

NGHIÊN CỨU ẢNH HƯỞNG CỦA ĐỘN SILICE VÀ THẠCH ANH LÊN CẤU TRÚC VÀ TÍNH CHẤT ĐÀN HỒI CỦA MẠNG LƯỚI POLY (DIMÉTHYL SILOXANE) PDMS

Phan Thanh Bình

Khoa Công Nghệ Vật Liệu, Trường ĐH Bách Khoa, Đại Học Quốc Gia TP. HCM
(Bài nhận ngày 18 tháng 3 năm 2004, hoàn chỉnh sửa chữa ngày 05 tháng 5 năm 2004)

TÓM TẮT: Bài báo trình bày kết quả nghiên cứu mạng lưới lưu hóa của PDMS, có chứa các loại độn silice và thạch anh, qua các kỹ thuật tiếp cận: đo cường lực, đo lưu biến và hồi phục từ hạt nhân (RMN – Relaxation Magnétique Nucléaire). Các kết quả chỉ ra mối quan hệ giữa cấu trúc mạng lưới xác nhận bởi RMN và các tính chất đàn hồi vĩ mô của mạng lưới lưu hóa (E , G'). Đặc biệt đối với các mạng lưới lưu hóa có chứa độn, với những tính chất cơ lý như nhau nhưng cấu trúc mạng lưới có thể rất khác nhau, tùy thuộc vào khả năng tương tác giữa độn và mạch polymer. Các tính chất này có thể nhận biết qua đo hồi phục từ hạt nhân (RMN).

1. Đặt vấn đề

Mối quan hệ giữa cấu trúc mạng lưới và tính chất cơ lý của polymer đã được nghiên cứu và xác nhận theo các lý thuyết về mạng lưới thuần (réseau affine), thuyết trường trung bình (champs moyen) cũng như các lý thuyết hiện đại (percolation),... Tuy nhiên việc tham gia của độn vào mạng lưới polymer vẫn chưa có được những cơ sở lý thuyết hoàn chỉnh.

Đề tài nghiên cứu mạng lưới của PDMS lưu hóa bằng phản ứng hydrosilylation, phản ứng cộng giữa các nhóm hydrogen và vinyl được mang trên các mạch PDMS, với sự có mặt của hai loại độn là silice (có khả năng tạo liên kết với PDMS và đóng vai trò chất độn tăng cường) và thạch anh (đòn trơ). Qua các phương pháp tiếp cận khác nhau, từ khảo sát các tính chất vĩ mô như môđun đàn hồi E , môđun động G' và phương pháp khảo sát ở mức độ đoạn mạch, phân tử, bằng đo hồi phục từ hạt nhân (RMN), nhằm đánh giá các cấu trúc mạng lưới, đề tài nghiên cứu mối quan hệ và ảnh hưởng của các loại độn đến quá trình hình thành, cấu trúc mạng lưới cũng như tính chất đàn hồi của sản phẩm.

2. Thí nghiệm

2.1. Các kỹ thuật sử dụng

Để đánh giá tính cấu trúc mạng lưới và tính chất đàn hồi của PDMS đề tài đã sử dụng ba phương pháp tiếp cận khác nhau:

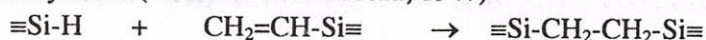
- Khảo sát quá trình hình thành mạng lưới và tính chất của mạng lưới: đo môđun động G' . Thiết bị sử dụng là lưu biến kế CARIMED CSL 500, tần số tuần hoàn là 1 Hz, áp lực lên mẫu là 600 N/m².
- Khảo sát tính chất đàn hồi của mạng lưới: đo môđun đàn hồi Young E .
- Khảo sát cấu trúc mạng lưới, trạng thái linh động của các proton trên các mạch PDMS trong mạng lưới: sử dụng thông số cấu trúc mạng χ_C , qua đo hồi phục từ hạt nhân (RMN) của hệ. Tùy theo độ hấp phụ của các mạch PDMS trên bề mặt hạt độn, phương pháp đo hồi phục từ hạt nhân có thể phân biệt độ chặt chẽ các cấu trúc của các hỗn hợp qua đo thời gian hồi phục đặc trưng của chúng, thể hiện bởi thông số cấu trúc RMN χ_C . Cấu trúc chặt chẽ, các proton trong hệ càng ít linh động, thời gian hồi phục từ hạt nhân càng ngắn thì thông số cấu trúc χ_C càng lớn. Thiết bị sử dụng đo hồi phục từ hạt nhân là máy RMN Bruker CXP 90 của hãng Bruker, hoạt động ở tần số 45 Mhz. Các mẫu thử dưới dạng lỏng, nhớt hoặc rắn (lưu hóa) được đo trong các ống thủy tinh kích thước 0.8 mm. Thiết bị đo IRTF được sử dụng để theo dõi phản ứng tức thời (in-situ) tạo mạng nối ngang theo thời gian phản ứng. Với công thức tính độ chuyển hóa (ϕ_H) của nhóm chức hydrogen $\equiv\text{Si-H}$ (bước sóng 2130 cm⁻¹), như sau:

$$\phi_H = \frac{A_{\text{Si-H}}^0 - A_{\text{Si-H}}^t}{A_{\text{Si-H}}^0}$$

$A_{\text{Si-H}}$: Độ hấp thụ hồng ngoại của nhóm chức hydrogen ghi nhận bởi thiết bị đo IR.

2.2. Mẫu thí nghiệm

Phản ứng lưu hóa: hydrosilylation (Sommer và Pietrusza, 1947)



Sử dụng các mẫu PDMS cung cấp bởi hãng Rhônes – Poulenc (Pháp) qua các đơn pha chế như sau:

Mẫu TN	$\tau_{H/Vi}$	ρ_H	Mn Si-Vi (g/mol)	Chất ức chế (ppm)	Silice (%)	Thạch anh (%)	Độ nhớt (Pa.s)	Sa lắng
X2	1.3	1	10.000	85			0.5	
X6 (Z2)	1.3	0.72	10.000	85			0.5	
Y3	1.3	1	10.000	85	33	0	7	Không
Y4 (Z3)	1.3	0.72	10.000	85	33	0	5	Không
Y5	1.3	0.72	10.000	85	0	33	0.8	Không
Z7	1.3	0.72	10.000	43	0	100	3	Có

Bảng 1: Số liệu tổng hợp về các mẫu PDMS chính khảo sát

Với:

$$\tau_{H/Vi} = \frac{\sum [H]}{\sum [Vinyl]} \quad ; \quad \rho_H = \frac{\sum [H_{poly}]}{\sum [H_{poly}] + \sum [H_{\alpha\omega}]}$$

H_{poly} : Mạch PDMS có mang nhiều nhóm chức hydrogen

$H_{\alpha\omega}$: Mạch PDMS chỉ mang 2 nhóm chức hydrogen ở 2 đầu mạch

Hai loại độn đã được sử dụng trong thí nghiệm (cung cấp bởi hãng Rhônes – Poulenc – Pháp):

- Silice, diện tích bề mặt riêng 300 m²/g: trong các hỗn hợp PDMS silice, các mạch PDMS sẽ bị hấp phụ trên bề mặt hạt độn silice nhờ tạo các cầu nối vật lý, các liên kết hidro, giữa các nhóm OH trên mặt silice và các nguyên tử oxygen của mạch PDMS. Chính nhờ tính chất này silice là độn tăng cường cho PDMS và làm gia tăng độ nhớt của hệ lên một cách đáng kể khi cho silice vào PDMS.

Trong thí nghiệm, sử dụng silice chế tạo bằng phương pháp nhiệt và được biến tính nhằm làm giảm độ hoạt động của bề mặt silice, Ngoài ra lượng silice sử dụng cũng chỉ giới hạn ở 33% so với PDMS.

- Thạch anh, diện tích bề mặt riêng 3 m²/g: là một loại độn không tăng cường do tính chất bề mặt rất trơ. Do đó, có thể đưa hàm lượng độn lên rất cao (100 %) nhưng không làm tăng đáng kể độ nhớt của hệ (bảng 1). Tuy nhiên do không có liên kết với PDMS nên khi hàm lượng độn cao sẽ xuất hiện sự sa lắng của thạch anh trong hỗn hợp polymer.

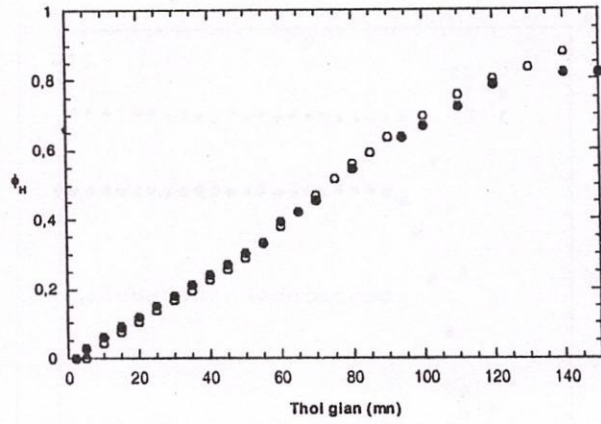
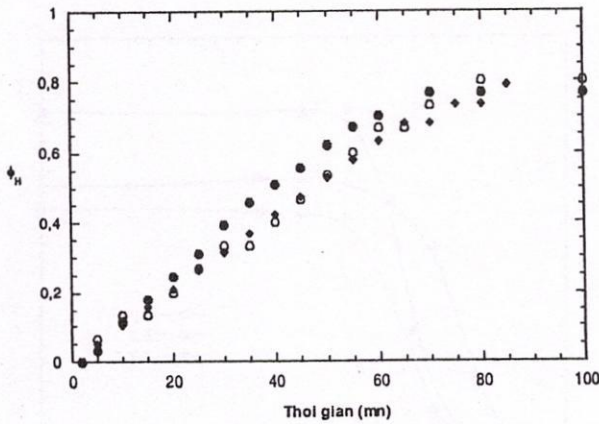
Các thí nghiệm được tiến hành tại Phòng thí nghiệm Quang phổ Vật lý, Đại Học Tổng Hợp Joseph Fourier, Grenoble, Cộng Hòa Pháp.

3. Bàn luận

3.1. Động học quá trình tạo mạng ngang

Khi đưa độn vào trong hỗn hợp polymer tùy theo bản chất của độn có thể tồn tại những tương tác vật lý hoặc hoá học giữa mạch polymer và hạt độn, điều đó có thể ảnh hưởng đến các phản ứng hóa học của polymer nền.

Đồ thị 1 và 2 dưới đây thể hiện độ chuyển hóa ϕ_H của nhóm chức hydrogen theo thời gian tạo mạng lưới ngang của các hỗn hợp nghiên cứu, kết quả thực nghiệm cho thấy, độ chuyển hóa theo thời gian hầu như không thay đổi khi có mặt của độn trong hỗn hợp phản ứng. Như vậy đối với PDMS, việc thêm silice và thạch anh không ảnh hưởng đến động học của quá trình tạo mạng lưới ngang, mặc dù sự hấp phụ của PDMS trên bề mặt hạt silice đã được khẳng định trong các nghiên cứu được công bố [5].



Biến thiên độ chuyển hóa hóa học ϕ_H theo thời gian phản ứng tạo mạng nối ngang

Đồ thị 1 : $\tau_{HVI} = 1.3$, $\rho_H = 0.72$

Đồ thị 2 : $\tau_{HVI} = 1.3$, $\rho_H = 1$

PDMS không độn (●), PDMS độn 33% silice (○),
PDMS độn 100% thạch anh (◆)

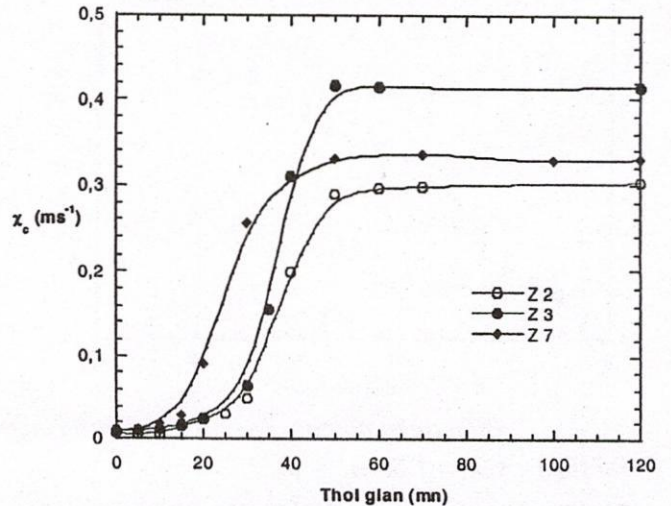
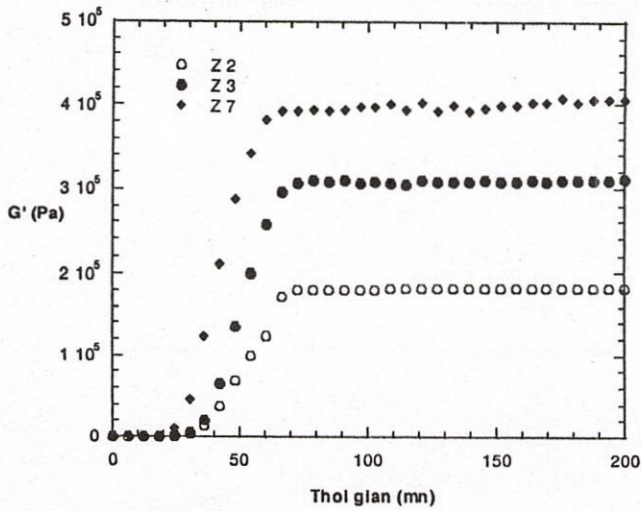
PDMS không độn (●), PDMS độn 33%
silice (○).

3.2. Quá trình hình thành mạng lưới

Dưới góc độ động hóa học, độ chuyển hóa hóa học không cho thấy sự khác biệt trong quá trình tạo mạng ngang của các hỗn hợp PDMS có hoặc không có độn. Trái lại, các kỹ thuật hồi phục từ hạt nhân (RMN) và đo lưu biến khi theo dõi quá trình phản ứng đã chỉ ra ảnh hưởng của bản chất và hàm lượng độn sử dụng trên việc hình thành mạng lưới lưu hóa của hỗn hợp.

Các kết quả thực nghiệm trình bày trên đồ thị 3 (Môđun G' theo thời gian lưu hóa) và đồ thị 4 (Thông số cấu trúc χ_C theo thời gian lưu hóa) cho thấy:

- Với sự tham gia của độn, quá trình hình thành mạng lưới (điểm gel) xảy ra nhanh hơn (đồ thị 3). Theo lý thuyết, sự có mặt của các hạt độn trong hỗn hợp phản ứng làm tăng các trung tâm hoạt động có bản chất vật lý trong hệ, đưa đến chuyển động của các mạch polymer sẽ khó khăn hơn và mạng lưới hình thành cũng chặt chẽ hơn, kết quả tính chất đàn hồi của hệ, ghi nhận bởi G' và χ_C , sẽ tăng nhanh hơn so với trường hợp polymer không độn.
- Silice với diện tích bề mặt riêng lớn ($300\text{m}^2/\text{g}$), và khả năng tạo liên kết hydro với các nhóm chức hydroxyl trên bề mặt silice, đã tạo nên một hỗn hợp vật lý đồng thể, chặt chẽ. Điều này thể hiện qua biến thiên thông số cấu trúc χ_C , ghi nhận bởi RMN (đồ thị 4), của hỗn hợp PDMS – silice cao hơn hẳn hỗn hợp PDMS không độn hoặc độn thạch anh. Như thế có thể nhận xét rằng độn tăng cường đối với polymer vừa cải thiện cấu trúc, vừa tăng cường tính chất cơ lý của hỗn hợp hình thành. Trường hợp của thạch anh, tuy có làm tăng môđun G' và quá trình hình thành mạng lưới có nhanh hơn, tỷ lệ theo hàm lượng độn đưa vào (đồ thị 3), tuy nhiên do bề mặt hạt độn trơ, không có tương tác với PDMS, nên ảnh hưởng thay đổi cấu trúc của mạng lưới không đáng kể so với PDMS không độn (đồ thị 4). Tổ hợp PDMS/thạch anh tồn tại như một hỗn hợp dị thể và không ổn định (hiện tượng sa lắng thạch anh trước khi lưu hóa - bảng 1).
- Cả hai kỹ thuật RMN (χ_C) và đo lưu biến (G') đều có thể sử dụng để theo dõi quá trình hình thành mạng lưới. Môđun G' ghi nhận tính chất động học của hệ thống, vĩ mô, trong khi đó thông số cấu trúc χ_C nhạy với chuyển động của đoạn mạch, phản ánh cấu trúc mạng lưới ở dạng kích thước phân tử, vi mô. Điều này cho thấy đối với cùng một hỗn hợp hai kỹ thuật sẽ bổ sung nhau để mô tả mối quan hệ bản chất giữa cấu trúc và tính chất của polymer lưu hóa có sử dụng độn.



Quá trình hình thành mạng lưới lưu hóa của 3 mẫu thí nghiệm có cùng thành phần hóa học ($\tau_{H/Vi} = 1.3, \rho_H = 0.72$): PDMS không độ Z2 (o), PDMS độ 33% silice Z3 (●), PDMS độ 100% thạch anh Z7 (◆).

Đồ thị 3: Khảo sát qua biến thiên của môđun động G' .

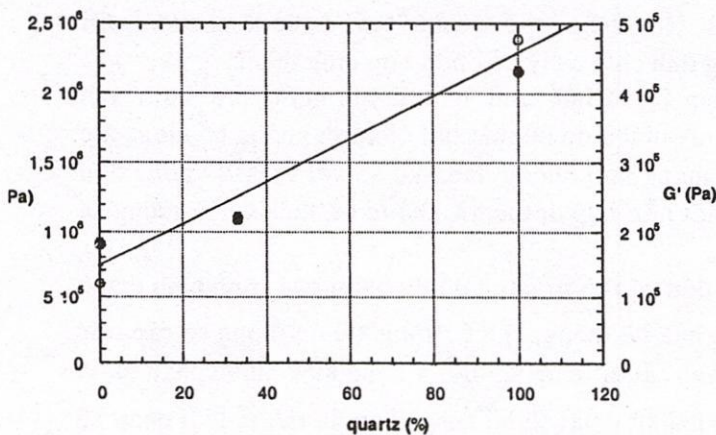
Đồ thị 4: Khảo sát qua biến thiên biến thiên của cấu trúc mạng lưới χ_c .

3.3. Ảnh hưởng của độ

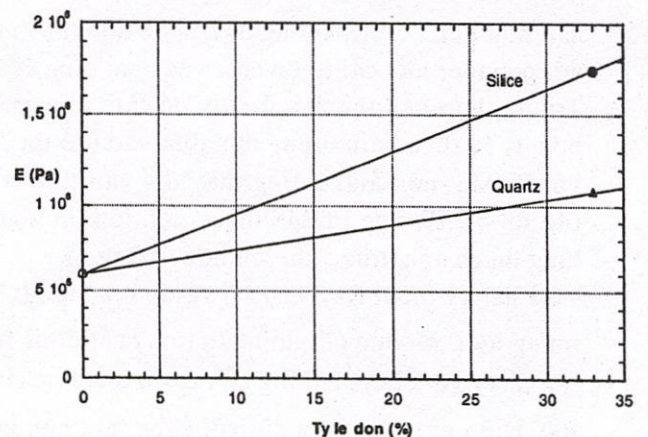
3.3.1. Ảnh hưởng trên tính chất đàn hồi của hỗn hợp lưu hóa

Đồ thị 5 cho thấy, tỷ lệ với hàm lượng độ đưa vào mạng lưới PDMS, dù là độ tăng cường hay độ trơn, môđun đàn hồi E và môđun động G' của hỗn hợp tạo thành đều tăng. Hiệu ứng tăng cường phụ thuộc vào khả năng tương tác giữa hạt độ và polymer nền, khi khả năng tương tác càng cao thì hiệu ứng tăng cường càng lớn; điều này giải thích hiệu ứng tăng cường trên PDMS của silice cao hơn quartz được thể hiện trên đồ thị 6.

Hiệu ứng của độ làm tăng môđun hỗn hợp lưu hóa được giải thích dựa vào việc tăng số lượng các điểm tương tác vật lý, có độ bền khác nhau, trong thể tích mạng lưới, khiến cho quá trình truyền lực tác dụng trên toàn thể tích nhanh hơn. Kết quả của quá trình này, polymer có độ thể hiện khả năng kháng lực tác dụng ngoài, độ đàn hồi cao hơn, E lớn hơn, so với polymer không có độ.

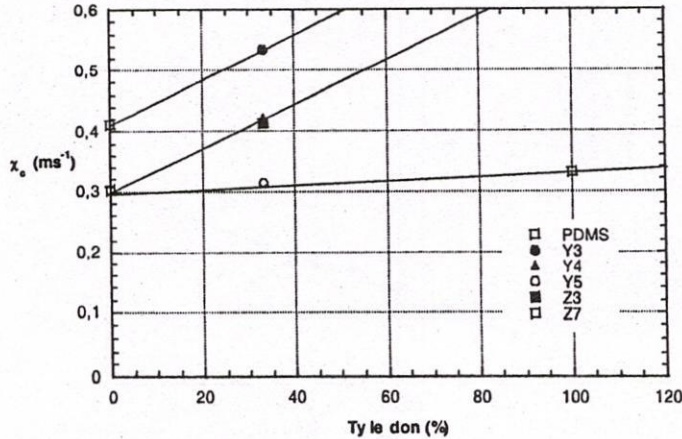


Đồ thị 5: Biến thiên của môđun E (o) và G' (●) theo hàm lượng độ thạch anh, Y5 (33%) và Z7 (100%)



Đồ thị 6: Ảnh hưởng gia cường của silice Y4 (●) và thạch anh Y5 (▲) trên môđun đàn hồi của cùng loại PDMS nền ($\tau_{H/Vi} = 1.3, \rho_H = 0.72$)

3.3.2. Ảnh hưởng trên cấu trúc mạng lưới lưu hóa



Đồ thị 7 : Ảnh hưởng của bản chất và hàm lượng độn, silice (ký hiệu đen) và thạch anh (ký hiệu trắng) trên cấu trúc mạng lưới thể hiện qua thông số cấu trúc RMN χ_c

Theo đồ thị 7, biểu thị sự thay đổi của cấu trúc (thông số cấu trúc χ_c) mạng lưới PDMS lưu hóa khi có hàm lượng độn, tăng cường (silice) hay trơ (thạch anh), tăng dần, nhận thấy :

- Trường hợp PDMS độn thạch anh, ngay cả khi hàm lượng độn là 100%, thông số cấu trúc cho thấy không có sự cải thiện cấu trúc vi mô của các mạch polymer, không có tương tác giữa PDMS và thạch anh, mạng lưới không chặt chẽ hơn, dù mô đun của hệ có tăng (đồ thị 5,6). Hệ số tỷ lệ giữa thông số cấu trúc χ_c và hàm lượng thạch anh đưa vào là 0,3.

- Trường hợp PDMS độn silice, nhờ các liên kết hydro giữa các nhóm OH trên bề mặt silice và các nguyên tử oxygen trên mạch PDMS, sự có mặt của silice đã làm tăng mật độ mạng lưới nối ngang. Kết quả, thông số cấu trúc χ_c tăng lên một cách đáng kể khi đưa silice vào mạng lưới lưu hóa của PDMS, tỷ lệ tương ứng giữa χ_c và hàm lượng độn lúc này cao gấp 10 lần so với trường hợp độn quartz (3.5).

Các kết quả thực nghiệm cũng chỉ ra hiệu ứng gia cường mạng PDMS lưu hóa của silice không phụ thuộc vào thành phần hóa học của mạng lưới. Nếu ta thêm vào hai hỗn hợp PDMS có cùng khối lượng phân tử trung bình nhưng có thành phần pha chế khác nhau, cùng một loại độn silice, thì hiệu ứng gia cường mạng lưới của silice sẽ giống nhau. Điều này nhận thấy trên đồ thị 7, từ hai mạng lưới khác nhau X2, X6, với cùng loại độn silice, thì hiệu ứng gia cường giống nhau đưa đến đường biểu diễn thông số cấu trúc χ_c theo hàm lượng độn song song nhau (có cùng hệ số góc).

Các kết quả cho thấy RMN là một công cụ chính xác mô tả được cấu trúc của mạng lưới polymer ngay cả trong trường hợp có chứa độn, từ đó đánh giá được hiệu ứng thật sự của độn lên mạng lưới lưu hóa.

3.4. Quan hệ giữa thông số cấu trúc và mô đun đàn hồi

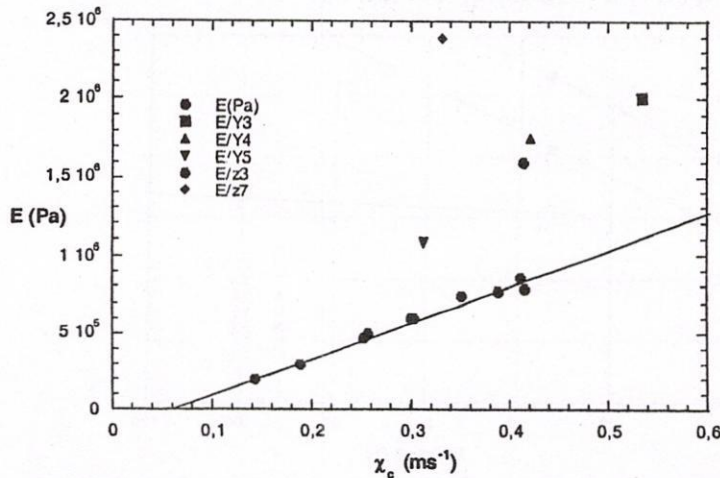
3.4.1. Mạng lưới PDMS không độn

Do χ_c là thông số thể hiện cấu trúc của mạng lưới ngang của PDMS do đó theo lý thuyết, χ_c sẽ có mối quan hệ tuyến tính với các tính chất đàn hồi vi mô của hệ như mô đun đàn hồi E, mô đun động G' và ngay cả độ cứng bề mặt Shore A.

Trong đồ thị 8, các mẫu PDMS không có độn đã thể hiện mối quan hệ tuyến tính giữa χ_c - E và có dạng :

$$\chi_c = \chi_c^0 + aE$$

Điều đó có nghĩa ngay khi E = 0, mạng lưới ngang chưa hình thành, thì χ_c vẫn có một giá trị nhất định là χ_c^0 . χ_c^0 tương ứng với cấu trúc cụ thể của hệ trước khi tạo thành mạng lưới, giá trị χ_c^0 thể hiện chủ yếu tương tác vật lý và mắc mứu vật lý giữa các mạch polymer khi chưa nối mạng ngang.

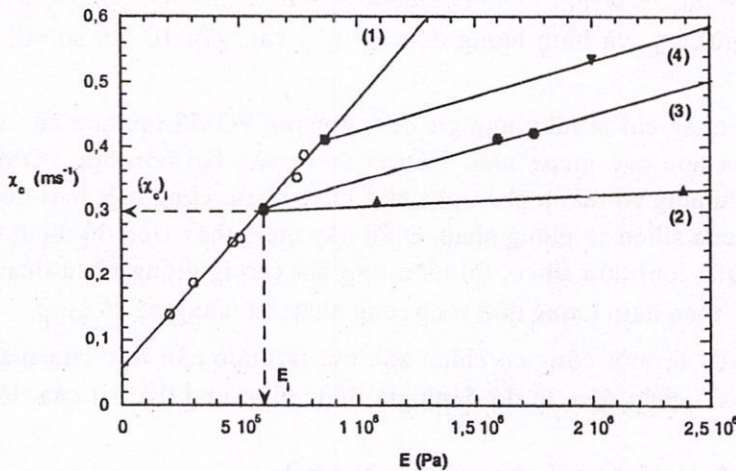


Đồ thị 8 : Biểu diễn mối quan hệ tuyến tính giữa $E - \chi_c$ cho các mẫu PDMS lưu hóa không có độn. Quan hệ này chưa thể áp dụng cho các mẫu PDMS lưu hóa có độn : Y3, Y4, Y5, Z3, Z7.

Tuy nhiên trong đồ thị 8, các mẫu độn không tuân theo quy luật của mối quan hệ giữa $\chi_c - E$ của PDMS không có độn.

3.4.2. Mạng lưới PDMS có độn

Đồ thị 9, thể hiện mối quan hệ giữa $\chi_c - E$ của toàn bộ các mẫu PDMS lưu hóa nghiên cứu từ không chứa độn đến mẫu có độn. Lần lượt xác nhận có 4 mối quan hệ giữa $\chi_c - E$ khác nhau, biểu thị bằng 4 đường biểu diễn trên đồ thị, tùy theo các thành phần cụ thể từng mạng lưới lưu hóa:



Đồ thị 9 : Quan hệ giữa cấu trúc mạng lưới χ_c và mô đun đàn hồi E của các mẫu:
 (□)PDMS không độn, (□) PDMS độn thạch anh, (●) PDMS độn silice

- Đường biểu diễn (1) thể hiện mối quan hệ $\chi_c - E$ của các mẫu PDMS lưu hóa không có độn như đã trình bày ở trên (3.4.1).
- Đường biểu diễn (2) thể hiện mối quan hệ $\chi_c - E$ của các mẫu PDMS lưu hóa có độn thạch anh. Trong thí nghiệm, các mẫu độn thạch anh có PDMS nền từ mẫu X6 ($\tau_{H/vi} = 1.3, \rho_H = 0.72$). Theo đường biểu diễn (2) ta nhận thấy do là độn trơ, nên hỗn hợp lưu hóa có chứa thạch anh có thể đạt giá trị mô đun đàn hồi E khá lớn tùy theo hàm lượng độn, tuy nhiên cấu trúc mạng lưới (χ_c) hầu như thay đổi không bao nhiêu.

- Đường biểu diễn (3) thể hiện mối quan hệ $\chi_c - E$ của các mẫu PDMS lưu hóa có độ silice từ hỗn hợp nền là X6 ($\tau_{H/vi} = 1.3, \rho_H = 0.72$) như các mẫu độ thạch anh. Đối với các mẫu PDMS lưu hóa này, dù hàm lượng silice độ không cao (33%) nhưng đã làm thay đổi rõ nét tính chất của mạng lưới từ mô đun đàn hồi E đến cấu trúc của hệ, χ_c .

- Đường biểu diễn (4) thể hiện mối quan hệ $\chi_c - E$ của các mẫu PDMS lưu hóa có độ silice như đường biểu diễn (3), tuy nhiên ở đây hỗn hợp PDMS nền có mật độ nối ngang cao hơn $(\chi_c)_i' > (\chi_c)_i$, hỗn hợp X2 ($\tau_{H/vi} = 1.3, \rho_H = 1$).

Các thí nghiệm trên được lập lại với mô đun động G' và đồ thị biểu diễn mối quan hệ $\chi_c - G'$ cho các kết quả tương tự như mối quan hệ $\chi_c - E$.

Từ các kết quả trên có thể rút ra :

- Đối với các mẫu PDMS lưu hóa có độ, cấu trúc mạng lưới và tính chất đàn hồi phát triển trên nền mẫu PDMS lưu hóa không độ nhưng có cùng thành phần hóa học.

- Các tính chất cơ lý vĩ mô như mô đun đàn hồi E, mô đun động G' hay độ cứng Shore A không thể phản ánh được chính xác cấu trúc mạng lưới các polymer lưu hóa có độ, đặc biệt trong trường hợp các độ tăng cường.

Cụ thể trên đồ thị 9, với các mẫu PDMS lưu hóa có cùng một giá trị mô đun đàn hồi E như nhau, nhưng cấu trúc mạng lưới của chúng rất khác nhau tùy thuộc vào hàm của độ cũng như sự tương tác giữa độ và mạng lưới PDMS.

4. Kết luận

Từ các kết quả thí nghiệm ta có thể rút ra hai kết luận cơ bản:

- Các hỗn hợp PDMS có chứa độ thì có độ nhớt cao hơn PDMS không độ, nhất là khi độ tăng cường. Đứng về phương diện phản ứng tạo nối ngang, hầu như các loại độ sử dụng, silice và thạch anh, không ảnh hưởng đến vận tốc phản ứng hóa học, nhưng có tác động đến việc hình thành mạng lưới nhanh hơn, ghi nhận qua biến thiên mô đun động G' , so với trường hợp polymer không độ.

- Chất độ cải thiện rõ các tính chất đàn hồi, cơ lý của mạng lưới PDMS lưu hóa. Những tính chất chung này (mô đun đàn hồi E, mô đun động G') thì quan hệ tuyến tính với cấu trúc mạng lưới lưu hóa thể hiện bởi thông số cấu trúc χ_c , khảo sát bởi hồi phục từ hạt nhân (RMN). Tính chất này đúng cho mạng lưới PDMS có hay không có độ, trên nguyên tắc tính chất của hỗn hợp PDMS có độ được xác định từ hỗn hợp không độ có cùng thành phần hóa học.

Lời cảm ơn : Tác giả chân thành cảm ơn Trung tâm nghiên cứu Rhône- Poulenc – Saint Fonts, Pháp, đã cung cấp những mẫu thí nghiệm (PDMS, silice và thạch anh) và Phòng thí nghiệm Quang phổ vật lý, Đại học Tổng Hợp Joseph Fourier, Grenoble, Pháp đã tạo điều kiện để tiến hành nghiên cứu này.

INFLUENCE OF THE FILLER, SILICE AND QUARTZ ON THE STRUCTURE AND ELASTIC MODULUS OF PDMS VULCANIZED NETWORK

Phan Thanh Binh

ABSTRACT: *The article presents the study results on the PDMS network vulcanized with the filler, silice and quartz, by the different techniques as strain, rheologie and Relaxation Magnetic Nuclear (RMN). The results dedicate the relation between the PDMS's structure, detected by RMN and the elastic properties. Particularly, on the vulcanized filled network, these pieces can have a same elastic modulus but different structures of networks, depending on the nature and the interaction between the PDMS molecule and the filler.*

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. PHAN THANH BÌNH, *Khảo sát ảnh hưởng của các nhóm chức vinyl và hydrogen trên quá trình tạo mạng ngang của Poly Dimethylsiloxane PDMS - Cao su silicon*, Khoa học và công nghệ, 38+39, 2002.
2. NGUYỄN HỒNG PHÚC, *Nghiên cứu mối quan hệ giữa cấu trúc mạng lưới và tính chất cơ lý của cao su lưu hóa*, Luận văn tốt nghiệp (CBHD : PHAN THANH BÌNH), Trường Đại Học Bách Khoa-Đại Học Quốc Gia TP HCM, 2001.
3. PHAN THANH BÌNH, *Polydiméthylsiloxane. Réseaux aléatoires (RMN) et propriétés électriques*, Luận Án Tiến Sĩ, Trường Đại học Tổng Hợp Joseph Fourier, 1998, Grenoble, France.
4. COHEN ADDAD, J.P., *NMR and fractal properties of polymeric liquids and gels*. In Progress in RMN Spectroscopy; Emsley, J.W. Feeney, J., Sutcliffe, L.H., Eds.; Pergamon Press; Oxford, England, 1993.
5. SCHORSCH, G., *Les applications des élastomères de silicones*, Caoutchouc et Plastique, 1993, 720.
6. ENRIQUE M. VALLES, CHRISTOPHER W. MACOSKO, *Properties of Networks Formed by End Linking of Poly(dimethylsiloxane)*, *Macromolecules*, 1979, vol12, No 4, 673
7. BOONSTRA, B.B., *Reinforcement by fillers*, in *Rubber technology and manufacture*, edited by Blow, C.M., Newnes-Butterworths, London, 1971.