

Rugalmaskötésű minimegfogók meghajtása

The Actuation of the Minigrippers with Flexure Joint

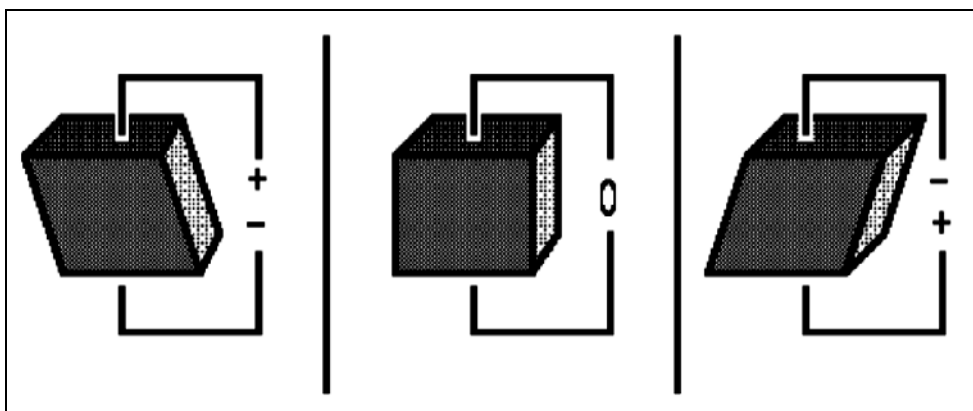
Dr. CSIBI Vencel, NOVEANU Simona, LUNGU Ion
Kolozsvári Műszaki Egyetem, Mechanika Kar

Abstarct

In this paper, the compliant mechanisms are presented and the piezoelectric actuation principle was used to generate movement of the minigripper with flexure hinge. Because compliant mechanisms are different from the traditional rigid body mechanisms, in second part, we proposed a method for analysis with finite elements. Finally any constructively varianst of minigrippes are presented.

1. Bevezetés

A minimegfogók kis mérete miatt sajátos meghajtókat használunk. Ilyenek a piezoelektromos meghajtók, melyek a kis, de ellenőrzött alakváltozású aktív részű meghajtók csoportjába tartoznak. Ezek az elektromos energiát mechanikai energiává alakítják át piezoelektromos effektus alapján. Ha az elektromos teret változással képezzük, kétirányú vibráló mozgást kapunk, melynek amplitúdója és frekvenciája ellenőrizhető (1. ábra)[1]. A mellékelt ábrán látszik az ellenkező irányú kilengés a pólusváltozás hatására.



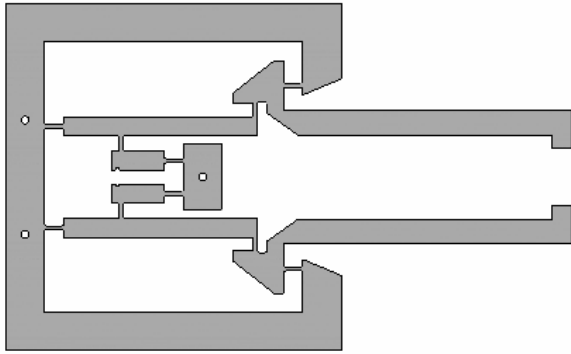
1. ábra

Mivel a piezoelektromos anyagok alakváltozása kicsi, ezért a meghajtók szerkezeti felépítésében több ilyen összeillesztve, csoportosan használunk. Ha egymásra tesszük őket, akkor az elmozdulások összeadódnak, ellenben ha egymás után illesztik össze, akkor hosszában elhajló alakzatot kapunk [1].

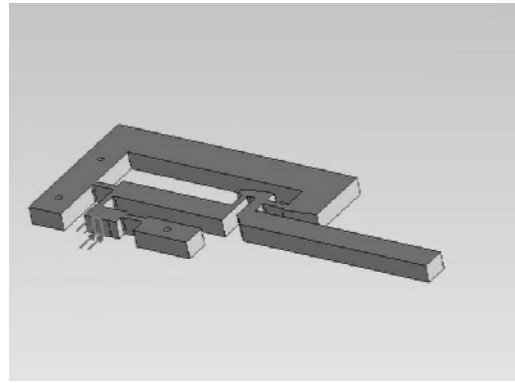
2. Véges elemes analízis rugalmaskötésű megfogónál

A dolgozatban egy rugalmaskötésű robotmegfogónál alkalmazunk piezoelektromos meghajtást. A megfogónak öt rugalmas kötése van egy-egy szárában, melyek többszörösen növelik a piezoelektromos mozgást (2. ábra).

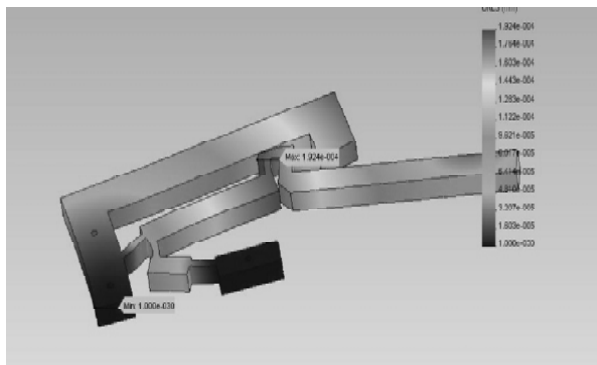
A megfogó megterhelését és elmozdulását véges elem módszerrel ellenőrizzük. Mivel a megfogó hosszantian szimmetrikus, csak az egyik szára volt megterhelve (3, 4, 5 ábrák).



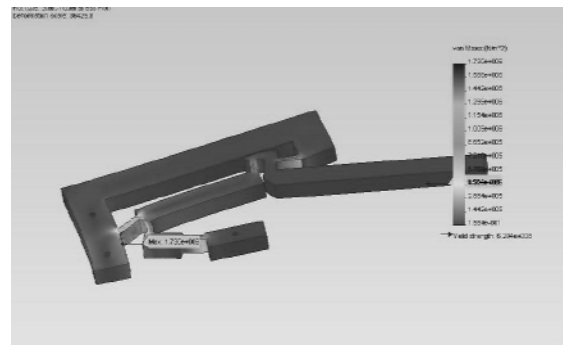
2. ábra



3. ábra



4. ábra



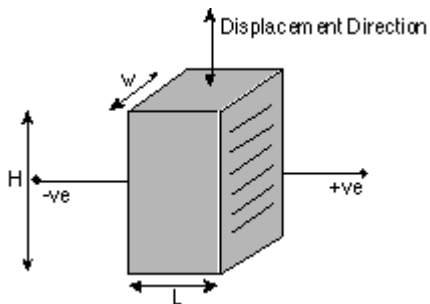
5. ábra

3. A piezoelektromos meghajtó vezérlése

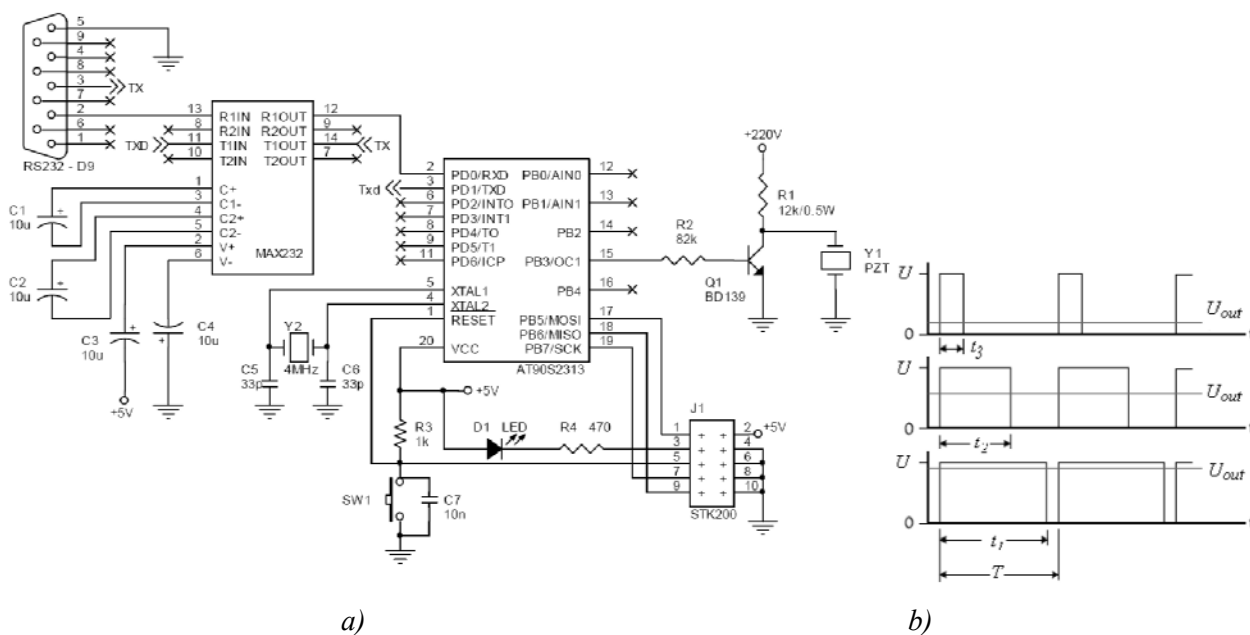
Egy egymásra illesztett Morgan Electro Ceramics d_{33} , PXE54 típusú piezoelektromos meghajtót használunk. Az egymásra illesztett meghajtó ereje $0,1 \div 14$ N, a biztosított löket $30 \div 5000$ μm és a tápláló feszültség $-10 \div 60$ V között van. A megszabott frekvencia 1,95 kHz. Az 1. táblázat a gyártó cég által megadott paraméterekeket tartalmazza.

1. Táblázat

	Unit	Min.	Max.
Length	mm	9	65
Width	mm	4	12
Height	mm	0.4	1.5
Dielectric Thickness	μm	10	40
Operating Voltage	V	-10	60
Displacement	μm	30	5000
Blocking Force	N	0.1	14
Clamping Length	mm	3.5	
Termination	evaporated Cr, Ni, Au		



A fenti adatok figyelembevételével megalkottuk a piezoelektromos impulzusos hajtás kapcsolási rajzát PWM (Pulse-Width Modulated) (6.a ábra). Az impulzusok az állandó U amplitúdó és a T periódus értékskaláját jelentik, ahol a szélesség változó (t_1, t_2, \dots).



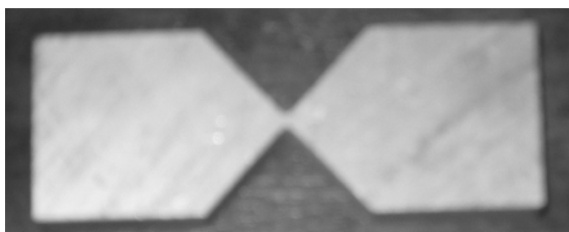
6. ábra

Az impulzusok szélessége arányos a tápláló U feszültséggel, míg az időtartama a kijövő U_{out} feszültséggel. Ezeket az összefüggéseket szemlélteti a 6.b ábra. A PWM impulzusokat egy AT90S2313 mikrokontroller kelti.

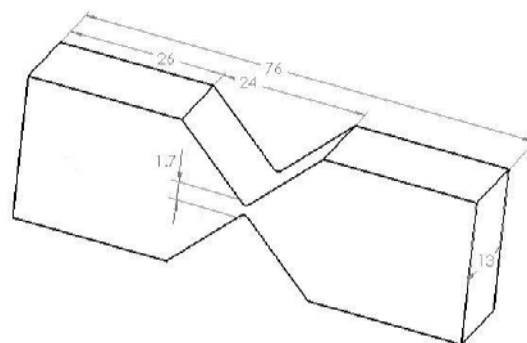
A fentiek alapján két program keletkezett, egy Bascom AVR, a mikrokontroller programozására és egy DELPHI program, amely a tényleges vezérlést végzi.

4. Gyakorlati kísérletek

A teljes megfogó vizsgálata előtt, csak egy-egy rugalmas kötést terhelünk meg. E célból egy parabolikus és egy hiperbolikus rugalmas kötés terhelésre történő viselkedését tanulmányozzuk.



7. ábra



8. ábra

A hiperbolikus profilú, valódi rugalmas kötést a 7. ábra, míg a méreteit a 8. ábra szemlélteti.

A hiperbolikus kötés erőmegterhelés méretének mértékét és a mért elhajlásokat a 2. táblázat szemlélteti.

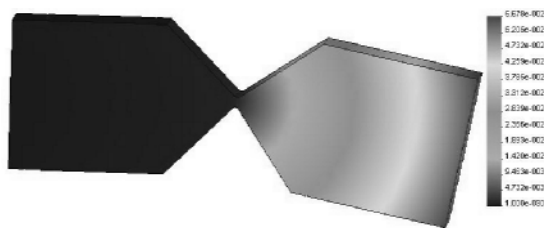
2. Táblázat

Mérések	1	2	3	4	5	6	7
Terhelési erő [N]	4.9	7.35	9.8	14.7	19.6	24.5	27.44
Elhajlás [mm]	0.01	0.012	0.02	0.03	0.05	0.06	0.08

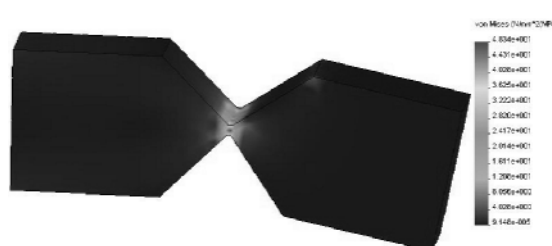
Ismervén a kötés méreteit, lehetőség nyílt, a kísérleti megterheléseket alkalmazva, a végeelem módszerrel való tanulmányozásra is, mely eredményeit a 3. táblázat szemlélteti. A legnagyobb kilengést a 9. ábra, míg a megterhelést az 10. ábra szemlélteti.

3. Táblázat

	ME	1	2	3	4	5	6	7
Erő	N	4.9	7.35	9.8	14.7	19.6	24.5	27.44
Von Mises feszültség	N/mm ² (Mpa)	8.6313	12.947	17.263	25.894	34.525	43.156	48.335
P1: Normális feszültség (első főirány)	N/mm ² (Mpa)	10.088	15.132	20.176	30.264	40.352	50.44	56.492
P2: Normális feszültség (második főirány)	N/mm ² (Mpa)	-4.0714	-6.1072	-8.1429	-12.214	-16.286	-20.357	-22.8
P3: Normális feszültség (harmadik főirány)	N/mm ² (Mpa)	-11.113	-16.669	-22.225	-33.338	-44.45	-55.563	-62.23
Elhajlás	mm	0.010139	0.015209	0.020279	0.030418	0.040557	0.050697	0.05678
Ekvivalens feszültség		8.58E-05	0.000129	0.000172	0.000258	0.000343	0.000429	0.000481

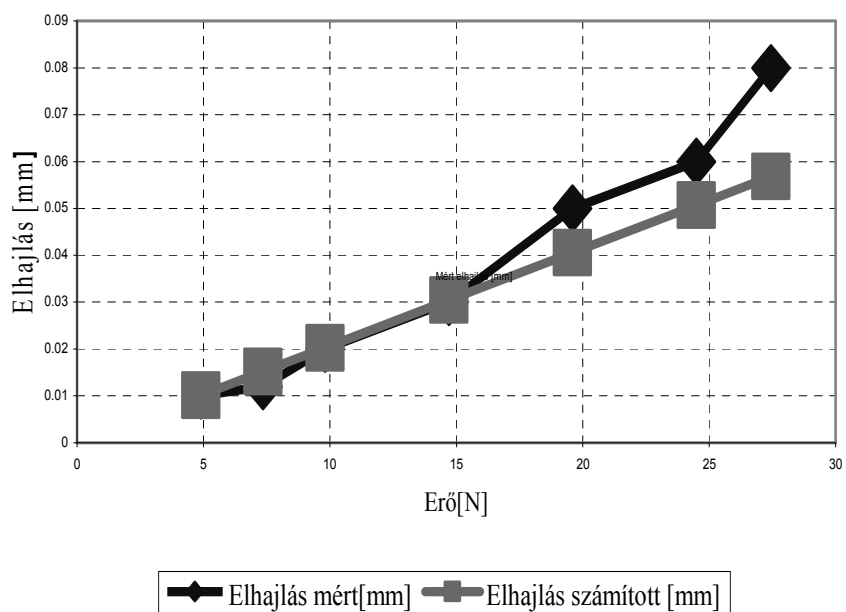


9. ábra



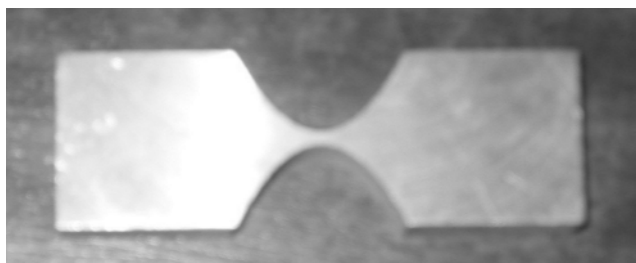
10. ábra

A mért és a végelemmel számított eredmények összehasonlítását a 11. ábra szemlélteti, melyből kitűnik, hogy az eltérések nem nagyok.

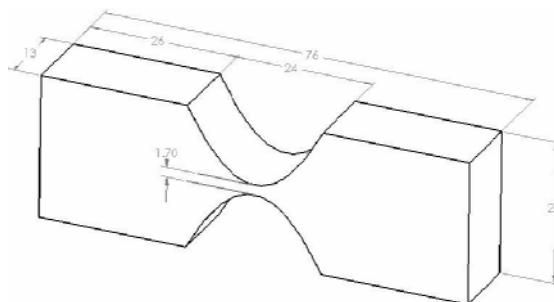


11. ábra

A második esetben, ugyanolyan technológiai eljárással egy **parabolikus profilú** rugalmas kötést (12., 13. ábra) vizsgáltunk, a 4. táblázat szerinti megterhelés hatására.



12. ábra



13. ábra

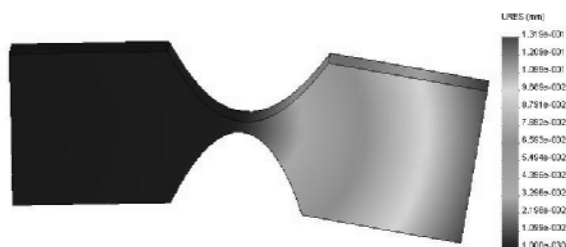
4. Táblázat

Mérések	1	2	3	4	5	6	7
Erő [N]	4.9	7.35	9.8	14.7	19.6	24.5	27.44
Elhajlás [mm]	0.02	0.03	0.04	0.08	0.09	0.1	0.13

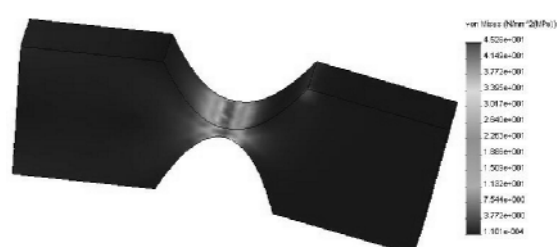
A végelemmel való tanulmányozást a 14. ábra, a maximális von Mises feszültséget a 15. ábra, a számított eredményeket az 5. táblázat szemlélteti.

5. Táblázat

	ME	1	2	3	4	5	6	7
Erő	N	4.9	7.35	9.8	14.7	19.6	24.5	27.44
P1: Normális feszültség (első főirány)	N/mm ² (Mpa)	9.3759	14.064	18.752	28.128	37.504	46.879	52.505
P2: Normális feszültség (második főirány)	N/mm ² (Mpa)	-3.2085	-4.8128	-6.417	-9.6255	-12.834	-16.043	-17.968
P3: Normális feszültség (harmadik főirány)	N/mm ² (Mpa)	-9.5483	-14.322	-19.097	-28.645	-38.193	-47.742	-53.471
Elhajlás	mm	0.023546	0.035319	0.047092	0.070639	0.094185	0.11773	0.13186
Ekvivalens feszültség		8.02E-05	0.00012	0.00016	0.000241	0.000321	0.000401	0.000449

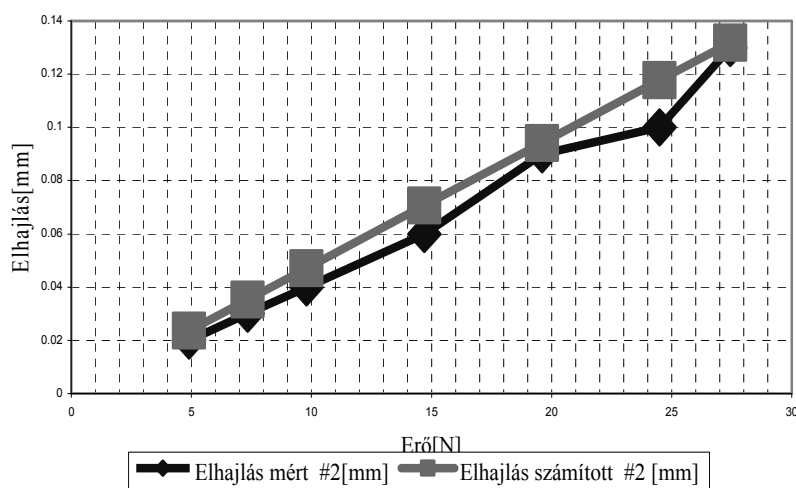


14. ábra



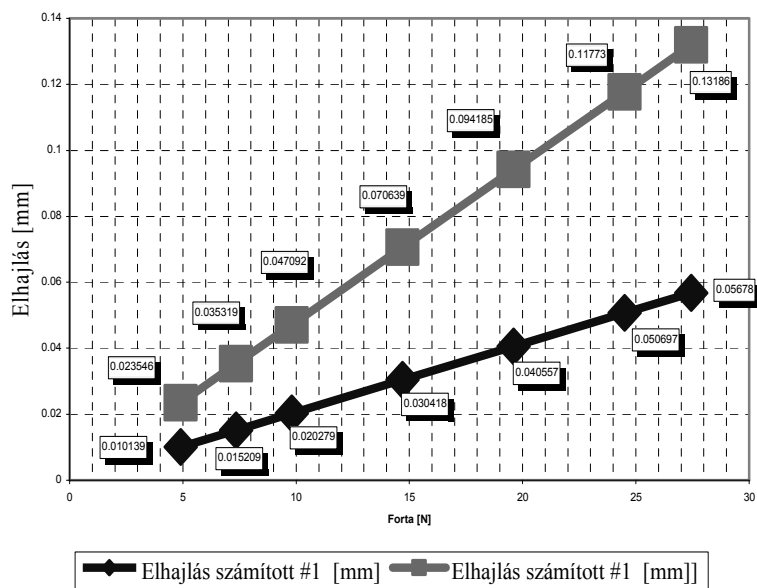
15. ábra

A mért és a számított eredmények között nincs nagy eltérés, amint a 16. ábrán is látható.



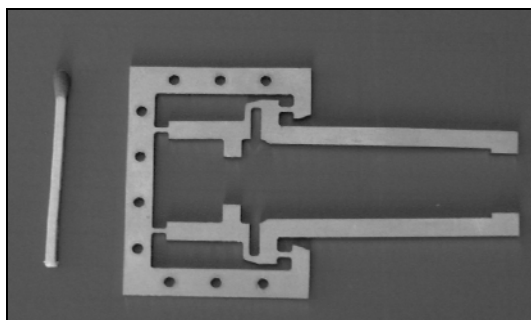
16. ábra

Végül, összehasonlítva a két különböző profilú rugalmas kötés tanulmányozásánál kapott eredményeket (17. ábra), azt a következtetést lehet levonni, hogy a parabolikus profilnak nagyobb elhajlása van ugyanolyan megterhelésnél, mint a hiperbolikusnak. Ezt a tulajdonságot a különböző működési paramétereket biztosító mikromechanizmusok tervezésénél kell figyelembe venni.

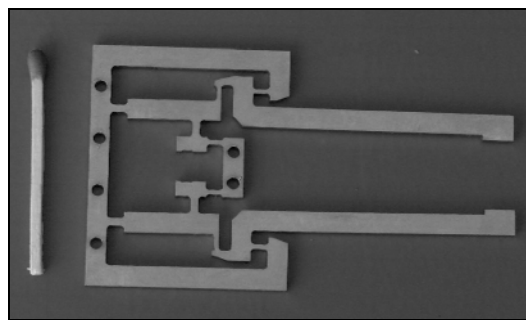


17. ábra

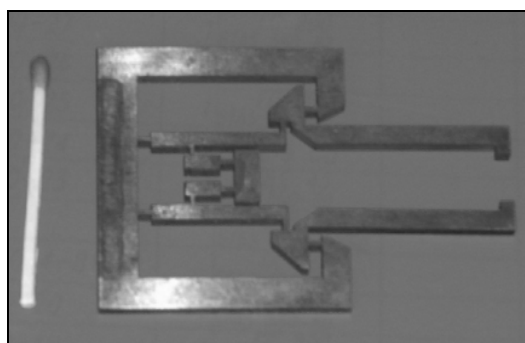
A fenti rugalmas kötések felhasználva több minimegfogót gyártottunk, melyeket a 18, 19, 20, 21 ábrák szemléltetnek:



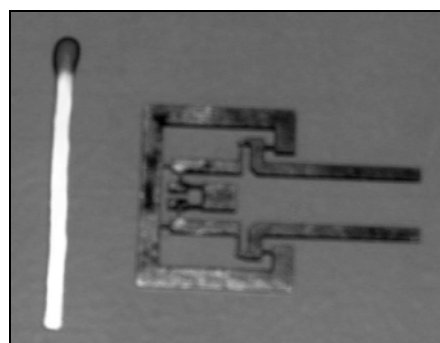
18. ábra



19. ábra



20. ábra



21. ábra

Végül, a végeelem módszerrel tanulmányozott megfogók eredményeit összehasonlítottuk a mért értékekkel, melyek között nem voltak nagyok az eltérések.

Irodalom

- [1] Csibi, V., Mandru, D., Noveanu, S., Crisan, R.: Research concerning micromanipulation and design of microgrippers, In *Miskolcér Gesprache*, “Die neuesten ergebnisse auf dem gebiet fordertechnik und logistik”, pp. 175 – 181, Cluj-Napoca, 2003.
- [2] Fatikow, S., Rembold, U., *Microsystem Technology and Microrobotics*, Springer-Verlag, Berlin, 1997.
- [3] Goldfarb M., Celanovic N., A flexure-based gripper for small-scale manipulation, *Robotica*, vol. 17, pp. 181-187, 1999.
- [4] Howell, L.L., *Compliant Mechanisms*, John Wiley & Sons, New York, 2001.
- [5] Kohl M., Just E., Pflöging W., Miyazaki S., SMA microgripper with Integrated antagonism, *Sensors and Actuators* 83 (2000), pp. 208-213.
- [6] Lobonțiu N., *Compliant mechanisms : design of flexure hinges.*, CRC Press LLC: New York, 2002, pag.1-15
- [7] Mandru, D. Actuating system in Precision Engineering and Mechatronics, Ed. Alma Mater, Cluj-Napoca, 2004.
- [8] Noveanu, S., *Research concerning compliant mechanisms*, Raport of Doctoral Thesis, Supervisor: Csibi V., Technical University of Cluj-Napoca, 2004.
- [9] Paros, J.M. and Weisbord, L., How to design flexure hinges, *Machine Design*, November, 151, 1965.
- [10] Pisel, P., *Design and EDM Machining of SMA actuated mini/microgrippers*, Master of Science Thesis, Supervisor: Mandru D., Technical University of Cluj-Napoca, 2005.
- [11] Salim, R., Schwuchow, S.: Designing microgrippers for shape memory actuators - *Proceedings of Actuator 2000*, The 7th International Conference on New Actuators, Bremen, pp. 576-578.
- [12] Smith, S.T., *Flexures. Elements of Elastic Mechanisms*, Gordon & Breach, Amsterdam, 2000.
- [13] Tanikawa, T., Arai, T.: Development of a Micro – Manipulation System Having a Two – Fingered, Micro – Hand, *IEEE Transactions on Robotics and Automation*, vol. 15, pp. 152-162, 1999.
- [14] <http://www.morganelectroceramics.com/techpub1.html>