FIATAL MŰSZAKIAK TUDOMÁNYOS ÜLÉSSZAKA

Kolozsvár, 2003. március 21-22.

KERÁMIA ALAPÚ FÉKTÁRCSA HŐ-SOKK TERHELÉSÉNEK A MODELLEZÉSE

Hegman Norbert és Balogh Zsolt

Abstract

In this work we report on temperature distribution and the thermo-mechanical stress states appearing on a brake disk during operation conditions. In the FEM calculation we considered two different kinematics conditions which correspond to extrémé breaking processes such as emergency braking until stop and continuous braking with keeping constant intermediate speed. The matériái of the disk was chosen as a generál ceramic mátrix composite using a broad paraméter rangé for heat conductivity and heat extension coefficients in order to obtain sensitivity analysis. The comparison of the temperatures and thermal stresses, and its oscillations, obtained at the varied parameters confrmed the prediction that the heat conductivity strongly influenced the maximum surface temperatures and by decreasing the heat extension coefficients the thermal stresses could be effectively reduced. At the end of the analysis sensitivity values were figured out as a final results.

Összefoglalás

Jelen munkában a hőmérséklet és mechanikai feszültségeloszlást vizsgáltuk egy féktárcsában a fékezés adta körülmények között. A végeselemes szimulációban két féle kinematikai eset is vizsgálva van, két szélsőséges eset, a vészfékezés illetve a lejtőn való ereszkedés közben az állandó sebesség melletti folyamatos fékezés. A tárcsa anyagát a jelenlegi fejlődési iránynak megfelelően kerámia mátrixú kompozitnak tételeztük fel irodalmi adatok alapján, amely adatokat széles sávban variáltuk, hogy az egyes paraméterek érzékenységet meghatározhassuk. Vizsgálva a hőmérséklet és feszültség csúcserőértékeit illetve ezen paraméterek oszcillációit, megállapítottuk a hővezetőképesség és hőtágulási együttható hatásait érzékenységi értékekben.

1. Bevezetés

A járművek fékezése során a féktárcsák tönkremenetele fontos gazdasági és környezetvédelmi szempont napjainkban. A féktárcsák életidejének megnövelését jelenleg egy megfelelőbb féktárcsaanyag kifejlesztésében látják a terület kutatói. Ezen új féktárcsa anyag kifejlesztése természetesen kísérleti, preparatív munka melyet egy sor vizsgálati eljárás követ. Azonban számítógépes modellezéssel olyan fontos számításokat is el lehet előre végezni, ami még nem teszi szükségessé mintadarabok gyártását. Egyik ilyen irány lehet a fékezési viszonyok közben a mechanikai, illetve hőtani terhelések megadása, amit lokálisan az anyagnak el kell viselnie tönkremenetel nélkül. Az utóbbi kérdéskörhöz kapcsolódik a jelenlegi szimuláció témaköre. Az alapproblémánk az volt hogy igazából akár mérési vagy modellezési információ alig áll rendelkezésre arról, hogy a kifejlesztendő anyagnak milyen körülmények között kell majd működni. Ez az ismeret, ha rendelkezésre áll, akkor a modellanyagok tesztelése során lehet igazán hasznos, amikor is van támpont, ami alapján szelektálni, sorrendet felállítani lehet az egyes recetúrák között. A modellezés

során a működési körülmények becslése alatt, a számítási lehetőségeket kihasználva, mindég a sztatikus és ciklikus hőmérsékletterhelést és az ebből eredő termikus feszültségeket értjük. Végül is egy a fékezéssel ekvivalens fárasztóvizsgálat határfeltételeinek a megadásához jutunk el. Ezen a ponton már vannak az irodalom által közölt életciklus adatok ismert kerámia anyagokra, amihez lehet hasonlítani a kísérleti kerámia anyagot A másik nagy kérdéskör a modellezés során az volt, hogy a leginkább releváns anyag paraméterek variálásával mennyire lehet csökkenteni a termikus feszültségeket.

2. A modell felépítése

A modell felépítését három részre lehet taglani: geometriai felépítés, anyagparaméterek és a határfeltételek, melyekben a működési körülményeket vesszük figyelembe. Ezeket az 1. táblázatban összesítjük, illetve az 1. ábrán a végeselemes modellszámításhoz használt geometriát mutatjuk be.

1 .ábra A féktárcsamodell sematikus ábrázolása a feltüntetett határfeltételekkel.

1 .táblázat

A mechanikai hőtani modellezéshez felhasznált adatok összefoglaló táblázata (a.), és az érzékenységi analízishez használt anyagparaméter variációk (b.).

a.)

A féktárcsa mérete	$D_{\text{külső}}=335, D_{\text{belső}}=137, h=34 \text{ mm}$
A fékpofák felülete	120 cm^2
A fékpofák nyomóereje	állandó 80 kN
Súrlódási tényező	$\mu=0,45$
Kinematika első eset: $\omega(t)= 18\cdot 3\cdot t \text{ s}^{-1}$ Második eset: $\omega(t)= 6 \text{ s}^{-1}$	Vészfékezés, 6s alatt teljes megállás Állandó fékezés állandó sebesség mellett

Anyagparaméterek (három eset)		Kerámia	Öntöttvas	0,5 mm SiC bevonatú kerámia
E	Gpa	80	100	400
ρ	gr/cm ³	1,9	7,2	3,2
ν		0,2	0.26	0.2
λ	W/mK	20	30,3	70,7-45(1000 C)
α	K ⁻¹ *10 ⁻⁶	3-4(500-1000 C)	12	3,3-4,9(1000 C)
c	J/kgK	750	537	672-880(1000 C)

Termikus határfeltételek

Felületi hőfluxus sűrűség J _q (r, ω(t), μ)	Számolás alapján
Emissziós tényező a 20 °C-os környezetre	ε=0,8
Hőcserélődési tényező a 20 °C-os levegőre	α _l =10 (W/m²K)
Hőcserélődési tényező a 20 °C-os tengely felfüggesztésre	α ₂ =10 ⁵ (W/m²K)

b.) A fenti táblázatban vastagon szedett kiindulási anyagparaméterek variálása

Hővezetési egyh. λ (W/mK)	Surlódási tényező μ	Hőtágulási egyh. α K ⁻¹ *10 ⁻⁶
20	0,45	3(500 °C)-4(1000 °C)
25(RT)-16(900 °C)	0,6	2
33(RT)-20(900 °C)	0,4	6

3. Eredmények

A számolások során megvizsgáltunk több lehetséges anyag típust mint féktárcsa anyagot. Jelen munkában a kerámia típusú anyagokon belül három paramétert variáltunk (λ,α,μ) , amelyeknek kihatásai vannak a számolt hőmérsékleti eloszlásra és termikus feszültségekre. A véssfékezés esetét alapul véve meghatároztuk a legkritikusabb pontot, ahol a legmagasabb a hőmérséklet illetve a termikus feszültség. Ennél a pozíciónál különböző anyagparaméterek mellett a fékezés során a legnagyobb (legveszélyesebb) feszültségértékeket összegyűjtöttük, és ezeket a 2. ábrán láthatjuk. Hasonló módon jártunk el a maximális hőmérsékletek kiértékelése esetén is (nincs ábrázolva). Lineáris interpoláció alapján a pontokra illesztett egyenes meredekségéből az úgynevezett érzékenység értékeket is megadtuk az alábbi táblázatban.

Maximális hőmérsékletre		Maximális termikus feszültségre		
λ: -4,6 [W/mK] /100°C	μ → 0,07 / 100 °C	λ : -20[W/mK] /100 MPa	α: 1,27*10 ⁻⁶ (1/K) /100 MPa	μ→0,29 / 100 MPa

2. ábra A féktárcsában vészfékezés során fellépő maximális feszültség α , λ és μ -től való függése illetve ennek tendenciája.

Köszönetnyilvánítás: Az első szerző ezúton is szeretné megköszönni a Magyar Tudományos Akadémia *Bolyai Ösztöndíja* által nyújtott támogatást.

Irodalom:

W. Krenkel, B. Heidenreich and R. Renz, *Advanced Engineering Mat.* 7 (2002/4), p.427

„C/C-SiC Composites for advanced friction systems”

J. Helbig, U. Schönholzer, *Grundzüge der Keramik*, ETH Zürich, (2001), p.68.

E. Fitzner and R. Gadow *Am. Ceram. Soc. Bull.*, 65(2), (1986) pp. 326-35

“Fiber-reinforced Silicon Carbide”

R. Gadow and M. Speicher, *ACerS 101st Annual Meeting*, (1999), Indianapolis, USA

“Short Fiber C/SiC composites with Intermetallic mátrix for Brake Disks”

W. Krenkel and T. Henke, *Key Engineering Materials Vols. 164-165* (1999) pp. 421- 424

“Desing of High Performance CMC Brake Discs”

Hegman Norbert Ph.D. / egyetemi docens

Miskolci Egyetem, Nemfémes Anyagok Tsz.

Tel (36) 46/565-102

Fax.+3646-565-924

E-mail: femheno@gold.uni-miskolc.hu