



A XI-a Conferință Națională multidisciplinară – cu participare internațională,
"Profesorul Dorin PAVEL – fondatorul hidroenergeticii românești",
SEBEȘ, 2011

TRANSFORMĂRI STRUCTURALE ALE OȚELULUI LEDEBURITIC X200Cr12 ÎN URMA APLICĂRII UNUI TRATAMENT TERMIC ȘI CRIOGENIC

Marius BĂRĂIAN, George ARGHIR,
Ioan PETEAN, Nicolaie JUMATE

STRUCTURAL TRANS FORMATIONS OF THE X200Cr12 LEDEBURITIC STEEL AFTER A CRYOGENIC HEAT TREATMENT

Cryogenic treatment completes the classic heat treatment of steels with higher carbon content of 0.6 %, bringing substantially improving on properties, being very simple.

In the case of X200Cr12 ledeburitic steel, the amount of residual austenite was reduced from 20.03 % to 14.14 %, being transformed into martensite, as a result of cryogenic treatment done immediately after quenching.

Hardness Vickers values were increased with 61 units, representing a 6.7 % increase, as a result of martensitic transformation.

Keywords: steel ledeburitic X200Cr12, X-ray diffraction, martensitic transformation, optical microscopy, low temperature

Cuvinte cheie: oțel ledeburitic X200Cr12, difracție cu raze X, transformare martensitică, microscopie optică, temperaturi scăzute

1. Introducere

În condițiile în care, în prezent, pe plan mondial este de mare importanță obținerea unor componente metalice rezistente la uzură,

tratamentul termic la temperaturi scăzute începe să se impună datorită proprietăților superioare pe care acesta le oferă.

Pe scurt, există puține dubii cu privire la rezultatele favorabile ale acestui proces care are efect asupra creșterii rezistenței la uzură și oboseală. Interesul rămâne totuși în ceea ce privește modificările structurale care au loc în timpul călirii la temperaturi scăzute.

Referitor la cercetările de difracție la temperaturi scăzute, acestea s-au realizat de mult timp, însă lucrările publicate în domeniu sunt foarte puține, aceste cercetări constituind domenii de tehnică avansată, de ultim moment.

2. Procedeu experimental

Proba din oțel ledeburitic X200Cr12, sub formă de tablă, cu grosimea de 2 mm, diametrul de 10 mm, având compoziția chimică: C 1,9 – 2,2 %, Mn 0,15 – 0,45 %, Si 0,1 – 0,4 %, Cr 11 – 12 % și Mn max. 0,35 % a fost supusă difracției cu raze X la temperaturile de 298 K (+25 °C) în stare de livrare (recoaptă, încălzire la 820 ÷ 880 °C) și în stare călită, respectiv la 123 K (-150 °C) imediat după călire.

S-a utilizat difractometrul cu raze X DRON-3, pe care s-a fixat dispozitivul pentru temperaturi scăzute URNT-180.

Tratamentul termic de călire aplicat oțelului X200Cr12 a fost cel indicat în literatura de specialitate, și anume călire la 940 - 970 °C, răcire în ulei.

De asemenea, au fost efectuate la temperatura de 298 K pentru cele trei probe din oțel ledeburitic (aflate în stările recoaptă, călită și după tratamentul criogenic), încercări de duritate și microfotografii.

3. Rezultatele obținute și interpretarea acestora

Din cele trei difractograme prezentate în figura 1 se desprinde concluzia că, în urma aplicării tratamentului termic de călire (la 960 °C, răcire în ulei), urmat de un tratament criogenic (-150 °C), se produce creșterea lărgimii integrale a maximelor de difracție, scăderea intensității liniilor de difracție și deplasarea pozițiilor reflexelor înspre valori mai mici ale unghiurilor de difracție $2\theta^{\circ}$, ca rezultat al transformărilor de fază ce au loc în materialul cercetat.

Datele de difracție X pentru proba din oțel ledeburitic X200Cr12 sunt prezentate în tabelele 1, 2 și 3. Tabelul 1 - datele de difracție pentru oțelul X200Cr12 la 298 K (+25 °C) în stare recoaptă; tabelul 2 - datele de difracție pentru oțelul X200Cr12 la 298 K (+25 °C) în stare

călită; tabelul 3 - datele de difracție pentru oțelul X200Cr12 la 123 K (-150 °C).

Din valorile unghiurilor de difracție $2\theta^{\circ}$ au fost calculate distanțele interplanare (d/n), indicii Miller (hkl) și parametrul cristalografic (a) pentru ferita aliată, austenita aliată și martensita aliată.

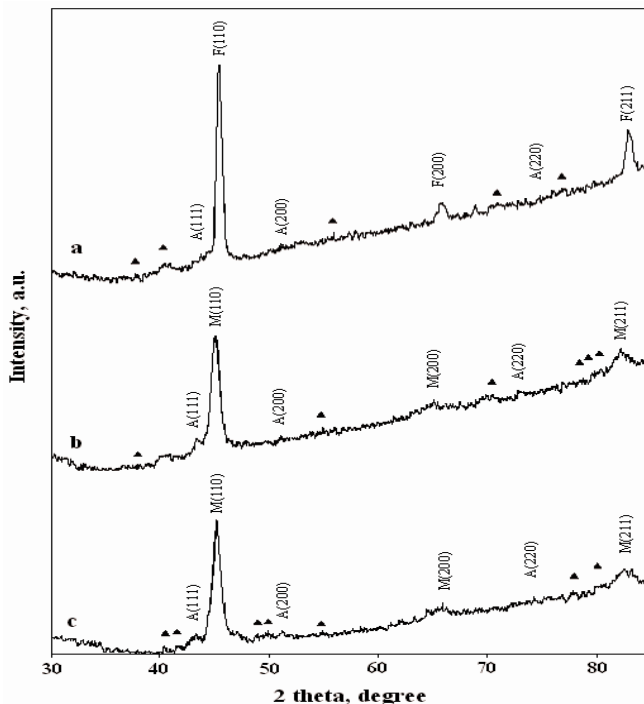


Fig. 1 Difractogramele oțelului ledeburitic X200Cr12 la 298 K în stare recoaptă (a) și după călire (b), respectiv la 123 K (c). F – ferită aliată, A – austenită aliată, M – martensită aliată. ▲ – cementită (Fe_3C) aliată

Tabelul 1

Nr. refl.	$2\theta^{\circ}$	I, mm^2	$I, \%$	$d/n, pm$	faza	hkl	a, pm
1	43,2	15	58	209,42	Fe γ	111	362,72
2	44,9	1260	100	201,88	Fe α	110	285,50
3	50,8	26	100	179,73	Fe γ	200	359,46
4	65,4	196	16	142,70	Fe α	200	285,40
5	74,3	12	46	127,66	Fe γ	220	361,07
6	82,6	413	33	116,81	Fe α	211	286,11

Din cele trei tabele rezultă că, în urma călirii și tratamentului criogenic, unghiurile de difracție $2\theta^\circ$ scad, în timp ce distanțele interplanare d/n , cresc.

Tabelul 2

Nr. refl.	$2\theta^\circ$	I, mm^2	$I, \%$	$d/n, \text{pm}$	faza	hkl	a, pm
1	42,8	195	100	211,28	Fey	111	365,95
2	44,6	1168	100	203,16	Fea'	101	287,32
3	50,4	58	30	181,06	Fey	200	362,12
4	64,8	292	25	143,87	Fea'	002	287,75
5	73,5	36	18	128,85	Fey	220	364,43
6	81,9	420	36	117,62	Fea'	112	288,12

Tabelul 3

Nr. refl.	$2\theta^\circ$	I, mm^2	$I, \%$	$d/n, \text{pm}$	faza	hkl	a, pm
1	42,8	130	100	211,28	Fey	111	365,95
2	44,7	1184	100	202,73	Fea'	101	286,71
3	50,5	32	25	180,72	Fey	200	361,45
4	65,4	234	20	142,70	Fea'	002	285,40
5	73,9	70	54	128,25	Fey	220	362,74
6	82,7	388	33	116,69	Fea'	112	285,83

Parametrii cristalografici, a și c , calculați pentru ferita aliată (F), martensita aliată (M) și austenita aliată (A) în cele trei stări (recoaptă, călită și după tratamentul criogenic) sunt prezentați în tabelele 4 și 5.

Tabelul 4 - parametrii cristalografici ai feritei aliate (F) și martensitei aliate (M) din oțelul ledeburitic X200Cr12; tabelul 5 - parametrii cristalografici ai austenitei aliate (A) din oțelul X200Cr12.

Tabelul 4

Nr.crt.	T, K	a_0, pm	c_0, pm	c_0/a_0
1	298, recoapt	287,94 (F)	-	-
2	298, călit	289,66 (M)	289,72 (M)	1,000207
3	123, după călire	286,20 (M)	284,12 (M)	0,992732

Cantitățile de austenită reziduală calculate procentual după călire și după tratamentul criogenic sunt de 20,03 %, respectiv 14,14 %.

Pentru calculul cantității de austenită reziduală s-au utilizat liniile omoloage (110) Fea' și (111) Fey.

Tabelul 5

Nr.crt.	T, K	a ₀ , pm
1	298, normalizat	358,57
2	298, călit	363,00
3	123, după călire	359,99

Probele din oțel ledeburitic X200Cr12 au fost supuse la temperatura ambiantă încercărilor de duritate (sarcină 30 daN), obținându-se următoarele valori, tabelul 6 - Valorile măsurate ale durității Vickers pentru oțelul X200Cr12.

Tabelul 6

Marcă oțel	Stare material	Duritate Vickers, HV
X200Cr12	recoaptă (la 860 °C)	247
	călită (la 960 °C)	912
	călită și tratată criogenic (-150 °C)	973

Măsurătorile de duritate arată că materialul în stare recoaptă a avut duritatea corespunzătoare.

După călire, duritatea a crescut mult, confirmând că s-a efectuat corect călirea pentru oțelul respectiv.

În urma aplicării tratamentului criogenic, duritatea a crescut cu 61 unități Vickers, ceea ce reprezintă o creștere procentuală de 6,7 %, rezultat al transformării austenitei reziduale în martensită.

În continuare, sunt prezentate concluziile ce se desprind din microfotografii, în concordanță cu valorile microdurităților obținute pentru oțelul ledeburitic X200Cr12.

În figura 2 se observă că, în stare recoaptă, structura oțelului ledeburitic X200Cr12 este formată din carburi primare (ledeburitice) și carburi secundare în masă de eutectoid sorbitic.

Valorile măsurate ale microdurității sunt:

- pe carbură: 2515 HV_{0,02} (sarcină 20 gf);
- în masa de eutectoid de tip sorbitic: 375 HV_{0,02}.

Prin călire la 960 °C, răcire în ulei, figura 3, carburile secundare se dizolvă, cele ledeburitice devin mai fine prin dizolvare parțială, iar eutectoidul sorbitic se transformă în martensită, rămânând în structură și austenită reziduală.

Întrucât după călire structura a devenit foarte fină, nu s-au putut realiza microdurități pe constituenți, ci doar pe zone. Valoarea astfel obținută a microdurității este de 1300 HV_{0,02}.

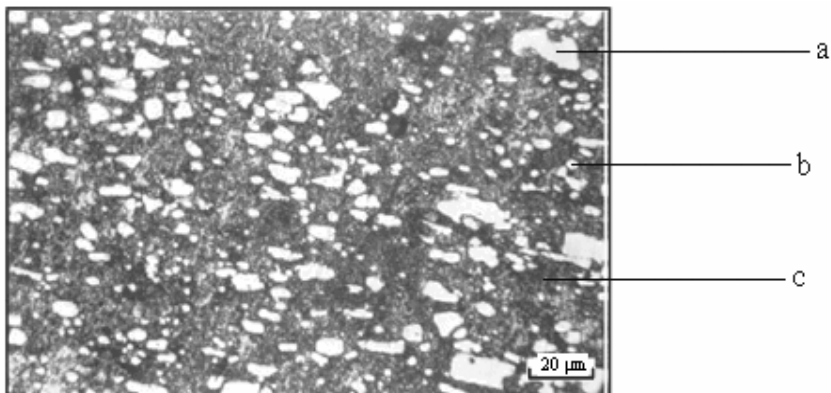


Fig. 2 Structura oțelului ledeburitic X200Cr12 în stare recoaptă, atac chimic Nital (a – carbură primară, b - carbură secundară, c – masă de eutectoid sorbitic)

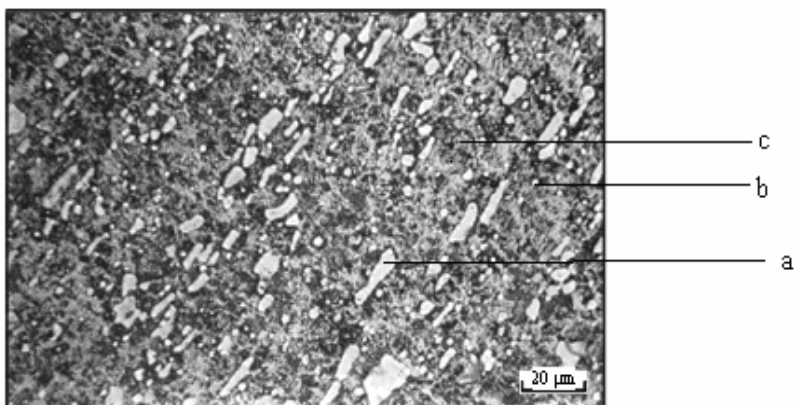


Fig. 3 Structura oțelului ledeburitic X200Cr12 în stare călită (la 960 °C, răcire în ulei), atac chimic Nital (a – carbură primară, b – carbură secundară, c - martensită)

În figura 4 se observă că structura oțelului ledeburitic tratat criogenic la -150 °C este formată din martensită, austenită reziduală într-o cantitate mai mică decât după călire și carburi fin dispersate în masa martensitei.

Valoarea măsurată a microdunității după răcirea criogenică a fost de 1426 HV_{0,02}, ceea ce semnifică o creștere procentuală de 9,7 %

față de cea obținută după călire, urmare a transformării la răcire a unei cantități de austenită reziduală în martensită.

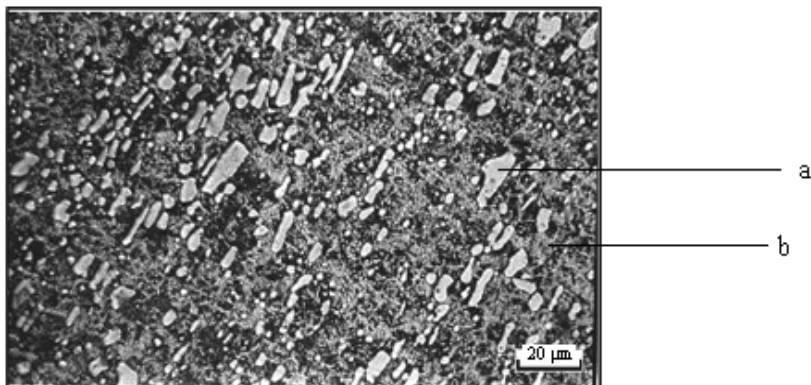


Fig. 4 Structura oțelului ledeburitic X200Cr12 după călire și răcire la -150°C , atac Nital (a – carbură, b - martensită)

Datorită durității ridicate, oțelul ledeburitic X200Cr12 se utilizează pentru scule nedeformabile și rezistente la uzură, scule de așchiere, matrițe pentru deformat la cald și la rece, instrumente de măsură etc.

4. Concluzii

- Tratamentul criogenic completează tratamentul termic clasic al oțelurilor cu un conținut mai mare de 0,6 % C, aducând îmbunătățiri substanțiale asupra proprietăților lor, cu toate că este relativ simplu.

- În cazul oțelului ledeburitic X200Cr12, aplicarea tratamentului criogenic imediat după călire a condus la creșterea durității cu 61 de unități HV, ceea ce reprezintă o creștere procentuală de 6,7 %, consecință a transformării austenitei reziduale în martensită.

- Microfotografiile arată transformarea austenitei reziduale în martensită în urma tratamentului criogenic.

BIBLIOGRAFIE

[1] Bărăian, M., *Cercetări asupra proprietăților structurale și fizice ale unor metale și aliaje la temperaturi scăzute*. Teză de doctorat, Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca, 2004.

- [2] Cullity, B.D., *Elements of X-ray diffraction*, Addison-Wesley, Reading, Massachusetts, 1978.
- [3] Arghir, G., *Caracterizarea cristalografică a metalelor și aliajelor prin difracție cu raze X*, Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca, 1993.
- [4] Bărăian, M., Arghir, G., *Transformări structurale în oțelul rapid HS 18-1-1 în urma aplicării unui tratament termic și criogenic*, Știință și Inginerie, vol. 13, Editura AGIR, București, 2008, pag. 465-472, ISBN 973-8130-82-4, 978-973-720-197-3.
- [5] Bărăian, M., Arghir, G., Jumate, N., *Transformări structurale ale oțelului pentru rulmenți RUL1 în urma aplicării unui tratament termic criogenic*, Știință și Inginerie, vol. 16, Editura AGIR, București, 2009, pag. 637-642, ISBN 973-8130-82-4, 978-973-720-246-8.
- [6] Bărăian, M., Arghir, G., Petean, I., *Coefficientul de dilatare termică liniară al oțelului C35R la temperaturi scăzute*, Știință și Inginerie, vol. 18, Editura AGIR, București, 2010, pag. 539-542, ISSN 2067-7138.
- [7] Bărăian, M., Arghir, G., Petean, I., *Cryogenic studies concerning the composition and microstructure of the X200Cr12 ledeburitic steel*, În: Revista Metalurgia International, vol. XV, nr.3, pag. 5 – 8, București, 2010, ISSN 1582 – 2214.

Dr. Ing. Marius BĂRĂIAN
Prof. Dr. Ing. fiz. George ARGHIR
Dr. Ing. Ioan PETEAN
Prof. Dr. fiz. Nicolae JUMATE
Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca
membri AGIR