



平成 22 年度 前期試験 試験問題

試験科目： 材料の強さ I

配 当： マテリアル科学コース 3 年
担当教員： 宇都宮 裕

試験時間： 平成 22 年 7 月 28 日 (水)
13 : 00 - 14 : 30

試験室： R1-311

注意事項

- ・ 試験開始の合図があるまで、本紙を開けてはいけません。
- ・ 定規、関数電卓、ポケットコンピュータ、計算尺を使用しても構いません。ただし、試験中の貸し借りはできません。携帯電話は使用できません。
- ・ 教科書、参考書、ノート類を参照してはいけません。持ち込みは禁止です。
- ・ 裏表紙に**公式集**があります。必要があれば、これらの公式を用いてもよい。
- ・ 試験開始後 30 分間および終了直前 10 分間は退出できません。
- ・ 試験中の不正行為は厳重に取り締まり、発見した場合は正規の手続きを行います。
- ・ 本紙（問題）は、持ち帰って構いません。ただし、著作権は出題者が保持します。インターネット上や書籍で公開される場合には、許可をとってください。
- ・ 全員分の解答用紙が回収されたことを確認後、解答例を希望者に配布します。

問1

平面ひずみ状態 $\varepsilon_z = 0$ で塑性変形している金属材料の、応力成分が $\sigma_x = 60, \sigma_y = 180, \tau_{xy} = \tau_{yx} = -80$ であるとき、次の問いに答えよ。

- (1) σ_z を求めよ。
- (2) 不変量 $J_1 = \sigma_x + \sigma_y + \sigma_z$ と静水圧 p を求めよ。
- (3) 3つの主応力を $\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3$ をすべて求めよ。
- (4) 偏差応力成分 $\sigma'_x, \sigma'_y, \sigma'_z$ を求めよ。
- (5) 相当応力 $\bar{\sigma}$ を求めなさい。
- (6) x, y 軸を z 軸のまわり反時計方向に θ 回転させた方向に、新しい座標軸 X, Y をとったところ (z 軸と Z 軸は同じ)。このとき、 σ_X は 80 であった。このとき、 σ_Y, τ_{XY} を求めなさい。

問2

直径 20mm、高さ 10mm の銅合金の円柱がある。この円柱は、単軸降伏応力 Y が 300MPa の Mises の降伏条件にしたがう剛完全塑性体であるとして次の問いに答えよ。

- (1) 平行な 2 枚の滑らかな平板の間で、この円柱を軸方向に（高さの方向に）圧縮したところ、均一に変形し、高さが 4mm となった。このときの軸方向のひずみを、公称ひずみ e_z と真ひずみ ε_z の両方で答えよ。
- (2) このときの相当ひずみを答えよ。
- (3) 体積一定条件から、圧縮後の円柱の直径を求めよ。
- (4) 外周部の側面上の点の半径方向ひずみ ε_r および円周方向ひずみ ε_θ を求めよ。
- (5) 外周部の側面上の点の体積ひずみ ε_v と相当ひずみ $\bar{\varepsilon}$ を求めよ。
- (6) この円柱の密度が 9.00Mg/m^3 、比熱が 600J/KgK 、塑性仕事の熱への変換効率を 100%として、(1)の変形による温度上昇を求めなさい。

問3

直径 d 、高さ h のアルミニウムの円板を二枚の表面が比較的粗い平板工具の間で軸方向（高さ方向）に圧縮する。このとき、円板と平板工具の間の圧力 q の半径方向分布を求めて図示しなさい。また、圧縮荷重 P を求めなさい。ただし、このアルミニウムはせん断降伏応力が k で Tresca の降伏条件にしたがい、円板と平板工具の間の摩擦比(せん断摩擦係数) は m で与えられるとする。

問4

厚さ 2mm、幅 30mm、長さ 200mm の板を直径 100mm の一對のロールの間で圧延する。1 パスの圧延で厚さが 1.2mm に減少するとき（圧下率：40%）、板の幅広がりは無視できるものとして、次の問いに答えよ。

- (1) この圧延の厚さ（圧下）ひずみ、長さ（延伸）ひずみ、幅ひずみを求めよ。
- (2) この圧延の相当ひずみを求めよ。
- (3) この圧延の投影接触長さと噛み込み角 α を求めよ。
- (4) ロールと板材の間の摩擦係数を μ とするとき、この圧延が可能な下限の摩擦係数 μ を求めよ。
- (5) 中立点とは何か説明せよ。
- (6) 摩擦係数 μ が増加すると中立点はどのように移動するか、定性的に説明せよ。

問5

- (1) 降伏現象は鉄鋼材料では顕著に生じるが、銅合金やアルミニウム合金では見られない理由を簡単に述べよ。
- (2) コーヒー缶とコーラの缶の相違を、構造と材料の点から簡単に説明しなさい。
- (3) 単軸引張のくびれ発生条件と加工硬化指数の関係について簡単に説明しなさい。

公 式 集

1. 単位

$$1 \text{ Pa} = 1 \text{ N/m}^2$$

$$1 \text{ kgf} = 9.80665 \text{ N}$$

$$1 \text{ kgf/mm}^2 = 9.80665 \text{ MN/m}^2 = 9.80665 \text{ MPa}$$

$$1 \text{ atm} = 760 \text{ mmHg} = 1013.25 \text{ hPa}$$

2. Hooke の法則

$$\varepsilon_x = \frac{1}{E} \{ \sigma_x - \nu(\sigma_y + \sigma_z) \} \quad , \quad \gamma_{yz} = \frac{1}{G} \tau_{yz}$$

$$\varepsilon_y = \frac{1}{E} \{ \sigma_y - \nu(\sigma_z + \sigma_x) \} \quad , \quad \gamma_{zx} = \frac{1}{G} \tau_{zx}$$

$$\varepsilon_z = \frac{1}{E} \{ \sigma_z - \nu(\sigma_x + \sigma_y) \} \quad , \quad \gamma_{xz} = \frac{1}{G} \tau_{xy}$$

$$\text{または、} (\varepsilon_{ij}^e)' = \frac{1}{2G} \sigma'_{ij} \quad , \quad \varepsilon_v = \frac{\sigma_{ii}}{3K}$$

$$\text{ここで、} G = \frac{E}{2(1+\nu)} \quad , \quad K = \frac{E}{3(1-2\nu)}$$

3. Mises の降伏条件

$$Y = \bar{\sigma} = \sqrt{\frac{3}{2} \sigma'_{ij} \sigma'_{ij}}$$

$$= \sqrt{\frac{1}{2} \{ (\sigma_x - \sigma_y)^2 + (\sigma_y - \sigma_z)^2 + (\sigma_z - \sigma_x)^2 + 6(\tau_{xy}^2 + \tau_{yz}^2 + \tau_{zx}^2) \}}$$

4. Tresca の降伏条件

$$\tau_{\max} = \frac{1}{2} (\sigma_1 - \sigma_3) = k$$

5. Levy-Mises の式

$$d\varepsilon_{ij}^p = \frac{3d\bar{\varepsilon}}{2\bar{\sigma}} \sigma'_{ij}$$

$$\text{ここで、} \bar{d\varepsilon} = \sqrt{\frac{2}{3} d\varepsilon_{ij}^p d\varepsilon_{ij}^p}$$

$$= \frac{\sqrt{2}}{3} \sqrt{\{ (d\varepsilon_x^p - d\varepsilon_y^p)^2 + (d\varepsilon_y^p - d\varepsilon_z^p)^2 + (d\varepsilon_z^p - d\varepsilon_x^p)^2 + \frac{3}{2} \{ (d\gamma_{xy}^p)^2 + (d\gamma_{yz}^p)^2 + (d\gamma_{zx}^p)^2 \} \}}$$

6. 単軸引張のくびれ発生条件

$$\frac{d\sigma}{d\varepsilon} = \sigma$$