

RAPORT STIINTIFIC SI TEHNIC
(RST)

Sistem compozit inteligent cu configuratie auto-controlabila constituit din aliaje cu memoria formei / materiale magnetice amorfe incorporate in matrici elastomerice

Smart composite system with self-controlled configuration developed from shape memory/ amorphous magnetic materials in elastomeric matrices

Acronim: SMAMEM

ETAPA DE EXECUTIE NR. 2 - 2021

Formarea, caracterizarea și testarea funcțională a componentelor sistemului compozit inteligent. Fabricarea sistemului compozit inteligent

REZUMATUL ETAPEI

Obiectivul principal al proiectului este dezvoltarea unui model de laborator al unui sistem complex construit din materiale compozite inteligente, cu functionalitate extinsa dedicata functionarii, detectarii si monitorizarii unui volum de fluid, a parametrilor de temperatura si de tranzitie, cum ar fi recipiente cu volum controlat, pompe hidraulice, conducte multifunctionale pentru transport complex de lichide sau chiar stenturi. In vederea realizarii acestui obiectiv au fost definite obiective specifice pentru realizarea Etapei II pentru anul 2021 a proiectului "Formarea, caracterizarea și testarea funcțională a componentelor sistemului compozit inteligent. Fabricarea sistemului compozit inteligent". Astfel, *au fost realizate activitatile legate de prepararea si caracterizarea chimica a aliajului cu memoria formei cu compoziția otima (partener P3), imprimarea formei elementelor active, educarea termomecanica a elementelor active de aliaj cu memoria formei si asamblarea si testarea cadrului de sustinere a sistemului compozit inteligent (partener P1), caracterizarea structurala si magnetica a elementelor sensibile sub forma de fire amorfe si realizarea senzorilor magnetici si a sistemului de control si feedback (coordonator CO), sinteza și caracterizarea elastomerilor flexibili pentru temperaturi ridicate si proiectarea formei si turnarea matricei elastomerice (P2).*

Obiectivele specifice ale proiectului in sarcina **partenerului P3, R&D Consultanta si Servicii**, au fost: obtinerea unei formule optimizate pentru compozitia chimica a aliajului cu memoria formei, obtinerea lotului de test 2 din aliajul in stare turnata si obtinerea caracteristicilor chimice a aliajului in stare turnata din lotul de test 2. Pentru atingerea obiectivelor prezentate mai sus, *RD a desfasurat activitati privind:* (i) proiectarea/optimizarea compozitiei aliajului cu memoria formei, (ii) experimentarea tehnologiei de sinteza a aliajului si obtinerea lotului de test 2, (iii) caracterizarea aliajului in stare turnata (din punct de vedere chimic). In cadrul etapei II a fost crescuta cantitatea de Cu in detrimentul cantitatii de Ni, compozitia rezultata fiind Ti-42,5Ni-7,5Cu % at., adica Ti-46,50Ni-8,88Cu % masa. Metoda de elaborare a aliajului - topirea in cuptor cu creuzet rece, in atmosfera inerta (argon) - a fost stabilita inca din etapa anterioara a proiectului. In cadrul acestei etape a fost experimentata tehnologia de sinteza a aliajului in cuptorul cu creuzet rece, obtinandu-se lotul de test 2 format din 4 lingouri din aliajul Ti-45Ni-5Cu % at. si 2 lingouri din aliajul Ti-42,5Ni-7,5Cu % at. Aliajul in stare turnata a fost caracterizat din punct de vedere chimic, compozitiile rezultate fiind foarte apropiate de cele de calcul.

Obiectivele **partenerului P1, Universitatea Tehnică „Gheorghe Asachi” din Iași** (UTI) au fost: (i) *imprimarea formei elementelor active;* (ii) *educarea termomecanică a elementelor active și* (iii) *asamblarea și testarea cadrului de susținere a sistemului compozit inteligent.* În acest scop, *UTI a desfășurat următoarele activități:* (i) proiectarea și aplicarea laminării la cald; (ii) prelucrarea elementelor active din aliaj cu memoria formei (AMF) $Ti_{50}Ni_{45}Cu_5$; (iii) evidențierea prezenței efectului de memoria formei (EMF) la elementele active; (iv) educarea termomecanică a elementelor active; (v) evidențierea efectelor educării termomecanice și a stabilității comportamentului termodinamic; (vi) testarea capacității elementelor active de a fi controlate prin încălzire rezistivă și (vii) asamblarea cadrului de susținere a sistemului compozit inteligent și testarea comportării acestuia la încălzire. S-au obținut 100 de elemente active care au prezentat o transformare martensitică inversă, între 31 și 73⁰C și a transformare martensitică directă, între 51 și 13⁰C. Elementele active, care au demonstrat o excelentă capacitate de a dezvolta EMF generator de lucru mecanic, în mod reproductiv și stabilizat, se pretează la încălzire rezistivă. S-a construit un cadrul format din patru elemente active care și-au recuperat forma caldă rectilinie, prin încălzire sub 100⁰C.

Obiectivul specific *coordonatorului (CO), INCDFT-IFT Iasi* in aceasta etapa a proiectului SMAMEM au fost „*caracterizarea structurala si magnetica a elementelor sensibile sub forma de fire amorfe*” si „*realizarea senzorilor magnetici si a sistemului de control si feed-back*”. In acest sens, au fost selectate ca elemente sensibile firele amorfe conventionale $\text{Co}_{68,18}\text{Fe}_{4,32}\text{Si}_{12,5}\text{B}_{15}$ at% cu diametre de aproximativ 100 μm preparate prin metoda ejectiei aliajului topit in strat de apa in rotatie (INROSWAP) datorita sensibilitatii mai mari la tensiunile externe (indoire). Starea amorfa si omogenitatea compositionala a probelor utilizate a fost confirmata prin investigatii STEM si respectiv SAED. A fost realizat si testat un senzor magnetic pentru verificarea raspunsului la indoire a elementului sensibil sub forma de fir. A fost realizat senzorul magnetic, placa de achizitie a semnalului furnizat de senzor care, prin intermediul unei aplicatii dezvoltate in LabView, genereaza semnalele de comanda a curentului care incalzeste elementul de aliaj cu memoria formei cat si circuitul de prelucrarea a semnalului de la senzor. A fost testat senzorul magnetic si circuitul electronic in conditii de laborator pe un cadru din 4 elemente de aliaj cu memoria formei in configuratie 2D.

In aceasta etapa a proiectului s-au preparat compozite PDMS-nitrura de bor (BN) (*partenerul P2, ICMPP Iasi*) pentru obtinerea de materiale flexibile cu conductivitate termica imbunatatita pentru utilizarea lor ca matrici in sisteme de aliaje cu memoria formei. Pentru aceasta, din biblioteca de polimeri siloxanici creata in etapa anterioara a proiectului s-a selectat un polidimetilsiloxan- α,ω -diol de masa moleculara 68000 g/mol care s-a folosit ca matrice pentru incorporarea de BN un filler cunoscut ca avand conductivitate termica ridicata. Pentru a maximiza efectele asupra materialului compozit rezultat, in afara de folosirea BN ca atare, s-au preparat o serie de compozite in care s-a folosit BN hidrofobizata prin tratament de suprafata cu octametilciclotetrasiloxan (D4) si o serie in care aceasta a fost ulterior supusa exfolierii prin ultrasonare in mediu de alcool izopropilic. Compozitele cu diferite grade de incarcare de BN au fost prelucrate sub forma de film si reticulate la temperatura camerei, dupa care au fost analizate prin masuratori mecanice, dielectrice si de conductivitate termica. Morfologia filler-ului si a materialelor compozite au fost analizate prin metode microscopice (TEM si SEM). S-a gasit, ca incorporarea BN in matricea siliconica conduce la imbunatatirea proprietatilor mecanice ale materialelor rezultate chiar si la un grad de incarcare de 50%. Se inregistreaza o crestere usoara a permitivitatii dielectrice dar pierderile dielectrice, raman la un nivel de scazut, Aceasta, cumulat cu conductivitatea termica imbunatatita si valorile mari ale energiei elastice inmagazinata la deformare, fac aceste compozite promitatoare pentru aplicatia vizata in acest proiect. A fost proiectata si realizata matrita si a fost turnata matricea elastomerica.

REZULTATELE ETAPEI 1/2020 SI GRADUL DE REALIZARE AL OBIECTIVELOR

1. Identificarea rezultatelor Etapei 1 / 2020 si gradul de realizare al obiectivelor

Denumire activitate/obiectiv	Rezultate realizate / documente de prezentare a rezultatelor / grad de realizare	Document de monitorizare in-situ
A2.1 - Optimizarea compozitiei aliajului cu memoria formei. Obtinerea lotului de test 2. Caracterizarea chimica a aliajului in stare turnata din lotul de test 2	<p>- Formula noua pentru compozitia chimica a aliajului cu memoria formei (Ti-46,50Ni-8,88Cu % masa) / Raport stiintific si tehnic (RST) / 100 %.</p> <p>- Lot de test 2 din aliajul in stare turnata (4 lingouri de aliaj Ti-49,35Ni-5,94Cu % masa si 2 lingouri de aliaj Ti-46,50Ni-8,88Cu % masa</p> <p>- Caracteristici chimice ale aliajelor in stare turnata din lotul de test 2 / RST / 100 %.</p>	Informatii incluse in RST; buletine de analiza
A2.2 - Imprimarea formei elementelor active de aliaj cu	- S-a stabilit o tehnologie de laminare la cald a elementelor active, din AMF $\text{Ti}_{50}\text{Ni}_{45}\text{Cu}_5$ / RST / 100 %.	Informatii incluse in RST;

memoria formei, A2.3. Educarea termomecanica a elementelor active de aliaj cu memoria formei. A2.6. Asamblarea si testarea cadrului de sustinere a sistemului compozit <i>inteligent</i>	- <i>Au fost elaborate elemente active, cu dimensiuni și comportamente reproductibile. / RST / 100 %.</i> - <i>S-a demonstrat capacitatea elementelor active de a prezenta o transformare martensitică termoelastica, reversibilă și de a dezvolta efect de memoria formei generator de lucru mecanic. / RST / 100 %.</i>	buletine de analiza
A 2.4 - Caracterizarea structurala si magnetica a elementelor sensibile sub forma de fire amorse Act 2.7 - Realizarea senzorilor magnetici si a sistemului de control si feed-back	- <i>A fost caracterizat structural si magnetic elementul sensibil sub forma de fir conventional CoFeSiB / RST / 100 %.</i> - <i>A fost proiectat si realizat senzorul magnetic de indoire/ RST / 100 %.</i> - <i>A fost proiectat si realizat circuitul de activare a elementului cu memoria formei si circuitul de prelucrarea a semnalului de la senzor / RST / 100 %.</i> - <i>A fost testat un element al sistemului compozit inteligent cu configuratie autocontrolabila in configuratie 2D / RST / 100 %.</i>	Informatii incluse in RST; buletine de analiza
A.1.4. Proiectarea tehnologiei de sinteza a Elastomerilor	- <i>Au fost proiectati, sintetizati și caracterizati elastomeri flexibili pe baza de polidimetilsiloxan-α,ω-diol/nitrura de bor in diferite concentratii / RST / 100 %.</i> - <i>A fost proiectata si realizata matrita si a fost turnata matricea elastomerica / RST / 100 %.</i>	Informatii incluse in RST; buletine de analiza
Diseminare	Pagina web a proiectului / 100 % Rezultatele proiectului au fost diseminate prin comunicare la conferinte internationale si publicarea/trimiterea spre publicare de lucrari stiintifice /100%	Vezi mai jos

Diseminare:

- Pagina web a proiectului: <http://www.phys-iasi.ro/en/projects/en/smamem>

Articole:

1. George T. Stiubianu, [Polymer Nanocomposites for Lowering Heating and Cooling Loads in Buildings](#), *Proceedings 2021*, 69(1), 35; [doi:10.3390/CGPM2020-07165](https://doi.org/10.3390/CGPM2020-07165)
2. George Stiubianu, Adrian Bele, Codrin Tugui, Marian Grigoras, Firuta Borza, Leandru-Gh. Bujoreanu, Maria Cazacu, Attempts to obtain silicone composites for thermal management in flexible electronics, *Journal of Composite Materials 2021 (ISI)*– manuscris trimis spre publicare

Conferinte:

1. G. Stiubianu, A. Bele, C. Tugui, M. Cazacu, F. Borza, L.-G. Bujoreanu, V. Apostol, High thermal conductivity nanocomposites with two-dimensional materials for thermal load management in shape memory alloy devices, *ICPAM-13, 13th International Conference on Physics of Advanced Materials*, September 24-30, 2021, Sant Feliu de Guixols, Spain – prezentare orala