

ACTUATORS USING SHAPE MEMORY MATERIALS –GROUP OF INVENTIONS GENERATED THROUGH PROGRAMS OF DEVELOPING CREATIVE THINKING IN STUDENTS

ACTUATOARE FOLOSIND MATERIALE CU MEMORIA FORMEI – GRUP DE INVENȚII GENERAT PRIN PROGRAME DE DEZVOLTARE A GÂNDIRII CREATIVE LA STUDENȚI

MILICI Dan L.

Universitatea Ștefan cel Mare din Suceava, România

<https://orcid.org/0000-0002-8740-9962>

1. Introducere

Răspunzând obiectivelor prevăzute în Strategia Europe 2020 și în Strategia Națională pentru învățământ terțiar 2015-2020, Universitatea „Ștefan cel Mare” din Suceava și-a asumat rolul de ”catalizator al creativității și inovării în societatea românească” devenind în ultimii ani lider național atât în ce privește numărul de cereri de brevete cât și a numărului de brevete obținute, potrivit clasamentelor realizate de Oficiul de Stat de Invenții și Mărci pentru mediul universitar. Aceste rezultate au fost obținute prin educarea și implicarea masivă a studenților doctoranzi, masteranzi și chiar din ciclul de licență în domeniul invenției și a creativității științifice, atât prin introducerea de noi activități curriculare cât și prin activitățile extra-curriculare desfășurate în cadrul centrelor de invenție și laboratoarelor de cercetare din universitate [1].

Lucrarea prezintă o serie de activități de cercetare-dezvoltare, ce au și un caracter didactic și formativ ingineresc, dezvoltând gândirea creativă, realizate în ultimii 8 ani în cadrul Școlii Doctorale a Universității Ștefan cel Mare din Suceava în domeniul Inginerie electrică. Activitățile au un caracter transdisciplinar, acestea dezvoltând abilități și competențe în domeniile inginerie electrică, știința materialelor, automatică și informatică industrială, mecanică și organe de mașini.

Activitățile s-au desfășurat în cadrul unor colective de cercetare formate din cadre didactice, doctoranzi și studenți în cadrul Laborator de cercetare

INVENTRANSFER, Centrul de invenție Dorel Cernomazu, Centrul de Cercetări în Mașini, Acționări și Aparate Electrice, din cadrul Facultății de Inginerie Electrică și Știința Calculatoarelor, a Universității Ștefan cel Mare din Suceava. Studiile au fost demarate având de regretatul profesor și cercetător dr. Dorel Cernomazu, fiind continuate începând cu anul 2015 de dr. ing. L. Dan Milici. În această perioadă au fost implicate permanent sau pe perioade diferite de timp aproximativ 14 de cercetători și 20 de studenți.

2. Materiale cu memoria formei – generalități

Materialele cu memoria formei sunt materiale care au capacitatea de a răspunde la o serie de stimuli externi, în special temperatura. Aceasta capacitate constă în modificarea formei sau a proprietăților mecanice sau electrice sub acțiunea stimulului extern și revenirea la forma inițială după încetarea acțiunii stimulului [2].

Se consideră că istoria materialelor cu memoria formei a început în 1932, odată cu descoperirea unui aliaj Au-Cd care prezenta la temperatura camerei o elasticitate surprinzătoare – de aprox. 8 % - care a fost numită de "tip cauciuc". Efectul propriu-zis de memoria formei a fost descoperit mai întâi la Au-Cd în 1951 și apoi la In-Tl în 1953. La acestea s-au adăugat și alte aliaje neferoase dintre care cele mai importante sunt: Cu-Zn (1956), Ti-Ni (1963), Cu-Al-Ni (1964) și Cu-Zn-Al (1970) precum și o serie de aliaje feroase cum ar fi: Fe-Mn-Si, Fe-Ni-Co-Ti și Fe-Ni-C [3].

Prima aplicație a materialelor cu memoria formei a fost expusă în 1958 la Târgul Internațional de la Bruxelles. Este vorba despre un dispozitiv ciclic de ridicare acționat de un monocristal de Au-Cd care ridică o greutate dacă era încălzit și o coboară dacă era răcit.

Primele experimente legate de fenomenele de memoria formei (pseudoelasticitate, efect simplu de memoria formei, efect de memoria formei în dublu sens, efect de amortizare a vibrațiilor, efecte premartensitice, etc.) au fost efectuate pe monocristale. Cum monocristalele aliajelor pe baza de cupru se obțin mai ușor, acestea au fost materialele experimentale care au permis, în anii '70, stabilirea atât a originii micro structurale a fenomenelor de memoria formei cât și a legăturii dintre acestea și transformarea martensitică [2].

"Vedeta" materialelor cu memoria formei este în mod incontestabil aliajul NITINOL, numit astfel după Ni-Ti și Naval Ordnance Laboratory (actualmente Naval Surface Warfare Center) – locul unde a fost descoperit. Aliajul Ni-Ti prezintă în stare policristalină excelente caracteristici legate de fenomenele de memoria formei, cum ar fi capacitatea de înmagazinare a energiei elastice la încărcarea izotermă (42 MJ/m^3) sau deformațiile maxime care pot fi recuperate în cadrul memoriei mecanice (10 %) sau termice (8 %). S-a calculat că în 50 l de Nitinol se poate înmagazina tot atâta energie cât în motorul unei mașini.

Primul material ceramic mediatizat, cu memoria formei, este bioxidul de zirconiu (ZrO_2) sau zirconia. Pentru evitarea fisurării bioxidului de zirconiu trebuie să fie stabilizat prin adausuri de alte materiale ceramice (Y_2O_3 , CeO_2 , etc.). La materialele ceramice a fost dezvoltat un concept nou de „memoria formei”: transformările de fază induse termic sau prin tensiune fiind înlocuite prin variația deformării elastice produsă de transformarea de fază indusă de câmpul electric, magnetic, etc. La ora actuală gama materialelor ceramice cu memoria formei include: titanați, zirconiți, manganiți, niobiați, teluride, etc. [3].

În plină expansiune științifică și tehnologică sunt polimerii cu memoria formei, în rândul cărora au fost incluși polimerii termoplastici și elastomerii cu memoria formei, polimerii cu rețele interpenetrante și polimerii ionici. Cele mai reușite aplicații cu memoria formei le au polimerii termocontractabili, folosiți cu precădere la obținerea mantalelor (tecilor) de la conductorii electrici „grei” și în general la orice izolare electrică eficientă și operativă. La încălzire, polimerii termocontractabili se strâng asigurând astfel, de exemplu, izolarea unui mănunchi de conductori electrici sau cuplarea a două capete de conducte pneuno-hidraulice. Alți polimeri termoplastici cu memoria formei sunt: poliizoprenul, copolimerul de butadien-stirenă, poliuretanul, polietilena, etc. Pe lângă temperatură, efectul de memoria formei la polimeri mai poate fi obținut prin aplicarea câmpurilor electric, magnetic, prin radiații, schimbări ale pH-ului.

Prima manifestare științifică internațională dedicată materialelor cu memoria formei a fost International Symposium on Shape Memory Effects and Applications, la Toronto, Ontario, Canada, 19 – 22 May 1975. Lucrările acestui

simpozion au fost publicate în prima carte dedicată aliajelor cu memoria formei, „Shape Memory Effects in Alloys”, editată de Jeff Pekins [3].

În Europa primele dispozitive electrice acționate prin materiale cu memoria formei au fost produse de firma elvețiană ASEA BROWN BOVERY (1970). La ora actuală se consideră ca țările europene cele mai implicate în industria materialelor cu memoria formei sunt Franța (unde societatea IMAGO produce exclusiv dispozitive pe bază de Cu-Zn-Al) și Germania [3].

În România nu se poate vorbi, din păcate despre o "industrie" a materialelor cu memoria formei, deși există firme care comercializează – de exemplu – tuburi din polimeri termocontractabili pentru conductorii electrici de forță sau rame de ochelari din “metale cu memorie”.

În cadrul Centrului de Cercetare în domeniul Mașini, Aparate și Acționări Electrice (EMAD), organizat în cadrul Universității „Ștefan cel Mare” Suceava, începând cu anul 1995 au fost demarate cercetări cu privire la realizarea unor noi actuatoare și motoare pe baza materialelor cu memoria formei, studii concretizate în nenumeroase articole științifice (peste 30 de lucrări publicate) și peste 20 de brevete de invenție naționale și europene, dar și în finalizarea a 5 teze de doctorat.

3. Rezultate ale cercetării

Aliajele cu memoria formei fac parte din latura materialelor inteligente și au capacitatea de a-și modifica proprietățile fizice sub acțiunea unor stimuli și totodată își pot modifica forma sau pot reveni la starea inițială după încetarea acțiunii stimulului.

În general, forma și proprietățile aliajelor cu memoria formei sunt puternic influențate de temperatură, temperatura de transformare fiind mică sau mai mare. Temperatura de transformare reprezintă o valoare a temperaturii pe care aliajul o capătă în funcție de compoziția chimică a metalelor componente.

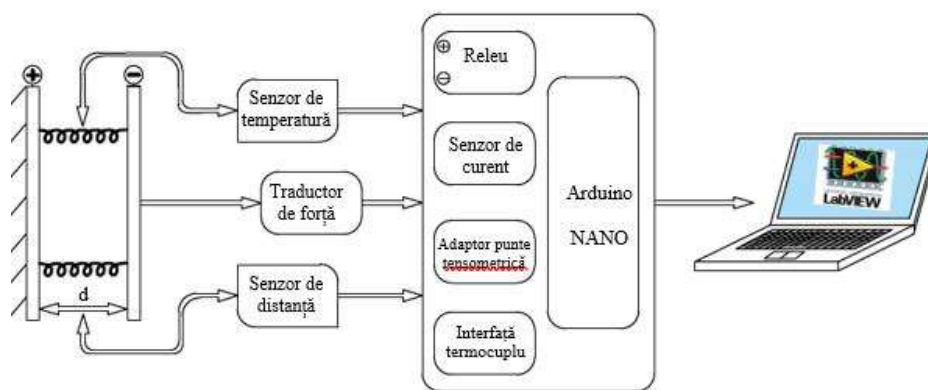
Există multe aliaje ce au ca proprietate efectul de memorie a formei dar cel mai folosit rămâne Nitinolul datorita prețului dar și a multiplelor avantaje ce decurg din caracteristicile sale. Datorită proprietăților speciale ale nitinolului, acestea oferă largi domenii de aplicabilitate. Domeniile și aplicațiile în care sunt utilizate aliajele cu memoria formei sunt numeroase precum cele din domeniul medical (chirurgie – filtre și organe artificiale,

ortopedie – implanturi, oftalmologie) robotică, micromotoare, micropompe protecții la supracurent dar și în domeniul automobilelor.

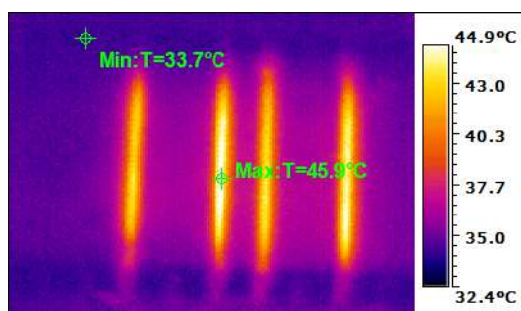
Se dau în continuare câteva exemple relevante de propuneri de brevete care au fost gândite, proiectate, realizate, modelate, testate și documentate în baza folosirii unor tehnici de dezvoltare a gândirii creative (motoare, actuatore, sisteme de acționare, micropompe, dozatoare) ce au la bază principiile fizice ale conversiei electro-termo-mecanică. [4-16].



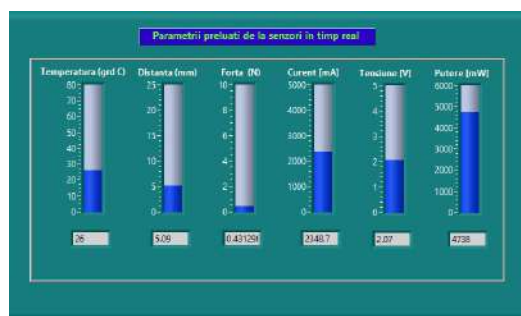
Figura 1. Motoare de joasă viteză cu arcuri de Nitinol, care folosesc diferența de temperatură



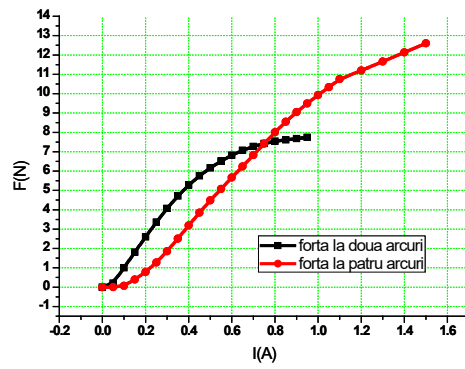
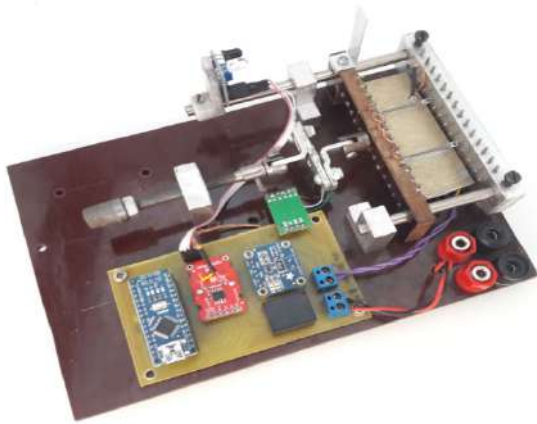
a.



b.



c.



d.

e.

Figura 2. Stand de încercări pentru arcuri de Nitinol
 a. schemă bloc, b. imagini termografice din timpul experimentelor, c. interfața grafică,
 d. imagine a standului experimental, e. familii de grafice obținute în urma testărilor

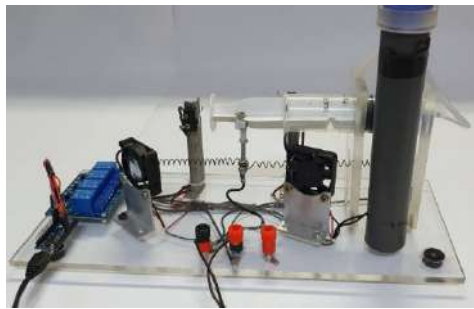
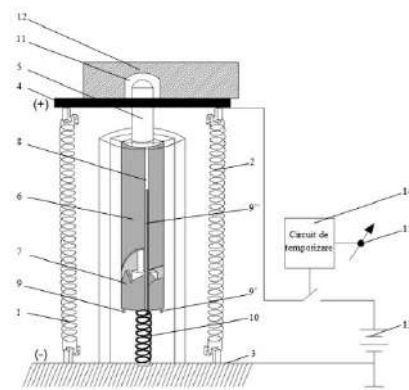


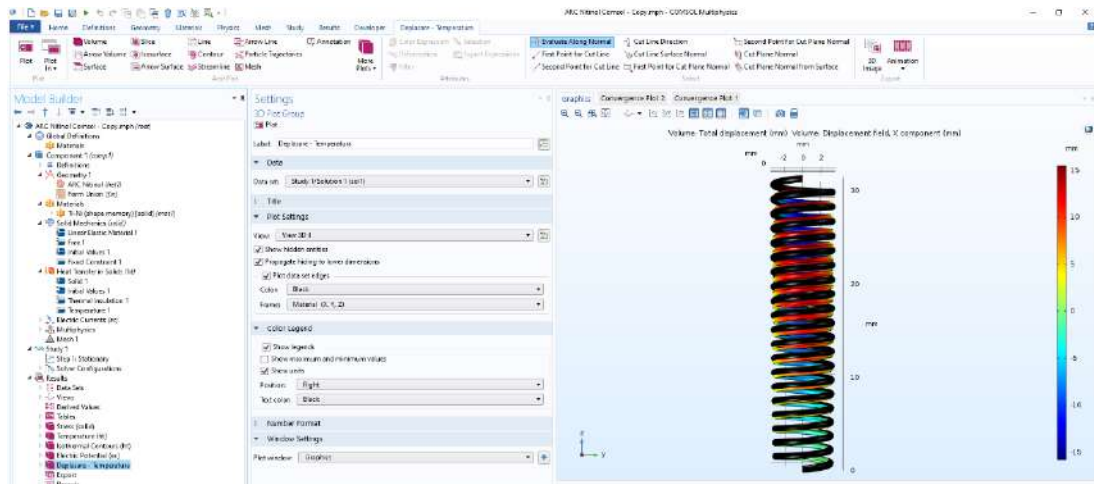
Figura 3. Variante diferite de micropompe cu arcuri de Nitinol



a.



b.



c.



d.

Figura 4. Sistem de zăvorâre cu arcuri de Nitinol

a. desen de ansamblu, b. imagine a prototipului experimental, c. modelare prin metode elementului finit, d. imagine a standului experimental



Figura 5. Stand experimental de picurător / dozator și imagine în infraroșu a arcurilor de Nitinol în timpul testărilor

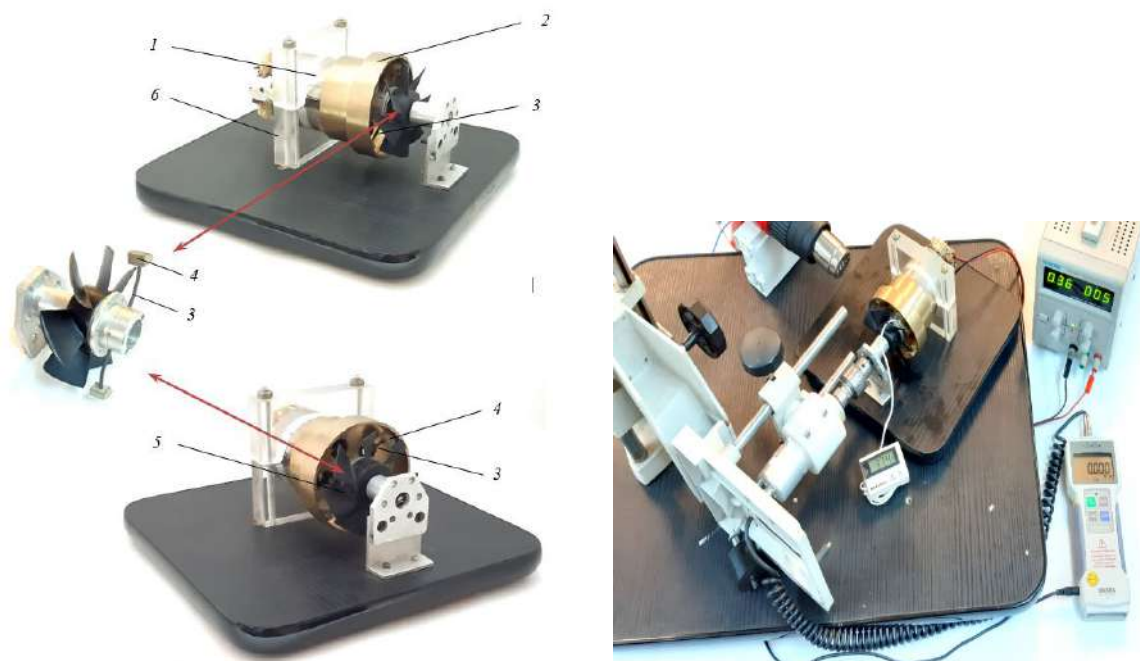


Figura 6. *Termocuplă tip ambreiaj, brevet european, imagine a prototipului experimental și stand experimental*

În comparație cu alți actuatori convenționali, actuatorii cu memoria formei necesită un control simplificat, deoarece elementele din aliaj cu memoria formei pot combina funcțiile elementelor de execuție cu cea a angrenajelor și a legăturilor dintre motoarele electrice de acționare și sisteme de control. Trebuie remarcate și unele dezavantaje precum timpii de revenire mai mari, viteze de răcire limitate și sensibile la temperaturi ale mediului ambiant.

Deși principalele utilizări la nivel mondial sunt în domeniul medical, interesul pentru utilizarea actuatorilor și motoarelor cu nitinol în diverse domenii industriale (acționări, automatizări, laboratoare) este ridicat, lucru evidențiat și de numărul mare de brevete apărute din Japonia și până în Statele Unite.

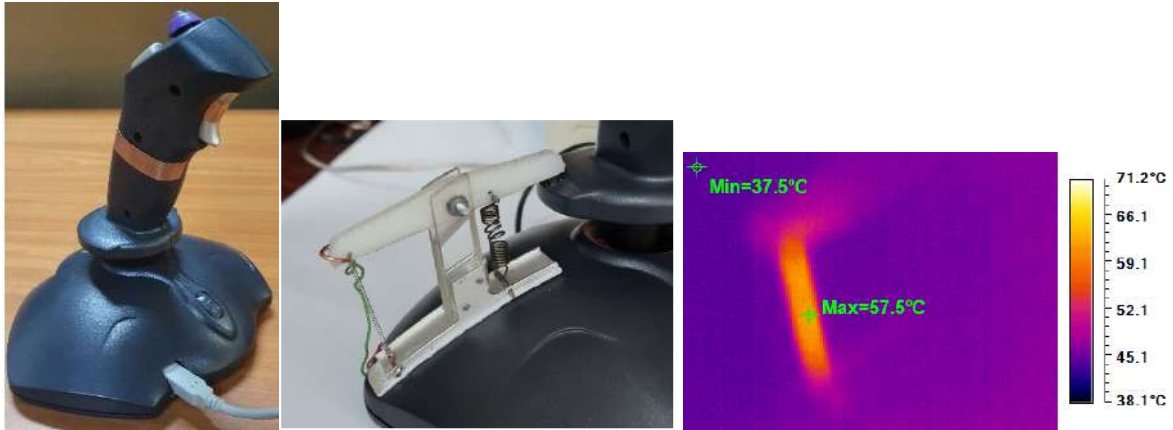


Figura 7. Sistem automat de control: imagine a prototipului experimental și imagine în termoviziune



Figura 8. Sistem de control al mișcării: imagine a prototipului experimental și imagine din timpul experimentării

Avantajele față de produsele analoage cunoscute o reprezintă simplitatea constructivă, fiabilitatea, controlul precis și gabaritul redus.

O parte a studiilor făcute vine să rezolve o serie de probleme apărute în întreprinderi de profil. Astfel, în urma discuțiilor purtate cu partenerii din industrie s-a reușit găsirea unor soluții tehnice care sunt în acest moment în stadiul de implementare industrială. În plus, rezultatele cercetării aplicative și a creativității colectivului de cercetare a condus la dezvoltarea unor parteneriate cu mediul economic în vederea propunerii de granturi de cercetare pe tematici diverse. Totuși, rezultatele sunt reduse pe de o parte datorită interesului scăzut al firmelor de a dezvolta noi produse, inovative, pe de altă

parte datorită unor blocaje economice generate de criza Covid, de creșterea internațională a prețurilor la energiei și datorită războiului din Ucraina.

Un rezultat secundar al activităților îl reprezintă avantajele obținute în plan educațional prin dezvoltarea gândirii creative a studenților, familiarizarea cu tehnicile psihologice creative, învățarea modului de realizare a protecției proprietății intelectuale, dezvoltarea de noi cursuri/curricule pentru studii de licență și masterat.

4. Concluzii

Aliajele cu memoria formei fac parte din latura materialelor inteligente și au capacitatea de a-și modifica proprietățile fizice sub acțiunea unor stimuli și totodată își pot modifica forma sau pot reveni la starea inițială după încetarea acțiunii stimulului.

În general, forma și proprietățile aliajelor cu memoria formei sunt puternic influențate de temperatură. Temperatura de transformare reprezintă o valoare a temperaturii pe care aliajul o capătă în funcție de compoziția chimică a metalelor componente. Există multe aliaje ce au ca proprietate efectul de memorie a formei dar cel mai folosit rămâne Nitinolul datorita prețului dar și a multiplelor avantaje ce decurg din caracteristicile sale. Nitinolul are proprietăți mult deosebite față de alte materiale metalice obișnuite. Dintre acestea, se poate menționa capacitatea de a-și schimba forma geometrică la trecerea de la o temperatură scăzută la una ridicată. În anumite condiții, schimbarea de formă poate fi reversibilă, astfel încât aliajul poate memora două forme geometrice respectiv o formă la cald și o altă formă la temperatura joasă, sub pragul temperaturii de transformare.

Domeniul materialelor noi și în special a celor inteligente vor revoluționa în viitoarea perioadă economia mondială. Avantajele aduse de acestea oferă posibilitatea dezvoltării gândirii creative a tinerilor specialiști, permit crearea unor noi direcții de cercetare și pot sta la baza unor noi metode de educație inginerescă.

Bibliografie:

1. *The VIth International Fair of Innovation and Creative Education for Youth (ICE-USV) Suceava, Romania*, <https://fiesc.usv.ro/ice-usv/>, accesat august 2022.

2. TOADER E., *Analiza stadiului actual în domeniul actuatorilor bazate pe materiale speciale*, Raport de cercetare în cadrul programului doctoral la Universitatea Ștefan cel Mare din Suceava, 11.11.2019,
3. BRAHIM N., ABDERREZAK G., ABDELAZIZ L., MOHAMED S., *The smart materials and their applications in the engineering fields*. 2015 5th National Symposium on Information Technology: Towards New Smart World (NSITNSW).
4. CERNOMAZU D., NIȚAN I., MILICI M.R., MILICI L.D., ROMANIUC I., UNGUREANU C., ȚANȚA O.M., *Actuator electrochimic hibrid*. Cerere de brevet de invenție A00802 din 4.11.2013.
5. CERNOMAZU D., MANDICI L., GRAUR A., SOREA N., NIȚAN I., MILICI L.D., MILICI M.R., RAȚĂ M., PRODAN C., ROMANIUC I., BUZDUGA C., *Actuator solar*. Cerere de brevet de invenție nr. A/01101 din 2.11.2011.
6. CERNOMAZU D., MANDICI L., GRAUR A., SOREA N., NIȚAN I., PRODAN C., MILICI L.D., MILICI M.R., RAȚĂ M., ROMANIUC I., BACIU I., *Actuator solar*. Cerere de brevet de invenție nr. A/01100 din 2.11.2011.
7. CERNOMAZU D., MANDICI L., GRAUR A., SOREA N., NIȚAN I., RAȚĂ M., MILICI L.D., MILICI M.R., PRODAN C., ROMANIUC I., BACIU I., *Actuator solar*. Cerere de brevet de invenție nr. A/00032 din 17.01.2012.
8. CERNOMAZU D., NIȚAN I., MILICI M.R., MILICI L.D., ROMANIUC I., UNGUREANU C., OLARIU E.D., ȚANȚA O., *Micromotor electrochimic pe bază de polimeri conductivi*. Cerere de Brevet de Invenție nr. A/00798 din 04.11.2013, O.S.I.M. București.
9. CERNOMAZU D., MANDICI L., JEDER M., NEGRU M.B., SOREA N., OLARIU E.D., CREȚU N., PROSACARIU I., *Sistem urmărire după soare*. Brevet de invenție nr. 123229 B1.
10. CERNUȘCĂ D., MILICI D.L., POIENAR M., *Development of special actuators using smart materials*. In: 2016 International Conference and Exposition on Electrical and Power Engineering (EPE 2016), 20-22 October, Iasi, Romania, Pages: 567 - 570, 10.1109/ICEPE.2016.7781404.

11. TOADER E., POIENAR M., MILICI M.R., RAȚĂ G., PRODAN C., VLAD V., NIȚAN I., UNGUREANU C., *Sistem automat de control al comenzilor*. Cerere de brevet A/00581/2019.
12. TOADER E., NIȚAN I., PAVĂL M., MILICI L.D., CERNUȘCĂ D., MILICI M.R., GRAUR A., DIMIAN M., UNGUREANU C., *Sistem de pompare*. Cerere de brevet invenție nr A00503/2020.
13. TOADER E., PAVĂL M., MILICI L.D., BOBRIC C., IRIMIA D., MILICI M.R., VLAD V., NIȚAN I., GRAUR A., *Sistem automat pentru monitorizarea activității conducătorilor auto*. Cerere de brevet A00319/2020.
14. MILICI L.D., PAVĂL M., NIȚAN I., GROSU O.V., TOADER E., POPA C., ATĂNĂSOE P., BOBRIC C., IRIMIA D., *Sistem de recuperare a energiei*. Cerere de brevet de invenție nr A/00519/2020.
15. MILICI L.D., PAVĂL M., NIȚAN I., UNGUREANU C., GROSU O.V., POCRIȘ M., TOADER V. E., *Sistem de monitorizare a activității unei persoane la birou*. Cerere de brevet de invenție nr A00146/2020.
16. BEJENAR C., BEJENAR M., MILICI L.D., IRIMIA D., AFANASOV C., TOADER E., GROSU O.V., ȚANȚA, M., *Metodă și sistem pentru alimentarea consumatorilor electrici izolați*. Cerere de brevet A 2020 00776.