Tampereen teknillinen korkeakoulu
Materiaaliopin laitos

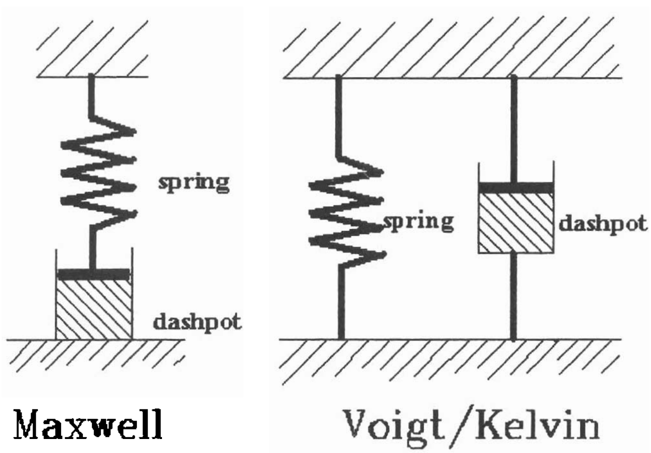
2802020 Materiaalien mekaaninen käyttäytyminen

1. välikoe 28.10.2003

EI KIRJALLISUUTTA !!

Vastaa korkeintaan viiteen kysymykseen !!!

1. Viskoelastisen materiaalin ns. jännitysrelaksaatiokokeessa koekappale kuormitetaan hetkellä t=0 muodonmuutokseen ε, jonka aikaansaamiseen tarvitaan jännitys σ_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 kuvassa A (kuvassa A esitettyä Voigt/Kelvin mallia voidaan käyttää virumisen tarkastelussa, kuten luennolla on esitetty). 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.



Kuva A.

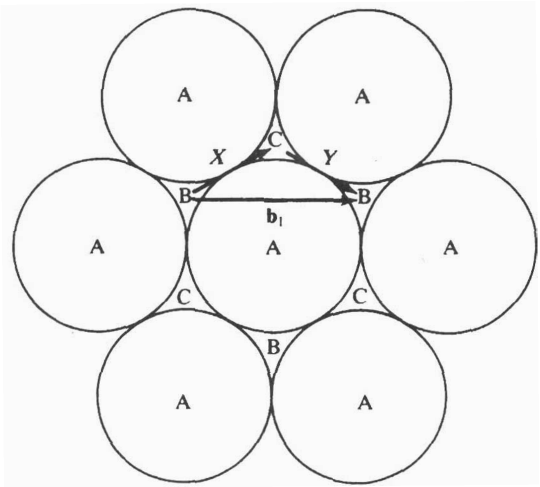
2. Teet monirakeiselle puhtaalle kuparille vetokokeita eri lämpötiloissa ja eri myötönopeuksilla. Esitä seuraavat jännitys-myötymäkäyrät (siis suurinpiirtein miltä kukin käyrä näyttäisi ja erityisesti se, miten käyrät suhtautuvat toisiinsa !): a) huoneenlämpötilassa myötönopeudella 0.0001 s^{-1}, b) huoneenlämpötilassa myötönopeudella 10 s^{-1}, c) 500 °C myötönopeudella 0.0001 s^{-1} ja d) –100 °C myötönopeudella 10 s^{-1}. Perustele vastauksesi !

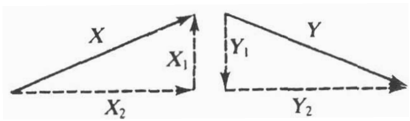
3. Miten kaksiaksiaalinen jännitystila vaikuttaa materiaalien myötämiseen ?

4. Selitä, miten aikanaan päädyttiin siihen, että dislokaatioita täytyy olla olemassa.

5. Liukusysteemit pkk –rakenteessa. Selitä myös erilliskiteen orientaation käsite ja miten se sekä em. liukusysteemit voidaan esittää graafisesti.

6. Laske särmä- ja ruuvikomponenttien pituudet Shockleyn osittaisdislokaatioille (kts. kuva B), jotka ovat syntyneet kuparin kokonaissärmädislokaation jakautuessa kahdeksi osittaisdislokaatioksi. Kuparin hilamitta $a = 3{,}6151$ Å.





Kuva B.

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

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

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

$$\tau = \frac{Gb}{2\pi r} \qquad U_s \approx Gb^2 \qquad \sigma_x = \frac{-Gb}{2\pi(1-\nu)r}\sin\theta(2+\cos\theta) \qquad \sigma_y = \frac{Gb}{2\pi(1-\nu)r}\sin\theta\cos2\theta$$

$$\tau_{xy} = \tau_{xy} = \frac{Gb}{2\pi(1-\nu)r}\cos\theta\cos2\theta \qquad \sigma_z = \frac{-Gb\nu\sin\theta}{\pi(1-\nu)r} \qquad v_D = \left(\frac{\tau}{\tau_0}\right)^p \qquad F_s = \frac{Gb^2}{2\pi r}$$

$$F = \tau b \qquad \frac{a}{2}[\bar{1}01] \to \frac{a}{6}[\bar{2}11] + \frac{a}{6}[\bar{1}\bar{1}2] \qquad \tau = \frac{Gb}{r} \qquad \tau_{rss} = \frac{F\cdot\cos\lambda}{A_s} = \frac{F}{A_0}\cos\phi\cos\lambda = \frac{\sigma}{m}$$

$$\sigma_T = K'(\varepsilon)^m \qquad \tau = \tau_0 + \alpha Gb(\rho)^{½} \qquad \tau \approx \frac{Gb}{L'}\cos\frac{\phi_c}{2} \qquad \tau^* = (\tau_{app} - \tau_0)\left(\frac{d}{4r}\right)^{1/2}$$

$$\tau = \tau_0 + \alpha Gb\sqrt{\rho} \qquad \sigma_a = \sigma_{fat}\left(1 - \frac{\sigma_{mean}}{T.S.}\right) \qquad \sigma_{th} = \left(\frac{\gamma E}{a_0}\right)^{1/2}$$

$$\tau_{app} = \tau_0 + 2\tau^* r^{½} d^{-½} = \tau_0 + k'_y d^{-½} \qquad \sigma_y = \sigma_0 + k_y d^{-½} \qquad \varepsilon = \frac{\sigma}{E} \qquad \gamma = \frac{\tau}{G} \qquad \sigma_T = F/A_i$$

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

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

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

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

$$\dot{\varepsilon}_i = A_i D_i\left(\frac{\sigma}{G}\right)^{m''}\left(\frac{\sigma\Omega}{kT}\right)\left(\frac{b}{d}\right)^{n'} \qquad \sigma_{th} = \frac{\lambda E}{2\pi a_0} \cong \frac{E}{2\pi} \cong \frac{E}{10} \qquad \Delta K \sim \Delta\sigma(c)^{½}$$

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

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

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