



(12)

BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: **a 2009 00601**

(22) Data de depozit: **30.07.2009**

(45) Data publicării mențiunii acordării brevetului: **30.07.2013** BOPI nr. 7/2013

(41) Data publicării cererii:
28.02.2011 BOPI nr. 2/2011

(73) Titular:
• **INSTITUTUL NAȚIONAL DE
CERCETARE-DEZVOLTARE ÎN SUDURĂ
ȘI ÎNCERCĂRI DE MATERIALE - ISIM
TIMIȘOARA, BD.MIHAI VITEAZUL NR.30,
TIMIȘOARA, TM, RO**

(72) Inventatori:
• **PASCU DORU ROMULUS,
STR.STELELOR NR.6, AP.12, TIMIȘOARA,
TM, RO;**

• **ROȘU RADU ALEXANDRU,
STR.REPUBLICII BL.19, SC.2, AP.23,
TÂRGU-JIU, GJ, RO**

(56) Documente din stadiul tehnicii:
**JP 2000254795 (A); M.GOLUMBA Ș.A.,
"TEHNOLOGIA MATERIALELOR",
PP.267-273, ED.DIDACTICĂ ȘI
PEDAGOGICĂ, BUCUREȘTI, 1983**

(54) **PROCEDEU PENTRU REABILITAREA UNOR COMPONENTE
SUDATE DIN OȚEL ALIAT TERMOREZISTENT,
PRIN TRATAMENT TERMIC**



RO 126044 B1

1 Invenția se referă la un procedeu pentru reabilitarea unor componente sudate, din
oțel aliat termorezistent, ale unor echipamente energetice, utilizate la temperaturi mai mari
3 de 400°C și presiuni ridicate de maximum 140 bari, pe perioade îndelungate de timp, utilizate
în industria energetică.

5 Funcționarea, pe perioade îndelungate, a conductelor sudate din oțeluri aliate
termorezistente, cu maximum 0,2% C și maximum 10% Cr, de tipul Cr-Mo, Cr-Mo-V,
7 V-Ni-Mo-Cr etc., cum sunt mărcile de oțel 10CrMo9-10, 12CrMoV3, 16Mo3, 13CrMo4-5 etc.,
conform SR EN 10216:2003 și STAS 8184-87, la temperaturi înalte și presiuni ridicate,
9 conduce la apariția fenomenelor de degradare (îmbătrânire), specifice produselor sudate
(țevi, conducte etc.), procesate prin deformare plastică la cald (forjare, laminare etc.).

11 Se cunoaște faptul că fenomenele de îmbătrânire sunt caracterizate, în principal, de
gradul de degradare a structurii metalografice și a reducerii caracteristicilor mecanice de
13 bază ale îmbinărilor sudate și ale oțelurilor termorezistente aliate, din construcția
componentelor industriale, plasate pe circuitele termice din termoenergetică. Acest grad de
15 îmbătrânire este în funcție de intensitatea desfășurării mecanismelor de fragilizare în zonele
caracteristice îmbinărilor sudate (sudură-SUD și metal de bază MB), prin:

17 - modificarea structurii metalografice, adiacente limitelor de grăunți, ca urmare a
precipitării unor carburi de Cr, Mo și V, și implicit a micșorării gradului de aliere, în aceste
19 zone, a oțelului aliat, în cauză;

21 - transformarea unor structuri în afară de echilibru (de tip martensitic și/sau bainitic)
în structuri apropiate de starea de echilibru (feritice), cu carburi de Cr, Mo și V, plasate
inter-intragranular sau inter-intradendritic, sub acțiunea temperaturilor de lucru ridicate (în
23 domeniul revenirilor înalte), pe lungi perioade de timp, transformări ce implică, în general,
scăderea rezistenței mecanice, a tenacității (energie de rupere) și implicit a durității, în limite
25 acceptabile.

27 Documentul **JP 2000254795 A** prezintă o metodă de ameliorare a caracteristicilor
mecanice ale oțelurilor termorezistente cu Cr, prin realizarea, după sudare, a unui tratament
termic de normalizare și revenire la temperaturile de normalizare, și de revenire, specifice
29 oțelului termorezistent, respectiv, pentru obținere de structură finală bainitică, iar în cartea
Tehnologia materialelor, de M. Golumba ș.a., (Editura Didactică și Pedagogică, București,
31 1983, pp. 267...273), se prezintă criteriile de alegere a materialelor metalice pentru
construcția de mașini, în funcție de proprietăți, cu indicarea încercărilor mecanice, necesare,
33 pentru alegerea adecvată a materialelor: rezistența la rupere, rigiditatea, starea suprafeței,
precum și necesitatea comparării materialelor și realizarea de încercări mecanice, și modul
35 de recondiționare a pieselor, cu indicarea necesarului de preîncălzire a pieselor, înainte de
recondiționare prin arc electric și de realizare a unor tratamente termice de recoacere sau
37 de revenire după recondiționare.

39 Problema tehnică pe care o rezolvă invenția constă în refacerea structurii metalurgice
și a caracteristicilor mecanice de bază ale zonelor îmbinărilor sudate (SUD) și, totodată, și
ale metalului de bază (MB), la oțelurile termorezistente aliate, prin aplicarea unor tratamente
41 termice, conform documentațiilor tehnice în vigoare.

43 Procedeu conform invenției, pentru reabilitarea unor componente sudate din oțel aliat
termorezistent, prin tratament termic, rezolvă această problemă tehnică, prin aceea că
acesta constă într-o fază de prelevare de eșantioane din părți specifice ale componentei
45 sudate, o fază de supunere a eșantioanelor prelevate la tratamente termice preliminare,
primare sau/și secundare, o fază de examinare structurală și de încercare mecanică a
47 eșantioanelor tratate termic și o fază de comparare a caracteristicilor mecanice și structurale
ale acestora, alegerea tratamentului termic optim fiind realizată prin compararea

RO 126044 B1

caracteristicilor mecanice și structurale ale unor eșantioane prelevate atât din metalul de bază al componentei sudate, cât și din suduri, pentru identificarea tratamentului termic comun, corespunzător cerințelor prescrise pentru componenta sudată, reabilitată.	1 3
În urma aplicării procedurii, se identifică, drept tratament termic optim de reabilitare a unor componente sudate din oțel aliat termorezistent, tratamentul de normalizare cu austenitizarea realizată în intervalul 910...1070°C, cu menținere de maximum 30 min și răcire în aer liniștit sau ulei, urmat de tratament termic, secundar, de revenire înaltă, în domeniul termic de 600...780°C.	5 7
Procedeu conform invenției prezintă următoarele avantaje:	9
- dă informații privind starea de degradare a îmbinărilor sudate și a oțelurilor aliate termorezistente din care sunt fabricate componentele echipamentelor energetice;	11
- permite obținerea de caracteristici structurale și mecanice apropiate de starea inițială a sudurilor și a oțelurilor aliate termorezistente, și implicit conduce la creșterea duratei de viață a componentelor expertizate;	13
- se poate aplica, fără dificultăți majore, în laboratoarele industriale, specializate în evaluarea calității oțelurilor aliate termorezistente și a îmbinărilor sudate ale acestora, de către specialiștii din domeniul sudării materialelor metalice;	15 17
- variantele optime de tratamente termice pentru reabilitare pot fi calificate după normele internaționale în vigoare pentru componentele echipamentelor energetice de mare răspundere.	19
Invenția este prezentată pe larg, în continuare, în legătură și cu fig. 1...3, care reprezintă:	21
- fig. 1, schema de realizare a procedurii de reabilitare a îmbinărilor sudate și a oțelurilor aliate termorezistente;	23
- fig. 2, a, b, micrografii ale oțelului 12CrMoV3 (MB), aflate în starea inițială (SA) și în starea (N+R) de reabilitare prin tratament termic;	25
- fig. 3, a, b, micrografii ale sudurii (SUD) aflate în starea inițială (SA) și în starea (N+R) de reabilitare prin tratament termic, ale oțelului 12CrMoV3.	27
Procedeu conform invenției, pentru reabilitarea unor componente sudate din oțel aliat termorezistent, prin tratament termic, într-o primă fază, realizează prelevarea unor eșantioane de pe diverse părți ale componentei sudate de reabilitat, din oțel aliat termorezistent, ce intră de regulă în componența unor echipamente energetice care lucrează la temperaturi și presiuni ridicate (de peste 400°C și la maximum 140 bari). Aceste eșantioane sunt prelevate atât din metalul de bază (MB), cât și din suduri (SUD) și sunt supuse apoi unor tratamente termice primare (de regulă, normalizare N), cu temperaturi de austenitizare cuprinse între 910 și 1070°C, cu menținere la aceste temperaturi timp de maximum 30 min, și răcire în aer până la +20°C, urmate de tratamente termice, secundare (reveniri înalte, R), aplicate în domeniul de temperaturi de 600...780°C, cu timpi de menținere la aceste temperaturi în funcție de grosimea oțelului (o oră pe 25,4 mm grosime), urmată de răcirii în aer liniștit, până la +20°C.	29 31 33 35 37
Din eșantioanele sudate, tratate termic (N+R), se prelevează atât probe pentru examinări structurale, cât și epruvete pentru încercări mecanice de scurtă durată.	41
Examinările structurale prin analize macro-microscopice relevă principalele caracteristici structurale (faze, constituenți, mărimi de grăunte, fisuri, microdefecte etc.), și anume:	43 45
a. în metalul de bază (MB):	
- structuri granulare cu carburi ale elementelor de aliere, conform SR 5000-97;	47
- mărimi de grăunte real, cu punctajul cuprins între 6 și 8, conform SRISO 643:2003;	

RO 126044 B1

- 1 b. în îmbinări sudate (SUD):
- 2 - structuri dendritice de turnare și particule fine de carburi de Cr, Mo și V, plasate
 - 3 inter-intradendritic, conform SREN 1321:2000;
 - 4 - eventualele microdefecte (microfisuri, sufluri etc.), conform SRISO 6520:2008.
 - 5 Încercările mecanice de scurtă durată, la oțelurile termorezistente, sudabile, cu
 - 6 grosimea de maximum 40 mm (duritate, tracțiune, încovoiere prin șoc), relevă principalele
 - 7 caracteristici mecanice de rezistență (HV10, Rin, Rpo, 2), de deformabilitate (A5,) și de
 - 8 tenacitate (KU), și anume:
 - 9 - durități HV10 de maximum 248;
 - 10 - rezistențe la tracțiune (Rm) cu valori între 445 și 840 N/mm²;
 - 11 - limite de curgere (Rp_{0,2}) de minimum N/mm² și de maximum 490 N/mm²;
 - 12 - alungiri la rupere (A₅) de minimum 17% și de maximum 21%;
 - 13 - energii de rupere (KU) la +20°C, de minimum 75 J.

14 Rezultatele examinărilor structurale (analize macro-microscopice) și ale încercărilor

15 mecanice de scurtă durată (tracțiune, încovoiere prin șoc) evidențiază valorile caracteristicilor

16 structurale, cât și ale celor mecanice ale sudurii (SUD) și ale metalului de bază (oțelul

17 termorezistent).

18 Corelarea datelor experimentale, obținute atât prin examinări structurale, cât și prin

19 încercări mecanice de scurtă durată, precum și analiza comparativă a acestora cu datele

20 tehnice ale oțelurilor aflate în starea inițială (SA) și de livrare (SL), permite să se stabilească

21 varianta optimă de tratament termic (primar sau/și secundar), în vederea reabilitării

22 componentei sudate din oțel aliat termorezistent, prin identificarea tratamentului termic,

23 comun, pentru metalul de bază (MB) și pentru suduri (SUD), corespunzător cerințelor

24 prescrise pentru componenta sudată, reabilitată.

25 Fig. 2, 3, 4 și 5 se referă la micrografiile oțelului 12CrMoV3 (MB) și ale sudurii (SUD)

26 aflate în starea actuală (SA) și în starea (N+R) de reabilitare prin tratament termic, și cuprind

27 structurile formate din faze, constituenți și carburi, ale elementelor de aliere (Cr, Mo și V).

28 Tabelul 1 cuprinde valorile caracteristicilor mecanice, determinate prin încercări de

29 scurtă durată, pe epruvete aflate în stările (SA) și (N+R), prelevate din îmbinarea sudată

30 (SUD) și din MB oțelul 12CrMoV3, precum și valorile impuse de STAS 8184-87, pentru oțelul

31 12CrMoV3, grosime 38 mm, aflat în starea de livrare (SL).

32 În continuare, se prezintă un exemplu de realizare a invenției, cu referire la fig. 1...3

33 și la tabelul 1, care prezintă date referitoare la fazele procedurii conform invenției, aplicat

34 la reabilitarea structurală și mecanică a unor componente sudate cu zonele de sudură (SUD)

35 și metal de bază (MB) din oțel termorezistent, sudabil, marca 12CrMoV3, din construcția

36 conductelor sudate, termoenergetice, DN 273x38x80 mm, existente la CET Halânga, ce au

37 lucrat pe un circuit termic, o perioadă de 34.844 h, la temperatura de 540°C și la presiunea

38 de 140 bari.

39 1. Stări analizate

40 1.1 Starea SA (stare inițială) reprezintă practic îmbinarea sudată din oțel marca

41 12CrMoV3, ce a lucrat pe un circuit termic, care urmează a fi supus reabilitării structurale și

42 mecanice, evaluarea având la bază compararea rezultatelor experimentale din stările (SA)

43 cu cele obținute la varianta de tratament termic, aplicat (N+R).

44 1.2 Starea N+R (Normalizare + Revenire înaltă), la care normalizarea (N) se

45 realizează la temperatură cuprinsă în domeniul 960...980°C, menținere la temperatura

46 aleasă, de 970°C, timp de 20 min, urmată de o răcire în aer liniștit, până la temperatura

47 ambiantă de +20°C, iar revenirea înaltă (R) se efectuează prin încălzirea în domeniul

48 700...750°C (se alege T= 745°C), cu menținere la această temperatură, timp de 100 min,

49 urmată de o răcire în aer liniștit, până la +20°C.

RO 126044 B1

2. Caracterizarea structurală și mecanică a îmbinărilor sudate (SUD) și a oțelului 12CrMoV3 (MB), supuse variantei de tratament termic pentru reabilitare	1
2.1 Caracterizarea structurală (MB și SUD).	3
Compararea caracteristicilor structurale și mecanice din starea (SA) și (N+R) cu cele specificate pentru oțelul 12CrMoV3 în starea de livrare (SL) permite alegerea variantei optime de tratament termic, pentru reabilitarea oțelului 12CrMoV3 și a îmbinărilor sudate.	5
În stările analizate (SA) și (N+R), oțelul 12CrMoV3 (MB) prezintă structuri ferito-perlitice cu carburi complexe (Cr, Mo și V), cu durități de maximum 195 HV10, existând o finisare a granulației la punctajul maxim 8, conform SR EN ISO 6520-2006 (fig. 2).	7
Îmbinarea sudată, în speță sudura (SUD), prezintă structuri dendritice perlito-feritice cu carburi complexe de Cr, Mo și V, plasate intra-interdendritic, și zone de ferită aciculară (fig. 4 și 5) a căror duritate maximă are valoarea de 197 HV10 în starea (SA) și, respectiv, de 205 HV10, în starea (N+R).	9
11	11
13	13
2.2 Caracterizarea mecanică a metalului de bază (MB).	13
Rezultatele încercărilor de scurtă durată evidențiază valorile minime și maxime ale caracteristicilor mecanice, principale, determinate pe epruvetele aflate în stările SA și N+R, supuse încercărilor de duritate, la tracțiune și la încovoiere prin șoc la +20°C, acestea fiind sintetizate în tabelul 1.	15
17	17
- Oțelul marca 12CrMoV3, utilizat în starea SA, are valori scăzute ale caracteristicilor de rezistență ($R_{p_{0,2}}$ și R_m) sub valorile impuse (de minimum 255 N/mm, pentru $R_{p_{0,2}}$, și între 470 și 640 N/mm, pentru R_m), determinate la temperatura de +20°C, cele de tenacitate (energia de rupere KU) au valori cuprinse între 11 și 31 J (sub valoarea impusă de 79 J), iar gradul de îmbătrânire AKU = 67,77% atestând prezența fragilizării structurale. Valorile expansiunii laterale, EL, sunt ridicate, cuprinse între 2,80 și 3,64 mm.	19
21	21
23	23
În starea N+R, toate caracteristicile de rezistență, de deformabilitate și de tenacitate, determinate la temperatura de încercare de +20°C, sunt superioare atât valorilor stării SA, cât și celor impuse de STAS 8184-87. Expansiunea laterală are valori ridicate, de maximum 5,50 mm. În plus, gradul de îmbătrânire scade (AKU = 19,60%), fiind sub 50%, atestă că predispunerea oțelului spre ruperea fragilă este limitat.	25
27	27
29	29
2.3 Caracterizarea mecanică a sudurii (SUD).	29
- Principalele caracteristici mecanice de rezistență, de deformabilitate și de tenacitate au valorile: R_m între 516 și 524 N/mm, pentru starea SA, și între 475 și 524 N/mm, pentru starea N+R.	31
33	33
- Energia de rupere, KU la +20°C, de maximum 48 J, la starea SA, și între 81 și 106 J, la starea N+R.	35
37	37
- Expansiunea laterală, EL, de maximum 2,59 mm, la starea SA, și de minimum 2,80 mm, la starea N+R. Caracteristicile mecanice, determinate în starea N+R, sunt superioare celor din starea utilizată (SA); reabilitarea mecanică a sudurii în starea N+R este oportună în îmbunătățirea tenacității acestei zone. În plus, creșterea valorii minime a energiei de rupere, de la 14 la minimum 81 J, poate elimina riscul apariției ruperilor fragile ale sudurii.	39
41	39
- Gradul de îmbătrânire este ridicat în starea SA ($\Delta KU=70,25\%$), tendința de rupere fragilă a sudurii analizate are un risc ridicat ($\Delta KU>50\%$), iar în starea N+R, valoarea acestui estimator scade la 23,78%, reducând astfel riscul apariției ruperilor fragile.	41
43	41
Alegerea variantei de tratament termic N+R (normalizare + revenire înaltă), ca procedeu de reabilitare structurală și mecanică, pentru îmbinările sudate și pentru oțelul termorezistent marca 12CrMoV3, grosime de 38 mm, aflat în stare utilizată (SA), a avut la bază coroborarea caracteristicilor structurale și mecanice, ce au condus atât la finisarea granulației ferito-perlitice la punctaje de maximum 8, conform SR EN ISO 6520:2006, cât și la creșterea rezistenței la rupere cu maximum 23% și a energiei de rupere KU cu maximum 134% față de valoarea de 79 J, impusă de STAS 8184-87 (tabel 1).	45
47	45
49	47

RO 126044 B1

Tabel 1

Caracteristici mecanice de reabilitare termică

1
3
5
7
9
11
13
15
17

Starea analizată	Duritate HV10	Caracteristici mecanice								Grad de îmbătrânire Δ KU(%)
		Rp _{0,2} (N/mm ²)		Rm, (N/mm ²)		KU (J)		EL (mm)		
		Val. min.	Val. max.	Val. min.	Val. max.	Val. min.	Val. max.	Val. min.	Val. max.	
Sudură (SUD)										
SA	197	-	-	516	524	14	48	2, 59	3, 20	70, 25
N+R	205	-	-	475	526	81	106	4, 32	5, 16	23, 78
Metal de bază MB										
SA	180	227	229	445	446	11	31	2, 80	3, 64	67, 74
N+R	195	365	378	489	494	82	102	4, 86	5, 50	19, 60
12CrMoV3 STAS818-87	210	255	-	470	640	79	-	-	-	-

RO 126044 B1

Revendicări

1. Procedeu pentru reabilitarea unor componente sudate, din oțel aliat termorezistent, prin tratament termic, cuprinzând o fază de prelevare de eșantioane din părți specifice ale componentei sudate, o fază de supunere a eșantioanelor prelevate la tratamente termice preliminare, primare sau/și secundare, o fază de examinare structurală și de încercare mecanică a eșantioanelor tratate termic, și o fază de comparare a caracteristicilor mecanice și structurale ale acestora, **caracterizat prin aceea că** alegerea tratamentului termic optim este realizată prin compararea caracteristicilor mecanice și structurale ale unor eșantioane prelevate atât din metalul de bază al componentei sudate, cât și din suduri, pentru identificarea tratamentului termic, comun, corespunzător cerințelor prescrise pentru componenta sudată, reabilitată. 11
2. Procedeu conform revendicării 1, **caracterizat prin aceea că** tratamentul termic, optim, de reabilitare a unor componente sudate din oțel aliat termorezistent constă în normalizare cu austenitizarea realizată în intervalul 910...1070°C, cu menținere de maximum 30 min și răcire în aer liniștit sau ulei, urmată de tratament termic, secundar, de revenire înaltă, în domeniul termic de 600...780°C. 17

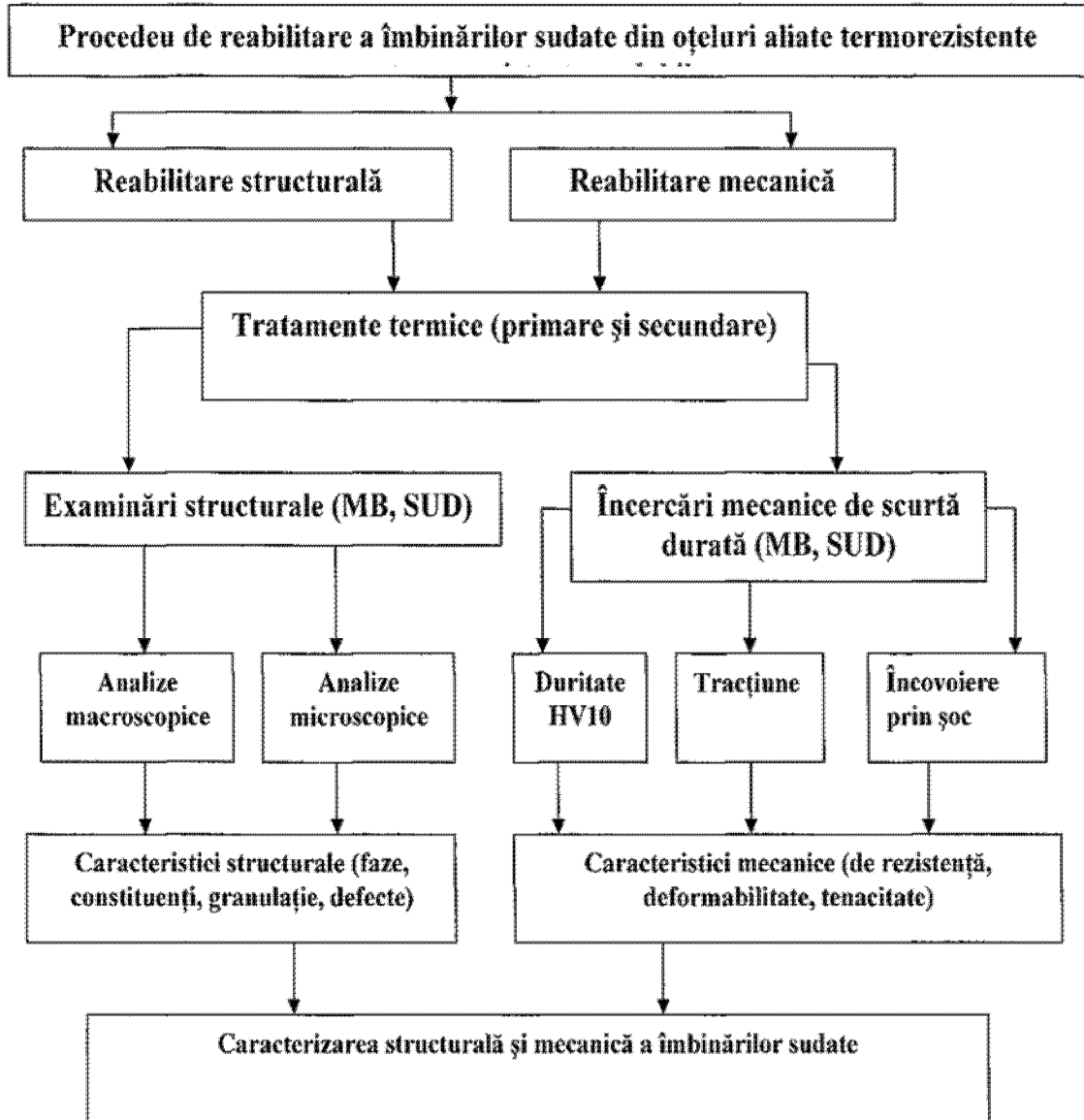


Fig. 1

(51) Int.Cl.

C21D 1/28 (2006.01),

B23K 5/12 (2006.01)

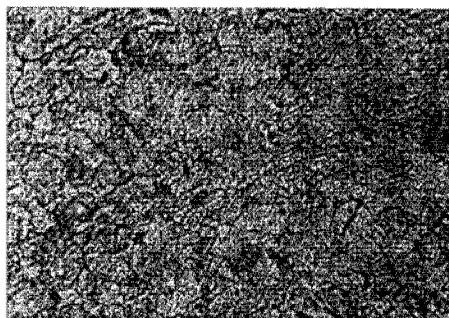


Fig. 2,a SA, MB 100x

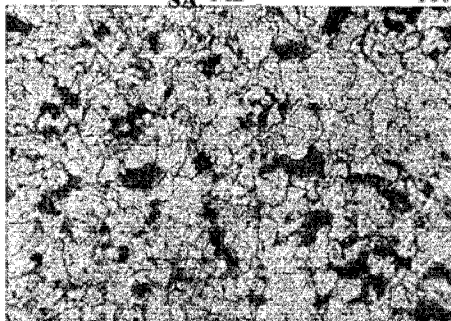


Fig. 2, b N+R, MB 100x



Fig. 3,a SA, SUD 100x



Fig. 3,b N+R, SUD 100x

