

## KIRJALLISUUDEN KÄYTTÖ KIELLETTY

1. Mitkä ovat hydrodynaamisen liukulaakerin keskeiset edut ja rajoitukset? Miten voiteluaine on parasta tuoda laakeriin (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).

a) liukulaakerimateriaalina valkometallit kestävät hyvin reunapaineita (akselin kallistumaa)

b) teräs / nitrattu pronssi on yleisesti käytetty kitkapari kuivissa levykytkimissä  *teräs/sininen pronssi*  
*vitri/teräs/vitri. teräs*

c) molybdeenidisulfidi on yleisesti käytetty kiinteä voiteluaine

d) säteisliukulaakerin suhteellinen välys on tyypillisesti 0.5-3 promillea

e) vierintälaakereihin suositellaan EP-lisäaineita jos viskositeettisuhte  $\kappa = v/v_1$  on suurempi kuin 1  *v tamm < 1*

f) FZG koelaitteella testataan hammaspyöriä ja niiden voiteluaineita

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). Voiteluaineen viskositeetti on  $0.0075$  Ns/m<sup>2</sup> ja viskositeetin paine-eksponentti  $2.0E-8$  m<sup>2</sup>/N. Laske EHD-teorian mukaan voitelukalvon minimipaksuus sellaisessa käyttötilanteessa, jossa akselin ja laippojen pyörimisnopeus on 1500 rpm ja normaalivoima  $F_N = 1700$  N. Kaavakokoelma liitteenä.

4. a) Mitkä tekijät mahdollistavat elastohydrodynaamisen voitelukalvon syntymisen?

b) SKF:n uusi laakerien kestoian yksinkertaistettu laskentakaava on  $L_{naa} = a_1 a_{SKF} L_{10}$ . Mitä ovat parametrit  $n$ ,  $a_1$  ja  $a_{SKF}$  ja mistä eri tekijöistä ne ovat riippuvaisia?  $L_{10}$  on perinteisesti laskettu kestoikä.

5. Reynoldsin yhtälön kolmidimensionaalinen yleinen esitysmuoto on:

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

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