

The background of the cover is a grayscale, semi-transparent image of a mechanical gear assembly. It shows several interlocking gears of different sizes, with a central shaft and other components, all rendered in a light, faded style against a darker background.

Vasile BOLOȘ

**ANGRENAJE MELCATE
SPIROIDE**

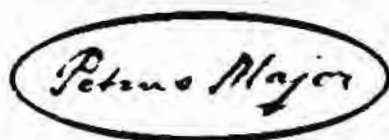
Danturarea roților plane

**EDITURA UNIVERSITĂȚII “PETRU MAIOR”
TÂRGU MUREȘ**

“Angrenajele melcate spiroide, deși sunt cunoscute din anul 1954, au o răspândire industrială relativ restrânsă. Soluții constructive care exploatează calitățile cu totul remarcabile ale acestora sunt întâlnite în domeniile: aerospațial, militar, mașinilor - unelte precum și în alte situații de mare complexitate, unde costul constituie un factor secundar comparativ cu siguranța funcțională și paramentrii de exploatare la cote de nivele superioare.”

Prezenta lucrare și-a propus să evidențieze o serie de aspecte care să clarifice, în mod deosebit, problema danturării roților melcate spiroide plane care angrenează cu un melc cilindric. Corelat acestei problematici sunt dezvoltate și alte elemente care să ușureze înțelegerea problemei principale.”

**EDITURA UNIVERSITĂȚII “ PETRU MAIOR ”
TÂRGU MUREȘ**



ISBN: 973-99054-9-8

Vasile BOLOȘ

ANGRENAJE MELCATE SPIROIDE

Danturarea roților plane

Vasile BOLOŞ

SPIROID WORM GEARINGS

The hobbing of the plane wheels

Vasile BOLOȘ

ANGRENAJE MELCATE SPIROIDE

Danturarea roților plane



**EDITURA UNIVERSITĂȚII "PETRU MAIOR"
TÂRGU MUREȘ**

1999

Referenți științifici: **Prof.univ.cons.dr. ing. Gheorghe PETRICEANU**
Prof.univ.dr. ing. Codruța BOLOȘ
Prof.univ.dr. ing. Eugen PAY Dr.h.c.

Lucrarea a putut fi tipărită prin sprijinul asigurat de:
Societatea civilă profesională de avocați
“**CUNESCU, BALACIU & ASOCIAȚII**”
București

Descrierea CIP a Bibliotecii Naționale

BOLOȘ, VASILE

Angrenaje melcate spiroide. Danturarea roților plane /

Vasile Boloș, Târgu Mureș: Editura Universității “Petru Maior”. 2000

264 p: 24 cm

Bibliogr.

ISBN 973 - 99054 - 9 - 8

621.833.38

Copyright © Vasile BOLOȘ, 1999

Consilier editorial: **Vasile Gățina**

Grafica: Maria Todea, Szilágyi Margareta

Tehnoredactare: Csizmadia Erzsébet, Maria Todea

Corectura: Autorul

Coperta: Autorul

Tiparul executat la S.C.ROPRINT SRL Cluj-Napoca

ISBN 973 - 99054 - 9 - 8

Editura Universității “Petru Maior” din Tg. Mureș

Str. N. Iorga nr.1

4300 Tg. Mureș, România

PREFAȚĂ

Angrenajele melcate spiroide, deși sunt cunoscute din anul 1954, au o răspândire industrială relativ restrânsă. Soluții constructive care exploatează calitățile cu totul remarcabile ale acestora sunt întâlnite în domeniile: aerospațial, militar, mașinilor - unelte precum și în alte situații de mare complexitate, unde costul constituie un factor secundar comparativ cu siguranța funcțională și parametrii de exploatare la cote de nivele superioare.

Particularitățile de proiectare geometrică și implicit cele de natură tehnologică au făcut ca producătorii de utilaje să aibă rețineri în a utiliza aceste angrenaje având la dispoziție o bază de date insuficientă. La aceasta se adaugă faptul că execuția lor în serie mică este relativ scumpă.

Pe parcursul celor aproape cinci decenii de existență, în urma cercetărilor efectuate, s-au obținut un număr însemnat de informații privind: cinematica, geometria, tehnologia și portanța acestora care ar putea să permită o abordare la nivel de utilizare industrială.

Prezenta lucrare și-a propus să evidențieze o serie de aspecte care să clarifice, în mod deosebit, problematica danturării roților melcate spiroide plane care angrenează cu un melc cilindric. Corelat acestei problematici sunt dezvoltate și alte elemente care să ușureze înțelegerea problemei principale .

În urma unor cercetări proprii se prezintă un model matematic al cinematicii de generare privindu-se acest proces în trei ipostaze: generarea așa zis "cinematică", generarea cu freza-melc spiroidă folosindu-se metoda avansului axial și generarea cu freza-melc spiroidă folosind metoda avansului tangențial.

Limitele de generare ale danturii sunt analizate sub două aspecte: ascuțirea dinților și respectiv întoarcerea liniei flancului dintelui. Se procedează apoi la stabilirea riguros matematică a expresiei vitezei de aşchiere efective la frezarea danturii roților. Se prezintă de asemenea expresia liniilor de contact între melc și roata melcată.

Pentru o mai bună înțelegere a chestiunilor studiate se dezvoltă detaliat metodele numerice de cercetare ale problemelor rezolvate matematic.

Un capitol distinct al lucrării prezintă problematica tehnologiei de danturare a roților melcate spiroide plane avându-se în vedere: lanțurile cinematice de prelucrare ale mașinilor de danturat, frezele-melc utilizate și regimurile de aşchiere recomandate.

Se face de asemenea o scurtă prezentare a problematicii controlului preciziei acestui angrenaj.

O bună parte din rezultatele cercetărilor incluse în lucrare au fost obținute grație colaborărilor, realizate în timp, cu specialiști din societățile: U.M. Cugir, Neptun Câmpina, Imatex Tg. Mureș și Matricon Tg.Mureș. Contractele de cercetare, încheiate cu Consiliul Național al Cercetării Științifice Universitare, au asigurat în bună măsură suportul financiar pentru o parte din experimentele efectuate. Adresez mulțumiri instituțiilor menționate precum și colegilor cu care am colaborat în decursul anilor în acest domeniu.

Lucrarea se adresează specialiștilor cu preocupări în sfera angrenajelor, inginerilor tehnologi și studenților de la facultățile de inginerie mecanică.

Toate sugestiile, propunerile și observațiile cititorilor acestei lucrări vor fi primite și apreciate cu mult interes.

Tg.Mureș, decembrie 1999

Prof.univ.dr.ing. **Vasile BOLOȘ**
Facultatea de Inginerie
Universitatea "Petru Maior" Târgu Mureș

PREFACE

The spiroid worm gearing, although known since 1954, are rather scarce in their industrial use. Constructive solutions which benefit from their remarkable qualities can be found in some fields such as: aerospace, military, machine - tools and other greatly complicated situations where the cost is a secondary factor compared with the functional safety and working parameters of high levels.

The details of geometrical design and implicitly technological ones have made the manufacturers of equipment refrain from using these gearings, not having enough information at hand. Moreover, their production on a small scale is rather expensive.

During almost fifty years of existence, due to research, an important amount of data has been obtained regarding: cinematics, geometry, their technology and durability, which could allow an industrial usage approach.

This book aims at pointing out some aspects which can particularly clarify the problem of the hobbing of the plane spiroid worm wheels which gear with a cylinder worm. Other elements connected with this are dealt with in order to explain the main problem.

As a result of personal research a mathematical model of generative cinematics is presented, regarding this process in three ways: the so-called „cinematic” generation, the generation with spiroid hob using the method of axis advance and the generation with the spiroid hob using the method of tangent advance.

The limits of generation of the teeth are analysed under two aspects: the sharpening of the teeth and the reverse of the side line of the tooth respectively. Then the formula of the speed of the splinting proper during the hobbing of the teeth of the wheels is established. The formula of the contact lines between the worm and the worm wheel is presented as well.

For a better understanding of the problems studied the numerical methods of research of the problems mathematically solved are dealt with in detail.

A distinct chapter of the book presents the problem of the hobbing technology of the plane spiroid worm wheels taking into account: the cinematic chains of processing the machines of hobbing, the hob used and the conditions of splinting recommended.

A short presentation of the problem of the control of the precision of this gearing is also included.

A great part of the results of the research met in the book were obtained due to the collaborators, achieved in time, with experts from the following companies: U.M. Cugir, Neptun Cămpina, Imatex Tg. Mureş and Matricon Tg. Mureş. The contracts of research, drawn up with the National Council of Academic Scientific Research assured greatly the financial support for part of the experiments. I am much obliged to the institutions mentioned above and to the colleagues I collaborated with in this field in the course of time.

The book is addressed to the experts interested in the sphere of gearings, technical engineers and students from the faculties of mechanical engineering.

Suggestions, propositions and observations from the readers of this book will be welcomed and greatly appreciated.

Engineer Vasile BOLOŞ Ph.D

Professor at the Faculty of Engineering

„Petru Maior” University of Târgu Mureş

CUPRINS

PREFAȚA

CAPITOLUL 1 PROBLEME GENERALE PRIVIND ANGRENAJELE MELCATE SPIROIDE.....	17
1.1. Elemente generale. Terminologie. Sistemul de notații.....	17
1.1.1. Elemente generale	17
1.1.2. Terminologie	17
1.1.3. Sistemul de notații	20
1.2. Stadiul actual al dezvoltării angrenajelor melcate spiroide.....	21
1.2.1. Scurtă privire istorică	21
1.2.2. Elemente privind caracteristicile geometrice, constructive și de montaj a angrenajelor melcate spiroide.....	24
1.2.3. Considerații privind proiectarea angrenajelor melcate spiroide	51
1.2.4. Aspecte privind tehnologia de prelucrare a angrenajelor melcate spiroide.....	53
1.2.5. Preocupări privind încercarea angrenajelor melcate spiroide.....	63
1.2.6. Aplicațiile angrenajelor melcate spiroide	64
1.2.7. Concluzii privind stadiul actual al cercetărilor privind angrenajele melcate spiroide.....	66
CAPITOLUL 2 ELEMENTE TEORETICE PRIVIND CINEMATICA PRELUCRĂRII DANTURII ROȚILOR MELCATE SPIROIDE PLANE	69
2.1. Elemente generale	69
2.2. Melcul înfășurător spiroid cilindric	70

2.3. Generarea cinematică a flancului dintelui roții melcate spiroidale.....	74
2.4. Definierea flancurilor dintelui roții melcate spiroidale la generarea cu freza-melc folosind metoda avansului axial	79
2.5. Definierea flancurilor dinților roții melcate spiroidale la generarea cu freza-melc folosind metoda avansului tangențial	84
2.6. Limitele generării flancurilor dinților roții melcate spiroidale	89
2.7. Determinarea vitezei de așchiere efective la prelucrarea danturii roților melcate spiroidale	93
2.8. Definierea liniilor de contact între melcul spiroid și roata melcată spiroidă.....	95
CAPITOLUL 3 METODE NUMERICE DE STUDIU A CINEMATII DANTURĂRII ROȚILOR MELCATE SPIROIDE PLANE	97
3.1. Elemente generale	97
3.2. Definierea numerică a flancurilor melcului generator spiroid cilindric.....	98
3.3. Studiul numeric al generării cinematice al flancurilor dinților roților melcate spiroidale plane	104
3.4. Studiul numeric al generării flancurilor dinților roții melcate spiroidale plane cu freza-melc folosind metoda avansului axial.....	114
3.5. Studiul numeric al generării flancurilor dinților roților melcate spiroidale plane cu freza-melc folosind metoda avansului tangențial.....	124
3.6. Studiul numeric al limitelor de generare a flancurilor dinților roților melcate spiroidale plane	135
3.7. Studiul numeric al liniilor de contact între melcul spiroid și roata melcată spiroidă	152

CAPITOLUL 4	TEHNOLOGIA FREZĂRII DANTURII ROȘILOR	
	MELCATE SPIROIDE PLANE	163
4.1.	Elemente generale	163
4.2.	Cinematica de prelucrare	164
4.3.	Frezele-melc spiroide cilindrice	175
4.4.	Regimurile de așchiere la frezarea danturii	186
CAPITOLUL 5	CONTROLUL ANGRENAJULUI MELCAT SPIROID	
	CILINDRIC	205
5.1.	Introducere.....	205
5.2.	Controlul danturii melcilor spiroizi cilindrici.....	205
5.3.	Controlul danturii roșilor melcate spiroide plane	206
5.4.	Controlul angrenajului melcat spiroid în angrenare	208
ANEXA 1	213
ANEXA 2	235
ANEXA 3	241
BIBLIOGRAFIE	247

CONTENTS

PREFACE

CHAPTER 1 GENERAL PROBLEMS REGARDING SPIROID

WORM GEARINGS 17

1.1. General element. Terminology. System of notes 17

1.1.1. General element 17

1.1.2. Terminology 17

1.1.3. System of notes 20

1.2. The present state of the development of spiroid worm gearings 21

1.2.1. Short historical survey 21

1.2.2. Elements regarding the geometrical, constructive and assembling characteristics of the spiroid worm gearings 24

1.2.3. Considerations regarding the design of the spiroid worm gearings 51

1.2.4. Aspects regarding the technology of processing the spiroid worm gearings 53

1.2.5. Preoccupations regarding the testing of the the spiroid worm gearings 63

1.2.6. The uses of the spiroid worm gearings 64

1.2.7. Conclusions regarding the present state of the research regarding the spiroid worm gearings 66

CHAPTER 2 THEORETICAL ELEMENTS REGARDING THE CINEMATICS OF THE PROCESSING OF THE HOBBIING OF THE

PLANE SPIROID WORM WHEELS 69

2.1. General elements 69

2.2. The cylinder spiroid rolling worm 70

2.3. The cinematic generation of the side of the tooth of the spiroid worm wheel	74
2.4. The defining of the sides of the tooth of the spiroid worm wheel at the generation with the hob using the method of the axis advance	79
2.5. The defining of the sides of the teeth of the spiroid worm wheel at the generation with the hob using the method of the tangent advance	84
2.6. The limits of the generation of the sides of the teeth of spiroid worm wheel	89
2.7. The calculation of the splinting speed proper at the processing of the teeth of the spiroid worm wheels	93
2.8. The defining of the contact lines between the spiroid worm and the spiroid worm wheel	95
CHAPTER 3 NUMERICAL METHODS OF THE CINEMATIC HOBGING OF THE PLANE SPIROID WHEELS	97
3.1. General elements	97
3.2. The numerical defining of the sides of the cylinder spiroid generator worm	98
3.3. The numerical study of the cinematic generation of the sides of the teeth of the plane spiroid worm wheels	104
3.4. The numerical study of the generation of the sides of the teeth of the plane spiroid worm wheel with the hob using the method of the axis advance	114
3.5. The numerical study of the limits of the generation of the sides of the teeth of the plane spiroid worm wheel with the hob using the method of the tangent advance	124
3.6. The numerical study of the limits of the generation of the sides of the teeth of the plane spiroid worm wheels	135
3.7. The numerical study of the contact lines between the spiroid worm and the spiroid worm wheel	152

CHAPTER 4 THE TECHNOLOGY OF THE HOBGING OF THE TEETH OF THE PLANE SPIROID WORM WHEELS	163
4.1. General elements	163
4.2. The cinematics of processing	164
4.3. The cylinder spiroid worm - hob	175
4.5. Conditions of splinting at the hobbing of the teeth	186
CHAPTER 5 THE CONTROL OF THE CYLINDER SPIROID WORM GEARING	205
5.1. Introduction	205
5.2. The control of the teeth of the cylinder spiroid worms	205
5.3. The control of the teeth of the plane spiroid worm wheels	206
5.4. The control of the spiroid worm gearing in process	208
APPENDIX 1	213
APPENDIX 2	235
APPENDIX 3	241
BIBLIOGRAPHY	247

CONTENTS

CAPITOLUL 1

PROBLEME GENERALE PRIVIND ANGRENAJELE MELCATE SPIROIDE

1.1. Elemente generale. Terminologie. Sistemul de notații.

1.1.1. Elemente generale

În capitolul 1 al lucrării sunt prezentate într-o formă sintetică problemele generale asupra cărora se vor face apoi referiri în cadrul capitolelor următoare. Pentru început se precizează semnificațiile principalelor noțiuni care se folosesc pe parcursul lucrării. Se expun apoi notațiile specifice care se utilizează pentru realizarea modelului matematic al problematicii tratate.

Pe baza consultării unei vaste bibliografii de specialitate se face apoi o prezentare sistematică a stadiului actual al dezvoltării angrenajelor melcate spiroide.

1.1.2. Terminologie

Pentru a se putea urmări conținutul lucrării, avându-se în vedere lucrările specifice din domeniu [5,28,152,235], în cele ce urmează se prezintă semnificațiile principalelor noțiuni specifice care au fost folosite pe parcursul lucrării.

ANGRENAJ MELCAT SPIROID CILINDRIC: angrenaj format dintr-un melc spiroid cilindric și roata melcată conjugată;

ANGRENAJ MELCAT SPIROID CONIC: angrenaj format dintr-un melc spiroid conic și roata melcată conjugată;

ANGRENAJ MELCAT CILINDRIC: angrenaj format dintr-un melc cilindric și roata melcată conjugată;

ANGRENAJ MELCAT GLOBOIDAL: angrenaj format dintr-un melc globoidal și roata melcată conjugată;

ANGRENAJ FUNCȚIONAL: angrenaj format din melcul spiroid și roata melcată spiroidă;

ANGRENAJ TEHNOLOGIC: angrenaj format din scula generatoare (freza – melc spiroidă) și semifabricatul roții melcate;

AVANS AXIAL: avans corespunzător deplasării de pătrundere a frezei-melc în lungul axei semifabricatului roții;

AVANS TANGENȚIAL: avans corespunzător deplasării de pătrundere a frezei-melc în direcția perpendiculară pe axa semifabricatului roții;

CURBA GENERATOARE: curbă dată cu ajutorul căreia se generează (geometric sau cinematic) o suprafață;

CINEMATICA DE GENERARE: mișcările relative executate de elementele angrenajului tehnologic pentru realizarea suprafețelor conjugate;

DEFINIRE NUMERICĂ: determinarea curbelor și a suprafețelor pe cale numerică prin puncte ordonate într-un tablou după o regulă cunoscută;

DIAMETRUL DE REFERINȚĂ AL MELCULUI: diametrul cilindrului de referință al melcului;

FLANC CONJUGAT: flancul dintelui roții melcate spiroid generate cinematic de flancul dintelui melcului spiroid;

FLANC REAL: flancul dintelui roții melcate spiroid realizat fizic cu ajutorul frezei-melc;

FLANC PORTANT: flancul dintelui roții melcate spiroid sau a melcului prin care se transmite sarcina;

GENERARE CINEMATICĂ: generarea flancului dintelui roții melcate spiroid de către melcul înfășurător spiroid prin realizarea unor mișcări relative ipotetice (convenționale);

INTERFERENȚĂ: fenomen de interpătrundere a suprafețelor conjugate, în condiții în care nu se asigură angrenarea corectă;

LIMITELE DE GENERARE: îngrădiri principale ale generării date de diferite aspecte ale interferenței;

MATRICE: în sens matematic - un tablou cu elemente care sunt grupate după o regulă dată. În lucrarea de față se utilizează trei tipuri de matrice:

- matrice coloană, sau vector, notată cu X_a care corespunde unui vector legat (vector de poziție, denumit și rază vectoare) sau alunecător (normală, viteză relativă);
- matrice de transfer, notată cu M_{12} , cu patru linii și patru coloane. Primele trei reprezintă transformarea prin rotație iar coloana a patra corespunde translației din sistemul 2 în sistemul 1;
- operator matricial al vitezei relative, notat cu P_{12} , o matrice cu patru coloane și patru linii obținută prin produsul matricial $P_{12}=M_{12} \partial M_{12} / \partial u$, unde "u" este parametrul mișcării relative.

MELC ÎNFĂȘURĂTOR: suprafața elicoidală pe care sunt așezate muchiile de așchiere ale frezei-melc;

MELC SPIROID CONIC: roata dințată de formă conică cu dinți înclinați, de regulă cu număr mic de dinți (unul sau mai mulți), care are flancurile cu pas constant dar cu unghiuri de presiune diferite;

MELC SPIROID CILINDRIC: roată dințată de formă cilindrică cu dinți înclinați, de regulă cu număr mic de dinți (unul sau mai mulți), care are flancurile cu pas constant dar cu unghiuri de presiune diferite;

MOD DE GENERARE: totalitatea factorilor care caracterizează poziția relativă a elementelor conjugate ale angrenajului;

PARAMETRUL GENERĂRII: parametrul mișcării relative dintre elementele conjugate ale angrenajului;

PROFIL AXIAL: profilul melcului într-un plan ce trece prin axa acestuia.

1.1.3. Sistemul de notații

Pentru realizarea modelului matematic folosit în cadrul lucrării s-au utilizat următoarele notații specifice:

- A - distanța axială;
- B, C_0 - parametrii care definesc poziția sistemului de referință legat de melcul înfășurător față de sistemul de referință fix;
- a_1, a_2 - unghiurile de presiune ale flancurilor;
- b, c - parametrii care definesc mișcarea de avans a frezei-melc tangențial și respectiv axial;
- h - parametrul elicoidal al flancului;
- i_{12} - raportul de transmitere;
- k - indicator de flanc ($k = 1$ dreapta, $k = 2$ stânga);
- M - punct curent;
- M_{12} - matrice de transfer din sistemul indice 2 în sistemul indice 1;
- \bar{N}_1 - normală ridicată pe suprafața indice 1;
- O_F, x_F, y_F, z_F - sistem de referință rigid, considerat fix în spațiu;
- O_0, x_0, y_0, z_0 - sistem de referință legat de curba generatoare a melcului înfășurător;
- O_1, x_1, y_1, z_1 - sistem de referință legat de melcul înfășurător;
- O_2, x_2, y_2, z_2 - sistem de referință legat de roata melcată;
- P_{12} - operatorul matricial al vitezei relative;
- p - pasul melcului înfășurător;
- p_k, t - parametrii de poziție în lungul unei curbe ($k = 1$ sau $k = 2$);
- u_1, u_2, v - parametrii mișcărilor de rotație între sistemele de referință;
- \bar{X}_1 - vector de poziție în sistemul de referință indice 1;
- w_1, w_2 - viteză unghiulară a melcului respectiv a roții melcate.

1.2. Stadiul actual al dezvoltării angrenajelor melcate spiroide

1.2.1. Scurtă privire istorică

Primele brevete [205,206,207] referitoare la angrenajul melcat spiroid conic și metoda sa de prelucrare au fost depuse în anul 1954 de americanul Oliver E. Saari din cadrul firmei Illinois Tool Works - Chicago (SUA). În același an Albert S. Kobayshi din cadrul aceleași firme brevetează primul reductor de turație care utilizează aceste angrenaje [165].

Fred Bohle publică în 1955 lucrarea [6] și în anul 1956 lucrarea [7] în care sunt prezentate caracteristicile geometrice, funcționale și de prelucrare ale angrenajelor melcate spiroide conice realizate la firma Illinois Tool Works Chicago.

În 1956 Oliver E. Saari prezintă în lucrarea [204] bazele matematice ale angrenajului melcat spiroid conic.

În 1957 Oliver E. Saari depune brevetul [212] referitor la angrenajul melcat spiroid cilindric, care primește denumirea comercială din partea firmei Illinois Tool Work de angrenaj "HELICON".

W. D. Nelson (SUA) face o prezentare sintetică a problemelor legate de proiectarea, prelucrarea și aplicațiile angrenajelor melcate spiroide conice în lucrarea [188] apărută în anul 1957.

În 1958 apare lucrarea lui Desideriu Maros (România) [179] în care prezentând angrenajul melcat spiroid conic, propune independent de Oliver E. Saari, soluția constructivă de angrenaj melcat spiroid cilindric.

În anul 1959, N.S. Golubkov (URSS) comunică prin lucrarea [148] constatări proprii privind geometria angrenajului melcat spiroid conic.

V.A. Ovcinnikov și B.D. Zotov (URSS) brevetează în 1960 metoda de frezare cu avans axial a roților spiroide ce angrenează cu un melc spiroid cilindric [197].

În anul 1961 W.D. Nelson în lucrarea [189] face cunoscute pe larg, rezultatele unor cercetări ale firmei Illinois Tool Works Chicago asupra angrenajelor melcate spiroide cu melc conic.

D.W. Dudley în monografia [73], apărută în 1962, are referiri substanțiale la angrenajele melcate spiroide conice și cilindrice bazate pe materialele documentare puse la dispoziție de firma Illinois Tool Works.

O lucrare importantă [99] sub aspectul studiului geometric al angrenajului melcat spiroid este publicată în 1963 de A.K. Gheorghiev (URSS). Același autor brevetează în 1966 angrenajul melcat de tip interior [128].

A.M. Fefer (URSS) brevetează în anul 1968 angrenajul melcat spiroid cu melc cilindric cu pas diferit pe cele două flancuri [92].

În anul 1971 A.K. Gheorghiev și V. I. Goldfarb brevetează angrenajul melcat spiroid cu melc cu flancuri curbilunii [129].

E. Schrempp (SUA) obține în anul 1972 brevetul [217] pentru varianta de angrenaj melcat spiroid cu melc spiroid cilindric care are flancurile simetrice.

A.K. Gheorghiev și V.A. Modzelevskii brevetează în 1973 angrenajul melcat spiroid de tip interior având melcul cu flancuri curbilunii [127].

În URSS apare în anul 1977 primul standard referitor la angrenajele melcate spiroide, GOST 22850-77, care stabilește terminologia și elementele de definire a acestor angrenaje [235].

Preocupări constante privind angrenajele melcate spiroide se pot menționa ca fiind localizate la firma Illinois Tools Works Chicago (SUA) care din anul 1954 și până în prezent produce asemenea angrenaje, precum și la Institutul mecanic din Ijevsk (fost URSS) unde din anul 1959 și până acum se află în studiu permanent aceste angrenaje. Mai pot fi menționate: firma Davall Gears (Marea Britanie) [237,238], Universitatea Tehnică München, Universitatea din Dresda, Universitatea Tehnică din Budapesta, Universitatea din Miskolc, precum și în Bulgaria.

Până în prezent aspecte privind angrenajele melcate spiroide au fost studiate în străinătate în cadrul mai multor teze de doctorat [1,95,101,156,158,170,218].

În România, privitor la angrenajele melcate spiroide, se pot face următoarele mențiuni:

- D. Maros, în lucrarea [179] apărută în 1958, face prima referire la angrenajul melcat spiroid conic, prilej cu care independent de Oliver E. Saari propune și varianta cu melc cilindric;
- V. Rohony în lucrarea [203] în anul 1974 prezintă foarte pe scurt acest angrenaj;
- în anul 1978, N.S. Gheorghiu, I. Feimer și N. Ionescu în lucrarea [130] dezvoltă foarte succint câteva aspecte teoretice legate de angrenajul melcat spiroid;
- în anul 1979, la Institutul de învățământ superior din Tg.Mureș, V. Boloș și Codruța Boloș fac primele tatonări de execuție fizică a unui angrenaj melcat spiroid cilindric [20];
- în anul 1982, V. Boloș realizează un angrenaj melcat spiroid cilindric funcțional prezentat la colocviul "Mașini și tehnologii de prelucrare la rece cu înaltă productivitate" de la Institutul Politehnic Cluj-Napoca [22];
- în anul 1985, V. Boloș susține teza de doctorat [27] privitoare la angrenajele melcate spiroide cu melc cilindric sub coordonarea prof.dr.ing.Gh. Petriceanu de la Institutul Politehnic Cluj-Napoca ;
- V. Boloș și Codruța Boloș prezintă rezultatele unor cercetări privitoare la geometria și tehnologia angrenajelor melcate spiroide cilindrice și conice în lucrările [8 | 66]
- N. Guju, în anul 1990, dezvoltă în lucrarea [153] un subcapitol despre geometria angrenajelor de tip Spiroid și Helicon, situându-se pe poziția

că aceste angrenaje constituie cazuri de angrenaje hipoide de tip special.

- M. Sudrijan, P. Cismaș și I. Napău obțin în 1993 brevetul de invenție [222] pentru un angrenaj spiroid cu melc cilindric (de tip ZK) - roată plană utilizabil în construcția de mașini - unelte;
- C. Boloș, prezintă în anul 1995, teza de doctorat [13] care tratează problematica danturării roților melcate spiroidice conice, sub conducerea științifică a prof. dr. ing. Gh. Petriceanu la Universitatea Tehnică din Cluj Napoca.
- I. Napău, susține teza de doctorat [187] sub conducerea prof. dr. ing. V. Handra-Luca la Universitatea Tehnică din Cluj Napoca, în care tratează o serie de probleme specifice angrenajului spiroid cilindric din brevetul [222].

1.2.2. Elemente privind caracteristicile geometrice, constructive și de montaj a angrenajelor melcate spiroidice

Angrenajul melcat spiroid face parte din categoria angrenajelor cu axe încrucișate în spațiu, fiind format în caz general dintr-un melc conic care angrenează cu o roată melcată conică conjugată. Un caz particular, frecvent întâlnit, îl constituie angrenajul melcat spiroid la care melcul este de tip cilindric iar roata melcată conjugată este o roată melcată plană cu dinți curbi. Se poate aprecia astfel că în momentul de față familia de angrenaje melcate cuprinde, în principal, următoarele variante constructive: angrenajul melcat cilindric (fig. 1.1.a), angrenajul melcat globoidal (fig. 1.1. b) și angrenajul melcat spiroid (fig.1.1.c și d).

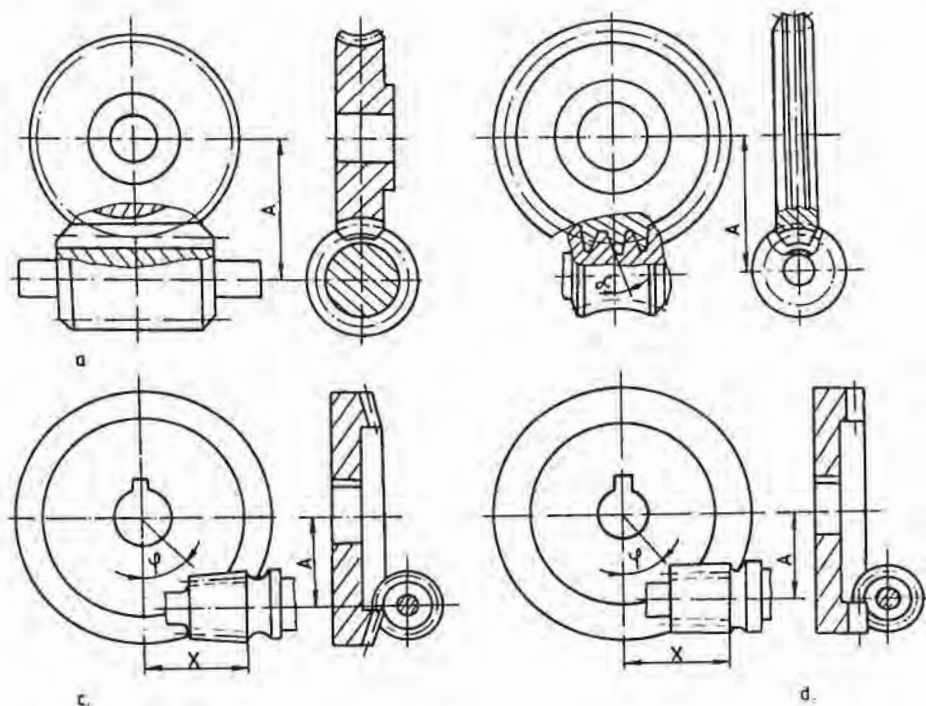


Fig. 1.1

Angrenajele melcate spiroide se bazează pe un concept matematic prezentat pentru prima dată în lucrările [99,204,228]. Conform acestui principiu considerându-se în contact două suprafețe conice cu axe încrucișate în spațiu la un unghi oarecare, contactul lor va fi punctiform. Dacă cele două suprafețe se consideră a fi suprafețe de rostogolire ale unui angrenaj, nedefinit încă, ce se rostogolesc cu un raport de transmitere "i", adoptându-se un sistem de referință adecvat, se va putea pune în evidență faptul că pentru punctul de contact există un vector unic al vitezei relative. Locul geometric al punctelor de contact succesiv al celor două conuri, considerat pe cele două suprafețe, este o linie elicoidală cu pas variabil. În punctele aparținând acestor linii elicoidale vectorii vitezei relative sunt codirecționali (fig. 1.2). Cazul întâlnit în situațiile reale este cel având axele celor două conuri perpendiculare în spațiu.

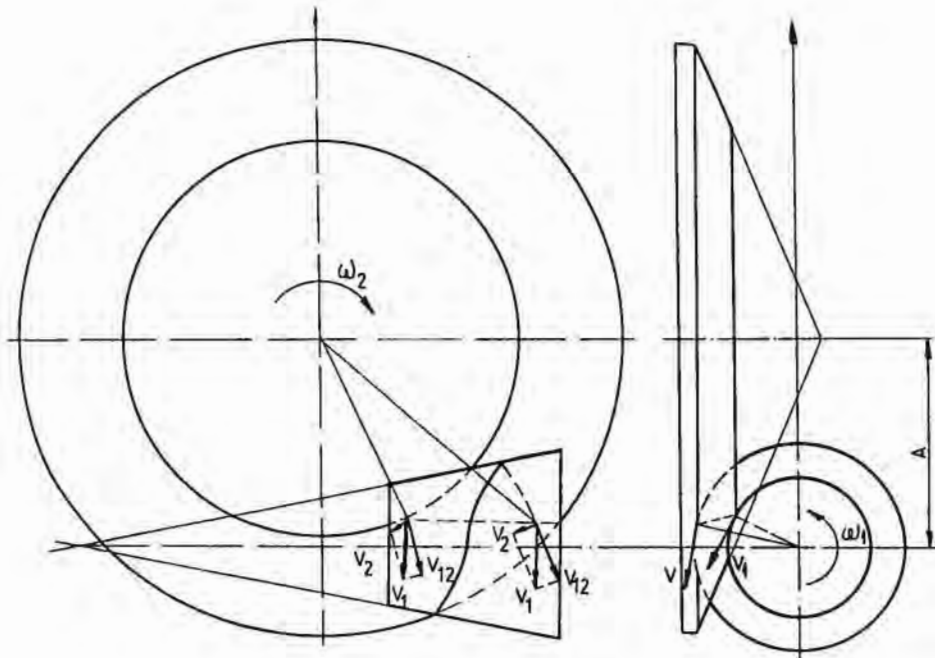


Fig. 1.2.

În [135,136] se demontează că este admisă utilizarea practică a unei linii elicoidale cu pas constant, erorile fiind nesemnificative. Practic, în momentul de față, se utilizează numai angrenajele melcate spiroide cu pas constant. În [225] se menționează încercările făcute pentru realizarea unui angrenaj spiroid cu pas variabil.

În decursul celor aproape cinci decenii care au trecut de la descoperirea acestui nou tip de angrenaj a fost realizate angrenaje melcate spiroide într-o largă tipologie constructivă așa cum se ilustrează în fig. 1.3. Se întâlnesc astfel angrenaje melcate spiroide:

- conice exterioare (fig. 1.3.a și 1.3.b);
- conice interioare (fig. 1.3.c și 1.3.d);
- cilindrice (fig. 1.3.e și 1.3.f).

Acestea la rândul lor se pot diversifica în funcție de așezarea relativă a melcului față de roată, ceea ce va afecta sensurile elicelor și orientarea curburii dinților roților.

În unele lucrări [218,236,237] se folosește denumirea de angrenaj "Spiroid" pentru situația folosirii melcului conic și de angrenaj "Helicon" pentru situația folosirii melcului cilindric.

Standardul sovietic GOST 22850-77 folosește denumirea de angrenaj spiroid cilindric și respectiv angrenaj spiroid conic, fără a menționa denumirea de angrenaj melcat [235].

După opinia autorului prezentei lucrări denumirea corectă a angrenajului ar fi, ținând cont de faptul că elementul definitiv în angrenaj este un melc, de angrenaj melcat spiroid conic și respectiv de angrenaj melcat spiroid cilindric. Iar elementele componente ar fi definite prin noțiunile: melc spiroid conic respectiv melc spiroid cilindric și roată melcată spiroidă conică respectiv roată melcată spiroidă plană.

Au fost concepute și realizate angrenaje melcate la care cu un singur melc sunt acționate simultan două roți melcate, fig. 1.4.

Firma Illinois Tool Works (SUA) consideră că tipologia completă a angrenajelor melcate spiroide include atât variantele cu axe ortogonale cât și pe cele cu axele neortogonale așa cum se evidențiază în figura 1.5.

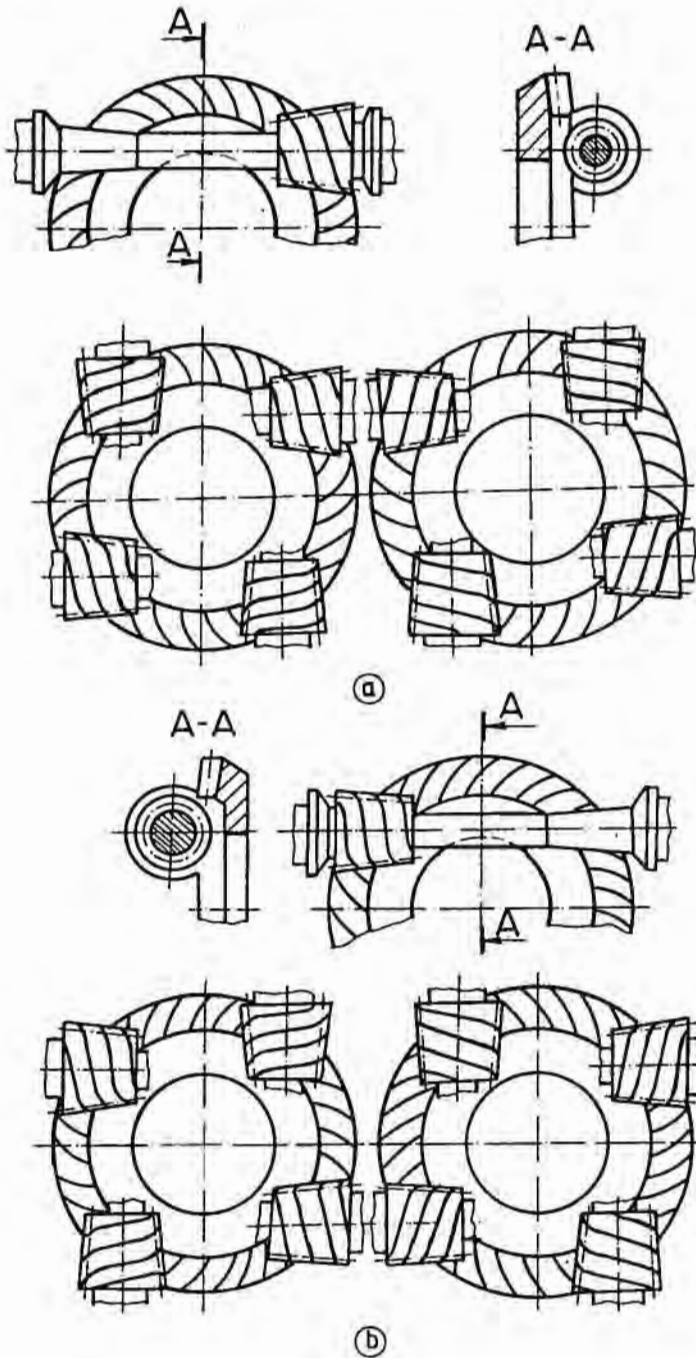


Fig. 1.3

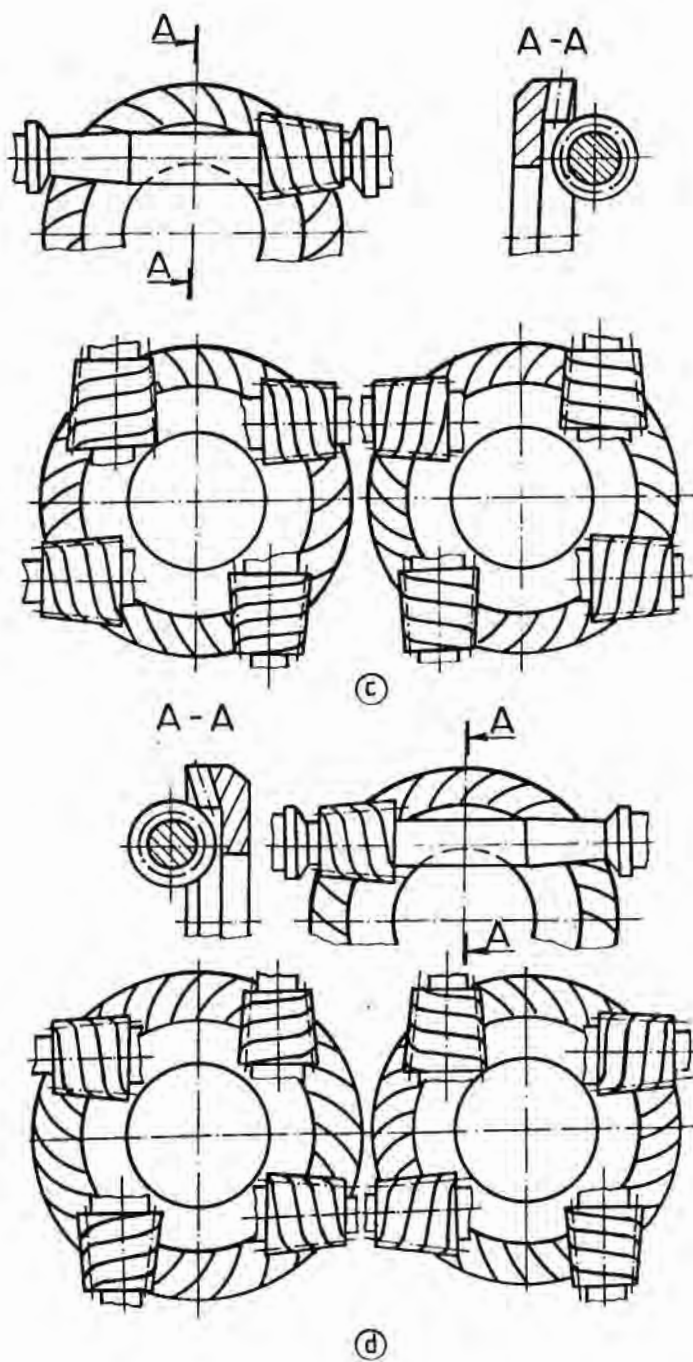


Fig. 1.3 (continuare)

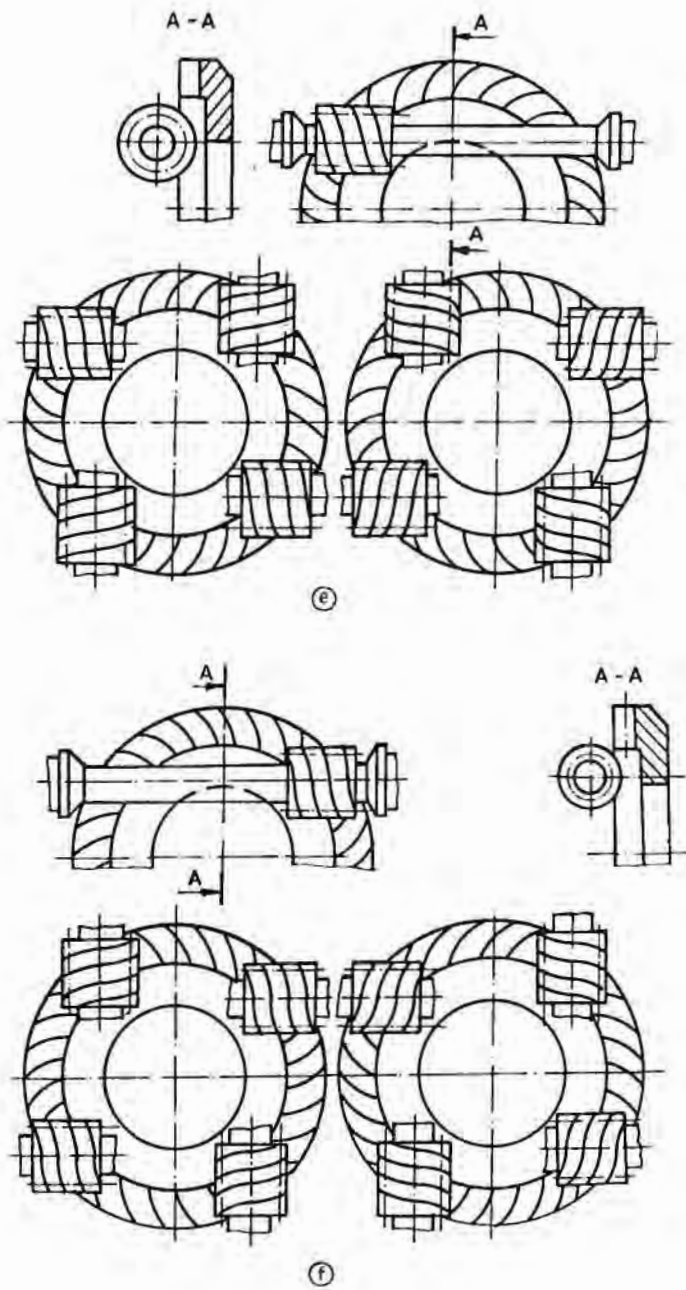


Fig. 1.3 (continuare)

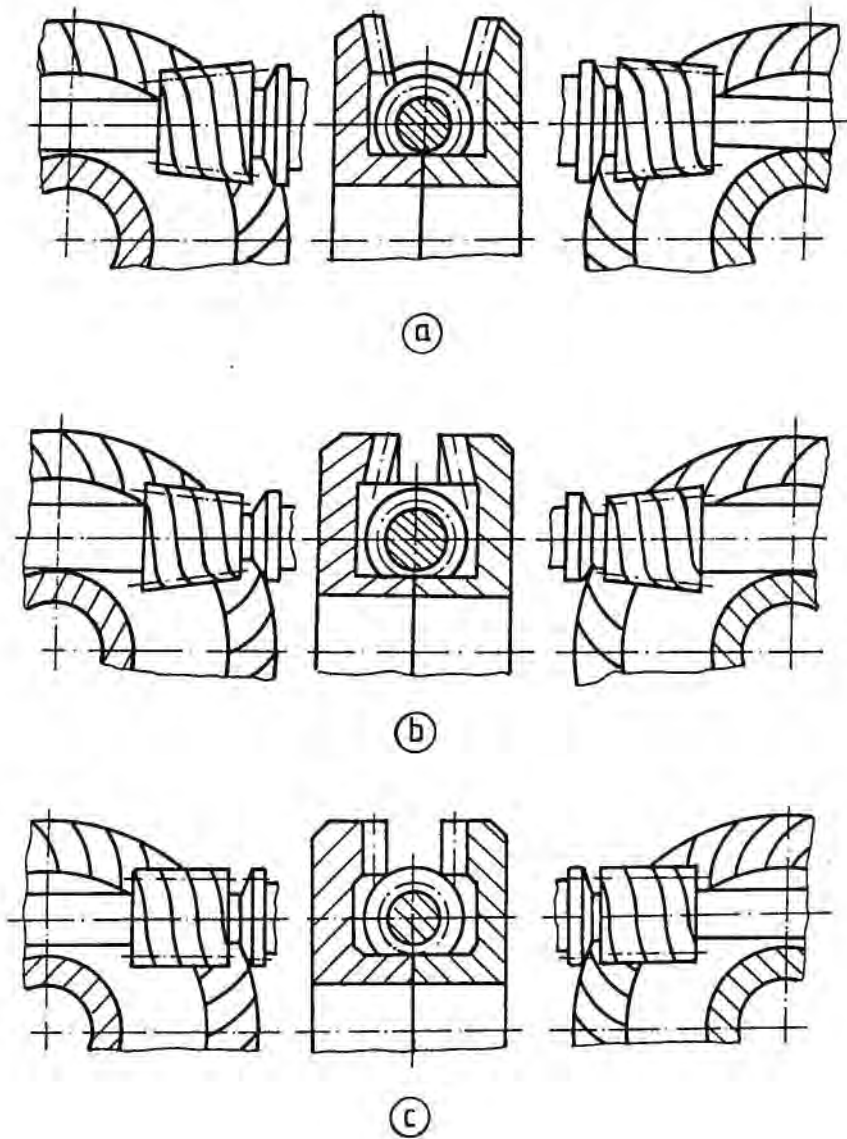


Fig. 1.4

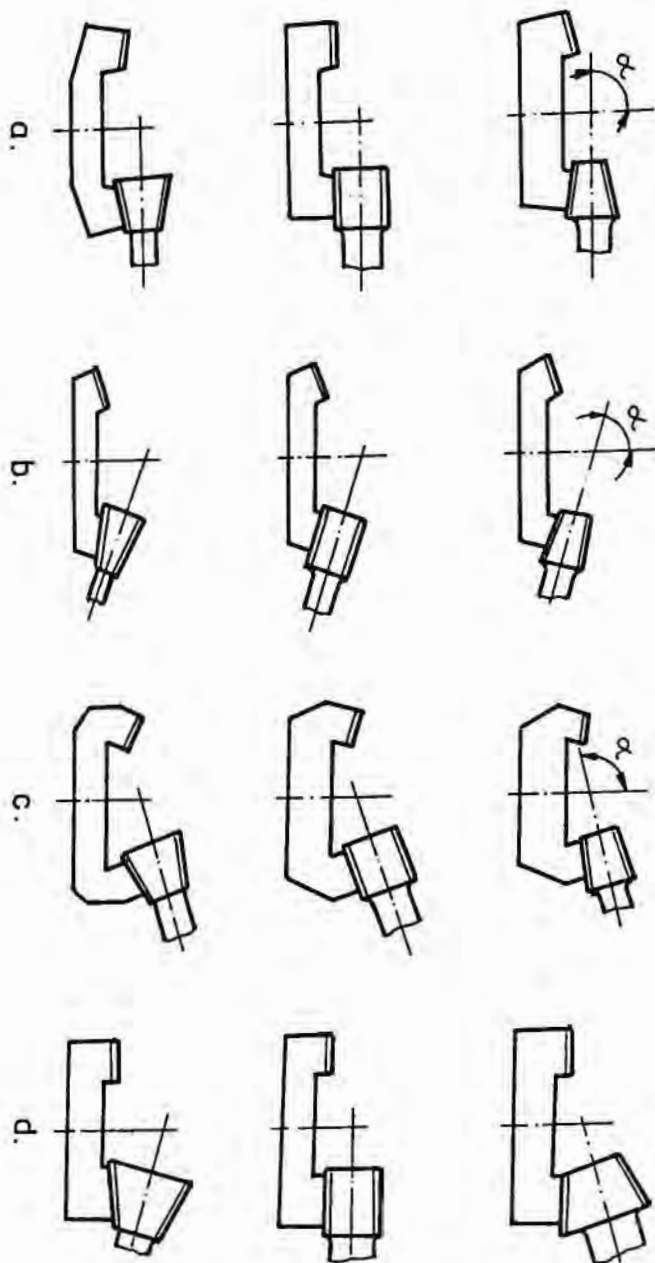


Fig.1.5 [236]

Elementul de definire în angrenaj fiind melcul spiroid, tipurile de melci spiroidi de referință vor determina realizarea a tot atâtea tipuri de angrenaje melcate spiroid.

Tabelul 1.1

Caracteristicile suprafeței elicoidale	Tipul melcului [235]		
	Melc spiroid conic		Melc spiroid cilindric
	Angrenaj tip exterior	Angrenaj tip interior	
Profil rectiliniu în plan axial (arhimedic)	SKA (fig. 1.6a)	SOA (fig. 1.6b)	SZA (fig.1.7 a)
Profil concav-convex în plan axial	SKCX (fig. 1.6c)	SOCX (fig. 1.6d)	SZCX (fig. 1.7d)
Profil rectiliniu în secțiunea tangentă la cilindrul de bază (evolventă)	SK1 (fig. 1.6e)	SO1 (fig. 1.6f)	SZ1 (fig.1.7e)
Profil prelucrat cu sculă dublu conică disc	SKVK1 (fig. 1.6g)	SOVK1 (fig. 1.6h)	SZK1 (fig. 1.7i)
Profilul prelucrat cu sculă dublu toroidală disc	SKVCT1 (fig. 1.6m)	SOVCT1 (fig. 1.6n)	SZCT1 (fig. 1.7h)
Profilul prelucrat cu sculă conică tip deget	SKVK2 (fig. 1.6i)	SOVK2 (fig. 1.6j)	SZCK2 (fig. 1.7j)
Profilul prelucrat cu sculă dublă toroidală tip deget	SKVCT2 (fig. 1.6o)	SOVCT2 (fig. 1.6p)	SZCT2 (fig. 1.7k)
Profilul prelucrat cu sculă dublu conică tip oală	SKVK3 (fig. 1.6k)	SOVK3 (fig. 1.6l)	SZK3 (fig. 1.7m)
Profilul prelucrat cu sculă dublu toroidală tip oală	SKVCT3 (fig. 1.6r)	SOVCT3 (fig. 1.6s)	SZCT3 (fig. 1.7l)
Profilul rectiliniu în secțiunea normală pe dinte			SZN1 (fig. 1.7b)
Profilul concav-convex în secțiunea normală pe dinte			SZC1 (fig. 1.7c)
Profilul rectiliniu în secțiunea normală pe gol			SZN2 (fig. 1.7f)
Profilul concav-convex în secțiunea normală pe gol			SZC2 (fig. 1.7g)

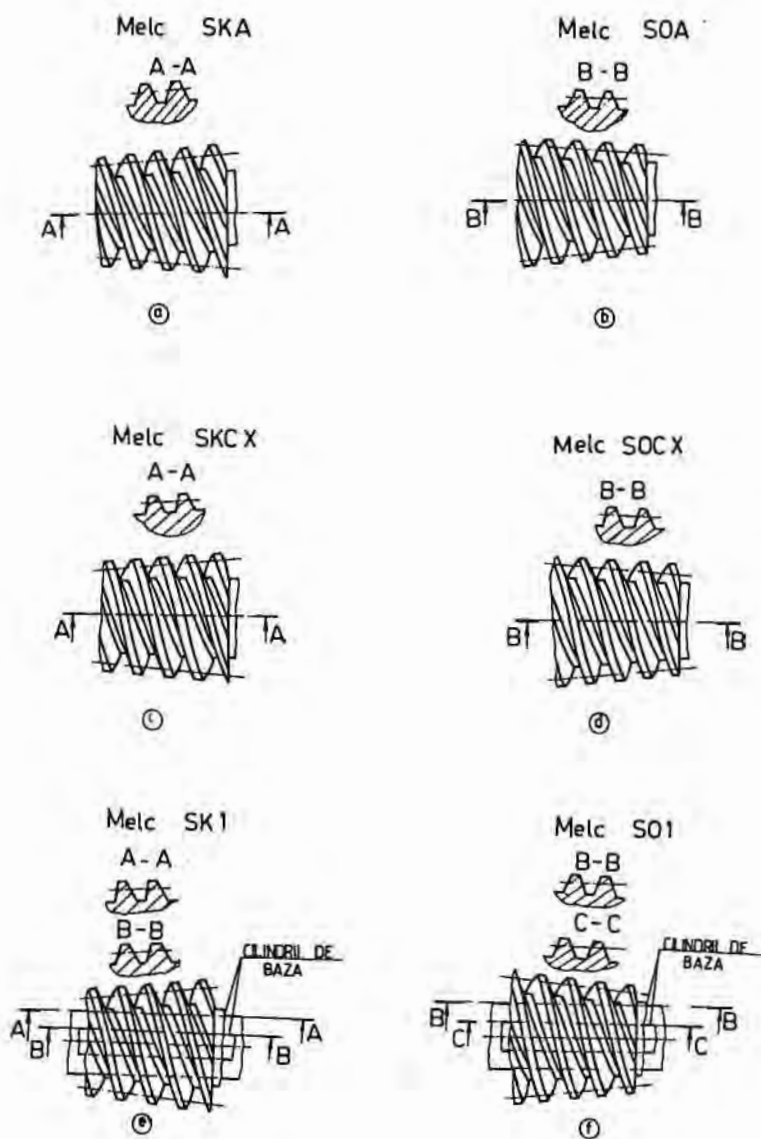


Fig.1.6

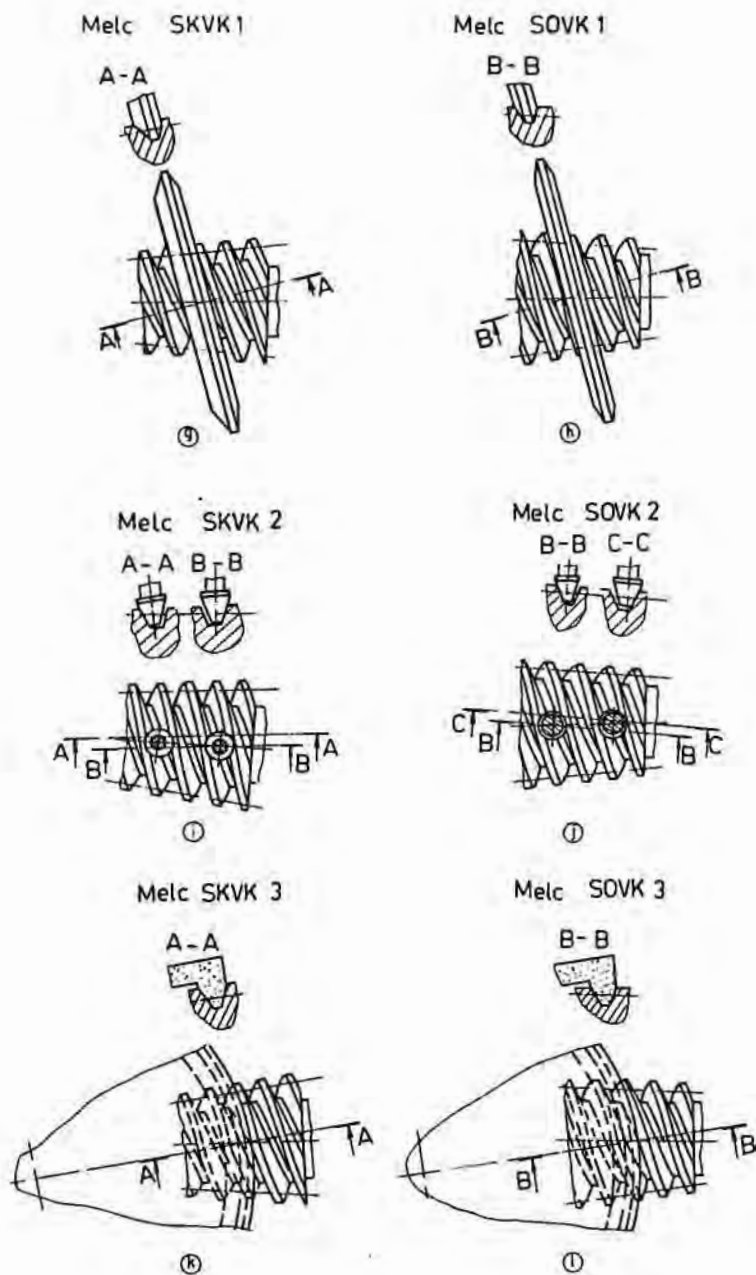


Fig.1.6 (continuare)

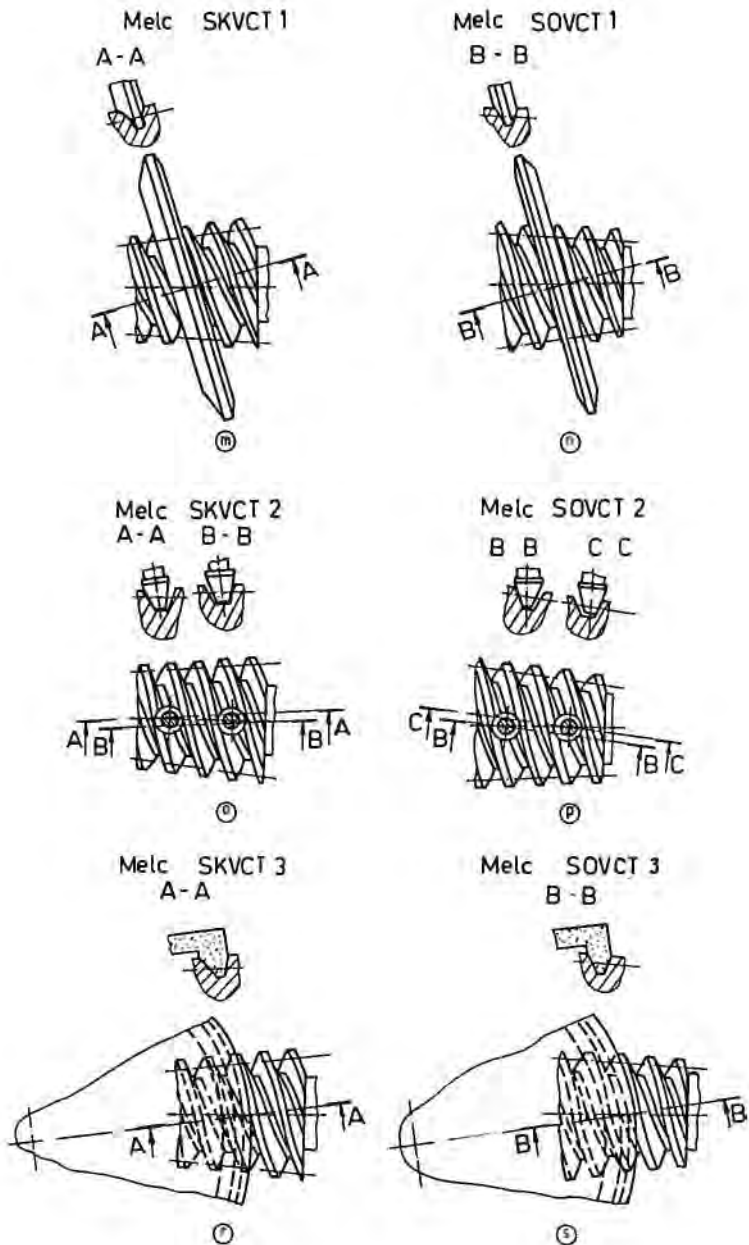


Fig.1.6 (continuare)

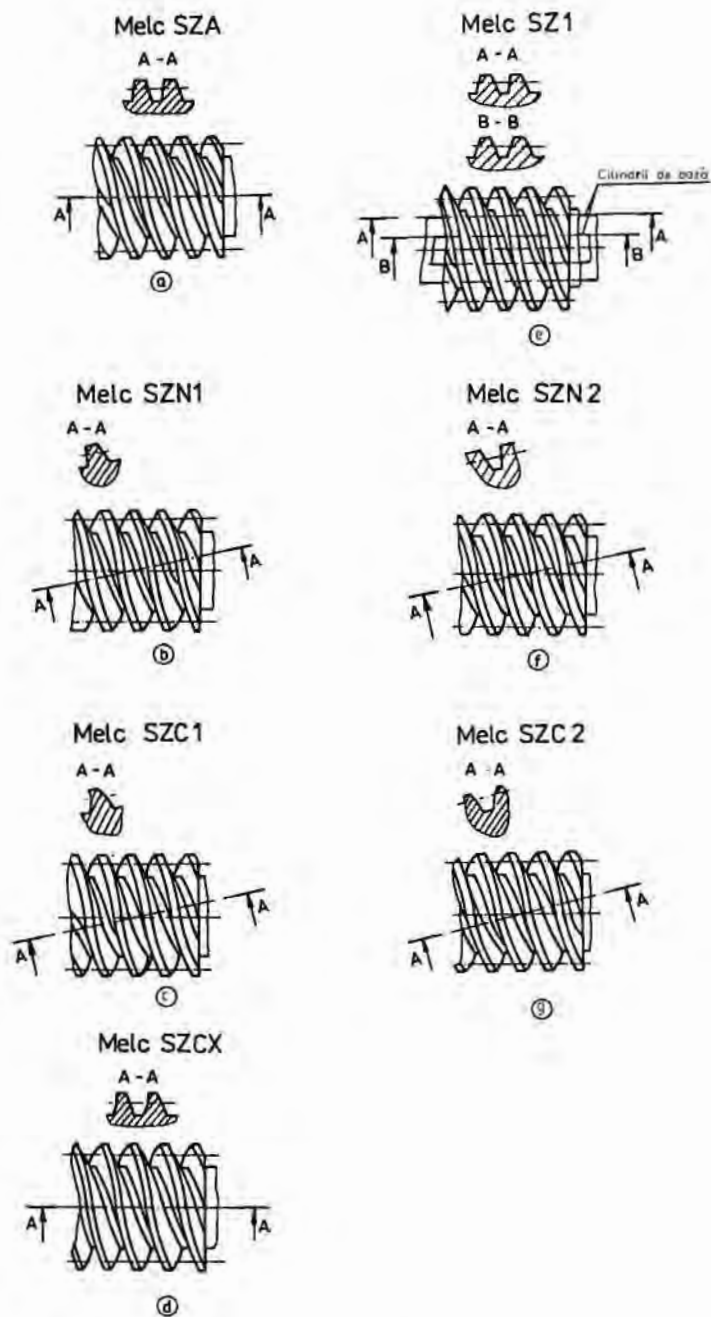


Fig.1.7

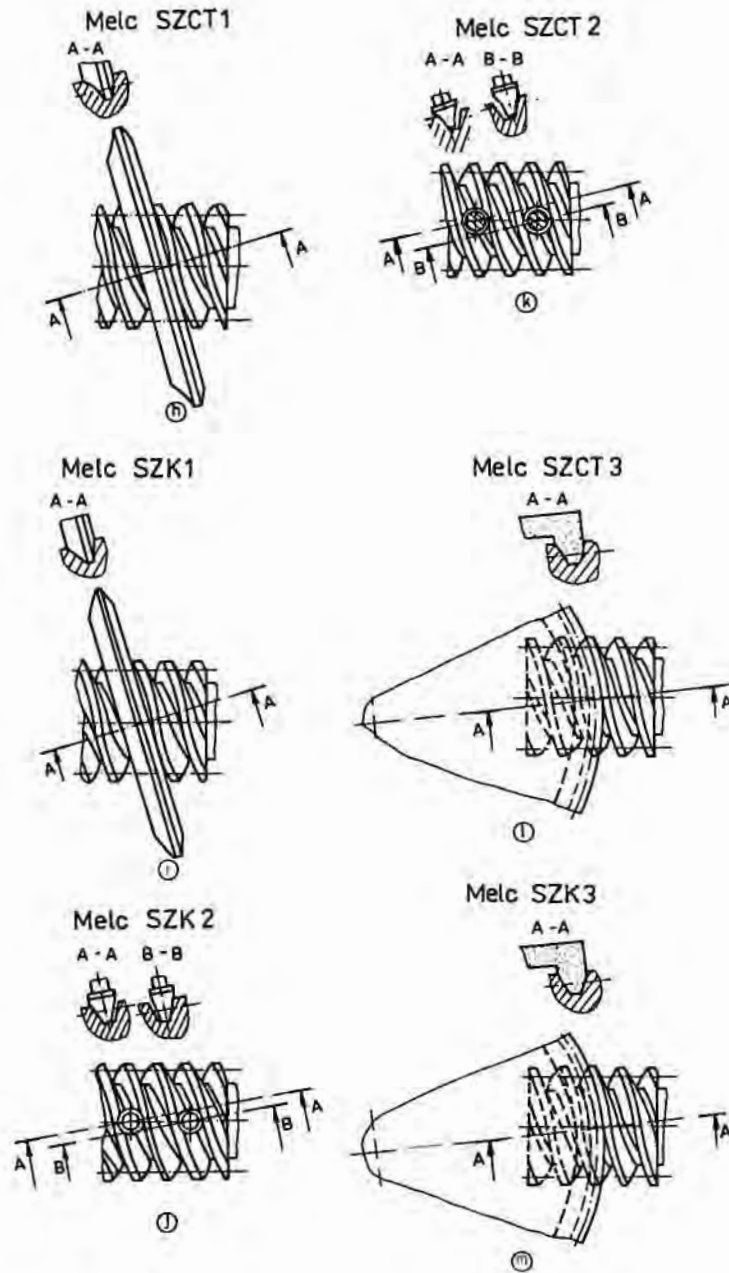


Fig.1.7 (continuare)

În fig. 1.6 sunt reprezentate tipurile de melci spiroizi conici de referință, iar în fig. 1.7 sunt reprezentate tipurile de melci spiroizi cilindrici de referință.

Ca un element de specificitate important al melcilor spiroizi este faptul că au unghiurile flancurilor diferite, profilul fiind asimetric.

În funcție de tipul suprafeței elicoidale rezultate din diferitele situații de prelucrare, conform standardului [235] putem lua în considerare un număr relativ mare de cazuri. Acestea sunt prezentate în Tabelul 1.1.

În realizările concrete de angrenaje melcate spiroide menționate în literatură se folosesc predominant melcii riglați de tip arhimedic, evolventici [94,95,96] și melcii prelucrați cu scule dublu conice cu freze disc [74,75,76].

Modul în care se realizează contactul instantaneu dintre flancurile dinților elementelor componente ale unui angrenaj prezintă un interes cu totul deosebit, aceasta având o influență decisivă asupra comportării în funcționare a angrenajului atât în ceea ce privește portanța, durabilitatea straturilor superficiale cât și asupra randamentului.

La analizarea modului de realizare a contactului a doi dinți conjugați aflați în angrenare se iau în considerare: viteza normală de baleiaj și viteza de alunecare [6,7,131,139]. Prin viteză normală de baleiaj se înțelege componenta normală pe linia de contact a vectorului viteză de deplasare a liniei de contact a unei perechi de roți dințate în raport cu suprafața fiecărui dinte. Viteza normală de baleiaj are ca semnificație funcțională viteza cu care sunt puse în contact suprafețele care au fost proaspăt lubrificate și care sunt reci.

Viteza de alunecare a suprafețelor dinților angrenajului este viteza relativă dintre cele două suprafețe într-un punct de acțiune conjugată.

Se impune a fi menționat faptul că volumul de căldură care se produce în timpul angrenării este în strânsă legătură cu condițiile de alunecare-baleiaj.

În fig. 1.8 se prezintă [6,7,236] o comparație a benzilor de contact la angrenajele melcate obișnuite și angrenajele melcate spiroide.

Se poate remarca că linia de contact la un angrenaj melcat obișnuit se situează de-a curmezișul dintelui fiind aproape tangentă la diametrul de referință al melcului. În timpul funcționării deplasarea acestei linii este mică. Comparativ, la un angrenaj melcat spiroid linia de contact are o poziție aproape radială pe flancul dintelui melcului fiind desfășurată pe toată înălțimea acestuia.

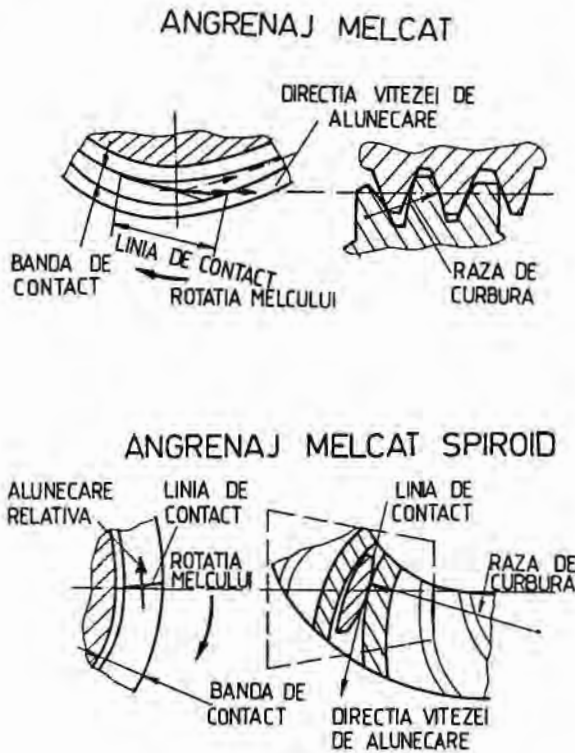


Fig. 1.8 [6]

Este de remarcat faptul că la angrenajul melcat spiroid linia de contact este aproape perpendiculară pe vectorul vitează de alunecare ceea ce are ca efect crearea condițiilor de formare a unei pelicule hidrodinamice de lubrifiant, spre deosebire de angrenajul melcat obișnuit unde, datorită poziției apropiate a direcției vectorului vitezei de alunecare față de direcția liniei de alunecare, apare o tendință nefavorabilă de îndepărtare a lubrifiantului din angrenaj.

Ceea ce apare specific la angrenajul melcat spiroid este faptul că circa 10-12 % din numărul de dinți ai roții melcate se află în simultan contact. Acest lucru rezultă din așezarea melcului pe suprafața roții melcate, melcul fiind deplasat față de centrul roții. Se va obține în acest fel o linie de angrenare foarte lungă fig.1.9.

Din cele expuse mai sus reiese că angrenajele melcate spiroide prezintă o geometrie care asigură condiții favorabile pentru o durabilitate mai bună comparativ cu alte angrenaje cu rapoarte de transmisie mijlocii și mari.

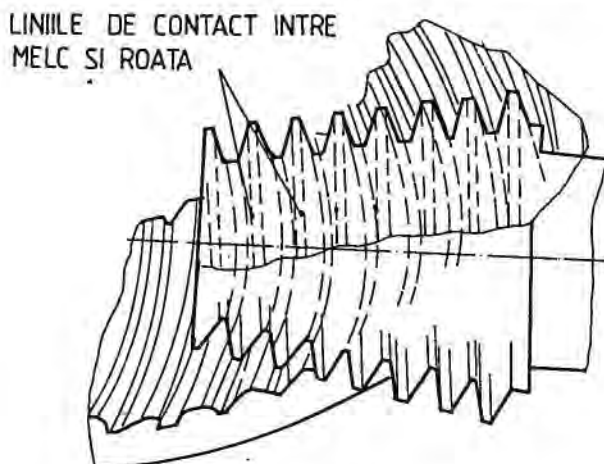


Fig. 1.9 [6]

Acest lucru se datorează: unei viteze normale de baleiaj bune care permite punerea în contact a suprafețelor reci și proaspăt lubrificate; a unei viteze de alunecare comparativ reduse; a unei linii de contact peste mai mulți dinți reducând astfel sarcina pe fiecare dinte și unor caracteristici bune de lubrifiere care dau posibilitatea alegerii unor materiale pentru obținerea unor performanțe sporite. Angrenajele melcate spiroide permit realizarea unor rapoarte de transmisie în gama 4:1 / 400:1 într-o singură treaptă. În mod obișnuit melcul este elementul conducător, Pentru realizarea rapoartelor menționate se vor folosi melci având de la unu la opt începuturi.

Folosirea angrenajele melcate spiroide conice este limitată inferior la valoarea raportului de transmitere de 10:1. Sub această limită este obligatorie folosirea melcilor spiroizi cilindrici. Acest lucru se impune prin faptul că: păstrându-se pasul constant, însă reducându-se diametrul melcului conic, unghiul elicei melcului (fig.1.10) se va modifica continuu.

Efectul acestei modificări este neglijabil în gama de unghiuri mici ale elicei, dar în cazul unor melci cu mai multe începuturi și cu unghiuri mari ale elicei modificarea unghiului spre extremitatea mică a melcului devine din ce în ce mai importantă. Din acest motiv melcul conic trebuie înlocuit cu un melc cilindric, care va permite diametre de arbori mai mari și o rigiditate mai bună.

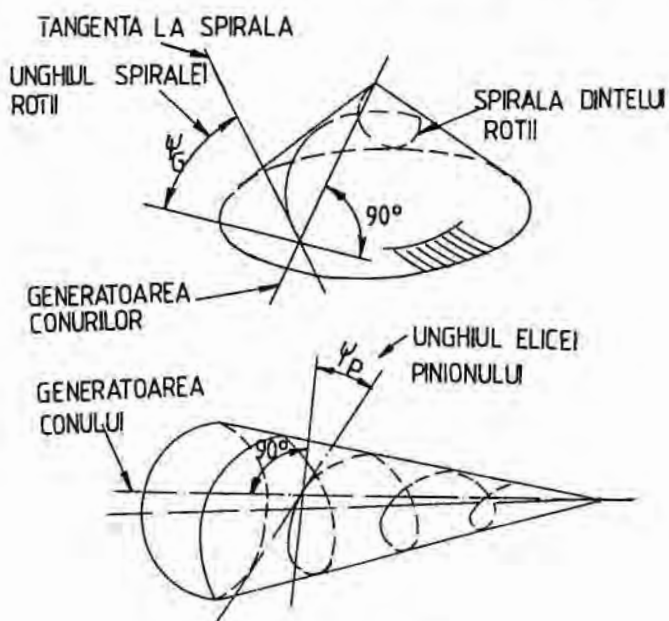


Fig. 1.10 [189]

Limita superioară a raportului de transmitere este determinată de numărul de dinți care pot fi executați pe semifabricatul roții melcate spiroide.

Numărul minim de dinți pentru roata melcată care se recomandă a fi folosit este de 30. Există o limită minimă a acestui număr de dinți în funcție de:

distanța axială; modul; unghiurile flancurilor și alte condiții geometrice. În literatură [189] sunt date recomandări sub forma unor diagrame privind numerele de dinți ce se indică a se folosi în funcție de distanța axială și mărimea raportului diametrului roții melcului și diametrul melcului, fig.1.11.

Randamentul angrenajelor melcate spiroide pentru rapoarte de transmisie mai mici de 40:1 este superior randamentului angrenajelor melcate obișnuite. În domeniul rapoartelor mai mari de 40:1 randamentului este asemănător cu cel al angrenajelor melcate obișnuite.

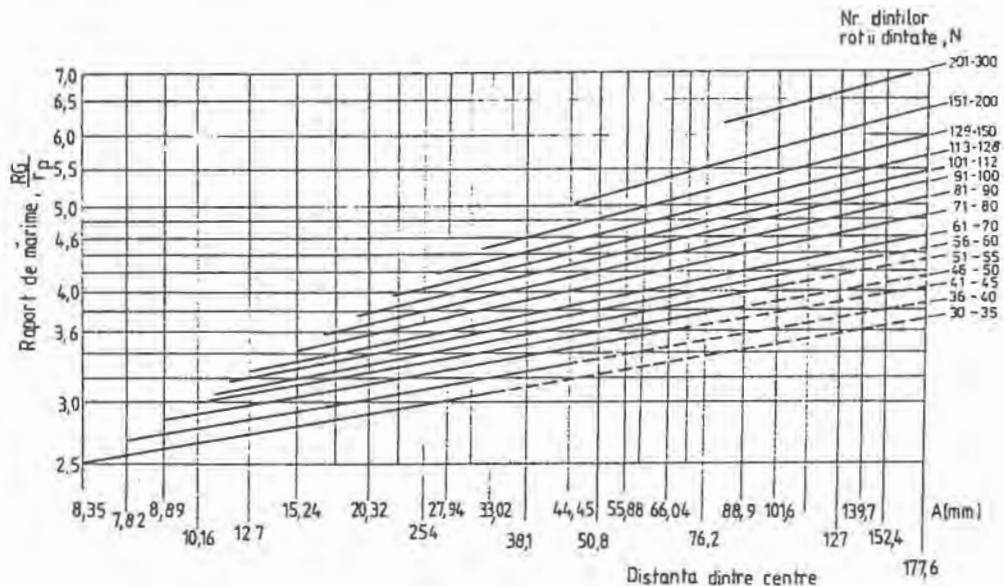


Fig. 1.11 [189]

Elementele care duc la un randament mai bun la angrenajele melcate spiroide sunt :

- la rapoarte de angrenare sub 40:1 melcul conic spiroid poate fi construit mai mic decât melcul obișnuit pentru un diametru de intrare

dat al arborelui, rezultând astfel un unghi al elicei mai mare ceea ce va duce la un randament mai mare;

- așa cum rezultă din fig.1.12, în cadrul angrenajului melcat spiroid, atunci când elementul motor este melcul, componenta forței de frecare dintre flancuri are o asemenea direcție care vine să ajute rotația roții melcate spiroide. Comparativ, se poate vedea cum în cadrul angrenajului melcat obișnuit componenta forței de frecare se opune mișcării de rotație a roții, ceea ce duce la scăderea

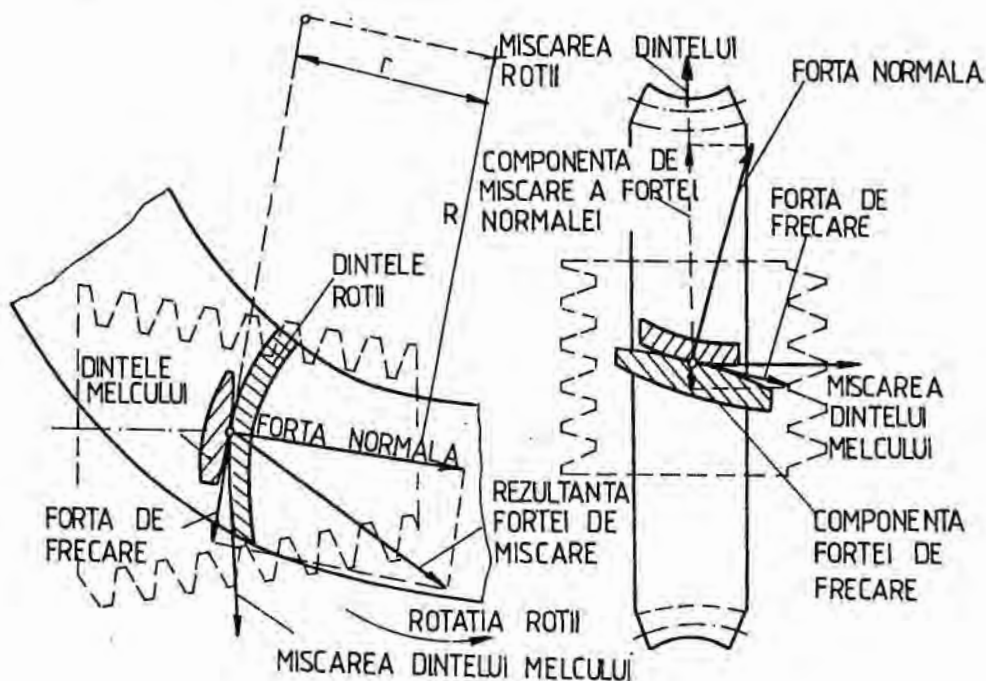


Fig. 1.12 [6]

- formarea în condiții bune a penei de lubrifianț între flancuri, fapt ce duce la asigurarea presiunii hidrodinamice în pelicula de lubrifianț, realizându-se astfel o frecare fluidă mai bună ceea ce influențează direct creșterea randamentului.

Orientarea componentei forței de frecare, menționată mai sus, face ca angrenajul melcat spiroid să aibă o capacitate de autofrânare foarte bună.

În figura 1.13, este dată după [189] variația coeficientului de frecare dintre flancurile angrenajului melcat spiroid având melcul și roata melcată din oțel călit, lubrifiate cu ulei de genul T 90 EP.

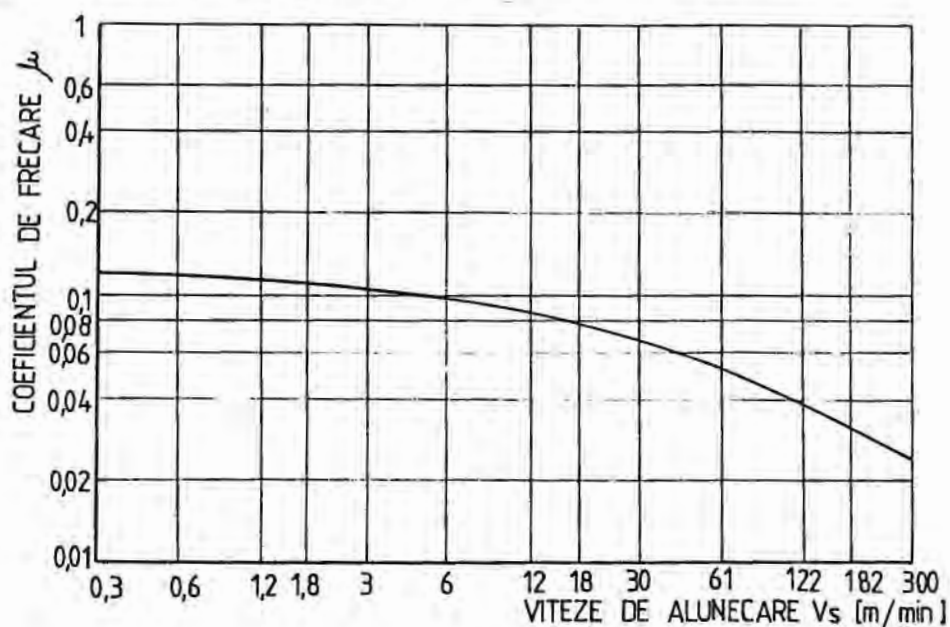


Fig. 1.13 [189]

Valoarea randamentului funcție de viteza de alunecare și de unghiul elicei melcului pentru același cuplu de materiale și lubrifianț ca mai sus este dată în diagrama din fig.1.14 [189].

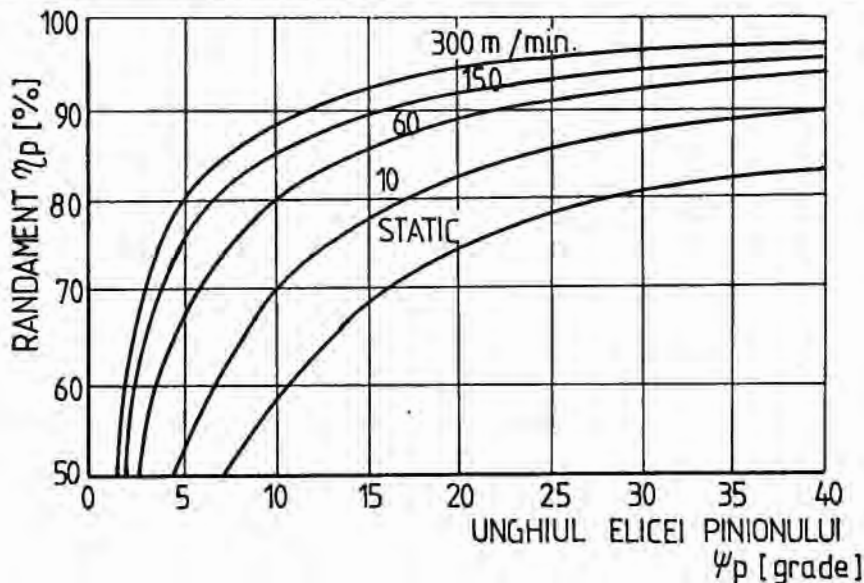


Fig. 1.14 [189]

Similar cu celelalte tipuri de angrenaje și angrenajele melcate spiroide au precizia inițială influențată de mașinile-unelte pe care se prelucreează. Spre deosebire însă de alte tipuri angrenajele melcate spiroide prezintă caracteristici geometrice care permit micșorarea efectelor datorate erorilor utilajelor pe care au fost prelucrate, existând posibilitatea efectuării unor corecții. Astfel, numărul mare de dinți care se află în contact simultan contribuie la compensarea unor erori existente la dinții individuali. De asemenea un lucru important, excentricitatea care se poate produce în timpul prelucrării sau al montajului are un efect diminuat dat fiind faptul că angrenajele melcate spiroide au elementele componente în plane diferite.

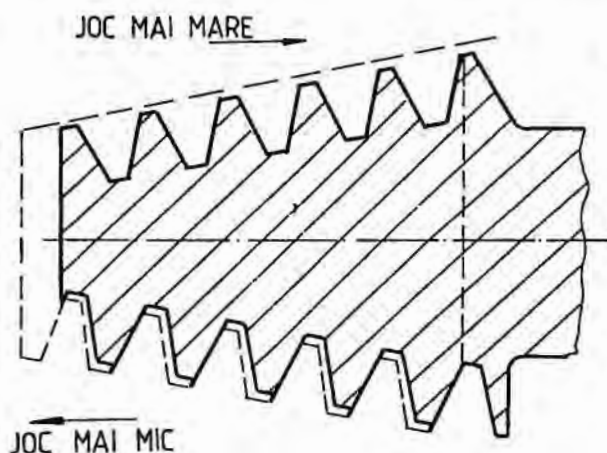
Este știut faptul că excentricitatea roților angrenajului determină variații ale vitezei unghiulare. La angrenajul melcat spiroid excentricitatea melcului este cea care ar afecta într-o măsură mare acest lucru. Cu cât unghiul de presiune al flancului melcului este mai mare cu atât variația vitezei unghiulare este mai mare. Concluzia este că se recomandă să fie folosit ca flanc de antrenare flancul cu unghiul de presiune mai mic în aplicațiile care impun o variație de viteză

unghiulară redusă. Valoarea minimă admisă a fi folosită la unghiurile de presiune la angrenajele melcate spiroide este de 5° .

Realizarea unei precizii mai mari de divizare este legată de absența jocului din angrenaj, lucru posibil de realizat la angrenajele melcate spiroide.

Deplasarea axială a melcului spiroid, respectiv a roții melcate spiroide, va avea ca efect modificarea jocului fără să afecteze modul de contact în angrenaj.

Prin geometria lor particulară angrenajele melcate spiroide dau posibilitatea realizării unui control grosolan al jocului, respectiv fin al jocului. Astfel prin deplasarea axială a roții se obține o reglare brută a jocului, iar prin deplasarea melcului se realizează reglajul fin a jocului. (fig.1.15) În principal, deplasarea axială se realizează prin utilizarea unor garnituri subțiri de reglare. Deplasarea axială a melcului spiroid cilindric nu are nici un efect asupra jocului.



Depinzând de sensul de înclinare al elicei melcului, un set de angrenaje melcate spiroide este considerat de stânga când melcul are elicea de înfășurare stânga și set de angrenaje dreapta când melcul are elicea de înfășurare dreapta.

Fig. 1.15 [189]

Ambele variante permit așezarea pinioanelor în diferite poziții față de centrul roții dând astfel posibilitatea realizării de soluții constructive diferite în funcție de necesități (fig. 1.16 și 1.3).

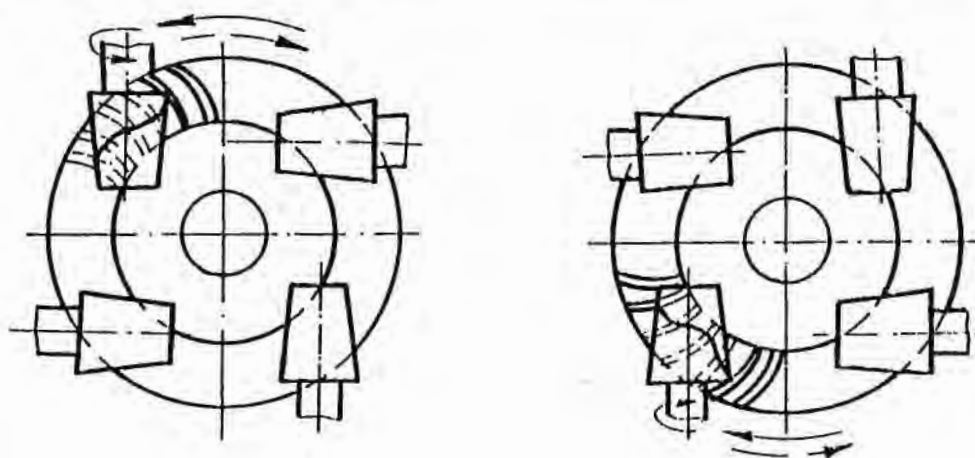


Fig. 1.16 [189]

Angrenajele melcate spiroide sunt caracterizate prin faptul că unghiul de presiune de pe cele două flancuri ale melcului nu este simetric. Acest lucru face ca valorile componentelor forțelor ce apar în angrenaj, componenta axială și componenta radială, să nu fie identice dacă melcul acționează cu flancul având unghiul de presiune mic sau cel mare. În mod special prezintă interes componenta radială care are tendința de a îndepărta flancurile melcului de cele ale roții. Cele expuse mai sus explică recomandarea [189,236] ce se face ca flancul portant al melcului să fie cel cu unghiul de presiune mic, condiție asigurată prin alegerea corespunzătoare a sensului de rotație.

Montarea angrenajelor melcate spiroide se realizează în principiu în trei variante, în ceea ce privește dispunerea lagărului melcului, și anume: sistemul de lăgăruire în consolă (fig.1.17), sistemul de dispunere pe două lagăre îndepărtate (fig1.18) și sistemul de rezemare pe lagăre apropiate (fig.1.19).

Modul de rezemare în consolă este similar cu cel utilizat la angrenajele conice. Se recomandă să se folosească acolo unde se urmărește obținerea unui randament mai mare, soluția dând posibilitatea utilizării unui melc de diametru mai mic. Pentru reglarea jocului se procedează la montarea unor garnituri subțiri sub capacul lagărului. Soluția de fixare pe două reazeme îndepărtate este cea mai frecvent întâlnită.

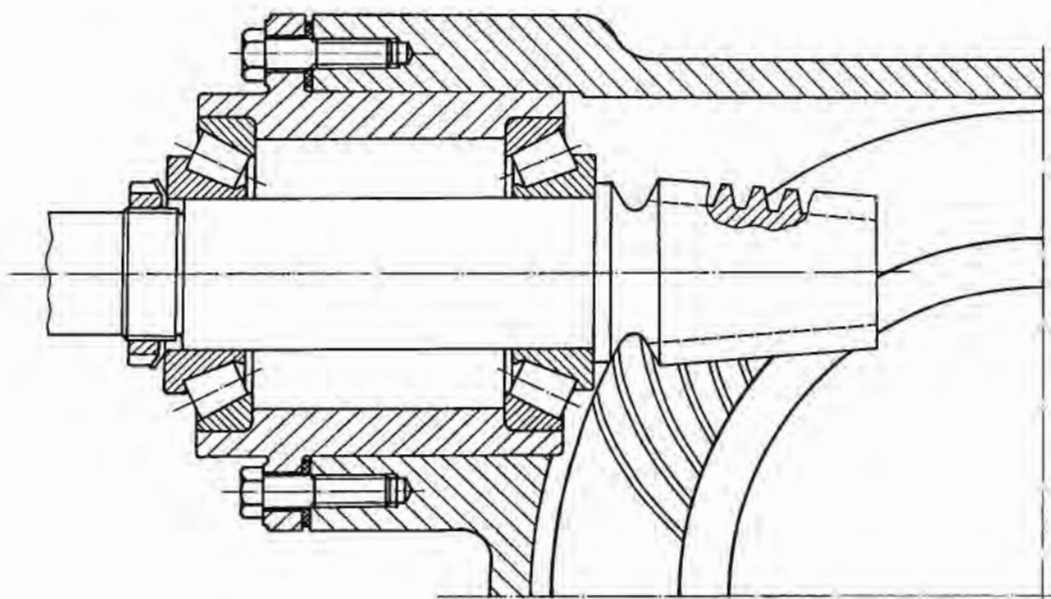


Fig. 1.17 [189]

Varianta de fixare pe două lagăre apropiate asigură rigiditatea maximă, lagărele fiind foarte apropiate de zona de contact a dinților. Alegerea soluției de lăgăruire a melcului se face pentru fiecare situației concretă, luându-se în considerare încărcarea angrenajului și implicit reacțiunile care apar.

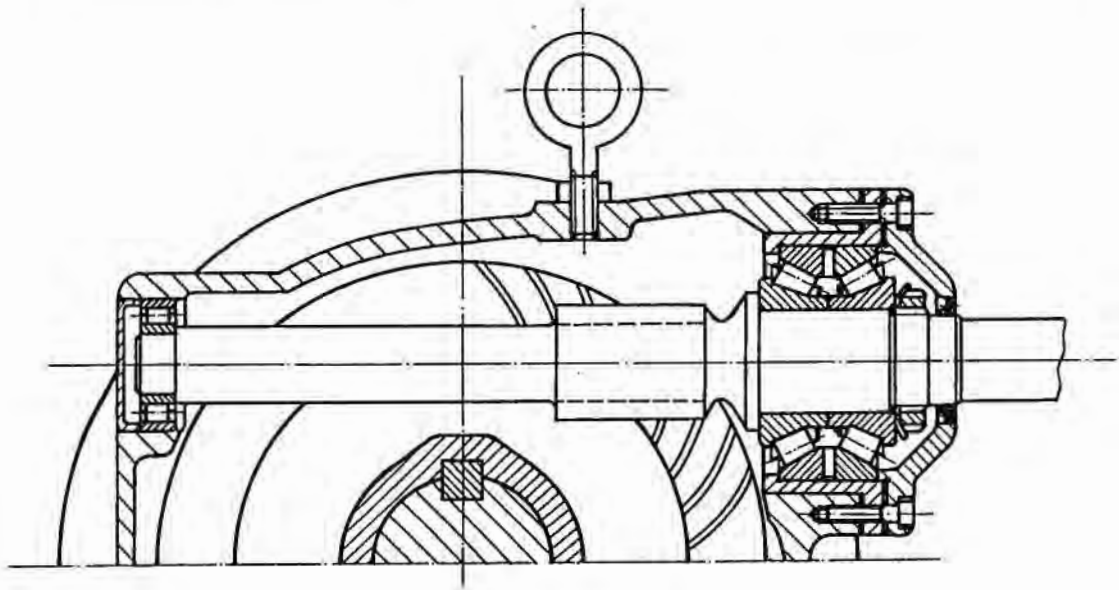


Fig. 1.18 [189]

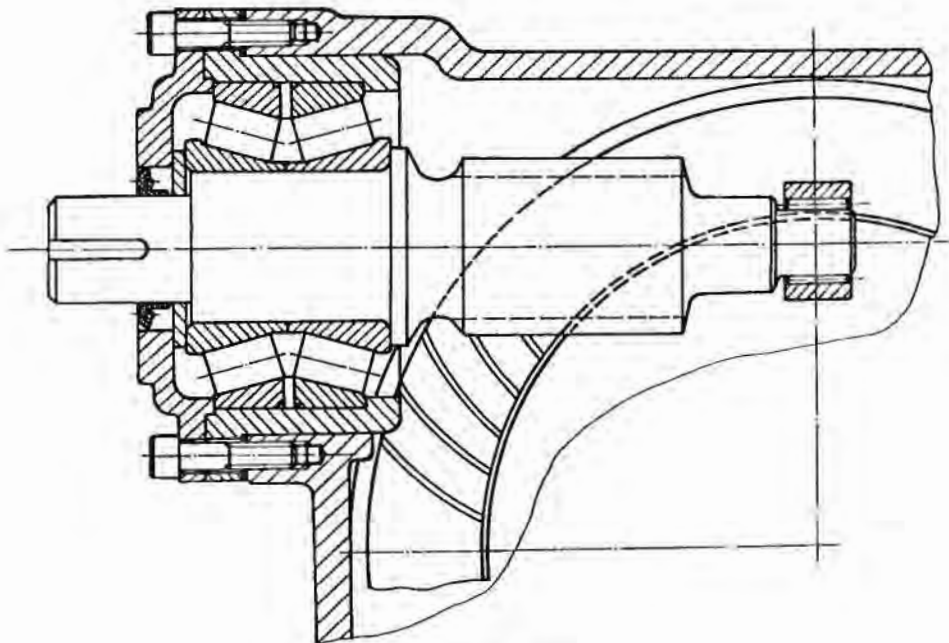


Fig. 1.19 [189]

1.2.3. Considerații privind proiectarea angrenajelor melcate spiroide

Există un număr relativ mare de lucrări care ating aspecte legate de calculul geometric și de portanță al angrenajelor melcate spiroide. Se pot menționa astfel lucrările lui: W.D. Nelson [188,189], D.W. Dudley [73], A.K. Gheorghiev [101,102,108,111,112], V.A. Ovcinnikov [194,195,196], D. Schwagerl [219], M.S. Eidinov [78], S.D. Mașin [177,178], V.N. Sevriuk [220], N.S. Golubkov [148,150], S.V. Ezerskaia [40,81], V.A. Ivaikin [161,162], ș. a.

Privitor la modul de determinare al elementelor geometrice se pot remarca două metode: este vorba de metoda firmei americane Illinois Tool Works - Chicago prezentată în lucrările lui W.D. Nelson și o a doua metodă prezentată în lucrările autorilor sovietici, în special A.K. Gheorghiev. Între angrenajele melcate spiroide calculate după cele două metode apar diferențe dimensionale de gabarit, în special în ceea ce privește melcul.

Având în vedere că firma Illinois Tool Works - Chicago (ITW) produce industrial angrenaje melcate spiroide de aproximativ 50 de ani, metoda propusă de această firmă pare a fi bine verificată practic.

Angrenajele melcate spiroide realizate și prezentate în lucrare au fost calculate dimensional având la bază metoda Nelson - ITW ,menționată mai sus, pe care autorul prezentei lucrări a analizat-o după [189,236], și a adaptat-o pentru posibilitățile de lucru ale utilajelor de fabricație românească.

În Anexa 1 se prezintă sub formă de schemă logică de calcul algoritmul de lucru pentru calculul geometric a angrenajele melcate spiroide după metoda Nelson - ITW [18] . Se prezintă în aceeași anexă programul de calcul în limbajul GWBasic, precum și un număr de exemplificări de calcul geometric realizate.

Elementele de bază care trebuie date prin tema de proiectare sunt: distanța axială (care determină în mod implicit și capacitatea portanță), raportul de

transmitere și condițiile de lucru. Pentru fiecare caz concret va rezulta o dimensiune optimă a angrenajului. Calculele necesare fiind laborioase se impune utilizarea unei metodici de proiectare asistată de calculator.

Pentru realizarea angrenajelor melcate spiroide se folosesc numeroase combinații de materiale. La alegerea combinației de materiale pentru un caz concret de angrenaj melcat spiroid este important a i se cunoaște: locul de utilizare, încărcarea la care este supus, (moment de torsiune, turația de lucru), cantitatea necesară și condiții de ungere.

Tabelul 1.2

Nr. crt.	Materialul		Lubrifiant	Observații
	Melc	Roată melcată		
1.	Oțel călit (60-62 HRC)	Oțel călit (60-62 HRC)	Ulei de transmisii (gen T90 EP2)	Transmisii generale
2.	Oțel călit (60-62 HRC)	Fontă cu grafit nodular		
3.	Oțel călit (60-62 HRC)	Fontă cenușie		
4.	Oțel călit (60-62 HRC)	Bronz	Ulei de transmisii (gen TIN210 EPC)	Transmisii generale cu diametrul roții mai mare de 375 mm
5.	Oțel călit (60-62 HRC)	Oțel sinterizat	Unsori de calitate	Transmisii cu încărcări ușoare
6.	Oțel recopt	Material plastic		
7.	Oțel recopt	Aluminiu		
8.	Alamă	Aluminiu		

Caracteristicile angrenajelor melcate spiroide care au fost prezentate mai înainte și anume: viteza de alunecare mai redusă, linia de contact lungă, viteza de baleiaj normal mai bună și formarea unei pelicule de lubrifiant bune fac posibilă utilizarea mai multor combinații de materiale, așa cum se prezintă în Tabelul 1.2

1.2.4. Aspecte privind tehnologia de prelucrare a angrenajelor melcate spiroide

Din cele expuse anterior rezultă că melcii spiroizi pot fi întâlniți în două variante constructive: melci spiroizi conici și melci spiroizi cilindrici.

Problematika tehnologică a melcilor spiroizi cilindrici este similară melcilor cilindrici uzuali, prezentând însă ca elemente de particularitate faptul că profilul flancurilor este asimetric, unul din flancuri având unghiul de $10^\circ - 15^\circ$ iar celălalt de $25^\circ - 35^\circ$, precum și faptul că înălțimea profilului melcului este cuprinsă în intervalul $(2,2 - 3,5)x$ modulul. Aceste particularități nu modifică cu nimic cele cunoscute de la prelucrarea melcilor cilindrici de uz general.

Aspecte particulare prezintă melcii spiroizi conici, asupra acestora făcându-se referiri în cele ce urmează.

Așa cum apare în lucrările lui W.D. Nelson [188,189] melcii spiroizi conici pot fi executați funcție de tip, materiale și dimensiuni prin: aşchiere (strunjire sau frezare, rectificare), injectare sau rulare.

Prelucrarea prin strunjire, având în vedere că înălțimea dintelui este constantă paralel cu generarea conului, se poate executa în mod obișnuit cu una din cele două scheme reprezentate în figura 1.20 după cum precizează B.D. Zotov în [230]. Astfel în figura 1.20.a se procedează la strunjirea cu ajutorul riglei de copiat, iar în cazul din în figura 1.20.b la strunjirea filetului conic prin deplasarea transversală a păpușii mobile.

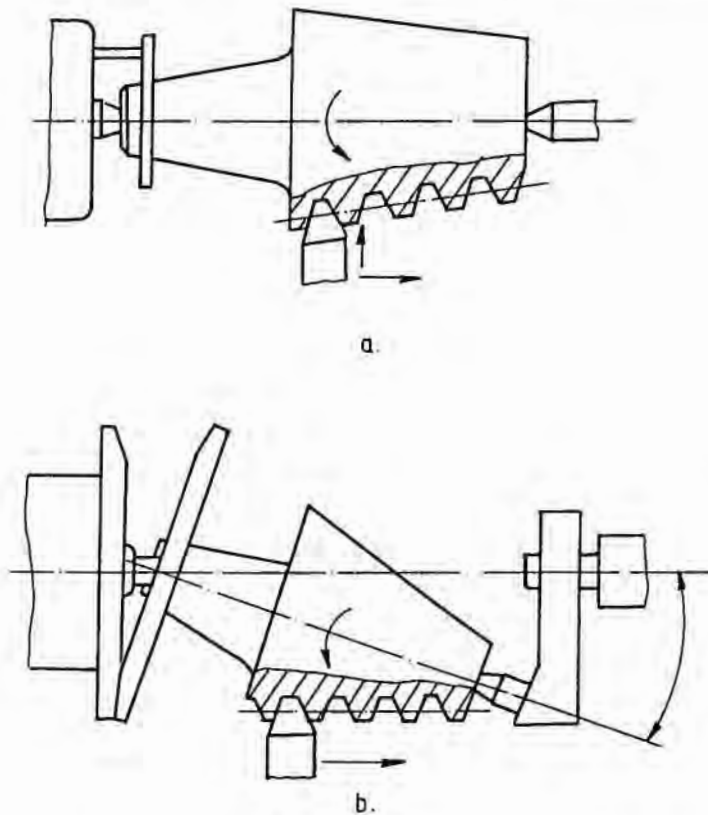
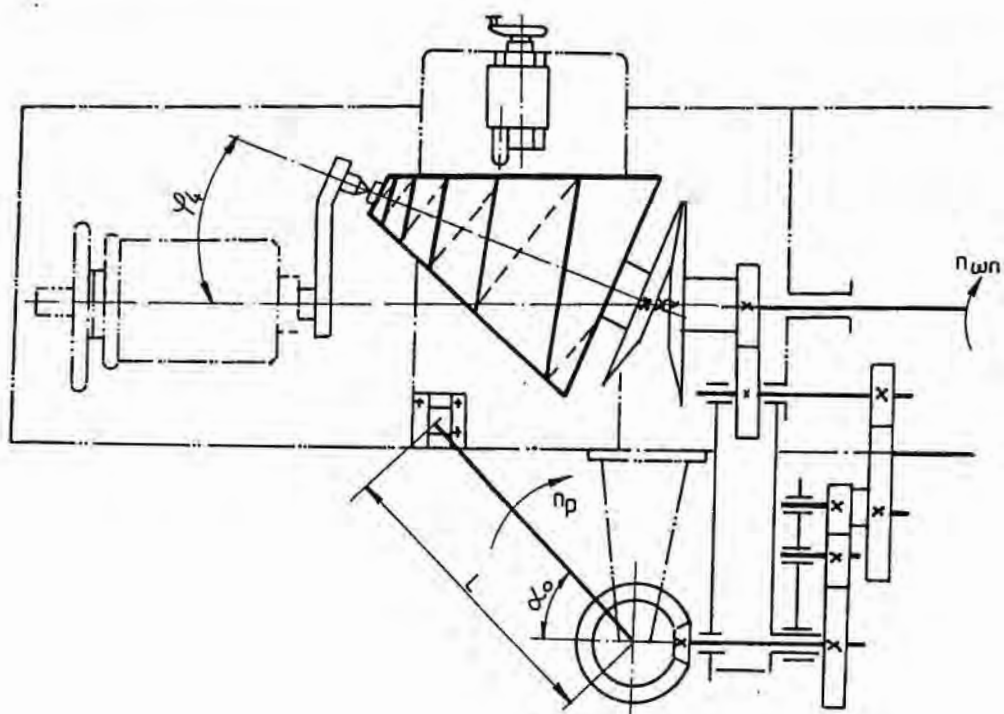
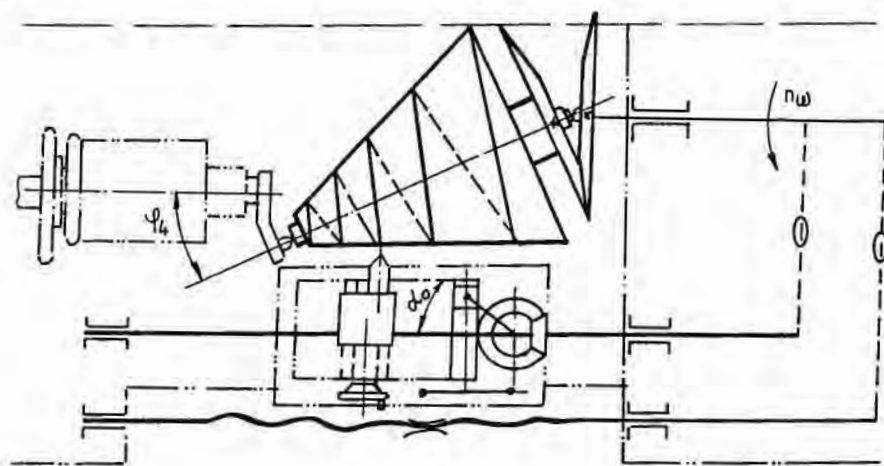


Fig. 1.20

În lucrarea lui I.M. Troițkii [225] și O. Saari [207] se menționează și existența unui caz special de melc conic spiroid, și anume un melc spiroid conic cu pas variabil. Ca soluții de prelucrare sunt indicate două variante, fig. 1.21.a și 1.21.b. Prima variantă propusă de O. Saari [207], constă în folosirea unui dispozitiv care include o riglă sinus și o cinematică care asigură variația după o lege sinusoidală. Sistemul s-a dovedit, conform celor exprimate în [225], a fi cu o rigiditate insuficientă fapt ce afectează precizia de prelucrare. I.M. Troițkii [225] propune și încearcă un alt gen de dispozitiv care folosește un excentric cu tchet plan. Utilizarea excentricului dă posibilitatea de a lega printr-o lege sinusoidală micșorarea semifabricatului și a sculei. Se afirmă că rezultatele obținute la prelucrare s-au dovedit superioare soluției lui O.Saari.



a.



b.

Fig.1.21 [225,207]

Prelucrarea prin frezare a melcilor conici spiroizi este utilizată pentru melci de tip ZK, respectiv la degroșarea oricărui tip de melc. Ea este menționată pentru prima dată în [6], figura 1.22.

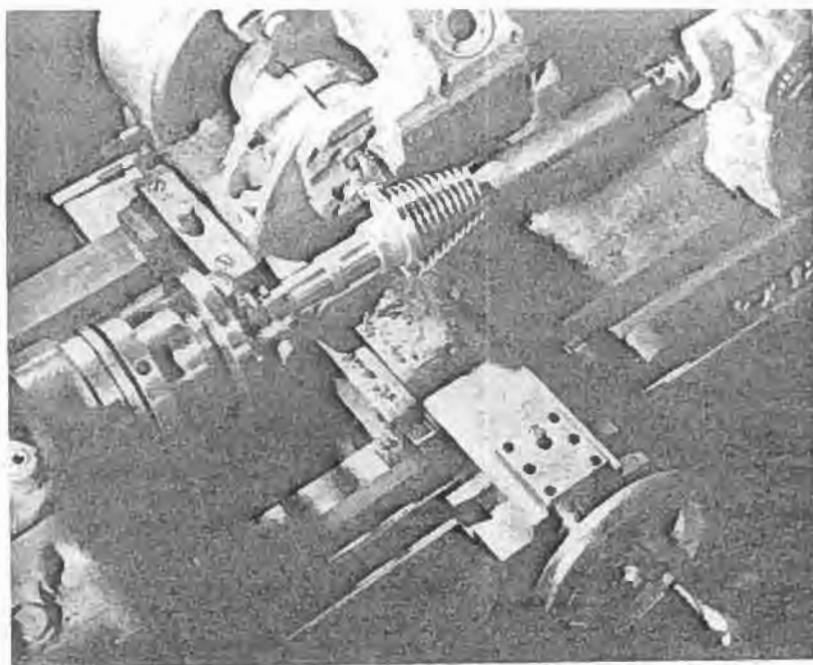


Fig.1.22 [6]

Rectificarea melcilor spiroizi conici este utilizată frecvent dat fiind faptul că melcii spiroizi sunt cu stratul exterior durificat la valori în jur de 60 HRC.

Problema rectificării melcilor este strâns legată de tipul de melc, știind fiind că numai melcii de tip evolventic pot fi prelucrați cu pietre abrazive cu flancuri drepte. Un alt aspect legat de rectificare este problema mașinii pe care se face această operație.

Asupra rectificării melcilor conici spiroizi fac referiri V.V. Kuzleakina în [169] și V.A. Gansîn în [94]. Ambii autori se referă la melcii de tip evolventic.

Astfel V.V. Kuzleakina studiază analitic condițiile teoretice care permit folosirea la rectificare a unor pietre abrazive de tip oală (fig.1.23.a) respectiv a unor pietre de tip disc (fig.1.23.b)

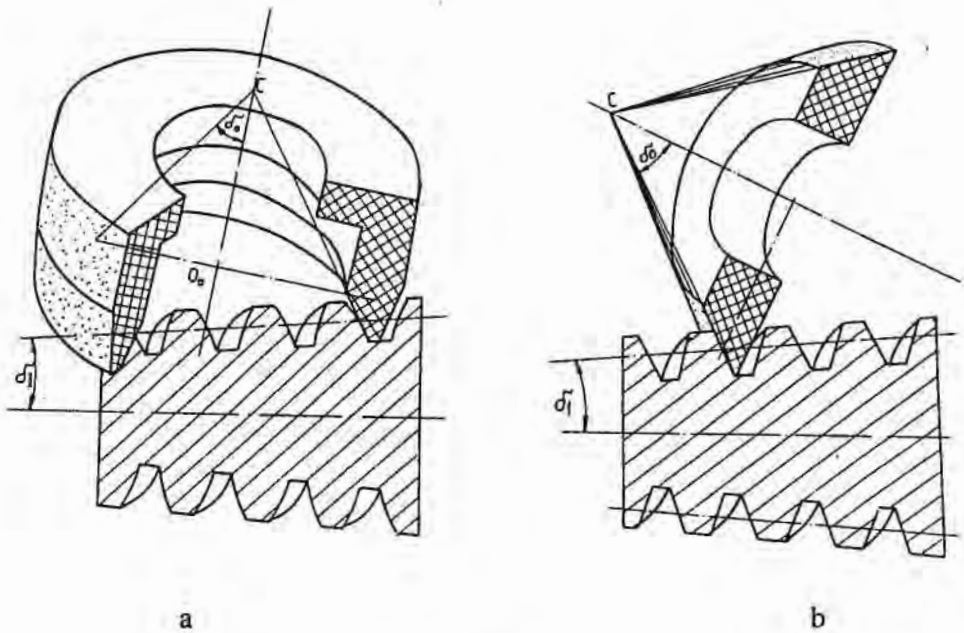


Fig. 1.23 [169]

V.A. Ganșin [94] analizând posibilitățile rectificării melcului conic evolventic cu fața plană a unui disc abraziv atrage atenția (fig.1.24) asupra faptului că în funcție de modul de așezare inițială a discului pe suprafața spirei melcului va rămâne o porțiune n rectificată. Mărimea acestei zone poate fi evaluată prealabil pe bază de calcul, prezentându-se un asemenea exemplu.

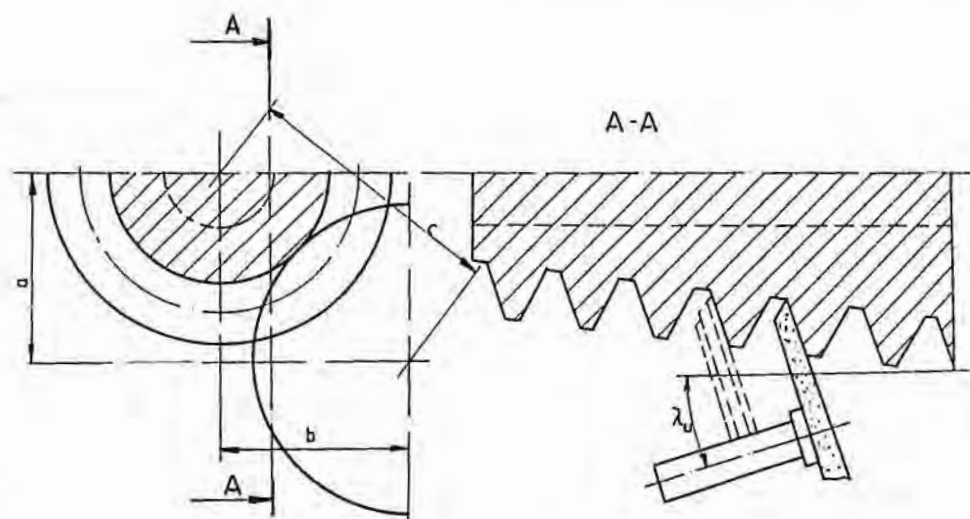


Fig. 1.24 [94]

Privind mașinile-unelte folosite la rectificare se pot folosi mașini specializate pentru rectificat filet conic, sau se poate aplica rectificarea pe strunguri la care sunt adaptate dispozitive de rectificare. Un asemenea dispozitiv este prezentat de A. K. Gheorghiev, A. M. Fefer și G.T. Cekalkin în brevetul sovietic [125]. Dispozitivul menționat se montează pe un strung pregătit pentru filetare, fiind folosit un sistem de copiere hidraulică (fig. 1.25). Referiri privitor la prelucrarea de finisare a melcilor spiroizi conici face I. Dudas în lucrările [74,75,76].

Roțile melcate spiroide au două forme constructive distincte și anume: roțile melcate spiroide conice, cele care vor angrena cu melci conici și roți melcate spiroide plane, cele care vor angrena cu melci cilindrici.

Ca posibilități de prelucrare a roților melcate spiroide se pot menționa, conform [189], următoarele metode: așchiere (frezare); injectare (din material plastic); sinterizare; turnare sub presiune; matrițare.

Cel mai frecvent procedeu de prelucrare este frezarea danturii.

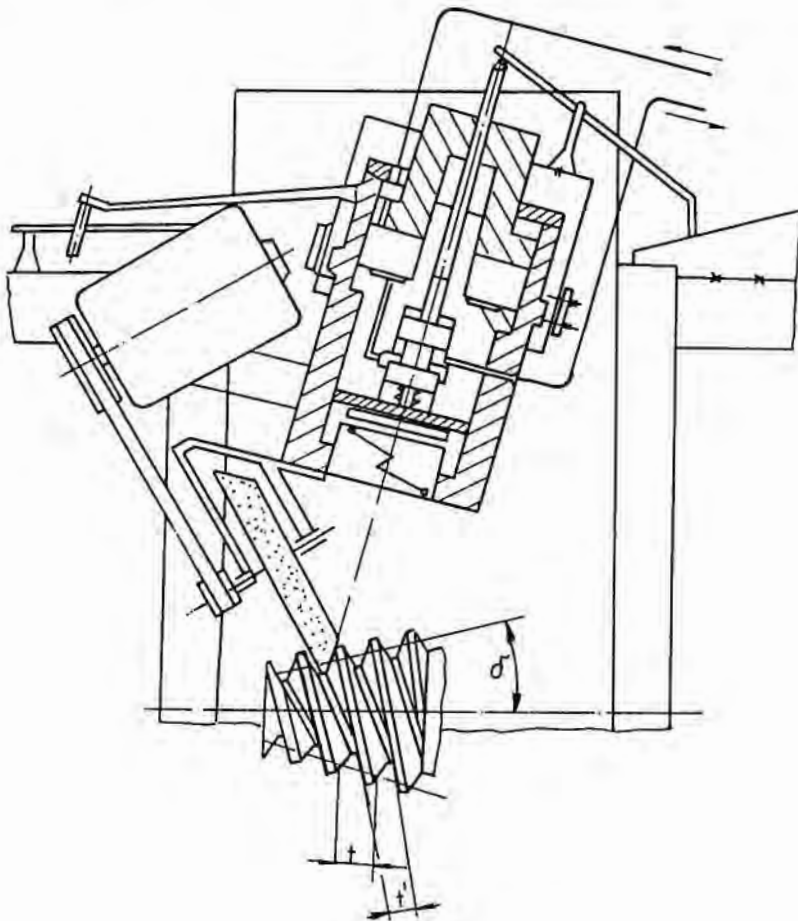


Fig. 1.25 [125]

Asupra acestei probleme se pot întâlni referințe în lucrările lui: W.D. Nelson [188,189], I.M. Troițkii [225], A.K. Gheorghiev [107], V.A. Ovcinnikov [195], V.A. Ivaikin [161], O.Saari în brevetul [206] publicat în 1954, F.Bohle în lucrările [6,7] din 1955 și 1956 (fig. 1.26).

J.H. Flair în 1957, depune brevetul [93] pentru o mașină de danturat roți melcate spiroidale.

În anul 1953 apare brevetul [201] a lui H. Pomernacki, care prezintă freza-melc spiroidă conică destinată prelucrării roților melcat spiroide conice.

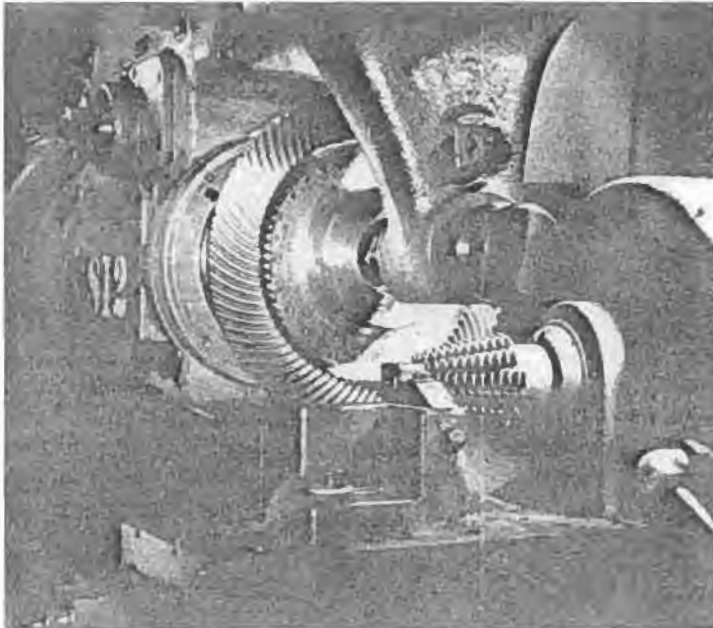


Fig.1.26 [6,7]

O particularitate importantă a roților melcate spiroide este faptul că în majoritatea cazurilor se execută din oțel, fapt ce atrage după sine complicații tehnologice importante.

Prelucrarea roților melcate spiroide se face prin procedeul de frezare cu freza-melc, scula având o geometrie cvasiidentică cu melcul conjugat al roții. Astfel, pentru prelucrarea roților melcate spiroide conice freza-melc va fi conică cu înălțimea dinților constantă, iar la prelucrarea roților melcate spiroide plane freza-melc este de tip cilindric. Se menționează și posibilitatea danturării cu un cuțit rotativ (zburător) în cazul roților unicat [124].

În fig. 1.26. se prezintă după [6,7] imaginea unei freze melc spiroide conice, iar în fig. 1.27. freză-melc spiroidă cilindrică [237].

A.M. Fefer și G.T. Cekalkin în lucrarea [87] prezintă problematica detalonării frezei-melc spiroide cilindrice, această problemă fiind un element de particularitate.

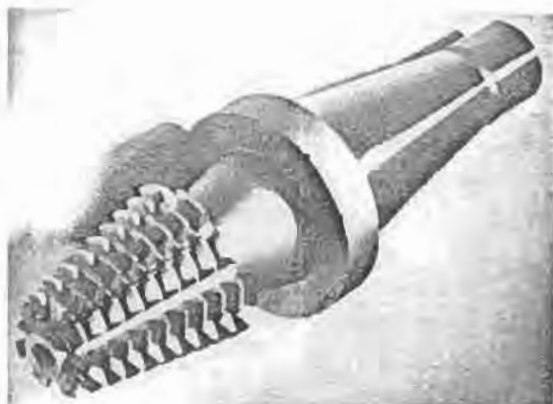


Fig.1.27 [6,7]



Fig.1.28 [237]

În literatura de specialitate consultată nu sunt menționate aspecte privind regimurile de așchiere sau alte aspecte privind procedeul de așchiere prin frezarea danturii.

Ca procedee de finisare pentru roțile melcate spiroide din oțel tratat termic (majoritatea situațiilor), se pot menționa: lepuirea [189], sau procedeul electrochimic [191,192,193]. Nu sunt menționate procedee de rectificare.

Pentru roțile netratate termic se menționează în [94] posibilitatea șeveruirii lor, fără însă a se menționa dacă a fost sau nu încercat un astfel de procedeu.

Alte procedee de realizare a roților melcate spiroide au avut ca punct de plecare faptul că dantura fiind așezată pe partea frontală a roții permite metode de prelucrare de mare productivitate ca: turnarea sub presiune, injectarea din materiale plastice și forjarea de precizie. În lucrarea lui N.A. Koriakin [167] sunt prezentate rezultatele încercării de forjare a unor coroane dințate spiroide.

Privitor la precizia controlul angrenajului melcat spiroid și a elementelor sale componente se fac referiri în lucrările: [3,73,79,85,89,117,119,139, 168, 189].

Practica curentă rezultată din aplicațiile industriale [73,189] recunoaște trei clase de precizie:

- clasa A: care include angrenajele de precizie mare necesare aplicațiilor din domeniul aviației respectiv tehnicii spațiale, angrenaje formate din:
 - melci prelucrați prin așchiere și finisați prin rectificare;
 - roți melcate spiroide frezate și finisate prin lepuire;
- clasa B: care include angrenajele de precizie curentă, necesare aplicațiilor industriale obișnuite, angrenaje formate din:
 - melci prelucrați prin frezare sau strunjire;
 - roți melcate spiroide frezate;
- clasa C: care include angrenajele fără condiții de precizie deosebite, angrenaje formate din:
 - melci prelucrați prin rulare, injectare, sinterizare;

- roți melcate spiroide: turnate sub presiune, injectate, sinterizate, matrițate.

Lucrările [73,189] conțin precizări privind valorile abaterilor pentru o serie de parametrii corespunzător celor trei clase de precizie.

1.2.5. Preocupări privind încercarea angrenajelor melcate spiroide

Aspecte privind încercarea angrenajelor melcate spiroide se prezintă în lucrările: [91,103,105,106,109,118,121,149,161,162,164,181,196,227].

Preocupările pe această direcție au urmărit modul de comportare a diferitelor cuple de materiale: oțel-oțel, oțel-bronz, oțel-fontă atât pentru angrenajele melcate spiroide conice cât și cilindrice, utilizându-se diferite calități de lubrifianți.

S-a procedat la încercarea de reductoare special concepute verificate pe standuri de încercare, în majoritatea cazurilor de tip energetic deschis.

În [199,166] se prezintă încercarea unui angrenaj melcat spiroid într-un ansamblu funcțional de tip diferențial de autocamion, iar în [118] pentru un sistem de mașină de ridicat.

O primă încercare de simulare a cuplei melc-roată melcată spiroidă cilindrică prin utilizarea de role care au aceeași rază de curbură cu elementele angrenajului melcat spiroid în punctul de contact este prezentată în lucrarea [4].

Rezultatele încercării unui angrenaj melcat spiroid conic care lucrează cu două roți melcate sunt conținute în lucrarea [82].

Condițiile relativ diferite ale încercărilor fac dificilă compararea rezultatelor dar se poate totuși remarca o evidențiere a unor caracteristici de portanță și randament mai bune ale angrenajelor melcate spiroide față de angrenajele melcate uzuale.

1.2.6. Aplicațiile angrenajelor melcate spiroide

Geometria familiei de angrenaje melcate spiroide le oferă acestora calități specifice în comparație cu alte angrenaje din categoria celor cu axe încrucișate. Aceste calități s-ar putea rezuma în următoarele [131,236,237]:

- așezare favorabilă a liniilor de contact în raport cu direcția liniilor de alunecare, ceea ce asigură condiții bune pentru o ungere hidrodinamică;
- un număr mare de perechi de dinți în angrenare simultană, circa 10-12% din numărul de dinți al roții, element ce asigură o funcționare silențioasă și mărirea capacității de încărcare;
- un randament relativ bun;
- un dinte de roată mult mai plin în secțiunea transversală, ceea ce-i dă o mare rezistență la încovoiere;
- raze de curbură ale flancurilor dinților de valori mari fapt ce asigură rezistență sporită la presiunea de contact;
- viteza de alunecare relativă a flancurilor relativ reduse;
- posibilitatea folosirii pentru execuția roților melcate și a altor materiale decât bronzul;
- compunere mai compactă a transmisiei pe seama micșorării considerabile a distanței axiale pe calea combinării deplasării axului melcului în raport cu axa roții melcate;
- posibilitatea realizării unei angrenări fără jocuri, dată fiind posibilitatea reglării jocului prin deplasarea axială a roții respectiv a melcului;
- posibilitatea amplasării în consolă a melcului;
- tehnologie de realizare asemănătoare cu cea a angrenajelor melcate clasice.

Caracteristicile enunțate mai sus au făcut ca aplicarea acestor angrenaje să fie făcută într-o diversitate importantă de situații [236,237,238,239].

Ca limite de utilizare a angrenajelor melcate spiroide s-ar putea menționa următoarele:

- datorită faptului că pentru fiecare caz concret rezultă o dimensiune optimă a angrenajului, aceasta presupune o pregătire de scule (freze-melc) pentru cazul dat, pentru serii mici de fabricație costul devenind relativ ridicat;
- folosirea de angrenaje melcate spiroide cu raportul de transmitere mai mic de 10:1 este dificilă de realizat pentru angrenajele executate prin așchiere, de aceea se preferă realizarea lor prin sinterizare (sau alte metode), elemente ce impun, din punct de vedere economic, existența unei serii de fabricație mare.

Conform datelor existente în literatură [68,190,236,237] de domeniul de utilizare al angrenajelor melcate spiroide se află cuprins în limitele expuse în Tabelul 1.3.

Tabelul 1.3

	Angrenaj melcat spiroid cilindric	Angrenaj melcat spiroid conic
Distanța axială	2mm 175mm	12,5mm 203mm
Raport de transmitere	106 : 1 4 : 1 (400 : 1 - cinematic)	106 : 1 10:1 (400 : 1 - cinematic)
Turația melcului	n ≤ 1750 rot/min.) (n ≤ 10000 rot/min. - cinematic)	
Putere	400 kW	500 kW
Randament	0,60 ÷ 0,95	

În Anexa 2 sunt prezentate câteva aplicații realizate de autor pentru verificarea modului de lucru a acestor angrenaje precum și a performanțelor atinse de acestea.

1.2.7. Concluzii privind stadiul actual al cercetărilor privind angrenajele melcate spiroide

Deși sunt cunoscute de aproximativ 50 de ani angrenajele melcate spiroide nu au o răspândire largă. Utilizarea lor până a fost realizată în mod deosebit acolo unde soluțiile clasice nu au dat satisfacție, fiind întâlnite în mod special în tehnica aerospațială respectiv în tehnicile speciale.

Câteva din explicațiile privitoare la constatarea expuse mai sus ar fi următoarele:

- geometria lor relativ complexă presupune o metodică de calcul puțin cunoscută;
- tehnologia de realizare a elementelor componente, îndeosebi a roților melcate spiroide, este specifică, literatura de specialitate fiind săracă în asemenea referiri;
- execuția lor în serie mică, în special a angrenajului melcat spiroid conic, este neeconomică, fapt ce implică rețineri în realizarea lor în întreprinderi care nu au producție de serie;
- monopolizarea multor date de proiectare și exploatare la cele câteva firme specializate în execuția lor.

Cercetările efectuate până în prezent au dus la soluționarea parțială a următoarelor aspecte:

- fundamentarea lor teoretică;
- calculul geometric și de portanță, fără a se ajunge la o metodică unanim acceptată;
- evaluarea aproximativă a capacității lor portante pentru câteva tipuri de cuple de materiale;
- elaborarea unei tehnologii pentru elementele componente.

Toate aspectele menționate mai sus constituie obiectul de studiu pentru diverse cercetări efectuate în lume.

Producerea angrenajelor melcate spiroide conice presupune depășirea unor dificultăți tehnologice mult sporite față de cele de la angrenajelor melcate spiroide cilindrice, atât sub aspectul realizării melcilor spiroizi conici dar mai ales al frezelor-melc spiroide conice. Acest fapt ridică mult costurile de fabricație a angrenajelor melcate spiroide conice. Din această cauză se remarcă tendința de a se utiliza pe cât este posibil angrenajele melcate spiroide cilindrice.

Stadiul actual al dezvoltării instrumentului de lucru matematic-numerice, bazat pe utilizarea calculatoarelor numerice permite abordări ale unei analize geometrice de profunzime a angrenajului melcat spiroid funcțional respectiv tehnologic.

Realizarea unei baze de date privind comportarea în funcționare a diverselor soluții constructive de transmisii mecanice care include angrenaje melcate spiroide presupune un mare număr de experiențe de laborator respectiv urmărirea în comportare a unor aplicații industriale. Și pe acest plan interesul cercetărilor este prezent pe scară relativ largă.

CAPITOLUL 2

ELEMENTE TEORETICE PRIVIND CINEMATICA PRELUCRĂRII DANTURII ROȘILOR MELCATE SPIROIDE PLANE

2.1. Elemente generale

Modelarea matematică a cinematicii prelucrării danturii roșilor melcate spiroide plane prezentată în lucrarea de față are ca bază o schemă care conține următoarele etape:

- definirea melcului înfășurător al angrenajului;
- definirea flancurilor roșii melcate pentru cazul angrenajului funcțional, așa numita “generare cinematică”;
- definirea flancurilor roșii melcate la generarea cu melcul înfășurător folosind metoda avansului axial;
- definirea flancurilor roșii melcate la generarea cu melcul înfășurător folosind metoda avansului tangențial;
- limitele generării flancurilor dinților roșilor melcate spiroide;
- definirea expresiei vitezei de așchiere efective pentru cele două metode de generare;
- definirea liniilor de contact între melcul spiroid și roata melcată spiroidă.

În studiul matematic efectuat în cadrul prezentei lucrări s-a considerat freza-melc cu diametrul de referință identic cu cel al melcului funcțional. S-a adaptat această ipoteză de lucru avându-se în vedere că în cazul prelucrării roșilor melcate spiroide nu există posibilitatea reglării poziției unghiulare a

frezei-melc pentru corectarea pasului modificat. În studiu a fost luat un angrenaj melcat spiroid dreapta, deci la care melcul înfășurător are flancurile după un elicoid dreapta, de tip arhimedic.

2.2. Melcul înfășurător spiroid cilindric

Melcul înfășurător spiroid cilindric prezintă o similitudine aproape totală cu melcul înfășurător cilindric duplex, diferența constând în aceea că melcul spiroid cilindric are același pas pentru ambele suprafețe elicoidale care constituie flancurile. Aspecte privind geometria melcilor duplex sunt detaliat prezentate în lucrările.[152,180,182].

Suprafața elicoidală se poate considera rezultând din deplasarea elicoidală a unui profil generator G_0 , mișcare elicoidală de parametru h .

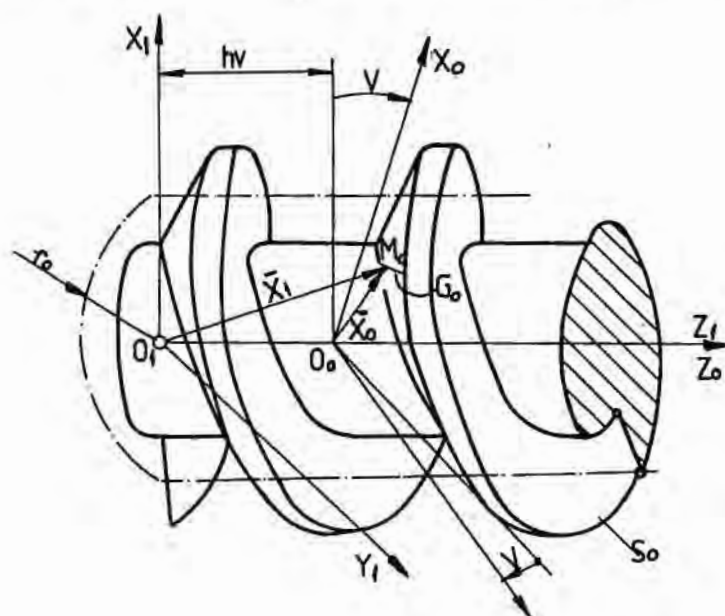


Fig.2.1

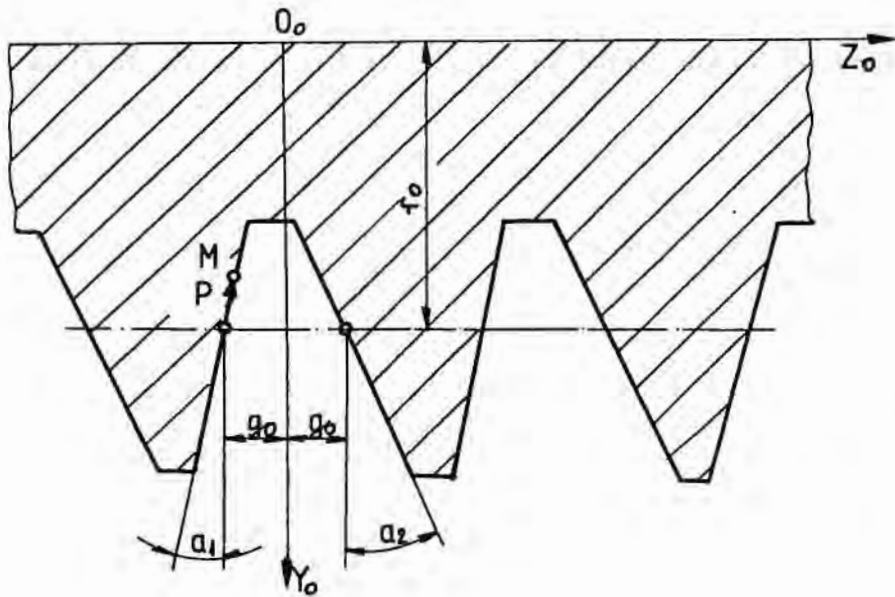


Fig.2.2

Având în vedere figura 2.1 profilul G_0 , poate fi definit printr-o relație vectorială de forma:

$$\bar{x}_0 = \bar{x}_0 \cdot (p) = \begin{pmatrix} x_0 \\ y_0 \\ z_0 \\ 1 \end{pmatrix} \quad (2.1)$$

unde: p este un parametru independent.

Mișcarea elicoidală a profilului generator poate fi descrisă printr-o matrice de forma:

$$M_{10} = \begin{pmatrix} \cos v & -\sin v & 0 & 0 \\ \sin v & \cos v & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & hv \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \quad (2.2)$$

Coordonatele unui punct curent M_0 aparținând suprafeței elicoidale S_0 se exprimă prin relația vectorială (2.3)

$$\bar{x}_1 = \begin{pmatrix} x_0 \cos v - y_0 \sin v \\ x_0 \sin v + y_0 \cos v \\ x_0 + hv \\ 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} x_1 \\ y_1 \\ z_1 \\ 1 \end{pmatrix} = \bar{x}_1(p, v) \quad (2.3)$$

Pentru un punct aparținând suprafeței elicoidale normala la suprafață se poate scrie plecându-se de la definiția vectorial matricială dată în [172]:

$$\bar{N}_1 = \begin{pmatrix} (x_0 \cos v - y_0 \sin v) \frac{\partial z_0}{\partial p} - h \left(\frac{\partial x_0}{\partial p} \sin v + \frac{\partial y_0}{\partial p} \cos v \right) \\ h \left(\frac{\partial x_0}{\partial p} \cos v - \frac{\partial y_0}{\partial p} \sin v \right) - (x_0 \sin v - y_0 \cos v) \frac{\partial z_0}{\partial p} \\ (x_0 \sin v - y_0 \cos v) \left(\frac{\partial x_0}{\partial p} \sin v + \frac{\partial y_0}{\partial p} \cos v \right) - (x_0 \cos v - y_0 \sin v) \left(\frac{\partial x_0}{\partial p} \cos v - \frac{\partial y_0}{\partial p} \sin v \right) \\ 0 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} x_1 \frac{\partial z_0}{\partial p} - h \left(\frac{\partial x_0}{\partial p} \sin v + \frac{\partial y_0}{\partial p} \cos v \right) \\ h \left(\frac{\partial x_0}{\partial p} \cos v - \frac{\partial y_0}{\partial p} \sin v \right) - y_1 \frac{\partial z_0}{\partial p} \\ -x_1 \left(\frac{\partial x_0}{\partial p} \cos v - \frac{\partial y_0}{\partial p} \sin v \right) - y_1 \left(\frac{\partial x_0}{\partial p} \sin v + \frac{\partial y_0}{\partial p} \cos v \right) \\ 0 \end{pmatrix} = \bar{N}_1(p, v) \quad (2.4)$$

În cazul particular al melcului spiroid cilindric de tip arhimedic profilul generator G_0 este o dreaptă, flancul drept și stâng fiind doi elicoizi de același pas, respectiv parametru, dar generați de două drepte de G_0 diferite.

Profilul melcului în secțiunea axială este prezentat în fig.2.2. Deoarece cele două flancuri ale melcului prezintă caracteristici diferite, în continuare în

relații se va introduce indicele “k” care avea pentru flancul stâng valoarea 1, iar pentru flancul drept valoarea 2.

Având în vedere notațiile din fig.2.2 expresia generală a profilului axial al melcului înfășurător spiroid de tip arhimedic ZA va fi:

$$\bar{X}_{0k} = \begin{vmatrix} 0 \\ r_0 + p_k \cos a_k \\ (g_0 + p_k \sin a_k)(2k - 3) \\ 1 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} x_{0k} \\ y_{0k} \\ z_{0k} \\ 1 \end{vmatrix} = \bar{X}_{0k}(p_k) \quad (2.5)$$

În sistemul $O_1 \ x_1 \ y_1 \ z_1$ expresiile flancurilor melcului înfășurător vor fi:

$$\bar{X}_{1k} = \begin{vmatrix} -(r_0 + p_k \cos a_k) \sin v \\ (r_0 + p_k \cos a_k) \cos v \\ (g_0 + p_k \sin a_k)(2k - 3) + hv \\ 1 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} x_{1k} \\ y_{1k} \\ z_{1k} \\ 1 \end{vmatrix} = \bar{X}_{1k}(p_k, v) \quad (2.6)$$

iar normala la flancuri :

$$\bar{N}_{1k} = \begin{vmatrix} -(2k - 3) \sin a_k \sin v - H_k \cos a_k \cos v \\ (2k - 3) \sin a_k \cos v - H_k \cos a_k \sin v \\ -\cos a_k \\ 0 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} n_{1xk} \\ n_{1yk} \\ n_{1zk} \\ 0 \end{vmatrix} = \bar{N}_{1k}(p_k, v) \quad (2.7)$$

Prin H_k s-a notat [152] raportul :

$$H_k = \frac{h}{r_0 + p_k \cos a_k} \quad (2.8)$$

Expresiile (2.6) și (2.7) definesc complet și univoc cei doi elicoizi ai melcului înfășurător spiroid cilindric.

2.3. Generarea cinematică a flancului dintelui roții melcate spiroide

Angrenajul melcat spiroid cu melc cilindric poate fi înlocuit din punct de vedere cinematic cu un angrenaj format dintr-o cremalieră specială și o roată melcată. Acest mod de a privi angrenajele melcate în general este făcut în [5,152,180]. Sub această formă se poate studia angrenajul funcțional. La studiul generării fizice a roții melcate se impune a se lua în considerare mișcările relative reale.

În figura 2.3 este prezentată schema poziției relative a melcului și roții melcate spiroide pentru ipoteza de generare cinematică în condițiile principale menționate mai sus.

Sistemele de referință utilizate sunt :

- O_F, x_F, y_F, z_F sistem fix;
- O_1, x_1, y_1, z_1 sistem legat de melc;
- O_2, x_2, y_2, z_2 sistem legat de roata melcată.

Mișcările elementelor sunt: mișcarea de translație a melcului cu viteza hW_1 și mișcarea de rotație a roții cu viteza unghiulară W_2 .

Poziția relativă a sistemelor legate de melc și roata melcată este determinată prin parametrii u_1 și u_2 între care există relația:

$$i_{12} = \frac{W_1}{W_2} = \frac{Z_2}{Z_1} = \frac{u_1}{u_2} \quad (2.9)$$

unde: W_1, W_2 sunt viteze unghiulare

z_1, z_2 număr de începături pentru melc și număr de dinți pentru roată.

Matricele de transfer între sisteme sunt:

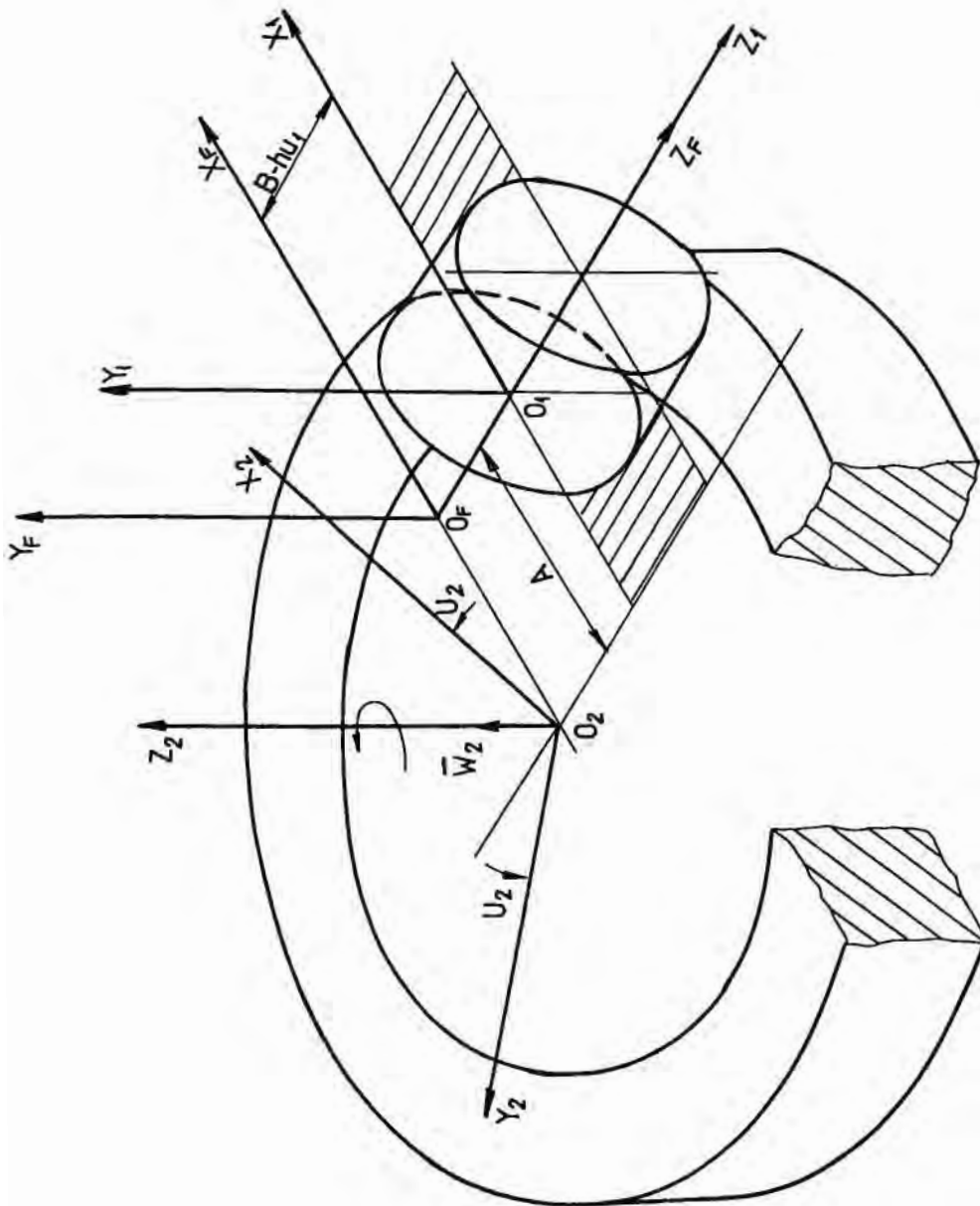


Fig.2.3

$$M_{F1} = \begin{vmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & B-hu_1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{vmatrix} \quad (2.10)$$

$$M_{1F} = \begin{vmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & -(B-hu_1) \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{vmatrix} \quad (2.11)$$

$$M_{F2} = \begin{vmatrix} \cos u_2 & -\sin u_2 & 0 & -A \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ \sin u_2 & -\cos u_2 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{vmatrix} \quad (2.12)$$

$$M_{2F} = \begin{vmatrix} \cos u_2 & 0 & -\sin u_2 & A \cos u_2 \\ -\sin u_2 & 0 & -\cos u_2 & -A \sin u_2 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{vmatrix} \quad (2.13)$$

$$M_{12} = M_{1F} \cdot M_{F2}$$

$$M_{12} = \begin{vmatrix} \cos u_2 & -\sin u_2 & 0 & -A \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ -\sin u_2 & -\cos u_2 & 0 & -(B-hu_1) \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{vmatrix} \quad (2.14)$$

$$M_{21} = M_{2F} \cdot M_{F1}$$

$$M_{21} = \begin{vmatrix} \cos u_2 & 0 & -\sin u_2 & -(B - hu_1)\sin u_2 + A \cos u_2 \\ -\sin u_2 & 0 & -\cos u_2 & -(B - hu_1)\cos u_2 - A \sin u_2 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{vmatrix} \quad (2.15)$$

Operatorul matricial al vitezei relative în sistemul de referință al melcului va fi [172]:

$$P^{(i)}_{12} = M_{12} \cdot \frac{\partial M_{21}}{\partial u_1} \cdot \frac{\partial u_1}{\partial t} \quad (2.16)$$

$$P^{(i)}_{12} = \begin{vmatrix} 0 & 0 & -1 & -(B - hu_1) \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & A - i_{12} \cdot h \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{vmatrix} \cdot w_2 \quad (2.17)$$

Viteza relativă pentru situația studiată, exprimată în sistemul $O_1 x_1 y_1 z_1$ va fi :

$$\bar{V}^{(i)}_{12} = P^{(i)}_{12} \cdot \bar{X}_{1k} \\ \bar{V}^{(i)}_{12} = \begin{vmatrix} 0 & 0 & -1 & -(B - hu_1) \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & A - i_{12} \cdot h \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{vmatrix} \cdot W_2 \cdot \begin{vmatrix} x_{1k} \\ y_{1k} \\ z_{1k} \\ 1 \end{vmatrix} \quad (2.18)$$

Dezvoltând se obține:

$$\bar{V}_{12} = \begin{vmatrix} -z_{1k} - (B - hu_1) \\ 0 \\ x_{1k} + A - i_{12} \cdot h \\ 0 \end{vmatrix} \cdot W_2 = \begin{vmatrix} V_x \\ V_y \\ V_z \\ 0 \end{vmatrix} \quad (2.19)$$

Pentru obținerea suprafeței flancurilor dinților roții melcate se va scrie condiția de angrenare [172]:

$$\bar{N}_{1k} \cdot \bar{V}_{12} = 0 \quad (2.20)$$

Deci:

$$\begin{pmatrix} n_{1xk} \\ n_{1yk} \\ n_{1zk} \\ 0 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} -z_{1k} - (B - hu_1) \\ 0 \\ x_{1k} + A - i_{12} \cdot h \\ 0 \end{pmatrix} \cdot W_2 = 0 \quad (2.21)$$

Prin dezvoltarea ecuației se obține soluția :

$$u_1 = (n_{1xk} \cdot z_{1k} + n_{1xk} B - n_{1zk} - X_{1k} - n_{1zk} \cdot A + n_{1zk} \cdot i_{12} \cdot h) / n_{1xk} \cdot h \quad (2.22)$$

Flancul dintelui roții melcate se va exprima cu ajutorul razei vectoriale

$$\bar{X}_{2k}$$

$$\bar{X}_{2k} = M_{21} \cdot \bar{X}_{1k} \quad (2.23)$$

$$\bar{X}_{2k} = \begin{pmatrix} \cos u_2 \cdot x_{1k} - \sin u_2 \cdot z_{1k} - (B - hu_1) \sin u_2 + A \cos u_2 \\ -\sin u_2 \cdot x_{1k} - \cos u_2 \cdot z_{1k} - (B - hu_1) \cos u_2 + A \sin u_2 \\ y_{1k} \\ 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} x_{2k} \\ y_{2k} \\ z_{2k} \\ 1 \end{pmatrix} = \bar{X}_{2k}(p, v, u_2) \quad (2.24)$$

Vectorul normal în punctele suprafeței flancului dintelui roții va fi:

$$\bar{N}_{2k} = \begin{pmatrix} n_{1xk} \cos u_2 - n_{1zk} \sin u_2 \\ -n_{1xk} \sin u_2 - n_{1zk} \cos u_2 \\ n_{1yk} \\ 0 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} n_{2xk} \\ n_{2yk} \\ n_{2zk} \\ 0 \end{pmatrix} = \bar{N}_{2k}(p, v) \quad (2.25)$$

Relațiile (2.24) și (2.25) definesc complet suprafața flancului dintelui roții melcate.

2.4. Definierea flancurilor dintelui roții melcate spiroide la generarea cu freza-melc folosind metoda avansului axial

Mișcările care se execută la acest mod de generare sunt următoarele:

- mișcarea de rotație a frezei în jurul axei sale cu viteza unghiulară W_1
- mișcarea de avans a frezei melc în lungul axei roții melcate (de unde s-a luat și denumirea metodei), cu parametrul:

$$c = s_a \cdot \frac{z_1}{z_2} \cdot \frac{1}{2\pi} \left[\frac{\text{mm}}{\text{rad}} \right] \quad (2.26)$$

unde: s_a este avansul axial exprimat în mm/rotație

- mișcarea de rotație a roții melcate în jurul axei sale cu viteza unghiulară W_2 .

În figura 2.4. este reprezentată schematic poziția relativă a sculei și roții în timpul procesului de generare prin metoda avansului axial precum și sistemele de referință alese.

Matricele de transfer dintre sisteme vor fi:

$$M_{F1} = \begin{pmatrix} \cos u_1 & -\sin u_1 & 0 & 0 \\ \sin u_1 & \cos u_1 & 0 & -(C_0 + cu_1) \\ 0 & 0 & 1 & B \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \quad (2.27)$$

$$M_{1F} = \begin{pmatrix} \cos u_1 & \sin u_1 & 0 & (C_0 + cu_1)\sin u_1 \\ -\sin u_1 & \cos u_1 & 0 & (C_0 + cu_1)\cos u_1 \\ 0 & 0 & 1 & -B \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \quad (2.28)$$

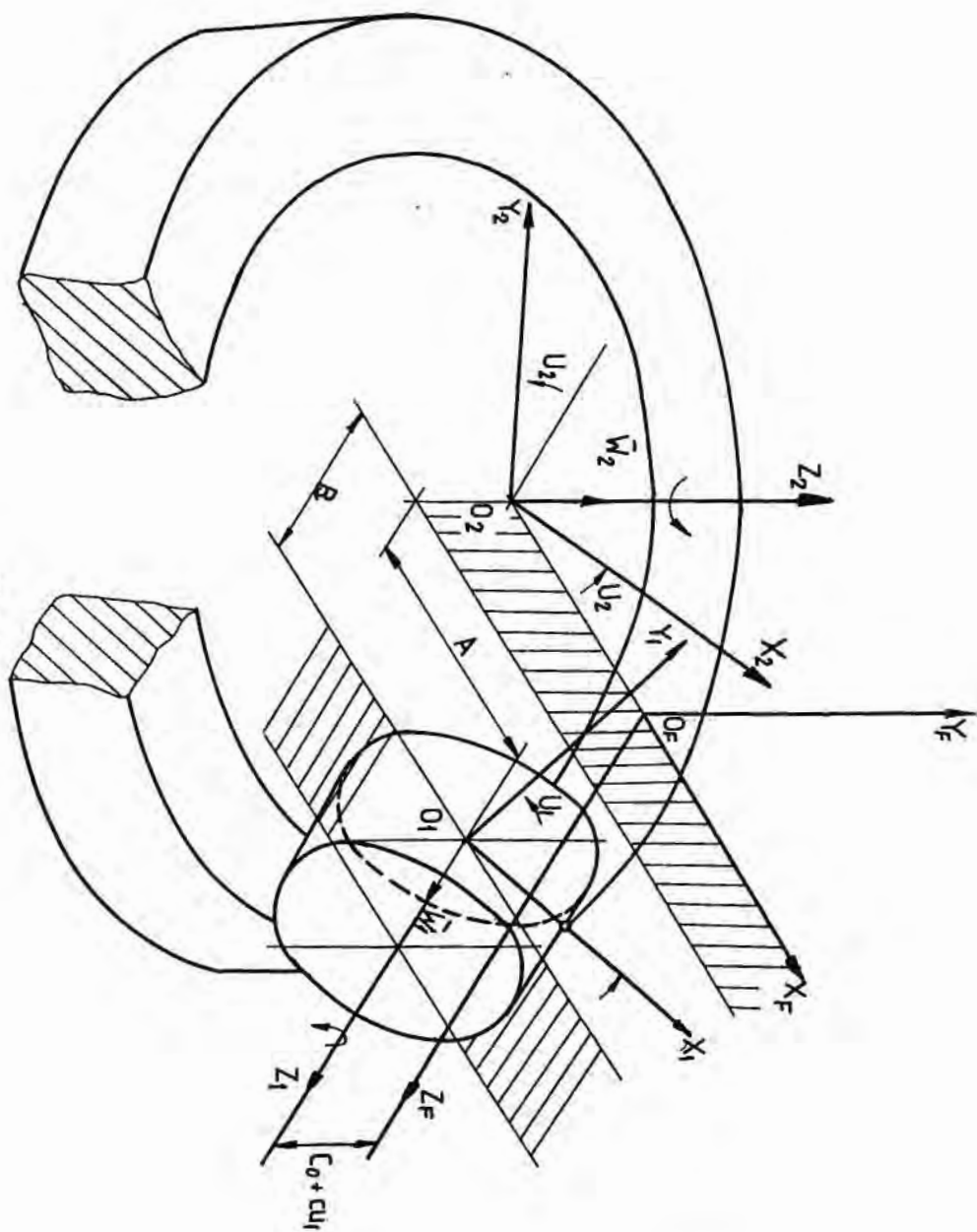


Fig.2.4

$$M_{F2} = \begin{vmatrix} \cos u_2 & -\sin u_2 & 1 & -A \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ -\sin u_2 & -\cos u_2 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{vmatrix} \quad (2.29)$$

$$M_{2F} = \begin{vmatrix} \cos u_2 & 0 & -\sin u_2 & A \cos u_2 \\ -\sin u_2 & 0 & -\cos u_2 & -A \sin u_2 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{vmatrix} \quad (2.30)$$

$$M_{12} = M_{1F} \cdot M_{F2}$$

$$M_{12} = \begin{vmatrix} \cos u_1 \cos u_2 & -\cos u_1 \sin u_2 & \sin u_1 & -A \cos u_1 + (C_0 + cu_1) \sin u_1 \\ -\sin u_1 \cos u_2 & -\sin u_1 \sin u_2 & \cos u_1 & A \sin u_1 + (C_0 + cu_1) \cos u_1 \\ -\sin u_2 & -\cos u_2 & 0 & -B \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{vmatrix} \quad (2.31)$$

$$M_{21} = M_{2F} \cdot M_{F2}$$

$$M_{21} = \begin{vmatrix} \cos u_1 \cos u_2 & -\sin u_1 \cos u_2 & -\sin u_2 & -B \sin u_2 + A \cos u_2 \\ -\cos u_1 \sin u_2 & \sin u_1 \sin u_2 & -\cos u_2 & -B \cos u_2 - A \sin u_2 \\ \sin u_1 & \cos u_1 & 0 & -(C_0 + cu_1) \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{vmatrix} \quad (2.32)$$

Raportul de transmisie fiind:

$$i_{12} = \frac{W_1}{W_2} = \frac{u_1}{u_2} \quad (2.33)$$

Operatorul matricial al vitezei relative în sistemul de referință a melcului [172] va fi:

$$P_{12}^{(1)} = M_{12} \frac{\partial M_{21}}{\partial u_2} \cdot \frac{\partial u_2}{\partial t}$$

$$P_{12}^{(1)} = \begin{vmatrix} 0 & -i_{12} & -\cos u_1 & -B\cos u_1 - i_{12}c\sin u_1 \\ i_{12} & 0 & \sin u_1 & B\sin u_1 - i_{12}c\cos u_1 \\ \cos u_1 & -\sin u_1 & 0 & A \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{vmatrix} \cdot W_2 \quad (2.34)$$

Viteza relativă pentru cazul când freza-melc execută atât rotația în jurul propriei sale axe cât și deplasarea în lungul axei roții va fi:

$$\bar{V}_{12}^{(1)} = P_{12}^{(1)} \cdot \bar{X}_{1k}$$

$$\bar{V}_{12}^{(1)} = \begin{vmatrix} 0 & -i_{12} & -\cos u_1 & -B\cos u_1 - i_{12}c\sin u_1 \\ i_{12} & 0 & \sin u_1 & B\sin u_1 - i_{12}c\cos u_1 \\ \cos u_1 & -\sin u_1 & 0 & A \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{vmatrix} \cdot W_2 \cdot \begin{vmatrix} x_{1k} \\ y_{1k} \\ z_{1k} \\ 1 \end{vmatrix} \quad (2.35)$$

$$\bar{V}_{12}^{(1)} = \begin{vmatrix} -i_{12}y_{1k} - \cos u_1 \cdot z_{1k} - B\cos u_1 - i_{12}c\sin u_1 \\ i_{12}x_{1k} - \sin u_1 \cdot z_{1k} + B\sin u_1 - i_{12}c\cos u_1 \\ \cos u_1 x_{1k} - \sin u_1 y_{1k} + A \\ 0 \end{vmatrix} \cdot W_2 = \begin{vmatrix} V_x \\ V_y \\ V_z \\ 0 \end{vmatrix} \quad (2.35a)$$

Pentru obținerea suprafeței flancurilor dinților roții melcate se va scrie condiția de angrinare:

$$\bar{N}_{1k} \cdot \bar{V}_{12}^{(1)} = 0$$

$$\begin{vmatrix} n_{1xk} \\ n_{1yk} \\ n_{1zk} \\ 0 \end{vmatrix} \cdot \begin{vmatrix} -i_{12}y_{1k} - \cos u_1 \cdot z_{1k} - B\cos u_1 - i_{12}c\sin u_1 \\ i_{12}x_{1k} + \sin u_1 \cdot z_{1k} + B\sin u_1 - i_{12}c\cos u_1 \\ \cos u_1 x_{1k} - \sin u_1 y_{1k} + A \\ 0 \end{vmatrix} \cdot W_2 = 0 \quad (2.36)$$

Dezvoltând se obține:

$$\begin{aligned} & \sin u_1 (-n_{1xk} \cdot i_{12} \cdot c + n_{1yk} \cdot z_{1k} + n_{1yk} \cdot B - n_{1zk} \cdot z_{1k}) + \\ & + \cos u_1 (-n_{1xk} \cdot z_{1k} - n_{1xk} \cdot B - n_{1yk} \cdot i_{12} \cdot c + n_{1zk} \cdot x_{1k}) + \\ & + n_{1zk} \cdot A + n_{1yk} \cdot i_{12} \cdot x_{1k} - n_{1xk} \cdot i_{12} \cdot y_{1k} = 0 \end{aligned} \quad (2.37)$$

Făcând notația :

$$K_1 = -n_{1xk} \cdot i_{12} \cdot c + n_{1yk} \cdot z_{1k} + n_{1yk} \cdot B - n_{1zk} \cdot z_{1k} \quad (2.37a)$$

$$K_2 = -n_{1xk} \cdot z_{1k} - n_{1xk} \cdot B - n_{1yk} \cdot i_{12} \cdot c + n_{1zk} \cdot x_{1k} \quad (2.37b)$$

$$K_3 = n_{1xk} \cdot i_{12} \cdot y_{1k} - n_{1zk} \cdot A - n_{1yk} \cdot i_{12} \cdot x_{1k} \quad (2.37c)$$

Valoarea parametrului u_1 va fi:

$$u_1 = 2 \operatorname{arctg} \left[\frac{K_1 \pm \sqrt{K_1^2 + K_2^2 - K_3^2}}{K_3 + K_2} \right] \quad (2.37d)$$

Suprafața conjugată frezei-melc, flancul dintelui roții melcate va fi dată de relația:

$$\bar{X}_{2k} = M_{21} \cdot \bar{X}_{1k} \quad (2.38)$$

$$\begin{aligned} \bar{X}_{2k} &= \begin{pmatrix} \cos u_1 \cos u_2 \cdot x_{1k} - \sin u_1 \cos u_2 \cdot y_{1k} - \sin u_2 \cdot z_{1k} - \\ - B \cdot \sin u_2 + A \cdot \cos u_2 \\ - \cos u_1 \sin u_2 \cdot x_{1k} + \sin u_1 \sin u_2 \cdot y_{1k} - \cos u_2 \cdot z_{1k} \\ - B \cos u_2 - A \cdot \sin u_2 \\ \sin u_1 \cdot x_{1k} + \cos u_1 \cdot y_{1k} - (C_0 + cu_1) \\ 1 \end{pmatrix} = \\ &= \begin{pmatrix} x_{2k} \\ y_{2k} \\ z_{2k} \\ 1 \end{pmatrix} = \bar{X}_{2k}(p, v, u_2) \end{aligned} \quad (2.39)$$

Pentru vectorul normal al flancului dintelui roții se poate scrie expresia:

$$\bar{N}_{2k} = \begin{pmatrix} \cos u_1 \cos u_2 \cdot n_{1xk} - \sin u_1 \cos u_2 \cdot n_{1yk} - \sin u_2 \cdot n_{1zk} \\ -\cos u_1 \sin u_2 \cdot n_{1xk} + \sin u_1 \sin u_2 \cdot n_{1yk} - \cos u_2 \cdot n_{1zk} \\ \sin u_1 \cdot n_{1xk} + \cos u_1 \cdot n_{1yk} \\ 0 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} n_{2xk} \\ n_{2yk} \\ n_{2zk} \\ 0 \end{pmatrix} = \bar{N}_{2k}(p, v) \quad (2.40)$$

Cele două relații (2.39) și (2.40) definesc complet suprafața flancului dintelui roții melcate prelucrate pentru o valoare dată a avansului axial.

2.5. Definirea flancurilor dinților roții melcate spiroide la generare cu freza-melc folosind metoda avansului tangențial

Mișcările specifice acestui mod de generare sunt următoarele:

- mișcarea de rotație a frezei-melc în jurul axei sale cu viteza unghiulară W_1 ;
- mișcarea de avans efectuată de freză în lungul axei sale, așa numitul avans tangențial, cu parametrul:

$$b = s_T \cdot \frac{z_1}{z_2} \cdot \frac{1}{2\pi} \left[\frac{\text{mm}}{\text{rad}} \right] \quad (2.41)$$

unde: s_T este avansul tangențial al frezei melc exprimat în mm/rotație a roții melcate;

- mișcarea de rotație a roții în jurul axei sale cu viteza unghiulară W_2 ;
- mișcarea de rotație suplimentară a roții care să compenseze avansul tangențial al frezei pentru menținerea condiției de rulare.

$$\text{Se poate scrie: } i_{12} = \frac{z_2}{z_1} \text{ și } u_1 = \left(i_{12} - \frac{s_T}{\pi \cdot m_n \cdot z_1} \right) u_2 \quad (2.42)$$

În figura 2.5 este reprezentată schematic poziția relativă a sculei și roții în timpul procesului de generare prin metoda avansului tangențial precum și sistemele de referință alese.

Matricele de transfer dintre sisteme vor fi:

$$M_{F1} = \begin{vmatrix} \cos u_1 & -\sin u_1 & 0 & 0 \\ \sin u_1 & \cos u_1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & B - bu_1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{vmatrix} \quad (2.43)$$

$$M_{1F} = \begin{vmatrix} \cos u_1 & \sin u_1 & 0 & 0 \\ -\sin u_1 & \cos u_1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & -B + bu_1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{vmatrix} \quad (2.44)$$

$$M_{F2} = \begin{vmatrix} \cos u_2 & -\sin u_2 & 0 & -A \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ -\sin u_2 & -\cos u_2 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{vmatrix} \quad (2.45)$$

$$M_{2F} = \begin{vmatrix} \cos u_2 & 0 & -\sin u_2 & A \cos u_2 \\ -\sin u_2 & 0 & -\cos u_2 & -A \sin u_2 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{vmatrix} \quad (2.46)$$

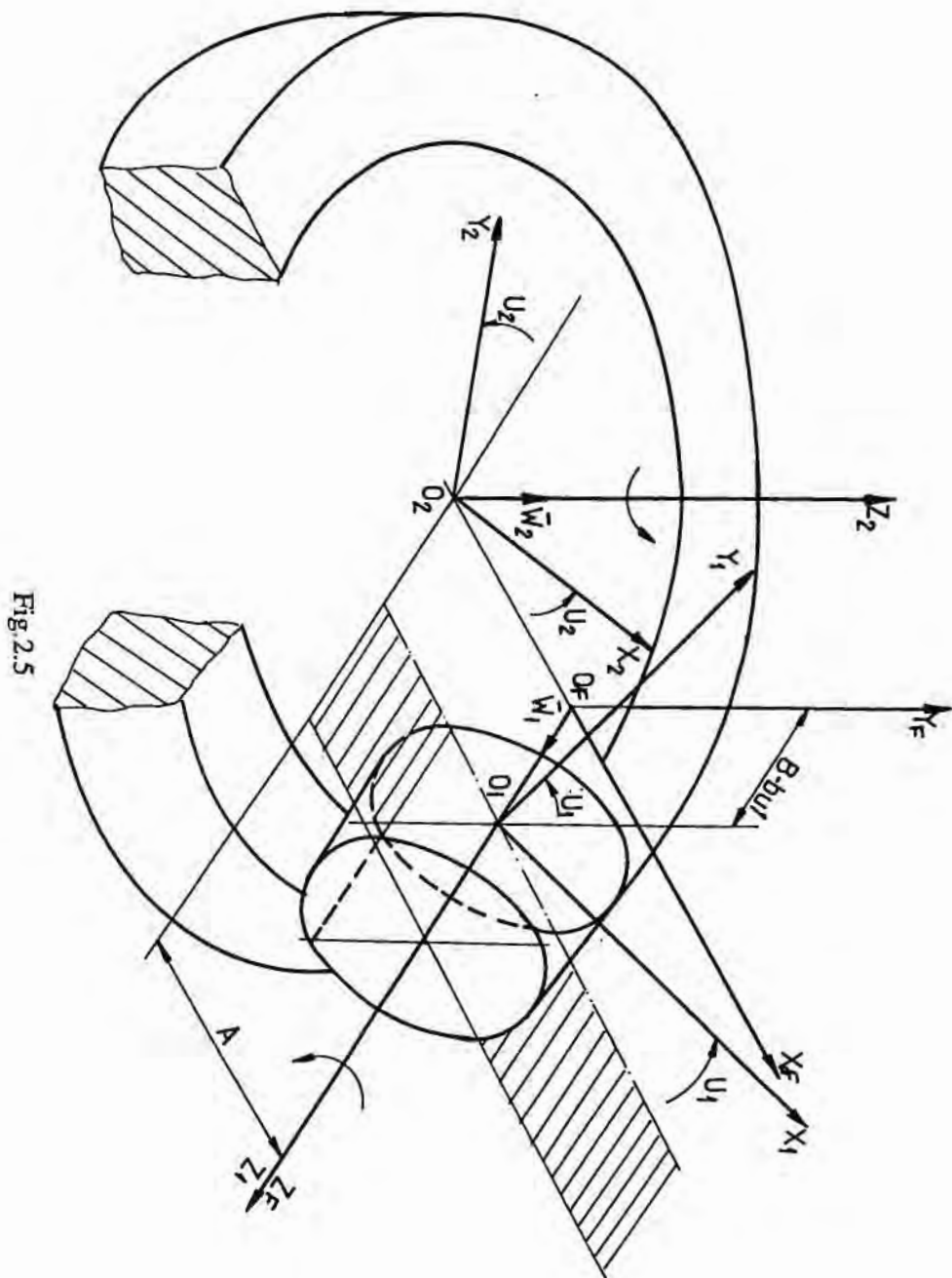


Fig.2.5

$$M_{12} = M_{1F} \cdot M_{F2}$$

$$M_{12} = \begin{vmatrix} \cos u_1 \cos u_2 & -\cos u_1 \sin u_2 & \sin u_1 & -A \cos u_1 \\ -\sin u_1 \cos u_2 & \sin u_1 \sin u_2 & \cos u_1 & A \cos u_1 \\ -\sin u_2 & -\cos u_2 & 0 & -B + bu_1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{vmatrix} \quad (2.47)$$

$$M_{21} = M_{2F} \cdot M_{F1}$$

$$M_{21} = \begin{vmatrix} \cos u_1 \cos u_2 & -\sin u_1 \cos u_2 & -\sin u_2 & A \cos u_2 - (B - bu_1) \sin u_2 \\ -\cos u_1 \sin u_2 & \sin u_1 \sin u_2 & -\cos u_2 & -A \sin u_2 - (B - bu_1) \cos u_2 \\ \sin u_1 & \cos u_1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{vmatrix} \quad (2.48)$$

Operatorul matricial al vitezei relative exprimat în sistemul de referință al

melcului va fi:

$$P_{12}^{(1)} = M_{12} \cdot \frac{\partial M_{21}}{\partial u_2} \cdot \frac{\partial u_2}{\partial t}$$

$$P_{12}^{(1)} = \begin{vmatrix} 0 & -(i_{12} - S_T/\pi \cdot m_a \cdot z_1) & -\cos u_1 & (bu_1 - B) \cos u_1 \\ (i_{12} - S_T/\pi \cdot m_a \cdot z_1) & 0 & \sin u_1 & (B - bu_1) \sin u_1 \\ \cos u_1 & -\sin u_1 & 0 & A - (i_{12} - S_T/\pi \cdot m_a \cdot z_1) \cdot b \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{vmatrix} \cdot W_2 \quad (2.49)$$

Viteza relativă în acest caz va fi:

$$\bar{V}_{12}^{(1)} = P_{12}^{(1)} \cdot \bar{X}_{1k}$$

$$\bar{V}_{12}^{(1)} = \begin{vmatrix} -(i_{12} - S_T/\pi \cdot m_a \cdot z_1) y_{1k} - \cos u_1 \cdot z_{1k} + (bu_1 - B) \cos u_1 \\ (i_{12} - S_T/\pi \cdot m_a \cdot z_1) x_{1k} + \sin u_1 \cdot z_{1k} + (B - bu_1) \sin u_1 \\ \cos u_1 \cdot x_{1k} - \sin u_1 \cdot y_{1k} + A - (i_{12} - S_T/\pi \cdot m_a \cdot z_1) \cdot b \\ 0 \end{vmatrix} \cdot W_2 = \begin{vmatrix} V_x \\ V_y \\ V_z \\ 0 \end{vmatrix} \quad (2.50)$$

Scriind condiția de angrenare se va putea obține suprafața flancurilor dinților roții melcate:

$$\bar{N}_{1k} \cdot \bar{V}_{12}^{(1)} = 0$$

$$\begin{pmatrix} n_{1xk} \\ n_{1yk} \\ n_{1zk} \\ 0 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} -(i_{12} - S_T / \pi \cdot m_a \cdot z_1) y_{1k} - \cos u_1 \cdot z_{1k} + (bu_1 - B) \cos u_1 \\ (i_{12} - S_T / \pi \cdot m_a \cdot z_1) x_{1k} + \sin u_1 \cdot z_{1k} + (B - bu_1) \sin u_1 \\ \cos u_1 \cdot x_{1k} - \sin u_1 \cdot y_{1k} + A - (i_{12} - S_T / \pi \cdot m_a \cdot z_1) \cdot b \\ 0 \end{pmatrix} \cdot W_2 = 0 \quad (2.51)$$

Făcând notațiile:

$$K_1 = n_{1yk} \cdot z_{1k} - n_{1zk} \cdot y_{1k} \quad (2.52a)$$

$$K_2 = n_{1yk} \quad (2.52b)$$

$$K_3 = n_{1xk} \cdot z_{1k} - n_{1zk} \cdot x_{1k} \quad (2.52c)$$

$$K_4 = n_{1xk} \quad (2.52d)$$

$$K_5 = n_{1xk} (i_{12} - S_T / \pi \cdot m_a \cdot z_1) y_{1k} + n_{1yk} (i_{12} - S_T / \pi \cdot m_a \cdot z_1) x_{1k} + n_{1zk} (i_{12} - S_T / \pi \cdot m_a \cdot z_1) b - n_{1zk} A \quad (2.52e)$$

Se obține ecuația transcendentă:

$$[K_1 + K_2(B - bu_1)] \sin u_1 - [K_3 - K_4(bu_1 - B)] \cdot \cos u_1 - K_5 = 0 \quad (2.52)$$

Prin rezolvarea, printr-o metoda de aproximare numerică, ecuația (2.52) se va obține parametrul u_1 .

Suprafața conjugată melcului, respectiv flancul dintelui roții melcate se obține din relația:

$$\bar{X}_{2k} = M_{21} \cdot \bar{X}_{1k}$$

$$\bar{X}_{2k} = \begin{pmatrix} \cos u_1 \cos u_2 x_{1k} - \sin u_1 \cos u_2 y_{1k} - \sin u_2 z_{1k} - \\ - \sin u_2 (B - bu_1) + A \cos u_2 \\ - \cos u_1 \sin u_2 x_{1k} + \sin u_1 \sin u_2 y_{1k} - \cos u_2 z_{1k} - \\ - \cos u_2 (B - bu_1) - A \sin u_2 \\ \sin u_1 x_{1k} + \cos u_1 y_{1k} \\ 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} x_{2k} \\ y_{2k} \\ z_{2k} \\ 1 \end{pmatrix} = \bar{X}_{2k}(p, v, u_2) \quad (2.53)$$

Vectorul normalei la flancul dintelui va fi:

$$\bar{N}_{2k} = \begin{pmatrix} \cos u_1 \cos u_2 \cdot n_{1xk} - \sin u_1 \cos u_2 \cdot n_{1yk} - \sin u_2 \cdot n_{1zk} \\ - \cos u_1 \sin u_2 \cdot n_{1xk} + \sin u_1 \sin u_2 \cdot n_{1yk} - \cos u_2 \cdot n_{1zk} \\ \sin u_1 \cdot n_{1xk} + \cos u_1 n_{1yk} \\ 0 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} n_{2xk} \\ n_{2yk} \\ n_{2zk} \\ 0 \end{pmatrix} = \bar{N}_{2k}(p, v) \quad (2.54)$$

Relațiile (2.53) și (2.54) definesc complet suprafața flancului dintelui roții melcate prelucrate pentru o valoare dată avansului tangențial.

2.6. Limitele generării flancurilor dinților roții melcate spiroide

În prezentul capitol se analizează limitele generării flancurilor dinților roților melcate spiroide care angrenează cu un melc spiroid cilindric sub următoarele aspecte: ascuțirea dinților și întoarcerea liniei flancului dintelui.

În prima etapă se vor analiza condițiile care duc la ascuțirea dinților.

Se pornește de la analiza angrenajului cinematic melc spiroid cilindric-roată melcată spiroidă prezentat la capitolul 2.3.

Ascuțirea dinților este modelată de relațiile:

$$\begin{aligned} x_{11} - x_{12} &= 0 \\ y_{11} - y_{12} &= 0 \\ z_{11} - z_{12} &= 0 \end{aligned} \quad (2.55)$$

ținând cont de expresiile 2.6 și 2.24, sistemul 2.55 se va putea scrie :

$$\begin{aligned}
 & \cos u_2 - (r_0 + p_1 \cos a_1) \sin v - \sin u_2 - (g_0 + p_1 \sin a_1) + \\
 & + hv - (B - hu_{11}) \sin u_2 + A \cos u_2 - \cos u_2 - (r_0 + p_2 \cos a_2) \sin v + \\
 & + \sin u_2 (g_0 + p_2 \sin a_2) + hv + (B - hu_{12}) \sin u_2 - A \cos u_2 = 0. \\
 & -\sin u_2 - (r_0 + p_1 \cos a_1) \sin v - \cos u_2 - (g_0 + p_1 \sin a_1) + \\
 & + hv - (B - hu_{11}) \cos u_2 - A \sin u_2 + \sin u_2 - (r_0 + p_2 \cos a_2) \sin v + \\
 & + \cos u_2 (g_0 + p_2 \sin a_2) + hv + (B - hu_{12}) \cos u_2 + A \sin u_2 = 0 \\
 & (r_0 + p_1 \cos a_1) \cos v - (r_0 + p_2 \cos a_2) \cos v = 0.
 \end{aligned} \tag{2.56}$$

Situația ascuțirii dintelui corespunde pentru condiția :

$$u_{11} = u_{12} \tag{2.57}$$

adică parametrul de generare pentru flancul stâng este egal cu cel pentru flancul drept.

Pe baza condiției 2.57 va rezulta :

$$\begin{aligned}
 & \cos u_2 \sin v (p_2 \cos a_2 - p_1 \cos a_1) + \sin u_2 (2g_0 + p_2 \sin a_2 + p_1 \sin a_1) = 0 \\
 & \sin u_2 \sin v (p_1 \cos a_1 - p_2 \cos a_2) + \cos u_2 (2g_0 + p_1 \sin a_1 + p_2 \sin a_2) = 0 \tag{2.57'} \\
 & (p_1 \cos a_1 - p_2 \cos a_2) \sin v = 0
 \end{aligned}$$

Din 2.57' se obține valoarea parametrului p_1 și p_2 pentru care se produce ascuțirea dinților :

$$p_2 = - \frac{2g_0}{(\operatorname{tg} a_1 + \operatorname{tg} a_2) \cos a_2} \tag{2.58}$$

respectiv :

$$p_1 = - \frac{2g_0}{(\operatorname{tg} a_1 + \operatorname{tg} a_2) \cos a_1} \tag{2.59}$$

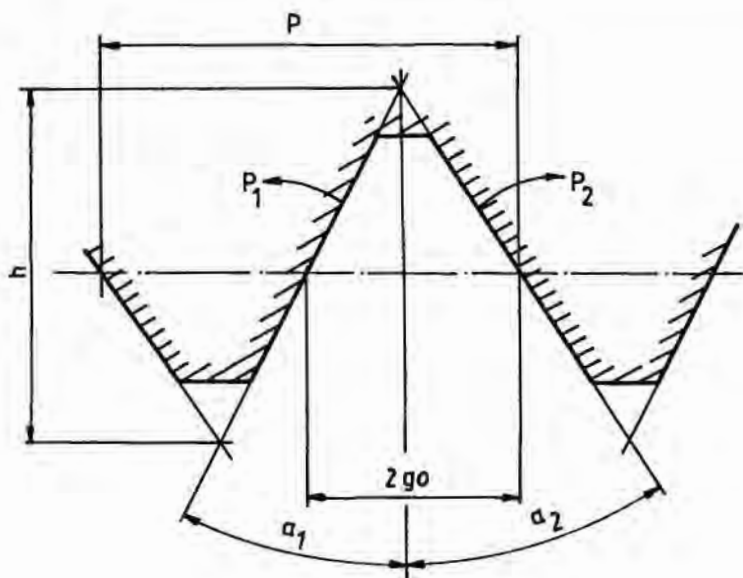


Fig.2.6

Conform figurii 2.6 înălțimea totală a dintelui va fi pentru dintele ascuțit:

$$h_1 = 2p_2 \cos \alpha_2 = 2p_1 \cos \alpha_1$$

$$h_1 = \frac{4g_0}{\operatorname{tg} \alpha_1 + \operatorname{tg} \alpha_2} = \frac{p}{\operatorname{tg} \alpha_1 + \operatorname{tg} \alpha_2}$$

unde : p este pasul elicei pe diametrul de referință.

Pentru angrenajul melcat spiroid cu melc cilindric, în [189], se recomandă să se folosească pentru înălțimea utilă a dintelui valoarea :

$$h_{\text{util}} = \frac{0,6}{\operatorname{tg} \alpha_1 + \operatorname{tg} \alpha_2} \quad (2.60)$$

Pentru comparație, la angrenajele melcate cilindrice obișnuite conform STAS 6465-82, $h_{1 \text{ util}} = 2 m_a$ ceea ce corespunde la:

$$h_{\text{util}} = \frac{0,463 p}{\operatorname{tg} 20^\circ + \operatorname{tg} 20^\circ} \quad (2.61)$$

Condiția ca $u_{11} = u_{12}$ se poate scrie și sub forma egalității soluțiilor ecuației angrenării 2.22 pentru ambele flancuri ale dinților roții :

$$\frac{n_{1x1}z_{11} + n_{1x1}B - n_{1z1}x_{11} - n_{1z1}A + n_{1z1}i_{12}h}{n_{1x2}h} = \frac{n_{1x2}z_{12} + n_{1x2}B - n_{1z2}x_{12} - n_{1z2}A + n_{1z2}i_{12}h}{n_{1x2}h} \quad (2.62)$$

Din expresia 2.62 se va putea scoate numărul de dinți ai roții pentru care se poate produce ascuțirea dinților într-o situație dată, privind : m_a, z_1, A, a_1, a_2 .

$$z_2 = \frac{n_{1x1}n_{1x2}(z_{11} - z_{12}) - n_{1x2}n_{1z1}(x_{11} + A) + n_{1x1}n_{1z2}(x_{12} + A)}{(n_{1x1}n_{1z2} - n_{1x2}n_{1z1})h} z_1 \quad (2.63)$$

Referitor la interferența care se produce prin întoarcerea liniei flancului, acesta se poate pune în evidență plecându-se de la expresia liniei flancului dintelui. Din expresia 2.24 pentru intersecția cu un plan paralel cu planul $y_2 o_2 x_2$ se va obține linia flancului dintelui.

$$x_{2k} = \cos u_2 x_{1k} - \sin u_2 z_{1k} - (B - hu_1) \sin u_2 + A \cos u_2 \quad (2.64)$$

$$y_{2k} = -\sin u_2 x_{1k} - \cos u_2 z_{1k} - (B - hu_1) \cos u_2 + A \sin u_2$$

sau scrisă sub o altă formă :

$$x_{2k} = (x_{1k} + A) \cos u_2 + \left(\frac{h}{i_{12}} u_2 - B - z_{1k} \right) \sin u_2 \quad (2.65)$$

$$y_{2k} = - (x_{1k} + A) \sin u_2 + \left(\frac{h}{i_{12}} u_2 - B - z_{1k} \right) \cos u_2$$

Relația 2.65. constituie expresia unei evolvente alungite tangentă exterior la cercul director, care are raza de mărime (fig.2.7) :

$$R_{dr} = x_{1k} + A \quad (2.66)$$

Pentru evitarea acestei forme de interferență se impune a se limita diametrul interior al coroanei danturate a roții melcate spiroide peste limita diametrului cercului director.

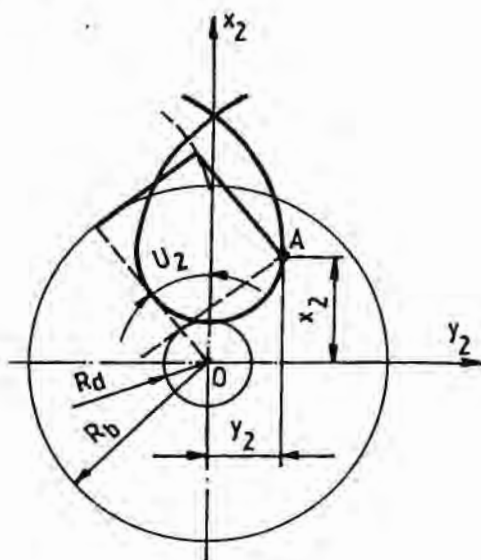


Fig.2.7 [180]

În [189] se recomandă să se folosească practic valoarea :

$$R_i = 1,28 A \quad (2.67)$$

Valoarea este considerată ca fiind acoperitoare.

2.7. Determinarea vitezei de aşchiere efective la prelucrarea danturii roților melcate spiroide

Este cunoscut faptul că viteza efectivă de aşchiere rezultă ca o sumă vectorială dintre viteza principală de aşchiere și viteza (sau vitezele) de avans. Cu o altă exprimare viteza efectivă de aşchiere poate fi definită ca viteza relativă între sculă și semifabricat.

În cazul generării (prelucrării) danturii roților melcate spiroide mișcarea relativă între sculă și semifabricat rezultă din însumarea mai multor mișcări, așa cum s-a analizat detaliat în paragrafele 2.4 și 2.5.

Pentru cazul prelucrării cu freza melc cu avans axial vectorul vitează efectivă de așchiere va avea expresia :

$$\vec{V}_{\text{aschiere}} = \begin{pmatrix} W_2(-i_{12}y_{1k} - \cos u_1 z_{1k} - B \cos u_1 - i_{12}c \sin u_1) \\ W_2(i_{12}x_{1k} + \sin u_1 z_{1k} + B \sin u_1 - i_{12}c \cos u_1) \\ W_2(\cos u_1 x_{1k} - \sin u_1 y_{1k} + A) \\ 0 \end{pmatrix} \quad (2.68)$$

Valoarea absolută a vitezei de așchiere obținându-se din relația :

$$V_{\text{aschiere}} = \sqrt{\begin{pmatrix} (-i_{12}y_{1k} - \cos u_1 z_{1k} - B \cos u_1 - i_{12}c \sin u_1)^2 + \\ (i_{12}x_{1k} + \sin u_1 z_{1k} + B \sin u_1 - i_{12}c \cos u_1)^2 + \\ (\cos u_1 x_{1k} - \sin u_1 y_{1k} + A)^2 \end{pmatrix}} \cdot \frac{2\pi n_1}{i_{12}1000} \text{ [m/min]} \quad (2.69)$$

unde n_1 este turația frezei - melc exprimată în rot/min.

Relația (2.69) exprimă valoarea instantanee a vitezei efective de așchiere pentru punctul de coordonare x_{1k} , y_{1k} , z_{1k} , aparținând frezei-melc în timpul procesului de generare cu avans axial.

La prelucrarea roților melcate cu freza-melc prin metoda avansului tangențial vectorul vitează efectivă de așchiere va fi dat de expresia:

$$\vec{V}_{\text{aschiere}} = \begin{pmatrix} w_2[-(i_{12} - s_T / \pi m_a z_1)y_{1k} - \cos u_1 z_{1k} + (bu_1 - B)\cos u_1] \\ w_2 [(i_{12} - s_T / \pi m_a z_1)x_{1k} + \sin u_1 z_{1k} + (B - bu_1)\sin u_1] \\ w_2 [(\cos u_1 x_{1k} - \sin u_1 y_{1k} + A - (i_{12} - s_T / \pi m_a z_1) \cdot b)] \\ 0 \end{pmatrix} \quad (2.70)$$

Valoarea absolută a vitezei de așchiere fiind:

$$V_{\text{aschiere}} = \sqrt{\left[\begin{aligned} &[-(i_{12} - s_T / \pi m_a z_1) y_{1k} - \cos u_1 z_{1k} + (b u_1 - B) \cos u_1]^2 + \\ &[(i_{12} - s_T / \pi m_a z_1) x_{1k} + \sin u_1 z_{1k} + (B - b u_1) \sin u_1]^2 + \\ &[\cos u_1 x_{1k} - \sin u_1 y_{1k} + A - (i_{12} - s_T / \pi m_a z_1) \cdot b]^2 \end{aligned} \right]} \cdot \frac{2\pi n_1}{i_{12} 1000} \text{ [m/min]} \quad (2.71)$$

În relația (2.71), n_1 reprezintă turația frezei-melc exprimată în rot/min.

Folosind relația (2.71) se poate calcula valoarea instantanee a vitezei pentru fiecare punct x_{1k} , y_{1k} , z_{1k} a frezei - melc în timpul procesului de generare cu avans tangențial.

2.8. Definierea liniilor de contact între melcul spiroid și roata melcată spiroidă

Liniile de contact între melcul spiroid și roata melcată spiroidă prezintă un interes particular în special din punct de vedere funcțional deoarece forma și repartiția lor determină realizarea condițiilor de ungere hidrodinamică între flancuri.

Forma cea mai favorabilă a liniilor de contact este atunci când unghiul format de vectorul vitează relativă dintre suprafețe și aceste linii tinde către 90° , situație care apare atunci când liniile de contact au o orientare radială.

Liniile de contact se pot determina pe cale analitică plecându-se de la constatarea că ele reprezintă de fapt locul geometric, exprimat în sistemul de referință fix, al punctelor de contact succesive între melc și roată melcată.

Folosind metoda matricial vectorială, raza vectoare a liniilor de contact se poate obține plecându-se de la modelul de generare cinematică al flancului dintelui roții melcate spiroidale prezentat în paragraful 2.3.

Pe baza relațiilor (2.6 și 2.10) raza vectoare a liniilor de contact va fi:

$$\bar{X}_{Fk} = M_{Fk} \cdot \bar{X}_{1k} \quad (2.72)$$

$$\overline{X}_{Fk} = \begin{pmatrix} -(r_0 + p_k \cos a_k) \sin v \\ (r_0 + p_k \cos a_k) \cos v \\ (g_0 + p_k \sin a_k)(2k-3) + hv + B - hu_1 \\ 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} x_{Fk} \\ y_{Fk} \\ z_{Fk} \\ 1 \end{pmatrix} = \overline{X}_{Fk}(p, v) \quad (2.73)$$

În relația (2.73) parametrului “ u_1 ” i se vor da valori constante, pentru fiecare valoare fiind definită o linie de contact specifică.

Valoarea parametrului “ v ” se va obține din condițiile de angrenare exprimată prin relația (2.74):

$$-n_{1xk} z_{1k} - n_{1xk}(B-h u_1) + n_{1zk}x_{1k} + n_{1zk} A - n_{1zk} i_{12} h = 0 \quad (2.74)$$

Având în vedere relațiile (2.6) și (2.7) înlocuite în (2.74) se obține:

$$\begin{aligned} &(2k-3) \sin a_k \sin v [(g_0 + p_k \sin a_k)(2k-3) + hv + B - hu_1] + \\ &(r_0 + p_k \cos a_k) \cos a_k \sin v + H_k \cos a_k \cos v [(g_0 + p_k \sin a_k)(2k-3) + \\ &hv + B - hu_1] - \cos a_k(A - i_{12} h) = 0 \end{aligned} \quad (2.75)$$

Făcând notațiile:

$$K_1 = (2k-3) \sin a_k [(g_0 + p_k \sin a_k)(2k-3) + B - h u_1] + (r_0 + p_k \cos a_k) \cos a_k \quad (2.76)$$

$$K_2 = (2k-3) \sin a_k h \quad (2.77)$$

$$K_3 = H_k \cos a_k [(2k-3)(g_0 + p_k \sin a_k) + B - hu_1] \quad (2.78)$$

$$K_4 = H_k \cos a_k h \quad (2.79)$$

$$K_5 = \cos a_k(A - i_2 h) \quad (2.80)$$

Se obține o ecuație neliniară de forma :

$$K_1 \sin v + K_2 v \sin v + K_3 \cos v + K_4 v \cos v - K_5 = 0 \quad (2.81)$$

Ecuația se poate rezolva printr-o metodă numerică pentru diferite valori ale parametrului u_1 .

CAPITOLUL 3

METODE NUMERICE DE STUDIU A CINEMATII DANTURĂRII ROȚILOR MELCATE SPIROIDE PLANE

3.1. Elemente generale

Metodele numerice dezvoltate pentru studiul cinematicii de realizare a danturii roților melcate spiroide plane, au la bază modelele matematice prezentate în capitolului 1.

În cadrul capitolului sunt prezentate studiile numerice pentru: definirea melcului generator spiroid cilindric, generarea cinematică, generarea cu avans axial respectiv cu avans tangențial, trecându-se apoi la problemele legate de limitele de generare precum și la liniile de contact.

Modelele numerice concepute au la bază programele de calcul elaborate în GW-BASIC precum și programe de desenare în AutoCAD.

Ideea care a stat la baza conceperii celor șapte programe prezentate în continuare a fost ca ele să poată fi utilizate independent dar în același timp să existe și posibilitatea legării lor în viitor într-un program expert.

Programele au o serie de elemente comune dar în același timp prezintă particularități specifice, utilizarea lor presupune cunoașterea datelor geometrice ale angrenajului melcat spiroid luat în studiu precum și mărimea avansului de lucru al sculei.

Pentru exemplificare concretă este utilizat un angrenaj melcat spiroid care prezintă următoarele caracteristici geometrice principale:

- distanța axială $A = 56 \text{ mm};$
- numărul de începături la melc $z_1 = 1;$

— numărul de dinți la roată	$z_2 = 47;$
— modulul axial	$m_a = 2,5 \text{ mm};$
— unghiurile de presiune	$a_1 = 30^0, a_2 = 10^0;$
— raza de referință a melcului	$r_0 = 18,2325 \text{ mm};$
— înălțimea capului dintelui	$a_0 = 3,1262 \text{ mm};$
— înălțimea piciorului dintelui	$b_0 = 3,7268 \text{ mm};$
— diametrul maxim al roții	$D_e = 196 \text{ mm};$
— diametrul minim al roții	$D_i = 143,35 \text{ mm}.$

În continuare se vor prezenta: schemele logice, instrucțiunile programelor, tabelele cu valori numerice calculate precum și reprezentările grafice aferente.

3.2. Definierea numerică a flancurilor melcului generator spiroid cilindric

Programul care asigură determinarea coordonatelor punctelor flancului melcului spiroid cilindric are la bază relațiile matematice din capitolul 2 și este construit conform schemei logice din figura 3.1

În Tabelul 3.1 se prezintă listingul programului conceput iar Tabelul 3.2 conține coordonatele punctelor suprafeței flancurilor melcului spiroid cilindric în sistemul O1X1Y1Z1 al melcului.

Pentru a se evidenția corectitudinea modelului matematic utilizat și al calculelor efectuate în figurile 3.2 și 3.3 se reprezintă flancurile elicoidale determinate distinct (10^0 și 30^0) și o porțiune din melcul rezultat.

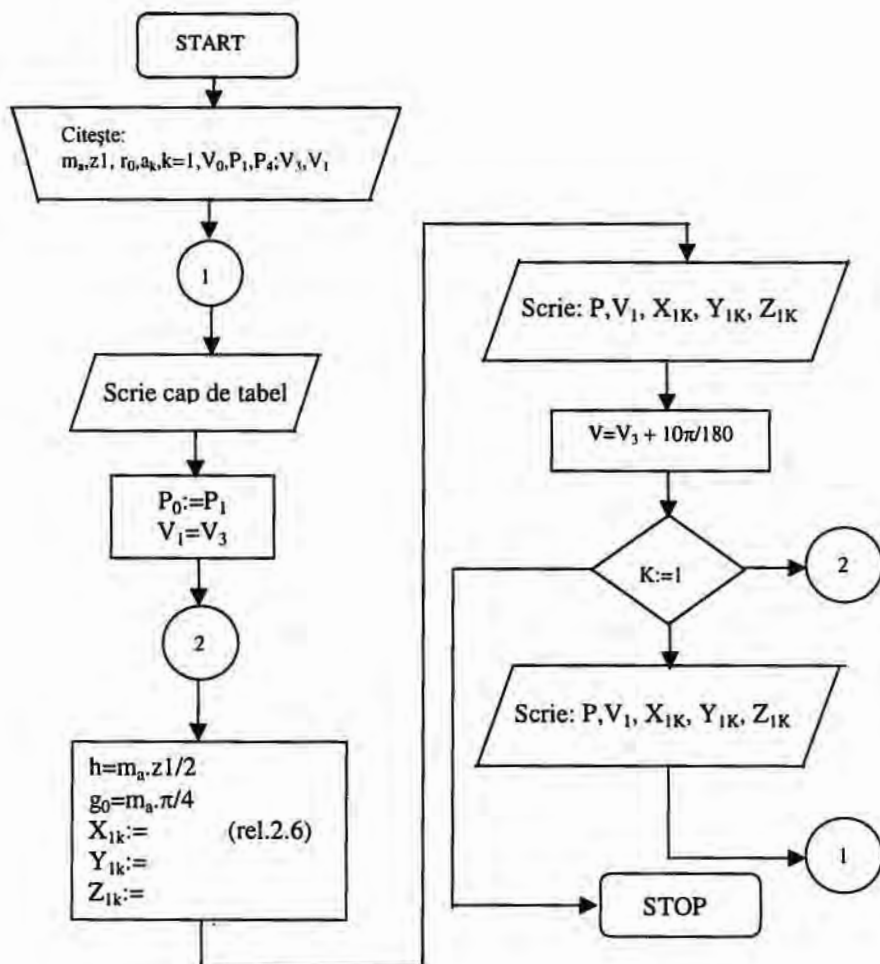


Fig.3.1

Tabelul 3.1

Program în GW-BASIC pentru determinarea coordonatelor punctelor flancurilor melcilor spiroizi cilindrici. Melc cu elice dreapta Varianta de program iulie 1999.	
2100 PRINT	"Coordonatele punctelor suprafeței flancurilor"
2105 PRINT	"melcului spiroid cilindric în sistemul O1X1Y1Z1"
2111 PRINT	
2120 GOSUB 2420	
2125 PRINT	
2130 PRINT	TAB(6);"P";TAB(18);"V1";TAB(30);"X1";TAB(42);"Y1";TAB(54);"Z1"
2150 PRINT	
2160 GOSUB 2420	
2170 READ M0,Z0,R0,A3,K0	
2171 READ P1,P4	
2172 GOTO 2175	
2173 READ M0,Z0,R0,A3,K0	
2174 READ P1,P4	
2175 PI=3.1415926385#	
2180 A3=A3*PI/180	
2200 FOR P0=P1 TO P4 STEP (P4-P1)/1	
2210 FOR V1=0 TO 2*PI STEP (PI/18)	
2220 H0=M0*Z0/2	
2240 G0=M0*PI/4	
2250 X5=-(R0+P0*COS(A3))*SIN(V1)	
2260 Y5=(R0+P0*COS(A3))*COS(V1)	
2270 Z5=(G0+P0*SIN(A3))*(2*K0-3)+H0*V1	
2300 PRINT	TAB(6);P0;TAB(18);V1*180/PI;TAB(30);X5;TAB(42);Y5;TAB(54);Z5
2310 NEXT V1	
2315 PRINT	
2320 NEXT P0	
2330 PRINT	
2340 GOSUB 2420	
2350 PRINT	
2360 PRINT	"Modul axial Ma=";M0;"Nr inceputuri melc Z1=";Z0
2370 PRINT	
2380 PRINT	"Raza referinta R0=";R0;"Unghi flanc alfa=";A3*180/PI
2390 PRINT	
2400 PRINT	"Flanc studiat K0=";K0;"(K0=1 flanc dr.-K0=2 flanc stg)"
2405 PRINT	
2410 GOSUB 2420	
2415 IF K0<>1 THEN 2490	
2416 PRINT	
2417 GOTO 2173	



```

2418 IF K0<>1 THEN 2490
2420 FOR X=1 TO 70
2430 PRINT "*";
2440 NEXT X
2450 PRINT "*";
2460 RETURN
2465 PRINT
2470 DATA 2.5,1,18.285,30,1
2472 DATA -4.302,4.417
2474 DATA 2.5,1,18.285,10,2
2476 DATA -3.753,3.885
2490 END
    
```

Tabelul 3.2

Coordonatele punctelor suprafeței flancurilor melcului spiroid cilindric în sistemul O1 X1 Y1 Z1				
P	V1	X1	Y1	Z1
-4.302	0	0	14.55936	.1875045
-4.302	10	-2.528206	14.33817	.4056707
-4.302	20	-4.979594	13.68132	.6238369
-4.302	30	-7.27968	12.60878	.842003
-4.302	40	-9.358576	11.15311	1.060169
-4.302	50	-11.15312	9.358575	1.278335
-4.302	60	-12.60878	7.279679	1.496502
-4.302	70	-13.68132	4.979594	1.714668
-4.302	80	-14.33817	2.528207	1.932834
-4.302	90	-14.55936	1.099201E-06	2.151
-4.302	100	-14.33817	-2.528205	2.369166
-4.302	110	-13.68132	-4.979593	2.587332
-4.302	120	-12.60878	-7.279678	2.805498
-4.302	130	-11.15312	-9.358573	3.023664
-4.302	140	-9.358578	-11.15311	3.24183
-4.302	150	-7.279684	-12.60877	3.459997
-4.302	160	-4.979599	-13.68132	3.678163
-4.302	170	-2.528211	-14.33817	3.896329
-4.302	180	-5.669624E-06	-14.55936	4.114495
-4.302	190	2.5282	-14.33817	4.332661
-4.302	200	4.979588	-13.68133	4.550827
-4.302	210	7.279674	-12.60878	4.768994
-4.302	220	9.358569	-11.15312	4.98716
-4.302	230	11.15311	-9.358584	5.205325
-4.302	240	12.60877	-7.27969	5.423492
-4.302	250	13.68132	-4.979606	5.641658
-4.302	260	14.33817	-2.528219	5.859823

-4.302	270	14.55936	-1.371127E-05	6.07799
-4.302	280	14.33817	2.528192	6.296156
-4.302	290	13.68133	4.97958	6.514323
-4.302	300	12.60878	7.279667	6.732488
-4.302	310	11.15313	9.358564	6.950654
-4.302	320	9.358588	11.15311	7.168821
-4.302	330	7.279694	12.60877	7.386987
-4.302	340	4.979611	13.68132	7.605152
-4.302	350	2.528224	14.33817	7.823319
-4.302	360	1.828169E-05	14.55936	8.041
4.417	0	0	22.11023	-4.171995
4.417	10	-3.839402	21.77433	-3.953829
4.417	10	-3.839402	21.77433	-3.953829
4.417	20	-7.562145	20.77683	-3.735663
4.417	30	-11.05512	19.14803	-3.517497
4.417	40	-14.21219	16.93742	-3.299331
4.417	50	-16.93742	14.21218	-3.081164
4.417	60	-19.14803	11.05512	-2.862998
4.417	70	-20.77683	7.562145	-2.644832
4.417	80	-21.77433	3.839403	-2.426666
4.417	90	-22.11023	1.669276E-06	-2.2085
4.417	100	-21.77433	-3.839399	1.990334
4.417	110	-20.77683	-7.562143	-1.772168
4.417	120	-19.14803	-11.05511	-1.554002
4.417	130	-16.93743	-14.21218	-1.335836
4.417	140	-14.21219	-16.93742	-1.117669
4.417	150	-11.05512	-19.14802	-.8995032
4.417	160	-7.562152	-20.77682	-.6813371
4.417	170	-3.839409	-21.77433	-.463171
4.417	180	-8.610042E-06	-22.11023	-.2450049
4.417	190	3.839393	-21.77433	-2.683878E-02
4.417	200	7.562136	-20.77683	.1913276
4.417	210	11.05511	-19.14803	.4094935
4.417	220	14.21218	-16.93743	.6276598
4.417	230	16.93741	-14.2122	.8458252
4.417	240	19.14802	-11.05513	1.063992
4.417	250	20.77682	-7.562164	1.282158
4.417	260	21.77433	-3.839422	1.500324
4.417	270	22.11023	-2.08223E-05	1.71849
4.417	280	21.77434	3.839381	1.936656
4.417	290	20.77683	7.562125	2.154822
4.417	300	19.14804	11.0551	2.372988
4.417	310	16.93744	14.21217	2.591154
4.417	320	14.2122	16.93741	2.809321
4.417	330	11.05514	19.14801	3.027487

4.417	340	7.562171	20.77682	3.245653
4.417	350	3.839429	21.77433	3.463819
4.417	360	2.776307E-05	22.11023	3.681985
MODUL AXIAL MA= 2.5 NR. ÎNCEPUTURI MELC Z1= 1 RAZĂ REFERINȚĂ R0= 18.285 UNGHI FLANC ALFA= 30 FLANC STUDIAT K0= 1 (K0=1 FLANC DR. -K0=2 FLANC STG)				

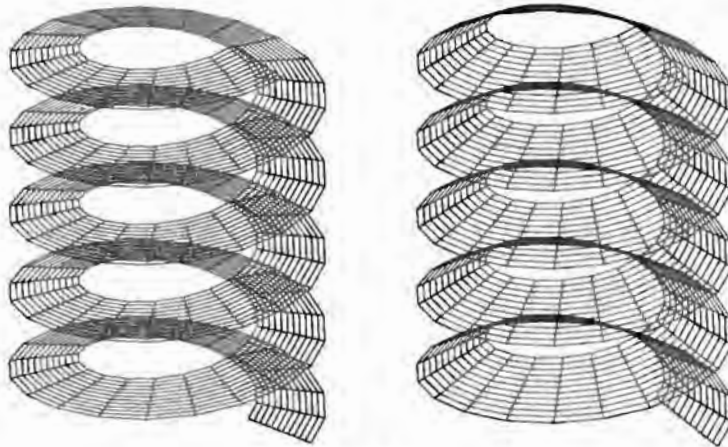


Fig.3.2

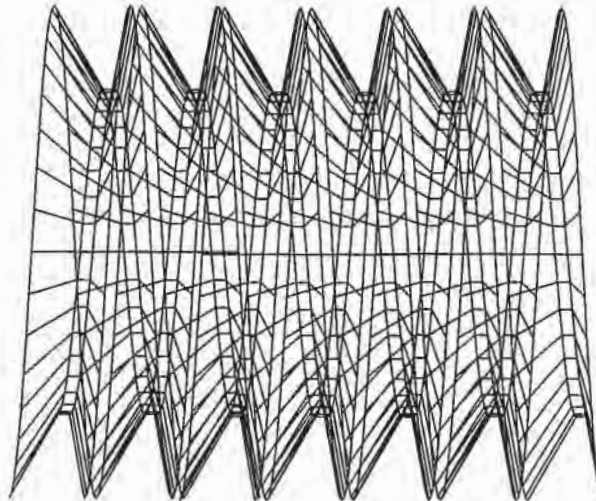


Fig.3.3

3.3. Studiul numeric al generării cinematice al flancurilor dinților roților melcate spiroide plane

Programul conceput asigură determinarea coordonatelor punctelor pentru ambele flancuri ale dinților roții melcate spiroide conform celor stabilite la capitolul 2.3.

În fig. 3.4 este prezentată schema logică a programului. În prima parte a programului sunt definite și determinate elementele melcului. Următorul segment al programului asigură determinarea măririi parametrului " u_1 ". În final se determină coordonatele punctelor flancurilor dinților roții.

Derularea programului nu pune probleme de convergență.

După efectuarea calculelor specifice flancului stâng programul asigură trecerea la calculul flancului drept pentru același dinte al roții.

În Tabelul 3.3 apare listingul programului analizat.

O parte din coordonatele punctelor liniei flancului roții calculate cu acest program sunt conținute în Tabelul 3.4.

În figura 3.5 se prezintă linia flancului trasată pe baza datelor obținute cu ajutorul acestui program. Un dinte complet rezultat prin calcul apare evidențiat în figura 3.6.

Reprezentarea unei danturi complete a unei roți melcate spiroide plane în trei ipostaze diferite este vizualizată în figurile 3.7 și 3.8 și 3.9.

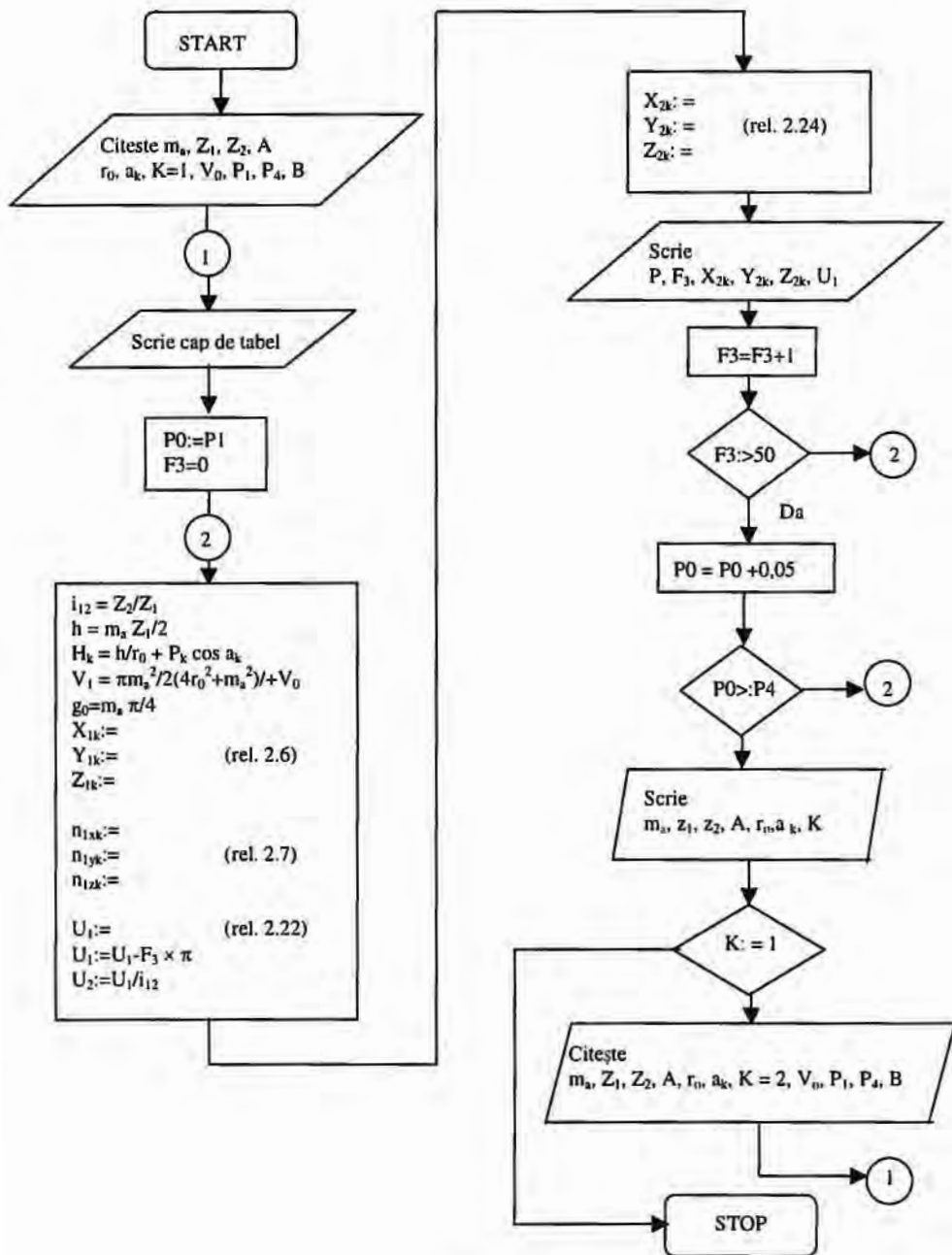


Fig.3.4

Tabelul 3.3

Program de calcul în GW-BASIC pentru determinarea coordonatelor punctelor flancului rotii melcate spiroide la generarea cinematică. Melc cu elice dreapta Varianta de program iulie 1999
3100 PRINT "Coordonatele punctelor suprafeței flancurilor"
3105 PRINT
3110 PRINT "rotii melcate spiroide in sistemul rotii O2 X2 Y2 Z2."
3115 PRINT "Cazul generarii cinematice"
3120 GOSUB 4080
3125 PRINT
3130 PRINT TAB(6);"P";TAB(18);"F3";TAB(30);"X2";TAB(42);"Y2"; TAB(54);"Z2";TAB(66);"U1"
3150 PRINT
3160 GOSUB 4080
3166 READ M0,Z0,Z9,A0,R0,A3,K0,V0
3168 READ P1,P4,B0
3169 GOTO 3178
3170 READ M0,Z0,Z9,A0,R0,A3,K0,V0
3175 READ P1,P4,B0
3178 PI=3.1415926#
3180 A3=A3*PI/180
3185 V0=V0*PI
3190 I1=Z9/Z0
3200 FOR P0=P1 TO P4 STEP (P4-P1)/1
3210 FOR F3=0 TO 35
3220 H0=M0*Z0/2
3230 H1=H0/(R0+P0*COS(A3))
3240 V1=PI*M0^2/(2*(4*R0^2+M0^2))+V0
3250 G0=M0*PI/4
3260 X5=-1*(R0+P0*COS(A3))*SIN(V1)
3270 Y5=(R0+P0*COS(A3))*COS(V1)
3280 Z5=(G0+P0*SIN(A3))*(2*K0-3)+H0*V1
3290 X7=-1*(2*K0-3)*SIN(A3)*SIN(V1)-1*H1*COS(A3)*COS(V1)
3300 Y7=(2*K0-3)*SIN(A3)*COS(V1)-H1*COS(A3)*SIN(V1)
3310 Z7=-1*COS(A3)
3800 U1=(X7*Z5+X7*B0-Z7*X5-Z7*A0+Z7*I1*H0)/(X7*H0)
3805 U1=U1-F3*PI
3810 U2=U1/I1
3850 X4=COS(U2)*X5-SIN(U2)*Z5-(B0-H0*U1)*SIN(U2)+A0*COS(U2)
3890 Y4=-1*SIN(U2)*X5-COS(U2)*Z5-(B0-H0*U1)*COS(U2)-A0*SIN(U2)
3900 Z4=Y5
3915 PRINT TAB(6);P0; TAB(18);F3; TAB(30);X4; TAB(42);Y4; TAB(54);Z4; TAB(66);U1*180/PI
3920 NEXT F3



```

3921 PRINT
3930 NEXT P0
3950 PRINT
3960 PRINT
3970 GOSUB 4080
3980 PRINT
3990 PRINT "MODULUL AXIAL MA=";M0;"NR. INCEP.MELC Z1=";Z0;
4000 PRINT
4010 PRINT "NR.DINTI ROATA Z2=";Z9;"DIST.AXIALA A=";A0;
4025 A3=A3*180/PI
4030 PRINT "RAZA DE REFERINTA MELC R0=";R0;"UNghi FLANC
MELC ALFA=";A3;"GRADE"
4040 PRINT "FLANC STUDIAT K0=";K0;"(K0=1 FL.DR.K0=2 FL.STG)"
4060 PRINT
4067 GOSUB 4080
4069 IF K0<>1 THEN 4999
4071 PRINT
4077 GOTO 3170
4079 IF K0<>1 THEN 4999
4080 FOR X=1 TO 70
4090 PRINT "*";
4100 NEXT X
4110 PRINT "*";
4120 RETURN
4200 PRINT
4900 DATA 2.5,1,47,56,18.23254,30,1,-9
4905 DATA -4.30338,3.60989,95
4910 DATA 2.5,1,47,56,18.23254,10,2,-9
4915 DATA -3.78433,3.17448,95
4999 END
    
```

Tabelul 3.4

Coordonatele punctelor suprafeței flancurilor roții melcate spiroide în sistemul roții O2 X2 Y2 Z2. Cazul generării cinematice					
P	F3	X2	Y2	Z2	U1
-4.30338	0	35.43181	-54.16252	-14.50531	1264.603
-4.30338	1	37.43111	-55.28775	-14.50531	1084.603
-4.30338	2	39.74585	-56.37166	-14.50531	904.6026
-4.30338	3	42.37834	-57.37673	-14.50531	724.6026
-4.30338	4	45.32727	-58.26499	-14.50531	544.6026
-4.30338	5	48.58765	-58.99841	-14.50531	364.6026
-4.30338	6	52.15082	-59.53913	-14.50531	184.6025
-4.30338	7	56.00443	-59.84987	-14.50531	4.602565

-4.30338	8	60.13249	-59.89419	-14.50531	-175.3974
-4.30338	9	64.51545	-59.63688	-14.50531	-355.3974
-4.30338	10	69.1303	-59.04418	-14.50531	-535.3973
-4.30338	11	73.95067	-58.08415	-14.50531	-715.3975
-4.30338	12	78.94693	-56.72699	-14.50531	-895.3975
-4.30338	13	84.08645	-54.94524	-14.50531	-1075.398
-4.30338	14	89.33372	-52.71411	-14.50531	-1255.398
-4.30338	15	94.65062	-50.01178	-14.50531	-1435.397
-4.30338	16	99.99661	-46.8195	-14.50531	-1615.398
-4.30338	17	105.329	-43.12196	-14.50531	-1795.398
-4.30338	18	110.6032	-38.90743	-14.50531	-1975.398
-4.30338	19	115.7731	-34.16788	-14.50531	-2155.398
-4.30338	20	120.7912	-28.89931	-14.50531	-2335.397
-4.30338	21	125.6093	-23.10163	-14.50531	-2515.397
-4.30338	22	130.1782	-16.77895	-14.50531	-2695.397
-4.30338	23	134.4488	-9.939655	-14.50531	-2875.398
-4.30338	24	138.3717	-2.596371	-14.50531	-3055.398
-4.30338	25	141.8983	5.233967	-14.50531	-3235.397
-4.30338	26	144.9805	13.53016	-14.50531	-3415.397
-4.30338	26	144.9805	13.53016	-14.50531	-3415.397
-4.30338	27	147.5715	22.2667	-14.50531	-3595.398
-4.30338	28	149.6259	31.41388	-14.50531	-3775.397
-4.30338	29	151.1001	40.93789	-14.50531	-3955.398
-4.30338	30	151.9529	50.80089	-14.50531	-4135.397
-4.30338	31	152.1455	60.96129	-14.50531	-4315.398
-4.30338	32	151.6418	71.37375	-14.50531	-4495.397
-4.30338	33	150.4094	81.98949	-14.50531	-4675.398
-4.30338	34	148.4188	92.75647	-14.50531	-4855.398
-4.30338	35	145.6445	103.6196	-14.50531	-5035.397
3.60989	0	49.03453	-55.05828	-21.35822	372.4489
3.60989	1	52.32211	-55.57714	-21.35822	192.4489
3.60989	2	55.89926	-55.88525	-21.35822	12.44887
3.60989	3	59.75133	-55.94618	-21.35822	-167.5512
3.60989	4	63.86011	-55.72463	-21.35822	-347.5511
3.60989	5	68.2039	-55.18669	-21.35822	-527.5511
3.60989	6	72.75763	-54.30015	-21.35822	-707.5511
3.60989	7	77.49298	-53.03483	-21.35822	-887.5511
3.60989	8	82.3786	-51.36287	-21.35822	-1067.551
3.60989	9	87.38019	-49.25896	-21.35822	-1247.551
3.60989	10	92.46081	-46.70061	-21.35822	-1427.551
3.60989	11	97.58107	-43.66842	-21.35822	-1607.551
3.60989	12	102.6994	-40.14633	-21.35822	-1787.551
3.60989	13	107.7722	-36.12172	-21.35822	-1967.551
3.60989	14	112.7543	-31.58571	-21.35822	-2147.551
3.60989	15	117.5993	-26.53323	-21.35822	-2327.551

3.60989	16	122.2596	-20.9632	-21.35822	-21.35822
3.60989	17	126.6871	-14.87866	-21.35822	-2687.552
3.60989	18	130.8329	-8.286827	-21.35822	-2867.551
3.60989	19	134.6487	-1.199097	-21.35822	-3047.551
3.60989	20	138.0862	6.368801	-21.35822	-3227.551
3.60989	21	141.0977	14.39692	-21.35822	-3407.551
3.60989	22	143.6367	22.86105	-21.35822	-3587.551
3.60989	23	145.6582	31.73282	-21.35822	-3767.552
3.60989	24	147.1189	40.97973	-21.35822	-3947.551
3.60989	25	147.9774	50.56528	-21.35822	-4127.551
3.60989	26	148.1949	60.44924	-21.35822	-4307.552
3.60989	27	147.7354	70.58759	-21.35822	-4487.552
3.60989	28	146.566	80.93286	-21.35822	-4667.552
3.60989	29	144.6572	91.43436	-21.35822	-4847.552
3.60989	30	141.9831	102.0383	-21.35822	-5027.551
3.60989	31	138.5217	112.6883	-21.35822	-5207.552
3.60989	32	134.2553	123.3254	-21.35822	-5387.552
3.60989	33	129.1708	133.8886	-21.35822	-5567.552
3.60989	34	123.2593	144.315	-21.35822	-5547.552
3.60989	35	116.5171	154.5403	-21.35822	-5927.551
MODULUL AXIAL MA= 2.5 NR. INCEP.MELC Z1= 1 NR.DINTI ROATA Z2= 47 DIST.AXIALA A= 56 RAZA DE REFERINTA MELC R0= 18.23254 UNGHI FLANC MELC ALFA= 30 GRADE FLANC STUDIAT K0= 1 (K0=1 FL.DR.K0=2 FL.STG)					
-3.78433	0	33.4885	-54.22002	-14.50531	1409.531
-3.78433	1	35.30387	-55.38688	-14.50531	1229.531
-3.78433	2	37.43242	-56.53765	-14.50531	1049.53
-3.78433	3	39.87904	-57.63523	-14.50531	869.5304
-3.78433	4	42.64501	-58.64186	-14.50531	689.5305
-3.78433	5	45.72801	-59.51943	-14.50531	509.5305
-3.78433	6	49.12202	-60.22985	-14.50531	329.5304
-3.78433	7	52.81728	-60.7353	-14.50531	149.5304
-3.78433	8	56.80044	-60.99861	-14.50531	-30.46953
-3.78433	9	61.05446	-60.98355	-14.50531	-210.4695
-3.78433	10	65.5588	-60.65516	-14.50531	-390.4695
-3.78433	11	70.28941	-59.98007	-14.50531	-570.4696
-3.78433	12	75.21895	-58.9268	-14.50531	-750.4696
-3.78433	13	80.31688	-57.46602	-14.50531	-930.4695
-3.78433	14	85.5497	-55.57091	-14.50531	-1110.47
-3.78433	15	90.88102	-53.21739	-14.50531	-1290.
-3.78433	16	96.27198	-50.38429	-14.50531	-1470.47
-3.78433	17	101.6812	-47.05374	-14.50531	-1650.47
-3.78433	18	107.0655	-43.21127	-14.50531	-1830.47
-3.78433	19	112.3795	-38.84606	-14.50531	-2010.47

-3.78433	20	117.5768	-33.9511	-14.50531	-2190.47
-3.78433	21	122.6092	-28.52329	-14.50531	-2370.47
-3.78433	22	127.4282	-22.56368	-14.50531	-2550.47
-3.78433	23	131.9845	-16.0775	-14.50531	-2730.47
-3.78433	24	136.2285	-9.07415	-14.50531	-2910.47
-3.78433	25	140.111	-1.567429	-14.50531	-3090.47
-3.78433	26	143.5831	6.424622	-14.50531	-3270.47
-3.78433	27	146.597	14.87961	-14.50531	-3450.47
-3.78433	28	149.1058	23.77091	-14.50531	-3630.47
-3.78433	29	151.0646	33.06766	-14.50531	-3810.47
-3.78433	30	152.43	42.73497	-14.50531	-3990.47
-3.78433	31	153.1613	52.73393	-14.50531	-4170.47
-3.78433	32	153.2201	63.02184	-14.50531	-4350.47
-3.78433	33	152.5711	73.55234	-14.50531	-4530.47
-3.78433	34	151.1823	84.27566	-14.50531	-4710.47
-3.78433	35	149.0251	95.13881	-14.50531	-4890.47
3.17448	0	39.6372V	-58.8348	-21.35822	863.2511
3.17448	1	42.49271	-59.85721	-21.35822	683.2511
3.17448	2	45.66622	-60.74396	-21.35822	503.2511
3.17448	3	49.15124	-61.45687	-21.35822	323.2511
3.17448	4	52.93754	-61.95812	-21.35822	143.2511
3.17448	5	57.01124	-62.21055	-21.35822	-36.74888
3.17448	6	61.35488	-62.17799	-21.35822	-216.749
3.17448	7	65.94738	-61.82551	-21.35822	-396.7489
3.17448	8	70.76424	-61.11993	-21.35822	-576.7489
3.17448	9	75.77766	-60.02986	-21.35822	-756.7488
3.17448	10	80.95664	-58.5262	-21.35822	-936.7488
3.17448	11	86.26722	-56.58231	-21.35822	-1116.749
3.17448	12	91.67264	-54.17436	-21.35822	-1296.749
3.17448	13	97.13354	-51.28149	-21.35822	-1476.749
3.17448	14	102.6083	-47.88613	-21.35822	-1656.749
3.17448	15	108.0532	-43.97411	-21.35822	-1836.749
3.17448	16	113.4227	-39.535	-21.35822	-2016.749
3.17448	17	118.6699	-34.56215	-21.35822	-2196.749
3.17448	18	123.7465	-29.05292	-21.35822	-2376.749
3.17448	19	128.6037	-23.00873	-21.35822	-2556.749
3.17448	20	133.1919	-16.43524	-21.35822	-2736.749
3.17448	21	137.4614	-9.342361	-21.35822	-2916.749
3.17448	22	141.3628	-1.744343	-21.35822	-3096.749
3.17448	23	144.8472	6.340306	-21.35822	-3276.749
3.17448	24	147.8664	14.88868	-21.35822	-3456.749
3.17448	25	150.3739	23.87367	-21.35822	-3636.7
3.17448	26	152.3243	33.26395	-21.35822	-3816.749
3.17448	27	153.6746	43.0241	-21.35822	-3996.749
3.17448	28	154.384	53.1147	-21.35822	-4176.749

3.17448	29	154.4142	63.49258	-21.35822	-4356.749
3.17448	30	153.7301	74.11085	-21.35822	-4536.749
3.17448	31	152.2997	84.91934	-21.35822	-4716.749
3.17448	32	150.0949	95.86462	-21.35822	-4896.749
3.17448	33	147.0911	106.8903	-21.35822	-5076.749
3.17448	34	143.2681	117.9375	-21.35822	-5256.749
3.17448	35	138.6101	128.9448	-21.35822	-5436.749

MODULUL AXIAL $MA= 2.5$ NR. INCEP.MELC $Z1= 1$ NR.DINTI
 ROATA $Z2= 47$ DIST.AXIALA $A= 56$ RAZA DE REFERINTA MELC
 $R0= 18.23254$ UNGHI FLANC MELC $ALFA=10$ GRADE FLANC
 STUDIAT $K0= 2$ ($K0=1$ FL.DR. $K0=2$ FL.STG)

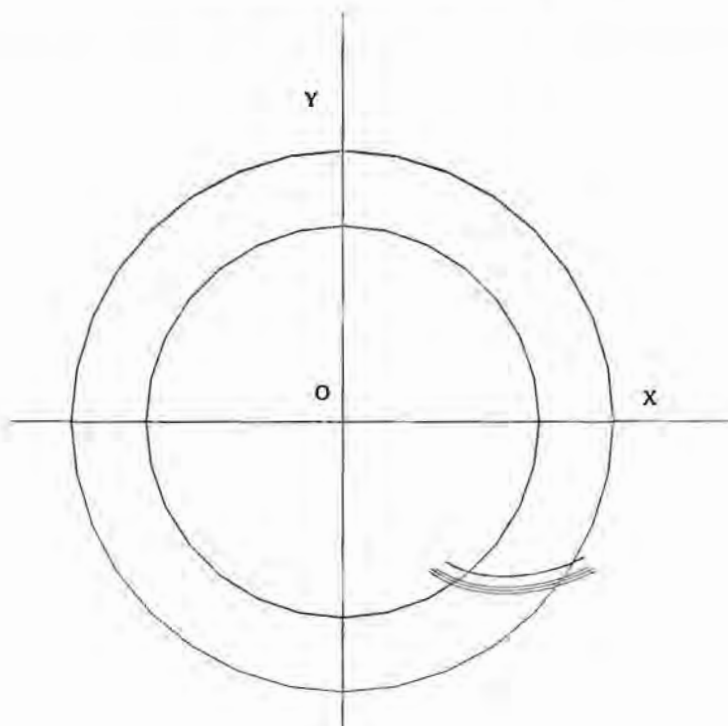


Fig.3.5

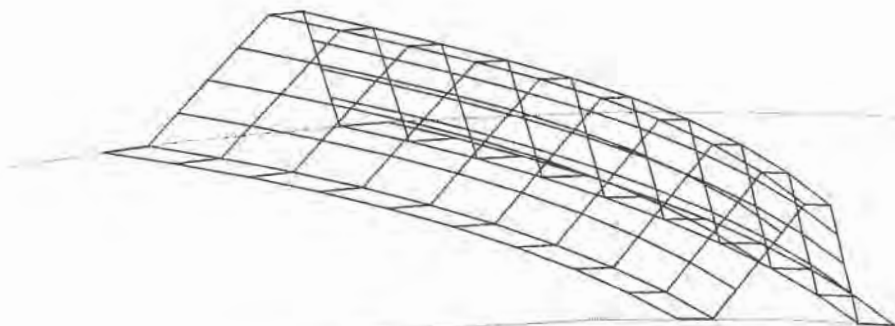


Fig.3.6

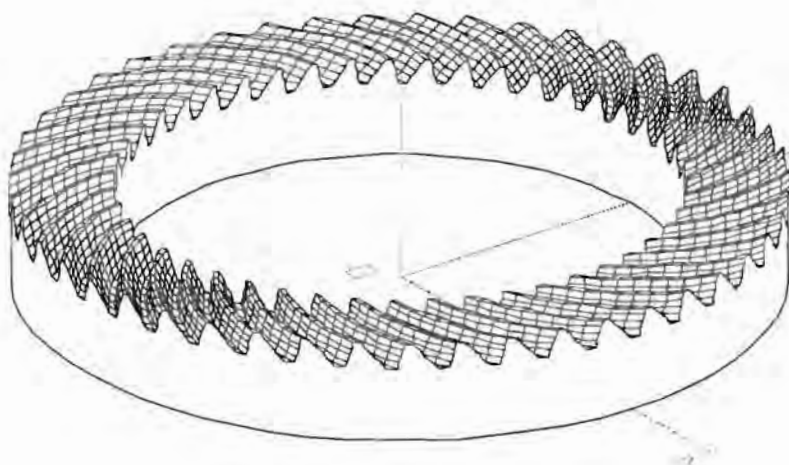


Fig.3.7

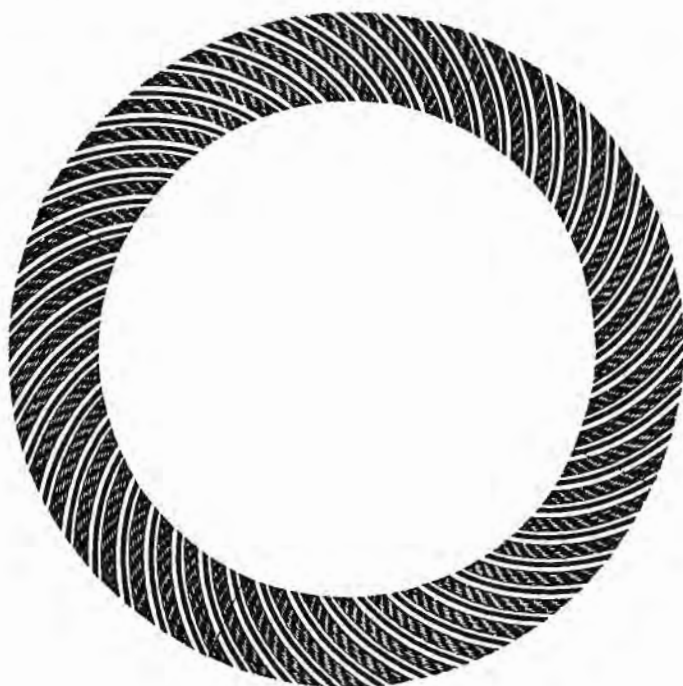


Fig.3.8



Fig.3.9

3.4. Studiul numeric al generării flancurilor dinților roții melcate spiroide plane cu freza-melc folosind metoda avansului axial

Construcția acestui program este prezentată în schema logică din figura 3.10 și are la bază cele exprimate la capitolul 2.4.

Primul segment al programului definește și determină elementele melcului înfășurător. În următorul segment prin rezolvarea unei ecuații liniare se determină parametrul " u_1 ". În ultimul segment se determină coordonatele punctelor flancurilor roții și corespunzător acestora vitezele de așchiere efective.

Valoarea vitezei de așchiere prezentată în tabel corespunde la o turație a melcului înfășurător (freza-melc) de 1 rot/min. Pentru alte turații ale frezei-melc valoarea efectivă a vitezei de așchiere se obține înmulțind valoarea tabelară cu turația " n " a frezei-melc exprimată în rot/min.

După parcurgerea calculelor specifice flancului stâng programul asigură trecerea la calculul elementelor flancului drept pentru același dinte al roții.

Listingul programului apare în Tabelul 3.5, iar valorile coordonatelor calculate pentru o porțiune de flanc sunt date în Tabelul 3.6. Reprezentarea liniei flancului obținut prin această metodă este făcută în figura 3.11.

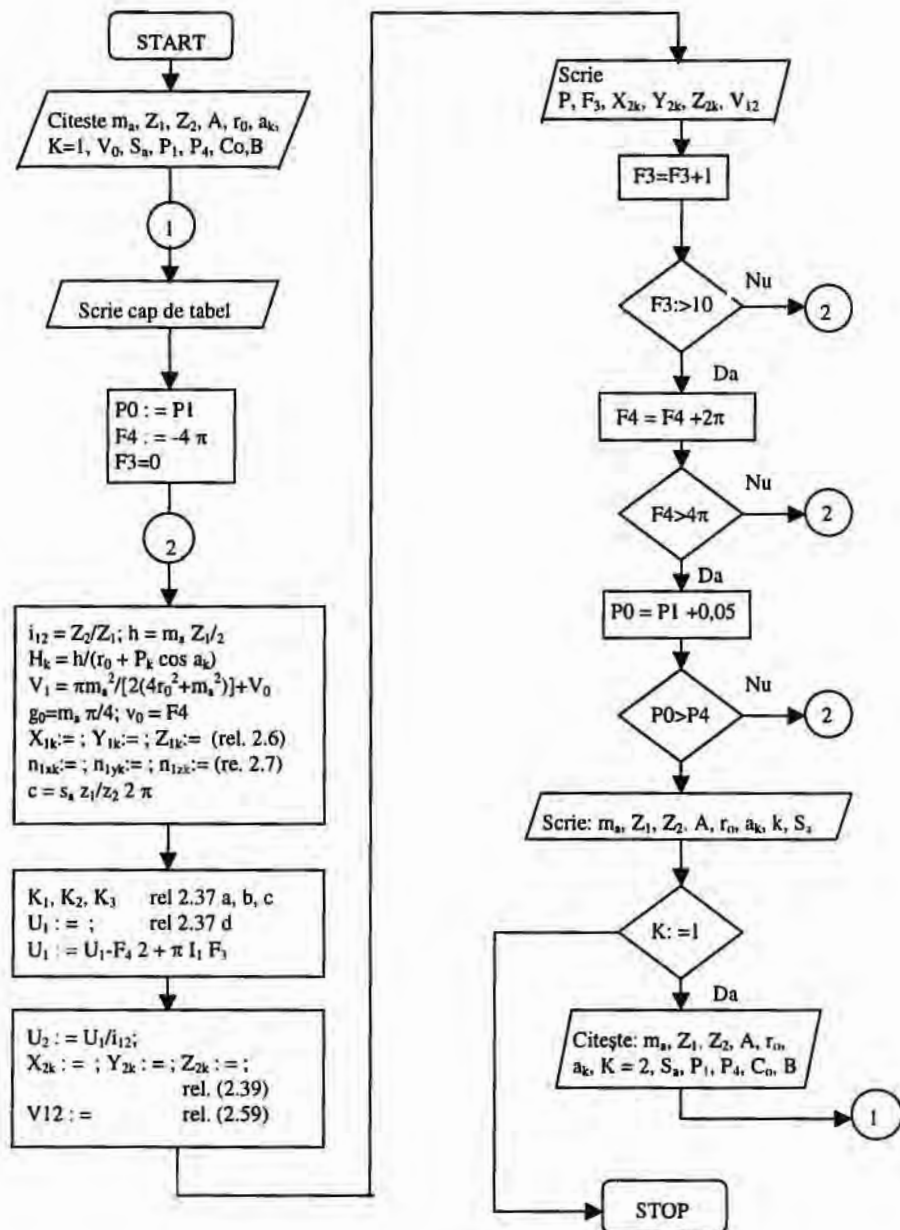


Fig.3.10

Tabelul 3.5

Program de calcul în GW-BASIC pentru determinarea coordonatelor punctelor flancului roții melcate spiroide la prelucrarea cu avans axial. Melc elice dreapta Varianta de program iunie 1999
7105 PRINT
7110 PRINT "Coordonatele punctelor suprafeței flancurilor"
7111 PRINT
7115 PRINT "rotii melcate spiroide in sistemul rotii O2 X2 Y2 Z2"
7118 PRINT "Metoda de prelucrare cu freza melc cu avans axial"
7120 GOSUB 8080
7125 PRINT
7130 PRINT TAB(6);"P";TAB(18);"F4";TAB(30);"X2";TAB(42);"Y2";
7140 PRINT TAB(54);"Z2";TAB(62);"V(V/MIN)"
7150 PRINT
7160 GOSUB 8080
7165 READ M0,Z0,Z9,A0,R0,A3,K0,V0,S5
7166 READ P1,P4,C0,B0
7168 GOTO 7175
7169 READ M0,Z0,Z9,A0,R0,A3,K0,V0,S5
7170 READ P1,P4,C0,B0
7175 PI=3.1415926#
7180 A3=A3*PI/180
7190 I1=Z9/Z0
7200 FOR P0=P1 TO P4 STEP (P4-P1)/1
7205 FOR F4=-4*PI TO 6*PI STEP 2*PI
7206 V0=F4
7210 FOR F3=0 TO 7
7220 H0=M0*Z0/2
7230 H1=H0/(R0+P0*COS(A3))
7240 V1=PI*M0^2/(2*(4*R0^2+M0^2))+V0
7250 G0=M0*PI/4
7260 X5=-1*(R0+P0*COS(A3))*SIN(V1)
7270 Y5=(R0+P0*COS(A3))*COS(V1)
7280 Z5=(G0+P0*SIN(A3))*(2*K0-3)+H0*V1
7290 X7=-(2*K0-3)*SIN(A3)*SIN(V1)-H1*COS(A3)*COS(V1)
7300 Y7=(2*K0-3)*SIN(A3)*COS(V1)-H1*COS(A3)*SIN(V1)
7310 Z7=-1*COS(A3)
7320 C1=S5*Z0/(Z9*2*PI)
7322 K1=-X7*I1*C1+Y7*Z5+Y7*B0-Z7*Z5
7324 K2=-X7*Z5-X7*B0-Y7*I1*C1+Z7*X5
7326 K3=X7*I1*Y5-Z7*A0-Y7*I1*X5
7327 F5=SQR(K1^2+K2^2-K3^2)
7328 U7=2*ATN((K1+F5)/(K3+K2))

```

7329 U8=2*ATN((K1-F5)/(K3+K2))
7790 REM SEGMENT DE PROGRAM PT CALCULUL PUNCTELOR
FLANCULUI ROTII
7800 M8=U8
7801 U1=M8-F4+2*PI*F3*I1
7810 U2=U1/I1
7820 L1=COS(U1)*COS(U2)*X5
7830 M1=SIN(U1)*COS(U2)*Y5
7840 N1=SIN(U2)*Z5
7850 X4=L1-M1-N1-B0*SIN(U2)+A0*COS(U2)
7860 L2=COS(U1)*SIN(U2)*X5
7870 M2=SIN(U1)*SIN(U2)*Y5
7880 N2=COS(U2)*Z5
7890 Y4=-L2+M2-N2-B0*COS(U2)-A0*SIN(U2)
7900 Z4=SIN(U1)*X5+COS(U1)*Y5-(C0+C1*U1)
7904 V6=-I1*Y5-COS(U1)*Z5-B0*COS(U1)-I1*C1*SIN(U1)
7906 V7=I1*X5+SIN(U1)*Z5+B0*SIN(U1)-I1*C1*COS(U1)
7908 V8=COS(U1)*X5-SIN(U1)*Z5+A0
7910 V9=(SQR(V6^2+V7^2+V8^2))*2*PI/(I1*1000)
7915 PRINT TAB(6);P0; TAB(18);F4*180/PI; TAB(30);X4; TAB(42);Y4;
TAB(54);Z4; TAB(62);V9
7920 NEXT F3
7921 PRINT
7924 NEXT F4
7926 PRINT
7930 NEXT P0
7950 PRINT
7960 PRINT
7970 GOSUB 8080
7980 PRINT
7990 PRINT "MODULUL AXIAL MA=";M0;"NR. INCEP.MELC Z1=";Z0;
8000 PRINT
8010 PRINT "NR.DINTI ROATA Z2=";Z9;"DIST.AXIALA A=";A0;
8025 A3=A3*180/PI
8030 PRINT "RAZA DE REFERINTA MELC R0=";R0;"UNGHI FLANC MELC
ALFA=";A3;"GRADE"
8040 PRINT "FLANC STUDIAT K0=";K0;"(K0=1 FL.DR.K0=2 FL.STG)"
8060 PRINT
8070 GOSUB 8080
8072 IF K0<>1 THEN 8999
8075 PRINT
8076 PRINT
8077 PRINT
8079 GOTO 7169

```



```

8080 FOR X=1 TO 70
8090 PRINT "*";
8100 NEXT X
8110 PRINT "*";
8120 RETURN
8200 PRINT
8900 DATA 2.5,1,47,56,18.23254,30,1,0,1
8902 DATA -4.30338,3.60989,0,60
8910 DATA 2.5,1,47,56,18.23254,10,2,0,1
8915 DATA -3.78433,3.1744,0,60
8999 END
    
```

Tabelul 3.6

Coordonatele punctelor suprafeței flancurilor roții melcate spiroide în sistemul rotii O2 X2 Y2 Z2 Metoda de prelucrare cu freza melc cu avans axial					
P	F4	X2	Y2	Z2	V(M/MIN)
-4.30338	-720	46.46638	-54.87635	-14.5294	8.552206E-02
-4.30338	-720	46.46633	-54.87633	-15.5294	8.552206E-02
-4.30338	-720	46.46612	-54.87624	-16.52941	8.552206E-02
-4.30338	-720	46.46667	-54.87645	-17.52939	8.552206E-02
-4.30338	-720	46.46562	-54.87617	-18.52943	8.552206E-02
-4.30338	-720	46.46545	-54.87606	-19.52943	8.552206E-02
-4.30338	-720	46.4668	-54.87648	-20.52939	8.552206E-02
-4.30338	-720	46.46489	-54.87602	-21.52945	8.552206E-02
-4.30338	-360	53.09209	-56.06998	-14.49607	8.448342E-02
-4.30338	-360	53.09183	-56.06994	-15.49608	8.448342E-02
-4.30338	-360	53.09162	-56.06988	-16.4961	8.448341E-02
-4.30338	-360	53.09217	-56.07002	-17.49607	8.448342E-02
-4.30338	-360	53.092	-56.06994	-18.49608	8.448342E-02
-4.30338	-360	53.09172	-56.06995	-19.49609	8.448342E-02
-4.30338	-360	53.09309	-56.07019	-20.49601	8.448344E-02
-4.30338	-360	53.09136	-56.06979	-21.49612	8.448341E-02
-4.30338	0	60.91059	-56.33798	-15.45357	8.345606E-02
-4.30338	0	60.91034	-56.33801	-16.45359	8.345605E-02
-4.30338	0	60.91094	-56.33801	-17.45354	8.345608E-02
-4.30338	0	60.91077	-56.33795	-18.45356	8.345606E-02
-4.30338	0	60.90893	-56.33789	-19.45372	8.345598E-02
-4.30338	0	60.9102	-56.33806	-20.4536	8.345604E-02
-4.30338	0	60.91157	-56.33812	-21.45349	8.345611E-02
-4.30338	360	69.78636	-55.37789	-14.39671	8.244744E-02
-4.30338	360	69.78618	-55.3779	-15.39673	8.244743E-02

-4.30338	360	69.78558	-55.37796	-16.3968	8.244738E-02
-4.30338	360	69.78612	-55.37794	-17.39673	8.244743E-02
-4.30338	360	69.78433	-55.37811	-18.39694	8.244727E-02
-4.30338	360	69.78568	-55.378	-19.39678	8.244739E-02
-4.30338	360	69.78702	-55.37788	-20.39663	8.244751E-02
-4.30338	360	69.78533	-55.37792	-21.39683	8.244735E-02
-4.30338	720	79.52595	-52.90583	-14.31706	8.147014E-02
-4.30338	720	79.52559	-52.90589	-15.31712	8.147009E-02
-4.30338	720	79.52501	-52.90602	-16.31722	8.147001E-02
-4.30338	720	79.5263	-52.90573	-17.31701	8.147018E-02
-4.30338	720	79.52458	-52.90614	-18.31728	8.146995E-02
-4.30338	720	79.52431	-52.90626	-19.31732	8.146992E-02
-4.30338	720	79.52571	-52.90583	-20.31711	.0814701
-4.30338	720	79.52555	-52.9058	-21.31714	8.147008E-02
-4.30338	1080	89.88471	-48.66423	-14.20018	.0805465
-4.30338	1080	89.88451	-48.6643	-15.20023	8.054646E-02
-4.30338	1080	89.88396	-48.66449	-16.20035	8.054635E-02
-4.30338	1080	89.88518	-48.66405	-17.20008	.0805466
-4.30338	1080	89.88356	-48.66466	-18.20044	8.054626E-02
-4.30338	1080	89.88331	-48.66482	-19.20048	8.054623E-02
-4.30338	1080	89.88453	-48.66439	-20.20021	8.054648E-02
-4.30338	1080	89.88437	-48.66439	-21.20026	8.054644E-02
3.60989	-720	39.62078	-56.65584	-21.41197	.1290024
3.60989	-720	39.62022	-56.6556	-22.41197	.1290024
3.60989	-720	39.61986	-56.65548	-23.41197	.1290024
3.60989	-720	39.62071	-56.65582	-24.41197	.1290024
3.60989	-720	39.6192	-56.65522	-25.41197	.1290024
3.60989	-720	39.61894	-56.65505	-26.41197	.1290024
3.60989	-720	39.6208	-56.65596	-27.41197	.1290024
3.60989	-720	39.62052	-56.65579	-28.41197	.1290024
3.60989	-360	52.86367	-52.03767	-21.36827	.127953
3.60989	-360	52.86303	-52.03758	-22.36828	.127953
3.60989	-360	52.86331	-52.03761	-23.36827	.127953
3.60989	-360	52.86422	-52.03771	-24.36826	.127953
3.60989	-360	52.86262	-52.03753	-25.36828	.127953
3.60989	-360	52.86222	-52.03754	-26.36828	.127953
3.60989	-360	52.86442	-52.03772	-27.36826	.127953
3.60989	-360	52.86413	-52.03763	-28.36827	.127953
3.60989	0	60.09518	-52.36204	-21.34278	.1269061
3.60989	0	60.09441	-52.36204	-22.3428	.1269061

3.60989	0	60.09409	-52.36202	-23.34281	.1269061
3.60989	0	60.09494	-52.36206	-24.34278	.1269061
3.60989	0	60.09214	-52.36206	-25.34285	.126906
3.60989	0	60.09424	-52.36206	-26.3428	.1269061
3.60989	0	60.09635	-52.36208	-27.34275	.1269061
3.60989	0	60.09365	-52.36197	-28.34282	.126906
3.60989	360	68.38642	-51.54174	-21.31237	.1258633
3.60989	360	68.38575	-51.54183	-22.31239	.1258633
3.60989	360	68.38541	-51.54188	-23.31241	.1258633
3.60989	360	68.38625	-51.5418	-24.31237	.1258633
3.60989	360	68.38478	-51.54192	-25.31243	.1258633
3.60989	360	68.38438	-51.54203	-26.31245	.1258633
3.60989	360	68.38655	-51.54164	-27.31236	.1258633
3.60989	360	68.38861	-51.54136	-28.31228	.1258633
3.60989	720	77.55465	-49.29381	-21.2739	.1248275
3.60989	720	77.5544	-49.29389	-22.27392	.1248276
3.60989	720	77.55348	-49.29416	-23.27397	.1248275
3.60989	720	77.55433	-49.2939	-24.27392	.1248276
3.60989	720	77.55405	-49.29392	-25.27394	.1248275
3.60989	720	77.55141	-49.29466	-26.2741	.1248274
3.60989	720	77.5533	-49.29426	-27.27398	.1248275
3.60989	720	77.55528	-49.29373	-28.27386	.1248276
3.60989	1080	87.36494	-45.36044	-21.22194	.1238042
3.60989	1080	87.36449	-45.36064	-22.22197	.1238042
3.60989	1080	87.36474	-45.36053	-23.22195	.1238042
3.60989	1080	87.36556	-45.36017	-24.22188	.1238042
3.60989	1080	87.36412	-45.36081	-25.22201	.1238041
3.60989	1080	87.36386	-45.36086	-26.22204	.1238041
3.60989	1080	87.36574	-45.36008	-27.22187	.1238042
3.60989	1080	87.36546	-45.36013	-28.22189	.1238042
MODULUL AXIAL MA= 2.5 NR. INCEP.MELC Z1= 1 NR.DINTI ROATA Z2= 47 DIST.AXIALA A= 56 RAZA DE REFERINTA MELC R0= 18.23254 UNGHI FLANC MELC ALFA= 30 GRADE FLANC STUDIAT K0= 1 (K0=1 FL.DR.K0=2 FL.STG)					
-3.78433	-720	48.42877	-56.63415	-14.23933	8.547248E-02
-3.78433	-720	48.42837	-56.63403	-15.23942	8.547244E-02
-3.78433	-720	48.42816	-56.63397	-16.23947	8.547242E-02
-3.78433	-720	48.42868	-56.63417	-17.23934	8.547248E-02
-3.78433	-720	48.42851	-56.63406	-18.23939	8.547244E-02
-3.78433	-720	48.42823	-56.63404	-19.23944	8.547242E-02

-3.78433	-720	48.42955	-56.63447	-20.23913	8.547254E-02
-3.78433	-720	48.42938	-56.63435	-21.23919	8.547253E-02
-3.78433	-360	64.76135	-60.28361	.4480541	9.186661E-02
-3.78433	-360	64.7614	-60.28356	-.5523246	9.186642E-02
-3.78433	-360	64.7614	-60.28359	-1.55213	9.186651E-02
-3.78433	-360	64.76133	-60.28362	-2.551492	9.186682E-02
-3.78433	-360	64.76144	-60.28355	-3.552624	9.186629E-02
-3.78433	-360	64.76141	-60.28359	-4.552871	9.186616E-02
-3.78433	-360	64.76133	-60.28363	-5.551349	9.186689E-02
-3.78433	-360	64.7614	-60.28354	-6.551596	9.186677E-02
-3.78433	0	65.29304	-60.44397	11.77437	9.819285E-02
-3.78433	0	65.2935	-60.44392	10.77408	9.819269E-02
-3.78433	0	65.29374	-60.44386	9.773929	9.819262E-02
-3.78433	0	65.29319	-60.44392	8.774303	9.819282E-02
-3.78433	0	65.29418	-60.44382	7.773641	9.819248E-02
-3.78433	0	65.29435	-60.44386	6.773498	.0981924
-3.78433	0	65.29296	-60.44404	5.774386	9.819287E-02
-3.78433	0	65.29323	-60.44396	4.774241	9.819279E-02
-3.78433	360	70.78863	-59.73535	13.40259	.1000445
-3.78433	360	70.78888	-59.7353	12.40249	.1000445
-3.78433	360	70.78958	-59.73512	11.40222	.1000443
-3.78433	360	70.7881	-59.73544	10.40281	.1000447
-3.78433	360	70.79013	-59.73495	9.402029	.1000442
-3.78433	360	70.79031	-59.73496	8.401934	.1000442
-3.78433	360	70.78889	-59.73521	7.402521	.1000445
-3.78433	360	70.78734	-59.73559	6.403109	.1000448
-3.78433	720	78.87293	-57.84514	13.90171	.1013485
-3.78433	720	78.87325	-57.84502	12.90161	.1013484
-3.78433	720	78.87349	-57.84494	11.90154	.1013484
-3.78433	720	78.87282	-57.84523	10.90173	.1013485
-3.78433	720	78.87404	-57.84468	9.901394	.1013483
-3.78433	720	78.87422	-57.84468	8.901321	.1013482
-3.78433	720	78.87268	-57.84526	7.901772	.1013485
-3.78433	720	78.87113	-57.84587	6.902219	.1013488
-3.78433	1080	88.25124	-54.42003	14.1305	.102515
-3.78433	1080	88.25165	-54.41981	13.13039	.102515
-3.78433	1080	88.25191	-54.41966	12.13033	.1025149
-3.78433	1080	88.25127	-54.42005	11.13049	.102515
-3.78433	1080	88.25156	-54.41984	10.13042	.102515
-3.78433	1080	88.25352	-54.41879	9.129931	.1025147
-3.78433	1080	88.25192	-54.41977	8.130303	.1025149

Capitolul 3. METODE NUMERICE DE STUDIU A CINEMATII DANTURII

-3.78433	1080	88.25062	-54.42024	7.130675	.1025151
3.1744	-720	46.41495	-57.25191	-21.37073	.1281637
3.1744	-720	46.41459	-57.25183	-22.37075	.1281637
3.1744	-720	46.41484	-57.25191	-23.37074	.1281637
3.1744	-720	46.41577	-57.25209	-24.3707	.1281637
3.1744	-720	46.41293	-57.25143	-25.37083	.1281637
3.1744	-720	46.41265	-57.2513	-26.37084	.1281637
3.1744	-720	46.41481	-57.25178	-27.37075	.1281637
3.1744	-720	46.41431	-57.25183	-28.37076	.1281637
3.1744	-360	69.46297	-62.54075	7.959633	.1372481
3.1744	-360	69.46301	-62.54076	6.959522	.137248
3.1744	-360	69.46343	-62.54074	5.958579	.1372477
3.1744	-360	69.46311	-62.54068	4.95945	.137248
3.1744	-360	69.46381	-62.54067	3.957903	.1372475
3.1744	-360	69.4639	-62.54073	2.957565	.1372473
3.1744	-360	69.46302	-62.54068	1.959645	.1372481
3.1744	-360	69.46203	-62.54076	.9617257	.1372487
3.1744	0	66.26056	-61.85717	19.06527	.141907
3.1744	0	66.26105	-61.85714	18.06504	.1419069
3.1744	0	66.26201	-61.85709	17.06458	.1419067
3.1744	0	66.25985	-61.85728	16.06559	.1419071
3.1744	0	66.2627	-61.85704	15.06426	.1419066
3.1744	0	66.2631	-61.85696	14.06409	.1419066
3.1744	0	66.26082	-61.85727	13.0651	.1419069
3.1744	0	66.25889	-61.8572	12.06611	.1419073
3.1744	360	71.53478	-60.97848	20.42764	.1434273
3.1744	360	71.53536	-60.97835	19.42747	.1434272
3.1744	360	71.53572	-60.97828	18.42736	.1434272
3.1744	360	71.53479	-60.97846	17.42764	.1434273
3.1744	360	71.53645	-60.97814	16.42715	.1434271
3.1744	360	71.53686	-60.97801	15.42704	.1434271
3.1744	360	71.53447	-60.97862	14.4277	.1434273
3.1744	360	71.5322	-60.97911	13.42837	.1434276
3.1744	720	79.60744	-58.99201	20.8547	.1446291
3.1744	720	79.60779	-58.99188	19.85462	.144629
3.1744	720	79.60816	-58.99176	18.85454	.144629
3.1744	720	79.60718	-58.99214	17.85475	.1446291
3.1744	720	79.6076	-58.99195	16.85467	.144629
3.1744	720	79.61056	-58.99091	15.854	.1446287
3.1744	720	79.60831	-58.9917	14.85451	.1446289
3.1744	720	79.60606	-58.99249	13.85501	.1446292

3.1744	1080	89.03205	-55.48379	21.05418	.1457495
3.1744	1080	89.03235	-55.48364	20.05412	.1457495
3.1744	1080	89.03334	-55.48313	19.05393	.1457494
3.1744	1080	89.03246	-55.48355	18.05411	.1457495
3.1744	1080	89.03402	-55.48281	17.0538	.1457493
3.1744	1080	89.03443	-55.48255	16.05373	.1457493
3.1744	1080	89.03216	-55.48381	15.05414	.1457495
3.1744	1080	89.02998	-55.48491	14.05456	.1457497

MODULUL AXIAL $MA= 2.5$ NR. INCEP.MELC $Z1= 1$ NR.DINTI ROATA
 $Z2= 47$ DIST.AXIALA $A= 56$ RAZA DE REFERINTA MELC $R0= 18.23254$
 UNGHI FLANC MELC $ALFA=10$ GRADE FLANC STUDIAT $K0= 2$ ($K0=1$
 $FL.DR.K0=2$ FL.SRG)

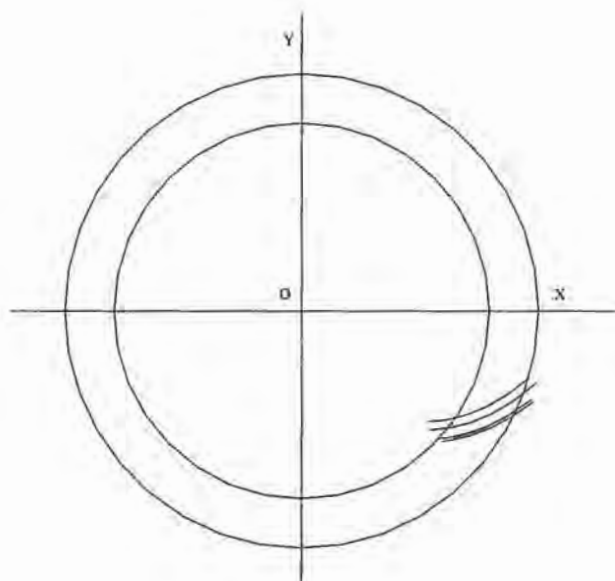


Fig.3.11

3.5. Studiul numeric al generării flancurilor dinților roților melcate spiroide plane cu freza-melc folosind metoda avansului tangențial

Schema acestui program este redată în figura 3.12 și a fost realizată pornindu-se de la elementele capitolului 2.5.

Segmentul de început al programului definește și determină elementele melcului înfășurător. În segmentul următor pentru determinarea parametrului de generare “ u_1 ” se apelează la subrutina SRENII (subrutină pentru rezolvarea de ecuații neliniare prin metoda înjumătățirii intervalului). Subrutina a fost realizată pe baza celor prevăzute în [71] și are schema logică reprezentată în figura 3.13.

Ultimul segment al programului permite determinarea coordonatelor punctelor flancurilor dintelui roții precum și valorile vitezei de aşchiere efective corespunzătoare punctului. Și în acest program valoarea tabelară a vitezei de aşchiere corespunde pentru o turație a frezei-melc de o rotație/minut, fiind valabilă precizarea făcută la paragraful 3.4

Convergența calculelor din program este condiționată de alegerea preliminară a intervalului de soluții pentru ecuația transcendentă 2.52.

Programul asigură determinarea valorilor specifice atât pentru flancul stâng cât și pentru flancul drept al aceluiași dinte al roții melcate spiroide.

Listingul programului este conținut de Tabelul 3.7. În Tabelul 3.8 sunt date valorile punctelor pentru cazul concret de generare, iar în figura 3.14 se reprezintă linia flancului dintelui obținut prin această metodă.

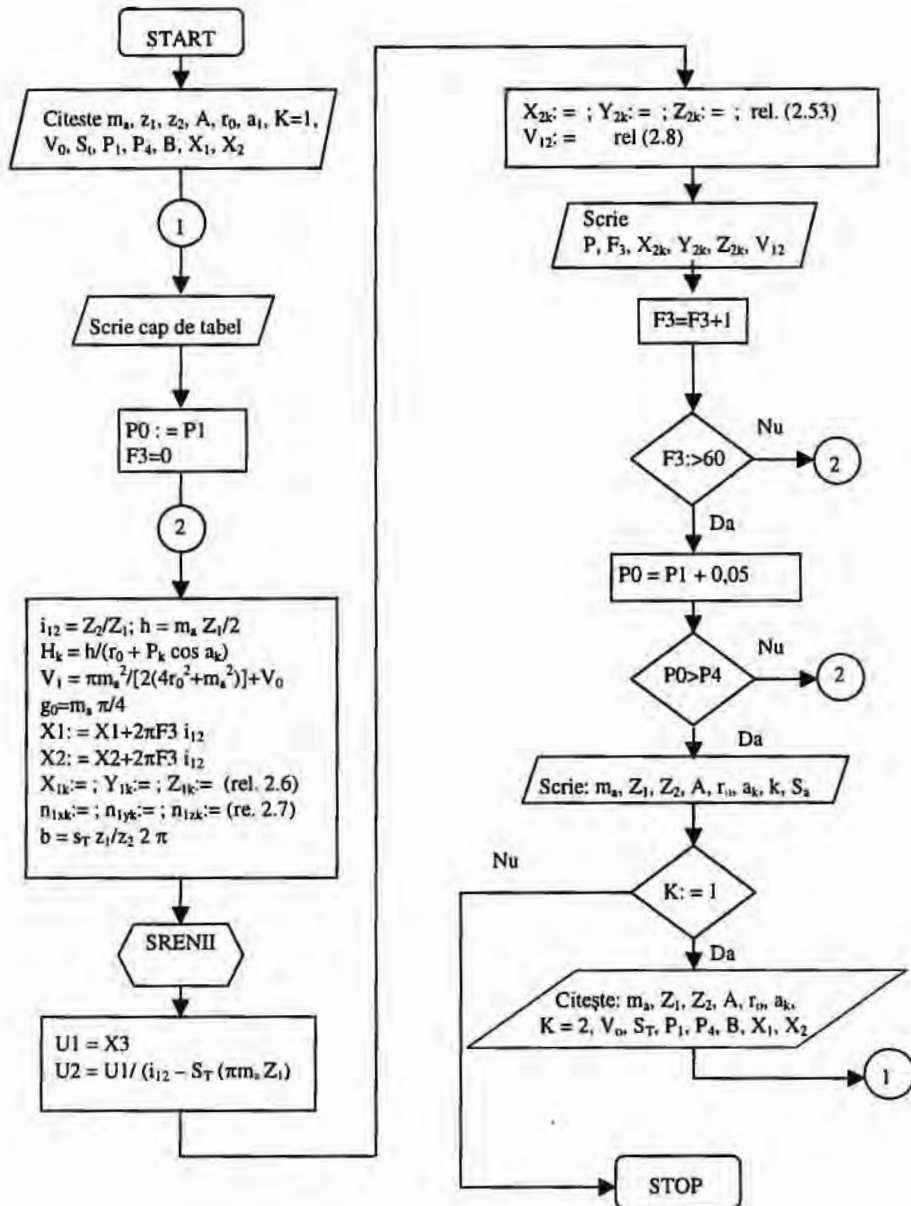


Fig.3.12

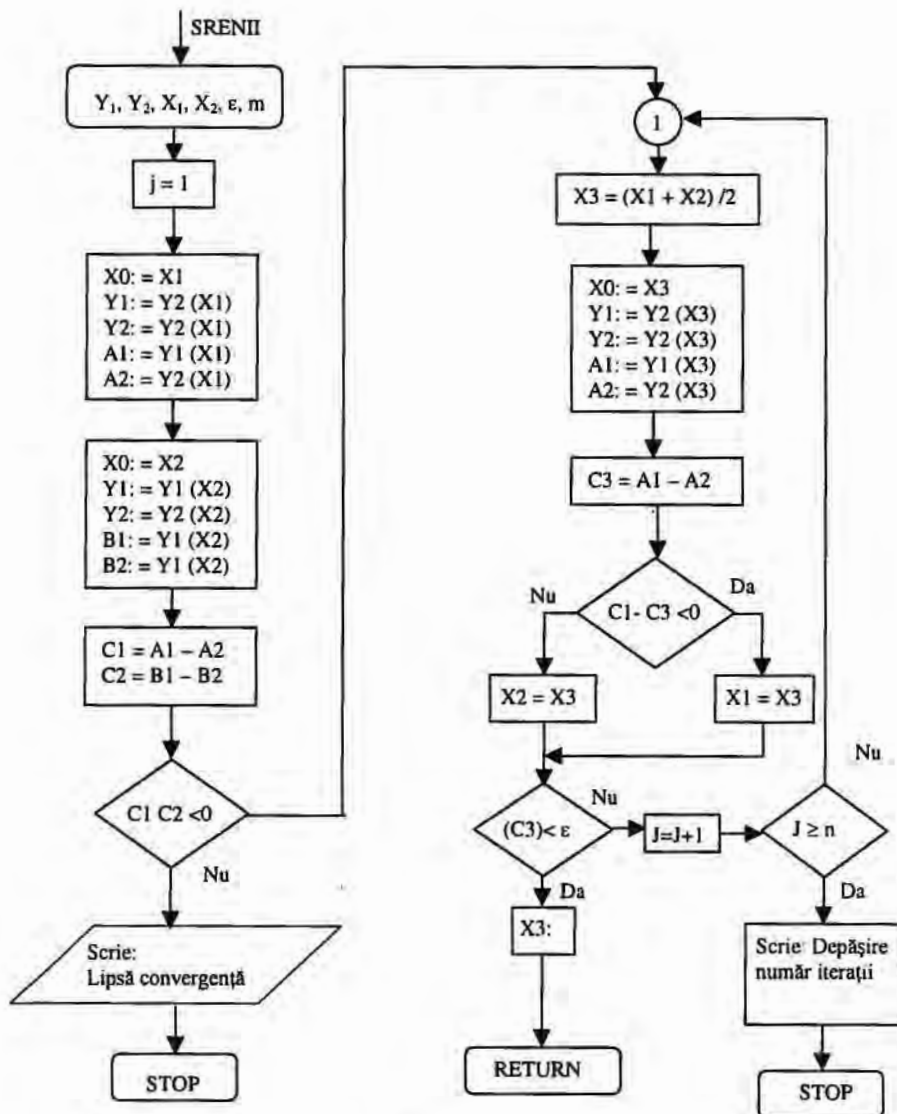


Fig.3.13

Tabelul 3.7

<p>Program în GW-BASIC pentru determinarea coordonatelor punctelor flancului roții melcate spiroide la prelucrarea cu avans tangențial. Melc cu elice dreapta. Varianta de program iunie 1999</p>
<pre> 100 PRINT" COORDONATELE PUNCTELOR SUPRAFETEI FLANCURILOR " 105 PRINT 110 PRINT " ROTII MELCATE SPIROIDE IN SISTEMUL ROTII O2 X2 Y2 Z2" 111 PRINT 115 PRINT" METODA DE PRELUCRARE CU FREZA-MELC CU AVANS TANGENTIAL" 116 PRINT 120 GOSUB 1080 125 PRINT TAB (6);"P";TAB(18) ;"F3";TAB(30);"X2" ; TAB(42); "Y2" TAB(54);"Z2";TAB(62);"V (M/MIN)" 140 PRINT 160 GOSUB 1080 166 READ M0,Z0,Z9,A0,R0,A3,K0,V0,S4,P1,P4,B0 168 READ X1,X2 169 GOTO 172 170 READ M0,Z0,Z9,A0,R0,A3,K0,V0,S4,P1,P4,B0 171 READ X1,X2 172 F1=X1 173 F2=X2 175 PI=3.1415926# 180 A3=A3* PI/180 185 V0=V0* PI 190 I1=Z9/Z0 200 FOR P0=P1 TO P4 STEP (P4-P1)/1 210 FOR F3=-30 TO 10 STEP 1 215 X1=F1+2*PI*F3*I1 218 X2=F2+2*PI*F3 *I1 220 H0=M0*Z0/2 230 H1=H0/(R0+P0*COS(A3)) 240 V1=PI*M0^2/(2*(4*R0^2+M0^2))+V0 250 G0=M0*PI/4 260 X5=-1*(R0+P0*COS(A3))*SIN(V1) 270 Y5=(R0+P0*COS(A3))*COS(V1) 280 Z5=(G0+P0*SIN(A3))*(2*K0-3)+H0*V1 290 X7=-(2*K0-3)*SIN(A3)*SIN(V1)-H1*COS(A3)*COS(V1) 300 Y7=(2*K0-3)* SIN(A3)* COS(V1)- H1* COS(A3)* SIN(V1) 310 Z7=-COS(A3) 320 B3=S4*Z0/(Z9*2*PI) 330 REM SEGMENT DE PROGRAM PT PROGRAM PT REZOLVARE ECUATIE TRANSCENDENTA 340 REM PRIIN METODA JUMATATIRII INTREVALULUI </pre>

```

350 K1=Y7*Z5-Z7*Y5
360 K2=Y7
370 K3=X7*Z5-Z7*X5
380 K4=X7
390 K5=(X7*Y5-Y7*X5+Z7*B3)*(I1-S4/(PI*M0*Z0))-Z7*A0
400 J=1
410 X0=X1
420 GOSUB 710
430 GOSUB 730
440 A1=Y1
450 A2=Y2
460 X0=X2
470 GOSUB 710
480 GOSUB 730
490 B1=Y1
500 B2=Y2
510 C1=A1-A2
520 C2=B1-B2
530 S1=SGN(C1)
540 S2=SGN(C2)
550 IF S1=S2 THEN 750
560 X3=(X1+X2)/2
570 X0=X3
580 GOSUB 710
590 GOSUB 730
600 A1=Y1
605 IF Y1=0 THEN 800
610 A2=Y2
615 IF Y2=0 THEN 800
620 C3=A1-A2
630 S3=SGN(C3)
640 IF S1=S3 THEN 670
650 X2=X3
660 GOTO 680
670 X1=X3
680 IF ABS(C3)<=.025 THEN 800
690 J=J+1
700 GOTO 560
710 Y1=(K1+K2*(B0-B3*X0))*SIN(X0)
720 RETURN
730 Y2=(K3-K4*(B3*X0-B0))*COS(X0)+K5
740 RETURN
750 PRINT " LIPSA CONVERGENTA IN LIMITELE INTERVALULUI"
760 PRINT "B=";B0 ; "P=";P0
780 STOP

```

```

790 REM SEGMENT DE PROGRAM PT CALCULUL PUNCTE FLANC ROATA
800 U1=X3
810 U2=U1/(I1-S4/(PI*M0*Z0))
820 L1=COS(U1)*COS (U2)*X5
830 M1=SIN(U1)*COS (U2)*Y5
840 N1=SIN(U2)*Z5
850 X4=L1-M1-N1-(B0-B3*U1)*SIN(U2)+A0*COS(U2)
860 L2=COS(U1)*SIN (U2)*X5
870 M2=SIN(U1)*SIN (U2)*Y5
880 N2=COS (U2)*Z5
890 Y4=-L2+M2-N2-(B0-B3*U1)*COS(U2)-A0*SIN(U2)
900 Z4=SIN(U1)*X5+COS (U1)*Y5
904 V6=- (I1-S4/(PI*M0*Z0))*Y5-COS(U1)*Z5+(B3*U1-B0)*COS(U1)
906 V7= (I1-S4/(PI*M0*Z0))*X5+SIN(U1)*Z5+(B0-B3*U1)*SIN(U1)
908 V8=COS(U1)*X5-SIN(U1)*Y5+A0-(I1-S4/(PI*M0*Z0))*B3
910 V9=(SQR(V6^2+V7^2+V8^2))*2*PI/(I1*1000)
915 PRINT TAB(6);P0; TAB(18);F3; TAB(30);X4; TAB(42);Y4; TAB(54);Z4; TAB(62);V9
920 NEXT F3
921 PRINT
930 NEXT P0
950 PRINT
960 PRINT
970 GOSUB 1080
980 PRINT
990 PRINT"MODUL AXIAL MA=";M0;"NR INCEP MELC Z1=";Z0; "NR DINTI
ROATA"
1000 PRINT
1010 PRINT"Z2=";Z9;"DISTANTA AXIALA A=";A0;"RAZA REFER MELC R0=";R0
1020 PRINT
1025 A3=A3*180/PI
1030 PRINT"UNGHII FLANC MELC ALFA=";A3;"GRADE";"FLANC STUDIAT K0=";K0
1040 PRINT
1050 PRINT"(K0=1 FLANC DR K0=2 FLANC STG)";"SOLUTII PROPUSE ECUATIEI"
1060 PRINT
1070 PRINT"TRANSCENDENTE X1=";F1; "X2="F2; "AVANS TANGENTIAL ST=";S4
1072 GOSUB 1080
1074 IF K0<>1 THEN 2000
1075 PRINT
1076 PRINT
1077 PRINT
1078 GOTO 170
1080 FOR X=1 TO 70
1090 PRINT "*";
1100 NEXT X
1110 PRINT "*";

```

➤

```

1120 RETURN
1900 DATA 2.5,1.47,56,18.23254,30,1,-10,1,-4.30338,3.60989,95
1905 DATA 2,4
1910 DATA 2.5,1.47,56,18.23254,10,2,-10,1,-3.78433,3.17448,95
1915 DATA 2,4
2000 END
    
```

Tabelul 3.8

Coordonatele punctelor suprafeței flancurilor roții melcate spiroidale în sistemul roții O2 X2 Y2 Z2. Metoda de prelucrare cu freza melc cu avans tangențial					
P	F3	X2	Y2	Z2	V (M/MIN)
-4.30338	-30	89.10872	-52.85985	-14.38018	.0798969
-4.30338	-29	87.77867	-53.46368	-14.38044	.0800282
-4.30338	-28	86.45495	-54.03647	-14.38071	.0801595
-4.30338	-27	85.11954	-54.58534	-14.38374	8.028815E-02
-4.30338	-26	83.81424	-55.09823	-14.38308	8.042041E-02
-4.30338	-25	82.51063	-55.58396	-14.38334	8.055178E-02
-4.30338	-24	81.20918	-56.0426	-14.38452	8.068231E-02
-4.30338	-23	79.92776	-56.47126	-14.38387	8.081457E-02
-4.30338	-22	78.63713	-56.87675	-14.38595	8.094433E-02
-4.30338	-21	77.36183	-57.25408	-14.38711	8.107496E-02
-4.30338	-20	76.10385	-57.60228	-14.38737	8.120645E-02
-4.30338	-19	74.85569	-57.92565	-14.38763	8.133792E-02
-4.30338	-18	73.62556	-58.22181	-14.38698	8.147021E-02
-4.30338	-17	72.3944	-58.49511	-14.38814	8.160093E-02
-4.30338	-16	71.16251	-58.74541	-14.39108	8.173023E-02
-4.30338	-15	69.96253	-58.96866	-14.39133	8.186178E-02
-4.30338	-14	68.77571	-59.16836	-14.39159	8.199336E-02
-4.30338	-13	67.58303	-59.34668	-14.39448	8.212284E-02
-4.30338	-12	66.42077	-59.50045	-14.39517	8.225413E-02
-4.30338	-11	65.27904	-59.63231	-14.39498	8.238612E-02
-4.30338	-10	64.1522	-59.74282	-14.39479	8.251813E-02
-4.30338	-9	63.01489	-59.83247	-14.39808	8.264749E-02
-4.30338	-8	61.91588	-59.90125	-14.39832	8.277921E-02
-4.30338	-7	60.8071	-59.94932	-14.40197	8.290841E-02
-4.30338	-6	59.742	-59.97881	-14.402	8.304035E-02
-4.30338	-5	58.69502	-59.99001	-14.40182	8.317244E-02
-4.30338	-4	57.66365	-59.98289	-14.40185	8.330438E-02
-4.30338	-3	56.62313	-59.95545	-14.40534	8.343393E-02
-4.30338	-2	55.60179	-59.91052	-14.40857	8.356373E-02
-4.30338	-1	54.62324	-59.85207	-14.4086	8.369576E-02
-4.30338	0	53.66287	-59.77795	-14.40862	.0838278
-4.30338	1	52.69538	-59.68413	-14.4119	8.395773E-02
-4.30338	2	51.74661	-59.57501	-14.41511	8.408778E-02

Capitolul 3. METODE NUMERICE DE STUDIU A CINEMATII DANTURII

-4.30338	3	50.843	-59.4569	-14.41504	8.421996E-02
-4.30338	4	49.93155	-59.31922	-14.4183	8.435008E-02
-4.30338	5	49.04023	-59.16823	-14.42141	8.448035E-02
-4.30338	6	48.19551	-59.01152	-14.42124	.0846127
-4.30338	7	47.31811	-58.82873	-14.42726	8.474132E-02
-4.30338	8	46.50975	-58.64812	-14.42747	8.487351E-02
-4.30338	9	45.67097	-58.44124	-14.43344	8.500234E-02
-4.30338	10	44.90567	-58.24121	-14.43329	8.513482E-02
3.60989	-30	87.27088	-49.28136	-21.29233	.1231584
3.60989	-29	85.96551	-49.86716	-21.2958	.123289
3.60989	-28	84.70144	-50.41039	-21.29603	.1234218
3.60989	-27	83.45282	-50.92254	-21.29546	.1235552
3.60989	-26	82.17516	-51.41852	-21.29806	.1236865
3.60989	-25	80.93257	-51.41852	-21.29806	.1236865
3.60989	-25	80.93257	-51.87756	-21.29829	.1238193
3.60989	-24	79.68854	-52.3129	-21.29929	.1239517
3.60989	-23	78.4352	-52.7254	-21.30182	.1240831
3.60989	-22	77.21914	-53.1036	-21.30204	.124216
3.60989	-21	76.02225	-53.45409	-21.30149	.1243493
3.60989	-20	74.82681	-53.78115	-21.30171	.1244822
3.60989	-19	73.60422	-54.09098	-21.30493	.1246134
3.60989	-18	72.40211	-54.37367	-21.30733	.124745
3.60989	-17	71.2313	-54.62793	-21.30826	.1248775
3.60989	-16	70.09247	-54.85515	-21.30774	.1250109
3.60989	-15	68.91811	-55.06628	-21.31078	.1251422
3.60989	-14	67.75692	-55.2536	-21.31373	.1252736
3.60989	-13	66.65786	-55.41323	-21.31325	.125407
3.60989	-12	65.55896	-55.55233	-21.31378	.1255398
3.60989	-11	64.40622	-55.67465	-21.31889	.1256701
3.60989	-10	63.34624	-55.77113	-21.31876	.1258034
3.60989	-9	62.22368	-55.84959	-21.32357	.1259339
3.60989	-8	61.1902	-55.90584	-21.32374	.126067
3.60989	-7	60.09444	-55.94262	-21.32852	.1261976
3.60989	-6	59.09628	-55.96059	-21.32854	.1263309
3.60989	-5	58.0388	-55.95783	-21.3327	.1264619
3.60989	-4	56.99596	-55.93547	-21.33668	.126593
3.60989	-4	56.99596	-55.93547	-21.33668	.126593
3.60989	-3	56.0481	-55.90008	-21.33676	.1267262
3.60989	-2	55.0418	-55.84178	-21.34034	.1268576
3.60989	-1	54.05248	-55.76555	-21.34366	.1269891
3.60989	0	53.08161	-55.6721	21.34665	.1271207
3.60989	1	52.12948	-55.56208	-21.34931	.1272525
3.60989	2	51.11808	-55.42331	-21.35364	.1273831
3.60989	3	50.12744	-55.26676	-21.35664	.1275143

3.60989	4	49.15419	-55.09241	-21.35837	.1276459
3.60989	5	48.20246	-54.90143	-21.35878	.1277779
3.60989	6	47.27357	-54.69492	-21.35789	.1279103
3.60989	7	46.20819	-54.43385	-21.3522	.1280428
3.60989	8	45.16258	-54.15206	-21.34117	.1281768
3.60989	9	43.83236	-53.76393	-21.30344	.1283157
3.60989	10	42.53345	-53.34876	-21.24525	.1284597

MODUL AXIAL MA= 2.5 NR INCEP MELC Z1= 1 NR DINTI ROATA Z2= 47
 DISTANTA AXIALA A= 56 RAZA REFER MELC R0= 18.23254 UNGHI FLANC
 MELC ALFA= 30 GRADEFLANC STUDIAT K0= 1 (K0=1 FLANC DR K0=2 FLANC
 STG) SOLUTII PROPUSE ECUATIEI TRANSCENDENTE X1= 2 X2= 4 AVANS
 TANGENTIAL ST= 1

-3.78433	-30	86.15331	-55.12973	-14.32636	7.974676E-02
-3.78433	-29	84.80306	-55.67623	-14.33046	7.987437E-02
-3.78433	-28	83.47141	-56.18856	-14.33668	8.000036E-02
-3.78433	-27	82.12869	-56.67875	-14.3396	8.012916E-02
-3.78433	-26	80.80675	-57.13452	-14.3446	8.025639E-02
-3.78433	-25	79.48682	-57.56441	-14.34848	8.038461E-02
-3.78433	-24	78.18163	-57.96495	-14.35335	8.051221E-02
-3.78433	-23	76.87465	-58.34014	-14.35612	8.064149E-02
-3.78433	-22	75.59601	-58.68372	-14.36186	8.076864E-02
-3.78433	-21	74.3099	-59.00473	-14.36455	8.089817E-02
-3.78433	-20	73.0651	-59.29405	-14.37205	8.102435E-02
-3.78433	-19	71.80793	-59.56224	-14.37559	8.115348E-02
-3.78433	-18	70.5694	-59.80392	-14.38002	8.128209E-02
-3.78433	-17	69.33138	-60.02249	-14.38253	8.141211E-02
-3.78433	-16	68.11847	-60.21565	-14.38683	8.154102E-02
-3.78433	-15	66.91383	-60.38498	-14.39017	8.167066E-02
-3.78433	-14	65.74782	-60.52962	-14.39695	8.179821E-02
-3.78433	-13	64.57807	-60.65317	-14.401	8.192763E-02
-3.78433	-12	63.4139	-60.75523	-14.40371	8.205795E-02
-3.78433	-11	62.27165	-60.83509	-14.40721	8.218788E-02
-3.78433	-10	61.14481	-60.89442	-14.41066	8.231793E-02
-3.78433	-9	60.05993	60.93306	-14.41719	8.244632E-02
-3.78433	-8	58.96316	-60.95204	-14.42007	8.257691E-02
-3.78433	-7	57.8831	-60.95187	-14.4229	8.270758E-02
-3.78433	-6	56.84767	-60.93411	-14.42881	8.283671E-02
-3.78433	-5	55.80581	-60.89749	-14.43185	8.296748E-02
-3.78433	-4	54.78018	-60.84323	-14.43465	8.309845E-02
-3.78433	-3	53.79776	-60.77444	-14.44004	8.322821E-02
-3.78433	-2	52.80962	-60.68735	-14.44276	8.335939E-02
-3.78433	-1	51.83943	-60.5844	-14.44535	.0834907
-3.78433	0	50.91384	-60.47026	-14.45038	.083621

Capitolul 3. METODE NUMERICE DE STUDIU A CINEMATII DANTURII

-3.78433	1	49.98178	-60.33811	-14.4528	8.375253E-02
-3.78433	2	49.09469	-60.19689	-14.45751	.0838832
-3.78433	3	48.20233	-60.03817	-14.45984	8.401494E-02
-3.78433	4	47.35379	-59.87213	-14.46414	8.414599E-02
-3.78433	5	46.5257	-59.69524	-14.4683	8.427722E-02
-3.78433	6	45.69393	-59.50151	-14.47041	8.440928E-02
-3.78433	7	44.90582	-59.30391	-14.47424	8.454084E-02
-3.78433	8	44.11137	-59.08886	-14.47595	8.467317E-02
-3.78433	9	43.36225	-58.8724	-14.47934	8.480505E-02
-3.78433	10	42.63691	-58.64875	-14.48273	8.493706E-02
3.17448	-30	87.35419	-56.01159	-21.31284	.1222855
3.17448	-29	86.002	-56.57246	-21.31534	.1224174
3.17448	-28	84.65719	-57.1024	-21.31778	.1225494
3.17448	-27	83.29155	-57.61396	-21.31824	.1226823
3.17448	-26	81.96928	-58.08416	-21.32121	.1228141
3.17448	-25	80.62891	-58.53359	-21.32226	.1229469
3.17448	-24	79.30517	-58.95336	-21.3239	.1230794
3.17448	-23	77.99167	-59.34408	-21.3255	.1232119
3.17448	-22	76.69708	-59.70538	-21.32763	.1233442
3.17448	-21	75.38495	-60.04677	-21.32802	.1234773
3.17448	-20	74.11229	-60.35419	-21.33007	.1236097
3.17448	-19	72.85078	-60.63652	-21.33204	.1237423
3.17448	-18	71.57335	-60.89836	-21.33242	.1238754
3.17448	-17	70.34561	-61.12903	-21.3348	.1240078
3.17448	-16	69.11251	-61.338	-21.33613	.1241406
3.17448	-15	67.90217	-61.522	-21.33787	.1242734
3.17448	-14	66.68668	-61.68491	-21.33866	.1244064
3.17448	-13	65.49531	-61.82342	-21.33987	.1245394
3.17448	-12	64.32342	-61.93927	-21.34125	.1246723
3.17448	-11	63.17615	-62.03312	-21.34299	.1248052
3.17448	-10	62.02547	-62.10666	-21.34387	.1249383
3.17448	-9	60.8905	-62.15949	-21.34472	.1250715
3.17448	-8	59.78675	-62.19155	-21.34609	.1252045
3.17448	-7	58.69949	-62.20456	-21.34739	.1253376
3.17448	-6	57.6319	-62.19878	-21.3487	.1254707
3.17448	-5	56.58405	-62.17513	-21.35001	.1256039
3.17448	-4	55.53185	-62.13291	-21.35059	.1257372
3.17448	-3	54.51597	-62.0745	-21.35166	.1258705
3.17448	-2	53.50127	-61.99821	-21.35221	.1260039
3.17448	-1	52.52334	-61.90769	-21.3532	.1261372
3.17448	0	51.56418	-61.80213	-21.3541	.1262706
3.17448	1	50.62396	-61.68216	-21.35493	.126404
3.17448	2	49.70288	-61.54843	-21.35568	.1265375
3.17448	3	48.80236	-61.40175	-21.35636	.126671

3.17448	4	47.91908	-61.24198	-21.35693	.1268046
3.17448	5	47.05655	-61.07064	-21.35744	.1269382
3.17448	6	46.19713	-60.88394	-21.35769	.1270717
3.17448	7	45.37434	-60.69042	-21.35807	.1272053
3.17448	8	44.56953	-60.48599	-21.35835	.127339
3.17448	9	43.80389	-60.27762	-21.35865	.1274728
3.17448	10	43.02497	-60.051	-21.35872	.1276064

MODUL AXIAL $MA= 2.5$ NR INCEP MELC $Z1= 1$ NR DINTI ROATA $Z2= 47$
 DISTANTA AXIALA $A= 56$ RAZA REFER MELC $R0= 18.23254$ UNGHI FLANC
 MELC $ALFA=10$ GRADEF LANC STUDIAT $K0= 2$ ($K0=1$ FLANC DR $K0=2$ FLANC
 STG) SOLUTII PROPUSE ECUATIEI TRANSCENDENTE $X1= 2$ $X2= 4$ AVANS
 TANGENTIAL $ST= 1$

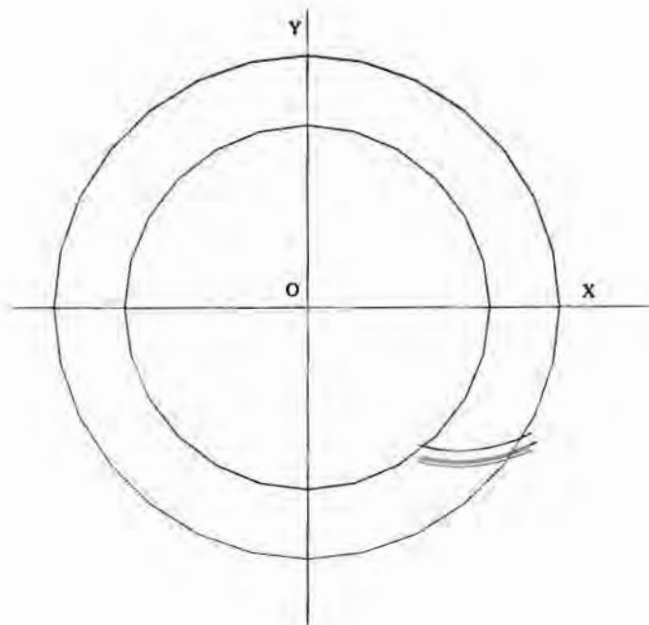


Fig.3.14

3.6. Studiul numeric al limitelor de generare a flancurilor dinților roților melcate spiroide plane

Studiul numeric al fenomenului de ascuțire a dinților roții melcate spiroide se poate face în funcție de: variația distanței axiale și variația unuia din unghiurile flancului dintelui prin utilizarea unui program de calcul a cărui schemă logică de principiu este redată în figura 3.15.

În prima etapă de calcul se determină elementele melcului înfășurător iar în etapa a doua se determină direct numărul de dinți minim la care se produce ascuțirea dinților roții melcate, avându-se la bază relația 2.63.

În continuare programul asigură efectuarea calculelor pentru diferite valori ale distanței axiale și ale unghiurilor flancurilor din domeniul propus prin datele inițiale. În Tabelul 3.9 este prezentat listingul programului.

Studierea fenomenului de întoarcere a liniei flancului dintelui, prilej cu care se produce o interferență a flancului, se poate studia cu ajutorul unui program a cărui schemă logică este ilustrată în figura 3.16. Programul este construit pe baza celor exprimate în paragrafele 2.3.

Segmentul de început determină elementele specifice melcului înfășurător. Se determină apoi parametrul de generare " u_1 " prin rezolvarea unei ecuații liniare. Segmentul următor asigură determinarea punctelor flancului dintelui roții corespunzătoare zonei de întoarcere a liniei flancului.

Programul conține în continuare condițiile care asigură parcurgerea itinerarului de calcul pentru toți dinții roții melcate pe ambele flancuri.

În Tabelul 3.11 este prezentat listingul programului, iar în Tabelul 3.12 valorile calculate pentru o parte din dinții unei roți care are 47 dinți.

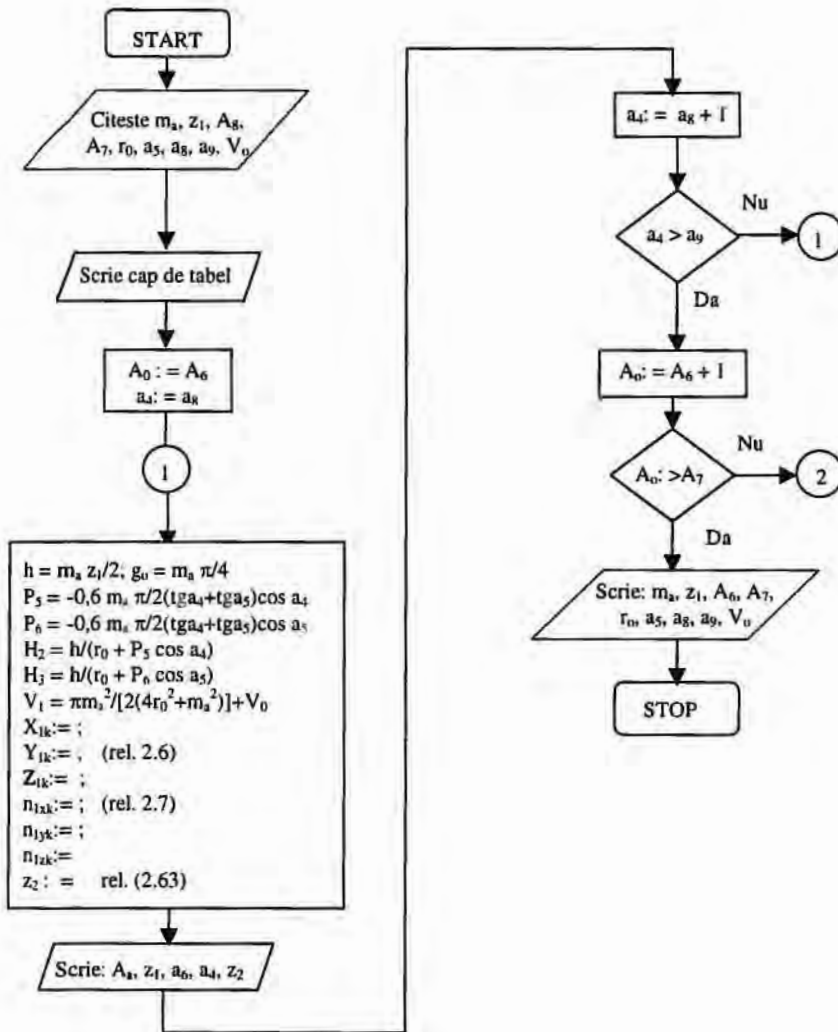


Fig.3.15

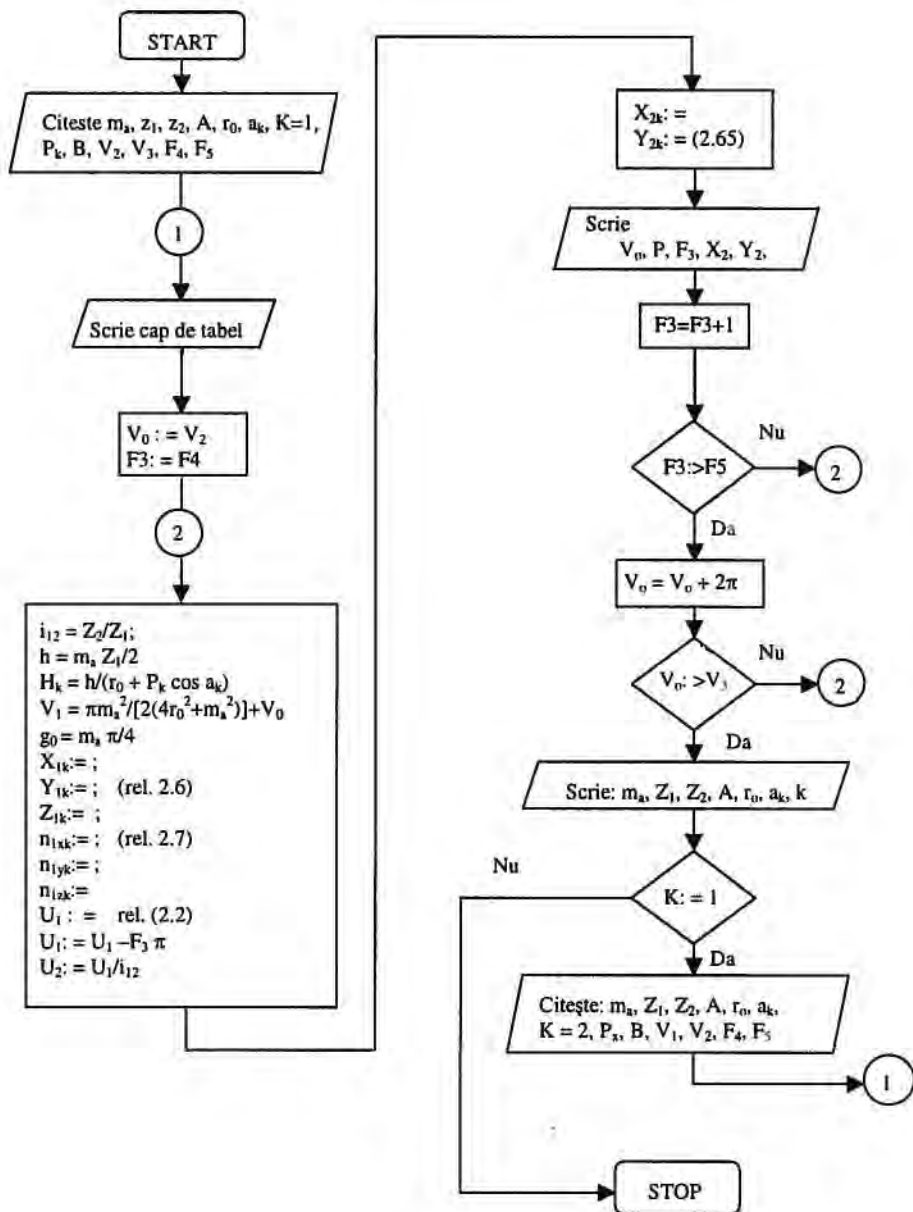


Fig.3.16

Tabelul 3.9

<p>Program în GW-BASIC pentru determinarea numărului minim de dinți la care se produce ascuțirea dinților roții melcate spiroide. Melc cu elice dreapta. Varianta de program iunie 1999</p>
<pre> 9100 PRINT "NUMARUL DE DINTI PENTRU CARE SE PRODUCE ASCUTIREA" 9105 PRINT 9110 PRINT "DINTILOR ROTILOR MELCATE SPIROIDE" 9111 PRINT 9120 GOSUB 9340 9125 PRINT 9130 PRINT TAB(6);"A";TAB(18);"Z1";TAB(30);"ALFA1"; 9140 PRINT TAB(42);"ALFA 2";TAB(54);"NUMAR DINTI Z2" 9150 PRINT 9160 GOSUB 9340 9166 READ M0,Z0,A6,A7,R0,A5,A8,A9,V0,PI 9200 FOR A0=A6 TO A7 STEP 1 9210 FOR A4=A8 TO A9 STEP 1 9214 A4=A4*PI/180 9216 A5=A5*PI/180 9218 V0=V0*PI/180 9220 H0=M0*Z0/2 9223 P5=-1*(.6*M0*PI/(2*(TAN(A4)+TAN(A5))*COS(A4))+.07*M0*PI+.05) 9224 P6=-1*(.6*M0*PI/(2*(TAN(A4)+TAN(A5))*COS(A5))+.07*M0*PI+.05) 9230 H2=H0/(R0+P5*COS(A4)) 9232 H3=H0/(R0+P6*COS(A5)) 9240 V1=PI*M0^2/(2*(4*R0^2+M0^2))+V0 9250 G0=M0*PI/4 9260 M3=-1*(R0+P5*COS(A4))*SIN(V1) 9262 M4=(R0+P5*COS(A4))*COS(V1) 9264 M5=-1*(G0+P5*SIN(A4))+H0*V1 9266 M6=-1*(R0+P6*COS(A5))*SIN(V1) 9267 M7=(R0+P6*COS(A5))*COS(V1) 9268 M8=(G0+P6*SIN(A5))+H0*V1 9270 N3=SIN(A4)*SIN(V1)-H2*COS(A4)*COS(V1) 9272 N4=-1*SIN(A4)*COS(V1)-H2*COS(A4)*SIN(V1) 9274 N5=-1*COS(A4) 9276 N6=-1*SIN(A5)*SIN(V1)-H3*COS(A5)*COS(V1) 9277 N7=SIN(A5)*COS(V1)-H3*COS(A5)*SIN(V1) 9278 N8=-1*COS(A5) 9280 R1=N3*N6*(M5-M8) 9282 R2=N6*N5*(M3+A0) 9284 R3=N3*N8*(M5+A0) 9286 R4=(N3*N8-N6*N5)*H0 9288 Z9=Z0*(R1-R2+R3)/R4 </pre>



```

9294 A4=A4*180/PI
9296 A5=A5*180/PI
9300 PRINT TAB(6);A0; TAB(18);Z0; TAB(30);A4; TAB(42);A5; TAB(54);Z9
9320 NEXT A4
9321 PRINT
9324 NEXT A0
9325 PRINT
9326 PRINT
9328 GOSUB 9340
9329 PRINT
9330 PRINT "MODULUL AXIAL MA=";M0;"NR.INCEP.MELC Z1=";Z0
9331 PRINT
9332 PRINT "RAZA DE REFERINTA MELC R0=";R0;"UNGHII INITIAL VO=";V0
9333 PRINT
9334 PRINT"UNGHII FLANC ALFA1=";A5;"ALFA2=";A8;"PINA
LA";A9;"GRADE"
9335 PRINT
9336 PRINT "DISTANTA AXIALA INTERVAL ";A6;"PINA LA";A7;"MM"
9340 FOR X=1 TO 70
9342 PRINT "***";
9344 NEXT X
9346 PRINT "***";
9348 RETURN
9360 DATA 2.5,1,45,50,18.232,10,20,40,0,3.1415926
9399 END
    
```

Tabelul 3.10

Numărul de dinți pentru care se produce ascuțirea				
Distanța axială	Nr. începuturi melc	Unghiul flancului		Nr dinți roată
A [mm]	Z1	Alfa 1 [grade]	Alfa 2 [grade]	Z2
45	1	20	10	39.15789
45	1	21	10	38.31468
45	1	22	10	37.58117
45	1	23	10	36.94148
45	1	24	10	36.38218
45	1	25	10	35.89254
45	1	26	10	35.46323
45	1	27	10	35.08647
45	1	28	10	34.75578
45	1	29	10	34.46573
45	1	30	10	34.21134

45	1	31	10	33.98876
45	1	32	10	33.79435
45	1	33	10	33.62513
45	1	34	10	33.47845
45	1	35	10	33.35196
45	1	36	10	33.24373
45	1	37	10	33.15194
45	1	38	10	33.07504
45	1	39	10	33.0117
46	1	20	10	39.95794
46	1	21	10	39.11467
46	1	22	10	38.38117
46	1	23	10	37.74152
46	1	24	10	37.18217
46	1	25	10	36.69253
46	1	26	10	36.26319
46	1	27	10	35.88648
46	1	28	10	35.55575
46	1	29	10	35.26574
46	1	30	10	35.01134
46	1	31	10	34.78877
46	1	32	10	34.59438
46	1	33	10	34.42515
46	1	33	10	34.42515
46	1	34	10	34.27845
46	1	35	10	34.15196
46	1	36	10	34.04371
46	1	37	10	33.95197
46	1	38	10	33.87502
46	1	39	10	33.81176
47	1	20	10	40.75795
47	1	21	10	39.91462
47	1	22	10	39.18113
47		23	10	38.54147
47	1	24	10	37.9822
47	1	25	10	37.49255
47	1	26	10	37.0632
47	1	2	10	36.68649
47	1	28	10	36.3558
47	1	29	10	36.06572
47	1	30	10	35.81138
47	1	31	10	35.58875
47	1	32	10	35.39438
47	1	33	10	35.22514

47	1	34	10	35.07845
47	1	35	10	34.95197
47	1	36	10	34.84372
47	1	37	10	34.75194
47	1	38	10	34.67504
47	1	39	10	34.61175
48	1	20	10	41.55805
48	1	21	10	40.71465
48	1	22	10	39.98122
48	1	23	10	39.34142
48	1	24	10	38.78219
48	1	25	10	38.29254
48	1	26	10	37.8632
48	1	27	10	37.4865
48	1	28	10	37.1558
48	1	29	10	36.86573
48	1	30	10	36.61135
48	1	31	10	36.38877
48	1	32	10	36.19434
48	1	33	10	36.02513
48	1	34	10	35.87845
48	1	35	10	35.75197
48	1	36	10	35.64374
48	1	37	10	35.55194
48	1	38	10	35.47506
48	1	39	10	35.41174
49	1	20	10	42.35801
49	1	21	10	41.5146
49	1	22	10	40.78122
49	1	23	10	40.14147
49	1	24	10	39.58217
49	1	25	10	39.09252
49	1	26	10	38.66321
49	1	27	10	38.28646
49	1	28	10	37.95581
49	1	29	10	37.66571
49	1	30	10	37.41135
49	1	31	10	37.18875
49	1	32	10	36.99437
49	1	33	10	36.82515
49	1	34	10	36.82515
49	1	34	10	36.67841
49	1	35	10	36.55198
49	1	36	10	36.44372

49	1	37	10	36.35198
49	1	38	10	36.27504
49	1	39	10	36.21174
50	1	20	10	43.15796
50	1	21	10	42.31469
50	1	22	10	41.58122
50	1	23	10	40.94146
50	1	24	10	40.3822
50	1	25	10	39.89255
50	1	26	10	39.46317
50	1	27	10	39.08651
50	1	28	10	38.75578
50	1	29	10	38.46572
50	1	30	10	38.21135
50	1	31	10	37.9888
50	1	32	10	37.79437
50	1	33	10	37.62514
50	1	34	10	37.47841
50	1	35	10	37.35198
50	1	36	10	37.24373
50	1	37	10	37.15195
50	1	38	10	37.07506
50	1	39	10	37.01173
MODULUL AXIAL MA= 2.5 NR.INCEP.MELC Z1= 1RAZA DE REFERINTA MELC R0= 18.232 UNGHI INITIAL VO= 0 UNGHI FLANC ALFA1=10 ALFA2= 20 PINA LA 40 GRADE DISTANTA AXIALA INTERVAL 45 PINA LA 50 MM				

Tabelul 3.11

Program în GW-BASIC pentru determinarea coordonatelor punctelor liniei flancului dintelui roții melcate spiroide la generarea cinematică pentru evidențierea interferenței prin întoarcerea liniei flancului. Melc cu elice dreapta. Varianta de program iunie 1999
10100 PRINT "COORDONATELE PUNCTELOR LINIEI FLANCULUI" 10105 PRINT 10110 PRINT "DINTELUI ROTII MELCATE SPIROIDE IN SISTEMUL ROTII" 10111 PRINT 10115 PRINT "STUDIUL INTERFERENTEI PRIN INTOARCEREA LINIEI FLANCULUI" 10116 PRINT 10120 GOSUB 11080




```

10125 PRINT
10130 PRINT TAB(6);"V0";TAB(18);"P";TAB(30);"F3";TAB(42);"X2"
10140 PRINT TAB(54);"Y2";TAB(66);"Z2"
10150 PRINT
10160 GOSUB 11080
10170 READ M0,Z0,Z9,A0,R0,A3,K0
10175 READ P0,B0,V2
10176 GOTO 10179
10177 READ M0,Z0,Z9,A0,R0,A3,K0
10178 READ P0,B0,V2
10179 PI=3.14159265359#
10180 A3=A3*PI/180
10185 V2=V2*PI
10188 V3=V2+Z9*2*PI
10190 I1=Z9/Z0
10200 FOR V0=V2 TO V3 STEP 2*PI
10210 FOR F3=-10 TO 32
10220 H0=M0*Z0/2
10230 H1=H0/(R0+P0*COS(A3))
10240 V1=PI*M0^2/(2*(4*R0^2+M0^2))+V0
10250 G0=M0*PI/4
10260 X5=-1*(R0+P0*COS(A3))*SIN(V1)
10270 Y5=(R0+P0*COS(A3))*COS(V1)
10280 Z5=(G0+P0*SIN(A3))*(2*K0-3)+H0*V1
10290 X7=-1*(2*K0-3)*SIN(A3)*SIN(V1)-H1*COS(A3)*COS(V1)
10300 Y7=(2*K0-3)*SIN(A3)*COS(V1)-H1*COS(A3)*SIN(V1)
10310 Z7=-1*COS(A3)
10800 U1=(X7*Z5+X7*B0-Z7*X5-Z7*A0+Z7*I1*H0)/(X7*H0)
10805 U1=U1-F3*PI
10810 U2=U1/I1
10850 X4=COS(U2)*X5-SIN(U2)*Z5-(B0-H0*U1)*SIN(U2)+A0*COS(U2)
10890 Y4=-1*SIN(U2)*X5-COS(U2)*Z5-(B0-H0*U1)*COS(U2)-A0*SIN(U2)
10900 Z4=Y5
10905 K8=SQR(X4^2+Y4^2)
10907 K9=1.75*A0
10909 IF K8>K9 GOTO 10920
10915 PRINT V0;P0;F3;X4;Y4;Z4
10920 NEXT F3
10921 PRINT
10930 NEXT V0
10950 PRINT
10960 PRINT
10970 GOSUB 11080
10990 PRINT "MODULUL AXIAL MA=";M0;"NR.INCEP.MELC Z1 =";Z0;

```

```

11010 PRINT "NR.DINTI ROATA Z2=";Z9;"DISTANTA AXIALA
A=";A0;"RAZA DE REFERINTA";R0;
11020 PRINT
11025 A3=A3*180/PI
11030 PRINT " MELC R0=" R0;"UNghi FLANC MELC ALFA
=";A3;"GRADE";
11040 PRINT
11050 PRINT "FLANC STUDIAT K0";K0;"(K0=1 FLANC DR. K0=2 FLANC
STG.)"
11060 PRINT
11061 PRINT
11062 IF K0<>1 THEN 11999
11063 PRINT
11064 PRINT
11065 PRINT
11066 GOTO 10177
11067 GOSUB 11080
11070 GOTO 11999
11080 FOR X=1 TO 71
11090 PRINT "*"
11100 NEXT X
11110 PRINT "*"
11120 RETURN
11900 DATA 2.5,1,47,56,18.232,30,1
11905 DATA 0,0,0
11910 DATA 2.5,1,47,56,18.232,10,2
11915 DATA 0,0,0
11999 END
    
```

Tabelul 3.12

Coordonatele punctelor liniei flancului dintelui roții melcate spiroide în sistemul roții.
Studiul interferenței prin întoarcerea liniei flancului.

V0	P	F3	X2	Y2	Z2
0	0	-9	91.13799	-35.27516	18.23151
0	0	-8	89.54611	-30.2923	18.23151
0	0	-7	87.71236	-25.67436	18.23151
0	0	-6	85.67798	-21.43027	18.23151
0	0	-5	83.48427	-17.56516	18.23151
0	0	-4	81.17225	-14.0803	18.23151
0	0	-3	78.78228	-10.97321	18.23151
0	0	-2	76.35385	-8.237801	18.23151
0	0	-1	73.9252	-5.864418	18.23151
0	0	0	71.53307	-3.839993	18.23151
0	0	1	69.21237	-2.148251	18.23151

0	0	2	66.99596	-.7698365	18.23151
0	0	3	64.91438	.3174133	18.23151
0	0	4	62.99563	1.138289	18.23151
0	0	5	61.26498	1.719961	18.23151
0	0	6	59.74474	2.091713	18.23151
0	0	7	58.45413	2.284664	18.23151
0	0	8	57.40913	2.331491	18.23151
0	0	9	56.62234	2.266128	18.23151
0	0	10	56.10294	2.123473	18.23151
0	0	11	55.85656	1.939057	18.23151
0	0	12	55.88529	1.748751	18.23151
0	0	13	56.18765	1.588436	18.23151
0	0	13	56.18765	1.588436	18.23151
0	0	14	56.75859	1.493692	18.23151
0	0	15	57.58954	1.499483	18.23151
0	0	16	58.66851	1.639837	18.23151
0	0	17	59.98009	1.947563	18.23151
0	0	18	61.50566	2.453928	18.23151
0	0	19	63.22348	3.188398	18.23151
0	0	20	65.10886	4.178352	18.23151
0	0	21	67.13438	5.448801	18.23151
0	0	22	69.27002	7.0222	18.23151
0	0	23	71.48349	8.918179	18.23151
0	0	24	73.7404	11.15333	18.23151
0	0	25	76.00452	13.74106	18.23151
0	0	26	78.23814	16.69137	18.23151
0	0	27	80.40225	20.01081	18.23151
0	0	28	82.45694	23.70223	18.23151
0	0	29	84.36166	27.76479	18.23151
0	0	30	86.07556	32.19388	18.23151
0	0	31	87.55781	36.98102	18.23151
6.283186	0	-9	85.6231	-47.108	18.23151
6.283186	0	-8	84.70958	-41.95741	18.23151
6.283186	0	-7	83.50771	-37.13624	18.23151
6.283186	0	-6	82.50771	-37.13624	18.23151
6.283186	0	-6	82.05717	-32.65888	18.23151
6.283186	0	-5	80.39821	-28.53585	18.23151
6.283186	0	-4	78.57129	-24.7739	18.23151
6.283186	0	-3	76.61678	-21.376	18.23151
6.283186	0	-2	74.57461	-18.34131	18.23151
6.283186	0	-1	72.48399	-15.6654	18.23151
6.283186	0	0	70.38303	-13.34018	18.23151
6.283186	0	1	68.30851	-11.3542	18.23151
6.283186	0	2	66.2956	-9.692669	18.23151

6.283186	0	3	64.3775	-8.337675	18.23151
6.283186	0	4	62.58529	-7.268374	18.23151
6.283186	0	5	60.94761	-6.461214	18.23151
6.283186	0	6	59.49049	-5.890148	18.23151
6.283186	0	7	58.23711	-5.526894	18.23151
6.283186	0	8	57.20766	-5.341202	18.23151
6.283186	0	9	56.41918	-5.30111	18.23151
6.283186	0	10	55.88539	-5.373263	18.23151
6.283186	0	11	55.61663	-5.523192	18.23151
6.283186	0	12	55.61974	-5.71563	18.23151
6.283186	0	13	55.89802	-5.914813	18.23151
6.283186	0	14	56.45124	-6.084812	18.23151
6.283186	0	15	57.27555	-6.189832	18.23151
6.283186	0	16	58.36359	-6.194542	18.23151
6.283186	0	17	59.70449	-6.064382	18.23151
6.283186	0	18	61.28393	-5.765873	18.23151
6.283186	0	19	63.08431	-5.266924	18.23151
6.283186	0	20	65.08483	-4.53711	18.23151
6.283186	0	21	67.2616	-3.547966	18.23151
6.283186	0	22	69.5879	-2.273268	18.23151
6.283186	0	23	72.03432	-.6892395	18.23151
6.283186	0	24	74.569	1.225159	18.23151
6.283186	0	25	77.15784	3.488007	18.23151
6.283186	0	26	79.76476	6.114281	18.23151
6.283186	0	27	82.35201	9.115646	18.23151
6.283186	0	28	84.88039	12.50026	18.23151
6.283186	0	29	87.3096	16.27269	18.23151
6.283186	0	30	89.59854	20.4338	18.23151
6.283186	0	31	91.70562	24.98068	18.23151
12.56637	0	-9	78.58025	-58.10025	18.23151
12.56637	0	-8	78.3614	-52.87388	18.23151
12.56637	0	-7	77.81285	-47.93553	18.23151
12.56637	0	-6	76.97203	-43.30475	18.23151
12.56637	0	-5	75.87743	-38.99738	18.23151
12.56637	0	-4	74.56824	-35.0255	18.23151
12.56637	0	-3	73.08406	-31.39738	18.23151
12.56637	0	-2	71.46461	-28.11757	18.23151
12.56637	0	-1	69.7493	-25.18686	18.23151
12.56637	0	0	67.97701	-22.60236	18.23151
12.56637	0	1	66.18571	-20.35758	18.23151
12.56637	0	2	64.41222	-18.44257	18.23151
12.56637	0	3	62.69184	-16.844	18.23151
12.56637	0	4	61.05813	-15.54535	18.23151
12.56637	0	5	59.54265	-14.52711	18.23151

Capitolul 3. METODE NUMERICE DE STUDIU A CINEMATII DANTURII

12.56637	0	6	58.17464	-13.76691	18.23151
12.56637	0	7	56.98085	-13.23984	18.23151
12.56637	0	8	55.98534	-12.91859	18.23151
12.56637	0	9	55.20923	-12.77375	18.23151
12.56637	0	10	54.67057	-12.77411	18.23151
12.56637	0	11	54.38422	-12.88688	18.23151
12.56637	0	12	54.36164	-13.07801	18.23151
12.56637	0	13	54.61089	-13.31251	18.23151
12.56637	0	14	55.1365	-13.55473	18.23151
12.56637	0	15	55.93946	-13.76868	18.23151
12.56637	0	16	57.01715	-13.91837	18.23151
12.56637	0	17	58.36342	-13.96811	18.23151
12.56637	0	18	59.96855	-13.88278	18.23151
12.56637	0	19	61.81938	-13.62826	18.23151
12.56637	0	20	63.8993	-13.1716	18.23151
12.56637	0	21	66.18848	-12.48142	18.23151
12.56637	0	22	68.66393	-11.52817	18.23151
12.56637	0	23	71.29965	-10.28436	18.23151
12.56637	0	24	74.06687	-8.724903	8.23151
12.56637	0	25	76.93422	-6.827309	18.23151
12.56637	0	26	79.86794	-4.571945	18.23151
12.56637	0	27	82.83213	-1.942226	18.23151
12.56637	0	28	85.78908	1.07518	18.23151
12.56637	0	29	88.69943	4.490155	18.23151
12.56637	0	30	91.52258	8.309056	18.23151
12.56637	0	31	94.21691	12.5345	18.23151
.					
.					
.					
295.3097	0	-9	91.13515	-35.26499	18.23151
295.3097	0	-8	89.54276	-30.28287	18.23151
295.3097	0	-7	87.70856	-25.66564	18.23151
295.3097	0	-6	85.67386	-21.4223	18.23151
295.3097	0	-5	83.47993	-17.55798	18.23151
295.3097	0	-4	81.16768	-14.07387	18.23151
295.3097	0	-3	78.77763	-10.96748	18.23151
295.3097	0	-2	76.34917	-8.232807	18.23151
295.3097	0	-1	73.9205	-5.860153	18.23151
295.3097	0	0	71.52853	-3.836373	18.23151
295.3097	0	1	69.20801	-2.145275	18.23151
295.3097	0	2	66.99184	-.7674847	18.23151
295.3097	0	3	64.91055	.3192406	18.23151
295.3097	0	4	62.99217	1.139589	18.23151
295.3097	0	5	61.26191	1.720882	18.23151
295.3097	0	6	59.74214	2.092239	18.23151

295.3097	0	7	58.45199	2.284834	18.23151
295.3097	0	8	57.4075	2.33141	18.23151
295.3097	0	9	56.62125	2.265899	18.23151
295.3097	0	10	56.10238	2.123125	18.23151
295.3097	0	11	55.85655	1.938667	18.23151
295.3097	0	12	55.88582	1.748431	18.23151
295.3097	0	13	56.18872	1.588237	18.23151
295.3097	0	14	56.76019	1.493674	18.23151
295.3097	0	15	57.59165	1.499698	18.23151
295.3097	0	16	58.6711	1.640402	18.23151
295.3097	0	17	59.98311	1.948513	18.23151
295.3097	0	18	61.50909	2.455282	18.23151
295.3097	0	19	63.22727	3.19027	18.23151
295.3097	0	20	65.11296	4.180744	18.23151
295.3097	0	21	67.1387	5.451805	18.23151
295.3097	0	22	69.27449	7.025837	18.23151
295.3097	0	23	71.48807	8.922478	18.23151
295.3097	0	24	73.74503	11.15832	18.23151
295.3097	0	25	76.00916	13.74678	18.23151
295.3097	0	26	78.24263	16.69785	18.23151
295.3097	0	27	80.40656	20.01801	18.23151
295.3097	0	28	82.46098	23.71018	18.23151
295.3097	0	28	82.46098	23.71018	18.23151
295.3097	0	29	84.36536	27.77351	18.23151
295.3097	0	30	86.07881	32.20331	18.23151
295.3097	0	31	87.56056	36.99117	18.23151
MODULUL AXIAL MA= 2.5 NR.INCEP.MELC Z1 = 1 NR.DINTI ROATA Z2= 47 DISTANTA AXIALA A= 56 RAZA DE REFERINTA 18.232 MELC R0= 18.232 UNGHI FLANC MELC ALFA = 30 GRADE FLANC STUDIAT K0=1 (K0=1 FLANC DR. K0=2 FLANC STG.)					

Rezultatele calcului numeric privind ascuțirea dinților roții apare în Tabelul 3.9. Pentru exemplificare se prezintă imaginea unei roți, figurile 3.17 și 3.18, la care s-a produs această ascuțire. Cazul concret prelucrat a avut următoarele caracteristici $A = 49,7$ mm; $m_a = 2,5$ mm; $z_1 = 1$; $a_1 = 10^0$; $a_2 = 30^0$. Pentru situația dată ascuțirea s-a produs la $z_2 = 39$ dinți.



Fig.3.17



Fig.3.18

Se poate constata, conform figurii 3.19, faptul că pentru o situație dată a poziției frezei melc se ajunge ca linia flancului dintelui să sufere o întoarcere producându-se în acest fel o intersecție cu cealaltă ramură. Această situație poate fi evitată prin limitarea diametrului interior a coroanei melcate. Pentru o mai bună vizualizare a zonei de interferență datorită întoarcerii linie flancului în figura 3.20 se prezintă la o scară mărită linia flancului dintelui în porțiunea menționată.

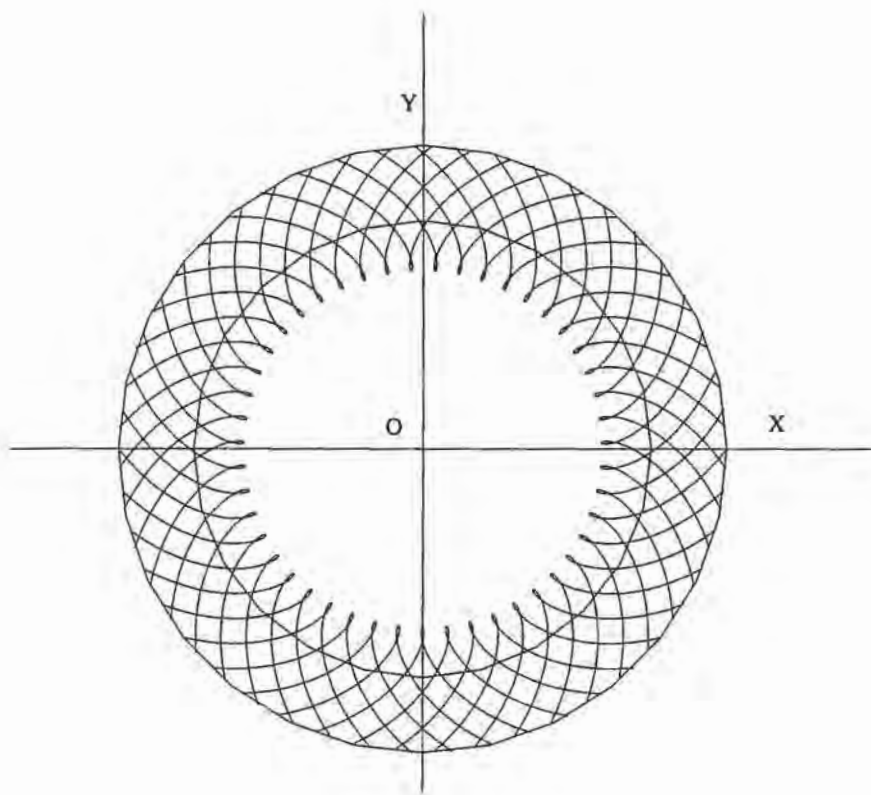


Fig.3.19

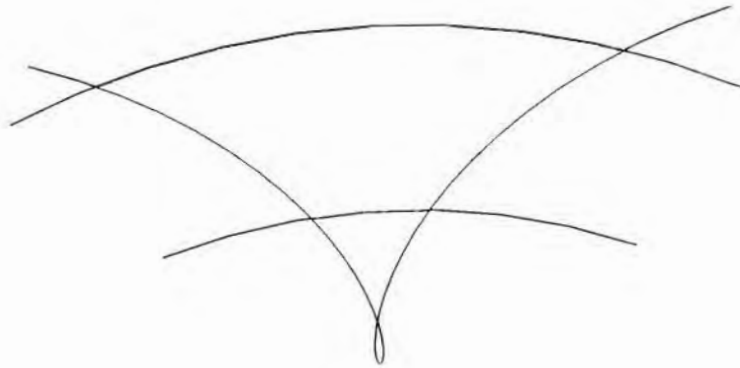


Fig.3.20

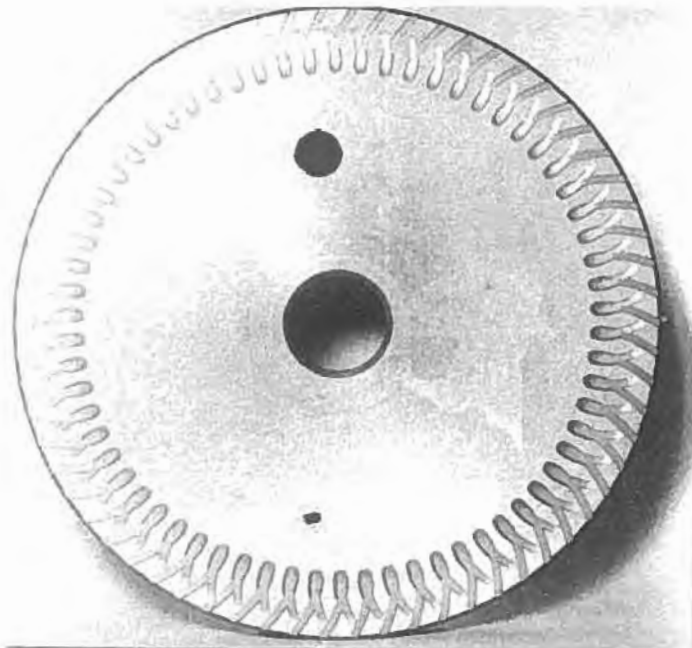


Fig.3.21

În figura 3.21 se prezintă o exemplificare fizică a fenomenului de întoarcere a linie flancului dintelui pentru cazul concret: $A = 79,75\text{mm}$; $m_a = 2,5\text{ mm}$; $z_1 = 1$; $z_2 = 66$; $a_1 = 10^0$; $a_2 = 30^0$. Prelucrarea s-a efectuat pe mașina de danturat FD 500 utilizându-se ca sculă un cuțit zburător care să permită o cursă tangențială suficient de mare.

3.7. Studiul numeric al liniilor de contact între melcul spiroid și roata melcată spiroidă

Studiul numeric al liniilor de contact din angrenajul spiroid are la bază expresiile matematice din paragraful 2.8.

Utilizându-se schema logică din figura 3.22 s-a elaborat programul de calcul prezentat în Tabelul 3.13.

În primul segment al programului se definesc și se calculează elementele melcului. Următorul segment din program folosește subrutina SRENII (a se vedea paragraful 3.5) pentru rezolvarea ecuației 2.81. Ultimul segment din program calculează coordonatele punctelor de contact dintre melc și roata melcată exprimate în sistemul de referință fix.

Având la bază programul de calcul prezentat mai sus s-au analizat liniile de contact pentru cazul angrenajului melcat spiroid având caracteristicile date la paragraful 3.1. Din analiza valorilor calculate numeric, conținute în Tabelul 3.14, se poate aprecia un prim aspect foarte important și anume ca poziția liniei de contact pentru diferite valori ale parametrului “ u_1 ” este practic nedeplasată, valorile de decalaj fiind extrem de mici.

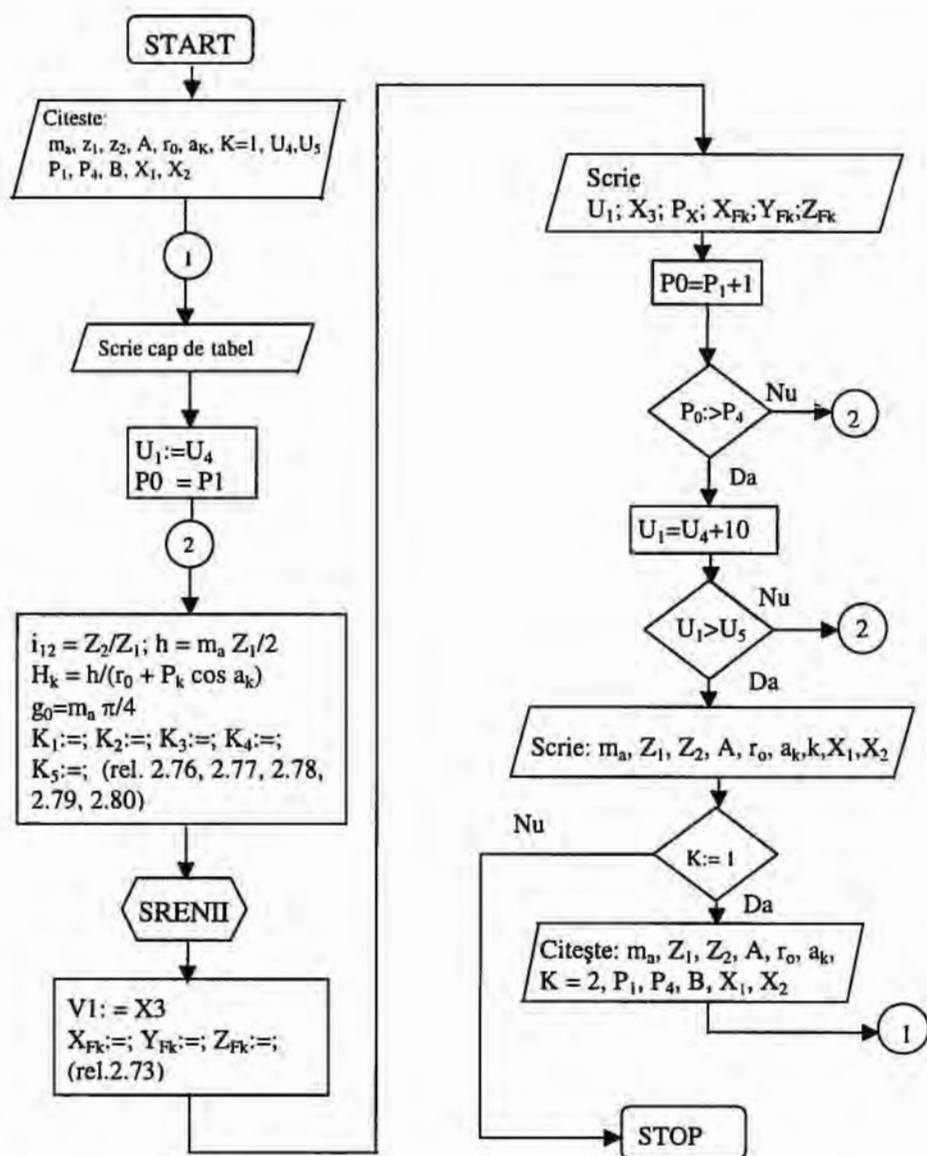


Fig.3.22

Tabelul.3.13

Program în GW BASIC pentru determinarea coordonatelor punctelor de contact între melcul spiroid cilindric și roata melcătă aflată în angrenare cinematică.

Melc cu elice dreapta

Varianta de program iulie 1999

```

5100 PRINT "   Coordonatele punctelor liniilor de contact"
5105 PRINT
5110 PRINT " între melc și roata melcătă spiroidă în sistemul fix OFXFYFZF "
5111 PRINT
5120 GOSUB 6080
5125 PRINT
5130 PRINT TAB(6);"U1";TAB(18);"X3";TAB(30); "P"; TAB(42); "XF";
TAB(54); "YF"TAB(66);"ZF"
5146 PRINT
5150 PRINT
5160 GOSUB 6080
5164 READ M0,Z0,Z9,A0,R0,A3,K0
5165 READ U4,U5,P1,P4,B0
5166 READ X1,X2
5168 GOTO 5172
5169 READ M0,Z0,Z9,A0,R0,A3,K0
5170 READ U4,U5,P1,P4,B0
5171 READ X1,X2
5172 F1=X1
5173 F2=X2
5174 PI=3.1415926#
5180 A3=A3*PI/180
5190 I1=Z9/Z0
5195 FOR U7=U4 TO U5 STEP 30
5196 U1=U7*PI/180
5200 FOR P0=P1 TO P4 STEP (P4-P1)/4
5215 X1=F1
5216 X2=F2
5220 H0=M0*Z0/2
5230 H1=H0/(R0+P0*COS(A3))
5250 G0=M0*PI/4
5330 REM SEGMENT DE PROGRAM PENTRU REZOLVARE ECUATIE
TRANSCENDENTA
5340 REM PRIN METODA INJUMATATIRII INTERVALULUI
5342 L3=(2*K0-3)*(G0+P0*SIN(A3))
5350 K1=(2*K0-3)*SIN(A3)*(L3+B0-H0*U1)+(R0+P0*COS(A3))*COS(A3)
5360 K2=(2*K0-3)*SIN(A3)*H0
    
```



```

5370 K3=H1*COS(A3)*(L3+B0-H0*U1)
5380 K4=H1*COS(A3)*H0
5390 K5=COS(A3)*(A0-I1*H0)
5400 J=1
5410 X0=X1
5420 GOSUB 5710
5430 GOSUB 5730
5440 A1=Y1
5450 A2=Y2
5460 X0=X2
5470 GOSUB 5710
5480 GOSUB 5730
5490 B1=Y1
5500 B2=Y2
5510 C1=A1-A2
5520 C2=B1-B2
5530 S1=SGN(C1)
5540 S2=SGN(C2)
5550 IF S1=S2 THEN 5750
5560 X3=(X1+X2)/2
5570 X0=X3
5580 GOSUB 5710
5590 GOSUB 5730
5600 A1=Y1
5605 IF Y1=0 THEN 5800
5610 A2=Y2
5615 IF Y2=0 THEN 5800
5620 C3=A1-A2
5630 S3=SGN(C3)
5640 IF S1=S3 THEN 5670
5650 X2=X3
5660 GOTO 5680
5670 X1=X3
5680 IF ABS(C3)<.025 THEN 5800
5690 J=J+1
5700 GOTO 5560
5710 Y1=K1*SIN(X0)+K2*X0*SIN(X0)
5720 RETURN
5730 Y2=-K4*X0*COS(X0)-K3*COS(X0)+K5
5740 RETURN
5750 PRINT "LIPSA CONVERGENTA IN LIMITELE INTERVALULUI"
5760 PRINT "U1=";"U1;B=";B0;"P=";P0

```



```

5780 STOP
5790 REM SEGMENT DE PROGRAM PT CALCULUL PUNCTE LINIE
CONTACT
5800 V1=X3
5850 X8=-1*(R0+P0*COS(A3))*SIN(V1)
5890 Y8=(R0+P0*COS(A3))*COS(V1)
5900 Z8=(G0+P0*SIN(A3))*(2*K0-3)+H0*V1+B0-H0*U1
5915 PRINT TAB(6);U1*180/PI;TAB(18);X0;TAB(30); P0; TAB(42); X8;
TAB(54); Y8;TAB(66);Z8
5921 PRINT
5930 NEXT P0
5931 PRINT
5940 NEXT U7
5941 PRINT
5960 PRINT
5970 GOSUB 6080
5980 PRINT
5990 PRINT "MODULUL AXIAL MA=";M0;"NR INCEPUTURI MELC
Z1=";Z0;"NUMAR DINTI"
6000 PRINT
6010 PRINT "ROATA Z2=";Z9;"DISTANTA AXIALA A=";A0;"RAZA
REFERINTA MELC"
6020 PRINT
6025 A3=A3*180/PI
6030 PRINT "R0=";R0;"UNGHII FLANC MELC ALFA=";A3"GRADE";FLANC
STUDIAT"
6040 PRINT
6050 PRINT "K0=";K0;"(K0=1 FLANC DR K0=2 FLANC STG)";"SOLUTII
PROPUSE"
6060 PRINT
6070 PRINT "ECUATIEI TRANSCENDENTE X=";X1;"X=";X2
6074 GOSUB 6080
6075 IF K0<>1 THEN 6999
6076 PRINT
6078 PRINT
6079 GOTO 5169
6080 FOR X=1 TO 70
6090 PRINT "*";
6100 NEXT X
6110 PRINT "*";
6120 RETURN
6125 IF KO=1 THEN 5169

```



```

6900 DATA 2.5,1.47,56,18.2325,30,1
6901 DATA 0,360,-4.3033,3.6098,90
6905 DATA 2,4
6910 DATA 2.5,1.47,56,18.2325,10,2
6911 DATA 0,360,-3.7843,3.1704,90
6915 DATA 2,4
6999 END
    
```

Tabelul 3.14

Coordonatele punctelor liniilor de contact dintre melc și roata melcată spiroidă în sistemul fix OF XF YF ZF					
UI	X3	P	XF	YF	ZF
0	3.275391	-4.3033	1.935052	-14.37609	94.28239
0	3.257813	-2.325025	1.880726	-16.10956	93.27129
0	3.245117	-3.467498	1.853109	-17.8362	92.26628
0	3.233399	1.631525	1.801033	-19.56271	91.26249
30	3.274414	-4.3033	1.921012	-14.37797	93.62668
30	3.257813	-2.325025	1.880726	-16.10956	92.61679
30	3.244141	-3.467498	1.83569	-17.838	91.61055
30	3.232422	1.631525	1.781928	-19.56446	90.60677
60	3.274414	-4.3033	1.921012	-14.37797	92.97218
60	3.257813	-2.325025	1.880726	-16.10956	91.96229
60	3.244141	-3.467498	1.83569	-17.838	90.95606
60	3.232422	1.631525	1.781928	-19.56446	89.95227
90	3.274414	-4.3033	1.921012	-14.37797	92.31768
90	3.257813	-2.325025	1.880726	-16.10956	91.30779
90	3.244141	-3.467498	1.83569	-17.838	90.30156
90	3.232422	1.631525	1.781928	-19.56446	89.29778
120	3.274414	-4.3033	1.921012	-14.37797	91.66318
120	3.257813	-2.325025	1.880726	-16.10956	90.65329
120	3.244141	-3.467498	1.83569	-17.838	89.64706
120	3.232422	1.631525	1.781928	-19.56446	88.64328
150	3.273438	-4.3033	1.90697	-14.37984	91.00746
150	3.257813	-2.325025	1.880726	-16.10956	89.99879
150	3.244141	-3.467498	1.83569	-17.838	88.99256
150	3.232422	1.631525	1.781928	-19.56446	87.98878
180	3.273438	-4.3033	1.90697	-14.37984	90.35297
180	3.257813	-2.325025	1.880726	-16.10956	89.3443
180	3.244141	-3.467498	1.83569	-17.838	88.33806
180	3.232422	1.631525	1.781928	-19.56446	87.33428
210	3.273438	-4.3033	1.90697	-14.37984	89.69846
210	3.257813	-2.325025	1.880726	-16.10956	88.68979
210	3.244141	-3.467498	1.83569	-17.838	87.68356

210	3.232422	1.631525	1.781928	-19.56446	86.67978
240	3.273438	-4.3033	1.90697	-14.37984	89.04396
240	3.257813	-2.325025	1.880726	-16.10956	88.03529
240	3.244141	-.3467498	1.83569	-17.838	87.02907
240	3.232422	1.631525	1.781928	-19.56446	86.02528
270	3.273438	-4.3033	1.90697	-14.37984	88.38946
270	3.256836	-2.325025	1.864993	-16.11139	87.37958
270	3.243164	-.3467498	1.818269	-17.83979	86.37334
270	3.231445	1.631525	1.762821	-19.56619	85.36956
300	3.273438	-4.3033	1.90697	-14.37984	87.73497
300	3.256836	-2.325025	1.864993	-16.11139	86.72508
300	3.242188	-.3467498	1.800847	-17.84155	85.71763
300	3.230469	1.631525	1.743712	-19.56791	84.71384
330	3.273438	-4.3033	1.90697	-14.37984	87.08047
330	3.25586	-2.325025	1.849258	-16.1132	86.06936
330	3.242188	-.3467498	1.800847	-17.84155	85.06312
330	3.230469	1.631525	1.743712	-19.56791	84.05934
360	3.273438	-4.3033	1.90697	-14.37984	86.42598
360	3.25586	-2.325025	1.849258	-16.1132	85.41486
360	3.242188	-.3467498	1.800847	-17.84155	84.40863
360	3.230469	1.631525	1.743712	-19.56791	83.40485
MODULUL AXIAL MA= 2.5 NR INCEPUTURI MELC Z1= 1 NUMAR DINTI ROATA Z2= 47 DISTANTA AXIALA A= 56 RAZA REFERINTA MELC R0= 18.2325 UNGHI FLANC MELC ALFA= 30 GRADE K0= 1 (K0=1 FLANC DR K0=2 FLANC STG)SOLUTII PROPUSE ECUATIEI TRANSCENDENTE X= 3.230469 X= 3.234375					
0	2.970703	-3.7843	-2.466823	-14.2944	95.01974
0	3.003906	-2.045625	-2.225943	-16.06447	95.36316
0	3.029297	-.3069502	-2.009258	-17.81728	95.69681
0	3.050781	1.431725	-1.78131	-19.56154	96.02559
0	3.066406	3.1704	-1.604074	-21.2944	96.34704
30	2.97168	-3.7843	-2.452863	-14.2968	94.36646
30	3.004883	-2.045625	-2.210254	-16.06664	94.70989
30	3.03125	-.3069502	-1.974455	-17.82117	95.04476
30	3.050781	1.431725	-1.78131	-19.56154	95.37109
30	3.067383	3.1704	-1.583277	-21.29596	95.69376
60	2.972656	-3.7843	-2.4389	-14.29919	93.71318
60	3.00586	-2.045625	-2.194563	-16.06879	94.0566
60	3.03125	-.3069502	-1.974455	-17.82117	94.39026
60	3.051758	1.431725	-1.762206	-19.56327	94.71781
60	3.06836	3.1704	-1.56248	-21.2975	95.04048
90	2.97461	-3.7843	-2.410967	-14.30393	93.06112
90	3.007813	-2.045625	-2.163174	-16.07304	93.40455

90	3.033203	-3.069502	-1.939644	-17.82499	93.73821
90	3.052735	1.431725	-1.7431	-19.56498	94.06454
90	3.06836	3.1704	-1.56248	-21.2975	94.38599
120	2.97461	-3.7843	-2.410967	-14.30393	92.40662
120	3.007813	-2.045625	-2.163174	-16.07304	92.75004
120	3.033203	-3.069502	-1.939644	-17.82499	93.0837
120	3.053711	1.431725	-1.723993	-19.56667	93.41126
120	3.070313	3.1704	-1.52088	-21.30051	93.73392
150	2.976563	-3.7843	-2.383025	-14.30861	91.75457
150	3.009766	-2.045625	-2.131778	-16.07724	92.09799
150	3.035156	-3.069502	-1.904826	-17.82875	92.43165
150	3.054688	1.431725	-1.704884	-19.56835	92.75798
150	3.070313	3.1704	-1.52088	-21.30051	93.07943
180	2.977539	-3.7843	-2.369051	-14.31093	91.10129
180	3.009766	-2.045625	-2.131778	-16.07724	91.44349
180	3.035156	-3.069502	-1.904826	-17.82875	91.77714
180	3.054688	1.431725	-1.704884	-19.56835	92.10349
180	3.071289	3.1704	-1.500078	-21.30198	92.42615
210	2.978516	-3.7843	-2.355074	-14.31324	90.44801
210	3.011719	-2.045625	-2.100373	-16.08137	90.79144
210	3.03711	-3.069502	-1.870001	-17.83243	91.12509
210	3.056641	1.431725	-1.666662	-19.57164	91.45142
210	3.072266	3.1704	-1.479275	-21.30344	91.77288
240	2.980469	-3.7843	-2.327114	-14.31781	89.79596
240	3.011719	-2.045625	-2.100373	-16.08137	90.13693
240	3.03711	-3.069502	-1.870001	-17.83243	90.47059
240	3.056641	1.431725	-1.666662	-19.57164	90.79692
240	3.072266	3.1704	-1.479275	-21.30344	91.11838
270	2.980469	-3.7843	-2.327114	-14.31781	89.14146
270	3.013672	-2.045625	-2.06896	-16.08544	89.48488
270	3.039063	-3.069502	-1.835168	-17.83605	89.81854
270	3.058594	1.431725	-1.628433	-19.57485	90.14487
270	3.074219	3.1704	-1.437664	-21.30629	90.46632
300	2.982422	-3.7843	-2.299145	-14.32233	88.4894
300	3.014649	-2.045625	-2.05325	-16.08745	88.83161
300	3.039063	-3.069502	-1.835168	-17.83605	89.16404
300	3.058594	1.431725	-1.628433	-19.57485	89.49037
300	3.074219	3.1704	-1.437664	-21.30629	89.81182
330	2.983399	-3.7843	-2.285158	-14.32456	87.83612
330	3.015625	-2.045625	-2.037539	-16.08945	88.17832
330	3.041016	-3.069502	-1.800329	-17.8396	88.51198
330	3.05957	1.431725	-1.609316	-19.57644	88.83709
330	3.075195	3.1704	-1.416856	-21.30768	89.15854
360	2.984375	-3.7843	-2.271167	-14.32679	87.18284
360	3.016602	-2.045625	-2.021826	-16.09144	87.52505

360	3.041016	-0.3069502	-1.800329	-17.8396	87.85748
360	3.060547	1.431725	-1.590197	-19.578	88.18381
360	3.076172	3.1704	-1.396047	-21.30906	88.50526

MODULUL AXIAL $MA= 2.5$ NR INCEPUTURI MELC $Z1= 1$ NUMAR DINTI ROATA $Z2= 47$ DISTANTA AXIALA $A= 56$ RAZA REFERINTA MELC $R0= 18.2325$ UNGHI FLANC MELC $ALFA=10$ GRADE 0 $K0= 2$ ($K0=1$ FLANC DR $K0=2$ FLANC STG) SOLUTII PROPUSE ECUATIEI TRANSCENDENTE $X= 3.074219$ $X= 3.076172$

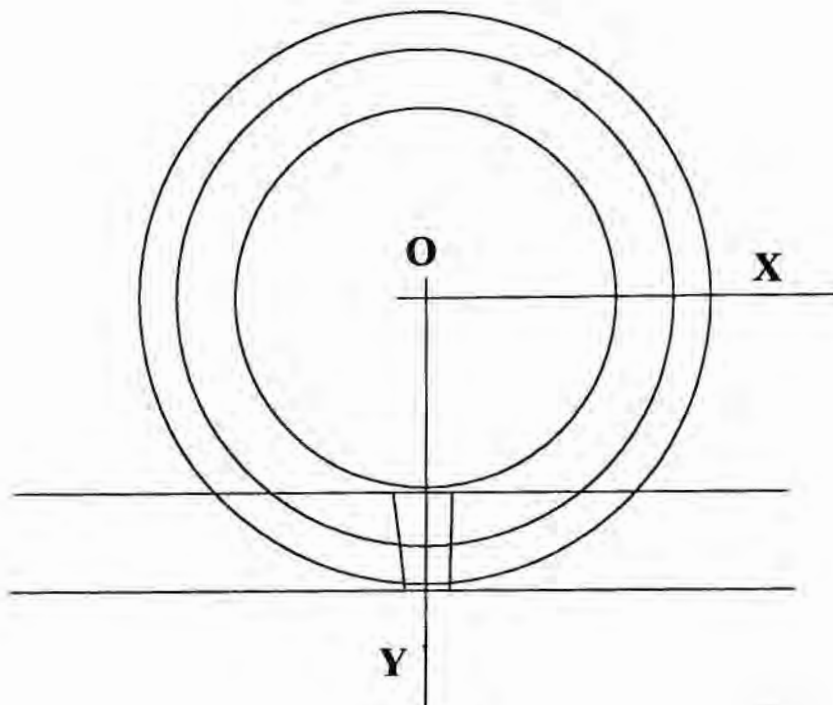


Fig.3.23

Pe baza reprezentării grafice din figura 3.23 se poate constata că liniile de contact din angrenajul melcat spiroid prezintă o poziție foarte favorabilă, aproape de cazul ideal, unghiul format de acestea cu vectorul viteză relativă fiind apropiat de 90° . Se confirmă cele afirmate în [6,7] și prezentate la paragraful 1.2.2.

Cele două constatări enunțate mai sus vin să fundamenteze aprecierea că angrenajul melcat spiroid asigură condițiile cele mai bune, din punct de vedere al realizării ungerii flancurilor, din întreaga familie de angrenaje melcate. Acesta este motivul pentru care s-au putut executa angrenaje melcate spiroid cu melcul și roata melcată din oțel tratat termic fără să apară pericolul de gripare în funcționare.

CAPITOLUL 4

TEHNOLOGIA FREZĂRII DANTURII ROȘILOR MELCATE SPIROIDE PLANE

4.1. Elemente generale

Danturarea roșilor melcate spiroide reprezintă o chestiune de natură tehnologică specifică, aceasta influențând în mod decisiv limitarea gradului de utilizare a acestor angrenaje la o scară industrială. În abordarea acestei probleme trebuie avut în vedere trei aspecte principale: cinematica procesului de danturare, sculele folosite și regimurile de lucru care pot fi utilizate. La acestea se mai adaugă și problematica finisării danturării după tratamentul termic. Se impune o precizie importantă: în soluționarea problemelor tehnologice trebuie ținut seama de faptul că roțile melcate spiroide se execută atât din bronz sau fontă (cenușie sau cu grafit nodular) cât mai ales din oțel, situație în care după prelucrare suferă un tratament termic de durificare prin cementare sau niturare, element care atrage după sine complicații tehnologice.

Având la bază experiența de până acum pot fi menționate ca procedee de realizare a danturii următoarele: frezarea, injectarea (în cazul roșilor din material plastic), sintetizarea din pulberi metalice, turnarea sub presiune (în mod deosebit pentru roțile din aliaje de aluminiu) și matrițarea (pentru realizarea de semifabricate din oțel la care apoi urmează să fie finisată dantura prin așchiere).

Ca procedeu care permite realizarea de danturi ce se încadrează în limitele de precizie care să asigure funcționarea angrenajelor de mare portanță poate fi luat în considerare numai procedeu de frezare a danturii.

Referiri la realizarea danturii roșilor spiroide prin frezare apar în lucrările [6,7,79,85,87,93,94,105,125,161,186,196,197,198,201,206,223, 225,229].

Pentru finisarea danturilor prelucrate apar mențiuni privind: șeveruirea [94], lepuirea [6,7,] precum și prelucrarea electrochimică [191,192,103].

În lucrarea [167] este prezentat modul de realizare a danturii prin forjare orbitală pentru roțile melcate spiroide din oțel.

Frezarea danturii roților melcate spiroide plane va fi analizată în cadrul prezentului capitol sub aspectul problematicii tehnologice dându-se o importanță deosebită elementelor care să permită aplicarea industrială a acestei metode.

4.2. Cinematica de prelucrare

Plecându-se de la analiza efectuată în cadrul capitolul 2 a rezultat posibilitatea aplicării a două variante de lucru: prelucrarea prin frezare cu freza-melc prin metoda avansului axial și respectiv prin metoda avansului tangențial.

Din punct de vedere al cinematicii de danturare la prelucrarea prin metoda avansului axial se efectuează următoarele mișcări (fig. 4.1):

- freza-melc execută mișcarea principală de așchiere (rotație în jurul propriei sale axe) precum și mișcarea de avans axial (pătrunde în semifabricat);
- semifabricatul roții execută o mișcare de rotație corespunzător raportului de transmitere între freza-melc și roată.

Freza-melc este reglată inițial la distanța axială "A" identică cu cea din angrenajul funcțional, precum și la cota "X" corespunzătoare melcului în plan frontal.

Din poziția de început, când freza-melc este tangentă la suprafața frontală a semifabricatului, prin avansul axial, asigurat de lanțul cinematic al mașinii de danturat, freza-melc va pătrunde treptat până la adâncimea care corespunde cu înălțimea dintelui.

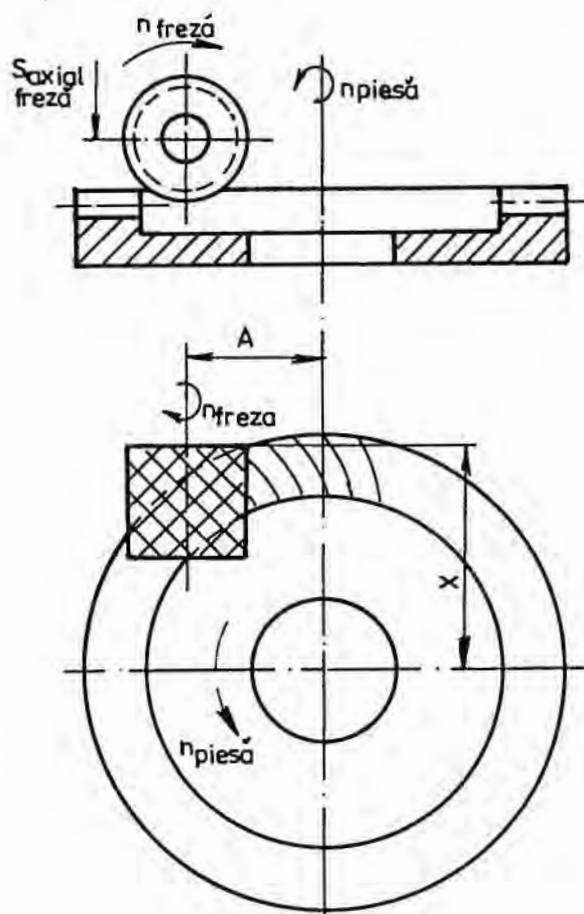


Fig.4.1

După ce freza-melc a atins adâncimea propusă, corespunzătoare înălțimii dintelui, se decuplează avansul axial lăsându-se ca piesa să mai efectueze câteva rotații cu scopul de a se asigura egalizarea adâncimii prelucrate și netezirea suprafețelor de fund a dinților.

Luându-se ca mașină de danturat modelul FD 500 produsă la Uzina Mecanică Cugir lanțurile cinematice care participă la realizarea acestei prelucrări sunt următoarele (fig.4.2)

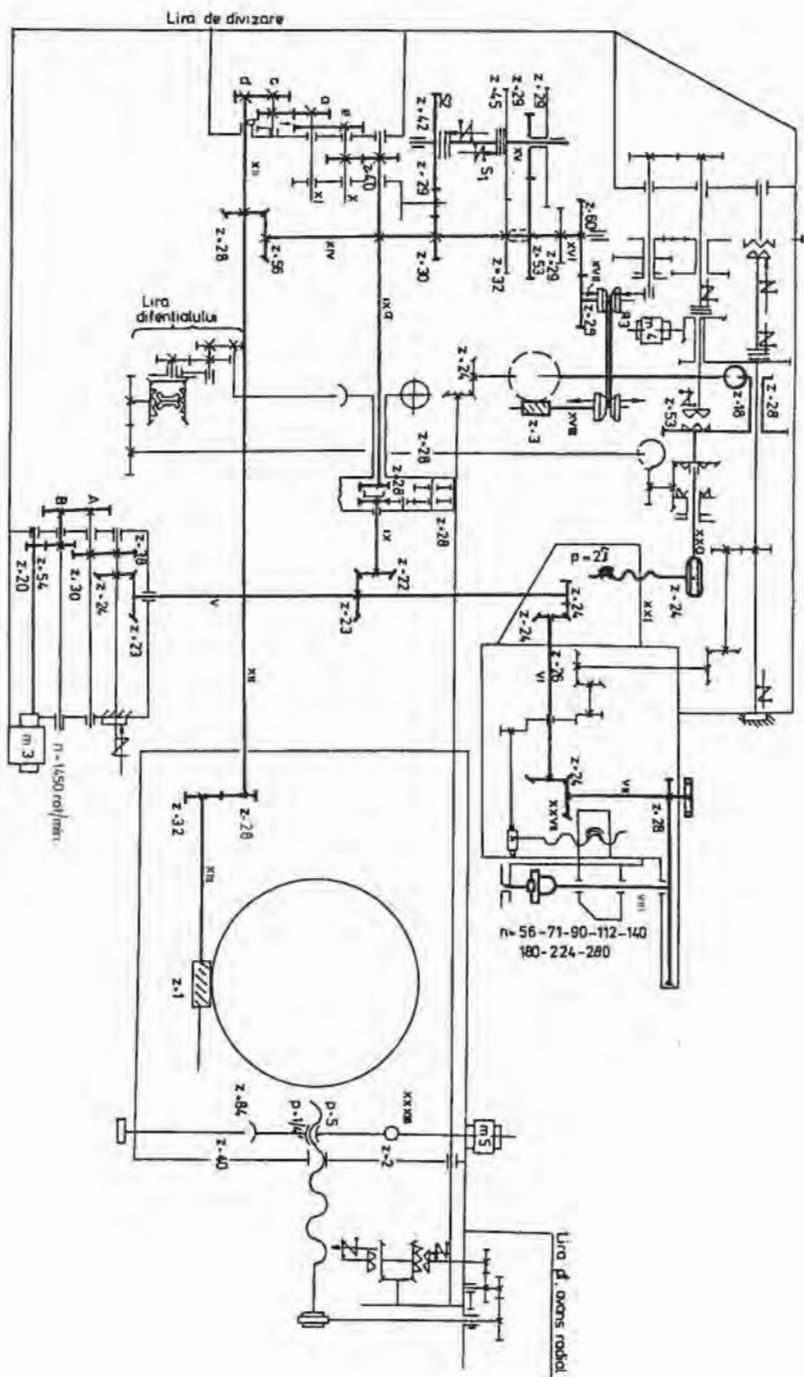


Fig. 4.2

- lanțul cinematic principal:(antrenarea frezei-melc):motorul m₃, cutia de viteză (arborii I,II,III,IV),V. VI, VII, volant, VIII, freza-melc;
- lanțul cinematic de rulare (divizare): mișcarea se culege de pe arborele V, IX, IXa, X lira de divizare (XI),XII,XIII, masa mașinii;
- lanțul cinematic al mișcării de avans-axial: mișcarea se culege de pe arborele XII, XIV, XV, XVI, XVII, variatorul PIV, XVIII, XIX, XX, XXA, XXI, șurubul conducător al capului mașinii.

Reglajul acestor lanțuri este similar celor de la prelucrările roților dințate obișnuite.

În figurile 4.3 și 4.4 apar imagini ale prelucrării unor roți cu utilizarea acestui procedeu.



Fig.4.3



Fig.4.4



Fig.4.5



Fig.4.6

Pentru așezarea semifabricatelor pe mașina de danturat se folosesc dornuri adecvate, care să permită în același timp și antrenarea roților. În figurile 4.5 și 4.6 sunt exemplificate două asemenea dornuri utilizate.

Cinematica prelucrării prin metoda avansului tangențial are ca punct de plecare schema din figura 4.7.

Mișcările efectuate sunt următoarele:

- freza-melc execută mișcarea principală de așchiere (rotație în jurul propriei sale axe) precum și mișcarea de avans tangențial.
- semifabricatul roții execută o mișcare de rotație care corespunde raportului de transmisie între freza-melc și roată. Dată fiind existența avansului tangențial este necesară introducerea unei suplimentări a mișcării roții care să compenseze avansul frezei-melc și să se asigure astfel o rulare corectă.

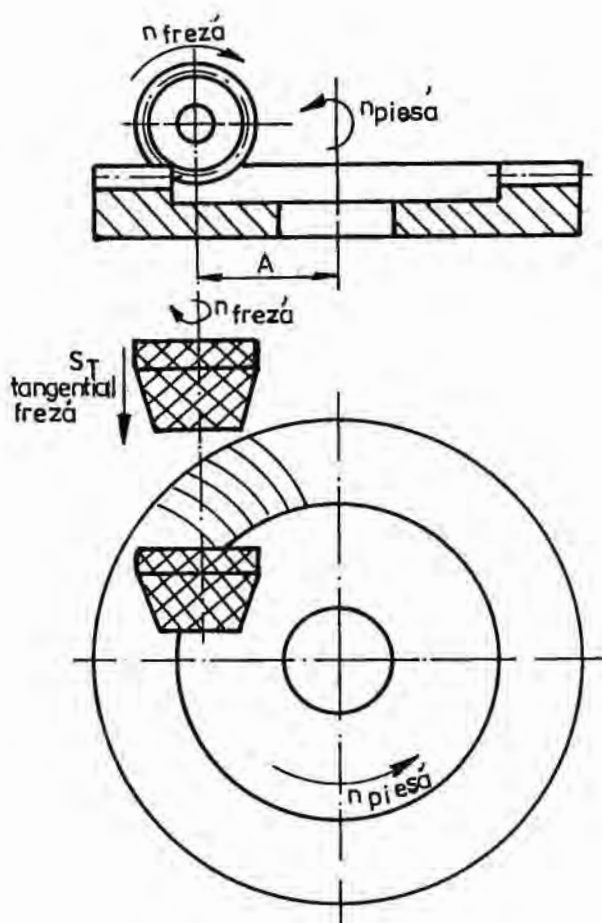


Fig.4.7

Poziția inițială a frezei-melc se află în afara semifabricatului, fiind în același timp reglată în planul axial al roții la adâncimea totală sau parțială a dintelui (dacă prelucrarea se execută în mai multe treceri). Cursa tangențială a frezei-melc se execută până când dinții de calibrare ai frezei vor parcurge întreaga lățime a coroanei dințate.

Lanțurile cinematice care materializează mișcările din schema prezentată mai sus, raportându-se la acea a mașinii de danturat modelul FD 500 produsă la Uzina Mecanică Cugir (fig.4.8), ar fi următoarele:

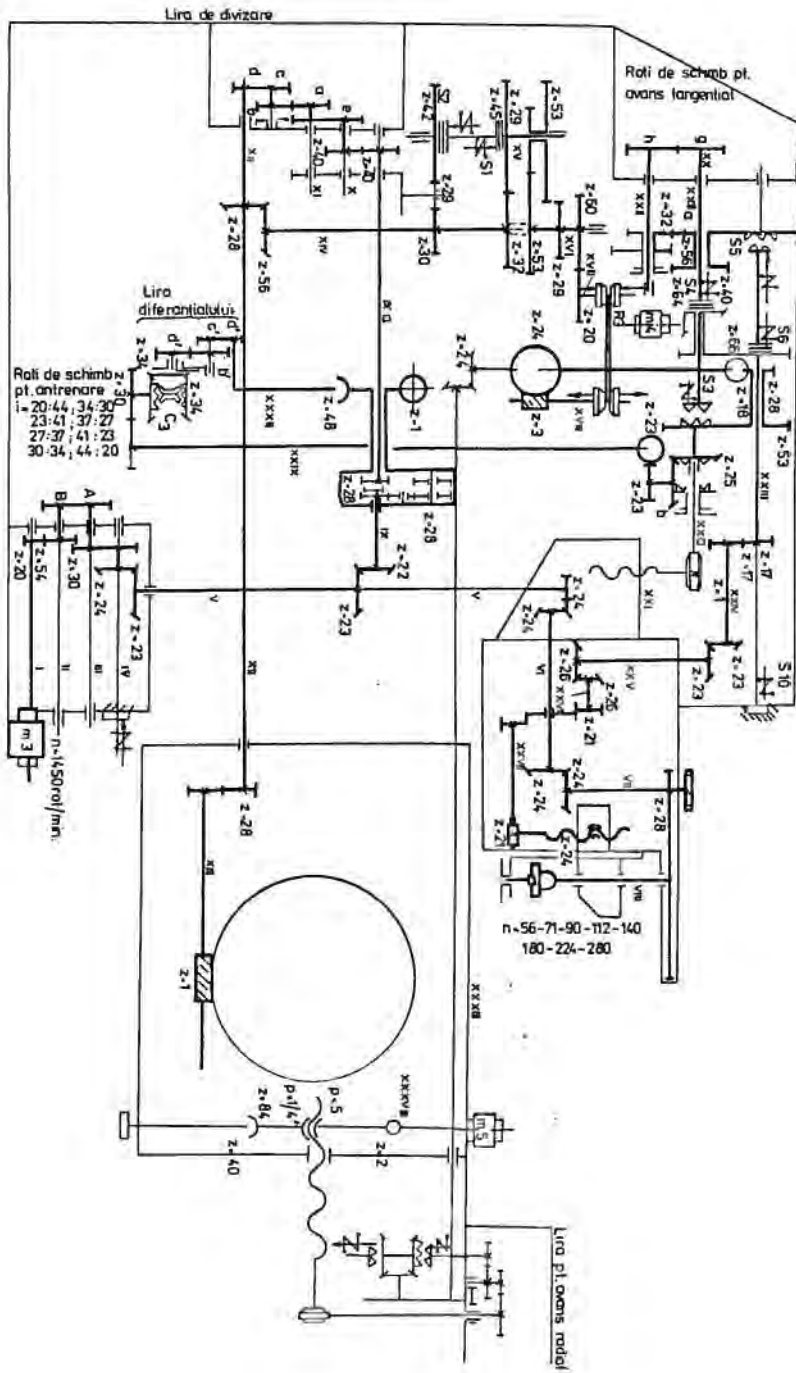


Fig.4.8

- lanțul cinematic principal: (antrenarea frezei-melc): motorul m_3 , cutia de viteză (arborii I, II, III, IV), V, VI, VII, volant, VIII, freza-melc;
- lanțul cinematic de rulare (divizare): mișcarea se culege de pe arborele V, IX, IXa, X lira de divizare (XI), XII, XIII, masa mașinii;
- lanțul cinematic al mișcării de avans-axial: mișcarea se culege de arborele XII, XIV, XV, XVI, XVII, variatorul PIV, XVIII, XIX, XX, XXA, XXI, șurubul conducător al capului port-sculă;
- lanțul cinematic pentru asigurarea mișcării suplimentare a mesei în funcție de avansul tangențial mișcarea se culege de pe axul XII, XXb, XXIX, XXX, lira diferențialului, XXXII, carcasa diferențialului și apoi lanțul de divizare (IXa, X, lira de avans, XII, XIII,) masa mașinii.



Fig.4.9



Fig.4.10

Reglajul lanțurilor cinematice menționate mai sus nu pune probleme diferite față de cazul prelucrării roților melcate obișnuite.

În fig.4.9 și fig.4.10 apar imagini din timpul danturării roților prin metoda avansului tangențial.

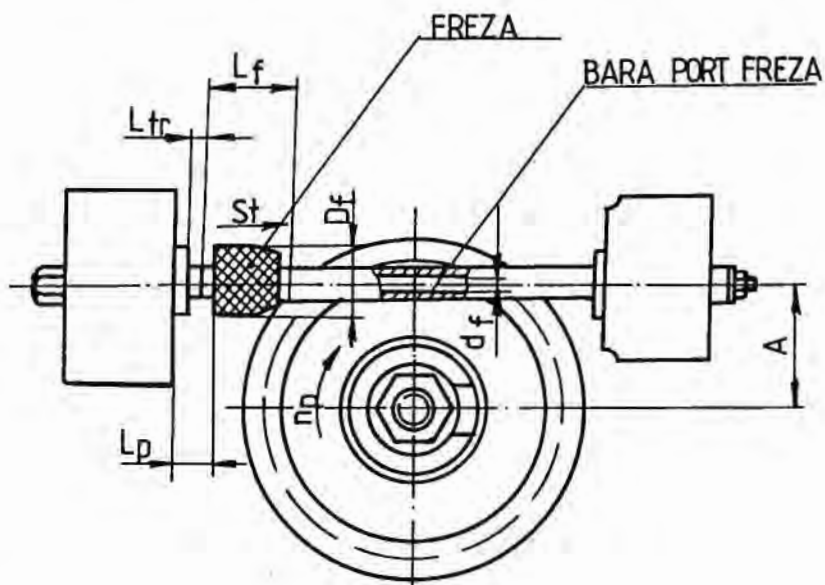


Fig.4.11

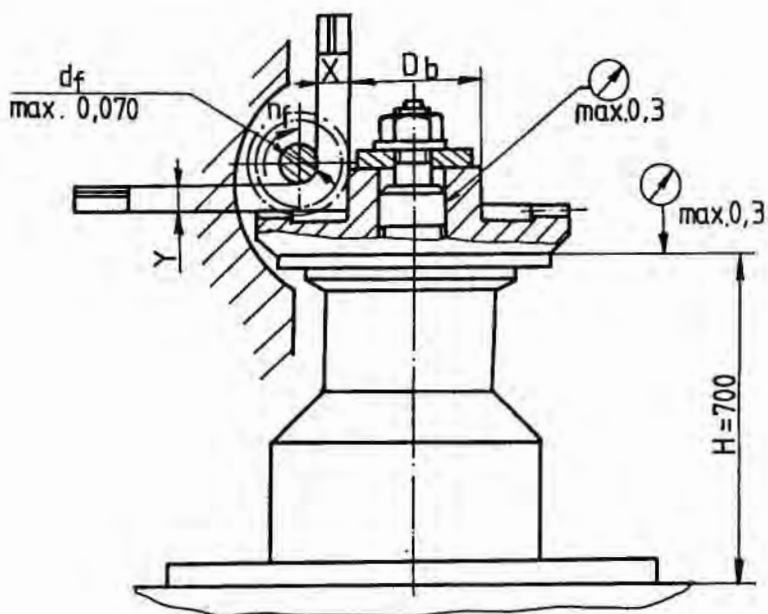


Fig.4.12

Reglajul frezei-melc față de semifabricat în planul acestuia se exemplifică în figura 4.11, iar în planul axului semifabricatului în figura 4.12 Exemplul de reglare prezentat este luat de la prelucrarea roților melcate spiroide pe mașina de danturat ZSTW-2000 [48].

Roțile melcate spiroide plane duble, adică acele roți care sunt prevăzute cu două coroane danturate monobloc care antrenează simultan cu un același melc nu pot fi prelucrate decât prin metoda avansului tangențial.

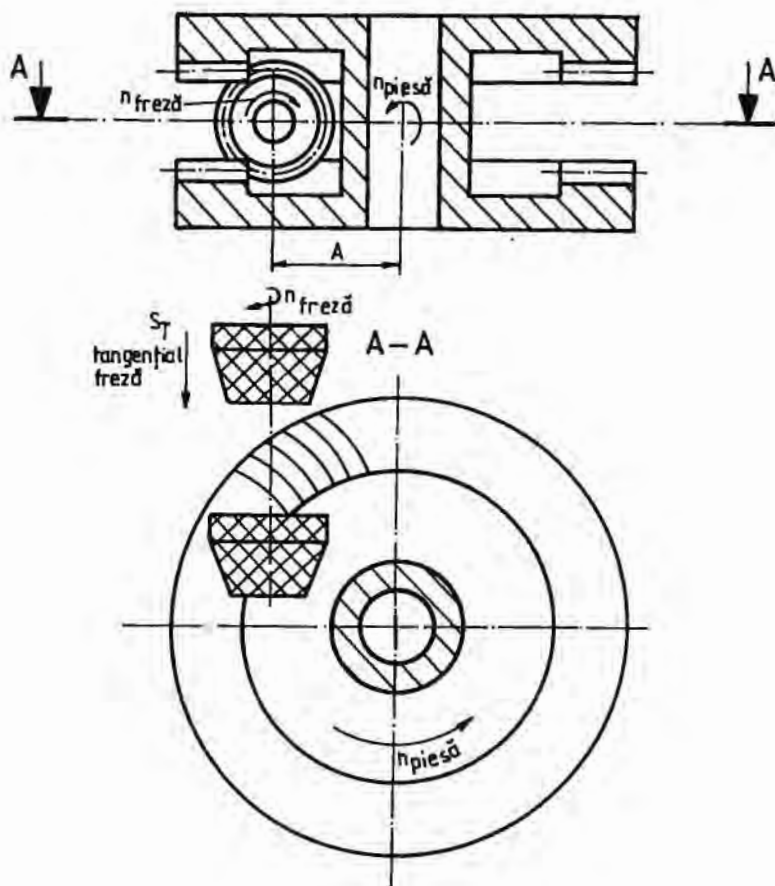


Fig.4.13

În fig.4.13 este reprezentată schema de mișcări care practic este identică cu cea din fig.4.7 ceea ce presupune utilizarea acelorași lanțuri cinematice ca cele prevăzute anterior la prelucrarea cu avans tangențial.

Imagini realizate în timpul prelucrării unor astfel de roți sunt prezentate în fig.4.14 și fig.4.15.

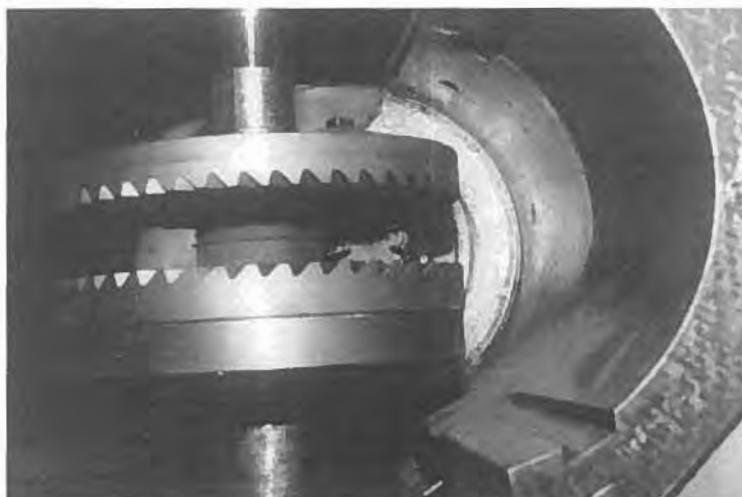


Fig. 4.14

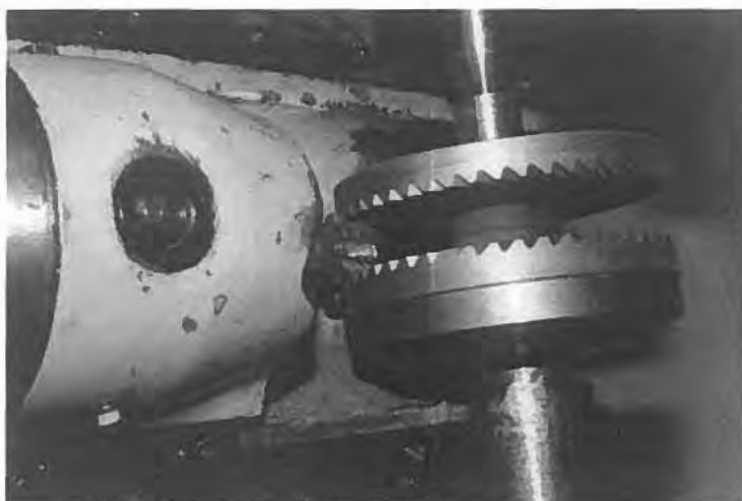


Fig.4.15

4.3. Frezele-melc spiroide cilindrice

Freza-melc spiroidă materializează melcul generator care este cvasiidentificabil cu melcul funcțional.

Pentru cele două procedee de frezare: cu avans axial și respectiv cu avans tangențial frezele-melc au o geometrie ușor diferită. În cele ce urmează se prezintă construcția acestor freze-melc, insistându-se în mod special pe partea specifică.

Frezele-melc spiroide cilindrice prezintă din punct de vedere constructiv un grad ridicat de similitudini cu frezele-melc cilindrice folosite pentru executarea angrenajelor melcate obișnuite. Elementul geometric specific îl constituie forma puternic asimetrică a flancurilor, acestea având unghiuri de presiune diferite cuprinse în intervalul $10^{\circ} - 15^{\circ}$ pe un flanc și $25^{\circ} - 35^{\circ}$ pe celălalt flanc. Acest fapt atrage după sine necesitatea alegerii mărimii detalonării funcție de unghiul de presiune mai mic pentru a se putea asigura unghiul de așezare necesar. Asupra acestui aspect se fac referiri în lucrarea [87].

Un alt element particular al frezele-melc spiroide îl constituie înălțimea sporită a dintelui ($3,2 \times$ modulul comparativ cu $2,25 \times$ modulul la frezele-melc pentru angrenajele melcate obișnuite) fapt ce determină ca solicitarea dintelui în zona de încastrare să fie mai mare.

Ținând cont și de faptul că în timpul prelucrării cu avans axial se află simultan în lucru toți dinții frezei apare evidentă situația de încărcare mult mai mare decât la frezarea roților melcate obișnuite și de aici și necesitatea utilizării unor avansuri de pătrundere mult mai reduse. Din acest punct de vedere la sistemul de lucru cu avans tangențial situația este mult mai favorabilă decât la sistemul cu avans axial. Se poate aprecia faptul că scula freză-melc la prelucrarea roților melcate spiroide prin metoda avansului axial se află în situația cea mai solicitantă de prelucrare dintre toate cazurile sale de utilizare cunoscute. Poziția de lucru a frezei-melc spiroide este cu axul sau perfect

perpendicular pe axul roții. În ceea ce privește canalele pentru evacuarea așchiilor la aceste freze se folosesc atât canale înclinate cât și canale paralele cu axa sculei.

Frezele-melc se pot executa monobloc pentru a putea fi montate în sistem consolă, dată fiind apropierea zonei danturate de suportul port-freză al mașinii, dar se pot folosi și freze montate pe dorn care apoi este sprijinit la ambele capete ca la frezele-melc obișnuite. Dată fiind asimetria flancurilor, la execuția sculei trebuie respectată poziția relativă a flancurilor față de extremitățile frezei. Nerespectarea acestei condiții atrage după sine posibilitatea apariției unor fenomene de interferență prin ascuțirea dinților roților prelucrate, acest lucru fiind influențat și de distanța axială precum și de numărul de dinți ai roții.

Frezele-melc spiroide destinate prelucrării cu avans tangențial sunt prevăzute cu un con de atac cu un unghi între 12° - 20° care permite pătrunderea treptată în așchiere și ușurează sensibil procesul de danturare.

Câteva cazuri de freze-melc spiroide cilindrice utilizate la danturare cu avans axial sunt prezentate în figurile 4.16, 4.17, 4.18, 4.19

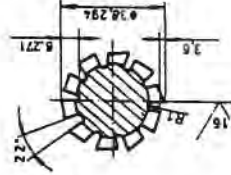
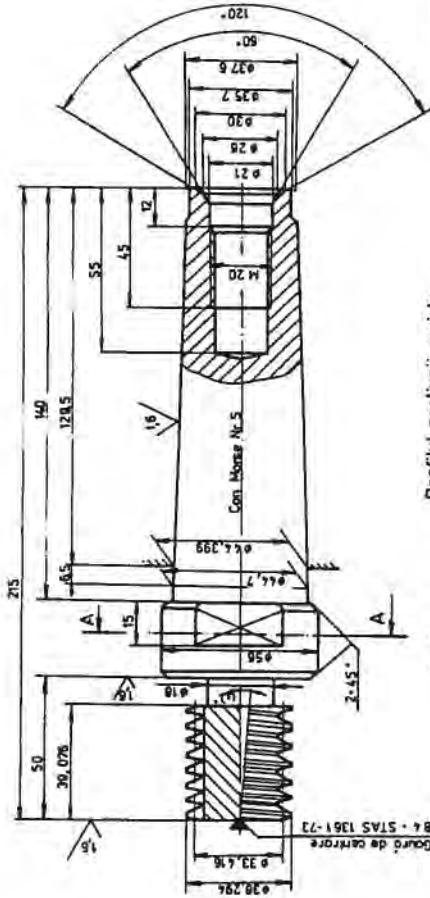
În figurile 4.20 și 4.21 sunt reprezentate două cazuri de freze-melc (FMS 05 și FMS 06) utilizate la prelucrarea cu avans tangențial.

Pentru freza-melc din figura 4.20 în Tabelul 4.1 se prezintă, cu titlu de exemplu, breviarul de calcul utilizat.

Pentru o mai bună evidențiere a geometriei acestor freze în imaginile din figurile 4.22, 4.23 și 4.24 sunt arătate o parte din frezele –melc spiroide utilizate la prelucrări cu avans axial sau tangențial.

Figura 4.25 conține imagini ale unor freze-melc spiroide folosite la prelucrarea cu avans axial precum și roți spiroide executate cu acestea.

Tipul melcului	ZA
Nr. de incalziri	2
Planul elic	P_e 10,21
Unghiul de inclinare al conductelor	α 5° 33' 51"
Sensul elicului melcului	stanga
Sensul de așchiurare a conductelor	dreapta
Nr. de dinți ai frezei	10
Planul conductelor frezei	P_c 1075,0161



COND. TEHNICE :

- Toleranțe MF STAS 2300-80
- Muchile osculte se vor lăsa 0,5°-45°
- Duritatea părții așchietoare HRC 62-64
- La executarea conductelor pentru evacuarea așchilor se admite lășirea frezei prin umărul 56

Profilul secțiunii axiale

A - A Scara 5:1

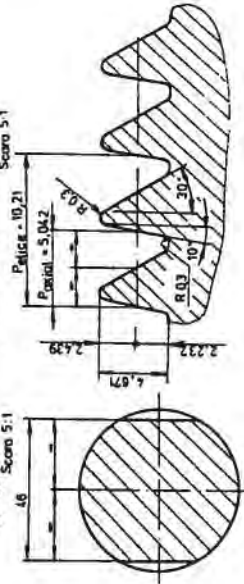
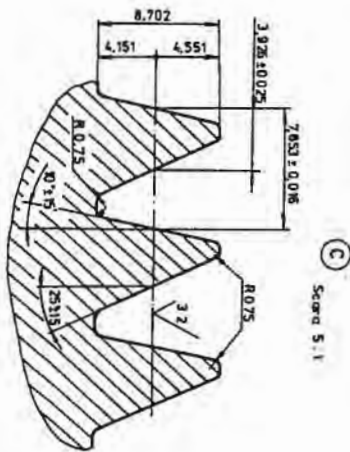
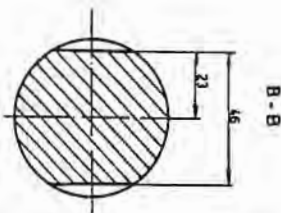


Fig.4.16



Ⓒ Scara 5:1

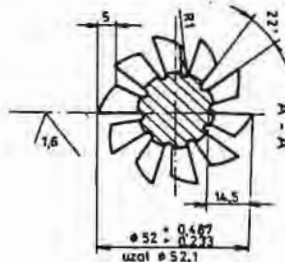
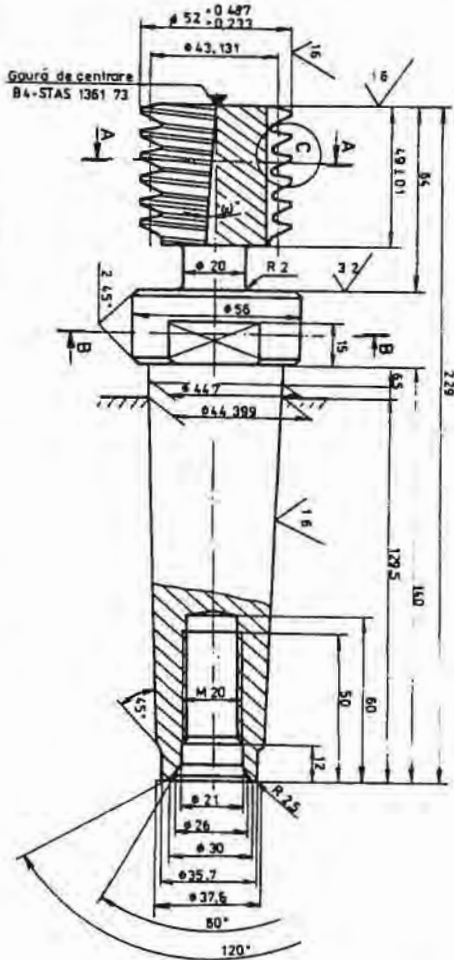


B - B

Fig.4.17

COND. TEHNICE :

- toleranțe mf STAS 2300-86
- Muchile ascuțite se vor lăsa 0,5-1,5°
- Duritatea părții opchizitoare HRC 62-64
- La executarea consolelor pentru executarea opchiilor se admite sistemul frezei prin unghiul 65°



Tipul melcului	Z A
Nr de engrenuri	Z 1
Pașii silicii	7.653
Unghiul de inclinare al consolelor	30°
Sensul înclinării consolelor	dreapta
Nr de dinți ai frezei	10
Pașii consolelor frezei (raportul dinții roșide a cilindrilor de vârf)	232.2, 265
	0.050

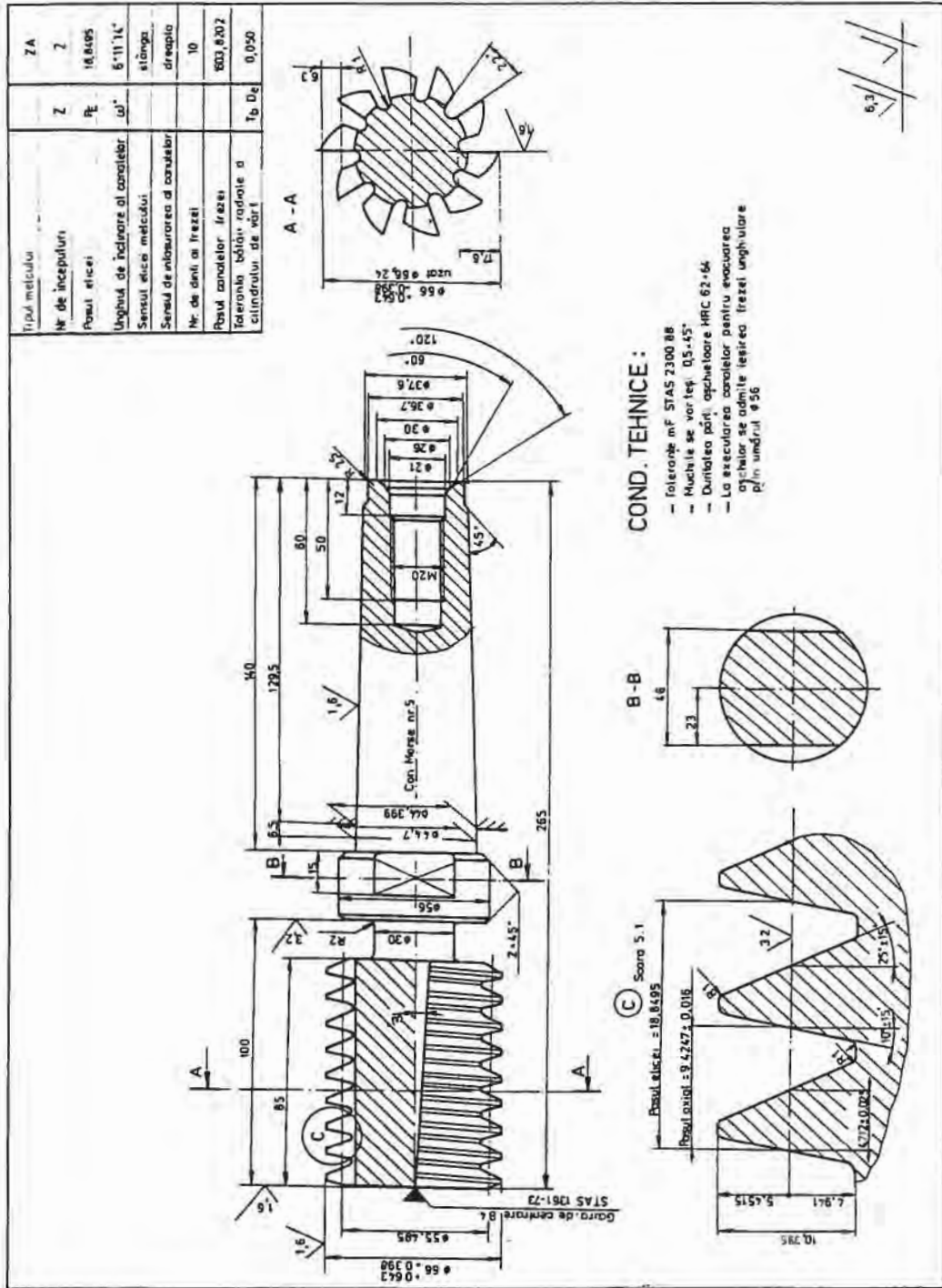


Fig.4.18

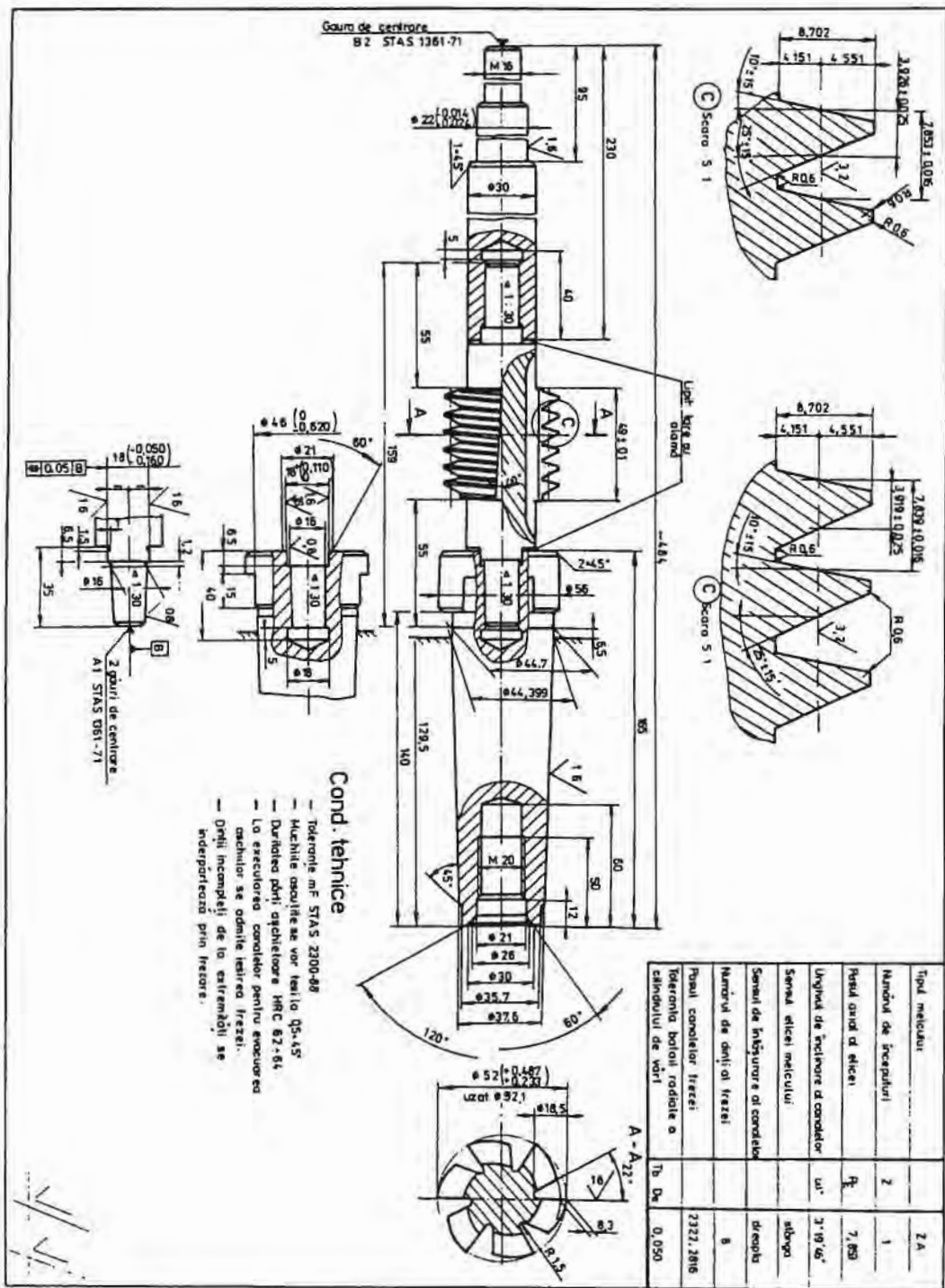
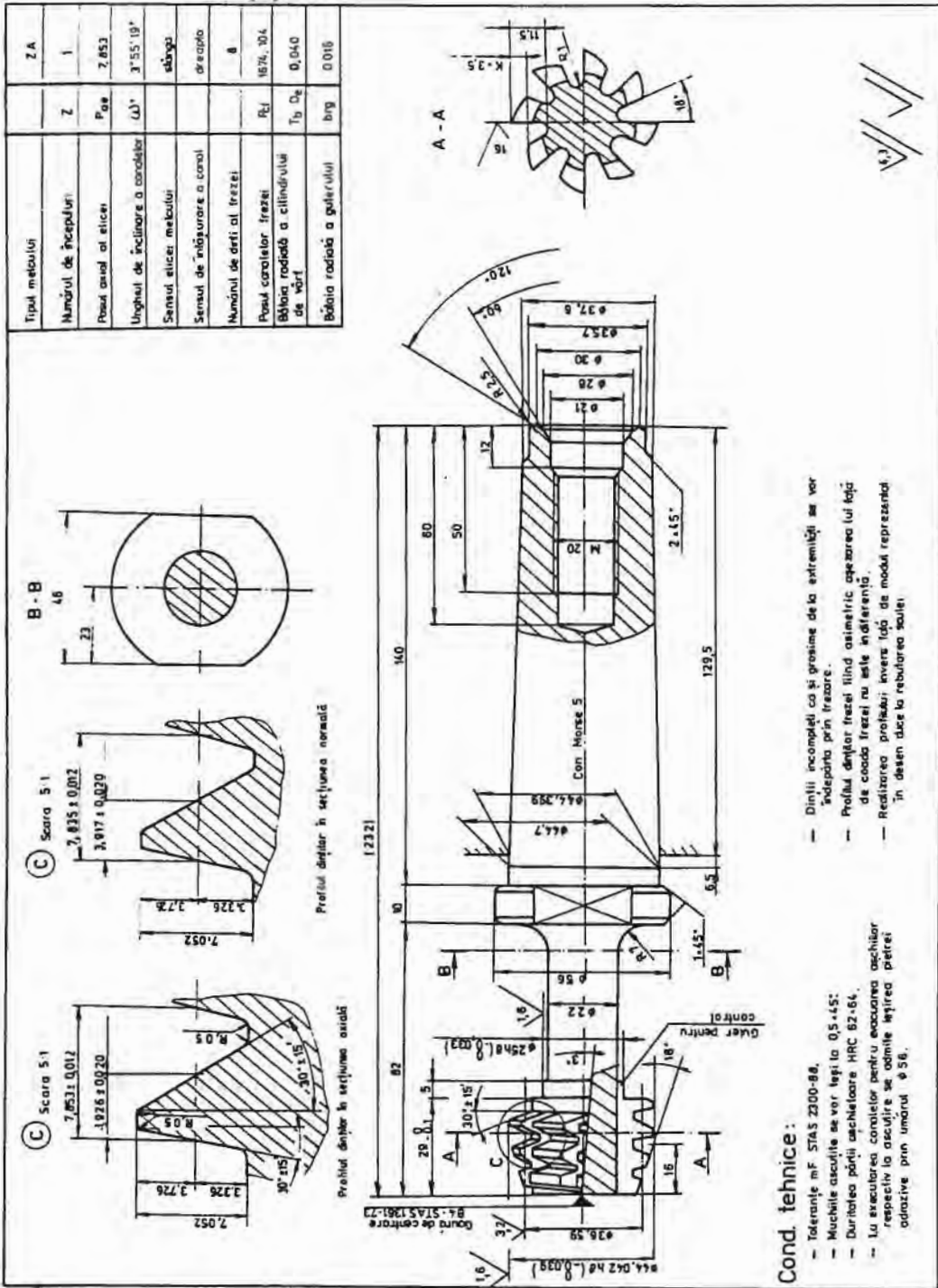


Fig.4.19



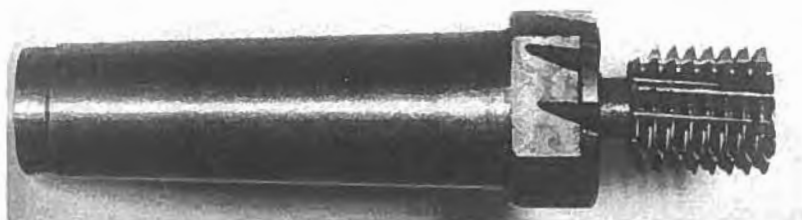


Fig.4.22



Fig.4.23

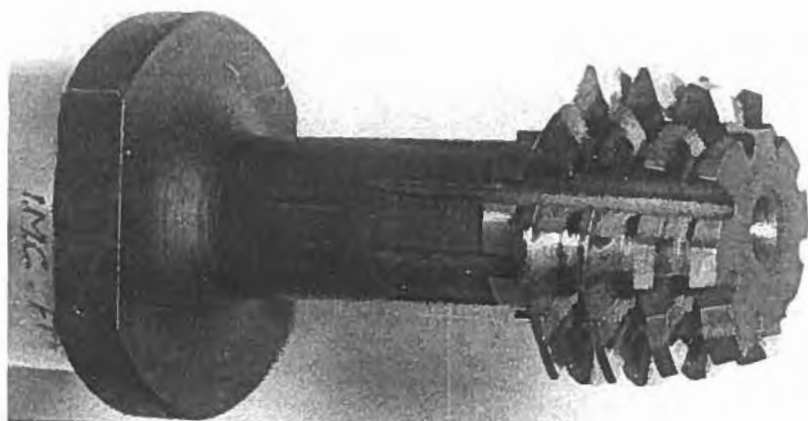


Fig.4.24

Tabelul 4.1

	Denumirea parametrului	Valoarea adoptată/calculată
Caracteristicile melcului funcțional	Melc tip	ZA
	Numărul de începuturi	$z_1 = 1$
	Sensul elicei melcului	Stânga
	Diametrul de referință al melcului	$D_0 = 36,465 \text{ mm}$
	Pasul elicei melcului	$P = 2,5\pi$
	Înălțimea capului dintelui	$a_1 = 3,126 \text{ mm}$
	Înălțimea piciorului dintelui	$b_1 = 3,726 \text{ mm}$
	Unghiul elicei medii	$\theta_m = 3^{\circ}55'19''$
	Unghiurile flancurilor dinților	$\alpha_f = 10^{\circ}, \alpha_e = 30^{\circ}$
Caracteristicile frezei – melc	Înălțimea capului	$a_s = b_1 = 3,726 \text{ mm};$
	Înălțimea piciorului dintelui	$b_s = a_1 + 0,2 = 3,326 \text{ mm}$
	Înălțimea totală a profilului dintelui	$h_s = a_s + b_s = 7,052 \text{ mm}$
	Unghiurile profilului în plan axial:	$\alpha_{f1} = 10^{\circ}, \alpha_{e1} = 30^{\circ}$
	Diametrul de referință al frezei:	$D_s = D_0 + 0,05m_s = 36,590 \text{ mm}$
	Diametrul exterior al frezei:	$D_e = D_s + 2a_s = 44,042 \text{ mm}$
	Diametrul exterior al frezei uzate	$D_{\min} = D_0 + 2a_s = 43,917 \text{ mm}$
	Numărul canalelor de evacuare a așchiilor	$Z_s = 2\pi / \arccos(1 - 4,4m_s/D_e) = 8,69.$ S-a adoptat practic $Z_s = 8$
	Determinarea unghiului de așezare	Se adoptă provizoriu un unghi de așezare lateral $\alpha_f = 2^{\circ}$. $\text{tg}\alpha' = \text{tg}2^{\circ} / \text{tg}10^{\circ}, \alpha' = 11^{\circ}37'$ și $\text{tg}\alpha' = \text{tg}2^{\circ} / \text{tg}30^{\circ}, \alpha' = 3^{\circ}27'$
	Determinarea mărimii detalonării	Se face în funcție de flancul cu unghiul de presiune mic $\alpha = 10^{\circ}$ $K = \pi D_e \text{tg}\alpha' / Z = 3,5 \text{ mm}$
	Adâncimea canalelor de evacuare	$H = h_s + K + r = 7,052 + 3,5 + 1 = 11,552 \text{ mm}$
	Pasul canalelor de evacuare	$T = \pi D_s / \text{tg}\omega = 1674,1 \text{ mm}$
	Unghiul conului de atac:	Din condiția de a avea $H_1 = (0,8 - 0,9)H$ se adoptă $\chi = 19^{\circ}$ dată fiind înălțimea maximă a dintelui.
Lungimea zonei conice:	Se ia astfel ca pe doi pași să se împartă întreaga înălțime a dintelui, pentru zona de calibrare lăsându-se doi dinți.	



Fig.4.25

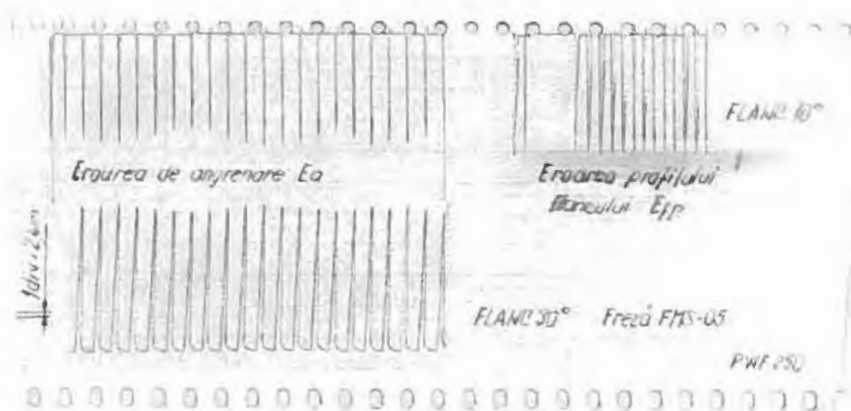


Fig.4.26

Verificarea preciziei de execuție a fezelor-melc spiroide se face după aceleași procedee ca la frezele-melc obișnuite.

În figura 4.26 este prezentată o diagramă de verificare pe aparatul PWF 250-KLINGELNBERG pentru freza-melc spiroidă din figura 4.23.

4.4. Regimurile de aşchiere la frezarea danturii

Întregul proces de aşchiere prin care se generează flancurilor roţilor melcate prin frezare folosind metoda avansului axial este puternic influenţat de faptul că frezele-melc lucrează simultan pe întreaga sa lăţime, element determinat de geometria specifică a acestui tip de angrenaj.

Acest fapt atrage după sine apariţia unor forţe de aşchiere de valoare ridicată în comparaţie cu valorile forţelor de aşchiere la prelucrarea unei roţi melcate obişnuite, ceea ce implică o puternică solicitare a frezei-melc spiroide.

Experimentele efectuate pe maşini de danturat de tip. FD 500, produsă la Uzina Mecanică Cugir, nu au permis prelucrarea automată decât a unor roţi spiroide din poliamidă la limita inferioară de reglare a avansului axial de 0,4 mm/rotaţie piesă. Încercându-se prelucrarea unor semifabricate din fontă şi respectiv oţel la păstrarea regimului automat cu menţionarea avansului axial de 0,4 mm/rotaţie piesă, au apărut forţe de aşchiere şi vibraţii care au pus în pericol siguranţa sculei (s-au produs şi ruperi ale dinţilor sculei), motiv pentru care prelucrarea s-a putut efectua numai cu avans intermitent comandat manual (aproximativ 0,07-0,1 mm pătrundere axială). Şi la utilizarea frezei-melc spiroide din figura 4.19, având o rezistenţă sporită (6 dinţi şi sprijin la ambele capete), prelucrarea danturii, pe un semifabricat din fontă Fc 250, cu avansul axial automat de 0,4 mm/rotaţie piesă nu s-a putut face datorită vibraţiilor mari care au pus în pericol scula.

La modelul de generare cu avans axial se poate constata că flancurile dinţilor roţii sunt constituite din câteva porţiuni (atâtea câţi dinţi ai frezei-melc sunt în angrenare pe lăţimea coroanei danturate) racordate între ele. Aceste racordări ar fi teoretic perfecte, dar datorită erorilor de pas ale frezei-melc spiroide ele sunt vizibile. Se poate afirma deci, că acest mod de generare impune scule cu precizii de pas ridicate pentru a se asigura un flanc cât mai apropiat de

flancul teoretic. Procedul de prelucrare cu avans axial poate fi aplicat în regim industrial la prelucrarea roților spiroide numai la mașinile de danturat care au domeniul de reglare a avansului axial sub 0,04-0,1 mm/rot. piesă.

Prelucrarea roților melcate spiroide prin procedul cu avans tangențial se face în condiții net superioare procedului axial. Procedul de așchiere se desfășoară progresiv scula fiind prevăzută cu con de atac. Acest lucru este bine evidențiat de repartizarea uzurii pe fața de degajare a sculei: mai pronunțat pe dinții de pe conul de atac și mai puțin pe dinții de calibrare, așa cum se evidențiază în figurile 4.27 și 4.28.



Fig.4.27

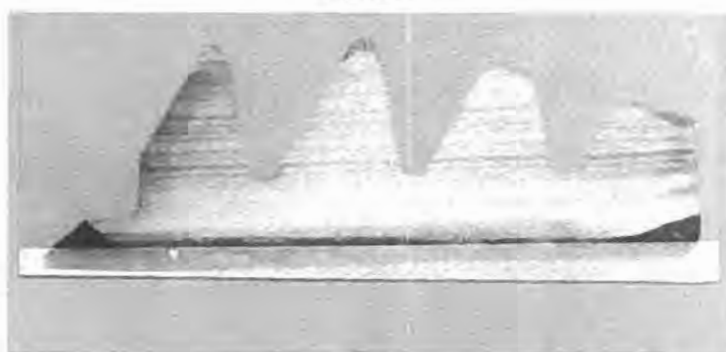


Fig.4.28

Domeniul vitezelor de așchiere și al avansurilor posibil de folosit la prelucrarea roților de fontă prin metoda avansului tangențial este dat în Tabelul 4.2.

Tabelul 4.2

V [m/min]	S _T [mm/rot.]								
17	0,11	0,15	0,21	0,33	0,44	0,45	0,50	0,55	0,72
21									
25									

Prelucrarea roților spiroide din OLC 45 se pot face cu regimuri de așchiere având valori date în Tabelul 4.3.

Tabelul 4.3

V [m/min.]	S _T [mm/rot.]		
25	0,075	0,11	0,15

Rugozitatea flancurilor roților executate din fontă obținute prin utilizarea regimurilor de așchiere indicate mai sus se încadrează în domeniul de valori prezentate în Tabelul 4.4 fiind diferită pe cele două flancuri ale dintelui. Valorile din Tabelul 4.4 s-au obținut prin prelucrarea statistică a valorilor rezultate prin măsurare, valori ce sunt prezentate în ANEXA 3.

Relațiile de legătură posibile de obținut, prin metode de regresie multiplă între rugozitate, viteza de așchiere, avans și unghiul flancului sunt:

— Rugozitatea $R_{a\ min}$ pe o roată:

$$R_{a\ min} = \frac{S_T^{0,06354} \cdot V^{0,08555}}{10^{0,01149} \cdot a_K^{0,13353}} \quad [\mu\text{m}] \quad (4.1)$$

Tabelul 4.4

Viteza de așchiere V [m/min]		Flanc	Avansul tangențial S_T [mm/rot]								
			0,11	0,15	0,21	0,33	0,4	0,45	0,50	0,55	0,72
17	R_a min	30°	0,750	0,610	0,680	0,670	0,760	0,770	0,770	0,800	0,810
		10°	0,700	1,050	0,900	0,750	0,810	0,940	1,100	1,060	0,860
	R_a max	30°	1,460	1,410	1,580	1,450	1,460	1,930	1,830	1,760	1,540
		10°	2,400	2,810	2,510	2,060	2,450	2,960	2,750	2,820	1,510
	R_a med	30°	0,983	1,059	1,123	1,066	1,065	1,275	1,217	1,176	1,151
		10°	1,630	1,933	1,574	1,303	1,456	2,086	1,945	2,047	1,905
21	R_a min	30°	0,650	0,770	0,680	0,690	0,660	0,880	0,860	0,760	0,800
		10°	1,190	0,620	0,940	0,930	0,430	0,990	0,330	0,920	1,140
	R_a max	30°	1,460	1,500	1,490	1,410	1,420	2,780	1,870	1,860	1,510
		10°	2,360	2,070	2,260	2,470	2,630	2,780	2,770	2,340	2,640
	R_a med	30°	0,911	1,080	0,915	1,049	0,982	1,094	1,206	1,116	1,063
		10°	1,808	1,322	1,556	1,614	1,676	1,844	1,598	1,533	1,810
25	R_a min	30°	0,750	0,780	0,890	0,630	0,860	0,730	0,740	0,790	0,710
		10°	0,510	0,990	1,170	0,830	1,100	0,570	1,280	1,250	1,100
	R_a max	30°	1,490	1,710	1,480	1,360	1,780	1,590	1,520	1,600	1,650
		10°	2,710	2,740	2,390	2,110	2,530	2,600	2,640	2,920	2,760
	R_a med	30°	1,085	1,143	1,148	1,034	1,250	1,083	1,069	1,155	1,055
		10°	1,575	2,082	1,744	1,431	1,781	1,585	1,806	2,165	1,873

- Rugozitatea $R_{a \max}$ pe o roată:

$$R_{a \max} = 10^{0,73367} \frac{S_T^{0,04913} \cdot V^{0,06685}}{a_k^{0,40056}} \quad [\mu\text{m}] \quad (4.2)$$

- Rugozitatea medie pe o roată melcată spiroidă:

$$R_{a \text{ mediu}} = 10^{0,68255} \frac{S_T^{0,05779}}{a_k^{0,41168} \cdot V^{0,00641}} \quad [\mu\text{m}] \quad (4.3)$$

Unde:

- s_T - avansul tangențial, în mm/rot;
- a_k - unghiul flancului dintelui, în grade;
- v - viteza de așchiere, în m/min.

Reprezentarea grafică a expresiilor 4.1, 4.2 și 4.3 se poate urmări în figurile 4.29, 4.30 și respectiv 4.31.

Pentru a se putea face diferite corelări necesare alegerii unor regimuri de așchiere adecvate pentru diferite rugozități în grupul de figuri 4.32÷4.46 sunt puse la dispoziție într-o formă ușor de utilizat dependențele dintre : rugozitate, viteză de așchiere avans și unghiurile flancurilor frezei-melc.

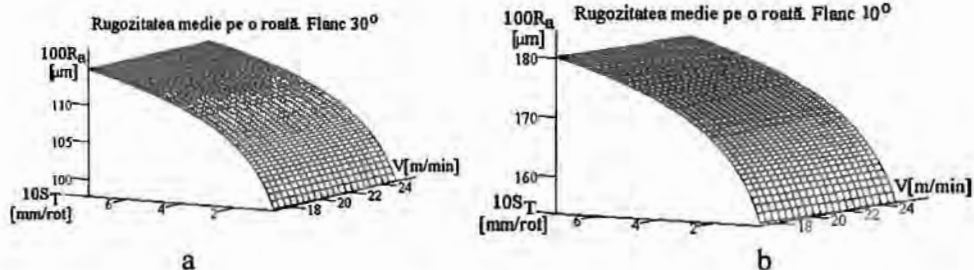


Fig.4.29

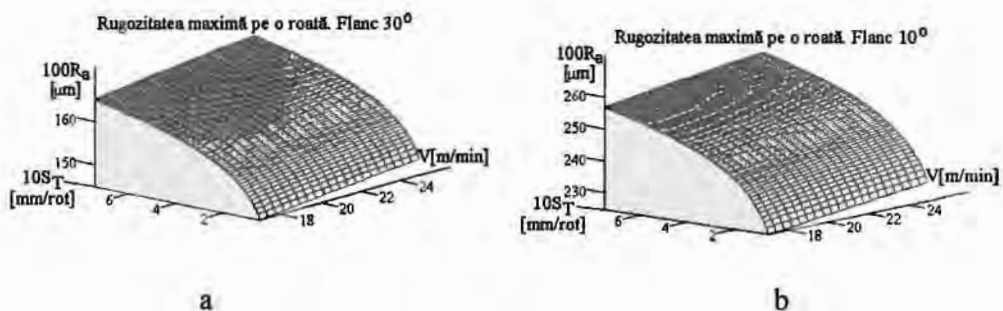


Fig.4.30

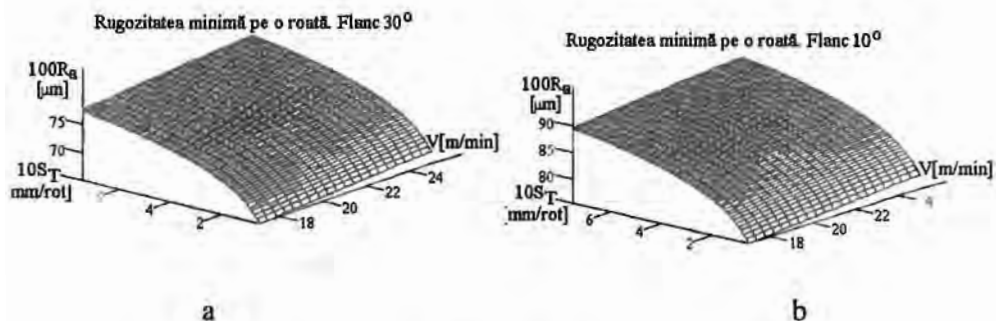


Fig.4.31

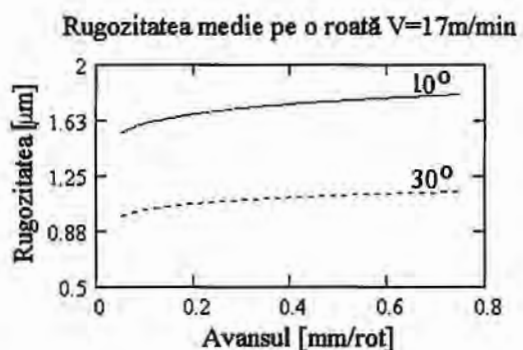


Fig.4.32

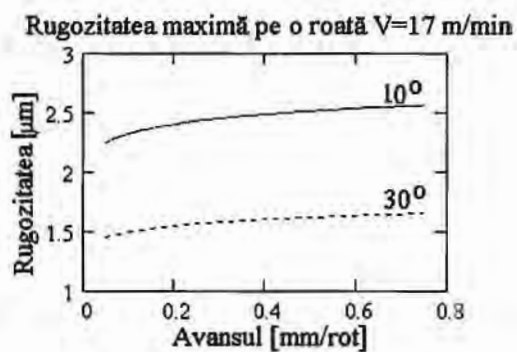


Fig.4.33

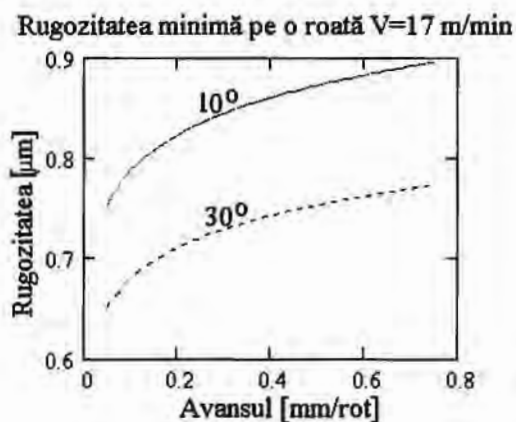


Fig.4.34

Rugozitatea medie pe o roată $V=21$ m/min

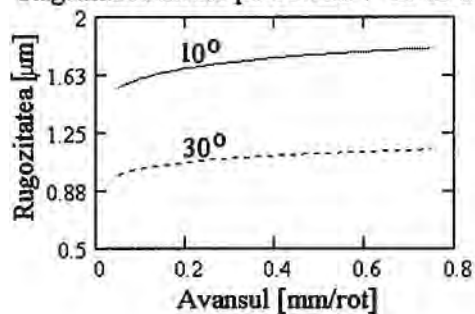


Fig.4.35

Rugozitatea maximă pe o roată $V=21$ m/min

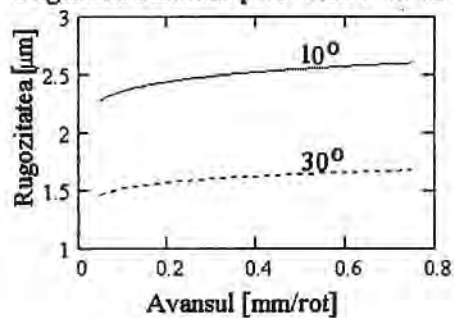


Fig.4.36

Rugozitatea minimă pe o roată $V=21$ m/min

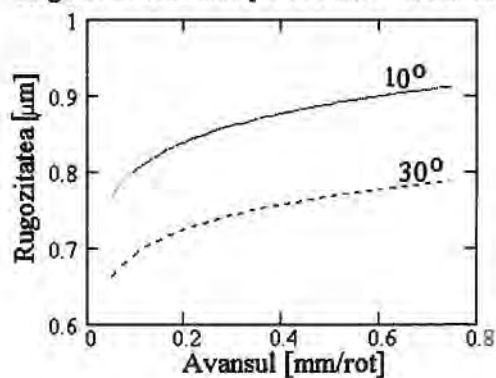


Fig.4.37

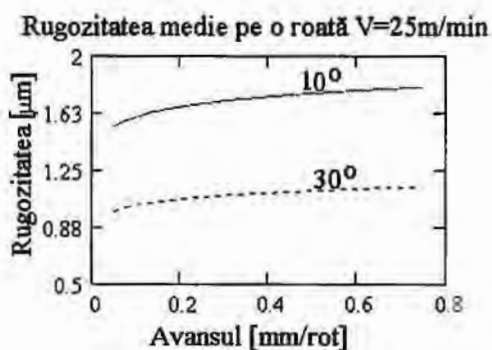


Fig.4.38

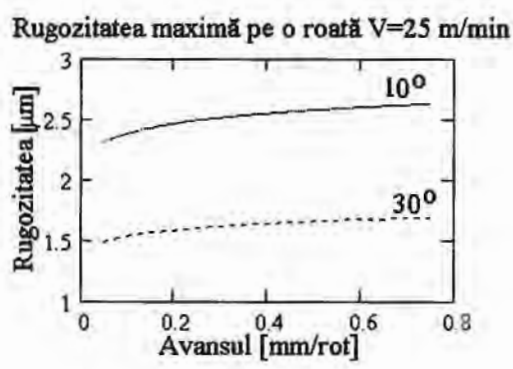


Fig.4.39

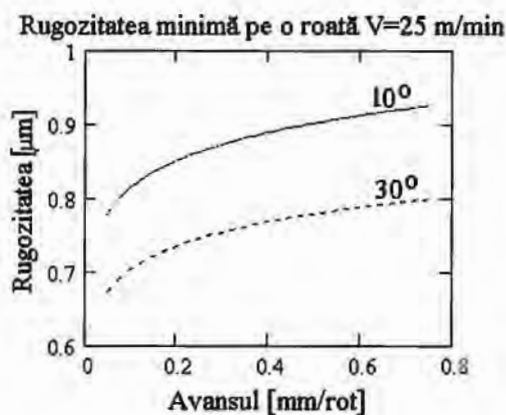


Fig.4.40

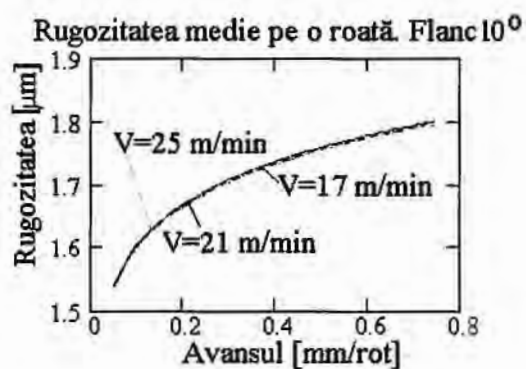


Fig.4.41

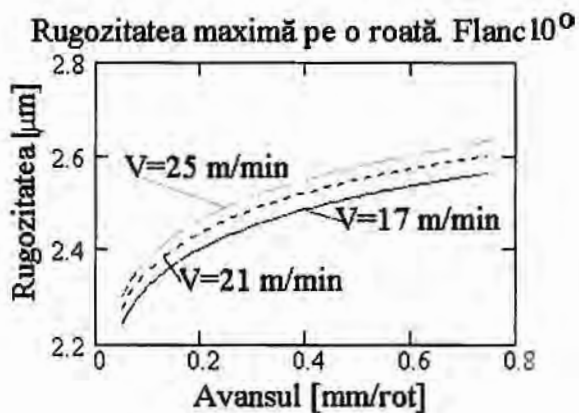


Fig.4.42

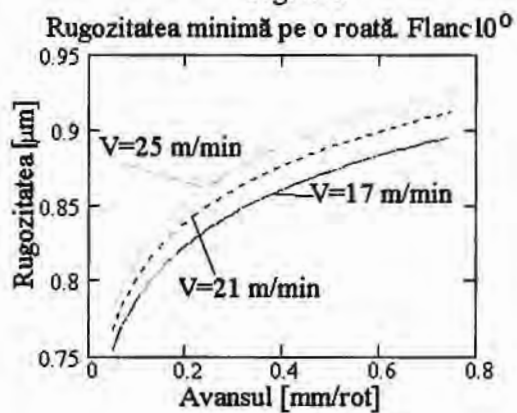


Fig.4.43

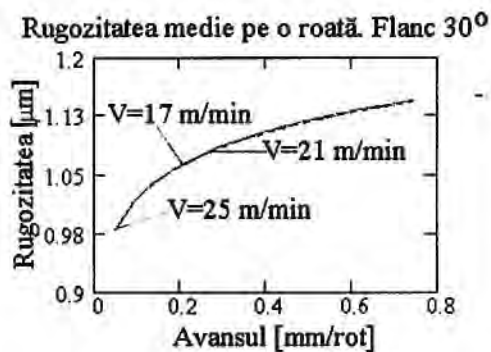


Fig.4.44

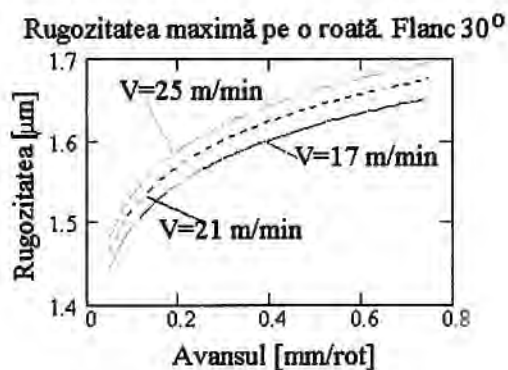


Fig.4.45

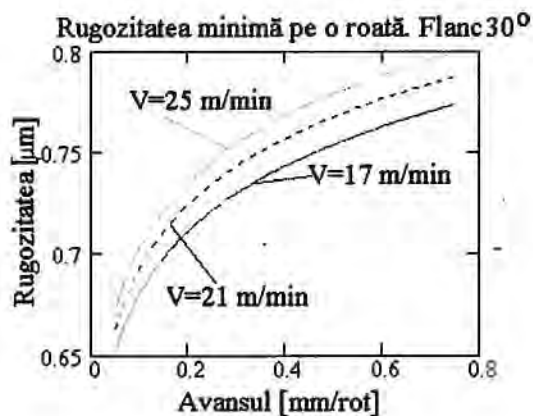


Fig.4.46

Un parametru important în cadrul procesului de aşchiere este puterea consumată în desfăşurarea acestui proces. Având la bază valorile puterii măsurate la danturarea roţilor melcate spiroide din Fc 250 ($z=47$, $m=2,5$) s-au obţinut valorile din Tabelul 4.5

Tabelul 4.5

V [m/min]	Puterea [W]								
	S _T [mm/rot]								
	0,11	0,15	0,21	0,33	0,40	0,45	0,50	0,55	0,72
17	1593	1652	1682	1696	1740	1770	1799	1814	1844
21	1637	1683	1711	1771	1801	1816	1825	1858	1888
25	1742	1772	1817	1843	1859	1873	1890	1903	2006

Prin prelucrarea statistică a acestei baze de date se obţine prin regresii multiple modelul matematic al puterii consumate la danturare (rel.4.4):

$$P = 10^{3,05233} \cdot s_T^{0,07132} \cdot v^{0,1770} \quad [W] \quad (4.4)$$

unde:

- s_T este avansul tangenţial în mm/rot;
- v este viteza de aşchiere în m/min.



Fig.4.47

În figura 4.47 se reprezintă o imagine înregistrată a valorilor puterii absorbite la prelucrarea a trei roți melcate spiroidale, menținându-se valoarea avansului ($s_T = 0,72$ mm/rot.) și folosindu-se trei viteze de așchiere ($v = 17$ m/min, 21 m/min, 25 m/min). Din înregistrare apare bine evidențiate creșterea de putere consumată odată cu creșterea vitezei de așchiere.

Utilizându-se relația 4.4, în figura 4.48 este ilustrat modul de variație al puterii consumate la danturarea roților melcate spiroidale din Fc 250 funcție de parametrii care intervin.

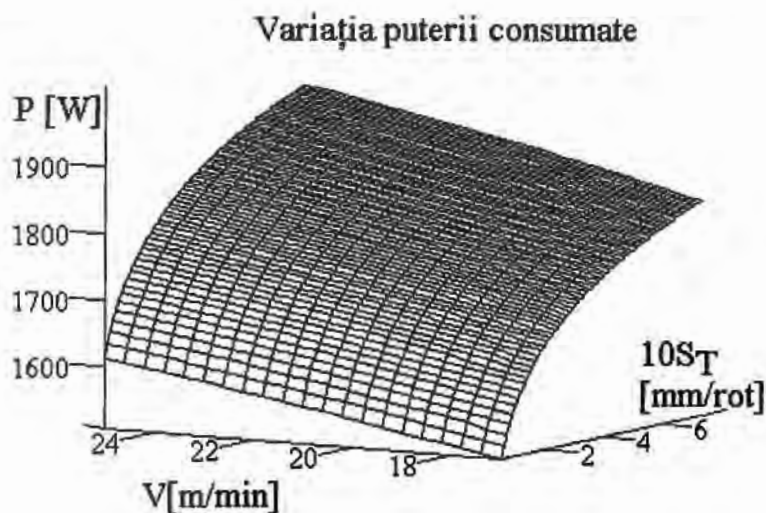


Fig.4.48

Pentru aceeași expresie 4.4 s-a făcut și o reprezentare plană care scoate în evidență legăturile dintre mărimile care influențează puterea la danturarea roților melcate spiroidale plane prin procedeul de frezare cu avans tangențial (fig.4.49).

La prelucrarea roților dințate melcate spiroide din oțel prin metoda avansului tangențial sa constatat că procesul de așchiere se desfășoară în condiții bune. Prelucrându-se dinții la o singură trecere, scula a fost puternic solicitată dar nu au apărut fenomene care să pună în pericol integritatea acesteia.

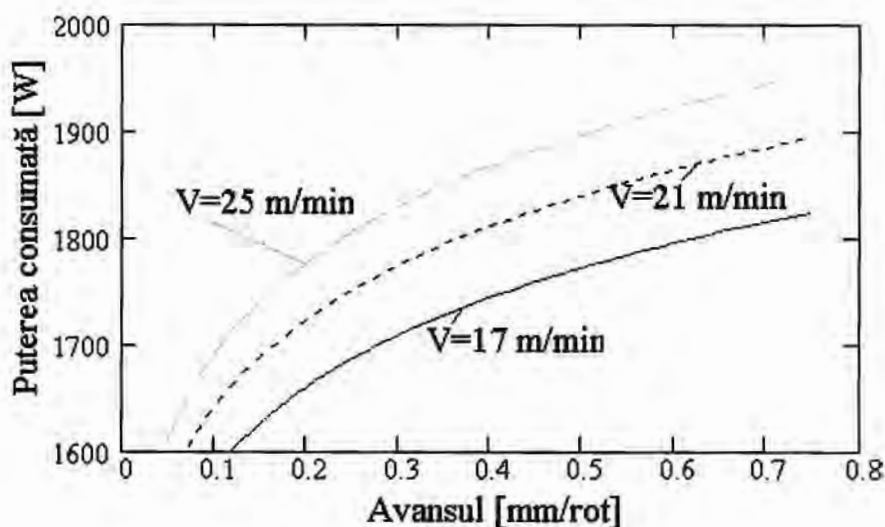


Fig.4.49

Este important de menționat faptul că la viteza de așchiere de 25m/min, se produc depuneri pe tăiș în special pe flancul de 10° , fapt ce deteriorează sensibil rugozitatea suprafeței. Pe flancul de 30° fenomenul a fost mult atenuat. Rugozitățile posibil de obținut pe flancurile dinților la prelucrarea roților spiroide din oțel OLC 45 sunt prezentate în Tabelul 4.6.

Tabelul 4.6

V [m/min]	Rugozitate [μm]	S_T [mm/rot]					
		0,075		0,11		0,15	
		Flanc		Flanc		Flanc	
		30^0	10^0	30^0	10^0	30^0	10^0
25	$R_{a\min}$	0,50	2,66	0,29	2,64	0,32	2,06
	$R_{a\max}$	0,79	4,69	0,77	3,03	0,68	2,48

Făcându-se o comparație între valorile din Tabelul 4.4 și Tabelul 4.6, se poate observa că pe flancurile de 30^0 rugozitatea obținută la roțile din oțel este superioară roților din fontă, dar pe flancurile de 10^0 , unde unghiul de așezare lateral al frezei-melc este mic, rugozitatea este mai slabă decât la roțile din fontă (oțelul revenind elastic mai mult decât fonta, producându-se astfel frecări puternice pe fața de așezare). În timpul danturării roților de oțel se impune utilizarea de lichid de răcire-ungere. În figura 4.50 apare o imagine din timpul prelucrării roților din oțel.

Este de subliniat faptul că la prelucrarea cu avans tangențial dacă nu se asigură prelucrarea la o singură trecere, revenirea în poziția inițială pentru reluarea cursei tangențiale la o adâncime mai mare trebuie realizată prin cuplarea avansului în sens invers, acest lucru dublând timpul de execuție al roții. Revenirea cu avans rapid nu se poate face deoarece datorită jocurilor și respectiv datorită decuplării diferențialului, nu se mai poate reintra exact pe aceeași elice ca la cursa anterioară și se pot produce abateri de la configurația dinților.

La prelucrarea roților spiroide duble, prelucrarea dintr-o singură trecere este obligatorie. La prelucrarea acestor roți procesul de așchiere de derulează în condiții bune, freza fiind în așchiere atât în partea de jos cât și în cea de sus în mod egal. Experiențele de danturare a unor roți din Fc 250 au fost făcute la viteza de așchiere $v=21\text{m/min}$ și avansul tangențial de $0,1\text{mm/rot}$ pentru $z_2=47$ și $m_a=2,5\text{mm}$, prelucrarea având loc în condiții foarte bune.

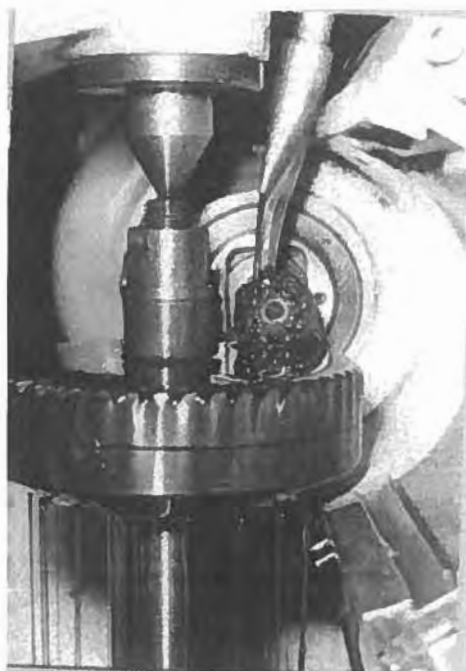


Fig.4.50

În figurile 4.51 și 4.52 sunt prezentate astfel de roți prelucrate pe mașina de danturat FD 500.



Fig.4.51



Fig.4.52

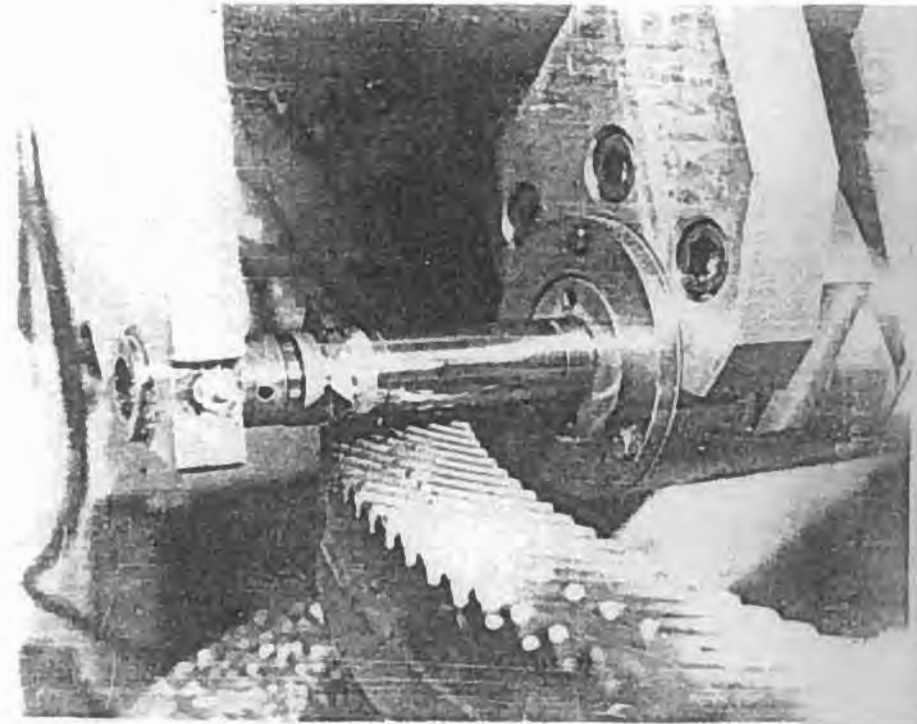


Fig.4.53 [187]

În lucrarea [187] se menționează utilizarea cu rezultate bune a procedurii de frezare a danturii roților melcate spiroide plane din bronz (fig.4.53), utilizând ca sculă cuțitul rotativ, pe mașina de danturat FD 900 (UM Cugir).

Se poate aprecia faptul că prelucrarea roților melcate spiroide plane se poate face în regim industrial în cele mai bune condiții numai prin metoda avansului tangențial pe mașinile de danturat existente. Desigur realizarea unor mașini de danturat cu posibilități de reglare a unor regimuri de avans axial al frezei-melc comparabile cu cele de la prelucrarea cu avans tangențial face posibilă și utilizarea metodei de prelucrare cu avans axial.

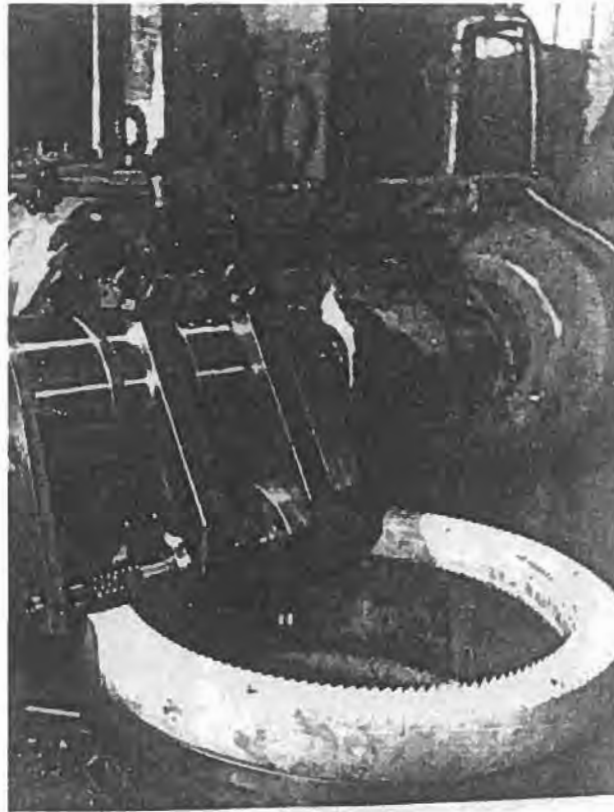


Fig.4.54 [187]

Lipsa unor mașini de danturat echipat adecvat prelucrării roților melcate constituie una din cauzele care împiedică în mare măsură introducerea pe scară largă în aplicații industriale a acestor angrenaje.

Preocupări privind adecvarea unor mașini de danturat și pentru execuția unor astfel de roți pot fi menționate în lucrările [16,187]. În [187] se prezintă un cap de danturat, fig.4.54, ce echipează mașina de danturat FD 900 (UM Cugir).

CAPITOLUL 5

CONTROLUL ANGRENAJULUI MELCAT SPIROID CILINDRIC

5.1. Introducere

Controlul angrenajelor melcate spiroide prezintă o serie de elemente comune cu controlul angrenajelor melcate cilindrice de uz general și cel al angrenajelor conice și hipoide dar apar și aspecte particulare.

În cele ce urmează se prezintă câteva aspecte concrete privind controlul angrenajelor spiroide cu melc cilindric. Pentru a se putea urmări explicarea problematicii în discuție trebuie avute în vedere elementele geometrice ale angrenajului melcate spiroid cilindric (Anexa 1).

5.2. Controlul danturii melcilor spiroizi cilindrici

Prealabil prelucrării danturii melcilor semifabricatului va fi verificat atât din punct de vedere al cotelor dimensionale cât și în ceea ce privește coaxalitatea cilindrului exterior al melcului cu tronsoanele fusurilor prin verificarea bății radiale pe un dispozitiv universal.

Verificarea danturii melcului spiroid cilindric presupune măsurarea următorilor parametri: pasul axial, profilul spirei melcului, grosimea spirei melcului.

Controlul abaterii pasului axial, al erorii cumulate a pasului axial al erorii formei profilului respectiv bătaia radială a spirei melcului se poate face pe aparatul KLINGELNBERG-PSR 500.

Grosimea dintelui melcului se poate măsura cu aceleași aparate ca și în cazul roților dințate melcate cilindrice: șublerul pentru dantură, comparatorul cu micrometru optic, șabloane ș.a.

5.3. Controlul danturii roților melcate spiroide plane

Semifabricatul roții va fi verificat înainte de danturare atât din punct de vedere al cotelor dimensionale cât și în ceea ce privește bătaia frontală a zonei pe care se va executa dantura.

Verificarea danturii roților melcate spiroide plane presupune măsurarea următorilor parametri: înălțimea dinților, grosimea dinților, bătaia frontală a danturii, saltul de pas al dinților ș.a.

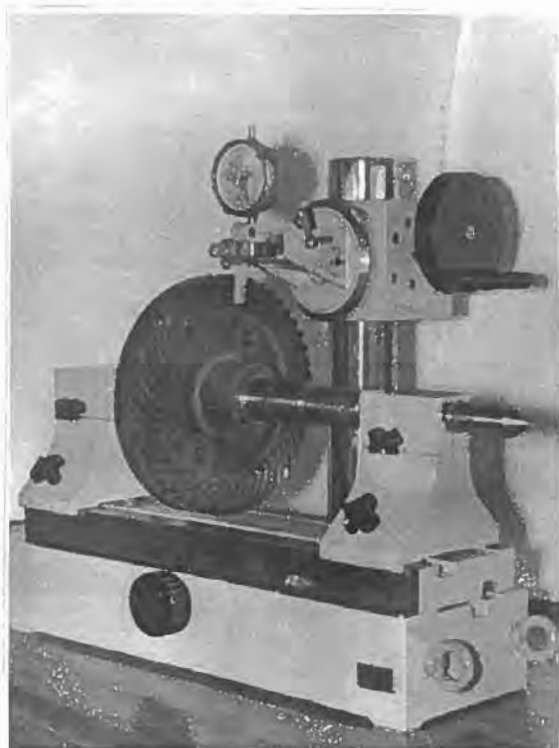


Fig.5.1

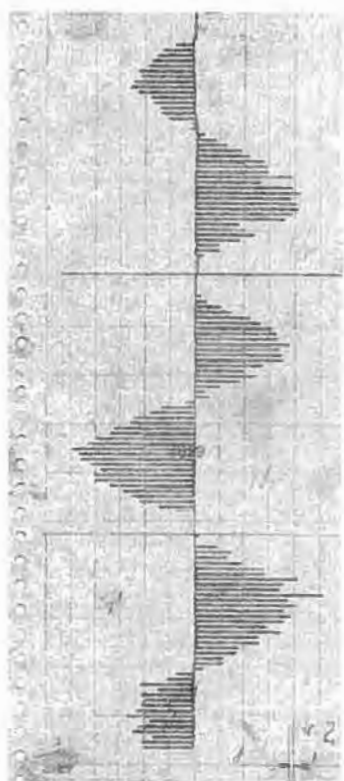


Fig.5.2

Determinarea înălțimii dinților nu pune probleme specifice ea putându-se face cu șublerul, șabloane, ceas comparator, etc.

Măsurarea bătăii frontale a danturii se poate efectua pe aparatul de tip M 200 (Carl Zeiss Jena) destinat măsurării bătăii radiale a danturii roților cilindrice folosindu-se un palpator cu vârf sferic ales convenabil. În fig.5.1 se prezintă o imagine a unei astfel de măsurători.

Verificarea grosimii dinților nu poate fi executată în mod direct ci numai indirect cu prilejul verificării întregului angrenaj având în vedere faptul că flancurile dinților nu permit acest lucru (un flanc este concav și celălalt este convex).

Pentru măsurarea saltului de pas al dinților se poate utiliza un aparat tip Dr. HOFFLER utilizat și la alte tipuri de roți dințate. În fig.5.2 este prezentată înregistrarea unei astfel de măsurări efectuate la trei roți melcate spiroide.



Fig.5.3

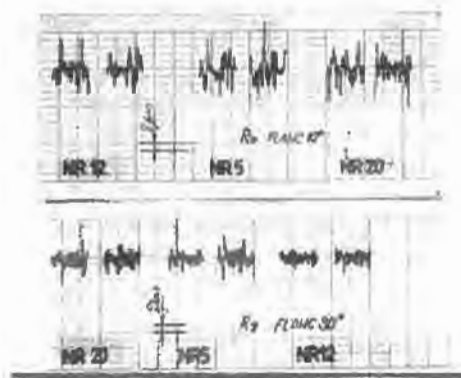


Fig.5.4

Măsurarea rugozităților rezultate în urma prelucrărilor se poate face cu aparatul Perthograf R100T5 asociat aparatului Perthometer W5D, care utilizează palpatoare $R=10\mu\text{m}$ pe lungimea de $L = 1,5 \text{ mm}$. În figura 5.3 Este reprezentat modul de reprezentare a rugozității iar în figura 5.4 este redată o înregistrare a profilului R_z realizată în timpul măsurătorilor.

5.4. Controlul angrenajului melcat spiroid în angrenare

Verificarea condițiilor de angrenare a angrenajului melcat spiroid presupune verificarea următorilor parametri: distanța axială, distanța de montare a melcului, abaterea cinematică maximă pentru angrenajele la care prezintă interes criteriul preciziei cinematice, pata de contact pentru angrenajele la care prezintă interes criteriul contactului între dinți.

Realizarea verificării complexe a angrenajului melcat spiroid pentru determinarea elementelor menționate mai sus se poate face pe aparatul de tip. KLINGELNBERG PEK 300 destinat pentru controlul angrenajelor conice și hipoide și respectiv pe aparatul KLINGELNBERG PSR 500 destinat verificării angrenajelor melcate de uz general. Efectuarea măsurătorilor pe aceste aparate presupune realizarea unor reglaje specifice.

În figurile 5.5 și 5.6 se prezintă diagramele de verificare ale unor angrenaje melcate spiroid efectuate pe aparatul PEK 300. Valorile abaterilor măsurate încadrează angrenarea pe flancul portant în clasa 8-a de precizie cinematică conform STAS 6461-81 specific angrenajelor melcate de uz general. Flancurile melcului din angrenajul măsurat au fost finisate prin strunjire.

Figurile 5.7 și 5.8 pun în evidență modul de repartizare al petei de contact stabilită pe același aparat PEK 300.



Fig.5.5



Fig.5.6

În figurile 5.9, 5.10 și 5.11 se exemplifică modul de verificare al unui angrenaj melcat spiroid pe aparatul KLINGELNBERG PSR 500 în vederea determinării petei de contact.



Fig.5.7



Fig.5.8

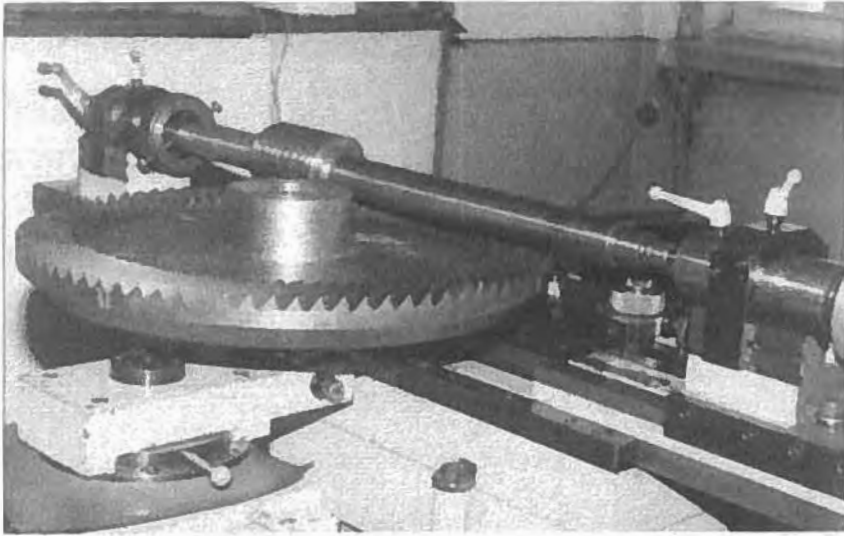


Fig.5.9

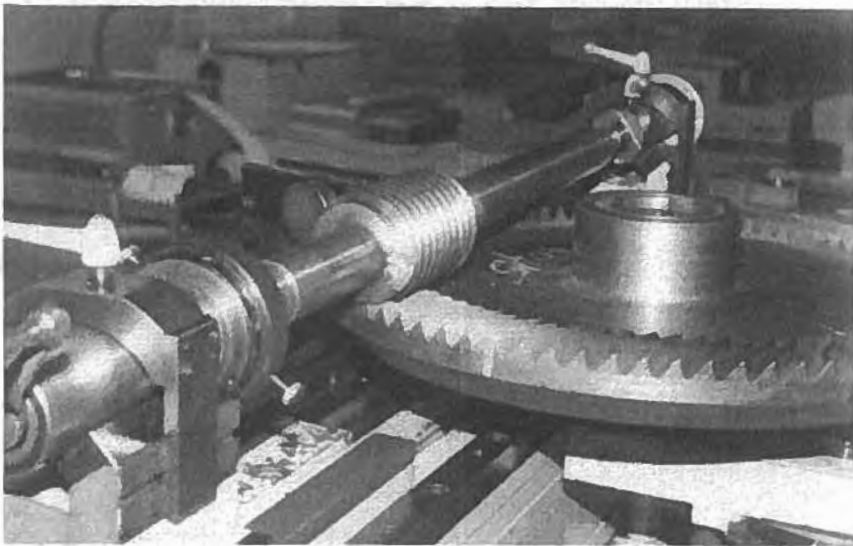


Fig.5.10

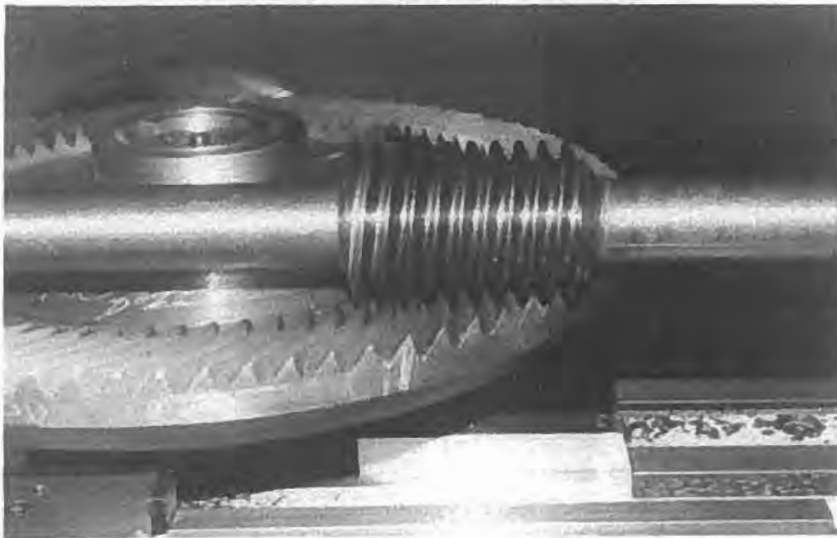


Fig.5.11

Din cele prezentate mai sus rezultă că deși prezintă particularități constructive specifice angrenajele melcate spiroide pot fi verificate utilizând aparatele de măsură și control existente pentru angrenajele melcate de uz general respectiv pentru angrenajelor conice și hipoide. Se impune însă introducerea unor standarde cu abateri dimensionale și funcționale specifice.

ANEXA 1**ELEMENTE PRIVIND CALCULUL GEOMETRIC AL
ANGRENAJULUI MELCAT SPIROID**

Metoda de calcul geometric utilizată în cadrul lucrării are ca punct de plecare elementele prezentate de W.D.Nelson în [188,189], D.W:Dudley în [73] și valorile din [236], care sunt utilizate de firma Illinois Tools Works (SUA). Pentru ca metoda de calcul să poată fi folosită într-un sistem asistat de calculator s-au efectuat o serie de adaptări care să asigure posibilitatea de execuție a melcilor, în ceea ce privește pașii suprafețelor elicoidale, pe strungurile normale [26,42].

În continuare se prezintă în mod sintetic relațiile și parametrii specifici metodei de calcul și sunt puse la dispoziție următoarele:

- Elementele geometrice ce definesc angrenajul melcat spioroid (Fig.A1.1.);
- Semnificația notațiilor elementelor geometrice (Tabelul A.1.1);
- Schema logică și relațiile pentru calculul geometric al angrenajului (Fig. A1.2);
- Recomandările pentru alegerea parametrului echivalent coeficientului diametral în funcție de numărul de dinți ai roții melcate (Tabelul A1.2);
- Recomandările pentru alegerea poziției punctului de contact și a unghiurilor melcului și a roții melcate (TabelulA1.3);
- Programul în GWBASIC pentru calculul elementelor geometrice ale angrenajului (Tabelul A1.4);
- Exemple de calcul ale unor angrenaje reale (Tabelele A1.5, A1.6, A1.7).

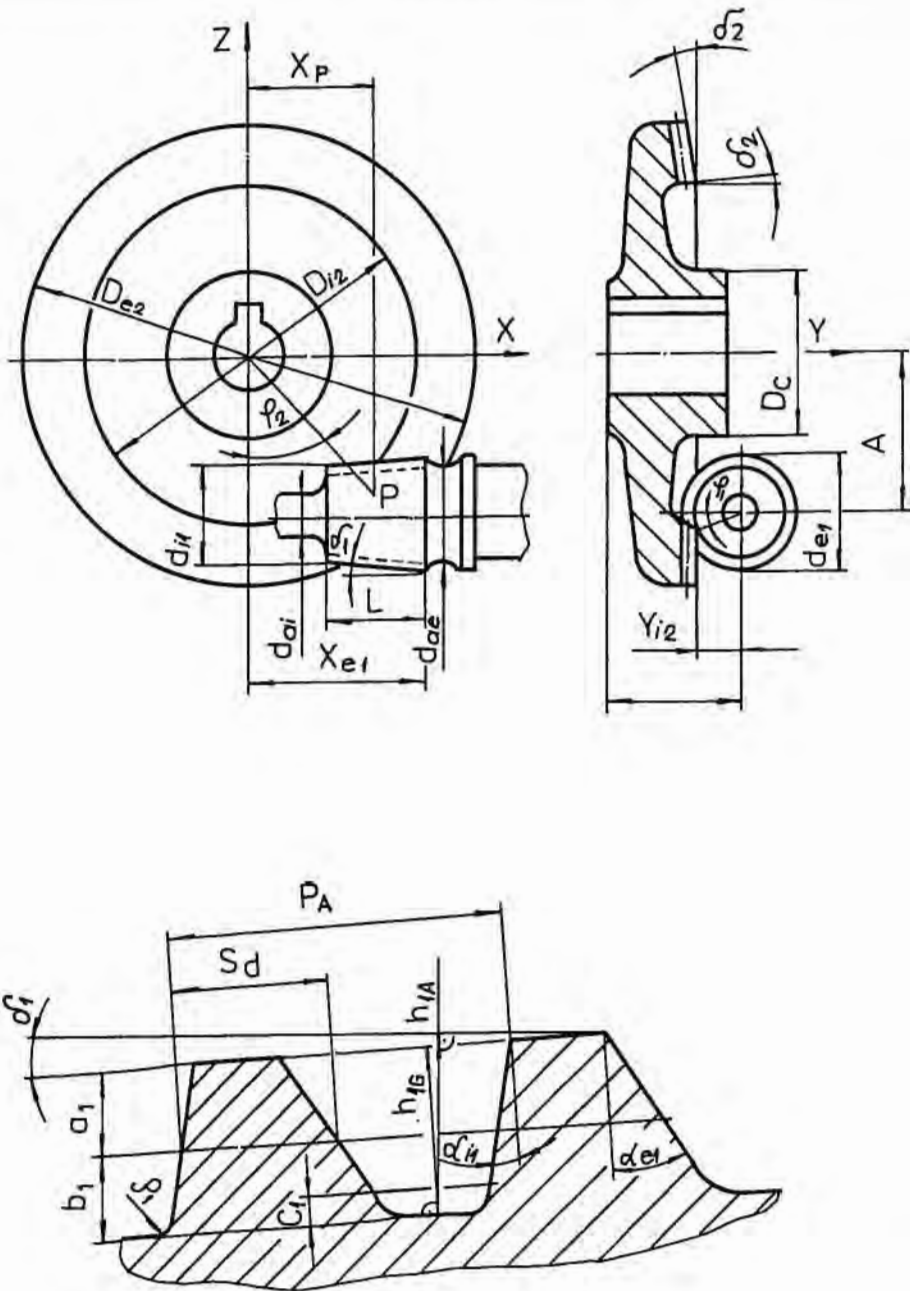


Fig.A1.1

Tabelul A1.1

A	Distanța axială	x_{12}	Abscisa punctului de vârf a roții
d_{e1}	Diametrul exterior maxim al melcului	r_{12}	Raza melcului corespunzător punctului de vârf a roții
d_{i1}	Diametrul exterior minim al melcului	R_{e2}	Raza maximă a roții
D_{e2}	Diametrul exterior maxim al roții	R_{i2}	Raza minimă a roții
D_{i2}	Diametrul interior al roții	h_{1G}	Înălțimea totală a dintelui măsurată perpendicular pe generatoarea con
L	Lungimea părții filetate a melcului	h_{1A}	Înălțimea totală a dintelui măsurată perpendicular pe axă
d_{ae}	Diametrul arborelui melcului la diametrul mare al conului	r_m	Raza în planul mediu a melcului
d_{ai}	Diametrul arborelui melcului la diametrul minim al conului	z_1	Nr. de începuturi pentru melc
D_c	Diametrul corpului butucului roții	z_2	Nr. de dinți ai roții
h_{1GL}	Înălțimea de lucru a dintelui melcului perpendicular pe generatoare	q_{ITW}	Raport dimensional
h_{1AL}	Înălțimea de lucru a dintelui melcului perpendicular pe axa conului	s	Șir de valori pentru raportul dimensional
p_A	Pasul axial măsurat paralel cu generatoarea conului	z_p	Cota punctului de contact
p_E	Pasul elicei măsurat paralel cu generatoarea conului	a_1	Înălțimea cap dinte măsurată perpendicular pe generat. conului
s_d	Grosimea dintelui	b_1	Înălțimea picior dinte măsurată perpendicular pe generat. conului
x_{e1}	Distanța de la axa roții la capătul de diametru mare al melcului	δ_1	Semiunghiul conului melcului
y_{12}	Ordonata punctului de vârf al roții	δ_2	Complementul semiunghiului conului roții
i_{12}	Raportul de transmitere	α_{e1}	Unghiul de presiune axial mare
R_p	Raza punctului de contact al roții	α_{i1}	Unghiul de presiune axial mic
r_p	Raza punctului de contact al melcului	α'_{e1}	Unghiul de presiune axial mare critic
x_{m1}	Abscisa punctului din planul mediu a melcului	$\alpha_{e1 _m}$	Unghiul de presiune axial limită
ρ_1	Raza la fundul profilului	θ_m	Unghiul mediu al elicei melcului
c_1	Jocul la fund	φ_1	Unghiul de poziție a punctului de contact al melcului
x_p	Abscisa punctului de contact	φ_2	Unghiul de poziție a punctului de contact a roții

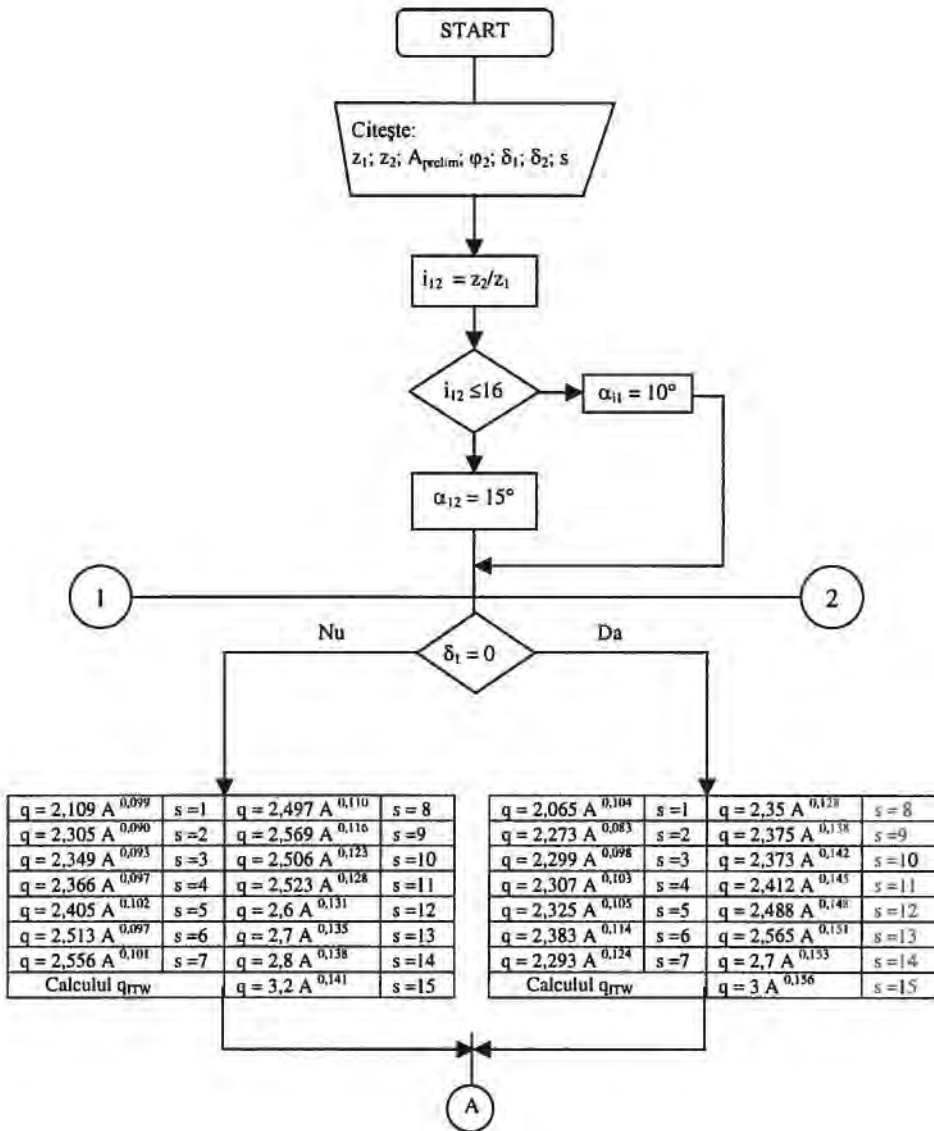


Fig.A1.2

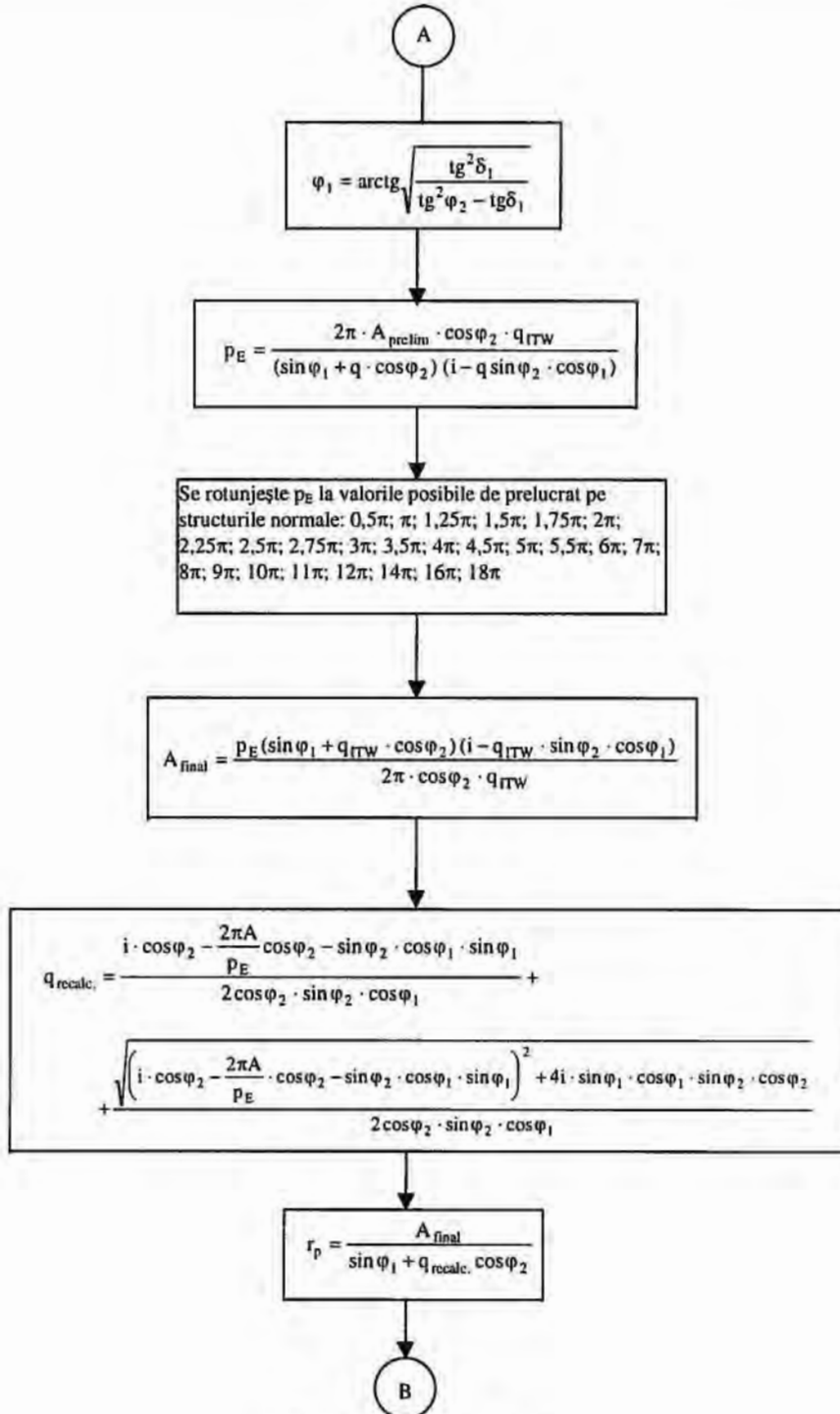


Fig.A1.2 (continuare)

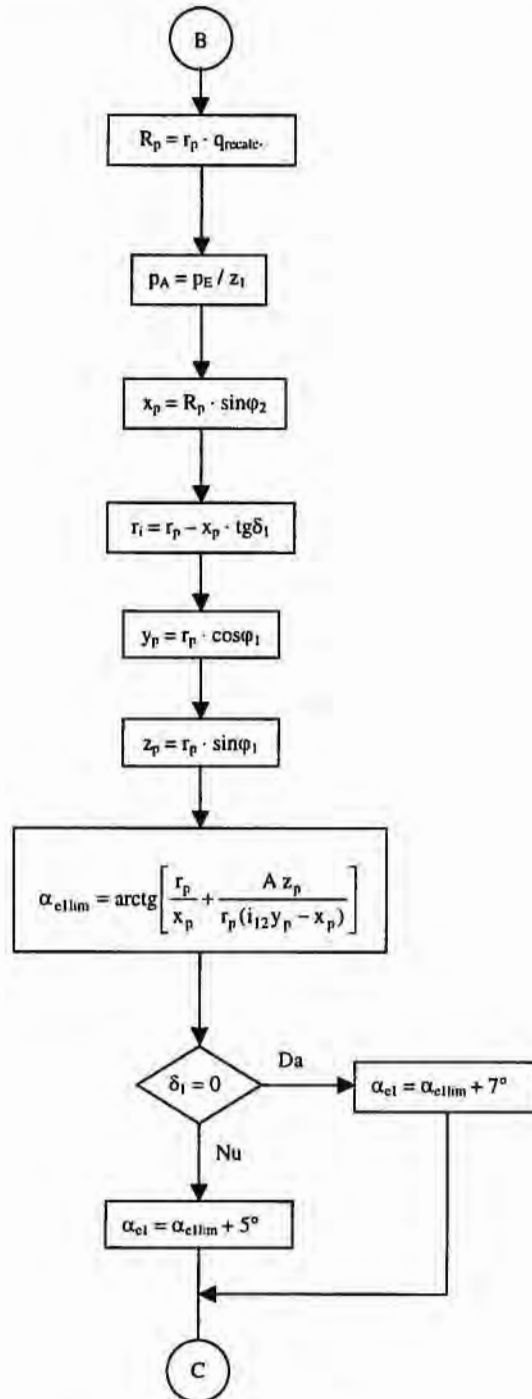


Fig.A1.2 (continuare)

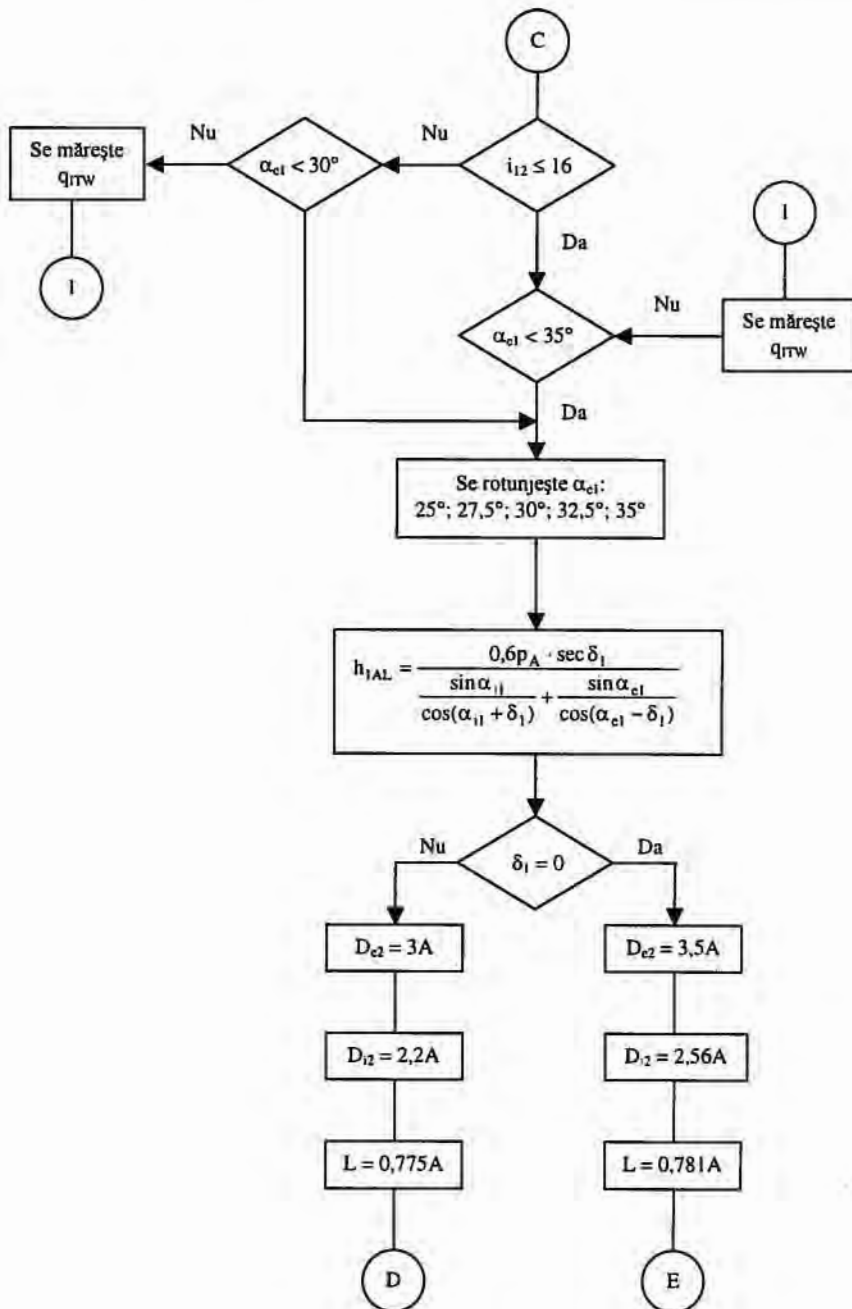


Fig.A1.2 (continuare)

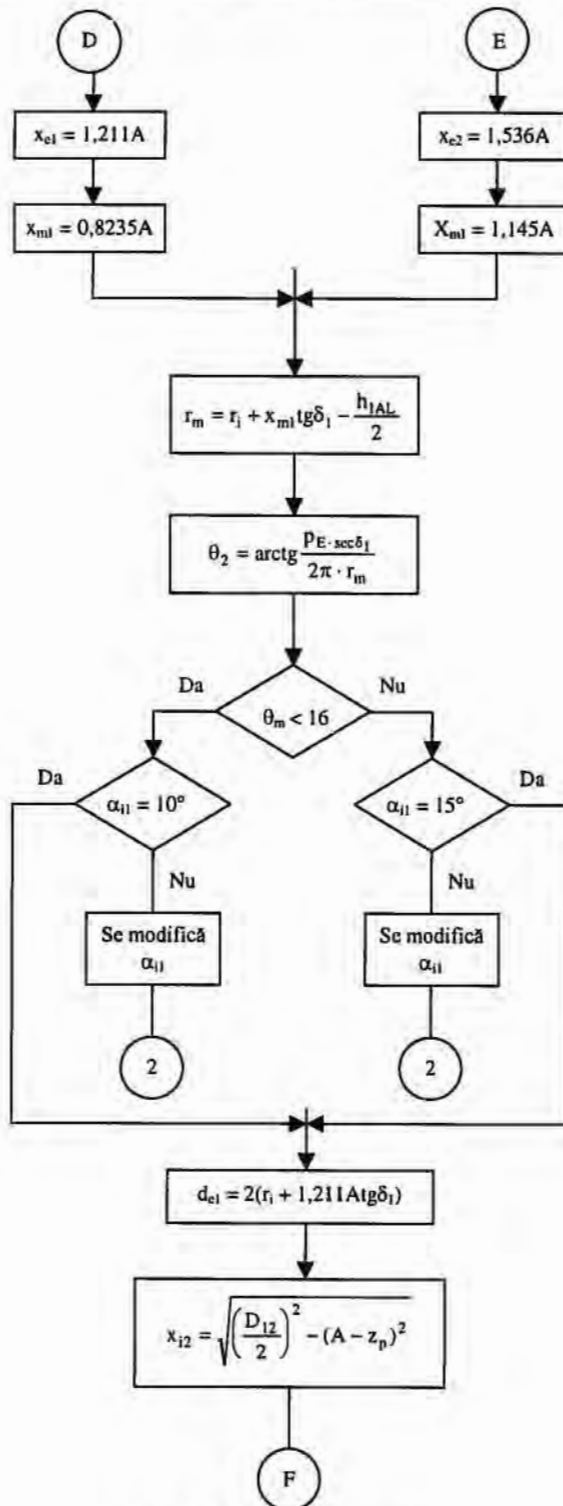


Fig.A1.2 (continuare)

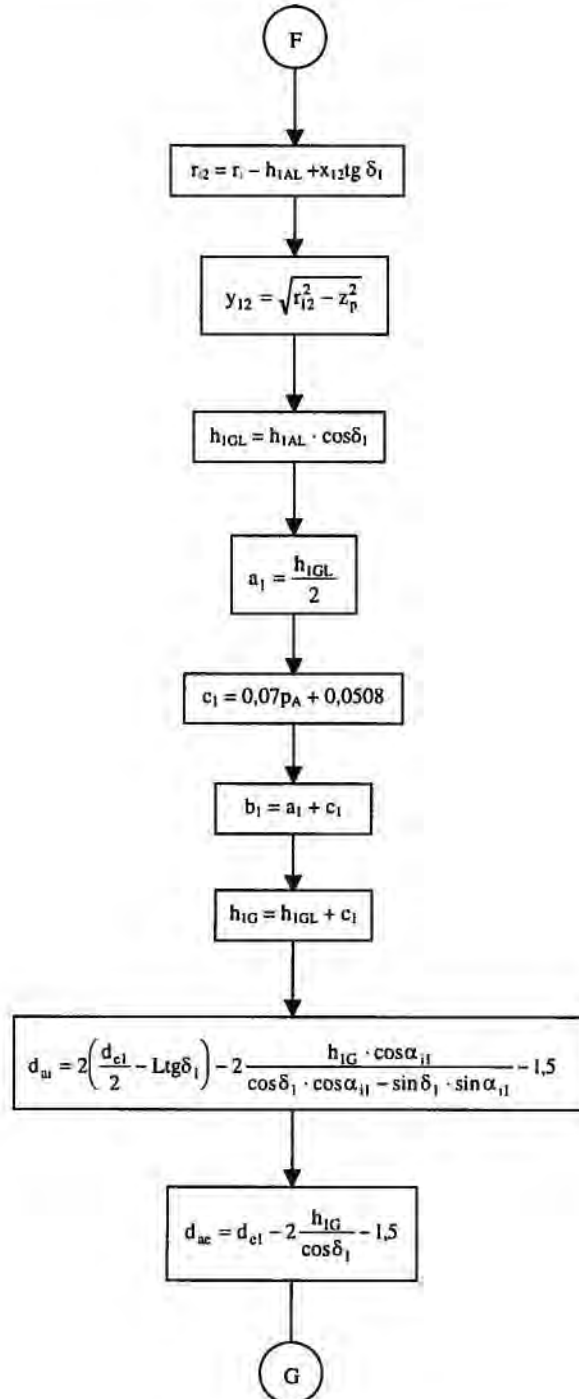


Fig.A1.2 (continuare)

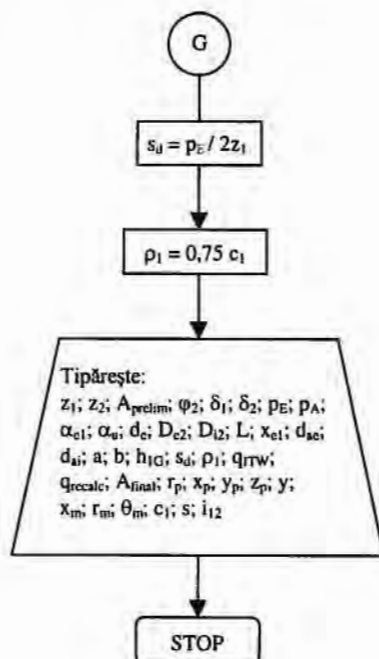


Fig.A1.2 (continuare)

Tabelul A1.2

s1	$z_2 = 30 \dots 35$	s9	$z_2 = 81 \dots 90$
s2	$z_2 = 36 \dots 40$	s10	$z_2 = 91 \dots 100$
s3	$z_2 = 41 \dots 45$	s11	$z_2 = 101 \dots 112$
s4	$z_2 = 46 \dots 50$	s12	$z_2 = 113 \dots 128$
s5	$z_2 = 51 \dots 55$	s13	$z_2 = 129 \dots 150$
s6	$z_2 = 56 \dots 60$	s14	$z_2 = 151 \dots 200$
s7	$z_2 = 61 \dots 70$	s15	$z_2 = 201 \dots 300$
s8	$z_2 = 71 \dots 80$		

Tabelul A1.3

	φ_2	δ_1	δ_2
Angrenaje spiroide cu melc conic	40^0	5^0	8^0
Angrenaje spiroide cu melc cilindric		0^0	90^0

Tabelul A1.4



Program în GW BASIC pentru calculul geometric al angrenajului melcat spiroid.
Varianta de program iunie 1999

```

8 PRINT "N1=NR DINTI ROATA N0=NR INC MELC A=DIST AX PREL
F=UNG PCT CONT"
9 PRINT "DO=SEM UNG MELC D1=SEMUNG ROATA N9=SIR VAL
COEF DIAMETRAL
10 INPUT "N1 N0 A F D0 D1 N9 =";N1,N0,A,F,D0,D1,N9
11 PI=3.1415926385#
12 F=F*PI/180
14 D0=D0*PI/180
16 D1=D1*PI/180
17 J=0
20 I=N1/N0
30 IF I<=16 THEN 60
40 A1=PI/18
50 GOTO 70
60 A1=15*PI/180
70 IF D1=0 THEN 76
72 GOSUB 600
74 GOTO 100
76 GOSUB 670
100 T=ATN(SQR(TAN(D0)^2/(TAN(F)^2-TAN(D0)^2)))
130 P0=2*PI*A*COS(F)*R/((SIN(T)+R*COS(F))*(I-R*SIN(F)*COS(T)))
131 GOSUB 800
132 A5=P0*((SIN(T)+R*COS(F))*(I-R*SIN(F)*COS(T)))/(2*PI*COS(F)*R)
133 A6=INT(A5+.5)
134 S3=COS(F)*SIN(F)*COS(T)
135 S4=I*COS(F)-2*PI*A6*COS(F)/P0-SIN(F)*COS(T)*SIN(T)
136 S5=I*SIN(T)
137 Q=(S4+SQR((S4)^2+4*S3*S5))/(2*S3)
138 R0=A6/(SIN(T)+Q*COS(F))
139 R1=R0*Q
140 P1=P0/N0
150 X0=R1*SIN(F)
160 R2=R0-X0*TAN(D0)
170 Y0=R0*COS(T)
180 Z0=R0*SIN(T)
190 A2=ATN(R0/X0+(A6*Z0)/(R0*(I*Y0-X0)))
192 IF D1=0 THEN 198
194 A3=A2+5*PI/180
196 GOTO 220
198 A3=A2+7*PI/180
220 IF A3<=35*PI/180 THEN 270
230 N9=N9+1

```



```

234 IF N9>15 THEN 241
240 GOTO 70
241 PRINT "NEDETERMINARE"
244 GOTO 1000
270 GOSUB 900
280 H1=.6*PI/COS(D0)/(SIN(A1)/COS(A1+D0)+SIN(A3)/COS(A3-D0))
281 IF D0=0 THEN 288
282 D2=2.2*A6
283 X1=.8235*A6
284 D4=3*A6
285 L=.775*A6
286 X2=1.211*A6
287 GOTO 310
288 D2=2.56*A6
289 X1=1.145*A6
290 D4=3.5*A6
291 L=.781*A6
292 X2=1.536*A6
310 R3=R2+X1*TAN(D0)-H1/2
320 B0=ATN(P0/(COS(D0)*2*PI*R3))
330 IF B0<16*PI/180 THEN 360
332 IF J1=1 THEN 380
334 J=1
340 IF A1=15*PI/180 THEN 380
350 GOTO 40
360 IF J=1 THEN 380
362 J=1
364 IF A1=PI/18 THEN 380
370 GOTO 60
380 D3=2*(R2+1.211*A6*TAN(D0))
412 X3=SQR((.5*D2)^2-(A6-Z0)^2)
413 R5=R2-H1+X3*TAN(D0)
414 Y1=SQR((R5)^2-(Z0)^2)
420 H2=H1*COS(D0)
430 A4=H2/2
440 C=.07*PI+.0508
450 B=A4+C
460 H3=H2+C
470 D5=D3-2*(H3/COS(D0))-1.5
480 D6=2*(D3/2-L*TAN(D0))-2*H3*COS(A1)/(COS(D0)*COS(A1)-
SIN(D0)*SIN(A1))-1.5
490 S=P0/(2*N0)
500 R4=.75*C
501 D0=D0*180/PI
502 D1=D1*180/PI
503 F=F*180/PI

```



```

504 A3=A3*180/PI
505 A1=A1*180/PI
506 B0=B0*180/PI
510 PRINT "    CALCULUL GEOMETRIC"
511 PRINT "  AL ANGRENAJULUI MELCAT SPIROID"
512 PRINT "  PRIN METODA NELSON-ITW ADAPTATA"
513 PRINT
514 PRINT
515 PRINT "  DATE DE PROIECTARE : "
516 PRINT "  ===== "
517 PRINT
518 PRINT "  DISTANTA AXIALA PRELIMINARA  A=";A;"mm"
519 PRINT "  NR DE INCEPUTURI MELC          Z1=";N0
520 PRINT "  NR DE DINTI LA ROATA           Z2=";N1
521 PRINT "  SEMIUNGHI CON MELC             DELTA 1=";D0;"grd"
522 PRINT "  COMPL SEMIUNGHI CON ROATA     DELTA 2=";D1;"grd"
523 PRINT "  UNGHI POZ PCT CONTACT         FI2=";F;"grd"
524 PRINT "  SIR VAL RAP DIAM CONTACT      S=";N9
525 PRINT
526 PRINT :GOSUB 1500:REM "PRIMUL ECRAN"
527 PRINT "  REZULTATELE CALCULULUI GEOMETRIC"
528 PRINT "  ===== "
529 PRINT
530 PRINT "  RAPORT DE TRANSMITERE          I12=";I
531 PRINT "  PASUL ELICEI MELCULUI         PE=";P0;"mm"
532 PRINT "  PASUL AXIAL AL MELCULUI       PA=";P1;"mm"
533 PRINT "  DIAM MAXIM AL MELCULUI        DE1=";D3;"mm"
534 PRINT "  DIAM MAXIM AL ROTII           DE2=";D4;"mm"
535 PRINT "  DIAM MINIM AL ROTII          DI2=";D2;"mm"
536 PRINT "  UNG PRES AXIAL FLANC SUP ALFA  E1=";A3;"grd"
537 PRINT "  UNG PRES AXIAL FLANC INF ALFA  I1=";A1;"grd"
538 PRINT "  LUNG PARTII DANTURATE MELC    L=";L;"mm"
539 PRINT "  DIST CAPAT MELC LA AXA ROT     XE1=";X2;"mm"
540 PRINT "  INAL CAP MELC PERP GENER       A1=";A4;"mm"
541 PRINT "  INAL PICIOR DINTMELCPERPGEN   B1=";B;"mm"
542 PRINT "  INAL DINTE MELC PERP GENER     H1G=";H3;"mm"
543 PRINT "  GROS DINTE MELC PARAL GEN     SD=";S;"mm"
544 PRINT "  RAZA RACORD FUND DINTE MELC   R01=";R4;"mm"
545 PRINT "  RAPORT RAZE CONTACT           QITW=";R
546 PRINT "  UNGHI MEDIU ELICE             TETA M=";B0;"grd"
547 PRINT "  ABSCISA PCT CONTACT           XP=";X0;"mm"
548 PRINT "  ORDONATA PCT CONTACT          YP=";Y0;"mm"
549 PRINT "  COTA PCT CONTACT              ZP=";Z0;"mm":GOSUB
1500
550 PRINT "  RAZA PCT CONTACT              RP=";R0;"mm"
551 PRINT "  DIAM ARBORE MARE MELC        DAE=";D5;"mm"

```



```

552 PRINT " DIAM ARBORE MIC MELC      DAJ=";D6;"mm"
553 PRINT " JOCUL LA FUNDUL DINT PERP GEN C=";C;"mm"
554 PRINT " ORDONATA PCT DE VIRF A ROTII Y=";Y1;"mm"
555 PRINT " DISTANTA AXIALA FINALA     A=";A6;"mm"
556 PRINT " RAPORT RAZE CONTACT CALCULAT Q=";Q
557 PRINT " RAZA LA MIJLOC LATIME MELC  RM=";R3;"mm"
558 PRINT " ABSCISA MIJLOC LATIME MELC  XM=";X1;"mm"
560 PRINT

```

```

"=====
561 GOSUB 1600
570 FOR U5=1 TO 28
575 PRINT
580 NEXT U5
585 GOTO 1
600 IF N9>5 THEN 630
610 ON N9 GOTO 700,704,708,712,716
630 IF N9>10 THEN 660
640 ON N9-5 GOTO 720,724,728,732,736
660 ON N9-10 GOTO 740,744,748,752,756
670 IF N9>5 THEN 674
672 ON N9 GOTO 762,764,766,768,770
674 IF N9>10 THEN 678
676 ON N9-5 GOTO 772,774,776,778,780
678 ON N9-10 GOTO 782,784,786,788,790
700 R=2.109*A^.099
702 RETURN
704 R=2.305*A^9.000001E-02
706 RETURN
708 R=2.349*A^.093
710 RETURN
712 R=2.366*A^.097
714 RETURN
716 R=2.405*A^.102
718 RETURN
720 R=2.513*A^.097
722 RETURN
724 R=2.556*A^.101
726 RETURN
728 R=2.497*A^.11
730 RETURN
732 R=2.569*A^.116
734 RETURN
736 R=2.506*A^.123
738 RETURN
740 R=2.523*A^.128
742 RETURN

```



```
744 R=2,6*A^.131
746 RETURN
748 R=2,7*A^.135
750 RETURN
752 R=2.8*A^.138
754 RETURN
756 R=3.2*A^.141
758 RETURN
762 R=2.065*A^.104
763 RETURN
764 R=2.273*A^.093
765 RETURN
766 R=2.299*A^.098
767 RETURN
768 R=2.307*A^.103
769 RETURN
770 R=2.325*A^.105
771 RETURN
772 R=2.383*A^.114
773 RETURN
774 R=2.293*A^.124
775 RETURN
776 R=2.35*A^.128
777 RETURN
778 R=2.375*A^.138
779 RETURN
780 R=2.373*A^.142
781 RETURN
782 R=2.412*A^.145
783 RETURN
784 R=2.488*A^.148
785 RETURN
786 R=2.565*A^.151
787 RETURN
788 R=2.7*A^.153
789 RETURN
790 R=3*A^.156
791 RETURN
800 IF P0>1.75*PI THEN 816
801 IF P0>.5*PI THEN 804
802 P0=.5*PI
803 GOTO 880
804 IF P0>1*PI THEN 807
805 P0=1*PI
806 GOTO 880
807 IF P0>1.25*PI THEN 810
```



```
808 P0=1.25*PI
809 GOTO 880
810 IF P0>1.5*PI THEN 813
811 P0=1.5*PI
812 GOTO 880
813 IF P0>1.75*PI THEN 816
815 GOTO 880
816 IF P0>3*PI THEN 832
817 IF P0>2*PI THEN 820
818 P0=2*PI
819 GOTO 880
820 IF P0>2.25*PI THEN 823
821 P0=2.25*PI
822 GOTO 880
823 IF P0>2.5*PI THEN 826
824 P0=2.5*PI
825 GOTO 880
826 IF P0>2.75*PI THEN 829
827 P0=2.75*PI
828 GOTO 880
829 IF P0>3*PI THEN 832
830 P0=3*PI
831 GOTO 880
832 IF P0>5.5*PI THEN 848
833 IF P0>3.5*PI THEN 836
834 P0=3.5*PI
835 GOTO 880
836 IF P0>4*PI THEN 839
837 P0=4*PI
838 GOTO 880
839 IF P0>4.5*PI THEN 842
840 P0=4.5*PI
841 GOTO 880
842 IF P0>5*PI THEN 845
843 P0=5*PI
844 GOTO 880
845 IF P0>5.5*PI THEN 848
846 P0=5.5*PI
847 GOTO 880
848 IF P0>10*PI THEN 864
849 IF P0>6*PI THEN 852
850 P0=6*PI
851 GOTO 880
852 IF P0>7*PI THEN 855
853 P0=7*PI
854 GOTO 880
```



```
855 IF P0>8*PI THEN 858
856 P0=8*PI
857 GOTO 880
858 IF P0>9*PI THEN 861
859 P0=9*PI
860 GOTO 880
861 IF P0>10*PI THEN 864
862 P0=10*PI
863 GOTO 880
864 IF P0>18*PI THEN 881
865 IF P0>11*PI THEN 868
866 P0=11*PI
867 GOTO 880
868 IF P0>12*PI THEN 871
869 P0=12*PI
870 GOTO 880
871 IF P0>14*PI THEN 874
872 P0=14*PI
873 GOTO 880
874 IF P0>16*PI THEN 877
875 P0=16*PI
876 GOTO 880
877 IF P0>18*PI THEN 881
878 P0=18*PI
879 GOTO 880
880 RETURN
881 PRINT "PASUL ELICEI MELC PE =";P0;"NEDETERMINARE"
882 GOTO 1000
900 A3=A3*180/PI
905 IF A3<=32.5 THEN 920
910 A3=35*PI/180
915 GOTO 970
920 IF A3<=30 THEN 935
925 A3=32.5*PI/180
930 GOTO 970
935 IF A3<=27.5 THEN 950
940 A3=30*PI/180
945 GOTO 970
950 IF A3<=25 THEN 965
955 A3=27.5*PI/180
960 GOTO 970
965 A3=25*PI/180
970 RETURN
1000 STOP
1500 INPUT "APASATI ENTER PT A CONTINUA";K00
1510 RETURN
```



1600 INPUT "APASATI CTRL+C INTRERUPE ,ENTER PT A
CONTINUA";K00
1610 RETURN
•

Tabelul A1.5

DO=SEM UNG MELC D1=SEMUNG ROATA N9=SIR VAL COEF DIAMETRAL
N1 N0 A F D0 D1 N9 =? 47,1,55,40,0,90,4

CALCULUL GEOMETRIC
AL ANGRENAJULUI MELCAT SPIROID
PRIN METODA NELSON-ITW ADAPTATA

DATE DE PROIECTARE :

=====

DISTANTA AXIALA PRELIMINARA	A= 55 mm
NR DE INCEPUTURI MELC	Z1= 1
NR DE DINTI LA ROATA	Z2= 47
SEMIUNGHI CON MELC	DELTA 1= 0 grd
COMPL SEMIUNGHI CON ROATA	DELTA 2= 90 grd
UNGHI POZ PCT CONTACT	FI2= 40 grd
SIR VAL RAP DIAM CONTACT	S= 4

APASATI ENTER PT A CONTINUA?

REZULTATELE CALCULULUI GEOMETRIC

=====

RAPORT DE TRANSMITERE	I12= 47
PASUL ELICEI MELCULUI	PE= 7.853982 mm
PASUL AXIAL AL MELCULUI	PA= 7.853982 mm
DIAM MAXIM AL MELCULUI	DE1= 42.71787 mm
DIAM MAXIM AL ROTII	DE2= 196 mm
DIAM MINIM AL ROTII	DI2= 143.36 mm
UNG PRES AXIAL FLANC SUP ALFA	E1= 30 grd
UNG PRES AXIAL FLANC INF ALFA	I1= 10 grd
LUNG PARTII DANTURATE MELC	L= 43.736 mm
DIST CAPAT MELC LA AXA ROT	XE1= 86.016 mm
INAL CAP MELC PERP GENER	A1= 3.126265 mm
INAL PICIOR DINTMELC PERP GEN	B1= 3.726844 mm
INAL DINTE MELC PERP GENER	H1G= 6.853109 mm
GROS DINTE MELC PARAL GEN	SD= 3.926991 mm
RAZA RACORD FUND DINTE MELC	R01= .4504341 mm
RAPORT RAZE CONTACT	QITW= 3.490036
UNGHI MEDIU ELICE	TETA M= 3.921961 grd
ABSCISA PCT CONTACT	XP= 46.98959 mm

ORDONATA PCT CONTACT	YP= 21.35894 mm
COTA PCT CONTACT	ZP= 0 mm
APASATI ENTER PT A CONTINUA?	
RAZA PCT CONTACT	RP= 21.35894 mm
DIAM ARBORE MARE MELC	DAE= 27.51165 mm
DIAM ARBORE MIC MELC	DAJ= 27.51166 mm
JOCUL LA FUNDUL DINT PERP GEN	C= .6005788 mm
ORDONATA PCT DE VIRF A ROTII	Y= 15.10641 mm
DISTANTA AXIALA FINALA	A= 56 mm
RAPORT RAZE CONTACT CALCULAT	Q= 3.422587
RAZA LA MIJLOC LATIME MELC	RM= 18.23267 mm
ABSCISA MIJLOC LATIME MELC	XM= 64.12 mm

APASATI CTRL+C INTRERUPE ,ENTER PT A CONTINUA?

Tabelul A1.6

N1=NR DINTI ROATA N0=NR INC MELC A=DIST AX PREL F=UNG PCT
CONT
DO=SEM UNG MELC D1=SEMUNG ROATA N9=SIR VAL COEF DIAMETRAL
N1 N0 A F D0 D1 N9 =? 96,2,110,40,0,90,10
CALCULUL GEOMETRIC
AL ANGRENAJULUI MELCAT SPIROID
PRIN METODA NELSON-ITW ADAPTATA

DATE DE PROIECTARE :

DISTANTA AXIALA PRELIMINARA	A= 110 mm
NR DE INCEPUTURI MELC	Z1= 2
NR DE DINTI LA ROATA	Z2= 96
SEMIUNGHI CON MELC	DELTA 1= 0 grd
COMPL SEMIUNGHI CON ROATA	DELTA 2= 90 grd
UNGHI POZ PCT CONTACT	FI2= 40 grd
SIR VAL RAP DIAM CONTACT	S= 10

APASATI ENTER PT A CONTINUA?
REZULTATELE CALCULULUI GEOMETRIC

RAPORT DE TRANSMITERE	I12= 48
PASUL ELICEI MELCULUI	PE= 15.70796 mm
PASUL AXIAL AL MELCULUI	PA= 7.853982 mm
DIAM MAXIM AL MELCULUI	DE1= 67.72735 mm
DIAM MAXIM AL ROTII	DE2= 395.5 mm
DIAM MINIM AL ROTII	DI2= 289.28 mm

ANEXA 1

UNG PRES AXIAL FLANC SUP ALFA	E1= 25 grd
UNG PRES AXIAL FLANC INF ALFA	I1= 10 grd
LUNG PARTII DANTURATE MELC	L= 88.253 mm
DIST CAPAT MELC LA AXA ROT	XE1= 173.568 mm
INAL CAP MELC PERP GENER	A1= 3.666461 mm
INAL PICIOR DINTMELC PERP GEN	B1= 4.26704 mm
INAL DINTE MELC PERP GENER	H1G= 7.9335 mm
GROS DINTE MELC PARAL GEN	SD= 3.926991 mm
RAZA RACORD FUND DINTE MELC	R01= .4504341 mm
RAPORT RAZE CONTACT	QITW= 4.467581
UNGHII MEDIU ELICE	TETA M= 4.732673 grd
ABSCISA PCT CONTACT	XP= 94.81827 mm
ORDONATA PCT CONTACT	YP= 33.86367 mm
COTA PCT CONTACT	ZP= 0 mm
APASATI ENTER PT A CONTINUA?	
RAZA PCT CONTACT	RP= 33.86367 mm
DIAM ARBORE MARE MELC	DAE= 50.36034 mm
DIAM ARBORE MIC MELC	DAJ= 50.36034 mm
JOCUL LA FUNDUL DINT PERP GEN	C= .6005788 mm
ORDONATA PCT DE VIRF A ROTII	Y= 26.53075 mm
DISTANTA AXIALA FINALA	A= 113 mm
RAPORT RAZE CONTACT CALCULAT	Q= 4.356026
RAZA LA MIJLOC LATIME MELC	RM= 30.19721 mm
ABSCISA MIJLOC LATIME MELC	XM= 129.385 mm

=====
 APASATI CTRL+C INTRERUPE ,ENTER PT A CONTINUA?

Tabelul A1.7

NI=NR DINTI ROATA N0=NR INC MELC A=DIST AX PREL F=UNG PCT
 CONT DO=SEM UNG MELC D1=SEMUNG ROATA N9=SIR VAL COEF
 DIAMETRAL N1 N0 A F D0 D1 N9 =? 83,2,150,40,0,90,9

CALCULUL GEOMETRIC
 AL ANGRENAJULUI MELCAT SPIROID
 PRIN METODA NELSON-ITW ADAPTATA

DATE DE PROIECTARE :
 =====

DISTANTA AXIALA PRELIMINARA	A= 150 mm
NR DE INCEPUTURI MELC	Z1= 2
NR DE DINTI LA ROATA	Z2= 83
SEMIUNGHII CON MELC	DELTA 1= 0 grd
COMPL SEMIUNGHII CON ROATA	DELTA 2= 90 grd
UNGHII POZ PCT CONTACT	FI2= 40 grd
SIR VAL RAP DIAM CONTACT	S= 9

APASATI ENTER PT A CONTINUA?

REZULTATELE CALCULULUI GEOMETRIC

RAPORT DE TRANSMITERE	I12= 41.5
PASUL ELICEI MELCULUI	PE= 25.13274 mm
PASUL AXIAL AL MELCULUI	PA= 12.56637 mm
DIAM MAXIM AL MELCULUI	DE1= 86.14755 mm
DIAM MAXIM AL ROTII	DE2= 539 mm
DIAM MINIM AL ROTII	DI2= 394.24 mm
UNG PRES AXIAL FLANC SUP ALFA	E1= 25 grd
UNG PRES AXIAL FLANC INF ALFA	I1= 10 grd
LUNG PARTII DANTURATE MELC	L= 120.274 mm
DIST CAPAT MELC LA AXA ROT	XE1= 236.544 mm
INAL CAP MELC PERP GENER	A1= 5.866337 mm
INAL PICIOR DINTMELCPERPGEN	B1= 6.796783 mm
INAL DINTE MELC PERP GENER	H1G= 12.66312 mm
GROS DINTE MELC PARAL GEN	SD= 6.283186 mm
RAZA RACORD FUND DINTE MELC	R01= .6978345 mm
RAPORT RAZE CONTACT	QITW= 4.593997
UNghi MEDIU ELICE	TETA M= 6.136039 grd
ABSCISA PCT CONTACT	XP= 129.2214 mm
ORDONATA PCT CONTACT	YP= 43.07378 mm
COTA PCT CONTACT	ZP= 0 mm
APASATI ENTER PT A CONTINUA?	
RAZA PCT CONTACT	RP= 43.07378 mm
DIAM ARBORE MARE MELC	DAE= 59.32131 mm
DIAM ARBORE MIC MELC	DAJ= 59.32131 mm
JOCUL LA FUNDUL DINT PERP GEN	C= .930446 mm
ORDONATA PCT DE VIRF A ROTII	Y= 31.3411 mm
DISTANTA AXIALA FINALA	A= 154 mm
RAPORT RAZE CONTACT CALCULAT	Q= 4.667173
RAZA LA MIJLOC LATIME MELC	RM= 37.20744 mm
ABSCISA MIJLOC LATIME MELC	XM= 176.33 mm

APASATI CTRL+C INTRERUPE ,ENTER PT A CONTINUA?

ANEXA 2
APLICAȚII ALE ANGRENAJELOR MELCATE SPIROIDE
CILINDRICE

Aplicația	Caracteristicile		
	Angrenaj	Melc	Roată
Reductor de turație de uz general [34,35] Fig.A2.3 Fig.A2.4	A=56mm, i=47:1 n ₁ =1500 rot/min	ZA, z ₁ =1, m _a =2,5mm 41MoCr11 30HRC miez 810 HV5 pe suprafață	z ₂ =47 Fgn600-2 255HB Fig.A2.1
			z ₂ =47 41MoCr11 30HRC miez, 575 HV5 pe suprafață Fig.A2.2
Reductor de turație pentru trolitul de ascensor [40] Fig.A2.5	A=154mm, i=41,5:1 n ₁ =1000 rot/min	ZK1, z ₁ =2, m _a =4mm 18MoCrNi13 56-60 HRC (0,9- 1,2mm) rectificat	z ₂ =83 Fgn600-2 250 HB
Transmisie regulator de țesătură, mașina de țesut "POLLUX-PXJ- 220" [57,25] Fig.A2.6	A=56mm i=47:1 n ₁ intermitentă cu 105 cicluri /min	ZA, z ₁ =1 m _a =2,5 mm 40Cr10 30HRC miez, 600 HV pe suprafață	z ₂ =47 38MoCrAl09 30HRC miez, 900 HV pe suprafață
Transmisie regulator urzeală, mașina de țesut "POLLUX-PXJ- 220" [57,24] Fig.A2.7	A=103mm, i=74:1 n ₁ intermitentă cu 105 cicluri /min	ZA, z ₁ =1 m _a =3 mm 41MoCr11 30HRC miez, 600 HV pe suprafață	z ₂ =74 Fgn600-2 220 HB

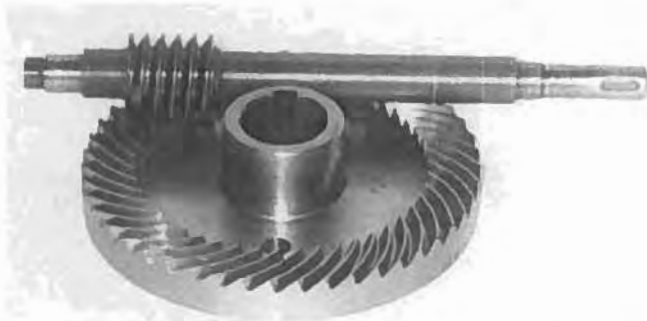


Fig.A2.1



Fig.A2.2

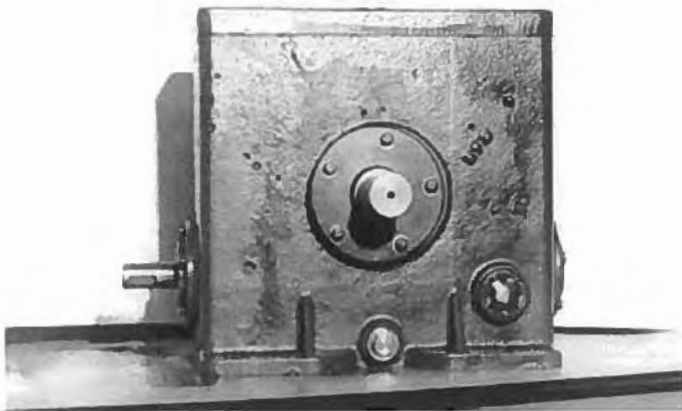


Fig.A2.3

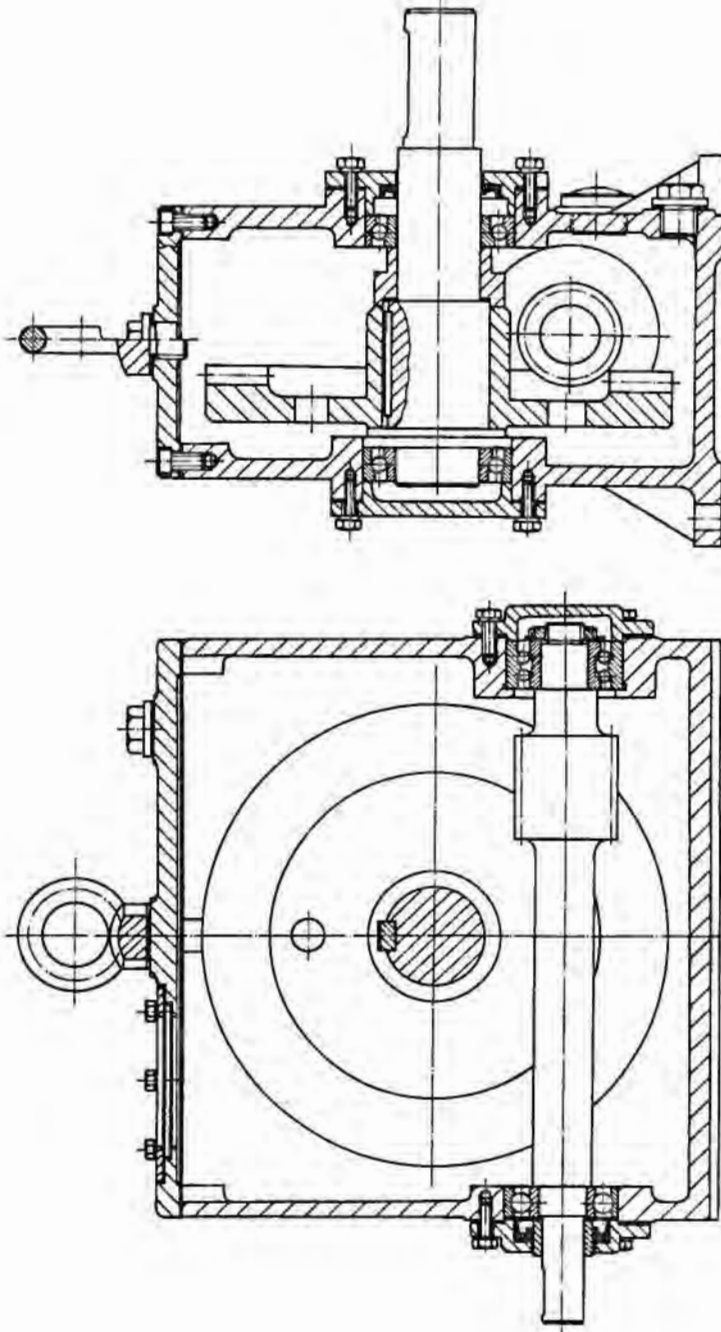


Fig.A2.4

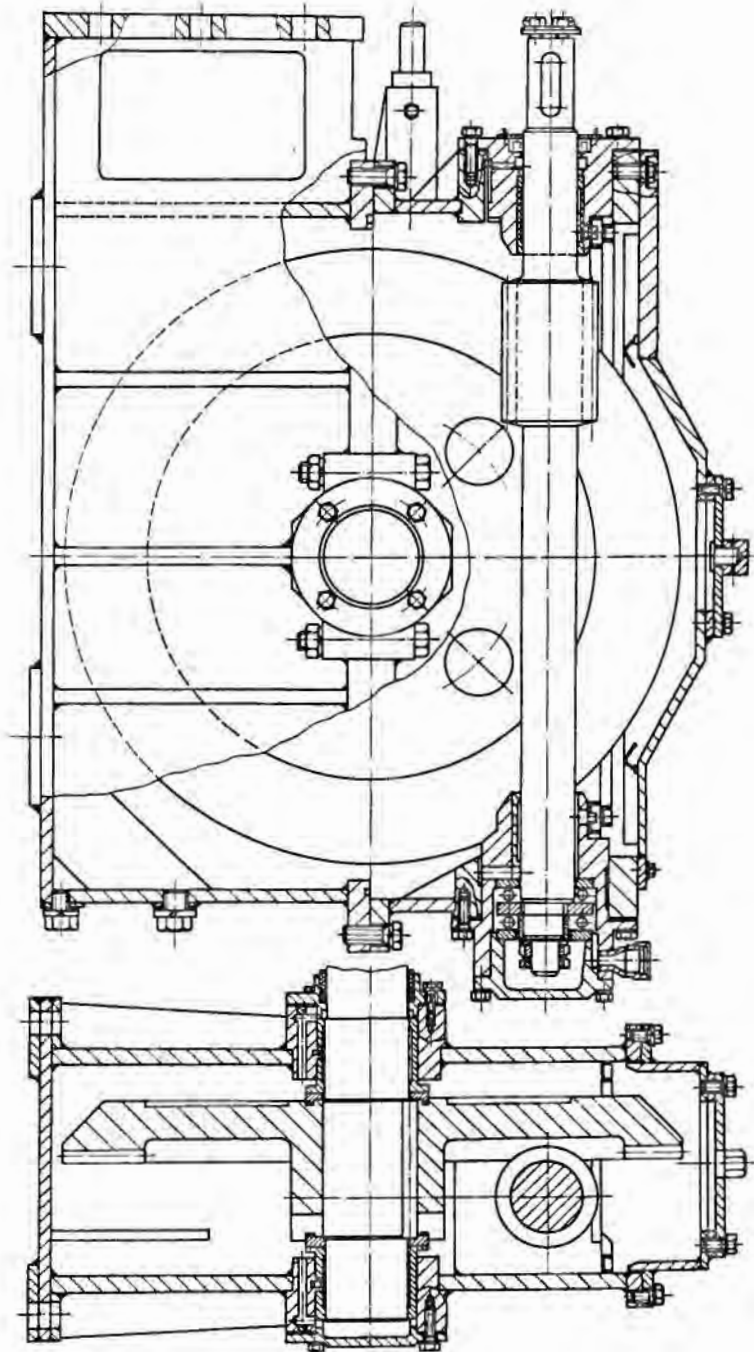


Fig.A2.5

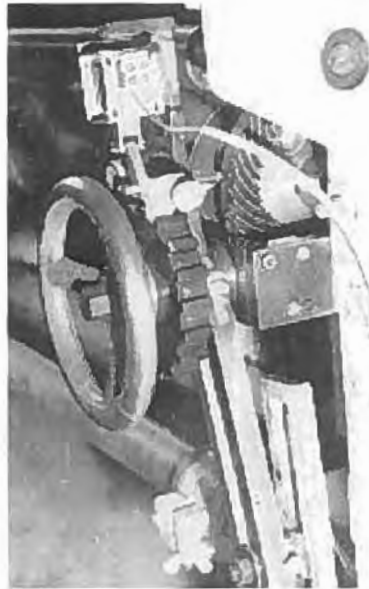


Fig.A2.6

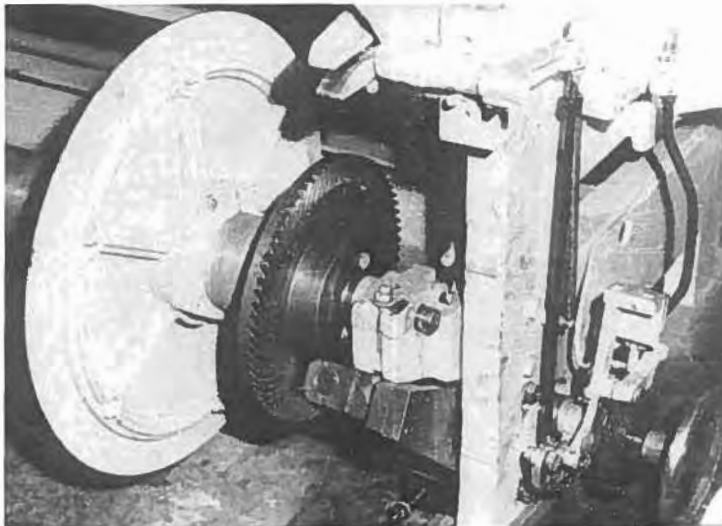


Fig.A2.7

ANEXA 3

RUGOZITATEA Ra MĂSURATĂ PE FLANCRILE DINȚILOR

Nr. dinte	$S_T = 0,11 \text{ mm/rot}$						$S_T = 0,15 \text{ mm/rot}$					
	V=17m/min		V=21m/min		V=25m/min		V=17m/min		V=21m/min		V=25m/min	
	Flanc 30°	Flanc 10°	Flanc 30°	Flanc 10°	Flanc 30°	Flanc 10°	Flanc 30°	Flanc 10°	Flanc 30°	Flanc 10°	Flanc 30°	Flanc 10°
1	0,96	1,41	0,91	2,22	0,96	2,27	0,61	1,83	0,84	1,33	0,93	2,62
2	1,29	1,57	1,46	1,81	0,75	2,15	1,13	1,61	1,02	1,08	1,23	2,48
3	0,96	1,67	0,69	1,98	0,97	2,71	0,86	2,26	1,28	1,03	1,24	2,48
4	1,09	1,66	0,90	1,90	1,21	1,93	1,13	1,86	1,03	1,68	1,16	2,36
5	0,75	1,43	0,87	2,00	1,48	2,50	0,70	1,79	1,00	1,15	1,16	2,43
6	0,75	1,93	0,78	1,56	1,08	2,67	1,36	2,27	1,20	1,46	1,14	2,20
7	0,88	1,55	0,83	1,40	0,97	2,37	1,20	2,30	1,50	1,10	1,07	2,50
8	0,91	1,45	0,74	1,87	1,49	1,52	0,93	1,97	1,11	1,38	1,20	1,71
9	1,01	1,43	1,09	1,46	1,30	2,61	1,17	1,60	0,93	1,57	1,11	2,16
10	0,95	0,70	0,85	1,57	0,96	1,58	1,22	2,07	1,33	1,44	1,01	1,84
11	0,78	2,31	0,83	1,65	0,87	1,56	0,96	1,83	0,94	2,00	0,94	2,10
12	0,86	1,37	1,06	2,17	1,10	2,07	0,92	2,65	0,98	1,07	0,94	0,99
13	1,12	1,86	0,93	1,40	1,19	0,90	1,33	1,78	0,87	0,62	1,27	1,68
14	0,91	1,69	1,06	2,16	1,24	1,67	1,03	2,35	0,94	1,53	1,14	1,43
15	1,07	1,52	0,84	2,16	1,30	1,83	0,74	2,20	0,91	0,95	1,47	1,66
16	1,07	1,40	0,95	1,82	0,96	0,69	0,89	1,48	1,05	1,09	1,11	1,55
17	1,46	1,61	0,92	2,16	0,90	1,37	1,02	1,90	1,11	1,02	1,13	2,50
18	0,88	1,46	0,89	2,41	0,92	1,61	0,99	1,83	0,86	1,52	0,78	2,72
19	0,93	1,80	1,22	1,47	0,92	1,21	1,10	2,14	1,03	1,20	1,09	2,18
20	0,97	1,76	0,91	1,28	0,95	0,86	0,87	1,69	0,87	1,29	0,98	2,22
21	0,85	0,99	0,74	1,81	1,35	1,26	1,21	2,81	1,09	1,57	1,10	1,93
22	0,94	1,27	0,91	2,00	1,19	1,02	1,23	1,80	0,88	1,04	1,07	2,13
23	0,80	0,93	1,07	1,74	1,01	1,20	0,84	2,13	1,19	1,44	1,06	2,13
24	0,99	1,69	0,69	1,99	1,01	0,59	1,13	2,11	0,77	1,56	1,17	2,00
25	0,92	0,79	0,85	1,34	1,10	0,89	0,87	2,13	1,26	2,07	1,04	2,64
26	0,88	1,91	0,80	1,67	0,80	1,13	0,91	1,55	1,41	1,52	1,37	2,13
27	1,36	1,45	1,15	1,67	1,27	1,22	1,30	2,29	1,39	1,12	1,39	1,85
28	1,05	1,64	0,65	1,78	0,98	1,95	0,88	1,75	1,19	1,32	1,71	1,76
29	0,82	1,74	0,85	2,15	1,28	2,24	1,05	1,99	0,98	1,57	1,25	2,16
30	1,31	1,50	0,82	2,02	1,12	1,45	1,41	1,90	0,95	1,43	1,23	2,19
31	1,06	1,72	0,98	2,14	1,12	0,68	1,33	2,01	0,95	1,30	1,24	1,41
32	0,90	1,95	0,99	1,38	1,21	0,97	1,26	2,33	1,28	1,28	1,38	1,64
33	0,96	2,12	0,80	1,85	1,36	0,88	1,34	1,42	1,01	1,35	1,20	2,03
34	1,37	1,82	0,84	2,29	0,97	1,59	1,39	2,04	1,35	1,54	0,90	2,41
35	0,98	1,76	0,79	1,82	0,89	0,68	0,99	2,25	1,19	1,17	0,99	2,03
36	0,98	1,44	0,91	1,19	0,99	0,51	1,10	1,52	1,31	1,07	1,18	2,52
37	0,79	1,71	1,00	1,34	1,27	1,41	0,99	1,74	1,38	1,07	0,95	2,74
38	0,88	2,24	0,71	1,94	1,21	1,28	0,99	1,05	1,04	1,36	0,96	2,01
39	0,76	2,02	1,01	1,81	1,05	2,10	0,90	2,00	0,86	0,73	1,19	2,16
40	0,91	2,40	0,97	2,17	0,76	2,67	1,17	1,21	0,99	1,54	1,08	1,80
41	0,79	2,29	1,22	2,36	0,95	2,60	1,17	2,00	0,81	1,50	1,53	2,49
42	0,84	1,79	0,80	1,63	1,15	1,76	0,84	1,75	1,28	1,38	0,92	1,49
X	0,983	1,630	0,911	1,808	1,085	1,575	1,059	1,933	1,080	1,322	1,143	2,082
s	0,177	0,382	0,161	0,306	0,184	0,652	0,199	0,351	0,191	0,291	0,183	0,400

Nr. dinte	$S_T = 0,21 \text{ mm/rot}$						$S_T = 0,33 \text{ mm/rot}$					
	V=17m/min		V=21m/min		V=25m/min		V=17m/min		V=21m/min		V=25m/min	
	Flanc 30°	Flanc 10°	Flanc 30°	Flanc 10°	Flanc 30°	Flanc 10°	Flanc 30°	Flanc 10°	Flanc 30°	Flanc 10°	Flanc 30°	Flanc 10°
1	1,36	1,36	0,85	2,26	1,19	1,71	1,08	1,73	0,84	1,61	0,80	1,32
2	0,85	2,05	0,85	1,66	1,15	1,66	1,19	1,47	0,75	1,39	1,30	1,86
3	0,89	1,21	1,09	0,94	1,10	1,17	1,11	1,38	0,78	0,93	1,05	1,89
4	1,05	1,02	0,87	1,00	1,25	1,95	1,10	1,64	0,91	1,16	0,87	1,25
5	1,24	1,77	0,87	1,34	1,09	2,03	1,31	1,72	1,01	1,13	0,63	1,04
6	0,81	1,42	1,13	1,46	0,97	1,30	1,01	1,01	0,86	2,14	0,94	0,83
7	1,19	2,03	1,22	1,41	1,34	2,22	0,92	0,76	0,80	1,25	1,05	1,48
8	1,26	1,12	1,31	1,87	1,16	1,71	1,45	0,75	1,12	2,47	1,17	1,43
9	1,22	1,10	0,86	2,04	1,48	2,00	1,24	1,26	1,02	1,71	1,27	1,63
10	1,36	1,48	0,68	1,30	0,93	1,72	1,06	1,69	1,19	1,45	1,23	1,10
11	1,19	1,73	0,79	1,26	1,24	1,95	1,06	1,33	0,85	1,70	0,95	0,97
12	1,27	2,10	0,83	1,37	1,18	1,53	1,00	1,82	0,84	1,78	1,89	1,36
13	1,02	2,39	1,49	1,88	1,15	1,33	0,90	1,31	1,06	1,80	0,85	1,22
14	1,22	1,95	1,23	1,84	1,22	1,56	0,91	1,44	1,01	1,72	1,21	1,63
15	1,06	1,78	0,74	1,32	1,10	1,31	1,26	1,89	1,33	1,48	1,28	1,72
16	1,24	1,93	0,87	1,35	1,30	1,80	1,00	2,06	1,12	1,34	1,23	1,70
17	1,35	1,69	0,82	1,66	1,17	2,18	0,80	1,27	1,10	1,57	1,00	1,63
18	0,84	1,26	0,71	2,05	1,28	1,39	1,06	1,06	1,25	1,58	0,93	1,62
19	1,30	1,62	0,78	1,44	1,40	1,44	1,24	1,43	1,41	2,02	0,67	1,35
20	1,14	2,01	0,98	1,50	1,15	1,97	1,28	0,89	0,99	1,67	0,99	1,73
21	1,27	1,09	0,86	1,33	1,17	1,93	0,94	1,47	0,98	2,31	1,08	1,35
22	0,97	1,68	0,83	1,59	0,97	2,20	1,12	0,96	1,30	1,90	1,15	1,77
23	1,06	1,77	0,76	1,20	1,01	1,74	0,85	0,88	1,03	2,22	0,87	1,55
24	1,18	1,60	0,96	1,48	1,36	2,39	0,87	1,28	1,38	1,56	1,32	1,23
25	0,91	1,75	0,75	1,42	1,24	1,94	0,96	1,21	1,11	1,77	1,19	1,19
26	0,85	1,18	0,86	1,56	1,16	1,37	1,31	1,15	1,16	1,58	1,36	1,27
27	0,95	1,40	0,92	1,55	1,01	2,00	1,14	0,34	0,86	2,09	1,03	2,11
28	0,97	1,15	0,83	1,50	0,93	2,23	0,99	1,17	1,21	1,07	1,00	1,48
29	1,15	1,59	0,76	1,51	0,97	1,59	1,33	1,35	0,69	1,80	1,02	1,49
30	1,14	2,04	0,68	1,53	0,96	1,36	0,98	1,07	0,98	0,93	0,95	1,64
31	1,48	1,63	1,01	1,81	1,01	1,89	1,28	1,13	1,23	1,62	0,77	1,63
32	1,58	1,29	0,77	1,83	1,13	1,75	1,17	1,08	1,17	1,84	1,19	1,26
33	1,28	1,49	1,29	1,87	1,40	1,54	1,30	1,24	1,37	1,76	0,86	1,24
34	1,12	2,51	0,92	1,21	0,86	1,73	0,98	1,55	1,29	1,69	0,85	0,84
35	0,68	1,31	0,94	1,80	0,93	1,61	0,87	0,81	1,06	1,72	1,24	1,10
36	0,99	0,98	0,89	1,40	1,25	1,81	0,92	1,66	1,12	1,32	1,17	1,51
37	1,19	0,90	0,99	2,20	1,22	1,53	1,01	1,36	0,83	1,29	0,99	1,10
38	1,44	1,88	0,81	1,66	1,39	1,18	0,91	1,23	1,13	2,14	0,94	1,62
39	1,05	1,96	0,72	1,25	0,92	1,88	0,67	1,33	1,07	1,84	1,01	1,51
40	1,09	1,17	1,00	1,30	1,37	2,13	1,05	1,53	1,16	0,93	0,93	1,79
41	0,89	1,57	1,02	1,49	0,92	1,97	1,08	0,97	0,80	0,95	0,87	1,17
42	1,08	1,59	0,88	1,93	1,17	1,54	1,05	1,44	0,88	1,56	1,04	1,48
X	1,123	1,574	0,915	1,556	1,148	1,744	1,066	1,303	1,049	1,614	1,034	1,431
s	0,197	0,393	0,182	0,302	0,158	0,309	0,167	0,315	0,188	0,382	0,176	0,289

ANEXA 3 (continuare)

Nr dinte	$S_T = 0,40 \text{ mm/rot}$						$S_T = 0,45 \text{ mm/rot}$					
	V=17m/min		V=21m/min		V=17m/min		V=17m/min		V=21m/min		V=25m/min	
	Flanc 30°	Flanc 10°	Flanc 30°	Flanc 10°	Flanc 10°	Flanc 30°	Flanc 10°	Flanc 30°	Flanc 10°	Flanc 30°	Flanc 10°	Flanc 30°
1	1,15	2,45	0,80	1,47	1,20	1,12	0,96	2,00	1,07	2,32	1,33	0,83
2	1,23	1,77	0,94	1,46	1,43	2,04	1,75	1,64	1,19	1,84	1,05	1,21
3	1,16	1,59	1,00	2,12	1,40	1,59	1,76	2,40	0,88	1,33	0,99	1,32
4	1,15	1,56	1,38	0,71	1,67	2,11	1,34	1,90	1,31	1,91	1,36	1,78
5	0,97	1,50	0,80	0,43	1,78	1,90	1,00	1,63	0,95	1,31	1,01	2,15
6	1,15	1,50	0,88	0,90	1,36	2,05	0,77	1,31	1,10	2,30	1,15	1,07
7	1,03	2,24	1,27	1,98	1,45	2,01	1,07	2,39	0,92	0,99	0,98	2,33
8	0,76	1,01	0,66	1,58	1,15	2,00	1,01	2,04	1,28	1,33	1,08	1,22
9	0,98	1,43	1,37	1,56	1,27	1,57	0,97	2,39	0,91	1,08	1,12	2,04
10	0,99	1,23	0,94	1,49	1,30	2,52	1,56	2,25	1,23	1,74	1,37	1,01
11	0,98	1,12	1,25	1,88	1,21	2,03	1,12	1,58	1,09	1,39	1,53	1,75
12	1,12	1,23	0,99	1,92	1,05	1,88	1,11	1,24	1,01	1,34	1,00	1,37
13	0,97	1,27	1,02	1,88	0,86	1,33	1,02	2,12	1,04	1,30	0,91	1,33
14	0,96	0,95	0,97	1,76	1,48	1,47	0,87	2,20	0,91	1,48	1,59	1,48
15	0,80	0,96	1,01	1,89	1,26	1,13	1,16	2,73	0,95	1,42	1,34	1,20
16	1,17	1,24	0,83	2,60	1,26	1,49	1,02	1,86	0,99	1,75	0,74	0,99
17	1,17	1,81	0,70	2,24	1,40	1,52	1,36	1,65	1,13	2,00	1,27	1,48
18	1,06	1,52	1,27	2,63	1,12	1,23	1,45	2,05	1,13	2,02	1,11	1,53
19	1,01	0,81	0,96	1,72	0,98	1,70	1,28	1,85	1,15	2,23	0,92	1,27
20	1,46	1,22	1,01	1,77	1,02	2,27	1,30	2,62	1,33	2,04	0,87	0,57
21	1,04	1,46	0,90	1,76	1,02	2,28	0,87	1,99	0,96	2,61	0,88	1,40
22	1,21	1,56	1,14	2,09	1,45	1,19	1,29	2,47	1,01	1,33	1,04	1,09
23	0,87	1,36	0,94	1,94	1,38	2,17	1,13	2,64	0,97	2,24	0,91	1,56
24	1,08	0,92	1,16	2,39	1,11	2,15	1,40	1,57	1,07	2,36	0,87	1,84
25	0,94	1,32	0,97	1,09	1,03	2,10	1,18	2,18	0,96	2,05	1,05	1,64
26	0,88	1,17	0,82	1,43	1,09	2,53	1,10	2,56	1,25	1,66	1,59	1,34
27	0,84	1,35	0,94	0,72	1,43	2,22	1,21	1,84	1,20	2,54	0,86	1,68
28	0,88	2,13	1,19	0,95	1,10	1,62	1,40	2,57	1,32	1,54	1,16	1,69
29	0,87	1,59	1,07	1,65	1,02	1,69	0,99	2,14	1,25	1,78	1,37	1,83
30	1,09	2,20	0,89	2,13	1,48	1,10	1,54	2,96	1,17	2,10	1,13	1,37
31	1,07	1,51	1,12	2,10	1,38	1,60	1,26	1,67	0,93	2,13	0,91	1,57
32	0,94	1,72	1,42	1,52	1,09	1,28	0,99	2,63	1,04	2,13	0,89	1,49
33	1,29	1,22	1,01	1,37	1,27	1,22	1,16	2,09	1,29	1,84	1,26	1,78
34	1,35	1,49	1,04	1,87	1,52	1,86	1,56	2,54	1,17	1,57	1,12	2,60
35	1,23	1,20	0,70	1,31	1,19	1,83	1,21	2,72	0,98	1,13	1,10	2,25
36	0,96	1,19	0,86	2,18	1,39	2,17	1,65	2,92	0,99	2,43	0,81	2,31
37	1,36	1,54	0,71	1,75	1,01	2,04	1,40	2,12	1,10	1,99	0,93	0,88
38	1,39	1,17	0,69	1,72	1,23	1,53	1,78	2,17	1,14	1,91	0,86	1,82
39	1,12	2,43	0,90	1,65	1,05	1,92	1,86	1,38	0,94	2,78	1,04	1,96
40	0,99	1,63	1,09	1,45	1,12	2,07	1,22	0,94	0,97	2,03	1,03	2,26
41	1,00	1,24	0,79	1,65	0,92	2,18	1,93	1,77	1,28	2,03	0,73	2,01
42	1,06	1,33	0,84	1,68	1,57	1,72	1,54	1,91	1,40	2,14	1,22	2,07
X	1,065	1,456	0,982	1,676	1,250	1,781	1,275	2,086	1,094	1,844	1,083	1,585
S	0,162	0,388	0,193	0,479	0,211	0,395	0,289	0,471	0,141	0,443	0,218	0,465

Nr. dinte	$S_T = 0,50 \text{ mm/rot}$						$S_T = 0,55 \text{ mm/rot}$					
	V=17m/min		V=21 m/min		V=25m/min		V=17m/min		V=21m/min		V=25m/min	
	Flanc 30°	Flanc 10°	Flanc 30°	Flanc 10°	Flanc 30°	Flanc 10°	Flanc 30°	Flanc 10°	Flanc 30°	Flanc 10°	Flanc 30°	Flanc 10°
1	1,55	1,37	1,17	1,29	1,03	1,49	0,95	2,14	1,11	2,04	1,04	1,25
2	0,87	2,19	1,61	1,81	0,93	1,44	1,20	1,58	0,95	1,94	1,00	2,27
3	1,09	1,94	1,29	2,37	1,06	1,67	0,98	1,89	0,76	2,31	1,17	1,79
4	1,83	2,57	1,87	1,00	1,10	1,82	1,29	1,06	1,19	1,83	0,88	2,55
5	1,13	2,34	1,21	2,06	0,98	2,02	1,14	2,26	1,36	1,87	1,13	2,25
6	1,56	2,19	1,24	1,73	1,20	2,20	1,17	1,46	1,48	1,88	0,94	1,73
7	1,30	2,05	1,39	1,76	1,42	1,88	1,28	1,84	1,18	1,68	1,15	2,24
8	1,40	1,93	1,19	1,77	0,76	1,67	1,16	1,28	1,40	2,25	1,02	1,90
9	1,47	1,90	1,06	1,34	1,15	1,73	1,26	1,32	1,27	1,09	1,08	2,37
10	1,14	1,67	0,89	1,81	0,87	1,44	0,97	1,97	1,09	0,95	1,12	2,21
11	1,59	2,01	0,88	1,48	0,90	1,94	1,00	2,61	1,09	1,05	1,28	1,80
12	1,54	2,29	0,86	0,94	0,78	1,57	1,52	2,20	1,02	1,36	0,86	2,00
13	1,18	2,18	1,10	1,67	1,08	1,59	1,09	1,83	1,07	1,19	1,48	1,76
14	1,03	2,22	0,97	2,45	1,20	1,83	1,04	1,44	1,86	1,26	0,90	1,82
15	1,08	1,60	1,18	1,55	0,97	2,12	1,48	1,73	0,97	0,95	1,37	2,05
16	1,01	2,32	1,26	1,38	1,52	1,28	1,10	1,83	1,09	0,99	1,07	2,49
17	0,98	1,90	1,35	0,98	1,07	2,02	1,14	2,82	1,05	1,16	1,07	2,04
18	0,97	1,80	1,08	2,14	1,01	2,64	1,00	1,59	1,45	1,10	1,09	2,21
19	1,08	1,97	1,38	1,36	1,04	2,49	0,95	2,07	0,79	1,29	1,17	1,60
20	0,99	1,95	1,27	1,58	0,96	1,49	1,21	2,71	1,06	1,50	1,53	2,65
21	0,92	1,77	1,17	0,57	0,99	2,22	1,13	1,45	0,91	0,93	1,34	2,66
22	1,32	2,01	1,31	1,41	0,74	1,49	0,80	2,19	0,97	1,24	1,00	2,26
23	1,20	2,71	1,34	2,13	1,45	1,75	1,16	2,05	1,14	1,89	1,15	2,08
24	1,00	2,40	1,11	1,62	1,03	1,39	0,92	1,56	0,85	2,34	0,79	2,92
25	1,06	1,72	1,17	1,95	1,08	1,98	1,06	2,54	1,09	0,92	1,38	2,05
26	1,55	2,01	0,92	1,58	0,87	1,83	1,14	2,17	0,82	1,21	0,97	2,37
27	0,77	2,11	1,30	1,91	0,82	2,38	1,29	2,47	1,17	1,75	1,35	1,73
28	1,25	1,45	1,26	1,21	1,14	2,01	1,76	2,25	1,19	2,24	1,35	2,86
29	1,25	1,73	1,32	1,11	1,13	1,31	1,61	2,42	1,10	1,67	1,45	2,12
30	0,97	1,45	1,34	2,14	1,03	1,40	0,86	2,56	1,03	1,63	1,24	1,99
31	1,54	1,68	1,18	2,72	1,15	2,23	0,95	2,06	0,82	1,69	0,88	2,22
32	1,31	1,47	1,00	1,97	1,23	2,59	1,46	2,81	0,96	1,71	1,60	2,17
33	1,25	2,49	1,18	2,77	1,25	1,90	1,17	2,42	1,03	1,64	1,05	2,49
34	1,21	1,81	1,16	0,93	0,84	1,58	1,28	1,98	1,11	1,63	1,33	2,20
35	1,03	2,31	1,06	1,06	1,27	1,46	1,05	1,99	1,01	1,22	1,31	2,06
36	1,10	1,78	0,98	0,87	1,39	2,06	1,61	2,24	1,77	1,47	1,08	2,51
37	1,35	1,64	1,00	0,93	0,77	1,87	1,38	2,25	0,95	1,54	1,29	2,38
38	1,79	2,75	1,25	2,09	0,95	1,84	1,07	2,20	1,08	1,59	0,92	2,22
39	1,07	1,99	0,86	2,08	1,26	1,33	1,18	2,40	0,99	1,63	1,32	2,28
40	0,94	1,61	1,26	1,12	1,29	2,30	0,96	2,32	1,31	1,50	1,20	1,84
41	1,20	1,10	1,57	2,14	1,06	1,39	1,54	1,79	1,42	1,78	1,02	2,42
42	1,23	1,32	1,67	0,33	1,13	1,73	1,10	2,21	0,91	1,49	1,15	2,10
X	1,217	1,945	1,206	1,598	1,069	1,806	1,176	2,047	1,116	1,533	1,155	2,165
S	0,249	0,376	0,217	0,559	0,191	0,370	0,219	0,429	0,236	0,396	0,196	0,337

Nr. Dinte	$S_T = 0,72 \text{ mm/rot}$					
	V=17m/min		V=21m/min		V=25m/min	
	Flanc 30°	Flanc 10°	Flanc 30°	Flanc 10°	Flanc 30°	Flanc 10°
1	1,27	1,99	1,09	2,06	1,12	1,46
2	1,16	2,38	0,81	1,28	0,89	1,31
3	0,90	2,53	1,20	1,90	1,18	1,62
4	1,25	2,34	1,31	2,04	0,74	1,41
5	1,08	2,32	1,22	1,53	0,92	1,39
6	0,81	2,34	1,01	1,83	0,94	1,88
7	1,14	1,91	0,80	1,14	0,95	1,97
8	1,27	2,46	1,00	1,67	1,06	1,46
9	1,04	1,92	0,99	1,88	1,65	2,06
10	0,89	1,97	1,08	1,89	1,12	2,38
11	1,05	2,42	0,83	1,88	1,20	2,21
12	0,92	1,38	1,02	2,28	1,16	2,29
13	1,08	1,30	0,90	1,72	1,33	2,39
14	1,22	2,04	0,97	1,14	0,99	2,16
15	0,88	1,11	1,34	2,31	1,20	2,76
16	1,54	1,66	0,91	1,85	1,16	1,54
17	1,35	0,86	0,80	2,10	1,10	2,67
18	1,40	1,56	1,12	1,71	1,16	1,52
19	0,90	1,38	0,96	1,54	1,07	1,54
20	1,20	2,11	1,40	1,77	0,84	1,10
21	1,34	2,00	1,02	2,09	0,97	1,73
22	1,22	2,02	1,14	1,47	1,18	1,96
23	0,94	2,17	0,96	1,82	0,71	2,01
24	1,05	1,58	0,81	1,75	0,99	2,19
25	1,31	2,16	1,19	1,44	1,42	1,76
26	1,24	1,73	1,43	1,76	0,88	1,79
27	1,02	1,95	1,14	1,50	1,00	1,92
28	1,48	2,10	1,03	1,77	1,01	1,75
29	1,24	2,35	0,97	2,64	0,92	2,26
30	1,34	2,37	1,51	1,96	0,87	2,27
31	0,90	2,05	1,22	1,57	1,04	2,14
32	1,22	2,59	0,96	1,71	1,10	1,90
33	1,31	1,88	1,09	1,70	0,93	1,89
34	1,02	2,06	1,14	1,67	1,09	1,98
35	1,03	1,79	1,13	2,29	1,20	2,65
36	1,05	1,97	1,51	2,55	0,98	1,69
37	1,12	1,33	1,02	1,93	0,81	1,71
38	1,06	1,84	0,92	2,35	0,94	1,80
39	1,49	1,67	0,86	2,18	1,52	1,21
40	1,32	1,32	0,88	1,58	0,87	1,84
41	1,17	1,57	0,92	1,51	0,88	1,52
42	1,11	1,53	1,04	1,28	1,24	1,61
X	1,151	1,905	1,063	1,810	1,055	1,873
S	0,182	0,410	0,188	0,348	0,195	0,394

BIBLIOGRAFIE

1. **ABADJIEV, V.I.**, On the synthesis and analysis of spiroid gears. Thesis Ph.D., Sofia 1984.
2. **ABRAMENKO, V.N.** Issledovanie gheometrii cerviaka odnoi iz reznovidnos-tei spiroidnoi koniceskoi tradiționno-kunosnoi peredaci. În: "Mehaniceskie peredacii", Mejuvuzovskii sbornik Vîpusk 2, Ijevskii mehaniceskii institut Ijevsk, 1977, p.40-44.
3. **ANFEROV, V.N.**, Opît kontrolia iznova vitkov cerviakov i zubev koles spiroidnîh peradaci pri pomoșci slepkov. In: "Mehaniceskie peredaci" Mejuvuzovskii sbornik Vîpusk I, Ijevski mehaniceskii institut, Ijevsk 1976, p.51-54.
4. **ANFEROV, V.N.**, Issledovanie iznosostoikosti spirodnîh țilindriceskih peredaci metodom rolikovoi analoghii. In: "Vestnik mașinostroienia", Nr.6, 1981, p.27-29.
5. **BOCIAN, I.** Studiul geometric al angrenajelor globoidale în vederea măririi capacității portante a acestora. Teză de doctorat. Institutul politehnic Cluj-Napoca, 1972.
6. **BOHLE, F.** Spiroid gears. In: "Machinery", Vol.62, No.2, October 1955, p.155-161.
7. **BOHLE, F.** Spiroid gears and their characteristics In: "Machinery" (Marea Britanie) vol.88, ianuarie 6, 1956, p.17- 21.
8. **BOLOȘ, C. și BOLOȘ V.**, Studiul fotoelastic privind starea de tensiune din dintele melcului spiroid cilindric. În "Lucrările celui de-al V Simpozion național de TENSOMETRIE" Galați, 20-23 sept.1989, Vol.I., pag.431-437.
9. **BOLOȘ, C. și BOLOȘ V.**, Calculul tensiunilor în dintele melcului spiroid cilindric. În "Buletinul științific al Universității Tehnice din Tg.Mureș", 1991, p.117-122.
10. **BOLOȘ, C. și BOLOȘ V.**, Aspecte privind modul de reprezentare a angrenajului melcat spiroid. În: "Buletinul Științific al Universității Tehnice din Tg.Mureș", vol V, 1992, p.120-128.
11. **BOLOȘ, C. și BOLOȘ V.** Elemente privind cinematica de danturare a roților melcate spiroide conice. În:"Buletinul științific al Universității Tehnice din Tg.Mureș", vol.VI,1993, p.173 - 178.
12. **BOLOȘ, C. și BOLOȘ, V.**, Modelul matematic al melcului spiroid conic. In: Buletinul științific al Universității Tg.Mureș, Vol.VII-VIII, 1994-1995, pag.9-15.

13. **BOLOȘ, C.**, Contribuții privind tehnologia de danturare a roților melcate spiroide conice. Teză de doctorat. Universitatea Tehnică Cluj-Napoca, 1995.
14. **BOLOȘ, C. și BOLOȘ, V.**, Aspecte privind danturarea roților melcate spiroide conice prin metoda avansului tangențial In: The International meeting of specialists in the field of gears, Baia Mare 1996, pag.71-74.
15. **BOLOȘ, C., BOLOȘ, V., DAVID, L.**, On the optimisation of the processing of taper spiroid worm gears, In: MicroCAD 97 International Computer Science Conference, Miskolc, 1997 Section F, pag.77-80.
16. **BOLOȘ C., și BOLOȘ, V. și SUDRIJAN M.**, Aspecte privind lărgirea gamei de avansuri axiale la mașina de danturat FD 500. In: Buletinul științific al Universității "Petru Maior" Tg.Mureș, Vol.IX-X (ISSN1221-3470), 1996-1997, pag 21-28.
17. **BOLOȘ, C. și BOLOȘ, V.**, Experimental determination of the thermal limit of a speed reducer on spiroid gearing In: MicroCAD 98 International Computer Science Conference, Miskolc (Hungary), 1998 Section J, pag.113-116 .
18. **BOLOȘ, C. și BOLOȘ, V.**, Experimental research regarding the power used for milling the teeth of the conical spiroid worm gears. In: Buletinul Institutului Politehnic Iași, Tomul XLIV (XLVIII) supliment I, secția V (ISSN 1011-2855), Iași, 1998, pag.177-180.
19. **BOLOȘ, C. și BREZEANU, L.**, Analysis of stress in the tooth of spiroid worm In: 18 th SYMPOSIUM on experimental mechanics of solids jachranka near Warsaw, Poland, 14-16 octomber, 1998, pag.164-168.
20. **BOLOȘ, V și BOLOȘ, C.**, Elemente privind proiectarea angrenajelor melcate spiroide. În: "Lucrări științifice", vol.3. Seria C Institutul de Învățământ Superior Tg.Mureș, 1981, p.25-32.
21. **BOLOȘ, V. și BOLOȘ, C.**,_Asupra melcului de referință la angrenajele melcate spiroide. In: "Buletin științific" Seria C vol.II, Institutul de Învățământ superior, Baia-Mare, 1982, p186-190.
22. **BOLOS, V. și PETRICEANU, GH.**, Măsuri privind prelucrarea roților melcate spiroide pe mașina de danturat FD. Comunicare la "Colocviul Mașini și tehnologii de prelucrare la rece cu înaltă productivitate", Institutul Politehnic Cluj-Napoca, 26-27 Noiembrie 1982.
23. **BOLOȘ, V. și BOLOȘ, C.**, Tehnologie de execuție pentru angrenajele melcate spiroide pentru mașinile de țesut și bobinat automate. Contract de cercetare nr.260/1982. Beneficiar: Intreprinderea de mașini textile Tg.Mureș. Executant: Institutul de învățământ superior Tg.Mureș.
24. **BOLOȘ, V., CODREANU, M. și BOLOȘ, C.**, Transmisie la sulul de urzeală de la mașinile de țesut. Brevet RSR 88843.
25. **BOLOȘ, V., CODREANU, M. și BOLOȘ, C.**, Transmisie la sulul trăgător al țesăturii de la mașina de țesut. Brevet RSR 88842.

26. **BOLOȘ, V., și BOLOȘ, C.,** Program de calcul pentru elementele geometrice ale angrenajelor melcate spiroide, A V-a Sesiune de comunicări tehnico-științifice, secțiunea I-a, Cugir 12-13 iulie 1984, p.181-188.
27. **BOLOȘ, V., PETRICEANU, GH și BOLOȘ, C.,** Studiul cinematicii de generare cu freza-melc a flancurilor dinților roților melcate spiroide. In: "THE FOURTH IFToMM INTERNATIONAL SYMPOSIUM on LINKAGES and COMPUTER AIDED DESIGN METHODS SYROM 85" Bucharest, ROMANIA, July 4-9, 1985, Volume III-1 Paper 5, p.35-42.
28. **BOLOȘ, V.,** Cercetări cu privire la cinematica și tehnologia de realizare a angrenajelor melcate spiroide. Teză de doctorat. Institutul Politehnic Cluj-Napoca, 1985.
29. **BOLOȘ, V.,** Aspecte privind stadiul de dezvoltare al angrenajelor melcate spiroide. Simpozionul "Realizări și perspective ale cercetării științifice în județul Mureș" Academia R.S.R.-Baza de cercetări științifice Tg.Mureș, 1984. Secția de cercetări în domeniul industriei, pag.3 din program.
30. **BOLOȘ, V.,** Determinarea vitezei de aşchiere la prelucrarea roților melcate spiroide. Simpozionul "Realizări și perspective ale cercetării științifice în județul Mureș" Academia R.S.R.-Baza de cercetări științifice Tg.Mureș, 1986. Secția de cercetări în domeniul industriei, pag.2 din program.
31. **BOLOȘ, V. și BOLOȘ, C.,** Preocupări privind utilizarea angrenajelor melcate spiroide în construcția reductoarelor de turație. În Volumul "Simpozionului de reductoare, angrenaje, și pompe elicoidale", Câmpina noiembrie 1986 pag.121-128.
32. **BOLOȘ, V. și BOLOȘ, C.,** Studiul teoretico-numeric a liniei de contact la un angrenaj melcat spiroid cu melc cilindric. În Volumul "Celui de-al III-lea simpozion național Proiectarea asistată de calculator în domeniul mecanismelor și organelor de mașini" Brașov, 1986, pag.51-58.
33. **BOLOȘ, V. și BOLOȘ, C.,** Aspecte privind posibilitățile de lucru ale mașinii de danturat F.D. 500 de la prelucrarea roților melcate spiroide. În "Volumul Simpozionul TEHNOMUS '86" Suceava, 1986, partea I-a pag.236-240.
34. **BOLOȘ, V. și BOLOȘ, C.,** Cercetarea experimentală a limitei termice la un reductor melcat spiroid lubrifiat cu ulei T90-EP2 pentru cuplul de materiale oțel/oțel. În: "The 5 th CONFERENCE ON FRICTION, LUBRIFICATION AND WEAR, BUCUREȘTI 24-26 Sept.1987", Vol.III. pag.19-26.
35. **BOLOȘ, V. și BOLOȘ, C.,** Cercetarea experimentală a limitei termice la un reductor melcat spiroid lubrifiat cu ulei T90 EP2 pentru cuplul de materiale oțel-fontă cu grafit nodular. În: "The 5 th CONFERENCE ON FRICTION, LUBRIFICATION AND WEAR, BUCUREȘTI 24-26 Sept.1987". vol.III. pag.27-32.

36. **BOLOȘ, V. și BOLOȘ, C.**, Cercetări privind tehnologia de realizare a roților melcate spiroide. În volumul simpozionul " Realizări ale cercetării științifice din județul Mureș". Academia R.S.R. Baza de cercetări științifice Tg.Mureș, 1987, pag.172-177 .
37. **BOLOȘ, V.**, Freza melc spiroidă cilindrică. Simpozionul"Realizări și perspective ale cercetării științifice în județul Mureș" Academia R.S.R.-Baza de cercetări științifice Tg.Mureș, 1987. Secția de cercetări în domeniul industriei, Lucrarea nr.1 din program.
38. **BOLOȘ, V. și BOLOȘ, C.**, Aspecte specifice privind danturarea roților melcate spiroide prin metoda avansului tangențial. În volumul Simpozionul "Realizări de vârf ale științei și tehnicii românești", Baia Mare, 16-18 aprilie 1988, pag.323-328.
39. **BOLOȘ, V. și BOLOȘ, C.**, Unele aspecte privind limitele de generare ale danturii roților melcate spiroide. În volumul "Celui de-al V-lea Simpozion național de mecanisme și transmisii mecanice MTM-8" Cluj-Napoca, 20-22 oct.1988, pag.127-134.
40. **BOLOȘ, V. și BOLOȘ, C.**, "Trolii de ascensor" Cercetarea comportării angrenajelor spiroide din oțel cementat fontă cu grafit nodular și bronzuri inferioare la trolul de ascensor tip II din fabricația Neptun Cămpina.Contract nr.72/1987-1989.Beneficiar Intr. Neptun Cămpina.
41. **BOLOȘ, V. și BOLOȘ, C.**, Studiul experimental al nivelului de zgomot la funcționarea reductoarelor melcate spiroide. În Volumul celei de a 6-a Conferințe, "TRIBOTEHNICA '90" Cluj-Napoca, 27-29 sept.1990, vol.III, p.173-178.
42. **BOLOȘ, V. și BOLOȘ, C.**, Angrenaje melcate spiroide - Metodica de calcul - Institutul de Invățământ Superior, Tg.Mureș, 1991.
43. **BOLOȘ, V. și BOLOȘ, C.**, Aspecte privind generarea cinematică a flancului dintelui roții melcate spiroide. În "Buletinul științific al Universității Tehnice din Tg.Mureș" 1991, p.123-128.
44. **BOLOȘ, V.**, Angrenaje melcate spiroide cilindrice - Cinematica danturării roților Universitatea Tehnică Tg.Mureș, 1992.
45. **BOLOȘ, V. și BOLOȘ, C.**, Reductor melcat spiroid pentru trolu de ascensor. În: "Analele Universității din Oradea", Fascic. Mecanică, 1992, p.45-48.
46. **BOLOȘ, V. și BOLOȘ, C.**, Reductor melcat spiroid conic. În: "Lucrările celui de al VI-lea Simpozion de Mecanisme și Transmisii Mecanice", Timișoara, 1992, vol 2, p.28.1-28.6.
47. **BOLOȘ, V. și BOLOȘ, C.**, Considerații privind posibilitățile de control ale angrenajului melcat spiroid. În: "Buletinul științific al Universității Tehnice din Tg.Mureș", vol V., 1992 p.134-139.

48. **BOLOȘ, V., BOLOȘ, C. și NEACȘU, D.**, Aprecieri privind prelucrarea roților melcate spiroide plane pe mașina de danturat tip ZSTW-2000 . În: "Buletinul științific al Universității Tehnice din Tg.Mureș", vol V., 1992, p.140-145.
49. **BOLOȘ, V. și BOLOȘ, C.**, Studiu privind stadiul mondial al cercetărilor teoretice și experimentale privind angrenajele melcate spiroide. Contract nr.2575/1992. Beneficiar Ministerul Învățământului și Științei.
50. **BOLOȘ, V. și BOLOȘ, C.**, Aspects Regarding wear of the spiroid hob. În: "Proceedings 6 th International Congres on Tribology, Eurotib '93", Budapest, 1993 Volume 4, p.419.423.
51. **BOLOȘ, V. și BOLOȘ, C.**, Cercetări teoretice și experimentale privind danturarea roților melcate spiroide. Contract: 1093/B2/1993. Beneficiar: Ministerul Cercetării și Tehnologiei,
52. **BOLOȘ, V., BOLOȘ, C. și CIOTEA, V.**, Program de calcul în limbajul AutoLISP pentru determinarea elementelor geometrice ale angrenajului melcat spiroid. În "Volumul Conferinței Naționale Proiectarea Asistată de Calculator", Brașov, 7-9 decembrie 1994, Volumul Transmisii mecanice, pag.35-42.
53. **BOLOȘ, V. și BOLOȘ C.**, Optimizări tehnologice privind prelucrarea roților melcate spiroide. Contract nr.3093/1994-A2, Beneficiar Ministerul Învățământului .
54. **BOLOȘ, V. și BOLOȘ, C.**, Puterea consumată la danturarea roților melcate spiroide. In: Buletinul științific al Universității Tg.Mureș, Vol.VII-VIII, 1994-1995, pag 16-21.
55. **BOLOȘ, V. și BOLOȘ, C.**, Particularități tehnologice ale danturării roților melcate spiroide. In Volumul 2, Conferința internațională - Mașini și Tehnologii Moderne MTem '95, Cugir, 20 - 22 oct. 1995, pag.97-100
56. **BOLOȘ, V. și BOLOȘ, C.**, Aspecte privind topografia suprafeței flancurilor danturii roților prelucrate prin frezare. În: tehnologii Calitate Mașini Materiale Editura Tehnică, București.vol.17, 1996, pag.305-310.
57. **BOLOȘ, V. și BOLOȘ, C.**, Aplicarea angrenajelor melcate spiroide în construcția mașinilor textile. În: The International meeting of specialists in the field of gears, Baia Mare 1996, pag.67-70.
58. **BOLOȘ, V. și BOLOȘ, C.**, Cercetări privind portanța angrenajelor melcate spiroide contract nr.5046/1996. Beneficiar: Ministerul Învățământului-CNCSU.
59. **BOLOȘ, V. și BOLOȘ, C.**, Freza melc spiroidă cilindrică monobloc, In: Buletinul științific al Universității "Petru Maior" Tg.Mureș, Vol.IX-X (ISSN1221-3470), 1996-1997, pag 15-20.
60. **BOLOȘ, V. și BOLOȘ, C.**, Cercetări privind geometria frezelor melc spiroide Contract nr.7046/1997. Beneficiar: Ministerul Învățământului-CNCSU.

61. **BOLOȘ, V. și BOLOȘ, C.**, Worm hob for plan spiroid worm gear processing In:MicroCAD 98 International Computer Science Conference,Miskolc,1998 Section F, pag.47-50 .
62. **BOLOȘ, V. și BOLOȘ, C.**, Accounts on efficiency of working of spiroid gearing. In: PRASIC'98, vol.II (ISBN 973-98796-0-8), Brașov, 1998, pag.251-254.
63. **BOLOȘ, V. și BOLOȘ, C.**, Reductor melcat spiroid dublu, In The International meeting of the carpathian region specialists in the field of worm gears, Volume XII, serie C (ISSN 1224-3264), Baia Mare, 1998, pag.23-26.
64. **BOLOȘ, V. și BOLOȘ, C.**, Cercetări privind angrenajele melcate spiroide duble Contract nr.7046/1998. Beneficiar: Ministerul Învățământului-CNCSU.
65. **BOLOȘ, V. și BOLOȘ, C.**, Particularități ale procesului de danturare a roților spiroide duble monobloc In: Buletinul științific al Universității "Petru Maior" Tg.Mureș, Vol.XI-XII (ISSN1221-3470), 1998-1999, pag .
66. **BREZEANU, L. și BOLOȘ, C.**, Determinarea concentrării tensiunilor la baza dintelui melcului spiroid cilindric. In: Vol.cele de-a XXVIII sesiuni de comunicări științifice, Academia Tehnică Militară, București 21-22 octombrie 1999, pag. 211-216.
67. **BRINZA, J și GATES, J.**, Multi-speed power unit. Brevet SUA nr.2 810 305.
68. **BRYANT, R.și DUDLEY D.**, Wich right angle gear system? In: "Product Engineering" vol.31, November 7, 1960, p55- 60.
69. **BUCKINGHAM, E.**, Analitical mechanics of gears.Mc Graw-Hill, New-York, 1949.
70. **BUCKINGHAM, E. și RYFFEL, H.H.**, Design of worm spiral gears. Industrial Press, New-York, 1960.
71. **DOBRESCU, Gh., IONESCU, D., NISIPEANU, L., PILAT, E.**, Limbajul BASIC și aplicații, Editura Didactică și Pedagogică, București, 1978.
72. **DROZDOV, I.U.N și ANFEROV, V.N.**, K rascetu resursa spiroidnîh peredaci po iznosu. In: "Rascetno-ekseperimentalnoe metodî treniai iznoss, Izdatestvo Nauka", Moskva, 1980, p.19-22.
73. **DUDLEY, D.W.**, Gear Handbook, Mc.Graw-Hill, New-York, 1962.
74. **DUDAS, I.**, Spiroid hajtasok szerszama es gyartasgeometriajanak elemzese. In: Gepgyartastechnologia, XXVI, Nr.4 Aprilie, 1986.
75. **DUDAS, I.**, Optimalisierugnfragen der werzeugprofile bei spiroid-getrieben, În:Constructia de mașini, vol.46, nr.1-2, 1994, p67-70.
76. **DUDAS, I.**, Grinding possibilities of conical worm of spiroid driving pairs, În : MicroCAD 96 International Computer Science Conference, Miskolc (Hungary),1996 Section F, pag.33-38.

77. **DUDAS, I.**, Optimization and manufacturing of the spiroid gearing, In:4 the World Congress Gearing and Power Transmission Proceedings Volume, 16-18 march 1999, CNIT Paris -France, pag.377-389.
78. **EIDINOV, M.S.**, Rascet zubciatîh i cerviacinîh peredaci. Maşghiz, Moskva, 1961, p.193-209.
79. **EZERSKAIA, S.V. şi ISMAGHILOVA, S.M.**, Nekotorîe voprosi kontrolia koniceskih spiroidnîh cerviakov i frez. In: "Mehanicalskie peredaci", Ijevsk, 1972, p.62-70.
80. **EZERSKAIA, S.V.**, Nekotorîe voprosî gheometriceskogo rasceta dvuhkolesnîh spiroidnîh peredaci s ðilindriceskimi cerviakami. In: Sbornik Mehanicalskie peredaci Vîpusk 5, Ijevskii mehanicalskii institut, Ijevsk, 1973, p.94-103.
81. **EZERSKAIA, S.V şi GOLUBKOV, N.S.**, Analiz deistvuiuscih v zateplenii sil i uslovii nagrujenia vala cerviaka dvuhkolesnîh spiroidnîh peredac. În: Sbornik "Mehanicalskie peredaci", Vîpusk 7, Ijevskii mehanicalskii institut, Ijevsk, 1975, p.24-33.
82. **EZERSKAIA, S.V. şi BISTROV, M.M.**, Nekotorîe rezultatî issledovania negruzocinoi sposobnostu spiroidnîh reductorov a dvumia zonami zateplenia. In: "Mehanicalskie peredaci" Mejevuzovskii sbornik Vîpusk I, Ijevskii mehanicalskii institut. Ijevsk, 1976, p.37-44.
83. **EZERSKAIA, S.V şi SPILKIN, M.A.**, Issledovanie poverhnosti zateplenia spiroidnîh peredaci a arhimedovîmi cerviakami. In: "Mehanicalskie peredaci" Mejevuzovskii Sbornik Vîpusk 2, Ijevskii mehanicalskii institut, Ijevsk, 1977, p.22-27.
84. **FEFER, A.M.**, Opredelenie predelnogo udaleniia raboeci cerviaka spiroidno peredaci ot mejosevogo perpendikuliara. In: "Mehanicalskie peredaci", Izd.Udmurtia, Ijevsk, 1967, p.146-150.
85. **FEFER, A.M.**, O tocinosti spiroidnoi peredaci s ðilindriceskii cerviakom i kolesom, narezannîm rezjom-letucikoï. În: "Mehanicalskie peredaci", Ijevsk, 1972, p.71-75.
86. **FEFER, A.M.**, Nekotorîe voprosî issledovannia evolventnoi spiroinoi peredaci. In: Sbornik "Mehanicalskie peredaci" Vîpusk 5, Ijevskii mehanicalskii institut, Ijevsk, 1973, p.19-27.
87. **FEFER, A.M. şi CEKALKIN, G.T.**, Vîbor velicinî zatîlovania cerviacinîh frez. In: "Stanki i instrument", Nr.4., 1973, p.30-32.
88. **FEFER, A.M şi SVETOV, V.V.**, K voprosu ob oţenke iznosostoikosti zubciatîh peredaci. In: Sbornik "Mehanicalskie peredaci". Vîpusk 7, Ijevskii mehanicalskii institut, Ijevsk, 1975, p.85-95.
89. **FEFER, A.M.** O kontrole tolşcinî vitkov spiroidnîh ðilindriceskih cerviakov pri pomoşci rolikov. In: "Mehanicalskie peredaci" Mejevuzovskii sbornik Vîpusk I, Ijevskii mehanicalskii institut, Ijevsk, 1975, p.45-50.

90. **FEFER, A.M., CEKALKIN, G.T. și SVETOV, V.V.**, Rascet na iznos spiroidnih peredaci, rabotaiuščih v usloviah uprogogo kontakta. In: "Mehaničeskie peredaci" Mežvuzovskii sbornik Vîpusk I, Ijevskii mehaničeskkii institut, Ijevsk, 1975, p.62-66.
91. **FEFER, A.M și CEKALKIN, G.T.**, Nekotoriie voprosi gheometrii zaŭeplenia melkomodulnih spiroidnih peredaci. In: "Vestnik mašinostroienia", Nr.5, 1978, p.13-16.
92. **FEFER, A.M.**, Spiroidnaia peredacea. Brevet URSS nr.209 176.
93. **FLAIR, J.H.**, Hobbing machine. Brevet SUA nr.3 087 767.
94. **GANSIN, V.A.**, Slifovanie cerviaka spiroidnoi evolventnoi peredaci. In: "Stanki i instrument", Nr.5, 1969, p.25-27.
95. **GANSIN, V.A.**, Analitičeskoie i eksperimentalnoie issledovanie spiroidnoi peredaci a evolventim cerviakom. Dissertația na soiskanie ucenoi stepeni kandidata tehničeskih nauk, Moskva, 1970.
96. **GANSIN, V.A.**, Linii kontakta evolventnoi spiridnoi peredaci. In: "Mehanika mašin", Vîpusk 23-24, Izd. Nauka, Moskva, 1970, p.127-132.
97. **GANSIN, V.A.**, K sintezu evolventnoi spiroidnoi peredaci. In: "Mehanika mašin", Vîpusk 31-32, Izd. Nauka, Moskva, 1972, p.50-54.
98. **GAVRILAȘ, I și VOICU, N.**, Tehnologia de fabricație a roților dințate pe mașini - unelte clasice și cu comandă program, Editura Tehnică, București, 1982.
99. **GHEORGHIEV, A.K.**, Elementi gheometriceskoi teorii spiroidnih peredaci. In: Izv.vuzov. "Mašinostroienie", Nr.8, 1963, p.37-45.
100. **GHEORGHIEV, A.K.**, Opredelenie profilia vitkov cerviaka ghipoidno-cerviacioni peredaci. In: "Povišenje nadejnosti detalei i ustroistv", Izd. Udmurtia, Ijevsk, 1964, p.109-119.
101. **GHEORGHIEV, A.K.**, Elementi gheometriceskoi teorii i nekotoriie voprosi proektirovania i proizvodstvo hipoidno-cerviacionih peredaci. Dissertația na soiskania ucenei stepeni kandidata tehničeskih nauk. Ijevsk, 1965.
102. **GHEORGHIEV, A.K.**, Gheometriceskii rascet dvuhkolesnih ghipoidnocerviacionih peredaci i osobennosti ih izgotovlenia. In: Sbornik "Proiektirovanie i proizvodstvo mehaničeskkii peredaci" Izd. Udmurtia, Ijevsk, 1965, p.129-132.
103. **GHEORGHIEV, A.K. și SUBIN, V.A.**, Nekotoriie rezultati issledovania nagruzocinoi sposobnosti ghipidno-cerviacionih peredaci i kolesami iz ciuguna a șarovidnim grafitom. In: Sbornik "Issledovanie rascet mehaničeskih peredaci", Ijevskii Mehaničeskkii Institut, 1966, p.110-119.
104. **GHEORGHIEV, A.K și SUBIN, V.A.**, K voprosu issledovania neortogonalih ghipoidno-cerviacionih peredaci. In: Mehaničeskie peredaci, Izd. Udmurtia Ijevsk, 1967, p.133-145.

105. **GHEORGHIEV, A.K. și SUBIN, V.A.**, Onekotorih itogah issledovania organicevaemoi nagrevom nagruzocinoi sposobnosti ghipoidnocerviacinogo (spiroidnogo) reduktora so stalnoi paroi. In: Sbornik "Mehaniceskie peredaci" "Vîpusk II, Ijevskii mehaniceskii institut, Ijevsk, 1968,p.185-200.
106. **GHEORGHIEV, A.K și SUBIN, V.A.**, K voprosî ob otenke viliania riada skorostnih faktorov na nagruzocinuiu sposobnosti prostranstenogo zateplenia. In: "Mehaniceskie peredaci" Ijevskii mehaniceskii institut, Ijevsk, 1971, p.127-134.
107. **GHEORGHIEV, A.K. și SUBIN, V.A.**, O vlianii velicin peredatocino otnošenii i uglov profilia cerviaka narazmerî radiusov kriviznî vzaimooghibamih poverhnostei v ortogonalnih ghipoidno-cerviacinih (spiroidnih) peredaciakh s koniceskim arhimedovmi cerviakami. In: "Mehaniceskie peredaci", Ijevskii mehaniceskii institut, Ijevsk, 1971, p.147-155.
108. **GHEORGHIEV, A.K și GOLDFARB, V.I.**, Aspektî gheometriceskoi teorii i rezultati issledovania spiroidnih peredaci s țilindriceskimi cerviakami. In: "Mehanika mașin", Vîpusk 31-32, Izd.Nauka, Moskva, 1972, p.70-80.
109. **GHEORGHIEV, A.K. și GOLDFARB, V.I.**, K issledovania nagruzocinoi sposobnosti spiroidnogo reduktora s neșlifovanîm stalnim țilindriceskim cerviakom i bronzovîm kolesom. In: "Mehaniceskie peredaci", Ijevsk, 1972, p.76-86.
110. **GHEORGHIEV, A.K și GOLDFARB, V.I.**, K voprosu o shemah narezania reztom i formah profilia țilindriceskih lineiciatnih cervikov spiroidnih (ghipoidno-cerviacinih) peredaci. In: "Mehaniceskie peredaci", Ijevsk, 1972, p.47-61.
111. **GHEORGHIEV, A.K. și GOLUBKOV, N.S.**, K opredeleniu deistvuiuşchih v zateplenii sil i k.p.d. v naiboleo obşcem spiroidnoi peredaci. In: "Mehaniceskie peredaci", Ijevsk, 1972, p.25-30.
112. **GHEORGHIEV, A.K, GOLDFARB, V.I și EZERSKAIA, S.V.**, Osnovîie polejenia razrabatîvaemoi metodiki gheometriceskogo rasceta spiroinih peredaci s țilindriceskim cerviakami. In: Tezisi dokladov "Voprosî standardizații i unificații metodov rascetov detalei obşcemașinostroitelno go primenia" Ijevsk - Moskva, 1973, p.40-46.
113. **GHEORGHIEV, A.K., SUBIN, V.A. și NIKITIN, B.G.**, Sposob izmerenia velicinih iznosa zubtov koles spiroinih (Ghipoidnocerviacinih) peredaci. In: Sbornik "Mehaniceskie peredaci", Vîpusk 5, Ijevskii mehaniceskii institut, Ijevsk, 1973, p.89-93.

114. **GHEORGHIEV, A.K., GOLDFARB, V.I și SIBANOV, E.K.**, Nekotoriie voprosi formoobrazovania vitkov țilindriceskih spiroidnih cerviakov vıpklovognutogo profilia pri obrabotki diskovim instrumentom. In: Sbornik "Issledovania v oblasti tehnologii obrazovania narujnih i vnuternih rezb, rezboobrazuiuşcih instrumentov, stankov i metodov kontrolia rezb", Tula, 1974, p.166-172.
115. **GHEORGHIEV, A.K., GOLDFARB, V.I și KUNIVER, A.S.**, Oprodelenie prodolnih linii i zaostrenia zubev kola ortogonalnoi spiroidnoi peredaci s țilindriceskimceeviakom vıpklovognutogo profilia. In: Sbornik "Mehanicalskie peredaci" Vıpusk 7, Ijevskii mehanicalskii institut, Ijevsk, 1975,p.3-7.
116. **GHEORGHIEV, A.K. și GOLDFARB, V.I.**, Novaia raznovidnosti ortogonalnoi spiroidnoi s țilindriceskim cerviakom. In: Sbornik "Mehanicalskie peredaci", Vıpusk 7, Ijevskii mehanicalskii institut, Ijevsk, 1975, p.8-17.
117. **GHEORGHIEV, A.K. și SABUROV, L.M.**, Konstrukcii prisposoblenia i metodika rasceta dlea kontrolia profilia zubev kola spiroidnih peredaci. In:Sbornik "Soversenstrovanie proţesov obrabotkii metalov rezaniem" Vıpusk I, Ijevsk, 1976, p.113-123.
118. **GHEORGHIEV, A.K., ANFERO, V.N. și TIPSEV, IU.K.**, Eksperimentalnoe issledovanie mehanisma podema so spiroidno-țilindriceskim reduktorom. In: "Mehanicalskie peredaci "Mejvuzovskii sbornik Vıpusk I. Ijevskii mehanicalskii institut, Ijevsk, 1976,p.3-8.
119. **GHEORGHIEV, A.K., GOLDFARB, V.I și ARDASEV, B.N.**, Rascet kalibra dlea kontrolia profilia zubev kola ortogonalnoi spiroidnoi peredaci s țilindriceskimi cerviakami imeiuşcimi vitki vıpklo-vognutogo profila. In: "Mehanicalskie peredaci", Mejvuzovskii sbornik Vıpuski, Ijevskii mehanicalskii institut, Ijevsk, 1976, p.20-26.
120. **GHEORGHIEV, A.K, ANFEROV, V.N. și TIPSEV, IU.K.** K voprosu o vliania na eksploatacionnıie pokazateli spiroidnih peredaci dobavki v smazku disulfida molibdena. In: "Mehanicalskie peredaci", Mejvuzovskii sbornik Vıpusk 2, Ijevskii mehanicalskii institut, Ijevsk, 1977, p.11-15.
121. **GHEORGHIEV, A.K. și MODZELEVSKII, V.A.**, Nekotoriie rezultati issledovania negruzocinoi sposobnosti spiroidnoi konicescoi peredaci novoi raznovidnosti. In:" Mehanicalskie peredaci", Mejvuzovski sbornik Vıpusk 2, Ijevskii mehanicalskii institut, Ijevsk, 1977, p.3-10.
122. **GHEORGHIEV, A.K.**, Cerviacino-konicesskaia peredacea. Brevet URSS, nr.186240.
123. **GHEORGHIEV, A.K.**, Ortogonalnaia cerviacino-koniceskaia peredacia. Brevet URSS 201864.
124. **GHEORGHIEV, A.K.**, Proteajnoi support k zubovfrezernomu stanki. Brevet URSS nr.214291.

125. **GHEORGHIEV, A.K., FEFER, A.M și CEKALKIN, G.T.**, Prispoblenie k tokarno vintoreznomu stanku dlea şlifovania koniceskih cerviakov. Brevet URSS nr.227067.
126. **GHEORGHIEV, A.K. și MANSIN, S.D.**, Spiroidnaia peredacia s ustristvo dlea vîborki zazorov v zeţepenii. Brevet URSS nr.641 213.
127. **GHEORGHIEV, A.K. și MODZELEVSKII, V.A.**, Ortogonalnaia obratno-konusnaia spiroidnaia peredacea. Brevet URSS nr.690 212.
128. **GHEORGHIEV, A.K.**, Orthogonal worm-bevel gearing. Brevet SUA nr.3 289 489.
129. **GHEORGHIEV, A.K. și GOLDFARB, V.I.**, Orthogonales Radgetriebe. Brevet RFG nr.2 161 666.
130. **GHEORGHIU, N.S, FEIMER, I. și IONESCU, N.**, Organe de maşini și transmisii mecanice. Institutul Politehnic Traian Vuia, Timișoara, 1978.
131. **GOLDEN, R.J.**, What are spiroid gears? In Engineering, 216, nr.3, March 1976, p.175-178.
132. **GOLDFARB, V.I.**, Nekotorfie rezultati issledovannia krivizni vzaimoghibaemih povernosti v gipoidno-cerviacinih (spiroidnih) peredaciakh s țilindriceskimi lineiciatiimi cerviakami. In: "Mehanicalskie peredaci", Ijevskii mehaniceskii institut, Ijevsk, 1971, p.135-140.
133. **GOLDFARB, V.I.**, O podrezanii v ortogonalnoi spiroidnoi peredace s țilindriceskim cerviakom. In: "Mehanicalskie peredaci", Ijevsk, 1972, p.97-103.
134. **GOLDFARB, V.I, PASINSKI, V.S. și NESMELOV, I.P.**, Issledovanie i avtomatizirovannaia obrabotka rezultatov vîcislenii s pomoşciu EVM prin analize uslovii zeţepenia v spiroidnih peredaciakh. In: "Mehanicalskie peredaci", Vîpusk 7, Ijevskii mehaniceskii institut, Ijevsk, 1975, p.18-23.
135. **GOLDFARB, V.I.**, Forma idealnoi nacialnoi povernosti cerviaka ortogonalnoi spiroidnoi peredaci. In: Izv. vuzov. "Maşinostroenie", nr.11, 1976, p.38-41.
136. **GOLDFARB, V.I.**, Uravnenie idealnoi nacialnoi povernosti cerviaka. In: Izv.vuzov. "Maşinostroenie", Nr.3, 1976, p.52-55.
137. **GOLDFARB, V.I.**, Postroenie prodolnih linii zubev kola ortogolanoi spiroidnoi peredaci s țilindriceskim cerviakom, imeiaşcim vitki idealno peremenogo şaga. In: "Mehanicalskie peredaci "Mejvuzovskii sbornik Vîpusk 1, Ijevskii mehaniceskii institut, Ijevsk, 1976,p.9-12.
138. **GOLDFARB, V.I.**, Stravitenoie issledovania krivizni vzaimoghibaemih povernosti v spiroidnih țilindriceskih peredaciakh s cerviakami idealnoperemeenogo i postoianogo şaga vitkov. In: "Mehanicalskie peredaci", Mejvuzovskii sbornik Vîpusk 2, Ijevskii mehaniceskii institut, Ijevsk, 1977, p.34-39.

139. **GOLDFARB, V.I. și NESMELOV, I.P.**, Primenenie interpoliaionih metodov pri issledovanii bokovih poverhnosti zubev spiroidnih koles. In: "Mehaničeskie peredaci" Mežvuzovskii sbornik Vypusk 2, Ijevskii mehaničeskkii institut, Ijevsk, 1977, p.28-33.
140. **GOLDFARB, V.I. și NESMELOV, I.P.**, Metod rasceta razmera neobhodimogo prin kontrole țilindričeskkiih spiroidnih cerviakov s pomosciu țarikov. In: Izv.vuzov. "Mașinostroenie" Nr.2, 1980, p.158-160.
141. **GOLDFARB, V.I. și NESMELOV, I.P.**, Vıbor gheometričeskkih parametrov neortogonalnoi spiroidnoi peredaci. In: Izv. vuzov. "Mașinostroenie" Nr.8, 1981, p.48-51.
142. **GOLDFARB, V.I. și NESMELOV, I.P.**, Vıbor shemi neortogonalnoi zubciatoi peredaci s perekřcivauřcimsia osiami. In: Izv. vuzov. "Mașinostroenie", Nr.10, 1982, p.31-35.
143. **GOLDFARB, V.I. și NESMELOV, I.P.**, Neortogonalmaea zubceataia peredaceia s perekreřcivaluřcimsia osiami. Brevet URSS 806 935.
144. **GOLDFARB, V.I. și MARDANOV, I.I.**, Sozdanıe gamı novih spiroidnih motor-reductorov i reductorov. In: "Vestnik mașinostroenia", nr.12, 1990, p.54-57.
145. **GOLDFARB, V.I. și ISAKOVA, N.V.**, Variants of spiroid gearing from pitch realisation point of view. In: Gearing and Transmissions, nr.1, 1995, p.25-34.
146. **GOLDFARB, V.I. și SPIRIDONOV, V.M.**, Design of the two-stage spiroid gear units and gear motors, In: V.D.I. Berichte nr.1230, 1996, p.579-586.
147. **GOLDFARB, V.I., KUNIVER A.S., TRUBACHOV Y.S. și MONAKOV A.V.**, Computer aided design and some results of spiroid gears and gearboxes investigation. In: 4 the World Congress Gearing and Power Transmission Proceedings Volume, 16-18 march 1999, CNIT Paris -France, pag.365-375.
148. **GOLUBKOV, N.S.**, Nekotorıe voprosı gheometrii zațeplenia cerviacino-spiroidnih peredaci. In: Izv. vuzov. "Mașinostroenie" Nr.8, 1959, p.77-85.
149. **GOLUBKOV, N.S.**, Eksploataionnıe pokazateli cerviacino-spiroidnoi perdaci. In: Izv.vuzov. "Mașinostroenie", Nr.2, 1961, p.81-85.
150. **GOLUBKOV, N.S. și TROITKII, I.M.**, Metodika gheometričeskkogo rasceta i opredelenie sil, deistvuiřcih zațeplenii ortogonalnoi spiroidnoi peredaci. In: "Mehaničeskie peredaci", Izd. Udmurtia, Ijevsk, 1967, p.126-132.
151. **GRĂMESCU, T., SLĂTINEANU, L., PRUTEANU, O., MARIN, O.**, Tehnologii de danturare a roților dințate, Editura UNIVERSITAS, Chișinău, 1993.
152. **GYENGE, CS.**, Contribuții asupra îmbunătățirii preciziei frezelor- melc duplex pentru executarea angrenajului melcat duplex. Teză de doctorat, Institutul politehnic Cluj-Napoca, 1979.
153. **GUJU, M.**, Angrenaje conice și hipoide, Editura Tehnică, București, 1990.

154. **HANDRA-LUCA, V., SUDRIJAN, M., CISMAȘ, P. și NAPĂU, I.**, Considerații asupra corecției pasului la angrenajul melc-roată plană, În: *Construcția de mașini*, vol.46, nr.1-2, 1994, p.139-141.
155. **HANDRA-LUCA, V. și NAPĂU, I.**, Simularea prin calcul a generării flancurilor elementelor angrenajului melc-roată plană, În *Volumul, Conferința internațională - Mașini și Tehnologii Moderne MTem '95, Cugir, 20 - 22 oct. 1995.*
156. **HEGYHATI, J.**, Untersuchungen zur Anwendung von Spiroidgetrieben Dissertation, T.U. Dresden, 1988.
157. **HEGYHATI, J.**, Untersuchungen zur Anwendung von Spiroidgetrieben În: *Schimerungstechnik*, Berlin, vol.20, nr.3, 1989, p.80-85
158. **HOANG, N.H.**, Nem vonalfeluletu helicon hajtasok vizsgalata es optimalizalasa a hidrodinamikai teherbiras szempontjabol. Doctori ertekezes, Budapest, 1988.
159. **HOANG, N.H.**, Investigation of helicon drives on the basis of the tribology conditions. În: *Proceedings 6th International Congress on Tribology, Budapest 1993, volume 4, p.478-483.*
160. **IONESCU, G.H.D.**, Teoria diferențială a curbelor și suprafețelor cu aplicații tehnice. Editura Dacia, Cluj- Napoca, 1984.
161. **IVAİKIN, V.A., EZERSKAIA, S.V. și MATVEEV, V.I.**, Ob issledovannii nagruzocnoi nizkoskorosti ortogonalnoi ghipoidnoi-cerviacinoi (spiroidnoi) peredaci narujnogo zeteplenja. În: "Mehanicestkie peredaci", Ijevskii Mehanicestkii institut, Ijevsk, 1971, p. 141-146.
162. **IVAİKIN, V.A. și MATVEEV, V.I.**, O jestkosti vala cerviaka nizkorostnogo tiajelonagrujenogo spiroidnigo reductora s raznesennimi podșipnikovimi oporami. În: "Mehanicestkie peredaci "Ijevsk, 1972, p.31-37.
163. **IVAİKIN, V.A.**, Rezultatı eksperimentalnogo issledovenia jestkosti detalei uzla vala koles i korpusa spiroidnogo reductora mehanicestkoi topki. În:"Mehanicestkie peredaci", Ijevskii mehanicestkii institut, Ijevsk, 1976, p.27-36.
164. **IVANOV, G.A. și LAGUTIN, S.A.**, Opredelenie k.p.d.ortogonalnih peredaci s țilindriceskimi cerviakami. În: *Izv. vuzov. "Mașinostroienie"* nr.5, 1979.
165. **KOBAYSHI, A.**, Gearing unit. Brevet SUA nr.2 756 614.
166. **KOLMAKOV, V.I. și GORIANSKII, G.N.**, Eksperimentalnoe issledovanie k.p.d. reductorov privodnih mostov so spiroidnimi i gipoidnimi glavnamı peredaciami. În:"Mehanicestkie peredaci", Mejevuzovskii sbornik Vıpusk 1, Ijevskii mehanicestkii institut, Ijevsk, 1976, p.13-19.
167. **KORIAKIN, N.A., ș.a.** O formoobrazovanii zubciatih vențov spiroidnih koles ștampovkoi obkativaniem. În: "Kuznecinoștampovocinoie proizvodsto", nr.9, 1972, p.14-16.

168. **KUNIVER, A.S.**, K voprosu proektirovaniia kalibrov dlea kontroliia profilii \tilde{t} ilindricheskikh mnogozahodn \tilde{t} kh frez i cerviakov spiroidn \tilde{t} kh peredaci novoi raznovidnosti. In: "Mehaniceskie peredaci" Mezhvuzovskii sbornik V \tilde{t} pusk 1, Ijevskii mehaniceskii institut, Ijevsk, 1976, p.31-36.
169. **KUZLEAKINA, V.V.**, K voprosu isslodovaniia form \tilde{t} profilii vitkov koniceskogo cerviaka ghipoidno-cerviacionoi peredaci narezanogo diskov \tilde{t} m ili cea \tilde{t} secin \tilde{t} m instrumentom. In: Izv.vuzov. "Ma \tilde{t} šinostroenie", nr.3, 1971, p.51-56.
170. **LANGE S.**, Unterchung von Helicon- und Spiroid-Getrieben mit abwickelbaren Schnekenflanken (Evolventenschnecken) nach der Herzschen und nach der hydrodynamischen Theorie, Technischen Hochschule Munchen, 1967, 34pag.
171. **LĂZĂRESCU, I.D.**, Calculul și construcția sculelor a \tilde{t} schietoare, Ed.Tehnică, București, 1961.
172. **LITVIN, F.L.**, Teoria zubciat \tilde{t} kh za \tilde{t} eplenii. Izd.Nauka, Moskva, 1968.
173. **LITVIN, F.L., PETROV, K.M. și GANSIN, V.A.**, The Effect of Geometrical Parameters of Hypoid and Spiroid gears on its Quality Characteristics. In: "Mechanism and Machine" Theory, Pergamon Press, Volum 8, No.2, 1973, p.187-196.
174. **LIUKSIN, V.S.**, Teoria vintov \tilde{t} kh poverhnostei, Izd.Ma \tilde{t} šinostroenie Moskva, 1968.
175. **MACFARLAND, W.C.**, Skewed-Axis Gears for Low Backlash. In: Control engineering, January 1960, vol.7, No.1, p.145-147.
176. **MACFARLAND, W.C.**, Tuning device. Brevet SUA nr.3 038 346.
177. **MANSIN, S.D.**, O v \tilde{t} bore parametrov i izgotovlenii koniceskikh cerviakov spiroidn \tilde{t} kh peredaci s reguliruem \tilde{t} mzazoromu v za \tilde{t} eplenii. In: Sbornik "Issledovaniia v oblasti tehnologii \tilde{t} obrazovaniia narujn \tilde{t} kh i vnutern \tilde{t} kh rezb, rezbobrazuiu \tilde{t} sch instrumentov, stankov i metodov kontroliia rezb", Tula, 1974, p.172-178.
178. **MANSIN, S.D. și MODZELEVSKII, I.A.**, Spiroidno- \tilde{t} ilindricheskii reductor povorotnogo ustroistva i vopros \tilde{t} v \tilde{t} bora parametrov primennoi v nem spiroidnoi peredaci. In: Sbornik "Mehaniceskie peredaci" V \tilde{t} pusk 7, Ijevskii mehaniceskii institut, Ijevsk, 1975, p.37-41.
179. **MAROS, D.**, Teoria mecanismelor și a ma \tilde{t} șinilor - Cinematica ro \tilde{t} șilor din \tilde{t} ate, EdituraTehnică, București, 1958.
180. **MAROS, D., KILIMAN, V. și ROHONYI, V.**, Angrenaje melcate, Editura Tehnică, București, 1966.

181. **MATVEEV, V.I.**, Nekotorie rezultati issledovania iznosostoikosti peredaci spiroidnoi i cerviacinnoi rucinih talei. In: "Mehaniceskie peredaci", Mezhvuzovskii sbornik Vîpusk 2, Ijevskii mehaniceskii institut, Ijevsk, 1977, p.16-21.
182. **MILOIU, GH., DUDIȚA, F. și DIACONESCU, D.V.**, Transmisii mecanice moderne, Editura Tehnică, București, 1980.
183. **MINCIU, G.**, Precizia și controlul angrenajelor melcate, Editura Tehnică, București, 1984.
184. **MINKOV, K. și ABADGIEV, V.**, Spiroidni zbnî predavki-gheometricini tehnologhicini i eksploataionni osobenosti. In: "Mašinostroene", Nr.11, 1980, p.495-498.
185. **MINKOV, K.**, Optimal syntesis of basic geometry of non-orthogonal crossed axes gearing. În: Processing of world Congress of ItoMM, Milano, 1995, p.620-624.
186. **MODZELEVSKII, V.A.**, Osobenosti konstrukții i tehnologii izgotovlenia koniceskoi spiroidnoi frezi dlea narezania koles spiroidnih peredaci s koniceskimi ghelikoidnimi cerviakam vîpuklovognutogo profila. În: Sbornik "Soveršenstvovanie proțesov obrobтки metalov rezaniem" Vîpusk I, Ijevsc, 1976, p.92-95.
187. **NAPĂU, I.**, Contribuții la studiul angrenajului melc-roată plană. Teză de doctorat. Universitatea Tehnică Cluj-Napoca, 1999.
188. **NELSON, W.D.**, Spiroid gearing. In: ASME Paper No.57-A-162, New-York, Oct.1957.
189. **NELSON, W.D.**, Spiroid gearing, Part.1, 2, 3. In: Machine Design, vol.33, nr.4 (p.136-144), nr.5 (p.93-100), nr.6 (p.165-171), 1961.
190. **NELSON, W.D.** Spiroid ,Helicon and Planoid gears În: "Power Transmission Design", May 1962, p.22- 25.
191. **NIKITIN, P.N.**, K voprosu elektrohimiceskoi finișnoi obrabotki zubev koles spiroidnih peredaci. In: Sbornik "Mehaniceskie peredaci" Vîpusk 5, Ijevskii mehaniceskii institut, Ijevsk, 1973, p.121-124.
192. **NIKITIN, P.N.**, Eksperimentalnoe issledovanie elektrohimiceskoi obrabotki primenitelno k finișnoi otdelke spiroidnih koles. In: Sbornik "Mehaniceskie peredaci" Vîpusk 5, Ijevskii mehaniceskii institut, Ijevsk, 1973, p.83-88.
193. **NIKITIN, P.N.**, Proizvoditelnosti proțesa elektrohimiceskoi finișnoi obrabotki zubev koles spiroidnih peredaci. In: Sbornik "Mehaniceskie peredaci" Vîpusk 7, Ijevskii mehaniceskii institut, Ijevsk, 1975, p.46-49.
194. **OVCINNIKOV, N.A.**, Obșcie svedenia i voprosi proiektivania ploskolesnoi cerviacinnoi peredaci. In: Sbornik "Proiektirovanie i proizvodstvo mehaniceskih peredaci", Izd.Udmurtia, Ijevsk, 1965, p.182-187.

195. **OVCINNIKOV, N.A.**, Ploskolesnaia peredacia kak soverşanii tip peredaci s ÷ilindriceskim cerviakom. In: Sbornik "Proiektirovanie i proizvodstvo mehaniceskih peredaci", Izd.Udmurtia, Ijevsk,1965. p.99-109,
196. **OVCINNIKOV, N.A.**, Silfi, deistvuiuşcie v zaþeplenii i k.p.d. ploskolesnoi cerviacinnoi peredaci. In: Sbornik 2 Issledovanie i rascet mehaniceskih peredaci "Ijevskii Mehaniceskii Institut, Ijevsk, p.95-109, 1966.
197. **OVCINNIKOV, N.A. ŝi ZOTOV, B.D.**, Sposob narezania ploskogo zubciatogo kola. Brevet URSS nr.142135.
198. **PAY, E.**, Contribuþii la determinarea unor factori tehnologici asupra preciziei de danturare a roþilor cilindrice cu dantura dreaptă, prin frezare cu freza-melc modul. Teză de doctorat. Institutul Politehnic Cluj-Napoca, 1969.
199. **PERERVO, P.R.**, ŝ.a., Sravitelnoe issledovanie peremeşcenii zvenev ghipoidnoi i spiroidnoi glavniĥ peredaci reductorov privodniĥ mostov avtomobilei. In: Sbornik "Mehanicestkie peredaci" Vĥpusk 7, Ijevskii mehaniceskii institut, Ijevsk,1975 p.42-45, .
200. **PETRICEANU, GH.**, Tehnologia construcþiei de maşini, Institutul Politehnic Cluj- Napoca, 1969.
201. **POMERNACKI ,H.**, Spiroid hob.Brevet SUA nr.3059317,1959
202. **PROFET, A.G.**, Self-contained mechanical actuator. Brevet SUA nr.3 559 499.
203. **ROHONYI, V.**, Fogaskerékhatások (Angrenaje), Ed.Tehnică, Bucureşti, 1974.
204. **SAARI, O.**, The Mathematical Background of Spiroid Gears. In: Industrial Mathematics Series, Detroit Wayne State University Press, Detroit, 1956, p.131-144.
205. **SAARI, O.**, Speed reduction gearing. Brevet SUA 2696125.
206. **SAARI, O.**, Method of making speed reduction gearing. Brevet SUA nr.2 731 886.
207. **SAARI, O.**, Skew axis gearing and metod of making same. Brevet SUA nr.2776578.
208. **SAARI, O.**, Thread cutting machine. Brevet SUA nr.2 776 603.
209. **SAARI, O.**, Worm forming apparatus. Brevet SUA nr.2 871 765.
210. **SAARI, O.**, Reduction gearing unit. Brevet SUA nr.2 908 187.
211. **SAARI, O.**, Multiple skew-axis gearing. Brevet SUA nr.2 935 885.
212. **SAARI, O.**, Skew axis gearing. Brevet SUA nr.2 954 704.
213. **SAARI, O.**, Gear finishing apparatus. Brevet SUA nr.2 996 847.
214. **SABUROV, L.N.**, Opredelenie minimalnogo vnuternogo diametra venþa kola ortogonalnoi spiroidnoi peredaci s obratno konusniĥcerviakom. In: "Mehanicestkie peredaci", Ijevsk, 1972, p.93-96.

215. SAUER, L., Scule pentru danturare, Editura Tehnică, București, 1962.
216. SAUER, L. ș.a., Angrenaje, vol.I, II, Editura Tehnică, București, 1970.
217. SCHREMPP, E., Skew axis gearing. Brevet SUA nr.3 645 148.
218. SCHWAGERL, D., Untersuchung von Helicon und Spiroid Getrieben mit trapezförmigem schneckenprofil nach der Hertzschens und nach der hydrodynamischen Theorie. Technischen Hochschule München, 1967.
219. SCHWAGERL, D., Helicon und Spiroid-Getriebe mit trapezformigem Schneckenprofil. In: INDUSTRIE-ANZEIGER, vol.91, nr.52 (p.24-26) și 80 (p.1953-1957), 1969.
220. SEVRIUK, V.N. și ABRAMENKO, V.N., Gheometria spiroidnîh peredaci s krugovîm profilem vitkov cerviaka. In: Sbornik "Lokomotivostroenie", Vîpusk 4, Harkov, 1972, p.65-72.
221. SIBANOV, E.K., Rascet parametrov polozenia priamolineinoi rejușcii kromki, formiruiușcei bokovuiu poverhnosti vitka lineiciatogo cerviaka krivolineinogo osevogo profilia. In: Sbornik "Issledovania v oblasti tehnologii obrazovania narujnîh i vnuternîh rezb, reboobrazuiușcih instrumentoov, stankov i metodov kontrolia rezb", Tula, 1974, p.161-166.
222. SUDRIJAN, M., CISMAȘ, P. și NAPĂU, I., Angrenaj melc-roată plană, brevet de invenție OSIM nr.107302, B1, 1993.
223. TOOKEY, J.R., Hobbing machine. Brevet SUA nr.3 105 412.
224. TOWNSEND P.DENNIS, Dudley's Gear Handbook, Mc Graw-Hill Inc., New-York, 1991.
225. TROITKII, I.M., Cerviacino spiroidnîe peredaci s cerviakom peremenoșaga i metod ih izgotovlenia. In: Izv.vuzov. "Mașinostroenie" nr.7, 1982, p.161-169.
226. TROITKII, I.M., Analiticeskoe issledovanie zonî kontakta spiroidnogo zașeplenia s mnogozahodnîm cerviakom. In: Sbornik "Issledovanie i rascet mehaniceskih peredaci" Ijevskii Mehaniceskii Institut, Ijevsk, 1966, p.82-94.
227. TROITKII, I.M., Eksperimentalnoie issledovanie eksploatacionnîh pokazatelei spiroidnoi peredaci s noșozahodnîm cerviakom. In: Sbornik "Proiektirovanie i proizvodstvo mehaniceskih peredaci" Izd.Udmurtia, Ijevsk, 1965, p.122-128
228. VASILIEV, V.M., Analiteceskoe issledovanie spiroidnogo zașeplenia. In: Trudî Novocerkasskogo Politehniceskogo Instituta, Tom.153, 1964, p.13-28.
229. VASENTEV, N.S., ș.a., Spiroidnoe zașeplenie. Brevet URSS nr.937 827.
230. ZOTOV, B.D., Osii zașeplenia v spiroidnoi peredace. In: Izv.vuzov "Mașinostroenie" nr.6, 1961, p.23-30.
231. ZOTOV, B.D., Opredelenie kontaktnîh linii v spiroidnoi peredace. In: Izv.vuzov "Mașinostroenie" nr.6, 1965, p.5-11.

BIBLIOGRAFIE

232. * * * STAS 951/5 Angrenaje melcate. Geometrie și cinematică. Terminologie.
233. * * * STAS 6461-81 Angrenaje melcate cilindrice - Toleranțe.
234. * * * STAS 6465-82 Angrenaje melcate cilindrice - Melcul de referință.
235. * * * GOST 22850-77 Peredaci spiroidnîie. Terminî. Opredelenia i oboznacenia.
236. * * Helicon/Spiroid Gears and gear system. ITW-Chicago, 1980.
237. * * The guide to use spiroid gearing. Design. Manual No.1, Davall Gear Company Ltd, England.
238. * * Davall Gears, The Davall Gear Comany Limited,1991.
239. * * PIC Desin,Catalog 42 p.9-52
240. * * AutoCAD Release 12 - Referance Manual
241. * * Cartea tehnică a mașinii de danturat FD 500 I.M.Cugir.