Hai Bà Trưng, Hà Nội
 E-mail: tungnh@gmail.com.

Hàm lượng sợi thủy tinh ảnh hưởng nhiều đến dòng chảy của nhựa cũng như độ bền cơ học của vật liệu. Hàm lượng sợi thủy tinh tối ưu khi chế tạo vật liệu composit theo phương pháp VARTM là khoảng 65 % theo khối lượng.



Hình 9: Độ bền uốn của vật liệu với các hàm lượng sợi khác nhau

Lời cảm ơn. Nghiên cứu này được đề tài độc lập cấp Nhà nước, mã số ĐT.PTNTĐ.2012-G/01 tài trợ.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. L. Tong, A. P. Mouritz, M. K. Bannister. *3D fiber reinforced polymer composites*, Elsevier Science Ltd. P. 1-49 (2002).
2. Lin, C. -M., C. -I. Weng, Ho, C. -T. *Anisotropy in sheet molding compounds during compression molding*, *Polymer composites* **18(5)**, 613-622 (1997).
3. M. Li, S. Wang, Y. Gu, Z. Zhang, Y. Li, K. Potter. *Dynamic Capillary impact on longitudinal micro-flow in vacuum assisted impregnation and the unsaturated permeability of inner fiber tows*, *Composites Science and Technology*, **70**, 1628-1636 (2010).
4. A. Gokce, M. Chohra, S. G. Advani, S. M. Walsh. *Permeability estimation algorithm to simultaneously characterize the distribution media and the fabric preform in vacuum assisted resin transfer molding process*, *Composites Science and Technology*, **65**, 2129-2139 (2005).
5. M. Li, S. K. Wang, Y. Z. Gu, Y. X. Li, K. Potter, Z. G. Zhang. *Evaluation of through thickness permeability and the capillary effect in vacuum assisted liquid molding process*, *Composites Science and Technology*, **72**, 873-878 (2012).