



Universitatea
Transilvania
din Brașov

UNIVERSITATEA TRANSILVANIA DIN BRAȘOV
ȘCOALA DOCTORALĂ INTERDISCIPLINARĂ
Facultatea de Inginerie Tehnologică și Management Industrial

Ing. Mitruț Vasilică PURICIUC

TEZĂ DE DOCTORAT

Rezumat

Conducător științific
Prof.dr. ing. Romeo CIOARĂ

BRAȘOV, 2025

Ing. Mitruț Vasilică PURICIUC

TEZĂ DE DOCTORAT

TITLU (română): Studii și cercetări inovative privind cinematica generării suprafețelor cilindrice

TITLU (engleză): Innovative studies and research regarding the kinematics of generating cylindrical surfaces

Domeniul de doctorat: Inginerie Industrială

Comisia de susținere:

Conf.dr.ing. Catrina CHIVU

Prof.dr.ing. Romeo CIOARĂ

Prof.dr.ing. Miron ZAPCIU

Prof.dr.ing. Cătălin DUMITRAȘ

Prof.dr.ing. Tudor DEACONESCU

Președinte, Universitatea Transilvania din Brașov

Conducător științific, Universitatea Transilvania din Brașov

Referent oficial, Universitatea Națională de Știință și

Tehnologie POLITEHNICA din București

Referent oficial, Universitatea "Gh. Asachi" din Iași

Referent oficial, Universitatea Transilvania din Brașov

	Rezumat	Teză
CUPRINS		
Capitolul I – Geneza temei și obiectivele tezei	6	15
1.1. Geneza temei	6	15
1.2. Obiectivele tezei	6	16
Capitolul II – Scurt istoric al evoluției procedeelor de prelucrare	7	19
Capitolul III – Despre generarea suprafețelor pe mașini-unelte	8	25
3.1. Noțiunea de suprafață	8	25
3.2. Despre generarea teoretică a suprafețelor	8	25
3.3. Directoarea și generatoarea: forme și clasificări	8	30
Capitolul IV – Analiza procedeelor de prelucrare și a mașinilor-unelte destinate generării de suprafețe cilindrice	10	35
4.2. Procede de prelucrare și mașini-unelte care generează (și) suprafețe cilindrice (cu directoare dreaptă și generatoare cerc)	10	43
4.2.1. Găurire și mașini-unelte de găurit	10	43
4.2.2. Strunjire și mașini-unelte de strunjit	10	44
4.2.3. Frezare și mașini-unelte de frezat	11	54
4.2.4. Rectificare și mașini-unelte de rectificat	12	59
4.2.5. Rabotare / mortezare și mașini-unelte de rabotat / mortezat	12	59
4.2.6. Broșare și mașini-unelte de broșat	12	63
4.2.7. Tăierea cu fierăstrăul și fierăstraie	13	65
4.2.8. Generarea prin așchiere a directoarei dreaptă și a generatoarei cerc	14	66
4.2.9. Deformare plastică și mașini-unelte pentru deformare plastică	16	69
4.2.10. Procede neconvenționale de prelucrare și mașini-unelte pentru procedee neconvenționale	19	76
4.2.9.8. Diversitatea curbelor directoare și generatoare la prelucrări neconvenționale	19	84
4.3. Concluzii	23	88
Capitolul V – Contribuții teoretice inovative privind cinematica mașinilor-unelte destinate prelucrării de suprafețe cilindrice. Sinteza cinematică a mașinilor-unelte	24	91
5.1. Sinteza cinematică a mașinilor-unelte destinate prelucrării de suprafețe cilindrice cu directoare dreaptă și generatoare cerc	24	91
5.1.1. Cazuri cu directoare dreaptă materializată	24	92
5.1.2. Cazuri cu directoare dreaptă obținută prin copiere	26	100
5.1.3. Cazuri cu directoare dreaptă obținută cinematic ca traiectorie a unui punct	29	110

5.1.4. Cazuri cu directoare dreaptă obținută cinematic ca înfășurătoare a unei familii de curbe.....	32	119
5.1.5. Cazuri cu directoare dreaptă obținută prin rulare.....	34	125
5.1.6. Cazuri cu directoare dreaptă programată.....	37	132
5.2. Contribuții originale și concluzii.....	38	141
Capitolul VI – Rugozitatea la strunjirea tangențială oblică.....	40	143
6.1. Introducere.....	40	143
6.3. Scheme particulare de prelucrare prin strunjire.....	40	147
6.4. Rugozitatea teoretică a suprafețelor obținute prin strunjire tangențială oblică.....	40	148
6.5.2. Rezultate ale unor cercetări proprii.....		154
6.6. Concluzii.....	41	158
Capitolul VII – Cercetări și contribuții experimentale privind calitatea suprafețelor cilindrice exterioare generate prin procesul de strunjire tangențială.....	42	160
7.1. Introducere.....	42	160
7.2. Proiectarea și realizarea cuțitului cu tăiș tangențial înclinat.....	42	160
7.2.1. Cerințe constructive impuse cuțitului cu tăiș tangențial înclinat.....	42	160
7.2.2. Proiectarea asistată a cuțitului cu tăiș tangențial înclinat.....	42	161
7.2.3. Execuția cuțitului cu tăiș tangențial înclinat.....	42	164
7.3. Proiectarea și desfășurarea experimentelor.....	43	166
7.3.2. Desfășurarea experimentelor.....	43	168
7.4. Rezultatele experimentale și analiza lor.....	44	170
7.4.1. Rezultate obținute la prelucrarea cu cuțit normal ISO1.....	45	170
7.4.2. Rezultate obținute la prelucrarea cu cuțit cu tăiș tangențial înclinat.....	45	172
7.5. Direcții de continuare a cercetărilor.....	47	180
7.6. Concluzii.....	48	181
Capitolul VIII – Contribuții originale, forme de valorificare, concluzii finale și direcții de continuare a cercetărilor.....	49	184
8.1. Contribuții originale.....	49	184
8.2. Forme de valorificare a cercetării.....	50	187
8.3. Concluzii finale.....	51	188
8.4. Direcții de cercetare ulterioară.....	53	190
Rezumat scurt (RO).....	54	199
Declarație de originalitate.....	55	200

Capitolul I – Geneza temei și obiectivele tezei

1.1. Geneza temei

Prezenta teză de doctorat are ca temă – *Studii și cercetări inovative privind cinematica generării suprafețelor cilindrice* – una dintre cele propuse de conducătorul științific, concordantă cu dezvoltările și descoperirile în sfera tehnologiilor de prelucrare cu o ascensiune rapidă în ultimele decenii.

1.2. Obiectivele tezei

În acord cu cele prezentate anterior și cu chiar titlul lucrării, obiectivul științific principal al prezentei teze de doctorat este analiza detaliată și extinderea posibilităților de prelucrare a suprafețelor cilindrice exterioare, prin inovare-inventare.

Sunt estimate două direcții de acțiune pentru care s-a întrevăzut succes încă din faza de analiză preliminară a tezei:

- 1) - relevarea (prin cel puțin câte un exemplu a) mulțimii posibilităților de prelucrare a suprafețelor cilindrice exterioare caracterizate de directoare dreaptă și generatoare cerc, și
- 2) - studiul detaliat al prelucrării de suprafețe cilindrice (exterioare) prin strunjire cu cuțit cu tăiș tangențial înclinat.

Lucrarea va cuprinde un capitol introductiv, un cuprins, o bibliografie și, eventual, un număr de anexe.

Capitolul II – Scurt istoric al evoluției procedeeleor de prelucrare

Oamenii au început să realizeze piese prin cioplire, adică prin îndepărtare de material.

O a doua modalitate de realizare a pieselor apărută și dezvoltată de-a lungul timpului este prin redistribuirea unui material.

A treia modalitate, utilizată încă din istoria veche a omenirii, este prin adăugare de material. Adăugarea de material se poate combina cu redistribuirea de material;

*„Conceptul de mașină-unealtă face referire directă și se bazează pe două ... concepte esențiale, care se referă la bunuri fără de care lumea modernă nu poate fi imaginată: **mașină și unealtă**. O mașină-unealtă generează suprafețe prin prelucrarea unui semifabricat cu ajutorul unei scule, obținându-se astfel o piesă. Generarea suprafeței presupune mișcări desmodrome relative între piesă și sculă, cel puțin una dintre acestea fiind în mișcare. Piesa este caracterizată de o anumită geometrie, deci de una sau mai multe suprafețe care o definesc, de precizia și calitatea acestor suprafețe și de materialul utilizat.*

Mașinile-unelte pot executa prelucrări prin așchiere, deformare plastică sau utilizând procedee „neconvenționale”.

Definițiile conceptului de mașină-unealtă date de-a lungul timpului reflectă momentul istoric și dezvoltarea cunoașterii în domeniu. ... definițiile pertinente scot în evidență, în mod explicit sau implicit, că o mașină-unealtă utilizează scule corespunzătoare pentru a modifica, în timpul unui proces de prelucrare, forma și dimensiunile unor corpuri (solide, metalice sau nemetalice).

Oricare ar fi definiția (și indiferent de aceasta) este evident faptul că rolul unei mașini-unelte este de a realiza la piesa care se dorește a se obține una sau mai multe suprafețe noi (ca rezultat al modificării formei și dimensiunilor unui semifabricat), printr-un proces de prelucrare și folosind scule adecvate.

Capitolul III – Despre generarea suprafețelor pe mașini-unelte

3.1. Noțiunea de suprafață

Noțiunea de suprafață este de mare importanță în relație cu forma unei piese. Cel mai adesea o piesă este caracterizată de mai multe suprafețe, două câte două imediat vecine și aflate în continuitate. La multe dintre corpurile tehnice, la limita dintre astfel de două suprafețe vecine se identifică adesea o muchie.

3.2. Despre generarea teoretică a suprafețelor

Utilizând mașini-unelte se generează suprafețe reale, dar conceperea sau alegerea unei mașini-unelte capabile să genereze suprafața dorită presupune elaborarea unei imagini virtuale a respectivului proces, deci o generare teoretică a suprafeței respective. Ca urmare studiul generării teoretice a suprafețelor precede și se reflectă în generarea practică a acestora.

Pentru lucrarea de față prioritară este generarea teoretică a suprafețelor, aceasta fiind baza pentru studiul inovativ al cinematicii mașinilor-unelte capabile să genereze suprafețe cilindrice.

În cadrul teoriei noțiunile de (curbă) *directoare* și (curbă) *generatoare* sunt de importanță deosebită.

3.3. Directoarea și generatoarea: forme și clasificări

Se poate numi „suprafață unitară” a unui corp o suprafață caracterizată de o singură pereche generatoare & directoare.

Utilizând **criteriul modului de generare**, un punct de vedere contemporan¹ propune luarea în considerare a șase tipuri de curbe generatoare și directoare, În această accepțiune, atât directoarea (D), cât și generatoarea (G) pot fi: (M; m) materializate; (Co; co) generate prin copiere; (Ci_{tp}; ci_{tp}) generate cinematic ca traiectorie a unui punct; (Ci_{fc}; ci_{fc}) generate cinematic ca înfășurătoare a unei familii de curbe; (R; r) generate (cinematic) prin rulare; (P; p) programate.

Tabel 3.1. Combinații posibile de generare a unei suprafețe,
în funcție de modurile de generare ale curbelor directoare și generatoare

		Directoare					
		M	Co	Ci _{tp}	Ci _{fc}	R	P
Generatoare	m	M&m	Co&m	Ci _{tp} &m	Ci _{fc} &m	R&m	P&m
	co	M&co	Co&co	Ci _{tp} &co	Ci _{fc} &co	R&co	P&co
	ci _{tp}	M&ci _{tp}	Co&ci _{tp}	Ci _{tp} &ci _{tp}	Ci _{fc} &ci _{tp}	R&ci _{tp}	P&ci _{tp}
	ci _{fc}	M&ci _{fc}	Co&ci _{fc}	Ci _{tp} &ci _{fc}	Ci _{fc} &ci _{fc}	R&ci _{fc}	P&ci _{fc}
	r	M&r	Co&r	Ci _{tp} &r	Ci _{fc} &r	R&r	P&r
	p	M&p	Co&p	Ci _{tp} &p	Ci _{fc} &p	R&p	P&p

Semnificațiile din tabelul anterior sunt suficient de explicite: de exemplu, prin Ci_{tp}&m se va înțelege

¹ Cioară R.: *Bazele Cinematice ale Mașinilor-Unelte*. Editura Matrix Rom, ISBN 978-606-25-0481-6, București, 2019

$D(C_{tp}) \& G(m)$, adică o modalitate de generare a unei suprafețe la care directoarea D se obține cinematic ca traiectorie a unui punct (C_{tp}), iar generatoarea G este materializată (m) pe sculă, de regulă ca profil al muchiei tăietoare a părții active a acesteia.

Capitolul IV – Analiza procedeeleor de prelucrare și a mașinilor-unelte destinate generării de suprafețe cilindrice

În prezenta teză de doctorat, "*Studii și cercetări inovative privind cinematica generării suprafețelor cilindrice*", analiza procedeeleor de prelucrare și a mașinilor-unelte asociate abordează exclusiv pe cele destinate prelucrării de suprafețe cilindrice, caracterizate de directoare dreaptă și generatoare cerc.

4.2. Procedee de prelucrare și mașini-unelte care generează (și) suprafețe cilindrice (cu directoare dreaptă și generatoare cerc)

Este necesară explorarea diverselor procedee cunoscute de generare a suprafețelor cilindrice, indiferent dacă aceste procedee sunt convenționale sau neconvenționale și indiferent dacă operează prin îndepărtare de material, prin adăugare de material sau prin redistribuire de material.

4.2.1. Găurire și mașini-unelte de găurit

Tabel 4.1. Moduri uzuale de obținere a directoarei (D) la găurire

M	Co	Ci _{tp}	Ci _{fc}	R	P
● cerc; elice cilindrică	x	x	x	x	x

Tabel 4.2. Moduri uzuale de obținere a generatoarei (G) la găurire

m	co	Ci _{tp}	Ci _{fc}	r	p
■ cerc; elice cilindrică	x	● dreaptă	x	x	x

În concluzie, deoarece prin găurire nu se poate obține directoare dreaptă și implicit nu se poate genera o suprafață cilindrică caracterizată simultan de directoare dreaptă și generatoare cerc, procedeul de prelucrare prin găurire pe mașini de găurit nu prezintă interes pentru prezenta teză de doctorat.

4.2.2. Strunjire și mașini-unelte de strunjit

Strunjirea este unul dintre cele mai răspândite procedee de prelucrare prin așchiere, aproximativ 30% din totalul operațiilor de așchiere fiind realizate prin strunjire.

Tabel 4.3. Moduri uzuale de obținere a directoarei (D) la strunjire

Forma curbei	M	Co	Ci _{tp}	Ci _{fc}	R	P
Dreaptă	x	●	❖	x	x	●
Cerc	■	●	●	x	x	●
Altă curbă	x	●	●	x	x	●

Notă. Simbolurile folosite au semnificația: x nu este posibil; ● caz tipic; ❖ caz posibil, puțin productiv, nerecomandat; ■ caz specific altui procedeu; ❖ curbă aproximată

Tabel 4.4. Moduri uzuale de obținere a generatoarei (G) la strunjire

Forma curbei	m	co	ci _{tp}	ci _{fc}	r	p
Dreaptă	●	●	●	◆	●	●
Cerc	●	●	●	◆	●	●
Altă curbă	●	●	×	◆	●	●

Tabel 4.5. Combinații uzuale de generare pe mașini-unelte de strunjit a unei suprafețe, având directoare dreaptă și generatoare cerc

		Directoare dreaptă					
		M	Co	Ci _{tp}	Ci _{fc}	R	P
Generatoare cerc	m	×	●	❖	×	×	●
	co	×	●	❖	×	×	●
	ci _{tp}	×	●	❖	×	×	●
	ci _{fc}	×	◆	❖	×	×	◆
	r	×	●	❖	×	×	●
	p	×	●	❖	×	×	●

4.2.3. Frezare și mașini-unelte de frezat

Prin frezare se pot obține suprafețe foarte diverse, caracterizate de curbe directoare diverse ca forme și moduri de obținere.

Tabel 4.6. Moduri uzuale de obținere a directoarei (D) la frezare

Forma curbei	M	Co	Ci _{tp}	Ci _{fc}	R	P
Dreaptă	×	■	×	●	■	●
Cerc	■	■	×	●	■	●
Altă curbă	×	■	×	●	■	●

Tabel 4.7. Moduri uzuale de obținere a generatoarei (G) la frezare

Forma curbei	m	co	ci _{tp}	ci _{fc}	r	p
Dreaptă	●	■	×	●	■	●
Cerc	●	■	×	●	■	●
Altă curbă	●	■	×	●	■	●

Tabel 4.8. Combinații uzuale de generare pe mașini de frezat a unei suprafețe având directoare dreaptă și generatoare cerc

		Directoare dreaptă					
		M	Co	Ci _{tp}	Ci _{fc}	R	P
Generatoare cerc	m	×	■	×	●	■	●
	co	×	■	×	●	■	●
	ci _{tp}	×	×	×	×	×	×
	ci _{fc}	×	■	×	●	■	●
	r	×	■	×	●	■	●
	p	×	■	×	●	■	●

Prin frezare nici directoarea și nici generatoarea nu se pot obține cinematic ca traiectorie a unui punct.

4.2.4. Rectificare și mașini-unelte de rectificat

În esență, schemele de prelucrare corespunzătoare mașinilor de rectificat sunt similare cu cele corespunzătoare mașinilor de frezat.

4.2.5. Rabotare / mortezare și mașini-unelte de rabotat / mortezat

Prin rabotare / mortezare nu se poate obține directoare materializată, iar generatoarea nu se poate obține cinematic ca traiectorie a unui punct.

Tabel 4.9. Moduri uzuale de obținere a directoarei (D) la rabotare / mortezare

Forma curbei	M	Co	Ci _{tp}	Ci _{fc}	R	P
Dreaptă	×	■	●	×	×	■
Cerc	×	■	■	■	×	■
Altă curbă	×	■	×	×	×	■

Tabel 4.10. Moduri uzuale de obținere a generatoarei (G) la rabotare / mortezare

Forma curbei	m	co	ci _{tp}	ci _{fc}	r	p
Dreaptă	●	■	×	●	■	●
Cerc	●	■	×	●	■	●
Altă curbă	●	■	×	●	■	●

Tabel 4.11. Combinații uzuale de generare pe mașini de rabotat / mortezat a unei suprafețe având directoare dreaptă și generatoare cerc

		Directoare dreaptă					
		M	Co	Ci _{tp}	Ci _{fc}	R	P
Generatoare cerc	m	×	■	●	×	×	●
	co	×	■	●	×	×	●
	ci _{tp}	×	×	×	×	×	×
	ci _{fc}	×	■	●	×	×	●
	r	×	■	●	×	×	●
	p	×	■	●	×	×	●

4.2.6. Broșare și mașini-unelte de broșat

La broșare sculele utilizate sunt broșele, unele foarte specifice, cu generatoare exclusiv materializată.

Tabel 4.12. Moduri uzuale de obținere a directoarei (D) la broșare

Forma curbei	M	Co	Ci _{tp}	Ci _{fc}	R	P
Dreaptă	×	×	●	■	×	×
Cerc	×	×	×	■	×	×
Altă curbă	×	×	×	×	■	×

Tabel 4.13. Moduri uzuale de obținere a generatoarei (G) la broșare

Forma curbei	m	co	ci _{tp}	ci _{fc}	r	p
Dreaptă	●	×	×	×	■	×
Cerc	●	×	×	×	■	×
Altă curbă	●	×	×	×	■	×

Tabel 4.14. Combinații uzuale de generare pe mașini de broșat a unei suprafețe având directoare dreaptă și generatoare cerc

		Directoare dreaptă					
		M	Co	Ci _{tp}	Ci _{fc}	R	P
Generatoare cerc	m	×	×	●	■	×	×
	co	×	×	×	×	×	×
	ci _{tp}	×	×	×	×	×	×
	ci _{fc}	×	×	×	×	×	×
	r	×	×	■	■	×	×
	p	×	×	×	×	×	×

4.2.7. Tăierea cu fierăstrăul și fierăstraie

La tăierea cu fierăstrăul directoarea este dreaptă obținută cinematic ca traiectorie a unui punct, sau cerc materializată. Curba generatoare este dreaptă, obținută cinematic ca traiectorie a unui punct.

Tabel 4.15. Moduri uzuale de obținere a directoarei (D) la tăierea cu fierăstrău

Forma curbei	M	Co	Ci _{tp}	Ci _{fc}	R	P
Dreaptă	×	×	●	×	×	×
Cerc	■	×	×	×	×	×
Altă curbă	×	×	×	×	×	×

Tabel 4.16. Moduri uzuale de obținere a generatoarei (G) la tăierea cu fierăstrău

Forma curbei	m	co	ci _{tp}	ci _{fc}	r	p
Dreaptă	×	×	●	×	×	×
Cerc	×	×	❖	■	×	■
Altă curbă	×	×	×	❖	×	❖

Tabel 4.17. Combinații uzuale de generare utilizând fierăstraie a unei suprafețe având directoare dreaptă și generatoare cerc

		Directoare dreaptă					
		M	Co	Ci _{tp}	Ci _{fc}	R	P
Generatoare cerc	m	×	×	×	×	×	×
	co	×	×	×	×	×	×
	ci _{tp}	×	×	❖	×	×	×
	ci _{fc}	×	×	■	×	×	×
	r	×	×	×	×	×	×
	p	×	×	■	×	×	×

4.2.8. Generarea prin aşchiere a directoarei dreaptă şi a generatoarei cerc

Având în vedere şi cele prezentate anterior se pot exprima mulţimile $\mathcal{M}_{D-dr(M)}$, $\mathcal{M}_{D-dr(Co)}$, $\mathcal{M}_{D-dr(Citp)}$, $\mathcal{M}_{D-dr(Cifc)}$, $\mathcal{M}_{D-dr(R)}$ şi $\mathcal{M}_{D-dr(P)}$ (unde, de exemplu, prin $\mathcal{M}_{D-dr(M)}$ se înţelege *mulţimea procedeelor de prelucrare (prin aşchiere, în cazul de faţă) care permit obţinerea de suprafeţe cu directoare (D) dreaptă (dr) materializată (M)*, prin $\mathcal{M}_{D-dr(Co)}$ se înţelege *mulţimea procedeelor de prelucrare care permit obţinerea de suprafeţe cu directoare (D) dreaptă (dr) rezultată prin copiere (Co) ş.a.m.d.*):

$$\mathcal{M}_{D-dr(M)}^{A\check{s}c} = \emptyset \quad (4.1)$$

$$\mathcal{M}_{D-dr(Co)}^{A\check{s}c} = \{\text{strunjire, frezare, rectificare, rabotare, mortezare}\} \quad (4.2)$$

$$\mathcal{M}_{D-dr(Citp)}^{A\check{s}c} = \{\text{strunjire, rabotare, mortezare, broşare, tăiere cu fierăstrău}\} \quad (4.3)$$

$$\mathcal{M}_{D-dr(Cifc)}^{A\check{s}c} = \{\text{frezare, rectificare, broşare}\} \quad (4.4)$$

$$\mathcal{M}_{D-dr(R)}^{A\check{s}c} = \{\text{frezare, rectificare}\} \quad (4.5)$$

$$\mathcal{M}_{D-dr(P)}^{A\check{s}c} = \{\text{strunjire, frezare, rectificare, rabotare, mortezare}\} \quad (4.6)$$

Mulţimile $\mathcal{M}_{G-cerc(m)}$, $\mathcal{M}_{G-cerc(co)}$, $\mathcal{M}_{G-cerc(citp)}$, $\mathcal{M}_{G-cerc(cifc)}$, $\mathcal{M}_{G-cerc(r)}$ şi $\mathcal{M}_{G-cerc(p)}$ care reflectă procedee de prelucrare prin aşchiere care permit obţinerea de suprafeţe cu generatoare cerc prin oricare dintre cele şase moduri considerate (m, co, citp, cifc, r şi p) sunt:

$$\mathcal{M}_{G-cerc(m)}^{A\check{s}c} = \{\text{strunjire, frezare, rectificare, rabotare, mortezare, broşare}\} \quad (4.7)$$

$$\mathcal{M}_{G-cerc(co)}^{A\check{s}c} = \{\text{strunjire, frezare, rectificare, rabotare, mortezare}\} \quad (4.8)$$

$$\mathcal{M}_{G-cerc(citp)}^{A\check{s}c} = \{\text{strunjire, tăiere cu fierăstrău}\} \quad (4.9)$$

$$\begin{aligned} \mathcal{M}_{G-cerc(cifc)}^{A\check{s}c} &= \\ &= \{\text{strunjire, frezare, rectificare, rabotare, mortezare, tăiere cu fierăstrău}\} \end{aligned} \quad (4.10)$$

$$\mathcal{M}_{G-cerc(r)}^{A\check{s}c} = \{\text{strunjire, frezare, rectificare, rabotare, mortezare, broşare}\} \quad (4.11)$$

$$\begin{aligned} \mathcal{M}_{G-cerc(p)}^{A\check{s}c} &= \\ &= \{\text{strunjire, frezare, rectificare, rabotare, mortezare, tăiere cu fierăstrău}\} \end{aligned} \quad (4.12)$$

Cele 36 de cazuri de combinaţii posibile sunt explicitate prin mulţimi care se obţin ca intersecţie a câte două mulţimi de procedee care permit obţinerea curbei directoare, pe de o parte, şi a curbei generatoare, pe de altă parte. Mulţimile în discuţie sunt:

$$\mathcal{M}_{dr(M)\&cerc(m)}^{A\check{s}c} = \mathcal{M}_{D-dr(M)}^{A\check{s}c} \cap \mathcal{M}_{G-cerc(m)}^{A\check{s}c} = \emptyset \quad (4.13)$$

$$\mathcal{M}_{dr(M)\&cerc(co)}^{A\check{s}c} = \mathcal{M}_{D-dr(M)}^{A\check{s}c} \cap \mathcal{M}_{G-cerc(co)}^{A\check{s}c} = \emptyset \quad (4.14)$$

$$\mathcal{M}_{dr(M)\&cerc(citp)}^{A\check{s}c} = \mathcal{M}_{D-dr(M)}^{A\check{s}c} \cap \mathcal{M}_{G-cerc(citp)}^{A\check{s}c} = \emptyset \quad (4.15)$$

$$\mathcal{M}_{dr(M)\&cerc(cifc)}^{A\check{s}c} = \mathcal{M}_{D-dr(M)}^{A\check{s}c} \cap \mathcal{M}_{G-cerc(cifc)}^{A\check{s}c} = \emptyset \quad (4.16)$$

$$\mathcal{M}_{dr(M)\&cerc(r)}^{A\check{s}c} = \mathcal{M}_{D-dr(M)}^{A\check{s}c} \cap \mathcal{M}_{G-cerc(r)}^{A\check{s}c} = \emptyset \quad (4.17)$$

$$\mathcal{M}_{dr(M)\&cerc(p)}^{A\check{s}c} = \mathcal{M}_{D-dr(M)}^{A\check{s}c} \cap \mathcal{M}_{G-cerc(p)}^{A\check{s}c} = \emptyset \quad (4.18)$$

$$M_{dr(Co)\&cerc(m)}^{A\check{s}c} = M_{D-dr(Co)}^{A\check{s}c} \cap M_{G-cerc(m)}^{A\check{s}c} = \{strunjire, frezare, rectificare, rabotare, mortezare\} \quad (4.19)$$

$$M_{dr(Co)\&cerc(co)}^{A\check{s}c} = M_{D-dr(Co)}^{A\check{s}c} \cap M_{G-cerc(co)}^{A\check{s}c} = \{strunjire, frezare, rectificare, rabotare, mortezare\} \quad (4.20)$$

$$M_{dr(Co)\&cerc(citp)}^{A\check{s}c} = M_{D-dr(Co)}^{A\check{s}c} \cap M_{G-cerc(citp)}^{A\check{s}c} = \{strunjire\} \quad (4.21)$$

$$M_{dr(Co)\&cerc(cifc)}^{A\check{s}c} = M_{D-dr(Co)}^{A\check{s}c} \cap M_{G-cerc(cifc)}^{A\check{s}c} = \{strunjire, frezare, rectificare, rabotare, mortezare\} \emptyset \quad (4.22)$$

$$M_{dr(Co)\&cerc(r)}^{A\check{s}c} = M_{D-dr(Co)}^{A\check{s}c} \cap M_{G-cerc(r)}^{A\check{s}c} = \{strunjire, frezare, rectificare, rabotare, mortezare\} \emptyset \quad (4.23)$$

$$M_{dr(Co)\&cerc(p)}^{A\check{s}c} = M_{D-dr(Co)}^{A\check{s}c} \cap M_{G-cerc(p)}^{A\check{s}c} = \{strunjire, frezare, rectificare, rabotare, mortezare\} \quad (4.24)$$

$$M_{dr(Citp)\&cerc(m)}^{A\check{s}c} = M_{D-dr(Citp)}^{A\check{s}c} \cap M_{G-cerc(m)}^{A\check{s}c} = \{strunjire, rabotare, mortezare, broșare\} \quad (4.25)$$

$$M_{dr(Citp)\&cerc(co)}^{A\check{s}c} = M_{D-dr(Citp)}^{A\check{s}c} \cap M_{G-cerc(co)}^{A\check{s}c} = \{strunjire, rabotare, mortezare, broșare\} \quad (4.26)$$

$$M_{dr(Citp)\&cerc(citp)}^{A\check{s}c} = M_{D-dr(Citp)}^{A\check{s}c} \cap M_{G-cerc(citp)}^{A\check{s}c} = \{strunjire, tăiere cu fierăstrău\} \quad (4.27)$$

$$M_{dr(Citp)\&cerc(cifc)}^{A\check{s}c} = M_{D-dr(Citp)}^{A\check{s}c} \cap M_{G-cerc(cifc)}^{A\check{s}c} = \{strunjire, rabotare, mortezare, broșare, tăiere cu fierăstrău\} \quad (4.28)$$

$$M_{dr(Citp)\&cerc(r)}^{A\check{s}c} = M_{D-dr(Citp)}^{A\check{s}c} \cap M_{G-cerc(r)}^{A\check{s}c} = \{frezare, rectificare, broșare\} \quad (4.29)$$

$$M_{dr(Citp)\&cerc(p)}^{A\check{s}c} = M_{D-dr(Citp)}^{A\check{s}c} \cap M_{G-cerc(p)}^{A\check{s}c} = \{strunjire, rabotare, mortezare, broșare, tăiere cu fierăstrău\} \quad (4.30)$$

$$M_{dr(Cifc)\&cerc(m)}^{A\check{s}c} = M_{D-dr(Cifc)}^{A\check{s}c} \cap M_{G-cerc(m)}^{A\check{s}c} = \{frezare, rectificare, broșare\} \quad (4.31)$$

$$M_{dr(Cifc)\&cerc(co)}^{A\check{s}c} = M_{D-dr(Cifc)}^{A\check{s}c} \cap M_{G-cerc(co)}^{A\check{s}c} = \{frezare, rectificare\} \quad (4.32)$$

$$M_{dr(Cifc)\&cerc(citp)}^{A\check{s}c} = M_{D-dr(Cifc)}^{A\check{s}c} \cap M_{G-cerc(citp)}^{A\check{s}c} = \emptyset \quad (4.33)$$

$$M_{dr(Cifc)\&cerc(cifc)}^{A\check{s}c} = M_{D-dr(Cifc)}^{A\check{s}c} \cap M_{G-cerc(cifc)}^{A\check{s}c} = \{frezare, rectificare\} \quad (4.34)$$

$$M_{dr(Cifc)\&cerc(r)}^{A\check{s}c} = M_{D-dr(Cifc)}^{A\check{s}c} \cap M_{G-cerc(r)}^{A\check{s}c} = \{frezare, rectificare, broșare\} \quad (4.35)$$

$$M_{dr(Cifc)\&cerc(p)}^{A\check{s}c} = M_{D-dr(Cifc)}^{A\check{s}c} \cap M_{G-cerc(p)}^{A\check{s}c} = \{frezare, rectificare\} \quad (4.36)$$

$$M_{dr(R)\&cerc(m)}^{A\check{s}c} = M_{D-dr(R)}^{A\check{s}c} \cap M_{G-cerc(m)}^{A\check{s}c} = \{frezare, rectificare\} \quad (4.37)$$

$$M_{dr(R)\&cerc(co)}^{A\check{s}c} = M_{D-dr(R)}^{A\check{s}c} \cap M_{G-cerc(co)}^{A\check{s}c} = \{frezare, rectificare\} \quad (4.38)$$

$$M_{dr(R)\&cerc(citp)}^{A\check{s}c} = M_{D-dr(R)}^{A\check{s}c} \cap M_{G-cerc(citp)}^{A\check{s}c} = \emptyset \quad (4.39)$$

$$M_{dr(R)\&cerc(cifc)}^{A\check{s}c} = M_{D-dr(R)}^{A\check{s}c} \cap M_{G-cerc(cifc)}^{A\check{s}c} = \{frezare, rectificare\} \quad (4.40)$$

$$M_{dr(R)\&cerc(r)}^{A\check{s}c} = M_{D-dr(R)}^{A\check{s}c} \cap M_{G-cerc(r)}^{A\check{s}c} = \{frezare, rectificare\} \quad (4.41)$$

$$M_{dr(R)\&cerc(p)}^{A\check{s}c} = M_{D-dr(R)}^{A\check{s}c} \cap M_{G-cerc(p)}^{A\check{s}c} = \{frezare, rectificare\} \quad (4.42)$$

$$M_{dr(P)\&cerc(m)}^{A\check{s}c} = M_{D-dr(P)}^{A\check{s}c} \cap M_{G-cerc(m)}^{A\check{s}c} = \{strunjire, frezare, rectificare, rabotare, mortezare\} \quad (4.43)$$

$$M_{dr(P)\&cerc(co)}^{A\check{s}c} = M_{D-dr(P)}^{A\check{s}c} \cap M_{G-cerc(co)}^{A\check{s}c} = \{strunjire, frezare, rectificare, rabotare, mortezare\} \quad (4.44)$$

$$M_{dr(P)\&cerc(citp)}^{A\check{s}c} = M_{D-dr(P)}^{A\check{s}c} \cap M_{G-cerc(citp)}^{A\check{s}c} = \{strunjire\} \quad (4.45)$$

$$M_{dr(P)\&cerc(cifc)}^{A\check{s}c} = M_{D-dr(P)}^{A\check{s}c} \cap M_{G-cerc(cifc)}^{A\check{s}c} = \{strunjire, frezare, rectificare, rabotare, mortezare\} \quad (4.46)$$

$$M_{dr(P)\&cerc(r)}^{A\check{s}c} = M_{D-dr(P)}^{A\check{s}c} \cap M_{G-cerc(r)}^{A\check{s}c} = \{strunjire, frezare, rectificare, rabotare, mortezare\} \quad (4.47)$$

$$M_{dr(P)\&cerc(p)}^{A\check{s}c} = M_{D-dr(P)}^{A\check{s}c} \cap M_{G-cerc(p)}^{A\check{s}c} = \{strunjire, frezare, rectificare, rabotare, mortezare\} \quad (4.48)$$

Evident, mulțimile descrise prin relațiile (4.13) ... (4.48) rămân unele deschise pentru noi analize și completări.

Tabel 4.18. Combinații uzuale de generare prin aşchiere a unei suprafețe având directoare dreaptă și generatoare cerc

		Directoare dreaptă					
		M	Co	Ci _{tp}	Ci _{fc}	R	P
Generatoare cerc	m	×	●	●	●	●	●
	co	×	●	●	●	●	●
	ci _{tp}	×	●	❖	×	×	●
	ci _{fc}	×	●	●	●	●	●
	r	×	●	●	●	●	●
	p	×	●	●	●	●	●

4.2.9. Deformare plastică și mașini-unelte pentru deformare plastică

Prelucrările prin deformare plastică reprezintă un grup larg și foarte divers de operații, la care generarea suprafețelor se realizează fie prin îndepărtare de material, fie prin redistribuire de material.

La diversele operații de prelucrare prin deformare plastică directoarea poate fi:

- materializată – la operații precum refularea în matrită, ștamparea, reliefarea;
- obținută prin copiere – de exemplu la ambutisarea cu pini sau multipunct;
- obținută cinematic ca traiectorie a unui punct (dreaptă – caz tipic la operațiile de decupare / perforare cu ștanțe, sau cerc – la ambutisare sau extrudare rotativă);
- obținută cinematic ca înfășurătoare a unei familii de curbe (dreaptă) – de exemplu la prelucrarea prin procedeul Grob a canelurilor și a danturilor cilindrice cu dinți drepecți;
- obținută cinematic prin rulare – la prelucrarea prin rulare a danturii roților cilindrice cu dinți drepecți;
- programată (curbă plană oarecare, inclusiv dreaptă) – de exemplu la deformare cu pini, pe mașini CNC.

Având în vedere și cele prezentate mai sus se pot exprima mulțimile $\mathcal{M}_{D-dr(M)}$, $\mathcal{M}_{D-dr(Co)}$, $\mathcal{M}_{D-dr(Citp)}$, $\mathcal{M}_{D-dr(Cifc)}$, $\mathcal{M}_{D-dr(R)}$ și $\mathcal{M}_{D-dr(P)}$:

$$M_{D-dr(M)}^{Def} = \{refulare, ștampare, reliefare \dots\} \quad (4.49)$$

$$M_{D-dr(Co)}^{Def} = \{ambutisare multipunct\} \quad (4.50)$$

$$M_{D-dr(Citp)}^{Def} = \{\text{decupare / perforare cu ștanțe; ronțuire}\} \quad (4.51)$$

$$M_{D-dr(Cifc)}^{Def} = \{\text{canelare / danturare procedeu Grob; profilare prin forjare radială}\} \quad (4.52)$$

$$M_{D-dr(R)}^{Def} = \{\text{danturare prin rulare cu bacuri sau role; canelare cu role profilate}\} \quad (4.53)$$

$$M_{D-dr(P)}^{Def} = \{\text{deformare cu pini, pe mașini CNC}\} \quad (4.54)$$

Tabel 4.19. Moduri uzuale de obținere a directoarei (D) la deformare plastică

Forma curbei	M	Co	Ci _{tp}	Ci _{fc}	R	P
Dreaptă	●	●	●	●	●	●
Cerc	●	●	●	?	●	●
Altă curbă	●	●	?	?	?	●

Notă. Notația "?" reprezintă modalitate necunoscută, rezervă de inovare-inventare

La rândul său, la prelucrări de deformare plastică generatoarea poate fi:

- materializată (curbă plană oarecare, inclusiv cerc) – la operații precum perforarea / decuparea, ambutisarea, extrudarea, refularea în matriță, ștamparea, reliefarea, bordurarea, roluirea;
- obținută prin copiere. Ca exemplu se poate da prelucrarea prin ambutisare rotativă;
- obținută cinematic ca traiectorie a unui punct (curbă plană oarecare, inclusiv cerc);
- obținută ca înfășurătoare a unei familii de curbe (curbă plană oarecare, inclusiv cerc) – de exemplu la perforare / decupare pe mașini de ronțuit cu conducere manuală a semifabricatului;
- obținută cinematic prin rulare (curbă plană oarecare obținută ca desfășurată, inclusiv cerc);
- programată (curbă plană oarecare, inclusiv cerc) – de exemplu la perforare / decupare pe centre de prelucrare prin ștanțare cu conducere numerică a semifabricatului.

Mulțimile $\mathcal{M}_{G-cerc(m)}$, $\mathcal{M}_{G-cerc(co)}$, $\mathcal{M}_{G-cerc(citp)}$, $\mathcal{M}_{G-cerc(cifc)}$, $\mathcal{M}_{G-cerc(r)}$ și $\mathcal{M}_{G-cerc(p)}$ sunt:

$$M_{G-cerc(m)}^{Def} = \left\{ \begin{array}{l} \text{decupare/perforare, ambutisare, extrudare, refulare, ștampare,} \\ \text{reliefare, bordurare, roluire, lărgire, gătuire ...} \end{array} \right\} \quad (4.55)$$

$$M_{G-cerc(co)}^{Def} = \{\text{ambutisare rotativă, extrudare rotativă; ronțuire}\} \quad (4.56)$$

$$M_{G-cerc(citp)}^{Def} = \{\text{extrudare rotativă}\} \quad (4.57)$$

$$M_{G-cerc(cifc)}^{Def} = \{\text{decupare / perforare pe mașini de ronțuit}\} \quad (4.58)$$

$$M_{G-cerc(r)}^{Def} = \{\text{danturare prin rulare cu bacuri sau role, canelare cu role profilate}\} \quad (4.59)$$

$$M_{G-cerc(p)}^{Def} = \{\text{decupare perforare pe centre de prelucrare prin ștanțare}\} \quad (4.60)$$

Tabel 4.20. Moduri uzuale de obținere a generatoarei (G) la deformare plastică

Forma curbei	m	co	ci _{tp}	ci _{fc}	r	p
Dreaptă	●	●	●	●	●	●
Cerc	●	●	●	●	●	●
Altă curbă	●	●	●	●	●	●

... prelucrările prin deformare sunt adesea foarte specifice și ca urmare nu orice combinație a modurilor de obținere pentru directoare și generatoare este realizabilă. Cele 36 de cazuri de combinații posibile sunt explicitate prin mulțimi care se obțin ca intersecție a câte două mulțimi de procedee care permit

obținerea curbei directoare, pe de o parte, și a curbei generatoare, pe de altă parte:

$$M_{dr(M)\&cerc(m)}^{Def} = M_{D-dr(M)}^{Def} \cap M_{G-cerc(m)}^{Def} = \{refulare, ștampare, reliefare \dots\} \quad (4.61)$$

$$M_{dr(M)\&cerc(co)}^{Def} = M_{D-dr(M)}^{Def} \cap M_{G-cerc(co)}^{Def} = \emptyset \quad (4.62)$$

$$M_{dr(M)\&cerc(citp)}^{Def} = M_{D-dr(M)}^{Def} \cap M_{G-cerc(citp)}^{Def} = \emptyset \quad (4.63)$$

$$M_{dr(M)\&cerc(cifc)}^{Def} = M_{D-dr(M)}^{Def} \cap M_{G-cerc(cifc)}^{Def} = \emptyset \quad (4.64)$$

$$M_{dr(M)\&cerc(r)}^{Def} = M_{D-dr(M)}^{Def} \cap M_{G-cerc(r)}^{Def} = \{deformare prin rulare cu bacuri sau role\} \quad (4.65)$$

$$M_{dr(M)\&cerc(p)}^{Def} = M_{D-dr(M)}^{Def} \cap M_{G-cerc(p)}^{Def} = \emptyset \quad (4.66)$$

$$M_{dr(Co)\&cerc(m)}^{Def} = M_{D-dr(Co)}^{Def} \cap M_{G-cerc(m)}^{Def} = \emptyset \quad (4.67)$$

$$M_{dr(Co)\&cerc(co)}^{Def} = M_{D-dr(Co)}^{Def} \cap M_{G-cerc(co)}^{Def} = \emptyset \quad (4.68)$$

$$M_{dr(Co)\&cerc(citp)}^{Def} = M_{D-dr(Co)}^{Def} \cap M_{G-cerc(citp)}^{Def} = \emptyset \quad (4.69)$$

$$M_{dr(Co)\&cerc(cifc)}^{Def} = M_{D-dr(Co)}^{Def} \cap M_{G-cerc(cifc)}^{Def} = \emptyset \quad (4.70)$$

$$M_{dr(Co)\&cerc(r)}^{Def} = M_{D-dr(Co)}^{Def} \cap M_{G-cerc(r)}^{Def} = \emptyset \quad (4.71)$$

$$M_{dr(Co)\&cerc(p)}^{Def} = M_{D-dr(Co)}^{Def} \cap M_{G-cerc(p)}^{Def} = \emptyset \quad (4.72)$$

$$M_{dr(Citp)\&cerc(m)}^{Def} = M_{D-dr(Citp)}^{Def} \cap M_{G-cerc(m)}^{Def} = \{decupare / perforare cu ștanțe\} \quad (4.73)$$

$$M_{dr(Citp)\&cerc(co)}^{Def} = M_{D-dr(Citp)}^{Def} \cap M_{G-cerc(co)}^{Def} = \{ronțăire\} \quad (4.74)$$

$$M_{dr(Citp)\&cerc(citp)}^{Def} = M_{D-dr(Citp)}^{Def} \cap M_{G-cerc(citp)}^{Def} = \emptyset \quad (4.75)$$

$$M_{dr(Citp)\&cerc(cifc)}^{Def} = M_{D-dr(Citp)}^{Def} \cap M_{G-cerc(cifc)}^{Def} = \{decupare / perforare pe mașini de ronțait\} \quad (4.76)$$

$$M_{dr(Citp)\&cerc(r)}^{Def} = M_{D-dr(Citp)}^{Def} \cap M_{G-cerc(r)}^{Def} = \emptyset \quad (4.77)$$

$$M_{dr(Citp)\&cerc(p)}^{Def} = M_{D-dr(Citp)}^{Def} \cap M_{G-cerc(p)}^{Def} = \{decupare / perforare pe centre de prelucrare prin ștanțare\} \quad (4.78)$$

$$M_{dr(Cifc)\&cerc(m)}^{Def} = M_{D-dr(Cifc)}^{Def} \cap M_{G-cerc(m)}^{Def} = \{profilare prin procedeu Grob; profilare prin forjare radială\} \quad (4.79)$$

$$M_{dr(Cifc)\&cerc(co)}^{Def} = M_{D-dr(Cifc)}^{Def} \cap M_{G-cerc(co)}^{Def} = \emptyset \quad (4.80)$$

$$M_{dr(Cifc)\&cerc(citp)}^{Def} = M_{D-dr(Cifc)}^{Def} \cap M_{G-cerc(citp)}^{Def} = \emptyset \quad (4.81)$$

$$M_{dr(Cifc)\&cerc(cifc)}^{Def} = M_{D-dr(Cifc)}^{Def} \cap M_{G-cerc(cifc)}^{Def} = \emptyset \quad (4.82)$$

$$M_{dr(Cifc)\&cerc(r)}^{Def} = M_{D-dr(Cifc)}^{Def} \cap M_{G-cerc(r)}^{Def} = \{danturare cu procedeu Grob\} \quad (4.83)$$

$$M_{dr(Cifc)\&cerc(p)}^{Def} = M_{D-dr(Cifc)}^{Def} \cap M_{G-cerc(p)}^{Def} = \emptyset \quad (4.84)$$

$$M_{dr(R)\&cerc(m)}^{Def} = M_{D-dr(R)}^{Def} \cap M_{G-cerc(m)}^{Def} = \{canelare cu role profilate\} \quad (4.85)$$

$$M_{dr(R)\&cerc(co)}^{Def} = M_{D-dr(R)}^{Def} \cap M_{G-cerc(co)}^{Def} = \emptyset \quad (4.86)$$

$$M_{dr(R)\&cerc(citp)}^{Def} = M_{D-dr(R)}^{Def} \cap M_{G-cerc(citp)}^{Def} = \emptyset \quad (4.87)$$

$$M_{dr(R)\&cerc(cifc)}^{Def} = M_{D-dr(R)}^{Def} \cap M_{G-cerc(cifc)}^{Def} = \emptyset \quad (4.88)$$

$$M_{dr(R)\&cerc(r)}^{Def} = M_{D-dr(R)}^{Def} \cap M_{G-cerc(r)}^{Def} = \{danturare\ prin\ rulare\ cu\ bacuri\ sau\ role\} \quad (4.89)$$

$$M_{dr(R)\&cerc(p)}^{Def} = M_{D-dr(R)}^{Def} \cap M_{G-cerc(p)}^{Def} = \emptyset \quad (4.90)$$

$$M_{dr(P)\&cerc(m)}^{Def} = M_{D-dr(P)}^{Def} \cap M_{G-cerc(m)}^{Def} = \emptyset \quad (4.91)$$

$$M_{dr(P)\&cerc(co)}^{Def} = M_{D-dr(P)}^{Def} \cap M_{G-cerc(co)}^{Def} = \emptyset \quad (4.92)$$

$$M_{dr(P)\&cerc(citp)}^{Def} = M_{D-dr(P)}^{Def} \cap M_{G-cerc(citp)}^{Def} = \emptyset \quad (4.93)$$

$$M_{dr(P)\&cerc(cifc)}^{Def} = M_{D-dr(P)}^{Def} \cap M_{G-cerc(cifc)}^{Def} = \emptyset \quad (4.94)$$

$$M_{dr(P)\&cerc(r)}^{Def} = M_{D-dr(P)}^{Def} \cap M_{G-cerc(r)}^{Def} = \emptyset \quad (4.95)$$

$$M_{dr(P)\&cerc(p)}^{Def} = M_{D-dr(P)}^{Def} \cap M_{G-cerc(p)}^{Def} = \emptyset \quad (4.96)$$

Având în vedere numărul mare de procedee de prelucrare prin deformare plastică, mulțimile descrise prin relațiile (4.61) ... (4.96) rămân unele deschise pentru noi analize și dezvoltări. O reprezentare sintetică a mulțimilor descrise prin relațiile (4.61) ... (4.96) se dă în tabelul 4.21.

Tabel 4.21. Combinații uzuale de generare prin deformare plastică a unei suprafețe având directoare dreaptă și generatoare cerc

		Directoare dreaptă					
		M	Co	Ci _{tp}	Ci _{fc}	R	P
Generatoare cerc	m	●	×	●	●	×	×
	co	×	×	×	×	×	×
	Ci _{tp}	×	×	×	×	×	×
	Ci _{fc}	×	×	●	×	×	×
	r	×	×	×	◆	●	×
	p	×	×	●	×	×	×

4.2.10. Procedee neconvenționale de prelucrare și mașini-unelte pentru procedee neconvenționale

Este de menționat ... că mașinile din clasa abordată generează piese utilizând procedee diverse, prin îndepărtare de material (de exemplu eroziune electrică sau electrochimică), prin tăiere (de exemplu prin tăiere cu plasmă, cu laser sau cu jet abraziv), prin redistribuire de material (de exemplu deformare plastică prin explozie sau în câmp electromagnetic) sau prin adăugare de material (prin injecție de mase plastice sau prin prototipare rapidă utilizând imprimante 3D, întotdeauna comandate numeric).

Tot prin adăugare de material se obțin și piesele rezultate prin injecție de mase plastice.

4.2.9.8. Diversitatea curbelor directoare și generatoare la prelucrări neconvenționale

La diversele operații de prelucrare prin procedee neconvenționale directoarea poate fi:

- materializată (curbă plană oarecare, inclusiv dreaptă) – la operații precum eroziunea cu electrod masiv, injecția de mase plastice, sau ambutisarea prin explozie sau în câmp;
- obținută prin copiere (curbă plană oarecare, inclusiv dreaptă);
- obținută cinematic ca traiectorie a unui punct (dreaptă) – caz tipic la operațiile de tăiere (decupare / perforare) cu laser, plasmă sau jet abraziv;
- obținută cinematic ca înfășurătoare a unei familii de curbe (dreaptă);
- obținută cinematic prin rulare (curbă plană oarecare, inclusiv dreaptă);
- programată – de exemplu la obținerea de corpuri prin imprimare 3D.

... mulțimile $\mathcal{M}_{D-dr(M)}$, $\mathcal{M}_{D-dr(Co)}$, $\mathcal{M}_{D-dr(Citp)}$, $\mathcal{M}_{D-dr(Cifc)}$, $\mathcal{M}_{D-dr(R)}$ și $\mathcal{M}_{D-dr(P)}$ care precizează procedeele de prelucrare neconvenționale care permit obținerea unei suprafețe cu directoare dreaptă ... rezultată prin cele șase moduri de obținere avute în vedere (M, Co, Ci_{tp}, Ci_{fc}, R și P) sunt:

$$M_{D-dr(M)}^{PrN} = \left\{ \begin{array}{l} \text{electroeroziune cu electrod masiv, tăiere electroerozivă cu fir,} \\ \text{injecție mase plastice, ambutisare prin explozie,} \\ \text{ambutisare în câmp electromagnetic} \end{array} \right\} \quad (4.97)$$

$$M_{D-dr(Co)}^{PrN} = \{ \text{electroeroziune cu electrod masiv} \} \quad (4.98)$$

$$M_{D-dr(Citp)}^{PrN} = \left\{ \begin{array}{l} \text{tăiere cu laser, tăiere cu plasmă, tăiere cu jet de apă abraziv,} \\ \text{electroeroziune cu electrod masiv} \end{array} \right\} \quad (4.99)$$

$$M_{D-dr(Cifc)}^{PrN} = \{ \text{electroeroziune cu electrod masiv} \} \quad (4.100)$$

$$M_{D-dr(R)}^{PrN} = \{ \text{electroeroziune cu electrod masiv} \} \quad (4.101)$$

$$M_{D-dr(P)}^{PrN} = \left\{ \begin{array}{l} \text{imprimare 3D, electroeroziune cu electrod masiv;} \\ \text{tăiere cu jet de apă abraziv} \end{array} \right\} \quad (4.102)$$

Tabel 4.22. Moduri uzuale de obținere a directoarei (D) prin procedee neconvenționale

Forma curbei	M	Co	Ci _{tp}	Ci _{fc}	R	P
Dreaptă	●	■	●	❖	■	●
Cerc	●	■	×	❖	■	●
Altă curbă	●	■	×	❖	■	●

La rândul său, generatoarea poate fi:

- materializată (curbă plană oarecare, inclusiv cerc);
- obținută prin copiere (curbă plană oarecare, inclusiv cerc) a profilului unui șablon;
- obținută cinematic ca traiectorie a unui punct (curbă plană oarecare, inclusiv cerc) – ca de exemplu la tăierea cu laset, plasmă sau cu jet de apă abraziv;
- obținută ca înfășurătoare a unei familii de curbe (curbă plană oarecare, inclusiv cerc);
- obținută cinematic prin rulare (curbă plană oarecare obținută ca desfășurată, inclusiv cerc);
- programată (curbă plană oarecare, inclusiv cerc) – de exemplu la tăierea electroerozivă cu fir, laser, plasmă sau jet de apă abraziv, sau corpuri obținute prin imprimare 3D..

Mulțimile $\mathcal{M}_{G-cerc(m)}$, $\mathcal{M}_{G-cerc(Co)}$, $\mathcal{M}_{G-cerc(Citp)}$, $\mathcal{M}_{G-cerc(Cifc)}$, $\mathcal{M}_{G-cerc(r)}$ și $\mathcal{M}_{G-cerc(p)}$ care precizează procedeele de prelucrare care permit obținerea unei suprafețe cu generatoare cerc rezultată prin cele șase moduri de obținere avute în vedere (m, co, Ci_{tp}, Ci_{fc}, r și p) sunt:

$$M_{G-cerc(m)}^{PrN} = \left\{ \begin{array}{l} \text{electroeroziune cu electrod masiv; injecție mase plastice;} \\ \text{ambutisare prin explozie; ambutisare în câmp electromagnetic} \end{array} \right\} \quad (4.103)$$

$$M_{G-cerc(co)}^{PrN} = \{\text{electroeroziune cu electrod masiv}\} \quad (4.104)$$

$$M_{G-cerc(citp)}^{PrN} = \left\{ \begin{array}{l} \text{tăiere cu laser; tăiere cu plasmă; tăiere cu jet de apă abraziv;} \\ \text{tăiere electroerozivă cu fir} \end{array} \right\} \quad (4.105)$$

$$M_{G-cerc(cifc)}^{PrN} = \{\text{electroeroziune cu electrod masiv}\} \quad (4.106)$$

$$M_{G-cerc(r)}^{PrN} = \{\text{electroeroziune cu electrod masiv}\} \quad (4.107)$$

$$M_{G-cerc(p)}^{PrN} = \left\{ \begin{array}{l} \text{tăiere electroerozivă cu fir; tăiere cu laser; tăiere cu plasmă;} \\ \text{tăiere cu jet de apă abraziv; imprimare 3D; electroeroziune cu electrod masiv} \end{array} \right\} \quad (4.108)$$

Tabel 4.23. Moduri uzuale de obținere a generatoarei (G) prin procedee neconvenționale

Forma curbei	m	co	ci _{tp}	ci _{fc}	r	p
Dreaptă	●	■	●	×	×	●
Cerc	●	■	●	×	×	●
Altă curbă	●	■	●	×	×	●

$$M_{dr(M)\&cerc(m)}^{PrN} = M_{D-dr(M)}^{PrN} \cap M_{G-cerc(m)}^{PrN} = \left\{ \begin{array}{l} \text{injectie mase plastice; electroeroziune cu electrod masiv;} \\ \text{ambutisare prin explozie; ambutisare în câmp electromagnetic} \end{array} \right\} \quad (4.109)$$

$$M_{dr(M)\&cerc(co)}^{PrN} = M_{D-dr(M)}^{PrN} \cap M_{G-cerc(co)}^{PrN} = \{\text{electroeroziune cu electrod masiv}\} \quad (4.110)$$

$$M_{dr(M)\&cerc(citp)}^{PrN} = M_{D-dr(M)}^{PrN} \cap M_{G-cerc(citp)}^{PrN} = \{\text{tăiere electroerozivă cu fir}\} \quad (4.111)$$

$$M_{dr(M)\&cerc(cifc)}^{PrN} = M_{D-dr(M)}^{PrN} \cap M_{G-cerc(cifc)}^{PrN} = \{\text{electroeroziune cu electrod masiv}\} \quad (4.112)$$

$$M_{dr(M)\&cerc(r)}^{PrN} = M_{D-dr(M)}^{PrN} \cap M_{G-cerc(r)}^{PrN} = \{\text{electroeroziune cu electrod masiv}\} \quad (4.113)$$

$$M_{dr(M)\&cerc(p)}^{PrN} = M_{D-dr(M)}^{PrN} \cap M_{G-cerc(p)}^{PrN} = \{\text{electroeroziune cu electrod masiv; electroeroziune cu fir}\} \quad (4.114)$$

$$M_{dr(Co)\&cerc(m)}^{PrN} = M_{D-dr(Co)}^{PrN} \cap M_{G-cerc(m)}^{PrN} = \{\text{electroeroziune cu electrod masiv}\} \quad (4.115)$$

$$M_{dr(Co)\&cerc(co)}^{PrN} = M_{D-dr(Co)}^{PrN} \cap M_{G-cerc(co)}^{PrN} = \{\text{electroeroziune cu electrod masiv}\} \quad (4.116)$$

$$M_{dr(Co)\&cerc(citp)}^{PrN} = M_{D-dr(Co)}^{PrN} \cap M_{G-cerc(citp)}^{PrN} = \emptyset \quad (4.117)$$

$$M_{dr(Co)\&cerc(cifc)}^{PrN} = M_{D-dr(Co)}^{PrN} \cap M_{G-cerc(cifc)}^{PrN} = \{\text{electroeroziune cu electrod masiv}\} \quad (4.118)$$

$$M_{dr(Co)\&cerc(r)}^{PrN} = M_{D-dr(Co)}^{PrN} \cap M_{G-cerc(r)}^{PrN} = \{\text{electroeroziune cu electrod masiv}\} \quad (4.119)$$

$$M_{dr(Co)\&cerc(p)}^{PrN} = M_{D-dr(Co)}^{PrN} \cap M_{G-cerc(p)}^{PrN} = \{\text{electroeroziune cu electrod masiv}\} \quad (4.120)$$

$$M_{dr(Citp)\&cerc(m)}^{PrN} = M_{D-dr(Citp)}^{PrN} \cap M_{G-cerc(m)}^{PrN} = \{\text{electroeroziune cu electrod masiv}\} \quad (4.121)$$

$$M_{dr(Citp)\&cerc(co)}^{PrN} = M_{D-dr(Citp)}^{PrN} \cap M_{G-cerc(co)}^{PrN} = \{\text{electroeroziune cu electrod masiv}\} \quad (4.122)$$

$$M_{dr(Citp)\&cerc(citp)}^{PrN} = M_{D-dr(Citp)}^{PrN} \cap M_{G-cerc(citp)}^{PrN} = \{\text{tăiere cu laser; tăiere cu plasmă; tăiere cu jet de apă abraziv}\} \quad (4.123)$$

$$M_{dr(Citp)\&cerc(cifc)}^{PrN} = M_{D-dr(Citp)}^{PrN} \cap M_{G-cerc(cifc)}^{PrN} = \{\text{electroeroziune cu electrod masiv}\} \quad (4.124)$$

$$M_{dr(Citp)\&cerc(r)}^{PrN} = M_{D-dr(Citp)}^{PrN} \cap M_{G-cerc(r)}^{PrN} = \{\text{electroeroziune cu electrod masiv}\} \quad (4.125)$$

$$M_{dr(Citp)\&cerc(p)}^{PrN} = M_{D-dr(Citp)}^{PrN} \cap M_{G-cerc(p)}^{PrN} = \{ \text{tăiere cu laser; tăiere cu plasmă; tăiere cu jet de apă abraziv; } \} \quad (4.126)$$

$$= \{ \text{electroeroziune cu electrod masiv} \}$$

$$M_{dr(Cifc)\&cerc(m)}^{PrN} = M_{D-dr(Cifc)}^{PrN} \cap M_{G-cerc(m)}^{PrN} = \{ \text{electroeroziune cu electrod masiv} \} \quad (4.127)$$

$$M_{dr(Cifc)\&cerc(co)}^{PrN} = M_{D-dr(Cifc)}^{PrN} \cap M_{G-cerc(co)}^{PrN} = \{ \text{electroeroziune cu electrod masiv} \} \quad (4.128)$$

$$M_{dr(Cifc)\&cerc(citp)}^{PrN} = M_{D-dr(Cifc)}^{PrN} \cap M_{G-cerc(citp)}^{PrN} = \emptyset \quad (4.129)$$

$$M_{dr(Cifc)\&cerc(cifc)}^{PrN} = M_{D-dr(Cifc)}^{PrN} \cap M_{G-cerc(cifc)}^{PrN} = \{ \text{electroeroziune cu electrod masiv} \} \quad (4.130)$$

$$M_{dr(Cifc)\&cerc(r)}^{PrN} = M_{D-dr(Cifc)}^{PrN} \cap M_{G-cerc(r)}^{PrN} = \{ \text{electroeroziune cu electrod masiv} \} \quad (4.131)$$

$$M_{dr(Cifc)\&cerc(p)}^{PrN} = M_{D-dr(Cifc)}^{PrN} \cap M_{G-cerc(p)}^{PrN} = \{ \text{electroeroziune cu electrod masiv} \} \quad (4.132)$$

$$M_{dr(R)\&cerc(m)}^{PrN} = M_{D-dr(R)}^{PrN} \cap M_{G-cerc(m)}^{PrN} = \{ \text{electroeroziune cu electrod masiv} \} \quad (4.133)$$

$$M_{dr(R)\&cerc(co)}^{PrN} = M_{D-dr(R)}^{PrN} \cap M_{G-cerc(co)}^{PrN} = \{ \text{electroeroziune cu electrod masiv} \} \quad (4.134)$$

$$M_{dr(R)\&cerc(citp)}^{PrN} = M_{D-dr(R)}^{PrN} \cap M_{G-cerc(citp)}^{PrN} = \emptyset \quad (4.135)$$

$$M_{dr(R)\&cerc(cifc)}^{PrN} = M_{D-dr(R)}^{PrN} \cap M_{G-cerc(cifc)}^{PrN} = \{ \text{electroeroziune cu electrod masiv} \} \quad (4.136)$$

$$M_{dr(R)\&cerc(r)}^{PrN} = M_{D-dr(R)}^{PrN} \cap M_{G-cerc(r)}^{PrN} = \{ \text{electroeroziune cu electrod masiv} \} \quad (4.137)$$

$$M_{dr(R)\&cerc(p)}^{PrN} = M_{D-dr(R)}^{PrN} \cap M_{G-cerc(p)}^{PrN} = \{ \text{electroeroziune cu electrod masiv} \} \quad (4.138)$$

$$M_{dr(P)\&cerc(m)}^{PrN} = M_{D-dr(P)}^{PrN} \cap M_{G-cerc(m)}^{PrN} = \{ \text{electroeroziune cu electrod masiv} \} \quad (4.139)$$

$$M_{dr(P)\&cerc(co)}^{PrN} = M_{D-dr(P)}^{PrN} \cap M_{G-cerc(co)}^{PrN} = \{ \text{electroeroziune cu electrod masiv} \} \quad (4.140)$$

$$M_{dr(P)\&cerc(citp)}^{PrN} = M_{D-dr(P)}^{PrN} \cap M_{G-cerc(citp)}^{PrN} = \emptyset \quad (4.141)$$

$$M_{dr(P)\&cerc(cifc)}^{PrN} = M_{D-dr(P)}^{PrN} \cap M_{G-cerc(cifc)}^{PrN} = \{ \text{electroeroziune cu electrod masiv} \} \quad (4.142)$$

$$M_{dr(P)\&cerc(r)}^{PrN} = M_{D-dr(P)}^{PrN} \cap M_{G-cerc(r)}^{PrN} = \{ \text{electroeroziune cu electrod masiv} \} \quad (4.143)$$

$$M_{dr(P)\&cerc(p)}^{PrN} = M_{D-dr(P)}^{PrN} \cap M_{G-cerc(p)}^{PrN} = \{ \text{imprimare 3D; electroeroziune cu electrod masiv; } \} \quad (4.144)$$

$$= \{ \text{tăiere cu jet de apă} \}$$

Tabel 4.24. Combinații uzuale de generare prin procedee neconvenționale a unei suprafețe având directoare dreaptă și generatoare cerc

		Directoare dreaptă					
		M	Co	Ci _{tp}	Ci _{fc}	R	P
Generatoare cerc	m	●	◆	●	◆	◆	◆
	co	◆	◆	◆	◆	◆	◆
	Ci _{tp}	×	×	●	×	×	×
	Ci _{fc}	◆	◆	◆	◆	◆	◆
	r	◆	◆	◆	◆	◆	◆
	p	●	◆	●	◆	◆	●

4.3. Concluzii

Pentru indiferent care situație, generarea unei suprafețe presupune mișcări relative între piesa supusă prelucrării și scula utilizată, mișcări care se manifestă în timpul procesului de prelucrare propriu-zis și presupun contact nemijlocit între sculă și piesă, precum și unele mișcări ajutătoare, care se efectuează de regulă în afara procesului de prelucrare și fără contact nemijlocit între sculă și piesă.

... orice mișcare a unei mașini-unelte trebuie să fie precis definită ca natură și caracteristici și să fie rezultatul unui element executor final. Teoria lanțurilor cinematice tip este o dezvoltare modernă, orientată către sinteză cinematică a mașinilor-unelte, și favorizează o legătură explicită și logică între teoria generării suprafețelor pe mașinile-unelte și cinematica mașinilor-unelte în ansamblul ei.

Studiul efectuat asupra stadiului actual al cunoașterii mașinilor-unelte se focalizează pe analiza mașinilor-unelte destinate generării de suprafețe cilindrice cu directoare dreaptă și generatoare cerc, luând în considerare diversele procedee de prelucrare cunoscute și curent utilizate în practică. Sunt analizate procedeele de prelucrare prin așchiere, diverse procedee de prelucrare prin deformare plastică și diverse procedee de prelucrare neconvenționale. Pentru fiecare procedeu în parte sunt relevate ... mulțimea posibilităților de realizare a directoarei dreaptă și a generatoarei cerc.

... sunt explicitate mulțimile de procedee care permit obținerea simultană a directoarei dreaptă și generatoarei cerc, cu luarea în considerare a modurilor cunoscute de generare a celor două curbe menționate. Se constată că pentru fiecare grupă de procedee de prelucrare există cazuri care nu permit realizarea unei suprafețe cilindrice la care directoarea este dreaptă și generatoarea este cerc, deoarece fie doar directoarea, fie doar generatoarea, fie ambele simultan nu se pot obține în modul considerat.

La nivel de ansamblu, fără diferențiere pe grupe de prelucrări de prelucrare, se identifică trei mulțimi vide: $M_{dr(M)\&cerc(citp)}$, $M_{dr(Cifc)\&cerc(citp)}$ și $M_{dr(R)\&cerc(citp)}$. Întâmplător toate au în comun mulțimea procedeele de obținere cinematică a generatoarei cerc ca traiectorie a unui punct.

Capitolul V – Contribuții teoretice inovative privind cinematica mașinilor-unelte destinate prelucrării de suprafețe cilindrice.

Sinteza cinematică a mașinilor-unelte

Sinteza cinematică este o etapă determinantă în procesul de concepere a unei noi mașini-unelte. Tema de proiectare impune natura suprafeței sau suprafețelor care să poată fi generate de noua mașină, precum și diverse condiții tehnico-economice specifice. Natura suprafeței impusă a se realiza este echivalentă cu o anumită combinație între curba directoare și curba generatoare care descriu respectiva suprafață. Analiza procedeele de prelucrare cunoscute oferă informații relevante despre posibilitățile de generare a curbelor directoare și generatoare și implicit indică care procedee de prelucrare se pot adopta pentru a satisface tema de proiect. La limită, analiza poate indica drept posibil, pe baza stadiului actual al cunoașterii, un singur procedeu de prelucrare sau chiar nu indică vreo posibilitate de a rezolva tema impusă. În astfel de cazuri, dar nu numai, este necesar un efort explicit de inovare-inventare.

Procesul de sinteză cinematică are ca punct de plecare conceperea de scheme de prelucrare conforme cu diversele procedee de prelucrare posibile și adoptarea celei mai eficiente dintre acestea. Se continuă cu proiectarea logică a schemei cinematice utilizând teoria lanțurilor cinematice tip, teorie care face în mod explicit legătura dintre teoria generării suprafețelor și teoria generală a lanțurilor cinematice. Schema cinematică inițială, fără legături între lanțurile cinematice, se dezvoltă succesiv până se obține schema cinematică detaliată, cu indicarea legăturilor necesare sau utile între lanțurile cinematice și cu indicarea clară a mecanismelor componente din fiecare lanț cinematic, inclusiv a succesiunii acestora.

5.1. Sinteza cinematică a mașinilor-unelte destinate prelucrării de suprafețe cilindrice cu directoare dreaptă și generatoare cerc

Particularizând cazul general... se obține tabelul 5.1.

Tabel 5.2. Combinații posibile de generare a unei suprafețe cilindrice, în funcție de modurile de generare ale curbelor directoare dreaptă și generatoare cerc

		Directoare dreaptă					
		M	Co	Ci _{tp}	Ci _{fc}	R	P
Generatoare cerc	m	M&m	Co&m	Ci _{tp} &m	Ci _{fc} &m	R&m	P&m
	co	M&co	Co&co	Ci _{tp} &co	Ci _{fc} &co	R&co	P&co
	ci _{tp}	M&ci _{tp}	Co&ci _{tp}	Ci _{tp} &ci _{tp}	Ci _{fc} &ci _{tp}	R&ci _{tp}	P&ci _{tp}
	ci _{fc}	M&ci _{fc}	Co&ci _{fc}	Ci _{tp} &ci _{fc}	Ci _{fc} &ci _{fc}	R&ci _{fc}	P&ci _{fc}
	r	M&r	Co&r	Ci _{tp} &r	Ci _{fc} &r	R&r	P&r
	p	M&p	Co&p	Ci _{tp} &p	Ci _{fc} &p	R&p	P&p

5.1.1. Cazuri cu directoare dreaptă materializată

Indiferent care este modul de obținere a curbei directoare pentru transpunerea sa pe suprafața piesei prelucrate este necesară cel puțin o mișcare, cea principală. Adesea sunt necesare și încă una sau mai multe mișcări, de avans de generare. Mișcarea principală, precum și mișcările de avans de generare

care participă la descrierea curbei directoare (în caz că acestea există), exprimă și nevoia unei mișcări relative dintre scula utilizată și piesa de prelucrat. Sunt necesare și una sau mai multe mișcări auxiliare, pentru poziționare relativă între sculă și piesă.

A1. Generarea cu directoare dreaptă și generatoare cerc, ambele materializate (cazul M&m)

Pentru cazul considerat, mulțimea procedeele de prelucrare posibile rezultat din sinteza cazurilor cunoscute este pusă în evidență de reuniunea mulțimilor date prin relațiile (4.13), (4.61) și (4.109), adică

$$\begin{aligned}
 M_{dr(M)&cerc(m)} &= \\
 &= M_{dr(M)&cerc(m)}^{A\check{s}c} \bigcup M_{dr(M)&cerc(m)}^{Def} \bigcup M_{dr(M)&cerc(m)}^{PrN} = \\
 &= \left\{ \begin{array}{l} \text{refulare, ștampare, reliefare ... , injecție mase plastice,} \\ \text{electroeroziune cu electrod masiv, ambutisare prin explozie,} \\ \text{ambutisare în câmp electromagnetic} \end{array} \right\} \quad (5.1)
 \end{aligned}$$

În figura 5.1 este prezentată o schemă de prelucrare adecvată cazului M&m, care poate fi realizată atât prin deformare plastică, cât și prin electroeroziune cu electrod masiv.

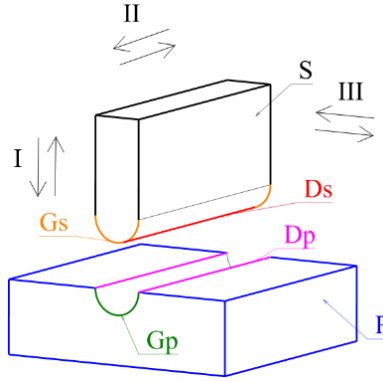


Fig. 5.1. Schemă de prelucrare corespunzătoare cazului M&m

A2. Generarea cu directoare dreaptă materializată și generatoare cerc obținută prin copiere (cazul M&co)

Mulțimea procedeele de prelucrare posibile rezultat din sinteza cazurilor cunoscute se rezumă la unul singur, electroeroziune cu electrod masiv, reuniunea mulțimilor descrise prin relațiile (4.14), (4.62) și (4.110) exprimată prin relația (5.2) reflectând explicit acest fapt:

$$\begin{aligned}
 M_{dr(M)&cerc(co)} &= \\
 &= M_{dr(M)&cerc(co)}^{A\check{s}c} \bigcup M_{dr(M)&cerc(co)}^{Def} \bigcup M_{dr(M)&cerc(co)}^{PrN} = \\
 &= \{ \text{electroeroziune cu electrod masiv} \} \quad (5.2)
 \end{aligned}$$

A3. Generarea cu directoare dreaptă materializată și generatoare cerc obținută cinematic ca traiectorie a unui punct (cazul M&cltp)

În acord cu analiza stadiului actual, mulțimea procedeele de prelucrare posibile pentru acest caz este dată de reuniunea mulțimilor exprimate prin relațiile (4.15), (4.63) și (4.111), adică

$$\begin{aligned}
 M_{dr(M)&cerc(citp)} &= \\
 &= M_{dr(M)&cerc(citp)}^{A\check{s}c} \bigcup M_{dr(M)&cerc(citp)}^{Def} \bigcup M_{dr(M)&cerc(citp)}^{PrN} = \\
 &= \{ \text{tăiere electroerozivă cu fir} \} \quad (5.3)
 \end{aligned}$$

5.1.2. Cazuri cu directoare dreaptă obținută prin copiere

În toate cazurile când directoarea este obținută prin copiere este necesară prezența unui șablon care materializează această curbă și, evident, un lanț cinematic de copiere care să permită transpunerea ei pe piesa supusă prelucrării.

B1. Generarea cu directoare dreaptă obținută prin copiere și generatoare cerc materializată (cazul Co&m)

Mulțimea procedeelor de prelucrare posibile pentru acest caz este dată de reuniunea mulțimilor exprimate prin relațiile (4.19), (4.67) și (4.115), adică

$$\begin{aligned}
 M_{dr(Co)&cerc(m)} &= \\
 &= M_{dr(Co)&cerc(m)}^{A\acute{s}c} \bigcup M_{dr(Co)&cerc(m)}^{Def} \bigcup M_{dr(Co)&cerc(m)}^{PrN} = \\
 &= \left\{ \begin{array}{l} \text{strunjire; frezare; rectificare; rabotare; mortezare;} \\ \text{electroeroziune cu electrod masiv} \end{array} \right\}
 \end{aligned} \quad (5.7)$$

Cazul abordat se exemplifică în figura 5.13 printr-o schemă de prelucrare prin electroeroziune cu electrod masiv. Foarte asemănătoare ar fi o schemă de prelucrare prin frezare (cu freză sferică), figura 5.15, sau una prin rabotare cu cuțit profilat.

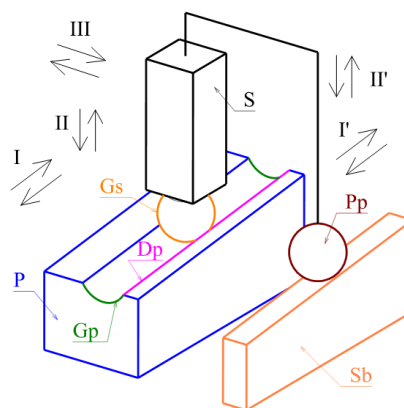


Fig. 5.13. Schemă de prelucrare prin eroziune cu electrod masiv corespunzătoare cazului Co&m¹

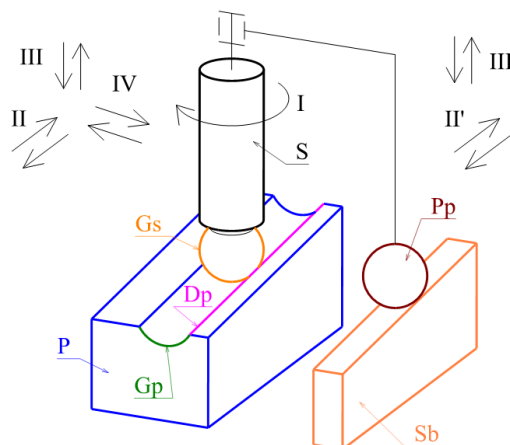


Fig. 5.15. Schemă de prelucrare prin frezare, corespunzătoare cazului Co&m

¹ Puriciuc M.V.: Kinematic Structures for Surface Processing with Straight-Line Directrix and Circle Generatrix. **RECENT**, eISSN 2065-4529, Vol. 23, is. 1(66), pp. 4-12, Brașov, 2022, <https://doi.org/10.31926/RECENT.2022.66.004>

B2. Generarea cu directoare dreaptă și generatoare cerc, ambele obținute prin copiere (cazul Co&co)

Mulțimea procedeelor de prelucrare posibile pentru acest caz este dată de reuniunea mulțimilor exprimate prin relațiile (4.20), (4.68) și (4.116), adică

$$\begin{aligned} M_{dr(Co)&cerc(co)} &= \\ &= M_{dr(Co)&cerc(co)}^{A\acute{s}c} \bigcup M_{dr(Co)&cerc(co)}^{Def} \bigcup M_{dr(Co)&cerc(co)}^{PrN} = \\ &= \{strunjire; frezare; rectificare; rabotare; mortezare; \\ &\quad electroeroziune cu electrod masiv\} \end{aligned} \quad (5.8)$$

Cazul Co&co este unul clasic reprezentat de frezarea suprafețelor spațiale complexe la care atât directoarea, cât și generatoarea sunt unele oarecare obținute cinematic (deci fără directoare și generatoare materializate).

B3. Generarea cu directoare dreaptă obținută prin copiere și generatoare cerc obținută cinematic ca traiectorie a unui punct (cazul Co&ci_{tp})

Mulțimea procedeelor de prelucrare posibile pentru acest caz este dată de reuniunea mulțimilor exprimate prin relațiile (4.21), (4.69) și (4.117), adică

$$\begin{aligned} M_{dr(Co)&cerc(citp)} &= \\ &= M_{dr(Co)&cerc(citp)}^{A\acute{s}c} \bigcup M_{dr(Co)&cerc(citp)}^{Def} \bigcup M_{dr(Co)&cerc(citp)}^{PrN} = \\ &= \{strunjire\} \end{aligned} \quad (5.9)$$

Analiza stadiului actual al cunoașterii și practicii în domeniu indică un singur procedeu de prelucrare compatibil cu cazul Co&ci_{tp}, strunjirea. Cazul este sugestiv reprezentat prin schema de prelucrare din figura 5.23.

O schemă cinematică de principiu conformă cu schema de prelucrare din figura 5.23 se prezintă în figura 5.24.

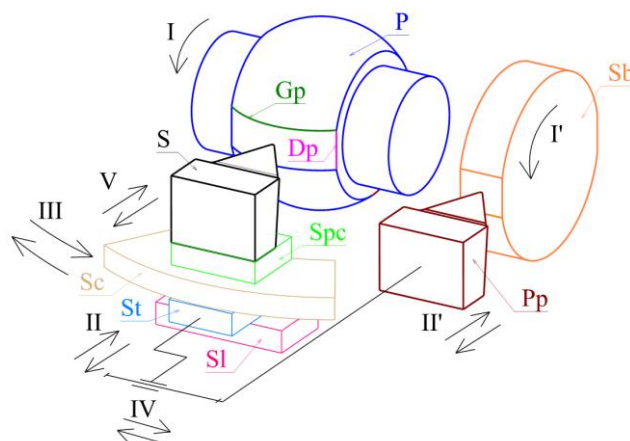


Fig. 5.23. Schemă de prelucrare prin strunjire corespunzătoare cazului Co&ci_{tp}¹

¹ Puriciuc M.V.: Kinematic Structures for Surface Processing with Straight-Line Directrix and Circle Generatrix. **RECENT**, eISSN 2065-4529, Vol. 23, is. 1(66), pp. 4-12, Brașov, 2022, <https://doi.org/10.31926/RECENT.2022.66.004>

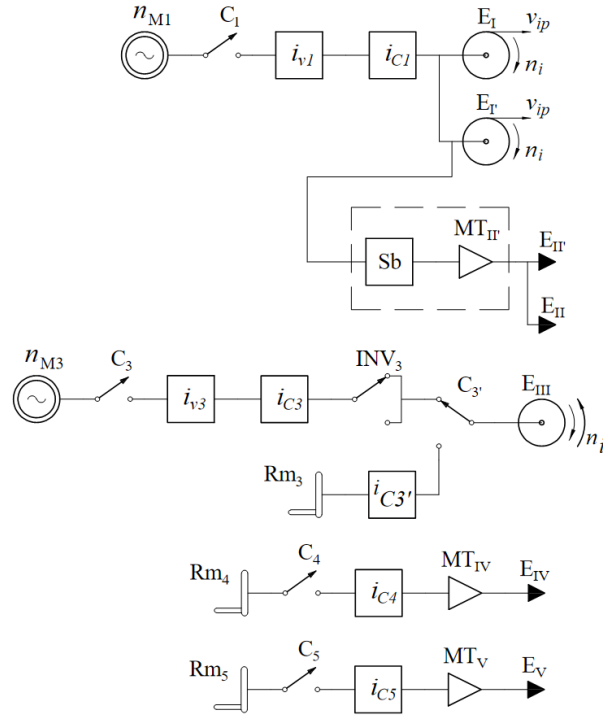


Fig. 5.24. Schemă cinematică de principiu cu legături corespunzătoare cazului Co&ci_{tp}

B4. Generarea cu directoare dreaptă obținută prin copiere și generatoare cerc obținută cinematic ca înfășurătoare a unei familii de curbe (cazul Co&ci_{tc})

Mulțimea procedeelor de prelucrare identificate în stadiul actual ca posibile pentru acest caz este dată de reuniunea mulțimilor exprimate prin relațiile (4.22), (4.70) și (4.118), adică

$$\begin{aligned}
 M_{dr(Co)&cerc(cifc)} &= \\
 &= M_{dr(Co)&cerc(cifc)}^{Asc} \bigcup M_{dr(Co)&cerc(cifc)}^{Def} \bigcup M_{dr(Co)&cerc(cifc)}^{PrN} = \\
 &= \{ \text{strunjire; frezare; rectificare; rabotare; mortezare; } \\
 &\quad \text{electroeroziune cu electrod masiv} \}
 \end{aligned} \tag{5.10}$$

B5. Generarea cu directoare dreaptă obținută prin copiere și generatoare cerc obținută prin rulare (cazul Co&r)

Mulțimea procedeelor de prelucrare identificate în stadiul actual ca posibile pentru acest caz este dată de reuniunea mulțimilor exprimate prin relațiile (4.23), (4.71) și (4.119), adică

$$\begin{aligned}
 M_{dr(Co)&cerc(r)} &= \\
 &= M_{dr(Co)&cerc(r)}^{Asc} \bigcup M_{dr(Co)&cerc(r)}^{Def} \bigcup M_{dr(Co)&cerc(r)}^{PrN} = \\
 &= \{ \text{strunjire; frezare; rectificare; rabotare; mortezare; } \\
 &\quad \text{electroeroziune cu electrod masiv} \}
 \end{aligned} \tag{5.11}$$

B6. Generarea cu directoare dreaptă obținută prin copiere și generatoare cerc programată (cazul Co&p)

Mulțimea procedeelor de prelucrare identificate în stadiul actual ca posibile pentru acest caz este dată de reuniunea mulțimilor exprimate prin relațiile (4.24), (4.72) și (4.120), adică

$$\begin{aligned}
 M_{dr(Co)&cerc(p)} &= \\
 &= M_{dr(Co)&cerc(p)}^{A\check{s}c} \bigcup M_{dr(Co)&cerc(p)}^{Def} \bigcup M_{dr(Co)&cerc(p)}^{PrN} = \\
 &= \left\{ \begin{array}{l} \text{strunjire; frezare; rectificare; rabotare; mortezare;} \\ \text{electroeroziune cu electrod masiv} \end{array} \right\}
 \end{aligned} \quad (5.12)$$

Orice schemă de prelucrare cu generatoare cerc obținută cinematic se poate transforma într-o schemă de prelucrare cu generatoare cerc programată.

5.1.3. Cazuri cu directoare dreaptă obținută cinematic ca traiectorie a unui punct

În toate cazurile când directoarea este dreaptă obținută cinematic ca traiectorie a unui punct mișcarea principală trebuie să fie de translație continuă cel puțin pentru acea parte a traiectoriei care corespunde transunerii pe piesă a directoarei D_p .

C1. Generarea cu directoare dreaptă obținută cinematic ca traiectorie a unui punct și generatoare cerc materializată (cazul $C_{itp}&m$)

Mulțimea procedeelor de prelucrare identificate în stadiul actual ca posibile pentru acest caz este dată de reuniunea mulțimilor exprimate prin relațiile (4.25), (4.73) și (4.121), adică

$$\begin{aligned}
 M_{dr(Citp)&cerc(m)} &= \\
 &= M_{dr(Citp)&cerc(m)}^{A\check{s}c} \bigcup M_{dr(Citp)&cerc(m)}^{Def} \bigcup M_{dr(Citp)&cerc(m)}^{PrN} = \\
 &= \left\{ \begin{array}{l} \text{strunjire; rabotare; mortezare; broșare; decupare / perforare} \\ \text{cu ștanțe; electroeroziune cu electrod masiv} \end{array} \right\}
 \end{aligned} \quad (5.13)$$

Procedeele broșare și perforare cu ștanțe pot fi considerate ca reprezentative pentru cazul $C_{itp}&m$.

C2. Generarea cu directoare dreaptă obținută cinematic ca traiectorie a unui punct și generatoare cerc obținută prin copiere (cazul $C_{itp}&co$)

Mulțimea procedeelor de prelucrare identificate în stadiul actual ca posibile pentru acest caz este dată de reuniunea mulțimilor exprimate prin relațiile (4.26), (4.74) și (4.122), adică¹

$$\begin{aligned}
 M_{dr(Citp)&cerc(co)} &= \\
 &= M_{dr(Citp)&cerc(co)}^{A\check{s}c} \bigcup M_{dr(Citp)&cerc(co)}^{Def} \bigcup M_{dr(Citp)&cerc(co)}^{PrN} = \\
 &= \left\{ \begin{array}{l} \text{strunjire; rabotare; mortezare; broșare; ronțăire} \\ \text{electroeroziune cu electrod masiv} \end{array} \right\}
 \end{aligned} \quad (5.14)$$

Acest caz poate fi exemplificat prin ... un procedeu de prelucrare prin ronțăire a unei table.

C3. Generarea cu directoare dreaptă și generatoare cerc, ambele obținute cinematic ca traiectorii ale unui punct (cazul $C_{itp}&C_{itp}$)

Mulțimea procedeelor de prelucrare identificate în stadiul actual ca posibile pentru acest caz este dată de reuniunea mulțimilor exprimate prin relațiile (4.27), (4.75) și (4.123), adică

$$\begin{aligned}
 M_{dr(Citp)&cerc(citp)} &= \\
 &= M_{dr(Citp)&cerc(citp)}^{A\check{s}c} \bigcup M_{dr(Citp)&cerc(citp)}^{Def} \bigcup M_{dr(Citp)&cerc(citp)}^{PrN} = \\
 &= \left\{ \begin{array}{l} \text{strunjire; tăiere cu fierăstrău; tăiere cu laser;} \\ \text{tăiere cu plasmă; tăiere cu jet de apă abraziv} \end{array} \right\}
 \end{aligned} \quad (5.15)$$

¹ Puriciuc M.V. (2025): Kinematic Requirements for Machining Cylindrical Surfaces Characterized by Straight Directrix and Circle Generatrix. **RECENT**, eISSN 2065-4529, Vol. 26, is. 1(75), pp. 37-46, <https://doi.org/10.31926/RECENT.2025.75.037>

Se exemplifică cazul abordat printr-o schemă de prelucrare cu fierăstrău cu lanț, figura 5.35, originală, neidentificată în stadiul actual al cunoașterii și practicii generării suprafețelor¹.

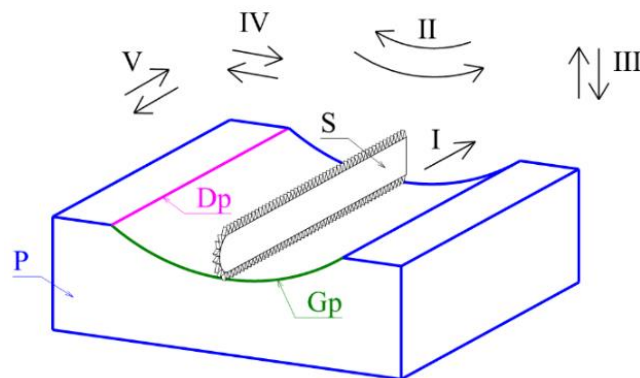


Fig. 5.35. Schemă de prelucrare prin așchiere cu fierăstrău cu lanț, corespunzătoare cazului C_{tp} & $c_{i_{tp}}$

Mișcarea principală I este de translație ghidată a dinților lanțului, obținută prin transformarea mișcării de rotație a roții antrenatoare a mecanismului roată – lanț. În acest mod se obține curba directoare D_p dreaptă în mod cinematic ca traiectorie a unui punct. Mișcarea II este de avans circular continuu și determină obținerea generatoarei G_p tot cinematic ca traiectorie a unui punct. Mișcărilor III, IV și V sunt auxiliare de poziționare relativă sculă – piesă, inclusiv pentru reglarea mărimii razei generatoarei G_p și a poziției axei de rotație a mișcării II față de piesă. Mișcarea III are și rol de mișcare de avans de pătrundere, necesară pentru îndepărtarea unui nou strat de material.

O schemă cinematică de principiu fără legături adecvată cazului de prelucrare C_{tp} & $c_{i_{tp}}$ descris este prezentată în figura 5.36.

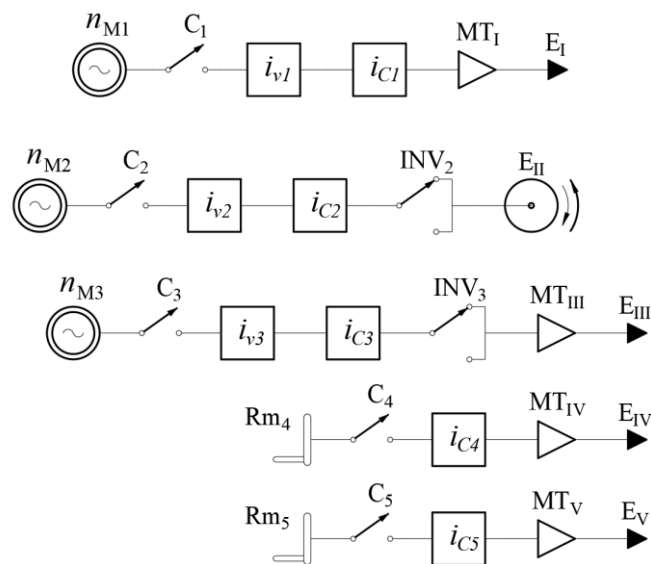


Fig. 5.36. Schemă cinematică de principiu fără legături corespunzătoare cazului C_{tp} & $c_{i_{tp}}$

C4. Generarea cu directoare dreaptă obținută cinematic ca traiectorie a unui punct și generatoare cerc obținută cinematic ca înfășurătoare a unei familii de curbe (cazul C_{tp} & $c_{i_{fc}}$)

¹ Puriciuc M. (2025): Kinematic Requirements for Machining Cylindrical Surfaces Characterized by Straight Directrix and Circle Generatrix. **RECENT**, eISSN 2065-4529, Vol. 26, is. 1(75), pp. 37-46, <https://doi.org/10.31926/RECENT.2025.75.037>

Mulțimea procedeelelor de prelucrare identificate în stadiul actual ca posibile pentru acest caz este dată de reuniunea mulțimilor exprimate prin relațiile (4.28), (4.76) și (4.124), adică

$$\begin{aligned}
 M_{dr(Citp)\&cerc(cifc)} &= \\
 &= M_{dr(Citp)\&cerc(cifc)}^{A\check{s}c} \bigcup M_{dr(Citp)\&cerc(cifc)}^{Def} \bigcup M_{dr(Citp)\&cerc(cifc)}^{PrN} = \\
 &= \left\{ \begin{array}{l} \text{strunjire; rabotare; mortezare; broșare, tăiere cu fierăstrău;} \\ \text{decupare / perforare pe mașini de ronțait;} \\ \text{electroeroziune cu electrod masiv} \end{array} \right\} \quad (5.16)
 \end{aligned}$$

Cazul prezent se exemplifică printr-o schemă de prelucrare prin mortezare, figura 5.37, întâlnită uneori în practica industrială¹.

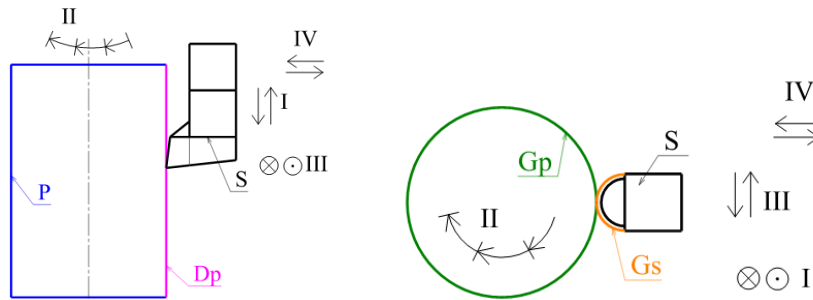


Fig. 5.37. Schemă de prelucrare prin mortezare corespunzătoare cazului $Ci_{Tp}\&Cifc$

Evident, generatoarea sculei nu trebuie să fie neapărat arc de cerc, așa cum este reprezentată în figura 5.37. Din punct de vedere al costului generatoarea G_s a sculei este de preferat a fi dreaptă, ceea ce determină generarea prin tangente a profilului G_p al piesei. În general G_s poate fi orice curbă convexă.

C5. Generarea cu directoare dreaptă obținută cinematic ca traiectorie a unui punct și generatoare cerc obținută prin rulare (cazul $Ci_{Tp}\&r$)

Mulțimea procedeelelor de prelucrare identificate în stadiul actual ca posibile pentru acest caz este dată de reuniunea mulțimilor exprimate prin relațiile (4.29), (4.77) și (4.125), adică

$$\begin{aligned}
 M_{dr(Citp)\&cerc(r)} &= \\
 &= M_{dr(Citp)\&cerc(r)}^{A\check{s}c} \bigcup M_{dr(Citp)\&cerc(r)}^{Def} \bigcup M_{dr(Citp)\&cerc(r)}^{PrN} = \\
 &= \left\{ \begin{array}{l} \text{strunjire; rabotare; mortezare; broșare;} \\ \text{electroeroziune cu electrod masiv} \end{array} \right\} \quad (5.17)
 \end{aligned}$$

Cazul $Ci_{Tp}\&r$ este cunoscut și relativ comun în practica industrială, un exemplu relevant fiind prelucrarea cu cuțit-roată de mortezat a unor danturi cilindrice drepte cu generatoare în arc de cerc sau a unor roți de lanț. O reprezentare schematică a procesului de prelucrare și o imagine a ansamblului sculă-piesă se prezintă în figura 5.40².

Schema are toate caracteristicile corespunzătoare unei mașini de mortezat cu cuțit-roată dantură cilindrică, așa cum este mașina MD 250. Nu este reprezentată o mișcare "tehnologică", de translație discretă și de amplitudine mică, de apropiere-depărtare între sculă și piesă pentru a se evita frecarea dintre sculă și piesă în timpul de gol a sculei.

¹ Puriciuc M. (2025): Kinematic Requirements for Machining Cylindrical Surfaces Characterized by Straight Directrix and Circle Generatrix. **RECENT**, eISSN 2065-4529, Vol. 26, is. 1(75), pp. 37-46, <https://doi.org/10.31926/RECENT.2025.75.037>

² idem

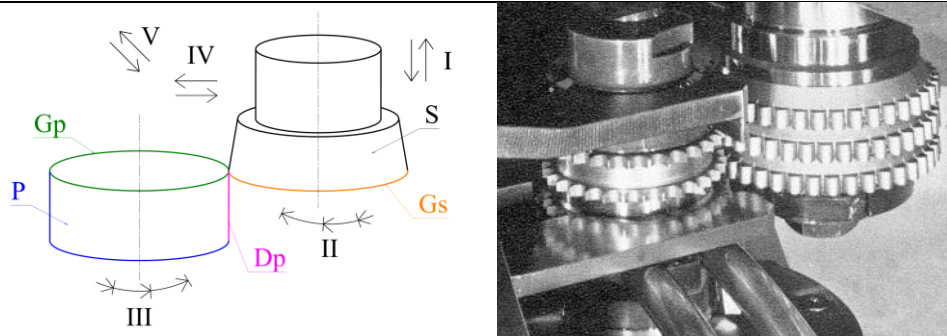


Fig. 5.40. Schemă de prelucrare corespunzătoare cazului $Ci_{tp}&r$ și exemplu practic

C6. Generarea cu directoare dreaptă obținută cinematic ca traiectorie a unui punct și generatoare cerc programată (cazul $Ci_{tp}&p$)

Mulțimea procedeelor de prelucrare identificate în stadiul actual ca posibile pentru acest caz este dată de reuniunea mulțimilor exprimate prin relațiile (4.30), (4.78) și (4.126), adică¹

$$\begin{aligned}
 M_{dr(Ci_{tp})\&cerc(p)} &= \\
 &= M_{dr(Ci_{tp})\&cerc(p)}^{A\&sc} \bigcup M_{dr(Ci_{tp})\&cerc(p)}^{Def} \bigcup M_{dr(Ci_{tp})\&cerc(p)}^{PrN} = \\
 &= \left\{ \begin{array}{l} \text{strunjire; rabotare; mortezare; broșare; tăiere cu fierăstrău;} \\ \text{decupare / perforare pe centre de prelucrare prin ștanțare;} \\ \text{tăiere cu laser; tăiere cu plasmă; tăiere cu jet de apă abraziv;} \\ \text{electroeroziune cu electrod masiv} \end{array} \right\} \quad (5.18)
 \end{aligned}$$

5.1.4. Cazuri cu directoare dreaptă obținută cinematic ca înfășurătoare a unei familii de curbe

Se face precizarea că cel mai adesea curbă directoare obținută cinematic ca înfășurătoare corespunde prelucrării prin frezare, rar altfel, a se revedea relațiile (4.4), (4.52) și (4.100).

D1. Generarea cu directoare dreaptă obținută cinematic ca înfășurătoare a unei familii de curbe și generatoare cerc materializată (cazul $Ci_{fc}\&m$)

Mulțimea procedeelor de prelucrare identificate în stadiul actual ca posibile pentru acest caz este dată de reuniunea mulțimilor exprimate prin relațiile (4.31), (4.79) și (4.127), adică

$$\begin{aligned}
 M_{dr(Ci_{fc})\&cerc(m)} &= \\
 &= M_{dr(Ci_{fc})\&cerc(m)}^{A\&sc} \bigcup M_{dr(Ci_{fc})\&cerc(m)}^{Def} \bigcup M_{dr(Ci_{fc})\&cerc(m)}^{PrN} = \\
 &= \left\{ \begin{array}{l} \text{frezare; rectificare; broșare; profilare prin procedeu Grob;} \\ \text{profilare prin forjare radială;} \\ \text{electroeroziune cu electrod masiv} \end{array} \right\} \quad (5.19)
 \end{aligned}$$

Se exemplifică cazul $Ci_{fc}\&m$ prin schema de prelucrare ... de frezare a unui canal rectiliniu (orientat în sens longitudinal) cu profil (generatoare) în arc de cerc.

D2. Generarea cu directoare dreaptă obținută cinematic ca înfășurătoare a unei familii de curbe și

¹ Puriciuc M. (2025): Kinematic Requirements for Machining Cylindrical Surfaces Characterized by Straight Directrix and Circle Generatrix. **RECENT**, eISSN 2065-4529, Vol. 26, is. 1(75), pp. 37-46, <https://doi.org/10.31926/RECENT.2025.75.037>

generatoare cerc obținută prin copiere (cazul $C_{fc}&co$)

Mulțimea procedeelor de prelucrare identificate în stadiul actual ca posibile pentru acest caz rezultă ca reuniune a mulțimilor exprimate prin relațiile (4.32), (4.80) și (4.128), adică

$$\begin{aligned} M_{dr(Cifc)&cerc(m)} &= \\ &= M_{dr(Cifc)&cerc(m)}^{A\acute{s}c} \bigcup M_{dr(Cifc)&cerc(m)}^{Def} \bigcup M_{dr(Cifc)&cerc(m)}^{PrN} = \\ &= \{frezare; rectificare; electroeroziune cu electrod masiv\} \end{aligned} \quad (5.20)$$

D3. Generarea cu directoare dreaptă obținută cinematic ca înfășurătoare a unei familii de curbe și generatoare cerc obținută cinematic ca traiectorie a unui punct (cazul $C_{fc}&C_{tp}$)

Relațiile (4.33), (4.81) și (4.129) indică faptul că nici unul dintre procedeele de prelucrare cunoscute și aplicate în stadiul actual nu corespunde cazului $C_{fc}&C_{tp}$, adică

$$\begin{aligned} M_{dr(Cifc)&cerc(citp)} &= \\ &= M_{dr(Cifc)&cerc(citp)}^{A\acute{s}c} \bigcup M_{dr(Cifc)&cerc(citp)}^{Def} \bigcup M_{dr(Cifc)&cerc(citp)}^{PrN} = \emptyset \end{aligned} \quad (5.21)$$

Acest rezultat ... îl îndeamnă pe cercetător să caute și/sau să conceapă scheme noi de prelucrare sau chiar, de ce nu, procedee de prelucrare noi. Este în fapt o invitație către inovare și către inventare.

D4. Generarea cu directoare dreaptă și generatoare cerc, ambele obținute cinematic ca înfășurătoare a unor familii de curbe (cazul $C_{fc}&C_{fc}$)

Mulțimea procedeelor de prelucrare identificate în stadiul actual ca posibile pentru acest caz rezultă ca reuniune a mulțimilor exprimate prin relațiile (4.34), (4.82) și (4.130), adică

$$\begin{aligned} M_{dr(Cifc)&cerc(cifc)} &= \\ &= M_{dr(Cifc)&cerc(cifc)}^{A\acute{s}c} \bigcup M_{dr(Cifc)&cerc(cifc)}^{Def} \bigcup M_{dr(Cifc)&cerc(cifc)}^{PrN} = \\ &= \{frezare; rectificare; electroeroziune cu electrod masiv\} \end{aligned} \quad (5.22)$$

Un exemplu de schemă de prelucrare care corespunde cazului analizat se prezintă în figura 5.48.

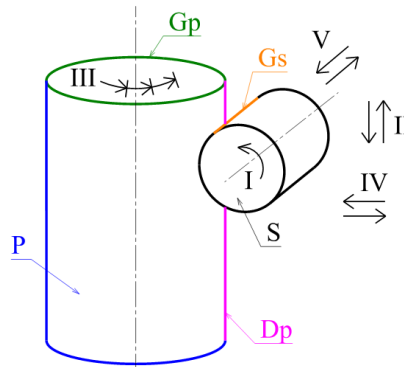


Fig. 5.48. Schemă de prelucrare corespunzătoare cazului $C_{fc}&C_{fc}$

Scula S este o freză cilindrică cu generatoare Gs dreaptă materializată. Scula este amplasată tangent la suprafața de prelucrat a piesei și execută mișcarea de rotație I, principală. Pentru obținerea directoarei Dp este nevoie și de mișcarea II, de avans de generare, vertical, executată fie de scula S, fie

de piesa P. Directoarea Dp rezultă ca înfășurătoare a unei familii de arce de ortocicloidă, detaliu deja menționat la un caz anterior. Evident, la fiecare extremitate a mișcării II piesa P efectuează o mișcare III de rotație discretă, de amplitudine mică, necesară în cazul de față pentru obținerea curbei generatoare Gp. Aceasta se obține ca înfășurătoare a unei familii de curbe, ca înfășurătoare a unei familii de tangente (generatoare Gs succesiv repositionate față de piesa P) la cercul Gp.

Mișcările IV și V sunt auxiliare, de poziționare relativă între piesă și sculă. Aceeași funcțiune o îndeplinește la nevoie și mișcarea II, dar exclusiv în afara procesului de prelucrare.

D5. Generarea cu directoare dreaptă obținută cinematic ca înfășurătoare a unei familii de curbe și generatoare cerc obținută prin rulare (cazul $C_{fc}&r$)

Mulțimea procedeelor de prelucrare identificate în stadiul actual ca posibile pentru acest caz rezultă ca reuniune a mulțimilor exprimate prin relațiile (4.35), (4.83) și (4.131), adică

$$\begin{aligned} M_{dr(C_{fc})\&cerc(r)} &= \\ &= M_{dr(C_{fc})\&cerc(r)}^{A\&sc} \bigcup M_{dr(C_{fc})\&cerc(r)}^{Def} \bigcup M_{dr(C_{fc})\&cerc(r)}^{PrN} = \\ &= \{frezare; rectificare; broșare; danturare cu procedeu Grob; \} \\ &\quad \text{electroeroziune cu electrod masiv} \end{aligned} \quad (5.23)$$

Un bun exemplu de schemă de prelucrare pentru cazul analizat este cea care corespunde prelucrării prin frezare cu freză melc a danturilor Novikov drepte.

D6. Generarea cu directoare dreaptă obținută cinematic ca înfășurătoare a unei familii de curbe și generatoare cerc programată (cazul $C_{fc}\&p$)

Mulțimea procedeelor de prelucrare identificate în stadiul actual ca posibile pentru acest caz rezultă ca reuniune a mulțimilor exprimate prin relațiile (4.36), (4.84) și (4.132), adică

$$\begin{aligned} M_{dr(C_{fc})\&cerc(p)} &= \\ &= M_{dr(C_{fc})\&cerc(p)}^{A\&sc} \bigcup M_{dr(C_{fc})\&cerc(p)}^{Def} \bigcup M_{dr(C_{fc})\&cerc(p)}^{PrN} = \\ &= \{frezare; rectificare; electroeroziune cu electrod masiv\} \end{aligned} \quad (5.24)$$

Toate schemele de prelucrare cu directoare dreaptă obținută cinematic ca înfășurătoare a unei familii de curbe și generatoare cerc realizată cinematic pot fi convertite în scheme de prelucrare cu generatoare cerc programată.

5.1.5. Cazuri cu directoare dreaptă obținută prin rulare

E1. Generarea cu directoare dreaptă obținută prin rulare și generatoare cerc materializată (cazul $R\&m$)

Mulțimea procedeelor de prelucrare identificate în stadiul actual ca posibile pentru a obține suprafețe caracterizate de directoare dreaptă obținută prin rulare și generatoare cerc materializată rezultă ca reuniune a mulțimilor exprimate prin relațiile (4.37), (4.85) și (4.133), adică

$$\begin{aligned} M_{dr(R)\&cerc(m)} &= \\ &= M_{dr(R)\&cerc(m)}^{A\&sc} \bigcup M_{dr(R)\&cerc(m)}^{Def} \bigcup M_{dr(R)\&cerc(m)}^{PrN} = \\ &= \{frezare; rectificare; canelare cu role profilate; \} \\ &\quad \text{electroeroziune cu electrod masiv} \end{aligned} \quad (5.25)$$

Cazul abordat se exemplifică în figura 5.54 printr-o schemă de prelucrare aparte, concepție originală,

de electroeroziune cu electrod masiv. Scula S execută simultan mișcările I principală, de rotație, și II de translație în sens longitudinal și în plan orizontal. Între cele două mișcări este în mod imperativ legătură cinematică rigidă specifică lanțurilor cinematice de rulare. Ca urmare a mișcărilor I și II directoarea Ds a sculei descrie directoarea Dp a piesei ca desfășurată a directoarei Ds. Pentru ca directoarea Dp să fie înclinată față de direcția mișcării II trebuie ca directoarea Ds să fie o spirală arhimedică.

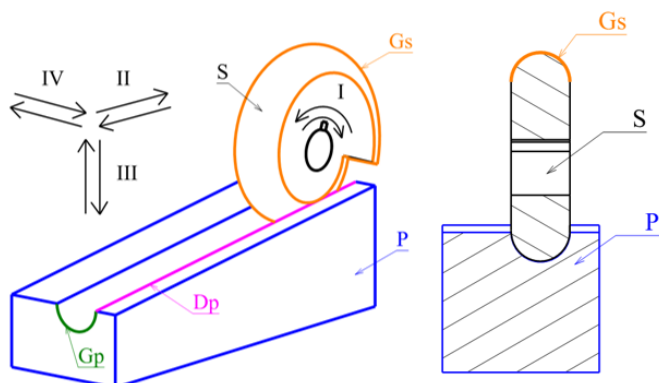


Fig. 5.54. Schemă de prelucrare corespunzătoare cazului R&m

Notă. La fel de bine poate fi considerată mișcarea II de translație ca fiind mișcare I principală, iar mișcarea I de rotație a sculei ca fiind mișcare II de "avans circular".

Generatoarea Gp fiind materializată se obține ca traspunere directă pe piesă a generatoarei Gs a sculei, fără a fi necesară vre-o mișcare anume dedicată.

Mișcările III (de avans vertical) și IV (de avans transversal) sunt mișcări auxiliare. Tot un astfel de rol îl are în afara procesului de prelucrare și mișcarea II, dar și mișcarea de rotație I a sculei, nefiind indiferentă orientarea unghiulară a sculei față de piesă la momentul începerii procesului de lucru.

Un exemplu foarte sugestiv de caz R&m întâlnit practic se prezintă în figura 5.55: generarea prin rulare longitudinală a unor caneluri utilizând ca scule role disc profilate. Directoarea dreaptă se obține prin rulare longitudinală, iar generatoarea este materializată ca generatoare a sculei.

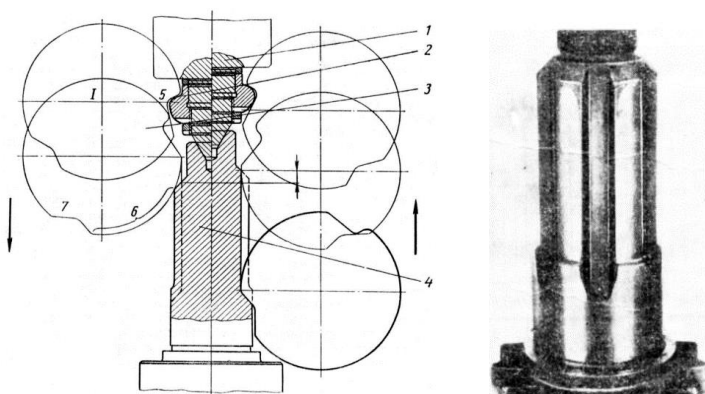


Fig. 5.55. Schema de lucru și exemplu de piesă cu caneluri obținute prin rulare longitudinală¹
E2. Generarea cu directoare dreaptă obținută prin rulare și generatoare cerc obținută prin copiere (cazul R&co)

¹ Esterzon M.A., Strunin B.I.: Особенности накатывания шлицев, оканчивающиеся на ступени вала большого диаметра (Caracteristici ale canelurilor de rulare care se termină pe o treaptă de arbore cu diametru mare). Stanki i instrument, nr. 7, pp. 6-8, 1970

Mulțimea procedeele de prelucrare identificate în stadiul actual ca posibile pentru acest caz rezultă ca reuniune a mulțimilor exprimate prin relațiile (4.38), (4.86) și (4.134), adică

$$\begin{aligned} M_{dr(R)&cerc(co)} &= \\ &= M_{dr(R)&cerc(co)}^{A\acute{s}c} \bigcup M_{dr(R)&cerc(co)}^{Def} \bigcup M_{dr(R)&cerc(co)}^{PrN} = \\ &= \{frezare; rectificare; electroeroziune cu electrod masiv\} \end{aligned} \quad (5.26)$$

E3. Generarea cu directoare dreaptă obținută prin rulare și generatoare cerc obținută cinematic ca traiectorie a unui punct (cazul R&ci_{tp})

Relațiile (4.39), (4.87) și (4.135) indică faptul că nici unul dintre procedeele de prelucrare cunoscute și aplicate în stadiul actual nu corespunde cazului Ci_{fc}&ci_{tp}, adică

$$M_{dr(R)&cerc(citp)} = M_{dr(R)&cerc(citp)}^{A\acute{s}c} \bigcup M_{dr(R)&cerc(citp)}^{Def} \bigcup M_{dr(R)&cerc(citp)}^{PrN} = \emptyset \quad (5.27)$$

Este al doilea caz dintre cele 36 teoretic posibile de obținere a unor suprafețe cu directoare dreaptă și generatoare cerc care nu indică nici o modalitate de rezolvare.

E4. Generarea cu directoare dreaptă obținută prin rulare și generatoare cerc obținută cinematic ca înfășurătoare a unei familii de curbe (cazul R&ci_{fc})

Mulțimea procedeele de prelucrare identificate în stadiul actual ca posibile pentru acest caz rezultă ca reuniune a mulțimilor exprimate prin relațiile (4.40), (4.88) și (4.136), adică

$$\begin{aligned} M_{dr(R)&cerc(cifc)} &= \\ &= M_{dr(R)&cerc(cifc)}^{A\acute{s}c} \bigcup M_{dr(R)&cerc(cifc)}^{Def} \bigcup M_{dr(R)&cerc(cifc)}^{PrN} = \\ &= \{frezare; rectificare; electroeroziune cu electrod masiv\} \end{aligned} \quad (5.28)$$

Acest caz se exemplifică printr-o schemă de prelucrare originală prin frezare cu o freză cilindrică profilată, cu generatoare Gs în arc de cerc, figura 5.58.

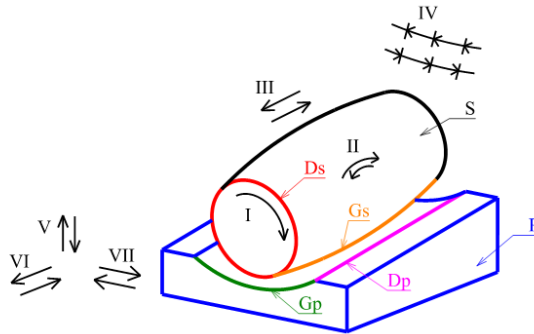


Fig. 5.58. Schemă de prelucrare corespunzătoare cazului R&ci_{fc}

E5. Generarea cu directoare dreaptă și generatoare cerc, ambele obținute prin rulare (cazul R&r)

Mulțimea procedeele de prelucrare identificate în stadiul actual ca posibile pentru acest caz rezultă ca reuniune a mulțimilor exprimate prin relațiile (4.41), (4.89) și (4.137), adică

$$\begin{aligned} M_{dr(R)&cerc(r)} &= \\ &= M_{dr(R)&cerc(r)}^{A\acute{s}c} \bigcup M_{dr(R)&cerc(r)}^{Def} \bigcup M_{dr(R)&cerc(r)}^{PrN} = \\ &= \{frezare; rectificare; danturare prin rulare cu bacuri sau role; \\ &\quad \text{electroeroziune cu electrod masiv}\} \end{aligned} \quad (5.29)$$

E6. Generarea cu directoare dreaptă obținută prin rulare și generatoare cerc programată (cazul R&p)

Mulțimea procedeele de prelucrare identificate în stadiul actual ca posibile pentru cazul R&p rezultă ca reuniune a mulțimilor exprimate prin relațiile (4.42), (4.90) și (4.138), adică

$$\begin{aligned} M_{dr(R)&cerc(r)} &= \\ &= M_{dr(R)&cerc(r)}^{A\check{s}c} \bigcup M_{dr(R)&cerc(r)}^{Def} \bigcup M_{dr(R)&cerc(r)}^{PrN} = \\ &= \{frezare; rectificare; electroeroziune cu electrod masiv\} \end{aligned} \quad (5.30)$$

Acest caz poate rezulta prin conversia oricăreia dintre schemele de prelucrare cu directoare dreaptă obținută prin rulare și generatoare cerc obținută cinematic.

5.1.6. Cazuri cu directoare dreaptă programată

Oricare din schemele de prelucrare cu directoare dreaptă, indiferent dacă aceasta este materializată sau obținută cinematic, poate fi transformată în schemă de prelucrare cu directoare dreaptă programată. Exemple date în continuare sunt relevante în acest sens.

F3. Generarea cu directoare dreaptă programată și generatoare cerc obținută cinematic ca traiectorie a unui punct (cazul P&ci_{tp})

Din analiza stadiului actual rezultă ca posibile pentru cazul P&ci_{tp} procedeele de prelucrare exprimate ca reuniune a mulțimilor date prin relațiile (4.45), (4.93) și (4.141), adică

$$\begin{aligned} M_{dr(P)&cerc(citp)} &= \\ &= M_{dr(P)&cerc(citp)}^{A\check{s}c} \bigcup M_{dr(P)&cerc(citp)}^{Def} \bigcup M_{dr(P)&cerc(citp)}^{PrN} = \\ &= \{strunjire\} \end{aligned} \quad (5.33)$$

Analiza stadiului actual indică strunjirea ca fiind singur procedeu de prelucrare utilizabil pentru cazul P&ci_{tp}. În figura 5.68 este redată o schemă care satisface cerințele de generare impuse de acest caz. Este în fapt o conversie a cazului Co&ci_{tp}, la care pentru obținerea curbei directoare Dp s-a înlăturat copierea și a fost înlocuită cu mișcări comandate numeric.

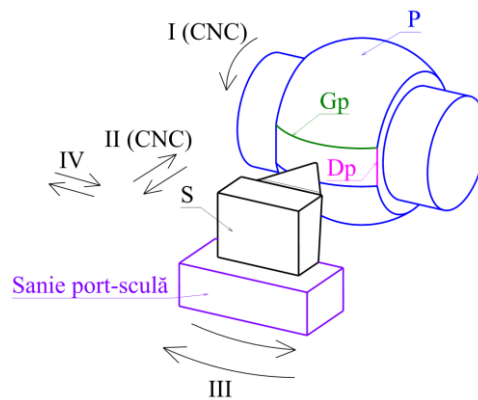


Fig. 5.68. Schemă de prelucrare corespunzătoare cazului P&ci_{tp}

Mișcările I, principală, de rotație, și II, de avans radial, de generare, ambele comandate numeric, contribuie la obținerea curbei directoare Dp. Mișcarea III, de avans circular, este mișcarea care asigură obținerea curbei generatoare Gp. Mișcarea IV este mișcare auxiliară, de translație de poziționare. În afara procesului de prelucrare îndeplinește rol de mișcare auxiliară și mișcarea II, cu rol de poziționare în sens radial. O schemă cinematică de principiu adecvată cazului se prezintă în figura 5.69.

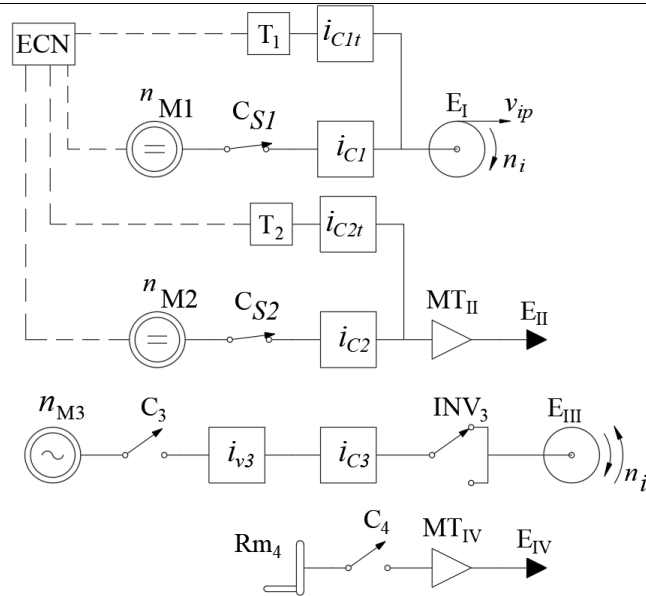


Fig. 5.69. Schemă cinematică de principiu, corespunzătoare cazului P&ci_{tp}

F6. Generarea cu directoare dreaptă și generatoare cerc, ambele programate (cazul P&p)

Cazul P&p este unul cu destinație practic generală, în sensul că este adecvat descrierii oricărui tip de directoare și generatoare. Prelucrarea prin frezare cu freză deget cu cap (semi)sferic utilizând mașini-unelte CNC și generarea de corpuri prin imprimare 3D sunt exemple tipice pentru cazul P&p, inclusiv pentru cazul particular al suprafețelor caracterizate de directoare dreaptă și generatoare cerc.

Mulțimea procedeele de prelucrare identificate în stadiul actual ca posibile pentru cazul P&p (cu directoare dreaptă și generatoare cerc) rezultă ca reuniune a mulțimilor exprimate prin relațiile (4.48), (4.96) și (4.144), adică

$$\begin{aligned}
 M_{dr(P)\&cerc(p)} &= \\
 &= M_{dr(P)\&cerc(p)}^{A\acute{s}c} \bigcup M_{dr(P)\&cerc(p)}^{Def} \bigcup M_{dr(P)\&cerc(p)}^{PrN} = \\
 &= \left\{ \begin{array}{l} \text{strunjire; frezare; rectificare; rabotare, mortezare} \\ \text{electroeroziune cu electrod masiv; imprimare 3D;} \\ \text{tăiere cu jet de apă abraziv} \end{array} \right\} \quad (5.36)
 \end{aligned}$$

5.2. Contribuții originale și concluzii

Prezentul capitol are o semnificativă contribuție teoretică originală, bazată pe stadiul actual a posibilităților de generare a suprafețelor la care curba directoare este dreaptă și curba generatoare este cerc. Au fost luate în considerare toate cele trei grupe mari de procedee de prelucrare – prin așchiere, prin deformare plastică și prin procedee neconvenționale – și au fost identificate exemple relevante și mulțimile de procedee posibile de utilizat pentru a prelucra piese ale căror suprafețe au caracteristice diversele combinații posibile de directoare dreaptă și generatoare cerc.

Studiul a pus în evidență și ... un număr semnificativ de combinații "directoare dreaptă + generatoare cerc" care nu sunt abordabile din perspectiva diverselor procedee de prelucrare cunoscute și utilizate în mod curent.

Fiecare caz în parte a fost exemplificat cu scheme de prelucrare și scheme cinematice de principiu adecvate, cât mai sugestive, atât identificabile în practica curentă, cât și originale, inovative. S-a urmărit cu prioritate exemplificarea posibilității, și nu a eficienței. Cel puțin una dintre schemele de prelucrare, originală, este potențial eficientă (a se revedea cazul ... C_{tp} și figura 5.35), chiar dacă este aplicabilă mai degrabă pentru prelucrarea de materiale non-metalice. Chiar mai mult, are ... potențial de a fi exploatată în sensul obținerii unui brevet de invenție cu revendicări multiple.

Pentru două dintre cazurile supuse studiului este nulă mulțimea procedeelor de prelucrare cunoscute care să permită generarea de suprafețe cu respectivele caracteristici. Autorul apreciază aceasta nu ca un eșec, ci ca o invitație la creativitate, la activitate de inovare-inventare.

Capitolul VI – Rugozitatea la strunjirea tangențială oblică

6.1. Introducere

Calitatea suprafețelor este o caracteristică importantă urmărită la prelucrarea pieselor utilizate în construcția de mașini. Se caută inclusiv scheme de prelucrare și scule noi, originale, care să conducă la rezultate cât mai performante.

6.3. Scheme particulare de prelucrare prin strunjire

Autorul lucrării de față este interesat și de alte scheme de prelucrare pentru strunjire care să favorizeze obținerea de suprafețe de revoluție de foarte bună calitate. În acest sens a identificat posibilitatea strunjirii cu scule cu muchie activă liniară dispusă tangent la suprafața (cilindrică) de prelucrat și mult înclinat în raport cu axa de rotație a piesei supusă prelucrării, denumită "strunjire cu muchie (liniară) tangențială înclinată"^{1,2}.

6.4. Rugozitatea teoretică a suprafețelor obținute prin strunjire tangențială oblică

La strunjirea tangențială oblică suprafața instantanee generată este dată de muchia tăietoare a cuțitului aflată în contact efectiv cu stratul de material care se îndepărtează din piesa prelucrată. Distanța de la axa piesei la diversele puncte ale muchiei liniare a cuțitului este variabilă, dependentă de unghiul λ_s de înclinare al muchiei tăietoare și de raza r_p , reprezintă o hiperbolă.

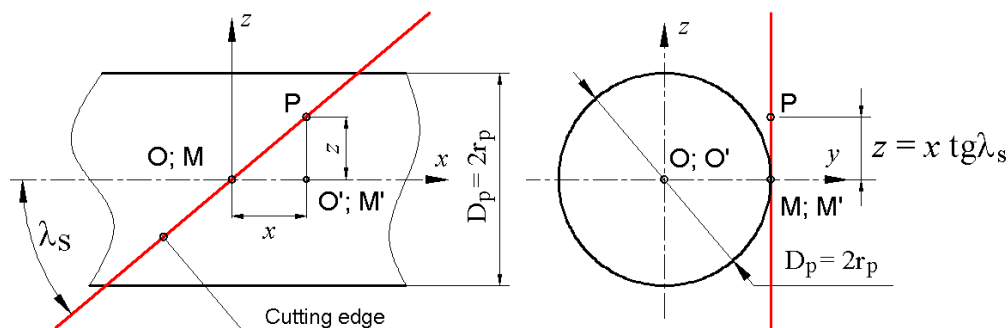


Fig. 6.3. Poziția muchiei tăietoare la strunjirea tangențială oblică³

Fiecare două astfel de hiperbole vecine se intersectează într-un punct aflat față de suprafața cilindrului de rază r_p la distanța $h = R_u$, cea care reprezintă distanța dintre cel mai mare vârf și cel mai adânc gol, figura 6.4, adică înălțimea totală teoretică a profilului suprafeței.

¹ Cioară R., Puriciuc M.V., Țițu A.M., Oprean C., Pisarciuc C. (2021): *Procedeu de strunjire cu tăiș tangențial înclinat, cuțit de strung și plăcuță amovibilă pentru acesta*. Cerere de brevet de invenție RO 134952, <https://worldwide.espacenet.com/patent/search/family/076070089/publication/RO134952A0?q=RO%20134952>

² Puriciuc M.V., Cioară R., Pisarciuc C.: *Turning tool with tangential cutting line. Concept and constructive solution*. IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng. 1235 012066, IManEE 2021, <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/1235/1/012066>

³ Puriciuc M.V., Cioară R., Pisarciuc C.: *Roughness in External Cylindrical Tangential Oblique Turning*. **RECENT**, ISSN 1582-0246, vol. 25(2024), nr. 1(72), pp. 64-75, Brașov, , <https://doi.org/10.31926/RECENT.2024.72.064>

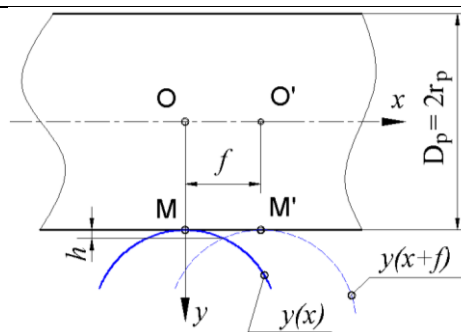


Fig. 6.4. Profilul teoretic la strunjirea tangențială oblică
(succesiune echidistantă de arce de hiperbole)

... expresia analitică R_{a0} a rugozității pentru cazul studiat este:

$$R_{a0} = \frac{\operatorname{tg}(\lambda_s)}{2} \cdot \sqrt{\frac{f^2}{4} + \frac{r_p^2}{\operatorname{tg}^2(\lambda_s)}} + \frac{r_p^2}{f \cdot \operatorname{tg}(\lambda_s)} \cdot \ln \left(\frac{\operatorname{tg}(\lambda_s)}{r_p} \cdot \frac{f}{2} + \sqrt{\left(\frac{\operatorname{tg}(\lambda_s)}{r_p} \cdot \frac{f}{2} \right)^2 + 1} \right) - r_p. \quad (6.28)$$

Relația (6.28) diferă semnificativ de cea determinată "empiric" de Zamfirache¹.

6.6. Concluzii

... autorul tezei de față a elaborat ... un model riguros demonstrat ... (pentru) ... anticiparea teoretică a calității suprafețelor cilindrice exterioare utilizând cuțite cu tăiș tangențial înclinat. Expresia originală obținută de autorul lucrării de față diferă semnificativ de cea determinată "empiric" menționată în literatură.

Cercetările exploratorii proprii au fost efectuate utilizând un cuțit de strung special realizat, cu tăișul înclinat față de planul orizontal sub un unghi de $\lambda_s \approx 70^\circ$, fără posibilitate de reglare a înclinării tăișului, cu partea activă din carbură P30. Pentru toate combinațiile de parametri ai testelor, suprafețele obținute prin strunjire cu cuțit cu tăiș tangențial înclinat prezintă rugozitate mai mică, cel mai adesea spectaculos mai mică, decât la suprafețele obținute prin strunjire cu cuțit convențional de tip ISO 2.

¹ Zamfirache M.: Prelucrabilitatea prin strunjire a aliajelor de titan. Editura Universitaria Craiova, 1996, p. 148

Capitolul VII – Cercetări și contribuții experimentale privind calitatea suprafețelor cilindrice exterioare generate prin procesul de strunjire tangențială

7.1. Introducere

A devenit evidentă necesitatea proiectării unui cuțit de strung dedicat special acestei cercetări, cuțit la care să poată fi reglat unghiul de înclinare al muchiei tăietoare tangențiale sub diferite valori față de planul orizontal care conține axa piesei de prelucrat.

7.2. Proiectarea și realizarea cuțitului cu tăiș tangențial înclinat

7.2.2. Proiectarea asistată a cuțitului cu tăiș tangențial înclinat

Proiectarea cuțitului cu tăiș tangențial înclinat s-a făcut în mediul de lucru ProEngineer.

În figura 7.1 se prezintă cuțitul de strung asamblat, în vedere axonometrică.

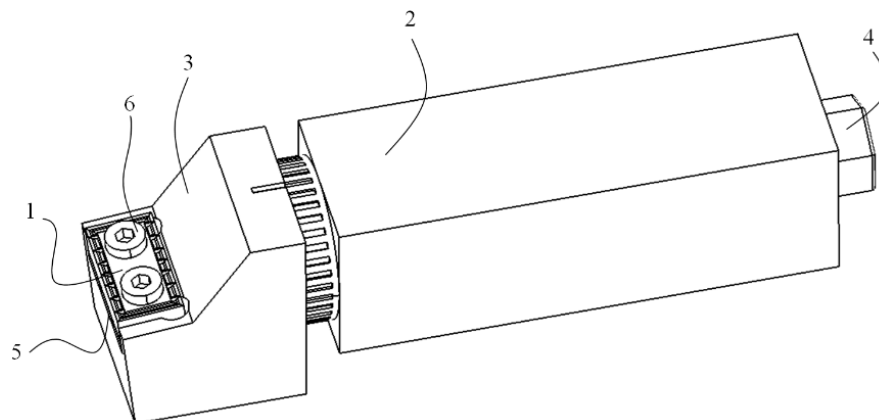


Fig. 7.1. Cuțit pentru strunjire tangențială, cu muchie liniară a tăișului înclinabilă, în stare asamblată¹

1 – plăcuță amovibilă; 2 – corp fix al cuțitului; 3 – corp-plăcuță amovibilă; 4 – șurub de strângere;
5 – plăcuță de sprijin pentru plăcuța amovibilă; 6 – șuruburi de fixare a plăcuței amovibile

S-a considerat că cuțitul de strung proiectat descris mai sus are un grad de originalitate apreciabil astfel încât să justifice ... solicitarea protecției prin brevet de invenție².

7.2.3. Execuția cuțitului cu tăiș tangențial înclinat

Corpul cuțitului și corpul port-pastilă, cu pastila asamblată, se prezintă în figura 7.6.

¹ Puriciuc M.V., Cioară R., Pisarciuc C.: *Turning tool with tangential cutting line. Concept and constructive solution*. IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng. 1235 012066, IManEE 2021, <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/1235/1/012066/pdf>

² Cioară R., Puriciuc M.V., Țițu A.M., Oprean C., Pisarciuc C. (2021): *Procedeu de strunjire cu tăiș tangențial înclinat, cuțit de strung și plăcuță amovibilă pentru acesta*. Cerere de brevet de invenție RO 134952, <https://worldwide.espacenet.com/patent/search/family/076070089/publication/RO134952A0?q=RO%20134952>



Fig. 7.6. Cele două corpuri ale cuțitului cu tăiș tangențial înclinat

7.3. Proiectarea și desfășurarea experimentelor

Toate experimentele au fost desfășurate la Universitatea Transilvania din Brașov, facultatea Inginerie Tehnologică și Management Industrial, în cadrul laboratorului "Prelucrări mecanice" al departamentului Inginerie și Management Industrial. Baza materială disponibilă – strung universal SN 250, strung cu comandă numerică Poly Gim PLG-42, rugozimetru TESA-rugosurf 10-G, cuțit de strung ISO1 pentru plăcuță ISO SNMG 190616 și cuțit cu tăiș tangențial înclinat special conceput și realizat de autor în vederea efectuării experimentelor – a orientat cercetarea în sensul adoptării acelor combinații de parametri compatibili cu obiectivul asumat al cercetării, studiul calității suprafețelor cilindrice exterioare obținute prin strunjire cu cuțit cu tăiș tangențial înclinat, posibile în condițiile date.

Pentru rezultate comparative s-a utilizat un cuțit clasic ISO1, echipat cu o plăcuță ISO SNMG 190616 identică cu cea utilizată și la cuțitul cu tăiș tangențial înclinat.

7.3.2. Desfășurarea experimentelor

În mod concret cercetarea experimentală a luat în considerare următorii parametri:

- trei valori pentru unghiul de înclinare al tăișului tangențial al cuțitului: $\lambda_s \in \{45^\circ, 60^\circ, 70^\circ\}$;
- trei materiale pentru epruvete: (poliamidă,) duraluminu 6061, oțel laminat de calitate OLC45, oțel aliat pentru tratament termic 42CrMo4QT;
- cinci turații pentru epruvete: $n \in \{160, 250, 400, 630, 1000\}$ rot/min, care determină în mod direct viteza de așchiere;
- trei valori pentru avansul longitudinal: $f \in \{0,12; 0,2; 0,28\}$ mm/rot;
- trei tipuri de cuțite de strunjit: cuțitul cu tăiș tangențial înclinabil, cuțit normal ISO1, cuțit cu plăcuță rotativă, cu plan de degajare înclinabil;
 - o singură valoare pentru adâncimea de așchiere: $a_p = 0,5$ mm;
 - prelucrare fără răcire, pentru toate testele.

Cu cuțitul experimental, cu tăiș liniar tangențial înclinabil, au fost efectuate $3 \times 3 \times 5 \times 3 = 135$ teste, adică un plan de cercetare complet în relație cu cei patru parametri variabili considerați. Prelucrările cu cuțitul normal ISO1 au fost prevăzute pentru a avea valori de comparație. Au fost efectuate $3 \times 5 \times 3 = 45$ teste cu acest cuțit.

Se prezintă în figura 7.10 caracteristicile geometrice inițiale ale epruvetelor, iar în figura 7.11 o imagine cu epruvetele în forma lor inițială. Fiecare epruvetă prezintă câte cinci sectoare, pentru ca la o trecere să se poată face prelucrare cu fiecare dintre cele cinci turații avute în vedere pentru desfășurarea

testelor. Din fiecare material s-a folosit o singură epruvetă. Pentru fiecare material s-au făcut câte trei treceri, câte una pentru fiecare valoare a avansului. Prelucrarea succesivă a epruvetelor a determinat o reducere treptată a diametrului acestora.

Măsurarea rugozității a fost efectuată cu un rugozimetru electronic profesional, TESA-rugosurf 10-G. Pentru fiecare suprafață prelucrată, măsurarea rugozității a fost făcută de-a lungul a trei generatoare dispuse echiunghiular (0° , 120° și 240°) și s-a calculat valoarea medie.

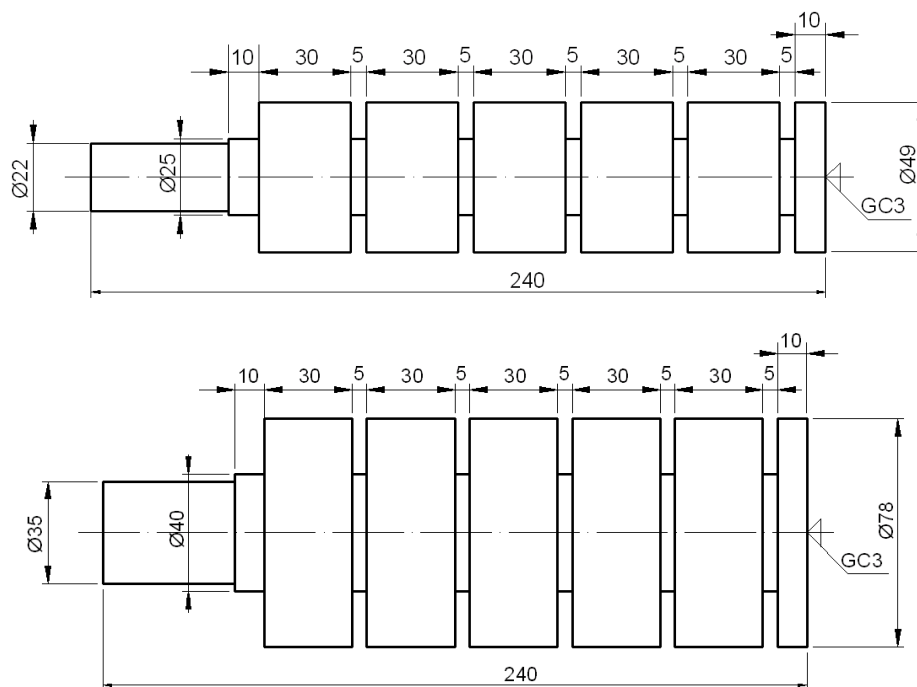


Fig. 7.10. Caracteristicile geometrice inițiale ale epruvetelor

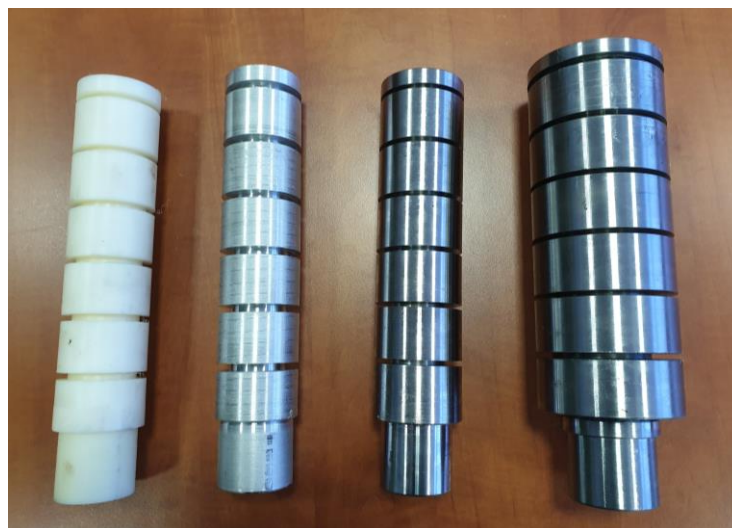


Fig. 7.11. Cele patru epruvete, în forma lor inițială

7.4. Rezultatele experimentale și analiza lor

Rugozimetrul TESA-rugosurf 10-G afișează atât valorile măsurate pentru rugozitățile R_a , R_q , R_t și R_p , cât și o reprezentare grafică. Pentru prezentarea rezultatelor și pentru analiză s-au reținut doar valorile pentru rugozitatea R_a .

7.4.1. Rezultate obținute la prelucrarea cu cuțit normal ISO1

Prelucrările cu cuțit normal ISO1, echipat cu plăcuță amovibilă ISO SNMG 190616, au generat valori ... de referință pentru analiza calității suprafeței obținută prin strunjire a epruvetelor testate.

7.4.2. Rezultate obținute la prelucrarea cu cuțit cu tăiș tangențial înclinat

Valorile rugozității R_a obținute în cadrul cercetării utilizând cuțitul special conceput, cu tăiș tangențial înclinat, sunt prezentate în tabele.

O reprezentare grafică a influenței avansului și a vitezei de așchiere la prelucrarea Dural, OLC45 și 42CrMo4 cu cuțit cu tăiș tangențial înclinat la 45° se prezintă în figura 7.16.

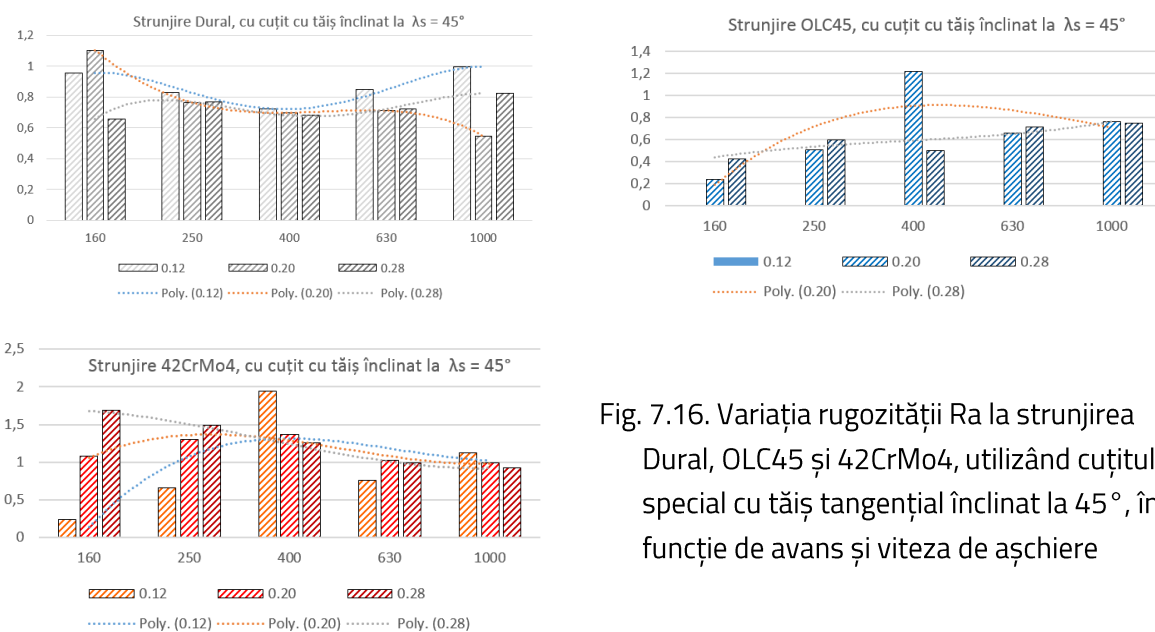


Fig. 7.16. Variația rugozității R_a la strunjirea Dural, OLC45 și 42CrMo4, utilizând cuțitul special cu tăiș tangențial înclinat la 45° , în funcție de avans și viteza de așchiere

Pentru toate cele trei materiale prelucrate, rugozitățile obținute la strunjirea cu cuțit cu tăiș înclinat la 45° sunt considerabil mai mici decât cele obținute la strunjirea cu cuțit ISO1, de 2 ... 5 ori mai bune.

O reprezentare grafică a influenței avansului și a vitezei de așchiere la prelucrarea Dural, OLC45 și 42CrMo4 cu cuțit cu tăiș tangențial înclinat la 60° se prezintă în figura 7.20.

Strunjirile cu cuțit cu tăiș tangențial înclinat la 60° au generat, pentru turații joase de prelucrare, rezultate net superioare în comparație cu cele efectuate cu cuțit ISO1.

O reprezentare grafică a influenței avansului și a vitezei de așchiere la prelucrarea Dural, OLC45 și 42CrMo4 cu cuțit cu tăiș tangențial înclinat la 70° se prezintă în figura 7.21.

Valorile rugozității R_a consemnate în timpul experimentelor, aranjate conform tabelului 7.7, permit reprezentarea grafică a variației rugozității în funcție de unghiul de înclinare a tăișului cuțitului tangențial și de turație pentru fiecare dintre materialele epruvetelor utilizate și pentru fiecare dintre valorile avansului selectate pentru cercetarea experimentală, inclusiv în comparație cu rugozitatea obținută la prelucrările cu cuțit ISO1.

La prelucrarea Dural ... cu turații mici și medii și cu avans $s = 0,2 \dots 0,28$ mm/rot este incontestabilă superioritatea prelucrării cu cuțit cu tăiș tangențial înclinat față de cea cu cuțit ISO1.

Studii și cercetări inovative privind cinematica generării suprafețelor cilindrice

Teză de doctorat – Rezumat, Universitatea Transilvania din Brașov

La strunjirea OLC45, figura 7.23, la toate prelucrările – indiferent de avans, turație și unghi de înclinare al tăișului – este evidentă superioritatea utilizării cuțitului cu tăiș tangențial înclinat față de utilizarea cuțitului ISO1. Superioritatea se manifestă puternic la turațiile mici ($n = 160$ rot/min și $n = 250$ rot/min, pentru toate valorile avansului.

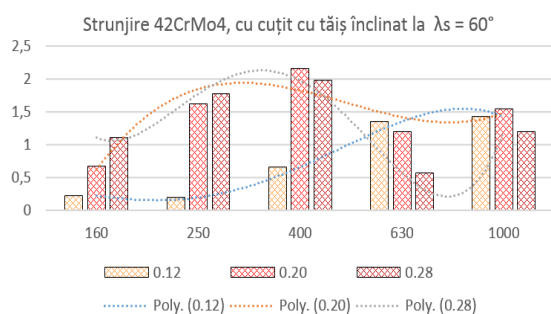
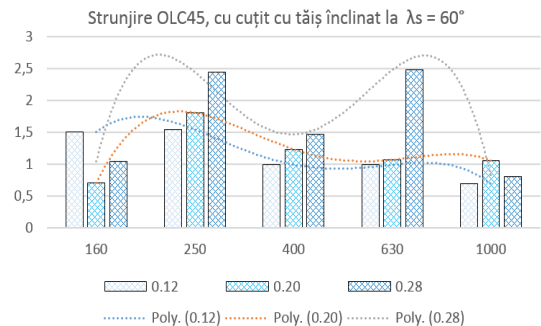
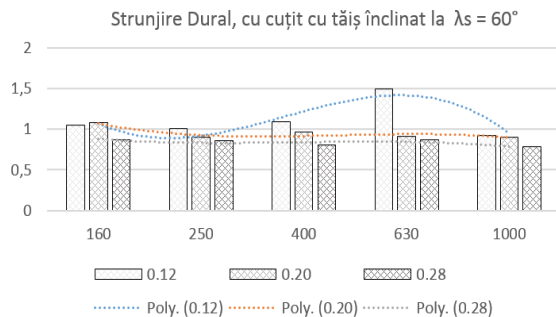


Fig. 7.20. Variația rugozității Ra la strunjirea Dural, OLC45 și 42CrMo4, utilizând cuțitul special cu tăiș tangențial înclinat la 60° , în funcție de avans și viteza de așchiere

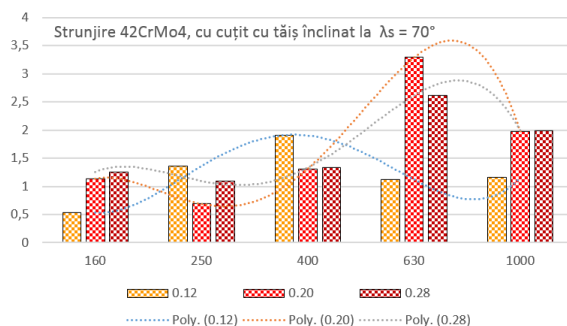
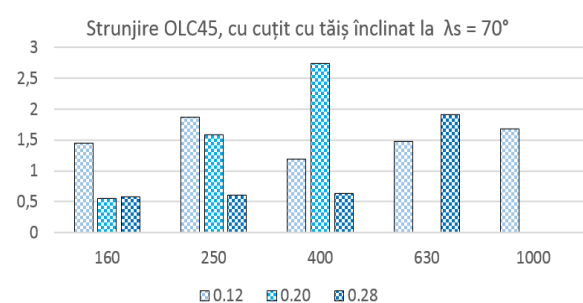
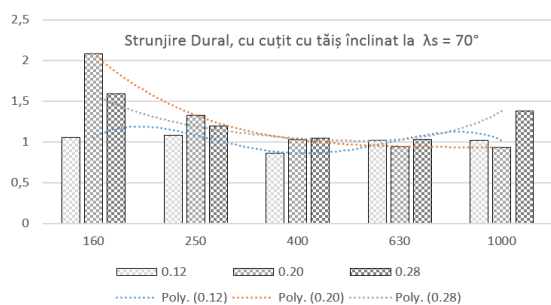


Fig. 7.21. Variația rugozității Ra la strunjirea Dural, OLC45 și 42CrMo4, utilizând cuțitul special cu tăiș tangențial înclinat la 70° , în funcție de avans și viteza de așchiere

La strunjirea 42CrMo4, figura 7.24, superioritate evidentă a utilizării cuțitului cu tăiș tangențial înclinat față de utilizarea cuțitului ISO1 se identifică pentru toate cele trei avansuri adoptate doar la turația joasă, $n = 160$ rot/min, dar și în cazul prelucrării cu avans mic, $s = 0,12$ mm/rot și turație $n = 250$ rot/min. La prelucrările cu turații medii sau mari, rugozitatea Ra prezintă diferențe mici pentru toate valorile considerate ale avansului, adesea rezultate mai bune rezultând la prelucrările cu cuțit ISO1 decât la cele cu cuțit cu tăiș tangențial înclinat.

Tabel 7.7. Toate rezultate experimentale obținute,
ordonate pentru a pune în evidență comparația cu strunjirile cu cuțit ISO1

Avans	Material	Cuțit	Turație, în rot/min				
			160	250	400	630	1000
0,12 mm/rot	Dural 6061	ISO1	1,667	1,382	1,035	1,232	1,091
		Tangetțial 45°	0,956	0,826	0,721	0,847	0,995
		Tangetțial 60°	1,052	1,004	1,094	1,499	0,925
		Tangetțial 70°	1,061	1,086	0,865	1,026	1,021
	OLC45	ISO1	4,598	3,613	3,052	2,019	1,565
		Tangetțial 45°	x	x	x	x	x
		Tangetțial 60°	1,503	1,539	0,993	0,989	0,686
		Tangetțial 70°	1,453	1,870	1,193	1,476	1,678
	42CrMo4	ISO1	4,482	4,502	0,634	0,823	0,979
		Tangetțial 45°	0,238	0,656	1,947	0,759	1,127
		Tangetțial 60°	0,224	0,195	0,660	1,351	1,421
		Tangetțial 70°	0,536	1,360	1,903	1,119	1,155
0,2 mm/rot	Dural 6061	ISO1	5,472	5,367	4,238	2,761	1,268
		Tangetțial 45°	1,103	0,763	0,697	0,710	0,545
		Tangetțial 60°	1,078	0,898	0,960	0,911	0,903
		Tangetțial 70°	2,081	1,330	1,030	0,948	0,936
	OLC45	ISO1	4,01	5,029	3,277	1,238	1,715
		Tangetțial 45°	0,238	0,506	1,216	0,654	0,758
		Tangetțial 60°	0,703	1,804	1,232	1,068	1,053
		Tangetțial 70°	0,554	1,586	2,733	x	x
	42CrMo4	ISO1	6,116	3,269	1,131	1,176	1,398
		Tangetțial 45°	1,074	1,306	1,367	1,025	0,989
		Tangetțial 60°	0,671	1,619	2,161	1,193	1,540
		Tangetțial 70°	1,139	0,687	1,313	3,291	1,971
0,28 mm/rot	Dural 6061	ISO1	6,043	4,026	4,422	4,352	2,015
		Tangetțial 45°	0,656	0,767	0,680	0,722	0,822
		Tangetțial 60°	0,875	0,857	0,805	0,868	0,780
		Tangetțial 70°	1,590	1,195	1,048	1,035	1,379
	OLC45	ISO1	6,674	5,281	2,622	2,191	1,761
		Tangetțial 45°	0,422	0,596	0,497	0,711	0,744
		Tangetțial 60°	1,044	2,440	1,469	2,478	0,803
		Tangetțial 70°	0,577	0,609	0,634	1,915	x
	42CrMo4	ISO1	7,122	2,055	1,984	1,901	1,855
		Tangetțial 45°	1,683	1,493	1,256	0,995	0,922
		Tangetțial 60°	1,107	1,772	1,972	0,569	1,197
		Tangetțial 70°	1,258	1,096	1,331	2,615	1,984

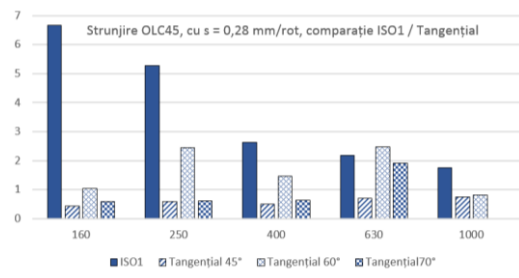
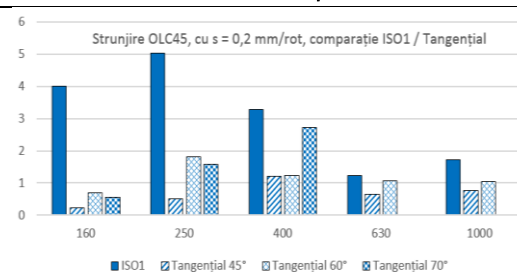
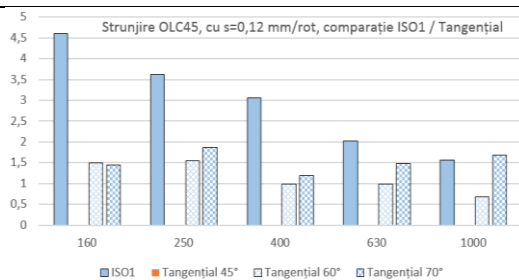


Fig. 7.23. Variația rugozității Ra la strunjirea OLC45, pentru fiecare dintre avansurile $s = 0,12; 0,2; 0,28$ mm/min, în funcție de unghiul λ_s de înclinare al tășului cuțitului tangent și de viteza de așchiere

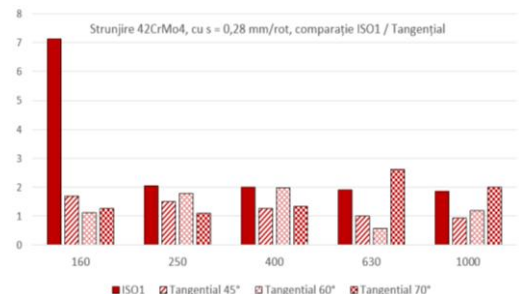
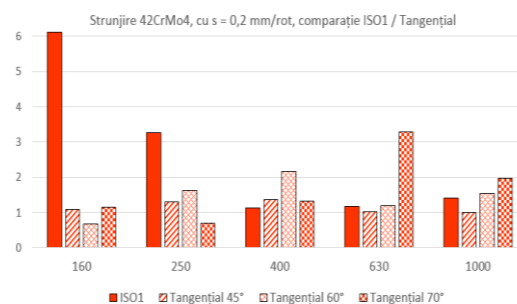
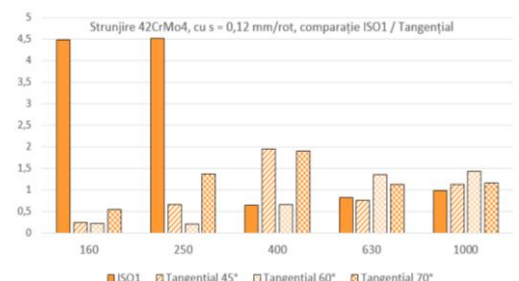


Fig. 7.24. Variația rugozității Ra la strunjirea 42CrMo4, pentru fiecare dintre avansurile $s = 0,12; 0,2; 0,28$ mm/min, în funcție de unghiul λ_s de înclinare al tășului cuțitului tangent și de viteza de așchiere

Concluzia care se impune este aceea că prelucrarea cu cuțit cu tăș tangent înclinat, indiferent de valoarea unghiului λ_s de înclinare al tășului, este net superioară strunjirii cu cuțit ISO1 atunci când se utilizează turația joasă $n = 160$ rot/min, indiferent de materialul prelucrat și de avansul adoptat, exceptând strunjirea Dural cu avans $s = 0,12$ mm/rot. Pe de altă parte, utilizarea turației mari $n = 1000$ rot/min dă câștig de cauză prelucrării cu cuțit ISO1 pentru toate materialele studiate, pentru toate avansurile adoptate și pentru toate unghiurile λ_s de înclinare al tășului cuțitului tangent.

7.5. Direcții de continuare a cercetărilor

Obiectivul cercetării experimentale a fost "studiul calității suprafeței cilindrice exterioare obținută prin strunjire cu cuțit cu tăș liniar dispus tangent înclinat". S-a avut în vedere și studiul forțelor de așchiere și al consumului energetic instantaneu și mediu care caracterizează prelucrările cu tipul de cuțit menționat, dar ... acest studiu rămâne un obiectiv de viitor, incitant și foarte util nu doar referitor la prelucrări prin strunjire, în particular utilizând un cuțit cu tăș tangent înclinat.

Se are în vedere reluarea testelor, cu utilizarea altor materiale decât cele deja studiate. Sunt în special vizate aliaje cu titan. Sunt vizate și teste cu alte valori ale adâncimii de așchiere față de cea adoptată în cercetările de până acum.

Mare interes prezintă și reluarea experimentelor cu alte valori ale unghiului de înclinare al tăișului. Sunt cu prioritate avute în vedere valorile de 50° , 55° și 65° .

Cercetarea a generat un volum mare de rezultate originale, dar au fost publicate doar puține dintre acestea. Se are în vedere continuarea activității de diseminare a rezultatelor obținute.

7.6. Concluzii

Pentru desfășurarea cercetării experimentale a fost necesar un cuțit de strung particular, cu tăiș liniar dispus tangențial, înclinabil sub orice unghi în raport cu planul orizontal care conține axa piesei de prelucrat. ... s-a realizat proiectarea acestuia, în mediul de lucru ProEngineer.

S-a considerat că cuțitul de strung proiectat are un grad de originalitate suficient și s-a decis solicitarea protecției prin brevet de invenție.

Cuțitul proiectat a fost realizat fizic, prin forțe proprii, și a fost utilizat în toate etapele cercetării experimentale. Pentru rezultate comparative s-a folosit un cuțit clasic ISO1, echipat cu o plăcuță ISO SNMG 190616 identică cu cea utilizată și la cuțitul cu tăiș tangențial înclinat.

Cercetarea experimentală s-a desfășurat pe baza unui plan de cercetare complet, care a luat în considerare trei materiale pentru epruvete, trei valori pentru avansul de așchiere, cinci valori ale turației de antrenare a epruvetelor și trei valori ale unghiului de înclinare al tăișului liniar dispus tangent și înclinat față de suprafața piesei prelucrate. Toate prelucrările au fost realizate cu o aceeași adâncime de așchiere și fără răcire.

La proiectarea epruvetelor au fost prevăzute câte cinci sectoare, astfel încât la o singură trecere să poată fi utilizate toate cele cinci turații prevăzute pentru experimente.

Prelucrările cu cuțit normal ISO1, echipat cu plăcuță amovibilă ISO SNMG 190616, au generat valori cu care au fost comparate valorile rugozității obținute cu cuțitul cu tăiș tangențial înclinabil.

Pentru toate testele rezultatele au fost consemnate riguros. Rezultatele au fost adecvat consemnate în tabele astfel încât să poată fi cu ușurință reprezentate grafic și interpretate.

La strunjirea Dural cu turații mici și medii și cu avans $s = 0,2 \dots 0,28$ mm/rot este incontestabilă superioritatea prelucrării cu cuțit cu tăiș tangențial înclinat față de cea cu cuțit ISO1.

La strunjirea OLC45, la toate prelucrările – indiferent de avans, turație și unghi de înclinare al tăișului – este evidentă superioritatea utilizării cuțitului cu tăiș tangențial înclinat față de utilizarea cuțitului ISO1.

La strunjirea 42CrMo4, superioritate evidentă a utilizării cuțitului cu tăiș tangențial înclinat față de utilizarea cuțitului ISO1 se identifică pentru toate cele trei avansuri adoptate doar la turația joasă.

Prelucrarea cu cuțit cu tăiș tangențial înclinat, indiferent de valoarea unghiului λ_s de înclinare al tăișului, este net superioară strunjirii cu cuțit ISO1 atunci când se utilizează turația joasă, indiferent de materialul prelucrat și de avansul adoptat. Pe de altă parte, utilizarea turației mari $n = 1000$ rot/min dă câștig de cauză prelucrării cu cuțit ISO1.

Capitolul VIII – Contribuții originale, forme de valorificare, concluzii finale și direcții de continuare a cercetărilor

8.1. Contribuții originale

- ❶ Participarea activă la definirea temei tezei de doctorat și la stabilirea obiectivelor acesteia.
- ❷ Realizarea unei cercetări bibliografice ample și a sintezei informațiilor referitoare la stadiul actual al cunoașterii și practicii în domeniul generării suprafețelor pe mașinile-unelte, fără a se limita la prelucrări prin așchiere..
- ❸ S-a relevat faptul că utilizând mașini-unelte se generează suprafețe reale, dar ... studiul generării teoretice a suprafețelor precede și se reflectă în generarea practică a acestora.
- ❹ Se admite justificat că din punct de vedere al modului de generare se identifică șase moduri de obținere atât a curbei directoare, cât și a curbei generatoare, și implicit $6 \times 6 = 36$ posibilități distincte de obținere a unei suprafețe caracterizată de o anume directoare și de o anume generatoare.
- ❺ S-a constatat că pentru fiecare tip de directoare și de generatoare doar o parte dintre combinațiile teoretic posibile se regăsesc în practică și sunt descrise în literatura de specialitate. Abordarea sistematică trebuie să exploreze întreaga mulțime a posibilităților de generare, aplicate sau nu (încă) în practică, și ca urmare este orientată către descoperire și chiar către inventare.
- ❻ Utilizarea teoriei lanțurilor cinematice-tip ca puternic și logic instrument de construcție cinematică a oricărei mașini-unelte destinată a prelucra suprafețe caracterizate de o anumită combinație directoare & generatoare, de legătură între teoria generării suprafețelor și cinematica mașinilor-unelte.
- ❼ Prin analiza stadiului actual, identificarea mulțimilor procedeele de prelucrare și a tipurilor de mașini-unelte destinate și/sau capabile să genereze (și) suprafețe cilindrice cu directoare dreaptă, pe de o parte, sau cu generatoare cerc, pe de altă parte. Prin intersecție s-a determinat și mulțimea procedeele de prelucrare destinate și/sau capabile să genereze (și) suprafețe cilindrice cu directoare dreaptă și cu generatoare cerc.
- ❽ Pentru fiecare dintre grupele de procedee de prelucrare (prin așchiere, prin deformare plastică și prin procedee neconvenționale) sunt explicitate mulțimile de procedee care permit obținerea simultană a directoarei dreaptă și generatoarei cerc, cu luarea în considerare a modurilor cunoscute de generare a celor două curbe menționate. Se constată că pentru fiecare grupă de procedee de prelucrare există cazuri care nu permit realizarea unei suprafețe cilindrice la care directoarea este dreaptă și generatoarea este cerc, deoarece fie doar directoarea, fie doar generatoarea, fie ambele simultan nu se pot obține în modul considerat.
- ❾❾ La nivel de ansamblu, fără diferențiere pe grupe de prelucrări de prelucrare, se identifică trei mulțimi vide: $M_{dr(M)\&cerc(citp)}$, $M_{dr(Cifc)\&cerc(citp)}$ și $M_{dr(R)\&cerc(citp)}$ toate toate au în comun mulțimea procedeele de obținere cinematică ca traiectorie a unui punct a generatoarei cerc.

- ❶❹ Cel puțin una dintre schemele de prelucrare, originală, este potențial eficientă (cazul $C_{itp} \& c_{itp}$), chiar dacă este aplicabilă mai degrabă pentru prelucrarea de materiale non-metalice. Chiar mai mult, are potențial de a fi exploatată în sensul obținerii unui brevet de invenție cu revendicări multiple.
- ❶❷ Pentru două dintre cazurile supuse studiului (cazul $C_{itc} \& c_{itp}$ și cazul $R \& c_{itp}$) este nulă mulțimea procedeelelor de prelucrare cunoscute care să permită generarea de suprafețe cu respectivele caracteristici. Autorul apreciază aceasta nu ca un eșec, ci ca o invitație la creativitate, la activitate de inovare-inventare.
- ❶❸ Cercetarea experimentală efectivă s-a efectuat considerând o schemă de prelucrare prin strunjire foarte particulară, rar menționată în literatură, "strunjire oblică", indicată pentru a obține suprafețe de foarte bună calitate inclusiv la piese din materiale dificil sau greu prelucrabile.
- ❶❹ A fost elaborat un model riguros demonstrat având ca destinație anticiparea teoretică a calității suprafețelor cilindrice exterioare utilizând cuțite cu tăiș tangențial înclinat. Expresia originală obținută de autorul lucrării de față diferă semnificativ de cea determinată "empiric" menționată în literatură.
- ❷❶ Pentru toate combinațiile de parametri ai testelor suprafețele obținute prin strunjire cu cuțit cu tăiș tangențial înclinat prezintă rugozitate mai mică, cel mai adesea spectaculos mai mică, decât la suprafețele obținute prin strunjire cu cuțit convențional de tip ISO 2.
- ❷❷ A fost elaborat un proiect tehnic detaliat pentru un cuțit de strung cu tăiș tangențial înclinat, cu înclinație reglabilă a muchiei liniare a tăișului, destinat cercetării experimentale. Soluția identificată a fost apreciată drept una originală și s-a decis protejarea ei prin brevet de invenție. S-a redactat și s-a depus la OSIM descrierea de brevet, examinarea de fond fiind în curs. Calitatea de solicitant al cererii de brevet o au două universități din România: Universitatea Transilvania din Brașov și Universitatea "Lucian Blaga" din Sibiu.
- ❷❸ Realizarea și testarea unui model experimental de cuțit cu tăiș tangențial înclinabil, realizat fizic într-o variantă constructivă care permite utilizarea unei plăcuțe amovibile disponibilă pe piață. Execuția cuțitului experimental s-a realizat prin efort propriu. ... Succesul cercetării experimentale a validat prin rezultatele practice obținute conceptul de strunjire oblică cu cuțit cu tăiș tangențial înclinat, precum și superioritatea acestuia în anumite condiții față de strunjirea ortogonală clasică.
- ❷❹ Activitatea de publicare desfășurată în perioada de pregătire și de elaborare a tezei de doctorat, orientată către diseminarea rezultatelor cercetărilor efectuate și supunerea lor dezbaterii publice în colective de specialiști în domeniu. Această activitate va continua, multe dintre noile cunoștințe generate în cadrul cercetării nefiind încă publicate.

8.2. Forme de valorificare a cercetării

Parte din rezultatele cercetărilor efectuate în cadrul prezentei teze de doctorat au fost valorificate până în prezent prin:

- ✓ Proiectarea unui cuțit de strung cu tăiș tangențial înclinat orientabil, cu suprafața de așezare orientată în sensul avansului.

- ✓ Realizarea fizică a unui cuțit de strung cu tăiș tangentțial înclinat orientabil, original, într-o variantă constructivă adaptată pentru a putea utiliza o plăcuță amovibilă disponibilă pe piață. Cuțitul menționat este special conceput pentru cercetare experimentală, în vederea identificării cu prioritate a influenței unghiului de înclinare al tăișului asupra performanțelor prelucrării de suprafețe cilindrice exterioare.
- ✓ Elaborarea și înregistrarea la OSIM a unei cereri de brevet de invenție, cu 13 revendicări (7 revendicări independente și 6 revendicări dependente), având ca subiect procedeul de strunjire oblică, cuțitul de strung cu tăiș tangentțial înclinat orientabil și plăcuță amovibilă destinată echipării cuțitului original conceput.
- ✓ Publicarea în domeniul temei tezei a 1+5 realizări, o cerere de brevet de invenție înregistrată la OSIM și 5 articole științifice publicate în reviste de specialitate și în buletinele unor conferințe științifice internaționale organizate. Dintre cele 5 articole științifice 2 sunt indexate ISI, iar 3 sunt incluse în alte baze de date internaționale. La 2 dintre lucrările publicate sunt unic autor (2 lucrări BDI), iar la celelalte 3 sunt prim autor (2 ISI și 1 BDI). Încă o lucrare este în evaluare și în curs de publicare, într-o revistă cotate Q1 indexată ISI. Sunt coautor la cererea de brevet de invenție.

8.3. Concluzii finale

Analiza temei s-a făcut în relație cu o posibilă „foaie de parcurs” a activităților necesar de desfășurat în vederea rezolvării ei. Titlul tezei de doctorat – *„Studii și cercetări inovative privind cinematica generării suprafețelor cilindrice”* – reflectă fidel subiectul acesteia – cinematica generării suprafețelor cilindrice – și principală modalitate de acțiune – inovarea.

Toată activitatea de cercetare în cadrul tezei s-a subordonat unui obiectiv major: **studiul detaliat al posibilităților de prelucrare a suprafețelor cilindrice exterioare**, reflectat prin două direcții de acțiune pentru care s-a întrevăzut succes încă din faza de analiză preliminară a tezei:

- 1) - relevarea (prin cel puțin câte un exemplu a) mulțimii posibilităților de prelucrare a suprafețelor cilindrice exterioare caracterizate de directoare dreaptă și generatoare cerc, și
- 2) – analiza detaliată a prelucrării de suprafețe cilindrice (exterioare) prin strunjire cu cuțit cu tăiș tangentțial înclinat.

Un efort deosebit a fost făcut pentru identificarea prin cel puțin a câte unui exemplu a cât mai multora dintre combinațiile teoretic posibile de realizare a unei suprafețe cilindrice caracterizată de directoare dreaptă și generatoare cerc. Această primă direcție de acțiune a fost încununată de succes și a generat și contribuții teoretice originale evidente.

Cea de-a doua direcție de acțiune – analiza detaliată a prelucrării de suprafețe cilindrice (exterioare) prin strunjire cu cuțit cu tăiș tangentțial înclinat – s-a bazat pe o cercetare experimentală preliminară ale cărei rezultate foarte încurajatoare a dat încredere că cercetarea experimentală extinsă conformă cu cerințele tezei va fi și ea un succes.

... este unanim acceptat că sinteza cinematică a mașinilor-unelte este o etapă ulterioară uneia de analiză cinematică a acestora, de cunoaștere a diversității și a posibilităților de prelucrare a mașinilor-unelte. Consistente contribuții teoretice originale se regăsesc în capitolul IV, dedicat analizei procedeelor de prelucrare și a mașinilor-unelte destinate generării de suprafețe cilindrice.

Cercetarea literaturii de specialitate, inclusiv a bazelor de date internaționale pentru brevete de invenție, a relevat că strunjirea cu tăiș tangențial înclinat, exprimată prin sintagme diverse, a fost subiect de studiu în ultimii 50 de ani pentru câțiva cercetători, foarte puțini ca număr. S-a constatat că cercetarea proprie nu este una singulară și a fost posibilă comparația cu cercetări anterioare pentru a pune în evidență diferențele de abordare și contribuțiile originale proprii.

O etapă cu consistente contribuții teoretice originale a fost cea de sinteză cinematică, una dintre cele două direcții majore de acțiune avute în vedere în cadrul tezei. ... Schemele de prelucrare selectate pentru a exemplifica mulțimea de combinații posibile, multe dintre ele originale, și cele cinematice de principiu corespondente sunt descrise detaliat în capitolul V al lucrării. Acest capitol este în foarte mare măsură original și conține principalele contribuții de natură teoretică aduse la domeniul studiat.

Rugozitatea suprafețelor cilindrice obținute prin strunjire oblică este parametrul de calitate luat în considerare la cercetarea experimentală și a fost abordată și din perspectivă teoretică. A rezultat o contribuție teoretică originală, relația exactă riguros demonstrată pentru determinarea valorii rugozității teoretice (medii și totale) a suprafețelor cilindrice exterioare rezultate prin strunjire oblică cu cuțit cu tăiș liniar dispus înclinat față de planul orizontal care conține axa piesei prelucrate.

Capitolul VII, integral original, este dedicat celei de-a doua direcții majore de acțiune prevăzută în cadrul tezei, și anume studiului detaliat al prelucrării de suprafețe cilindrice exterioare prin strunjire cu cuțit cu tăiș tangențial înclinat. Este capitolul care sintetizează activitatea practică desfășurată, de cercetare experimentală originală. Întreagă această activitate s-a desfășurat utilizând un cuțit de strung special conceput, original, pentru care s-a cerut protecție prin brevet de invenție, și care a fost realizat fizic prin forțe proprii. A fost proiectat un plan de cercetare experimentală, care a fost respectat integral. Datele experimentale au fost înregistrate riguros și analizate în complexitatea lor. Concluziile rezultate sunt, alături de datele experimentale în sine, contribuții practice originale deosebite, informații detaliate similare lipsind din literatura de specialitate studiată. Marea majoritate a datelor experimentale indică superioritatea strunjirii cu tăiș tangențial înclinat în raport cu strunjirea clasică din punctul de vedere al calității suprafețelor cilindrice exterioare obținute, superioritate care se manifestă accentuat la viteze mici de prelucrare realizate cu avans mic.

Cercetarea experimentală desfășurată utilizând un cuțit de strung original, cu tăiș tangențial înclinat înclinabil sub orice unghi dorit, a fost încununată de succes. Stau mărturie în acest sens însăși cuțitul original realizat, reproductibilitatea în orice moment și ori de câte ori se dorește a testelor efectuate, precum și un număr însemnat de înregistrări video realizate în timpul cercetării experimentale.

... obiectivele tezei sunt îndeplinite integral. S-a enunțat justificat un obiectiv principal, cu două direcții majore de acțiune, și un număr de obiective conexe. S-a realizat o documentare și o sinteză bibliografică adecvată, care a stat la baza identificării mulțimilor de procedee de prelucrare capabile de a genera suprafețe cilindrice caracterizate de diversele combinații posibile de obținere a curbei directoare dreaptă și a curbei generatoare cerc, o contribuție teoretică deosebită enunțată în premieră internațională absolută. S-a conceput și s-a realizat un cuțit de strung original, cu tăiș tangențial înclinat, tăiș înclinabil sub orice unghi dorit, cu ajutorul căruia a fost desfășurată întreaga cercetare experimentală. Au fost consemnate rezultatele experimentale și au fost analizate, fiind exprimate concluzii adecvate pertinent argumentate. S-au redactat și publicat 5 lucrări științifice în domeniul tezei

și a fost elaborată documentația necesară pentru o cerere de brevet de invenție, înregistrată la OSIM, având ca solicitant Instituția Organizatoare de Studii Universitare de Doctorat în cadrul căreia am desfășurat cercetarea, Universitatea Transilvania din Brașov. Au fost identificate noi direcții de cercetare ulterioare.

8.4. Direcții de cercetare ulterioară

Pe parcursul cercetărilor, mai ales în faza de finalizare a acestora, s-au identificat două direcții importante de dezvoltare și de continuare a acestora.

O primă direcție de acțiune este în principal de natură teoretică și vizează extinderea cercetărilor referitoare la identificarea de noi scheme de prelucrare posibil de aplicat pentru obținerea de suprafețe cilindrice exterioare caracterizate de directoare dreaptă și generatoare cerc, dar și analiza critică a schemelor deja relevate.

Cea de-a doua direcție de acțiune este de natură aplicativă și vizează dezvoltarea cercetării experimentale, cu luarea în considerare a unor regimuri de prelucrare mai diverse. Se are în vedere reluarea testelor, cu utilizarea și a altor materiale decât cele deja studiate, fiind în special vizate aliaje cu titan. Mare interes prezintă și reluarea experimentelor cu alte valori ale unghiului de înclinare al tășului, cu prioritate fiind avute în vedere valorile de 50° , 55° și 65° .

Este de preferat ca noile cercetări experimentale să permită și determinarea consumului energetic instantaneu al întregii mașini-unelte utilizate, dar și cel doar al procesului de așchiere. Aceste informații permit a pune în evidență eficiența energetică a strunjirii cu cuțit cu tăș tangențial înclinat, inclusiv în comparație cu strunjirea ortogonală clasică.

Brașov, octombrie 2018 – octombrie 2025

Studii și cercetări inovative privind cinematica generării suprafețelor cilindrice

Scurt rezumat

În departamentul din cadrul Universității Transilvania din Brașov unde a fost desfășurată activitatea de cercetare care s-a finalizat cu prezenta teză de doctorat cinematica mașinilor-unelte și inovarea-inventarea sunt subiecte de cercetare semnificative, ambele fiind reflectate în titlul și conținutul tezei de față. Cercetarea a vizat în principal analiza și sinteza cinematică a mașinilor-unelte dintr-o perspectivă integratoare a procedeelor de prelucrare cunoscute și a pus în evidență, inclusiv prin efort de inovare-inventare, atât scheme de prelucrare diverse, cât și o metodologie logică de sinteză cinematică a mașinilor-unelte pornind de la percepțiile de bază ale teoriei generării suprafețelor.

Obiectivele inițiale ale cercetării au fost rafinate pe parcurs, detaliate, completate și dezvoltate. A fost enunțat un obiectiv principal format din două sub-obiective relevante. Au fost adăugate pe parcurs unele obiective conexe neîntrevăzute inițial, iar unele puțin relevante nu au mai fost abordate. Obiectivele tezei sunt îndeplinite integral. S-a realizat o documentare bibliografică și o sinteză adecvată, orientată către identificarea posibilităților de prelucrare ale diverselor clase de mașini-unelte și mai ales către relevarea mulțimilor de procedee de prelucrare capabile să realizeze simultan o anumită pereche de directoare și generatoare. S-a exemplificat – prin scheme de prelucrare, multe originale, și scheme cinematice de principiu – fiecare dintre cele 36 de posibilități de realizare a unei suprafețe descrisă de directoare dreaptă și generatoare cerc. A fost conceput și realizat un cuțit de strung original, cu tăiș tangențial înclinat, pentru care s-a cerut protecție prin brevet de invenție. S-a elaborat un model de strunjire cu tăiș tangențial și s-a obținut o relație originală pentru rugozitatea teoretică la strunjirea cu cuțitul proiectat, relație demonstrată riguros. S-a efectuat o cercetare experimentală extinsă utilizând cuțitul realizat, au și fost interpretate rezultatele obținute. S-au redactat și publicat 5 lucrări științifice în domeniul tezei, plus o cerere de brevet de invenție, și au fost puse în evidență direcții de cercetare ulterioară.

DECLARAȚIE DE ORIGINALITATE

STATEMENT OF ORIGINALITY

Subsemnatul/a

I, the undersigned

ing. Mitruț PURICIUC

(nume doctorand | doctoral student's name)

în calitate de student-doctorand la Universitatea Transilvania din Brașov, autor al tezei de doctorat cu
as doctoral student at Transilvania University of Brasov, author of the doctoral thesis entitled:
titlul:

___Studii și cercetări inovative privind cinematica
generării suprafețelor cilindrice ___

___Innovative studies and research regarding the
kinematics of generating cylindrical surfaces ___

și subsemnatul/a

and I, the undersigned

prof.dr.ing. Romeo CIOARĂ

(titlu și nume conducător doctorat | title and name of doctoral supervisor)

în calitate de conducător de doctorat al autorului tezei la
Universitatea Transilvania din Brașov, as doctoral supervisor of the author of the thesis at
Transilvania University of Brasov,

declarăm pe proprie răspundere că am luat la cunoștință
prevederile art. 259 alin. (1)* și art. 174 alin. (1), (3)-(5)**
din Legea învățământului superior nr.199/2023, cu
modificările și completările ulterioare, ale art. 21, alin. (2),
(4)***, art. 13 alin. (9) lit. e), (15)**** și art. 14 alin. (16) lit.
g)***** și din Ordinul Ministrului Educației nr. 3020/2024
pentru aprobarea Regulamentului-cadru privind studiile
universitare de doctorat și ne asumăm consecințele
nerespectării acestora.

hereby declare, on our own responsibility, that we are
aware of the provisions of Art. 259, paragraph (1)* and
Art. 174, paragraphs (1), (3)-(5)** of the Higher Education
Law no. 199/2023, with subsequent amendments and
completions, as well as Art. 21, paragraphs (2), (4)***, Art.
13, paragraphs (9) letter e), (15)****, Art. 14, paragraph
(16) letter g)***** of the Ministry of Education Order No.
3020/2024 for the approval of the Framework
Regulation for Doctoral Studies, and we take full
responsibility for the consequences of non-compliance
with these provisions.

Student-doctorand | Doctoral student _____

(semnătură | signature)

Conducător de doctorat | Doctoral supervisor _____

(semnătură | signature)