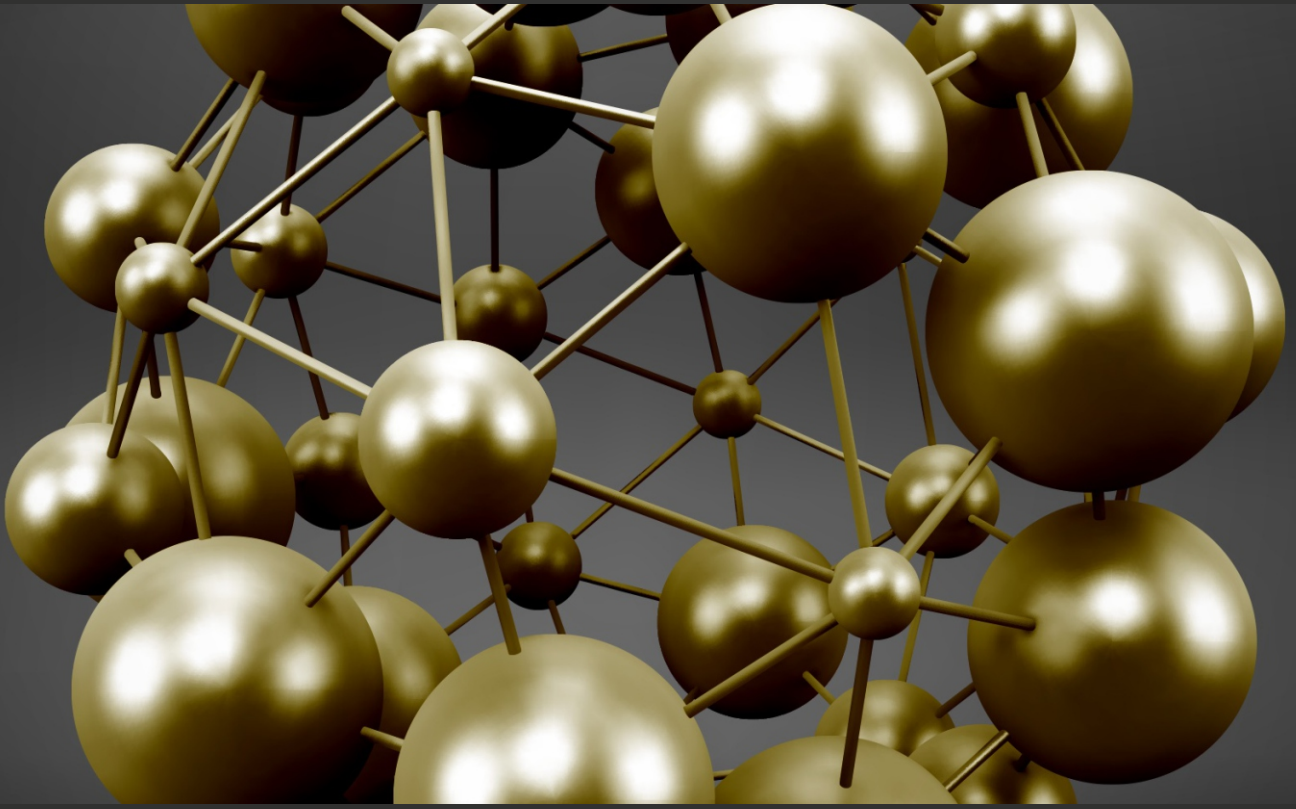


GHEORGHE GURAU



TEZA DE ABILITARE

NANOSTRUCTURAREA METALELOR SI ALIAJELOR
PRIN TORSIUNE LA PRESIUNE INALTA CU VITEZA MARE

2019

ROMÂNIA
MINISTERUL EDUCAȚIEI ȘI CERCETĂRII
UNIVERSITATEA „DUNĂREA DE JOS” DIN GALATI



SCOALA DE INGINERIE

TEZA DE ABILITARE

NANOSTRUCTURAREA METALELOR ȘI ALIAJELOR
PRIN TORSIUNE LA PRESIUNE ÎNALȚĂ CU VITEZĂ MARE
NANOSTRUCTURING OF THE METALS AND ALLOYS BY
HIGH SPEED HIGH PRESSURE TORSION

Conf.dr.ing. GHEORGHE GURAU
Universitatea “Dunarea de Jos” din Galati

Domeniul de doctorat -Ingineria materialelor
Seria AI5 Ingineria Materialelor No 2
GALATI 2019

A. Sumarul tezei

A.1. Rezumat

Teza de abilitare intitulată “**Nanostructurarea materialelor metalice prin torsiune la presiune înaltă cu viteză mare**” prezintă sinteza unor rezultate relevante în activitatea de cercetare desfășurată după susținerea tezei de doctorat “Cercetări cu privire la influența compoziției chimice și a tratamentelor termomecanice asupra structurii și proprietăților bronzurilor cu aluminiu”.

Teza este elaborată conform recomandărilor *Consiliului Național de Atestare a Titlurilor Diplomelor și Certificatelor Universitare* și conform *Regulamentului privind obținerea atestatului de abilitare* la Universitatea Dunărea de jos din Galați.

Prima parte prezintă succint rezultatele obținute de autor în cadrul unor proiecte de cercetare naționale și internaționale (COFUND-ERANET MANUNET III, PN II, PN III-PCCDI), în calitate de director de proiect sau responsabil partener. În partea a doua a tezei de abilitare, pe parcursul a șapte capitole, se prezintă principalele realizări științifice și profesionale, iar în partea a treia sunt planurile de dezvoltare a carierei profesionale. Realizările științifice se bazează pe publicațiile relevante ale autorului în calitate de prim autor, autor corespondent sau coautor și sunt sintetizate pe direcțiile de cercetare relevante în contextul științific actual.

B.1. Nanostructurarea materialelor prin deformare plastică severă, prezintă una dintre cele mai importante direcții de cercetare în ingineria materialelor metalice nanostructurarea în volum fiind, general încadrată, în domeniul tehnicilor de nanostructurare Top-Down.

Materialele metalice cu structură ultrafină devin din ce în ce mai relevante nu doar în context științific ci și în context industrial, prin complexul surprinzător de proprietăți, în general opuse de altfel, de rezistență și plasticitate. Aceste proprietăți cresc simultan și la valori mult mai mari față de cele ale materialelor cu aceeași compoziție chimică dar cu structură micrometrică.

Capitolul *B1* prezintă o vedere de ansamblu asupra nanostructurării materialelor metalice prin deformare plastică severă, o necesară punere în temă, considerând importanța acestui domeniu de cercetare, prin prisma producției științifice reflectată în publicații de mare vizibilitate și nu numai.

B2. Deformarea plastică severă prin torsiune la presiune înaltă cu viteză mare-HSHPT-o nouă metodă de nanostructurare a metalelor și aliajelor greu deformabile, este un capitol în care se prezintă o tehnică nouă de deformare plastică severă (HSHPT- High Speed High Pressure Torsion) dezvoltată la Universitatea *Dunărea de Jos din Galați*, și protejată prin brevetul de invenție RO129900-2015. Metoda, elaborată de autor, apare ca urmare a necesității de a obține structuri ultrafine pe materiale greu deformabile. Bazele acestei tehnologii au fost puse în perioada cercetărilor efectuate în stagiul de pregătire doctorală pe aliaje Cu-Al-Ni, cu conținut ridicat de aluminiu (13%Al). Aceste aliaje fac parte din categoria aliajelor cu memoria formei și datorită conținutului mare de aluminiu sunt deosebit de fragile, practic nu se deformează plastic.

În plus față de posibilitatea deformării plastice severe a aliajelor greu deformabile, tehnologia HSHPT este capabilă să producă forme cave cu pereți subțiri și dimensiuni care nu pot fi atinse în procedeele de torsiune la presiune înaltă clasice.

În capitolul **B2** sunt descrise etapele dezvoltării conceptului HSHPT, principiul de funcționare și construcția prototipului. Pentru că este o tehnologie care implică controlul mai multor parametri (temperatură, tensiune, grad de deformare, viteză de deformare) s-a considerat oportun să se prezinte și rezultatele modelării matematice a procesului (**B3**). Simularea cu elemente finite permite o mai eficientă proiectare a tehnologiei SPD pentru o formă dată și un aliaj dat pentru că elimină o sumă de experimente practice necesare particularizării parametrilor de proces.

Începând cu capitolul **B4** și terminând cu capitolul **B7** se prezintă abordări specifice cu privire la obținerea de structuri nanometrice cu ajutorul tehnologiei HSHPT pe diferite clase de aliaje, prin prisma rezultatelor comunicate și acceptate de comunitatea științifică.

Aliajele Ni-Ti ocupă astăzi una dintre primele poziții în cercetarea științifică fiind aliajul cu memoria formei cu cele mai multe aplicații, de la medicină la ingineria aerospațială. Aliajele nanostructurate în laboratoarele UDJG au fost investigate în universități de prestigiu printre care se numără și Universitatea Nova din Lisabona. Investigațiile avansate cu

tehnologii de ultimă generație (TEM, SEM, DSC, XRD, Sincrotron) au scos în evidență o caracteristică unică a tehnologiei HSHPT și anume stabilitatea fazelor aliajelor procesate. Aceasta înseamnă că spre deosebire de celelalte tehnologii SPD aliajele cu memoria formei își păstrează funcționalitatea și nu mai este nevoie de un tratament post deformare plastică severă (PDA). Capitolul **B5** prezintă obținerea de nanostructuri metalice pe un aliaj cu memoria formei Fe-Mn-Si-Cr numit și oțel cu memoria formei. În colaborare cu Universitatea tehnică *Gheorghe Asachi* din Iași și cu firma R&D Consulting care a elaborat materialul și beneficiind totodată de suportul unui grant de cercetare național, s-au obținut module active cu pereți subțiri și formă tronconică pentru un sistem adaptiv de preluare a jocurilor în lagărele cu rulmenți. Utilitatea tehnologiei a fost confirmată și de testele de încercare la oboseală care au arătat că modulele pot funcționa la milioane de cicluri de încărcare descărcare. Capitolul **B6** prezintă rezultate obținute prin nanostructurarea unor oțeluri de tip HSLA, oțelul rămânând materialul cel mai folosit în inginerie. O altă performanță a tehnologiei HSHPT este aceea că permite fabricare de compozite metalice cu structură ultrafină. Dintre compozitele obținute, în capitolul **B7**, se prezintă compozitele multistrat Cu-Al, NiTi-NiFeGa și compozitele multistrat NiTi-NiTi. Pe acest din urmă compozit s-a obținut o structură cu 24 de straturi, rezultat care nu a fost comunicat încă de un alt grup de cercetători.

În final partea a treia a tezei de abilitare este dedicată planurilor de dezvoltare a carierei profesionale. Cercetarea științifică viitoare are stabilită câteva direcții principale care se orientează către nanostructurarea materialelor din clasa *Gum Alloy* dar și spre obținerea de materiale compozite din materiale metalice cu proprietăți mult diferite. Planurile de dezvoltare în carieră au în vedere direcții noi de cercetare, accesarea de granturi care să ofere suport pentru cercetările viitoare dar și promovarea pe o poziție academică superioară.

A.2. Abstract

The habilitation thesis entitled “Nanostructuring of metals and alloys by high speed high pressure torsion” presents the most relevant results from the research activity since the defence of the doctoral dissertation „Research concerning the influence of chemical composition and thermomechanical treatments on the structure and properties of aluminium bronzes”.

The habilitation thesis has been elaborated in compliance with the requirements of the *National Council for Attesting Titles, Diplomas and Certificates (C.N.A.T.D.C.U.)* and accordingly with the *Regulation regarding the obtaining of the certificate of habilitation* of the “Dunărea de Jos University of Galați.

The first part presents briefly the results obtained by the author, as project manager or partner responsible, in national and international research projects (COFUND-ERANET MANUNET III, PN II, PN III-PCCDI). In the second part of the thesis are presented, into seven chapters, the main scientific and professional achievements. Finally, the third part presents the directions and strategies for academic and scientific development. The scientific achievements obtained in the research (carried out in nanostructured smart material field) are based on the relevant publications as first author, correspondent author or co-author. The results are summarized on the relevant research directions in the current scientific context.

B.1. Nanostructuring of materials by severe plastic deformation represents one of the most important research direction in engineering of nanostructured bulk metallic materials, generally framed in the field of the Top-Down nanotechnologies. Metallic materials with ultra-fine structures are becoming more and more significant not only in the scientific context but also in the industrial context. Materials science and engineering has experienced a tremendous development in the field of ultra-fine grain structures with surprising complex of properties. The resistance and plasticity, otherwise opposed properties, increase simultaneously and at much higher values when the grain size is reduced to the nanoscale. Chapter B1 addresses the overview issue of the nanostructure of metallic materials by severe plastic deformation, a necessary focus, considering the importance of this field of research,

from the point of view of the scientific area, mainly reflected in high visibility publications, but not only.

B2. *Severe plastic deformation by High Speed High Pressure Torsion (HSHPT) - a novel method for nanostructuring of the difficult to deform metals and alloys*, is a chapter that describes a new technique for severe plastic deformation, entitled *High Speed High Pressure Torsion-HSHPT*, developed at “Dunărea de Jos” University of Galați, and protected by the patent RO129900-2015. The method, designed by the author, resolve the problem to obtain ultrafine structures on difficult to deform metals. The bases of this technology were laid during the research carried out during the doctoral training period on Cu-Al-Ni alloys with high aluminium content (13% Al). These alloys belong to the class of shape memory alloys. Due to the high aluminium content, these very brittle alloys are considered non-deformable. In addition HSHPT technology is capable of producing shells and larger discs that cannot be achieved in conventional high pressure torsion (HPT) processes.

Chapter B2 describes the stages of developing the HSHPT concept, the operating principle and the construction of the prototype. Because it is a technology that involves the control of several parameters (temperature, voltage, degree of deformation, deformation speed), it was considered appropriate to present the FEA analysis of the process (Chapter **B3**). Finite element simulation allowing a more efficient design of SPD technology for a given form and a specific alloy composition, because it eliminates a number of practical experiments needed to customize the process parameters.

Starting with chapter **B4** and ending with chapter **B7**, specific approaches are presented regarding nanometric structures using HSHPT technology on different classes of alloys, based on the results communicated and accepted by the scientific community.

Equiatomic Ni–Ti alloys, besides exhibiting unique shape memory effect (SME) and superelasticity (SE), also possess a rare combination of the damping behavior, abrasion resistance, corrosion resistance, and biocompatibility placing them in a prominent arena of applications ranging from aerospace to medical appliances. The nanostructured Ni-Ti alloys severe plastic deformed in UDJG laboratories, have been investigated in prestigious universities such as Nova University from Lisbon. Advanced investigations with state-of-the-art technologies (TEM, SEM, DSC, XRD and Synchrotron) have revealed a unique feature of HSHPT technology, namely the stability of the phases in the HSHPT’ed alloys.