

Một số kết quả nghiên cứu chế tạo sơn vạch đường polyurea

Đỗ Văn Tài¹, Trần Hải Ninh², Nguyễn Đăng Khoa³
Lê Ngọc Lý⁴, Cao Công Ánh⁴, Nguyễn Thị Bích Thủy^{4*}

¹Viện Khoa học và Công nghệ Giao thông Vận tải

²Trường Đại học Bách khoa Hà Nội

³Viện Khoa học và Công nghệ Xây dựng

⁴Trường Đại học Công nghệ Giao thông Vận tải

Ngày nhận bài 1.10.2014, ngày chuyển phản biện 7.10.2014, ngày nhận phản biện 3.11.2014, ngày chấp nhận đăng 6.11.2014

Vạch sơn kẻ đường là yếu tố góp phần quan trọng vào sự an toàn của người và phương tiện khi tham gia giao thông. Đã có nhiều loại vật liệu kẻ đường mới được áp dụng mà gần đây nhất là loại vật liệu kẻ đường polyurea. Với các tính năng phản quang cao, bền với thời gian, vật liệu kẻ đường polyurea đã được sử dụng rộng rãi ở các sân bay, đường cao tốc tại Mỹ, châu Âu... Bài báo giới thiệu một số kết quả bước đầu nghiên cứu chế tạo vật liệu kẻ đường polyurea với công thức: tỷ lệ nhựa/chất đóng rắn (1,3/1 pkl), hàm lượng bột màu, bột độn chiếm 42% khối lượng, 10% bi phản quang, các phụ gia lưu biến, phụ gia phân tán tạo vật liệu sơn có tính năng vượt trội (độ phản quang > 260 mcd/m²/lux).

Từ khóa: độ phản quang, polyurea, vật liệu kẻ đường.

Chỉ số phân loại 2.5

SOME RESULTS OF THE STUDY AND PRODUCTION OF POLYUREA PAVEMENT MARKING PAINT

Summary

Pavement markings have an important contribution to the safety of people and vehicles on the roads. Many types of pavement marking materials have been used; and recently, the polyurea material has been used as binder in pavement marking paint. This type of paint has high retroreflection and high durability, so it has been widely applied at the airports and highways in America, Europe... This article introduces some initial results of study and production of polyurea pavement marking paint with the formula: binder/hardener ratio(1.3/1 pkl), 42% of pigment and filler, 10% of reflective balls, rheological additive, and dispersive additive to create outstanding features (retroreflection > 260 mcd/m²/lux).

Keywords: pavement marking material, polyurea, retroreflection.

Classification number 2.5

Đặt vấn đề

Vạch chỉ dẫn giao thông phản quang có vai trò quan trọng trong việc hướng dẫn giao thông. Các vạch sơn trên mặt đường bao gồm đường tâm sọc, đường phân chia làn đường, đánh dấu khu vực có chướng ngại vật, nơi dừng, dấu mở rộng đường, đánh dấu đường đi bộ... Yêu cầu của sơn kẻ đường bao gồm độ bền, thời gian khô và các vấn đề liên quan tới môi trường [1, 2].

Hiện nay ở Việt Nam, sơn vạch đường phản quang hệ dung môi trên cơ sở nhựa alkyd hoặc styren acrylic thường được sử dụng trong lĩnh vực giao thông. Hệ sơn này có khả năng chống rửa trôi cao do kỵ nước và thích hợp hơn với các tính chất ứng dụng. Tuy nhiên, sơn tín hiệu phản quang trên cơ sở nhựa alkyd và dung môi không mang lại khả năng quan sát tốt cho người đi đường cả ban ngày và ban đêm so với sơn tín hiệu phản quang trên cơ sở nhựa nhiệt rắn. Sơn alkyd khi bị oxy hóa sẽ bị giòn và dẫn đến không bám dính lên mặt đường cũng như các hạt thủy tinh có trong sơn. Bên cạnh đó, sơn tín hiệu phản quang hệ dung môi còn chứa nhiều chất hữu cơ dễ bay hơi (VOC) không thích hợp cho việc sử dụng, vận chuyển cũng như hủy bỏ.

*Tác giả chính: Tel: 0913037755; Email: thuygiaothong@gmail.com

Sơn vạch đường phản quang trên cơ sở nhựa nhiệt dẻo cũng đang được sử dụng rộng rãi hiện nay cho đường cao tốc, quốc lộ, đường thành phố và sân bay. Tuy nhiên, với đường cao tốc, đường thành phố và đặc biệt với đường sân bay, khả năng chịu mài mòn và phản quang của hệ sơn này còn nhiều vấn đề bất cập, dẫn đến chi phí duy tu sửa chữa thường xuyên khá lớn, không hiệu quả và chưa đảm bảo an toàn giao thông [1, 2].

Sơn vạch đường elastome polyurea hai thành phần là công nghệ mới được ứng dụng trong lĩnh vực giao thông hiện nay. Sơn polyurea có một số đặc điểm giống như sơn polyuretan biến tính hai thành phần, nhưng sơn polyurea thực sự là một công nghệ sơn đặc thù, khác với sơn polyuretan [3].

Sơn polyurea hai thành phần được thi công bằng thiết bị phun chuyên dụng với áp suất cao, thời gian khô rất nhanh, đạt được độ bám dính tối ưu. Đặc điểm khô nhanh được giữ trong khoảng rộng nhiệt độ môi trường xung quanh và không bị ảnh hưởng bởi độ ẩm. Thời gian khô nhanh của loại sơn này dẫn đến thời gian đưa sản phẩm vào sử dụng nhanh chóng hơn. Sơn polyurea tạo ra độ ổn định màu sắc, chịu mài mòn và bám dính với tất cả các bề mặt. Đặc biệt, vạch kẻ đường phản quang polyurea có độ phản quang cao và duy trì theo thời gian. Vật liệu polyurea được khẳng định là có tuổi thọ tới 5 năm [4, 5].

Mặc dù đã xuất hiện ở nhiều nơi trên thế giới, nhưng sơn polyurea vẫn chưa được ứng dụng rộng ở Việt Nam, đặc biệt trong lĩnh vực giao thông vận tải. Trong nghiên cứu này, với mục đích làm chủ công nghệ và bước đầu tìm kiếm ứng dụng sơn polyurea trong điều kiện nước ta, vật liệu kẻ đường trên cơ sở elastome loại polyurea đã được nghiên cứu lựa chọn các thành phần cơ bản như: tỷ lệ chất đóng rắn, hàm lượng chất độn, phụ gia phân tán, phụ gia lưu biến, hàm lượng bi thủy tinh...

Vật liệu và phương pháp nghiên cứu

Vật liệu nghiên cứu: chất tạo màng là loại nhựa NDT1 - Desmophen của Hãng Bayer (chỉ số axit: 190 mg KOH/g, độ nhớt ở 25°C: 1000 mPa.s, khối lượng riêng ở 20°C: 1,06 g/ml); chất đóng rắn Desmodur VP LS 2371 polyizocyanat/Bayer (Đức); bột màu titan oxit, bột vàng hữu cơ, bột độn canxi cacbonat và bột talc của Trung Quốc; phụ gia phân tán gồm: phụ gia phân tán DP-1 của Hãng BYK (dung dịch

của copolyme với các nhóm axit, chỉ số axit: 53 mg KOH/g, khối lượng riêng: 1,03 g/ml, hàm lượng chất không bay hơi: 52%), phụ gia phân tán DP-2 của Hãng Cognis (muối trung hòa của axit polycarbonic với polyamin, khối lượng riêng: 0,88-0,90 g/cm³, chỉ số axit: 50 mg KOH/g); phụ gia lưu biến gồm: phụ gia lưu biến FS-1 (hợp chất silica có bề mặt ưa nước của Hãng Aerosil, bề mặt riêng: 200 m²/g, kích thước hạt trung bình: 12 nm, hàm lượng SiO₂: 99%), phụ gia lưu biến FS-2 của Hãng Elements (dẫn xuất hữu cơ của hectorit clay, dạng bột mịn, khối lượng riêng: 1,8 g/cm³); bi thủy tinh của Hãng DPI loại I theo tiêu chuẩn AASHTO M247.

Phương pháp nghiên cứu: xác định tính chất của sơn theo các chỉ tiêu: độ nhớt KU, độ mịn, độ phát sáng, độ bền va đập, độ chịu dầu, độ chịu muối, độ chịu kiềm, độ phản quang, độ mài mòn, độ bám dính theo các phương pháp thử nghiệm quy định trong tiêu chuẩn TCVN 8787:2011.

Kết quả và thảo luận

Khảo sát tỷ lệ nhựa/chất đóng rắn

Qua nghiên cứu tổng quan và các tiêu chuẩn quy định về vật liệu kẻ đường polyurea, nhóm nghiên cứu đã lựa chọn các thông số kỹ thuật cho sơn vạch đường polyurea như sau [3-5]:

- Sơn có hàm lượng chất rắn là 100%.

- Tỷ lệ pha trộn giữa các thành phần A và thành phần B là 2: 1 tới 3:1 theo đơn vị thể tích.

- Hàm lượng bột màu, bột độn lớn hơn 15%.

Từ đó, tiến hành khảo sát các yếu tố ảnh hưởng tới tính chất của sơn vạch đường polyurea. Sử dụng nhựa amin NDT1 và nhựa izocyanat Desmodur VP LS 2371 để tiến hành chế tạo sơn polyurea. Các thành phần được phối trộn theo công thức ở bảng 1.

Bảng 1: thành phần sơn polyurea được khảo sát

| | % theo khối lượng | | |
|--------------------------|-------------------|--------|--------|
| | Mẫu 01 | Mẫu 02 | Mẫu 03 |
| Thành phần A | | | |
| Nhựa amin NDT1 | 30 | 37 | 45 |
| Bột titan oxit | 15 | 15 | 12 |
| Bột độn | 27 | 20 | 17 |
| Phụ gia lưu biến FS-1 | 1 | 1 | 1 |
| Phụ gia phân tán DP-1 | 1 | 1 | 1 |
| Thành phần B | | | |
| Nhựa Desmodur VP LS 2371 | 28 | 28 | 28 |

Sau đó, tạo mẫu và tiến hành khảo sát các thuộc tính của sơn bao gồm: thời gian khô (phút), độ mài mòn (g), độ bám dính và độ phản quang. Kết quả được thể hiện ở bảng 2.

Bảng 2: thời gian khô, độ bám dính, mài mòn của màng sơn

| Thuộc tính | Thời gian khô (phút) | Độ bám dính (MPa) | Độ mài mòn (g) |
|------------|----------------------|-------------------|----------------|
| Mẫu 01 | 5 | 3,5 | 0,08 |
| Mẫu 02 | 8 | 3,0 | 0,07 |
| Mẫu 03 | 12 | 4,0 | 0,06 |

Qua kết quả nghiên cứu, nhóm nghiên cứu đã lựa chọn loại sơn có tỷ lệ nhựa/đóng rắn là 1,3/1 để thực hiện các khảo sát tiếp theo.

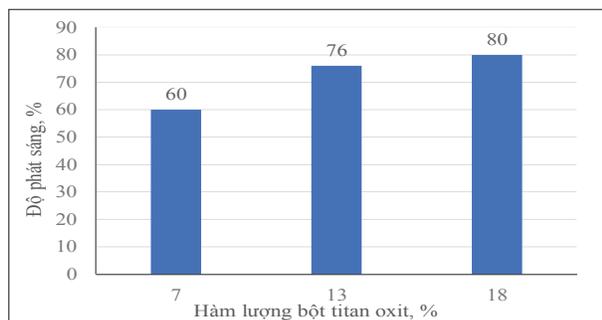
Khảo sát ảnh hưởng của bột màu tới tính chất của sơn

Độ sáng của vạch kẻ đường có ảnh hưởng lớn tới khả năng nhận biết vạch kẻ đường của lái xe. Thông thường, bột màu titan oxit loại rutil được sử dụng với mục đích làm tăng độ sáng của sơn. Với các hợp chất amin NDT1 và chất đóng rắn izocyanat, nhóm nghiên cứu đã tiến hành chế tạo mẫu sơn có hàm lượng bột titan oxit thay đổi: 7, 10, 13% theo khối lượng.

Bảng 3: chế tạo sơn theo các hàm lượng titan oxit khác nhau

| | % theo khối lượng | | |
|--------------------------|-------------------|--------|--------|
| | Mẫu 01 | Mẫu 02 | Mẫu 03 |
| Thành phần A | | | |
| Nhựa amin NDT1 | 37 | 37 | 37 |
| Bột titan oxit | 7 | 13 | 18 |
| Bột độn | 28 | 22 | 17 |
| Phụ gia lưu biến FS-1 | 1 | 1 | 1 |
| Phụ gia phân tán DP-1 | 1 | 1 | 1 |
| Thành phần B | | | |
| Nhựa Desmodur VP LS 2371 | 28 | 28 | 28 |

Sau đó chế tạo mẫu thử và tiến hành đo độ sáng của sơn. Kết quả được thể hiện ở hình 1.



Hình 1: ảnh hưởng của hàm lượng titan oxit tới độ phát sáng của sơn

Kết quả cho thấy, khi tăng hàm lượng titan oxit thì độ sáng của màng sơn tăng lên. Cụ thể, với 7% (theo khối lượng) bột titan, độ sáng của sơn là 60%; tiếp tục tăng lên 13 và 18% (theo khối lượng) thì độ sáng tương ứng là 76 và 80%. Từ đó, lựa chọn hàm lượng titan oxit trong sơn polyurea màu trắng ít nhất là 13% theo khối lượng. Sơn polyurea màu vàng được chế tạo với công thức như sau:

Bảng 4: công thức sơn polyurea màu vàng

| | % theo khối lượng |
|--------------------------|-------------------|
| Thành phần A | |
| Nhựa amin NDT1 | 37 |
| Bột titan oxit | 8 |
| Bột màu vàng | 5 |
| Bột độn | 22 |
| Phụ gia lưu biến FS-1 | 1 |
| Phụ gia phân tán DP-1 | 1 |
| Thành phần B | |
| Nhựa Desmodur VP LS 2371 | 28 |

Kết quả thử nghiệm đo độ phát sáng của vạch sơn thu được là 55% và phù hợp với tiêu chuẩn màu vàng của vạch kẻ đường.

Khảo sát ảnh hưởng của phụ gia tới tính chất của sơn

Khảo sát ảnh hưởng của 2 loại phụ gia phân tán DP-1 và DP-2 tới tính chất của sơn với cùng hàm lượng 1,0% theo khối lượng thu được kết quả như bảng 5.

Bảng 5: ảnh hưởng của phụ gia phân tán tới tính chất của sơn

| Chất phân tán | Ngoại quan | Độ mịn (μm) |
|---------------|---|--------------------------|
| DP-1 | Sơn đồng nhất. Bề mặt sơn bình thường | 25 |
| DP-2 | Bề mặt sơn xuất hiện một vài vị trí nứt gãy nhỏ | 30 |

Kết quả ở bảng 5 cho thấy, sử dụng chất phân tán DP-1 có tác dụng phân tán bột màu và bột độn tốt hơn so với chất phân tán DP-2.

Khảo sát ảnh hưởng của phụ gia lưu biến FS-1 và FS-2 tới tính chất của sơn với cùng hàm lượng 1,0% theo khối lượng thu được kết quả ở bảng 6.

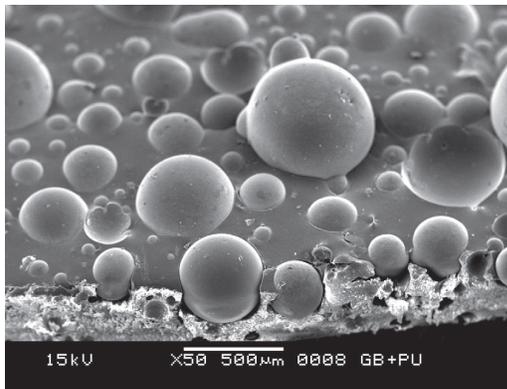
Bảng 6: tính chất của sơn khi sử dụng phụ gia lưu biến

| Loại phụ gia | Khả năng chảy | Độ chống lắng |
|---------------|-------------------|-------------------|
| FS-1 | Sơn không bị chảy | Sơn không bị lắng |
| FS-2 | Sơn bị chảy | Bị lắng nhẹ |
| Không sử dụng | Sơn bị chảy | Sơn bị lắng |

Kết quả cho thấy, khi sử dụng phụ gia lưu biến FS-1, thành phần hợp chất silica làm tăng độ nhớt của sơn, khi thi công sơn, lớp sơn không bị chảy. Do đó, nhóm nghiên cứu đã lựa chọn phụ gia lưu biến FS-1 cho sơn.

Khảo sát ảnh hưởng của bi thủy tinh tới độ phản quang của sơn

Để khảo sát ảnh hưởng của bi phản quang đến độ phản quang của màng sơn, chúng tôi đã chế tạo sơn theo các kết quả khảo sát ở trên. Sau đó, tạo màng sơn và rải bi thủy tinh loại I lên vạch sơn theo các hàm lượng khác nhau 5, 10 và 15% so với tổng khối lượng sơn. Hình 2 là kết quả ảnh chụp bề mặt sơn đã phủ bi thủy tinh bằng kính hiển vi điện tử quét (SEM). Kết quả cho thấy, phần diện tích của bi thủy tinh tiếp xúc với nền sơn phụ thuộc rất lớn vào đường kính của bi thủy tinh. Với bi thủy tinh có đường kính nhỏ hơn 250 μm , bi thủy tinh chìm xuống đến 3/4 đường kính bi. Trong khi đó, với bi thủy tinh có đường kính lớn hơn 500 μm thì chỉ có 1/3 đường kính bi bị chìm vào trong nền sơn. Yêu cầu để bi thủy tinh tạo ra độ phản quang tốt nhất cho sơn và vẫn đảm bảo độ bền liên kết tốt với nền sơn thì phần chìm trong sơn của bi thủy tinh khoảng 2/3. Với những bi thủy tinh có đường kính trong khoảng 250-500 μm là phù hợp yêu cầu này.



Hình 2: ảnh SEM bề mặt sơn phản quang polyurea

Kết quả đo độ phản quang của màng sơn có phủ bi thủy tinh sau khi khô hoàn toàn được thể hiện ở bảng 7.

Bảng 7: ảnh hưởng của hàm lượng bi thủy tinh tới độ phản quang của vạch kẻ đường polyurea

| Hàm lượng (% theo khối lượng) | Độ phản quang ($\text{mcd}/\text{m}^2/\text{lux}$) |
|-------------------------------|--|
| 5 | 175 |
| 10 | 260 |
| 15 | 300 |

Kết quả cho thấy, khi tăng hàm lượng bi thủy tinh trong sơn thì độ phản quang của vạch kẻ đường polyurea tăng lên và đều lớn hơn 100 $\text{mcd}/\text{m}^2/\text{lux}$. Tuy nhiên, để đảm bảo độ phản quang của vạch kẻ đường theo thời gian nên lựa chọn hàm lượng bi rải lên vạch kẻ tối thiểu là 10% theo khối lượng.

Qua quá trình nghiên cứu, chúng tôi xin đưa ra công thức tối ưu cho việc chế tạo sơn vạch đường loại elastome polyurea như bảng 8.

Bảng 8: thành phần sơn kẻ đường polyurea (% khối lượng)

| | Sơn màu trắng | Sơn màu vàng |
|-----------------------|---------------|--------------|
| Thành phần A | | |
| Nhựa amin NDT1 | 37 | 37 |
| Bột titan oxit | 13 | 8 |
| Bột màu vàng | - | 5 |
| Bột độn | 22 | 22 |
| Phụ gia lưu biến FS-1 | 1 | 1 |
| Phụ gia phân tán DP-1 | 1 | 1 |
| Thành phần B | | |
| Nhựa izocyanat | 28 | 28 |

Đánh giá chất lượng sơn kẻ đường loại elastome polyurea

Nhóm nghiên cứu đã tiến hành chế tạo mẫu sơn theo công thức tối ưu, sau đó kiểm tra các tính chất của sơn như: độ nhớt, độ mịn, thời gian khô, độ bám dính... Kết quả được thể hiện ở bảng 9.

Bảng 9: đánh giá chất lượng sơn vạch đường polyurea

| | Đơn vị | Yêu cầu | Kết quả |
|---------------------|--------|--|--|
| Màu sắc | - | $\geq Y 35$ | Y 35 |
| Độ ổn định | | ≥ 8 | 8 |
| Độ nhớt | KU | 60-80 | 80 |
| Thời gian khô | phút | ≤ 15 | ≤ 8 |
| Độ phát sáng: | | | |
| Sơn trắng | % | ≥ 75 | ≥ 76 |
| Sơn vàng | % | ≥ 50 | ≥ 55 |
| Độ uốn | mm | ≤ 12 | 4 |
| Độ bám dính: | | | |
| Nền bê tông xi măng | % | ≥ 90 | 95 |
| Nền bê tông asphalt | % | ≥ 80 | 92 |
| Độ chống loang màu | % | ≤ 3 | ≤ 3 |
| Độ bền va đập | - | Bề mặt nền không bị lộ qua màng sơn | Bề mặt nền không bị lộ qua màng sơn |
| Độ chịu dầu | | Màng sơn không bị bong tróc hoặc phồng rộp | Màng sơn không bị bong tróc hoặc phồng rộp |
| Độ chịu muối | | | |
| Độ chịu nước | | | |
| Độ chịu kiềm | | | |

Bên cạnh đó, nhóm nghiên cứu cũng đã tiến hành thi công thử nghiệm tại hiện trường, vạch sơn có độ phản quang đạt trên 260 mcd/m²/lux, độ bám dính trên nền đường bê tông xi măng đạt 3 MPa... Kết quả cho thấy, chất lượng vật liệu sơn đạt, thậm chí là vượt yêu cầu quy định theo TCVN 8787:2011.



Vạch sơn polyurea (màu trắng) thử nghiệm tại Trạm thu phí Quốc lộ 2 (Vĩnh Phúc)

Kết luận

Qua nghiên cứu, chế tạo và thử nghiệm sơn vạch đường polyurea, chúng tôi xin rút ra một số kết luận sau:

- Thành phần thích hợp để chế tạo sơn vạch đường trên cơ sở elastome polyurea gồm: nhựa amin NDT 1 37%, bột titan oxit 13% (sơn trắng) và 8% (sơn vàng), bột màu vàng hữu cơ 5%, bột độn 22%, phụ gia phân tán DP-1 1%, phụ gia lưu biến FS-1 1%, nhựa izocyanat 28%, bi thủy tinh rải lên vạch kẻ đường là

10% theo khối lượng sơn.

- Sơn vạch đường phản quang polyurea có thời gian khô nhanh (nhỏ hơn 8 phút); độ bám dính lớn hơn 3 MPa trên nền bê tông; độ phản quang lớn hơn 260 mcd/m²/lux trong điều kiện tiêu chuẩn... phù hợp sử dụng cho sân bay và đường cao tốc tại Việt Nam.

Vật liệu kẻ đường phản quang trên cơ sở polyurea được chế tạo không những đáp ứng được các chỉ tiêu kỹ thuật quy định tại TCVN 8787: 2011 mà còn có nhiều ưu điểm vượt trội, đặc biệt là độ bám dính với mặt đường bê tông (3 MPa, lớn hơn quy định là 1,2 MPa) và độ mềm dẻo cao, giữ được bi thủy tinh nên có độ phản quang bền lâu. Với những ưu điểm của mình, hệ vật liệu kẻ đường phản quang polymer elastome trên cơ sở polyurea sẽ nâng cao được tuổi thọ và khả năng phản quang cao, góp phần trong công tác bảo đảm an toàn giao thông.

Tài liệu tham khảo

- [1] Pavement marking handbook (2004), Texas Department of Transportation.
- [2] US 6790880B2 (2004), Liquid pavement marking compositions, Mark D. Purgett.
- [3] Polyurea Paint marking material study (2006), U.S Department of Transportation.
- [4] EPOPLEX, General Application Specification - Polyurea Pavement Markings.
- [5] <http://news.3m.com/press-release/company/3m-introduces-next-generation-liquid-pavement-marking>.