



UNIVERSITATEA  
LUCIAN BLAGA  
— DIN SIBIU —

Școala doctorală de Științe Inginerești și Matematică

Domeniul de doctorat: INGINERIE INDUSTRIALĂ

## TEZĂ DE DOCTORAT

# ÎMBUNĂTĂȚIREA PERFORMANȚELOR PROCESELOR DE PRELUCRARE PRIN AȘCHIERE FOLOSIND SCULE AȘCHIETOARE CU GEOMETRIE FUNCȚIONALĂ OPTIMĂ -REZUMAT-

Doctoral Student:  
Ing. Mădălin TOMESCU

Conducător de doctorat:  
Prof. univ. dr. ing.habil. Dan DOBROTĂ

# CUVINTE CHEIE



strunjire cu avans transversal, strunjire cu avans longitudinal, sculă aşchietoare clasică, sculă aşchietoare inteligentă, vibrații, metoda de analiză F.F.T., metoda de analiză S.T.F.T., metoda de analiză M.A.S.V., modelare cu element finit, analiză statică, analiză modală, analiza armonică, rugozitate, profile filtrate, profile curbă, curbele abbott-firestone, diagrame de vibrații, spectograme, forțe de aşchiere, metoda de analiză a regresiiilor multiple

# CUPRINS REZUMAT

<b>CUPRINS TEZA</b>	5
<b>INTRODUCERE-IMPORTANȚA STUDIULUI</b>	8
<b>CAPITOLUL 1 - STADIUL ACTUAL AL ANALIZEI VIBRAȚIILOR CE APAR ÎN PROCESELE DE PRELUCRARE PRIN AȘCHIERE</b>	10
1.1    Analiza posibilităților măsurării și diminuării vibrațiilor apărute în timpul procesului de așchiere	10
1.2    Concluzii	12
1.3    Obiectivele tezei de doctorat	14
<b>CAPITOLUL 2 - MATERIALE, SCULE ȘI METODE FOLOSITE ÎN CADRUL CERCETĂRIILOR EXPERIMENTALE</b>	16
2.1    Materiale folosite în cadrul cercetărilor experimentale	16
2.2    Scule folosite în cadrul cercetărilor	16
2.2.1    Prezentarea sculelor utilizate pentru cercetarea aplicativă	16
2.3    Metode utilizate în cercetare	18
2.3.1    Analiza și măsurarea vibrațiilor ce apar în cadrul proceselor de prelucrare prin așchiere	18
2.3.2    Analiza și măsurarea rugozității suprafețelor prelucrate	21
2.3.3    Analiza și măsurarea forțelor și puterii la strunjirea pieselor	21
2.4    Concluzii	21
<b>CAPITOLUL 3 - DETERMINAREA TRAIECTORIILOR VÂRFULUI SCULEI AȘCHietoARE PRIN MODELARE MATEMATICĂ</b>	23
3.1    Introducere	23
3.2    Analiza traiectoriei vârfului sculei	23
3.3    Concluzii	25
<b>CAPITOLUL 4 - SIMULAREA NUMERICĂ FOLOSIND METODA ELEMENTELOR FINITE A FUNCȚIONĂRII SCULELOR AȘCHietoARE CU GEOMETRIE FUNCȚIONALĂ OPTIMĂ</b>	27
4.1    Analiza statică	28
4.2    Analiza modală	28
4.3    Analiza armonică	30
4.4    Concluzii	30
<b>CAPITOLUL 5 - ANALIZA PERFORMANȚELOR UTILIZĂRII SCULELOR AȘCHietoARE CU GEOMETRIE FUNCȚIONALĂ OPTIMĂ DIN PUNCT DE VEDERE AL VIBRAȚIILOR</b>	32
5.1    Generalități	32
5.2    Rezultate obținute în urma cercetărilor folosind scule așchietoare cu geometrie funcțională optimă la strunjirea cu avans transversal	32
5.2.1    Analiza rezultatelor experimentale obținute în cazul aplicării metodei de analiză de transformare rapidă Fourier (F.F.T)	32
5.2.2    Analiza rezultatelor experimentale obținute în cazul aplicării metodei de analiză a transformării de scurtă durată Fourier (S.T.F.T)	34

5.2.3	Analiza rezultatelor experimentale obținute în cazul aplicării metodei de analiză a semnalului vibrațiilor (M.A.S.V)	36
5.3	Analiza performanțelor utilizării sculelor așchietoare cu geomtrie funcțională optimă din punct de vedere al vibrațiilor în cazul strunjirii longitudinale	39
5.3.1	Analiza rezultatelor experimentale obținute folosind metoda analizei de transformare rapidă Fourier (F.F.T)	39
5.3.2	Analiza rezultatelor experimentale obținute în cazul aplicării metodei de analiză a valorii de scurtă durată Fourier (Short Time Fourier-Transformation) S.T.F.T	40
5.3.3	Analiza rezultatelor experimentale obținute în cazul aplicării metodei de analiză a semnalului vibrațiilor (M.A.S.V)	41
5.4	Concluzii	41
<b>CAPITOLUL 6 - ANALIZA PERFORMANTELOR UTILIZĂRII SCULELOR AȘCHietoARE CU GEOMETRIE FUNCȚIONALĂ OPTIMĂ DIN PUNCT DE VEDERE AL CALITĂȚII SUPRAFETELOR PRELUCRATE PRIN AȘCHIERE</b>		45
6.1	Generalități	45
6.2	Rezultate obținute în urma cercetărilor de prelucrare prin strunjire cu avans transversal folosind scule așchietoare cu geometrie funcțională optimă	45
6.3	Analiza performanțelor utilizării sculelor așchietoare cu geomtrie funcțională optimă din punct de vedere al calității suprafețelor la operația de strunjire cu avans longitudinal	50
6.4	Concluzii	51
<b>CAPITOLUL 7 - ANALIZA PERFORMANTELOR UTILIZĂRII SCULELOR AȘCHietoARE CU GEOMETRIE FUNCȚIONALĂ OPTIMĂ DIN PUNCT DE VEDERE AL FORȚELOR ȘI PUTERII CONSUMATE LA AȘCHIERE</b>		52
7.1	Generalități	52
7.2	Analiza performanțelor utilizării sculelor așchietoare cu geometrie funcțională optimă din punct de vedere al forțelor de așchiere în cazul strunjirii cu avans transversal	52
7.3	Analiza performanțelor utilizării sculelor așchietoare cu geometrie funcțională optimă din punct de vedere al forțelor de așchiere în cazul strunjirii cu avans longitudinal	56
7.4	Concluzii	56
<b>CAPITOLUL 8 - CONCLUZII, CONTRIBUȚII ORIGINALE ȘI DIRECȚII DE CERCETARE VIITOARE</b>		58
8.1	Concluzii generale ale tezei de doctorat	58
8.2	Contribuții în domeniul cercetărilor teoretice și experimentale realizate în cadrul cercetării	60
8.3	Direcții de cercetare viitoare	62
<b>REFERINȚE</b>		64

# CUPRINS TEZĂ

## INTRODUCERE - IMPORTANȚA STUDIULUI

1

## CAPITOLUL 1 - STADIUL ACTUAL AL ANALIZEI VIBRAȚIILOR CE APAR ÎN PROCESELE DE PRELUCRARE PRIN AȘCHIERE 3

1.1	Noțiuni generale	3
1.2	Tipuri de vibrații întâlnite în cadrul proceselor de prelucrare prin așchiere	4
1.3	Tipuri de erori introduse de vibrațiile sistemului tehnologic la prelucrarea prin așchiere	10
1.4	Efectele vibrațiilor asupra proceselor de prelucrare prin așchiere	12
1.5	Metode/tehnici de analiză a vibrațiilor	17
1.6	Analiza posibilităților de reducere a vibrațiilor	18
1.7	Metode de reducere a vibrațiilor	22
1.8	Analiza posibilităților măsurării și diminuării vibrațiilor apărute în timpul procesului de așchiere	25
1.9	Sisteme de monitorizare a părții active a sculei așchietoare	29
1.10	Analiza influenței vibrațiilor asupra calității pieselor prelucrate prin strunjire	35
1.11	Prezentarea metodologiei de realizare a cercetărilor de stabilire a influenței vibrațiilor asupra rugozității suprafețelor prelucrate	40
1.12	Concluzii	42
1.13	Necesitatea realizării de scule așchietoare inteligente din perspectiva PLM - Managementul ciclului de viață al produsului	44
1.13.1	Etape în dezvoltarea unui produs	44
1.13.1.1	Abordarea clasică a dezvoltării unui produs	44
1.13.2	Abordarea modernă a dezvoltării unui produs	45
1.14	Obiectivele tezei de doctorat	46

## CAPITOLUL 2 - MATERIALE, SCULE ȘI METODE FOLOSITE ÎN CADRUL CERCETĂRILOR EXPERIMENTALE 48

2.1	Introducere	48
2.2	Materiale folosite în cadrul cercetărilor experimentale	50
2.2.1	Caracterizarea oțelurilor folosite în cadrul cercetărilor	52
2.3	Scule folosite în cadrul cercetărilor	53
2.3.1	Generalități	54
2.3.2	Analiza evoluției geometriei funcționale a sculei așchietoare la operația de strunjire	54
2.3.2.1	Analiza evoluției geometriei funcționale a sculei așchietoare la strunjirea cu avans longitudinal	54
2.3.2.2	Analiza evoluției geometriei funcționale a sculei la strunjirea cu avans transversal	56
2.3.3	Prezentarea sculelor utilizate pentru cercetarea aplicativă	58

2.4	Metode utilizate în cercetare	60
2.4.1	Analiza și măsurarea vibrațiilor ce apar în cadrul proceselor de prelucrare prin așchiere	64
2.4.2	Analiza și măsurarea rugozității suprafețelor prelucrate	68
2.4.3	Analiza și măsurarea forțelor și puterii la strunjirea pieselor	69
2.5	Concluzii	71
<b>CAPITOLUL 3 - DETERMINAREA TRAIECTORIILOR VÂRFULUI SCULEI AȘCHietoARE PRIN MODELARE MATEMATICĂ</b>		73
3.1	Introducere	73
3.2	Elemente de natură dinamică ce solicită scula așchietoare	74
3.3	Sisteme de atenuare a vibrațiilor sculei așchietoare	79
3.4	Analiza traiectoriei vârfului sculei	82
3.4.1	Determinarea traiectoriilor sculei așchietoare cu ajutorul spațiilor Hilbert	84
3.4.1.1	Convergența traiectoriilor	86
3.4.1.2	Situația în care produsul $\alpha \cdot \gamma = 48$	86
3.4.1.3	Situația în care produsul $\alpha \cdot \gamma < 48$	86
3.5	Concluzii	90
<b>CAPITOLUL 4 - SIMULAREA NUMERICĂ FOLOSIND METODA ELEMENTELOR FINITE A FUNCȚIONĂRII SCULELOR AȘCHietoARE CU GEOMETRIE FUNCȚIONALĂ OPTIMĂ</b>		92
4.1	Generalități privind metoda elementelor finite	92
4.2	Analiza statică	94
4.3	Analiza modală	99
4.4	Analiza armonică	105
4.5	Concluzii	116
<b>CAPITOLUL 5 - ANALIZA PERFORMANTELOR UTILIZĂRII SCULELOR AȘCHietoARE CU GEOMETRIE FUNCȚIONALĂ OPTIMĂ DIN PUNCT DE VEDERE AL VIBRAȚIILOR</b>		117
5.1	Generalități	117
5.2	Rezultate obținute în urma cercetărilor folosind scule așchietoare cu geometrie funcțională optimă la strunjirea cu avans transversal	119
5.2.1	Analiza rezultatelor experimentale obținute în cazul aplicării metodei de analiză de transformare rapidă Fourier (F.F.T)	119
5.2.2	Analiza rezultatelor experimentale obținute în cazul aplicării metodei de analiză a transformării de scurtă durată Fourier (S.T.F.T)	132
5.2.3	Analiza rezultatelor experimentale obținute în cazul aplicării metodei de analiză a semnalului vibrațiilor (M.A.S.V)	145
5.2.4	Concluzii	158
5.3	Analiza performanțelor utilizării sculelor așchietoare cu geometrie funcțională optimă din punct de vedere al vibrațiilor în cazul strunjirii longitudinale	159
5.3.1	Analiza rezultatelor experimentale obținute folosind metoda analizei de transformare rapidă Fourier (F.F.T)	159

5.3.2	Analiza rezultatelor experimentale obținute în cazul aplicării metodei de analiză a valorii de scurtă durată Fourier (Short Time Fourier-Transformation) S.T.F.T	173
5.3.3	Analiza rezultatelor experimentale obținute în cazul aplicării metodei de analiză a semnalului vibrațiilor (M.A.S.V)	186
5.4	Concluzii	199
<b>CAPITOLUL 6 - ANALIZA PERFORMANTELOR UTILIZĂRII SCULELOR AȘCHietoARE CU GEOMETRIE FUNCȚIONALĂ OPTIMĂ DIN PUNCT DE VEDERE AL CALITĂȚII SUPRAFETELOR PRELUCRATE PRIN AȘCHIERE</b>		202
6.1	Generalități	202
6.2	Rezultate obținute în urma cercetărilor de prelucrare prin strunjire cu avans transversal folosind scule așchietoare cu geometrie funcțională optimă	203
6.3	Analiza performanțelor utilizării sculelor așchietoare cu geometrie funcțională optimă din punct de vedere al calității suprafețelor la operația de strunjire cu avans longitudinal	220
6.4	Concluzii	237
<b>CAPITOLUL 7 - ANALIZA PERFORMANTELOR UTILIZĂRII SCULELOR AȘCHietoARE CU GEOMETRIE FUNCȚIONALĂ OPTIMĂ DIN PUNCT DE VEDERE AL FORȚELOR ȘI PUTERII CONSUMATE LA AȘCHIERE</b>		239
7.1	Generalități	239
7.2	Analiza performanțelor utilizării sculelor așchietoare cu geometrie funcțională optimă din punct de vedere al forțelor de așchiere în cazul strunjirii cu avans transversal	239
7.3	Analiza performanțelor utilizării sculelor așchietoare cu geometrie funcțională optimă din punct de vedere al forțelor de așchiere în cazul strunjirii cu avans longitudinal	250
7.4	Concluzii	261
<b>CAPITOLUL 8 - CONCLUZII, CONTRIBUȚII ORIGINALE ȘI DIRECȚII DE CERCETARE VIITOARE</b>		262
8.1	Concluzii generale ale tezei de doctorat	262
8.2	Contribuții în domeniul cercetărilor teoretice și experimentale realizate în cadrul cercetării	264
8.3	Direcții de cercetare viitoare	267
<b>REFERINȚE</b>		268

# INTRODUCERE



## IMPORTANȚA STUDIULUI

Din cauza cerințelor și provocărilor globale cu care se confruntă industria prelucrătoare prin așchiere, în ceea ce privește problemele legate de productivitate, calitate și preț de cost, este imperios necesar studiul aspectelor privind optimizarea proceselor tehnologice de prelucrare prin așchiere compuse din mașină uneltă - dispozitiv de prelucrare - sculă așchietoare – piesă, în ansamblu.

Fiecare componentă a sistemului MUDSP contribuie, în mod individual ,dar și cumulat pentru îndeplinirea cerințelor și provocărilor globale cu care trebuie să țină pasul industria de prelucrare prin așchiere.

Alegerea optimă a parametrilor specifici proceselor de prelucrare prin așchiere ,cât și alegerea sistemului MUDSP corespunzător, reprezintă o soluție viabilă în atingerea obiectivelor în ceea ce privește rezultatele proceselor de prelucrare prin așchiere.

Selectarea optimă a condițiilor de așchiere contribuie, în mod eficient, la creșterea productivității și calității ,dar și la reducerea costului de producție, creând astfel condițiile de realizare a unei producții sustenabile.

Optimizarea parametrilor care influențează procesul de așchiere este esențială pentru ca o unitate de producție să răspundă ,în mod eficient, competitivității severe și creșterii cererii de produs de calitate pe piață. În procesul de așchiere, optimizarea parametrilor de așchiere este considerată a fi un instrument vital pentru îmbunătățirea calității producției unui produs, precum și reducerea timpului de producție global.

O tehnică de optimizare oferă o soluție optimă a unei situații care necesită îmbunătățire, care poate fi implementată în procesul propriu de așchiere a metalelor.

Calitatea și productivitatea joacă un rol major în piața de producție actuală. Din perspectiva clientului, calitatea este foarte importantă, deoarece gradul de calitate determină mulțumirea acestora. În afară de calitate, există un alt criteriu important, numit productivitate, aceasta fiind direct legată de profiturile unei industrii și de creșterea acesteia.

Scula așchietoare este parte componentă a sistemului MUDSP și are rolul de a crea suprafețele pieselor prin înlăturarea surplusului de material prevăzut ca adaos de prelucrare sub formă de așchii, astfel scula așchietoare contribuie într-un mod decisiv la desfășurarea optimă a proceselor de prelucrare prin așchiere, de aceea este necesar să se utilizeze în timpul prelucrărilor scule așchietoare cu o geometrie optimă. Geometria proiectată a sculelor așchietoare se referă la geometria constructivă, dar în timpul prelucrărilor prin așchiere geometria constructivă devine una funcțională. Astfel, geometria funcțională a sculelor este cea care influențează foarte mult procesul de prelucrare a pieselor și implicit calitatea pieselor obținute. La ora actuală, se acordă o atenție deosebită geometriei constructive a sculei așchietoare, fără să se țină seama de faptul că geometria funcțională a sculei depinde și de următoarii parametrii: viteza de așchiere, viteza de avans și dimensiunile piesei prelucrate. Este de menționat faptul că, din cauza desfășurării procesului de așchiere cu scule cu geometrie necorespunzătoare, apar fenomene dinamice suplimentare (vibrații), generând efecte negative asupra rezultatelor obținute.

Pe baza celor menționate în cadrul cercetărilor se urmărește identificarea și testarea posibilităților de menținere a geometriei funcționale optimă și totodată permiterea controlului



vibrațiilor ce apar în procesul de prelucrare prin aşchiere în funcție de condițiile de prelucrare în vederea îmbunătățirii calității suprafețelor obținute și reducerea forțelor și puterii necesare desfășurării procesului de aşchiere.

În cadrul desfășurării activității de cercetare aplicativă obiectivul principal îl reprezintă identificarea și testarea unor soluții privind identificarea de elemente elastice care montate pe scula aşchietoare vor permite păstrarea parametrilor geometrici optimi, dar și combaterea fenomenelor dinamice (vibrații) care apar în timpul desfășurării procesului de aşchiere, astfel încât procesul de aşchiere să respecte principiile menționate, în contextul unei producții sustenabile, respectând cei trei piloni: mediu, economic și social.

Conform celor prezentate, cercetarea se va baza pe găsirea de soluții tehnice prin crearea de scule aşchietoare inteligente în vederea menținerii unei geometrii funcționale optime, în vederea reducerii/eliminării fenomenelor dinamice reprezentate de vibrații.

În acest sens, cercetările se axează pe operațiile de strunjire cu avans transversal și longitudinal, pentru materiale foarte utilizate în industria constructoare de mașini (C45, 42CrMo4 respectiv S235), folosind variantele de scule aşchietoare inteligente create (acele scule aşchietoare care au în componență elemente elastice), dar și scula aşchietoare în variantă clasică (fără elemente elastice în componență) în vederea comparării rezultatelor obținute din punct de vedere al amplitudinii vibrațiilor, rugozității suprafețelor prelucrate și forțelor de aşchiere necesare.

În acest fel, procesul de prelucrare prin strunjire va respecta principiile de bază în vederea realizării unei producții sustenabile.



## STADIUL ACTUAL AL ANALIZEI VIBRAȚIILOR CE APAR ÎN PROCESELE DE PRELUCRARE PRIN AȘCHIERE

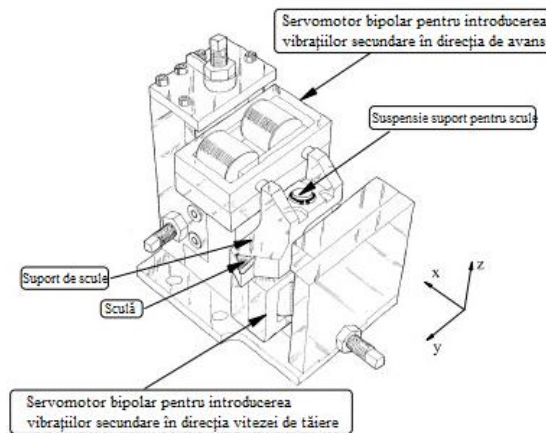
### 1.1. Analiza posibilităților măsurării și diminuării vibrațiilor apărute în timpul procesului de așchiere

Problemele legate de vibrații sunt de mare interes în operațiile de strunjire. Vibrațiile care apar în timpul operațiilor de prelucrare prin așchiere au un impact negativ asupra calității suprafețelor obținute.

Pe baza acestui considerent a fost inițiat un proiect de control activ al vibrațiilor în operațiile de strunjire longitudinală exterioară lansat în anul 1997 de către Departamentul de Inginerie Mecanică, Lund Institute of Technology, LTH.

A fost dezvoltată o soluție de lucru în care vibrațiile au fost reduse cu aproximativ 40 dB și ca rezultat a dus la obținerea unei teze de doctorat pentru Lars Hakansson. O imagine schematică a primului model de test dezvoltat la Departamentul de Inginerie Mecanică, Lund Institute of Technology, LTH este prezentat în Figura 1.1.

În figurile următoare sunt prezentate mai multe variante constructive pentru reducerea vibrațiilor din timpul așchierii.



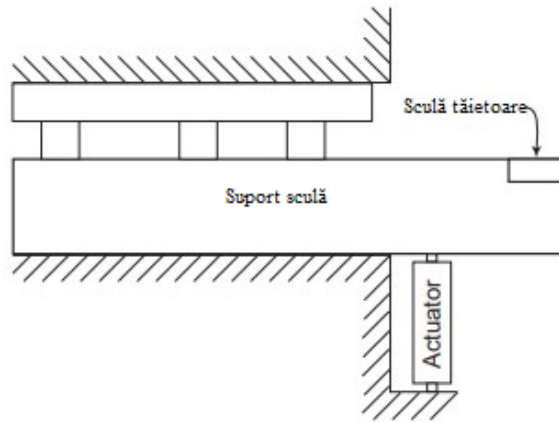
**Figura 1.1.** Primul model de lucru dezvoltat la LTH pentru amortizarea vibrațiilor [56]



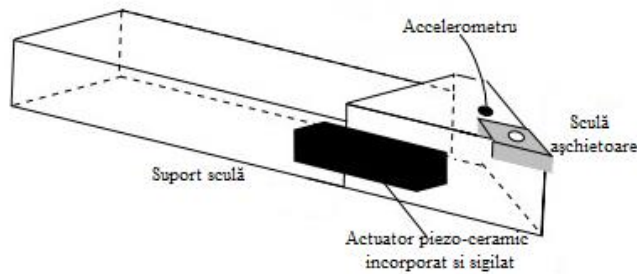
**Figura 1.2.** Prima încercare a unei soluții active de suport pentru scule folosind tehnica piezo - ceramică pentru atenuarea vibrațiilor [56]



**Figura 1.3.** Soluția realizată de PCB piezotronică a instrumentului activ utilizând un atenuator piezo - ceramic [56]



**Figura 1.4.** Prima soluție dezvoltată la BTH pentru atenuarea vibrațiilor folosind un dispozitiv de acționare piezo ceramică montat în afara suportului sculei [56]



**Figura 1.5.** Corp de sculă standard cu un dispozitiv de acționare piezo- ceramic încorporat [56]



**Figura 1.6.** Suport de scule activ numit ActiCut™ cu o piezo-ceramică încorporată, atenuator și accelerometru [56]

## 1.2. Concluzii

- procesele de prelucrare prin aşchiere reprezintă la ora actuală cea mai importantă metodă de generare a suprafeţelor pieselor utilizate în industria constructoare de maşini, astfel dintre toate procedeele de prelucrare, cel mai utilizat procedeu este procedeul de prelucrare prin aşchiere căruia îi revine o pondere de circa 70% din totalul de piese folosite în industrie, drept urmare acest procedeu are o importanţă destul de mare în ceea ce priveşte dezvoltarea industriei constructoare de maşini;
  - procesele mecanice de prelucrare prin aşchiere sunt destul de complexe deoarece pentru generarea suprafeţelor, sistemul tehnologic maşină unealtă-dispozitiv-sculă-pieşă (MUSDP) reprezintă un sistem preponderent elastic; de aceea, în timpul desfăşurării procedeele mecanice de prelucrare prin aşchiere apar fenomene dinamice inevitabile, fenomene care au un impact negativ asupra performanţelor acestora, fenomenele dinamice fiind inevitabile şi dificil de controlat, generând efecte nedorite cum ar fi: afectarea calităţii suprafeţelor obţinute prin aşchiere, diminuarea capacităţii de producţie a sistemului tehnologic utilizat, uzura rapidă şi prematură a maşinilor unelte utilizate, a sculelor aşchietoare şi nu numai, generează costuri suplimentare pentru combaterea şi diminuarea fenomenelor dinamice, generează consumuri suplimentare etc;
  - realizarea monitorizării fenomenelor dinamice ce însoţesc procesele de prelucrare prin aşchiere se poate realiza prin utilizarea de tehnici complexe de măsurare sau de estimare a unor mărimi fizice diverse specifice procesului de formare a aşchiei dar şi de caracterizare a stării de rigiditate a sistemului tehnologic utilizat;
  - fenomenele dinamice din cadrul proceselor de prelucrare prin aşchiere iau naştere datorită interacţiunii dintre sistemul MUDSP şi procesele de lucru care însoţesc funcţionarea maşinilor unelte, deoarece întreg ansamblu este supus unor forţe cu intensităţi şi frecvenţe diferite;
  - dinamica maşinilor – unelte a reprezentat şi reprezintă o problemă importantă de interes, datorită rolului său semnificativ în stabilitatea şi rezultatele proceselor de prelucrare prin aşchiere, şi are un impact mare asupra stabilităţii procesului de prelucrare;
  - într-un proces de strunjire, sunt prezente trei tipuri diferite de vibraţii mecanice din cauza lipsei de rigiditate/rigiditate dinamică a sistemului de maşini-unelte care cuprinde scula, dispozitivul port sculă, piesa de prelucrat şi maşina unealtă în sine; aceste tipuri de vibraţii sunt: vibraţii libere, vibraţii forţate, vibraţii autoexcitate (chatter);
  - în vederea eliminării/diminuării efectelor negative ale vibraţiilor libere şi forţate este necesară identificarea surselor generatoare de vibraţii, iar autovibraţiile nu sunt încă pe deplin înţelese din cauza naturii sale complexe, de aceea acestea sunt explicate pe baza mai multor teorii/ipoteze; aceste teorii/ipoteze sunt: Ipoteza lui Taylor, Teoria lui Kaşirin, Teoria lui Sokolovskiy, Teoria lui Harnis si Grig, Teoria lui Toblas;
  - nevoia de a dezvolta tehnici mai bune pentru reducerea şi controlul vibraţiilor din ce în ce mai puternică din cauza presiunii asupra industriilor de producţie pentru productivitate ridicată, precizie ridicată, număr redus de rebuturi şi costuri de producţie mai mici; tehnicile de reducere şi control al vibraţiilor pot fi clasificate în două categorii principale, şi anume: reducerea/controlul pasiv al vibraţiilor, reducerea/controlul activ al vibraţiilor;
- Amortizarea pasivă** se bazează pe o structură de amortizare / scule aşchietoare amortizate sau prin utilizarea de dispozitive de prindere speciale.

**Amortizarea activă** utilizează datele online înregistrate în timpul operației de prelucrare și le reglează pentru a crea anti rezonanță. Amortizarea activă poate fi utilizată pentru o serie de frecvențe diferite, într-o gamă largă de reglare. Cea mai bună metodă de reducere a vibrațiilor forțate constă în reducerea/eliminarea factorilor perturbatori. Reducerea/diminuarea vibrațiilor este influențată de rigiditatea sistemului tehnologic și se poate realiza prin creșterea rigidității sistemului tehnologic. Analizarea de ansamblu a realizării și desfășurării proceselor tehnologice de prelucrare mecanică prin strunjire a scos în evidență faptul că lipsa rigidității sistemului tehnologic accentuează dominarea performanțelor proceselor de prelucrare prin strunjire.

- în procesul de prelucrare prin strunjire datorită varietății mari de factori care participă la desfășurarea acestuia este greu de identificat influența individuală sau cumulată a acestora asupra desfășurării optime a proceselor de prelucrare prin așchiere; mai mult decât atât, influența factorilor de tranziție (uzura sculei așchietoare, fenomenele termice localizate în zona de așchiere), este foarte dificil de cuantificat în ceea ce privește impactul cumulat asupra rezultatelor proceselor de prelucrare prin așchiere. Zona de contact dintre scula așchietoare și piesă, reprezintă zona cea mai sensibilă la acțiunea lipsei de rigiditate a sistemului tehnologic și a factorilor dinamici care apar în timpul realizării prelucrărilor mecanice prin așchiere. Studiarea vibrațiilor care apar în timpul desfășurării proceselor de prelucrare prin așchiere procesele de prelucrare prin așchiere a reprezentat un subiect de cercetare încă din primele stadii ale dezvoltării procedurilor de prelucrare prin așchiere.
- acest fenomen al vibrațiilor este nelipsit din cadrul prelucrărilor prin așchiere, având un impact negativ asupra rezultatelor obținute de procesele de prelucrare prin așchiere cât și asupra integrității fizice a sistemului MUDSP.
- cercetările analizate au urmărit identificarea surselor generatoare de vibrații, tipurile de vibrații, metodele de analiză și de reducere a acestora și implicit analiza impactului acestora asupra calității suprafețelor prelucrate, asupra sculei așchietoare, asupra influenței forțelor de așchiere deoarece acestea influențează puterea de așchiere și implicit consumurile necesare desfășurării procesului tehnologic de prelucrare prin așchiere. Astfel studiile efectuate de-a lungul timpului au scos în evidență faptul că lipsa de rigiditate a sistemului tehnologic duce la creșterea vibrațiilor și erorilor de prelucrare.
- vibrațiile în procesul de așchiere apar din cauza interacțiunii tuturor elementelor componente necesare realizării procesului de așchiere (mașina unealtă-sculă-semifabricat), fapt pentru care au fost căutate soluții tehnice pentru diminuarea/eliminarea acestora din procesul de așchiere, astfel a fost dezvoltată o soluție de lucru în care vibrațiile au fost reduse cu aproximativ 40 dB și au dus la o teză de doctorat pentru Lars Hakansson. Modelul magnetostrictiv nu a fost totuși potrivit pentru scopuri industriale, de aceea au fost necesare îmbunătățiri suplimentare.
- în baza analizei stadiului actual al cercetărilor științifice și tehnice în domeniu, s-a evidențiat faptul că studiul influenței rigidității scăzute și apariției vibrațiilor în sistemul tehnologic au efect asupra preciziei de prelucrare la strunjire prin apariția erorilor de prelucrare.
- precizia de prelucrare este influențată de o multitudine de factori, acești factori sunt împărțiți în două mari categorii : factori dependenți de regimul de așchiere (parametrii regimului de așchiere, forța de așchiere, autovibrațiile, uzura sculelor așchietoare, deformații termice ale sculei așchietoare) și factori independenți de regimul de așchiere (fixarea și orientarea piesei în dispozitiv, tensiuni interne ale materialului

semifabricat, vibrațiile forțate, neregularitățile pieselor semifabricat prin varierea adâncimii de așchiere, etc).

- vibrațiile care apar în timpul desfășurării proceselor de prelucrare prin așchiere au ca principală cauză forța de așchiere, generează efecte negative asupra calității produsului finit, astfel, existând o legătură între stabilitatea procesului tehnologic de prelucrare și calitatea produselor obținute. Este foarte important să se dezvolte soluții ca vibrațiile care însoțesc procesele de prelucrare prin așchiere să poată fi controlate și diminuate astfel încât să se poată reduce efectele pe care acestea le produc asupra procesului de prelucrare în ansamblu.

### 1.3. Obiectivele tezei de doctorat

Necesitatea cercetărilor desfășurate în cadrul realizării prezentei teze de doctorat au plecat de la faptul că procedeul de prelucrare prin așchiere este foarte utilizat în industria constructoare de mașini, astfel plecând de la premisa că *Dezvoltarea modernă a industriei prelucrătoare prin așchiere* are la bază următoarele principii precum: flexibilitatea fabricației (referire la mașina unealtă-scula), calitatea suprafețelor obținute și prețul de cost al fabricației (care trebuie să fie cât mai scăzut), iar pentru a putea satisface aceste principii, într-un mod decisiv contribuie și scula așchietoare, de aceea este necesar să se utilizeze în timpul prelucrărilor scule așchietoare cu o geometrie optimă. Geometria proiectată a sculelor așchietoare se referă la geometria constructivă, dar în timpul prelucrărilor prin așchiere geometria constructivă devine una funcțională. Astfel, geometria funcțională a sculelor este cea care influențează foarte mult procesul de prelucrare a pieselor și implicit calitatea pieselor obținute. La ora actuală, se acordă o atenție deosebită geometriei constructive a sculei așchietoare, fără să se țină seama de faptul că geometria funcțională a sculei depinde și de următoarii parametrii: viteza de așchiere, viteza de avans și dimensiunile piesei prelucrate. Este de menționat faptul că, din cauza desfășurării procesului de așchiere cu scule cu geometrie necorespunzătoare, apar fenomene dinamice suplimentare (vibrații), generând efecte negative asupra rezultatelor obținute.

Pe baza celor menționate, în cadrul cercetărilor efectuate, s-a urmărit identificarea și testarea posibilităților de menținere a geometriei funcționale optimă și, totodată, permiterea controlului vibrațiilor ce apar în procesul de prelucrare prin așchiere în funcție de condițiile de prelucrare în vederea îmbunătățirii calității suprafețelor obținute și reducerea forțelor și puterii necesare desfășurării procesului de așchiere. În cadrul desfășurării activității de cercetare aplicativă a fost identificat și testat un model de element elastic care montat pe scula așchietoare creată special permite păstrarea parametrilor geometrici optimi, dar și combaterea fenomenelor dinamice (vibrații) care apar în timpul desfășurării procesului de așchiere, astfel încât procesul de așchiere să respecte principiile menționate, în contextul unei producții sustenabile, respectând cei trei piloni: mediu, economic și social. Astfel, raportându-ne la cele menționate și în urma analizei surselor bibliografice și cercetărilor în domeniu, am stabilit obiectivele tezei de doctorat, după cum urmează:

Obiectivul principal al cercetărilor este acela de găsiere a unor soluții tehnice care să permită reducerea fenomenelor dinamice (vibrații) și îmbunătățirea calității suprafețelor prelucrate în contextul unei producții sustenabile respectând cei trei piloni: mediu, social și economic.

Obiective din punct de vedere a cercetării teoretice

Obiective din punct de vedere a cercetării experimentale

Analiza cercetărilor în domeniu în ceea ce privește efectele fenomenelor dinamice (vibrații) asupra procesului de prelucrare prin așchiere, dar și a posibilităților de reducere a acestora.

Identificarea cauzelor care intensifică fenomenele dinamice ce însoțesc procesele de prelucrare prin așchiere.

Analiza variației parametrilor geometrici funcționali în raport cu parametrii geometrici constructivi aleși.

Analiza influenței geometriei sculelor așchietoare asupra rugozității suprafețelor prelucrate prin așchiere.

Analiza influenței geometriei sculelor așchietoare asupra forței de așchiere.

Identificarea, modelarea și implementarea de soluții care combat efectele negative ale variației geometriei sculei așchietoare prin asigurarea pe tot timpul așchierii a unei geometrii funcționale optime, asigurându-se astfel o creștere a calității suprafețelor prelucrate.

Transformarea sculei așchietoare așchietoare clasice în scule așchietoare inteligente prin identificarea și atașarea unor elemente elastice montate sub plăcuța așchietoare.

Realizarea analizei cu elemente finite privind comportarea sculelor așchietoare în timpul procesului de prelucrare prin așchiere.

Realizarea analizei de vibrații pentru scula așchietoare clasică și sculele așchietoare inteligente prin metoda F.F.T, S.T.F.T și M.A.S.V

Realizarea analizei rugozității  $R_a$  pentru suprafețelor prelucrate cu sculele așchietoare inteligente și cu scula așchietoare clasică

Realizarea analizei forțelor de așchiere care apar în timpul procesului de așchiere la prelucrarea sculei așchietoare clasice și cu sculele așchietoare inteligente.

# CAPITOLUL 2



## MATERIALE, SCULE ȘI METODE FOLOSITE ÎN CADRUL CERCETĂRILOR EXPERIMENTALE

### 2.1. Materiale folosite în cadrul cercetărilor experimentale

**Tabelul 2.1.** Materialele utilizate în cadrul cercetărilor și parametrii procesului de prelucrare prin aşchiere utilizați în cadrul cercetărilor

Nr. crt	Materiale utilizate în cadrul relizării cercetărilor	Diametru D [mm]	Viteza de aşchiere $V_a$ [m/min]	Avansul, f [mm/rot]	Adancimea de aşchiere, $a_p$ [mm]
<b>STRUNJIRE CU AVANS TRANSVERSAL.</b>					
1.	Oţel C45 (1.0503): EN 10277-2-2008,	Φ150	[90-110]	[0,2-0,36]	[0,9-3,6]
2.	Oţel aliat 42CrMo4 - EN 10083-3	Φ150	[70-100]	[0,2-0,36]	[0,9-3,6]
3.	Oţel laminat S235- EN 10025-2	Φ150	[90-120]	[0,2-0,36]	[0,9-3,6]
<b>STRUNJIRE CU AVANS LONGITUDINAL</b>					
4.	Oţel C45 (1.0503): EN 10277-2-2008,	Φ50	[120-150]	[0,2-0,36]	[0,9-3,6]
5.	Oţel aliat 42CrMo4 - EN 10083-3	Φ50	[90-140]	[0,2-0,36]	[0,9-3,6]
6.	Oţel laminat S235- EN 10025-2	Φ50	[160-210]	[0,2-0,36]	[0,9-3,6]

### 2.2. Scule folosite în cadrul cercetărilor

#### 2.2.1. Prezentarea sculelor utilizate pentru cercetarea aplicativă

Pentru realizarea cercetărilor experimentale s-a folosit un echipament tehnologic de tipul unui strung normal SN 400 echipat cu comandă numerică. Procesul de prelucrare s-a realizat folosind un cuţit pentru strunjire. Astfel, în cadrul cercetărilor sistemul elastic a fost testat și pe un ansamblu corp sculă aşchietoare de tipul SCLCL 2525 M12, utilizat împreună cu o plăcuță din carbură metalică de tipul DCMT11T308EN-SM CTC 2135

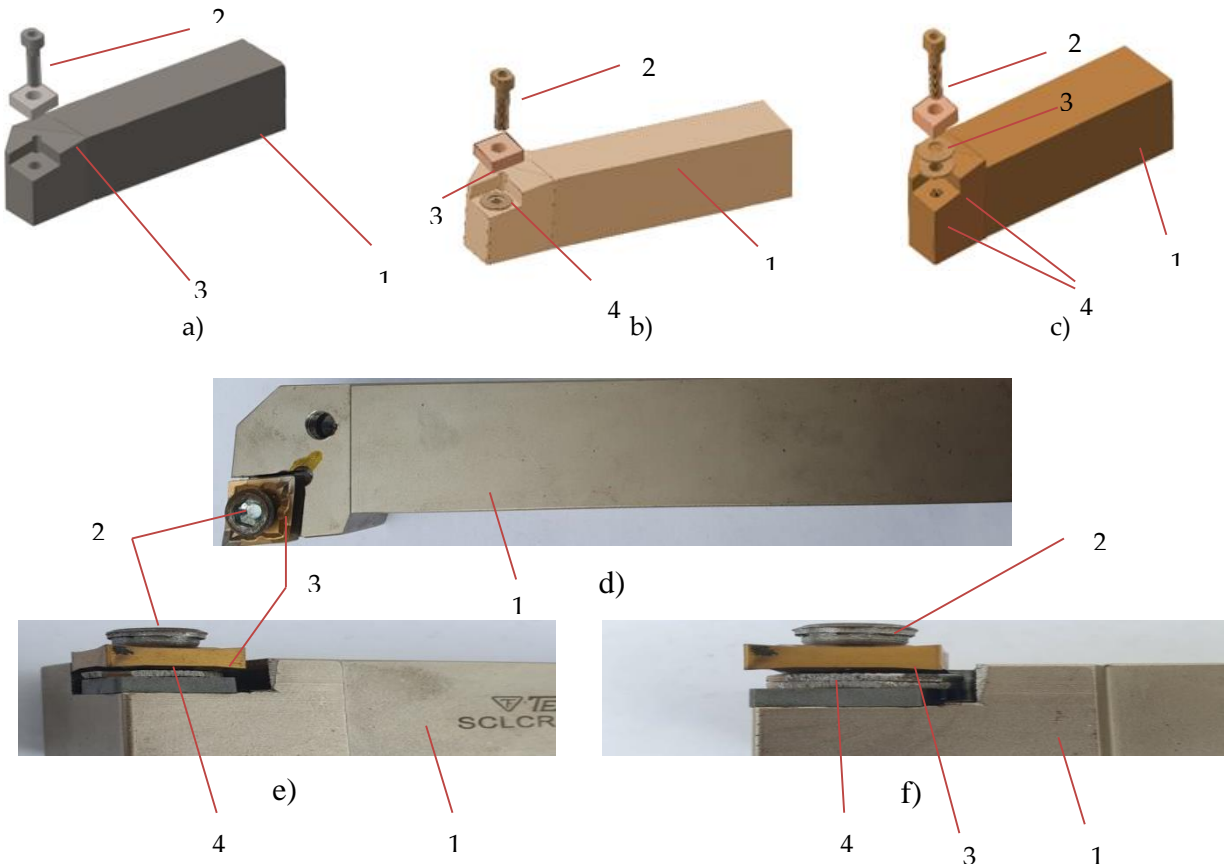
Ansamblul cuţit astfel obţinut este caracterizat prin faptul că are o geometrie constructivă caracterizată printr-un unghi de degajare  $\gamma=8^0$ , un unghi de aşezare  $\alpha=6^0$  respectiv un unghi de atac principal  $\chi_r=95^0$ , unghiul de înclinare a tăişului cuţitului  $\lambda=8^0$ .

Procesul de strunjire este unul destul de complex mai ales în cazul pieselor realizate din materiale cu proprietăți fizico-mecanice ridicate dar și de geometria funcțională a sculelor care se



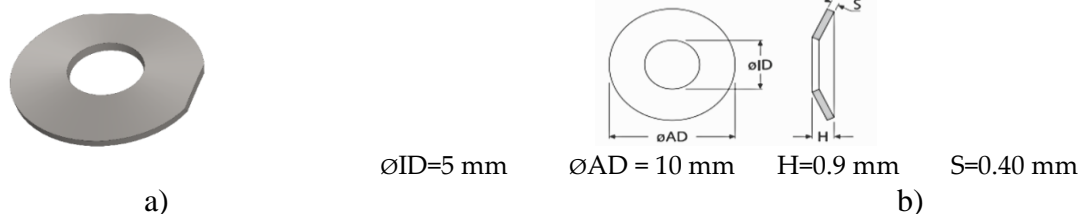
modifică în timpul prelucrărilor. Astfel, în timpul prelucrărilor pot să apară modificări în ceea ce privește unghiurile funcționale ale sculei așchietoare cu influențe asupra condițiilor în care se desfășoară procesele de prelucrare prin așchiere.

Prin realizarea acestor variante de scule așchietoare (T02, T03) s-a urmărit realizarea unei scule inteligente care să aibă o geometrie funcțională optimă.



**Figura 2.1.** Scule așchietoare pentru strunjire utilizate în cadrul cercetărilor:  
a, d - în varianta clasică (T01); b, e –cu formă constructivă îmbunătățită cu o șaibă elastică (T02);  
c, f –cu formă constructivă îmbunătățită cu două șaibe elastice (T03);  
1-corp cușit; 2-șrub fixare; 3-plăcuță amovibilă; 4 –șaibă elastică  
d-scula așchietoare specială utilizată în timpul cercetărilor

În ceea ce privește șaibă elastică, aceasta este o șaibă arc-disc, Figura 2.2, ce corespunde standardului DIN 2093 B, oțel A2 1.4305, și este produsă de Vinsco Spring Limited, Changzhou, China, aceasta a fost prelucrată suplimentar prin așchiere, Figure 2.2 a, astfel încât să asigure o valoare optimă a sistemului elastic creat pe întreaga parte activă a sculei așchietoare.



**Figura 2.2.** Șaibă elastică arc-disc, DIN 2093 B:  
a – imagine pentru șaiba elastică prelucrată; b – elemente dimensionale pentru șaiba elastică

## 2.3. Metode utilizate în cercetare

Experimentele cu mai mulți factori sunt concepute pentru a evalua mai mulți factori stabiliți la mai multe niveluri. Experimentele care utilizează două sau mai multe variabile controlate numite și factori de variație reprezintă planurile factoriale.

Planurile factoriale nu vizează numai influențele fiecărui factor de variație asupra variabilei dependente, ci acestea au drept scop determinarea influenței interacțiunii factorilor de variație asupra variabilei de ieșire(dependentă). Acestea cuprind două grupe obținute prin randomizare:

- ✓ grupa experimentală este grupa căreia i se aplică intervenția;
- ✓ grupa de control (sau martoră) este grupa care nu beneficiază de intervenție.

**Tabelul 2.2.** Designul experiențelor factoriale utilizat pentru realizarea cercetării

Nr. Exp.	Valorile variabilelor de intrare(independente) Parametrii regimului de așchiere						Valoarea variabilei de ieșire măsurate [m/s <sup>2</sup> ],[μm],[daN];		
	Adâncimea de așchiere a <sub>p</sub> [mm]		Avansul [mm/rot]		Viteza de așchiere [m/min]		Rezultatul (variabila de ieșire), Amplitudinea vibrațiilor, Rugozitatea Ra, Forța de așchiere,		
	-1	+1	-1	+1	-1	+1	Scula T01	Scula T02	Scula T03
1	x		x		x				
2	x		x			x			
3	x			x	x				
4	x			x		x			
5		x		x		x			
6		x		x	x				
7		x	x			x			
8		x	x		x				
Valoarea medie a variabilei de ieșire									

### 2.3.1. Analiza și măsurarea vibrațiilor ce apar în cadrul proceselor de prelucrare prin așchiere

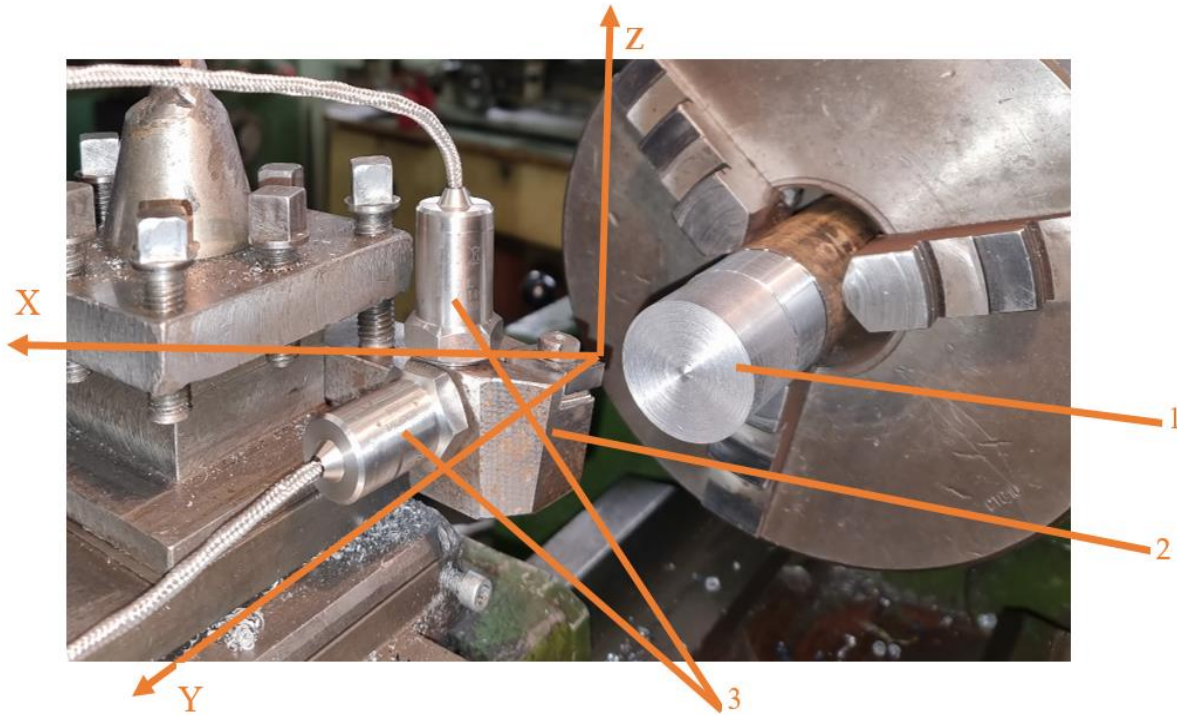
*Obiectivul principal al cercetărilor a fost acela de a asigura parametrii geometrici efectivi constanți pentru scula așchietoare pentru a reduce autovibrațiile explicate de teoria lui Sokolovsky respectiv teoria lui Kaşirin.*

Astfel, vibrațiile ce însoțesc desfășurarea procesului de prelucrare prin așchiere au fost măsurate pe două direcții principale Z respectiv Y. În acest sens, a fost folosit sistemul de măsurare a vibrațiilor prezentat în Figura 2.3.

Vibrațiile au fost măsurate în trei variante distincte și anume:

- ✓ fixarea rigidă a plăcuței amovibile pe corpul cuțitului;

- ✓ fixarea elastică care presupune dispunerea între plăcuța amovibilă și corpul sculei a unei șaibe elastice care să permită obținerea unor parametrii geometrici efectivi constanți pentru scula așchietoare;
- ✓ fixarea elastică care presupune dispunerea între plăcuța amovibilă și corpul sculei a două șaibe elastice.



**Figura 2.3.** Schema sistemului de măsurare a vibrațiilor:  
 1 - piesa de prelucrat; 2 - scula; 3 – accelerometre pentru măsurarea vibrațiilor pe direcțiile Y respectiv Z

Pentru preluarea și prelucrarea vibrațiilor ce însoțesc desfășurarea procesului de prelucrare prin așchiere a fost proiectat un instrument de achiziție, prezentat în Figura 2.4.



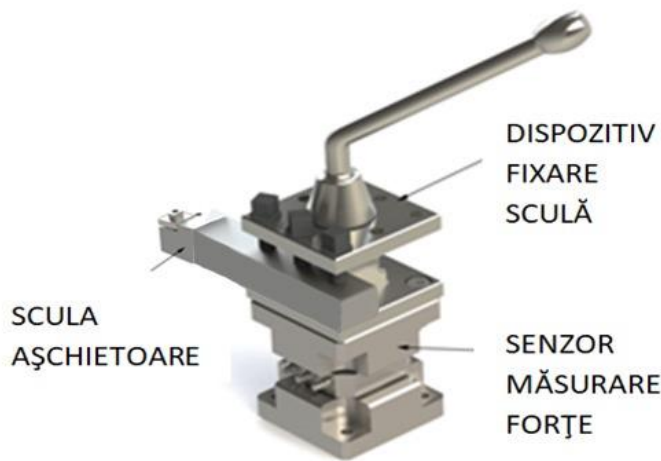
### 2.3.2. Analiza și măsurarea rugozității suprafețelor prelucrate

Pentru măsurarea rugozității suprafețelor prelucrate prin strunjire a fost folosit un rugozimetru ST1 furnizat de, Hoffmann Industrial Tools S.R.L., București, Romania.

De asemenea, prelucrarea rezultatelor obținute a fost realizată folosind software-ul statistic MINITAB.

### 2.3.3. Analiza și măsurarea forțelor și puterii la strunjirea pieselor

În cadrul cercetărilor pentru monitorizarea forțelor la așchiere a fost folosit sistemul prezentat în Figura 2.5 care permite determinarea forțelor la așchiere pe cele 3 direcții.



**Figura 2.5.** Sistemul folosit la măsurarea forțelor de așchiere

## 2.4. Concluzii

În urma analizelor efectuate a rezultat faptul că interacțiunea sistemului MUSDP influențează rezultatele procesului de prelucrare prin strunjire, influențează calitatea suprafețelor obținute în urma proceselor de prelucrare prin așchiere, iar acest lucru a reprezentat un interes major de la începutul cercetărilor privind factorii care influențează calitatea suprafețelor prelucrate prin așchiere.

- Industria constructoare de mașini utilizează o gama variată de materiale metalice, materiale ce se comportă diferit în timpul prelucrării prin așchiere datorită proprietăților mecanice ce le caracterizează;
- cercetările vor urmări identificarea influenței geometriei sculei așchietoare asupra unor variabile de răspuns precum: vibrațiile ce apar în procesele de prelucrare prin așchiere ; rugozitatea suprafeței prelucrate și forțelor de așchiere;
- vibrațiile în procesul de prelucrare prin așchiere apar din cauza interacțiunii tuturor elementelor componente ale sistemului tehnologic folosit în procesul de prelucrare prin așchiere (masina unealtă, scula așchietoare, semifabricat);
- în ceea ce privește procesele de prelucrare prin așchiere, fenomenele dinamice, mai exact vibrațiile sunt generate în mare parte a cazurilor de către variațiile valorii forței rezultate în procesul de prelucrare mecanică prin așchiere. Acestea transmit prin intermediul

ansamblului mașină-unealtă- dispozitive-sculă așchietoare efecte negative asupra calității piesei de prelucrat, având ca și consecință, valori necontrolabile ale parametrilor de calitate ai suprafețelor prelucrate;

- analiza de ansamblu efectuată creează o viziune clară asupra factorilor care influențează buna desfășurare a procesului de prelucrare prin așchiere și astfel analiza efectuată a demonstrat amprenta pe care o lasă variația geometriei funcționale asupra performanțelor procesului de așchiere;
- analiza efectuată a demonstrat faptul ca variația geometriei sculelor așchietoare influențează fenomenele dinamice ce însoțesc procesul de așchiere și influențează calitatea suprafețelor obținute prin așchiere și ,în consecință, în cadrul cercetărilor, s-a urmărit identificarea unor soluții pentru diminuarea efectelor negative asupra rezultatelor procesului de prelucrare prin așchiere a fenomenelor dinamice ce însoțesc procesul de prelucrare;
- analiza rezultatelor obținute, în urma utilizării de scule așchietoare inteligente, cu ajutorul programelor specializate specifice cercetării experimentale.



## DETERMINAREA TRAIECTORIILOR VÂRFULUI SCULEI AȘCHIETOARE PRIN MODELARE MATEMATICĂ

### 3.1. Introducere

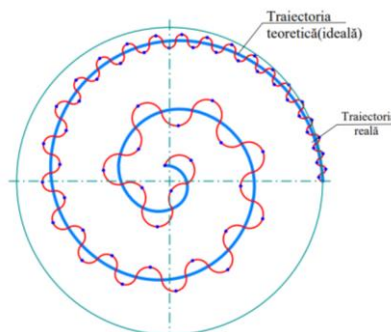
Sistemele dinamice sunt adesea folosite pentru a modela și înțelege procese sau fenomene care evoluează în timp și sunt folosite în diverse domenii, cum ar fi matematică, fizică, inginerie, economie, biologie și multe altele. Acestea pot fi descrise de obicei prin ecuații diferențiale sau prin metode de analiză matematică pentru a prezice sau controla comportamentul lor viitor. Un exemplu simplu de sistem dinamic ar fi un pendul, în care poziția și viteza pendulului variază în timp sub influența forței gravitaționale și a altor factori. Acesta este un sistem dinamic deoarece starea sa (unghiul și viteza pendulului) se schimbă constant în funcție de condițiile inițiale și de factorii care acționează asupra sa.

### 3.2. Analiza traiectoriei vârfului sculei

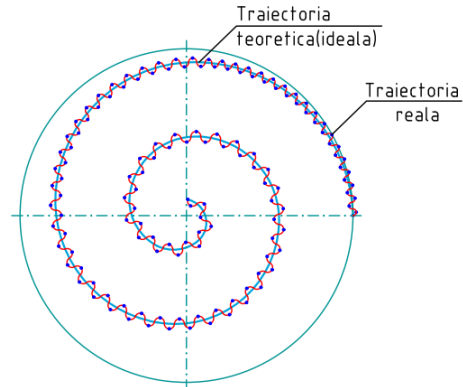
Astfel, rezultatele obținute în urma modelării matematice cu ajutorul spațiilor Hilbert au fost prelucrate cu ajutorul programului Matlab și obținute traiectoriile realizate de scula așchietoare clasică T01 și sculele așchietoare inteligente T02 respectiv T03.

Datorită prezenței amortizoarelor plasate în construcția sculelor așchietoare inteligente produsul dintre unghiul de așezare  $\alpha$  ( $6^0$ ) și unghiul de degajare  $\gamma$  ( $8^0$ ) se menține constant adică  $\alpha \cdot \gamma = 48$

În timp ce la prelucrarea cu scula așchietoare clasică produsul  $\alpha \cdot \gamma < 48$ . Astfel, în Figura 3.1 se prezintă traiectoria realizată de scula așchietoare clasică la prelucrarea prin strunjire cu avans transversal, iar în Figura 3.2 se prezintă traiectoria realizată de scula așchietoare inteligentă la prelucrarea prin strunjire cu avans transversal. De asemenea, în Figura 3.3 respectiv Figura 3.4 se prezintă traiectoriile realizate de scula așchietoare clasică respectiv scula așchietoare inteligentă la prelucrarea prin strunjire cu avans longitudinal.



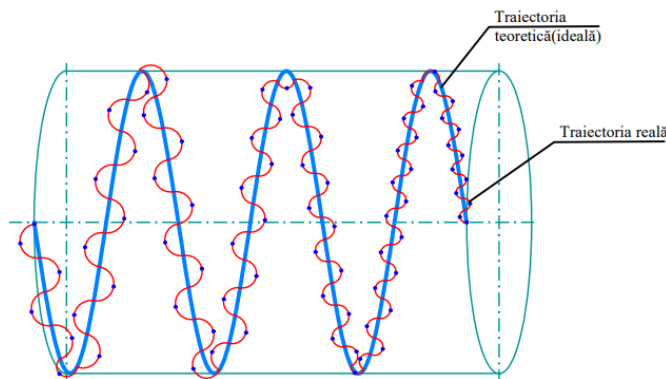
**Figura 3.1.** Traiectoria realizată de scula așchietoare clasică pentru generarea suprafețelor prin strunjire cu avans transversal



**Figura 3.2.** Traiectoria realizată de scula aşchietoare inteligentă pentru generarea suprafeţelor prin strunjire cu avans transversal

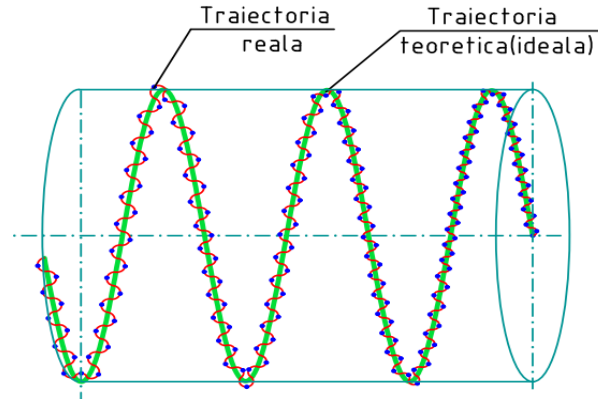
Din analiza Figurii 3.1 respectiv Figurii 3.2 reiese faptul că atât în cazul utilizării sculei aşchietoare clasice cât și în cazul utilizării sculei aşchietoare inteligente traiectoria reală diferă de traiectoria teoretică (ideală). De asemenea, se observă că trohoidale produse de vibrații în cazul sculei aşchietoare clasice la începutul prelucrării prezintă valori mai mici în comparație cu scula aşchietoare inteligentă, însă acestea cresc semnificativ odată desfășurarea procesului de prelucrare pentru scula aşchietoare clasică în comparație cu scula aşchietoare inteligentă, atingând valorile maxime odată cu apropierea vârfului sculei de centrul piesei pentru ambele scule aşchietoare utilizate (scula clasică și scula inteligentă). În ceea ce privește trohoidale, acestea cresc foarte mult odată cu apropierea vârfului sculei de centrul piesei pentru prelucrarea cu scula aşchietoare clasică, în timp ce în cazul sculei aşchietoare inteligente, acestea se mențin în limite aproximativ constante, realizându-se o ușoară creștere odată cu avansarea vârfului sculei aşchietoare spre central piesei.

În Figura 3.3 respectiv Figura 3.4 se prezintă traiectoriile pentru prelucrarea prin strunjire cu avans longitudinal cu scula aşchietoare clasică și scula aşchietoare inteligentă.



**Figura 3.3.** Traiectoria realizată de scula aşchietoare clasică pentru generarea suprafeţelor prin strunjire cu avans longitudinal





**Figura 3.4.** Traiectoria realizată de scula aşchietoare inteligentă pentru generarea suprafeţelor prin strunjire cu avans longitudinal

Conform Figurii 3.3, la prelucrarea prin strunjire cu avans longitudinal, cu scula aşchietoare clasică, rezultă că trohoidalele de vibraţii la intrarea sculei în aşchiere prezintă valorile cele mai mici, acestea crescând odată cu înaintarea sculei în aşchiere. Realizând comparaţia cu Figura 3.4 se observă faptul că în ceea ce priveşte prelucrarea cu scula aşchietoare inteligentă, trohoidalele de vibraţii prezintă valori mai mari în momentul intrării sculei în aşchiere în comparaţie cu scula aşchietoare clasică, însă odată cu avansarea sculei în aşchiere acestea mai cresc, dar în limite mai mici în comparaţie cu cele obţinute de scula aşchietoare clasică.

### 3.3. Concluzii

Analizând aspectele prezentate în acest capitol putem trage următoarele concluzii:

- un sistem dinamic este o entitate sau un sistem care evoluează sau se schimbă în timp;
- elementele de natură dinamică se referă la obiecte, procese sau fenomene care sunt caracterizate prin schimbări în timp și care pot fi analizate, utilizând concepte și teorii din domeniul sistemelor dinamice;
- sculele aşchietoare sunt considerate sisteme dinamice în contextul prelucrării materialelor, deoarece implică interacțiuni și schimbări în timp, iar în cazul sculelor aşchietoare, acest lucru se referă la mișcarea și interacțiunea dintre sculă și materialul prelucrat;
- în vederea generării suprafeţelor sculele aşchietoare realizează anumite traiectorii datorită mișcărilor pe care aceasta le realizează;
- este important de menționat că aplicarea spațiilor Hilbert pentru determinarea traiectoriilor sistemelor dinamice poate fi foarte complexă și depinde în mare măsură de natura specifică a sistemului și de metodele matematice utilizate; pentru sistemele practice, pot fi necesare aproximări și metode numerice pentru a obține soluții valide;
- trohoidalele de vibrații cresc foarte mult spre centrul piesei în cadrul strunjirii cu avans transversal în ceea ce privește prelucrarea cu scula aşchietoare clasică în comparație cu scula aşchietoare inteligentă;
- la intrarea în aşchiere, trohoidalele de vibrații prezintă valori mai mari în cazul prelucrării cu scula aşchietoare inteligentă în comparație cu scula aşchietoare clasică, la scula aşchietoare clasică creșterea acestora este mult mai mare și crește odată cu apropierea

de centrul piesei, în timp ce la prelucrarea cu scula aşchietoare inteligentă acestea cresc în limite mult mai mici existând tendinţa de a se mentine constant;

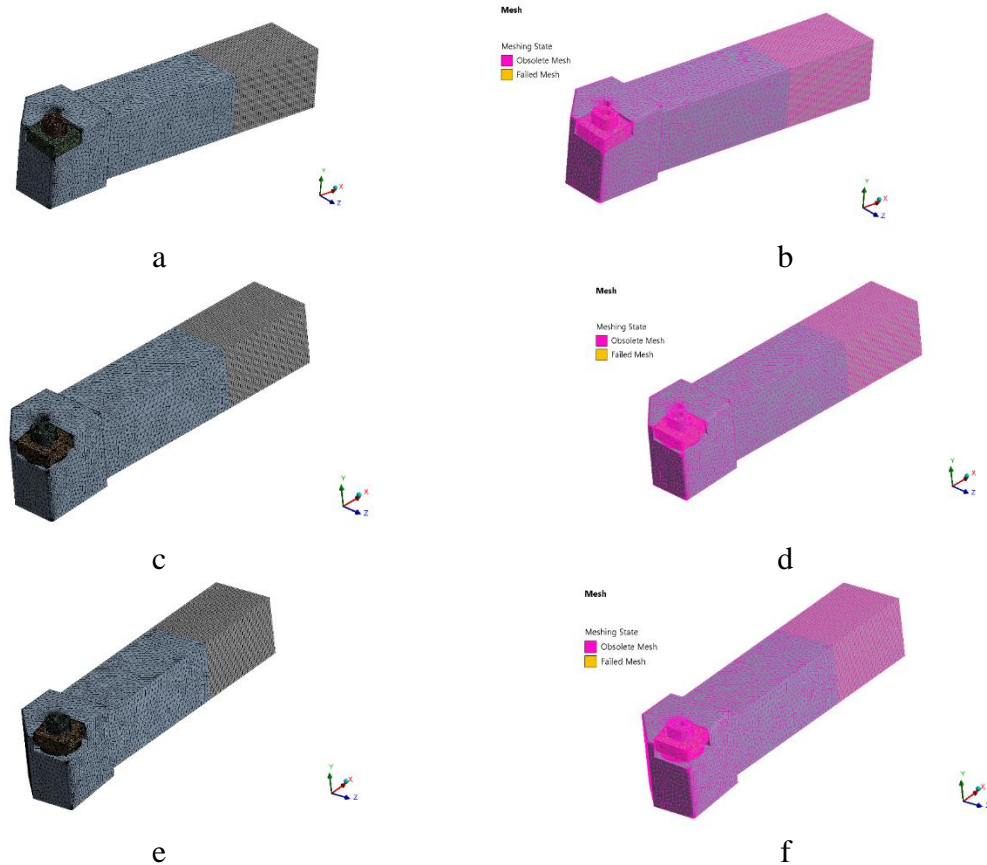
- în ceea ce priveşte prelucrarea prin strunjire cu avans longitudinal evoluţia trohoidelor de vibraţii este în limite mult mai mici decât în ceea ce priveşte strunjirea cu avans transversal, comportarea acestora pentru prelucrarea cu cele două categorii de scule fiind similară cazului de prelucrare prin strunjire cu avans transversal;
- astfel se demonstrează faptul că amplitudinea trohoidelor de vibraţii obţinută de către sculele inteligente este mai mică decât în situaţia utilizării sculei aşchietoare clasică, deoarece datorită elementelor elastice din componenţa acestora are loc diminuarea vibraţiilor, menţinerea geometriei funcţionale în limite optime respectiv diminuarea depunerilor pe tăiş;
- amplitudinea mare a trohoidelor de vibraţii obţinută în cazul utilizării sculelor aşchietoare clasice determină creşterea rugozităţii suprafeţelor prelucrate, iar variaţia amplitudinii trohoidelor de vibraţii pe parcursul realizării procesului de aşchiere determină obţinerea unei suprafeţe neuniformă;
- conform rezultatelor obţinute rezultă faptul că sculele aşchietoare inteligente obţin performanţe superioare în ceea ce priveşte amplitudinea trohoidelor de vibraţii, fapt ce se transpune în obţinerea de către sculele aşchietoare inteligente a unor suprafeţe cu rugozitate mai mică decât în cazul sculelor aşchietoare clasice şi totodată suprafaţa este mai uniform datorită fluctuaţiei mai scăzute a amplitudinii vibraţiilor pe parcursul desfăşurării procesului de prelucrare prin aşchiere;



## SIMULAREA NUMERICĂ FOLOSIND METODA ELEMENTELOR FINITE A FUNCȚIONĂRII SCULELOR AȘCHIETOARE CU GEOMETRIE FUNCȚIONALĂ OPTIMĂ

### 4.1. Analiza statică

În cazul analizei statice, sarcinile și constrângerile sunt independente de timp. Pentru fiecare dintre cele 3 modele de scule, scula clasică T01 și cele două scule optimizate, T02 și T03 am realizat modelele geometrice, așa cum sunt prezentate ele în figura 2.3.



**Figura 4.1.** Rețeaua de elemente finite utilizate atât în cazul analizei statice cât și în cazul analizelor modale și armonice și calitatea acesteia:

- a – rețeaua de elemente finite pentru scula așchietoare T01; b – calitatea rețelei de elemente finite pentru scula așchietoare T01; c – rețeaua de elemente finite pentru scula așchietoare T02; d – calitatea rețelei de elemente finite pentru scula așchietoare T02; e – rețeaua de elemente finite pentru scula așchietoare T03; f – calitatea rețelei de elemente finite pentru scula așchietoare T03

Așa cum reiese și din figurile de mai sus, constrângerile au fost aplicate prin anularea tuturor gradelor de libertate pe zona de prindere a cuțitelor în suportul portcuțit, iar sarcinile aplicate au fost sarcinile maxime măsurate în timpul procesului de prelucrare pentru oțelul aliat. Am ales aceste sarcini deoarece sunt sarcinile maxime rezultate în procesul de așchiere. Acestea sunt prezentate în tabelul 7.9. Șuruburile de strângere ale plăcuțelor au fost presolicitate cu o sarcină de 30N.

Rezultatele au fost axate pe determinarea tensiunii echivalente Von Misses, a deplasării totale rezultate și a deplasărilor direcționale pe axele X, Y și Z.

În tabelul 4.1 sunt prezentate rezultatele analizei statice pentru cele 3 tipuri de scule.

**Tabelul 4.1.** Rezultatele obținute pentru analiza statică pentru cele trei tipuri de scule în cazul solicitării la prelucrarea prin strunjire cu avans transversal a materialului 42CrMo4-EN 10083-3- $\Phi$ 150mm.

Nr. crt.	Tip de rezultat	Scula T01	Scula T02	Scula T03
1.	Tensiunea echivalentă Von Misses [MPa]	295.28	288.91	282
2.	Deplasarea nodală totală [mm]	0.0217	0.0354	0.0391
3.	Deplasarea pe direcția Y [mm]	0.0026	0.0068	0.0089
4.	Deplasarea pe direcția Z [mm]	0.0164	0.0269	0.0298
5.	Deplasarea pe direcția X [mm]	0.0022	0.0035	0.0028

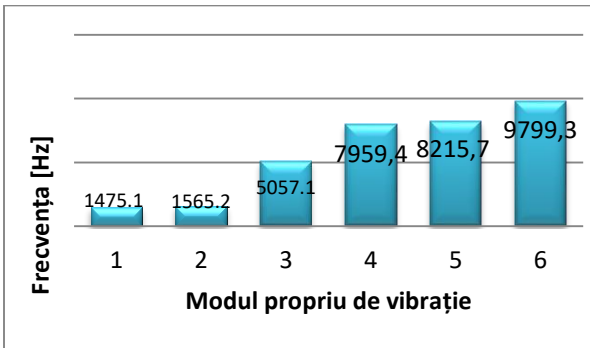
Așa cum se poate observa din rezultatele prezentate în tabelul 4.1, sarcina maximă prezentă în cazul sculei clasice, T01 conduce la cea mai mare valoare a tensiunii echivalente (295.28 MPa) dar aceasta este localizată la nivelul plăcuței așchietoare. Nu există pericol din acest punct de vedere deoarece plăcuțele din carburi metalice sinterizate suportă tensiuni de ordinul GPa, în funcție de tipul plăcuței. Cu toate acestea, în cazul deplasărilor nodale, în cazul unei ipotetice solicitări statice, deplasarea nodală maximă apare în cazul sculei T03 – 0.0298 mm, urmată de scula T02 – 0.0269 mm, respectiv scula T01 – 0.0164 mm. Aceasta se datorează faptului că, în cazul unei solicitări statice, nu intervine efectul de amortizare al elementelor elastice introduse sub plăcuța așchietoare.

De asemenea, se observă că, în toate cele trei situații, deplasarea maximă este pe direcția Z, fapt normal deoarece și solicitarea este preponderentă pe această direcție.

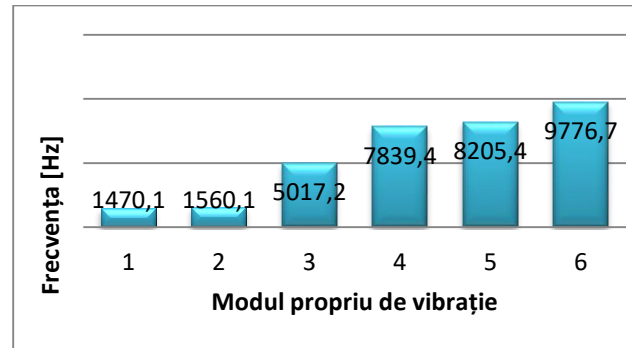
## 4.2. Analiza modală

În figurile 4.2, 4.3 și 4.4 sunt prezentate graficele cu valorile *modurilor proprii de vibrație* sau *a frecvențelor naturale* pentru sculele T02 respectiv T03.

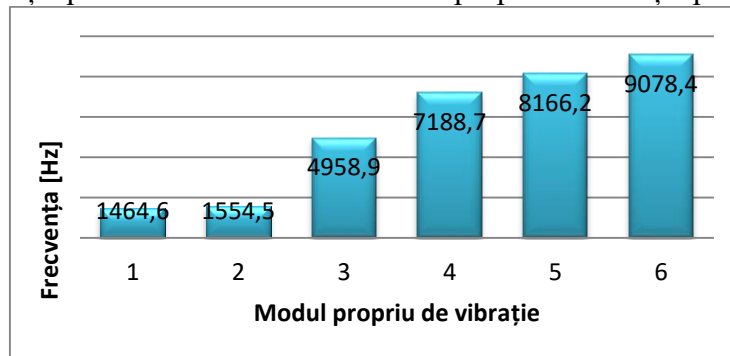
Analizând graficele 4.2, 4.3 și 4.4 se observă, cu ușurință, faptul că în toate cele trei cazuri primul mod propriu de vibrație apare undeva în jurul valorii de 1470 Hz, valoare care se situează cu mult peste frecvența de lucru în cazul operației de strunjire. Desigur, deoarece valorile frecvențelor pentru modurile proprii de vibrație sunt crescătoare nici celelalte 5 moduri proprii nu se găsesc în domeniul de lucru al cuțitului de strung. Astfel, pot afirma, cu certitudine, că nu există pericolul apariției rezonanței la niciunul din modelele prezentate.



**Figura 4.2.** Valorile numerice ale modurilor proprii de vibrație pentru scula T01



**Figura 4.3.** Valorile numerice ale modurilor proprii de vibrație pentru scula T02



**Figura 4.4.** Valorile numerice ale modurilor proprii de vibrație pentru scula T03

Pentru toate cele trei scule analizate tendințele de vibrație pentru cele 6 moduri analizate sunt: translație după direcția Y, la primul mod propriu de vibrație, translație după direcția Z la cel de-al doilea mod propriu de vibrație, rotație în jurul axei X, la cel de-al treilea mod propriu de vibrație, rotație în jurul axei Z, la cel de-al patrulea mod propriu de vibrație, rotație în jurul axei Y, la cel de-al patrulea mod propriu de vibrație, respectiv translație după direcția X, la cel de-al șaselea mod propriu de vibrație.

Dacă realizăm un studiu comparativ între cele trei modele de scule, scula clasică și cele două scule inteligente T02 respectiv T03, se observă că scula clasică, T01 are valorile modurilor proprii cele mai mari comparativ cu celelalte două, urmată de T02 și, bineînțeles de T03. Acest lucru se datorează faptului că, prin introducerea elementelor elastice sub plăcuță, crește zveltețea acesteia și deoarece, așa cum menționam anterior, modurile proprii depind de formă, masă și mod de sprijinire, conduce la scăderea valorii frecvențelor.

În concluzie, chiar dacă valorile modurilor proprii scad la sculele inteligente T02 și T03 comparativ cu scula inițială T01, scăderea este doar de 5...6 Hz în cazul primelor două moduri proprii, neexistând nici un pericol să apară *rezonanța*, valoarea frecvenței fiind suficient de mare astfel încât să nu interfereze cu domeniul de frecvențe de lucru al cuțitului de strung.

### 4.3. Analiza armonică

În tabelele 4.1, 4.2 și 4.3 sunt prezentate rezultatele sintetice ale tuturor celor 9 analize derulate.

**Tabelul 4.1** Amplitudinea maximă pentru materialul 42CrMo4 -EN 10083-3

42CrMo4	Direcția Z			Direcția Y			Direcția X		
	Scula T01	Scula T02	Scula T03	Scula T01	Scula T02	Scula T03	Scula T01	Scula T02	Scula T03
	8.2957	7.2923	6.9014	1.4866	1.4293	0.7428	0.5393	0.5068	0.3821

**Tabelul 4.2** Amplitudinea maximă pentru materialul C45 (1.0503): EN 10277-2-2008

C45	Direcția Z			Direcția Y			Direcția X		
	Scula T01	Scula T02	Scula T03	Scula T01	Scula T02	Scula T03	Scula T01	Scula T02	Scula T03
	6.0667	5.4604	5.1957	1.0872	1.0655	1.0183	0.3706	0.3465	0.3142

**Tabelul 4.3** Amplitudinea maximă pentru materialul S235-EN 10025-2

S235	Direcția Z			Direcția Y			Direcția X		
	Scula T01	Scula T02	Scula T03	Scula T01	Scula T02	Scula T03	Scula T01	Scula T02	Scula T03
	5.5019	4.4303	5.3158	0.9859	0.8683	0.9153	0.3361	0.3276	0.3321

Așa cum se poate observa în tabele prezentate, valoarea maximă pe direcția Z apare în cazul oțelului aliat 42CrMo4, urmată de oțelul carbon de calitate C45 și oțelul carbon S235.

### 4.4. Concluzii

În urma derulării simulărilor numerice, folosind metoda elementului finit pentru cele trei modele de scule așchietoare, se pot trage următoarele concluzii:

- metodele numerice, în general, și metoda elementului finit în mod special, se pot aplica cu rezultate concludente analizei dinamice a sculelor utilizate la prelucrările prin așchiere;
- analiza statică, în cazul căreia a fost aplicată o sarcină independentă de timp de valoare maximă pentru cazurile luate în considerare, ne indică faptul că toate cele trei modele de scule așchietoare se comportă foarte bine în cazul unei solicitări statice, atât deplasările nodale cât și tensiunile și deformațiile având valori sub cele admisibile pentru materialele utilizate;
- analiza modală aplicată celor trei modele de scule ne arată că, în toate cele trei cazuri, valorile modurilor proprii de vibrație se regăsesc în afara frecvențelor de lucru pentru operația de strunjire, pentru care au fost proiectate și deci nu există riscul apariției rezonanței în nici una din situații. Valorile modurilor proprii de vibrații sunt apropiate pentru cele trei situații valorile cele mai mici ale acestora fiind pentru scula T03, urmate de T02 respectiv T01. Și tendințele de vibrație pentru primele patru moduri rămân

aceleași, cel puțin pentru primele patru moduri proprii, pentru modurile 5 și 6 apărând diferențe între sculele T02 respectiv T03 față de scula T01;

- analiza armonică, aplicată celor trei modele de scule, a relevat comportamente ușor diferite între cele trei modele de scule. Se observă, astfel, că scula T03 se comportă cel mai bine în cazul prelucrării prin strunjire a oțelurilor aliate, dure (42CrMo4) respectiv a oțelurilor carbon de calitate (C45), în timp ce scula T02 se comportă cel mai bine în cazul prelucrării prin strunjire a oțelurilor carbon universale, nealiate (S235). Trebuie menționat faptul că ,în cazul prelucrării prin strunjire a oțelurilor aliate (42CrMo4) respectiv a oțelurilor carbon de calitate (C45), pe locul doi s-a situat scula T02, iar în cazul prelucrării oțelurilor carbon (C45 și S235), pe locul doi s-a situat scula T03, deci ambele scule inteligente propuse de teza de față au avut rezultate mai bune decât scula inițială, clasică, din punct de vedere al amplitudinii vibrațiilor.



## ANALIZA PERFORMANTELOR UTILIZĂRII SCULELOR AȘCHIETOARE CU GEOMETRIE FUNCȚIONALĂ OPTIMĂ DIN PUNCT DE VEDERE AL VIBRAȚIILOR

### 5.1. Generalități

Vibrațiile au fost analizate pe cele două direcții (Y, Z), iar rezultatele experimentale obținute pentru analiza vibrațiilor folosind F.F.T. sunt prezentate pentru fiecare material utilizat în cadrul cercetărilor. În cazul sistemului tehnologic format din sculă, piesă, dispozitiv, mașină de prelucrat este indicat ca analiza vibrațiilor să se realizeze în domeniul de frecvențe 10 – 1000 Hz.

În foarte multe situații ,analiza vibrațiilor folosind numai metoda F.F.T. nu ne permite o analiză corespunzătoare a fenomenului de vibrații, în cadrul cercetărilor experimentale am realizat o analiză a vibrațiilor folosind metoda de analiză a transformării de scurtă durată Fourier (Short-Time Fourier-Transformation) – metoda S.T.F.T. dar și metoda de analiză a semnalului vibrațiilor (M.A.S.V.).

Metoda S.T.F.T de analiză a vibrațiilor permite o evidențiere mai clară a vibrațiilor ce apar pe întreaga durată de desfășurare a procesului de prelucrare deoarece această metodă de analiză are în vedere și analiza în funcție de timp a vibrațiilor.

Metoda S.T.F.T. permite trasarea unor spectrograme, iar din analiza spectrogramelor se pot obține informații privind modul în care evoluează vibrațiile în timp. Analiza vibrațiilor folosind numai analiza semnalelor staționare într-un anumit domeniu de frecvență nu este suficientă și astfel tot timpul se impune și folosirea metodei S.T.F.T. care este o metodă dinamică de analiză.

Astfel, analiza S.T.F.T. permite și o analiză a semnalelor tranzitorii lucru ce nu este valabil în cazul folosirii analizei F.F.T. Analiza S.T.F.T. are la bază Transformarea Fourier Discretă (D.F.T.) care oferă informații privind frecvența și componentele de fază ale unei secțiuni a unui semnal dependent de timp.

### 5.2. Rezultate obținute în urma cercetărilor folosind scule așchietoare cu geometrie funcțională optimă la strunjirea cu avans transversal

#### 5.2.1. Analiza rezultatelor experimentale obținute în cazul aplicării metodei de analiză de transformare rapidă Fourier (F.F.T.)

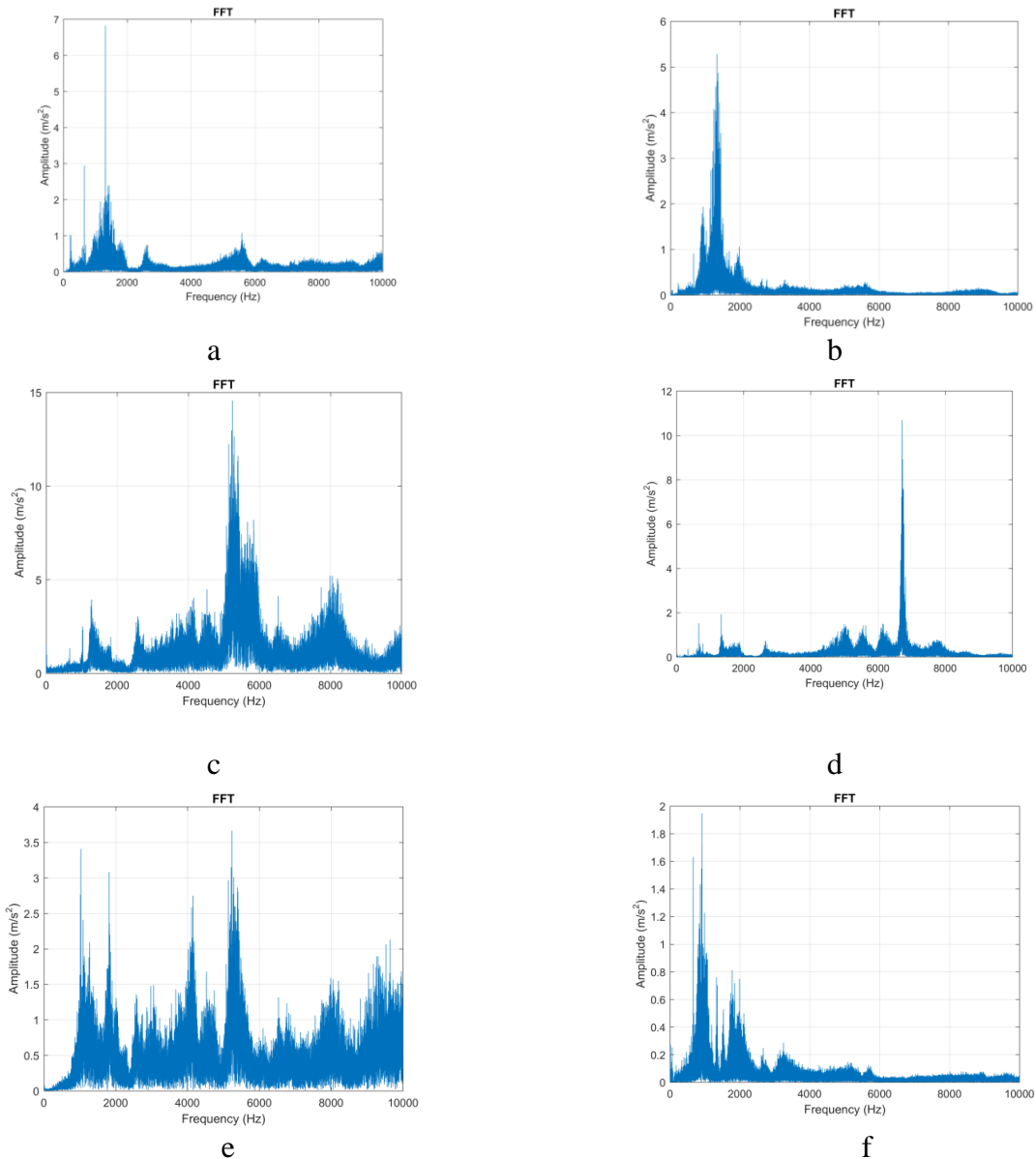
În acest rezumat se prezintă diagramele obținute în urma realizării analizei F.F.T, S.T.F.T respectiv M.A.S.V pentru prelucrarea materialului S235-EN 10025-2 prin strunjire cu avans transversal.

Același lucru a fost realizat și pentru materialele C45 (1.0503): EN 10277-2-2008 respectiv 42CrMo4 -EN 10083-3 atât în cazul prelucrărilor prin strunjire cu avans transversal cât și în cazul prelucrărilor cu avans longitudinal utilizând cele trei modele de scule așchietoare prezentate.



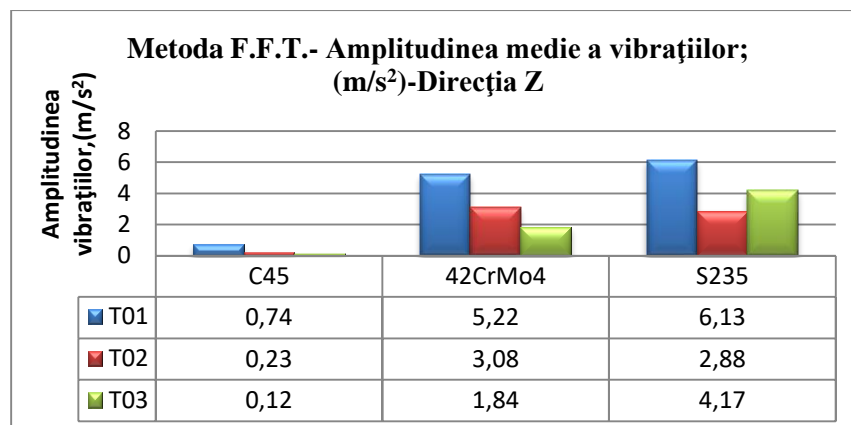
✓ **Material S235-EN 10025-2**

În urma realizării prelucrării prin strunjire cu avans transversal a celor 8 epruvete stabilite conform planului de cercetare factorială cu cele 3 tipuri de scule aşchietoare utilizate T01, T02 respectiv T03 s-au obţinut diagramele cu valorile amplitudinii vibraţiilor, prezentate în Figura 5.1 sunt diagramele ce conţin valorile maxime obţinute la prelucrarea epruvetei nr 5.

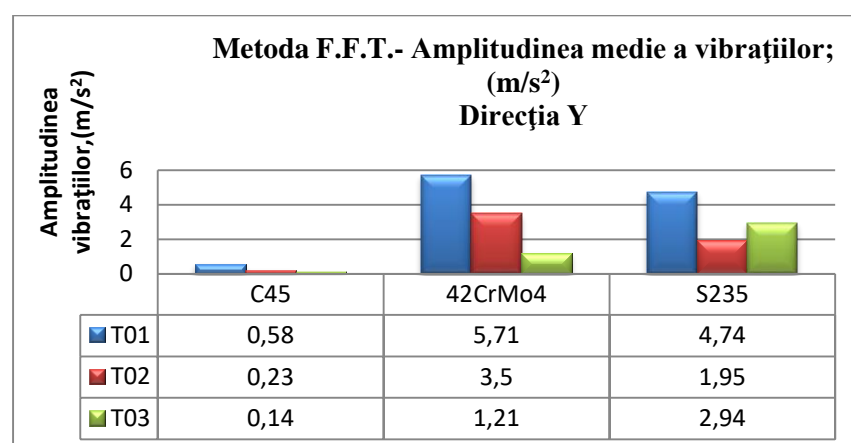


**Figura 5.1.** Analiza vibraţiilor prin aplicarea metodei F.F.T.:

a – pe direcţia Z în cazul prelucrării cu sculă aşchietoare T01; b – pe direcţia Y în cazul prelucrării cu sculă aşchietoare T01; c – pe direcţia Z în cazul prelucrării cu sculă aşchietoare T02; d – pe direcţia Y în cazul prelucrării cu sculă aşchietoare T02; e – pe direcţia Z în cazul prelucrării cu sculă aşchietoare T03; f – pe direcţia Y în cazul prelucrării cu sculă aşchietoare T03



a.

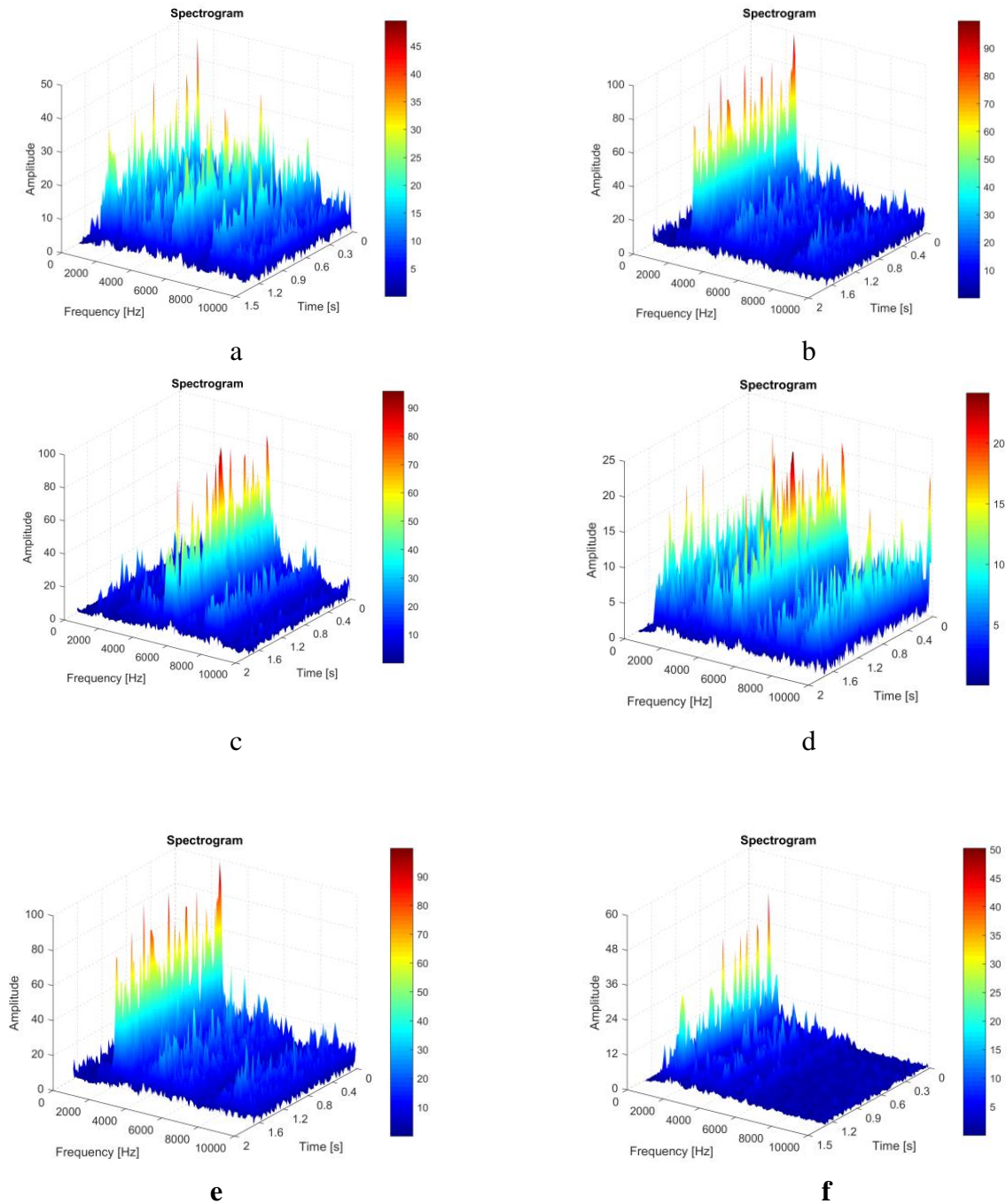


b.

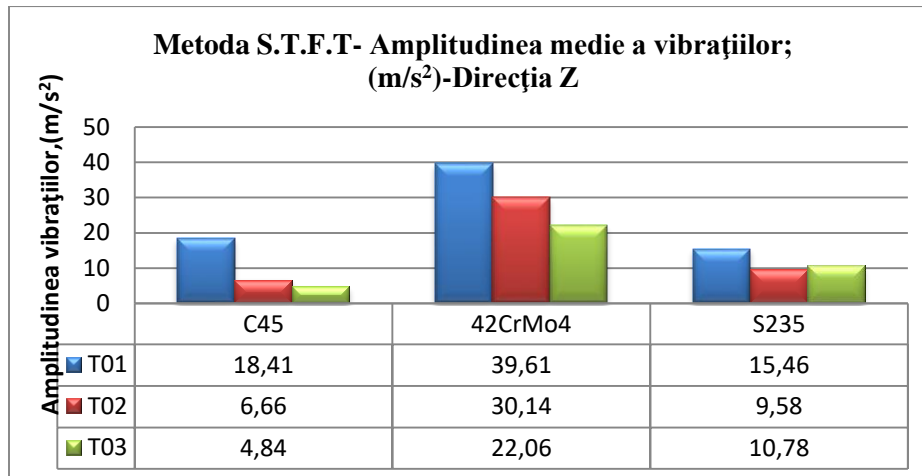
**Figura 5.2.** Rezultatele obținute prin aplicarea metodei F.F.T. în urma cercetărilor de prelucrare prin strunjire cu avans transversal a materialelor C45, 42CrMo4 și S235;  
a – rezultate obținute pe direcția Z; b – rezultate obținute pe direcția Y.

### 5.2.2. Analiza rezultatelor experimentale obținute în cazul aplicării metodei de analiză a transformării de scurtă durată Fourier (S.T.F.T.)

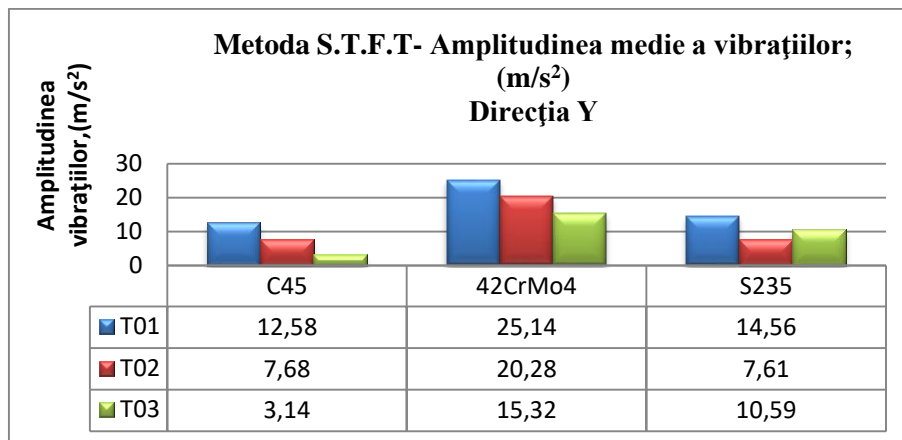
În urma realizării prelucrării prin strunjire cu avans transversal a celor 8 epruvete, stabilite conform planului de cercetare factorială, cu cele 3 tipuri de scule așchietoare utilizate: T01, T02, respectiv T03, s-au obținut spectogramele cu valorile amplitudinii vibrațiilor. În Figura 5.3 sunt prezentate diagramele ce conțin valorile maxime obținute la prelucrarea epruvetei nr 6.



**Figura 5.3.** Spectrogramele vibrațiilor înregistrate în timpul prelucrărilor:  
 a – pe direcția Z în cazul prelucrării cu scula aşchiitoare T01; b – pe direcția Y în cazul prelucrării cu scula aşchiitoare T01; c – pe direcția Z în cazul prelucrării cu scula aşchiitoare T02; d – pe direcția Y în cazul prelucrării cu sculă aşchiitoare T02; e – pe direcția Z în cazul prelucrării cu scula aşchiitoare T03; f – pe direcția Y în cazul prelucrării cu sculă aşchiitoare T03



**a.**



**b.**

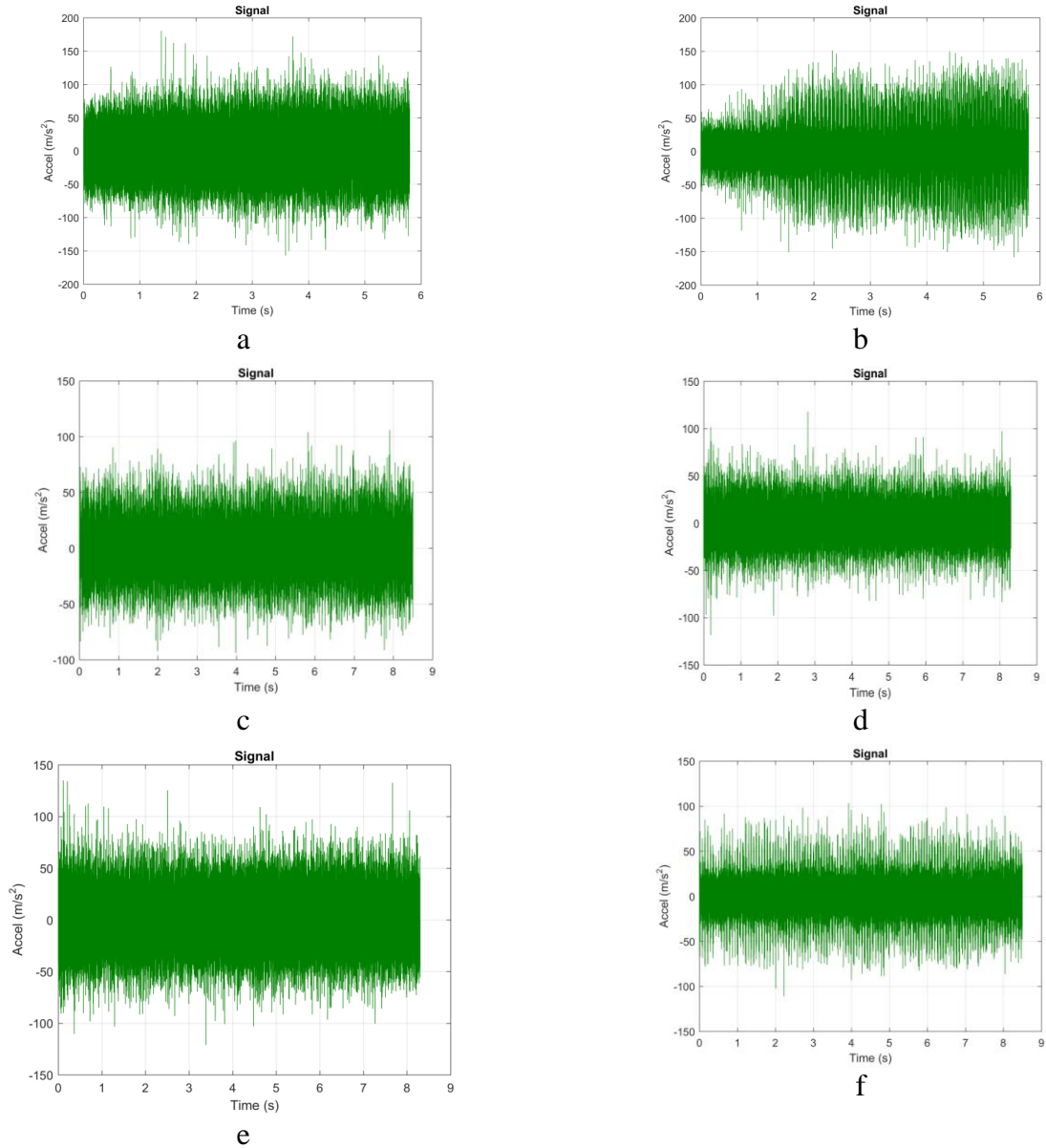
**Figura 5.4.** Rezultatele obținute prin aplicarea metodei S.T.F.T în urma cercetărilor de prelucrare prin strunjire cu avans transversal a materialelor C45, 42CrMo4 și S235;

a – rezultate obținute pe direcția Z; b – rezultate obținute pe direcția Y

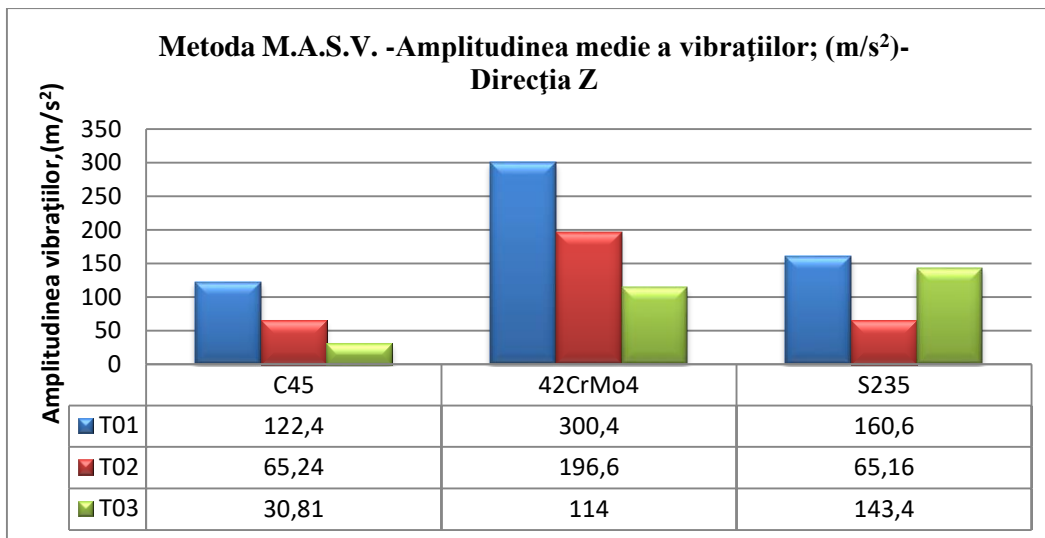
### 5.2.3. Analiza rezultatelor experimentale obținute în cazul aplicării metodei de analiză a semnalului vibrațiilor (M.A.S.V.)

#### ✓ Material S235-EN 10025-2

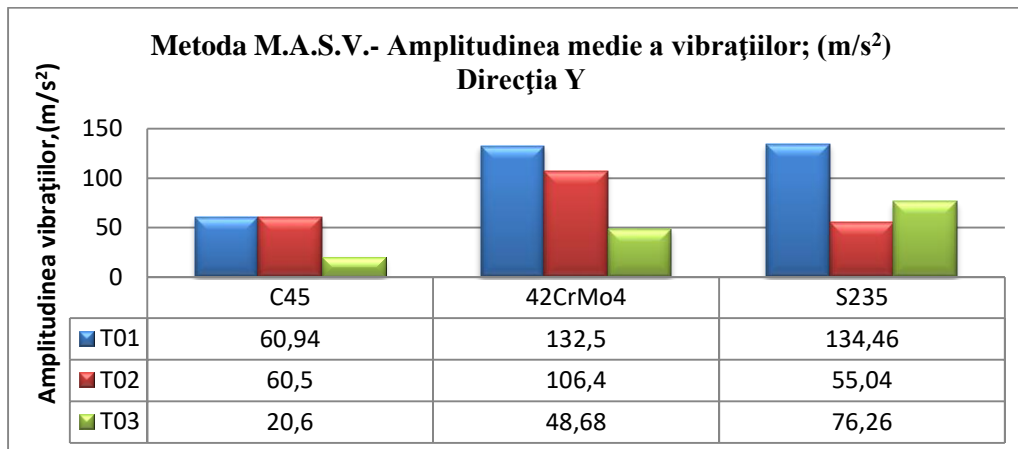
În urma prelucrării prin strunjire cu avans transversal a celor 8 epruvete, conform planului de cercetare factorială, utilizând cele 3 tipuri de scule așchietoare (T01, T02 și T03), s-au obținut diagramele cu valorile amplitudinii vibrațiilor. Figura 5.5 prezintă diagramele cu valorile maxime ale amplitudinii vibrațiilor pentru epruveta nr. 5.



**Figura 5.5.** Accelația vibrațiilor înregistrate în timpul prelucrărilor:  
a – pe direcția Z în cazul prelucrării cu sculă așchietoare T01; b – pe direcția Y în cazul prelucrării cu sculă așchietoare T01; c – pe direcția Z în cazul prelucrării cu sculă așchietoare T02; d – pe direcția Y în cazul prelucrării cu sculă așchietoare în varianta T02; e – pe direcția Z în cazul prelucrării cu sculă așchietoare T03; f – pe direcția Y în cazul prelucrării cu sculă așchietoare în varianta T03



**a.**

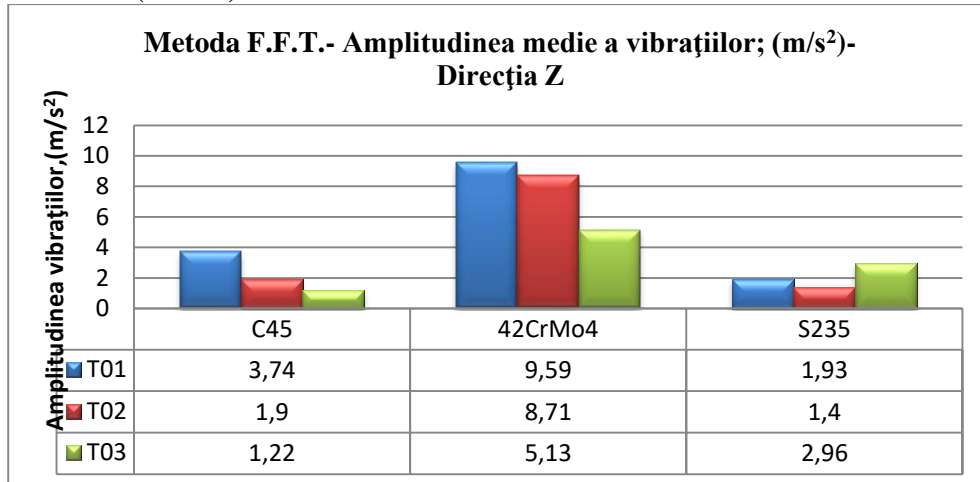


**b.**

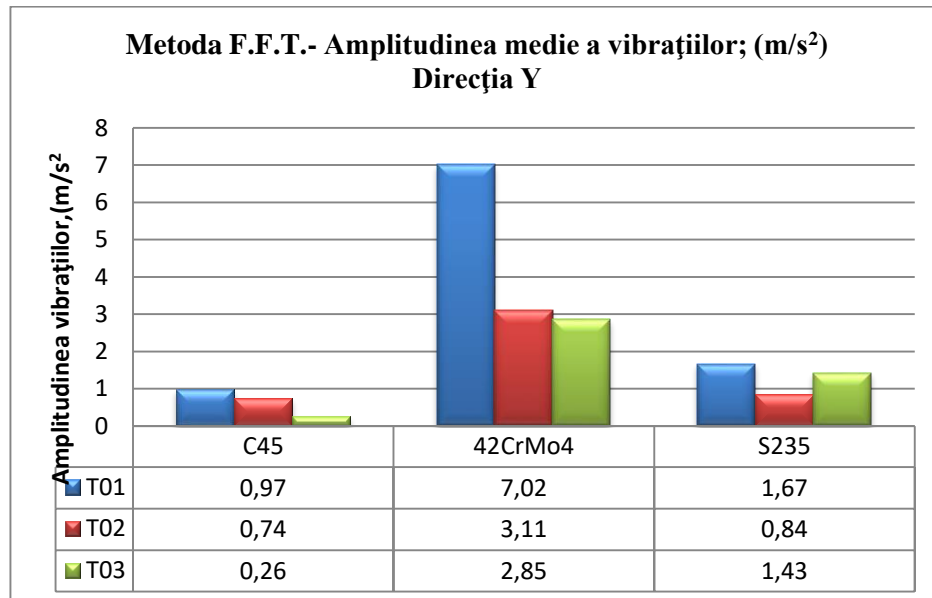
**Figura 5.6.** Rezultatele obținute prin aplicarea metodei M.A.S.V în urma cercetărilor de prelucrare prin strunjire cu avans transversal a materialelor S235, C45 și 42CrMo4;  
a – rezultate obținute pe direcția Z; b – rezultate obținute pe direcția Y

### 5.3. Analiza performanțelor utilizării sculelor așchietoare cu geometrie funcțională optimă din punct de vedere al vibrațiilor în cazul strunjirii longitudinale

#### 5.3.1. Analiza rezultatelor experimentale obținute folosind metoda analizei de transformare rapidă Fourier (F.F.T.)



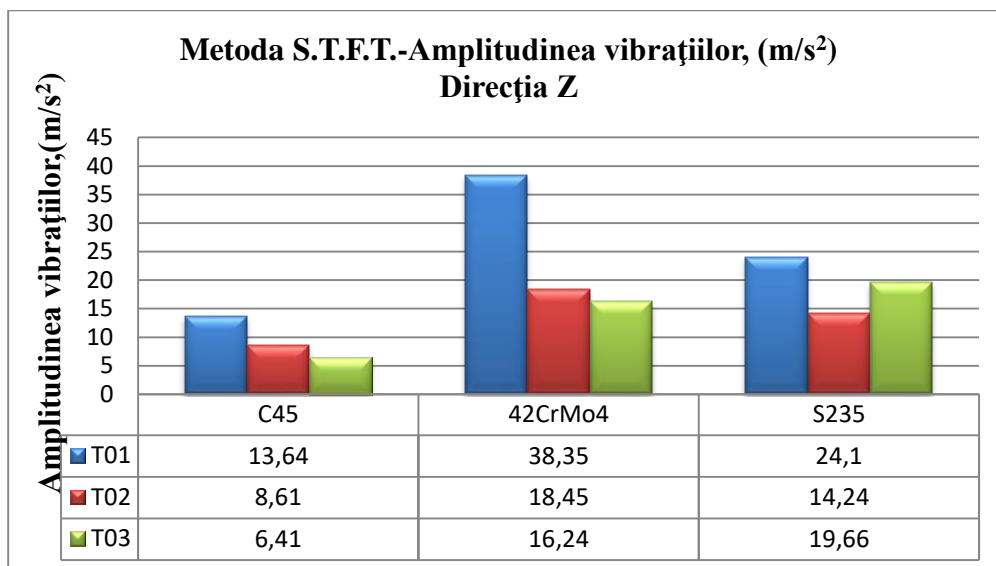
a.



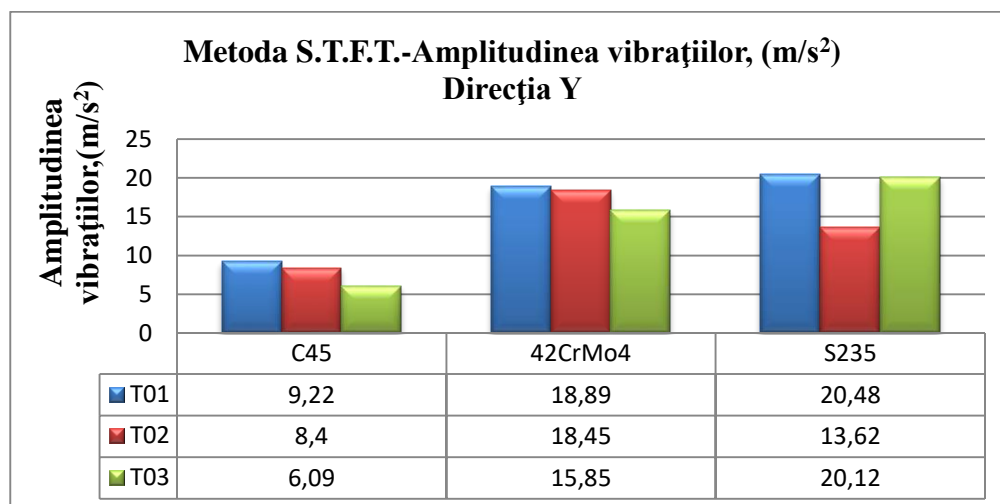
b.

**Figura 5.7.** Rezultatele obținute prin aplicarea metodei F.F.T. în urma cercetărilor de prelucrare prin strunjire longitudinală a materialelor S235, C45 și 42CrMo4;  
a – rezultate obținute pe direcția Z; b – rezultate obținute pe direcția Y

**5.3.2. Analiza rezultatelor experimentale obținute în cazul aplicării metodei de analiză a valorii de scurtă durată Fourier (Short Time Fourier-Transformation) S.T.F.T.**



a.

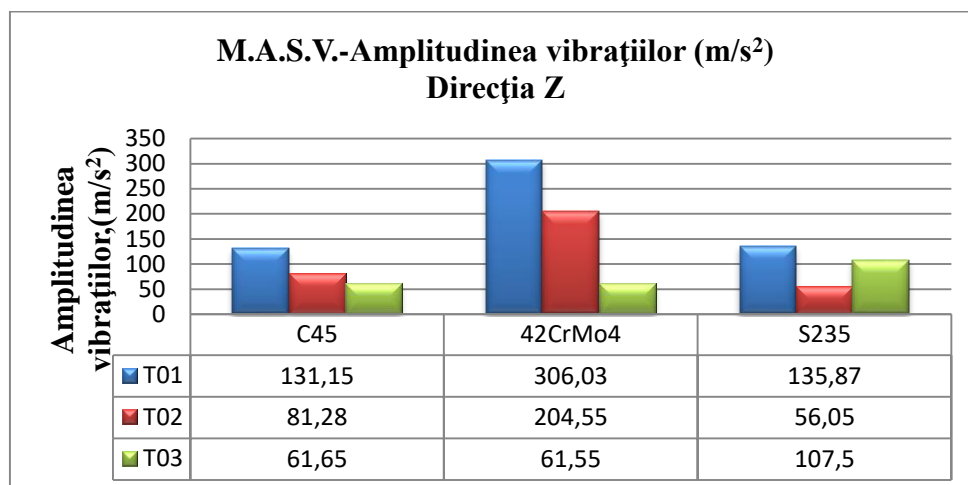


b.

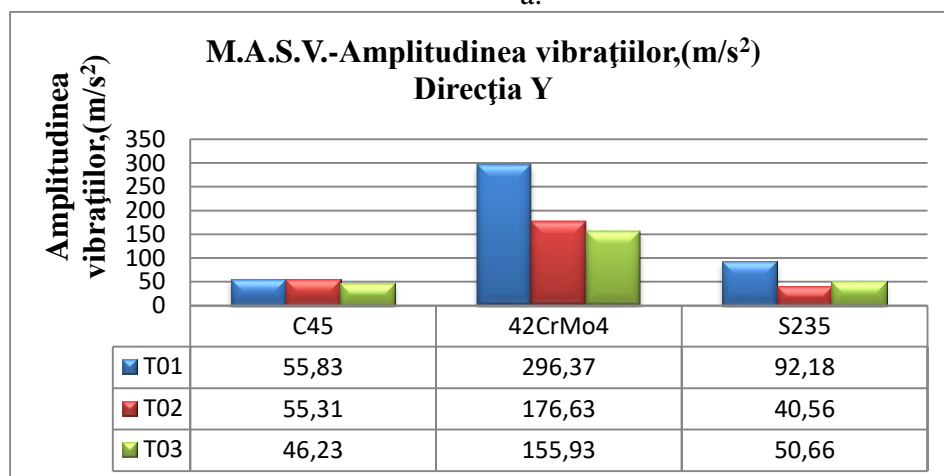
**Figura 5.8.** Rezultatele obținute prin aplicarea metodei de analiză S.T.F.T. în urma cercetărilor de prelucrare prin strunjire longitudinală a materialelor C45, 42CrMo4 respectiv S235; a – rezultate obținute pe direcția Z; b – rezultate obținute pe direcția Y



### 5.3.3. Analiza rezultatelor experimentale obținute în cazul aplicării metodei de analiză a semnalului vibrațiilor (M.A.S.V.)



a.



b.

**Figura 5.9.** Rezultatele obținute prin aplicarea metodei de analiză a semnalului, (m/s<sup>2</sup>).  
în urma cercetărilor de prelucrare prin strunjire longitudinală  
a materialelor C45, 42CrMo4 și S235;  
a – rezultate obținute pe direcția Z; b – rezultate obținute pe direcția Y

## 5.4.Concluzii

- Cercetările realizate au demonstrat faptul că fenomenele dinamice care însoțesc procesele de prelucrare prin așchiere sunt influențate de tipul sculei așchietoare utilizată.
- cercetările realizate au avut în vedere un control al autovibrațiilor prin realizarea și utilizarea unor scule așchietoare inteligente de tipul T02 ,respectiv T03, adică o variantă constructivă îmbunătățită în raport cu varianta constructivă clasică folosită pentru scula așchietoare T01.

Folosirea celor două 3 tipuri de scule a demonstrat următoarele:

- folosirea sculelor T02 respectiv T03 determină o reducere a amplitudinii

vibrațiilor în comparație cu situația în care s-a folosit scula T01. Acest lucru poate fi explicat prin faptul că în cazul folosirii sculelor T02, respectiv T03, frecările pe fața de așezare, respectiv fața de degajare a sculei scad foarte mult cu consecințe asupra amplitudinii vibrațiilor.

- din analiza rezultatelor obținute prin aplicarea metodei de analiză F.F.T., a metodei de analiză S.T.F.T. și a metodei de analiză a semnalului vibrațiilor (M.A.S.V.) au fost obținute, în principal, valori ale vibrațiilor în domeniul de frecvențe 10 - 1000 Hz datorită faptului că vibrațiile reprezentative pentru un astfel de sistem mecanic apar în acest domeniu, și au fost demonstrate următoarele:
- în cazul analizei utilizând metoda F.F.T. cele mai bune rezultate în toate cazurile de analiză privind amplitudinea vibrațiilor pe direcția Z au fost obținute de către sculele îmbunătățite T02 respectiv T03. Acest lucru poate fi explicat prin faptul că folosirea sculelor îmbunătățite T02, T03 determină menținerea unei geometrii optime a sculei așchietoare mai ales în ceea ce privește valoarea unghiului  $\alpha_{Fe}$ ;
- rezultatele obținute privind amplitudinea vibrațiilor pe direcția Y în cadrul metodei de analiză F.F.T. demonstrează faptul că folosirea sculelor așchietoare îmbunătățite T02 respectiv T03 au un efect mai mare asupra reducerii vibrațiilor pe direcția Y comparabil cu reducerea vibrațiilor pe direcția Z, iar acest lucru poate fi explicat prin faptul că folosirea sculelor așchietoare îmbunătățite T02, respectiv T03, determină reducerea frecării dintre materialul piesei și fața de degajare a sculei prin păstrarea unor valori optime pentru unghiul de așezare funcțional al sculei  $\alpha_{Fe}$ .
- analiza spectrogramelor (metoda de analiză S.T.F.T.) a fost realizată având în vedere domeniul de frecvențe 10 – 1000 Hz. De asemenea, din analiza spectrogramelor se poate observa foarte ușor și evoluția în timp a amplitudinii vibrațiilor, iar acest lucru oferă o imagine privind mărirea amplitudinii vibrațiilor în funcție de diametrul prelucrat. Astfel, din analiza spectrogramelor s-a observat faptul că cea mai mare amplitudine a vibrațiilor apare în cazul folosirii sculei așchietoare T01 pe direcția Z. Acest lucru poate fi explicat prin faptul că forțele de așchiere au cele mai mari valori pe direcția Z și astfel pe această direcție pot să apară cele mai mari forțe de frecare și implicit vibrații cu cea mai mare amplitudine.
- din analiza spectrogramelor se remarcă faptul că la finalul procesului de prelucrare amplitudinea vibrațiilor scade substanțial în raport cu începutul procesului de prelucrare atât pe direcția Z cât și pe direcția Y în cazul folosirii sculelor îmbunătățite T02-T03. Acest lucru poate fi explicat prin faptul că folosirea sculelor îmbunătățite T02 respectiv T03 permite amortizarea vibrațiilor ce apar în procesul de așchiere.
- rezultatele obținute în urma analizei accelerației vibrațiilor (metoda de analiză M.A.S.V.) înregistrate în timpul prelucrărilor confirmă faptul că geometria sculei așchietoare are o influență foarte mare asupra vibrațiilor ce apar în timpul procesului de prelucrare prin așchiere și demonstrează faptul că folosirea pentru prelucrare a unei scule așchietoare de tipul T02 respectiv T03, permite menținerea unei geometrii funcționale optime pe întreaga durată a procesului de prelucrare.
- valorile amplitudinii vibrațiilor obținute în urma aplicării celor trei metode de analiză, metoda F.F.T., metoda S.T.F.T. și metoda M.A.S.V. atât în cazul prelucrărilor prin strunjire cu avans transversal cât și prin strunjire cu avans longitudinal au fost prelucrate cu ajutorul software-ului STATISTICA, aplicând metoda de regresie multiplă. Astfel spus, rezultatele obținute în urma prelucrării valorilor vibrațiilor obținute de către fiecare sculă așchietoare în parte, T01, T02 respectiv T03, cu ajutorul metodei de analiză a regresiiilor

multiple, reiese faptul că în toate situațiile analizate valoarea lui “p” este mai mică decât 0.05, coeficientul de corelație multiplă “r” și coeficientul de determinare “r pătrat” ( $R^2$ ) sunt mai mari decât 0.9, pentru toate situațiile analizate, fapt ce confirmă că modelul se potrivește datelor observate, iar măsura proporției de variație a variabilei dependente, (amplitudinea vibrațiilor ( $m/s^2$ )), este validată de variabilele independente (adâncimea de așchiere, avansul și viteza de așchiere). Datorită faptului că valoarea lui “p” este mai mică decât 0.05, ne confirmă faptul că variația amplitudinii vibrațiilor nu este întâmplătoare, ci are o semnificație reală validă. Valorile prezentate în Tabelele precizate confirmă faptul că variabilele independente au pondere de influență diferită asupra variabilelor dependente (amplitudinea vibrațiilor), iar ordinea descrescătoare de influență diferă în funcție de materialul prelucrat, astfel influența acestora diferă în funcție de proprietățile mecanice ale materialului de prelucrat.

- în toate situațiile de prelucrare cu sculele T01, T02, respectiv T03, acești indicatori de regresie ne confirmă validarea datelor obținute, variabilele independente având ponderi diferite de influență pentru fiecare sculă în parte în ceea ce privește rezultatul obținut, însă datorită construcției sculelor așchietoare T02 și T03 s-a obținut o reducere a amplitudinii vibrațiilor, de asemenea valorile obținute fiind validate de rezultatele analizei de regresie multiplă.
- din analiza reprezentărilor grafice a rezultatelor experimentale obținute la prelucrarea prin strunjire cu avans transversal și longitudinal, reiese faptul că pentru toate materialele studiate atât pe direcția Z cât și pe direcția Y, amplitudinea vibrațiilor fluctuează cu valori mici de la un experiment la altul în situația utilizării sculelor așchietoare inteligente T02 respectiv T03, față de situația rezultatelor obținute de scula T01, unde distribuția valorilor este mult mai neuniformă, ceea ce înseamnă că sculele inteligente T02 respectiv T03 își autoreglează și păstrează geometria în timpul procesului de prelucrare.

Astfel, o geometrie necorespunzătoare a sculei așchietoare poate determina creșterea forțelor de frecare dintre fața de așezare a sculei și materialul piesei și implicit accelerația vibrațiilor.

Cercetările efectuate au demonstrat faptul că prezența unui element elastic în structura sculei așchietoare permite atât o amortizare a vibrațiilor cât și reglarea permanentă a poziției acesteia astfel încât să se evite o scădere excesivă a valorii unghiului  $\alpha_{Fe}$ , reușind să mențină geometria funcțională optimă.

- în urma interpretării rezultatelor obținute prin folosirea celor 3 metode de analiză prezentate rezultă că performanțele obținute de sculele îmbunătățite T02 și T03 sunt influențate de tipul de material prelucrat, pentru unele materiale fiind obținute rezultate mai bune de scula așchietoare inteligentă T02, iar pentru altele de către scula T03, ceea ce înseamnă că sculele inteligente T02 și T03 se comportă diferit în funcție de proprietățile mecanice ale materialelor de prelucrat, în funcție de prelucrabilitatea prin așchiere a materialului de gradul fenomenului de depunere pe taișul sculei așchietoare și de zgomotul produs în timpul desfășurării procesului de așchiere.
- de asemenea, rezultatele obținute în urma aplicării analizei de regresie multiplă scot în evidență faptul că variabilele independente  $a_p$ ,  $f$  respectiv  $V$ , au ponderi diferite de influență în ceea ce privește ordinea de influență, astfel în situația prelucrării oțelului S235 cea mai bună performanță în ceea ce privește amplitudinea vibrațiilor a fost realizată de scula așchietoare T02, iar ordinea descrescătoare de influență a variabilelor independente este următoarea: adâncimea de așchiere, viteza de așchiere respectiv avansul, în timp ce la prelucrarea oțelurilor C 45, respectiv 42CrMo4, ordinea de influență este următoarea:

adâncimea de aşchiere, avansul respectiv viteza de aşchiere, iar cele mai bune rezultate au fost obţinute de scula aşchietoare inteligentă T03.

- Acest lucru demonstrează faptul că proprietăţile materialelor de prelucrat influenţează performanţele obţinute de către sculele aşchietoare inteligente şi, de asemenea, ordinea de influenţă a variabilelor dependente,  $a_p$ ,  $f$  respectiv  $V$ .

## ANALIZA PERFORMANȚELOR UTILIZĂRII SCULELOR AȘCHIETOARE CU GEOMETRIE FUNCȚIONALĂ OPTIMĂ DIN PUNCT DE VEDERE AL CALITĂȚII SUPRAFETELOR PRELUCRATE PRIN AȘCHIERE

### 6.1. Generalități

În cadrul cercetărilor fost realizată o analiză a profilurilor de suprafață, astfel în cadrul prelucrărilor datelor experimentale obținute au fost trasate o serie de curbe pentru fiecare material în parte utilizat în cadrul cercetărilor astfel: profilul curbă; profilul filtrat; curba Abbott-Firestone.

De asemenea, rezultatele experimentate obținute au fost reprezentate grafic și au fost prelucrate statistic cu ajutorul softului STATISTICA prin metoda analizei de regresie multiplă.

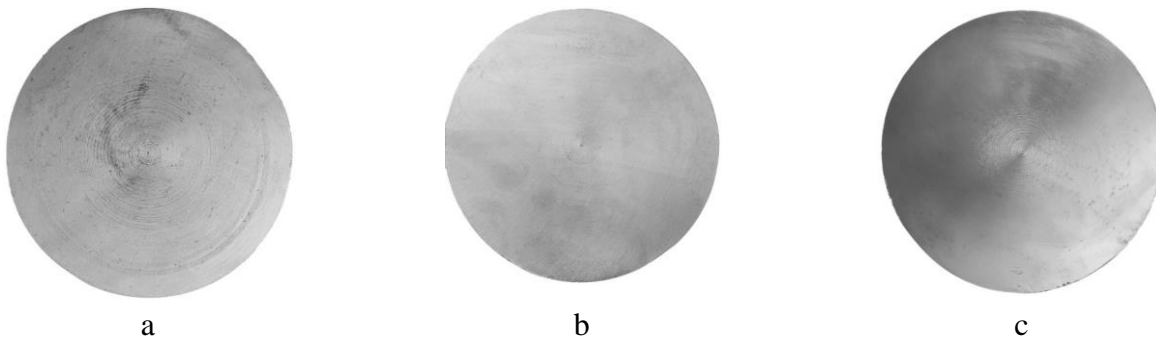
### 6.2. Rezultate obținute în urma cercetărilor de prelucrare prin strunjire cu avans transversal folosind scule așchietoare cu geometrie funcțională optimă

Pentru realizarea cercetărilor experimentale s-au folosit materialele și parametrii de așchiere conform Tabelului 2.2, realizându-se astfel, un număr de 8 experimente, conform metodei de cercetare factorială, descrisă în capitolul 2.

#### ✓ Material S235-EN 10025-2

Pentru a analiza rugozitatea suprafețelor prelucrate prin strunjire cu avans transversal, s-au realizat opt experimente conform planului de cercetare experimentală, detaliate în Tabelul 2.8.

Experimentele s-au desfășurat în aceleași condiții, folosind sculele de așchiere T01, T02 respectiv T03, prezentate în Figura 2.3. Rugozitatea suprafețelor prelucrate a fost măsurată pentru epruvetele din oțel S235-EN 10025-2- $\Phi$ 50 mm. Valorile rugozității obținute sunt prezentate în Tabelul 6.1, iar o imagine ilustrând forma rugozității pentru epruveta cu cele mai mari valori este prezentată în Figura 6.1.

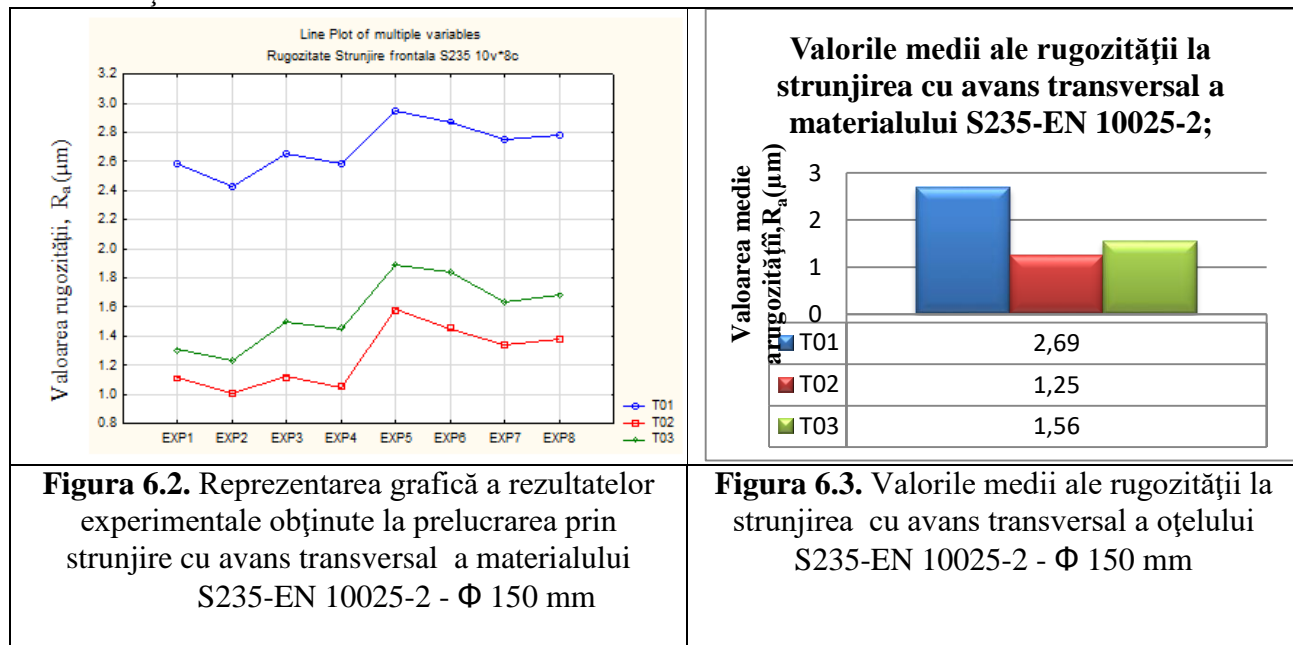


**Figura 6.1.** Imagini cu rugozitatea suprafețelor obținută prin prelucrare prin așchiere:  
a – în cazul prelucrării cu sculă așchietoare T01; b – în cazul prelucrării cu sculă așchietoare T02  
c – în cazul prelucrării cu sculă așchietoare T03

**Tabelul 6.1.** Valorile rugozității măsurate pentru cele 8 epruvete prelucrate, Ra( $\mu\text{m}$ )

Nr. Exp	Material: S235-EN 10025-2- $\Phi$ 150mm;								
	Parametrii regimului de așchiere;						Valorile rugozității măsurate, Ra( $\mu\text{m}$ );		
	Adâncimea de așchiere $a_p$ [mm];		Avansul [mm/rot];		Viteza medie de așchiere [m/min];		Scula așchietoare utilizată;		
	0.9	3.6	0.2	0.36	90	120	Scula T01	Scula T02	Scula T03
1	x		x		x		2.58	1.11	1.31
2	x		x			x	2.43	1.01	1.23
3	x			x	x		2.65	1.12	1.5
4	x			x		x	2.58	1.05	1.45
5		x		x		x	2.95	1.58	1.89
6		x		x	x		2.87	1.45	1.84
7		x	x			x	2.75	1.34	1.63
8		x	x		x		2.78	1.38	1.68
Valoarea medie rugozității, Ra( $\mu\text{m}$ );							2.69	1.25	1.56

Rezultatele experimentale obținute în urma realizării planului de cercetare sunt reprezentate grafic în Figura 6.2., iar în Figura 6.3 sunt reprezentate valorile medii ale rugozității obținute de cele trei scule așchietoare.



Valorile rugozității Ra ( $\mu\text{m}$ ), măsurate pe suprafețele prelucrate cu cele trei scule de așchiere T01, T02 respectiv T03, au fost prelucrate statistic folosind software-ul specializat STATISTICA,

prin metoda de regresie multiplă. Rezultatele analizei de regresie multiplă pentru fiecare sculă de aşchiere utilizată sunt prezentate în Tabelul 6.2.

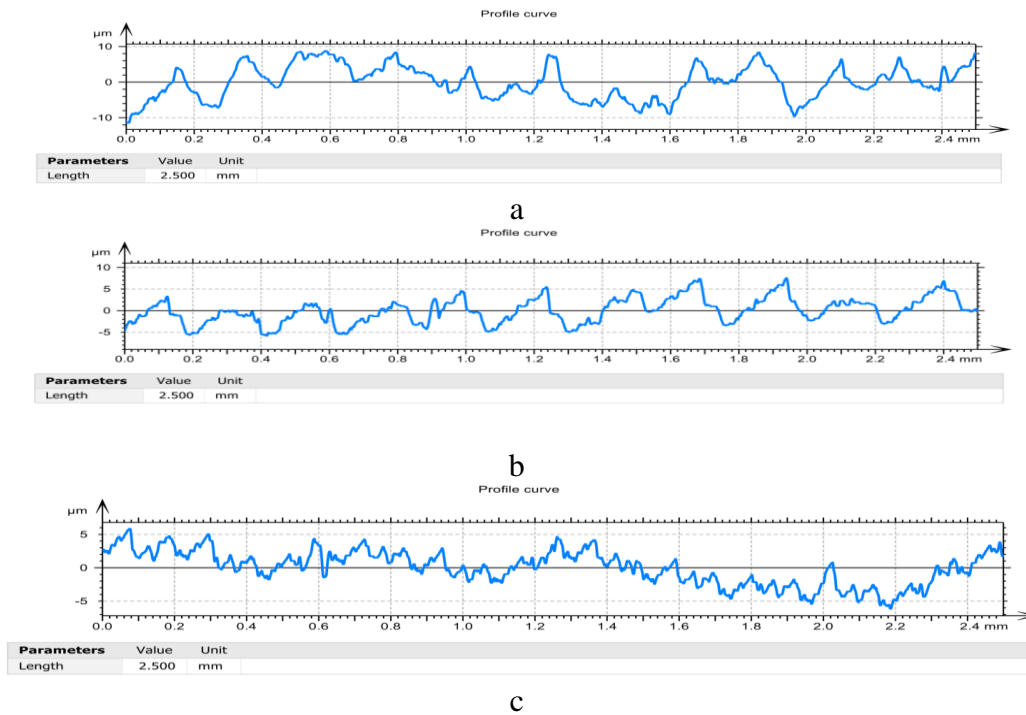
**Tabelul 6.2.** Parametrii obţinuţi în urma realizării analizei de regresie multiplă aplicată pentru valorile rugozităţii  $R_a(\mu\text{m})$ , obţinute la strunjirea cu avans transversal a materialului S235-EN 10025-2-  $\Phi$  150 mm

Scula utilizată	<b>Material: S235-EN 10025-2- <math>\Phi</math> 150 mm;</b>						
	Valorile parametrilor de regresie obţinute în urma realizării analizei de regresie multiplă						
	<b>R<sup>2</sup></b>	<b>F</b>	<b>df</b>	<b>p</b>	<b>a<sub>p</sub> b*</b>	<b>f b*</b>	<b>v b*</b>
T01	0.929	17.66	3.4	0.009	0.930	0.468	-0,07
T02	0.920	15.52	3.4	0.01	0.868	0.229	-0,13
T03	0.987	106.81	3.4	0.0002	0.874	0.399	-0,05

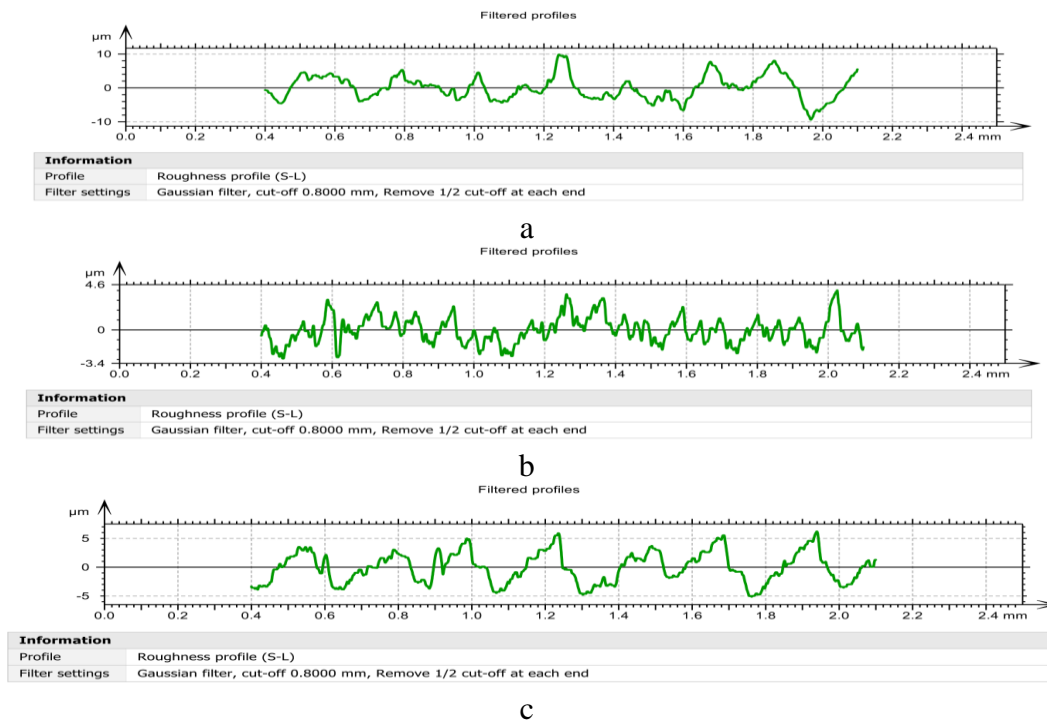
Valorile obţinute în urma analizei de regresie multiplă, cuantificate prin parametrii  $a_p b^*$ ,  $f b^*$  şi  $v b^*$ , reflectă influenţele diferite ale variabilelor independente (adâncimea de aşchiere -  $a_p$ , avansul -  $f$  şi viteza de aşchiere -  $V$ ) asupra variabilelor dependente, în acest caz rugozitatea suprafeţelor prelucrate,  $R_a(\mu\text{m})$ . Conform valorilor prezentate în Tabelul 6.2, influenţa variabilelor independente asupra rugozităţii suprafeţelor materialului S235-EN 10025-2-  $\Phi$  150 mm, este în ordinea descrescătoare astfel: adâncimea de aşchiere, avansul şi viteza de aşchiere.

Din Tabelele 6.1, respectiv 6.2, reiese faptul că scula aşchietoare inteligentă T02 a obţinut cele mai bune performanţe la prelucrarea acestui material. Acest lucru este confirmat şi de analiza vibraţiilor, unde tot scula T02 a avut cele mai bune rezultate, demonstrând legătura dintre nivelul vibraţiilor şi calitatea suprafeţei obţinute. În concluzie, sculele inteligente T02 ,respectiv T03, îmbunătăţesc rugozitatea suprafeţelor prelucrate prin strunjire, cu cele mai bune performanţe obţinute de scula T02 pentru materialul S235-EN 10025-2-  $\Phi$  150 mm. Totodată, în cadrul acestui capitol, a fost efectuată o analiză a profilurilor de suprafaţă, şi astfel în cadrul prelucrărilor datelor experimentale obţinute au fost trasate o serie de curbe pentru materialul S235-EN 10025-2-  $\Phi$  150 mm astfel:

- ✓ Profilul curbă, prezentat în Figura 6.4;
- ✓ Profilul filtrat, prezentat în Figura 6.5;
- ✓ Curba Abbott-Firestone, prezentată în Figura 6.6;

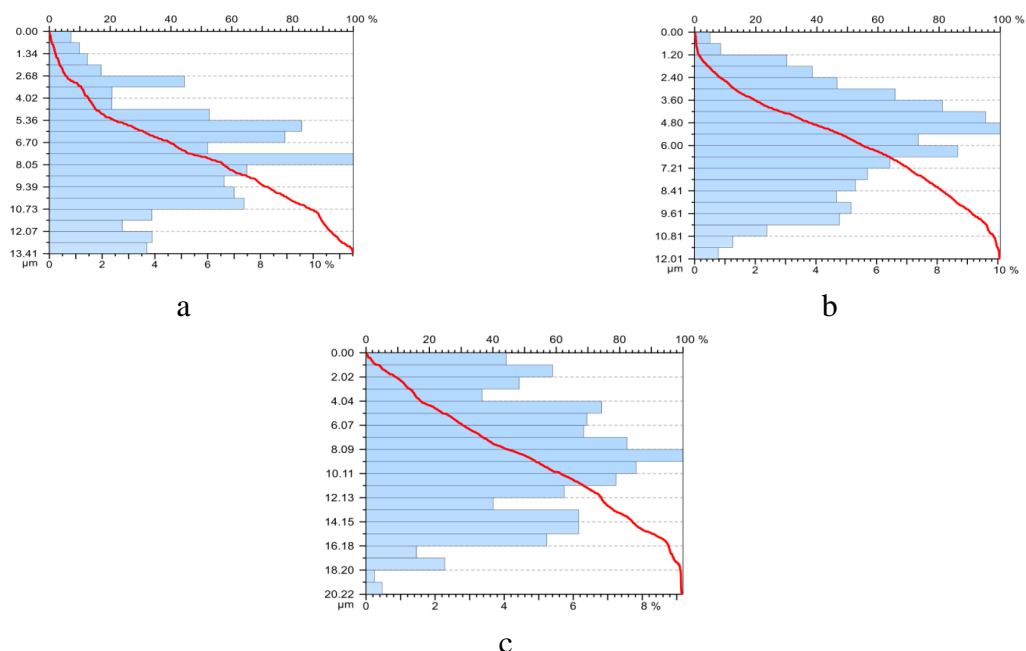


**Figure 6.4. Profilele curbă:**  
a – în cazul prelucrării cu sculă aşchietoare T01; b – în cazul prelucrării cu sculă aşchietoare T02;  
c – în cazul prelucrării cu sculă aşchietoare T03



**Figure 6.5. Profilele filtrate:**  
a – în cazul prelucrării cu sculă aşchietoare T01; b – în cazul prelucrării cu sculă aşchietoare T02;  
c – în cazul prelucrării cu sculă aşchietoare T03



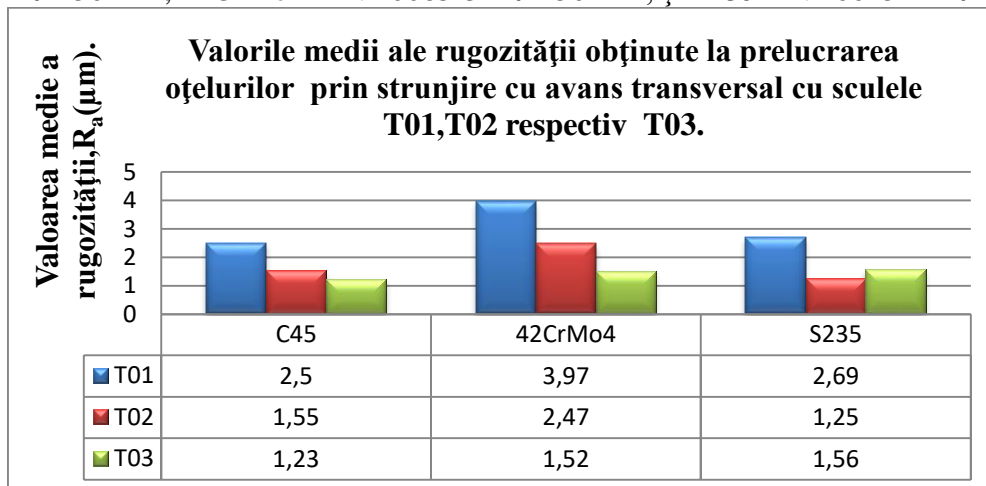


**Figura 6.6.** Curbele Abbott-Firestone:

a – în cazul prelucrării cu sculă aşchietoare T01; b – în cazul prelucrării cu sculă aşchietoare T02; c – în cazul prelucrării cu sculă aşchietoare T03

Metodologia și etapele de cercetare au fost aceleași și pentru prelucrarea materialelor C45 (1.0503): EN 10277-2-2008 -  $\Phi$  150 mm; respectiv 42CrMo4 -EN 10083-3 -  $\Phi$  150 mm

În figura 6.7 sunt reprezentate valorile medii ale rugozității obținute la prelucrarea prin strunjire cu avans transversal în urma realizării prelucrării materialelor C45 (1.0503): EN 10277-2-2008 -  $\Phi$  150 mm; 42CrMo4 -EN 10083-3 -  $\Phi$  150 mm; și S235-EN 10025-2 -  $\Phi$  150 mm;



**Figura 6.7.** Valorile medii ale rugozității obținute la prelucrarea prin strunjire cu avans transversal a materialelor C45 (1.0503): EN 10277-2-2008 -  $\Phi$  150 mm; 42CrMo4 -EN 10083-3 -  $\Phi$  150 mm și S235-EN 10025 -2 -  $\Phi$  150 mm

În această manieră tratează teza analiza performanțelor utilizării sculelor așchietoare cu geometrie funcțională optimă din punct de vedere al calității suprafețelor la operația de strunjire cu avans transversal respectiv longitudinal pentru toate cele trei materiale C45 (1.0503): EN 10277-2-2008 -  $\Phi$  150 mm; 42CrMo4 -EN 10083-3 -  $\Phi$  150 mm și S235-EN 10025 -2 -  $\Phi$  150 mm utilizate în cadrul cercetărilor.

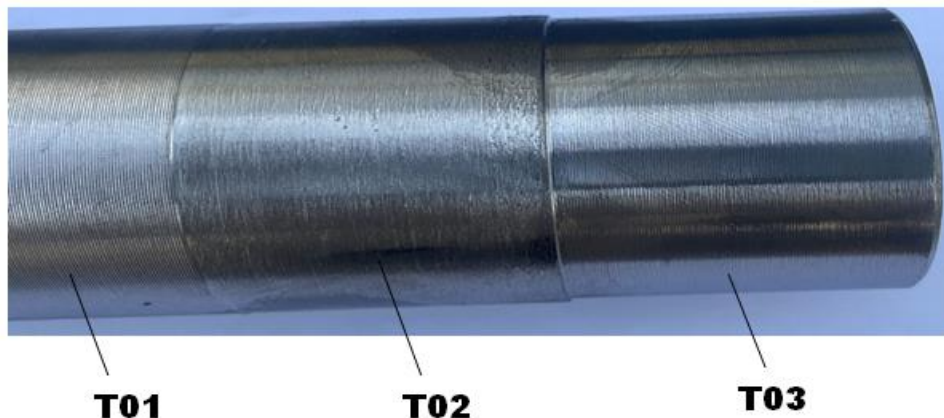
### **6.3. Analiza performanțelor utilizării sculelor așchietoare cu geometrie funcțională optimă din punct de vedere al calității suprafețelor la operația de strunjire cu avans longitudinal**

Pentru a se asigura adecvanța cercetărilor experimentale au fost prelucrate în conform principiului experiențelor factoriale 8 epruvete pentru fiecare sculă așchietoare utilizată, pentru pentru fiecare material utilizat în cercetare, pentru care s-a măsurat rugozitatea.

Rugozitatea suprafețelor obținute a fost măsurată pentru fiecare tip de sculă folosită la prelucrare (T01, T02, T03).

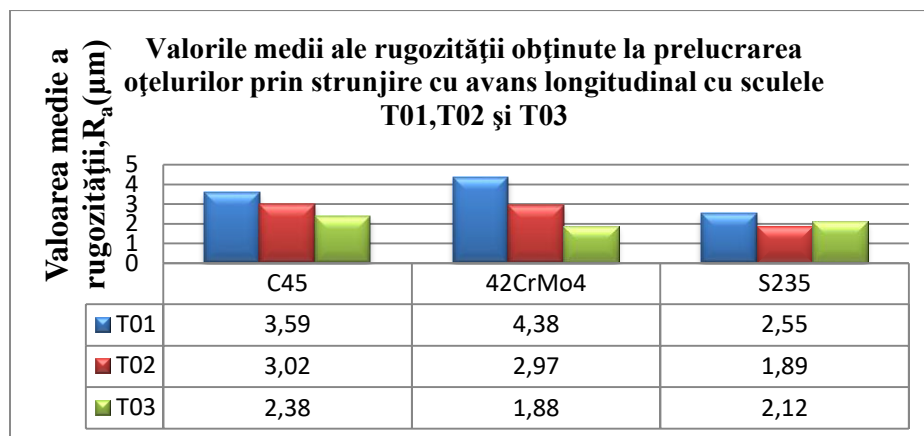
#### **✓ Material S235-EN 10025-2**

Pentru a analiza rugozitatea suprafețelor prelucrate prin strunjirea cu avans longitudinal, au fost efectuate opt experimente conform planului de cercetare experimentală. Experimentele au fost realizate pe rând, în aceleași condiții, folosind sculele de așchiere T01, T02 și T03, prezentate în Figura 2.1. Rugozitatea suprafețelor prelucrate a fost măsurată pentru epruvetele din oțel S235-EN 10025-2- $\Phi$ 50mm.



**Figura 6.8.** Imagine cu rugozitatea suprafețelor obținute în urma prelucrării prin strunjire cu avans longitudinal prin prelucrarea materialului S235-EN 10025-2-  $\Phi$  50mm

În Figura 6.9 sunt reprezentate valorile medii ale rugozității obținute la prelucrarea prin strunjire cu avans longitudinal în urma realizării prelucrării materialelor C45 (1.0503): EN 10277-2-2008-  $\Phi$  50mm; 42CrMo4 -EN 10083-3-  $\Phi$  50mm, și S235-EN 10025-2-  $\Phi$  50mm



**Figura 6.9.** Valorile medii ale rugozității obținute în urma operației de prelucrare prin strunjire cu avans longitudinal a materialelor C45 (1.0503): EN 10277-2-2008 -  $\Phi$  50 mm; 42CrMo4 -EN 10083-3 -  $\Phi$  50 mm și S235-EN 10025 -2 -  $\Phi$  50 mm

## 6.4. Concluzii

- cercetările realizate pe parcursul realizării prezentei teze de doctorat au demonstrat faptul că vibrațiile care însoțesc desfășurarea procesului de prelucrare prin așchiere influențează în mod substanțial calitatea suprafețelor prelucrate;
- cercetările au avut în vedere un control al autovibrațiilor prin realizarea de scule inteligente T02 respectiv T03 care presupun o variantă constructivă îmbunătățită în raport varianta constructivă clasică folosită pentru scula așchietoare T01;
- folosirea sculelor inteligente la operația de strunjire a demonstrat faptul că acestea au contribuit la îmbunătățirea calității suprafețelor pieselor față de prelucrarea cu scula așchietoare clasică T01;
- rezultatele obținute în urma măsurării și analizei rugozităților obținute sunt în strânsă corelație cu analiza vibrațiilor care a demonstrat faptul că folosirea sculelor inteligente T02 respectiv T03, au redus vibrațiile care apar în timpul prelucrării prin așchiere;
- în cazul prelucrării prin strunjire cu avans transversal, analiza calității suprafeței piesei a demonstrat că în cazul în care s-a folosit scula T01 rugozitatea suprafeței prelucrate este mai mare decât în cazul utilizării sculelor T02 și T03 și are o tendință de creștere accentuată odată cu apropierea de centrul piesei, lucru ce se corelează cu faptul că odată cu scăderea diametrului de prelucrat variază cel mai mult geometria sculei așchietoare;
- astfel, folosirea sculelor inteligente T02 respectiv T03, la strunjirea cu avans transversal permite obținerea unei rugozități aproximativ constante pe întreaga suprafață fără să existe diferențe mari de rugozitate între zona suprafețelor dispuse spre interiorul respectiv exteriorul piesei;
- rezultatele obținute în urma prelucrării valorilor obținute cu ajutorul metodei de analiză de regresie multiplă, demonstrează o semnificație reală validă a rezultatelor experimentale obținute;
- cercetările au demonstrat avantajele pe care le oferă folosirea sculelor inteligente T02 respectiv T03, din punct de vedere al controlului vibrațiilor și implicit asupra calității suprafețelor.



## **ANALIZA PERFORMANTELOR UTILIZĂRII SCULELOR AȘCHietoARE CU GEOMETRIE FUNCȚIONALĂ OPTIMĂ DIN PUNCT DE VEDERE AL FORȚELOR ȘI PUTERII CONSUMATE LA AȘCHIERE**

### **7.1. Generalități**

În special modificarea valorilor forțelor de așchiere este determinată de asigurarea unei geometrii optime a sculei așchietoare pe tot parcursul procesului de așchiere. Analiza valorilor forțelor de așchiere reprezintă o metodă foarte bună de evaluare a fenomenelor ce însoțesc procesul de așchiere. Astfel, valorile lor oferă informații asupra gradului de solicitare a muchiei așchietoare a sculei, dar și a forțelor de frecare ce însoțesc orice proces de prelucrare prin așchiere

### **7.2. Analiza performanțelor utilizării sculelor așchietoare cu geometrie funcțională optimă din punct de vedere al forțelor de așchiere în cazul strunjirii cu avans transversal**

Pentru realizarea cercetărilor experimentale s-au folosit materialele și parametrii de așchiere prezentați în Tabelul 2.1, realizându-se astfel un număr de 8 experimente conform metodei de cercetare factorială descrisă în capitolul 2.

#### **✓ Material S235-EN 10025-2**

În urma realizării experimentelor stabilite conform planului de cercetare experimentală pentru materialul S235-EN 10025-2, având un diametru de 150 mm, valorile celor trei componente ale forțelor de așchiere ( $F_c$ ,  $F_f$  și  $F_p$ ) obținute la prelucrarea cu cele trei variante de scule așchietoare sunt prezentate în Tabelul 7.1 pentru  $F_c$ , Tabelul 7.2 pentru  $F_f$  și Tabelul 7.3 pentru  $F_p$ . Astfel, valorile măsurate pentru componenta principală a forței de așchiere ( $F_c$ ) sunt detaliate în Tabelul 7.1, unde se observă diferențele în funcție de fiecare tip de sculă utilizată (T01, T02 respectiv T03). În Tabelul 7.2 sunt prezentate valorile componentei de avans a forței de așchiere ( $F_f$ ), care reflectă variațiile rezultate în urma prelucrării cu diferite valori ale avansului longitudinal. În final, Tabelul 7.3 prezintă valorile componentei forței de așchiere pe direcția transversală ( $F_p$ ), ilustrând influențele sculelor asupra acestei componente în procesul de prelucrare.

Analiza acestor valori ajută la înțelegerea comportamentului sculelor în timpul procesului de așchiere și la optimizarea parametrilor de prelucrare pentru a obține o rugozitate cât mai redusă și o stabilitate a procesului cât mai mare.

**Table 7.1.** Values of the component  $F_c$  for the 3 variants of cutting tools, daN

Nr. Exp.	Material: S235-EN 10025-2- $\Phi$ 150 mm;								
	Parametrii regimului de așchiere						Valoarea forței măsurate [daN].		
	Adâncimea de așchiere $a_p$ [mm]		Avansul [mm/rot]		Viteza medie de așchiere [m/min]		Valoarea componentei $F_c$		
	0.9	3.6	0.2	0.36	90	120	Scula așchietoare T01	Scula așchietoare T02	Scula așchietoare T03
-1	+1	-1	+1	-1	+1				
1	x		x		x		68.79	61.86	62.89
2	x		x			x	69.87	63.97	66.58
3	x			x	x		98.78	94.42	97.85
4	x			x		x	95.87	98.75	91.59
5		x		x		x	415.89	397.85	400.85
6		x		x	x		410.18	383.58	398.75
7		x	x			x	298.75	247.45	269.87
8		x	x		x		287.59	239.82	251.59
Valoarea medie a forței de așchiere							218.21	198.46	204.99

**Table 7.2.** Values of the component  $F_f$  for the 3 variants of cutting tools, daN

Nr. Exp.	Material: S235-EN 10025-2- $\Phi$ 150 mm;								
	Parametrii regimului de așchiere						Valoarea forței măsurate [daN].		
	Adâncimea de așchiere $a_p$ [mm]		Avansul [mm/rot]		Viteza medie de așchiere [m/min]		Valoarea componentei $F_f$		
	0.9	3.6	0.2	0.36	90	120	Scula așchietoare T01	Scula așchietoare T02	Scula așchietoare T03
-1	+1	-1	+1	-1	+1				
1	x		x		x		19.53	17.58	19.05
2	x		x			x	20.87	18.25	19.35
3	x			x	x		23.08	20.14	22.58
4	x			x		x	21.58	18.97	20.91
5		x		x		x	96.87	89.05	94.05
6		x		x	x		93.12	87.05	91.05
7		x	x			x	78.12	92.05	96.28
8		x	x		x		75.18	69.05	72.05
Valoarea medie a forței de așchiere							53.54	51.51	54.41

**Tabelul 7.3.** Valorile componentei  $F_p$  pentru cele 3 variante de scule aşchietoare, daN

Nr. Exp.	Material: S235-EN 10025-2- $\Phi$ 150 mm;								
	Parametrii regimului de aşchiere						Valoarea forţei măsurate [daN].		
	Adâncimea de aşchiere $a_p$ [mm]		Avansul [mm/rot]		Viteza medie de aşchiere [m/min]		Valoarea componentei $F_p$		
	0.9	3.6	0.2	0.36	90	120	Scula aşchietoare T01	Scula aşchietoare T02	Scula aşchietoare T03
	-1	+1	-1	+1	-1	+1			
1	x		x		x		14.28	10.87	11.25
2	x		x			x	15.28	11.53	12.25
3	x			x	x		16.59	14.45	16.58
4	x			x		x	16.35	13.25	14.58
5		x		x		x	67.81	60.15	62.58
6		x		x	x		65.89	58.64	61.89
7		x	x			x	49.87	43.48	45.87
8		x	x		x		47.41	40.25	41.69
Valoarea medie a forţei de aşchiere							36.68	31.57	33.33

Rezultatele valorilor forţelor  $F_c$ ,  $F_f$ ,  $F_p$ , (daN), obţinute în urma realizării prelucrării prin strunjire cu avans transversal a materialului S235-EN 10025-2-  $\Phi$  150 mm, cu ajutorul sculelor aşchietoare T01, T02 respectiv T03 au fost prelucrate statistic cu ajutorul softului specializat STATISTICA, prin metoda de regresie multiplă, iar rezultatele obţinute în urma analizei de regresie multiplă pentru fiecare sculă aşchietoare utilizată sunt prezentate în Tabelul 7.4.

**Tabelul 7.4.** Parametrii obţinuţi în urma realizării analizei de regresie multiplă aplicată pentru valorile forţelor  $F_c$ ,  $F_f$ ,  $F_p$ , (daN), obţinute la strunjirea cu avans transversal a materialului S235-EN 10025-2-  $\Phi$  150mm

Scula utilizată	Material: S235-EN 10025-2- $\Phi$ 150 mm;							
	Valorile parametrilor de regresie obţinute în urma realizării analizei de regresie multiplă,							
	Componenta forţei de aşchiere $F_c$ ,							
	$R^2$	F	df	p	$a_p b^*$	$f b^*$	$v b^*$	
	T01	0.973	48.81	3.4	0.0013	0.951	0.347	0.027
T02	0.952	26.60	3.4	0.0042	0.912	0.26	0.013	
T03	0.958	30.54	3.4	0.0032	0.927	0.313	0.016	
Componenta forţei de aşchiere $F_f$ ,								
T01	0.983	81.73	3.4	0.0004	0.982	0.155	0.093	
T02	0.976	55.44	3.4	0.001	0.979	0.068	0.025	
T03	0.975	53.57	3.4	0.001	0.980	0.079	0.092	
Componenta forţei de aşchiere $F_p$ ,								
T01	0.964	36.08	3.4	0.0023	0.955	0.268	0.029	
T02	0.964	35.80	3.4	0.0023	0.946	0.226	0.023	
T03	0.966	38.27	3.4	0.0021	0.949	0.251	0.027	

Conform datelor prezentate în Tabelul 7.4, obținute în urma prelucrării valorilor componentelor forței de așchiere ( $F_c$ ,  $F_f$ ,  $F_p$ ) prin metoda statistică de analiză a regresiei multiple, se observă că influența variabilelor independente (adâncimea de așchiere -  $a_p$ , avansul -  $f$  și viteza de așchiere -  $V$ ), cuantificabilă prin intermediul parametrilor de regresie  $a_p b^*$ ,  $f b^*$  și  $v b^*$ , variază în funcție de scula așchietoare utilizată: T01, T02 respectiv T03.

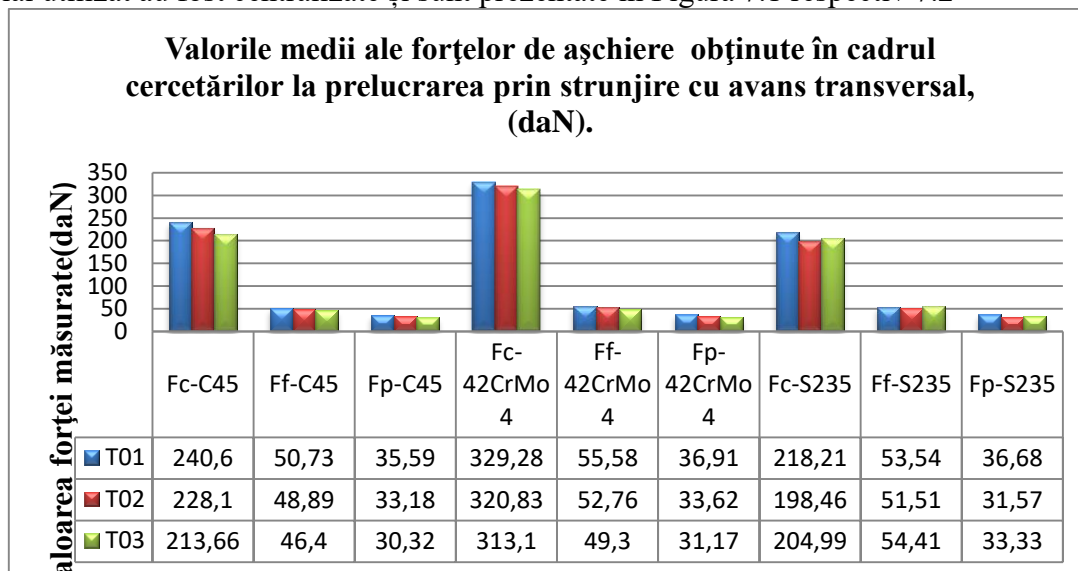
Pentru prelucrarea materialului S235-EN 10025-2 -  $\Phi$  150 mm, cele mai bune rezultate au fost obținute cu scula așchietoare T02. De asemenea, scula așchietoare inteligentă T03 a avut performanțe superioare față de scula așchietoare T01, dar inferioare sculei T02. Performanțele superioare ale sculelor așchietoare inteligente T02 respectiv T03, sunt validate de valorile prezentate în Tabelul 7.1 (pentru componenta  $F_c$ ), Tabelul 7.2 (pentru componenta  $F_f$ ) și Tabelul 7.3 (pentru componenta  $F_p$ ). Astfel, la prelucrarea materialului S235-EN 10025-2 -  $\Phi$  150 mm, scula așchietoare inteligentă T02 a obținut cele mai bune performanțe atât în ceea ce privește reducerea forțelor de prelucrare, cât și în ceea ce privește rugozitatea suprafețelor prelucrate și amplitudinea vibrațiilor.

Aceste rezultate demonstrează că există o legătură semnificativă între nivelul vibrațiilor, rugozitatea suprafețelor prelucrate și forțele de așchiere. Utilizarea sculelor inteligente, în special T02, nu doar că reduce forțele de așchiere, dar și îmbunătățește calitatea suprafețelor prelucrate, ceea ce indică o optimizare a procesului de prelucrare prin reducerea vibrațiilor și asigurarea unor parametri de așchiere optimi.

Metodologia de cercetare a fost continuată și pentru materialele C45 (1.0503): EN 10277-2-2008 -  $\Phi$ 150 mm; respectiv 42CrMo4-EN 10083-3-  $\Phi$ 150 mm

De asemenea au fost determinate valorile componentelor forțelor de așchiere și în cadrul cercetărilor de prelucrare cu avans longitudinal pentru toate materialele supuse studiului.

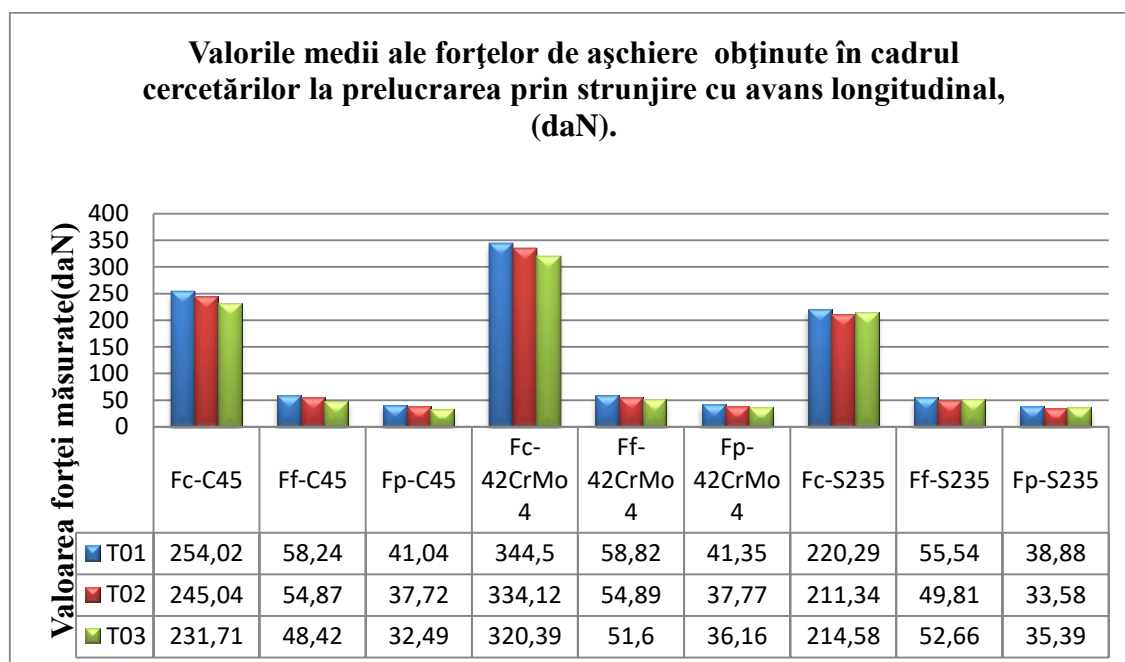
Valorile medii ale forțelor măsurate ( $F_c$ ,  $F_f$ ,  $F_p$ ) pentru fiecare tip de sculă așchietoare și material utilizat au fost centralizate și sunt prezentate în Figura 7.1 respectiv 7.2



**Figura 7.1.** Valorile medii ale componentelor forțelor de așchiere obținute în urma realizării cercetărilor la prelucrarea prin strunjire cu avans transversal a materialelor C45 (1.0503): EN 10277-2-2008 -  $\Phi$ 150 mm; 42CrMo4-EN 10083-3-  $\Phi$ 150 mm și S235-EN 10025-2-  $\Phi$ 150 mm

### 7.3. Analiza performanțelor utilizării sculelor așchietoare cu geometrie funcțională optimă din punct de vedere al forțelor de așchiere în cazul strunjirii cu avans longitudinal

Valorile medii ale forțelor măsurate ( $F_c$ ,  $F_f$ ,  $F_p$ ) pentru fiecare tip de sculă așchietoare și material utilizat au fost centralizate și sunt prezentate în Figura 7.2, oferind o imagine de ansamblu clară asupra eficienței fiecărei scule în diverse condiții de prelucrare.



**Figura 7.2.** Valorile medii ale componentelor forțelor de așchiere obținute în urma realizării cercetărilor la prelucrarea prin strunjire cu avans longitudinal a materialelor C45 (1.0503): EN 10277-2-2008 -  $\Phi 50$  mm; 42CrMo4-EN 10083-3-  $\Phi 50$  mm și S235-EN 10025-2-  $\Phi 50$  mm

### 7.4. Concluzii

- cercetările realizate au urmărit proiectarea unui sistem de prelucrare prin așchiere a materialelor care să permită reducerea consumului de energie în condițiile scăderii valorilor vibrațiilor și creșterii calității suprafețelor prelucrate;
- astfel, a fost demonstrat faptul că există posibilitatea reducerii consumurilor de energie și transformarea procesului de prelucrare într-un ecoproces; de asemenea, etapele parcurse în cercetare au permis stabilirea condițiilor optime pentru care se poate obține cel mai mic consum de energie și cea mai mică rugozitate a suprafețelor prelucrate.

Ecodesignul procesului de prelucrare prin așchiere a materialelor demonstrează următoarele:

- în cazul folosirii variantelor de scule așchietoare inteligente T02-T03 se poate realiza o geometrie optimă a sculei datorită faptului plăcuța își poate autoregla poziția și astfel s-a obținut o reducere considerabilă a forțelor de așchiere, iar această reducere este foarte utilă mai ales în cazul componenteii principale a forței de așchiere  $F_c$ ;



- reducerea maximă a forțelor de așchiere a fost de aproximativ 20%, iar această reducere permite și o scădere a puterii la așchiere și implicit a cantității de energie consumate;
- prin îmbunătățirea constructivă adusă sculei așchietoare se obține și o reducere a mărimii forțelor de frecare și implicit a cantității de căldură ce apare la așchiere;
- efectul modificărilor constructive aduse sculei așchietoare determină și o reducere a intensității fenomenului de aderență a materialului de prelucrat pe tăișul sculei;
- prin reducerea aderenței materialului prelucrat pe tăișul sculei s-a obținut și o îmbunătățire a rugozității suprafeței piesei fiind realizată astfel o corelație între consumul de energie și rugozitatea suprafețelor;
- există posibilitatea alegerii parametrilor de proiectare care să permită transformarea procesului de prelucrare într-un ecoproces;
- cercetările experimentale au demonstrat că sculele inteligente create s-au comportat diferit, în funcție de materialul prelucrat, astfel pentru anumite materiale (C45 respectiv 42CrMo4) s-au obținut rezultate mai bune pentru scula așchietoare inteligentă T03, fapt ce se corelează și cu rezultatele obținute în faza măsurării vibrațiilor și măsurării rugozității;
- acest lucru se explică prin faptul că pentru materialele cu proprietăți mecanice ridicate cele mai bune performanțe le-au obținut sculele inteligente de tipul T03 cu 2 elemente elastice montate în pachet, față de situația când pentru materialele cu proprietăți mecanice mai reduse s-a comportat mai bine scula așchietoare inteligentă T02, având în componență un singur element elastic;
- rezultatele obținute în urma analizei de regresie scot în evidență faptul că ordinea de influență a variabilelor independente  $a_p$ ,  $f$ , respectiv  $V$ , diferă în funcție de proprietățile mecanice ale materialului de prelucrat, aceasta pastrându-se și în cadrul analizei amplitudinii vibrațiilor și rugozității suprafețelor prelucrate, pentru prelucrarea materialelor C45 respectiv 42CrMo4 ordinea de influență este următoarea : adâncimea de așchiere, avansul și viteza de așchiere în timp ce la prelucrarea materialului S235 viteza de așchiere are pondere mai mare decât avansul, adâncimea de așchiere fiind cea care are cea mai mare pondere de influență pentru toate materialele prelucrate;
- cercetările prezentate au demonstrat importanța utilizării sculelor așchietoare inteligente pentru procesul de prelucrare prin așchiere;
- cercetările viitoare vor avea drept scop analiza posibilităților de aplicare a rezultatelor obținute și pentru alte tipuri de scule, respectiv procedee de prelucrare.



## CONCLUZII, CONTRIBUȚII ORIGINALE ȘI DIRECȚII DE CERCETARE VIITOARE

### 8.1. Concluzii generale ale tezei de doctorat

În urma analizelor și interpretărilor rezultatelor obținute în cadrul cercetărilor teoretice și experimentale realizate, se extrag următoarele concluzii:

- variația geometriei funcționale creează efecte negative asupra rezultatelor proceselor de prelucrare prin așchiere;
- variația geometriei funcționale conduce la scăderea valorilor parametrilor geometrici în afara valorilor optime admise ceea ce duce la creșterea nivelului amplitudinii vibrațiilor, creșterea rugozității suprafețelor prelucrate respective la creșterea forțelor de așchiere, influențând și creșterea consumului de energie necesar realizării procesului de așchiere;
- sculele așchietoare inteligente au efecte pozitive în comparație cu scula așchietoare clasică în ceea ce privește amplitudinea vibrațiilor, rugozitatea suprafețelor prelucrate și forțele de așchiere;
- traiectoriile parcurse de vârful sculelor în vederea generării suprafețelor prezintă o abatere considerabil mai mare de la traiectoria teoretică în cazul utilizării sculei așchietoare clasice față de situația în care se utilizează scula așchietoare inteligentă atât în cazul strunjirii transversal cât și în cazul strunjirii cu avans longitudinal, cu mențiunea că abaterea de la profilul teoretic este mai mare în situația strunjirii cu avans transversal și crește foarte mult odată cu scăderea diametrului de prelucrat;
- în ceea ce privește amplitudinea vibrațiilor, indiferent de metoda de analiză utilizată (metoda F.F.T., metoda S.T.F.T. și metoda M.A.S.V.), sculele așchietoare inteligente au obținut reducerea amplitudinii vibrațiilor în comparație cu scula așchietoare clasică;
- sculele așchietoare inteligente T02, respectiv T03, au obținut performanțe diferite, aceste performanțe fiind influențate de tipul de material prelucrat. Astfel că scula așchietoare inteligentă T03 a obținut performanțe superioare la prelucrarea oțelurilor cu proprietăți mecanice ridicate (C45 respectiv 42CrMo4), iar scula așchietoare inteligentă T02 a obținut performanțe superioare la prelucrarea oțelului S235, ale cărui caracteristici mecanice sunt inferioare celorlalte categorii de materiale utilizate;
- valorile obținute pentru amplitudinea vibrațiilor au fost prelucrate statistic prin metoda regresiei multiple, rezultatele obținute demonstrează validitatea valorilor amplitudinii pentru fiecare sculă așchietoare utilizată, însă cele mai bune rezultate obținute în urma prelucrării prin regresie multiplă cuantificate prin intermediul parametrilor de regresie  $a_p^*$ ,  $fb^*$  și  $vb^*$  confirmă faptul că scula așchietoare inteligentă T02 obține cele mai bune performanțe la prelucrarea materialului S235 atât în ceea ce privește strunjirea cu avans transversal cât și în ceea ce privește strunjirea cu avans longitudinal, iar scula așchietoare inteligentă a obținut cele mai bune performanțe la prelucrarea materialelor 42CrMo4 și C45 pentru strunjirea cu avans transversal cât și pentru strunjirea cu avans longitudinal;

- ordinea descrescătoare de influență a variabilelor independente,  $a_p$ ,  $f$  și  $V$  asupra amplitudinii vibrațiilor a fost următoarea :  $a_p$ ,  $v$  și  $f$  în ceea ce privește materialul S235, respectiv  $a_p$ ,  $f$  și  $V$  în ceea ce privește prelucrarea materialelor C45, respectiv 42CrMo4;
- în ceea ce privește rugozitatea, performanțele sculelor aşchietoare inteligente sunt mai bune în comparație cu scula aşchietoare clasică T01 în toate situațiile prelucrate, dar la prelucrarea materialului S235 cea mai bună performanță a fost obținută tot de către scula aşchietoare inteligentă T02, în timp ce scula aşchietoare inteligentă T03 a obținut performanțe remarcabile la prelucrarea oțelurilor C45 respectiv 42CrMo4, lucru ce se află în strânsă corelație cu rezultatele obținute la analiza vibrațiilor;
- asemenea analizei vibrațiilor, sculelele aşchietoare inteligente au obținut performanțe diferite în funcție de materialul prelucrat, ceea ce confirmă ca există o legătură între caracteristicile materialului de prelucrat, vibrații și rugozitate;
- analiza de regresie multiplă a validat valorile obținute pentru rugozitate și a stabilit ordinea de influență a valorilor independente,  $a_p$ ,  $f$  și  $V$  asupra rugozității, ordinea fiind diferită în funcție de materialul prelucrat, influența respectând aceeași ordine ca la analiza vibrațiilor pentru prelucrarea celor trei materiale S235, C45 respectiv 42CrMo4, ceea ce demonstrează existența unei legături directe între amplitudinea vibrațiilor și rugozitate;
- în ceea ce privește valorile forțelor de aşchiere, rezultatele obținute demonstrează faptul că sculele aşchietoare inteligente au reușit o reducere a forțelor de aşchiere în comparație cu scula aşchietoare clasică T01, valori ce sunt validate de rezultatele de regresie multiplă; asemenea situațiilor analizei vibrațiilor și analizei rugozității și în cazul analizei forțelor scula aşchietoare T02 a obținut cele mai bune rezultate la prelucrarea materialului S235, iar scula aşchietoare inteligentă T03 la prelucrarea materialului C45, respectiv 42CrMo4; ordinea influenței variabilelor independente,  $a_p$ ,  $f$  și  $V$  fiind dată de valorile parametrilor de regresie  $a_p b^*$ ,  $f b^*$  și  $v b^*$  și este următoarea: pentru materialul S235,ordinea descrescătoare a acestora este  $a_p$ ,  $V$  și  $f$ , iar în ceea ce privește prelucrarea materialelor C45, respectiv 42CrMo4, ordinea este  $a_p$ ,  $f$  și  $V$ ;
- interpretarea rezultatelor experimentale obținute și prelucrate cu ajutorul analizei de regresie multiplă pentru analiza amplitudinii vibrațiilor, rugozității și forțelor de aşchiere scot în evidență legătura care există între aceste trei variabile dependente, deoarece pentru fiecare variabilă în parte sculele aşchietoare au obținut cele mai bune valori, astfel că scula T02 a obținut cele mai bune valori la prelucrarea materialului S235, iar scula T03 la prelucrarea materialelor C45, respectiv 42CrMo4; ordinea descrescătoare a variabilelor independente,  $a_p$ ,  $f$  și  $V$  s-a păstrat constantă pentru prelucrarea celor trei materiale, în ceea ce privește amplitudinea vibrațiilor și forța de aşchiere;
- atât pentru strunjirea cu avans transversal ,cât și pentru strunjirea cu avans longitudinal ,ordinea de influență este dată de proprietățile materialului de prelucrat, iar performanțele sculelor aşchietoare inteligente este influențată de caracteristicile materialului de prelucrat;astfel pentru fiecare variabilă dependentă (amplitudinea vibrațiilor, rugozitate respectiv forță de aşchiere) ordinea descrescătoare de influență a variabilelor independente este  $a_p$ ,  $V$  și  $f$  la prelucrarea materialului S235, unde cea mai bună performanță a fost realizată de către scula T02, respectiv la prelucarea materialelor C45, respectiv 42CrMo4, ordinea descrescatoare de influență asupra amplitudinii vibrațiilor și forțelor de aşchiere este următoarea:  $a_p$ ,  $f$  și  $V$  pentru strunjirea cu avans transversal, respectiv cu avans longirudinal.

Toate aceste rezultate demontrează legătura dintre amplitudinea vibrațiilor, rugozitate respectiv forțe de aşchiere și deasemenea demonstrează performanțele sculelor aşchietoare inteligente în ceea ce privește nivelul amplitudinii vibrațiilor, rugozitatea  $R_a$  a suprafețelor prelucrate respectiv valorile forțelor de aşchiere în comparație cu scula aşchietoare clasică.

## **8.2. Contribuții în domeniul cercetărilor teoretice și experimentale realizate în cadrul cercetării**

Scopul efectuării cercetărilor efectuate în vederea realizării prezentei teze de doctorat a fost acela de a atinge obiectivele propuse, atât la nivel teoretic, cât și la nivel practic. Astfel, plecând de la premisa că procedeele de prelucrare prin aşchiere ocupă un loc fruntaș în industria prelucrătoare prin aşchiere, și mai ales că procedeul de prelucrare prin strunjire este cel mai utilizat procedeu de prelucrare prin aşchiere, am considerat necesară realizarea acestei cercetări bazată pe analize teoretice și experimentale, în ceea ce privește evoluția geometriei sculelor aşchietoare în timpul desfășurării procesului de prelucrare prin strunjire cu avans longitudinal și transversal, în vederea identificării influenței acestora asupra fenomenelor dinamice (vibrații) ce însoțesc procesul de prelucrare prin strunjire, dar și analiza influenței asupra rugozității suprafețelor prelucrate și forțelor ce apar la realizarea procesului tehnologic de prelucrare prin strunjire.

În acest sens, obiectivul principal al cercetării a fost reprezentat de găsirea unor soluții tehnice care să permită reducerea fenomenelor dinamice (vibrații), îmbunătățirea calității suprafețelor prelucrate și reducerea forțelor de aşchiere în contextul unei producții sustenabile respectând cei trei piloni: mediu, social și economic.

De asemenea, în cadrul cercetărilor experimentale au fost utilizate semifabricate din oțel, deoarece acest material este cel mai utilizat în industria constructoare de mașini. Astfel, am luat decizia de a utiliza materiale din oțel cu proprietăți mecanice și tehnologice diferite, aceste categorii de materiale fiind extrem de utilizate în industria constructoare de mașini.

Pentru realizarea obiectivelor propuse au fost întreprinse activități teoretice și experimentale, în cadrul acestora existând contribuții proprii teoretice respectiv experimentale.

### **Contribuții teoretice proprii :**

✓ analiza literaturii de specialitate de la nivel mondial în ceea ce privește fenomenul vibrațiilor ce apar în cadrul proceselor de prelucrare prin aşchiere; această analiză, realizându-se din punct de vedere al factorilor care influențează nivelul acestora, al efectelor acestora asupra rezultatelor proceselor de prelucrare prin aşchiere și mai ales analiza literaturii de specialitate în ceea ce privește metodele și soluțiile tehnice aplicate sculelor aşchietoare în vederea eliminării/atenuării fenomenelor dinamice (vibrații) cu care se confruntă procesele de prelucrare prin aşchiere deoarece se cunoaște faptul că vibrațiile reprezintă fenomene inevitabile în cadrul desfășurării proceselor de prelucrare prin aşchiere cu efecte negative asupra rezultatelor proceselor de prelucrare.

În urma realizării analizei teoretice a literaturii de specialitate a rezultat Capitolul 1, intitulat „Stadiul actual al analizei vibrațiilor în procesele de prelucrare prin aşchiere”, conform căruia cercetătorii s-au axat pe identificarea de soluții tehnice aplicate sistemului de prindere a sculei aşchietoare și de soluții tehnice constructive aplicate corpului sculei aşchietoare în vederea reducerii/eliminării vibrațiilor care apar în timpul desfășurării procesului de prelucrare prin aşchiere. Aceștia nu au studiat soluții de reducere a acestor fenomene prin mentinerea optimă

constantă a geometriei sculei aşchietoare. Astfel , realizarea de soluții tehnice prin montarea de elemente flexibile sub plăcuța aşchietoare care să mențină geometria funcțională optimă, nu numai că nu introduce vibrații, dar astfel de soluții reușesc sa reducă nivelul vibrațiilor, produse în mod inevitabil de desfășurarea procesului de prelucrare prin aşchiere.

Este de menționat faptul că geometria proiectată a sculelor aşchietoare se referă la geometria constructivă, dar în timpul prelucrărilor prin aşchiere geometria constructivă devine una funcțională. Astfel, geometria funcțională a sculelor este cea care influențează foarte mult procesul de prelucrare a pieselor și implicit calitatea pieselor obținute. La ora actuală se acordă o atenție deosebită geometriei constructive a sculei aşchietoare, fără să se țină seama de faptul că geometria funcțională a sculei depinde și de următoarii parametrui: viteza de aşchiere, viteza de avans și dimensiunile piesei prelucrate.

✓ astfel tot la nivel teoretic a mai avut loc analiza variației geometriei funcționale a sculei aşchietoare la strunjirea cu avans transversal și longitudinal prin identificarea factorilor de influență care determină această variație. De asemenea, tot în cadrul cercetărilor teoretice a avut loc o analiză a influenței acestei variații asupra rugozității suprafețelor prelucrate dar și asupra forțelor de aşchiere. Analizele efectuate la nivel teoretic demonstrează că există o legătură între variația geometriei funcționale a sculei aşchietoare, calitatea suprafețelor prelucrate reprezentată prin rugozitatea  $R_a(\mu\text{m})$  și forțele care apar în timpul prelucrării prin aşchiere.

✓ de asemenea ,a fost realizată modelarea matematică cu a ajutorul spațiilor Hilbert a traiectoriilor realizate de vârful sculei aşchietoare pentru sculele clasice și pentru variant de sculă aşchietoare inteligente ( categoria de scule care mențin geometria constantă).

Pentru atingerea obiectivelor propuse, în cadrul cercetărilor au fost realizate și cercetări la nivel aplicativ.

### **Contribuții experimentale proprii :**

✓ au fost create sculele aşchietoare inteligente T02, respectiv T03, prezentate în Figura 2.3 prin adăugarea de elemente elastice sub plăcuța aşchietoare, al căror scop este acela de a menține o geometrie funcțională optimă în vederea diminuării efectelor negative pe care aceasta le produce asupra rezultatelor procesului de prelucrare prin aşchiere.

În acest sens, au fost utilizate în cadrul cercetărilor aplicative sculele aşchietoare prezentate în Figura 2.3, cu ajutorul cărora s-au realizat câte 8 experimente cu fiecare sculă aşchietoare în parte pentru fiecare material prelucrat, conform planului de cercetare experimentală stabilit pe baza principiului experiențelor factoriale descrise în Capitolul 2-“Materiale, scule și metode folosite în cadrul cercetărilor experimentale”.

✓ a fost realizată analiza sculei aşchietoare din punct de vedere al unui sistem dinamic cu ajutorul modelării matematice, iar cu ajutorul programului Matlab au fost obținute traiectoriile reale ale vârfului sculei aşchietoare, necesare pentru generarea suprafețelor obținute prin strunjire cu avans transversal și longitudinal.

✓ în cadrul desfășurării prelucrarilor prin strunjire prevăzute în planul de cercetare experimentală au fost măsurate vibrațiile care apar în procesul de prelucrare pentru toate cele trei scule aşchietoare utilizate la prelucrarea celor trei materiale supuse studiului pe două direcții principale Z respectiv Y, conform figurii 2.6.

Astfel, pentru realizarea măsurării vibrațiilor au fost utilizate două accelerometre de tip Monitran MTN/1100C cu sensibilitate standard de 100mV/g și o frecvență de raspuns de la 2Hz la 20KHz. Acestea au fost conectate la sistemul special creat pentru achiziția datelor prelevate și prelucrate în cadrul cercetărilor (placa de achiziție NI USB-9233). Dispozitivul de achiziție de date

NI USB-9233 oferă o interfață USB pentru patru canale de intrări analogice pe 24 de biți cu condiționare a semnalului integrată. Acest sistem de achiziție a datelor NI USB-9233 acceptă conectarea senzorilor de tip IEPE (Integrated Electronics Piezo-Electric). Dispozitivul de achiziție de date NI USB-9233 folosește o combinație de filtrare digitală și analogică pentru obținerea unui semnal cât mai precis și fără zgomot. Filtrarea se bazează pe intervalul de frecvență sau lățimea de bandă a semnalului.

Pentru achiziția semnalului de pe cele două accelerometre am utilizat un instrument virtual, special realizat, în programul LabView. Instrumentul de achiziție, prezentat în Figura 2.7 conține pentru ambele canale utilizate module de achiziție de semnal, plotare și salvare a semnalului în format ASCII.

✓ totodată, au fost realizate diagramele de vibrații prezentate în Capitolul 5, obținute cu ajutorul programului Matlab în urma prelucrării semnalelor achiziționate utilizând metoda de transformare rapidă de tip Fourier (Fast Fourier Transform) – F.F.T., a Spectrogramelor utilizând metoda de analiză a transformării de scurtă durată Fourier (Short-Time Fourier-Transformation) și diagramele realizate utilizând metoda de analiză a semnalului vibrațiilor.

✓ Au fost realizate activități de măsurare a rugozității suprafețelor prelucrate cu cele trei scule așchietoare T01, T02 respectiv T03. În cadrul acestei etape de cercetare aplicativă, pentru măsurarea rugozității suprafețelor prelucrate prin strunjire a fost folosit un rugozimetru ST1 furnizat de, Hoffmann Industrial Tools S.R.L., București, Romania.

De asemenea, prelucrarea rezultatelor obținute a fost realizată folosind software-ul statistic MINITAB. În această etapă au fost obținute o serie de curbe în vederea analizei din punct de vedere calitativ al suprafețelor obținute. Curbele obținute sunt următoarele: Profilul curbă, Profilul filtrat, Curba Abbott-Firestone.

✓ tot în cadrul cercetărilor experimentale a fost realizat un sistem folosit la măsurarea forțelor de așchiere prezentat în figura 2.9, iar cercetările experimentale s-au axat și pe măsurarea componentelor forțelor de așchiere. Astfel, pentru măsurarea forțelor a fost utilizat un captor de forță piezocapacitiv, model PCB 261A13 de la PCB, care permite măsurarea forțelor atât în regim dinamic cât și quasi-static. Senzorul are o capacitate de 70 pF. Pe direcția Z, acesta permite măsurarea unei forțe maxime de 44.48 kN iar pe direcțiile X și Y o a unei forțe maxime de 19.57 kN. Anterior măsurării forțelor în procesul de strunjire, senzorul a fost calibrat, prin măsurarea unor forțe statice în domeniul valorilor forțelor măsurate în proces. Pentru calibrare a fost utilizată o mașină de încercare la tracțiune-compresiune Instron 5587.

Semnalul electric transmis de senzorul de forță este preluat prin intermediul unui low-noise cable la digital charge amplifier CMD 600, produs de HBM. Semnalul amplificat este transmis la sistemul de achiziție Quantum X MX840B tot de la HBM.

Pentru achiziția, prelucrarea și măsurarea forțelor a fost utilizat pachetul software Catman al sistemului de achiziție.

✓ valorile rezultatelor experimentale obținute pentru variabilele dependente, (amplitudinea vibrațiilor, rugozitate respectiv componentele forțelor de așchiere) au fost prelucrate cu ajutorul programului STATISTICA prin metoda analizei de regresii multiple în vederea determinării gradului de influență al variabilelor independente ( $a_p$ ,  $f$  respectiv  $V$ ) asupra variabilelor dependente (amplitudinea vibrațiilor, rugozitatea  $R_a$  respective componentele forței de așchiere).

### 8.3. Direcții de cercetare viitoare

Procedeele de prelucrare prin așchiere au fost, sunt și vor rămâne foarte importante în ceea ce privește producția de componente din industria constructoare de mașini cât și din alte industrii.

Întotdeauna, piața concurențială se bazează pe o producție sustenabilă, calitatea și prețul fiind factori definitorii în ceea ce privește performanțele proceselor de prelucrare. Aceste performanțe pot fi atinse numai prin optimizarea proceselor de prelucrare prin aşchiere în vederea atingerii obiectivelor unei producții sustenabile. Datorită rezultatelor obținute și prezentate în prezenta teză, reiese faptul că cercetarea are ca finalitate îmbunătățirea proceselor de prelucrare prin aşchiere prin utilizarea de scule aşchietoare inteligente. Însă, cu siguranță, este nevoie de direcții viitoare de cercetare legate de prelucrarea prin strunjire cu avans transversal și longitudinal, astfel că este recomandat ca cercetările să continue centrate pe următoarele activități:

- ✓ cercetările pot fi extinse pe alte categorii de materiale atât metalice cât și nemetalice;
- ✓ de asemenea, cercetările pot să se extindă pe semifabricate de dimensiuni diferite fabricate din materialele cercetate S235, C45, respectiv 42CrMo4 și nu numai, utilizându-se diverse regimuri de aşchiere;
- ✓ identificarea de noi tipuri de elemente elastice care să fie testate pe diverse scule aşchietoare, prin utilizarea de semifabricate din materiale metalice și nemetalice cu diverse regimuri de aşchiere atât pentru strunjirea cu avans transversal cât și pentru strunjirea cu avans longitudinal;
- ✓ extinderea cercetărilor privind soluția adoptată și pe alte procedee de prelucrare prin aşchiere.



1. Abbas, A.T.; Gupta, M.K.; Soliman, M.S.; et al. Sustainability assessment associated with surface roughness and power consumption characteristics in nanofluid MQL-assisted turning of AISI 1045 steel. *Int. J. Adv. Manuf. Technol.* **2019**, *105*, 1311–1327. <https://doi.org/10.1007/s00170-019-04325-6>.
2. Abu-Zahra, N.H.; Lange, J.H. Tool Chatter Monitoring in Turning Operations Using Wavelet Analysis of Ultrasound Waves. *Int. J. Adv. Manuf. Technol.* **2002**, *20*, 248–254.
3. Abainia, S.; Ouelaa, N. Predicting the dynamic behaviour of the turning tool vibrations using an experimental measurement, numerical simulation and analytical modelling for comparative study. *Int. J. Adv. Manuf. Technol.* **2021**, *115*, 2533–2552.
4. Abouelatta, O.B.; Madl, J. Surface roughness prediction based on cutting parameters and tool vibrations in turning operations. *J. Mater. Process. Technol.* **2001**, *118*, 269–277.
5. Aliustaoglu, C.; Ertunc, H.M.; Ocak, H. Tool wear condition monitoring using a sensor fusion model based on fuzzy inference system. *Mech. Syst. Signal Process.* **2009**, *23*, 539–546.
6. Ambhore, N.; et al. Tool condition monitoring system: A review. *Mater. Today Proc.* **2015**, *2*, 3419–3428.
7. An-Chen, L.; Chia-Shang, L.; Shih-Tarn, C. Analysis of Chatter Vibration in a Cutter-Workpiece System. *Int. J. Mach. Tools Manuf.* **1991**, *31*, 221–234. [https://doi.org/10.1016/0890-6955\(91\)90006-O](https://doi.org/10.1016/0890-6955(91)90006-O).
8. Arias-Montiel, M.; Silva-Navarro, G.; Antonio García, A. Active Vibration Control in a Rotor System by an Active Suspension with Linear Actuators. *J. Appl. Res. Technol.* **2014**, *12*, 898–907. [https://doi.org/10.1016/S1665-6423\(14\)70596-6](https://doi.org/10.1016/S1665-6423(14)70596-6).
9. Arnold, R.N. The Mechanism of Tool Vibration in the Cutting of Steel. *Proc. Inst. Mech. Eng.* **1946**, *154*, 261–284. [https://doi.org/10.1243/PIME\\_PROC\\_1946\\_154\\_037\\_02](https://doi.org/10.1243/PIME_PROC_1946_154_037_02).
10. Arora, J.S. Guide to structural optimization. *ASCE Man. Rep. Eng. Pract.* **1997**, *90*.
11. Astrom, K.J.; Wittenmark, B. *Computer Controlled Systems, Theory and Design*; Prentice Hall: 1984.
12. Beggan, C.; et al. Using acoustic emission to predict surface quality. *Int. J. Adv. Manuf. Technol.* **1999**, *15*, 737–742.
13. Boca, M. *Cercetări teoretice și experimentale privind eroarea de prelucrare cauzată de rigiditatea sistemului tehnologic la strunjire*; Politehniun: Iași, România, 2011; ISBN 978-973-621-347.
14. Box, G.E.P.; Wilson, K.B. On the experimental attainment of optimum conditions. *J. R. Stat. Soc. B.* **1951**, *13*, 1–45.
15. Boutros, T.; Liang, M. Detection and diagnosis of bearing and cutting tool faults using hidden Markov models. *Mech. Syst. Signal Process.* **2011**, *25*, 2102–2124.
16. Beju, L.D. *Bazele teoriei sistemelor*; Editura Universității "Lucian Blaga" din Sibiu: Sibiu, România, 2000.
17. Brindasu, P.D.; Beju, L.D.; Cofaru, N. Generalized approach to the design of boring heads. *Rev. Roum. Sci. Tech.* **2007**, *Mecanique Appliquee*, 33–36.



18. Chen, B.; Chen, X.; Li, B.; He, Z.; Cao, H.; Cai, G. Reliability estimation for cutting tools based on logistic regression model using vibration signals. *Mech. Syst. Signal Process.* **2011**, *25*, 2526–2537.
19. Cofaru, I.I.; Brîndașu, P.D.; Cofaru, N.F. Designing a Specialized Device for Correction of the Axis Deviation at the Human Leg. *Appl. Mech. Mater.* **2013**, *371*, 662–666.
20. Claesson, I.; Håkansson, L. Adaptive active control of machine-tool vibration in a lathe. *Int. J. Acoust. Vib.* **1998**, *3*, 4.
21. Chou, Y.K.; Song, H. Tool Nose Radius Effects on Finish Hard Turning. *J. Mater. Process. Technol.* **2004**, *148*, 259–268. <https://doi.org/10.1016/j.jmatprotec.2003.10.029>.
22. Dimla, D.E.; Lister, P.M. On-line metal cutting tool condition monitoring. I: force and vibration analyses. *Int. J. Mach. Tools Manuf.* **2000**, *40*, 739–768.
23. Dimla, D.E.S. The Correlation of Vibration Signal Features to Cutting Tool Wear in a Metal Turning Operation. *Int. J. Adv. Manuf. Technol.* **2002**, *19*, 705–713. <https://doi.org/10.1007/s001700200080>.
24. Doi, S.; Kato, S. Chatter vibration of lathe tools. *Trans. ASME* **1956**, 78.
25. Dobrotă, D.; Racz, S.-G.; Oleksik, M.; Rotaru, I.; Tomescu, M.; Simion, C.M. Smart Cutting Tools Used in the Processing of Aluminum Alloys. *Sensors* **2022**, *22*, 28. <https://doi.org/10.3390/s22010028>,
26. Dobrotă, D.; Oleksik, M.; Chicea, A.L. Ecodesign of the Aluminum Bronze Cutting Process. *Materials* **2022**, *15*, 2735. <https://doi.org/10.3390/ma15082735>.
27. Dobrotă, D.; Tomescu, M. The analysis of the evolution of the functional geometry of the tool at the lathing with a transverse advance. *Fiabil. Durabil.* **2017**, *2*, 31–38.
28. Dobrotă, D.; Tomescu, M. Analysis of the evolution of the roughness of surfaces processed by turning depending on the functional geometry of the cutting tool. *Fiabil. Durabil.* **2018**, *1*, 144–148.
29. Dobrotă, D.; Tomescu, M. The influence of the functional geometry of the cutting tool on the main cutting force in the string operation. *Annals of the “Constantin Brancusi” University of Targu Jiu, Engineering* **2018**, *2*, 119–126.
30. Domnita, F. *Bazele fabricatiei*; Ed. Utpress: Cluj Napoca, Romania, 2019.
31. Dornfeld, D.; Pan, C. Determination of Chip Forming States Using Linear Discriminant Function Technique with Acoustic Emission. In Proceedings of the 13th North American Manufacturing Research Conference, Berkeley, CA, USA, 19–22 May 1985; pp. 299–303.
32. Elangovan, M.; Sugumaran, V.; Ramachandran, K.I.; Ravikumar, S. Effect of SVM kernel functions on classification of vibration signals of a single point cutting tool. *Expert Syst. Appl.* **2011**, *38*, 15202–15207.
33. Elliott, S.J. Active control using feedback. Technical Report 732, Institute of Sound & Vibration Research, University of Southampton, January 1994.
34. Gagnol, V.; Bouzgarrou, B.C.; Ray, P.; Barra, C. Model-based chatter stability prediction for high-speed spindles. *Int. J. Mach. Tools Manuf.* **2007**, *47*, 1176–1186.
35. Hanna, N.H.; Tobias, S.A. A theory of nonlinear regenerative chatter. *J. Eng. Ind.* **1974**, *ASME*.
36. Jangali, S.G.; Gaitonde, V.; Kulkarni, V.N.; Madhusudhana, H. Analyzing the effect of cutting parameters on forces and tool-tip temperature in turning of nickel-based superalloy using FE simulation. *Mater. Today Proc.* **2021**, *49*, 1833–1843.
37. Jiang, H.; Wang, C.; Ren, Z.; Yi, Y.; He, L.; Zhao, X. Influence of cutting velocity on gradient microstructure of machined surface during turning of high-strength alloy steel. *Mater. Sci. Eng. A* **2021**, *819*, 141354.

38. Jurkovic, J.; Korosec, M.; Kopac, J. New approach in tool wear measuring technique using CCD vision system. *Int. J. Mach. Tools Manuf.* **2005**, *45*, 1023–1030.
39. Kashyzadeh, K.R.; Ostad-Ahmad-Ghorabi, M.J. Study of chatter analysis in turning tool and control methods—a review. *Int. J. Emerg. Technol. Adv. Eng.* **2012**, *2*, 1–5.
40. Kilundu, B.; Dehombreux, P.; Chimentin, X. Tool wear monitoring by machine learning techniques and singular spectrum analysis. *Mech. Syst. Signal Process.* **2011**, *25*, 400–415.
41. Kolluru, K.; Axinte, D.; Becker, A. A solution for minimising vibrations in milling of thin-walled casings by applying dampers to workpiece surface. *CIRP Ann.* **2013**, *62*, 415–418. <https://doi.org/10.1016/j.cirp.2013.03.136>.
42. Kudinov, V.A. *Dinamica maşinilor-unelte*; Editura Tehnică: Bucureşti, România, 1970.
43. Kuntoğlu, M.; Aslan, A.; Pimenov, D.Y.; Usca, Ū.A.; Salur, E.; Gupta, M.K.; Sharma, S. A review of indirect tool condition monitoring systems and decision-making methods in turning: Critical analysis and trends. *Sensors* **2020**, *21*, 108.
44. Kuntoğlu, M.; Aslan, A.; Pimenov, D.Y.; Giasin, K.; Mikolajczyk, T.; Sharma, S. Modeling of cutting parameters and tool geometry for multi-criteria optimization of surface roughness and vibration via response surface methodology in turning of AISI 5140 steel. *Materials* **2020**, *13*, 4242.
45. Kuntoğlu, M.; Saglam, H. Investigation of progressive tool wear for determining of optimized machining parameters in turning. *Measurement* **2019**, *140*, 427–436.
46. Kuntoğlu, M.; Saglam, H. Investigation of Signal Behaviors for Sensor Fusion with Tool Condition Monitoring System in Turning. *Measurement* **2020**, 108582.
47. Kuo, S.M.; Morgan, D.R. *Active Noise Control Systems*; Telecommunications and Signal Processing, Wiley: 1996.
48. Liu, Y.; Liu, Z.; Song, Q.; Wang, B. Analysis and implementation of chatter frequency dependent constrained layer damping tool holder for stability improvement in turning process. *J. Mater. Process. Technol.* **2019**, *266*, 687–695.
49. Linus, P. *Vibrations in Metal Cutting Measurement, Analysis and Reduction*; Blekinge Institute of Technology: Ronneby, Sweden, 2002.
50. Laghari, R.A.; Li, J.; Mia, M. Effects of Turning Parameters and Parametric Optimization of the Cutting Forces in Machining SiCp/Al 45 wt% Composite. *Metals* **2020**, *10*, 840. <https://doi.org/10.3390/met10060840>.
51. Li, X. A brief review: acoustic emission method for tool wear monitoring during turning. *Int. J. Mach. Tools Manuf.* **2002**, *42*, 157–165.
52. Luthra, H.S. Influence of the dynamic and machining parameters in dynamic characteristics of a turning process and prediction of chatter, PhD Thesis, Katholieke University Leuven, 1974.
53. Lu, X.; Chen, F.; Altintas, Y. Magnetic actuator for active damping of boring bars. *CIRP Ann.* **2014**, *63*, 369–372.
54. Ma, H.; Wu, J.; Yang, L.; Xiong, Z. Active chatter suppression with displacement-only measurement in turning process. *J. Sound Vib.* **2017**, *401*, 255–267.
55. Manhertza, G.; Akos Bereczkyb, A. STFT spectrogram based hybrid evaluation method for rotating machine transient vibration analysis. *Mech. Syst. Signal Process.* **2021**, *154*, 107583. <https://doi.org/10.1016/j.ymsp.2020.107583>.
56. Martins da Silva, M.; Sardi, V.G.; Sérgio, V.P.; Teixeira, C.R. Experimental results on chatter reduction in turning through embedded piezoelectric material and passive shunt circuits. *Mechatronics* **2015**, *29*, 78–85.
57. Mei, D.; Kong, T.; Shih, A.J.; Chen, Z. Magnetorheological fluid-controlled boring bar for chatter suppression. *J. Mater. Process. Technol.* **2009**, *209*, 1861–1870.

58. Meritt, H.E. Theory of self-excited machine-tool chatter. *Trans. ASME* **1965**, *87*, 447–454.
59. Mia, M.; Dey, P.R.; Hossain, M.S.; Arafat, M.T.; Asaduzzaman, M.; Ullah, M.S.; Zobaer, S.T. Taguchi S/N based optimization of machining parameters for surface roughness, tool wear and material removal rate in hard turning under MQL cutting condition. *Measurement* **2018**, *122*, 380–391.
60. Mei, D.; Yao, Z.; Kong, T.; Chen, Z. Parameter optimization of time-varying stiffness method for chatter suppression based on magnetorheological fluid-controlled boring bar. *Int. J. Adv. Manuf. Technol.* **2010**, *46*, 1071–1083.
61. Moraru, V.; Ispas, C.; Rusu, Șt. *Vibrațiile și stabilitatea mașinilor-unelte*; Editura Tehnică: București, România, 1982.
62. Muhammad Rizal, J.; Ghanian, J.A.; Nuawi, M.Z.; Haron, C.H.C. The application of I-kaz™-based method for tool wear monitoring using cutting force signal. *Procedia Eng.* **2013**, *68*, 461–468.
63. Nelson, P.A.; Elliott, S.J. *Active Control of Sound*; Academic Press: San Diego, CA, USA, 1992.
64. Niancong, L.; Baolin, L.; Hao, J.; Shenghong, W.; Chengwen, Y.; Yun, C. Study on vibration and surface roughness in MQCL turning of stainless steel. *J. Manuf. Process.* **2021**, *65*, 343–353. <https://doi.org/10.1016/j.jmapro.2021.03.041>.
65. O'Donnell, G.; Young, P.; Kelly, K.; Byrne, G. Toward the improvement of tool condition monitoring system in manufacturing environment. *J. Mater. Process. Technol.* **2001**, *119*, 133–139.
66. Oleksik, M.; Dobrotă, D.; Tomescu, M.; Petrescu, V. Improving the Performance of Steel Machining Processes through Cutting by Vibration Control. *Materials* **2021**, *14*, 5712. <https://doi.org/10.3390/ma14195712>.
67. Oniță, G.V.; Brîndașu, P.D.; Beju, L.D. Aspects regarding product lifecycle management of cutting tools. *Proc. Manuf. Syst.* **2010**, *5*, 3.
68. Özel, T.; Karpat, Y.; Figueira, L.; Davim, J.P. Modelling of surface finish and tool flank wear in turning of AISI D2 steel with ceramic wiper inserts. *J. Mater. Process. Technol.* **2007**, *189*, 192–198.
69. Özel, T.; Karpat, Y. Predictive modeling of surface roughness and tool wear in hard turning using regression and neural networks. *Int. J. Mach. Tools Manuf.* **2005**, *45*, 467–479.
70. Ozlu, E.; Budak, E. Analytical modeling of chatter stability in turning and boring operations—Part I: Model development. *J. Manuf. Sci. Eng.* **2007**, *129*, 726–732.
71. Ozlu, E.; Budak, E. Analytical modeling of chatter stability in turning and boring operations—Part II: Experimental verification. *J. Manuf. Sci. Eng.* **2007**, *129*, 733–739.
72. Panda, A.; Olejárová, Š.; Valíček, J.; et al. Monitoring of the condition of turning machine bearing housing through vibrations. *Int. J. Adv. Manuf. Technol.* **2018**, *97*, 401–411. <https://doi.org/10.1007/s00170-018-1871-7>.
73. Petrus, R.E.; Brîndașu, P.D. Augmented reality applied in machining processes and cutting tools management. *Appl. Mech. Mater.* **2014**, *693*, 279–284.
74. Péters, J.; Vanherck, P. Un critère de stabilité dynamique pour machine-outils. *CRIF* **1962**.
75. Quintana, G.; Ciurana, J. Chatter in machining processes: A review. *Int. J. Mach. Tools Manuf.* **2011**, *51*, 363–376.
76. Rao, K.V.; Murthy, B.S.N.; Rao, N.M. Cutting tool condition monitoring by analyzing surface roughness, work piece vibration and volume of metal removed for AISI 1040 steel in boring. *Measurement* **2013**, *46*, 4075–4084.

77. Rashid, A.; Nicolescu, C.M. Design and implementation of tuned viscoelastic dampers for vibration control in milling. *Int. J. Mach. Tools Manuf.* **2008**, *48*, 1036–1053. <https://doi.org/10.1016/j.ijmachtools.2007.12.013>.
78. Radharamanan, R. The measurement of the dynamic cutting coefficients and the analysis of chatter behaviour in turning, PhD Thesis, Katholieke University Leuven, 1977.
79. Rankine, L.; Mesbah, M.; Boashash, B. IF estimation for multicomponent signals using image processing techniques in the time–frequency domain. *Signal Process.* **2007**, *87*, 1234–1250.
80. Rao, K.V.; Murthy, B.S.N.; Rao, N.M. Cutting tool condition monitoring by analyzing surface roughness, work piece vibration and volume of metal removed for AISI 1040 steel in boring. *Measurement* **2013**, *46*, 4075–4084.
81. Ratnam, M. Factors Affecting Surface Roughness in Finish Turning. *Elsevier* **2017**, *3*, 1–25.
82. Rodean, C.; Beju, L.D.; Brîndaşu, P.D. Systemic analysis of the caulking assembly process. In *MATEC Web of Conferences* **2017**, *121*, 03019.
83. Salgado, D.R.; Alonso, F.J.; Cambero, I.; Marcelo, A. In-process surface roughness prediction system using cutting vibrations in turning. *Int. J. Adv. Manuf. Technol.* **2009**, *43*, 40–51.
84. Satishkumar, S.; Asokan, P.; Kumanan, S. Optimization of depth of cut in multipass turning using nontraditional optimization techniques. *Int. J. Adv. Manuf. Technol.* **2006**, *29*, 230–238.
85. Shalaby, M.A.; El Hakim, M.A.; Veldhuis, S.C.; et al. An investigation into the behavior of the cutting forces in precision turning. *Int. J. Adv. Manuf. Technol.* **2017**, *90*, 1605–1615. <https://doi.org/10.1007/s00170-016-9465-8>.
86. Som, A.; Kim, D.-H.; Son, H. Semiactive Magnetorheological Damper for High Aspect Ratio Boring Process. *IEEE/ASME Trans. Mechatron.* **2015**, *20*, 5.
87. Siddhpura, M.; Paurobally, R. Experimental investigation of chatter vibrations in facing and turning processes. *Int. J. Mech. Mechatron. Eng.* **2013**, *7*, 968–973.
88. Siddhpura, M.; Paurobally, R. A review of chatter vibration research in turning. *Int. J. Mach. Tools Manuf.* **2012**, *61*, 27–47. <https://doi.org/10.1016/j.ijmachtools.2012.05.007>.
89. Siddhpura, M.; Paurobally, R. Review of flank wear prediction methods for tool condition monitoring in a turning process. *Int. J. Adv. Manuf. Technol.* **2013**, *65*, 371–393.
90. Stureson, P.-O.; Håkansson, L.; Claesson, I. Identification of the statistical properties of the cutting tool vibration in a continuous turning operation: correlation to structural properties. *J. Mech. Syst. Signal Process.* **1997**, *11*, 3.
91. Sun, Y.; Yan, S. Dynamics Identification and Stability Analysis in Turning of Slender Workpieces with Flexible Boundary Constraints. *Mech. Syst. Signal Process.* **2022**, *177*, 109245. <https://doi.org/10.1016/j.ymsp.2022.109245>.
92. Sun, Y.; Yan, S. Enhancing Tool Dynamics and Stability in Internal Turning with an Adjustable Clamping Device under Variable Cutting Conditions. *Mech. Syst. Signal Process.* **2024**, *208*, 111007. <https://doi.org/10.1016/j.ymsp.2023.111007>.
93. Sun, J.; Hong, G.S.; Rahman, M.; Wong, Y.S. Identification of feature set for effective tool condition monitoring by acoustic emission sensing. *Int. J. Prod. Res.* **2004**, *42*, 901–918.
94. Sun, J.; Hong, G.S.; Rahman, M.; Wong, Y.S. Effective training data selection in tool condition monitoring system. *Int. J. Mach. Tools Manuf.* **2006**, *46*, 218–224.
95. Taylor, F. On the Art of Cutting Metals; The American Society of Mechanical Engineers: New York, NY, USA, 1907.
96. Taylor, F. On the art of cutting metals. *Trans. ASME* **1907**, *28*.

97. Tatar, K.; Gren, P. Measurement of milling tool vibrations during cutting using laser vibrometry. *Int. J. Mach. Tools Manuf.* **2008**, *48*, 380–387.
98. Teti, R.; Jemielniak, K.; O'Donnell, G.; Dornfeld, D. Advanced monitoring of machining operations. *CIRP Ann. Manuf. Technol.* **2010**, *79*, 717–739.
99. Tewani, S.G.; Rouch, K.E.; Walcott, B.L. A study of cutting process stability of a boring bar with active dynamic absorber. *Int. J. Mach. Tools Manuf.* **1995**, *35*, 91–108.
100. Tobias, S.A.; Fishwick, W. The chatter of lathe tools under orthogonal cutting conditions. *Trans. ASME* **1958**, *80*, 1079–1088.
101. Tobias, S.A. *Machine Tool Vibration*; Blackie and Sons Ltd.: Glasgow, UK, 1965.
102. Tlustý, J.; Polacek, M. The stability of machine tools against self-excited vibrations in machining. In *Proceedings of the International Research in Production Engineering Conference*, Pittsburgh, PA, USA, 9–12 September 1963; ASME: New York, NY, USA, 1963; pp. 465–474.
103. Tlustý, J.; Polacek, M. The stability of machine tools against self-excited vibrations in machining. *Proc. Int. Res. Prod. Eng. Conf.* **1963**, 465, 474.
104. Tlustý, J. *Manufacturing Process and Equipment*; Prentice-Hall: New York, NY, USA, 2001.
105. The Ho, Q.N.; Do, T.T.; Minh, P.S. Studying the Factors Affecting Tool Vibration and Surface Quality during Turning through 3D Cutting Simulation and Machine Learning Model. *Micromachines* **2023**, *14*, 1025. <https://doi.org/10.3390/mi14051025>.
106. Tomas, Ö. Investigation of Vibrations During Internal Turning: An Experimental and Numerical Study. Department of Industrial Production, KTH, Stockholm Measurements: LEAX Group, Falun.
107. Tomescu, M.; Ionescu, C. Analysis of the evolution of the durability of cutting tools depending of functional geometry. *Fiabil. Durabil.* **2019**, *1*, 164–168.
108. Tomescu, M. Analysis of the possibilities of reduction and measurement of cutting tool vibrations during the cutting process. *Annals of "Constantin Brancusi" University of Targu-Jiu. Engineering* **2020**, *2*, 205–210.
109. Tomescu, M.; Ionescu, C. Analysis of the factors that influence the processing precision and the effects of the vibrations from the cutting process on it. *Annals of "Constantin Brancusi" University of Targu-Jiu. Engineering* **2020**, *2*, 195–204.
110. Tomescu, M.; Ionescu, C. Analysis of the variation of the cutting tool wear due to the modification of the functional geometry of the tool cutter during processing. *Annals of "Constantin Brancusi" University of Targu-Jiu. Engineering* **2021**, *4*, 48–59.
111. Tomescu, M.; Ionescu, C. Analysis of the influence of the seating angle " $\alpha$ " on the vibrations that appear during turning processing. *Annals of "Constantin Brancusi" University of Targu-Jiu. Engineering* **2022**, *4*, 115–123.
112. Tomescu, M.; Ionescu, C. Analysis of the influence of the variation of the functional geometry of the cutting tool on the cutting force during turning with transverse feed. *Fiabil. Durabil.* **2024**, *1*, 78–85.
113. Tomescu, M.; Oleksik, M. Analysis of the variation of vibration amplitude when working with intelligent shearing tools. *Annals of "Constantin Brancusi" University of Targu-Jiu. Engineering* **2023**, *4*, 43–52.
114. Tomescu, M.; Oleksik, M. Performance analysis of the use of cutting tools with optimal functional geometry from the point of view of the quality of the surfaces processed by cutting. *Annals of "Constantin Brancusi" University of Targu-Jiu. Engineering* **2023**, *4*, 53–63.
115. Tomescu, M.; Rotaru, I.M. Analysis of the variation of the roughness obtained during turning with transverse feed due to the modification of the functional geometry of the cutting tool. *Fiabil. Durabil.* **2023**, *1*, 37–44.

116. **Tomescu, M.**; Rotaru, I.M. Analysis of the variation of vibrations that appear during turning works with transverse feed due to the modification of the functional geometry of the cutting tool. *Fiabil. Durabil.* **2023**, *1*, 45–52.
117. **Tomescu, M.** Performance Analysis of the Use of Cutting Tools with Functional Geometry in the Processing of Aluminum Alloys used in the Aerospace Industry. Presented at 2024 5th International Conference on Mechanical and Aerospace Systems (ICMAS 2024), held at The British University in Cairo, Egypt during April 22-24, **2024**.
118. Turkes, E.; Orak, S.; Neseli, S.; Yaldiz, S. Linear analysis of chatter vibration and stability for orthogonal cutting in turning. *Int. J. Refract. Met. Hard Mater.* **2011**, *29*, 163–169.
119. Urbikain, G.; Olvera, D.; López de Lacalle, L.N.; Beranoagirre, A.; Elías-Zuñiga, A. Prediction methods and experimental techniques for chatter avoidance in turning systems: A review. *Appl. Sci.* **2019**, *9*, 4718.
120. Ullah, A.; Chan, T.-C. Improving CNC Turning Machine Precision through Vibration Analysis for Clamping Error Detection Employing Principal Component Analysis. *Research Square* **2024**. <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-4010726/v1>.
121. Vlase, A.; Sturzu, A.; Mihail, A.; Bercea, I. *Regimuri de aşchiere, adaosuri de prelucrare și norme tehnice de timp*; Editura Tehnică: București, România.
122. Wang, G.F.; Yang, Y.W.; Zhang, Y.C.; Xie, Q.L. Vibration sensor-based tool condition monitoring using support vector machine and locality preserving projection. *Sensors Actuators A Phys.* **2014**, *209*, 24–32.
123. Wang, A.; Jin, W.; Chen, W.; Feng, R.; Xu, C. Bifurcation and chaotic vibration of frictional chatter in turning process. *Adv. Mech. Eng.* **2018**, *10*, 4.
124. Wiercigroch, M.; Budak, E. Sources of Nonlinearities, Chatter Generation and Suppression in Metal Cutting. *Philos. Trans. R. Soc. A Math. Phys. Eng. Sci.* **2001**, *359*, 663–693.
125. Xianguo, H.; Huajiang, O.; Minjie, W.; Nurhafizzah, H.; Yuming, M. Self-excited vibration of workpieces in a turning process. *Proc. Inst. Mech. Eng. Part C: J. Mech. Eng. Sci.* **2012**, *226*, 1958–1970.
126. Wang, Y.; Tse, P.W.; Tang, B.; Qin, Y.; Deng, L.; Huang, T.; Xu, G. Order spectrogram visualization for rolling bearing fault detection under speed variation conditions. *Mech. Syst. Signal. Process.* **2019**, *122*, 580–596.
127. Wang, A.; Jin, W.; Chen, W.; Feng, R.; Xu, C. Bifurcation and chaotic vibration of frictional chatter in turning process. *Adv. Mech. Eng.* **2011**, *10*, 4.
128. Wiercigroch, M.; Budak, E. Sources of Nonlinearities, Chatter Generation and Suppression in Metal Cutting. *Philos. Trans. R. Soc. A Math. Phys. Eng. Sci.* **2001**, *359*, 663–693.
129. Xianguo, H.; Huajiang, O.; Minjie, W.; Nurhafizzah, H.; Yuming, M. Self-excited vibration of workpieces in a turning process. *Proc. IMechE Part C: J. Mech. Eng. Sci.* **2012**, *226*, 1958–1970.
130. Yadav, R.N. A hybrid approach of Taguchi-Response surface methodology for modeling and optimization of duplex turning process. *Measurement* **2017**, *100*, 131–138.
131. Yan, S.; Qi, S.; Sun, Y. Cutting Conditions Dependent Adjustment of Dynamic Responses for Slender Tools in Internal Turning with a Flexible Vibration Suppression Device. *J. Manuf. Process.* **2024**, *113*, 76–94. <https://doi.org/10.1016/j.jmapro.2024.01.053>.
132. Yigit, U.; Cigeroglu, E.; Budak, E. Chatter reduction in boring process by using piezoelectric shunt damping with experimental verification. *Mech. Syst. Signal Process.* **2017**, *97*, 312–321.
133. Yue, C.; Gao, H.; Liu, X.; Liang, S.Y.; Wang, L. A review of chatter vibration research in milling. *Chin. J. Aeronaut.* **2019**, *32*, 215–242.

134. Yang, C.; Ouyang, H. A novel load-dependent sensor placement method for model updating based on time-dependent reliability optimization considering multi-source uncertainties. *Mech. Syst. Signal. Process.* **2022**, *165*, 108386.
135. Yemul, N.N.; Deshpande, G.R. Literature Review on Tool Wear in Turning Operation of Aluminium. *Int. J. Innov. Eng. Res. Technol.* **2021**, *8*, 15–17.
136. Yue, C.; Gao, H.; Liu, X.; Liang, S.Y.; Wang, L. A review of chatter vibration research in milling. *Chin. J. Aeronaut.* **2019**, *32*, 215–242.
137. Zagórski, I.; Korpysa, J.; Weremczuk, A. Influence of Tool Holder Types on Vibration in Rough Milling of AZ91D Magnesium Alloy. *Materials* **2021**, *14*, 2517.
138. Zagórski, I.; Kulisz, M.; Kłonica, M.; Matuszak, J. Trochoidal milling and neural networks simulation of magnesium alloys. *Materials* **2019**, *12*, 2070.
139. Zhu, B.; Zhao, Y.; Xiong, L.; Zhang, C.; Zhang, W.; Chen, X. Finite Element Investigations for Chip Scraping During Orthogonal Cutting Process with Micro-Textured Tools. *J. Manuf. Process.* **2024**, *120*, 493–505. <https://doi.org/10.1016/j.jmapro.2024.04.060>.
140. <https://cuttingtools.cerazit.ro/ro/ro/cunostinte-de-aschiere/prelucrare-prin-strunjire/consiliere/alegere-placute-amovibile.html> Alegerea plăcuței amovibile corecte - ce trebuie avut în vedere? (cerazit.com)
141. [https://dspace.upt.ro/jspui/bitstream/123456789/4800/1/BUPT\\_TD\\_Crivacucea%20Codruta-Oana.pdf](https://dspace.upt.ro/jspui/bitstream/123456789/4800/1/BUPT_TD_Crivacucea%20Codruta-Oana.pdf) BUPT\_TD\_Crivacucea Codruta-Oana.pdf
142. <https://sim.tuiasi.ro/wp-content/uploads/Gh.Badarau-Proprietatile-materialelor-metalice.pdf> Gh.Badarau-Proprietatile-materialelor-metalice.pdf (tuiasi.ro)
143. <https://ro.scribd.com/document/639087052/Poster-Surface-Roughness-Parameters-en-10037103roughness-measurement-poster-en.pdf>
144. [https://www.hoffmanngroup.com/RO/ro/horo/v2/search?page=&sort=&tId=786&search=is-car&gad\\_source=1&gclid=Cj0KCQjwo8S3BhDeARIsAFRmkOP5qcz5oAut\\_c4qB4gOTVf2DzuGf6DW7Mn8H2Z0F2C\\_NtzsxvduSoUaAi6AEALw\\_wcBScule](https://www.hoffmanngroup.com/RO/ro/horo/v2/search?page=&sort=&tId=786&search=is-car&gad_source=1&gclid=Cj0KCQjwo8S3BhDeARIsAFRmkOP5qcz5oAut_c4qB4gOTVf2DzuGf6DW7Mn8H2Z0F2C_NtzsxvduSoUaAi6AEALw_wcBScule) Așchietoare Antivibratoare TToonline
145. <https://ro.scribd.com/document/533450390/Simbolizare-materiale-1Simbolizare Materiale | PDF> (scribd.com)
146. [https://www.unitbv.ro/documente/cercetare/doctorat-postdoctorat/sustinere-teza/2023/andrei-ionut-berariu/TEZA\\_DOCTORAT\\_REZUMAT\\_Ing\\_BERARIU\\_Andrei.pdf](https://www.unitbv.ro/documente/cercetare/doctorat-postdoctorat/sustinere-teza/2023/andrei-ionut-berariu/TEZA_DOCTORAT_REZUMAT_Ing_BERARIU_Andrei.pdf) TEZA\_DOCTORAT\_REZUMAT\_Ing\_BERARIU\_Andrei.pdf (unitbv.ro)
147. [https://www.secotools.com/article/1\\_20669?language=ro](https://www.secotools.com/article/1_20669?language=ro)
148. [http://www.revtn.ro/pdf1-2018/8\\_SZAKACS\\_template-ntr-word-2007\\_2011.pd](http://www.revtn.ro/pdf1-2018/8_SZAKACS_template-ntr-word-2007_2011.pd) (Internet from 21-Jan-2019)
149. <https://pdfcoffee.com/calcul-forta-aschiere-pdf-free.htm>
150. Measuring Vibration: The Complete Guide. Available online: <https://www.bksv.com/en/knowledge/blog/vibration/measuring-vibrationN/> (accessed on 5 May 2021).
151. [https://docs.upb.ro/wp-content/uploads/2022/09/REZUMAT-TEZA\\_Vladulescu\\_RO.pdf](https://docs.upb.ro/wp-content/uploads/2022/09/REZUMAT-TEZA_Vladulescu_RO.pdf)