

KIRJALLISUUDEN KÄYTTÖ KIELLETTY

1. Mitkä ovat hydrodynaamisen liukulaakerin keskeiset edut ja rajoitukset? Miten voiteluaine on parasta tuoda ko. laakeriin (määrittele uran/reiän tyyppi ja paikka), kun kyseessä on a) polttomoottorin kampiakselin liukulaakeri (pyörivä kuorma), b) liukunopeudella 3 m/s jatkuvasti pyörivä säteisliukulaakeri vakiokuormalla ?

2. Ohessa on kuusi väittämää, johon voit vastata kyllä, ei tai tyhjä. Oikea vastaus on +1 pistettä, väärä vastaus -0.5 pistettä, tyhjä 0 pistettä (minimipistemäärä on nolla).

- liukulaakerimateriaalina valkometallit kestävät hyvin reunapaineita (akselin kallistumaa)
- raskaasti kuormitetussa hammaspyöräkosketuksessa merkittävin voitelukalvon paksuuteen vaikuttava tekijä on kuormitus
- vaurioanalyysissä keskeistä on kulumismekanismien selvittäminen
- vierintälaakerin nimellinen kestoikä L_{10} on kestoikä, jonka 95 % laakereista saavuttaa tai ylittää
- liukulaakerimateriaalina kupariseokset kestävät korkeampia lämpötiloja kuin valkometallit
- kun säteisliukulaakerin välystä kasvatetaan sen kuormankantokyky kasvaa

3. Kuvan (liite) esittämässä KOPP-kuulavariaattorissa tehonsiirtoon tarvittava puristusvoima saadaan aikaan automaattisilla kiristysmekanismeilla. Variaattorissa on neljä kuulaa ($\phi 40$ mm). Laippojen vierintähalkaisija on 60 mm ja kulma $\beta = 45^\circ$. Kuulat ja laipat ovat terästä ($E = 210$ GPa ja Poissonin luku 0.3, yhdistetty pinnankarheus $0.2 \mu\text{m}$). Voiteluaineen viskositeetti on 0.0075 Ns/m^2 ja viskositeetin paine-eksponentti $2.0E-8 \text{ m}^2/\text{N}$. Laske EHD-teorian mukaan voitelukalvon ominaispaksuus sellaisessa käyttötilanteessa, jossa akselin ja laippojen pyörimisnopeus on 1700 rpm ja normaalivoima $F_N = 1500 \text{ N}$. Kaavakokoelma liitteenä.

4. Reynoldsin yhtälön yleinen esitysmuoto on:

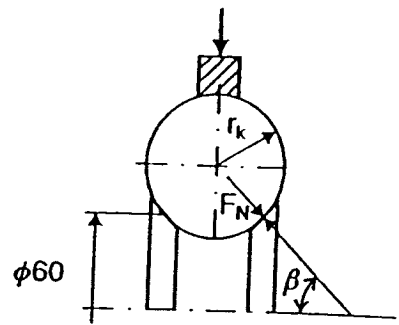
$$\frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{\rho h^3}{\eta} \frac{\partial p}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{\rho h^3}{\eta} \frac{\partial p}{\partial y} \right) = 6 \left\{ \frac{\partial}{\partial x} (U_1 + U_2) \rho h + \frac{\partial}{\partial y} (V_1 + V_2) \rho h + 2\rho \frac{\partial h}{\partial t} \right\}$$

Mitä yksinkertaistuksia em. yhtälöön voidaan tehdä ja missä muodossa yhtälö voidaan yksinkertaisimmillaan esittää mallinnettaessa pitkän (y-suunnassa) hydrodynaamisen laakerin toimintaa, kun laakeriin vaikuttaa vakio kuorma ja vakio, x-suuntainen nopeus ? Perustele tehdyt oletukset ja yksinkertaistukset !

5. Johda kitkavoiman lauseke hydrodynaamiselle säteisliukulaakerille. Säteisliukulaakerin kalvonpaksuus $h = c(1 + \varepsilon \cos \theta)$, jossa c = vällys ja ε epäkeskisyyssuhde. Oletukset: kapea laakeri ja puolikas Sommerfeld reunaehto. Nesteen nopeudet x- ja y-suunnassa ovat:

$$u = \left(\frac{z^2 - zh}{2\eta} \right) \frac{\partial p}{\partial x} + \frac{(U_1 - U_2)z}{h} + U_2, \quad v = \left(\frac{z^2 - zh}{2\eta} \right) \frac{\partial p}{\partial y} + \frac{(V_1 - V_2)z}{h} + V_2$$

Kaavakokoelma



Kuva 1. Kopp-variattorin periaate.

Pistemäisen kosketuksen kalvon dimensiottomat minimi- ja keskipaksuudet saadaan yhtälöistä (1)

$$H_{\min,c} = 3,63 \cdot U_e^{0,68} G_e^{0,49} W_e^{-0,073} (1 - e^{-0,68k}) \quad (7.3-14)$$

$$H_{c,c} = 2,69 \cdot U_e^{0,67} G_e^{0,53} W_e^{-0,067} (1 - 0,61 \cdot e^{-0,73k}) \quad (7.3-15)$$

missä

$$\frac{1}{R_x} = \frac{1}{r_{Ax}} + \frac{1}{r_{Bx}}$$

$$\frac{1}{R_y} = \frac{1}{r_{Ay}} + \frac{1}{r_{By}}$$

$$\frac{1}{E^*} = \frac{1}{2} \left(\frac{1 - \nu_1^2}{E_1} + \frac{1 - \nu_2^2}{E_2} \right)$$

$$H_c = \frac{h}{R_x}$$

$$U_e = \frac{\eta_0 u}{E^* R_x} \quad (\text{nopeusparametri})$$

$$G_e = \frac{E^*}{p_{iv,as}} \quad (\text{materiaaliparametri})$$

$$W_e = \frac{F_N}{E^* R_x^2} \quad (\text{kuormaparametri})$$

$$k = \frac{a}{b} = 1,03 \cdot \left(\frac{R_y}{R_x} \right)^{0,64} \quad (\text{elliptisyysparametri})$$

a on kosketusellipsin puoliakseli (määritelty siten, että a vastaa y -akselin suuntaa)

b on kosketusellipsin puoliakseli (x -akselin suunnassa)

$p_{iv,as}$ on asymptoottinen isoviskoosipaine $\approx 1/\alpha$

F_N on kokonaiskuorma.