

## Zárójelentés

A kutatás több kutatási tématerületre osztható. A kutatás eredményeit abban a csoportosításban adjuk meg, amelyekben sikerült eredményeket elérnünk.

### 1. A ferroszilikon anyagok kutatása:

Az előző években kutatócsoportunk olyan nagyrugalmasságú mágneses (MR=Magnetic Rubber) anyagot fejlesztett ki, mely óriásmolekulákból álló hiperelasztikus mátrixanyagba ágyazott diszperz mágneses szemcsék összetevődéséből álló kompozit anyagban testesül meg. A kívánt mágneses tulajdonságok elérése érdekében különböző töltőanyag típusokat használtunk. Ezek mindegyikének jellemzője, hogy paramágneses. A kompozit szerkezet előállítására végett, illetve a kis szemcseméretből származó (kolloidikus) előnyök miatt, valamint a homogenitás biztosítása érdekében finom porokat használtunk, melyek mind összetételben, mind szemcseméretben több típust eredményeztek, s a variációk számát növelte a szilikongumi komponenseinek száma is. Az anyag az ismert rugalmas mágneses anyagokhoz képest nagy permeabilitás/elaszticitás viszonytal rendelkezik. Mágneses térerő hatására bekövetkező alakváltozása ugyan alatta marad a mágneses géleknél tapasztalhatónak, ugyanakkor a gélekkel ellentétben az általunk kifejlesztett MR kompozit esetében – lévén alakváltozása rugalmas, – a mágneses térből felvett energia egy része tárolható, illetve munkavégzés formájában visszanyerhető.

Megvizsgáltuk a ferroszilikon kompozit élettartamát dominánsan befolyásoló öregedés mágneses térben létrejövő belső relatív feszültségek és termikus gerjedés komponenseinek eseteit és hatásmechanizmusait. Ugyancsak elemzésre került a mechanikai igénybevétel → mágneses tér válasz hatásirány, aminek eredményeit a közeljövőben kísérletekkel is szeretnénk igazolni. Megvizsgáltuk a prepolimerizációs fázisok stabilitásainak feltételrendszerét, illetve megállapítottuk az összetételre vonatkozó oldhatósági és kiválási kritériumok teljesítéséhez szükséges stabilitási határértékeket.

Fix recepttűrák mellett reprodukációs technológiai alternatívák születtek az előállításra vonatkozóan és megállapítottuk azok ekvivalenciáinak nonadditív eseteit.

A legfontosabb eredmény, hogy sikerült 100 feletti relatív permeabilitású anyagot előállítani. Az előállításához új feldolgozási technológia is tartozik. A ferroszilikon anyagot is, és az előállítási technológiát is olyan jelentőségű eredménynek ítéltük, hogy 2002. június 11.-én P 02 01946 számon szolgálati találmányként be is jelentettük a Magyar Szabadalmi Hivatalnál. A szabadalom hasznosítására vonatkozó próbálkozásaink azonban nem jártak sikerrel, így a szabadalmaztatási folyamatot nem volt érdemes végigvinni.

Az előbbi feladatokkal párhuzamosan sikerült eredményt elérnünk a szilikon mátrixanyagok anyagmodelljének kutatásában is. Az ezzel kapcsolatos egyik legfontosabb esemény volt, hogy 2002. nov. 7.-én Molnár László sikeresen védte meg „Szilikon anyagú finommechanikai elemek és szerkezetek modellezése” című PhD értekezését. Az eredmények a dolgozatban kerültek publikálásra, összefoglalóan megfogalmazva: ma már rendelkezünk a szilikon anyagok rendszertechnikai modelljével. Elegendően pontos matematikai modellezésnek az az értelme, hogy a szimuláció eszközével el lehet kerülni nem, vagy rosszul működő minták előállítási költségeit. (Nincs szerszámköltség, nincs anyagköltség, nincs a minta készítésére ráfordított élőmunka, energia, stb.)

### 2. Újszerű szenzorok (vezető szilikongumiból készült nyúlásmérő szenzor) kutatása:

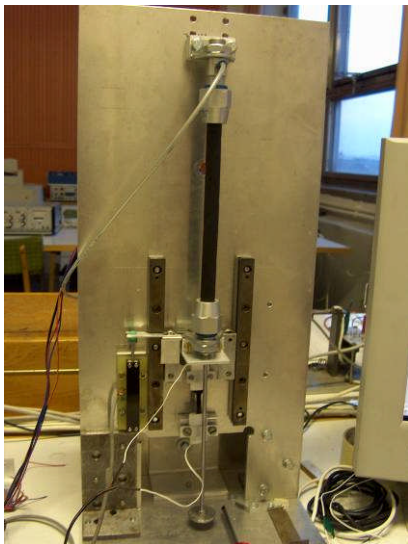
A munkaterv 3.3. pontja szerint elkezdődtek a kísérletek elektromos vezetőképességgel rendelkező szilikongumik előállítására és vizsgálatára vonatkozóan is. A kísérletek olyannyira biztatóak voltak, hogy ezt is bejelentettük szolgálati szabadalomként „Nyúlásmérő eszköz nagy nyúlások mérésére” címen (P 02 01947).

A vezetőképes szilikon gumi alkalmazását illetően a következő vizsgálatokat végeztük el:

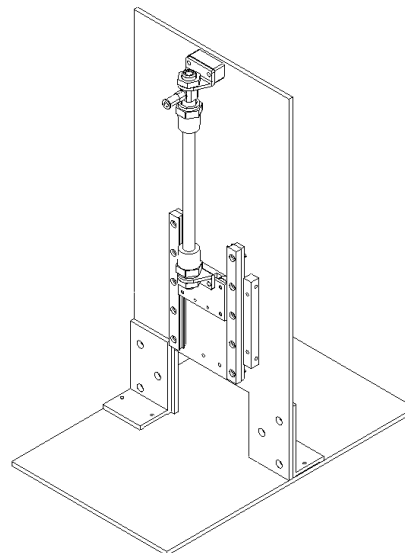
- elektromos polarizáció vizsgálata,
- szakítóvizsgálat folyamatos ellenállásméréssel,
- ellenállás hőmérsékletfüggésének mérése alaphelyzetben több ciklussal,
- ellenállás hőmérsékletfüggésének mérése különböző nyújtottsági állapotban lévő próbadarabokon.
- feszültségrelaxációs vizsgálat,
- húzó és fásztó kifáradás vizsgálat.

A témakörben egy szakdolgozat, (Bakai Adrián) és egy diplomatervezés (Dutkon Krisztián) készült.

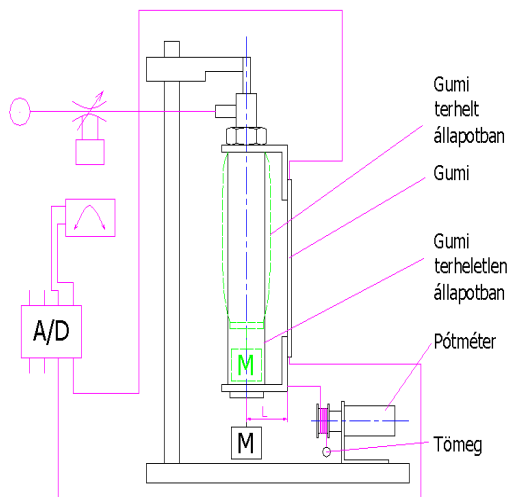
A 2004-ben elkészített konstrukció mechanikus felépítését, és a Hoerbiger nyomásszabályozót LG PLC-vel leteszteltük 2005-ben. A Pneumatic Muscle karakterisztikáit felvettük, hogy későbbiekben be tudjuk építeni a programba. (A rendszer konstrukcióból adódó alaptulajdonsága, hogy kúszással és hiszterézissel rendelkezik, ez azonban a korszerű informatikai eszközökkel jól kézben tartható, és a gyakorlatban semmit sem von le az alkalmazhatóságából.) A mechanikus rendszer mellé felszereltünk egy PC-t, amelybe vásároltunk egy NI adatgyűjtő kártyát, amely a szabályozást látja el. Elkészítettük az interfészeket és a LabView programot a kezelőfelülettel. A megépített kísérleti berendezés fényképét az 1. ábra, a rajzát a 2. ábra mutatja.



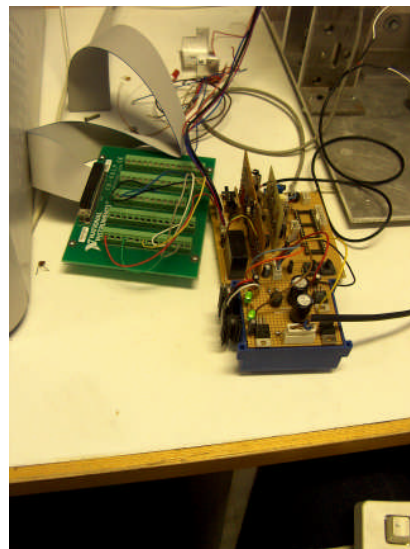
1. ábra. A Pneumatic Muscle képe



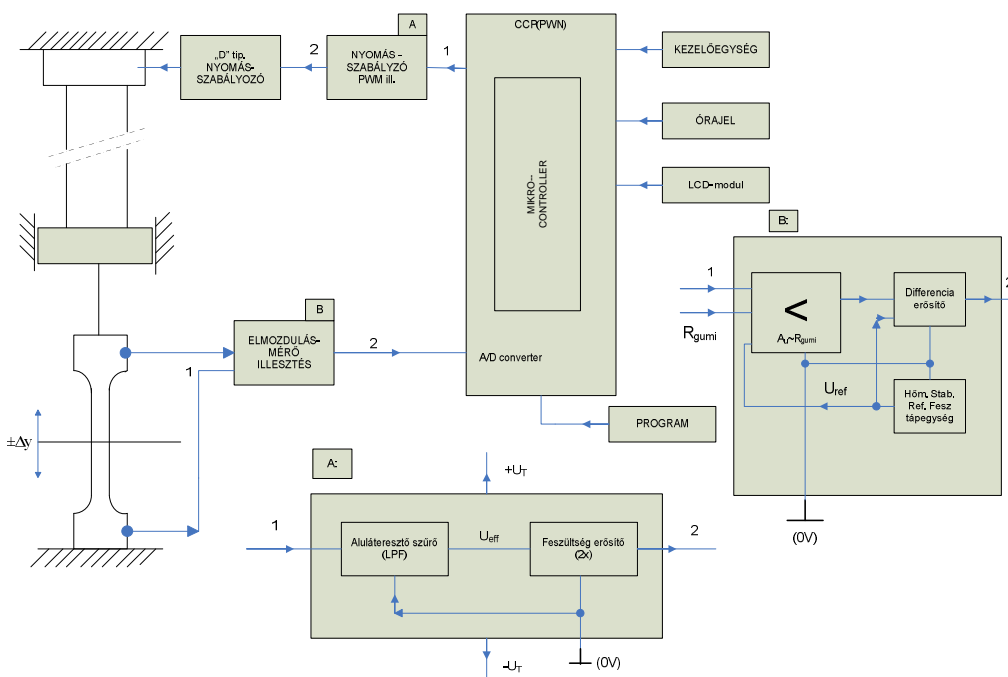
2. ábra. Az elrendezés rajza



3. ábra. A Pneumatic Muscle és a nyúlásmérő



4. ábra. Az interfész áramkör



5. ábra. A kísérleti mérési elrendezés tömbvázlata

### 3. Az újszerű aktuátorok (féregszerű mozgások) kutatása:

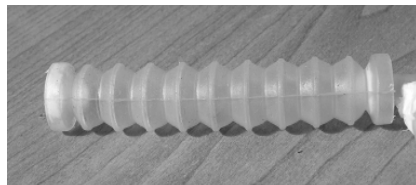
A ferromágneses szilikon gumi kutatása terén egy újszerű – haladó hullámmozgás (féregszerű mozgás) elvén működő – aktuátor ferromágneses gumiszalagjának alakoptimalizálása történt meg. Az optimalizálással az aktuátor által felvett elektromos áram nagysága jelentősen csökkenthető, úgy, hogy az aktuátor működését nem rontja. A következő lépés egy működő modell elkészítése és paramétereinek kimérése lesz, ez a munkafázis megkezdődött. A féregszerű mozgások kutatásánál kezdettől fogva az anyag permeabilitásának növelése jelentette a legnagyobb kihívást, így az anyagkutatások a szerkezeti kutatásokkal együtt

párhuzamosan futottak. A jobban kihasználható ferromágneses gumi előállítás területén egy új kerámiapor kipróbálását kezdtük meg. A port az Ilmenai Műszaki Egyetemről (Németország) kaptuk. Reményeink szerint, ezzel a porral elérhetővé válik, hogy a gumi mágneselesen polarizált legyen. Így a gumi mozgatásában lehetőség nyílna az aktuátor egyes elemeinek taszítására is, nem csak kizárólagosan a vonzásra kellene építenünk. Ebben az esetben az aktuátor hatásfoka növelhető lenne. Erre az esetre egy új vezérlő elektronikát kell terveznünk, amely meg tudja fordítani a vezérlőtekerceken átfolyó áram irányát is.

#### 4. A testüreg szonda (szilikongumi aktuátor) stabilitási kérdéseinek, előállítási technológiájának kutatása területén

A testüreg-szondát illetően is eredmények születtek, ugyanis a kutató munka során létrehoztunk egy szilikongumi anyagból készült, PLC-vel vezérelt önjáró modellt. Ez ugyan számos gyermekbetegséggel rendelkezik, de a hiányosságok ellenére igazolja a működési elv helyességét. Újszerűsége miatt ezt is bejelentettük a Magyar Szabadalmi Hivatalnál. („Eszköz haladó mozgás megvalósítására csőszerű üregekben”, P 02 01944)

A kutatás során több újszerű, szilikon elasztomerből készült aktuátor szerkezetet vizsgáltunk. Ezekből kiemelve a leginkább ígéretes megoldást, a kutatás fő irányát egy olyan harmonika aktuátor képezte, (6.ábra) amely pneumatikusan és hidraulikusan is működtethető. A szerkezet egy belső kamrával rendelkezik, így belső nyomásterhelés hatására és a szilikongumi rugalmas deformációja révén a terheletlen geometriához képest az aktuátor hosszirányban megnyúlik, vákuum hatására pedig összehúzódik. A speciális geometriai kialakítás révén a szerkezet radiális irányban sokkal merevebb, mint longitudinális irányban, így belső nyomás hatására a hosszirányú megnyúlás sokkal nagyobb, mint a radiális irányú tágulás. Fontos kérdés a geometriai paraméterek alakváltozásra gyakorolt hatása. A paraméterek optimalizálásánál a geometria bonyolultsága miatt is nagy hangsúlyt kapnak a számítógépes véges elemes vizsgálatok valamint az aktuátor alakjából következően elsőrendű kérdéssé lép elő a szerkezet stabilitásának (stabil-instabil működés) vizsgálata is.



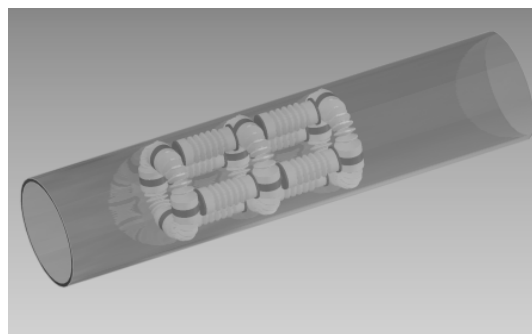
a., nyomás hatására



b., vákuum hatására

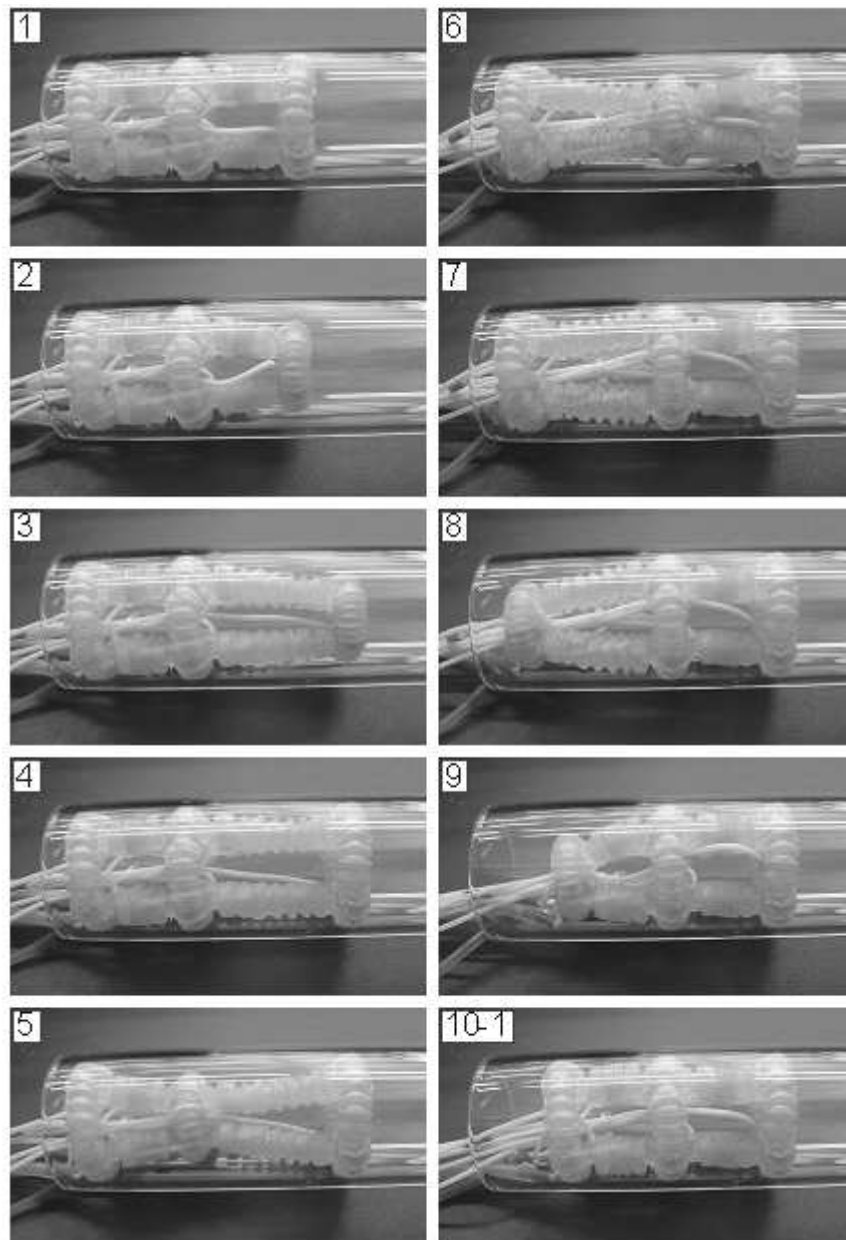
6. ábra A harmonika aktuátor hosszirányú alakváltozása

A gyakorlatban ezen tulajdonságok alapján egy hosszirányú mozgatásra alkalmazható aktuátort lehet készíteni. Azonban egy ilyen aktuátornak nemcsak a tisztán gépészeti jellegű, hanem az életminőséget befolyásoló orvostechikai alkalmazásokban is nagy jelentősége van. A kutatáshoz szorosan kapcsolódik egy olyan önjáró testüregszonda kifejlesztése (7.ábra), amely az 6. ábrán bemutatott aktuátor alkalmazásával építhető fel.



7. ábra Önjáró testüregszonda

A munka során nemcsak a matematikai, illetve a szimulációs modellek készültek el, hanem elkészült a szonda első prototípusa is. A 8. ábrán a szonda egy lépés ciklus folyamata látható



8. ábra. A szonda lépésének ciklusai

A vizsgálataink jövőbeli célját képezi a testüregszonda továbbfejlesztése, ahol már nem az elemi alkotó egység (harmonika aktuátor), hanem az összetett szerkezet többféle aspektusból történő vizsgálata és a vezérlés kifejlesztése lép előtérbe.

## **5. Intelligens aktuátorok kutatása**

A kutatási irány az volt, új típusú, eddig nem létező aktuátorokat hozzunk létre, amelyek lehetőleg minél intelligensebbek. Az intelligencia alapja az érzékelés, tehát hogy minél több információ alapján hozhassa meg a döntést a mesterséges intelligencia. Ennek kapcsán merült fel az az ötlet, hogy kísérjünk meg olyan szilikongumi bázisú struktúrákat létrehozni, amelyek szenzorként is, és aktuátorként is működnek. Ekkor közvetlen lehetőség adódik a visszacsatolásra, és ezzel a mozgás szabályozására. A gondolatot szabadalomképesnek ítéltük, és ennek eredményeként ebből is egy szolgálati találmányi bejelentés született, „Eszköz és rendszer vezérelt rugalmas alakváltozások megvalósítására” címmel. A bejelentés azonosítója: P 02 01945. E résztemában csak az elvi megoldásokig jutottunk el, szimulációs modell és/vagy kísérleti darab nem készült. Megjegyezzük, hogy a kutatási téma továbbvitele érdekében 2005-ben pályázatot adtunk be, amelyet azonban az OTKA iroda nem támogatott.