



(12)

## BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: **a 2010 00927**

(22) Data de depozit: **04.10.2010**

(45) Data publicării mențiunii acordării brevetului: **28.11.2014** BOPI nr. **11/2014**

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

(73) Titular:  
• 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. C 3, AP. 14, IAȘI,  
IS, RO

(56) Documente din stadiul tehnicii:  
**JPH 02221321 (A); JPS 63223137 (A)**

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



# RO 127409 B1

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

3 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%,  
5 Si-5%, Cr și Fe-14%, Mn-5% Si(9...5)%Cr, Ni, [4], la care efectul de memorie a formei se obține  
7 printr-un tratament termomecanic 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  
aliante cu Cr și Ni, în concentrații mai mari de 5%.

9 Mai sunt cunoscute procedee de producere a unor aliaje cu memorie a formei, tip Fe-Cr-  
Si-Ni-Mn precum cel prezentat în documentul **JPH 02221321 A**, care pentru producerea unui  
11 aliaj cu memorie a formei cu 5...20% Cr, 3...8% Si, 0,1...14,8% Mn, 0,1...20% Ni, 0,1...30% Co,  
0,1...3% Cu și 0,001...0,4% N, în rest, Fe, după topirea componentelor metalice și formarea  
13 aliajului, realizează deformarea plastică la cald a acestuia și recoacerea de omogenizare la  
peste 900°C.

15 De asemenea, documentul **JPS 63223137 A** prezintă un aliaj cu memoria formei cu Ni  
și Fe, având și alte elemente de aliere: Al, Mn, Cr, și un procedeu de obținere a acestuia prin  
17 călire de punere în soluție de la circa 1000°C, pentru îmbunătățirea prelucrării de deformare  
plastică.

19 Problema tehnică, pe care o rezolvă invenția, constă în obținerea unui aliaj cu efect de  
memorie a formei din sistemul Fe-Mn, cu conținut mic de Si, Cr, Ni, cu efect de memorie a for-  
21 mei, în domeniul de temperaturi de până la 150°C, fără educare termomecanică și o bună rezis-  
tență la coroziune.

23 Aliajul cu memoria formei, tip Fe-Mn-Si-Ni-Cr, conform invenției, rezolvă această  
problemă tehnică, prin aceea că are compoziția chimică, exprimată în procente masice,  
25 constituită din: 13...25% Mn, 2,5...4% Si, 3...4% Cr, 1,5...2% Ni, 0,1...0,6% C, 0,2...2% Cu,  
0,05...0,2% Nb, 0,05...0,1% Ti, 0,05...0,1% V, maximum 0,3% alte elemente (impurități), în rest,  
27 Fe, aliaj la care suma concentrației elementelor Mn, Si, Cr și C respectă o valoare X, cuprinsă  
în intervalul 18...28, definită prin expresia:  $X = \%Mn + \%Si + \%Cr + \%Ni + \%C$ , cu raportul  
29  $\%Cr/\%Ni = 2$ , ceea ce îi conferă efect de memorie a formei în domeniul termic de 40...150°C  
și proprietăți de rezistență la coroziune.

31 Procedeu de obținere a aliajului, conform invenției, constă în elaborarea prin topirea  
componentelor metalice în cuptor electric cu inducție, în creuzet neutru pe bază de trioxid de  
33 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  
35 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  
37 este imprimată prin menținere în stare constrânsă la temperatura de 900°C, efectul de memorie  
manifestându-se la primul ciclu termomecanic, fără a fi necesar tratament termic de educare.

39 Invenția prezintă următoarele avantaje:

41 - 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;

43 - aliajul permite obținerea unor elemente de prindere-fixare (cuplaje), care asigură creș-  
45 terea forței de strângere atât în timpul încălzirii, prin fenomenul de revenire reținută, cât și în  
timpul răcirii, prin contractia martensitei  $\alpha$ ;

- efectul de memorie se obține fără educare termomecanică;

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

49 - procedeul de obținere a aliajului nu necesită instalații specializate și tratamente termice  
complexe, rezultând un aliaj cu preț de cost scăzut.

# RO 127409 B1

Invenția este prezentată pe larg, în continuare, printr-un exemplu de realizare a invenției, în legătură și cu figura, care prezintă 10 secvențe ce ilustrează prezența efectului de memorie, manifestat prin despiralarea verticală a arcului, într-un interval de 9 sec, sub influența creșterii temperaturii. 1  
3

Aliajul tip Fe-Mn-Si-Ni-Cr este obținut cu efect de memorie a formei, în domeniul de temperaturi: 40...150°C și are compoziția chimică, în procente masice, constituită din: 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 din alte elemente și, în rest, Fe, suma concentrației elementelor: Mn, Si, Cr, C având o valoare X, cuprinsă în intervalul 18...28 și fiind definită prin expresia: 5  
7  
9

$$X = \%Mn + \%Si + \%Cr + \%Ni + \%C \quad \text{și} \quad \%Cr/\%Ni = 2. \quad 11$$

Procedeele de obținere a aliajului este realizat prin topirea componentelor metalice în atmosferă neutră, în cuptor electric cu inducție, în creuzet neutru pe bază de trioxid de aluminiu, laminare la cald și recoacere de omogenizare după solidificare, într-o primă etapă, fiind realizată topirea componentelor metalice: Fe, Mn, Ni, Cr, distribuite omogen într-o încărcătură compactă, aliajul lichid fiind aliat cu Si la circa 1550°C și apoi cu prealiaje pe bază de Ti, V și Nb, înainte de evacuare, turnarea aliajului fiind executată în forme metalice protejate cu vopsea refractară, asigurând o viteză maximă de răcire de 50°C/min. Recoacerea de omogenizare este realizată la 1100°C și este urmată de călire de la 1000°C, în apă, iar deformarea plastică este realizată prin laminare la 1000°C, cu grade de reducere succesive de 15%, până la grosimi de minimum 0,25 mm. 13  
15  
17  
19  
21

Aliajul conform invenției se elaborează în cuptoare cu inducție, încărcătura metalică constând din: 23

- Fe, Mn, Ni, Cr, Si, cu o concentrație de minimum 99,5%; 25

- feroaliaje Fe-Ti, Fe-Nb și Fe-V;

- componentele metalice ale încărcăturii pot fi utilizate și sub formă de prealiaje cu concentrații de maximum 0,5% impurități, inclusiv C. 27

Procedeele de elaborare a aliajului este prin topire, rar 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. 29  
31  
33

Alierea cu mangan are acțiune austenizantă și facilitează formarea martensitei  $\epsilon$ , indusă prin tensiune, dar scade rezistența la coroziune și micșorează prelucrabilitatea, fiind limitată la maximum 25%. 35  
37

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%. 39

Cromul conferă rezistență la coroziune și favorizează formarea fazei  $\alpha$ , dar micșorează deformabilitatea plastică la rece, limitând valoarea deformației, pentru imprimarea formei reci și, în consecință, și amplitudinea revenirii prin efect de memorie a formei, motiv pentru care conținutul de Cr este limitat la 4%. 41  
43

Alierea cu nichel are efect austenizant și anticorrosiv, dar conținutul de Ni este limitat la o valoare de 2%, datorită influenței negative, similară cu cea a cromului, asupra deformabilității la imprimarea formei reci. 45  
47

Carbonul este un element puternic austenizant, ce previne formarea feritei  $\delta$ , la tratamentul de recoacere, având un rol util pentru îmbunătățirea efectului de memorie a formei, însă, datorită acțiunii fragilizante, trebuie să fie de maximum 0,6%. 49

# RO 127409 B1

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

3 Alierea cu elementele Ti, V și Nb se practică pentru o bună rezistență la coroziune a oțe-  
lului, deoarece acestea au rolul de a preveni formarea carburii de Cr, cât și pentru îmbunătățirea  
5 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.

7 În condițiile menționate anterior, s-au elaborat, într-un cuptor de medie frecvență, cu  
capacitatea de 2 kg, patru șarje ale căror compoziții chimice sunt prezentate în tabel.

9 Din fiecare șarjă, s-au turnat, în forme metalice vopsite refractar, epruvete cilindrice  
10 x 100 mm, temperatura de turnare fiind de 1550°C.

Tabel

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,	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

21 Semifabricatele turnate se supun unui tratament termic de recoacere de omogenizare  
23 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.

25 Efectul de memorie a formei a fost pus în evidență prin observație directă, utilizând un  
element de tip arc elicoidal, obținut din bandă laminată (șarja 3). În figură, sunt prezentate 10  
27 secvențe ce ilustrează prezența efectului de memorie, manifestat prin despiralarea verticală a  
arcului, într-un interval de 9 sec, sub influența creșterii temperaturii.

29 Despiralarea verticală are loc la creșterea temperaturii unui element lamelar, obținut din  
aliajul 3, fiind evidențiat efectul de memorie cu revenire liberă, temperaturile critice de transfor-  
31 mare fiind determinate prin analiza dilatometrică (DIL) și prin analiza mecanică dinamică (DMA).

# RO 127409 B1

## Revendicări

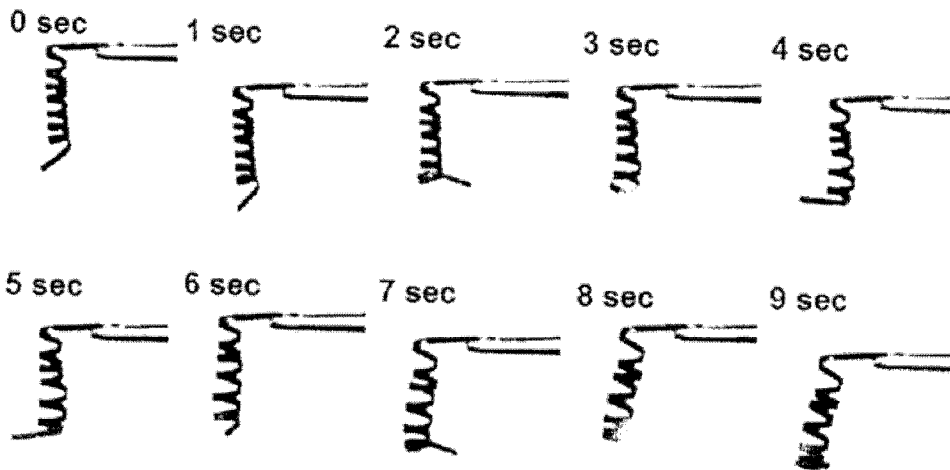
1. Aliaj tip Fe-Mn-Si-Ni-Cr cu efect de memorie a formei, obținută în domeniul de temperaturi 40...150°C, cu conținut mic de Si, Cr, Ni și Cu, rezistent la coroziune, **caracterizat prin aceea că** are compoziția chimică, în procente masice, constituită din: 13...25% Mn, 2,5...4% Si, 3...4% Cr, 1,5...2% 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 din alte elemente și, în rest, Fe, suma concentrației elementelor Mn, Si, Cr, C având o valoare X, cuprinsă în intervalul 18...28 și fiind definită prin expresia:
- $$X = \%Mn + \%Si + \%Cr + \%Ni + \%C \quad \text{și} \quad \%Cr/\%Ni = 2$$
2. Procedeu de obținere a unui aliaj cu memoria formei, tip Fe-Mn-Si-Cr-Ni, realizat prin topirea componentelor metalice în atmosferă neutră, în cuptor electric cu inducție, în creuzet neutru pe bază de trioxid de aluminiu, laminare la cald și recoacere de omogenizare după solidificare, **caracterizat prin aceea că**, într-o primă etapă, este realizată topirea componentelor metalice: Fe, Mn, Ni, Cr, distribuite omogen într-o încărcătură compactă, aliajul lichid fiind aliat cu Si, la circa 1550°C și apoi cu prealiaje pe bază de Ti, V și Nb, înainte de evacuare, turnarea aliajului fiind executată în forme metalice protejate cu vopsea refractară, asigurând o viteză maximă de răcire de 50°C/min, recoacerea de omogenizare fiind realizată la 1100°C și fiind urmată de călire de la 1000°C, în apă, iar deformarea plastică fiind realizată prin laminare la 1000°C, cu grade de reducere succesive de 15%, până la grosimi de minimum 0,25 mm.
3. Procedeu conform revendicării 2, **caracterizat prin aceea că** forma caldă cu efect de memorie a formei este obținută după deformare plastică la cald.
4. Procedeu conform revendicării 2, **caracterizat prin aceea că** forma caldă cu efect de memorie a formei este obținută prin menținere în stare constrânsă, la temperatura de 900°C.

(51) Int.Cl.

**C22C 38/58** (2006.01);

**C22F 1/00** (2006.01);

**C21D 8/00** (2006.01)



Editare și tehnoredactare computerizată - OSIM  
Tipărit la: Oficiul de Stat pentru Invenții și Mărci  
sub comanda nr. 760/2014