



(12) CERERE DE BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: a 2010 00927

(22) Data de depozit: 04.10.2010

(41) Data publicării cererii:  
30.05.2012 BOPI nr. 5/2012

(71) Solicitant:  
• UNIVERSITATEA TEHNICĂ  
"GHEORGHE ASACHI" DIN IAȘI,  
BD.PROF.D.MANGERON NR. 67, IAȘI, IS,  
RO

(72) Inventatori:  
• STANCIU SERGIU, STR. NICOLINA  
NR. 33, BL. 968, SC. B, ET. 4, AP.12, IAȘI,  
IS, RO;  
• BUJOREANU LEANDRU GHEORGHE,  
STR. CLOȘCA NR. 10, BL. C3, AP. 14, IAȘI,  
IS, RO

(54) ALIAJ CU MEMORIA FORMEI Fe-Mn-Si-Ni-Cr ȘI PROCEDEU  
DE OBȚINERE

(57) Rezumat:

Invenția se referă la un aliaj cu memoria formei Fe-Mn-Si-Cr-Ni, utilizat pentru cuplaje de țevi sau actuatori. Aliajul conform invenției are următoarea compoziție chimică, exprimată în procente masice: 13...25% Mn, 2,5...4% Si, 3...4% Cr, 1,5...2% Ni, 0,1...0,6% C, 0,2...1% Cu, 0,05...0,2% Nb, 0,05...0,1% Ti, 0,05...0,1% V, maximum 0,3% impurități și restul Fe, aliajul având suma concentrației elementelor Mn, Si, Cr, Ni și C de o valoare  $X = \% Mn + \% Si + \% Cr + \% Ni + C = 18...28$ , iar raportul  $\% Cr / \% Ni = 2$ . Procedeul conform invenției constă în elaborarea într-un cuptor electric cu inducție, în creuzet neutru pe bază de trioxid de

aluminiiu, turnare în forme metalice protejate cu vopsea refractară, asigurându viteză maximă de răcire de 50° C/min, recoacere de omogenizare la 1100°C, călire de la 1000°C în apă și în final deformare plastică prin laminare la 1000°C, cu grad de reducere de 15%, până la grosimi de minimum 0,25 mm, forma caldă rezultă după procesul de deformare plastică la cald sau este imprimată prin menținere în stare constrânsă la temperatura de 900°C.

Revendicări: 4  
Figuri: 1



## ALIAJ CU MEMORIA FORMEI Fe-Mn-Si-Cr-Ni ȘI PROCEDEU DE OBTINERE

Invenția se referă la un aliaj Fe-Mn-Si-Ni-Cr, cu efect de memoria formei și procedeu de obținere a acestui aliaj, utilizat pentru cuplaje de țevi și actuatori termici sau electrici.

Sunt cunoscute diferite aliaje cu memoria formei din sistemul Fe-Mn cum ar fi: Fe-(15,9-30%)Mn, [1], Fe 30 Mn-6 Si,[2], Fe(20-40%)Mn-(3,5-8%)Si [3]: Fe-28% Mn-6 %Si-5 %Cr și Fe-14% Mn-5% Si(9-5) %Cr ,Ni,[4], la care efectul de memoria formei se obține printr-un tratament termo-mecanic de educare. Aliajele Fe-Mn-Si, cunoscute se caracterizează printr-o concentrație mai mare de 4% Si și în scopul îmbunătățirii rezistenței la coroziune sunt aliate cu Cr și Ni în concentrații mai mari de 5%.

Problema tehnică pe care o rezolvă invenția constă în obținerea unui aliaj cu efect de memoria formei din sistemul Fe-Mn cu conținut mic de Si, Cr, Ni, cu efect de memoria formei în domeniul de temperaturi 40-150 °C, ce se obține fără educare termomecanică și care posedă o bună rezistență la coroziune.

Invenția constă în obținerea unui aliaj cu memoria formei cu următoarea compoziție chimică exprimată în procente masice: (13-25%)Mn, (2,5-4%)Si, (3-4%)Cr, (1,5-2%)Ni, (0,1-0,6%)C, (0,2-1%)Cu, (0,05-0,2%)Nb, (0,05-0,1%)Ti, (0,05-0,1%)V, maximum 0,3% alte elemente (impurități), rest Fe, aliaj la care suma concentrației elementelor Mn, Si, Cr, C, respectă o valoare X cuprinsă în intervalul (18-28) este definită prin următoarea expresie:

$$X = \%Mn + \%Si + \%Cr + \%Ni + \%C,$$

iar raportul  $\%Cr/\%Ni = 2$  și un procedeu de obținere constând în elaborare în cuptor electric cu inducție, în creuzet neutru pe bază de trioxid de aluminiu, turnare în forme metalice protejate cu vopsea refractară asigurând o viteză maximă de răcire de 50°C/min, recoacere de omogenizare la 1100°C, călire de la 1000 °C în apă și în final deformare plastică prin laminare la 1000 °C cu grade de reducere de 15%, până la grosimi de minimum 0.25 mm, forma caldă rezultă după procesul de deformare plastică la cald, sau este imprimată prin menținere în stare constrânsă la temperatura de 900 °C, efectul de memorie manifestându-se la primul ciclu termo-mecanic, fără a fi necesar tratament termic de educare.

Invenția prezintă următoarele avantaje:

- Compoziția chimică determină mecanismul microscopic al efectului de memorie care este bazat pe retransformarea în austenită, în timpul încălzirii, a martensitei  $\alpha$  indusă prin deformare și nu prin retransformarea martensitei  $\epsilon$  ca în cazul aliajelor cunoscute;

- Aliajul permite obținerea unor elemente de prindere fixare (cuplaje) care asigură creșterea forței de strângere atât în timpul încălzirii, prin fenomenul de revenire reținută cât și în timpul răcirii, prin contracția martensitei  $\alpha$ ;

- Efectul de memorie se obține fără educare termomecanică;

- Aliajul posedă concentrații reduse de Si, Cr și Ni, în condițiile menținerii unei bune rezistențe la coroziune;

- Utilizarea unui procedeu ce nu necesită instalații specializate și tratamente termice complexe, rezultând un aliaj cu preț de cost scăzut;

Se dă în continuare un exemplu de realizare a invenției.

Aliajul conform invenției se elaborează în cuptoare cu inducție. Încărcătura metalică constând din:

- Fe, Mn, Ni, Cr, Si cu o concentrație de minimum 99,5%;

- Feroaliaje Fe-Ti, Fe-Nb, Fe-V;

- Componentele metalice ale încărcăturii pot fi utilizate și sub forma de prealiaje cu concentrații de maximum 0,5% impurități inclusiv C;

Procedeu de elaborare a aliajului este prin topire, fără oxidare, în atmosferă neutră, constând într-o primă etapă în topirea componentelor metalice, Fe, Mn, Ni, Cr, dispuse într-o încărcătură compactă și distribuite omogen, după topire urmând alierea cu Si la circa 1550°C și aliere înainte de evacuare cu prealiaje pe bază de Ti, V și Nb; corecția compoziției se face prin diluție sau adaos în funcție de rezultatul compoziției determinate înainte de evacuarea aliajului.

Alierea cu mangan are acțiune austenitizantă și facilitează formarea martensitei  $\epsilon$  indusă prin tensiune dar scade rezistența la coroziune și micșorează prelucrabilitatea fiind limitat la maxim 25%.

Alierea cu siliciu, element feritizant, favorizează apariția martensitei  $\epsilon$  dar determină la recoacere apariția feritei  $\delta$ , afectând negativ efectul de memorie și mai ales scade drastic deformabilitatea plastică la cald motiv pentru care este limitat la 4%.

Cromul conferă rezistența la coroziune și favorizează formarea fazei  $\alpha$ , dar micșorează deformabilitatea plastică la rece limitând valoarea deformației pentru imprimarea formei reci și în consecința amplitudinea revenirii prin efect de memoria formei, motiv pentru care este limitat la 4%.

Alierea cu nichel are efect austenitizant și anticoroziv dar este limitată la o valoare de 2% datorită influenței negative similare cu cea a cromului asupra deformabilității la imprimarea formei reci.

Carbonul este un element puternic austenitizant previne formarea feritei  $\delta$  la tratamentul de recoacere, având un rol util pentru îmbunătățirea efectului de memoria formeii însa datorită acțiunii fragilizante trebuie să fie de maxim 0,6% .

Cu este introdus în scopul îmbunătățirii rezistenței la coroziune și pentru prevenirea formării feritei  $\delta$ , dar este limitat la 1% deoarece scade deformabilitatea la cald.

Alierea cu elementele Ti, V și Nb se practica pentru o buna rezistența la coroziune a oțelului deoarece au rolul de a preveni formarea carburii de Cr cât și pentru îmbunătățirea prelucrabilității în timpul ciclurilor de deformare plastică la cald și evitarea formării fisurilor.

Turnarea aliajului se execută respectând o viteză maximă de răcire de 50 °C/min. În condițiile menționate anterior s-au elaborat într-un cuptor de medie frecvență, cu capacitatea de 2 kg, 4 șarje a căror compoziții chimice sunt prezentate în tabelul 1.

Din fiecare șarja s-au turnat în forme metalice vopsite refractar epruvete cilindrice  $\phi$  10x100 mm, temperatura de turnare fiind de 1550°C.

Tabelul 1

Șarja	Compoziția chimică, % (masice)												Valoarea X
	Mn	Si	Cr	Ni	C	Cu	Ti	Nb	V	N	Alte elemente	Fe	
1	13,4	3,9	3	1,5	0,6	1	0,01	0,2	0,1	0,01	0,2	rest	18
2	25	2,5	4	2	0,15	0,5	0,05	0,1	0,05	0,01	0,3	rest	27,6
3	23,3	2,8	3,1	1,6	0,24	0,6	0,01	0,05	0,05	0,02	0,25	rest	26,3
4	13,9	4	3,34	1,6	0,58	0,12	0,08	0,15	0,1	0,01	0,2	rest	18,48

Semifabricatele turnate se supun unui tratament termic de recoacere de omogenizare la 1100°C, călire de la 1000 °C în apă și în final deformare plastică prin laminare la 1000 °C cu grade de reducere de 15%, până la grosimi de minimum 0,25mm.

Efectul de memorie a formeii a fost pus în evidență prin observație directă utilizând un element de tip arc elicoidal obținut din banda laminată (șarja 3). În figura 1 sunt prezentate 10 secvențe ce ilustrează prezența efectului de memorie manifestat prin despiralarea verticală a arcului într-un interval de 9 secunde sub influența creșterii temperaturii.

În figura 2, care reprezintă despiralarea verticală la creșterea temperaturii unui element lamelar obținut din aliajul 3, este evidențiat efectul de memorie cu revenire liberă, temperaturile critice de transformare fiind determinate prin analiza dilatometrică (DIL) și prin analiza mecanică dinamică (DMA).

## REVENDICĂRI

1. Aliaj Fe-Mn-Si-Ni-Cr, cu efect de memoria formei în domeniul de temperaturi 40-150 °C (forma caldă), rezistent la coroziune, caracterizat prin aceea ca are compoziția chimică exprimată în procente masice (13-25%)Mn, (2,5-4%)Si, (3-4%)Cr, (1,5-2 %), Ni, (0,1-0,6%)C, (0,2-1%)Cu, (0,05-0,2%)Nb, (0,05-0,1%)Ti, (0,05-0,1%)V, maximum 0,3% alte elemente (impurități), rest Fe, aliaj la care suma concentrației elementelor Mn, Si, Cr, C, respectă o valoare X cuprinsă în intervalul (18-28) este definită prin următoarea expresie:

$$X = \%Mn + \%Si + \%Cr + \%Ni + \%C,$$

iar raportul  $\%Cr/\%Ni = 2$ .

2. Procedeu de obținere constând în elaborare în cuptor electric cu inducție, în creuzet neutru pe bază de trioxid de aluminiu, caracterizat prin aceea ca topirea se execută, fără oxidare, în atmosferă neutră, constând într-o primă etapă în topirea componentelor metalice, Fe, Mn, Ni, Cr, dispuse într-o încărcătură compactă și distribuite omogen, după topire urmând alierea cu Si la circa 1550°C și aliere înainte de evacuare cu prealiaje pe bază de Ti, V și Nb; turnarea se execută în forme metalice protejate cu vopsea refractară asigurând o viteză maximă de răcire de 50°C/min, după care se execută recoacere de omogenizare la 1100°C, călire de la 1000 °C în apă și în final deformare plastică prin laminare la 1000 °C cu grade de reducere succesive de 15%, până la grosimi de minimum 0,25 mm, forma caldă rezultă după procesul de deformare plastică la cald, sau este imprimată prin menținere în stare constrânsă la temperatura de 900 °C.

3. Compoziția chimică a aliajului determină un mecanism microscopic al efectului de memorie bazat pe retransformarea în austenită, în timpul încălzirii, a martensitei  $\alpha$  indusă prin deformare.

4. Aliajul este caracterizat prin aceea că datorită contracția martensitei  $\alpha$  asigură forțe de strângere atât la răcire, cât și la încălzire, prin fenomenul de revenire reținută.

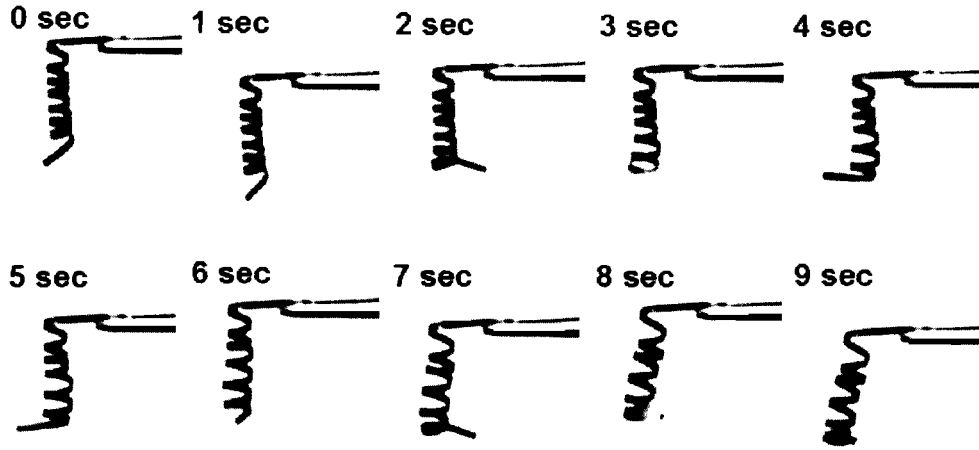


Figura 1