

110 年公務人員高等考試三級考試試題

考試別：高等考試

等 別：三等考試

類科別：機械工程

科 目：機械製造學(包括機械材料)

黃易老師

一、(一)機械製造加工後的表面性質主要可分為表面紋理 (surface texture) 和表面完整性 (surface integrity)，請分別說明其涵意。(8 分)

(二)表面粗糙度是表面紋理的一個可測量的物理操作，1.請定義表面粗糙度是什麼？2.評定表面粗糙度的方法有那些？3.指出使用表面粗糙度作為表面紋理測量度的一些限制。(12 分)

【解題關鍵】

1.《考題難易》：★★★。

2.《破題關鍵》：機械製造第十七章公差配合內容的表面紋理與粗糙度。

【擬答】

(一)

1.表面紋理主要包括粗糙度、波紋度、刀紋方向、宏觀裂紋、皺摺和撕裂等。表面紋理是物質界面的性質，由地形、表面粗糙度、起伏度三個特徵定義。當表面並非理想的光滑平面，而是有局部的微小偏差時，這些偏差就組成了表面紋理。表面紋理是決定摩擦力的重要因素，並在層間滑動時傳遞層的信息。對於不同滑動條件下表面紋理對摩擦力和磨損的影響，有可觀的研究。表面紋理可以是各向同性的，也可以是各向異性的。

2.表面完整性是指零件加工後的表面紋理和表面層冶金質量，又稱表面層品質。表面完整性反映了材料經過某種類型的製造工藝或修改後的性能。它們包括產品的表面形貌和內表面特徵。形貌反映了材料外表面的變化，包括平滑度、凹凸或波浪、凹坑和裂紋。內部特徵反映的是外表面以下的變化，如變形和強度或硬度的變化。它們不包括材料中心深處的內部變化，而是表面下一層的內部變化最終，大多數製造工藝都會對表面完整性產生一些影響。然而，當這些工藝使用不良技術或鈍工具進行時，它們會對材料性能產生重大影響，表面完整性的變化可以是正面的也可以是負面的。負面的變化可能意味著材料不能再按預期使用。

(二)

1.表面粗糙度(surface roughness)是指加工表面具有的較小間距和微小峯谷的不平度。其兩波峯或兩波谷之間的距離(波距)很小(在 1mm 以下)，它屬於微觀幾何形狀誤差。表面粗糙度越小，則表面越光滑。表面粗糙度一般是由所採用的加工方法和其他因素所形成的，例如加工過程中刀具與零件表面間的摩擦、切屑分離時表面層金屬的塑性變形以及工藝系統中的高頻振動等。由於加工方法和工件材料的不同，被加工表面留下痕跡的深淺、疏密、形狀和紋理都有差別。表面粗糙度與機械零件的配合性質、耐磨性、疲勞強度、接觸剛度、振動和噪聲等有密切關係，對機械產品的使用壽命和可靠性有重要影響。一般標註採用 Ra。

2.評定表面粗糙度的方法：

(1)輪廓算術平均偏差(Ra)：在取樣長度 (lr) 內輪廓偏距絕對值的算術平均值。在實際測量中，測量點的數目越多，Ra 越準確。

(2)輪廓最大高度(Rz)：輪廓峯頂線和谷底線之間的距離。

(3)用輪廓單元的平均寬度(Rsm)表示。在取樣長度內，輪廓微觀不平度間距的平均值。微觀不平度間距是指輪廓峯和相鄰的輪廓谷在中線上的一段長度。

(4)用輪廓支承長度率(Rmr(c))表示，是輪廓支撐長度與取樣長度的比值。輪廓支撐長度是取樣長度內，平行於中線且與輪廓峯頂線相距為 c 的直線與輪廓相截所得到的各段截線長度之和。

(5)承壓比值(Tp)：示的是以橫截程度 c 的函數所表示的負載長度率的曲線。負載長度率是

將曲線資料超過橫截程度的部分 ($M_r(c)$) 的長度總和後，以整體長度 (m) 相除後的比例 (%)。

(6) 與高度方向有關：算術平均粗糙度 (R_a) ; R_z ; R_q ; R_{max} 。

(7) 與間隔方向有關：平均波峰間距 (S_m) ; 波峰數 (P_c)。

(8) 與分佈狀況有關：承壓比值 (T_p)。

3. 表面粗糙度作為表面紋理測量度的一些限制：

每個表面都具有某種形式的紋理，呈現出一系列峰和槽的形狀。這些峰和槽的高度和間距各不相同，其特性受表面產生方式的影響。例如，由切削工具產生的表面往往具有規定切削方向的均勻間距，而由磨削產生的表面具有隨機間距。

在表面紋理中，許多因素結合在一起可以表徵表面輪廓。例如：

(1) 材料的微觀結構。

(2) 切削工具的作用。

(3) 切削工具在材料上的不穩定性。

(4) 機床導軌誤差。

(5) 部件應力模式引起的變形。

而表面粗糙度，是表面紋理的一個組成部分。它通過實際表面的法向量方向與其理想形式的偏差來量化。在表面計量學中，粗糙度通常被認為是被測表面的高頻、短波分量。然而，在實踐中，通常要知道振幅和頻率以確保表面適合某個目的。

二、常見砂輪規格的記號如：XX-GC-150-P-5-V-1A-200×20×32，除了 XX 是製造商自訂的標誌，試指出此砂輪規格標示的內容，並論述砂輪的五個重要的基本規格。(25 分)

【解題關鍵】

1. 《考題難易》：★。

2. 《破題關鍵》：機械製造第 10 章磨床之砂輪的規格表示。

【擬答】

(一) 砂輪的規格說明 XX-GC-150-P-5-V-1A-200×20×32

1. GC：綠色碳化矽磨料 (Abrasives)，純度較高，常用於粗磨削碳化鎢刀具。

2. 150：粒度 (Abrasive Grain) 為 150 號屬於細粒度。

3. P：結合度 (Grade)，砂輪的等級，屬於硬的砂輪。

4. 5：組織，砂輪的結構，屬於硬級 (Medium) 密度的砂輪。

5. V：利用黏土法 (vitrified Bond) 製法，簡稱 V 法，使用範圍最廣，約佔磨削工作之 75~90%，結合力強，磨削力大，不受酸、水、油及溫度之影響，唯大型砂輪 (36 吋以上的直徑) 難於製造。

6. 1：砂輪形狀為平直式。

7. A：砂輪的緣形。

8. 200：砂輪外徑 200mm。

9. 20：砂輪厚度 20mm

10. 32：砂輪孔徑 32mm。

(二) 砂輪的五個重要的基本規格，磨輪的五因子：磨料、粒度、結合度、組織、製法 (結合劑)。

1. 磨料：分天然及人造磨料。

(1) 鑽石砂輪分為：

① 天然鑽石 (D)。

② 人造鑽石 (SD)。

③ 選粒天然鑽石 (SND)。

④ 防護人造鑽石 (ASD)。

(2) 人造磨料： Al_2O_3 、SiC、 B_3N 、ZrO。最常用者為氧化鋁 (Al_2O_3) 及碳化矽 (SiC)。

(3)氧化鋁(A)：

- ①A(氧化鋁)磨料：純度較低，磨削抗拉強度 $30\sim 50\text{ kg/mm}^2$ 的材料，例如碳鋼、展性鑄鐵。
- ②WA(白色氧化鋁)磨料：用純度較高，於磨削抗拉強度 50 kg/mm^2 以上的材料，例如工具鋼、高速鋼、超硬鑄合金。

(4)碳化矽(C)：

- ①C 磨料(黑色碳化矽)：純度較低，用於磨削抗拉強度 30 kg/mm^2 以下的材料，例如鑄鐵、非鐵金屬。
- ②GC 磨料(綠色碳化矽)：純度較高，用於粗磨碳化鎢。
- ③精磨碳化鎢刀具係利用鑽石(D)砂輪。

2. 粒度：

- (1)定義：以通過每(25.4mm)吋長的篩網孔數，也就是磨粒的大小。
- (2)表示：以篩網號數表示，號數越大，磨粒尺寸越小。篩網號數#60 為中粒。
- (3)選擇原則：

- ①粗磨削用粗粒；精磨削用細粒。
- ②軟工件用粗粒；硬工件用細粒。
- ③砂輪和工件接觸面大用粗粒；接觸面小用細粒。
- ④刀具磨削用中粒。

3. 結合度(等級；軟硬)：

- (1)定義：砂輪結合力之強弱，用於考慮砂輪之使用壽命。
- (2)表示：以字母表示，A 最軟，Z 最硬。
- (3)選擇原則：

- ①硬工件用軟砂輪；軟工件用硬砂輪。
- ②精磨用軟砂輪；粗磨用硬砂輪。
- ③砂輪與工件之接觸面大用軟砂輪；接觸面小用硬砂輪。
- ④砂輪轉速高用軟砂輪；轉速低用硬砂輪。
- ⑤工件進給速度慢用軟砂輪；進給速度快用硬砂輪。
- ⑥機器穩定度夠的，可選用軟砂輪；若軸承有鬆動，應選用硬砂輪。

4. 組織：考慮冷卻效果及容屑空間。

- (1)定義：砂輪結構的疏密。
- (2)表示：以號碼(數字：0~14)表示，號碼越小組織越密。
- (3)選擇原則：

- ①軟工件用鬆組織；硬工件用密組織。
- ②粗磨削用鬆組織；精磨削用密組織。
- ③砂輪與工件之接觸面大用鬆組織；接觸面小用密組織。
- ④濕磨削用鬆組織，有較大之空間可供切削劑流通。

5. 製法(結合劑)：

- (1)黏土法(V)：最廣用，結合力強，不受酸、鹼、水、油及溫度的影響。
- (2)水玻璃法(S)：有自行潤滑作用，可用於大直徑砂輪。
- (3)蟲漆法(E)：結合力差，只能製作軟砂輪，用於精磨。
- (4)樹脂法(B)：結合力強，用於金屬、玻璃、陶瓷等切斷工作。
- (5)橡膠法(R)：作為無心磨床之調整輪及木材切斷砂輪。
- (6)金屬法(M)：專用於製作鑽石砂輪。

志光學儒保成

公職工科+國營事業

1+1 更有力

準備公職的同時，可報考國營事業考試，善用重疊考科，一次準備就能多次上榜！

上榜路徑大公開！一年內超過8次上榜機會！

初等考 1月 ● 最容易上手的公職考試	關務特考 4月 ● 考科少於同職等考試	鐵路特考 6月 (110年因疫情延至9月) ● 佐級錄取率最高	高普考 7月 (110年因疫情延至10月) ● 主流考試，缺額眾多	調查局特考 8月 (110年因疫情延至10月) ● 三月月薪76,000起
地方特考 12月 ● 考科同高普考	自來水評價人員 不定期舉辦 ● 只考選擇題	台電考試 不定期舉辦 ● 考科少、好準備	中油僱員 不定期舉辦 ● 只考2科，多為選擇題	國營事業職員級 不定期舉辦 ● 國營退休潮，缺額多，工科類科競爭者少

錄取率高

109年 工科錄取率
最高達19.42%

電力工程	電子工程	機械工程	資訊工程
高考 19.42% 普考 17.33%	高考 9.04% 普考 9.39%	高考 18.27% 普考 13.70%	高考 12.92% 普考 10.47%

三科人 上榜大勝利 跟著我們一起工頂人生

連過三榜 雙料金榜 眾多連續上榜，再創工科巔峰！

李○庭 109年鐵路員級機械工程【全國探花】 109年高考機械工程 連過三榜 109年普考機械工程	楊○仲 109年鐵路特考電子工程【全國榜眼】 109年普考電子工程	柯○智 109年高普考資訊處理 109年普考資訊處理	林○瑞 109年普考電力工程 109年鐵路特考電力工程	鄭○威 109年普考機械工程 109年鐵路特考機械工程
陳○憲 109年鐵路特考電子工程【全國榜眼】 109年高考電子工程	蔡○全 109年鐵路特考機械工程【全國第四】 109年普考機械工程	彭○琳 109年高普考資訊處理 109年普考資訊處理	黃○穎 109年普考電力工程 109年鐵路特考電力工程	藍○芳 109年高考機械工程 109年普考機械工程
吳○泓 109年普考電子工程 109年地特四等電子工程【新北市狀元】	張○廷 109年普考電力工程【全國第五】 109年高考電力工程	李○○ 109年普考資訊處理 109年鐵路特考資訊處理	蘇○宏 109年普考電子工程 109年鐵路特考電子工程	曾○倫 109年普考資訊處理 109年國營聯招台電資訊
許○諭 109年高考電子工程 108年地特三等【台北市狀元】	蔡○諺 109年高考電力工程 108年地特三等【台北市狀元】	常○倫 109年普考機械工程 109年關務四等機械工程	曾○翔 109年國營聯招台電電機 110年初等考電子工程	賴○程 109年普考資訊處理 109年國營聯招台電資訊
				薛○辰 109年高考電子工程 108年普考電子工程

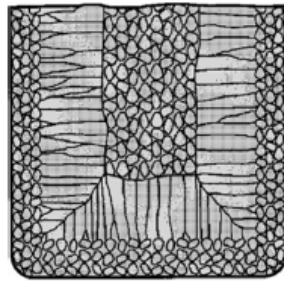
109年單一年度 締造眾多優秀上榜

地特三等機械工程【高雄市狀元】陳○榮 地特三等資訊處理【澎湖縣探花】沙○豪	地特四等資訊處理【台北市狀元】曾○皓 地特四等電子工程【高雄市狀元】蔡○諺	地特四等電力工程【桃園市狀元】鄧○駿 國營聯招中油電機【探花】張○瑞	普考電子工程【全國榜眼】洪○鈺
高普考機械工程 陳○誠 高普考電子工程 洪○文 高普考電力工程 陳○宇 高普考資訊處理 陳○宇 高普考機械工程 陳○宇 高普考電子工程 陳○宇 高普考電力工程 陳○宇 高普考資訊處理 陳○宇	鐵路特考員級電子工程 陳○松 鐵路特考員級電力工程 李○諺 鐵路特考員級電力工程 林○翹 鐵路特考員級電力工程 陳○翹 鐵路特考員級電力工程 劉○傑 鐵路特考員級電力工程 林○川 鐵路特考員級電力工程 徐○成 鐵路特考員級電力工程 陳○民 鐵路特考員級電力工程 劉○彥 鐵路特考員級電力工程 劉○彥 鐵路特考員級電力工程 劉○彥 鐵路特考員級電力工程 劉○彥	鐵路特考佐級機械工程 李○斐 鐵路特考佐級機械工程 林○翹 鐵路特考佐級機械工程 張○琪 鐵路特考佐級機械工程 陳○豪 鐵路特考佐級機械工程 陳○興 鐵路特考佐級機械工程 劉○玉 鐵路特考佐級機械工程 劉○玉 鐵路特考佐級機械工程 蔣○仁 鐵路特考佐級機械工程 蔣○仁 鐵路特考佐級機械工程 蔣○仁 鐵路特考佐級機械工程 蔣○仁 鐵路特考佐級機械工程 蔣○仁	鐵路特考佐級電子工程 鍾○承 鐵路特考佐級電子工程 王○洋 鐵路特考佐級電子工程 吳○瑋 鐵路特考佐級電子工程 周○傑 鐵路特考佐級電子工程 周○傑 鐵路特考佐級電子工程 周○傑 鐵路特考佐級電子工程 周○傑 鐵路特考佐級電子工程 周○傑 鐵路特考佐級電子工程 周○傑 鐵路特考佐級電子工程 周○傑 鐵路特考佐級電子工程 周○傑

三、(一)鑄造時將熔融的金屬澆注於鑄模時，為什麼要避免熔融金屬的紊流 (turbulent flow) 進入模穴？(4 分)

(二)請說明澆注後金屬鑄件的三種收縮來源。(10 分)

(三)請指出如下圖的合金鑄件晶粒結構特徵，並說明其形成原因。(6 分)



【解題關鍵】

1. 《考題難易》：★★。

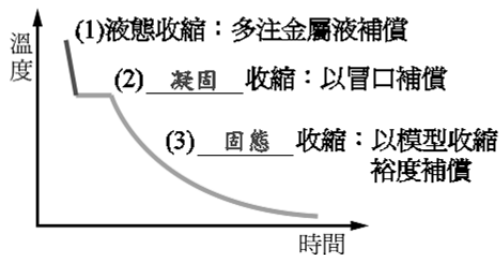
2. 《破題關鍵》：機械製造第二章鑄造之澆鑄與金屬固化。

【擬答】

(一)在砂模鑄造中，不適當的熔融金屬流動的速度會產生紊流(Turbulence)。

1. 紊流會導致砂模表面的被侵蝕(Erosion)。
2. 紊流會產生沖砂(Wash)的缺陷。
3. 紊流會導致金屬氧化物的形成，這些氧化物在凝固過程中被包裹在鑄件內部而形成缺陷。
4. 紊流會導致金屬液體產生捲氣凝固後形成氣孔。
5. 流路系統設計時減少通道截面幾何造型改變，可減少紊流。

(二)



(三)

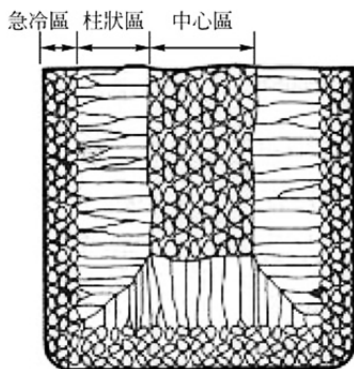


圖 3-1 合金凝固組織

1. 急冷區細小等軸晶(chill zone)：各結晶帶的形成激冷層由無取向的細小等軸晶組成。注入模內的鋼水受到模壁的激冷，表層鋼水獲得較大的過冷度，在這裡雜質及粗糙的模壁都可成為現成的結晶核心，幾乎同時形成大量的晶核，彼此妨礙各自的長大，因而得到不同取向的細小等軸晶帶。其厚度通常為幾毫米到十幾毫米。
2. 柱狀晶區(columnar zone)：柱狀晶帶是指在細小等軸晶帶形成之後，形成迎著熱流生長的有明顯方向性的晶帶，其呈現為柱狀，故晶帶區被稱為柱狀晶帶。
3. 中心等粗大軸晶區(equiaxial crystal zone)：在整個半凝固狀態的熔體中同時向各個方向長大，形成無一定方向的等軸晶。與激冷層相比，因其過冷度小，晶核數目少，故晶粒比較粗大，也即形成了錠心粗大的等軸晶帶。

四、(一)摩擦在金屬塑性加工會造成什麼問題？(10 分)

(二)什麼是金屬塑性加工中的黏摩擦(sticking friction)？主要發生在熱加工還是冷加工？為什麼？(5 分)

【解題關鍵】

1. 《考題難易》：★★★。
2. 《破題關鍵》：機械製造第三章塑性加工-塑性加工之磨潤。

【擬答】

(一)塑性成形中摩擦可分為內摩擦和外摩擦。所謂內摩擦是整個變形體的各個質點間的相互作用。這種作用發生在晶粒界面或晶內的實際滑移面上，並阻礙變形金屬的滑移變形；外摩擦則表現為兩物體在接觸面上產生的阻礙其相對移動的力的相互作用。金屬塑性成形中的內摩擦出現在晶內變形和晶間變形過程中，它直接和多晶體的塑性變形過程相聯繫，外摩擦出現在變形金屬與工具相接觸的部分。

1. 一般塑性變形過程都要產生 40%~50% 的新金屬表面，擠壓時新生的金屬表面所占比例較上述數字要大。新生表面不但增加了實際的接觸面積，而且使表面原有的氧化膜被破壞，使工具與材料的實際接觸面增大，同時增大了分子間的吸附作用，摩擦力也相應的變大。工具與新表面的相對滑動，還易產生「犁溝」現象。如果潤滑跟不上，也易產生金屬的轉移、粘著等現象，其結果使工件的表面質量惡化。
2. 塑性成形中的摩擦不同於機械傳動過程中的摩擦，它是一種高壓下的摩擦。隨受重載荷的軸承，工作時所受的壓力僅為 20~40MPa，而塑性成形時與工具接觸的表面所受的壓力高達 1000~2000MPa。
3. 在高溫下金屬的組織和性能均發生變化，表面生成的氧化皮對塑性變形中摩擦和潤滑帶來很大影響。如在熱變形中表面生成的氧化皮一般比變形金屬軟，在摩擦表面上它能起到一定的潤滑作用；當氧化皮插入變形金屬中，則會造成金屬表面質量的惡化。在冷變形和溫變形時，在摩擦表面生成的氧化皮往往比變形和溫變形時，在摩擦表面生成的氧化皮往往比變形金屬硬，這時，如果氧化皮脫落在工具和金屬表面上，就會使摩擦加劇。
4. 模具與工件介面間的摩擦會導致如圖 4-1 所示的桶狀(Breling)工件。

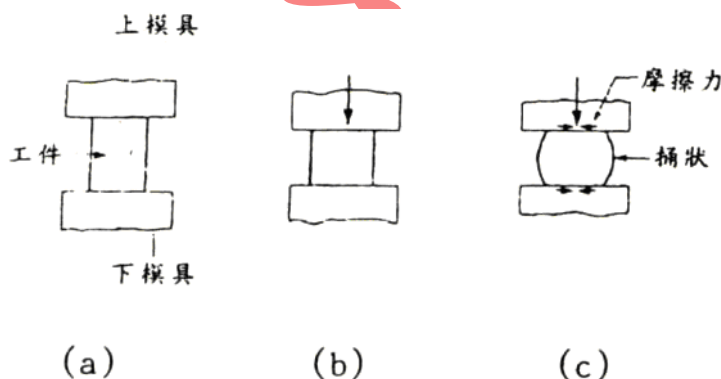


圖 4-1 桶狀(Breling)工件的形成

(二)

1. 粘滯摩擦是指工作表面粘附在工具表面上而不是在工具表面上滑動；它發生在摩擦應力大於金屬的剪切流應力時。
 2. 黏摩擦(sticking friction)條件尤其存在於熱加工過程和潤滑不足的情況下。
 3. 表面之間的摩擦應力變得高於金屬的剪切流應力，從而導致材料通過表面下方的剪切過程變形，而不是在表面滑動。
 4. 粘滯摩擦是成型操作中的一個突出問題，尤其是軋製。
- 金屬加工潤滑劑應用於工具-工作界面，以降低摩擦係數的大小，以減少摩擦的有害影響。

五、(一)熔接有可能產生那些重要的缺陷？(10 分)

(二)變形(翹曲)是熔焊中的一個嚴重問題，請提出一些可以用來減少發生或降低程度的技術？(10 分)

【解題關鍵】

1. 《考題難易》：★★。
2. 《破題關鍵》：機械製造第四章銲接之銲接的缺陷。

【擬答】

(一)依據國際銲接研究所(International Institute of Welding, IIW)分類，銲接缺陷可分為六大系列：

1. 裂縫缺陷—100 系列：當存在於銲道中之缺陷其所能承受之局部負載或應力大於母材極限抗拉強度時，裂縫將會由此缺陷處形成。裂縫係線性不連續，且通常發生於銲道或熱影響區中有較高殘留應力或較大應力集中之缺陷處。此外，麻田散鐵組織形成、氫脆化作用、銲接熱輸入量過高、銲接熱循環次數過多及外加束縛度過高等因素也是造成裂縫缺陷形成主要原。
2. 氣孔缺陷—200 系列：銲接金屬在熔融過程，由於有害氣體入侵或有機物分解，使得銲接金屬凝固時在其表面或內部形成一空洞，而此空洞即稱之為氣孔。若是由於氫氣存在而造成之氣孔，將會使銲道或熱影響區產生如裂縫般之缺陷。至於氣孔形狀，一般是呈圓球形(如均勻散佈型氣孔、凝聚型氣孔及線狀氣孔等)，但也有呈圓柱形(如管狀氣孔)。值得一提的是，除非氣孔形狀很大，否則它不會像裂縫一樣造成應力集中現象。
3. 固體夾渣缺陷—300 系列：夾雜物係殘留之外界固體物質，如熔渣、銲劑、氧化物及鎢粒子等。由此可知，夾雜物包含有金屬與非金屬。在銲接過程中，當銲池凝固速度大於夾雜物上浮速度時，因夾雜物來不及浮出而被包覆於銲道，此即稱之為夾渣。
4. 不完全熔合缺陷與不完全熔透缺陷—400 系列：
 - (1)不完全熔合亦稱為熔合不良。不完全熔合缺陷係銲道與母材或銲道層間未完全熔合，亦即其熔合度低於標準規範中之規定範圍。由於不完全熔合呈線形且端部尖銳，因此需留意不完全熔合缺陷之產生。不完全熔合缺陷可產生於銲道任何部位。
 - (2)不完全熔透亦稱之為熔透不良。不完全熔透缺陷係銲道根部未完全熔透。由於不完全熔透呈線形且端部尖銳，因此亦需留意不完全熔透缺陷之產生。不完全熔透缺陷一般產生於銲道根部。
5. 不完美外形缺陷—500 系列。
6. 其他缺陷—600 系列。
7. 夾鎢缺陷：採用氣護鎢極電弧銲接(GTAW)或稱鎢極惰氣銲接(TIG)時，若使用銲接電流超過電極承載電流能力或電極直徑過小時，鎢電極端部將熔落而掉入銲池中。由於鎢熔點很高，在冷卻凝固過程中，鎢會以自由狀態結晶析出方式存留於銲道中，因此任何能造成鎢電極端部熔落因素，皆會造成夾鎢缺陷產生，如鎢電極直徑過小、鎢電極端部碰觸銲池或銲條而產生飛濺、銲接氣體保護不良而引起鎢電極損耗過劇等。
8. 銲縫氣孔：目前在金屬的銲接過程中最常出現的就是銲縫氣孔這一缺陷，而這一缺陷主要是由兩種情況造成的：一是在熔池內產生的一氧化碳和和水等冶金反應產物；二是氫氣和氮氣等來自外部的溶解度非常有限的氣體。氣泡主要是由於銲接的熔池裡面吸收的氣體出現飽和而形成，而這些氣泡因為在銲接過程中不能及時地排出去而殘留在銲縫裡面，最終形成了氣孔缺陷。

(二)

1. 金屬銲接時在局部加熱、熔化過程中，加熱區的金屬與周邊的母材溫度相差很大，產生銲接過程中的瞬時應力。冷卻至原始溫度後，整個接頭區銲縫及近縫區的拉應力區與母材在壓應力區數值達到平衡，這就產生了結構本身的銲接殘餘應力。此時，在銲接應力的作用下銲接件結構發生多種形式的變形。
在銲接過程中對銲件進行了局部的、不均勻的加熱是產生銲接應力及變形的原因。銲接時銲縫和銲縫附近受熱區的金屬發生膨脹，由於四周較冷的金屬阻止這種膨脹，在銲接區域內就發生壓縮應力和塑性收縮變形，產生了不同程度的橫向和縱向收縮。由於這兩個方向

的收縮，造成了銲接結構的各種變形。

2. 影響銲接結構變形的因素：

- (1) 銲縫截面積的影響：銲縫截面積是指熔合線範圍內的金屬面積，銲縫面積越大，冷卻時收縮引起的塑性變形量越大。
- (2) 銲接熱輸入的影響：一般情況下，熱輸入大時，加熱的高溫區範圍大，冷卻速度慢，使接頭塑性變形區增大，不論對縱向、橫向或角變形都有變形增大的影響。但在表面堆銲時，當熱輸入增大到一定程度時，由於整個板厚溫度趨近，因而即使熱輸入繼續增大，角變形不再增大，反而有所下降。
- (3) 工件的預熱、層間溫度影響：預熱溫度和層間溫度越高，相當於熱輸入增大，使冷卻速度減慢，收縮變形增大。
- (4) 銲接方法的影響：在建築鋼結構銲接常用的幾種方法中，除電渣銲以外，埋弧銲熱輸入最大，在其他條件如銲縫面積等相同情況下，收縮變形最大。手工電弧銲熱輸入居中，收縮變形比埋弧銲小。CO₂ 氣體保護銲熱輸入最小，收縮變形響應也最小。
- (5) 銲縫位置對變形的影響：由於銲縫位置在結構中不對稱，銲縫位置不對稱等將引起各種變形。
- (6) 結構的剛性對銲接變形的影響：結構的剛性大小，主要取決於結構的形狀和其截面大小，剛性較小的結構，銲接變形大；剛性大的結構，銲後變形較小。
- (7) 裝配和銲接規範對銲接變形的影響：由於採取的裝配方法不同，對結構的變形也有影響。整體裝配完再進行銲接，其變形一般小於邊裝配邊銲接。

3. 防止和減少結構變形的措施：

- (1) 減小銲縫截面積：在得到完好、無超標缺陷銲縫的前提下，儘可能採用較小的坡口尺寸（角度和間隙）。
- (2) 對降服強度 345MPa 以下，淬硬性不強的鋼材採用較小的熱輸入，儘可能不預熱或適當降低預熱、層間溫度；優先採用熱輸入較小的銲接方法，如 CO₂ 氣體保護銲。
- (3) 厚板銲接儘可能採用多層銲代替單層銲。
- (4) 雙面均可銲接操作時，要採用雙面對稱坡口，並在多層銲時採用與構件中和軸對稱的銲接順序。
- (5) T 形接頭板厚較大時採用開坡口角對接銲縫。
- (6) 採用銲前反變形方法控制銲後的角變形，此法使生產中最常見的一種方法，而預先把銲件作出基本抵消（補償）。
- (7) 剛性固定法：又稱為強制法。在實際製作中，對於剛性大的構件銲後變形一般較少，對剛性小的構件可在銲前加強構件剛性，銲後變形也響應減小。在採用這種方法時，必須等銲接冷卻後再把夾具和支撐卸去，幾種常見的方法有夾具法、支撐法、胎具法、臨時固定法（如銲釘固定和壓緊固定法）、定位銲接法。
- (8) 錘擊銲縫法：此法主要適用於薄板的銲接。當薄板的銲縫及其熱影響區還沒有完全冷卻時，立即對該區域進行錘擊，對於厚板則用風槍敲擊。
- (9) 採用構件預留長度法補償銲縫縱向收縮變形。
- (10) 設計上要儘量減少銲縫的數量和尺寸；合理布置銲縫，除了要避免銲縫密集以外，還應使銲縫位置儘可能靠近構件的中和軸，並使銲縫的布置與構件中和軸相對稱。
- (11) 正確選擇銲接順序。在鋼結構中同時存在對銲縫和角銲縫時，原則上先銲對銲縫，反銲角銲縫。對十字型銲縫和 T 字型銲縫，更應採取正確的順序，避免銲接應力集中，保證接頭銲接質量。採取對稱於整個鋼結構的中和軸的銲接和採取從中間相兩段銲接，對減少變形十分有利。對鋼結構中強度要求高的重要部位銲接，應儘量使接頭能自由收縮，不受約束。

4. 銲接應力消除：

公職王歷屆試題 (110 高考)

- (1)減少熱量供給。
- (2)防止熱量集中。
- (3)慎選鐸接順序。
- (4)注意暫時固定點鐸的配置及每點間距。
- (5)實施應力消除退火。
- (6)考慮鐸接母材形狀及鐸接接頭形式的設計。

公 職 王