

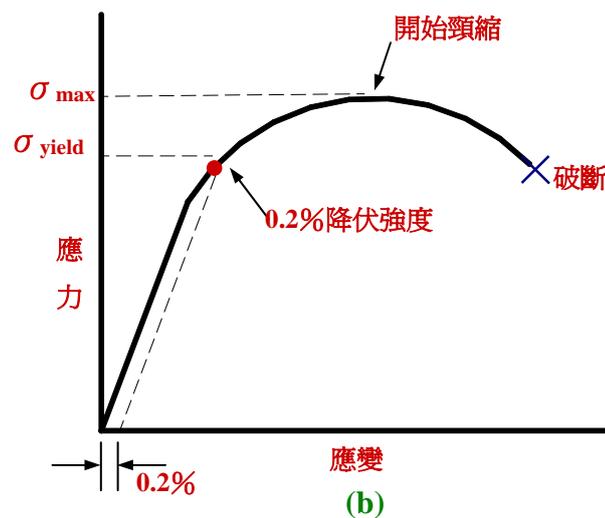
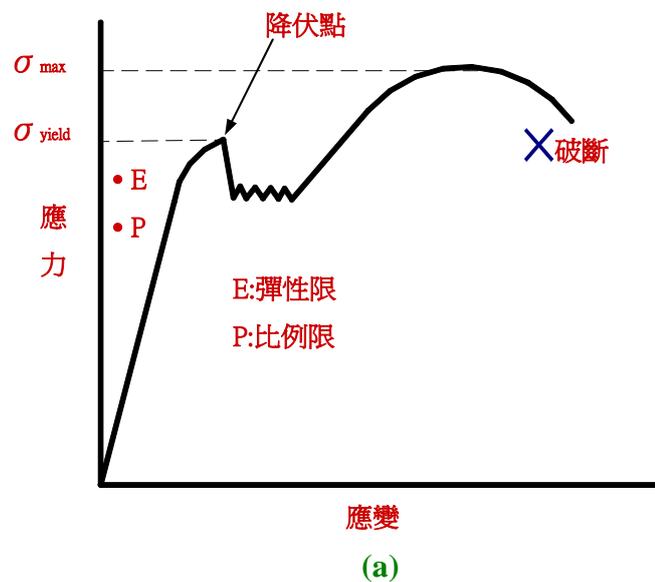


拉伸試驗

目的：瞭解材料在受到拉力時，材料在彈性範圍內及塑性範圍內，抵抗伸長變形的能力及斷裂的特性。

原理：試片經拉伸試驗後可依據拉力與位移之關係得到工程應力-工程應變曲線圖

(a)具有明顯降伏強度，(b)不具明顯降伏強度，訂定從應變軸上 0.002 位置畫一平行比例線之直線與 $\sigma - \epsilon$ 曲線相交於一點，該點即為 0.2% 截距降伏強度。



圖一、工程應變曲線(a)、(b)



藉由工程應力-應變曲線可得到一些重要參數，說明如下：

1.比例限與彈性限：如圖一中所示，當外加應力不超過 P 點時，其應力 (σ) 與應變 (ε) 成直線比例關係，即滿足虎克定律(Hooke's Law)：

$$\sigma = E\varepsilon$$

斜率即為比例常數 E 或稱之為楊氏係數(Young's modulus)，此 P 點之應力值，以 σ_p 來表示，即稱為比例限(Proportional limit)。當外加應力大於比例限後，應力-應變關係不再是呈直線關係，但變形仍屬彈性，亦即當外力釋放後，變形將完全消除，試片恢復原狀。直到外加應力超過 E 後，試片已經產生塑性變形，此時若將外力釋放，試片不再恢復到原來的形狀。此 E 點所對應的應力，以 σ_e 來表示，即稱為彈性限。一般金屬與陶瓷之比例限與彈性限大致相同。

2.降伏點與降伏強度：有些材料具有明顯的降伏現象，有些材料則不具明顯降伏點，如圖一所示。超過彈性限後，如繼續對試片施加荷重，當到達某一值時，應力突然下降，此應力即為降伏強度，可被定義為在材料產生降伏時拉力(P)除以原截面積(A_0)：

$$\sigma_{yield} = \frac{P}{A_0}$$

應力下降之後維持在一定值，但應變仍持續增加，此種明顯降伏現象一般可在中碳鋼的測試中被發現，但大部分金屬（如鋁、銅、高碳鋼）並不具有明顯的降伏現象，如圖一(b)所示。此時降伏點之訂定並不容易，最常用的方法是以 0.2% 或 0.002 截距降伏強度(Offset yield strength)表示之。此點之訂定即為從應變軸上之 0.002 位置畫一平行比例線之直線，此直線與應力-應變曲線相交於一點，此點之應力即為 0.2% 截距降伏強度。

3.最大抗拉強度與破斷強度：材料經過降伏現象之後，繼續施予應力，此時產生應變硬化（或加工硬化）現象，材料抗拉強度隨外加應力的提升而提昇。當到達最高點時該點的應力即為材料之最大抗拉強度(Ultimate tensile strength, UTS)，如圖一所示。最大抗拉強度 (σ_{UTS}) 可定義為：

$$\sigma_{UTS} = \frac{P_{max}}{A_0}$$

P_{max} 為材料在最大抗拉強度時所受之負荷， A_0 為材料之原截面積。對脆性材料而言，最大抗拉強度為重要的機械性質；但對於延性材料而言，最大抗拉強度值並不常用於工業設計上，因為在到達此值之前，材料已經發生很大的塑性變形。



試片經過最大抗拉強度之後，開始由局部變形產生頸縮現象(Necking)，之後進一步應變所需之工程應力開始減少，伸長部分也集中於頸縮區。試片繼續受到拉伸應力而伸長，直到產生破斷，此應力即為材料之破斷強度(Breaking strength)。破斷強度(σ_f)可被定義為破斷時之負荷(P_f)除以原截面積(A_0)：

$$\sigma_f = \frac{P_f}{A_0}$$

4.延性：試片之延性可以伸長率表示之

$$\text{伸長率} = \left(\frac{L_1 - L_0}{L_0} \right) \times 100\%$$

其中 L_0 和 L_1 分別為表示為材料在試驗前原長度及破斷時之長度。除了伸長率可表示材料之延性外，斷面縮率也可表示材料之延性

$$\text{斷面縮率} = \left(\frac{A_0 - A_f}{A_0} \right) \times 100\%$$

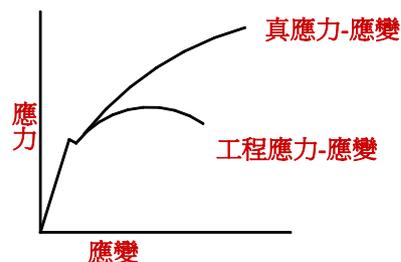
其中 A_0 及 A_f 分別表示為試驗前及破斷時面積。

5.真應力與真應變：

工程應力是拉伸試片所受之外力 F 除以它的原截面積 A_0 ，然而在試驗過程，試片的截面積是隨外力呈連續變化的。在試驗過程中，當試片發生頸縮後，工程應力隨應變的增加而下降，使工程應力-應變曲線上出現最大工程應力。然而相對於工程應力-應變曲線會產生彎曲，在真應變-應力曲線中是以瞬時截面積來計算，所以其圖形是呈直線上升，如圖二所示。因此，當試驗中頸縮現象發生，真應力值就大於工程應力值。真應力 (σ_t) 及真應變 (ε_t) 之定義如下：

$$\text{真應力 } \sigma_t = \frac{F}{A_i} \quad A_i: \text{試片的瞬時截面積}$$

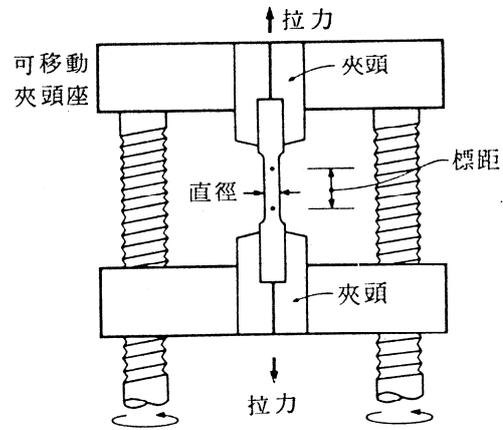
$$\text{真應變 } \varepsilon_t = \int_{l_0}^{l_i} \frac{dl}{l} = \ln \frac{l_i}{l_0}$$



圖二、真應變-應力與工程應變-應力曲線之比



拉伸試驗是用來測試材料在靜止狀態承受荷重或受到 緩慢增加負荷時的抵抗能力。試驗裝置簡圖如下：



拉伸試驗裝置略圖