



沖蝕磨損

概 述

沖蝕磨損：是指流體或固體顆粒以一定的速度和角度對材料表面進行衝擊所造成的磨損。

沖蝕磨損可分為：分氣固沖蝕、流體沖蝕、液滴沖蝕及氣蝕（根據顆粒及其攜帶介質的不同）。

沖蝕磨損現象在生產、生活中普遍存在。造成損失和危害嚴重，但也有應用其原理對機器零件表面進行清理和強化，如噴砂和噴丸等。

國內外研究工作開展較多，本課程主要介紹氣體介質攜帶固體磨粒對材料表面的沖蝕磨損。

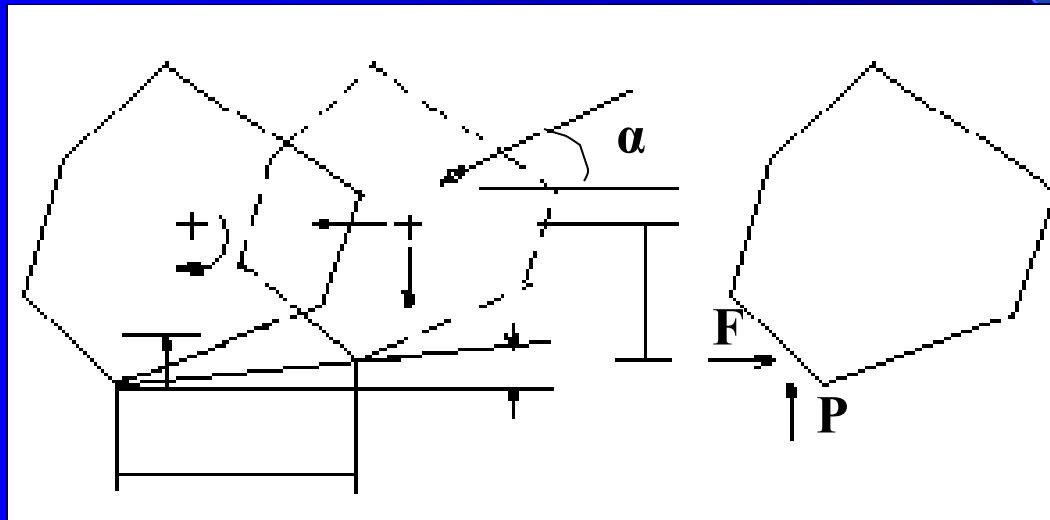
§1 沖蝕磨損理論

影響較大的理論有：

- 延性材料的切削磨損理論
- 脆性材料的斷裂磨損理論
- 變形磨損理論
- 絕熱剪切與變形局部化磨損理論
- 薄片剝落磨損理論

一、延性材料的切削理論

- 芬尼 (Finnie.I.) , 1958, 物理模型



切削幾何模型

切削過程中作用在磨粒上的接觸應力

模型

- 模型
- 速度
- 理論

一定

No

$$V = K \frac{mv^2}{p} f(\alpha) | e$$

$$f(\alpha) = \begin{cases} \sin 2\alpha - 3\sin^2 \alpha & \alpha \leq 18.5^\circ \\ \frac{\cos^2 \alpha}{3} & \alpha \geq 18.5^\circ \end{cases}$$

- m ----沖蝕磨粒的品質； v ----磨粒的沖蝕速度
- V ----靶材的磨損體積； P ----靶材的流動應力
- α ----磨粒的衝擊角； K ----常數
- 磨粒如一把**微型刀具**，當它劃過靶材表面時，變把材料**切除**而產生磨損。

- **公式表明：**材料的磨損體積與磨粒的品質和速度的平方（即磨粒的動能）成正比，與靶材的流動應力成反比，與沖角 α 成函數關係。
- **實驗研究表明：**對於延性材料，多角形磨粒，小沖角的沖蝕磨損，切削模型非常適用；
- **對於不很典型的延性材料**（如一般的工程材料），脆性材料，非多角形磨粒（如球形磨粒），沖角比較大（特別是沖角 $=90^\circ$ ）的沖蝕磨損偏差較大。

二、脆性材料的切削理論

- 脆性材料在磨料衝擊下幾乎不產生變形。
- 芬尼等人根據赫茲應力分析，認為是在缺陷的地方產生裂紋裂紋不斷擴展而形成碎片剝落。
- 當磨粒尺寸較大時，磨損量隨沖角的增加而增加。當沖角等於 90° 時，磨損量最大。

模 型

- 謝爾登（Sheldon）和芬尼， 1966，
- 沖角為90°，脆性材料，沖蝕磨損，
- 脆性材料的斷裂模型
- 脆性材料（單位重量磨粒）沖蝕磨損量的
運算式

$$\epsilon = K_1 r^a v_0^b$$

- 對球形磨粒：

$$a = 3 \frac{m}{m - 2}$$

- 對多角形磨粒：

$$a = 3.6 \frac{m}{m - 2}$$

- 對任一形狀磨粒：

$$b = 2.4 \frac{m}{m - 2}$$

其中

$$K_1 \propto \frac{E^{0.8}}{\delta_b^2}$$

- E為靶材的彈性模量
- δ_b 為材料的彎曲強度
- r為磨粒的尺寸
- v_0 為磨粒的速度
- m為材料缺陷分佈常數
- 實驗表明，幾種脆性材料的a和b實驗值與理論值基本一致（如玻璃、Mg O、石墨等）

- 埃文斯（Evans）研究：
- 脆性材料的沖蝕磨損體積 V 決定於靶材和磨粒的性質，運算式與實驗吻合很好。

靶材的斷裂韌性

靶材的硬度

$$V \propto v_0^{\frac{13}{6}} r^{\frac{11}{3}} \rho^{\frac{19}{12}} K_C^{-\frac{4}{3}} H^{-\frac{1}{4}}$$

沖蝕速度

磨粒尺寸

磨粒的密度

三、變形磨損理論

- 比特（Bitter），1963，提出：
- 沖蝕磨損分為變形磨損與切削磨損；
- 90°沖角下的沖蝕磨損是和粒子衝擊時靶材的變形有關。
- 反復衝擊產生加工硬化，提高材料的彈性極限，直到應力超過材料的硬度，形成裂紋。
- 從能量角度出發，推導出變形磨損量 W_D 和切削磨損量 W_C ；

- $W_D = M (V \sin \alpha - K)^2 / 2\varepsilon$

- $W_c = \begin{cases} \frac{2MC(V \sin \alpha - K)^2 \times}{(V \sin \alpha)^{1/2}} & \alpha < \alpha_0 \\ \times (V \sin \alpha - \frac{C(V \sin \alpha - K)^2}{(V \sin \alpha)^{1/2}} - Q) & \\ \frac{M}{2Q} [V^2 \cos^2 \alpha - K_1 (V \sin \alpha - K)^{3/2}] & \end{cases}$

$$A > \alpha_0$$

- $W = W_D + W_C$
- M 為衝擊磨粒的品質
- V 為磨粒的速度； α 為衝擊角； ε 為變形磨損係數； Q 為切削磨損係數； α_0 為兩式相等時的角度； C 、 K 、 K_1 都為常數
- 該理論設想正確，並得到證實。
- 謝爾登和凱希爾，1972，第一臺單顆粒沖蝕磨損實驗機，2.5mm，SiC磨料、鋼球、玻璃球，直接觀察到磨痕形貌，衝擊坑邊緣的“擠出唇”，並很容易被後衝擊的磨粒打掉。

四、絕熱剪切與變形局部化磨損理論

- 哈青斯，1979，9.5mm，鋼球，270m/s，衝擊低碳鋼發現變形層。
- 在一個狹窄的帶狀區域變形非常嚴重。
- 高速攝影機研究粒子衝擊過程，估算沖蝕時材料的應變率高達 $10^5 \sim 10^7 \text{s}^{-1}$ 。
- 高應變率導致很高溫升。

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/238005023003007015>