

Oktatási hét	Előadás	Gyakorlat
1	Bevezetés, A tribológia fogalma, rövid története.	Feladatkiadás, a kidolgozás megkezdése.
2	A Reynolds- egyenlet, hidrosztatikus, hidrodinamikus és kiszorítási elven működő csapágyak	A feladat kidolgozása, konzultáció.
3	A viszkozitás fogalma, mértékegységei, mérése. A Newton-i folyadék fogalma.	A feladat kidolgozása, konzultáció.
4	Általános elvek siklófelületek vizsgálatakor. Az általános elvek alkalmazásának bemutatása siklócsapágyakra.	A feladat kidolgozása, konzultáció.
5	Kör keresztmetszetű radiális csapágy és négyszög alakú saru (axiális csapágy) vizsgálata.	A feladat kidolgozása, konzultáció.
6	Az általános elvek alkalmazása fogaskerekekben kialakuló tribológiai állapotok leírására. Az irodalomban fellelhető elméletek, megközelítések.	A feladat kidolgozása, konzultáció.
7	A csúszva gördülő hengerek érintkezése, Hertz- elmélet.	A feladat kidolgozása, konzultáció.
8	Berágódás, üzemi hőmérséklet, hűtési rendszer vizsgálata, számítása.	A feladat kidolgozása, konzultáció.
9	Jellemző hőmérsékletek a fogaskerekes hajtóművekben, ezek számolásának lehetőségei.	A feladat kidolgozása, konzultáció.
10	Grubin, Dowson-Higginson közelítő számítási módszerei, eredményeik bemutatása, összehasonlítása.	A feladat kidolgozása, konzultáció.
11	Ipari hajtóművekben alkalmazott olajak gyártása, jelölései, összetevők rövid bemutatása.	A feladat kidolgozása, konzultáció.
12	Olaj adalékok, a fontosabb tulajdonságokat módosító módszerek, anyagok.	A feladat kidolgozása, konzultáció.
13	Az összes meghatározható hőmérséklet- értéket összefoglaló diagram készítése.	Feladat beadás
14	Összefoglalás, konzultáció, feladatbeadás.	Konzultáció, elmaradások pótlása, feladat beadás.

Ajánlott irodalom:

Valasek István szerk.: Tribológia. I. – VII. kötet. Tribotechnik Kft, Budapest, 2002. ISBN 963 00 8688 3

Szota György: Siklócsapágyak tervezése. Műszaki Könyvkiadó, Budapest 1974.

Szota György: Gépelemek IV. Egyetemi jegyzet. Tankönyvkiadó, Budapest, 1990.

A tantárgy követelményei és a félévvégi aláírás feltételei:

- A tárgy lezárásának módja: gyakorlati jegy.
- Az aláírás megszerzésének feltétele az előadásokon és a feladatkioldozási konzultációkon való aktív részvétel, a gyakorlati jegy megszerzésének feltétele az előírt feladat megadott határidőig (a szorg. időszak utolsó előtti hetének gyakorlati órája) történő beadása.
- A feladat értékelése ötfokozatú minősítéssel történik.
- Az elégtelen vagy elmaradt feladat pótlása, valamint a gyakorlati jegy szorgalmi időszakon túli pótlása, javítása csak a szükséges dékáni engedély alapján történhet.

Miskolc, 2019. szeptember 1.

Dr. Szabó Ferenc János
tárgyelőadó
egyetemi docens

Tribológia

Levelező tagozatos gépészmérnök MSc hallgatók részére

Találkozási alkalom	Előadás, gyakorlat
1	Ismétlés: Fogalmak, kopási jelenségek. Kopási típusok, klasszikus kopás- számítási módszerek Szerkezeti anyagok tribológiai tulajdonságai, kenőanyagok Egy konkrét ipari homlokkerekes, egyenes fogazatú hajtómű megismerése, Tribológiai vizsgálatának megkezdése. (számpélda)
2	Kenőszírok, szilárd kenőanyagok, mérőszámok Kenési rendszerek, kenési állapotok Folyadékkenés, a kenőanyagfilm kialakulásának feltételei, a kialakult kenőanyagfilm jellemzői. A számpélda folytatása, veszteségek, fogfelületi súrlódási tényező meghatározása.
3	Gépelemek tervezésének tribológiai szempontjai Siklócsapágyak tervezésének tribológiai kérdései Gördülőcsapágyak kenése Egyéb gépelemek (lánc-hajtás, drótkötetek) kenési kérdései A számpélda folytatása, olaj üzemi hőmérséklet meghatározása, kenési rendszer részleteinek megtervezése.
4	Tömítések (anyagok, kialakítások, beépítések) Elasztó- hidrodinamikus kenésállapot (EHD): bevezetés, alapegyenletek EHD: az egyenletek megoldásai irodalmi példák alapján, berágódási biztonság számítása Jellemző hőmérsékletek a fogaskerék- hajtóművekben. A számpélda folytatása, befejezése. Jellemző hőmérsékletek a hajtóműben, a hajtómű elemek súrlódási állapota.

Ajánlott irodalom:

Neale, M. J.: The Tribology. Handbook, Butterworth, Oxford, 1995.

Stolarski, T.: Tribology in Machine Design, Butterworth, Oxford, 2000.

Vámos E. (szerk.): Tribológiai kézikönyv. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1983.

Valasek, I. (szerk.): Tribológia, 1, 2, 3 kötet. Tribotechnik Kft, Budapest, 2002.

A tantárgy követelményei és a félévvégi aláírás feltételei:

- A tárgy lezárásának módja: aláírás, gyakorlati jegy
- A félév elismerésének (az aláírás megszerzésének) feltétele az előadásokon és a feladatkidolgozási konzultációkon való aktív részvétel, az előírt feladat megadott határidőig (a szorg. időszak utolsó előtti hetének gyakorlati órája) történő beadása és elégséges szintű teljesítése.
- A feladat értékelése ötfokozatú minősítéssel történik.
- Az elégtelen vagy elmaradt feladat pótlása, valamint a gyakorlati jegy szorgalmi időszakon túli pótlása, javítása csak a szükséges dékáni engedély alapján történhet.

Megoldási útmutató a Tribológia tantárgyhoz

A Tribológia tantárgyból a félév során egy ipari hajtómű teljes tribológiai vizsgálatát végzik el a hallgatók, ehhez az előadások nyújtanak elméleti segítséget és a gyakorlati órákon végzik a konkrét számításokat.

Az előadások anyagából a gyakorlati jegy esetén a félév végén, kollokvium esetén a vizsga napján a hallgatók egy 6 kérdésből álló tesztet írnak, az előadáson elhangzott fontosabb témákat felölelően. A kérdések megválaszolásához egy ábra és felsorolások, vagy egy gondolat kifejtése szükséges. Minden kérdés 8-9 pont, nehézségétől és terjedelmétől függően.

A teszt így kb 50 pont lehet maximum. Az elégséges (2) osztályzat megszerzéséhez a maximális pontszám 40%-a, azaz 20 pont szükséges. A többi jegy az alábbi táblázat alapján kerül meghatározásra:

Pontszám	jegy	jegy (betűvel)
0 – 19	1	elégtelen
20- 27	2	elégséges
28 – 35	3	közepes
36 – 43	4	jó
44 - 50	5	jeles

A félév során elvégzett számításokat „letisztázva” jegyzőkönyv formájában adják be a hallgatók, ez általában egy 35- 40 oldalas jegyzőkönyv, ábrákkal, számolásokkal.

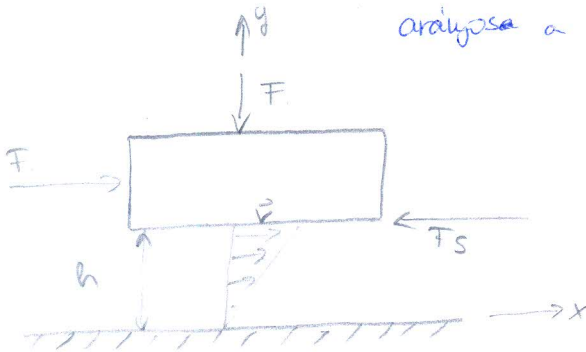
A végső jegy (gyakorlati jegy, vagy vizsgajegy) kialakítása a teszt eredménye és a beadott feladat eredménye, valamint a félév során mutatott munkavégzés minőségének figyelembe vételével történik. (A teszt és a feladat matematikai átlaga, amit max. 30%- ban módosíthat a félév során végzett munka minősége).

Mat (5)

TRIBOLÓGIA FELADATSOR
IV. éves Gépészmérnök hallgatók részére

1. Mit jelent a Newton- féle hipotézis viszkozus folyadékok esetén, mi a különbség a kinematikai és a dinamikai viszkozitás között, mik ezen mennyiségek mértékegységei?

Newton-féle hipotézis: lamináris áramlás esetén a folyadék rétegei között fellejő csúszási feszültség egyenesen arányos a sebességgradiéussal



viszkozitás: folyóssággal szembeni ellenállás, amely függ a hőmérséklettől

Kinematikai, relatív viszkozitás: ν $[\frac{m^2}{s}]$

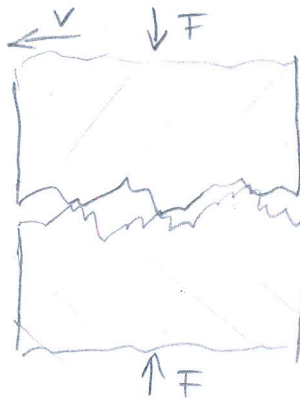
dinamikai, abszolút viszkozitás: η $[\frac{Ns}{m^2}]$

$$\nu = \frac{\eta}{\rho}$$



3. Érintkező felületek között kialakuló lehetséges súrlódási állapotok, ezek rövid jellemzése, ábrával.

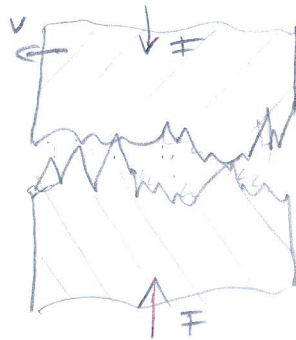
SZÁRAZ SÚRLÓDÁS



$$0,2 \leq \mu$$

- a felületet közé tudatosan nincs vezetve zsírépíték
- az érintkezési pontok viselik el a terhelést

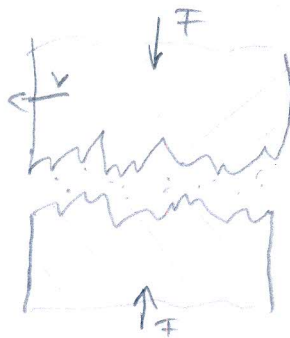
VEGYES SÚRLÓDÁS



$$0,005 \leq \mu \leq 0,2$$

- a felületet közé már van bevezetve folyadék (zsírépíték)
- ahol tud kialakulni, ott a folyadék réteg viseli el a terhelést, ahol nem, ott az érintkezési pontokat viselik.

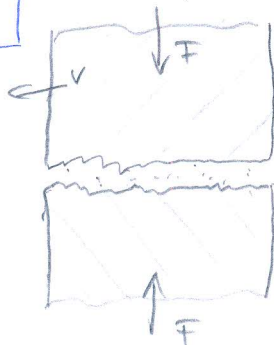
FOLYADÉK SÚRLÓDÁS



$$0,001 \leq \mu \leq 0,005$$

- a felületet között folytonos folyadék réteg alakul ki
- a terheléseket a folyadék viszkozitása viseli el.

HATÁRRETEG SÚRLÓDÁS

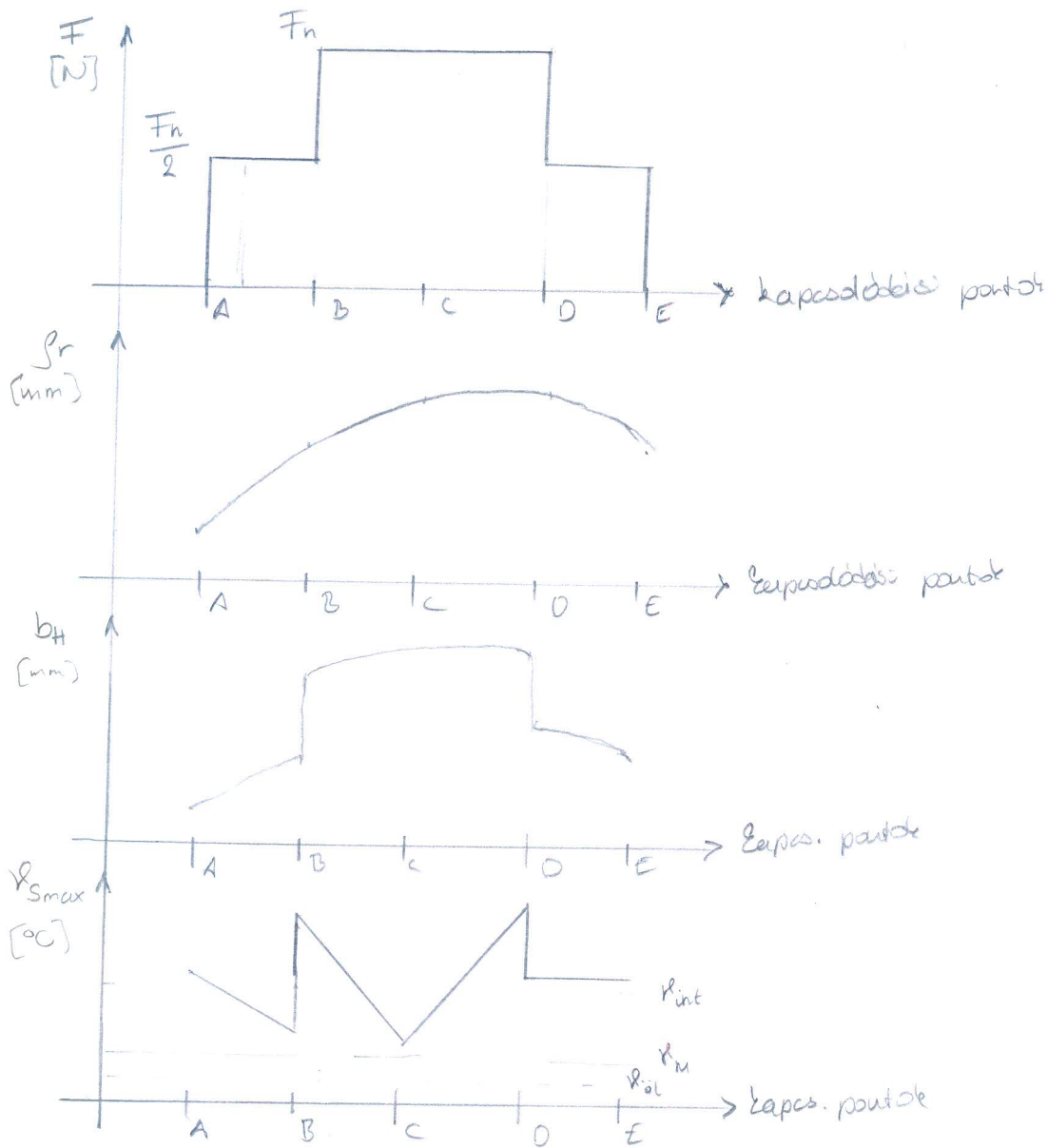


$$0,005 \leq \mu \leq 0,05$$

- a terhelés során a felületet nagyobb, kisebb csúcsai letörnek, betopnak,
- a felületet között nagyobb utólag ~~réteg~~ filmréteg alakul ki, ami még képes a terhelés elbírására



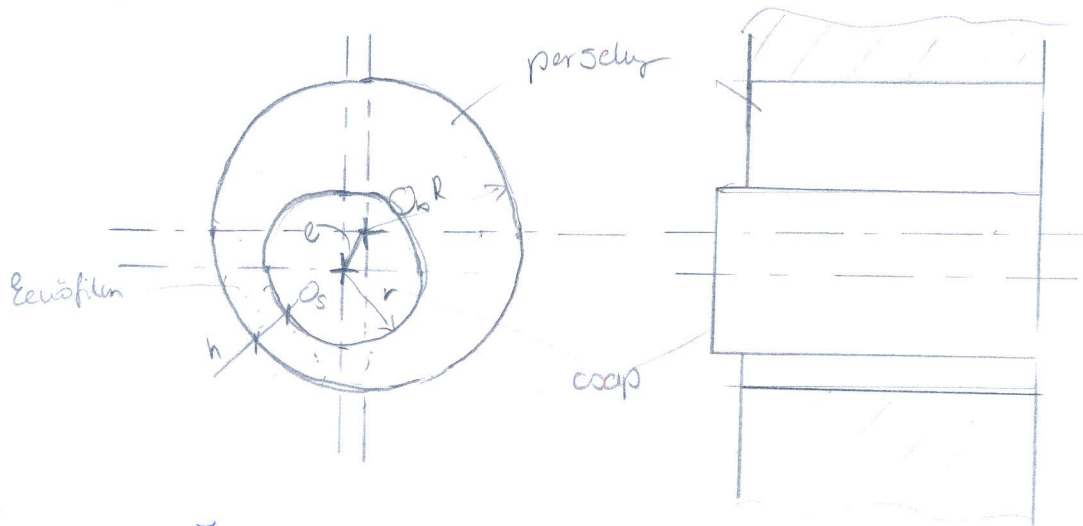
5. Milyen jellemző hőmérsékleteket határoznak meg ipari hajtóművek tribológiai vizsgálata során?



- F_n - fogfelületre merőleges erő [N]
- r - redukált görbületi sugár [mm]
- b_H - Hertz-zóna félszélesség [mm]
- T_{01} - olaj hőmérséklet [°C]
- T_m - fogszélek középhőmérséklete [°C]
- T_{int} - fogfelület átlagos hőmérséklete [°C]
- T_s - fogfelület hőmérséklete [°C]



7. Ismertesse a hidrodinamikus siklócsapágyak főbb kenélméleti jellemzőit, a dimenzió nélküli jellemző számokkal.



$$\Delta r = R - r = \frac{F}{2} = \text{sugárkülönbség}$$

e = excentricitás

$$\varepsilon = \text{relatív excentricitás} = \frac{e}{\Delta r}$$

$$\psi = \text{relatív jétele} = \frac{\Delta r}{r}$$

$$h = \text{szűkítő réteg} = \text{css feltétel alapján} = r \cdot \psi (1 - \varepsilon \cos \varphi)$$

jellemző számok:

- terheltetőségi szám : Φ
- mozgáshoz szükséges erő : F [N]
- erő erdőjének a helye : X [mm]
- átáramlási szám : J
- súrlódási szám :
- súrlódási teljesítmény : P_s [W]



6. Mik a főbb kenélméleti eredmények az elasztó- hidrodinamikai kenésállapot vizsgálatakor?
(felületpár ábrája, kenőfilmnyomás, ennek eredője, stb.)

→ feltelepítés egyenlete: (kenőfilm nyomás)
~~nyomásból adódik~~

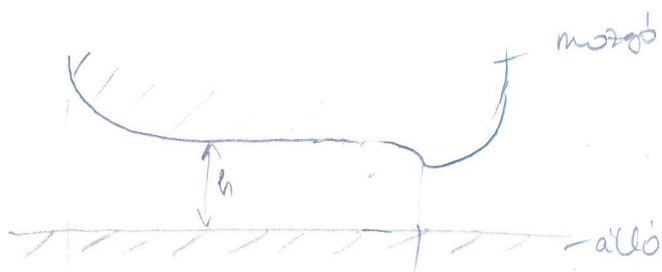
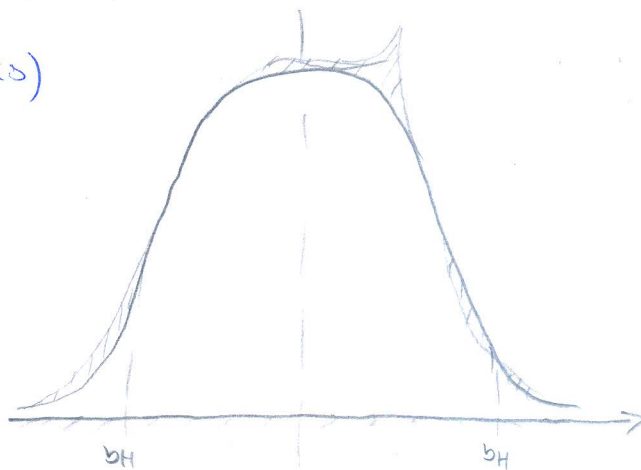
$$p_H(x) = p_{\max} \cdot \sqrt{1 - \left(\frac{x}{b_H}\right)^2}$$

$$\rightarrow p_{\max} = \frac{2}{\pi} \cdot \frac{I}{l \cdot b_H}$$

l - felületek hossza

→ b_H - Hertz-zóna felszélessége

$$b_H = \sqrt{\frac{8}{\pi \cdot E} \cdot \frac{I}{e} \cdot r_r}$$



4. Mik a súrlódási állapot legfőbb kenélméleti jellemzői, amiket minden súrlódó felületpár tribológiai vizsgálata során meghatározunk?

- ▶ a terheléstől eredő nyomás differenciál egyenletének felírása és megoldása
- ▶ terheltetősége
- ▶ a nyomás eredményeképp felve és nagysága
- ▶ a súrlódási tényező, a mozgathatósághoz szükséges erő kiszámítása
- ▶ az ~~elő~~ üzemi hőmérsékletének meghatározása
- ▶ a kenőanyagok fogyasztása, tömegáramok meghatározása
- ▶ a tervezés^{hez} ~~kor~~ érvényes - hűtési módja, az előj minimális szintjének meghatározása



2. Hány féle képpen csoportosíthatjuk a siklócsapágyakat?

Terhelés iránya szerint: → radialis
→ axiális
→ összetett

Kenés típusa szerint: → hidrosztatikus
→ hidrodinamikus
→ eliszorítás: elvű

Terhelés szempontjából (kenés elvezetésénél): → statikus súrlódásos
→ vegyes súrlódásos
→ folyadék súrlódásos
→ határreteg súrlódásos

