

109 年公務人員高等考試三級考試試題

類 科：機械工程

科 目：機械製造學

一、請詳述傳統車用鋼材中極低碳氮(interstitial-free, IF)鋼與烘烤可硬化(bake hardenable, BH)鋼的特性與應用原理。(15分)

【解題關鍵】

《考題難易》：★★★。

《破題關鍵》：機械材料-合金鋼。

【擬答】

1. 一輛汽車可簡單分成車體與車殼兩大部分，車體結構要求安全性，多使用高強度的雙相鋼為主，而車殼部分為外部美觀件，常需要多道次的複雜加工，要求良好的成形性，且因為車殼是外板件，還需要具備良好的抗凹性，以抵抗小程度的按壓及碰撞而不致變形，一般高成形性鋼多以軟鋼中的無間隙原子鋼(Interstitial Free steel；IF鋼)為主，其加工硬化效果較低，抗凹性差。而高強度鋼則隨著鋼板強度的提升，加工時回彈量會增加、形狀不易固定進而導致成形難度提高，容易有翹曲、應變不均等問題。烘烤硬化鋼片(Bake Hardening steel，簡稱BH鋼)可補足軟鋼強度低及高強度鋼板成形性不佳的問題，因其生產後具較低的降伏應力，容易加工且形狀固定性佳，具有優良成形性，加工後利用車廠烤漆處理作應變時效強化，可有效提升強度，同步達到美觀及抗凹性目的，滿足汽車對安全性、輕量化及抗凹性的需求，是現代汽車用鋼板代表性趨勢之一。
2. 極低碳氮(IF鋼)，全稱Interstitial-Free Steel，即無間隙原子(或稱無插入型固溶體)鋼，有時也稱超低碳鋼。在IF鋼中，由於C、N含量低(使鋼中固溶C和N的含量降到0.01%以下)，再加入一定量的鈦(Ti)、鈮(Nb)等強碳氮化合物形成元素，將超低碳鋼中的碳、氮等間隙原子完全固定為碳氮化合物，從而得到的無間隙原子的潔淨鐵素體鋼，即為超低碳無間隙原子鋼(Interstitial Free Steel)。這種鋼具有非常優良的可成型性，低的屈服強度、高的延展性和良好的深沖性。添加碳氮化合物形成元素(鈮、鈦)能進一步改善這種鋼的深沖性和非時效性能。因為鈮能細化熱軋鋼帶的晶粒。添加鈦能有效地減少衝壓成型時形成的缺陷，因為具有極優異的深沖性能，在汽車工業上得到了廣泛套用。
3. 烘烤可硬化鋼(BH鋼)：烘烤硬化的機制屬於應變時效，指鋼板調質後其機性強度隨著時間變化的現象，在汽車鋼板件的應用中，為車廠衝壓後的烤漆塗裝及烘烤製程後所產生的強度提升，即稱為『烘烤硬化(Bake Hardening，簡稱BH)』。烘烤硬化的冶金原理，材料內部需有適量的固溶碳原子，經施予預應變後導入相當程度的差排數量，再經由170°C時效處理，這些填在隔隙位置且體積小的碳原子，很容易就擴散的差排附近，阻礙移動，因此在後續的拉伸曲線中，可以看到降伏應力明顯提升的現象。

二、請試以正齒輪的齒形精修加工，詳述刮齒 (gear shaving) 加工的原理與製程特性。(20分)

【解題關鍵】

《考題難易》：★★。

《破題關鍵》：齒輪加工。

【擬答】

1. 刮鉋(Shaving)刮鉋之法有二：一為令齒輪與齒條式刀具接觸滾動，另一法是用旋轉之刀具。刮鉋施工時齒輪在刮刀上滾動，同時在刮刀上往復移動，產生刮削作用，每一往復行程，齒輪向刮刀進給，達到正確深度為止。刮齒加工基本上可視之為一對交錯軸齒輪的嚙合，如圖 2-1 所示分別為刮齒刀與齒輪之嚙合節圓柱。實際的齒輪加工時，刮齒刀與被刮削齒輪裝設於一組歪斜軸上，做嚙合運動並且刮齒刀在被刮齒輪齒面上產生適當的滑移，這是一種交錯軸的嚙合運動，齒面間的接觸為點接觸。

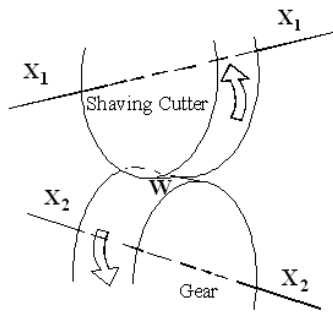


圖 2-1 刮齒加工示意圖

2. 現在業界中最常使用的刮齒方式為直進式刮齒與軸向刮齒。

(1) 直進式刮齒中刮齒刀與加工工件齒輪相對運動方向只有徑向進給。直進式刮齒因為相對工件齒輪齒形無軸向運動，因此機台結構較其他刮齒方式簡單，刮齒時間也較短，但其刮齒刀齒面寬需大於工件齒輪齒面。直進式刮齒在工件齒輪齒面寬方向鼓形修整必須對刮齒刀導程方向作齒形修形達成。直進式刮齒之刮齒刀齒形為雙曲面，一般而言是利用錐形磨輪加工，由於理論雙曲面與錐形磨輪加工齒面會有齒形上的誤差，而且隨齒面寬增長其誤差量亦隨之增加，因此其缺點為不可加工齒面寬過長之工件齒輪。另外由於直進式刮齒無軸向進給，因此刮齒刀的插槽必須作螺旋排列，必須經過特別設計，否則在齒面寬方向容易產生斑馬紋現象。

(2) 軸向刮齒是最早發展的刮齒方式，刮齒刀與加工工件齒輪相對運動方向為工件齒輪之軸向。軸向刮齒之缺點為加工時間較長，但其優點為刮齒刀製造較為容易，因為軸向刮齒刮齒刀基本齒形為一標準漸開線螺旋齒輪，其齒形製造上較直進式刮齒刀為容易。軸向刮齒的另一優點為可加工齒面寬較長的工件齒輪，由於刮齒刀與工件齒輪相對運動方向為工件齒輪軸向，因此刮齒刀齒面寬不必較工件齒輪寬，且較長的工件齒輪亦可由刮齒刀走過工件齒輪的軸向(齒面寬方向)來加工工件齒輪全齒面寬。齒面寬方向鼓形修整必須藉由機台做搖擺運動達成，刮齒機台床台搖擺機構一般分為搖擺刮刀和搖擺工件兩種方式，本文針對搖擺工件的刮齒機台作一範例解說。其中的旋轉中心(pivot)可沿著加工齒輪軸向進給，而導軌(guideway)則可改變與水準的夾角。當導軌與水準的夾角為零度時，床台可沿水準方向前進，但若導軌與水準的夾角不為零度時，則床台產生如圖所示之搖擺運動，使欲加工之工件齒輪產生鼓形修整效果。

三、請詳述金屬板材塑性應變比(plastic strain ratio)的定義與意義及其試驗方法與對引伸(deep drawing)製程的影響。(20分)

【解題關鍵】

《考題難易》：★★★。

《破題關鍵》：塑性加工-板金引伸工作。

【擬答】

1. 塑性應變比 (plastic strain ratio)：反映出金屬薄板承載拉力或是壓力變形時能夠抵抗變薄或是變厚的能力。是受單軸拉伸應力試片的真實寬度應變對真實厚度應變的比值，通常被稱為 r 值。
2. 塑性應變比的測量：根據 ISO10113:2006 的規定，塑性應變比是試樣受單軸拉伸應力時，試片被拉伸到均勻變形階段，當到達規定的均勻工程應變階段時，測量試片的長度與寬度方向的變化量，並利用體積不變論推導出的真實應變公式計算。ISO 10113 試驗通常與 ISO 10275 (拉伸應變硬化指數測定) 同時進行。
3. 塑性應變比作為體現板料成形性能的主要參數，在板料變形中控制著不同方向的變形，尤其在拉深成形中的板料變形情況較為複雜，凸緣區、圓角區、直壁區等不同區域的應力應變狀態各不相同。
4. 塑性應變比主要是通過減小凸緣變形應力和危險區厚度減薄的方式提高板料的成形性能。板面各向異性的實際板料會增大拉深力，但是能減小塑性應變比較小方向的危險區厚度減薄；板面各向同性下，塑性應變比對拉深力的影響十分有限。同時在塑性應變比較小的方向性能較為薄弱，容易發生破裂。
5. 塑性應變比 r 影響板材的拉深高度，拉深高度與板材的塑性應變比呈負相關；力學不均勻參數 Δr 影響板材拉深過程中的制耳形成，板材拉深的修邊量與 Δr 成正相關。

四、請詳述金屬模鑄造法中壓鑄 (die casting) 法的原理與方法及製程特性。(15分)

【解題關鍵】

《考題難易》：★★。

《破題關鍵》：鑄造-壓鑄法。

【擬答】

1. 壓鑄法 (壓力鑄造)：是在高壓下將液態或半液態合金快速的壓入模具型腔中，並在壓力作用下凝固，獲得鑄件；又可以分成熱室法及冷室法，二種方法之主要不同，在於熔化鍋所在之位置。

2. 熱室法 (Hot-chamber)，如圖 4-1 所示：

- (1) 熱室法之熔化鍋包括在機器之內，注射缸浸在熔化鍋內。因壓鑄機常處於高溫，故壽命較短，然操作方便且迅速為其優點。
- (2) 鉛、鋅、錫等低溫金屬為熱室壓鑄最廣為採用之材料。
- (3) 此法使熔融金屬在壓力之下注入模中，凝固時仍維持壓力不變。產生壓力，可用柱塞 (Plunger) 或壓縮空氣為之。

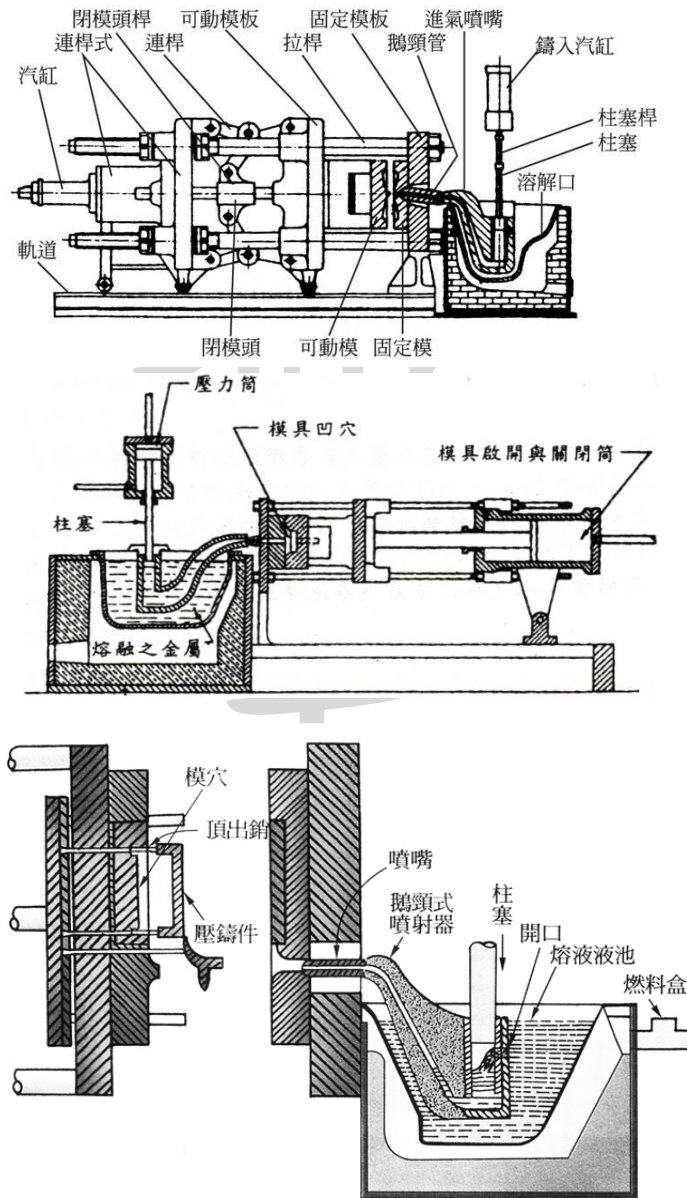


圖 4-1 熱室壓鑄法

3. 冷室法 (Cold-chamber)，如圖 4-2 所示：

- (1) 冷室法是機器本身不包括熔化設備，金屬由獨立之熔爐熔化後，用特製之杓子自爐中取出熔體

由冷室之澆口澆於冷室之內。

- (2)冷室之溫度經常保持與金屬熔體大致相同，以便金屬於注入後不會立即凝固。
- (3)適用於鋁、銅、鎂等金屬及其合金之鑄造。
- (4)冷室鑄鋁以液體注入，冷室鑄銅以塑性體注入。
- (5)與熱室法相比，冷室法所需之壓力較大，注入之速度較慢，但是適合大尺寸之工件。

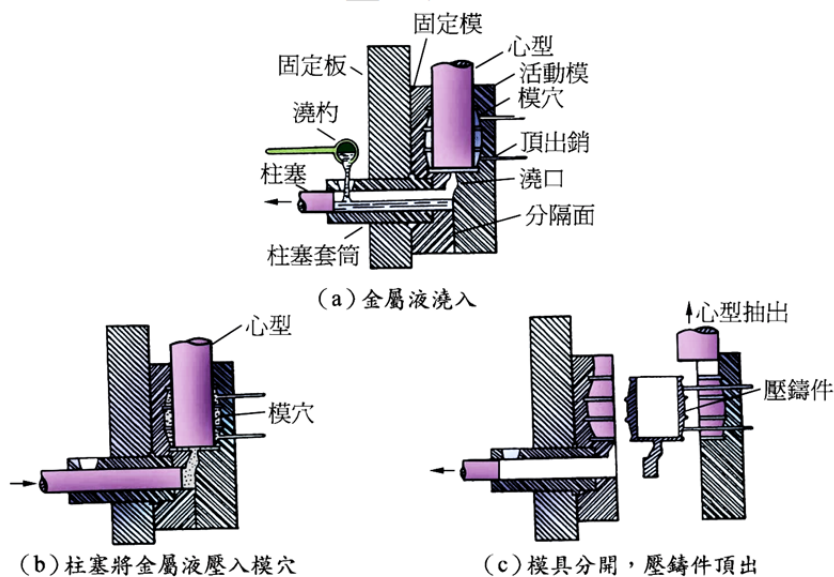
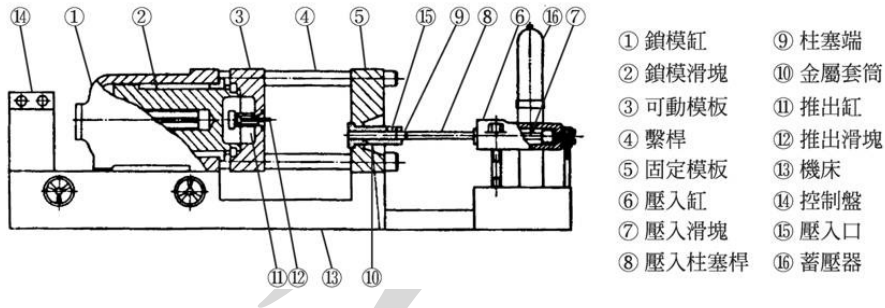


圖 4-2 冷室壓鑄法

(三)比較各類壓鑄法之製程條件及特性

表 4-1 熱室法與冷室法壓鑄機台比較

項目	熱室法	冷室法
熔化爐位置	與壓鑄機同一體	與壓鑄機分開
鑄造壓力	小(90~500kg/cm ²)	大(170~2000kg/cm ²)
鑄造速度	大	小
熔液吸鐵量	大	小
對鑄造溫度的適應性	以鑄造低熔點金屬為限 450°C 以下	能鑄造較高熔點金屬 600°C 以上
適用金屬	鋅、鉛、錫	銅、鋁、鎂
使用壓力限度之可鑄性	宜壓鑄較小型鑄件	適用於少氣泡需高壓鑄造之大型物品

五、請詳述電弧焊接 (arc welding) 的原理及發生偏弧 (arc blow) 現象的成因。(15 分)

【解題關鍵】

《考題難易》：★。

《破題關鍵》：銲接-電弧銲。

【擬答】

1. 電弧銲接係利用將電極和工件分別接於電源的負極和正極，當電極和工件快速碰撞接觸後，立即提起分開，造成在兩者之間的空氣被電離形成電弧(Arc)，此步驟稱為起弧，其電弧溫度可高達 $5,500^{\circ}\text{C}$ 以上，利用電弧來熔化銲接金屬(母材)及填充金屬，並於冷卻凝固後接合在一起而達到冶金式接合之目的。目前在機械及造船工業中具有極重要之地位。
2. 偏弧現象(Arc Blow; Magnetic Blow)：磁吹
 - (1)使用直流電銲機從事銲接工作時，因銲接整個導電通路、電銲條、銲件、接地夾鉗的位置等因素，當大電流通過此等導體，感應產生與導體方向垂直的磁場，而使電弧偏離預定方向和路徑，逼使熔金飄離銲縫，此種電弧不穩的現象就稱為偏弧，如圖 5-1 所示。
 - (2)此種偏弧現象只發生在直流電銲機之操作上，在交流電銲機則無此種現象，故偏弧之發生並非單純技術欠佳所造成。

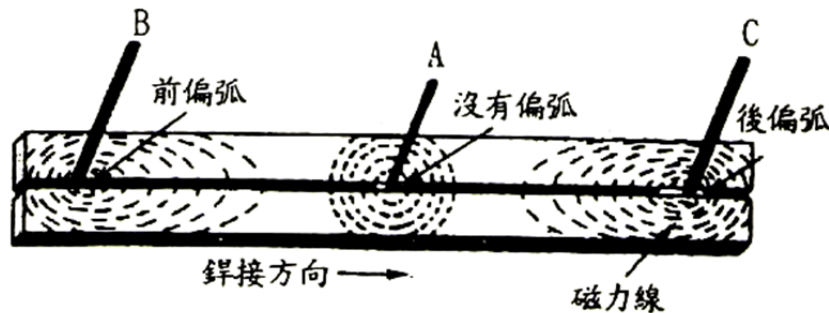


圖 5-1 銲接中熔金之磁場分佈情形

六、請詳述應用於微奈米製程中三維形貌量測上的掃描白光干涉儀 (scanning white light interferometry) 之原理及量測方法與特性。(15 分)

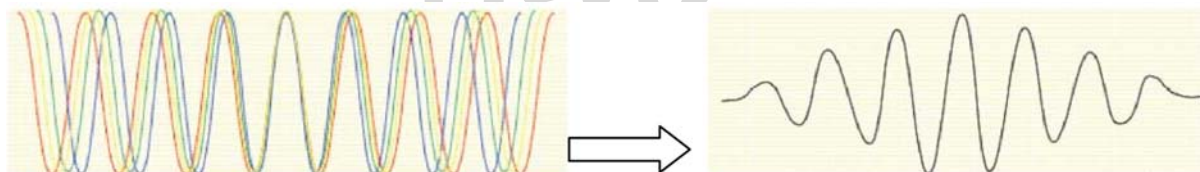
【解題關鍵】

《考題難易》：★★★★。

《破題關鍵》：量測儀器-干涉儀原理與使用方法。

【擬答】

1. 白光干涉儀 (Laser Interferometry)：以白光干涉技術為原理，光源發出的光經過擴束準直後經分光稜鏡後分成兩束，一束經被測表面反射回來，另外一束光經參考鏡反射，兩束反射光最終匯聚並發生干涉，顯微鏡將被測表面的形貌特徵轉化為干涉條紋信號，通過測量干涉條紋的變化來測量表面三維形貌。
2. 白光干涉原理是利用白光同調性短不易產生干涉的特性，透過頻率與振幅相近的光波，可以形成如圖 6-1 所示的低同調性白光干涉波包，相較於單頻光，白光干涉有雜訊少的優點，在求取三維表面資訊上，白光干涉利用兩道相同特性之光波在零光程差時條紋對比最明顯之特性，來判定零光程差的發生位置，藉此取得待測物體的三維表面形貌變化。
3. 圖 6-2 為干涉儀的結構圖，光源發出的光經過半透明反光鏡，一部分會穿透到參考面，另一部分則反射到樣本表面。穿透的光在參考面反射，在受光元件 CCD 元件上成像。而反射到樣本表面的光，則在目標物件表面反射，再穿透半透明反光鏡，同樣在受光元件 CCD 元件上成像。事先將 CCD 元件到參考面的光學距離 (光徑)，設計成和 CCD 元件到樣本表面的光學距離一樣，讓聚焦在 CCD 元件上的影像，反映出樣本表面凹凸造成的光徑差異所產生的干涉條紋。只要計算干涉條紋的線數，就可以讀取樣本表面的凹凸 (高度)。



(a)各波長同調示意圖

(b)白光干涉波包

圖 6-1 白光干涉波包形成示意圖

4. 白光干涉儀是用來測量三維微觀形貌的。白光干涉儀可廣泛應用於半導體製造及封裝工藝檢測、3C 電子玻璃屏及其精密配件、光學加工、微納材料及製造、汽車零部件、MEMS 器件等超精密加工行業及航空航天、國防軍工、科研院所等領域中。可測各類從超光滑到粗糙、低反射率到高反射率的物體表面，從納米到微米級別工件的粗糙度、平整度、微觀幾何輪廓、曲率等。
5. 優點：
 - (1)採用非接觸式量測技術，不破壞待測物體表面。
 - (2)水平軸方向上可達微米解析度與厘米量測範圍，垂直軸方向上則是擁有奈米解析度與微米量測範圍，量測準確度高。
 - (3)面量測而非逐點掃描，量測時間快。
6. 缺點：
 - (1)角度特性不佳。
 - (2)可使用的目標物件有限：光干涉儀只能用來量測反射能力強的面，沒辦法針對太多種的目標物件使用。有時來自參考面的反射光，和來自量測面的反射光，差異不夠明顯的話，就無法量測 (適用於量測鏡面，但對於凹凸明顯或反射率低的樣本就難以量測)。
 - (3)必須進行傾斜補正：量測前必須先用角度 (傾斜) 工作臺進行樣本的傾斜補正。樣本傾斜時干涉條紋就會密集集中，無法進行正確量測。此外，部分光干涉式形狀量測系統，會有內建自動

補正樣本傾斜的傾斜機構產品。

- (4)XY 檢測解析度不佳：取樣資料數少（約 30 萬筆），XY 檢測解析度不佳。部分光干涉式形狀量測系統，使用選購配件可擴充到約 98 萬筆資料。
- (5)不耐震動：對震動非常敏感，設置地點有限，還必須裝設除震台。

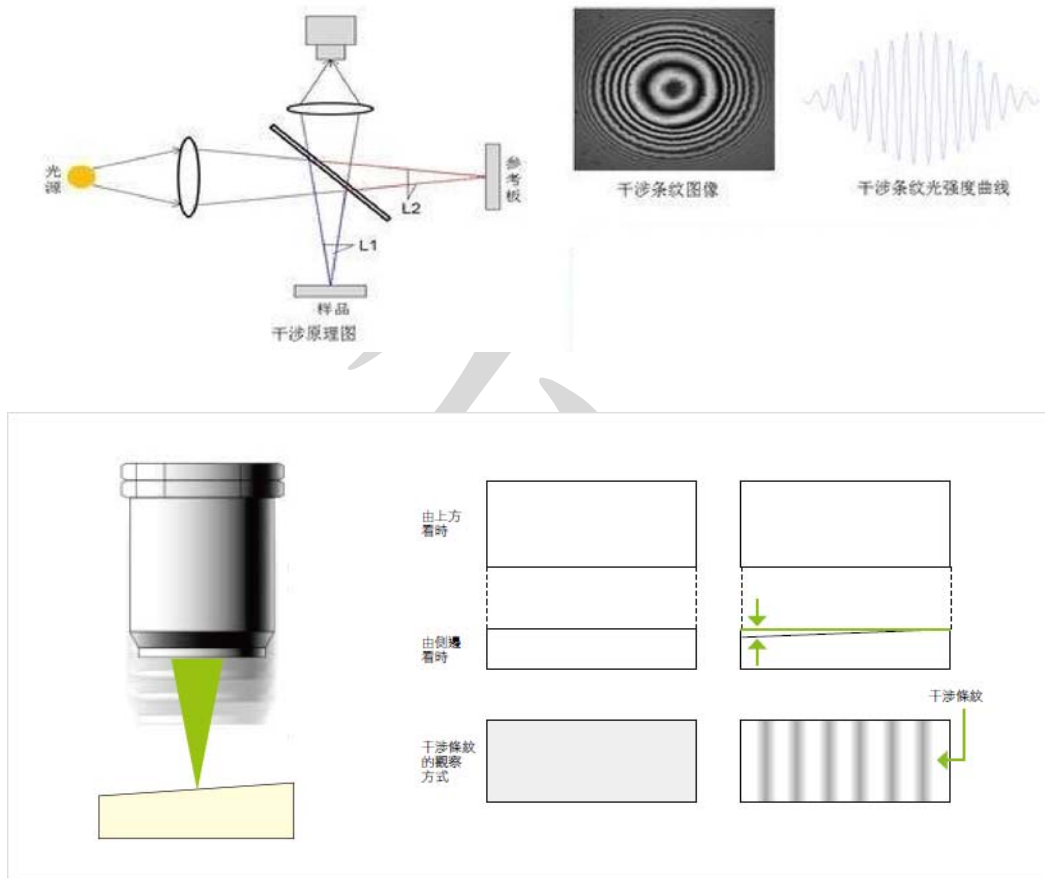


圖 6-2 白光干涉儀原理

王