

Tampereen teknillinen yliopisto / *Tampere University of Technology*

Materiaaliopin laitos / *Department of Materials Science*

MOL-2200 Materiaalien mekaaninen käyttäytyminen

/ *MOL-2206 Mechanical Behavior of Materials*

Tentti / *Examination* 29.3.2010

MUISTIINPANOJEN KÄYTTÖ KIELLETTY!

NO LITERATURE! USE OF DICTIONARY PERMITTED

Merkitse jokaiseen käyttämääsi paperiin selvästi juokseva numero ja palauttamiesi paperien kokonaismäärä.

*Mark clearly each answer paper you return with a consecutive number and indicate also the total number of papers you have returned.*

Ensimmäinen kysymys on pakollinen, vastaa **enintään viiteen kysymykseen!**

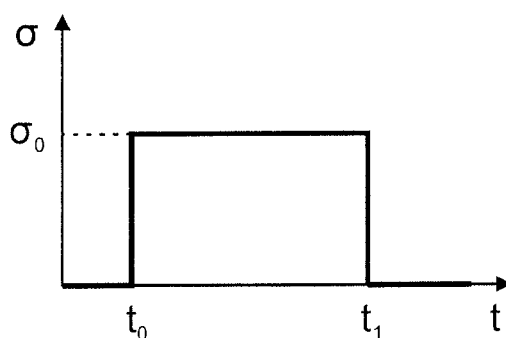
*First question is compulsory, answer **only to five questions!***

1. Vastaa lyhyesti käyttäen tarvittaessa havainnollistavia kuvia. / *Answer briefly, use graphical illustrations when necessary.*
  - a. Leikkausmyötymän ja –jännityksen määritelmä / *Definitions of shear strain and shear stress*
  - b. Miten metallin lujuus riippuu raekoosta? / *How does the strength of a metal depend on grain size?*
  - c. Geometrisesti välttämättömät dislokaatiot / *Geometrically necessary dislocations*
  - d. Koherentti vs. epäkoherentti rajapinta partikkelin ja matriisin välillä ja niiden vaikutus dislokaatioliikkeeseen / *Coherent versus disordered boundary between particle and matrix and their effect on dislocation motion.*
  - e. Raerajaliukuminen virumisessa / *Grain-boundary sliding during creep*

2. Hahmottele seuraaville idealisoiduille kiinteille materiaaleille kuvaaja, josta käy ilmi materiaalin myötymä ajan funktiona, kun siihen kohdistetaan jännitys Kuvan 1 mukaisesti: / Sketch a graph, which shows strain as a function of time, when material is loaded according to Figure 1, for the following idealized solid materials:

- elastinen / elastic
- viskoelastinen / viscoelastic
- elastis-plastinen, jonka myötölujuus on ensin alle  $\sigma_0$  mutta materiaali muokkauslujittuu saavuttaen lujuuden  $\sigma_0$  / elastic-plastic with initial yield strength below  $\sigma_0$  but the material strain hardens reaching strength equal to  $\sigma_0$
- vakionopeudella viruva materiaali / creep with constant rate.

Huom: jokaisessa materiaalissa tapahtuu muodonmuutos ainoastaan mainitulla mekanismilla. Lisäksi kuormitusaika on niin pitkä, että jokaisen materiaalin erityispiirteet ehtivät tulla näkyviin! / Note: each material deforms only according to the indicated mechanism. Furthermore, the loading time is so long that the special characteristics of each material will show!

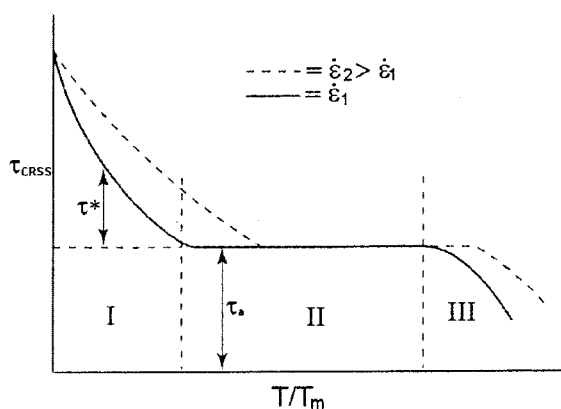


Kuva 1. Materiaalin kohdistettu jännitys ajan funktiona.

Figure 1. Stress in the material as a function of time.

3. Laske kokonaisdislokaation burgersvektorin pituus  $\alpha$ -Fe:ssa ja Al:ssa. Hilamitat ovat Fe: 0.286 nm ja Al: 0.404 nm. Laske lisäksi ns. Shockleyn osittaisdislokaation pituus alumiinissa. / Calculate the length of the burgers vector of primary dislocation in  $\alpha$ -Fe and in Al. The lattice parameters are  $\alpha$ -Fe: 0.286 nm and Al: 0.404 nm. Calculate also the length of the so-called Shockley partial dislocation in Al.

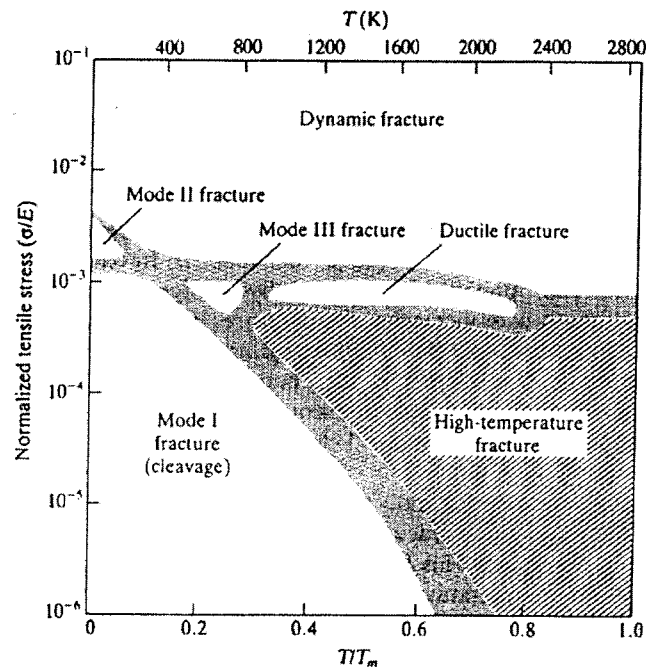
4. Kuvassa 2 näkyy kiteisen materiaalin kriittinen leikkausjännitys ( $\tau_{crss}$ ) lämpötilan ja myötönopeuden funktiona. Mitä kuvaajan perusteella voidaan todeta materiaalin käyttäytymisestä ja mistä nämä ilmiöt johtuvat? / *Figure 2 shows the critical resolved shear stress ( $\tau_{crss}$ ) of a crystalline material as a function of temperature and strain rate. Based on the graph, what can be said about material behavior and what is the cause of these phenomena?*



Kuva 2. Kriittinen leikkausjännitys lämpötilan ja myötönopeuden funktiona.

*Figure 2. Critical resolved shear stress as a function of temperature and strain rate.*

5. Selitä tärkeimmät erot eri murtumatyyppien (haurasmurtuman eri moodit ja sitkeä murtuma) välillä. Miksi tkk-metallin murtumismekanismi vaihtelee Kuvan 3 mukaisesti? Jätä huomioimatta "Dynamic fracture"- ja "High temperature fracture"- alueet vastauksessasi. / *Explain the most important differences between various fracture modes (different modes of brittle fracture and ductile fracture). Why does the fracture mode of a bcc-metal vary as shown in Figure 3? Disregard areas of "Dynamic fracture" and "High temperature fracture" in your answer.*



Kuva 3. Tkk-metallin murtumismekanismikartta.

Figure 3. Fracture mechanism map for a bcc-metal.

6. Tehtävänäsi on karakterisoida erään materiaalin käyttäytyminen syklisen kuormituksen alla. Materiaalin tiedetään olevan syklisesti muokkauslujittuva ja historiasta riippumaton alumiiniseos. Selosta lyhyesti tarvittavat kokeet ja tulosten käsittely seuraavien tietojen aikaansaamiseksi. Hahmottele lisäksi kysytyt kuvaajat. / *Your task is to characterize the behavior of a certain material under cyclic loading. The material is known to be cyclically hardening and history independent aluminum alloy. Describe briefly the necessary tests and data handling in order to get the following information. Sketch also the indicated graphs.*
- S-N-käyrä (eli Wöhler-käyrä), väsymisrajan / sietorajan määrittäminen / *Stress amplitude-number of cycles to failure – diagram, determination of fatigue / endurance limit*
  - Haluat kokeellisesti varmistaa Goodmanin kaavan soveltuvuuden tällä materiaalilla. Miten toimit? / *You want to experimentally verify the applicability of the Goodman relationship for this material. What will you do?*
  - Syklinen jännitys-myötymä-käyrä / *Cyclic stress-strain curve*