

# RAPORT DE CERCETARE

## TEHNOLOGIE ÎMBUNĂTĂȚITĂ PENTRU PRODUCEREA MATERIALELOR DE ÎNALTĂ PURITATE PENTRU APLICAȚII SPECIALE DESTINATE INFRASTRUCTURII ȘI MIJLOACELOR DE TRANSPORT

Proiect 87-BG/2016 - Etapa III – decembrie 2017

Transfer de cunoștințe privind expertize tehnice autorizate în vederea stabilirii caracteristicilor fizico-mecanice ale semifabricatelor destinate produselor tubulare și pieselor auto  
Diseminarea rezultatelor cercetării

Director Proiect,  
Prof. Dr. Ing. Cristian PREDESCU

### CUPRINS

<b>Rezumatul etapei</b> .....	pag. 2
<b>Descrierea științifică și tehnică</b> .....	pag. 5
<b>Cap. 1.</b> Incercări mecanice în vederea stabilirii caracteristicilor fizico-mecanice ale semifabricatelor destinate produselor tubulare și pieselor auto.....	pag. 5
<b>Cap. 2</b> Evaluarea influenței caracteristicilor fizico-mecanice ale semifabricatelor asupra posibilelor cauze de defecte.....	pag. 9
2.1. Omogenitatea chimică.....	pag. 9
2.2. Omogenitatea structurală relativ la puritatea incluzionară (INM).....	pag. 10
2.3. Omogenitatea structurală relativ la constituenți .....	pag. 10
2.4. Omogenitatea caracteristicilor mecanice la tracțiune.....	pag. 11
2.5. Omogenitatea caracteristicilor mecanice de duritate și reziliență.....	pag. 12
2.6. Omogenitatea caracteristicilor mecanice la tracțiune ale mostrelor din produse cu destinație tubulară.....	pag.12
<b>Cap. 3</b> Realizarea unei expertize tehnice privind încadrarea în caracteristicile fizico-mecanice impuse de beneficiar.....	pag. 12
<b>Bibliografie</b> .....	pag. 19
<b>Anexa I</b> .....	pag. 20

## REZUMATUL ETAPEI

Acest raport prezintă lucrările desfășurate pentru etapa III – decembrie 2017 în cadrul centrului de cercetări UPB-ECOMET și la partenerul TMK Reșița privind activitățile programate și rezultatele obținute.

Lucrările desfășurate în cadrul proiectului “Tehnologie îmbunătățită pentru producerea materialelor de înaltă puritate pentru aplicații speciale destinate infrastructurii și mijloacelor de transport” - Proiect 87-BG/2016, Etapa III - **Transfer de cunoștințe privind expertize tehnice autorizate în vederea stabilirii caracteristicilor fizico-mecanice ale semifabricatelor destinate produselor tubulare și pieselor auto. Diseminarea rezultatelor cercetării** au constat în:

1. Realizarea unui **set de 6 încercări mecanice complete de tracțiune** pentru semifabricate destinate produselor tubulare și pieselor auto, suplimentar efectuându-se și teste de încercări de reziliență și duritate a mostrelor selectionate. Rezultate au fost consemnate în 6 buletine de încercări mecanice realizate în cadrul UPB-CCEEM;
2. Teste mecanice de tracțiune efectuate cu ajutorul mașinii universale de tracțiune de 250 kN, INSTRON MODEL 8802;
3. Teste de reziliență (Charpy Test) efectuate cu ajutorul ciocanului pentru încercare la încovoiere prin șoc (reziliența), INSTRON, Model: 450 MPX V2-J1;
4. Teste de duritate Brinell efectuate cu ajutorul durimetrului static universal BUEHLER – WILSON, Model: REICHERTER UH 250.
5. Încercări conform cerințelor SR EN 10025-1:2005 “Produse laminate la cald din oțeluri pentru construcții. Partea 1: Condiții generale de livrare” și SR EN 10025-2:2004 “Produse laminate la cald din oțeluri de construcții. Partea 2: Condiții tehnice de livrare pentru oțeluri de construcții nealiat”;
6. Analiza de omogenitate a semifabricatelor cu destinație tubulară sau auto prin evaluare chimică, structural incluzionar și constituțională, ca și prin prisma caracteristicilor mecanice la tracțiune și a încercărilor de duritate și reziliență;
7. Determinarea compoziției chimice prin metoda spectrometriei de emisie optică, cu ajutorul spectrometrului LECO model GDS 500A;
8. Analiza metalografică prin metoda microscopiei optice cu ajutorul microscopului optic metalografic, OLYMPUS Model: BX 51 M; probele neatacate chimic (pentru evidentierea incluziunilor nemetalice) investigate la mărimi de 100x;
9. Investigații pe probele atacate chimic cu nital 2% la mărimi de 100x și x500 pentru punerea în evidență a structurii metalografice;
10. Realizarea **un raport de expertiză tehnică privind încadrarea în caracteristicile fizico-chimice** impuse de beneficiarul semifabricatelor pentru conducte de transport ARTROM Slatina, producătorului TMK Reșița;
11. Analizarea caracteristicilor fizico-chimice impuse de către fabricantul de conducte fără sudură (țevi) ARTROM Slatina pentru o categorie de produse (țevi fără sudură) destinate îmbinării prin filetare, care au capetele filetate de către fabricantul de țevi; în fapt este vorba despre **caracteristica de prelucrabilitate prin așchiere**, ca și o caracteristică a materialului, care trebuie să asigure un proces de așchiere la viteză relativ mare, dar cu un consum cât mai redus de scule așchietoare;
12. Realizarea raportului de expertiză tehnică privind încadrarea în caracteristicile fizico-mecanice impuse la beneficiar, TMK Reșița (**creștere prelucrabilitate la așchiere prin**

**proces de desulfurare avansată și resulfurare)** bazată pe modelul adaptat de raport de expertiză prezentat în raportul anterior al acestui proiect;

### 13. Redactarea unui **articol de specialitate**.

Rezultatele și concluziile obținute pe parcursul derulării activităților programate au fost:

1. Incercările mecanice în vederea stabilirii caracteristicilor fizico-mecanice ale semifabricatelor destinate produselor tubulare și pieselor auto au fost realizate pe epruvete realizate din bare de oțel cu diametrul  $\varnothing 70\text{mm}$  pentru destinații auto – mostra 1- cod M1 și pe epruvete realizate din bare de oțel  $\varnothing 100\text{ mm}$  pentru destinații produse tubulare – mostra 2- cod M2 ;
2. **Rezultatele încercărilor mecanice se încadrează în cerințele privind stabilirea caracteristicilor fizico-mecanice ale semifabricatelor** destinate produselor tubulare și peselor auto; de exemplu pentru produsele auto au fost la nivelul:
  - alungirea = 19,60-23,80%;
  - gătuirea = 64,00-69,75%;
  - rezistența la curgere = 575,74-623,83 N/mm<sup>2</sup>;
  - rezistența la rupere = 617,09-659,42 N/mm<sup>2</sup>;
  - reziliența= 185,07-193,58 J;
  - duritatea Brinell = 164-166
3. Mostrele din semifabricate cu destinație tubulară sau auto evaluate prin prisma omogenității chimice, structural incluzionare și constituționale, ca și prin prisma omogenității caracteristicilor mecanice la tracțiune și a încercărilor de duritate și reziliență au arătat că **materialul de bază (matricea feroasă ) are o omogenitate bună și caracteristici fizico-mecanice care nu sunt cauze ale posibilelor defecte din produsele finite**; astfel:
  - ecartul de variație a compoziției chimice pentru mostrele analizate pentru principalele elemente (C, Mn, Si, P, S, Al) se încadrează în eroarea de măsură a metodei de determinare, astfel că din punct de vedere chimic materialul se consideră omogen;
  - toate probele și câmpurile investigate prezintă o puritate incluzionară ridicată, cu incluziuni disperse fără o asociere preferențială; morfologia tipică este parțial colțuroasă sau globulară, specifică silicaților și aluminatilor; mostrele analizate pentru puritate incluzionară arată un oțel din clasa „pur” cu densitate incluzionară  $< 1000\text{ INM/cm}^2$  și dimensiunea maximă a INM =  $15\mu\text{m}$ , cu o omogenitate de puritate incluzionară suficientă (toate incluziunile contorizate sunt în intervalul 5-15  $\mu\text{m}$ );
  - mostrele analizate prezintă o bună omogenitate structurală a constituenților (perlită lamelară fină poliedrică) de 20-50  $\mu\text{m}$  în masa de ferită poliedrică (20-50  $\mu\text{m}$ );
  - mostrele testate la tracțiune prezintă o bună omogenitate a caracteristicilor mecanice la tracțiune (alungirea, gătuirea, rezistența la curgere și la rupere au o abatere standard de max. 5% pentru produsele cu destinație tubulară și max. 3% pentru produsele cu destinație auto);
  - mostrele testate la duritate și reziliență prezintă o bună omogenitate a acestor caracteristici mecanice (duritatea are o abatere standard de max.1%, iar reziliență de max. 2%);
4. **Raportul de expertiză privind încadrarea în caracteristicile fizico-mecanice** impuse de beneficiar (creștere prelucrabilitate la așchiere prin procese de desulfurare avansată și resulfurare) **a cuprins 8 părți** (Localizare și descriere problemă, Prelevări probe pentru

- investigații și investigații, Colectare documente de referință, Analiza documentelor de referință, Formulare ipoteze privind posibilitatea tratamentului de desulfurare avansată-resulfurare, Validare ipoteze privind posibilitatea tratamentului de desulfurare avansată-resulfurare, Descrierea mecanismului de succedare a etapelor tehnologice pentru tratamentului de desulfurare avansată-resulfurare, Concluzii și recomandări);
5. In cadrul etapei "Localizare și descriere problemă" s-a pus în evidență stadiul actual al problemei oțelurilor destinate conductelor de transport cu prelucrabilitate prin aşchiere îmbunătățită; dintre fenomenele care se produc în procesele de aşchiere au fost analizate cele care prin soluții metalurgice vizează crearea zonelor de discontinuitate în masa materialului de bază, favorabile ruperii fragile a aşchii și crearea zonelor de material care la temperatura de aşchiere (800-1000°C) pot deveni lubrifiante între sculă și material și pot constitui depozite protectoare pe suprafața sculei;
  6. **Soluțiile metalurgice** privind crearea zonelor de discontinuitate în masa metalică se bazează pe variante legate de:
    - a) **modificarea incluziunilor sulfidice**; conținutul de sulf este de regulă mai mic decât pentru oțelurile de automate, considerându-se că până la 0,07% influența asupra caracteristicilor mecanice la temperatura ambiantă este încă nesemnificativă;
    - b) **modificarea incluziunilor oxidice** pentru a se asigura incluziuni globulare (nedeformabile în procesul de laminare), neabrazive și cu posibilitate de lubrifiere a sculei; astfel a aparut o nouă clasă de oțeluri de înaltă prelucrabilitate prin aşchiere, denumite "Calcium-composed" sau "Calcium deoxidized";
  7. Formele de existență a zonelor de discontinuitate favorabile prelucrabilității prin aşchiere legate de prezența sulfurului sunt:
    - a) incluziuni sulfidice globulare (sulfuri complexe de Mn, Fe, Ca tip I conform nomenclurii Sims);
    - b) incluziuni oxidice de silico-aluminați de calciu sau chiar calco-aluminați, globulare, cu temperatură de topire scăzută, duritate cât mai mică și grad mare de amorfizare, grupate cu sulfuri de calciu;
  8. Au fost formulate **trei ipoteze privind posibilitatea tratamentului de desulfurare avansată-resulfurare** la beneficiarul TMK Reșița (Tipul de tratament secundar aplicat oțelului în instalația LF (intensitate de barbotare, timp de barbotare, schema de adaosuri dezoxidante-desulfurante) asigură realizarea unui process de desulfurare avansată, fără utilizarea instalației de vidare; Timpul de tratament după etapa de dezoxidare-desulfurare este suficient pentru a se putea introduce o etapă suplimentară: resulfurarea, Reoxidările secundare se pot reduce la un nivel care să nu genereze noi incluziuni după sfârșitul tratamentului în instalația LF);
  9. Validarea posibilității de obținere a unui tratament de desulfurare-resulfurare care să asigure incluziuni nemetalice favorabile (calcoaluminați globulari și sulfuri de calciu globulare) procesului de prelucrabilitate prin aşchiere este data de rezultatele obținute pentru lotul de sarje analizate: dimensiune incluziuni: 20-60 μm; raport de globulizare acceptabil > 0,90 pentru 75% din probe; compoziție incluziuni nemetalice: calcoaluminați globulari pentru 75% din probe; conținuturile de sulf în oțel obținute după etapa de dezoxidare-desulfurare în intervalul 0,003-0,005%; timpul de tratament pentru etapa de dezoxidare-desulfurare în intervalul 20-45 minute;

timpul de tratament după etapa de dezoxidare-desulfurare până la începutul turnării în intervalul 15-20 minute;

10. **Tehnologia de tratament în stare lichidă a oțelului destinat conductelor de transport cu prelucrabilitate ridicată la aşchiere trebuie să cuprindă următoarele 3 etape:** favorizarea producerii calcoaluminaților lichizi (tip  $C_{12}A_7$ ) la temperatura de turnare a oțelului, favorizarea producerii sulfurilor globulare de calciu în locul celor deformabile de Mn, menținerea incluziunilor create până în momentul turnării (calcoaluminați lichizi și sulfuri de calciu);
11. Concluzia generală a raportului este: **Creșterea prelucrabilității la aşchiere prin procese de desulfurare avansată-resulfurare pentru oțelurile fabricate la beneficiarul TMK Reșița destinate conductelor de transport este fezabilă datorită:**
  - dotărilor tehnice actuale de metalurgie secundară: instalația LF și instalația de imersare fire (SiCa, FeS, etc) pot să asigure un proces complet de dezoxidare-desulfurare-resulfurare;
  - experienței tehnologice actuale care asigură realizarea unor conținuturi de sulf în oțel obținute după etapa de dezoxidare-desulfurare în intervalul 0,003-0,005%;
  - experienței tehnologice actuale care asigură realizarea unor incluziuni nemetalice de tip calcoaluminați globulari, de dimensiuni 20-60  $\mu\text{m}$ , cu un raport de globulizare acceptabil  $> 0,90$ ;
12. Principalele recomandări ale raportului sunt:
  - evaluarea mai exactă a pierderilor termice ale oțelului pe ruta LF – instalație de imersare fire - distribuitor TC;
  - testarea dezoxidării în sistemul aluminiu-silicocalciu pentru stabilizarea obținerii calcoaluminaților lichizi și a unui conținut suficient de calciu liber;
  - testarea instalației de imersare fire pentru stabilirea randamentelor de asimilare a sulfului și stabilizarea obținerii sulfurilor globulare de calciu.