

109 年公務人員特種考試警察人員、一般警察人員考試及 109 年特種考試交通事業鐵路人員考試試題

考試別：鐵路人員考試
等 別：員級考試
類科別：機械工程
科 目：機械製造學概要

一、切削加工的相關問題如下，請依序回答：

- (一)切屑的型態可以分為幾種？(5 分)
- (二)切削加工時造成溫度上升的熱源有那些？(5 分)
- (三)切削刀具破壞 (tool failure) 的型態有幾種？(10 分)

《考題難易》：★★。

《破題關鍵》：CH5 切削理論之切屑的型態與刀具溫度與刀具破壞。

【擬答】

(一)切屑的型態：

1. 連續切削(Continuous Chip)：如圖 1-1 所示

(1)高速切削延展性高的材料，且切屑之內應力小，而刀具頂面對切屑之摩擦阻力小時，切屑在刀頂面上連續不斷的變形流動且不間斷，此種切屑型態，無論就表面粗糙度及刀具壽命立場而言，都是最理想的。

(2)形成連續式切屑的因素有下列數項：

- ①工件材料之延展性高。
- ②刀具硬度高，摩擦係數小。
- ③使用切削劑。
- ④刀頂面以油石或金剛刷勵光。
- ⑤進刀量小。
- ⑥切削深度小。
- ⑦刀具斜角大。
- ⑧切削速率快。
- ⑨刀口銳利。

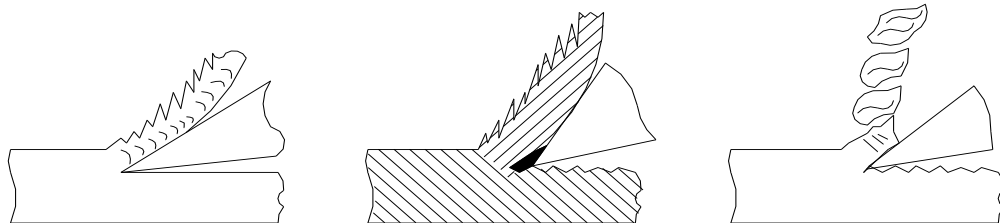


圖 1-1 切削的型態

2. 有刀口積屑的連續式切屑(Continuous Chip with Built-up Edge)

(1)積屑刀口現象：在切削塑性材料時，如果前刀面上的摩擦係數較大，切削速度不高又能形成帶狀切屑的情況下，常常會在切削刃上粘附一個硬度很高的鼻型或楔型硬塊，稱為積屑瘤。刀口積屑(BUE, Built-up Edge)是以低速切削延展性及摩擦係數皆高的材料所產生的切屑熔著現象。當刀具開始切削時，由於很高的摩擦阻力與切屑間的壓力，導致若干微粒黏結在刀具面上。此種粘結物隨著切削繼續進行而愈積愈多，當堆積至相當高度後，此 BUE 會脫

公職王歷屆試題 (109 鐵路人員考試)

離刀尖而流失，然後又在刀尖重新產生粘結物，如此循環不已。圖 1-2 所示者為 BUE 的循環過程，按：形成→成長→分裂→脫落的步驟進行。

(2)由於摩擦對切削變形、刀具壽命和加工表面品質有很大影響，因此，在生產中常採用下列的方法來減小摩擦：

- ①減小切削力。
- ②縮短刀與切屑接觸長度。
- ③降低加工材料降服強度。
- ④選用摩擦係數小的刀具材料。
- ⑤提昇刀面研磨品質。
- ⑥澆注切削液等方法。

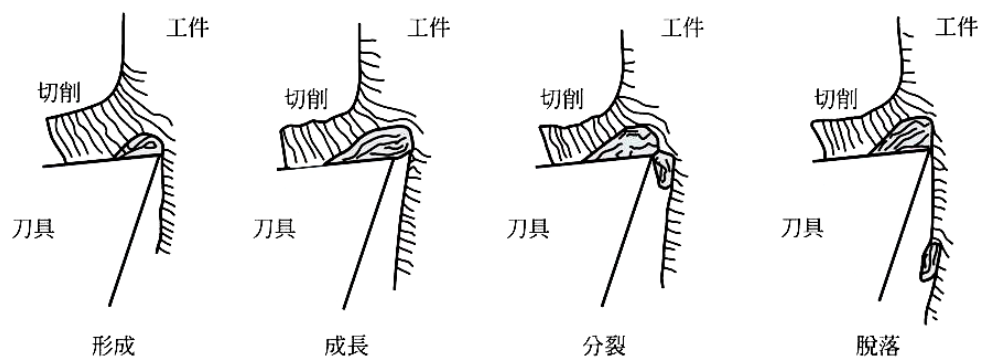


圖 1-2 BUE 的循環過程

(3)形成 BUE 的加工條件為：

- ①工件材料延展性高，且摩擦係數大。
- ②刀具的摩擦係數大，或與工件之親和力大。
- ③未使用切削劑。
- ④刀具頂面粗糙。
- ⑤進刀量大。
- ⑥切削深度大。
- ⑦刀具斜角小。
- ⑧切削速率慢。
- ⑨刀口鈍。

3. 不連續式切屑(Discontinuous Chip)

(1)此式切屑的形成原因，是由於切削時材料內部的組織應變能力不足，無法對應切削作用而做適當的變形，致使產生的切屑沿剪切面作週期性的破裂。切削脆性材料，或以高阻力及大的切屑內應力切削延性材料時，均會產生此種切屑。

(2)其形成因素有下列數項

- ①材料脆性大。
- ②切削震動大。
- ③材料延展性大，但工作條件不利，例如：
 - A. 進刀量太大。
 - B. 切削深度太深。
 - C. 刀具斜角太小。
 - D. 切削速率太慢。

E.刀口太鈍。

(二)切削加工時造成溫度上升的熱源：

1. 金屬在切削過程中，由於被切層產生變形，形成切屑而需要克服工件材料內部的摩擦（稱為內摩擦）。
2. 切屑與刀具前面之間的摩擦及刀具後面與工件切削表面之間的摩擦（稱為外摩擦）。
3. 切削熱是由內摩擦與外摩擦兩個因素產生的。切削熱的大小取決於切削時的切屑變形程度。切削塑性材料時以內摩擦因素為主，如果被切層變形越大，則內摩擦越劇烈，所產生的切削熱相應也就越多。切削脆性材料時，由於被切層變形較小，即內摩擦較小，同時切屑呈崩碎狀，它與刀具前面之間的摩擦較小，此時以刀具後面與工件切削表面之間的外摩擦為主，則產生的切削熱比切削塑性材料少得多。
4. 切削熱的擴散：切削時產生的切削熱通過切屑、工件、刀具和周圍介質（如切削液或空氣）擴散出去。車削時由切屑擴散的熱量約占 50% 以上。切削厚度越厚，切削速度越高，被切屑帶走的熱量也就越多。

(三)切削刀具破壞 (tool failure) 的型態：

1. 刀具崩裂(Tool Fracture)：切削刀具具有大的間隙角可使刀刀尖銳，但刀口強度減低，易於磨耗或崩裂。
2. 刀具磨損(Tool Wear)原因：
 - (1) 磨耗磨損(Abrasion Wear)：此種型式的磨損，是由於工件上之小硬顆粒，摩擦刀具表面所引起。
 - (2) 粘著磨損(Adhesion Wear)：在切削過程中，塑性變形、摩擦、加上切削所產生的高溫，會導致刀具和工件之間有熔著的行為發生。由於切削所產生的應力，會逐漸破壞熔著行為，而使切削刀具逐漸退化。
 - (3) 擴散磨損(Diffusion Wear)：擴散磨損是由於切削元件之金屬晶體中的原子，由一格子點擴散到另一格子點所造成的，結果使刀具逐漸變形。
 - (4) 氧化磨損(Oxidation Wear)：在高溫時，切削刀具中之碳化物氧化，會導致刀具強度降低，並使切刀發生磨損。
 - (5) 化學和電解磨損(Chemical and Electrolytic Wear)：切削液在刀具和工件間的化學反應，是導致化學磨損的原因。電解磨損則是由於刀具和工件間，可能產生電流腐蝕的結果

二、請詳述脫蠟鑄造法 (investment casting or lost wax process) 的程序與優點 (必須繪製每一步驟的示意圖輔助說明)。(20 分)

《考題難易》：★★。

《破題關鍵》：CH2 鑄造之脫蠟鑄造法。

【擬答】

1. 去蠟精密鑄造法(Lost Wax Precision Casting)程序：

- (1) 是將製品用鋼或黃銅製成原型。由此原型再用鈹或鉛合金作成一分形模。蠟澆入模型，凝固後打開模子取出蠟模。成形過程中，模型是以水冷式虎鉗固定著，熔蠟在適當的壓力之下壓入模內。模型材料若不用蠟，亦可用熱塑性聚苯乙烯代替之。
- (2) 為了增加產量，通常將幾個必要的澆口、冒口用熱鐵絲加熱熔接起來。先將模型噴上細的砂粉混合物後，再將磨細的耐火材料注入模箱，材料並先用酒精或水等混合劑調稀。
- (3) 脫臘法之製程如圖 2-1 所示，依序為：射蠟、組樹、沾漿、熔蠟、澆鑄。

- ①以鋼或銅作成原型。
 - ②以低熔點金屬製造分型模。
 - ③注入蠟。
 - ④取出蠟模型。
 - ⑤蠟模型結合澆口組成蠟樹。
 - ⑥蠟樹被覆泥漿。
 - ⑦將砂噴灑在泥漿上。
 - ⑧加熱熔蠟，並烘乾鑄模。
 - ⑨澆鑄金屬液。
 - ⑩凝固後脫殼、清理鑄件
- (4) 製品例：高爾夫球桿頭，渦輪機葉片。

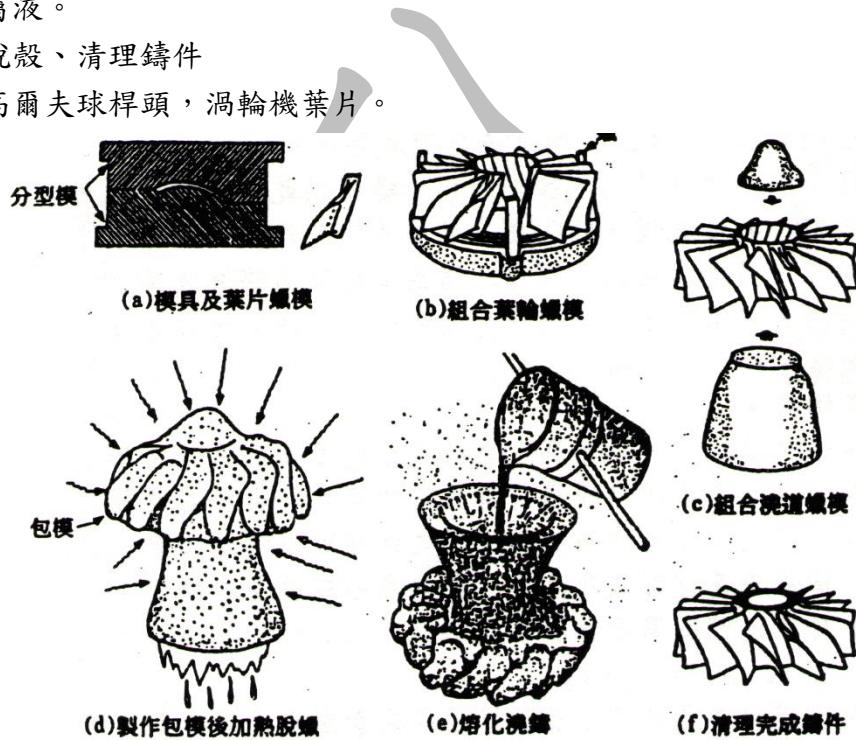


圖 2-1 脫臘法

2. 去蠟精密鑄造法(Lost Wax Precision Casting)優缺點：

- (1)可鑄造無法切削和具放射性的金屬。
- (2)可獲得沒有分離線的極光滑表面。
- (3)可鑄造出極具複雜形狀的製品，且鑄件表面光平，尺寸精確。
- (4)尺寸精確度極高。
- (5)可適用於零星生產或小量生產。
- (6)生產費用高，只適用於小鑄件之鑄造。
- (7)適合鐵金屬、非鐵金屬及鑄造性不良的金屬鑄造。
- (8)不適合使用砂心，深且窄的孔不易鑄造。

三、金屬彎板加工 (bending) 常有彈回現象 (springback) 發生，請詳細說明影響彈回量的因素與效應。(20 分)

《考題難易》：★★。

《破題關鍵》：CH3 塑性加工之彈回現象。

【擬答】

1. 平板彎曲後，接近中立面部分的材料受力未達彈性限度，仍然保持其原有的彈性。故沖頭移開後，會產生彈性恢復作用，使彎曲的角度變大，這種現象叫彈回 (Spring Back)，如圖 3-1 所示。

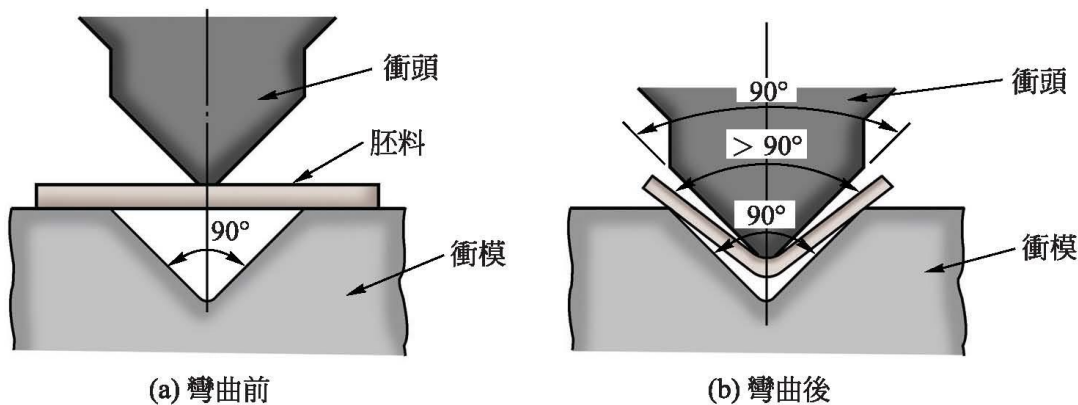


圖 3-1 彎曲操作中之彈回作用

2. 欲解決由彈回所造成的角度誤差，可依工作經驗略為減小沖模的角度，使板料彈回後恰為正確角度。例如：製品的彎曲角度為 90° ，則沖模的角度應略小於 90° 。
3. 回彈包括角度回彈及曲率回彈兩個方面，此是彎曲變形區與不變形區兩部分回彈綜合效應的結果。
4. 影響回彈的因素很多，主要有：
 - (1) 材料的機械性能愈高、 E 值愈小，彎曲回彈愈大；
 - (2) 變形程度 r/t ：在其相同的條件下，角度回彈量隨 r/t 值增大而增大；曲率回彈量則隨 r/t 值增大而減少；較小的彎曲半徑對減少回彈有利，但過小的彎曲半徑會使彎曲區破裂；
 - (3) 彎曲中心角 α ：彎曲中心角 α 大，回彈角大；
 - (4) 模具間隙 C ：凸、凹模間隙大，回彈量大；
 - (5) 彎曲方式：自由彎曲回彈量大，較正彎曲回彈量小，全形鍛校彎曲回彈量最小；
 - (6) 工件形狀及材料組織狀態：形狀複雜，相互牽扯多回彈量小，冷作硬化後回彈量大；
 - (7) 模具結構及壓邊力大小：壓邊力大，工件彎後回彈量小。

四、請回答下列與銲接 (welding) 技術相關之問題：

(一)電弧銲接 (arc welding) 的方式可以分為消耗式電極 (consumable electrode) 與非消耗式電極 (nonconsumable electrode) 兩種。請詳細說明此二種銲接技術的差異性，並且各舉一實際的案例。(12 分)

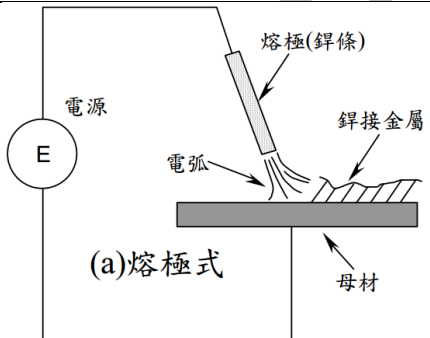
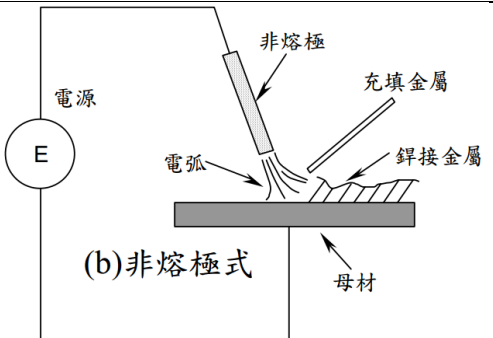
(二)電弧銲接時，銲道表面會有銲渣 (slag) 存在，說明此銲渣的主要功能為何？如果進行多道堆銲 (multiple-pass approach) 必須注意那些事項。(8 分)

《考題難易》：★★★。

《破題關鍵》：CH4 銲接之電弧銲接。

【擬答】

(一)電弧銲接(arc welding)的電極種類：

	消耗式電極	非消耗式電極
材質	電銲條(Welding Rod)	鎢棒、石墨棒
應用	惰氣金屬極電弧接(GMAW；MIG)	惰性氣體鎢極電弧銲(GTAW；TIG)
操作示意圖	 <p>(a) 熔極式</p>	 <p>(b) 非熔極式</p>
優點	<p>① 鋁及鋁合金之銲接比 TIG 更容易：鋁之導熱度大，氧化膜熔點高，MIG 因熱量較集中，且以 DCRP 施銲具備清淨作用能更容易破除氧化膜，使銲接容易。</p> <p>② 銲接效率高，降低銲接成本：MIG 銲接係利用細銲線通過大電流(即電流密度高)使銲線末端快速熔入銲縫，故銲接效率高，加以熱量集所產生電漿(Plasma)氣流掘入母材之深度大，所以 MIG 電弧熔入深，銲接厚母材比傳統式 TIG 更能發揮功效，故降低銲接成本。</p> <p>③ 銲接速率大，故變形量降低。</p> <p>④ 厚板銲道外觀良好。</p> <p>⑤ 入熱量所造成不良影響降低。加入熱量須大的不銹鋼變得更容易銲接。</p> <p>⑥ 適合全能位置施銲：電弧之指向性強，即使小電流時電弧安定性佳，所以適宜立銲、仰銲的操作。</p>	<p>(1)TIG 之優點</p> <p>① 電弧熱限於接頭局部之小面積變形減小，是故熱力限於氣罩下，增加銲接速度，減少火花飛濺物而增加銲接效率。</p> <p>② 不需使用銲劑：於是無銲劑之流動，可很清楚的看到熔池，且銲後不需清潔處理，氧化及氮化少。</p> <p>③ 熔填金屬控制單純：銲道之寬窄、高低均可由銲條之熔入量及銲炬操作速率加以控制，以達最經濟之銲條消耗量。</p> <p>④ 使困難銲接之金屬變為容易銲接，例如鋁鎂合金及銅合金等。</p> <p>(2)TIG 之缺點</p> <p>① 惰性氣體昂貴，致使銲接成本偏高。</p> <p>② 構造複雜易生故障。</p> <p>③ 冷卻水質須純淨，否則易故障。</p> <p>④ 須在無風處施銲，以免保護氣罩被吹散，而造成銲接品質之不良。</p>

(二)銲渣的主要功能：

公職王歷屆試題 (109 鐵路人員考試)

1. 由於銲接時，必須有足夠的銲料來保證銲接品質，否則可能造成銲接不完全有空洞等，於是多餘的銲料就行成銲渣，銲渣裡的主要物質就是銲料。銲接是產生銲渣的原因：
 - (1) 母材表面有油污鏽垢漆水份等雜物，在銲接過程中這些雜物燃燒，阻礙鐵水流動，使鐵水過於分散，顯得熔渣較多。
 - (2) 銲接電流太小，電弧吹力小，熔渣鐵水混合在一起，溫度過低熔渣沒被吹到銲縫兩側，顯得熔渣較多。
 - (3) 銲條受潮，藥皮吸收過多水分，在銲接過程中影響保護效果，導致熔渣過多。
2. 銲渣的主要功能：銲接熔渣的作用主要是覆蓋熔池、隔離空氣，並有去氧、脫硫、去氫作用，以及向熔池中過渡合金元素。主要功能如下：
 - (1) 保護熔池：銲接時，形成的銲渣覆蓋於熔池的表面使液態金屬與空氣隔絕，阻止空氣中的氧、氮進入熔池，並防止處於高溫的熔池產生有害反應。
 - (2) 熔渣在銲接冶金反應過程中起到重要作用：銲條藥皮受電弧熱熔化成熔渣，與液態金屬熔滴和熔池發生一系列物理化學反應，在銲接冶金反應中去除有害雜質，脫氧、脫硫、脫磷、除氫；並向銲縫過渡有益合金元素，使銲縫金屬合金化。
 - (3) 改善銲接工藝性能的作用：合理的設計銲條藥皮配方，加入某些物質可以提高電弧引燃性，提高電弧燃燒穩定性，減少飛濺，改善熔滴過渡形式，改善銲縫成型，改善脫渣性等銲接工藝性能。
 - (4) 改善銲縫金屬熱規範的作用：液態熔渣覆蓋在液態金屬熔池上面，減緩了熔池金屬冷卻結晶凝固的速度，使得結晶不會那麼粗大，有害氣體有時間逸出，減少銲接缺陷的產生，有利於銲縫金屬成型，有利於銲接品質的提高。
3. 多道堆銲注意那些事項：
 - (1) 堆銲前清除待銲表面的油污、鐵鏽和油漆等。
 - (2) 用樣板按技術規定的銲道形狀和尺寸劃線。
 - (3) 如果是中部槽組裝完後堆銲，則要準備2根鋼管(直徑約30mm，長度比內槽寬度大2-3mm)，銲前撐在中部槽兩端以防止銲接時產生變形。
 - (4) 施銲時先銲2條大對角銲道，再銲其它短銲道。
 - (5) 每條銲道要間斷銲，每段銲縫長約100mm，間距約100mm。銲道相交處也要斷開。

五、鋼製傳動軸經常進行表面硬化處理，請分別說明固體滲碳 (carburization) 表面硬化與高週波表面硬化 (high frequency hardening) 的熱處理操作程序。(20 分)

《考題難易》★★。

《破題關鍵》：機械材料 CH6 表面硬化之滲碳表面硬化與高週波表面硬化。

【擬答】

1. 固體滲碳(carburization)表面硬化

- (1) 定義：鋼滲碳依滲碳劑之不同，分為固體滲碳法(pack carburization)、氣體滲碳法(gas carburizing)及液體滲碳法；一般滲碳用鋼是含碳量在 0.12~0.23% 間的低碳鋼及低合金鋼。
- (2) 原理：無論何種滲碳法都是將碳原子滲透(擴散)到低碳鋼的表面，使表層變為高碳而硬化。
- (3) 固體滲碳之原理：將鋼材加熱至 900~950°C (沃斯田鐵狀態)，加熱時間約 8~16 小時，使初生碳原子擴散到鋼材內。
- (4) 滲碳促進劑：固體滲碳作用非常緩慢，若僅利用木炭為滲碳劑則滲碳作業不易進行，必須加入 20% 碳酸鋇(BaCO₃) 或(及)10% 碳酸鈉(Na₂CO₃) 等促進劑。當 BaCO₃ 約占 40%，或 Na₂CO₃ 約占 5% 時，滲碳促進劑之促進效果最好。
- (5) 操作方法：滲碳硬化法的作法是將欲滲碳的部分清理乾淨後將它保留且不作任何處理，而將不需滲碳的部分事先鍍上一層金屬元素或塗料。其次，將材料放入滲碳劑中加熱，鋼料表面將被滲入一定之碳量而成為高碳之鋼，而原塗有塗料或鍍上一層金屬元素之表面則不受任何影響。滲碳劑為木炭粉末加上碳酸鋇 (BaCO₃) 或碳酸鈉 (Na₂CO₃) 促進劑。將材料及滲碳劑一起放入容器中，並將容器封蓋後置入加熱爐內加熱，並以耐火黏土塗在材料與滲碳劑的縫隙上，以防止熱量外漏。其次，再將容器置於加熱爐內加熱至 900°C 以上，並維持數小時後，將容器取出冷卻，即完成固體滲碳工作。滲碳深度一般以加熱的時間來決定，若滲碳後材料的硬度太高，則必須先將材料施以退火後，再進行其他之加工。
- (6) 滲碳後的熱處理：滲碳後的鋼，表面含碳量高，心部含碳量低，兩者的相變態溫度不同，必須施行適於各部的硬化處理。一般採用二次淬火法，第一次淬火主要目的是使心部組織微細化，第二次淬火才使滲碳層硬化及表面組織細化，最後施行回火以使硬化層的組織安定化。

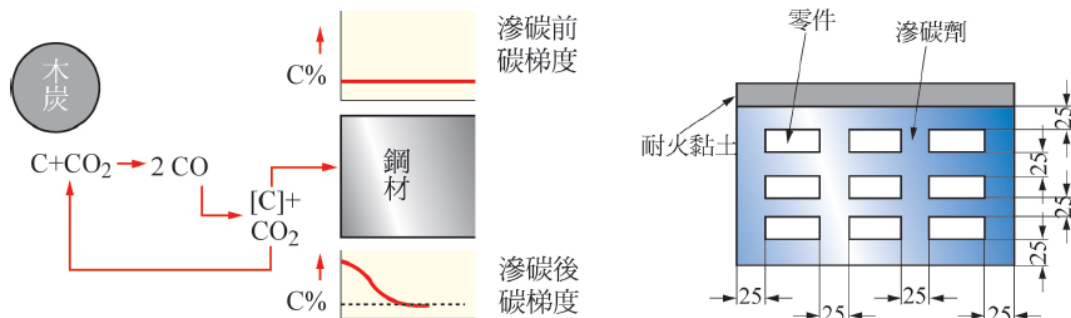


圖 5-1 固體滲碳表面硬化法示意圖

2. 高週波表面硬化(high frequency hardening)

- (1) 定義：利用高週波感應電流，容易集中在工件表面，而將表面急速加熱再淬火，而達表面硬化的目的，適用的鋼材為 0.35%~0.6% 的碳鋼和合金鋼。如車床床軌的硬化方法。
- (2) 加熱原理：當具有磁性的工件置入一變化磁場內，會因為電磁感應而在物件表面產生渦電流(eddy current)利用渦電流急速加熱工件的表面。並因電流之作用產生急速加熱現象。若高週波的頻率愈高，則材料表面的感應電流將使材料表面更快速的加熱，當達到一定溫度後，迅由淬火媒液入口加壓並由孔口噴出冷卻液於材料表面，冷卻後達到表面硬化效果。常用的頻率一般於 10~200kHz 之間。

(3)優缺點：本法的優點為加熱時間比火焰硬化法更短、加熱溫度可由電流大小來控制、淬火後的變形不大、硬化層深度較均勻、適合大面積材料或大量的淬火處理等。缺點為設備昂貴，成本較高。

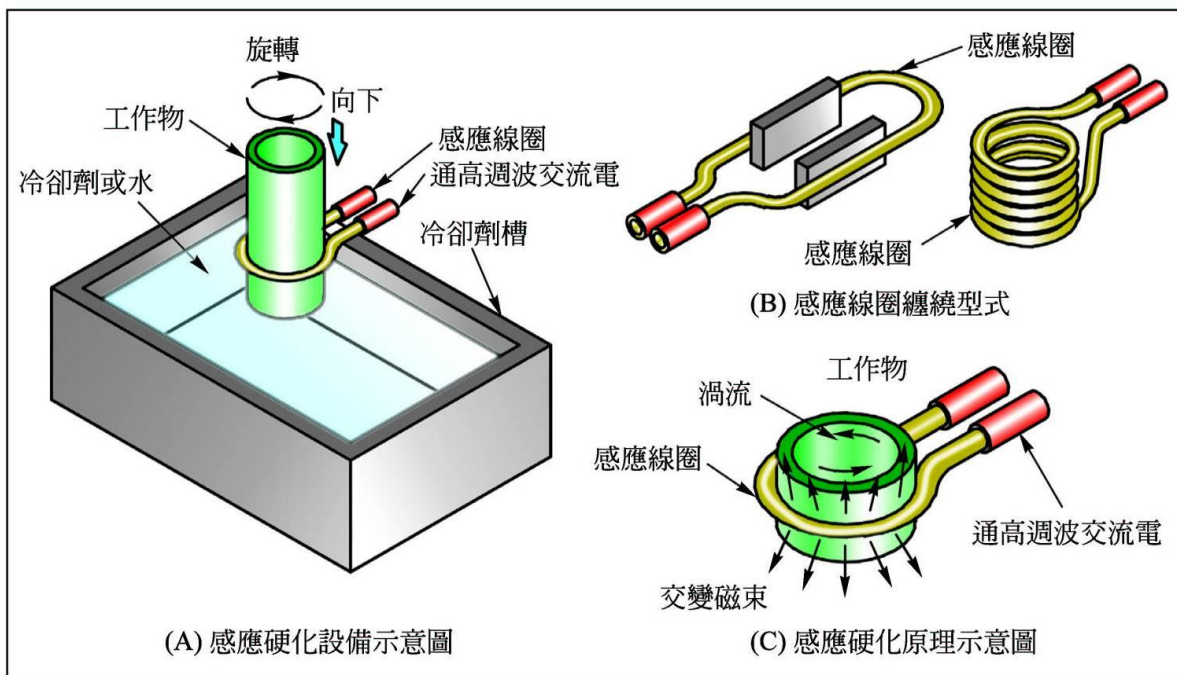


圖 5-2 高週波感應表面淬火硬化法示意圖

職
王