XII. FIATAL MŰSZAKIAK TUDOMÁNYOS ÜLÉSSZAKA

Kolozsvár, 2007. március 16–17.

HŐTECHNIKAI FOLYAMATOK ELEMZÉSE LOKÁLIS KOPÁSVIZSGÁLATNÁL

Réger Mihály, Kovács Tünde, Réti Tamás

Abstract

It became clear that for experimental purposes special testing equipment is needed, which does not initiate changes in the original microstructure of heat treated steels specimens during wear tests. Consequently, it was necessary to develop a new type of wear testing equipment and a proper testing method, by which the undesirable effects (i.e. microstructural changes caused by intensive heat formation) can be avoided. The discussed heat generation analysis is based on the heat transfer simulation performed by COMSOL Multiphysics software.

Összefoglalás

A hőtechnikai folyamat elemzésének célja, hogy viszonylag egyszerű számításokkal igazoljuk, a bolygó-golyós kopásvizsgálat folyamán a kráter környezetének olyan mérvű felmelegedésével nem kell számolni, amely a mintában a vizsgálatok eredményeit érdemben befolyásoló mikroszerkezeti változásokat idézne elő. Egy olyan szimuláción alapuló elemzést végeztünk el, melynek révén a kráter környezetében, illetve a minta egészében a hőmérséklet eloszlás (a kialakuló instacioner hőmérsékletmező) megbecsülhető. A szimulációhoz a COMSOL Multiphysics véges elemes szoftver hőtani modulját alkalmaztuk

Bevezetés

A különböző anyagú és szövetszerkezetű minták kopási vizsgálata során lényeges, hogy a minta hőmérséklete a vizsgálat során lényegesen ne változzon. Ha a minta hőmérséklete a kráter környezetében lényegesen nő, akkor a kiinduló állapot és a hőmérséklet függvényében szövetszerkezeti változások (megeresztődés, lágyulás, allotróp átalakulás) történhetnek. A koptatáskor jelentkező hőfejlődés mértékének és a mintában kialakuló hőmérsékletmező becsléséhez mérési módszerek (termoelemes, infrakamerás technikák) valamint többnyire véges-elem alapú szoftverek alkalmazásán alapuló szimulációs eljárások egyaránt használatosak. A hőfejlődés, illetve annak hatása szempontjából különbséget szokás tenni az érintkező felületeken lezajló, valamint a kráter környezete és a minta egészében bekövetkező folyamatok között. E témakörrel kapcsolatos problémák megoldására számos modell és szimulációs algoritmus ismert a szakirodalomból.

Hőtechnikai folyamat elemzése

A következőkben ismertetett elemzésnek nem célja az érintkező felületpárokon kialakuló termikus folyamatok „mikro” szintű modellezése illetve szimulációja, bár kétségtelen, hogy ezek a kopás mechanizmusában szerepet játszanak. Alapvetően arra törekedtünk, hogy viszonylag egyszerű számításokkal igazoljuk, hogy a bolygó-golyós kopásvizsgálat folyamán a kráter környezetének olyan

mérvű felmelegedésével nem kell számolni, amely a mintában a vizsgálatok eredményeit érdemben befolyásoló mikroszerkezeti változásokat idézne elő.

A kopás-vizsgálati paraméterek megválasztásakor eleve abból indultunk ki, hogy minél kisebb a terhelés és minél rövidebb a vizsgálati idő, annál kisebb hőfejlődés várható. Nyilvánvaló, hogy a minta geometriájának, tömegének, hőkapacitásának és hővezető képességének is illeszkednie kell a vizsgálati paraméterekhez.

A vizsgálati paraméterek (terhelés, szögsebesség, golyóátmérő) megválasztása megfelelőnek tűnt abban a tekintetben, hogy kísérlek során egyetlen esetben sem tapasztaltunk melegedésre utaló jeleket a golyón és a mintán. A kráter közvetlen környezetében végzett mikrokeménység vizsgálatok eredményeiből ugyancsak arra következtettünk, hogy a minta anyagban lágyulására utaló keménységcsökkenés nem tapasztalható.

Mindazonáltal szükségesnek tartottuk egy olyan szimuláción alapuló elemzés elvégzését, melynek révén a kráter környezetében, illetve a minta egészében a hőmérséklet eloszlás (a kialakuló instacioner hőmérsékletmező) megbecsülhető.

A szimulációhoz a COMSOL Multiphysics véges elemes szoftver hőtani modulját alkalmaztuk. A modellezett minta hengeres alakú volt, (10 mm átmérőjű és 1 mm vastagságú), amely geometriáját tekintve pontosan megfelelt a valóságos mintának. A választott hőtechnikai jellemzők a következők voltak:

Hővezető képesség: 44, 5 W/(mK)

Sűrűség: 7850 kg/m³

Fajhő: 475 J/(kgK)

Kezdeti hőmérséklet: 20 °C

A modell-feltételezések szerint a henger alakú minta felülete 20 °C-os levegővel érintkezik, a hőátadási együttható értéke 25 W/(m²K).

1. ábra. A minta geometriája és a hőfluxusnak kitett felület

Ez alól egyedüli kivétel a minta egyik körlapjának középponti tartománya, amelyre vonatkozóan a koptatásból generált hőhatás szimulációja végett egy 0,5 mm-es átmérőjű körfelületen 660000 W/m^2 nagyságú belépő hőfluxust alkalmaztunk (1. ábra). Ez a hőfluxus megfelel a vizsgálati paraméterek (súrlódási erő, súrlódási út) alapján becsült hőterhelésnek.

2. ábra. Felületi hőmérséklet eloszlás 100 s után

3. ábra. Felületi hőmérséklet változása az átmérő mentén a koptatás kezdetétől számított különböző időpontokban

A fenti paraméterekkel 1000 s-ig, vagyis várhatóan már az állandósult állapot eléréséig végeztünk számításokat. A szimuláció eredményeként meghatározott felületi hőmérséklet eloszlás látható a 2. ábrán. A 3. ábra a minta felületén egy átmérő mentén kialakuló hőmérséklet eloszlásokat mutatja különböző időpontokban (0, 10, 20,.....90, 100, 200,...900, 1000 s elteltével). A számításokból arra következtethetünk, és ezt 3. ábra is jól szemlélteti, hogy az állandósult állapot 200 másodperc elteltével már megvalósul, ezután már nem változik lényegesen a hőmérséklet eloszlás.

A számítások szerint ekkor a kráter környezetében **50** a becsült hőmérséklet, a minta egészére pedig egy átlagos 47-48 °C körüli hőmérséklet jellemző.

Összefoglalás

A szimuláció eredményeit összegezve tehát kijelenthető, hogy - a mérési tapasztalatokkal egybevetően – a kráter környezetében és a minta egészében a koptatási folyamat során bekövetkező hőmérséklet-növekedés nem haladja meg a **60** -ot, vagyis szövetszerkezeti változás (átalakulás) a minta anyagában a vizsgálat során nem várható.

Irodalom:

Podra P., Andersson S.: Simulating sliding wear with finite element method, Tribology International Vol. 32, (1999) p.71-81.

Komanduri R., Hou Z. B.: Analysis of heat partition and temperature distribution in sliding systems, Wear Vol. 251, (2001) p. 925-938.

Majcherczak D., Dufrenoy P., Berthier Y.: Tribological, thermal and mechanical coupling aspects of the dry sliding contact, Tribology International, Megjelenés alatt

Váradi K., Néder Z., Fridricj K., Flöck J.: Numerical and finite element contact temperature analysis of real composite-steel surface in sliding contact, Tribology International Vol.31, No.11, (1998) p.669-686,

Lestyán Z. Váradi K., Albers A. : Contact and thermal analysis of an alumina-steel dry sliding friction pair considering the surface roughness, Tribology International, Megjelenés alatt

Kovács T. : Acélok szövetszerkezetének hatása a lokális kopásra, PhD értekezés 2007.

Dr Réger Mihály főiskolai tanár

Kovács Tünde főiskolai adjunktus, Ph.D. hallgató

Dr. Réti Tamás egyetemi tanár

BMF, Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar

Anyag és Alakítástechnológiai Szakcsoport

Budapest 1081 Népszínház u. 8

tel: (+36-1) 666-5327

reger.mihaly@bgk.bmf.hu

kovacs.tunde@bgk.bmf.hu

reti.tamas@bgk.bmf.hu