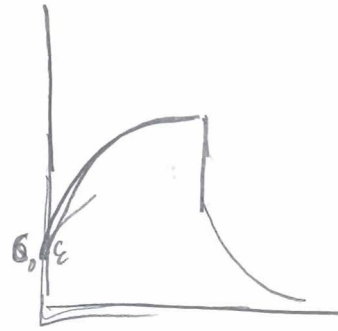
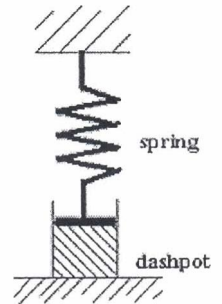


MUISTIINPANOJEN KÄYTTÖ KIELLETTY!  
NO LITERATURE ALLOWED!



Vastaa **enintään viiteen** kysymykseen oman valintasi mukaan.  
**Answer only in five questions of your choice!!**

1. Viskoelastisen materiaalin ns. jännitysrelaksaatiokokeessa koekappale kuormitetaan hetkellä  $t=0$  muodonmuutokseen  $\epsilon$ , jonka aikaansaamiseen tarvitaan jännitys  $\sigma_0$ . Tämän jälkeen muodonmuutos pidetään vakiona ja seurataan jännityksessä tapahtuvia muutoksia ajan funktiona. Materiaalin käyttäytymistä em. kokeessa voidaan kuvata ns. Maxwellin mallilla, joka on esitetty alla olevassa kuvassa. Esitä ajan funktiona a) kokonaismuodonmuutos ja kokonaisjännitys, b) muodonmuutos ja jännitys jousessa sekä c) muodonmuutos ja jännitys 'dashpotissa' em. jännitysrelaksaatiokokeessa. Selitä myös sanallisesti, mitä kokeen aikana kussakin elementissä tapahtuu.



Maxwell

In the so-called stress relaxation test of a viscoelastic material the specimen is deformed at time  $t=0$  to a strain  $\epsilon$ , which requires a stress  $\sigma_0$ . After this the amount of deformation (strain) is kept constant and the changes in the stress  $\sigma$  are observed as a function of time. The behavior of the material in a stress relaxation test can be described by the so-called Maxwell model shown in the figure ~~below~~ **above**. Show, as a function of time, a) total deformation (strain) and total stress, b) strain and stress in the spring and c) strain and stress in the 'dashpot' during the stress relaxation tests. Explain also verbally, what happens in each element during the test.

2. Metallien väsymislujuuden kokeellinen määrittäminen, koetulosten esittäminen sekä keskijännityksen vaikutus metallien väsymiseen.

Experimental determination and presentation of the fatigue strength of metals and the effect of mean stress on the fatigue strength.

3. Dislokaatioiden monistuminen. Miksi ja miten se tapahtuu?  
Multiplication of dislocations. Why and how it happens?

Frank - Peierls  
GENERATION



→ Nucleation -  
Wegnahme

4. Mitkä mekanismit viivyttävät kuroutumisen alkamista a) tavallista terästä ja b) superplastisesti käyttäytyvää alumiiniseosta muokattaessa?  
Muodonmuutos nopeus m

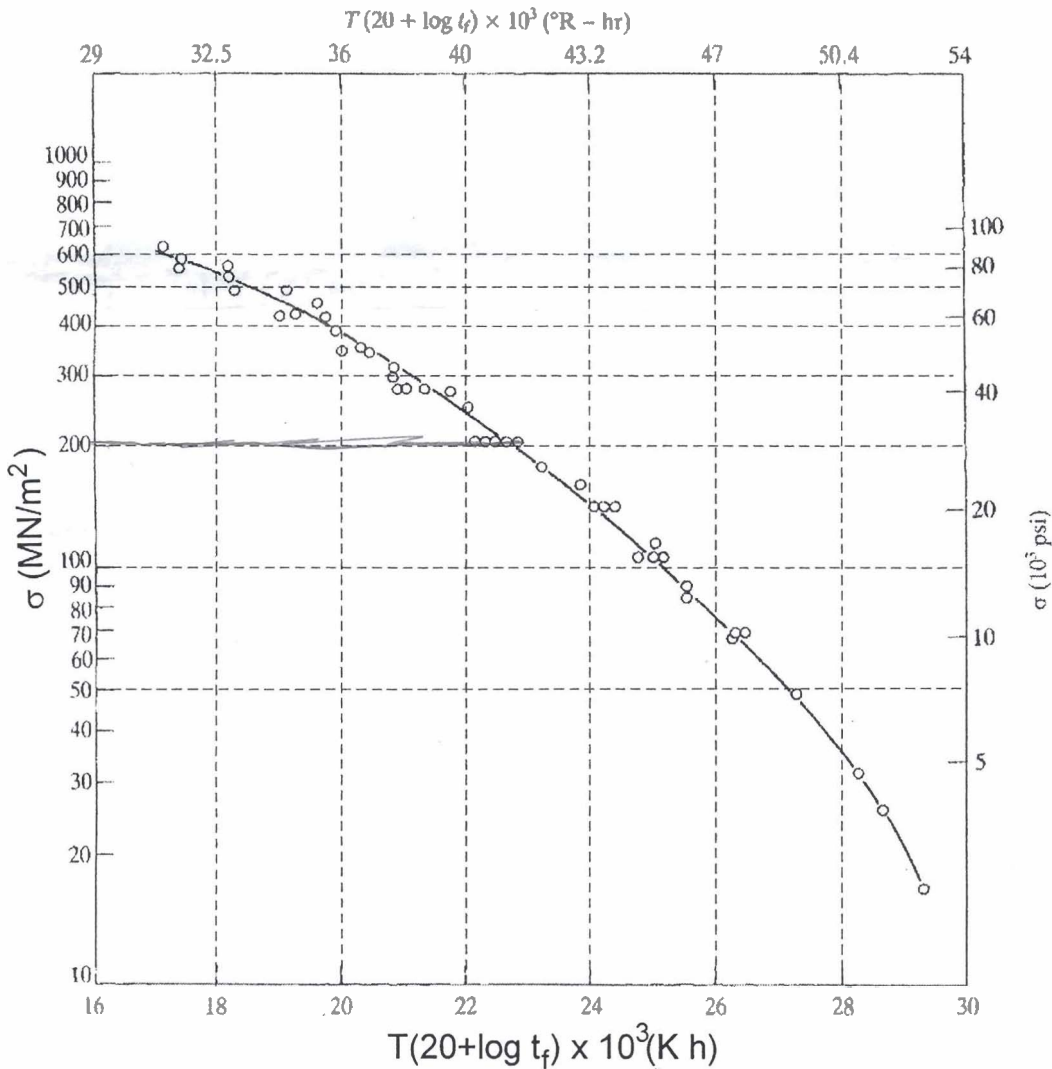
What are the mechanisms that delay the onset of necking during the deformation of a) ordinary steel and b) superplastic aluminum alloy?

## 5. Liuoslujittaminen ja partikkelilujittaminen.

Solid solution strengthening and particle strengthening.

6. Arvioi kuvan 1 perusteella materiaalille S590 turvallinen jännitustaso lämpötilassa  $655^{\circ}\text{C}$  siten, että vaurioitumista ei tapahdu ensimmäisen 5000 tunnin käytön aikana. Entä mikä on vaurioitumiseen tarvittava aika samalle materiaalille, kun jännitys on  $200\text{ MN/m}^2$  ja lämpötila  $800^{\circ}\text{C}$ ? Entä miten paljon lämpötilaa voidaan samalla jännitustasolla vielä nostaa, jotta materiaali kestäisi murtumatta tunnin käyttöajan?

Estimate using the data given in Figure 1 the stress allowed for safe operation at temperature of  $655^{\circ}\text{C}$  such that failure must not take place within the first 5000 hours of operation. What is the failure time for the alloy when the applied stress is  $200\text{ MN/m}^2$  and temperature  $800^{\circ}\text{C}$ ? How much could the temperature be further increased at this stress level without failure occurring in one hour's time?



$$\sigma_T = \frac{F}{A_i} = \frac{F}{A_0} \cdot \frac{A_0}{A_i} = \sigma_E \left( \frac{A_0}{A_i} \right) = \sigma_E (1 + \varepsilon_E) \quad \sigma_T = K (\varepsilon_T)^n \quad \tau = \frac{32M_t r}{\pi D^4} \quad \varepsilon_2 = \varepsilon_3 = -\nu \varepsilon_1$$

$$\frac{\Delta V}{V} = \varepsilon_1 (1 - 2\nu) \quad \sigma_y = m \cdot \tau_{\text{crss}} \quad \tau_B \cong \frac{Gb}{L - 2r} \quad \frac{\Delta V}{V} = \frac{3\sigma}{E} (1 - 2\nu) = \frac{\sigma}{K}$$

$$K = -\Omega_0 \left( \frac{\partial \sigma}{\partial \Omega} \right)_{\Omega_0} = +\Omega_0 \left( \frac{\partial^2 U}{\partial \Omega^2} \right)_{\Omega_0} \quad \tau = \tau_{\text{max}} \cdot \sin \left( \frac{2\pi x}{b} \right) \quad \tau_{\text{max}} \approx \frac{G}{30} \quad \tau_f = G \cdot \exp \left( \frac{-2\pi w}{b} \right)$$

$$\tau = \frac{Gb}{2\pi r} \quad U_s \approx Gb^2 \quad \sigma_x = \frac{-Gb}{2\pi(1-\nu)r} \sin\theta(2 + \cos\theta) \quad \sigma_y = \frac{Gb}{2\pi(1-\nu)r} \sin\theta \cos 2\theta$$

$$\tau_{xy} = \tau_{yx} = \frac{Gb}{2\pi(1-\nu)r} \cos\theta \cos 2\theta \quad \sigma_z = \frac{-Gb\nu \sin\theta}{\pi(1-\nu)r} \quad v_D = \left( \frac{\tau}{\tau_0} \right)^p \quad F_s = \frac{Gb^2}{2\pi r}$$

$$F = \tau b \quad \frac{a}{2} [101] \rightarrow \frac{a}{6} [211] + \frac{a}{6} [\bar{1}\bar{1}2] \quad \tau = \frac{Gb}{r} \quad \tau_{\text{rss}} = \frac{F \cdot \cos\lambda}{A_s} = \frac{F}{A_0} \cos\phi \cos\lambda = \frac{\sigma}{m}$$

$$\sigma_T = K'(\dot{\varepsilon})^m \quad \tau = \tau_0 + \alpha Gb(\rho)^{1/2} \quad \tau \approx \frac{Gb}{L'} \cos \frac{\phi_c}{2} \quad \tau^* = (\tau_{\text{app}} - \tau_0) \left( \frac{d}{4r} \right)^{1/2}$$

$$\tau = \tau_0 + \alpha Gb\sqrt{\rho} \quad \sigma_a = \sigma_{\text{fat}} \left( 1 - \frac{\sigma_{\text{mean}}}{T.S.} \right) \quad \sigma_{\text{th}} = \left( \frac{\gamma E}{a_0} \right)^{1/2} \quad \sigma_E = F/A_0 \quad \varepsilon_E = \Delta l/l_0$$

$$\tau_{\text{app}} = \tau_0 + 2\tau^* r^{1/2} d^{-1/2} = \tau_0 + k'_y d^{-1/2} \quad \sigma_y = \sigma_0 + k_y d^{-1/2} \quad \varepsilon = \frac{\sigma}{E} \quad \gamma = \frac{\tau}{G} \quad \sigma_T = F/A_i$$

$$\sigma_T = \frac{F}{A_i} = \frac{F}{A_0} \cdot \frac{A_0}{A_i} = \sigma_E \left( \frac{A_0}{A_i} \right) = \sigma_E (1 + \varepsilon_E) \quad \sigma_T = \sigma_E (1 + \varepsilon_E) \quad \varepsilon_T = \ln(1 + \varepsilon_E)$$

$$\dot{\varepsilon}_{\parallel} = A \sigma^m \exp(-Q_c / RT) \quad \dot{\varepsilon}_{\text{dg}} = \dot{\varepsilon}_0 \exp \left( -\frac{U_0}{kT} \right) \left[ \exp \left( \frac{\delta U}{kT} \right) - 1 \right] \quad \sigma_F = \frac{K_c}{(\pi c)^{1/2}} \quad \frac{dc}{dN} \approx A(\Delta K)^m$$

$$N_v(\text{veto}) \approx \exp \left( -\frac{Q_f}{kT} \right) \exp \left( \frac{\sigma \Omega}{kT} \right) \quad U_{\text{el}} \approx \frac{\sigma^2}{2E} \pi c^2 \quad \sigma_F = \left( \frac{EG_c}{\pi c} \right)^{1/2} \quad \sigma_F = \left( \frac{2\gamma E}{\pi c} \right)^{1/2}$$

$$N_v(\text{puristus}) \approx \exp \left( -\frac{Q_f}{kT} \right) \exp \left( -\frac{\sigma \Omega}{kT} \right) \quad \dot{\varepsilon}_{\text{NH}} = A_{\text{NH}} \left( \frac{D_L}{d^2} \right) \left( \frac{\sigma \Omega}{kT} \right) \quad \dot{\varepsilon}_c = A_c \left( \frac{D_{\text{GB}} \delta'}{d^3} \right) \left( \frac{\sigma \Omega}{kT} \right)$$

$$\dot{\varepsilon}_i = A_i D_i \left( \frac{\sigma}{G} \right)^{m''} \left( \frac{\sigma \Omega}{kT} \right) \left( \frac{b}{d} \right)^{n'} \quad \sigma_{\text{th}} = \frac{\lambda E}{2\pi a_0} \cong \frac{E}{2\pi} \cong \frac{E}{10} \quad \Delta K \sim \Delta \sigma(c)^{1/2}$$

$$\sigma_{\text{max}} \approx 2\sigma \left( \frac{c}{\rho} \right)^{1/2} \quad \sigma_F = \left( \frac{\gamma E \rho}{4a_0 c} \right)^{1/2} \quad \sigma_F = \left( \frac{2\gamma E \rho}{3\pi a_0 c} \right)^{1/2} \quad \frac{d}{dc} \left[ 4c\gamma - \frac{\pi \sigma^2 c^2}{E} \right]_{\sigma=\sigma_F} = 0$$

$$\frac{1}{2} \Delta \varepsilon_{\text{el}} = \frac{\sigma_f}{E} (2N_f)^{-b} \quad \frac{1}{2} \Delta \varepsilon_{\text{pl}} = \varepsilon_f' (2N_f)^{-c} \quad \sum \frac{n_i}{N_{fi}} = 1$$

$$\frac{1}{2} \Delta \varepsilon = \frac{1}{2} \Delta \varepsilon_{\text{el}} + \frac{1}{2} \Delta \varepsilon_{\text{pl}} = \frac{\sigma_f}{E} (2N_f)^{-b} + \varepsilon_f' (2N_f)^{-c}$$