Rezumat

Teza de abilitare prezintă o sinteză a realizărilor științifice, profesionale și academice obținute după susținerea tezei de doctorat „*Contribuții Privind Obținerea Materialelor Compozite Al/Al_2O_3/Gr prin Aliere Mecanică*” și acordarea titlului de doctor în Ingineria Materialelor la Universitatea Politehnica din București în anul 2012. Ulterior, s-a continuat pe o traiectorie de cercetare coerentă și susținută în dezvoltarea, prelucrarea și caracterizarea materialelor avansate pentru aplicații specializate, în special în domeniile electronicii, biomedicinei și tehnologiilor industriale. Tema tezei de abilitare, „***Dezvoltarea și Caracterizarea Materialelor Avansate pentru Aplicații Speciale***”, reflectă continuitatea și integrarea activității științifice în mai multe domenii interconectate: proiectare de noi materiale, metode de obținere, evaluare termodinamică, microstructurală, mecanică și fizico-chimică, precum și testare orientată spre aplicații. Activitatea de cercetare a fost constant aliniată cu programele didactice în domeniul ingineriei materialelor la Facultatea de Știința și Ingineria Materialelor, Universitatea Națională de Știință și Tehnologie Politehnica București, asigurând o sinergie puternică între educație și cercetare.

Teza de abilitare respectă recomandările Consiliului Național de Atestare a Titlurilor, Diplomelor și Certificatelor Universitare (CNATDCU). Prima parte a tezei prezintă o sinteză a realizărilor didactice și științifice acumulate de-a lungul carierei academice, alături de elemente care reflectă vizibilitatea națională și internațională. Această secțiune evidențiază, de asemenea, angajamentul constant pentru perfecționare continuă și dezvoltare profesională în domeniile activităților didactice și de cercetare.

Rezultatele cercetării includ 56 de publicații indexate în Web of Science (din care 51 după după susținerea tezei de doctorat), 21 de lucrări în SCOPUS și alte BDI (din care 17 după după susținerea tezei de doctorat), 7 cărți și 2 capitole în cărți de specialitate, precum și participarea la proiecte de cercetare naționale și internaționale. Contribuțiile au fost recunoscute prin citări (247 în total, WoS + SCOPUS), invitații la conferințe și colaborări cu instituții de prestigiu din România și din străinătate. Participarea activă la programe de pregătire doctorală și postdoctorală, coordonând tineri cercetători și proiecte finanțate european (SMART, SIMBA), evidențiază angajamentul față de educația științifică și mentorat.

Activitatea profesională include publicarea a 4 cărți didactice și 3 îndrumare de laborator și predarea de cursuri de licență și master, integrând conceptele teoretice cu rezultatele cercetării experimentale. Am fost implicat ca membru în echipă a 10 proiecte naţionale şi internaţionale de cercetare-dezvoltare-inovare, şi director a 2 proiecte naţionale, abordând subiecte precum recuperarea materialelor critice, dezvoltarea biomaterialelor metalice, aliajelor cu entropie mare și materialelor metalice pentru aplicații energetice.

Recunoașterea în comunitatea științifică este consolidată prin activitatea de recenzor pentru reviste cu impact ridicat (Elsevier, Wiley, CSIC), participarea în comitete științifice și în comitete de organizare a conferințelor (Conferințele Internaționale RoMAT 2014–2022), precum și prin participarea în mai multe comisii de doctorat.

Teza de abilitare, intitulată „*Dezvoltarea și Caracterizarea Materialelor Avansate pentru Aplicații Speciale*”, este structurată în patru capitole, oferind o prezentare cuprinzătoare a contribuțiilor științifice, profesionale și academice aduse de la finalizarea studiilor doctorale. Lucrarea evidențiază, de asemenea, evoluția carierei și conturează direcții viitoare de cercetare în proiectarea, obținerea și caracterizarea materialelor avansate.

Capitolul 1 – Dezvoltarea și Caracterizarea Compozitelor Metalice pe Bază de Aluminiu prezintă dezvoltarea compozitelor hibride Al/Al_2O_3/Gr fabricate prin metalurgia pulberilor (MP), incluzând alierea mecanică, compactare și sinterizare. Sunt descrise materiile prime, metodele de

prelucrare și tehnicile de caracterizare utilizate. Capitolul analizează evoluția microstructurii, stabilitatea fazelor, comportamentul la densificare (densitate, compactitate, porozitate), proprietățile mecanice (duritate și mecanisme de consolidare) și performanța tribologică (rezistența la uzură). O discuție integrată stabilește relații clare între structură și proprietăți, evidențiind contribuțiile aduse în domeniul compozitelor metalice hibride.

Capitolul 2 – Dezvoltarea și Caracterizarea Aliajelor de Lipit Fără Plumb se concentrează pe aliajele Bi-Sn, Bi-Sn-Sb și Bi-Sn-Ag. Sunt detaliate sinteza aliajelor, măsurătorile termodinamice, caracterizarea chimică și microstructurală, precum și testările fizice și mecanice. Comportamentul termodinamic al sistemului Bi-Sn este examinat, împreună cu evoluția microstructurii și corelațiile proprietăților. Sunt evaluate proprietăți funcționale esențiale, cum ar fi duritatea, conductivitatea termică și conductivitatea electrică. Capitolul se încheie cu o analiză integrată care corelează compoziția chimică, microstructura și proprietățile, evidențiind contribuțiile la dezvoltarea materialelor de lipit performante și ecologice pentru electronică.

Capitolul 3 – Dezvoltarea și Caracterizarea Biomaterialelor Metalice abordează proiectarea și testarea aliajelor Ti-Mo-W, Ni-Cr-Mo și Ni-Cr-Mo-Ta pentru aplicații biomedicale. Sunt prezentate elaborarea aliajelor, pregătirea probelor, caracterizarea structurală și compozițională, testările mecanice și evaluările de coroziune/electrochimice. Corelațiile microstructură - proprietăți sunt analizate pentru fiecare sistem, incluzând comportamentul mecanic, rezistența la coroziune în fluide simulate ale corpului și salivă artificială, și performanța la pasivare. Este descris şi analizat designul factorial complet pentru aliajele Ti-Mo-W în vederea corelării parametrilor de material (Md, Bo şi e/a) cu proprietățile mecanice, demonstrând proiectarea predictivă a aliajelor biocompatibile.

Capitolul 4 – Planuri de evoluție și dezvoltare - Direcții viitoare de cercetare conturează evoluția planificată a cercetării, punând accent pe integrarea designului experimental și computațional al materialelor, modelarea predictivă și inteligența artificială. Sunt incluse dezvoltarea de materiale sustenabile și reciclabile, cercetări suplimentare asupra biomaterialelor metalice și consolidarea colaborărilor internaționale. Capitolul stabilește strategia de cercetare viitoare pentru studierea materialelor avansate în domeniile electronicii, medicinei, energiei și aplicațiilor industriale.

Referințele bibliografice sunt incluse la sfârșitul tezei de abilitare asociate fiecărui capitol abordat.

Rezultatele prezentate în această teză de abilitare demonstrează o contribuție coerentă și de impact semnificativ în Știința și Ingineria Materialelor, integrând cercetarea fundamentală, studiile experimentale aplicate și inovația tehnologică. Rezultatele contribuie la înțelegerea relațiilor compoziție-structură-proprietăți în materiale metalice și compozite și oferă o bază solidă pentru dezvoltări viitoare în electronică, aplicații biomedicale, sisteme energetice și tehnologii industriale sustenabile. Direcțiile viitoare de cercetare urmăresc consolidarea și extinderea expertizei în domeniul materialelor metalice avansate. Activitățile vor continua cu optimizarea aliajelor de lipit și prin studierea mecanismelor de solidificare, a stabilității intermetalice și a comportării la ciclare termică, în paralel cu dezvoltarea unor metode predictive moderne pentru proiectarea compozițiilor. În domeniul CMM-urilor, cercetarea va viza optimizarea proceselor de sinterizare, corelarea microstructurii cu proprietățile tribologice și extinderea tehnologiilor către aplicații la scară industrială. Pentru biomaterialele metalice destinate implanturilor, se vor dezvolta noi compoziții cu modul redus, rezistență la coroziune și suprafețe modificate pentru integrare biologică optimă, introducând totodată teste avansate de tribo-coroziune și modelare bazată pe date. Direcțiile pe termen lung includ integrarea metodelor computaționale și a tehnicilor de învățare automată în proiectarea aliajelor pentru a asigura relevanța aplicativă și creșterea impactului științific.

Abstract

This habilitation thesis presents a synthesis of the scientific, professional, and academic achievements obtained after defending the doctoral thesis "*Contributions on Obtaining $Al/Al_2O_3/Gr$ Composite Materials by Mechanical Alloying*" and the award of the PhD degree in Materials Engineering at the University Politehnica of Bucharest in 2012. Later, it continued a coherent and sustained research trajectory in the development, processing, and characterization of advanced materials for specialized applications, particularly in electronics, biomedicine, and industrial technologies. The theme of the habilitation thesis, "*Development and Characterization of Advanced Materials for Special Applications*" reflects the continuity and integration of scientific work across several interconnected domains: design of new materials, production methods, thermodynamic, microstructural, mechanical and physicochemical evaluation, as well as application-oriented testing. The research activity has been consistently aligned with teaching curricula in the field of materials engineering at the Faculty of Materials Science and Engineering, National University of Science and Technology Politehnica Bucharest, ensuring a strong synergy between education and research.

The habilitation thesis complies with the recommendations of the National Council for the Attestation of University Titles, Diplomas and Certificates (CNATDCU). The first part of the thesis presents a synthesis of the teaching and scientific achievements accumulated throughout the academic career, alongside elements reflecting national and international visibility. This section also highlights the ongoing commitment to continuous learning and professional development in the fields of teaching and research.

The research output includes 56 Web of Science indexed publications (of which 51 after defending the doctoral thesis), 21 SCOPUS and IDB papers (of which 17 after defending the doctoral thesis), 7 books and 2 chapters in specialized books, and participation in both national and international research projects. Contributions have been recognized through citations (247 total, WoS + SCOPUS), invitations to conferences, and collaborations with leading institutions in Romania and abroad. Active participation in doctoral and postdoctoral training programs, coordinating young researchers and European-funded projects (SMART, SIMBA), highlights the commitment to scientific education and mentoring.

Professional activity includes the authorship of 4 educational books and 3 laboratory manuals, and active teaching in undergraduate and postgraduate courses, integrating theoretical concepts with experimental research outcomes. I have been involved as a team member in 10 national and international research-development-innovation projects, and director of 2 national projects, addressing topics such as the recovery of critical materials, metallic biomaterials development, high-entropy alloys, and energy-related metallic systems.

Recognition in the scientific community is reinforced through reviewer activities for high-impact journals (Elsevier, Wiley, CSIC), participation in scientific committees and conference organizing boards (RoMAT International Conferences 2014–2022), and membership in multiple PhD juries.

The habilitation thesis, entitled "*Development and Characterization of Advanced Materials for Special Applications*" is organized into four chapters, providing a comprehensive overview of the scientific, professional, and academic contributions brought since the completion of the doctoral studies. The work also highlights the career development and outlines future research directions in advanced materials design, processing, and characterization.

Chapter 1 – Development and Characterization of Aluminum-Based Metal Matrix Composites presents the development of hybrid $Al/Al_2O_3/Gr$ composites fabricated via powder

metallurgy, including mechanical alloying, compaction, and sintering. It describes the raw materials, processing methods, and characterization techniques used. The chapter analyzes microstructural evolution, phase stability, densification behavior (density, compactness, porosity), mechanical properties (hardness and strengthening mechanisms), and tribological performance (wear resistance). An integrated discussion establishes clear relationships between structure and properties, highlighting contributions made to the field of hybrid metal composites.

Chapter 2 – Development and Characterization of Lead-Free Solder Alloys focuses on Bi-Sn, Bi-Sn-Sb, and Bi-Sn-Ag solder alloys. It details alloy synthesis, thermodynamic measurements, chemical and microstructural characterization, and physical and mechanical testing. The thermodynamic behavior of the Bi-Sn system is examined, alongside microstructural evolution and property correlations. Key functional properties such as hardness, thermal conductivity, and electrical conductivity are evaluated. The chapter concludes with an integrated analysis linking chemical composition, microstructure, and properties, emphasizing contributions to environmentally friendly, high-performance solder materials for electronics.

Chapter 3 – Development and Characterization of Metallic Biomaterials addresses the design and testing of Ti-Mo-W, Ni-Cr-Mo, and Ni-Cr-Mo-Ta alloys for medical applications. It presents alloys elaboration, samples preparation, structural and compositional characterization, mechanical testing, and corrosion/electrochemical evaluation. Microstructure - property correlations are analyzed for each system, including mechanical behavior, corrosion resistance in simulated body fluids and artificial saliva, and passivation performance. The chapter applies full factorial design to Ti-Mo-W alloys to correlate material parameters (Md, Bo and e/a) with mechanical properties, demonstrating the predictive design of biocompatible alloys.

Chapter 4 – Plans of evolution and development - Future Research Directions outlines the planned evolution in research, emphasizing the integration of experimental and computational materials design, predictive modeling, and artificial intelligence. It includes the development of sustainable and recyclable materials, further research on metallic biomaterials, and strengthening of international collaborations. The chapter frames the future research strategy for advancing advanced materials for electronics, medicine, energy, and industrial applications.

Bibliographic references are included at the end of the habilitation thesis associated with each chapter addressed.

The work presented in this habilitation thesis demonstrates a coherent, high-impact contribution to Materials Science and Engineering, integrating fundamental research, applied experimental studies, and technological innovation. The results advance understanding of composition-structure-property relationships in metallic and composite materials and provide a foundation for future developments in electronics, biomedical applications, energy systems, and sustainable industrial technologies. Future research directions aim to strengthen and expand the scientific foundation in advanced metallic materials. Work will continue with the optimization of Bi-Sn based solders by investigating solidification mechanisms, intermetallic stability, and thermal-cycling behavior, complemented by the development of modern predictive tools for alloy design. In the field of MMCs, research will emphasize improved powder-processing routes, tribological performance analysis, and the transition toward industrial-scale applications. For metallic biomaterials, new compositions with reduced elastic modulus, enhanced corrosion resistance, and tailored surface characteristics will be explored, together with advanced tribo-corrosion testing and data-driven modeling. Long-term directions include integrating computational and machine-learning methods into materials development and participating in international research networks to ensure both high scientific impact and strong application-oriented relevance.