

## NGHIÊN CỨU ĐƠN PHA CHẾ NÚT CAO SU CHỊU NHIỆT VÀ DUNG MÔI SỬ DỤNG TRONG PHẢN ỨNG HỮU CƠ

NGUYỄN THỊ MINH NGUYỆT<sup>\*</sup>, NGUYỄN TRẦN HÀ<sup>\*\*</sup>,  
LÊ VĂN THĂNG<sup>\*\*\*</sup>, NGUYỄN HỮU TÂM<sup>\*</sup>, NGUYỄN THỊ LỆ THU<sup>\*\*</sup>

### TÓM TẮT

Trong nghiên cứu này, chúng tôi đã xây dựng đơn pha chế cao su dựa trên các loại cao su thiên nhiên và cao su tổng hợp 1,3 butadiene và nitrile (NBR 35L) với chất độn là hạt nano silica hoặc titan dioxide nhằm sản xuất các sản phẩm nút cao su sử dụng trong các phản ứng tổng hợp hữu cơ. Hỗn hợp cao su được gia công trong khuôn ép tại nhiệt độ 150°C tạo tấm và lưu trữ trong 24h trước khi phân tích các tính chất. Sản phẩm nút cao su thu được thể hiện tính bền nhiệt và kháng các dung môi hữu cơ.

**Từ khóa:** cao su thiên nhiên, nút cao su, cao su chịu dung môi, cao su bền nhiệt.

### ABSTRACT

#### *Establishing the stopper rubber fomulation stability with thermal and chemical resistance for organic reaction*

In this research, we established the formulation of rubber compound based on natural rubber, 1,3 butadiene and nitrile (NBR 35L) rubber with the reinforcement of nano-silica or titan dioxide (TiO<sub>2</sub>) toward the fabrication of rubber stopper in organic reactions. The rubber compounds were vulcanized at 150°C in a compression mold according to their cure time to produce sheets and test pieces which were stored at room temperature for at least 24 h before determination of properties. The rubber stoppers compressed in mold and exhibit their stability of thermal and organic solvents.

**Keywords:** Natural rubber, rubber stopper, thermal rubber, chemical resistance rubber.

### 1. Giới thiệu

Hiện nay, các sản phẩm cao su đặc biệt là các sản phẩm cao su kỹ thuật ngày càng phát triển và được ứng dụng rộng rãi trong đời sống và khoa học kỹ thuật. Tại Việt Nam nói chung, đặc biệt là ở các phòng thí nghiệm tổng hợp hữu cơ nói riêng, sản phẩm cao su là không thể thiếu, như nút cao su chịu nhiệt và dung môi. Tuy nhiên, trong nước chưa sản xuất được sản phẩm nút cao su đáp ứng các yêu cầu cần có để sử dụng trong các phản ứng tổng hợp hóa hữu cơ mà phải nhập từ nước ngoài với giá thành tương đối cao. Việc phối hợp ưu điểm của các loại cao su tổng hợp với cao su tự nhiên đang là

<sup>\*</sup> ThS, Trường Đại học Bách khoa, ĐHQG TP HCM; Email: minhnguyet@hcmut.edu.vn

<sup>\*\*</sup> TS, Trường Đại học Bách khoa, ĐHQG TP HCM

<sup>\*\*\*</sup> PGS TS, Trường Đại học Bách khoa, ĐHQG TP HCM

hướng nghiên cứu đơn giản, phù hợp với tình hình phát triển kinh tế và khoa học kỹ thuật ở Việt Nam. Ưu điểm của vật liệu này bao gồm, lấp được khoảng trống về tính chất công nghệ cũng như tính kinh tế giữa các loại cao su, chúng ta có thể tối ưu hóa về mặt giá thành và tính chất của vật liệu sử dụng, tạo khả năng phối hợp tính chất mà một loại vật liệu khó hoặc không thể đạt được, quá trình nghiên cứu và chế tạo một sản phẩm mới trên cơ sở vật liệu cao su blend nhanh hơn nhiều so với sản phẩm từ vật liệu mới khác vì nó được chế tạo trên cơ sở vật liệu có sẵn và công nghệ sẵn có. [2-6]

Vật liệu cao su blend có khả năng tương hợp có tính chất cơ lí tốt hơn cao su blend không tương hợp. Từ kinh nghiệm trong thực tế cho thấy rằng, các polyme có bản chất hóa học gần giống sẽ dễ phối hợp với nhau, còn những polyme khác nhau về cấu tạo hóa học hoặc độ phân cực sẽ khó trộn hợp với nhau. Có rất nhiều phương pháp để tăng độ tương hợp cũng như khả năng trộn hợp của các polyme blend không tương hợp nhằm nâng cao tính năng cơ lí cho vật liệu cao su blend như đưa thêm chất tương hợp vào hệ cao su blend hay sử dụng các chất tương hợp là các copolyme nhánh hoặc khối, các tác nhân có hai nhóm chức, chất hoạt động bề mặt có khả năng tương hợp tốt với các polyme thành phần. Đưa vào hệ cao su blend các peroxit hoặc đưa vào hệ các chất độn hoạt tính: các chất độn phân bố một cách chọn lọc tại bề mặt phân pha giữa hai pha polyme, mức độ tăng khả năng tương hợp phụ thuộc vào tương tác giữa chất độn với các polyme thành phần. Nếu tương tác này càng mạnh thì mức độ tăng tương hợp càng cao. Ngoài ra, chúng ta có thể sử dụng phương pháp cơ nhiệt gia công trong các điều kiện nhiệt độ và áp suất các polyme thành phần xảy ra quá trình phân hủy sinh ra các gốc tự do. Khi hai gốc tự do của hai mạch polyme khác nhau kết hợp với nhau tạo thành copolyme khối hoặc ghép tại bề mặt phân pha sẽ tăng khả năng tương hợp. [1]

Trong nghiên cứu này, chúng tôi nghiên cứu chế tạo ra vật liệu cao su có khả năng bền nhiệt, chịu dung môi và giá thành thấp để chế tạo nút cao su ứng dụng trong các phản ứng tổng hợp hữu cơ, nhóm đã tiến hành nghiên cứu đơn pha chế cao su trên cơ sở sử dụng các nguồn nguyên liệu như cao su thiên nhiên, các cao su tổng hợp, các hóa chất hiện có sẵn trên thị trường Việt Nam và công nghệ sẵn có ở phòng thí nghiệm để tiến hành sản xuất thử sản phẩm nút cao su chịu nhiệt và dung môi hữu cơ.

## **2. Thực nghiệm**

### **2.1. Vật liệu và thiết bị**

Các hóa chất như cao su thiên nhiên được mua từ Việt Nam, cao su BR xuất xứ từ Công ty Sae Kwang Chemical Hàn Quốc, cao su NBR xuất xứ từ LG Chemical, Hàn Quốc. Chất trợ xúc tiến ZnO, acid stearic, DOP, chất phòng lão RD, BHT, chất độn TiO<sub>2</sub>, chất xúc tiến CBS, xúc tiến TMTD và lưu huỳnh được đặt mua từ các hãng hóa chất của Malaysia và Trung Quốc. Chất độn nano-silica được đặt mua từ hãng Merck. Các dung môi hữu cơ chloroform, toluene, tetrahydrofuran, 1,4-dioxane, dichloromethane, methanol được đặt mua từ hãng Fisher.

Máy cán hai trục: model: DEPOSES, Pháp, machine tipe: IA 20-A, chiều dài: 400 mm, đường kính trục: 150 mm, vận tốc quay: trục trước 25 vòng/phút, trục sau 35 vòng/phút. Máy ép thủy lực (Việt Nam), nhiệt độ mâm ép 0 – 400 °C, áp suất ép: 0 - 600 bar, kích thước mâm ép: 170 x 170 x 2 mm. Thiết bị đo độ bền kéo, độ bền xé (Anh), độ chính xác: +/- 0.5%, khoảng cách dọc: 1180 mm, vận tốc ngàm chạy: 0,001 đến 1000 mm/phút, lực lớn nhất tại vận tốc lớn nhất: 50 kN. Máy lưu biến kế đĩa nón (Ấn Độ), phạm vi gia nhiệt: 0 - 200 °C. Dụng cụ đo độ cứng shore A (USA), khoảng đo độ cứng từ 0-100 Shore A, sai số 0,1. Xác định đường cong lưu hóa cao su, dựa trên tiêu chuẩn ASTM D412:2004 [10], được xác định ở máy lưu biến kế đĩa nón. Phương pháp xác định độ cứng Shore A sản phẩm cao su, dựa theo tiêu chuẩn ASTM D2240:2004 [6]. Phương pháp xác định độ bền kéo đứt, dựa theo tiêu chuẩn ASTM D412:2004 [5]. Phương pháp xác định độ bền xé của sản phẩm cao su, dựa trên tiêu chuẩn ASTM D412:2004. Phương pháp xác định độ kháng nứt do tác dụng uốn gập và theo dõi sự phát triển vết nứt mẫu cao su dựa trên tiêu chuẩn ASTM D430:2004 [9]. Độ bền môi trường của vật liệu, được đánh giá theo tiêu chuẩn ASTM D297: 2004 [7]. Đo độ trương trong dung môi dựa trên TCVN 2752 : 2008. [11]

## 2.2. Thiết lập đơn pha chế

Sản phẩm nút cao su phải kháng được các loại dung môi như toluene, chloroform, THF ở nhiệt độ sôi của dung môi ở trong giới hạn cho phép, sản phẩm nút không bị xé rách hay rớt mẫu nhỏ cao su vào bình đang phản ứng tổng hợp hóa hữu cơ. Do đó, nên dùng cao su thiên nhiên kết hợp với cao su tổng hợp. Cao su thiên nhiên được sử dụng từ rất lâu, nổi bật với các tính chất cơ lí như bền kéo, xé và chịu mài tốt. Trong các loại cao su thiên nhiên hiện có trên thị trường ta chọn SVR 3L vì cao su SVR 3L màu sắc tươi, ít tạp chất, độ dẻo khoảng 50 độ mooney, có tính năng cơ học cao, không độc, song lại kém bền môi trường, bền bức xạ, dung môi nên khả năng ứng dụng của vật liệu này trong kĩ thuật bị hạn chế. Vì vậy, để mở rộng khả năng ứng dụng, người ta thường biến tính với một số loại cao su tổng hợp khác để tạo vật liệu cao su blend có tính năng mong muốn. Do đặc điểm cấu tạo, cao su thiên nhiên có thể phối trộn tốt với các loại cao su như cao su butadien, cao su butil... trên máy cán luyện hở hoặc luyện kín tùy theo loại cao su. Mặt khác cao su thiên nhiên có khả năng phối trộn tốt với các loại chất độn cũng như các loại phụ gia sử dụng trong công nghệ cao su. Cao su butadien có cấu trúc không gian khá điều hòa, có thể lưu hóa bằng lưu huỳnh phối hợp với các loại xúc tiến lưu hóa thông thường. Xúc tiến lưu hóa nhóm thiazol, sunfenamit làm tăng tốc độ lưu hóa tạo sản phẩm có độ bền cơ động cao. Xúc tiến lưu hóa nhóm guanidin có tác dụng mở rộng dải lưu hóa tối ưu và hạn chế được hiện tượng tự lưu trong quá trình gia công sản phẩm. Cao su butadien có độ bền kéo đứt khá cao (khoảng 18-20 MPa), độ cứng tương đối, khả năng chống mài mòn, chống trượt cao, kháng dung môi ở mức trung bình [7]. Cao su nitrile (NBR) là loại cao su kháng dầu được dùng rộng rãi nhất. Nó có giá thấp, dễ gia công, có nhiều dạng khác nhau, có độ bền cao, chịu nhiệt tương đối (tới 125°C) nên phù hợp với rất nhiều ứng dụng. Về mặt hóa

học, nitrile là copolymer của butadiene và acrylonitrile. Lượng acrylonitrile quyết định mức kháng dầu, mức acrylonitrile càng nhiều, tính kháng dầu của hỗn hợp càng cao và ngược lại. Tuy nhiên, khi tăng mức acrylonitrile để cải thiện tính kháng dầu, tính uốn dẻo ở nhiệt độ thấp giảm sút. Cao su nitrile thương mại có mức acrylonitrile từ 18% tới 50%, loại thường được sử dụng là 41% [7]. Nút cao su sử dụng có độ cứng khoảng 45-50 Shore A nên ở đây ta sử dụng NBR thương mại 35L (hàm lượng Nitril khoảng 35%).

Căn cứ vào tính năng sử dụng, các yêu cầu kỹ thuật của nút cao su trên chúng tôi thiết lập đơn pha chế thể hiện ở Bảng 1.

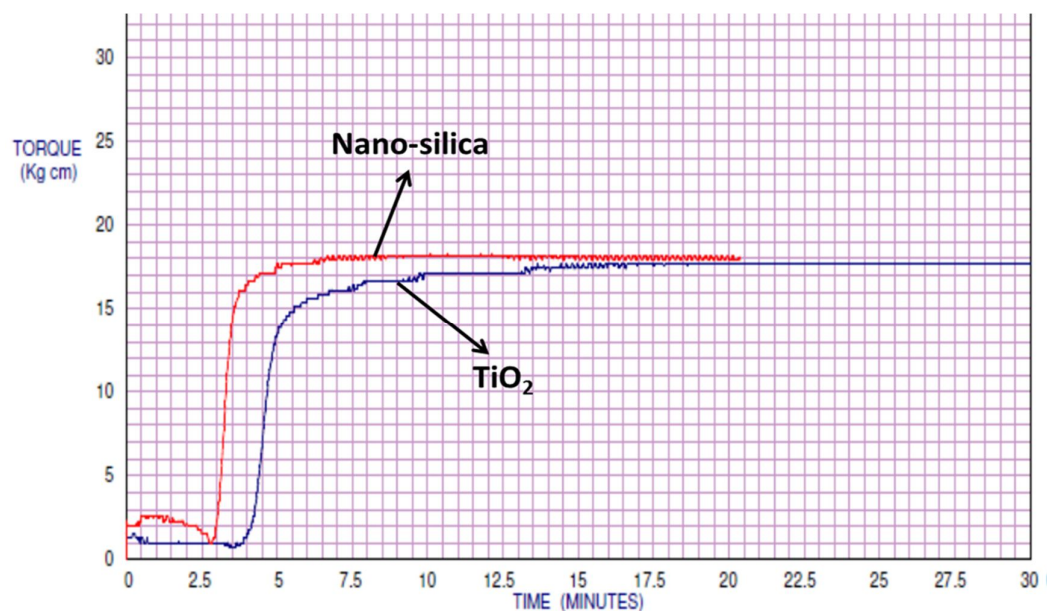
**Bảng 1.** Thành phần hỗn hợp cao su cán luyện cho đơn pha chế nút cao su chịu dung môi và nhiệt

HÓA CHẤT	THÀNH PHẦN PHR (% theo tỉ lệ của cao su)
Cao su SVR 3L	50
Cao su 1,3 butadien	20
Cao su NBR	30
ZnO	2
Acid stearic	5
Phòng lão DPAA	1
Phòng lão BHT	2
Chất độn TiO <sub>2</sub> hoặc Nano-Silica	15
Chất hóa dẻo DOP	10
Chất xúc tiến CBS	1,5
Chất xúc tiến TMTD	0,8
Lưu huỳnh	1,2
Bột màu vô cơ	2
Tổng thực tế	140,5 gam

### 3. Kết quả và bàn luận

#### 3.1 Quá trình lưu hóa

Thời gian lưu hóa của cao su được xác định bởi máy Rheometer, như Hình 1.

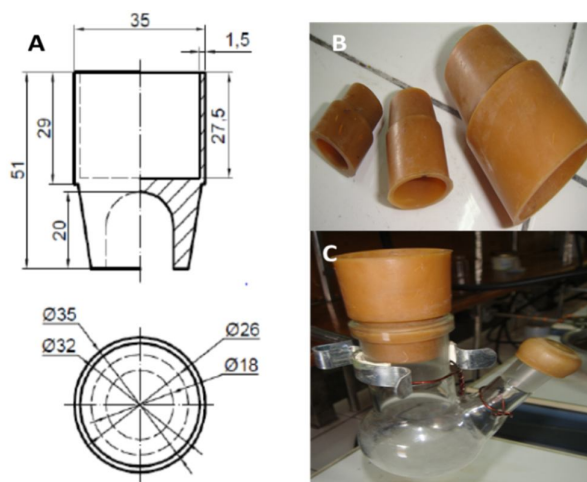


**Hình 1.** Đường cong lưu hóa cao su cho 2 đơn pha chế sử dụng Nano-Silica và TiO<sub>2</sub>

Trong giản đồ lưu hóa cao su, nhận thấy rằng đơn pha chế sử dụng Nano-silica như là chất độn có thời gian lưu hóa tối ưu tại T<sub>90</sub> là 4,3 phút và đơn pha chế sử dụng TiO<sub>2</sub> như là chất độn có thời gian lưu hóa tối ưu tại T<sub>90</sub> là 6,7 phút.

### 3.2. Ngoại quan sản phẩm và tính chất cơ lí

Sản phẩm nút cao su được ép gia công trong khuôn thép có bề mặt quan láng đẹp, không bị khuyết tật sản phẩm, sản phẩm điền đầy khuôn và đúng theo kích thước thiết kế. Hình 2 trình bày về thông số kỹ thuật và sản phẩm thực tế của nút cao su sau khi hoàn thiện.



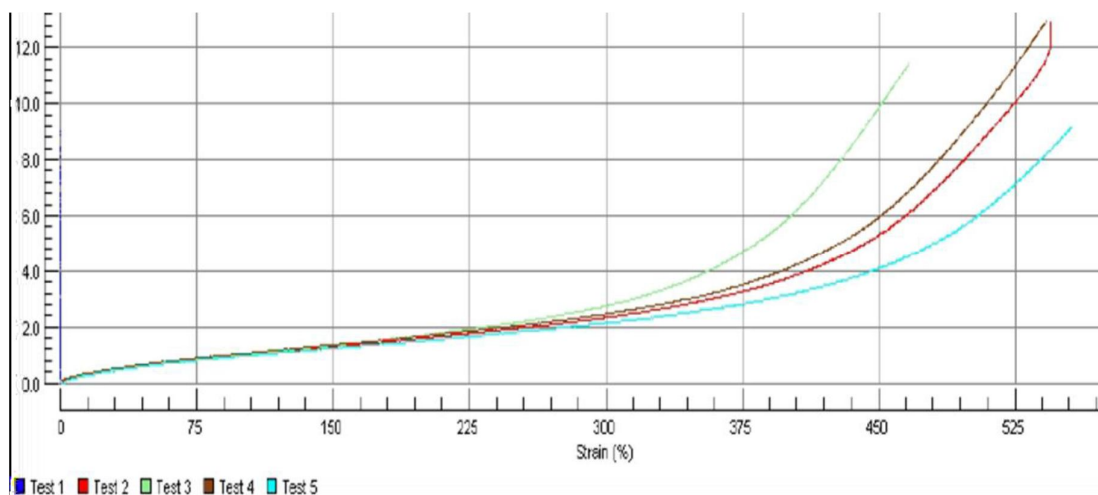
**Hình 2.** Thông số kỹ thuật của nút cao su (A), sản phẩm nút cao su thành phẩm (B), Thực nghiệm sử dụng nút cao su trong bình phản ứng thí nghiệm

Khảo sát ảnh hưởng của hai loại chất độn khác nhau nhưng cùng hàm lượng đến các tính chất cơ lí thông dụng của vật liệu. Mẫu vật liệu tạo thành được đo một số tính chất cơ lí trong cùng một điều kiện. Những kết quả thu được thể hiện trong Bảng 2 dưới đây. Nhận thấy rằng, đơn NCS.15T có độ bền kéo đứt cao hơn đơn NCS.15S khi chưa lão hóa, nhưng khi chịu lão hóa 70<sup>0</sup>C trong 72 giờ thì đơn NCS.15T bị lão hóa nhiều hơn. Độ biến dạng dài khi đứt, độ cứng Shore A, độ biến dạng dài sau khi kéo, độ bền xé rách và khối lượng riêng của hai đơn này gần tương đương nhau.

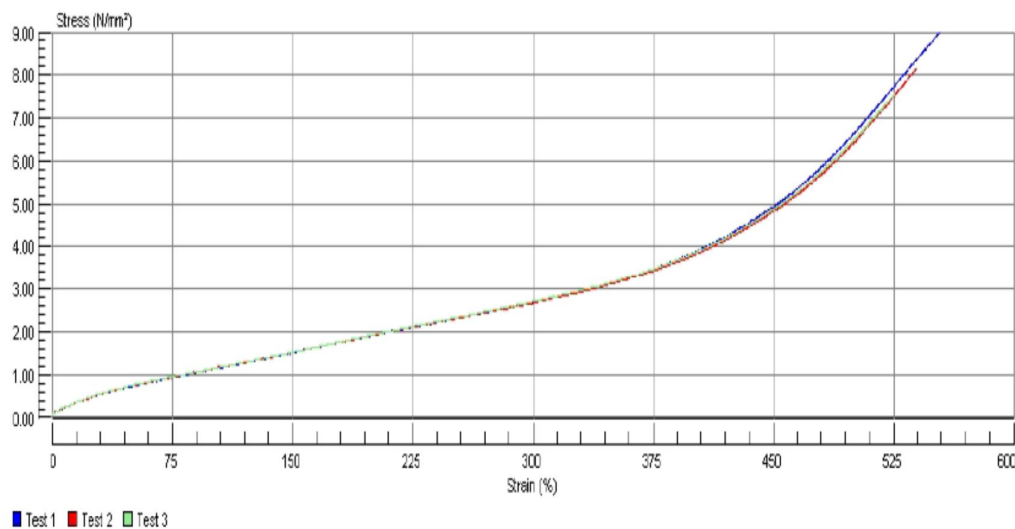
**Bảng 2.** Kết quả tính chất cơ lí của các đơn pha chế cao su

Chỉ tiêu	Phương pháp thử	Điều kiện thử	Đơn pha chế NCS.15T	Đơn pha chế NCS.15S	Đơn vị đo
Độ bền kéo đứt	ASTM D412:2004 Die C	Chưa lão hóa	11,528	8,225	MPa
		Lão hóa ở 70 <sup>0</sup> C trong 72 giờ	8,398	7,064	
Độ biến dạng dài khi đứt	ASTM D412:2004 Die C	Chưa lão hóa	527,559	539,736	%
		Lão hóa ở 70 <sup>0</sup> C trong 72 giờ	464,520	458,563	
Độ cứng	ASTM D2240:2004	Chưa lão hóa	46	47	Shore A
		Lão hóa ở 70 <sup>0</sup> C trong 72 giờ	48	50	
Độ bền tại 100% dẫn dài	ASTM D412:2004 Die C	Chưa lão hóa	0,999	1,131	MPa
Độ bền tại 300% dẫn dài	ASTM D412:2004 Die C	Chưa lão hóa	2,421	2,682	MPa
Độ biến dạng dư sau kéo đứt (sau 3 phút)	ASTM D412:2004 Die C	Chưa lão hóa	5	5	%
Độ bền xé rách	ASTM D624:2004	Chưa lão hóa	30,54	28,34	kN/m
Khối lượng riêng	ASTM D297:2004	Chưa lão hóa	1,07	1,05	g/cm <sup>3</sup>
Thời gian lưu hóa tối ưu T <sub>90</sub>	ASTM D2084:2001		6,7	4,3	Phút

Hình 3 và 4 trình bày giản đồ kéo đứt của 2 đơn pha chế cao su sau khi lưu hóa. Nhận thấy rằng độ bền kéo đứt của đơn pha chế NCS.15S tốt hơn đơn pha chế NCS.15T, điều này có thể được giải thích rằng chất độn nano-silica có khả năng phân tán tốt hơn trong chất nền cao su vì vậy tăng hiệu quả cơ tính của sản phẩm.



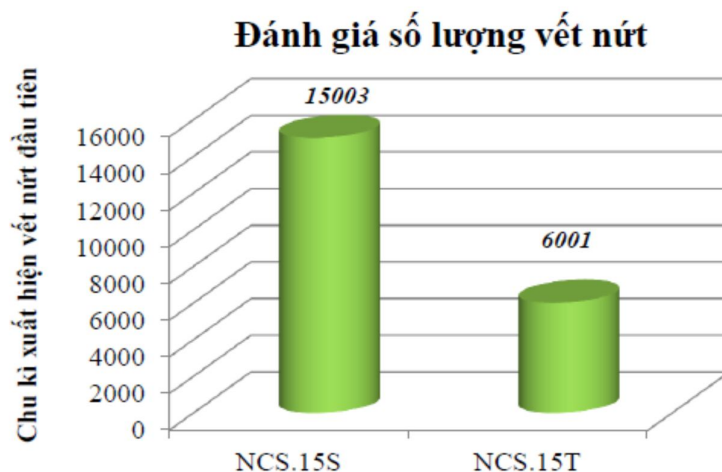
**Hình 3.** Độ bền kéo đơn NCS.15T



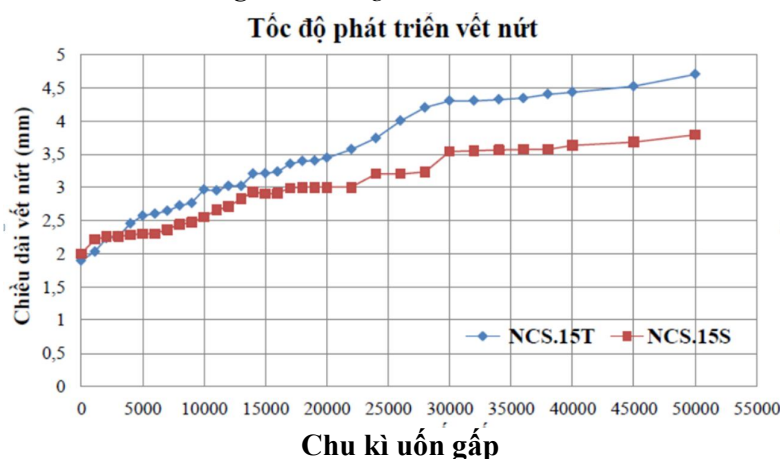
**Hình 4.** Độ bền kéo đơn NCS.15S

Bên cạnh đó, việc khảo sát độ bền uốn gập và tốc độ phát triển vết nứt là một thông số cơ tính quan trọng trong sản phẩm cao su, vì vậy chúng tôi đánh giá số lượng vết nứt với mẫu không cắt dựa trên tiêu chuẩn ASTM-D430:2004. Nhận thấy rằng, số lượng vết nứt và tốc độ phát triển vết nứt thì đơn NCS.15S cho kết quả độ kháng nứt tốt hơn đơn NCS.15T. Đơn NCS.15S số lượng vết nứt xuất hiện 1 vết ở 15.000 chu kỳ uốn gập, còn NCS.15T xuất hiện 1 vết nứt ở 6000 chu kỳ, như trình bày trong Hình 5. Theo dõi sự phát triển vết nứt với mẫu được cắt bởi dao cắt tiêu chuẩn theo tiêu chuẩn

ASTM - D813:2004. Dựa vào kết quả ta nhận thấy tốc độ phát triển vết nứt đơn NCS.15T nhanh hơn (từ 1,89mm lên 4,7mm) đơn NCS.15S (từ 2mm lên 3,79mm) được trình bày Hình 6.



Hình 5. Đánh giá số lượng vết nứt đơn NCS.15T và NCS.15S



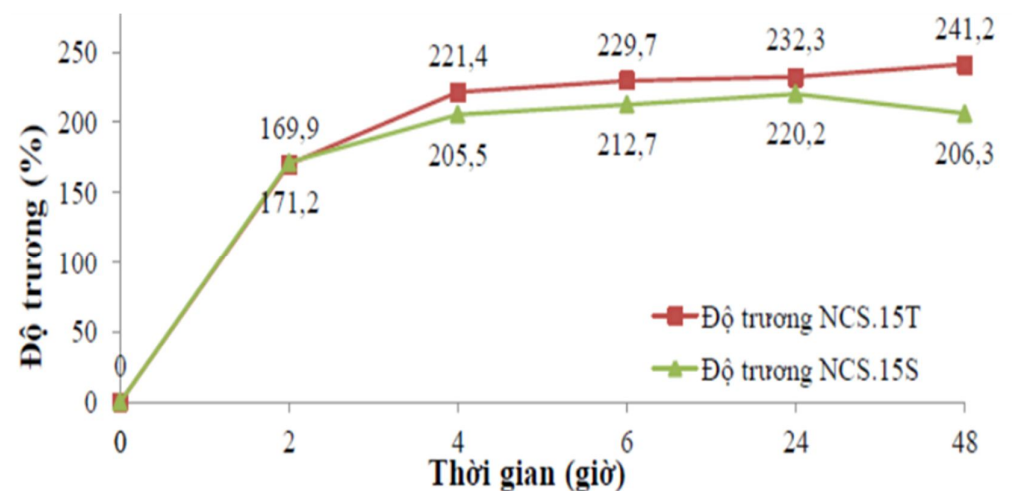
Hình 6. Tốc độ phát triển vết nứt đơn NCS.15T và NCS.15S

### 3.3. Đánh giá độ trương trong dung môi

#### 3.3.1. Độ trương trong dung môi toluene nhiệt độ sôi

Từ kết quả thực nghiệm trên ta nhận thấy rằng, khi ngâm vật liệu trong toluene ở nhiệt độ 110°C độ trương vật liệu tăng rất nhanh trong khoảng 4 giờ đầu, sau đó tốc độ trương giảm dần, gần như đạt cân bằng sau 48 giờ. Đơn NCS.15S có độ trương ít hơn đơn NCS.15T. Độ trương hai đơn pha chế NCS.15T và NCS.15S khác biệt nhau không nhiều. Mẫu thử của hai đơn không bị tách hay vỡ trong quá trình đo. Dung dịch toluen thì chuyển từ trong suốt không màu sang màu vàng nhạt tăng dần theo thời gian đo, nhưng không có cặn. Hình 7 thể hiện giản đồ về độ trương trong dung môi toluene ở nhiệt độ phòng.

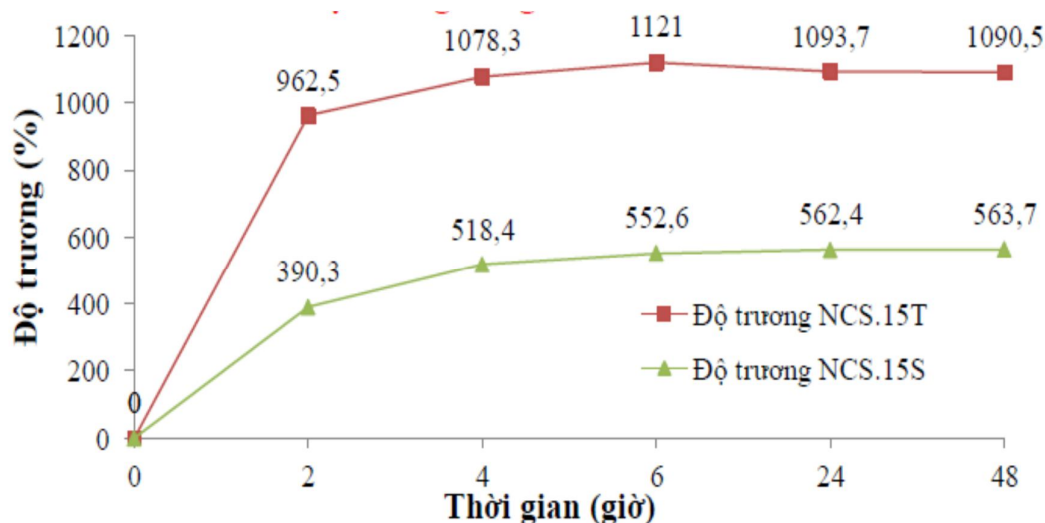




Hình 7. Độ trương NCS.15T và NCS15S trong toluene nhiệt độ  $110^{\circ}\text{C}$

### 3.3.2. Độ trương trong dung môi chloroform nhiệt độ sôi

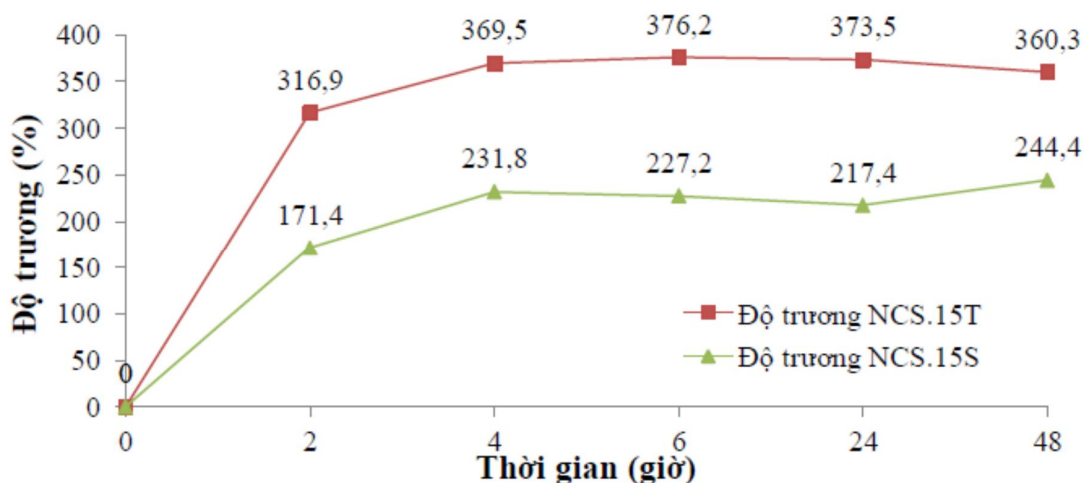
Từ kết quả đo ta nhận thấy rằng, khi ngâm vật liệu trong chloroform ở nhiệt độ  $65^{\circ}\text{C}$ , độ trương vật liệu tăng rất nhanh trong khoảng 4 giờ đầu, sau đó tốc độ trương giảm dần, gần như đạt cân bằng sau 48 giờ. Đơn NCS.15S có độ trương ít hơn nhiều (khoảng 50%) đơn NCS.15T. Độ trương hai đơn pha chế NCS.15T và NCS.15S khác biệt nhau khá nhiều. Mẫu thử của hai đơn không bị tách hay vỡ trong quá trình đo. Dung dịch chloroform giữ nguyên trong suốt không màu, chứng tỏ không có thành phần tạp chất hòa lẫn trong dung dịch. Kết quả độ trương của nút cao su trong dung môi chloroform được trình bày trong Hình 8.



Hình 8. Độ trương NCS.15T và NCS15S trong chloroform nhiệt độ  $65^{\circ}\text{C}$

### 3.3.3. Độ trương trong dung môi tetrahydrofurane nhiệt độ sôi

Từ kết quả đo ta nhận thấy rằng, khi ngâm vật liệu trong tetrahydrofurane ở nhiệt độ  $68^{\circ}\text{C}$  độ trương vật liệu tăng rất nhanh trong khoảng 4 giờ đầu, sau đó tốc độ trương giảm dần, gần như đạt cân bằng sau 48 giờ. Đơn NCS.15S có độ trương ít hơn nhiều (khoảng 40%) đơn NCS.15T. Độ trương hai đơn pha chế NCS.15T và NCS.15S khác biệt nhau khá nhiều. Mẫu thử của hai đơn không bị tách hay vỡ trong quá trình đo. Kết quả độ trương của nút cao su trong dung môi tetrahydrofurane được trình bày trong Hình 9.



Hình 9. Độ trương NCS.15T và NCS15S trong tetrahydrofurane tại nhiệt độ  $68^{\circ}\text{C}$

## 4. Kết luận

Hai đơn pha chế đều thỏa mãn các tính chất cơ lí thông dụng, mặc dù đơn NCS.15S có độ bền kéo và độ bền xé hơi thấp hơn so với đơn NCS.15T. Độ uốn gấp đơn NCS.15S, khả năng kháng vết nứt và tốc độ phát triển vết nứt tốt hơn so với đơn NCS.15T. Nếu xét về các tính chất cơ lí thông dụng thì hai đơn pha chế đều thỏa yêu cầu kĩ thuật nút cao su cần, nhưng phải chọn đơn tốt nhất ta nên chọn đơn NCS.15T. Dựa vào đường cong lưu hóa ta nhận thấy đơn NCS.15S có tốc độ lưu hóa tối ưu  $T_{90}$  ngắn hơn, tốc độ lưu hóa (CR) nhanh hơn và hiệu ứng mâm lưu hóa tốt hơn cho thấy khả năng chịu nhiệt tốt hơn đơn NCS.15T. Dựa vào thí nghiệm đánh giá độ bền môi trường, ta nhận thấy đơn NCS.15S có hệ số già hóa theo độ bền kéo đứt và theo độ giãn dài khí đứt đều lớn hơn 0,85, tốt hơn so với đơn NCS.15T. Điều này phù hợp với cách dựa vào đường cong lưu hóa để đánh giá độ bền nhiệt của hai đơn pha chế trên. Vì vậy việc sử dụng công thức cho việc chế tạo nút cao su chịu nhiệt và dung môi ta nên chọn đơn NCS.15S.

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

- 1 Anil, K. Bhowmick & Howard L. Stephens (2001), “*Handbook of Elastomers*”, USA.
- 2 Andrew, J. Tinker & Kevin P. Jones (1998), “Blends of Natural Rubber: Novel Techniques for Blending with Specialti Polymers”, *Springer*, 54 – 58.
- 3 Franta, I. (1989), “Elastomers and Rubber Compounding Materials”, *SNTL-Publishers of Technical Literature*.
- 4 Robert, C. Klingender (2008), “*Handbook of Specialti Elastomers*”, CRC Press.
- 5 Sae-oui, P., Suchiva, K., Thepsuwan, U., Intiya, W., Yodjun, P., Sirisinha, C. (2015), “Effects Of Blend Ratio And Sbr Tipe On Properties Of Silica-Filled Sbr/Nr Tire Tread Compounds”, 240-250.
- 6 Alimardani, M., Razzaghi-Kashani, M., Karimi, R., Mahtabani, A. (2015), “Contribution Of Mechanical Engagement And Energetic Interaction In Reinforcement Of Sbr-Silane–Treated Silica Composites”, 292-305.
- 7 Tiêu chuẩn ASTM D297 (2004), “Standard Test Methods for Rubber Products-Chemical Analysis”.
- 8 Tiêu chuẩn ASTM D412 (2004), “Standard Test Methods for Vulcanized Rubber and Thermoplastic Elastomers-Tension”.
- 9 Tiêu chuẩn ASTM D430 (2004), “Standard Test Methods for Rubber Deterioration-Dynamic Fatigue”.
- 10 Tiêu chuẩn ASTM D624 (2004), “Standard Test Method for Tear Strength of Conventional Vulcanized Rubber and Thermoplastic Elastomers”.
- 11 Tiêu chuẩn TCVN 2752 (2008), “Cao su lưu hóa - Xác định mức độ tác động của chất lỏng”.

(Ngày Tòa soạn nhận được bài: 04-5-2016; ngày phản biện đánh giá: 03-8-2016;  
ngày chấp nhận đăng: 23-9-2016)