

TỐI ƯU HÓA QUÁ TRÌNH BIẾN TÍNH NHỰA ĐƯỜNG BẰNG CAO SU PHẾ THẢI

TS ĐẶNG VIỆT HÙNG

Trung tâm Nghiên cứu Vật liệu Polyme - Compozit
Trường Đại học Bách khoa Hà Nội

PGS.TS NGUYỄN THỊ BÍCH THỦY, THS ĐỖ VĂN TÀI, THS LƯU NGỌC LÂM

Viện Khoa học và Công nghệ Giao thông Vận tải

Biến tính nhựa đường bằng cao su phế thải đã được nghiên cứu và tối ưu hóa bằng quy hoạch thực nghiệm dựa trên độ kim lún, nhiệt độ hóa mềm và độ đàn hồi. Kết quả cho thấy, để đạt được nhựa đường biến tính đáp ứng tiêu chuẩn làm đường và sân bay, hàm lượng cao su phế thải cần khoảng 24-28%, khuấy ở tốc độ lớn hơn 1.000 vòng/phút, phản ứng ở nhiệt độ 190°C, thời gian 90 phút.

Từ khóa: biến tính nhựa đường, tối ưu hóa, độ kim lún, nhiệt độ hóa mềm, độ đàn hồi.

OPTIMIZATION OF MODIFICATION OF BITUMEN BY RECYCLED RUBBER

Summary

Optimization of modification of bitumen by recycled rubber has been studied based on the output: penetration, softening point and elastic recovery using experiment planning. Conditions for modification to achieve technical requirements for rubber asphalt for road and airport application: include recycled rubber content of 24-28% and stirring speed minimum of 1000 rpm at temperature 190°C in 90 minutes.

Keywords: crumb rubber modified asphalt, optimization, penetration, softening point, elastic recovery.

Đặt vấn đề

Atphan (nhựa đường) là hỗn hợp bao gồm các hydrocacbon dạng aliphatic, aromatic và naphthenic; một lượng nhỏ các axit, bazơ hữu cơ; các thành phần dị vòng chứa nitơ, oxy, lưu huỳnh và một vài kim loại [1]. Các thành phần của atphan thường được nhóm thành 2 loại chính: asphanten và manten. Manten được phân loại sâu hơn thành các loại: no, thơm và nhựa. Không những thành phần mà cả cấu trúc của atphan cũng chưa được làm sáng tỏ. Tuy vậy, atphan thường được coi là hợp chất có đặc tính keo, cấu thành từ các mixel asphanten được ổn định bởi các nhựa phân cực bao bọc xung quanh, phân tán hoặc hòa tan trong môi trường manten có tính dầu [1]. Hiệu quả biến tính chịu ảnh hưởng bởi một số yếu tố bao gồm: thành phần của bitum, nhiệt độ và thời gian trộn, phần trăm và loại cao su tái sinh và phương pháp nghiên cứu. Với atphan sử dụng ở những nơi nhiệt độ thấp, thường chỉ dùng 18-22% hàm lượng cao su. Các nghiên cứu về tiếng ồn cho thấy sử dụng cao su tái sinh từ lốp phế thải làm giảm tiếng ồn ít nhất là 50%. Các hạt cao su với nhiều kích thước khác nhau sẽ hấp thụ âm tốt hơn. Lợi ích của việc sử dụng cao su atphan là kéo dài tuổi thọ của mặt đường. Với 15% cao su trong atphan biến tính thì việc phát triển vết nứt giảm 5-6 lần so với atphan thông thường, hơn nữa hỗn hợp cao su atphan còn thể hiện sự vượt trội ở khuyết tật bề mặt, ứng suất bề mặt và chiều sâu vết lún. Để sản xuất cao su atphan thì giá thành thường tăng từ 50-100% so với atphan thông thường. Tuy nhiên, phân tích giá thành sử dụng theo tuổi thọ của đường đã cho thấy hiệu quả giá thành của việc sử dụng nhựa đường cao su, xét trong giai đoạn 30-40 năm, gồm

cả phí sửa chữa, bảo trì.

Sử dụng cao su biến tính nhựa đường có hai cách khác nhau: cách thứ nhất là hòa tan cao su tái sinh vào bitum (được gọi là phương pháp ướt) và cách thứ hai là thay thế một phần các tập hợp aggregat mịn bằng cao su nghiền, cao su này không tương tác hoàn toàn với bitum (được gọi là phương pháp khô). Trong phương pháp ướt, bột cao su tái sinh (kích cỡ hạt 0,15-0,6 mm) được trộn với bitum trong khoảng thời gian ít nhất là 45 phút ở nhiệt độ cao và thường trong khoảng 18-30% khối lượng bitum. Phân đoạn nhẹ của bitum sẽ khuếch tán vào hạt cao su làm cho cao su trương nở và đồng thời làm cho bitum cứng lại. Điều đó giúp làm giảm rạn nứt do nhiệt và rạn nứt uốn, nâng cao độ bền hỗn hợp (kháng ẩm, chống oxy hóa và mỏi). Trong phương pháp khô, cao su bột (0,85-6,4 mm) được sử dụng để thay thế các hạt nhỏ trong asphan, khoảng 1-3%. Các thử nghiệm về thất thoát chất bẩn cho thấy hàm lượng nitrat trong nước ngầm giảm một nửa so với thông thường [2].

Khi đưa cao su phế thải từ lốp ô tô làm tăng cả mô đun dự trữ và độ nhớt ở nhiệt độ sử dụng cao. Để đạt được hiệu quả biến tính cao thì cao su tái sinh cần có kích thước nhỏ hơn 0,35 mm và phải có độ xé cao khi sản xuất. So với phương pháp ướt, phương pháp khô ít phổ biến hơn khi biến tính bằng cao su tái sinh. Nguyên nhân là do vấn đề tương hợp của hỗn hợp. Polyme dùng để biến tính nhựa đường thường là polyme khối styren butadien styren (SBS) hoặc cao su tái sinh (CR). Ngưỡng có tác dụng của SBS là 4% khối lượng, còn CR là 9% khối lượng. CR làm cho nền bitum có góc lệch pha thấp hơn so với SBS với cùng modun phức ở tần số thấp. Độ nhớt của hỗn hợp đạt giá trị 3.000 cP với hàm lượng SBS 6% và CR 10,5%. Độ kết dính của hỗn hợp 3% SBS và 6% CR tương đương nhau. Các kết quả thử mỗi cho thấy khi có CR 8% cho kết quả tốt hơn 2, 3 và 4% SBS và tạo được số chu kỳ chịu tải lớn gấp 5 lần hỗn hợp ban đầu. 8% CR có tính chất tương tự SBS 4% nhưng có độ cứng lớn hơn 50% so với nhựa nền [3].

Trong nghiên cứu này, tối ưu hóa quá trình biến tính nhựa đường bằng cao su phế thải theo phương pháp ướt đã được nghiên cứu.

Nội dung nghiên cứu

Thực nghiệm

Nguyên liệu: lượng các nguyên liệu và hóa chất đưa ra trong bảng 1 dùng để chế tạo 100 kg nhựa

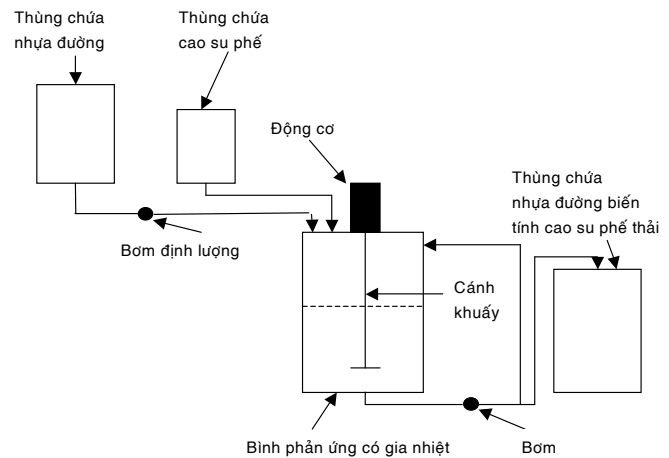
đường biến tính cao su phế thải. Khi chế tạo một lượng cần thiết khác, ta cần tính toán các nguyên liệu tương ứng theo tỷ lệ đã cho.

Bảng 1: nguyên liệu và hóa chất

TT	Nguyên liệu	Chất lượng	Khối lượng (kg)
1	Nhựa đường	60/70 (TCVN 7493: 2005)	75
2	Cao su phế thải	Cao su phế thải từ lốp ô tô, kích thước hạt từ 0,2-0,8 mm	25

Phương pháp thực nghiệm

Sơ đồ quy trình chế tạo nhựa đường biến tính cao su từ cao su phế thải được thể hiện trên hình 1. Tốc độ thay đổi từ 800-1.200 vòng/phút; hàm lượng cao su phế thải từ 12-28%; nhiệt độ trộn 190°C và thời gian trộn 90 phút.



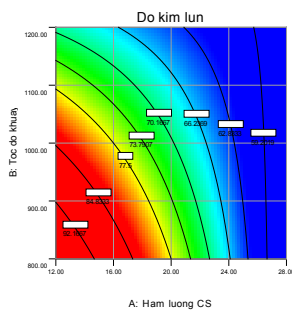
Hình 1: sơ đồ khối quy trình chế tạo nhựa đường biến tính cao su phế thải

Tối ưu hóa theo các biến: tốc độ khuấy trộn và hàm lượng cao su phế thải với đầu ra là độ kim lún, nhiệt độ hóa mềm và độ đàn hồi. Sử dụng phần mềm Design Expert để tối ưu hóa. Xác định các tính chất: độ kim lún, nhiệt độ hóa mềm và độ đàn hồi.

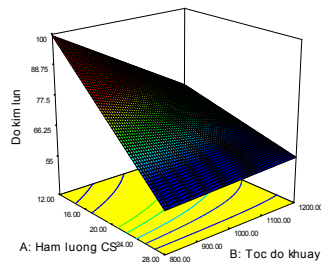
Kết quả và thảo luận

Tối ưu hóa độ kim lún

Độ kim lún được tối ưu hóa theo hai yếu tố: hàm lượng cao su phế thải và tốc độ khuấy. Khoảng biến thiên của hàm lượng cao su phế thải: 12-28% và tốc độ khuấy từ 800-1.200 vòng/phút. Các yếu tố khác được giữ không đổi: nhiệt độ 190°C, thời gian 90 phút.



Hình 2: đường đồng mức của độ kim lún



Hình 3: đồ thị phụ thuộc 3D của độ kim lún

Trên hình 2 là đường đồng mức của độ kim lún theo hai yếu tố ảnh hưởng: hàm lượng cao su phế thải và tốc độ khuấy. Cả hai thông số này đều ảnh hưởng đến độ kim lún nhưng mức độ ảnh hưởng khác nhau. Hàm lượng cao su ảnh hưởng lớn hơn và rõ ràng hơn ở cả tốc độ khuấy thấp lẫn tốc độ khuấy cao. Ngược lại, tốc độ khuấy ảnh hưởng chủ yếu ở hàm lượng cao su thấp. Khi hàm lượng cao su cao, lớn hơn 24%, tốc độ khuấy lại ảnh hưởng ít đến độ kim lún.

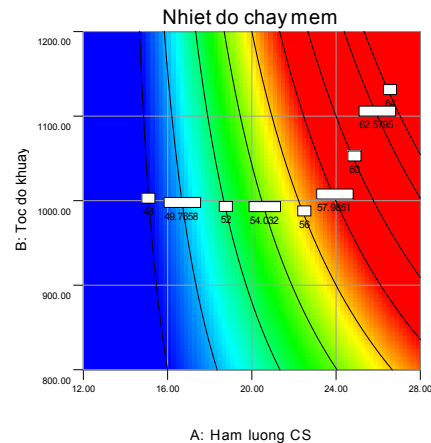
Điều này được thể hiện rõ hơn trên đồ thị 3 chiều hình 3. Ở hàm lượng cao su cao 28%, độ kim lún hầu như không thay đổi khi tốc độ khuấy thay đổi từ 800-1.200 vòng/phút. Từ đường đồng mức có thể thấy rằng, để đạt được yêu cầu của nhựa đường biến tính polyme về độ kim lún từ 40-70, hàm lượng cao su cần nằm trong khoảng 16-28% và tốc độ khuấy phải từ 1.000 vòng/phút với hàm lượng cao su nhỏ và tốc độ khuấy có thể thấp đến 800 vòng/phút nếu hàm lượng cao su lớn

Tối ưu hóa nhiệt độ hóa mềm

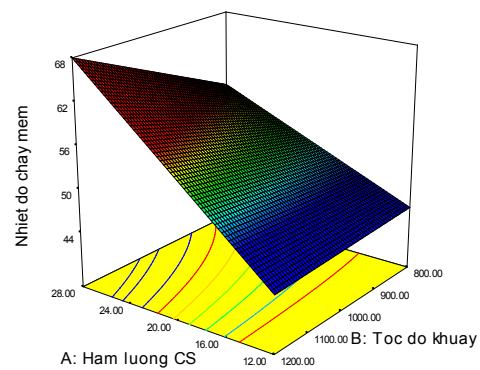
Nhiệt độ hóa mềm cũng được tối ưu hóa theo hai yếu tố: hàm lượng cao su phế thải và tốc độ khuấy. Khoảng biến thiên của hàm lượng cao su phế thải: 12-28% và tốc độ khuấy từ 800-1.200 vòng/phút. Các yếu tố khác được giữ không đổi: nhiệt độ 190 °C, thời gian 90 phút.

Trên hình 4 là đường đồng mức của nhiệt độ hóa mềm theo hai yếu tố ảnh hưởng: hàm lượng cao su phế thải và tốc độ khuấy. Cũng tương tự như độ kim lún, cả hai thông số này đều ảnh hưởng đến nhiệt độ hóa mềm nhưng mức độ ảnh hưởng khác nhau. Hàm lượng cao su ảnh hưởng lớn hơn và rõ ràng hơn ở cả tốc độ khuấy thấp lẫn tốc độ khuấy cao. Tuy nhiên, trái với trường hợp độ kim lún, tốc độ khuấy chỉ có ảnh hưởng lớn khi hàm lượng cao su đủ cao. Tốc độ khuấy ảnh hưởng lớn khi hàm

lượng cao su cao. Khi hàm lượng cao su thấp, nhỏ hơn 20%, tốc độ khuấy lại ảnh hưởng ít đến nhiệt độ hóa mềm.



Hình 4: đường đồng mức của nhiệt độ hóa mềm



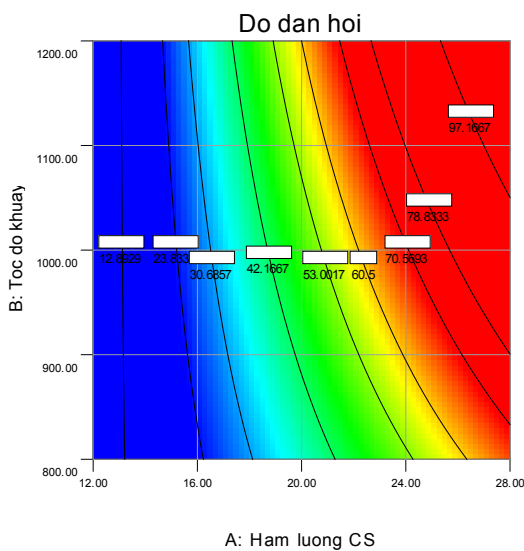
Hình 5: đồ thị phụ thuộc 3D của nhiệt độ hóa mềm

Điều này cũng được thể hiện rõ hơn trên đồ thị 3 chiều hình 5. Ở hàm lượng cao su cao 12%, nhiệt độ hóa mềm hầu như không thay đổi khi tốc độ khuấy thay đổi từ 800-1.200 vòng/phút. Từ đường đồng mức có thể thấy rằng, để đạt được yêu cầu về nhiệt độ hóa mềm của nhựa đường biến tính polyme tối thiểu 60°C, hàm lượng cao su phải nằm trong khoảng 24-28% và tốc độ khuấy phải lớn hơn 1.000 vòng/phút.

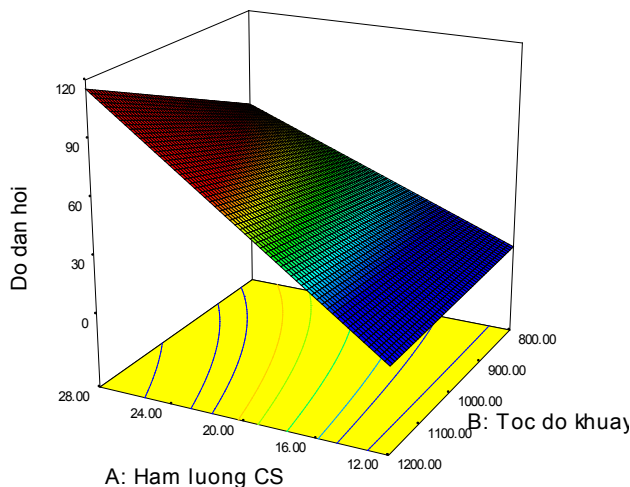
Tối ưu hóa độ đàn hồi

Độ đàn hồi cũng được tối ưu hóa theo hai yếu tố: hàm lượng cao su phế thải và tốc độ khuấy. Khoảng biến thiên của hàm lượng cao su phế thải: 12-28% và tốc độ khuấy từ 800-1.200 vòng/phút. Các yếu tố khác được giữ không đổi: nhiệt độ 190°C, thời gian 90 phút.

Trên hình 6 là đường đồng mức của độ đàn hồi theo hai yếu tố ảnh hưởng: hàm lượng cao su phế thải và tốc độ khuấy. Cũng tương tự như nhiệt độ hóa mềm, cả hai thông số này đều ảnh hưởng đến độ đàn hồi nhưng mức độ ảnh hưởng khác nhau. Hàm lượng cao su ảnh hưởng lớn hơn và rõ ràng hơn ở cả tốc độ khuấy thấp lẫn tốc độ khuấy cao. Tuy nhiên, cũng như trường hợp nhiệt độ hóa mềm, tốc độ khuấy chỉ có ảnh hưởng lớn khi hàm lượng cao su đủ cao. Tốc độ khuấy ảnh hưởng lớn khi hàm lượng cao su cao. Khi hàm lượng cao su thấp, nhỏ hơn 24%, tốc độ khuấy lại ảnh hưởng ít đến độ đàn hồi.



Hình 6: đồ thị đường đồng mức của độ đàn hồi



Hình 7: đồ thị phụ thuộc 3D của độ đàn hồi

Điều này cũng được thể hiện rõ hơn trên đồ thị 3 chiều ở hình 7. Ở hàm lượng cao su cao 12%, nhiệt độ hóa mềm hầu như không thay đổi khi tốc độ khuấy thay đổi từ 800-1.200 vòng/phút. Từ đường đồng mức có thể thấy rằng, để đạt được yêu cầu của nhựa đường biến tính polyme độ đàn hồi tối thiểu 60%, hàm lượng cao su phải nằm trong khoảng 24-28% và tốc độ khuấy phải lớn hơn 1.000 vòng/phút. Từ các tối ưu hóa đối với độ kim lún, nhiệt độ hóa mềm và độ đàn hồi, có thể thấy được rằng, để đạt được các thông số này nằm trong khoảng cho phép của nhựa đường biến tính polyme, hàm lượng cao su phế thải phải nằm trong khoảng từ 24-28% và tốc độ khuấy tối thiểu 1.000 vòng/phút.

Kết luận

Đã tối ưu hóa quá trình biến tính nhựa đường bằng cao su phế thải căn cứ trên các biến đầu ra: độ kim lún, nhiệt độ hóa mềm và độ đàn hồi bằng quy hoạch thực nghiệm. Đã xác định điều kiện biến tính nhựa đường bằng cao su phế thải để đạt được các thông số kỹ thuật theo tiêu chuẩn nhựa đường polyme dùng cho đường bộ và sân bay: hàm lượng cao su phế thải 24-28% và tốc độ khuấy tối thiểu 1.000 vòng/phút, nhiệt độ 190°C, thời gian 90 phút ■

Tài liệu tham khảo

- [1] Giovanni Polacco, Jiri Stastna, Dario Biondi, Ludovit Zanzotto, Relation between polymer architecture and nonlinear viscoelastic behavior of modified asphalts, Current Opinion in Colloid & Interface Science 11 (2006) 230-245.
- [2] Y. Huang et al. A review of the use of recycled solid waste materials in asphalt pavements/ Resources, Conservation and Recycling 52 (2007) 58-73.
- [3] Baha Vural KÖk, Hakan Çolak, Laboratory comparison of the crumb-rubber and SBS modified bitumen and hot mix asphalt, Construction and Building Materials 25 (2011) 3204-3212.