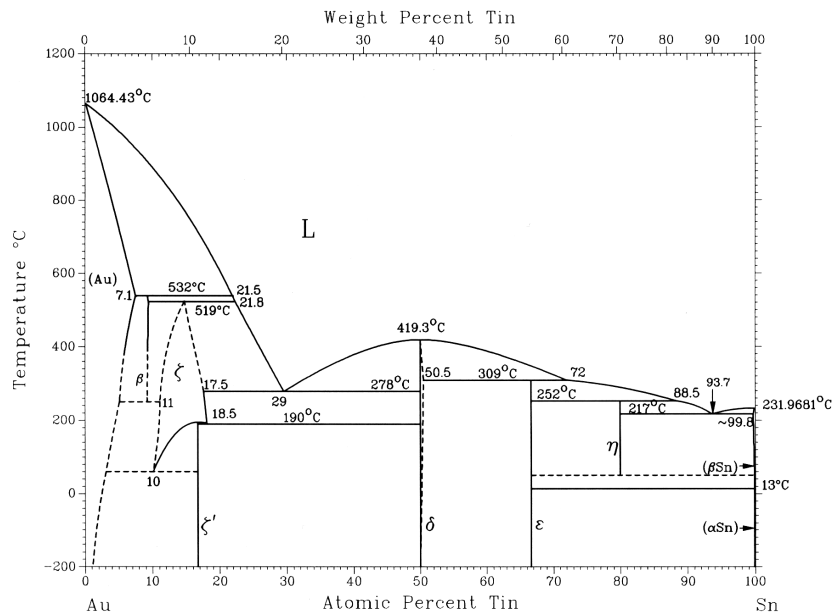


1. Mitä yhtälössä  $\Delta G = \Delta H - T\Delta S$  esiintyvät H ja S ovat? (1p) Yhtälö on Gibbsin energian eräs esitysmuodoista. Mitä Gibbsin energia kuvaa? (1p) Perustele kyseisen yhtälön ( $\Delta G = \Delta H - T\Delta S$ ) avulla, miksi kylmä jää ei sulaa, mutta kylmä vesi voi jäätymään. (Huom!  $H^{\text{liquid}} > H^{\text{solid}}$ ) (3p)

2. Selvitä

- faasinmuutosten kulku lämpötilasta 600 °C huoneenlämpötilaan alla olevan Au-Sn tasapainopiirroksen avulla kun nimelliskoostumus on 40 at-% kultaa (2p).
- Mikä on kullan maksimiliukoisuus tinaan? (1p)
- Mitkä faasit ovat tasapainossa lämpötilassa 200 °C nimelliskoostumuksella 60 at-% tinaa? (1p)
- Esitä Gibbsin faasisääntö ja määritä sen avulla vapausasteiden lkm sulafaasissa (1p).



3. (a) Materiaalien murtumat voidaan jakaa kahteen päätyyppiin. Mitkä nämä ovat? Nimeä ainakin kolme tekijää jotka voivat muuttaa materiaalin murtumistyyppiä em. kahden päätyypin välillä (3p).

(b) Kahden titaani-seoksen myötölujuudet ovat 896 MPa ja 862 MPa, sekä vastaavasti  $K_{IC} = 55 \text{ MPa m}^{1/2}$  ja  $K_{IC} = 98.9 \text{ MPa m}^{1/2}$ . Molemmista seoksista on materiaalin sisäisiä 10 mm:n pituisia säröjä. Kasvavatko säröt kun materiaaliin vaikuttaa jännitys joka on puolet myötölujuudesta? (2p).

4. (a) Diffuusiota jatkuvassa väliaineessa voidaan kuvata Fick'n I lain avulla.

Millä edellytyksillä kyseinen laki on voimassa? (2p)

(b) Mitkä ovat kaksi tärkeintä diffuusiomekanismia? (1p)

(c) Miksi raerajadiffuusion aktivaatioenergia (Q) on pienempi kuin volyymidiffuusion? Mitä voit sanoa pintadiffuusion aktivaatioenergiasta?

Miksi raerajadiffuusio on usein korostuneempaa ohutfilmirakenteissa?(2p)

**5. (a)** Selvitä lyhyesti lämmönjohtumisen mekanismit kiinteissä aineissa, nesteissä ja kaasuisissa. Mitä tarkoitetaan nk. kontaktivastuksella johtumisen yhteydessä? (2p)

**(b)** Chipin tuottama lämpö (12W) siirtyy komponentin kotelon läpi ympäröivään ilmaan ( $T=25^{\circ}\text{C}$ ), chipiltä koteloon johtumalla ja kotelolta ympäröidään ilmaan konvektiolla. Kokonaislämpöresistanssi  $R_{\text{cond}}$  chipin ja kotelon välillä on 8K/W. Lämpövuoto komponentin ja kotelon välillä saadaan yhtälöstä  $q_{\text{cond}} = (T_{\text{chip}} - T_{\text{case}}) / R_{\text{cond}}$ . Jäähdytysilmalle altistuva kotelon pinta-ala on  $0.004 \text{ m}^2$  ja konvektion lämmönsiirtokerroin  $h = 75 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$ . Konvektion lämpövuoto saadaan puolestaan yhtälöstä  $q_{\text{conv}} = hA(T_{\text{case}} - T_{\text{air}})$ . Säteilyn vaikutusta ei tarvitse huomioida tässä tehtävässä.) (*vihje:kyseessä on tasapainotilanne*).

**(i)** Laske toiminnassa olevan chipin lämpötila, kun lämpögradientit chip ja kotelon sisällä jätetään huomiotta.

**(ii)** Chipin jäähdytystä tehostetaan jäähdytysriivan avulla. Tällöin jäähdytyspinta-alaksi saadaan  $0.04 \text{ m}^2$ . jäähdytysriipa on valmistettu hyvin lämpöä johtavasta materiaalista (esim Cu), joten sen lämpöresistanssi voidaan jättää huomiotta. Mikä on tällöin chipin lämpötila? (huom. konvektion lämmönsiirtokerroin ei muutu) (3p).