

NGHIÊN CỨU KHẢ NĂNG CHẢY NHỚT, TÍNH CHẤT LƯU BIẾN CỦA VẬT LIỆU NANOCOMPOZIT EVA/EVAgAM/NANOSILICA

Đỗ Quang Thắm, Nguyễn Thúy Chinh, Thái Hoàng*

*Viện Kỹ thuật nhiệt đới, Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam,
số 18 Hoàng Quốc Việt, Cầu Giấy, Hà Nội*

*Email: hoangth@itt.vast.vn

Đến Tòa soạn: 24/4/2014; Chấp nhận đăng: 17/9/2014

TÓM TẮT

Vật liệu nanocompozit trên cơ sở etylen vinyl axetat EVA (18 % vinyl axetat) không có và có EVAgAM (EVA ghép anhydrit maleic) và nanosilica (với hàm lượng 2 - 4 %) được chế tạo bằng phương pháp trộn nóng chảy trên thiết bị trộn nội Haake. Mô men xoắn khi trộn vật liệu nanocompozit được ghi và xử lý bằng phần mềm Polylab V 4.1. Tính chất lưu biến của vật liệu nanocompozit EVA/nanosilica không có và có EVAgAM được xác định bằng máy đo lưu biến CVOR 150 với hệ gá mẫu 2 tấm phẳng song song đo theo nhiệt độ và theo tần số của ứng suất. Kết quả thu được cho thấy mô men xoắn khi trộn tỉ lệ thuận với độ nhớt chảy của vật liệu xác định ở cùng một nhiệt độ. Độ nhớt chảy của vật liệu nanocompozit tỉ lệ thuận với hàm lượng nanosilica, EVAgAM làm tăng độ nhớt chảy của vật liệu nanocompozit EVA/nanosilica. Khi tăng hàm lượng nanosilica, đặc trưng đàn nhớt giống chất rắn (solid-like) của vật liệu nanocompozit tăng, điểm giao cắt giữa mô đun tích trữ (G') và mô đun tổn hao (G'') của vật liệu nanocompozit dịch chuyển về phía vùng tần số nhỏ hơn. Kết quả tương tự cũng thu được với vật liệu nanocompozit EVA/nanosilica có 1 % EVAgAM. EVAgAM đóng vai trò là chất tương hợp tăng cường khả năng kết dính giữa nanosilica và nền EVA.

Từ khóa: nanocompozit EVA/nanosilica, nanosilica, EVAgAM, lưu biến, độ nhớt chảy.

1. MỞ ĐẦU

Copolymer etylen vinyl axetat (EVA) được ứng dụng trong nhiều lĩnh vực khác nhau như sản xuất giấy da, màng bao gói, dây/cáp điện và chất kết dính [1]. EVA có nhiều ưu điểm như bền xé tốt, mềm dẻo ở nhiệt độ thấp, dễ gắn dán, có khả năng phối trộn với nhiều loại chất độn với hàm lượng lớn [1, 2]. Tuy nhiên, trong nhiều ứng dụng, EVA cần được kết hợp với một polymer khác hoặc các chất phụ gia nhằm cải thiện một số tính chất của EVA [2 - 5].

Các nghiên cứu sử dụng nanosilica cho nền EVA đã cho thấy nanosilica có khả năng tăng cường các tính chất lưu biến, khả năng chống cháy, độ thấm thấu chọn lọc của EVA [6 - 8]. Bằng phương pháp trộn nóng chảy, K. Mukhopadhyay và cộng sự đã chế tạo vật liệu composit trên cơ sở EVA (45 % VA) và nanosilica kết tủa với hàm lượng 30 - 40 phk (so với EVA - 100 phk) [3]. P. Cassagnau đã chế tạo vật liệu nanocompozit EVA/silica, EVA chứa 60 % nhóm VA và bột Aerosil không xốp (*non-porous Aerosil*) [7 - 8]. Trong các công bố trên, các tác giả đã nghiên cứu về đặc trưng đàn nhớt của vật liệu nanocompozit EVA/silica ở trạng thái chảy nhớt.

Một kết quả đáng chú ý trong công trình này là các mô đun tích trữ và mô đun tổn hao (G' và G'') cũng như độ nhớt chảy của vật liệu nanocompozit EVA/silica đều tăng theo hàm lượng nanosilica. Tuy nhiên, các tác giả chưa đề cập đến mối quan hệ giữa độ nhớt chảy của vật liệu composit EVA/silica với giá trị mô men xoắn khi trộn EVA ở trạng thái nóng chảy với nanosilica.

Trong các bài báo công bố trước đây, chúng tôi đã nghiên cứu tính chất của vật liệu nanocompozit trên cơ sở EVA (10 % VA) và nanosilica có và không có EVAgAM chế tạo bằng phương pháp trộn nóng chảy [9, 10]. Các kết quả cho thấy nanosilica làm tăng mô men xoắn ổn định của EVA. Chỉ cần sử dụng với hàm lượng nhỏ nanosilica (dưới 5 %), độ bền cơ học, độ bền nhiệt của EVA được cải thiện đáng kể, tuy nhiên khả năng gia cường của nanosilica có xu hướng giảm khi hàm lượng ≥ 4 % [10]. EVAgAM tăng khả năng tương tác giữa EVA và nanosilica [10]. Bài báo này trình bày kết quả nghiên cứu khả năng chảy nhớt và tính chất lưu biến của vật liệu nanocompozit trên cơ sở EVA (18 %VA), nanosilica và sử dụng EVAgAM như một chất tương hợp. Kết quả của bài báo góp phần định hướng nghiên cứu khả năng gia công vật liệu ứng dụng trong lĩnh vực vật liệu cách điện. Mối tương quan giữa độ nhớt chảy tương đối (xác định bằng thiết bị Haake) và độ nhớt phức của vật liệu nanocompozit EVA/nanosilica có và không có EVAgAM (xác định bằng thiết bị lưu biến CVOR 150) cũng được trình bày và thảo luận chi tiết.

2. THỰC NGHIỆM

2.1. Nguyên liệu và hóa chất

Copolymer etylen-vinylaxetat (EVA) là sản phẩm thương mại của Công ty Taisox, (Đài Loan, Trung Quốc) ở dạng hạt, hàm lượng vinyl axetat 18 %, nhiệt độ nóng chảy 80 – 90 °C, khối lượng riêng 0,93 g/cm³, chỉ số chảy 2,5 g/10 phút (ở 190 °C, tải trọng 2,16 kg). EVA ghép anhydrit maleic (EVAgAM) là sản phẩm thương mại của Công ty Hanwha, Hàn Quốc, ở dạng hạt, hàm lượng AM ghép vào EVA 0,5 %. Nanosilica dạng bột mịn, độ tinh khiết 99,8 %, kích thước hạt trung bình 12 nm, diện tích bề mặt riêng khoảng 175 - 225 m²/g (xác định bằng phương pháp BET), là sản phẩm thương mại của hãng Sigma-Aldrich.

2.2. Chế tạo vật liệu nanocompozit EVA/nanosilica không có và có EVAgAM

Nguyên liệu gồm: EVA, nanosilica với các hàm lượng X = 2, 3, 4 %; EVAgAM với hàm lượng G = 1 % (so với khối lượng EVA) được trộn trong máy trộn nội Haake (Đức) ở 160 °C, thời gian trộn 5 phút, tốc độ quay của roto 50 vòng/phút. Kết thúc quá trình trộn, hỗn hợp nhựa nóng chảy được lấy ra khỏi buồng trộn và ép phẳng trên máy ép thủy lực Toyoseiky (Nhật Bản) ở nhiệt độ 160 °C trong 3 phút, với lực ép 12 - 15 MPa. Mẫu ép được để nguội và bảo quản ở điều kiện chuẩn ít nhất 24 giờ trước khi xác định các tính chất. Các mẫu vật liệu nanocompozit EVA/nanosilica không có và có EVAgAM được kí hiệu tương ứng là: EVA_{silX} và EVA_{silX}G₁, trong đó X là hàm lượng nanosilica và g₁ kí hiệu cho 1% hàm lượng EVAgAM.

2.3. Các phương pháp và thiết bị nghiên cứu

Khả năng chảy nhớt của vật liệu nanocompozit EVA_{silX} và EVA_{silX}G₁ trong quá trình trộn nóng chảy được phản ánh trên giản đồ mô men xoắn theo thời gian trộn hoặc nhiệt độ, ghi và xử lí tính toán bởi phần mềm PolyLab 4.1 kết nối với thiết bị trộn nội.

Các tính chất lưu biến của vật liệu nanocompozit EVAsilX và EVAsilXg1 được xác định trên máy lưu biến Rheometer CVOR 150 (Vương quốc Anh). Hệ gá mẫu được sử dụng là hệ 2 đĩa phẳng có đường kính 25 mm (plate-plate geometry). Các mô đun tích trữ và tổn hao G' và G'' được xác định ở nhiệt độ 140°C, tần số của ứng suất tác động thay đổi, 0,5 - 40 Hz, với biên độ ứng suất 2000 Pa. Độ nhớt phức η^* được xác định trong khoảng nhiệt độ 110 - 160 °C, tốc độ tăng nhiệt độ 5 °C/phút, tần số và biên độ của ứng suất tác động là 1 Hz và 2000 Pa.

Độ tương quan (R) giữa mô men xoắn (M) của vật liệu nanocompozit EVAsilX và EVAsilXg1 với độ nhớt phức (η^*) của vật liệu ở một nhiệt độ xác định được tính theo công thức phổ biến như sau (sử dụng hàm *correl* trong Microsoft Excel):

$$R = \frac{\sum_i (M_i - \bar{M})(\eta_i^* - \bar{\eta}^*)}{\sqrt{\sum_i (M_i - \bar{M})^2 \sum_i (\eta_i^* - \bar{\eta}^*)^2}}$$

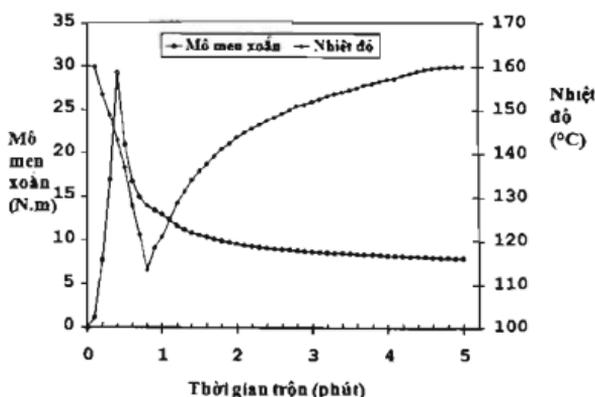
trong đó: $i = 2, 3, 4$ là chỉ số thể hiện hàm lượng nanosilica.

Quá trình xác định mô men xoắn và các tính chất lưu biến được tiến hành tại Viện Kỹ thuật nhiệt đới, Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam.

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

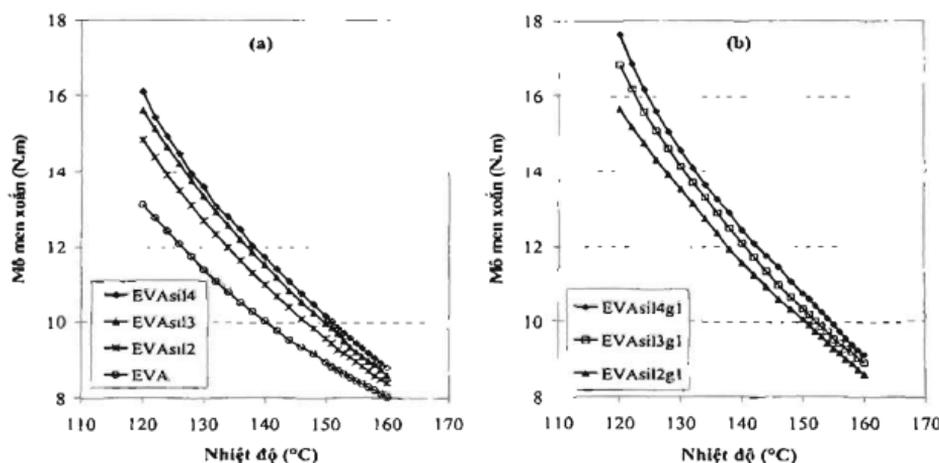
3.1. Khả năng chảy nhớt

Sự biến đổi mô men xoắn của vật liệu polyme composít theo thời gian trộn phụ thuộc vào nhiệt độ của khối nguyên liệu trong buồng trộn và đạt đến trạng thái ổn định khi nhiệt độ ổn định [11 - 15]. Hình 1 là giản đồ mô men xoắn khi trộn EVA và sự biến đổi nhiệt độ của buồng trộn theo thời gian. Lúc đầu nhiệt độ của buồng trộn giảm xuống và đạt cực tiểu ở 115 °C (do sự hấp thụ nhiệt ban đầu của nguyên liệu). Sau đó, nhiệt độ của buồng trộn tăng dần từ 115 °C và ổn định ở 160 °C. Do đó, trong các nghiên cứu tiếp theo, khả năng chảy nhớt của vật liệu nanocompozit EVAsilX và EVAsilXg1 được đánh giá theo sự biến đổi của mô men xoắn theo nhiệt độ từ 120 - 160 °C tương ứng với thời gian trộn từ 1 - 5 phút.



Hình 1. Giản đồ mô men xoắn và sự biến đổi nhiệt độ trộn của EVA theo thời gian.

Hình 2 (a và b) cho thấy mô men xoắn của vật liệu nanocompozit EVAsilX và EVAsilXgI đều giảm khi tăng nhiệt độ từ 120 °C đến 160 °C. Xu hướng biến đổi này cũng giống như đối với EVA (Hình 1), do khả năng linh động của các đại phân tử EVA ở trạng thái nóng chảy tăng theo nhiệt độ. Tuy nhiên, khi trộn với nanosilica, các đường cong mô men xoắn của vật liệu nanocompozit EVAsilX và EVAsilXgI có sự khác nhau, đó là sự tăng mô men xoắn theo hàm lượng nanosilica (ở mỗi một nhiệt độ xác định). Nghĩa là khả năng chảy nhớt của vật liệu nanocompozit EVAsilX và EVAsilXgI giảm khi tăng hàm lượng nanosilica. Nguyên nhân của hiện tượng này là do sự phân tán và bám dính của các hạt nanosilica với nền EVA trong quá trình trộn nóng chảy đã làm giảm độ linh động của các đại phân tử EVA, dẫn đến sự tăng ma sát nội của dòng polyme nóng chảy. So sánh Hình 2a và 2b có thể thấy mô men xoắn của vật liệu nanocompozit EVAsilXgI lớn hơn so với vật liệu nanocompozit EVAsilX tương ứng ở cùng một nhiệt độ xác định. Điều này thể hiện vai trò tương hợp của EVAgAM (tăng khả năng phân tán và bám dính của nanosilica trong nền EVA nhờ các liên kết hydro mới và tương tác lưỡng cực được hình thành giữa các nhóm chức C-O, C=O của EVAgAM với các nhóm silanol trên bề mặt của nanosilica) [10].



Hình 2. Sự biến đổi mô men xoắn theo nhiệt độ của (a) EVA và vật liệu nanocompozit EVAsilX; (b) vật liệu nanocompozit EVAsilXgI (Hàm lượng nanosilica X = 2; 3 và 4 %).

Bảng 1 cho thấy mô men xoắn ổn định của vật liệu nanocompozit EVAsilX, EVAsilXgI xác định ở 160°C tăng theo hàm lượng nanosilica (X), nghĩa là lực xoắn mà động cơ trộn truyền đến roto tăng ($F = M_r/d$, với d là đường kính trục roto, $d = 0,02$ mét). Tuy nhiên, độ tăng của lực xoắn khi trộn nóng chảy EVA với nanosilica có và không có EVAgAM tăng không nhiều và vật liệu nanocompozit EVAsilX, EVAsilXgI có thể gia công dễ dàng ở 160 °C, tốc độ quay 50 vòng/phút như đối với EVA.

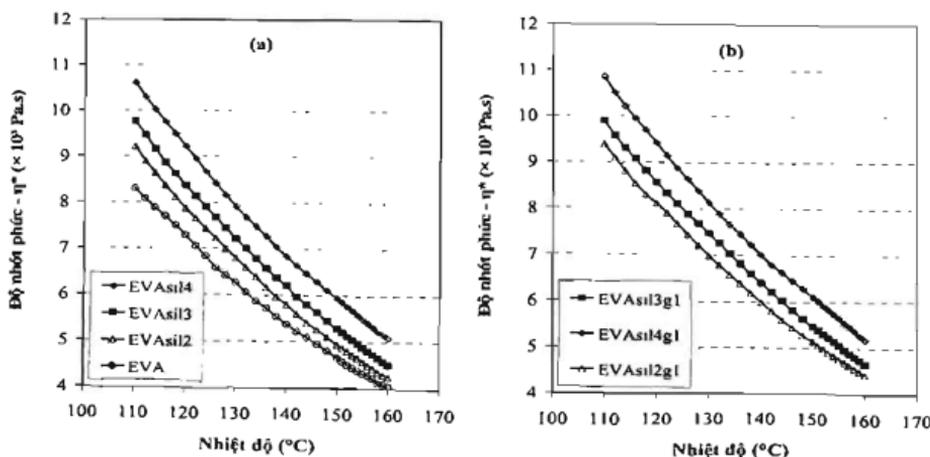
Bảng 1. Mô men xoắn ổn định (ở 160 °C) của EVA và vật liệu nanocompozit EVAsilX và EVAsilXg1.

Hàm lượng nanosilica (%)	Mô men xoắn ổn định M_s (N.m) của vật liệu nanocompozit		Lực xoắn F (N) của roto khi trộn vật liệu nanocompozit	
	EVAsilX	EVAsilXg1	EVAsilX	EVAsilXg1
0	8,04	-	402	-
2	8,41	8,61	421	431
3	8,61	8,92	431	446
4	8,82	9,13	441	457

3.2. Tính chất lưu biến

Hình 3 cho thấy độ nhớt phức ở trạng thái chảy nhớt (độ nhớt chảy) của EVA và vật liệu nanocompozit EVAsilX đều giảm theo nhiệt độ. Độ nhớt chảy của vật liệu nanocompozit EVAsilX lớn hơn so với EVA và tăng theo hàm lượng nanosilica (Hình 3a) [7, 8, 16]. Kết quả này cũng tương tự như khảo sát sự biến đổi mô men xoắn của vật liệu nanocompozit EVAsilX theo nhiệt độ ở mục 3.1. Các hạt nanosilica phân tán vào nền EVA đã cản trở khả năng trượt và đứt của các mạch EVA khi có ứng suất tác động ở trạng thái nóng chảy. Khi có chất tương hợp EVAgAM, độ nhớt phức của vật liệu nanocompozit EVAsilXg1 cũng tăng theo hàm lượng nanosilica (Hình 3b). Rõ ràng là EVAgAM làm tăng độ nhớt phức của vật liệu nanocompozit EVAsilX.

Các kết quả được trình bày ở các Hình 2 và 3 cho thấy mô men xoắn ổn định và độ nhớt phức của vật liệu nanocompozit EVAsilX và EVAsilXg1 đều tăng theo hàm lượng nanosilica. Mặc dù rất khó có thể tính toán được độ nhớt chảy của vật liệu nanocompozit EVAsilX thông qua giá trị mô men xoắn bởi sự phức tạp của hình dạng roto và sự chảy rôi của vật liệu nóng chảy khi trộn [13 - 15].



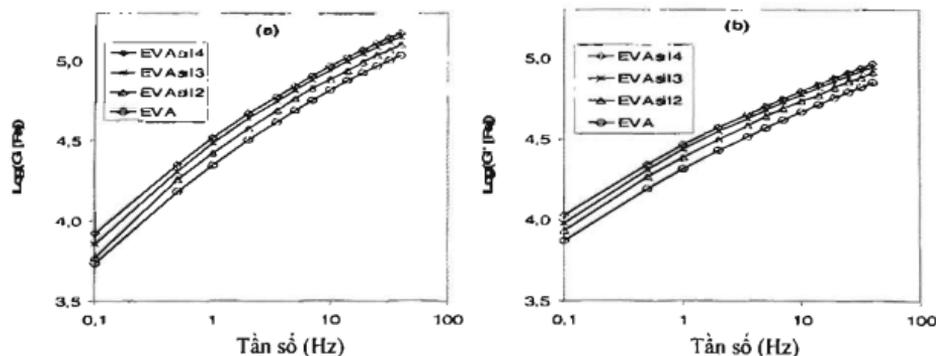
Hình 3. Sự biến đổi độ nhớt phức theo nhiệt độ của (a): EVA và vật liệu nanocompozit EVAsilX; (b): vật liệu nanocompozit EVAsilXg1 với các hàm lượng nanosilica khác nhau.

Do đó, để làm rõ mối quan hệ giữa các giá trị mô men xoắn (M) và độ nhớt phức (η^*), độ tương quan (R) giữa 2 tính chất trên theo hàm lượng nanosilica đã được xác định và thể hiện ở Bảng 2. Có thể thấy độ tương quan R nằm trong khoảng 0,920 - 0,998, ứng với mức độ tương quan chặt chẽ. Nghĩa là mô men xoắn khi trộn ở trạng thái nóng chảy của vật liệu nanocompozit EVAsilX và EVAsilXg1 tỉ lệ thuận với độ nhớt phức của vật liệu ở cùng một nhiệt độ. Kết quả này đã chứng minh giá trị mô men xoắn khi trộn ở trạng thái nóng chảy, thường được gọi là độ nhớt chảy tương đối, tỉ lệ thuận với độ nhớt phức của vật liệu [9, 13, 14].

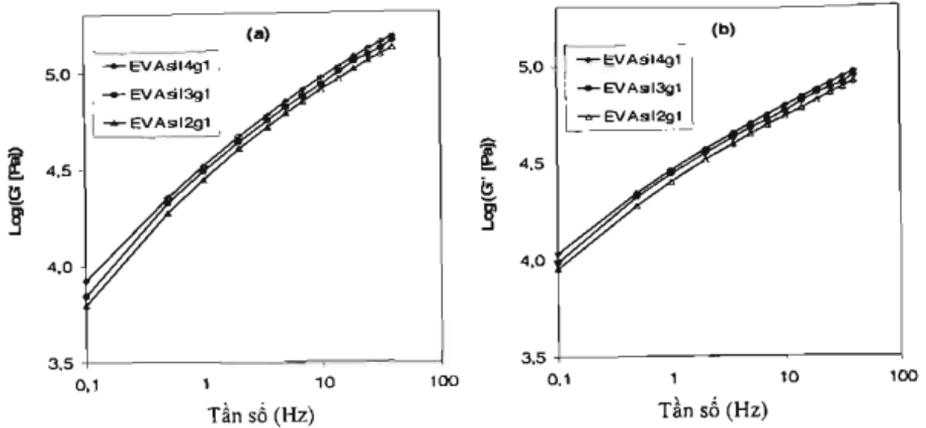
Bảng 2. Độ tương quan (R) giữa M và η^* của vật liệu nanocompozit EVAsilX, EVAsilXg1 theo nhiệt độ.

Nhiệt độ (°C)	Giá trị độ tương quan $R(M, \eta^*)$ của vật liệu nanocompozit	
	EVAsilX	EVAsilXg1
120	0,925	0,961
130	0,921	0,985
140	0,936	0,974
150	0,920	0,997
155	0,976	0,998
160	0,978	0,947

Hình 4 biểu diễn mô đun tích trữ (G'), mô đun tổn hao (G'') của EVA, vật liệu nanocompozit EVAsilX và cho thấy sự tăng đơn điệu của các mô đun G' và G'' theo tần số [7, 8, 17]. Hình 5 cũng thể hiện rõ khi tăng hàm lượng nanosilica cũng như khi có EVAqAM, mô đun G' (ở cùng một tần số) của vật liệu nanocompozit EVAsilX tăng. Kết quả này được giải thích bởi sự phân tán và bám dính tốt của các hạt nanosilica với nền EVA khi có EVAqAM như một chất tương hợp tăng cường khả năng tương tác giữa nanosilica và EVA.



Hình 4. Sự biến đổi mô đun tích trữ (G') và mô đun tổn hao (G'') theo nhiệt độ của EVA và vật liệu nanocompozit EVAsilX.



Hình 5. Sự biến đổi mô đun tích trữ (G') và mô đun tổn hao (G'') theo nhiệt độ của vật liệu nanocompozit EVA/silXg1 (có 1% EVAgAM).

Tuỳ thuộc vào bản chất, vật liệu có đặc trưng đàn nhớt giống chất lỏng (liquid-like) khi $G' < G''$ hoặc giống chất rắn (solid-like) khi $G' > G''$. Trong nghiên cứu này, tần số f_x xác định được ứng với điểm giao cắt giữa G' và G'' ($G' = G''$) của vật liệu nanocompozit EVA/silX và EVA/silXg1. Bảng 3 cho thấy khi tăng hàm lượng nanosilica, tần số f_x của vật liệu nanocompozit dịch về phía tần số thấp hơn so với EVA. Điều này có nghĩa là vật liệu nanocompozit EVA/silX và EVA/silXg1 có đặc trưng đàn nhớt giống chất rắn tăng theo hàm lượng nanosilica và mạnh hơn so với EVA.

Bảng 3. Tần số ứng với $G' = G''$ của EVA và vật liệu nanocompozit EVA/silX và EVA/silXg1.

Hàm lượng nanosilica (%)	Tần số f_x (Hz) xác định tại $G' = G''$ của	
	Nanocompozit EVA/silX	Nanocompozit EVA/silXg1
0	0,61	-
2	0,58	0,52
3	0,50	0,48
4	0,38	0,37

4. KẾT LUẬN

Trong khoảng hàm lượng nanosilica khảo sát từ 2 - 4 %, độ nhớt phức ở trạng thái nóng chảy (độ nhớt chảy) của vật liệu nanocompozit EVA/nanosilica và EVA/1%EVAgAM/nanosilica tỉ lệ thuận với hàm lượng nanosilica. EVAgAM làm tăng độ nhớt chảy của vật liệu nanocompozit EVA/nanosilica. Kết quả thu được cho thấy mô men xoắn khi trộn nóng chảy vật liệu nanocompozit EVA/silica không có và có EVAgAM tỉ lệ thuận với độ nhớt chảy của các vật liệu tương ứng.

Khi hàm lượng nanosilica đưa vào EVA tăng từ 2 - 4 %, đặc trưng đàn nhớt của vật liệu nanocompozit EVA/nanosilica tăng giống chất rắn (solid - like). Ở vùng tần số khảo sát $f > f_x$, mô đun G' và G'' của vật liệu nanocompozit EVA/nanosilica tăng theo hàm lượng nanosilica. EVAgAM đóng vai trò của chất tương hợp giữa EVA và nanosilica góp phần tăng các mô đun G' và G'' của vật liệu nanocompozit EVA/nanosilica.

Lời cảm ơn. Công trình này được tài trợ bởi Quỹ Phát triển Khoa học và Công nghệ Quốc gia (NAFOSTED), mã số 104.04-2010.02.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Ken G., A. Pizzi and Mittal K. L. - Handbook of Adhesive Technology, Revised and Expanded, CRC Press, New York, USA, 2003.
2. Wang B., Wang X. F., Tang G., Shi Y. Q., Hu W. Z., Lu H. D., Song L. - Preparation of silane precursor microencapsulated intumescent flame retardant and its enhancement on the properties of ethylene-vinyl acetate copolymer cable, Composites Science and Technology **72** (2012) 1042-1048.
3. Mukhopadhyay K., Tripathy D. K., and De S. K. - Wear, tear and tensile failure of silica-filled ethylene vinyl acetate rubber, Wear **152** (1) (1992) 111-125.
4. Diao H. Z., Dong C., Xianyou L. Z. - Effect of surface-treated nanosilica on thermal behavior and flame retardant properties of EVA/ATH composites, ICSD '07 IEEE International Conference on Solid Dielectrics, 8-13 July 2007, Winchester, UK, 2007.
5. Fu M., Qu B. - Synergistic flame retardant mechanism of fumed silica in ethylene-vinyl acetate/magnesium hydroxide blends, Polymer Degradation and Stability **85** (1) (2004) 633-639.
6. Sadeghi M., Khanbabaee G., Dehghani A.H. Saeedi, Sadeghi Mohammad, Aravand M.A., Akbarzade M., Khatti S. - Gas permeation properties of ethylene vinyl acetate-silica nanocomposite membranes, Journal of Membranes Science **322** (2008) 423 - 428.
7. Cassagnau P., Melis F. - Non-linear viscoelastic behaviour and modulus recovery in silica filled polymers, Polymer International **44** (2003) 6607 - 6615.
8. Cassagnau P. - Payne effect and shear elasticity of silica-filled polymers in concentration solutions and molten state, Polymer International **44** (2003) 2455 - 2462.
9. Thai Hoang, Nguyen Thuy Chinh, Bui Ngoc Son, Nguyen Thi Thu Trang - The effect of nanosilica on relative melt viscosity and mechanical properties of ethylene vinyl acetate copolymer, Journal of Science and Technology **50** (1A) (2012) 547-553.
10. Thai Hoang, Nguyen Thuy Chinh, Nguyen Thi Thu Trang, To Thi Xuan Hang, Dinh Thi Mai Thanh, Dang Viet Hung, Chang-Sik Ha, Maclenn Aufray - Effects of maleic anhydride grafted ethylene/vinyl acetate copolymer (EVA) on properties of EVA/silica nanocomposites, Macromolecular Research **21** (11) (2013) 1210-1217.
11. Kim S.J., Shin B.S., Hong J.L., Cho W.-J., Ha C.S. - Reactive compatibilization of the PBT/EVA blend by maleic anhydride, Polymer **42** (9) (2001) 4073-4080.
12. Kim S. K., Kang J. H., Choe Y., Chang Y. W. - Structure and properties of the organoclay filled NR/BR nanocomposites, Macromolecular Research **14** (2) (2006) 187-193.

13. Al-Saleh M. H., Sundararaj U. Processing-microstructure-property relationship in conductive polymer nanocomposites, *Polymer* **51** (12) (2010) 2740-2747.
14. Durmus A., Kasgoz A., Macosko C. W. - Linear low density polyethylene (LLDPE)/clay nanocomposites. Part I: Structural characterization and quantifying clay dispersion by melt rheology, *Polymer* **48** (15) (2007) 4492-4502.
15. Chen C. H., Teng C. C., Tsai M. S., and Yen F. S. - Preparation and characterization of rigid poly (vinyl chloride)/MMT nanocomposites. II. XRD, morphological and mechanical characteristics, *Journal of Polymer Science Part B: Polymer Physics* **44** (15) (2006) 2145-2154.
16. Chen Z., P. Fang, Wang H., Zhang S., Wang S. - Property of ethylene vinyl acetate copolymer in melting processing, *Journal of Applied Polymer Science* **101** (2006) 2022-2026.
17. Lee H. M., Park B. J., Choi H. J., Gupta R. K., Bhattachary S. N. - Preparation and rheological characteristics of ethylene-vinyl acetate copolymer/organoclay nanocomposites, *Journal of Macromolecular Science, Part B* **46** (2) (2007) 261-273.

ABSTRACT

STUDY ON BEHAVIOUR OF MELT MIXING TORQUE, RHEOLOGY PROPERTIES OF EVA/EVAgAM/NANOSILICA NANOCOMPOSITES

Do Quang Tham, Nguyen Thuy Chinh, Thai Hoang*

*Institute for Tropical Technology, Vietnam Academy of Science and Technology,
18 Hoang Quoc Viet, Cau Giay dist., Hanoi*

*Email: hoangth@itt.vast.vn

The nanocomposites based on ethylene vinyl acetate EVA (18 % vinyl acetate group) without and with EVAgAM (EVA graft anhydride maleic) and nanosilica were prepared by melt mixing in a Haake intermixer. The melt mixing torque of the nanocomposites was recorded and reviewed by Polylab V 4.1 software. Rheological properties of the EVA/nanosilica nanocomposites were investigated using a CVOR 150 rotational rheometer with parallel-plate geometry in both temperature sweep and frequency sweep modes. The obtained results showed that melt mixing torque of the nanocomposites was proportional to the complex viscosity at a certain temperature. The melt viscosity of the nanocomposites was proportional to nanosilica content and EVAgAM contributed to increase the melt viscosity of EVA/nanosilica nanocomposites. With the increase of nanosilica content (2 - 4 %), the nanocomposites exhibited stronger solid-like behaviour, the crossover point (storage modulus G' = loss modulus G'') shifted towards the lower frequency region of G' and G'' . The same result was observed for the EVA/nanosilica nanocomposites with 1 wt.% EVAgAM. The storage modulus (G'), which is the index of elasticity, increased with nanosilica content due to strong interaction between EVA and nanosilica, EVAgAM also increased G' modulus of EVA/nanosilica nanocomposites. EVAgAM played as a compatibilizer for improving dispersion and adhesion between nanosilica and EVA matrix.

Keywords. EVA/nanosilica nanocomposites, nanosilica, EVAgAM, rheology, viscosity.