سلم تصحيح مقرر نظرية تشكيل المعادن /1/ سنة ثالثة معادن الفصل الثاني 2024/2023
(العلامة الكاملة 80 درجة)

جواب السؤال الأول:(15 درجة) (3 علامات لكل بند) (تعطى العلامة لكل بند في حال كانت الإجابة كاملة)

1-صحيح: لأن نظرية الانزلاق التقليدي تنص على أن المستوي الذري ينزلق ككل على مستوي آخر قريب وهذا ما يفسر الفرق بعد قيم المقادير النظرية للقوى المماسية الحرجة المحسوبة وفق هذه النظرية عن القيم التجريبية.

2- صحيح: لأن النسق البلوري السداسي المزدحم له ثلاثة مستويات انزلاق وفي كل مستوي يوجد ثلاث اتجاهات انزلاق.

3-خطأ: تتم عمليات التشكيل في المعادن تحت تأثير القوى والحرارة التي دون الإخلال بتماسك ذراتها.

4-صحيح: لأن هذا المعيار يعطي للإجهادات الهيدروستاتيكية دورا كبيراً في حصول الخضوع وهذا لا يتفق مع الملاحظات التجريبية.

5-صحيح: بسبب تباين الخواص الميكانيكية للصفيحة ANISOTROPY ضمن مستويها وفقا للاتجاهات.

جواب السؤال الثاني: (22 درجة)

1)

$$I_1 = \sigma_x + \sigma_y + \sigma_z = 50 - 23 + 45 = 72$$

$$I_2 = \sigma_y\sigma_x + \sigma_y\sigma_z + \sigma_x\sigma_z - {\tau_{xy}}^2 - {\tau_{yz}}^2 - {\tau_{xz}}^2$$

$$I_2 = -1150 - 1035 + 2250 - 144 - 225 - 400 = -704$$

$$I_3 = |\tau_{ij}| = 50(-1035 - 225) + 12(-540 + 300) - 20(-180 - 460)$$

$$I_3 = (-63 - 2.88 + 12.8) \times 10^3 = -53080$$

$$\sigma^3 - I_1\sigma^2 + I_2\sigma - I_3 = 0$$

$$\sigma^3 - 72\sigma^2 - 704\sigma + 53080 = 0$$

$$\Longrightarrow \sigma_1 = 71.45\ Mpa\ ,\ \sigma_2 = 27.52\ Mpa,\ \sigma_3 = -26.98\ Mpa$$

6

$$\begin{bmatrix} -21.45 & -12 & -20 \\ -12 & -94.45 & 15 \\ -20 & 15 & -26.45 \end{bmatrix}$$

$$A_1 = 2498.2 - 225 = 2273.2\ ,\ B_1 = -(317.4 + 300) = -617.4$$

$$C_1 = -180 - 1889 = -2069\ ,\ K_1 = \sqrt{2273.2^{\,2} + 617.4^2 + 2069^2} = 3135.18$$

$$a_{nx1} = \frac{2273.2}{3135.18} = 0.725\ , a_{ny1} = \frac{-617.4}{3135.18} = -0.1969\ , a_{nz1} = \frac{-2069}{3135.18} = -0.6599$$

$$\begin{bmatrix} 22.48 & -12 & -20 \\ -12 & -50.52 & 15 \\ -20 & 15 & 17.48 \end{bmatrix}$$

4

$$A_2 = -883.09 - 225 = -1108.09\ ,\ B_2 = -(-209.76 + 300) = -90.24$$

$$C_2 = -180 - 1010.4 = -1190.4\ ,\ K_2 = \sqrt{1108.1^{\,2} + 90.2^2 + 1190.4^2} = 1628.82$$

د.م عمار العيد

سلم تصحيح مقرر نظرية تشكيل المعادن /1/ سنة ثالثة معادن الفصل الثاني 2024/2023
(العلامة الكاملة 80 درجة)

$$a_{nx2}=\frac{-1108.09}{1628.82}=-0.6803\,,a_{ny2}=\frac{-90.24}{1628.82}=-0.0554\,,a_{nz2}=\frac{-1190.4}{1628.82}=-0.7308$$

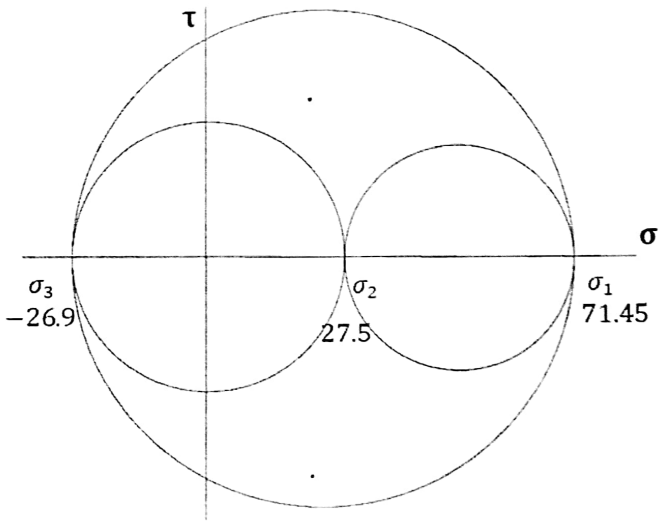
$$\begin{bmatrix}76.98 & -12 & -20\\ -12 & 3.98 & 15\\ -20 & 15 & 71.98\end{bmatrix}$$

$A_3=286.48-225=61.48\,,\ B_3=-(-863.76+300)=563.76$

$C_3=-180+79.6=-100.4\,,\ K_3=\sqrt{61.48^{\,2}+563.76^2+100.4^2}=575.92$

$a_{nx3}=\frac{61.48}{575.92}=0.1067, a_{ny3}=\frac{563.76}{575.92}=0.9788\,, a_{nz3}=\frac{-100.4}{575.92}=-0.1743$

2)



4

3)

$\bar{\sigma}=\frac{1}{\sqrt{2}}\sqrt{(\sigma_1-\sigma_2)^2+(\sigma_2-\sigma_3)^2+(\sigma_3-\sigma_1)^2}$

$=\frac{1}{\sqrt{2}}\sqrt{(43.93)^2+(54.5)^2+(-98.43)^2}=85.4\ Mpa$

4

4)

$\sigma_h=\frac{\sigma_x+\sigma_y+\sigma_z}{3}=24\ Mpa$

$\acute{\sigma}_1=\sigma_1-\sigma_h=47.45\ Mpa\,,\ \acute{\sigma}_2=\sigma_2-\sigma_h=3.52\ Mpa,\ \acute{\sigma}_3=\sigma_3-\sigma_h=-50.98\ Mpa$

4

جواب السؤال الثالث: (18 درجة) **(6 درجات لكل طلب)**

1)

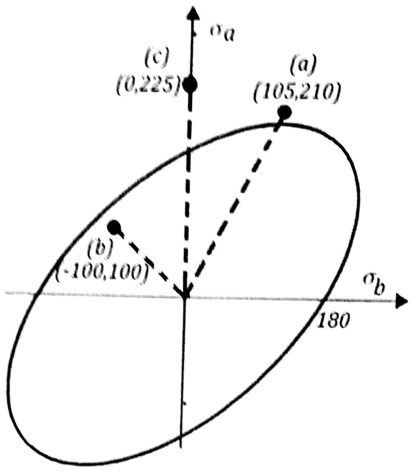
a): $\sigma_b=\frac{21\times10^3}{200}=105\ Mpa\,,\ \sigma_a=\frac{42\times10^3}{200}=210\ Mpa$

b): $\sigma_b=-100\ Mpa\,,\ \sigma_a=100\ Mpa$

c): $\sigma_b=0\ Mpa\,,\ \sigma_a=225\ Mpa$

د.م عمار العيد

سلم تصحيح مقرر نظرية تشكيل المعادن /1/ سنة ثالثة معادن الفصل الثاني 2024/2023
(العلامة الكاملة 80 درجة)



2)

a) $\bar{\sigma} = \frac{1}{\sqrt{2}}\sqrt{(\sigma_a - \sigma_b)^2 + (\sigma_b - \sigma_c)^2 + (\sigma_c - \sigma_a)^2} =$
$\frac{1}{\sqrt{2}}\sqrt{(105)^2 + (105)^2 + (210)^2} = 181.68\ Mpa > \sigma_y$ يحدث الخضوع

b) $\bar{\sigma} = \frac{1}{\sqrt{2}}\sqrt{(200)^2 + (100)^2 + (100)^2} = 173.2\ Mpa < \sigma_y$ لا يحدث الخضوع

c) $\bar{\sigma} = \frac{1}{\sqrt{2}}\sqrt{(225)^2 + (0)^2 + (225)^2} = 225\ Mpa > \sigma_y$ يحدث الخضوع

3)

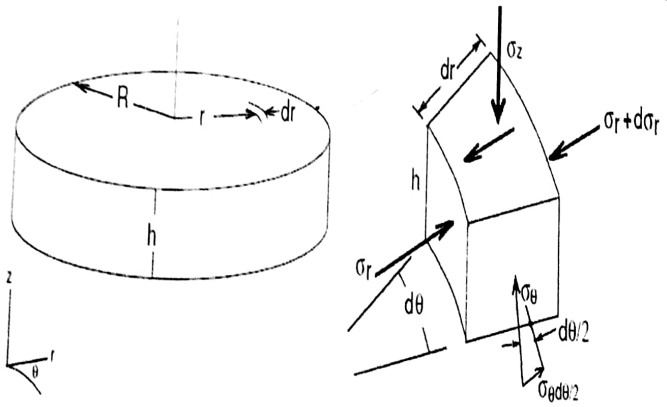
a) $\alpha = \frac{1}{2}, \beta = \frac{2\alpha-1}{2-\alpha} = 0 \implies d\varepsilon_b = 0\ ,\ d\varepsilon_c = -d\varepsilon_a$

b) $\alpha = -1, \beta = -1 \implies d\varepsilon_b = -d\varepsilon_a\ ,\ d\varepsilon_c = 0$

c) $\alpha = 0, \beta = -\frac{1}{2} = 0 \implies d\varepsilon_b = -\frac{1}{2}\,d\varepsilon_a\ ,\ d\varepsilon_c = -\frac{1}{2}\,d\varepsilon_a$

جواب السؤال الرابع: (25 درجة)

1) نأخذ من العينة شريحة عنصرية ذات سماكة dr عند نصف قطر r ولها ارتفاع العينة الجاري h.



بتطبيق مبدأ توازن القوى على المركبة القطرية للقوى:

$$\sigma_r(r.d\theta.h) - (\sigma_r + d\sigma_r)\big((r+dr).d\theta.h\big) - 2\sigma_\theta\left(h.dr.\frac{d\theta}{2}\right) - 2\tau_f(r.d\theta.dr) = 0$$

(كتابة خطوات التبسيط والاختصار) حتى الحصول على المعادلة التالية:

$$\frac{d\sigma_r}{dr} + \frac{\sigma_r - \sigma_\theta}{r} + \frac{2}{h}\tau_f = 0$$

د.م عمار العيد

سلم تصحيح مقرر نظرية تشكيل المعادن /1/ سنة ثالثة معادن الفصل الثاني 2024/2023
(العلامة الكاملة 80 درجة)

بما أن العينة تتعرض لضغط محوري و جريان المعدن متجانس ومتناظر محورياً يكون:
$\varepsilon_r = \varepsilon_\theta = -\frac{1}{2}\varepsilon_z$، بالتالي من قانون الجريان نجد: $\sigma_r = \sigma_\theta$ ، وأيضاً $\sigma_r = \sigma_{max}$ ، $\sigma_z = \sigma_{min}$، في هذا التحليل سيتم اعتبار اجهادات الضغط موجبة بالتالي شرطي الخضوع تريسكا وفون ميسز يعطيان $\sigma_z - \sigma_r = \sigma_f \Leftarrow d\sigma_r = d\sigma_z$ نجد:

$$d\sigma_z = -2\tau_f . \frac{dr}{h}$$

في الاحتكاك الانزلاقي يكون $\tau_f = \mu . \sigma_z$:

10

$$\frac{d\sigma_z}{\sigma_z} = \frac{2\mu}{h} . dr$$

بالمكاملة مع أخذ الشروط الحدية بالاعتبار حيث $r = R \ , \sigma_r = 0, \ \sigma_z = \sigma_f$ نجد:

$$\int_{\sigma_z}^{\sigma_y} \frac{d\sigma_z}{\sigma_z} = \int_r^R \frac{2\mu}{h} . dr$$

$$\ln \frac{\sigma_z}{\sigma_f} = -\frac{2\mu}{h}(R - r) \implies \sigma_z = \sigma_f . e^{\frac{2\mu}{h}(R-r)}$$

لإيجاد القيمة الوسطية للضغط اللازم للتشكيل نأخذ عنصر حلقي على أحد وجوه الأسطوانة ، له سماكة dr. فتكون قوى التشكيل المؤثرة على هذه الحلقة:

$$dF = 2\pi . r . dr . \sigma_z$$

$$F = 2\pi . \sigma_f \int_0^R r . e^{\frac{2\mu}{h}(R-r)} . dr$$

5

باستخدام منشور تايلور : $e^{\frac{2\mu}{h}(R-r)} = 1 + \frac{2\mu}{h}(R - r) + \frac{1}{2!}\left(\frac{2\mu}{h}(R - r)\right)^2 + ..$ بإهمال الحدود من المرتبة الثانية وما فوق لصغر القيمة $\frac{\mu . r}{h}$ نجد:

$$F = 2\pi . \sigma_f \int_0^R r . (1 + \frac{2\mu}{h}(R - r)) . dr$$

$$F = \pi . R^2 \sigma_f (1 + \frac{2\mu}{3h} R)$$

فتكون القيمة الوسطية للضغط الناتج عند تشكيل الأسطوانة: $\sigma_{z,av} = \sigma_f (1 + \frac{2\mu}{3h} R)$

2) في حالة الاحتكاك الالتصاقي يكون اجهاد الاحتكاك مساوٍ لإجهاد الخضوع على القص للمعدن τ_y فمن أجل عينة بارتفاع h لنوجد نصف قطر العينة اللازم حتى يظهر الاحتكاك الالتصاقي في مركز العينة، سمحه dr.

$$\tau_y = \mu . \sigma_z \implies \frac{\tau_y}{\mu} = \sigma_f . e^{\frac{2\mu}{h}(R^* - 0)}$$

$$\ln \frac{\tau_y}{\sigma_f . \mu} = \frac{2\mu}{h}(R^*) \implies$$

القطر الحرج: $R^* = \frac{h}{2\mu} . \ln \frac{\tau_y}{\sigma_f . \mu}$

وبحسب تريسكا $\tau_y = \frac{\sigma_f}{2}$، فيكون $R^* = \frac{h}{2\mu} . \ln \frac{1}{2.\mu}$

10

$$R^* = \frac{200}{0.3} . \ln \frac{1}{0.3} = 802.64\ mm > 75\ mm$$

وهو قطر العينة اللازم حتى يظهر الاحتكاك الالتصاقي في مركز العينة، يتبين من القيم الحسابية أن العينة المختبرة تكون في حالة الاحتكاك انزلاقي على كامل السطح.

انتهى سلم التصحيح

د.م عمار العيد