

NGHIÊN CỨU ẢNH HƯỞNG CỦA DẦU THẢI ĐỘNG CƠ VÀ NANOCAY I28E ĐẾN ĐẶC TÍNH KỸ THUẬT CỦA BITUM

EFFECT OF WASTE ENGINE OIL AND NANOCAY I28E
ON THE TECHNICAL PROPERTIES OF BITUMEN

Đặng Hữu Trung^{1,*}

DOI: <http://doi.org/10.57001/huih5804.2025.082>

TÓM TẮT

Hàng năm, dầu thải từ các phương tiện động cơ ô tô thải ra một lượng rất lớn. Sau khi thải loại chúng được thu gom và sử dụng cho nhiều mục đích khác nhau, trong đó chủ yếu là tái sử dụng. Việc tái chế dầu thải ở các cơ sở tự phát rất khó kiểm soát và có thể gây ô nhiễm môi trường. Dầu thải từ động cơ ô tô có cùng bản chất với bitum nên chúng tương hợp tốt. Tận dụng ưu điểm này công trình đã sử dụng trực tiếp dầu thải động cơ ô tô với các hàm lượng 0, 5, 10, 15 và 20% khối lượng (KL) đưa vào biến tính bitum nhằm tạo ra một loại vật liệu bitum mới. Tuy nhiên, nếu sử dụng lượng dầu thải động cơ ô tô quá lớn (lớn hơn 15 hay 20%) vào biến tính bitum làm cho bitum trở nên quá linh động, nhiệt độ hóa mềm, độ bắt cháy giảm sâu, dẫn đến giảm chất lượng của bitum sau biến tính. Khắc phục nhược điểm này công trình đã bổ sung nanoclay I28E với hàm lượng 1% KL so với hỗn hợp đưa vào biến tính bitum và đã giải quyết được vấn đề trên, đồng thời sử dụng dầu thải động cơ ô tô vào biến tính bitum đã hạn chế được lượng phát thải ra môi trường. Vật liệu bitum sau biến tính đáp ứng đầy đủ các chỉ tiêu hóa lý nhằm định hướng ứng dụng trong ngành giao thông.

Từ khóa: Dầu thải động cơ, nanoclay I28E, bitum biến tính.

ABSTRACT

Each year, a significant amount of used oil is discharged from vehicle engines. Once disposed of, it is collected and repurposed for various applications, mainly for recycling. Recycling waste oil at unregulated facilities is challenging to monitor and can lead to environmental pollution. As waste oils from vehicle engines blend well with bitumen, an experiment utilized them directly in concentrations of 0, 5, 10, 15, and 20 wt% (by weight) to alter bitumen and create a novel material. However, excessive use of used oil from vehicle engines (above 15 or 20%) for bitumen modification leads to excessive flexibility, substantial decreases in softening temperature, and flammability, thereby compromising the quality of the modified bitumen. The project tackled this issue by adding 1 wt% of nanoclay I28E to the bitumen modification and utilizing waste engine oil, thereby reducing environmental emissions. Modified bitumen meets all physical and chemical requirements for transportation industry applications.

Keywords: Waste engine oil, nanoclay I28E, modified bitumen.

1. MỞ ĐẦU

Vật liệu bitum được ứng dụng rộng rãi trong các lĩnh vực như giao thông, chống thấm, chống ăn mòn các công trình xây dựng, đường ống, bề mặt kết cấu. Việc biến tính cải tiến bitum nhằm nâng cao các tính chất hóa lý của bitum được nhiều nhà khoa học ngoài nước quan tâm nghiên cứu [1-5].

A. K. Banerji và cộng sự [6] đã kết hợp 3% dầu ăn thải và 3% dầu động cơ thải đưa vào biến tính bitum. Kết quả cho thấy với sự có mặt của hai loại dầu thải ở trên đã cải thiện được khả năng già hóa của bitum, làm cho bitum sau biến tính linh động và mềm dẻo hơn. Nghiên cứu cấu trúc và tính chất cơ học động của bitum biến tính bằng nhựa epoxy và cao su đã được nhóm nghiên cứu của Zhe Dong [7] thực hiện. Hàm lượng epoxy được sử dụng 1, 3, 5, 10, 15 và 20%, còn cao su cố định ở 20%, kết quả nghiên cứu cho thấy: Modun đàn hồi và modun tích trữ đạt giá trị lớn nhất ở 5% khối lượng epoxy. Nếu tiếp tục tăng hàm lượng nhựa epoxy lên thì modun đàn hồi và modun tích trữ lại giảm xuống tỷ lệ nghịch với lượng epoxy. Nghiên cứu tính tương hợp

¹Trường Đại học Công nghiệp Hà Nội

*Email: huutrong@hauai.edu.vn

Ngày nhận bài: 30/9/2024

Ngày nhận bài sửa sau phản biện: 05/01/2025

Ngày chấp nhận đăng: 28/3/2025

giữa bitum và nhựa epoxy, tác giả Peiliang Cong và cộng sự [8] kết hợp giữa nhựa epoxy và styrene-butadien-styrene (SBS). Kết quả nghiên cứu cho thấy việc thêm SBS vào bitum đã làm tăng độ bền kéo đứt và độ đàn hồi khi đứt của bitum biến tính.

Nhựa epoxy sử dụng ở các hàm lượng từ 15 đến 50% để biến tính cải thiện các tính chất cơ lý của bitum nhằm mục đích bảo dưỡng mặt đường giao thông cho kết quả rất tốt [9]. Kết quả nghiên cứu cho thấy sự có mặt của nhựa epoxy trong bitum đã làm tăng nhiệt độ chảy mềm và giảm độ kim lún, làm cho mặt đường giao thông sau khi bảo dưỡng ổn định cao hơn, tránh được khả năng bị chảy mềm do nhiệt. Trong khi đó tác giả Shenghua Wu [10] lại sử dụng 0, 5 và 10% dầu thải động cơ biến tính bitum và cho kết quả tương tự, làm cho hệ bitum mềm và đàn hồi tốt hơn so với bitum gốc. Cải thiện tính lưu biến và các đặc trưng lý hóa của bitum được thực hiện bằng cách kết hợp giữa dầu ăn thải và nanoclay bởi nhóm tác giả N. Saboo [11] và cộng sự nghiên cứu.

Xuất phát từ những nghiên cứu và phân tích ở trên, tác giả tiến hành thực hiện nghiên cứu ảnh hưởng của dầu thải động cơ ô tô và nanoclay I28E đến đặc tính kỹ thuật của bitum, nhằm tạo ra một loại vật liệu bitum mới có đặc tính hóa lý tốt hơn, đồng thời tận dụng nguồn nguyên liệu thải để giảm thiểu tác hại đến môi trường.

2. THỰC NGHIỆM

2.1. Hóa chất - thiết bị

- Bitum loại mac 60/70 được cấp bởi công ty TNHH ADCo (Hải Phòng).
- Nanoclay I28E của hãng Nanocor (Mỹ) dạng montmorillonit, biến tính bằng 25 - 30% trimethyl stearyl amoni.
- Dầu thải động cơ ô tô lấy tại Công ty dịch vụ sửa chữa Mazda Giải Phóng (Hà Nội).
- Axeton (Trung Quốc).
- Máy khuấy cơ học VELP (Ý).
- Tủ sấy Memmert (Đức).
- Bếp gia nhiệt (Trung Quốc).
- Đá viên xây dựng.
- Cốc kim loại.

2.2. Biến tính bitum

Trong quá trình biến tính vật liệu bitum chúng tôi thực hiện khảo sát hai loại mẫu. Loại thứ nhất là bitum biến tính với dầu thải động cơ ô tô với các hàm lượng 0, 5, 10, 15 và 20% khối lượng (KL) [10, 12] (với các mẫu tương ứng

được ký hiệu là M0, M5, M10, M15 và M20). Loại mẫu thứ hai cũng tương tự như mẫu thứ nhất là biến tính bitum bằng dầu thải động cơ ô tô ở các hàm lượng 5, 10, 15 và 20% KL rồi tiếp tục bổ sung vào tất cả các mẫu một lượng nanoclay I28E là 1% KL nhằm làm tăng nhiệt độ hóa mềm và độ bắt cháy [13] (với các mẫu tương ứng được ký hiệu là M1-5, M1-10, M1-15 và M1-20).

Nanoclay I28E trước khi sử dụng được sấy ở 80°C đến khối lượng không đổi trong thời gian 6 giờ và mẫu bitum trước khi biến tính được gia nhiệt đến nhiệt độ làm việc 130°C. Hỗn hợp bitum biến tính được khuấy trên thiết bị khuấy cơ học VELP với tốc độ 500 vòng/phút cho đến khi hỗn hợp đồng nhất thì kết thúc.



Hình 1. Phân tán nanoclay I28E và dầu thải vào bitum



Hình 2. Các mẫu bitum được biến tính bằng nanoclay I28E và dầu thải

2.3. Các phương pháp xác định tính chất hóa lý của bitum

Nhiệt độ chớp cháy cốc hở của mẫu bitum trước và sau khi biến tính bằng nanoclay I28E và dầu thải động cơ ô tô được xác định theo tiêu chuẩn ASTM D92 (TCVN 7498-05).

Đổ khoảng 70ml mẫu vào cốc thử tiêu chuẩn. Đầu tiên cho tăng nhanh nhiệt độ của mẫu thử, sau đó tốc độ không đổi thấp hơn khi tiệm cận điểm chớp cháy. Ngọn lửa thử được đưa ngang qua cốc tại các khoảng thời gian xác định. Điểm chớp cháy là nhiệt độ thấp nhất của mẫu, tại đó khi đưa ngọn lửa thử vào làm cho pha hơi của mẫu thử bùng cháy. Quá trình thử được tiến hành trên thiết bị xác định nhiệt độ chớp cháy cốc hở KOEHLER (Mỹ).

Nhiệt độ hóa mềm của bitum trước và sau khi biến tính bằng nanoclay I28E và dầu thải động cơ ô tô được xác định theo tiêu chuẩn ASTM D36 (TCVN 7497-05). Chuẩn bị mẫu bitum, sau đó đổ đầy mẫu vào hai vòng bằng đồng có giá treo và được gia nhiệt với tốc độ kiểm soát trong bình chứa chất lỏng trong đó mỗi vòng đỡ một viên bi thép. Điểm hoá mềm được xác định là giá trị trung bình của nhiệt độ mà tại đó hai mẫu bitum đủ mềm để viên bi bực kín bitum rơi xuống một khoảng bằng 25 mm. Quá trình thử được tiến hành trên thiết bị xác định nhiệt độ hóa mềm tự động DF-12 (Trung Quốc).

Độ kim lún của bitum trước và sau khi biến tính bằng nanoclay I28E và dầu thải động cơ ô tô được xác định theo ASTM D5-20 (TCVN 7495-05). Một mũi kim loại có chiều dài và độ nhọn theo tiêu chuẩn quy định. Giá trị đo được biểu thị bằng độ kim lún tính bằng phần mười milimet của kim tiêu chuẩn xuyên thẳng đứng vào mẫu trong điều kiện cho trước về nhiệt độ, thời gian và tải trọng quy định. Quá trình thử được tiến hành trên thiết bị xác định độ kim lún tự động DF-6 (Trung Quốc).

Độ bám dính của bitum với đá trước và sau khi biến tính bằng nanoclay I28E và dầu thải động cơ ô tô được xác định theo tiêu chuẩn Việt Nam TCVN 7504-05. Đặt mẫu cốt liệu phủ mẫu bitum biến tính trong bình nước cất và đun sôi trong 10 phút. Sau khi để nguội, quan sát bằng mắt thường, đánh giá độ bám dính với đá của hỗn hợp bitum phủ trên cốt liệu đá theo 5 cấp quy định dưới đây:

- Cấp 5 - Độ bám dính rất tốt: Màng bitum còn bám nguyên vẹn, bọc toàn bộ bề mặt viên đá.
- Cấp 4 - Độ bám khá: Màng bitum bọc toàn bộ viên đá nhưng có độ dày, mỏng khác nhau.
- Cấp 3 - Độ bám dính trung bình: Màng bitum bọc hầu như toàn bộ bề mặt viên đá, đôi chỗ bị bong tróc.
- Cấp 2 - Độ bám dính kém: Màng bitum bị bong khỏi mặt đá, nhưng lỗ chỗ vẫn còn bitum bám.
- Cấp 1 - Độ bám dính rất kém: Bề mặt viên đá sạch, không còn vết bitum bám.

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Nghiên cứu biến tính bitum từ dầu thải động cơ ô tô và nanoclay I28E

Các nghiên cứu trước đây cho thấy khi sử dụng dầu thải biến tính bitum đã làm cho hỗn hợp bitum sau biến tính giảm độ quán tính, tăng tính linh động và mềm dẻo [10, 11, 14]. Tuy nhiên, giải pháp này có nhược điểm làm cho hỗn hợp bitum sau biến tính giảm sâu nhiệt độ hóa mềm và độ chớp cháy khi hàm lượng dầu thải tăng. Để khắc phục nhược điểm này chúng tôi đã bổ sung nanoclay I28E với hàm lượng 1% vào hệ bitum và đây cũng là điểm mới của công trình. Thành phần các cấu tử và thời gian phân tán của hỗn hợp mẫu bitum biến tính được trình bày trong bảng 1.

Kết quả trong bảng 1 cho thấy hàm lượng dầu thải động cơ ô tô đưa vào biến tính càng tăng (tương ứng với các mẫu M0, M5, M10, M15 và M20) thì thời gian phân tán càng dài và đạt giá trị lớn nhất 19 phút trong mẫu M20 ứng với hàm lượng 20% dầu thải.

Sự khác biệt ở các mẫu M1-5, M1-10, M1-15 và M1-20 là tiếp tục cho 1% nanoclay I28E phân tán vào lần lượt các mẫu và thời gian phân tán cho đến khi hỗn hợp đồng nhất đạt giá trị lớn nhất 30 phút ở mẫu M1-20 (tức 20% dầu thải và 1% nanoclay I28E).

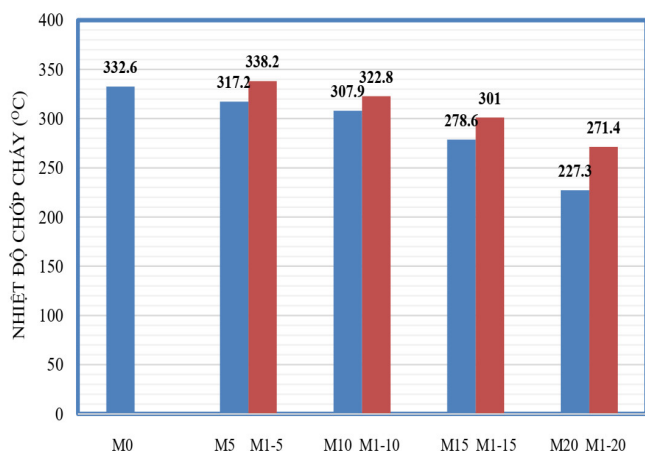
Bảng 1. Thành phần các cấu tử và thời gian phân tán của hỗn hợp mẫu bitum biến tính

TT	Tên mẫu	Bitum (%)	Dầu thải (%)	Nanoclay I28E (%)	Bitum biến tính (%)	Thời gian phân tán (phút)
1	M0	100	0	0	100	0
2	M5	95	5	0	100	6
3	M10	90	10	0	100	9
4	M15	85	15	0	100	13
5	M20	80	20	0	100	19
6	M1-5	94	5	1	100	23
7	M1-10	89	10	1	100	25
8	M1-15	84	15	1	100	28
9	M1-20	79	20	1	100	30

Như vậy, lượng dầu thải động cơ ô tô và nanoclay I28E đưa vào biến tính bitum càng tăng thì thời gian phân tán càng dài và đạt giá trị lớn nhất ở mẫu M1-20 có thời gian phân tán tối đa 30 phút.

3.2. Ảnh hưởng của dầu thải và nanoclay I28E đến nhiệt độ chớp cháy của bitum

Đã nghiên cứu ảnh hưởng của dầu thải động cơ ô tô và nanoclay I28E đến nhiệt độ chớp cháy của hỗn hợp bitum trước và sau khi biến tính, kết quả nhận được trình bày trên hình 3.



Hình 3. Ảnh hưởng của dầu thải và nanoclay I28E đến nhiệt độ chớp cháy của bitum

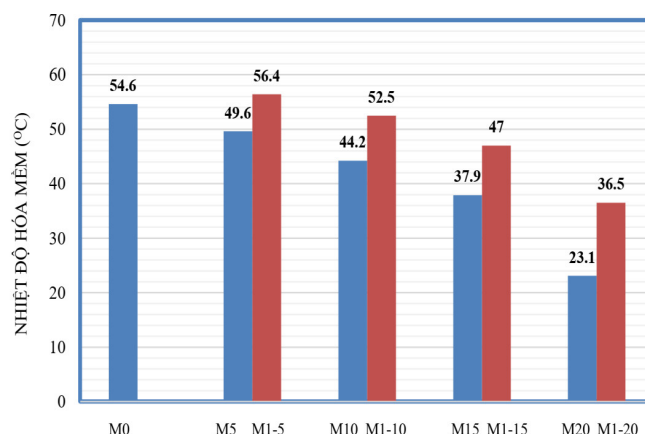
Kết quả trên hình 3 cho thấy, hàm lượng dầu thải càng tăng dẫn đến nhiệt độ chớp cháy càng giảm. Cụ thể hàm lượng dầu thải tăng từ 0, 5, 10, 15 và 20% (tương ứng các mẫu M0, M5, M10, M15 và M20) thì nhiệt độ chớp cháy giảm tương ứng là 332,6; 317,2; 307,9; 278,6 và 227,3°C. Xảy ra điều này là do khi hàm lượng dầu thải càng tăng thì lượng hydrocarbon dễ bay hơi trong bitum càng lớn, do đó chúng càng dễ bắt lửa.

Khắc phục nhược điểm này chúng tôi đã bổ sung nanoclay I28E với hàm lượng 1% (tương ứng với các mẫu M1-5, M1-10, M1-15 và M1-20 như trong hình 3) vào tất cả các mẫu. Kết quả cho thấy với sự có mặt của nanoclay I28E ở hàm lượng 1% đã làm cho tất cả các mẫu có nhiệt độ chớp cháy cao hơn từ 14,9°C (ở mẫu M1-10) đến 44,1°C (ở mẫu M1-20) so với các mẫu chỉ biến tính đơn thuần bằng dầu thải. Xảy ra điều này là do nanoclay I28E thành phần chính là đất sét, chúng không bắt cháy và không duy trì sự cháy nên đã làm cho hỗn hợp bitum có khả năng bắt cháy kém hơn so với các mẫu chỉ biến tính bằng dầu thải.

Đối chiếu với TCVN 7493 cho vật liệu bitum trong ngành xây dựng giao thông thì các yêu cầu về chỉ tiêu kỹ thuật trong một khoảng khá rộng, cụ thể về nhiệt độ chớp cháy không được thấp hơn 232°C. Như vậy, các mẫu bitum biến tính ở trên (trừ mẫu M20) đều đáp ứng được chỉ tiêu về độ chớp cháy, đặc biệt là ở các mẫu có mặt 1% nanoclay I28E.

3.3. Ảnh hưởng của dầu thải động cơ và nanoclay I28E đến nhiệt độ hóa mềm của bitum

Tính chất nhiệt thông qua xác định nhiệt độ hóa mềm của vật liệu bitum rất quan trọng. Việc xác định nhiệt độ hóa mềm của bitum nhằm phân loại, tồn trữ, vận chuyển và sử dụng, đồng thời để cảnh báo khả năng chảy của vật liệu bitum khi nhiệt độ tăng. Đã xác định nhiệt độ hóa mềm của bitum trước và sau khi biến tính bằng dầu thải động cơ ô tô và nanoclay I28E, kết quả nhận được trình bày trong hình 4.



Hình 4. Ảnh hưởng của dầu thải động cơ và nanoclay I28E đến nhiệt độ hóa mềm của bitum

Kết quả trên hình 4 cho thấy, dầu thải động cơ ô tô có ảnh hưởng lớn đến nhiệt độ hóa mềm của bitum. Cụ thể khi cho dầu thải động cơ ô tô vào biến tính bitum ở các hàm lượng lần lượt là 0, 5, 10, 15 và 20% (tương ứng với các mẫu M0; M5; M10; M15 và M20) cho nhiệt độ hóa mềm giảm xuống tương ứng 54,6; 49,6; 44,2; 37,9 và 23,1°C.

Trong khi đó ở các mẫu chứa 1% nanoclay I28E và lần lượt được biến tính bằng dầu thải động cơ ô tô với các hàm lượng 5, 10, 15 và 20% (tương ứng với các mẫu M1-5; M1-10; M1-15 và M1-20) cho nhiệt độ hóa mềm giảm xuống 56,4; 52,5; 47 và 36,5°C.

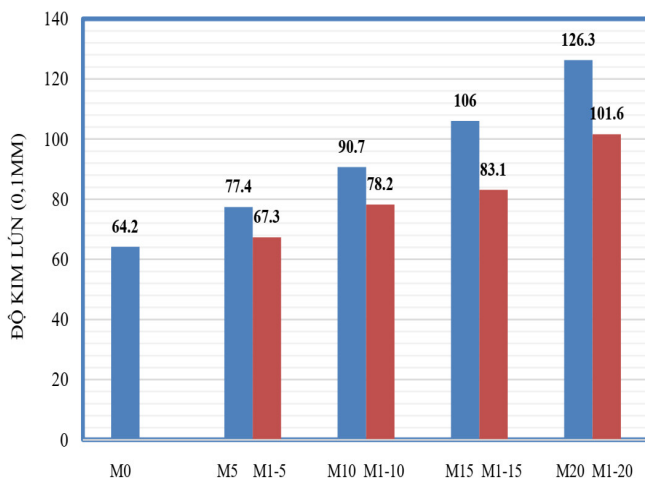
Kết quả trên cho thấy ở những mẫu được biến tính 1% nanoclay I28E có nhiệt độ hóa mềm giảm ít hơn so với các mẫu không được biến tính, mặc dù lượng dầu thải động cơ ô tô đưa vào biến tính không thay đổi. Xảy ra điều này là do sự bù trừ giữa dầu thải động cơ là một chất lỏng linh động và nanoclay I28E lại là một chất rắn có kích thước nano, chúng đã làm cho hệ bitum có độ linh động và hóa mềm vừa phải.

Đối chiếu với TCVN 7493 cho vật liệu bitum trong ngành xây dựng giao thông yêu cầu nhiệt độ hóa mềm không nhỏ hơn 46°C. Như vậy các mẫu bitum biến tính ở

trên đáp ứng được yêu cầu tiêu chuẩn kỹ thuật về nhiệt độ hóa mềm gồm: M5, M1-5, M10, M1-10 và M1-15.

3.4. Ảnh hưởng của dầu thải động cơ và nanoclay I28E đến độ kim lún của bitum

Độ quán của bitum được biểu thị bằng độ kim lún tính bằng phần mười milimet của kim tiêu chuẩn xuyên thẳng đứng vào mẫu trong điều kiện cho trước về nhiệt độ, thời gian và tải trọng quy định. Đã nghiên cứu ảnh hưởng của hàm lượng dầu thải động cơ ô tô và nanoclay I28E đến độ kim lún của bitum, kết quả nhận được trình bày trên hình 5.



Hình 5. Ảnh hưởng của nanoclay I28E và dầu thải động cơ đến độ kim lún của bitum

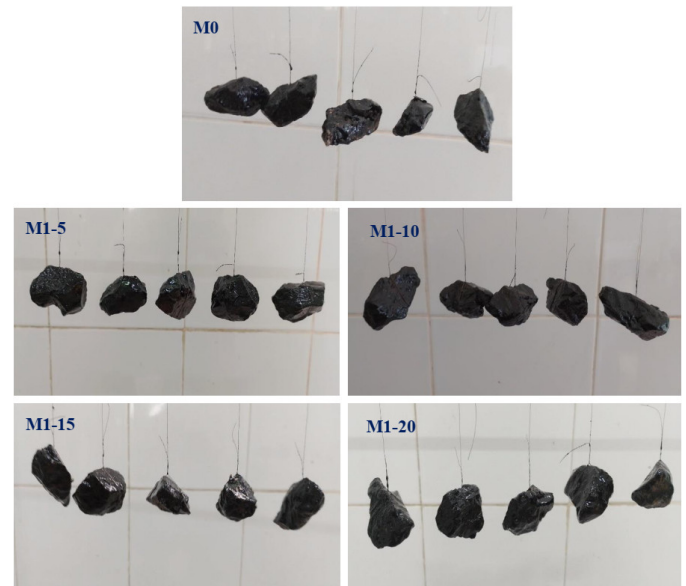
Kết quả trên hình 5 cho thấy, khi đưa dầu thải động cơ ô tô vào biến tính bitum lần lượt với các hàm lượng 0, 5, 10, 15 và 20% (tương ứng với các mẫu M0, M5, M10, M15 và M20) độ kim lún tăng tương ứng lần lượt là 64,2; 77,4; 90,7; 106; 126,3 (0,1mm). Điều này cho thấy hàm lượng dầu thải càng tăng thì độ quán của bitum càng giảm và giảm rất sâu thông qua tăng độ kim lún từ 64,2 (0,1mm) lên 126,3 (0,1mm).

Để khắc phục nhược điểm này, tác giả bổ sung nanoclay I28E với hàm lượng 1% vào tất cả các mẫu biến tính bằng dầu thải động cơ ô tô như trên (tương ứng với các mẫu M1-5, M1-10, M1-15 và M1-20). Kết quả cho thấy, nanoclay I28E đã kim hãm đáng kể độ tăng kim lún so với các mẫu chỉ sử dụng dầu thải động cơ ô tô. Đơn cử ở mẫu M20 độ kim lún đạt 126,3 (0,1mm), còn ở mẫu cho thêm 1% nanoclay I28E tương ứng với mẫu M1-20 thì độ kim lún chỉ tăng vừa phải và đạt 101,6 (0,1mm). Xảy ra điều này là do nanoclay I28E là một chất bột rắn có kích thước nano nên khi phân tán vào hệ bitum đã làm cho hệ tăng độ quán và chính tính chất này đã bù trừ cho việc đưa lượng dầu thải vào bitum đã làm cho hệ bitum trở nên

mềm và linh động, làm ảnh hưởng đến chất lượng của bitum sau biến tính.

3.5. Ảnh hưởng của dầu thải động cơ và nanoclay I28E đến độ bám dính với đá cốt liệu của hỗn hợp bitum

Tác giả đã nghiên cứu ảnh hưởng của dầu thải động cơ ô tô và nanoclay I28E đến độ bám dính với đá cốt liệu của bitum ở các hàm lượng khác nhau, kết quả nhận được trình bày trong hình 6.



Hình 6. Ảnh hưởng của dầu thải động cơ và nanoclay I28E đến độ bám dính với đá của bitum

Kết quả trên hình 6 cho thấy, hàm lượng dầu thải động cơ ô tô và nanoclay I28E đưa vào biến tính bitum có ảnh hưởng đến mức độ bám dính với đá cốt liệu. Cụ thể ở mẫu trống không biến tính (M0), có độ bám dính với đá trung bình, màng bitum bọc hầu như toàn bộ bề mặt viên đá, đôi chỗ bị bong tróc và đối chiếu với tiêu chuẩn quy định thì mẫu M0 đạt ở mức cấp 3.

Đối với tất cả các mẫu có biến tính 1% nanoclay I28E và dầu thải động cơ ô tô lần lượt là 5%, 10%, 15% và 20% (tương ứng với M1-5, M1-10, M1-15 và M1-20) cho thấy hàm lượng dầu thải càng tăng thì bề mặt viên đá trông bóng mịn hơn, màng bitum đều bám nguyên vẹn, bọc toàn bộ bề mặt viên đá, không có điểm bong tróc và đối chiếu với tiêu chuẩn TCVN 7504-05 các mẫu này đều đạt ở mức cấp 5 là cấp cao nhất. Kết quả đạt được là do dầu thải ô tô có cùng bản chất với bitum, khi phân tán vào bitum đã làm cho bitum trở nên linh động, giảm độ quán ở mức phù hợp, đồng thời làm tăng tính mềm dẻo của bitum, từ đó cải thiện được sự thấm ướt giữa bitum với bề mặt viên đá nên làm tăng được khả năng bám dính với đá cốt liệu tốt hơn.

4. KẾT LUẬN

Khi biến tính bitum bằng dầu thải động cơ ô tô ở các hàm lượng 0, 5, 10, 15 và 20% cho thấy bitum giảm tính quán, độ linh động và mềm dẻo hơn thông qua độ kim lún tăng lên. Hàm lượng dầu thải động cơ ô tô đưa vào biến tính càng tăng thì hệ bitum sau biến tính có nhiệt hóa mềm, nhiệt bắt cháy giảm xuống càng lớn. Với sự có mặt của nanoclay I28E ở hàm lượng 1% đưa vào biến tính bitum đã làm cho nhiệt độ hóa mềm, nhiệt bắt cháy cao hơn so với mẫu bitum chỉ biến tính đơn thuần bằng dầu thải động cơ ô tô và đã cải thiện được độ bám dính với đá cốt liệu từ cấp 3 lên cấp 5. Đồng thời với sự có mặt của dầu thải động cơ ô tô đưa vào biến tính bitum đã làm giảm thiểu tác động đến môi trường một cách đáng kể thông qua việc tận dụng nguồn chất thải nguy hại ra môi trường.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. M. A. Çolak, E. Zorlu, M. Y. Çodur, F. İ. Baş 1, Ö. Yalçın, E. Kuşkan, "Investigation of Physical and Chemical Properties of Bitumen Modified with Waste Vegetable Oil and Waste Agricultural Ash for Use in Flexible Pavements," *Coatings*, 13, 11, 1866, 2023. <https://doi.org/10.3390/coatings13111866>.
- [2]. Vedant Sabadra, "Use of Polymer Modified Bitumen in Road Construction," *International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET)*, 4(12), 799-801, 2017.
- [3]. Carlo Giavarini, *Polymer-Modified Bitumen. Asphaltenes and Asphalts*. I. Developments in Petroleum Science, Chap. 16, 381-399, 1994.
- [4]. Deepti Yellanki, P. Gopi, "A Study on Plastic-Bitumen Roads," *International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology*, 17269-17273, 2016.
- [5]. Taherkhani, "Investigating the Properties of Asphalt Concrete Containing Glass Fibers and Nanoclay," *Civil Engineering Infrastructures Journal*, 49(1): 45-58, 2016. DOI: 10.7508/cej.2016.01.004
- [6]. A. K. Banerji, D. Chakraborty, A. Mudi, P. Chauhan, "Characterization of waste cooking oil and waste engine oil on physical properties of aged bitumen," *Materials Today: Proceedings*, 59(3), 1694-1699, 2022.
- [7]. Zhe Dong, Li Ping Li, "Study on Dynamic Mechanical Properties and Microstructure of Epoxy Asphalt," *International on Applied Science and Engineering Innovation (ASEI)* 2015), 516-523, 2015.
- [8]. Peiliang Cong, Shanfa Chen, Jianying Yu and Huaxin Chen, "Compatibility and Mechanical Properties of Epoxy Resin Modified Asphalt Binders," *International Journal of Pavement Research and Technology*, 4(2):118-123, 2011.
- [9]. Trần Thị Cẩm Hà, Trần Thị Kim Đăng, "Nghiên cứu một số chỉ tiêu cơ lý cơ bản của bitum-epoxy," *Tạp chí Khoa học và Công nghệ Trường Đại học Giao thông Vận tải*, 5, 81-83, 2017.
- [10]. Shenghua Wu, Balasingam Muhunthan, "Evaluation of the Effects of Waste Engine Oil on the Rheological Properties of Asphalt Binders," *J. Mater. Civ. Eng.*, 30(3): 06017020, 2018. DOI: 10.1061/(ASCE)MT.1943-5533.0002189.
- [11]. N. Saboo, M. Sukhija, G. Singh, "Effect of Nanoclay on Physical and Rheological Properties of Waste Cooking Oil-Modified Asphalt Binder," *J. Mater. Civ. Eng.*, 33(3): 04020490, 2021. DOI: 10.1061/(ASCE)MT.1943-5533.0003598.
- [12]. Nurul Hidayah Mohd Kamaruddin, Mohd Rosli Hainin, Norhidayah Abdul Hassan, Mohd Ezree Abdullah, Mohd Khairul Idham, Noor Azah Abdul Raman, "Effect of Chemical Warm Asphalt Additive on the Rutting Characteristic of Aged Binder Containing Waste Engine Oil," *Journal of Physics: Conf. Series*, 1049, 012030, 2018. doi: 10.1088/1742-6596/1049/1/012030.
- [13]. Mohammed Ibrahim, Abdulfatai Adinoyi Murana, Jibrin Mohammed Kaura, Joshua Ochebo, Suleiman Hassan Otuoze, "Properties of Bitumen Modified with Nanoclay/Pet (Polyrthylene Terephthalate) Blend," *Saudi Journal of Civil Engineering*, 7(8): 192-203, 2023.
- [14]. Xinxin Cao, Hao Wang, Xuejuan Cao, Wei Sun, Hongzhou Zhu, Boming Tang, "Investigation of rheological and chemical properties asphalt binder rejuvenated with waste vegetable oil," *Construction and Building Materials*, 180 (20), 455-463, 2018.

AUTHOR INFORMATION

Dang Huu Trung

Hanoi University of Industry, Vietnam