

MOL-1510 Materiaalien mekaaninen käyttäytyminen

TENTTI 20.12.2012

2. VÄLIKOE 20.12.2012

MUISTIINPANOJEN KÄYTTÖ KIELLETTY! Yksinkertaisen funktiolaskimen käyttö sallittu.

TENTTI: Vastaa korkeintaan **neljään (4)** kysymykseen.

2. VÄLIKOE: Vastaa korkeintaan **kolmeen (3)** kysymykseen kysymyksistä **4-7**

Tentaattori: Mikko Hokka

Tehtävä 1: (VAIN Tentti)

Selitä miten myötymä, siirtymä ja voima voidaan mitata. Vertaa lyhyesti eri myötymän mittausta menetelmiä ja esitele niiden vahvuudet ja heikkoudet.

Tehtävä 2: (VAIN Tentti)

Selitä, mitä tapahtuu monikiteisen pkk -metallin vetokokeen eri vaiheissa ja mistä havaitut ilmiöt johtuvat. Mitä materiaaliparametreja vetokokeen tuloksista voidaan määrittää? Entä miten erilliskiteiselle pkk-metallille saatava jännitys-myötymä -käyrä poikkeaa monikiteisen vastaavasta? Esitä myös vetokoetulosten käsittelyssä tarvittavat jännityksen ja myötymän perusyhtälöt.

Tehtävä 3: (VAIN Tentti)

Selitä mitä ovat lineaarinen elastinen, viskoelastinen ja anelastinen muodonmuutos – perusteet, erot ja yhtäläisyydet. Mihin perustuu lineaarinen elastisuus, ja millaisilla yhtälöillä sitä mallinnetaan.

Tehtävä 4: (Tentti ja 2. VK)

Esitele amorfisten polymeerien tärkeimmät muodonmuutosmekanismit, kun $T \sim T_g$. Miten lämpötila ja jännitystila vaikuttavat amorfisen polymeerin muodonmuutosmekanismeihin?

Tehtävä 5: (Tentti ja 2. VK)

Selitä miten kiteisen materiaalin raekoko vaikuttaa sen mekaaniseen käyttäytymiseen. Tarkastele tilannetta eri lämpötiloilla; matala lämpötila ja mahdollinen haurasmurtuma, keskisuurilämpötila ja normaali plastisuus, sekä korkea lämpötila ja erilaiset virumismekanismit.

Tehtävä 6: (Tentti ja 2. VK)

Mitä tarkoitetaan HCF ja LCF väsymisellä? Millainen materiaali vastustaa hyvin LCF väsymistä ja millainen HCF väsymistä? Miksi juuri tällaiset materiaalit toimivat hyvin näissä olosuhteissa?

Tehtävä 7: (Tentti ja 2. VK)

Hervantaan on valmisteilla uusi kevyen liikenteen silta. Sillan suunnittelussa otettiin huomioon seuraavat asiat:

- -Laboratoriokokeissa havaittiin, että sillan rakenteet kestävät ilman huoltoa yhteensä 10^7 kertaa jalankulkijan ylityksen TAI $5 \cdot 10^6$ kertaa polkupyöräilijän ylityksen TAI 10^4 kertaa kevyen traktorin ylityksen.
- -Sillan arvioitu käyttäjämäärä VUODESSA on seuraava: 10^5 jalankulkijaa, 10^5 pyöräilijää ja 100 kevyttä traktoria.

a) Määritä sillan huoltoväli näiden tietojen perusteella käyttäen Palmgren-Minerin väsymissäntöä. b) Jos sillan liikennemääriin voitaisiin vaikuttaa, niin mikä käyttäjätyyppi kannattaisi ohjata muualle sillan väsymisien parantamiseksi mahdollisimman paljon? Perustele vastauksesi ja pohdi lyhyesti tällaisen lähestymistavan ongelmia.

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

$$\tau_B \cong \frac{Gb}{L-2r} \quad \frac{\Delta V}{V} = \frac{3\sigma}{E}(1-2\nu) = \frac{\sigma}{K} \quad \varepsilon_2 = \varepsilon_3 = -\nu\varepsilon_1 \quad K = -\Omega_0 \left(\frac{\partial \sigma}{\partial \Omega} \right)_{\Omega_0} = +\Omega_0 \left(\frac{\partial^2 U}{\partial \Omega^2} \right)_{\Omega_0} \quad \tau = \tau_{\text{max}} \cdot \sin\left(\frac{2\pi x}{b}\right)$$

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

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

$$v_D = \left(\frac{\tau}{\tau_0}\right)^p \quad F_s = \frac{Gb^2}{2\pi r} \quad F = \tau b \quad \frac{a}{2}[\bar{1}01] \rightarrow \frac{a}{6}[\bar{2}11] + \frac{a}{6}[\bar{1}12] \quad \tau = \frac{Gb}{r}$$

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

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

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

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

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

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

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

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

$$N_v(\text{puristus}) \approx \exp\left(-\frac{Q_f}{kT}\right) \exp\left(-\frac{\sigma\Omega}{kT}\right) \quad \dot{\varepsilon}_{\text{NH}} = A_{\text{NH}} \left(\frac{D_L}{d^2}\right) \left(\frac{\sigma\Omega}{kT}\right) \quad \dot{\varepsilon}_c = A_c \left(\frac{D_{\text{GB}} \delta^1}{d^3}\right) \left(\frac{\sigma\Omega}{kT}\right)$$

$$\dot{\varepsilon}_i = A_i D_i \left(\frac{\sigma}{G}\right)^{m''} \left(\frac{\sigma\Omega}{kT}\right) \left(\frac{b}{d}\right)^{n'}$$

$$\sigma_{\text{th}} = \frac{\lambda E}{2\pi a_0} \cong \frac{E}{2\pi} \cong \frac{E}{10} \quad \Delta K \sim \Delta\sigma(c)^{1/2} \quad \sum \frac{n_i}{N_{\text{fi}}} = 1$$

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

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