



Universitatea POLITEHNICA din București
Facultatea Ingineria și Managementul Sistemelor Tehnologice
Departamentul Tehnologia Construcțiilor de Mașini
Splaiul Independenței 313, Sector 6, București
Tel: 021 402 93 73; Fax : 021 402 99 75



TEZĂ DE ABILITARE HABILITATION THESIS

◆ Rezumat ◆

**CONTRIBUȚII LA DEZVOLTAREA CREATIVĂ A TEHNOLOGIILOR
NECONVENȚIONALE ȘI A NANOTEHNOLOGIILOR**

**CONTRIBUTION TO CREATIVE DEVELOPMENT OF
NONCONVENTIONAL TECHNOLOGIES AND NANOTECHNOLOGIES**

Nicolae IONESCU, Professor, PhD., Eng.

REZUMAT

După susținerea tezei de doctorat în anul 1999 autorul, Prof. Dr. Ing. Nicolae IONESCU, a dezvoltat cercetări care pot fi structurate pe mai multe direcții, dintre care cele mai importante se consideră a fi prelucrările neconvenționale, prelucrările de nanofinisare, prelucrările asistate de diferite forme de energie, creativitatea și inovarea, eco-inovarea etc. Unele dintre temele de cercetare au fost o continuare firească a cercetărilor dezvoltate anterior, în perioada 1989-1999 iar altele au fost inițiate și dezvoltate după anul 1999. Din punctul de vedere al direcțiilor abordate în cercetare se poate spune că acestea s-au înscris în strategia de cercetare a Facultății IMST și a Departamentului TCM precum și în tematica disciplinelor predate de către autor.

Teza de abilitare este structurată pe cinci capitole la care se adaugă cuprinsul rezumatul (în limba română și în limba engleză), introducerea, bibliografia și anexele.

Capitolul 1 denumit CONTRIBUTIONS TO DEVELOPMENT AND INNOVATION OF NONCONVENTIONAL MACHINING/CONTRIBUȚII LA DEZVOLTAREA ȘI INOVAREA PRELUCRĂRILOR NECONVENȚIONALE prezintă cercetările autorului privind prelucrarea prin electroeroziune, prototiparea rapidă prin înghețare, prelucrarea cu fascicul de electroni și prelucrarea cu laser. Prelucrarea prin electroeroziune a constituit o preocupare constantă a autorului încă din perioada studenției dar, după anul 1999, cercetările au continuat în direcții precum prelucrarea aluminurilor de titan cu electrod masiv și cu electrod filiform, proiectarea unor mașini pentru microelectroeroziune și pentru „frezarea prin electroeroziune” și modelarea matematică a procesului de prelucrare prin electroeroziune. Din cercetările experimentale realizate s-a constatat că aluminurile de titan sunt foarte greu de prelucrat prin procedee de prelucrare prin așchiere. În cazul prelucrării prin electroeroziune cu fir pe mașini Sodick s-au obținut rezultate relativ bune din punctul de vedere al productivității prelucrării. În schimb, în cazul prelucrării prin electroeroziune cu electrod masiv s-au obținut productivități foarte reduse și uzuri mari ale electrodului sculă, la prelucrarea cu diverse regimuri pe mașini Sodick, ONA și ELER. Cele mai bune rezultate s-au obținut la prelucrarea pe mașini Sodick cu polaritate negativă și intensități relativ mici ale curentului. Rezultatele experimentale obținute au fost utilizate la proiectarea unui proces și sistem tehnologic de fabricare a palelor de turbină realizate din aluminuri de titan în cadrul unui proiect de cercetare.

Dezvoltarea prelucrării prin electroeroziune către micro și nanotehnologii a impus aprofundarea cercetărilor pentru realizarea unor mașini de mici dimensiuni și de precizie ridicată, proiectarea și realizarea unor mașini de „frezare” prin electroeroziune etc. Autorul a fost implicat în realizarea prototipurilor unor mașini de prelucrare prin electroeroziune în cadrul unor echipe mixte de cadre didactice și doctoranzi și a contribuit la proiectarea conceptuală și de detaliu a două mașini, respectiv o mașină de frezare prin electroeroziune și o mașină de mici dimensiuni pentru prelucrarea prin microEDM, prezentate în primul subcapitol al capitolului 1. Una dintre preocupările autorului o constituie modelarea matematico-experimentală a diferitelor procedee de prelucrare neconvenționale, inclusiv a prelucrării prin electroeroziune.

În această lucrare se prezintă o serie de cercetări publicate după anul 1999 referitoare la studiul prelucrabilității unor materiale metalice prin stabilirea funcțiilor de proces productivitatea prelucrării, uzura relativă volumică și interstițiul lateral, în care contribuțiile autorului s-au concentrat în principal pe prelucrare și interpretarea datelor experimentale. Pe baza acestor funcții de proces au fost stabilite influențele principalelor parametri de proces asupra caracteristicilor tehnologice ale prelucrării prin electroeroziune pentru mai multe materiale. S-a stabilit faptul că intensitatea curentului electric are cea mai mare influență asupra productivității prelucrării, urmat de durata impulsului și durata pauzei. Pentru a determina influența naturii materialului asupra prelucrabilității au fost determinați indici de prelucrabilitate în raport cu un material de referință pentru două regimuri, respectiv finisare și semi-finisare.

Prototiparea rapidă prin înghețare este o temă de cercetare inițiată de autor, care a fost dezvoltată timp de peste 10 ani. Contribuția autorului la dezvoltarea temei a cuprins o serie de aspecte precum dezvoltarea bazelor teoretice, modelarea procesului, proiectarea conceptuală și de detaliu a unor subsisteme și a prototipului, testări, stabilirea unor soluții tehnice pentru vehicularea și utilizarea azotului lichid etc. Una dintre problemele importante rezolvate o constituie stabilirea grosimii stratului depus în funcție de dimensiunile și pasul picăturilor de apă pulverizate pe masa de lucru. De asemenea, pe baza echilibrului termic, a fost determinat raportul dintre diametrul duzei care pulverizează apă și diametrul duzei care pulverizează azot lichid, ținând seama și de variația coeficientului de contracție la temperaturi care pot ajunge până aproximativ la -200°C . Pentru început echipa de cercetare a proiectat două echipamente aplicând o metodologie dezvoltată în cadrul Departamentului TCM din UPB. Cele două echipamente diferă prin soluția tehnică aleasă dar ambele se bazează pe principiul pulverizării selective a apei pe o masa de lucru, conform secțiunii corespunzătoare a modelului CAD. Imediat ce ajung pe masa de lucru picăturile sunt înghețate instantaneu prin pulverizare de azot lichid. Pentru păstrarea modelului realizat la temperatură constantă negativă a fost proiectată o incintă termostată la care răcirea se realizează cu ajutorul unor celule Peltier. Aceste echipamente experimentale au fost perfecționate în continuare în vederea obținerii unui echipament cu preț redus care să poată fi lansat pe piață. Acest echipament a fost realizat în construcție modulară și este prezentat în detaliu în finalul celui de-al doilea subcapitol al capitolului 1.

Autorul a fost implicat în cercetări în domeniul prelucrării cu fascicul de electroni începând cu anul 1999, în cadrul unei echipe formată din cadre didactice de la Departamentul TCM din UPB și cercetători științifici de la Institutul de Cercetări ICPE Electrostatica SA, fiind responsabil partener (UPB) pentru un contract și membru al echipei de cercetare pentru alte patru contracte. Direcțiile de cercetare abordate în aceste contracte sunt: tehnologie și instalație pentru iradiat tuburi poliolefinice cu fascicul de electroni în flux continuu, recondiționare a sculelor utilizând tratamentul suprafețelor cu ajutorul fasciculului de electroni, procedeu și instalație complexă pentru etirat și iradiat diverse produse din materiale termocontractabile etc. Contribuțiile autorului se regăsesc în stabilirea modului de recondiționare a diverselor categorii de scule în funcție de uzura acestora, modelarea matematică și experimentală a procesului, stabilirea programelor experimentale, prelucrare și interpretarea rezultatelor, stabilirea influenței unor parametri asupra caracteristicilor prelucrării cu fascicul de electroni etc.

În prezenta lucrare se face referire doar la o mică parte dintre aceste cercetări, la care autorul a avut o contribuție mai importantă. Una dintre direcțiile de cercetare a fost modelarea matematico-experimentală a două categorii de oțeluri pentru stabilirea funcției de proces "duritatea stratului". Pe baza unei metodologii dezvoltate în cadrul echipei de cercetare au fost definite și determinate funcțiile de proces în cinci puncte experimentale. Pe baza acestor funcții a fost stabilită influența parametrilor tehnologici (distanța de lucru, intensitatea curentului, tensiunea de accelerare, viteza de lucru și unghiul de deflexie) asupra durității stratului superficial în cele cinci puncte. De asemenea, a fost stabilită distribuția spațială a durității, lățimea stratului durificat și gradul de suprapunere a benzilor durificate pentru a obține o anumită adâncime a stratului durificat, determinându-se astfel pasul trecerilor.

Încă din anii '90 autorul a fost implicat în proiecte de cercetare care abordează tehnologii de prelucrare cu laser. După susținerea tezei de doctorat cercetările au continuat în cadrul unor echipe de cercetare, la nivelul Departamentului TCM. Una dintre cele mai importante teme abordate este tăierea cu laser a materialelor compozite polimerice armate cu fibre de sticlă în care s-a urmărit în principal determinarea unor caracteristici tehnologice precum rugozitatea suprafețelor tăiate, lățimea tăieturii și înclinarea suprafețelor tăiate. Cele mai importante contribuții ale autorului sunt cele referitoare la abordarea sistemică a procesului de tăiere cu laser, proiectarea programelor experimentale, acordarea de asistență tehnică la realizarea determinărilor experimentale, stabilirea intervalelor de variație a parametrilor procesului pe baza determinărilor experimentale preliminare, concepția și realizarea probelor experimentale și modalităților de măsurare/determinare a rugozității, lățimii tăieturii și înclinării, determinarea funcțiilor de regresie, interpretarea rezultatelor. Au fost determinate funcțiile de proces pentru rugozitatea suprafețelor tăiate, lățimea tăieturii la intrare, lățimea tăieturii la ieșire și înclinarea suprafețelor tăiate, pentru trei tipuri de materiale polimerice armate cu fibre de sticlă. Pe baza acestor funcții au fost determinați indici de proces, absoluți și relativi, și s-au stabilit influențele principalilor parametri tehnologici (puterea laser, viteza de tăiere și grosimea materialului tăiat) asupra caracteristicilor tehnologice definite de funcțiile de proces. Viitoare direcții de dezvoltare pot fi optimizarea procesului pe baza acestor rezultate și extinderea cercetărilor la alte tipuri de materiale compozite.

Cel de-al doilea capitol cu titlul CONTRIBUTIONS TO DEVELOPMENT OF EXTERNAL ENERGY ASSISTED MACHINING/CONTRIBUȚII LA DEZVOLTAREA UNOR PRELUCRĂRI ASISTATE DE ENERGII EXTERNE are la bază experiența autorului într-o serie de domenii dezvoltate de-a lungul carierei profesionale precum Ultrasonically Assisted Machining – USAM/Prelucrarea prin așchiere asistată de vibrații ultrasonice, Low Frequency Vibrations Assisted Machining – LFVAM/Prelucrarea prin așchiere asistată de vibrații de joasă frecvență, Plasma Assisted Machining – PAM/Prelucrarea prin așchiere asistată de plasmă, Micro-Plasma Assisted Machining – MPAM/ Prelucrarea prin așchiere asistată de microplasmă, High Pressure Jet Assisted Machining – HPJAM/ Prelucrarea prin așchiere asistată de un jet de lichid cu mare presiune și Ultrasonically Assisted EDM – EDMUS/Prelucrarea prin electroeroziune asistată de vibrații ultrasonice. După susținerea tezei de doctorat au fost dezvoltate în principal cercetări privind prelucrarea prin așchiere asistată de vibrații ultrasonice a materialelor plastice armate cu fibre de sticlă, prelucrarea prin așchiere asistată de un jet de lichid cu mare presiune și, în mai mică măsură, prin participarea în cadrul echipei de cercetare a unui proiect, prelucrarea prin electroeroziune asistată de vibrații ultrasonice.

Cercetările realizate în cazul așchierii asistate de vibrații ultrasonice a materialelor plastice armate cu fibre de sticlă au abordat condițiile generale de așchiere, mecanismul prelucrării, stabilirea limitelor de variație a vitezei de așchiere funcție de mărimile de intrare ale procesului și precizia formei macrogeometrice a pieselor prelucrate. La alegerea vitezei de așchiere trebuie să se țină seama de diametrul și pasul fibrelor, de temperatura de topire a materialului polimeric de bază și de viteza critică de așchiere care asigură un raport între timpul de contact efectiv sculă – piesă și perioada de oscilație $t_c/T = 1/7, \dots, 1/3$.

Cel de-al treilea subcapitol al capitolului 2 tratează prelucrarea prin așchiere asistată de un jet de lichid cu mare presiune. Contribuțiile autorului s-a concentrat pe studiul mecanismului prelucrării, proiectarea și realizarea sistemului tehnologic precum și pe modelarea matematico-experimentală a procesului. Creșterea energiei cinetice a jetului de lichid conduce la modificarea mecanismului așchierii și la creșterea performanțelor prelucrării. Viteza mărită a lichidului de răcire-ungere și, implicit, pătrunderea lui până în zona de așchiere contribuie la diminuarea cantităților de căldură înmagazinate în așchie, în sculă, în stratul de așchiere și în piesa finită, iar cea mai mare parte a căldurii se disipă în jetul de lichid. Totodată, energia cinetică mare a jetului de lichid este consumată sub formă de lucru mecanic la desprinderea așchiei. Ca urmare, se reduce forța principală de așchiere. În același timp, zona de contact dintre așchie și suprafața de degajare a sculei așchietoare se reduce considerabil, fapt ce determină reducerea forței de frecare pe suprafața de degajare.

Cercetările experimentale desfășurate de către autor au avut ca rezultat modelarea matematică a procesului de strunjire în cazul debitării barelor și în cazul strunjirii cilindrice interioare. Au fost determinate pe cale experimentală modele matematice care au permis stabilirea influenței principalilor parametri ai procesului (avans, viteză de aşchiere, presiunea lichidului de răcire - ungere, adâncimea de aşchiere) asupra unor caracteristici tehnologice precum rugozitatea suprafețelor prelucrate și timpul de prelucrare. În domeniul prelucrării prin electroeroziune asistate de ultrasunete autorul a fost implicat în cercetări realizate împreună cu studenții și în cadrul echipei unui proiect de cercetare, contribuind în principal la proiectarea și realizarea unor lanțuri ultraacustice.

Capitolul 3 denumit CONTRIBUTIONS TO DEVELOPMENT NANOFINISHING BY ABRASIVE FLOW MACHINING/CONTRIBUȚII LA DEZVOLTAREA NANOFINISĂRII PRIN CURGERE ABRAZIVĂ prezintă cercetările inițiate și dezvoltate de către autor privind obținerea unor rugozități sub 100 nm, în special în locuri greu accesibile, prin acțiunea unui mediu de lucru semi-vâscos care conține particule abrazive, pe baza unui mecanism asemănător lepuirii. Pe baza cercetărilor realizate au fost proiectate două echipamente de prelucrare prin curgere abrazivă care se prezintă în detaliu în lucrare. Primul echipament proiectat împreună cu studenții poate lucra pe o mașină de rabotat și este destinat pieselor cu dimensiuni relativ mic. Cel de-al doilea echipament, realizat în cadrul unui proiect de cercetare, este un echipament complex care poate lucra în regim semiautomat. Cu ajutorul unor specialiști în domeniul chimiei au fost realizate mai multe substanțe polimerice reopectice care au stat la baza realizării mediilor de lucru abrazive. Au fost create astfel și testate mai multe medii de lucru pentru care s-a realizat și simularea curgerii în cadrul sistemului tehnologic. Prelucrarea se bazează pe deplasarea mediului de lucru dintr-un cilindru, prin piesă, către cel de-al doilea cilindru, în mai multe cicluri de lucru. Atunci când mediul de lucru este constans să treacă prin spațiile înguste din piesă îi crește vâscozitatea și se realizează prelevarea de mici cantități de material printr-un mecanism similar lepuirii. Pentru modelarea matematico - experimentală a procesului au fost proiectate șase programe experimentale cu un total de 120 de experimentări care, până la acest moment, nu au fost puse în practică pentru stabilirea efectivă a funcțiilor de proces, aceasta fiind una dintre direcțiile de cercetare viitoare ale temei.

Al patrulea capitol cu titlul CONTRIBUTION TO THE DEVELOPMENT OF CREATIVITY AND INNOVATION THEORY/CONTRIBUȚII LA DEZVOLTAREA TEORIEI CREATIVITĂȚII ȘI INOVĂRII sintetizează cercetările autorului cu privire la adaptarea și dezvoltarea metodologiei TRIZ și prezintă câteva metode și instrumente dezvoltate de către autor, utile în dezvoltarea produselor. Dintre cele mai importante contribuții la adaptarea și dezvoltarea metodologiei TRIZ se prezintă în lucrare adaptarea TRIZ pentru proiectarea pentru mediu (TRIZ for DFE), dezvoltarea filozofiei TRIZ și a unor concepte de bază (idealitatea, contradicțiile etc.), legile dezvoltării sistemelor tehnice, adaptarea celor 40 de principii inventive și a celor 39 de parametri, restructurarea metodei Su-Field, adaptarea celor 76 de soluții standard și a metodei celor 9 ecrane, realizarea unui glosar român – englez de termeni TRIZ, aplicarea TRIZ și a proiectării conceptuale asistate de calculator, aplicarea TRIZ împreună cu QFD etc.

În cel de-al treilea subcapitol se prezintă o metodologie de evaluare a nivelului de inovare a unui produs, dezvoltată de către autor în mai multe versiuni, care are la bază trei indicatori și 28 de sub-indicatori pentru evaluarea idealității produsului. Metodologia are la bază faptul că legea fundamentală care guvernează evoluția oricărui sistem sau produs este legea evoluției către idealitate care presupune reducerea permanentă a părții materiale a produsului și creșterea numărului de câmpuri. Metodologia permite, în același timp, și realizarea de prognoză tehnologică. În ceea ce privește dezvoltarea produselor se prezintă în cel de-al patrulea subcapitol modelul celor 25 de ecrane ale proiectării – dezvoltat de către autor, câteva contribuții privind determinarea nivelului calității unui produs pe baza unui indicator generalizat la nivel de caracteristică și a unui indicator global, precum și o abordare proprie în 12 etape a aplicării metodei FMEA.

Ultimul subcapitol prezintă contribuțiile în domeniul eco-inovării, dintre care cele mai importante sunt pașaportul de reciclare și metodologia de evaluare a reciclabilității bazată pe idealitate, dezvoltate în cadrul unui proiect de cercetare.

Fiecare dintre capitolele 1, ..., 4 prezintă concluzii și direcții viitoare de cercetare iar capitolul 5 sintetizează concluziile generale ale lucrării și modul în care este previzionată dezvoltarea ulterioară a carierei autorului.