



ROMÂNIA
MINISTERUL EDUCAȚIEI NAȚIONALE
ȘI CERCETĂRII ȘTIINȚIFICE
UNIVERSITATEA „VASILE ALECSANDRI” DIN BACĂU
Calea Mărășești, Nr. 157, Bacău 600115
Tel. +40-234-542411, tel./fax +40-234-545753
www.ub.ro; e-mail: rector@ub.ro



Ing. Cosmin-Constantin GRIGORAȘ

**CONTRIBUȚII TEORETICE ȘI EXPERIMENTALE
PRIVIND CALITATEA SUPRAFEȚELOR OBTINUTE PRIN
PRELUCRAREA COMBINATĂ PRIN AȘCHIERE ȘI
DEFORMARE PLASTICĂ A ALIAJULUI DE MAGNEZIU
AZ31B-F**

-REZUMAT LA TEZA DE DOCTORAT -

Coordonator științific:
Prof.Univ.Dr.Ing. Gheorghe BRABIE

Bacău – 2016

Nr. /

.....
.....
.....

Stimați colegi si studenți,

Vă facem cunoscut că în ziua de 04 noiembrie 2016 la ora 10,30 în sala BI 42 a corpului B a Facultății de Inginerie, va avea loc susținerea publică a tezei de doctorat intitulată: **“CONTRIBUȚII TEORETICE ȘI EXPERIMENTALE PRIVIND CALITATEA SUPRAFEȚELOR OBTINUTE PRIN PRELUCRAREA COMBINATĂ PRIN AȘCHIERE ȘI DEFORMARE PLASTICĂ A ALIAJULUI DE MAGNEZIU AZ31B-F”**, elaborată de domnul inginer **Cosmin-Constantin Grigoraș**, în vederea conferirii titlului științific de doctor. Comisia de doctorat este alcătuită din: - Prof.univ.dr.ing. **Valentin ZICHIL**, Președinte Decan al Facultății de Inginerie Universitatea “V. Alecsandri” din Bacău - Prof.univ.dr.ing. **Gheorghe BRABIE**, Conducător științific Universitatea “V. Alecsandri” din Bacău - Prof.univ.dr.ing. **Dumitru NEDELUCU**, Membru Universitatea Tehnică “Gh. Asachi” din Iași - Prof.univ.dr.ing. **Abel Dias DOS SANTOS**, Membru Universitatea din Porto, Portugalia - Conf.univ.dr.ing. **Chiriță Bogdan**, Membru Universitatea “V. Alecsandri” din Bacău. Vă trimitem rezumatul tezei de doctorat cu rugămintea de a ne comunica, în scris, aprecierile Dumneavoastră. Cu această ocazie vă invităm să participați la susținerea publică a tezei de doctorat.

RECTOR,

Prof.univ.dr.ing. **Carol SCHNAKOVSKY**

Secretar Școala de Studii Doctorale,

Ing. **Alina MOROI**

Prefață

Prelucrarea prin procedee combinate de aşchiere și deformare (deformo-strunjire, deformo-frezare, skiving) reprezintă o metodă de actualitate și de viitor. Prin aplicarea acestui procedeu hibrid se obțin suprafețe cu rugozitate scăzută, se îmbunătățesc caracteristicilor fizice, mecanice și chimice, și se reduc timpii de lucru prin înlăturarea operațiilor ulterioare procedeuului de aşchiere (tratamente termice, operații de finisare și/sau superfinisare). Utilizarea procedeuului de deformo-frezare la nivel industrial are loc doar prin prelucrare succesivă (prelucrarea prin frezare a suprafeței, urmată de o operație ulterioară de tasare/deformare plastică la rece) și poate fi problematică din pricina implementării, în cadrul unei mașini unelte, a unui sistem hidraulic de mare presiune.

Prezenta lucrare are ca scop cercetări teoretice și experimentale cu referire la prelucrarea prin deformo-frezare simultană și succesivă a aliajului de magneziu AZ31B-F. Realizarea acestui principal obiectiv presupune dezvoltarea unei noi scule de tasare (prevăzută cu un element de fixare între scula de tasare și mașina unealtă). Parametrii de prelucrare în cadrul procedeuului de deformo-aşchiere utilizați au fost următorii: viteza de avans, avansul pe dinte, adâncimea de prelucrare la frezare, presiunea de tasare, adâncimea de prelucrare la tasare, tipul de prelucrare (simultan sau succesiv) și sensul prelucrării (în sensul sau contra avansului). Rezultatele obținute se referă la analiza rugozității suprafeței și durității materialului prelucrate prin frezare și deformo-aşchiere simultană și succesivă, a adâncimii de tasare, microstructurii, compoziției chimice și tensiunilor reziduale introduse în timpul prelucrării prin frezare și deformo-aşchiere.

În final doresc să îmi exprim mulțumirea prin câteva cuvinte pe care le adresez celor care m-au îndrumat pe parcursul desfășurării activităților de cercetare și de finalizare a prezentei lucrări, dar și a unor persoane importante mie, care mi-au oferit timpul și sfaturilor lor și care m-au adus în punctul în care sunt în ziua de azi.

În primul rând doresc să adresez mulțumiri și să îmi exprim recunoștința coordonatorului științific **prof. dr. ing. Gheorghe Brabie**, pentru îndrumarea și sfaturile competente primite în timpul elaborării prezentei lucrări. De asemenea doresc să îi adresez sincere mulțumiri pentru comportamentul și sfaturile părintești oferite, ce au dus la o dezvoltare armonioasă pe plan personal și profesional.

Sincere mulțumiri domnului **prof. dr. ing. Abel Dias dos Santos**, profesor în cadrul Universității din Porto, Portugalia, Facultatea de Inginerie Industrială, pentru sprijinul și timpul acordat și de asemenea pentru sfaturile și recomandările competente oferite în cadrul stagiului de cercetare la Universitatea din Porto.

Adresez mulțumiri domnilor **prof. dr. ing. Dumitru Nedelcu** de la Universitatea Tehnică „Gh. Asachi” din Iași, **prof. dr. ing. Abel dos Santos** de la Universitatea din Porto, Portugalia, **conf.dr.ing. Chiriță Bogdan** de la Universitatea „Vasile Alecsandri” din Bacău care, în calitate de referenți științifici, au avut răbdarea și bunăvoința de a analiza și evalua această teză de doctorat.

De asemenea, țin să-i mulțumesc și domnului **prof. dr. ing. Valentin Zichil**, decan al Facultății de Inginerie a Universității „Vasile Alecsandri” din Bacău, atât pentru suportul logistic acordat pe parcursul desfășurării cercetărilor prezentei teze, cât și pentru că a acceptat să facă parte din comisia de doctorat.

Doresc să mulțumesc membrilor departamentului Ingineria și Managementul Sistemelor Industriale din cadrul Facultății de Inginerie, Universitatea „Vasile Alecsandri” din Bacău, pentru îndrumare, sprijinul moral și tehnic și a climatului familial cu care m-au tratat, în special domnilor **prof.dr. ing. Carol Schnakovszky**, **asist.dr.ing. Cătălin Tâmpu**, **asist.dr.ing. Eugen Hergheliegiu**, **asist.dr.ing. Vlad Ciubotariu**, și tehnician **Anton Dodan**.

Doresc, de asemenea, să-i mulțumesc doamnei **prof. dr. Adriana Luminița Fânaru**, directoarea Școlii Doctorale de la Universitatea „Vasile Alecsandri” din Bacău, pentru sprijinul acordat și amabilitatea cu care a răspuns tuturor solicitărilor mele.

Mulțumiri familiei mele, care m-a ajutat, susținut și încurajat mereu, uneori chiar mai mult decât este omenește posibil. Doresc să mulțumesc *mamei* mele, **Adriana Grigoraș**, de la care am învățat că orice fac trebuie făcut cu sârguință, *tatălui* meu, **Neculai Grigoraș**, de la care am deprins spiritul organizatoric și *fratelui* meu, **Andrei Grigoraș**, care mi-a insuflat mereu curaj și determinare.

Doresc pe această cale să îi mulțumesc soției mele, **Mădălina-Nicoleta Grigoraș**, care a fost alături de mine pe tot parcursul acestor ani și care m-a ajutat cu sfaturi, vorbe dulci și care a avut cu mine răbdare de fier. Mai presus de orice vreau să îi mulțumesc pentru fiul nostru, **Patrick Nicholas**, care m-a făcut să înțeleg ce este mai presus în viață și că datorită lui trebuie să vreau și să pot din ce în ce mai mult.

Nu în ultimul rând vreau să îi mulțumesc nașei mele, **Alexandra Albuț**, care a crezut în mine mereu și care a reușit, prin perseverență și dăruire, să îmi ofere pregătirea necesară pentru a ieși cu fruntea sus în lume. Vreau să îi mulțumesc pentru călăuzirea pașilor prin vorbe și sfaturi concrete, cu exemple practice din viață de zi cu zi. Totodată îi mulțumesc, pentru că, alături de **Aurelian Albuț**, mi-au oferit un model în viață, o cale către înțelepciune.

ing. **Grigoraș Cosmin-Constantin**

CUPRINS

<i>Capitolul 1 Stadiul actual al cercetărilor privind influența parametrilor procedului de deformatoare asupra calității suprafeței prelucrate, în cazul aliajelor de magneziu</i>	11
1.1. Aspecte generale privind procedeul de deformatoare.....	12
1.1.1. Tipuri de scule utilizate în prelucrare prin deformatoare.....	13
1.1.1.1. Tasare cu dispozitiv cu bilă.....	13
1.1.1.2. Tasare cu dispozitiv cu rolă.....	14
1.1.1.3. Tasare asistată laser.....	15
1.1.1.4. Tasare criogenică	16
1.1.2. Parametrii de prelucrare ai procedului de deformatoare	17
1.2. Aspecte generale privind aliajele de magneziu.....	17
1.2.1. Clasificarea aliajelor de magneziu	17
1.2.2. Caracteristici fizico-mecanice și compoziția chimică a aliajelor de magneziu	18
1.3. Domenii și condiții de utilizare a aliajelor de magneziu	20
1.3.1. Domeniul aerospațial.....	20
1.3.2. Domeniul automotive	21
1.3.3. Domeniul medical. Implanturi temporare	23
1.3.4. Reacții chimice ale aliajelor de magneziu în organismul uman și animal	27
1.3.5. Mecanisme de creștere a rezistenței la coroziune și uzură	30
1.3.6. Influența mecanismelor de protecție împotriva coroziunii în cazul aliajelor de magneziu biomedicale	32
1.4. Prelucrabilitatea și calitatea suprafețelor aliajelor de magneziu obținute prin procedee de prelucrare mecanică.....	33
1.4.1. Prelucrabilitatea aliajelor de magneziu prin procedee de aşchiere	33
1.4.2. Prelucrabilitatea aliajelor de magneziu prin procedee de deformare plastică	34
1.4.3. Prelucrabilitatea aliajelor de magneziu prin procedee de deformatoare.....	34
1.5. Concluzii finale cu privire la stadiul actual al cercetărilor privind influența parametrilor procesului de deformatoare asupra calității suprafeței generate a aliajelor de magneziu	35
 <i>Capitolul 2 Obiectivele și metodologia cercetării</i>	 41
2.1. Obiectivele tezei de doctorat.....	42
2.2. Metodologia cercetării.....	43
2.2.1. Aspecte generale privind analiza experimentală a influenței parametrilor procedului de deformatoare	43
2.2.2. Caracteristici fizico-mecanice și compoziția chimică a materialului utilizat	44
2.2.3. Echipamente, scule și dispozitive utilizate în cadrul cercetărilor experimentale.....	44
2.2.3.1. Echipamente industriale utilizate în cadrul cercetărilor experimentale	45
2.2.3.2. Scule utilizate în cadrul cercetărilor experimentale.....	45
2.2.4. Echipamente de prelucrare și de achiziție de date utilizate în cadrul cercetărilor experimentale	47
2.2.5. Metodologia de experimentare utilizată în cadrul încercărilor experimentale	47
2.2.6. Metodologia de determinare a timpului de prelucrare, a ratei de tasare și a productivității.....	51
 <i>Capitolul 3 Cercetări experimentale privind influența parametrilor procedului de deformatoare asupra rugozității suprafeței și adâncimii de tasare, în cazul aliajului de magneziu AZ31B-F.....</i>	 59
3.1. Analiza experimentală a rugozității suprafeței obținute în funcție de parametrii procedului de deformatoare.....	60

3.1.1. Influența vitezei de aşchiere (V_c).....	60
3.1.2. Influența avansului pe dinte (f_z).....	62
3.1.3. Influența presiunii de tasare (P).....	64
3.1.4. Influența adâncimii de prelucrare la tasare (a_{pt}).....	67
3.1.5. Influența tipului de prelucrare.....	68
3.1.6. Influența sensului de prelucrare.....	69
3.2. Analiza experimentală a adâncimii de tasare obținute în funcție de parametrii procedurii de deformato-aşchiere.....	70
3.2.1. Influența vitezei de aşchiere (V_c).....	70
3.2.2. Influența avansului pe dinte (f_z).....	72
3.2.3. Influența presiunii de tasare (P).....	74
3.2.4. Influența adâncimii de prelucrare la tasare (a_{pt}).....	75
3.2.5. Influența tipului de prelucrare.....	77
3.2.6. Influența sensului de prelucrare.....	77
3.3. Concluzii privind influența parametrilor procesului de deformato-aşchiere asupra rugozității suprafeței și adâncimii de tasare, în cazul aliajului de magneziu AZ31B-F.....	78
<i>Capitolul 4 Cercetări experimentale privind influența parametrilor procedurii de deformato-aşchiere asupra caracteristicilor fizice, mecanice și chimice ale materialului, în cazul aliajului de magneziu AZ31B-F.....</i>	<i>82</i>
4.1. Analiza experimentală a influenței parametrilor procesului de deformato-aşchiere asupra caracteristicilor fizice, mecanice și chimice, în cazul aliajului de magneziu AZ31B-F.....	83
4.1.1. Influența parametrilor procesului de deformato-aşchiere asupra durității materialului prelucrat.....	83
4.1.1.1. Influența vitezei de aşchiere (V_c).....	83
4.1.1.2. Influența avansului pe dinte (f_z).....	85
4.1.1.3. Influența presiunii de tasare (P).....	87
4.1.1.4. Influența adâncimii de prelucrare la tasare (a_{pt}).....	90
4.1.1.5. Influența tipului de prelucrare.....	91
4.1.1.6. Influența sensului de prelucrare.....	92
4.1.2. Influența parametrilor procesului de deformato-aşchiere asupra microstructurii materialului prelucrat.....	92
4.1.3. Influența parametrilor procesului de deformato-aşchiere asupra compoziției chimice a stratului deformat prin microscopia electronică (SEM) și dispersia energiei cu raze X (EDX).....	98
4.1.4. Influența parametrilor procesului de deformato-aşchiere asupra tensiunilor interne ale materialului prelucrat.....	103
4.2. Concluzii privind influența parametrilor procesului de deformato-aşchiere asupra caracteristicilor fizice, mecanice și chimice, în cazul aliajului de magneziu AZ31B-F.....	106
<i>Capitolul 5 Modelele matematice rezultate și determinarea valorilor optime ale parametrilor procesului de deformato-aşchiere pe baza metodei Suprafețelor de Răspuns.....</i>	<i>111</i>
5.1. Aspecte generale privind metodele de analiză utilizate în optimizare parametrilor procesului de deformato-aşchiere.....	112
5.2. Aplicarea metodei <i>Suprafețelor de Răspuns</i> pentru analiza statistică, obținerea modelelor matematice și determinarea valorilor optime ale parametrilor regimului de deformato-aşchiere.....	112

5.2.1. Identificarea variabilelor de intrare și a răspunsurilor generate în cadrul aplicării metodei Suprafețelor de Răspuns.....	112
5.2.2. Construcția matricei factoriale în vederea aplicării metodei Suprafețelor de Răspuns.....	113
5.2.3. Modelele matematice obținute prin aplicarea metodei Suprafețelor de Răspuns. 113	
5.2.3.1. Modelarea matematică a rugozității suprafeței, obținută în funcție de variabilele de intrare	113
5.2.3.2. Modelarea matematică a durității materialului, obținută în funcție de variabilele de intrare	116
5.2.3.3. Modelarea matematică a adâncimii de tasare obținute, în funcție de variabilele de intrare	119
5.2.4. Determinarea valorilor optime ale parametrilor procesului de deformato-așchiere pe baza metodei Suprafețelor de Răspuns.....	121
5.3. Concluzii privind modelele matematice rezultate și optimizarea parametrilor procesului de deformato-așchiere.....	129
<i>Capitolul 6 Analiza timpului de prelucrare, a ratei de tasare și productivității în cazul procedurii de frezare, deformato-așchiere simultană și succesivă</i>	130
6.1. Analiza timpilor de prelucrare	131
6.2. Analiza ratei de tasare și a productivității procedurii de deformato-așchiere.....	135
6.3. Concluzii privind analiza productivității și a timpilor de prelucrare	138
<i>Capitolul 7 Concluzii generale. Contribuții originale. Direcții viitoare de cercetare.....</i>	141
7.1. Concluzii generale.....	142
7.1.2. Concluzii generale privind stadiul actual al cercetărilor referitoare la influența parametrilor procesului de deformato-așchiere asupra calității suprafeței prelucrate în cazul aliajelor de magneziu	142
7.1.3. Concluzii generale privind cercetările experimentale referitor la influența parametrilor procesului de deformato-așchiere asupra calității suprafeței prelucrate.....	143
7.2. Contribuții originale	150
7.3. Direcții viitoare de cercetare.....	152
<i>Bibliografie selectivă.....</i>	154

Observații: Numerotarea capitolelor, figurilor, relațiilor matematice și tabelor utilizate în rezumatul lucrării sunt cele corespunzătoare tezei de doctorat.

Capitolul 1 Stadiul actual al cercetărilor privind influența parametrilor procedului de deformato-așchiere asupra calității suprafeței prelucrate, în cazul aliajelor de magneziu

1.1. Aspecte generale privind procedul de deformato-așchiere

Procedul de deformato-așchiere este un proces hibrid, format din două tipuri de prelucrări (succesive sau simultane), unul de așchiere și unul de deformare plastică. În cazul procedului de așchiere procesul poate fi strunjire, frezare sau găurire (skiving). Procedul de tasare se bazează pe deformarea plastică (la cald sau la rece), prin contact cu alunecare [1], utilizând dispozitive sub presiune prevăzute cu un element deformato de tip bilă sau rolă (FIGURA 1) [2]. Acest procedu este denumit tasare (burnishing) și are ca scop îmbunătățirea calității suprafeței, a proprietăților fizice și mecanice obținute anterior prin așchiere [3].

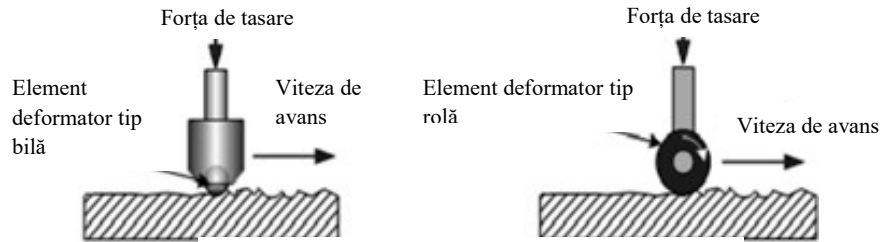


FIGURA 1 Principiul mecanic al procedului de tasare

Procedul de deformato-așchiere (simultană sau succesivă) nu prezintă o dificultate mare în execuție, în cazul strunjirii sau găuririi, și este o metodă eficientă de îmbunătățire a suprafeței prelucrate, oferind posibilitatea de anulare a tratamentului termic și a operațiilor ulterioare de superfinisare (honnire sau rectificare). Procedul se poate implementa pe orice mașină unealtă, clasică sau cu comandă numerică. Metoda duce la o productivitate crescută și micșorarea costurilor de producție.

1.1.1. Parametrii de prelucrare ai procedului de deformato-așchiere

Parametrii ca forța de tasare, viteza și avansul, numărul de treceri, traiectoria sculei, diametrul bilei sau a rolei, lățimea rolei, lubrifianțul folosit, adâncimea de tasare, rugozitatea inițială și cea finală, duritatea inițială și cea finală, materialul din care este confecționată bila sau rola, turația semifabricatului sau a sculei așchietoare și direcția de tasare trebuie luați în considerare pentru a descrie corect procedul de tasare [12].

1.2. Aspecte generale privind aliajele de magneziu

1.2.1. Clasificarea aliajelor de magneziu

Proprietățile materialelor se pot clasifica ca structural permanente sau structural transformabile. Proprietățile structural permanente sunt acele proprietăți care nu sunt influențate de microstructură, ca de exemplu: densitatea, proprietățile electrice, conductivitatea termică, căldura specifică. Aceste proprietăți sunt determinate de compoziția chimică și proprietățile atomice. Proprietățile structural transformabile reprezintă proprietățile mecanice.

Clasificarea generală a aliajelor de magneziu se poate face astfel [1]:

- în funcție de materialul dominant cu care este aliat;
- în funcție de prezența sau absența zirconului în aliaje în procesul de topire, aliere și rafinare;

1.3. Domenii și condiții de utilizare a aliajelor de magneziu

1.3.1. Domeniul aerospațial

Datorită masei scăzute și a rezistenței crescute la loviturile preluate (dent resistance), fuzelaje din aliaje de magneziu au fost utilizate cu succes în construcția unor rachete precum: Vanguard, Jupiter, Titan 1, Polaris, Thro-able Star și Altas Agena [1].

În cazul aviației civile, în ani 60', cursa dintre producătorii occidentali și cei sovietici ia amploare odată cu apariția avioanelor destinate transportului de pasageri și de mărfuri (Boeing 737, în anul 1967, și Tupolev TU-134, în anul 1963). Producătorul de avioane din Uniunea Sovietică este cel care a utilizat cele mai multe componente din aliaje de magneziu, fapt relevat din schițele structurale care proveneau din partea aviației militare. Astfel un număr de 1325 de componente montate erau din aliaje de magneziu, însumând o greutate totală de 780 [kg] [14].

1.3.2. Domeniul automotive

În perioada următoare celui de al doilea Război Mondial industria magneziului a încercat, în general fără succes, dezvoltarea unui număr mare de domenii de aplicare. Unul din domeniile unde au fost introduse aliaje de magneziu cu succes a fost industria auto. Designer-ul Ferdinand Porsche a inclus în proiectul său, "Volkswagen Beetle", componente din aliaje de magneziu, însumând o greutate totală de peste 20 [kg] [1].

Kulekci, ș.a. prezintă în studiul „Magnesium and its alloys applications în automotive industry” [20] evaluarea aplicațiilor aliajelor de magneziu în industria automotivelor, dintre care cele mai importante sunt: economia de combustibil și protejarea mediului înconjurător. Descoperirile recente în domeniul acoperirilor chimice a aliajelor de magneziu oferă soluții pentru îmbunătățirea rezistenței la coroziune în medii cu temperatură și coroziune ridicată. Comparativ cu alte materiale, utilizarea aliajelor pe bază de magneziu duce la reducerea greutății de la 22% la 70%.

1.3.3. Domeniul medical. Implanturi temporare

Dezvoltarea implanturilor ortopedice biodegradabile este unul dintre domeniile importante din aria ingineriei biomedicale. Implanturile ortopedice biodegradabile și biocompatibile pot fi absorbite și dizolvate gradual în organismul uman după implantarea lor. Comparativ cu implanturile clasice, permanente, confecționate din aliaje de oțel, titan și cobalt, un implant biodegradabil va oferi o soluție favorabilă pentru prevenirea operațiilor de înlăturare a implantului sau a operațiilor periodice de întreținere, și pentru înlăturarea altor efecte negative ca inflamații locale sau iritații fizice permanente [12, 23-27].

Implanturile metalice convenționale sunt mult prea rigide, și vor avea ca principală consecința scăderea în densitate a masei osoase, ca directă urmare a unei sarcini mici preluate de către os. Implanturile biodegradabile realizate din polimeri au în general rezistența mecanică scăzută, preluând parte din sarcinile ce acționează asupra osului și nu pot preveni în aceste cazuri alinierea și sutarea corectă a fragmentelor osoase. Aceste neajunsuri au permis cercetătorilor să caute noi materiale metalice biodegradabile. Magneziul (Mg) și materialele aliate cu magneziu sunt printre cele mai interesante opțiuni datorită faptului că au modulul de elasticitate apropiat de cel al osului. Aliajele de magneziu sunt biocompatibile și nu generează toxicitate pentru organism sau mutații genetice [28-30].

Coroziunea activă este considerată a fi un impediment major în utilizarea aliajelor de magneziu în multe aplicații inginerești; totuși, tendința de coroziune se poate utiliza ca o proprietate a biodegradării pentru aplicații biomedicale. Magneziul și aliajele sale au potențial în utilizare deoarece sunt materiale cu masă scăzută, degradabile și pot rezista la sarcini în organismul uman ca și implanturi ortopedice [31, 32]. Aceste aliaje pot rămâne temporar în organism, păstrându-și integritate mecanică pentru o perioadă de timp cuprinsă între 12-18 săptămâni, în timp ce țesutul osos se vindecă.

1.3.4. Mecanisme de creștere a rezistenței la coroziune și uzură

Deformarea plastică are loc, în mare parte, prin dislocarea cu alunecare a structurilor policristaline de magneziu. În condiții speciale, apare fenomenul de formare mecanică a unor structuri cristaline duble. Deformarea plastică apare atunci când rezistența la forfecare atinge o valoare critică. Structurile policristaline conțin defecte ale structurii cristaline cum sunt spații libere, atomi străini ce fac ca dislocarea să aibă loc sub diferite sisteme de alunecare, aceste defecte

restricționând mișcarea de dislocare. Astfel durificarea unui material este rezultatul creșterii rezistenței ca urmare a defectelor structurilor interne.

Mecanismele de creștere a rezistenței, de durificare a materialului se pot obține prin consolidarea dislocărilor, durificarea în soluții solide, durificare prin precipitare, durificare prin dispersie, durificare prin micșorarea dimensiunilor grăunților cristalini [1].

1.3.5. Influența mecanismelor de protejare împotriva coroziunii în cazul aliajelor de magneziu biomedicale

În multe din cazurile din tehnică aplicată, straturile și substraturile de suprafață ale zonelor funcționale sunt purtătoare de sarcini ridicate [67]. Un tratament mecanic al suprafeței schimbă condițiile straturilor de suprafață (creșterea sau scăderea durității și a micro sau macro tensiunilor reziduale), topologia suprafeței, în funcție de proces și parametrii procedului. Toate aceste efecte pot influența comportamentul componentelor unui sistem sub acțiunea încărcărilor dinamice și duce la modificarea rezistenței la oboseală [68, 69]. Efortul de compresiune din semifabricat reduce intensitatea tensiunilor la fisurare și la propagarea acestora [70, 71].

Operația de tasare este folosită ca un tratament mecanic în special pentru suprafețele obținute prin procedeul de strunjire. Modificările dorite în substraturile de suprafață ale semifabricatului în timpul tasării sunt cauzate de deformațiile elasto-plastice și posibile modificări în microstructură [67-70].

Tratamentele chimice pentru întârzierea procesului de coroziune trebuie să fie non-toxice și bazate pe elemente chimice favorabile țesutului viu, cum este magneziul.

Tratarea mecanică a aliajelor de magneziu este indicată în detrimentul unui tratament termic din cauza dificultății mari cu care acesta din urmă se realizează. Acest tratament presupune îmbunătățirea, în mod particular, a rugozității și a microstructurii (rafinarea grăunților cristalini, GR- grain refinement).

1.4. Prelucrabilitatea și calitatea suprafețelor aliajelor de magneziu obținute prin procedee de prelucrare mecanică

1.4.1. Prelucrabilitatea aliajelor de magneziu prin procedee de așchiere

Prelucrarea prin așchiere în cazul aliajelor de magneziu poate fi problematică din punct de vedere al depunerilor de material pe inserțiile sculelor de prelucrare (FBU – flank build-up) sau prin aprinderea așchiilor în timpul prelucrărilor. Soluția tehnică viabilă pentru evitarea acestor fenomene o reprezintă prelucrarea uscată (dry machining) sau prelucrarea cu pulverizare de lubrifiant (MQL – Minimal Quantity Lubrication).

Așchiera uscată a aliajelor de magneziu produce rezultate bune prin combinarea vitezelor de lucru mari cu avansuri mici [79]. Astfel se asigură o rugozitate scăzută, expunere mai mare la sarcinile termo-mecanice, modificări ale microstructurii și durificarea suprafeței prelucrate și a substraturilor aflate în imediata apropiere. Viteze de așchiere mari produc temperaturi mari, netezire termică mai bună, o așchiere ușurată și o calitate a suprafețelor mai bună.

1.4.2. Prelucrabilitatea aliajelor de magneziu prin procedee de deformare plastică

Prelucrarea de finisare a aliajelor de magneziu sub acțiunea forțelor de tasare mari îmbunătățește calitatea suprafeței [79, 83-85]. Totuși, straturile de suprafață vor fi deteriorate ca urmare a excesului de forțe aplicate. Tensiunile reziduale induse devin mult mai compresive. Adâncimea maximă de propagare se modifică substanțial spre straturile aflate la adâncimi mai mari, astfel că straturile de sub straturile de suprafață înmagazinează mai multă energie [84]. Duritatea suprafeței prelucrate nu a fost semnificativ modificată în cazul tasării aliajului MgCa3.0, dar o creștere a micro-durității a fost înregistrată în cazul aliajului AZ31B sub acțiunea forțelor de tasare mari [84, 86]. Literatura de specialitate oferă informații sumare în ceea ce privește tensiunile reziduale introduse prin procedeul de tasare utilizând dispozitiv cu rolă. Sculele de tasare cu rolă introduc tensiuni de compresiune cu o propagare de câțiva microni [47].

1.4.3. Prelucrabilitatea aliajelor de magneziu prin procedee de deformato-așchiere

Posibilitatea tehnică de realizare a procedeeului hibrid de deformato-așchiere permite folosirea acestuia pentru prelucrarea mecanică prin strunjire (deformato-strunjire), frezare (deformato-frezare) sau găurire (skiving).

În toate cazurile trebuie avut în vedere constrângerile de natură tehnică, dată fiind diversitatea suprafețelor de prelucrat, atât în cazul implanturilor medicale cât și în alte domenii industriale:

- în cazul prelucrării prin deformato-strunjire impedimentul tehnologic este reprezentat de razele de racordare ale semifabricatului care trebuie să fie egale sau mai mari decât raza bilei sculei de tasare;
- din cauza geometriei sculei de tasare posibilitatea prelucrării pieselor cu suprafețe înclinate este redusă și este indicată doar pentru unghiuri de sub 45°; indicat în acest caz fiind folosirea sculelor de tasare cu role;
- determinarea parametrilor optimi de prelucrare (adaosul de prelucrare, presiune de tasare, avansul de prelucrare, numărul de treceri și traiectoria sculei de tasare, adâncimea de deformare).

Parametrii de așchiere joacă un rol important în îmbunătățirea calității suprafeței (rugozitatea suprafeței, duritatea materialului, micro-duritatea, microstructura și tensiunile reziduale induse).

1.5. Concluzii finale cu privire la stadiul actual al cercetărilor privind influența parametrilor procesului de deformato-așchiere asupra calității suprafeței generate a aliajelor de magneziu

În cazul prelucrărilor utilizând procedee de așchiere, din analiza stadiului actual al cercetărilor se pot concluziona următoarele:

- prelucrarea aliajelor de magneziu este relativ ușoară la viteze de așchiere mici, datorită forțelor de așchiere mici, deci și a sarcinilor mecanice și termice mici asupra sculei;
- prelucrarea cu viteza mari (HSM – high speed machining) fără utilizarea lichidului de ungere/răcire este un procedeu de tratare a suprafeței prelucrate, fiind considerat eficient și ecologic și se utilizează cu succes în industria auto, aerospațială și medicală.
- prelucrarea prin așchiere a aliajelor de magneziu este caracterizată de cerințe de putere scăzută, durată de viață mare a sculei așchietoare, așchii mici, casabile și suprafețe calitative;
- analiza metalografică a depunerilor pe muchiile așchietoare (FBU) la prelucrarea aliajelor AZ31B și AZ91D arată deformări plastice semnificative;
- studii efectuate pe aliajul de magneziu AZ91 arată faptul că rugozitatea scăzută nu a avut efecte semnificative în creșterea generală a ratei de coroziune;
- strunjirea aliajului AZ91D la viteze de așchiere ridicate rezultă în ruperea așchiilor [1];
- o mare parte din energia introdusă în procesul de așchiere este transformată în căldură. În cazul magneziului, prelucrarea prin așchiere, poate duce la aprinderea spontană a așchiilor, dacă temperatura depășește punctul de aprindere a acestora.

În cazul prelucrărilor utilizând procedee de tasare, din analiza stadiului actual se pot concluziona următoarele:

- straturile și substraturile de suprafață ale zonelor funcționale sunt purtătoare de sarcini ridicate [11];
- tratamentul mecanic al suprafeței schimbă condițiile straturilor de suprafață (creșterea sau descreșterea durității și a micro sau macro tensiunilor reziduale), topologia suprafeței, în funcție de proces și parametrii procedeeului;

- efortul de compresiune din semifabricat reduce intensitatea tensiunilor la fisurare și la propagarea acestora [71, 72];
- suprafețele prelucrate prin tasare au comportament bun la preluarea sarcinilor, sunt indicate pentru contactul prin alunecare și au o rezistență la coroziune îmbunătățită [72];
- parametrii procedurii de tasare ce trebuie luați în calcul sunt următorii: forța de tasare, viteza și avansul, numărul de treceri, traiectoria sculei, diametrul bilei, lubrifiantul folosit, adâncimea de tasare, materialul din care este confecționată bila, turația semifabricatului, direcția de tasare;
- tasarea duce la creșterea durității materialului.
- creșterea semnificativă în grosime a stratului tasat comparat cu cel strunjit este datorată forțelor de prelucrare mai mari atât pe direcție tangențială cât și pe direcție radială;
- forțe mai mari de tasare vor induce deformări plastice severe suprafeței prelucrate și straturilor aflate în imediata vecinătate, modificând astfel microstructura până la o adâncime crescută;
- recristalizarea dinamică poate fi cauza principală pentru rafinarea grăunților cristalini [72];
- în timpul tasării tensiuni reziduale se introduc în suprafața prelucrată a semifabricatului și ca urmare rezistența la oboseală și rezistența la uzura stratului de suprafață crește;
- procesul de tasare este o operație care nu este valorificată în industrie corect din cauza dificultății corelării regimurilor de lucru cu modificările geometrice și mecanice din semifabricat.

În cazul prelucrărilor utilizând procedee de deformato-așchiere a aliajelor de magneziu cu utilizare industrială, din analiza stadiului actual se pot concluziona următoarele:

- prelucrarea prin deformato-așchiere în cazul aliajelor de magneziu poate fi problematică din punct de vedere al depunerilor de material pe inserțiile sculelor de prelucrare (FBU) sau din cauza aprinderii așchiilor în timpul prelucrărilor;
- lubrifiantul, utilizat la așchiere, este un element cu o importanță deosebită în procedeul de tasare, întrucât formează un film elasto-hidrodinamic protector între bilă și suprafața semifabricatului, înlăturând contactul direct între acestea și preluând o parte din căldura degajată [1];
- deformato-așchiera uscată a aliajelor de magneziu produce rezultate bune prin combinarea vitezelor mari de lucru cu avansuri mici [92];
- viteze de așchiere mari produc temperaturi mari, netezire termică mai bună, o așchiere ușurată și o calitate a suprafețelor mai bună.
- prelucrarea aliajelor de magneziu sub acțiunea forțelor de tasare mari îmbunătățește calitatea suprafeței [83-85, 92]. Totuși, straturile de suprafață vor fi deteriorate ca urmare a excesului de forță aplicate;
- grăunții cristalini sunt compactați în zonele cu tensiuni reziduale maxime; creșterea micro-durității a fost înregistrată în cazul aliajului AZ31B sub acțiunea forțelor de tasare mari [86, 92];

Capitolul 2 *Obiectivele și metodologia cercetării*

2.1. Obiectivele tezei de doctorat

Cercetările experimentale din cadrul tezei de doctorat au fost orientate spre analiza influenței parametrilor procedurilor de frezare [93-95] și deformato-așchiere (deformato-frezare) [96-100] asupra calității suprafeței rezultate, a caracteristicilor fizice, mecanice și chimice ale materialului, precum și asupra timpului de prelucrare, ratei de tasare și a productivității, în cazul prelucrării aliajului de magneziu AZ31B-F.

Prelucrarea prin procedeul combinat de deformato-așchiere simultană, utilizând operațiile de frezare și de tasare, este insuficient tratată în literatura de specialitate, principala cauză fiind lipsa unei scule dedicate acestui tip de prelucrare.

Prezenta teză de doctorat are ca obiective următoarele direcții de studiu:

- conceperea unui sistem hibrid de deformato-așchiere (deformato-frezare) prin proiectarea și fabricarea unei scule, ce poate efectua procedeul hibrid simultan, cât și succesiv, utilizând o instalație hidraulică de mare presiune;
- determinarea pe cale experimentală a parametrilor optimi ai regimului de deformato-așchiere;
- determinarea pe cale teoretică și experimentală a caracteristicilor tehnice ale elementului deformato al sculei destinate operației de tasare;
- determinarea planului de experimente care să permită analiza influenței diferiților parametri asupra calității suprafeței prelucrate;
- analiza experimentală a rugozității suprafeței obținute în urma procedurii de deformato-așchiere, în funcție de parametri regimului utilizat;
- analiza experimentală a durității materialului obținută în urma procedurii de deformato-așchiere, în funcție de parametri regimului utilizat;
- analiza experimentală a adâncimii de tasare obținută în urma procedurii de deformato-așchiere, în funcție de parametri regimului utilizat;
- aplicarea metodei Suprafețelor de Răspuns în vederea obținerii gradului de influență a parametrilor de intrare, a modelului matematic rezultat și optimizarea parametrilor procesului de prelucrare și a parametrilor de ieșire (rugozitatea suprafeței, duritatea materialului și adâncimea de tasare);
- determinarea prin analiză statistică a influenței rugozității suprafeței și durității materialului, obținute prin procedeul frezare, asupra rugozității și durității obținute prin procedeul de tasare, utilizând prelucrări simultane și succesive;
- determinarea metodologiei de calcul a timpului de prelucrare și a timpului total de prelucrare (timpul de ciclu);
- determinarea relației dintre adâncimea de tasare și lățimea de tasare precum și calcularea ratei de tasare în cazul prelucrării prin deformato-așchiere simultană și succesivă;
- stabilirea productivității fiecărui procedeu de deformato-așchiere utilizat, și analiza comparativă între prelucrare simultană și cea succesivă.

2.2. Metodologia cercetării

2.2.1. Aspecte generale privind analiza experimentală a influenței parametrilor procedurii de deformato-așchiere

Parametri regimului de deformato-așchiere analizați în cadrul cercetărilor experimentale sunt următorii: viteza de așchiere (V_c [m/min]), avansul pe dinte (f_z [mm/z]), adâncimea de așchiere (a_a [mm]), presiune de tasare (P [bar]), adâncimea de prelucrare la tasare (a_{pt} [mm]), tipul prelucrării (prelucrare succesivă sau simultană), sensul de deplasare.

Prelucrarea prin deformato-așchiere a fost efectuată succesiv și simultan. În primul caz suprafața a fost prelucrată prin frezare, după care, pe aceeași suprafață, s-a efectuat operația de tasare. Procedeul simultan a presupus prelucrarea suprafeței prin deformato-așchiere (frezare și tasare) în cadrul unei singure treceri. Un alt factor analizat a fost sensul de prelucrare. Prelucrarea cu deplasarea sculei în sensul avansului a permis realizarea procedurii de deformato-așchiere succesiv și simultan. Deplasarea în contra avansului a permis doar prelucrarea succesivă.

Cercetările teoretice și experimentale au fost astfel orientate spre a realiza următoarele analize și determinări:

- determinarea parametrilor de lucru optimi;
- analiza influenței parametrilor procesului de deformato-așchiere asupra rugozității suprafeței (R_a), durității materialului (HV) și a adâncimii de tasare (a_t);
- analiza influenței modului de prelucrare (succesiv sau simultan), a presiunii și adâncimii de tasare asupra microstructurii stratului superficial al materialului prelucrat;
- analiza influenței procedurii de prelucrare (frezare, prelucrare succesivă și prelucrare simultană) asupra tensiunilor reziduale introduse în material;
- determinarea modelelor matematice care să evidențieze în ce măsură și cum influențează parametri regimului de deformato-așchiere rezultate obținute (rugozitate suprafeței, adâncimea de tasare și duritatea materialului);
- determinarea legăturii dintre rugozitatea suprafeței obținută după frezare și cea obținută după tasare;
- determinarea legăturii dintre duritatea materialului obținută după frezare și cea obținută după tasare;
- analiza timpului de prelucrare, a ratei de tasare și a productivității fiecărui tip de prelucrare;
- determinarea legăturii dintre adâncimea de tasare și lățimea de tasare.

2.2.3. Echipamente, scule și dispozitive utilizate în cadrul cercetărilor experimentale

În cadrul încercărilor experimentale au fost utilizate echipamente de lucru cu comandă numerică, impuse de nevoia menținerii constante a parametrilor de intrare (viteza de așchiere, avansul de lucru și adâncimea de așchiere) și de necesitatea obținerii unor date experimentale concludente și corecte.

2.2.3.1. Echipamente industriale utilizate în cadrul cercetărilor experimentale

Debitarea plăcii din aliaj de magneziu AZ31B-F a fost realizată prin procedeul de debitare cu jet de apă utilizând un utilaj cu comandă numerică de tip Knuth Hydro Jet Eco 0615. Caracteristicile tehnice sunt prezentate în ANEXA 1.

Utilajul cu comandă numerică, pe care au fost efectuate încercările experimentale, este un centru de prelucrare pentru frezare Knuth Rapimill 700, având caracteristicile tehnice prezentate în ANEXA 2.

2.2.3.2. Scule utilizate în cadrul cercetărilor experimentale

Scula utilizată în procesul de așchiere. Caracteristici tehnice

Scula așchietoare utilizată în cadrul studiilor experimentale este o freză cilindro-frontală de tip Sandvik 490-50Q22-8M prevăzută cu inserții de tip Sandvik 490R-08T308E-ML H13A. Caracteristicile tehnice ale frezei și ale inserțiilor sunt prezentate în ANEXA 3.

Scula utilizată în procesul de deformato-așchiere. Caracteristici tehnice

Scula utilizată pentru realizarea operației de tasare este prezentată în FIGURA 14 a) și b) și este compusă din următoarele componente:

1. Inel de prindere – în forma literei 8, elementul (1) asigură fixarea sculei de tasare de axul principal al utilajului de frezat cu ajutorul a patru șuruburi (1.1); în acest fel se asigură controlul vitezei de așchiere, avansului de prelucrare și a adâncimii de prelucrare la tasare;
2. Cămașa pistonului hidraulic (2) ;
3. Piston hidraulic (3) – prevăzut cu un semering în partea superioară, ce asigură etanșitatea deci menținerea presiunii constante. În partea inferioară pistonul este prevăzut cu un filet exterior, ce asigură legătura cu suportul corpului deformato (6);

4. Arc elicoidal (4) – necesar revenirii elementului deformator în poziția de zero după încetarea acționării hidraulice;
5. Orificiu pentru trecere lichidului hidraulic (5) – asigură legătura dintre pompa hidraulică de mare presiune și scula de tasare. Elementul de legătură (5.1) este înfiletat în orificiul (5), între ele fiind o garnitură de cupru, tratată termic, ce asigură etanșeitatea. Furtunul pompei hidraulice (5.2) este înfiletat în elementul de legătură (5.1);
6. Suportul elementului deformator (6) – este prevăzut cu un filet interior în partea superioară, pentru fixarea de pistonul hidraulic (3). În partea inferioară este prevăzut cu un locaș pentru pinul suport (8) al elementului deformator (7);
7. Elementul deformator (7) – rulment radial de tip SKF 6201-2Z. Rulmentul a fost ales astfel încât să reziste la o presiune de tasare de 90 [bar] iar urma lăsată pe suprafață prelucrată să aibă o lățime mai mare de 8 [mm], necesară montării mărcii tensometrice;
8. Pin/arbore suport element deformator (8) – utilizat pentru montarea rulmentului radial, este prevăzut cu două garnituri de cupru, pe fiecare parte a elementului deformator, ce asigură fixarea acestuia într-o poziție fixă;
9. Capac de fixare de tip flanșă (9) – prevăzut la interior cu un semering pentru asigurarea etanșeității pistonului hidraulic. La exterior este prevăzut cu 3 găuri echidistante, în care se înfiletează șuruburi, ce asigură fixarea de cămașa pistonului (2);
10. Pin de fixare a sculei în poziția optimă (10).

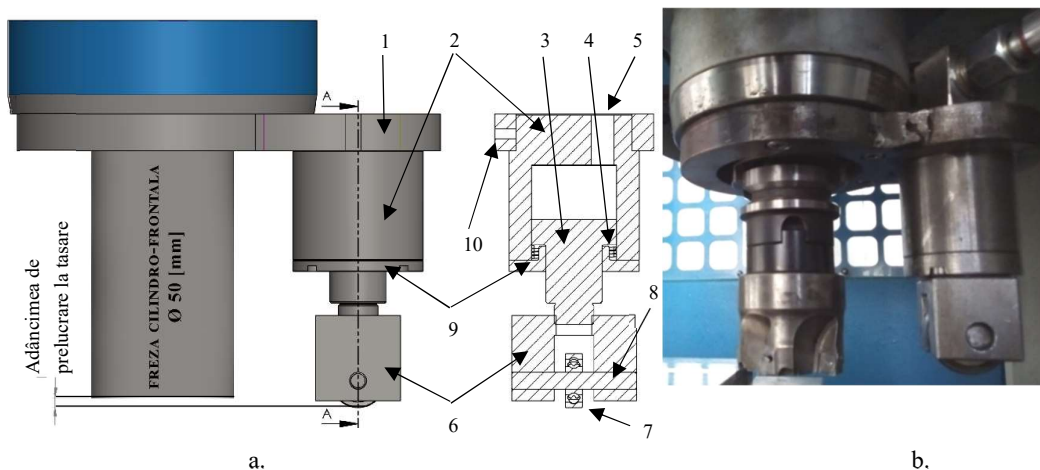


FIGURA 2 Reprezentarea schematică (a) și detaliată (b) a dispozitivului de tasare cu rolă

Adâncimea de prelucrare la tasare reprezintă distanța dintre fața frezei cilindro-frontale și punctul maxim ce corespunde exteriorului elementului deformator. Distanța între centrul frezei și centrul sculei de tasare este de 75 [mm], acest spațiu fiind necesar pentru a permite degajarea așchiilor și manevrarea sculei de tasare cu ușurință, fără îndepărtarea sculei așchietoare.

2.2.6. Metodologia de determinare a timpului de prelucrare, a ratei de tasare și a productivității

Timpul de prelucrare și timpul total de prelucrare/timpul de ciclu

Timpul de prelucrare, în cazul prelucrării aliajelor de magneziu, are un impact semnificativ asupra rafinării grăunților cristalini. Un timp de prelucrare crescut duce la dimensiuni reduse a grăunților [106, 107].

Productivitatea

Productivitatea unui sistem, în cazul prelucrării prin așchiere, este determinat de mai multe variabile: selectarea corectă a strategiei de prelucrare (alegerea a sculelor și a parametrilor de așchiere), eliminarea vibrațiilor (distribuirea forțelor așchietoare și eliminare vibrațiilor permite

așchii să părăsească neobstrucționat zona de prelucrare) și efectul de subțiere a așchii (utilizarea procedurii HSM) [12]. În cazul prelucrării prin deformato-așchiere una din variabilele calculate în vederea determinării productivității este rata de tasare a materialului.

Determinarea lungimilor de prelucrare și a deplasărilor sculei de deformato-așchiere

Procedul de deformato-așchiere simultană

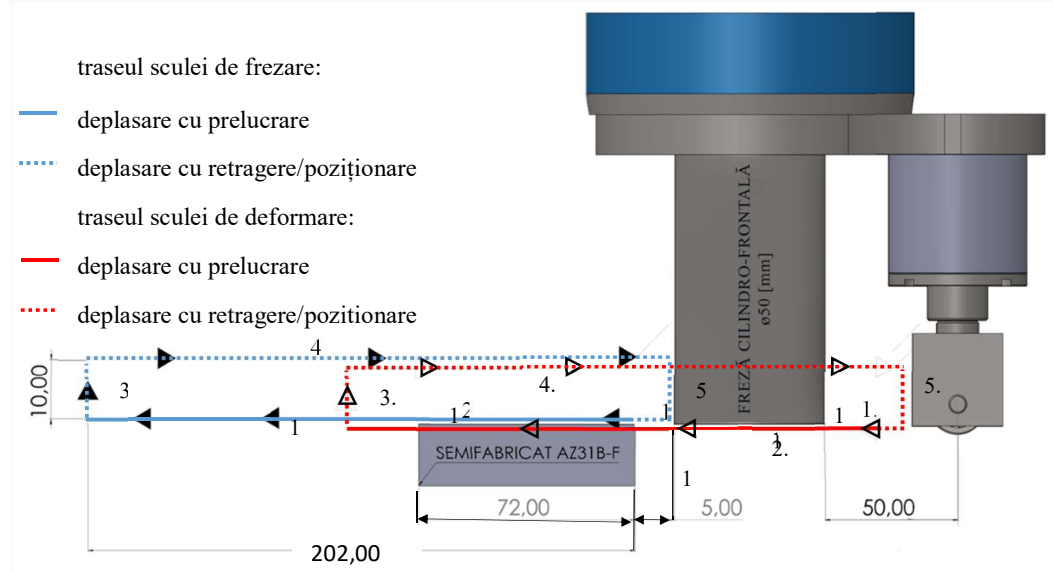


FIGURA 20 Reprezentarea schematică a traseului sculei de deformato-așchiere, prelucrare simultană (angajare, prelucrare și retragere)

Procedul de deformato-așchiere simultană (**FIGURA 20**) are loc printr-o singură trecere a sculei combinate pe suprafața de prelucrat. Timpul total de prelucrare este calculat pentru deplasarea pe o lungime de 202,00 [mm], folosind viteza și avansul indicate în **TABEL 11**, și deplasare de retragere/repoziționare pe o lungime de 227,00 [mm], folosind o viteză de avans de 5000 [mm/min]. În acest caz timpul total al ciclului de prelucrare este cuprins între $9.07 \div 66.15$ [s].

Capitolul 3 Cercetări experimentale privind influența parametrilor procedurii de deformato-așchiere asupra rugozității suprafeței și adâncimii de tasare, în cazul aliajului de magneziu AZ31B-F

3.1. Analiza experimentală a rugozității suprafeței obținute în funcție de parametrii procedurii de deformato-așchiere

3.1.1. Influența vitezei de așchiere (V_c)

Valorile alese pentru viteza de așchiere (V_c) au fost determinate pe cale experimentală [93, 95, 96, 98] și sunt în concordanță cu studiile de actualitate din domeniu [80, 111].

Prelucrarea succesivă și simultană cu deplasare în sensul avansului

În **FIGURA 23** c-h, este prezentată influența vitezei de așchiere asupra rugozității și se observă următoarele aspecte:

- îmbunătățirea procentuală cea mai pronunțată de 70.73% (de la 0.41 [μm] la 0.12 [μm]) se regăsește în **FIGURA 23** h., la prelucrarea simultană cu o adâncime de prelucrare la tasare de 0.75 [mm] și viteza de 600 [m/min];
- scăderea vitezei de așchiere la 100 [m/min] duce la o creștere generală a rugozității, astfel că în cadrul rezultatelor obținute (**FIGURA 23** c.) se regăsește cea mai mică îmbunătățire procentuală de 4.76 [%] (de la 0.21 [μm] la 0.2 [μm]);

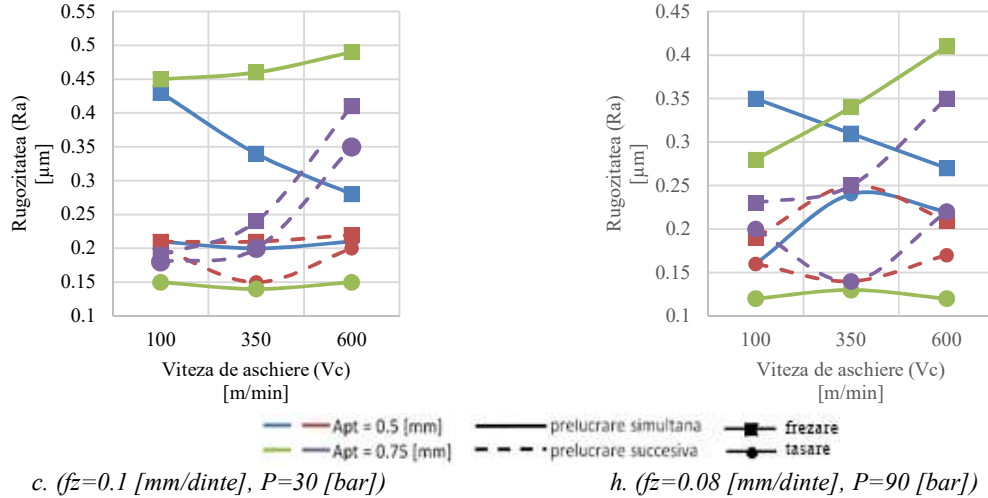


FIGURA 23 Influența vitezei de așchiere asupra rugozității la prelucrarea succesivă și simultană cu deplasare în sensul avansului

Prelucrarea succesivă cu deplasare în contra avansului

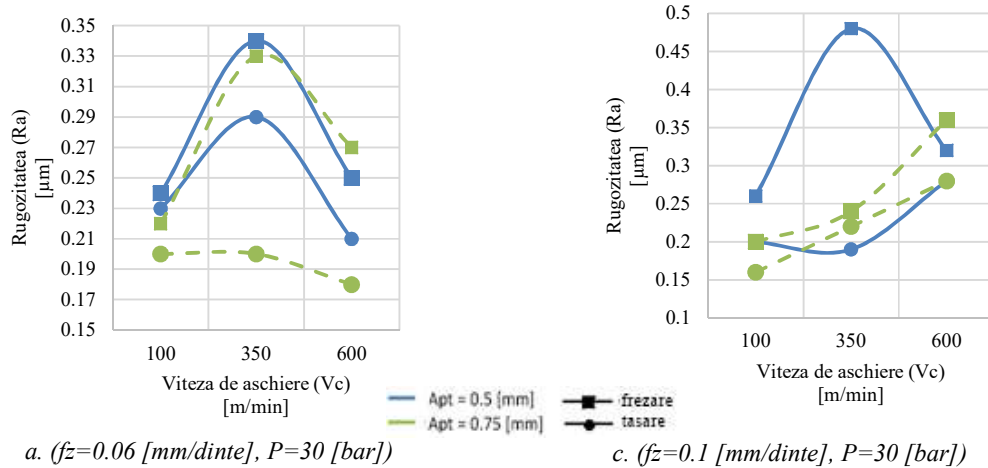


FIGURA 24 Influența vitezei de așchiere asupra rugozității la prelucrarea succesivă și simultană cu deplasare în contra avansului

În FIGURA 24 a-c, este prezentată influența vitezei de așchiere asupra rugozității, și sunt înregistrate următoarele aspecte:

- cea mai mică îmbunătățire procentuală a fost înregistrată pentru o viteză de așchiere de 100 [m/min], de la 0.24 [μm] la 0.23 [μm] (4.17 [%]) (FIGURA 24 a). În cazul prelucrării cu o viteză de 350 [m/min], combinată cu un avans de 0.1 [mm/dinte] și o presiune de 30 [bar] a fost obținută cea mai mare diferență procentuală între rugozitatea după frezare și după tasare de 60.42 [%] (de la 0.48 [μm] la 0.19 [μm]) (FIGURA 24 c);

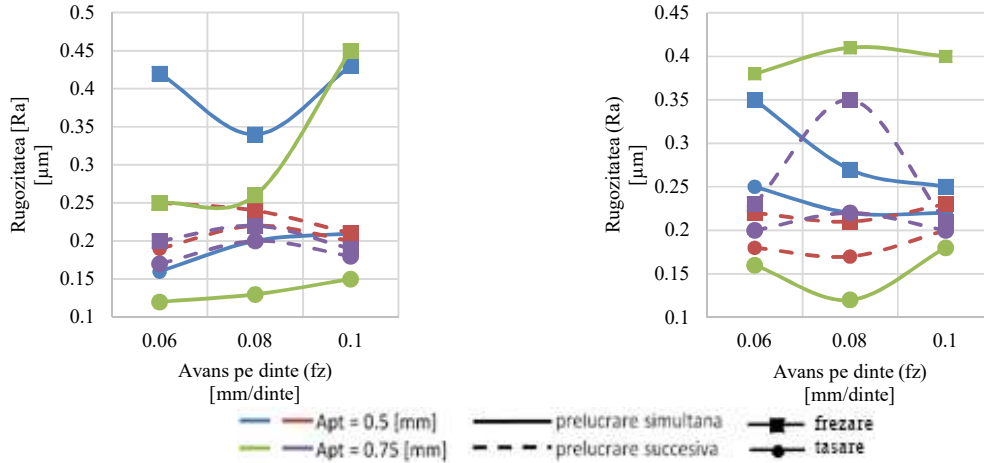
3.1.2. Influența avansului pe dinte (f_z)

Ca și în cazul alegerii valorilor vitezei de așchiere și în acest caz s-a ținut cont de cercetările actuale în domeniu, capabilitatea maximă a utilajului de frezat și a sculelor utilizate [87, 93, 95-98].

Prelucrarea succesivă și simultană cu deplasare în sensul avansului

Din analiza FIGURA 25 a-i (ANEXA 12) se observă următoarele tendințe:

- din **FIGURA 25** a-c, precum și din **TABEL 14** ($P=30$ [bar]), se observă o creștere a valorilor rugozităților odată cu majorarea avansului de la 0.06 [mm/dinte] la 0.08 [mm/dinte]; măbind avansul la 0.1 [mm/dinte] rugozitatea scade;
- analizând datele din **FIGURA 25** d-f și din **TABEL 14** ($P=60$ [bar]), se observă o ușoară majorare a valorilor rugozității odată cu creșterea avansului;

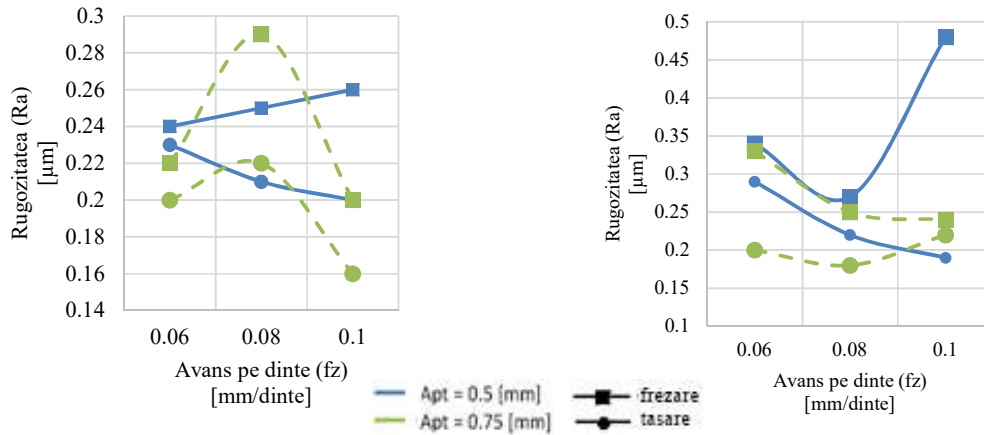


b. ($V_c=350$ [m/min], $P=30$ [bar])

i. ($V_c=600$ [m/min], $P=90$ [bar])

FIGURA 25 Influența avansului pe dinte asupra rugozității la prelucrarea succesivă și simultană cu deplasare în sensul avansului

Prelucrarea succesivă cu deplasare în contra avansului



a. ($V_c=100$ [m/min], $P=30$ [bar])

b. ($V_c=350$ [m/min], $P=30$ [bar])

FIGURA 26 Influența avansului pe dinte asupra rugozității la prelucrarea succesivă și simultană cu deplasare în contra avansului

Din **FIGURA 26** a-i (**ANEXA 13**) se pot nota următoarele aspecte:

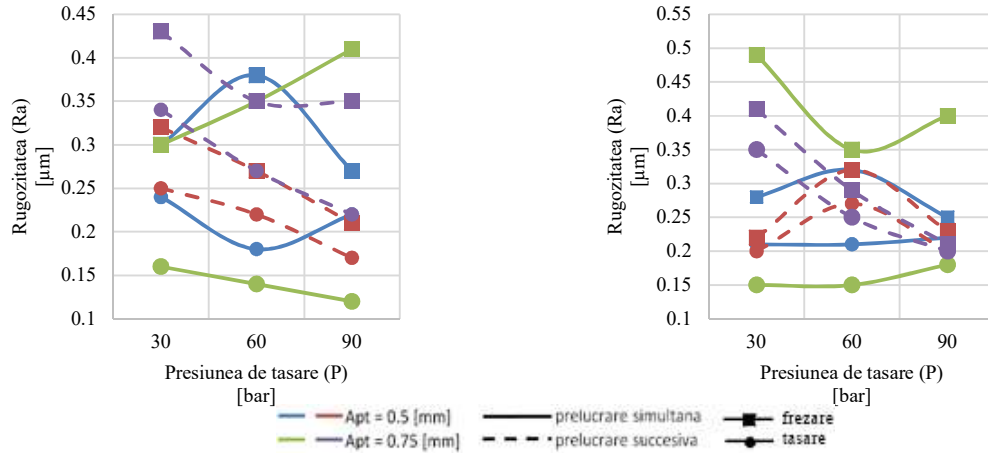
- **FIGURA 26** b prezintă îmbunătățirea procentuală cea mai semnificativă, de la o valoare de 0.49 la 0.19 [μm] (60.42%);
- în **FIGURA 26** a se observă o scădere aproape nesemnificativă de 4.17%, de la 0.24 la 0.23 [μm];

3.1.3. Influența presiunii de tasare (P)

Valorile presiunii de tasare au fost, alături de adâncimile de prelucrare la tasare, alese atât pe cale teoretică cât și pe cale experimentală [102]. O analiză a studiilor de specialitate în domeniu

a evidențiat faptul că sunt necesare valori limită ale presiunii pentru o mai bună comparare și înțelegere a deformărilor ce survin în urma procesului de deformato-așchiere.

Prelucrarea succesivă și simultană cu deplasare în sensul avansului



h. ($V_c=600$ [m/min], $f_z=0.08$ [mm/dinte])

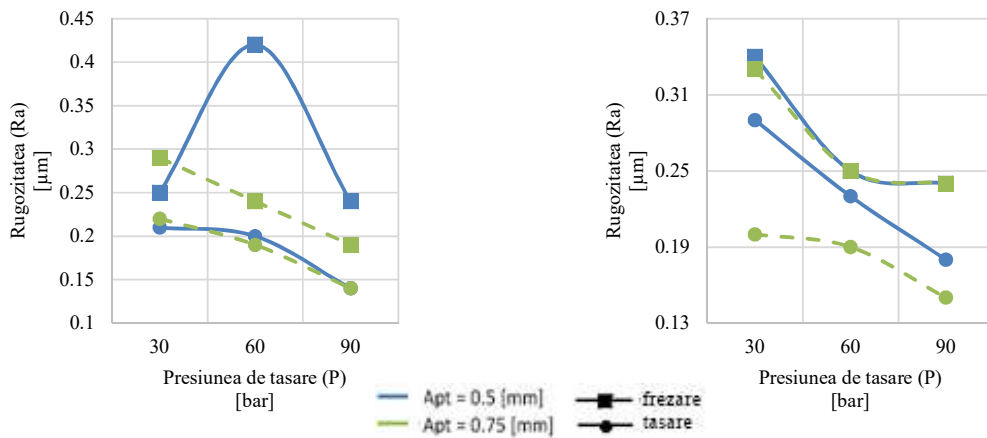
i. ($V_c=600$ [m/min], $f_z=0.1$ [mm/dinte])

FIGURA 27 Influența presiunii de tasare asupra rugozității la prelucrarea succesivă și simultană cu deplasare în sensul avansului

Din analiza **FIGURA 27** h,i, s-au desprins următoarele concluzii:

- valoarea cea mai mare a rugozității, la tasare, a fost de 0.35 [μm], de la o valoare, după operația de frezare, de 0.41 [μm]. Aceasta creștere de 14.63% a fost obținută prin prelucrarea la o presiune de 30 [bar] (**FIGURA 27** i). Odată majorată presiunea valorile rugozității au scăzut până la 0.25 [μm] respectiv 0.20 [μm];
- cea mai mică valoare obținută, dar și cea mai mare diferență procentuală au fost obținute la prelucrarea cu o presiune de 90 [bar] (**FIGURA 27** h). Creșterea procentuală este de 70.73% și este de la valoarea de 0.41 [μm], după frezare, la o valoare de 0.12 [μm], după tasare;

Prelucrarea succesivă cu deplasare în contra avansului



b. ($V_c=100$ [m/min], $f_z=0.08$ [mm/dinte])

d. ($V_c=350$ [m/min], $f_z=0.06$ [mm/dinte])

FIGURA 28 Influența presiunii de tasare asupra rugozității la prelucrarea succesivă și simultană cu deplasare în contra avansului

Din analiza **FIGURA 28** a-i (**ANEXA 16**) se evidențiază următoarele concluzii:

- valoarea cea mai mare a rugozității, după tasare, este de 0.29 [μm], cu o scădere de doar 14.71% față de valoarea obținută după frezare 0.34 [μm]. Această valoare a fost obținută prin prelucrarea la o presiune de 30 [bar], cu o adâncime de prelucrare la tasare de 0.5 [mm] (**FIGURA 28 d**);
- cea mai mică valoare a rugozității este de 0.14 [μm] și a fost obținută după tasarea unei suprafețe cu rugozitate de 0.24 [μm], însemnând o îmbunătățire de 41.67%; prelucrarea a fost efectuată la o presiune de 90 [bar] (**FIGURA 28 b**).

3.1.4. Influența adâncimii de prelucrare la tasare (a_{pt})

Adâncimea de prelucrare la tasare, reprezintă distanța dintre vârful frezei și elementul deformativ al sculei de tasare. Valorile alese în cadrul acestui studiu (0.5 și 0.75 [mm]) au fost determinate pe cale experimentală, prin încercări succesive [97, 102]. Limita inferioară a fost determinată ca fiind parametrul pentru care s-au măsurat cele mai consecvente rezultate. Limita maximă a utilajului de frezat a fost determinată experimental și este: presiune de 110 [bar] și o adâncime de prelucrare la tasare de 0.8 [mm]. Pentru evitarea problemelor tehnice s-a decis utilizarea valorilor maxime de 0.75 [mm] și 90 [bar].

Prelucrarea succesivă și simultană cu deplasare în sensul avansului

- în cadrul prelucrării simultane, cele mai mari îmbunătățiri procentuale sunt oferite de prelucrarea cu o adâncime de 0.75 [mm] (57.15%), în timp ce pentru prelucrarea succesivă, cu adâncimea de 0.5 [mm], oferă cel mai bun rezultat (41.48%).

Prelucrarea succesivă cu deplasare în contra avansului

- prelucrarea cu adâncime de 0.5 [mm] oferă îmbunătățiri procentuale comparabile cu cele obținute la prelucrarea cu 0.75 [mm]. În medie, prima prelucrare oferă îmbunătățiri ale rugozității de -21.07%, comparativ cu -22.76%.

3.1.5. Influența tipului de prelucrare

Tipul de prelucrare este relevant nu doar din punct de vedere al rezultatelor obținute, dar are și un puternic impact asupra timpului de execuție. În cazul prelucrării succesive, în cadrul încercărilor experimentale, prelucrarea a decurs lent întrucât după fiecare frezare efectuată, scula de așchiere trebuia îndepărtată, pierzându-se timp la deplasări, îndepărtarea sculei de așchiere, re poziționare și apoi montarea sculei.

Tipul de prelucrare care are cea mai mare influență asupra micșorării rugozității este cel simultan, având o medie a îmbunătățirilor procentuale de -49.50%, în timp ce prelucrările succesive oferă îmbunătățiri de doar -20.49%, pentru prelucrarea pe direcția avansului, și -21.92%, pentru sens contrar.

3.1.6. Influența sensului de prelucrare

Analiza datelor ce se regăsesc în **FIGURA 32** evidențiază o ușoară creștere a îmbunătățirilor procentuale în cazul prelucrării cu deplasare pe direcția avansului. Media procentuală este de 34.99 %, față de 21.92%, ce corespunde pentru prelucrarea în contra avansului.

3.2. Analiza experimentală a adâncimii de tasare obținute în funcție de parametrii procedurii de deformativ-așchiere

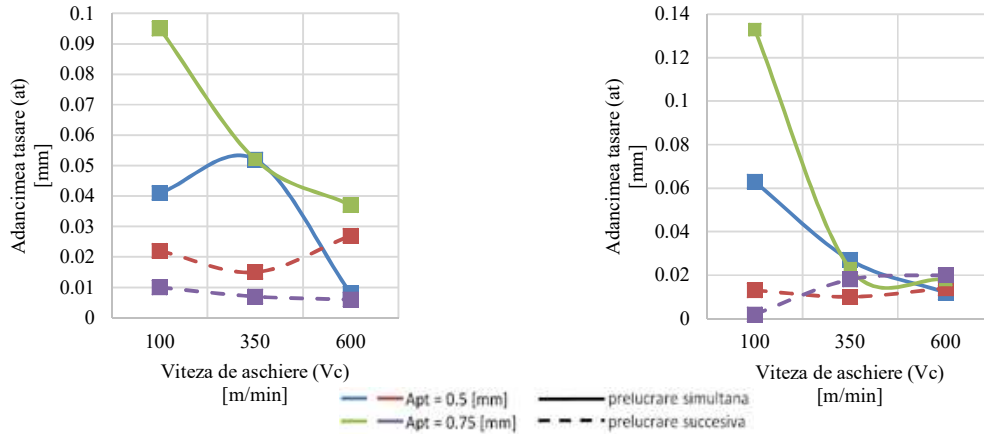
3.2.1. Influența vitezei de așchiere (V_c)

Prelucrarea succesivă și simultană cu deplasare în sensul avansului

Influența vitezei de așchiere asupra adâncimii de tasare se distinge după tipul de prelucrare:

- pentru prelucrare simultană creșterea vitezei duce la scăderea adâncimii de tasare:

- o valoarea maxim înregistrată este de 0.133 [mm] (**FIGURA 33 h**) pentru prelucrarea cu o viteză de 100 [m/min], în timp ce minimul este de 0.006 [mm], obținut odată cu majorarea vitezei la 600 [m/min] (**FIGURA 33 c**).



c. ($f_z=0.1$ [mm/dinte], $P=30$ [bar])

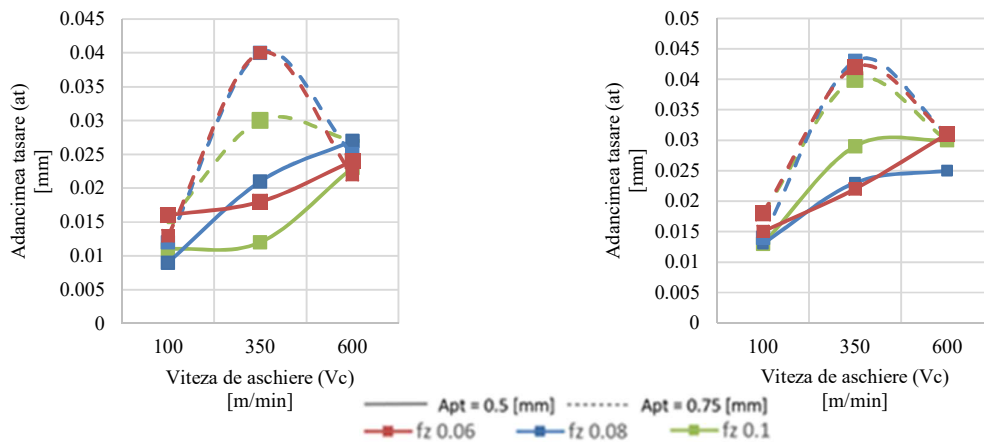
h. ($f_z=0.08$ [mm/dinte], $P=90$ [bar])

FIGURA 33 Influența vitezei de aşchiere asupra adâncimii de tasare la prelucrarea succesivă și simultană cu deplasare în sensul avansului

Prelucrarea succesivă cu deplasare în contra avansului

În cazul acestui tip de prelucrare (**FIGURA 34 a-b**) se observă:

- creșterea vitezei de aşchiere de la 100 la 600 [m/min] duce la creșterea adâncimii de tasare pentru probele prelucrate la o adâncime de 0.5 [mm]. Valoarea medie a adâncimii a crescut de la 0.0163 [mm] la 0.027 [mm];
- se înregistrează o creștere a vitezei de aşchiere de la 100 la 350 [m/min], după care o scădere, odată cu majorarea la 600 [m/min] doar pentru probele prelucrate la o adâncime de 0.75 [mm]. O creștere semnificativă este înregistrată pentru primul sector (de la o medie de 0.163 [mm] la 0.046 [mm]), după care o scădere odată cu atingerea vitezei maxime (de la 0.046 [mm] la 0.028 [mm]).



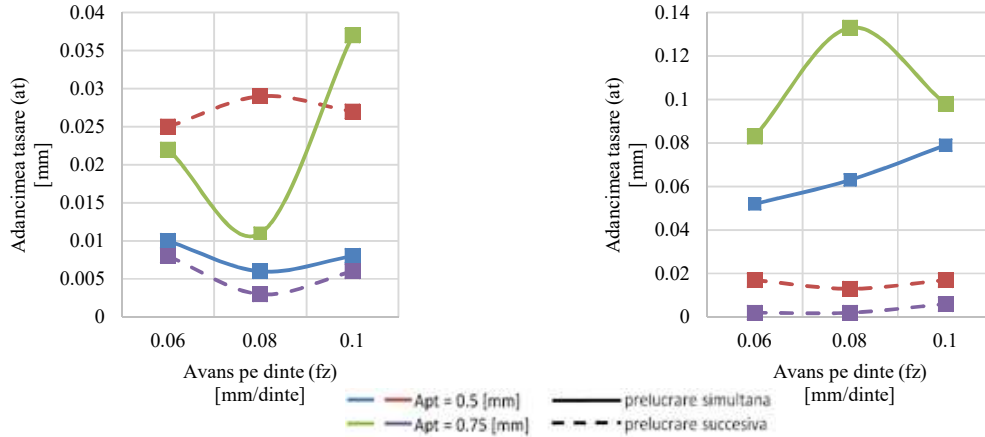
a. ($P=30$ [bar])

b. ($P=60$ [bar])

FIGURA 34 Influența vitezei de aşchiere asupra adâncimii de tasare la prelucrarea succesivă și simultană cu deplasare în contra avansului

3.2.2. Influența avansului pe dinte (f_z)

Prelucrarea succesivă și simultană cu deplasare în sensul avansului



c. ($V_c=600$ [m/min], $P=30$ [bar])

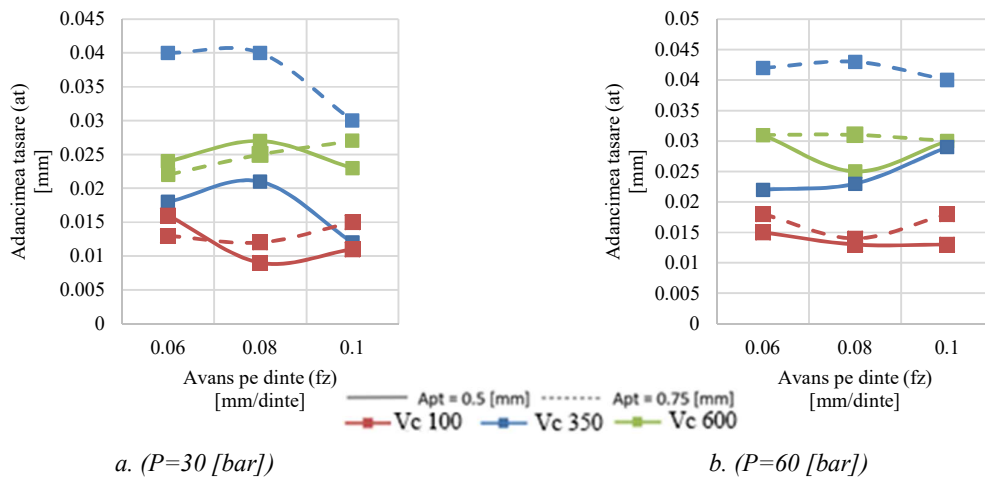
g. ($V_c=100$ [m/min], $P=90$ [bar])

FIGURA 35 Influența avansului pe dinte asupra adâncimii de tasare la prelucrarea succesivă și simultană cu deplasare în sensul avansului

Influența avansului pe dinte asupra adâncimii de tasare se distinge după tipul de prelucrare:

- pentru prelucrare simultană creșterea avansului duce la creșterea adâncimii de tasare (**FIGURA 35 a-i, ANEXA 14**); totuși valorile extreme obținute sunt pentru același avans de 0.08 [mm/dinte]:
 - 0.133 [mm], prelucrare cu viteză de 100 [m/min], presiune de 90 [bar] și adâncime de prelucrare la tasare de 0.75 [mm] (**FIGURA 35 g**);
 - 0.006 [mm], prelucrare cu viteză de 600 [m/min], presiune de 30 [bar] și adâncime de prelucrare la tasare de 0.5 [mm] (**FIGURA 35 c**).
- pentru prelucrarea succesivă creșterea avansului duce la o ușoară scădere a adâncimii de tasare (**FIGURA 35 a-i**).

Prelucrarea succesivă cu deplasare în contra avansului



a. ($P=30$ [bar])

b. ($P=60$ [bar])

FIGURA 36 Influența avansului pe dinte asupra adâncimii de tasare la prelucrarea succesivă și simultană cu deplasare în contra avansului

Conform datelor experimentale prezentate în următoarele graficele reies următoarele concluzii:

- **FIGURA 36 a.** adâncimea de tasare scade odată cu majorarea avansului de prelucrare. Cea mai mică adâncime de 0.009 [mm] a fost înregistrată la prelucrarea cu un avans de

0.08 [mm/dinte], combinat cu o viteză de 100 [m/min], o presiune de 30 [bar] și o adâncime de prelucrare la tasare de 0.5 [mm];

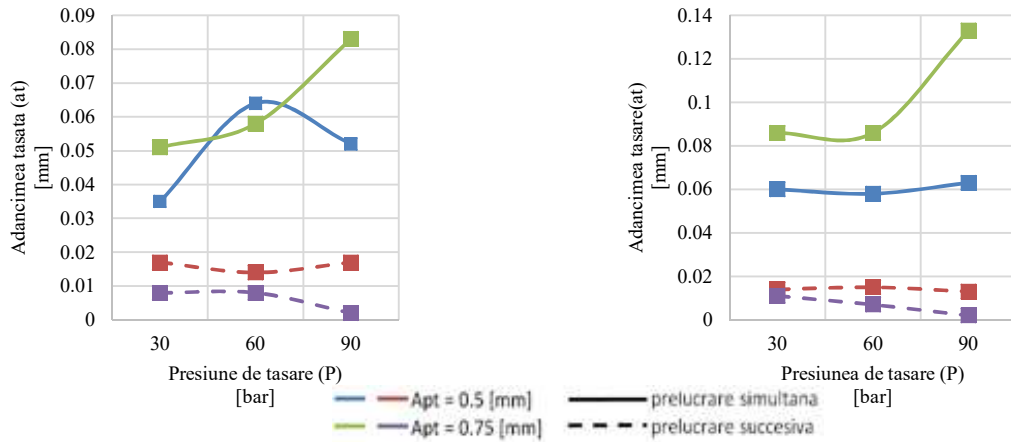
- prelucrarea cu o presiune de 60 [bar] nu produce modificări semnificative odată cu modificarea avansului (**FIGURA 36 b**);

3.2.3. Influența presiunii de tasare (P)

Prelucrarea succesivă și simultană cu deplasare în sensul avansului

Pentru a simplifica explicarea modului în care presiunea influențează adâncimea de tasare (**FIGURA 37 a-i, ANEXA 17**) analiza a fost efectuată în funcție de tipul prelucrării:

- pentru prelucrarea simultană creșterea presiunii de tasare duce la creșterea adâncimii de tasare; valoarea maximă obținută este de 0.133 [mm], folosind următorii parametrii: cu viteză de așchiere de 100 [m/min], presiune de tasare de 90 [bar] și adâncime de prelucrare la tasare de 0.75 [mm] (**FIGURA 37 b**);
- pentru prelucrarea succesivă creșterea presiunii duce la o ușoară scădere a adâncimii de tasare (**FIGURA 37 a-i**). În acest caz s-a înregistrat cea mai mică adâncime de tasare de 0.002 [mm] pentru o presiune de 90 [bar] (**FIGURA 37 a**).

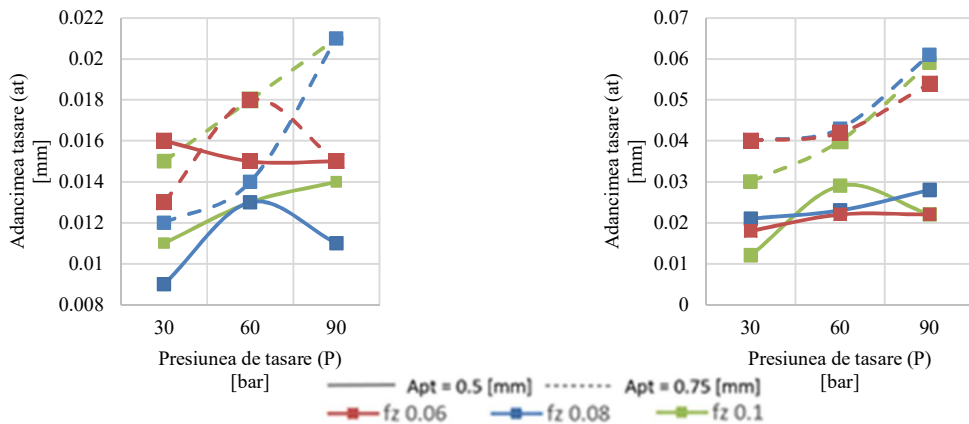


a. ($V_c=100$ [m/min], $f_z=0.06$ [mm/dinte])

b. ($V_c=100$ [m/min], $f_z=0.08$ [mm/dinte])

FIGURA 37 Influența presiunii de tasare asupra adâncimii de tasare la prelucrarea succesivă și simultană cu deplasare în sensul avansului

Prelucrarea succesivă cu deplasare în contra avansului



a. ($V_c=100$ [mm/dinte])

b. ($V_c=350$ [mm/dinte])

FIGURA 38 Influența presiunii de tasare asupra adâncimii de tasare la prelucrarea succesivă și simultană cu deplasare în contra avansului

Din analiza graficelor prezentate anterior se disting următoarele:

- din **FIGURA 38** a. se observă o creștere a adâncimii de tasare odată cu majorarea presiunii de prelucrare.
- cea mai mare valoare a adâncimii de tasare de 0.061 [mm] a fost obținută pentru prelucrarea cu o presiune de 90 [bar] (**FIGURA 38** b).

3.2.4. Influența adâncimii de prelucrare la tasare (a_{pt})

Prelucrarea succesivă și simultană cu deplasare în sensul avansului

Majorarea adâncimii de prelucrare la tasare oferă rezultate distincte pentru cele două tipuri de prelucrare:

- în cazul prelucrării simultane majorarea adâncimii de prelucrare la tasare duce la creșterea adâncimii de tasare.
- în cazul prelucrării succesive raportul este invers.

Prelucrarea succesivă cu deplasare în contra avansului

Din analiza datelor se notează o ușoară creștere a mediei adâncimilor de tasare măsurate (de la 0.02 la 0.029 [mm]) odată cu creșterea adâncimii de prelucrare la tasare.

3.2.5. Influența tipului de prelucrare

Prelucrarea simultană oferă valori ale adâncimii cu o medie de 0.041 [mm]. În cazul prelucrării succesive cu deplasare pe direcția sensului de frezare media rezultatelor obținute este de 0.013 [mm], în timp ce pentru deplasarea în sens contrar media este de 0.025 [mm].

3.2.6. Influența sensului de prelucrare

Prelucrarea în sens contrar avansului conduce la obținerea de valori mai mari ale adâncimii de tasare. Media valorilor rezultate este de 0.025 [mm] pentru prelucrare în sensul avansului, în timp ce pentru prelucrarea în contra avansului media este de 0.013 [mm].

3.3. Concluzii privind influența parametrilor procesului de deformato-așchiere asupra rugozității suprafeței și adâncimii de tasare, în cazul aliajului de magneziu AZ31B-F

Analiza rezultatelor obținute oferă următoarele concluzii:

- Influența vitezei de aşchiere (V_c) asupra rugozității suprafeței - valorile cele mai mici ale rugozității, cât și cele mai mari diferențe procentuale sunt așadar întâlnite la prelucrarea cu o viteză de aşchiere de 350 [m/min].
- Influența vitezei de aşchiere (V_c) asupra adâncimii de tasare este:
 - la prelucrarea simultană, sens frezare – scăderea valorilor adâncimii de tasare au loc odată cu majorarea vitezei de aşchiere.
 - la prelucrarea succesivă, sens frezare – variația vitezei nu influențează semnificativ adâncimea de tasare;
 - la prelucrarea succesivă, contra sens frezare – a fost notată o creștere semnificativă odată cu majorarea vitezei la 350 [m/min].
- Influența avansului pe dinte (f_z) asupra rugozității suprafeței este:
 - la prelucrarea simultană, sens frezare – cele mai mici îmbunătățiri procentuale ale rugozității suprafeței au fost obținute în cazul prelucrării cu un avans de 0.08 [mm/dinte];
 - la prelucrarea succesivă, sens frezare – în acest caz creșterea avansului duce la creșterea rugozității;
 - la prelucrarea succesivă, contra sens frezare – prezintă o scădere a rugozității odată cu creșterea avansului de la 0.06 la 0.1 [mm/dinte].

Creșterea avansului duce la valori mai mari ale rugozității.

- Influența avansului pe dinte (f_z) asupra *adâncimii de tasare* este:
 - la prelucrarea simultană, sens frezare – creșterea adâncimii de tasare este în strânsă legătură cu creșterea avansului; majorarea de la 0.06 la 0.08 la 0.1 [mm/dinte] oferă următoarele medii ale adâncimii de tasare: 0.33, 0.38, 0.55 [mm];
 - la prelucrarea succesivă, sens frezare – în acest caz variația avansului nu influențează variația adâncimii de tasare, valorile fiind în jurul a 0.01 [mm];
 - la prelucrarea succesivă, contra sens frezare – la fel ca în cazul anterior, valorile rămân în jurul valorii de 0.025 [mm].
- Influența presiunii de tasare (P) asupra *rugozității suprafeței* este:
 - la prelucrarea simultană, sens frezare – majorarea presiunii de tasare la 90 [bar] a dus la obținerea celei mai mari îmbunătățiri ale rugozității suprafeței de la 0.41 la 0.12 [μm] (70.73%). Media îmbunătățirilor procentuale prezintă o scădere a rugozității odată cu creșterea presiunii la 60 [bar]; creșterea la 90 [bar] oferă în general îmbunătățiri procentuale mai mici;
 - la prelucrarea succesivă, sens frezare – cea mai mică valoare rezultată a fost de 0.16 [μm]. Ca și în cazul precedent creșterea presiunii la 90 [bar] duce la creșterea rugozității, cea mai nesemnificativă modificare fiind de la 0.21 la 0.2 [μm] (4.7%);
 - la prelucrarea succesivă, contra sens frezare – și în acest caz rugozitatea suprafeței urmează tendințele prezentate mai sus, odată cu creșterea presiunii.

Valorile rugozității cele mai scăzute se regăsesc la prelucrarea cu presiuni mari.

- Influența presiunii de tasare (P) asupra *adâncimii de tasare* este:
 - la prelucrarea simultană, sens frezare – creșterea presiunii de tasare duce la creșterea mediei adâncimii la tasare (de la 0.035 la 0.047 [μm]);
 - la prelucrarea succesivă, sens frezare – adâncimea de tasare nu variază cu modificarea presiunii;
 - la prelucrarea succesivă, contra sens frezare – se înregistrează aceeași tendință de creștere ca și în primul caz prezentat.

În general, adâncimea de tasare crește odată cu creșterea presiunii.

- Influența adâncimii de prelucrare la tasare (apt) asupra *rugozității suprafeței* este:
 - la prelucrarea cu o adâncime de tasare de 0.5 [mm] – duce la creșterea generală a rugozității (0.29÷0.28 [μm]), și la obținerea celor mai mici îmbunătățiri procentuale;
 - la prelucrarea cu o adâncime de tasare de 0.75 [mm] – se obțin cele mai mici valori ale rugozității (0.15÷0.12 [μm]).

Creșterea adâncimii de prelucrare duce la scăderea rugozității, dar acest rezultat este strâns legat de valorile cu care ceilalți parametri sunt utilizați.

- Influența adâncimii de prelucrare la tasare (apt) asupra *adâncimii de tasare* este:
 - adâncimea de prelucrare la tasare este dependentă de tipul, sensul și presiunea de prelucrare, rezultate fiind similare, numeric și procentual, o legătură exactă este dificil de determinat.
- Influența tipului de prelucrare asupra *rugozității suprafeței* este:
 - la prelucrarea simultană – oferă cele mai mici rezultate ale rugozității și cele mai mari îmbunătățiri procentuale;
 - la prelucrarea succesivă – prelucrarea prin acest procedeu oferă rezultate mult mai slab calitativ.

Diferența între aceste tipuri de prelucrare este timpul de execuție. Una din explicațiile posibile pentru aceste diferențe procentuale mari este timpul de disiparea a căldurii.

- Influența tipului de prelucrare asupra *adâncimii de tasare* este:
 - la prelucrarea simultană – acest tip de prelucrare oferă adâncimi de tasare mari, în medie 0.041 [mm];
 - la prelucrarea succesivă, sens frezare – produce adâncimi de tasare mai mici, în medie 0.019 [mm].
- Influența sensului de prelucrare asupra *rugozității suprafeței* este:
 - la prelucrarea în sensul avansului, simultan – duce la scăderea valorilor rugozității și la creșterea îmbunătățirilor procentuale;
 - la prelucrarea în sensul avansului, succesiv – creșterea valorilor rugozității și valori procentuale scăzute;
 - la prelucrarea în contra avansului, succesiv – valori ale rugozității ușor scăzute față de prelucrare anterior prezentată.
- Influența sensului de prelucrare asupra *adâncimii de tasare* este:
 - la prelucrarea în sensul avansului, simultan – oferă cele mai mari valori ale adâncimii, în medie cu 0.041 [mm];
 - la prelucrarea în sensul avansului, succesiv – sunt înregistrate cele mai mici valori obținute, o medie de 0.013 [mm];
 - la prelucrarea în contra avansului – media valorilor obținute este de 0.025 [mm].

Din analiza rugozității suprafeței prelucrate prin frezare comparativ cu cea prelucrată prin tasare se poate observa că un efect semnificativ asupra modului în care îmbunătățirile procentuale au evoluat îl are valoarea inițială a rugozității. Pentru determinarea relației de legătură între rugozitatea inițială și cea finală este necesară o analiză statistică pentru generarea unui calcul probabilistic de exprimare a gradului de însemnătate și a unui model matematic de validare.

Capitolul 4 *Cercetări experimentale privind influența parametrilor procedurii de deformatoare asupra caracteristicilor fizice, mecanice și chimice ale materialului, în cazul aliajului de magneziu AZ31B-F*

4.1. Analiza experimentală a influenței parametrilor procesului de deformatoare asupra caracteristicilor fizice, mecanice și chimice, în cazul aliajului de magneziu AZ31B-F

4.1.1. Influența parametrilor procesului de deformatoare asupra durtății materialului prelucrat

Duritatea reprezintă capacitatea unui corp de a se opune tendinței de distrugere a straturilor superficiale de către un alt corp, care acționează asupra sa cu presiuni localizate pe arii foarte reduse și care nu capătă deformații permanente.

4.1.1.1. Influența vitezei de aşchiere (V_c)

Influența vitezei de aşchiere asupra durtății materialului este prezentată în **FIGURA 43**, pentru prelucrarea pe direcția sensului de frezare (**ANEXA 18**), iar pentru prelucrarea în sens contrar direcției sensului de frezare (**ANEXA 19**) valorile durtății se regăsesc în **FIGURA 44**.

Prelucrarea succesivă și simultană cu deplasare în sensul avansului

- în cazul prelucrării cu presiune de 30 [bar] și o viteză de 350 [m/min] se obțin valorile limită ale durtății: 82.45 de la 67.45 [HV3], însemnând o creștere a durtății de 22.23 % (**FIGURA 43 b**) și 54.65 de la 52.15 [HV3], pentru o viteză de 600 [m/min], în creștere cu 4.79 [%] (**FIGURA 43 a**).

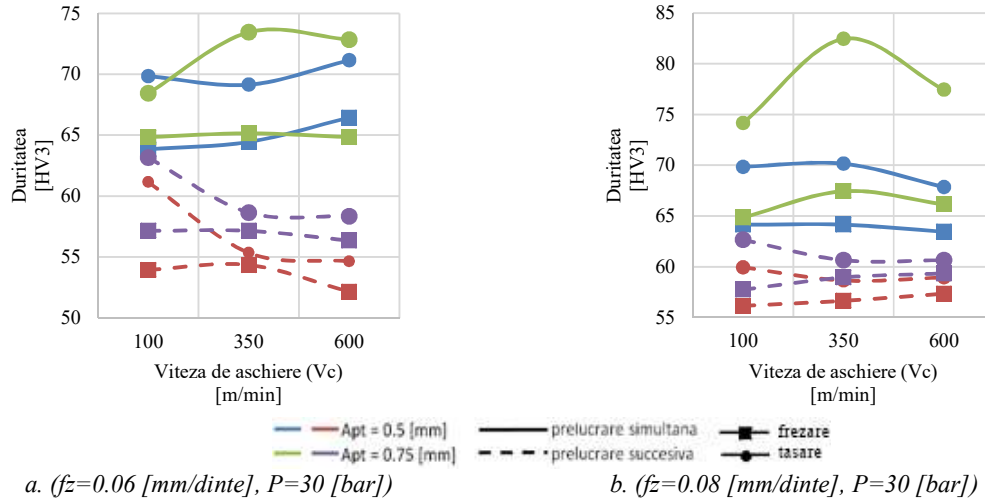


FIGURA 43 Influența vitezei de așchiere asupra duriții la prelucrarea succesivă și simultană cu deplasare în sensul avansului

Prelucrarea succesivă cu deplasare în contra avansului

- cea mai mare valoare obținută a duriții este de 69.65 [HV3], o majorare de 18.15 [%] față de valoarea inițială de 58.95 [HV3], în cazul prelucrării cu o viteză de 100 [m/min] (**FIGURA 44 h**);
- majorarea vitezei de așchiere la 350 [m/min] duce la obținerea celei mai mici valori de 54.65 [HV3] de la 53.95 [HV3] (1.29 [%]) (**FIGURA 44 a**);

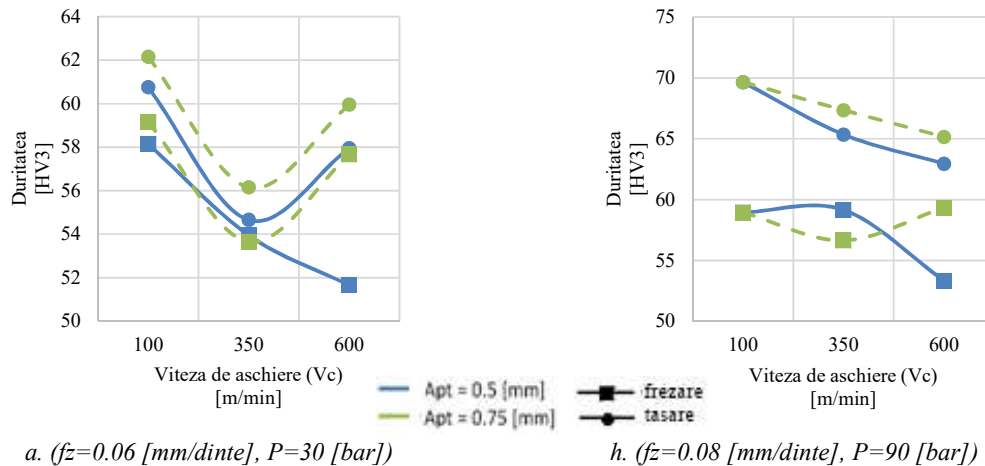


FIGURA 44 Influența vitezei de așchiere asupra duriții la prelucrarea succesivă și simultană cu deplasare în contra avansului

4.1.1.2. Influența avansului pe dinte (f_z)

Prelucrarea succesivă și simultană cu deplasare în sensul avansului

- cea mai mică diferență [procentuală este de 1.45% (de la 55.15 la 55.95 [HV3]) și a fost înregistrată la prelucrarea cu un avans de 0.06 [mm/dinte], o viteză de 600 [m/min] și o presiune de 90 [bar] (**FIGURA 45 i**);
- o creștere procentuală semnificativă este observată la prelucrarea cu un avans de 0.06 [mm/dinte], de la 63.15 la 82.15 [HV3], însemnând 30.08 % (**FIGURA 45 h**);

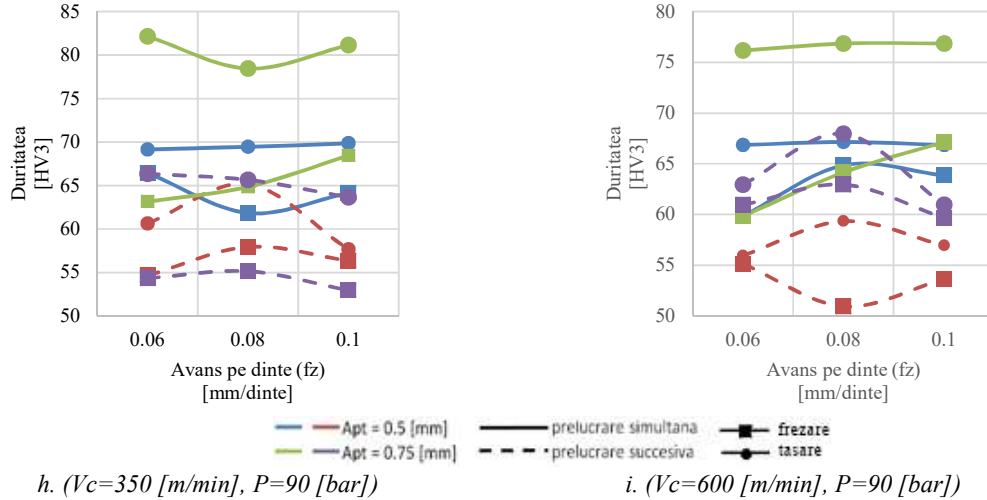


FIGURA 45 Influența avansului pe dinte asupra duriității la prelucrarea succesivă și simultană cu deplasare în sensul avansului

Prelucrarea succesivă cu deplasare în contra avansului

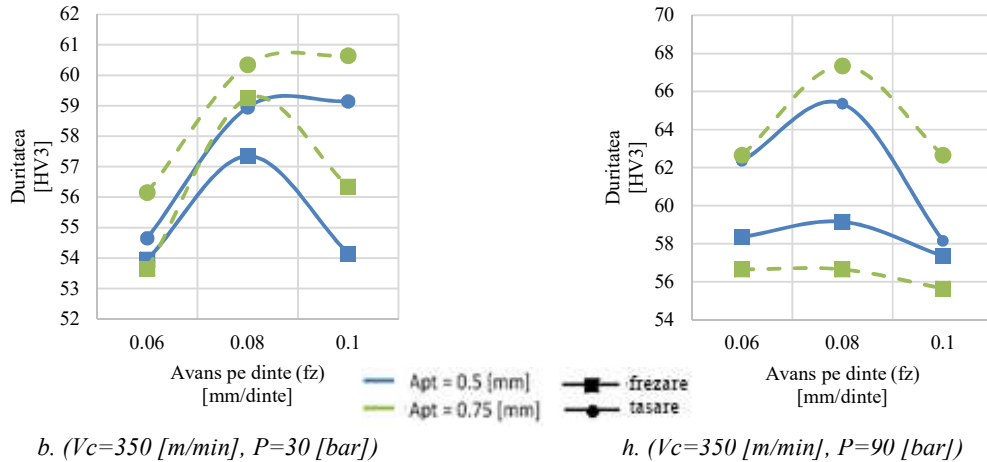


FIGURA 46 Influența avansului pe dinte asupra duriității la prelucrarea succesivă și simultană cu deplasare în contra avansului

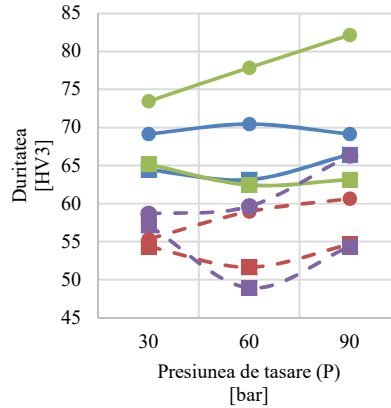
- în **FIGURA 46 b** se poate observă cea mai mică creștere procentuală, obținută pentru un avans de 0.06 [mm/dinte]; creșterea de doar 1.30% (de la 53.95 la 54.65 [HV3]) este atribuită prelucrării cu o viteză de 350 [m/min] și o presiune de 30 [bar];
- creșterea cea mai semnificativă este înregistrată în **FIGURA 46 h** și este de 18.83% (de la 56.65 la 67.32 [HV3]);

4.1.1.3. Influența presiunii de tasare (P)

Prelucrarea succesivă și simultană cu deplasare în sensul avansului

FIGURA 47 a-i (ANEXA 22) oferă informații asupra influenței presiunii de tasare asupra duriității.

- diferența procentuală cea mai mare a fost de 63.15% (de la 63.15 la 82.15 [HV3]), obținută prin prelucrarea cu o presiune de 90 [bar], în timp ce cea mai mică a fost de 1.45% (de la 55.15 la 55.95 [HV3]), tot pentru aceeași valoare a presiunii, dar utilizând prelucrarea succesivă (**FIGURA 47 d**).

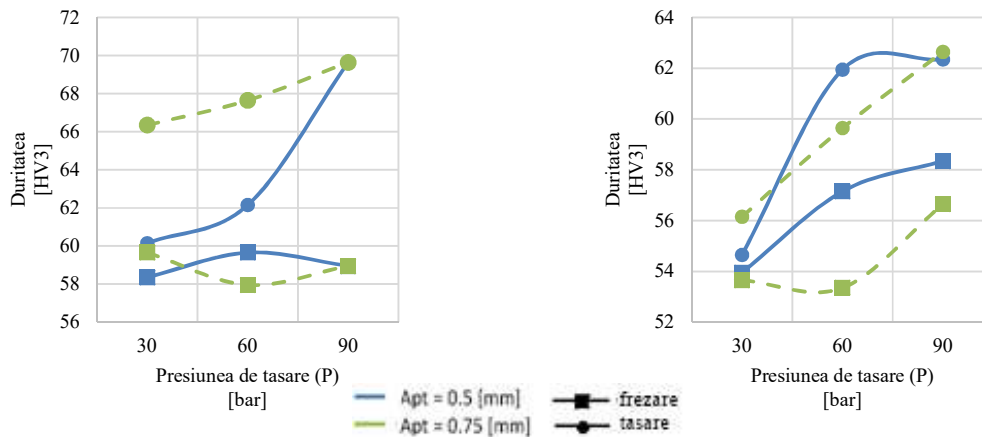


d. ($V_c=350$ [m/min], $f_z=0.06$ [mm/dinte])

FIGURA 47 Influența presiunii de tasare asupra duriității la prelucrarea succesivă și simultană cu deplasare în sensul avansului

Prelucrarea succesivă cu deplasare în contra avansului

- cea mai mare valoare a duriității înregistrată este de 69.65 [HV3], în creștere cu 18.15% față de valoarea obținută după frezare (58.95 [HV3]). Prelucrarea a fost efectuată folosind o presiune de 90 [bar] (FIGURA 48 b);
- cea mai mică valoare a duriității (54.65 [HV3]), obținută la prelucrarea cu o presiune de 30 [bar] (FIGURA 48 d), o creștere de doar 1.30%, față de valoarea obținută după frezare (53.95 [HV3]);



b. ($V_c=100$ [m/min], $f_z=0.08$ [mm/dinte])

d. ($V_c=350$ [m/min], $f_z=0.06$ [mm/dinte])

FIGURA 48 Influența presiunii de tasare asupra duriității la prelucrarea succesivă și simultană cu deplasare în sensul avansului

4.1.1.4. Influența adâncimii de prelucrare la tasare (a_{pt})

Prelucrarea succesivă și simultană cu deplasare în sensul avansului

- cele mai mari creșteri procentuale ale duriității au fost obținute la prelucrarea simultană cu o adâncime de 0.75 [mm]; cea mai mare diferență între valoarea obținută la frezare și cea de la tasare (30.09%);

Prelucrarea succesivă cu deplasare în contra avansului

- Creșterea adâncimii de prelucrare la tasare duce la obținerea de valori mai mari ale durtății. Media creșterilor procentuale este de 7.88%, pentru $a_{pt}=0.5$ [mm], comparativ cu 9.80%, pentru $a_{pt}=0.75$ [mm].

4.1.1.5. Influența tipului de prelucrare

Prelucrarea simultană oferă cele mai satisfăcătoare creșteri procentuale ale durtății materialului (**FIGURA 51**). Media creșterilor procentuale pentru prelucrare simultană este de 12.75%, în timp ce pentru prelucrarea succesivă este de 9.01%, cu deplasare în sensul de frezare, respectiv 8.75 %, cu deplasare în sens contrar sensului de frezare.

4.1.1.6. Influența sensului de prelucrare

Sensul de deplasare nu influențează în mod semnificativ creșterea procentuală a durtății, astfel că mediile procentuale sunt apropiate 7.97% și 7.88%. Prin combinarea sensului pe direcția frezării cu prelucrarea simultană se obțin creșteri procentuale distincte (10.70%).

4.1.2. Analiza influenței parametrilor procesului de deformato-așchiere asupra microstructurii materialului prelucrat

Pregătirea probelor din aliaj de magneziu AZ31B-F, în vederea obținerii microstructurii a presupus parcurgerea următoarelor etape: debitare, înglobare, șlefuire și atac chimic al suprafeței șlefuite. Analiza metalografică a fost realizată pe aliaj de magneziu AZ31B-F neprelucrat, prelucrat prin frezare și prelucrat prin deformato-așchiere (procedeu simultan și succesiv utilizând $P=30\div 90$ [bar] și $a_{pt}=0.5\div 0.75$ [mm]). Astfel se disting următoarele cazuri:

- Microstructura pe plan longitudinal a aliajului de magneziu AZ31B-F neprelucrat:
 - grăunți cristalini cu dimensiuni cuprinse între 40 și 80 [μm] (**FIGURA 54 a**);
- Microstructura pe plan longitudinal a aliajului de magneziu AZ31B-F prelucrat prin procedeul de frezare:
 - în stratul de suprafață, pe o adâncime de 35 [μm] grăunții cristalini au dimensiuni cuprinse între 20 și 35 [μm] (**FIGURA 54 b**);



FIGURA 54 Microstructura aliajului de magneziu AZ31B-F neprelucrat (a) și prelucrat prin frezare (b) ($V_c=350$ [m/min], $f_z=0.08$ [mm/dinte], $a_p=0.6$ [mm])

Microstructura pe plan longitudinal a aliajului de magneziu AZ31B-F prelucrat prin procedeul de deformato-așchiere simultană și succesivă, la o presiune de 30 [bar] și adâncime de prelucrare la tasare de 0.5 [mm] (**FIGURA 55 a și b**):

- stratul de suprafață prezintă grăunți cristalini de dimensiuni reduse (13÷17 [μm]), ușor alungați, pe o adâncime de aproximativ 20 [μm] (**FIGURA 55 a**);
- în **FIGURA 55 b** se observă în stratul de suprafață grăunți cu dimensiuni cuprinse între 12÷17 [μm]; stratul se propaga până o adâncime de 20 [μm];

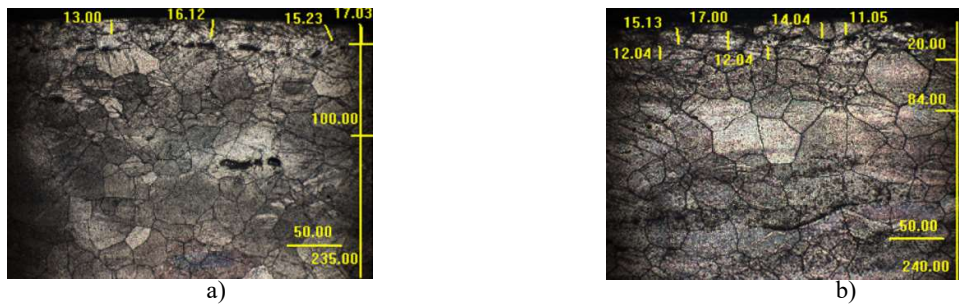


FIGURA 55 Microstructura aliajului de magneziu AZ31B-F prelucrat prin deformato-așchiere simultană (a) și succesivă (b) ($P=30$ [bar], $apt=0.5$ [mm], $V_c=350$ [m/min], $f_z=0.08$ [mm/dinte], $ap=0.6$ [mm])

- Microstructura pe plan longitudinal a aliajului de magneziu AZ31B-F prelucrat prin procedeul de deformato-așchiere simultană și succesivă, la o presiune de 30 [bar] și adâncime de prelucrare la tasare de 0.75 [mm] (**FIGURA 56** a și b):
 - dimensiunea grăunților este mai mică ($9\div 20$ [μm]), față de prelucrarea cu o adâncime de tasare de 0.5 [mm] ($13\div 17$ [μm]) (**FIGURA 56** a);
 - în **FIGURA 56** b se observă grăunți ușor alunghiți, cu dimensiuni de $11\div 16$ [μm], până la o adâncime de 33 [μm].

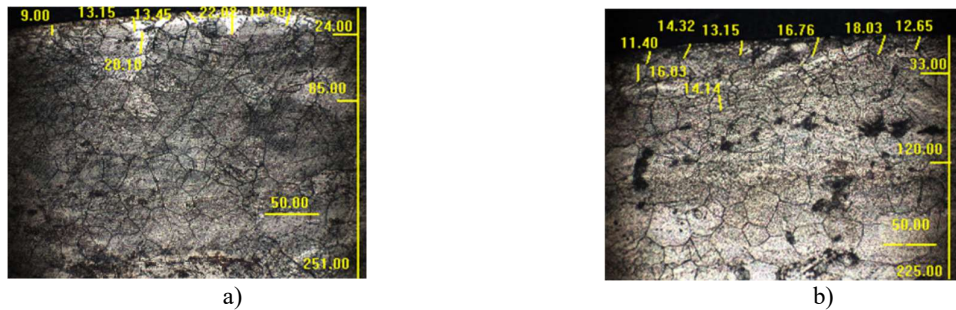


FIGURA 56 Microstructura aliajului de magneziu AZ31B-F prelucrat prin deformato-așchiere simultană (a) și succesivă (b) ($P=30$ [bar], $apt=0.75$ [mm], $V_c=350$ [m/min], $f_z=0.08$ [mm/dinte], $ap=0.6$ [mm])

- Microstructura pe plan longitudinal a aliajului de magneziu AZ31B-F prelucrat prin procedeul de deformato-așchiere simultană și succesivă, la o presiune de 60 [bar] și adâncime de prelucrare la tasare de 0.5 [mm] (**FIGURA 57** a și b):
 - în cazul prelucrării simultane cu o presiune de 60 [bar] și adâncime de prelucrare la tasare de 0.5 [mm] (**FIGURA 57** a) s-au obținut grăunți cristalini cu dimensiuni cuprinse între 10 și 25 [μm], până la o adâncime de 57 [μm];
 - în cazul prelucrării succesive (**FIGURA 57** b) grăunții cu dimensiuni mai mari au fost obținuți ($25\div 30$ [μm]);

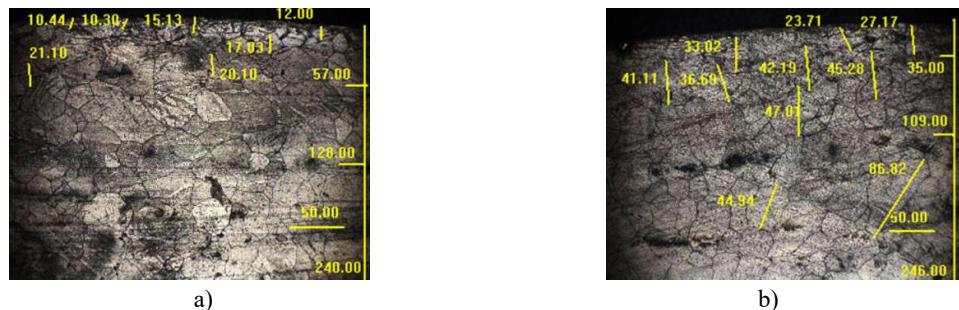


FIGURA 57 Microstructura aliajului de magneziu AZ31B-F prelucrat prin deformato-așchiere simultană (a) și succesivă (b) ($P=60$ [bar], $apt=0.5$ [mm], $V_c=350$ [m/min], $f_z=0.08$ [mm/dinte], $ap=0.6$ [mm])

- Microstructura pe plan longitudinal a aliajului de magneziu prelucrat prin procedeul de deformato-așchiere simultană și succesivă, la o presiune de 60 [bar] și adâncime de prelucrare la tasare de 0.75 [mm] (**FIGURA 58** a și b):
 - în **FIGURA 58** a se observă, în stratul de suprafață, o densitate mare de grăunți rafinați, compactați, cu dimensiuni între 12÷20 [μm]. Adâncimea stratului este de 92 [μm].
 - prelucrarea succesivă (**FIGURA 58** b) duce la obținerea unor grăunți de dimensiuni reduse (11÷20 [μm]), dispuși într-un strat cu o adâncime de 40 [μm].

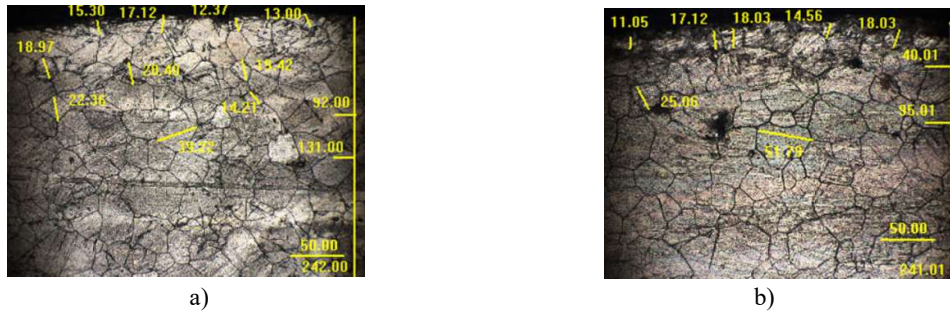


FIGURA 58 Microstructura aliajului de magneziu AZ31B-F prelucrat prin deformato-așchiere simultană (a) și succesivă (b) ($P=60$ [bar], $a_{pt}=0.75$ [mm], $V_c=350$ [m/min], $f_z=0.08$ [mm/dinte], $a_p=0.6$ [mm])

- Microstructura pe plan longitudinal a aliajului de magneziu prelucrat prin procedeul de deformato-așchiere simultană și succesivă, la o presiune de 90 [bar] și adâncime de prelucrare la tasare de 0.5 [mm] (**FIGURA 59** a și b):
 - din **FIGURA 59** a se observă rafinarea stratului de suprafață, prin prezenta unor grăunți cristalini cu dimensiuni cuprinse între 12 [μm] și 25 [μm]. Acest strat se propaga până la o adâncime de 35 [μm].
 - în cazul prelucrării succesive (**FIGURA 59** b) dimensiunile grăunților sunt cuprinse între 9 și 20 [μm], dar sunt dispuși pe o adâncime de 36 [μm].

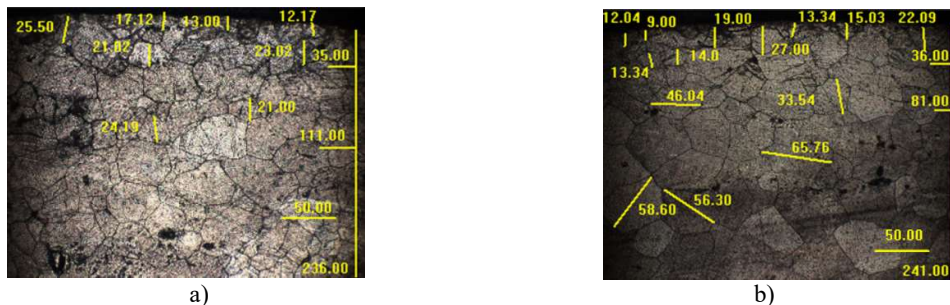


FIGURA 59 Microstructura aliajului de magneziu AZ31B-F prelucrat prin deformato-așchiere simultană (a) și succesivă (b) ($P=90$ [bar], $a_{pt}=0.5$ [mm], $V_c=350$ [m/min], $f_z=0.08$ [mm/dinte], $a_p=0.6$ [mm])

- Microstructura pe plan longitudinal a aliajului de magneziu prelucrat prin procedeul de deformato-așchiere simultană și succesivă, la o presiune de 90 [bar] și adâncime de prelucrare la tasare de 0.75 [mm] (**FIGURA 60** a și b):
 - prelucrarea simultană (**FIGURA 60** a) produce un strat de grăunți de dimensiuni reduse (11÷30 [μm]), cu o propagare de 103 [μm].
 - în **FIGURA 60** b sunt prezentate rezultate obținute pentru prelucrarea succesivă. În acest caz, pe o adâncime de 52 [μm], se regăsesc grăunți cu dimensiuni cuprinse între 12÷20 [μm]. Până la o adâncime de 127 [μm] dimensiunile grăunților se situează între 30 și 40 [μm]. Rafinarea grăunților cristalini este vizibilă până la o adâncime de circa 240 [μm];

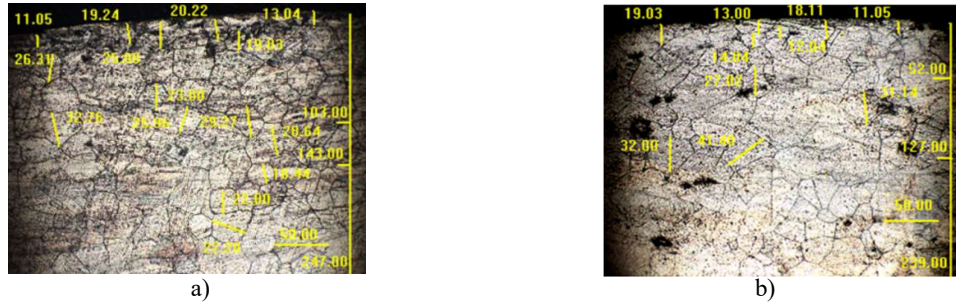


FIGURA 60 Microstructura aliajului de magneziu AZ31B-F prelucrat prin deformato-așchiere simultană (a) și succesivă (b) ($P=90$ [bar], $a_{pt}=0.75$ [mm], $V_c=350$ [m/min], $f_z=0.08$ [mm/dinte], $a_p=0.6$ [mm])

4.1.3. Analiza influenței parametrilor procesului de deformato-așchiere asupra compoziției chimice a stratului deformat prin microscopia electronică (SEM) și dispersia energiei cu raze X (EDX)

Probe din aliajul de magneziu neprelucrat, prelucrat prin frezare (deplasare în sensul avansului), deformato-așchiere simultană (deplasare în sensul avansului) și succesivă (deplasare în sensul avansului și contra avansului) au fost supuse analizelor. În cazul prelucrărilor prin deformato-așchiere, analiza chimică a fost efectuată atât pe stratul de suprafață cât și la o adâncime de 50 [μm] față de aceasta, cu un factor de multiplicare de 2500x.

În **FIGURA 61** este prezentată analiza compoziției chimice a aliajului de magneziu neprelucrat. Procentajele principalelor elemente chimice regăsite în aliaj sunt în conformitate cu structura chimică prezentată în **TABEL 8**.

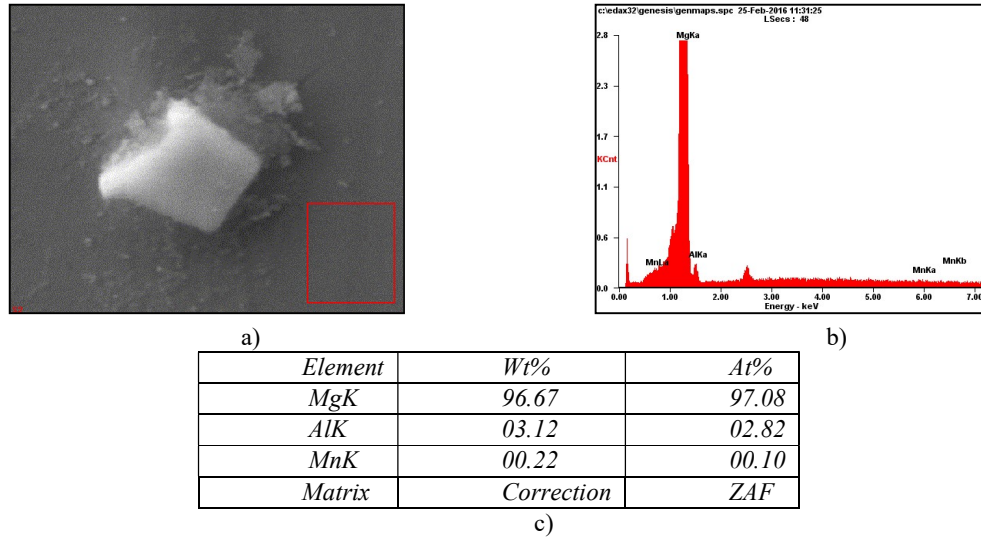


FIGURA 61 Analiza compoziției chimice (EDX) a aliajului de magneziu AZ31B-F neprelucrat

În cazul prelucrării prin procedeul de frezare ($V_c=350$ [m/min], $f_z=0.06$ [mm/dinte] și $a_p=0.6$ [mm]) compoziția chimică se modifică semnificativ în cazul procentajului de magneziu (de la 96.67 [%] la 94.88[%]) și al procentajului de zinc (la 1.36%) (**FIGURA 62**).

FIGURA 63 indică o structură complexă în care elemente ca oxigen (1.50 [%]), sodiu (1.82 [%]), magneziu (91.79 [%]), aluminiu (2.49 [%]), mangan (0.55 [%]) și zinc (1.84 [%]) se regăsesc într-o concentrație mărită. Comparativ cu compoziția chimică regăsită în aliajul neprelucrat și cel prelucrat prin frezare se poate observa o diferență semnificativă în procentajul de magneziu, în acest caz fiind redus până la 91.79 [%].

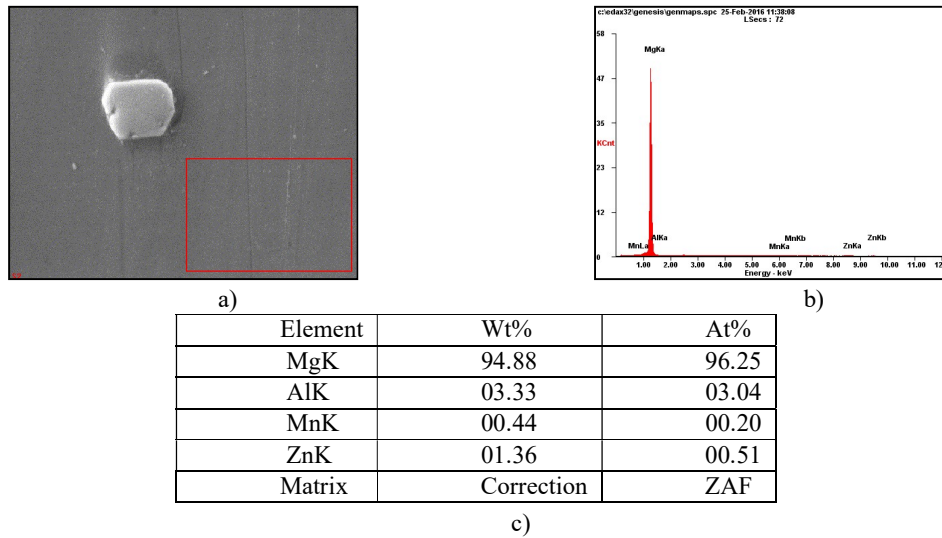


FIGURA 62 Analiza compoziției chimice (EDX) a aliajului de magneziu AZ31B-F prelucrat prin frezare ($V_c=350$ [m/min], $f_z=0.08$ [mm/dinte], $ap=0.6$ [mm])

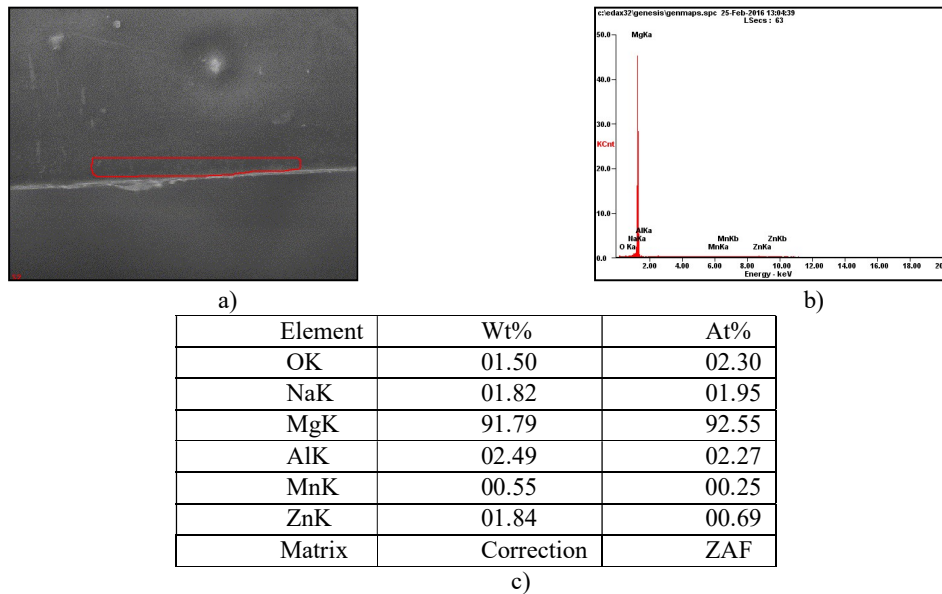
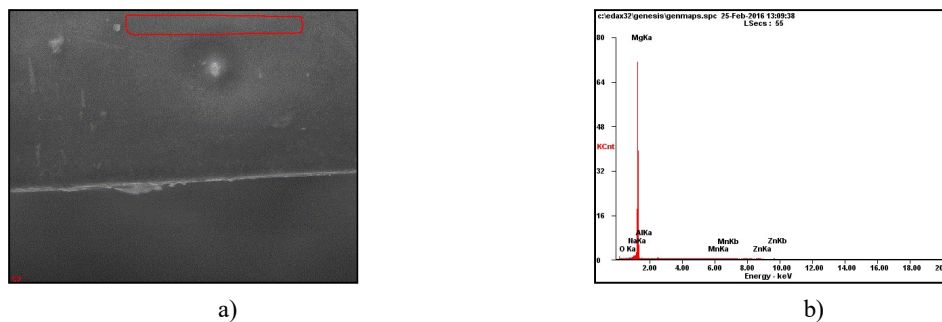


FIGURA 63 Analiza compoziției chimice (EDX) a stratului de suprafață a aliajului de magneziu AZ31B-F prelucrat prin deformașchiere simultană ($P=60$ [bar], $apt=0.75$ [mm], $V_c=350$ [m/min], $f_z=0.08$ [mm/dinte], $ap=0.6$ [mm], deplasare în sensul avans)

În cazul prezentat în **FIGURA 64**, o adâncime de 50 [μm], se observă o creștere în procentajul de magneziu, până la 93.30 [%], și ușoare modificări ale procentajelor elementelor chimice analizate.



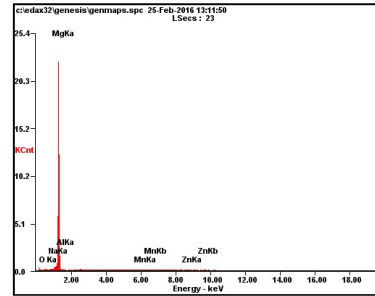
Element	Wt%	At%
OK	01.33	02.03
NaK	01.53	01.62
MgK	93.30	93.79
AlK	02.07	01.88
MnK	00.34	00.15
ZnK	01.43	00.54
Matrix	Correction	ZAF

c)

FIGURA 64 Analiza compoziției chimice (EDX) a **straturilor adânci** a aliajului de magneziu AZ31B-F prelucrat prin **deformașchiere simultană** ($P=60$ [bar], $a_{pt}=0.75$ [mm], $V_c=350$ [m/min], $f_z=0.08$ [mm/dinte], $a_p=0.6$ [mm], **deplasare în sensul avans**)



a)



b)

Element	Wt%	At%
OK	01.50	02.29
NaK	01.45	01.55
MgK	93.50	94.11
AlK	01.29	01.17
MnK	00.49	00.22
ZnK	01.78	00.67
Matrix	Correction	ZAF

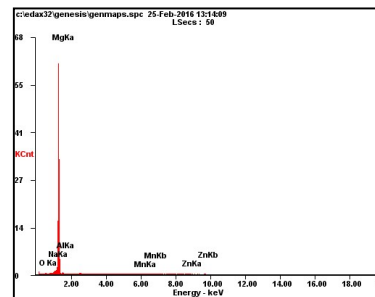
c)

FIGURA 65 Analiza compoziției chimice (EDX) a **stratului de suprafață** a aliajului de magneziu AZ31B-F prelucrat prin **deformașchiere succesivă** ($P=60$ [bar], $a_{pt}=0.75$ [mm], $V_c=350$ [m/min], $f_z=0.08$ [mm/dinte], $a_p=0.6$ [mm], **deplasare în sensul avans**)

În **FIGURA 65** se observă creșterea procentajului de magneziu (93.50 [%]) și scăderea celui de aluminiu (1.29 [%]). În cazul compoziției chimice, determinate la o adâncime de 50 [μm] (**FIGURA 66**), procentul de magneziu prezintă o ușoară scădere (92.21 [%]), în timp ce procentele de oxigen și aluminiu cresc.



a)



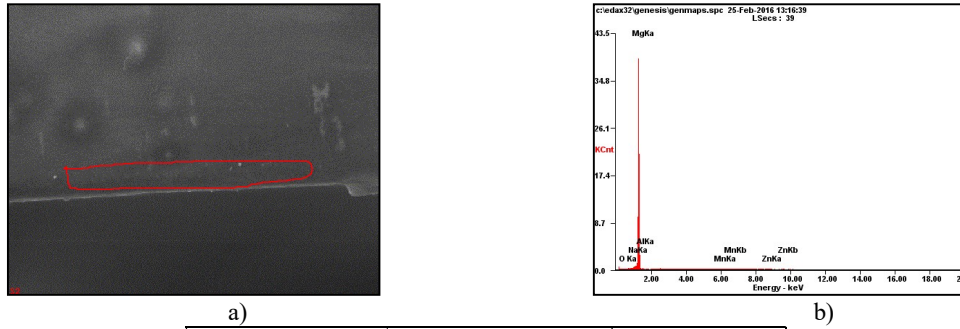
b)

Element	Wt%	At%
OK	01.95	02.97
NaK	01.45	01.54
MgK	92.21	92.55
AlK	02.40	02.17
MnK	00.40	00.18

ZnK	01.60	00.60
Matrix	Correction	ZAF

c)

FIGURA 66 Analiza compoziției chimice (EDX) a **straturilor de adâncime** a aliajului de magneziu AZ31B-F prelucrat prin **deformașchiere succesivă** ($P=60$ [bar], $a_{pt}=0.75$ [mm], $V_c=350$ [m/min], $f_z=0.08$ [mm/dinte], $a_p=0.6$ [mm], **deplasare în sensul avans**)

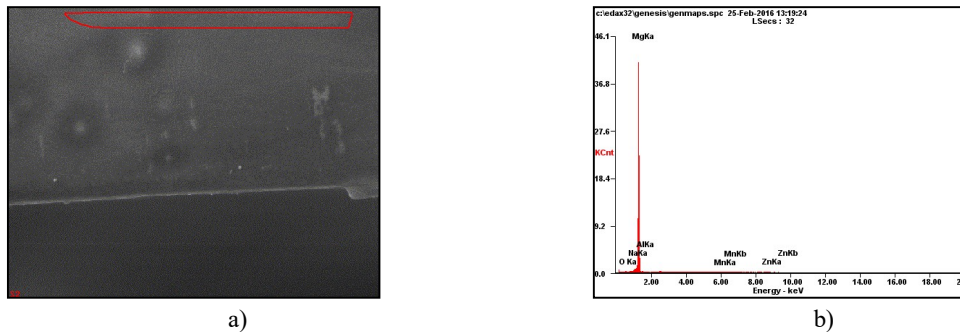


Element	Wt%	At%
OK	00.96	01.47
NaK	01.44	01.53
MgK	94.11	94.95
AlK	01.34	01.22
MnK	00.36	00.16
ZnK	01.79	00.67
Matrix	Correction	ZAF

c)

FIGURA 67 Analiza compoziției chimice (EDX) a **stratului de suprafață** a aliajului de magneziu AZ31B-F prelucrat prin **deformașchiere succesivă** ($P=60$ [bar], $a_{pt}=0.75$ [mm], $V_c=350$ [m/min], $f_z=0.08$ [mm/dinte], $a_p=0.6$ [mm], **deplasare în contra avansului**)

În **FIGURA 67** se observă, în stratul de suprafață, majorarea procentajului de magneziu (94.4 [%]) și scăderea procentajului de oxigen (0.96 [%]), față de prelucrarea succesivă. La o adâncime de 50 [μ m] (**FIGURA 68**) procentajul de oxigen revine în apropierea nivelului regăsit și în cazurile anterioare (1.31 [%]). Totodată se înregistrează o creștere a procentajului de magneziu (93.61 [%]), mangan (0.83 [%]) și o scădere a celui de zinc (1.39 [%]).



Element	Wt%	At%
OK	01.31	01.99
NaK	01.49	01.58
MgK	93.61	94.09
AlK	01.83	01.66
MnK	00.38	00.17
ZnK	01.39	00.52
Matrix	Correction	ZAF

c)

FIGURA 68 Analiza compoziției chimice (EDX) a **straturilor de adâncime** a aliajului de magneziu AZ31B-F prelucrat prin **deformașchiere succesivă** ($P=60$ [bar], $a_{pt}=0.75$ [mm], $V_c=350$ [m/min], $f_z=0.08$ [mm/dinte], $a_p=0.6$ [mm], **deplasare în contra avansului**)

În urma analizei compoziției chimice a fiecărei prelucrări în parte, se observă tendința de migrare a magneziului, spre straturile de adâncime, în urma prelucrărilor mecanice. Această deplasare face ca elemente precum oxigenul, sodiul, aluminiul și zincul să migreze la rândul lor spre straturile de suprafață într-o compoziție procentuală diferită de aceea a aliajului de magneziu neprelucrat. În cazul aliajelor pe bază de magneziu deformații mari tind să aibă loc când temperatura materialului este apropiată de temperatura începerii, din cauza tensiunilor de forfecare ce au loc la alunecarea planului bazaltic [115].

4.1.4. Analiza influenței parametrilor procesului de deformato-așchiere asupra tensiunilor interne ale materialului prelucrat

Tensiunile reziduale sunt tensiuni care există în materiale și structuri independente de prezența sarcinilor exterioare [116]. Tensiunile sunt auto echilibrate, însemnând că zonele cu tensiuni de întindere și zonele cu tensiuni de compresiune tind spre crearea de forțe și momente rezultante cu valori nule în tot volumul de material sau structură [117].

Variația pe adâncime a tensiunilor reziduale în cazul aliajului de magneziu AZ31B-F neprelucrat, reprezentat comparativ cu valorile obținute pentru aliajul prelucrat prin frezare se regăsește în **FIGURA 69**. În cazul aliajului neprelucrat sunt înregistrate tensiuni reziduale de compresiune de la o adâncime de 0.050 [mm], cu o valoare maximă de -4.702 [MPa], până la o adâncime de 0.025 [mm] (25 [μm]). Tendința de modificare a valorilor tensiunilor reziduale, odată cu majorarea adâncimii, este de întindere, ajungând la un maxim de 188.305 [MPa], în jurul adâncimii de 0.725 [mm]. Prelucrarea prin frezare introduce în aliajul de magneziu tensiuni de compresiune pe o adâncime de 0.275 [mm] (275 [μm]). Valorile tensiunilor de compresiune sunt însă de mică intensitate, cu un maxim de -8.654 [MPa], propagate la o adâncime de 0.075 [mm] (75 [μm]).

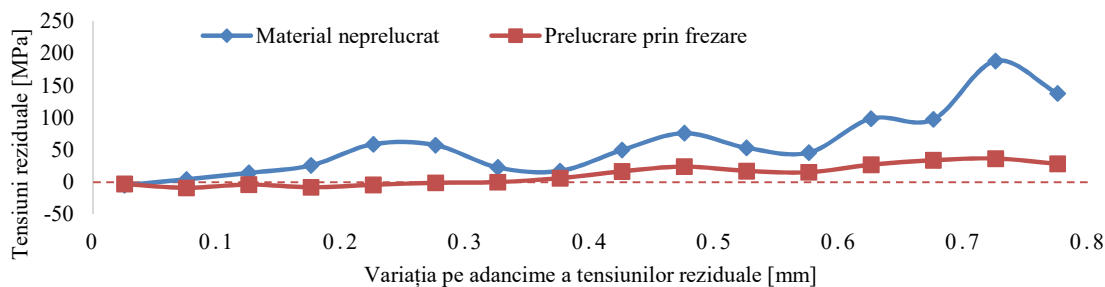


FIGURA 69 Distribuția tensiunilor reziduale din aliajul de magneziu AZ31B-F neprelucrat și prelucrarea prin frezare ($V_c=350$ [m/min], $f=0.08$ [mm/dinte], $a_p=0.6$ [mm], sens avans)

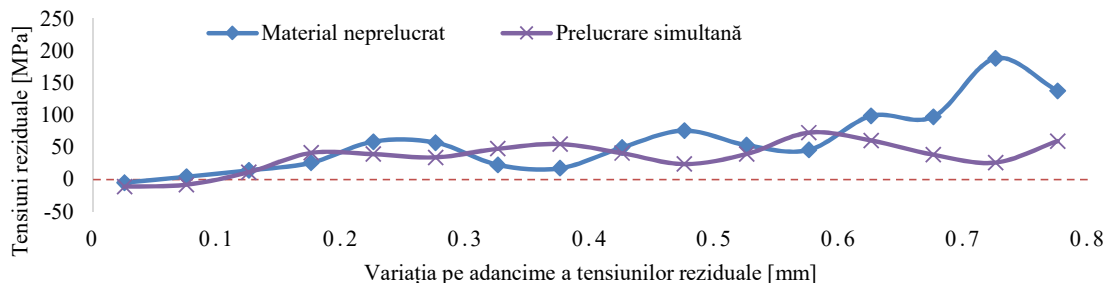


FIGURA 70 Distribuția tensiunilor reziduale generate la prelucrarea prin deformato-așchiere simultană ($V_c=350$ [m/min], $f=0.08$ [mm/dinte], $a_p=0.6$ [mm], $P=60$ [bar], $a_{pt}=0.75$ [mm], sens avans)

Analiza distribuțiilor tensiunilor reziduale în aliajul de magneziu prelucrat prin procedeul de deformato-așchiere simultană este reprezentată în **FIGURA 70**. În acest caz tensiuni de compresiune

se regăesc până la o adâncime de 0.075 [mm] (75 [μm]) cu valori cuprinse între -7.906 și -10.9 [MPa]. Variația tensiunilor pe adâncime duce la tensiuni de întindere, la relaxarea materialului în straturile adânci, având o valoare maximă de 72.895 [MPa], la o adâncime de 0.575 [mm] (575 [μm]). Comparativ cu rezultatele obținute la prelucrarea prin frezare, tensiunile de compresiune sunt la o adâncime de propagare mai mică, dar ușor mai mari în intensitate, în timp ce tensiunile de întindere prezintă valori superioare.

În **FIGURA 71** sunt prezentate tensiunile reziduale obținute la prelucrarea prin deformato-așchiere succesivă. În acest caz, tensiunile sunt doar de întindere, cu o relaxare majora de 174.438 [MPa] a materialului, încă de la o adâncime de 0.025 [mm] (25 [μm]). După o adâncime de 0.275 [mm] tensiunile de întindere au aceeași tendința ca tensiunile din aliajul neprelucrat.

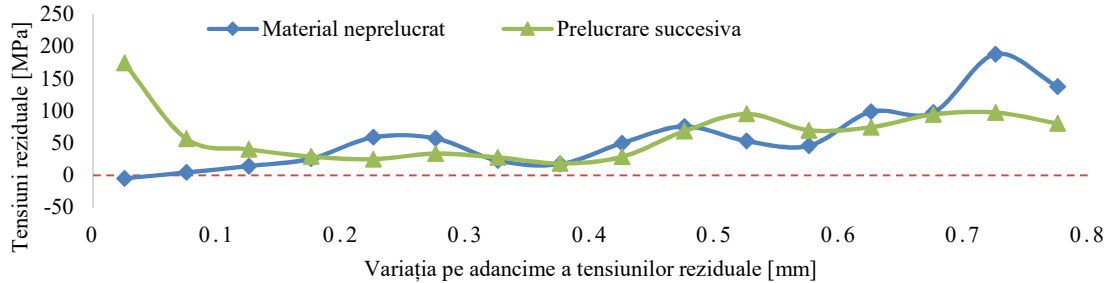


FIGURA 71 Distribuția tensiunilor reziduale generate la prelucrarea prin deformato-așchiere succesivă ($V_c=350$ [m/min], $f=0.08$ [mm/dinte], $a_p=0.6$ [mm], $P=60$ [bar], $a_{pt}=0.75$ [mm], sens avans)

4.2. Concluzii privind influența parametrilor procesului de deformato-așchiere asupra caracteristicilor fizice, mecanice și chimice, în cazul aliajului de magneziu AZ31B-F

Scopul general al acestui studiu experimental a fost determinarea legăturii dintre parametri procedurii de deformato-așchiere (viteza de așchiere, avans pe dinte, adâncime de prelucrare la tasare, presiunea de tasare, sensul de prelucrare, tipul de prelucrare) și a caracteristicilor fizico-mecanice și chimice a aliajului de magneziu AZ31B-F [93, 97].

Analiza rezultatelor obținute oferă următoarele concluzii:

- Influența vitezei de așchiere (V_c) asupra *durității materialului* - creșterea vitezei de prelucrare duce la scăderea durității suprafeței prelucrate, valoarea indicată pentru obținerea unor rezultate satisfăcătoare, în acest caz, fiind de 350 [m/min] [94, 97, 99].
- Influența avansului pe dinte (f_z) asupra *durității materialului* - la prelucrarea simultană, sens frezare - prelucrarea cu un avans de 0.08 [mm/dinte] oferă cea mai mare diferență procentuală de 11.48%; pentru valorile limita ale avansului rezultatele sunt aproximativ egale (10.78 % și 10.76%);
- Influența presiunii de tasare (P) asupra *durității materialului* este - prelucrarea la presiuni ridicate duce la creșterea durității [102].
- Influența adâncimii de prelucrare la tasare (a_{pt}) asupra *durității materialului* este - creșterea adâncimii de prelucrare la tasare duce la creșterea durității [102].
- Influența tipului de prelucrare asupra *durității materialului* este - prelucrare prin deformato-așchiere simultană duce la creșterea semnificativă a durității.
- Influența sensului de prelucrare asupra *durității materialului* este - prelucrarea prin deformato-așchiere cu deplasare în sensul avansului duce la cele mai însemnate creșteri ale durității materialului. Cele mai mari creșteri procentuale au fost obținute pentru prelucrare simultană în sensul avansului.
- Influența tipului de prelucrare asupra *microstructurii* este - mecanismul de rafinare a grăunților cristalini este mai bine evidențiat în cazul prelucrării folosind procedeul de deformato-așchiere simultan.

- Influența presiunii de tasare asupra *microstructurii* este – preponderența grăunților de dimensiuni reduse propagați la adâncimi mari este specifică prelucrării cu presiune de 60 [bar].
- Influența adâncimii de prelucrare la tasare *microstructurii* este – rafinarea grăunților este strâns legată de mecanismul de creștere a durității straturilor de suprafață. Prelucrarea folosind o adâncime de tasare de 0.75 [mm] facilitează obținerea grăunților de dimensiuni reduse.
- Compoziția chimică – Analiza EDX a compoziției chimice a aliajului de magneziu AZ31B-F prelucrat prin procedeul de deformato-așchiere simultană (deplasare în sensul avansului) și succesivă (deplasare în sensul și contra avansului) releva faptul ca în stratul de suprafață, pentru toate cazurile, scade procentajul de magneziu, crescând procentele elementelor componente precum: oxigen, sodiu sau zinc.
- Tensiuni reziduale – în cazul prelucrării prin frezare și deformato-așchiere simultană a aliajului AZ31B-F tensiuni reziduale de compresiune sunt introduse în material, dar sunt de mică amplitudine.

Capitolul 5 *Modelele matematice rezultate și determinarea valorilor optime ale parametrilor procesului de deformato-așchiere pe baza metodei Suprafețelor de Răspuns*

5.1. Aspecte generale privind metodele de analiză utilizate în optimizare parametrilor procesului de deformato-așchierii

Metodologia metodei Suprafețelor de Răspuns este constituită dintr-un grup de tehnici matematice și statistice, utilizate în dezvoltarea de funcții relaționale adecvate între răspunsuri (y) și un număr de asocieri controlate, sau variabile de intrare (x_1, x_2, \dots, x_k).

5.2. Aplicarea metodei Suprafețelor de Răspuns pentru analiza statistică, obținerea modelelor matematice și determinarea valorilor optime ale parametrilor regimului de deformato-așchiere

Pentru analiza statistică ANOVA s-a ținut cont, în plus față de planul experimental, de rugozitățile și duritățile obținute în urma procedurii de așchiere. În vederea confirmării legăturii dintre analiza statistică și valorile măsurate ale factorilor de ieșire (rugozitate, duritate și adâncime de tasare) s-a folosit o probă pentru a fi prelucrată cu rezultatele indicate de către optimizarea generată de software-ul DesignExpert [100].

5.2.1. Identificarea variabilelor de intrare și a răspunsurilor generate în cadrul aplicării metodei Suprafețelor de Răspuns

Parametrii de intrare au fost considerați viteza de așchiere, avansul pe dinte, presiune de așchiere, adâncimea de prelucrare la tasare, rugozitatea și duritatea la frezare, tipul și sensul prelucrării. Fiecare din primii trei parametri au avut 3 valori, adâncimea de prelucrare 2 valori, ceea ce înseamnă ca numărul total de probe de analizat a fost de $3^3 \cdot 2 = 54$ pentru fiecare sens și tip de prelucrare. Procedeul succesiv a permis prelucrarea în ambele sensuri ale avansului, deci un număr total de 108 de probe, în timp în cadrul celui simultan, prelucrarea a fost efectuată doar în sensul avansului, însemnând în număr de 54 de probe. Astfel un număr total de 162 de probe au fost prelucrate și măsurate pentru a efectua analiza ANOVA. Parametrii de ieșire ai analizei au fost considerați rugozitatea, duritatea și adâncimea la tasare rezultată. S-a impus efectuarea unei analize de tip ANOVA pentru a determina dacă modelul ales este semnificativ, și în ce măsură.

5.2.2. Construcția matricei factoriale în vederea aplicării metodei Suprafețelor de Răspuns

Matricea factorială utilizată în cadrul analizei statistice (**FIGURA 72**), în vederea determinării factorului de influență a parametrilor de intrare asupra celor de ieșire, modelul

matematic al sistemului și optimizarea parametrilor procesului de deformato-așchiere, a fost construită utilizând toate valorile regăsite în planul experimental din **TABEL 10**, precum și rezultatele determinate ale rugozității suprafeței și durității materialului obținute după prelucrarea prin frezare; astfel toate combinațiile posibile au fost introduse în program [100].

Run	Factor 1 A:Viteza de așchiere (Vc) [m/min]	Factor 2 B:Avans pe dinte (fz) [mm/dinte]	Factor 3 C:Rugozitate frezare (Raf) [μm]	Factor 4 D:Duritate frezare (HV3f) [HV3]	Factor 5 E:Presiune tasare (P) [bar]	Factor 6 F:Adâncimea de tasare (Apt) [mm]	Factor 7 G:Tipul prelucrării [-]	Factor 8 H:Sensul prelucrării [-]	Response 1 Rugozitate tasare (Rat) [μm]	Response 2 Duritate tasare (HV3t) [HV3]	Response 3 Adâncimea tasată (At) [mm]
1	100	0.06	0.42	63.85	30	0.5	Simultan	Sens frezare	0.16	69.85	0.035
2	100	0.06	0.31	65.65	60	0.5	Simultan	Sens frezare	0.2	70.15	0.064
3	100	0.06	0.35	63.45	90	0.5	Simultan	Sens frezare	0.16	70.85	0.052
...
160	600	0.06	0.2	59.95	90	0.75	Sucesiv	Contra sens frezare	0.18	61.15	0.028
161	600	0.08	0.28	59.35	90	0.75	Sucesiv	Contra sens frezare	0.18	65.15	0.031
162	600	0.1	0.35	58.15	90	0.75	Sucesiv	Contra sens frezare	0.22	62.35	0.028

FIGURA 72 Planul experimental utilizat în cadrul analizei statistice

5.2.3. Modelele matematice obținute prin aplicarea metodei Suprafețelor de Răspuns

5.2.3.1. Modelarea matematică a rugozității suprafeței, obținută în funcție de variabilele de intrare

Analiza ANOVA

În cazul rugozității valoarea coeficientului „p” este mai mică de 0.0001, ceea ce face modelul ales să fie semnificativ (**TABEL 24**). Se poate observa totodată și faptul că cea mai mare influență asupra rugozității o au viteza de așchiere ($p < 0.0001$), rugozitatea la frezare ($p < 0.0001$) și tipul de prelucrare ($p < 0.0001$) urmate de duritatea la frezare ($p = 0.0342$), presiunea de tasare ($p = 0.0040$) și de adâncimea de prelucrare la tasare ($p = 0.0029$).

Modelele matematice generate de analiza ANOVA pentru fiecare tip de prelucrare și adâncime de tasare (**ECUAȚIA 24-ECUAȚIA 27**) confirmă dependența, respectând transformarea logaritmică indicată.

TABEL 24 Analiza ANOVA a parametrilor de intrare cu influență asupra rugozității (Ra)

Response 1 Rugozitate (Ra)						
ANOVA for Response Surface Reduced Linear model						
Analysis of variance table [Partial sum of squares - Type III]						
Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F Value	p-value Prob>F	
Model	2.68	6	0.45	16.45	< 0.0001	significant
A-Viteza de așchiere (Vc)	0.45	1	0.45	16.57	< 0.0001	
C-Rugozitate frezare (Raf)	0.67	1	0.67	24.67	< 0.0001	
D-Duritate frezare (HV3f)	0.12	1	0.12	4.56	0.0342	
E-Presiune tasare (P)	0.23	1	0.23	8.54	0.0040	
F-Adâncimea de prelucrare la tasare (apt)	0.25	1	0.25	9.17	0.0029	
G-Tipul prelucrării	0.98	1	0.98	36.30	< 0.0001	
Residual	4.20	155	0.027			
Cor Total	6.88	161				
R ²	Adj R ²	Pred R ²		Adeq. Precision		
0.3268	0.3654	0.3890		18.215		

Modelul matematic

$$\ln(Ra_t) = -2.50275 + (2.66615E^{-004}) * V_c + 0.93855 * Ra_f + 0.011684 * HV3_f - (1.56087E^{-003}) * P$$

ECUAȚIA 24 Modelul matematic al dependenței rugozității suprafeței de factorii de intrare, generat la prelucrarea succesivă, cu $a_{pr}=0.5$ [mm]

Analiza influenței parametrilor regimului de deformato-așchiere asupra rugozității

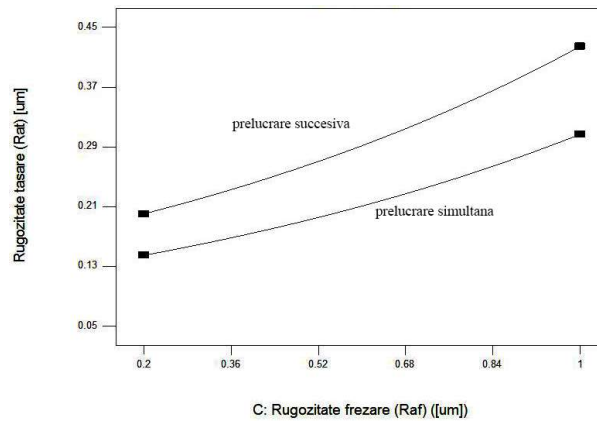


FIGURA 73 Influența rugozității obținute la frezare asupra rugozității obținute la tasare (ambele tipuri de prelucrare)

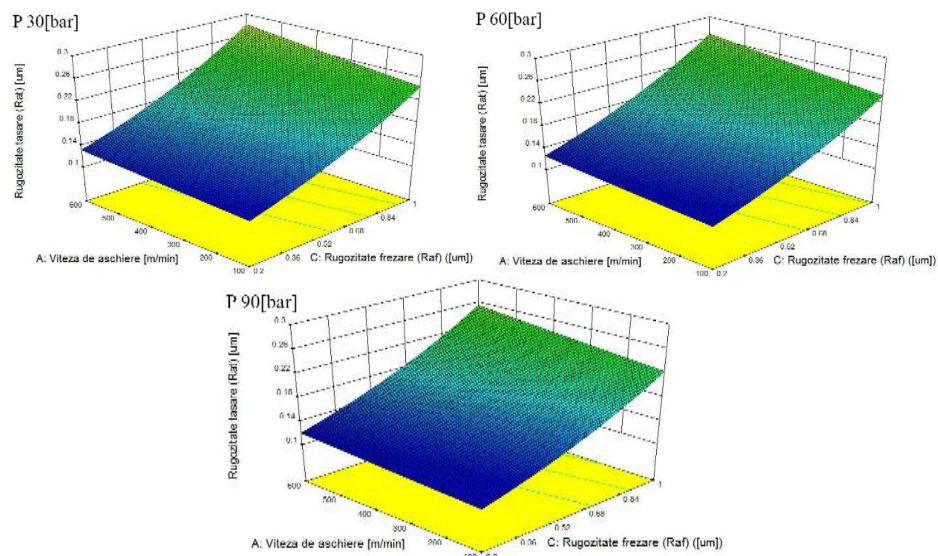


FIGURA 74 Influența presiunii asupra rugozității la tasare, prelucrare simultană

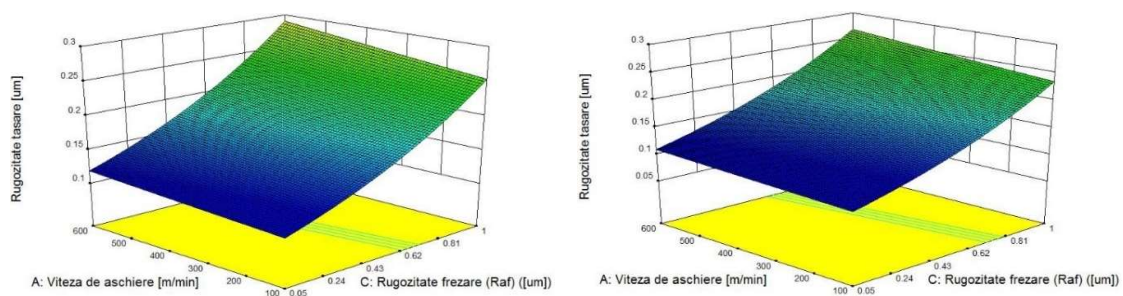


FIGURA 75 Influența adâncimii de prelucrare la tasare asupra rugozității la tasare, prelucrare simultană

Influența rugozității obținute după frezare asupra celei obținute după tasare este reprezentată în FIGURA 73, pentru cele două tipuri de prelucrare. Se poate observa că odată cu scăderea rugozității la frezare scade în intensitate și rugozitatea la tasare; astfel se poate concluziona că acest procedeu oferă rezultate superioare pentru valori mari ale rugozității la frezare.

FIGURA 74 oferă date cu privire la influența presiunii de tasare asupra rugozității la tasare; se observă că rugozitatea scade odată cu creșterea presiunii. Influența adâncimii de prelucrare la

tasare este evidențiată în **FIGURA 75**. Se observă ca odată cu creșterea adâncimii de prelucrare valorile rugozității scad. Cea mai semnificativă diferență în modificarea rugozității este reprezentată în **FIGURA 76**. Tipul de prelucrare este unul din factorii cu cel mai mare impact în obținerea unei suprafețe cu o rugozitate scăzută; se observă faptul că prelucrarea succesivă oferă valori cu mult mai mari decât prelucrarea simultană.

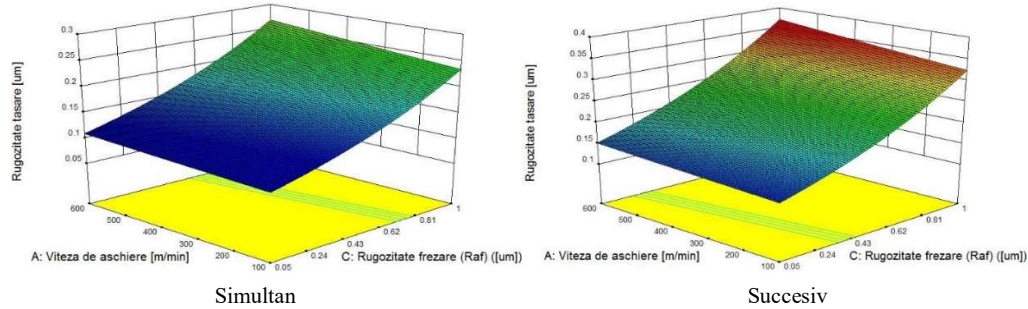


FIGURA 76 Influența tipului de prelucrare asupra rugozității la tasare

5.2.3.2. Modelarea matematică a durității materialului, obținută în funcție de variabilele de intrare

Analiza ANOVA

Influența a fost redată spre analiză ca fiind un model liniar, cu o transformare de tip exponențială („Inverse”), de unde a fost exclusă rugozitatea la frezare (**TABEL 25**). Modelul analizat al durității este semnificativ, valoarea funcției „p” fiind mai mică de 0.0001. În cazul durității se observă că influența cea mai mare este dată de duritatea la frezare, presiune de tasare, adâncimea de tasare și tipul prelucrării (p<0.0001) urmate de viteza de așchiere (p=0.0156) și de avansul pe dinte (p=0.0526).

Modelele matematice astfel obținute sunt prezentate în **ECUAȚIA 28-ECUAȚIA 31**, de unde se poate observa influența parametrilor de intrare asupra durității.

TABEL 25 Analiza ANOVA a parametrilor de intrare cu influență asupra Durității [HV3]

Response 2 Duritatea (HV3)						
ANOVA for Response Surface Reduced Linear model						
Analysis of variance table [Partial sum of squares - Type III]						
	Sum of		Mean	F	p-value	
Source	Squares	df	Square	Value	Prob>F	
Model	2.669E-004	6	4.448E-005	132.06	< 0.0001	significant
A-Viteza de așchiere (Vc)	2.015E-006	1	2.015E-006	5.98	0.0156	
B-Avans pe dinte (fz)	1.285E-006	1	1.285E-006	3.82	0.0526	
D-Duritate frezare (HV3f)	1.112E-005	1	1.112E-005	33.01	< 0.0001	
E-Presiune tasare (P)	7.192E-006	1	7.192E-006	21.35	< 0.0001	
F-Adâncimea de prelucrare la tasare (apt)	1.996E-005	1	1.996E-005	59.26	< 0.0001	
G-Tipul prelucrării	2.506E-005	1	2.506E-005	74.41	< 0.0001	
Residual	5.221E-005	155	3.368E-007			
Cor Total	3.191E-004	161				
R ²	Adj R ²		Pred R ²		Adeq. Precision	
0.08364	0.9301		0.8218		41.733	

Modelul matematic

$$\frac{1}{HV3_t} = 0.023673 + (5.53645E^{-007}) * V_c - (5.51721E^{-003}) * f_z - (1.11989E^{-004}) * HV3_f - (8.60178E^{-006}) * P$$

ECUAȚIA 28 Modelul matematic al dependenței durității materialului de factorii de intrare, generat la prelucrarea succesivă, cu $a_{pr}=0.5 [mm]$

Analiza influenței parametrilor regimului de deformato-așchiere asupra durității

Creșterea durității materialului este influențată în mod direct de către toți parametri procesului de frezare. Se poate observa ca această creștere este o urmare directă a valorii inițiale obținute la frezare (**FIGURA 77**), astfel că prelucrarea suprafațelor cu duritate inițială mare nu oferă diferențe mai mari decât acele suprafețe ce au o duritate inițială mică. Analiza estimează, în cazul prelucrării succesive, o scădere a durității la tasare pentru prelucrarea suprafețelor cu o duritate inițială de peste 65 [HV3].

În **FIGURA 78** este prezentată variația durității odată cu creșterea presiunii de tasare. Se poate observa cum creșterea presiunii duce la creșterea durității. Această creștere este evidentă și în cazul prelucrării cu o adâncime de 0.75 [mm] (**FIGURA 79**). Prelucrarea simultană duce la obținerea unor rugozități de tasare mai mari, comparativ cu prelucrarea succesivă (**FIGURA 80**).

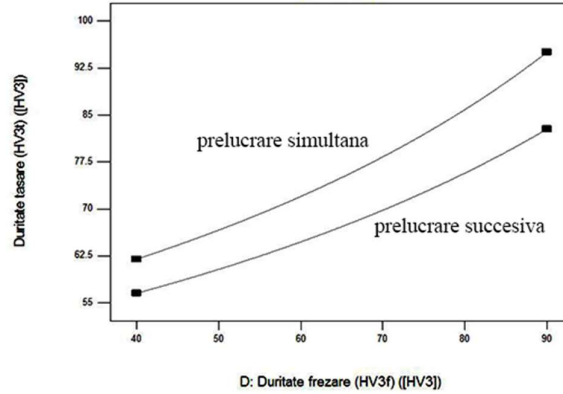


FIGURA 77 Influența durității obținute la frezare asupra durității obținute la tasare (ambele tipuri de prelucrare)

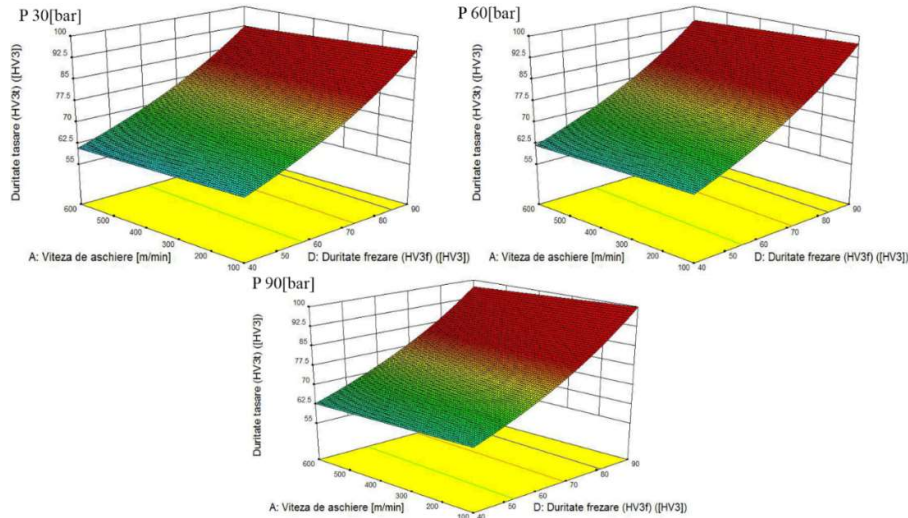


FIGURA 78 Influența presiunii asupra durității la tasare, prelucrare simultană

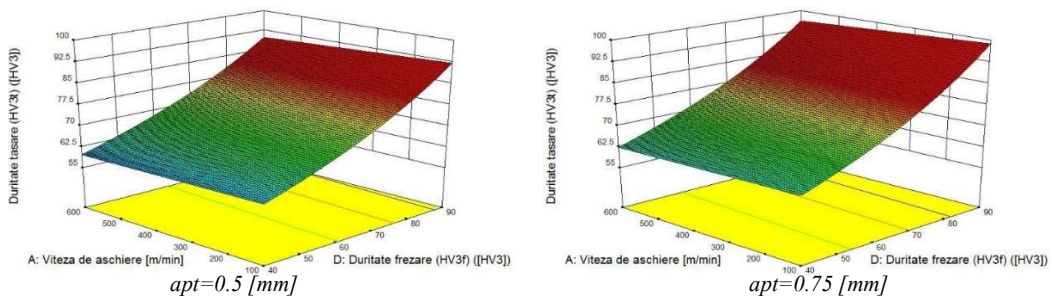


FIGURA 79 Influența adâncimii de prelucrare la tasare asupra durității la tasare, prelucrare simultană

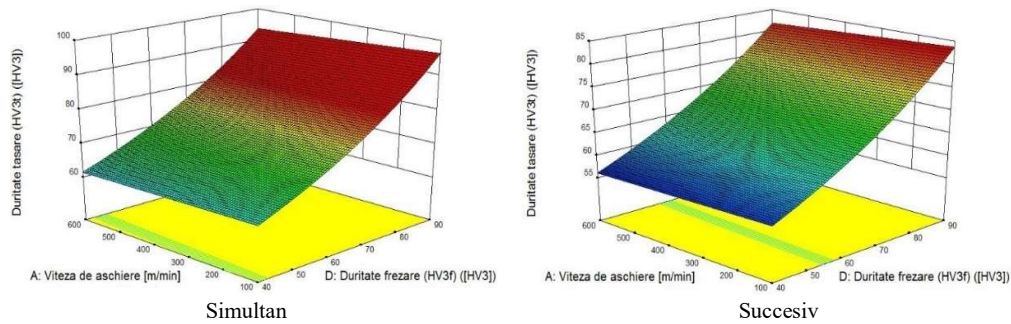


FIGURA 80 Influența tipului de prelucrare asupra durității la tasare

5.2.3.3. Modelarea matematică a adâncimii de tasare obținute, în funcție de variabilele de intrare

Analiza ANOVA

Pentru acest parametru de ieșire au fost excluse din analiză rugozitatea și duritatea la frezare (**TABEL 26**). Adâncimea de tasare este influențată în cea mai măsură de către tipul de prelucrare ($p < 0.0001$), urmat de viteza de așchiere ($p = 0.0005$), sensul prelucrării ($p = 0.0006$), avansul pe dinte ($p = 0.0151$), adâncimea de prelucrare la tasare ($p = 0.0326$) și presiunea de tasare ($p = 0.0658$).

În acest caz, modelele matematice obținute (**ECUAȚIA 32-ECUAȚIA 39**), pentru cele două sensuri de prelucrare, adâncimi de prelucrare și tipuri de prelucrare, sunt în conformitate cu rezultatele obținute.

TABEL 26 Analiza ANOVA a parametrilor de intrare cu influență asupra adâncimii de tasare (a_t)

Response 3 Adancime de tasare (A_t)						
ANOVA for Response Surface Linear Model						
Analysis of variance table [Partial sum of squares - Type III]						
Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F Value	p-value Prob>F	
Model	0.030	6	4.926E-003	15.52	< 0.0001	significant
A-Viteza de așchiere (V_c)	3.997E-003	1	3.997E-003	12.59	0.0005	
B-Avans pe dinte (f_z)	1.917E-003	1	1.917E-003	6.04	0.0151	
E-Presiune tasare (P)	1.089E-003	1	1.089E-003	3.43	0.0658	
F-Adâncimea de prelucrare la tasare (a_{pt})	1.476E-003	1	1.476E-003	4.65	0.0326	
G-Tipul prelucrării	0.021	1	0.021	66.00	< 0.0001	
H-Sensul prelucrării	3.888E-003	1	3.888E-003	12.25	0.0006	
Residual	0.049	155	3.173E-004			
Cor Total	0.079	161				
R ²	Adj R ²	Pred R ²	Adeq. Precision			
0.9135	0.9004	0.8777	30.258			

Modelul matematic

$$a_t = -4.27963E^{-003} - (2.43333E^{-005}) * V_c + 0.21065 * f_z + (105865E^{-004}) * P$$

ECUAȚIA 32 Modelul matematic al dependenței adâncimii de tasare de factorii de intrare, generat la prelucrarea succesivă, cu $a_{pt}=0.5$ [mm], deplasare în sensul avansului

Analiza influenței parametrilor regimului de deformato-așchiere asupra adâncimii de tasare

Din analiza **FIGURA 81-FIGURA 86** se pot enumera următoarele legături între parametrii de intrare și adâncimea de tasare:

- creșterea vitezei de așchiere duce la scăderea adâncimii de tasare (**FIGURA 81**);
- majorarea avansului atrage după sine creșterea adâncimii de tasare (**FIGURA 82**);
- creșterea presiunii de tasare duce la creșterea adâncimii de tasare (**FIGURA 83**);

- adâncimea de prelucrare la tasare majorată duce la creșterea adâncimii de tasare (**FIGURA 84**);
- prelucrarea simultană oferă adâncimi de tasare mai mari decât prelucrarea succesivă (**FIGURA 85**);
- prelucrarea în contra sensului avansului oferă adâncimi de tasare mai mari (**FIGURA 86**).

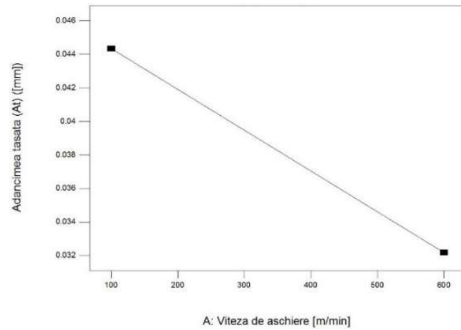


FIGURA 81 Influența vitezei de așchiere asupra adâncimii de tasare

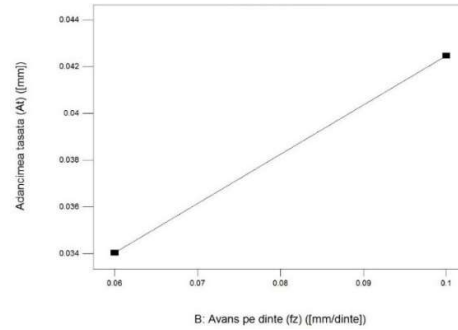


FIGURA 82 Influența avansului pe dinte asupra adâncimii de tasare

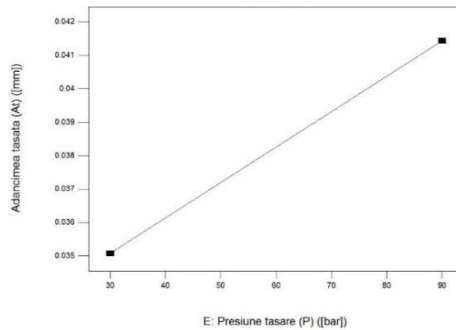


FIGURA 83 Influența presiunii de tasare asupra adâncimii de tasare

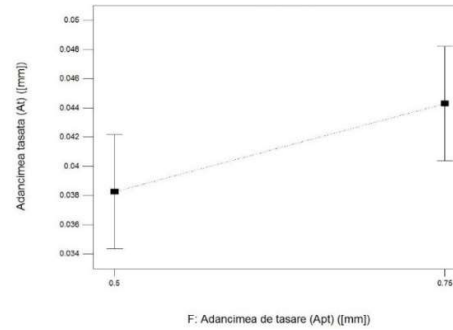


FIGURA 84 Influența adâncimii de prelucrare la tasare asupra adâncimii de tasare

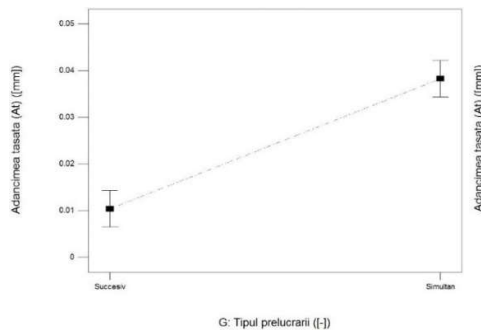


FIGURA 85 Influența tipului de prelucrare asupra adâncimii de tasare

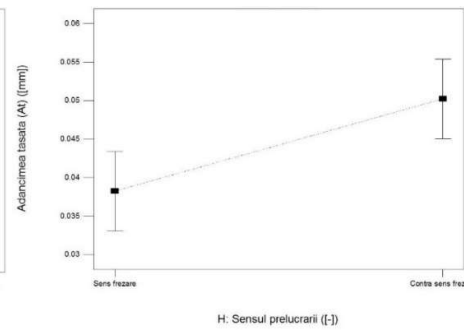


FIGURA 86 Influența sensului de prelucrare la tasare asupra adâncimii de tasare

5.2.4. Determinarea valorilor optime ale parametrilor procesului de deformatoare pe baza metodei Suprafețelor de Răspuns

Criteriul de optimizare

Stabilirea importanței factorilor de intrare și a celor de ieșire a fost decisă în urma analizării influenței parametrilor procesului de deformatoare, a prelucrărilor anterioare prin procedeul de frezare și tasare și a timpului de prelucrare. Ținând cont de aceste aspecte a fost stabilit criteriul de

optimizare după cum urmează: viteza de aşchiere (V_c) – maximizare, cu importanţa factorului 4/5, avans pe dinte (f_z) – maximizare, cu importanţa factorului 3/5, presiune de tasare (P) – oscilare între limitele extreme, cu importanţa factorului 4/5, adâncimea de prelucrare la tasare (apt) – oscilare între limitele extreme, cu importanţa factorului 4/5, tipul prelucrării – simultan, cu importanţa factorului 5/5, sensul de prelucrare – sens avans, cu importanţa factorului 3/5, rugozitatea la frezare (R_{af}) – maximizare, cu importanţa factorului 5/5, duritatea la frezare ($HV3_f$) – minimizare, cu importanţa factorului 5/5, rugozitatea la tasare (R_{at}) – minimizare, cu importanţa factorului 5/5, duritatea la tasare ($HV3_t$) – maximizare, cu importanţa factorului 5/5, adâncimea la tasare (A_t) – oscilare între limitele extreme, cu importanţa factorului 5/5.

Un număr de 100 de posibile variante de optimizare au fost obţinute. Luată în calcul a fost doar aceea care a avut factorul de dezirabilitate cel mai mare. Astfel, în cazul prelucrării simultane în sensul avansului, au fost obţinuţi parametrii de intrare şi de ieşire din **FIGURA 87**, având o dezirabilitate de 0.967.

Compararea rezultatelor teoretice cu rezultatele experimentale

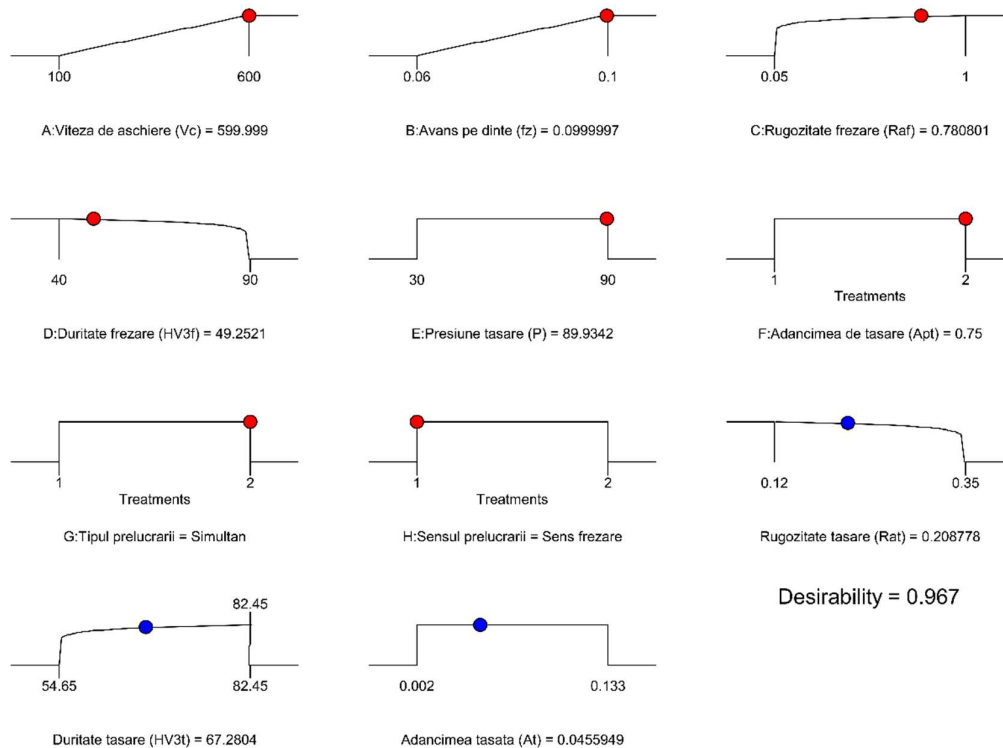


FIGURA 87 Rezultatele optimizării obţinute pentru prelucrarea simultană, sensul avansului

Parametrii regimului de deformato-aşchiere, obţinuţi prin optimizare, au fost ulterior utilizaţi în cadrul prelucrării unei probe pentru a compara rezultatele teoretice, obţinute prin optimizare, şi cele experimentale. Rezultatele experimentale măsurate pentru rugozitate, duritate şi adâncimea de tasare, precum şi compararea cu valorile teoretice obţinute, sunt prezentate în **TABEL 27**.

TABEL 27 Valorile obţinute prin optimizare comparate cu valorile obţinute pe calea experimentală

	V_c [m/min]	f_z [mm/dinte]	P [bar]	apt [mm]	Tip prelucrare	Sens prelucrare	R_a frezare [μ m]	HV3 frezare [HV3]	R_a deformato- aşchiere [μ m]	HV3 deformato- aşchiere	A_t [mm]
Optimizare	599.999	0.099	89.93	0.75	Simultan	Sens avans	0.78	49.25	0.208	67.28	0.045
Experimental	599.999	0.099	90	0.75	Simultan	Sens avans	0.58	50.33	0.19	70.63	0.039

În cadrul optimizării au fost generate și graficele prezentate în **FIGURA 88-FIGURA 90**, ce prezintă intervalele de valori optime ale parametrilor de intrare cu influență asupra rugozității, durității și adâncimii de tasare obținute prin procedeul de deformato-așchiere.

Din analiza graficelor se desprind următoarele concluzii:

- Rugozitatea suprafeței (**FIGURA 88**):
 - predicția intervalului câmpului optim de valori ale vitezei de așchiere denota posibile valori ale rugozității suprafeței cuprinse între $0.13 \div 0.23$ [μm] la prelucrarea cu 100 [m/min], $0.15 \div 0.25$ [μm] pentru o viteză de 350 [m/min] și $0.16 \div 0.26$ [μm] pentru prelucrarea folosind o viteză de 600 [m/min];
 - în cazul avansului pe dinte, întrucât analiza ANOVA considera acest factor mai puțin semnificativ ca restul parametrilor de intrare, și îl exclude din analiza, prezintă o variație a rugozității de la 0.16 la 0.26 [μm] indiferent de modificarea acestuia;
 - presiunea de tasare duce la scăderea rugozității odată cu majorarea acesteia. Intervalul de valori calculat este altfel situat între 0.17 și 0.29 [μm] pentru o presiune de 30 [bar], valorile cele mai mici ale rugozității fiind obținute la prelucrarea cu 90 [bar], fiind situate între 0.16 și 0.25 [μm];
 - rugozitatea inițială oferă, în cazul intervalului de valori inferior, o ușoară creștere, odată cu majorarea rugozității la frezare; astfel ca rugozitatea la tasare este cuprinsă între 0.08 și 0.18 [μm]. Comparativ, limita superioară, oferă valori anticipate situate în intervalul $0.13 \div 0.34$ [μm];
 - duritatea materialului la frezare oferă cele mai mici valori ale rugozității la tasare atunci când valoarea acestuia este de aproximativ 64 [HV3]. Valorile rugozității în acest caz sunt cuprinse între 0.21 și 0.29 [μm].
- Duritatea materialului (**FIGURA 89**):
 - intervalul optim în cazul vitezei de așchiere este cuprins între 65 și 71 [HV3], corespunzător unei valori de 100 [m/min]; prelucrarea cu o viteză de 600 [m/min] conduce la obținerea unui interval cuprins între 64 și 70 [HV3]. Creșterea vitezei de așchiere duce la o scădere insesizabilă a durității atât pe intervalul superior cât și pe cel superior;
 - avansul pe dinte duce la creșteri ale durității mici odată cu majorarea acestuia, astfel că și intervalul de valori prezis urmează aceeași tendință. În cazul prelucrării cu un avans de 0.06 [mm/dinte] valorile durității se pot situa în intervalul 63 și 69 [HV3], în timp ce pentru utilizarea unui avans de 0.1 [mm/dinte] valoarea durității se poate situa în intervalul $64 \div 70$ [HV3];
 - odată cu majorarea presiunii de tasare, duritatea materialului crește. Cele mai mari valori obținute sunt corespunzătoare presiunii maxime și sunt cuprinse în intervalul $63 \div 70$ [HV3].
- Adâncimea de tasare (**FIGURA 90**):
 - intervalul optim în cazul prelucrării cu o viteză de așchiere de 100 [m/min] este cuprins între 0.049 și 0.065 [mm]. Majorarea vitezei la valoarea maximă duce la obținerea unui interval de valori ai adâncimii de tasare cuprins între 0.037 și 0.053 [mm];
 - creștea avansului pe dinte duce la o ușoară creștere a adâncimii de tasare. Valorile maxime obținute în acest caz se situează în intervalul $0.037 \div 0.053$ [mm];
 - același efect îl are și presiunea de tasare, oferind valori maxime similare.

5.3. Concluzii privind modelele matematice rezultate și optimizarea parametrilor procesului de deformato-așchiere

Metoda Suprafețelor de Răspuns, a oferit o mai bună înțelegere a mecanismului de modificare a rugozității suprafeței, durității materialului și a adâncimii de tasare, obținute prin

procedeul de deformato-așchiere, în cazul aliajului de magneziu AZ31B-F [94, 95, 97]. În cadrul analizei statistice au fost determinate următoarele:

- metoda Suprafețelor de Răspuns a fost implementată cu succes în studiul influenței parametrilor de intrare asupra celor de ieșire;
- determinarea legăturii matematice și statistice, prin determinarea gradului de influență, a rugozității și durtității inițiale asupra valorilor finale, obținute după prelucrarea prin procedeul de tasare [100, 102];
- determinarea modelelor matematice și validarea acestora prin analiză comparativă a rezultatelor obținute teoretic, în urma optimizării, și experimental [100];
- reprezentarea graficelor de dependență între parametrii de intrare (viteza de așchiere, avans de lucru, presiune de tasare, adâncime de prelucrare la tasare, sens de prelucrare, tip de prelucrare, rugozitatea și durtitatea obținute după procedeul de frezare) și cei de ieșire (rugozitatea și durtitatea după procedeul de tasare și adâncimea de tasare);
- determinarea valorilor optime ale parametrilor de intrare, în vederea obținerii unei rugozității ale suprafeței scăzute precum și creșterea durtității materialului.

Capitolul 6 Analiza timpului de prelucrare, a ratei de tasare și productivității în cazul procedurii de frezare, deformato-așchiere simultană și succesivă

6.1. Analiza timpilor de prelucrare

Timpul de prelucrare

Timpul de prelucrare poate fi corelat cu influența celor doi parametrii de proces (viteza de așchiere și avansul de lucru) asupra rugozității, durtității și a adâncimii de tasare. În acest sens a fost analizată variația și tendința de modificare a parametrilor de ieșire (**FIGURA 92-FIGURA 94**).

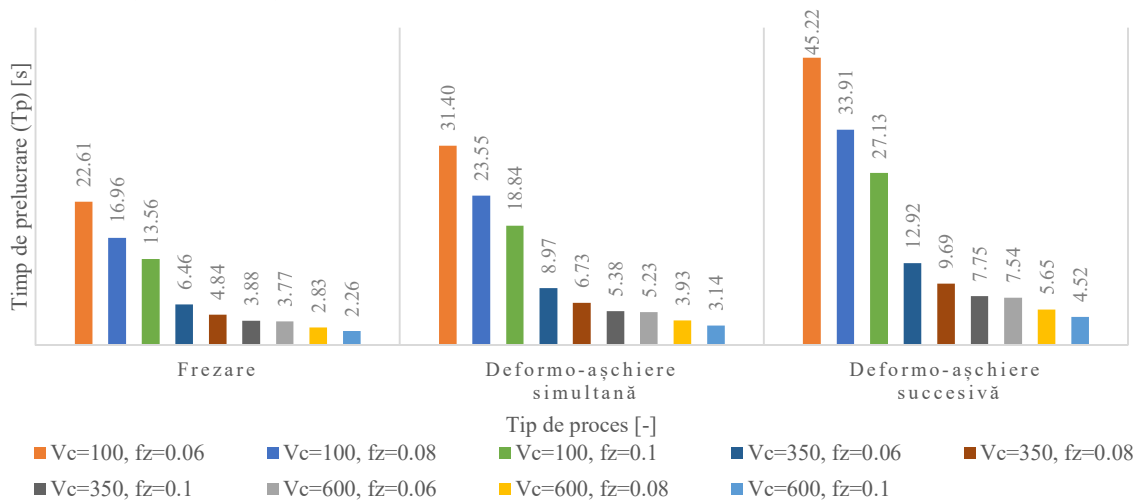


FIGURA 91 Graficul dependenței timpului de prelucrare de tipul de procedeu în funcție de viteza de așchiere și avansul pe dinte

Din analiza datelor prezentate în **FIGURA 91** se disting următoarele cazuri:

- prelucrarea cu viteză de așchiere de 100 [m/min] – duce la timpi de prelucrare mari, (de la 13.56÷22.61 [s] pentru frezare, 18.84÷31.40 [s] pentru deformato-așchiere simultană și între 27.13÷45.22 [s] pentru deformato-așchiere succesivă). Prelucrarea succesivă este efectuată în medie cu 41.00 [%] mai lent decât prelucrarea simultană;
- prelucrarea cu viteze de așchiere de 300 și 600 [m/min] – timpul de prelucrare este semnificativ scăzut, cu până la 500.38 [%], pentru prelucrarea cu o viteză de 600

[m/min]. Prelucrarea simultană în acest caz are loc cu până la 44.00 [%] mai rapid decât prelucrarea succesivă;

Influența timpului de prelucrare asupra rugozității

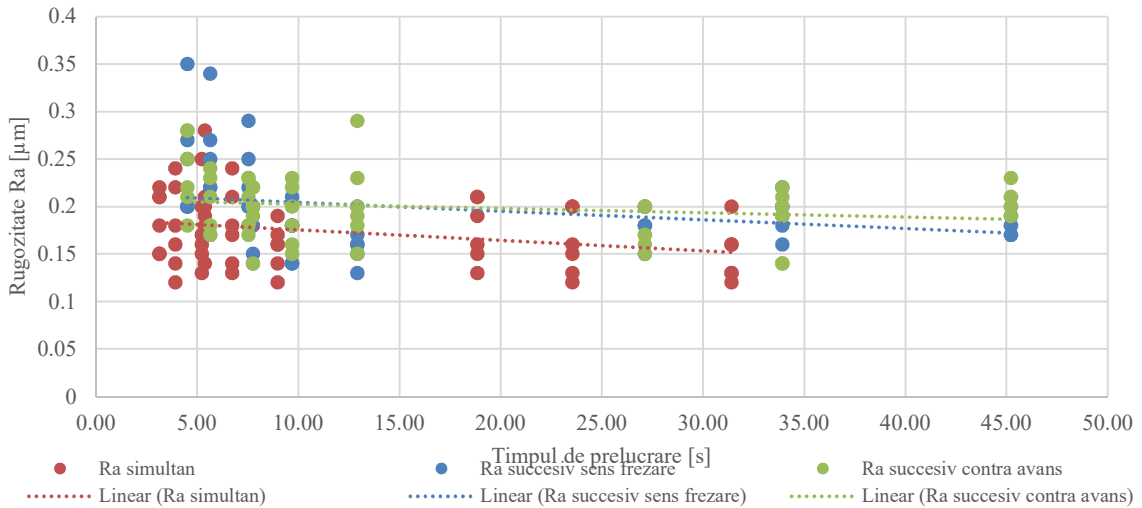


FIGURA 92 Graficul dependenței rugozității de timpul de prelucrare, pentru fiecare tip de prelucrare

În **FIGURA 92** este prezentată influența timpului de prelucrare asupra rugozității. În cazul prelucrării prin deformato-așchiere simultană timpii de prelucrare se află în intervalul $3.14 \div 31.40$ [s], tendința fiind de scădere a valorilor rugozității odată cu creșterea timpului. Valoarea rugozității cea mai scăzută de 0.12 [μm] a fost obținută pentru un timp de prelucrare de 31.40 [s], corespunzător unei viteze de așchiere de 100 [m/min] și un avans pe dinte de 0.06 [mm/dinte].

Influența timpului de prelucrare asupra durtății

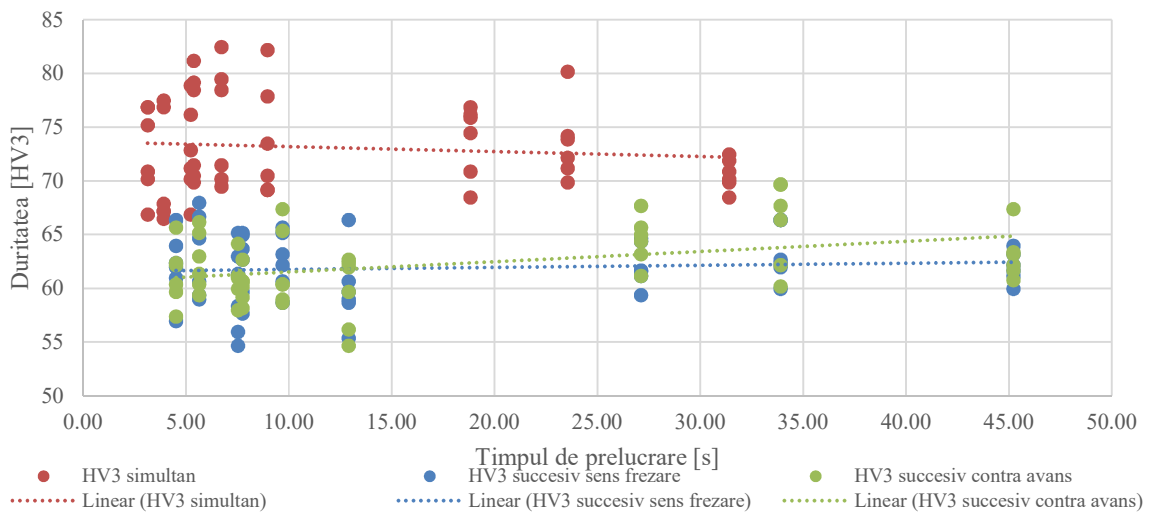


FIGURA 93 Graficul dependenței durtății de timpul de prelucrare, pentru fiecare tip de prelucrare

Timpul de prelucrare crescut oferă rezultate satisfăcătoare pentru creșterea durtății în cazul prelucrării prin deformato-așchiere succesivă cu deplasare în contra avansului (**FIGURA 93**).

Un timp de prelucrare de 45.22 [s] a dus la creșterea durtății până la o valoare de 67.35 [HV3]. Prelucrarea succesivă cu deplasare în sensul avansului oferă aceeași creștere a durtății odată cu o durată mai mare de prelucrare, dependența fiind liniară. În cazul prelucrării simultane durtatea scade odată cu creșterea timpului de prelucrare, variația fiind o funcție liniară. Pentru un timp de

prelucrare maxim, valoarea durtății este de 68.45 [HV3], în timp ce pentru un timp de prelucrare de 3.14 [s] duce la o durtate de 66.45 [HV3].

Influența timpului de prelucrare asupra adâncimii de tasare

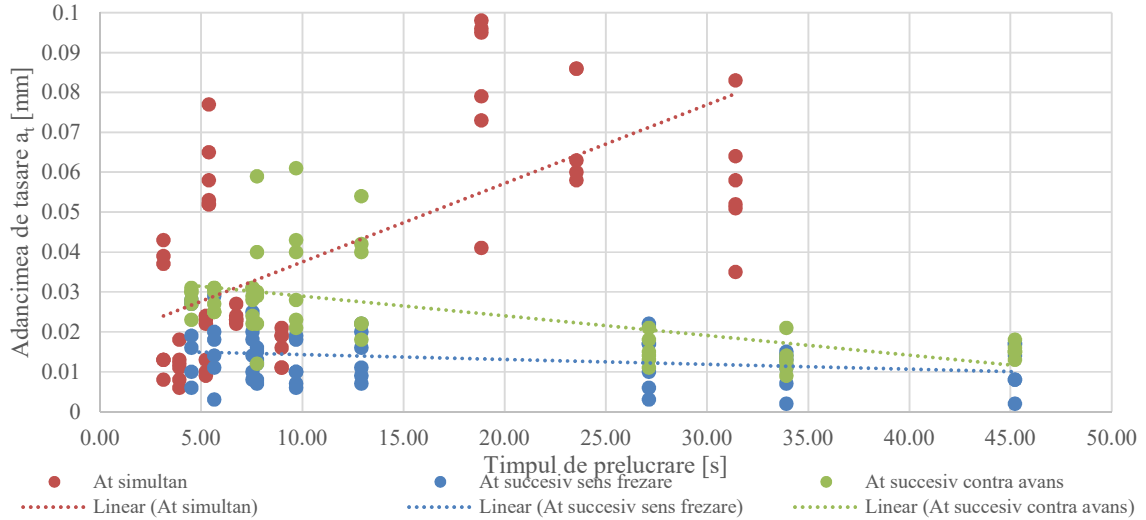


FIGURA 94 Graficul dependenței adâncimii de tasare de timpul de prelucrare, pentru fiecare tip de prelucrare

Prelucrarea simultană duce la creșterea adâncimii de tasare odată cu creșterea timpului de prelucrare (FIGURA 94). Astfel, din analiza datelor, se poate determina o legătura directă între timpul de prelucrare, adâncimea de tasare și dimensiunea grăunților rezultați, care prezintă dimensiuni reduse odată cu creșterea presiunii și a adâncimii de prelucrare la tasare. Rezultatele indică faptul că prelucrarea prin deformato-așchiere simultană duce la rafinarea grăunților cristalini. În mod contrar procedeul de deformato-așchiere succesiv cu deplasare în sensul frezării și în contra frezării influențează, în funcție de timpul de prelucrare, adâncimea de tasare. Odată cu creșterea timpului de prelucrare se pot observa scăderi în adâncimea de tasare.

Timpul total de prelucrare

Având în vedere desfășurarea procesului tehnologic din punct de vedere al mișcărilor necesare realizării operațiilor, timpul total de prelucrare (T_{tp}) se calculează ca suma de timpul de bază (timpul de prelucrare prin deformato-așchiere efectiv) și timpul auxiliar (timpul consumat în afara prelucrării în mod ciclic și neciclic). Dată fiind natura neconvențională a procedurii de prelucrare prin deformato-așchiere simultană (frezare și deformare plastică la rece) timpul total de prelucrare va fi calculat luând în calcul timpul de prelucrare și timpul necesar mișcărilor de angajare, retragere și re poziționare.

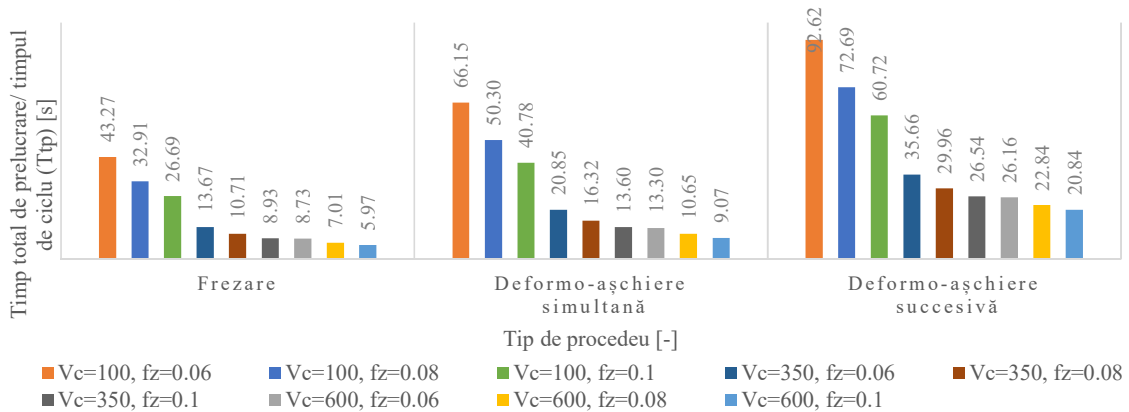


FIGURA 95 Graficul dependenței timpului total de prelucrare (timp de ciclu) de tipul de procedeu în funcție de viteza de așchiere și avansul pe dinte

Prezentat în **FIGURA 95** este timpul total de prelucrare (în secunde), prezentat comparativ în funcție de cele trei tipuri de prelucrare utilizate (frezare, deformato-așchiere simultană, deformato-așchiere succesivă). Prin comparație cu procedeul de frezare, procedeul de deformato-așchiere simultană este mai lent cu până la 52.88 [%], dar în acest caz trebuie luați în calcul calitatea superioară a suprafeței rezultate, abaterea dimensională și duritatea materialului, aspecte ce pot fi obținute prin operații ulterioare ce presupun utilizarea de tratamente termice sau operații de finisaj sau super-finisaj.

6.2. Analiza ratei de tasare și a productivității procedurii de deformato-așchiere

Analiza ratei de tasare

Din analiza formulei de calcul a ratei de tasare (**ECUAȚIA 19**) se observă o legătură directă între aceasta, adâncimea și lățimea de tasare. Luând în calcul faptul că viteza de așchiere și avansul pe dinte au valori predefinite, și că lățimea de tasare este dependentă de adâncimea de tasare se poate concluziona faptul că rata de tasare este strâns corelată de adâncimea de tasare. Raza elementului deformato, ca și în cazul razei la vârful sculei de frezare, este considerată cantitate neglijabilă și nu a fost luată în calcul. Având obținute valorile lățimii de tasare s-a putut realiza un grafic de dependență a acestora de valorile adâncimii de tasare (**FIGURA 96**). Graficul a facilitat generarea unei ecuații de legătură (**ECUAȚIA 40**).

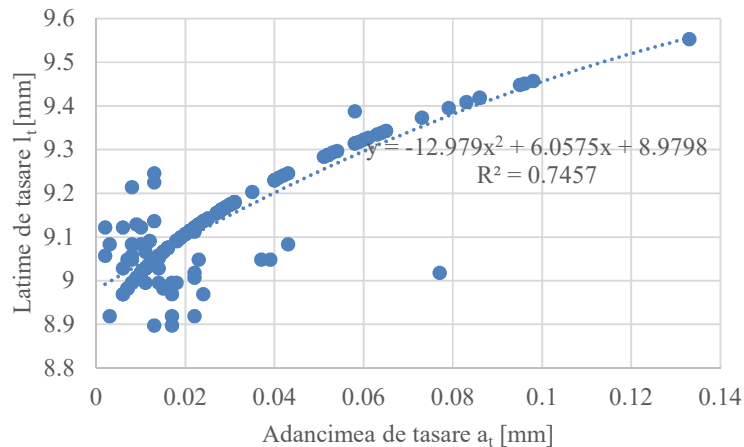


FIGURA 96 Graficul dependenței lățimii de tasare de adâncimea de tasare și ecuația polinomială de legătură

$$l_t = -12.979a_t^2 + 6.0575a_t + 8.9798$$

ECUAȚIA 40 Relația de calcul a lățimii de tasare în funcție de adâncimea de tasare

În **FIGURA 97** este reprezentată dependența ratei de tasare în funcție de viteza de așchiere (a), avansul pe dinte (b) și tipul de prelucrare (c). Se poate observa o creștere accentuată a ratei de tasare a materialului odată cu utilizarea unei viteze de așchiere de 100 [m/min], în cazul prelucrării utilizând procedeul de deformato-așchiere simultan, cu valori predominante de peste 1.00 [mm³/min]. Odată cu majorarea vitezei de așchiere valorile ratei de tasare scad. În cazul variației ratei de tasare în funcție de avansul pe dinte se poate observa că odată cu prelucrarea cu 0.1 [mm/dinte] valorile obținute prezintă o ușoară scădere. Ca și în cazul dependenței de viteza de așchiere, distribuția valorilor maxime corespunde prelucrării prin deformato-așchiere simultană, pentru toate avansurile utilizate.

Tipul de prelucrare are un impact semnificativ în obținerea unei rate de tasare mari. Dacă în cazul prelucrării simultane valorile maxime obținute sunt cuprinse între 1.189÷4.987 [mm³/min], în cazul prelucrării succesive deplasarea în contra avansului oferă rezultate comparativ mai bune în raport cu deplasarea în sensul avansului (**Tabel 28**). În acest sens au fost obținute cele mai mici valori ale ratei de tasare (0.018 mm³/min).

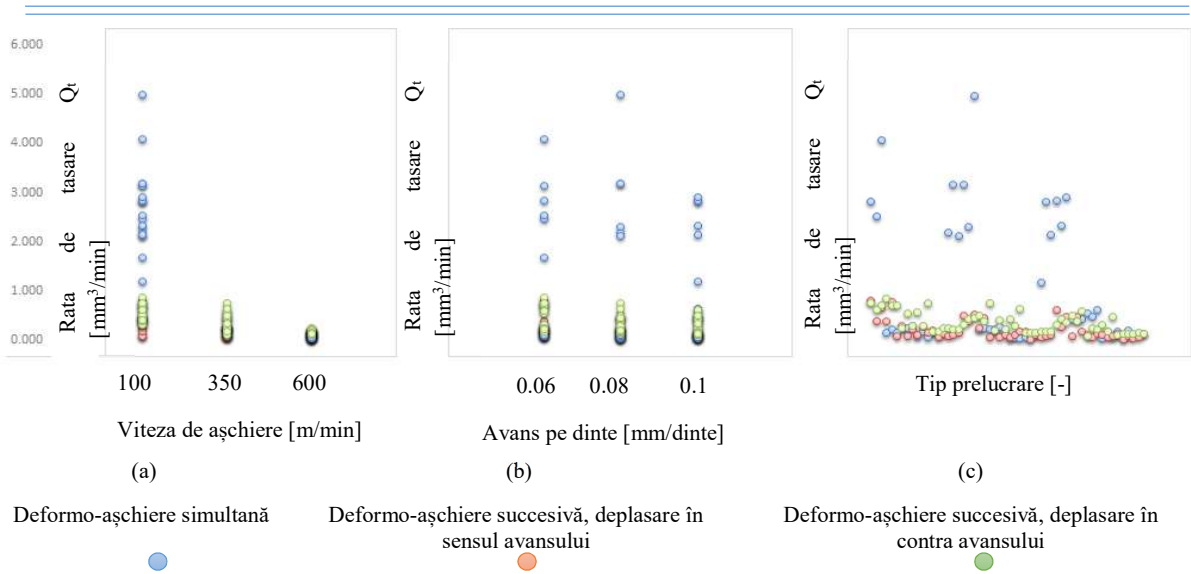


FIGURA 97 Influența vitezei de așchiere, vitezei pe dinte și a tipului de prelucrare asupra ratei de tasare Q [mm^3/min]

Tabel 28 Valorile minime și maxime calculate a ratei de tasare

Tip procedeu [-]		Viteză de așchiere [m/min]	Avans pe dinte [mm/dinte]	Presiunea de tasare [P]	Adâncimea de prelucrare la tasare [mm]	Adâncimea de tasare [mm]	Lățimea de tasare [mm]	Rata de tasare [mm^3/min]
min.	Simultan	600	0.08	30	0.5	0.006	8.969	0.035
max.	Simultan	100	0.08	90	0.75	0.133	9.553	4.987
min.	Sucesiv sens frez	600	0.08	30	0.75	0.003	8.919	0.018
max.	Sucesiv sens frez	100	0.06	30	0.5	0.017	8.995	0.800
min.	Sucesiv contra sens frezare	350	0.1	30	0.5	0.012	9.038	0.097
max.	Sucesiv contra sens frezare	100	0.06	60	0.75	0.018	9.091	0.856

Analiza productivității

Pentru realizarea unei productivități cât mai mare este necesar ca timpul pe bucată să fie cât mai mic, ceea ce impune ca timpii auxiliari să tindă spre zero și timpul de prelucrare să fie minim, respectiv produsul dintre viteza de așchiere și avansul pe dinte să fie cât mai mare (regimuri intense) [109].

Din analiza datelor din Tabel 29 se identifică următoarele cazuri, pentru prelucrarea unui semifabricat din aliaj de magneziu AZ31B-F (FIGURA 12):

- prelucrarea cu o viteză de așchiere de 100 [m/min] – împreună cu avansul de dinte (0.06, 0.08 și 0.1 [mm/dinte]) oferă timpii de prelucrare cei mai mari, și totodată și cel mai mic număr de bucăți pe minut prelucrate.
- prelucrarea cu o viteză de așchiere de 350 [m/min] – productivitatea crește de la 120.50 [%] până la 148.03 [%]. Dacă în cazul prelucrării simultane productivitatea prezintă valori cuprinse între 3.31 și 5.52 [buc/min] în cazul prelucrării succesive valorile obținute sunt cel mult la jumătate (1.68÷2.26 [buc/min]) ;
- prelucrarea cu viteză de așchiere de 600 [m/min] – prezintă cele mai ridicate valori ale productivității, dată fiind și natura HSM a procedurii (high speed machining – prelucrarea cu viteze și avansuri mari). Numărul de bucăți pe minut prelucrate în acest

caz crește pentru prelucrarea simultană cu până la $5.68 \div 9.46$, respectiv până la $2.29 \div 2.88$ pentru prelucrare succesivă.

Tabel 29 Valorile calculate ale productivității, pentru prelucrarea simultană și succesivă, în funcție de timpul total de prelucrare

Timpul total de prelucrare [s]		Timpul total de prelucrare [min]		Productivitatea [buc/min]		Creșterea productivității [%] (dif. % simultan-succesiv)
Simultan	Succesiv	Simultan	Succesiv	Simultan	Succesiv	
66.15	92.62	1.10	1.54	0.91	0.65	40.00
50.30	72.69	0.84	1.21	1.19	0.83	43.37
40.78	60.72	0.68	1.01	1.47	0.99	48.48
18.12	35.66	0.30	0.59	3.31	1.68	97.02
13.59	29.96	0.23	0.50	4.41	2.00	120.50
10.87	26.54	0.18	0.44	5.52	2.26	144.25
10.57	26.16	0.18	0.44	5.68	2.29	148.03
7.93	22.84	0.13	0.38	7.57	2.63	187.83
6.34	20.84	0.11	0.35	9.46	2.88	228.47

În **FIGURA 98** este prezentat graficul dependenței productivității de timpul total de prelucrare, precum și tendința de modificare și ecuațiile generate pe bază datelor calculate.

- deformato-așchiere simultană – valorile productivității sunt cuprinse între $0.91 \div 9.46$ [buc/min]. Graficul reprezentat este generat de o funcție exponențială, în care productivitatea este egală cu inversul timpului total de prelucrare.
- deformato-așchiere succesivă – productivitatea în acest caz este cuprinsă între $0.65 \div 2.88$ [buc/min]. Tendința, ca și în cazul prelucrării simultane, este de scădere odată cu creșterea timpului total de prelucrare.

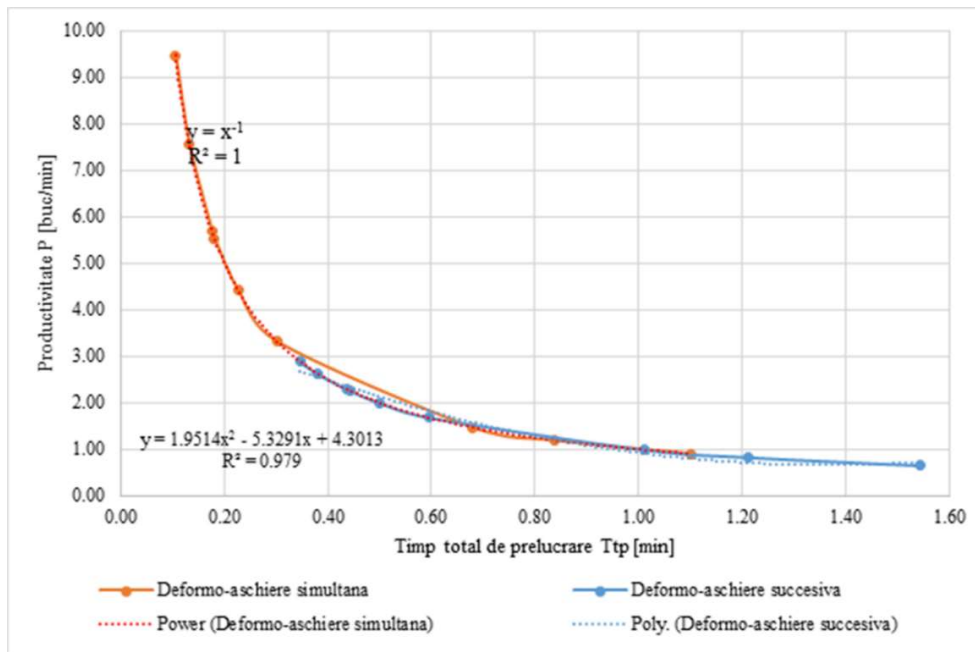


FIGURA 98 Influența timpului total de prelucrare asupra productivității, tendință de modificare și ecuațiile de legătură

6.3. Concluzii privind analiza productivității și a timpilor de prelucrare

Capitolul actual dezvoltă posibilitatea de utilizarea a procedurii de deformato-așchiere, ca proces ce aduce îmbunătățiri ale calității suprafeței materialului prelucrat și a durității acestuia. Este prezentată o analiză detaliată a timpilor de prelucrare, a ratei de tasare și a productivității prelucrărilor simultane și succesive. În cadrul capitolului au fost analizate aspectele mai sus descrise, pe baza cărora au reieșit următoarele concluzii:

Timpul de prelucrare

- odată cu creșterea timpului de prelucrare și valorile rugozității cresc, pentru toate tipurile de prelucrare;
- duritatea, în cazul prelucrării prin deformato-așchiere simultană crește pentru valori mici ale timpului de prelucrare. Prelucrarea succesivă, cu deplasare în sensul și contra avansului, prezintă o evoluție inversă în raport cu modificarea timpului de prelucrare;
- adâncimea de tasare prezintă o creștere semnificativă odată cu creșterea timpului de prelucrare, în cazul deformato-așchierii simultane, în timp ce procedeul succesiv prezintă o tendință de descreștere.

Rata de tasare

- prelucrarea prin deformato-așchiere simultană, cu o viteză de 100 [m/min], duce la creșterea semnificativă a ratei de tasare, cu valori de peste 1 [mm³/min];
- majorarea vitezei de așchiere la 350 [m/min] duce la obținerea celor mai mari valori ale ratei de tasare, în cazul prelucrării succesive, cu deplasare în contra avansului, valori fiind situate sub 1 [mm³/min];
- majorarea vitezei de așchiere duce la scăderea valorilor ratei de tasare;
- legătura directă dintre prelucrarea cu regimuri de așchiere mici, tipul de prelucrare și rata de tasare crescută poate fi pusă pe seama temperaturilor locale generate la prelucrarea prin frezare [93]. Astfel încălzirea locală a suprafeței prelucrate favorizează compactarea grăunților cristalini cu o mai mare ușurință în cazul prelucrării simultane.

Productivitatea

- productivitatea procedurii de deformato-așchiere, în cazul prelucrării aliajului de magneziu AZ31B-F, utilizând scula de tasare prezentată în **FIGURA 14**, este strâns legată de suma dintre timpul de prelucrare și timpi auxiliari. Obținerea unui timp de prelucrare scăzut este un factor important și este reprezentat, în principal, de produsul dintre viteza de așchiere și avansul pe dinte; micșorarea timpului de prelucrare este astfel direct proporțional cu utilizarea unor regimuri de așchiere cât mai mari. Toți acești factori au dus la obținerea unui timp de prelucrare mai mic decât în cazul prelucrării succesive, fapt ce e determinat o productivitate crescută cu până la 228.47 [%].

Capitolul 7 *Concluzii generale. Contribuții originale. Direcții viitoare de cercetare.*

7.1. Concluzii generale

7.1.2. Concluzii generale privind stadiul actual al cercetărilor referitoare la influența parametrilor procesului de deformato-așchiere asupra calității suprafeței prelucrate în cazul aliajelor de magneziu

O analiză generală a celor mai importanți factori și parametri ai procesului de deformato-așchiere și comportamentului aliajelor de magneziu biodegradabile în organismul uman și animal, a fost sintetizată utilizând o documentație științifică validă și recentă.

În urma analizei, s-au evidențiat următoarele aspecte:

- utilizarea procedurii hibrid de deformato-așchiere (deformato-frezarea) în vederea îmbunătățirii rezistenței la coroziune ca mecanism mecanic de protejare. Au fost prezentate studii recente în domeniu cu privire la îmbunătățirile aduse regimului de deformato-așchiere, calitatea suprafeței prelucrate (rugozitatea), duritatea și micro-duritatea, micro-structura și tensiunile reziduale induse;
- utilizarea regimurilor de așchiere adecvate în timpul prelucrării prin așchiere (HSM) pentru evitarea micșorării durabilității sculei așchietoare prin aderarea așchiilor pe muchiile tăietoare (FBU) și, împreună cu lubrifianțul, reducerea temperaturilor de lucru

astfel ca reacția chimică dintre aliajul de magneziu prelucrat și mediul de aşchiere să nu se producă cu aprinderea hidrogenului degajat sau a aşchiilor;

- utilizarea regimurilor de tasare indicate pentru prelucrarea aliajelor de magneziu (LPB) în funcție de tipul de sculă, presiune și forță de tasare, avansul și viteza de prelucrare, numărul de treceri și traiectoria sculei, astfel ca procesul să nu rezulte cu micro-fisuri la nivelul suprafeței;
- utilizarea mecanismelor chimice non-toxice (acoperi chimice) și mecanice (rafinarea grăunților cristalini) de protejare a suprafețelor în vederea măririi ratei de coroziune, cu condiția ca implanturile să își păstreze proprietățile mecanice până la vindecarea fracturii osoase;

O analiză detaliată este însă utilă pentru a observa posibile direcții viitoare de cercetare în domeniul prelucrării aliajelor de magneziu cu utilizare în diverse domenii industriale (medical, automotive, aerospațial). Concluziile principale ale analizei sunt următoarele:

- obținerea de suprafețe cu o rugozitate îmbunătățită, cu un timp de execuție al operației scăzut;
- creșterea durității și micro-durității suprafețelor prelucrate prin deformato-așchiere, ce se traduce printr-o creștere a ratei de coroziune, datorită grosimii mai mari a stratului de material compactat, folosind viteze de aşchiere și forțe de tasare mari;
- microstructura este îmbunătățită prin rafinarea grăunților cristalini ca urmare a recristalizării dinamice survenite în urma temperaturilor ridicate de aşchiere, naturii adiabate a procesului de aşchiere uscată, deformărilor plastice severe ca urmare a efectului de forfecare;
- inducerea tensiunilor reziduale de compresiune cu valori mai mari dar și creșterea notabilă a adâncimii de propagare; deși nu s-a notat o legătură directă între tensiunile reziduale și rata de coroziune, acestea survin în urma procesului de deformato-așchiere și pot fi controlate prin reglarea vitezelor de aşchiere și a forței de tasare;
- regimul de prelucrare în cazul procedurii de tasare necesită folosirea avansurilor de lucru mici, ceea ce duce la un timp de prelucrare mărit și o scădere a productivității;
- necesitatea utilizării unui sistem separat, de cel al utilajului, pentru asigurarea presiunii de prelucrare a sculei de tasare;
- costul de achiziție al sculei de tasare este mare dar incomparabil cu cel al unui utilaj pentru rectificare sau honuire;
- costuri suplimentare introduse prin necesitatea folosirii uleiurilor hidraulice pentru presiune cât și a lubrifianților.

7.1.3. Concluzii generale privind cercetările experimentale referitor la influența parametrilor procesului de deformato-așchiere asupra calității suprafeței prelucrate

Din analiza datelor experimentale obținute în urma prelucrării utilizând procedeul de deformato-așchiere în prelucrarea aliajului de magneziu AZ31B-F, se desprind următoarele concluzii:

- Influența vitezei de aşchiere (V_c) asupra *rugozității suprafeței* - s-a observat o scădere generală a rugozității odată cu creșterea vitezei de aşchiere; aceasta diferență este mai pronunțată pentru probele ce au avut o rugozitate inițială mare.
- Influența vitezei de aşchiere (V_c) asupra *adâncimii de tasare* - creșterea vitezei de aşchiere duce la o scădere generală a adâncimii de tasare.
- Influența vitezei de aşchiere (V_c) asupra *durității materialului* - scăderea vitezei de aşchiere duce la creșterea durității; un efect semnificativ în aceasta majorare îl are valoarea durității obținute după frezare.

- Influența avansului pe dinte (f_z) asupra *rugozității suprafeței* - deși analiza ANOVA nu găsește o legătură semnificativă între avansul pe dinte și modificarea valorilor rugozității la tasare, s-a observat ca odată cu scăderea avansului rugozitatea scade.
- Influența avansului pe dinte (f_z) asupra *adâncimii de tasare* este - creșterea avansului pe dinte duce la creșterea adâncimii de tasare.
- Influența avansului pe dinte (f_z) asupra *durității materialului* - prelucrarea cu un avans de 0.08 [mm/dinte] oferă cele mai mari valori ale durității.
- Influența presiunii de tasare (P) asupra *rugozității suprafeței* - îmbunătățirea rugozității suprafeței este direct legată de creșterea presiunii de tasare; totuși în cazul unor probe s-a observat o scădere semnificativă în îmbunătățirea procentuală odată cu majorarea presiunii de la 60 la 90 [bar].
- Influența presiunii de tasare (P) asupra *adâncimii de tasare* - creșterea presiunii duce la creșterea adâncimii de tasare.
- Influența presiunii de tasare (P) asupra *durității materialului* - creșterea presiunii duce la creșterea durității.
- Influența adâncimii de prelucrare la tasare (a_{pt}) asupra *rugozității suprafeței* - creșterea adâncimii de prelucrare la tasare duce la scăderea rugozității; au fost înregistrate și cazuri în care rugozitatea a crescut.
- Influența adâncimii de prelucrare la tasare (a_{pt}) asupra *adâncimii de tasare* - influența adâncimii de prelucrare la tasare este dependentă de tipul, sensul și presiunea de prelucrare, rezultate fiind similare, numeric și procentual, o legătură exactă este dificil de determinat; valorile obținute pentru adâncimea de prelucrare maximă au evidențiat faptul că adâncimea de tasare a crescut.
- Influența adâncimii de prelucrare la tasare (a_{pt}) asupra *durității materialului* - duritatea la tasare crește semnificativ odată cu mărirea adâncimii de prelucrare la tasare.
- Influența tipului de prelucrare - prelucrarea simultană a oferit cele mai mari îmbunătățiri în cazul rugozității și ale durității, iar în cazul adâncimii de tasare a oferit cele mai mari valori. Diferența dintre rezultatele obținute între cele două tipuri de prelucrare poate fi pusă pe seama temperaturii la frezare și a timpului de dispersie. Astfel deformarea plastică a straturilor de la suprafața este mult mai mare.
- Influența sensului de prelucrare - prelucrarea în sensul de avans oferă rezultatele cele mai bune pentru toți parametrii de ieșire. Prelucrarea în contra avansului oferă valori net inferioare.
- Microstructura
 - *influența tipului de prelucrare* asupra *microstructurii* - prelucrarea simultană oferă grăunți rafinați în stratul de suprafață, amplitudinea propagării efectelor procedurii de deformato-așchiere fiind mai mare ca în cazul prelucrării succesive;
 - *influența presiunii de tasare* asupra *microstructurii* - prelucrarea simultană la o presiune de 60 [bar] duce la formarea de grăunți cu dimensiuni cuprinse între 10÷22 [μ m], și propagarea acestora până la adâncimi de 131 [μ m] ;
 - *influența adâncimii de prelucrare la tasare* asupra *microstructurii* - adâncimea de prelucrare la tasare de 0.75 [mm] oferă grăunți cu dimensiuni mici, propagați la adâncime mare, comparativ cu cei obținuți la prelucrarea cu o adâncime de 0.5 [mm]. Prelucrarea cu adâncimea maximă de prelucrare duce la obținerea unei ponderi mai mici de grăunți rafinați în straturile de suprafață.

- Compoziția chimică - analiza EDX a compoziției chimice a aliajului de magneziu AZ31B-F prelucrat prin procedeul de deformato-așchiere simultană (deplasare în sensul avansului) și succesivă (deplasare în sensul și contra avansului) relevă faptul că în stratul de suprafață, pentru toate cazurile, scade procentajul de magneziu, crescând procentele elementelor componente precum: oxigen, sodiu sau zinc.
- Tensiuni reziduale
 - *aliaj de magneziu AZ31B-F neprelucrat* - tensiunile reziduale determinate în aliajul de magneziu neprelucrat sunt de întindere, cu excepția primului sector măsurat, unde se înregistrează tensiuni de compresiune;
 - *aliaj de magneziu AZ31B-F prelucrat prin procedeul de frezare* - prezența tensiunilor reziduale de compresiune, de mică amplitudine -8.65 [MPa], propagate până la o adâncime de 275 [μm];
 - *aliaj de magneziu AZ31B-F prelucrat prin deformato-așchiere simultană* - tensiunile reziduale regăsite în material în urma acestei prelucrări sunt de compresiune, cu o valoare de -10.9 [MPa], propagate până la o adâncime maximă de 75 [μm];
 - *aliaj de magneziu AZ31B-F prelucrat prin deformato-așchiere succesivă* - acest procedeu introduce în material tensiuni reziduale de întindere, cu amplitudini mari în straturile de suprafață.
- Modelele matematice și valori optime generate în cazul *rugozității suprafeței* prezintă cei mai semnificativi parametri în modificarea rugozității suprafeței, prezentați în ordine descrescătoare a influenței, sunt: viteza de așchiere, rugozitatea după frezare, duritatea după frezare, presiunea de tasare, adâncimea de prelucrare la tasare și tipul prelucrării; relația de calcul dintre rugozitatea suprafeței la tasare și parametrii de intrare este una de tip logaritm, generată pentru fiecare tip de prelucrare și adâncime de prelucrare la tasare în parte; Rugozitatea suprafeței obținută după operația de frezare influențează în mod direct rugozitatea obținută după procedeul de deformato-așchiere, simultan și succesiv;
- Modelele matematice și valori optime generate în cazul *durității materialului* prezintă duritatea materialului, conform analizei datelor măsurate, în cazul prelucrării prin deformato-așchiere a aliajului de magneziu AZ31B-F este influențată de către viteza de avans, avansul pe dinte, duritatea după frezare, presiunea de tasare, adâncimea de prelucrare la tasare și tipul prelucrării; modelul matematic rezultat este o ecuație exponențială, valoarea durității materialului având ca exponent -1. Ca și în cazul rugozității suprafeței, și duritatea materialului după tasare este direct influențată de duritatea obținută după frezare;
- Modelele matematice și valori optime generate în cazul *adâncimii de tasare* prezintă principalii parametri de proces care au influență în modificarea adâncimii de tasare sunt prezentați în ordine descrescătoare a influenței: viteza de așchiere, avansul pe dinte, presiunea de tasare, adâncimea de prelucrare la tasare, tipul prelucrării și sensul deplasării. Variația adâncimii de tasare are loc astfel:
 - *creșterea vitezei de așchiere și a avansului duce la scăderea adâncimii de tasare;*
 - *creșterea presiunii de tasare și a adâncimii de prelucrare la tasare duce la creșterea adâncimii de tasare;*
prelucrarea prin deformato-așchiere simultană duce la creșterea adâncimii de tasare.

Există o limită a posibilității de îmbunătățirea a rugozității suprafeței sau durității materialului prin procedeul de deformato-așchiere, întru-cât depinde în mare măsură de valoarea obținută după prelucrarea anterior efectuată.

- *Valorile optime generate in cazul rugozității suprafeței prezintă:*
 - câmpului optim de valori al rugozității indică faptul că prelucrarea cu o viteză de 100 [m/min] duce la valori cuprinse între 0.13÷0.23 [μm];
 - avansul pe dinte este prezentat în urma optimizării ca fiind un parametru cu o ușoară influență în modificarea rugozității suprafeței, majorarea acestuia oferind un interval cuprins între 0.16 și 0.26 [μm];
 - creșterea presiunii de tasare, precum și a adâncimii de prelucrare la tasare duc la obținerea unei suprafețe cu rugozitate scăzută. Prelucrarea cu o presiunea de 90 [bar] poate duce la obținerea unor valori cuprinse între 0.08 și 0.18 [μm].
- *Valorile optime generate in cazul durtității materialului prezintă:*
 - prelucrarea cu viteze de așchiere mici duce la obținerea unor valori a durtității materialului cuprinse între 65÷71 [HV3]. Creșterea vitezei de așchiere duce la o scădere nesemnificativă a durtității;
 - majorarea avansului pe dinte nu oferă o creștere semnificativă a durtității materialului;
 - creșterea presiunii de tasare și a adâncimii de prelucrare la tare oferă creșterii ale durtității până la 63÷70 [HV3].

Valorile optime generate in cazul adâncimii de tasare prezintă:

- factorii care au o influență semnificativă în majorarea adâncimii de tasare sunt viteza de așchiere, presiunea și adâncimea de tasare și tipul prelucrării.
- *Timpii de prelucrare, rata de tasare și productivitatea*
 - *timpul de prelucrare și timpul total de prelucrare (timpul de ciclu)*
 - timpii de prelucrare mari sunt rezultatul utilizării unei viteze de așchiere mici. Prelucrarea cu viteze de așchiere de 350 și 600 [m/min] duce la obținerea unor timpii de prelucrare scăzuți cu până 500 [%]. Prelucrarea simultană este mai rapidă decât cea succesivă cu până la 41.00 [%];
 - odată cu creșterea timpului de prelucrare valorile rugozității cresc, pentru toate tipurile de prelucrare;
 - durtitatea, în cazul prelucrării prin deformato-așchiere simultană crește pentru valori mici ale timpului de prelucrare;
 - adâncimea de tasare prezintă o creștere semnificativă odată cu creșterea timpului de prelucrare, în cazul deformato-așchierii simultane;
 - timpul total de prelucrare reprezintă un factor important în controlul productivității.
 - *rata de tasare*
 - prelucrarea prin deformato-așchiere simultană, cu o viteză de 100 [m/min], duce la creșterea semnificativă a ratei de tasare. Majorarea vitezei de așchiere duce la scăderea valorilor ratei de tasare;
 - prelucrarea cu avansuri mici duce la obținerea unei rate de tasare cu valori comparabil mai mari;
 - prelucrarea simultană duce la obținerea celor mai mari valori ale ratei de tasare.

Încălzirea locală a suprafeței prelucrate favorizează compactarea grăunților cristalini cu o mai mare ușurință în cazul prelucrării simulante.

➤ *productivitatea*

- productivitatea procedului de deformato-așchiere este strâns legată de suma dintre timpul de prelucrare și timpii auxiliari;
- procedeul cu productivitatea cea mai crescută este deformato-așchiera simultană, dată fiind natura procedului, complexitatea mai scăzută și un număr mai mic de mișcări ale sculei de deformato-așchiere.

7.2. Contribuții originale

Prin cercetările experimentale și teoretice, din cadrul tezei de doctorat, în vederea determinării influenței parametrilor regimului de deformato-așchiere asupra calității suprafeței generate la prelucrarea aliajului de magneziu AZ31B-F, au fost aduse următoarele contribuții originale:

1. Proiectarea și fabricarea sculei de tasare cu rolă și a sistemului de prindere de axul frezei cu comandă numerică ce permite prelucrarea prin deformato-așchiere (deformato-frezare) simultană și succesivă .
2. Analiza experimentală a influenței parametrilor regimului de deformato-așchiere asupra rugozității suprafeței generate și a durității materialului în cazul aliajului de aluminiu 6061-T4 și AZ61B.
3. Determinarea pe cale experimentală a valorilor limită a parametrilor procedului de deformato-așchiere, în cazul aliajului de magneziu AZ31B-F.
4. Determinarea pe cale experimentală a câmpului termic generat la prelucrarea prin frezare a aliajului de magneziu AZ31B-F.
5. Determinarea parametrilor optimați ai procedului de frezare.
6. Determinarea metodologiei și a traseului tehnologic în vederea prelucrării aliajului de magneziu AZ31B-F, utilizând procedeul hibrid de deformato-așchiere simultan și succesiv.
7. Analiza experimentală a influenței parametrilor procedului de deformato-așchiere asupra calității suprafeței (rugozitate și adâncime de tasare).
8. Analiza experimentală a influenței parametrilor procedului de deformato-așchiere asupra durității materialului, microstructurii, compoziției chimice și tensiunilor reziduale.
9. Evidențierea deformărilor grăunților cristalini prin analiza microstructurii aliajului de magneziu neprelucrat, prelucrat prin procedeul de frezare, deformato-așchiere simultană și succesivă .
10. Evidențierea legăturii dintre parametrii regimului de tasare și micro-deformațiile apărute în microstructura aliajului de magneziu.
11. Evidențierea modificării compoziției chimice a stratului de suprafață odată cu prelucrarea prin deformato-așchiere simultană și succesivă .
12. Determinarea tensiunilor reziduale introduse în aliajul de magneziu AZ31B-F, neprelucrat, prelucrat prin procedeul de frezare și deformato-așchiere.
13. Utilizarea metodei de analiză statistică ANOVA pentru determinarea factorului de însemnătate și importanță a parametrilor regimului de deformato-așchiere.
14. Aplicarea metodei Suprafețelor de Răspuns pentru determinarea valorilor optime ale parametrilor regimului de deformato-așchiere, cu privire la îmbunătățirea rugozității suprafeței, durității materialului și a adâncimii de tasare.
15. Evidențierea legăturii dintre rugozitatea suprafeței obținute după frezare și a celei obținute după deformato-așchiere, în cadrul analizei statistice prin aplicarea metodei Suprafețelor de Răspuns.

16. Evidențierea legăturii dintre duritatea materialului obținute după frezare și a celei obținute după deformato-așchiere, în cadrul analizei statistice prin aplicarea metodei Suprafețelor de Răspuns..
17. Evidențierea relației de legătura, prin model matematic, dintre rugozitatea suprafeței și durității materialului, obținute după procedeul de frezare, și cele obținute după aplicarea procedeului de tasare.
18. Determinarea relației de legătura, determinată printr-un model matematic, al parametrilor regimului de deformato-așchiere și adâncimea de tasare.
19. Determinarea metodologiei de calcul a timpului de prelucrare și a timpului de ciclu a procedeului combinat de deformato-așchiere simultan și succesiv.
20. Determinarea ecuației de calcul dintre adâncimea de prelucrare la tasare și lățimea de tasare.
21. Determinarea metodologiei de calcul a ratei de tasare, ca element component al înțelegerii productivității procedeului hibrid.
22. Evidențierea legăturii între timpul de prelucrare și rugozitatea suprafeței, duritatea materialului și adâncimea de tasare.
23. Determinarea productivității procedeului combinat de deformato-așchiere simultan și succesiv.

Rezultate obținute în cadrul programului de elaborare a tezei de doctorat

- Realizarea stagiului ERASMUS, în perioada 15.08.2009-20.12.2009, în cadrul Universității de Inginerie din Aarhus, Danemarca.
- Realizarea stagiului de cercetare a actualității temei tezei de doctorat, în perioada 01.03.2014-01.06.2014, în cadrul Universității din Porto, Portugalia.
- Participarea în colectivul de cercetare din cadrul Universității din Porto, Portugalia având ca tema „Analiza la tracțiune a materialelor compozite folosind metoda elementului finit”.
- Participare în colectivul de cercetare din cadrul Universității „Vasile Alecsandri” din Bacău, în colaborarea cu S.C. Aerostar S.A. - Grup Industrial Aeronautic-Bacău-România, în cadrul proiectului „ECOBIND”.
- Publicarea unei părți din rezultate obținute în următoarele publicații:
 - 4 articole publicate în volumele unor conferințe internaționale, indexate în baze de date internaționale (prim autor);
 - 1 articol indexat ADSABS HARVARD (prim autor);
 - 3 articole publicate în reviste naționale (prim autor).

7.3. Direcții viitoare de cercetare

Cercetările teoretice și experimentale realizate în cadrul prezentei teze de doctorat evidențiază necesitatea aprofundării cercetărilor în următoarele direcții:

1. Determinarea influenței altor parametri ai procedeului de deformato-așchiere asupra calității suprafeței, precum: numărul de treceri, șablonul trecerilor, dimensiunile elementului deformato, prelucrarea simultană în sens contrar avansului.
2. Adaptarea sculelor de tasare la sistemul hidraulic al utilajelor industriale;
3. Determinarea forțelor generate la prelucrarea prin deformato-așchiere (deformato-frezare).
4. Analiza procedeului hibrid de deformato-frezare prin simulare cu element finit.
5. Analiza revenirii elastice în urma procesului de deformato-așchiere.
6. Determinarea rezistenței la coroziune, rezistența la oboseală și uzură, în mediu controlat, a aliajelor de magneziu cu uz biomedical prelucrate prin procedeul de deformato-așchiere (deformato-frezare).

7. Prelucrarea prin deformato-așchiere utilizând lichid de răcire, dispersat prin pulverizare (MQL – minimum quantity lubrication).
8. Analiza influenței procedului hibrid de deformato-așchiere utilizând analiza cu element finit.
9. Aplicarea unor alte metode de determinare a parametrilor optimați (Algoritmi Genetici, Fuzzy Logic, s.a.)
10. Analiza influenței timpului de prelucrare asupra caracteristicilor fizice, mecanice și chimice la prelucrarea prin deformato-așchiere (frezare).
11. Evidențierea legăturii directe între rata de tasare și modificările caracteristicilor fizice, mecanice și chimice la prelucrarea prin deformato-așchiere (frezare).
12. Determinarea costului de implementare și de prelucrare a procedului de deformato-așchiere simultan și succesiv.
13. Analiza procedului hibrid de deformato-așchiere folosind lichid de răcire-ungere, pe baza de uleiuri minerale.

Bibliografie selectivă

1. Friedrich, H.E. and B.L. Mordike, *Magnesium Technology: Metallurgy, Design Data, Automotive Applications*. 2006: Springer Berlin Heidelberg.
2. Kahraman, F., *Application of the response surface methodology in the ball burnishing process for the prediction and analysis of surface hardness of the aluminum alloy AA 7075*. Materials Testing, 2015. **57**(4): p. 311-315.
3. Janczewski, Ł., et al., *Effects of ball burnishing on surface properties of low density polyethylene*. Tribology International, 2016. **93, Part A**: p. 36-42.
11. Pu, Z.Y., S. Song, G. L. Dillon Jr, O. W. Puleo, D. A. Jawahir, I. S., *Ultrafine-grained surface layer on Mg–Al–Zn alloy produced by cryogenic burnishing for enhanced corrosion resistance*. Scripta Materialia, 2011. **65**(6): p. 520-523.
12. Salahshoor, M. and Y.B. Guo, *Surface integrity of biodegradable orthopedic magnesium–calcium alloy by high-speed dry face milling*. Production Engineering, 2011. **5**(6): p. 641-650.
14. I. Ostrovsky, Y.H., *PRESENT STATE AND FUTURE OF MAGNESIUM APPLICATION IN AEROSPACE INDUSTRY* International Conference “NEW CHALLENGES IN AERONAUTICS” 2007.
20. Kulekci, M.K., *Magnesium and its alloys applications in automotive industry*. The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 2008. **39**(9): p. 851-865.
23. Au, A.G., et al., *Contribution of loading conditions and material properties to stress shielding near the tibial component of total knee replacements*. J Biomech, 2007. **40**(6): p. 1410-6.
24. Completo, A., F. Fonseca, and J.A. Simoes, *Strain shielding in proximal tibia of stemmed knee prosthesis: experimental study*. J Biomech, 2008. **41**(3): p. 560-6.
25. Gefen, A., *Computational simulations of stress shielding and bone resorption around existing and computer-designed orthopaedic screws*. Medical and Biological Engineering and Computing, 2002. **40**(3): p. 311-322.
26. Hanna Isaksson, A.L.L., *MATHEMATICAL MODELING OF STRESS SHIELDING WITH BIORESORBABLE MATERIALS FOR INTERNAL FRACTURE FIXATION*. Summer Bioengineering Conference, 2003.
27. Nagels, J., M. Stokdijk, and P.M. Rozing, *Stress shielding and bone resorption in shoulder arthroplasty*. Journal of Shoulder and Elbow Surgery, 2003. **12**(1): p. 35-39.
28. Seiler, H.G., & Sigel, H. Sigel, A., *Handbook on toxicity of inorganic compounds, United States: Marcel Dekker*. 1988.
29. Song, G., *Control of biodegradation of biocompatible magnesium alloys*. Corrosion Science, 2007. **49**(4): p. 1696-1701.

30. Song, G. and S. Song, *A Possible Biodegradable Magnesium Implant Material*. Advanced Engineering Materials, 2007. **9**(4): p. 298-302.
31. Borodkin, V.S., et al., *Magnesium-base alloy for use in bone surgery*. 1972, Google Patents.
32. Staiger, M.P., et al., *Magnesium and its alloys as orthopedic biomaterials: A review*. Biomaterials, 2006. **27**(9): p. 1728-1734.
47. Yang, J., F. Cui, and I.S. Lee, *Surface modifications of magnesium alloys for biomedical applications*. Ann Biomed Eng, 2011. **39**(7): p. 1857-71.
67. KU, K., *Herstellung und Eigenschaften von faserverstärkten Magnesiumverbundwerkstoffen*. In: Kainer KU (ed) *Metallische Verbundwerkstoffe*. DGM-Verlag, Oberursel, 1994: p. 219–244.
68. Chadwick GA, Y.T., *Principles and applications of squeeze casting*. Metals Mater, 1989. **5**: p. 6–12.
69. Long, S.B., O. ; Moret, G. ; Thevoz, *Processing of Al-based MMCs by indirect squeeze infiltration of ceramic preforms on a shot-control high pressure die casting machine*. Aluminium, 2000. **76**(1): p. 82-89.
70. MC, F., *Some thoughts on past milestones and on the path ahead*. Chiarmetta GL, Rosso M (eds) Proc. 6th Int Conf on “Semisolid processing of alloys and composites”. Turin, Italy, Edimet, Brescia, , 2000: p. 11–14.
71. Z, F., *Semisolid metal processing*. Int Mater Rev, 2002. **47**(49–85).
72. Suk, S.a.C., J., *Study of Mechanical Properties of Both Magnesium Alloys AZ91D and AM50A Cast by Thixomag® Process Influence of Microstructure*. SAE Technical Paper, 2001.
79. M. Bosse, K.-P.H., Fr.-W. Bac, Dirk Bormann, *Influence of cutting and non-cutting processes on the corrosion behavior and the mechanical properties of magnesium alloys*. TMS 2008 137th annual meeting & exhibition, At New Orleans, Volume: 137, 2008.
80. Guo, Y.B. and M. Salahshoor, *Process mechanics and surface integrity by high-speed dry milling of biodegradable magnesium–calcium implant alloys*. CIRP Annals - Manufacturing Technology, 2010. **59**(1): p. 151-154.
83. Denkena, B., et al., *Safe Machining of Magnesium Parts by Cutting and Burnishing Operations*, in *Magnesium*. 2005, Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA. p. 895-901.
84. Denkena, B. and A. Lucas, *Biocompatible Magnesium Alloys as Absorbable Implant Materials – Adjusted Surface and Subsurface Properties by Machining Processes*. CIRP Annals - Manufacturing Technology, 2007. **56**(1): p. 113-116.
85. Segawa, T., H. Sasahara, and M. Tsutsumi, *Development of a new tool to generate compressive residual stress within a machined surface*. International Journal of Machine Tools and Manufacture, 2004. **44**(11): p. 1215-1221.
86. Friemuth, T. and J. Winkler, *Machining of Magnesium Workpieces*. Advanced Engineering Materials, 1999. **1**(3-4): p. 183-186.
92. Bach, F.W.D., B.; Weinert, K.; Alpers, P.; Bosse, M.; Hammer, N. , *Influence of cutting and non-cutting processes on the corrosion behavior and the mechanical properties of magnesium alloys*. Proceedings of the 7th International Conference on Magnesium Alloys and Their Applications, Dresden, Germany, 6–9 November, 2007: p. 1076–1084.
93. **Grigoraș, C.C.**, *Cercetări teoretice și experimentale privind factorii de influență ai calității suprafeței și câmpului termic generat la prelucrarea prin frezare a aliajului de magneziu AZ31B-F - raport de cercetare II*. Universitatea "Vasile Alecsandri" din Bacău, 2015.
94. **Grigoraș, C.C.** and G. Brăbie, *The influence of milling parameters on the material hardness in the case of magnesium alloy AZ61A*. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 2015. **95**(1): p. 012023.

95. **Grigoraş, C.C.** and G. Brabie, *The influence of milling parameters on the surface roughness in the case of magnesium alloy AZ61A*. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 2015. **95**(1).
96. Brabie, G. and **C.C. Grigoraş**, *Analysis of the surface quality obtained in the case of milling-burnishing combined process*. PRODUCTICA Scientific Sessions, 2015. **7**(1): p. 237-245.
97. **Grigoraş, C.C.**, *Cercetări teoretice și experimentale privind factorii de influență ai calității suprafeței generate la prelucrarea prin deformato-așchiere a aliajului de magneziu AZ31B-F - raport de cercetare III*. Universitatea "Vasile Alecsandri" din Bacău, 2016.
98. **Grigoraş, C.C.** and G. Brabie, *The influence of milling-burnishing succesive and simultaneous processes on the surface roughness* ModTech Internation Conference Modern Technologies in Industrial Engineering 2016.
99. **Grigoraş, C.C.** and G. Brabie, *The influence of milling-burnishing succesive and simultaneous processes on the material hardness*. ModTech Internation Conference Modern Technologies in Industrial Engineering 2016.
100. **Grigoraş, C.C.** and G. Brabie, *Statistical analysis of the influence of the milling-burnishing process parameters*. Conference proceedings abstracts OPROTEH 2016, 2016: p. 25.
102. **Grigoraş, C.C.**, *Influența presiunii de tasare asupra rugozității suprafeței și a durității materialului*. Conference proceedings abstracts OPROTEH 2015, 2015.
106. Behzad Aminikia, A.A.Y., *EFFECT OF MILLING TIME ON MECHANOCHEMICAL SYNTHESIS OF NANOCRYSTALLINE ZIRCONIUM DIBORIDE*. Materials Physics and Mechanics, 2012. **17**: p. 1-5.
107. Masaya, T., et al., *The influence of magnesium grain size and ball milling time on the phase formation of MgB₂ tapes*. Superconductor Science and Technology, 2009. **22**(12): p. 125017.
111. Pu, Z., et al., *Surface Integrity in Dry and Cryogenic Machining of AZ31B Mg Alloy with Varying Cutting Edge Radius Tools*. Procedia Engineering, 2011. **19**(0): p. 282-287.
115. Dorozhkin, S.V., *7 - Surface modification of magnesium and its biodegradable alloys by calcium orthophosphate coatings to improve corrosion resistance and biocompatibility*, in *Surface Modification of Magnesium and its Alloys for Biomedical Applications*. 2015, Woodhead Publishing. p. 151-191.
116. Kreis, T., *Holographic Interferometry*, in *Handbook of Holographic Interferometry*. 2005, Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA. p. 35-219.
117. Schajer, G.S. and C.O. Ruud, *Overview of Residual Stresses and Their Measurement*, in *Practical Residual Stress Measurement Methods*. 2013, John Wiley & Sons, Ltd. p. 1-27.

INFORMAȚII PERSONALE



Grigoraș Cosmin-Constantin

Strada Neagoe Voda, număr 22, oraș Bacău, județ Bacău, România

- 0747 – 754 – 632

grg_88_grg@yahoo.com / grigorascosmin_phd@yahoo.com

www.facebook.com/MCHomeAutomationSystems/

Facebook Messenger (Grigoras Cosmin)

Sexul Masculin | Data nașterii 09 / 09 / 1988 | Naționalitatea Română

EXPERIENȚA PROFESIONALĂ

01.05.2015 - prezent

Cercetător

Universitatea „Vasile Alecsandri” din Bacău, Facultatea de Inginerie, Calea Mărășești 157, 600115, Bacău, România

Tel: +40-234-542411, Tel./ fax +40-234-545753

www.ub.ro

Proiect de cercetare „Ecoblind”

- Determinarea și analiza rugozității și durtății materialelor prelucrate prin debitare cu jet de apă

[Prelucrări prin debitare cu jet de apă](#)

15.08.2012 - 02.12.2013

Inginer Tehnolog

Connecticut Manufacturing Co. S.A., Constantin Musat, Bacău, România

Tel: +40-234-212-455, Fax: +40-234-212-331

www.connecticut-mfg.com

- Realizarea desenelor de execuție în CAD
- Determinarea tehnologiei de fabricație
- Realizarea planului de operațiuni
- Programarea mașinilor cu comanda numerică

[Prelucrări de precizie ridicată în domeniul hidraulic \(Bosch Rexroth, Parker, Moog, Caterpillar, Eaton\)](#)

14.03.2012 - 14.08.2012

Operator comanda numerică

Connecticut Manufacturing Co. S.A., Constantin Musat, Bacău, România

Tel: +40-234-212-455, Fax: +40-234-212-331

www.connecticut-mfg.com

- Asigurarea preciziei dimensionale, de formă și a rugozității pieselor prelucrate prin strunjire;
- [Prelucrări de precizie ridicată în domeniul hidraulic \(Bosch Rexroth, Parker, Moog, Caterpillar, Eaton\)](#)

18.01.2012 - 20.02.2012

Muncitor necalificat

SC AIRPRO CONSULT SRL, Str. Condorilor nr. 9, Bacău, România

Tel: +4-0745329387

www.airproconsult.ro/

- Mentenanță avioane civile

[Aviație civilă și militară](#)

01.09.2011 – 01.12.2011

Inginer Mecanic (operator utilaj cu comanda numerică)

SC UNITAPE PROD SRL, Speranței, 10, Bacău, România

Tel: 0234-580 048

www.unitapeprod.ro

▪ Asigurarea preciziei dimensionale, de forma și a rugozității pieselor prelucrate prin strunjire

[Etanșări industriale](#)

EDUCAȚIE ȘI FORMARE

01.10.2013 - prezent

- Studii doctorale în domeniul ingineriei industriale

Universitatea „Vasile Alecsandri” din Bacău, Facultatea de Inginerie, Calea Mărășești 157, 600115, Bacău, România

▪ Lucrare de doctorat: „*Contribuții teoretice și experimentale privind calitatea suprafețelor obținute prin prelucrarea combinată prin așchieri și deformare plastică a aliajului de magneziu AZ31B-F*”

1.03.2014 – 01.06.2014

- Stagiul Erasmus Porto, Portugalia

Universitatea din Porto, Facultatea de Inginerie, departamentul de Inginerie Industrială, Dr. Roberto Frias, s/n, 4200-465 Porto, Portugalia

www.fe.up.pt

- Realizarea stadiului actual al cercetărilor privind tema de doctorat
- Colaborator în cadrul cercetărilor științifice a analizei comportamentului materialelor avansate, la întindere – compresiune, studiate cu ajutorul analizei cu element finit (LS-Dyna Software).
- Participare la seminarul companiei RUUKKI, Portugalia: „Rezistența materialelor și utilizarea acestor în mediul industrial”

01.10.2011– 01.07.2013

- Studii postuniversitare – Master (ASM – analiza sistemelor mecanice) - Diploma de master

Universitatea „Vasile Alecsandri” din Bacău, Facultatea de Inginerie, Calea Mărășești 157, 600115, Bacău, România

Tel: +40-234-542411, Tel./ fax +40-234-545753

www.ub.ro

▪ Lucrare de disertație concepută în cadrul unui studiu individual în cadrul companiei Connecticut Manufacturing Co. S.A.: „*Analiza efectelor produse de rigidizarea piesei de prelucrat în procesul de strunjire prin studiul stării plane de tensiune și deformație, folosind metode numerice*”

01.10.2007– 01.07.2011

- Studii universitare – Licență (TCM – tehnologii constructoare de mașini) - Diploma de inginer

Universitatea „Vasile Alecsandri” din Bacău, Facultatea de Inginerie, Calea Mărășești 157, 600115, Bacău, România

Tel: +40-234-542411, Tel./ fax +40-234-545753

www.ub.ro

▪ Lucrare de licență concepută în cadrul stagiului ERASMUS: „*Proiectarea unei centrale eoliene pentru o țară în curs de dezvoltare*”

15.08.2009– 20.12.2009

- Stagiul Erasmus Aarhus, Danemarca

Universitatea de Inginerie din Aarhus, Facultatea de Inginerie, Birk Centerpark 15 7400 Herning, Aarhus, Danemarca

www.ase.au.dk

▪ Lucrare de licență efectuată în cadrul stagiului ERASMUS, proiect multidisciplinar și multicultural sub îndrumarea și evaluarea unei comisii din cadrul companiei Siemens (limba engleza)

- Proiect de înțelegere și integrare culturală și transfrontalieră (limba engleză)
- Proiectare asistată de calculator (SolidWorks 2009), Structuri din oțel (Eurocode), Metoda elementului finit (FEM – SolidWorks 2009)
- Teste în tunel de vânt – elice profil NACA
- Proiect de unificare și înțelegere culturală LEGO MINDSTORMS EDUCATION
- Asistarea procesului de proiectare și fabricație a centralelor eoliene în cadrul vizitei uzinei VESTAS.

01.10.2007– 01.07.2010

- Studii universitare – Licența (D.P.P.D – departamentul pentru pregătirea personalului didactic)
- Diploma de cadru didactic

Universitatea „Vasile Alecsandri” din Bacău, Departamentul pentru pregătirea personalului didactic, Calea Mărășești 157, 600115, Bacău, România

Tel: +40-234-542411, Tel./ fax +40-234-545753

www.ub.ro

- Stagiul de practică în liceul “Anghel Saligny” din Bacău (predare și participare la lecții pe parcursul anului universitar 2009-2010)

2003-2007

- Studii liceale
- Diploma de bacalaureat

Colegiul Național „Vasile Alecsandri” din Bacău, Vasile Alecsandri, nr.37, Cod poștal 600011, Bacău, jud. Bacău, România

Tel: 0234 512 607, Fax : 0234 510913, 0234 510914

www.cnva.ro

- Profil: “Științe ale naturii” (fizica, matematica, chimie, biologie)

1995-2003

- Studii elementare și gimnaziale
- Diploma de capacitate

Școala generală „Mihail Sadoveanu” din Bacău, Venus 16, Bacău, România

Tel / Fax: 0334 405225

scg_mihail@yahoo.com

COMPETENTE PERSONALE

Limba(i) maternă(e)

Română

Engleza

	INTELEGERE		VORBIRE		SCRIERE
	Ascultare	Citire	Participare la conversație	Discurs oral	
Specificați limba străină	Utilizator experimentat	Utilizator experimentat	Utilizator experimentat	Utilizator experimentat	Utilizator experimentat
	CertIFICATE DE LIMBA OBTINUT ÎN URMA EXAMENELOR SUSȚINUTE PENTRU STAGIILE ERASMUS				
Franceza	Utilizator elementar	Utilizator elementar	Utilizator elementar	Utilizator elementar	Utilizator elementar

Competențe de comunicare

-capacitatea de adaptare la medii multiculturale, obținută prin experiența de colaborare în străinătate (Universitatea de Inginerie din Aarhus, Danemarca și Universitatea de Inginerie din Porto, Portugalia)

-capacitatea de comunicare cu diferite medii de lucru, obținută prin directă colaborare cu personalul din mediul academic și industrial.

Competențe organizaționale/manageriale

-leadership, conducătorul unei echipe de 5 persoane, multiculturale (Anglia, Spania, Germania), multidisciplinare; proiect Universitatea de Inginerie din Aarhus, Danemarca

-spirit organizatoric

-experiență buna a managementului de proiect și al echipei, dobândite pe parcursul perioadei ca și inginer tehnolog în cadrul companiei CMC.

Competențe dobândite la locul de muncă

-programator strung CN și freza CN (Fanuc ,Siemens Sinumerik)
 -operator strung CN (Fanuc, Siemens Sinumerik),operator freza verticala CN, strung clasic, presă hidraulica, setup strung CN.
 -dispozitive de măsurare și verificare: micrometru, șubler, comparator, proiector de profil, aparat de măsurat în coordonate, dispozitiv laser de măsurat profile exterioare (TESA Scan), rugozimetru, durimetru(curs intern la locul de munca Connecticut Manufacturing Co. S.A. și SC Unitape Prod SRL)
 -înglobarea și șlefuirea probelor de material în vederea analizării la microscop a microstructurii

Competență digitală

AUTOEVALUARE				
Procesarea informației	Comunicare	Creare de conținut	Securitate	Rezolvarea de probleme
Utilizator experimentat	Utilizator experimentat	Utilizator experimentat	Utilizator experimentat	Utilizator experimentat

- o buna stăpânire a sistemelor de operare (interfața grafica și terminal): Windows (Xp, Vista, Seven, 8, 10), Linux (Ubuntu, Raspian, OSMC, Kodi), OS X (Leopard, Snow Leopard, Lion, Mountain Lion, Mavericks, Yosemite, El Capitan)
- o buna stăpânire a navigării pe internet și a poștei electronice
- o bună stăpânire a suitei de programe de birou (procesor de text Word, calcul tabelar Excel, software pentru prezentări PowerPoint)
- bune cunoștințe de editare foto-video (Adobe: Photoshop, Premiere Pro, After Effects)
- bune cunoștințe a programelor de web design (Adobe: Dreamweaver, Muse)
- o buna stapanire a programelor CAD:
 - AutoCad(proiectare în cadrul companiei S.C. C.M.C. S.A.,Curs UVAB);
 - SolidWorks 2009,2010,2011,2012, 2013(proiectare în cadrul companiei S.C. C.M.C. proiect IHA-centrala eoliana: CAD, analiza structurala cu element finit de tip statica, termică, aerodinamica);
 - NX 7;7.5(PLM ADAPTOR modulul 1: Concepția și proiectarea produselor);
 - Femap(PLM ADAPTOR modulul 2: simularea și analiza folosind prototipul virtual);
 - NX 7.5 Manufacturing(PLM ADAPTOR modulul 3: Realizarea fabricației digitale a produselor folosind prototipul virtual)
 - LS-Dyna (cercetare științifică ce a presupus încercarea la tracțiune/compresiune a materialelor în cadrul Universității din Porto în colaborare cu institutul de cercetare INEGI).
 - Cosmos, SolidEdge, Ansys(Curs UVAB)
 - Autodesk Inventor,3ds MAX, Maya
 - In curs de perfecționare: programe de tip CAM, programarea microcontrolere Ras; In limbaj C++, programarea microcontrolere de tip Arduino și Intel Galileo.
- bune cunoștințe în programarea de microcontrolere de tip Raspberry Pi (Linux Raspbian și Windows 10 IoT) folosind limbaje de programare (php și python) și limbaje destinare interfețelor grafice (html, css, java script)

Alte competențe

Dezvoltarea de sisteme de automatizare a locuințelor și a diferitelor spatii industriale folosind microcontrolere:

- dezvoltare software și interfață grafica de control

 Hobby: Fotografia și călătoriile

Permis de conducere

Obținut în anul 2006, cat. B

INFORMATII SUPLIMENTARE

Publicații

„THE INFLUENCE OF MILLING PARAMETERS ON THE MATERIAL ROUGHNESS IN THE

CASE OF MAGNESIUM ALLOY AZ61A" – ModTech Iași 2014
„THE INFLUENCE OF MILLING PARAMETERS ON THE MATERIAL HARDNESS IN THE CASE OF MAGNESIUM ALLOY AZ61A" – ModTech Iași 2014
„ANALYSIS OF THE SURFACE QUALITY OBTAINED IN THE CASE OF MILLING-BURNISHING COMBINED PROCESS" – Academia Oamenilor de Știință din România 2015
„INFLUENȚA PRESIUNII DE TASARE ASUPRA RUGOZITĂȚII SUPRAFEȚEI ȘI A DURITĂȚII MATERIALULUI" – Oproteh Bacău 2015
„THE INFLUENCE OF MILLING-BURNISHING SUCCESSIVE AND SIMULTANEOUS PROCESS ON THE SURFACE ROUGHNESS" - ModTech Iași 2016
„THE INFLUENCE OF MILLING-BURNISHING SUCCESSIVE AND SIMULTANEOUS PROCESS ON THE SURFACE HARDNESS" - ModTech Iași 2016
„STATISTICAL ANALYSIS OF THE INFLUENCE OF THE MILLING-BURNISHING PROCESS PARAMETES" – Oproteh Bacău 2015

Proiecte

Proiectarea și dezvoltarea sistemelor de automatizare a locuințelor folosind microcontrolere
Proiectarea și dezvoltarea sistemelor inteligente de interacțiunea vocala
Proiectarea și dezvoltarea sistemelor de tip: home/owner tracking, geolocation, geofencing
Proiectarea și dezvoltarea sistemelor de supraveghere și control de la distanta a funcțiilor locuinței sau a diferitelor locații
Proiectarea și dezvoltarea sistemelor de tip RSS News Feed.
Proiectarea și dezvoltarea sistemelor de tip VCMMS (voice control multimedia sistem)
Diverse proiecte de tip „Home Projects”

