



疲勞試驗

目的

求材料受反覆荷重而不破壞的最高應力。

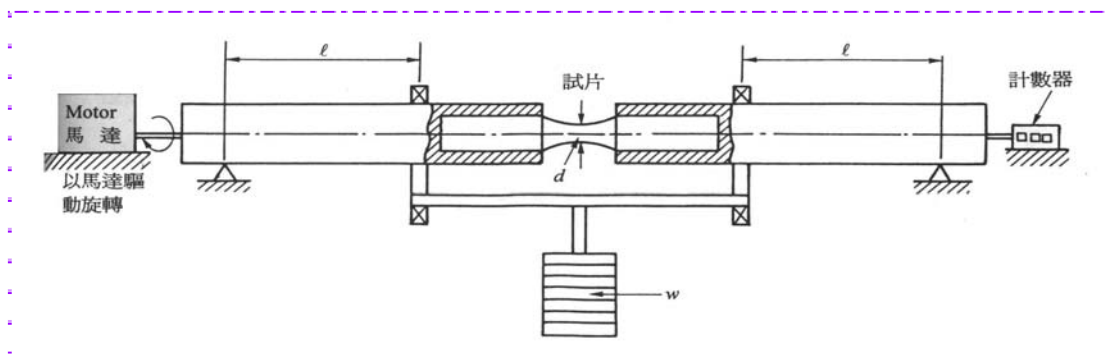
瞭解材料疲勞破斷之發生，及其影響因素。

可研究材料之形狀大小、加工法以及荷重方式對其疲勞限度之影響。



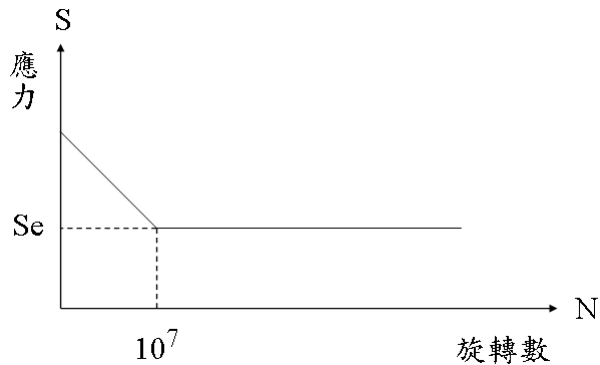
原理

所謂旋轉彎曲疲勞試驗係將試桿夾持於旋轉疲勞試驗機上，在施加荷重 W 後，啟動馬達使試桿旋轉。



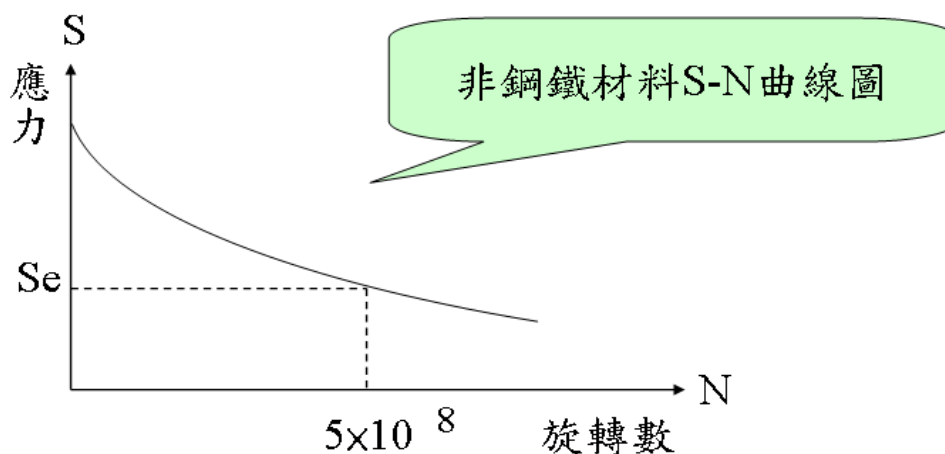


S-N 曲線圖



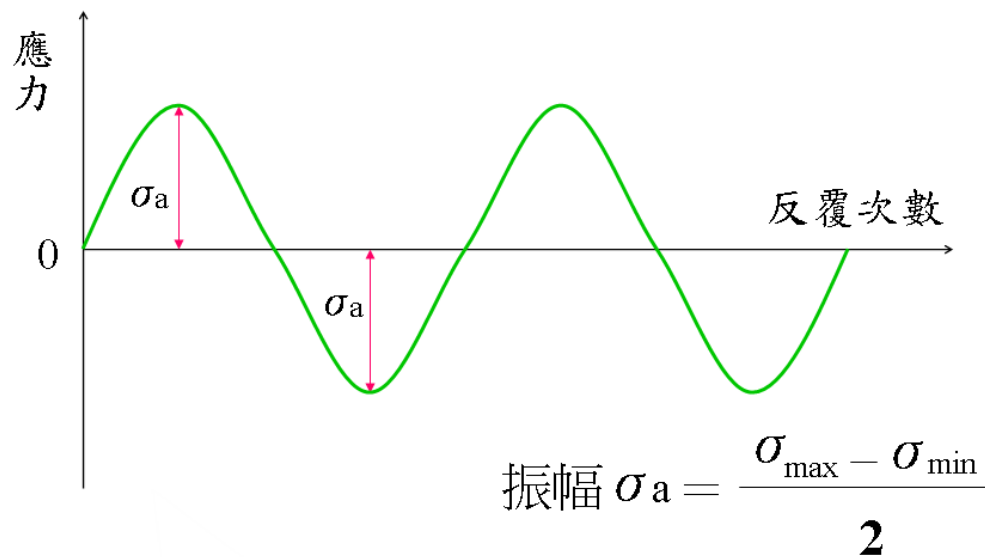
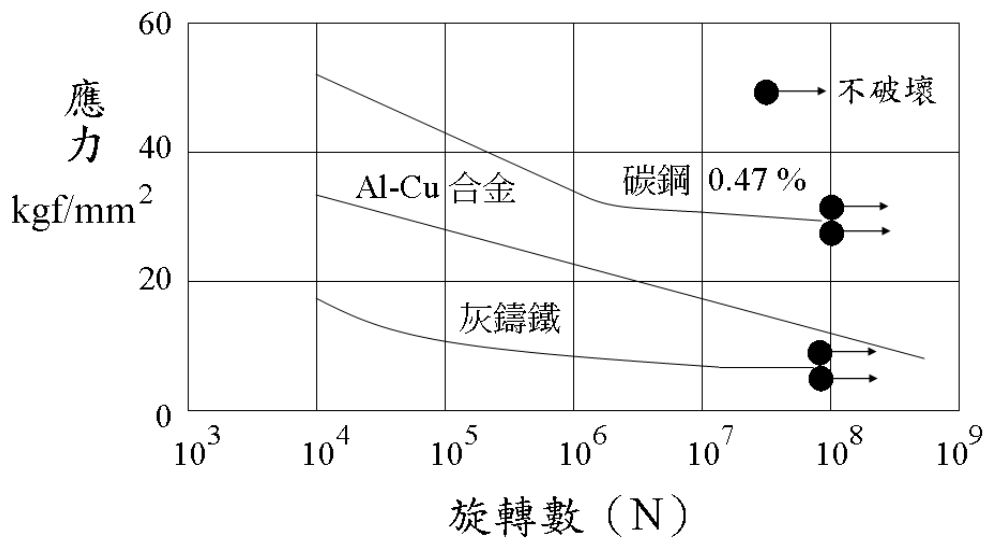
旋轉疲勞試驗以不同 W 荷重以使試桿所承受應力不同再求其旋轉值，將應力值與其所求得之旋轉數值，繪成應力—轉數曲線圖，稱之為 S-N 曲線圖。再 S-N 曲線圖中， N 至 10 左右時，曲線呈水平，此時的應力表示材料無論反覆多少次數皆不致於產生疲勞破壞的最大應力，即疲勞限 (Fatigue limit) 或稱之為耐久限 (Endurance limit)。

若是非鋼鐵材料，則 S-N 曲線無水平部份，一般材料試驗至 10^8 到 5×10^8 次而斷裂之應力，作為非鋼鐵金屬材料之時間強度，但必須註記旋轉次數。有時可稱之為「疲勞強度」(而非疲勞限)。

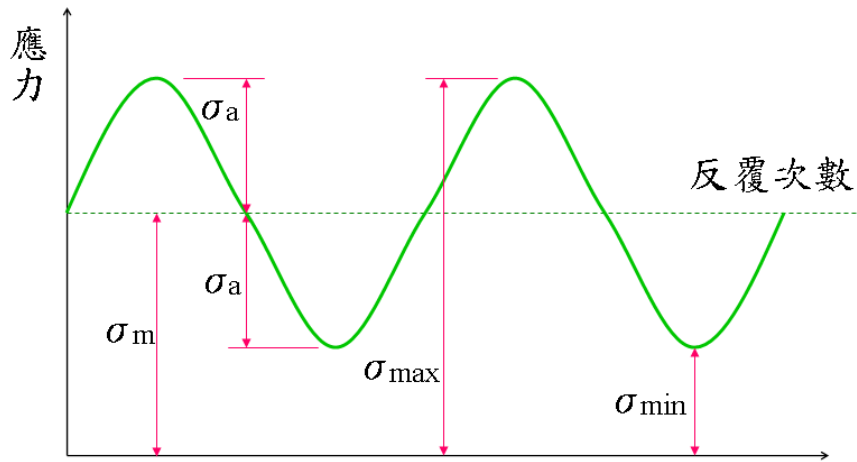




疲勞試驗的 S-N 曲線圖



完全反覆應力



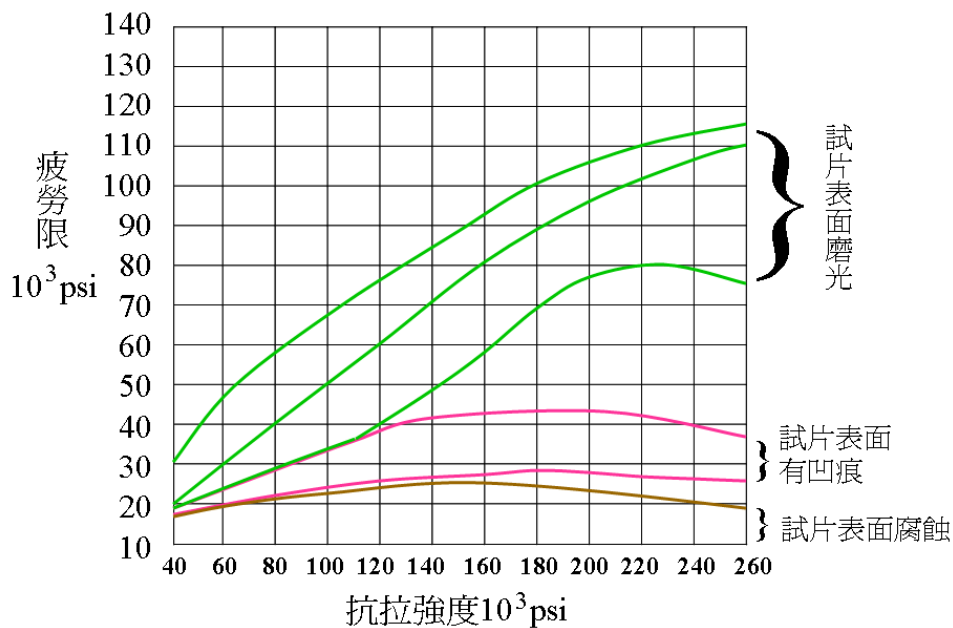
$$\text{平均應力 } \sigma_m = \frac{\sigma_{\max} + \sigma_{\min}}{2}$$

脈動反覆應力

疲勞比 (Endurance ratio)

疲勞比 就是疲勞限對抗拉強度之比值。通常鋼之疲勞比約 0.45 ~ 0.55 之間,但對有凹痕或被腐蝕的試桿而言,其比值會降低。

鋼的疲勞限與抗拉強度之關係圖





疲勞限和疲勞強度之關係表

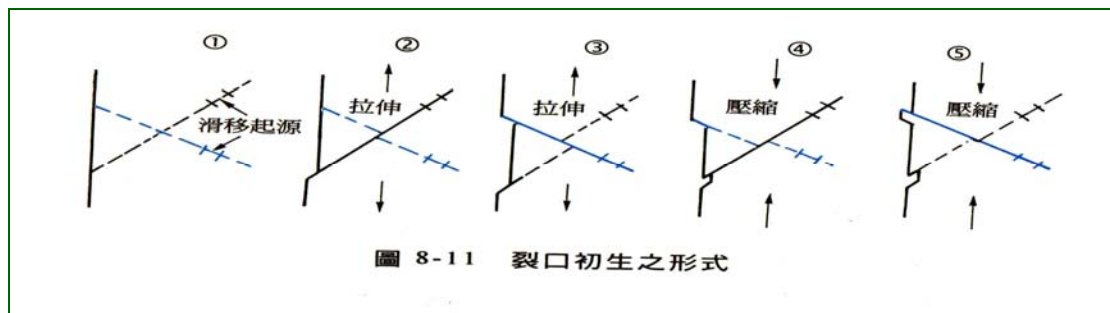
| 金屬 | 抗拉強度 kgf/mm ² | 疲勞限 kgf/mm ² | 比值 |
|---------------------|-----------------------------|----------------------------|------|
| 含 0.18 % C 的熱軋鋼 | 44 | 22 | 0.49 |
| 含 0.24 % C 的鋼，淬火和回火 | 47 | 21 | 0.44 |
| 含 0.32 % C 的熱軋鋼 | 46 | 22 | 0.48 |
| 含 0.38 % C 的鋼，淬火和回火 | 64 | 24 | 0.37 |
| 含 0.93 % C 的退火鋼 | 59 | 21 | 0.36 |
| 含 1.02 % C 的淬火鋼 | 141 | 74 | 0.51 |
| 鎳鋼，SAE 2341, 淬火 | 198 | 79 | 0.4 |
| 含 0.25 % C 的鑄鋼，鑄造狀態 | 47 | 19 | 0.4 |
| 退火銅 | 23 | 7 | 0.31 |
| 冷軋銅 | 37 | 11 | 0.31 |
| 冷軋 70 ~ 30 黃銅 | 52 | 12 | 0.24 |
| 鋁合金 2024, T36 | 51 | 13 | 0.25 |
| 鎂合金 AZ63A | 28 | 8 | 0.27 |

疲勞破壞可分四個階段

- 第一階段 裂口初生
- 第二階段 滑移帶裂口成長
- 第三階段 裂口沿張應力高之面成長
- 第四階段 斷裂

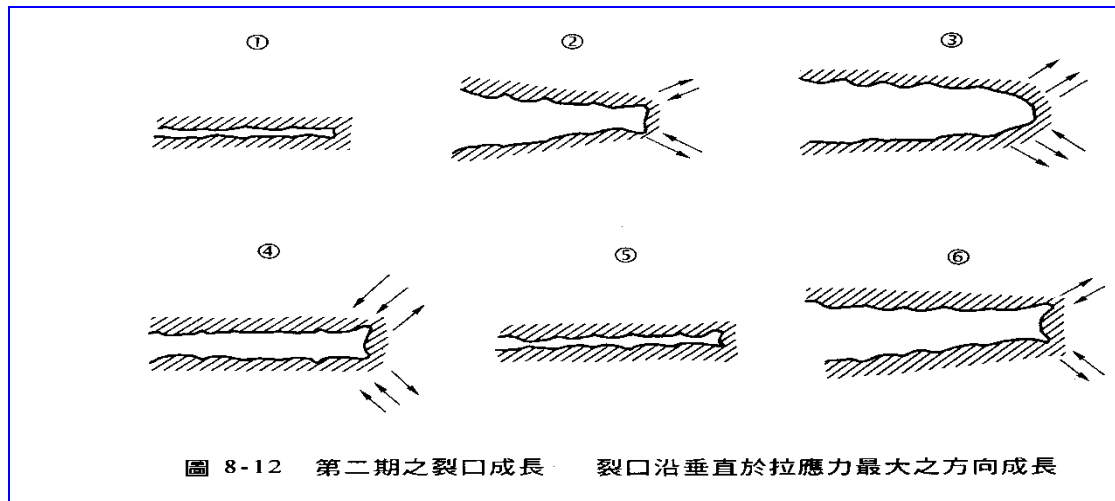
疲勞裂口初生之機構

- (1) 圖 2, 3 表示在拉伸過程中，表面所生成的二個階梯。
- (2) 圖 4 疲勞裂口初生之機構
表示應力變為壓縮時，第一個滑移系統造成一凹口。
- (3) 圖 5 表示隨後作用之滑移系統所造成一凹處，可經適當退火而消除其初期之疲勞損害。

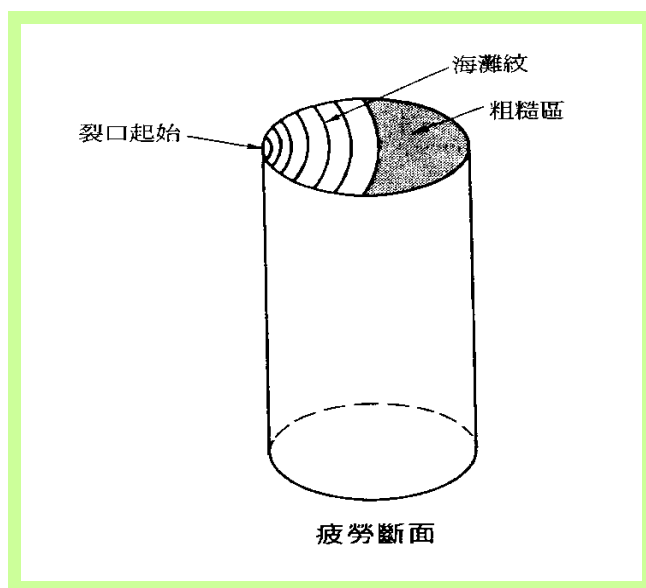




此階段，裂口已完全成型且沿垂直於拉伸應力最大之方向成長，又稱為第二期裂口成長。



當裂口成長到相當大小時，材料所剩餘之截面積已不足以承受所加之應力時便會造成材料斷裂。



海灘紋之造成因素

1. 因週期性之應力負荷所產生之裂口成長。
2. 因斷面之腐蝕與氧化之間的差異。
3. 因裂口尖端之應力集中而造成的一些塑性流變。

適當的熱處理

鋼經淬火回火後可增加疲勞限，其中尤以合金鋼為甚。若機械部份僅受彎曲或扭轉荷重之反覆作用，因應力最大值在表面，故施以表面硬化可增加材料之疲勞限。若機械部分受軸向荷重之反覆作用時，則深硬化之熱處理著較淺硬化者為佳。延性鋼材在常溫加工亦增加疲勞



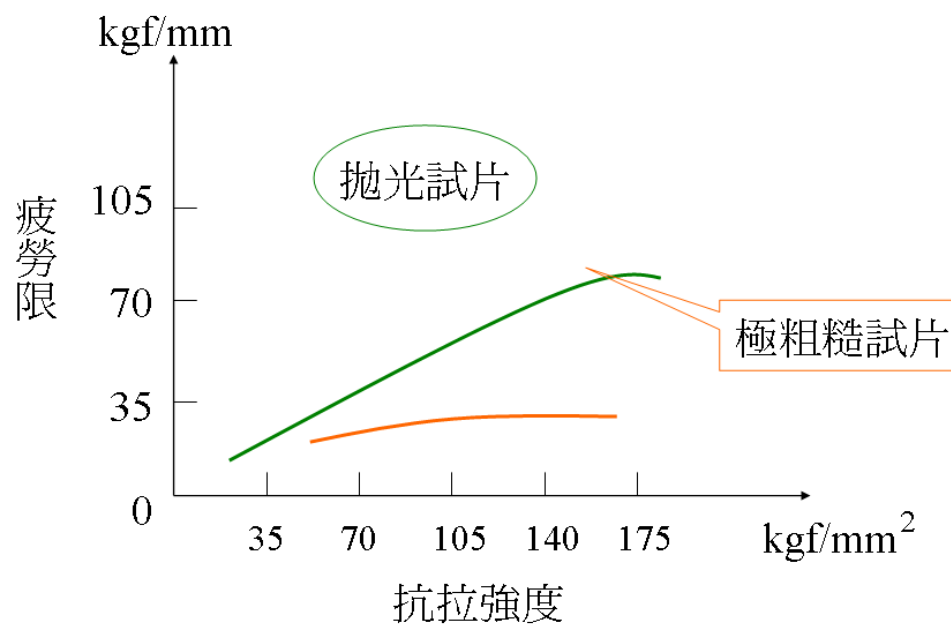
殘留壓應力

將材料施以預加之應力，則此應力可抵銷一部份的覆變應力，而增加其疲勞限。例如珠擊法即是。

影響疲勞限之因素

1. 一般材料之強度愈大者，常因表面之凹痕效應而影響疲勞限度。
2. 試材表面受化學腐蝕時，會產生腐蝕疲勞 (corrosion fatigue) 而造成疲勞限降低，其主要因素是因為反覆應力使腐蝕孔擴大而產生疲勞破裂。
3. 試驗時之覆變速度若在每分鐘 30,000 次以下時，對疲勞限皆無影響，但若疲勞試驗於中間中斷，休息後再進行時，則因長時間之休息而增加疲勞限。

金屬表面對疲勞之影響



步驟

(1)

先以拉伸試驗測定試片之抗拉強度 σ_u 及降伏強度 σ_y ，試桿依標準試桿尺寸製作，並且把表面依砂紙粗細研磨，磨去加工之條紋，最後用 #400 或更細之砂布研磨，除去毛邊以免損壞試驗機。

(2)

調整試驗機左右軸承部的砝碼，使之平衡。

(3)

調整自動停止器至適當高度，以便於在試桿斷裂時能自動切斷電源。

(4)

將試桿裝置在夾頭上，並用量錶量測試片之平行部，慢慢地轉動軸，以測定是否有偏心，或是否裝置妥當，通常將試桿裝置到振擺至 0.02mm 以下，以免機器振動而影響試驗值。



(5)

先以拉伸試驗測定試片之抗拉強度 σ_u 及降伏強度 σ_y ，試桿依標準試桿尺寸製作，並且把表面依砂紙粗細研磨，磨去加工之條紋，最後用#400 或更細之砂布研磨，除去毛邊以免損壞試驗機。

(6)

調整試驗機左右軸承部的砝碼，使之平衡。

(7)

調整自動停止器至適當高度，以便於在試桿斷裂時能自動切斷電源。

(8)

將試桿裝置在夾頭上，並用量錶量測試片之平行部，慢慢地轉動軸，以測定是否有偏心，或是否裝置妥當，通常將試桿裝置到振擺至 0.02mm 以下，以免機器振動而影響試驗值。

(9)

先以拉伸試驗測定試片之抗拉強度 σ_u 及降伏強度 σ_y ，試桿依標準試桿尺寸製作，並且把表面依砂紙粗細研磨，磨去加工之條紋，最後用#400 或更細之砂布研磨，除去毛邊以免損壞試驗機。

(11)

調整自動停止器至適當高度，以便於在試桿斷裂時能自動切斷電源。

(12)

將試桿裝置在夾頭上，並用量錶量測試片之平行部，慢慢地轉動軸，以測定是否有偏心，或是否裝置妥當，通常將試桿裝置到振擺至 0.02mm 以下，以免機器振動而影響試驗值。