



*UNIVERSITATEA DIN PITEȘTI*

## **TEZA DE ABILITARE**

### **REZUMAT**

***DEZVOLTAREA PROCESELOR DE SUDARE PRIN FRECARÉ CU ELEMENT  
ACTIV ROTITOR, PROCESELOR DE DEFORMARE PLASTICĂ VOLUMICĂ LA  
RECE ȘI A ECHIPAMENTELOR TEHNOLOGICE***

**DEVELOPMENT OF FRICTION STIR WELDING PROCESSES, OF COLD  
PLASTIC DEFORMATION PROCESSES, AND OF TECHNOLOGICAL DEVICES**

**DOMENIUL: INGINERIE INDUSTRIALĂ**

**Autor:**

**CONF DR. ING. DANIELA-MONICA IORDACHE**

**Facultatea de Mecanică și Tehnologie**

**Universitatea din Pitești**

**- 2021 -**

## Rezumat

Teza de abilitare prezintă sintetic activitatea academică, profesională și de cercetare din perioada 2008-2020, după susținerea tezei de doctorat cu titlul „Contribuții cu privire la simularea proceselor de deformare plastică la rece a tablelor”, teză de doctorat ce a fost elaborată în cotutelă (Universitatea din Pitești și Universitatea Paul Verlaine din Metz, Franța) sub îndrumarea prof. univ. dr. ing. Ungureanu Ion și a prof. univ. dr. ing. Ferron Gerard, susținută în septembrie 2007 în domeniul Inginerie Industrială.

Teza de abilitare „*Dezvoltarea proceselor de sudare prin frecare cu element activ rotitor, de deformare plastică volumică la rece și a echipamentelor tehnologice*” se încadrează în domeniul ingineriei industriale și este structurată în patru părți, al căror conținut este prezentat sintetic în cele ce urmează.

**Partea I**, prezintă activitățile și rezultatele științifice, profesionale și academice din perioada 2008-2020. În această parte sunt prezentate sintetic principalele activități de cercetare, didactice și de management universitar, evidențiindu-se capacitatea de a organiza și desfășura activități didactice și de management universitar, cât și capacitatea de a coordona echipe de cercetare.

**Partea a II-a**, prezintă principalele rezultate ale activității de cercetare științifică realizate după finalizarea tezei de doctorat. Această parte este structurată în trei capitole asociate celor trei direcții de cercetare ce au fost dezvoltate în perioada imediat următoare susținerii tezei de doctorat.

**Capitolul 1**, *Dezvoltarea procesului de sudare prin frecare cu element activ rotitor (Friction Stir Welding-FSW)*, prezintă rezultatele cercetărilor realizate care au început în anul 2014 în cadrul proiectului de cercetare național „*Tehnologii inovative, ecologice și eficiente de îmbinare a materialelor metalice și polimerice folosite în industria de automobile, utilizand tehnica de sudare prin frecare cu element activ rotitor, INOVA-FSW*” și continuate până în prezent în cadrul proiectului de cercetare internațional „*Modélisation et simulation numérique du processus de soudage par friction malaxage-FSW*” aflat în desfășurare. Obiectivul general al cercetărilor a constat în dezvoltarea procesului de sudare prin frecare cu element activ rotitor prin caracterizarea experimentală a îmbinărilor și elaborarea de modele numerice pentru simularea procesului, în vederea îmbunătățirii tehnologiei de sudare. Pentru atingerea obiectivului propus a fost cercetată îmbinarea prin sudare cu element activ rotitor a următoarelor structuri și materiale: îmbinare cap la cap, materiale diferite Cu-Al, procedeul FSW; îmbinare cap la cap, materiale din Cu, prin procedeele FSW și FSW asistat TIG și îmbinare suprapusă, materiale diferite din Al, procedeul FSW. Rezultatele activităților de cercetare realizate în această direcție pun la dispoziția cercetătorilor și proiectanților de tehnologii recomandări concrete privind îmbinarea FSW a structurilor din diferite materiale, dificil de îmbinat prin alte tehnologii și modele numerice pentru cercetarea și dezvoltarea procesului FSW și FSW asistat TIG. Aceste rezultate au fost publicate în 22 de lucrări științifice.

**Capitolul 2**, *Dezvoltarea proceselor de prelucrare prin deformare plastică volumică la rece cu ajutorul modelării și simulării* prezintă rezultatele activităților de cercetare care au început în anul 2009 în cadrul proiectului de cercetare național „*Modelarea analitică și numerică a proceselor de prelucrare prin deformare plastică volumică la rece a profilurilor complexe*” și a proiectului internațional „*Characterisation experimentale et modelisation numérique du roulage des profils complexes*”. Obiectivul general al cercetărilor a constat în dezvoltarea procesului de prelucrare prin deformare plastică volumică la rece prin realizarea modelelor numerice în vederea simulării proceselor de deformare care să permită îmbunătățirea tehnologiilor de deformare plastică la rece. Pentru atingerea acestui obiectiv s-au realizat modele numerice valide pentru trei procedeele reprezentative de deformare plastică volumică la rece: rularea radială cu două scule rolă, rularea cu scule cremalieră, rularea prin lovire intermitentă. Acest lucru a constat în construirea și analizarea mai multor modele numerice în legătură cu care s-au stabilit: modul de discretizare și lungimea optimă a semifabricatului, legea de comportament a materialului și datele de intrare. Validarea modelelor numerice s-a realizat prin compararea rezultatelor obținute prin simulare cu cele rezultate experimental, în legătură cu: precizia geometrică a profilului, variația forței de rulare, nivelul deformațiilor echivalente la finalul procesului (pe baza căruia poate fi estimat nivelul

microdurateții din stratul deformat), tensiunile remanente superficiale din flancul profilului. Odată validat modelul numeric, acesta a permis studierea aprofundată s-a aprofundat studierea, prin simulare numerică, a procesului prin prisma evoluției forțelor de rulare și al caracteristicilor materialului deformat în zona profilului și, în final, s-au îmbunătățit procese considerate. Rezultatele cercetărilor efectuate pot fi utile cercetătorilor și proiectanților de tehnologii fiind publicate în 29 lucrări științifice și au fost obținute două brevete de invenție.

**Capitolul 3, Dezvoltarea de echipamente tehnologice**, prezintă rezultatele activităților de cercetare care au început în anul 2007 odată cu implicarea UPit în derularea proiectului de cercetare național „Metode, procedee performante și aplicații tehnologice privind integrarea de noi materiale în dezvoltarea conceptuală a componentelor modulare, multifuncționale și de înaltă precizie utilizate în cadrul sistemelor integrate de prelucrare”. Cercetările teoretice, experimentale și aplicațiile industriale realizate au avut ca obiectiv dezvoltarea unor metode, dispozitive, echipamente și sisteme de prelucrare cu performanțe tehnico-economice și flexibilitate ridicate, capabile să se adapteze rapid și eficient la modificările și cerințele care apar în ingineria fabricației. Prin cercetările realizate în ultimii 13 ani în acest domeniu au fost aduse mai multe contribuții la dezvoltarea echipamentelor tehnologice: dezvoltarea metodei și algoritmului de proiectare-optimizare a construcției dispozitivelor, dezvoltarea unei metode combinate de optimizare a proceselor și echipamentelor tehnologice, dezvoltarea de noi structuri modulare care să permită configurarea și reconfigurarea optimă a capetelor multiax reglabile, s-au adus contribuții privind integrarea organologică și funcțională a capetelor multiax reglabile în structura sistemelor tehnologice complexe de prelucrare cu multiscule, s-a dezvoltat o procedură generală de realizare a Dispozitivului Modular pentru Prelucrarea Multiax a Găurilor (DMPMG) și o metodologie de realizare a Sistemului modular reglabil de ghidare a sculelor (SMRGS). Rezultatele cercetărilor au fost publicate în 14 lucrări științifice și 2 soluții constructive au fost brevetate. Aceste rezultate pun la dispoziția proiectanților de echipamente tehnologice soluții raționale pentru dezvoltarea construcției dispozitivelor de prelucrare, asamblare și control, modernizarea mașinilor-unelte universale și a echipamentului tehnologic în general.

**Partea a III-a, Plan de dezvoltare a activității academice, științifice și profesionale**, cuprinde principalele direcții de acțiune pentru dezvoltarea carierei universitare.

**Partea a IV-a, Referințe bibliografice**, sunt prezentate titluri de lucrări din literatura de specialitate care au stat la baza cercetărilor efectuate și titlurile propriilor lucrări științifice și studii publicate.

## Abstract

The habilitation thesis summarizes the academic, professional and research activity from 2008-2020, after the doctoral thesis entitled "*Contributions on the simulation of the cold plastic deformation of sheets*", doctoral thesis that was developed in cotutelle (University of Pitești and Paul Verlaine University of Metz, France) under the supervision of Prof PhD Eng Ungureanu Ion and Prof PhD Eng Ferron Gerard, done in September 2007 in the field of Industrial Engineering.

The habilitation thesis "*Development of friction stir welding process, cold plastic volume deformation and technological equipment*" are into the field of industrial engineering and is structured in four parts, the content of which is summarized below.

Part I, presents the activities and scientific, professional and academic results from 2008–2020. This part summarizes the main research, teaching and university management activities, highlighting the ability to organize and perform teaching and university management activities, as well as the ability to lead research teams.

Part II, presents the main results of the scientific research activity performed after the completion of the doctoral thesis. This part is structured in three chapters associated with the three research directions that were developed in the next period of the doctoral thesis.

Chapter 1, *Development of the process of friction stir welding* (Friction Stir Welding-FSW), presents the results of research conducted in 2014 in the national research project "*Innovative, environmentally friendly and efficient technologies for joining metallic materials and used in the automobile industry, using the technique of friction stir welding, INOVA-FSW*" and continued so far in the international research project "*Modélisation et simulation numérique du processus de soudage par friction malaxage-FSW*" in progress. The general objective of the research was to develop the process of friction stir welding by experimental characterization of joints and development of numerical models to simulate the process, to improve welding technology. To achieve this goal, the friction stir welding of the following structures and materials was researched: butt joint, different Cu-Al materials, FSW process; butt joint, Cu materials, by FSW and FSW assisted TIG processes and superimposed joint, different Al materials, FSW process. The results of the research activities performed in this direction provide researchers and technology designers with concrete recommendations on the joining of FSW structures of different materials, difficult to combine with other technologies and numerical models for research and development of FSW and TIG assisted FSW. These results have been published in 22 scientific papers.

Chapter 2, *Development of cold volumetric plastic deformation processes using modeling and simulation* presents the results of research activities that began in 2009 in the national research project "*Analytical and numerical modeling of cold plastic deformation processing processes of complex profiles*" and of the international project "*Experimental characterization and numerical modeling of the rolling of complex profiles*". The general objective of the research consisted in the development of the processing process by cold volumetric plastic deformation by realizing numerical models to simulate the deformation processes that would allow the improvement of cold plastic deformation technologies. To achieve this objective, numerical models valid for three representative processes of cold volumetric plastic deformation were made: radial rolling with two roller tools, rolling with rack tools, rolling by intermittent striking. This consisted of constructing and analyzing several numerical models in connection with what was established: the mode of discretization and the optimal length of the blank, the rule of behavior of the material and the input data. Validation of numerical models was performed by comparing the results obtained by simulation with those obtained experimentally, in connection with: geometric precision of the profile, variation of rolling force, level of equivalent deformations at the end of the process (based on which the level of microdurty in the deformed layer can be estimated), surface residual stresses in the side of the profile. Once the numerical model was validated, it allowed the in-depth study

to deepen the study, by numerical simulation, of the process through the evolution of rolling forces and the characteristics of the deformed material in the profile area and, finally, the considered processes were improved. The results of the research can be useful to researchers and technology designers, being published in 29 scientific papers and three patents have been obtained.

Chapter 3, *Development of technological equipment*, presents the results of research activities that began in 2007 with the involvement of UPIT in the national research project "Methods, advanced procedures and technological applications for integrating new materials in the conceptual development of modular, multifunctional components and high precision used in integrated processing systems." Theoretical, experimental research and industrial applications aimed at developing methods, devices, equipment and processing systems with high technical and economic performance and flexibility, able to adapt quickly and efficiently to changes and requirements in manufacturing engineering. Through research performed in the last 13 years in this field, several contributions were made to the development of technological equipment: development of the method and algorithm for design-optimization of device construction, the development of a combined method of optimization of processes and technological equipment, development of new modular structures to allow the optimal configuration and reconfiguration of the adjustable multiaxis heads, contributions were made regarding the functional integration of the adjustable multiaxis heads in the structure of complex technological systems with multitool processing, a general procedure for developing the Modular Multiaxis Processing Device was developed. Holes (DMPMG) and a methodology for the implementation of the Adjustable Modular Tool Guide System (SMRGS). The research results were published in 14 scientific papers and two constructive solutions were patented. These results provide technological equipment designers with rational solutions for developing the construction of processing, assembly and control devices, the modernization of universal machine tools and technological equipment in general.

Part III, *Plan for developing academic, scientific and professional activities*, includes the main directions of action for developing the university career.

Part IV, *References*, are presented titles of papers from the literature that were the basis of the research conducted and the titles of their own scientific papers and published studies.