

# Øving 5

1

Finn seigheten (eller energien som forårsaker brudd) for et metall som opplever både elastisk og plastisk deformasjon. Anta ligning 8.5 for elastisk deformasjon, at E-modulen er 103 GPa og at den elastiske deformasjonen stopper ved en tøyning på 0,007. Anta at sammenhengen mellom spenning og tøyning er beskrevet med:

$$\sigma_T = K \epsilon_T^n$$

for den plastiske deformasjonen.  $K = 1520 \text{ MPa}$  og  $n = 0,15$ . Plastisk deformasjon foregår mellom tøyingsverdier på 0,007 og 0,60. Da oppstår brudd.

Løsning 8.5, Hookes lov

$$\sigma = E \epsilon$$

$$\begin{aligned} \text{Seighet} &= \int \sigma_T d\epsilon_T \\ &= \underbrace{\int_0^{0,007} E \epsilon_T d\epsilon_T}_{\text{elastisk deformasjon}} + \underbrace{\int_{0,007}^{0,60} K \epsilon_T^n d\epsilon_T}_{\text{plastisk deformasjon}} \\ &= \left[ \frac{1}{2} E \epsilon_T^2 \right]_0^{0,007} + \left[ \frac{1}{n+1} K \epsilon_T^{n+1} \right]_{0,007}^{0,6} \\ &= \frac{1}{2} \cdot 103 \text{ GPa} \cdot 0,007^2 + \frac{1}{1,15} 1520 \text{ MPa} (0,6^{1,15} - 0,007^{1,15}) \\ &= 732,675161 \text{ Pa} \\ &= \underline{\underline{732,7 \text{ MPa}}} \end{aligned}$$

2

- (a) Hva er et slipsystem.  
(b) Vil alle metaller ha samme slipsystem? Hvorfor eller hvorfor ikke?

- a) Et slipsystem er en kombinasjon av et slip-plan og en slip-retning
- b) Alle metaller vil ikke ha samme slipsystem, men derimot, vil metaller med samme krystallstruktur ha samme slipsystem.
- De ulike krystallstrukturene har ulike PD og LD for forskjellige retninger, og dermed for de ulike slip-plan og slip-retninger.

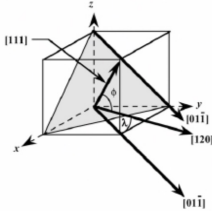
3

Vi har en FCC enkrytall, hvor slip systemet består av (111) planet, men slip i i  $[01\bar{1}]$  retningen. Materialet utsettes for en last (strek) i  $[120]$  retningen.

Faktoren  $\cos \phi \cos \lambda$  i ligningen under kalles også Schmid-faktoren:

$$\tau_R = \sigma \cos \phi \cos \lambda$$

Bestem verdien av Schmid-faktoren for denne FCC enkrytallen når det utsettes for en belastning i  $[120]$  retningen.



Vinkel mellom to vektorer

$$\cos \theta = \frac{\vec{u} \cdot \vec{v}}{\|\vec{u}\| \|\vec{v}\|}$$

$$\cos \phi = \frac{[120] \cdot [111]}{\|[120]\| \|[111]\|} = \frac{1+2+0}{\sqrt{1^2+2^2+0^2} \sqrt{1^2+1^2+1^2}} = \frac{3}{\sqrt{5} \sqrt{3}} = \sqrt{\frac{3}{5}}$$

$$\cos \lambda = \frac{[120] \cdot [01\bar{1}]}{\|[120]\| \|[01\bar{1}]\|} = \frac{0+2+0}{\sqrt{1^2+2^2+0^2} \sqrt{0^2+1^2+(-1)^2}} = \frac{2}{\sqrt{5} \sqrt{2}} = \sqrt{\frac{2}{5}}$$

$$\Rightarrow \cos \phi \cos \lambda = \sqrt{\frac{6}{25}} = \frac{\sqrt{6}}{5} = 0,490$$

4

Tenk deg en metallisk enkrytall orientert slik at normalen til slipplanet og slipretningen er i vinkler på henholdsvis  $60^\circ$  og  $35^\circ$  med strekkaksen. Hvis den kritiske oppløste skjærspenningen er  $6,2 \text{ MPa}$  ( $\tau_{\text{CRSS}}$ ), vil en påført spenning på  $12 \text{ MPa}$  føre til at enkrytallen flyter?

Hvis ikke, hvilken spenning vil være nødvendig?

$$\tau_R = \sigma \cos 60^\circ \cos 35^\circ$$

$$= 12 \text{ MPa} \cdot \frac{1}{2} \cdot 0,819$$

$$= 4,91 \text{ MPa} < \tau_{\text{CRSS}} \Rightarrow \text{Flyt skjer ikke}$$

Flyt skjer når  $\tau_R \geq \tau_{\text{CRSS}}$

$$\Rightarrow \sigma \geq \frac{6,2 \text{ MPa}}{\frac{1}{2} \cdot 0,819} = 15,14 \text{ MPa}$$

5

En enkrytall av et metall med FCC krystallstruktur er orientert slik at strekkspenningen påføres parallelt med  $[100]$  retningen. Hvis den kritiske oppløste skjærspenning ( $\tau_{\text{cress}}$ ) for dette materialet er 0,5 MPa, beregn de(n) påført spenning(er) som er nødvendig for å forårsake slip i  $(111)$ -planet i hver av retningene  $[110]$ ,  $[10\bar{1}]$  og  $[0\bar{1}1]$ .

$$\cos \phi = \frac{1+0+0}{\sqrt{1^2+0^2+0^2}} = \frac{1}{\sqrt{3}} \quad (\text{lik for alle retninger})$$

$$\bullet [110] \quad \cos \lambda = \frac{1}{\sqrt{1^2+1^2}} = \frac{1}{\sqrt{2}}$$

$$\Rightarrow \sigma_y = \frac{\tau_{\text{cress}}}{\frac{1}{\sqrt{2}} \cdot \frac{1}{\sqrt{3}}} = \frac{0,5 \text{ MPa}}{\frac{1}{\sqrt{2}} \cdot \frac{1}{\sqrt{3}}} = 1,22 \text{ MPa}$$

$$\bullet [10\bar{1}] \quad \cos \lambda = \frac{1}{\sqrt{1^2+1^2}} = \frac{1}{\sqrt{2}}$$

$$\Rightarrow \sigma_y = \frac{\tau_{\text{cress}}}{\frac{1}{\sqrt{2}} \cdot \frac{1}{\sqrt{3}}} = \frac{0,5 \text{ MPa}}{\frac{1}{\sqrt{2}} \cdot \frac{1}{\sqrt{3}}} = 1,22 \text{ MPa}$$

$$\bullet [0\bar{1}1] \quad \cos \lambda = \frac{0}{\sqrt{1^2+1^2}} = 0$$

$$\Rightarrow \sigma_y = \frac{\tau_{\text{cress}}}{0 \cdot \frac{1}{\sqrt{3}}} = \frac{0,5 \text{ MPa}}{0} \Rightarrow \sigma_y \rightarrow \infty \Rightarrow \text{ingen slip p\aa } (111) - [0\bar{1}1] \text{ systemet}$$

6

Det ønske om å velge en metalllegering til en applikasjon med krav til flytegrense på minst 310 MPa og samtidig opprettholde en minimums duktilitet (%EL) på 27%. Hvis metallet kaldbearbeides, bestem hvilken av de følgende som er kandidater: Kobber, Messing eller et 1040-stål. Hvorfor?

Hint: Bruk figur 7.19/9, 19 i boka, se under.

$$\text{Flytegrense } \sigma_y \geq 310 \text{ MPa}$$

$$\%EL \geq 27\%$$

• Stål har duktilitet  $< 27\%$   $\Rightarrow$  Går ikke

• Kobber får duktilitet  $< 27\%$  når

"percent cold work"  $> 10\%$ , for

"percent cold work"  $< 10\%$

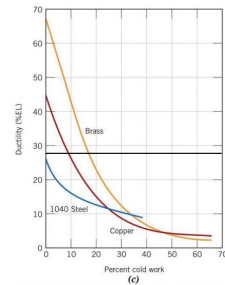
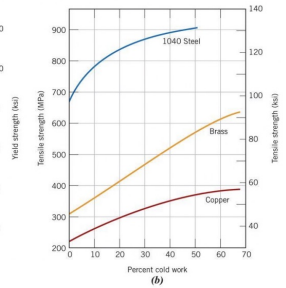
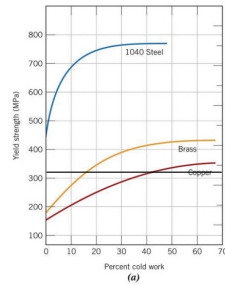
$$\Rightarrow \sigma_y < 310 \text{ MPa} \Rightarrow \text{Går ikke}$$

• Messing får duktilitet  $< 27\%$  når

"percent cold work"  $> 17\%$ , for

"percent cold work"  $\approx 17\%$

$$\Rightarrow \sigma_y = 310 \text{ MPa} \Rightarrow \text{Kan fungere}$$



Messing er den eneste kandidaten som kan fungere

7

To prøver av samme materiale skal deformeres plastisk ved å redusere tverrsnittsarealet. Den ene har et sirkulært tverrsnitt, og den andre er rektangulær. Prøvene bearbeides (kaldt) slik at den sirkulære prøven forblir sirkulær, og den rektangulære forblir rektangulær. De opprinnelige dimensjonene, sammen med de deformerte er gitt under:

	Circular (diameter, mm)	Rectangular (mm)
Opprinnelig dimensjon:	15.2	125 × 175
Deformert dimensjon:	11.4	75 × 200

Hvilken av disse prøvene øker mest i hardhet/styrke etter den plastiske deformasjonen, og hvorfor?

Både  $\sigma_y$  og  $T_5$  øker ved økende %CW  $\Rightarrow$  Den med høyest %CW har høyest økning.

$$\% CW = \frac{A_0 - A_d}{A_0} \cdot 100$$

Sirkulær:

$$\% CW = \frac{\pi \left( \frac{15,2 \text{ mm}}{2} \right)^2 - \pi \left( \frac{11,4 \text{ mm}}{2} \right)^2}{\pi \left( \frac{15,2 \text{ mm}}{2} \right)^2} \cdot 100 = 43,75\%$$

Rektangulær:

$$\% CW = \frac{125 \text{ mm} \cdot 175 \text{ mm} - 75 \text{ mm} \cdot 200 \text{ mm}}{125 \text{ mm} \cdot 175 \text{ mm}} \cdot 100 = 31,43\%$$

$\Rightarrow$  Den sirkulære prøven styrkes mest.