

PHƯƠNG PHÁP MỚI XÁC ĐỊNH ĐIỂM MÙ CỦA NHIÊN LIỆU SINH HỌC

NEW METHOD TO DETERMINE CLOUD POINTS OF BIOFUELS

Hà Anh Tùng

Khoa Cơ khí, Trường Đại học Bách Khoa, Đại học Quốc gia thành phố Hồ Chí Minh

TÓM TẮT

Điểm mù (điểm bắt đầu đông đặc hay cloud point) của nhiên liệu sinh học là nhiệt độ của mẫu chất lỏng mà tại đó xuất hiện rất nhỏ những đám tinh thể hydrocacbon đầu tiên khi mẫu được làm lạnh. Khi nhiệt độ xuống thấp dưới điểm mù, nhiên liệu sinh học sẽ bị đông đặc, ảnh hưởng tới đặc tính và giá trị sử dụng của nhiên liệu. Trong bài báo này, tác giả sẽ trình bày một phương pháp thử nghiệm mới, từ đó thiết kế và chế tạo hệ thống thiết bị xác định điểm mù của nhiên liệu. Kết quả thực nghiệm cho thấy rằng, phương pháp thử nghiệm mới có độ chính xác tương đương với phương pháp tiêu chuẩn ASTM D2500.

Từ khóa: Điểm mù; Điểm bắt đầu đông đặc; Cloud point; Hệ thống lạnh; ASTM D2500; Nhiên liệu sinh học.

ABSTRACT

The cloud point of biofuels is the temperature at which very small clusters of hydrocarbon crystals appear when the fuel is cooled. When the temperature drops below the cloud point, biofuels will freeze, affecting their properties and characteristics. In this paper, the author will present a new test method as well as the procedure of design and manufacture of an experimental system to determine the cloud point of biofuels. The experimental results show that the new test method has the same accuracy as the ASTM D2500 standard method.

Keywords: Cloud points, refrigeration system, ASTM D2500, biofuels.

1. GIỚI THIỆU

Trong những năm gần đây, vấn đề đảm bảo an ninh năng lượng đã trở thành một trong những mục tiêu hàng đầu trong chiến lược phát triển của các quốc gia trên thế giới [1-3]. Theo dự báo của các nhà khoa học, nguồn nhiên liệu truyền thống sẽ cạn kiệt vào cuối thế kỷ này, trong khi đó nhu cầu sử dụng năng lượng của con người lại ngày càng tăng dần trong thời gian tới.

Bên cạnh đó, việc sử dụng nhiên liệu hóa thạch còn gây ra tác hại lớn đến môi trường như làm tăng hiệu ứng nhà kính, dẫn đến sự nóng dần lên của trái đất. Chính vì sự suy giảm của nguồn nhiên liệu hóa thạch và mặt trái của nó đã tạo động lực quan trọng cho các nhà khoa học hướng tới việc tìm ra các nguồn nguyên liệu mới thay thế. Nhiên liệu sinh học, trong đó chủ yếu là diesel sinh học được sản xuất từ dầu thực vật và mỡ động vật, là một trong những nguồn nhiên liệu mới có thể thay thế nguồn nhiên liệu hóa thạch trong tương lai.

Một trong những tính chất vật lý quan trọng của nhiên liệu sinh học là điểm mù hay điểm bắt đầu đông đặc (cloud point) [4-5]. Do khí hậu của mỗi khu vực khác nhau, như các nước ở châu Âu, vào mùa đông nhiệt độ xuống rất thấp khiến nhiên liệu sinh học bị đông đặc, ảnh hưởng tới đặc tính và giá trị sử dụng của nhiên liệu. Hiện nay, trên thế giới, để xác định điểm mù của nhiên liệu, người ta thường sử dụng phương pháp thử nghiệm theo tiêu chuẩn ASTM D2500 [6]. Với phương pháp này, mẫu nhiên liệu được chứa trong ống nghiệm có đặt nhiệt kế và ống nghiệm sẽ được chứa trong một ống bao đặt tiếp xúc với chất tải lạnh. Như vậy, mẫu nhiên liệu sẽ được làm lạnh gián tiếp qua lớp không khí giữa ống nghiệm và ống bao. Ưu điểm của phương pháp ASTM D2500 là có

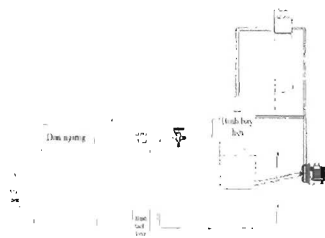
thể xác định chính xác điểm mù của nhiên liệu, đồng thời có thể quan sát sự thay đổi tính chất nhiên liệu một cách rõ ràng. Tuy nhiên, phương pháp ASTM D2500 có nhược điểm là hệ thống khá phức tạp và công kênh đo cần đến 3 chế độ làm việc với nhiệt độ yêu cầu khác nhau. Hơn nữa trong quá trình thí nghiệm để kiểm tra điểm mù của nhiên liệu bắt buộc phải lấy mẫu lên để kiểm tra nên đòi hỏi người tiến hành thí nghiệm phải cẩn thận để tránh xáo trộn mẫu nhiên liệu.

Trong nghiên cứu này, tác giả đã đề xuất phương pháp xác định điểm mù của nhiên liệu sinh học thông qua việc làm lạnh mẫu nhiên liệu một cách từ từ để trực tiếp quan sát điểm mù bằng mắt thường mà không cần phải xáo trộn mẫu nhiên liệu. Ưu điểm của phương pháp đề xuất là thời gian làm lạnh nhanh và chỉ sử dụng một hệ thống duy nhất nên giảm thiểu được chi phí cũng như kích thước của hệ thống.

2. THIẾT KẾ VÀ CHẾ TẠO HỆ THỐNG

2.1. Mô hình tính toán

Sơ đồ nguyên lý hoạt động của hệ thống được thể hiện trên Hình 1.



Hình 1. Sơ đồ nguyên lý của hệ thống xác định điểm mù nhiên liệu.

Hệ thống lạnh sẽ làm lạnh dung dịch chất tải lạnh trong thiết bị bay hơi, sau đó chất tải lạnh sẽ được bơm dẫn đến bể thí nghiệm đặt ống đựng mẫu nhiên liệu sinh học và làm lạnh trực tiếp cho mẫu nhiên liệu sinh học. Chất tải lạnh tiếp tục được đẩy trở về thiết bị bay hơi, nhà nhiệt cho môi chất lạnh và quay trở lại bể thí nghiệm, cứ như thế tạo thành một chu trình tuần hoàn trong suốt quá trình thí nghiệm. Thông qua việc trao đổi nhiệt với chất tải lạnh, nhiệt độ mẫu nhiên liệu sinh học đặt trong bể thí nghiệm sẽ giảm dần từ nhiệt độ môi trường cho đến nhiệt độ yêu cầu. Điểm bắt đầu đông đặc của nhiên liệu sẽ được phát hiện bằng mắt thường khi trong mẫu dung dịch nhiên liệu (đựng trong ống thủy tinh trong suốt) bắt đầu xuất hiện những tinh thể rắn nhỏ, thể hiện qua việc làm đục dung dịch nhiên liệu. Nhiệt độ tương ứng với thời điểm này chính là "điểm mù" của nhiên liệu. Do nhiệt độ bắt đầu đông đặc của các loại nhiên liệu sinh học hiện nay có thể xuống đến -10°C [7], vì vậy để đảm bảo hệ thống có khả năng xác định được điểm mù của nhiều loại nhiên liệu sinh học khác nhau trong khoảng nhiệt độ âm (dưới 0°C), ethanol được sử dụng làm chất tải lạnh cho hệ thống. Môi chất lạnh sử dụng trong hệ thống được chọn là R134a.

Hệ thống lạnh được tính toán và thiết kế dựa trên các yêu cầu kỹ thuật chính sau:

- ❖ Nhiệt độ nhiên liệu sinh học cần đạt: -10°C .
- ❖ Thời gian làm lạnh cần thiết: 30 phút.

Từ lúc hệ thống lạnh bắt đầu hoạt động cho đến khi nhiệt độ mẫu thử nhiên liệu đạt nhiệt độ thiết kế -10°C , nhiệt độ ethanol (chất tải lạnh) và nhiệt độ mẫu thử nhiên liệu luôn giảm dần, vì vậy quá trình trao đổi nhiệt tại bình bay hơi cũng như tại bể đựng mẫu thử nhiên liệu là

quá trình truyền nhiệt không ổn định. Nhằm có thể xác định sự thay đổi của nhiệt độ ethanol và nhiệt độ mẫu thử nhiên liệu theo thời gian, mô hình lý thuyết cho bài toán trao đổi nhiệt không ổn định được xây dựng dựa trên phương pháp số. Cơ sở lý thuyết của phương pháp này là chia nhỏ thời gian thí nghiệm thành các bước thời gian $\Delta\tau$ rất bé với giả thiết trong khoảng thời gian $\Delta\tau$ này, nhiệt độ chất tải lạnh, nhiệt độ mẫu thử nhiên liệu và năng suất lạnh tại bình bay hơi xem như không đổi. Áp dụng phương trình cân bằng năng lượng, ta thiết lập được các phương trình tính toán tại bước thời gian thứ i như sau:

Năng suất lạnh Q_o (kW) của thiết bị bay hơi tại bước thời gian thứ i , tương ứng trong khoảng thời gian $\Delta\tau = \tau_{i+1} - \tau_i$, là:

$$Q_o = G'_{Gas} \cdot (I'_{vao} - I'_a) \quad (1)$$

Trong đó: $+ G'_{Gas}$ (kg/s) là lưu lượng khối lượng của môi chất lạnh đi trong hệ thống tại bước thời gian thứ i .

$+ I'_{vao}, I'_a$ (kJ/kg) là enthalpy của môi chất lạnh lần lượt tại 2 trạng thái vào và ra khỏi bình bay hơi tại bước thời gian thứ i .

Cùng trong khoảng thời gian $\Delta\tau = \tau_{i+1} - \tau_i$ này, chất tải lạnh (ethanol) giảm từ nhiệt độ T xuống nhiệt độ T^{i+1} tính từ công thức:

$$Q_o \cdot \Delta\tau = G_{Ethanol} \cdot C_p \cdot (T^i - T^{i+1}) \quad (2)$$

Với: $G_{Ethanol}$ (kg) là lượng dung dịch ethanol trong hệ thống;
 $+ C_p$ (kJ/kg $^{\circ}\text{C}$) là nhiệt dung riêng của ethanol.

Ngoài ra, từ phương trình truyền nhiệt tại bình bay hơi, mối quan hệ giữa nhiệt độ sôi của môi chất lạnh T_o' và nhiệt độ chất tải lạnh $T'_{Ethanol}$ cũng được xác định theo công thức:

$$Q'_o = \frac{k.F.(T'_{Ethanol} - T_o')}{1000} \text{ (kW)} \quad (3)$$

Trong đó: k ($W/m^2/^\circ C$) là hệ số truyền nhiệt của thiết bị bay hơi;

F (m^2) là diện tích trao đổi nhiệt của thiết bị bay hơi.

Kết hợp 3 phương trình (1),(2),(3) cùng với việc khảo sát chu trình lạnh thay đổi theo thời gian và viết chương trình sử dụng phần mềm EES (Engineering Equation Solver), các thông số thiết kế cơ bản của hệ thống lạnh được xác định như sau:

❖ Diện tích trao đổi nhiệt của thiết bị bay hơi: $F = 0,46 \text{ m}^2$;

❖ Công suất máy nén của hệ thống lạnh: 1,5 HP;

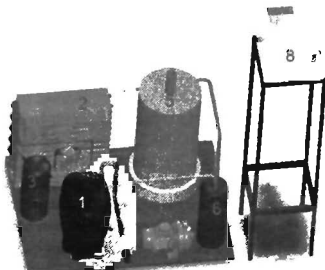
❖ Hệ số trao đổi nhiệt của thiết bị bay hơi: $k = 250 \text{ W/m}^2/^\circ C$;

❖ Lượng ethanol sử dụng trong hệ thống: $G_{Ethanol} = 15 \text{ kg}$.

Các kết quả tính toán trên sẽ được sử dụng để thiết kế và chế tạo hệ thống thí nghiệm thực tế được trình bày trong phần tiếp theo của bài báo.

2.2. Thiết kế và chế tạo hệ thống

Sau khi đã xác định các thông số chính của hệ thống, các thành phần thiết bị trong hệ thống đã được chọn lựa. Hình 2, trình bày cụ thể cách bố trí các thiết bị chính trong hệ thống.

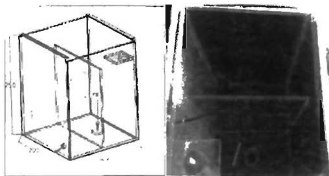


Hình 2. Mô phỏng các thiết bị chính và cách bố trí hệ thống:

- 1) Máy nén
- 2) Dàn ngưng
- 3) Bình chứa cao áp.
- 4) Van tiết lưu
- 5) Bình bay hơi
- 6) Bình tách lỏng
- 7) Bơm
- 8) Bể thí nghiệm.

a. Bể thí nghiệm

Bể thí nghiệm được gia công bằng tấm nhựa mica. Bể dạng hình hộp chữ nhật với kích thước dài, rộng, cao lần lượt là 200x200x250mm.

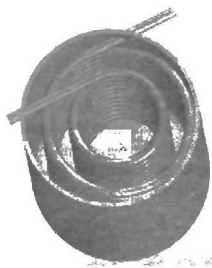


Hình 3. Bản vẽ thiết kế và hình ảnh thực tế của bể thí nghiệm sau khi chế tạo.

Được thiết kế theo nguyên tắc gờ tràn, ethanol sau khi bơm vào bể bên trái sẽ tràn sang

bề bên phải nơi đặt mẫu thí nghiệm, qua đó làm giảm vận tốc lưu chất chảy trong bể, tránh hiện tượng dung dịch ethanol sủi bọt, giúp việc quan sát mẫu thí nghiệm được dễ dàng. Đầu vào của bể được gắn ống cứng có đường kính 12mm, đầu ra gắn với ống mềm với đường kính 27mm có gắn van. Ống nghiệm chứa mẫu nhiên liệu sinh học được gắn vào thành trong của bể, nơi thiết kế tấm gỗ vuông khoan lỗ đường kính 27mm. Nắp bể được thiết kế trượt tịnh tiến theo chiều dài của bể. Bể thí nghiệm được bọc cách nhiệt bằng tấm nhựa polyethylene có dán băng keo bạc để giảm tổn thất nhiệt cũng như chống đọng sương. Mặt trước của bể được khoan một lỗ nhỏ để đặt đầu dò cảm biến nhiệt độ.

b. Thiết bị bay hơi

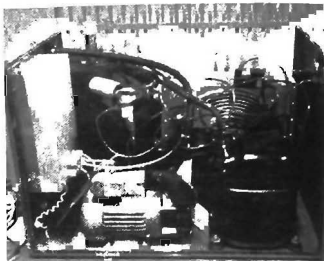


Hình 4. Thiết bị bay hơi dạng ống xoắn.

Thiết bị bay hơi chế tạo dạng hình trụ đứng có đường kính trong 190mm, dày 2mm và chiều cao 420mm. Vì nhiệt độ ethanol trong bình bay hơi có thể xuống đến -15°C , bình được chế tạo bằng thép inox để có thể chống chịu ăn mòn và co giãn khi nhiệt độ thay đổi. Ống dẫn môi chất lạnh được thiết kế dạng xoắn ốc gồm hai vòng trong và ngoài giúp tăng cường khả năng truyền nhiệt.

c. Lắp ráp hệ thống

Sau khi hoàn tất việc chế tạo và chọn lựa các thiết bị phù hợp, hệ thống lạnh được lắp ráp hoàn chỉnh như Hình 5.



Hình 5. Hệ thống lạnh hoàn chỉnh sau khi lắp ráp.

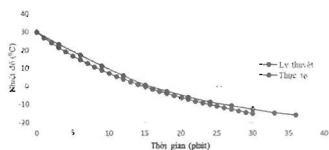
Tiếp theo, hệ thống lạnh được kết nối với bể thí nghiệm bằng các đường ống vào và ra để được hệ thống thử nghiệm hoàn chỉnh như Hình 6.



Hình 6. Hệ thống thử nghiệm hoàn chỉnh sau khi lắp ráp.

3. KẾT QUẢ THỬ NGHIỆM VÀ ĐÁNH GIÁ

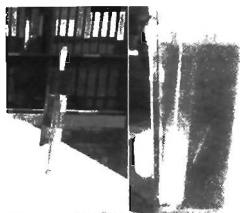
Hình 7, thể hiện sự thay đổi nhiệt độ chất tải lạnh (ethanol) theo thời gian vận hành hệ thống. Kết quả cho thấy sau 35 phút hoạt động, nhiệt độ ethanol đo tại bể thí nghiệm đã giảm từ nhiệt độ ban đầu 30°C xuống khoảng -15°C, phù hợp với yêu cầu đặt ra ban đầu. Quy luật thay đổi nhiệt độ của ethanol trong thực tế cũng phù hợp với mô hình tính toán lý thuyết trình bày ở phần trên. Độ sai lệch giữa nhiệt độ ethanol thực tế và lý thuyết chỉ khoảng 2°C - 3°C, chứng tỏ mô hình tính toán lý thuyết đề nghị là hợp lý và hoàn toàn có khả năng áp dụng để phân tích các quá trình truyền nhiệt không ổn định tương tự.



Hình 7. Đồ thị nhiệt độ chất tải lạnh (ethanol) thay đổi theo thời gian.

Để xác định nhiệt độ điểm mù và so sánh với các kết quả đo đạc tương ứng theo tiêu chuẩn ASTM D2500, 5 loại nhiên liệu sau được sử dụng để thí nghiệm:

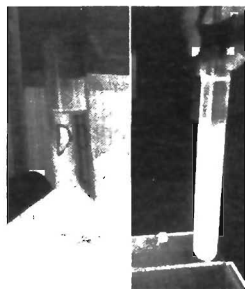
- B100: 100% là nhiên liệu sinh học (chiết xuất từ hạt cao su).
- B20: Hỗn hợp nhiên liệu gồm 20% là nhiên liệu sinh học và 80% dầu diesel.
- B10: Hỗn hợp nhiên liệu gồm 10% là nhiên liệu sinh học và 90% dầu diesel.
- B5: Hỗn hợp nhiên liệu gồm 5% là nhiên liệu sinh học và 95% dầu diesel.
- DO: Dầu diesel.



Hình 8. Điểm mù của mẫu nhiên liệu B100



Hình 9. Điểm mù của mẫu nhiên liệu B20



Hình 10. Điểm mù của mẫu nhiên liệu DO.

Hình 8-10, thể hiện sự thay đổi trạng thái và màu sắc, độ trong suốt của nhiên liệu tại ²⁰C

thời điểm xuất hiện điểm mù. Qua các kết quả đo đạc từ hệ thống thử nghiệm, giá trị điểm mù của 5 loại nhiên liệu khảo sát được tổng hợp trong Bảng 1.

Bảng 1. Nhiệt độ điểm mù tương ứng của 5 loại nhiên liệu.

| Nhiên liệu | Theo phương pháp đề nghị (°C) | Theo tiêu chuẩn ASTM D2500 (°C) [6] |
|------------|-------------------------------|-------------------------------------|
| B100 | 3 | 4 |
| B20 | -4 | -4 |
| B10 | -5 | -5 |
| B5 | -5 | -6 |
| DO | -6 | -6 |

(Lưu ý: Giá trị đo theo phương pháp đề nghị được xác định từ nhiệt độ điểm mù trung bình của 5 lần thử nghiệm liên tục. Sai số của các kết quả đo trong phạm vi từ ±1°C đến ±1,5°C.)

Qua các thí nghiệm trên, nhận thấy khi pha nhiên liệu sinh học B100 với dầu DO thì nhiệt độ điểm mù có xu hướng tăng dần. Nhiệt độ điểm mù tăng dần theo phần trăm tỉ lệ pha trộn nhiên liệu sinh học trong dầu DO thể hiện khả năng hạn chế của nhiên liệu sinh học khi sử dụng trong thực tế ở các điều kiện hoạt động có nhiệt độ thấp. Dung dịch với 100% thành phần là loại nhiên liệu sinh học chiết xuất từ hạt cao su có điểm bắt đầu đông đặc ở 3-4°C không thể sử dụng phù hợp cho những nơi có nhiệt độ dưới 0°C. Kết quả thử nghiệm cũng cho thấy, hệ thống vận hành tốt, ổn định và cho kết quả gần sát với kết quả theo phương pháp tiêu chuẩn ASTM D2500. Hệ thống đề xuất có khả năng thay thế các thiết bị tiêu chuẩn hiện nay để xác định điểm bắt đầu đông đặc của các loại nhiên liệu truyền thống cũng như nhiên liệu sinh học.

4. KẾT LUẬN

Việc xác định điểm mù của một loại nhiên liệu là yếu tố rất quan trọng trong việc xem xét khả năng đưa vào ứng dụng trong thực tế của loại nhiên liệu này. Dựa trên việc phân tích nguyên lý hoạt động của các thiết bị đo theo tiêu chuẩn ASTM D2500, tác giả đã đề xuất thiết kế và chế tạo một hệ thống lạnh kết hợp với buồng thử nghiệm sử dụng chất tải lạnh là ethanol để xác định điểm mù của nhiên liệu. Kết quả cho thấy, hệ thống hoạt động ổn định và giá trị nhiệt độ điểm mù quan sát được gần như tương đồng với các số liệu xác định theo phương pháp ASTM D2500. Với kết cấu nhỏ gọn, giá thành chế tạo thấp và thời gian thí nghiệm khoảng 30 – 40 phút cho một mẫu thử, hệ thống cho thấy tiềm năng phát triển để trở thành một sản phẩm thương mại hóa trong lãnh vực nghiên cứu về nhiên liệu sinh học tại Việt Nam. ❖

Ngày nhận bài: 12/01/2019

Ngày phản biện: 13/02/2019

Tài liệu tham khảo:

- [1] K. Matsumoto and H. Shiraki (2018), "Energy security performance in Japan under different socioeconomic and energy conditions", *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Vol. 90, pp. 391 – 401.
- [2] B. Kruyt, D.P. van Vuuren, H.J.M. de Vries and H. Groenenberg (2009), "Indicators for energy security", *Energy Policy*, Vol. 37, No. 6, pp. 2166-2181.
- [3] Hai, Luu Duc, and Lien, Nguyen Thi Hoang (2009), "Renewable energy policies for sustainable development in Vietnam." *VNU Journal of Science, Earth Sciences* 25, pp. 133-142.
- [4] K. Bozbas (2008), "Biodiesel as an alternative motor fuel production and policies in the European Union", *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Vol. 12, No. 2, pp. 542-552
- [5] P.A. Leggieri, M. Senra, and L. Soh (2018), "Cloud point and crystallization in fatty acid ethyl ester biodiesel mixtures with and without additives", *Fuel*, Vol. 222, pp. 243-249.
- [6] ASTM D2500-05 (2005), *Standard Test Method for Cloud Point of Petroleum Products*, ASTM International, West Conshohocken, PA
- [7] M. Abe, S. Hirata, H. Komatsu, K. Yamagiwa and H. Tajima (2016), "Thermodynamic selection of effective additives to improve the cloud point of biodiesel fuels." *Fuel* 171, pp. 94-100