

NGHIÊN CỨU CÁC YẾU TỐ ẢNH HƯỞNG ĐẾN QUÁ TRÌNH CHẾ TẠO POLYURETAN NHỮ TƯƠNG THÂN THIỆN MÔI TRƯỜNG

STUDY ON FACTORS AFFECT TO SYNTHESIS PROCESS OF
POLYURETHANE EMULSION FRIENDLY ENVIRONMENT

Nguyễn Hoàng Hải, Hà Đại Phong, Vũ Thị Trang, Phạm Thị Chang

Viện Hóa Công nghiệp Việt Nam;

Đến Tòa soạn: 25/11/2020

ABSTRACT

The paper has studied the factors affecting the mechanical properties of emulsion polyurethanes. The results showed that the highest PEG / HMDI ratio of emulsion PU materials with mechanical properties was: tensile strength 28.2MPa, elongation 523%, so the ratio PEG/HMDI was suitable for fabrication. emulsion polyurethane is 70/30 mass fraction, suitable DMPA content is determined as 7% by mass PEG + HMDI, catalytic content DBTDL is 0.1%, content of elongating BDO is suitable 2% by weight according to PEG + HMDI. The particle size of the emulsion particles was determined by TEM imaging, showing that the PUNT particles are spherical and uniformly distributed. The particle size measured by laser granulometer shows the aggregate particle size distribution in the range 95-105nm, the average particle size of the PUNT emulsion was 98.63nm, and the size distribution index was 0.33.

Từ khóa: Polyuretan Emulsion, Polyuretan Dispersion (PUD), waterborne polyurethane emulsion.

1. MỞ ĐẦU

Polyuretan nhũ tương với hệ phân tán nước là loại vật liệu độ bền cơ lý cao, độ đàn hồi cao và có khả năng chống tia cực tím tốt, bền thời tiết, bền hóa chất, thân thiện với môi trường. Hiện nay, trên thế giới sử dụng nhũ tương polyme toàn cầu đạt khoảng 32,2 tỷ USD, đặc biệt là các nước phát triển do loại vật liệu này rất thân thiện với môi trường, không gây cháy nổ, không gây mùi khó chịu do có hàm lượng VOC thấp. Hiện nay loại vật liệu này đã được một số công ty trên thế giới nghiên cứu và phát triển như: BASF SE (Đức), Arkema SA (Pháp), DIC Corporation (Nhật Bản), AkzoNobel NV (Hà Lan), Asahi Kasei

Corporation (Mỹ), Clariant AG (Switzerland), Momentive Performance (Mỹ), Wacker Chemie AG (Hoa Kỳ), Công ty Hóa chất Dow (Mỹ), Asian Paints Ltd (Ấn Độ), Celanese Corporation (Mỹ), Nuplex Industries Ltd (Australia). Một số sản phẩm thương mại nước ta nhập khẩu như: TakelacTM (PUD); PUD-2K, PUD-1K, Bayhydur (Hoa Kỳ); Bayhyrol; Rhodocoat 2K WT2092, XEZ-M502 (Pháp); Polyuretan - Acrylic Dispersion H569,570; (Mỹ), Polydek Super P (Malayxia)..... Trên thế giới đã có nhiều công trình khoa học nghiên cứu polyuretan nhũ tương tạo thành [1-4]. Ở Việt Nam, loại vật liệu này hiện nhập khẩu hoàn toàn việc nghiên cứu PU nhũ tương

mới được nghiên cứu gần đây. Polyuretan nhũ tương thường được sử dụng làm vật liệu chống thấm, bền thời tiết, chống co ngót, chống nứt làm tăng độ bền và tuổi thọ cho các công trình xây dựng. Bài báo này trình bày các kết quả nghiên cứu nghiên cứu các yếu tố ảnh hưởng đến quá trình tổng hợp Polyurethane nhũ tương trên cơ sở hexametylen diisocyanat (HMDI), chất polyetylen etylen glycol (PEG), chất nhũ hóa dimetylol propionic axit (DMPA), chất xúc tác dibutyltin dilaurat (DBTDL). Các yếu tố ảnh hưởng đến quá trình chế tạo polyuretan nhũ tương thân thiện với môi trường như tỷ lệ thành phần PEG/HMDI; hàm lượng chất nhũ hóa, hàm lượng chất xúc tác đã được tiến hành nghiên cứu.

2. THỰC NGHIỆM

2.1. Nguyên vật liệu và hóa chất

- Polyetylen glycol (PEG) chất lỏng trong suốt, trọng lượng phân tử 400 g/mol, (Trung Quốc).

- HMDI (hexametyl diisocyanat) là chất lỏng không màu, khối lượng riêng 1,047g/cm³, hàm lượng 99% (Trung Quốc).

- Axit dimethylol propionic (DMPA) chỉ số axit 410mgKOH/g; hàm lượng hydroxy OH 24% của hãng Sigma Aldrich.

- N, N-bis (2-hydroxyethyl) -2-amino ethane sulfonic acid natri (muối natri BES) dạng bột màu trắng trong, độ tinh khiết 99%, độ hòa tan nước 0,35g/ml của hãng Sigma Aldrich.

- 1,4-butanediol (BDO) chất lỏng, hàm lượng ≥99% của Trung Quốc.

- Triethylamine, TEA, là chất lỏng không màu, có mùi có tác dụng làm bazơ trong các phản ứng tổng hợp hữu cơ (Đài Loan).

- N-methyl-2-pyrrolidone (NMP) là chất lỏng không màu, có thể trộn lẫn với nước và hầu hết các dung môi hữu cơ phổ biến (Trung Quốc).

- Dibutyltin Dilaurate (DBTDL) chất xúc tác dạng lỏng, hàm lượng 95%, tỷ trọng 1,066g/ml của mua của hãng Sananhua (Bắc Kinh, Trung Quốc).

- 1,4 butandiol (BDO): hàm lượng ≥99% của Malaysia.

2.2. Chế tạo polyuretan nhũ tương

Cho 48 gam PEG được nạp vào bình phản ứng ba cổ tròn, bao gồm một máy khuấy cơ học với đầu nổi ngưng tụ, nhiệt kế, bình phản ứng được lắp trong bình ổn nhiệt. Cho từ từ 12 gam HMDI vào bình khuấy đều. Sau đó, dung dịch 3gam DMPA trong NMP được đổ vào bình phản ứng và tiếp tục khuấy trong 30 phút. Bình phản ứng được gia nhiệt đun nóng trong khoảng 1 giờ. Tiếp theo, cho 1,2 gam butanediol được thêm vào ở nhiệt độ 65°C và phản ứng được tiếp tục trong 30 phút nữa. Sau đó cho dung dịch DBTDL, 1% khối lượng đã được thêm một chút với phễu nhỏ giọt. Sau khi tiếp tục phản ứng duy trì trong 3-4 giờ ở 90°C. Cho 3gam TEA chất trung hòa được cho vào bình phản ứng, sau đó bình phản ứng được làm lạnh đến 45°C. Trong tất cả các bước của phản ứng, tốc độ khuấy điều chỉnh là 250 vòng /phút -300 vòng/phút. Cho từ từ 6 gam nước cất đã khử ion được bổ sung sau khi trung hòa bằng TEA (15 phút bằng cách khuấy với tốc độ 500 vòng/phút trong 30 phút. Tốc độ bổ sung nước là rất quan trọng để có được sự phân tán ổn định. Sau khi thêm một lượng nước nhỏ, độ đục và độ nhớt tăng lên được quan sát sự hình thành nhũ tương nước-polyme. Sản phẩm có màu trắng được hình thành, lúc này xảy ra hiện tượng đảo pha và phân tán nước nên độ nhớt giảm.

2.3. Các phương pháp nghiên cứu

+ Độ bền kéo, độ giãn dài được xác định theo tiêu chuẩn ASTM D882 trên máy LLOYD INSTRUMENT 0,5 KN của Anh.

+ Độ nhớt được xác định theo tiêu chuẩn ASTM D4016-00 trên thiết bị BROOKFIELD VISCOMETER của Mỹ.

+ Kích thước hạt và sự phân bố kích thước hạt được đo trên máy Zetasizer Nano ZS laser (của hãng Malvern Instrument Ltd, Đức).

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Ảnh hưởng của tỷ hàm lượng PEG/HMDI đến tính chất cơ lý của vật liệu PU nhũ tương

Để khảo sát ảnh hưởng của tỷ lệ hàm lượng thành phần PEG/HMDI đến tính chất

cơ lý của vật liệu PU nhũ tương, chúng tôi đã tiến hành một dãy các thí nghiệm, trong đó đơn phối liệu tỷ lệ PEG/HMDI được thay đổi là 95/5; 90/10; 85/15; 87/13; 80/20; 75/25; 70/30 phần khối lượng; các điều kiện khác được giữ nguyên không đổi như: hàm lượng chất nhũ hóa DMPA là 7% khối lượng PEG+HMDI; hàm lượng xúc tác dibutyltin dilaurat là 0,1% theo hàm lượng PEG + HMDI, hàm lượng chất kéo dài mạch 1,4- butandiol (BPO) là 2% tính theo tổng khối lượng PEG+HPDI. Các mẫu được chế

tạo với các điều kiện gia công giai đoạn 1: nhiệt độ phản ứng 90°C, thời gian phản ứng là 1 giờ, tốc độ khuấy 300 vòng/phút; giai đoạn 2: nhiệt độ phản ứng 90°C, thời gian phản ứng là 3 giờ, tốc độ khuấy 300 vòng/ phút. Sản phẩm PU nhũ tương sau khi tạo thành được đổ khuôn tạo mẫu có kích thước tiêu chuẩn rồi xác định độ bền kéo, độ dài. Kết quả khảo sát ảnh hưởng của tỷ lệ PEG/HMDI đến tính chất cơ lý của vật liệu PU nhũ tương được trình bày trong bảng 1:

Bảng 1. Ảnh hưởng hàm lượng tỷ lệ PEG/HMDI đến tính chất cơ lý của các mẫu vật liệu PU nhũ tương

| STT | Tỷ lệ PEG/HMDI | Độ bền kéo [MPa] | Độ dẫn dài [%] |
|-----|----------------|------------------|----------------|
| 1 | PEG/HMDI 90/10 | 16,5 | 262 |
| 2 | PEG/HMDI 80/20 | 18,2 | 330 |
| 3 | PEG/HMDI 75/25 | 21,8 | 389 |
| 4 | PEG/HMDI 70/30 | 28,2 | 523 |
| 5 | PEG/HMDI 65/35 | 26,7 | 412 |
| 6 | PEG/HMDI 60/40 | 23,8 | 396 |

Kết quả bảng 1 cho thấy: Khi hàm lượng HMDI tăng từ 10%PKL lên 30% PKL độ bền kéo của vật liệu PU tăng lên từ 16,5Mpa lên 28,2MPa, độ dẫn dài của vật liệu PU tăng lên từ 262% lên 523%. Khi hàm lượng HMDI tăng từ 20% PKL lên 30% PKL độ bền kéo của vật liệu PU nhũ tương có xu hướng giảm từ 28,2Mpa xuống 23,8Mpa, độ dẫn dài của vật liệu PU có xu hướng giảm từ 450% xuống 396%. Nguyên nhân là do tỷ lệ phản ứng liên kết giữa nhóm NCO và OH để tạo vật liệu PU thay đổi. Mức độ khâu mạch của PU đàn hồi phụ thuộc vào tỷ lệ đương lượng giữa các nhóm NCO và OH. Khi thừa một trong hai nhóm NCO hoặc OH thì phản ứng xảy ra chưa triệt để, mức độ khâu mạch chưa hết, dẫn đến tính chất cơ lý của vật PU thay đổi. Do ở tỷ lệ PEG/HMDI vật liệu PU nhũ tương có tính chất cơ lý đạt giá trị cao nhất là: độ bền kéo 28,2MPa, độ dẫn dài 523% nên chúng

tôi chọn tỷ lệ PEG/HMDI thích hợp cho tổng hợp 70/30 phần khối lượng.

3.2. Ảnh hàm lượng DMPA đến tính chất cơ lý của PU nhũ tương

Khi hàm lượng chất nhũ hóa DMPA quá thấp, số lượng nhóm ưa nước trên bề mặt của các hạt nhỏ và rất khó tạo thành nhũ tương ổn định. Các mẫu PUNT được chế tạo như trình bày trong mục 2.2. Mẫu sau khi chế tạo được đem đi xác định kích thước hạt trên máy Zetasier Nano ZS laser, độ nhớt sản phẩm được xác định trên máy đo độ nhớt Brookfield (Mỹ) Các mẫu sau khi được tổng hợp được tạo màng theo phương pháp tráng màng, được sấy ở 80°C, trong 24 giờ. Màng thu được đem đi xác định độ hấp thụ nước. Kết quả xác định độ ổn định, bề mặt màng, độ hấp thụ nước, kích thước hạt, độ nhớt và kích thước hạt được trình bày trong bảng 2.

Bảng 2. Ảnh hưởng của hàm lượng DMPA đến tính chất của nhũ tương

| STT | Khối lượng (DMPA), [%KL] | Đơn vị | 5% | 6% | 7% | 8% | 9% |
|-----|--------------------------|---------|-----------------------|-----------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| 1 | Độ nhớt | mPa · s | 244 | 298 | 335 | 298 | 547 |
| 2 | Kích thước hạt nhũ tương | nm | 236 | 227 | 206 | 182 | 154 |
| 3 | Độ ổn định | - | Không ổn định | ổn định | ổn định | ổn định | ổn định |
| 4 | Màng | - | Gợn, không bằng phẳng | Gợn, không bằng phẳng | Đồng nhất, mịn, bằng phẳng | Đồng nhất, mịn, bằng phẳng | Đồng nhất, mịn, bằng phẳng |
| 5 | Độ hấp thụ nước | (%) | 1,2 | 1,9 | 2,8 | 7,9 | 10,5 |

Kết quả từ bảng 2, cho thấy với sự gia tăng lượng DMPA từ 5% lên 9% khối lượng, độ ổn định của nhũ tương được cải thiện và bề mặt của màng cũng trở nên mịn hơn, kích thước hạt nhỏ đi từ 236 nm xuống 154 nm, độ nhớt tăng từ 244mPa.s lên 547mP.s, nhưng khả năng hấp thụ nước của màng tăng từ 1,2% lên 10,5% . Điều này là do lượng DMPA được thêm vào càng nhiều, mật độ điện tích bề mặt của các hạt càng lớn và các hạt không dễ kết tụ do tương tác tĩnh điện. Khi lượng DMPA quá thấp, các nhóm PU ưa nước quá ít, hệ nhũ tương không thể phân tán ổn định trong nước. Tuy nhiên, nếu lượng DMPA quá lớn và nhóm ưa nước quá lớn, độ hút ẩm của vật liệu tăng lên, khả năng chống thấm của vật liệu PUNT sẽ giảm. Độ nhớt của nhũ tương tăng lên trong khi kích thước hạt nhũ tương giảm, số hạt tăng lên và việc tăng thể tích xác suất va chạm đơn vị dẫn đến việc di chuyển lẫn nhau trở nên khó khăn hơn, do đó làm tăng độ nhớt. Do đó, để chế tạo hệ nhũ tương ổn định, đảm bảo các tính chất cơ lý tốt, hàm lượng DMPA

thích hợp được xác định là 7% theo khối lượng PEG+HMDI.

3.3. Ảnh hưởng của hàm lượng chất xúc tác đến tính chất của PU nhũ tương

Để khảo sát ảnh hưởng của hàm lượng chất xúc tác dibutyltin dilaurat (DBTDL), chúng tôi chỉ thay đổi hàm lượng chất xúc tác tính theo khối lượng của PEG+HMDI là: 0,06%; 0,04%; 0,08%; 0,1%; 0,12%; 0,14% các điều kiện khác được giữ nguyên không đổi. Các điều kiện gia công khác được giữ nguyên không đổi như: giai đoạn 1 có nhiệt độ phản ứng 90°C, thời gian phản ứng là 1 giờ, tốc độ khuấy 300 vòng/phút; giai đoạn 2: nhiệt độ phản ứng 90°C, thời gian phản ứng là 3 giờ, tốc độ khuấy 300 vòng/phút. Các mẫu sau khi chế tạo xong được đổ khuôn tạo mẫu ra theo các kích thước tiêu chuẩn, mẫu sau khi khô được đem đi xác định độ bền kéo, độ dẫn dài trên máy đo độ bền cơ học. Ảnh hưởng của hàm lượng chất xúc tác đến tính chất cơ lý của các mẫu vật liệu PU nhũ tương được thể hiện trên bảng 3 như sau:

Bảng 3. Ảnh hưởng của hàm lượng chất xúc tác DBTDL đến tính chất của PU nhũ tương

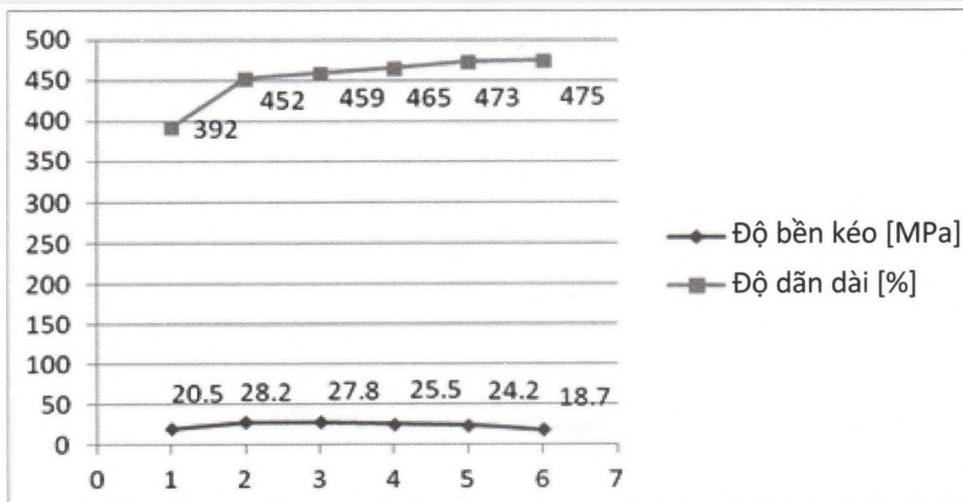
| STT | Hàm lượng chất xúc tác/% | 0,04 | 0,06 | 0,08 | 0,1 | 0,12 | 0,14 |
|-----|--------------------------|---------------|------------|------------|------------|---------|---------------|
| 1 | Ổn định nhũ tương | Không ổn định | Ổn định | Ổn định | Ổn định | Ổn định | Không ổn định |
| 2 | Màng PU | Mịn, phẳng | Mịn, phẳng | Mịn, phẳng | Mịn, phẳng | gợn | gợn |
| 3 | Độ nhớt /mPa · s | 267 | 285 | 336 | 495 | 412 | 415 |
| 4 | Kích thước hạt, nm | 153 | 182 | 206 | 227 | 213 | 198 |
| 5 | Độ bền kéo, [MPa] | 12,6 | 18,5 | 22,6 | 28,2 | 26,5 | 24,3 |
| 6 | Độ giãn dài khi đứt, [%] | 362 | 385 | 428 | 523 | 436 | 425 |

Kết quả từ bảng 3, cho thấy hàm lượng chất xúc tác DBTDL tăng từ 0,04% lên 0,1% khối lượng PEG+HMDI hệ nhũ tương ổn định, kích thước hạt tạo thành tăng từ 153nm lên 227 nm, độ nhớt tăng từ 267mPa.s lên 495mPa.s, nguyên nhân có thể là do chất xúc tác tăng khả năng phản ứng triệt để dẫn kích thước hạt nhũ tương tăng lên. Tuy nhiên nếu chất xúc tác tiếp tục tăng từ 0,1%KL lên 0,14% KL của PEG+HMDI, hệ nhũ tương xu hướng không ổn định làn kích thước hạt giảm xuống từ 227nm xuống 198nm, và độ nhớt giảm từ 495mPa.s xuống 415mPa.s. Khi hàm lượng chất xúc tác DBTDL tăng từ 0,02% lên 0,1%, độ bền kéo tăng từ 12,6MPa lên 28,2MPa, độ giãn dài của vật liệu tăng từ 362% lên 453%. Khi tiếp tục tăng hàm lượng chất xúc tác lên từ 0,1% lên 0,14% theo khối lượng PEG+HMDI, độ bền kéo có xu hướng giảm từ 28,2MPa xuống 24,3MPa; độ giãn dài giảm từ 453% lên 425%. Do ở hàm lượng xúc tác DBTDL là 0,1% khối lượng; độ bền kéo và độ giãn dài đạt giá trị cao nhất là 28,2MPa và

523%, nên để chế tạo PU nhũ tương hàm lượng xúc tác DBTDL thích hợp được dùng là 0,1% khối lượng theo PEG+HMDI.

3.4. Ảnh hưởng của hàm lượng chất kéo dài mạch BDO đến tính chất cơ lý của vật liệu PU nhũ tương

Để khảo sát ảnh hưởng của hàm lượng chất kéo dài mạch (BDO), chúng tôi chỉ thay đổi hàm lượng chất kéo dài mạch là tính theo tổng khối lượng của PEG+HMDI là: 1%; 2%; 3%; 4%; 5% và 6%. Các điều kiện khác được giữ nguyên không đổi như: tỷ lệ hàm lượng PEG/HMDI là 80/20, hàm lượng chất xúc tác DBTDL là 0,1% theo tổng khối lượng PEG và TDI. Các điều kiện gia công khác được giữ nguyên không đổi. Các mẫu sau khi chế tạo được đổ khuôn tạo mẫu ra theo các kích thước tiêu chuẩn để xác định độ bền kéo, độ giãn dài trên máy đo độ bền cơ học. Ảnh hưởng của hàm lượng chất kéo dài mạch đến tính chất cơ lý của các mẫu vật liệu PU nhũ tương và kết quả lựa chọn loại chất kéo dài mạch được thể hiện trên hình 1.

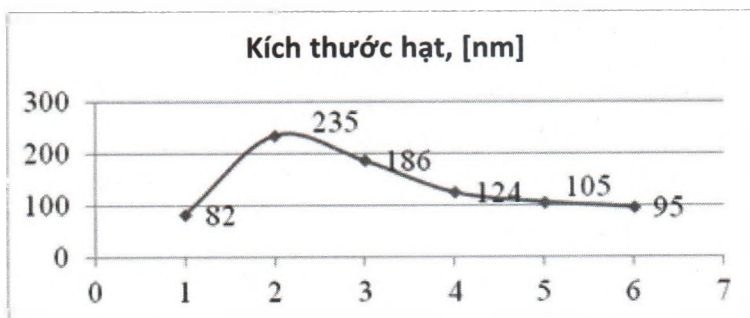


Hình 1. Ảnh hưởng của hàm lượng BDO đến độ bền kéo và độ dẫn dài của màng PU nhũ tương

+ Từ bảng 3.4.b ta thấy: Khi hàm lượng chất kéo dài mạch BPO tăng từ 2% lên 6%, độ bền kéo tăng từ 20,5MPa lên 28,2MPa, độ dẫn dài của vật liệu tăng từ 392% lên 453%. Khi tiếp tục tăng hàm lượng chất kéo dài mạch lên từ 2% lên 6% theo khối lượng PEG+HM DI, độ bền kéo giảm từ 28,2MPa xuống 18,7MPa; độ dẫn dài không tăng đáng kể từ 452% lên 475%. Nguyên nhân là do khi sử dụng chất kéo dài mạch với lượng hợp lý, mạch phân tử có cấu trúc đều đặn, sẽ cải thiện được các tính chất cơ lý của vật liệu, Tuy vậy, khi

sử dụng hàm lượng chất kéo dài mạch cao, có thể xảy ra phản ứng tạo thành nhiều sản phẩm phụ, không làm tăng khối lượng phân tử, dẫn đến cấu trúc phân tử không ổn định làm độ bền kéo của vật liệu PU giảm.

Các mẫu sau khi chế tạo được pha loãng với nồng độ 1% sau đó đem đi xác định kích thước hạt và độ đa phân tán trên máy Zetasizer Nano ZS laser (của hãng Malvern Instrument Ltd). Kết quả xác định được kích thước hạt và độ phân tán vật liệu PUnhũ tương được thể hiện trên hình 2.



Chất kéo dài mạch BDO, [%]

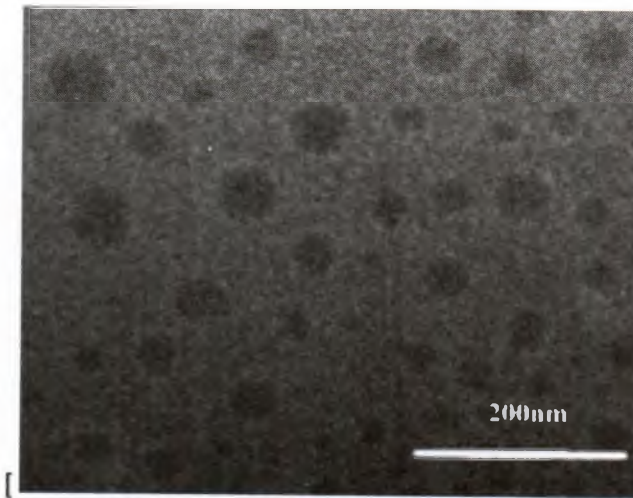
Hình 2. Ảnh hưởng của hàm lượng chất kéo dài mạch đến kích thước hạt và độ phân tán PDI của PU nhũ tương

Kết quả từ hình 2 cho thấy khi hàm lượng chất kéo dài mạch BDO tăng từ 1% lên 2% kích thước hạt tăng từ 82nm lên 235nm. Nguyên nhân là do khi hàm lượng BDO tăng, mức độ liên kết ngang tăng lên tuy nhiên khi tăng hàm lượng BDO từ 2% lên 6% kích thước hạt nhũ tương giảm từ 235nm xuống 95nm, nguyên nhân là do vật liệu khó bị nhũ hóa hơn hệ không ổn định. Do đó, để chế tạo vật liệu PU nhũ tương hàm lượng chất kéo dài mạch BDO thích hợp là 2%.

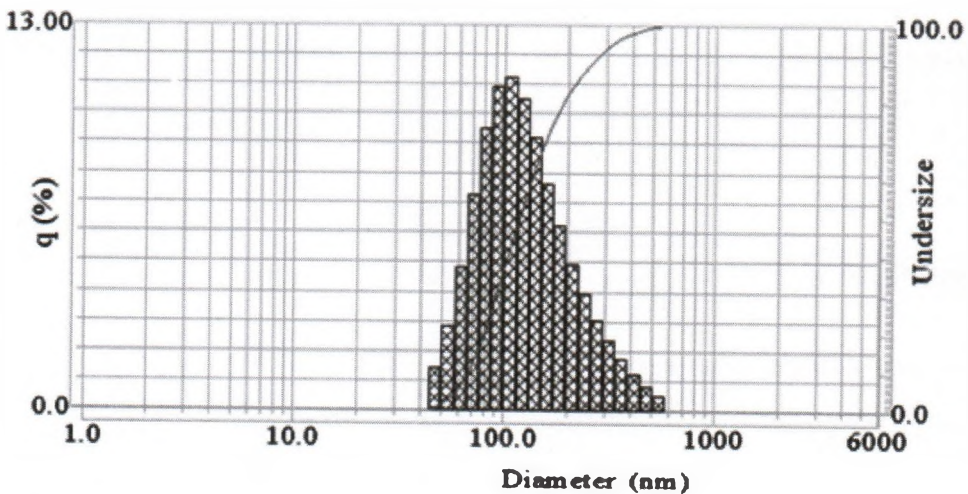
3.5. Xác định kích thước hạt của polyme nhũ tương

Kích thước hạt của các hạt nhũ tương

được xác định bằng cách chụp ảnh TEM được hiển thị trong Hình 3 cho thấy các hạt PUNT có dạng hình cầu và phân bố đồng nhất. Kích thước hạt được đo bằng TEM (95,17nm) nhỏ hơn kích thước hạt được đo bằng máy tạo hạt laser (98,63nm), điều này là do các điều kiện thử nghiệm khác nhau. Kích thước hạt được đo bằng máy tạo hạt laser ở trạng thái nhũ tương được thể hiện trên hình 4 cho thấy Sự phân bố kích thước hạt tập hợp trong khoảng 95-105nm, kích thước hạt trung bình của nhũ tương PUNT là 98,63nm và chỉ số phân bố kích thước là 0,33.



Hình 3. Hình thái TEM của PU nhũ tương



Hình 4. Sự phân bố kích thước hạt PU nhũ tương

4. KẾT LUẬN

+ Với tỷ lệ PEG/HMDI vật liệu PU nhũ tương có tính chất cơ lý đạt giá trị cao nhất là: độ bền kéo 28,2MPa, độ giãn dài 523% nên chúng tôi chọn tỷ lệ PEG/HMDI thích hợp cho tổng hợp 70/30 phần khối lượng.

+ Để chế tạo hệ nhũ tương ổn định, đảm bảo các tính chất cơ lý tốt, hàm lượng DMPA thích hợp được xác định là 7% theo khối lượng PEG+HMDI, hàm lượng xúc tác DBTDL là 0,1% khối lượng theo PEG+HMDI.

+ Khi hàm lượng chất kéo dài mạch BDO tăng kích thước hạt tăng từ 82nm lên 235nm. tuy nhiên khi tăng hàm lượng BDO từ 2% lên 6% kích thước hạt nhũ tương giảm từ 235nm xuống 95nm, để chế tạo vật liệu PU nhũ tương hàm lượng chất kéo dài mạch BDO thích hợp là 2%.

+ Kích thước hạt của các hạt nhũ tương được xác định bằng cách chụp ảnh TEM cho thấy các hạt PUNT có dạng hình cầu và phân bố đồng nhất. đo bằng máy tạo hạt laser cho thấy sự phân bố kích thước hạt tập hợp trong khoảng 95-105nm, kích thước hạt trung bình của nhũ tương PUNT là 98,63nm và chỉ số phân bố kích thước là 0,33.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Tingfagi, Guozhang Ma (2016). "Polyurethane - acrylic hybrid emulsion with high acrylic/polyurethane ratios: Sythesis, characterization and properties". Journal of Applied Polymer Science, 44488 (1-9).
2. Zhewen Zhu, Ruiqi Li, Chaoying Zhang and Shuling Gong * Preparation and Properties of High Solid Content and Low Viscosity Waterborne Polyurethane - Acrylate Emulsion with a Reactive Emulsifier. Polymers 2018, 10, 2; doi:10.3390/polym10020154, p 1-17.
3. Xing Zhou, Yan li, Changqing Fang, Shujuan Li; Youliang Cheng, Wanqing Lei. "Recent Advance in synthesis of Water based Ink: A Review" Journal of Materials Science Technology, (2015), 708 -722.
4. ARANTZAZU SANTAMARIA ECHART "Synthesis and characterization of waterborne polyurethane and polyurethane-polyurethane and polyurethane-urea towards urea towards eco-friendly materials by cellulose nanocrystals friendly materials by cellulose nanocrystals and plant extracts incorporation" Donostia-San Sebastian, February 2017.