以下の【A】と【B】のいずれかの問題に答えよ。

【A】

［1］長さ $l=2$ (m)，外径 d (m)，内径 $0.5d$ (m)の中空丸棒が，$T=5$ (kN･m) のねじりモーメントを受けるとき，次の問いに答えよ．ただし，丸棒材料の横弾性係数を $G=40$ (GPa)とする．

（1）断面二次極モーメント I_p を d の関数として表せ.

（2）全長あたりのねじり角 θ を d の関数として表せ.

（3）丸棒に生じる最大せん断応力 $\tau_{\max}$ を d の関数として表せ.

（4）丸棒材料の許容せん断応力が 300 MPa のとき，取り得る最小直径 $d_{\min}$ を求めよ.

＜解答例＞

（1）$I_p=\dfrac{\pi}{32}\left\{d^4-\left(\dfrac{d}{2}\right)^4\right\}=\dfrac{15\pi}{512}d^4$ (m^4)

（2）$\theta=2\times\dfrac{T}{GI_p}=\dfrac{2\times5\times10^3}{40\times10^9}\cdot\dfrac{512}{15\pi d^4}=\dfrac{128\times10^{-6}}{15\pi d^4}$ (rad)

（3）$\tau_{\max}=\dfrac{Td}{2I_p}=\dfrac{5\times10^3 d}{2}\times\dfrac{512}{15\pi d^4}=\dfrac{256\times10^3}{3\pi d^3}$ (Pa)

（4）最大せん断応力 $\tau_{\max}$ は丸棒の外周に生じ，それが 300 MPa を超えなければ良い.

$\tau_{\max}=\dfrac{256\times10^3}{3\pi d^3}$ より $d^3=\dfrac{256\times10^3}{3\pi\tau_{\max}}$ であるから，

$$d_{\min}=\sqrt[3]{\frac{256\times10^3}{3\pi\tau_{\max}}}=\sqrt[3]{\frac{256\times10^3}{900\times10^6\pi}}\approx0.0449\ (\mathrm{m})$$

［2］図１のように，左端から a の位置に集中荷重 P を受ける長さ l の単純支持はり AB について，次の問いに答えよ．x 軸の原点は左端（A 点）とする．なお，このはりは図２のような幅 b，高さ h，板厚 t の I 型断面を持つ.

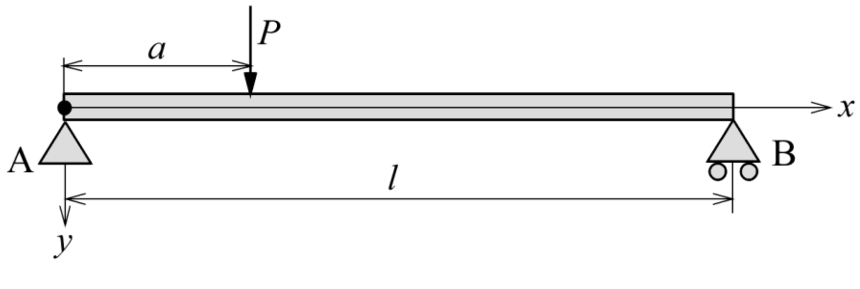


図１

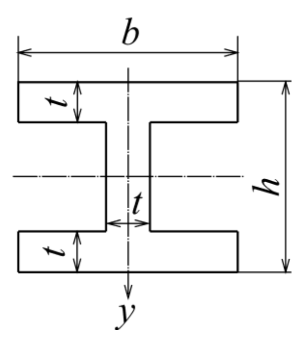


図２

（1）A 点および B 点の反力 R_A，R_B を求めよ.

（2）A 点から x の位置におけるせん断力 F と曲げモーメント M を求めよ.

（3）断面における中立軸に関する断面二次モーメント I を求めよ.

（4）はりに生じる最大の曲げ応力 $\sigma_{\max}$ を求めよ.

受験番号

＜解答例＞

（１）$R_A = \dfrac{l-a}{l}P$　　$R_B = \dfrac{a}{l}P$

（２）$(0 \le x \le a)$ のとき，$F = R_A = \dfrac{l-a}{l}P$　　$M = R_A x = \dfrac{(l-a)x}{l}P$

$(a \le x \le l)$ のとき，$F = -R_B = -\dfrac{a}{l}P$　　$M = R_B(l-x) = \dfrac{a(l-x)}{l}P$

（３）$I = \dfrac{bh^3}{12} - \dfrac{1}{12}(b-t)(h-2t)^3$

（４）曲げモーメントは $x = a$ のとき最大となり，$M_{\max} = \dfrac{a(l-a)}{l}P$

$\sigma_{\max} = \dfrac{M_{\max}h}{2I} = \dfrac{a(l-a)h}{2lI}P$　ただし I は（３）の通り．

受験番号

2026年度大学院一般入試（Ⅱ期）（機械材料学）（Ｂ）（解答例）

【B】

以下の【１】および【２】の設問に答えよ。

【１】図１．は鉄-炭素系平衡状態図である。図１．に関して純鉄と炭素(C)の組成（wt%）が 0.3wt% および 0.8wt の鋼をそれぞれ約 900℃の高温に加熱後に緩冷する場合、以下の(1)～(6)の問いに答えよ。なお、組織図にはそれらを構成している各相の名称も記入せよ。

(1)純鉄にてγ鉄がα鉄に変態する温度を答えよ。また、γ鉄の結晶構造を答えよ。

（解答）　<u>変態温度　912℃</u>

<u>γ鉄の結晶構造は面心立方格子（面心立方構造でもよい）</u>

(2)純鉄にてγ鉄の格子定数が 0.363nm とすると Fe 原子の原子半径(nm)を答えよ。なお、答えは小数点以下第４位を四捨五入せよ。

（解答）　（Ｆｅ原子半径の計算）

α鉄：組織学名はフェライト

格子定数：a（0.363 nm）

原子半径: r

$$r = \sqrt{2} \times a/4$$

$$= \sqrt{2} \times 0.286/4 \quad (\mathrm{nm})$$

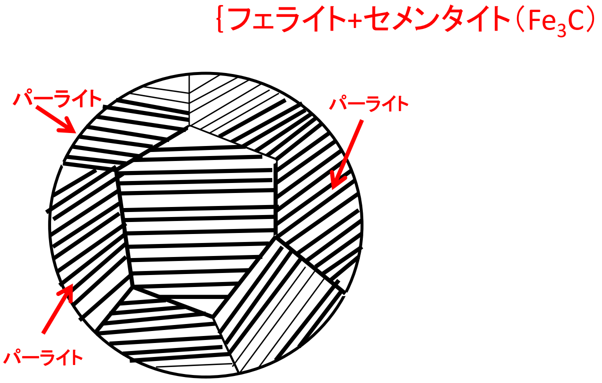
＝0.128（nm）

＝<u>0.128(nm)（小数点以下第４位を四舎五入）</u>

(3) 炭素の組成が 0.8wt%の鋼の温度が 727℃に達した d 点直下での反応名を答えよ。また、反応後の組織図をかけ。

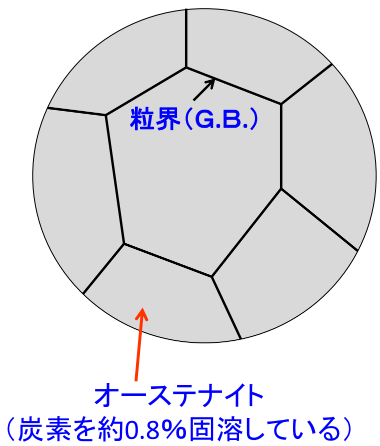
（解答）反応名：共析反応

0.8%で727℃（S点）直下の組織図



(4) 炭素の組成が 0.3wt%の鋼の温度が 900℃に達した a 点での組織図をかけ。
（解答）

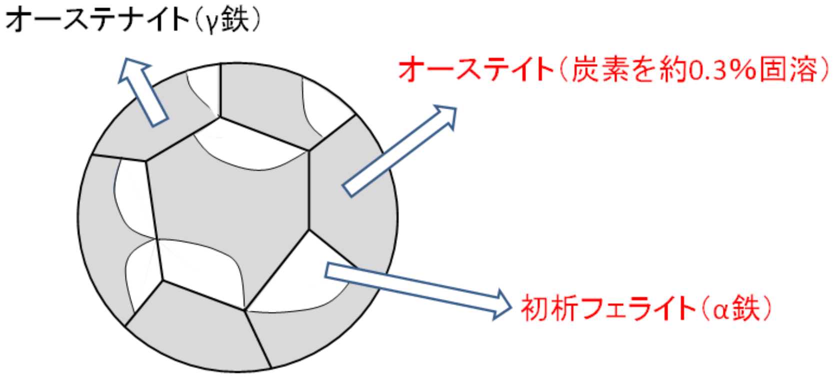
0.8%で900℃の組織図



(5)炭素の組成が 0.3wt%の鋼の温度が 788℃に達した b 点での組織図をかけ。また、この組織に存在する初析フェライトとオーステナイトの重量の割合（全体を 100%とする）を炭素の組成（%）を用いて答えよ。

（解答）

0.3%で788℃の組織図



（重量比）初析フェライト（α鉄）：オーステナイト（γ鉄）

＝(0.5－0.3/0.5-0.01):(0.3-0.01/0.5-0.01)

＝(0.2/0.49)：(0.29/0.49)

＝　0.4081　：　0.5918

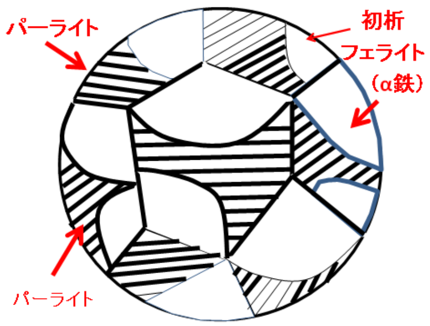
=　0.41：0.59

=　41%:　59%

(6)炭素の組成が 0.3wt%の鋼の温度が 727℃に達した c 点での組織図をかけ。また、この組織に存在する初析フェライトとパーライトの重量の割合(全体を 100%とする)を炭素の組成(%)を用いて答えよ。

（解答）

0.3%で727℃（b点）直下の組織図



（重量比）初析フェライト（α鉄）：パーライト

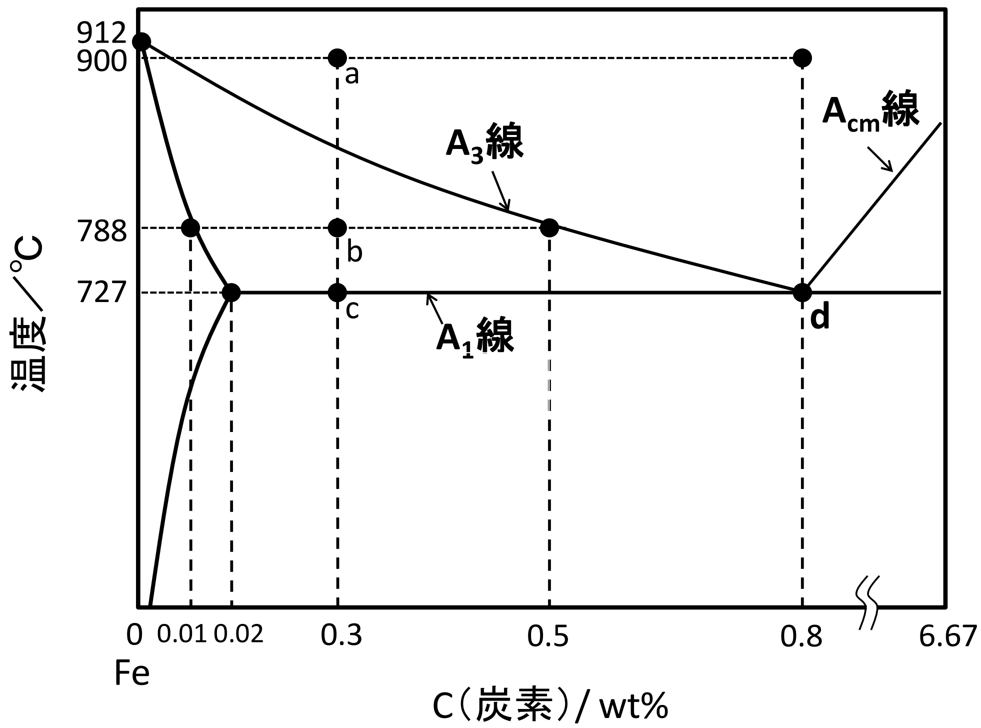
＝(0.8－0.3/0.8-0.02):(0.3-0.02/0.8-0.02)

＝(0.5/0.78)：(0.28/0.78)

＝　0.641　：　0.358

=　0.64：0.36

=　64%:　36%



【２】炭素組成が 0.3%～0.6%の炭素鋼について A_3 線より約 50℃高い温度で加熱保持後、水中に焼入れた後、再び加熱する熱処理について以下の問い(1)と(2)に答えよ。

（1）150℃～200℃に加熱する熱処理名を答えよ。

（解答）反応名：低温焼き戻し

（2）550℃～650℃に加熱する熱処理名とその場合に形成する組織名を答えよ。

（解答）反応名：高温焼き戻し

組織名：ソルバイト組織

以上

(A) 熱力学

以下の条件で、質量流量 0.45 kg/s のガスが圧縮機に流入・流出している。

流入：圧力 p = 0.10MPa,　比容積 v = 0.85m^3/kg

流出：圧力 p = 0.65MPa,　比容積 v = 0.15m^3/kg

ここで､圧縮により比内部エネルギuが 80kJ/kg 上昇(変化)するとともに, 環境中に 60kW の放熱があるという。このとき、位置エネルギおよび運動エネルギの変化が無視できるとして、圧縮機の入力$\dot{L}_{out\rightarrow in}$[kW]を求めよ。ただし、必要な物理量は各自で定義せよ。

解答例

単位時間当りの流動系のエネルギバランスは

$$\dot{Q}_{out\rightarrow in} - \dot{L}_{in\rightarrow out} = \Delta\dot{H} + \Delta\dot{K} + \Delta\dot{P} = \dot{m}(\mathrm{h}_2 - \mathrm{h}_1) + \frac{1}{2}\dot{m}(\omega_2^2 - \omega_1^2) + \dot{m}g(\dot{z}_2 - \dot{z}_1)$$

位置エネルギおよび運動エネルギが無視できるとすると比エンタルピ$h = u + pv$，放熱$\dot{Q}_{in\rightarrow out}$を考慮し，入力$\dot{L}_{out\rightarrow in}$は

$$\dot{L}_{out\rightarrow in} = \dot{m}(\mathrm{h}_2 - \mathrm{h}_1) + \dot{Q}_{in\rightarrow out}$$

$$= 0.45\frac{\mathrm{kg}}{\mathrm{s}} \times \left(80 \times 10^3\frac{\mathrm{J}}{\mathrm{kg}} + 0.65 \times 10^6\mathrm{Pa} \times 0.15\frac{\mathrm{m}^3}{\mathrm{kg}} - 0.1 \times 10^6\mathrm{Pa} \times 0.85\frac{\mathrm{m}^3}{\mathrm{kg}}\right) + 60\mathrm{kW}$$

=41.6kW+60kW ≒ 102kW

(Ｂ) 流体力学

［解答］

(1) ベルヌーイの式

$$P_0 = P_1 + \frac{1}{2}\rho u_1^2 = P_2 + \frac{1}{2}\rho u_2^2$$

(2) マノータの釣り合い

$$P_1 + \rho g H = P_2 + \rho g (H - h) + \rho_w g h$$

より

$$P_1 + \frac{1}{2}\rho u_1^2 + \rho g h = P_2 + \rho_w g h$$

(3)

(1)と(2)より

$$\frac{1}{2}\rho u_2^2 = (\rho_w - \rho) g h$$

$u_2 = \sqrt{2\frac{\rho_w - \rho}{\rho} g h}$ となり、u_2=14.0m/s

連続の式から

$$\frac{\pi}{4} d_1^2 u_1 = \frac{\pi}{4} d_2^2 u_2$$

$$u_1 = u_2 \frac{d_2^2}{d_1^2}$$

u_1=6.21m/s

２０２６年度　岡山理科大学大学院　修士課程一般入試（Ⅱ期）

理工学研究科　システム科学専攻　機械システムコース（解答例）

専門科目〔計測・制御〕　１／２

１．

（１）物体１については

$$m_1\ddot{x}_1 = -k_1x_1 - k_2(x_1 - x_2) - c_1\dot{x}_1 - c_2(\dot{x}_1 - \dot{x}_2)$$

物体２については

$$m_2\ddot{x}_2 = -k_2(x_2 - x_1) - c_2(\dot{x}_2 - \dot{x}_1) - c_3\dot{x}_2$$

である．

（２）$c_1 = c_2 = c_3 = 0$とすると，（１）の運動方程式は

$$m_1\ddot{x}_1 = -k_1x_1 - k_2(x_1 - x_2) = -(k_1 + k_2)x_1 + k_2x_2$$

$$\Rightarrow m_1\ddot{x}_1 + (k_1 + k_2)x_1 - k_2x_2 = 0,$$

$$m_2\ddot{x}_2 = -k_2(x_2 - x_1) = -k_2x_2 + k_2x_1$$

$$\Rightarrow m_2\ddot{x}_2 + k_2x_2 - k_2x_1 = 0.$$

これらを行列とベクトルを用いてまとめると

$$\begin{pmatrix} m_1 & 0 \\ 0 & m_2 \end{pmatrix}\begin{pmatrix} \ddot{x}_1 \\ \ddot{x}_2 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} k_1 + k_2 & -k_2 \\ -k_2 & k_2 \end{pmatrix}\begin{pmatrix} x_1 \\ x_2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \end{pmatrix}.$$

（３）$k_1 = 2k$，$k_2 = k$，$m_1 = 2m$，$m_2 = m$とすると，

$$\begin{pmatrix} 2m & 0 \\ 0 & m \end{pmatrix}\begin{pmatrix} \ddot{x}_1 \\ \ddot{x}_2 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 3k & -k \\ -k & k \end{pmatrix}\begin{pmatrix} x_1 \\ x_2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \end{pmatrix}.$$

自由振動の解として，$x_1(t) = A_1 \sin(\omega t + \phi)$，$x_2(t) = A_2 \sin(\omega t + \phi)$を仮定する．ここで，$A_1$，$A_2$，$\omega$，$\phi$　は未知数とした．これらを運動方程式に代入すると，

$$\begin{pmatrix} 2m & 0 \\ 0 & m \end{pmatrix}\begin{pmatrix} -A_1\omega^2 sin(\omega t + \phi) \\ -A_2\omega^2 sin(\omega t + \phi) \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 3k & -k \\ -k & k \end{pmatrix}\begin{pmatrix} A_1 \sin(\omega t + \phi) \\ A_2 \sin(\omega t + \phi) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \end{pmatrix}$$

$$\Rightarrow \begin{pmatrix} 2m(-A_1\omega^2 \sin(\omega t + \phi)) + 3kA_1 \sin(\omega t + \phi) - kA_2 \sin(\omega t + \phi) \\ m(-A_2\omega^2 \sin(\omega t + \phi)) + kA_2 \sin(\omega t + \phi) - kA_1 \sin(\omega t + \phi) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \end{pmatrix}.$$

よって

$$(-2mA_1\omega^2 + 3kA_1 - kA_2)\sin(\omega t + \phi) = 0$$

$$(-mA_2\omega^2 + kA_2 - kA_1)\sin(\omega t + \phi) = 0$$

を得る．上式が恒等的に成立するためには

$$(-2mA_1\omega^2 + 3kA_1 - kA_2) = 0$$

$$(-mA_2\omega^2 + kA_2 - kA_1) = 0$$

でなければならない。これを

$$\begin{pmatrix} -2m\omega^2 + 3k & -k \\ -k & -m\omega^2 + k \end{pmatrix}\begin{pmatrix} A_1 \\ A_2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \end{pmatrix}$$

とまとめると，自明な解以外の解を持つためには

$$\begin{vmatrix} -2m\omega^2 + 3k & -k \\ -k & -m\omega^2 + k \end{vmatrix} = 0$$

$$\Rightarrow (-2m\omega^2 + 3k)(-m\omega^2 + k) - k^2 = 0$$

でなければならない．これはω^2に関する２次方程式となり，解は

$$\omega_{n1} = \sqrt{\frac{k}{2m}},\quad \omega_{n2} = \sqrt{\frac{2k}{m}}\ ,\quad (\omega_{n1} < \omega_{n2})$$

が得られる．これらが求める固有角振動数である．

（４）

$$\frac{A_2}{A_1} = \frac{(-2m\omega^2 + 3k)}{k}$$

に$\omega_{n1} = \sqrt{\frac{k}{2m}}$を代入して，１次の振動モードは２，つぎに，$\omega_{n2} = \sqrt{\frac{2k}{m}}$を代入して，２次の振動モードは−１となる．

受験番号	総点

２０２６年度　岡山理科大学大学院　修士課程一般入試（Ⅱ期）

理工学研究科　システム科学専攻　機械システムコース（解答例）

専門科目〔計測・制御〕　１／２

２．

（１）初期値を０としてラプラス変換すると

$$s^2Y(s)+3sY(s)+2Y(s)=2U(s)$$

よって，

$$G(s)=\frac{2}{s^2+3s+2}$$

（２）ステップ応答は

$$\mathcal{L}^{-1}\left[\frac{1}{s^2+3s+2}\frac{1}{s}\right]=\mathcal{L}^{-1}\left[\frac{1}{s+2}\right]+\mathcal{L}^{-1}\left[\frac{-2}{s+1}\right]+\mathcal{L}^{-1}\left[\frac{1}{s}\right]=e^{-2t}-2e^{-t}+1$$

である．

（３）$E=R(s)-Y(s)$とすると，$Y(s)=KG(s)E$であるので，

$$Y(s)=KG(s)\big(R(s)-Y(s)\big)$$
$$\Rightarrow \big(1+KG(s)\big)Y(s)=KGR(s)$$

よって，

$$G_c(s)=\frac{KG(s)}{1+KG(s)}$$

これに

$$G(s)=\frac{2}{s^2+3s+2}$$

を代入すると，

$$G_c(s)=\frac{2K}{s^2+3s+2+2K}$$

（４）$K=2$ のとき，特性方程式は

$$s^2+3s+6=0$$

よって特性根は

$$s=-\frac{3}{2}\pm\frac{\sqrt{15}}{2}j$$

ただし $j=\sqrt{-1}$ （虚数単位）．

よって，全ての特性根の実部が負であるので，$G_c(s)$ は安定である．

（５）$K=-2$ のとき，特性方程式は

$$s^2+3s-2=0$$

よって特性根は

$$s=-\frac{3}{2}+\frac{\sqrt{17}}{2},\ \ -\frac{3}{2}-\frac{\sqrt{17}}{2}$$

特性根のうちの１つが

$$-\frac{3}{2}+\frac{\sqrt{17}}{2}>0$$

のとおり正の値であるので，$G_c(s)$ は安定でない．

受験番号	総点

２０２６年度　岡山理科大学大学院　修士課程一般入試（Ⅱ期）
理工学研究科　システム科学専攻　機械システムコース（解答用紙）
専門科目〔機械設計・加工学〕　１／２

【Ａ．機械設計学の解答】

(a)　転がり

(b)　トライボロジー

(c)　保持器

(d)　5.0×10^{-7}

(d) の計算例　軸受特性数 $\dfrac{\eta n}{p}=\dfrac{0.2\times 3000/60}{20\times 10^{6}}=5.0\times 10^{-7}$

(e)　頂げき

(f)　75

(f) の計算例　中心距離 $a=\dfrac{d_1+d_2}{2}=\dfrac{z_1+z_2}{2}m=\dfrac{17+33}{2}\times 3=75$ mm

(g)　スプロケット

(h)　クラッチ

(i)　流体

(j)　ラチェット

受験番号	総点

２０２６年度　岡山理科大学大学院　修士課程一般入試（Ⅱ期）
理工学研究科　システム科学専攻　機械システムコース（解答用紙）
専門科目〔機械設計・加工学〕　２／２

【B．加工学の解答】

［Ｂ－１］＜機械工作法＞

分類	(1) 特徴	(2)【加工法】	(3) 【加工法】の代表例
除去加工	材料の不要部分の体積を除去する加工	切削加工 研削加工	旋削，穴あけ，フライス削り など 円筒研削，内面研削，平面研削 など
変形加工	材料を削らず, 力や熱を加えて形状を変える加工, 素材と加工品の体積（重量）はほぼ同等である.	鋳造 塑性加工	砂型鋳造，金型鋳造，ダイカスト など 圧延，押出し，鍛造，転造，曲げ など
付加加工	材料に新たな物質など（溶接棒など）を付加・接合する加工	溶接	アーク溶接，抵抗溶接，ガス溶接 など

［Ｂ－２］＜研削加工＞

(1)
【正常】自生作用が正常に起こっている
【目こぼれ】砥粒の脱落が多く，損耗が激しい
【目つぶれ】自生作用が正常に起こらず，砥粒が脱落せず，摩耗し，平坦となる
【目づまり】自生作用が正常に起こらず，切屑が気功や砥粒間に保持される

(2)　記載例：A ＜ B ＜ C ＜ D

結合度：目こぼれ＜正常＜目づまり＜目つぶれ

(3)　途中計算式，単位を記すこと．

$V = \pi DN/1000$ より，$N = 1000V/\pi D$
$D = 250$ mm，$V = 1200$～1800 m/min を代入すると，$N = 1528$～2292 rpm
よって，主軸回転数は 1528～2292 rpm

受験番号	総点