

# CÁC PHƯƠNG PHÁP BÔI TRƠN THỦY ĐỘNG ĐÀN HỒI CHO Ổ ĐỠ CHỊU TẢI TRỌNG THAY ĐỔI

● NGUYỄN ĐÌNH HẢI - ĐỖ HỒNG VIỆT

## TÓM TẮT:

Tuổi thọ và độ tin cậy của kết cấu ma sát phụ thuộc rất nhiều vào chế độ bôi trơn. Việc nghiên cứu đặc tính bôi trơn ổ đầu to thanh truyền trong quá trình làm việc đang được các nhà khoa học cũng như các nhà sản xuất, bảo dưỡng và sửa chữa hết sức quan tâm. Kết quả nghiên cứu các phương pháp bôi trơn thủy động đàn hồi cho ổ đỡ chịu tải trọng thay đổi sẽ được vận dụng vào thực tế sản xuất, nhằm nâng cao hiệu suất làm việc của thiết bị, hạn chế tối đa các sai sót trong chế tạo, cũng như trong công tác bảo dưỡng hay các ảnh hưởng khác không tốt từ môi trường tới các thiết bị trong quá trình vận hành.

**Từ khóa:** đặc tính bôi trơn, bôi trơn thủy động đàn hồi, bôi trơn tải trọng thay đổi.

## 1. Đặt vấn đề

Bôi trơn thủy động đàn hồi cho ổ đầu to thanh truyền là vấn đề rất phức tạp do các thông số ảnh hưởng tới ứng xử của màng dầu và các bề mặt ma sát (bề mặt rắn). Từ nhiều thập kỷ trước, vấn đề bôi trơn thủy động đã được xem xét trong nhiều nghiên cứu. Năm 1949, Grubin [1], đã xác định biến dạng đàn hồi của bề mặt và ảnh hưởng độ nhớt áp trong tiếp xúc hetz. Các tác giả khác chỉ ra rằng áp suất lớn làm biến dạng đàn hồi cục bộ bề mặt trong vùng tiếp xúc.

Năm 1959, Dowson và Higginson [2] đã đưa ra phương pháp lặp, gọi là phương pháp nghịch đảo để có được giải pháp cho vấn đề EHD. Theo phương pháp này chiều dày màng dầu bôi trơn được xác định theo trường áp suất. Mà trường áp suất được quyết định bởi tải tác dụng. Sử dụng chu trình lặp, chiều dày màng dầu bôi trơn được xác định nhờ việc giải phương trình đàn hồi và phương trình Reynolds. Tuy nhiên, trường hợp này, phương trình Reynolds là một chiều và phương pháp không áp dụng cho trường hợp tải nhỏ nếu các bề mặt song song trong vùng tiếp xúc.

Năm 1979, Bernard FANTINO [3] là người đầu tiên nghiên cứu ảnh hưởng của độ nhớt dầu bôi trơn đến ổ đỡ thanh truyền bằng vật liệu đàn hồi dưới tác dụng của tải trọng nặng trên cơ sở giải phương trình Reynolds và phương trình đàn hồi. Phương trình Reynolds được giải bằng phương pháp sai phân hữu hạn với phương pháp lặp Gauss-Seiden.

Năm 1981, Fantino [4] đưa ra giải pháp EHD cho ổ của thanh truyền dưới tác dụng của tải trọng động, phương trình Reynolds được giải với điều kiện biên của Gumbel. Năm 1985, Fantino và Frêne [5] đưa ra so sánh tính toán bôi trơn cho thanh truyền của động cơ xăng và diesel. Cùng năm đó, Oh và Goenka [4] đã giới thiệu nghiên cứu về đặc tính bôi trơn ổ đầu to thanh truyền có tính đến sự gián đoạn màng dầu trong quá trình làm việc. 1995, Bonneau [6] đã xây dựng một thuật toán để tính đặc thủy động đàn hồi, sau đó áp dụng tính cho ổ đỡ thanh truyền của động cơ trong điều kiện làm việc thực tế.

Năm 2001, Bonneau và Hajjam [7] giới thiệu thuật toán mới dựa trên mô hình JFO tính toán bôi trơn ổ đỡ và ổ đầu to thanh truyền. Thuật toán này đảm bảo theo dõi được sự gián đoạn và điền đầy

màng dầu bôi trơn của các tiếp xúc EHD. Biến dạng đàn hồi của bề mặt được tính thông qua các ma trận đàn hồi. Mặt khác, sự rời rạc hóa các phương trình được thực hiện bằng phương pháp phần tử hữu hạn và phân tích chính xác bôi trơn ổ. Các kết quả của nghiên cứu áp dụng cho ổ đầu to thanh truyền của động cơ xe công thức 1 và cho ổ làm việc trong điều kiện khắc nghiệt. Trong cùng năm, Rebota và Stefani [8] nghiên cứu ảnh hưởng của lực vặn vít ghép hai nửa đầu to thanh truyền tới hiệu ứng EHD của ổ đầu to thanh truyền. Năm 2005, Fatu [9] đã nghiên cứu mô phỏng số và thực nghiệm bôi trơn ổ động cơ trong các điều kiện làm việc khắc nghiệt. Mục đích của nghiên cứu này nhằm giúp các nhà thiết kế ổ trục có các công cụ tính toán nhanh và hiệu quả. Sự thay đổi của độ nhớt, ảnh hưởng của hiệu ứng nhớt và chất lỏng phi Newton được nghiên cứu trong các trường hợp phức tạp của ổ đầu to thanh truyền. Năm 2006, Tran [10] đã nghiên cứu thực nghiệm và mô phỏng số bôi trơn ổ đầu to thanh truyền có tính đến sự phân cách có chất bôi trơn hoặc không giữa hai nửa của ổ đầu to thanh truyền. Một mô phỏng số mới cho vấn đề EHD trong màng dầu và tiếp xúc giữa hai nửa đầu to thanh truyền được đưa ra: các phương trình Reynolds, chiều dày màng dầu, cân bằng tải, tiếp xúc với định luật ma sát Coulomb trong bề mặt phân cách giữa hai nửa thanh truyền được rời rạc bởi phương pháp phần tử hữu hạn và được giải bằng phương pháp Newton-Raphson. Đến năm 2012, Thomas Lavie [11] đưa ra phương pháp tối ưu hóa bôi trơn ổ đầu to thanh truyền. Tổn thất năng lượng do ma sát tại ổ đầu to thanh truyền là không nhỏ, nó ảnh hưởng tới người sử dụng. Hơn nữa, các tiêu chuẩn về gây ô nhiễm môi trường của các loại động cơ ngày càng khắt khe, cần phải thực hiện các cải tiến trên tất cả các thanh truyền để làm giảm tổn thất năng lượng. Tác giả đề xuất một phần mềm TEHD sử dụng phương pháp thí nghiệm kế hoạch để đưa ra sự tiêu hao. Các tính toán được kiểm chứng, đánh giá bằng thực nghiệm trên băng thử với điều kiện hoạt động thực tế của các thanh truyền trong động cơ.

Ở Việt Nam có rất ít nghiên cứu, chủ yếu là bôi trơn thủy động, rất ít nghiên cứu về bôi trơn thủy động đàn hồi và bôi trơn tải trọng thay đổi. Năm 1999, TS Trần Thị Thanh Hải [12] đã nghiên cứu

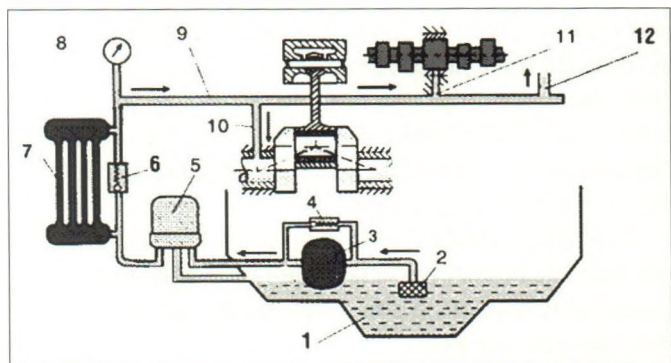
tính toán ổ đỡ thủy động và xây dựng thiết bị khảo sát đặc tính bôi trơn của ổ đỡ. Năm 2001, nhóm tác giả Nguyễn Xuân Toàn, Trần Thị Thanh Hải, Dương Minh Tuấn [13] đã nghiên cứu xây dựng chương trình tự động tính toán bôi trơn thủy động (ổ đỡ) có tính đến các sai số hình học. Các tác giả đã trình bày quá trình tính toán ổ đỡ thủy động sử dụng phương pháp sai phân hữu hạn giải phương trình Reynolds. Năm 2005, Nghiên cứu Thiết kế và chế tạo thiết bị đo áp suất ổ thủy động dùng các phương pháp biểu thị và đánh giá hiện đại của tác giả Phạm Văn Hùng [14]. Năm 2014, nhóm tác giả Nguyễn Đình Tân, Lưu Trọng Thuận, Trần Thị Thanh Hải [15] đã đưa ra chương trình tự động tính toán bôi trơn ổ đỡ có tính đến hiện tượng gián đoạn màng dầu cho ổ đỡ thủy động với điều kiện biên Reynolds.

## 2. Vai trò của hệ thống bôi trơn

Hệ thống bôi trơn trong động cơ nhiệt nói chung và trong hệ biên - khủy nói riêng có nhiệm vụ đưa dầu nhờn đến bôi trơn các bề mặt ma sát. Lọc sạch các chất cặn bẩn trong dầu nhờn khi dầu nhờn tẩy rửa các bề mặt ma sát này. Ngoài ra, hệ thống bôi trơn còn có nhiệm vụ làm mát dầu nhờn để đảm bảo các tính năng lý - hoá của chúng trong giới hạn cho phép, đảm bảo việc bôi trơn có hiệu quả. (Hình 1).

**Hình 1: Sơ đồ hệ thống bôi trơn cưỡng bức.**

1. Các te dầu; 2. Phao hút dầu; 3. Bơm bánh răng; 4. Van an toàn; 5. Bầu lọc dầu; 6. Van an toàn; 7. Kết làm mát; 8. Đồng hồ báo áp suất; 9. Đường dầu chính; 10. Bôi trơn trực khuỷu; 11. Bôi trơn trục cam.



Hệ thống bôi trơn sử dụng trên các loại động cơ nhiệt đều sử dụng dầu nhờn để làm tiêu hao công suất do ma sát gây ra tại ổ trục, hệ biên - khủy và một số bề mặt chuyển động khác. Đưa nhiệt lượng do ma sát sinh ra ra ngoài, thải vào môi trường xung quanh, nhờ đó làm giảm được lượng mài mòn của

các chi tiết máy, bảo vệ các chi tiết máy trong động cơ không bị gỉ. Sau đây ta xem xét sơ đồ hệ thống bôi trơn cưỡng bức (Hình 1) điển hình thường được sử dụng trong các động cơ nhiệt.

Hệ thống bôi trơn trong hệ biên - khử động cơ nhiệt có 3 nhiệm vụ chính:

**- Bôi trơn các bề mặt ma sát, làm giảm tổn thất ma sát.**

Hệ thống bôi trơn của các loại động cơ nhiệt đều dùng dầu nhờn đem vào giữa các bề mặt chuyển động tương đối với nhau, nhằm mục đích ngăn cản hoặc giảm bớt sự tiếp xúc trực tiếp giữa hai bề mặt ma sát (giữa bạc và ngõng trục, giữa bạc và ốc piston...). Tùy theo chất và lượng của lớp dầu bôi trơn mà ma sát trượt được chia làm 3 loại: ma sát khô (không có dầu), ma sát ướt (luôn luôn có dầu ngăn cách hai bề mặt ma sát), ma sát tới hạn (nửa khô, nửa ướt).

**- Làm mát ổ trục.**

Sau một thời gian làm việc, công sinh ra từ quá trình cháy, do tổn thất ma sát sẽ chuyển thành nhiệt năng. Chính nhiệt năng này làm cho nhiệt độ của ổ trục tăng lên rất cao. Nếu không có dầu nhờn, các bề mặt ma sát nóng dần lên quá nhiệt độ giới hạn cho phép, sẽ làm nóng chảy các hợp kim chống mài mòn, bong tróc, cong vênh chi tiết... Dầu nhờn trong trường hợp này đóng vai trò làm mát ổ trục, tản nhiệt do ma sát sinh ra khỏi ổ trục, đảm bảo nhiệt độ làm việc bình thường của ổ trục. So với nước, tuy rằng dầu nhờn có nhiệt hóa hơi khoảng 40-70 Kcal/kg. Trong khi đó nhiệt độ hóa hơi của nước là 590 Kcal/kg, khả năng dẫn nhiệt của dầu nhờn cũng rất nhỏ: 0,0005 cal/OC.g.s, của nước là 0,0015 cal/OC.g.s. nghĩa là khả năng thu thoát nhiệt của dầu nhờn rất thấp so với nước. Thế nhưng, nước không thể thay thế được chức năng của dầu nhờn, do còn phụ thuộc vào một số đặc tính lý hoá khác.

Vì lý do đó, để dầu nhờn phát huy được tác dụng làm mát các bề mặt ma sát, đòi hỏi bơm dầu của hệ thống bôi trơn phải cung cấp cho các bề mặt ma sát một lượng dầu đủ lớn.

**- Tẩy rửa bề mặt ma sát.**

Khi hai chi tiết kim loại ma sát với nhau, các hạt kim loại sẽ sinh ra trên các bề mặt ma sát, làm tăng mài mòn. Nhưng nhờ có lưu lượng dầu đi qua bề mặt ma sát đó, các hạt kim loại và cặn bẩn ở trên bề mặt được dầu mang đi, làm cho bề mặt sạch, giảm lượng mài mòn.

### **3. Các phương pháp bôi trơn trong động cơ đốt trong**

Trong động cơ nhiệt, có nhiều bề mặt chuyển động tương đối với nhau tạo thành từng cặp như trục khuỷu - đầu to thanh truyền, chốt piston - đầu nhỏ thanh truyền, piston-xilanh...

Kết cấu các cặp chi tiết, số lượng, cách bố trí trong mỗi động cơ khác nhau. Do vậy, để cung cấp đủ dầu nhờn một cách liên tục đến các bề mặt ma sát của chi tiết máy khi làm việc có chuyển động tương đối của động cơ, ta có thể lựa chọn những phương án bôi trơn, cách bố trí hệ thống bôi trơn khác nhau.

Lựa chọn phương án bôi trơn cho các cụm chi tiết phải dựa vào tốc độ, công suất, mức phụ tải tác dụng lên ổ trục, công dụng của động cơ. Mỗi phương án bôi trơn đều có ưu, nhược điểm riêng nên ta phải dựa vào các yêu cầu cụ thể và điều kiện làm việc của động cơ mà lựa chọn cho hợp lý.

#### **3.1. Bôi trơn bằng phương pháp vung té dầu**

Nguyên lý làm việc: Dầu nhờn được chứa trong các te. Khi động cơ làm việc nhờ vào thìa múc dầu lắp trên đầu to thanh truyền, dầu được múc và tung lên lúc thanh truyền dao động lắc. Nếu như mức dầu trong các te bố trí xa thìa múc thì có thêm bơm dầu có kết cấu đơn giản để bơm dầu lên máng phụ 6, sau đó dầu nhờn được hắt tung lên. Cứ mỗi vòng quay của trục khuỷu, thìa múc hắt dầu lên một lần. Các hạt dầu vung té ra bên trong không gian các te sẽ rơi tự do xuống các bề mặt ma sát của ổ trục. Để đảm bảo cho các ổ trục không bị thiếu dầu, trên các vách ngăn trên ổ trục thường có các vách ngăn hứng dầu khi dầu tung lên.

Phương pháp bôi trơn này đơn giản nhưng hiệu quả kém, dầu chóng bị hóa già. Do đó ít dùng, chỉ dùng trên động cơ nhỏ kiểu cũ (Hình 2).

#### **3.2. Bôi trơn bằng phương pháp cưỡng bức**

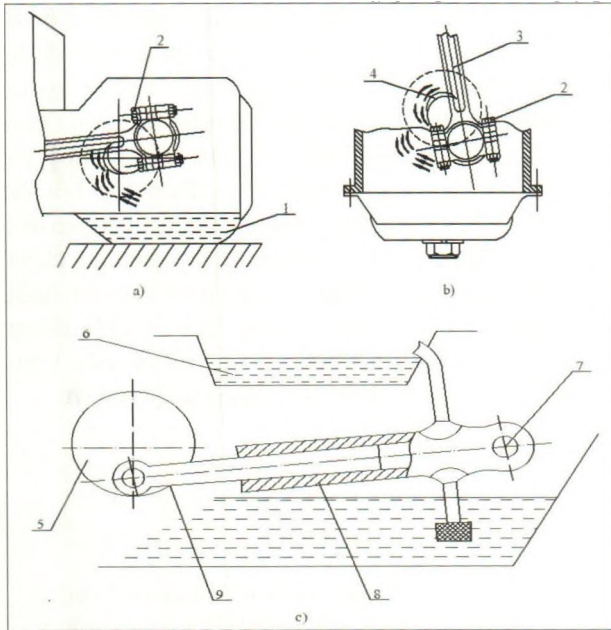
Trong các động cơ nhiệt nói chung và động cơ ô tô nói riêng hiện nay đều dùng phương án bôi trơn cưỡng bức. Dầu nhờn trong hệ thống bôi trơn, từ nơi chứa dầu được bơm đẩy đến các bề mặt ma sát dưới một áp suất cần thiết nhất định, gần như đảm bảo các yêu cầu về bôi trơn làm mát và tẩy rửa các bề mặt ma sát ổ trục của hệ thống bôi trơn.

Hệ thống bôi trơn cưỡng bức gồm các thiết bị sau: thùng chứa dầu hoặc các te, bơm dầu, bầu lọc thô, bầu lọc tinh, két làm mát dầu nhờn, các đường ống dẫn dầu, đồng hồ báo áp suất, nhiệt độ dầu, ngoài ra còn có các van. Tùy theo vị trí chứa dầu và

**Hình 2: Sơ đồ nguyên lý bôi trơn bằng phương pháp vung té dầu.**

a, Bôi trơn vung té trong động cơ nằm; b, Bôi trơn vung té trong động cơ đứng; c, Bôi trơn vung té có bơm dầu đơn giản.

1- Cacte; 2- Bulông thanh truyền; 3- Thanh truyền; 4- Thìa múc dầu; 5 - Bánh lệch tâm; 6- Máng dầu phụ; 7- Điểm tựa; 8- Thân bơm; 9- Piston



đưa dầu đi bôi trơn, người ta chia hệ thống bôi trơn cưỡng bức làm 2 loại: hệ thống bôi trơn cưỡng bức cacte ướt và hệ thống bôi trơn cưỡng bức cacte khô.

**3.3. Bôi trơn bằng phương pháp hỗn hợp**

Trên thực tế, đại đa số động cơ dùng kiểu bôi trơn này. Tức là kiểu bôi trơn vừa cưỡng bức vừa vung té. Trong đó, thường bôi trơn các loại ổ trục bằng phương pháp cưỡng bức, còn bôi trơn các bề mặt rộng (như thành xylanh) hoặc các bề mặt ma sát nhỏ nhưng bố trí rải rác (như dàn cò mổ) dùng phương pháp vung té. Nhiều động cơ sử dụng phương án bôi trơn đầu nhỏ thanh truyền, ổ trục cam cũng dùng phương pháp vung té dầu từ đầu to thanh truyền. Sở dĩ phải làm như vậy, vì kiểu bôi trơn cưỡng bức hoàn toàn sẽ rất phức tạp. Mặc dù nó có ưu điểm nổi bật là đảm bảo tốt chế độ bôi trơn các bề mặt ma sát.

Để làm giảm sự sủi bọt (làm tăng sự ôxy hoá của dầu) ở nhiều động cơ, đáy cacte được ngăn cách với phần trên bởi lưới lọc hoặc một tấm thép có lỗ. Phía dưới có hàn các tấm dùng để giữ cho dầu khỏi chảy về một phía (khi hãm máy hoặc lấy đà).

**3.4. Bôi trơn bằng phương pháp pha dầu nhờn vào nhiên liệu**

Loại bôi trơn này dùng trong động cơ xăng hai kỳ cỡ nhỏ quét khí bằng hộp trục khuỷu - cacte. Nghĩa là hộp trục khuỷu - cacte là một khối kín đóng vai trò như một máy nén khí để quét khí cho xylanh theo kiểu quét ngang.

Dầu nhờn được pha vào xăng với tỷ lệ thể tích (4÷5)%. Hỗn hợp dầu nhờn, nhiên liệu nhờ bộ chế hoà khí được xé thành các hạt nhỏ trộn với không khí tạo thành khí nạp và được nạp vào cacte. Tại đây các hạt dầu sẽ ngưng tụ bám lên các bề mặt ma sát để bôi trơn.

Kết cấu kiểu bôi trơn này rất đơn giản, nhưng nhược điểm lớn của nó là dầu nhờn trong hỗn hợp khí nạp đi vào xylanh khi cháy tạo thành muội than bám lên thành buồng cháy và đỉnh pittông, ngăn cản truyền nhiệt làm cho nóng máy.

**4. So sánh và đánh giá các phương pháp bôi trơn.**

Việc dùng hệ thống bôi trơn kiểu vung té làm giảm tuổi thọ của động cơ rất nhiều so với khi dùng hệ thống bôi trơn kiểu phối hợp (hoặc bôi trơn cưỡng bức). Đó là do những nguyên nhân sau: ta biết rằng một trong những chỉ tiêu quan trọng của dầu là độ bền chống ôxy hóa sẽ tạo nhựa đường và hắc ín, nó làm giảm chất lượng bôi trơn của dầu và làm tăng muội than. Muội than có độ dẫn nhiệt rất thấp làm cho các chi tiết và động cơ chóng bị quá nóng. Nhiệt độ quá cao làm giảm độ nhớt của dầu và có thể đến ma sát nửa ướt. Ngoài ra, nếu trong dầu có các hạt muội than rần cũng làm cho điều kiện bôi trơn xấu đi và tăng độ hao mòn. Việc ôxy hóa dầu xảy ra rất mạnh khi dầu ở trạng thái các hạt nhỏ và ở nhiệt độ 130÷1400C.

Do phương pháp dẫn dầu tới các vị trí bôi trơn không chắc chắn nên có nhiều khả năng xuất hiện ma sát nửa ướt. Mặt khác, mức chi phí dầu khi dùng phương pháp bôi trơn bằng cách vung té cao hơn khi dùng các loại hệ thống bôi trơn khác.

Những nhược điểm đó của hệ thống bôi trơn bằng cách vung té không thể bù lại được bởi ưu điểm của nó chỉ là kết cấu đơn giản.

Từ những nhận xét trên cho phép khẳng định rằng hệ thống bôi trơn bằng cách vung té thuần túy cũng như có sự lưu thông cưỡng bức là loại hệ thống bôi trơn rất cũ không thể đáp ứng được yêu cầu của hệ thống bôi trơn trên các loại động cơ hiện đại.

Hệ thống bôi trơn cưỡng bức là loại hiện đại làm

việc chắc chắn hơn nhưng phức tạp hơn. Nguyên nhân là do việc dẫn dầu cưỡng bức luôn đảm bảo có lớp dầu cần thiết và đảm bảo việc dẫn nhiệt ra từ các bề mặt làm việc được tốt hơn. Vì vậy, loại hệ thống này thường được ứng dụng ở các động cơ diesel cũng như các động cơ có bộ chế hòa khí có số vòng quay cao, trong đó lực quán tính của các bộ phận chuyển động qua lại và lực quán tính ly tâm có trị số cao.

Khi bôi trơn cưỡng bức, dầu được dẫn đến các vị trí bôi trơn với số lượng dư sẽ rửa các cặn bẩn và mặt kim loại, tạo điều kiện thuận lợi cho sự làm việc của các chi tiết chuyển động. Do đó, khi bôi trơn cưỡng bức, dầu ít tiếp xúc với các chi tiết máy và không khí nên dầu ôxy hoá chậm hơn, mức tiêu thụ dầu nhờn sẽ thấp hơn. Khi bôi trơn cưỡng bức (đặc biệt là khi dùng hệ thống bôi trơn cưỡng bức các cacte khô và trong hệ thống có bộ tản nhiệt) dầu luôn luôn được lọc và làm nguội do đó thời gian sử dụng của nó sẽ dài hơn.

## 5. Kết luận

Hoạt động nghiên cứu bôi trơn thủy động đàn hồi và bôi trơn ổ hệ ổ cho động cơ, đặc biệt là trong bôi trơn thủy động hệ biên khuy đang được đặc biệt quan tâm. Các kết cấu cần bôi trơn trong động cơ là trục khuỷu, nhóm piston - thanh truyền, Một số dạng bôi trơn đang được ứng dụng trong các động cơ nhiệt hiện nay, bôi trơn vung té dầu, bôi trơn cưỡng bức và bôi trơn hỗn hợp. Bài toán bôi trơn ổ dầu to thanh truyền là vấn đề phức tạp và luôn được các nhà nghiên cứu, các hãng công nghiệp quan tâm nhằm tăng độ tin cậy, tuổi thọ và hiệu suất của động cơ. Bài viết giúp hiểu rõ hơn về tác dụng và tầm quan trọng của bôi trơn thủy động đàn hồi và bôi trơn ổ hệ ổ cho động cơ, đặc biệt là trong bôi trơn thủy động hệ biên khuy để có thể lựa chọn đúng phương án bôi trơn cho các cụm chi tiết. Mỗi phương án bôi trơn đều có ưu, nhược điểm riêng nên phải dựa vào các yêu cầu cụ thể và điều kiện làm việc của động cơ mà lựa chọn cho hợp lý ■

## TÀI LIỆU THAM KHẢO:

1. Grubin A. N., 1949, "Fundamentals of the Hydrodynamic Theory of Lubrication of Heavily Loaded Cylindrical Surfaces," Tsentral. Nauk Issledovatel. Inst. Tecknol. i Mashinostroen, Moscow, D.S.I.R. Londres, Translation n° 337.
2. Dowson D., Higginson G. R., 1959, "A Numerical Solution to the Elastohydrodynamic Problem," J. mech. Engng Sci., Vol. 1, p. 6.
3. Fantino B., Frêne J., Du Parquet J., 1979, "Elastic Connecting-Rod Bearing with Piezoviscous Lubricant : Analysis of the Steady-State Characteristics," Transactions of the ASME Journal of Lubrication Technology, Vol. 101, pp. 190-200.
4. Fantino B., 1981, "Influence des Défauts de Forme et des Déformations Élastiques des Surfaces en Lubrification Hydrodynamique sous Charges Statiques et Dynamiques," Thèse de Docteur d'Etat ès Sciences, Université Claude Bernard, Lyon I.
5. Fantino B., Frêne J., 1985, "Comparison of Dynamic Behavior of Elastic Connecting-Rod Bearing in both Petrol and Diesel Engine," Transactions of the ASME Journal of Tribology, Vol. 107, pp. 87-91.
6. Bonneau D., Guines D., Frêne J., Toplosky J., 1995, "EHD Analysis, Including Structural Inertia Effects and a Mass-Conserving Cavitation Model," Transactions of the ASME Journal of Tribology, Vol. 117, pp. 540-547.
7. Bonneau D. et Hajjam M., 2001, "Modélisation de la Rupture et de la Réformation des Films Lubrifiants dans les contacts Elastohydrodynamiques", Revue Européenne des Eléments Finis, pp. 679-704, Reef-10/2001.
8. Rebora A., Stefani F., 2001, "Elastohydrodynamic analysis of a connecting rod bearing for high performance engines", Proceeding of the 2nd World Tribology Congress.
9. Fatu A., 2005, "Modélisation numérique et expérimentale de la lubrification de palier de moteur soumis à des conditions sévères de fonctionnement", Thèse de doctorat de l'Université de Poitiers.
10. Tran T.T.H, 2006, "Etude expérimentale et modélisation des interactions lubrifiées ou non entre les différents corps d'un palier de tête de bielle", Thèse de doctorat de l'Université de Poitiers.

11. Thomas Lavie, 2012, "Optimisation de la lubrification des paliers de tete de bielle desmarche methologique", de doctorat de l'Université de Poitiers.
12. Trần Thị Thanh Hải, 1999, "Nghiên cứu bôi trơn ổ đỡ thủy động có tính đến sai số hình dạng hình học của ổ", Luận văn cao học, Trường Đại học Bách khoa Hà nội.
13. Xuan Toan Nguyen, Thi Thanh Hai Tran, Minh Tuan Duong, "Building the automatic computing program for hydrodynamic lubrication bearings with researching the shape geometrical errors of bearings", the 19th Scientific Conference of HUT, 2001, pp 83-87.
14. Phạm Văn Hùng, 2005, "Nghiên cứu thiết kế và chế tạo thiết bị đo áp suất ổ thủy động dùng các phương pháp biểu thị và đánh giá hiện đại", Đề tài cấp Bộ, Mã số B2005-28-216.
15. Nguyễn Đình Tân, Lưu Trọng Thuận, Trần Thị Thanh Hải, 2014, "Xây dựng chương trình tự động tính toán bôi trơn ổ đỡ có tính đến hiện tượng gián đoạn màng dầu", Tạp chí Cơ khí Việt Nam số 3 năm 2014.

**Ngày nhận bài: 2/2/2024**

**Ngày phản biện đánh giá và sửa chữa: 23/2/2024**

**Ngày chấp nhận đăng bài: 2/3/2024**

*Thông tin tác giả:*

**1. ThS. NGUYỄN ĐÌNH HẢI**

**2. ThS. ĐỖ HỒNG VIỆT**

**Trung tâm Việt - Nhật, Đại học Công nghiệp Hà Nội**

## **ELASTO-HYDRODYNAMIC LUBRICATION METHODS FOR BEARINGS SUBJECTED TO VARIABLE LOADS**

● Master. **NGUYEN DINH HAI**<sup>1</sup>

● Master. **DO HONG VIET**<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Vietnam - Japan Center, Hanoi University of Industry

### **ABSTRACT:**

The service life and reliability of friction structures greatly depend on the lubrication mode. Exploring the lubrication characteristics of connecting rod bearings during work is of great interest to scientists as well as manufacturers, maintainers, and repairers. The results from studies on elasto-hydrodynamic lubrication methods for bearings subjected to variable loads could be applied in actual production to improve equipment performance, minimize errors in production and maintenance, and limit environmental influences on the equipment during operation.

**Keywords:** lubricating properties, elastic hydrodynamic lubrication, variable load lubrication.