

**Oppgave 3.1**

Hva er en elastisk deformasjon?

**Oppgave 3.2**

Hvilke lov gjelder for elastisk deformasjon?

**Oppgave 3.3**

Definer E-modulen.

**Oppgave 3.4**

Hva er mest elastisk av stål og gummi, og hvilket av disse to stoffene har høyest E-modul?

**Oppgave 3.5**

Hva er sammenhengen mellom E-modul og stivhet?

**Oppgave 3.6**

Hva er skjærspenning?

**Oppgave 3.7**

Er E-modulen avhengig av varmebehandling eller kalddeformering?

**Oppgave 3.8**

Hva menes med glidning?

**Oppgave 3.9**

Hva forstås med flytegrense?

**Oppgave 3.10**

Hvordan defineres plastisk deformasjon?

**Oppgave 3.11**

Hva kan være betydningen av plastisk deformasjon ved uhell, for eksempel bilfelgen i en påkjørsel?

**Oppgave 3.12**

Hvilke glidemuligheter er det i en kubisk flatesentrert gitterstruktur og i en heksagonal gitterstruktur?

**Oppgave 3.13**

Hva er glidebånd?

**Oppgave 3.14**

Hvordan virker krysall- (korn-)grensen på glideprosessen?

**Oppgave 3.15**

Hva vil det si at et materiale er isotropt?

**Oppgave 3.16**

Hva er et kløvningsbrudd?

**Oppgave 3.17**

Når kan et kløvningsbrudd opptre?

**Oppgave 3.18**

Hvorfor er teoretiske beregninger av metallers styrke gale?

**Oppgave 3.19**

- a) I teoretiske materialer (perfekte enkrystaller) vil vi ut fra betraktninger omkring atomære bindingskrefter finne at deres styrke er flere dekader høyere enn hva tilfellet er for praktiske ingeniørmaterialer. Hva er årsaken til dette?
- b) Hva er, atomert sett, den prinsipielle forskjell mellom elastisk og plastisk deformasjon i et metallisk gitter? Illustrer svaret med figur.

**Oppgave 3.20**

Nevn noen typer punktfeil i et metallgitter.

**Oppgave 3.21**

Hva forstås med en kantdislokasjon?

**Oppgave 3.22**

Hvorfor kreves det mindre kraft til glidning når det er dislokasjoner i gitteret?

**Oppgave 3.23**

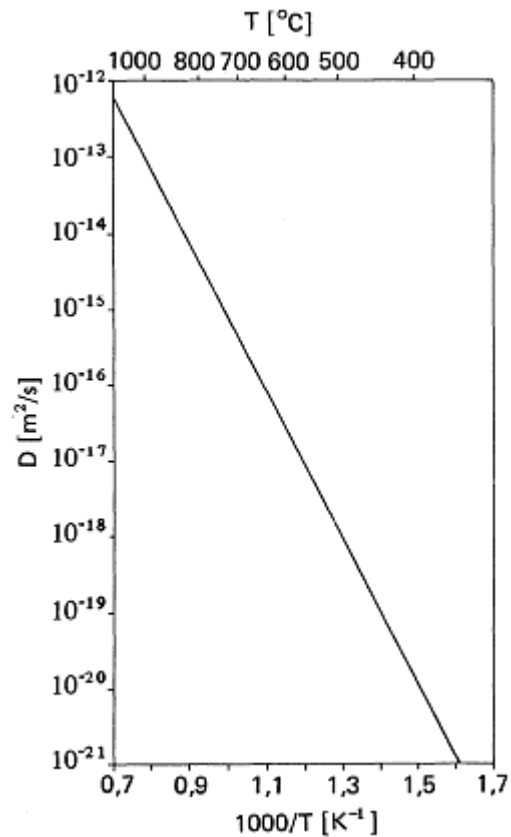
Hva er diffusjon?

**Oppgave 3.24**

En av hovedmekanismene i sintringsprosessen er diffusjon.

Anta at vi skal lage et veldig spesielt produkt av kobberpulver hvor vi tilsetter små mengder av gull i pulverform.

Hvor stor er inntregningen av gull i kobber etter en time ved en sintringstemperatur på 800°C?



*Figur*

*Diffusjonskoeffisienten D for gull i kobber avhengig av temperaturen.*

**Oppgave 3.25**

Hvordan skjer styrking av metallene generelt?

**Oppgave 3.26**

Hvilke fire praktiske metoder benytter vi for å styrke metallene?

**Oppgave 3.27**

Hvordan forklares styrkeøkningen i hvert av de fire metodene?

**Oppgave 3.28**

Hva er deformasjonselding i stål? Årsak?

**Oppgave 3.29**

Hva er dispersjonsharding?

**Oppgave 3.30**

Hva er oppløsningsharding?

**Oppgave 3.31**

Hva er deformasjonsherding?

**Oppgave 3.32**

Hva forstår vi med homogenisering og utharding?

**Oppgave 3.33**

Hvordan endres fasthetsegenskapene ved kalddeformasjon?

**Oppgave 3.34**

Hva er avspenning?

**Oppgave 3.35**

Beskriv prosessene rekrytallisasjon og kornvekst.

**Oppgave 3.36**

Hva er blokkseigring?

**Oppgave 3.37**

Hvordan er oppløseligheten av gass generelt i metaller?

**Oppgave 3.38**

Hvilke forandringer av metallene kan vi oppnå ved varmebehandling?

**Oppgave 3.39**

Proessen nedenfor beskriver foredling av aluminium i 3 trinn (I, II, III). Utgangsmaterialet er en støpt plate av renaluminium (99% Al).

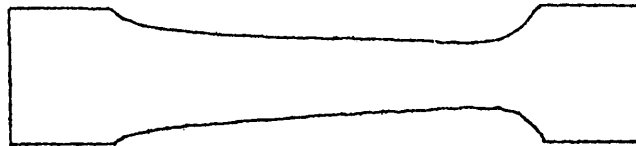
- I *Breakdownreduksjon* som innebærer valsing ved romtemperatur. Platetykkelsen reduseres ved denne valsingen til 40% av den opprinnelige. (I virkeligheten skjer dette i flere stikk.)
- II *Tempergløding* som innebærer at platen holdes ved 420°C i 3 timer og deretter avkjøles i luft.
- III *Temperreduksjon* som innebærer valsing ved romtemperatur slik at platetykkelsen reduseres med ytterligere 35%.

- a) Tegn et diagram (med tiden som abscisse) som viser skjematisk hvordan flytegrense og duktilitet varierer gjennom prosessen I – II – III.
- b) Forklar kort den fysiske bakgrunn for bruddforlengelse - flytegrense - endringene under denne prosessen.
- c) Tegn en figur som viser hvordan kornstørrelse og kornvekst varierer under prosessen I – II.
- d) Hvordan bør vi endre prosessen for å få et produkt (en plate) med samme tykkelse, men med mye høyere flytegrense?  
Det forutsettes at utgangsmaterialet for prosessen er det samme.
- e) Hvilke innflytelse har kornstørrelsen på det ferdige produkts flytegrense?  
Bruk helst diagram som illustrasjon til kornstørrelsens innflytelse.

**Oppgave 3.40**

Vi har en prøvestav med utforming som vist på skissen nedenfor.

Kornstørrelsen er jevn i staven. Vi strekker staven plastisk og gløder den ved høy temperatur.



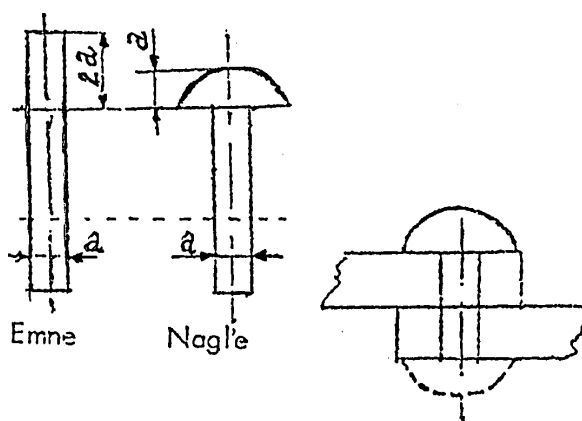
*Figur  
Prøvestav.*

- a) Lag en skisse som viser kornstørrelsens variasjon i stavens lengderetning etter gløding ved høy temperatur.
- b) Gi en beskrivelse av de prosesser som finner sted i de forskjellige deler av staven ved gløding.

**Oppgave 3.41**

Du skal lage nagler for sammenføring av en aluminiumkonstruksjon ved å støpe ut emner i AlCu. Naglene gis et hode ved kaldbearbeiding, slik som vist på skissen, og det forutsettes at det ved sammenklinkingen dannes et tilsvarende hode.

Ut fra konstruksjonen fastlegges en spenning på  $140\text{N/mm}^2$  i aksial retning. Støperiet oppgir en støpetemperatur på  $780^\circ\text{C}$ . Flytegrensen i støpetilstand bestemmes til  $\sigma_F = 120\text{N/mm}^2$  (0% Ti).

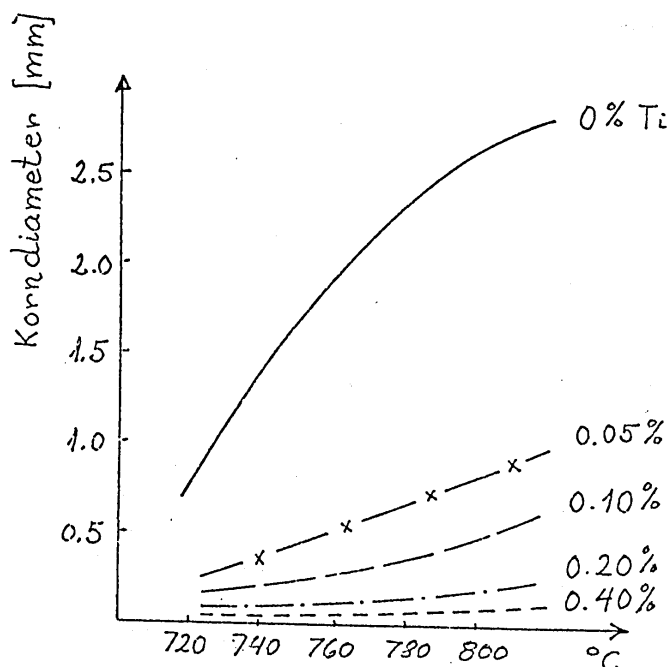


Figur 1  
AlCu emne / nagle.

- a) Støperiet anbefaler å styrke materialet ved en finkornbehandling med titan, Ti. Figur 2 gir opplysninger om behandlingen. P.g.a. at Ti har uheldig innvirkning på duktiliteten, bør vi holde innlegeringen så lav som mulig.

Regn ut flytespenningen i avhengighet av Ti-innlegeringen, og bestem det minste legeringsnivå som tilfredsstiller styrkekravet.  $\sigma_i = 110\text{N/mm}^2$  i Petch formel.

Det forutsettes her at Ti ikke gir annen innflytelse på materialets styrke enn den som kan utledes direkte av opplysningene i Figur 2.



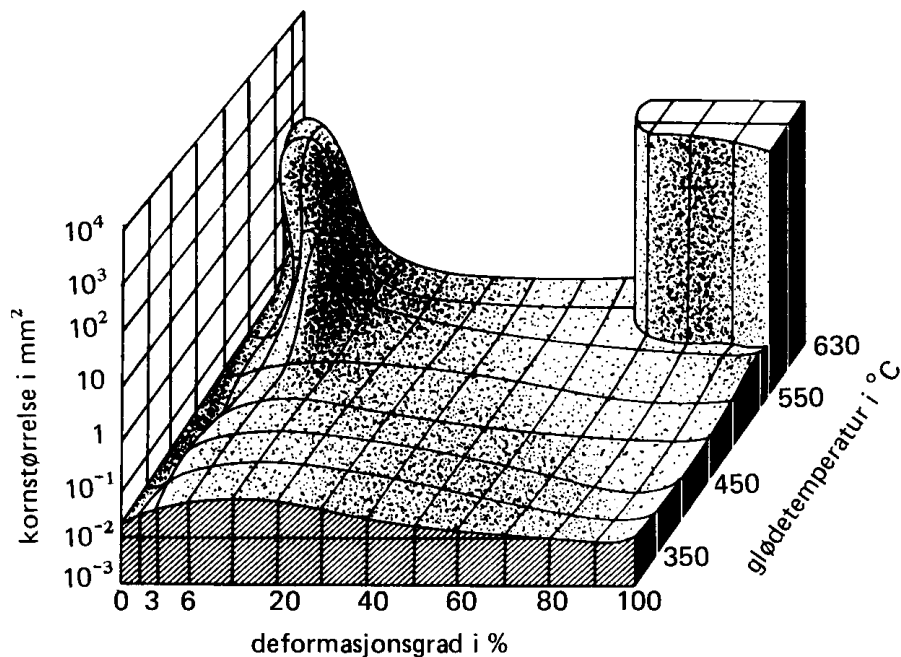
Figur 2  
Sammenheng mellom støpetemperatur, %Ti og kornstørrelse i AlCu-legering.

**Oppgave 3.41, forts.**

- b) I stedet for finkornbehandling ved støping, velger vi å kaldbearbeide og rekrystallisere. Dette foregår ved emnene støpes større og at de trekkes ned til riktig dimensjon. Anta at Figur 3 gjelder for den aktuelle legering.

Bestem ut fra rekrystallasjonsdiagrammet, Figur 3, den minste akseptable deformasjon ved trekkingen, når rekrystalliseringen skjer ved  $510^{\circ}\text{C}$ .

Hvilken konsekvens vil det få for hodene, som får stor plastisk deformasjon, dersom temperaturen ved en feil legges  $100^{\circ}\text{C}$  høyere?



Figur 3

*Kornstørrelse ved rekrystallasjon av renaluminium, avhengig av deformasjonsgrad og glødetemperatur. 30min. glødetid.*