

Johdatus materiaalimalleihin

14. harjoitus - virumismalli, numeerinen integrointi

1. Metalliseen sauvaan kohdistuu sinimuotoisesti vaihteleva venymä

$$\varepsilon(t) = \varepsilon_a \sin(2\pi t/t_{\text{per}}),$$

jossa t_{per} on syklin periodi. Sauvan materiaalin otaksutaan noudattavan seuraavaa konstitutiivista mallia, jossa viruminen ja vaurioituminen on kytketty toisiinsa

$$\begin{aligned}\sigma &= (1 - D)E(\varepsilon - \varepsilon^c), \\ \dot{\varepsilon}^c &= \frac{h(T)}{t_c} \left(\frac{|\sigma|}{(1 - D)\sigma_r} \right)^p \frac{\sigma}{|\sigma|}, \\ \dot{D} &= \frac{h(T)}{t_d} \left(\frac{|\sigma|}{(1 - D)\sigma_r} \right)^p,\end{aligned}$$

jossa $h(T) = \exp(-Q/RT)$, Q on aktivaatioenergia, R on yleinen kaasuvakio ja T on lämpötila absoluuttisella asteikolla. Tutki mallin käyttäytymistä kun $\varepsilon_a = 0.005$ ja lämpötila on 700°C . Laske kahdella maksimivenymänopeuden arvolla 10^{-3} 1/s ja 10^4 1/s. Määritä periodi t_{per} siten, että saat tuon maksimivenymänopeuden. Materiaali-parametreilla on arvot $E = 100$ GPa, $\sigma_r = 75$ MPa, $p = 6$ ja $t_c = 100$ s, $t_d = 10$ s. Termiselle aktivaatioenergialle voit käyttää arvoa 150 kJ/mol.

Piirrä vaurionkehitys syklien funktiona. Montako sykliä materiaali kestää murtumatta? Piirrä jännitys-venymä kuvaaja joka sadannella syklillä kun maksimivenymänopeus on 10^{-3} 1/s ja joka kymmenennellä syklillä tapauksessa 10^{-4} 1/s.

Ohje. Tee ohjelma, joka integroi materiaalimallia vaikkapa eksplisiittisellä Eulerin menetelmällä. Muista, että eksplisiittinen Eulerin menetelmä on vain ehdollisesti stabiili. Pidä sen vuoksi aika-askel Δt pienempänä kuin menetelmän kriittinen aika-askel. Tutki kriittisen aika-askelen arvoa eri jännitystasoilla.