

## NGHIÊN CỨU CHẾ TẠO XÓP PU/GRAPHITE HẤP THỤ NHIỆT

LÊ CHÍ THÀNH <sup>(1)</sup>, MAI ĐỨC HUYNH <sup>(2)</sup>, TRẦN HỮU TRUNG <sup>(2)</sup>,  
LÊ TRỌNG LU <sup>(2)</sup>, PHAN NGỌC HỒNG <sup>(3)</sup>, BÙI DUY NGỌC <sup>(4)</sup>, NGUYỄN VŨ GIANG <sup>(2)</sup>

### 1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Việt Nam nằm trong khí hậu nhiệt đới gió mùa với số giờ chiếu sáng khoảng 1600 -2700 giờ mỗi năm nhờ đó có nhiều tiềm năng để ứng dụng năng lượng mặt trời phục vụ nhiều lĩnh vực khoa học kỹ thuật. Lượng bức xạ trực tiếp trung bình khoảng 4-5 kWh/m<sup>2</sup>/ngày (theo GE Reports). Cường độ bức xạ năng lượng phân bố không đều, cao hơn ở miền Trung và miền Nam trong khi miền Bắc thấp hơn do thời tiết mùa đông nhiều mây và mưa phùn. Nhìn chung số ngày nắng ở miền Trung và miền Nam trên 300 ngày là địa điểm lý tưởng để sử dụng năng lượng mặt trời [1]. Tuy nhiên việc khai thác và sử dụng năng lượng mặt trời ở nước ta còn chưa phát triển, đặc biệt trong lĩnh vực nông lâm nghiệp.

Gần đây, bên cạnh việc sử dụng pin năng lượng mặt trời để tạo nguồn điện và nhiệt, việc nghiên cứu phát triển vật liệu có khả năng hấp thụ năng lượng mặt trời để tích trữ và chuyển hóa thành nhiệt đang được quan tâm. Trong số các vật liệu đang được nghiên cứu hiện nay, xốp polyuretan (PU) được cho là có nhiều tiềm năng ứng dụng nhất nhờ giá thành cạnh tranh, dễ lắp đặt và bảo quản. Xốp PU có nhiều ưu điểm nhờ khả năng kiểm soát kích thước và tính chất thông qua thay đổi tỷ lệ thành phần trong PU. Nhờ tính chất biến đổi trong một khoảng rộng cũng như công nghệ chế tạo đơn giản nên xốp PU được ứng dụng trong nhiều lĩnh vực như xốp cứng dùng làm tấm vách ngăn, panel xây dựng, trang trí nội ngoại thất; xốp mềm làm yên xe đạp, xe máy, tay nắm, đồ chơi,... [2÷4].

Tuy nhiên, hạn chế của vật liệu xốp này chính là độ bền cơ học không cao, khó kiểm soát quá trình tạo bọt, tính ổn định kém và dễ cháy. Một số nghiên cứu đã chỉ ra rằng, các tính chất cơ học, nhiệt của polyme có thể được cải thiện đáng kể bằng cách sử dụng các hạt gia cường có kích thước nano. Hạt nano có xu hướng xen kẽ và phân tán trong nền polyme PU nhờ diện tích tiếp xúc lớn, có khả năng gia cường tốt hơn. Trong nghiên cứu của V. Dolomanova cho thấy cường độ nén có thể được tăng thêm bằng việc gia cường bởi các hạt nano clay trong xốp PU. Nghiên cứu đã được thực hiện với xốp PU gia cường với 1,96% hạt nano clay cải thiện 152% cường độ nén so với bọt PU tinh khiết. Sự thay đổi này của nền polyme đã dẫn đến sự hấp thụ tốt hơn nhiệt tỏa ra trong phản ứng trùng hợp, gia tăng độ cứng của nền, với khả năng hấp thụ năng lượng lớn và tỉ khối chấp nhận được. A.A.Sinar đã nghiên cứu ảnh hưởng của sợi các bon đa vách (MWCNT) đến cường độ nén, hấp thụ năng lượng và tỉ trọng của xốp polyurethane (PU) cứng được sản xuất từ polyol dầu cọ (POP) với các phụ gia khác nhau. Kết quả của sự kết hợp của MWCNT với xốp PU tinh khiết đã cho thấy sự gia tăng giá trị của cường độ nén, tỉ khối và hấp thụ năng lượng tốt. Các kết quả trên đã chứng tỏ rằng, sử dụng chất độn gia cường cải thiện các tính chất cơ học, tính chất nhiệt, khả năng hấp thụ năng lượng của xốp PU.

Tuy nhiên các nghiên cứu về vật liệu xốp PU hấp thụ năng lượng mặt trời có sử dụng các chất độn graphit còn chưa có công bố nhiều. Do vậy chế tạo được vật liệu xốp PU hấp thụ năng lượng mặt trời sẽ mang lại nhiều lợi ích trong lĩnh vực năng lượng góp phần bảo vệ môi trường và an ninh năng lượng.

Vật liệu xốp compozit trên cơ sở polyuretan được chế tạo từ rất nhiều thành phần. Trong đó, thành phần chính và quan trọng nhất để tạo nên xốp PU là các polyol và izocynat, ngoài ra còn có các loại nguyên liệu khác như: chất tạo xốp, chất xúc tác, chất hoạt động bề mặt, chất tăng khả năng bền nhiệt... [7]. Và không chỉ thay đổi tỷ lệ hàm lượng các thành phần mà có thể thay đổi được PU có các tính chất khác nhau. Nghiên cứu này sẽ khảo sát mối quan hệ tính chất và hàm lượng thành phần trong xốp PU dựa trên nền polyuretan và graphit để chế tạo vật liệu có khả năng hấp thụ năng lượng mặt trời mà vẫn đảm bảo được tính chất cơ học.

## 2. THỰC NGHIỆM VÀ CÁC PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

### 2.1. Hóa chất và thiết bị

- Metyl diphenyl diizocynat (MDI) dạng bột rắn trắng, tỷ trọng 1,23 g/cm<sup>3</sup>, nóng chảy 40°C, hãng sản xuất DOW, Nhật.

- Polypropylen glycol (PPG): chất lỏng có màu trắng đục nhiệt độ sôi 187,4°C của Nantong FY Chemical Co. Ltd. (Trung Quốc).

- Chất tạo xốp: HFC 365 mfc dạng lỏng có khối lượng phân tử 148.074 Da, độ tinh khiết 98% là sản phẩm của hãng Solvay (Bi).

- Xúc tác izo octanoat thiếc KOSMOS 29 có độ tinh khiết 99% sản phẩm của hãng Solvay (Bi).

- Chất hoạt động bề mặt: polydimetylsilicon độ tinh khiết 99% của hãng Ruijiang (Trung Quốc).

- Graphit độ dày từ 200 đến 300 lớp, chiều dài phiến từ 80 μm đến 200 μm do nhóm nghiên cứu của Viện Vật lý ứng dụng, Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam chế tạo.

### 2.2. Chế tạo mẫu

Vật liệu xốp PU/graphit được chế tạo như sau: Lăn lượt cho PPG, chất tạo xốp, chất xúc tác, chất hoạt động bề mặt, graphit trong buồng trộn trong thời gian 5 phút dưới tốc độ khuấy cơ học 500 vòng/phút. Bổ sung MDI vào trong buồng trộn, và tăng tốc độ phối trộn lên 1.500 vòng/phút trong 40 giây. Sau đó, đưa nhanh hỗn hợp phản ứng vào khuôn định hình có kích thước 500 x 500 x 50 mm gia nhiệt ở tại 80°C, đóng nắp khuôn, tạo môi trường chân không khoảng 0,5 mbar để định hình sản phẩm. Sau 5 phút phản ứng, đưa khuôn về nhiệt độ phòng, làm nguội bằng không khí trước khi tháo khuôn. Sản phẩm được lấy ra, bảo quản ở nhiệt độ phòng trong 24 giờ trước khi thử nghiệm các tính chất khác.

## **2.3. Các phương pháp xác định, phân tích tính chất sản phẩm**

### **2.3.1. Phương pháp xác định độ xốp**

Độ xốp của các sản phẩm xốp PU được xác định theo tiêu chuẩn ASTM D 1622 - 93. Mẫu được cắt thành hộp chữ nhật theo kích thước 10x10x5 cm.

Khối lượng riêng  $d$  ( $\text{kg}/\text{cm}^3$ ) của xốp được tính theo công thức sau:

$$D = \frac{1000.m}{a^3}$$

Trong đó:

m: khối lượng của mẫu, g.

a: kích thước cạnh hình hộp, a = 10 cm.

### **2.3.2. Phương pháp kính hiển vi điện tử quét (SEM)**

Hình thái cấu trúc của vật liệu được phân tích trên thiết bị kính hiển vi điện tử quét (SEM), JEOL JMS 63660LV của Nhật.

### **2.3.3. Phương pháp xác định độ bền kéo**

Độ bền kéo được xác định theo tiêu chuẩn ISO 1926-2005 trên máy INSTRON 5582 của Mỹ. Tốc độ kéo 5mm/phút, nhiệt độ 25 °C, độ ẩm 75%.

Độ bền kéo  $\sigma_k$  (KPa) được xác định theo công thức:

$$\sigma_k = \frac{F_{max}}{b \times h} \times 1000$$

trong đó:

$F_{max}$ : Lực cực đại tác dụng lên mẫu, N;

A: diện tích mặt cắt ngang ban đầu của mẫu,  $\text{mm}^2$ ;

b: chiều rộng của mẫu, mm;

h: Bề dày của mẫu, mm.

### **2.3.4. Phương pháp xác định độ bền nén**

Độ bền nén được xác định theo tiêu chuẩn ISO 844 trên máy INSTRON 5582 của Mỹ tại nhiệt độ 25 °C, độ ẩm 70%. Kích thước mẫu được chuẩn bị là 50 x 50 x 50 mm, tốc độ nén 5 mm/phút, mẫu được nén tới 10% kích thước chiều dày ban đầu, xác định được lực nén cực đại trong khoảng nén.

Độ bền nén  $\sigma_n$  (KPa) được xác định theo công thức:

$$\sigma_n = \frac{F_{max}}{A} \times 1000$$

Trong đó:

$F_{\max}$ : lực nén cực đại đạt được, N;

A: diện tích mặt cắt ngang ban đầu của mẫu,  $\text{mm}^2$ .

### 2.3.5. Phương pháp xác định nhiệt độ hấp thụ của vật liệu xốp

Bộ đo nhiệt hấp thụ của vật liệu xốp được lắp đặt tại Viện Kỹ thuật nhiệt đới. Dưới đây là hệ thống đo nhiệt độ hấp thụ của tấm xốp:



**Hình 1.** Thiết bị đo nhiệt độ trên bề mặt vật liệu hấp thụ năng lượng mặt trời

Hệ thống có gắn một đèn chiếu hồng ngoại có công suất là 250 W được xem như nguồn tạo ra ánh sáng mặt trời. Mẫu được gia công thành tấm có kích thước 150 x 125 x 27mm (chiều dài x chiều rộng x độ dày) và đặt trong hệ thống đo nhiệt như hình 1. Cường độ bức xạ ở khoảng cách 24 cm tới bề mặt hộp là  $250 \text{ W/m}^2$ . Cường độ bức xạ ở khoảng cách 39 cm tới bề mặt mẫu là  $250 \text{ W/m}^2$ . Kết quả đo thu được nhiệt độ bề mặt và nhiệt độ môi trường phía trên bề mặt của vật liệu.

## 3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

### 3.1. Ảnh hưởng của tỷ lệ hàm lượng metyl diphenyl diisocyanat/polypolypropylen glycol (MDI/PPG) đến tính chất cơ lý của vật liệu xốp PU

Tính chất của xốp PU có thể thay đổi trong giới hạn rộng phụ thuộc vào tỷ lệ thành phần nguyên liệu sử dụng. Tỷ lệ hàm lượng của nhóm tham gia phản ứng khâu mạch NCO/OH là một trong những yếu tố quyết định tới tính chất cơ học sản phẩm, tới mức độ khâu mạch của vật liệu xốp PU.

Để khảo sát ảnh hưởng tỷ lệ hàm lượng thành phần MDI/PPG đến tính chất cơ học của vật liệu xốp PU, tỷ lệ phối trộn NCO/OH được thay đổi trong khoảng: 0,8; 0,9; 1,0; 1,1; 1,15; 1,20; 1,25. Các điều kiện khác được giữ cố định không thay đổi như: hàm lượng chất tạo xốp là 10%, chất hoạt động bề mặt silicon 1%, chất xúc tác octoat thiếc 0,4% tính theo khối lượng PPG. Ảnh hưởng của tỷ lệ hàm lượng MDI/PPG đến tính chất của vật liệu xốp PU được trình bày ở bảng 1.

**Bảng 1.** Ảnh hưởng hàm lượng tỷ lệ MDI/PPG đến tính chất cơ lý của các mẫu vật liệu xốp PU

| STT | Tỷ lệ MDI/PPG | Độ bền kéo<br>[Kpa] | Độ bền nén<br>[Kpa] |
|-----|---------------|---------------------|---------------------|
| 1   | 0,8           | 169                 | 87                  |
| 2   | 0,9           | 180                 | 101                 |
| 3   | 1,0           | 214                 | 109                 |
| 4   | 1,1           | 232                 | 116                 |
| 5   | 1,15          | 244                 | 123                 |
| 6   | 1,20          | 223                 | 119                 |
| 7   | 1,25          | 201                 | 98                  |

Kết quả bảng trên cho thấy khi tăng tỷ lệ MDI/PPG tăng từ 0,8 lên 1,15 độ bền kéo của vật liệu xốp PU tăng lên từ 169 KPa lên 244 KPa trong khi độ bền nén tăng từ 87 KPa lên 123 KPa. Khi tỷ lệ MDI/PPG tiếp tục tăng độ bền kéo và độ bền nén có xu hướng giảm. Tại tỷ lệ MDI/PPG là 1,25, độ bền kéo đứt và độ bền nén giảm xuống lần lượt còn 201 KPa và 98 KPa. Kết quả này là do tỷ lệ phản ứng khâu giữa nhóm NCO và OH trong vật liệu xốp PU thay đổi. Khi một trong hai nhóm NCO hoặc OH dư, phản ứng khâu mạch xảy ra chưa triệt để, dẫn đến sự tạo thành pha của chất tham gia phản ứng. Điều này có thể làm suy yếu cấu trúc xốp dẫn đến tính chất cơ lý của vật liệu xốp PU giảm. Trên thực tế, trong PPG có chứa một lượng nước nhỏ khoảng 1% nên hàm lượng nhóm OH sẽ nhiều hơn so với lý thuyết, do vậy hàm lượng NCO được sử dụng sẽ lớn hơn. Như vậy tỷ lệ MDI/PPG là 1,15 được sử dụng cho các nghiên cứu tiếp theo.

### **3.2. Ảnh hưởng của tỷ lệ hàm lượng chất hoạt động bề mặt (CHĐBM) polydimetylsilosan đến tính chất của vật liệu xốp PU**

Chức năng của chất hoạt động bề mặt có ảnh hưởng đến sự phân bố, kích thước và cấu trúc lỗ xốp. Để đánh giá ảnh hưởng của chất hoạt động bề mặt tới vật liệu, tỷ lệ CHĐBM polydimetylsilosan được thay đổi theo tỷ lệ của PPG trong khoảng từ 0%; 0,2%; 0,4%; 0,6%; 0,8%; 1% và 2%.

**Bảng 2.** Ảnh hưởng tỷ lệ hàm lượng CHĐBM polymetylsilosan tới một số tính chất của vật liệu xốp PU

| STT | Tỷ lệ hàm lượng CHĐBM [%] | Độ bền kéo [KPa] | Độ bền nén [KPa] | Độ xốp [%] | Tỷ lệ lỗ xốp đóng [%] | Kích thước lỗ xốp [ $\mu\text{m}$ ] |
|-----|---------------------------|------------------|------------------|------------|-----------------------|-------------------------------------|
| 1   | 0                         | 72               | 53               | 89,5       | 28,96                 | 435                                 |
| 2   | 0,2                       | 145              | 98               | 89,4       | 8,9                   | 276                                 |
| 3   | 0,4                       | 187              | 106              | 91,4       | 6,8                   | 186                                 |
| 4   | 0,6                       | 215              | 118              | 90,4       | 5,9                   | 172                                 |
| 5   | 0,8                       | 238              | 121              | 89,6       | 5,4                   | 171                                 |
| 6   | 1                         | 244              | 123              | 89,9       | 5,3                   | 169                                 |
| 7   | 2                         | 249              | 124              | 89,2       | 5,3                   | 168                                 |

Kết quả thu được ở bảng 2 cho thấy, CHĐBM làm tăng độ bền kéo và độ bền nén của vật liệu xốp PU. Khi tỷ lệ CHĐBM silicon tăng từ 0 %kl lên 1 %kl độ bền kéo được cải thiện từ 72 KPa lên 244 KPa, độ bền nén tăng từ 53 KPa lên 123 KPa. Khi hàm lượng CHĐBM tăng lên 2 %kl tính chất cơ học tăng không đáng kể so với mẫu sử dụng 1 %kl polydimetylsilosan. Tại hàm lượng này, độ bền kéo và độ bền nén của vật liệu xốp PU lần lượt đạt 249 KPa và 124 KPa.

Độ xốp của vật liệu xốp PU không có sự thay đổi đáng kể khi thay đổi tỷ lệ hàm lượng CHĐBM, trong khi tỷ lệ lỗ xốp đóng và kích thước lỗ xốp đều có xu hướng giảm. Khi tăng tỷ lệ hàm lượng CHĐBM silicon từ 0% lên 1% tỷ lệ lỗ xốp đóng giảm từ 28,96% xuống 5,3% và kích thước lỗ xốp giảm từ 435  $\mu\text{m}$  xuống 169  $\mu\text{m}$ . Khi tiếp tục tăng tỷ lệ hàm lượng CHĐBM lên cao hơn nữa tỷ lệ lỗ xốp đóng và kích thước lỗ xốp thay đổi không đáng kể. Kết quả cho thấy CHĐBM đóng vai trò làm tỷ lệ lỗ xốp đóng giảm, kích thước lỗ xốp nhỏ hơn, do vậy các cấu trúc vách bên vững hơn so với các mẫu có kích thước lỗ xốp lớn. Điều này giải thích tại sao khi tăng hàm lượng CHĐBM đến một giới hạn nào đó thì các tính chất cơ học của mẫu cũng tăng theo. Từ các kết quả trên, tỷ lệ CHĐBM polydimetylsilosan là 1% được lựa chọn các nghiên cứu tiếp theo.

### 3.3. Nghiên cứu ảnh hưởng tỷ lệ graphit tới tính chất vật liệu xốp PU

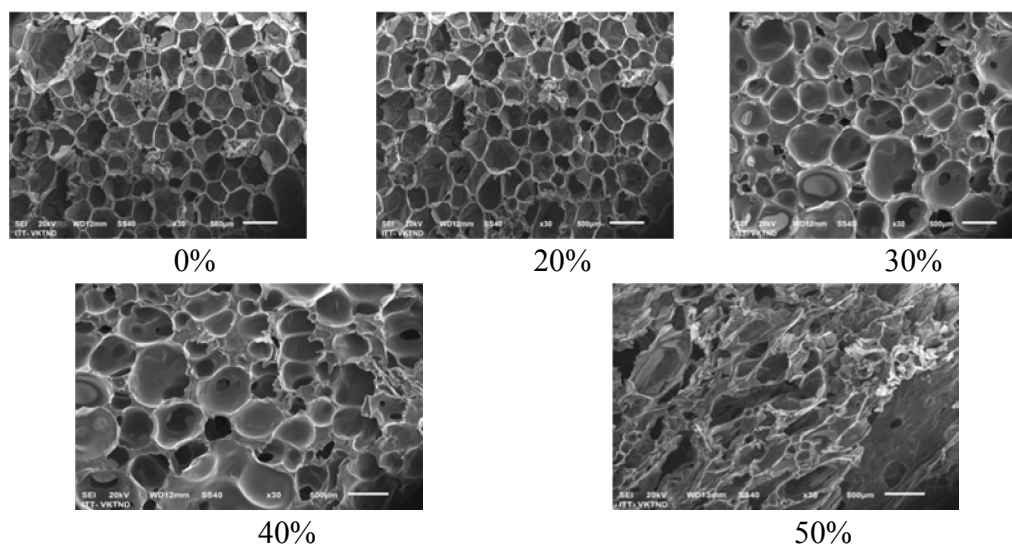
Tỷ lệ phối trộn graphit vào trong polyuretan ảnh hưởng tới tính chất cơ lý và đặc biệt là khả năng hấp thụ năng lượng mặt trời của vật liệu. Tỷ lệ graphit được thay đổi trong khoảng từ 10%kl; 20%kl; 30%kl; 40%kl; 50%kl; 60%kl tính theo khối lượng theo khối lượng PPG. Kết quả về ảnh hưởng của hàm lượng graphit đến độ bền kéo và độ bền nén được thể hiện ở bảng 3.

**Bảng 3.** Ảnh hưởng tỷ lệ graphit tới độ bền kéo và độ bền nén của vật liệu

| STT | Hàm lượng graphit (%kl) | Độ bền kéo [KPa] | Độ bền nén [KPa] |
|-----|-------------------------|------------------|------------------|
| 1   | 0                       | 244              | 123              |
| 2   | 10                      | 232              | 120              |
| 3   | 20                      | 227              | 118              |
| 4   | 30                      | 224              | 116              |
| 5   | 40                      | 220              | 112              |
| 6   | 50                      | 201              | 104              |
| 7   | 60                      | 176              | 87               |

Khi tăng tỷ lệ graphit, tính chất cơ học của vật liệu có xu hướng giảm. Độ bền kéo đứt giảm chậm từ 244 KPa xuống còn 220 KPa khi hàm lượng graphit tăng từ 10 %kl lên 40 %kl. Theo kết quả bảng 3, ở hàm lượng graphit trộn 50 %kl, độ bền kéo đứt giảm mạnh hơn. Khi hàm lượng graphit vượt qua 40 %kl, độ bền kéo giảm nhanh và còn lại là 176 KPa khi hàm lượng graphit đạt 60 %kl. Tương tự, độ bền nén cũng chỉ ra, có xu hướng giảm dần và đạt giá trị là 116 KPa tại 40% graphit. Điều này cho thấy, sự có mặt của graphit có ảnh hưởng tới độ bền vách xốp, do graphit có kích thước micro nên tại lượng lớn có thể gây ra hiện kết tụ và liên kết yếu với nền, dẫn tới sự suy giảm tính chất cơ học nói chung.

#### 3.4. Đặc trưng cấu trúc hình thái của vật liệu xốp PU tổng hợp

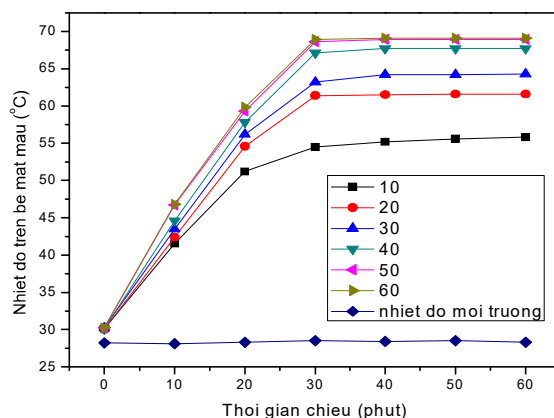


**Hình 2.** Ảnh SEM của mẫu xốp PU sử dụng graphit tại các hàm lượng khác nhau

Để xác định đặc trưng hình thái cấu trúc của vật liệu PU, ảnh hiển vi điện tử quét (SEM) được sử dụng để phân tích ảnh hưởng của graphit đến cấu trúc vật liệu. Từ kết quả phân tích SEM cho thấy vật liệu xốp có cấu trúc tổ ong khá đồng nhất với cấu trúc lỗ xốp hở >95%. Với mẫu không có graphit, cấu trúc lỗ xốp trở nên nhỏ hơn và có độ đồng đều hơn với đường kính trong khoảng từ 200  $\mu\text{m}$  đến 400  $\mu\text{m}$ , điều này do phản ứng khâu mạch và tạo xốp xảy ra tốt hơn. Sự có mặt của graphit ở hàm lượng thấp (20 %kl) cho thấy không có sự khác biệt về cấu trúc lỗ xốp, tuy nhiên đường kính lỗ xốp tăng nhẹ so với mẫu ban đầu. Khi hàm lượng graphit tăng lên 30 %kl và 40 %kl, sự khác biệt được quan sát rõ hơn. Sự phân bố kích thước của lỗ xốp xảy ra trong khoảng rộng hơn từ 200  $\mu\text{m}$  đến 600  $\mu\text{m}$ , các lỗ xốp có vách trở nên dày hơn, điều đó chứng tỏ graphit làm cho phản ứng khâu mạch và tạo xốp trở nên khó hơn và không đồng nhất. Khi hàm lượng graphit tăng lên 50 %kl, thì các cấu trúc xốp trở nên không rõ ràng, độ xốp giảm, điều này có thể do ảnh hưởng của hàm lượng graphit làm giảm phản ứng tạo thành xốp, dẫn tới sập cấu trúc gây suy giảm tính chất cơ học như đã thấy.

### 3.5. Ảnh hưởng của hàm lượng graphit đến khả năng hấp thụ năng lượng

Khảo sát ảnh hưởng của hàm lượng graphit đến khả năng hấp thụ năng lượng mặt trời được trình bày trên hình 3. Từ kết quả thu được ở trên cho thấy, khả năng hấp thụ năng lượng tỷ lệ thuận với thời gian chiếu sáng. Trong 30 phút đầu tiên, nhiệt độ trên bề mặt xốp có xu hướng tăng nhanh, tuy nhiên tiếp tục chiếu nhiệt độ trên bề mặt vật liệu gần như thay đổi không đáng kể, điều này có thể do sự bão hòa khả năng hấp thụ nhiệt khi có mặt graphit. Sự thay đổi nhiệt độ bề mặt phụ thuộc hàm lượng graphit được đưa vào, khi tăng tỷ lệ graphit thì khả năng hấp thụ năng lượng của vật liệu xốp PU tăng lên. Trong đó, các mẫu sử dụng 40 %kl, 50 %kl và 60 %kl có sự thay đổi nhiệt độ bề mặt rõ rệt hơn so với mẫu sử dụng hàm lượng graphit thấp (10 %kl, 20 %kl và 30 %kl). Ví dụ, tại 30 phút đầu tiên nhiệt độ trên bề mặt của mẫu PU/10% graphit chỉ đạt 54,5°C trong khi mẫu sử dụng 40%, 50% và 60% có nhiệt độ bề mặt tăng nhanh và đạt giá trị lần lượt là 67,1°C; 68,6°C và 68,9°C.



**Hình 3.** Ảnh hưởng tỷ lệ graphit (10, 20, 30, 40, 50 và 60 %kl) tới nhiệt độ mặt vật liệu theo thời gian chiếu sáng

#### 4. KẾT LUẬN

Từ kết quả nghiên cứu khảo sát và tối ưu các điều kiện ảnh hưởng tới quá trình chế tạo vật liệu xốp PU ở trên đã xác định được điều kiện cho quá trình để chế tạo vật liệu compozit trên cơ sở nhựa polyuretan có khả năng hấp thụ năng lượng mặt trời như sau:

1. Tỷ lệ hàm lượng NCO/OH = 1,15/1;

2. Tỷ lệ chất hoạt động bề mặt polydimetylsilosan tính theo PPG là 1%;

3. Mẫu compozit sử dụng 40 %kl graphit có độ bền kéo là 220 KPa và độ bền nén là 112 KPa, đồng thời khả năng hấp thụ năng lượng mặt trời tương đương với các mẫu có hàm lượng graphit lớn hơn.

**Lời cảm ơn:** Tập thể tác giả chân thành cảm ơn Bộ Nông nghiệp và Phát triển nông thôn đã tài trợ kinh phí cho đề tài: “Nghiên cứu phát triển công nghệ sấy gỗ rừng trồng sử dụng năng lượng mặt trời và công nghệ bơm nhiệt” để hoàn thành nghiên cứu này.

#### TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Trịnh Quang Dũng, *Thực trạng, phương hướng phát triển và khả năng ứng dụng ở Việt Nam*, Khóa luận tốt nghiệp, Trường Đại học KTCN Thái Nguyên, 2011, tr. 3-12.
2. Oertel G. *Polyurethane handbook*, Hanser Publishses. New York, 1985.
3. Lee D.K., Tsai H.B., *Properties of segmeented polyurethanes derived from different diisocyanates*, J. Appl. Polym. Sci., 2000, **75**(1):167-174.
4. Mondal P, Khakhar D.V., *Regulation of cell tructure in water blown rigid polyurethane foam*, Macro - molecular Symposia, 2004, **216**:241-254.
5. Dolomanova V., Rauhe J.C.M., Jensen L.R., Pyrz R., Timmons A.B., *Mechanical properties and morphology of nano-reinforced rigid PU foam*, Journal of Cellular Plastics, 2011, **47**(1):81-93.
6. Sinar A.A., Firuz Z., Nur Azni M.A., Nur Hidayah A.Z., Hazizanand M.A., Sahrim H.A., *Compression Test and Energy Absorption of Polyurethane/Multi Walled Carbon Nanotubes Foam Composites*, Materials Science Forum, 2015, **819**:246-250.
7. Niyogi D., Kumar, Gandhi K.S., *Water blown free rise polyurethane foams*, Polymer Engineering and Science, 1999, **39**:199-209.
8. ASTM D 1622 - 93, *Độ xốp của các sản phẩm PU*.
9. ISO 1926-2005, *Phương pháp xác định độ bền kéo*.
10. ISO 844, *Phương pháp xác định độ bền nén*.

## SUMMARY

### STUDY ON EFFECT OF COMPONENTS RATIO ON THE PROPERTIES OF POLYURETHANE/GRAPHITE COMPOSITE APPLIED AS SOLAR ENERGY ADSORPTION MATERIAL

This paper presents the effect of MDI/PPG ratio, polydimethylsilosane surfactant content and graphite content on the mechanical properties of the PU/graphite composites in order to finding the most suitable content of components to prepare the PU/graphite composite having good properties. The obtained results showed that the tensile strength and compressive strength of the PU/graphite composite reached the highest value at the MDI/PPG ratio of 1.15/1 and polydimethylsilosane content of 0.8%. The high graphite weight can cause the decrease in compressive strength and tensile properties of the PU/graphite composites. However, the increase in graphite content in the composites can lead to improve in the solar energy adsorption ability of the composites significantly. This confirmed that the potential using of graphite as filler for PU to prepare the porous materials having good solar energy adsorption ability.

*Keywords: Polyurethane foam, polydimethylsilosane, graphite, solar energy adsorption.*

*Nhận bài ngày 04 tháng 12 năm 2018*

*Phản biện xong ngày 25 tháng 12 năm 2018*

*Hoàn thiện ngày 29 tháng 12 năm 2018*

<sup>(1)</sup> *Viện Hóa công nghiệp, Bộ Công thương*

<sup>(2)</sup> *Viện Kỹ thuật nhiệt đới, Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam*

<sup>(3)</sup> *Trung tâm Công nghệ cao, Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam*

<sup>(4)</sup> *Viện Nghiên cứu Công nghiệp rừng, Viện Khoa học Lâm nghiệp Việt Nam*