

機械材料講義

第一回

501090-1



社團法 人 考友社 出版發行

第一講 材料概論

◎ 命 題 重 點 ◎

壹、純金屬與合金

現代工業界所應用之機械材料有(一)純金屬及(二)合金。

1. 純金屬 (Metal)：是指金屬元素中，單獨存在於自然界，其成份甚為純粹。如鐵、鋁、銅、銀等。
2. 合金 (Alloy)：二種或二種以上的金屬元素相互融合，融合後仍具有金屬性質者，稱為合金。如鋼（鐵與碳合金）；黃銅（銅與鋅合金）；青銅（銅與錫合金）。
3. 金屬之間如果沒有親合力就不能成合金。例如鋁與鉛各熔液因比重相差甚大，難成合金。
▲親和力：金屬互相熔合之能力。
4. 機械材料在工業界發展方面實際使用之材料大多數為合金，很少用純金屬，因合金使用之效果比純金屬優良。

貳、金屬之通性

1. 不透明但具有金屬的特種色澤。
2. 比重大。（比重大於1，4以下者為輕金屬，4以上者為重金屬。）
3. 屬於延性及展性。（鐵延性好，展性不好；鋁、錫延性不好，展性良好；金延展性均良好。）
▲延性：可抽長為細線的性質。
▲展性：可錘成為薄片的性質。
4. 容易傳導熱及電。（銀導電度最高，銅排第二，鋁排第三）。
5. 其氧化物與氫氧化物均為鹽基性。（鹼性反應）（但鋁、鉍、鉻呈兩性反應）。
6. 在常溫下均為固體，但汞例外。
7. 高溫均可熔解。（鎢的熔點最高為3410°C，錫的熔點最低為232°C）
▲熔解：就是金屬由固體狀態變成液體狀態的現象。
▲熔點：就是金屬熔解時之最低溫度。

參、合金之通性

1. 合金之延展性常較其成份金屬為低，但強度、硬度則較高。
2. 合金之熔點較其成份金屬為低。
3. 合金之導電率及導熱率常低於其成份金屬。
4. 合金之光澤常保持不變，並且不易氧化，其防蝕性較高。
5. 合金之機械性質均優於純金屬。

肆、合金之組成

1. 二元合金：就是由二種成份組成者。如鐵—碳；銅—鋅。
2. 三元合金：就是由三種成份組成者。如鉛—錫—銻；鎳—銅—鋅等，甚至尚有更多成分融合而成之合金。

伍、機械工業上常用之重要合金

1. 鋼鐵類合金：約有下列三部份：
 - (1) 碳鋼及鑄鐵：以鐵、碳為主要成份之合金。
 - (2) 合金鐵：鐵中加入矽、錳、鉻、鎳、鉬等元素。
 - (3) 合金鋼：碳及鐵外再加入其他元素如鎳、鉻、錳等。
2. 銅合金：約有下列三部份：
 - (1) 黃銅：銅與鋅之合金。
 - (2) 青銅：銅與錫之合金。
 - (3) 特殊黃銅及青銅：上述之銅合金，欲使其具有特殊性質，除加入鋅或錫之外，另加以其他特殊元素所成之合金。
3. 鎳合金：係鎳中含有銅、鐵、鋅、鉻等之合金。
4. 鋁鎂合金：又叫輕合金。以鋁及鎂比重較輕之金屬為主要成份之合金。
5. 白合金：以錫、銻、鉛、鋅等白色軟金屬為主要合金。

陸、合金之製造方式

1. 熔解法：

為製造合金最經濟之主要方法。就是將不同金屬加入熔爐內，於熔融狀態煉製成合金。可按下列三種方式煉製而成：

 - (1) 將各金屬分別熔解後配合製成。
 - (2) 將較高熔點之金屬先熔解後加入較低熔點金屬固體攪拌製成。
 - (3) 將較低熔點金屬先熔解後加入預製之中間合金固體攪拌製成。

▲中間合金：係將較高熔點之金屬與較低熔點之金屬相配合而製成之合金，其熔點較低。

上述三種方法中，以(2)(3)二者較為方便而普遍使用。

2. 粉末冶金法：

金屬如成份金屬親合力較弱時，採用熔解法將有困難，這時可採用此法製成合金。其製造過程有三個步驟：

- (1) 混料：將金屬粉末依合金成份混合。
- (2) 壓型：將混勻之合金粉末用機器壓成所需之形狀。
- (3) 燒結：將壓好成型之材料放置爐中，加熱至主要成分熔點以下煅燒，以使結合成緻密之合金。

3. 滲透法：

將二種金屬置於一起，加熱或加壓，使其中一種金屬滲入另一種金屬而成合金。例如鐵與碳在爐內加熱，於是碳遂滲入鐵中，而成硬鋼，此鋼即為滲碳鋼。

4. 凝結合成法：將成份金屬加熱，使其汽化，然後再凝結製成合金。

5. 電解法：

將兩種不同金屬鹽液通以電流，該金屬被分解而沉澱，彼此混合而成合金。這一技術又稱為金屬熱鍍。

6. 還原法：將金屬氧化物加熱還原而成合金。

柒、金屬材料的組織

1. 金屬折斷後，我們用眼睛可看到斷口有很多的細粒，這些細粒依金屬的種類有各種不同，而我們叫這些晶粒為金屬的「結晶粒」(Crystal Grain)。金屬材料就是由這些晶粒集合而成。

2. 金屬材料之各種性質，固然由其所含元素成分而有所不同，同時亦因內部結晶粒每一個的成份、疏密、形狀、方向，以及它們的組合，亦即「組織」而有很大之差異。

3. 因金屬材料是由許多晶粒所構成，故研究金屬材料的組織時，必先瞭解晶粒。金屬結晶之大小，約為0.01~0.1 mm，其形狀大多數呈不規則之多。

4. 將純鐵的斷面磨光後，用適當的化學藥品浸蝕以後，用金相顯微鏡觀察時，可以看到如圖1-1所示的許多多角形。

5. 普通的金屬材料是由許多晶粒所構成的物質，這種物質稱為多結晶體。晶粒與晶粒的境界叫做晶界 (grain boundary)，可參考圖1-1，如由一個結晶粒所構成之材料則稱為單結晶 (

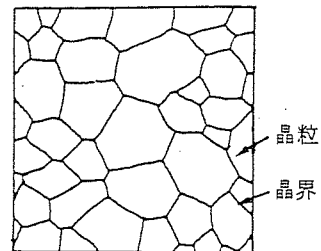


圖1-1 純鐵的顯微鏡組織

single crystal)。通常結晶體粗大者，其機械性質較差，晶粒較細密者，機械性質較佳，強度硬度較大。

捌、金屬之結晶構造

1. 金屬材料在固體狀態下皆成結晶體。所謂結晶體係指構成物體之原子或分子，有一定的規則排列構成。結晶體中原子或分子的排列狀態稱為結晶構造。(crystal structure)。
2. 檢查金屬之結晶構造須用(1)X光繞射法(2)電子繞射法(3)中子繞射法等三種。其中以X光繞射法最常用。
3. 我們如將一結晶粒，用X射線檢視其內部之構造，便可發現在結晶粒之內部，原子之配列是很有規則的，像這樣有規則的原子配列，我們將它稱為「結晶格子」或「空間格子」。金屬結晶構造，通常以該原子之結晶格子之形狀及稜線之長來表示，其長在 $2.5\sim 3.3\text{\AA}$ 之間。其 \AA 之長度為 10^{-10}m (公尺)。圖1-2即為結晶

格子或空間格子。其中小黑球即代表原子。吾人可看出結晶格子內之原子，前後、左右、上下均具有非常規則的排列。小黑球和小黑球的距離，也就是說原子和原子的距離，稱為格子常數。通常固體狀態的金屬都是結晶格子。

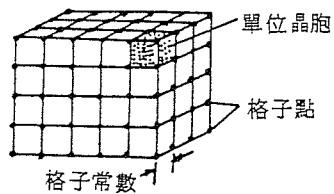
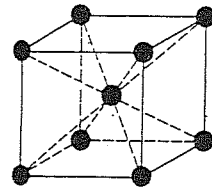
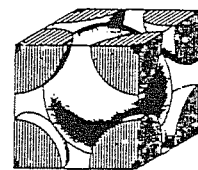


圖1-2 單位晶胞，格子常數，格子點之表示

4. 常用的金屬材料，其結晶格子型有下列三種：
 - (1) 體心立方格子 (Body-Centered Cubic Lattice 簡寫為B.C.C.): 如鐵 (α)、鐵 (δ)、鎢、鉻、釩、鉬、等。大部份較硬的材料均屬此類型。其圖如圖1-3(a)所示。圖(a1)為原子排列的格子型式，即原子排列成正立方體，各邊等長，正立方體之各頂點各有1個原子，即8個原子，立方體中心也有一個原子。位於各頂點的原子實際上是由八個單位格子共用，由圖(a2)看出，故屬於該單位格子者只有 $\frac{1}{8}$ 個原子。



圖(a1)



圖(a2)

圖1-3 (a) 體心立方格子

注意：體心立方格子

$$\text{原子數} = (8 \times \frac{1}{8}) + 1 = 2 \text{ (個)}$$

- (2) 面心立方格子 (Face-Centered Cubic Lattice 簡寫為F.C.C)：如鐵 (γ)、

鋁、銅、金、銀、鎳、鈷 (β) 等。大部份較軟的材料均屬此類型。其圖如 1-3 (b) 所示。圖 (b1) 表示原子排列的格子形式，即原子排列成各邊等長的立方體，八個角頂各有一個原子，六個面中心各有一個原子。同理由 (b2) 看出在六個面上的原子只有 $\frac{1}{2}$ 是屬於該單位格子。

注意：面心立方格子

$$\text{原子數} = \left(8 \times \frac{1}{8}\right) + \left(6 \times \frac{1}{2}\right) = 4 \text{ (個)}$$

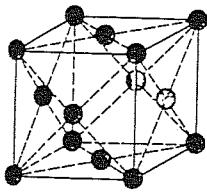


圖 (b1)

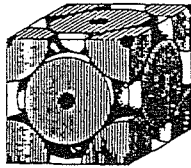


圖 (b2)

圖 1-3 (b) 面心立方格子

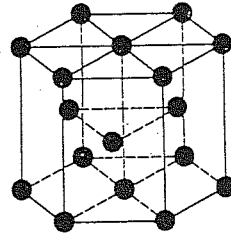


圖 (c1)

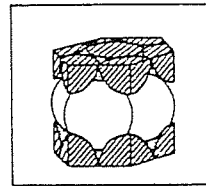


圖 (c2)

圖 1-3 (c) 六方密格子

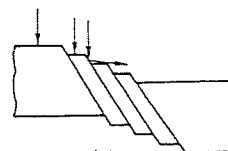
- (3) 六方密格子 (Close-Packed Hexagonal Lattice 簡寫為 H.C.P) : 如鈹、鎂、鈦、鋅、鎳、鈷 (α) 等。如圖 1-3 (c) 所示，圖 (c1) 原子排列成六角柱體，十二個角頂各有一個原子，上下底面的中心各有一個原子，柱體內部有 3 個原子。由圖 (c2) 知，同理，角頂位置的原子是由 6 個單位格子所共用，上下底面中心的原子由 2 個單位格子所共用，柱體內的三個原子不與其他單位格子共用。

注意：六方密格子

$$\text{原子數} = \left(12 \times \frac{1}{6}\right) + \left(2 \times \frac{1}{2}\right) + 3 = 6 \text{ 個}$$

玖、金屬之塑性變形

1. 金屬均具有結晶構造，當受外力作用後，材料會發生變形，如外力除去後能恢復原來之形狀，稱為彈性變形。
2. 材料受外力作用後，發生變形，當外力除去後已無法恢復原來之形狀，而產生永久變形者，稱為塑性變形。材料如具



(a)

有呈現永久變形之性質，稱為塑性。

3. 拉力和壓力皆不能使結晶發生永久變形，晶體發生永久變形乃是晶體格子內原子滑動所造成，這種滑動為剪力所造成。如圖 1-4 所示。

▲滑動 (Slip)：剪力超過某一限度，可以使金屬結構的兩部份，沿橫方向發生移動，這種橫方向的相互移動，稱為滑動，

4. 金屬之強度或硬度高，表示該金屬不易變形，欲使其發生滑動，須要較強大的力量。

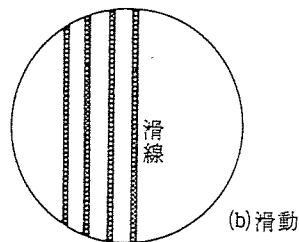


圖 1-4

拾、金屬之塑性加工

1. 塑性加工：對材料加以外力，使它彎曲、拉長、錘扁、打圓而做成所需要的形狀之加工，叫做塑性加工，塑性加工可分為高溫加工與低溫加工二種。
2. 高溫加工：又叫熱作加工 (Hot working)：金屬材料在再結晶溫度以上的加工。
3. 低溫加工：又叫冷作加工 (Cold working)：金屬材料在再結晶溫度以下的加工。

▲再結晶：(Recrystallization)：將加工硬化後之金屬材料予以加熱時，在某種溫度以內，雖然不會發生任何變化，然而到達某種溫度時，變形後的粒，逐漸變成細小的多角形狀的結晶粒。我們將此稱之為金屬的「再結晶」。並將其溫度稱之為「再結晶溫度」(Recrystallization temperature)。

4. 各種常用金屬材料之再結晶溫度請參考表 1-1

表 1-1 各種金屬之再結晶溫度

金屬	再結晶溫度 (°C)	金屬	再結晶溫度 (°C)	金屬	再結晶溫度 (°C)
鎂 (Mg)	約 150	鋅 (Zn)	15~50	鎢 (W)	約 1200
鋁 (Al)	約 150	鉬 (Mo)	約 900	鉑 (Pt)	約 450
鐵 (Fe)	約 500	銀 (Ag)	約 200	金 (Au)	約 200
鎳 (Ni)	530~600	鎘 (Cd)	約 50	鉛 (Pb)	約 0
銅 (Cu)	約 200	錫 (Sn)	約 0		

拾壹、塑性加工常用的方法

1. 鍛造 (Forging)：將金屬材料加熱，鍛成我們所需要的形狀。此加工方法稱為鍛造。如圖 1-5 所示。
2. 軋延 (Rolling)：將材料放在兩個驅動回轉軋輥 (roll) 可使材料的厚度越來越薄，而達到預定的尺寸，成為斷面一樣的成品。此加工法稱為軋延。如圖 1-6 所示。
3. 拉製 (Drawing)：將圓棒、線材或管材通過直徑較小的拉模而用力由前方抽拉成更小線徑或管徑的加工法稱為拉製。如各種金屬線的拉製。如圖 1-7 所示。
4. 壓製 (Pressing)：將金屬材料置於壓模上，使用衝頭由上方以適當之力和速度壓下，使其形成預定形狀的成品。此加工法稱為壓製如圖 1-8 所示利用此法可製金屬罐、容器、鍋之壓製。

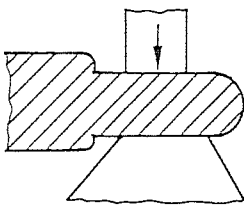


圖 1-5 鍛造

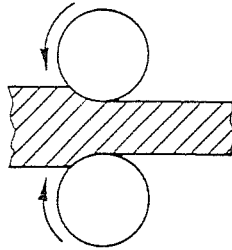


圖 1-6 軋延

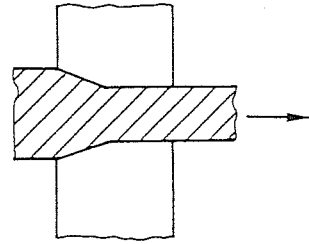


圖 1-7 拉製

5. 擠製 (Extrusion)：在擠製機內置放材料，用擠筒施力擠壓，使材料通過各種形狀的擠模，可以擠出不同形狀的管、條、型材等。此加工法稱為擠製。如圖 1-9 所示。

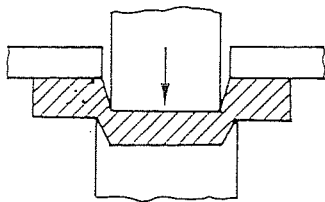


圖 1-8 壓製

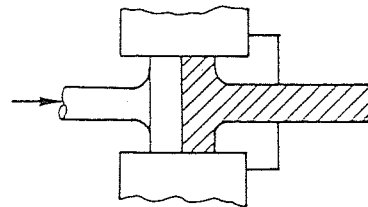


圖 1-9 擠製

拾貳、金屬之熔解與凝固

1. 熔解：金屬材料由固體狀態變成液體狀態的現象，稱為熔解。一般材料加熱均可熔解，且各金屬均有一定之熔點。由固相變成液相之溫度稱為熔點。(melting point)
2. 凝固：金屬材料由液體狀態變成固體狀態的現象，稱為凝固。由液態變成