

等 別：三等考試
類 科：機械工程
科 目：機械設計
考試時間：2 小時

座號：_____

※注意：(一)可以使用電子計算器。

(二)不必抄題，作答時請將試題題號及答案依照順序寫在試卷上，於本試題上作答者，不予計分。

(三)本科目除專門名詞或數理公式外，應使用本國文字作答。

- 一、已知結構工程應用需使用一圓形桿件來支撐 400 kN 的軸向拉力 F ，且不會超過所選用材料的降伏強度 S_y 。設計時考量選用 1040 碳鋼、4140 合金鋼、Al 2024 鋁合金及 Ti-6Al-4V 鈦合金四種材料，其材料性質如下表所示。請依據最小直徑的設計目標，決定上述材料中最適用的一種材料。列出計算結果，並說明理由。(提示：軸向應力 $\sigma = F/A = S_y$ 。)(20 分)

材質 單位	彈性係數，E GPa	降伏強度， S_y MPa
1040 碳鋼	200	552
4140 合金鋼	200	1140
Al 2024 鋁合金	72	345
Ti-6Al-4V 鈦合金	114	830

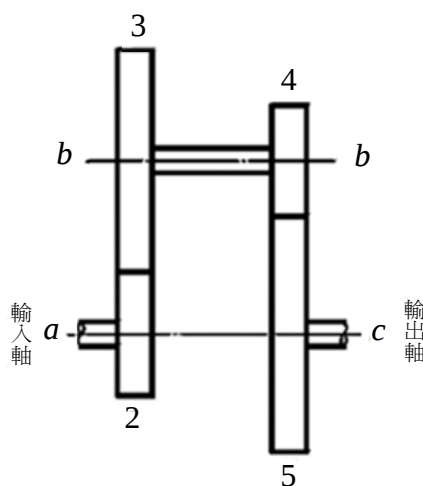
- 二、一根由熱軋鋼車削的旋轉實心鋼軸，承受完全反覆彎矩 $M(M_{\min} = -100 \text{ kN-mm}$ ， $M_{\max} = 100 \text{ kN-mm})$ 的作用。已知該軸直徑 $D = 15 \text{ mm}$ ，抗拉強度 $S_u = 630 \text{ MPa}$ ，表面修正因數 $k_a = 0.817$ ，尺寸因數 $k_b = 0.928$ 及負荷因數 $k_c = 1$ 。溫度因數 $k_d = 1$ ，可靠度因素 $k_e = 0.868$ 及雜項效應因素 $k_f = 1$ ，不考慮疲勞應力集中因素。該 S_u 的疲勞強度分數 $f = 0.86$ 。(每小題 10 分，共 30 分)

- (一)請依據 Marin 修正式，求該實心鋼軸之修正疲勞限(modified endurance limit) S_e 。
- (二)利用修正古德曼(Goodman)疲勞失效準則，求該軸防範疲勞損壞的安全因數 n 。
- (三)利用應力-壽命方程式 $\sigma_{\text{rev}} = aN^b$ ，求該旋轉軸在上述完全反覆彎矩作用下預期的疲勞壽命 N 。其中係數 $a = (fS_u)^2/S_e$ 及 $b = -[\log(fS_u/S_e)]/3$ 。

三、如下圖之回歸齒輪系減速機構，正齒輪 2、3、4 與 5 的模數 m 均為 3 mm，輸出軸與輸入軸的轉速比為 1：12。齒輪 2 的齒數為 24，齒輪 5 的齒數為 90。各輪齒均以壓力角 20° 全深齒制切削而成，齒面寬 $b=38$ mm。

(一)試求齒輪 3 及 4 的齒數，以及齒輪 2 與 3 的中心距離。(10 分)

(二)假設齒輪 2 在 1500 rpm 轉速下運轉並傳遞功率，請根據彎曲強度及路易斯彎曲應力公式，求作用在齒輪 2 的切線負載 F_t 及該齒輪可傳遞的功率。已知該齒輪的路易斯 (Lewis) 形狀係數 $Y=0.337$ ，允許彎曲強度 $\sigma_{all}=80$ Mpa。路易斯彎曲應力公式 $\sigma=K_v F_t/(bmY)$ ，其中 F_t 為作用在輪齒的切線負載 (N)；動態因數 $K_v=(6.1+V)/6.1$ ， V 為節線速度 (m/s)。(15 分)



四、規格 $M20 \times 2.5$ 的 ISO 粗螺紋螺栓使用於一螺栓接頭中承受 20 kN 的外拉力負載 P 。該螺栓的預負荷 $F_i=125$ kN，而螺栓與組件勁度比為 1：4。已知該螺栓的安全強度 (proof strength) $S_p=600$ Mpa，螺栓拉應力面積 (tensile stress area) $A_t=245$ mm²。

(一)試求防範螺栓因靜應力超過安全負荷而降伏的安全係數。(15 分)

(二)試求導致該螺栓接頭分開的外施負載值。(10 分)