



(12)

## CERERE DE BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: **a 2022 00451**

(22) Data de depozit: **27/07/2022**

(41) Data publicării cererii:  
**30/12/2022** BOPI nr. **12/2022**

(71) Solicitant:  
• **INSTITUTUL NAȚIONAL DE  
CERCETARE-DEZVOLTARE PENTRU  
FIZICĂ TEHNICĂ - IFT IAȘI,**  
BD. PROF. DIMITRIE MANGERON NR.47,  
IAȘI, IS, RO

(72) Inventatori:  
• **BORZA FIRUȚA,**  
STR. IORDACHE LOZONCHI NR.10,  
BL. C2, AP.27, IAȘI, IS, RO;  
• **BUJOREANU LEANDRU GHEORGHE,**  
STR. IORDACHE LOZONCHI NR.10,  
BL. C3, AP.14, IAȘI, IS, RO;  
• **CAZACU MARIA,** STR. SĂRĂRIE NR.6,  
BL.6, SC.B, ET.II, AP.6, IAȘI, IS, RO

(54) **SISTEM COMPOZIT INTELIGENT CU CONFIGURAȚIE  
AUTO-CONTROLABILĂ**

(57) Rezumat:

Invenția se referă la un sistem compozit inteligent cu configurație auto-controlabilă construit din materiale cu memoria formei înglobate într-o matrice elastomerică, controlat prin intermediul unor senzori magnetici bazați pe fire magnetice amorfe cu ajutorul unui sistem de control și feedback, dedicat acționării, detecției și monitorizării variației unui volum pentru aplicații cum sunt recipientele cu volum controlat, pompele hidraulice, conducte peristaltice, și altele asemenea. Sistemul conform invenției este constituit din elemente active din aliaje cu memoria formei care își modifică forma sub acțiunea temperaturii, înglobate într-o matrice elastomerică care permite ca sistemul compozit să revină la forma inițială odată cu revenirea la temperaturi joase, a

căror variație de formă sub acțiunea temperaturii este controlată cu ajutorul unor senzori magnetici inductivi de tensiune mecanică, care constau din elemente sensibile din fire magnetice amorfe a căror permeabilitate magnetică variază sub acțiunea tensiunilor mecanice din sistemul aliaj cu memoria formei/matrice elastomerică și care, prin intermediul unui sistem electronic cu funcție de control și feedback, acționează elementele din aliaj cu memoria formei și monitorizează mișcarea acestora.

Revendicări: 1  
Figuri: 1



**SISTEM COMPOZIT INTELIGENT CU CONFIGURAȚIE AUTO-CONTROLABILĂ****DESCRIEREA INVENȚIEI**

OFICIUL DE STAT PENTRU INVENȚII ȘI MĂRCI
Cerere de brevet de invenție
Nr. a 2022 00457
Data depozit .....27-07-2022.....

**Domeniul tehnic**

Prezenta invenție se referă la un sistem compozit cu configurație auto-controlabilă construit din materiale cu memoria formei înglobate într-o matrice elastomerică, controlat prin intermediul unor senzori magnetici bazați pe fire magnetice amorfe cu ajutorul unui sistem de control și feedback, dedicat acționării, detecției și monitorizării variației unui volum pentru aplicații cum ar fi recipiente cu volum controlat, pompe hidraulice, conducte peristaltice, etc.

**Invenția se referă** la un sistem complex cu configurație auto-controlabilă constituit din materiale compozite inteligente înglobate într-o matrice elastomerică, cu geometrie variabilă și funcționalitate extinsă, dedicat acționării, detecției și monitorizării variației unui volum pentru aplicații cum ar fi recipiente cu volum controlat, pompe hidraulice, conducte peristaltice, conducte multifuncționale pentru transportul fluidelor complexe, stenturi sau structuri portabile în aeronautică, etc. Sistemul compozit cu configurație auto-controlabilă, conform invenției, este construit din structuri circulare pe bază de materiale inteligente cu memoria formei a căror variație de formă sub acțiunea temperaturii este controlată cu ajutorul unor senzori de tensiune mecanică, cu elemente sensibile din fire magnetice amorfe, prin intermediul unui sistem electronic cu funcție de control și feedback.

**Sunt cunoscute** aplicații ale aliajelor cu memoria formei în diverse domenii precum: (i) industria autovehiculelor și aerospațială (structuri/componente de auto-reparare și de detectare, cum ar fi anvelopele inteligente și airbag-urile, modificarea formei în aerodinamică și estetică, actuatori de temperatură ridicată, amortizoare/izolatoare de zgomot, vibrații și duritate; actuatoare rotative); (ii) robotică (actuatoare rapide de dimensiuni reduse; actuatoare eficiente, stabile și precise; actuatoare rotative și (iii) biomedicale (mușchi artificiali; implanturi din aliaje cu memoria formei; aliaje cu memoria formei non-toxice (fără nichel). Se cunoaște că performanțele și funcționalitatea aliajelor cu memoria formei pot fi îmbunătățite prin integrarea acestora cu alte materiale compozite cu memoria formei. Diferitele combinații de aliaje cu memoria formei și alte materiale au condus la îmbunătățirea performanței materialului, cum ar fi: duritate și capacitate mai mare de amortizare, rigidizare activă, capacitate de modificare a formei, auto-reparare, etc. O structură compozită avansată construită din compozite polimerice

*Handwritten signatures and initials.*

*Handwritten signature and official stamp.*

armate cu fibră de carbon cu fire AMF (aliaj cu memoria formei) încorporate a fost utilizată ca sistem de monitorizare a integrității structurale (adică pentru detecția defectelor) [1].

Se cunosc de asemenea materiale compozite cu efect de memoria formei în dublu sens. Aceste materiale compozite constau dintr-un un aliaj cu memoria formei și un material metalic cu elasticitate ridicată. Materialul compozit ia o primă formă la o temperatură mai joasă și o a doua formă, memorată, la o temperatură mai ridicată. Materialul elastic oferă sistemului compozit proprietăți elastice astfel încât, sub acțiunea forțelor elastice, materialul compozit revine la forma inițială odată cu revenirea la temperaturi joase [2]. Materialele compozite cu memoria formei, realizate până în prezent, sunt create prin încorporarea de elemente AMF sub diferite forme (fire, benzi sau particule) într-un material matrice cum ar fi polimerii simpli, polimerii ranforșați cu fibre, metale sau materiale ceramice. Deși proprietățile funcționale (memorarea și revenire la forma originală după acționarea unui stimul extern cum ar fi temperatura sau un stimul electric) ale compozitelor AMF sunt un rezultat direct al caracteristicilor termomecanice ale AMF-ului încorporat, în funcționarea AMF în cadrul ciclurilor termice apare efectul de histerezis. Din acest motiv, au fost dezvoltate compozite AMF în care elementul AMF generează forța de deformare iar compozitul elastic poate fixa deformarea.

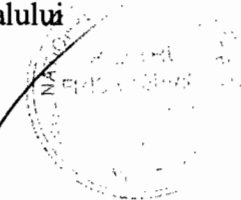
Se cunoaște un micro-actuator compozit care constă din lamele de aliaj cu memoria formei, Cu-Zn-Al, antrenate termomecanic într-o matrice de polisiloxan [3]. În timpul încălzirii, lamelele compozite au devenit mai puțin curbate, în așa fel încât deschiderea lor a crescut iar înălțimea lor a scăzut, iar în timpul răcirii s-au curbat din nou, ridicând sarcina aplicată. Având în vedere că aliajele cu memoria formei nu sunt capabile să producă efect de memoria formei generator de lucru mecanic, în timpul răcirii matricea de polisiloxan permite compozitului să revină la forma curbată ridicând chiar și o sarcină de 100 g.

Dezavantajul major al acestor sisteme compozite constă în faptul că nu oferă funcția senzorială de monitorizare și feed-back a deformării sistemului compozit format din materialul cu memoria formei/matrice polimerică astfel încât să formeze un sistem autonom cu geometrie autocontrolabilă, cu funcții multiple, în configurație 3D, care să ofere un nou nivel de adaptabilitate și flexibilitate în modelarea configurațiilor și a funcționalității.

**Problema tehnică pe care o rezolvă invenția** constă în asocierea actuatorilor din materiale cu memoria formei cu senzori magnetici, ambii încorporați într-o matrice de polisiloxan cu funcție de resetare a actuatorului cu scopul de a forma un sistem autonom cu geometrie autocontrolabilă. Senzorii magnetici de tensiune mecanică încorporați în compozitul - material cu memoria formei/matrice elastomerică au rolul de a monitoriza și de a comanda variațiile de formă ale materialului compozit asigurând astfel extinderea capabilității materialului

Flou  
Acota

4



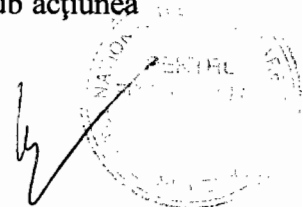
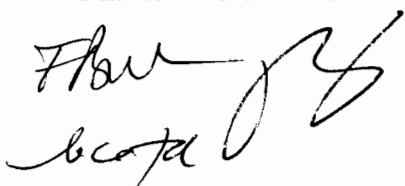
multifuncțional dincolo de modificările geometrice și de acționare specifice compozitului - material cu memoria formei/matrice elastomerică. Astfel, prin asocierea elementelor active (material cu memoria formei), a elementelor de detecție, monitorizare și feed-back (senzori pe bază de materiale magnetice amorfe) și de resetare (elastomeri) vor fi realizate noi materiale compozite inteligente cu geometrie variabilă, de tip aliaj cu memoria formei/material magnetic amorf, în matrice elastomerică. În acest sens, în compozitul AMF/matrice elastomerică vor fi introduși senzori magnetici de tip inductiv cu elemente sensibile constând din microfibre magnetice amorfe obținute prin răcire rapidă din topitură, cu diametrul de aproximativ 100  $\mu\text{m}$ , cu compoziții pe bază de metal de tranziție (Fe, Ni, Co) - metaloid (Si, B, P, cu adaosuri), cu permeabilitate magnetică ridicată, cu rol de monitorizare și comandă a variațiilor de formă ale sistemului compozit inteligent.

Se dă în continuare un exemplu de realizare a invenției în legătură cu figurile 1 (a, b, c, d, e, f), care reprezintă:

- Fig.1 Principiul de dezvoltare a compozitelor cu structură variabilă: (a) imprimarea formei calde pe șablon cilindric; (b) vedere în plan orizontal a ansamblului structurilor 2D; (c) vedere în plan orizontal a ansamblului 2D cu geometrie modificată prin activarea elementelor 1 și 3 și dezvoltarea suprafeței maxime prin activarea tuturor elementelor (1, 2, 3 și 4) (linia plină); (d) secțiune transversală a compozitului și matriței; (e) vedere spațială a compozitului cu senzorii magnetici montați în zona mediană; (f) secțiune transversală prin sistemul compozit 3D.

Sistemul compozit inteligent cu geometrie variabilă în configurație 3D, conform invenției, este format dintr-un material structurat spațial ca un schelet complex care constă din elemente active sub formă de benzi din aliaj cu memoria formei cu compoziția NiTiCu, cu înaltă plasticitate, în stare martensitică, cu rol de acționare. Elementele active din aliaj cu memoria formei, pre-tensionate pe un șablon cilindric, au o formă circulară (1) la o temperatură mai joasă și o a doua formă memorată, liniară (2), la o temperatură mai ridicată asigurată prin trecerea curentului electric prin elementul activ (Fig. 1.a). Două sau mai multe elemente active din aliaj cu memoria formei (1, 2, 3, 4), termoelastice și educate, sunt asamblate inițial, prin intermediul unor cuple cilindrice, în structuri 2D (Fig. 1.b), în configurații circulare strânse, care la încălzire revin la configurația liniară, pe rând sau toate odată (Fig. 1.c). Trei sau mai multe structuri 2D sunt ulterior încapsulate, cu ajutorul unei matrițe (5) (Fig. 1.d) într-o matrice elastomerică din materiale polimerice (6) (Fig. 1.e), în principal pe bază de siliconi, împreună cu senzorii magnetici inductivi de tensiune mecanică (7) (Fig. 1.f), flexibili, care constau din fire magnetice amorfe - ca elemente sensibile - pe care sunt înfășurate bobine de magnetizare și de detecție.

Matricea elastomerică oferă sistemului compozit proprietăți elastice astfel încât, sub acțiunea



forțelor elastice sistemul compozit revine la forma inițială odată cu revenirea la temperaturi joase. Senzorii magnetici de tip inductiv utilizați pentru monitorizarea deflexiei elementelor active ale scheletului se bazează pe variația permeabilității magnetice a elementului sensibil (fir magnetic amorf) odată cu variația formei elementului activ din aliaj cu memoria formei. Senzorii magnetici sunt înglobați în matricea elastomerică, în apropierea elementelor active din aliaj cu memoria formei și paralel cu acestea, asigurând monitorizarea și feedback-ul variațiilor de formă ale sistemului compozit, prin detectarea tensiunilor mecanice induse în timpul deformării ansamblului element activ-elastomer. Controlul formei elementelor active ale sistemului compozit inteligent se face cu ajutorul unui calculator folosind o placă de achiziție de date. Prin intermediul unei aplicații dezvoltate în LabView, placa de achiziție generează semnalele de comandă a curentului electric care încălzește elementul din material cu memorie a formei, semnalul alternativ de excitație pentru senzor precum și un semnal de curent continuu (DC) de compensare a off-setului. Totodată, placa de achiziție convertește tensiunea electrică de la ieșirea circuitului de prelucrare al semnalului provenit de la senzorul magnetic într-un semnal numeric care este interpretat de către aplicația software, în funcție de care se generează semnalele pentru încălzirea elementelor din material cu memorie a formei. Structura astfel formată asigură simultan funcțiile de actuator (material cu memoria formei), revenire (elastomer), monitorizare și feed-back (senzor magnetic).

Flora  
Licozace

RO 137206 A0

**BIBLIOGRAFIE**

- [1] Jani J M, Leary M, Subic A, Gibson M A, (2014), *A review of shape memory alloy research, applications and opportunities*, Materials and Design, 56, p. 1078
- [2] Walak S, *Two way composite nitinol actuator*, US Patent 2007/0200656A12007.
- [3] Mihalache E, Borza F, Lupu N, Lohan N M, Pricop B, Suru M-G, Bujoreanu L-G, (2015), *Thermomechanical processing effects on the martensitic transformation in Fe-based SMAs*, Journal of Optoelectronics and Advanced Materials, 17(9-10), p. 1344.

Flav  
Bocan



**REVENDICARE**

Sistem compozit inteligent cu configurație spațială auto-controlabilă **caracterizat prin aceea că** este construit din elemente active din aliaje cu memoria formei care își modifică forma sub acțiunea temperaturii, înglobate într-o matrice elastomerică care permite ca sistemul compozit să revină la forma inițială odată cu revenirea la temperaturi joase, a căror variație de formă sub acțiunea temperaturii este controlată cu ajutorul unor senzori magnetici inductivi de tensiune mecanică care constau din elemente sensibile din fire magnetice amorfe, a căror permeabilitate magnetică variază sub acțiunea tensiunilor mecanice din sistemul aliaj cu memoria formei/ matrice elastomerică și care, prin intermediul unui sistem electronic cu funcție de control și feedback, acționează elementele din aliaj cu memoria formei și monitorizează mișcarea acestora.

Flou  
le copla BS



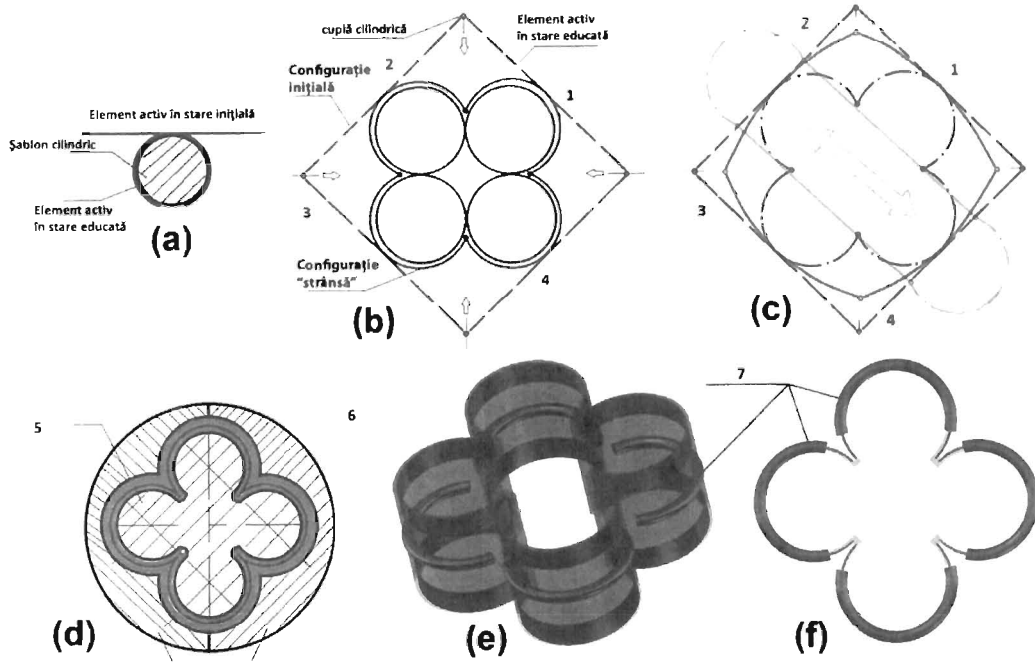


Figura 1

*Abou  
scopul*

