

CH6 金屬的機械性質

poisson's ratio $\rightarrow -1 < \nu < 0.5$

彈性模數 $E = 2G(1 + \nu) \rightarrow$ 下限 -1

體積模數 $K = \frac{E}{3(1 - 2\nu)} \rightarrow$ 上限 0.5

大部分金屬和合金 ν 在 $0.25 \sim 0.35$ 約 0.3!!

G 約 $0.4E \rightarrow$ 得其一可估其二!

Even for isotropic materials, for complete characterization of the elastic properties, at least two constants must be given. \rightarrow 不太懂，但記得要 2 個 constants!

大部分金屬，彈性變型約為 0.005 以內，之後是塑性應變

塑性變形視為打斷原來鄰近原子鍵結，相對移動再與新進原子形成鍵結機構

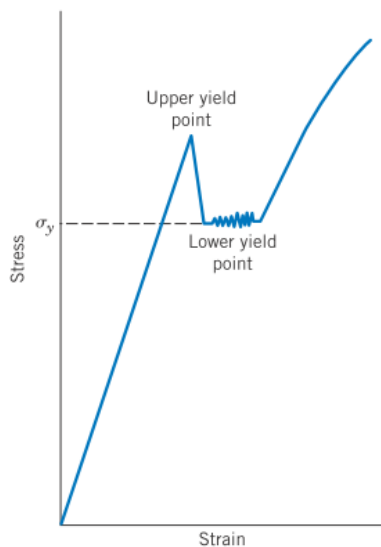
結晶 \rightarrow 差排運動滑移!!

非晶 \rightarrow viscous flow!!

定義降伏強度 \rightarrow 對塑性變形的阻力 \rightarrow 設計的主要考量，因為之後為塑變

Offset method $\rightarrow 0.2\% = 0.002$

而有些非線性彈性區域，不能用 Offset method，就以產生某應變量 EX 0.005，所需要的應力來定義降伏強度



Yield point phenomenon

*這種降伏點現象出現在某些 steel

降伏強度取下降伏點的平均應力，因為

1. 可明確定義

2. relatively insensitive to the testing procedure.

所以不需要用 offset method

TS: Al 的 50MPa \rightarrow 高強度鋼的 3000MPa

Resilience \rightarrow 彈性變形時吸收的能量

Toughness→斷裂時吸收能量的能力

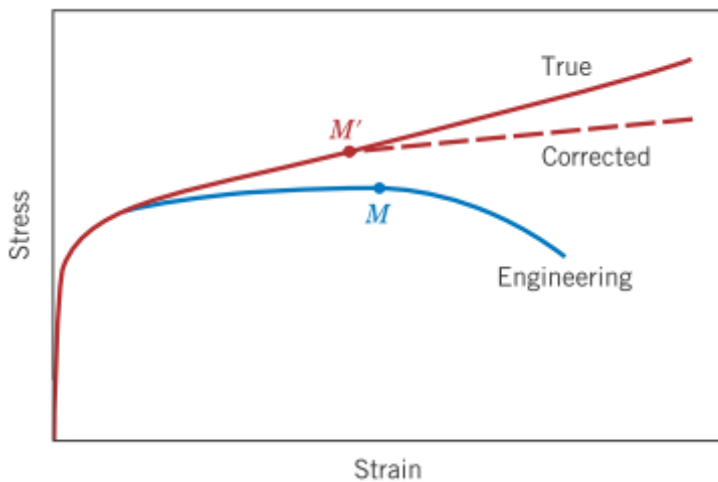


Figure 6.16 A comparison of typical tensile engineering stress-strain and true stress-strain behaviors. Necking begins at point *M* on the engineering curve, which corresponds to *M'* on the true curve. The “corrected” true stress-strain curve takes into account the complex stress state within the neck region.

*要會證明真應力和真應變(只適用 necking 前)

塑性開始→開始頸縮前，曲線可近似為

$$\sigma_T = K\epsilon_T^n$$

n →strain hardening exponent

頸縮開始發生?→Consider's 準則

當 σ_T - ϵ_T 曲線斜率等於 σ_T 時，necking 開始發生!

由 $P=\sigma_T A$ → $dP=0$ →...

塑性變形期間，釋放負荷，也是會有部分彈性恢復!!

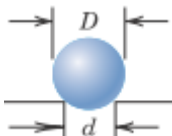
對壓縮測試而言，不會發升 necking! →應力沒有極大值

硬度→材料抵抗局部塑變的能力

Qualitative 定性→Mohs Scale

Talc→1 最軟...Diamond→10 最硬 (相對值)

Quantitative 定量→硬度測試

Rockwell	<p>1.最常用</p> <p>2. Indenter→直徑(1/16. 1/8. 1/4. 1/2 in)鋼球或 conical diamond (Brale)</p> <p>3. initial minor load(增加 accuracy) followed by a larger major load</p> <p>4.洛氏→次負荷 10kg，主負荷 60，100，150kg，EX. 80HRB</p> <table><tr><td rowspan="4">硬度值</td><td rowspan="4">HR</td><td>Scale Symbol</td></tr><tr><td>A.C.D→鑽石</td></tr><tr><td>B.E.F.G→1/16 in 球</td></tr><tr><td>H.K→1/8 in 球</td></tr></table> <p>5.表面→次負荷 3kg，主負荷 15，30，45kg，EX. 60HR30W</p> <table><tr><td rowspan="4">硬度值</td><td rowspan="4">HR</td><td>Scale Symbol(主負荷+identer)</td></tr><tr><td>N→鑽石</td></tr><tr><td>T→1/16 in 球</td></tr><tr><td>W→1/8 in 球</td></tr></table>	硬度值	HR	Scale Symbol	A.C.D→鑽石	B.E.F.G→1/16 in 球	H.K→1/8 in 球	硬度值	HR	Scale Symbol(主負荷+identer)	N→鑽石	T→1/16 in 球	W→1/8 in 球
硬度值	HR			Scale Symbol									
				A.C.D→鑽石									
				B.E.F.G→1/16 in 球									
		H.K→1/8 in 球											
硬度值	HR	Scale Symbol(主負荷+identer)											
		N→鑽石											
		T→1/16 in 球											
		W→1/8 in 球											
Brinell	<p>硬圓球壓痕器直徑 10mm，負荷 500~3000kg</p> <p>HB 為荷重和直徑大小的函數</p> <div>$HB = \frac{2P}{\pi D[D - \sqrt{D^2 - d^2}]}$</div>												
Knoop	Identer→diamond pyramid，直徑很小，且負荷 1~1000g，很小!												
Vickers	<p>→Microindentation Hardness Tests</p> <p>Knoop 也有用在陶瓷脆性材料</p> <p>兩個的差別在於</p> <p>Knoop→square pyramidal indenter</p> <p>Vickers→rhombic-based pyramidal indenter</p>												

硬度測試好處

- 1.簡單便宜
- 2.非破壞性
- 3.可估算其他性質

$$TS(\text{MPa}) = 3.45 \times HB \quad TS(\text{psi}) = 500 \times HB$$

計算標準差&工作(安全)應力

$$s = \left[\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n - 1} \right]^{1/2} \quad \sigma_w = \frac{\sigma_y}{N}$$

*列出 5 種導致量測材料性質分散性的因素

- 1.test method
- 2.specimen 製造過程
- 3.operator bias
- 4.apparatus calibration
- 5.材料不均質或成分差異

設備

較準

Smith 補充

Hot rolling 是製程的第一步驟，因為高溫比較容易軟化(1200°C)

Annealing 可以除去 hot rolling 所產生的雜質

extrusion

主要用在低熔點非鐵金屬

EX. Al.Cu 合金

但因開發出更高馬力，和改良的潤滑劑(玻璃)也可用來擠製一些碳鋼或不鏽鋼

Direction→所施壓力較高

Indirection→摩擦力較低，馬力消耗較低

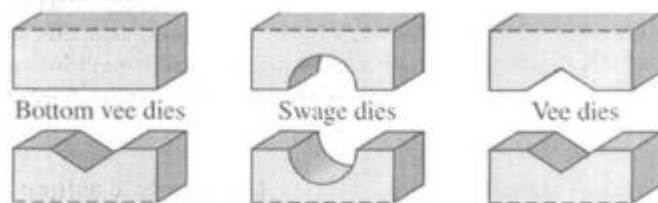
forging

可用來製作不規則形狀的物品，與鑄造物相比也比較強韌，可使金屬性質更加均勻，後續加工較不易破裂。

hammer forging→hammer 反覆地敲擊

press forging→慢速的壓縮力

open-die→適合大型零件



Examples of dies for open-die forging.

Close-die→EX.automobile connecting rod

Wire drawing

Surface clean 很重要，避免 defect

Lubricants 也很重要，減少摩擦力

Slip band→之間約 10000 個原子距離

裡面有很多 slip line→約 50~500 個原子的距離

金屬實際強度和理論強度的比值約 1/10000!!

金屬超塑性 Superplasticity

高溫.低負載速率.可塑性變形至高達 1000~2000%

正常溫度下沒有超塑性

變形機構:

不是差排，而是晶界 sliding(along the boundary)和 grain boundary diffusion

Nanocrystalline metals

小於 100nm

晶粒越小強度越強，但小到一定程度(負 hall-petch)反而會軟化，因為此時差排堆積已經不再適用，而是其他機制，如晶界滑動、擴散