

**Rezumatul tezei de doctorat cu titlul „Influența introducerii vibroșocurilor asupra calității la prelucrarea
așchiere”**

Cuprins

Introducere.....	1
1. Considerații generale asupra stadiului actual al vibrațiilor și vibroșocurilor în procesul de așchiere	4
1.1. Descrierea procesului de așchiere	4
1.2. Vibrații în procesul de așchiere.....	18
2. Autovibrații în procesul de așchiere	35
2.1. Precizarea fenomenului.....	35
2.2. Surse de autovibrații	36
3. Introducerea vibrațiilor în procesul de așchiere	58
3.1. Efectele produse de vibrații la așchiere.....	58
3.2. Procesul neîntrerupt de așchiere cu vibrații axiale.....	64
3.3. Unghiurile funcționale la așchiera cu vibrații axiale.....	72
3.4. Cinematica procesului discontinuu de așchiere cu vibrații axiale.....	76
3.5. Folosirea sculelor multităiș la așchiera cu vibrații axiale.....	84
3.6. Procesul de așchiere cu vibrații pe direcție tangențială.....	89
4. Mecanica procesului de așchiere.....	101
4.1. Particularitățile așchierii cu vibrații.....	101
4.2. Felul și forma așchiei la prelucrarea cu vibrații	108
4.3. Mecanica formării așchiei într-un singur plan al dislocării.....	111
4.4. Procesul de formare a așchiei cu zonă de deformarea groasă	117
4.5. Factorii care determină modificarea unghiului de deplasare.....	121
4.6. Particularitățile procesului de formare a așchiei în prezența vibrațiilor.....	123
5. Indicatori de bază ai procesului de așchiere cu vibrații	129
5.1. Principalii indicatori fizici pentru procesul de așchiere cu vibrații.....	129
5.2. Influența introducerii așchierii cu vibrații asupra calității suprafeței prelucrate.....	141
5.3. Simularea numerică la strunjirea cu vibrații axiale.....	145
5.4. Concluzii.....	157
6. Dispozitive și rezultate privind introducerea vibrațiilor în procesul de așchiere.....	159
6.1. Dispozitive speciale	159
6.2. Introducerea vibrațiilor în procesul de așchiere cu ajutorul unui dispozitiv electromecanic... 161	
6.2.1. Descrierea standului experimental utilizat la introducerea vibrațiilor în procesul de așchiere.....	161
6.2.2. Experimentări privind strunjirea cu vibrații axiale a materialelor cu plasticitate ridicată.....	164
6.3. Concluzii.....	177
7. Așchiera discontinuă cu ciocniri.....	179
7.1. Dispozitiv pentru așchiera discontinuă percutantă.....	179
7.2. Avantajele aplicării vibropercuțiilor în procesele de așchiere.....	181
7.3. Introducerea dispozitivului în sistemul de prelucrare.....	183
7.3.3. Similitudinea dintre așchiera ortogonală cu șoc și așchiera vibropercutantă.....	189
7.4. Concluzii.....	203
8. Studiul funcționării dispozitivului vibropercutant.....	204
8.1. Clasificarea regimurilor de funcționare ale dispozitivului.....	204
8.2. Determinarea percuției în ipoteza existenței vibropercuțiilor.....	206
8.2.1. Stabilirea coeficientului de restituire pentru modelul adoptat.....	206
8.2.2. Stabilirea relațiilor între parametrii geometrici, cinematici și dinamici ai modelului.....	209

8.3. Calculul organelor de mașini componente supuse la ciocniri.....	215
8.4. Modelarea numerică a funcționării dispozitivului în regim vibropercutant.....	230
8.5. Concluzii.....	244
9. Studii experimentale privind efectele vibroșocurilor în procesul de așchiere.....	246
9.1. Proiectarea standului de încercare și măsurare a parametrilor de funcționare.....	246
9.2. Executarea încercărilor pe standul proiectat pentru evidențierea efectelor vibropercuțiilor...	248
9.3. Achiziția și prelucrarea datelor experimentale.....	251
9.4. Verificarea principalelor ipoteze și stabilirea regimurilor privind funcționarea cu vibropercuții.....	265
9.5. Influența aplicării vibropercuțiilor asupra calității suprafețelor.....	296
9.5.1. Calitatea suprafețelor prelucrate cu vibroșocuri	300
9.5.2. Analiza stratului de așchiat și așchiat cu vibroșocuri.....	305
9.5.3. Analiza microgeometriei suprafețelor prelucrate cu vibroșocuri.....	311
9.5.4. Concluzii.....	315
10. Concluzii și contribuții.....	317
10.1. Concluzii finale.....	317
10.2. Contribuții.....	317
Bibliografie.....	324
Abstract.....	332
Anexe.....(În volum separat)	

CUVINTE – CHEIE

Vibrații, vibropercuții, așchiere cu vibrații, așchiere cu vibroșocuri, așchiere vibropercutantă, calitatea suprafețelor, rugozitate, dispozitiv vibropercutant pentru așchiere.

SINTEZE ALE PĂRȚILOR PRINCIPALE ALE TEZEI

Teza de doctorat intitulată „**Influența introducerii vibroșocurilor asupra calității la prelucrări prin așchiere**” conține 10 capitole, 220 figuri explicative, 21 de tabele, 46 de anexe tipărite în volum separat și 131 de referințe bibliografice.

În lucrare se propune implementarea metodei de așchiere cu vibrații și vibroșocuri la prelucrarea prin așchiere a materialelor cu plasticitate ridicată (reprezentată prin oțelul Armco și cuprul OFHC) și analiza calității suprafețelor rezultate în urma prelucrărilor.

Pentru realizarea acestui scop s-au parcurs următoarele obiective:

- sinteza studiului actual a cercetării în domeniul vibrațiilor care însoțesc procesul de așchiere obișnuit și a problematicii introducerii vibrațiilor și vibroșocurilor din exterior în mod voit:
- modelarea traiectoriilor de formare a rugozității la așchiere cu vibrații (2D și 3D);
- încercări și experimentări asupra introducerii vibrațiilor axiale la operațiile de strunjire exterioară a oțelului Armco și cuprului OFHC pe baza rezultatelor modelării numerice a rugozității, prin stand la temă:
- conceperea unui stand experimental pentru studiul așchierii cu șocuri în vederea determinării parametrilor cinematici și dinamici ai prelucrării cuprului OFHC, pentru obținerea de date preliminare necesare proiectării unui dispozitiv vibropercutant;
- proiectarea, realizarea și implementarea unui dispozitiv vibropercutant de introdus vibroșocuri la prelucrarea prin găurire a cuprului OFHC, pe mașina cu comandă numerică CP20UO;
- proiectarea și realizarea unui stand experimental pentru studierea funcționării dispozitivului vibropercutant și măsurarea parametrilor așchierii cu vibroșocuri;
- elaborarea concluziilor și prezentarea contribuțiilor.

Prin suprapunerea vibrațiilor care apar în procesul de așchiere obișnuit cu cele introduse în mod voit pot apărea situații care să conducă la ruperea sculelor și dispozitivelor și chiar distrugerea mașinii-unelte. În acest scop s-a efectuat un amplu studiu al cercetărilor efectuate în domeniu, sintetizate pe parcursul capitolelor 1÷5.

Pentru reușita implementării metodei de așchiere cu vibrații și vibroșocuri este necesar cunoașterea fenomenelor vibratorii care apar în procesele de așchiere obișnuite, deoarece, în general aceste fenomene influențează în mod negativ procesele de așchiere.

În **capitolul 1** se prezintă sintetic stadiul actual al cercetărilor privind studiul vibrațiilor în procesul de așchiere, prin abordarea sistemică a dinamicii prelucrării și acceptarea pentru studiu, că sistemul este format din mai multe sisteme care interacționează între ele. În continuarea capitolului 1 sunt prezentate cele patru sisteme ale sistemului de prelucrare și modul de apariție a vibrațiilor în sistemul considerat, natura forțelor care provoacă apariția vibrațiilor și expresiile lor analitice. Sunt analizate în continuare sursele de vibrații care apar în procesul de așchiere atât cele dependente, cât și cele independente de mașina–unealtă. Sunt analizați parametrii care duc la apariția vibrațiilor în sistemul de prelucrare: soluțiile constructive ale mașinii–unelte, datorate antrenării piesei sau sculei (acționări prin roți dințate, curele, construcția lagărelor, alunecările intermitente), materialelor utilizate la construcția mașinilor–unelte, tipul sculelor, forțele de așchiere, forma și prinderea sculelor, a parametrilor geometrici (unghiuri, fețe), uzura sculei, neomogenități ale materialului de prelucrat, sistemului de prindere a piesei, parametrii regimului de așchiere (viteză, avans, adâncime de așchiere), interdependențele dintre sculă și piesă, datorate transmiterii vibrațiilor de la alte surse și izolațiile existente. Analiza tipurilor de vibrații care apar în procesul de așchiere încheie capitolul 1.

În **capitolul 2** sunt prezentate cauzele apariției autovibrațiilor, ecuațiile care descriu fenomenul și sursele de autovibrații. Pentru fiecare sursă de autovibrație sunt scrise ecuațiile de mișcare care definesc sursa. Ecuațiile de mișcare ale autovibrațiilor sunt scrise în funcție de modul de tratare a interconexiunilor dintre sistemele procesului de așchiere, astfel: pentru luarea în considerare numai a unui sistem ecuațiile de mișcare sunt scrise pentru un singur grad de libertate, pentru interconexiunea a două sisteme ecuațiile sunt scrise pentru două grade de libertate.

În **capitolul 3** sunt prezentate motivațiile introducerii vibrațiilor în procesul de așchiere, metodele de introducere a vibrațiilor din exterior și cinematica așchierii cu vibrații. În cazul introducerii vibrațiilor în mod voit, pentru asigurarea desfășurării unui proces de așchiere cu rezultate mai bune decât la așchieria obișnuită, întotdeauna vibrațiile introduse trebuie să poată fi controlate prin parametrii lor: direcție bine determinată, frecvență, amplitudine și formă, care să îmbunătățească procesul de așchiere. În cazul vibrațiilor care apar ca rezultat al particularităților procesului de așchiere parametrii acestora sunt în mare măsură incontrollable, unii pot fi atenuați prin diferite metode, dar în general vibrațiile de acest tip înrăutătesc rezultatele prelucrărilor prin așchiere. Din acest motiv pentru introducerea vibrațiilor din exterior trebuie cunoscute foarte bine fenomenele care apar în procesele de așchiere, pe baza cărora se vor proiecta dispozitivele de introdus vibrații și vibroșocuri din exterior.

Metodele de introducere a vibrațiilor în procesele de așchiere sunt adoptate în funcție de procesul de așchiere, mașina–unealtă, materialul de prelucrat și operația de așchiere.

Ca metodă de așchiere, în lucrare, s-a studiat introducerea vibrațiilor în procesul de așchiere după direcția de avans în cazul strunjirii cu vibrații de formă sinusoidală, deoarece în acest caz conform seriei Fourier, oricare formă a mișcărilor oscilatorii poate fi redusă la suma oscilațiilor de formă armonică. Din punctul de vedere al direcției de introducere a vibrațiilor în așchiere s-a studiat cinematica așchierii cu vibrații pe direcția avansului (așchieria cu vibrații axiale) și perpendicular pe direcția de avans (așchieria cu vibrații tangențiale).

Cinematica așchierii în cele două cazuri a fost studiată și din punctul de vedere al mărimii amplitudinilor oscilațiilor comparativ cu avansul obișnuit de lucru în cazul operației de strunjire, rezultând două situații:

a) - când amplitudinea mișcării vibratorii este mai mică sau egală cu avansul de lucru, în acest caz rezultând procesul neîntrerupt de așchiere cu vibrații axiale, respectiv ca urmare a mișcării vibratorii scula nu iese din așchiere;

b) - când amplitudinea mișcării oscilatorii este mai mare decât avansul de lucru, rezultând procesul discontinuu de așchiere cu vibrații axiale și tangențiale, scula ieșind din material pentru un anumit timp.

În continuarea capitolului 3 sunt prezentate cinematica proceselor de aşchiere cu vibraţii neîntrerupte şi discontinue în cazul aşchierii cu vibraţii axiale şi tangenţiale în cazul operaţiei de strunjire, cu prezentarea relaţiilor de legătură între parametrii aşchierii obişnuite: viteză de aşchiere, avans de lucru, adâncime de aşchiere, lungimea elementului de aşchie şi a unghiurilor efective de aşezare şi degajare, cu parametrii mişcării vibratorii: frecvenţă, viteză, amplitudine, perioadă. De asemenea sunt prezentate relaţiile care definesc mişcarea vibraţională pentru sculele multitaş, cu exemplu pentru operaţia de găurire.

În **capitolul 4** prin „Mecanica procesului de aşchiere” sunt prezentate particularităţile dinamicii procesului de aşchiere cu vibraţii, proprietăţile mecanice ale materialelor cu plasticitate ridicată utilizate pentru experimentări, modelele de formare al elementului de aşchie, tipurile de aşchii rezultate la aşchiera continuă şi discontinuă cu vibraţii, contracţia aşchiei şi factorii care influenţează dinamica procesului de formare a aşchiilor în condiţiile aşchierii continui şi discontinui cu vibraţii axiale şi tangenţiale. În continuarea capitolului 4 sunt prezentate relaţiile matematice de legătură între forţele de aşchiere, parametrii de aşchiere, deformaţiile materialului în zona de aşchiere şi elementele aşchiei, în cazul diferitelor modele dinamice de formare al aşchiei, în condiţiile aşchierii cu vibraţii.

În prima parte a **capitolului 5** (subcap.5.1) sunt prezentaţi evoluţia principalilor indicatori de bază ai procesului de aşchiere cu vibraţii cum sunt: forţa de aşchiere, momentul de aşchiere, fenomenele termice la aşchiera cu vibraţii, uzura sculei, lichidele de răcire şi factorii care au influenţă asupra lor în timpul procesului de aşchiere cu vibraţii. De asemenea sunt prezentate relaţiile matematice care arată dependenţele dintre indicatorii de bază ai procesului de aşchiere cu vibraţii şi parametrii regimului de aşchiere.

În partea a doua a capitolului 5 (subcap.5.2) este prezentată influenţa regimului de aşchiere asupra calităţii suprafeţei prelucrate prin aşchiere cu vibraţii şi ecuaţia de mişcare a vârfului sculei pe suprafaţa piesei, la generarea rugozităţii.

Pentru verificarea traiectoriilor vârfului cuţitului şi generarea rugozităţii în funcţie de mişcarea de avans şi parametrii mişcării vibratorii la aşchiera prin operaţii de strunjire exterioare cu vibraţii axiale, s-a efectuat simularea numerică pe calculator sub mediul de programare MATLAB[®]. Simularea numerică s-a efectuat în condiţiile alegerii unor regimuri de aşchiere pentru operaţia de strunjire exterioară de finisare. În cadrul simulării au fost scrise matricea traiectoriilor şi matricea rugozităţii, care au permis trasarea diagramelor traiectoriilor şi a rugozităţilor cu ajutorul funcţiilor speciale din MATLAB[®], în diferite condiţii şi situaţii de variaţie a parametrilor mişcării vibratorii, în special amplitudine şi frecvenţă. După simulare, s-au putut trage concluzii referitoare la parametrii optimi de aşchiere cu vibraţii axiale, pentru obţinerea celor mai bune rugozităţi ale suprafeţelor prelucrate.

În **capitolul 6** sunt prezentate sintetic din literatura de specialitate câteva dintre dispozitivele de introdus vibraţii în operaţiile de aşchiere utilizate şi standul experimental utilizat de autor în cadrul experimentelor la introducerea vibraţiilor la operaţiile de strunjire a două materiale cu plasticitate ridicată.

Dispozitivul de introdus vibraţii, fiind construit pentru alte aplicaţii [5], a fost necesar modificarea portsculei (modificare efectuată de autor) şi stabilirea parametrilor de mişcare în noile condiţii. Dispozitivul vibrator este de tip electromecanic, având ca părţi principale două electrobobine, care au plasat între ele suportul portsculei aşezat pe două elemente elastice, elemente care îi permite mişcarea oscilatorie între cele două electrobobine. Mişcarea oscilatorie a suportului portsculei poate fi reglată în frecvenţă şi amplitudine prin butoanele tabloului de comandă.

Pentru verificarea parametrilor de funcţionare a dispozitivului şi executarea experimentelor, dispozitivul a fost inclus în standul de încercări format din strungul normal, dispozitivul vibrator, accelerometrul pentru măsurarea acceleraţiilor deplasării cuţitului, un amplificator operaţional pentru amplificarea semnalelor, un bloc conector care face legătura cu placa de achiziţii de date, montată într-un calculator Pentium III pentru înregistrarea semnalelor achiziţionate.

Semnalele achiziţionate au fost prelucrate sub mediul de programare MATLAB[®] utilizând funcţia „FFT” pentru obţinerea diagramelor spectrului frecvenţelor şi diagramelor acceleraţiilor, iar

pentru diagramele vitezelor și deplasărilor utilizând blocurile de integrare numerică a funcției Simulink din MATLAB[®]. După obținerea unui set de frecvențe și amplitudini ale accelerațiilor în care dispozitivul funcționează în gol cel mai bine, au fost refăcute simulările rugozităților pentru a verifica dacă noile regimuri de funcționare a dispozitivului vibrator conduce la obținerea unor rugozități convenabile. În urma resimulării au fost necesare mici ajustări ale frecvențelor și amplitudinilor de funcționare ale dispozitivului.

Cu regimurile de vibrații ajustate s-au făcut experimentările de strunjire cu vibrații axiale a oțelului Armco și a cuprului OFHC. În urma experimentărilor la strunjirea oțelului Armco s-a obținut cu anumite regimuri de vibrații o rugozitate de două ori mai bună, iar pentru cuprul OFHC o rugozitate egală cu cea de la strunjirea obișnuită. Pentru ambele materiale, la toate regimurile de aşchiere cu vibrații s-au obținut o bună fragmentare a aşchiilor.

Punerea în evidență a rugozității suprafețelor prelucrate atât prin aşchiera obișnuită cât și pentru cea cu vibrații axiale s-a făcut pe două căi:

1) – măsurarea rugozităților cu un rugozimetru Taylor Hobson tip Surtronic 2, în laboratorul de metrologie al societății „S.C. Stimin S.A.” din Oradea;

2) – prin achiziția imaginilor suprafețelor prelucrate pe un stand utilizând microscopul Citival, o cameră video digitală adaptată microscopului și un calculator Pentium III, stand proiectat și realizat de autor, în laboratorul de Studiul materialelor, al Universității din Oradea și comparate cu imagini etalon.

În **capitolul 7** sunt prezentate: similitudinea dintre aşchiera discontinuă cu vibrații și aşchiera cu șocuri, dispozitivele pentru introducerea aşchierii cu vibroșocuri (dispozitive vibropercutante), avantajele aplicării vibropercuțiilor în procesele de aşchiere, modalitățile de introducere a dispozitivelor vibropercutante în sistemul de prelucrare, alegerea mașinilor–unelte, alegerea schemei de prelucrare, principiile de proiectare a dispozitivelor și utilajelor supuse la șocuri și vibrații care dau câteva reguli de bază ce trebuie respectate în acest caz, alegerea modelului constructiv al dispozitivului vibropercutant căruia i se prezintă schema de principiu, funcționarea și destinația (operații de găurire).

Pentru ca dispozitivul să funcționeze în anumiți parametri, trebuie să i se impună anumite regimuri de aşchiere vibropercutantă, regimuri care vor fi utilizate și ca date inițiale la proiectarea și realizarea finală a dispozitivului. Aceste regimuri de prelucrare prin aşchiere cu vibroșocuri pentru operația de găurire ne fiind studiate, autorul propune o metodă de cercetare prin similitudine a aşchierii cu șoc cu cea al operației de găurire cu vibroșocuri, deoarece deplasarea sculei în material la primul impuls se face identic, scula are o viteză inițială sub acțiunea căreia se deplasează liber în material, fiind frânată doar de forțele de aşchiere care se opun deplasării. Pentru ca similitudinea să fie mai apropiată, unghiurile constructive de degajare și așezare ale cuțitului au fost adoptate identic cu cele ale burghiului și încercarea s-a făcut pe același material (cupru OFHC) care urmează a fi prelucrat prin operații de găurire cu vibroșocuri.

Încercarea de aşchiere cu șocuri s-a făcut pe un stand de concepție proprie format dintr-un dispozitiv cu pendul de tip Oxford-Airey, căruia i-a fost atașat un traductor de tip TIRO 1000C pentru măsurarea deplasării unghiulare (θ_a) a sculei în material, a deplasării unghiulare a pendulului la mers în gol pentru o lansare (θ_p) și a deplasării unghiulare a pendulului în timpul aşchierii (θ_{ap}), un bloc de conectori pentru transmiterea semnalului (tip TTL) la placa de achiziție de date a calculatorului Pentium III.

În urma încercărilor de aşchiere cu șoc pe stand s-au stabilit tabelar valori optime pentru aşchiera cu șoc, mărimea deplasărilor unghiulare (θ_a) la aceste viteze, expresia forței de aşchiere, expresia mărimii θ_a și expresia energiei specifice de aşchiere (W_s) pentru cuprul OFHC. De asemenea în urma prelucrării pe calculator a semnalului înregistrat de TIRO s-au trasat diagramele de variație ale unghiului θ_a în funcție de vitezele de aşchiere, diagramele deplasărilor unghiulare θ_p , θ_{ap} în funcție de timp și diagramele de variație a vitezelor unghiulare la mers în gol (ω_p) și la mers în aşchiere (ω_{ap}) a dispozitivului în funcție de timp.

Pentru a vedea modul de formare a aşchiei și deformarea stratului aşchiat în condițiile

așchierii cu șoc, au fost făcute analize metalografice ale bazei așchiilor pe un stand care include un microscop Neophot 21 cu posibilitatea achiziției imaginilor pe calculator, stand conceput de autor.

Datele obținute la așchiera cu șocuri sunt utilizate la calculele de proiectare și modelare numerică a modelului de dispozitiv vibropercutant propus la operația de găurire cu vibroșocuri a cuprului OFHC.

În **capitolul 8** s-a făcut studiul funcționării modelului de dispozitiv vibropercutant, pe baza căruia s-au propus: schema de ciocnire a pieselor care alcătuiesc mecanismul de percuție a dispozitivului și schema de principiu al determinării parametrilor cinematici și dinamicii ai dispozitivului vibropercutant.

Pe baza celor două scheme au fost stabilite relațiile de calcul pentru elementele constructive ale dispozitivului și relațiile de legătură între elementele constructive și parametrii dinamici: impuls, impulsul dat de percuție, coeficientul de restituire și momentul de inerție, impulsul în funcție de turația arborelui principal al mașinii-unelte, viteza de așchiere în funcție de turația mașinii-unelte, coeficientul de restituire și momentele de inerție.

Utilizând condițiile ciocnirii cu restituire (elasto - plastică), în zona de contact dintre cele două piese care se ciocnesc percutor și cama arborelui dispozitivului, s-a calculat rezistența la contact cu relația lui Hertz pentru o deformare admisă a materialului percutorului.

Construcția geometrică, rezultată în urma calculelor, la scară, s-a executat sub programul Catia[®] versiunea 5.2, prilej cu care au fost calculate automat și momentele de inerție ale percutorului și arborelui dispozitivului. După obținerea tuturor dimensiunilor pentru percutor și cama arborelui, s-a trecut la verificarea funcționării dispozitivului în regim percutant prin modelarea numerică cu programul „model_disp3.m”, special scris în acest sens, rulat sub mediul MATLAB[®].

Pentru simularea în regim dinamic au fost scrise relațiile de mișcare ținând seama de viteza unghiulară a arborelui mașinii-unelte. Datele au fost introduse într-un subprogram „coord_piesa.m” care trasează conturul percutorului și camei arborelui și apelează un alt subprogram „gen_P...P.m” care generează puncte pe suprafețele de contur ale celor două piese la o distanță Δn_i .

Simularea mișcării s-a făcut prin introducerea discretizării în timp Δt în funcție de vitezele unghiulare, respectiv a vitezelor de ciocnire, viteze introduse cu subprogramul „vit_impact.” și a semnelor de mișcare (+) și (-). Pentru a putea fi făcută simularea în regim dinamic sub mediul MATLAB[®] este necesar testarea ciocnirilor, considerându-se în acest sens două posibilități:

- 1) – ciocnirea are loc între un punct al percutorului și o suprafață a camei arborelui dispozitivului;
- 2) – ciocnirea are loc între o suprafață a percutorului cu o suprafață a camei arborelui dispozitivului.

Testarea ciocnirilor s-a făcut cu ajutorul unui subprogram „test_impact” gestionat de programul de modelare „model_disp3.m”.

Prin rularea programului „model_disp3.m” sub mediul MATLAB[®], se calculează secvențe de mișcări succesive și se memorează pozițiile succesive ale percutorului și camei arborelui în urma ciocnirilor, iar cu ajutorul unui program „gen_avi” se assemblează toate pozițiile succesive rezultând filmul modelării, film salvat sub Windows Media Player, cu ajutorul căruia poate fi redat pe un calculator.

În urma primei simulări s-a constatat că apar ciocniri suplimentare pe fețele inactive ale camei, ciocniri care frânează suplimentar mișcarea arborelui dispozitivului, consumând inutil din impulsul inițial. Din acest motiv a fost necesară reproiectarea configurației geometrice a percutorului, practic scurtând brațul secundar cu o anumită valoare. După operația de reproiectare s-a refăcut simularea cu noile date geometrice ale percutorului, simulare care arată o funcționare corectă a mecanismului de percuție, obținând în urma impulsului primar un unghi de rotație a arborelui (φ_{rot}) mai mare decât în situația precedentă.

Pentru verificarea mărimii de scurtare a brațului secundar al percutorului s-a efectuat și o simulare cu o valoare mai mare decât cea adoptată, condiție în care după prima ciocnire dispozitivul

vibropercutant nu mai funcționează, ciocnirile secundare nu mai aduc în poziție activă brațul principal al percutorului. Secvențele de lucru ale celor trei simulări sunt prezentate în Anexele 25, 26, 27 din volumul Anexe, iar programul de simulare în Anexa 21 din același volum.

Prin simularea numerică a funcționării dispozitivului s-a reușit descoperirea unei funcționări incorecte, oferind posibilitatea de corecție înainte de execuția fizică a dispozitivului. În urma calculelor de proiectare și a simulării s-a realizat fizic dispozitivul vibropercutant necesar introducerii vibroșocurilor la operația de găurire a cuprului OFHC, pe o mașină cu comandă numerică (CP20 UO).

În **capitolul 9** sunt prezentate studiile privind funcționarea dispozitivului în așchiera cu vibroșocuri, comparativ cu așchiera obișnuită și influențele aplicării așchierii cu vibroșocuri asupra calității suprafețelor prelucrate comparativ cu așchiera obișnuită la operația de găurire.

Pentru efectuarea studiilor experimentale a fost proiectat de către autor un stand de încercare format din: mașina-unealtă tip CP20UO, dispozitivul vibropercutant prins în arborele mașina-unealtă, un burghiu prins în arborele dispozitivului, epruvete din cupru OFHC prinse într-un universal care este așezat pe o masă tensometrică și un suport special prins pe arborele dispozitivului pe care vor fi prinși traductorii: accelerometru și TIRO. Standul este completat cu un calculator Pentium III, care are montat intern o placă de achiziție de date tip PCI 1200 (National Instruments) care prin intermediul unui bloc conector și a unui amplificator operațional preia semnalele de la accelerometru. Prin intermediul aceluiași bloc conector se preia și semnalele de la traductorul TIRO de unde sunt trimise plăcii de achiziții de date.

Semnalele de la timbrele tensometrice pentru măsurarea forței axiale și a momentului de așchiere sunt preluate de un grup de conectare de unde sunt trimise spre o punte Wheatstone tip P-3500 fabricată de firma Vishay Measurements Group, de unde prin intermediul blocului conector ajung la placa de achiziții de date.

Pentru a achiziționa semnale reale fără zgomote s-a trecut la etalonarea traductorilor. Etalonarea traductorilor și problemele care apar la achiziția datelor de la cele trei tipuri de traductori sunt prezentate în subcapitolul 9.3.

Datorită modului de lucru diferit al traductorilor s-a elaborat în acest subcapitol o schemă de principiu al achiziției și prelucrării computerizate a datelor sub mediul MATLAB[®] pentru a obține în final diagramele de variație a accelerațiilor, forței axiale, momentului de așchiere și vitezelor unghiulare la așchiera cu vibroșocuri și obișnuită, în funcție de turațiile mașinii și vitezele de avans.

Lucrul cu dispozitivul în cele două regimuri: cu vibroșocuri și obișnuit, este posibil datorită faptului că în corpul dispozitivului s-au practicat două găuri filetate prin intermediul cărora, cu ajutorul a două șuruburi sunt blocați percutorii pentru așchiera obișnuită. Pentru așchiera cu vibroșocuri sunt scoase cele două șuruburi.

Pentru a avea o gamă mai mare a regimurilor de așchiere, în special a vitezelor de avans, în corpul dispozitivului au fost practicate două canale semicirculare prin care se permite atașarea la percutorii a câte unei mase suplimentare pentru mărirea impulsului la ciocnire.

De asemenea sunt precizate meniurile din programul MATLAB[®], prin care au fost prelucrate semnalele salvate în fișiere, pentru fiecare tip de semnal dat de traductori. Cu aceste precizări s-a trecut la testarea funcționării dispozitivului vibropercutant la regimurile de lucru stabilite după efectuarea testelor de așchiabilitate, cu aplicarea unor mici corecții la vitezele de așchiere, datorită gamei de turații existente la mașina-unealtă.

Pentru stabilirea regimurilor de așchiere optime și a testării dispozitivului la vibropercuții s-au ales 5 turații și 5 viteze de avans, pentru care s-au măsurat:

- accelerațiile în 3 puncte: pe pinola mașinii-unelte, pe arborele dispozitivului și pe unul din bacurile universalului;

- forța axială, momentul de așchiere și vitezele unghiulare ale arborelui dispozitivului, atât pentru așchiera cu vibroșocuri cât și pentru așchiera obișnuită.

Pentru fiecare regim de așchiere s-au măsurat parametrii amintiți, iar semnalele obținute de la accelerometru și timbrele tensometrice sub formă de tensiuni digitale, salvate în fișiere sub formă

de numere pe 16 bit, au fost transformate în fișiere tip MATLAB® cu ajutorul unor programe scrise în mod special pentru acest lucru. Fișierele MATLAB® au fost prelucrate apoi sub mediul MATLAB® cu ajutorul programului *Signal Processing Toolbox*, obținându-se diagramele aferente, prezentate în Anexe. Pentru prelucrarea semnalelor TIRO, care sunt de tipul TTL, s-a utilizat un alt algoritm, deoarece datele sunt salvate în fișiere de tip ASCII, ca numere întregi pe 16 bit, a fost necesar scrierea unor programe (prezentate în Anexe) care să transforme fișierele ASCII în fișiere MATLAB®, apoi pentru calculul vitezei unghiulare și afișarea diagramelor.

Deoarece fenomenul fizic transmis epruvetei supuse aşchierii este şocul, s-au reţinut valorile maxime, măsurate „vârf la vârf” (peak to peak), ale amplitudinilor acceleraţiilor, forţelor, momentelor și vitezelor unghiulare și apoi trecute în tabele. Pe baza acestor date tabelare au fost trasate diagramele de variație ale parametrilor măsurati în funcție de regimul de aşchiere utilizat la prelucrare, cu ajutorul unui program scris în acest sens și rulat sub MATLAB®. Diagramele sunt prezentate atât spațial (amplitudinea maximă în funcție de turație și viteza de avans), cât și în plan la diferite viteze de avans. Diagramele au fost trasate atât pentru aşchiera cu vibroşocuri cât și la aşchiera obișnuită pentru a se putea face comparațiile de rigoare.

Întrucât măsurarea „peak to peak” indică nivelul şocurilor la un moment dat și nu dă informații asupra fenomenului global, în cazul vibrațiilor complexe, cum sunt cele de tipul vibroşocurilor, pentru urmărirea desfășurării în timp a fenomenului, s-a efectuat și măsurarea valorii eficace a semnalului prin calculul rădăcinii medii pătratice (Root Mean Square-RMS) a semnalului achiziționat, știind că vibrațiile cu frecvențe înalte provoacă deplasări mici (la 10 KHz - 0.25 μm), iar vibrațiile de 10 Hz produc deplasări de ordinul milimetrilor. Din acest motiv au fost calculate și reprezentate pe diagrame valorile RMS ale semnalelor achiziționate. În acest scop a fost scris programul „RMS – fft3.m” care rulează sub mediul MATLAB®, și care citește fișierele „mat”, calculează RMS-ul și afișează diagramele RMS și al spectrelor frecvențelor pentru întreg semnalul. Pentru economie de timp și aplicând criteriul de productivitate, RMS-ul a fost aplicat numai pentru ultimele două valori ale turațiilor și trei ale vitezelor de avans (cele mai mari).

În urma analizei variației valorilor maxime ale parametrilor măsurati la funcționarea dispozitivului în regim vibropercutant s-a confirmat faptul că dispozitivul poate funcționa la regimurile de aşchiere testate fără ca nivelul şocurilor să afecteze buna funcționare a mașinii-unelte și a sculei (burghiului).

În partea a doua a capitolului 9 sunt prezentate studiile privind influența aplicării vibropercuțiilor asupra calității suprafețelor prelucrate prin operația de găurire a eşantioanelor din cupru OFHC cu regimurile de aşchiere utilizate la testarea funcționării dispozitivului vibropercutant.

Analiza calității suprafețelor prelucrate prin aşchiere cu vibroşocuri a fost îndreptată spre patru direcții:

1. Măsurarea efectivă a rugozității suprafețelor prelucrate prin aşchiere cu vibroşocuri și compararea cu cea obținută la prelucrarea prin aşchiere obișnuită. Valorile măsurate au fost trecute în tabel iar pe baza acestora cu ajutorul programului „diag_Ra_3.m” și utilizând funcția „Spline” din mediul MATLAB®, s-au trasat diagramele de variație a rugozităților suprafețelor la diferite valori ale vitezei de avans, în funcție de turație pentru ambele tipuri de aşchiere.

2. Analiza stratului de aşchiat (formarea aşchiilor), ca parametru care influențează calitatea suprafețelor prelucrate. Acest parametru a fost urmărit prin modul de fragmentare al aşchiilor la regimurile de aşchiere testate. În cazul materialelor cu plasticitate ridicată, fragmentarea aşchiilor reprezintă un indicator de creștere a productivității prelucrării, prin eliminarea timpilor morți, destinați opririi și evacuării aşchiilor. Analiza s-a efectuat prin prelevarea de aşchii la fiecare regim de lucru, atât la aşchiera obișnuită cât și la aşchiera cu vibroşocuri, fotografiate, incluse în Anexe și apoi comparate.

3. Analiza deformației stratului aşchiat, un alt parametru important care influențează calitatea suprafețelor prelucrate, în special atunci când unele proprietăți, cum este rezistivitatea electrică, sunt foarte importante și nu pot fi neglijate (cazul cuprului OFHC care intră în componența magnetroanelor). Analiza s-a făcut prin pregătirea metalografică a fiecărui eşantion

apoi analizate metalografic pe un stand compus dintr-un microscop Neophot 21, o cameră digitală pentru achiziția imaginilor și un calculator Pentium III, stand realizat de autor. Imaginile structurilor analizate au fost achiziționate pe calculator și apoi au fost inserate în Anexe, pentru fiecare regim de lucru și în cazul ambelor tipuri de prelucrări.

4. Analiza macroscopică a suprafețelor pentru detectarea unor microdefecte de suprafață, care la măsurarea rugozității pot trece ca înălțimi ale acesteia, analiză efectuată pe microscopul Citival și efectuată înaintea analizei microscopice. Imaginile suprafețelor au fost achiziționate cu ajutorul camerei digitale și salvate în fișiere „.bmp”, de unde au fost inserate în Anexe, apoi fiind comporate cu imagini etalon. Achiziția imaginilor s-a realizat pentru toate regimurile de prelucrare și pentru ambele metode de așchiere.

În urma analizei efectuate și ținând seama de criteriile de productivitate a prelucrării prin așchiere, s-a constatat că există regimuri de așchiere vibropercutantă în care se obține o bună calitate a suprafeței prelucrate, o bună fragmentare a așchiilor, o deformare mică a stratului așchiat și suprafețe fără microdefecte ($n = 686 \div 771$ rot/min și $v_s = 6$ mm/min).

Capitolul 10 intitulat „Concluzii finale și contribuții” prezintă concluziile la care autorul ajunge în urma studiului introducerii vibroșocurilor în procesul de așchiere al materialelor cu plasticitate ridicată.

Întrucât prezența vibrațiilor în procesul de așchiere este un fenomen negativ, trebuie luate măsuri de atenuare a lui. Introducerea unor perturbații și mai complexe, cum sunt vibroșocurile, pentru a reuși prelucrarea prin așchiere în prezența acestora, trebuie cunoscută foarte bine influența vibrațiilor și șocurilor în cazul așchierii obișnuite, metodele de atenuare a lor, apoi cinematica și dinamica așchierii cu vibrații și vibroșocuri, influența acestora asupra mecanicii procesului de așchiere (forțe, momente, deformațiile materialului, contracția așchiei), a indicatorilor procesului de așchiere (fenomenele termice, uzura și durabilitatea sculelelor și lichidele de răcire și ungere) și în mod special al influențelor asupra formării rugozității suprafețelor. În studiul formării rugozității la așchiere cu vibrații de un real folos a fost simularea numerică a generării traiectoriilor vârfului cuțitului și a rugozității pe calculator, în vederea stabilirii parametrilor de așchiere (v , s , u , α , γ , χ) și a parametrilor mișcării vibratorii (în special f , A_x , T și λ).

Studiul tuturor acestor aspecte ale așchierii cu vibrații a condus la alegerea unor regimuri de așchiere, a unui dispozitiv vibrator și a stabilirii parametrilor mișcării vibratorii pentru realizarea unor suprafețe cu rugozitate la fel de bună ca și la așchiere obișnuită, respectiv la fragmentarea sigură a așchiilor, deși sunt așchiate materiale care la așchiere obișnuită dau numai așchii lungi.

Experimentele efectuate la așchiere cu vibrații a constituit un suport informațional pentru trecerea la introducerea așchierii cu vibroșocuri, a proiectării și realizării dispozitivului vibropercutant necesar introducerii vibroșocurilor în procesul de așchiere. De asemenea studiul similitudinii dintre așchiere ortogonală cu șocuri și așchiere cu vibroșocuri a furnizat informații care completează informațiile privind așchiabilitatea și dinamica procesului de așchiere a cuprului, în condițiile așchierii cu șocuri.

Modelarea numerică pe calculator a funcționării în regim dinamic a dispozitivului vibropercutant proiectat, înainte de realizarea practică, a făcut posibilă descoperirea unei funcționări incorecte și alegerea variantei cu funcționare corectă pentru realizarea practică.

Utilizarea unor scheme logice de achiziție și prelucrare a datelor, a condus în final la obținerea unor rezultate certe, care a contribuit la optimizarea regimurilor de așchiere cu vibroșocuri pentru realizarea unor suprafețe cu rugozitate cât mai bună, a fragmentării așchiilor și a funcționării dispozitivului.

În urma analizei funcționării dispozitivului s-a constatat că mai există posibilități de a micșora transmiterea vibroșocurilor spre arborele mașinii, prin utilizarea unor bucși din materiale absorbante de vibrații (ex.: fonte cu grafit lamelar) în locurile de montare a rulmenților.

Analiza efectuată în urma experimentărilor privind introducerea vibroșocurilor în așchiere materialelor cu plasticitate ridicată la operațiile de găurire, arată ca prin acest procedeu se poate obține o calitate mai bună suprafețelor așchiate decât la așchiere obișnuită și că aproape în toate cazurile a avut loc fragmentarea așchiilor, lucru ce permite automatizarea acestor genuri de

prelucrări.

Cercetările efectuate de autor au condus la următoarele contribuții:

a) Contribuții teoretice:

1. Sistematizarea datelor existente în literatura de specialitate privind apariția vibrațiilor în procesele de aşchiere precum și a utilizării vibrațiilor și vibropercuțiilor în vederea îmbunătățirii calității suprafețelor și eficientizarea prelucrabilității materialelor cu plasticitate ridicată.

2. Studiul proceselor de aşchiere prin vibrații pe baza modelului formulat cu ajutorul considerațiilor cinematice privind acțiunea sculei asupra materialului.

3. Simularea cu ajutorul modelului rezultat în urma studiului efectuat, a regimurilor de aşchiere posibile cu specificarea situațiilor practice.

4. Completarea studiului cinematic prin considerarea rugozităților obținute în urma procesului de prelucrare prin aşchiere cu vibrații. S-a considerat în mod special procesul de aşchiere pentru cazul strunjirii cu vibrații axiale.

5. Dezvoltarea unui model dinamic pentru studiul acționării vibropercutante la aşchiere cu precizarea principalilor parametrii geometrici și dinamici necesari stabilirii condițiilor optime de funcționare.

6. Elaborarea schemei funcționale a dispozitivului de acționare vibropercutant rezultat în urma modelării fenomenului.

7. Aplicarea metodelor analitice pentru precizarea fenomenelor de ciocnire dintre percutorul de pe colivia arborelui principal al mașinii unelte și arborele port-sculă.

8. Particularizarea rezultatelor obținute în vederea analizei procesului de aşchiere la găurirea cu vibropercuții.

9. Simularea pe calculator a funcționării dispozitivului de aşchiere vibropercutant și precizarea situațiilor în care funcționarea este posibilă. În mod special se evidențiază situații posibile în care apar: blocarea percutorului cu arborele port - sculă sau lipsa prezenței percuțiilor care sunt cazuri nedorite.

10. Dezvoltarea pe baza modelului adoptat a unei metode de calcul pentru parametrii constructivi ai dispozitivului vibropercutant. Pentru precizarea tuturor parametrilor s-au luat în considerare aspecte privind rezistența materialului la solicitări de contact.

11. Executarea unor modificări constructive ale dispozitivului vibropercutant în vederea creșterii eficienței procesului de prelucrare. S-a avut în vedere reproiectarea percutorilor în urma rezultatelor simulării funcționării dispozitivului în regim vibropercutant.

b) Contribuții aplicative

1. Adaptarea unui stand cu dispozitiv electromecanic privind introducerea vibrațiilor axiale în procesul de aşchiere prin strunjire. Experimentările s-au realizat pe o instalație de măsură de concepție proprie.

2. Prelucrarea datelor rezultate în urma experimentărilor cu dispozitivul de vibrație axială în cazul strunjirii. În urma efectuării măsurătorilor s-au putut obține interpretări esențiale privind rugozitatea suprafeței și fragmentarea aşchiei la diferite regimuri de vibrații.

3. Conceperea și realizarea modernizării dispozitivului Oxford-Airey în cadrul determinării aşchiabilității cuprului OFHC la aşchiera ortogonală cu șocuri.

4. Realizarea dispozitivului de aşchiere prin vibropercuții în urma studiului pe model.

5. Conceperea și realizarea dispozitivului de măsură tensometrică pentru forțele axiale și momentelor rezultate în urma acționării dispozitivului vibropercutant.

6. Efectuarea de măsurători a vitezei unghiulare a sculei cu ajutorul unui dispozitiv special construit.

7. Înregistrarea și achiziționarea de imagini privind rugozitatea suprafețelor rezultate în urma aşchierii vibropercutante precum și prelucrarea automată a datelor experimentale obținute.

8. Conceperea și realizarea modernizării microscopelor Citival și Neophot 21 pentru a permite achiziționarea imaginilor pe calculator.

Rezultatele cercetărilor efectuate pe parcursul elaborării tezei de doctorat au fost valorificate prin:

- publicarea de lucrări științifice la sesiuni de comunicări științifice;
- publicarea de lucrări științifice în reviste de specialitate;
- contribuții la obținerea Grantului CNCSIS „Cercetări privind influența vibrațiilor și vibropercuțiilor asupra procesului de prelucrare prin așchiere”. Tema 59. Cod 417 director prof. dr. ing. Brîndeu Liviu, 2002. în calitate de colaborator extern:

- un brevet de invenție, în calitate de coautor, medaliat cu medalie de argint la Salonul de Inventică „ROPET”. Petroșani, 16 ÷ 19. 09. 2003;

- modernizarea microscopelor Neophot 21 și Citival din laboratorul de Studiul materialelor al Facultății IMT din Oradea, ceea ce va permite în viitor analiza imaginilor microstructurilor și macrostructurilor prin metode fractale;

- modernizarea dispozitivului Oxford-Airey din laboratorul de Bazele așchierii și generării suprafețelor al Facultății IMT din Oradea, ceea ce permite prelucrarea datelor privind așchiabilitatea materialelor pe calculator.

Rezultatele obținute permit continuarea cercetărilor privind extinderea prelucrării cu vibroșocuri și la alte tipuri de materiale cu plasticitate ridicată, iar partea teoretică constituie o modestă contribuție la completarea informațiilor privind proiectarea dispozitivelor de introdus vibrații și vibroșocuri în așchieria materialelor și procesele de așchiere cu vibrații și vibroșocuri.