

CH16 複合材料

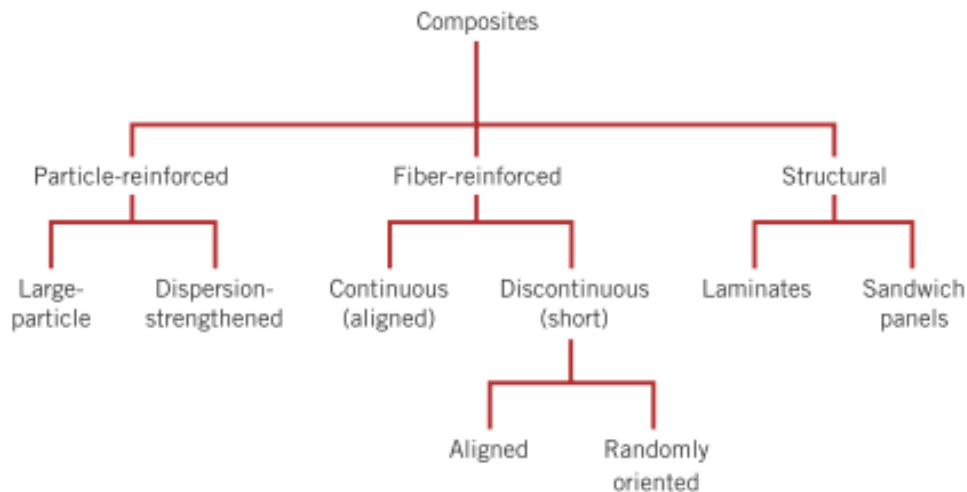
principle of combined action→較佳的性質組合由多種不同的材料不同組成配合而成

複合材料

→matrix→較延 continuous phase

→dispersed phase→較硬較脆 noncontinuous

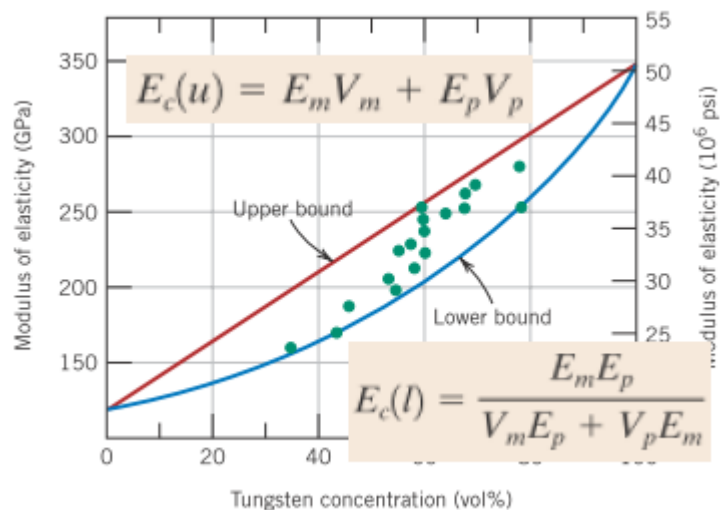
Dispersed phase geometry→濃度、大小、形狀、分布、方向



Partical-reinforced

→連續機構→非 molecular level(與 dispersion-strengthened composites 比較)

Rule of mixtures



Cermet:

陶瓷+金屬→耐火碳化物(WC、TiC) + (Co、Ni)

Carbon black→carbon particle+硫化橡膠

Concrete→基材、分散相都是陶瓷→consist of an aggregate of particles bonded by cement(注意 concrete&cement!!)

Concrete 的限制

1.weak 、 brittle

2.熱膨脹大

3.may crack when exposed to freeze-thaw cycle(冷熱交替)

Portland cement concrete	1.Portland cement 2.fine aggregate→sand 3.coarse aggregate→gravel 4.water
Reinforced concrete	1.additional reinforcement→steel 、 wires 、 rods 2.混高模數的 concrete fiber 3.prestressed concrete→引入殘留壓縮應力 4.postensioning(混凝土硬化後拉伸)

Dispersion-strengthened composites

以硬且惰性之金屬或非金屬微細顆粒，均勻分散強化

EX.

Thoria-dispersed Nickel(TD Ni)→Ni-ThO₂(3%vol)

Sintered-Alumium Powder→Al-AL₂O₃

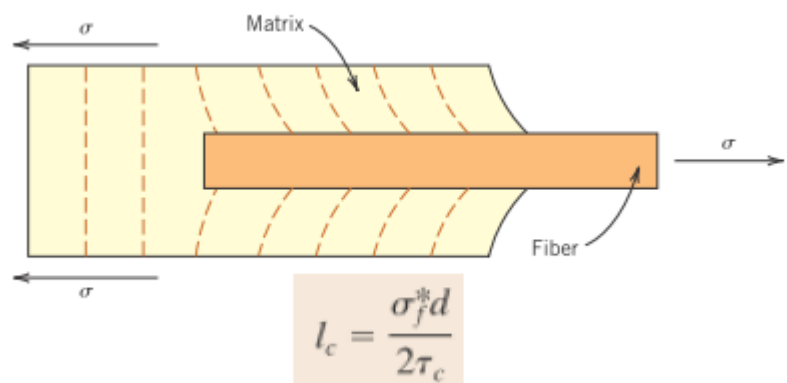
比較

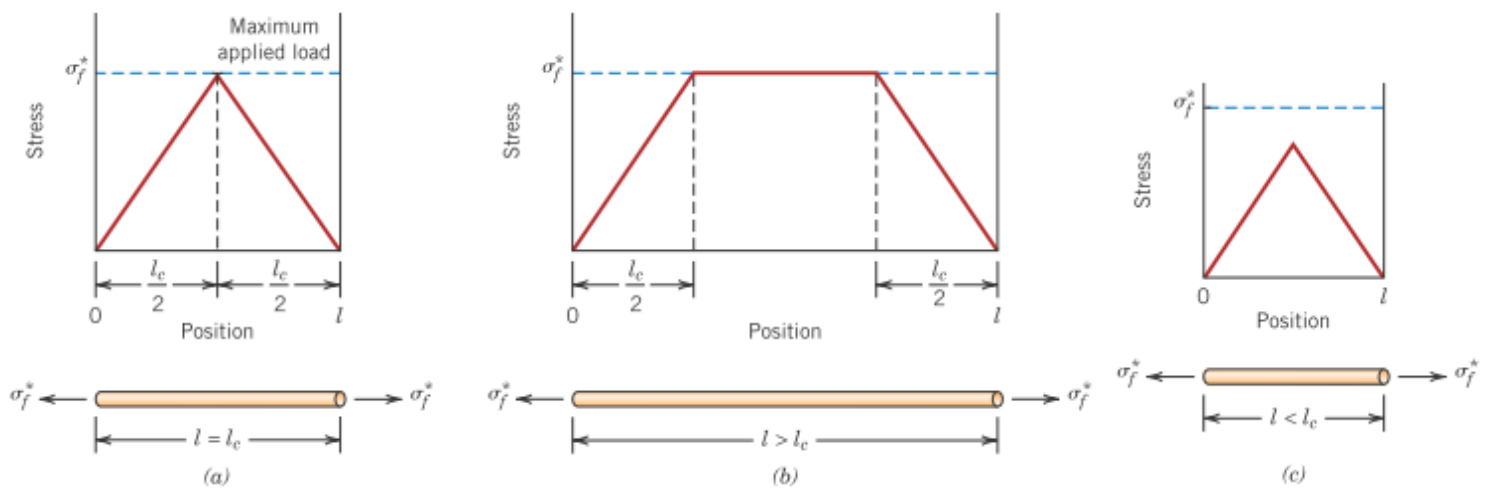
大質點	連續機構 非 molecular level
分散質點	Molecular level 阻礙差排運動 強化效果沒析出硬化好，但不需熱處理，且可用於高溫(分散相不與 matrix 反應)
析出硬化	也是阻礙差排運動 要熱處理 不可用於高溫(時效)

Fiber reinforced

每個纖維兩端並無負荷貫穿!!

由臨界的圖(a)來推公式
要知道各值代表誰的

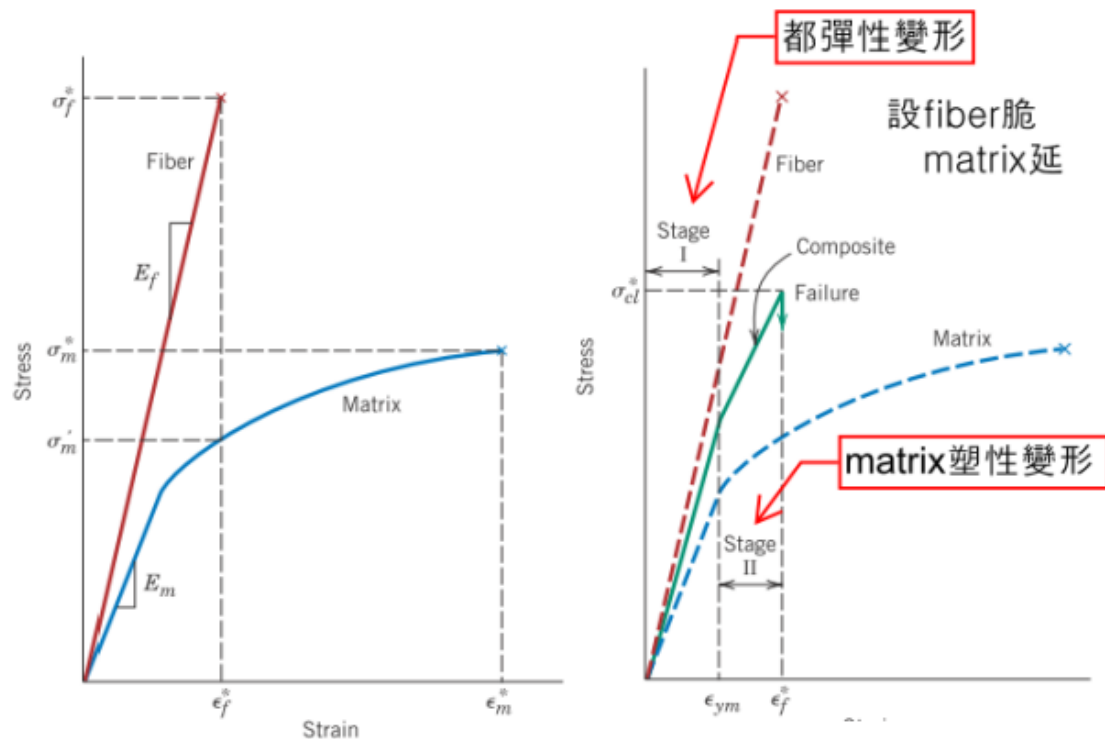




當長度越長→纖維增強越多→連續

一般來講連續→ $l > 15l_c$

長度至少為 15 倍的臨界長度!



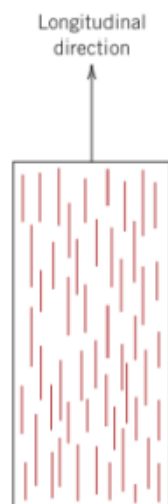
軸向→等應變 同上限公式

$$E_{cl} = E_m V_m + E_f V_f$$

$$\frac{F_f}{F_m} = \frac{E_f V_f}{E_m V_m}$$

軸向TS

$$\sigma_{cl}^* = \sigma_m' (1 - V_f) + \sigma_f^* V_f$$



Transverse direction

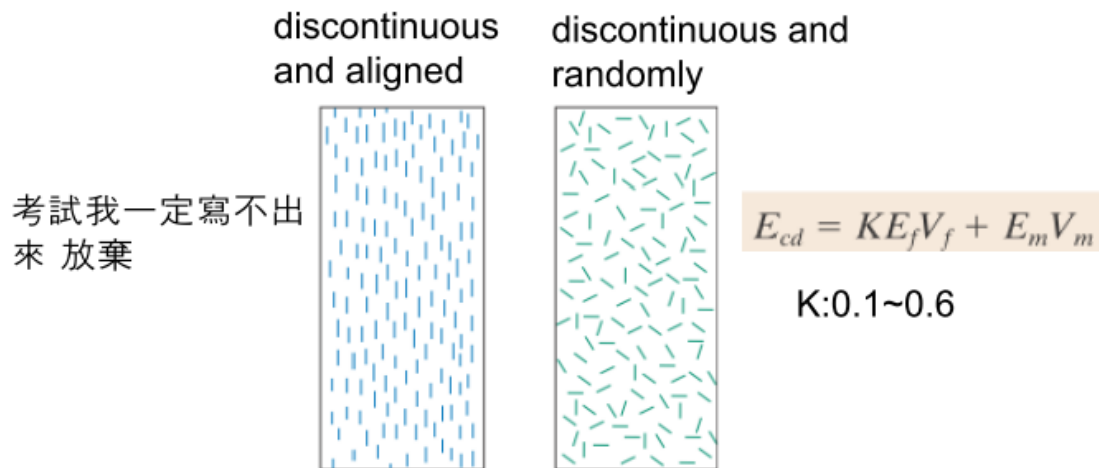
橫向→等應力

同下限公式

$$E_{ct} = \frac{E_m E_f}{V_m E_f + V_f E_m}$$

橫向TS: 受fiber和matrix鍵結強度. 孔隙影響. 一般很弱

continuous and aligned



比較:非等向性、有較強的方向 ; 等向性、無較強方向

The fiber phase

Stiff & strong

直徑小→大 : whiskers→fibers→wires

Whisker:非常 thin 單晶.高強度.高 l/d.高結晶.近無缺陷

Fiber:多晶或非晶.高分子或陶瓷

Wires:steels.Mo.W

Matrix phase

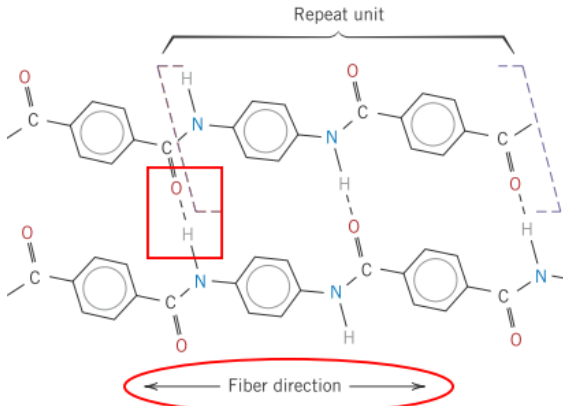
高分子、金屬、陶瓷皆有可能

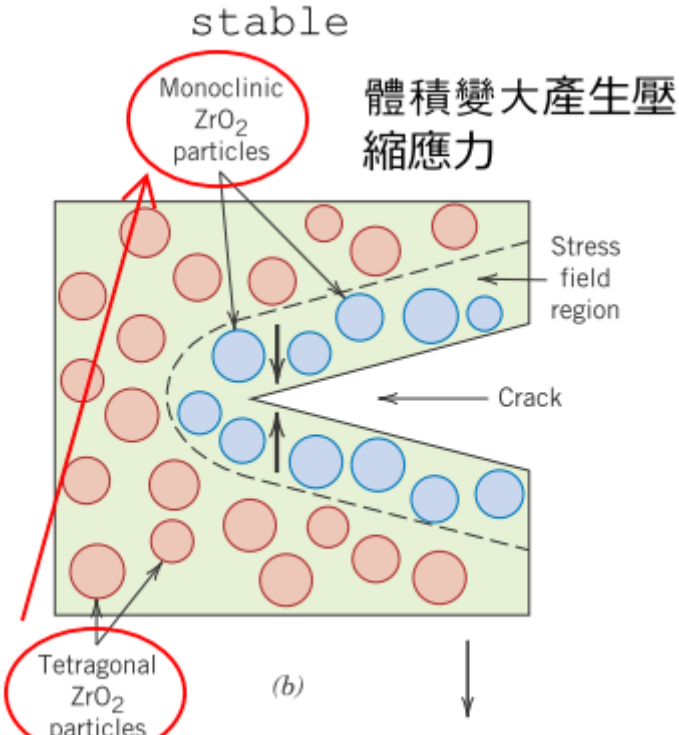
- 1.固定 fiber，傳導應力
- 2.保護 fiber
- 3.分開 fiber，避免裂紋傳播

需要很強的 interfacial bond between fiber & matrix

- 1.max the stress transmittance
- 2.min the fiber pull-out & probability of failure

Polymer-matrix(PMCs)	Glass-Fiber-Reinforcement Polymer(GFRP)
<p>Matrix→polymer <u>resin</u></p> <p>high-molecular-weight reinforcing plastic.</p> <p>決定最大使用溫度，因其通常比纖維增強物易熔化</p>	<p>E-glass</p> <p>1 容易從 molten state drawn into 高強度 fibers</p> <p>2.技術上成熟</p> <p>3.高比強度</p> <p>4. chemical inertness 很耐</p> <p>玻璃拉伸纖維暴露在環境下會弱化，會塗一層東西來保護，在製作複合物時，會以 coupling agent 來代替，增強基材和纖維的鍵結。</p>

<p>最常用的是 polyesters & vinyl esters</p> <p>epoxies 比較貴，有應用在航空，性質較好</p> <p>polyimide resins→高溫 高溫熱塑型</p> <p>PEEK、PPS、PEI</p> <p>Fiber→reinforcement medium (glass、carbon、aramid)</p> <p>另外較少使用的有 B、Si、碳化物和氧化鋁</p>	<p>Carbon-Fiber-Reinforcement Polymer(CFRP)</p> <ol style="list-style-type: none"> 1.highest specific modulus and specific strength 2.高溫下拉伸模數仍高，但氧化是個問題 3.抗潮、抗各種溶劑、酸、鹼 <p>Carbon fiber→graphitic and noncrystalline regions 外塗 epoxy 增強與 polymer 的吸附(2-D!!)</p> <p><u>three different organic precursor materials</u></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. rayon 螺縐 2. polyacrylonitrile (PAN) 3. pitch 瀝青 <p>Aramid-Fiber-Reinforcement Polymer(AFRP) Kevlar™ and Nomex™</p> <ol style="list-style-type: none"> 1.比強度 2.耐高溫-200~200°C(儘管他是熱塑性) 3.高溫穩定 4.matrix 用 epoxies 或 polyesters <p>應用→textile operations→ballistic products (bullet-proof vests and armor)</p> 
<p>Metal-matrix(MMCs)</p>	<p>基材:超合金、Al、Mg、Ti、Cu</p> <p>強化物:</p> <p>連續→C、SiC、B、Al₂O₃、耐火金屬</p> <p>不連續→SiC(whiskers)、Al₂O₃、C</p> <p>一般製程至少有 2 步驟</p> <ol style="list-style-type: none"> 1.consolidation 2.synthesis <p><u>aerospace industry</u></p> <p>boron fibers→ Space Shuttle Orbiter</p> <p>continuous graphite fibers→ Hubble 望遠鏡</p>

Ceramic-matrix(CMCs)	<p>陶瓷 particles.whiskers 填入另一陶瓷 advancing cracks and dispersed phase particles 之間的交互作用使 K_{IC} 改善</p> <p><u>transformation toughness</u> 透過相變化以阻擋 crack</p>  <p>stable</p> <p>Monoclinic ZrO_2 particles</p> <p>體積變大產生壓縮應力</p> <p>Stress field region</p> <p>Crack</p> <p>Tetragonal ZrO_2 particles</p> <p>(b)</p> <p>metastable</p> <p>Ceramic-whisker 韌化(SiC、Si_3N_4)抑制 crack</p> <ol style="list-style-type: none"> 1.使 crack tip 偏移 2.在 crack 表面間產生 bridge 3.把 whiskers 抽出時吸收能量 4.使 crack tip 附近的應力重新分布
----------------------	--

CARBON-CARBON COMPOSITES

一種最先進的材料

性質很好，但缺點是高溫氧化(碳)

Process :carbon-fiber 排列-->注入 liquid polymer(phenolic)-->產生 polyzed，排出 O_2 、 N_2 、 H_2 ...剩碳鏈→熱處理使緻密、強度增加。

Hybrid COMPOSITES

2 種以上的 fiber →EX.碳纖維強且貴，玻璃纖為便宜但較弱

相關 Process

Pultrusion、preg production、filament winding(真的懶得看這些了)