



(11) **RO 130856 B1**

(51) Int.Cl.
C22C 38/02 (2006.01),
B21B 1/02 (2006.01),
H01F 27/25 (2006.01)

(12)

BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: **a 2014 00524**

(22) Data de depozit: **09/07/2014**

(45) Data publicării mențiunii acordării brevetului: **30/07/2018** BOPI nr. **7/2018**

(41) Data publicării cererii:
29/01/2016 BOPI nr. **1/2016**

(73) Titular:
• **SPIRIDON LANDES VICTOR**,
STR. FĂINARI NR. 8, BL. 71, SC. A, AP. 10,
BUCUREȘTI, B, RO;
• **BRĂILOIU MIRCEA**, *STR. MEHADIA*
NR. 18, BL. 21, SC. 2, AP. 62, SECTOR 6,
BUCUREȘTI, B, RO

(72) Inventatori:
• **SPIRIDON LANDES VICTOR**,
STR. FĂINARI NR. 8, BL. 71, SC. A, AP. 10,
BUCUREȘTI, B, RO;
• **BRĂILOIU MIRCEA**, *STR. MEHADIA*
NR. 18, BL. 21, SC. 2, AP. 62, SECTOR 6,
BUCUREȘTI, B, RO

(56) Documente din stadiul tehnicii:
GB 424663; JPS 558409 (A);
CN 102796947 A; GB 979583;
RO 114154 B1

(54) **PROCEDEU DE PRODUCERE A UNUI OȚEL SLAB ALIAT
CU SILICIU ȘI A UNEI BENZI DIN ACESTA, PENTRU TOLE
DE TRANSFORMATOR DE MARE PUTERE**



RO 130856 B1

1 Inventția se referă la un procedeu de producere a unui oțel slab aliat cu siliciu și a unei
benzi din acest oțel, pentru tole de transformatoare de mare putere.

3 Benzile din oțel slab aliat cu siliciu sunt utilizate pentru construcția circuitelor
magnetice, pentru echiparea transformatoarelor, și fac parte din grupa oțelurilor
5 electrotehnice, dar și din domeniul materialelor magnetice.

7 Materialele magnetice sunt împărțite în materiale moi și materiale dure. Recent s-au
adăugat și materialele semidure, clasă rezervată numai mediilor de înregistrare magnetică.

9 Materialele magnetice moi sunt denumite astfel datorită legăturii ce există între slaba
duritate mecanică ce caracterizează oțelurile obișnuite și care fac parte din această
11 categorie, și ușurința cu care poate fi inversată magnetizarea lor. Ele au calitatea de a putea
concentra fluxul magnetic din piesele componente de orice formă ale circuitelor magnetice.

13 Aplicațiile electrotehnice în care se utilizează materialele magnetice moi se împart
în două categorii: conversia electromecanică reversibilă a energiei, adică mașinile electrice
și modificarea parametrilor de utilizare a energiei electrice, adică transformatoarele electrice
15 de putere, sau cele cu destinație specială.

17 Parametrii pentru materialele magnetice utilizate sunt: permeabilitatea magnetică cât
mai ridicată, un câmp coercitiv și pierderi cât mai reduse de energie, și magnetizarea de
saturație.

19 Un bun material magnetic moale, supus unui câmp magnetic relativ slab, trebuie să
prezinte o magnetizație foarte ridicată, cât mai aproape de valoarea de saturație. Această
21 ușurință de magnetizare înseamnă o permeabilitate magnetică foarte ridicată, dar presupune
și o inducție de saturație înaltă.

23 Reducerea pierderilor de energie, numite în mod obișnuit pierderi în fier, au în
principiu trei componente: pierderi prin histerezis, pierderi prin curenți turbionari (Foucault)
25 și pierderi în exces.

27 Aceste materiale sunt caracterizate prin ciclul histerezis îngust, permeabilitate
magnetică mare, câmp coercitiv mic și pierderi magnetice minime.

29 Caracteristica de bază a acestora constă în faptul că la încetarea câmpului magnetic
ele se demagnetizează.

31 Materialele magnetice moi se folosesc atât în curent continuu, cât și în curent
alternativ, la frecvența rețelei sau la frecvențe mai mari.

Oțelul slab aliat cu siliciu este materialul cel mai reprezentativ din acest domeniu.

33 Denumirea de "bandă silicioasă" este dată după elementul care imprimă materialului
caracteristica specifică, deși conținutul de siliciu este mic în comparație cu conținutul în fier.

35 O serie de factori precum: compoziția chimică, incluziunile nemagnetice, mărirea
grăunților, anizotropiile, tratamentele termice, solicitările mecanice etc. influențează
37 proprietățile magnetice. Unii dintre factori pot fi favorabili, iar alții dăunători.

39 Siliciul are o importanță hotărâtoare asupra structurii și proprietăților magnetice ale
oțelurilor. Siliciul mărește rezistivitatea aliajului fier-siliciu și micșorează pierderile prin curenți
turbionari, dar și pierderile prin histerezis, contribuind la mărirea permeabilității.

41 Este de menționat că micșorarea inducției de saturație scade cu aproximativ 0,048 T
(480 Gs) pentru fiecare procent de siliciu.

43 La un conținut de 6...6,5% Si, constantele de anizotropie cristalină și
magneto-stricțiunea devin practic nule, ceea ce asigură caracteristici magnetice foarte bune,
45 adică pierderi magnetice foarte mici și permeabilitate mare.

47 Siliciul mărește limita de curgere, de rupere și îndeosebi duritatea oțelului.
Concomitent cu ridicarea durității se mărește puternic și fragilitatea oțelului, ceea ce
accentuează pericolul apariției crăpăturilor la laminare, la manipulare și prelucrare la rece,
49 astfel că la conținuturi de peste 4,5% Si oțelurile nu mai au practic aplicație.

RO 130856 B1

Trebuie menționat că prezența aluminiului a condus la caracteristici magnetice foarte bune, în sensul că mărește rezistivitatea aliajului și poate înlocui parțial siliciul în aliajul fier-siliciu.	1
Aliajul fier-aluminiu cu un conținut de 16% aluminiu este ductil și poate fi laminat la dimensiuni foarte reduse.	3
Printre alte adaosuri favorabile menționăm: nichelul, cobaltul, cromul, molibdenul și cuprul.	5
Solicitările mecanice ca urmare a operațiilor de tăiere, găurire, presare, îndoire și altele înrăutățesc caracteristicile magnetice ale materialului.	7
Pentru restabilirea caracteristicilor mecanice este necesar să se aplice materialului un tratament termic care se face în vid, în hidrogen sau în prezența altui gaz de protecție.	9
Este de precizat că nu trebuie confundate solicitările mecanice folosite în anumite împrejurări, cum este cazul pentru obținerea unei anizotropii magnetice, prin laminarea la rece, în vederea obținerii unei benzi texturate.	11
Cercetările au arătat că, din punct de vedere științific, cu cât fierul conține mai puține impurități, caracteristicile magnetice ating valori foarte mari ale permeabilității.	13
În asemenea cazuri conținutul de carbon atinge valori de 0,01%, ceea ce în practica obișnuită nu se poate obține decât până la 0,03%.	15
Așa cum s-a arătat mai sus, îndepărtarea impurităților din oțel și a carbonului conduce la o îmbunătățire a caracteristicilor magnetice.	17
Posibilitățile de prelucrare a aliajelor fier-siliciu se limitează practic la 4,5% Si, când materialul este laminat la cald, și 3,5% Si pentru laminarea la rece.	19
Pe plan mondial, pentru circuitele magnetice curente, se consideră un oțel calitativ bun dacă nu sunt depășite valorile: C - 0,03%; P - 0,025%; S - 0,025%.	21
Oțelurile slab aliate cu siliciu sunt folosite sub formă de tablă, benzi, bare sau în diferite profile.	23
Carbonul este elementul cel mai dăunător în compoziția materialelor magnetice moi.	25
El rămâne în material, după răcirea aliajului, sub diverse forme: ca soluție solidă, ca un compus sub formă de cementită liberă, sau perlită, fie sub formă de carbon liber și, în acest caz, mărește câmpul coercitiv, reduce permeabilitatea magnetică și favorizează îmbătrânirea aliajului.	27
Oxigenul influențează negativ asupra plasticității materialului. Azotul afectează în mai mică măsură caracteristicile magnetice. Sulful mărește, de asemenea, câmpul coercitiv. Fosforul mărește pierderile histerezis, însă afectează câmpul coercitiv în măsură mai mică. Manganul favorizează formarea cementitei.	29
Ca urmare a celor prezentate mai sus, în invenția de față se ține seama, la elaborarea oțelului slab aliat cu siliciu, de eliminarea în măsură cât mai mare a elementelor dăunătoare.	31
Trebuie, de asemenea, subliniat faptul că este convenabil ca materialele magnetice moi să aibă o constantă de magnetostricțiune la saturație λ_s de valoare foarte redusă, astfel încât comportarea lor să depindă cât mai puțin de eventualele tensiuni mecanice existente în material.	33
În majoritatea cazurilor, magnetostricțiunea reprezintă mai curând o restricție de care trebuie să se țină cont la proiectare, deoarece ea poate induce o anizotropie destul de însemnată, atunci când materialul este supus unor tensiuni mecanice.	35
Acest efect justifică obligația tratamentului termic, adică a recoacerii materialelor magnetostricitive în scopul reducerii tensiunilor reziduale, care mai subzistă în material după fabricarea sa.	37
	39
	41
	43
	45
	47

RO 130856 B1

1 Din oțelurile electrice se fabrică circuitele (miezurile) magnetice ale instalațiilor de
mare putere, cum este oțelul slab aliat cu siliciu neorientat, folosit la fabricarea mașinilor
3 electrice rotative, sau cu grăunți orientați, folosit la fabricarea transformatoarelor electrice,
care funcționează în curent alternativ la frecvență industrială (50 sau 60 Hz). Acest oțel
5 reprezintă o bună combinație între proprietățile magnetice și cele mecanice.

Oțelurile slab aliate cu siliciu sunt magnetice până la un conținut de 33 procente
7 masice (adică 50 procente atomice).

Siliciul este solubil în fer α până la 15%, adică 25 procente de compoziție atomică,
9 și se substituie atomilor de fier fără modificări notabile de natură cristalografică, cu excepția
unei ușoare reduceri a constantei de rețea.

11 Efectul cel mai important al alierii este eliminarea fazei γ (CFC) a fierului, în intervalul
de temperaturi 900...1450°C, pentru un conținut de siliciu mai mare de 2,2%.

13 Acest lucru permite cristalizarea benzilor la o temperatură ridicată, 1000...1400°C,
evitând în același timp trecerea oțelului printr-un punct critic, când este răcit.

15 Alierea cu siliciu aduce mai multe îmbunătățiri:

17 - suprimarea transformării de fază $\alpha \Rightarrow \gamma$ a fierului, ceea ce permite realizarea unor
tratamente la temperaturi relativ ridicate, adică mai mari de 900°C, favorabile recristalizării
și detensionării interne, în timp ce alte impurități, precum carbonul, au un efect contrar. Se
19 obține astfel o creștere mai ușoară a grăunților și o textură mai bine marcată a lor;

21 - creșterea rezistivității electrice a oțelului, ceea ce duce la scăderea pierderilor prin
curenți turbionari. Experimentările au arătat că un efect aproape tot atât de important ca al
siliciului îl prezintă și aluminiul;

23 - reducerea magnetostricțiunii, cu atât mai importantă cu cât conținutul în siliciu este
mai ridicat; acest lucru duce la reducerea câmpului coercitiv și deci a pierderilor prin
25 histerezis, și a zgomotului în funcționare a transformatoarelor. Din acest punct de vedere,
cea mai bună compoziție este cea cu circa 6% Si;

27 - reducerea anizotropiei magneto-cristaline și, deci, creșterea permeabilității oțelului
cu grăunți neorientați;

29 - reducerea îmbătrânirii magnetice, prin fixarea atomilor interstițiali, ca, de exemplu,
atomii de carbon, care, în cazul invenției propuse, este de ordinul miilor de procente, având
31 ca urmare o mai mare stabilitate în timp a oțelului;

33 - creșterea durității și rigidității oțelului, ceea ce face posibilă prelucrarea, prin
poansonare cu cadențe ridicate, în cele mai variate forme geometrice.

Totuși trebuie menționate și unele efecte defavorabile ale alierii cu siliciu, precum:

35 - descreșterea inducției de saturație B_s ;

37 - scăderea temperaturii Curie și a ductibilității oțelului, care începe să devină friabil
dincolo de 4,5% Si. De aceea oțelurile folosite în construcția transformatoarelor au un
conținut între 3 și 4% Si.

39 Experimentările au arătat că o cale importantă de reducere a pierderilor prin curenți
turbionari este utilizarea unor benzi de grosimi din ce în ce mai reduse.

41 Minimul pierderilor corespunde unei grosimi de bandă comparabile cu adâncimea
echivalentă de pătrundere a câmpului la frecvența industrială, și care este de 0,3...0,7 mm.

43 Există două mari categorii de benzi magnetice: benzi neorientate (prescurtat N.O.)
și benzi cu grăunți orientați (prescurtat G.O.), care au domenii de utilizare diferite.

45 Benzile N.O. servesc la fabricarea miezurilor magnetice ale mașinilor electrice
rotative și a unui mare număr de alte dispozitive, în timp ce benzile G.O. sunt utilizate la
47 fabricarea circuitelor magnetice ale transformatoarelor electrice.

RO 130856 B1

Benzile N.O. se produc în prezent exclusiv prin laminare la rece, pornind de la o bandă primară, obținută prin laminare la cald. Ele sunt utilizate în două variante:	1
- benzi recoapte, la care acoperirea finală se face înainte de a le livra utilizatorului, și care au pierderi foarte reduse;	3
- benzi nefinisate, livrate în stare intermediară, capabile de o inducție de lucru mai ridicată.	5
După decupare, aceste tole trebuie în mod obligatoriu recoapte și abia apoi acoperite cu stratul electroizolant.	7
În cazul transformatoarelor, datorită faptului că tolele sunt parcurse de fluxul magnetic într-o direcție bine determinată, este avantajos ca cea mai mare valoare a permeabilității să fie asigurată după direcția respectivă.	9
Direcția magnetic privilegiată este una dintre axele [001] ale cristalului.	11
Operația, care constă în inducerea unei anizotropii uniaxiale foarte pronunțată în oțel, se realizează prin procedee metalurgice și tehnologice speciale.	13
Este vorba de laminările la cald și la rece, laminări cu ajutorul cărora se obține oțelul cu grăunți orientați.	15
Este de subliniat faptul că adăugarea siliciului este benefică, întrucât duce la creșterea diametrului grăunților, pentru un conținut de 3% Si și, în acest caz, diametrul grăunților este de circa 10 mm, valoare acceptabilă din punct de vedere al pierderilor.	17
Punerea la punct a fabricării benzilor cu grăunți orientați G. O. a căror textură caracteristică este (110)[001], numită textură Goss, a reprezentat o etapă pentru producerea benzilor destinate transformatoarelor.	19
În această textură Goss, indicele (110) reprezintă planul cristalografic din rețeaua cubică, iar indicele [001] reprezintă direcția cristalină cu cea mai mare densitate de noduri în cubul simplu.	21
Este de menționat că N. P. Goss și apoi N. Litmann au dovedit că există o strânsă corelație între caracteristicile magnetice ale benzilor de transformator și o anumită orientare cristalografică.	23
Textura cristalografică este influențată de: compoziția chimică a oțelului, gradul de deformare la cald și la rece, și condițiile de tratament termic.	25
În invenția propusă s-a introdus ca element de microaliere silico-calciu azot, pentru a obține precipitate de faze secundare cu rol de inhibitor, pentru a controla dimensiunea grăunților cristalini până în faza finală a procesului tehnologic.	27
Prin experimentări s-a constatat că, odată cu creșterea timpului de menținere la recoacerea primară, se produce dezvoltarea componentei de textură Goss.	29
Fluxul tehnologic de procesare a benzilor din oțel slab aliat cu siliciu cu grăunți orientați, aplicat în prezent pe plan mondial, prevede:	31
- elaborarea oțelului în convertizor cu insuflare combinată și cu tratament sub vid al oțelului lichid, pentru dezoxidare și aliere, în vederea obținerii unei compoziții chimice pe oțel lichid cu: C - 0,05...0,07%, Si - 2,8...3,0%, Mn - 0,08...0,10%, S - 0,028...0,038%, N - 0,006...0,008%, Al - 0,02...0,04%;	33
- turnarea continuă cu protecția jetului la turnare cu gaz inert și tuburi imersate, și obținerea de brame cu grosimi între 180 și 200 mm, și lățimi între 1200 și 1300 mm;	35
- încărcarea în cuptoare cu propulsie, pentru laminare în condițiile următoare:	37
- temperatura minimă de încărcare: 600°C;	39
- temperatura cuptorului cu propulsie: 1350 ± 20°C;	41
- laminarea benzii la cald în următoarele condiții:	43
- temperatura de ieșire din ultima căjă degrositoare D5: 1250...1270°C;	45

RO 130856 B1

- 1 - temperatura benzii la intrarea în trenul finisor: minimum 1150°C;
- temperatura de ieșire din caja finisoare F7: între 920 și 950°C;
- 3 - dimensiunile benzii: 1,8...2,0 mm grosime și 1200...1300 mm lățime;
- toleranța la grosime: ±0,02 mm;
- 5 - răcire controlată cu apă a benzii, care va asigura o temperatură de rulare a benzii între 540 și 580°C;
- 7 - control tehnic de calitate;
- pregătirea benzii, care constă în sudarea cap la cap a benzii din oțel silicios cu bandă ajutătoare din oțel carbon, pentru prindere în ruloare;
- 9 - normalizare - sablare - decapare;
- 11 - temperatura: 1100...1150°C, cu menținere 1 min;
- viteza de răcire: între 1150 și 900°C, cu 1-2°C/s, iar între 900 și 150°C - răcire cu apă;
- 13 - decapare în soluție de H₂SO₄.
- 15 Laminarea la rece se execută pe un laminor policilindric cu 20 cilindri, dintre care 2 cilindri de lucru în contact cu banda, restul cilindrilor fiind de sprijin:
- 17 - laminarea I la rece:
- grosimea benzii: 0,7...0,8 mm; lățimea 1100...1200 mm;
- 19 - remanierea benzii:
- debitarea marginilor fisurate;
- 21 - recoacerea intermediară:
- parametrii tratamentului: 900°C, timp de 3 min;
- atmosfera din cuptor: 80% N₂ + 20% H₂;
- 23 - laminarea a II-a la rece:
- grad de reducere: minimum 55%;
- dimensiune bandă: grosime minimum 0,23 mm, lățime 1100...1200 mm;
- 27 - tratament termic de recoacere și de decarburare:
- parametrii tratamentului: 840°C, timp de 3...5 min;
- atmosfera din cuptor: 65% N₂ + 27% H₂ + 8% H₂O;
- conținutul în carbon după decarburare: 0,003%;
- 31 - recoacerea finală:
- temperatura: 1170°C;
- atmosfera în cuptor: 100% H₂;
- 33 - acoperirea benzii cu lac electroizolant:
- 35 - lacul electroizolant are un coeficient scăzut de dilatare termică și o bună aderență la suprafața benzii;
- 37 - temperatura benzii în timpul acoperiri este de 700°C;
- după răcirea benzii, datorită coeficienților de dilatare diferiți ai benzii și al lacului, se introduce o tensionare a benzii de 0,5...1,0 daN/mm²;
- 39 - iradierea benzii cu laser, pentru scăderea pierderilor magnetice sub 1 W/kg;
- 41 - iradierea cu laser micșorează domeniile magnetice din interiorul grăunților mari cu diametrul mediu de 15...20 mm, prin introducerea unor linii de deformare locală, perpendiculare pe direcția de laminare, la distanțe de circa 5 mm între ele, ceea ce micșorează pierderile magnetice;
- 43 - control tehnic de calitate.
- 45 Prin urmare, tehnologia constă dintr-o laminare primară la cald, urmată de o succesiune de laminări la rece și de tratamente termice, adică o recoacere intermediară în atmosferă reducătoare la temperatura de 900°C, și o recoacere de recristalizare secundară în atmosferă de hidrogen la temperatura de 1170°C, în cursul căreia se produce o creștere a grăunților, adică o recristalizare secundară centrată pe axa (110) [001].
- 47
- 49

RO 130856 B1

Dimensiunile finale ale grăunților sunt de ordinul centimetrilor.	1
Creșterea permeabilității este cu atât mai importantă cu cât textura realizată este mai bine grupată în jurul acestei direcții.	3
Cu cât grăunții sunt mai mari, ei oferă o rezistență mai mică mișcării pereților, ceea ce duce la reducerea câmpului coercitiv și a pierderilor prin histerezis, ca și a celor prin curenți turbionari.	5
Valoarea ridicată a permeabilității se obține urmărind realizarea unei texturi favorabile, caracterizată printr-o bună aliniere a axelor grăunților.	7
Oțelurile astfel texturate sunt cele cu grăunți orientați, iar cele mai performante sunt oțelurile cu inducție ridicată HIB.	9
Caracterizând, într-o primă aproximație, perfecțiunea unei texturi prin unghiul maxim Θ_{\max} de abatere a axei [001] de la direcția de laminare, variația pierderilor poate fi evaluată în funcție de acest unghi.	11
Se disting astfel:	13
- oțeluri convenționale (C.G.O.), cu o structură mediocră, caracterizată prin $\Theta_{\max} > 15^\circ$, cu pierderi de circa 1,5 W/kg la 1,5 T și 50 Hz, iar la o inducție de 1,7 T îi corespunde un câmp de 800 A/m (10 Oe);	15
- oțeluri înalt orientate (H. G. O.), cu o textură superioară, caracterizată prin $\Theta_{\max} < 5^\circ$, în care pierderile sunt de aproximativ 0,8 W/kg, iar la condițiile de excitație mai sus menționate, inducția atinge valori de 1,9 T.	17
La fabricarea acestor oțeluri, pentru creșterea grăunților se utilizează inhibitori secundari, în scopul asigurării unei texturi cât mai bine orientate pe direcția (110) [001].	19
În tabelul 1 sunt prezentate câteva dintre caracteristicile magnetice ale oțelurilor slab aliate cu siliciu.	21
Piese prelucrate prin procedee ce duc la solicitări mecanice în material trebuie să fie tratate termic, pentru eliminarea efectelor dăunătoare ale tensiunilor interne, și restabilirea caracteristicilor magnetice.	23
Tratamentele termice se execută în vid sau în atmosfere protectoare contra oxidării.	25
Se iau măsuri ca elementele dăunătoare, în special conținutul de carbon, să nu fie mărite.	27
Temperaturile de tratare sunt în jur de $800 \pm 10^\circ\text{C}$, cu un palier care depinde de secțiunea oțelului, de la o oră până la mai multe ore, și apoi răcire lentă cu $30...50^\circ\text{C/h}$ în cuptor până la 300°C , iar după aceea, răcire în aer.	29

Tabelul 1 35

Tipul și compoziția masică	Inducția B_s [T]	Punctul Curie T_c [$^\circ\text{C}$]	Rezistivitatea ρ ($\times 10^{-8}$) [Ωm]	Permeabilitatea μ_{rel} max.	Câmpul coercitiv H_c [A/m]	Pierderi în fier (la 50 Hz) $B=1\text{T}$ $B=1,5\text{T}$	37
Oțel cu 3,5% izotrop	1,97	690	60	7.000	32	1,3 1,5	39
Oțel cu 3,5% orientat (110)[001]	(1) 2,02	720	47	60.000	8	0,49 1,07 $\Delta = 0,3$ mm	41
	(2) 2,02	720	47	80.000	6	0,35 ; 0,74 $\Delta = 0,23$ mm	43

Notă: (1) = oțeluri convenționale cu grăunți orientați (C. G. O.) - „conventional grain oriented”
 (2) = oțeluri cu grăunți înalt orientați (H.G.O.) - „high grain oriented” 45

RO 130856 B1

1 La piese cu secțiune mare, temperatura de 800°C poate fi depășită.
2 Prin tratamentul termic se reduce și îmbătrânirea materialului. Sub noțiunea de
3 "îmbătrânire" se înțelege creșterea procentuală a câmpului coercitiv în timp.

4 În documentul **GB 424663/1935** se prezintă un procedeu de producere a unui oțel
5 prin reducere directă a unui minereu de fier prin încălzire la temperatură ridicată într-un
6 cuptor, cu adaosuri, obținându-se SiO_2 sau alt material silicios, precum și fondant bazat pe
7 CaF_2 și CaO , pentru obținerea unei zguri bazice, conținând circa 40% SiO_2 , 15...20% CaO
8 și FeO , iar în documentul **JPS 558409 (A)/1980** se prezintă un procedeu de elaborare a unor
9 benzi din oțel cu pierderi magnetice reduse, conținând sub 0,005% C, 1,5...4% Si, sub
10 2,5% Al, prin topirea componentelor chimici sub flux de rafinare alcătuit din amestec de CaO ,
11 CaF_2 , pentru prevenirea creșterii grăunților cristalini fiind adăugat Al_2O_3 și AlN în combinație
12 cu $(\text{Ca},\text{Mn})\text{S}$, după răcire lingoul metalic fiind laminat la rece, semiprodusul rezultat fiind
13 recopt.

14 De asemenea, documentul **CN 102796947 A** prezintă un procedeu de producere a
15 unui oțel silicios prin topirea unui amestec cu maximum 0,005% C, 2,6...3,4% Si,
16 0,2...0,5% Mn, 0,3...1,6% Al, sub 0,2% P, 0,05% S, 0,005% O și 0,0015% Ti și în rest Fe,
17 și modificarea zgurii astfel încât să conțină 30...37% CaO , 7...20% SiO_2 , 35...45% Al_2O_3 ,
18 5...9% MgO și 0,6...2,6% $(\text{Fe}+\text{Mn})\text{O}$, rafinarea fiind realizată prin dezoxidare cu ferosiliciu
19 și 0,5...2kg/t aliaj cu Ca, iar documentul **GB 979583/1965** prezintă un procedeu de rafinare
20 a unor metale și a unor aliaje, în particular, oțel cu proprietăți magnetice, prin intermediul
21 unui electrod topit electric de către zgura formată deasupra metalului topit, care în acest scop
22 conține CaO , Al_2O_3 , CaF_2 , MgO , TiO_2 și B_2O_3 .

23 Mai este cunoscut, din documentul **RO 114154 B1**, un procedeu pentru obținerea
24 benzilor metalice din oțel fier-siliciu cu: 2,5...3,5,0% Si; până la aproximativ 0,02% C; între
25 0,05 și 0,24% Mn; între 0,015 și 0,04% Al, prin care benzile metalice sunt obținute după
26 laminarea la cald și minimum două laminări la rece, pentru obținerea unei grosimi finale de
27 0,28 mm, și apoi sunt supuse unui tratament termic de recoacere la 900...1150°C, pe o
28 durată de până la 30 s, după care se aplică o răcire în două etape, cu o viteză de răcire mai
29 mică de 835°C/min, până în intervalul de temperaturi de 540...650°C, și cu o viteză mai mare
30 de 835°C/min, până în intervalul de temperaturi cuprins între 315 și 540°C, după laminarea
31 la cald benzile fiind supuse preferabil unui tratament termic de recoacere, iar după prima
32 laminare la rece benzile fiind supuse unui tratament termic de normalizare la temperatură
33 înaltă, în atmosferă protectoare de hidrogen și azot. Deci invenția nu prevede elaborarea
34 oțelurilor în convertizoare cu insuflare de oxigen pe sus, și nici prezența unor fabrici de
35 produs oxigen.

36 Trebuie arătat că elaborarea oțelului în convertizoare de tip L.D., care constă în
37 afinarea fontei cu oxigen gazos extras din aer, necesită fabrici speciale de oxigen cu grupuri,
38 care produc 10.000...12.000 $\text{Nm}^3\text{O}_2/\text{h}$ și chiar mai mari, la care puritatea oxigenului trebuie
39 să fie mai mare de 99,5%, și că actuala tehnologie de fabricație a benzilor electrotehnice cu
40 grosimi sub 0,35 mm prevede și practicarea unui tratament termochimic de decarburare
41 după ultima etapă de laminare la rece, cu scopul de scădere a conținutului de carbon a
42 benzii sub 0,004%.

43 Obiectivul prezentei invenții îl constituie modificarea procedurii de elaborare a
44 oțelului slab aliat cu siliciu destinat fabricării benzilor pentru transformatoare, în raport cu
45 tehnologia actuală de elaborare a oțelului slab aliat cu siliciu pe plan mondial.

46 Problema tehnică pe care o rezolvă invenția constă în producerea unui oțel silicios
47 cu conținut scăzut de carbon, prin reducerea unui minereu de fier, astfel încât oțelul obținut
48 să aibă proprietăți magnetice și mecanice care să permită utilizarea lui în electrotehnică,
49 pentru producerea de tole de transformator.

RO 130856 B1

Procedeu conform invenției, de producere a unui oțel slab aliat cu siliciu, pentru tole de transformator de mare putere, rezolvă această problemă tehnică prin aceea că, pentru obținerea unui oțel silicios de bună calitate, prin reducerea directă în cuptor, la temperatură înaltă, a unui minereu de fier mărunțit, folosind ca reducător principal material silicios și fondant bazat pe CaF_2 și CaO , cu obținerea unei zguri bazice, fluide, conținând SiO_2 , CaO și FeO , reactanții sunt aleși cu compoziția și cantitatea procentuală corespunzătoare obținerii unui oțel silicios cu sub 0,002% C, 3...4% Si, maximum 0,06% Mn, maximum 0,025% P, maximum 0,025% S, maximum 0,01% Al, maximum 15 ppm O, maximum 1,5 ppm H rezidual și maximum 50 ppm azot, și a unei zguri bazice și fluide, cu compoziția: 55...65% CaO , 15...20% SiO_2 , 6...10% MgO , 1,5...3% Al_2O_3 , sub 0,7% FeO , sub 0,4% MnO , sub 1% CaS și 7...10% CaF_2 , care, după formare, este îndepărtată în proporție de circa 90%, în acest scop minereul fiind ales cu mai mult de 60% Fe și cu granulația de 20...50 mm, topirea acestuia fiind realizată în cuptor electric cu arc, ca reducător fiind ales siliciu metalic cu minimum 98,8% Si și aluminiu cu minimum 99,99% Al, iar ca fondant fiind ales un amestec de var cu minim 93% CaO și nu mai vechi de 24 h, fluorină cu minimum 92% CaF_2 și silico-calciu cu minimum 55% Si, minimum 35% Ca și maximum 0,5% C, și cu granulația între 20 și 50 mm, după îndepărtarea primei zguri formate, cuptorul fiind repus sub tensiune pentru formarea unei noi zguri reprezentând 1...3% din cantitatea de oțel rămasă în cuptor, din care 80% var și 20% fluorină, după topirea zgurii fiind realizată dezoxidarea prin difuzie folosind un amestec dezoxidant I reprezentând 2% față de greutatea băii metalice, și format din: 5 părți var, 3 părți Si metalic și o parte fluorină, toate cu o granulație de 0,5 mm, un alt amestec dezoxidant II cu o granulație de 0,5 mm fiind adăugat în proporție de 1% față de greutatea băii metalice, și fiind alcătuit din 3 părți var, o parte silico-calciu, o parte aluminiu și o parte fluorină. Adăugarea dezoxidanților este realizată ritmic, în cantități mici, iar dezoxidarea prin difuzie este completată cu dezoxidarea prin precipitare, prin adăugarea de siliciu metalic și aluminiu în cantități determinate în funcție de conținutul de oxigen rămas în oțel, ca inhibitor fiind adăugat silico-calciu azot (SiCaN) cu 8...10% N, după atingerea condițiilor impuse pentru compoziția chimică și conținutul de gaze din oțel și pentru compoziția chimică a zgurii, oțelul fiind supraîncălzit peste temperatura lichidus, pentru acoperirea pierderilor termice, după care este transferat în oala de turnare și apoi la instalația de turnare continuă, unde este turnat în bramă.

Procedeu de producere a unei benzi din oțel slab aliat cu siliciu obținut conform invenției este realizat printr-o laminare la cald și minimum două laminări la rece, cu realizarea unui tratament termic de normalizare la 1140°C, după laminarea la cald, a unui tratament termic de recoacere intermediară după prima laminare la rece, în atmosferă protectoare de hidrogen și azot, și a unui tratament termic final de recoacere de recristalizare la 1170°C, laminările fiind calculate astfel încât grosimea finală a benzii să fie de 0,23...0,3 mm.

Procedeu conform invenției prezintă următoarele avantaje:

- elimină necesitatea furnalelor cu anexele lor cele mai importante: suflantele, care furnizează aerul în cantitățile și la presiunile necesare, preîncălzitoarele de aer numite caupere și cuptoarele de cocsificare, pentru producerea cocsului metalurgic, combustibilul solid folosit aproape în exclusivitate la producerea fontei în furnale, deoarece cuptorul în care are loc elaborarea oțelului slab aliat cu siliciu conform invenției este de tip cuptor electric trifazic cu arc, față de convertizorul cu insuflare de oxigen utilizat pe plan mondial în marea majoritate a cazurilor;

- spre deosebire de procedeu utilizat pe plan mondial, de elaborare în convertizoare, care necesită ca materie primă fonta de afinare obținută în furnale, materia primă utilizată pentru elaborare este minereul de fier cu un conținut de peste 60% Fe;

RO 130856 B1

1 - se evită elaborarea oțelului în convertizor cu insuflare de oxigen pe sus, și
necesitatea unor fabrici de produs oxigen pentru elaborarea oțelului în convertizor de tip L.D;
3 - se elimină tratamentul de decarburare, întrucât conținutul scăzut de carbon în oțel
se obține direct din elaborare.

5 De asemenea, se face precizarea că, în timp ce Japonia folosește ca inhibitor AlN,
iar Germania MnS, în invenție este folosit SiCa azot. Este de menționat și că celelalte etape
7 din fluxul tehnologic, prevăzut pentru uzina Nippon Steel, rămân valabile și pentru fluxul
tehnologic al invenției.

9 Invenția este prezentată pe larg în continuare.

a) Materiile prime utilizate la elaborarea oțelului slab aliat cu siliciu

11 Minereurile de fier cu conținuturi de oxizi sunt: hematitele Fe_2O_3 cu 30,06% O și
magnetitele Fe_3O_4 cu 27,64% O, și conținuturi reduse de fosfor și sulf. Conținutul de fier
13 trebuie să fie mai mare de 60%. În tabelul 2 sunt prezentate compozițiile chimice exprimate
în procente masice ale unor minereuri de fier care corespund scopului urmărit în invenție.

Tabelul 2

Compoziția chimică a minereurilor de fier din diferite zăcăminte

Denumirea minei	Țara	Compoziția chimică în % greutate				
		Fe total	SiO ₂	Al ₂ O ₃	S	P
1	2	3	4	5	6	7
19 Itabira	Brazilia	68,9	0,35	0,60	0,010	0,030
21 MBR	Brazilia	67,3	0,79	0,72	0,005	0,037
23 Carajas	Brazilia	65,4	1,00	1,05	0,010	0,038
Nanfen	China	63,4	6,28	1,16	0,110	
25 Goldsworthy	Australia	63,2	4,90	1,60		0,035
Hammersley	Australia	62,7	4,20	2,73	0,016	0,059
27 Donimalai	India	63,5	3,00	3,00	0,050	0,080
Bailadila	India	64,0	2,50	2,50	0,050	0,010
29 Bakal	Rusia	60,7	2,40	2,00	0,030	0,004
Reserve	S. U. A.	63,0	8,10	0,40	0,003	0,020
31 Rushekye	Uganda	68,4	0,96	0,58	0,00-1	0,020
Kamena	Uganda	67,9	0,80	0,65	0,002	0,02
33 Kyanyamuzinda	Uganda	68,7	0,41	0,35	0,006	0,02
Nyamiyaga	Uganda	69,0	0,62	0,43	0,001	0,02
35 Butare	Uganda	67,5	1,20	1,00	0,00-1	0,05
Kashenyi	Uganda	60,6	5,10	6,00	0,003	0,02

37 Granulația optimă a bucăților de minereu trebuie să fie cuprinsă între 25 și 50 mm.

39 Clasa 25 mm trebuie brichetată, pentru a nu înrăutăți permeabilitatea încărcăturii.
Minereurile de fier sunt aduse în vagoane de cale ferată și tractate cu locomotiva pe
41 estacadă. Cu ajutorul culbutorului, fiecare vagon este descărcat în siloz.

RO 130856 B1

Se recomandă ca pentru fiecare categorie de minereu să fie alocat câte un siloz.	1
Silozurile trebuie să aibă acoperișuri mobile, pentru a nu mări cantitatea de umiditate din cauza intemperiiilor: ploilor sau zăpezilor. Totodată trebuie cunoscută compoziția chimică și proveniența minereului.	3
b) Reducerea	5
Ca reducători sunt folosiți:	
<i>Siliciul metalic</i> - a fost ales ca reducător pentru că este lipsit de elemente nocive precum carbonul, sulful și fosforul. Este de menționat că în majoritatea documentelor române și străine consultate de autori nu este dat conținutul de carbon.	7 9
Totuși, într-un document, privind fabricarea siliciului tehnic obținut prin procesul de topire reducătoare din cuarțite de înaltă puritate, se menționează că se admit conținuturi maxime pentru: C 0,2%; S 0,0025%; P 0,01%.	11
Siliciul metalic are o capacitate mare de reacție; este rezistent din punct de vedere mecanic, atât la temperatură joasă, cât și la temperatură înaltă, având ca punct de topire 1414°C. Dimensiunea recomandată pentru siliciul metalic utilizat este între 20 și 50 mm.	13 15
Deși siliciul este metaloid, în majoritatea lucrărilor cercetate de autori se vorbește despre siliciul metalic.	17
Aluminiul este un dezoxidant și mai puternic decât siliciul.	
Silico-calciul reprezintă un aliaj de siliciu și de calciu, și are proprietatea ca la dezoxidarea oțelurilor să formeze numai incluziuni globulare, net superioare incluziunilor în lanț.	19 21
Dimensiunea de utilizare pentru aluminiu bucăți este de 60...120 mm, iar pentru silico-calciu, de 20...50 mm.	23
c) Formarea zgurii	
Ca fondanți pentru formarea zgurii se folosesc următoarele materiale:	25
<i>Varul ars</i> , cu componentul său principal CaO. El trebuie folosit proaspăt, nu mai vechi de 24 h, fiindcă, în contact cu umiditatea din atmosferă, oxidul de calciu formează hidroxidul de calciu Ca(OH) ₂ , care poate reacționa cu dioxidul de carbon din atmosferă, formând din nou carbonat de calciu: CaCO ₃ , proces însoțit de fărâmițarea bucăților.	27 29
Dimensiunea de folosire a varului este de la 20 la 50 mm.	
Fluorina are drept component principal fluorura de calciu, CaF ₂ . Este fluidizantul cel mai bun pentru zgurile utilizate la elaborarea oțelurilor.	31
Granulația fluorinei trebuie să fie între 20 și 50 mm.	33
Ca inhibitor este utilizat SiCaN conținând între 8 și 10% azot, și cu granulația între 20 și 50 mm.	35
Compozițiile chimice, exprimate în procente masice, ale reducătorilor, ale fondanților și ale inhibitorului sunt prezentate în tabelul 3.	37

RO 130856 B1

Tabelul 3

Nr. crt.	Materii prime și auxiliare	Compoziție chimică , %																
		CaO	MgO	SiO ₂	Cu	P	S	CaF ₂	Al ₂ O ₃ + Fe ₂ O ₃	CaO + MgO	P.C.	Si	Al	C	Ca	Fe	Zn	N
1	Fluorină	≤ 5	-	≤ 2,5	-	-	≤ 0,2	≥ 92	≤ 0,1	≤ 0,4	≤ 0,3	-	-	-	-	-	-	-
2	Var ars	-	≤ 1,3	≤ 1	-	-	≤ 0,1	-	≤ 1	≥ 93	≤ 4	-	-	-	-	-	-	-
3	Siliciu metalic	-	-	-	-	≤ 0,01	≤ 0,0025	-	-	-	-	≥ 98,8	≤ 0,40	≤ 0,2	-	≤ 0,50	-	-
4	SiCa 30	-	-	-	-	≤ 0,05	≤ 0,04	-	-	-	-	≥ 55	≤ 2	≤ 0,5	≥ 30	≤ 6	-	-
5	Aluminiu rafinat electroitic	-	-	-	≤ 0,03	-	-	-	-	-	-	≤ 0,003	≥ 99,99	-	-	≤ 0,003	≤ 0,002	-
6	Aluminiu pulbere	-	-	-	≤ 0,02	-	-	-	-	-	-	≤ 0,3	≥ 97	≤ 0,45	≤ 0,02	≤ 0,50	≤ 0,05	-
7	Silico-calciu azot	-	-	-	-	≤ 0,05	≤ 0,04	-	-	-	-	≥ 55	-	≤ 0,5	≥ 30	≤ 6	-	8-10

RO 130856 B1

Procesele fizico-chimice din cadrul procedurii de reducere se realizează pe baza desfășurării unei multitudini de reacții în mediu eterogen (baia metalică-zgură).	1
Pentru ca aceste reacții să se desfășoare, este necesar să se cunoască bine condițiile ce trebuie create. În acest sens, trebuie studiat echilibrul acestor reacții, prin valorile constantei de echilibru și ale activităților componentilor, precum și parametrii care influențează echilibrul.	3
Condiția de bază pentru realizarea procesului de reducere este ca oxizii metalelor ce trebuie reduși să fie mai puțin stabili decât oxizii metalelor folosiți ca reducători.	7
Pentru compararea stabilității diferiților oxizi trebuie cunoscută variația potențialului termodinamic al reacțiilor de formare a acestor oxizi în funcție de temperatură.	9
Din acest studiu rezultă că cei mai puțin stabili sunt oxizii de MoO_3 , WO_3 care se reduc ușor, în timp ce CaO , ZrO_2 și Al_2O_3 se reduc greu.	11
Prin urmare, orice metal ce are un oxid mai stabil poate servi drept reducător pentru orice oxid mai puțin stabil.	13
Dacă un element chimic are mai mulți oxizi, cum este cazul fierului, cel mai stabil dintre ei este oxidul inferior, care se va reduce cel mai greu. Prin urmare, rezultatele obținute în procesul reducerii unor elemente depinde de stabilitatea oxizilor inferiori ai acestora.	15
Se știe că reducerea reprezintă procesul de acceptare de electroni prin transformarea oxidului superior în oxid inferior sau în metal.	17
Realizarea acestui proces impune ca potențialul de oxigen al sistemului să fie mai mic decât cel al oxidului ce urmează să fie redus, adică:	19
$\Pi_{\text{O(sistem)}} < \Pi_{\text{O(MeO)}}$	21
Se folosesc ca reducători: carbonul, siliciul și aluminiul.	23
Oxizii de fier se reduc mult mai ușor decât cea mai mare parte dintre ceilalți oxizi. Se creează condiții energetice mai favorabile desfășurării procesului, deoarece se micșorează valoarea totală a potențialului termodinamic izobar al sistemului.	25
Un avantaj al reducerii cu carbon este faptul că unul dintre produsele obținute este monoxidul de carbon CO, care se îndepărtează ușor din baia topită.	27
Este de subliniat că reducerile cu carbon sunt endoterme, în timp ce reacțiile cu siliciu și cu aluminiu au un caracter exoterm.	29
Calculul termodinamic arată că în afara procesului de reducere se dezvoltă și procesul formării carburilor. Însă în prezența unui conținut mare de siliciu se produce carbura de siliciu CSi, care nu este solubilă în metalul topit și, ca urmare, trece în zgură.	31
La reacțiile exoterme, creșterea temperaturii micșorează recuperarea metalului. Ca urmare, există o temperatură optimă atât în procesul endoterm, cât și în cel exoterm de desfășurare a regimului termic al procesului.	33
Oțelul slab aliat cu siliciu trebuie să aibă un conținut cât mai mic de carbon. De aceea, în elaborare nu se va folosi carbonul, ci numai siliciul metalic în proporție de 60 până la 80%, și aluminiul în proporție de 20 până la 40%.	35
Totuși, atât în compoziția siliciului metalic, cât și în compoziția silico-calciului apar conținuturi mici de carbon care iau parte la reacțiile de reducere și apar în compoziția finală a oțelului în cantități de miimi de procente.	37
De asemenea, este de subliniat faptul că silicea este redusă de aluminiu, formându-se Al_2O_3 .	39
d) Pregătiri pentru elaborarea oțelului	41
Elaborarea oțelului se execută în cuptor electric trifazic cu arc.	43
Se recomandă ca elaborarea oțelului să se facă la începutul unei noi campanii a cuptorului, când căptușeala cuptorului este în stare neuzată, ținându-se seama de faptul că oțelul are prescripții severe cu privire la impuritățile și elementele dăunătoare.	45
	47
	49

RO 130856 B1

1 În primul rând se vor verifica partea mecanică și partea electrică a cuptorului,
înlăturându-se orice defecțiune.

3 În mod obligatoriu căptușeala refractară a cuptorului trebuie să fie bazică. Se vor
verifica deci vatra, pereții și jgheabul de evacuare, care sunt construite din cărămizi
5 magnezitice și vor fi înlăturate resturile de zgură și scoarțe metalice. Jgheabul de evacuare
va fi minuțios uscat.

7 Vor fi verificate bolțile de la gura de lucru și de la orificiul de evacuare, precum și
bolta cuptorului, părți ce sunt executate din cărămizi cromomagnezitice.

9 De asemenea, este verificată instalația de răcire a ușii de lucru, a răcitoarelor pentru
electrozi și a portelectrozilor și a inelelor de cupru. Portelectrozii sunt susținuți de stâlpi
11 verticali, fixați de sania de basculare, pentru ca electrozii să se poată bascula odată cu
cuptorul.

13 Electrozii de grafit trebuie să aibă suprafața netedă și fără fisuri. Pe muchiile
capetelor electrodului nu se admit știrbituri sau cioturi, care în timpul elaborării s-ar putea
15 desprinde, căzând în baia topită. Dacă s-ar întâmpla acest lucru, pentru a nu carbura
metalul, cuptorul ar trebui deconectat imediat, și apoi ar trebui trasă afară de pe baie bucată
17 de electrod, cu drigla de lemn, înainte de repunerea în funcțiune a cuptorului.

Suprafața niplurilor, inclusiv partea filetelui, nu trebuie să aibă știrbituri sau fisuri.

19 Pentru ca electrozii să fie la același nivel, lansarea și prelungirea lor se execută
numai cu cuptorul deconectat.

21 Prelevarea probelor de oțel lichid pentru analiza gazelor din oțel este obligatorie și
trebuie să se execute cu pipete executate din cuarț și perfect vidate.

23 Încercarea de a preleva o asemenea probă cu o pipetă imperfect vidată duce la
explozia acesteia și la împrôscarea cu particule de oțel și cuarț.

25 Ca o măsură în plus, persoana care prelevează proba trebuie să poarte pe față
mască din plexiglass incoloră.

27 De asemenea, sunt necesare lănci diskpin pentru prelevarea de oțel lichid, pentru
analiza elementelor din oțel.

29 e) Calculul încărcăturii

Pentru calculul încărcăturii se ia în considerare cantitatea de oxigen pe care o aduce
31 1 t de minereu de fier, și de aici rezultă necesarul de siliciu metalic și de aluminiu, folosiți ca
reducători, pentru a se combina cu oxigenul, și ca urmare rezultă o anumită cantitate de
33 silice și de trioxid de aluminiu, la care se adaugă și conținuturile de SiO_2 și Al_2O_3 prezente
în minereu.

35 Pentru determinarea cantității de var, se ia în calcul un raport de bazicitate
($\text{CaO}/(\text{Si O}_2) = 2,5$, din care rezultă un necesar de CaO, la care se ține cont și de conținutul
37 de oxid de calciu CaO din minereu.

39 Se urmărește obținerea unei zguri bazice, fluide și active, pentru care este necesar
să se adauge fluorină. Ținând seama de procesul metalurgic care se desfășoară, de aspectul
zgurii, de temperatura băii și de experiența autorilor, s-a considerat că fluorina necesară
41 pentru fluidizarea zgurii reprezintă a patra parte din cantitatea de var.

f) Stabilirea unității de încărcare

43 Din silozul unde este depozitat minereul de fier, el este adus cu o bandă
transportoare la buncărul de lucru.

45 Atât minereul de fier, cât și fluorina, siliciul metalic și silico-calciul sunt încălzite
într-un cuptor la 800°C , pentru eliminarea umidității și a gazelor care le conțin.

47 După răcirea acestor materiale, ele sunt trecute în sectorul de pregătire
granulometrică, pentru a fi aduse la granulația impusă, după care sunt stocate în buncărele
49 respective de așteptare.

RO 130856 B1

În benă se încarcă, ținând seama de capacitatea cuptorului, minereul de fier, dacă este cazul și brichetele obținute din minereul de fier clasa 25 mm, siliciul metalic, aluminiul și jumătate din cantitatea de var și fluorină.	1 3
Încărcarea cuptorului se face prin partea superioară și, în acest scop, bolta este ridicată și rotită în jurul unui ax vertical, pentru ca bena să poată fi descărcată în cuptor, după care bolta este readusă pe cuptor, ca și electrozii de grafit, care sunt coborâți până aproape de încărcătură.	5 7
Macaraua cu bena revine în sectorul de încărcare, pentru a aduce cealaltă cantitate de var și fluorină, pe care o descarcă pe platforma cuptorului, în apropierea lui, în buncăre compartimentate.	9
Se menționează că varul și fluorina vor fi aduse separat și, deci, neamestecate, și trebuie să fie la fel depozitate.	11
g) Elaborarea oțelului	13
Elaborarea constă, într-o primă etapă, dintr-un proces de topire și de reducere a oxizilor prezenți în minereu cu siliciul metalic și aluminiul.	15
A doua etapă este o dezoxidare avansată a oțelului, combinată cu alierea cu siliciu și, în final, se adaugă și inhibitorul.	17
Un rol important în elaborarea oțelului îl joacă zgura, care este formată dintr-o topitură de oxizi precum: SiO_2 , MnO , FeO , CaO , MgO , Al_2O_3 , P_2O_5 și sulfuri ca CaS , sau combinații între aceștia.	19
Zgura este mai ușoară decât oțelul ($3...3,5 \text{ daN/dm}^3$, față $6,9 \text{ daN/dm}^3$) și formează un strat la suprafața băii metalice, separând-o de atmosfera din cuptor.	21
Zgura îndeplinește mai multe funcții, și anume:	23
- împiedică trecerea gazelor (hidrogen și azot) din atmosfera cuptorului în baia metalică;	25
- primește și reține produsele rezultate din reacțiile care au loc.	
Pentru amorsarea arcului electric, în dreptul fiecărui electrod ce reprezintă vârful unui triunghi echilateral și pe laturile triunghiului sunt așezate bucăți de siliciu metalic, urmărindu-se ca, pe de o parte, circuitul electric să se închidă, iar pe de altă parte, să se preîntâmpine oscilațiile bruște de intensitate.	27 29
Se conectează cuptorul la rețeaua electrică, cu ajutorul întrerupătorului de înaltă tensiune, și se lucrează cu tensiune redusă, până se asigură arc electric stabil.	31
După asigurarea unui arc stabil, se execută topirea cu instalația de reglare automată în circuit, cu tensiune mijlocie.	33
Se continuă topirea, mărindu-se treptat tensiunea până la 2/3 din puterea nominală a transformatorului.	35
Pe măsură ce topirea avansează, se ridică tensiunea, prin legarea bobinajului primar al transformatorului în triunghi.	37
Pe parcursul topirii se aruncă în cuptor, în mod ritmic, din varul și fluorina de pe platformă, ce fac parte din încărcătură, așa cum s-a arătat mai sus, reprezentând cealaltă jumătate din cantitatea de var și fluorină.	39 41
Fluorina va fi folosită atât cât este necesar, pentru a se asigura realizarea unei zguri fluide și active.	43
Sarcina transformatorului se micșorează către sfârșitul topirii încărcăturii, el fiind conectat la o tensiune medie.	45
În timpul procesului de topire se formează zgura, care la sfârșitul acestei perioade ar trebui să aibă, așa cum s-a calculat, un raport de bazicitate (CaO/SiO_2) = 2,5.	47

RO 130856 B1

1 Când întreaga încărcătură s-a topit, cuptorul este deconectat de la rețeaua electrică,
și electrozii sunt ridicăți. Cu ajutorul driglei de lemn, la care bara metalică este îmbrăcată în
3 zgură, pentru a nu se topi, se trece la îndepărtarea a circa 90% din zgură, cuptorul fiind puțin
înclinat spre gura de lucru, pentru ca zgura să se scurgă în vana de zgură de sub cuptor.

5 Se va urmări ca în timpul îndepărtării zgurii metalul să nu fie descoperit, adică să nu
fie lipsit de zgură, pentru a nu fi contaminat de atmosfera cuptorului.

7 Imediat după îndepărtarea zgurii inițiale, se trece la formarea unei noi zguri constituită
din 80% var și 20% fluorină.

9 Cantitatea unui asemenea amestec depinde de capacitatea cuptorului, și variază în
limitele a 1...3% din greutatea încărcăturii.

11 Cât timp se formează zgura nouă, se lucrează cu tensiunea curentului electric
scăzută și cu intensitate mare, pentru ca arcul electric să fie scurt, și temperatura băii să
13 atingă 1600...1650°C.

După ce s-a format zgura nouă, baia este amestecată cu drigla de lemn, și se
15 prelevează probe cu ajutorul lingurii (care trebuie îmbrăcată și ea în zgură), pentru a lua
proba de metal turnată în cochilă (care poate fi prelevată și cu diskpinul), pentru
17 determinarea elementelor metalice la quantovac, și a carbonului și sulfurii la un aparat tip
„Leco”, și proba de zgură, pentru determinarea compușilor la difractometru de raze X prin
19 fluorescență.

La primirea rezultatelor se face analiza lor și se acționează în consecință.

21 Dezoxidarea avansată a băii presupune îndepărtarea din metal a unei cantități cât
mai mare de oxigen, o desulfurare a metalului și, în final, aducerea compoziției oțelului la cea
23 prescrisă, precum și o reglare a încălzirii la temperatura care permite o turnare normală.

Dezoxidarea metalului, adică micșorarea cantității de oxigen, este realizată pe două
25 căi: cu ajutorul zgurii, adică prin difuzie, și prin adăugarea de dezoxidanți direct în metal,
adică prin precipitare.

27 Dezoxidarea prin difuzie urmărește reducerea cantității de oxid feros FeO din zgură,
prin introducerea dezoxidanților pe zgură, modificând constanta raportului concentrațiilor de
29 FeO din zgură și din metal, în așa fel încât reacțiile de dezoxidare să aibă loc în zgură și la
limita separării metal-zgură, întrucât, conform repartiției $L_{FeO}(FeO) < [FeO]$ și pentru
31 restabilirea echilibrului, oxidul feros difuzează din baia metalică în zgură, micșorându-se
astfel concentrația de oxigen din baia metalică.

33 Invenția prevede folosirea ca dezoxidanți a siliciului metalic, a aluminiului și a silico-
calciului, care, prin puritatea lor, nu introduc în baie elemente dăunătoare, precum carbonul,
35 sulfurii sau fosforul.

În cazul de față, dezoxidarea prin difuzie urmărește obținerea zgurii albe, cu ajutorul
37 siliciului, chiar de la începutul perioadei de reducere a încărcăturii, adică imediat ce
amestecul de zgură nouă s-a topit.

39 Se urmărește, așa cum s-a arătat mai sus, obținerea unei zguri albe cu compoziția
chimică ce este cuprinsă între următoarele limite: 15...20% SiO₂; 55...65% CaO;
41 FeO ≤ 0,7%; MnO ≤ 0,4%; 6...10% MgO; 1,5...3% Al₂O₃; 7...10% CaF₂; CaS ≤ 1%.

Zgura albă are proprietatea că la răcire se descompune în pulbere.

43 Pe platforma de lucru a cuptorului se pregătesc două amestecuri de dezoxidare prin
difuzie, clasa 0,5 mm.

45 Primul amestec constă din: 5 părți var; 3 părți siliciu metalic; 1 parte fluorină.

Al doilea amestec de clasă 0,5 mm este format din: 3 părți var, o parte silico-calciu;
47 o parte aluminiu; o parte fluorină.

Adaosul total de amestecuri dezoxidante reprezintă 3...5% din greutatea oțelului.

RO 130856 B1

Amestecurile se dau pe zgură în mai multe rânduri, până ce zgura devine albă.	1
Zgura albă trebuie păstrată până la sfârșitul elaborării, adică până la deșarjarea topiturii din cuptor.	3
După ce și cel de-al doilea amestec de dezoxidare a fost dat pe zgură, se amestecă baia cu drigla de lemn.	5
Se ia cea de-a doua probă de metal și se trimite la quantovac, precum și la aparatul de tip „Leco”, pentru determinarea conținutului de carbon și sulf.	7
De asemenea, se ia o probă pentru analiza gazelor cu pipeta vidată, și o probă de zgură care se trimite la difractometrul cu raze X prin fluorescență.	9
După primirea rezultatelor se fac corecțiile necesare, dându-se siliciu metalic calculat pentru aliere la 3,5% Si, precum și inhibitorul silico-calcium azot în proporție de 2 până la 5%.	11
Se iau aceleași probe și, dacă analiza gazelor arată ca valori maxime: 15 ppm pentru oxigen, 1,5 ppm pentru hidrogen rezidual și 50 ppm pentru azot, și în acest caz, cu 5 min înainte de deșarjare, se trece la dezoxidarea prin precipitare.	13
Dezoxidarea prin precipitare constă în trecerea oxigenului din combinația sa cu fierul într-o combinație cu alt element, cu care formează oxid insolubil în baia metalică, și care trece în zgură.	15
Elementele folosite pentru dezoxidarea prin precipitare trebuie:	
- să se dizolve în baia metalică;	19
- să aibă o afinitate față de oxigen mai mare decât fierul;	
- să formeze oxizi insolubili în baia metalică;	21
- să se separe ușor din baia metalică, adică să aibă o tensiune superficială mare;	
- să nu dăuneze proprietăților oțelului.	23
În acest scop se dau direct pe baia metalică bucăți de siliciu metalic și aluminiu între 0,2 și 0,5 kg/t, și silico-calcium între 0,5 și 1,5 kg/t de încărcătură, după care se amestecă cu drigla de lemn.	25
În legătură cu desulfurarea avansată a oțelului, aceste condiții sunt îndeplinite prin faptul că se lucrează la temperatură înaltă, și zgura este puternic bazică, având conținut ridicat de CaO și fiind destul de fluidă.	27
Se controlează apoi temperatura oțelului cu termocuplul de imersie Pt-Pt 10% Rh.	
Pentru a controla temperatura de evacuare a oțelului din cuptor, se ține seama de pierderile de temperatură care au loc:	31
- la curgerea oțelului în oala de turnare;	33
- în timpul staționării oțelului în oala de turnare;	
- în timpul transportului oalei de turnare la standul de barbotare cu argon;	35
- în timpul barbotării;	
- în timpul transportului oalei de turnare la instalația de turnare continuă;	37
- în timpul poziționării oalei de turnare deasupra distribuitorului, până la deschiderea sertarului.	39
Supraîncălzirea oțelului în cuptor va fi astfel calculată încât să se țină seama de aceste pierderi.	41
Dacă toate condițiile sunt îndeplinite, adică în cazul în care compoziția chimică a oțelului corespunde celei impuse: C - 0,002%, Si - 3,5%, Mn - 0,06%, Al - 0,01%, P ≤ 0,025%, S ≤ 0,025%, iar conținutul de gaze: oxigen, hidrogen rezidual și azot se încadrează în limitele prescrise, compoziția chimică a zgurii se încadrează în limitele zgurii albe, și temperatura oțelului lichid cuprinde supraîncălzirea lui peste temperatura lichidus, se fac pregătiri pentru deșarjare.	43
	45
	47

RO 130856 B1

1 Se face precizarea că depășirea conținutului de aluminiu este benefică, întrucât
facilitează creșterea grăunților și, ca urmare, va reduce pierderile.

3 În plus, aluminiul mărește rezistivitatea oțelului, fără a-i spori fragilitatea.
Obținerea unui oțel de calitate superioară nu depinde numai de procedeul de
5 elaborare, ci și de calitatea turnării lui, pentru a putea fi prelucrat în continuare.

h) Deșarjarea

7 Pentru deșarjarea oțelului, oala de turnare este prevăzută cu dispozitiv de închidere
cu sertar, și trebuie să fie curățată de resturi de zgură și de scoarțe de metal, să fie cu
9 căptușeala refractară neuzată și încălzită la temperaturi ale suprafeței interioare cuprinse
între 1100 și 1200°C, pentru menținerea la un nivel redus a pierderilor de temperatură.

11 În interiorul sertarului, pentru protecția oțelului împotriva oxidării, se insuflă argon.
Pentru barbotarea cu argon a oțelului lichid din oală există în fundul oalei un
13 ansamblu cu dop poros.

Oala de turnare asigură transferul oțelului lichid în instalația de turnare continuă, în
15 paralel cu funcțiunile de menținere a temperaturii în limitele prescrise, de separare a zgurii
și a incluziunilor, și de alimentare a distribuitorului cu debit constant.

17 Oala de turnare este adusă în groapa de turnare cu ajutorul macaralei, și coborâtă
sub jgheabul de scurgere al cuptorului.

19 Macaralele de preluare a oalei cu oțel lichid vor fi asigurate cu mijloace de cântărire
adekvate.

21 Pentru controlul compoziției chimice vor fi asigurate teci tip diskpin, pentru prelevarea
probei de oțel din oala de turnare.

23 Cuptorul este deconectat de la rețeaua electrică, electrozii sunt ridicați și cuptorul
este basculat pentru ca întreaga topitură, metal și zgură, să curgă în oală.

25 După terminarea evacuării, cuptorul este adus în poziția lui de lucru.

Pe suprafața zgurii din oală se presară pulbere de siliciu metalic, clasa 0,5 mm.

27 Oala este ridicată de macara și este dirijată către standul de barbotare cu argon a
oțelului lichid.

29 Scopul barbotării cu argon a oțelului este omogenizarea temperaturii oțelului,
reducerea nivelului de incluziuni și omogenizarea compoziției chimice.

31 Argonul este folosit la o presiune de 2...4 atm, utilizând cantități volumice de
0,4...0,5 Nm³/min, pentru o durată de timp între 3 și 8 min, în funcție de temperatura de
33 început.

După barbotare, pentru protecție împotriva răcirii excesive, se adaugă material
35 termoizolant pe suprafața zgurii, în cantitate de aproximativ 1 kg/t. Ca material termoizolant
se folosește diatomită calcinată și măcinată, clasa 0,3 mm.

37 De la standul de barbotare oala este dirijată la instalația de turnare continuă.

Întrucât scoaterea pe tona de metal laminat la turnarea sub formă de lingou în
39 lingotieră este de cel mult 75%, s-a considerat necesar ca turnarea să se facă în instalația
de turnare continuă, unde scoaterea de metal este de 95%.

41 Prin urmare, șarjele de oțel slab aliat cu siliciu sunt elaborate pe traseul: cuptor
electric cu arc - turnare continuă - laminare la cald a bramei - laminare la rece a benzilor.

43 S-a luat în considerare un model de mașină de turnare continuă a bramelor, având:
raza de turnare: 9,8 m; numărul de fire: 2; viteza de turnare: $V_T = 0,45...1,25$ m/min;
45 secțiunea de turnare: $S = (150-300) \times (1200-1900)$ mm; durata de pregătire a șarjei între două
turnări: $\tau_p = 30...65$ min; numărul de șarje turnate în secvențe: maximum 6 șarje/
47 schimb/mașină; ghidajul firelor: 7 segmente; dispozitiv de tragere și îndreptare: 5 segmente;
viteza de extragere: $V_e =$ maximum 3 m/min; distanța între fire: $d = 5,6$ m; lungimea firului
49 rece: 19,5 m.

RO 130856 B1

Suportul oalei de turnare este în prezent realizat în două variante de bază, care asigură schimbarea rapidă a oalelor în vederea turnării secvențiale: 1

- cu două cărucioare semiportal ce rulează la nivelul platformei de turnare, oalele fiind depuse alternativ pe câte un cărucior care este adus în poziția de turnare deasupra distribuitorului; 3
5

- cu platformă rotitoare, prevăzută cu două brațe de preluare a oalelor, prin care schimbarea oalei se execută în circa 2 min. Platforma este acționată electromecanic și în dublură (pentru siguranță) de la o sursă auxiliară de curent, sau cu un motor pneumatic de rezervă. 7
9

Distribuitorul reprezintă vasul tampon între oala de turnare și cristalizor, și realizează următoarele funcțiuni: distribuția oțelului pe firele de turnare, și reglarea debitului de curgere pe fir, reducerea turbulenței oțelului scurs din oală, separarea incluziunilor prin decantare, și asigurarea rezervei de oțel lichid în timpul schimbării oalei la turnarea secvențială. 11
13

Pentru reducerea pierderilor calorice și protejarea împotriva oxidării, oțelul lichid din distribuitor se acoperă cu prafuri (pulberi) izolatoare. 15

Tuburile de protecție a jetului dintre oală și distribuitor, și dintre distribuitor și cristalizor sunt executate din oxid de zirconiu. 17

Ca urmare, turnarea din distribuitor în cristalizor se face cu tub imersat și dop, iar viteza de turnare este în funcție de formatul cristalizorului. 19

De asemenea, tubul imersat între distribuitor și cristalizor trebuie alimentat cu argon astfel încât oțelul lichid să curgă printr-o manta de argon. 21

Turnarea cu tub imersat și dop sub nivelul stratului de zgură din cristalizor aduce numeroase avantaje, cum este faptul că realizează o turnare liniștită, corect ghidată și lipsită de stropi, evitând oxidarea oțelului și impurificarea lui cu incluziuni. 23

În legătură cu cristalizorul, sunt de menționat următorii parametri caracteristici: cursa maximă a oscilației: $d' = 4,8$ mm; numărul maxim al oscilațiilor: $v_0 = 125$ oscilații/min; temperatura maximă de intrare a apei: 40°C ; viteza apei de răcire: $v_r = 5...7$ m/s. 25
27

Nivelul de lucru al băii de oțel lichid din cristalizor trebuie menținut la 50... 100 mm sub marginea superioară a plăcilor cristalizorului. 29

Operatorul de la cristalizor trebuie să aibă în atenție ca imersarea tuburilor în baia de oțel să se facă la 150 mm de marginea superioară a plăcilor cristalizorului, și orice modificare a nivelului băii de oțel lichid să nu se facă brusc, să îndepărteze șnururile de zgură de la suprafața băii metalice, și să adauge praful de ungere pe oglinda de oțel lichid. 31
33

În tabelul 4 sunt prezentate elementele însoțitoare din oțel, care nu trebuie să depășească limitele prevăzute în tabel. În partea dreaptă a tabelului sunt elementele care fac excepție numai pentru oțelurile aliate. 35
37

Tabelul 4

Compoziția chimică de elemente însoțitoare, %			
sulf	0,025	vanadiu	0,10
fosfor	0,025	niobiu	0,10
sulf + fosfor	0,050	titan	0,10
staniu	0,20	azot	0,10
arseniu	0,10	zirconiu	0,05

39
41
43

RO 130856 B1

1 Condițiile prealabile pentru turnarea continuă sunt:
- reglarea temperaturilor de turnare în limite cât mai restrânse posibil, peste curba
3 lichidus, de-a lungul întregii perioade de turnare; temperaturile prea coborâte duc la
înghețarea unor fire, iar o temperatură prea ridicată duce la creșterea pericolului de perforare
5 a firului, și la formarea unei structuri de solidificare nedorite din punct de vedere al calității;
- supraîncălzirea șarjei la evacuarea din cuptor trebuie reglată în așa fel încât să
7 compenseze pierderile totale de căldură ale șarjei, menționate mai înainte;
- produșii de dezoxidare și impuritățile trebuie să floteze spre suprafață în stratul de
9 zgură, iar protecția jetului de oțel la turnare trebuie să prevină absorbția de aer, drept rezultat
al presiunii negative ce are loc în timpul turnării.

11 Pentru aceasta, s-a arătat că trebuie să fie luate măsuri în zona sertarului oalei,
pentru protecția cu argon insuflat.

13 Măsurarea temperaturii oțelului lichid se face la mașina de turnare continuă, astfel:

- 15 - în oală, înainte și după barbotarea cu gaze inerte;
- 17 - în distribuitor, la fiecare 15 min, prima măsurare a temperaturii făcându-se la 5 min
după pornirea ambelor fire;
- 19 - în general temperatura în distribuitor trebuie să fie: temperatura lichidus
+(15...30°C).

19 Temperaturile oțelurilor slab aliate cu siliciu, destinate turnării continue, pe faze
tehnologice, sunt prevăzute în tabelul 5, inclusiv supraîncălzirile.

21 Aceste temperaturi pot fi coborâte, dacă se iau măsuri, pentru reducerea timpilor, la
valorile conforme tabelului 5:

23 Tabelul 5

Zona și faza tehnologică	Temperatura °C	Supraîncălzirea °C
25 În oală, după evacuare	1615-1635	120-140
Înainte de barbotare	1605-1625	110-130
27 După barbotare	1585-1595	90-100
În distribuitor	1545-1555	50-60

29 Valorile sunt deduse la curgerea oțelului și a zgurii din cuptor, la staționarea oalei de
31 turnare, la transportul oalei la standul de barbotare cu argon, la staționarea oalei în timpul
barbotării, la transportul oalei la mașina de turnare continuă și la turnarea în distribuitor.
33 Aceste măsuri au ca scop micșorarea pierderilor de căldură, astfel ca supraîncălzirea oțelului
lichid să fie în final la o temperatură optimă de turnare în distribuitor, și din distribuitor în
35 cristalizor.

i) Fazele tehnologice ale turnării:

37 i1) Începerea turnării:

- 39 - după așezarea oalei pe turnul rotitor, acesta se rotește cu 90°;
- se oprește încălzirea tuburilor de imersie și a dopurilor; se ridică distribuitorul în
41 poziție maximă și se plasează deasupra mașinii de turnare;
- se centrează distribuitorul pe cristalizor și se coboară în poziția de turnare;
- se rotește turnul rotitor cu încă 90°, până se aduce oala de turnare deasupra
43 distribuitorului;
- se echipează mecanismul de închidere cu pârghie, și se fac probe cu dopurile
45 distribuitorului;
- se cuplează furtunurile de la stațiile hidraulice la sertarul oalei, și se comandă
47 deschiderea acestuia;

RO 130856 B1

- se umple cât mai rapid distribuitorul; când acesta este umplut în proporție de 2/3 cu oțel lichid, se deschide dopul de la firul stâng (impar) și apoi firul drept (par);	1
- după ce capul barei false este acoperit cu oțel, se deschide ventilul principal al răcirii secundare;	3
- când orificiile laterale ale tubului de imersie sunt scufundate în oțel, se acoperă suprafața oțelului lichid din cristalizor cu praf de ungere;	5
- când cristalizorul este umplut în proporție de $\frac{3}{4}$ cu oțel lichid (nivelul oțelului lichid trebuind să fie de maximum 50...100 mm de marginea superioară a cristalizorului), se pornește antrenarea firului;	7
- nu este admisă începerea turnării, dacă distribuitorul nu este încălzit în mod corespunzător; temperatura tuburilor de imersie trebuie să fie cuprinsă în intervalul 800...1000°C;	9
- timpul între oprirea încălzirii tuburilor (respectiv, punerea în mișcare a căruciorului) și începutul turnării trebuie să nu depășească 5 min.	13
i2) Turnarea:	15
- după umplerea distribuitorului cu oțel lichid, nivelul acestuia se va păstra constant, prin reglarea jetului de oțel ce curge din oală;	17
- se va acoperi suprafața liberă a distribuitorului cu praf termoizolant;	19
- după pornirea antrenării firului, nivelul oțelului lichid din cristalizor se va menține constant la circa 50...100 mm de marginea superioară a plăcilor de cupru, prin acționarea dopului distribuitorului;	21
- viteza de extracție la fir va fi reglată în funcție de temperatura oțelului din distribuitor, de calitatea oțelului și de formatul cristalizorului;	23
- în timpul turnării, suprafața oțelului lichid din cristalizor va fi acoperită cu un praf de ungere cu grosimea de 1...1,5 cm;	25
- la fiecare 15 min se vor face măsurători de temperatură în distribuitor;	27
- în timpul turnării se vor îndepărta șnururile de zgură ce se formează în jurul pereților cristalizorului;	27
- în cazul unor defecțiuni la mașină, se închide imediat dopul și se va opri extracția firului;	29
- durata maximă de oprire a extracției este de 2 min;	31
- pentru opriri cu durată mai mare de 2 min se oprește turnarea firului respectiv;	33
- când există pericolul de debordare sau când debordarea s-a produs, se oprește extracția firului simultan cu deplasarea distribuitorului deasupra vanelor de zgură;	33
- pe timpul turnării, debitul de răcire pentru cristalizor și zonele de răcire secundară vor fi reglate în funcție de formatul cristalizorului, calitatea de oțel și viteza de turnare;	35
- când temperatura apei la intrarea în cristalizor este mai mare de 40°C, sau diferența dintre temperatura apei de intrare și a apei de ieșire din cristalizor este mai mare de 15°C, se întrerupe turnarea;	37
- se întrerupe turnarea și în cazul în care nu se asigură debitul de apă în cristalizor;	39
- se interzice trimiterea oalelor după turnare la oțelărie cu zgură nebasculată sau cu orificiul sertarului nespălat.	41
i3) Faze tehnologice la terminarea turnării	43
La terminarea turnării se execută următoarele operații:	
- în momentul în care zgura începe să curgă din oala de turnare, se închide sertarul acesteia, se așteaptă circa 30 s pentru solidificarea zgurii, se redeschide sertarul oalei, se decuplează furtunurile stației hidraulice de la sertarul oalei, și se rotește turnul cu 90° în sensul indicat de săgeata de pe brațul turnului rotitor;	45
	47

RO 130856 B1

- 1 - cu puțin timp înainte de golirea distribuitorului, acesta se ridică până ce orificiile de
scurgere ale tubului ajung deasupra oglinzii băii de oțel lichid din cristalizor, astfel încât să
3 se poată observa momentul în care începe să curgă zgura;
- 5 - la apariția zgurii se închid dopurile distribuitorului și se oprește antrenarea firului,
se ridică distribuitorul în poziția maximă și se deplasează până deasupra vanelor de zgură,
pentru evacuarea zgurii;
- 7 - se îndepărtează complet zgura din cristalizor, și se stropește intens cu apă oglinda
băii de oțel;
- 9 - în timpul stropirii cu apă se face și extracția firului pe microviteză, timp de 2...3 min.
Viteza de extracție în cristalizor și în zona I, în această etapă, nu trebuie să depășească
11 0,5 m/min;
- 13 - la oprirea turnării pe fire, răcirea secundară se reduce cu 50%, și se readuce la
valoarea nominală în timpul evacuării firului cu viteză mai mare de 0,5 m/min.
- j) Faze tehnologice privind acționarea cajei de extragere și îndreptare
- 15 j1) La începutul acestei faze se introduce bara falsă în caja de tragere și îndreptare.
Operatorul va executa următoarele operații:
- 17 - se pornesc pompele hidraulice, cuplându-se tensiunea electrică;
- 19 - se coboară balansierul până la 40 cm față de masa din fața cajei de extragere;
- 21 - se comandă ridicarea segmentelor 1-5;
- 23 - se comandă ridicarea plunjerilor;
- 25 - se coboară segmentul pe firul curb;
- 27 - se cuplează motoarele din caja de extragere până la 70% din puterea maximă;
- 29 - se derulează cablul până ce capătul barei false trece de prima rolă a segmentului 5,
după care se coboară balansierul;
- 31 - după ce capătul barei false trece de segmentul 5, acesta se coboară;
- 33 - după trecerea capătului barei false prin segmentii 4-3-2-1, aceștia sunt coborâți;
- 35 - se urmărește derularea trolului, cât și înaintarea acestuia, după care comanda este
preluată de operatorul de la cabina suspendată;
- 37 - pe timpul turnării se urmărește permanent presiunea pe lanț, funcționarea
motoarelor și a cajei de extragere, prezența presiunii pe segmentii de curbură și înaintarea
lanțului pe balansier;
- 39 - când capătul de bară iese din segmentul 5, caja de extragere se desprinde; după
desprindere se oprește pompa de la trolu și se ridică balansierul la maximum, până ce
acesta este agățat de dispozitivul de siguranță.
- 41 j2) La evacuarea bramei se vor executa următoarele operații:
- 43 - se impune valoarea vitezei de evacuare a bramei la $V_b = 0,5...3,0$ m/min. Se impune
reglarea vitezei optime de extragere în funcție de format și de temperatura bramei, pentru
a se asigura timpul necesar pentru debitarea bramei, conform programului;
- 45 - când capătul bramei ajunge în segmentul 1 al cajei de extragere, se întrerupe
extragerea, se ridică segmentul 2, după care se ridică segmentul 1;
- 47 - se restabilește presiunea pe caja de extragere, după care se continuă evacuarea
a încă 2,5 m de bramă, ridicând apoi segmentul 3;
- 49 - se oprește evacuarea bramei și se ridică segmentii 4-5;
- 51 - cu ajutorul rolor intermediare, bramele se evcuiază din fața cajei de extragere și
se dă comanda la mașina de tăiat.
- k) Fabricația benzilor late
- 53 k1) Parametrii tehnologici de încălzire a bramelor și de laminare a lor în benzi late.

RO 130856 B1

Se face precizarea că parametrii tehnologici de laminare a bramelor la cald, care condiționează obținerea caracteristicilor magnetice finale, sunt: temperatura de încălzire pentru laminare: $1350 \pm 20^\circ\text{C}$ pe cuptor, și temperatura de intrare în trenul finisor de laminare de peste 1130°C , ceea ce presupune dotarea cu aparatură de măsură și control a cuptoarelor cu propulsie.

Secția de laminare este LBC (laminorul de bandă la cald).

k2) Încălzirea bramelor în vederea laminării se realizează cu următorii parametri:

- grosimea de bramă: 200...250 mm;

- lățime bramă: 1100...1350 mm;

- masă bramă: maximum 12 t;

- lungime bramă: 4...8 m.

Oțelul este livrat în rulouri cu masa maximă de 12 t, grosimea benzii fiind de minimum 2 mm.

Temperatura cuptorului cu propulsie se alege astfel:

- preîncălzire: 180°C ;

- încălzire: 1350°C ;

- egalizarea pe material: 1300°C .

Durata totală de încălzire a bramei în cuptor: 4 h.

k3) Laminarea bramei în bandă lată

Parametrii de laminare prevăd temperaturile menționate în tabelul 6.

În tabelul 7 se exemplifică schema de laminare a bramelor cu grosimea de 200 mm în bandă cu grosimea de 2,0 mm, destinată laminării la rece în bandă cu grosimea de 0,3 mm.

Se face mențiunea că banda sub 2 mm nu se mai poate lamina, întrucât se oprește materialul pe cilindri și se rupe, fiindcă nu mai poate rezista la forțele de tracțiune care permit rularea ruloului. Limitele uzuale ale reducerilor sunt prezentate în tabelul 8, atât pentru trenul degrosisor, cât și pentru cel finisor.

Banda cu dimensiuni de 2...2,4 mm grosime și 1200...1300 mm lățime, cu toleranțe la grosime de $\pm 0,05$ mm, este răcită controlat.

Tabelul 6

Parametrul de laminare	Temperatura în $^\circ\text{C}$
Temperatura de evacuare a bramei din cuptorul cu propulsie	1380-1430
Temperatura de ieșire din caja D5 a trenului degrosisor	1250-1270
Temperatura de intrare în trenul finisor	≥ 1150
Temperatura de ieșire din caja F7 a trenului finisor	1120
Temperatura de rulare	600

Temperatura de rulare este cuprinsă în intervalul $540...580^\circ\text{C}$, maximum 600°C .

k4) Tratamentul termic și controlul tehnic de calitate

Înainte de laminarea la rece se execută tratamentul termic de normalizare a benzilor cu grosimea de 2...2,4 mm, cu scopul de uniformizare a structurii benzii și, în primul rând, a mărimii de grăunte.

RO 130856 B1

Tabelul 7

Caja	Grosimea pe trecere mm	Reducerea pe trecere mm
1	2	3
D0	170	30
D2	140	30
D3	95	45
D4	60	35
D5	34	26
F1	18,2	15,8
F2	11,5	6,7
F3	8,2	3,3
F4	5,2	3,0
F5	3,2	2,0
F6	2,6	0,6
F7	2,0	0,6

Tabelul 8

Tren degrosisor	Limite ale reducerilor %	Tren finisor	Limite ale reducerilor %
Caja D0	≤ 25	Caja F1	35-55
Caja D1	≤ 30	Caja F2	30-50
Caja D2	20-35	Caja F3	25-45
Caja D3	25-40	Caja F4	20-35
Caja D4	30-45	Caja F5	15-30
Caja D5	35-40	Caja F6	5-20
		Caja F7	5-20

Parametrii cuptorului la tratamentul termic de normalizare sunt următorii: temperatura este de 1100...1150°C, durata de menținere pe temperatură este de 2 min pentru bandă cu grosimea de 2 mm, 2,2 min pentru banda cu grosimea de 2,2 mm, și 2,4 min pentru banda cu grosimea de 2,4 mm.

Precizăm că aceste valori sunt pentru cuptoarele în fir desfășurat.

Viteza de răcire este de 1...2°C/s, pentru intervalul de temperaturi: 1150...900°C.

Apoi, pentru intervalul 900...150°C se va continua răcirea benzii cu apă.

După laminarea la cald a bramelor, urmează controlul de calitate și apoi laminarea benzilor la rece.

k5) Laminarea la rece

RO 130856 B1

Fluxul tehnologic, pentru producerea benzilor laminate la rece, este caracterizat prin următoarele faze:	1
- pregătirea semifabricatului destinat laminării;	3
- laminarea propriu-zisă;	
- tratamente termice intermediare și finale ale benzilor laminate;	5
- dresarea și ajustajul benzilor.	
Pregătirea benzii semifabricate constă în:	7
- aducerea ruloului și depunerea lui pe un transportor cu plăci, care deplasează ruloul până la desfășurătorul de bandă I;	9
- șutarea capului benzii la foarfecele ghilotină;	
- îndreptarea benzii pe mașina de îndreptat cu role;	11
- sudarea electrică, prin presiune cap la cap, a capului anterior al benzii cu capul posterior al benzii ajutătoare din oțel carbon, pentru prinderea în rulo;	13
- rabotarea superioară și inferioară a cordonului de sudură la nivelul grosimii benzii;	
- desfășurarea întregului rulo și tragerea benzii, prin intermediul rotelor, în alimentatorul de bandă, din care se va alimenta baia de decapare în timpul operațiilor ce vor urma;	15
- îndepărtarea mecanică a oxizilor de pe bandă, prin trecerea acesteia printre role;	17
- decaparea chimică în baie de H_2SO_4 ;	19
- spălarea benzii cu apă și uscarea în aer cald.	
Laminarea benzii la rece se execută pe o cajă degrositoare reversibilă, și o cajă policilindrică având 20 de cilindri, din care 2 sunt de lucru și 18 sunt de sprijin, pentru laminarea benzii cu grosimi sub 0,5 mm. La un capăt este desfășurătorul de bandă, iar la celălalt capăt al cajei policilindrice este înfășurătorul de bandă.	21
Pentru cazul oțelurilor slab aliate cu siliciu, reducerea medie pe trecere este de 20...30%, în timp ce reducerea totală între două tratamente intermediare poate ajunge până la 80%.	23
Tensiunea în bandă la laminarea pe cajele policilindrice variază între 100 și 250 N/mm ² .	25
Vitezele de laminare la cajele policilindrice cresc de la o trecere la alta, în intervalul 4...15 m/s, pe măsură ce grosimea benzii scade. Laminarea I-a la rece:	27
Dimensiunile benzii sunt: grosime 0,7...0,8 mm x lățime 1100...1200 mm.	
Se execută remanierea benzii, prin debitarea marginilor fisurate.	29
Urmează recoacerea intermediară la 900°C, timp de 3 min, cu atmosferă reducătoare în cuptor, formată din 80% N_2 și 20% H_2 .	31
Se continuă cu laminarea a II-a la rece, folosindu-se un grad de reducere de minimum 55%, obținându-se o bandă cu grosimea minimă 0,23 mm și lățimea de 1100...1200 mm.	33
Urmează recoacerea finală la temperatura de 1170°C, cu o atmosferă în cuptor de 100% H_2 .	35
Se continuă cu acoperirea tensionantă a benzii cu lac electroizolator.	37
Ca urmare a laminării la cald a bramelor obținute la turnarea continuă a oțelului slab aliat cu siliciu, urmată de o succesiune de laminări la rece, de tratamente termice și de o recoacere de recristalizare secundară la temperatură ridicată, se obține o orientare centrată pe axa (110)[001], având o textură cu grăunți orientați de tip Goss.	39
I) Exemplu de aplicare	41
Se dă în continuare un exemplu de aplicare a invenției.	43
Se urmărește elaborarea în cuptor electric trifazic cu arc, căptușit bazic, a oțelului slab aliat cu siliciu, a cărui compoziție chimică propusă a fi realizată este: C 0,002%, Si 3,5%, Mn 0,06%, P 0,025%, S 0,025%, Al 0,01%.	45

RO 130856 B1

1 Conținutul de gaze în oțel va trebui să aibă următoarele valori maxime: oxigen -
15 ppm; hidrogen rezidual - 1,5 ppm și azot - 55 ppm.

3 În acest scop se va lucra cu minereu de fier hematit - India, cu compoziția chimică:
Fe 62,5%; Mn 0,05%; P 0,1%; S 0,02%; SiO₂ 5%; Al₂O₃ 4%; CaO 0,6%; MgO 0,4%,
5 H₂O 3,0%.

7 Pentru calculul încărcăturii se ia în considerare cantitatea de oxigen pe care o aduce
1 t de minereu de fier, și care este de 267,9 kg oxigen.

9 Procesul de reducere se execută cu siliciu metalic având un conținut de 98,8% Si,
și cu aluminiu cu un conținut de 99,99% Al. Se consideră că 60% din cantitatea de oxigen
va reacționa cu siliciul și 40% cu aluminiul în procesul de reducere directă, rezultând un
11 necesar de 149,8 kg siliciu metalic, și o cantitate de 126,9 kg aluminiu, pe considerentul că
are loc și o volatilizare de 5% pentru ambii reducători.

13 Ca urmare a procesului de reducere se obține o cantitate de 371,1 kg SiO₂ și
279,7 kg Al₂O₃, ținând seama că și minereul de fier conține 5% SiO₂ și 4% Al₂O₃.

15 Pentru determinarea cantității de var se ia în calcul un raport de bazicitate
(CaO)/(SiO₂) = 2,5, la care trebuie să se țină seama de faptul că în minereul de fier există
17 un conținut de 0,6% CaO.

19 Prin urmare, la cantitatea de silice obținută prin reducere trebuie adăugată și
cantitatea de 50 kg, adică 321,05+50=371,05 kg SiO₂ ~ 371,1 kg SiO₂.

Ca urmare, rezultă un necesar de 927,6 kg CaO.

21 Se lucrează cu var proaspăt nu mai vechi de 24 h, cu un conținut de 93% CaO,
rezultând un necesar de 997,4 kg var.

23 Pentru a obține o zgură bazică și fluidă, se adaugă fluorină. Masa varului reprezintă
80% din acest amestec, așa că necesarul de fluorină este 249,4 kg, reprezentând restul de
25 20%. Prin urmare, unitatea de încărcătură a cuptorului este de 1000 kg minereu de fier India,
149,8 kg siliciu metalic, 126,9 kg aluminiu, 997,4 kg var și 294,4 kg fluorină, deci un total de
27 2523,5 kg.

29 Minereul de fier, fluorina, silico-calciul și siliciul metalic sunt calcinate la temperatura
de 800°C și, după răcire, sunt supuse unei pregătiri granulometrice prin concasare și clasare.

31 Varul, fluorina, silico-calciul, silico-calciul cu azot trebuie să aibă granulația între 20
și 50 mm, iar minereul de fier, între 25 și 50 mm.

33 În benă se încarcă minereul de fier, dacă este cazul, și brichete de minereu, siliciul
metalic, aluminiul și numai jumătate din cantitatea de var și fluorină.

Bena este adusă la cuptor cu ajutorul macaralei.

35 Bolta cuptorului este ridicată și pivotată, pentru a permite benei să fie adusă
deasupra cuptorului, și descărcată. Macaraua cu bena revine în depozit, pentru a fi încărcată
37 cu cealaltă jumătate din cantitatea de var, adică 498,7 kg.

39 Această cantitate de var se descarcă în buncărul din apropierea cuptorului, care este
compartimentat.

41 La fel se procedează și cu fluorina, în cantitate de 124,7 kg, depozitată și ea într-un
alt compartiment al buncărului.

43 Bolta este readusă pe cuptor, ca și electrozii de grafit, care sunt coborâți până
aproape de încărcătură. După încărcare, dacă este necesar, se corectează așezarea
minereului și a brichetelor cu ajutorul driglei de lemn.

45 Pe încărcătură, în dreptul fiecărui electrod sunt așezate bucăți de siliciu metalic, care
continuă și pe laturile triunghiului echilateral ale cărui vârfuri sunt în dreptul fiecărui electrod,
47 pentru ca circuitul electric să fie închis.

49 Se conectează cuptorul la rețeaua electrică cu ajutorul întrerupătorului de înaltă
tensiune.

RO 130856 B1

Dacă încărcătura asigură de la început un arc stabil, se execută topirea cu instalația de reglare automată în circuit cu tensiune mijlocie.	1
Se continuă topirea, mărindu-se treptat puterea până la 2/3 din puterea nominală a transformatorului.	3
După ce prima încărcătură din cuptor s-a topit, se dă în mod ritmic din varul și fluorina care fac parte din încărcătura inițială, reprezentând cealaltă jumătate din cantitatea de var și fluorină. Se face precizarea că fluorina se dă atât cât este necesar pentru ca zgura să fie fluidă și activă.	5 7
Sarcina transformatorului se micșorează către sfârșitul topirii încărcăturii, el fiind conectat la o tensiune mai mică.	9
În timpul procesului de topire se formează zgura, care la sfârșitul acestei perioade trebuie să aibă un raport de bazicitate $(CaO)/(SiO_2) = 2,5$.	11
Când întreaga încărcătură s-a topit, cuptorul electric este deconectat, și cu drigla de lemn se trece la îndepărtarea a circa 90% din zgură, avându-se în vedere ca suprafața metalului să nu fie descoperită, pentru ca metalul să nu fie contaminat de atmosfera cuptorului, favorizându-se oxidarea și absorbția de gaze.	13 15
Drigla de lemn reprezintă o bară de oțel cu diametrul cuprins între 20 și 25 mm, cu o bucată de lemn așezată pe vârful ei, cu fața plană îndreptată către lucrătorul care efectuează îndepărtarea zgurii.	17 19
Trebuie menționat că bara metalică ce susține partea de lemn a driglei trebuie protejată de zgură, pentru a se evita topirea ei.	21
Pe de altă parte, cuptorul trebuie înclinat puțin înspre gura de lucru, pentru ca zgura trasă cu drigla de lemn să curgă în vana de zgură de sub cuptor.	23
După ce zgura a fost îndepărtată, cuptorul este readus în poziție normală, și este conectat la rețeaua electrică.	25
Se trece la formarea unei noi zguri, reprezentând 2% din cantitatea de metal din cuptor, apreciată la 620 kg.	27
Ca urmare, zgura va fi în cantitate de 12,5 kg, din care 80% reprezintă varul, adică 10 kg, și 20% fluorina, adică 2,5 kg.	29
Cantitatea de fluorină se dă, așa cum s-a arătat mai sus, în funcție de fluiditatea zgurii.	31
Cât timp se formează noua zgură, se lucrează cu tensiunea curentului electric scăzută și cu intensitate mare, pentru ca arcul electric să fie scurt, și temperatura băii metalice să atingă 1600...1650°C.	33
În timp ce se formează noua zgură, se ia cu lancea diskpin prima probă de oțel lichid, care este trimisă la quantovac pentru determinarea elementelor din compoziția oțelului.	35
Se face precizarea că, dacă proba de oțel se ia cu lingura din oțel, și aceasta trebuie protejată de a nu se topi și, deci, este îmbrăcată în zgură.	37
Din această probă se determină și conținuturile de carbon și sulf la aparatul de tip „LECO”.	39
De asemenea, se ia și probă de zgură, care se trimite la analiză la difractometrul cu raze X prin fluorescență.	41
La primirea rezultatelor se face interpretarea lor și se iau măsurile corespunzătoare.	43
După ce zgura nouă s-a topit, se trece la etapa de dezoxidare avasată, mai întâi prin dezoxidarea prin difuzie, folosindu-se un amestec dezoxidant I, reprezentând 2% față de greutatea băii metalice, adoptându-se o cantitate de 2 kg de amestec dezoxidant pentru 100 kg de topitură metalică.	45 47

RO 130856 B1

1 Amestecul I este format, după greutate, din: 5 părți var, 3 părți siliciu metalic, 1 parte
fluorină, toate cu o granulație clasa 0,5 mm.

3 Aceasta înseamnă:

var=(2/9)x5=1,11 kg; siliciu metalic=(2/9)x3=0,6 kg; fluorină=(2/9)x1=0,22 kg.

5 Pentru cazul de față, când oțelul are un conținut de carbon de ordinul miimilor de
procente, se mai folosește și un amestec II de granulație clasa 0,5 mm, tot pentru
7 dezoxidarea prin difuzie.

9 Adoptându-se o cantitate de 1 kg amestec dezoxidant pentru 100 kg baie metalică,
acesta este alcătuit din: 3 părți var, 1 parte silico-calciu, 1 parte aluminiu și 1 parte fluorină,
adică:

11 - var = (1/6)x3 = 0,5 kg; silico-calciu = (1/6)x1 = 0,16 kg; aluminiu = (1/6)x1=0,16 kg;
fluorină = (1/6)x1 = 0,16 kg.

13 În toată această perioadă zgura trebuie să fie albă și să aibă compoziția chimică în
următoarele limite: CaO - 55...65%; SiO₂ - 15...20%; MgO ≤ 10%; Al₂O₃ - 1,5...3%; FeO ≤
15 0,7%; MnO ≤ 0,5%; CaS ≤ 1; CaF₂ 7...10%.

17 Atât amestecul dezoxidant I, cât și cel de-al doilea se dă pe zgură în porții mici și în
mod ritmic.

Zgura albă se păstrează până la terminarea elaborării.

19 Dezoxidarea prin difuzie se completează cu dezoxidarea prin precipitare.

21 Datorită metodei de lucru utilizate, dezoxidanții folosiți găsesc puțin oxigen dizolvat
în baia metalică și, ca urmare, și cantitatea de oxizi formați este mică.

23 Se consideră că, după dezoxidarea cu aluminiu, în oțel rămâne o cantitate de 0,06%
Al, care este în echilibru cu 0,003% [O].

25 Cantitatea de oxigen rămasă în oțel după dezoxidarea prin difuzie este de 0,025%
[O].

27 Pentru dezoxidarea prin precipitare se folosesc bucăți de siliciu metalic și de
aluminiu.

29 Din diagrama de echilibru [Si] și [O] în echilibru cu 0,01% Si se găsește 0,020% [O]
la 1600°C.

Cantitatea de oxigen ce reacționează cu siliciul, conform reacției, este:

31 [Si]+2[O]⇌(SiO₂); [O]^{Si}_{indep} = 0,025 - 0,02=0,005 kg.

Cantitatea de siliciu necesară este: q^{Si}_{nec} = 0,005x28/32=0,004375 kg.

33 Cantitatea de siliciu necesară pentru dezoxidare și pentru aliere, realizată astfel ca
oțelul să conțină 3,5% Si, impusă prin compoziția chimică adoptată, este:

35 q_{Si} = (0,00437+3,5-0,01)x100/98,8 = 3,494375 kg.

37 Considerând o volatilizare de 5% a siliciului metalic, rezultă un necesar de siliciu
metalic:

q^{Si}_{total} = 3,494375/0,95 = 3,6782895 kg ≈ 3,68 kg.

39 Cantitatea de SiO₂ rezultată, care va trece în zgură, este:

(SiO₂) = 0,005x60/28=0,0107143 kg SiO₂ ≈ 0,01 kg SiO₂.

41 Dezoxidarea prin precipitare cu aluminiu

Cantitatea de oxigen ce reacționează cu aluminiul este conform reacției:

43 2[Al]+3[O]→(Al₂O₃); [O]^{Al}_{indep} = 0,020-0,003 = 0,017 kg.

Cantitatea de aluminiu necesară este:

45 q^{Al}_{nec} = 0,017x54/48=0,019125 kg Al ≈ 0,02 kg Al₂O₃.

Cantitatea de Al₂O₃ rezultată și care va trece în zgură este:

47 (Al₂O₃) = 0,017x102//54 = 0,0321111 kg Al₂O₃ ≈ 0,03 kg Al₂O₃.

RO 130856 B1

Cantitatea de aluminiu necesară, pentru ca să rămână în oțel 0,01% Al, conduce la o cantitate de aluminiu:	1
$q^{Al} = (0,019125+0,01)/0,999=0,0291542$ kg Al \approx 0,03 kg Al.	3
Considerând o volatilizare de 5% a aluminiului, rezultă o cantitate totală de aluminiu:	
$q^{Al}_{total} = 0,02915/0,95=0,0306886\sim 0,031$ kg aluminiu.	5
Totodată, în perioada de dezoxidare prin precipitare se adaugă în baia metalică, cu rol de „inhibitor”, silico-calciu azot SiCaN.	7
Calcululele arată că, pentru a rămâne 40 ppm în 100 kg de oțel, este necesară o cantitate de 0,05 kg SiCaN.	9
După ce și etapa de dezoxidare prin precipitare s-a încheiat, se trece la luarea probei 2, și anume:	11
- proba de oțel lichid, care se trimite la quantovac și la aparatul de tip „Leco”;	
- proba pentru determinarea gazelor din oțel, prelevată cu pipeta vidată;	13
- proba de zgură.	
După primirea rezultatelor, dacă sunt necesare corectări, se acționează în acest sens.	15
Dacă rezultatele arată că:	17
- s-a realizat compoziția chimică impusă oțelului: C 0,002%, Si 3,5%, Mn 0,06%, Al 0,01%, P 0,025%, S 0,025%;	19
- prezența gazelor în oțel reprezintă: 14 ppm pentru oxigen, 1,3 ppm pentru hidrogen rezidual și 44 ppm pentru azot;	21
- zgura se încadrează în compoziția zgurilor albe, se trece la pregătirea deșarjării.	23
În acest sens se ia temperatura băii metalice din cuptor cu termocuplu de imersie Pt-Pt10%Rh, care trebuie să aibă o supraîncălzire peste temperatura lichidus a oțelului, care să compenseze pierderile de căldură, care sunt produse astfel:	25
- la curgerea oțelului din cuptor în oala de turnare;	27
- în timpul staționării oțelului în oala de turnare;	
- în timpul transportului oalei de turnare la standul instalației de barbotare cu argon;	29
- în timpul staționării oalei de turnare la standul instalației de barbotare cu argon;	
- în timpul transportului la instalația de turnare continuă;	31
- în timpul poziționării oalei de turnare deasupra distribuitorului, până la deschiderea sertarului.	33
Așa cum s-a arătat, temperatura de supraîncălzire pe zone și faze tehnologice peste temperatura lichidus, pe baza experimentărilor și a calcululelor termice, s-a apreciat în tabelul 5.	35
De aceea este necesar în primul rând să se cunoască temperatura lichidus a oțelului, care se poate determina cu formula de mai jos, exprimată în grade Fahrenheit:	37
- $T_L = T_{LFe} - \Delta T_{el}$, [°F]	39
în care: T_{LFe} este temperatura de topire a fierului, $T_{LFe}=1538$ [°C], care poate fi transformată în [°F] conform relației:	41
T [°F] = $(9/5 \times T$ [°C] + 32) = $(9/5 \times T_{LFe} + 32)$ = $(9/5) \times 1538 + 32 = 2804,4$ [°F]	
- $\Delta T_{el} = \sum K_{el} \times a_{el}$	43
în care:	
K_{el} = constante; a_{el} = % mediu al elementului din oțel.	45
În cazul oțelului slab aliat cu Si, $K_C = 141$; $K_{Si} = 22$; $K_{Mn} = 7,2$; $K_{Al} = 9$, iar pentru o compoziție cu: C - 0,002%, Si - 3,5%, Mn - 0,06%, Al - 0,01%, P - 0,01%, S - 0,01%, rezultă:	47
$\Delta T_{el} = \sum K_{el} \times a_{el} = 141 \times 0,002 + 22 \times 3,5 + 7,2 \times 0,06 + 9 \times 0,01 = 77,804$ [°F].	

RO 130856 B1

1 Astfel, temperatura lichidus în [°F] pentru oțelul slab aliat cu siliciu, având compoziția
chimică menționată mai sus, este:

$$3 T_L = T_{LFe} - \Delta T_{el} = 2804,4 - 77,804 = 2722,596 \text{ [°F]}.$$

Trecerea la [°C] se face cu relația:

$$5 T[\text{°C}] = (5/9) \times (T[\text{°F}] - 32),$$

astfel că, în [°C], pentru temperatura lichidus a oțelului, rezultă:

$$7 T_L = (5/9) \times (2722,596 - 32) = 1494,7756 \approx 1495 \text{ [°C]}.$$

9 Macaralele de preluare a oalei de turnare vor fi prevăzute cu mijloace de cântărire
adecvate.

11 Pentru controlul compoziției chimice vor fi asigurate teci tip diskpin, pentru prelevare
de probe de oțel din oala de turnare.

13 Oala de turnare, prevăzută în prealabil cu dispozitiv de închidere cu sertar cu orificiul
<f> = 80 mm, este preîncălzită la 1100 °C și este adusă în groapa de turnare.

15 Cuptorul este deconectat de la rețeaua electrică, electrozii sunt ridicați și cuptorul
este basculat pentru ca întreaga topitură, oțel și zgură, să curgă în oală.

17 După terminarea evacuării, cuptorul este readus în poziția de lucru. Pe suprafața
zgurii din oală se presară siliciu metalic pulbere, clasa 0,5 mm.

19 Oala este ridicată de macara și este dirijată către standul de barbotare cu argon a
oțelului.

21 Argonul este folosit la o presiune de 3 atm, utilizând o cantitate de 0,5 Nm³/min, pe
o perioadă de 6 min.

23 După barbotare se adaugă pe suprafața zgurii lichide material termoizolant din
diatomită uscată și măcinată, clasa 3 mm, în cantitate de 1 kg/t.

De la standul de barbotare, oala este dirijată la instalația de turnare continuă.

25 Bramele ținute prin turnarea continuă au dimensiunile: 200 mm grosime, lățime
1200 mm, iar masa bramei este de 12 t. Bramele sunt încălzite în cuptorul cu propulsie la
27 o temperatură de 1350°C pe cuptor, iar pe material - la 1300°C, după care sunt laminate la
cald la laminorul de bandă la cald, LBC, în benzi de 2 mm.

29 Parametrii de laminare sunt:

temperatura de ieșire din caja D5 a trenului degrosisor: 1260°C;

31 temperatura de intrare în finisor: 1160°C;

temperatura de ieșire din caja F7 a trenului finisor: 1120°C.

33 Urmează răcirea controlată, în care temperatura de rulare este de 580°C, după care
se execută controlul tehnic de calitate.

35 Se trece la tratamentul de normalizare a benzii desfășurate, la temperatura de
1140°C, timp de 2 min, apoi este realizată răcirea în continuare cu 2°C/s până la 900°C, după
37 care răcirea se face cu apă până la 150°C.

39 În continuare se execută decaparea chimică cu H₂SO₄ și apoi spălarea benzii cu apă,
și uscarea cu aer cald.

41 Pregătirea rulourilor constă în sudarea cap la cap a benzilor și tăierea marginilor,
pentru îndepărtarea marginilor fisurate.

43 Urmează prima laminare la rece, pe o cajă degrositoare reversibilă, și apoi pe o cajă
policilindrică având 20 de cilindri, dintre care 2 sunt de lucru și 18 sunt de sprijin,
obținându-se benzi de 0,7 mm grosime și lățimi de 1160 mm.

45 Se execută apoi o recoacere intermediară în cuptor cu atmosferă reducătoare
(80% N₂ și 20% H₂), după care urmează cea de-a doua laminare la rece, la grosimea finală
47 de 0,3 mm, cu un grad de reducere de 85%.

49 Penultima etapă în fluxul tehnologic o reprezintă o recoacere de recristalizare
secundară, în atmosferă de hidrogen, la temperatura de 1170°C.

RO 130856 B1

Ultima etapă o reprezintă acoperirea tensionantă cu lac electroizolant de fosterită. 1

S-au făcut determinări de proprietăți magnetice ale benzilor cu grosimea de 0,28 mm și cu un conținut de carbon de 0,002%, prezentate în tabelul 9, inclusiv determinări de rezistivitate și de proprietăți cristalografice, cu precizarea că s-au respectat cu strictețe instrucțiunile pe tot parcursul etapelor, așa cum s-a arătat în exemplul dat de aplicare a invenției. 3 5

Tabelul 9 7

Nr. crt.	Proprietăți magnetice și electrice ale benzilor obținute	Valori	
1	Pierderile magnetice totale în miez la 50 Hz la o inducție de 1,5 T	$P(1,5) = 0,9 \text{ W/kg}$	9
2	Permeabilitatea magnetică	$\mu = 1950$	11
3	Mărimea câmpului coercitiv	$H_c = 52 \text{ A/m}$	
4	Inducția de saturație	$B_s = 1,80 \text{ T}$	13
5	Rezistivitatea electrică	$\rho = 35 \times 10^{-8} \Omega\text{m}$	
6	Mărimea grăunților	11 mm	15
7	Procentul în volum de grăunți cu textură Goss	87%	
8	Mărimea unghiului de abatere a direcției de texturare (110)[001] de la direcția de laminare	$v_c = 82$	17

Revendicări

1

3

5

7

9

11

13

15

17

19

21

23

25

27

29

31

33

35

37

39

41

1. Procedeu de producere a unui oțel slab aliat cu siliciu, pentru tole de transformator de mare putere, prin reducerea directă în cuptor, la temperatură înaltă, a unui minereu de fier mărunțit, folosind ca reducător principal material silicios și fondant bazat pe CaF_2 și CaO , pentru obținerea unei zguri bazice, fluide, conținând SiO_2 , CaO și FeO , **caracterizat prin aceea că** reactanții se aleg cu compoziția și cantitatea procentuală corespunzătoare obținerii unui oțel silicios cu sub 0,002% C, 3...4% Si, maximum 0,06% Mn, maximum 0,025% P, maximum 0,025% S, maximum 0,01% Al, maximum 15 ppm O, maximum 1,5 ppm H rezidual și maximum 50 ppm N, și a unei zguri bazice și fluide, cu compoziția: 55...65% CaO , 15...20% SiO_2 , 6...10% MgO , 1,5...3% Al_2O_3 , sub 0,7% FeO , sub 0,4% MnO , sub 1% CaS și 7...10% CaF_2 , care, după formare, este îndepărtată în proporție de circa 90%, în acest scop minereul fiind ales cu mai mult de 60% Fe și cu granulația de 20...50 mm, topirea acestuia fiind realizată în cuptor electric trifazic cu arc, ca reducător fiind ales siliciu metalic cu minimum 98,8% Si și aluminiu cu minimum 99,99% Al, iar ca fondant fiind ales un amestec de var cu minimum 93% CaO și nu mai vechi de 24 h, fluorină cu minimum 92% CaF_2 și silico-calcium cu minimum 55% Si, minimum 35% Ca și maximum 0,5% C, și cu granulația între 20 și 50 mm, după îndepărtarea primei zguri formate, cuptorul fiind repus sub tensiune pentru formarea unei noi zguri reprezentând 1...3% din cantitatea de oțel rămasă în cuptor, din care 80% var și 20% fluorină, după topirea zgurii fiind realizată dezoxidarea prin difuzie, folosind un amestec dezoxidant I reprezentând 2% față de greutatea băii metalice, și format din: 5 părți var, 3 părți Si metalic și o parte fluorină, toate cu o granulație de 0,5 mm, un alt amestec dezoxidant II, cu o granulație de 0,5 mm, fiind adăugat în proporție de 1% față de greutatea băii metalice, și fiind alcătuit din 3 părți var, o parte silico-calcium, o parte aluminiu și o parte fluorină, adăugarea dezoxidanților fiind realizată ritmic în cantități mici, dezoxidarea prin difuzie fiind completată cu dezoxidarea prin precipitare, prin adăugarea de Si metalic și Al în cantități determinate în funcție de conținutul de oxigen rămas în oțel, ca inhibitor fiind adăugat SiCaN cu 8...10% N; după atingerea condițiilor impuse de conținut de gaze și de compoziție chimică a oțelului și a zgurii, oțelul este supraîncălzit peste temperatura lichidus, pentru acoperirea pierderilor termice, după care este transferat în oala de turnare, și apoi la instalația de turnare continuă se toarnă în bramă.

2. Procedeu de producere a unei benzi din oțel slab aliat cu siliciu, obținut conform revendicării 1, pentru tole de transformator de mare putere, obținut printr-o laminare la cald și minimum două laminări la rece, cu realizarea unui tratament termic de încălzire la temperatură înaltă și răcire lentă, după laminarea la cald, și unul după prima laminare la rece, în atmosferă protectoare de hidrogen și azot, și a unui tratament de recoacere după ultima laminare la rece, **caracterizat prin aceea că** tratamentul termic de încălzire la temperatură înaltă și răcire lentă, de după laminarea la cald, este un tratament de normalizare la 1140°C, iar tratamentul termic de după prima laminare la rece este o recoacere intermediară, tratamentul termic final de recoacere de recristalizare fiind realizat la 1170°C, iar grosimea finală a benzii fiind de 0,23...0,3 mm.

