



平成 26 年度 前期期末試験 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 26 年 7 月 23 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。PHS、携帯電話、スマートフォン、
タブレット PC などは使用できません。
- ・ 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構いません。
- ・ 試験開始後 30 分間および終了直前 5 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。

問 1

厚さが 2mm で、長さ と 幅 が ともに 100 mm の正形状の銅合金板がある。この板は、降伏応力 Y (MPa) が、相当ひずみ $\bar{\epsilon}$ の関数として以下のように表される剛塑性体であるとして以下の問いに答えよ。ただし、荷重と寸法は小数点以下 1 桁まで答えること。

$$Y = 100 (1 + \bar{\epsilon})^{1.20}$$

- (1) この板を長さ方向に引っ張るとき、降伏する瞬間の荷重はいくらと予測されるか。
- (2) この板の 0.2% 耐力はいくらか。
- (3) この板を圧延したところ、板幅は 100mm のままで変化がなく、板厚が 1.90 mm に減少した。このときの (a) 圧下量と、(b) 圧下率を答えなさい。
- (4) (3) の変形は、せん断ひずみを生じない均一な平面ひずみ圧縮変形と仮定して、(c) 板の長さ と、(d) 長さ方向の真ひずみ (延伸ひずみ) を答えなさい。
- (5) このときの、(e) 板厚方向の真ひずみと、(f) 相当塑性ひずみ、を答えなさい。
- (6) この圧延板を長さ方向に引っ張るとき、荷重がいくらになったときに降伏するか。
- (7) さらに引っ張りを続けると、くびれが発生する。そのときの長さはいくらか。

問 2

以下の小問にそれぞれ答えなさい。

- (1) 弾性体において、偏差応力と偏差ひずみを用いると、Hooke の法則は、

$$\sigma'_{ij} = 2G\epsilon'_{ij}$$

と表される。このことから、次式を導出せよ。

$$\epsilon_y = \frac{1}{E} \{ \sigma_y - \nu(\sigma_z + \sigma_x) \}$$

- (2) 深絞り加工は、どのような加工で、どのような製品の成形に利用されているか。
- (3) 「引き抜き」と「引抜き」の違いを説明しなさい。

問 3

両端が閉じた薄肉円管（内径 $2a$, 肉厚 t , $a/t > 100$ ）は、内圧 p が負荷されて弾性状態にある。管材は Mises の降伏条件に従い、その単軸降伏応力は Y として、以下の問いに答えよ。

- (1) 管壁に生じる $\sigma_r, \sigma_\theta, \sigma_z$ を、 p, a, t を用いて表しなさい。
- (2) 管を塑性変形させないためには、内圧 p はいくら以下に維持する必要があるか。
- (3) 次に内圧 p が作用した状態で、さらにねじりモーメント（トルク） T を負荷する。塑性変形を開始するときのねじりモーメント T はいくらか。

問 4

直径 $2r$, 高さ h のアルミニウムの円板を表面が粗い 2 枚の平板工具で挟んで軸方向（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 Mises の降伏条件に従い、円板と平板工具の間は固着摩擦(せん断摩擦応力: $\tau=k$)が仮定できるものとする。

問 5

厚さ 2.00 mm, 幅 30 mm, 長さ 200 mm の板を、直径 100mm で 2.00 rpm で回転する一対のロールの間で圧延する。1 パスの圧延で厚さが 1.4mm に減少するとき（圧下率：30%）、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) このロールの周速(接線速度)を、m/s の単位で答えなさい。
- (2) この圧延の投影接触長さと噛み込み角 α を求めよ。
- (3) ロールと板材の間の摩擦係数を μ とするとき、この圧延が可能な摩擦係数 μ の下限値を求めよ。
- (4) 中立点とは何か説明せよ。
- (5) 圧延中に後方張力を作用させると中立点の位置はどのように変化するか、定性的に説明せよ。

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

$$\begin{aligned} Y = \bar{\sigma} &= \sqrt{\frac{3}{2} \sigma'_{ij} \sigma'_{ij}} \\ &= \sqrt{\frac{1}{2} \{ (\sigma_x - \sigma_y)^2 + (\sigma_y - \sigma_z)^2 + (\sigma_z - \sigma_x)^2 + 6(\tau_{xy}^2 + \tau_{yz}^2 + \tau_{zx}^2) \}} \end{aligned}$$

4. Tresca の降伏条件

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

5. Levy-Mises の式

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

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

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