

Cementált görgő felületi tulajdonságainak meghatározása numerikus modellezéssel élettartam elemzés céljából

Determination of carbonized roller's surface properties by numerical modelling for lifetime analysis

Dr. SZÁVAI Szabolcs, PhD.¹, Bézi Zoltán², Béres Levente³, SZILÁGYINÉ Dr. BIRÓ Andrea, PhD⁴

¹ Miskolci Egyetem, Gép és Terméktervezési Intézet,

Cím: H-3515 Miskolc, Miskolc-Egyetemváros, Tel.: +36 70 2056455, e-mail: szavai.szabolcs@uni-miskolc.hu

^{2,3} Bay Zoltán Alkalmazott Kutatási Közhasznú Nonprofit Kft., Mérnöki Divízió

Cím: H-3519 Miskolc, Iglói út 2.,

¹ Miskolci Egyetem, Anyagszerkeztani és Anyagtechnológiai Intézet,

Cím: H-3515 Miskolc, Miskolc-Egyetemváros,

¹ egyetemi docens, ² vezető kutató, ³ tudományos munkatárs, ⁴ egyetemi docens

Abstract

A lokális károsodási modellek segítségével becsülni lehet a gördülés miatt kifáradásnak kitett tribo-rendszerek felületeinek élettartamát. A megoldásához ismerni kell a felület közeli mechanikai anyagjellemzőket, melyek meghatározása vagy előrejelzése a felületkezelések hatására jelentős kihívást jelent. A cikk kísérleti munka részében hengergyűrű geometriájú tárcsaszzerű próbatest cementálását végezzük el, majd vizsgáltuk a felület rétegi karbon tartalmát. Fontos a próbatestben cementálás során keletkezett kemény réteg vastagsága és keménysége, melyet mikro-keménység méréssel határozzunk meg. Végül végelelemes analízissel modellezzük a próbatest cementálásának folyamatát, majd vizsgálati eredményekkel validáltuk azt.

The aim of the research is to determine the metallographical and mechanical properties (residual stresses, hardness, phases and texture) of carburized surfaces using finite element method to develop local approach model for estimate the rolling fatigue lifetime of tribo-systems. The simulations had to be validated by carburized cylindrical (disc-like) specimens, made of low alloy case hardening steel. These specimens were tested with glow discharge optical emission spectroscopy, to measure the carbon content of the surface layer. Furthermore we measured the value of the hardness in the surface of the specimens. Carburization technology was tested by finite element method and the results were successfully validated by measured datas.

Kulcsszavak: végelelem módszer, tribológia, felületkezelés, teherviselés,

1. BEVEZETÉS

Az érintkező felületek, mint a csapágyak vagy a fogaskerekek, élettartamát meghatározó jellemző károsodás a kifáradás, mely szempontjából a legkritikusabb zónák az érintkezési terület szélein jelentkeznek, vagy nem sokkal a felület alatt jönnek létre. A felületek nagyciklusú fárasztó igénybevételnek vannak kitéve, azonban globális károsodáshalmozódási törvény nem alkalmazható.

Bár az elemek élettartamára és állapotára vonatkozó kérdésekre a válasz alapvető fontossággal bír, és ugyan a numerikus és a kísérleti módszerek nagymértékben fejlődnek, valamint a korszerű vizsgálati módszerek egyre inkább képessé válnak az ilyen tribológiai események jellemzésére, még mindig vannak olyan problémák, melyek megoldása további multidiszciplináris kutatásokat igényel.

A károsodás lokális leírására a legigéretesebbnek a kinematikai vagy izotróp keményedő anyagtörvényeket is figyelembe vevő, lokális alakváltozási energiasűrűségeen alapuló modellek tűnnek. A megoldásához ismerni kell továbbá a felület közeli mechanikai anyagjellemzőket, melyek meghatározása vagy előrejelzése a felületkezelések hatására szintén kihívást jelent.

A kísérleti munka alapjául, a gyakori alkalmazás és korábbi tapasztalatok miatt a 16MnCr5 betétben edzhető acél került kiválasztásra. A modellanyagból készült korong mintákon a betétben edzést követően megtörténtek azon vizsgálatok, melyen a felületközeleli rétegek jellemzőinek meghatározására alkalmas numerikus modell validálásához szükségesek voltak. Az eredmények összevetése alapján a modell alkalmasnak mutatkozott a kontaktkifáradás vizsgálatához alkalmazott görgők rétegjellemzőinek meghatározására.

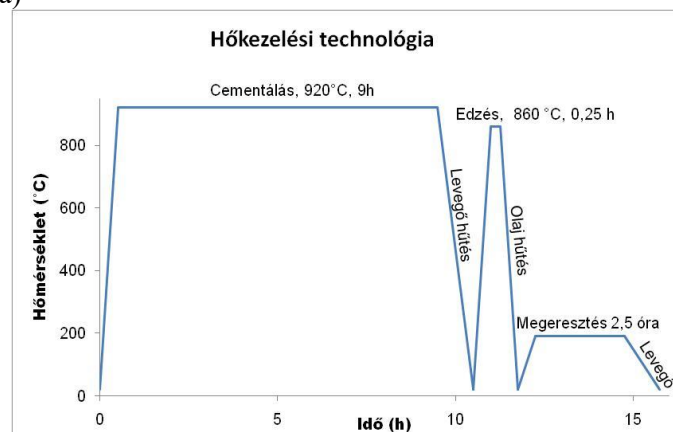
2. VALIDÁCIÓS KÍSÉRLETEK

A kísérleti munka alapjául, a gyakori alkalmazás és korábbi tapasztalatok miatt a 16MnCr5 betétben edzhető acél került kiválasztásra. A modellanyagból készült korong mintákon a betétben edzést követően megtörténtek azon vizsgálatok, melyek a felületközeleli rétegek jellemzőinek meghatározására alkalmas numerikus modell validálásához szükségesek voltak. A próbatést anyagminősége 16MnCr5, betétedzhető acél. Vegyi összetétele az alábbi táblázatban található.

1. táblázat Anyag szabványos vegyi összetétele

C %	Si %	Mn %	P %	S %	Cr %
0,14-0,19	0,4	1,0-1,3	0,025	0,035	0,8-1,1

Miskolci Egyetem Gépészmérnöki és Informatikai Kar, Anyagszerkeztani és Anyagtechnológiai Intézet Mechanikai Technológiák Intézeti Tanszéken 50 mm átmérőjű, 10 mm szélességű tárcsaszzerű 16MnCr5 anyagminőségű próbatések szilárd közeges cementálását, edzését és megeresztését hajtottuk végre. A cementálás közege BaCO₃ faszén aktivátorral, melynek mennyisége 10 %, cementálás után a próbatesteket olajban edzették, majd feszültségcsökkentő megeresztést hajtottak végre (1.ábra)



1. ábra

Hőkezelés hőmérséklet-idő diagramja

A próbatesteket kettévágás után csiszoltuk, majd HNO₃ (salétromsav) 2%-os oldattal (nitál marószert) marattuk a próbatést felületét, és így láthatóvá válik a cementált réteg. Az előkészítés utáni állapot a 2. ábrán látható.

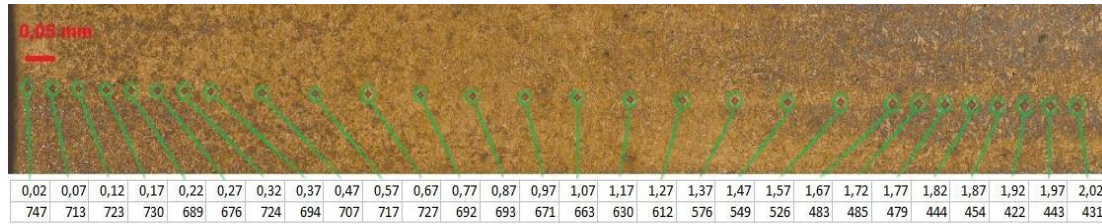


2. ábra

Próbatést a keménységmérés előtt

A keménység mérés során, a próbatesten felületétől befelé haladtunk. A próbatesten 0,05 és 0,1 mm lépésközönként haladtunk. Meghatároztuk a keményréteg vastagságát is oly módon, hogy a mérési sorozatok elkezdése előtt megmértük a mag keménységét, mely jelen esetben 389 HV0,1 volt. A cementált réteg határát az edzett acél keménységének megfelelő 500 HV0,1 értéknél jelöltük ki. Ennek a rétegvastagságnak a meghatározása miatt a határkeménység közelében vettünk fel 0,05 mm-es lépésközt. A mérési eredmények alapján az alkalmazott technológiai paraméterekkel 1,65 mm-es cementált réteg jött létre a próbatesten. A 3. ábrán egy mérési sorozatot emeltünk ki mikroszkópra

rögzített kamera segítségével, ahol a lenyomatok láthatók, valamint a mérési eredmények átlaga és adott pontban a felülettől mért távolság. A távolságok milliméterben, a keménység értékek HV0,1-ben értendők.



3. ábra

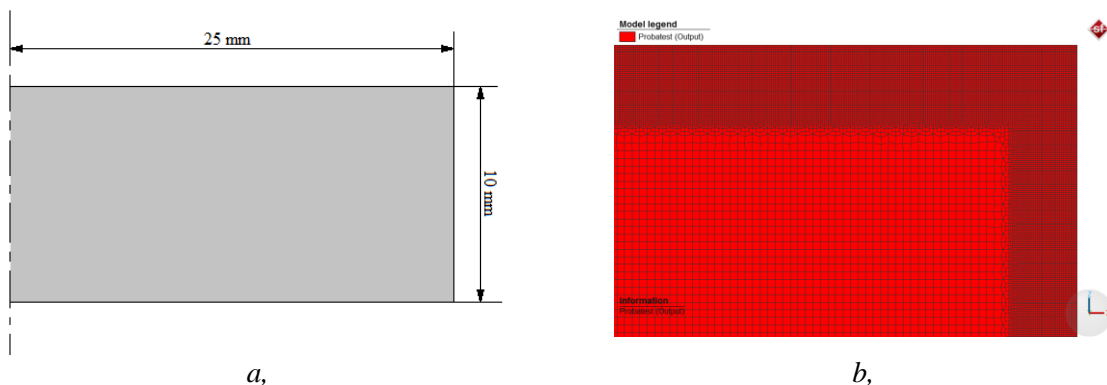
Lenyomatok a próbatest felületén

További GDOES (Glow Discharge Optical Emission Spectroscopy) vizsgálatokat végeztünk a felületi réteg karbon tartalmának a meghatározására. A vizsgálat eredménye megmutatja, hogy cementálás után a felületen körülbelül 1,4%-os karbontartalmú réteg keletkezett. A vizsgálattechnikából adódóan csak 60 μm -ig elemeztük a felület kémiai összetételét, amelynek eredménye alátámasztja azt, hogy a cementálás alkalmazásakor a felület közelében jelentősen megnő a karbontartalom, majd a mérést a mag irányában folytatva, a karbontartalom a várakozásunknak megfelelően csökken (6.a ábra). A kis mintavételi mélység miatt a görbe nem alkalmas arra, hogy a mélyebb rétegek karbontartalmára következtessünk, ahhoz, hogy a mélyebb rétegekben meghatározzuk a karbontartalmat további vizsgálatokra van szükség.

A szilárd közegű cementálás során a maximális karbontartalom nem szabályozható jól: a faszén karbontartalma nagyon magas, így a kialakult felületi rétegé is. A méréssel meghatározott 1,4%-os karbontartalom túl magas, mivel jelentős a maradék ausztenit mennyisége, ami rontja a felületi tulajdonságokat. Ez a felületi réteg az alkatrész utólagos megmunkálása során (finishelés, köszörülés) szükség esetén eltávolítható.

3. VÉGESELEMES MODELLEZÉS

A próbatest forgásszimmetrikus, ezért a feladatot két-dimenziós modellre egyszerűsítettük, melynek célja a számítási idő csökkentése. A modellezés során alkalmazott geometria és végeselemes reprezentáció 4. ábrán látható.



4. ábra

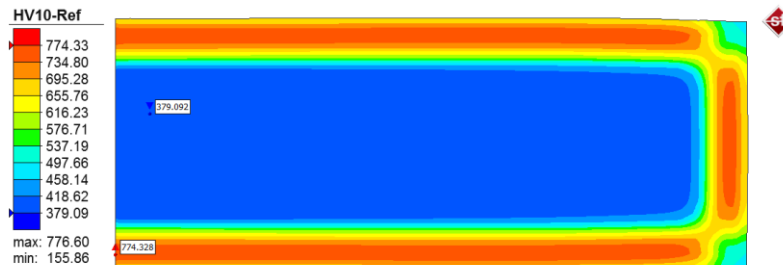
Modellezés során alkalmazott geometria

A számíthatóhoz a Simufact.forming nemlineáris végeselemes szoftvert használtuk. A próbatesteket teljes egészében cementálták, ennek következtében a tengelyszimmetria miatt három oldalon sűríteni kellett a hálót, mert a cementált kéregben pontosabb eredményre van szükségünk. A háló két-dimenziós négyszög elemeket tartalmazott, a cementált rétegben 0.05 a magrétegben 0.2mm nagyságban.

A számítások során figyelembe vettük a hőmérsékletfüggő mechanikai és hőtani tulajdonságokat. Az anyagjellemzőket, azok vegyi összetételeinek megfelelően, JMatPro szoftver segítségével határoztuk meg. A számítás során hőmérsékletfüggő, rugalmas-képlékeny izotrópan keményedő fázisfüggő anyagmodellt használtunk. A JMatPro szoftver használatával meghatároztuk az

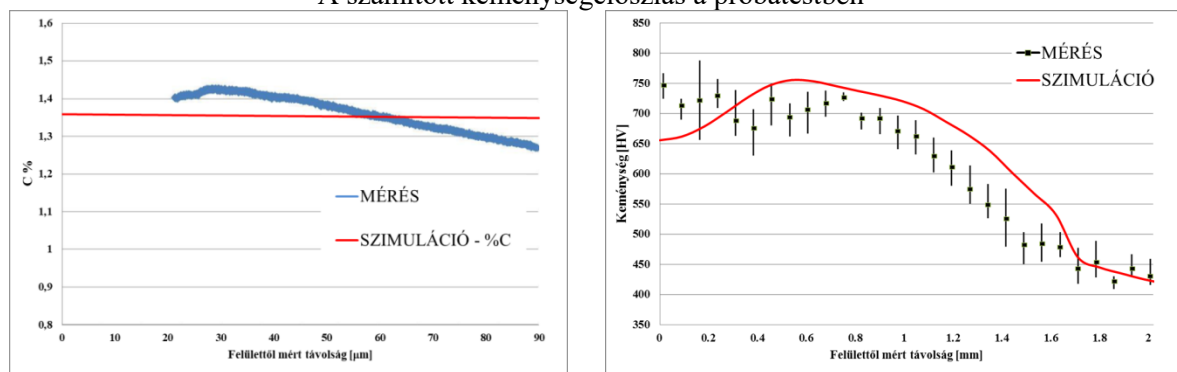
anyag termo-mechanikai és metallurgiai tulajdonságait. A kalkulációhoz 1. táblázatban részletezett vegyi összetétel átlagos értékét állítottuk be, az ausztenizációs hőmérsékletet 920°C, míg a kiinduló szemcseméretet 10 mikron volt.

A szimulációban a diffúzitást a Tibbetts által javasolt összefüggés szerint határoztuk meg, míg a folyamatra jellemző tömegátadási tényezőt a vonatkozó szakirodalom ajánlása alapján vettük fel. A számított keménység értékeket a Maynier [1] és szerzőtársai által publikált összefüggések segítségével számítottuk 0.5 C%- alatt, míg az ettől nagyobb karbon tartalom esetén Leslie [2] által javasolt összefüggést vettük figyelembe. A kapott eredményeket az alábbi 5. ábra szemlélteti:



5. ábra

A számított keménységeloszlás a próbatestben



6. ábra

A mért és a számított eredmények összehasonlítása

4. ÖSSZEFOGLALÁS

A kísérleti munka alapjául, a gyakori alkalmazás és korábbi tapasztalatok miatt a 16MnCr5 betétben edzhető acél került kiválasztásra. A modellanyagból készült korong mintákon a betétben edzést követően megtörténtek azon vizsgálatok, melyek a felületközeli rétegek jellemzőinek meghatározására alkalmas numerikus modell validálásához szükségesek voltak. Az eredmények összevetése alapján (6. ábra) a modell alkalmasnak mutatkozott a kontaktfáradás vizsgálatához alkalmazott görgők rétegjellemzőinek meghatározására.

5. KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A kutatás a Bolyai János Kutatási Ösztöndíj és a Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Hivatal – NKFIH, K115701 projekt keretében az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósult meg.

6. IRODALOMJEGYZÉK

- [1] P. Maynier, B. Jungmann, J. Dollet, Creusot-Loire System for the prediction of the mechanical properties of low alloy steel products, Hardenability Concepts With Applications to Steel, The Metallurgical Society of AIME (1978) 518-545.
- [2] W.C. Leslie, Physical Metallurgy of Steels, Mc Graw Hill, New York 1982.