

# LỜI NÓI ĐẦU

Cuốn tài liệu này được biên soạn theo khung chương trình đào tạo dùng cho sinh viên Khoa Cơ khí giao thông chuyên ngành " Động cơ đốt trong và trang bị động lực" và chuyên ngành " Ô tô và máy công trình".

Tài liệu bao gồm 10 chương, giới thiệu cơ sở lý thuyết hao mòn, các phương pháp bảo dưỡng, sửa chữa ô tô, các phương pháp kiểm tra phân loại chi tiết, kỹ thuật chạy rà. Đặc biệt trọng tâm là hai chương 9, 10 nêu nội dung cơ bản các phương pháp dùng chẩn đoán trạng thái kỹ thuật động cơ và các hệ thống của ô tô. Riêng chương 2 sinh viên cần đọc thêm để bổ sung cho chương 1.

Trong quá trình học sinh viên cần tham khảo thêm các tài liệu hướng dẫn bảo dưỡng, sửa chữa của các nhà cung cấp ô tô.

Bên cạnh nội dung lý thuyết sinh viên được thực hành sử dụng các thiết bị chẩn đoán được trang bị tại Phòng thí nghiệm chẩn đoán, Khoa Cơ khí giao thông.

Do kinh nghiệm và tài liệu biên soạn chưa thật phong phú nên chắc chắn tài liệu còn có nhiều thiếu sót. Tác giả rất mong nhận được góp ý của các đồng nghiệp cũng như các chuyên gia trong ngành.

# CHƯƠNG 1

## LÝ THUYẾT MA SÁT VÀ HAO MÒN

### 1.1. LÝ THUYẾT CHUNG VỀ MA SÁT VÀ HAO MÒN

#### 1.1.1. Khái niệm về ma sát

##### 1.1.1.1. Quan điểm cổ điển

Lực ma sát  $F_{ms}$  tỷ lệ thuận với tải trọng pháp tuyến  $N$ :

$$\vec{F}_{ms} = \mu \cdot \vec{N}$$

$N$ - tải trọng pháp tuyến.

$\mu$ -hệ số ma sát,  $\mu = \text{const}$ .

Công thức trên chỉ có phạm vi sử dụng nhất định.

##### 1.1.1.2. Quan điểm hiện đại

Ma sát là kết quả của nhiều dạng tương tác phức tạp khác nhau, khi có sự tiếp xúc và dịch chuyển hoặc có xu hướng dịch chuyển giữa hai vật thể, trong đó diễn ra các quá trình cơ, lý, hoá, điện...quan hệ của các quá trình đó rất phức tạp phụ thuộc vào đặc tính tải, vận tốc trượt, vật liệu và môi trường.

$$\vec{F}_{ms} = \mu \cdot \vec{N}$$

$\mu$ - hệ số ma sát,  $\mu = f(p, v, C)$

$N$ -tải trọng pháp tuyến

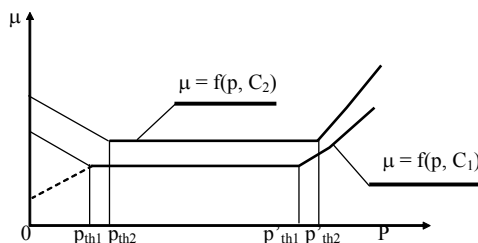
$C$ -điều kiện ma sát (vật liệu, độ cứng, độ bóng, chế độ gia công, môi trường)

Công ma sát  $A$  chuyển hoá thành nhiệt năng  $Q$  và năng lượng hấp phụ giữa 2 bề mặt  $\Delta E$ .

$$A = Q + \Delta E.$$

#### 1.1.2. Các yếu tố ảnh hưởng đến hệ số ma sát

##### 1.1.2.1. Ảnh hưởng của tải trọng.



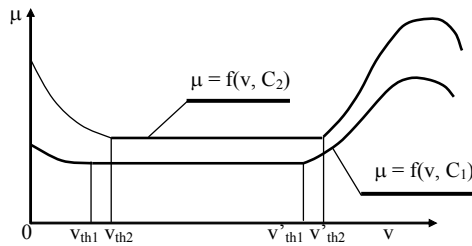
Khi thay đổi  $p$  thì  $\mu$  thay đổi theo. Nhưng tồn tại một khoảng  $p_{th1} < p < p_{th2}$  mà trong đó  $\mu$  ổn định và nhỏ nhất. Khi  $\mu$  vượt ra ngoài khoảng đó thì xảy ra hư hỏng và  $\mu$  tăng cao.

Hình 1.1. Ảnh hưởng của tải trọng đến  $\mu$

#### Nhận xét:

Khi thay đổi điều kiện ma sát  $C$  thì dạng đường cong không thay đổi mà chỉ thay đổi các giá trị  $\mu$ ,  $p_{th1}$ ,  $p_{th2}$ .

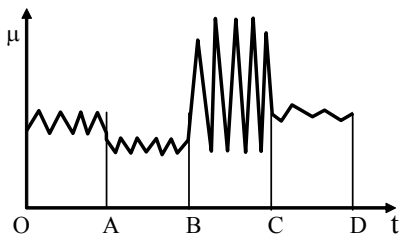
### 1.1.2.2. Ảnh hưởng của vận tốc. Hình 1.2



Đường cong  $\mu = f(v, C)$  cũng có qui luật tương tự đường cong  $\mu = f(p, C)$ .

Hình 1.2. Ảnh hưởng của vận tốc đến  $\mu$

### 1.1.2.3. Ảnh hưởng của điều kiện ma sát. Hình 1.3



**Thí nghiệm 1:** cho cặp ma sát Fe-Fe làm việc với tải trọng  $p = \text{const}$ , vận tốc  $v = \text{const}$ , có cho và không cho bột mài vào giữa hai bề mặt ma sát.

OA: không có bột mài.

AB:  $\mu$  giảm do tác dụng rà trơn của bột mài

BC:  $\mu$  tăng cao và không ổn định do sự phá hoại của bột mài

CD: không có bột mài -->  $\mu$  ổn định và giảm.

Hình 1.3. Ảnh hưởng của điều kiện ma sát đến  $\mu$

**Nhận xét:**  $\mu \neq \text{const}$  khi điều kiện ma sát thay đổi

**Thí nghiệm 2:** Cho ba cặp ma sát Fe-Fe, Al-Al, Cu-Cu làm việc với  $p = \text{const}$ ,  $v = \text{const}$ , thay đổi chế độ gia công để đạt độ bóng bề mặt khác nhau. Kết quả,  $\mu$  thay đổi như bảng 1.1

**Bảng 1.1.** Ảnh hưởng của độ bóng bề mặt đến  $\mu$

Độ bóng	Phương pháp gia công	$\mu$		
		Fe-Fe	Al-Al	Cu-Cu
▽7	Đánh bóng bằng điện giải	2,08	4,05	1,7
▽14	Đánh bóng bằng điện giải	1,32	3,00	1,08
▽14	Đánh bóng bằng điện giải có lớp màng ô xít dày $300\text{Å}^0$	0,8	1,08	0,37
▽14	Giữa hai bề mặt có màng dầu bôi trơn	0,06	0,05	0,07

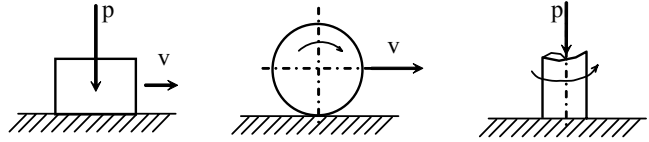
**Kết luận:** hệ số ma sát phụ thuộc vào nhiều yếu tố.  $\mu = f(p, v, C)$

- $\mu \neq \text{const}$ .
- Tồn tại khoảng có  $\mu = \text{const}$  và nhỏ nhất.
- Cho ta phương hướng chỉ đạo thực tiễn thay đổi điều kiện ma sát C sao cho mở rộng được phạm vi sử dụng mà  $\mu = \text{const}$  và nhỏ nhất.

### 1.1.3. Phân loại ma sát

- Dựa vào động học chuyển động:

- + Ma sát trượt.
- + Ma sát lăn.
- + Ma sát xoay.
- Dựa vào sự tham gia của



Hình 1.4. Các dạng ma sát

chất bôi trơn:

- + Ma sát ướt.
- + Ma sát khô.
- + Ma sát tới hạn.
- Dựa vào động lực học:
- + Ma sát tĩnh.
- + Ma sát động
- Dựa vào đặc tính quá trình ma sát:

+ Ma sát bình thường là quá trình ma sát trong đó chỉ xảy ra hao mòn rất yếu và cho phép (xảy ra từ từ, chỉ trên lớp cấu trúc thứ cấp, không xảy ra sự phá hoại kim loại gốc), trong phạm vi giới hạn của tải trọng, vận tốc trượt và điều kiện ma sát bình thường.

+ Ma sát không bình thường là quá trình ma sát trong đó p,v,C vượt ra ngoài phạm vi giới hạn, xảy ra hư hỏng: tróc loại 1, loại 2, mài mòn...

Người ta tìm các biện pháp thiết kế, công nghệ, sử dụng để mở rộng phạm vi cho phép của p, v, C theo hướng tăng hoặc giảm  $\mu$ .

**Ví dụ:** Cần tăng  $\mu$ : má phanh, bề mặt ma sát của đĩa ly hợp ma sát.

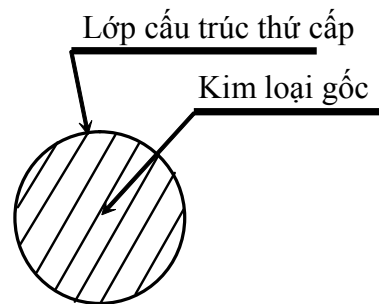
Cần giảm  $\mu$ : ổ trượt, ổ lăn...

## 1.2. KHÁI NIỆM VỀ HAO MÒN, HƯ HỎNG

### 1.2.1. Khái niệm chung

**Hao mòn:** Là sự phá hoại dần dần bề mặt ma sát, thể hiện ở sự thay đổi kích thước dần dần theo thời gian. Trong quá trình hao mòn không xảy ra sự phá hoại kim loại gốc mà chỉ xảy ra sự phá hoại trên lớp bề mặt chi tiết (gọi là lớp cấu trúc thứ cấp).

**Chỉ tiêu đánh giá hao mòn:** Để đánh giá hao mòn người ta dùng tỉ số giữa lượng hao mòn tuyệt đối với chiều dài của quãng đường xe chạy gọi là cường độ mòn.



Hình 1.5. Hao mòn lớp cấu trúc thứ cấp

- **Cường độ mòn I:**

$$I = \frac{|l_1 - l_2|}{L} \quad (\mu\text{m}/1000\text{km}) \quad \text{hoặc} \quad I = \frac{V_1 - V_2}{L} \quad (\text{m}^3/1000\text{km}) \quad \text{hoặc} \quad I = \frac{G_1 - G_2}{L} \quad (\text{g}/1000\text{km}).$$

$l_1, l_2$ -kích thước chi tiết đo theo phương pháp tuyến với bề mặt ma sát trước ma sát và khi đo, ( $\mu m$ ).

$V_1, V_2$ -thể tích chi tiết trước và sau khi đo.

$G_1, G_2$ -khối lượng chi tiết trước và sau khi đo.

$L$ -chiều dài quãng đường xe chạy, (1000km).

**- Tốc độ mòn  $V$ :**

$$V = \frac{|l_1 - l_2|}{t} (\mu m/\text{giờ}) \text{ hoặc } V = \frac{V_1 - V_2}{t} (m^3/\text{giờ}) \text{ hoặc } I = \frac{G_1 - G_2}{L} (g/\text{giờ})$$

$t$ -thời gian ma sát (giờ)

**Hư hỏng:** là sự phá hoại bề mặt chi tiết xảy ra không có qui luật và ở mức độ vĩ mô. Có thể quan sát được bằng mắt thường và có sự phá hoại kim loại gốc như: tróc, rỗ, biến dạng bề mặt, cong, vênh, cào, xước, nứt bề mặt (phương pháp tuyến), đập, lún, xâm thực.

## 1.2.2. Phân loại hao mòn, hư hỏng

### 1.2.2.1. Phân loại hao mòn

**Hao mòn ôxy hoá loại 1:** là hao mòn mà lớp cấu trúc thứ cấp là lớp màng dung dịch rắn (có xô lệch mạng).

**Hao mòn ôxy hoá loại 2:** là hao mòn mà lớp cấu trúc thứ cấp là lớp ôxít. Ví dụ:  $FeO, Fe_2O_3$

### 1.2.2.2. Phân loại hư hỏng

**Tróc loại 1:** là dạng phá hoại bề mặt, thể hiện sự dính cục bộ giữa hai bề mặt do biến dạng dẻo gây ra vì lực lớn quá giới hạn đàn hồi.

**Tróc loại 2:** là dạng phá hoại bề mặt, thể hiện sự dính cục bộ giữa hai bề mặt do nhiệt gây ra.

**Mài mòn:** do tồn tại hạt mài giữa hai bề mặt ma sát, do cát bụi hoặc do tróc

**Tróc ôxy hoá động:** là sự cường hoá quá trình hao mòn.

**Ăn mòn điện hoá, xâm thực...**

**Mỏi:** xảy ra khi tải trọng thay đổi tuần hoàn, xuất hiện và phát triển các vết nứt tế vi, dẫn đến gãy đột ngột.

## 1.2.3. Các yếu tố ảnh hưởng đến hao mòn, hư hỏng

Bất kỳ cặp chi tiết nào làm việc với nhau đều sinh ra ma sát trong điều kiện có trượt tương đối, chịu lực, điều kiện môi trường làm việc, chất bôi trơn, chất lượng chi tiết (thành phần vật liệu, tính chất cơ lý hoá bề mặt ...) là dẫn đến hao mòn.

### 1.2.3.1. Ảnh hưởng của tải trọng p

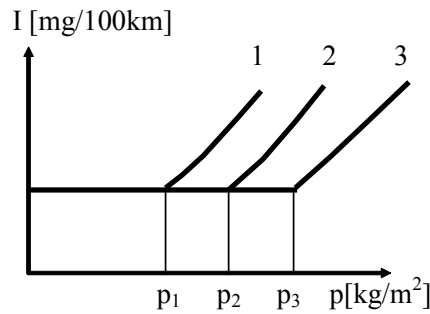
**Thí nghiệm:** Cho cặp ma sát thép Y10A có nhiệt luyện làm việc với nhau khi tăng dần P, đo I, hình 1.6:

Đường 1: ứng với  $v = 3,11$  m/s

Đường 2: ứng với  $v = 2,59$  m/s

Đường 3: ứng với  $v = 1,78$  m/s

Kết luận: Ở vận tốc trong giới hạn nào đó, cường độ hao mòn là ổn định và nhỏ nhất khi  $p \leq [p]$ . Nếu  $p > [p]$  thì hao mòn xảy ra mãnh liệt.



**Hình 1.6.** Ảnh hưởng của tải trọng đến hao mòn, hư hỏng.

### 1.2.3.2. Ảnh hưởng của vận tốc trượt v

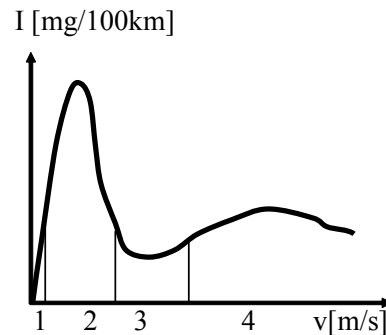
Vận tốc trượt cho phép mở rộng khả năng chịu tải nhưng chưa rõ mà phải nghiên cứu ảnh hưởng riêng của từng chi tiết như thế nào:

**Thí nghiệm:** cho cặp ma sát thép C10 làm việc với nhau, thay đổi v, đo cường độ hao mòn I, hình 1.7.:

Vùng 1 và 3: có hao mòn nhỏ và ổn định (ứng với hao mòn ô xy hoá)

Vùng 2: hao mòn lớn nhất (tróc loại 1)

Vùng 4: tróc loại 2



**Hình 1.7.** Ảnh hưởng của vận tốc đến hao mòn, hư hỏng

### 1.2.3.3. Ảnh hưởng của điều kiện ma sát

#### Ảnh hưởng của tính chất vật liệu

Từ hai thí nghiệm đối với thép Y10A và thép C10 ta thấy:

- Thép Y10A không có dạng phá hoại do tróc, còn thép C10 có phá hoại do tróc. Để chống tróc loại 1 phải dùng vật liệu khác nhau cho hai chi tiết ma sát với nhau. Vì nếu giống nhau thì chúng có mạng tinh thể giống nhau nên dễ khuếch tán với nhau.

- Độ cứng càng cao thì độ mòn càng thấp.

#### Ảnh hưởng của chất bôi trơn

- Tác dụng của chất bôi trơn: giảm ma sát làm giảm hao mòn, làm mát chi tiết, bao kín bề mặt, bảo vệ bề mặt khỏi bị ôxy hoá, làm sạch bề mặt.

- Yêu cầu đối với chất bôi trơn:

+ Phải bảo đảm khả năng làm việc trong phạm vi P,v,t.

+ Phải điền đầy các hõm và lỗ tế vi, bám toàn bộ vào bề mặt chi tiết tạo thành màng dầu bôi trơn.

+ Tạo khả năng cản trượt lớn theo phương vuông góc với bề mặt ma sát và nhỏ theo phương tiếp tuyến với bề mặt ma sát.

+ Không gây hại đến chi tiết (ăn mòn).

+ Không tạo cặn, sinh bọt nhũ...

- Cơ chế bôi trơn:

+ Ma sát ướt (bôi trơn thuỷ động). Khi trục bắt đầu quay, do dầu có độ nhớt, nên trong khe hở giữa trục và bạc tạo thành nêm dầu có áp suất, áp suất càng tăng khi tốc độ quay của trục tăng lên. Đến khi ứng với tốc độ nào đó, tổng áp lực của dầu đủ sức nâng trục lên, không có sự tiếp xúc trực tiếp giữa trục và bạc, dẫn đến không hao mòn. Thực tế khi khởi động, tắt máy hoặc thay đổi tốc độ thì trục và bạc có tiếp xúc nên có hao mòn.

Trong bôi trơn thuỷ động hệ số ma sát  $\mu$  phụ thuộc vào  $\frac{n \cdot \eta}{p}$  như ở đồ thị. Trong đó:

n-số vòng quay/phút

$\eta$ -độ nhớt

p-áp suất

1-vùng ma sát khô

2-vùng ma sát tới hạn

3-vùng ma sát ướt, vùng này vẫn có  $\mu$  là do nội ma sát trong dầu.

+ Ma sát tới hạn: xảy ra khi lớp màng dầu có chiều dày rất nhỏ  $\delta < 0,1\mu\text{m}$ . Ở bề dày này, các phân tử dầu sắp xếp đúng hướng. Do đó, các chi tiết như trượt trên một đệm đàn hồi,  $\mu$  giảm. Tuy nhiên, đây là một quá trình kém bền vững dễ chuyển thành ma sát khô hoặc ướt.

- Cải thiện tính chất dầu bôi trơn: người ta pha vào dầu bôi trơn các chất phụ gia hoạt tính hoá học hoặc hoạt tính bề mặt.

+ Chất phụ gia hoạt tính hoá học, có gốc là axit vô cơ, làm tăng khả năng chịu tải của màng dầu bôi trơn, cải thiện độ bền lớp cấu trúc thứ cấp, mở rộng phạm vi làm việc, giảm hao mòn.

+ Chất phụ gia hoạt tính bề mặt, có gốc là các axit hữu cơ, gốc rượu, xà phòng, có tác dụng làm mềm lớp rất mỏng trên bề mặt chi tiết, làm tăng khả năng rà khít nhanh, giảm áp suất riêng, giảm lực ma sát, công ma sát.

### Ảnh hưởng của chất lượng bề mặt ma sát

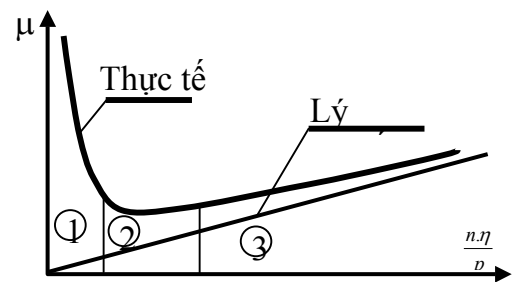
Chất lượng bề mặt ma sát được thể hiện qua các yếu tố:

- Hình học bề mặt: vĩ mô, vi mô và siêu vi mô:

+ Vĩ mô: phản ánh trên toàn bộ, phạm vi lớn: độ côn, độ ô van, dung sai chế tạo, những sai số này do dao động của hệ máy-dao-chi tiết trong quá trình gia công gây nên.

+ Vi mô: phản ánh tình trạng bề mặt ở phạm vi kích thước tương đối bé

+ Siêu vi mô: là sai khác hình học trong phạm vi rất nhỏ do cấu trúc kim loại gây ra.



Hình 1.8. Ảnh hưởng của  $n, \eta, p$  đến hệ số ma sát.

- Trạng thái ứng suất bề mặt: do tác dụng lực biến dạng dẻo nên trên bề mặt chi tiết luôn luôn có ứng suất dư (trong quá trình công nghệ và trong quá trình sử dụng). Trạng thái ứng suất thay đổi dễ gây ra nứt tế vi, hỏng do mỏi.

- Tính chất cơ lý hoá bề mặt:

+ Sau khi gia công chế tạo ở bước cuối cùng, người ta tiến hành tôi, thấm C,N, phun bi...Do thao tác như vậy, nên bề mặt chi tiết có khả năng hấp thụ lớn, tính chất bề mặt khác với tính chất kim loại gốc. Mặt khác, do thay đổi trạng thái kim loại bề mặt nên nó có năng lượng tự do lớn, dễ hấp phụ các nguyên tử môi trường tạo thành lớp ô xít hoặc lớp dung dịch rắn.

+ Trong quá trình làm việc: do biến dạng dẻo, lực, vận tốc trượt lớp kim loại bề mặt bị biến dạng dẻo nhiều lần, đồng thời bản thân chúng có hoạt tính lớn nên dễ hình thành lớp màng dung dịch rắn hoặc ô xít. Như vậy, bề mặt chi tiết khác xa kim loại gốc, có tác dụng bảo vệ chi tiết, quá trình hao mòn chỉ xảy ra trên bề mặt này.

Trong thực tế luôn luôn tồn tại quá trình chuyển hoá từ bề mặt chi tiết sau gia công đến bề mặt chi tiết làm việc ổn định. Đó là quá trình chạy rà tất yếu, vì vậy để nhanh chóng rà khí, giảm hao mòn trong quá trình này người ta phải:

+ Gia công bề mặt chi tiết có độ bóng gần bằng độ bóng chi tiết khi làm việc ổn định.

+ Giới hạn chế độ tải vận tốc trong quá trình chạy rà và lúc mới sử dụng.

## **1.2.4. Một số dạng hao mòn, hư hỏng chủ yếu**

### **1.2.4.1. Hao mòn ô xy hoá**

**Khái niệm:** là dạng phá hoại dần dần bề mặt chi tiết ma sát, thể hiện ở sự hình thành và bong tách các lớp màng cấu trúc thứ cấp, do tương tác giữa bề mặt kim loại bị biến dạng dẻo với ô xy và các phân tử môi trường.

+ Hao mòn ô xy hoá loại 1: lớp màng cấu trúc thứ cấp là dung dịch rắn giữa kim loại gốc và các nguyên tố khác.

+ Hao mòn ô xy hoá loại 2: lớp màng cấu trúc thứ cấp là ô xít kim loại.

**Điều kiện hình thành:**

- Tốc độ hao mòn ô xy hoá phải lớn nhất so với các quá trình khác.

- Để quá trình hao mòn là ổn định thì:

$$V_{\text{ô xy hoá}} \geq V_{\text{hao mòn}}$$

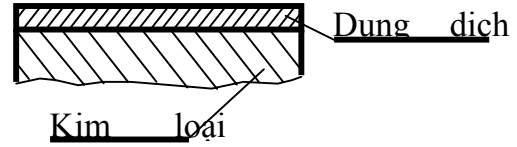
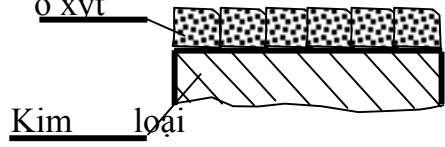
Quá trình cân bằng động. sự hình thành lớp màng cấu trúc thứ cấp phải nhanh hơn sự phá hoại xảy ra trên nó. Nghĩa là, chi tiết luôn luôn có lớp bảo vệ.

- Xảy ra trong môi trường có ô xy, trong phạm vi cho phép của tải trọng và vận tốc.

- Xảy ra ở ma sát khô, ma sát tới hạn. Vì ma sát ướt đã có màng dầu.



**Bảng 1.2.** Đặc tính bề mặt khi hao mòn ô xy hóa

Hao mòn ô xy hoá loại 1	Hao mòn ô xy hoá loại 2
	
+ Độ bóng: $\nabla 10 \div 14$	$\nabla 9 \div 13$
+ Nhiệt độ bề mặt: $< 100^{\circ}\text{C}$	$< 200^{\circ}\text{C}$
+ Chiều sâu phá hoại: $\delta = 100 \div 300\text{A}^0$	$\delta = 1000\text{A}^0$
+ Tốc độ phá hoại: $0,01\mu\text{m/h}$	$0,05\mu\text{m/h}$

#### 1.2.4.2. Tróc loại 1

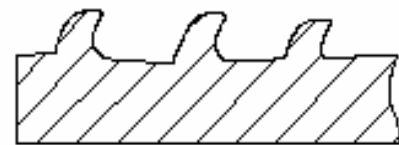
**Khái niệm:** là một dạng hư hỏng bề mặt, thể hiện ở sự hình thành và bong tách các mối liên kết cục bộ giữa hai bề mặt ma sát do biến dạng dẻo vì lực (không nhiệt).

**Nguyên nhân:** do ảnh hưởng của tải trọng lớn (áp suất tiếp xúc cục bộ cao) mà hai bề mặt bị biến dạng dẻo mạnh, bề mặt dính sát nhau ở khoảng cách ô tinh thể, nguyên tử bề mặt này khuếch tán sản bề mặt khác và hình thành liên kết.

- \*  $F_1 < F_{lk} < F_2 \rightarrow$  tróc và đắp vào
- \*  $F_{lk} > F_1, F_2 \rightarrow$  tróc rời tạo thành hạt mài
- \*  $F_{lk} < F_1, F_2 \rightarrow$  không tróc

#### Điều kiện hình thành:

- Tốc độ tróc là lớn nhất.
- Ma sát khô và giữa hai bề mặt không có lớp trung gian ngăn cách.
- Vận tốc trượt nhỏ ( $v < 0,1\text{m/s}$ ) kịp cho các nguyên tử khuếch tán.



**Hình 1.9.** Đặc tính bề mặt tróc loại 1

- Áp suất tiếp xúc  $p > [p]$ , ứng với giới hạn chảy của vật liệu.

Tróc loại 1 rất nhạy cảm với hai bề mặt có cùng loại vật liệu. Tróc loại 1 chịu ảnh hưởng lớn của độ cứng bề mặt, độ cứng bề mặt tăng sẽ giảm tróc loại 1.

#### Đặc tính bề mặt: hình 1.9

- + Chiều sâu phá hoại:  $\delta = 0,5\text{mm}$ .
- + Nhiệt độ bề mặt:  $< 50^{\circ}\text{C}$
- + Độ bóng bề mặt:  $\nabla 3 \div \nabla 4$
- + Tốc độ phá hoại:  $10 \div 15\mu\text{m/h}$ .

#### 1.2.4.3. Tróc loại 2

**Khái niệm:** là dạng phá hoại do biến dạng vì nhiệt, làm mềm nhũn bề mặt khi nhiệt độ tăng do vận tốc trượt tăng.

**Nguyên nhân:** do ảnh hưởng vận tốc trượt làm cho nhiệt độ các bề mặt tăng cao, xảy ra sự dính kết giữa hai chi tiết ma sát và sự phá huỷ bề mặt hoặc bề mặt bị biến dạng như lún, nứt...

**Điều kiện hình thành:**

- Vận tốc trượt lớn. 25 ÷ 30m/s.
- Nếu vận tốc trượt lớn, tải lớn thì tróc loại 2 càng mãnh liệt.
- Nhạy cảm với chi tiết có nhiệt độ nóng chảy thấp.

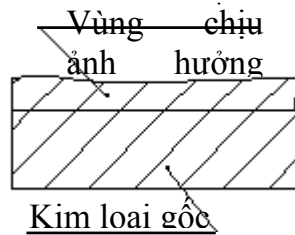
**Biện pháp chống tróc loại 2:**

- Phủ lên bề mặt ma sát 1 lớp kim loại Bo, vanadi, có khả năng chịu nhiệt độ.

- Dùng vật liệu chịu nhiệt.

Đặc tính bề mặt:

- Chiều sâu phá hoại: < 0,1mm.
- Nhiệt độ tiếp xúc: 1500<sup>0</sup>C.
- Tốc độ phá hoại: 1 ÷ 5µm/h.



Hình 1.10. Đặc tính bề mặt tróc loại 2

**1.2.4.4. Mài mòn**

**Khái niệm:** là dạng phá hoại bề mặt chi tiết do tồn tại các hạt cứng giữa hai bề mặt ma sát từ ngoài vào hoặc từ chi tiết tróc ra. Dạng phá hoại: cào xước, cắt phoi tế vi.

Có hai dạng mài mòn: mài mòn cơ học hoặc mài mòn cơ hoá.

**Điều kiện hình thành:**

Vận tốc mài là lớn nhất so với các quá trình khác. Tuy nhiên, điều kiện này không chặt chẽ trong trường hợp có cả tróc.

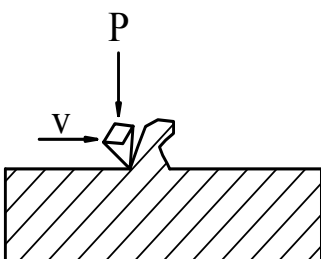
$\frac{H_m}{H_{KL}} = \frac{\text{Độ cứng hạt mài}}{\text{Độ cứng KL gốc}} < 0,6$ : mài mòn cơ hoá (biến dạng dẻo tăng, không cắt phoi)

$\geq 0,6$ : mài mòn cơ học (cắt phoi tế vi)

Nếu bề mặt chi tiết tiếp xúc với khối lượng lớn hạt mài thì xảy ra mài mòn cơ hoá, vì khi đó các hạt mài trượt lên nhau và trượt đi mà không có lực cắt.

**Bảng 1.3.** Đặc tính bề mặt khi mài mòn.

Mài mòn cơ học



Mài mòn cơ hoá

