

KHẢO SÁT ẢNH HƯỞNG CỦA TỶ LỆ CAO SU BUTADIENE ĐẾN TÍNH CHẤT CAO SU MẶT LỚP

INVESTIGATION OF THE EFFECT OF BUTADIENE RUBBER CONTENTS ON TIRE TREAD PROPERTIES

Phạm Ngọc Tùng^{1*}, Trần Ngọc Đức², Trần Thị Nga³, Trương Lê Minh Thắng²

¹Trường Đại học Bách khoa - Đại học Đà Nẵng, Việt Nam

²Công ty Cổ phần Cao su Đà Nẵng, Việt Nam

³Công ty Sản xuất Keo và Dung dịch Chuyên dụng Ô tô Chu Lai, Việt Nam

*Tác giả liên hệ / Corresponding author: pntung@dut.udn.vn

(Nhận bài / Received: 27/6/2023; Sửa bài / Revised: 02/8/2023; Chấp nhận đăng / Accepted: 06/8/2023)

Tóm tắt - Ở nghiên cứu này nhóm tác giả đã tiến hành khảo sát ảnh hưởng của hàm lượng cao su butadiene (BR) đến các tính chất của cao su mặt lốp xe tải. Hàm lượng cao su BR được thay đổi từ 0 đến 40 phần khối lượng (PKL) trong khi các thành phần khác được giữ nguyên. Kết quả nghiên cứu cho thấy hàm lượng BR không cho thấy ảnh hưởng đáng kể lên các tính chất lưu biến của cao su chưa lưu hóa. Tuy vậy, hàm lượng BR trong hỗn hợp với cao su thiên nhiên có ảnh hưởng đáng kể đến các tính chất cơ lý của cao su lưu hóa. Cụ thể, trong khi các tính chất cơ lý như độ bền kéo, modul 300 và độ bền xé rách giảm, thì khả năng kháng mài mòn (AKRON và DIN) tăng lên khi tăng hàm lượng cao su BR. Kết quả nghiên cứu thu được là rất quan trọng, có thể đóng vai trò tham khảo khi cần tiến hành điều chỉnh đơn pha chế (cụ thể là thành phần BR) của cao su mặt lốp trong thực tế sản xuất ở Công Ty Cổ Phần Cao Su Đà Nẵng (DRC).

Từ khóa - Cao su butadiene; cao su thiên nhiên; cao su lưu hóa; mặt lốp ô tô; kháng mài mòn

1. Đặt vấn đề

Hiện nay, nhu cầu vận chuyển hàng hóa và hành khách bằng đường bộ ở nước ta ngày càng cao. Bên cạnh đó đường bộ tại Việt Nam đang dần được mở rộng về quy mô và nâng cao về chất lượng, cho phép các phương tiện lưu thông với tốc độ lớn hơn. Do vậy, chất lượng của các phương tiện cơ giới (xe ô tô, xe tải,...) và các phụ tùng kèm theo như lốp xe cũng đòi hỏi chất lượng cao hơn. Một trong các bộ phận quan trọng nhất của lốp xe chính là mặt lốp vì đây là bộ phận duy nhất của xe tiếp xúc trực tiếp với mặt đường khi xe hoạt động và chịu toàn bộ tải trọng của xe. Do vậy yêu cầu đối với mặt lốp nói riêng và lốp xe nói chung là phải có tính năng cao, bền và ít làm tiêu hao nhiên liệu hơn. Do đó, ngày càng có nhiều nghiên cứu trong và ngoài nước quan tâm đến việc nghiên cứu chế tạo lốp xe với chất lượng tốt nhất mà vẫn đảm bảo được tính cạnh tranh về mặt giá thành.

Trong ngành sản xuất lốp xe, cao su BR được sử dụng rộng rãi ở dạng pha trộn với các loại cao su khác, chẳng hạn như cao su thiên nhiên (NR), cao su styrene butadien (SBR) vì tính đàn hồi cao và khả năng kháng mài mòn tốt của hỗn hợp cao su sau lưu hóa [1], [2]. Do vậy, có nhiều nghiên cứu nhằm khảo sát sự ảnh hưởng của tỷ lệ BR khi thêm vào các hỗn hợp cao su khác nhau [3], [4], [5]. Trong

Abstract - In this study, we investigated the influence of butadiene rubber (BR) content on the properties of the tire tread. The BR content was varied from 0 to 40 parts by mass (phr) while other components of the rubber compound are maintained. The study results showed that the BR content did not show a significant effect on the rheological properties of the unvulcanized rubber. However, the BR content blended with natural rubber has a strong influence on the physical and mechanical properties of vulcanized rubber. Specifically, while the physico-mechanical properties such as tensile strength, modulus 300, and tear strength decreased, the abrasion resistance (AKRON and DIN) increased with the increasing of the BR content. The obtained research results are very important and can serve as a reference in the actual manufacturing processes at Danang Rubber Joint Stock Company (DRC).

Key words - Butadiene rubber; natural rubber; vulcanized rubber; tire tread; abrasion resistance

đó, hỗn hợp giữa cao su NR và BR với các tính chất cơ lý tốt của hỗn hợp như khả năng chống mài mòn, độ bền uốn, độ bền kéo, và độ cứng được một số nhà khoa học quan tâm nghiên cứu [1], [6], [7].

Mặc dù đã có khá nhiều nghiên cứu về ảnh hưởng của hàm lượng BR lên tính chất của cao su mặt lốp nhưng đa phần các nghiên cứu này được tiến hành ở phòng thí nghiệm tại các trường đại học. Các điều kiện thí nghiệm, đặc biệt là máy móc, hóa chất và con người luôn có sự khác biệt với thực tiễn. Do đó việc áp dụng các kết quả từ phòng thí nghiệm vào trong sản xuất thường gặp nhiều hạn chế. Để khắc phục phần nào khoảng trống giữa phòng thí nghiệm và sản xuất cần thiết phải tiến hành nghiên cứu với các điều kiện thực tế. Do vậy, việc khảo sát ảnh hưởng của tỷ lệ cao su BR đến tính chất cao su mặt lốp được tiến hành ngay tại công ty DRC là rất cần thiết. Đề tài vừa giúp kết nối được giữa các nghiên cứu lý thuyết với thực tiễn vừa có thể đóng vai trò như nguồn nghiên cứu tham khảo cho các kỹ sư công nghệ tại công ty.

2. Thực nghiệm

2.1. Hóa chất

Cao su thiên nhiên (SVR10) được mua từ Công ty Cao Su Đồng Nai. Cao su BR (BR9000) được mua từ hãng

¹ The University of Danang - University of Science and Technology, Vietnam (Tung Ngọc Phạm)

² Danang Rubber Joint Stock Company, Vietnam (Tran Ngoc Duc, Trương Lê Minh Thắng)

³ Chu Lai Automobile Specialized Sealant and Fluid Limited Liability Company, Vietnam (Tran Thi Nga)

Kumho- Hàn Quốc. Dầu aromatic mua của hãng Mekong, Việt Nam. Lưu huỳnh được mua từ hãng Miwon Chemicals, Hàn Quốc. Xúc tiến NZ (N-tert-Butyl-2-benzothiazolesulfenamide), được mua từ hãng Hangong Sunsine (Trung Quốc). Chất trợ xúc tiến ZnO 99,8% được mua từ công ty Trường Thành, Việt Nam. Stearic acid được mua từ hãng PALMAC – Malaysia. Chất phòng tự lưu (Vulcalent PVI) mua của hãng Shandong Yanggu Huatai Chemicals, Trung Quốc. Than N234 (Jiangxi Blackcat, Trung Quốc). Chất phòng lão 4020 (poly(1,2-dihydro-2,2,4-trimethyl-quinoline)) và RD (N-(1,3-Dimethylbutyl)-N'-phenyl-p-phenylenediamine) được mua từ hãng Sinopec, Trung Quốc.

2.2. Quy trình thí nghiệm

+ Thiết lập đơn pha chế: Đơn pha chế được lấy theo đơn pha chế mặt lớp cơ bản của công ty DRC. Thực hiện 5 mẫu thí nghiệm với các ký hiệu lần lượt là TN0, TN10, TN20, TN30 và TN40 trong đó tỷ lệ thành phần của NR/BR được thay đổi theo các tỷ lệ lần lượt là 100/0, 90/10, 80/20, 70/30 và 60/40. Các thành phần khác (được tính theo PKL so với cao su) trong các đơn pha chế được giữ nguyên cho cả 5 thí nghiệm (Bảng 1).

Bảng 1. Đơn pha chế của các mẫu thí nghiệm

	TN0	TN10	TN20	TN30	TN40
NR/BR	100/0	90/10	80/20	70/30	60/40
ZnO	3,5				
Stearic acid	2				
N234	45				
Dầu aromatic	4				
4020	2				
RD	1				
Lưu huỳnh	1,2				
Xúc tiến NZ	1,5				
Vulcalent PVI	0,2				

+ Quy trình luyện cao su:

Giai đoạn 1: Đầu tiên, cao su NR và cao su BR được cho vào buồng luyện kín của máy luyện kín 1,8L (Yi Tzung, Đài Loan) cùng với các hoá chất như: ZnO, stearic acid, phòng lão (4020 và RD) ở tốc độ luyện 60 vòng/phút trong 40 giây. Tiếp theo, than N234 được thêm vào máy luyện ở tốc độ luyện 50 vòng/phút với thời gian luyện 100 giây. Sau đó, dầu aromatic được cho vào buồng luyện với tốc độ luyện là 45 vòng/phút trong thời gian 110 giây. Cuối cùng, hỗn hợp cao su được luyện ở tốc độ luyện là 40 vòng/phút trong 100 giây. Kết thúc chu trình luyện trên máy luyện kín, cao su bán thành phẩm (BTP) được xả ra ngoài qua cửa xả và chuyển đến máy luyện hồ 2 trục để cán thành tấm.

Giai đoạn 2: Kết thúc giai đoạn 1, các tấm cao su được để ổn định ít nhất là 4 giờ trước khi chuyển sang luyện giai đoạn 2. Trong giai đoạn này, cao su BTP tiếp tục được luyện bằng máy luyện kín với tốc độ luyện ban đầu 40 vòng/phút trong vòng 30 giây. Sau đó lưu huỳnh, xúc tiến NZ và Vulcalent PVI được cho vào buồng luyện ở tốc độ 30 vòng/phút với thời gian luyện là 90 giây. Sau đó tốc độ luyện được tăng lên 40 vòng/phút và duy trì trong

60 giây trước khi tháo cao su khỏi buồng luyện. Tương tự giai đoạn 1, cao su BTP được cán đều trên 2 trục cán của máy luyện hồ thành tấm cao su, để nguội rồi được xếp lên pallet.

Mẫu cao su BTP được cán trên máy luyện hồ 2 trục, xuất tấm với chiều dày thích hợp và được tạo hình phù hợp với loại mẫu đo tính năng cơ lý. Tùy thuộc vào loại mẫu, các mẫu cao su được lưu hóa theo các chế độ nhiệt độ và thời gian lưu hóa được trình bày cụ thể ở Bảng 2.

Bảng 2. Điều kiện lưu hóa của một số loại mẫu

Loại mẫu	Thời gian	Nhiệt độ
Độ bền kéo đứt và xé rách	15 phút	150 °C
Mài mòn AKRON	20 phút	
Mài mòn DIN	25 phút	
Độ bám võ	30 phút	

Sau quá trình lưu hóa, mẫu phải được để ổn định ít nhất 8 giờ trước khi kiểm tra các tính chất cơ lý như: độ bền kéo đứt, độ bền xé rách, độ cứng, tỷ trọng, kháng mài mòn (mài mòn DIN và AKRON) và độ kháng bám võ. Giá trị đo độ bền kéo đứt và độ bền xé rách là giá trị trung bình của 5 lần đo cho mỗi mẫu thí nghiệm. Các phép đo còn lại (độ cứng, tỷ trọng, mài mòn (DIN và AKRON), độ kháng bám võ,...) được thực hiện 1 lần cho mỗi mẫu thí nghiệm.

2.3. Các phép đo

2.3.1. Độ nhớt Mooney

Mẫu cao su BTP được tạo hình thành dạng đĩa tròn có đường kính khoảng 50mm và dày khoảng 6mm. Sau đó, đục một lỗ qua tâm của mẫu cao su để lắp vào trục của rotor. Mẫu thử phải được giữ tại nhiệt độ phòng thử nghiệm (theo TCVN 1592 & ISO 23529) ít nhất 30 phút trước khi tiến hành đo trên máy đo độ nhớt Mooney (MonTech, Đức). Mẫu được gia nhiệt 1 phút ở nhiệt độ 100°C ± 0,5°C và đo trong 4 phút (ML 1+4)

2.3.2. Đo các tính chất lưu biến

Trước khi kiểm tra các tính chất lưu biến, mẫu cao su phải để ổn định ở nhiệt độ phòng khoảng 2 giờ. Các tính chất lưu biến của mẫu cao su sẽ được kiểm tra trên máy D-RPA 3000 Dynamic Rubber Analyzer (Đức) tại nhiệt độ 150°C trong 60 phút.

2.3.3. Phương pháp đo khối lượng riêng cao su

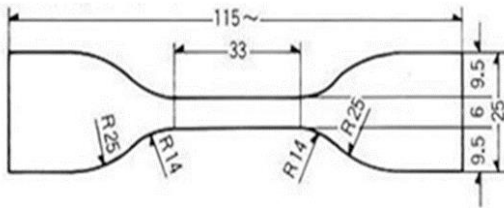
Mẫu cao su sau lưu hóa phải được ổn định ở nhiệt độ của phòng thử nghiệm (23°C ± 2°C) ít nhất 3 giờ trước khi cắt mẫu. Mẫu cao su lưu hóa sẽ được đo khối lượng riêng theo TCVN 4866 (ISO 2781).

2.3.4. Phương pháp đo độ cứng Shore A

Mẫu thử phải được chuẩn bị phù hợp với TCVN 1592 (ISO 23529). Độ dày mẫu thử tối thiểu 6mm, mặt trên và dưới phải phẳng và song song. Mẫu cao su sau lưu hóa sẽ được xác định độ cứng Shore A theo TCVN 1595-1 (ISO 7619-1).

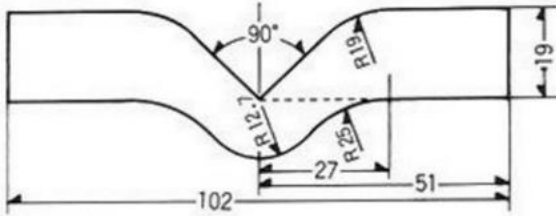
2.3.5. Đo độ bền kéo đứt và xé rách

Phép đo độ bền kéo đứt được thực hiện theo tiêu chuẩn TCVN 4509 (ISO 37) với mẫu hình quả tạ có chiều dày 2,0 ± 0,2 mm và quy cách mẫu đo theo quy chuẩn như Hình 1.



Hình 1. Quy cách (mm) mẫu đo độ bền kéo đứt

Phép đo độ bền xé rách được thực hiện dựa theo TCVN 1597-1 (ISO 34-1) với mẫu có tâm dày $2,0 \pm 0,2$ mm và quy cách mẫu đo theo quy chuẩn như Hình 2.



Hình 2. Quy cách (mm) mẫu đo độ bền xé rách

Cả 2 phép đo trên đều sử dụng máy đo cơ lý đa năng TCS-2000-U GOTTECH, Trung Quốc.

2.3.6. Phương pháp đo mài mòn DIN

Mẫu đo mài mòn DIN là mẫu cao su đã lưu hóa có dạng hình trụ tròn, đường kính $16\text{mm} \pm 0,2\text{mm}$ và chiều cao tối thiểu 6mm. Đầu tiên, cân trọng lượng ban đầu của mẫu (m_0). Sau đó, tiến hành đo mẫu trên máy đo độ mài mòn DIN (MonTech, Đức) với quãng đường cài đặt là 40m. Cân lại khối lượng mẫu sau khi đo (m). Khối lượng tiêu hao của mẫu được xác định bằng công thức:

$$\Delta m_t = m_0 - m \text{ (mg)}$$

Độ mài mòn DIN được tính theo công thức:

$$\Delta V = \frac{\Delta m_t \times \Delta m_{const}}{\rho_t \times \Delta m_r}$$

Δm_r : Độ mài mòn của giấy nhám, mg;

Δm_{const} : Khối lượng tiêu hao cố định của mẫu cao su chuẩn;

Δm_t : Khối lượng tiêu hao của mẫu thử, mg;

ρ_t : Khối lượng riêng của mẫu thử, mg/mm^3 .

2.3.7. Phương pháp đo mài mòn AKRON

Định lượng độ mài mòn theo phương pháp AKRON theo TCVN 1594. Mẫu thử là dải cao su hình chữ nhật đã lưu hóa có chiều rộng mẫu $12,7 \pm 0,2$ mm, chiều dày mẫu $3,2 \pm 0,2$ mm và chiều dài mẫu L (mm) được xác định theo công thức:

$$L = \pi (D+h)$$

D: đường kính ngoài mẫu bánh xe cao su để dán mẫu thử, mm; h: độ dày của mẫu thử, mm.

Thể tích mài mòn V ($\text{cm}^3/1,61 \text{ km}$) hay độ mài mòn AKRON sẽ được tính toán công thức sau đây:

$$V = \frac{m_1 - m_2}{d}$$

m_1 : Khối lượng trước khi thử nghiệm, g;

m_2 : Khối lượng sau khi thử nghiệm, g;

d: Khối lượng riêng của mẫu cao su, g/cm^3 .

2.3.8. Phương pháp kiểm tra độ bám võ

Độ bám võ được đo trên thiết bị đo Everi, Trung Quốc với tần số dao cắt 1Hz, tốc độ quay của mẫu là 545 vòng/phút, nhiệt độ buồng đo 50°C , thời gian ổn định nhiệt là 5 phút. Độ bám võ (ΔV) được tính theo công thức:

$$\Delta V = \frac{\Delta m}{d}$$

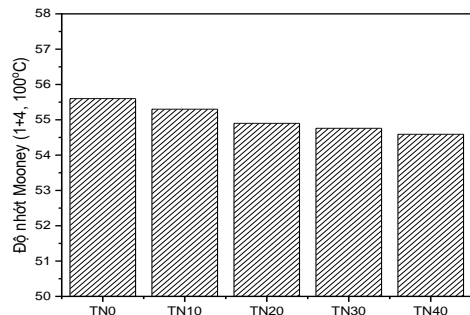
Với d là khối lượng riêng của mẫu thử (g/cm^3).

$\Delta m = m_0 - m_s$ (m_0 và m_s lần lượt là khối lượng mẫu trước và sau khi thử).

3. Kết quả và bàn luận

3.1. Ảnh hưởng của hàm lượng BR đến độ nhớt Mooney và các tính chất lưu biến của hợp phần cao su

Sau khi hoàn tất giai đoạn luyện, các mẫu thí nghiệm (Bảng 1) sẽ được để ổn định ở nhiệt độ phòng khoảng 2 giờ thì được đem đi kiểm tra độ nhớt Mooney và các tính chất lưu biến như Ts1, Tc90, moment xoắn cực đại (MH) và cực tiểu (ML). Kết quả đo (Hình 3) cho thấy độ nhớt của các mẫu thí nghiệm có xu hướng giảm nhẹ khi tăng hàm lượng BR trong mẫu. Thông thường độ nhớt Mooney thấp sẽ mang lại cho hỗn hợp cao su khả năng gia công tạo hình và điền đầy khuôn dễ dàng hơn [8]. Nguyên nhân của sự giảm nhẹ của độ nhớt Mooney là do khối lượng phân tử (KLPT) của BR thấp hơn so với KLPT của NR [9].



Hình 3. Độ nhớt Mooney ML (1+4, 100°C) của các mẫu cao su

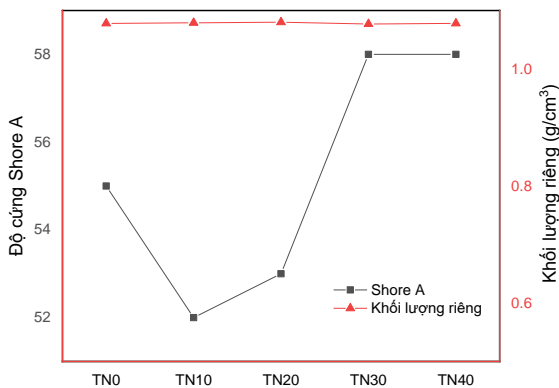
Từ các giá trị moment xoắn cực đại (MH) và cực tiểu (ML) thu được khi tiến hành đo tính chất lưu biến của các mẫu cao su (Bảng 3), biến thiên của moment xoắn ΔM sẽ được tính toán dựa vào công thức $\Delta M = MH - ML$. Điểm chín nhanh, Ts1, sẽ được xác định là thời gian mà tại đó giá trị mô men xoắn đo được lớn hơn giá trị ML một đơn vị. Điểm lưu hóa tối ưu, Tc90, được xác định là thời gian tại đó giá trị moment xoắn bằng 90% của giá trị ΔM . Từ các kết quả thu được trên Bảng 3, ta có thể nhận thấy rằng các giá trị Ts1 và Tc90 có xu hướng tăng nhẹ khi tăng hàm lượng BR trong hợp phần cao su.

Bảng 3. Các tính chất lưu biến của các mẫu thí nghiệm

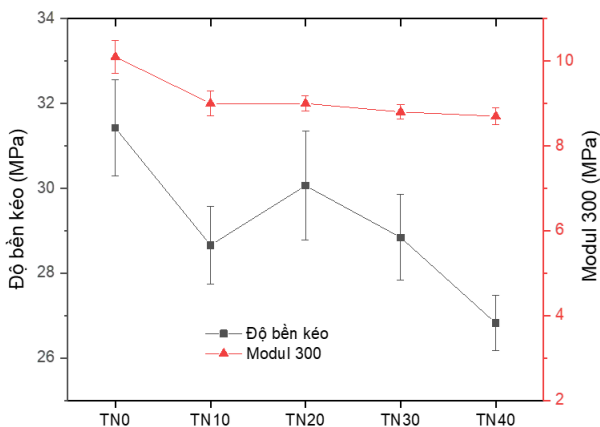
	MH (dNm)	ML (dNm)	ΔM (dNm)	Ts1 (phút)	Tc90 (phút)
TN0	13,44	2,10	11,34	3,48	8,55
TN10	13,32	2,09	11,23	3,47	9,05
TN20	13,58	2,10	11,48	4,04	9,42
TN30	13,58	2,11	11,47	4,15	10,29
TN40	14,15	2,22	11,93	4,34	10,23

3.2. Ảnh hưởng của hàm lượng BR đến tính chất cơ lý của vật liệu

Kết quả đo độ cứng Shore A cho thấy, ở hàm lượng BR nhỏ hơn 20 pkl, độ cứng của vật liệu giảm so với mẫu sử dụng 100% NR (Hình 4). Tuy nhiên, ở các hàm lượng BR cao hơn (30 và 40 pkl, ứng với các mẫu TN30 và TN40) độ cứng của mẫu cao su lưu hóa tăng mạnh từ khoảng 53 shore A (ứng với mẫu TN20) lên đến xấp xỉ 58 shore A (ứng với các mẫu TN30 và TN40). Sự tăng độ cứng shore A ở các tỷ lệ BR cao ở nghiên cứu này phân nào giống với kết quả nghiên cứu của Nguyễn Anh Tuấn và Đàm Thanh Thư [10]. Họ nhận thấy rằng độ cứng Shore A có xu hướng tăng lên khi lượng BR tăng từ 0-40 pkl và sau đó độ cứng gần như ổn định khi tăng lượng BR từ 40-100 pkl. Mặt khác, khi tăng hàm lượng BR trong hợp phần cao su, khối lượng riêng của các mẫu cao su không thay đổi. Kết quả này hoàn toàn nằm trong dự đoán ban đầu do khối lượng riêng của BR và cao su NR có giá trị gần tương đương nhau (NR $\sim 0,914 \text{ g/cm}^3$, BR = $0,89 \div 0,92 \text{ g/cm}^3$).



Hình 4. Độ cứng Shore A và khối lượng riêng của các mẫu thí nghiệm

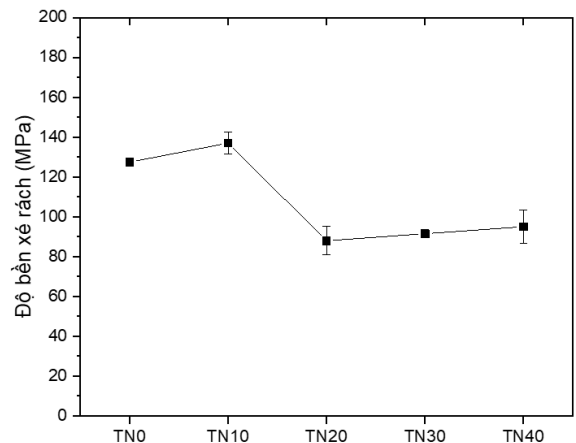


Hình 5. Độ bền kéo và modul 300 của các mẫu thí nghiệm

Kết quả được biểu diễn ở Hình 5 cho thấy độ bền kéo và modul 300 của các mẫu cao su có xu hướng giảm khi tăng hàm lượng BR trong hỗn hợp. Trong khi mẫu chứa 100% NR (TN0) có độ bền kéo lên đến hơn 31 MPa, độ bền kéo của mẫu chứa 40 pkl BR (TN40) giảm xuống chỉ còn khoảng 27 MPa. Một số nghiên cứu trong nước và quốc tế về ảnh hưởng của cao su BR trong hỗn hợp với cao su NR đến độ bền kéo cũng cho thấy kết quả tương tự

[11], [12]. Do có cấu trúc hóa học khác nhau, NR và BR cho thấy sự khác biệt đáng kể về khả năng kết tinh dưới ứng suất. Tại nhiệt độ phòng, khi các mạch phân tử cuộn xoắn, không định hướng của cao su NR được kéo duỗi dài dưới ứng suất, các mạch phân tử sau đó sẽ được kéo thẳng, tạo tiền đề cho sự kết tinh. Trong khi đó cao su BR không có đặc tính kết tinh dưới ứng suất tại nhiệt độ phòng [13]. Do đó, khi tăng lượng BR và giảm hàm lượng NR sẽ làm cho độ bền kéo của hỗn hợp cao su càng gần với BR dẫn đến độ bền kéo của các mẫu có hàm lượng BR cao bị suy giảm nhiều hơn.

Hình 6 cho thấy mối quan hệ giữa hàm lượng BR và độ bền xé rách của hỗn hợp cao su NR/BR. Các yếu tố ảnh hưởng đến độ bền xé rách của mẫu cao su lưu hóa bao gồm cấu trúc hoá học của hỗn hợp cao su và hàm lượng chất độn. Do hàm lượng chất độn là giống nhau trong các mẫu cao su nên đặc tính xé rách bị chi phối bởi tính chất của hỗn hợp cao su. Có thể thấy rằng, khi hàm lượng BR trong hỗn hợp cao su tăng từ 20-40 pkl, thì độ bền xé rách của mẫu giảm đáng kể so với mẫu chứa 100% NR (TN0). Từ đó có thể thấy được mối quan hệ chặt chẽ giữa sự gia tăng năng lượng xé rách và khả năng kết tinh dưới ứng suất của hỗn hợp cao su [14]. Nghiên cứu của Hsien-Tang Chiu và Peir-An Tsai cũng cho thấy kết quả tương tự, độ bền xé rách tăng khi tăng hàm lượng của NR trong hỗn hợp [11].



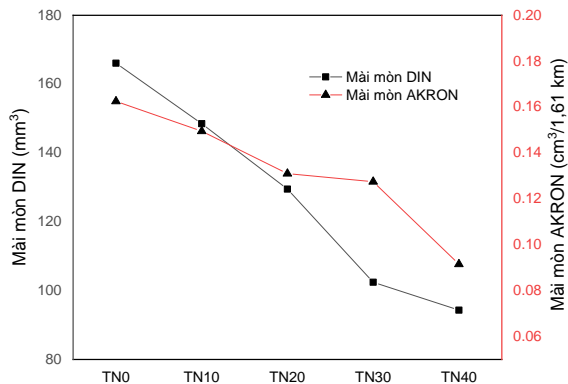
Hình 6. Độ bền xé rách của các mẫu thí nghiệm

3.3. Ảnh hưởng của hàm lượng BR đến khả năng chống mài mòn của mẫu

Khả năng chống mài mòn là khả năng của vật liệu chống lại tác động cơ học như cọ xát, cạo hoặc bào mòn có xu hướng dần dần loại bỏ vật liệu khỏi bề mặt của nó. Khi một sản phẩm có khả năng chống mài mòn, nó sẽ chống chịu được hiện tượng bào mòn do cạo, cọ xát và các loại mài mòn cơ học khác. Khả năng này cho phép vật liệu giữ được tính toàn vẹn và giữ nguyên hình dạng của nó sau một thời gian sử dụng dài. Điều này rất quan trọng đối với các sản phẩm mà hình dạng của nó sẽ ảnh hưởng lớn đến tính năng sử dụng [15], như là mặt lốp trong lốp ô tô.

Từ Hình 7 ta có thể thấy, mối quan hệ giữa độ mài mòn (DIN và AKRON) với hàm lượng BR chứa trong mẫu. Độ mài mòn giảm đáng kể (độ kháng mài mòn tăng) khi tăng tỷ lệ cao su BR trong hợp phần cao su. Độ mài mòn ở cả 2

phương pháp thử là mài mòn DIN và AKRON ở mẫu TN40 (chứa 40 pkl BR) giảm gần một nửa so với độ mài mòn ở mẫu TN0 (không chứa BR). Kết quả này giống với kết quả nghiên cứu của tác giả Nguyễn Thị Thủy cho thấy độ kháng mài mòn tăng khi tăng hàm lượng BR từ 10-100 pkl [12].



Hình 7. Mài mòn DIN và AKRON của các mẫu thí nghiệm

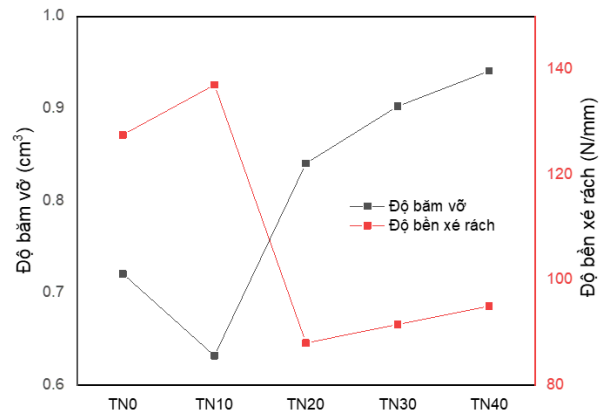
Khi mẫu lăn theo hướng cố định (như trong phương pháp thử mài mòn trong phòng thí nghiệm), thì ở bề mặt tiếp xúc giữa mẫu và bề mặt mài mòn có sự kéo dãn xảy ra, đồng thời khi bề mặt thô ráp của đá mài tiếp xúc với bề mặt mẫu sẽ gây ra các vết cắt, vết xước vi mô dọc theo hướng trượt của mẫu, làm cho các mảnh cao su nhỏ bị tách rời ra khỏi bề mặt, từ đó làm giảm khối lượng của mẫu [1]. Do đó, độ mài mòn sẽ bị chi phối cùng lúc bởi nhiều tính chất cơ lý của mẫu cao su như cường lực kéo, độ đàn hồi cũng như độ cứng của cao su.

Kết quả từ nghiên cứu của L. A. Wisojodharmo cùng các cộng sự cho thấy mối liên quan tuyến tính giữa độ cứng và khả năng kháng mài mòn của mẫu: độ cứng càng giảm thì kháng mài mòn của mẫu càng cao [13]. Tuy vậy, các kết quả thu được từ nghiên cứu này không cho thấy mối liên hệ tương tự khi các mẫu TN30 và TN40 có độ cứng cao hơn hẳn các mẫu còn lại (Hình 4) nhưng vẫn cho thấy khả năng chịu mài mòn tốt (Hình 7). Khi độ cứng của mẫu tăng có thể khiến cho độ bám giảm đi, hay nói cách khác là sự tiếp xúc giữa bề mặt mẫu và bề mặt nhám giảm do cao su trượt nhiều hơn trên bề mặt nhám, dẫn đến sự giảm độ mài mòn.

Ngoài độ kháng mài mòn tốt, mặt lớp ô tô khi sử dụng còn cần sở hữu khả năng chống bám vớ tốt, đặc biệt là đối với các loại lốp sử dụng trong các điều kiện đường xấu như lốp xe địa hình OTR, lốp tải nhẹ và lốp cho xe SUV. Để kiểm tra khả năng chống bám vớ của mẫu cao su trong phòng thí nghiệm thì các máy đo độ bám vớ thường được sử dụng. Độ bám vớ ΔV được xác định dựa vào sự thay đổi khối lượng của mẫu trước và sau phép đo và khối lượng riêng của mẫu. Độ bám vớ càng nhỏ thì mẫu có khả năng chống bám vớ càng tốt.

Trong nghiên cứu này, nhìn chung khi hàm lượng BR vượt quá 10 pkl, độ bám vớ của mẫu cao su tăng lên từ xấp xỉ $0,72 \text{ cm}^3$ (ứng với mẫu không chứa BR, TN0) đến xấp xỉ $0,94 \text{ cm}^3$ (ứng với mẫu TN40) (Hình 8). Ngoài ra, từ Hình 8 có thể thấy được mối tương quan mật thiết giữa độ bền xé rách và độ bám vớ của mẫu cao su [16]. Mẫu TN10 có độ bền xé rách cao nhất (khoảng 133 N/mm) thì cũng có

độ bám vớ thấp nhất ($0,63 \text{ cm}^3$). Từ các kết quả trên cho thấy, khả năng kháng bám vớ của mẫu cao su cao nhất ở hàm lượng BR là 10 pkl. Tuy vậy, cần tiến hành thêm thí nghiệm ở các nghiên cứu kế tiếp để xác định rõ điều này. Sau đó khi tăng hàm lượng BR khả năng chống bám vớ sẽ bị suy giảm. Lý do cho sự suy giảm này có thể do sự suy giảm đáng kể của hàm lượng NR, vốn có khả năng chống bám vớ cực tốt [16], [17].



Hình 8. Độ bám vớ và độ bền xé rách của các mẫu thí nghiệm

4. Kết luận

Dựa trên các điều kiện nghiên cứu tại Công ty DRC, ảnh hưởng của hàm lượng cao su BR đến các tính chất lưu biến cũng như các tính chất cơ lý của cao su mặt lốp được tiến hành khảo sát. Kết quả nghiên cứu cho thấy khi hàm lượng BR tăng thì các tính chất như độ nhớt Mooney và các đặc tính lưu biến của cao su bán thành phẩm ít thay đổi. Mặt khác, các tính chất cơ lý của mẫu cao su lưu hóa chịu ảnh hưởng rõ rệt bởi hàm lượng của BR trong hỗn hợp. Độ bền kéo, module 300 và độ bền xé rách nhìn chung có xu hướng giảm khi hàm lượng BR tăng. Bên cạnh đó, các tính chất quan trọng của mặt lốp như độ kháng mài mòn (AKRON và DIN) tăng khi tăng hàm lượng BR trong hỗn hợp cao su. Tuy vậy, khả năng kháng bám vớ của của cao su đạt cực đại ở hàm lượng BR là 10 pkl và sau đó bị suy giảm khi hàm lượng BR tăng.

Lời cảm ơn: Nhóm tác giả xin chân thành cảm ơn Công ty Cổ phần Cao su Đà Nẵng (DRC) đã hỗ trợ cho việc thực hiện nghiên cứu. Nghiên cứu này là 1 phần thuộc đề tài CAPSTONE project được thực hiện tại Công ty DRC năm 2022.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] A. Gent and C. Pulford, "Mechanisms of rubber abrasion". *Journal of Applied Polymer Science*, vol. 28, no. 3, pp. 943-960, 1983. <https://doi.org/10.1002/app.1983.070280304>
- [2] A. Gent, S. Lai, C. Nah, and C. Wang, "Viscoelastic effects in cutting and tearing rubber". *Rubber Chemistry and Technology*, vol. 67, no. 4, pp. 610-618, 1994. <https://doi.org/10.5254/1.3538696>
- [3] A. Das *et al.*, "Modified and unmodified multiwalled carbon nanotubes in high performance solution-styrene-butadiene and butadiene rubber blends". *Polymer*, vol. 49, no. 24, pp. 5276-5283, 2008. <https://doi.org/10.1016/j.polymer.2008.09.031>
- [4] M. Ramesan, G. Mathew, B. Kuriakose, and R. Alex, "Role of dichlorocarbene modified styrene butadiene rubber in compatibilisation of styrene butadiene rubber and chloroprene

- rubber blends". *European polymer journal*, vol. 37, no. 4, pp. 719-728, 2001. [https://doi.org/10.1016/S0014-3057\(00\)00157-9](https://doi.org/10.1016/S0014-3057(00)00157-9)
- [5] M. Ramesan, R. Alex, and N. Khanh, "Studies on the cure and mechanical properties of blends of natural rubber with dichlorocarbene modified styrene-butadiene rubber and chloroprene rubber". *Reactive and Functional Polymers*, vol. 62, no. 1, pp. 41-50, 2005. <https://doi.org/10.1016/j.reactfunctpolym.2004.08.002>
- [6] C. Nah, B. W. Jo, and S. Kaang, "Cut and chip resistance of NR-BR blend compounds". *Journal of applied polymer science*, vol. 68, pp. 1537-1541, 1998. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1097-4628.19980531](https://doi.org/10.1002/(SICI)1097-4628.19980531).
- [7] M. Lee and A. Moet, "Analysis of fatigue crack propagation in NR/BR rubber blend". *Rubber chemistry and technology*, vol. 66, no. 2, pp. 304-316, 1993. <https://doi.org/10.5254/1.3538314>
- [8] T. Z. Zaeimoedin and J. Clarke, "Improving the abrasion resistance of "Green" tyre compounds". *Journal of Energy and Power Engineering*, vol. 11, pp. 637-642, 2017. <http://dx.doi.org/10.17265/1934-8975/2017.10.003>
- [9] S. Wolff and M.-J. Wang, "Filler—elastomer interactions. Part IV. The effect of the surface energies of fillers on elastomer reinforcement". *Rubber chemistry and technology*, vol. 65, no. 2, pp. 329-342, 1992. <https://doi.org/10.5254/1.3538615>
- [10] N. T. Anh and D. T. Thu, "Rubber nanocomposites based on natural rubber/ butadiene rubber blend and multi walled carbon nanotubes". *Journal of Science Technology*, vol. 45, pp. 129-132, 2018.
- [11] H.-T. Chiu and P.-A. Tsai, "Aging and mechanical properties of NR/BR blends". *Journal of materials engineering and performance*, vol. 15, pp. 88-94, 2006. <https://doi.org/10.1361/105994906X83448>
- [12] N. T. Thuy, "Research on manufacturing and properties of rubber. Research on Blend based on natural rubber and Butadiene rubber". *Hanoi National University of Education*, 2016.
- [13] L. Wisojodharmo, R. Fidyansih, D. Fitriani, D. Arti, and H. Susanto, "The influence of natural rubber – butadiene rubber and carbon black type on the mechanical properties of tread compounding". *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. 2017. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/223/1/012013>
- [14] N. Nasruddin and T. Susanto, "Study of the mechanical properties of natural rubber composites with synthetic rubber using used cooking oil as a softener". *Indonesian Journal of Chemistry*, vol. 20, no. 5, pp. 967-978, 2020. <https://doi.org/10.22146/ijc.42343>
- [15] S. S. Choi, B. H. Park, and H. Song, "Influence of filler type and content on properties of styrene-butadiene rubber (SBR) compound reinforced with carbon black or silica". *Polymers for Advanced Technologies*, vol. 15, no. 3, pp. 122-127, 2004. <https://doi.org/10.1002/pat.421>
- [16] R. Stoček, W. V. Mars, R. Kipscholl, and C. G. Robertson, "Characterisation of cut and chip behaviour for NR, SBR and BR compounds with an instrumented laboratory device". *Plastics, Rubber and Composites*, vol. 48, no. 1, pp. 14-23, 2019. <https://doi.org/10.1080/14658011.2018.1468161>
- [17] R. Stoček, G. Heinrich, R. Kipscholl, and O. Kratina, "Cut & chip wear of rubbers in a range from low up to high severity conditions". *Applied Surface Science Advances*, vol. 6, p. 100152, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.apsadv.2021.100152>.