Tampere University of Technology
Faculty of Automation, Machine, and Materials Engineering

MOL-1510 Materiaalien mekaaninen käyttäytyminen

Välikoe 22.10.2012

MUISTIINPANOJEN KÄYTTÖ KIELLETTY!

Vastaa **korkeintaan kolmeen** vapaasti valittavaan tehtävään.

Tentaattori: Mikko Hokka

Tehtävä 1:

Toimit materiaaliasiantuntijana yrityksessä joka valmistaa komponentteja erittäin lujasta, mutta hauraasta polymeeripohjaisesta kuitulujitetusta komposiitista. Sinun tehtävänäsi on suunnitella koejärjestely, millä voidaan mitata erikokoisten (halkaisija 2...40 mm) pyörösauvojen elastiset ominaisuudet, sekä murtolujuus. Millaisella kokeella mittaat elastiset ominaisuudet? Miten mittaat ja määrität jännityksen ja myötymän? Miten otat huomioon mahdollisesta kuituorientaatiosta johtuvan anisotropian? Entä millaisella kokeella mittaat materiaalin lujuuden? Mitä muita asioita sinun tulee ottaa huomioon suunnitellessasi kokeita?

Tehtävä 2:

Miten lineaarinen elastisuus ja viskoelastisuus eroavat toisistaan? Miten ja miksi viskoelastisuutta pyritään mallintamaan?

Tehtävä 3:

Miksi PKK kiteisissä materiaaleissa dislokaatiot liikkuvat tietyillä hyvin määritellyillä kidetasoilla ja vain tiettyihin suuntiin? Mainitse ainakin kaksi asiaa. Mitä nämä tasot ja sunnat ovat? Miten kiteen orientaatio ulkoiseen kuormitukseen nähden vaikuttaa dislokaatioiden liikkeeseen?

Tehtävä 4:

Selitä kiteisten materiaalien lujuuden riippuvuus lämpötilasta ja myötönopeudesta. Piirrä kuvaaja, missä pystyakselilla on materiaalin lujuus ja vaaka-akselilla lämpötila. Käyttäen tätä kuvaajaa esitä mitä tarkoitetaan termisesti aktivoidulla dislokaatioliikkeellä.

Tehtävä 5:

Vetokoesauvaa vedetään kahdessa vaiheessa siten, että ensin se pitenee 40 mm -> 50 mm ja toisessa vaiheessa 50 mm -> 60 mm. Laske insinöörimyötymät erikseen näille kahdelle kuormituskerralle ja vertaa niiden summaa siihen, että sauva olisi vedetty suoraan 40 mm -> 60 mm. Jos havaitset eroja tuloksissasi, kerro mistä ne johtuvat. Miten tilanne muuttuisi, jos käyttäisit todellista myötymää laskuissasi?

Niko Polk

$$\sigma_T = K(\varepsilon_T)^n \qquad \tau = \frac{32M_t r}{\pi D^4} \qquad \varepsilon_2 = \varepsilon_3 = -\nu\varepsilon_1 \qquad \frac{\Delta V}{V} = \varepsilon_1(1-2\upsilon) \qquad \sigma_y = m\cdot\tau_{crss}$$

$$\tau_B \cong \frac{Gb}{L-2r} \qquad \frac{\Delta V}{V} = \frac{3\sigma}{E}(1-2\upsilon) = \frac{\sigma}{K} \qquad K = -\Omega_0\left(\frac{\partial\sigma}{\partial\Omega}\right)_{\Omega_0} = +\Omega_0\left(\frac{\partial^2 U}{\partial\Omega^2}\right)_{\Omega_0} \qquad \tau = \tau_{max}\cdot\sin\left(\frac{2\pi x}{b}\right)$$

$$\tau_{max} \approx \frac{G}{30} \qquad \tau_f = G\cdot\exp\left(\frac{-2\pi w}{b}\right) \qquad \tau = \frac{Gb}{2\pi r} \qquad U_s \approx Gb^2 \qquad \sigma_x = \frac{-Gb}{2\pi(1-\nu)r}\sin\theta(2+\cos\theta)$$

$$\sigma_y = \frac{Gb}{2\pi(1-\nu)r}\sin\theta\cos2\theta \qquad \tau_{xy} = \tau_{xy} = \frac{Gb}{2\pi(1-\nu)r}\cos\theta\cos2\theta \qquad \sigma_z = \frac{-Gb\nu\sin\theta}{\pi(1-\nu)r}$$

$$v_D = \left(\frac{\tau}{\tau_0}\right)^p \qquad F_s = \frac{Gb^2}{2\pi r} \qquad F = \tau b \qquad \frac{a}{2}[\bar{1}01] \rightarrow \frac{a}{6}[\bar{2}11] + \frac{a}{6}[\bar{1}\bar{1}2] \qquad \tau = \frac{Gb}{r}$$

$$\tau_{rss} = \frac{F\cdot\cos\lambda}{A_s} = \frac{F}{A_0}\cos\phi\cos\lambda = \frac{\sigma}{m} \qquad \sigma_T = K'(\dot{\varepsilon})^m \qquad \tau = \tau_0 + \alpha Gb(\rho)^{1/2} \qquad \tau \approx \frac{Gb}{L'}\cos\frac{\phi_c}{2}$$

$$\tau^* = \left(\tau_{app} - \tau_0\right)\left(\frac{d}{4r}\right)^{1/2} \qquad \tau = \tau_0 + \alpha Gb\sqrt{\rho} \qquad \sigma_a = \sigma_{fat}\left(1 - \frac{\sigma_{mean}}{T.S.}\right) \qquad \sigma_{th} = \left(\frac{\gamma E}{a_0}\right)^{1/2} \qquad \sigma_E = F/A_0$$

$$\varepsilon_E = \Delta l/l_0$$

$$\gamma = \frac{\tau}{G} \qquad \frac{1}{E_{[hkl]}} = \frac{1}{E_{\langle 100\rangle}} - 3\left(\frac{1}{E_{\langle 100\rangle}} - \frac{1}{E_{\langle 111\rangle}}\right)\left(\alpha^2\beta^2 + \alpha^2\gamma^2 + \beta^2\gamma^2\right)$$

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

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

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

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

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

$$\varepsilon_i = A_i D_i\left(\frac{\sigma}{G}\right)^{m''}\left(\frac{\sigma\Omega}{kT}\right)\left(\frac{b}{d}\right)^{n'} \qquad \sigma_{th} = \frac{\lambda E}{2\pi a_0} \cong \frac{E}{2\pi} \cong \frac{E}{10} \qquad \Delta K \sim \Delta\sigma(c)^{1/2} \qquad \sum\frac{n_i}{N_{fi}} = 1$$

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

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