



平成 20 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, 左海 哲夫

試験時間： 平成 20 年 7 月 30 日
13 : 00-14 : 30

試験室： U2-312

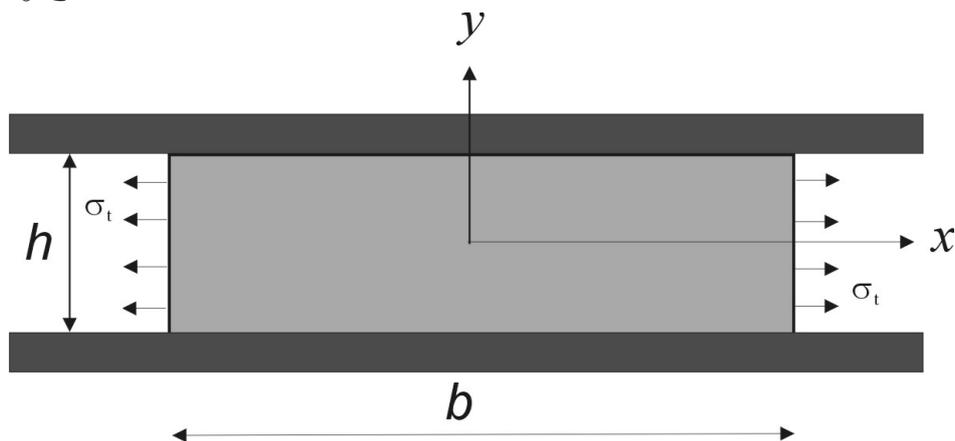
注意事項

- ・ 試験開始の合図があるまで、本紙を開けてはいけません。
- ・ 電卓、関数電卓、ポケットコンピュータ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。
- ・ 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

厚さ h 、幅 b の金属板を平行な工具間で平面ひずみ圧縮する。ただし、板の両側面には、張力 σ_t が作用する。このとき、板は Tresca の降伏条件 に従い、その単軸降伏応力は Y とする。また、下工具表面は滑らかで薄板の間に摩擦を生じないのに対し、上工具表面は粗く、薄板との間の摩擦は、摩擦係数 μ のクーロン摩擦に従うとする。

- (1) 金属板中に、幅 dx 、高さ h の微小要素をとり、工具面圧を q として、水平方向 (x 方向) の釣合い式を示しなさい。
- (2) (1)の微小要素が満足すべき降伏条件を q を用いて示しなさい。
- (3) 板端の境界条件を示しなさい。
- (4) (1)~(3)より工具面圧分布を求め、図示しなさい。
- (5) (1)で高さ dy の微小要素ではなく、幅 dx の微小要素を考えた理由を簡単に述べなさい。



問2

内径 10mm、外径 20mm、厚さ 5mm のアルミニウムのリングがある。このリングを軸方向 (z 方向) に 0.1mm/s の速度で、厚さ 4.5mm まで圧縮したところ、リングは一樣に変形し、内径が 10.5mm となった。このとき、次の問いに答えなさい。

- (1) 圧縮開始時の軸方向 (z 方向) のひずみ速度を求めなさい。
- (2) 軸方向 (z 方向) の公称ひずみ、真ひずみを求めなさい。
- (3) 内側の側面上での円周方向ひずみと半径方向ひずみを真ひずみで答えなさい。
- (4) 変形後の外径と、外側の側面上での円周方向ひずみを求めなさい。

問3

材料の板厚を変化させずに、せん断ひずみのみを導入する方法として、図に示す側方押し法がある。材料が「く」の字型に屈曲したダイスを通る際に、行路差からせん断変形が生じる。

いま、板材を図のように 60° に屈曲したダイスに通す。ここで、変形は紙面の垂直方向には一様、すなわち平面ひずみ変形で、材料とダイスの間の摩擦は無視できると仮定する。

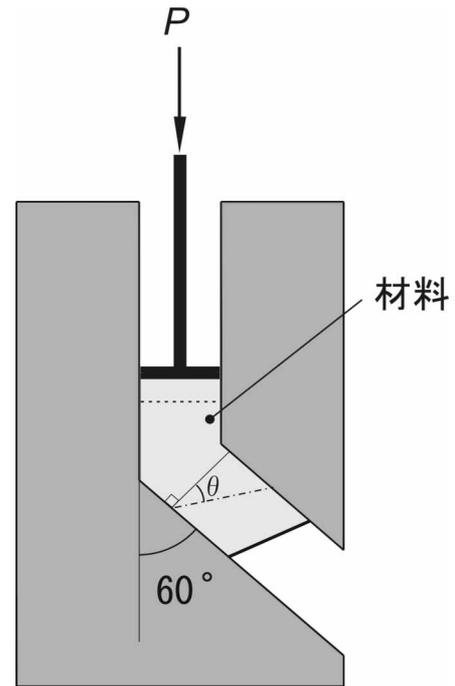


図 板材の側方押し加工

- (1) この様な加工法の一般的な名称を答えなさい (略称でもよい)。
- (2) 材料中の加工前に板面に垂直な線素(図中の点線)は、ダイスを通ることで、傾斜した線素になる。このときその板面法線に対する傾斜角 θ はいくらか。
- (3) 導入されるせん断ひずみ γ と相当塑性ひずみ $\bar{\epsilon}$ はそれぞれいくらか。
- (4) 材料の寸法は厚さ 10mm、幅(奥行き)100mm で、降伏応力 $Y=100\text{MPa}$ の Mises の降伏条件に従う剛塑性体と近似できるアルミニウム合金であるとき、押し力 P はいくらか。

問4

- (1) Tresca の降伏条件の物理的な意味は、最大せん断応力が限界値に達すると、弾塑性遷移、すなわち降伏が起こるというものである。一方、Mises の降伏条件にはどのような物理的な意味があるか、簡単に説明しなさい。
- (2) 鋼線(針金)を室温で引っ張ると、ひずみの増加(伸び)にともなって変形抵抗(流動応力)は増加する。これは加工硬化あるいはひずみ硬化と呼ばれる現象である。はんだ(Sn-Pb)線を室温で引っ張ると、変形抵抗(流動応力)は、ひずみの増加とともにどのように変化するか、簡単な理由とともに定性的に説明しなさい。
- (3) ビールなどの飲料缶の胴部は、金属の薄板からどのようなプロセスで製造されているか、説明しなさい。またどのような材料が適するか、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

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

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

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

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

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

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

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

5. Levy-Mises の式

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

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

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

6. 単軸引張のくびれ発生条件

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