

**DelA**

1. c
2. b
3. a
4. d
5. a
6. d
7. c
8. b
9. d
10. b
11. a
12. a
13. c
14. 2.48 Å
15. 905.4 MPa ( $\sigma_0 = 394.6$  MPa,  $K = 0.228$  MPa m<sup>-1/2</sup>)
16. a.  $(\bar{1}\bar{1}2)$ ; b. [221]

**Del B (80 P)**

**För erhållande av full poäng ska samtliga svar motiveras och samtliga delsteg i beräkningarna redovisas.**

1. (10P) Härdningsmekanismer

Härdning av metalliska material är baserad på en grundläggande princip.

a. Förklara denna princip ingående.

Den grundläggande principen är att försvåra eller förhindra dislokationers förflyttning i materialet. De flesta metaller deformeras plastiskt genom att atomplan glider, mha dislokationsrörelse, i bestämda glidsystem. Glidningen utlöses av en skjuvspänning som överskrider det kritiska värdet för glidsystemen. Om motståndet mot dislokationsrörelse ökar blir den kritiska skjuvspänningen högre och därmed är plastisk deformation svårare, dvs materialet blir hårdare (sträckgränsen/hårdheten ökar).

b. Beskriv och förklara 3 olika sätt att utnyttja denna princip genom att modifiera mikrostrukturen.

Se lösningshärdning, korngränshärdning, partikelhärdning eller dispersionshärdning i slidsen till Fö 3.

2. (12P) Glödning av kallbearbetade metaller

Figuren nedan visar hårdheten för tre mässingsplåtar som har kallvalsats till olika grader och därefter värmts till olika temperaturer i en timme.

a. Hur påverkas hårdheten och duktiliteten av kalldeformationen?

Kalldeformationen ökar defektdensiteten, särskilt dislokationstätheten, vilken leder till ökad hårdhet men minskad duktilitet.

b. Förklara kurvornas utseende med hänsyn till struktur. Ange namnen på de olika processer som skedde vid uppvärmningen.

Uppvärmning i olika temperaturer åstadkommer olika strukturändringar som ger kurvorna det karateriska utseendet.

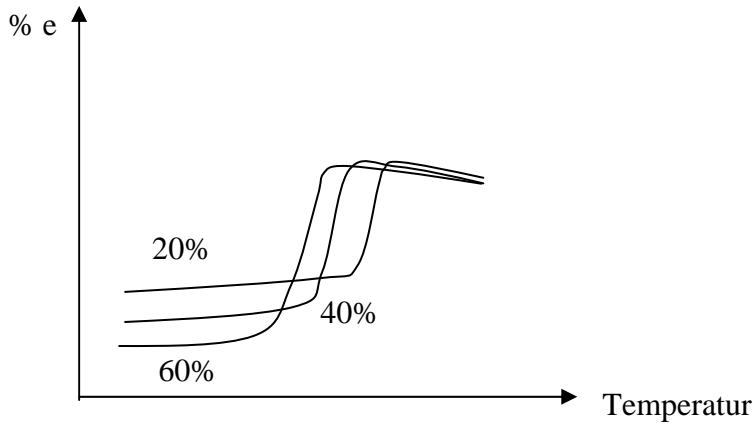
Återhämtning: Subkorn bildas då dislokationerna har anordnade sig till ett dislokationsnätverk. Den totala dislokationstätheten påverkas litet och därför förblir hårdheten nästan oförändrad.

Rekristallisation: Nya korn med samma kristallstruktur som de gamla bildas. Då den rekristalliserade strukturen har få dislokationer, blir en kraftigt sänkning in hårdheten.

Korntillväxt: Vissa korn som är gynnsamma för tillväxt utvidgar sig på bekostnad av grannkornen. Den grova mikrostrukturen leder till ytterligare minskning in hårdheten.

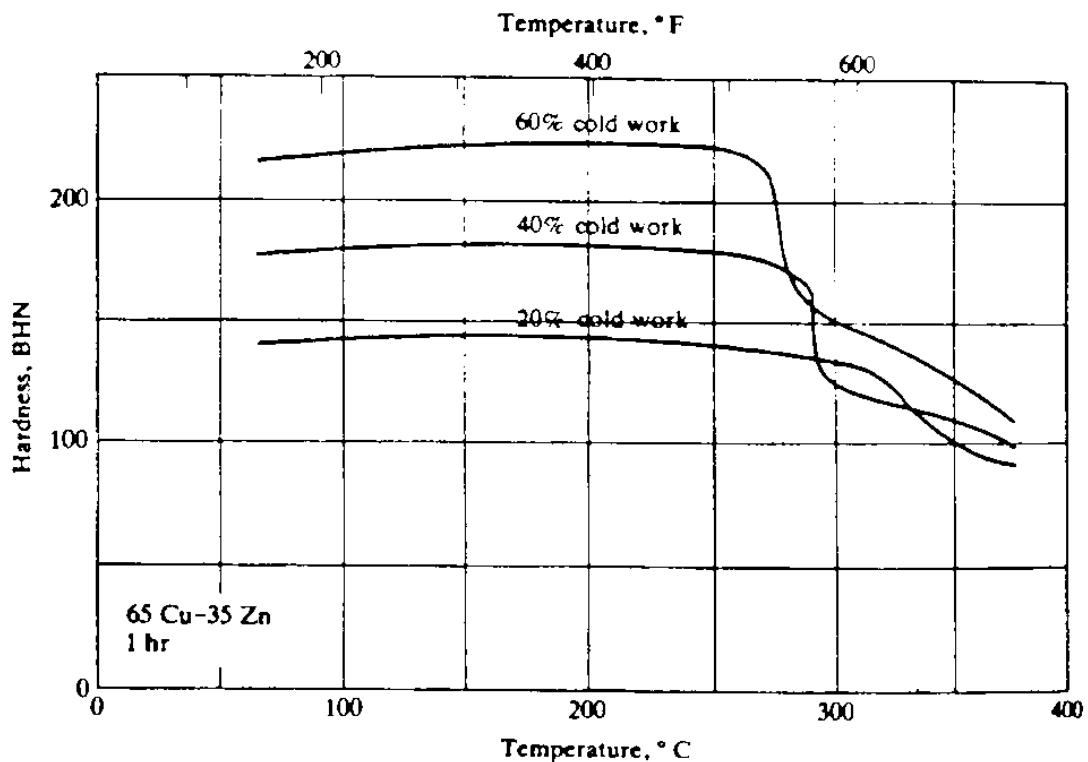
c. Rita och jämför motsvarande duktilitetskurvor.

Den metallen med höst deformationsgrad har sämst duktilitet medan den med lägst deformationsgrad har bäst duktilitet innan glödning. Efter rekristallisationen har alla metallerna bra duktilitet och skillnaden mellan dem är liten.



d. Jämför rekristallisationstemperaturen mellan plåtarna.

$$T_{20\%} > T_{40\%} > T_{60\%}$$



3. (10P) Polymerer

Hos polymerer har fenomenen glasomvandling och viskoelasticitet som krypning, dvs deformation som är elastiskt men tidsberoende, stor betydelse för användning av materialen.

a. Förklara fenomenen och det påståendet ovan.

Glamomvandling: Vid glasomvandling minskar molekylkedjerörligheten kraftigt, från lättroliga till stela. Medfört detta är att materialet blir styvare men sprödare.

Mekaniska egenskaper är känsliga för användningstemperatur.

Viskoelasticitet: Egenskaper som är både elastiska och viskösa (tidsberoende elastisk beteende).

Krypning: Elastisk deformation som sker över en viss tid och under en konstant spänning.

Dimensionsändring eller spänningsrelaxation under lasten kan orsaka problem och även haveri.

- b. Finns det en koppling mellan glasomvandlingstemperatur och krypning? Förklara!

Det finns koppling mellan  $T_g$  och viskoelasticitet eftersom både fenomenen beror av molekylkedjarörligheten.

Väl under  $T_g$ : stela molekylkedjor. liten krypning

Omkring  $T_g$ : stor krypning.

4. (8P) Diffusion och sätthårdning

- a. Ett kugghjul av 0.1 w/o C stål har uppkolats i 12 timmar i kolrik gas vid 920 °C. Vid 1 mm djup når kolhalten 0.5 w/o. Beräkna ytkolhalten hos kugghjulet.

$$D = 2.3 \times 10^{-5} e^{\left(-\frac{137700}{8.314(920+273)}\right)} = 2.15 \times 10^{-11}$$

$$z = \frac{1 \times 10^{-3}}{2\sqrt{2.15 \times 10^{-11} \times 12 \times 3600}} = 0.52$$

Enligt diagrammet  $z=0.52 \Rightarrow \text{erf}(z) = 0.54$

$$\frac{C_s - 0.5}{C_s - 0.1} = 0.54$$

$$C_s = 0.97 \%$$

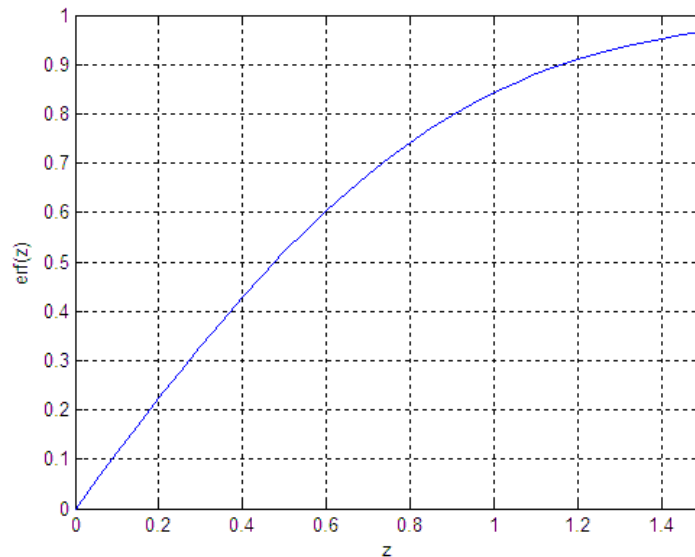
- b. Ange de delstegen i ett fullständigt sätthårdningsförlopp och egenskaperna hos kugghjulet efter behandlingen.

Uppkolning, snabbkylning och anlöpning.

En hård och slitstark yta med en seg kärna.

$$J = -D \frac{\Delta c}{\Delta x}; \frac{c_s - c_x}{c_s - c_0} = \text{erf} \left[ \frac{x}{2\sqrt{Dt}} \right]; D = D_0 e^{\left( \frac{-Q}{RT} \right)}; R=8.314 \text{ J/mol K}$$

Diffusion system	Q (J.mol <sup>-1</sup> )	D <sub>0</sub> (m <sup>2</sup> .S <sup>-1</sup> )
C i FCC järn	137700	2.3x10 <sup>-5</sup>
C i BCC järn	87500	1.1x10 <sup>-6</sup>
Fe i FCC järn	279200	6.5x10 <sup>-5</sup>
Fe i BCC järn	246550	4.1x10 <sup>-4</sup>



5. (9P) TTT diagram

Nedan är ett TTT-diagram för ett stål med Ni, Cr och Mo tillsats.

- a. Förklara kort begreppet martensit och dess typiska egenskaper?

Martensit är en fas som bildas då en austenit kyls och diffusionsberoende fasomvandlingar avhålls. Den är BCT järn med tvångslösta kolatomer i gittrets mellanrum.

Med kraftig gitterdeformation och hög defektdensitet är martensit hård men spröd

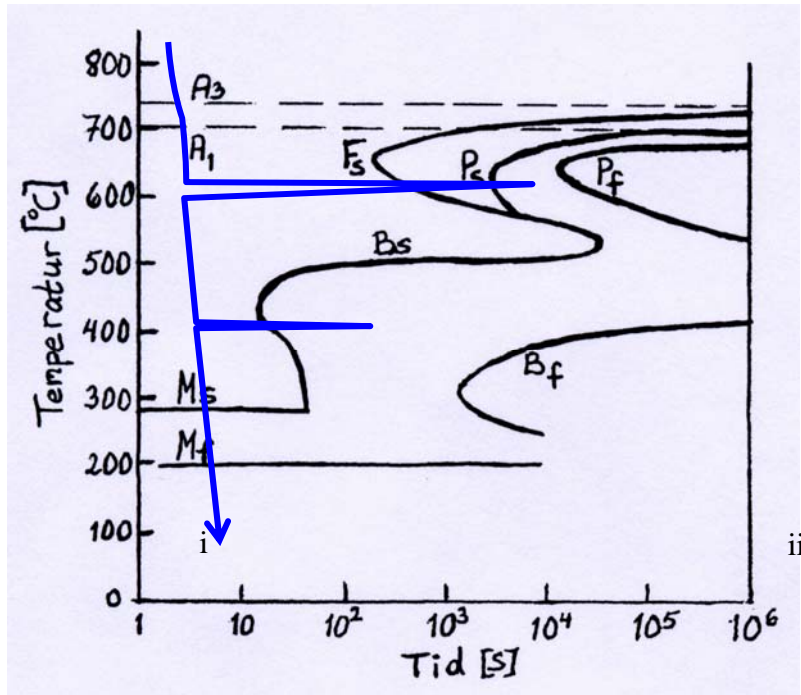
- b. Hur mycket kol innerhåller stålet dvs är det ett undereutektoidiskt, eutektoidiskt eller övereutektoidiskt?

Undereutektoidiskt

- c. Vilka slutomvandlingsprodukter fås om stålet först värms upp till 800 °C, kyls till 650 °C och hålls där under 1000 sekunder och sedan kyls till 400 °C och hålls där under 100 sekunder varpå kylning till rumstemperatur sker?

Ferrit + Bainit + Martensit

- d. Visar på diagrammet en värmebehandling som ska ge den följande mikrostrukturen: ferrit + perlit + bainit + martensit.



#### 6. (10) Stelning

Bilderna nedan visar schematiskt mikrostrukturen för en och samma metall som gjutits med två olika metoder.

- a. Beskriv begreppet underkylning och dess betydelse i stelning av metaller.

Underkylning är skillnaden mellan den aktuella stelningstemperaturen (smältans temperatur) och den jämvikt-stelningstemperaturen, alltså hur många grader under den jämvikt-stelningstemperaturen.

Stening av metallsmälta sker genom kärnbildning och tillväxt.

Underkylningen påverkar både kärnbildningen och tillväxten och därmed kornstrukturen (kornstorleken och formen) som erhålls.

- b. Förklara kort stelningsförloppet för gjutblocket till vänster. Ange namnen på de olika zonerna.

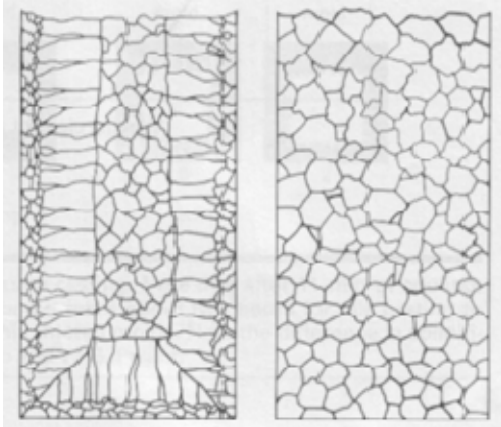
En kraftig underkylning uppstår då metallsmältan är i kontakt med de kalla gjutformsväggarna. Många kärnor bildas på gjutformsväggar (heterogen kärnbildning) och deras tillväxt leder till den ytkristallzonen med fina korn.

Då underkylningen avtar, inga nya kärnor kunde bildas utan de kornen med gynnsam orientering för tillväxten får växa i riktningen motsatt värmeflödet och en zon med pelarkorn skapas.

Underkylningen ökar. Ett stort antal kärnor bildas i kvarvarande smältan genom heterogen kärnbildning på fasta partiklar (t.ex. föroreningar) och växer till likaxliga korn.

- c. En homogen kornstruktur som bilden till höger visar kan skapas med hjälp av ympning. Förklara hur metoden fungerar.

Fasta partiklar med hög smältpunkt blandas in i metallsmältan strax innan stelningsen. Kärnor bildas samtidigt överallt i smältan genom heterogen kärnbildning och de växer tills att de stöter på varandra, vilket ger en likaxlig och fin kornstruktur.

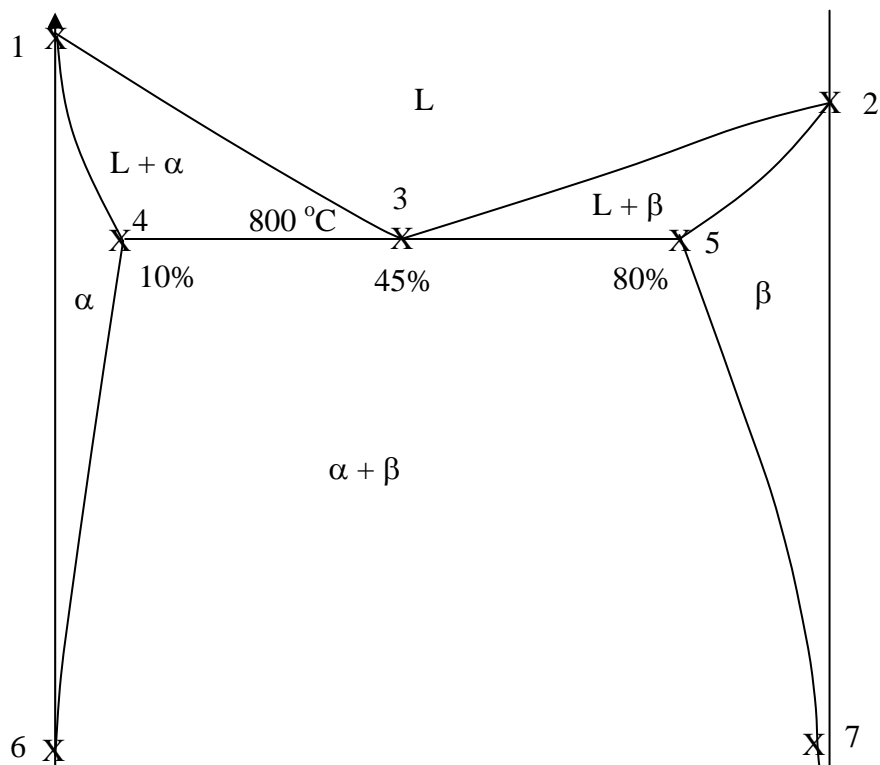


7. (12P) Fasdiagram

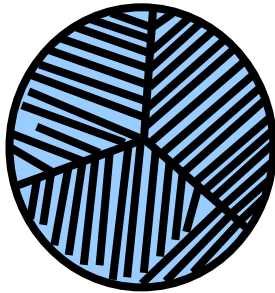
Konstruera ett fasdiagram med hjälp av följande information:

- a. Ämne A smälter vid 1200 °C and ämne B vid 1000 °C. Ämne B har en max. löslighet av 10% i A och A har en max. löslighet av 20% i B. Antalet frihetsgrader enligt Gibbs fasregel är noll när temperatur är 800 °C vid 45% B. Vid rumstemperatur är löslighet av A i B 3% och B i A 0%.

- 1:  $T_{m,A} = 1200 \text{ }^\circ\text{C}$                       2:  $T_{m,B} = 1000 \text{ }^\circ\text{C}$   
 3:  $T_{m,Eut} = 800 \text{ }^\circ\text{C}$  och  $C_{eut} = 45\% \text{ B}$   
 4:  $C_\alpha = 10\% \text{ B}$  vid  $800 \text{ }^\circ\text{C}$       5:  $C_\beta = 80\% \text{ B}$  vid  $800 \text{ }^\circ\text{C}$   
 6:  $C_\alpha = 0\% \text{ B}$  vid  $25 \text{ }^\circ\text{C}$             7:  $C_{max,\beta} = 97\% \text{ B}$  vid  $25 \text{ }^\circ\text{C}$



- b. Skissa mikrostrukturen som bildas vid rumstemperatur i en 45% B legering om denna får stelna under jämvikt.



- c. Beräkna andelar faser och strukturbeståndsdelar vid rumstemperatur i legeringen i b.

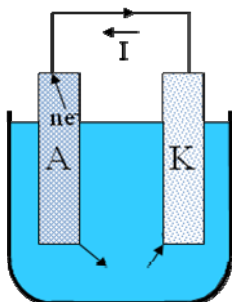
$$\% \alpha = (97-45)/(97-0) \cdot 100\% = 54\%$$

$$\% \beta = 100 - \% \alpha = 46\%$$

8. (9) Korrosion

Takplåt (stål) kan beskyddas mot korrosion genom att beläggas med ett zinksikt.

- a. Förklara villkoren för elektrokemisk korrosion mha en elektrokemisk cell.



En anod som ger elektroner och en katod som tar emot elektronerna. Anoden och katoden är i direkt kontakt eller genom el-ledande material och båda befinner sig också i elektronlyten, en vätska som kan transportera metalljoner.

- b. Beskriv hur zinkbeläggningen skyddar en takplåt. Varför belägger man inte takplåt med tenn i stället för zink?

Takplåten isoleras av Zn men om några repor ska uppstå kan korrosionsceller uppträda. Cellerna består av zink, järn och regn vatten. Zinken som är oädlare (med högre elektropotential) blir anod och järnet blir katod. Zn korroderas på en låg hastighet eftersom katodens yta är liten. Om Zn ersätts med Sn blir järnet anod istället. Takplåten korroderas fort pga en stor katodyta.