平成 24 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 24 年 8 月 1 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 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。
- 解答例は後日 HP に掲載します。

問１

三次元デカルト座標系で応力は、以下の成分で表される。以下の問いに答えなさい。

$$\{\sigma_{ij}\} = \begin{pmatrix} \sigma_x & \tau_{xy} & \tau_{xz} \\ \tau_{yx} & \sigma_y & \tau_{yz} \\ \tau_{zx} & \tau_{zy} & \sigma_z \end{pmatrix}$$

(1) 応力成分σ_{ij}において添え字 i, j の持つ意味をそれぞれ簡単に答えなさい。

(2) 平衡状態にあるとき、$\tau_{xy} = \tau_{yx}$, $\tau_{yz} = \tau_{zy}$, $\tau_{zx} = \tau_{xz}$となる理由を簡単に述べよ。

(3) 平均応力を上記の応力成分を用いて表しなさい。

(4) $\sigma'_{ii} = 0$ となることを証明しなさい。ただし、総和規約が適用されるものとする。

(5) 偏差応力テンソルの第２不変量J_2'を求めなさい.

問２

直径 10mm、長さ 100mm のアルミニウム合金の丸棒がある。この丸棒は、降伏応力 Y (MPa)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、応力値は小数点以下１桁まで答えること。

$$Y = 50\ (1+\bar{\varepsilon})^{1.2}$$

(1) この丸棒を軸方向にゆっくりと引っ張る。引張荷重がいくらになったときに降伏するか。

(2) さらに引っ張りを続けると、長さが 110mm となった。このときの長さひずみ、すなわち軸方向ひずみを、(a)真ひずみと(b)公称ひずみで答えなさい。

(3) (2)の状態での丸棒の直径と、(a)半径方向ひずみ、(b)円周方向ひずみを、それぞれ真ひずみで答えなさい。

(4) (2)の状態、すなわち長さが 110mm の状態になったときの引張荷重はいくらか。

(5) さらに、荷重を増加させて、引っ張りをつづけると、丸棒にくびれが発生した。このときのこの丸棒の長さはいくらか。

問３

平面ひずみ状態での前方張力がない圧延加工をスラブ法で解析する。図１(a)は厚さh_0の板を半径rのロールで圧延し、厚さをh_1にするプロセスを模式的に表したものである。ここで、この板は、Mises の降伏条件に従い、そのせん断降伏応力をkとする。またロールと板の界面はクーロン摩擦に従い、その摩擦係数をμとする。

(1) この圧延における投影接触弧長を答えよ。

(2) 紙面に垂直な方向の応力成分σ_zは、平均応力と等しいことを証明しなさい。

(3) 圧延における「中立点」とは何か。簡単に説明しなさい。

(4) ロールバイト出口から入口に向かう距離をxとし、xの位置での板厚をhとする。幾何学的な関係からxおよびhを、rとθの関数として表しなさい。

(5) 図(b)に示すようにxの位置で幅dxの微小要素を考える。ただし、この微小要素は中立点より上流に位置し、作用するロール面圧をpとする。また、微小要素の入側の高さは$h+dh$、出側の高さはhとする。x方向の釣り合い式（Karman の式）をx，dx，h，pおよびσ_xを用いて表せ。

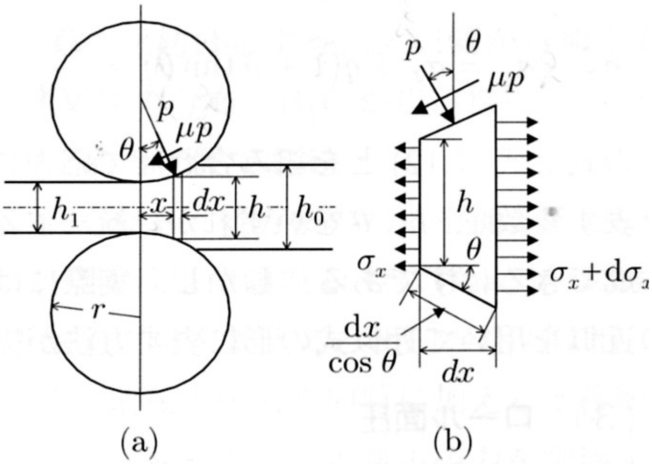

図１　圧延の模式図

(6) y方向の釣り合い式をpおよびσ_yを用いて書きなさい。

(7) 微小要素が中立点より下流にあるとき、(5)および(6)の釣り合い式は、それぞれどのように表されるか。

(8) 微小要素が中立点より上流にある場合について、Mises の降伏条件をp，kおよびσ_xを用いて表せ。

(9) 境界条件として、ロールバイト入口（噛み込み点）におけるpおよびσ_xを求めなさい。

(10) 上記の連立解として得られるpの分布を模式的に描きなさい。また、後方張力が増加すると、pの分布はどのように変化するか定性的に簡単に説明しなさい。

問４

(1) 「真ひずみ」の利点（公称ひずみに対して）を簡単に説明しなさい。

(2) 弾性変形と塑性変形の構成式の定式の違いを説明しなさい。

(3) 「クーロン則」と「せん断摩擦則」の違いを説明しなさい。

(4) 「熱間加工」と「冷間加工」の違いを説明しなさい。

(5) 「変形抵抗」とは何か簡単に説明しなさい。

以上

公　式　集

1. 単位

1 Pa=1 N/m²　　　1 kgf = 9.80665 N

1 kgf/mm² = 9.80665 MN/m²=9.80665 MPa　　　1 atm=760mmHg=1013.25 hPa

2. Hooke の法則

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

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

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

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

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

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

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

ここで、$\overline{d\varepsilon} = \sqrt{\dfrac{2}{3}d{\varepsilon_{ij}}^p d{\varepsilon_{ij}}^p}$

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

6. 単軸引張のくびれ発生条件

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