108 年特種考試地方政府公務人員考試試題

等　　別：四等考試

類　　科：機械工程

科　　目：機械製造學概要

一、㈠試列出五種常見的切削刀具材料，並依照硬度由大而小排列。（10 分）

㈡何謂 CBN？與鑽石刀相比，何種適用於切削鋼鐵材料，理由為何？（10 分）

《考題難易》★
《破題關鍵》刀具材料

【擬答】

㈠五種常見的切削刀具材料，並依照硬度由大而小排列：

鑽石>CBN>陶瓷>碳化鎢>高速鋼。

㈡

1. CBN：體心立方氮化硼(CBN；Cubic Boron Nitride Tool)刀具。以高溫及高壓將碳化鎢基材和氮化硼結晶緊密燒結而形成，在目前所用的刀具材料中，其硬度僅次於鑽石。有極佳的高溫硬度，故特別適合於切削難切削材料之高速切削，對材料的移除速率可為傳統方式切削之數十倍。但不適合切削軟材料。
2. CBN 比鑽石更適合切削鋼鐵材料。鑽石俗稱金剛石，為世上最堅硬最耐磨之刀具材料，因為高溫時鐵會和鑽石產生親和作用，故鑽石刀具不能用於切削鐵系金屬，故鑽石刀具一般用於鋁合金、銅合金、等軟金屬和塑膠、玻璃纖維等材料之等軟金屬之修光或尺寸之精密修正，加工時進刀及切深要小，但切速須高。

二、一臥式銑床上進行平面銑削（slab-milling），使用 6 刃、直徑 60mm 的刀具切削一塊長 500mm、寬 150mm 的鈦合金材料，設定每刃進給 0.1mm、切削深度為 3.5mm、轉速 150rpm。計算材料移除率、切削時間、主軸所需扭力及功率。（比切削能 3.5W-s/mm^3）（20 分）

《考題難易》★★
《破題關鍵》切削理論的金屬移除率與切削時間。

【擬答】

㈠進給速度(f_m)：

$$f_m = n \times f \times N = 6(\text{刃}) \times 0.1(mm) \times 150(rpm) = 90(mm/min)$$

㈡材料移除率(Q)：

$$Q = d \times w \times f_m \quad \text{且} \quad f_m = n \times f \times N \quad \Rightarrow Q = d \times w \times n \times f \times N$$

式中 Q=金屬的去除率(mm^3/min)

d=切削深度(mm)；w=切削寬度(mm)；f_m=每分進給量($mm/\min$)；

n=銑刀齒數(齒)；f=每齒進給率(mm/tooth)；N=主軸轉速(rpm)。

$$Q = d \times w \times n \times f \times N$$

$$Q = 3.5(mm) \times 150(mm) \times 6(\text{刃}) \times 0.1(mm) \times 150(rpm)$$

$$= 47250(mm^3/min) = 787.5(mm^3/sec)$$

㈢切削時間(T)：

$$T = \frac{L}{f_m} = \frac{l + l_a + \mu}{f_m}, \quad la = \sqrt{d(D-d)}$$

式中，l 為工件長度(mm)；D 為銑刀直徑(mm)；d 為切削深度(mm)；μ 為空行程(mm)。

$$T=\frac{500+\sqrt{3.5\times(60-3.5)}+0}{90(mm/min)}=\frac{541.69(mm)}{90(mm/min)}=6.02(min)$$

㈣主軸所需功率(P_s)：

$$P_s=U\times Q=3.5(\mathrm{W-sec/mm^3})\times 787.5(mm^3/sec)=2756.25(W)$$

式中，U 為材料的切削比能(W-sec/mm^3)；Q 為材料的總金屬移除率(mm^3/min)。

㈤主軸所需扭力(M)：

$$P_s=\frac{2\pi\times M\times N}{60}\quad\Rightarrow M=\frac{60\times P_s}{2\pi\times N}=\frac{60\times 2756.25}{2\pi\times 150}=175.47(N-m)$$

三、試說明：

㈠為何鋼鐵相較於鑄鐵較不易鑄造？（5 分）

㈡鑄鐵中的石墨形狀如何影響材料機械性質？（10 分）

㈢為何灰鑄鐵凝固後體積增加的原因？（5 分）

《考題難易》★★

《破題關鍵》鑄鐵材料與鑄造。

【擬答】

㈠鋼鐵相較於鑄鐵較不易鑄造

1.熔點越低、鑄造性越好，碳鋼的熔點較鑄鐵高。

2.流動性越高，鑄造性越好，鑄鐵流動性較碳鋼佳。

㈡鑄鐵中的石墨：

1.石墨的分佈、含量、大小及形狀，對鑄鐵的機械性質均有影響。

2.石墨的分佈的越均勻則強度高。

3.碳當量提高時，石墨會變的粗大，使得抗拉強度降低。

4.冷卻速度越慢，鑄鐵中的石墨越多，強度越低。

5.鑄鐵熔化溫度越高，石墨越細強度越高。

㈢鑄鐵的生長：

1.鑄鐵在 500℃時還有相當的強度，但在超過 600℃以上時強度急遽下降且伸長率增加。

2.鑄鐵在超過 600℃(A_1 變態溫度)以上反覆加熱冷卻，體機會膨脹，這種現象稱為生長。

3.鑄鐵生長的原因：

(1)雪明碳鐵石墨化時的體積膨脹。

(2)矽的氧化膨脹。

(3)A_1 變態溫度點反覆加熱，使體積變化而產生微小的裂痕。

四、試說明使用直徑較小的輥輪進行平板輥軋製程的優點及限制。(20 分)

《考題難易》★★★

《破題關鍵》滾軋加工。

【擬答】

㈠滾軋是將金屬材料置於上下兩個反向轉動的滾輪之間，以連續塑性變形的方式通過，達到軋薄或改變斷面形狀的目的的加工法。如圖 4-1 所示。這種以材料與滾輪間的摩擦力，將材料引入滾輪間的成形方式，成型速度最快，極適合大量生產為最常用之塑性加工法。製品有鋼筋、型鋼、鋼板、鋼管及鋼棒等。

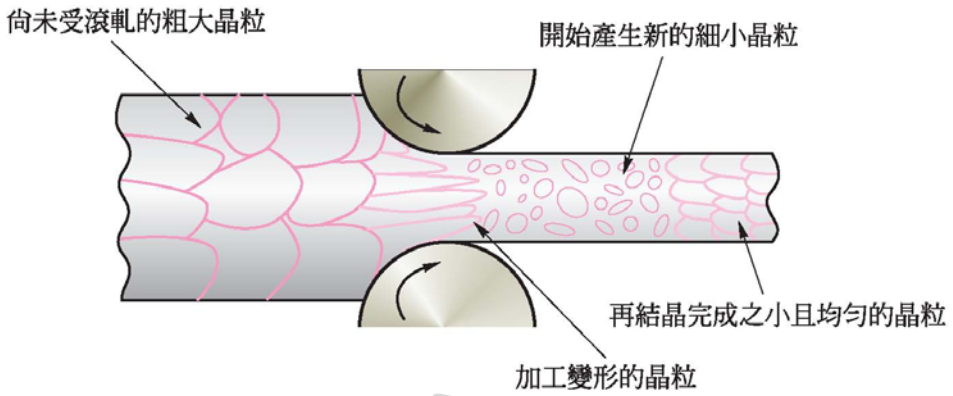

圖 4-1　滾軋加工

㈡行星式是滾軋機(Planetary mill)：其工作原理係一對大徑支撐軋輥轉動時，於其圓周邊上的多個行星工作軋輥同時滾軋金屬材料，如圖 4-2 所示。利用小行星滾輪滾軋工件：

1. 優點：由於接觸面積小，使滾軋更有效率，其斷面縮減比達 25：1。

2. 缺點：有效摩擦不足，無法將材料咬入，故須有進料滾輪幫助材料前進。

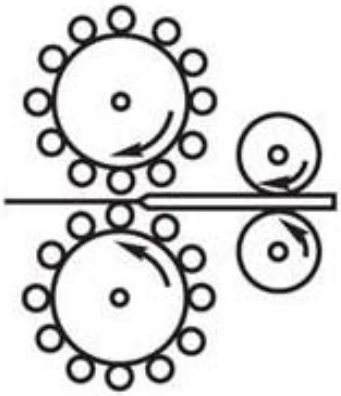

圖 4-2　行星式是滾軋機

五、試列舉五種非傳統加工方法之特性及適合使用時機。(20 分)

《考題難易》★★
《破題關鍵》非傳統切削加工。

【擬答】

㈠雕模放電加工(electrical discharge machining)簡稱 EDM，其加工原理如圖-所示。工具與工件分別連接於直流電源的正負兩極，兩極之間隔以絕緣液；通常用煤油。加約 100V 之電壓，並充分接近至 0.02~0.05mm 之間距，使兩極表面最接近部分發生脈衝式放電，其溫度高達 12000℃，足以令火花區附近之工件及工具局部蒸發或熔解而逐步蝕去，最後依工具之形狀而成形，沖蝕出之廢屑由絕緣液帶出工作區，經過濾後絕緣液還可循環使用。

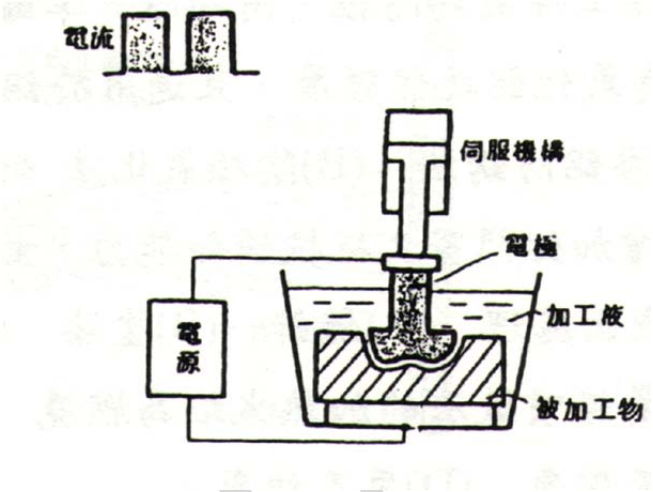

圖 5-1　雕模放電加工機(EDM)的原理

㈡線切割放電加工(wire-cut EDM)簡稱 WEDM，其加工原理如圖 5-2 所示。其工具電極乃是一條_細金屬線(一般為ϕ0.05~0.25 *mm* 之純銅線或黃銅線)，穿入預先鑽穿之孔中，再以脫離子水或蒸餾水為絕緣液，進行加工。線由捲軸帶動，工件置於加工台，由 CNC 程式指令床台在 X-Y 軸方向移動而加工出二維形狀。因易於自動控制及與電腦連線，故發展迅速，在模具製作方面應用甚廣。

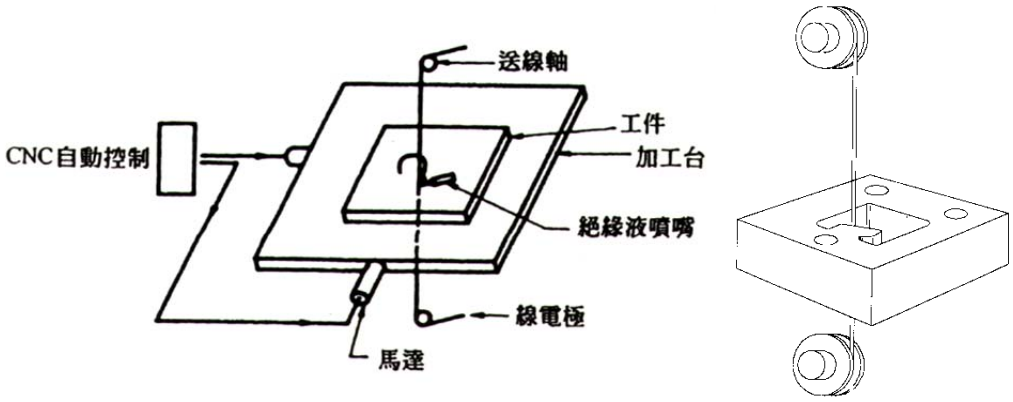

圖 5-2　WEDM 之原理圖

㈢電化加工(electrochemical machining)，簡稱 ECM，電化學加係應用逆(反)電鍍原理(electroplating)，即將兩個電極放在電解液中，通入直流電後，金屬從陽極電極(工件)電解電鍍至陰極(刀具)上。通電時工件被電離而被電解液帶走，即能隨工具形狀逐漸成形。原理與電鍍法相同，不過其工件為陽極而工具為陰極，所以也可說是一種反電鍍法。工件之電離體並無真正鍍到工具上，而係被電解液帶走，其所製工作物面之形狀，完全為工具(電極)之複製。電解液的成份雖無標準的規定，但大都使用氯化鈉溶液。這種技術可以運用在超硬金屬，及在傳統機械加工中非常困難加工的材料之製造方法，電化學加工法已被廣泛應用在航空航天、汽車製造、精密醫療儀器製造、顯微技術和能源技術領域。不管是特硬的的高溫合金材料如鎳基，鈦合金零件，還是淬火後的零件，採用電化學加工技術都可以對它們進行經濟有效的精密加工。

優點與缺點：

1. 優點：

⑴只要是導電材料，不論其性質軟或硬皆能加工。

⑵工具可用軟質材料製造，以利加工。

⑶加工時所生的熱很少，不會產生熱應力和金相的變化。

⑷加工面之表面粗糙度可維持在 Ra 0.125~0.25 μm 之間。

⑸無切削力，不產生切削應力。

⑹加工面不產生毛邊。

⑺切除率很大，可達 l000cm^3/hr。

2. 缺點：

⑴基本設備費用比 EDM 高。

⑵夾持裝置須能承受電解液之高流率。

⑶工具頭因需考慮絕緣及引導電解液，故較 EDM 工具頭難製作。

⑷電解液易生腐蝕。。

㈣電子束加工(electron-beam machining)，簡稱 EBM，電子束加工與雷射光相同，亦為一種高度集中之電熱作用。不過所利用之能量，是由高速電子撞擊到工作物上，由動能變成熱能。再因熱能的高度集中，足以令工作物直接揮發，以達到切削的目的。所有的加工必須在真空中進行，因此真空箱的大小限制了工件尺寸，考慮抽成真空的時間及批次加工(batch processing)的方法。EBM 之優點：

1. 最精密的加工工具。

2. 能加工非常細小尺寸的孔(0.05mm 以下的孔徑)。

3. 精緻的微細加工(micromachining)。

4. 可加工包括金屬與非金屬能存在真空中的任何已知材料。

5. 無刀具壓力與磨耗狀況。

6. 內孔加工具有頗高的深度直徑比，深徑比可達 200 ： 1 。

7. 可加工僅 0.0254mm 細微寬度。

8. 直徑僅 0.127mm ，加工材料可獲得土 0.013～0.05mm 高精度之公差尺寸。

9. 空心工件及薄片之加工不會扭曲。

10. 極優越的加工速度，加工區域不受熱影響，因此不致產生傷害工件材質的物理上或冶金上的作用。

11. 非常適合自動化加工。

㈤磨料噴射加工(abrasive-jet machining) ，簡稱 AJM，磨料噴射加工係利用高速的磨料粒子氣流撞擊工件表面而達到切削目的的加工法，氧化鋁或碳化矽磨料粒以壓縮空氣噴出之速度高達 150~300 m/sec 。此法適用於硬脆材料材料之鑽孔、除銹及去毛邊等工作。