



(12) **BREVET DE INVENȚIE**

**Hotărârea de acordare a brevetului de invenție poate fi revocată
în termen de 6 luni de la data publicării**

(21) Nr. cerere: **148645**

(22) Data de depozit: **28.10.1991**

(30) Prioritate:

(41) Data publicării cererii:
BOPI nr.

(42) Data publicării hotărârii de acordare a brevetului:
29.01.1999 BOPI nr. **1/1999**

(45) Data eliberării și publicării brevetului:
BOPI nr.

(61) Perfecționare la brevet:
Nr.

(62) Divizată din cererea:
Nr.

(86) Cerere internațională PCT:
Nr.

(87) Publicare internațională:
Nr.

(56) Documente din stadiul tehnicii:
RO 68034; SU 4718951

(71) Solicitant: **ARMCO INC., MIDDLETOWN, US;**

(73) Titular: **ARMCO INC., MIDDLETOWN, US;**

(72) Inventatori: **SCHOEN W. JERRY, MIDDLETOWN, US;**

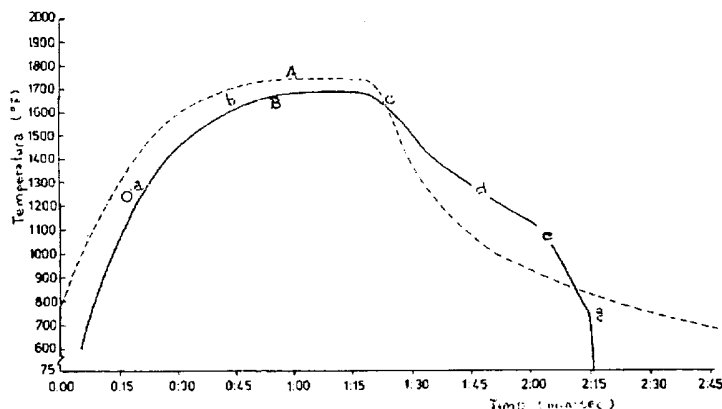
(74) Mandatar: **ROMINVENT S.A. (AGENȚIE PENTRU BREVETE, DESENE, MĂRCI ȘI TRANSFER
TEHNOLOGIE) BUCUREȘTI**

(54) **PROCEDEU DE OBTINEREA BENZILOR METALICE DIN OȚEL
FIER-SILICIU**

(57) **Rezumat:** Invenția se referă la un procedeu pentru obținerea benzilor metalice din oțel fier-siliciu, a căror compoziție chimică, în procente de greutate, este formată din: 2,5% la 4,0% Si; până la aproximativ 0,1%C; între 0,025 și 0,25%Mn; între 0,01 și 0,035% sulf sau seleniu; mai puțin de 100 ppm Al; mai puțin de 50 ppm azotat. Benzile metalice, obținute după laminarea la cald și la rece până la o grosime intermediară, sunt

supuse unui tratament termic de recoacere la 900...1150°C, pe o durată de timp de până la 30 s, după care se aplică o răcire în două etape. Prima etapă se face cu o viteză de răcire mai mică de 835°C/min. până în intervalul de temperaturi de 540...650°C, iar a doua etapă de răcire se face cu o viteză mai mare de 835°C/min, până în intervalul de temperaturi cuprins între 315 și 540°C.

Revendicări: 11
Figuri: 1



RO 114154 B1



Invenția se referă la un procedeu de obținere a produselor din oțel Fe-Si, cu grăunți orientați cub pe muchie, utilizate în special în domeniul electrotehnic.

Sunt cunoscute procedee de obținere a produselor din oțeluri silicioase (**RO 68034**), care constau din utilizarea unei sarje de oțel, la care raportul între echivalentul de mangan și conținutul de sulf este cuprins între 2,0 și 4,75, de preferință, între 2,5 și 4, echivalentul de mangan însumând conținutul procentual de mangan și 0,1...0,25 % din conținutul procentual de cupru din șarjă, care este de minimum 0,1 %. Prezența cuprului, ca de altfel și a manganului, duce la formarea de sulfuri care favorizează creșterea permeabilității.

Compoziția chimică finală a oțelului trebuie să fie alcătuită din 0,02 % carbon, 0,05...0,24% echivalent mangan ($\% \text{ Mn} \cdot (0,1...25) \times \% \text{ Cu}$, 0,01 ... 0,05 % sulf, 2,5...3,5 % siliciu, 0,015 ...0,04 % aluminiu, 30...90 ppm azot, până la 0,3 % cupru, iar restul fier. Oțelul respectiv mai poate conține și alte elemente reziduale, însă trebuie respectat raportul dintre echivalentul de mangan și conținutul de sulf, care trebuie să fie cuprins între 2,0 și 4,75%, de preferință între 2,5 și 4%. Este, de asemenea, indicat ca oțelul să cuprindă 0,1 % cupru, care are rolul de a reduce domeniul temperaturilor de recoacere, îmbunătățind capacitatea de laminare și micșorând cantitatea de atmosferă protectoare necesară.

Șarja respectivă este turnată în lingouri care sunt supuse unei laminări la cald pentru a se obține un produs sub formă de bandă. Este de preferat ca banda metalică obținută să fie supusă unui tratament termic de recoacere. În continuare, se supune banda metalică unor operații succesive de laminare la rece, apoi se aplică un tratament termic de normalizare la temperatură înaltă, timp de 5 min, în atmosferă protectoare de hidrogen și azot. După tratamentul termic de normalizare, benzile sunt supuse unei laminări la rece pentru ca să se obțină o grosime finală de 0,28 mm,

după care se aplică un alt tratament termic de normalizare timp de 1 min, la o temperatură de 800°C în atmosferă decarburantă. Banda metalică obținută este supusă unui tratament termic final de recoacere, care constă din supunerea benzii la o temperatură de 1179°C, tratament în timpul căruia se urmărește să se îndepărteze, pe cât posibil, toate impuritățile, în special a sulfului și a aluminului. Indepărtarea aluminului se face, de regulă, prin oxidare și absorbție, utilizându-se în acest scop MgO drept înveliș aplicat cu o anumită grosime pe suprafața benzilor supuse tratamentului termic de recoacere. Produsul final, banda metalică, a prezentat pierderi în miez reduse și o creștere semnificativă a permeabilității. Deși aceste procedee permit obținerea unor produse cu o permeabilitate destul de ridicată, datorită fazelor multiple de prelucrare la care este supus produsul respectiv, acesta își pierde o serie de calități.

Mai sunt cunoscute procedee de obținere a produselor din oțel silicios, cu granulație orientată (**US 4 718 951**), care cuprinde etapele de elaborare a unei topituri din oțel silicios în utilaje convenționale, rafinare și turnarea oțelului în lingouri sau sub forma altor semifabricate convenționale. În final, compoziția chimică a oțelului trebuie să cuprindă, în procente de greutate mai puțin de 0,1 % carbon, între 0,025 și 0,25% mangan, între 0,01 și 0,035 % sulf și/sau seleniu, între 2,5 și 4,0 % siliciu, de preferat este ca procentul de siliciu să fie aproximativ de 3,15 %, mai puțin de circa 50 ppm azot, mai puțin de aproximativ 100 ppm total aluminiu, restul fiind fier și alte impurități. Dacă se dorește, se pot face adăugiri de bor și/sau cupru.

Dacă metalul lichid, cu compoziția chimică precizată anterior, este turnat în lingouri, lingourile respective sunt supuse unei prelucrări de laminare la cald până când acestea capătă forma unui semifabricat sub formă de bandă. Banda metalică respectivă este supusă unui tratament termic de recoacere la o tem-

peratură de aproximativ 1010°C, timp de 30 s. Banda metalică este supusă unei răcirii în aer la temperatura mediului ambiant, după aceea banda este laminată la rece până la o dimensiune intermediară, apoi este supusă unui tratament termic de recoacere intermediară, la o temperatură de aproximativ 950°C, pe o durată de timp de 30 s, după care este răcită în aer până la temperatura mediului ambiant. După tratamentul termic de recoacere intermediară, banda metalică este supusă, în continuare, unei operații de laminare la rece pentru a se obține dimensiunea finală a benzii metalice respective. Produsul obținut, a cărui grosime este grosimea cerută de beneficiar, este supus unui tratament termic de recoacere obișnuită de decarburare pentru recristalizarea grăunților materialului. Acest tratament termic are rolul de a reduce conținutul de carbon și de a forma, pe suprafața benzii metalice, un strat de oxizi. Tratamentul termic de recoacere se face, în general, la o temperatură cuprinsă între 830 și 845 °C, pe o durată suficient de mare de timp și într-o atmosferă de hidrogen. După acest tratament, conținutul de carbon scade sub o valoare de 0,03 % sau chiar mai puțin. În continuare, banda metalică este acoperită cu un strat corespunzător de separator de recoacere. Separatorul de recoacere utilizat în mod curent este oxidul de magneziu. Banda metalică, acoperită cu separatorul de recoacere, este introdusă într-o cutie corespunzătoare și este supusă unei încălziri la o temperatură de aproximativ 1200°C, pe o durată de timp de 24 h. Această recoacere finală este făcută cu scopul de a realiza, în masa metalică de bază, recristalizarea structurii cristaline deformată în timpul prelucrărilor de laminare. Acest tratament termic de recoacere finală formează o acoperire de forsterit sau de sticlă prin reacția stratului de faalit cu acoperirea separatoare.

Problema, care apare la producerea benzilor metalice din oțel fier-siliciu, constă în necesitatea utilizării unor durate mari de timp, aplicate în cazul di-

feritelor tratamente termice, pentru a se realiza transformările structurale dorite. De asemenea, în cazul benzilor metalice din oțel fier-siliciu cu grăunții orientați normal, grosimea finală a benzii nu poate fi redusă sub 0,23 mm, fără să afecteze caracteristicile electromagnetice și cele mecanice.

Problema a fost rezolvată cu un procedeu de obținere a benzilor din oțel fier-siliciu, având o structură cristalină orientată normal, cu o grosime finală cuprinsă între 0,45 și 0,18 mm. Procedeu cuprinde fazele de elaborare a unui aliaj a cărui compoziție chimică, în procente de greutate, este acătuită din mai puțin de 0,1 % carbon, între 0,025 și 0,25 % mangan, între 0,01 și 0,03 % sulf și/sau seleniu, între 2,5 și 4,0 % siliciu, mai puțin de 100 ppm total aluminiiu, mai puțin de 50 ppm azot, restul fiind fier. Compoziția chimică mai poate conține bor și cupru, dacă se dorește. După turnarea metalului lichid sub formă de lingouri sau sub forma altor produse, acestea sunt supuse unor prelucrări la cald apoi unei laminări la rece până la o grosime intermediară, fără a se aplica tratamentul termic de recoacere a benzii. În continuare, banda metalică din oțel fier-siliciu, cu o grosime intermediară, se supune unei recoacere intermediare, la o temperatură de aproximativ 900 până la aproximativ 930°C cu o răcire în aer, pe o durată de timp cuprinsă între 1 până la 30 s, de preferință între 3 și 8 s. După această tratament, tabla din oțel fier-siliciu este supusă unei răcirii în două etape. Prima etapă este o etapă de răcire lentă de la temperatura de recoacere până la intervalul de temperaturi cuprinse între 540 și 650°C, de preferință până la o temperatură de 595 ± 30°C, cu o viteză de răcire mai mică de circa 835°C/min, de preferință, cu o viteză de răcire cuprinsă între 280 și 585°C/min. A doua etapă este o etapă de răcire rapidă, cu o viteză de răcire mai mare de 835°C/min, de preferință, cu o viteză cuprinsă între 1390 și 1945°C/min, fiind urmată de o răcire în apă de la circa 315...370 °C. După

recoacerea intermediară, benzile din oțel fier-siliciu sunt laminate la rece până ce acestea capătă grosimea finală. În continuarea acestei faze, s-a aplicat un tratament termic de decarburare, prin încălzirea benzilor la o temperatură de 830°C în atmosferă umedă de hidrogen, s-au acoperit cu oxid de magneziu, apoi s-au supus unui tratament termic de recoacere finală în cutie închisă, la o temperatură de 1200°C, timp de 24 h, în atmosferă umedă de hidrogen. În urma prelucrărilor la care au fost supuse benzile metalice, s-a obținut o creștere a caracteristicilor electromagnetice, datorită, în special, aplicării tratamentului termic de recoacere intermediară.

Procedeul conform invenției prezintă următoarele avantaje:

- reduce durata totală de tratament termic;
- asigură proprietăți magnetice mai bune și omogene pe întreaga secțiune a benzii;
- mărește capacitatea de producție a liniilor de fabricare a benzilor din oțel fier-siliciu.

Invenția va fi prezentată în continuare, în legătură și cu figura, care reprezintă graficul punctelor de transformare la tratamentul termic de recoacere intermediară, în raport de temperatura utilizată pentru tratamentul termic de recoacere intermediară la procedeele cunoscute.

Procedeul conform invenției utilizează, pentru realizarea benzilor metalice folosite în industria electrotehnică, un oțel fier-siliciu, a cărui compoziție chimică, în procente de greutate, este alcătuită din maximum 0,1 % carbon, între 0,025 și 0,25 % mangan, între 0,01 și 0,035 % sulf și/sau seleniu, între 2,5 și 4,0 % siliciu, mai puțin de 100 ppm aluminiu, mai puțin de 50 ppm azot, adaosuri de bor și/sau cupru, dacă se dorește, restul fiind fier.

Oțelul respectiv, având compoziția

chimică cuprinsă în domeniul de variație anterior menționat, este turnat în lingouri sau în alt tip de produse. În cazul aplicării turnării continue, aceste produse sunt supuse unei prelucrări la cald prin laminare, fază în care se îndepărtează stratul de oxizi aflați pe suprafața produsului respectiv fără însă, a se aplica un tratament termic de recoacere înainte de a supune produsul rezultat în urma laminării la cald următoarei faze de laminare la rece. După prima operație de laminare la rece, până la o dimensiune intermediară, banda metalică este supusă unui tratament termic de recoacere intermediară la o temperatură cuprinsă între 900 și 1150°C, de preferință între 900 și 930°C, pe o perioadă de timp cuprinsă între 1 până la 30 s, de preferință între 3 și 8 s. După această normalizare, banda metalică este supusă unei răcirii în două etape. Prima etapă este o etapă de răcire lentă de la temperatura de tratament până la o temperatură cuprinsă între 540 și 650°C, de preferință răcirea trebuie să se producă până la o temperatură de $595 \pm 30^\circ\text{C}$, cu o viteză de răcire mai mică de $835^\circ\text{C}/\text{min}$, de preferință cu o viteză de răcire cuprinsă între 280 și $585^\circ\text{C}/\text{min}$. A doua etapă de răcire este o răcire rapidă cu o viteză mai mare de $835^\circ\text{C}/\text{min}$, de preferință cu o viteză de răcire cuprinsă între 1390 și $1945^\circ\text{C}/\text{min}$, fiind urmată de o răcire în apă până la o temperatură cuprinsă între 315 și 370°C . După recoacerea intermediară, benzile metalice sunt laminate la rece până se obține grosimea finală.

Exemplul practic de realizare.

În agregate metalurgice cunoscute, s-au elaborat două șarje de oțel silicios pentru a se obține benzi metalice cu o granulație orientată normal. Compozițiile chimice ale șarjelor respective sunt trecute în tabelul 1.

Tabelul 1

Șarja	C	Mn	S	Si	Al	N	Cu
A	28	592	215	3163	16	33	94
B	288	587	216	3175	13	29	83

Prelucrarea s-a făcut fără un tratament termic de recoacere a benzii metalice și din cele două șarje au fost separate și prelucrate până la grosimile finale de 0,28 mm, 0,23mm și 0,18 mm, în fiecare caz, utilizându-se

trei dimensiuni intermediare diferite. Cele trei dimensiuni intermediare, pentru fiecare din materialele cu 0,18 mm, și 0,28 mm, sunt date în tabelul 2.

Tabelul 2

Dimensiunea finală (mm)	Dimensiunile intermediare (mm)
18	0,48 0,53 0,58
23	0,53 0,58 0,63
28	0,56 0,61 0,64

Benzile metalice din oțel fier-siliciu au fost supuse unui tratament termic de recoacere intermediară și ciclurilor de răcire, conform prezentei invenții. După terminarea operațiilor de răcire corespunzătoare, benzile metalice au fost supuse unui tratament termic de normalizare la o temperatură în jur de 915°C, timp de 8 s. După această menținere, benzile metalice au fost răcite la aproximativ 570°C, cu o viteză de răcire cuprinsă între 470 și 670 °C/min. În continuare, s-a aplicat cea de a doua treaptă de răcire la aproximativ 350 °C, cu o viteză de răcire cuprinsă între 830 și 1100°C/min, după care s-a făcut răcirea în apă la o temperatură mai mică de 65°C. Benzile metalice s-au laminat,

în continuare la rece, până ce acestea au ajuns la dimensiunea finală, s-au supus unui tratament termic de decarburare la 830°C în atmosferă umedă de hidrogen, apoi s-au acoperit cu un strat de oxid de magneziu și s-au supus tratamentului termic de recoacere finală în cutii special amenajate și la o temperatură de 1200°C, timp de 24 h.

Procedeul conform invenției a fost prezentat în cazul oțelurilor fier-siliciu, parțial austenitice, având o structură cristalină normal orientată. Oțelurile fier-siliciu, complet feritice, nu suferă transformarea de la structura cristalină bcc la tipul fcc. Aceasta se poate determina din indicile de stabilitate a feritei calculat cu ajutorul formulei (1):

$$ISF = 2,54 + 40,53 * (C+N) + 0,43 * (Mn+Ni) + 0,22 * Cu - 2,65 * Al - 3,95 * P - 1,26 * (Cr+Mo) - Si \quad (1)$$

Oțelurile cu compoziția chimică al cărui indice de stabilitate a feritei (ISF)

este mai mic sau egal cu zero, aceste oțeluri sunt complet feritice.

Rezultatele medii obținute pe probele prelevate la începutul și la sfârșitul roloilor de bandă metalică, pentru am-

bele șarje A și B, sunt prezentate în tabelul 3.

Tabelul 3

Grosimea finală (mm)	Grosimile intermediare (mm)	Clasa	P-15 (W/kg)	H-10
18	0,48	6	0,853	1843
	0,53	6	0,851	1844
	0,58	6	0,842	1846
23	0,53	6	0,932	1847
	0,58	6	0,919	1848
	0,63	6	0,910	1849
28	0,56	4	1,060	1845
	0,61	5	1,054	1848
	0,64	6	1,040	1849

Un prim aspect al prezentei invenții constă în faptul că recoacerea intermediară împreună cu ciclul său de răcire pot fi modificate pentru a obține o dispersie fină a carburilor. Finisarea carburilor permite producerea oțelului fier-siliciu cu o orientare normală a grăunților cristalini, pentru un conținut de carbon, în faza lichidă, destul de mare, chiar la grosimi finale ale benzii metalice de 0,18 mm sau chiar mai mici, care are proprietăți magnetice bune și constante în produsul final, fără a mai fi nevoie de o etapă de tratament termic de recoacere a benzii metalice în faza de laminare la cald.

În intervalul de încălzire, din timpul tratamentului termic de recoacere intermediară, se produce recristalizarea la aproximativ 675°C și în jur de aproximativ 20 s după introducerea benzilor metalice în cuptor. După ce se produce recristalizarea grăunților metalici, are loc creșterea normală a grăunților respectivi. Începutul recristalizării este prezentat prin semnul **●** în graficul din figură. Peste aproximativ 690°C (1280°F), începe dizolvarea carburilor metalice, aspect prezentat prin punctul **a** pe figură. Dizolvarea carburilor continuă și se accelerează odată cu creșterea temperaturii.

Peste 900°C (1650°F), o mică cantitate din ferită se transformă în austenită. Austenita determină o dizolvare mai rapidă a carbonului și împiedică o creștere normală a grăunților cristalini, pentru ca în final aceasta să producă o stabilizare a creșterii grăunților cristalini în timpul tratamentului termic de recoacere intermediară.

Practica de lucru din stadiul tehnicii prevede o normalizare la aproximativ 950°C pe o durată de timp cuprinsă între 25 și 30 s. Procedeu conform invenției prevede ca tratamentul termic de normalizare să se producă într-o perioadă de timp de 1 la 30 s, de preferat, între 3 și 8 s. Temperatura de tratament termic a fost determinată în așa fel, încât aceasta să nu fie în domeniul critic. Tratamentul termic de normalizare se poate efectua la o temperatură cuprinsă în intervalul de temperaturi începând cu 900 și 1150°C.

De preferință, tratamentul termic de normalizare se efectuează la o temperatură cuprinsă între 900 și 930°C. Practic, în procedeu conform invenției, s-a lucrat cu o temperatură în jur de 915°C. Timpul mai scăzut pentru tratamentul termic de normalizare a benzilor de oțel fier-siliciu și temperatura

tratamentului termic de normalizare mai scăzută sunt preferate pentru a reduce din cantitatea de austenită care se produce în timpul acestui tratament termic. Austenita formată la periferia grăunților de ferită, formați anterior, este mai ușor de descompus în soluție solidă de carbon și ferit, pentru ca această soluție solidă să poată precipita mai ușor în particule fine de carbură de fier. Dacă se mă-

rește, fie temperatura de tratament termic, fie durata acestui tratament termic de normalizare a structurii, se obține o

mărire a insulelor de austenită, care devin mai bogate în carbon decât matricea care este din ferită. Atât creșterea cât și îmbogățirea în carbon a grăunților de austenită împiedică descompunerea acesteia în timpul răcirii. Structura care rezultă după tratamentul termic de normalizare este alcătuită dintr-o matrice recristalizată de ferită cu mai puțin de 5 % austenită reziduală, uniform dispersată în masa de bază de ferită, sub forma unor mici insulițe.

La terminarea tratamentului termic de recoacere, structura va fi sub formă de soluție solidă și este pregătită pentru reprecipitare în timpul continuării răcirii. Primul motiv care stă la baza reconsiderării timpului tratamentului termic de recoacere și a temperaturii la tratamentul termic de normalizare, este controlul creșterii insulelor de austenită. O temperatură mai mică reduce volumul de echilibru al fracției de austenită care se formează. Timpul mai scurt utilizat duce la reducerea difuziei carbonului, inhibând, în felul acesta, creșterea și îmbogățirea inoportună a austenitei în carbon. Temperatura mai scăzută a benzii metalice, fracția cu volum redus și morfologia mai fină a austenitei fac să fie mai ușoară descompunerea acesteia în timpul ciclului de răcire.

Imediat după tratamentul termic de normalizare, se inițiază ciclul de răcire, care, conform prezentei invenții, cuprinde două etape. Prima etapă, care se extinde până la punctul **e** din figură, este o răcire lentă de la temperatura tratamentului termic de normalizare

până la temperaturi aproximativ cuprinse între 540 (1000°F) și 650°C (1200°F), de preferință la aproximativ 595±30°C (1100°F±50°F). Această primă etapă de răcire lentă este cea în care se realizează descompunerea austenitei în ferită saturată în carbon. În condiții de echilibru, austenita se descompune în ferită saturată în carbon la răcire, în domeniul de temperaturi cuprins între 900 (1650°F) și 770°C (1420°F). Înșă, cinetica procesului de descompunere a austenitei în timpul răcirii arată că aceasta nu se descompune preponderent până în jurul temperaturii de 815°C (1500°F), aceasta continuând să se descompună până la o temperatură mai mică de 595°C (1100°F).

Lipsa descompunerii austenitei în prima fază de răcire va duce la formarea martensitei și/sau perlitei. Martensita, dacă este prezentă, va provoca o mărire a granulație secundare și o deteriorare a calității orientării {110} {001}. Prezența sa influențează nefavorabil înmagazinarea de energie în a doua etapă de laminare la rece și determină calități mai slabe și mult mai variabile la oțelul fier-siliciu ca produs final. În cele din urmă, martensita degradează proprietățile mecanice, în special caracteristicile laminării la rece. Perlita este mai puțin dăunătoare, dar și acest constituent leagă carbonul într-o formă nedorită.

Așa cum s-a prezentat mai sus, descompunerea austenitei începe în jurul punctului **c** și continuă aproximativ până la punctul **e**. În punctul **d**, începe să precipite carbura de fier pură din ferita saturată în carbon. În condițiile de echilibru, carburile încep să se separe (precipite) din ferita saturată în carbon la temperaturi de aproximativ 650°C (1200°F). Este de observat faptul că, descompunerea austenitei în ferită bogată în carbon și precipitarea carburii din ferită se suprapun întucâtva. Carbura prezintă două forme; una este prezentată sub formă de peliculă intergranulară, iar cea de a doua formă are aspectul unui precipitat pur. Carbura precipită la o temperatură de peste 570°C

(1060°F). Prima etapă de răcire care, conform procedului prezentei invenții, este lentă și care se extinde de la punctul **c** până la punctul **e** din figură, are o viteză de răcire mai mică de 835°C (1500°F)/min, de preferință această viteză este cuprinsă între 280 (500°F) și 585 °C (1050°F)/min. A doua etapă a ciclului de răcire este o răcire rapidă și începe la punctul **e** și se continuă până la punctul **g**, fiind cuprinsă între 315 (600°F) și 540 °C 1000°F), punct în care banda metalică este răcită în apă pentru a se finaliza etapa de răcire rapidă. Temperatura benzii metalice, după răcirea în apă, este de 65°C (150°F) sau mai mică, așa cum se vede în figură, unde este prezentată temperatura mediului ambiant, care este în jur de 25°C (75°F). În cursul celei de a doua etape de răcire, viteza de răcire este, de preferință cuprinsă în domeniul de 1390 (2500°F) și 1945 °C (3500°F)/min, iar practic se lucrează cu o viteză de răcire mai mare de 1665°C (3000°F)/min. Această viteză de răcire asigură precipitarea carburii pure de fier.

Intregul ciclu de tratament termic de recoacere intermediară și răcire este necesar pentru obținerea structurii dorite și controalele precise sunt critice. Timpul ciclului de tratament termic din stadiul tehnicii, prezentat prin curba **A**, este de cel puțin 3 min și se finalizează printr-o răcire în apă. Viteza benzii metalice a fost de 57 m/min.

Durata tratamentului termic de recoacere, conform invenției, prezentat prin graficul **B** din figură, a fost de aproximativ 2 min și 10 s, ceea ce a permis să se utilizeze o viteză a benzii metalice de 80 m/min. Din această cauză se poate observa că ciclul de tratament termic de recoacere, conform invenției, permite să se realizeze o productivitate mai mare pe linia de fabricație. În cazul procedului, conform invenției, nu mai este necesar a fi aplicat tratamentul termic de îmbătrânire după aplicarea tratamentului termic de recoacere. S-a constatat că tratamentul termic de îmbătrânire provoacă o mărire a granulației

secundare, aspect care duce la înrăutățirea proprietăților magnetice ale produsului final din oțel fier-siliciu.

Revendicări

1. Procedeu pentru obținerea benzilor metalice din oțel fier-siliciu, având o structură orientată normal și o grosime cuprinsă între 0,18 și 0,46 mm, **caracterizat prin aceea că**, pentru obținerea unor benzi metalice la cald, pornește de la obținerea unui oțel silicios a cărei compoziție chimică, în procente de greutate, conține 2,5 la 4,0 % siliciu, oțel care este turnat și prelucrat pentru a forma niște benzi, benzi care sunt supuse în continuare unei îndepărtări a țunderului și laminării la rece până ce se obține o grosime intermediară, supunerea materialului benzii metalice la o recoacere intermediară la o temperatură de normalizare cuprinsă între 900 și aproximativ 1150°C, timpul de încălzire pentru normalizare fiind cuprins între 1 și 30 s, fază urmată de o altă fază de răcire lentă, de la temperatura de normalizare până la un interval de temperaturi cuprins între aproximativ 540 și aproximativ 650°C, cu o viteză de răcire mai mică de 835°C/min, după care se aplică o răcire rapidă până la un interval de temperaturi cuprins între aproximativ 315 și aproximativ 540°C cu o viteză de răcire mai mare de 835°C/min, urmată de răcirea în apă, fază care se continuă cu laminarea la rece a benzilor metalice până ce acestea capătă dimensiunea finală, apoi se aplică decarburarea și acoperirea benzilor metalice din oțel silicios cu un separator de recoacere pentru ca benzile metalice să poată fi supuse recoacerii finale în vederea recristalizării secundare.

2. Procedeu conform revendicării 1, **caracterizat prin aceea că**, oțelul silicios are un procent de siliciu de aproximativ 3,15 %.

3. Procedeu, conform revendicării 1, **caracterizat prin aceea că** include faza de recoacere intermediară pe o

perioadă de timp cuprins între 3 la 8 s.

4. Procedeu conform revendicării 1, **caracterizat prin aceea că**, recoacerea intermediară se realizează la o temperatură cuprinsă între aproximativ 900 și aproximativ 930°C.

5. Procedeu conform revendicărilor 1 și 4, **caracterizat prin aceea că**, tratamentul termic de recoacere intermediară se efectuează practic la o temperatură de aproximativ 915°C.

6. Procedeu conform revendicării 1, **caracterizat prin aceea că**, etapa de răcire lentă se termină la o temperatură de aproximativ 595±30°C.

7. Procedeu conform revendicărilor 1 și 6, **caracterizat prin aceea că**, domeniul vitezelor de răcire, în cazul răcirii lente, este cuprins între 280 și 585°C/min.

8. Procedeu conform revendicării 1, **caracterizat prin aceea că**, viteza de răcire, în cazul etapei de răcire rapidă, este cuprinsă între 1390 și 1945°C/min.

9. Procedeu conform revendicării 1, **caracterizat prin aceea că**, faza de recoacere intermediară se realizează la

o temperatură de aproximativ 915°C pe o durată de timp de aproximativ 3 până la 8 s, viteza de răcire, la etapa de răcire lentă, este cuprinsă între aproximativ 280 și aproximativ 585°C/min, aceasta terminându-se la o temperatură de aproximativ 595±30 °C, iar etapa de răcire rapidă se realizează cu o viteză cuprinsă între 1390 și aproximativ 1945°C/min.

10. Procedeu conform revendicării 1, **caracterizat prin aceea că**, oțelul silicios are compoziția chimică alcătuită, în procente de greutate, din până la aproximativ 0,1 % carbon, între aproximativ 0,025 și 0,25 % mangan, între aproximativ 0,01 și 0,035 % sulf, și/sau seleniu, între aproximativ 2,5 până la aproximativ 4,0 % siliciu, mai puțin de aproximativ 100 ppm aluminiu, mai puțin de aproximativ 50 ppm azot, adaosuri de bor și/ sau cupru, dacă se dorește, iar restul îl constituie fierul.

11. Procedeu conform revendicării 1, **caracterizat prin aceea că**, procentul de siliciu în greutate este de aproximativ 3,15%.

Președintele comisiei de examinare: **ing. Gruia Dan**

Examinator: **ing. Dootz Renate**

