

令和8年度 専攻科入学試験（学力）試験問題

機械 工学系 (熱力学)

No. 1/5

初状態が圧力 $P_1 = 1.2$ [MPa]、温度 $T_1 = 130$ [°C]、容積 $V_1 = 2$ [m³]の理想気体がある。この理想気体の容積が $V_2 = 8$ [m³]になるまで膨張したとすると、以下の問いに答えなさい。

- (1) 等温膨張した場合に得られる工業仕事量を求めなさい。
 (2) 等圧膨張した場合に得られる工業仕事量を求めなさい。
 (3) 可逆断熱膨張した場合に得られる工業仕事量を求めなさい。（ただし、比熱比 $k = 1.4$ として計算すること）
 (4) ポリトロップ変化した場合で、終わりの圧力が $P_2 = 200$ [kPa]となったとき
 (4-a) ポリトロップ指数を求めなさい。（4-b）得られる工業仕事量を求めなさい。

(1)

$$L_t = - \int_1^2 V dp$$

状態方程式 $PV = mRT$ より
 $V = mRT/p$ なので

$$\begin{aligned} L_t &= -mRT \int_1^2 \frac{1}{P} dp \\ &= -mRT \ln \frac{P_2}{P_1} \\ &= -P_1 V_1 \ln \frac{P_2}{P_1} \\ &= P_1 V_1 \ln \frac{P_1}{P_2} \end{aligned}$$

$$P_1 V_1 = P_2 V_2 \text{ より}$$

$$\begin{aligned} L_t &= P_1 V_1 \ln \frac{V_2}{V_1} \\ &= 1.2 \times 10^6 \times 2 \times \ln \frac{8}{2} \\ &= 3.3271 \dots \times 10^6 \text{ [J]} \\ &\doteq 3.33 \text{ [MJ]} \end{aligned}$$

5 点

(2)

$$L_t = - \int_1^2 V dp$$

等圧なので $dp = 0$

$$L_t = 0$$

5 点

(3)

熱力学第一法則より

$$\begin{aligned} dQ &= dH - V \cdot dP \\ &= mc_p dT - V \cdot dP \\ &= mc_p dT + dL_t \end{aligned}$$

断熱なので $dQ = 0$

$$mc_p dT + dL_t = 0$$

$$dL_t = -mc_p dT$$

$$\begin{aligned} L_t &= -mc_p (T_2 - T_1) \\ &= mc_p (T_1 - T_2) \end{aligned}$$

$$\because c_p = \frac{k}{k-1} R$$

$$\begin{aligned} L_t &= \frac{k}{k-1} mR (T_1 - T_2) \\ &= \frac{k}{k-1} (P_1 V_1 - P_2 V_2) \end{aligned}$$

5 点

$$P_1 V_1^k = P_2 V_2^k \text{ より } P_2 = \left(\frac{V_1}{V_2} \right)^k \times P_1 \text{ なので}$$

$$\begin{aligned} L_t &= \frac{k}{k-1} \left(P_1 V_1 - \left(\frac{V_1}{V_2} \right)^k \times P_1 V_2 \right) \\ &= \frac{1.4}{1.4-1} \left(1.2 \times 2 - \left(\frac{2}{8} \right)^{1.4} \times 1.2 \times 8 \right) \times 10^6 \\ &= 3.5754 \dots \times 10^6 \text{ [J]} \\ &\doteq 3.58 \text{ [MJ]} \end{aligned}$$

5 点

(4)

(4-a)

$$P_1 V_1^n = P_2 V_2^n \text{ より}$$

$$\frac{P_1}{P_2} = \left(\frac{V_2}{V_1} \right)^n \text{ 両辺の対数をとると}$$

$$\ln \frac{P_1}{P_2} = n \ln \left(\frac{V_2}{V_1} \right) \text{ なので}$$

$$n = \frac{\ln \frac{P_1}{P_2}}{\ln \left(\frac{V_2}{V_1} \right)}$$

$$= \frac{\ln \frac{1.2}{0.2}}{\ln \left(\frac{8}{2} \right)}$$

$$= 1.2924 \dots$$

$$\doteq 1.29 \quad \text{5 点}$$

(4-b)

$$L_t = \frac{n}{n-1} (P_1 V_1 - P_2 V_2)$$

$$\begin{aligned} L_t &= \frac{1.29}{1.29-1} (1.2 \times 2 - 0.2 \times 8) \times 10^6 \\ &= 3.558 \dots \times 10^6 \text{ [J]} \\ &\doteq 3.56 \text{ [MJ]} \end{aligned}$$

5 点

問. タンク A (大気開放、水位 10 m) から、タンク B (大気開放、水位 3 m) へ水を供給している。両タンクは水平な地面上にあり、底部は地面に沿って設置された直管 (内径 50 mm、長さ 20 m) で接続されている。水の密度は $\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$ 、重力加速度は 9.8 m/s^2 とする。タンクは十分広く大きいとする。

- (1) 水の粘性や損失 (摩擦・バルブ) を無視するとき、管内流速 v を求めよ。
- (2) 管には損失係数 $\zeta = 0.5$ のバルブが設置してあり、管摩擦係数は $\lambda = 0.02$ とする。これらの損失を考慮した場合の管内流速 v を求めよ。
- (3) (2) と同じ損失を考慮する状態で、バルブはタンク A と B の中間に設置されているとき、バルブ直前の圧力を求めよ。

解答

(1) タンク A の水面を断面 1、タンク B に入る直前を断面 2 としてベルヌーイの定理を適用

$$\frac{p_1}{\rho g} + \frac{v_1^2}{2g} + z_1 = \frac{p_2}{\rho g} + \frac{v_2^2}{2g} + z_2$$

$$p_1 = 0, p_2 = \rho g z_B$$

$$v_1 = 0$$

$$z_1 - z_2 = 10, \quad z_2 = 0, \quad z_1 = 10$$

$$z_1 = z_B + \frac{v_2^2}{2g}$$

$$v_2 = \sqrt{2g(z_1 - z_B)} = \sqrt{2g(10 - 3)} = 11.71 \text{ m/s}$$

10 点

(2) タンク A の水面を断面 1、タンク B に入る直前を断面 2 としてベルヌーイの定理を適用

$$\frac{p_1}{\rho g} + \frac{v_1^2}{2g} + z_1 = \frac{p_2}{\rho g} + \frac{v_2^2}{2g} + z_2 + h_l$$

$$p_1 = 0, p_2 = \rho g z_B$$

$$v_1 = 0$$

$$z_1 - z_2 = 10, \quad z_2 = 0, \quad z_1 = z_A = 10, \quad z_B = 3$$

$$z_1 = \frac{v_2^2}{2g} + \frac{\rho g z_B}{\rho g} + \left(\zeta + \lambda \frac{l}{d} \right) \frac{v_2^2}{2g} = z_B + \left(1 + 0.5 + 0.02 \times \frac{20}{0.05} \right) \frac{v_2^2}{2g} = z_B + 9.5 \frac{v_2^2}{2g}$$

$$v_2 = \sqrt{2g(z_1 - z_B)/9.5} = \sqrt{2g(10 - 3)/9.5} = 3.800 \text{ m/s}$$

10 点

(3) タンク A の水面を断面 1、バルブの直前を断面 3 としてベルヌーイの定理を適用

$$z_1 = \frac{p_3}{\rho g} + \frac{v_3^2}{2g} + \lambda \frac{l}{2d} \frac{v_3^2}{2g}$$

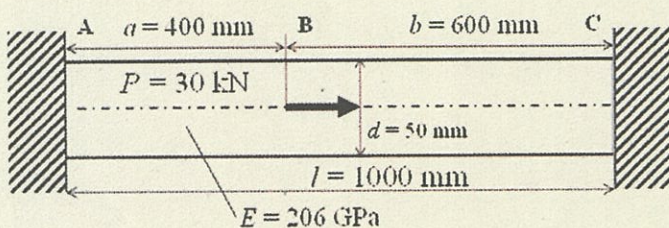
$$\frac{p_3}{\rho g} = z_1 - \left(1 + \lambda \frac{l}{2d} \right) \frac{v_3^2}{2g}$$

$$p_3 = \rho g \left\{ z_1 - \left(1 + \lambda \frac{l}{2d} \right) \frac{v_3^2}{2g} \right\}$$

$$= 1000 \times 9.8 \times \left\{ 10 - \left(1 + 0.02 \times \frac{10}{0.05} \right) \frac{3.8^2}{2 \times 9.8} \right\} = 61900 \text{ Pa}$$

10 点

- ⑦ 【1】 B点の変位をそれぞれ求めよ。ただし部材は縦弾性係数 $E=206 \text{ GPa}$ 、直径 $d=50 \text{ mm}$ である。



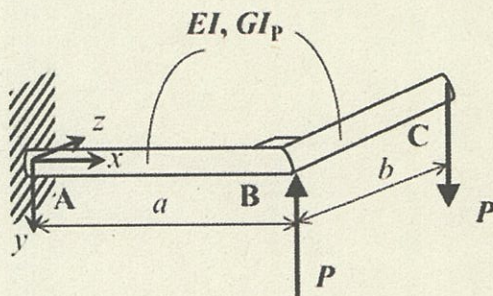
$$Q_C \delta_C = \frac{CP - Q_C a}{EA} + \frac{(-Q_C b)}{EA} = 0$$

$$\therefore Q_C = \frac{a}{a+b} P$$

$$\delta_B = \frac{(P - Q_C) a}{EA} = \frac{P a b}{(a+b) EA} = \frac{30 \times 10^3 \times (400 \times 600)}{(400 + 600) \times 206 \times 10^9 \times \frac{\pi 50^2}{4}}$$

$$= 1.78 \times 10^{-4} \text{ mm}$$

- ⑧ 【2】 図においてC点の①y方向変位、②傾き θ を求めよ。ただし、縦弾性係数 E 、断面二次モーメント I 、横弾性係数 G 、極断面二次モーメント I_p とする。また、部材ABとBCは直交している。



傾きによる変位 ϕ, b I_p が I

$$\delta_1 = 0, \theta_1 = 0$$

$$\phi_1 = \frac{(Pb)a}{GI_p}$$

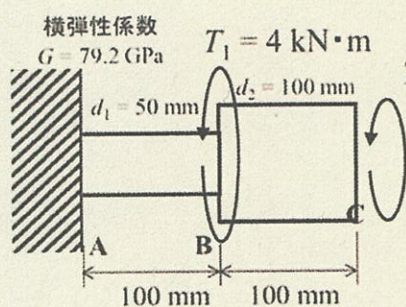
$$\delta_2 = \frac{Pb^3}{3EI}, \theta_2 = \frac{Pb^2}{2EI}$$

$$\phi_2 = 0$$

$$\textcircled{1} \delta_C = \delta_1 + \delta_2 + \phi_1 b = \frac{Pb^3}{3EI} + \frac{(Pb)a}{GI_p} \cdot b$$

$$\textcircled{2} \theta_C = \phi_1 + \theta_2 = \frac{(Pb)a}{GI_p} + \frac{Pb^2}{2EI}$$

- ⑧ 【3】 図のような段付き丸棒においてB点およびC点にトルクが同じ方向にかかっているとき、丸棒のDB点のねじれ角 ϕ_B 、②C点のねじれ角 ϕ_C を求めよ。ここで、横弾性係数は $G=79.2 \text{ GPa}$ とする。(単位は度で答えよ。)

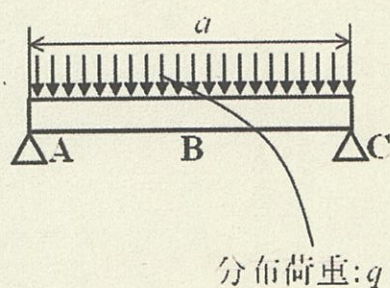


$$\phi_B = \phi_{AB} = \frac{32(T_1 + T_2)l}{\pi G d_1^4} = \frac{32 \times 6 \times 10^3 \times 100}{\pi \times 79.2 \times 10^9 \times 50^4} = 0.707 \text{ 度}$$

$$\phi_{BC} = \frac{32 T_2 l}{\pi G d_2^4} = \frac{32 \times 2 \times 10^3 \times 100}{\pi \times 79.2 \times 10^9 \times 100^4} = 0.0147 \text{ 度}$$

$$\phi_C = \phi_{AB} + \phi_{BC} = 0.722 \text{ 度}$$

- ⑦ 【4】 図のように分布荷重 q がかかる両端単純支持ばりの中央であるB部に生じる最大曲げ応力を文字で表せ。ただし、部材ACは直径 d の丸棒である。



$$M = -\frac{1}{2} q \left(\frac{1}{2} a\right)^2 + \frac{1}{2} q a \times \frac{1}{2} a$$

$$\frac{1}{2} q a = -\frac{1}{8} q a^2 + \frac{1}{4} q a^2$$

$$= \frac{1}{8} q a^2$$

$$\sigma = \frac{M}{Z} = \frac{\left(\frac{1}{8} q a^2\right)}{\left(\frac{\pi d^4}{32}\right)} = \frac{4 q a^2}{\pi d^4}$$

令和8年度 専攻科入学試験（学力）試験問題

機械 工学系 (材料学)

No. 4 / 5

【1】炭素鋼（JIS 規格 S45C）と片状黒鉛鑄鉄の強度試験を常温で次のように行った。それぞれの問いに答えよ。

(1) それぞれの材料の引張試験を行った。その場合、破断の仕方はそれぞれどのようなになるか説明しなさい。

② (1-1) 炭素鋼 垂直に破壊する領域と外側で引張方向に対して45度傾いた方向で破壊するせん断応力破壊域の二つで構成される、カップアンドコーン破壊となる。

③ (1-2) 片状黒鉛鑄鉄 引張方向に対して垂直方向に破断する。

(2) それぞれの材料の丸棒のねじり試験を行った。その場合、破断の仕方はそれぞれどのようなになるか説明しなさい。特に破面の角度が丸棒の試験片の軸に対してどのようにどのように傾くかについての説明を入れよ。

⑤ (2-1) 炭素鋼 軸方向に対して垂直方向に破断する。

② (2-2) 片状黒鉛鑄鉄 軸方向に対して45度で破断する。

【2】次の写真は光学顕微鏡で200倍で撮影した金属組織写真である。次の問いに答えよ。

(1) 写真1はS20C鋼焼き鈍し材である。この組織の①黒い部分と②白い部分の名前をそれぞれ答えよ。

② ① パーライト ② フェライト

(2) 写真2はS45C鋼の焼入れ焼き戻し材である。この組織の名前は何か答えよ。

② マルテンサイト



写真1

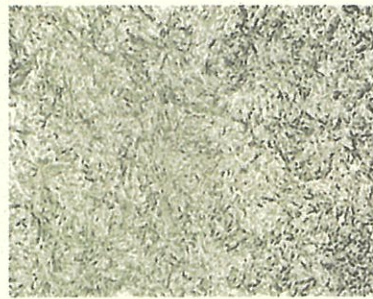


写真2

【3】鋼の代表的な熱処理4種について、冷却方法(冷却速度)、強度や延性への影響について簡潔に説明せよ。

③ 焼鈍し: 炉冷でゆっくり冷却をさせる。強度は低下するが延性増加する。

③ 焼ならし: 空冷でややゆっくり冷却させる。焼鈍しより強度は高く延性は小さい

③ 焼入れ: 油(水)に入れ急冷させる。強度は極めて高く、延性は小さくなる。

③ 焼戻し: 水(油)に入れ急冷させる(空冷でも可)。強度は焼入れ材より低いがかかなり高く、延性は焼入れ材より回復する。

【4】次の問いに答えよ。

(1) 次の材料記号の日本語名称は何か? FCD ② 球状黒鉛鑄鉄 (ダクタイル鑄鉄)

(2) (1) の材料と片状黒鉛鑄鉄で機械的性質の観点で比較したときに異なる特徴を述べよ。

③ FCDの方で黒鉛が球状であるので延性大きい

令和8年度 専攻科入学試験（学力）試験問題

機械工学系 (機械工作法)

No. 5/5

1. 鑄造法に関する以下の文章の空欄を埋めよ。

各1点

一般に砂型を製作するとき、その強度を高めると (1) 通気度 が低下する。鑄込みの際に砂型内にガスがたまると欠陥の原因になるので針金などを用いて (2) ガス抜き穴 を設ける。ダイカスト法では、精密に加工された金型に Al, Zn, Mg など (3) 比較的 融点の低い 金属を加速して高速で射出注入する。遠心鑄造は鑄型を (4) 高速回転 させ、遠心力により鑄型内面に湯を押し付けて鑄込む手法である。フルモールド法では原型模型に (5) 発泡ポリスチレン を用いる。また、ロストワックス法においては模型に特殊な (6) ろう を用いる。

2. 溶接に関する以下の文章の空欄を埋めよ。

JIS によると溶接とは「2 個以上の母材を、接合される母材間に (7) 連続性 があるように、熱、圧力、またはその両方によって一体にする操作。」である。突合せ継手の (8) 開先 は溶接時の溶込みをよくするために (9) 母材 (の端) を加工して作った溝であり、I 形、V 形、X 形などの形状がある。アーク溶接に用いられる被覆アーク溶接棒の被覆は熱によりガスまたは (10) スラグ に変化し、シールドガスは (11) 大気 (酸素, 窒素, 水素) からアークを守る。 (12) 点溶接 は重ね合わせた金属板 (重ね継手) を棒状の電極で挟み、大電流を流して、溶融圧着する手法である。 (13) スポット溶接

3. 機械加工に関する以下の文章の空欄を埋めよ。

構成刃先の挙動に関する 4 つの段階は、発生→ (13) 成長 →分裂→ (14) 脱落 であり、構成刃先によって (15) 切削抵抗 が変動し、切削状態が不安定になる。また、構成刃先の分裂片の一部が切削面に残留し、 (16) 切削面精度 を低下させる。一方で、構成刃先には切削中に工具の先端を摩耗から (17) 保護 する働きもある。工具寿命に関する V-T 線図において縦軸 V は (18) 切削速度 を、横軸 T は (19) 工具寿命 を表しており、V、T および定数 n、C を用いて図中の曲線を式で表すと (20) $VT^n = C$ となる。

フライス削りにおいて、上向き削りは一般に刃物の進む方向と工作物の送り方向が (21) 反対 (逆向き) であり、各々の遊びを取りながら切削するが、切削の始めに (22) 工作物 と (23) 工具 の間にすべりが生じる。一方、下向き削りでは切削の始めから厚い切りくずを出し、切刃の滑りがないが、送り駆動系の (24) 遊び取り機構 が必要であり、切削始めに衝撃が加わるため、 (25) 高剛性 な構造が必要となる。

研削加工における砥石の構成要素は砥粒、結合剤、 (26) 気孔 である。結合剤に磁器の原料を用いた砥石は (27) ビトリファイド 砥石と呼ばれ、 (28) 多孔質 で弾性が無く脆い性質をもち、広く利用されている。

4. 塑性加工に関する以下の文章の空欄を埋めよ。

管の曲げに用いる (29) 砂詰め 法では管に砂や (30) 樹脂、鉛、その他低溶融合金などを充填したうえで、両端を閉じ、曲げる。