**持帰り厳禁**

問題用紙は、試験監督員からの開始の指示があるまで
一切開かないでください。

# 令和８年度

## 甲 種 機 械　　学 識 試 験 問 題

EZ

## 試験時間　13:30 ～ 15:30

〔注意事項〕

1. 配布された問題用紙の種類（左上に黒地白文字で示しています。）が受験する試験の種類に間違いがないか、また、問題用紙と受験番号札の色が合致しているかどうか、必ず確認してください。
   万一、異なる場合は、速やかに試験監督員に申し出てください。

2. 解答は、問題ごとの「解答用紙」に記入してください。
   別問題の「解答用紙」に解答した場合、その解答は無効となりますので、記入を間違えないように注意してください。

3. 「解答用紙」は、採点の際に問題ごとに切り離しますので、すべての解答用紙に「受験番号」、「氏名」を必ず記入してください。

4. 試験問題に関する質問にはお答えできません。

5. 「問題用紙」および「解答用紙」は、試験監督員の指示に従い必ず提出してください。

6. 問題中において、特に記述のない場合、圧力は絶対圧力で表しています。

**問 1**　並流式二重管式熱交換器があり、内管を流れる油を冷却するために外管に冷却水を流している。この熱交換器の仕様および運転条件は以下のとおりである。

| | |
|---|---|
| 内管の内径 | $d_1$ ＝ 0.052 m |
| 内管の外径 | $d_2$ ＝ 0.060 m |
| 内管の熱伝導率 | $\lambda$ ＝ 50 W/(m･K) |
| 油から内管への熱伝達率 | $h_1$ ＝ 300 W/(m$^2$･K) |
| 内管から冷却水への熱伝達率 | $h_2$ ＝ 700 W/(m$^2$･K) |
| 冷却水の比熱容量 | $c_p$ ＝ 4.2 kJ/(kg･K) |
| 油の流量 | $m_o$ ＝ 1.5 kg/s |
| 冷却水の流量 | $m_w$ ＝ 1.2 kg/s |

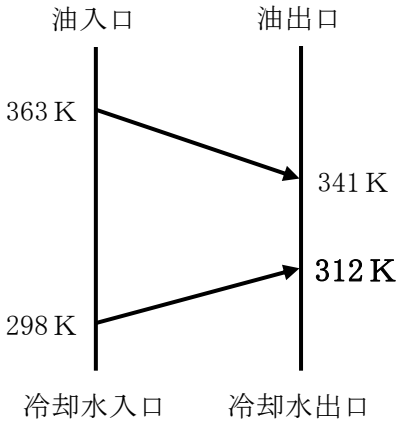



図 1 変化前の運転条件

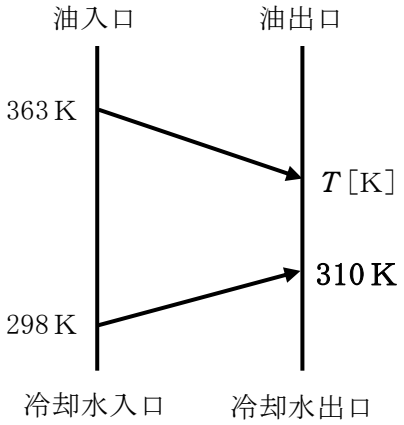



図 2 変化後の運転条件

以下の各問について、解答用紙の所定欄に根拠、計算式を示して答えよ。ただし、冷却水、油の熱容量は一定で、外管から外部への熱損失はないものとする。さらに、内管の平均径および平均温度差は、算術平均を用いよ。

(20 点)

⑴　油および冷却水の温度が図 1 に示す値であるとき、熱交換器の平均温度差 $\Delta T_{av}$ [K]、内管の平均径 $d_{av}$ [m] および油から冷却水への総括伝熱係数(熱貫流率) $U$ [W/(m$^2$･K)](内管平均径基準)を求めよ。

⑵　油および冷却水の温度が図 1 に示す値であるとき、熱交換器の伝熱量 $Q$ [kW] および伝熱面積 $A$ [m$^2$] (内管平均径基準)を求めよ。

⑶　熱交換器を長期間運転していたところ、冷却性能が変化して、油および冷却水の出口温度が図 2 に示す値に変化した。このとき、変化後の油の出口温度 $T$ [K]、およびこの条件における伝熱量 $Q'$ [kW] を求めよ。このとき、水および油の流量、物性値は変化前と同一とする。

**問２**　円管路の途中に孔を開けた円形のオリフィス板を挿入し、その前後の圧力差を測定することによって流量を求める装置をオリフィス流量計という。下図にオリフィス流量計で流量を計測している状況を示す。

以下の各問について、解答用紙の所定欄に根拠、計算式を示して答えよ。

（20 点）

ただし、①：定常流れ部、②：縮流部

$p_1$：①の圧力[Pa]、$\bar{u}_1$：①の平均流速[m/s]

$p_2$：②の圧力[Pa]、$\bar{u}_2$：②の平均流速[m/s]

$A_0$：オリフィスの開口面積[m$^2$]

$A_1$：①の断面積[m$^2$]、$A_2$：②の断面積[m$^2$]、$m$：開口比（$m = A_0 / A_1$）

$\rho$：流体の密度[kg/m$^3$]、$\rho_s$：マノメータの封液の密度[kg/m$^3$]

$\rho$、$\rho_s$の値は変化しないものとする。

$h_s$：マノメータが指示した封液の高さの差[m]

$C_c$：収縮係数$\left(=\dfrac{A_2}{A_0}\right)$、$C_e$：補正係数$\left(=\dfrac{A_0\bar{u}_0}{A_2\bar{u}_2}\right)$、

$C_0$：流量係数$\left(=\dfrac{C_c C_e}{\sqrt{1-m^2 C_c{}^2}}\right)$

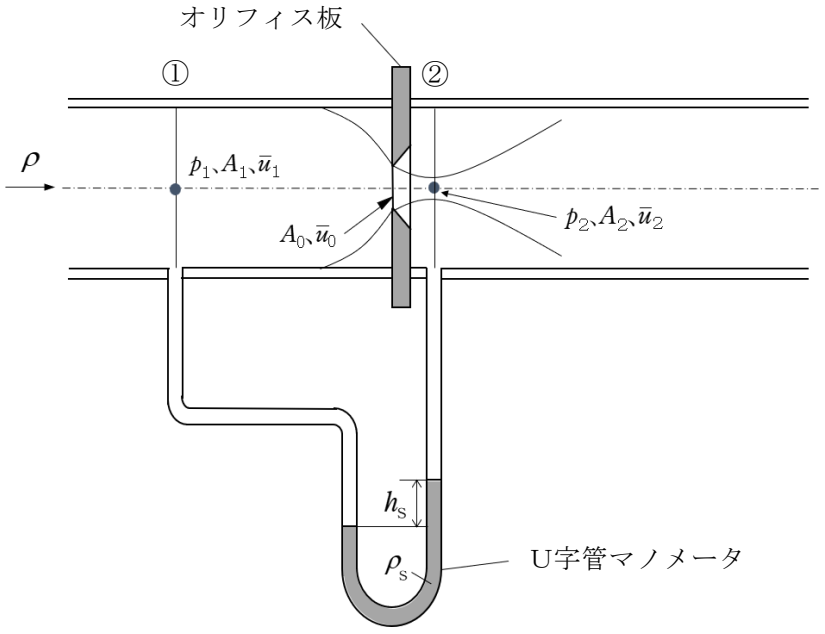



図　オリフィス流量計

⑴　①と②における位置エネルギーを同じとして、ベルヌーイの定理を用いて圧力$p_1$、$p_2$、平均流速$\bar{u}_1$、$\bar{u}_2$と密度$\rho$の関係を示せ。

⑵　②の平均流速$\bar{u}_2$を、圧力$p_1$、$p_2$、断面積$A_1$、$A_2$および密度$\rho$を用いて示せ。

⑶　オリフィス部の平均流速$\bar{u}_0$[m/s]を、$\rho$、$\rho_s$、$h_s$、$m$、$C_c$、$C_e$を用いて示せ。

⑷　開口部の直径が0.010 m のオリフィスを設置すると、$h_s$ = 0.010 m であった。$C_0$ = 0.60、$\rho$ = 1.0 kg/m$^3$、$\rho_s$ = 1000 kg/m$^3$として流体の流量$q_V$[m$^3$/s]を求めよ。

**問３**　次の各問について、解答用紙の所定欄に答えよ。　（20 点）

⑴　金属材料に関する次の文章中の［　イ　］～［　ト　］に入る用語（元素記号を含む。）および［　①　］～［　③　］に入る数字について適切なものを下記の選択肢から選択して答えよ。

1)　炭素鋼は、Fe（鉄）－ C（炭素）系の合金であるが、製鋼上の理由で入る Si（ケイ素）、Mn（マンガン）のほか、不純物としてP（リン）、［　イ　］が常に少量含まれる。

2)　焼ならしした亜共析鋼の機械的性質において、同一温度での［　ロ　］試験により求められる吸収エネルギーの値は、含有炭素量が増すに従って小さくなる。

3)　低合金鋼は、特別な性質を与える目的でC（炭素）以外の合金元素を少量添加した鋼で、添加元素の合計が［　①　］%以下のものである。低合金鋼に分類されるCr（クロム）－［　ハ　］鋼は、優れた高温クリープ特性を示すものがあるが、使用中の焼もどし脆化に注意を要する耐熱鋼である。

4)　黄銅は、Cu（銅）－［　ニ　］系の合金で、実用に供されているものは、［　ニ　］の含有率が約［　②　］%以下のものである。電気および熱の良導体で、加工性に優れていて、耐食性にも優れている特徴がある。ただし、アセチレンと反応するため、アセチレンのガス設備での使用が制限されている。

5)　ステンレス鋼は、約［　③　］%以上のCr（クロム）を含有し、その表面は非常に薄くて安定な［　ホ　］皮膜が形成されて、環境によってはほとんど腐食しない。Fe（鉄）－ Cr（クロム）系ステンレス鋼は、その金属組織の違いからフェライト系ステンレス鋼と［　ヘ　］系ステンレス鋼に分類される。

6)　球状黒鉛鋳鉄は、通常、［　ト　］を微量添加して黒鉛を球状に析出させたもので、焼なましを施すと強度も高く、20%くらいの伸びが得られるものもある。

（選択肢）
Al（アルミニウム）、Au（金）、B（ホウ素）、Co（コバルト）、F（フッ素）、
Li（リチウム）、Mg（マグネシウム）、Mo（モリブデン）、Nb（ニオブ）、
S（硫黄）、Sn（スズ）、Ti（チタン）、V（バナジウム）、W（タングステン）、
Zn（亜鉛）
引張、曲げ、衝撃、還元性、中性、不動態、
オーステナイト、マルテンサイト、パーライト
1、3、5、7、9、11、20、30、40

⑵　Al(アルミニウム)合金に関する各問に答えよ。

1)　Al 合金は、その結晶構造の特性から空気液化分離装置などの極低温機器材料によく用いられるが、結晶構造の名称およびその結晶構造がもつ極低温機器材料としての特性について答えよ。

2)　Al 合金の接合でガスシールドアーク溶接(ティグ溶接およびミグ溶接)を適用する場合、一般に溶接部の保護に使われるガス(シールドガス)の名称(例えば、酸素、窒素など)を答えよ。

3)　Al 合金のティグ溶接では、通常、溶接を阻害する母材表面の強固で高融点の薄い酸化膜をクリーニング作用によって破壊することを目的に交流電源が用いられる。このクリーニング作用とはどのようなものかを答えよ。

4)　Al 合金の溶接部に発生する表面開口欠陥を検出する非破壊検査では、オーステナイト系ステンレス鋼の場合と同じ理由で磁気探傷試験(磁粉探傷試験)が適用できない。その理由を答えよ。

**問４**　十分に細長い真直棒(長さ $L$、断面積 $A$、断面二次モーメント $I$、縦弾性係数 $E$、線膨張係数 $\alpha$)がある。以下の各問について、解答用紙の所定欄に答えよ。

(20 点)

⑴　まず、棒に座屈が生じない状態について考えよ。ただし、変形はフックの法則に従うものとし、応力とひずみはいずれも、引張りのときを正、圧縮のときを負とせよ。

1)　棒が自由に伸縮できる状態で、棒の長さ方向に応力 $\sigma$ が作用したときに棒の長さ方向に生じたひずみ $\varepsilon_0$ を求めよ。

2)　棒が自由に伸縮できる状態で、温度が $\Delta T$ だけ上昇($\Delta T > 0$ とする。)したとする。このときに棒の長さ方向に生じたひずみ $\varepsilon_1$ を求めよ。

3)　棒が両端で拘束されて伸縮できない状態で、温度が $\Delta T$ だけ上昇($\Delta T > 0$ とする。)すると熱応力が生じる。このときは、1) と 2)が同時に起こると考えれば $\varepsilon_0 + \varepsilon_1 = 0$ である。1) と 2) の結果に基づいて、棒の長さ方向に生じる熱応力 $\sigma$ を、記号 $L$、$A$、$I$、$E$、$\alpha$、$\Delta T$ のうち必要なものだけを用いて表せ。

⑵　次に、⑴の 3)で棒に生じた熱応力によって、座屈が生じる状態について考えよ。

座屈応力 $\sigma_k$ は、オイラーの公式により表されるが、両端がともに回転端であると仮定すれば、

$$\sigma_k = -\frac{\pi^2 EI}{L^2 A}$$

となる。この式において、右辺の負号は座屈応力が圧縮応力であることを表している。

⑴で求めた熱応力によって座屈が生じる限界の温度上昇 $\Delta T$ を、記号 $L$、$A$、$I$、$E$、$\alpha$ のうち必要なものだけを用いて表せ。

**問５**　理想気体の状態変化と圧縮仕事に関する次の各問について、解答用紙の所定欄に根拠、計算式を示して答えよ。ただし、モル気体定数 $R$ を 8.31 J/(mol･K)とし、圧力は絶対圧力とする。また、必要であれば下のグラフを使用せよ。

（20 点）

⑴　ある理想気体は、圧力 $p_1 = 0.100\,\mathrm{MPa}$、温度 $T_1 = 300\,\mathrm{K}$ の状態で、質量 $m = 2.00\,\mathrm{kg}$ の体積が $V_1 = 1.35\,\mathrm{m}^3$ である。この気体のモル質量 $M$[kg/mol] を求めよ。

⑵　質量 $m = 2.00\,\mathrm{kg}$ のこの気体を、体積一定で温度を $\Delta T = 300\,\mathrm{K}$ 上昇させるのに必要な熱量が $Q = 237\,\mathrm{kJ}$ であった。この気体の定容比熱容量 $c_V$[ J/(kg･K)] および比熱容量の比 $\gamma$ を求めよ。

⑶　質量 $m = 2.00\,\mathrm{kg}$ のこの気体を、圧力 $p_1 = 0.100\,\mathrm{MPa}$、温度 $T_1 = 300\,\mathrm{K}$ の状態①から可逆断熱圧縮し、圧力 $p_2 = 0.900\,\mathrm{MPa}$ の状態②とした。圧縮後の気体の温度 $T_2$ [K]および圧縮に要した仕事 $W_{12}$[kJ] を求めよ。

⑷　この気体を状態①から毎秒 2.00 kg で吸い込み、2 段圧縮により圧力を 0.900 MPa まで昇圧して吐き出す圧縮機を考える。この圧縮機の 1 段目と 2 段目の間には、中間冷却器がある。1 段圧縮後の圧力を 0.300 MPa、中間冷却器出口温度を 300 K とした場合、中間冷却器での単位時間当たりの除熱量 $\Phi$ [kW]を求めよ。また、圧縮機の理論所要動力 $P_t$ [kW]を工業仕事から求めよ。ただし、各段の圧縮は可逆断熱圧縮とする。

