

ALIAJE CU MEMORIE A FORMEI -AMF

Grigore ROȘCA, st. gr. TCM 121; Petru DELIMARCU, st. gr. TCM 121
Conducător științific., dr., conf. univ. Valeriu ȘAUGA

Universitatea Tehnică a Moldovei

Abstract: Aplicații ale AMF au început să apară în deceniul al VII-lea, odată cu descoperirea Nitinolului. De atunci, cifra de afaceri cu AMF s-a marit continuu. În funcție de rolul pe care îl joacă, aplicațiile AMF se împart în patru categorii: cu revenire liberă, cu revenire reținută, cu producerea de lucru mecanic sau cu funcție de activatori și cu pseudoelasticitate.

Cuvinte cheie: aliaje cu memorie, domeniu martensitic, aliaj Ti-Ni-Fe.

1. Introducere

Forma efect de memorie este un fenomen fizic care duce la recuperarea formei originale prin variația temperaturii după ce materialul a fost deformat dincolo de limita sa de elasticitate. Aliajele care prezintă această caracteristică sunt cunoscute ca materiale inteligente (reprezentate în tabelul 1).

Tab. 1. Aliaje cu proprietăți de memorie a formei, [1].

| Aliajele care au proprietati de memorie a formei | | |
|--|---------------------------|-----------------------|
| Aliaje | Compozitia | Transformari |
| | Procent de masă | Temperatura (Celsius) |
| Ag – Cd | 44/49 % | -190 -50 |
| Au – Cd | 46.5/50 % | 30 - 100 |
| Cu - Al – Ni | 14/14.5 % | -140 - 100 |
| Cu – Sn | aprox. 15 % | -120 - 30 |
| Cu – Zn | 38.5/41.5 % | -180 -10 |
| Cu - Zn - (Si,Sn,Al) | puțin wt.% de (Si, Sn,Al) | -180- 200 |
| In – Ti | 18/23 % | 60 - 100 |
| Ni – Al | 36/38 % | -180 - 100 |
| Ni – Ti | 49/51 % | -50 - 110 |
| Fe – Pt | approx. 25 de la% Pt | aprox. -130 |
| Mn – Cu | 5/35 de la % Cu | -250 - 180 |

Aplicații tehnologice ale acestor aliaje sunt direct legate de studiul proprietăților lor mecanice și structurale. Există mai multe proprietăți mecanice care pot fi menționate. În acest studiu relația dintre efectul de parametri structurali privind proprietățile mecanice și de recuperare a formei vor fi prezentate prin analiza probelor supuse la cicluri de formare folosind testul de compresie.

2. Aplicații cu revenire liberă a AMF

În aceste aplicații, singura funcție a AMF este de-a produce mișcare și deformare. Exemplul tipic de comportament la revenire liberă, al unui aliaj cu memorie, a fost sintetizat în (fig 1), pentru un aliaj Ti-Ni-Fe. Totodată se poate urmări influența alungirii totale (ϵ_t) asupra alungirii recuperate (ϵ_r) și a amneziei (ϵ_p). La proiectarea aplicațiilor cu revenire liberă, se urmăresc, în primul rând, mișcarea maximă disponibilă și deformarea necesară pentru atingerea acestui maxim. După cum s-a mai menționat, mișcarea maximă este de 8% pentru aliajele pe baza de Ti-Ni și de 5-6% pentru celelalte AMF. O altă problemă deosebită o reprezintă diferența dintre comportarea de memorie a formei proiectată și cea

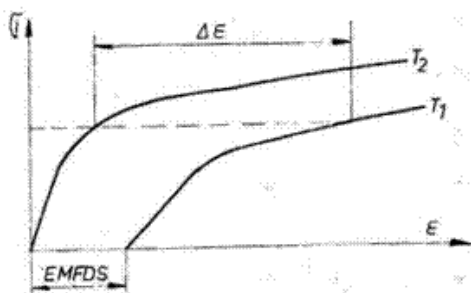


Fig. 1. Curbe izoterme tensiune-alungire, caracteristicile domeniului martensitic (T1) și celui austenitic (T2) folosite în metodologia de proiectare.

reala. In figura 1 s-au prezentat doua curbe izoterme tensiune-deformatie, folosite in metodologia de proiectare, pentru doua temperaturi situate, una in domeniul martensitic (T_1) si alta in cel austenitic (T_2). Comportamentul diferit, caracteristic celor doua faze, este marcat prin pante ale regiunii elastice si prin limite de curgere mai mici pentru curba de deformatie martensitica (la T_1), in raport cu cea austenitica (la T_2).

3. Aplicatii cu revenire retinuta a AMF

Spre deosebire de cea libera, revenirea retinuta, consta in impiedicarea redobandirii formei calde, din cauza unei constrangeri externe. Revenirea retinuta poate duce la dezvoltarea unor tensiuni destul de ridicate (peste 700 MPa) si aceasta caracteristica sta la baza celor mai vechi si mai reusite aplicatii. Aceste aplicatii se refera la dispozitive de cuplare sau de fixare, precum si la aplicatii spatiale. Se realizeaza astfel un tip special de legatura (imbinare) superioara celor mecanice, datorita dezvoltarii unor tensiuni insensibile la variatii termice, tensiuni care sunt foarte fiabile si precis determinate.

4. Dispozitive de fixare ce folosesc AMF

In constructia dispozitivelor de fixare, AMF sunt intalnite, aproape in exclusivitate, sub forma de inele care lucreaza in domeniul austenitic. Aceste inele permit construirea unor imbinari permanente nedemontabile, deoarece, prin incalzire, sufera EMF si nu-si mai pot modifica forma la racire. Dispozitivele de fixare, construite cu aceste inele, au o serie de avantaje asupra celor conventionale, cum ar fi:

1. Controlul tensiunii de strangere, prin deformatia de contact. Tensiunea de strangere creste liniar, odata cu deformatia de contact (deformatia nerecuperata), pana la aprox.1,5%, cand se atinge o presiune de contact de cca. 400 MPa. Dispozitivele de fixare lucreaza doar in domeniul elastic si din cauza modulului de elasticitate foarte ridicat, la un element din otel, variatii ale deformatiei de contact de 0,1% pot duce la variatii ale tensiunii de strangere de cca. 200 MPa. Acest lucru nu se poate intampla la un AMF, unde modulul de elasticitate este mai redus si valoarea variatiilor de tensiune de mai sus nu depaseste 13,6 MPa.

2. Tolerante mai largi ale pieselor conjugate. Daca din valoarea tipica a alungirii recuperabile a Nitinolului (8%), se scade deformatia de contact (1,5%), se obtine suficienta deformatie (6,5%), pentru a putea compensa abateri dimensionale mult mai mari ale pieselor conjugate, in comparatie cu cele dintr-un dispozitiv de fixare cu materiale clasice (la care valorile maxime ale dilatatiei termice si ale alungirii elastice sunt de 1,2 si respectiv 1,4%).

3. Presiune radiala uniforma. Este una dintre caracteristicile inerente inelelor din AMF care sunt si din acest punct de vedere superioare elementelor clasice de fixare (coliere, inele elastice de fixare etc.).

4. Temperatura de instalare. Aceasta este mult mai redusa decat la celelalte cuplaje elastice.

5. Instalare usoara. Nu este necesara o calificare speciala (ca la majoritatea elementelor de fixare conventionale), instalarea impunand doar pozitionarea corecta.

6. Temperatura de functionare. Intervalul termic se poate extinde intre -65 si $+300^{\circ}\text{C}$, fiind limitat infede M_s si superior de aparitia clivajului.

O alta aplicatie interesanta o reprezinta scuturile (invelisurile) desfasurabile, care asigura protectia satelitilor si a laboratoarelor spatiale geostationare impotriva asteroizilor naturali sau artificiali (proveniti din explozia rachetelor purtatoare, atunci cand acestea ajung la apogeu).

Un AMF poate produce lucru mecanic daca, prin EMF, are loc o deplasare prin invingerea unei tensiuni. Acest fenomen nu s-a intalnit in aplicatiile precedente, deoarece revenirea libera presupune

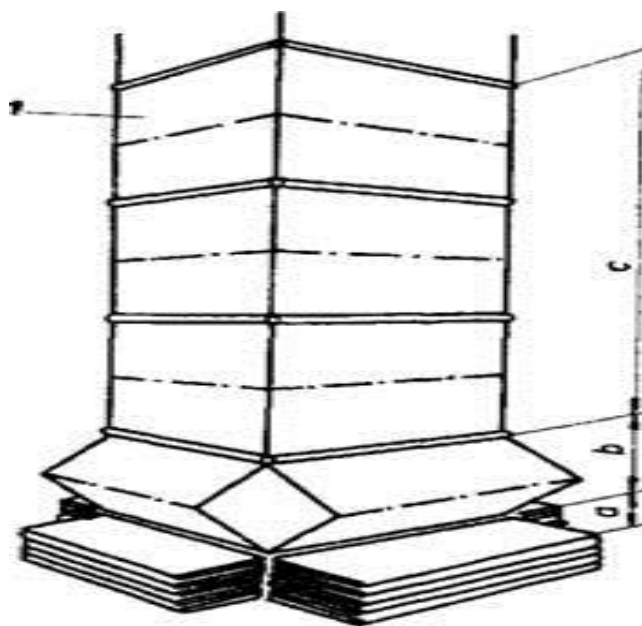


Fig. 2. Schema de desfasurare a unei cutii prismatice erectile, cu articulatii din AMF sub forma de bare de torsiune, in cadrul unui scut spatial de protectie: a. forma stransa; b. forma de tranzitie; c. forma desfasurata: 1 - placa scutului; 2 - bara de torsiune din AMF.

generarea unei deplasari de restabilire a formei calde fara tensiune iar cea retinuta presupune generarea unei tensiuni, fara deformatie. Utilizarea AMF la producerea de lucru mecanic a fost materializata in constructia dispozitivelor de actionare (activatori) sau a motoarelor termice.

5. Aspecte caracteristice ale producerii de lucru mecanic de catre AMF

Pentru a caracteriza fenomenul prin care un AMF efectueaza lucru mecanic, trebuie urmarite trei aspecte: traseul parcurs de aliaj, parametrii de proiectare si randamentul activatorului. Traseul parcurs de un AMF, pentru a produce lucru mecanic, este reprezentat, intr-o schematizare idealizata, in figura 3. La o temperatura din domeniul martensitic (sub M_f) aliajul este incarcat (OA) si descarcat (AB), producandu-se pseudomaclarea.

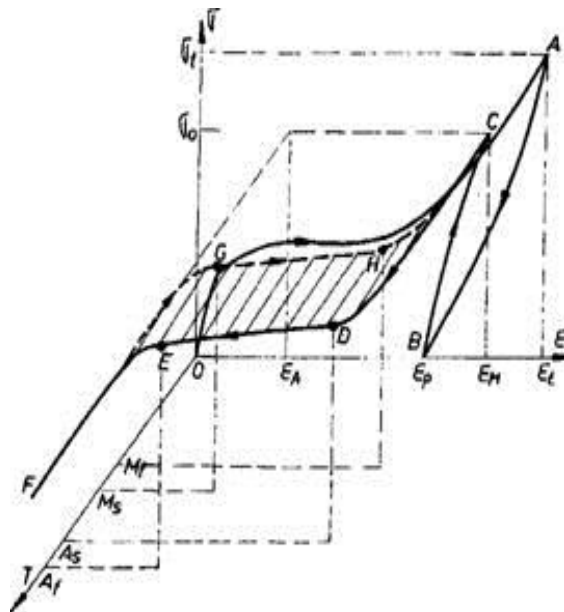


Fig. 3. Schema tri-dimensională idealizată a traseului parcurs de un AMF pentru a produce lucru mecanic

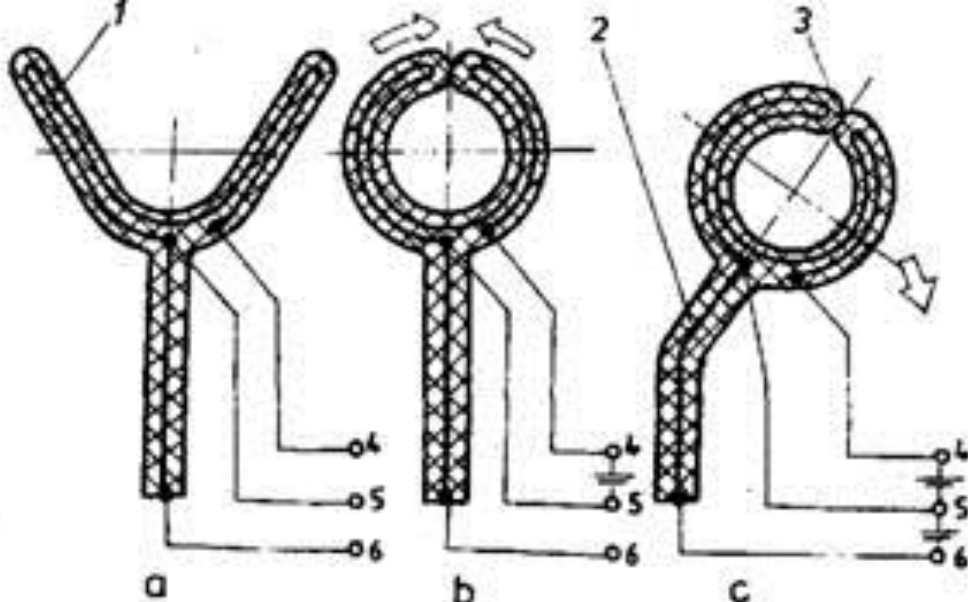


Fig. 4. Principiul de funcționare a unui micro-manipulator cu activatori electrice cu memorie a formei: a. neactivat; b. activarea apucării; c. activarea îndoirii: 1. sîrma de Ti-Ni, pentru apucare; 2. sîrma de Ti-Ni, pentru îndoire; 3. învelis elastic din cauciuc siliconic; 4-6. borne electrice.

Pe langa robotii submarini, s-au dezvoltat si alte tipuri de roboti mergatori sau manipulatori (marea majoritate in Japonia, incepand cu 1985). Se pot cita exemple de brate robotice, tuburi endoscopice, "animale" mecanice cu mers peristaltic si de manipulatori tip "muschi schelet" (care au umeri, coate si maini). In figura 2 se prezinta un tip de micro-manipulator, compus din doua sarme inseriate din Ni-Ti, de 0,2mm (1) si (2)

Sârmele sunt acoperite cu cauciuc siliconic (3) care acționează ca un resort de restabilire. Când curentul electric este oprit, figura 4.a., din cauza rigidității cauciucului siliconic, brațul manipulatorului stă drept, iar segmentul de apucare este deschis. La aplicarea curentului electric, între bornele (4) și (5), segmentul se închide, datorită EMF din sârma (1), figura 4.b. Dacă se aplică curentul electric și între bornele (5) și (6), manipulatorul rămâne închis și se apleacă spre dreapta, figura 4.c.

6. Proprietăți mecanice

Proprietățile mecanice, cum ar fi duritatea (duritate Vickers și nanoduritatea) erau analizate în probele solicitate la compresiune de cicluri pentru a studia stresul indus martensitei. Duritatea Vickers prezintă contribuția de faze martensită și austenită simultan. În acest caz, comportamentul este similar cu cel al oțelului austenitic comercial, duritatea Vickers scade în funcție de granulație. Datele au indicat o relație liniară între limita de curgere și inversul pătratului. Forma bazată pe aliaje de fier de memorie proprietăți mecanice și structurale, rădăcină de diametru cereale piramidale indenter geometrie, este posibil să se estimeze duritate (GPa) din aceste faze separat. Curba de duritate prezintă un comportament similar cu cel al curbei faza de austenită. Dar faza martensitică, prezintă o duritate crescută ca urmare a creșterii în mărime a granulațiilor.

7. Concluzie

Principala concluzie a acestui studiu se referă la faptul că perfecționarea inițială a microstructurii în aliaje pe bază de fier afectează performanțele de recuperare a formei acestor materiale. Aceste modificări apar în mai multe aspecte: morfologia și microstructura fazei, parametri structurali, proprietățile mecanice și forma de efect de memorie. Modificări în raport cu o stare de fază martensitică afectează mișcarea revers de dislocare parțială care este de asemenea, afectată de granulație. Probele cu dimensiuni mai mari de grăunți, trebuie să relaxeze miezul de creare a noi linii directe care facilitează precipitarea martensitei.

Bibliografie

- [1] Nascimento, F. C., Sorrila, F. V., Otubo, J., Mei P. R. (2003). Stainless shape memory alloys
- [2] Microstructure by optical microscopy using different etchants. *Acta Microscopica*, pp. 01-05.
- [3] Otubo J., Nascimento F. C., Mei P. R., Cardoso L. P., Kaufman M. (2002). Influence of austenite grain size on mechanical properties of stainless shape memory alloy. *Materials Transactions*, Vol. 43, pp. 916-919.