

平成28年度

熊本大学大学院自然科学研究科（博士前期課程）入学試験問題

## マテリアル工学専攻

## 専 門

試 験 日：平成27年8月20日

### 注 意 事 項

1. 試験開始の合図があるまで、この冊子を開いてはいけません。
2. 試験終了時まで退出できません。途中で気分が悪くなった場合などには、手を挙げて監督者に知らせてください。
3. 試験中にこの問題冊子または解答紙にページの落丁・乱丁及び印刷の不鮮明な箇所があれば、手を挙げて監督者に知らせてください。
4. 全ての解答紙に必ず受験番号を書いてください。
5. 解答紙には科目名と問題番号が記載されています。必ず指定された解答紙の所定の欄に解答を書いてください。指定された解答紙の所定の欄以外に解答を書いた場合、採点されません。
6. この問題冊子の余白等は適宜下書きに使用してもかまいません。
7. 試験終了後、解答紙は持ち帰ってはいけません。
8. 試験終了後、この問題冊子は持ち帰ってください。

( 余 白 )

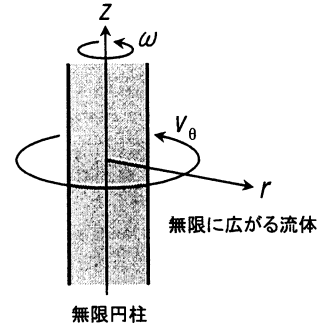
## 数学基礎

- 1 マクローリン展開を用いて，オイラーの公式( $e^{i\theta} = \cos\theta + i \sin\theta$ )を導け。

## 材料化学

2

図に示すように半径  $R$  の無限円柱が、無限に広がる流体中において角速度  $\omega$  で回転している。円柱周りの流体には円柱表面からの粘性せん断力を受けて、周方向 ( $\theta$  方向) の流速  $V_\theta$  が生じている。



ここで、円筒座標における運動の式の  $\theta$  成分を次に示す。

$$\frac{\partial v_\theta}{\partial t} + v_r \frac{\partial v_\theta}{\partial r} + \frac{v_\theta}{r} \frac{\partial v_\theta}{\partial \theta} + \frac{v_r v_\theta}{r} + v_z \frac{\partial v_\theta}{\partial z} = \nu \left\{ \frac{\partial}{\partial r} \left( \frac{1}{r} \frac{\partial (r v_\theta)}{\partial r} \right) + \frac{1}{r^2} \frac{\partial^2 v_\theta}{\partial \theta^2} + \frac{2}{r^2} \frac{\partial v_\theta}{\partial \theta} + \frac{\partial^2 v_\theta}{\partial z^2} \right\} - \frac{1}{\rho r} \frac{\partial P}{\partial \theta} + \frac{F_\theta}{\rho}$$

$r, \theta, z$ : 空間内の位置を示す座標,  $t$ : 時間,  $\nu$ : 流体の動粘性係数,  $\rho$ : 流体の密度

$P$ : 圧力,  $F_\theta$ : 体積力の  $\theta$  成分,  $v_r, v_\theta, v_z$ : 流速の  $r, \theta, z$  成分

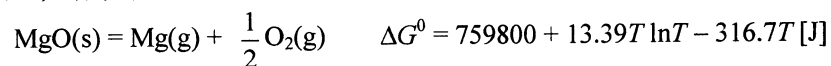
(問 1) 角速度  $\omega$  が一定で流れが定常となっている場合の流速分布 ( $V_\theta$  の  $r$  方向の分布) を求めよ。ただし、流体には体積力は作用しておらず、流速は  $\theta$  成分のみと考えてよい。

(問 2) 回転円柱の角速度を  $\omega$  から  $\omega/2$  に急変させた。その瞬間から新たに定常状態になるまでの流速分布を記述する微分方程式を示し、流速分布がどのように変化するかを模式的に示せ。

## 材料化学

3

(問1) 酸化マグネシウム (MgO) を真空中で加熱することで, MgガスとO<sub>2</sub>ガスに分解したい。1600°Cで分解させる場合に必要真空度(圧力)を計算せよ。圧力の単位はPaを使用し, 有効数字4桁で答えよ。計算に必要な熱力学データは下記の値を用いよ。



ガス定数  $R = 8.314 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$

MgOの活量  $a_{\text{MgO}} = 1$

1 atm = 101325 Pa

(問2) 下記の4つの条件 A, B, C, D において MgO が Mg ガスと O<sub>2</sub> ガスに分解されるかどうかを判断し, 分解される条件を全て記せ。判断に至った理由も記すこと。解答用紙に印刷されたグラフを用いて説明してもよい。

条件 A: 1550°C, 10<sup>-1</sup> Pa

条件 B: 1700°C, 10<sup>-1</sup> Pa

条件 C: 1550°C, 10<sup>-2</sup> Pa

条件 D: 1700°C, 10<sup>-2</sup> Pa

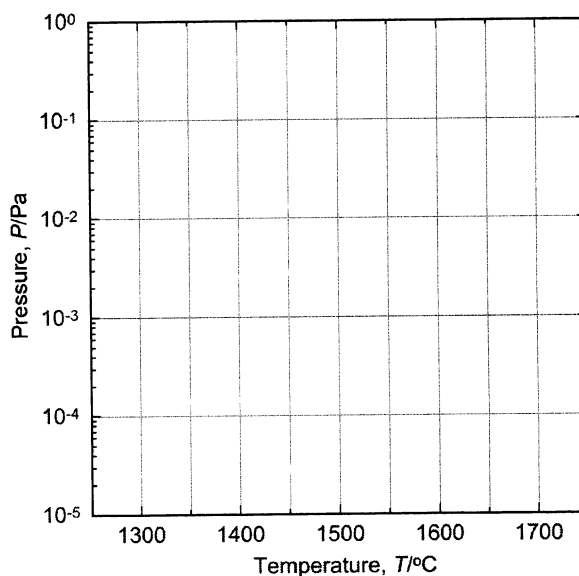


図 MgO の分解温度・分解圧力曲線

## 材料物理学

4 固体の比熱に関する以下の問に答えよ。

- (問1) 古典的な気体分子運動論を用いて、固体の定積モル比熱  $C_{V,\text{mol}}$  を求めよ。なお、ボルツマン定数を  $k_B$ 、アボガドロ定数を  $N_A$ 、ガス定数を  $R$  とする。
- (問2) 室温における銅の定積モル比熱が問1で求めた定積モル比熱とほぼ等しくなることを示せ。ただし、室温での銅の定圧比熱は  $0.385 \text{ J} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$  であり、定積モル比熱と定圧モル比熱  $C_{P,\text{mol}}$  の間に成り立つ以下の関係式から  $C_{V,\text{mol}}$  を求めて、問1の  $C_{V,\text{mol}}$  と比較せよ。

$$C_{P,\text{mol}} - C_{V,\text{mol}} = \alpha^2 V K T$$

ここで、 $\alpha$  は体積膨張係数、 $V$  は 1 mol の体積、 $K$  は体積弾性率、 $T$  は絶対温度であり、銅では室温において  $\alpha = 5.01 \times 10^{-5} \text{ K}^{-1}$ 、 $K = 1.62 \times 10^{11} \text{ N} \cdot \text{m}^{-2}$  である。また、銅の原子量は 63.55 であり、室温での密度は  $8.96 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$  である。 $R = 8.31 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$  とする。

## 材料物理学

5 材料の塑性変形に関する以下の問に答えよ。

(問1) 高さ  $h$ , 幅  $m$ , 厚さ  $L$  の結晶を考える。この結晶内を長さ  $L$  の転位  $n$  本がすべり面上を平均的に距離  $\bar{x}$  だけ動いたとする。この時に生じる巨視的なせん断ひずみ  $\gamma$  は、 $\gamma = \rho b \bar{x}$  で与えられることを示せ。ここで、 $b$  はバーガースベクトルの大きさ、 $\rho$  は転位密度である。

(問2) パイエルス応力は近似的に次式で与えられる。

$$\tau_p = \frac{G}{1-\nu} \exp\left(-\frac{\pi a}{(1-\nu)b}\right)$$

ただし、 $G$  は剛性率、 $\nu$  はポアソン比、 $b$  はバーガースベクトルの大きさ、 $a$  はすべり面の間隔である。どのような物質がパイエルス応力が大きいと考えられるか答えよ。

(問3) 固溶体硬化は、転位と固溶原子との様々な相互作用によって生じる。代表的な3種類の相互作用を列挙し、それらについて簡単に説明せよ。

(問4) 固溶体硬化により材料の強度を高めるためにはどのような添加元素が有効と考えられるか、理由とともに答えよ。

## 工業材料学

6 多結晶セラミックスに関する以下の問に答えよ。

- (問1) 粉末を出発材として多結晶セラミックスが作られるまでの一般的な製造プロセスの流れを示せ。
- (問2) 問1で答えた製造プロセスの中で、微細構造形成において最も重要となる工程を答えよ。
- (問3) 問2で答えた工程中に起こる微細構造の変化の様子を詳しく説明せよ。
- (問4) 微細構造の評価として、かさ密度および見かけ密度の測定が行われる。かさ密度および見かけ密度についてそれぞれ説明せよ。
- (問5) かさ密度、見かけ密度および真密度の値をそれぞれ  $D_1$ 、 $D_2$  および  $D_3$  とした場合、それらの値から全気孔率および見かけ気孔率を求める式をそれぞれ導け。解答欄には導出過程も示せ。