



**ULBS**

Universitatea "Lucian Blaga" din Sibiu

## TEZĂ DE ABILITARE

***Studii și cercetări privind deformabilitatea  
materialelor metalice***

Prof. dr. ing. Sever-Gabriel RACZ

Sibiu, 2016

---

## REZUMAT

Sinteza rezultatelor relevante ale activităților didactice, științifice și profesionale prezentate în teza de abilitare, obținute în perioada 2002-2016, după obținerea titlului de doctor inginer în domeniul Inginerie Industrială la Universitatea "Lucian Blaga" din Sibiu, reprezintă un argument pentru obținerea calității de conducător de doctorat.

Lucrarea este structurată, conform ghidului de elaborare al tezelor de abilitare, în două părți, astfel: prima parte este destinată prezentării unor rezultate ale celor mai relevante cercetări efectuate în această perioadă, iar în cea de-a doua parte este prezentat planul de evoluție și dezvoltare al carierei didactice, științifice și profesionale și referințele bibliografice.

Capitolul întâi al lucrării prezintă câteva noțiuni introductive referitoare la domeniul deformabilității tablelor metalice. Deformabilitatea tablelor metalice reprezintă capacitatea acestora de a se deforma plastic pentru a lua o anumită formă fără apariția defectelor. Sunt prezentate succesiv aspecte privind principalii factori de influență ai deformabilității tablelor metalice, precum și metode teoretice și experimentale utilizate pentru aprecierea deformabilității tablelor metalice. Sunt evidențiate avantajele și dezavantajele metodelor de determinare ale deformabilității și importanța evaluării corecte și precise a capacității de deformare a materialelor metalice. Pe baza acestor determinări sunt formulate criteriile de fezabilitate a realizării pieselor, prin anumite procedee de deformare plastică, fără apariția defectelor, utilizate în simularea numerică prin metoda elementelor finite. De asemenea, sunt prezentate avantajele utilizării metodei elementelor finite la simularea proceselor de deformare plastică și principalii factori de care depinde calitatea rezultatelor obținute.

În cel de-al doilea capitol sunt prezentate rezultatele obținute în direcția implementării unor modele de comportare elasto-plastică ale tablelor metalice în programele de analiză prin metoda elementelor finite. Implementarea s-a realizat pentru diferite tipuri de legi de ecruisare, izotrope, cinematice sau combinate, respectiv criteriile de curgere izotrope sau anizotrope. Modelele au fost implementate în programele de analiză cu elemente finite Abaqus/Explicit și PamStamp. Validarea experimentală a rezultatelor a fost realizată prin simularea numerică și testarea experimentală a unor teste reologice, monotone și secvențiale, respectiv pentru diferite forme de piese ambutisate. Cercetările au fost realizate în cadrul bursei post-doctorale Marie Curie

desfășurată la ARCELOR R&D, Laboratoire d'Etudes et de Développement des Produits Plats - LEDEPP, Florange, Franța.

Cel de-al treilea capitol al tezei de abilitare este destinat prezentării rezultatelor obținute în studiul arcurii pieselor deformate plastic prin utilizarea testului de îndoire sub tensiune. În urma proceselor de deformare plastică a tablelor metalice, în special a celor de îndoire, are loc un proces de arcuire a piesei și modificarea geometriei față de cea dorită. Acest lucru conduce la dificultăți în operațiile ulterioare, de obicei de asamblare, și la o calitate necorespunzătoare a piesei. Testul de îndoire cu tensionarea epruvetei a fost utilizat inițial pentru determinarea condițiilor tribologice în procesele de deformarea plastică iar ulterior adoptat ca test pentru determinarea arcurii. Cercetările efectuate au vizat determinarea influenței unor parametri fizico-mecanici ai materialului și a parametrilor geometrici ai sculelor de deformare asupra arcurii. Cercetările s-au desfășurat prin simulare numerică prin metoda elementelor finite, utilizând elemente de tip "shell" respectiv "solid". Au fost analizate, de asemenea, influența tipului și dimensiunilor elementelor finite, modul de discretizare și de rafinare a rețelei de elemente finite asupra preciziei rezultatelor obținute la simularea numerică prin metoda elementelor finite a proceselor de îndoire cu tensionarea epruvetei. Cercetările au fost efectuate pentru oțeluri avansate cu rezistență ridicată cu grosimi de  $1,2 \div 4$  mm, utilizate în ultimul timp la fabricarea elementelor de rezistență a caroseriilor auto. Cercetările au fost realizate împreună cu colegii de la Ecole Nationale Supérieure d'Arts et Métiers de Metz, Franța, Laboratoire d'Etude des Microstructures et Mécanique des Matériaux.

Capitolul patru cuprinde cercetările efectuate în cadrul Centrului de Studii și Cercetări pentru Deformări Plastice de la Universitatea "Lucian Blaga" din Sibiu, cercetări referitoare la optimizarea structurală prin metoda elementelor finite a preselor mecanice cu excentric. Acestea au constat în minimizarea unei funcții obiectiv (volumul elementelor de structură ale mașinii), prin modificarea unor parametri geometrici și funcționali ai mașinii (dimensiuni ale secțiunilor transversale pentru diferite elemente de structură, lungimea sau poziția cursei), cu respectarea condițiilor de rezistență și rigiditate (tensiunile maxime din elementele mașinii și deplasările elementelor de structură), la solicitarea maximă a mașinii.

În capitolul cinci sunt prezentate câteva standuri experimentale realizate în colaborare cu membri echipelor de cercetare, utilizate pentru efectuarea unor teste simulative pentru diferite încercări mecanice sau procese de prelucrare prin deformare

plastică a tablelor metalice. Au fost realizate două standuri modulare pentru efectuarea unor teste de ambutisare pentru diferite forme de piese respectiv determinarea curbelor limită de deformare. Unul dintre standuri se află în dotarea Centrului de Studii și Cercetări pentru Deformări Plastice de la Universitatea "Lucian Blaga" din Sibiu iar cel de-al doilea la Laboratoire d'Etude des Microstructures et Mécanique des Matériaux, Ecole Nationale Supérieure d'Arts et Métiers de Metz, Franța. Construcția celor două standuri este diferită prin natura acționării și a forței maxime de încărcare. De asemenea, este prezentat standul experimental pentru efectuarea încercărilor de întindere sub tensiune, la care a fost proiectat și realizat dispozitivul modular de îndoire. Capitolul se încheie cu prezentarea standului de hidroformare a tablelor metalice subțiri.

Ce-a de-a doua parte a tezei cuprinde prezentarea evoluției carierei profesionale, științifice și academice precum și planul de dezvoltare al acesteia în domeniul Ingineriei Industriale. Lucrarea se încheie prin specificarea bibliografiei proprii și a celei utilizate pentru realizarea cercetărilor științifice prezentate în teza de abilitare.

## ABSTRACT

The synthesis of the relevant didactic, scientific and professional activities, presented in the habilitation thesis, obtained during 2002-2006, after obtaining the scientific doctor title in Industrial Engineering field at “Lucian Blaga” University of Sibiu, represents an argument for becoming a doctoral advisor.

The thesis is structured, according to the guide of elaborating habilitation theses in two parts: the first one is oriented to the presentation of the results of the most relevant researches unfolded during the above mentioned period and the second one presents the didactic, scientific and professional career evolution and development plan, together with the bibliographic references.

The first chapter of the thesis presents some introductory notions regarding the metal sheets formability field. The formability of the metal sheets represent their ability to be plastically deformed in order to take a certain shape, without any defects. Aspects regarding the main influence factors upon the formability are successively presented, together with the theoretical and experimental methods for assessing the formability. The advantages and drawbacks of the methods for determining the formability are presented together with the importance of the fair and accurate assessment of the forming capacity of metallic materials. Based upon these determinations, feasibility criteria for manufacturing the parts by means certain of plastic deformation processes, without defects, which are used in finite elements methods numeric simulations are formulated. The advantages of using the finite elements method in simulating the plastic deformations processes are also presented, together with the main factors which influence the reliability of the obtained results.

In the second chapter the results obtained by implementing some models of elastic-plastic behavior of the metal sheets in the finite elements analysis software packages are presented. The implementation was made for different types of hardening laws, isotropic, kinematic or combined, respectively isotropic or anisotropic flow criteria. The models were implemented in the Abaqus/Explicit and PamStamp finite elements analysis software packages. The experimental validation of the results was realized by numeric simulation and experimental testing of some rheological, monotonic and sequential tests, for different shapes of parts processed by deep-drawing. The researches were unfolded at ARCELOR R&D, Laboratoire d’Etudes et de

Développement des Produits Plats - LEDEPP, Florange, France in frame of a post-doctoral Marie Curie scholarship.

The third chapter of the habilitation thesis presents the results obtained during the studies regarding the springback of the parts processed by plastic deformation by using the bending under tension test. Following the plastic deformation processes of the metal sheets, especially the bending ones, a springback and geometry alteration process of the part occurs. This process leads to difficulties during the next processing operations, mainly assembling and to an improper quality of the part. The bending under tension test was initially used to determine the tribology conditions during plastic deformation processes and subsequently adopted as springback assessment test. The researches were oriented to the determination of the influence of some physical and mechanic parameters and of the geometric parameters of forming tools upon the springback. The researches were performed by means of numeric simulation by finite elements method using "shell" respectively "solid" elements. The influence of the type and dimension of the finite elements, the mesh discretization and refining mode upon the accuracy of the results of numeric simulation by finite elements method of bending under tension were also analyzed. The researches were performed for advanced high strength steels, of 1,2÷4 mm thickness, used lately for manufacturing the elements for cars bodies. The researches were unfolded together with the colleagues from Ecole Nationale Supérieure d'Arts et Métiers de Metz, France, Laboratoire d'Etude des Microstructures et Mécanique des Matériaux.

The fourth chapter presents the researches unfolded at the Metal Forming Research Centre within the "Lucian Blaga" University of Sibiu, regarding the structural optimization of mechanical eccentric presses by finite elements method. The researches consisted in the minimization of an objective function (the volume of the structural elements of the machine) by modifying some geometric and functional parameters of the machine (dimensions of the transversal sections for different structural elements, length and position of the stroke), respecting the strength and stiffness conditions (the maximum stress and the displacements within the structural elements of the machine) at maximum load of the machine.

In the fifth chapter of the thesis some experimental layouts realized in collaboration with the members of research teams, used for experimental researches for various simulative tests for different mechanical tests of plastic deformation processes of metal sheets are presented. Two modular layouts for deep-drawing tests for different

shapes of the parts, respectively for the determination of the forming limit curves were built. The first layout is in endowment of the Metal Forming Research Centre within “Lucian Blaga” University of Sibiu and the second one at the Laboratoire d’Etude des Microstructures et Mécanique des Matériaux, Ecole Nationale Supérieure d’Arts et Métiers de Metz, France. The structure of the two layouts differs by the nature of the driving system and the maximum loading force. The experimental layout for bending under tension tests, where the bending modular device was designed is also presented. The chapter ends with the presentations of the layout for metal sheets hydroforming.

The second part of the thesis presents the evolution of the professional, scientific and academic career of the author, together with its development plan in the Industrial Engineering field. The work concludes by specifying the own bibliographic references and the ones used for the scientific researches presented in the habilitation thesis.