



平成 30 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 30 年 7 月 25 日 (水)
13 : 00 - 14 : 30

試験室： U2-311

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

直径 8mm, 長さ 100mm のアルミニウム合金の丸棒がある. この丸棒は, 流動応力が相当ひずみ $\bar{\varepsilon}$ 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, 応力は MPa, 荷重は kN の単位で小数点以下 1 桁まで, ひずみは小数点以下 3 桁まで答えること.

$$Y = 50 (1 + \bar{\varepsilon})^{1.14}$$

- (1) この丸棒を軸方向に圧縮荷重を作用させてゆっくりと圧縮する. 最初に降伏するときの圧縮荷重はいくらか.
- (2) さらに圧縮を続けると, 長さが 98mm となった. このときの長さひずみを, (a) 真ひずみと (b) 公称ひずみで答えなさい.
- (3) (2)の状態, すなわち長さが 98mm の状態になったときの圧縮荷重はいくらか.
- (4) この状態 (長さが 98mm の状態) から負荷方向を反転し, すなわち引張荷重を作用させて, 棒を軸方向に引っ張った. 長さが初期の長さと同じ 100mm にもどったときの, (a) 相当ひずみと, (b) 引張荷重を答えよ.
- (5) (4)の状態からさらに引張荷重を作用させて, 棒を引っ張った. 棒にくびれが生じる瞬間における (a) 棒の相当ひずみと (b) 引張荷重を答えよ.

問 2

直径 100 mm の上下一対のロールが周速 1.00m/s で回転する圧延機で, 厚さ $h_0=2.00$ mm, 幅 $b_0=50.0$ mm, 長さ $l_0=300$ mm のアルミニウム板を冷間圧延する. このとき, 以下の問いに答えよ.

- (1) このロールの回転数 n を, rpm の単位で答えよ.

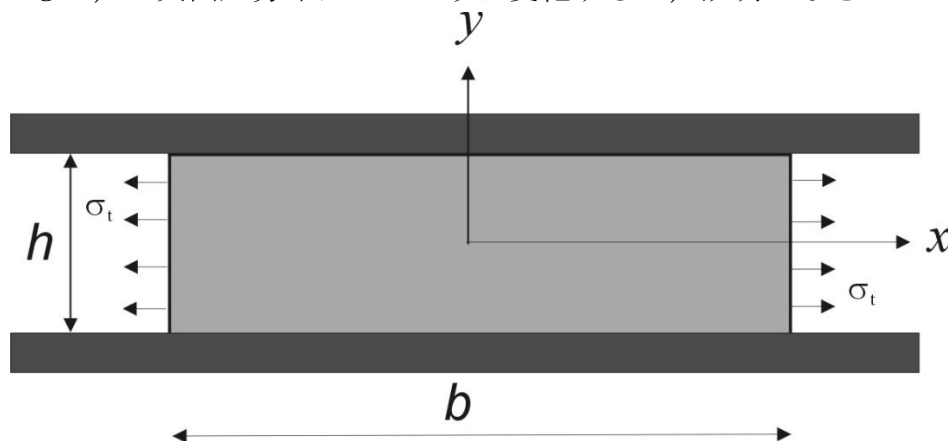
圧延を行ったところ, アルミニウム板は圧延機から 1.02m/s の速さで排出され, 寸法が厚さ $h_1=1.70$ mm, 幅 $w_1=50.0$ mm, 長さ $l_1=352.9$ mm の板となった.

- (2) この圧延の圧下率 r [%] と, 相当塑性ひずみ $\bar{\varepsilon}$ を求めよ.
- (3) この圧延の, 先進率はいくらか.
- (4) 板とロールの投影接触長さ L [mm] を求めよ.
- (5) この圧延の相当ひずみ速度 [s^{-1}] を概算せよ.
- (6) 板に後方圧縮力を作用させると, 中立点は上流/下流のどちらに移動するか.

問 3

厚さ h 、幅 b の金属薄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。板は Mises の降伏条件 に従う材料で、その単軸降伏応力は Y とする。また、上工具は表面が粗く、上工具と板との間の摩擦は せん断摩擦則 (摩擦せん断応力 $\tau = Y/\sqrt{3}$) に従うが、下工具の表面は滑らかで、下工具と板との間に摩擦は作用しないものとする。

- (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 および Y 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 q の x 方向分布を求め、図示しなさい。そして張力 σ_t の増加とともに、工具面圧分布はどのように変化するか、説明しなさい。



問 4

- (1) 密度 7.87 Mg/m^3 、比熱 462 J/kgK の鉄鋼の棒を室温 25°C で、50%の高さまで断熱的に単軸圧縮するとき、圧縮後の棒の温度は何 $^\circ\text{C}$ になると予想されるか答えなさい。ただし、この棒は、単軸引張降伏応力が 400MPa 剛完全塑性体で、塑性仕事の熱への変換効率 β は 1 と仮定できるものとする。
- (2) ボルトなどの製造では製品の表面に圧縮残留応力が付与されることがある。圧縮残留応力を付与する目的と方法を簡単に述べなさい。
- (3) 工業的な金属材料の流動応力について、ひずみ依存性と、ひずみ速度依存性が、冷間の場合と熱間の場合でどのように異なるか説明しなさい。
- (4) クーロンの摩擦則は、面圧が過大な場合は成立しないことが知られている。その理由を簡単に説明せよ。
- (5) 限界絞り比 (LDR) と r 値 (ランクフォード値) の違いを簡単に説明せよ。

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

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

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

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