

Magnetoreológiai elasztomer korongok külső mágneses tér hatására történő relatív megnyúlásának vizsgálata

Investigation of deformation of magnetorheological elastomer discs by external magnetic fields

BALOGH Diána (MSc), SZALAI István (DSc)

Pannon Egyetem, Mérnöki Kar, Mechatronikai Képzési és Kutatási Intézet
H-8900 Zalaegerszeg, Gasparich Márk u. 18/A. C épület

¹ balogh.diana@mk.uni-pannon.hu; ² szalai@almos.uni-pannon.hu

Abstract

Intelligent materials are capable to react to the change of their environment. In our research we examined the magnetic field induced height-change of isotropic magnetite loaded magnetorheological elastomers (MRE) with different thickness. We assembled a thermostated laser sensor measuring system for our work. We found that the discs undergo expansion in the direction of the external field. The magnitude of the dilatation depends on the temperature of the MRE and the thickness of the sample.

Keywords: magnetorheological elastomers, external magnetic field, dilatation

Kivonat

Az intelligens anyagok képesek reagálni környezetük megváltoztatására. Kutatásunk során magnetit töltőanyagot tartalmazó, eltérő vastagságú, izotrop magnetoreológiai elasztomer (MRE) korongok deformációját vizsgáltuk külső mágneses tér hatására. Munkánkhoz összeállítottunk egy termosztált lézerszenzoros mérőrendszert. Megállapítottuk, hogy a korongok a külső tér irányában dilatációt szenvednek, amelynek mértéke függ az MRE hőmérsékletétől és a minta vastagságától.

Kulcsszavak: magnetoreológiai elasztomerek, külső mágneses mező, dilatáció,

1. BEVEZETÉS

Az intelligens anyagok egy csoportját azok a magnetoreológiai elasztomereknek (MRE) alkotják, amelyek kompozitanyagként elasztikus polimer mátrixba ágyazott mágnesezhető részecskéket (jellemzően mikrométer alatti méretű vasrészecskéket) tartalmaznak. Ezen részecskék tulajdonságai (típusa, alakja, átlagos szemcsemérete, méreteloszlása, kémiai jellemzői) számottevően befolyásolják az elasztomer mechanikai tulajdonságait.

A MRE kompozitanyag diszperz fázisának részecskeeloszlása lehet izotrop (véletlenszerű), vagy anizotrop (rendezett). Az ipari területen leggyakrabban alkalmazott MRE-k szilikon elasztomer alapúak, és diszperz anyagként ferromágneses részecskéket tartalmaznak.

Amennyiben a diszperz fázis részecskéinek eloszlását befolyásoljuk, eltérő fizikai tulajdonság-változást hozhatunk létre. Mivel a polimer mátrixba ágyazott részecskék elmozdulása korlátozott, így a polarizált részecskékre ható, a nagyobb térerősség-gradiens irányába mutató erők érvényesülnek és az elasztomer deformációját hozzák létre.

Ez alapján a kompozitanyagú MRE-ek nyújthatók, összenyomhatók, hajlíthatók és csavarhatók. Ezek a deformációk jelentős nagyságúak és igen gyorsak is lehetnek. A mágneses mező megszűnése után a MRE-k visszanyerik eredeti tulajdonságaikat.

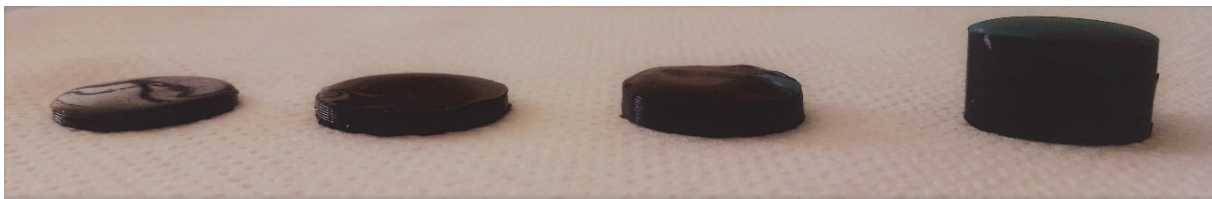
A MRE-k tulajdonképpen a magnetoreológiai folyadékok (MRF) szilárdtest változatai. Leküzdik a MRF-ek fő problémáit, mint például a diszperz fázis részecskéinek kiülepedését, a tömítési problémákat stb. Az ilyen előnyök nagy lehetőségeket nyújtanak a MRE-k számára az intelligens eszközök tervezésénél rezgéscsökkentés, szigetelés és elnyelés területén.

Kutatásainkat a mágneses tér hatására bekövetkező dilatáció aktuátorteknikai alkalmazásainak lehetősége motiválta [1-3].

Az aktuátorteknikai alkalmazások kidolgozásához pontos mérés technikát kell kialakítani a méretváltozások meghatározására. Jelen közleményünkben a MRE korongok mágneses tér okozta változásait mutatjuk be eltérő vastagságú minták esetén.

2. ANYAGOK ÉS KÍSÉRLETI BERENDEZÉS

Kutatásunkhoz korong alakú, izotrop MRE preparátumokat készítettünk, melyek magnetit (Fe_3O_4) töltőanyagot tartalmaztak 4,96 térfogat%-ban. A két-komponensű poli(dimetil-sziloxán) (PDMS) folyadék elegyben diszpergált magnetit ($d \approx 2,80 \mu\text{m}$) részecskék zsákfuratos henger alakú alumínium, illetve a vékonyabb mintákat szétszedhető 3D nyomtatással készített mintatartóba töltve, 80°C hőmérsékleten tartva, 20 perc alatt szilárdultak meg. Az 1. ábrán a fenti módon előállított MRE korongokat mutatjuk be.



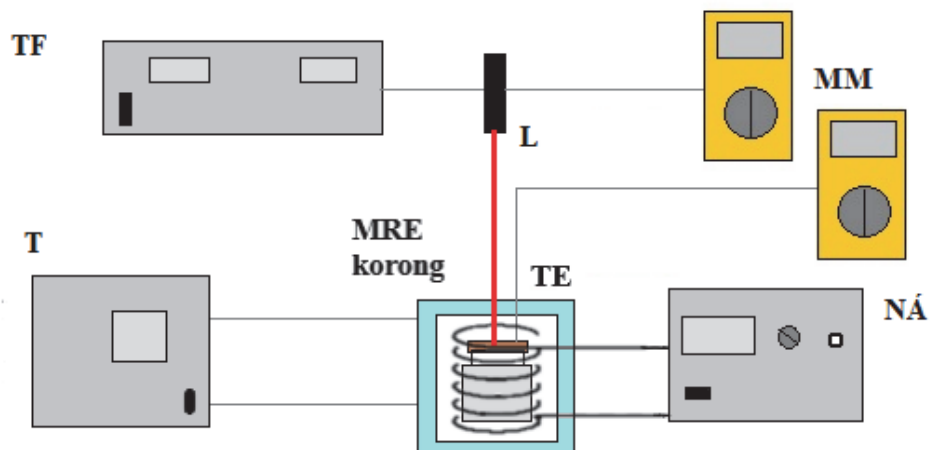
1. ábra Magnetit töltőanyagú PDMS MRE korongok

A minták készítése során fokozottan ügyeltünk arra, hogy homogén diszperziót hozzunk létre. Ehhez ultrahangos diszpergáló berendezést és vákuum szárítószekrényt használtunk. A MRE mintákat 20mm átmérővel, de változó vastagsággal (magassággal) készítettük el. Minden kompozit mintából két darabot készítettünk a visszaellenőrizhetőség miatt.

A korongok deformációjának vizsgálatához összeállítottunk egy mérőrendszert (2. ábra), amely alkalmas különböző nagyságú mágneses terek hatására bekövetkező méretváltozások pontos mérésére.

A MRE korongot az ábrán látható módon egy tekercs közepében helyeztük el, melyre egy HP 6030A típusú nagyáramú tápegységet (NÁ) kapcsoltunk. Így $B=0\text{mT}$ és $B=177,6\text{mT}$ között tudtuk változtatni az elasztomer korongra ható térerősség nagyságát, mely a mintán néhány mikrométeres elmozdulást eredményezett a mágneses tér hatására. A tekercs, illetve ezen keresztül a minta hőmérsékletét egy sorosan kapcsolt Huber TC 45E hűtőegység és egy Medingen E20 típusú termosztát (T) segítségével szabályoztuk. Így 5°C és 30°C között tudtuk mérni a minta magasságának változását.

A dilatáció méréséhez egy szabályozható laboratóriumi tápegységre (TF) kapcsolt BOD 26K-LA01-S4-C (Balluff) típusú lézeres távolságmérő szenzort (L) használtunk. A szenzor az elasztomer korongok méretváltozásait feszültségváltozássá alakítja, amelyet egy multiméter (MM) segítségével mértünk. A tekercs, így a minta hőmérsékletét egy benne elhelyezett multiméterre (MM) kapcsolt termoelemmel (T) követtük nyomon. A minták tetejére rézkorongot helyeztünk a lézerefény jobb visszaverődése érdekében.

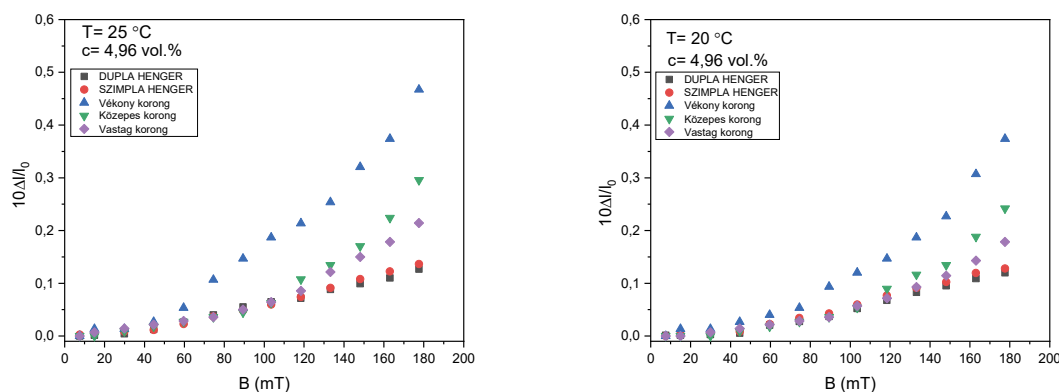


2. ábra MRE korongok dilatációjának mérési elve

3. MÉRÉSI EREDMÉNYEK ÉS ÉRTÉKELÉSÜK

A 3. ábrán mutatjuk be a korong alakú MRE mintákra vonatkozó mérési eredményeinket. A MRE minták különböző magassággal készültek: vékony korong (2,06mm), közepes korong (3,07mm), vastag korong (3,85mm) és henger (9,66mm).

A minták a mágneses tér irányában dilatációt szenvednek. A dilatáció mértéke a várttól eltérően azt mutatta, hogy a vékonyabb minták nagyobb mértékű relatív megnyúlást mutatnak, mint vastagabb társaik. A minták visszaellenőrzését a két darab magas korong egymásra helyezésével végeztük.



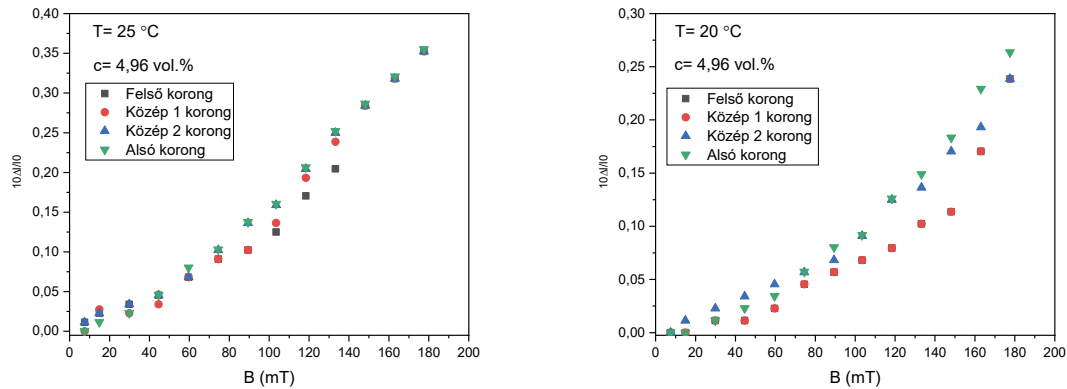
3. ábra MRE korongok relatív dilatációja eltérő magasságú korongok esetén

A henger alakú mintát négy, egyenlő részre daraboltuk, majd külön-külön vizsgáltuk a szeletek relatív megnyúlását (4. ábra). Ennek a mérésünknek az volt a célja, hogy megállapítsuk a korongszeletek mutatnak-e eltérést, illetve tapasztalható-e a preparáció során a diszperz fázis ülepedése.

Az 5. ábrán lévő mérési eredményeink alapján arra következtethetünk, hogy a két alsó korong minimális ülepedést mutat alacsonyabb mágneses tér esetén. Majd 100mT térerősség felett már az egyező magasságú korongok relatív megnyúlása nem változik.



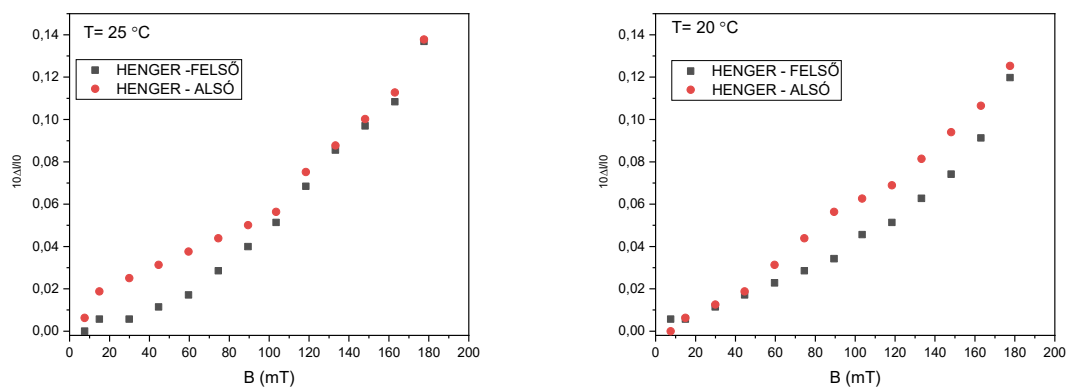
4. ábra MRE korongszeletek rézkoronggal



5. ábra A MRE hengerből készített, egymásra helyezett négy vékonykorong szelet (a tetején rézleppal) relatív dilatációja

A henger alakú mintánkat két, egyenlő korongra szeleteltük. Vizsgáltuk, hogy köztes méreteknél mekkora relatív megnyúlás érhető el mágneses tér hatására.

Itt is azt tapasztaltuk, hogy $T = 25^\circ\text{C}$ -on, nagyobb térerősség esetén már az egyező magasságú korongok relatív megnyúlása nem változik (6. ábra).



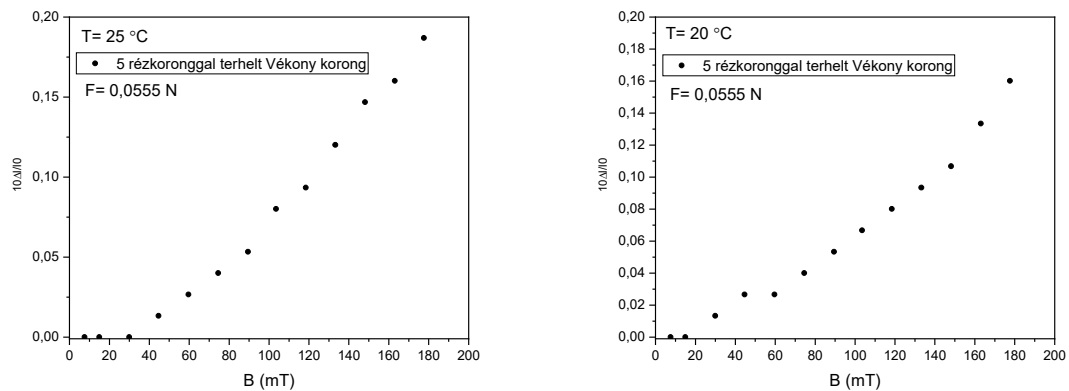
6. ábra A magas MRE henger két vékonyabb korongra szeletelve

A vizsgálataink során a legvékonyabb korongot öt rézkoronggal terheltük 0,0555 N nagyságú erővel a 7. ábrán látható módon.

Ahogy az a 8. ábrán látható, a vékony MRE minta a terhelés ellenére is jelentős relatív megnyúlásra képes.

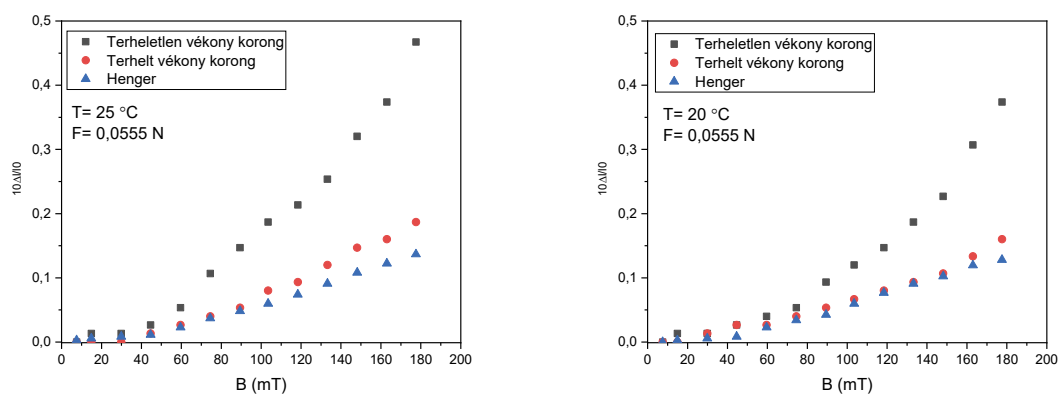


7. ábra MRE vékony korong öt rézlappal terhelve



8. ábra A terhelt vékony MRE korong relatív megnyúlása

A terhelt és terheletlen állapotú vékony korongot összehasonlítva a henger alakú mintával megállapítható eltérő hőmérséklet esetén is, hogy a vékonyabb MRE korongok külső mágneses tér hatására nagyobb relatív megnyúlást mutatnak, mint egyező koncentrációjú vastagabb társaik (9. ábra).



9. ábra A terhelt és terheletlen korongok, hengerek relatív megnyúlása

4. ÖSSZEFOGLALÁS

Magnetit alapú MR elasztomer korongokat készítettünk eltérő vastagsággal és mértük azok külső mágneses tér hatására bekövetkező dilatációját.

Megállapítottuk, hogy különböző vastagságú mintákon a dilatáció mértéke eltérő relatív megnyúlást eredményez. A vékonyabb minták nagyobb mértékű relatív megnyúlásra képesek, mint azonos összetételű és koncentrációjú, de vastagabb társaik. Magasabb hőmérsékleten ($T=25^{\circ}\text{C}$) nagyobb relatív megnyúlásra képesek az MRE minták, mint a vizsgált alacsonyabb hőmérséklet ($T=20^{\circ}\text{C}$) esetén. A minták dilatációját a mikroszkopikus dipólus-dipólus kölcsönhatás és a makroszkopikus felületi hatások eredményezik.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósul meg. EFOP-3.6.2-16-2017-00002

IRODALOMJEGYZÉK

- [1] Zhou, G. Y., Jiang, Z. Y.: Deformation in magnetorheological elastomer and elastomer–ferromagnet composite driven by a magnetic field, *Smart materials and structures*, 13 (2004) 309–316
- [2] Zhou, G. Y., Li, J. R.: Dynamic behavior of a magnetorheological elastomer under uniaxial deformation: I. Experiment, *Smart materials and structure*, 12 (2003) 859–872
- [3] Borceaa, L., Bruno, O.: On the magneto-elastic properties of elastomer–ferromagnet composites, *Journal of the Mechanics and Physics of Solids*, 49 (2001) 2877–2919