



**Budapesti Muszaki és Gazdaságtudományi Egyetem**  
Fizikai Kémia Tanszék  
MTA-BME Lágyszövetek Laboratóriuma

# **PhD DISSZERTÁCIÓ TÉZISEI**

## **Mágneses tér hatása kompozit gélek és elasztomerek rugalmasságára**



Készítette:

***Varga Zsolt Tamás***

Témavezető:

***Dr. Zrínyi Miklós***  
tanszékvezető, egyetemi tanár

Budapest  
2005

# Bevezetés

A szerkezeti anyagok választékának bővülése és az új felhasználó igények megjelenése indította el a funkcionális anyagok kutatását. Külön figyelmet kaptak azok a polimerek, melyeknek fizikokémiai tulajdonságait külső mágneses vagy elektromos térrel szabályozhatjuk.

A BME Fizikai Kémia Tanszéken a Lágú Anyagok Laboratóriumának kutatócsoportja, Dr. Zrínyi Miklós Professzor úr vezetésével egy újfajta kompozitot fejlesztett ki, a mágneses polimerként. Ebben a kompozitban a nagy rugalmas tulajdonságú polimer mátrix nano vagy mikro méretű mágneses részecskéket tartalmaz. Az alkalmasan megválasztott mágneses tér segítségével nyújtható, hajlítható, forgatható és összehúzható.

A csoport munkájába bekapcsolódva a doktori munkám fő célja annak a kérdésnek a megválaszolása, hogy milyen mértékben növelhető a mágneses izodimenziós töltőanyagot tartalmazó poli(dimetil-sziloxán) elastomer rugalmassági modulusza statikus mágneses tér hatására.

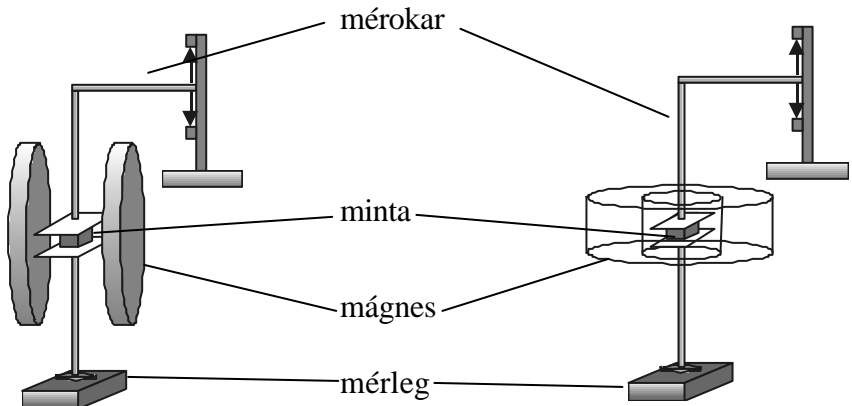
Ennek érdekében különböző mágneses tulajdonságú töltőanyag és térhálósító tartalom mellett állítottam elő izotrop és

anizotrop elasztomereket. Az eltérő töltőanyag tulajdonságok vizsgálata érdekében az elasztomerekhez karbonil-vas vagy  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  részecskéket adagoltam.

Szisztematikusan vizsgáltam a mágneses tér hatására bekövetkezett rugalmassági modulusz változást a különböző mérési elrendezések mellett, amelyek a mágneses tér irányának, az anizotrop mintákban a részecske aggregátumok irányának és a deformáció irányának egymáshoz viszonyított helyzetekből következnek

## Kísérleti módszerek

A mágneses térben történő rugalmassági modulusz méréshez két muszert fejlesztettem ki, melynek sematikus rajza a következő:



A rugalmassági moduluszt a neo-Hooke egyenlet segítségével határoztam meg:

$$\mathbf{s}_n = \frac{F_x}{A_0} = G \left( \mathbf{I}_x - \frac{1}{\mathbf{I}_x^2} \right)$$

ahol  $\mathbf{s}_n$  a nominális feszültség,  $F_x$  az x tengely mentén a deformáló erő,  $A_0$  a mintának erre az erőre merőleges deformálatlan felülete,  $G$  a rugalmassági modulusz és a  $\mathbf{I}_x$  az x tengely irányában mért deformációs arány.

## Új tudományos eredmények

1. Karbonil-vas és  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  (Bayferrox 318M) részecskéket tartalmazó izotrop és anizotrop elasztomereket állítottam elő. Megállapítottam, hogy a mágneses tér hatására bekövetkező rugalmassági modulusz növekedés nagymértékben függ az erő és a mágneses tér irányától, valamint az elasztomerekben kialakult részecskeszervezettel. (Anizotrop esetben ennek irányától és a külső homogén mágneses tér irányától.)

2. Karbonil-vas és  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  (Bayferrox 318M) részecskéket tartalmazó izotrop elasztomerek rugalmassági moduluszát vizsgálva megállapítottam, hogy karbonil-vas esetében, amikor az erő iránya meroleges a külső homogén mágneses tér irányára, akkor a maximálisan elérhető rugalmassági modulusz növekedés nagyobb mint, amikor a két irány egymással párhuzamos.  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  részecskéket tartalmazó izotrop elasztomerek esetében a rugalmassági modulusz növekedés - ellentétben a karbonil-vas töltőanyagot tartalmazó elasztomerekkel - abban az esetben a nagyobb, amikor az erő iránya és a mágneses tér iránya egymással párhuzamos. A különbség a részecskék eltérő mágneses és határfelületi tulajdonságaira vezethető vissza.
  
3. Karbonil-vas és  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  (Bayferrox 318M) részecskéket tartalmazó anizotrop elasztomereket vizsgálva megállapítottam, hogy ha az erő iránya meroleges az elasztomerekben kialakult részecskeszerkezet irányára, akkor a külső homogén mágneses tér hatására a maximálisan elérhető rugalmassági modulusz növekedés abban az esetben a legnagyobb, amikor a mágneses tér iránya párhuzamos a részecskeszerkezet irányával. A legkisebb abban az esetben, amikor a mágneses tér iránya meroleges a kialakult részecske aggregátumok irányára és meroleges az erő irányára is.

4. Karbonil-vas és  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  (Bayferrox 318M) részecskéket tartalmazó anizotrop elasztomerek vizsgálatánál megállapítottam, hogy ha az erő irány párhuzamos az elasztomerekben kialakult részecskeszerkezet irányával, akkor a mágneses tér hatására a maximálisan elérhető rugalmassági modulusz növekedés abban az esetben a legnagyobb, amikor a mágneses tér iránya párhuzamos az erő irányával. Megállapítottam, hogy az összes irány közül is ebben az esetben a legnagyobb a maximálisan elérhető rugalmassági modulusz növekedés.
  
5. Megállapítottam, hogy karbonil-vas részecskéket tartalmazó elasztomerek részecskeszerkezettel párhuzamos deformációja során, kis deformációnál a láncszerű részecskeszerkezet megtörik az adott mintára jellemző deformációs értéknél.  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  (Bayferrox 318M) töltőanyag esetében ez a törés nem következik be, hanem nagyobb deformációnál a kialakult aggregátum láncok elhajlanak.
  
6. Összefüggést vezettem le a karbonil-vas és  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  (Bayferrox 318M) részecskéket tartalmazó izotrop és anizotrop elasztomerek rugalmassági moduluszának mágneses térrel való függésére. A mért rugalmassági modulusz adatok a levezetett

összefüggés segítségével a kísérleti hibahatáron belül kielégítően leírhatók.

7. Vizsgáltam a maximálisan elérhető rugalmassági modulusz növekedést ( $G_{M,\infty}$ ) a töltőanyag tartalom koncentrációjának a függvényében (5-30 m/m%) . Megállapítottam, hogy a kísérleti hibán belül ez az összefüggés lineáris. A növekedés mértéke függ a térhálósító tartalomtól, az eró irányától, elasztomerekben kialakult részecskeszerkezettől, anizotrop esetben ennek irányától és a külső homogén mágneses tér irányától.

## **Lehetséges gyakorlati felhasználás**

Megállapítottam, hogy a mágneses kompozitok rugalmassági modulusza növelhető külső mágneses tér segítségével. Ez az ideiglenes „megerősítés” addig tart, míg az elasztomerre hat a külső mágneses tér. A tér megszüntetésével az elasztomer visszanyeri a rugalmassági moduluszát.

Az elmúlt időben intenzív kutatási területté vált az úgynevezett „intelligens” lengéscsillapítók kifejlesztése, ahol a

működés közben valamilyen külső hatások idézik elő csillapítás mértékének a változását.

A kísérleti tapasztalatok és a vizsgálatok alapján ezek a mágneses polimer gélek alkalmasak - külső mágneses tér segítségével - a különböző mértékű lengéscsillapításra.

## Közlemények jegyzéke

### A dolgozat alapjául szolgáló közlemények

1. **Zsolt Varga**, József Fehér, Genovéva Filipcsei and Miklós Zrínyi:  
Smart Nanocomposite Polymer Gels  
*Macromolecular Symposia*, 200, 93-100 (2003)
2. **Zsolt Varga**, Genovéva Filipcsei, Miklós Zrínyi:  
Smart Composites with Controlled Anisotropy  
*Polymer*, *46 (18)*, 7779-7787 (2005)
3. **Zsolt Varga**, Genovéva Filipcsei, András Szilagyi and Miklós Zrínyi:  
Electric and Magnetic Field Structured Smart Composites  
*Macromolecular Symposia*, , *227*, 123-133 (2005)
4. **Zsolt Varga**, Genovéva Filipcsei and Miklós Zrínyi:  
Magnetic Field Sensitive Functional Elastomers with Tuneable Elastic Modulus  
*Polymer*, (közlésre beküldve: 2005. március 18.)



## **A dolgozat témáját nem érintő egyéb közlemények:**

5. **Varga Zsolt**, Filipcsei Genovéva, Zrínyi Miklós:  
A XXI. század új kihívása: Az intelligens anyag (első rész),  
*Természet Világa 2004. szeptember.* 386-388.
6. Fehér József, Szilágyi András, **Varga Zsolt**, Filipcsei Genovéva és Zrínyi Miklós:  
Elektromos térre érzékeny folyadékok és elasztomerek I.  
*Magyar Kémiai Folyóirat (elfogadva)*

## **Konferencia eladások jegyzéke:**

1. **Varga Zsolt**, Zrínyi M.:  
Különleges Tulajdonságú Szilikon Elasztomerek és Vizsgálatuk  
*INSTRON Nap, Miskolctapolca, 2004. április 28.*
2. **Varga Zsolt**: Intelligens polimer kompozitok kontrollált anizotrópiával  
*Vegyészmérnöki Kar 2. doktoráns konferencia, 2004. november 24.*