



UNIUNEA EUROPEANĂ



GUVERNUL ROMÂNIEI  
MINISTERUL MUNCII, FAMILIEI,  
PROTECȚIEI SOCIALE ȘI  
PERSOANELOR VĂRSTNICE  
AMPOSDRU



Fondul Social European  
POS DRU 2007-2013



Instrumente Structurale  
2007-2013



MINISTERUL  
EDUCAȚIEI  
NAȚIONALE  
OIPOSDRU



**Investește în oameni!**

FONDUL SOCIAL EUROPEAN

Proiect cofinanțat din Fondul Social European prin Programul Operațional Sectorial Dezvoltarea Resurselor Umane 2007 – 2013

Axa prioritară 1: „Educația și formarea profesională în sprijinul creșterii economice și dezvoltării societății bazate pe cunoaștere”

Domeniul major de intervenție 1.5 "Programe doctorale și post-doctorale în sprijinul cercetării"

Titlul proiectului: „Q-DOC- Creșterea calității studiilor doctorale în științe inginerești pentru sprijinirea dezvoltării societății bazate pe cunoaștere”

Contract : POSDRU/107/1.5/S/78534

Beneficiar: Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca

## FACULTATEA CONSTRUCȚII DE MAȘINI

**ing. Sorin Cristian ALBU**

# TEZA DE DOCTORAT

## CERCETĂRI PRIVIND GEOMETRIA ȘI TEHNOLOGIA MELCILOR CILINDRICI ȘI CONICI PRELUCRAȚI PE CENTRE DE PRELUCRARE CNC

**Rezumatul tezei de doctorat**

**CONDUCĂTOR ȘTIINȚIFIC  
Prof.univ.dr.ing. Vasile BOLOȘ**

**2013**

## Rezumat

Unul dintre obiectivele strategice ale României este dezvoltarea competitivității economice, obiectiv care vizează creșterea productivității, calității și a costurilor prin investiții în echipamente și tehnologie performantă. Ca urmare a ridicării nivelului de dezvoltare tehnologică a întreprinderilor tot mai des utilizate sunt mașinile-unelte cu comandă numerică.

Lucrarea intitulată „Cercetări privind geometria și tehnologia melcilor cilindrici și conici prelucrați pe centre de prelucrare CNC” are ca obiectiv principal stabilirea unei tehnologii de prelucrare a flancurilor melcului cilindric arhimedic pe un centru de prelucrare CNC prin frezare cu freză cilindro-frontală care să asigure o precizie dimensională a profilului dintelui cât mai apropiată de profilul teoretic.

Lucrarea este structurată în 6 capitole a căror conținut este prezentat în cele ce urmează:

**Capitolul I** „Stadiul actual al cercetărilor legate de melcii cilindrici și conici” prezintă pe baza unei documentări bibliografice un scurt istoric, o prezentare a aspectelor geometrice a angrenajelor melcate, tipurile de melci întâlnite în diverse standarde precum și tehnologia lor de fabricație. Elementele standardizate ale melcului de referință se regăsesc aproape identic în toate standardele parcurse iar tehnologia de fabricație a melcilor cilindrici și conici pe mașini-unelte clasice a făcut obiectul multor cercetări în decursul timpului acumulându-se în același timp o bogată experiență de producție astfel încât se poate considera că este bine pusă la punct. Principala concluzie a studiului efectuat este faptul că se impune ca în cadrul tezei să se dezvolte analiza din punct de vedere matematic, numeric și tehnologic a posibilităților de prelucrare a melcilor pe mașini unelte cu comandă numerică.

Realizarea obiectivului principal al tezei presupune soluționarea următoarelor obiective operaționale (1) Realizarea unui model matematic al unui melc arhimedic prelucrat cu freza cilindro-frontală la care erorile de profil ale dintelui sunt micșorate față de varianta de prelucrare cu freza cilindro-frontală așezată în plan axial; (2) Modelarea numerică și grafică a melcului arhimedic studiat; (3) Conceperea unei tehnologii de prelucrare pe mașini-unelte CNC a melcului arhimedic prelucrat cu freza cilindro-frontală la care erorile de profil ale dintelui sunt micșorate față de varianta de prelucrare cu freza cilindro-frontală așezată în plan axial; (4) Studiul preciziei geometrice și a calității suprafeței posibile de realizat prin tehnologia propusă.

**Capitolul II** „Cercetări privind modelarea matematică a melcilor cilindrici și conici” prezintă un model matematic general al flancurilor elicoidale a melcilor cilindrici și conici care să permită modelarea tuturor tipurilor de suprafețe elicoidale realizat cu ajutorul transformărilor de coordonate; un model matematic al melcilor cilindrici și conici generați cu ajutorul unei freze cilindro-frontale poziționată excentric față de axa de simetrie a semifabricatului și înclinată cu un unghi față de planul normal pe axa de simetrie a semifabricatului ca suprafețe reciproc înfășurătoare(Fig.2.22.);

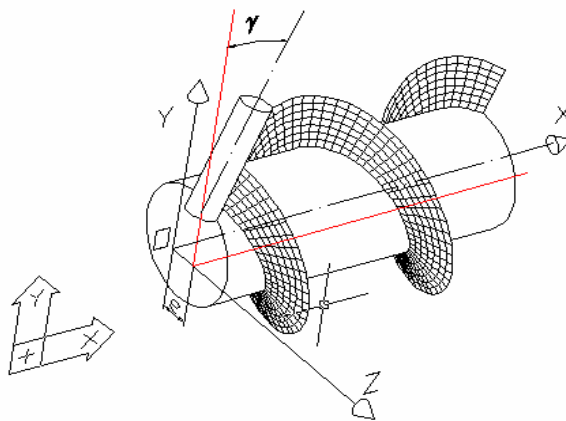


Fig.2.22. Poziția frezei cilindro-frontale

determinarea matematică a contactului dintre suprafața frezei cilindro-frontale poziționată excentric și o suprafață elicoidală.

**Capitolul III** „Cercetări numerice privind modelarea și prelucrarea suprafețelor elicoidale” prezintă programele AutoLISP concepute pe baza modelelor matematice determinate în capitolul anterior cu ajutorul cărora s-a generat norul de puncte necesar pentru modelarea suprafețelor elicoidale cilindrice și conice atunci când se cunosc ecuațiile parametrice ale dreptei/curbei generatoare a suprafeței; modelarea matematică a melcului arhimedic utilizat la troliul tractoarelor articulate forestiere fabricate la S.C.Irum S.A.; Conceperea unui program cu ajutorul căruia se pot compara în plan axial profilul obținut prin frezare cu freză cilindro-frontală și profilul dorit a se obține; Demonstrarea faptului că melcii cilindrici arhimedici pot fi prelucrați prin frezare cu freza cilindro-frontală poziționată excentric pe mașini CNC în 5 axe cu abateri foarte mici față de modelul teoretic.

**Capitolul IV** denumit „Cercetări privind prelucrarea suprafeței elicoidale a melcului cilindric arhimedic cu freza cilindro-frontală poziționată excentric pe o mașină CNC cu 5 axe” prezintă în prima parte centrul de strunjire și frezare Okuma MULTUS B300, geometria și materialul melcului, programul conceput pentru poziționarea unei freze sau capăt de frezat la degroșare astfel încât să rămână adaosul de prelucrare impus de utilizatorul programului, programul conceput care calculează poziția optimă a frezei cilindro-frontale pentru a se obține profilul unui melc Arhimedic cu abateri minime după care este prezentată tehnologia de prelucrare a melcilor cu suprafețele flancurilor prelucrate cu freza cilindro-frontală poziționată excentric.

**Capitolul V** „Controlul danturii melcului cilindric prelucrat pe mașina OKUMA Multus B300” prezintă măsurarea abaterii profilului melcului și abaterea pasului axial pe mașina de măsurat în coordonate tip Mitutoyo Contracer CV-3200 apoi măsurarea rugozității flancurilor utilizând aparatul Taylor Hobson Surtronic 25. A fost comparată și starea suprafețelor flancurilor melcului cu ajutorul unui stereo microscop Olympus cu puterea de mărire de 22 ori.

**Capitolul VI** „Concluzii finale, contribuții proprii și direcții de cercetare” prezintă concluziile finale, contribuții proprii în cadrul lucrării de doctorat, valorificarea rezultatelor cercetărilor și perspectivele de cercetare viitoare.

Rezultatele cercetărilor efectuate în cadrul tezei de doctorat au dus la elaborarea a 6 articole publicate:

1. **Albu, S.**, Considerations regarding roughing helical flanks of worms on NC lathe, Sesiunea de comunicari stiintifice pentru doctoranzii de la Facultatile de Constructii de Masini, Mecanica si Ingineria Mediului si a Materialelor , Universitatea Tehnica din Cluj-Napoca, 29.05.2013
2. **Albu, S.**, "Geometric and numerical modeling of helical surfaces" Acta Technica Napocensis, series :Applied Mathematics and Mechanics 55, Issue II, ISSN 1221-5872, pag.329-334 , 2012,
3. **Albu, S.**,Bolos, V., "Regarding on generation helical cylindrical and cone surfaces with the help of a curve", The 6<sup>th</sup> edition of the Interdisciplinarity in Engineering International Conference, INTER-ENG 2012, Proceedings, "Petru Maior" University of Târgu Mureș, Faculty of Engineering, 4 - 5 Octombrie, ISSN 2285-0945, pag.136-139, 2012,
4. **Albu, S.**,Bolos, V., Considerations Regarding a New Manufacturing Technology of Cylindrical Worms Using NC Lathes, Acta Tehnica Napocensis, Series: Applied Mathematics and Mechanics, 56, Issue II, ISSN 1221-5872, pag.351-354, 2013,
5. **Albu, S.**, Pozdârca, Al., "The contact between a face milling cutter and a helical surfaces" Annals of MTeM for 2011 & Proceedings of the 10th International MTeM Conference, ISBN 978-606-8372-02-0, pag.1-4, 2011
6. Pozdârca, Al., Oltean A., **Albu S.**, New worm technologies manufacturing on the NC lathe, în Power Transmissions, Proceedings of the 4th International Conference, held at Sinaia, Romania, June 20-23, ISBN 978-94-007-6557-3, Springer, pag.563-570, 2012.

Și a două articole acceptate spre publicare:

1. **Albu, S.**, Roughing helical flanks of the worms with frontal-cylindrical milling tools on NC lathes, The 7<sup>th</sup> International Conference Interdisciplinarity in Engineering (INTER-ENG 2013), OCTOMBRIE 2013

2. **Albu, S.**, Bolos, V., Determining the optimal position of the frontal-cylindrical milling tool in finishing in the new technology for processing worms, The 7<sup>th</sup> International Conference Interdisciplinarity in Engineering (INTER-ENG 2013), OCTOMBRIE 2013

De asemenea am participat în colectivul POZDÎRCĂ, A., OLTEAN, A., BOLOȘ, V., **ALBU, S.** la realizarea contractului de cercetare Contract nr. 3199/27.09.2011 *Cercetări privind îmbunătățirea constructivă și tehnologică a trolului forestier* încheiat între Executant: Universitatea Petru Maior din Tîrgu Mureș și Beneficiar: S.C. Irum Reghin S.A.

## Cuvinte cheie

Suprafețe elicoidale, mașini-unelte CNC, melc, frezare, transformări de coordonate

## Cuprinsul tezei de doctorat

PREFAȚA	1
INTRODUCERE	3
TERMINOLOGIE ȘI NOTAȚII	6
<b>Capitolul 1. Stadiul actual al cercetărilor legate de melcii cilindrici și conici</b>	13
1.1. Scurt istoric	13
1.2. Clasificarea angrenajelor melcate	15
1.3. Aspecte geometrice privind angrenajele melcate	17
1.3.1. Melcul de referință (elemente geometrice standardizate)	20
1.3.2. Melcul generator	23
1.3.3. Melcul de funcționare	23
1.4. Melcii definiți în standardul STAS 6845-82	23
1.5. Melcii definiți în standardul GOST 22850-77	25
1.6. Melcii definiți în standardul ANSI/AGMA 6022-C93	28
1.7. Melcii definiți în standardul DIN 3975-1:2002-7	28
1.8. Alte tipuri de melci utilizați în angrenajele melcate	29
1.9. Materiale recomandate și tratamente termice în construcția angrenajelor melcate	31
1.10. Aspecte tehnologice privind prelucrarea melcilor	32
1.10.1. Degroșarea melcilor	34
1.10.2. Prefinisarea melcilor	36
1.10.3. Finisarea melcilor	36
1.10.3.1. Finisarea melcilor prin strunjire	36
1.10.3.2. Finisarea melcilor prin frezare	39

1.10.3.3. Finisarea melcilor prin rectificare	39
1.11. Prelucrarea melcilor conici	40
1.12. Prelucrări de mare productivitate. Prelucrarea melcilor prin vârtej	42
1.13. Prelucrarea melcilor pe mașini unelte CNC	43
1.14. Concluzii și obiective	48
<b>Capitolul 2. Cercetări privind modelarea matematică a melcilor cilindrici și conici</b>	49
2.1. Aspecte generale privind modelarea matematică a suprafețelor elicoidale	49
2.2. Exprimarea parametrică a elicelor cilindrice și conice	51
2.3. Generarea suprafețelor elicoidale cilindrice cu ajutorul unei drepte/curbe	56
2.4. Generarea suprafețelor elicoidale conice cu ajutorul unei curbe/drepte	59
2.4.1. Generarea suprafețelor elicoidale conice cu rotirea sistemului sculei în jurul axei $OY_2$ cu semiunghiul conului	59
2.4.2. Generarea suprafețelor elicoidale conice fără rotirea sistemului sculei în jurul axei $OY_2$ cu semiunghiul conului	62
2.5. Generarea unei suprafețe elicoidale conice arhimedice	64
2.5.1. Generarea suprafețelor elicoidale conice arhimedice rotind sistemul sculei cu un unghi egal cu semiunghiul conului	65
2.5.2. Generarea suprafețelor elicoidale conice arhimedice fără rotirea sistemul sculei	66
2.5.3. Concluziile obținute în urma generării suprafețelor elicoidale arhimedice	69
2.6. Generarea unei suprafețe elicoidale evolventice	69
2.6.1. Generarea unei suprafețe elicoidale evolventice de sens dreapta	70
2.6.2. Generarea unei suprafețe elicoidale evolventice de sens stânga	71
2.7. Generarea unei suprafețe elicoidale conice pentru la melcii tip ZN	72
2.8. Generarea unei suprafețe elicoidale cilindrice cu ajutorul unei freze cilindro-frontale	76
2.8.1. Ecuațiile parametrice ale suprafeței frezei cilindro-frontale	76
2.8.2. Determinarea suprafeței de înfășurare reciprocă a unei suprafețe generatoare (freza cilindro-frontală)	78
2.8.3. Curba de contact între suprafața generatoare a frezei cilindro-frontale și o suprafață elicoidală cilindrică	83
2.8.4. Aducerea în plan axial a punctelor aparținând curbei de contact	86
2.9. Generarea unei suprafețe elicoidale conice cu ajutorul unei freze cilindro-frontale	87
2.10. Concluzii și contribuții proprii	89
<b>Capitolul 3. Cercetări numerice privind modelarea și prelucrarea suprafețelor elicoidale</b>	91
3.1. Modelarea suprafețelor elicoidale cilindrice și conice arhimedice	91
3.1.1. Modelarea prin determinarea limitelor parametrului dreptei generatoare pe cale geometrică	91
3.1.2. Modelarea prin determinarea limitelor parametrului dreptei generatoare pe cale numerică	95
3.1.3. Modelarea 3D a unui melc cilindric	100
3.2. Modelarea suprafețelor elicoidale cilindrice și conice evolventice	100
3.3. Modelarea suprafețelor elicoidale cilindrice și conice convolute	101
3.4. Evidențierea abaterilor rezultate în planul axial al profilului melcului arhimedic	102

cilindric prelucrat cu ajutorul unei freze cilindro-frontale	
3.5. Evidențierea abaterilor rezultate în planul axial al profilului melcului arhimedic conic prelucrat cu ajutorul unei freze cilindro-frontale	104
3.5.1. Caracteristicile geometrice ale melcului conic studiat	104
3.5.2. Abaterile în planul axial pentru profilul melcului conic obținut	105
3.5. Concluzii și contribuții proprii	106
<b><i>Capitolul 4. Cercetări privind prelucrarea suprafeței elicoidale a melcului cilindric arhimedic cu freza cilindro-frontală poziționată excentric pe o mașină CNC cu 5 axe</i></b>	109
4.1. Prezentarea centrului de strunjire și frezare OKUMA Multus B300	109
4.2. Aspecte generale privind geometria și tehnologia de prelucrare a melcului studiat	111
4.2.1. Geometria și materialul melcului	111
4.2.2. Tehnologia de fabricație actuală utilizată la S.C. Irum S.A.	111
4.3. Cercetări experimentale privind tehnologia de fabricație prin frezare cu freză cilindro-frontală poziționată excentric a melcilor cilindrici	112
4.3.1. Prelucrarea de degroșare utilizând freze cu plăcuțe amovibile	112
4.3.2. Semifinisarea cu freză cilindro-frontală monobloc	125
4.3.3. Prelucrarea suprafeței de racord de la piciorul dintelui cu freză cilindro-frontală	128
4.3.4. Determinarea poziției optime a frezei cilindro-frontale pentru operația de finisare a flancurilor	130
4.3.5. Finisarea flancurilor cu freză cilindro-frontală	134
4.3.6. Teșirea capului dintelui	136
4.4. Concluzii și contribuții proprii	138
<b><i>Capitolul 5. Controlul danturii melcului cilindric prelucrat pe OKUMA Multus B300</i></b>	139
5.1. Aspecte generale privind controlul danturii melcului	139
5.2. Abaterea profilului melcului	139
5.3. Abaterea pasului axial și eroarea cumulată a pasului axial	144
5.4. Măsurarea rugozității flancurilor	145
5.5. Concluzii și contribuții proprii	150
<b><i>Capitolul 6. Contribuții proprii și direcții de cercetare</i></b>	153
6.1. Concluzii finale	153
6.2. Contribuții originale ale lucrării	155
6.3. Valorificarea rezultatelor	156
6.4. Perspective de cercetare	157
<b>Bibliografie</b>	159

<b>Anexe</b>	167
Anexa1. Programul AutoLISP pentru reprezentarea elicelor cilindrice și conice în AutoCAD	167
Anexa2. Program pentru reprezentarea contactului dintre suprafața unei freze cilindro-frontale și o suprafață elicoidală cilindrică	168
Anexa3. Program pentru reprezentarea unei suprafețe elicoidale arhimedice prin determinarea limitelor parametrului dreptei pe cale geometrică	170
Anexa4. Program pentru reprezentarea flancului stâng al melcilor arhimedici utilizând determinarea parametrului dreptei generatoare pe cale numerică	172
Anexa5. Funcțiile modificate pentru reprezentarea flancului drept al melcilor arhimedici utilizând determinarea parametrului dreptei generatoare pe cale numerică	175
Anexa6. Program pentru reprezentarea suprafețelor elicoidale cilindrice și conice evolventice	176
Anexa7. Program pentru reprezentarea suprafețelor elicoidale cilindrice și conice convolute	180
Anexa8. Program pentru calculul profilului unui melc cilindric în plan axial obținut cu freza cilindro-frontală poziționată excentric	183
Anexa9. Program pentru calculul profilului unui melc conic în plan axial obținut cu freza cilindro-frontală poziționată excentric	185
Anexa10. Program pentru determinarea poziției frezei cilindro-frontale la degroșare	189
Anexa11. Programul pentru optimizarea poziției frezei cilindro-frontale la finisarea flancurilor unui melc cilindric arhimedic	195