



Original Article

Effect of Technological Factors on some Properties of Composite tube with Epoxy Resin K-153 Matrix

Nguyen Trung Thanh*

*Institute of Technology, General Department of National Defense Industry,
3 Cau Vong, Duc Thang, Bac Tu Liem, Hanoi, Vietnam*

Received 08 May 2019

Revised 19 July 2019; Accepted 31 July 2019

Abstract: The tube is made of polymer composite material based on K-153 epoxy resin (K-153 epoxy resin is made from ED-20 epoxy resin modified by thiokol and oligomer acrylate), T-13 glassfiber, hardener polyethylenepolyaminemade by wrapping on machine. The effect of drying temperature on mechanical properties (tensile strength, flexural strength) of polymercomposite materialwas studied. The paper also mentions to select suitable hardener to beused for polymercomposite tube wrapping. The results show that the strength at break, flexural strength of polymercomposite material are changedmuch when changing wrapping angle. The drying temperature increases, the curing time of polymercomposite material is much reduced. The time to stabilize after drying also greatly affects the pressure resistance of polymer composite tubes.

Keywords: Polymercomposite, K-153, tensile strength, flexural strength, pressure resistance.

* Corresponding author.

Email address: nguyentrungthanhk42@gmail.com

<https://doi.org/10.25073/2588-1140/vnunst.4895>



Nghiên cứu ảnh hưởng của yếu tố công nghệ đến một số tính chất của ống polyme compozit nền nhựa epoxy K-153

Nguyễn Trung Thành*

*Viện Công nghệ, Tổng cục Công nghiệp Quốc phòng,
3 Cầu Vồng, Đức Thắng, Bắc Từ Liêm, Hà Nội, Việt Nam*

Nhận ngày 08 tháng 5 năm 2019

Chỉnh sửa ngày 19 tháng 7 năm 2019; Chấp nhận đăng ngày 31 tháng 7 năm 2019

Tóm tắt: Ống polyme compozit trên nền nhựa epoxy K-153 (nhựa epoxy K-153 được chế tạo trên cơ sở nhựa epoxy ED - 20 biến tính bằng thiokol và oligome acrylat), sợi thủy tinh T - 13, chất đóng rắn polyetylenpolyamindược gia công bằng cách quấn trên máy. Ảnh hưởng của nhiệt độ sấy đến tính chất cơ lý (độ bền kéo đứt, độ bền uốn) của vật liệu polyme compozit được nghiên cứu. Bài báo cũng nghiên cứu lựa chọn chất đóng rắn phù hợp để sử dụng quấn ống polyme compozit. Kết quả nghiên cứu cho thấy độ bền kéo đứt, độ bền uốn của vật liệu polyme compozit bị thay đổi nhiều khi thay đổi góc quấn sợi. Nhiệt độ sấy tăng lên, thời gian đóng rắn của vật liệu polyme compozit giảm xuống nhiều. Thời gian để ổn định sau khi sấy cũng ảnh hưởng nhiều đến khả năng chịu áp suất của ống compozit.

Từ khóa: Polyme compozit, K-153, độ bền kéo đứt, độ bền uốn, khả năng chịu áp suất.

1. Tổng quan

Vật liệu polyme compozit (PC) nói chung và vật liệu PC trên nền nhựa epoxy nói riêng đã được nghiên cứu, ứng dụng rộng rãi trên nhiều lĩnh vực khác nhau do ưu điểm của nó như: khối lượng riêng nhỏ, độ bền cơ học cao, chịu mài mòn, chịu hóa chất tốt, bền khí hậu. Đã có nhiều nghiên cứu trong công nghệ sản xuất, chế tạo các kết cấu - chi tiết từ vật liệu PC với những hình dạng, cấu trúc và mục đích sử dụng khác nhau. Vật liệu PC đã được nghiên cứu, chế tạo và sử dụng nhiều trong thiết kế chế tạo những kết cấu

hàng không, tên lửa, vũ trụ [1]. Một số công trình nghiên cứu chế tạo ống PC dùng để dẫn dầu, dẫn nước, ống xả rác... được tiến hành và thu được một số kết quả tốt [2, 3]. Tuy nhiên, các nghiên cứu chủ yếu đề cập đến việc khảo sát vật liệu chưa nghiên cứu một cách hệ thống đến yếu tố công nghệ ảnh hưởng đến tính chất sản phẩm polyme compozit dạng ống. Các nghiên cứu về vật liệu PC trên nền nhựa epoxy đã được đề cập thường sử dụng nhựa epoxy hoặc epoxy biến tính bằng thiokol [2-5]. Bài báo này đề cập đến một số yếu tố công nghệ chế tạo ảnh hưởng đến độ bền cơ lý của ống được chế tạo từ vật liệu PC

* Tác giả liên hệ.

Địa chỉ email: nguyentrunghanhk42@gmail.com

<https://doi.org/10.25073/2588-1140/vnunst.4895>

trên cơ sở nhựa epoxy K-153 là loại nhựa epoxy được biến tính đồng thời bằng thiokol và oligome acrylat. Thông qua việc khảo sát thời gian gel hóa của một số chất đóng rắn dùng cho nhựa epoxy K-153, từ đó lựa chọn được chất đóng rắn phù hợp để chế tạo ống PC. Khảo sát ảnh hưởng của nhiệt độ sấy đến mức độ đóng rắn của vật liệu. Khảo sát ảnh hưởng của góc quấn sợi đến độ bền cơ lý tính của vật liệu PC gia cường bằng sợi tinh, khảo sát thời gian ổn định sau sấy đến khả năng chịu áp suất của ống PC.

2. Phương pháp nghiên cứu

2.1. Nguyên liệu và hóa chất

- Nhựa epoxy K-153 (Nga), hàm lượng nhóm epoxy: 19 - 22 %, khối lượng phân tử 390 g/mol.
 - Polyetylenpolyamin (Nga), khối lượng phân tử 230-250 g/mol, số nhóm amin bậc 3: 5 - 9.
 - Polyamit (Tên thương mại KINGMIDE 315 – Đà Loan): chỉ số amin: 335 ± 15
 - Chất đóng rắn MDI (4,4-Metylen diphenyl diisocyanat) là sản phẩm có tên thương mại MILLIONATE MR-200 của hãng Tosoh Corporation (Nhật Bản). Hàm lượng NCO: 30,9 %.
 - Sợi thủy tinh mac T- 13 (Nga).
- Lượng chất đóng rắn cần thiết để đóng rắn hoàn toàn nhựa epoxy K – 153 (100 phần khối lượng- PKL) tương ứng: PEPA (10 PKL); MDI (40 PKL) và PA (8 PKL).

2.2. Chế tạo mẫu

- Làm sạch khuôn, phủ chống dính lên mặt khuôn.
- Chuẩn bị nhựa epoxy K-153 và trộn với chất đóng rắn.
- Quét lớp nhựa epoxy đã trộn với đóng rắn lên khuôn.
- Quấn sợi thủy tinh từ các cuộn sợi lên trục quấn (khuôn). Hướng quấn sợi được định vị cố định ở các góc quấn 25° , 35° , 45° , 55° , 60° . Sợi sau khi được quấn cần gạt kiệt nhựa epoxy.
- Sau khi quấn sợi 5-6 vòng thì dừng máy.
- Ống sau quấn để đóng rắn sơ bộ trên thiết bị quấn khoảng 30 phút, chuyển sang máy sấy khoảng 6 giờ.

- Giữ nguyên ống polyme compozit đã sấy trên khuôn 24 giờ, tiến hành rút ống, để ổn định trước khi kiểm tra.

2.3. Phương pháp thử nghiệm đánh giá

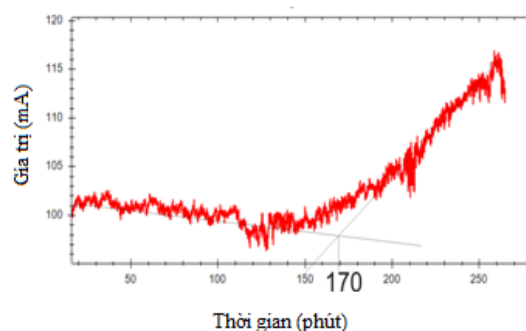
- Xác định thời gian gel hóa trên thiết bị GCT 110.
- Độ bền kéo được xác định theo tiêu chuẩn ISO 527 trên máy DEVOTRANS C511-100KN (Thổ Nhĩ Kỳ). Mẫu được đo ở điều kiện 25°C , tốc độ kéo 2 mm/phút.
- Độ bền uốn được xác định theo tiêu chuẩn ISO 14125 trên máy trên máy DEVOTRANS C511-100KN (Thổ Nhĩ Kỳ). Mẫu được đo ở điều kiện 25°C , tốc độ nén 2 mm/phút.
- Xác định khả năng chịu áp suất của ống compozit bằng cách bơm nước vào trong ống được bịt kín 2 đầu và nén tạo áp suất cho đến khi ống bị phá hủy theo tiêu chuẩn TCVN 9562: 2013.

3. Kết quả và thảo luận

3.1. Nghiên cứu lựa chọn chất đóng rắn dùng để chế tạo ống polyme compozit

1. Khảo sát thời gian gel hóa nhựa epoxy K-153 với chất đóng rắn Metylen diphenyl Diisocyanat (MDI)

Đặt cốc đựng mẫu chứa nhựa epoxy K-153 đã trộn chất đóng rắn MDI vào vị trí đo, lắp cánh khuấy vào động cơ và đưa động cơ vào vị trí khuấy. Khởi động động cơ và khuấy. Kết quả thu được thể hiện trên hình 3.1

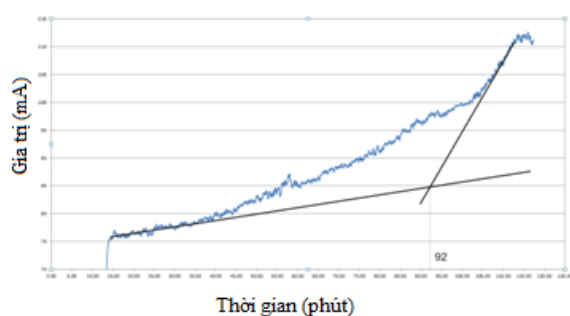


Hình 1. Đồ thị xác định thời gian gel hóa nhựa epoxy K-153 với chất đóng rắn MDI.

Từ hình 1 ta thấy, thời gian đóng rắn của MDI đối với keo epoxy xảy ra dài (170 phút), khi đã xảy ra phản ứng đóng rắn thì tốc độ xảy ra khá nhanh có thể do phản ứng tỏa nhiệt đã tăng tốc cho phản ứng.

2. Khảo sát thời gian gel hóa nhựa epoxy K-153 với chất đóng rắn Polyamit (PA)

Đặt cốc đựng mẫu vào vị trí đo, lắp cánh khuấy vào động cơ và đưa động cơ vào vị trí khuấy. Khởi động động cơ và khuấy. Kết quả thu được thể hiện trong hình 2.

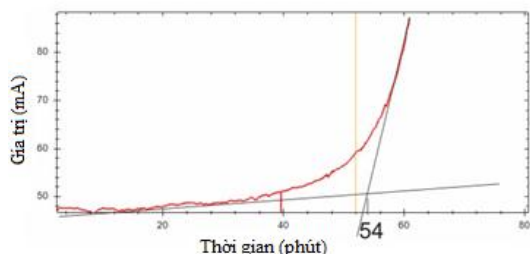


Hình 2. Đồ thị xác định thời gian gel hóa nhựa epoxy K-153 với chất đóng rắn PA.

Hình 2 cho thấy, phản ứng đóng rắn của chất đóng rắn PA đối với nhựa epoxy diễn ra chậm, từ phút 92 trở đi mới xảy ra hiện tượng đóng rắn rõ nét, sau đó, phản ứng vẫn diễn ra chậm có thể do phản ứng tỏa nhiệt ít nên tốc độ của quá trình phản ứng thay đổi chậm.

3. Khảo sát thời gian gel hóa nhựa epoxy K-153 với chất đóng rắn PEPA

Đặt cốc đựng mẫu vào vị trí đo, lắp cánh khuấy vào động cơ và đưa động cơ vào vị trí khuấy. Khởi động động cơ và khuấy. Kết quả thu được thể hiện trong hình 3.



Hình 3. Đồ thị xác định thời gian gel hóa nhựa epoxy K-153 với chất đóng rắn PEPA.

Hình 3 cho thấy, thời gian đóng rắn của PEPA khoảng 54 phút, thời gian này ngắn hơn nhiều so với việc sử dụng chất đóng rắn PA hoặc chất đóng rắn MDI.

Từ việc khảo sát 3 loại chất đóng rắn dùng cho nhựa epoxy K-153, ta thấy:

- Đối với chất đóng rắn MDI, thời gian để gel hóa rất dài, khoảng 170 phút.
- Đối với chất đóng rắn PA, thời gian để gel hóa khá dài, khoảng 92 phút.
- Đối với chất đóng rắn PEPA, thời gian gel hóa khoảng 54 phút.

Như vậy, khi đối chiếu với các thao tác công nghệ trong quá trình quấn ta thấy lựa chọn PEPA làm chất đóng rắn cho keo epoxy khi chế tạo ống polyme compozit phù hợp [6]. Chất đóng rắn PEPA được lựa chọn cho các nghiên cứu tiếp theo.

3.2. Nghiên cứu ảnh hưởng của nhiệt độ sấy đến tính chất cơ lý của vật liệu PC

Để xác định khảo sát ảnh hưởng của nhiệt độ sấy đến tính chất cơ lý của vật liệu polyme compozit trên cơ sở nhựa epoxy K-153 gia cường bằng sợi thủy tinh T-13, sử dụng chất đóng rắn PEPA (tỷ lệ: 100 PKL nhựa epoxy, 10 PKL PEPA), các mẫu được quấn theo góc quấn 55°, sau khi quấn, ống compozit được sấy ở các nhiệt độ: 60 °C, 70 °C, 80 °C, 90 °C, 100 °C trong 6 giờ. Ảnh hưởng của nhiệt độ sấy đến độ bền kéo đứt và độ bền uốn của vật liệu polyme compozit được trình bày ở bảng 1.

Bảng 1. Ảnh hưởng của nhiệt độ sấy đến độ bền kéo đứt và độ bền uốn của vật liệu polyme compozit

Tính chất của vật liệu	Nhiệt độ sấy (°C)				
	60	70	80	90	100
Độ bền kéo đứt, MPa	92,6	98,2	103,3	96,5	82,3
Độ bền uốn, MPa	98,6	102,2	110,8	91,5	78,6

Bảng 1 cho thấy, ảnh hưởng của nhiệt độ đóng rắn đến độ bền uốn và độ bền kéo đứt của vật liệu polyme compozit chế tạo. Ở cùng điều kiện về thời gian gia công, khi tăng nhiệt độ sấy,

độ bền uốn và độ bền kéo đứt đều có xu hướng tăng lên đến một giá trị nhất định thì giảm xuống. Điều này có thể được giải thích như sau: khi nhiệt độ sấy thấp (60 - 80 °C), quá trình đóng rắn diễn ra từ từ, các liên kết ngang hình thành với tốc độ chậm, do đó, chúng có đủ thời gian để sắp xếp theo một trật tự, ứng suất nội nhỏ nên độ bền uốn và độ bền kéo cao hơn. Khi nhiệt độ sấy tăng lên, tốc độ hình thành các liên kết ngang càng cao, suất nội cao hơn nên độ bền uốn và độ bền kéo đứt giảm xuống. Ngoài ra, nhiệt độ đóng rắn cao còn thúc đẩy quá trình lão hóa của vật liệu polyme compozit, do đó, làm suy giảm tính chất cơ lý của vật liệu [7].

3.3. Nghiên cứu ảnh hưởng của góc quấn đến tính chất cơ lý của vật liệu polyme compozit

Mẫu vật liệu polyme compozit được chế tạo gồm 100 PKL keo epoxy K-153, 10 PKL chất đóng rắn PEPA, sợi thủy tinh T-13. Tiến hành khảo sát các góc quấn 25°, 35°, 45°, 55°, 60°. Từ kết quả nghiên cứu ở trên lựa chọn chế độ sấy mẫu ở 80 °C trong 6 giờ; sau đó để ổn định vật liệu polyme compozit trong 120 giờ trước khi đo xác định tính chất cơ lý.

Bảng 2. Ảnh hưởng của góc quấn đến cơ tính của ống polyme compozit

Tính chất vật liệu	Góc quấn (°)				
	25	35	45	55	60
Độ bền kéo đứt, MPa	71,2	86,1	97,6	103,3	101,4
Độ bền uốn, MPa	75,2	93,7	102,5	110,8	107,1

Từ bảng 2 ta thấy, độ bền cơ lý của vật liệu polyme compozit tăng dần khi tăng góc quấn của sợi gia cường và đạt giá trị lớn nhất ở góc quấn 55° cho vật liệu polyme compozit, khi tăng góc quấn sợi lên nữa 60° thì độ bền cơ lý có xu hướng giảm xuống.

3.4. Nghiên cứu ảnh hưởng của thời gian để ổn định sau khi sấy đến khả năng chịu áp suất của ống polyme compozit

Chế tạo các mẫu ống polyme compozit được quấn 6 vòng sợi (chiều dày 1,2 mm) ở góc 55°,

sau đó sấy 6 giờ ở nhiệt độ 80 °C, để ổn định ở nhiệt độ phòng. Sau 48 giờ, 72 giờ, 96 giờ, 120 giờ và 144 giờ, lấy mẫu đem thử khả năng chịu áp suất của ống compozit.

Kết quả thử nghiệm được thể hiện trong bảng 3.

Bảng 3. Ảnh hưởng của khả năng chịu áp suất vào thời gian để ổn định của ống compozit

Điều kiện thử nghiệm	Thời gian để ổn định ở nhiệt độ phòng, giờ				
	48	72	96	120	144
Khả năng chịu áp suất tối đa, MPa	18	25	27	32	32

Từ bảng 3 cho thấy, ống PC sau chế tạo, giữ ở nhiệt độ phòng trong thời gian 96 giờ vẫn chưa ổn định, từ khoảng 120 giờ tính chất của vật liệu mới ổn định, ống có khả năng chịu áp suất lớn nhất. Điều này có thể được giải thích là do ở thời gian nhỏ hơn 96 giờ, mức độ đóng rắn chưa hoàn toàn, đến khoảng 120 giờ, mức độ đóng rắn của nhựa epoxy là cao nhất, các tính chất của vật liệu đã ổn định [8].

4. Kết luận

- Quấn ống polyme compozit trên cơ sở nhựa epoxy K-153, chất đóng rắn PEPA với tỷ lệ 10 PKL là thích hợp.

- Nhiệt độ 80°C là nhiệt độ thích hợp nhất để sấy vật liệu PC trên cơ sở nhựa epoxy K-153, chất đóng rắn PEPA, vải và sợi thủy tinh mac T-13.

- Cơ tính của ống polyme compozit trên cơ sở nhựa epoxy K-153 đạt giá trị cao nhất khi góc quấn sợi khoảng 55°, khi đó, độ bền kéo đứt đạt 103,3 MPa, độ bền uốn đạt 110,8 MPa.

- Ống polyme compozit chiều dày 1,2 mm có khả năng chịu áp suất lớn nhất 32 at sau khi gia công, sấy và để ổn định ở nhiệt độ phòng sau khoảng thời gian 120 giờ.

Lời cảm ơn

Công trình được này sử dụng kết quả nghiên cứu của đề tài do Viện Công nghệ chủ trì.

Tài liệu tham khảo

- [1] M.J. Mochane, T.C. Mokhena, T.H. Mokhothu, Recent progress on natural fiber hybrid composites for advanced applications: A review, *eXPRESS Polymer Letters* 13 (2) (2019) 159-198.
- [2] J. Kim, H.J. Yoon, K. Shin, A study on crushing behaviors of composite circular tubes with different reinforcing fibers, *International Journal of Impact Engineering* 38 (4) (2014) 198-207.
- [3] T.D. Jagannatha1, G. Harish, Mechanical Properties of carbon/ glass fiber reinforced epoxy hybrid polymer composites, *Journal of Reinforced Plastics and Composites* 4 (2) (2015) 131-137.
- [4] Vitalii Bezgin, Agata Dudek, Composites based on high-molecular weight epoxy resin modified with polysulfide rubber, *Composite Theory and practice* 17 (2) (2017) 79-83.
- [5] Abdouss, Majid, Farajpour, Tohid, Derakhshani, Morteza, The Effect of Epoxy-Polysulfide Copolymer Curing Methods on Mechanical-Dynamical and Morphological Properties, *Iran. J. Chem. Chem. Eng.* 30 (4) (2011) 37-44.
- [6] G. Devendhar Rao, K. Srinivasa Reddy, P. Raghavendra Rao, Mechanical properties of E-glass fiber reinforced epoxy composites with SnO₂ and PTFE, *International Journal of Emerging Research in Management and Technology* 6 (7) (2017) 208-214.
- [7] Hu Dayong, Jialiang Yang, Experimental study on crushing characteristics of brittle fibre/epoxy hybrid composite tubes, *International Journal of Crashworthiness* 15 (4) (2010) 401-412 .
- [8] G.U. Raju, S. Kumarappa, Experimental Study on Mechanical and Thermal Properties of Epoxy Composites Filled with Agricultural Residue, *Polymers from Renewable Resources* 3 (3) (2012) 118-138.