

FORGATTYÚS TENGELY SIKLÓCSAPÁGYAZÁSÁNAK TRIBOLÓGIAI VIZSGÁLATA

TRIBOLOGY TEST OF CRANKSHAFTS' PLAIN BEARING

Papp Szonja, MSc Gépészmérnök hallgató

ABSTRACT

The subject of the presentation is the examination of crankshafts' plain bearing, regarding tribology with the usage of Tribology Simulator. During the examination, we have to define the following: the condition of the lubrication, the properties of the examined bearing, and the parameters of the examination. From the input data the software can predict the operating forces and wear patterns.

1. BEVEZETÉS

Tribológiának nevezzük a kölcsönösen egymásra ható és egymáshoz viszonyítva elmozduló felületek viselkedésének tudományát és technológiáját. A tribológia a szilárd-szilárd, szilárd-folyékony, mozgó szilárd-gáz, folyadék-folyadék és folyadék-gáz határfelületeken lejátszódó jelenségekkel foglalkozik. Tribológiai rendszerek létrejöttékor érintkezési, súrlódási és kopási folyamatok játszódnak le, ezáltal veszteségek alakulnak ki.

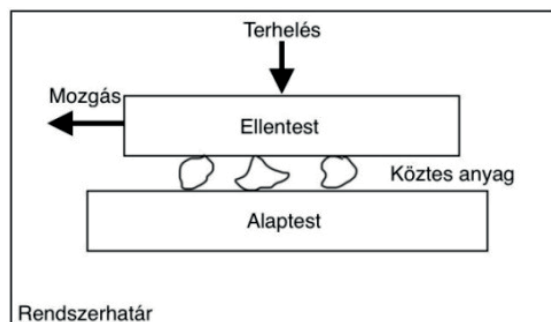
2. TRIBOLÓGIAI RENDSZER

A rendszer leírható a fekete doboz módszerrel, melynek során kijelölünk egy rendszerhatárt, vagyis a rendszert elkülönítjük a környezettől. Ezután megállapítjuk a be- és kimenő mennyiségeket, majd ezen mennyiségek közötti összefüggéseket. A rendszer szerkezeti leírásánál fontos a rendszerelemek azonosítása, az elemek közötti kapcsolatok megállapítása, valamint az elemek fontosabb paramétereinek meghatározása. Különböző tulajdonságokkal jellemezhető a rendszer, mint például geometriai- és anyagjellemzők.

Az állandó változás a tribológiai rendszer fontos jellemzője, mivel a keletkező veszteségek megváltoztatják a rendszer viselkedését. Ez az oka annak, hogy nem elegendő a be- és kimenő mennyiségek közötti kapcsolatot vizsgálni. Szükséges a tribológiai hatásokra kialakuló rendszerszerkezet változásainak és azok rend-

szerműködésre gyakorolt hatásainak a tanulmányozása.

A rendszer részei egymással mozgó kapcsolatban vannak. Fő részei a két egymáshoz viszonyítva elmozduló felület és azok környezete (1. ábra). Az alapanyag, az összetevők kialakítása, a közties anyagok, a környezeti befolyások és az alkalmazási feltételek határozzák meg a kopás jellegét, lefolyását, illetve a mértékét. [1]



1. ábra. A tribológiai rendszer sematikus ábrája [1]

2.1. Kopás

A felszíni károsodás egyik legjellemzőbb formája a kopás. Kopás alatt az egymással súrlódó kapcsolatban lévő felületek anyagi részecskéinek leválását és ezáltal a felület geometriájának visszafordíthatatlan megváltozását értjük. A kopási folyamatot két csoportba lehet osztani: enyhe és intenzív. Ezt csak azok a vizsgálatok mutatják ki, ahol azt találták, hogy növelve a normál terhelést, vagy térfogati hőmérsékletet, vagy a relatív csúszási sebességet van egy olyan határ, ahol a kopási együttható hirtelen, nem lineáris módon megugrik.

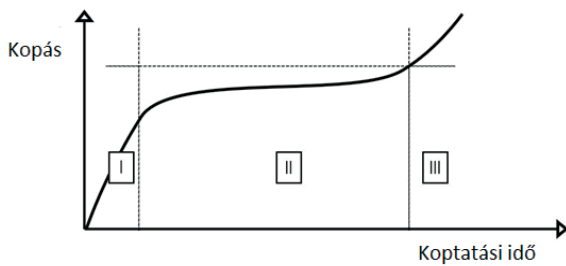
Enyhe kopás tartományában relatíve sima felület keletkezik, a keletkező törmelék-átmérő kisebb, mint 100 nm. Az ilyen kopás miatt nagy kontaktellenállás jön létre.

Ezzel szemben az intenzív kopás tartományában a keletkező felület durva, mélyen barázdált a kiinduló állapothoz képest. Nagy törmelék-átmérő, akár 0,01-es átmérővel. Tiszta fémes kapcsolat a felületek között, így alacsony elekt-

romos kontaktellenállás. Mérnöki szempontból elmondható, hogy míg a enyhe kopás megengedhető, addig az intenzív kopás kerülendő folyamat. Ezért fontos tudni, hol van a két különböző típusú folyamatot elválasztó határ, illetve az üzem során becsülni a kopási együtthatót, ezáltal beazonosítani, hogy az intenzív határtól milyen messze áll folyamat.

A kopási folyamat jellemzésére használható az általános kopásdiagram (2. ábra), mely három egymástól különböző szakaszra bontható [2]:

- I bejáratási szakasz: degresszív
- II állandósult kopás: kvázi-lineáris
- III túlkopás: progresszív



2. ábra. Jellemző kopásgörbe [1]

3. FORGATTYÚS TENGELY SZEREPE

A forgattyús tengely fő feladata a forgó mozgás egyenes vonalú alternáló mozgássá alakítása, vagy ennek fordított alkalmazása. Általános felhasználása belsőégésű motorokban történik, amelyeknél a dugattyúk egyenes vonalú mozgását alakítja forgó mozgássá. A tengely különleges kialakítása miatt tengelyirányban nem helyezhető fel csapágy, valamint nagy és váltakozó dinamikus terhelés jön létre működésnél. Ezek alapján olyan csapágyra van szükség, ami egyszerűen beépíthető, vagyis osztható, és nagy a radiális terheléssel szembeni ellenálló képessége (3. ábra). Így a forgattyúkar és forgattyúcsap közé siklócsapágy beépítése szükséges, amely általában bi-metálból vagy tri-metálból készül.



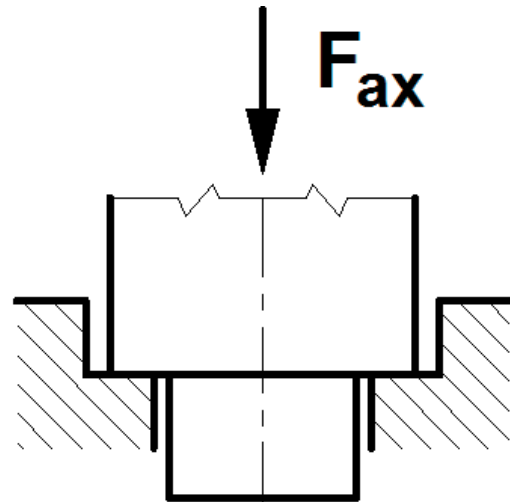
3. ábra. forgattyús tengely felépítése

4. CSAPÁGYAK SZEREPE

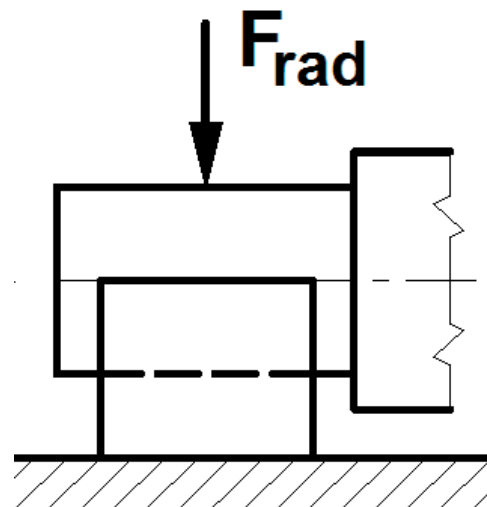
A csapágyak olyan gépelemek, amelyek tengelyek, forgó alkatrészek alátámasztásául szolgálnak, úgy, hogy a forgó mozgást minél kisebb ellenállás mellett, minél pontosabb vezetéssel biztosítsák. A csapágyba illeszkedik a tengelycsap. A csapágyaknak általában különböző terhelésekből adódó nagy erőket kell felvenniük, melyek származhatnak a forgó alkatrész súlyából, a kiegyensúlyozatlanságból származó forgó és alternáló tömegegerőkből, vagy akár a gép működése folyamán fellépő más hatásokból is.

A csapágyak csoportosítása történhet működési elv és a terhelés iránya szerint. Terhelés iránya alapján megkülönböztetünk:

- axiális (4. ábra);
- radiális (5. ábra);
- axiális és radiális erők felvételére alkalmas csapágyakat.



4. ábra. Axiális terhelés



5. ábra Radiális terhelés

Működési elv szerint a csapágyak típusai lehetnek:

- Gördülőcsapágy
- Mágneses elven működő csapágy
- Rugalmas csapágy
- Siklócsapágy

5. SIKLÓCSAPÁGYAK OPTIMÁLIS ANYAGÖSSZETÉTELEI

A siklócsapágyakat olyan anyagokból kell elkészíteni, melyek képesek nagy erőket felvenni, kicsi a súrlódási együtthatójuk, ellenállóak a megemelkedett hőmérséklettel szemben és korrózióállóak. Ezen szempontok figyelembevételével kell kiválasztani a megfelelő csapágy anyagot. Felhasználási területtől függően a legkülönbözőbb anyagokból választhatunk.

5.1. Bi – material

A bi – material, vagyis két anyagból álló csapágyaknál a külső, nagy terheléseket felvevő felületet fémből, míg a belső, csappal érintkező felületet műanyagból készítik. Az ellenálló külső fém héj képes nagyobb terheléseket is felvenni, míg a kevésbé strapabíró, belső műanyag hüvely kisebb súrlódásának köszönhetően simább járást és kisebb kopást eredményez.

5.2. Fehérfém

Rendkívül előnyös tulajdonságokkal rendelkeznek a lágú, szárazon is jó súrlódási jellemzőkkel bíró fehérfémekből készült csapágyperiselyek. Ezek a fehérfém periselyek készülhetnek ónból, ólomból vagy akár antimon ötvözetéből.

5.3. Grafít

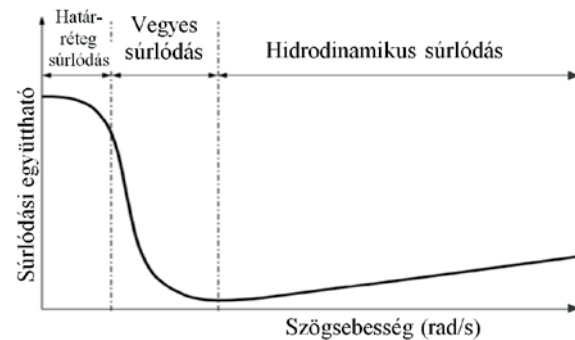
A grafít szilárd kenőanyagként viselkedik, ebből következtethetően meglehetősen jó választás siklócsapágy anyagának. Vegyítetlen formában akár nedves körülmények melletti használatra is alkalmas.

5.4. Plasztik

Manapság a műanyag csapágyak meglehetősen nagy népszerűségnek örvendenek, mivel nem igényelnek kenőanyagot, nem korrodálódnak, kicsi a tömegük és nem igényelnek karbantartást. Azonban hátrányaik is akadnak. A hőtágulási együttható változása nem lineáris, valamint nagy tartományban mozog, ezért tervezésnél bonyolult vele számolni. A nem rendelkezésszerű használatból adódóan rendkívül gyorsan melegeznek.

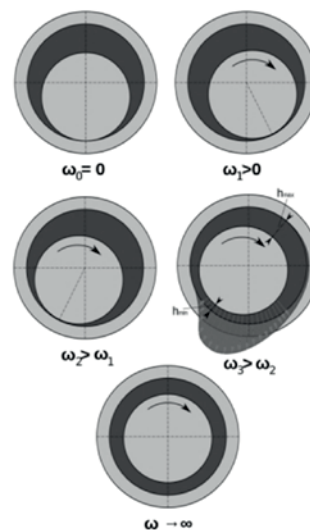
6. SIKLÓCSAPÁGY KOPÁSANALÍZISE

A siklócsapágyak felületei között felléphet hátréteg-súrlódás, vegyes súrlódás, folyadéksúrlódás, de alapvetően folyadék-(hidrodinamikussúrlódás állapotára tervezik a siklócsapágyakat. Az egyes súrlódási állapotok fellépésének lehetőségét a Stribeck görbe (6. ábra) segítségével lehet megállapítani a jellemző üzemi paramétereiből.



6. ábra. Stribeck görbe

Álló helyzetben a nyugalmi állapotot veszi fel a tengely és a kenőanyag a siklócsapágyon belül [4]. Indításkor egy nagyon rövid időtartamra lép fel az indulási állapot. Ebben az állapotban a tengely először gördül a csapágyfalon, ezáltal jut abba a pozícióba, ami a 7. ábrán látható. Ez a mozgás fokozatosan átvált csúszásba, amivel párhuzamosan felépül a hidrodinamikussúrlódás, és fokozatosan kezd a tengely megközelíteni az üzemi állapotot. Az üzemi állapotban megközelíti a rendszer az elasztó-hidrodinamikussúrlódás állapotát és felveszi az állandósult állapotú pozícióját, amint azt a 7. ábra is mutatja.



7. ábra. A siklócsapágy jellemző állapotai az életciklusa során.

A leállítás során az indulási állapothoz képest egy hosszabb időtartamban a tengely fokozatosan, monoton módon megközelíti a nyugalmi állapotot, és végül elfoglalja az ehhez tartozó pozíciót, amikor a forgása leáll.

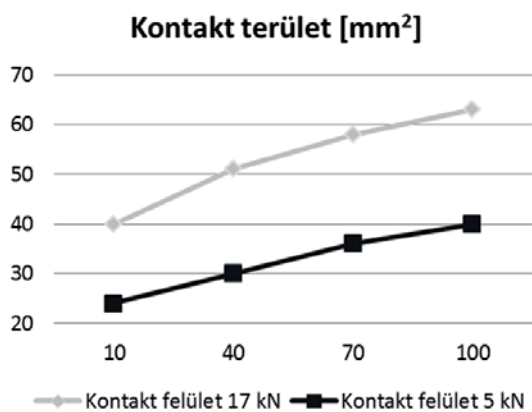
7. TRIBOLÓGIAI SZIMULÁCIÓ

A kopás szimulációját a Tribology Simulator nevű szoftver segítségével végeztük el. A szoftver a leggyakrabban előforduló tribológiai érintkezési feladat szimulációjára alkalmas. A szimulátor fő funkciója a vegyes kenési körülmények között érintkező kontaktfelületek között fellépő súrlódás számítása, amikor a terhelést részben a kenőanyag, részben pedig a közvetlenül érintkező felületek veszik fel. [5]

Az eredmény kiértékelésénél a csapágóban bekövetkezett változásokat vizsgáltuk idő és terhelés függvényében. Mivel egy forgattyús tengely dinamikus terhelése a forgattyúkar és tengely által bezárt szög tekintetében változó, a szimulációt két különböző terhelés mellett futtattuk. Kb 17 kN terhelés lép fel abban az esetben, amikor a dugattyú működésbe lép. Ez a körülfordulásnak csupán rövid részét teszi ki, kb 10°. A működés során az átlag terhelés a tengelyen 5 kN, ezzel a faktorral végeztük a második szimulációt. Az így kapott eredményekből megállapítható, milyen mértékben befolyásolják a csapágy kopását a különböző terhelések.

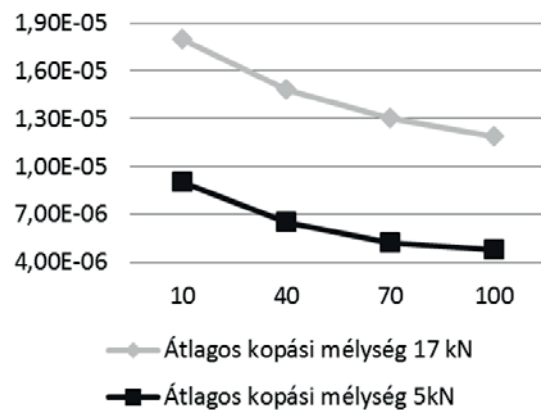
8. EREDMÉNYEK KIÉRTÉKELÉSE

Az alábbiakban láthatóak az Tribology Simulatorban kapott eredmények összesítései diagram formátumban:



8. ábra Érintkező felület nagysága

Átlagos kopási mélység [mm]



9. ábra Átlagos kopási mélység

Az eredmények alapján látható, hogy nagyobb terhelés esetén a kopási folyamat gyorsul, ezáltal az érintkező terület megnő (8. ábra). A különböző terhelések mellett tesztelt csapágyak felületét fontos vizsgálni a kopás nyomok elemzésével, hogy megbizonyosodjunk arról, hogy a károsodási mechanizmus ugyanaz a különböző terhelések mellett.

9. KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A cikkben ismertetett kutató munka az EFOP-3.6.1-16-2016-00011 jelű „Fiatalodó és Megújuló Egyetem – Innovatív Tudásváros – a Miskolci Egyetem intelligens szakosodást szolgáló intézményi fejlesztése” projekt részeként – a Széchenyi 2020 keretében – az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósul meg.

10. IRODALOMJEGYZÉK

- [1] Dr. Jenei I., Ladányi G.: Kenésgazdálkodás, 2013.
- [2] Dr. Előd A.: Géptervezés I., Budapest, 1994.
- [3] BME Járműgyártás és –javítás Tanszék: Károsodás (letöltés ideje: 2019.11.29.)
- [4] Mokhtar MOA, Howarth RB, Davies PB.: „The behavior of plain hydrodynamic journal bearings during starting and stopping”, ASLE Trans, Vol. 30(3), p.183–90, 1977.
- [5] Tribology Simulator User Manual, www.tribonet.org, 2018.