

---

## REZUMATUL TEZEI

### CERCETĂRI PRIVIND VALORIFICAREA DEȘEURILOR CU CONȚINUT DE FIER ȘI ELEMENTE PENTRU ALIEREA OȚELULUI

Teză de doctorat "*Cercetări privind valorificarea deșeurilor cu conținut de fier și elemente pentru alierea oțelului*" este structurată în trei părți:

Partea I : Analiza situației actuale a generării și valorificării deșeurilor pulverulente și mărunte cu conținut de fier și elemente pentru alierea oțelului.

Partea a II - a: Cercetări și experimentări proprii de procesare a deșeurilor mărunte și pulverulente.

Partea a III - a: Concluzii finale recapitulative și evidențierea contribuțiilor personale.

#### **Partea I : Analiza situației actuale a generării și valorificării deșeurilor pulverulente și mărunte cu conținut de fier și elemente pentru alierea oțelului.**

##### CAPITOLUL 1 - INTRODUCERE

În partea de introducere se prezintă importanța, actualitatea temei și obiectul suspus cercetării.

Principalul obiect al cercetării în sfera *Ingineria Materialelor*, îl reprezintă sistemele/procesele tehnologice, abordate atât la nivel teoretic, cât și la nivel practic experimental, în ceea ce privește valorificarea deșeurilor din industria siderurgică, minieră și energetică.

Tema de cercetare aleasă, caracterizează, delimitează aria și profunzimea cercetării în domeniul *Ingineria Materialelor*, fiind localizată în cadrul *dezvoltării durabile*, în contextul *reciclării/valorificării* produselor și subproduselor rezultate din industria siderurgică, minieră și energetică.

Tema de cercetare aleasă oferă o deschidere suficientă pentru cercetări viitoare și un câmp de aplicabilitate cât mai larg în ceea ce privește rezultatele estimate a fi obținute.

Obiectul cercetării acestei teze, îl reprezintă *Valorificarea deșeurilor cu conținut de fier și elemente pentru alierea oțelului*, iar legăturile de cauzalitate ce caracterizează acest obiect, sunt exprimate sub o formă generală prin cele două ecuații – *ecuația de intrare* (având factorii de influență) și *ecuația de ieșire* (având funcțiile obiectiv propuse și realizate). Factorii de influență au fost deșeurile rezultate din industria siderurgică, minieră și energetică, iar obiectivele propuse și realizate au fost, monitorizarea acestor deșeuri într-o bază de date proprie, valorificarea prin peletizare, valorificarea prin brichetare, valorificarea prin aglomerare, precum și obținerea celor mai optime modele matematice în urma prelucrării datelor experimentale.

##### CAPITOLUL 2 – DEȘEURILE MĂRUNTE ȘI PULVERULENTE CU CONȚINUT DE FIER, CARBON ȘI ELEMENTE PENTRU ALIEREA OȚELULUI, PROVENITE DIN INDUSTRIA SIDERURGICĂ, MINIERĂ ȘI ENERGETICĂ

În capitolul 2 se prezintă conceptul de dezvoltare durabilă, sursele de deșeuri cu conținut de fier și carbon, deșeurile mărunte și pulverulente din industria siderurgică minieră și energetică.

Principiul dezvoltării durabile se bazează pe monitorizarea relațiilor de intercondiționare dintre elementele de bază – resurse economice, infrastructură, activități economice – între acestea realizându-se diferite relații de complementaritate și conflict. Astfel, creșterea economică are ca efect scăderea calității

---

mediului prin creșterea cantității de deșeuri, realizându-se în acest caz un conflict între principiul creșterii și principiul ecologic, precum și principiul dezvoltării durabile.

Industria reprezintă sectorul economic cu cel mai mare impact asupra poluării mediului, astfel că activitățile rezultate în cadrul acestui sector, sunt printre principalele cauze care au ca efect deteriorarea mediului. Se prezintă sursele de generare a deșeurilor și deșeurile rezultate în urma activităților din industria siderurgică, minieră, chimică și energetică.

### CAPITOLUL 3 – PROCEDEE ȘI TEHNOLOGII DE VALORIFICARE A DEȘEURILOR REZULTATE DIN INDUSTRIA SIDERURGICĂ, MINIERĂ ȘI ENERGETICĂ

În cadrul capitolului 3 s-a efectuat o prezentare a procedeele dezvoltate în ultimii ani în ceea ce privește valorificarea deșeurilor rezultate din industria siderurgică și nu numai.

Procedeele aplicate pe plan național și mondial pentru valorificarea deșeurilor sunt procedee de tip pirometalurgic, hidrometalurgic, peletizare, brichetare, aglomerare. Pentru fiecare dintre aceste categorii de procedee se face o descriere în ceea ce privește avantajele/dezavantajele acestora.

Cercetările efectuate în cadrul tezei s-au axat predominant pe valorificarea deșeurilor prin procedeele de peletizare, brichetare și aglomerare, primele două fiind mai convenabile din punct de vedere tehnico-economic.

### **Partea a II - a: Cercetări și experimentări proprii de procesare a deșeurilor mărunte și pulverulente.**

#### CAPITOLUL 4 – CARACTERISTICI TEHNICE ȘI CALITATIVE ALE INSTALAȚIILOR ȘI DEȘEURILOR UTILIZATE ÎN CADRUL EXPERIMENTĂRIILOR

Pentru a justifica desfășurarea cercetărilor experimentale efectuate, trebuie menționat faptul că în România, fierul vechi a devenit materie primă deficitară, datorită liberalizării exporturilor și imposibilității de achiziție a acestuia de către agenții economici interni, producători de oțel, precum și a dificultăților financiare în care aceștia se găsesc.

Resursele necesare pentru realizarea tezei de doctorat, au fost disponibile în cadrul: Facultății de Inginerie Hunedoara/Universitatea Politehnica Timișoara, ArcelorMittal Hunedoara, S.C. Galvan Alco Oradea, S.C. IUS Brașov, S.C. Prompt Distrib Sebeș.

Soluțiile tehnologice propuse în cadrul tezei de doctorat, au avut în vedere procesarea materialelor secundare, constând din deșeuri mărunte și pulverulente ca: praf de oțelărie, praf de aglomerare furnale, nămol roșu, nămol de la acoperiri anticorozive și unele adaosuri bazice (var și bentonita).

Determinările privind caracteristicile calitative – fizice, chimice, mecanice – au fost efectuate în cadrul Facultății de Inginerie Hunedoara/Universitatea Politehnica Timișoara și S.C. ArcelorMittal Hunedoara. În cadrul laboratorului de încercări mecanice de la F.I.H. au fost efectuate încercările de rezistență la compresiune/sfărâmare/fisurare a peletelor și brichetelor obținute. Laboratorul de Bază Energetică și de Materii Prime de la Facultatea de Inginerie din Hunedoara/Universitatea Politehnica Timișoara are în dotare instalațiile și echipamentele necesare procesării deșeurilor utilizate în cadrul experimentărilor.

Referitor la deșeurile utilizate în cadrul experimentărilor efectuate, s-a avut în vedere utilizarea în componența șarjelor a nămolurilor de la acoperiri anticorozive cu conținut de elemente de aliere (crom, nichel, mangan), în diferite proporții fiecare, dar în total de până la 15%, restul revenind în diferite proporții unor deșeuri din industria metalurgică, funcție de procedeul de valorificare.

#### CAPITOLUL 5 – EXPERIMENTĂRI ÎN FAZĂ DE LABORATOR PRIVIND VALORIFICAREA DEȘEURILOR MĂRUNTE ȘI PULVERULENTE PRIN PELETIZARE, BRICHETARE ȘI AGLOMERARE

##### *Producerea peletelor cu durificare la cald*

---

În cazul producerii peletelor cu durificare la cald, s-au produs pelete cu caracter reducător, principalul component urmărit fiind nămolul de la acoperiri metalice, respectiv cromare și nichelare rezultat la Galvan Alco Oradea.

Alături de acest deșeu au mai fost utilizate și alte deșeuri și anume: praf de oțelărie, praf de aglomerare furnale și nămol roșu, iar ca adaosuri, pentru influențarea unor caracteristici, s-a utilizat var (*bazicitatea*), bentonită (*liant*), grafit, cenușă de termocentrală (*gradul de reducere*).

În cadrul experimentărilor s-au produs pelete după un număr de 13 rețete, în toate cazurile procesul de peletizare a decurs corespunzător, peletele fiind corespunzătoare din punct de vedere calitativ.

Datele obținute în cadrul experimentărilor au fost prelucrate în programele EXCEL, MATLAB și DATAFIT, în vederea obținerii unor corelații simple, respectiv multiple între principala caracteristică calitativă a peletelor - *rezistența la compresiune* (parametru dependent) și *proporția componentelor* din fiecare rețetă pe de-o parte și pe de altă parte *proporția oxizilor* din compoziția chimică (considerați parametri independenți). Rezultatele obținute au fost prezentate atât sub formă grafică cât și analitică, ele fiind reprezentative atât din punct de vedere a valorilor pentru coeficienții de regresie, cât și a sensului tehnologic.

Analizând procesul de peletizare rezultă că nămolul de la acoperiri metalice (cromare și nichelare) de la GALVAN ALCO Oradea poate fi valorificat prin peletizare). Peletele obținute (metalizate ca urmare a autoreducerii) pot fi utilizate în încărcătura aliată a cuptoarelor electrice cu arc.

#### *Producerea peletelor cu durificare la rece*

Referitor la peletele durificate la rece în cazul ambelor loturi, acestea au avut în componență nămol de la acoperiri metalice de la S.C. IUS Brașov, caracterizat prin conținut ridicat de CaO și apreciabil de Ni și Cr.

În procesul de peletizare cu durificare la rece au mai fost utilizate și deșeurile praf de oțelărie și nămol roșu, precum lianți cimentul și zgura de furnal, iar cocsul petrol pentru capacitatea de absorbție a eforturilor.

Cercetările experimentale privind determinarea caracteristicilor calitative au urmat aceeași linie de cercetare ca și la durificarea la rece, de asemenea pentru stabilirea corelațiilor au fost utilizate aceleași programe de calcul.

S-a considerat că pentru valorificarea nămolului de la S.C. IUS Brașov, varianta de durificare la rece este cea mai indicată, CaO având caracter de liant.

#### *Procesarea deșeurilor prin brichetare*

Procesul de brichetare a avut în vedere valorificarea împreună, a deșeurilor sub formă de nămol de la acoperiri anticorosive de la S.C. GALVAN ALCO Oradea și S.C. IUS Brașov, proporția lor cumulată variind între 10 -12%.

Deșeurile de bază au fost praful de oțelărie, de aglomerare furnale și nămolul roșu, iar ca lianți bentonita și varul; pentru a crește capacitate de reducere s-a făcut adaos de grafit.

Au fost produse brichete după un număr de 13 rețete, în toate cazurile caracteristicile calitative (rezistența la fisurare, sfărâmare și intervalul de sfărâmare) au fost corespunzătoare.

Relațiile de corelație obținute prin prelucrarea datelor experimentale în aceleași programe de calcul ca și la studiul procesului de peletizare sunt reprezentative, atât din punct de vedere a coeficienților de corelație, cât și a sensului tehnologic.

Din reprezentarea grafică rezultă că în limitele de variație a deșeurilor utilizate în cadrul experimentărilor, se asigură obținerea brichetelor cu caracteristici calitative necesare în procesul de valorificare a acestora.

#### *Procesarea deșeurilor prin aglomerare*

---

În cadrul procesului de aglomerare au fost introduse în componența șarjei unul, două, respectiv toate cele trei deșeuri utilizate în cadrul experimentărilor, proporția cumulată a acestora fiind de până la 25%.

Componenta de bază a șarjei de aglomerare a fost reprezentată de următoarele deșeuri; praf de oțelărie, șlam aglomerare furnale, zgura de oțelărie, tunder.

A fost produs aglomerat după un număr de 5 rețete, în număr de 10 șarje (2șarje/rețetă), adaosul de cocs fiind de 18kg/șarjă pentru a asigura un grad de metalizare ridicat.

La o singura rețetă s-a introdus calcar (rețeta 5) pentru a asigura un indice de bazicitate supraunitar, în rest nu a fost necesar deoarece nămolul rezultat de la S.C.IUS Brașov are un conținut ridicat de CaO. Aglomeratul produs a corespuns din punct de vedere al caracteristicilor calitative (compoziție chimică și rezistență).

Prin topirea reducătoare a aglomeratului în cuptorul Tamman (4 șarje după 2 rețete) rezultă că pot fi recuperate elementele de aliere, trecerea acestora în baia metalică cu realizarea unei scoateri de metal de 48 – 50%, apropiată de scoaterea de la elaborare fontei în furnal.

Din punct de vedere al conținuturilor de elemente de aliere, produsul obținut poate fi asimilat cu un deșeu de fier vechi slab aliat, astfel încât poate fi utilizat în încărcătura cuptoarelor electrice cu arc la elaborarea oțelului.

Valorificarea prin aglomerare a deșeurilor analizate este o soluție viabilă mai ales dacă se procesează cantități mari de deșeuri, de compoziție chimică și granulometrică variată.

## CAPITOLUL 6 – STUDIU PRIVIND REALIZAREA UNEI BAZE DE DATE CU DEȘEURILE PROVENITE DIN INDUSTRIA SIDERURGICĂ, MINIERĂ ȘI ENERGETICĂ

Scopul acestui studiu a fost acela de a dezvolta și implementa un instrument a cărui utilizare să constituie un suport real în monitorizarea gestionării diverselor tipuri de deșeuri din industria siderurgică, minieră și energetică.

Până în prezent nu există o bază de date la nivel local și național privind caracteristicile fizice/chimice și proveniența deșeurilor siderurgice, miniere și energetice.

Studiul efectuat a încercat să abordeze o problemă complexă, atât din punct de vedere al diversității cât și al noutății acesteia.

Unul dintre rezultatele elaborării studiului, aplicația software interactivă, pe fluxuri speciale de deșeuri din industria siderurgică, minieră și energetică, reprezintă un început care trebuie continuat.

Pe măsura ce vor fi introduse noi date, această aplicație va necesita o dezvoltare și adaptare continuă (ca oricare altă aplicație de acest gen). Prin modul în care a fost realizată, aplicația este foarte flexibilă, permițând dezvoltări ulterioare complexe.

## CAPITOLUL 7 – CONCLUZII FINALE. CONTRIBUȚII ORIGINALE. DIRECȚII DE CONTINUARE A CERCETĂRILOR

### *Concluzii finale*

În urma studiului privind literatura de specialitate și a cercetărilor experimentale efectuate, se poate concluziona că valorificarea deșeurilor studiate prin oricare din procedeele prezentate este viabilă.

În cazul în care sunt supuse procesării deșeuri pulverulente în proporție de aproape 100% se indică peletizarea. La cantități mari de deșeuri în proporții apropiate ca și granulație (pulverulente și mărunte), este indicat procedeul prin aglomerare. Dacă se procesează deșeuri cu structura 75% pulverulent și 25% mărunț este indicată brichetarea.

Indiferent de procedeul de valorificare trebuie avut în vedere și potențiali beneficiari (dar și principali furnizori de deșeuri).

### *Contribuții originale*

---

Pe baza studiului literaturii de specialitate, privitor la tematica tezei de doctorat, a experimentărilor efectuate în fază de laborator, a analizei matematice și tehnologice a rezultatelor obținute, consider că mi-am adus următoarele contribuții personale:

1. Realizarea unor sinteze tehnologice privind:

≡ sursele industriale de generare a deșeurilor pulverulente și mărunte cu conținut de fier/(fier și carbon, fier și oxizi bazici), elemente de aliere a oțelurilor (Ni, Cr, Mn) din diferite ramuri industriale (siderurgie, metalurgie neferoase, industria minieră, chimică, energetică etc);

≡ caracteristicile calitative a deșeurilor feroase pulverulente și mărunte (compoziția chimică și granulometrică, densitate);

≡ procedee și tehnologii clasice și neconvenționale de valorificare prin reciclare în siderurgie a deșeurilor feroase pulverulente și mărunte, sau a unor subproduse rezultate din reciclarea lor în alte domenii (materiale de construcții, construcții autostrăzi, drumuri, parcuri, aeroporturi, agricultură);

2. Stabilirea sortimentelor de deșeuri pentru experimentări, determinarea compoziției chimice și granulometrice a acestora, a conținutului de componente nocive, precum și a tehnologiilor adecvate de procesare și în funcție de acestea a rețetelor utilizate.

3. Stabilirea tehnologiilor de peletizare cu durificare prin ardere și la rece.

4. Producerea peletelor durificabile prin ardere după un număr de 13 rețete din diferite deșeuri, principalul deșeu urmărit fiind nămolul de la acoperiri metalice, respectiv nichelare și cromare, preluat de la S.C. GALVAN ALCO Oradea.

5. Stabilirea diagramei de durificare a peletelor.

6. Determinarea rezistenței la compresiune pentru peletele arse.

7. Prelucrarea datelor obținute în programele de calcul EXCEL, MATLAB, DATAFIT și obținerea ecuațiilor de corelație dintre principalul parametru calitativ rezistența la compresiune și proporțiile componentelor, respectiv compoziția chimică.

8. Prezentarea corelațiilor sub formă grafică și analitică, analiza acestora din punct de vedere matematico–tehnologic și stabilirea limitelor optime de variație a parametrilor urmăriți.

9. Stabilirea rețetelor pentru producerea peletelor durificabile la rece și a diagramei de durificare.

10. Producerea a două loturi peletelor durificabile la rece, pentru lotul A-18 rețete și pentru lotul B-8 rețete, în ambele cazuri fiind urmărit nămolul de la acoperiri anticorozive de la S.C. ISU Brașov.

11. Determinarea rezistenței la compresiune și prelucrarea datelor în programele de calcul EXCEL, MATLAB și DATAFIT în vederea stabilirii unor corelații între acest parametru și proporția componentelor din rețete.

12. Prezentarea corelațiilor obținute sub formă analitică și grafică, analizate din punct de vedere matematico–tehnologic și stabilirea limitelor optime de variație a parametrilor urmăriți.

13. Stabilirea tehnologiei de valorificare a brichetelor și producerea a două loturi de brichete: lotul A-13 rețete, principalul component urmărit fiind nămolul de la acoperiri anticorozive GALVAN ALCO ORADEA; lotul B-13 rețete, principalul component urmărit fiind nămolul de la S.C. IUS Brașov.

14. Determinarea rezistențelor la fisurare, sfărâmare, determinarea intervalului de sfărâmare și stabilirea corelațiilor între acești parametri și componenții rețetelor.

15. Prezentarea sub formă analitică și grafică a corelațiilor obținute, analiza acestora din punct de vedere matematico–tehnologic și stabilirea limitelor optime de variație a acestora.

16. Realizarea unei aplicații software interactive care prezintă date și informații privind monitorizarea și gestionarea deșeurilor provenite din industria siderurgică, minieră și energetică, la nivelul județului Hunedoara și al Regiunii 5 Vest.

---

17. Aplicația software interactivă permite prezentarea factorilor de calitate privind poluarea aerului, unde sunt cuprinse informații cu privire la parametrii de calitate a aerului, indicii de calitate, valorile măsurate, emisiile de poluanți atmosferici și calitatea aerului în Regiune 5 Vest; prezentarea pentru diverși poluanți a caracteristicilor privind pragul de alertă, valorile limită și nivelul critic.

18. Aplicația software interactivă permite prezentarea factorilor de calitate privind poluarea apei, unde sunt scoase în evidență informații cu privire la metodele de analiză actuale pentru diverse tipuri de ape; consumuri specifice de apă în industrie; volumul apelor uzate; sursele de poluare a apei; procedeele de epurare a apei; limite de încărcare cu poluanți a apelor uzate.

19. Aplicația software interactivă permite prezentarea factorilor de calitate privind poluarea solului, fiind cuprinse informații privind situurile contaminate din Regiunea 5 Vest; situația generală a solurilor cu referire la procesele de poluare diversă a solului determinate de activitățile industriale din sectorul siderurgic, minier și energetic; tipuri de poluare a solurilor prin exploatarea miniere, halde, iazuri de decantare, emisii de la termocentrale.

20. Aplicația software interactivă permite prezentarea sub formă de hartă interactivă a zonelor de unde au provenit deșeurile utilizate în cadrul experimentărilor.

21. Aplicația software interactivă permite posibilitatea determinării prin calcul, în cadrul aplicației, a compoziției chimice atât în procente cât și în grame, pentru fiecare deșeu utilizat.

22. Aplicația software interactivă permite inventarierea haldelor de steril din partea vestică a Bazinul Petroșani.

23. Aplicația software interactivă permite calculul puterii calorifice, cunoscând analiza elementară a diverșilor combustibili analizați.

24. Din analiza statistică efectuată în cadrul aplicației, se poate trage concluzia că eliminarea deșeurilor industriale rămâne încă o problemă care se va rezolva într-o perioadă mai îndelungată în funcție de resursele financiare și soluțiile tehnice de care se va dispune. Din aceste motive trebuie să fie luate toate măsurile pentru o monitorizare și gestionare cât mai modernă a deșeurilor.

#### *Direcții de continuare a cercetărilor*

Trecând în agendă rezultatele cercetărilor efectuate referitoare la *“Valorificarea deșeurilor cu conținut de fier și elemente pentru alierea oțelului”*, consider că acestea prezintă interes deosebit pentru industria siderurgică și nu numai și pot continua pe viitor în următoarele direcții:

1. Extinderea cercetărilor privind eficiența producerii peletelor și brichetelor din deșeuri feroase pulverulente și nămoluri cu conținut de elemente de aliere a oțelurilor, cu scopul reintroducerii lor în circuitul de producție.

2. Determinarea celor mai eficiente procedee, tehnologii și rețete de valorificare a deșeurilor, în vederea obținerii unor produse cu grad de reducere acceptabil pentru utilizarea ca și component în încărcătură la elaborarea oțelurilor în cuptoare cu arc electric.

3. Cercetări privind obținerea de pelete și brichete cu un conținut cât mai ridicat de fier și carbon, precum și a celor cu un adaos de material reducător.

4. Dezvoltarea cercetărilor privind reciclarea din deșeurile pulverulente și mărunte, pe lângă fier și a altor metale, precum: mangan, crom, nichel, cobalt, wolfram etc. și reintroducerea lor în circuitul economic de producție respectând conceptul de dezvoltare durabilă.

5. În viitorul apropiat aplicația software interactivă elaborate, își propune completarea bazei de date cu informații în ceea ce privește evaluarea logistică și economică a deșeurilor provenite din cele trei industrii.

Astfel, pe măsura ce vor fi introduse noi date, această aplicație va necesita o dezvoltare și adaptare continuă (ca oricare altă aplicație de acest gen).