

解答例

問1

$$(1) \text{圧縮荷重 } P = \text{降伏応力 } Y \times \text{断面積 } A$$

$$= 50 \times 10^6 \text{ (N/m}^2\text{)} \times \pi (4)^2 \times 10^{-6} \text{ (m}^2\text{)}$$

$$= 2512 \text{ N} \approx 2.5 \text{ kN}$$

$$(2) (a) \text{真ひずみ } \varepsilon = \ln\left(\frac{l}{l_0}\right) = \ln\left(\frac{98}{100}\right) = -0.0202$$

$$(b) \text{公称ひずみ } e = \frac{l - l_0}{l_0} = \frac{98 - 100}{100} = -0.02$$

* 変形量が小さいので、公称ひずみ $\approx$ 真ひずみ

$$(3) \text{このときの相当ひずみ } \bar{\varepsilon} = |\varepsilon| = -\varepsilon = 0.020$$

* 相当ひずみは、負の値となることはない。定義から

$$\text{このときの流動応力 } Y' = 50(1 + 0.020)^{1.14} = 51.14 \text{ MPa}$$

このときの断面積を A' とすると、体積一定条件より

$$\pi \cdot 4^2 \times 100 = A' \times 98 \quad \therefore A' = 51.29 \text{ mm}^2$$

$$\text{圧縮荷重 } P = Y' A' = 51.14 \times 10^6 \times 51.29 \times 10^{-6} = 2622 \text{ N} \approx 2.6 \text{ kN}$$

$$(4) (a) \bar{\varepsilon}'' = \left| \ln\left(\frac{98}{100}\right) \right| + \left| \ln\left(\frac{100}{98}\right) \right| = 2 \times 0.0202 = 0.040$$

$$(b) \text{このときの流動応力 } Y'' = 50(1 + 0.040)^{1.14} = 52.28 \text{ MPa}$$

$$\text{圧縮荷重 } P = Y'' A = 52.28 \times \pi 4^2 = 2626 \text{ N} \approx 2.6 \text{ kN}$$

$$(5) <\text{ひびき発生条件 } Y = dY/d\varepsilon \text{ より } <\text{ひびき発生時の相当ひずみ } \bar{\varepsilon}_N \text{ は、}$$

$$50(1 + \bar{\varepsilon}_N)^{1.14} = 50 \times 1.14 (1 + \bar{\varepsilon}_N)^{0.14}$$

$$\therefore \bar{\varepsilon}_N = 0.14 \quad (a)$$

<ひびき発生時の長さ l_N は

$$\varepsilon = \ln\left(\frac{l_N}{l_0}\right) = 0.14 - 0.040 \quad \therefore l_N = 110.5 \text{ mm}$$

$$\text{このときの断面積 } A_N \text{ は } \pi \times 4^2 \times 100 = A_N \times 110.5$$

$$\therefore A_N = 45.47 \text{ mm}^2$$

$$\text{引張荷重 } P = Y_N \cdot A_N = 50(1 + 0.14)^{1.14} \times 45.47 = 2640 \text{ N}$$

$$\approx 2.6 \text{ kN}$$

問2 (1) $100\pi \times \frac{n}{60} = 1 \times 10^3 \text{ (mm/s)} \quad \therefore n = 191 \text{ rpm}$

(2) $r = \frac{h_0 - h_1}{h_0} = \frac{2.00 - 1.70}{2.00} = 0.15 \quad \therefore r = 15\%$

$\bar{\epsilon} = -\frac{2}{\sqrt{3}} \ln\left(\frac{h_1}{h_0}\right) = -\frac{2}{\sqrt{3}} \ln(1 - 0.15) = 0.188$

(3) 先進率 $f = \frac{1.02 - 1.00}{1.00} = 0.02 \quad \therefore f = 2\%$

(4) $L = \sqrt{R\delta h} = \sqrt{50(2.00 - 1.70)} = 3.87 \text{ mm}$

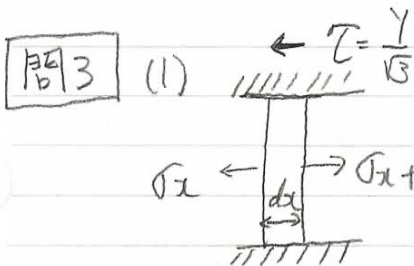
* 直径と半径に注意すること。

(5) 板材中a点に注目すると、圧延機の通過時間 t [s] は

$t = L/v_R = 3.87 / (1.00 \times 10^3) = 3.87 \times 10^{-3} \text{ s} = 3.87 \text{ ms}$

$\dot{\epsilon} = \bar{\epsilon}/t = 0.188 / (3.87 \times 10^{-3}) = 48.6 \text{ s}^{-1}$

(6) 板に後方から圧縮力を作用させると、板は速く進行することになり、よりと流で中立点をむかえることになる。



(1) $(\sigma_x + d\sigma_x)h - \sigma_x h - \frac{Y}{\sqrt{3}} dx = 0$

$\therefore \frac{d\sigma_x}{dh} = \frac{Y}{\sqrt{3}h}$

(2) 平面応ひ条件から $\sigma_x - \sigma_y = 2k \quad \therefore \sigma_x + q = \frac{2}{\sqrt{3}} Y$

* $\bar{\sigma} = Y = \frac{\sqrt{3}}{2} (\sigma_x - \sigma_y)$, k はせん断降伏応力 $= Y/\sqrt{3}$

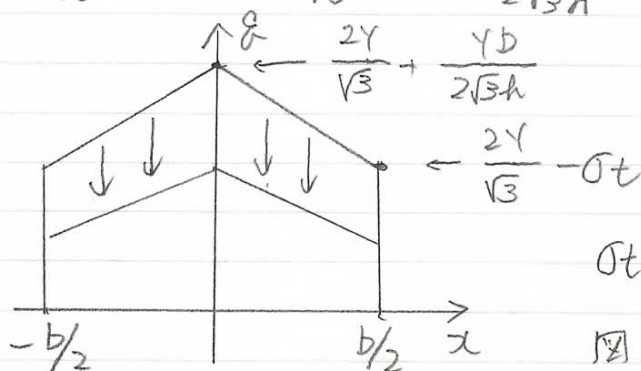
(3) 右端 ($x = \frac{b}{2}$) において $\sigma_x = \sigma_t$, $q = \frac{2}{\sqrt{3}} Y - \sigma_t$

(4) (1)より $\sigma_x = \frac{Y}{\sqrt{3}h} x + C$

(3)を考慮すると $C = \sigma_t - \frac{Yb}{2\sqrt{3}h}$

$$\therefore \sigma_x = \frac{Yx}{\sqrt{3}h} - \frac{Yb}{2\sqrt{3}h} + \sigma_t$$

$$g = \frac{2}{\sqrt{3}}Y - \sigma_x = \frac{2}{\sqrt{3}}Y + \frac{Yb}{2\sqrt{3}h} - \sigma_t - \frac{Yx}{\sqrt{3}h}$$



σ_t を増加させると頂上 g は図のように減少し、荷重も低下する。

問4 (1) 塑性仕事 $W^P = \int \bar{\sigma} d\bar{\epsilon} = Y \cdot \bar{\epsilon} = 400 \times 10^6 \times \left| \ln \left(\frac{50}{100} \right) \right|$
 $= 277.3 \times 10^6 \text{ [Pa]}$

温度上昇による仕事 $W^H = C_p \times \rho \times \Delta T$
 $= 462 \times 7.87 \times 10^3 \times \Delta T$
 $= 3636 \times 10^3 \Delta T \text{ [J/m}^3\text{]}$

$W^H = \beta \times W^P$ より

$$\Delta T = \frac{277.3 \times 10^6}{3636 \times 10^3} = 76.27 \text{ K}$$

$$T = 25^\circ\text{C} + \Delta T = 101.3^\circ\text{C}$$

* 単位の確認 $\left[\frac{\text{J}}{\text{m}^3} \right] = \left[\frac{\text{N} \cdot \text{m}}{\text{m}^3} \right] = \left[\frac{\text{N}}{\text{m}^2} \right] = [\text{Pa}]$

この問題では比熱が $[\text{J/kg} \cdot \text{K}]$ で与えられているので、熱の仕事当量の換算は不要。 $[\text{cal/kg} \cdot \text{K}]$ のときは必要。

- (2) 疲労強度を向上する目的で行われる。表面に圧縮残留応力が存在していれば、クラックの発生や伝播が抑制される。表面に圧縮残留応力を発生させるためには、表面のみに塑性変形を生じさせて表面部の面積を大きくする必要がある（実際には弾性変形で緩和されるので面積は同じであるが）。一般的な方法としては小さい鋼球を衝突させる「ショットピーニング」が行われる。
＜1回し

* 板材ではスキマス圧延（圧延の小さい圧延）も行われる。

- (3) 冷間ではひずみの増加とともに転位密度が増加し、加工硬化を生じるのでひずみ依存性が大きい。熱間では回復や再結晶が動的に生じるので、ひずみ依存性は小さく、ひずみ速度依存性が大きい。これは、回復や再結晶が原子の拡散を伴うためである。

- (4) 面圧が増加すると、摩擦せん断応力が増加する。摩擦せん断応力がせん断降伏応力に達すると、表面はすべり摩擦から固着摩擦に移行し、摩擦せん断応力は、せん断降伏応力と一致する。

* ワロニ則の場合も、塑性変形は生じていることに注意すること

- (5) LDRとr値の定義は省略。（トト、参考書参照のこと）r値が増加するほど、LDRも増加し、深絞り性は良好となる。