XI. FIATAL MŰSZAKIAK TUDOMÁNYOS ÜLÉSSZAKA

Kolozsvár, 2006. március 24-25.

GOLYÓ/SÍK ELRENDEZÉSŰ KOPTATÓBERENDEZÉS ELEMZÉSE

Kovács Tünde, Barányi István, Dr. Dévényi László

Abstract

When investigating the wear phenomena often there is a need for studying the wear process on the basis of variable parameters (microstructure, surface roughness, and load). A new experimental method was developed thorough several set of tests, by which the effects of the mentioned parameters in the wear process can be examined. The method is based on the ball/plane contact which is suitable for examination of the local wear phenomena. There is a point like contact at the beginning of the experiments.

Összefoglalás

A kopási igen összetett, számos tényezőtől függő folyamat. Ha a vizsgálataink során törekedni kívánunk a reprodukálhatóságra és az eredmények összehasonlíthatóságára, akkor azoknak a tényezőket, melyek a folyamat során az eredményre hatással vannak, célszerű valami módon állandóvá tenni.

Vizsgálatainkhoz lokális kopás vizsgálatára alkalmas berendezést fejlesztettünk. Ennek a berendezésnek előnye, hogy a próbatést adott pontján képes a kopással szembeni ellenállást vizsgálni. Mivel a koptatást edzett acélgolyóval végezzük, fontos vizsgálnunk, hogy a golyó milyen kényszerek hatására, milyen mozgást végez. A kísérletek során tapasztaltuk, hogy a golyó mozgása bolygó mozgás, de ennek empirikus megfigyelése nem ad egyértelmű választ a kényszerek és a mozgás kapcsolatára.

Bevezetés

A golyó/sík érintkezésen alapuló kopás-vizsgálati eljárást egyszerűsége miatt széles körben alkalmazzák. Előnye, hogy a kopási folyamat lokálisan vizsgálható, a folyamat során a kopás előrehaladottságának mértéke – a kísérlet időszakos megszakításával – jól nyomon követhető [1,2,3].

Nyugvó állapotban a terhelést a golyó súlyereje és a golyónak a beállítási szögektől függő beékelődése biztosítja. Meghajtott állapotban az érintkezési felületeken létrejövő súrlódó erők a golyót a beékelődésből kiemelni igyekeznek. Meghajtott állapotban tehát a terhelőerő nagysága a súrlódási együttható által determinált.

A vizsgálat kezdetén a golyó-sík érintkezés környezetében a fajlagos felületi igénybevétel rendkívül nagy. A meghajtott golyó gömbsüveg alakú kopási nyomot hoz létre, ennek geometriai adataiból becsülhető a kopás mértéke, amelyet a gömbsüveg térfogatával arányos tömegvesztéssel szokás jellemezni.

A kopás folyamán a gömbsüveg mentén érintkező felület nagysága fokozatosan növekszik, ebből adódik, hogy a kopás az idő függvényében csökkenő fajlagos felületi terhelés mellett megy végbe. Összehasonlító vizsgálatoknál a koptatás kezdeti szakaszát célszerű vizsgálni, ugyanis ekkor a legnagyobb koptatóhatás. Nagyobb problémát jelent a kopási úthossz pontos meghatározása, ugyanis

a golyó és az állandó fordulatszámmal forgó tengely közötti érintkezés nem stabil, azaz nem csuszás mentes (slip jelenségével lehet számolni).

1. Lokális koptatóberendezés bemutatása

1. ábra A koptatóberendezés

Az 1. ábrán látható koptatóberendezés gömb/sík érintkezés elvén alapul, a kiindulási pillanatban tehát pontszerű. A kopási folyamat eredményeként gömbsüveg geometriájú kopásnyom jön létre. A kopási tényezőt a kikopott térfogat és a kopási út segítségével határozzuk meg. A kopási folyamat során a koptatógolyó bolygó mozgást végez, ezáltal a felületi érdessége csupán elhanyagolható mértékben változik.

A kopás folyamán a gömbsüveg mentén érintkező felület nagysága fokozatosan növekszik, ebből adódik, hogy a kopás az idő függvényében csökkenő fajlagos felületi terhelés mellett megy végbe. Összehasonlító vizsgálatoknál a koptatás kezdeti szakaszát célszerű vizsgálni, ugyanis ekkor a legnagyobb a koptatóhatás.

A vizsgálatok során nem alkalmaztunk kenőanyagot, a kopadékokat pedig eltávolítottuk. A kísérletek eredményeképpen egy szabályos gömbsüveg kopásikráter keletkezett melyet a 2. ábra mutat be. A gömbsüveg főköre mikroszkóppal mérhető, és ennek segítségével a kikopott térfogat számítható.

2. ábra
Elektronmikroszkópos felvételek 25kV, 50 szeres nagyítás mellett, a III. elrendezéssel végzett kísérletben a próbatestenen keletkezett kopásnyom

A kopási út hossz és a kopási tényező számítására alkalmazott összefüggések:

Gömbcsüveg mélysége, h (mm):

$$h = R - \sqrt{R^2 - r^2} \quad (1)$$

Kopási térfogat, V_v (mm³):

$$V_v = \frac{h \cdot \pi}{6} \left(\frac{3}{4} d^2 + h^2 \right) \quad (2)$$

Kopási úthossz, S (m):

$$S = n \cdot 2R \cdot \pi \cdot t \quad (3)$$

Kopási tényező, K (mm³/Nm):

$$K = \frac{V}{S \cdot N} \quad (4)$$

2. A koptatóberendezés statikai vizsgálata

A koptató test bolygómozgását a terhelő és a súrlódó erők definiálják. A bolygó mozgás alapfeltétele, hogy a koptató golyóra ható támasztóerő biztosítsa a többtengelyű forgó mozgást.

Ezen mozgás megvalósulásának két feltétele van:

- a forgó kúp és a gömbfelület közötti csúszó súrlódás és a

- gömb és a mélyhornyú golyócsapágó közötti tapadási súrlódás kialakulása.

3. ábra

A koptató berendezés erőjátéka

A golyót terhelő erővektorokra felírható az alábbi egyenlet:

$$\mathbf{T}_1 + \mathbf{T}_2 + \mathbf{G} + \mathbf{F} = \mathbf{0} \quad (5)$$

A $\mathbf{T}_1$ és a $\mathbf{T}_2$ erőkre igaz továbbá, hogy nagyságuk nem egyenlő, mivel a támasztó csapágó okozta erő $\mathbf{T}_1$ nagyságát növeli.

Az erővektoros egyensúlyi egyenlet a komponensek segítségével felírva:

$$\mathbf{T}_1 * \cos(150^\circ) + \mathbf{T}_2 * \cos(240^\circ) + \mathbf{F} * \cos(\alpha) = 0; \quad (6)$$

$$\mathbf{T}_1 * \sin(150^\circ) + \mathbf{T}_2 * \sin(240^\circ) + \mathbf{F} * \sin(\alpha) + \mathbf{G} = 0; \quad (7)$$

Az egyenletekből látszik a megtámasztó $\mathbf{F}$ jelű terhelés vízszintessel bezárt szögét úgy kell meghatározni, hogy amennyiben a koptató testre nem hat a $\mathbf{G}$ terhelés, úgy az $\mathbf{F}$ erő hajlásszögének a $[30^\circ + \gamma/2 \dots -30^\circ - \gamma/2]$ intervallumba kell esnie.

Az ábrán szemléltetett $\mathbf{T}_1$ és $\mathbf{T}_2$ erők - a μ_1 illetve μ_2 súrlódási tényezőjű felületen - csúszó súrlódási erőt okoznak. Mivel a súrlódás ugyanazon anyagpár között lép fel, így

$$\mu_1 = \mu_2 \quad (8)$$

Mivel a felületeket összeszorító erők különbözőek, így az egyes súrlódó erők is különbözőek lesznek:

4. ábra

A felületeket összeszorító erők

A golyó bolygómozgása akkor alakul ki, ha a kúpfelületeknél a súrlódási erő túllép a tapadási súrlódási erő nagyságán és csúszás alakul ki mindkét felületen.

3. A koptató golyó bolygómozgásának dinamikai vizsgálata

A test mozgását a meghajtómotor által szolgáltatott n_{motor} és a támasztó csapágy felülethez való csúszásmentes nyomódása okozza. A meghajtó tengely forgása áradódik egy, az előzővel metsző helyzetű másik tengelyre. Így a koptató testre két, a függőleges síkban elhelyezkedő szögsebességvektor hat.

A közös érintkezési pont (A) sebességét felírva:

- a motor fordulatszámának segítségével:

$$v_a = R_1(x;y) * \omega_{\text{motor}} = y * \omega_{\text{motor}} = y * 2 \pi n_{\text{motor}} \quad (9)$$

- a csapágy fordulatszámának segítségével:

$$v_a = R_2 * \omega_{\text{csapágy}} \quad (10)$$

ahol y az A pont és a forgástengely függőleges távolsága és R_2 a csapágy külső gyűrűjének sugara.

5. ábra

A jellemző távolságok a koptatásnál

6. ábra

A koptatógolyóra ható szögsebesség vektorok

Tehát a szögsebességek kapcsolata az A pont segítségével:

$$R_2 * \omega_{csapagy} = y * \omega_{motor} \quad (11)$$

A két szögsebesség vektor eredője határozza meg a golyó mozgását:

Összefoglalás

A kopási folyamat során a koptatógolyó mozgásának elemzése fontos információkat adhat. A koptatógolyó bolygó mozgása miatt a kopási folyamat során a koptató test felületi érdessége közel állandónak tekinthető. A felületi érdesség változása jelentős mértékben befolyásolná a kopási tényező értékét, valamint a vizsgálatok kiértékelhetőségét.

A golyó igen bonyolult mozgásának elemzése során, a golyót érő statikus és dinamikus hatások együttes figyelembevételére volt szükség.

Irodalomjegyzék:

- [1] Gy. Bagyinszki: Wear Resistance Characterization of Surface Treatment Layers, Eurotrib'93 - 6th International Congress of Tribology, Budapest - Hungary, August 30 - September 2, 1993, Volume 3., pp. 350-353.
- [2] T. Kovács, L. Dévényi: Investigation of wear process by gradient method, Material Science Forum Vols. 473-474. 2005. pp.213-218.
- [3] I.M. Hutchings: Tribology: Friction and wear of engineering materials, 1992. Great Britain p. 78.
- [4] R. Colaco, R Vilar: Abrasive wear of metallic reinforced materials, Wear 255, 2003. p. 643-650
- [5] Kovács T. Dévényi L.: Golyó/sík érintkezés elvén alapuló lokális kopásvizsgálati eljárás alkalmazási feltételeinek elemzése, FMTÜ Konferencia, Kolozsvár 2004. p.155-162.
- [6] K. L. Rutherford and I. M. Hutchings, Theory and Application of a Micro-Scale Abrasive Wear Test, American Society for Testing and Materials, West Conshocken, 1997.

Barányi István főiskolai tanársegéd
 BMF Gépszerkezet-tani és Biztonságtechnikai
 Intézet
 1081, Bp. Népszínház u. 8
 tel: (+36-1) 219-6337
baranyi.istvan@bgtk.bmf.hu

Kovács Tünde főiskolai adjunktus, Ph.D.
 hallgató
 BMF, Anyag és Alakítástechnológiai Tanszék
 1081, Bp. Népszínház u. 8
 tel: (+36-1) 219-6327
kovacs.tunde@bgtk.bmf.hu