

ECO-PROIECTAREA PROCESELOR ÎN INGINERIA MATERIALELOR

Prof. dr. ing. Elisabeta VASILESCU

Universitatea „Dunărea de Jos” din Galați, România

REZUMAT. Lucrarea prezintă în sinteză elementele de bază în ecoproiectarea proceselor tehnologice specifice Ingineriei materialelor și soluții de prevenire a poluării prin ecoproiectarea proceselor tehnologice. Sunt prezentate soluții alternative la tehnologiile cu grad ridicat de poluare și modalitățile prin care ecotehnologiile răspund dezideratelor majore ale dezvoltării durabile în industrie precum: diminuarea cantității de materiale folosite prin reciclarea acestora, minimizarea sau eliminarea deșeurilor din procesele industriale, înlocuirea materialelor toxice și a celor greu reciclabile cu materiale biodegradabile

Cuvinte cheie: ecomaterial, ecoproces, ecoproiectare, tehnologie de proces „curată”, dezvoltare durabilă.

ABSTRACT. This paper summarizes the basic elements in the Ecodesign processes specific to engineering materials processes and solutions to prevent pollution by Ecodesign processes. They are presented alternatives to technologies with high pollution and the ways in which environmental technologies meet major goals of sustainable development in the industry such as: reducing the amount of materials used by recycling, minimization or disposal of waste from industrial processes, substitution of the toxic and hard recyclable material with biodegradable materials.

Keywords: ecomaterial, ecoproces, ecodesign, “cleaner” technology, sustainable development .

1. NOȚIUNI GENERALE

Conceptul de *eco-dezvoltare (Eco-Development)* a fost enunțat de Maurice Strong în anul 1972 la Conferința de la Stockholm. Acest concept presupune necesitatea îmbinării economicului cu ecologicul prin introducerea ideii de „*dezvoltare economică prin mediu*”.

În anul 1987 Comisia Mondială de Dezvoltare Economică și Mediu Ambient al Națiunilor Unite, prin Raportul Brundtland a subliniat importanța conceptului de *dezvoltare durabilă* pe care îl definește astfel: „dezvoltarea durabilă este dezvoltarea ce îndeplinește cerințele prezentului, fără a compromite capacitatea generațiilor viitoare de a-și realiza aspirațiile proprii”.

Acest concept a fost reluat și de Conferința de la Rio din anul 1992 prin intermediul documentului Agenda 21, care trasează liniile practice de acțiune în adoptarea unei strategii comune a statelor lumii pentru îndeplinirea cerințelor dezvoltării durabile. În viziunea lui O’Riordan (1992) principiile *eco-dezvoltării* presupun satisfacerea nevoilor de bază ale oamenilor (hrană, locuință, educație) și necesită participarea și dezvoltarea unei conștiințe colective asupra problemelor de mediu, adecvate condițiilor și cerințelor din fiecare țară [1,2,3,4,5].

Obiectivul general al *dezvoltării durabile* este găsirea unui optim al interacțiunii dintre patru sisteme: economic, uman, ambiental și tehnologic

iar transpunerea în practică a acestuia este posibilă doar în măsura în care dezvoltarea economică ține seama de mediu și politica de mediu este eficientă din punct de vedere al costurilor [6,7].

Dinamica dezvoltării industriale schimbă radical raportul dintre om și natură prin dezechilibrele ecologice majore pe care le generează. Diversitatea surselor și formelor de poluare sunt specifice activității industriale, în special din ramurile chimică, petrochimică, metalurgică, minieră, transporturi și în general, în industriile prelucrătoare ale materiilor prime [8,9]. Caracterizarea sistematică a diverselor surse și forme de poluare creează cadrul general pentru organizarea acțiunilor de prevenire și combatere a poluării prin soluții care să conducă la refacerea echilibrului ecologic [10,11].

Apărută ca răspuns la tendințele ce se manifestă pregnant în dezvoltarea societății, prin aplicarea unor principii care să conducă la realizarea de bunuri cu o anumită utilitate socială în condițiile unei poluări minime, *ecotehnologia studiază transformările la care este supusă substanța în procesele ecotehnologice și modalitatea conducerii acestor transformări în vederea obținerii produselor necesare societății, în condițiile unei dezvoltări durabile și a unei eficiențe optime* [4,5,12,13,14,15,16].

Așa numita producție “*mai curată*” este un concept care a fost inițiat ca strategie integrativă și preventivă a managementului de mediu în vederea eliminării sau cel puțin a minimizării impactului

proceselor, produselor și serviciilor asupra mediului [1,17,18,19,20,21,22,23]. Lansarea în anul 1974 a programului celor 3P (*Prețul Prevenirii Poluării*) a reprezentat primul pas în privința recunoașterii importanței inovării tehnologiei și produsului având dublu scop, al creșterii competitivității economice și al reducerii impactului negativ asupra mediului.

Conform acestui program, trei dintre obiectivele de mediu în care sunt necesare progrese în următorii ani sunt: *reducerea toxicității, dematerializarea și decarburarea*, toate susținute de progresele “chimiei ecologice”, care oferă astăzi oportunități pentru promovarea așa-numitelor “materialele durabile” [24].

De altfel, producția „mai curată” este considerată “o punte conceptuală care leagă industrializarea de dezvoltarea durabilă” prin transformarea proceselor industriale poluante cu ajutorul tehnologiilor ce conservă resursele materiale, sunt eficiente din punct de vedere energetic și generează reziduuri reduse cantitativ sau promovează tehnologii fără reziduuri [25,26].

2. ABORDĂRI ÎN ECOPROIECTAREA PRODUSELOR

Proiectarea ecotehnologică sau eco-proiectarea urmărește reducerea impactului negativ asupra mediului înconjurător pe tot parcursul ciclului de viață al produsului, printr-o mai bună proiectare a acestuia.

Principalele obiective ale eco-proiectării urmăresc prelungirea duratei de exploatare a produsului, o mai bună valorificare a materialelor și reducerea cantității de deșeuri. Acestea sunt luate în considerare începând cu etapele de concepție-proiectare și până la comercializarea produsului. „A fi ecologic” devine un argument suplimentar ce favorizează un anumit produs [1, 17,23,24,25], care pentru a fi competitiv economic și ecologic respectă următoarele principii de bază:

a. *Filozofia celor 6 RE*, după cum urmează:

1. **Regândirea** produsului și funcțiilor lui;
2. **Reducerea** consumului de materiale și de energie de-a lungul întregului ciclu de viață;
3. **Reînlocuirea** substanțelor periculoase cu alternative mai puțin periculoase sau nepericuloase pentru mediu;
4. **Reciclarea** (alegerea materialelor care pot fi reciclate și proiectarea unui produs astfel încât el să poată fi ușor dezasamblat pentru reciclare);
5. **Refolosirea** (proiectarea produsului astfel încât părțile lui componente să poată fi refolosite);
6. **Repararea** (proiectarea unui produs ușor de reparat, astfel încât el să nu trebuiască să fie înlocuit prea repede).

b. *Proiectarea produsului sub deviza „o producție mai curată”*, care are două tipuri de abordare din perspectiva selecției materialelor pe criterii ecologice și anume:

– *abordarea „reactivă”* care aplică tehnologia la capătul conductei (end-of-pipe) și furnizează soluții pentru transformarea poluării rezultate din procesul de producție într-o formă mai puțin periculoasă; este tipul de abordare care nu reduce ci transformă cantitatea de substanțe poluante, iar uneori chiar o mărește

– *abordarea „preventivă”* care modifică procesul de producție în așa fel încât poluarea să fie mai scăzută încă de la începutul procesului; strategia preventivă cercetează motivul poluării intervenind asupra sursei prin măsuri practice cum ar fi:

– schimbări efectuate asupra produsului (ex. modificări asupra naturii și caracteristicilor materialelor folosite, înlocuirea materialelor de bază și a celor auxiliare cu materiale naturale, substanțe netoxice etc.);

– modificări ale tehnologiei (ex. tehnologii cu consum mai redus de energie și de materiale).

3. ETAPELE ECOPROIECTĂRII PROCESULUI TEHNOLOGIC

Pentru a putea proiecta procesul ecotehnologic este utilă cunoașterea, mai întâi, a traseului (fluxului) tehnologic și a gradului de poluare generat. Calculul coeficientului total de poluare sau determinarea gradului optim de reducere a poluării este necesar pentru întocmirea traseului ecotehnologic care necesită cunoașterea etapelor și a momentelor în care se produce impactul negativ asupra mediului.

De exemplu, în proiectarea unui produs metalic (semifabricat, piesă, sculă) realizat într-un anumit flux tehnologic de prelucrare metalurgică și mecanică se impune cunoașterea, în principal, a rolului funcțional al produsului în ansamblul din care face parte, pentru a stabili natura solicitărilor (uzură, coroziune, oboseala, etc), iar pe această bază alegerea optimă a procedurii de prelucrare.

Obținerea unor performanțe de utilizare se realizează prin alegerea și aplicarea unor procedee conventionale sau neconventionale de modificare controlată a proprietăților de volum și de suprafață. Procesele specifice unor asemenea prelucrări au loc în sisteme complexe formate dintr-un strat superficial și un substrat, proiectate împreună astfel încât să rezulte, la costuri competitive, produse cu proprietăți și caracteristici funcționale superioare, pe care nu le posedă nici unul dintre cele două elemente luate separat [27,28,29].

Etapele principale ale unui proces de proiectare pentru un reper dat sunt prezentate în figura 1.

SOLUȚII PENTRU UN ORAȘ INTELIGENT

Fiecare dintre aceste etape trebuie corect soluționată înainte de a se trece la etapa următoare, întrucât orice eroare în procesul de proiectare/asimilare în fabricație, cu cât este identificată mai devreme, cu atât costurile necesare pentru remedierea acesteia sunt mai mici.

Pe de altă parte stabilirea unor strategii de selecție a materialelor presupune modelarea comportării pieselor în diferite condiții de solicitare și poate contribui decisiv la generarea unor soluții optime. De exemplu, la piesele solicitate ciclic la presiuni de contact (ex. role, came, flancurile dinților la roțile dințate), principala formă de uzură o

reprezintă pitting-ul, proces inițiat de apariția unor fisuri situate la mică distanță de suprafață.

Dintre procedeele de prelucrare termică și/sau termochimică de modificare a stării de tensiuni ale straturilor superficiale (ex. nitrurare, călire superficială, etc) se adoptă acela care răspunde concomitent dezideratului tehnic și ecologic.

Eco- concepția are în vedere acele tehnologii de prelucrare ale produselor care folosesc resursele în mod sustenabil, reciclează o proporție mai mare a deșeurilor și sub-produselor pe care le generează și gestionează deșeurile într-un acceptabil pentru mediu.

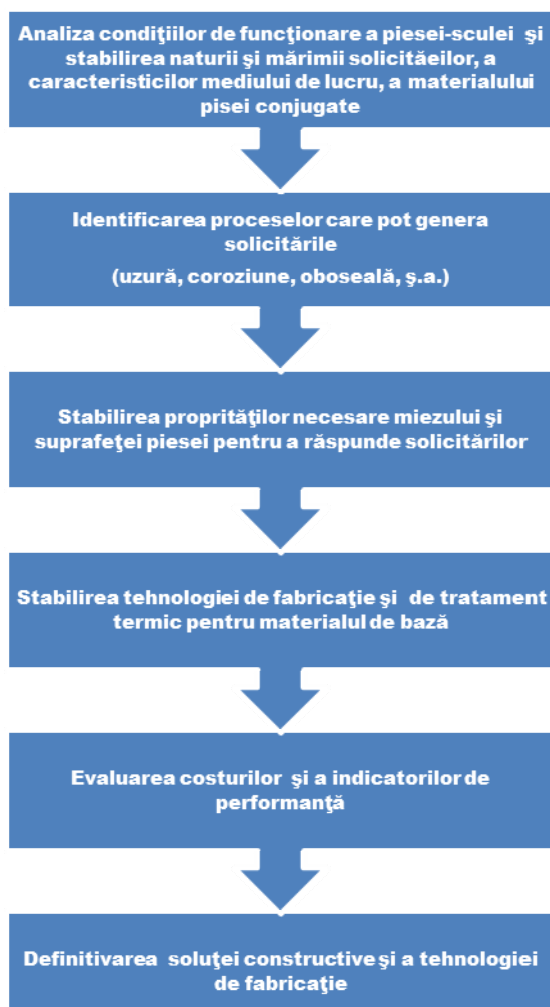


Fig. 1. Succesiunea secvențelor unui proces de proiectare a unui reper dat [27].

4. SOLUȚII TEHNOLOGICE PENTRU ECOPROIECTAREA PROCESELOR ÎN INGINERIA MATERIALELOR METALICE

Identificarea sistematică a diferitelor forme de poluare creează cadrul general necesar pentru organizarea acțiunilor de prevenire și combatere a poluării. Cunoașterea surselor de poluare, monitorizarea și

controlul lor reprezintă un prim pas în reducerea cantității și a toxicității tuturor formelor de poluare având în centrul atenției orientarea către aplicarea producției mai „curate“ și în industria elaborării și procesării materialelor metalice.

Utilizarea unor tehnici și tehnologii mai puțin poluante sau nepoluante, așa-numite tehnologii de proces „curate“ este una dintre soluțiile ingineriei pentru realizarea în condițiile minimizării impactului negativ asupra mediului a producției industriale. O

tehnologie „curată” se bazează pe un procedeu de producție mai puțin poluant, pe un procedeu care reciclează, reintroducând în ciclul de fabricație deșeurile rezultate într-o anumită fază tehnologică, sau pe un procedeu de valorificare a deșeurilor devenite materie primă pentru o producție secundară.

La un procedeu mai puțin poluant investițiile devin productive și cheltuielile de exploatare legate de depoluare fac parte integrantă din procesul de fabricație.

Din punct de vedere economic tehnologiile „curate”, prin lupta împotriva risipei permit realizarea de economii de energie și de materii prime, ceea ce conduce la scurtarea termenelor de recuperare a cheltuielilor de investiție. Tehnologiile „curate” reprezintă un factor de inovație tehnologică, de ameliorare a productivității și a calității produselor și integrând parametrul mediu ambiant face posibilă concilierea între producția industrială și protecția mediului, într-o manieră eficientă și profitabilă economic și ecologic.

În acest context în cele ce urmează sunt prezentate câteva exemple de soluții tehnologice care răspund cerințelor unei producții „mai curate” și criteriilor de ecoproiectare a produselor în ingineria materialelor metalice.

a. Conservarea materiilor prime prin reciclare.

Zgura rezultată din elaborarea oțelului este procesată în mod obișnuit pentru a se îndepărta metalul, care poate fi reciclat ca fier vechi sau ca înlocuitor al minerului. Potențialul de reciclare al pietrișului fin și nămolului rezultat din epurarea gazului primar către fabricile de aglomerare este foarte important. Metodele alternative includ brichetarea pentru reciclarea directă în convertizorul LD, tratarea la temperatură înaltă a nămolului pentru a se îndepărta componenta de bază de zgură înainte de reciclarea în fabrica de aglomerare sau de vânzare în vederea utilizării în fabricarea cimentului și a cărămidilor.

Conținutul ridicat al fierului și carbonului prezente în nămolul rezultat în furnal constituie argumentul major în vederea reciclării însă elementele secundare cum ar fi zincul a necesitat adoptarea unor soluții precum cel dezvoltat de British Steel, care folosește un tratament cu o singură etapă (spre deosebire de câteva alte sisteme disponibile în prezent) având ca rezultat costuri de investiție, exploatare și de energia totală mai scăzută.

Rezultatele au indicat că ZnO din nămol a putut fi redus de la 2,7% la 0,4%, fracțiunea de material recuperat în vederea reciclării, variază între 70% și 80% din cantitatea de particule solide generate. Produsele secundare și reziduurile din elaborarea oțelului în convertizorul electric includ zgurile și praful, rezultate din elaborarea oțelului în convertizorul electric și metalurgia secundară. În funcție de proprie-

tățile specifice, zgura rezultată poate să fie adecvată pentru aplicații similare zgurii rezultate din elaborarea în convertizorul LD, în construcții de drumuri, rambleu de cale ferată sau în construcții maritime și civile specifice.

Prafurile primare și secundare rezultate din elaborarea oțelului inoxidabil sunt reprelucrate (ex. în Suedia se folosește tehnologia cu plasmă). Se produce un aliaj ce conține fier, crom, nichel și molibden, care poate fi refolosit în oțelărie. Procesul poate fi folosit de asemenea pentru a se trata prafuri bogate în plumb și zinc. Energia recuperată din gazul ars poate fi folosită pentru încălzirea locuințelor sau pentru alte utilizări.

Nămolul ce conține țunderul de la laminor poate fi folosit direct în fabrica de aglomerare, superior valorificat printr-o tehnică care poate permite utilizarea țunderului cu conținut mare de ulei printr-un proces de aglomerare cu două straturi care utilizează frontul de flacără cu temperatură înaltă, în interiorul patului de aglomerat pentru a arde uleiuri volatilizate. Uleiurile reziduale de la laminare pot fi folosite drept combustibil rezidual, injectat în furnal, folosit pentru a controla densitatea în vase a cocsului sau folosit ca supresor al prafului, la haldele de cărbune.

b. Folosirea sistemelor tehnologice inelare (ciclice) în locul sistemelor liniare în procesele tehnologice. Pornind de la premiza că în activitățile umane lipsesc cele trei grupe funcționale prezente în ciclurile naturale (producator-consumator-descompunător), care permit conservarea și refacerea capacității de regenerare, se impune asigurarea condițiilor tehnologice pentru trecerea de la sistemele liniare la cele inelare (ciclice închise).

Analiza modalităților de implementare și a efectelor produse se relevă prin exemplificări ale principalelor tendințe în dinamica dezvoltării tehnologice în industria metalurgică actuală.

În prezent se intensifică cercetările pentru dezvoltarea procedurilor de reducere directă a minereurilor de fier cu ajutorul H₂ sau a gazelor reziduale (gaze de sinteză). Procesele metalurgice care decurg la temperaturi înalte cu ajutorul plasmelor sunt considerate ecologic inofensive și permit obținerea metalelor de calitate înaltă, practic fără deșeuri. Așa sunt de asemenea produsele realizate prin sintetizarea unor materiale granulare cu ajutorul laserului sau realizarea lianților prin utilizarea formelor criogene, care folosesc tehnologii de înghețare caracterizate prin consumuri minime și neagresivitate asupra mediului. Pentru îmbunătățirea normelor ecologice și diminuarea costurilor aferente în turnătoriile moderne, aspirația gazelor direct din forme și miezuri oferă o cale importantă și în sensul simplificării instalațiilor de desprăfuire. Absorbția gazelor prin vidare contribuie și la reținerea prafului din aer pe suprafața și în volumul formelor, ca într-un filtru.

Și în cazul tratamentelor termice aplicate în volumul sau numai stratului superficial al produsului dar energofoge și mai ales poluante, se manifestă tendința de abandonare a tehnologiilor clasice efectuate în medii lichide, solide sau gazoase, în favoarea tehnologiilor de tratament în plasmă, cu ajutorul laserului în vid.

Introducerea pe cât posibil a tehnologiilor de tratament termochimic începând din faza lichidă, chiar în sectoarele de elaborare și turnare al aliajelor, sunt susținute de o serie de argumente dintre care amintesc pe următoarele: modifică conceptul de fabricație al unei piese cu strat superficial cementat, simplifică procesul tehnologic datorită eliminării unor operații specifice, reduce consumurile energetice și de feroaliaje, diminuează (până la eliminarea totală) a unor agenți pentru neutralizarea unor substanțe nocive, care se regăsesc în gazele evacuate, în apele uzate sau în nămoluri sedimentare, diminuează emisiile de agenți poluanți.

c. Tehnologii de acoperiri metalice fără reziduri.

Tratamentul de suprafață pe cale chimică și electrochimică în sistem închis (care nu produce reziduri reprezintă un sistem complex de reciclare a tuturor reziduurilor produse, asociat tehnologiei de tratamente de suprafață [1 - 4]. Evitarea producerii reziduurilor cu componenți nocivi (eventual valorificabili) se realizează prin următoarele măsuri tehnice:

- regenerarea continuă a tuturor băilor de proces;
- minimalizarea consumului de apă și reciclarea completă a soluției de procesantrenată în apele de splălare pe piese și pe dispozitive;
- recuperarea materialelor din toate scurgerile de soluție și din rezidurile de filtrare.

Dintre tehnologiile cunoscute, de importanță practică sunt cadmierea fără reziduuri, zincarea fără reziduuri sau nichelarea cu recuperarea integrală a nichelului din apa de splălare. Prin adaptarea corespunzătoare a măsurilor tehnice de concentrare, regenerare, recuperare, recirculare și combinarea lor cu o tehnică de splălare economică, modernă, corelând consumurile de apă de splălare cu pierderile de volum datorate evaporării proprii a băilor de proces, se poate ajunge la un proces, practic, fără reziduuri sau cu un volum de reziduuri foarte mic.

d. Utilizarea schimbătorilor de ioni pentru recuperarea metalelor din ape reziduale industriale.

Tehnologiile care au la bază schimbul ionic pentru recuperarea metalelor din apele reziduale industriale pornesc de la necesitatea că metalele trebuie îndepărtate într-o formă concentrată care să permită recuperarea ulterioară (electochimic, evaporativ etc.), iar apa trebuie purificată până la limitele impuse pentru deversare sau recirculare. Selectarea metodei de separare prin schimb ionic depinde, în principal,

de compoziția soluției ce trebuie tratată și de randamentul de îndepărtare necesar, distingându-se două tipuri de operații: îndepărtarea selectivă a impurificatorilor și demineralizarea.

Perfecționarea tehnicilor și îmbunătățirile aduse materialelor schimbătoare de ioni devin la fel de importante ca și dezvoltarea de noi echipamente hidraulice. Având în vedere acest lucru au fost dezvoltate rășinile „magnetice” schimbătoare de ioni care presupun echipamente foarte simple ca, de exemplu, echipamente în strat fluidizat sau „in-line”. Sistemele în pat fluidizat folosesc numai 25% din cantitatea de rășină necesară instalațiilor clasice de schimb ionic [25]. Unul dintre avantajele importante ale sistemelor care utilizează rasini magnetice schimbătoare de ioni este acela că nu este necesară eliminarea din apa de alimentare a suspensiilor.

Selectivitatea rășinilor schimbătoare de ioni poate fi modificată prin introducerea unor grupări funcționale specifice. În acest mod poate fi realizată separarea ionilor în mediu acid în particular a Cu, Zn, Cd și Pb în forme cationice.

5. CONCLUZII

Lucrarea prezintă în sinteză considerații asupra principiilor ecoproiectării proceselor și/sau produselor pornind de la conceptul de ecodesvoltare sau dezvoltare durabilă în industrie. Este prezentat modul de analiză și tipuri de abordări în proiectarea ecologică, cu exemplificări în selecția unor tehnologii de proces „curate” care profilează direcțiile și tendințele în domeniul ingineriei materialelor metalice.

BIBLIOGRAFIE

- [1] *** *Dezvoltare Durabila* Buletin de documentare Oficiul de informare și documentare pentru mediu Infoterra, 2002 București.
- [2] Ivanoiu, M., Sandu, V. *Dezvoltare durabilă*, Editura Transilvania, Brașov, 2005.
- [3] *** INFOTERA/Oficiul de Informare și documentare pentru mediu, *Legislație și Reglementări de mediu pe plan național, Evidență cronologică și tematică*, 2003.
- [4] Amza, Ghe., *Ecotehnologie*, partea a II-a Editura Printech București 2007.
- [5] Amza, Ghe., *Ecotehnologie*, partea I-a, Editura Printech București 2007.
- [6] Nicolae A. și colab. *Convergențe juridico-ingineresti în dreptul mediului*, Editura Printech, București, 2005.
- [7] Nicolae, M., și colab. *Operaționalizarea unui ecobilanț în industria materialelor feroase*, Editura Printech, București 2008.
- [8] Nica Ghe., Duca Ghe. *Poluarea în industria metalurgică și chimică*, Editura Performantica, Iași 1997.
- [9] Doroftei, S., Dugaciu, N., ș.a. *Poluarea industrială și sănătatea populației expuse* Editura Eurobit 1998, Timișoara..
- [10] Voicu V., *Combaterea noxelor în industrie*, Editura Tehnică, București, 2002.

ECO-PROIECTAREA PROCESELOR ÎN INGINERIA MATERIALELOR

- [11] Varduca A., Moldoveanu A.M., Moldoveanu, G.A. *Poluarea Prevenire și Control*, Editura Matrix, București 2002.
- [12] Ciolac, A., *Elemente Fundamentale de Ecologie și Protecția Mediului*”, Editura Didactică și Pedagogică, București, 2004.
- [13] Lixandru, B., *Ecologie și protecția mediului*, Editura Presa Universală, vol 1 – 2, Timișoara, 1999.
- [14] Negulescu; M. Ș.a. *Protecția mediului înconjurător-manual general*, Editura Tehnică București 1995.
- [15] *** *Revista de Ecologie industrială-Oficiul de informare documentară pentru industrie, cercetare, management*, București 2004, vol.I-II.
- [16] Rojanschi,V., ș.a. *Protecția și ingineria mediului*, Editura Economică , București 2001.
- [17] *** *Sesiunea științifică „Un mediu pentru viitor“*, București, 2003..
- [18] Dumitrescu C și colab. *Metode și tehnici de evaluare și neutralizare a poluanților*, Universitatea „Politehnica” București, 2004.
- [19] Popa V. Corăci C. *Valorificarea deșeurilor metalice*, Editura Tehnică București, 1973.
- [20] Vasilescu, E; Gheorghieș, L; Papadatu C; *Tratarea valorificarea depozitarea și eliminarea deșeurilor toxice și radioactive*, Îndrumar de laborator, Editura Fundației Universitare „Dunărea de Jos” din Galați, 2006.
- [21] *** Metall nr. 6/1997, *Unser Metall Recycling zu 100%*, p.398.
- [22] *** Guide to *Cleaner Technologies Organic Coating Replacements*, SUA Cincinnati, 1994.
- [23] Pralea, J., Sficlea, M., Pop, M., *Materiale ecologice folosite în ecoproiectare*.
- [24] Niac G., Nascu H., *Chimia ecologică*, Editura Dacia, 1998.
- [25] Macoveanu M ș.a. *Procese de schimb ionic în protecția mediului*, Editura Matrix, București, 2002.
- [26] Jiroveanu, M., Oprescu, Șt., *Captarea și epurarea gazelor în industria chimică și metalurgia neferoasă*, Editura Tehnică, București, 1964.
- [27] *** *Tratamente termice si Ingineria suprafețelor nr.2/2002; nr.2-3/2003 ATTIS Bucuresti*.
- [28]*** *Tratamente termice și ingineria suprafeței, nr.1/2002, nr.1-2/2003*.
- [29] Levcovici M.S., Vasilescu E.,Gheorghie; L, *Ingineria suprafețelor*, E.D.P. București, 2003.

Despre autoare

Prof.dr.ing. **Elisabeta VASILESCU**

Universitatea „Dunărea de Jos” din Galați, România

A absolvit Facultatea de Mecanică a „Univesității din Galați, specializarea Turnătorie. Este profesor titular la Universitatea „Dunărea de Jos” din Galați, Facultatea de Inginerie. Membru al Centrului de cercetare „Calitateamaterialelorși a Mediului” al Facultatii de Inginerie, Director de program de studii la Masterat, specializările „*Materiale avansate si Tehnologii inovative*” și „*Dezvoltare durabilă și securitate în industrie*”, în limba engleză. A publicat peste 200 de articole științifice și 10 cărți (manuale didactice, îndrumare de laborator, monografii, capitole de carte in edituri străine), autor/coautor a două brevete de invenție, peste 50 contracte, granturi și proiecte de cercetare științifică în domeniile *Ingineria materialelor și Ingineria mediului*. Este membru în asociații profesionale precum: Asociația Generală a Inginerilor din România (AGIR) afiliată la Federația Europeană a Asociațiilor Naționale a Inginerilor (FEANI) și (FEEA), președinte al Sucursalei Agir Galați (2007- prezent), Societatea Română de Metalurgie SRM (membru fondator, 2000), Societatea de Chimie din România, Societatea de Microscopie Electronică din România (SMER), Asociația Științifică Societatea Română de Biomateriale (SRB), Asociația Română a producătorilor de tablă ROMPLATE afiliată la Uniunea producătorilor de oțel din România, UNIROMSIDER, Asociația de Tratamente Termice și Ingineria Suprafeței. Evaluator ARACIS pentru domeniul *Ingineria materialelor* și Expert tehnic, membru al Corpului Experților tehnici, filiala Galați.