

# TAMPEREEN TEKNILLINEN YLIOPISTO

Koneensuunnittelun laitos

KSU-4120 Tribologian jatkokurssi

Tentti 20.03.2007

## KIRJALLISUUDEN KÄYTTÖ KIELLETTY

1. a) Mitä ominaisuuksia vaaditaan liukulaakerimateriaalilta sekavoitelualueella, kun akselimateriaalina on teräs, b) Miten voiteluaine on parasta tuoda laakeriin (uran/reiän tyyppi ja paikka), kun kyseessä on polttomootorin kampiakselin liukulaakeri (pyörivä kuorma).

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) sintrattujen laakerien keskeisenä ominaisuutena on huokoinen rakenne, jossa huokosten tilavuus on 15-30 % koko tilavuudesta
- c) kiinteänä voiteluaineena käytetyn grafiitin alhainen kitka perustuu sen liuskemaisuuteen, jossa hiiliatomien välinen sidos tasoissa on huomattavasti lujempi kuin tasojen välissä
- d) hydrodynaamisen liukulaakerin suhteellinen välitys on luokkaa 1-2 prosenttia
- e) vierintälaakereihin suositellaan voiteluainetta, jossa on EP-lisäaineita jos viskositeettisuhde  $\kappa = \nu/\nu_1$  on pienempi kuin 1
- f) kosketuspintojen vaurioanalyysissä keskeistä on kulumismekanismien selvittäminen

3 a) Milloin vierintälaakerissa tyypillisesti käytetään öljyvoitelua (rasvan sijasta) ja mitkä ovat öljyvoidellun vierintälaakerin keskeiset voitelumenetelmät (voitelutavat) ? b) SKF:n uusi laakerien kestoian yksinkertaistettu laskentakaava on  $L_{naa} = a_1 a_{SKF} L_{10}$ . Mitä ovat parametrit  $L_{10}$ ,  $a_1$  ja  $a_{SKF}$ . Mistä eri keskeisistä tekijöistä  $a_{SKF}$  on riippuvainen ?

4. Voitelukalvon minimipaksuus hammaspyörissä voidaan laskea ehl-kaavalla

$$h_{\min} = \frac{2,65 \alpha^{0,54} (\eta_o u)^{0,7} R^{0,43}}{(F'_N)^{0,13} (E^*)^{0,03}}$$

Määritä kaavassa tarvittava yhdistetty säde  $R$  suorahampaisen hammaspyöräparin vierintäpisteessä. Lähtöarvoja: moduuli  $m = 2,75$  mm, leveys 45 mm, hammaspyöräparin akseliväli  $a_w = 91,5$  mm, ryntökulma vierintäpinnalla  $\alpha_{wt} = 23,38^\circ$ , perushalkaisijat  $d_{b1} = 67,19$  ja  $d_{b2} = 100,78$ , hammasluvut  $z_1 = 26$  ja  $z_2 = 39$ . Hahmottele kuva tilanteesta.

5. Reynoldsin yhtälön kolmidimensionaalinen yleinen esitysmuoto on:

$$\frac{\partial}{\partial x} \left( \frac{\rho h^3}{\eta} \frac{\partial p}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left( \frac{\rho h^3}{\eta} \frac{\partial p}{\partial y} \right) = 6 \left\{ \frac{\partial}{\partial x} \left[ (U_{x1} + U_{x2}) \rho h \right] + \frac{\partial}{\partial y} \left[ (U_{y1} + U_{y2}) \rho h \right] + 2 \frac{\partial(\rho h)}{\partial t} \right\}$$

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 !

