



(12)

BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: 98-01021

(22) Data de depozit: 28.05.1998

(45) Data publicării mențiunii acordării brevetului: 30.12.2005 BOPI nr. 12/2005

(30) Prioritate:
29.05.1997 FR 97 06 576

(41) Data publicării cererii:
29.09.2000 BOPI nr. 9/2000

(73) Titular:
• USINOR, IMMEUBLE "LA PACIFIC"
LA DEFENSE 7, 11-13 COURS VALMY,
PUTEAUX, FR

(72) Inventatori:
• PARADIS PHILIPPE, 1 RUE DU PECLOZ,
73460, GRESY SUR ISERE, FR;

• MARTIN PHILIPPE,
52 RUE DE ST OMER 62120,
AIRE SUR LA LYS, FR

(74) Mandatar:
CABINET ENPORA S.R.L.,
ȘOSEAUA IANCULUI NR.7, BL. 109B,
SC. B, ET. 1, AP. 46, SECTOR 2,
COD 73371, BUCUREȘTI

(56) Documente din stadiul tehnicii:
EP 0638653; JP 5293595

(54) PROCEDU PENTRU FABRICAREA BENZILOR SUBȚIRI DIN OȚEL FERITIC INOXIDABIL ȘI BENZI SUBȚIRI, ASTFEL OBTINUTE

(57) Rezumat:

Invenția se referă la un procedeu pentru fabricarea benzilor subțiri, din oțel feritic inoxidabil și la o bandă astfel obținută. Procedeu conform invenției prevede solidificarea unei benzi direct din metal lichid, între două role cu axele orizontale apropiate, răcite la interior, care se învârt în sensuri opuse, banda menționată fiind apoi răcită sau lăsată să se răcească, pentru a evita ca aceasta să rămână în domeniul de transformare a austenitei în ferită și carburi, după care banda menționată este bobinată la o temperatură între 600°C și temperatura transformării martensitice Ms, banda bobinată fiind lăsată să se răcească cu o viteză de maximum 300°C/h, către o temperatură între 200°C și temperatura mediului ambiant. Banda astfel răcită suferă apoi o recoacere în cutie. Obiectul invenției este, de asemenea, o bandă din oțel feritic inoxidabil, conținând cel mult 0,12% carbon, cel mult 1% mangan, cel mult 1% siliciu, cel mult 0,040% fosfor, cel mult 0,030% sulf și între 16 și 18% crom, capabilă de a fi obținută prin procedeu menționat.

Revendicări: 6
Figuri: 3



Fig. 3

Examinator. ing. SPĂTARU MAGDALENA



Orice persoană interesată are dreptul să formuleze în scris și motivat, la OSIM, o cerere de revocare a hotărârii de acordare a brevetului de invenție, în termen de 6 luni de la publicarea mențiunii acesteia

RO 120322 B1

RO 120322 B1

1 Invenția se referă la un procedeu pentru fabricarea benzilor subțiri din oțel feritic
inoxidabil direct din oțel și la o bandă din oțel feritic inoxidabil, astfel obținută.

3 Sunt cunoscute procedee de fabricare a benzilor metalice prin turnare continuă în
instalații care conțin, în principal, două role având axele orizontale una lângă alta, fiecare
5 având o suprafață exterioară care este din material bun conducător de căldură, rolele fiind
răcite intensiv în interior, și având între ele un spațiu de turnare a cărui lățime minimă cores-
7 punde cu grosimea benzii care se dorește să se toarne.

Acest spațiu de turnare este închis lateral prin doi pereți refractari poziționați către
9 capetele rolor. Rolele sunt mișcate în sens contrar una față de cealaltă, iar spațiul de tur-
nare este alimentat cu metal lichid.

11 "Umpluturile" de oțel se solidifică la suprafețele rolor și se îmbină în "jocul dintre
role", adică în punctele unde distanța dintre role este minimă, pentru a forma o bandă soli-
13 dificată care este extrasă continuu din instalație.

Banda este apoi răcită natural sau forțat, înainte de a fi bobinată.

15 Obiectivul este acela de a face posibilă turnarea unor benzi din diferite feluri de oțel,
în special din oțeluri inoxidabile.

17 În cele mai obișnuite condiții de turnare, în care banda părăsește rolele răcindu-se
natural în aer liber, banda este în mod obișnuit bobinată la o temperatură de circa 700 până
19 la 900°C, depinzând de grosimea sa și de viteza de turnare.

Temperatura de bobinare depinde, de asemenea, desigur, de distanța dintre role și
21 de toba de înfășurare.

Banda bobinată este apoi lăsată să se răcească natural, înainte de a fi supusă unor
23 tratamente metalurgice comparabile cu cele executate pe benzi rulate la cald, produse din
foi turnate continuu în mod obișnuit.

25 Aplicarea acestui procedeu de turnare a oțelurilor feritice inoxidabile de tipul standard
AISI 430, care tipic conțin 17% crom, a arătat că benzile astfel obținute au o ductilitate
27 redusă.

Prin urmare, cea mai subțire bandă (a cărei grosime este de circa 2 până la 3,5 mm)
29 este excesiv de fragilă și nu rezistă la operațiunile de manevrare ulterioare, realizate la tem-
peratura ambiantă, cum sunt desfășurarea și tăierea marginilor; în timpul acestor operații,
31 apar fisuri la marginile benzii, sau banda se poate chiar rupe în timpul desfășurării.

Această ductilitate redusă se explică de obicei prin mai mulți factori:

33 - banda așa cum este turnată, esențial are o structură cu coloane constând din gra-
nule feritice grosiere (în grosimea benzii media mărimii granulei este mai mare de 300 μm),
35 care este o consecință directă a succesiunii unei solidificări rapide pe role și a temperaturii
înalte la care rămâne banda după ce a părăsit rolele, când nu suferă o răcire forțată;

37 - granulele feritice au o duritate înaltă datorită suprasaturării lor cu elemente inter-
stițiale (carbon și azot);

39 - prezentei martensitei rezultate din întărirea austenitei care este prezentă la tem-
peraturi înalte.

41 Pentru a remedia aceasta, s-a preconizat să se supună bobinele, după ce s-au răcit,
la o recoacere în cutie la o temperatură sub temperatura (numită Ac1) pentru transformarea
43 feritei în austenită, în timpul reîncălzirii.

Clasic, această recoacere se realizează la aproximativ 800°C timp de cel puțin 4 h.
45 Scopul este de a precipita astfel carburile din matricea feritică, de a transforma martensita
în ferită și carburi, și de a alia carbura de crom pentru a înmuia metalul.

47 Acest tratament trebuie să îmbunătățească proprietățile mecanice și ductilitatea în
ciuda păstrării structurii colonare constând din granule din granule feritice grosiere.

RO 120322 B1

Totuși, testele realizate la scară industrială au arătat că această metodă a fost insuficientă pentru obținerea unor benzi cu ductilitate corespunzătoare.	1
Această fragilitate persistentă a benzii după recoacerea în cutie se explică prin faptul că banda - așa cum s-a turnat, odată bobinată, suferă numai o răcire foarte lentă, deoarece cele două fețe ale sale sunt în contact cu materialul fierbinte și numai marginile sale sunt în contact cu aerul ambiant și sunt libere să radieze.	3 5
Această răcire foarte lentă conduce la precipitarea abundantă a carburilor din ferită și la transformarea unei părți din austenită în ferită și carburi, în timp ce restul austenitei, la răcire, formează martensita.	7 9
Recoacerea în cutie face posibilă completarea descompunerii martensitei în ferită și carbon, dar, mai întâi de toate, ea contribuie la coalescența carburilor grosiere în formă de pelicule continue.	11
Fragilitatea metalului se datorează în mod special acestor carburi grosiere, a căror mărime este de circa 1 până la 5 μm. Ele constituie locuri de inițiere a crăpăturilor, care se propagă prin clivaj în matricea feritică înconjurătoare: efectul lor nedorit se adaugă la acela al structurii colonare cu granule grosiere.	13 15
În consecință, s-au făcut diferite încercări pentru a dezvolta un procedeu de turnare între două role pentru benzi din oțel feritic inoxidabil cu o bună ductilitate.	17
Încercările au ca scop modificarea naturii precipitatelor formate în timpul răcirii benzii, sau ruperea structurii alcătuite din granule feritice grosiere așa cum a rezultat din turnare.	19
În această privință, se poate menționa documentul JP-A-62247029 care recomandă răcirea în linie cu o viteză mai mare sau egală cu 300°C/s, între 1200 și 1000°C, urmată de o răcire care se realizează între 1000 și 700°C.	21 23
Documentul JP-A-5293595 recomandă răcirea la o temperatură de 700 până la 200°C, în timp ce se dă oțelului conținuturi reduse de carbon și azot (0,030% sau mai puțin) și un conținut de niobiu de 0,1 până la 1%, niobiul acționând ca un stabilizator.	25
Alte documente propun realizarea unei laminări fierbinți în linie, care se adaugă la limitările analitice menționate pentru carbon și azot și pot fi, de asemenea, combinate cu stabilizarea niobiului sau stabilizarea azotului (a se vedea documentele JP-A-2232317 , JP-A-6220545 , JP-A-8283845 , JP-A-8295943).	27 29
Se poate menționa, de asemenea, documentul EP-A-0638653 , care prezintă un oțel conținând 13-25% crom, impunând conținuturi totale de niobiu, titan, aluminiu și vanadiu de 0,05 până la 1,0%, conținuturi totale de carbon și azot de 0,030% cel mult și un conținut de molibden de 0,3 până la 3%.	31 33
Compoziția în greutate a oțelului trebuie în plus să satisfacă condiția $\gamma_p \leq 0\% \cdot \gamma_p$ este un criteriu reprezentativ pentru cantitatea de austenită formată la precipitare.	35
El se calculează utilizând formula: $\gamma_p = 420x\%C + 470x\%N + 23x\%Ni + 9x\%Cu + 7x\%Mn - 11,5x\%Si - 12x\%Mo - 23x\%V - 47x\%Nb - 49x\%Ti - 52x\%Al + 189$.	37
În completare, banda trebuie să fie laminată la cald într-un domeniu de temperatură de 1150 - 900°C cu un raport de reducere de 5 până la 50%, apoi să fie răcită cu o viteză mai mică sau egală cu 20°C/s sau să fie menținută în cadrul domeniului de temperatură 1150 - 950°C timp de cel puțin 5 s și, în final să fie bobinată la o temperatură mai mică decât sau egală cu 700°C.	39 41 43
În vederea implementării tuturor acestor metode, este prin urmare necesar să se combine:	45
- topirea costisitoare și dificilă a metalului la lichid, avut în vedere pentru turnarea benzii, dacă se dorește obținerea conținuturilor reduse de carbon și azot, sau chiar, unde este potrivit, obținerea conținuturilor dorite de elemente de stabilizare;	47

RO 120322 B1

1 - tratamente termomecanice și termice realizate în linia de turnare cu ajutorul unor
instalații scumpe (cilindru de laminare la cald în linie); și

3 - realizarea unor cicluri termice complexe care reclamă, de asemenea, instalații care
sunt special adaptate în vederea obținerii unor viteze înalte de răcire sau timp necesari de
5 menținere a temperaturii înalte.

7 Problema pe care o rezolvă invenția este să se prevadă o modalitate eficientă de
producere a benzilor subțiri din oțel feritic inoxidabil prin turnare continuă între două role,
care să confere benzilor menționate suficientă ductilitate și să permită debobinarea și tăierea
9 marginilor, iar operațiile de transformare la rece (decaparea, laminarea etc.) să fie realizate
fără apariția unor incidente precum ruperea benzii sau apariția unor crăpături la margini.

11 Pentru ca obiectivul să fie realizat, acest procedeu nu trebuie să includă fazele necesi-
tând adăugarea unei instalații complexe la o mașină de turnare standard, cu două role. De
13 asemenea, el nu trebuie să necesite realizarea topirii metalului cu lichid, cu scopul de a
obține conținuturi foarte joase de elemente precum carbonul și azotul, și nu necesită adău-
15 garea de elemente de aliere scumpe.

17 Procedeu conform invenției rezolvă problema propusă prin aceea că o bandă de oțel
feritic inoxidabil, de tipul conținând cel mult 0,12% carbon, cel mult 1% mangan, cel mult 1%
siliciu, cel mult 0,040% fosfor, cel mult 0,030% sulf și între 16 și 18% crom, se solidifică
19 direct un metal lichid, între două role care se învârt în sensuri opuse, cu axele orizontale
apropiate, care sunt răcite la interior, banda menționată fiind apoi răcită sau lăsată să se ră-
21 cească pentru a evita ca să rămână în domeniul de transformare al austenitei în ferită și
carburi, în care banda menționată este bobinată la o temperatură de între 600°C și tempe-
23 ratura transformării martensitice Ms, și este lăsată să se răcească cu o viteză de maximum
300°C/h la o temperatură de între 200°C și temperatura ambiantă și în care banda men-
25 ționată suferă apoi o recoacere în cutie.

27 Obiectul invenției este, de asemenea, o bandă din oțel feritic inoxidabil de tipul
conținând cel mult 0,12% carbon, cel mult 1% mangan, cel mult 1% siliciu, cel mult 0,040%
fosfor, cel mult 1% siliciu, cel mult 0,040% fosfor, cel mult 0,030% sulf și între 16 și 18%
29 crom, bandă capabilă de a fi obținută prin procedeu menționat anterior.

31 După cum se va înțelege, invenția constă, plecând de la o bandă turnată între două
role, din oțel feritic inoxidabil de compoziție standard, în răcirea și bobinarea benzii mențio-
nate în condiții speciale, înainte de a fi supusă la recoacere în cutie.

33 Procedeu conform invenției prezintă următoarele avantaje:

35 - limitează cât mai mult posibil formarea de carburi grosiere fragilizante, reducând
precipitarea carburilor și stimulând transformarea austenitei în martensita la fază, așa cum
este turnată, în timp ce se previne, ca această transformare a martensitei să apară până
37 când banda nu a fost bobinată.

Invenția va fi prezentată în continuare, în legătură și cu fig. 1...3, care reprezintă:

39 - fig. 1, diagramă arătând curbele de transformare la răcire ale tipului AISI 430, patru
exemple A, B, C, D ale evoluțiilor termice urmate de bandă după ce ea părăsește rolele între
41 care se toarnă, incluzând două exemple, C și D, în care ea suferă un tratament conform
invenției;

43 - fig. 2, fotografie transmisă cu un microscop electronic a unei folii subțiri luată de la
o bandă care a urmat drumul termic A din fig. 1, apoi recoacerea în cutie;

45 - fig. 3, fotografie transmisă cu un microscop electronic a unei folii subțiri luată de la
o bandă care, conform invenției, a urmat un drum termic intermediar între căile C și D din fig.
47 1, și apoi recoacerea în cutie.

RO 120322 B1

Procedeul conform invenției constă în turnarea continuă a benzilor subțiri din oțeluri feritice inoxidabile standard, prin urmare din cele conținând cel mult 0,12% carbon, cel mult 1% mangan, cel mult 1% siliciu, cel mult 0,040% fosfor, cel mult 0,030% sulf și între 16 și 18% crom.	1 3
Domeniul de aplicare a invenției poate fi extins la oțeluri conținând, adițional, elemente de aliere care nu sunt cerute în mod necesar de standardele obișnuite (de exemplu stabilizatori precum titan, niobiu, vanadiu, aluminiu, molibden), atât cît conținutul lor să nu fie atât de înalt pînă la punctul în care să dăuneze prelucrărilor metalurgice care vor fi descrise și pe care se bazează invenția.	5 7 9
În special, prezența acestor elemente de aliere nu trebuie să altereze aspectul curbelor de transformare ale exemplului din figura 1 pînă la punctul în care drumurile termice pe care banda trebuie să le urmeze, conform invenției, nu ar mai fi accesibile unei instalații de turnare între două role.	11 13
Oțelurile care constituie obiectul încercărilor, ale căror rezultate vor fi descrise și comentate în legătura cu fig. de la 1 pînă la 3, au avut următoarea compoziție, exprimată în procente de greutate:	15
- carbon: 0,043%;	17
- siliciu: 0,24%;	19
- sulf: 0,001%;	21
- fosfor: 0,023%;	23
- mangan: 0,41%;	25
- crom: 16,36%;	27
- nichel: 0,22%;	29
- molibden: 0,043%;	31
- titan: 0,002%;	33
- niobiu: 0,004%;	35
- cupru: 0,042%;	37
- aluminiu: 0,002%;	39
- vanadiu: 0,064%;	41
- azot: 0,033%;	43
- oxigen: 0,005%;	45
- bor: mai puțin de 0,001%;	47
adică un total de carbon + azot de 0,076% (acesta fiind normal la astfel de tipuri), un criteriu γ_p , calculat după formula obișnuită, menționată mai sus, egal cu 37,6% (care nu este deosebit de redus, în special datorită conținuturilor relativ mici de vanadiu, molibden, titan și niobiu, și o temperatură Ac1 pentru transformarea feritei în austenită în timpul încălzirii la 851°C.	33 35 37
Ultima temperatură este calculată cu ajutorul formulei clasice:	39
$Ac1 = 35x\%Cr + 60x\%Mo + 73x\%Si + 170x\%Nb + 290x\%V + 620x\%Ti + 750x\%Al + 1400x\%B - 250x\%C - 280x5N - 115xNi - 66x\%Mn - 18x\%Cu + 310.$	39
După cum s-a explicat anterior, când o astfel de bandă, așa cum este turnată, este bobinată la o temperatură de 700 - 900°C fără să fie răcită forțat, și apoi lăsată să se răcească natural, în stare bobinată, înainte de a suferi o recoacere în cutie, nu mai prezintă proprietăți de ductilitate satisfăcătoare.	41 43
Motivul constă în faptul că răcirea lentă în bobină implică trecerea metalului în regiunea de precipitare a carburilor de crom de tipul $Cr_{23}C_6$ (a căror precipitare apare la limitele granulelor de ferită și la interfețele ferită/austenită) și mai întâi de toate în regiunea de descompunere a austenitei în ferită și carburi de crom de tipul $Cr_{23}C_6$.	45 47

RO 120322 B1

1 Acest mecanism favorizează creșterea carburilor grosiere fragilizante, iar recoacerea
în cutie, care urmează, accentuează împreunarea carburilor grosiere sub formă de filme
3 continue.

5 Curbele de transformare din fig. 1, valabile pentru tipul AISI 430 în discuție, ilustrează
acest fenomen.

7 În fig. 1 sunt trasate, în special, temperatura Ac5 reprezentativă pentru sfârșitul
transformării α -feritei în γ -austenita în timpul reîncălzirii, temperatura Ac1 a începutului
aceleiași transformări, și temperaturile Ms și Mf ale începutului și sfârșitului transformării γ -
9 austenitei în α' -martensita în timpul răcirii.

11 Sunt trasate, de asemenea, curbele **1**, care definesc domeniul de temperatură în
cadru la care are loc precipitarea carburilor de crom de tipul $Cr_{23}C_6$ la limitele granulelor de
ferită și la interfețele ferită/austenită și curba **2**, care definește regiunea începutului transfor-
13 mării din austenită în ferită și carburi de crom.

15 Sunt prezentate, de asemenea, patru exemple A, B, C, D de tratamente termice pe
care banda turnată le suferă după ce ea părăsește rolele, incluzând două (C și D) care sunt
reprezentative pentru invenție.

17 Tratamentul **A** constă, conform tehnicii anterior explicată, din permiterea benzii să
se răcească natural în aer liber după ce părăsește rolele între care se toarnă și în bobinarea
19 sa la aproximativ 800°C, pe când este în regiunea precipitării carburilor de crom la limitele
granulelor de ferită și la interfețele ferită/austenită.

21 După cum s-a menționat, această procedură încetinește considerabil răcirea benzii,
care este apoi obligată să rămână o perioadă lungă de timp în regiunea de transformare a
23 austenitei în ferită și carburi de crom, înainte să revină la temperatura ambiantă.

25 Tratamentul **B** constă din lăsarea benzii să se răcească natural în aer liber, per-
mițându-i să atingă temperatura ambiantă fără să fie bobinată.

27 Banda nu stă în regiunea de transformare a austenitei în ferită și carburi de crom, dar
ea suferă o transformare martensitică majoră între temperaturile Ms și Ms și Mf. Va fi evident
de ce un astfel de tratament nu poate fi inclus în invenție.

29 Tratamentul **C** reprezentativ pentru invenție, constă - în primul rând din permiterea
benzii să se răcească natural, înainte de a fi bobinată, astfel încât să se împiedice rămâne-
31 rea ei în regiunea de transformare a austenitei în ferită și carburi de crom, și în realizarea
operației de bobinare numai la o temperatură de aproximativ 600°C.

33 După cum banda bobinată se răcește, ce urmează sfârșește mai mult sau mai puțin
prin revenire la drumul termic final din tratamentul **A**.

35 Tratamentul **D**, de asemenea reprezentativ pentru invenție, este în ceea ce privește
principiul său, identic cu tratamentul **C**, dar răcirea benzii are loc numai la o temperatură de
37 aproximativ 300°C.

39 Oricum, în mod necesar, această temperatură rămâne deasupra Ms (care depinde
de compoziția chimică a oțelului) și, în timp ce bobina se răcește, banda este ferită de a ră-
mâne în regiunea în care transformarea martensitică ar putea avea loc într-o proporție foarte
41 mare.

43 Drumul său termic final se alătură din nou celor din tratamentele **A** și **C**.

45 Fotografia din fig. 2 arată o porțiune a unei mostre dintr-o bandă de referință care a
urmat drumul termic **A** din fig. 1 (prin urmare răcire la 800°C) pentru a fi adusă la tempera-
tura ambiantă sub formă bobinată și care a fost apoi supusă la recoacere în cutie în condiții
standard, anume un timp de staționare de 6 h la aproximativ 800°C.

47 Banda are compoziția chimică menționată anterior și o grosime de 3 mm.

RO 120322 B1

În fotografie se poate vedea că majoritatea probelor sunt granule feritice grosiere 3 .	1
Zonele 4 , având granule feritice mici rezultate din transformarea α' -martensitei în timpul recoacerii în cutie, reprezintă numai o fracțiune mică a probelor.	3
Peste toate se va observa prezența în cadrul structurii a peliculelor continue de carbură de crom 5 .	5
Aceste pelicule de carbură rezultă din faptul că inițial, răcirea lentă a benzii bobinate în regiunea de transformare a austenitei în ferită și carburi a determinat o precipitare extensivă a carburii și că, ulterior, recoacerea în cutie a accentuat coalescența acestor carburi.	7
După cum se va observa, prezența acestor pelicule continue de carburi este una din cauzele ductilității reduse a metalului.	9
Fotografia din fig. 3 arată o porțiune a unei mostre luate dintr-o bandă conform invenției (de aceeași compoziție și grosime ca cea din fig. 2) care a urmat un drum termic intermediar între căile C și D din fig. 1 coborând la temperatura ambiantă (banda a fost bobinată la 500°C) și apoi a suferit o recoacere în cutie identică cu cea suferită de proba de referință din fig. 2.	11 13 15
Se va observa că granulele feritice grosiere 3 sunt încă prezente, dar zonele 6 constând din granule feritice mici provenite din transformarea α' -martensitei sunt în proporție mai mare.	17
Ceea ce face ca banda să treacă repede prin regiunile de precipitare a carburilor și nitrurilor și care face ca ea să evite regiunea de transformare a austenitei în ferită și precipitare a carburilor a condus mai întâi la o precipitare limitată a carburilor fine în ferită (aceasta fiind inevitabilă, dată fiind rapiditatea precipitării lor).	19 21
În plus, zone mari de austenită, mai bogate în carbon și azot decât ferită, au rămas astfel, acestea fiind ulterior transformate în martensită.	23
În timpul recoacerii în cutie care a urmat, carburile fine precipitate din ferită și martensită s-au descompus în ferită și carburi fine, care sunt mult mai omogen distribuite decât mostra de referință din fig. 2.	25 27
Astfel, peliculele continue de carburi împreunate nu se mai observă, decât, cel mult la șirurile discontinue 7 de carburi mici (mai mici de 0,5 μm) la limitele între granulele feritice grosiere și zonele constând din granule feritice mici dispersate printre carburi.	29
Aceste carburi mici sunt evident mai puțin sensibile la inițierea fisurării decât peliculele continue ale specimenului de referință.	31
Înfățișarea notabilă a zonelor constând din granule feritice mici în timpul recoacerii în cutie se datorează tensiunilor acumulate în timpul formării martensitei, dând naștere unui fenomen de regenerare.	33 35
Aceste zone de granule feritice mici sunt mult mai ductile decât matricea constând din granule feritice grosiere, și fac posibilă limitarea fragilității metalului, în special prin reducerea propagării crăpării prin clivaj.	37
Ductilitatea benzii obținute prin procedeul de referință și aceea obținută prin procedeul conform invenției au fost evaluate prin teste de impact la îndoire pe piese de testare Charpy crestate în "V", în timpul cărora rezistența lor a fost evaluată prin măsurarea energiei absorbite de către mostre la 20°C.	39 41
Testele au fost realizate pe probe de benzi luate înainte și după recoacerea în cutie. Rezultatele lor sunt prezentate în tabelul 1	43

Rezistența mostrelor de bandă în funcție de temperatura de înfășurare

	Energie absorbită la 20°C înainte de recoacerea în cutie	Energie absorbită la 20°C după recoacerea în cutie
Bandă înfășurată la 800°C (referință)	= 5 J/cm ²	= 5 J/cm ²
Bandă înfășurată la 500°C (invenția)	= 5 J/cm ²	= 60 J/cm ²

Se poate observa că temperatura de înfășurare nu are vreun efect asupra ductilității la 20°C a benzii așa cum a fost turnată și care nu a suferit încă o recoacere în cutie.

Această ductilitate este foarte mică și nu este îmbunătățită prin recoacere în cutie în cazul benzii de referință bobinate la cald.

După cum s-a văzut din fotografia din fig. 2, recoacerea în cutie a fost, în acest caz de referință, incapabilă să promoveze o structură metalică matriceală și o distribuție a carburilor care sunt favorabile unei bune ductilități.

Pe de altă parte, ductilitatea benzii bobinate în condițiile recomandate de invenție a fost capabilă să fie considerabil îmbunătățită prin recoacerea în cutie și să se ridice la un nivel satisfăcător.

Aceasta întrucât experiența arată ca o rezistență de ordinul a 30 până la 40 J/cm² este suficientă pentru tratamente la rece (desfășurare și tăierea marginilor, în special) pentru a fi capabilă să le realizeze fără deteriorarea benzii.

Faptul că o bandă bobinată a evitat trecerea din austenită la ferită prin regiunea de transformare la carburi a avut ca rezultat, în timpul bobinării benzii, formarea unor carburi fine în ferită a căror morfologie și distribuție sunt substanțial mai favorabile formării, după recoacerea în cutie, a carburilor fine și uniform distribuite.

Acestea sunt prin urmare mult mai puțin nefavorabile pentru ductilitatea benzii decât peliculele continue de carburi observate în mostra de referință.

Matricea metalică obținută după răcirea benzii bobinate la temperatura joasă, care este mai bogată în martensită, este de asemenea mai avantajoasă pentru o bună ductilitate a benzii finale, deoarece recoacerea în cutie acționează efectiv asupra martensitei pentru a o descompune în principal în ferită cu granulație mică.

A fost realizat și un alt test reprezentativ pentru ductilitatea acestor benzi similare după recoacerea în cutie.

El constă din supunerea unei piese de testare, ale cărei margini sunt așa cum au fost tăiate sau au fost prelucrate, la îndoire la 90°C, în sens invers. Un ciclu de îndoire corespunde unei operații constând din îndoirea mostrei direct la 90° și apoi îndoirea sa înapoi la configurația sa dreaptă inițială. Se determină numărul de cicluri de îndoire care este posibil de realizat înainte ca mostra să se rupă sau să prezinte crăpături în zona de îndoire.

Tabelul 2 reprezintă media rezultatelor acestor experimentări.

Numărul mediu de cicluri de îndoire înainte de fracturării sau apariției de crăpături în funcție de temperatura de înfășurare

	margini prelucrate	margini tăiate
Banda înfășurată la 800°C (referință)	2	0
Banda înfășurată la 500°C (invenția)	6	4

Un număr de cicluri de îndoire egal cu 0 înseamnă că acea bandă nu rezistă chiar fiind îndoită numai o dată înainte ca prima crăpătură să apară sau ea pur și simplu se rupe.

Din nou, este evident că banda care a fost produsă în conformitate cu invenția s-a comportat mult mai bine decât banda de referință din motive care au fost arătate anterior.

Rezumând, prima idee de bază a invenției este de a impune benzii care părăsește rolele o cale de răcire care face posibilă limitarea precipitării carburilor, mai întâi de toate evitând pe cele care provin din descompunerea austenitei și care ar putea probabil să se împreune în pelicule grosiere continue, în timpul recoacerii în cutie.

A doua idee este promovarea, în aceeași fază de producție, a transformării austenitei în martensită, astfel încât să se obțină ferită cu granulație fină, cât mai multă posibil, în timpul recoacerii în cutie.

Aceste condiții se realizează dacă timpul în care banda turnată a stat în regiunea de precipitare a carburilor și nitrurilor din ferită este limitat, și mai întâi de toate dacă banda este împiedicată să rămână în regiunea de transformare a austenitei în ferită și carburi.

În practică, realizarea acestor condiții pe tipurile AISI 430 și pe cele similare necesită ca banda să fie bobinată la 600°C sau mai jos pentru a evita rămânerea benzii în regiunea de transformare a austenitei în ferită și carburi când este bobinată.

Depinzând de condițiile particulare de turnare, precum grosimea benzii, viteza de turnare și distanța care separă rolele de toba de înfășurare, aceste condiții pot fi îndeplinite simplu prin răcirea naturală a benzii în aer sau poate reclama utilizarea unei instalații în care banda este răcită forțat, de exemplu cu ajutorul pulverizării unui agent de răcire precum apă sau un amestec apă/aer.

Se consideră că rezultatele dorite se obțin în general prin impunerea unei viteze de răcire a benzii mai mari decât sau egală cu 10°C/s între timpul când ea părăsește rolele și timpul când ea atinge o temperatură de 600°C, la sau sub care bobinarea poate avea loc.

În orice caz, formarea martensitei în timpul răcirii benzii trebuie controlată astfel ca ea însăși să nu devină problematică.

În primul rând este imperativ să se prevină ca martensita să se formeze înainte de bobinare, deoarece ar putea conduce la un risc mare de rupere a benzii în timpul bobinării.

Pentru a realiza aceasta, este necesar ca bobinarea să fie realizată la o temperatură peste temperatura Ms de transformare a austenitei în martensită, adică aproximativ 300°C.

Pe deasupra, dacă bobina este răcită prea rapid (mai mult de 300°C/h), aceasta ar putea duce la o formare excesivă de martensită foarte dură. Aceasta ar putea face banda prea fragilă pentru a rezista ușor la manipulările bobinei înainte de recoacerea în cutie.

Exemplul de tratament B din fig. 1 este reprezentativ pentru defectele care ar putea rezulta din răcirea prea rapidă a benzii; absența bobinării are ca rezultat o viteză medie de răcire de aproximativ 1000°C/h.

RO 120322 B1

1 După această răcire, banda a avut o duritate de 192 Hv, care este prea înaltă, în timp
ce banda de referință care a urmat calea A a avut o duritate de 155 Hv.

3 Benzile conform invenției, care au suferit un tratament intermediar între căile C și D
au durități de circa 180 Hv.

5 Trebuie să se aibă în vedere că banda bobinată nu trebuie să fie răcită cu o viteză
mai mare de 300°C/h.

7 În practică, această condiție este în general satisfăcută pe instalațiile la scară
industrială când nu se iau măsuri speciale pentru a crește viteza răcirii benzilor bobinate (de
9 obicei se respectă o viteză de răcire naturală în aer de circa 100°C/h).

11 În plus, în vederea obținerii unor rezultate bune, este necesar să se aștepte, înainte
de realizarea recoacerii în cutie, până ce banda bobinată s-a răcit suficient pentru a fi avut
13 timp ca transformările dorite să apară, în special transformarea austenitei în martensită.

15 În practică, recoacerea în cutie trebuie să se realizeze pe o bobină a cărei tempera-
tură inițială este între cea ambiantă și 200°C. Tipic, ea se realizează la o temperatură de
800-850°C timp de cel puțin 4 h.

17 În comparație cu alte procedee existente, care urmăresc îmbunătățirea ductilității
benzilor de oțel feritic inoxidabil conținând aproximativ 17% crom, procedeul conform inven-
19 ției are avantajul de a nu necesita modificări speciale și costisitoare ale calității cum sunt
încorporarea de stabilizatori și/sau reducerea conținuturilor de carbon și azot către niveluri
neobișnuit de joase.

21 El poate fi realizat pe o mașină de turnare continuă, cu două role identice, care nu
este necesar să fie echipată cu o instalație pentru laminarea la cald a benzii care părăsește
23 rolele. Nici nu necesită adaptări speciale ale fazelor după turnare din ciclul de fabricație
(recoacere în cutie, tăiere margini, decapare etc.).

25 Singura modificare față de o instalație standard de turnare între două role identice
este că instalarea sa ar putea să necesite adăugarea dedesubtul rolor a unui dispozitiv
27 pentru răcirea benzii.

29 Un astfel de dispozitiv, care poate fi de o concepție foarte simplă, ar face posibilă
asigurarea ca banda nu rămâne vreodată în cadrul regiunii de transformare a austenitei în
31 ferită și carburi și că răcirea are loc întotdeauna la 600°C sau mai jos, indiferent de viteza de
turnare și de grosimea benzii, și chiar dacă toba de bobinare este amplasată chiar aproape
de role (care poate fi din contră, de dorit pentru turnarea altor tipuri de oțeluri).

33 Aplicarea procedurii descrise la benzi turnate între două role identice, care sunt lami-
nate la cald sub rolele de turnare, când, în plus se îndeplinesc condițiile necesare de răcire
35 a benzii și bobinare a benzii, rămâne în cadrul invenției.

37 Poate fi de dorit realizarea unei astfel de laminări la cald pentru a îmbunătăți calitatea
internă a benzii, prin închiderea oricăror porozități înăuntru, și pentru a îmbunătăți calitatea
suprafeței sale.

39 În plus, laminarea la cald realizată la temperaturi de la 900 până la 1150°C cu un
raport de reducere de cel puțin 5%, are un efect benefic asupra ductilității benzii, experiența
41 arătând creșteri ale ductilității ca efect al procedurii conform invenției, fără a fi necesară
îndeplinirea foarte strictă a condițiilor analitice indicate în documentul **EP-A-0638653**, deja
43 menționat.

45 Este astfel posibil ca banda să aibă o ductilitate mai mare decât cea care singura
aplicație a laminării la cald sau singura aplicație a versiunii de bază a procedurii conform
invenției ar permite să se obțină.

RO 120322 B1

Pentru exemplificare au fost realizate teste pe o bandă de oțel turnat între două role identice, având o grosime de 2,7 mm și o compoziție (exprimată în procente în greutate) de:	1
- carbon: 0,040%;	3
- siliciu: 0,23%;	5
- sulf: 0,001%;	7
- fosfor: 0,024%;	9
- mangan: 0,40%;	11
- crom: 16,50%;	13
- nichel: 0,57%;	15
- molibden: 0,030%;	17
- titan: 0,002%;	19
- niobiu: 0,001%;	21
- cupru: 0,060%;	23
- aluminiu: 0,003%;	25
- vanadiu: 0,060%;	27
- azot: 0,042%;	29
- oxigen: 0,0090%;	31
- bor: mai puțin de 0,001%.	33
Această compoziție corespunde unui criteriu γ_p de 46,5% și la o temperatură Ac1 de 826°C.	35
În absența laminării la cald, când bobinarea benzii se realizează la 800°C (în conformitate cu tratamentul A din figura 1) înainte de recoacerea în cutie, banda nu rezistă la un singur ciclu de îndoire, pe marginile sale tăiate apărând imediat ruperi.	37
În cazul răcirii la 670°C, banda rezistă numai un singur ciclu de îndoire pe marginile sale tăiate.	39
În orice caz, dacă răcirea se realizează la 500°C conform procedurii din invenție, banda poate rezista la 4 cicluri de îndoire pe marginile sale tăiate.	41
Aceste teste confirmă prin urmare cele din exemplele ilustrate în fig. de la 1 la 3.	43
În plus, când banda menționată suferă laminare la cald la o temperatură de 1000°C cu un raport de reducere a grosimii egal cu 30%, răcirea realizată la 500°C, conform invenției, dă benzii o energie absorbită la 20°C (după recoacerea în cutie) de 160 J/cm ² , în condiții de test care sunt similare celor din testele din tabelul 1.	45
Prin comparație, dacă bobinarea este realizată la 800°C, energia absorbită la 20°C este numai de 100 J/cm ² .	
Banda capabilă de a fi produsă prin procedeul conform invenției se distinge printr-o structură colnară constând din granule feritice grosiere coexistând cu multe zone constând din granule feritice mici împrăștiate între carburi cu absența peliculelor continue de carburi grosiere, acestea fiind înlocuite de șiruri de carburi mici discontinue la limitele dintre granulele feritice grosiere și zonele constând din granule feritice mici, iar dacă, conform versiunii de bază a invenției, banda nu este laminată la cald înainte de a fi bobinată, este evidentă absența structurilor care în mod normal indică faptul că banda a fost laminată la cald, precum și absența unor cantități semnificative de elemente de stabilizare cum ar fi niobiu, vanadiu, titan, aluminiu și molibden.	
Ductilitatea sa bună face această bandă capabilă să fie supusă ulterior, fără vreo deteriorare, la operații metalurgice uzuale, care o transformă în produse finite utilizabile, în special laminarea la rece.	

Revendicări

1

3

1. Procedeu pentru fabricarea de benzi subțiri din oțel feritic inoxidabil având o grosime mai mică de 10 mm, în care o bandă de oțel feritic inoxidabil, de tipul conținând cel mult 0,12% carbon, cel mult 1% mangan, cel mult 1% siliciu, cel mult 0,040% fosfor, cel mult 0,030% sulf și între 16 și 18% crom, se solidifică direct din metal lichid, între două role cu axele orizontale apropiate, răcite la interior, care se învârt în sensuri opuse, **caracterizat prin aceea că** banda menționată este apoi răcită sau este lăsată să se răcească pentru a evita ca ea să rămână în domeniul de transformare al austenitei în ferită și carburi, în care banda menționată este bobinată la o temperatură între 600°C și temperatura transformării martensitice Ms, în care banda bobinată este lăsată să se răcească cu o viteză de maximum 300°C/h către o temperatură între 200°C și temperatura ambiantă și în care banda menționată suferă apoi o recoacere în cutie.

11

13

2. Procedeu conform cu revendicarea 1, **caracterizat prin aceea că** recoacerea în cutie menționată este realizată la o temperatură de 800 până la 850°C timp de cel puțin 4 h.

15

3. Procedeu conform uneia din revendicarea 1 sau 2, **caracterizat prin aceea că** banda este împiedicată să rămână în regiunea de transformare a austenitei în ferită și carburi, prin faptul că i se dă o viteză de răcire mai mare sau egală cu 10°C/s, cel puțin între timpul când banda solidificată părăsește rolele și timpul când ea atinge o temperatură de 600°C.

17

19

4. Procedeu conform cu revendicarea 3, **caracterizat prin aceea că** benzii menționate i se dă viteza de răcire menționată prin pulverizarea unui agent de răcire pe suprafața benzii.

21

23

5. Procedeu conform uneia din revendicările de la 1 până la 4, **caracterizat prin aceea că**, în plus, banda, înainte de a fi bobinată, este laminată la cald la o temperatură între 900 și 1150°C cu un raport de reducere a grosimii benzii de cel puțin 5%.

25

27

29

6. Bandă din oțel feritic inoxidabil, de tipul conținând cel mult 0,12% carbon, cel mult 1% mangan, cel mult 1% siliciu, cel mult 0,040% fosfor, cel mult 0,030% sulf și între 16 și 18% crom, **caracterizată prin aceea că** este capabilă de a fi obținută prin procedeul conform uneia din revendicările de la 1 până la 5.

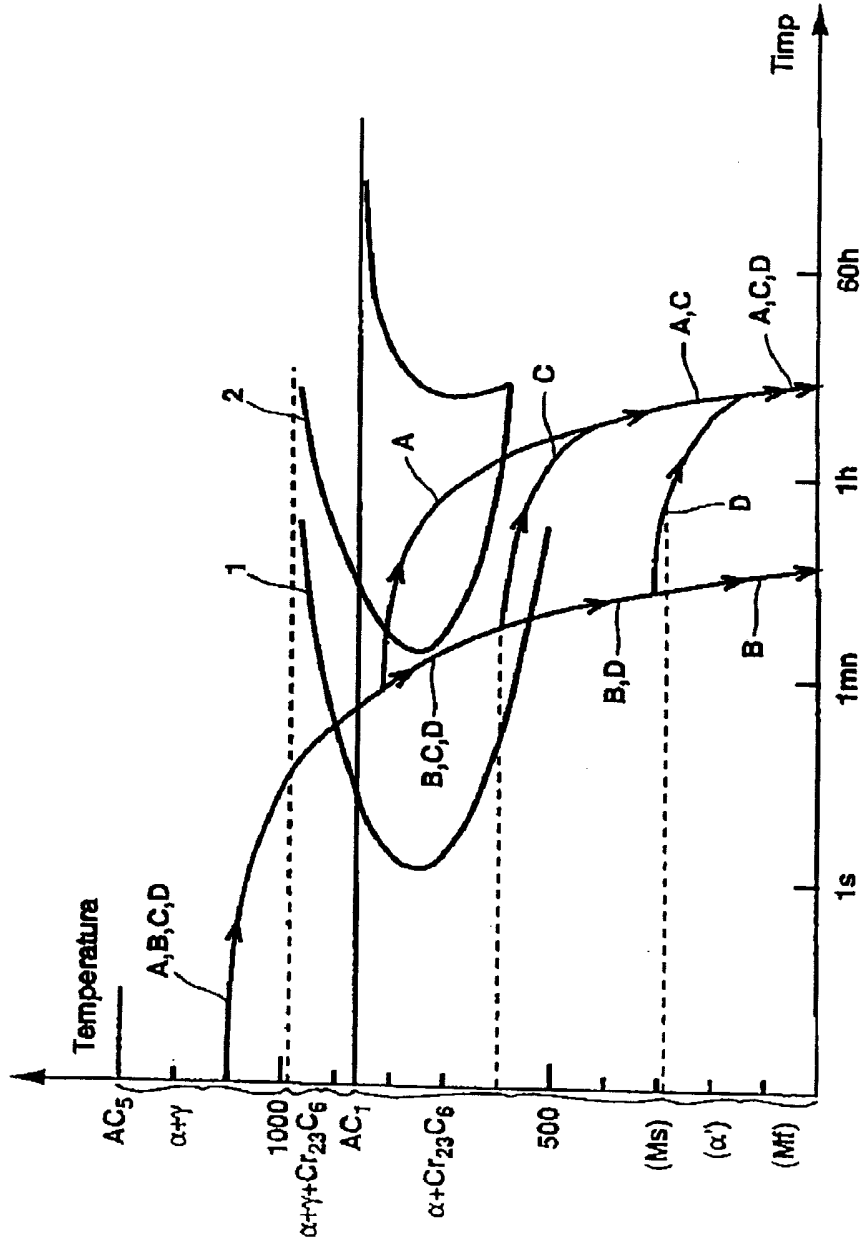


Fig. 1



Fig. 2



Fig. 3



Editare și tehnoredactare computerizată - OSIM
Tipărit la: Oficiul de Stat pentru Invenții și Mărci