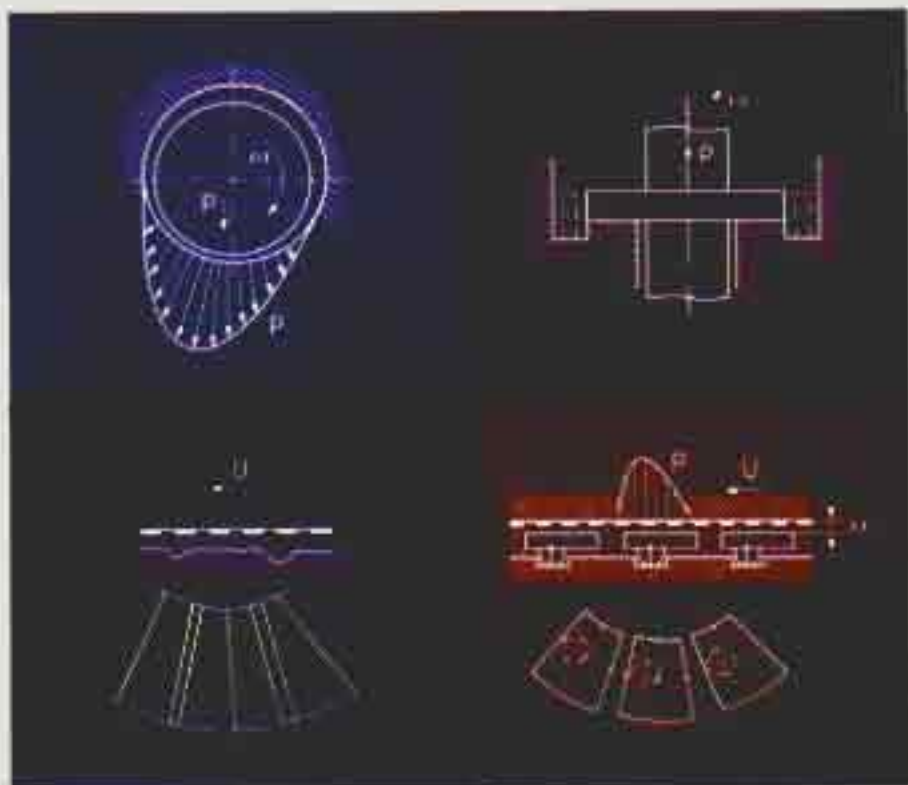


TSKH NGUYỄN ANH TUẤN  
ThS. BÙI VĂN GÔN

# LÝ THUYẾT BÔI TRƠN ƯỚT



XÂY DỰNG



VS.GS.TSKH NGUYỄN ANH TUẤN  
GVC. ThS BÙI VĂN GÔN

LÝ THUYẾT  
**BÔI TRƠN ƯỚT**

NHÀ XUẤT BẢN XÂY DỰNG  
HÀ NỘI - 2006



## LỜI NÓI ĐẦU

*Ma sát- hiện tượng kỳ lạ của thiên nhiên đã mang lại cho con người nhiệt và lửa, cho phép hãm con tàu, ô tô đang chạy với tốc độ cao trong khoảnh khắc, tăng tốc độ của phản ứng hóa học hàng ngàn lần, ghi giọng nói của con người lên đĩa, nghe âm thanh của cây vĩ cầm và còn rất nhiều việc khác.*

*Nhưng hiện nay gắn liền với ma sát là một trong những vấn đề cấp thiết nhất của thời đại - sự hao mòn của máy móc và thiết bị. Chi phí cho việc sửa chữa máy móc do mòn rất lớn và tăng lên hàng năm. Phần lớn máy móc thiết bị (85-90%) không tiếp tục làm việc vì nguyên nhân hao mòn các chi tiết. Chi phí cho việc sửa chữa máy móc thiết bị và các phương tiện vận tải ở Liên Xô cũ là 40 tỷ rúp (một năm), ở Cộng hòa Liên bang Đức lên đến 100 tỷ Mác - chiếm trên 1% ngân sách...*

*Theo báo cáo của Jost Peter (tại Chính phủ Hoàng gia Anh), hiệu quả kinh tế do kỹ thuật ma sát mang lại cho Vương quốc là 0,5 tỷ bảng Anh tương đương với 2% thu nhập của nền kinh tế quốc dân. Hiệu quả này hàng năm ở Mỹ là 12 đến 16 tỷ ĐôLa và ở Liên Xô cũ là 12 tỷ Rúp.*

*Việc kéo dài tuổi thọ của máy dù ở mức độ không lớn cũng ngang việc đưa vào một lực lượng sản xuất đáng kể. Vấn đề này đã được sự chú ý của đông đảo các nhà thiết kế, công nghệ, những người sử dụng và các nhà bác học nhiều ngành nhằm đưa ra những biện pháp về thiết kế, công nghệ, sử dụng để nâng cao tuổi thọ - độ tin cậy của máy móc thiết bị, đồng thời phát triển học thuyết về ma sát - bôi trơn.*

*Nội dung ma sát khi bôi trơn ướt hiện rất được quan tâm, vì chế độ ma sát ướt đang góp phần quan trọng nâng cao tuổi thọ và độ tin cậy cho các thiết bị cơ khí. Để đáp ứng yêu cầu học tập - nghiên cứu - tham khảo của sinh viên, học viên cao học và kỹ sư, chúng tôi biên soạn giáo trình "**Lý thuyết bôi trơn ướt**". Giáo trình đã được PGS.TS Đỗ Xuân Đình, chủ nhiệm bộ môn Cơ sở kỹ thuật cơ khí - trường Đại học Xây Dựng đọc - góp ý và được xuất bản nhân dịp kỉ niệm 50 năm thành lập trường Đại học Bách Khoa Hà Nội, 50 năm đào tạo - 40 năm thành lập trường Đại học Xây Dựng.*

*Chúng tôi trân trọng cảm ơn và đón nhận những ý kiến đóng góp của bạn đọc và các đồng nghiệp.*

**Các tác giả**



## Chương 1

# ĐẠI CƯƠNG VỀ BÔI TRƠN ƯỚT

### 1.1. HIỆN TƯỢNG MA SÁT KHÍ BÔI TRƠN ƯỚT

Khi sôi trơn ướt, bề mặt ma sát được phân chia bởi lớp sôi trơn lỏng (dầu). Áp suất của dầu sôi trơn sẽ cân bằng với ngoại lực và lớp dầu được gọi là *lớp tải*.

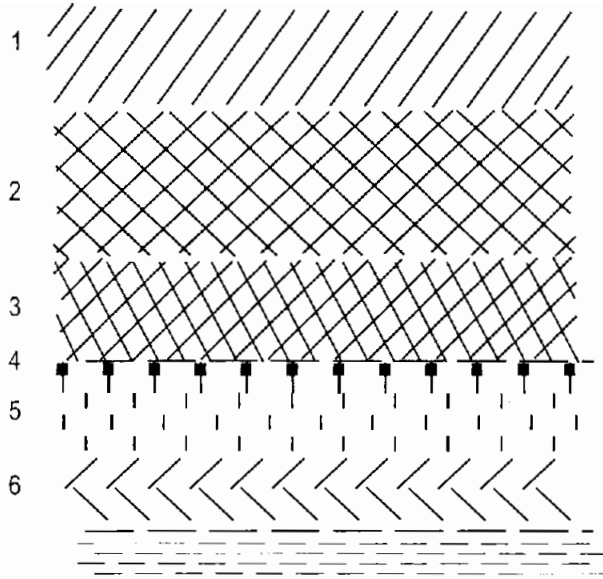
Chiều dày lớp dầu lớn hạn chế ảnh hưởng của bề mặt ma sát tới các phần tử dầu ở xa. Các lớp cách bề mặt  $0,5\mu\text{m}$  sẽ chuyển động tự do với nhau, lực ma sát phụ thuộc vào độ nhớt của dầu bằng tổng lực cản trượt của các lớp dầu theo chiều dày màng dầu.

Chế độ ma sát này với hệ số ma sát nhỏ là tối ưu với kết cấu ma sát về phương diện mất mát năng lượng, độ bền và tuổi thọ. Trong sôi trơn ướt, ma sát không phụ thuộc vào bản chất của bề mặt ma sát.

Hiện tượng ma sát sôi trơn ướt đã được phát hiện bởi Pêtrov- người sáng lập cơ sở lý thuyết sôi trơn thủy động. Lý thuyết sôi trơn thủy động được xây dựng trên cơ sở một số giả thiết đơn giản hóa ảnh hưởng của các nhân tố cho ta phương pháp xác định khả năng tải và chiều dày tối thiểu của lớp sôi trơn.

Tuy nhiên, hiện tượng ma sát khi sôi trơn ướt phức tạp hơn so với kết luận rút ra từ lý thuyết sôi trơn thủy động (mới chỉ bao gồm mặt cơ học thuần túy của quá trình). Những nghiên cứu gần đây cho thấy trong mặt cắt của bề mặt kim loại và lớp vật liệu sôi trơn lỏng: "*các phần tử của chất hoạt tính bề mặt có trong dầu được hấp thụ trên bề mặt trong lớp phân tử mỏng trên đó tạo thành lớp giới hạn liên lớp giới hạn là vùng chuyển động rối vi mô và cuối cùng mới là dòng dầu chảy tầng*" (hình 1.1).

Theo xác định của N.V. Chiabin và Nguyễn Anh Tuấn: "*Trong dòng dầu luôn tồn tại vùng không có sự trượt theo lớp vật liệu sôi trơn so với thành*".

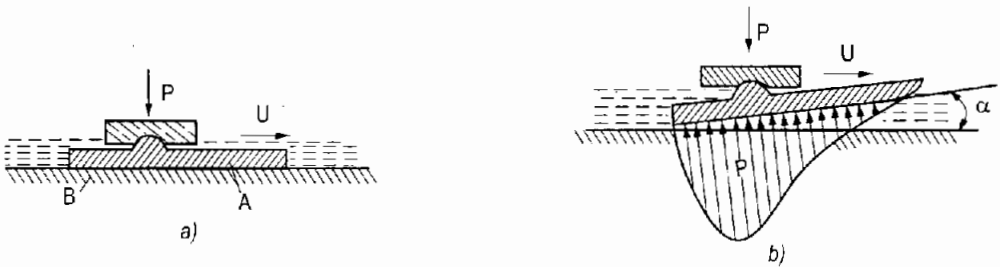


**Hình 1.1.** Sơ đồ mặt cắt của bề mặt kim loại và lớp vật liệu bôi trơn lỏng  
 1- cấu trúc kim loại ban đầu; 2- tinh thể bị biến dạng có hướng; 3- tinh thể bị phá hủy, bị ô xy hóa và lớp hấp thụ bề mặt; 4- lớp phân tử đơn; 5- lớp giới hạn; 6- vùng chuyển động rối vi mô; 7- dòng dầu chảy tầng.

## 1.2. PHƯƠNG PHÁP BÔI TRƠN UỚT

### 1.2.1. Phương pháp bôi trơn thủy động

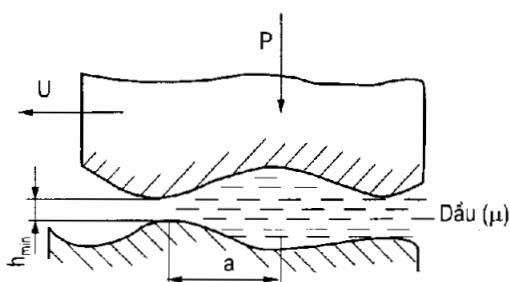
Giả sử có hai tấm phẳng A và B ngâm trong dầu và chịu một lực P (hình 1.2). Tấm A chuyển động với vận tốc U, nếu U nhỏ: hai tấm vẫn tiếp xúc với nhau - chế độ ma sát giữa chúng là nửa ướt (hình 1.2a). Khi vận tốc U tăng lên đủ lớn tấm A sẽ được nâng lên trong dầu tạo nên khe hở hình chêm giống như trường hợp lướt ván (hình 1.2b).



**Hình 1.2**

Nhờ có độ nhớt các lớp dầu sẽ liên tục chuyển động cùng với tấm A và dồn vào khe hẹp, bị nén lại, do đó tạo nên áp suất đủ cân bằng với tải trọng P. Lúc này chuyển động được thực hiện trong chế độ ma sát ướt và áp suất p được hình thành trong khe hở hình chêm thay đổi theo phương trình Rây-nô-l.

Trong trường hợp độ nhấp nhô tự nhiên giữa các khu vực tiếp xúc tạo ra những chỗ thu hẹp mở rộng theo chiều cao và hướng chuyển động tương đối. Khi lượng dầu đủ lớn thì sự thu hẹp sẽ đóng vai trò những nêm vi mô thủy động, có tác dụng tạo lực nâng ngay cả khi vận tốc U khá nhỏ (hình 1.3). Tuy nhiên trong trường hợp này lực nâng thường không đủ tiếp nhận toàn bộ tải trọng P nên giữa hai bề mặt chỉ tồn tại ma sát nửa ướt.



**Hình 1.3.** Sơ đồ nêm thủy động do bề mặt làm việc không phẳng tạo nên:  
 $h_{min}$  - Khe hở nhỏ nhất; a - Chiều dài nêm dầu.

Như vậy điều kiện để hình thành chế độ ma sát ướt bằng phương pháp bôi trơn thủy động là:

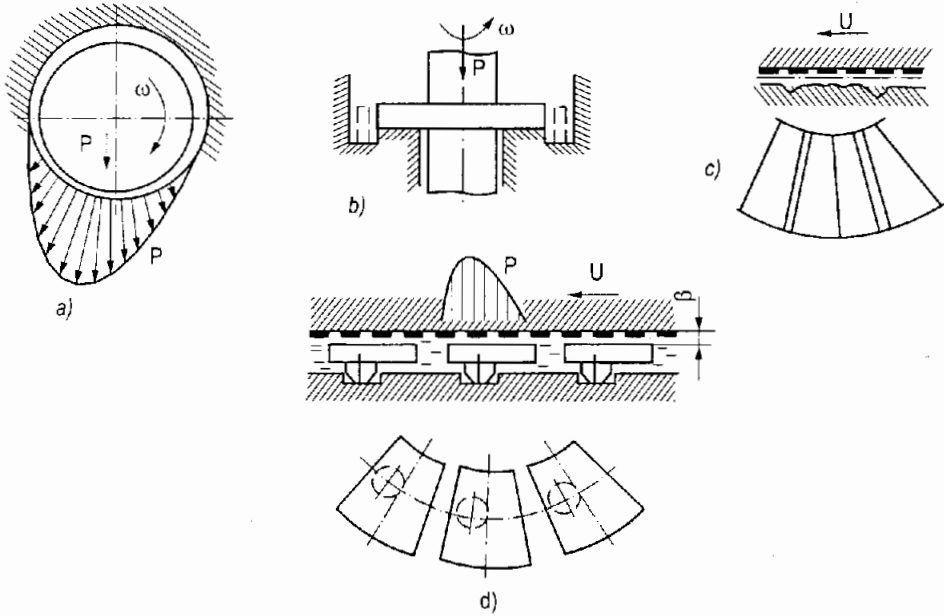
- + Giữa hai bề mặt phải tạo được khe hở hình chêm;
- + Dầu có độ nhớt nhất định và liên tục chảy vào khe hở đó;
- + Vận tốc tương đối giữa hai bề mặt phải có phương chiều thích hợp và trị số đủ lớn.

Phương pháp bôi trơn thủy động có những ưu - nhược điểm sau:

- + Không cần bộ phận cung cấp dầu riêng;
- + Không đòi hỏi độ chính xác chế tạo quá cao;
- + Giá thành thấp;
- + Không hoàn toàn đảm bảo được chế độ bôi trơn ướt (khi  $U = 0$ , giai đoạn khởi động và dừng máy) nên hệ số ma sát lớn.



Bôi trơn thủy động thường được sử dụng đối với ổ trượt đỡ vì nó luôn có khe hở hình chêm tự nhiên (hình 1.4a). Đối với ổ trượt chặn, mặt mút của ngõng trục tỳ vào đệm lót của ổ, mặt tựa của đệm thường có hình vành khăn (hình 1.4b); khi ổ quay một chiều, khe hở hình chêm được tạo ra bằng các mặt nghiêng vát theo một hướng (hình 1.4c) còn khi ổ quay hai chiều có thể dùng kết cấu đệm lắc tự lựa vị trí (hình 1.4d).



Hình 1.4

### 1.2.2. Phương pháp bôi trơn thủy tĩnh

Hai bề mặt cần bôi trơn: một mặt nhẵn, mặt kia được tạo một hoặc nhiều hốc chứa dầu và trong hốc có lỗ dẫn dầu (kiểu trực tiếp không tạo hốc mà chỉ gồm các lỗ và rãnh thoát).

Bơm dầu có áp suất cao vào hốc (lỗ) sẽ hình thành màng dầu bôi trơn giữa hai bề mặt với chiều dày  $h$  không đổi ngay cả khi  $U = 0$  (hình 1.5a, b).

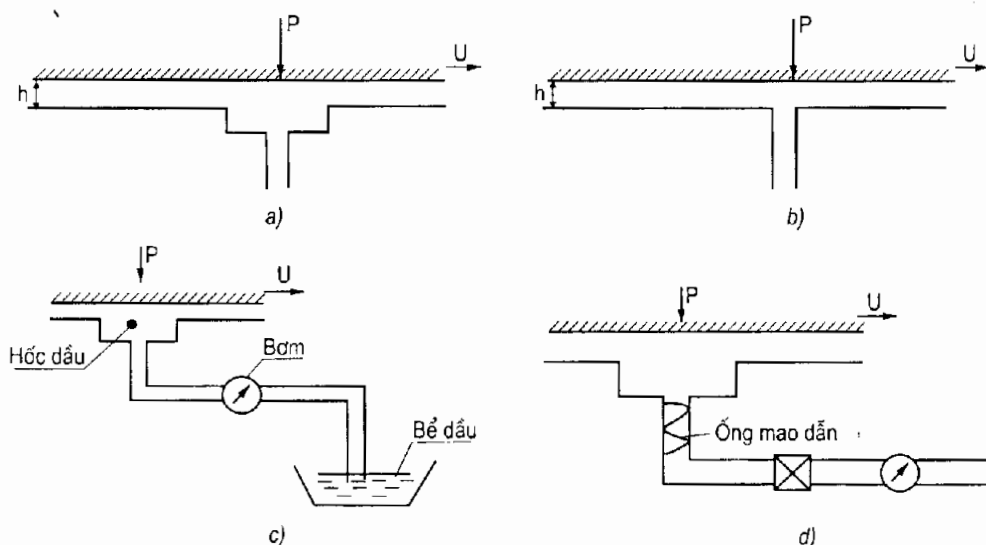
Có hai phương pháp cấp chất lỏng vào bề mặt bôi trơn:

- Cấp bằng lưu lượng không đổi: đặt một bơm có lưu lượng không đổi giữa bề dầu và hốc (hình 1.5c). Nếu trên bề mặt gồm nhiều hốc cần có thêm một bộ van phân phối để chia dầu từ một bơm đến các hốc (cũng có thể dùng riêng mỗi hốc một bơm). Phương pháp này phức tạp nên ít dùng.

- Cấp dưới áp suất không đổi:

+ Trường hợp tạo hốc chứa dầu (hình 1.5d): trên đường dầu ngay trước hốc lắp một trở thủy lực (thường có dạng ống mao dẫn - kiểu mao dẫn). Trong điều kiện phòng thí nghiệm có thể lắp các trở tự điều chỉnh.

+ Trường hợp không tạo hốc (kiểu trực tiếp): dầu được bơm qua lỗ không có trở thủy lực (hình 1.5b).



**Hình 1.5**

Phương pháp cấp bằng áp suất không đổi (áp suất trong hốc hoặc lỗ luôn không đổi) cho độ cứng nêm dầu thấp hơn phương pháp cấp bằng lưu lượng không đổi. Tuy nhiên, hệ thống ít phức tạp, làm việc ổn định hơn nên được sử dụng rộng rãi.

Phương pháp bôi trơn thủy tĩnh có những ưu điểm đặc biệt:

- Hệ số ma sát rất nhỏ ( $10^{-5} \div 6.10^{-5}$ );
- Chiều dày lớp dầu cho phép lớn, giảm chấn tốt;
- Không xảy ra ma sát nửa ướt hoặc ma sát giật cục bộ;
- Không sinh lực nâng khi các bề mặt dịch chuyển tương đối với nhau;
- Giảm nhẹ ảnh hưởng do sự thiếu chính xác của bề mặt ma sát;
- Tuổi thọ và độ tin cậy của hệ thống cao, thích hợp với tự động hóa.