KHOA HỌC - KỸ THUẬT

ẢNH HƯỞNG CỦA CÁC YẾU TỐ LÝ - HÓA ĐẾN ĐỘ BÔI TRƠN CỦA NHIÊN LIỆU TÀU THỦY

THE EFFECT OF PHYSICAL AND CHEMICAL CHARACTERISTICS ON THE LUBRICATING ABILITY OF SHIP'S FUELS

LƯU QUANG HIỆU
Khoa Máy tàu biển, Trường Đại học Hàng hải Việt Nam
Email liên hệ: luuquanghieu@vimaru.edu.vn

Tóm tắt

Phụ lục VI Công ước MARPOL quy định hàm lượng lưu huỳnh đối với tất cả các loại nhiên liệu sử dụng trên tàu. Từ năm 2015 hàm lượng lưu huỳnh cho phép trong khu vực kiểm soát khí thải là 0,1% và trên toàn thế giới dự kiến đến năm 2020 là 0,5%. Tuy nhiên, kết quả các nghiên cứu và thực tế sử dụng nhiên liệu chứa lưu huỳnh thấp cho thấy chúng có độ bôi trơn kém và các yếu tố có ảnh hưởng đến độ bôi trơn không chỉ có hàm lượng lưu huỳnh mà còn có độ nhớt động học, phân đoạn chưng cất, cặn cơ học,... Tác giả thực hiện đánh giá riêng biệt mức độ ảnh hưởng của các yếu tố trên đến khả năng bôi trơn của nhiên liệu. Kết quả cho thấy thành phần hợp chất lưu huỳnh, độ nhớt động học và nhiệt độ phân đoạn chưng cất 50% có ảnh hưởng lớn đến độ bôi trơn.

Từ khóa*: Nhiên liệu chứa hàm lượng lưu huỳnh thấp, độ bôi trơn, độ nhớt động học, phân đoạn chưng cất, đường kính mài mòn.*

Abstract

MARPOL Annex VI sets out the requirements for the sulfur content of any fuel oil used onboard ships. Since 2015 the sulfur content has been permitted the use on Emission Control Areas that is 0,10% and the global sulfur cap is foreseen to be reduced to 0,50% by 2020. However, the study results and practical use of low sulfur fuels have been showed that the lubrication characteristics of fuel is poor not only sulfur content but also the kinematic viscosity, fractional composition, and mechanical impurities, etc., The author conducted a separated assessment of their influences on the lubrication ability of fuel. The study results showed that the sulfur content, kinematic viscosity and temperature fractional distillation 50% have been influenced on the lubrication fuels.

Keywords: *Low sulfur fuel, lubricity, kinematic viscosity, fractional composition, wear spot diameter.*

1. Đặt vấn đề

Hiện nay hàm lượng lưu huỳnh trong nhiên liệu sử dụng cho động cơ diesel tàu thủy có xu hướng giảm để đáp ứng các quy định về ngăn ngừa ô nhiễm không khí. Thực thi Phụ lục VI Công ước quốc tế MARPOL 73/78, những quy định nghiêm ngặt nhất về hàm lượng SO_x trong khí xả đã được áp dụng đối với khu vực kiểm soát phát thải (SO_x Emission Control Area - SECA). Từ ngày 01/01/2015 tất cả các tàu khi đi vào vùng SECA phải chuyển đổi sang sử dụng nhiên liệu có hàm lượng lưu huỳnh dưới 0,1%, giảm khoảng 10 lần so với hàm lượng trước khi quy định này có hiệu lực [1].

Dầu diesel đóng vai trò là chất bôi trơn cho các chi tiết chuyển động của hệ thống nhiên liệu. Khi động cơ hoạt động các chi tiết chịu mài mòn lớn nhất là cặp piston-plunger bơm cao áp và vòi phun. Độ tin cậy của động cơ phụ thuộc nhiều vào tình trạng mài mòn các chi tiết trên [2]. Kết quả nghiên cứu và thực tế sử dụng trên tàu cho thấy loại nhiêu liệu chứa hàm lượng lưu huỳnh thấp có độ bôi trơn kém. Khi động cơ diesel tàu thủy sử dụng loại nhiên liệu này cường độ mài mòn ở cặp piston-plunger bơm cao áp tăng. Khe hở giữa cặp piston-plunger vì thế tăng lên nhanh chóng làm giảm chất lượng phun nhiên liệu vào trong buồng đốt động cơ, hệ quả là ảnh hưởng tiêu cực đến công suất và hiệu suất động cơ. Tuy nhiên, các nghiên cứu đánh giá độ bôi trơn của nhiên liệu hiện nay chỉ mới dừng lại ở các loại nhiên liệu dành cho phương tiện vận tải đường bộ. Kết quả các nghiên cứu này cho thấy độ bôi trơn của nhiên liệu không chỉ chịu ảnh hưởng của hàm lượng lưu huỳnh mà còn phụ thuộc vào phân đoạn chưng cất, nhiệt độ sôi cuối và độ nhớt động học [4].

Đối với dầu diesel tàu thủy thiếu những nghiên cứu tổng thể về ảnh hưởng của các yếu tố lý - hóa đến độ bôi trơn của chúng. Các nghiên cứu đã thực hiện với nhiên liệu tàu thủy cho kết quả thiếu nhất quán. Cụ thể, công ty Lintec Testing Services Ltd từ năm 2009 đã thực hiện đánh giá độ bôi trơn của 182 mẫu dầu diesel bằng phương pháp HFRR (high frequency reciprocating rig) theo tiêu chuẩn ASTM D 6079. Kết quả thu được chỉ có 8 mẫu nhiên liệu có đường kính mài mòn vượt

quá 520μm. Giới hạn này quy định trong tiêu chuẩn đối với nhiên liệu tàu thủy ISO 8217:2010. Trong kết luận của mình, Lintec Testing Services Ltd cho rằng tồn tại ảnh hưởng gián tiếp của hàm lượng lưu huỳnh trong nhiên liệu đến độ bôi trơn [6]. Quá trình loại bỏ lưu huỳnh đồng thời làm mất đi các liên kết phân cực dẫn đến giảm khả năng bôi trơn tự nhiên của nhiên liệu và không nên sử dụng hàm lượng lưu huỳnh như một chỉ số để ước tính độ bôi trơn của chúng. Trong số 182 mẫu đã thử nghiệm có 13 mẫu có độ nhớt nhỏ hơn 2 cSt và chỉ 3 mẫu trong số đó cho giá trị đường kính mài mòn lớn hơn 520μm. Điểm đáng lưu ý là giá trị đường kính mài mòn lớn hơn 520μm chỉ xuất hiện ở các mẫu nhiên liệu có độ nhớt trong khoảng 2 - 3 (cSt).

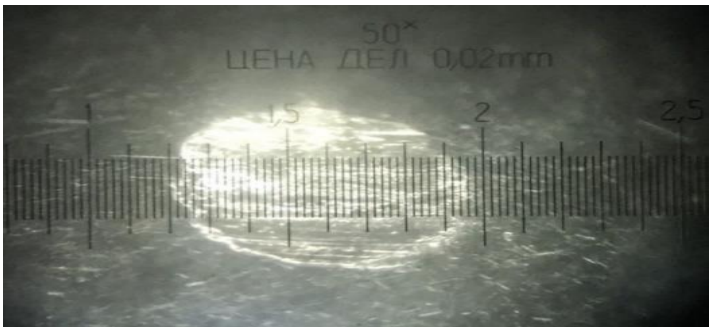
Ở một quan điểm khác, hãng MAN Diesel & Turbo cho rằng nhiên liệu chứa hàm lượng lưu huỳnh thấp có khả năng bôi trơn kém, đặc biệt khi độ nhớt thấp. Hãng đưa ra khuyến cáo tốc độ mài mòn tăng đáng kể khi độ nhớt nhỏ hơn 2 cSt [9]. Cùng có chung quan điểm về vấn đề này, phụ thuộc vào từng loại động cơ và đặc điểm bơm cao áp Wartsila đưa ra các giới hạn độ nhớt làm việc an toàn. Giá trị độ nhớt thấp nhất cho các động cơ Wartsila dao động trong khoảng 1,8 - 3,0 (cSt) [10].

2. Phương pháp và thiết bị thí nghiệm

Độ bôi trơn của các mẫu nhiên liệu được xác định nhờ thiết bị đo "Bốn bi cầu" (ЧМТ), quy trình thử nghiệm giới thiệu trong GOST 9490-75 [7]. Điểm ma sát trong máy đo ЧМТ là phần tiếp xúc của 4 bi cầu bằng thép ШХ-15 theo tiêu chuẩn GOST 801-78 có đường kính 12,70 ± 0,01 (mm). Ba bi cầu phía dưới được cố định trong một khay thử chứa ngập nhiên liệu cần kiểm tra, trong thời gian thử nghiệm những viên bi này không được phép xoay. Bi cầu phía trên gắn cố định trên trục của thiết bị, quay và ma sát trực tiếp với ba bi cầu còn lại dưới tác dụng của lực ép 157N.

Hình 1. Thiết bị đo độ bôi trơn ЧМТ

Thời gian thử nghiệm cho mỗi mẫu nhiên liệu là 60 phút, nhiệt độ môi trường duy trì ổn định ở mức 20 ± 5 (^oC), tần số quay của bi cầu phía trên 1.460 ± 70 (vòng/phút). Độ bôi trơn của nhiên liệu được xác định bằng đường kính mài mòn trung bình của ba bi cầu phía dưới. Các đường kính này đo bằng kính hiển vi AF 3.852.046 có độ phóng đại 50 lần, thang chia tới 0,02 mm.



Hình 2. Xác định đường kính mài mòn bi cầu

3. Đánh giá độ bôi trơn của nhiên liệu

Ảnh hưởng của hàm lượng lưu huỳnh đến độ bôi trơn

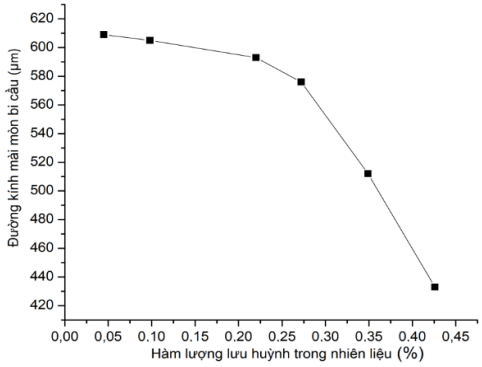
Để chuẩn bị những mẫu nhiên liệu có hàm lượng lưu huỳnh khác nhau trong khi giữ nguyên các chỉ số khác sử dụng phương pháp oxy hóa dầu diesel bằng hỗn hợp hydro peroxide - axit fomic trong phòng thí nghiệm với tỉ lệ mol chất oxy hóa và thời gian khuấy trộn trong bình phản ứng khác nhau. Quy trình khử lưu huỳnh trong nhiên liệu giới thiệu chi tiết trong [4, 5]. Kết quả quá trình loại lưu huỳnh và đánh giá độ bôi trơn thể hiện trong Bảng 1.

Bảng 1. Độ bôi trơn của nhiên liệu chứa hàm lượng lưu huỳnh khác nhau

STT	1	2	3	4	5	6
Hàm lượng lưu huỳnh S, %	0,426	0,349	0,272	0,22	0,098	0,045
Độ bôi trơn, μm	433	512	576	593	605	609

Kết quả đo độ bôi trơn trên máy ЧМТ cho thấy hàm lượng lưu huỳnh tỉ lệ nghịch với độ bôi trơn của nhiên liệu. Đường kính mài mòn bi cầu tăng đáng kể ngay sau hàm lượng lưu huỳnh giảm từ 0,426% về 0,349%. Sau lần oxy hóa thứ nhất độ bộ trơn của nhiên liệu giảm đột ngột, đường kính mài mòn bi cầu tăng lên 18,24%. Tiếp tục giảm hàm lượng lưu huỳnh trong nhiên liệu độ bôi trơn giảm theo, tuy nhiên mức độ giảm ở những lần sau thấp đi (Hình 3).

Nghiên cứu thành phần hóa học của nhiên liệu động cơ diesel thủy cho thấy hợp chất lưu huỳnh phổ biến là mercaptan, hợp chất sulphua và thiophen [8]. Quá trình loại bỏ lưu huỳnh trong nhiên liệu làm thay đổi thành phần các hợp chất này.



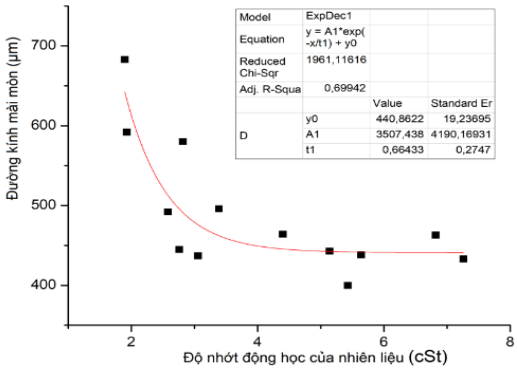
Hình 3. Ảnh hưởng của hàm lượng lưu huỳnh đến độ bôi trơn của nhiên liệu

Độ bền các liên kết của lưu huỳnh tăng theo thứ tự: mercaptan - sulpphur - disulphur - thiophen. Theo thứ tự đó các hợp chất có hoạt tính cao hơn (mercaptan, sulphua) sẽ bị loại bỏ trước, hợp chất còn lại khó loại bỏ hơn là các thiophen. Benzo - và dibenzothiophen có tính hoạt động bề mặt kém, không đảm bảo tạo lớp bôi trơn trên bề mặt ma sát.

Ảnh hưởng của độ nhớt đến độ bôi trơn

Với mục tiêu đánh giá ảnh hưởng của độ nhớt động học nhiên liệu đến độ bôi trơn thực hiện thí nghiệm trên các mẫu nhiên liệu có hàm lượng lưu huỳnh lớn hơn 0,1% và độ nhớt thay đổi trong giới hạn đủ lớn. Kết quả thực hiện trên máy đo độ ma sát "Bốn bi cầu" thể hiện trên Hình 4.

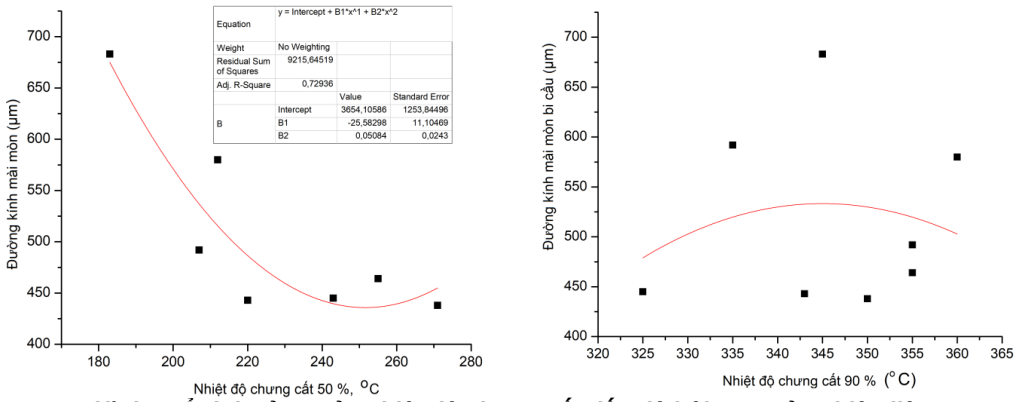
Kết quả thí nghiệm cho thấy độ nhớt động học có ảnh hưởng đáng kể đến độ bôi trơn của nhiên liệu. Đường kính mài mòn các bi cầu tăng khi độ nhớt của nhiên liệu giảm. Điều này có thể giải thích rằng, trong nhiên liệu có độ nhớt cao chứa nhiều hơn các chất hoạt động bề mặt hơn nhiên liệu có độ nhớt thấp. Ngoài ra giảm độ nhớt của nhiên liệu dẫn đến độ dày màng dầu bảo vệ bề mặt ma sát giảm, làm thay đổi chế độ bôi trơn từ bôi trơn thủy động sang bôi trơn màng mỏng, từ đó làm tăng đường kính mài mòn bi cầu thử nghiệm. Cường độ mài mòn tăng nhanh khi giá trị độ nhớt nhỏ hơn 3 cSt.



Hình 4. Ảnh hưởng độ nhớt động học đến độ bôi trơn của nhiên liệu

Ảnh hưởng của phân đoạn chưng cất đến khả năng bôi trơn của nhiên liệu

Trong quá trình sản xuất nhiên liệu chứa hàm lượng lưu huỳnh thấp, sự phân bố các hợp chất lưu huỳnh phụ thuộc nhiệt độ sôi của dầu mỏ và phương pháp chiết tách lưu huỳnh rất được quan tâm. Ảnh hưởng đến độ bôi trơn của nhiên liệu không chỉ có hàm lượng lưu huỳnh mà phân đoạn chưng cất cũng có tác động không nhỏ [4]. Phân đoạn chưng cất của dầu diesel thường được xác định thông qua hai chỉ số: nhiệt độ chưng cất 50% và nhiệt độ chưng cất 90%. Kết quả thí nghiệm cho thấy, nhiệt độ chưng cất 50% có ảnh hưởng đến độ bôi trơn. Theo chiều giảm nhiệt độ chưng cất 50% đường kính mài mòn bi cầu tăng đáng kể (Hình 5). Giảm nhiệt độ chưng cất 50% đồng nghĩa với việc trong thành phần của nhiên liệu thiếu đi các hợp chất vòng thơm, hợp chất dị phân tử có tính bôi trơn cao. Trong khi đó nhiệt độ chưng cất 90% không thể hiện sự ảnh hưởng lên đường kính mài mòn bi cầu.



Hình 5. Ảnh hưởng của nhiệt độ chưng cất đến độ bôi trơn của nhiên liệu

4. Kết luận

Kết quả nghiên cứu độ bôi trơn của nhiên liệu tàu thủy thực hiện trên máy đo "Bốn bi cầu" cho thấy hàm lượng lưu huỳnh, độ nhớt động học và nhiệt độ chưng cất 50% có ảnh hưởng lớn đến độ bôi trơn. Khi hàm lượng lưu huỳnh trong nhiên liệu giảm từ 0,426% xuống dưới 0,1% đường kính mài mòn bi cầu tăng lên 39,72%. Độ nhớt động học của nhiên liệu ảnh hưởng đến chế độ bôi trơn, độ dày màng dầu trên các bề mặt ma sát. Độ bôi trơn giảm khi độ nhớt động học giảm, nhiên liệu có độ nhớt nhỏ hơn 2 cSt không đáp ứng yêu cầu bôi trơn thiết bị hệ thống nhiên liệu. Nhiệt độ chưng cất 50% tỉ lệ thuận với độ bôi trơn trong khì nhiệt độ chưng cất 90% không thể hiện sự ảnh hưởng.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1] Руководство по применению положений международной конвенции МАРПОЛ 73/78. СПб.: Российский морской регистр судоходства. 84 с, 2009.
[2] Надежкин А. В., Глушков С. В., Лыу К. Х. Результаты ресурсных испытаний плунжерных пар топливных насосов на различных видах судовых дистиллятных топлив. СПб.: НИЦ Морские интеллектуальные технологии. №3 (33), Т.1. С. 146-152, 2016.
[3] Надежкин А.В., Лыу Куанг Хиеу. Разработка методики оценки влияния характеристик судовых дистиллятных топлив на их смазывающую способность. Научные проблемы транспорта Сибири и Дальнего Востока. №2. С. 148-152, 2015.
[4] Митусова Т. Н., Полин Е. В., Калинин М. В. Исследования противоизносных свойств дизельных топлив. Нефтенереработки и нефтехимия. №2. С. 20-22, 1998.
[5] Guoxian Yu, Shangxiang Lu, Hui Chen, Zhongnan Zhu. Oxidative desulfurization of diesel fuels with hydrogen peroxide in the presence of activated carbon and formic acid. Energy&Fuels. V. 19, pp. 447-452, 2005.
[6] Ian Crutchley. Low sulphur diesel can lead to extensive wear. Ship & Offshore. № 4, pp. 14-17, 2010.
[7] GOST 9490-75. Liquid lubricating and plastic materials. Method of test for lubricating properties on four ball machine.
[8] Кривцов Е. Б., Головко А. К. Кинетика окислительного обессеривания дизельной фракции нефти смесью пероксид водорода - муравьиная кислота. Нефтехимия. 2014. Т. 54, №1. С. 52-58.
[9] Guideline for the Operation of Marine Engines on Low Sulphur Distillate Diesel, MAN Diesel & Turbo. 23 p, 2013.
[10] Low sulphur guidelines. Wärtsilä Switzerland Ltd. 23 p, 2006.

Ngày nhận bài: 21/01/2019
Ngày nhận bản sửa: 26/02/2019
Ngày duyệt đăng: 07/03/2019