

REZUMAT

Teza de abilitare prezintă realizările științifice ale autorului din perioada 2001–2015 în domeniul metodelor optice de analiză a deformațiilor și tensiunilor cu aplicație în mecanica solidului deformabil. În perioada menționată, interesul profesional și științific al autorului tezei a fost concentrat în principal în dezvoltarea de noi aplicații și îmbunătățirea și aplicarea diverselor metode experimentale, cercetările incluzând și numeroase validări analitice și numerice.

Activitatea didactică și de cercetare a autorului în domeniul rezistenței materialelor și a metodelor experimentale în mecanica solidului a presupus încă de la teza de doctorat (1996-2001) aplicarea și cunoașterea în profunzime a numeroase tehnici experimentale dintre care se amintesc: tensometria electrică rezistivă, fotoelasticimetria, metoda franjelor moiré, interferometria electronică granulară (ESPI), metrologia optică, corelația digitală a imaginilor, termoelasticitatea, evaluare nedistructivă (NDT) prin metode optice și microindentarea. Toate aceste metode sunt interdisciplinare și presupun cunoașterea unor noțiuni avansate de fizică tehnică, optică, procesarea imaginilor, materiale, procese de fabricație, etc. Posibilitatea de măsurare directă, utilizând metode cu precizie scăzută, a unor mărimi de tipul deformațiilor sau tensiunilor este în momentul de față puțin aplicată, sistemele complexe de măsurare actuale implicând pe lângă cunoștințe privind instalarea și utilizarea software-ului aferent și înțelegerea fenomenului care stă la baza principiului de măsurare și mai ales a limitelor de aplicare a metodei. De remarcat că nu există o metodă experimentală universală care să rezolve toate problemele, ci trebuie întotdeauna găsită metoda adecvată raportată la costuri și calitatea rezultatelor obținute.

Analiza deformațiilor și tensiunilor a fost considerată de ceva timp ca o ramură profesională distinctă a ingineriei mecanice, obiectivul principal fiind acela de a determina și de a îmbunătăți rezistența mecanică a elementelor, structurilor și mașinilor. Analiza experimentală a deformațiilor și tensiunilor are ca scop atingerea aceste obiective prin mijloace experimentale. În analiza problemelor de rezistență mecanică există numeroși factori care fac demersul experimental indispensabil, adesea fiind și singurul mijloc de investigare. Noțiunile teoretice se bazează de obicei pe ipoteze simplificatoare care presupun anumite abateri de la realitate, putându-se stabili numai prin experiment dacă o astfel de idealizare nu produce o denaturare excesivă a problemei studiate. Aplicarea metodelor experimentale de analiză a deformațiilor și tensiunilor este necesară mai ales în cazul în care analiza se face în condiții de funcționare reale, în cazul în care sunt prezenți toți factorii de influență cum ar fi proprietățile materialelor folosite, metodele de fabricație și condițiile de funcționare. Un loc aparte printre tehnicile experimentale este ocupat de metode optice de analiză a tensiunilor. Printre numeroase aplicații posibile, ele pot ajuta cercetătorul să caracterizeze comportamentul materialelor, permit accesul la evoluția în timp a mărimilor analizate, și probabil, cel mai important avantaj, ele sunt non-contact și oferă informații pe întreg domeniul analizat (full-field), făcând posibilă directă comparație a rezultatelor cu cele obținute prin metode numerice de calcul.

Teza de abilitare este structurată în trei secțiuni, prima prezintă principalele realizări ale autorului în domeniul metodelor optice cu aplicație în mecanica experimentală, a doua prezintă aspecte privind realizările didactice și profesionale iar ultima secțiune include perspectivele și planul de dezvoltarea științifică, profesională și academică.

Prima secțiune, intitulată "*Realizări științifice și planul de dezvoltare al carierei*", prezintă pe scurt aspecte privind direcțiile de cercetare și menționează principalele articole ale autorului indexate în bazele de date Web of Science, Scopus și Google Academic. Activitățile de cercetare

ale autorului pot fi încadrate în următoarele patru domenii principale: metode experimentale în mecanica solidului, încercarea și caracterizarea materialelor, analiza structurală și simulare numerică a microsystemelor (MEMS) și ingineria biomedicală. Doar contribuțiile legate de domeniul metodelor optice sunt prezentate în teza deși toate direcțiile de cercetare au de articole și realizări relevante, fiind citate în literatura de specialitate.

Metodele optice cu aplicabilitate în domeniul mecanicii experimentale descrise în Capitolul 2 sunt cele mai utilizate instrumente de cercetare experimentală atât în mediul academic cât și în cel industrial. Teza prezintă în primul capitol 2.1 contextul general al tehnicilor experimentale, tendințe și perspective de viitor fiind urmată de fundamente teoretice succinte și aplicații ale fotoelasticității, moiré-ului de umbre, interferometriei electronice granulare și a corelației digitale a imaginilor.

Al doilea capitol 2.2, denumit „Fotoelasticitate” este dedicat metodei fotoelastice și prezintă pe lângă o scurtă introducere în domeniul metodei, studiul tuburilor ondulate prin metoda fotoelasticității dimensionale combinată cu tehnica înghețării tensiunilor. Aplicarea metodei de măsurare prin fotoelasticitate a structurilor cu pereți subțiri a fost mai puțin prezentată în literatura de specialitate, un avantaj important al metodei fiind determinarea distribuției tensiunilor, rezultatele putând fi comparate direct cu simulările numerice. Principalele rezultate și limite ale metodei de măsurare sunt prezentate prin intermediul unor studii asupra tuburilor ondulate (silfoanelor) supuse încărcărilor axiale și influenței greutatei proprii a modelului fotoelastic tridimensional.

Capitolul 2.3 este dedicat metodei optice a moiré-ului geometric și în special a cazului particular al moiré-ului de umbre (shadow moiré). Autorul a aplicat metoda în soluționarea un contract de cercetare pentru tinerii cercetători (de tip AT - CNCIS), care a investigat deformațiile mari ale membranelor sub presiune prin metode analitice, numerice și experimentale. Pentru studiul deformațiilor elementelor și structurilor sensibilitatea metodei moiré-ului de umbre în forma clasică este relativ redusă (0.1 mm) și este influențată în principal de pasul grilei (rețelei) utilizate. Capitolul prezintă aplicarea procedurii decalajului de fază (phase shifting), cunoscut în domeniul metodelor interferometrice, care aduce o îmbunătățire semnificativă a preciziei de măsurare și a sensibilității, aceasta crescând de aproximativ zece ori. Implementarea cu succes a metodei a condus și la o soluție a problemei torsiunii barelor cu secțiuni transversale oarecare folosind analogia cu membrana.

Capitolul 2.4 prezintă metoda interferometriei electronice granulare (ESPI). ESPI este o tehnică de măsurare optică, care permite măsurarea rapidă și foarte de precisă a deformațiilor (fracțiuni din lungimea de undă a laserului utilizat). În comparație cu alte tehnici de măsurare sau calcul, ESPI se bucură de avantajele de a fi non-contact, pe întreg domeniul analizat, are o rezoluție spațială mare, sensibilitate ridicată, furnizează date exacte privind deplasările și nu necesită calibrare sau pregătirea suprafeței. Metoda a fost folosită de autor pe parcursul mai multor stagii de cercetare în străinătate, începând cu o bursă de cercetare Marie-Curie (2001-2003) într-o companie germană care produce sisteme de măsurare optice bazate pe ESPI și urmat de un stagiu la Universitatea Tehnică din Chemnitz, Germania, Catedra de Mecanica Experimentală (2005-2006) în calitate de bursier al Fundației Alexander von Humboldt. De atunci au fost publicate o monografie și mai multe lucrări indexate în volumele unor conferințe internaționale sau reviste, printre ele numărându-se și lucrarea cea mai citată a autorului. Ca și principale contribuții sunt prezentate aplicații ale ESPI în caracterizarea materialelor și anume caracterizarea coeficientului de dilatare termică a materialelor izotrope și anizotrope și investigarea revenirii elastice neliniare a tablelor de oțel de înaltă rezistență. Ambele studii oferă informații de importanță practică și conțin noi concepte și metodologii de măsurare.

Capitolul 2.5 prezintă o metodă optică care a avut un impact major în domeniul mecanicii solidului, o metodă de actualitate, care încă oferă evoluții foarte interesante - numită corelația digitală a imaginilor (DIC). Un avantaj specific al acestei metode este faptul că exploatează imaginile numerice care sunt de obicei achiziționate prin mijloace optice convenționale. Comparativ cu alte tehnici optice pentru a măsura deplasările, în care modularea luminii produce modele ale franjelor conținând informații legate de fază care pot fi decodate, prin corelarea digitală a imaginilor deplasările se obțin direct urmărind traiectoriile unor puncte aparținând suprafeței obiectului analizat. Capitolul analizează conceptele corelației bi și tri-dimensionale și prezintă numeroase aplicații: măsurarea modul de încovoiere de grinzile din lemn, curba caracteristică a diferitelor materiale cu determinarea constantelor de material, investigarea comportament mecanic la materiale polimerice cu posibilitatea analizei comportamentului acestor materiale în regimul pre și post curgere, metodologia de măsurare și acuratețea determinării coeficientul de determinare dilatare termică liniară a materialelor plastice folosind un sistem 3D de corelație digitală a imaginilor și respectiv analiza unor senzori termici la micro și macro-scară.

Capitolul 2.6 prezintă rezultatele obținute în cadrul unui grant de cercetare (Marie-Curie European Reintegrare Grant - FP6) intitulat "Aplicație software cu MATLAB pentru analiza deformațiilor și tensiunilor". Pentru a realiza o analiză completă a deformațiilor și tensiunilor folosind metode optice este nevoie de echipamente complexe controlate prin programe de calculator dedicate. Interacțiunea cercetătorului în procesul de măsurare sau de manipulare a datelor este, în majoritatea cazurilor, restrânsă. Ca urmare, pentru a calcula starea de tensiuni și deformație în elementele studiate prin diferite metode optice de câmp a fost dezvoltată o rutină MATLAB, o soluție originală dar cu impact și flexibilitate ridicată. Pe lângă dezvoltarea rutinei software capitolul prezintă și aplicații ale acesteia realizate de către autor: determinarea concentratorului de tensiuni într-o epruvetă cu creștătură solicitată de tracțiune, determinarea valorilor deformațiilor și tensiunilor într-o placă încărcată pe contur și solicitată cu o forță concentrată centrală și respectiv determinarea tensiunilor tangențiale în bare supuse la torsiune folosind analogia cu membrana și metoda moiré-ului de umbre.

A doua secțiune a tezei de abilitare conține aspecte privind competențele didactice și realizările profesionale, subliniind următoarele aspecte: activitățile didactice de care autorul este responsabil (cursuri, seminarii și laboratoare), implicarea în activități științifice studentești ale Facultății de Mecanică, implicare în competițiile profesionale în domeniul rezistenței materialelor, introducerea unor metode moderne de predare și a unor programe de calculator specifice disciplinei, participarea ca referent oficial la teze de doctorat, realizări în dezvoltarea instituțională și participarea la comitete și comisii în interesul învățământului.

Secțiunea a treia prezintă planurile de viitor în ceea ce privește dezvoltarea științifică și academică a autorului. Din punct de vedere științific se vor continua direcțiile de cercetare menționate în lucrare, efortul fiind însă concentrat în acele direcții care să asigure publicarea rezultatelor în reviste de top sau facilitează accesul la proiecte de cercetare. Printre obiectivele referitoare la domeniul didactic se menționează: susținerea activităților de predare prin elaborarea de materiale didactice actualizate, introducerea de cursuri opționale, participarea la programe de masterat multidisciplinare, participarea la programe internaționale de schimb de studenți, participarea la proiecte cu scop educațional și nu în ultimul rând atragerea și îndrumarea tinerilor capabili și dornici să continue studiile prin doctorat și să îmbrățișeze o carieră universitară în domeniul rezistenței materialelor.