

MỘT SỐ TÍNH CHẤT CƠ, HÌNH THÁI CẤU TRÚC VÀ KHẢ NĂNG CHỐNG CHÁY CỦA VẬT LIỆU TỔ HỢP POLYVINYLCLORUA/TRO BAY BIẾN TÍNH BẰNG HỢP CHẤT SILAN

**Thái Hoàng^{*}, Nguyễn Thúy Chinh, Nguyễn Thị Thu Trang, Đỗ Quang Thắm,
Trần Thị Thanh Vân**

Viện Kỹ thuật nhiệt đới, Viện HLKHCNVN, 18 Hoàng Quốc Việt, Cầu Giấy, Hà Nội

^{*}Email: *hoangth@itt.vast.vn*

Đến Tòa soạn: 25/4/2013; Chấp nhận đăng: 10/11/2013

TÓM TẮT

Bài báo này sử dụng tro bay chưa biến tính (FAs) và tro bay biến tính vinyltriethoxy silan (VTES) và 3-glycidopropyltriethoxy (GPTEs) silan (MFA) để chế tạo vật liệu tổ hợp trên cơ sở nền polyvinylclorua (PVC). Các tính chất cơ học và khả năng chống cháy của vật liệu tổ hợp được xác định theo các tiêu chuẩn ASTM D638 và UL-94 VB. Hình thái cấu trúc của vật liệu tổ hợp được khảo sát bằng phương pháp hiển vi điện tử quét phát xạ trường (FESEM). Kết quả thu được cho thấy vật liệu tổ hợp PVC/FAs có độ bền kéo đứt và độ dẫn dài khi đứt thấp hơn so với nền PVC có mặt chất hóa dẻo dioctyl phthalat (DOP). Khi sử dụng MFA, độ bền kéo đứt và độ dẫn dài khi đứt của vật liệu tổ hợp PVC/MFA được cải thiện đáng kể, tăng tới 16,1 % và 23,6 % khi so sánh với vật liệu tổ hợp PVC/FAs. Ảnh FESEM cho thấy các hạt MFA phân tán đồng đều hơn trong nền PVC so với các hạt FAs. Vật liệu tổ hợp PVC/FAs có tổng thời gian cháy lớn hơn so với vật liệu tổ hợp PVC/MFA ở cùng một hàm lượng tro bay khảo sát (5 - 15 % kl).

Từ khóa: tro bay, polyvinylclorua, vinyltriethoxysilan, 3-glycidopropyltriethoxysilan, khả năng chống cháy.

1. MỞ ĐẦU

Tro bay là sản phẩm phế thải từ các nhà máy nhiệt điện. Theo ước tính trên thế giới mỗi năm có 400 m³ tro bay được thải ra môi trường. Ở Việt Nam, mỗi năm các nhà máy nhiệt điện thải ra khoảng 2,3 triệu tấn tro bay và dự kiến năm 2015, tổng trữ lượng tro bay của các nhà máy nhiệt điện đốt than lên tới 5 triệu tấn/năm [1]. Như vậy, người ta sẽ phải sử dụng một diện tích khá lớn ao hồ, đất canh tác nông nghiệp để làm diện tích chứa lượng phế thải này. Tro bay có các ưu điểm nổi bật là nhẹ, tính chất cơ học cao, đặc biệt là độ cứng, mô đun và độ bền nén lớn. Ngoài ra, nó rất bền nhiệt, chống được co ngót kích thước, bền với các loại hoá chất, giá thành rẻ... [2]. Do vậy, tro bay có thể được tận dụng làm chất độn trong nhiều lĩnh vực kỹ thuật như xi măng, bê tông, nhựa và cao su... Do sự khác nhau về cấu tạo và cấu trúc hóa học nên người ta thường biến tính tro bay trước khi đưa tro bay vào polyme như polyetylen, polypropylene, nhựa

epoxy để tăng khả năng phân tán của tro bay trong nền polyme và cải thiện một số tính chất của polyme [3 - 5]. Fenglin Yang và cộng sự đã nghiên cứu khả năng mài mòn của vật liệu tổ hợp polyvinylclorua (PVC) sử dụng tro bay phối hợp với CaCO_3 , B_4C , bột than đen... Các kết quả thu được cho thấy tro bay và B_4C chỉ giảm độ mài mòn của PVC khi đưa vào 10 % tro bay và 7 % B_4C [6].

Các công bố về vật liệu tổ hợp PVC/tro bay rất ít và chưa đề cập đến biến tính tro bay để tăng tương tác, bám dính giữa tro bay và nền PVC và chỉ khảo sát một số tính chất của vật liệu thu được. Vì vậy, trong nghiên cứu này, chúng tôi đã sử dụng tro bay biến tính với các hợp chất silan (vinyltriethoxy silan (VTES) và 3-glycidocyclopropyltriethoxy silan (GPTES)) để cải thiện một số tính chất của PVC so với tro bay không biến tính. Các tính chất cơ, khả năng chống cháy và hình thái cấu trúc của vật liệu tổ hợp PVC/tro bay được trình bày và thảo luận.

2. THỰC NGHIỆM

2.1. Hóa chất

Tro bay (FA): tro bay silo của Nhà máy nhiệt điện Phả Lại có hàm lượng $\text{SiO}_2 + \text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{Al}_2\text{O}_3 \geq 86\%$, độ ẩm 0,3 %, kích thước hạt trong khoảng 3 - 10 μm (xác định theo phương pháp khảo sát phân bố kích thước hạt và ảnh hiển vi điện tử quét phát xạ trường FESEM tại Viện Khoa học vật liệu, Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam). Các hợp chất silan như 3-glycidopropyltriethoxy silan 98 % (GPTES), vinyltriethoxy silan 98 % (VTES) là các sản phẩm thương mại của công ty Aldrich (Mỹ). Etanol, axit axetic: sản phẩm thương mại của Trung Quốc. Polyvinylclorua (PVC): dạng bột, màu trắng, hệ số $K_F = 63 - 65$, sản phẩm thương mại của hãng Zhengzhou Dital Trade (Trung Quốc). Các chất phụ gia: chất hóa dẻo dioctylphthalat (DOP): sản phẩm thương mại của Hàn Quốc. Hợp chất cơ thiếc Irgastab 17M: sản phẩm thương mại của Thụy Sĩ. Các chất ổn định nhiệt (stearat bari và stearat canxi) của Việt Nam, dầu đậu nành epoxy hoá có hàm lượng nhóm epoxy 15,2 %: sản phẩm thương mại của Malaysia.

2.2. Biến tính tro bay sạch bằng hợp chất silan

Tro bay chưa xử lý sau khi sấy ở 100 °C trong 3 giờ, được oxy hoá bằng axit HNO_3 trong 3 giờ để loại bỏ các tạp chất. Lọc rửa tro bay thu được bằng nước cất trên phễu Bucne cho đến khi pH của nước rửa đạt trung tính. Sấy tro bay đã rửa ở 100 °C trong 4 giờ thu được tro bay sạch (FAs).

Biến tính FAs bằng VTES, GPTES: hỗn hợp gồm VTES hoặc GPTES, axit axetic, etanol (đã tính toán trước) được khuấy đều bằng máy khuấy từ trong 30 phút, nhiệt độ 50 °C. Đưa FAs vào dung dịch silan đã thủy phân và khuấy đều trong 2 giờ ở nhiệt độ 50 °C. Sau đó lọc, rửa hỗn hợp chứa FAs đã biến tính silan (MFA) nhiều lần bằng nước cất một lần trên phễu Bucne. Sấy sơ bộ FAs đã biến tính silan ở 100 °C trong 4 giờ và sấy tiếp trong tủ sấy chân không ở 70 °C trong 4 giờ để thu được FAs biến tính VTES hoặc GPTES, kí hiệu lần lượt là FAVT và FAGP.

2.3. Hóa dẻo và ổn định PVC

Bột nhựa PVC nguyên sinh cùng với chất hóa dẻo DOP (30 % so với khối lượng bột PVC), dầu đậu nành epoxy hoá (2 % so với khối lượng bột PVC), chất ổn định nhiệt (1,5 % bari stearat và stearat canxi so với khối lượng bột PVC), cơ thiếc Irgastab 17M (2 % so với khối lượng bột

PVC) được trộn đều, ủ 4 giờ ở 100 °C trong tủ sấy có không khí tự nhiên đối lưu. Sau khi ủ thu được tổ hợp PVC/DOP ở dạng bột khô và tơi.

2.4. Chế tạo vật liệu tổ hợp PVC/tro bay

Hỗn hợp PVC khô và tơi ở trên, FAs và FAs biến tính VTES hoặc GPTES (5 - 20 % kl so với khối lượng PVC) được trộn sơ bộ, sau đó được nạp vào buồng trộn của thiết bị trộn nội Haake (Đức) đã gia nhiệt đến 185 °C, tốc độ quay của roto 60 vòng/phút. Dưới tác động quay của roto và nhiệt cung cấp cho buồng trộn, các nguyên liệu được trộn đều và chuyển sang dạng chảy nhót. Sau 4 phút trộn nóng chảy, hỗn hợp nhựa được lấy ra khỏi buồng trộn và nhanh chóng được ép phẳng trên máy ép thủy lực TOYOSEIKI (Nhật Bản) ở nhiệt độ 195 °C trong 2 phút, với lực ép 10 - 12 MPa, sau đó mẫu được để nguội tự nhiên. Bảo quản mẫu ở điều kiện chuẩn ít nhất 24 giờ trước khi xác định các tính chất và hình thái cấu trúc. Lần lượt các mẫu PVC chứa 0, 5, 10, 15 và 20 % kl FAs và FAs biến tính VTES hoặc GPTES được chế tạo như đã nêu ở trên.

2.5. Phương pháp và thiết bị nghiên cứu

2.5.1. Phương pháp xác định tính chất cơ

Các tính chất cơ như độ bền kéo đứt, độ giãn dài khi đứt được đo trên máy Zwick Z2.5 (Đức) theo tiêu chuẩn ASTM D638, tốc độ kéo 50 mm/phút ở nhiệt độ phòng tại Viện Kỹ thuật nhiệt đới, Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam. Mỗi loại mẫu được đo 3 lần để lấy giá trị trung bình.

2.5.2. Phương pháp hiển vi điện tử quét phát xạ trường (FESEM)

Các mẫu được ghi ảnh FESEM trên thiết bị hiển vi điện tử quét phát xạ trường S-4800 của hãng Hitachi (Nhật Bản) tại Viện Khoa học vật liệu, Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam.

2.5.3. Xác định khả năng chống cháy

Khả năng chống cháy của vật liệu tổ hợp PVC/tro bay trước và sau biến tính VTES hoặc GPTES được đánh giá theo tiêu chuẩn UL-94 (Underwriters Laboratories Inc) của Mỹ (phương pháp xác định thời gian cháy theo phương thẳng đứng -94 VB) tại Viện Kỹ thuật nhiệt đới, Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam. Mẫu thí nghiệm được đốt bởi một ngọn lửa môi cháy sau 10 giây bằng khí metan và xác định thời gian cháy t_1 , nếu có sự tự tắt cháy thì tiếp tục môi cháy 10 giây và ghi lại thời gian cháy t_2 . Mỗi lần môi lửa xong, ngọn lửa được dịch ra xa mẫu 130 cm. Sau khi tắt cháy lần hai, có thể mẫu còn tàn than dư, thời gian được ghi là t_3 . Điều kiện, tiêu chuẩn đánh giá khả năng chống cháy theo UL 94V- VB được trình bày trong bảng 1 với 3 mức chống cháy của polyme là V-0 (khả năng chống cháy tốt nhất), V-1 (khả năng chống cháy khá) và V-2 (khả năng chống cháy trung bình).

Bảng 1. Tiêu chuẩn UL 94 – VB đánh giá khả năng chống cháy của polyme (xác định thời gian cháy theo phương thẳng đứng).

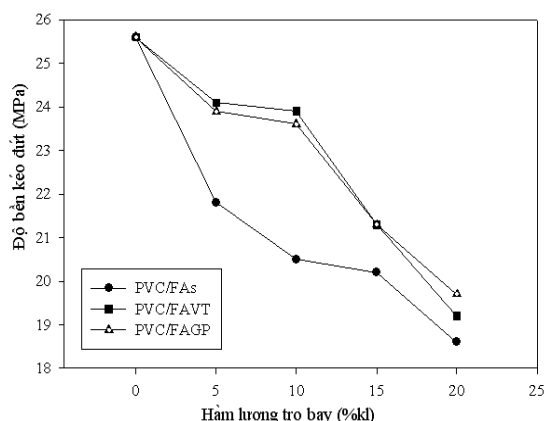
Điều kiện, tiêu chuẩn đánh giá khả năng chống cháy theo UL 94V	94V-0	94V-1	94V-2
Thời gian cháy cho mỗi mẫu, t_1 hoặc t_2 (giây)	≤ 10	≤ 30	≤ 30
Tổng thời gian cháy $t_1 + t_2$ cho tất cả 5 mẫu (giây)	≤ 50	≤ 250	≤ 250
Tổng thời gian $t_2 + t_3$ cho mỗi mẫu (giây)	≤ 30	≤ 60	≤ 60
Giọt cháy rơi xuống làm bùng phát cháy	Không	Không	Có
Mẫu bị cháy đến giá kẹp	Không	Không	Không

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

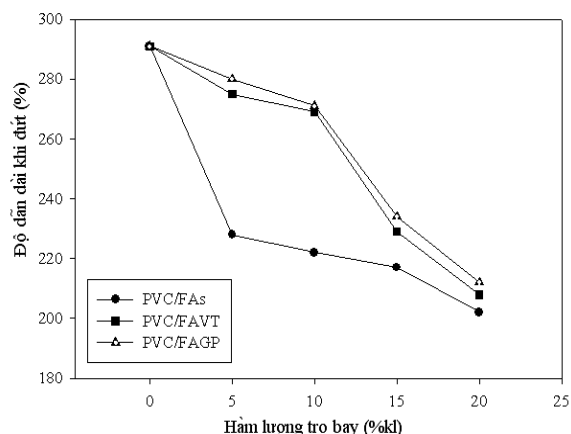
3.1. Tính chất cơ lý của vật liệu tổ hợp PVC/FAs và PVC/FAs biến tính silan

Độ bền kéo đứt và độ giãn dài khi đứt của vật liệu tổ hợp PVC/FAs và PVC/MFA (PVC/FAVT và PVC/FAGP) với hàm lượng tro bay 0, 5, 10, 15, 20 % kl được trình bày trên các hình 1 và 2. Rõ ràng là khi tăng hàm lượng FAs, độ bền kéo đứt của PVC giảm mạnh. Đây là xu hướng chung cho vật liệu tổ hợp trên cơ sở polyme nhiệt dẻo với chất độn có kích thước cỡ micromet [3 - 4]. Tuy nhiên, sau khi biến tính FAs, độ bền kéo đứt của vật liệu tổ hợp PVC/FAVT và PVC/FAGP đều lớn hơn so với vật liệu tổ hợp PVC/FAs, lần lượt tăng 16,1 % và 14,6 % so với vật liệu tổ hợp PVC/FAs ở cùng hàm lượng 10 % kl tro bay. Độ giãn dài khi đứt của vật liệu tổ hợp PVC/FAVT và PVC/FAGP cũng lớn hơn so với PVC/FAs, lần lượt tăng 21,8 % và 23,6 % so với vật liệu tổ hợp PVC/FAs ở cùng hàm lượng 10 % kl tro bay. Có thể trong quá trình biến tính tro bay, nhờ các phản ứng thủy phân và ngưng tụ, liên kết giữa các nhóm OH có trên bề mặt tro bay với GPTES và VTES đã được hình thành. Sau khi biến tính, tro bay trở nên ưa hữu cơ hơn, cải thiện đáng kể khả năng phân tán, bám dính của chúng trong nền PVC. Xét về mặt cấu trúc hóa học, sự hình thành các tương tác vật lý giữa tro bay được biến tính GPTES với nhựa nền PVC tốt hơn so với VTES do mạch hidrocarbon của GPTES dài hơn, độ phân cực lớn hơn nên dễ tương tác và bám dính với các đại phân tử PVC (là một polyme phân cực mạnh). Đó là liên kết hydro và tương tác lưỡng cực - lưỡng cực giữa các nhóm epoxy, C-O-C của GPTES gắn vào bề mặt tro bay với các nguyên tử hydro và clo trong PVC cũng như nhóm C=O trong các chất phụ gia của PVC. Kết quả nghiên cứu cũng cho thấy khi tăng hàm lượng MFA lên 20 % kl, độ giãn dài khi đứt của vật liệu tổ hợp giảm xuống còn 208 % và 212 % tương ứng với các mẫu PVC/FAVT và PVC/FAGP. Điều này là do khi đưa FAs và MFA với hàm lượng 20 % kl vào nền PVC, các hạt tro bay có thể kết tụ với nhau, giảm độ linh động của các mạch polyme, dễ tạo khuyết tật, các vi lỗ trong vật liệu tổ hợp nên vật liệu dễ bị kéo đứt hơn khi có ngoại lực tác dụng [4].

Kết quả từ các hình 1 và 2 cho thấy vật liệu tổ hợp PVC/MFA ở hàm lượng 10 và 15 % kl đều có độ bền kéo đứt lớn hơn 20 MPa và độ giãn dài khi đứt lớn hơn 200 %. Như vậy, có thể sử dụng 10 đến 15 % kl MFA trong PVC để chế tạo các sản phẩm kỹ thuật có chất lượng tốt.

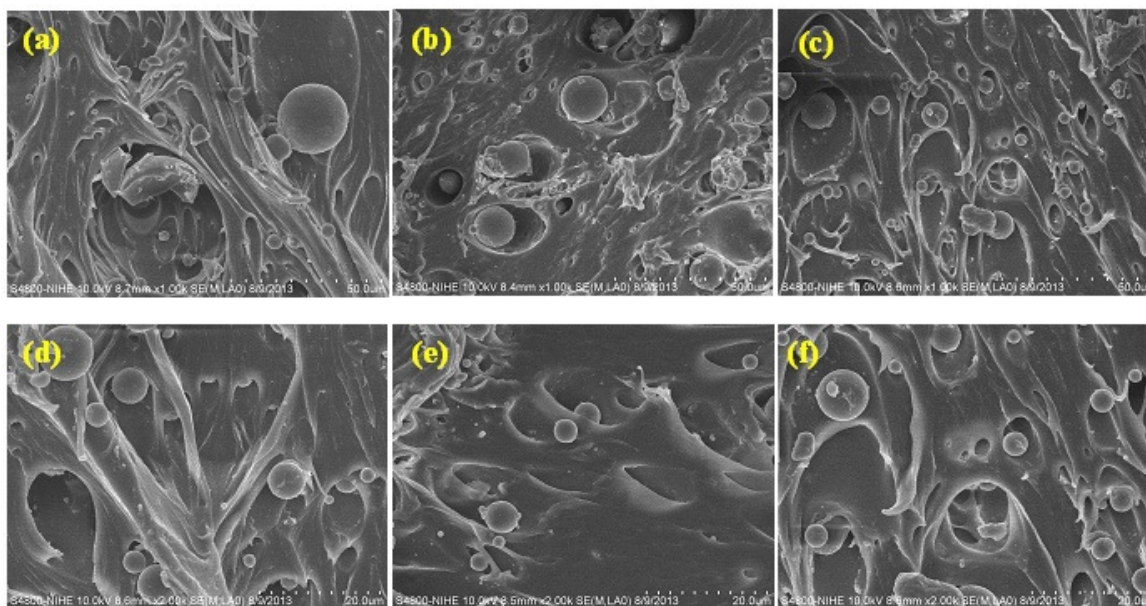


Hình 1. Ảnh hưởng của FAs và MFA đến độ bền kéo đứt của PVC.



Hình 2. Ảnh hưởng của FAs và MFA đến độ giãn dài khi đứt của PVC.

3.2. Hình thái cấu trúc của vật liệu tổ hợp PVC/FAs và PVC/MFA



Hình 3. Ảnh FESEM của vật liệu tổ hợp PVC/10 % kl FAs (a, d); PVC/10 % kl FAVT (b, e) và PVC/10 % kl FAGP (c, f) ở các độ phóng đại khác nhau.

Hình 3 là ảnh FESEM chụp mặt cắt của mẫu PVC/FAs của các mẫu vật liệu tổ hợp PVC/FAs, PVC/FAVT và PVC/FAGP với hàm lượng tro bay 10 % kl ở các độ phóng đại 1000 và 2000 lần. Từ ảnh FESEM có thể thấy, các hạt FAs phân tán trong nền PVC không đồng đều với kích thước từ 3 đến 10 μ m, trong đó kích thước hạt FAs phân bố chủ yếu khoảng 3 - 5 μ m (hình 3 a, d). Điều đó cho thấy các hạt FAs tương tác kém với nền PVC. Trên ảnh mặt cắt của mẫu PVC/FAs xuất hiện các hốc có kích thước lớn, thành hốc nhẵn. Ảnh các mẫu vật liệu tổ

hợp PVC/MFA (hình 3b, c, e, f) thể hiệncác hạt MFaphân tán vào nền PVC đồng đều hơn, khả năng tương tácvới nền PVC tốt hơn,sự tách pha giữa pha nền và pha phân tán giảm rõ rệt. Như vậy,MFA đã cải thiện khả năng phân tán của tro bay trong nền PVC và góp phần nâng cao tính chất cơ của vật liệutổ hợp PVC/tro bay như đã trình bày ở trên.

3.3. Khả năng chống cháy

Về bản chất, các polyme có halogen trong đại phân tử như PVC và không đưa vào chất hóa dẻo sẽ có khả năng chống cháy tốt, đạt mức cao nhất, V-0 vì quá trình cháy của PVC bị dập tắt hoặc được hạn chế bởi khí HCl tách ra và khối tạo ra. Tuy nhiên, khi đưa chất hoá dẻo DOP vào PVC, tổ hợp PVC hóa dẻo có khả năng bắt cháy và cháy, do đó khả năng chống cháy của PVC sẽ bị giảm, mặc dù vẫn đạt mức cao nhất, V-0 hoặc mức khá, V-1 tùy thuộc vào hàm lượng chất hoá dẻo.

Khả năng cháy và chống cháy của vật liệu tổ hợp PVC/tro bay được đánh giá bằng tổng các thời gian cháy t_1 và t_2 sau các lần đốt mẫu theo chỉ tiêu UL 94V (bảng 2). Kết quả thử nghiệm cháy cho thấy tất cả các mẫu đều tự tắt cháy sau cả 2 lần mỗi lửa, có khói phát sinh khi mỗi lửa, không có tàn than cháy dư hoặc rất ngắn (dưới 1 giây), không có giọt cháy rơi xuống, do đó, thời gian cháy t_3 được bỏ qua. Vì FAs và MFA là hợp chất vô cơ, không cháy, có khả năng hấp thụ nhiệt khi tổ hợp PVC có hóa dẻo bị cháy ở nhiệt độ caonên FAs và MFA có thể góp phần giảm khả năng cháy của vật liệu tổ hợp PVC có hóa dẻo.Khi đưa FAs và MFA (với hàm lượng 5 - 15 % kl) vào PVC, tổng thời gian cháy ($t_1 + t_2$) giảm. Điều này có thể giải thích bởi khi đưa FAs và MFA với hàm lượng không lớn (5 - 15 % kl) vào nền PVC, các hạt tro bay phân tán vớikích thước nhỏ (khoảng 3 - 5 μm) có khả năng che chắn, hấp thụ nhiệt cho các đại phân tử PVC, hạn chế sự thâm nhập của oxy không khí vào bên trong vật liệu tổ hợp. Khi đưa FAs và MFA (với hàm lượng lớn hơn, 20 % kl vào PVC, tổng thời gian cháy ($t_1 + t_2$) tăng. Điều này có thể giải thích bởi khi đưa FAs và MFA với hàm lượng lớn hơn, 20 % kl vào nền PVC, các hạt tro bay có xu hướng kết tụ với nhau tạo thành các hạt tro bay có kích thước lớn hơn, dễ tạo khuyết tật, các vi lỗ trong vật liệu tổ hợp. Do đó, cấu trúc của vật liệu tổ hợp trở nên kém chặt chẽ, oxy không khí dễ thâm nhập vào bên trong vật liệu tổ hợp hơn và tạo thuận lợi cho sự phân hủy oxy hóa nhiệt và sự cháy của vật liệu tổ hợp.

Từ các kết quả khảo sát có thể thấy sự khác nhau về khả năng chống cháy của vật liệu tổ hợp PVC/FAs và PVC/MFA không nhiều. Khả năng chống cháy PVC của FAs và MFA đạt hiệu quả tốt nhất khi hàm lượng của chúng không lớn hơn 15 % kl. Tất cả các vật liệu tổ hợp PVC/tro bay (chưa biến tính và biến tính) được khảo sát đều có cấp độ chống cháy cao nhất theo tiêu chuẩn UL-94 VB.

Bảng 2. Tổng thời gian cháy (t_1+t_2) của vật liệu tổ hợp PVC/FAs và PVC/MFA.

Hàm lượng tro bay (%kl)	t_1+t_2 (giây)		
	PVC/FAs	PVC/FAVT	PVC/FAGP
0	17,5	17,5	17,5
5	16,0	16,3	17,0
10	16,4	15,5	15,2
15	16,7	16,2	15,7
20	23,0	23,1	23,3

4. KẾT LUẬN

Tro bay sạch (FAs) sau khi được biến tính với VTES và GPTES (MFA) tương tác tốt và phân tán trong nền PVC đồng đều hơn với kích thước nhỏ hơn so với FAs không biến tính. Độ bền kéo đứt và độ giãn dài khi đứt của PVC được cải thiện đáng kể khi sử dụng MFA. Khả năng chống cháy cho tổ hợp PVC hóa dẻo của FAs và MFA đạt hiệu quả tốt khi hàm lượng của chúng không lớn hơn 15 % kl và có cấp độ chống cháy cao nhất theo tiêu chuẩn UL-94 VB. Có thể sử dụng 10 -15 % kl MFA để chế tạo vật liệu tổ hợp PVC/tro bay có các tính chất cơ, khả năng chống cháy tốt, định hướng ứng dụng trong một số lĩnh vực kỹ thuật.

Lời cảm ơn. Công trình được hoàn thành với sự tài trợ của Sở Khoa học và Công nghệ Hà Nội (đề tài mã số 01C-03/01-2012-2).

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Hoàng Trọng Minh - Dự án nhà máy chế biến tro bay nhiệt điện, Tạp chí Hoạt động Khoa học Công nghệ **4** (2007) 29-31.
2. Matsunaga T., Kim J. K., Hardcastle S., Rohatgi P. K. - Crystallinity and selected properties of coal fly ash particles, Materials Science and Engineering A, Structural Materials **325** (1-2) (2002) 333-343.
3. Alkan C., Arslan M., Cici M., Kaya M., Aksoy M. - A study on the production of a new material from fly ash and polyethylene, Resour. Conserv. Recycl. **139** (3-4) (1995) 147-154.
4. Atikler U., Basalp D., Tihminlioglu F. - Mechanical and morphological properties of recycled high - density polyethylene, filled with calcium carbonate and fly ash, Journal of Applied Polymer Science **102** (5) (2006) 4460-4467.
5. Sole M., Ball A. - On the abrasive wear behaviour of mineral filled polypropylene, Tribology International **29** (6) (1996) 457-465.
6. Chaowasakoo T., Sombatsompop N. - Mechanical and morphological properties of fly ash/epoxy composites using conventional thermal and microwave curing methods, Composites Science and Technology **67**(11-12) (2007) 2282-2291.

ABSTRACT

MECHANICAL PROPERTIES, MORPHOLOGY AND FLAMMABLE RETARDANCY OF COMPOSITES BASED ON POLYVINYLCHLORIDE AND FLY ASH COMPOSITES MODIFIED WITH SOME SILANE COUPLING AGENTS

Thai Hoang*, Nguyen Thuy Chinh, Nguyen Thi Thu Trang, Do Quang Tham,
Tran Thi Thanh Van

Institute for Tropical Technology, VAST, 18 Hoang Quoc Viet, Cau Giay, Hanoi

*Email: hoangth@itt.vast.vn

In this work, the vinyltriethoxy (VTES) and 3-glycidocyclopropyltriethoxy (GPTES) silanes were used to modify fly ash treated by HNO₃ acid (FAs) and the modified FAs (MFA) was

applied in preparation of composites based on polyvinylchloride (PVC) matrix. The mechanical properties, morphology and flammability of the composites were investigated according to the Field Emission Scanning Electron Microscopy Analysis (FESEM) and ASTM D638, UL-94 VB standards, respectively. The obtained results show that adding FA into PVC plasticized by dioctyl phthalate (DOP) leads to decrease in tensile strength and elongation at break of the plasticized PVC. The MFA particles disperse more regularly than FAs particles in PVC matrix, therefore, the tensile strength and elongation at break of the PVC/MFA composites can increase up to 16.1 % and 23.6 % in comparison with the PVC/FAs composite, respectively. Total burning time of the PVC/MFA composites is lower than that of PVC/FAs composites at the same content of FA (5 - 15 wt.%).

Keywords: fly ash, polyvinylchloride, vinyltriethoxysilane, 3-glycidocyclopropyltriethoxysilane, flammability.