



Alina Bianca POP

**PRELUCRAREA
ALIAJELOR DE ALUMINIU
PRIN FREZARE**

**U.T.PRESS
Cluj-Napoca, 2025
ISBN 978-606-737-781-1**

Alina Bianca POP

Prelucrarea aliajelor de aluminiu prin frezare



U.T.PRESS
Cluj - Napoca, 2025
ISBN 978-606-737-781-8



Editura U.T.PRESS
Str. Observatorului nr. 34
400775 Cluj-Napoca
Tel.: 0264-401.999
e-mail: utpress@biblio.utcluj.ro
www.utcluj.ro/editura

Recenzia: Prof.univ.dr.ing.dr.ec. Aurel Mihail Țîțu
Prof. univ.dr.ing. Gheorghe Oancea

Pregătire format electronic on-line: Gabriela Groza

Copyright © 2025 Editura U.T.PRESS
Reproducerea integrală sau parțială a textului sau ilustrațiilor din această carte este posibilă numai cu acordul prealabil scris al editurii U.T.PRESS.

ISBN 978-606-737-781-8



Autoarea acestei lucrări este doctor inginer, cu o activitate didactică și de cercetare desfășurată în cadrul Universității Tehnice din Cluj-Napoca, Centrul Universitar Nord din Baia Mare, începând cu anul 2008. Formarea sa academică a culminat cu obținerea titlului de Doctor în Inginerie Mecanică în anul 2015, având un interes constant pentru domeniul tehnologiilor de prelucrare și, în particular, pentru studiul aliajelor de aluminiu.

Experiența sa include implicarea în activități didactice diverse, adresate studenților de la programele de licență și masterat, acoperind discipline fundamentale și de specialitate din sfera ingineriei. De asemenea, a fost activă în proiecte de cercetare științifică și a contribuit la transferul de cunoștințe către mediul industrial prin colaborări și activități de formare profesională acreditate.

Autoarea este membră a mai multor asociații profesionale naționale și internaționale, reflectând angajamentul său față de dezvoltarea continuă și schimbul de expertiză în cadrul comunității ingineresti. A contribuit la diseminarea rezultatelor cercetării sale prin publicarea de articole științifice în reviste și volume de conferințe recunoscute, precum și prin participarea în comitete editoriale și de organizare ale unor evenimente științifice.

Această carte reprezintă o sinteză a cercetărilor sale aprofundate în domeniul frezării aliajelor de aluminiu, având la bază investigația doctorală și experiența acumulată de-a lungul anilor în activitatea academică și colaborările cu mediul industrial. Se dorește a fi o resursă utilă pentru specialiștii și studenții interesați de optimizarea proceselor de prelucrare prin așchiere.

Prefață

Prezenta carte, intitulată „PRELUCRAREA ALIAJELOR DE ALUMINIU PRIN FREZARE”, își propune să ofere o analiză comprehensivă și riguroasă a procesului de frezare cilindro-frontală aplicat uneia dintre cele mai importante clase de materiale moderne: aliajele de aluminiu. Lucrarea de față sintetizează și extinde cercetările aprofundate întreprinse de autoare, având ca fundament teza de doctorat cu titlul „*Calitatea suprafețelor la aşchiera aliajelor de aluminiu cu freze cilindro-frontale*”, susținută în data de 30 octombrie 2015 la Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca, Centrul Universitar Nord din Baia Mare, sub îndrumarea distinsului Prof. univ. dr. ing. Mircea LOBONȚIU.

Cartea de față scoate în evidență complexitatea interacțiunilor dintre parametrii procesului de frezare, caracteristicile specifice ale diferitelor aliaje de aluminiu și calitatea suprafețelor obținute. Prin intermediul unei metodologii experimentale avansate, bazată în mod semnificativ pe aplicarea metodelor de proiectare a experimentelor, cu un accent particular pe robustețea oferită de metoda Taguchi, lucrarea explorează influența factorilor cheie asupra rugozității suprafeței, un indicator critic al performanței și fiabilității componentelor prelucrate. De asemenea, se prezintă modele matematice predictive, dezvoltate prin tehnici de regresie statistică și validate prin analiza varianței (ANOVA), oferind astfel instrumente valoroase pentru optimizarea proceselor de fabricație.

Contribuția autoarei constă în abordarea sistematică a problematicii, în identificarea și cuantificarea influenței parametrilor de aşchiere asupra calității suprafeței, precum și în elaborarea de modele predictive fiabile. Prin integrarea rezultatelor experimentale cu analiza statistică riguroasă, această carte oferă o perspectivă aprofundată asupra mecanismelor de formare a suprafeței în frezarea aliajelor de aluminiu, depășind abordările descriptive și oferind instrumente practice pentru inginerii și cercetătorii din domeniu.

Această carte se adresează în primul rând specialiștilor din domeniul ingineriei mecanice și industriale, incluzând ingineri de producție, cercetători, cadre didactice universitare și studenți interesați de tehnologiile de prelucrare prin aşchiere, în special de frezarea aliajelor de aluminiu. Prin conținutul său detaliat și metodologia riguroasă, cartea reprezintă o resursă valoroasă pentru înțelegerea aprofundată a proceselor de frezare și pentru optimizarea practică a operațiilor de prelucrare.

Realizarea acestei cărți a fost posibilă datorită eforturilor susținute de cercetare și publicare desfășurate de autoare în perioada 2008-2025. În acest context, doresc să exprim profunda mea recunoștință tuturor celor care au contribuit la fundamentarea științifică și la finalizarea acestor demersuri. Mulțumiri speciale se îndreaptă către colaboratorii din mediul academic și industrial, ale căror expertiză și sprijin au fost esențiale în diverse etape ale cercetării.

În final, adresez mulțumiri sincere editurii pentru încrederea acordată și pentru sprijinul profesional oferit în procesul de publicare a acestei lucrări. Sper ca informațiile prezentate în această carte să fie de un real folos comunității ingineresti și să stimuleze noi direcții de cercetare în domeniul prelucrării avansate a materialelor.

Autoarea

Cuvânt înainte

Prezenta lucrare își propune să investigheze în detaliu influența parametrilor procesului de aşchiere asupra abaterii medii aritmetice a profilului suprafeței (R_a), rezultată în urma prelucrării prin frezare cilindro-frontală a pieselor fabricate din aliajul de aluminiu cod 7136. Scopul principal al acestei cercetări este de a oferi o înțelegere aprofundată a relațiilor complexe dintre avansul pe dinte, viteza de aşchiere și adâncimea de aşchiere, pe de o parte, și rugozitatea suprafeței obținute, pe de altă parte. Prin identificarea acestor corelații, se urmărește furnizarea de informații esențiale pentru optimizarea practică a operațiilor de frezare, în vederea obținerii unor calități superioare ale suprafețelor prelucrate.

Pentru a atinge acest obiectiv, cartea este structurată într-o succesiune logică de capitole, fiecare contribuind la edificarea unei imagini complete asupra subiectului abordat.

Capitolul 1 oferă o perspectivă generală asupra domeniului prelucrării prin aşchiere, cu un accent specific pe frezarea aliajelor de aluminiu. Sunt analizate evoluția tehnologiilor de aşchiere, tipurile și materialele utilizate pentru instrumentele de frezare, precum și caracteristicile și aplicațiile diverse ale aliajelor de aluminiu. O atenție deosebită este acordată provocărilor și soluțiilor identificate în literatura de specialitate privind prelucrabilitatea acestor materiale, evidențiind studiile relevante privind influența tipurilor de aliaje, a operațiilor de aşchiere, a parametrilor specifici și a direcțiilor de cercetare actuale. De asemenea, sunt prezentate abordări privind modelarea rezultatelor experimentale obținute în urma prelucrării prin aşchiere a aliajelor de aluminiu.

Capitolul 2 detaliază abordarea metodologică adoptată în cadrul investigației. După o introducere în metodele experimentale utilizate în prelucrarea metalelor, capitolul se concentrează pe justificarea alegerii metodei Taguchi ca instrument principal de proiectare a experimentelor. Sunt prezentate obiectivele și problematica cercetării, planificarea etapelor, strategia de implementare și, în detaliu, proiectarea experimentului utilizând metoda Taguchi. Se explică etapele experimentului, factorii influenți în frezarea cilindro-frontală, parametrii de studiu, nivelurile factorilor, matricea experimentală, desfășurarea experimentelor și modul de evaluare a influenței parametrilor asupra rugozității suprafeței prin această metodă robustă. Capitolul se încheie cu concluzii imediate desprinse din etapa de proiectare.

Capitolul 3 descrie în detaliu faza experimentală a cercetării. Sunt prezentate planificarea experimentului specific pentru aliajul 7136, procesul de generare a programelor CAM, desfășurarea experimentelor factoriale, metodele de măsurare și colectare a datelor experimentale privind rugozitatea suprafeței. O secțiune importantă este dedicată procesării și interpretării datelor, incluzând analiza statistică a acestora, cu identificarea erorilor aberante, verificarea caracterului aleator și a normalității distribuției datelor. Capitolul se încheie cu concluzii preliminare bazate pe rezultatele experimentale obținute.

Capitolul 4 abordează etapa de modelare matematică a fenomenului studiat. După o introducere în principiile modelării matematice și ale analizei de regresie, capitolul prezintă procesul de dezvoltare a ecuațiilor de regresie pentru rugozitatea suprafeței. Sunt detaliate etapele de testare a normalității seturilor de date și analiza varianței (ANOVA) a ecuației de regresie, incluzând testarea semnificației (testul Fisher F) și analiza statistică a coeficienților. Validarea modelului este realizată prin compararea rezultatelor obținute prin modelare cu datele experimentale, evaluându-se astfel acuratețea și fiabilitatea modelului propus. Capitolul se încheie cu concluzii privind validitatea și aplicabilitatea modelului.

În final, Capitolul 5 sintetizează principalele descoperiri și concluzii ale cercetării, oferind o imagine de ansamblu asupra contribuțiilor aduse de această lucrare în domeniul frezării aliajelor de aluminiu. Sunt discutate implicațiile practice ale rezultatelor obținute și sunt sugerate direcții viitoare de cercetare. Prin structura sa logică și conținutul riguros, această carte își propune să fie o resursă valoroasă pentru specialiștii din ingineria mecanică și industrială, oferind o perspectivă aprofundată asupra optimizării procesului de frezare cilindro-frontală a aliajelor de aluminiu, cu un accent particular pe controlul calității suprafețelor prelucrate.

Cuprins

1. FREZAREA ALIAJELOR DE ALUMINIU: O PRIVIRE ASUPRA CERCETĂRIILOR ACTUALE	9
1.1. EVOLUȚIA PRELUCRĂRIILOR PRIN AȘCHIERE	9
1.2. INSTRUMENTE DE FREZARE: TIPURI ȘI MATERIALE.....	12
1.2.1. Materiale pentru scule așchietoare	14
1.2.2. Acoperiri pentru tăișuri	16
1.3. ALIAJELE DE ALUMINIU: CARACTERISTICI ȘI APLICAȚII.....	17
1.3.1. Aliaje de aluminiu în industria aeronautică	19
1.3.2. Scule pentru frezarea aliajelor de aluminiu.....	22
1.4. PROVOCĂRI ȘI SOLUȚII ÎN PRELUCRABILITATEA ALUMINIULUI	22
1.4.1. Studii privind prelucrabilitatea aluminiului în funcție de tipurile de aliaje	23
1.4.2. Studii privind prelucrabilitatea aluminiului în funcție de operațiile de așchiere	26
1.4.3. Studii privind prelucrabilitatea aluminiului în funcție de parametrii de așchiere.....	28
1.4.4. Studii privind prelucrabilitatea aluminiului în funcție de direcțiile urmărite în cercetare....	29
1.4.5. Studii privind modelarea rezultatelor experimentale obținute în urma prelucrării prin așchiere a aliajelor de aluminiu.....	33
1.5. CONCLUZII IMEDIATE.....	38
2. METODOLOGIA CERCETĂRII: APLICAREA METODEI TAGUCHI.....	40
2.1. INTRODUCERE	40
2.2. METODE EXPERIMENTALE ÎN PRELUCRAREA METALELOR.....	41
2.2.1. Abordare generală	41
2.2.2. Abordare aprofundată	42
2.3. DEFINIREA OBIECTIVELOR ȘI PROBLEMATICII CERCETĂRII	44
2.3.1. Obiectivul principal al studiului.....	44
2.3.2. Problemele cheie abordate	44
2.4. PROIECTAREA STUDIULUI EXPERIMENTAL	45
2.4.1. Planificarea etapelor cercetării.....	46
2.5. STRATEGIA DE IMPLEMENTARE A CERCETĂRII	49
2.5.1. Desfășurarea cercetării.....	51
2.6. PROIECTAREA EXPERIMENTULUI CU METODA TAGUCHI.....	52
2.6.1. Planul experimental Taguchi	53
2.6.2. Etapele experimentului Taguchi	53

2.6.3. Factorii influenți în frezarea cilindro-frontală	53
2.6.4. Parametrii de studiu	54
2.6.5. Nivelurile factorilor.....	55
2.6.6. Matricea experimentală.....	55
2.6.7. Desfășurarea experimentelor.....	57
2.6.8. Evaluarea influenței parametrilor asupra rugozității suprafeței prin metoda lui Taguchi ...	62
2.7. CONCLUZII IMEDIATE.....	69
3. INVESTIGAREA EXPERIMENTALĂ A RUGOZITĂȚII SUPRAFETEI ÎN FREZAREA ALIAJULUI DE ALUMINIU 7136	71
3.1. INTRODUCERE ÎN STUDIUL EXPERIMENTAL	71
3.2. PLANIFICAREA EXPERIMENTULUI.....	71
3.3. GENERAREA PROGRAMELOR CAM PENTRU EXPERIMENTE.....	74
3.4. DESFĂȘURAREA EXPERIMENTELOR FACTORIALE.....	76
3.5. MĂSURĂTORI ȘI COLECTAREA DATELOR EXPERIMENTALE	78
3.6. PROCESAREA ȘI INTERPRETAREA DATELOR	80
3.7. ANALIZA STATISTICĂ A DATELOR	98
3.7.1. Identificarea erorilor aberante	99
3.7.2. Verificarea caracterului aleator al datelor	104
3.7.3. Verificarea normalității distribuției datelor.....	108
3.8. CONCLUZII.....	120
4. MODELAREA MATEMATICĂ A RUGOZITĂȚII SUPRAFETEI PRIN ECUAȚII DE REGRESIE.....	124
4.1. INTRODUCERE ÎN MODELAREA MATEMATICĂ	124
4.2. ANALIZA DE REGRESIE	124
4.3. TESTAREA NORMALITĂȚII SETURILOR DE DATE	128
4.4. ANALIZA VARIANȚEI (ANOVA) A ECUAȚIEI DE REGRESIE	132
4.4.1. Testarea Semnificației (Testul Fisher F).....	133
4.4.2. Analiza statistică a coeficienților	136
4.5. VALIDAREA MODELULUI: COMPARAREA REZULTATELOR MODELULUI CU DATELE EXPERIMENTALE	138
4.6. CONCLUZII	142
5. CONCLUZII.....	145
BIBLIOGRAFIE	150
Lista abrevierilor.....	166
ANEXA 1: CLASIFICAREA REFERINȚELOR BIBLIOGRAFICE AFERENTE STADIULUI ACTUAL	168
ANEXA 2: PLANUL FACTORIAL DE EXPERIMENTE CORESPUNZĂTOR UNUI BLOC	181

ANEXA 3: PROGRAMELE CAM AFERENTE EXPERIMENTELOR EFECTUATE	184
ANEXA 4: VALORILE MĂSURATE ALE RUGOZITĂȚILOR.....	189
ANEXA 5: ANALIZA STATISTICĂ A DATELOR EXPERIMENTALE	198
5.1. Identificarea datelor afectate de erori aberante Testul Romanovski.....	198
5.2. Verificarea caracterului aleator al datelor – Testul Young	228
5.3. Verificarea normalității distribuției datelor experimentale – Testul Shapiro-Wilk	245
ANEXA 6: TESTAREA NORMALITĂȚII CELOR 7 SETURI DE DATE	262
ANEXA 7: TESTUL FISHER - ALEGEREA VALORII F_{TABELAR}	289
ANEXA 8: DETERMINAREA RUGOZITĂȚII PE BAZA MODELULUI REGRESIONAL PROPUS ȘI COMPARAREA CU REZULTATELE EXPERIMENTALE	293
ANEXA 9: TEXTURA SUPRAFEȚELOR PRELUCRATE PRIN FREZARE CILINDRO- FRONTALĂ	301
ANEXA 10: PROFILOGRAMELE ABATERII MEDII ARITMETICE A PROFILULUI SUPRAFEȚEI MĂSURATE LONGITUDINAL ȘI TRANSVERSAL PE DIRECȚIA MIȘCĂRII DE AVANS.....	326

1.

FREZAREA ALIAJELOR DE ALUMINIU: O PRIVIRE ASUPRA CERCETĂRILOR ACTUALE

1.1. EVOLUȚIA PRELUCRĂRILOR PRIN AȘCHIERE

Fiecare știință are propria sa istorie care marchează reperele și etapele de dezvoltare ale acesteia. Cartea autorului Paul H. Black intitulată „Theory of Metal Cutting” are ca punct de pornire paragraful „Metal Cutting – Art to Science” în care presupune că istoria așchierii a început cu 600.000-1.000.000 de ani în urmă, undeva în Tanganyika, Africa. De asemenea a menționat dezvoltarea tehnicilor de găurire utilizate în Egiptul Antic în urmă cu aproximativ 4.000 de ani î.H. Din perioada mai recentă (Black, 1961) spune că dezvoltarea proceselor de așchiere a luat avânt începând cu secolele XIX când cercetători precum (Time, 1870) și (Tresca, 1873) au efectuat primele încercări experimentale cu scopul explicării modului de formare al așchiei.

Mai târziu, în perioada anilor 1930, s-au descoperit carburile metalice sinterizate sau materialele minerale-ceramice, iar în 1950 s-au realizat plăcuțele amovibile fiind ulterior larg răspândite în segmentul de producție, conducând la apariția și dezvoltarea de noi tipuri de scule.

Printre cercetările elementare în care este tratată evoluția proceselor de așchiere, sunt (Mallock, 1881), (Taylor, 1907) – a cărei cercetare se consideră un punct de pornire în domeniul prelucrărilor prin așchiere, (Piispanen, 1937), (Ernst & Martelotti, 1937), (Merchant, 1945) și (King, 1985). Toți aceștia introduc noțiunile de bază privind fizica și matematica procesului de așchiere.

O etapă semnificativă din istoria evoluției procesului de așchiere constă în prezentarea prototipului de mașină unealtă cu comandă numerică de către Parson în anul 1952, fiind considerată de unii cercetători ca o adevărată revoluție industrială. Apariția lucrării „Motor controlled apparatus of positioning machine tool” (Parson & Stulen, 1958) a deschis noi orizonturi în evoluția mașinilor unelte cu comandă numerică dar, și asupra controlului și stabilității procesului de așchiere.

Prelucrarea prin așchiere se caracterizează printr-un înalt grad de productivitate, de precizie de formă și dimensională, de universalitate și flexibilitate, întâmpinând dificultăți mari, în special pentru piesele cu forme geometrice complexe, datorită adaosurilor mari de prelucrare și datorită extinderii utilizării de materiale de înaltă rezistență dure și extradure greu așchiabile prin tehnologii clasice.

Astăzi, fiindcă procesul de prelucrare prin așchiere este strâns legat de costuri, se urmărește creșterea performanțelor mașinilor unelte, a centrelor de prelucrare cu comandă numerică, dezvoltarea continuă a noi produse - scule așchietoare și dezvoltarea de softuri CAD/CAM, ceea ce contribuie totodată și la creșterea preciziei pieselor prelucrate.

Cercetările realizate în domeniul prelucrării prin așchiere se raportează la cele trei elemente de bază: piesa de realizat, scula așchietoare și mașina de prelucrare cu comandă numerică.

Mașinile unelte cu comandă numerică CNC evoluează și ele dintr-o serie de puncte de vedere, cum ar fi:

- creșterea productivității și a flexibilității realizate prin reducerea timpilor neproductivi precum timpii de încărcare a sculelor așchietoare, în acest sens a apărut posibilitatea mașinilor de a stoca sculele așchietoare în stare pre reglată și reducerea timpilor de reglaj;
- dezvoltarea unui sistem de supraveghere și siguranță;
- creșterea performanțelor dinamice cum ar fi: o mai bună rigiditate, viteze de așchiere din ce în ce mai mari, deplasări cu precizii din ce în ce mai ridicate;

- mașini multi-axe pentru piese tot mai complexe, iar lista ar putea continua.

Diferite tipuri constructive de mașini unelte cu comandă numerică sunt prezentate în lucrări ca și (Tunc, 2006) și (Moriwaki, 2008).

În lucrările (Lim et al., 1997) și (Lim & Menq, 1997) sunt prezentate studii analitice referitoare la prelucrarea suprafețelor complexe utilizând trei grade de libertate, iar în lucrarea (Chiou & Lee, 2007) autorii extind această teorie prezentând un studiu al prelucrării suprafețelor complexe utilizând cinci grade de libertate.

În vederea stabilirii unui limbaj comun, între toți utilizatorii de mașini unelte cu comandă numerică, prin atribuirea unui simbol pentru fiecare axă a mașinii unelte, a fost elaborată la nivel internațional recomandarea ISO R-841-1968, iar la nivel național STAS 8902-1971.

Spre exemplu, Balic în lucrarea sa, (Balic, 2006) prezintă două tipuri de algoritmi caracteristici programelor de frezare: primul realizat în funcție de toleranța prescrisă și al doilea care ține cont de gradul de încărcare al mașinilor unelte disponibile.

Utilizarea unui număr ridicat de grade de libertate pe mașinile unelte cu comandă numerică, prezintă și dezavantajul introducerii unui număr semnificativ de erori în sistem. Acest aspect a fost dezbătut în lucrarea (Kikkawa et al., 2005), care cercetează eroarea minimă de prelucrare în funcție de orientarea sculei pe mașini unelte cu comandă numerică în 5 axe; și de către (Lu et al., 2008) care tratează aspectul că fiecare deplasare efectuată de scula așchietoare este însoțită de o eroare care depinde de o multitudine de factori, un model de corectare a erorilor fiecărui pas sau segment.

De asemenea, (Roth et al., 2001) a evidențiat în lucrarea sa creșterea erorii de prelucrare, odată cu creșterea numărului de re poziționări, în situația în care prelucrările sunt efectuate prin utilizarea unei mașini unelte cu comandă numerică care dispune de 5 grade de libertate.

În lucrările (Ren & Lee, 2004) și (Lee & Chiou, 2006) autorii tratează reducerea erorilor în prelucrarea diverselor contururi, erori apărute la prelucrarea pe mașini unelte cu mai multe axe de prelucrare, care sunt rezultatul controlerelor ale căror sensibilitate și stabilitate este hotărâtoare. De asemenea în catalogul Sandvik, 2015 sunt precizate condițiile care oferă o acuratețe ridicată în funcționarea unui sistem de prelucrare cu comandă numerică, precum și variația numărului de blocuri în funcție de toleranța solicitată.

Datorită faptului că cerințele pieței industriale presupun fabricarea unor piese tot mai complexe, cu toleranțe mai precise, este nevoie de dezvoltarea în paralel a noi strategii de prelucrare concomitent cu noi tipuri de scule așchietoare care să faciliteze procesul de fabricație (aPop & Țițu, 2017), (bPop & Țițu, 2017), (cPop & Țițu, 2017).

Strategiile de prelucrare din punct de vedere al tipologiilor proceselor au fost clasificate în lucrarea (Lobonțiu & Hășmășan, 2007), astfel:

- prelucrări generale prin frezare;
- prelucrări cu viteză mare de așchiere (HSM);
- prelucrări de mare productivitate (HPM);
- prelucrări cu viteză de avans mare (HFM);
- prelucrări cu scule de dimensiuni mici (micro frezări).

Nakamoto în cercetările sale (Nakamoto et al., 2004), este de părere că procesul de prelucrare începe din faza de planificare și proiectare a produsului, moment în care posibilitatea asigurării flexibilității și adaptabilității procesului sunt practic inexistente și continuă cu procesul de generare-obținere a programului cu toate fazele pe care acestea le implică și se încheie cu procesul efectiv de prelucrare pe mașini unelte cu comandă numerică.

Alte cercetări privind bazele teoriei așchierii și totodată care pun accentul asupra dinamicii și stabilității procesului de așchiere se regăsesc în lucrările: (Tlusty, 1986), (Grabec, 1988), (Bayly et al., 1999), (Nayfeh et al., 1997), (Stepan, 1989), (Enache, 2000), (Cosma, 2005), (Komanduri, 1993), (Madhavan, 2002), (Brabie, 2002).

Relevante sunt și lucrările apărute după anul 1950, de exemplu (Hill, 1950), (Cook et al., 1954), (Oxley, 1989), (Komanduri & Brown, 1981), (Recht, 1964), (Rice, 1961) care introduc noțiunile de plasticitate și termoplasticitate cu scopul de a putea analiza în final forma așchiei.

Având în vedere că forma așchiei rezultată în procesele de așchiere variază în funcție de parametrii regimului de așchiere, acum există tendința de a o estima pe baza diverselor modele matematice. Lucrările de referință care au analizat forma așchiilor în procesul de așchiere sunt reprezentate de cele ale următorilor autori: (Pop, 2014), (Zvorykin, 1896), (Rosenhain & Sturney, 1925), (Ernst & Merchant, 1941), (Palmer & Oxley, 1959),

(Komanduri & Brown, 1981), (Shaw & Vyas, 1993), (Davies et. al., 1996), (Poulachon & Moisan, 2000), (Becze & Elbestawi, 2002), (Shih et al., 2004), (Ancău, 2005).

Bazele teoriei aşchierii în corelaţie cu vibraţiile rezultate în timpul procesului de aşchiere au fost puse de către (Koenigsberger, 1964), (Tobias, 1965) şi (Merritt, 1965). Lucrările (Liao, 2007) şi (Khan & Ahmed, 2007) au prezentat influenţa lichidului de aşchiere, utilizat în procesul de aşchiere, asupra variaţiei forţelor de aşchiere. Asupra rugozităţii suprafeţei lucrarea (Liao, 2007), vine cu argumente care arată că cea mai bună rugozitate a suprafeţei se obţine în cazul frezării fără lichid de aşchiere a oţelului NAK-80.

O altă metodă, identificată în lucrarea (Berce et al., 1992), este cea a răcirii criogenice a sculelor din carburi, care conduce la reducerea forţelor de aşchiere, raportat la cazul utilizării lichidului de aşchiere. Acest fapt se datorează reducerii coeficientului de frecare dintre aşchie şi faţa de degajare a sculei.

Studii asupra uzurii sculelor aşchietoare şi abordarea fenomenelor de uzare din punct de vedere tribologic au fost realizate de către (Czichos, 1978), (Dumitraş, 1983), (Kraghelsky, 1982) şi (Belous, 1980), care au considerat cupla aşchie-sculă aşchietoare ca un sistem tribomecanic, format din elemente cu mişcări relative, un material care se interpune şi un mediu de lucru.

În anul 2003 apar mai multe lucrări care analizează variaţia forţelor de aşchiere prin utilizarea analizei cu element finit, cercetătorii cu mai multe studii asupra acestui fenomen au fost (Ozel, 2003) şi (Rodriguez, 2000).

În lucrarea (Choi, 2004) se prezintă o teorie destul de detaliată însoţită de o serie de aplicaţii referitoare la tehnicile de modelare a suprafeţelor ce urmează a fi utilizate de diferite soft-uri de proiectare asistată de calculator CAD/ prelucrare asistată de calculator CAM.

Necesitatea optimizării proceselor de aşchiere prin reducerea forţelor de aşchiere, a condus la un interes ridicat în rândul cercetătorilor, atât pe plan naţional cât şi internaţional, apărând o serie de modele de analiză şi optimizare identificate în lucrările: (Maurel et al., 2012), (Wan, 2007), (Iwabe, 2004), (Faassen et al., 2003), (Cus & Baalic, 2003), (Zuperl & Cus, 2003), (Saravanan et al., 2005), (Popescu, 1984) şi (Cus et al., 2006).

În lucrările (Sahasrabudhe et al., 2003) şi (Buj-Corral et al., 2010) autorii evidenţiază faptul că variază semnificativ calitatea suprafeţei, în funcţie de avansul pe rotaţie, dar şi în funcţie de pasul pe trecere (Lobonţiu et. al, 2011).

Mai multe modele de calcul a forţelor de aşchiere precum: modelul Merchant, modelul Hucks, modelul Fay, modelul liniar, modelul exponenţial şi modelul Kienzle sunt prezentate în lucrarea (Kerecheş et al., 1995).

Forţele generate în vederea desprinderii aşchiei conduc la consumul unei anumite cantităţi de energie. Acest proces este însoţit de degajare de căldură care este disipată în mediul ambient, fie este preluată de scula aşchietoare, de materialul prelucrat şi de către aşchia îndepărtată.

Pe plan internaţional există studii în acest domeniu, precum cele ale autorilor (Potdar, 2004), (Potdar, 2003), (Fallbohmer et al., 2000), (Markopoulos et al., 2011), (Hosokawa et al., 2007), studii bazate atât pe experimente cât şi pe analiza cu element finit a procesului.

Temperatura din zona de aşchiere are efecte decisive atât asupra rezistenţei tăişului sculei aşchietoare, cât şi asupra calităţii suprafeţei obţinute. Modul în care se propagă temperatura atât la nivelul tăişului sculei aşchietoare cât şi în celelalte medii, dar şi instrumente care contribuie la stabilirea variaţiei acesteia au fost evidenţiate în lucrările (Potdar, 2003) şi (Okada et al, 2006).

Timpul necesar realizării unui produs din momentul apariţiei necesităţii acestuia, şi momentul în care acesta poate fi utilizat în vederea satisfacerii nevoii pentru care a fost conceput, este constituit din timpi necesari desfăşurării unui număr mai mare de activităţi. În ceea ce priveşte prelucrările prin aşchiere este evident că dintre toate activităţile, procesul de prelucrare necesită cel mai lung timp de realizare a acestei activităţi (Fallbohmer et al., 2000).

În lucrarea sa (Erdel, 2003), a constatat că parametrii principali întâlniţi într-un proces de prelucrare sunt dependenţi de viteza de aşchiere utilizată, care poate conduce la creşterea sau descreşterea duratei de viaţă a sculei aşchietoare, a calităţii suprafeţei, volumului de aşchii îndepărtate şi a forţelor de aşchiere. Fiecare dintre aceste efecte au în final, influenţă asupra productivităţii şi costurilor pe care le necesită un proces.

Apariţia sistemelor moderne de prelucrare prin aşchiere a impus studii adecvate în vederea optimizării unitare a acestora în scopul creşterii eficienţei şi flexibilităţii, un model în acest sens fiind lucrarea (Nakamoto, 2003).

Dezvoltarea fabricaţiei industriale, marcată de o evoluţie foarte rapidă în competiţia economică actuală, impune realizarea de noi produse într-un timp cât mai scurt, la preţuri minime şi condiţii de calitate superioare. Pe de altă parte, noile produse, necesită piese cu configuraţii din cele mai complexe şi precizie tot mai ridicată pentru a creşte performanţa globală a produsului. Astfel, se impune ca o necesitate obiectivă, elaborarea şi

implementarea unor noi tehnologii de prelucrare prin aşchiere, precum şi noi materiale şi tipuri de scule cu proprietăţi aşchietoare superioare (aCosma, 2005).

1.2. INSTRUMENTE DE FREZARE: TIPURI ŞI MATERIALE

După cum reiese din analiza bibliografiei în domeniu, prelucrarea prin aşchiere are o vechime considerabilă, evoluţia acesteia fiind continuă, determinată de progresele realizate în domeniul elaborării de noi materiale pentru realizarea pieselor, sculelor aşchietoare şi perfecţionării maşinilor-unelte.

Având în vedere că dezvoltarea omului este inseparabilă de activitatea producerii de unelte, această activitate a dus la apariţia unui mediu tehnologic care s-a interpus între om şi natură.

O etapă importantă în evoluţia prelucrării prin aşchiere a constituit - o trecere de la sculele de mână la sculele de maşină prin realizarea acţionării acestora cu ajutorul maşinilor-unelte. Această etapă e succedată de cea de dezvoltare datorată progreselor realizate în domeniul materialelor pentru sculele aşchietoare.

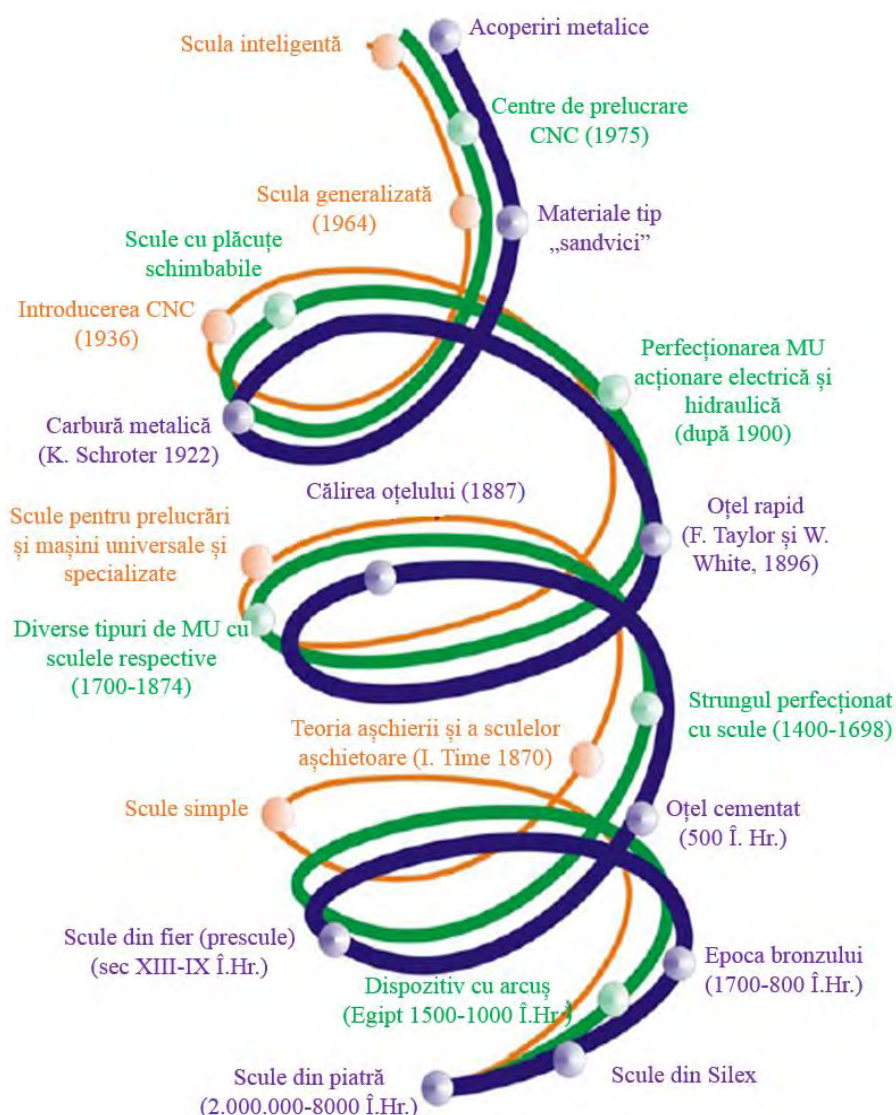


Fig. 1.1. Evoluţia sculelor aşchietoare (Inţă, 2010)

În anul 1907, în SUA Taylor şi White au pus bazele tehnologiei de obţinere a oţelurilor super aliate (91% elemente de aliare), denumite oţeluri rapide, care, utilizate în construcţia sculelor aşchietoare, au permis creşterea vitezei de aşchiere.

Între anii 1925 și 1930 în Germania s-au dezvoltat tehnologiile de obținere a carburilor metalice sinterizate utilizate sub formă de plăcuțe (plăcuțe Widia), care au permis creșterea vitezelor de așchiere, impunând totodată perfecționări ale cinematicii mașinilor-unelte.

Începând cu anul 1950, au apărut materialele minerale-ceramice pe baza de oxizi (frecvent Al_2O_3) care au o duritate mai mare decât materialele minerale-ceramice. Au fost realizate și combinații de materiale metalo-ceramice și minerale-ceramice, având denumirea de cermet. Materialele metalo-ceramice și minerale-ceramice predomină la ora actuală în componența sculelor așchietoare.

Creșterea performanțelor sculelor așchietoare se realizează la ora actuală prin optimizarea geometriei sculei, prin îmbunătățirea performanțelor materialelor existente și prin acoperirea cu un strat rezistent la uzură (din TiC sau TiN).

Începând cu anul 1950, ca materiale pentru partea activă a sculei așchietoare, s-au utilizat materiale superdure, precum: nitrura cubica de bor (NCB), safirul, rubinul, diamantul (natural, sintetic), materiale cristaline pe baza de diamant (PKD).

În lucrarea (Ință, 2010) este prezentată succint evoluția sculelor așchietoare (fig.1.1).

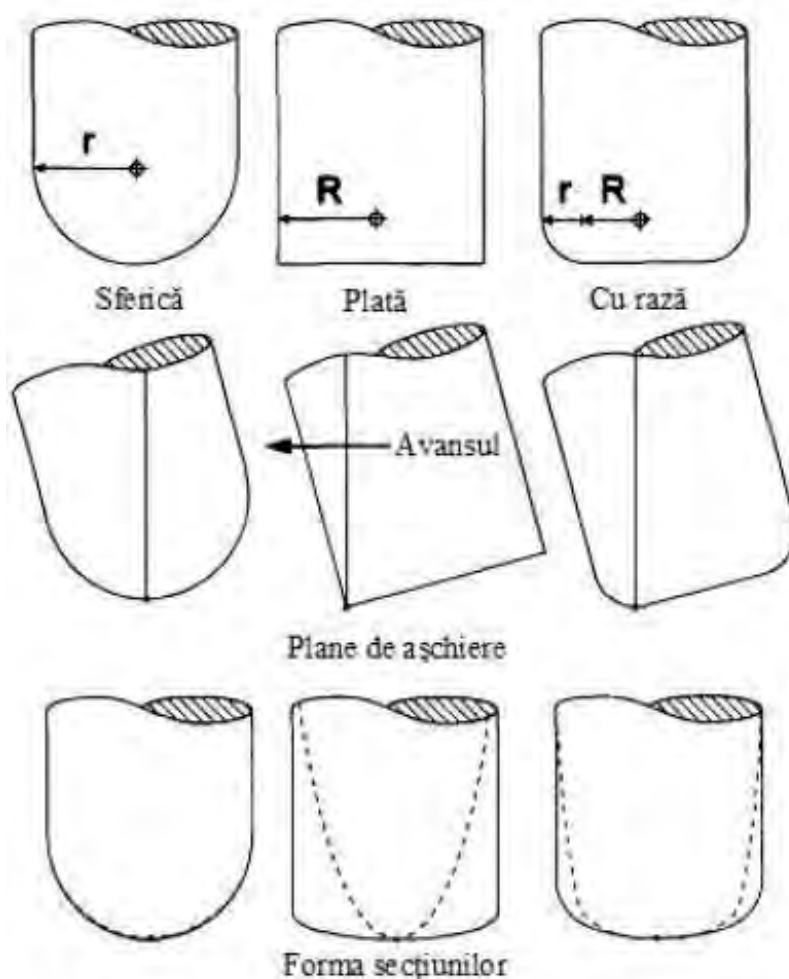


Fig. 1.2. Tipuri de freze cilindro-frontale (Rao et al., 1997)

Asupra clasificării detaliate a frezelor, pe plan național, acestea se regăsesc în SR ISO 3855:2011.

Pe baza materialului bibliografic, în lucrarea (Rao et al., 1997) a fost identificată o inventariere a tipurilor uzuale de freze cilindro-frontale (fig. 1.2). Această inventariere este necesară în scopul alegerii corecte a tipului de sculă necesară în vederea prelucrării unei anumite suprafețe.

1.2.1. Materiale pentru scule aşchietoare

Prin intermediul sculelor aşchietoare se desfăşoară întregul proces de aşchiere în condiţiile unor solicitări termo-dinamice importante care acţionează asupra tăişului sculei pe toată durata acţiunii lui. Datorită solicitărilor, materialele destinate execuţiei părţilor active ale sculelor trebuie să aibă anumite proprietăţi specifice, pentru menţinerea capacităţii de aşchiere a sculei pentru un interval de timp cât mai îndelungat.

În (De Vos & Stahl, 2014) sunt prezentate principalele materiale utilizate la fabricarea sculelor aşchietoare, alături de caracteristicile lor. O sintetizare a acestora s-a efectuat în tabelul 1.1.

Tabelul 1.1

Caracteristicile materialelor sculelor aşchietoare
(De Vos & Stahl, 2014)

Materialul	Duritatea, HV [kN/mm ²]	Temperatura de topire [°C]	Rezistenţa la încovoiere [N/mm ²]	Fragilitatea B _{tm}
Oţel de scule	7-9	200-400	1800-2600	1,1-1,4
Oţel rapid	7,6-10,5	600-700	2000-3100	1,15-1,25
Carburi metalice	9-10	600-700	650-800	3-4
Stelite	6,7-7,8	700-800	2000-2800	1,0-1,15
Aliaje dure	12,5-18	750-950	900-2400	1,5-5
Cermet	14-16	850-1100	2000-2500	1,8-2,5
Materiale ceramice	12-21	1100-1300	500-900	6-12
pcBN	25-67	950-1250	700-1200	2-3
Diamant policristalin, PDC, diamant compozit DDC	50-75	800	500-1100	6-11

În (Hollanda, 1987) sunt prezentate cele mai importante proprietăţi necesare materialelor sculelor aşchietoare, precum:

- duritate mare;
- adâncime mare de călire;
- tenacitate mare;
- stabilitate termică;
- rezistenţă mare la uzură;
- rezistenţă mare la compresiune şi încovoiere.

În privinţa materialelor pentru construcţia frezelor cilindro-frontale, acestea trebuie să aibă următoarele proprietăţi (Paraian, 2009):

- o bună stabilitate termică;
- o bună rezistenţă mecanică/termică în timpul prelucrării;
- o bună prelucrabilitate;
- tenacitate ridicată;
- tendinţa redusă la difuziune şi la aderare faţă de materialul de prelucrat;
- economicitate;
- duritate superioară faţă de materialul de prelucrat.

În funcţie de rezistenţa la uzură a principalelor materiale utilizate la fabricarea sculelor, acestea se pot grupa astfel (Găvrilaş, 1977):

- oţeluri de scule aliate şi nealiate;
- oţeluri rapide (oţeluri super rapide);
- stelite;
- carburi metalice sinterizate;
- materiale mineralo-ceramice;
- materiale abrazive;

- diamantul.

În cadrul procesului de frezare, cele mai răspândite scule sunt din oțel rapid, din materiale mineralo-ceramice și din carburi metalice sinterizate.

Caracteristicile fizice și tehnologice ale carburilor metalice sinterizate permit creșterea de două-trei ori a vitezelor de așchiere față de oțelurile rapide. De asemenea, una dintre cele mai importante proprietăți ale sculelor așchietoare din carburi metalice sinterizate este conductibilitatea termică. De această proprietate depinde disiparea căldurii degajate în timpul așchierii în zona tăișului sculei. O altă proprietate importantă a acestor materiale, este și rezistența la temperaturi înalte și coeficientul de dilatare care este de 2 - 2,2 ori mai mic decât cel al oțelului (Drăghici, 1979).

Granulația elementelor din compoziția carburilor metalice are cea mai mare influență asupra proprietăților fizice și tehnologice ale acestora.

În (De Vos & Stahl, 2014) sunt sintetizate informații privind istoricul dezvoltării sculelor așchietoare. Această evoluție, după cum se poate observa în figura 1.3, a fost prezentată în funcție de durata unei operații de așchiere și depinde direct de materialul sculei așchietoare.

Evoluția, dezvoltarea și inovarea noilor materiale de scule așchietoare a făcut posibilă satisfacerea cerințelor de producție.

În urma analizei figurii 1.3, se observă că raportarea întregului grafic se face la oțelul bogat în carbon care constituie o referință în compararea cu celelalte materiale.

Oțelul rapid dezvoltat în 1906 (De Vos & Stahl, 2014) conține aproximativ 20% carburi și, față de oțelul bogat în carbon, are o rezistență la uzură și o duritate la temperatură ridicată mult mai bune.

Stelitele apărute în 1915, constituie un grup de aliaje de turnătorie cu un conținut de aproximativ 50% carburi. Cu toate că acestea au o rezistență la uzură și o duritate ridicată la temperatură, mult mai mari decât a oțelului rapid, utilizarea lor a fost cam limitată.

Aliajele dure care constau din materiale sintetice cu un conținut de 90% carburi, combinate cu aliaje metalice - inițial cu fier, pe urmă cobalt, au fost comercializate în 1929 de concernul german Krupp, urmat de Fagersta Bruk (SECO TOOLS AB) în 1932 și Sandvikens Jernverk (Sandvik Coromant) în 1942 (De Vos & Stahl, 2014).

Plăcuțele indexabile au fost introduse la jumătatea anilor 1950, a căror dezvoltare ulterioară a dus la reducerea semnificativă a costurilor sculelor așchietoare necesare în procesele de fabricație.

În 1969 au fost dezvoltate carburile metalice cu acoperire. Versiunea lor inițială consta în acoperirea cu titan, ulterior alte substanțe de acoperire au jucat un rol major în dezvoltarea sculelor așchietoare moderne (De Vos & Stahl, 2014).

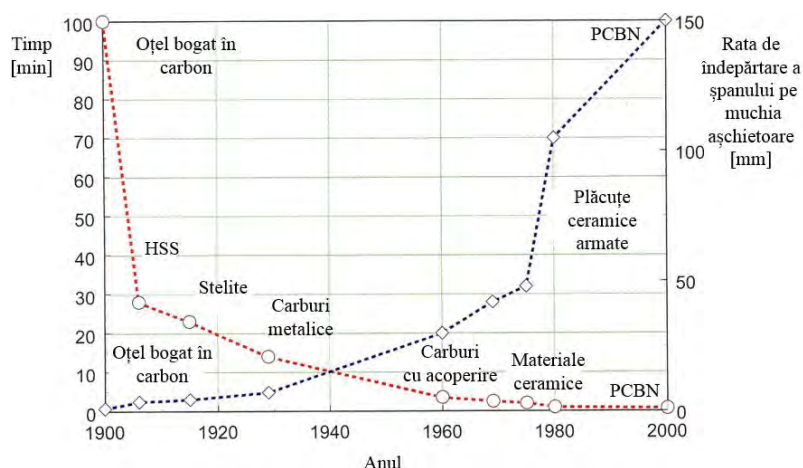


Fig. 1.3. Istoricul dezvoltării materialelor sculelor așchietoare raportat la timpul de prelucrare și la capacitatea sculei de îndepărtare a șpanului (De Vos & Stahl, 2014)

Cermetul este un tip de carbură metalică cu acoperire pe bază de TiC și TiN având ca liant Ni. În general cermetul este mai fragil decât alte carburi metalice, fiind utilizat în primul rând în cadrul operațiilor de finisare, pentru obținerea unor suprafețe cât mai bune.

În privința materialelor ceramice, acestea sunt foarte dure și rezistente la temperaturi înalte însă au un dezavantaj - fragilitatea. În ultimii ani s-au descoperit metode de utilizare ale materialelor ceramice în aceste condiții. Materialele ceramice utilizate la fabricarea sculelor așchietoare sunt în mare parte Al_2O_3 și Si_3N_4 .

Nitrura cubică de bor policristalină (PCBN) conține granule de nitrură cubică de bor având un liant ceramic sau metalic în condițiile unor presiuni și temperaturi foarte ridicate pentru omogenizarea materialului.

PCBN deține combinația extremă a următoarelor proprietăți importante: duritate suficient de mare pentru a rezista la deformății plastice sau abraziune, un nivel între moderat și înalt de rezistență la rupere și, un nivel între moderat și foarte înalt al conductivității termice care face optimă disiparea suficientă a căldurii (De Vos & Stahl, 2014).

1.2.2. Acoperiri pentru tăișuri

Datorită faptului că proprietățile și duritatea în zona de așchiere sunt păstrate până la 7500C în cazul carburilor metalice, la această temperatură apare o difuziune a dioxidului de carbon care acționează cu materialul așchiat, și astfel se produce o deteriorare a tăișului sculei așchietoare și totodată se accelerează uzura acesteia. În sprijinul acestui neajuns, producătorii de scule au dezvoltat acoperirile superficiale pentru a proteja materialul de bază al sculei față de fenomenele apărute în zona de așchiere, fiind mărită durabilitatea sculei așchietoare.

Procedeele utilizate pentru depunerea acoperirii superficiale sunt:

- PVD – Depunerea fizică a vaporilor, depunere de material la temperatură joasă, pentru a fragiliza cât mai puțin stratul de carbură metalică;
- CVD – Depunerea chimică a vaporilor, depunere de material în cuptoare la temperatura de 800 - 1000°C. Stratul de acoperire poate mări considerabil durabilitatea sculelor, așa cum rezultă din figura 1.4, unde sunt comparate din punct de vedere al uzurii, două prelucrări prin așchiere utilizând scule cu și fără strat de acoperire, după cum se prezintă în (Folea, 2003).

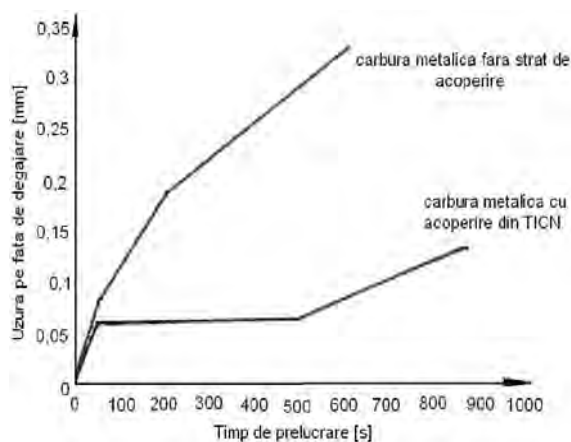


Fig. 1.4. Uzura în cazul unei scule așchietoare acoperite și în cazul unei scule așchietoare neacoperite (Folea, 2003)

Principalele caracteristici ale acoperirilor sunt:

- duritate mare la temperaturi ridicate;
- rezistență la uzură;
- conductivitate termică scăzută;
- rezistență mare la difuziune și oxidare;
- antiaderența.

Ulterior, au fost realizate plăcuțe cu diverse tipuri de acoperiri care îmbunătățesc procesul de prelucrare prin așchiere.

Conform catalogului Seco, 2008 cele mai utilizate acoperiri sunt:

- nitrura de titan (TiN);
- carbonitrura de titan (TiCN);
- nitrura de crom (CrN);

- nitrura de aluminiu și titan (TiAlNi).

Principalele caracteristici ale acoperirilor sunt:

- duritate mare la temperaturi ridicate;
- rezistență la uzură;
- conductivitate termică scăzută;
- rezistență mare la difuziune și oxidare;
- anti aderență.

În zilele noastre mai mult de 90% din totalitatea plăcuțelor amovibile sunt acoperite cu astfel de straturi, fiindcă utilizarea acoperirilor superficiale ale sculelor așchietoare are avantaje de natură tehnico-economică prin creșterea vitezelor de așchiere, reducerea fenomenului de uzură și reducerea costurilor proceselor de fabricare (Ivan, 2011).

1.3. ALIAJELE DE ALUMINIU: CARACTERISTICI ȘI APLICAȚII

În urma studiului bibliografic efectuat asupra materialelor utilizate în procesele de așchiere, s-a constatat că de-a lungul ultimului deceniu cercetările au fost axate în special asupra oțelurilor. Această afirmație este susținută de reprezentarea grafică din figura 1.5, preluată din lucrarea (Bonțiu Pop & Lobonțiu, 2014), unde se prezintă comparația procentuală privind frecvența utilizării materialelor semifabricatelor.

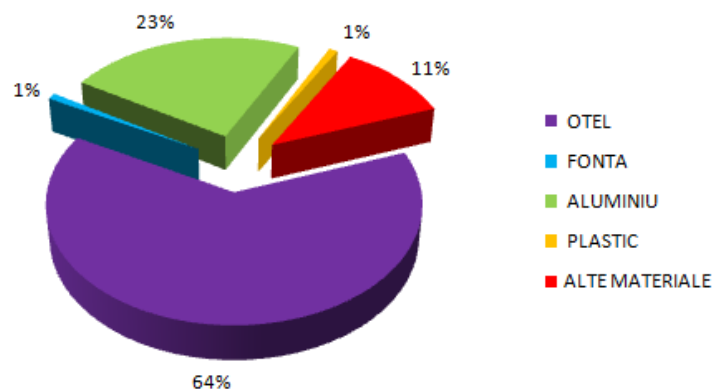


Fig. 1.5. Comparație procentuală privind frecvența utilizării materialelor semifabricatului (Bonțiu Pop, 2015)

În urma analizei figurii menționate (Fig. 1.5), s-a constatat că aluminiul a fost studiat doar în proporție de 23%, astfel, s-a identificat nevoia de a îndrepta atenția spre cercetările în domeniul prelucrării prin așchiere a aliajelor de aluminiu.

Privind istoricul aliajelor de aluminiu, conform wikipedia, 2015, în anul 1760, un anumit oxid metalic care prezenta stabilitate și nu putea fi redus a fost extras din alaun și numit alumină de către chimistul francez L.G. Morveau.

A urmat chimistul Lavoisier, care în 1787 a constatat că alumina este un oxid al unui metal necunoscut până atunci.

În 1807 Sir Humphry Davy a concluzionat că reducerea compuşilor chimici stabili ar trebui să se facă electrolitic cu ajutorul unei noi celule voltaice, reuşind obținerea sodiului, potasiului, bariului, stronțului și al calciului în formă metalică. Deși eșuase în încercările sale de a obține acest element, denumindu-l aluminiu, era evident că restul metalelor obținute de el prezentau un caracter reducător mai puternic decât al carbonului și al hidrogenului.

Pierre Berthier a descoperit în anul 1821 lângă Baux-de-Provence o mină în care exista un mineral ce conținea mai mult de 50% de oxid de aluminiu. Mineralul a fost numit bauxită.

Chimistul Oersted în 1825, a reușit să izoleze metalul pentru prima dată într-o formă mai mult sau mai puțin pură, printr-o metoda complexă de distilare. Produsul rezultat fiind o pulbere gri, care a fost descrisă ca aluminiu, deși era posibil să fi conținut o cantitate mare de oxid.

În 1827, Wohler îmbunătățise metoda de reducere propusă de Oersted prin utilizarea unui proces gazos în care tricolorura de aluminiu volatilizată reacționa cu potasiul metalic. Potasiul era un metal rar și foarte reactiv, iar tricolorura de aluminiu, datorită higroscopicității sale era un material cu care se lucra greu. Experimentele inițiale ale lui Wohler produceau cantități mici de pudră de aluminiu, însă nu constau baza producerii aluminiului în masă.

În anul 1886, Charles Martin Hall, student la colegiul Oberlin, a obținut cantități mici de aluminiu prin electroliza oxidului de aluminiu dizolvat în criolit topit, folosind electrozi de cărbune. Cu toate că procesele de extragere au suferit îmbunătățiri, preturile scădeau încontinuu, iar în 1889 se descoperise un procedeu simplu de extragere al aluminiului.

Invenția dinamului de către Siemens în anul 1866 a ușurat producerea procesului de electroliză pentru extragerea metalului. În 1898 a fost dezvoltată metoda Bayer. Acest lucru a făcut posibilă producerea prafului de alumină din bauxită pe scară largă.

Anul 1900 marchează perioada când producția mondială de aluminiu a ajuns la 6700 de tone, 1939 cu 700000 de tone și 1943 cu 2.000.000 de tone, datorită celui de-al doilea război mondial. De atunci, producția crescuse mai mult decât cea a celorlalte metale neferoase (conform wikipedia, 2015).

Printre domeniile de utilizare a aluminiului, se numără (conform Sapa, 2014):

- industria aerospațială - datorită rezistenței sale la oxidare, proprietăților mecanice bune și densității sale mici;
- în construcții - acolo unde este necesar un material ușor și rezistent;
- în industria automobilelor – cazuri în care prin utilizarea aluminiului este posibilă reducerea greutății cu până la 50 de procente în comparație cu alte materiale, în majoritatea aplicațiilor. Aceasta se poate realiza cu păstrarea nivelurilor de siguranță;
- semne de circulație – Blinkfyrr a produs inițial semnele de circulație din plăci de metal cu margini cutate. Astăzi, produsul său principal este un sistem modular bazat pe profile care glisează unul într-altul și sunt fixate împreună. În ciuda faptului că aceste structuri sunt expuse la vânt, intemperii și substanțe poluante din aer, ele au o durată lungă de viață. Rezistența la coroziune a aluminiului este importantă în aceasta privință;
- camioane și autobuze;
- colectoare solare termice;
- ambarcațiuni de agrement;
- ferestre și, lista ar putea continua.

Aliajele de aluminiu care sunt potrivite pentru piese turnate conțin până la 15% siliciu, plus cantități mai mici de metale precum cuprul, fierul, nichelul și zincul. Printre articolele turnate din asemenea aliaje ușoare se numără blocurile de cilindri de motor și componente pentru motoare și fuzelaje de aeronave. Aliajele de aluminiu potrivite pentru alte procese de modelare, precum forjarea, laminarea și trefilarea conțin până la 7% magneziu și circa 1% mangan. Aliajele de acest tip, cu o utilizare largă în aviație, se obțin cu circa 5% zinc și cantități mai mici de cupru, magneziu și mangan.

Una dintre obsesiile proiectanților de avioane este legată de reducerea permanentă a greutății aeronavelor. Reducerea greutății duce la scăderea consumului de combustibil și, implicit, a costurilor de exploatare. Cercetătorii de la Agenția Spațială Europeană (ESA) au dezvoltat o tehnologie cu ajutorul căreia se poate reduce greutatea motoarelor de aviație.

Producerea aliajelor de aluminiu este relativ recentă, majoritatea materialelor fiind introduse în anii 1900. Primele de acest gen au fost cele de înaltă rezistență de tip dural (Al-Cu-Mg). După 1950 aceste aliaje au continuat să rămână materiale de bază pentru toate tipurile de avioane care nu suportă o încălzire aerodinamică mai mare de 100°C, cu toate că domeniul lor de aplicare s-a redus din cauza apariției aliajelor de aluminiu speciale de tip zical (Al-Zn-Mg-Cu).

Utilizarea semifabricatelor din aliaje Al-Zn-Mg-Cu, a însemnat un câștig semnificativ privind greutatea construcțiilor aeronavelor. Datorită valorilor ridicate ale limitei de curgere a aliajului 7075 cu Al-Zn-Mg-Cu, semifabricatele din acest aliaj pot fi folosite pentru majoritatea elementelor de construcție încărcate cu sarcini de comprimare, cum ar fi: panourile superioare ale aripilor, zona de comprimare a fuzelajului, stâlpii etc. Câștigul în greutate al construcției poate fi în acest caz de 5 până la 8% în comparație cu construcțiile din aliajele 2014 sau 2024 din categoria aliajelor de aluminiu de tip dural (Al-Cu-Mg).

În momentul alegerii aliajelor de aluminiu de înaltă rezistență destinate industriei aeronautice trebuie să se țină cont de:

- caracteristici de rezistență mecanică ridicate;
- plasticitate satisfăcătoare;
- rezistență la dezvoltarea sub sarcină a fisurilor în mediul coroziv;
- să posede o înaltă rezistență la oboseală;
- rezistență suficientă la temperaturi relativ ridicate.

Realizarea acestor cerințe este legată de întrebuințarea aliajelor de aluminiu speciale în construcția de avioane. În afară de acestea, aliajele trebuie să posede și proprietăți tehnologice determinate, care să asigure o producție de serie a semifabricatelor în cadrul unităților metalurgice, o prelucrabilitate a acestora și o stabilitate a proprietăților și a calității semifabricatelor și produselor finite realizate din aceste aliaje.

Cu toate acestea, pentru creșterea raportului rezistență mecanică/greutate specifică este necesar să se continue cercetările privind perfecționarea aliajelor de aluminiu de înaltă rezistență, să se stabilească condițiile necesare pentru realizarea complexului de caracteristici ale acestora în funcție de condițiile de exploatare, de caracterul și de valorile sarcinilor la care sunt supuse. Aliajele de aluminiu speciale din sistemul Al-Zn-Mg-Cu, de tip zical, precum AlZn5Mg2CuCr (7075 după normele A.A.-SUA, respectiv V 95 după GOST rusești) prezintă caracteristici deosebite cum sunt: rezistența mecanică ridicată, rezistență la propagarea fisurilor și rezistență la oboseală, ceea ce le conferă un plus de interes în comparație cu aliajele de aluminiu speciale din sistemul Al-Cu-Mg, de tip dural, considerate până de curând ca fiind cele mai performante.

În stările finale prevăzute în normele de aviație străine și românești, aliajele speciale din sistemul Al-Zn-Mg-Cu prezintă necesitatea de a adopta căliri drastice, pentru a asigura caracteristici mecanice ridicate.

1.3.1. Aliaje de aluminiu în industria aeronautică

Astăzi, aluminiul și aliajele sale, sunt considerate a fi cele mai practice metale datorită mai multor motive. Prețul mic, greutatea scăzută, aspectul modern sunt printre principalele motive ale utilizării acestor materiale pe scară largă. Aluminiul prezintă conductivitate electrică, e un bun conductor termic, nu este magnetic, este reflexiv și rezistent la substanțe chimice. Este frecvent utilizat în industria construcțiilor, în marină și în industria aeronavelor, datorită ușurinței în prelucrare, non-toxicității și rezistenței la coroziune. Anodizarea îi crește această rezistență și, de asemenea, permite finisaje irizate în diferite culori.

Datorită faptului că unele aliaje sunt ușor corozive, acestea sunt placate cu un strat subțire de aluminiu pentru o protecție sporită.

Conform Aerospace Specification Metals, 2014, în afară de anodizare, pentru diferite finisaje irizate, suprafața de aluminiu poate fi modificată prin finisare mecanică și matrițare, gravură și galvanizare. Prelucrarea aluminiului este posibilă, cu o mare ușurință și viteză. Aluminiul poate fi ușor îmbinat prin nituire, sudare sau lipire. O rezistență și mai bună a aluminiului poate fi obținută prin prelucrarea la rece urmată de consolidarea și călirea care se poate efectua prin tratamente termice, această combinație fiind cunoscută sub denumirea de grad de călire (temper). Aluminiului și aliajelor sale, le poate scădea rezistența la temperaturi ridicate dar totodată să le crească rezistența la scăderea temperaturilor.

În Aerospace Specification Metals, 2014, sunt prezentate caracteristicile specifice aliajelor de aluminiu.

1. Clasificarea aliajelor de aluminiu în funcție de elementele de aliere principale

- aliajele de aluminiu din seria 1000 – conțin aluminiu minim 99% - prezintă rezistență excelentă la coroziune, conductivitate termică și electrică mare, proprietăți mecanice reduse;
- aliajele de aluminiu din seria 2000 – conțin cupru – prezintă proprietăți mecanice ridicate, limită de curgere crescută, este cea mai cunoscută și mai utilizată serie pe scară largă în construcția aeronavelor;
- aliajele de aluminiu din seria 3000 – conțin mangan – prezintă o bună prelucrabilitate și sudabilitate, rezistență ridicată la coroziune, duritate moderată;
- aliajele de aluminiu din seria 4000 – conțin siliciu – prezintă punct de topire scăzut, serie utilizată pe scară largă în cazul electrozilor de sudură și ca aliaj de lipire;

- aliajele de aluminiu din seria 5000 – conțin magneziu – prezintă o rezistență moderată spre înaltă, caracteristici de sudare bune, o bună rezistență la coroziune, mai ales în mediile marine;
- aliajele de aluminiu din seria 6000 - conțin magneziu/siliciu – prezintă o capacitate bună de formare și rezistență la coroziune, duritate moderată;
- aliajele de aluminiu din seria 7000 – conțin zinc – este seria aliajelor cu cea mai mare rezistență și duritate disponibilă în momentul de față, este utilizată în structurile cadre ale aeronavelor.

2. Principalele simboluri ale tratamentelor termice ale aluminiului sunt:

- F = așa cum a fost fabricat – adică nu s-a verificat tratamentul termic sau ecruisarea după operațiile de fabricare (turnare, prelucrare la cald sau prelucrare la rece);
- O = recoacere – prin acest tratament rezultă cea mai mică rezistență și cea mai mare ductilitate;
- H = ecruisare (aplicat doar produselor obținute prin deformare) – folosit pentru produse cu rezistență ridicată obținută în urma ecruisării, cu sau fără aplicarea ulterioară a unui tratament termic;
- W = tratament de punere în soluție – rar întâlnit deoarece este un grad de călire instabil aplicabil doar aliajelor care sunt îmbătrânite la temperatura mediului ambiant după tratamentul termic;
- T = tratament de punere în soluție – utilizat pentru produsele cărora li s-a ridicat duritatea prin operația de ecruisare sau în lipsa acesteia.

Seriile de aliaje menționate mai sus, pot avea mai multe grade de călire care le influențează semnificativ proprietățile.

3. Codificarea gradelor de călire T – tratamente termice:

- T1 = răcit la o temperatură ridicată în cadrul procesului de fabricare și îmbătrânit natural în condiții stabile.
- T2 = răcit la o temperatură ridicată în cadrul procesului de fabricare, prelucrat la rece și îmbătrânit natural în condiții stabile.
- T3 = tratat prin operația de tratament de punere în soluție, prelucrat la rece și apoi îmbătrânit natural în condiții stabile.
- T4 = tratat prin operația de tratament de punere în soluție și îmbătrânit natural în condiții stabile.
- T5 = răcit la o temperatură ridicată în cadrul procesului de formare și apoi îmbătrânit artificial.
- T6 = tratat prin operația de tratament de punere în soluție și apoi îmbătrânit artificial.
- T7 = tratat prin operația de tratament de punere în soluție și apoi îmbătrânit / stabilizat.
- T8 = tratat prin operația de tratament de punere în soluție, prelucrat la rece apoi îmbătrânit artificial.
- T9 = tratat prin operația de tratament de punere în soluție, îmbătrânit artificial apoi prelucrat la rece.
- T10 = răcit la o temperatură ridicată în cadrul procesului de formare, prelucrat la rece apoi îmbătrânit artificial.

Cifrele suplimentare pot fi folosite după primul număr al gradului de călire pentru a indica ulterior revenirea în urma tensiunilor rezultate prin procesele de întindere, de compresiune sau de întindere – compresiune.

Așadar, din seriile de aliaje menționate mai sus, cele mai utilizate în industria aeronautică sunt 2000, 5000, 6000 și 7000.

Seria 2000 conține aliaje fără durificare structurală, iar celelalte trei serii conțin aliaje cu durificare structurală ceea ce permite obținerea unor caracteristici mecanice superioare, acestea fiind denumite aliaje de înaltă rezistență.

Aliajele de aluminiu de înaltă rezistență cu aplicațiile cele mai numeroase în aeronautică sunt cele care fac parte din sistemele Al-Cu-Mg (aliaje de tip dural) și Al-Zn-Mg-Cu (aliaje de tip zical).

Mai detaliat, din seriile sus menționate, aliajele cele mai frecvent utilizate în industria aeronautică sunt: Al7068, Al7075, Al6061, Al6063, Al2024 și Al5052 (Shevell, 1989). Se mai utilizează de asemenea, dar nu atât de frecvent și Al2090, Al2124, Al2195, Al2219, Al2324, Al5059, Al6013, Al7050, Al7055, Al7150 și Al7475.

Tabelul 1.2

Compoziția chimică a aliajelor de aluminiu cel mai frecvent utilizate în industria aeronautică

Aliajul	Compoziție chimică [%]									
	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Cr	Zn	Ti	Zr	Al
2024	0,5	0,5	3,8-4,9	0,3-0,9	1,2-1,8	0,1	0,25	0,15		Diferența
5052	0,25	0,4	0,1	0,1	2,2-2,8	0,15-0,35	0,1			
6061	0,4-0,8	0,7	0,15-0,4	0,15	0,8-1,2	0,04-0,35	0,25	0,15		
6063	0,2-0,6	0,35	0,1	0,1	0,45-0,9	0,1	0,1	0,1		
7075	0,4	0,5	1,2-2,0	0,3	2,1-2,9	0,18-0,28	5,1-6,1	0,2		
7068	0,12	0,15	1,6-2,4	0,1	2,2-3,0	0,05	7,3-8,3	0,01	0,05-0,15	

În tabelul 1.2 este prezentată compoziția chimică a principalelor aliaje utilizate în industria aeronautică.

Proprietățile fizice și caracteristicile mecanice ale diferitelor serii de aluminiu sunt influențate de prezența impurităților. Cele mai frecvente impurități din aluminiu sunt fierul și siliciul, elemente care se pot găsi până la 0,5-0,6% fiecare.

Fierul este practic insolubil în aluminiu, formând cu acesta eutecticul Al-Al₃Fe care conține doar 7% Al₃Fe (1,7%Fe). Ca urmare aluminiul impurificat cu fier prezintă un aspect microscopic format din cristale poliedrice de aluminiu și precipitate aciculare de Al₃Fe. Eutecticul din sistemul Al-Si se formează la 11,7% Si și este alcătuit din soluție solidă α și siliciu. Dacă în același timp sunt prezente simultan fierul și siliciul, se formează două faze noi: faza α (Fe₃SiAl₃) și faza β (FeSiAl₅), care nu există în aliaje binare. Acești compuși, situați în mod obișnuit la limitele cristalelor de aluminiu micșorează mult plasticitatea acestuia.

Aluminiul se caracterizează prin plasticitate foarte mare, rezistență mecanică mică, conductibilitate electrică și termică ridicată și rezistență mare la coroziune în aer, apă și acizi organici.

Principalele proprietăți ale aluminiului care influențează defavorabil sudabilitatea sunt:

- conductibilitatea termică ridicată și o temperatură de topire redusă (650°C);
- coeficientul mare de dilatare al aluminiului, ceea ce determină producerea de tensiuni permanente și deformări mari;
- la încălzire, aluminiul nu își schimbă culoarea, motiv pentru care la sudare nu se poate aprecia vizual gradul de încălzire; dificultatea se mărește, deoarece aluminiul se topește în mod brusc;
- fragilitatea aluminiului la temperaturi înalte; deformarea și fisurarea pereților se preîntâmpină prin fixarea cât mai exactă a piesei pe suporturi;
- în stare lichidă, aluminiul absoarbe rapid oxigenul, reduce rezistența îmbinării;
- oxidul de aluminiu având punctul de topire ridicat (2050°C) formează o pojghiță solidă care împiedică sudarea; îndepărtarea oxidului se poate realiza pe cale chimică prin utilizarea unor fluxuri care formează cu oxidul o zgură ușor fuzibilă și care protejează metalul topit.

Referitor la caracteristicilor mecanice ale principalelor aliaje de aluminiu de înaltă rezistență utilizate în industria aeronautică, acestea variază în funcție de mai mulți factori. Dintre aceștia, cei mai importanți sunt: compoziția chimică și starea structurală, gradul de deformare și direcția de curgere a materialului metalic în procesul de deformare plastică, precum și tratamentele termice aplicate.

Aliajele relativ bogate în zinc și magneziu prezintă caracteristici mecanice ridicate după punerea în soluție, călire în apă și îmbătrânire artificială. Dar, dacă tratamentul de călire se efectuează în aer, caracteristicile sunt considerabil mai scăzute, de asemenea la călire în aer și îmbătrânire artificială caracteristicile rămân relativ apropiate de acelea ale aliajelor mai puțin bogate în zinc și magneziu.

1.3.2. Scule pentru frezarea aliajelor de aluminiu

Alegerea sculelor aşchiitoare, conform Alumatter, 2014 pentru o operaţie de frezare depinde de mai multe criterii, cum ar fi:

- forma piesei care trebuie prelucrată;
- tipul aliajului;
- operaţia de degroşare, finisare etc.;
- caracteristicile maşinii unelte.

Operaţiile de frezare a aliajelor de aluminiu pot fi clasificate în funcţie de domeniul de aplicare, în două categorii:

- situaţia în care volumul materialului de îndepărtat este foarte ridicat (componentele aeronautice);
- situaţia în care timpul de prelucrare este scurt, dar numărul de operaţii diferite este mare (componentele automobilelor)



ig. 1.6. Freză cu plăcuțe PCD conform Alumatter, 2014



Fig. 1.7. Freză cu structură monolitică conform Alumatter, 2014



Fig. 1.8. Freză monobloc conform Alumatter, 2014

În ceea ce priveşte geometria de ansamblu a sculei aşchiitoare, spre exemplu, plăcuţele aşchiitoare din diamant policristalin (PCD) cu un diametru de 80 mm, permit prelucrarea suprafeţelor cu viteze foarte mari de aşchiere (fig.1.6).

Un alt exemplu sunt frezele cu o structură monolitică (corpul frezei este comun cu coada/dornul de fixare), care au o rigiditate mai ridicată, permiţând astfel o rată mai mare de îndepărtare a materialului în cazul producţiei de piese. Numărul de dinţi la acest tip de sculă este limitat pentru a favoriza evacuarea aşchiilor (fig.1.7). În mod similar, freza monobloc din carburi are doar doi dinţi pentru favorizarea evacuării aşchiilor (fig.1.8).

În general diametrul acestor scule aşchiitoare utilizate la prelucrarea aluminiului este mai mic de 20 mm (după Alumatter, 2014).

1.4. PROVOCĂRI ŞI SOLUŢII ÎN PRELUCRABILITATEA ALUMINIULUI

Referitor la prelucrarea aliajelor de aluminiu, utilizarea vitezelor înalte în scopul sporirii productivităţii, reprezintă o adevărată provocare având în vedere că, o creştere a vitezei conduce implicit la o accelerare a uzurii sculelor aşchiitoare.

În scopul evidenţierii prelucrabilităţii aluminiului şi a aliajelor sale s-a întocmit un raport bibliografic amănunţit care presupune mai multe cercetări:

- studiul privind urmărirea şi analizarea frecvenţei tipurilor de aliaje studiate în bibliografia specifică;

- studiul privind evidențierea frecvenței utilizării tipurilor de operații de așchiere folosite în cercetările experimentale ale comportării aluminiului și aliajelor sale;
- studiul privind frecvența utilizării parametrilor de așchiere ca variabile de intrare în studiul proceselor de așchiere;
- studiul factorilor geometrici, a celor de stare și a celor de acțiune sub influența parametrilor regimului de așchiere și a parametrilor de proces.
- studiul privind modelarea rezultatelor experimentale obținute în urma prelucrării prin așchiere a aliajelor de aluminiu

Așadar, primul pas constă în analiza cercetărilor realizate în direcția studierii aluminiului și a aliajelor sale.

1.4.1. Studii privind prelucrabilitatea aluminiului în funcție de tipurile de aliaje

Datorită proprietăților aluminiului aliat care fac din acest material unul valoros, varietatea aplicațiilor sale este într-o continuă creștere. Așa cum s-a prezentat anterior, aliajele de aluminiu conțin elemente de aliere tipice, cum ar fi cupru, magneziu, mangan, siliciu și zinc, în care aluminiul (Al) este metalul predominant.

În acest sens abordarea va demara de la un punct de vedere propriu asupra problemei aliajelor de aluminiu, expus prin intermediul figurilor 1.9 și 1.10.

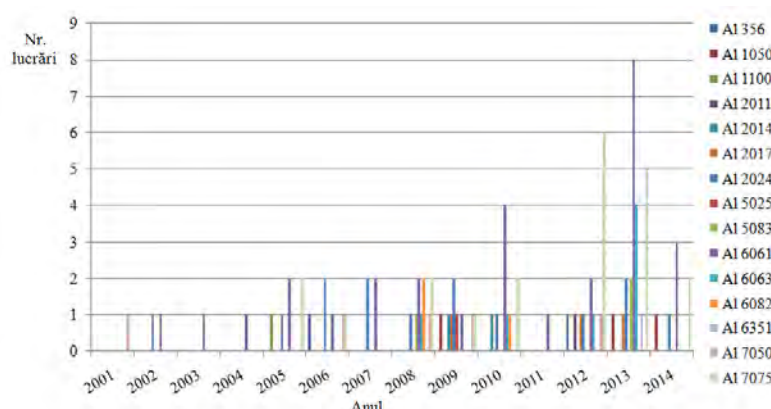


Fig. 1.9. Comparație privind frecvența cercetărilor în domeniul prelucrabilității aliajelor de aluminiu în funcție de an și de numărul de lucrări

În figura 1.9, s-a urmărit evidențierea nivelului de cercetare al prelucrabilității aliajelor de aluminiu în funcție de an și de numărul de lucrări identificate în urma studiului bibliografic efectuat.

Primul aspect demn de remarcat din grafic este că prelucrarea și cercetarea aluminiului a luat amploare după perioada anilor 2000, perioadă precedată de studierea masivă a oțelurilor.

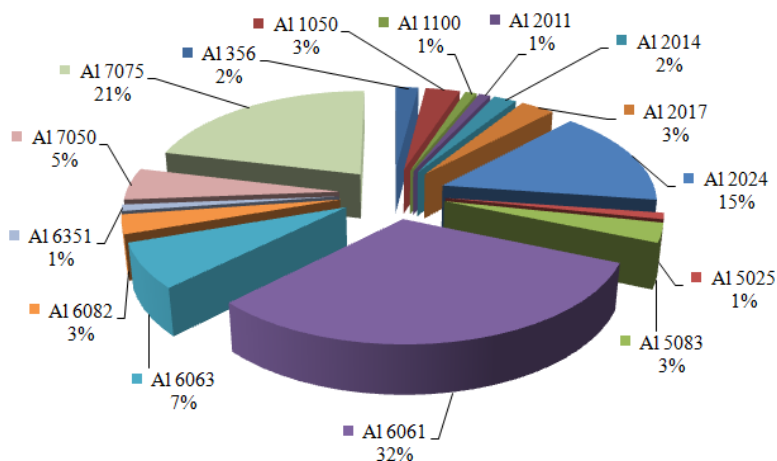


Fig. 1.10. Comparație procentuală privind frecvența cercetărilor în domeniul prelucrabilității aliajelor de aluminiu (anii 2000-2014)

În Anexa 1 care este intitulată „Clasificarea referințelor bibliografice aferente stadiului actual” (tabelul 1) se regăsesc referințele bibliografice privind utilizarea aliajelor de aluminiu în funcție de an și numărul de lucrări după care s-au reprezentat figurile 1.9 și 1.10.

Aliajele de aluminiu Al6061, Al7075 și Al2024 au fost cel mai frecvent cercetate datorită caracteristicilor mecanice superioare pe care le dețin față de celelalte aliaje.

Cercetările cu un procent mai mare, după cum se poate observa din figura 1.10 s-au realizat asupra aliajului Al6061 care ocupă o proporție de 32%.

Printre lucrările de referință în care este studiat Al6061 sunt: (Potdar & Zehnder, 2003) care au urmărit temperatura și deformările apărute în piesă și în așchie în timpul prelucrării; (Wince, 2002) a studiat modul de formare al așchierii în cazul așchierii ortogonale folosind metoda de analiză cu element finit, (Bakkal et al, 2004) și (Kazban, 2005).

Shankar a abordat problema caracteristicilor aliajului Al6061-T6 rezultate în urma deformărilor plastice care afectează microstructura suprafeței așchiate (Shankar et al., 2005).

În lucrarea (Gopalakrishna et al., 2014), Gopalakrishna a studiat efectele frecării asupra forțelor de așchiere în strunjirea ortogonală a aliajului Al6061-T6. În figura 1.11 sunt prezentate rezultatele obținute când coeficientul de frecare ia diferite valori cuprinse între 0 și 1. După cum se observă, forțele sunt mai mici în situația în care coeficientul de frecare are valori sub 0,5.

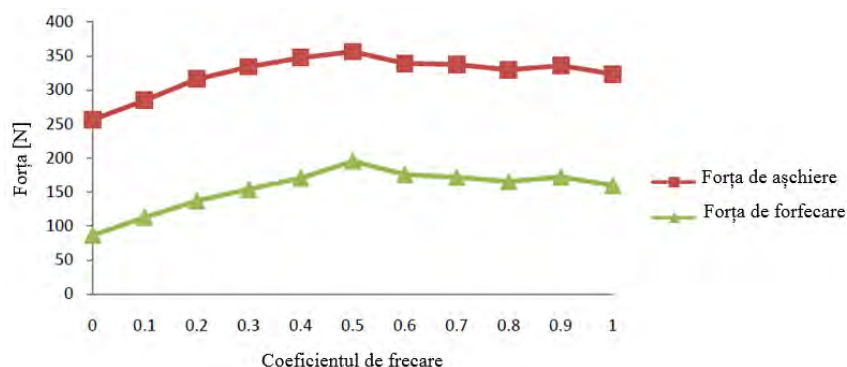


Fig. 1.11. Variația forțelor de așchiere/forțelor de forfecare în funcție de coeficientul de frecare (Gopalakrishna et al., 2014)

Alte lucrări în care este analizată prelucrabilitatea aliajului de aluminiu 6061 aparțin lui: (Limido et al., 2006), (Limido et al., 2007), (Pramanik et al., 2007), (Chieragatti et al., 2008), (Kadargama et al, 2008), (Wang et al., 2009), (Hwang, 2010), (Sasimurugan & Palanikumar, 2010), (Sivarao et al., 2010), (Chandrasekaran, 2011), (Ariff et al., 2012), (Mishra et al., 2010), (Abou-el-hossein et al., 2013), (Djebara et al., 2013), (Gulhane et al., 2013), (Reddy et al., 2013), (Thamban et al., 2013), (Shekh & Khan, 2013), (Kouam et al., 2014) și (Murthy et al., 2014).

De asemenea, (Kuttolamadom et al, 2010) a urmărit prelucrabilitatea acestui aliaj prin studiul efectului vitezei de avans asupra rugozității suprafeței.

Prin intermediul figurii 1.12 preluate din lucrarea acestuia este indicată variația rugozității în funcție de avans și viteza de așchiere. Se observă că rugozitatea suprafeței crește odată cu creșterea avansului pe dinte până la valoarea de 0,04 mm/dinte și la viteze de așchiere cuprinse între 160-240 m/min. Acest lucru sugerează o dependență a rugozității suprafeței de avansul pe dinte și de viteza de așchiere. Un alt aliaj de aluminiu frecvent utilizat și studiat, care ocupă o proporție de 21% conform figurii 1.10, este Al7075. Acesta se regăsește în studiile identificate ale autorilor: (Durakbaşa et al., 2013) care a urmărit efectul geometriei sculei asupra calității suprafeței, (Kouam et al., 2014), (Jomaa et al., 2014), (Rotella et al, 2013), (Reddy et al., 2013), (Djebara et al., 2013), (Cebeli & Zulkuf, 2013) și (Vakondios et al., 2012). Rawangwong în (Rawangwong, et al., 2012) a studiat calitatea suprafeței sub influența parametrilor de proces. A constatat că cea mai mare influență exercitată asupra calității suprafeței este a avansului și a vitezei de așchiere. Cercetări similare au efectuat (Köklü, 2012), (Doddapattar & Lakshmana Swamy, 2012), (Díaz et al., 2012), (Moetakef Imani, 2010), (Mammana et al., 2010), (Yoshio Mizugaki et al., 2009), (Dinc et al., 2008), (Chartakom & Butdee, 2008), (Bagci & Ozelik, 2006), (Dong & Ke, 2005) și (Liou, 2005) care a urmărit morfologia așchierii la strunjirea aliajului în discuție folosind simularea în baza metodei de analiză cu element finit.

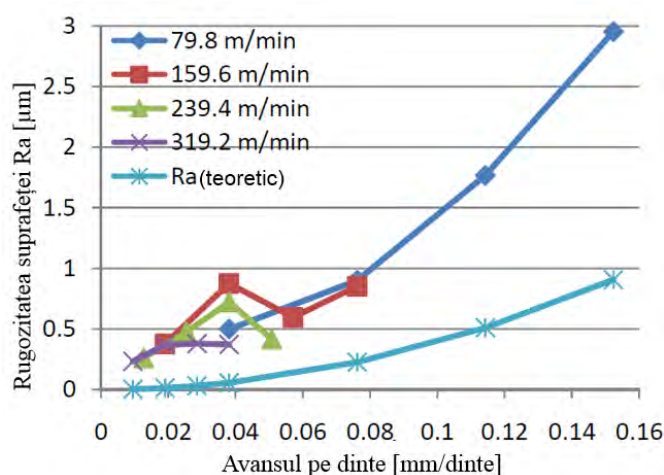


Fig. 1.12. Evoluția rugozității suprafeței comparată cu rugozitatea teoretică sub influența variației avansului pe dinte și a vitezei de așchiere (Kuttolamadam et al, 2010)

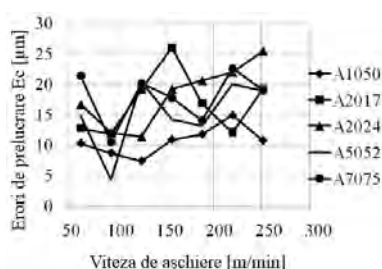


Fig. 1.13. Evoluția erorilor de prelucrare în funcție de viteza de așchiere (Yoshio Mizugaki et al., 2009)

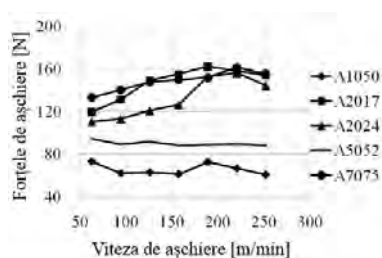


Fig. 1.14. Evoluția forțelor de așchiere în funcție de viteza de așchiere (Yoshio Mizugaki et al., 2009)

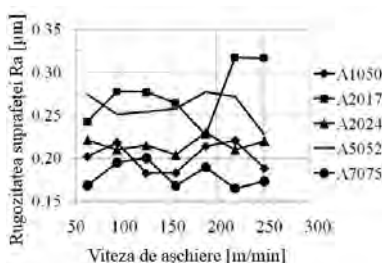


Fig. 1.15. Evoluția rugozității suprafeței Ra în funcție de viteza de așchiere (Yoshio Mizugaki et al., 2009)

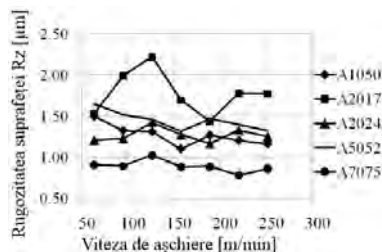


Fig. 1.16. Evoluția rugozității suprafeței Rz în funcție de viteza de așchiere (Yoshio Mizugaki et al., 2009)

Pe o poziție care ocupă 15% dintre cercetările identificate, este situat aliajul Al2024 studiat de (Wince, 2002), (Kazban, 2005), (Dhanorker & Özel, 2006), (Rubio et al., 2006), (Dhanorker et al., 2007), (Özel et al., 2007), (Asad et.al, 2008), (Kök, 2009), (Yoshio Mizugaki et al., 2009), (Chen, 2010), (Köklü, 2012), (Djebara et al., 2013), (Rogov & Siamak, 2013) și (Ghan & Ambekar, 2014).

Dintre cei menționați anterior, în lucrarea (Yoshio Mizugaki et al., 2009), autorii efectuează un studiu comparativ al aliajelor de aluminiu Al1050, Al2017, Al2024, Al5052 și Al7075 prelucrate prin frezare cilindro-frontală.

Acești autori au urmărit erorile de prelucrare care apar în timpul procesului de așchiere și influența vitezei de așchiere asupra forțelor și asupra rugozității suprafeței. În figurile de la 1.13 la figura 1.16 sunt prezentate rezultatele obținute în această lucrare.

În primul rând erorile de prelucrare în cazul aliajului Al1050, sunt mai mici de 15 [μm] în situația așchierii la vitezele cuprinse între 62,8 m/min și 251,3 m/min, iar în cazul celorlalte aliaje sunt mult mai mari.

Al doilea aspect este legat de forțele de aşchiere rezultate; aceasta sunt în mare parte constante pe tot câmpul de viteze de aşchiere pentru aliajele Al1050 și Al5052, în cazul celorlalte aliaje sunt direct proporționale cu duritatea materialelor.

Cel de-al treilea aspect vizează rugozitatea suprafeței, care pentru Al7075 prezintă cele mai mici valori rămânând sub $0,2 \mu\text{m}$ pentru R_a și sub $1 \mu\text{m}$ R_z . Cele mai mari variații ale rugozității sunt la aliajul Al2017, iar creșterile valorilor rugozităților aferente aliajelor Al2017 și Al2024 sunt datorate depunerilor pe tășul sculei.

1.4.2. Studii privind prelucrabilitatea aluminiului în funcție de operațiile de aşchiere

Prelucrabilitatea aliajelor de aluminiu a fost studiată și testată cel mai adesea prin operațiile de strunjire, frezare și găurire. Această afirmație este susținută de materialul bibliografic analizat. În urma acestei analize s-a realizat figurile 1.17 și 1.18, care indică frecvența studierii operațiilor de aşchiere în funcție de an și numărul de lucrări.

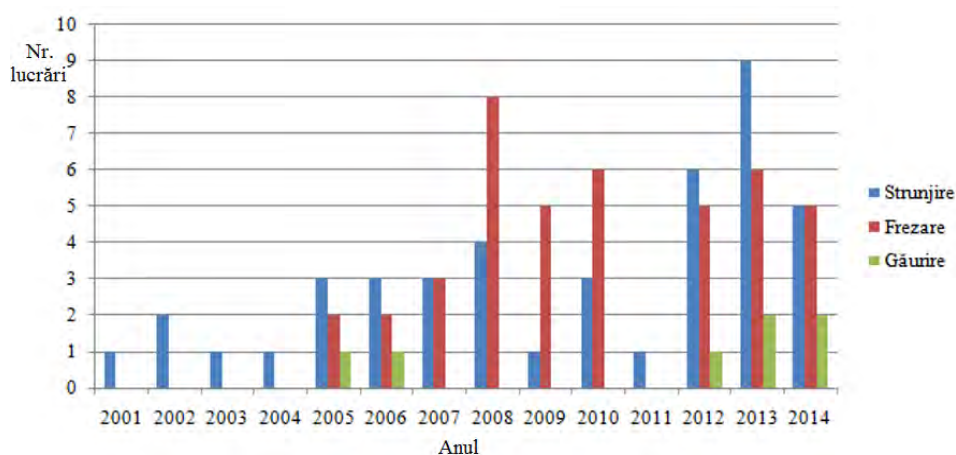


Fig. 1.17. Frecvența studierii operațiilor de aşchiere în funcție de an și numărul de lucrări

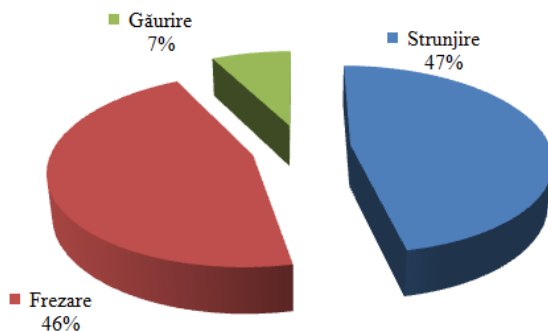


Fig. 1.18. Comparație privind frecvența studierii operațiilor de aşchiere din anul 2000 [%]

Din figura 1.17, rezultă că totalul cumulativ al lucrărilor în care au fost cercetate operațiile de aşchiere amintite anterior, însumează pe toată perioada analizată a anilor 2001 – 2014, următoarele cifre: strunjirea – 43 de lucrări, frezarea – 42 de lucrări și găurirea – 7 lucrări. Aliajele de aluminiu studiate în urma prelucrării prin frezare, a luat amploare începând cu anii 2008.

Asupra referințelor bibliografice privind frecvența studierii operațiilor de aşchiere, detalierea acestora se regăsește în anexa 1 (tabelul 2). S-a constatat că, strunjirea este cea mai studiată operație ocupând un procent de 47% din rândul tuturor proceselor de aşchiere, însă în ceea ce privește prelucrarea aluminiului, această operație este îndeaproape urmată de frezare care, la rândul ei deține 46% din total, aspecte confirmate de figura 1.18.

În cadrul operațiilor de aşchiere transferul căldurii generate către așchiile rezultate reprezintă un indicator de aşchiere. Durabilitatea muchiei așchiitoare este afectată de fenomenul de creștere a temperaturii.

În cazul frezării, muchiile aşchietoare au tendinţa de a se încălzi şi a se răci succesiv, la intrarea şi la ieşirea din materialul prelucrat. Aceste fluctuaţii de temperatură creează secvenţe de dilatare şi contracţii care duc la oboseala materialului sculei şi, în final, la apariţia fisurilor termice. De multe ori, utilizarea lichidului de aşchiere chiar înrăutăţeşte situaţia. O problemă îndelung dezbătută de inginerii cercetători din domeniu a fost aceea a prezenţei lichidului de aşchiere în zona de contact dintre muchia aşchietoare şi zona inferioară a aşchiei desprinse.

În acest sens, în ultimele două decenii, lichidele de aşchiere utilizate în prelucrările metalelor au constituit subiectul unei intense activităţi de cercetare. În consecinţă, numărul utilizatorilor de scule adaptate prelucrărilor „uscate” sau „aproape uscate” este în continuă creştere.

Azuan afirmă că industriile şi cercetătorii încearcă să reducă utilizarea lichidelor de aşchiere în prelucrarea metalelor, cu scopul obţinerii unor beneficii economice, legate de siguranţă şi de mediul înconjurător (Azuan, 2013).

Thamban de asemenea afirmă că această nouă tendinţă de prelucrare a metalelor prin aşchiere uscată constituie o adevărată provocare în prelucrarea aluminiului şi a aliajelor sale. Afinitatea chimică a aluminiului la diferitele elemente de aliere şi punctul scăzut de topire al acestuia, au făcut din acest metal unul critic în procesul prelucrării prin aşchiere (Thamban et al., 2013).

Aşchiera uscată a devenit tot mai populară, în special în cazul prelucrării aliajului Al 6061. Afirmatia făcută este confirmată de numărul de lucrări identificate în urma studiului bibliografic, în care este studiată aşchiera uscată. Acest aspect este prezentat în tabelul 1.3.

Tabelul 1.3

Tabel 1.3. Prelucrarea aliajelor de aluminiu prin aşchiere uscată

Aliajul de Al	Nr. lucrări	Referinţe bibliografice
1050	1	(Yoshio Mizugaki et al., 2009)
2014	1	(Gökkaya, 2010)
2017	1	(Yoshio Mizugaki et al., 2009)
2024	5	(Asad et.al, 2008), (Djebara et al., 2013), (Köklü, 2012), (Rubio et al., 2006), (Yoshio Mizugaki et al., 2009)
5025	1	(Yoshio Mizugaki et al., 2009)
6061	9	(Azuan, 2013), (Bakkal et al, 2004), (Djebara et al., 2013), (Kouam et al., 2014), (Kuttolamadom et al, 2010), (Mishra et al., 2010), (Sasimurugan & Palanikumar, 2010), (Sivarao et al., 2010), (Thamban et al., 2013)
6063	4	(Krishnamurthy & Venkatesh, 2013), (Patel & Patel, 2012), (Patel et al, 2013), (Sivasakthivel et al., 2010)
7050	3	(Köklü, 2012), (Rubio et al., 2006), (Tang et al., 2009)
7075	7	(Diaz et al., 2012), (Djebara et al., 2013), (Jomaa et al., 2014), (Köklü, 2012), (Kouam et al., 2014), (Rotella et al, 2013), (Yoshio Mizugaki et al., 2009)

Dintre referinţele menţionate în tabelul 1.3 este amintit Azuan, care, în lucrarea sa, a urmărit efectele aşchierii uscate asupra uzurii sculei, efectuând un studiu experimental comparativ, utilizând cinci tipuri de scule, dintre care 3 din carburi cu acoperire PVD şi 2 din carburi cu acoperire CVD. Rezultatele obţinute în urma efectuării studiului, au indicat că sculele din carburi cu acoperire CVD prezintă o stare de uzură mai redusă faţă de celelalte. Asupra materialului sculei, acesta a prezentat aderenţe la aşchiera uscată iar, variaţia vitezei de aşchiere, nu este un parametru de influenţă în studiul uzurii, în schimb creşterea avansului duce la creşterea uzurii (Azuan, 2013).

Totuşi, există cercetători care sunt în faza de căutare a celei mai compatibile scule pentru prelucrarea aluminiului şi a aliajelor sale.

Problema principală la prelucrarea aluminiului este depunerea acestuia pe muchia aşchietoare a tăişului datorită adeziunii la materialul sculei. Această situaţie este de neacceptat în cazul sculelor din carburi fără acoperire, datorită efectului negativ pe care îl are asupra calităţii piesei prelucrate.

1.4.3. Studii privind prelucrabilitatea aluminiului în funcție de parametrii de aşchiere

Un alt aspect important în aşchiere, este constituit de piesa prelucrată care trebuie să aibă acuratețe, atât din punct de vedere al calității suprafeței, cât și a preciziei dimensionale. Aceste condiții trebuie obținute în cel mai scurt timp și la un consum de energie cât mai redus.

Pentru a îndeplini aceste aspecte, indiferent de operația de prelucrare aleasă, este foarte importantă alegerea parametrilor de prelucrare prin aşchiere.

În acest sens, s-au efectuat figurile 1.19 și 1.20, prin intermediul cărora s-a indicat frecvența cu care au fost utilizați, în diverse cercetări identificate, parametrii de aşchiere, atribuindu-li-se valori variabile, în studiul proceselor de prelucrare.

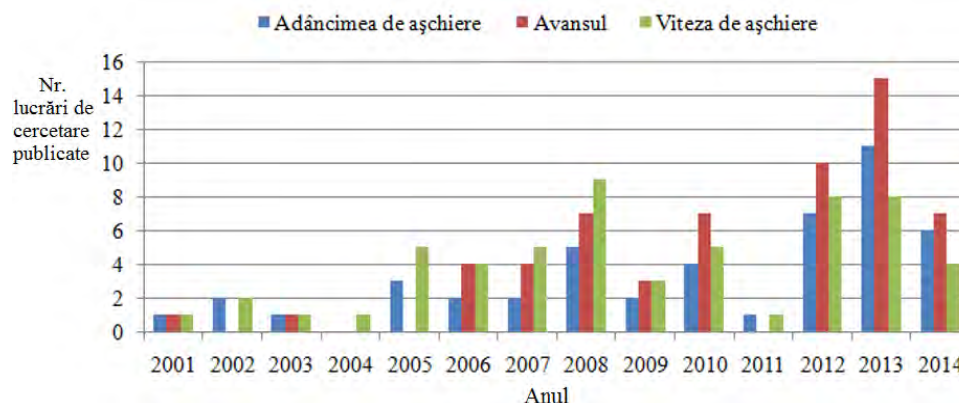


Fig. 1.19. Frecvența utilizării parametrilor de aşchiere ca variabile de intrare în studiul proceselor de aşchiere în lucrări de cercetare publicate după anul 2000

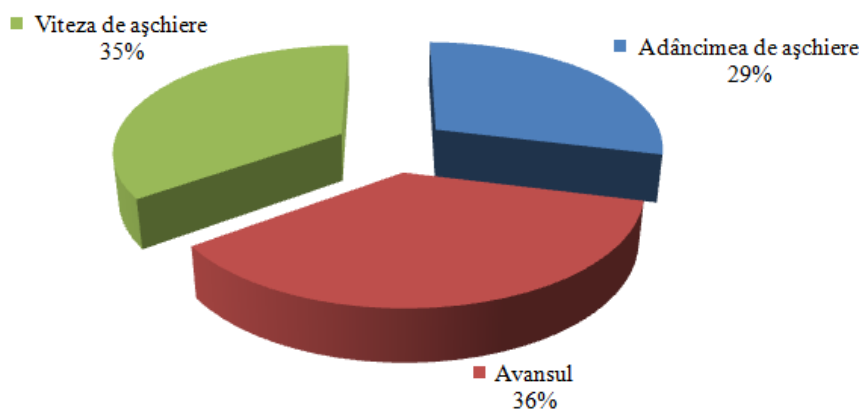


Fig. 1.20. Comparație procentuală privind frecvența studierii celor 3 parametrii de aşchiere ca indicatori variabili în studiul proceselor de aşchiere

Analizând întregul material bibliografic, s-a constatat că parametrul cel mai studiat, cu influența cea mai mare în procesul de aşchiere, este avansul. Acest lucru este confirmat de figura 1.19 din care reiese o cumulare, pe intervalul anilor 2001 – 2014, a unui număr total de 59 lucrări de cercetare, respectiv un procent de 36% conform figurii 1.20. Acest parametru de proces este urmat îndeaproape de viteza de aşchiere cu 57 de lucrări, respectiv 35%, iar apoi adâncimea de aşchiere studiată în 47 de lucrări cu un procent de 29%.

Datele acestei constatări se regăsesc în cercetările identificate din cadrul referințelor bibliografice prezentate în Anexa 1, Tabelul 3 intitulat „Referințele bibliografice privind frecvența studierii parametrilor de prelucrare”.

Dintre studiile reprezentative efectuate pe această direcție este amintită cercetarea efectuată de Warhade, care a analizat în cadrul operației de strunjire, combinația optimă a parametrilor de aşchiere: viteza, avansul și adâncimea de aşchiere, în prelucrarea aluminiului, cu scopul de a obține cel mai scurt timp de prelucrare, cu puterea consumată de mașina cu comandă numerică cât mai redusă, iar rata de îndepărtare a materialului cât mai ridicată (Warhade et al., 2013).

De asemenea se amintește Jomaa, care în cercetările sale (Jomaa, 2014) prezintă faptul că pe lângă avans, calitatea suprafeței este influențată și de raza de ascuțire a tăișului sculei.

1.4.4. Studii privind prelucrabilitatea aluminiului în funcție de direcțiile urmărite în cercetare

Un alt aspect important remarcat în urma studiului bibliografic efectuat, a fost constituit de direcțiile de cercetare principale urmărite în procesele de aşchiere. Concluziile care au reieșit în urma analizei, s-au sintetizat prin intermediul figurilor 1.21 și 1.22. Detalierea listei referințelor bibliografice aferente acestor două figuri, se poate consulta în anexa 1 (tabelul 4).

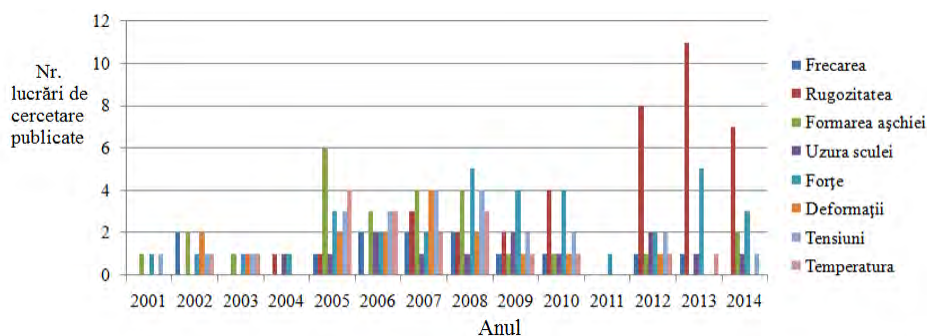


Fig. 1.21. Direcțiile de cercetare urmărite în referințele bibliografice în funcție de an și numărul de lucrări

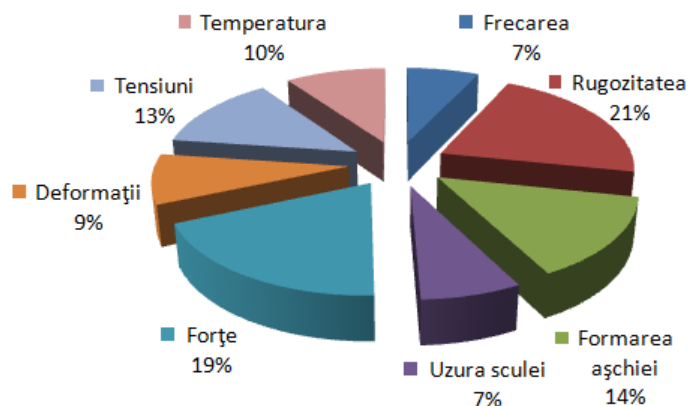


Fig. 1.22. Comparare procentuală privind direcțiile de cercetare urmărite în referințele bibliografice

Prin intermediul figurii 1.21 și 1.22, s-a constatat că rugozitatea suprafeței a fost cel mai frecvent studiată ocupând un procent de 21% din totalul lucrărilor identificate și totodată cumulând un număr de 39 de lucrări în intervalul anilor 2001-2014, studiarea masivă a acestui factor, fiind în anii 2012-2014.

Un alt factor studiat destul de frecvent este reprezentat de forțele de aşchiere. Acestea apar ca direcție de cercetare în 35 de lucrări identificate în perioada analizată și ocupând un procent de 19%. La polul opus sunt situați factorii: frecarea și uzura sculei. Aceștia din urmă fiind studiați doar în câte 13 lucrări identificate, ocupând o plajă de câte 7% fiecare din total.

Dintre lucrările care abordează aspectele amintite, se fac câteva referiri punctuale: procesul de frecare este studiat în cercetările lor de către (Baker, 2002), (Wince, 2002), (cÖzel & Zeren, 2005), (Bagci & Ozcelik, 2006), (Limido et al., 2006), (aÖzel & Zeren, 2007), (Limido et al., 2007), (bVillumsen & Fauerholdt, 2008), (Chieragatti et al., 2008), (Wang et al., 2009), (Chen, 2010), (Mishra et al., 2010) și (Sayuti et al., 2013).

Studiul calității suprafeței prelucrate prin aşchiere, în funcție de parametri de proces la aliajele de aluminiu, face obiectul unui mare număr de lucrări științifice: (Bakkal et al, 2004), (Dong & Ke, 2005), (aÖzel & Zeren, 2007), (Dhanorker et al., 2007), (Pramanik et al., 2007), (Chartakom & Butdee, 2008), (Kadrigama et al, 2008), (Kök, 2009), (Yoshio Mizugaki et al., 2009), (Gökkaya, 2010), (Hwang, 2010), (Kuttolamadom et al, 2010), (Sasimurugan & Palanikumar, 2010), (Cardoso & Davim, 2012), (Doddapattar & Lakshmana Swamy, 2012), (Köklü, 2012), (Patel & Patel, 2012), (Singh et al., 2012), (Vakondios et al., 2012), (Abou-el-hossein et al., 2013),

(Cebeli & Zulkuf, 2013), (Durakbaşı et al., 2013), (Gulhane et al., 2013), (Kannan et al., 2013), (Krishnamurthy & Venkatesh, 2013), (Patel et al., 2013), (Rogov & Siamak, 2013), (Sayuti et al., 2013), (Shamsuddin et al., 2013), (Shekh & Khan, 2013), (Tammineni & Yedula, 2014), (Ghan & Ambekar, 2014), (Jomaa et al., 2014), (Kouam et al., 2014), (Murthy et al., 2014) și (Radhika et al., 2014).

Procesul de formare al așchiei este cercetat de (Reddy et al., 2014), (Radhika et al., 2014), (Sando et al., 2012), (Chen, 2010), (Wang et al., 2009), (Chieragatti et al., 2008), (bVillumsen & Fauerholdt, 2008), (aVillumsen & Fauerholdt, 2008), (Asad et al., 2008), (Özel et al., 2007), (Limido et al., 2007), (Dhanorker et al., 2007), (aÖzel & Zeren, 2007), (Rubio et al., 2006), (Limido et al., 2006), (Altan et al., 2006), (Shankar et al., 2005), (Liou, 2005), (Kazban, 2005), (Dong & Ke, 2005), (cÖzel & Zeren, 2005), (Aphale, 2005), (Potdar & Zehnder, 2003), (Wince, 2002), (Baker, 2002) și (Marusich & Askari, 2001).

O altă direcție de cercetare analizată este procesul de uzare al sculei, în lucrări precum: (Bakkal et al., 2004), (Kazban, 2005), (Altan et al., 2006), (Bagci & Ozcelik, 2006), (Pramanik et al., 2007), (Petrariu et al., 2008), (Kök, 2009), (Tang et al., 2009), (Sivasakthivel et al., 2010), (Ariff et al., 2012), (Mishra et al., 2010), (Azuan, 2013) și (Radhika et al., 2014).

Problema forțelor de așchiere a fost atinsă în lucrările (Marusich & Askari, 2001), (Baker, 2002), (Potdar & Zehnder, 2003), (Bakkal et al., 2004), (Aphale, 2005), (Dong & Ke, 2005), (Kazban, 2005), (Dhanorker & Özel, 2006), (Limido et al., 2006), (Dhanorker et al., 2007), (Limido et al., 2007), (aVillumsen & Fauerholdt, 2008), (bVillumsen & Fauerholdt, 2008), (Budak & Ozlu, 2008), (Chieragatti et al., 2008), (Petrariu et al., 2008), (Adetoro & Wen, 2009), (Tang et al., 2009), (Wang et al., 2009), (Yoshio Mizugaki et al., 2009), (Chen, 2010), (Gökkaya, 2010), (Moetakef & Imani, 2010), (Sivarao et al., 2010), (Chandrasekaran, 2011), (Doddapattar & Lakshmana Swamy, 2012), (Sando et al., 2012), (Kannan et al., 2013), (Reddy et al., 2013), (Rotella et al., 2013), (Sayuti et al., 2013), (Thamban et al., 2013), (Gopalakrishna et al., 2014), (Kouam et al., 2014) și (Reddy et al., 2014).

Deformațiile apărute în procesele de așchiere au fost tratate de (Baker, 2002), (Wince, 2002), (Potdar & Zehnder, 2003), (Dong & Ke, 2005), (Shankar et al., 2005), (Bagci & Ozcelik, 2006), (Limido et al., 2006), (aÖzel & Zeren, 2007), (Dhanorker et al., 2007), (Limido et al., 2007), (Pramanik et al., 2007), (bVillumsen & Fauerholdt, 2008), (Petrariu et al., 2008), (Wang et al., 2009), (Chen, 2010) și (Sando et al., 2012).

Un alt aspect dezbătut e reprezentat de problema tensiunilor - studiate de, (Jomaa et al., 2014), (Sando et al., 2012), (Diaz et al., 2012), (Mammanna et al., 2010), (Chen, 2010), (Wang et al., 2009), (Tang et al., 2009), (Petrariu et al., 2008), (Chieragatti et al., 2008), (Budak & Ozlu, 2008), (Denkena & León, 2008), (Pramanik et al., 2007), (Limido et al., 2007), (Dhanorker et al., 2007), (aÖzel & Zeren, 2007), (Limido et al., 2006), (Bagci & Ozcelik, 2006), (Altan et al., 2006), (Kazban, 2005), (Dong & Ke, 2005), (cÖzel & Zeren, 2005), (Potdar & Zehnder, 2003), (Baker, 2002) și (Marusich & Askari, 2001).

Problema temperaturilor constituie o altă direcție de cercetare tratată în cadrul bibliografiei specifice. Diferite puncte de vedere asupra acestui subiect, sunt detaliate în cercetările autorilor (aBonțiu Pop & Pop, 2010), (bBonțiu Pop & Pop, 2010), (Baker, 2002), (Potdar & Zehnder, 2003), (Aphale, 2005), (cÖzel & Zeren, 2005), (Dong & Ke, 2005), (Kazban, 2005), (Altan et al., 2006), (Bagci & Ozcelik, 2006), (Dhanorker & Özel, 2006), (aÖzel & Zeren, 2007), (Dhanorker et al., 2007), (Budak & Ozlu, 2008), (Dinc et al., 2008), (Petrariu et al., 2008), (Wang et al., 2009), (Chen, 2010), (Ariff et al., 2012), (aBonțiu Pop & Lobonțiu, 2015), (bBonțiu Pop & Lobonțiu, 2014), și (Kannan et al., 2013).

Având în vedere referințele bibliografice menționate anterior, în continuare vor fi prezentate mai detaliat aspecte sintetice ale problematicei.

Printre cercetările relevante în acest sens, se numără lucrarea autorilor Ghan și Ambekar. Aici se regăsește o scurtă prezentare a studiului de analiză a rugozității suprafeței la frezare, identificată în literatura de specialitate. În această lucrare, sunt amintite cercetările autorilor Lou M.S., Chen J.C. și Li C.M., care au dezvoltat o tehnică de anticipare a rugozității suprafeței în cazul prelucrării prin frezare pe centrul de prelucrare cu comandă numerică, printr-un model matematic al rugozității suprafeței la frezarea cilindro-frontală a oțelului. După aceea, ei au studiat efectul vitezei de așchiere, a avansului și a adâncimii de așchiere asupra rugozității în frezarea cilindro-frontală a aluminiului (Ghan & Ambekar, 2014).

Moaz, conform (Ghan & Ambekar, 2014), a utilizat modelarea cu element finit pentru a anticipa efectul avansului asupra rugozității suprafeței și asupra forțelor de așchiere în timpul frezării frontale a aliajului de titan. El a efectuat o serie de teste în care parametrul variabil a fost viteza de avans, în timp ce adâncimea de așchiere axială și viteza de așchiere au rămas constante, procesul fiind desfășurat în condițiile unei așchieri uscate. Rezultatele obținute au indicat posibilitatea anticipării rugozității suprafeței cu o acuratețe de 97%, prin

măsurarea forței de așchiere în baza analizei cu element finit în locul măsurării directe pe cale experimentală a rugozității.

Mustafa în cercetările sale a testat efectul parametrilor regimului de așchiere și a lungimii semifabricatului din aluminiu asupra toleranțelor geometrice și rugozității suprafeței în procesul de strunjire (Ghan & Ambekar, 2014).

În lucrarea (Tammineni & Yedula, 2014) este urmărită influența vitezei de așchiere (500-1500 rot/min), a avansului (50-70 mm/rot) și a adâncimii de așchiere (0,5-1,5 mm) asupra calității suprafeței frezate, a aliajului de aluminiu Al1050. În figurile 1.23 – 1.25 este preluată și prezentată evoluția rugozității sub influența acestor parametri de așchiere. Din aceste figuri reiese că avansul are influența cea mai mare asupra rugozității - care crește o dată cu creșterea avansului, și scade odată cu creșterea vitezei de așchiere.

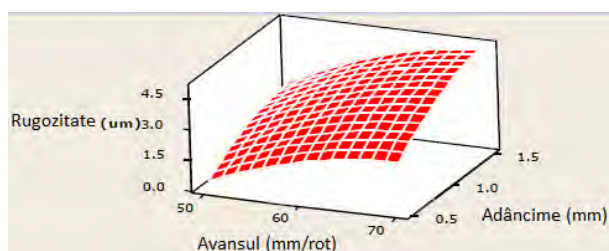


Fig. 1.23. Variația rugozității când viteza este constantă – 1000 rot/min
(Tammineni & Yedula, 2014)

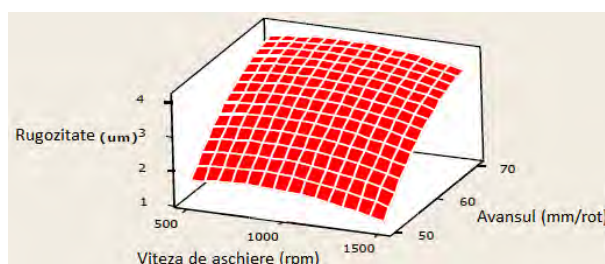


Fig. 1.24. Variația rugozității când adâncimea este constantă – 1 mm (Tammineni & Yedula, 2014)

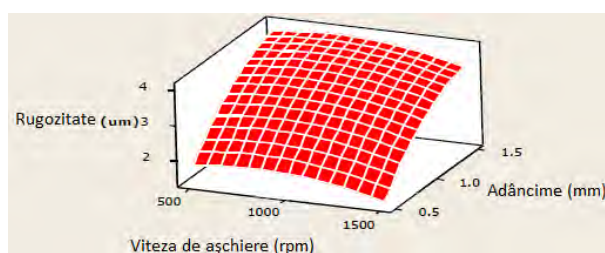


Fig. 1.25. Variația rugozității când avansul este constant – 60mm/rot
(Tammineni & Yedula, 2014)

Dhanorker și Özel în (Dhanorker & Özel, 2006) și (Özel et al., 2007), au urmărit influența avansului asupra forțelor de așchiere în cazul frezării cilindro-frontale a aliajului Al 2024-T6 și, totodată modul de formare a așchiei la scăderea valorii avansului, aspect simulat și cu ajutorul analizei cu element finit.

Formarea așchiei sub influența avansului și a vitezei de așchiere, a fost analizată de asemenea de Asad (Asad et al., 2008).

În lucrarea (Thamban et al., 2013) este abordată problema forțelor de așchiere în urma prelucrării prin frezare cilindro-frontală a aliajului de aluminiu Al6061-T6, folosind spre comparație o sculă din diamant cu acoperire și o sculă din carburi fără acoperire, în condițiile unei așchieri uscate. În figurile 1.26 și 1.27 sunt preluate și prezentate cele două situații comparative în funcție de viteza de avans, respectiv adâncimea de așchiere (Thamban et al., 2013).

În urma analizei graficelor s-a constatat că forțele de așchiere cresc odată cu viteza de avans și cu adâncimea de așchiere. Acest comportament se aplică în ambele situații – atât în cazul sculei cu acoperire cât și a celei fără acoperire, cu mențiunea că valorile forțelor în cazul sculei diamant sunt semnificativ mai mici față de scula fără acoperire. Acest lucru se datorează conductivității termice ridicate a sculei cu acoperire care împiedică depunerea pe tăiș a materialului semifabricatului ceea ce duce implicit la scăderea forțelor de așchiere (Thamban et al., 2013).

Problema tensiunilor remanente apărute ca efect al uzurii sculei așchietoare în cadrul frezării aliajului Al 7050 este tratată de Tang (Tang et al., 2009).

Uzura, durabilitatea sculei și calitatea suprafeței în cazul prelucrării aliajului Al 2024 a fost studiată de (Kök, 2009). În cadrul operației de strunjire s-au folosit scule cu și fără acoperire, și a rezultat că durabilitatea sculei

scade odată cu creșterea vitezei de așchiere în ambele situații, cu mențiunea că scula cu acoperire are o durată de viață mai lungă.

Având în vedere că un rol deosebit de important asupra sănătății și siguranței în muncă îl deține calitatea aerului, în majoritatea proceselor de prelucrare în situația așchierilor uscate sunt generați aerosoli care au un impact asupra sănătății operatorilor.

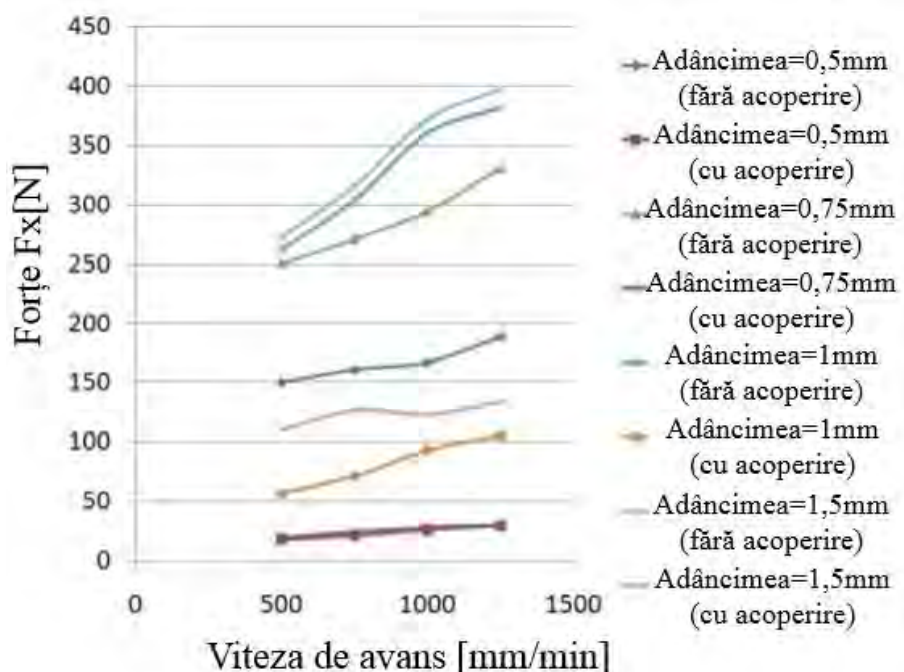


Fig. 1.26. Variația forțelor de așchiere F_x în funcție de avans pentru scula cu și fără acoperire

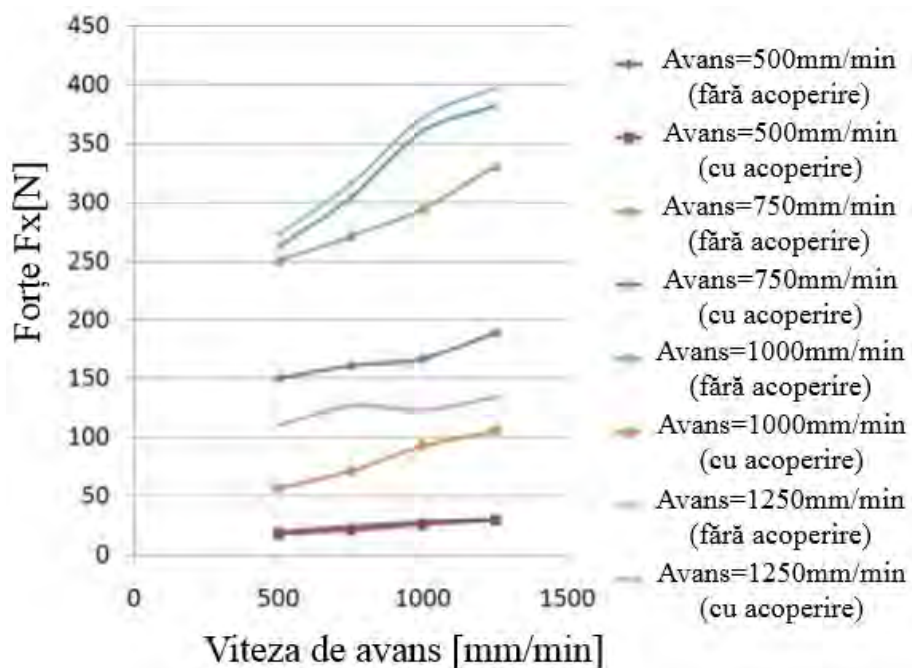


Fig. 1.27. Variația forțelor de așchiere F_x în funcție de adâncimea de așchiere pentru scula cu și fără acoperire

Aspecte privind aceste emisii sunt tratate de către Djebara (Djebara et al., 2013) și de Kouam (Kouam et al., 2014). Autorii numiți au urmărit apariția emisiilor de pulberi metalice în cazul frezării aliajelor de aluminiu

2024, 6061 și 7075, în condițiile aşchierii uscate. În urma studiului a rezultat că suprafața specifică a particulelor ultrafine este influențată semnificativ de condițiile de aşchiere. Astfel, viteza de aşchiere și acoperirile sculei constituie factori determinanți în mărimea suprafeței particulelor.

Influența parametrilor de proces asupra forțelor de aşchiere, rugozității suprafeței și a depunerilor pe tăişul sculei au fost abordate și analizate în cercetările lui (Gökkaya, 2010). Materialul ales spre studiu a fost aliajul de aluminiu Al2014 prelucrat prin strunjire. Autorul a constatat că depunerile de pe tăişul sculei afectează rugozitatea suprafeței care are valori mici la viteze de aşchiere mari și avans mic, iar forțele de aşchiere au valoare mică la viteze de aşchiere ridicate.

1.4.5. Studii privind modelarea rezultatelor experimentale obținute în urma prelucrării prin aşchiere a aliajelor de aluminiu

Având în vedere că procesul de aşchiere ocupă o pondere însemnată în ansamblul metodelor de fabricație, din acest motiv cercetările privind optimizarea proceselor de prelucrare prin aşchiere necesită o dezvoltare continuă.

Valorile optime ale parametrilor procesului de aşchiere trebuie obținute raportat la condițiile tehnice și economice impuse. Cunoașterea acestor valori este o condiție necesară pentru ca procesul de aşchiere să se desfășoare în condiții de stabilitate, iar productivitatea, precizia prelucrării, consumurile de scule și energie, etc. să se obțină în final la valori prescrise. Apare astfel necesitatea dezvoltării unei metodologii de optimizare a parametrilor procesului de aşchiere.

Pentru realizarea optimizării procesului este necesară dezvoltarea unei metode unitare de cercetare care presupune o analiză a proceselor tehnologice de prelucrare cu utilizarea metodelor matematico-experimentale cu un grad cât mai mare de generalitate. Bibliografia identificată în acest scop (Liteanu & Rîca, 1985), (Penescu et al., 1971), (aȚițu et al., 2001), (bȚițu et al., 2001), (Țițu, 2002), (Cârstoiu et al., 2006), definește funcția de proces ca o dependență funcțională între variabilele asociate procesului după cum urmează:

$$y = f(x_{i1}, x_{i2}, \dots, x_{ij}, \dots, x_{in}) \quad (1.1)$$

în care:

- y – este mărimea de ieșire;
- $x_{ij}, j = \{1, 2, \dots, n\}$ - sunt variabilele independente respectiv, mărimile de intrare;
- f – este dependența funcțională definită $f: R_s \times R_c$, unde R_s reprezintă spațiul stărilor procesului, iar R_c reprezintă spațiul de control al sistemului de prelucrare.

Cercetarea experimentală (Năsui et al., 2007), este definită ca fiind o încercare de a menține un control asupra tuturor factorilor care pot afecta rezultatul unui experiment, în scopul de a determina sau a anticipa ce se va întâmpla.

Modelarea geometrică a procesului de aşchiere a fost analizată pe parcursul timpului prin utilizarea metodelor analitice sau a celor discrete. Metodele discrete se aplică cu precădere în cazul unor geometrii foarte complexe și sunt destul de lente în comparație cu metodele analitice (Tunc, 2008).

Printre lucrările de referință identificate care utilizează metode discrete sunt cele elaborate de (Chappel, 1983) care utilizează metoda vectorială, (Requicha & Voelcker, 1985) în care geometria piesei este îmbunătățită prin utilizarea operațiilor booleene, (Anderson, 1978) cu abordări în vederea detectării și eliminării coliziunilor la prelucrările pe mașini cu comandă numerică, (Kim et al., 2000) care stabilește lungimea tăişului aflat în contact, (Lazoglu, 2003) care abordează determinarea grosimii aşchiei sau (Walstra et al., 1994) în care este estimată cantitatea de material îndepărtat.

În situația metodelor analitice, informațiile referitoare la geometria pieselor este folosită împreună cu poziția relativă a sculei, în vederea analizei și simulării procesului (Tunc, 2008). Printre cele mai importante lucrări care au utilizat metode analitice sunt cele elaborate de: (Choi et al., 2007), unde sunt prezentate o serie de tehnici de modelare a suprafețelor cu geometrie complexă, (Lim et al., 1995) în care este analizat procesul de prelucrare a suprafețelor complexe utilizând trei grade de libertate, lucrările (aBailey et al., 2002), (bBailey et al., 2002), și (Du et al., 2005), propun metode analitice în vederea simulării mișcărilor sculei în cinci axe, (Ozturk & Lazoglu, 2006) analizează modelarea analitică a grosimii aşchiei la frezarea cu freze cu cap sferic a suprafețelor complexe, (Lee & Lin, 2000) în care este estimată adâncimea de aşchiere prin poziționarea axei sculei coincident cu normala la suprafață în acel punct și, (Imani et al., 1998), (Imani & Elbelstawi, 2001) și (Imani & Layegh, 2008) în care

sunt prezentate modelarea angajării tăişului cât şi textura suprafeţei prelucrate, pe baza unui model de simulare geometrică.

Pe plan naţional, lucrarea (Picoş et al., 1979) foloseşte o metodă analitică în vederea determinării rugozităţii suprafeţei prelucrate prin aşchiere.

Studii privind modelarea geometrică în sensul de a obţine modele grafice care de fapt sunt ecuaţii matematice ale suprafeţelor geometrice şi interacţiunile dintre ele, dezvoltate ca aplicaţii software, se regăsesc în lucrările (El-Mounary et al., 1997), (Chen et al., 2001), (Sadeghi et al., 2003), (Terai et al., 2004), (Narita et al., 2006), (Makhanov & Munlin, 2007) şi (Munlin, 2004).

La nivel naţional şi internaţional, lucrări precum (Zbigniev et al., 2000) şi (Caldwell & Douglass, 2010), au ca tematică modelarea rezultatelor experimentale. Procedeu de modelare matematică utilizat are la bază metoda celor mai mici pătrate, a cărei metodologie este prezentată în lucrările (Abdi, 2003), (Nealan, 1992), (Madsen et al., 2004) şi (Abbas et al., 2011).

Extinderea cercetărilor în direcţia obţinerii unor modele cu ajutorul cărora poate fi estimată calitatea suprafeţei, a fost identificată în lucrările autorilor (Sahin & Motorcu, 2004) şi (Sahin & Motorcu, 2008), conform cărora, calitatea suprafeţei prelucrate este foarte importantă în stabilirea productivităţii prelucrărilor.

Buzatu în lucrarea sa (Buzatu, 2007) prezintă câteva aspecte teoretice originale de modelare a rugozităţii obţinute prin superfinisare, bazate pe productivitatea prelucrării, exprimată prin volumul de material prelevat în unitatea de timp.

În lucrările (Singh & Kumar, 2007) şi (Ranganathan et al., 2009) este prezentat un model matematic al duratei de viaţă a sculei şi al rugozităţii suprafeţei pentru operaţiile de strunjire.

În lucrarea (Cemal et al., 2009), autorul analizează, pe baza unei modelări matematice a datelor experimentale obţinute, variaţia rugozităţii suprafeţelor prelucrate prin aşchiere în funcţie de o serie de factori, precum: parametrii regimului de aşchiere şi acoperirea sculei aşchietoare.

Nedelcu şi Moldovan în lucrarea (Nedelcu & Moldovan, 1998) tratează modelarea matematică a rugozităţii suprafeţei prin prisma dependenţei dintre temperatură şi rugozitatea obţinută.

În lucrarea (Slătineanu et al., 2008), autorii analizează prelucrabilitatea materialului utilizând metoda strunjirii frontale, prin prisma analizei valorii diametrului suprafeţei prelucrate, în condiţiile limitării uzurii sculei la valoarea 0,2 mm. În urma modelării matematice a rezultatelor experimentale, autorii concluzionează că nu există interacţiune între grupurile de doi sau trei factori independenţi luaţi în considerare (turaţia, avansul şi diametrul găurii executate în semifabricat). Prelucrabilitatea materialului are o importanţă ridicată asupra rugozităţii suprafeţei prelucrate, procesului de uzare a sculei şi a desfăşurării întregului proces de aşchiere.

Metoda de modelare matematică a datelor experimentale poate fi utilizată şi în cadrul observaţiilor asupra altor fenomene care apar în procesul de aşchiere, cum ar fi spre exemplu estimarea uzurii sculei aşchietoare (Zhong et al., 2005). De asemenea, metoda modelării matematice se poate aplica nu doar asupra unui singur parametru al aşchierii ci şi global asupra întregului proces (Mohammad, 2009).

Pe de altă parte, în privinţa cercetărilor realizate asupra aliajelor de aluminiu, majoritatea lucrărilor identificate în scopul studierii prelucrabilităţii acestor aliaje, utilizează spre optimizare, metode matematice. În urma studiului bibliografic efectuat s-a constatat că cele mai des întâlnite şi studiate metode de acest gen sunt: metoda lui Taguchi, metodologia suprafeţei de răspuns RSM, analiza varianţei ANOVA şi analiza de regresie (aPop & Țîțu, 2016), (bPop & Țîțu, 2016), (Pop et al., 2018). O clasificare proprie, sintetizată şi grupată în funcţie de numărul de lucrări de cercetare, în care sunt abordate fiecare dintre metodele amintite este prezentată în figurile 1.28 şi 1.29.

Urmărind evoluţia utilizării metodelor matematice, din figura 1.28, s-a constatat că acestea au fost implementate destul de recent în studiul optimizării proceselor de aşchiere, începând cu anii 2008, luând amploare în anii 2012. Cel mai des s-a folosit analiza varianţei ANOVA, care cumulează pe perioada anilor 2008 – 2014 un număr total de 16 lucrări ştiinţifice şi metoda lui Taguchi care constituie subiectul principal al celor 10 lucrări identificate.

Aceste aspecte sunt transmise şi prin intermediul figurii 1.29, de unde se poate observa comparaţia procentuală privind metodele matematice utilizate spre optimizarea proceselor de aşchiere. Din această figură rezultă de asemenea procentul majoritar de 38%, deţinut de analiza varianţei ANOVA, în detrimentul celorlalte metode matematice care deţin fiecare: Taguchi 24%, analiza de regresie 14%, analiza suprafeţelor de răspuns 22% şi metode neuronală (Radian Basis Function Network) 2%.

Referințele bibliografice privind metodele matematice utilizate spre optimizarea proceselor de așchiere, în baza cărora au fost centralizate datele se regăsesc în anexa 1 (tabelul 5). Dintre studiile identificate pe aceste direcții în continuare sunt detaliate cele mai reprezentative.

Metodologia analizei varianței ANOVA este aplicată în mai multe lucrări (Gökkaya, 2010), (Hwang, 2010), (Doddapattar & Lakshmana Swamy, 2012), (Köklü, 2012), (Mishra et al., 2010), (Warhade et al., 2013) și (Murthy et al., 2014).

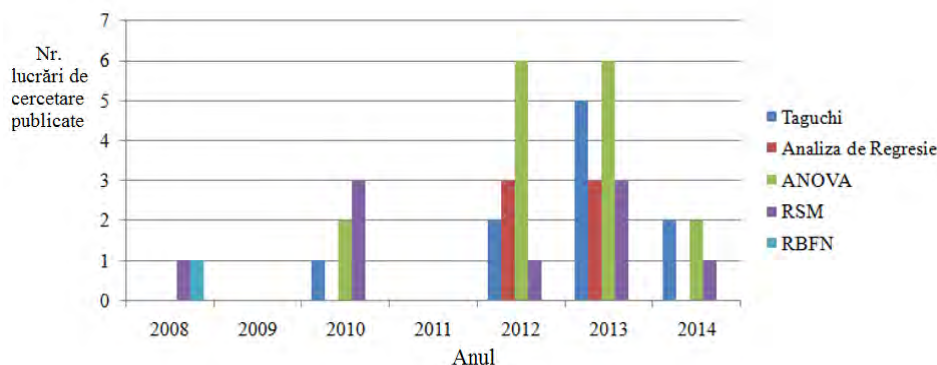


Fig. 1.28. Metodele matematice utilizate spre optimizarea proceselor de așchiere în funcție de an și numărul de lucrări

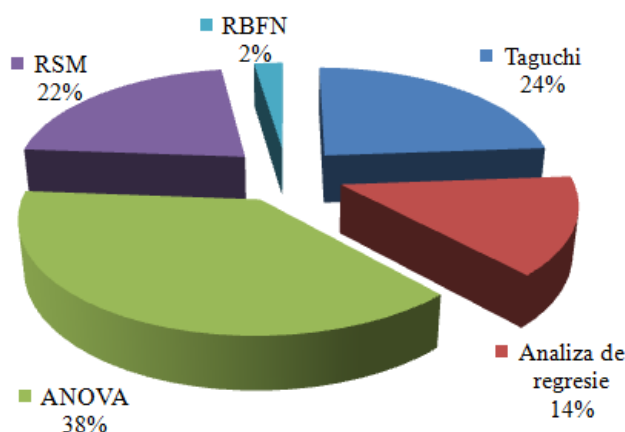


Fig. 1.29. Comparație procentuală privind metodele matematice utilizate spre optimizarea proceselor de așchiere

Dintre studiile menționate se amintește lucrarea lui Gökkaya (Gökkaya, 2010), care a investigat uzura sculei apărută în procesul de așchiere, și modul de influență al acestuia asupra rugozității suprafeței și asupra forțelor de așchiere, utilizând analiza varianței ANOVA. Totodată, Gökkaya a analizat comportarea aliajului Al2014 la prelucrarea acestuia, în cadrul operației de strunjire, la așchiere uscată, cu sculă din carburi metalice fără acoperire. Parametrii de prelucrare variabili au fost: viteza de așchiere și avansul, iar parametrul constant fiind adâncimea de așchiere.

Patel (Patel & Patel, 2012) a studiat influența parametrilor de prelucrare, în cazul strunjirii aliajului Al 6063, asupra rugozității suprafeței și asupra puterii consumate de mașina unealtă cu comandă numerică. Aspectele care reies din studiul său vizează creșterea rugozității odată cu creșterea avansului și, creșterea puterii consumate de mașina unealtă cu comandă numerică odată cu: 1 - creșterea vitezei, 2 - a avansului și 3 - a adâncimii de așchiere. De asemenea, prezintă faptul că prin analiza ANOVA reiese că parametrul de prelucrare cel mai important în studiul rugozității este avansul, urmat de viteza de așchiere. Aceasta din urmă prezintă influențe asupra calitatea suprafeței, rugozitatea scăzând cu reducerea vitezei, iar în privința puterii consumate de mașina unealtă cu comandă numerică, influențele semnificative sunt date de viteza de așchiere și de avans.

Kannan în cercetările sale (Kannan et al., 2013) a utilizat ca tehnică de optimizare Metodologia Suprafeței de Răspuns (Response Surface Methodology RSM). (Shekh & Khan, 2013) a utilizat analiza de regresie iar (Vakondios et al., 2012) a utilizat analiza de regresie și analiza varianței ANOVA.

Sivasakthivel (Sivasakthivel et al., 2010) dezbate modul în care cresc forțele, vibrațiile și temperatura sub influența uzurii sculei în cadrul frezării aliajului Al 6063 și cum scade calitatea suprafeței piesei prelucrate. Metodele utilizate în scopul optimizării au fost metodologia suprafeței de răspuns RSM și analiza ANOVA.

Alte cercetări relevante în care se prezintă metodologia RSM aparțin autorilor (Kuttolamadam et al, 2010), (Sivasakthivel et al., 2010), (Patel & Patel, 2012), (Warhade et al., 2013), (Kannan et al., 2013), (Patel et al, 2013), (Pop et al., 2019), (Pop et al., 2020), (Pop & Titu, 2020) , (Pop & Titu, 2022) , (Pop & Titu, 2023) , (Pop & Titu, 2024) și (Tammineni & Yedula, 2014). Această metodă reprezintă un amalgam de metode matematice și statistice care sunt utile în modelarea și analiza problemelor ingineresti. Tehnica RSM are ca obiectiv de bază, optimizarea suprafeței de răspuns care este influențată de diverși parametri ai procesului. De asemenea, RSM cuantifică relația dintre parametrii de intrare controlabili și suprafața de răspuns obținută. Datele colectate în urma experimentului se folosesc în scopul construirii unui model matematic al suprafeței de răspuns.

Kardigama în lucrarea (Kardigama et al, 2008), se concentrează asupra optimizării rugozității suprafeței la frezarea aliajului Al6061 folosind scule din carburi cu acoperire. Această optimizare este utilă în reducerea costurilor și timpului de fabricație, și se bazează pe folosirea metodei RSM și a metodei neuronale (Radian Basis Function Network RBFN).

Metoda de optimizare RBFN a fost utilizată de (Kardigama et al, 2008), pentru anticiparea forțelor și rugozității suprafeței în cadrul operației de găurire. În cercetările sale, Kardigama a avut ca scop determinarea parametrilor optimi și a variabilelor dominante dintre viteza de așchiere, avans și adâncimea de așchiere. În baza metodei neuronale RBFN a rezultat că parametrul cu influența cea mai mare asupra rugozității o deține avansul și, totodată, această metodă este mai precisă față de RSM, chiar dacă a obținut aceleași rezultate cu ambele. La finalul cercetării, Kardigama a concluzionat că în baza modelului de ecuații obținute, se poate alege combinația optimă a variabilelor procesului pentru obținerea unei rugozități optime și, eventual reducerea timpului de prelucrare și creșterea durabilității sculei așchietoare.

În ceea ce privește metoda lui Taguchi, aceasta este o metodă elaborată de către Genichi Taguchi, cu scopul de a îmbunătăți calitatea produselor fabricate, având aplicabilitate în inginerie, biotehnologie, marketing și publicitate.

Taguchi propune o strategie în scopul îmbunătățirii calității produsului pe linia de producție, având în vedere că nici un control nu poate înlocui calitatea produsului. Pentru a obține calitatea dorită a produsului încă din proiectare, Taguchi recomandă un proces din trei etape: proiectarea sistemului, proiectarea parametrilor și proiectarea toleranțelor.

În timp ce proiectarea sistemului ajută la identificarea nivelelor de lucru ale parametrilor de proiectare, prin aceștia din urmă se caută identificarea nivelelor de lucru care duc la obținerea celor mai mari performanțe ale produselor/proceselor studiate. În final este selectată condiția optimă astfel încât factorii care nu pot fi controlați precum vibrațiile, să producă variații minime în performanța sistemului.

În proiectarea parametrilor, instrumentele cele mai importante sunt matricele ortogonale, analizele de variație și de zgomot. Proiectarea toleranțelor reprezintă un pas în selectarea rezultatelor obținute în urma proiectării parametrilor, prin încadrarea parametrilor în limitele de toleranță care prezintă o influență semnificativă asupra produsului.

În (Țițu et al., 2011) este prezentată filosofia abordării Taguchi prin intermediul unor scheme care sunt detaliate în figura 1.30.

Altfel spus, în urma analizei figurii 1.30, reiese că strategia adoptată de Taguchi caută să minimizeze efectul factorilor zgomot și să identifice combinațiile de parametri care reduc efectele cauzelor, fără ca acestea să fie atacate direct (Țițu et al., 2011).

Metoda lui Taguchi este o metodă care se aplică în cercetarea experimentală respectiv, se utilizează extrem de pregnant în modelarea și optimizarea proceselor, produselor și serviciilor în anumite situații (Țițu et al., 2011).

Lucrări relevante în care s-au efectuat studiile în baza acestei metode aparțin lui (Kuttolamadam et al, 2010), (Doddapattar & Lakshmana Swamy, 2012), (Mishra et al., 2010), (Warhade et al., 2013), (Durakbaşa et al., 2013), (Gulhane et al., 2013), (Krishnamurthy & Venkatesh, 2013), (Rogov & Siamak, 2013), (Ghan & Ambekar, 2014) și de asemenea lui (Murthy et al., 2014).

În lucrarea (Murthy et al., 2014) s-a urmărit optimizarea parametrilor regimului de așchiere în urma prelucrării prin strunjire a aliajului de aluminiu Al6061. Acest obiectiv a fost atins folosind metoda lui Taguchi prin care s-a determinat nivelul de influență al acestor parametri asupra rugozității suprafeței. Valorile atribuite fiecărui factor în parte în cadrul experimentului au fost:

- avansul pe dinte: 10 mm/min și 70 mm/min;

- turația: 500 rot/min și 1500 rot/min;
- adâncimea de așchiere: 0,2 mm și 0,8 mm;
- raza la vârf a sculei: 0,2 mm și 0,8 mm.

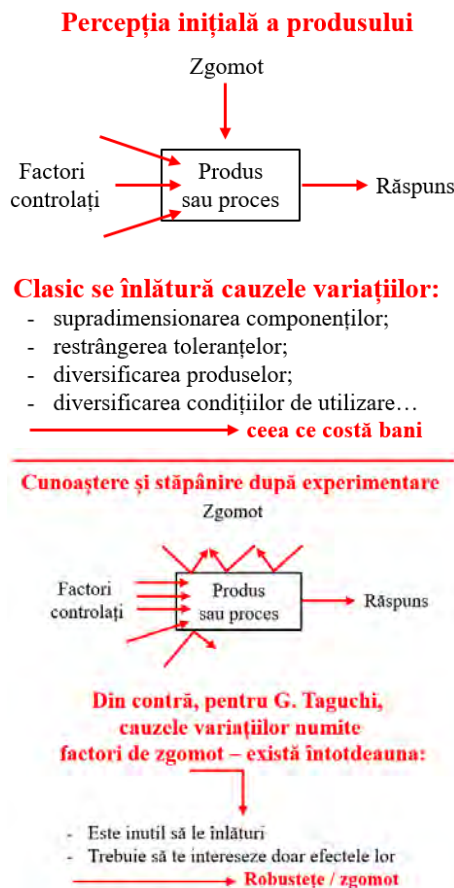


Fig. 1.30. Filosofia abordării Taguchi (Țițu et al., 2011)

După măsurarea rugozităților rezultate, datele au fost supuse analizei ANOVA, după care s-a determinat o ecuație de regresie cu ajutorul aplicației statistice MINITAB 15, care are următoarea formă liniară: $Ra = 0,484 - 0,072 \times \text{Raza la vârf (mm)} + 0,0118 \times \text{Avansul (mm/min)} - 0,000427 \times \text{Turația (rot/min)} + 0,648 \times \text{Adâncimea (mm)}$.

În final autorii au constatat că avansul are cea mai mare influență asupra rugozității suprafeței iar ecuația de regresie obținută prezice planul experimental cu un procent de 42,8%.

În analiza rugozității suprafeței la strunjirea aliajului Al6061, folosind analiza de regresie, (Shekh & Khan, 2013), au avut ca punct de pornire parametrii de așchiere stabiliți în desfășurarea experimentelor, cu valorile aferente:

- viteza de așchiere: 1900 rot/min, 1700 rot/min și 2100 rot/min;
- viteza de avans: 0,1 mm/rot, 0,125 mm/rot și 0,15 mm/rot;
- adâncimea de așchiere: 0,2 mm, 0,3 mm și 0,4 mm.

Ecuația de regresie obținută are următoarea formă liniară: $Ra = -0,323 + 1,06 \times \text{Adâncimea} + 10,7 \times \text{Avansul} - 0,00157 \times \text{Turația}$. Această ecuație prezice planul experimental ales cu un procent de 62,2% iar factorul cu influența cea mai mare asupra rugozității suprafeței este viteza de așchiere în condițiile de prelucrare utilizate în această cercetare.

Frecarea și uzura sculei au constituit obiectul de cercetare al lucrării (Mishra et al., 2010). Autorii au folosit planul de experiment Taguchi prin care au stabilit ca factori controlabili: forțele de așchiere, viteza de alunecare și distanța de alunecare. Au determinat ecuațiile de regresie liniare pentru frecare și uzură dar nu înainte de a testa datele obținute prin analiza varianței ANOVA.

Rawangwong în lucrarea (Rawangwong et al., 2012) a folosit experimentul factorial și a determinat factorii cu influența cea mai mare asupra rugozității suprafeței aliajului Al7075, prelucrat prin frezare frontală. Autorul a constatat că viteza și avansul prezintă influența cea mai mare asupra calității suprafeței. Pe baza rezultatelor obținute a determinat un model de regresie liniar de forma: $Ra = 0,156 - 0,000024 \times \text{Viteza} + 0,000047 \times \text{Avansul}$. Aplicabilitatea ecuației este în câmpul de valori: viteza = 2600-3800 rot/min; avansul = 1000-1500mm/min iar adâncimea de așchiere să nu depășească 1 mm.

Similar, autorii (Pop & Titu, 2020), (Țîțu & Pop, 2016), (Țîțu & Pop, 2017), (Țîțu et al., 2017), (Țîțu et al., 2018), (Țîțu & Pop, 2019), (Țîțu et al., 2019), (Țîțu & Pop, 2020), (Țîțu et al., 2020), (Țîțu et al., 2021), (Țîțu, Ravai & Pop, 2023), (Țîțu & Pop, 2023) și (Țîțu & Pop, 2024) au urmărit aspecte similare cercetând comportamentul aliajului de aluminiu Al7136.

În lucrarea (Doddapattar & Lakshmana Swamy, 2012) autorii au avut ca obiectiv principal, optimizarea parametrilor de proces pentru obținerea unei rugozități a suprafeței cât mai mici, la prelucrarea prin strunjire a aliajului de aluminiu Al7075. Experimentele au fost desfășurate după planul realizat conform metodei lui Taguchi, iar rezultatele obținute în urma analizei, au indicat parametrii cu influența cea mai mare asupra rugozității, aceștia fiind avansul – ca factor de sine stătător și interacțiunea avans-viteza.

Dintr-un total de 42 de lucrări științifice care au abordat prelucrarea datelor prin prisma metodelor matematice și a analizei statistice, în 11 lucrări a fost menționată și aplicația cu ajutorul căreia s-au prelucrat și testat datele, aceasta fiind Minitab, versiunile 15 și 16.

1.5. CONCLUZII IMEDIATE

În urma studiului bibliografic efectuat în cadrul acestui capitol, au rezultat următoarele concluzii imediate:

Cercetătorii în domeniu studiază tendințele actuale privind analiza și studiul principalilor factori care influențează așchiera, acestea fiind:

- creșterea productivității prin intermediul modelelor de decizie privind alegerea sculelor așchietoare;
- studiul calității suprafeței;
- elaborarea și implementarea unor noi tehnologii de prelucrare prin așchiere, precum și noi materiale și tipuri de scule cu proprietăți așchietoare superioare.

S-a constatat că de-a lungul ultimului deceniu cercetările au fost axate în special asupra oțelurilor cu un procent de 64% (fig. 1.5). Fontele și materialele plastice ocupă doar câte 1% din totalul materialelor analizate, însă studiarea acestora acum a început să ia amploare în industriile de profil.

S-a constatat că prelucrarea și cercetarea aluminiului a luat amploare după perioada anilor 2000. Datorită proprietăților aluminiului aliat care fac din acest material unul valoros, varietatea aplicațiilor sale este într-o continuă creștere. Aliajele de aluminiu conțin elemente de aliere tipice, cum ar fi cupru, magneziu, mangan, siliciu și zinc, în care aluminiul (Al) este metalul predominant.

S-a constatat că aliaje de aluminiu cele mai studiate din punct de vedere al prelucrabilității prin așchiere, din industria aeronautică sunt: Al6061 care este studiat într-un număr de 30 de lucrări științifice, urmat de Al7075 în 21 lucrări și de Al2024 în 15 lucrări științifice (fig. 1.9).

S-a identificat un nou aliaj de aluminiu - Al7136 care nu a fost studiat din punct de vedere al comportamentului în prelucrare sub nici un aspect, cu toate că este utilizat în industria aeronautică.

Prelucrabilitatea aliajelor de aluminiu a fost studiată și testată cel mai adesea prin operațiile de strunjire, frezare și găurire. Dintre aceste operații, s-a constatat că strunjirea a fost cea mai studiată, ocupând un procent de 47%, urmată îndeaproape de frezare, cu 46% (fig. 1.18).

Analizând întregul material bibliografic, s-a constatat că parametrul cel mai studiat, cu influența cea mai mare în procesul de așchiere a aliajelor de aluminiu, este avansul. Acest lucru este confirmat de figura 1.19 din care reiese o cumulare, pe intervalul anilor 2001 – 2014, a unui număr total de 59 lucrări de cercetare, respectiv un procent de 36% conform figurii 1.20. Acest parametru de proces este urmat îndeaproape de viteza de așchiere cu 57 de lucrări, respectiv 35%, iar apoi adâncimea de așchiere care este studiată în 47 de lucrări cu un procent de 29%.

S-a constatat că rugozitatea suprafeței a fost cel mai frecvent studiată, ocupând un procent de 21% din totalul lucrărilor identificate și totodată cumulând un număr de 39 de lucrări în intervalul anilor 2001-2014, studierea masivă a acestui factor, fiind în anii 2012-2014. Un alt factor studiat destul de frecvent este reprezentat de forțele de așchiere. Acestea apar ca direcție de cercetare în 35 de lucrări identificate în perioada analizată, ocupând un procent de 19%. La polul opus sunt situați factorii: frecarea și uzura sculei. Aceștia din urmă fiind studiați doar în câte 13 lucrări identificate, ocupând o plajă de câte 7% fiecare din total (fig. 1.21 și fig. 1.22).

Majoritatea lucrărilor identificate în scopul studierii prelucrabilității aliajelor de aluminiu, utilizează spre optimizare, metode matematice. Urmărind evoluția utilizării acestora, s-a constatat că metodele matematice au fost implementate destul de recent în studiul optimizării proceselor de așchiere, începând cu anii 2008 și luând amploare în anii 2012.

Printre cele mai studiate metode matematice utilizate în cadrul optimizării proceselor de așchiere, sunt: analiza varianței ANOVA care ocupă 38% cu un număr de 16 lucrări, metoda lui Taguchi cu 24% și un număr de 10 lucrări științifice, metodologia suprafețelor de răspuns RSM cu 22% și analiza de regresie care deține 14% (fig. 1.28 și fig. 1.29).

S-a constatat că așchieria uscată nu este foarte studiată. S-a identificat doar un număr de 22 de lucrări care studiază așchieria uscată a aluminiului.

Efectele tasării materialului de către sculă nu au fost abordate în cercetările identificate.

S-a constatat că există studii preliminare asupra aerosolilor rezultați în procesele de așchiere la prelucrarea aluminiului, regăsite în 2 lucrări identificate în perioada anilor 2013-2014 (Djebara et al., 2013) și (Kouam et al., 2014).

În procesele de prelucrare a aluminiului apare o problemă privind depunerea materialului pe tăișul sculei așchietoare, cu un efect negativ asupra calității piesei prelucrate.

Ca urmare a contactului sculă-piesă, s-a constatat că nu a fost studiată starea de tensiuni la prelucrarea aluminiului.

S-a constatat că există cercetări în care este modelată forma așchiei la prelucrarea aluminiului pe baza diverselor modele matematice.

Prin aceste concluzii se constată un câmp deschis spre modalități noi de abordare a procesului de așchiere.

2.

METODOLOGIA CERCETĂRII: APLICAREA METODEI TAGUCHI

2.1. INTRODUCERE

Cercetarea științifică presupune realizarea unor studii teoretice conjugate cu cercetări experimentale. Studiile teoretice permit stabilirea legilor ce stau la baza fenomenului studiat, prin utilizarea aparatului matematice, a realizărilor din domeniul respectiv sau din alte domenii (Năsui et al., 2007).

Cercetările experimentale urmăresc verificarea ipotezelor ce au stat la baza studiilor efectuate, ele permit de asemenea, unor fenomene pentru care nu pot fi obținute rezultate cu aplicativitate practică pe cale teoretică (Năsui et al., 2007).

Cercetarea experimentală presupune organizarea desfășurării unui fenomen sau proces în condiții bine stabilite eliminând pe cât posibil influențele exterioare perturbatoare. Obiectivul genera este efectuarea unor măsurători, în vederea stabilirii valorii sau a intensității mărimilor fizice caracteristice fenomenului sau procesului considerat. Măsurând mărimile ce le caracterizează se pot deduce o serie de legături între factori și legile ce guvernează fenomenul. Valoarea rezultatelor obținute în urma cercetării, costul și durata programului de cercetare, depind de alegerea metodelor, mijloacelor și tehnicile de investigare, de organizare a etapelor experimentării și de modul de prelucrare a rezultatelor (Năsui et al., 2007).

După tipul de activitate cercetarea se clasifică astfel, (Năsui et al., 2007):

Cercetare fundamentală pură – este activitatea teoretică și experimentală realizată pentru a obține cunoștințe noi fără a urmări beneficii pe termen lung, altele decât avansarea cunoașterii. Acest tip de activitate este adesea pur teoretic cu intenția de a crește înțelegerea unor anumite fenomene, sa comportări dar nu caută să rezolve, sau să trateze aceste probleme.

Cercetarea fundamentală strategică - este activitatea teoretică și experimentală realizată pentru a obține cunoștințe noi direcționate spre domenii vaste specifice în așteptarea unor descoperiri utile. Oferă o bază largă de cunoștințe necesare pentru soluționarea unor probleme practice recunoscute.

Cercetarea aplicativă – este activitatea originală realizată pentru a obține noi cunoștințe având în vedere o aplicație specifică. Este efectuată pentru a determina utilizările posibile ale rezultatelor cercetării de bază, sau pentru a determina noi căi de a atinge anumite obiective specifice și predeterminate.

Dezvoltarea experimentală – este activitatea sistematică ce utilizează cunoașterea existentă câștigată din experiența de cercetare sau practică, care este direcționată pentru a produce materiale, produse sau dispozitive noi, pentru a instala procese, sisteme sau servicii noi, sau pentru a îmbunătăți substanțial cele deja produse sau instalate.

Din punct de vedere teoretic cercetarea efectuată în decursul acestei lucrări s-a efectuat pornind de la studierea legăturilor dintre diferiți factori și parametri utilizați în cadrul proceselor de așchiere analizate, pe baza cunoștințelor oferite de științele fundamentale care vizează teoriile așchierii pentru a determina modalitățile prin care poate avea loc evoluția acestor procese.

Din punct de vedere experimental, problemele au fost abordate pornind de la organizarea și desfășurarea procesului fizic de așchiere prin frezare cilindro-frontală. S-au stabilit regimurile de așchiere de analizat, după care s-au determinat și măsurat mărimile caracteristice, rezultând astfel legăturile dintre factorii și parametrii urmăriți în cercetare.

Având în vedere că proiectarea experimentelor vizează organizarea și planificarea activității experimentale, cercetările proprii s-au axat pe:

- colectarea numărului maxim de informații, în prima fază;
- identificarea factorilor care afectează procesul analizat supus cercetării;
- modelarea matematică a datelor experimentale deținute;
- obținerea unui model de regresie al direcției de cercetare stabilite în funcție de factorii studiați.

2.2. METODE EXPERIMENTALE ÎN PRELUCRAREA METALELOR

2.2.1. Abordare generală

Științele experimentale își bazează cunoașterea în problemele abordate cel mai adesea pe rezultate experimentale obținute în urma unor procese de măsurare. La ora actuală se acceptă că orice rezultat experimental este afectat cel puțin de erorile aleatoare de măsurare și ca atare, formularea concluziilor și luarea deciziilor trebuie făcută în condițiile în care se ține seama de existența acestor erori, deci se acceptă implicit faptul că afirmațiile făcute vor avea o certitudine inferioară valorii de 100%, respectiv probabilitatea ca evenimentul prevăzut a se produce pe baza analizei rezultatelor experimentale este subunitară (Țîțu et al., 2011).

Statistica are ca obiectiv fundamental problema deciziei în cazul unei incertitudini. Decizia înseamnă adoptarea sau respingerea unei ipoteze. Ipoteza este statistică deoarece este justificată statistic, pe baza unor sondaje. Ea se referă la legea de repartiție și la parametrii unei variabile aleatoare. Statistica matematică oferă soluții în privința extragerii acelor valori care prezintă interes, din întregul șir de date, în vederea prelucrării ulterioare. Pornind de la ideea că nici o metodă statistică nu poate împiedica apariția unor greșeli, raționamente false, etc., este necesar și indicat ca cel care aplică metodele statistice să cunoască bine procesul experimental, importanța sa și să aleagă metodele adecvate domeniului abordat (Năsui et al., 2007).

Ipoteza statistică este o presupunere privind repartiția necunoscută a unei variabile aleatoare.

Teste statistice sunt denumirea dată metodelor de verificare a ipotezelor statistice. Ele reprezintă practic procedura de verificare a unei ipoteze statistice, ce are ca obiect decizia de respingere sau acceptare a unei ipoteze statistice (Năsui et al., 2007).

Prelucrarea datelor experimentale se realizează în următoarele etape (Năsui et al., 2007):

- verificarea ipotezelor statistice;
- estimarea adevăratei valori a unei mărimi măsurate;
- eliminarea rezultatelor aberante din șirul de măsurători efectuate în aceleași condiții;
- verificarea caracterului aleatoriu al împrăstierii valorilor caracteristicii de calitate;
- verificarea normalității repartiției datelor experimentale;
- determinarea intervalului și a nivelului de încredere;
- repartiția și raportarea datelor statistice;
- compararea valorilor mediilor aritmetice;
- compararea dispersiilor.

Ipoteze generale privind datele experimentale

Aplicabilitatea algoritmilor de calcul este limitată ca urmare a faptului că datele experimentale ce se prelucreează se încadrează în ansamblul următoarelor ipoteze generale (Năsui et al., 2007):

- datele experimentale sunt șiruri statistice de valori ale unor variabile aleatorii care se exprimă într-o singură dimensiune nu două;
- șirurile de valori obținute în urma măsurărilor nu sunt funcție de timp, adică toate determinările experimentale sunt făcute în aceleași condiții, deși ele sunt decalate în timp;
- toate datele trebuie să corespundă valorilor numerice ale uneia și aceleiași caracteristici și să fie omogene, adică să aparțină unei aceleiași populații, constituind elemente

independente, produse de experiențe repetate, realizate ca urmare a unui complex repetat de condiții identice;

- mijloacele de măsurare au funcționat corect, în condiții de precizie egale, determinările nefiind afectate de erori sistematice sau grosolane;
- datele supuse prelucrării aparțin unei legi de repartiție normală sau care poate fi considerată în mod justificat ca aproape normală;
- rezultatele măsurătorilor sunt autentice și reprezentative pentru fenomenul în cercetare;
- numărul datelor care se prelucreează este suficient de mare încât poate fi considerat un eșantion de volum mare al unei selecții dintr-o populație statistică originală necunoscută.

Aplicarea cu rezultate bune a metodelor de investigare statistică presupune respectarea unor considerente generale de ordin practic, între care cele mai importante sunt următoarele (Cicală, 1999):

- cunoașterea și stăpânirea aspectelor fenomenologice care definesc corect și complet problema de rezolvat; această etapă este de primă importanță în formularea corectă a problemei de rezolvat, în identificarea funcțiilor obiectiv de studiat, în alegerea factorilor de influență, a numărului și valorii nivelurilor pe care se vor situa acești factori, în stabilirea numărului de replici ce trebuie efectuate, în interpretarea rezultatelor analizei efectuate precum și în formularea concluziilor și luarea deciziilor în urma prelucrării datelor experimentale;
- alegerea unui model experimental cât mai simplu posibil și care să permită o analiză facilă a rezultatelor furnizate; o proiectare neglijentă a experimentului sau utilizarea unui model experimental prea complex și greu de interpretat poate compromite parțial sau total cercetarea întreprinsă asupra obiectului, fenomenului sau procesului studiat;
- sesizarea diferențelor între semnificația practică și cea statistică; doar faptul că între două situații analizate pot fi semnalate diferențe statistice semnificative nu înseamnă că întotdeauna aceste diferențe sunt suficient de mari pentru ca ele să implice înlocuirea uneia dintre situații cu cealaltă; întotdeauna, pe lângă aspectul funcțional al problemei de rezolvat, trebuie analizat cu pertinență și aspectul economic al acesteia, respectiv măsura în care soluția găsită din analiza statistică este convenabil a fi aplicată din punct de vedere economic;
- utilizarea pe cât posibil a unor experimente secvențiale și iterative, care să permită, funcție de concluziile furnizate și de resursele (timp și bani) disponibile, dezvoltarea ulterioară a cercetărilor pornind de la experimentele deja efectuate, astfel încât atingerea obiectivelor cercetării să fie făcute gradual, pe măsură ce există confirmarea experimentală a faptului că metodologia experimentală urmată este o cale corectă pentru rezolvarea problemei propuse.

2.2.2. Abordare aprofundată

În ordinea respectării etapelor necesare prelucrării datelor statistice, metodele de cercetare experimentală sunt prezentate în continuare, grupate pe categoriile în care acestea se încadrează.

VERIFICAREA IPOTEZELOR STATISTICE

Verificarea acestor ipoteze dă indicații asupra preciziei proceselor tehnologice, asupra preciziei mașinilor și utilajelor, asupra aparatelor de măsură și control (Crețu, 1998).

➤ **Testul χ^2** este utilizat în cazurile următoare (Năsui et al., 2007):

- test de egalitate între dispersia unei populații normale și o valoare specificată, pornind de la dispersia estimată pe un eșantion prelevat din această populație;
- comparația dintre efectele observate și cele teoretice corespunzătoare unei repartiții specifice aprioric sau definite pornind de la valorile observate;
- test de independență și omogenitate.

- **Testul F** (Fisher - Snedecor) este utilizat în situațiile (Năsui et al., 2007):
 - test de egalitate a dispersiilor a două populații normale, pornind de la dispersiile estimate pe două eșantioane independente prelevate din aceste populații;
 - teste ce intervin în analiza dispersiei.
- **Testul Bartlett** se folosește pentru verificarea dispersiilor eșantioanelor (Năsui et al., 2007).
- **Testul Cochran** se folosește pentru a elimina acele dispersii care diferă semnificativ de celelalte, pentru a nu fi nevoie de repetarea cercetării (Năsui et al., 2007).

ELIMINAREA REZULTATELOR ABERANTE

Citirea rezultatelor unei măsurări permite și evidențierea unor date care fac discordanță cu realitatea. Analizând un șir de date experimentale, obținute prin măsurători repetate în condiții de repetabilitate, este posibil ca una sau câteva date să difere relativ mult de majoritatea celorlalte adică cu valori anormal de mari sau de mici față de ele. Influența acestora asupra parametrilor statistici ai sondajului poate fi destul de mare, mai ales în condițiile când numărul de măsurători n este mic. Aceste valori sunt susceptibile de a fi afectate de erori grosolane și de aceea este necesar să se determine oportunitatea eliminării acestora din șirul valorilor măsurate (Năsui et al., 2007).

Eliminarea unor asemenea erori impune într-o primă fază analiza corectitudinii lanțului de măsurători, a metodei de măsurare, a condițiilor în care se desfășoară măsurarea etc. dacă nu s-au depistat anomalii în prima fază, se elimină matematic, în baza unor criterii, aceste erori, după cum se cunoaște sau nu eroarea medie pătratică a datelor măsurate. Aceste calcule se fac în ipoteza că toate măsurările se execută cu același grad de precizie și independent una de alta (Năsui et al., 2007).

Pentru studiul oportunității eliminării unor anumite valori din șirul valorilor măsurate se pot folosi mai multe teste (Năsui et al., 2007):

- testul Chauvenet;
- testul Romanovski;
- testul Grubbs;
- testul Student etc.

La aplicarea testelor trebuie să se aibă în vedere următoarele (Năsui et al., 2007):

- măsurandul trebuie să aibă o repartiție normală;
- testul aplicat, fiind o decizie statistică, poate fi afectată de erori de decizie. Se poate adopta o decizie eronată de a estima o valoare care nu este eronată și invers, se poate păstra un rezultat care este eronat. Din acest motiv, la eliminarea erorilor presupuse a fi afectate de erori grosolane trebuie manifestată prudență;
- rezultatele prelucrării statistice a datelor sunt cu atât mai precise, cu cât numărul măsurătorilor este mai mare;
- în toate cazurile în care rezultatele măsurătorilor sunt afectate de erori sistematice determinabile, acestea trebuie eliminate din rezultatul brut al măsurării și numai apoi să se aplice teste de verificare.

Verificarea caracterului aleatoriu al șirului de date

Unul dintre testele cele mai utilizate pentru verificarea caracterului aleatoriu al unui eșantion de valori experimentale este testul Young (Năsui et al., 2007).

Verificarea repartiției normale a datelor experimentale

Legea distribuției normale a erorilor aleatoare de măsurare (legea lui Gauss) este cel mai mult acceptată în practica prelucrării datelor experimentale rezultate din măsurători. Fiecare experiment trebuie să asigure concordanța repartiției datelor cu legea lui Gauss. Deoarece pentru un șir de date experimentale ce urmează a fi prelucrate matematic, experimentatorul are un anumit model statistic, este posibil ca aceasta să descrie mai bine sau mai puțin modelul studiat. Verificarea concordanței dintre cele două repartiții de date experimentale este absolut necesară. Din punct de vedere statistico-matematic, problema determinării unui anumit model statistic constă în verificarea concordanței dintre repartiția empirică a datelor experimentale și o repartiție teoretică presupusă adecvată pentru modelul acestora (Năsui et al., 2007).

Verificarea normalității repartiției datelor experimentale se poate face prin testele (Năsui et al., 2007):

- testul χ^2 ;
- testul Massey;
- testul Shapiro-Wilk;
- testul Kolmogorov.

Determinarea intervalului și a nivelului de încredere

Parametrii principali care descriu o colectivitate statistică sunt media aritmetică și dispersia. Acești parametri sunt imposibil de calculat cu precizie din determinările făcute și, de aceea, ei se aproximează folosind determinările făcute pe baza eșantioanelor (probelor).

Parametrii eșantioanelor analizate nu sunt identici cu parametrii întregii colectivități din care fac parte. Totuși, există posibilitatea determinării intervalului de valori pentru acești parametri, acordând acestui interval o anumită încredere (probabilitate).

Intervalul de încredere este acel interval care acoperă cu o probabilitate dată, valoarea parametrului analizat. Probabilitatea respectivă este nivelul de încredere, iar nivelul de semnificație este probabilitatea ca parametrul estimat să se afle în afara intervalului de încredere (Năsui et al., 2007).

Alegerea valorii nivelului de încredere

În realizarea măsurătorilor se observă că valorile ce se determină pentru unii parametri, cât și formularea unor concluzii, sunt condiționate de un anumit nivel de încredere, consecință naturală a faptului că se operează cu mărimi considerate aleatorii, după metode statistice (Năsui et al., 2007).

Alegerea nivelului de încredere are consecințe economice importante, deoarece el determină, pentru anumite condiții date numărul necesar de măsurători. Alegerea nivelului de încredere este o problemă de decizie statistică, care admite o soluție optimă, dacă se iau în considerare costurile erorilor de măsurare și costurile efectuării unor măsurări suplimentare. Alegerea rațională a valorii intervalului de încredere, implică optimizarea procesului de măsurare din punct de vedere al preciziei și al numărului de măsurători. În practică s-au impus următoarele niveluri de încredere (Năsui et al., 2007):

- la măsurătorile realizate în industrie, laboratoare, unele operații de control, recepție, încercare, expertiză etc., se ia nivelul de încredere de 95%;
- la măsurători de înaltă calitate și răspundere în tehnologie și știință, una din valorile: 99%, 99,5%, 99,73%, 99,99%.

În contextul celor prezentate mai sus, cercetările abordate în lucrarea de față, s-au desfășurat, utilizând metode dintre cele amintite anterior, care acoperă cerințele unei prelucrări/modelări a datelor experimentale deținute.

2.3. DEFINIREA OBIECTIVELOR ȘI PROBLEMATICII CERCETĂRII

2.3.1. Obiectivul principal al studiului

În urma realizării studiului stadiului actual al cercetării procesului de frezare cilindro-frontală a aliajelor de aluminiu, au rezultat o serie de concluzii din care s-au desprins mai multe direcții de cercetare. În baza acestor direcții s-a stabilit obiectivul fundamental al cercetării.

Obiectivul fundamental al cercetării de față – este studiul abaterii medii aritmetice a profilului suprafeței Ra, rezultate la prelucrarea prin frezare cilindro-frontală, a pieselor din aliajul de aluminiu cod 7136, în funcție de parametrii procesului de așchiere.

2.3.2. Problemele cheie abordate

Pentru îndeplinirea obiectivului fundamental mai sus menționat, trebuie identificate obiectivele specifice ca răspuns al câtorva întrebări de cercetare. Așadar, întrebările care ridică principalele probleme majore ale cercetării sunt:

Întrebarea 1: Care este ponderea influențelor fiecărui parametru al procesului de așchiere asupra abaterii medii aritmetice a profilului suprafeței Ra prelucrate?

Întrebarea 2: Cum este influențată abaterea medie aritmetică a profilului suprafeței Ra rezultate, de fiecare parametru al procesului de aşchiere?

Întrebarea 3: Se poate obține un model matematic valid al valorii abaterii medii aritmetice a profilului suprafeței Ra , în funcție de parametrii procesului de aşchiere?

Întrebarea 4: Se pot realiza reglaje determinate ale parametrilor procesului de aşchiere astfel încât să se obțină o abatere medie aritmetică a profilului suprafeței Ra , prestabilită?

Răspunsurile acestor întrebări vor fi elaborate în baza respectării unor principii prin care să se obțină rezultate cantitative și calitative cât mai favorabile, spre atingerea următoarelor obiective specifice:

Obiectivul specific 1: Determinarea ponderii influențelor parametrilor procesului de aşchiere pentru ca acesta să atingă performanțele în privința obținerii unei abaterii medii aritmetice a profilului suprafeței Ra cât mai bune și totodată, să aibă un minimum de sensibilitate la factorii necontrolabili.

Obiectivul specific 2: Determinarea experimentală a abaterii medii aritmetice a profilului suprafeței frezate, din aliajul de aluminiu 7136 și, analiza și interpretarea datelor rezultate în urma măsurării.

Obiectivul specific 3: Stabilirea unui model matematic pentru determinarea abaterii medii aritmetice a profilului suprafeței Ra în funcție de parametrii de aşchiere studiați într-un domeniu experimental stabilit.

Obiectivul specific 4: Validarea modelului matematic prin modelarea și optimizarea datelor experimentale.

2.4. PROIECTAREA STUDIULUI EXPERIMENTAL

Proiectarea cercetării are la bază aspectele prezentate prin intermediul figurii 2.1, adaptate după (Țițu et al., 2011).

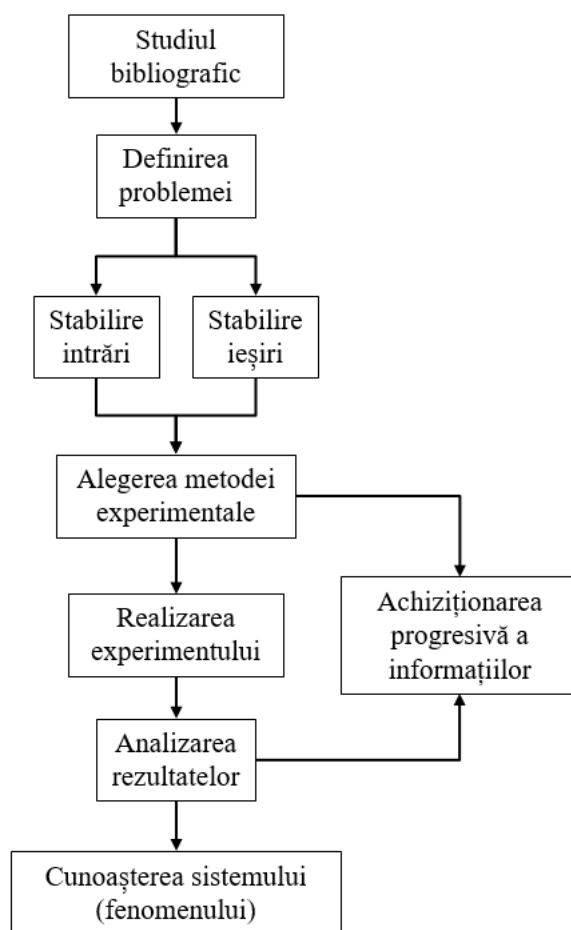


Fig. 2.1 Proiectarea cercetării (adaptat după Țițu et al., 2011).

Etaplele proiectării cercetării, sintetizate în figura amintită, sunt următoarele:

- efectuarea riguroasă a studiului bibliografic, în urma căruia să poată fi inventariate informațiile existente despre tema studiată;
- definirea problemei de cercetare;
- stabilirea datelor de intrare:
 - alegerea materialului semifabricatului;
 - alegerea operației de aşchiere;
 - alegerea factorilor urmăriți în cercetare și nivelurile de variație ale acestora;
 - alegerea sculelor;
 - alegerea centrului de prelucrare cu comandă numerică;
 - alegerea instrumentelor și dispozitivelor de măsurare;
- stabilirea datelor de ieșire:
 - alegerea răspunsurilor urmărite în cercetare și a metodelor de determinare ale acestora și acuratețea lor.
- alegerea metodei experimentale în așa fel încât să permită achiziționarea progresivă de informații. Metoda experimentală trebuie să fie eficientă, să permită obținerea maximului de informații cu ajutorul unui număr minim de experimente. Ea trebuie să permită reducerea la minim a numărului de încercări experimentale necesare, dar această reducere a numărului de încercări necesare nu trebuie să diminueze calitatea rezultatelor ci din contră, să permită obținerea celei mai mari precizii posibile (Țîțu et al., 2011). În cadrul acestei metode se va stabili și numărul necesar de valori măsurate, de probe și de scule utilizate;
- realizarea efectivă a experimentului;
- analiza, interpretarea și validarea rezultatelor trebuie să se poată realiza cu ușurință. Acest lucru este facilitat de alegerea inițială a metodei experimentale, care totodată, trebuie să permită atingerea obiectivelor propuse. La ora actuală analizarea rezultatelor este ușurată de folosirea unor programe de calculator potrivite (Țîțu et al., 2011);
- achiziționarea progresivă de informații este necesară datorită faptului că în cazul în care un experimentator studiază un fenomen, el nu cunoaște rezultatele, de aceea el trebuie să înainteze progresiv și să reorienteze studiile în funcție de rezultatele obținute. O primă serie de experimente conduce la concluzii provizorii, în funcție de aceste concluzii se realizează o nouă serie de experimente. Aceste două serii de experimente permit obținerea de informații mai complete despre fenomen. Dacă este necesar, funcție de rezultatele obținute în primele două serii, se poate realiza a treia serie de experimente. În acest fel experimentatorul caută răspunsurile de care are nevoie și se oprește când a obținut ceea ce caută (Țîțu et al., 2011);
- cunoașterea sistemului (fenomenului) studiat.

2.4.1. Planificarea etapelor cercetării

Planificarea activității de cercetare, urmărește obținerea rezultatelor preconizate în condiții de eficiență maximă.

Alegerea volumului de măsurări se va face pe baza următoarelor considerente:

- precizie;
- durata de achiziție a instrumentelor și dispozitivelor de măsurare;
- durata prelucrării rezultatelor;
- prețul de cost al cercetării.

Un volum prea mic al măsurărilor are un efect negativ asupra preciziei acestora, iar prea mare încarcă inutil programul de cercetare. Repetarea excesivă a unor măsurători poate antrena chiar măsurarea unor tendințe de variație a parametrilor, ca urmare a dispersiei inevitabile a datelor, rezultând concluzii incomplete și eronate.

Astfel, criteriile de stabilire a punctelor extreme vor fi:

- precizia relativă a datelor în diferitele zone ale domeniului de variație, în zonele unde măsurătorile sunt mai puțin precise, se prevăd mai multe;
- natura cunoscută sau aproximativă a funcției experimentale.

Planificarea efectivă a propriei cercetări, are la bază standul de experiment propus pentru efectuarea testărilor care este prezentat în figura 2.2.



Fig. 2.2 Schema standului experimental.

După cum reiese din această schemă, materialul semifabricatului utilizat în desfășurarea propriilor cercetări este aliajul de aluminiu 7136. Consultând literatura de specialitate, nu au fost identificate studii în domeniul prelucrărilor prin aşchiere asupra acestui aliaj. Compoziția chimică aferentă aliajului de aluminiu Al7136, este indicată în tabelul 2.1.

Tabelul 2.1

Compoziția chimică a aliajului Al7136 conform standardului AMS4415A

Element	Min	Max	Element	Min	Max
Siliciu	-	0,12	Zinc	8,4	9,4
Fier	-	0,15	Titan	-	0,10
Cupru	1,9	2,5	Zirconiu	0,10	0,20
Mangan	-	0,05	Alte elemente, fiecare	-	0,05
Magneziu	1,8	2,5	Alte Elemente, total	-	0,15
Crom	-	0,05	Aluminiu	diferența	

Desfășurarea efectivă a experimentelor va decurge în direcția studiului amănunțit a comportării aliajului de aluminiu 7136 conform obiectivelor propuse, la variația parametrilor regimului de aşchiere.

Prelucrările vor fi efectuate cu freza cilindro-frontală standard recomandată la prelucrarea aluminiului, tip SECO R217.69-1616.0-09-2AN cu 2 dinți și diametrul de 16 mm. Plăcuțele aşchietoare aferente, sunt de tip XOEX090308FR-E05, H15. În privința geometriei plăcuțelor aşchietoare ale sculei, o reprezentare grafică este în figura 2.3.

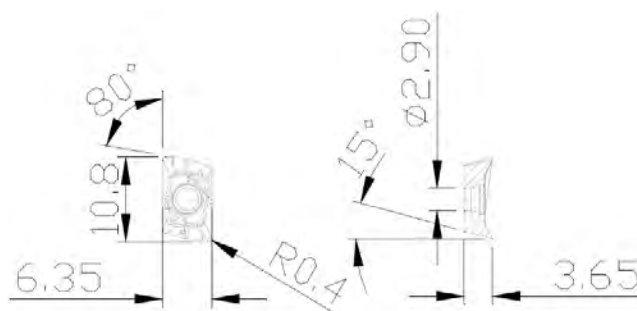


Fig. 2.3 Geometria plăcuței aşchietoare de tip XOEX090308FR-E05, H15.

Centrul de prelucrare cu comandă numerică utilizat spre desfășurarea experimentelor este HAAS VF2.

Dispozitivele utilizate, în scopul analizei calității suprafeței, sunt destinate unei determinări și evaluări optice a suprafeței prelucrate – microscopul optic Micro-Vu VERTEX 310, precum și în vederea analizei evoluției rugozității suprafeței în cazul diferitelor condiții de prelucrare cu ajutorul rugozimetrului Mitutoyo SURFTEST SJ-210.

Cu acest stand experimental pot fi îndeplinite principalele cerințe necesare atingerii obiectivelor stabilite și totodată obținerii unor date experimentale în baza cărora poate fi analizată influența parametrilor de aşchiere (viteza de aşchiere, adâncimea de aşchiere și avansul pe dinte) asupra rugozității suprafeței în procesul de frezare cilindro-frontală.

2.5. STRATEGIA DE IMPLEMENTARE A CERCETĂRII

Strategia proprie de desfășurare a cercetării (fig. 2.4), presupune efectuarea unui studiu experimental asupra problemei de cercetare definite, având la bază un *plan experimental*. În sprijinul unei alegeri raționale a încercărilor experimentale care urmează a fi realizate și totodată pentru a obține rezultate cât mai clare și precise, este necesară utilizarea *tehnicilor și metodelor de modelare și optimizare a cercetării experimentale*.

Un prim pas în utilizarea oricărei metode alese de modelare a datelor experimentale, e constituit de stabilirea factorilor de studiat în concordanță cu obiectivele planului experimental propriu.

În urma alegerii factorilor de studiu, este necesară stabilirea nivelurilor de variație ale acestora. În cercetările curente, această cerință se va face ținând cont de recomandările producătorilor și de posibilitățile tehnologice ale sculei, mașinii unelte și materialelor de prelucrat.

Următorul aspect care trebuie definit constă în alegerea răspunsului cu ajutorul căruia se caracterizează fenomenul studiat.

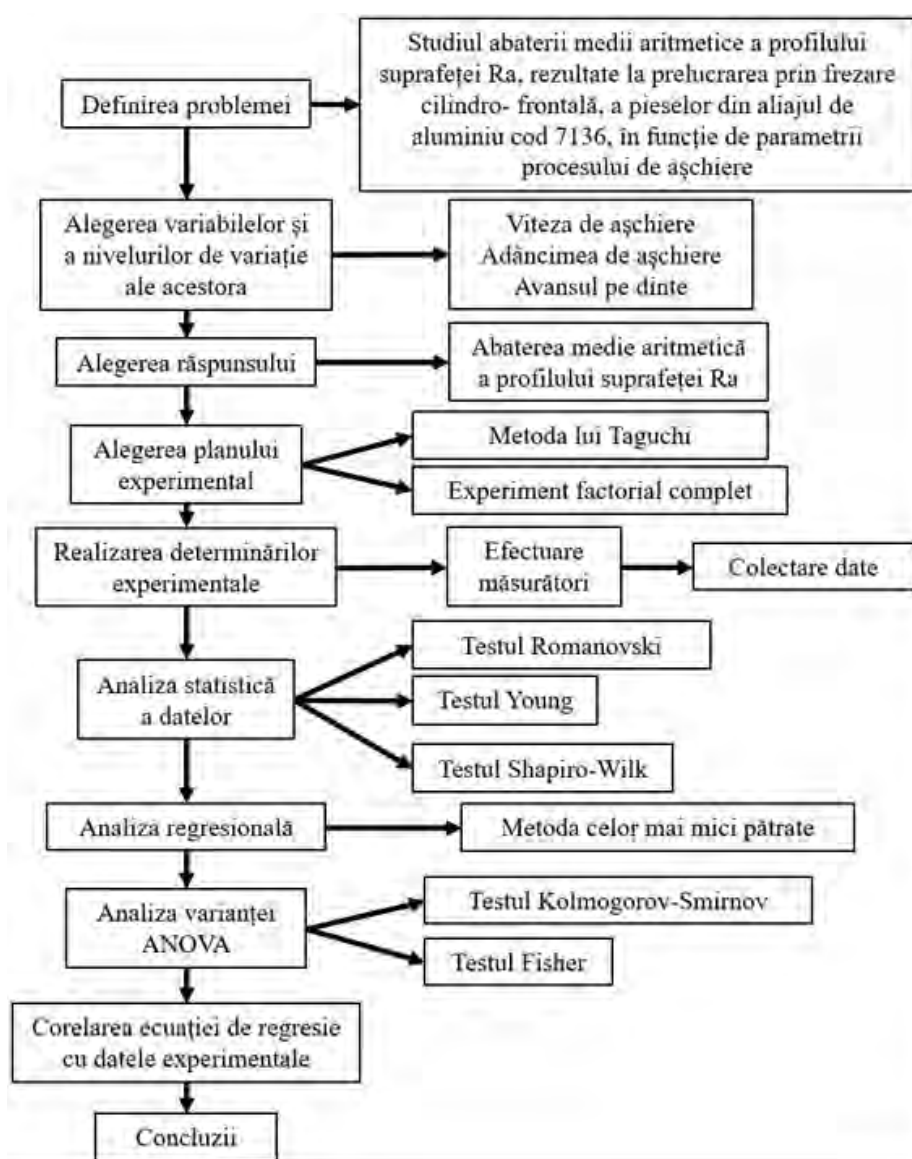


Fig. 2.4 Strategia cercetării.

Având în vedere că, lucrarea de față vizează studiarea unui număr mare de factori, în vederea identificării influenței lor, asupra răspunsului într-un domeniu experimental ales, este necesară efectuarea unor programe preliminare de screening. Screeningul este folosit la începutul determinărilor experimentale având ca scop

identificarea factorilor importanți (Țîțu et al., 2011). După screening se folosește optimizarea. Obiectivul optimizării este prezicerea valorii răspunsurilor în domeniul experimental la orice combinație de factori și identificarea optimului.

Așadar, strategia cercetării proprii (fig. 2.4), are ca punct de pornire obiectivul fundamental stabilit inițial, și anume: *studiul abaterii medii aritmetice a profilului suprafeței R_a , rezultate la prelucrarea prin frezare cilindro-frontală, a pieselor din aliajul de aluminiu cod 7136, în funcție de parametrii procesului de așchiere.*

Analiza problemei de rezolvat trebuie făcută cu deosebită atenție, astfel încât să fie precizați pe cât posibil din start toți factorii de influență; dacă numărul acestora este prea mare în raport cu posibilitățile de experimentare pe care le are cercetătorul, se pot realiza unul sau mai multe experimente preliminare, în scopul ierarhizării factorilor de influență în ordinea importanței lor iar proiectarea ulterioară a experimentului factorial să fie făcută luând în considerare numai factorii stabiliți sau bănuți cu un număr ridicat de șanse ca fiind semnificativi pentru funcția obiectiv studiată (Țîțu et al., 2011).

Având în vedere obiectivul propus, factorii de studiu urmăriți în îndeplinirea obiectivului sunt:

- viteza de așchiere;
- adâncimea de așchiere și
- avansul pe dinte.

Acești factori își exercită influența asupra răspunsului de analizat, reprezentat de *abaterea medie aritmetică a profilului suprafeței R_a .*

Metoda aleasă pentru determinarea abaterii medii aritmetice a profilului suprafeței R_a , este *experimentul*.

Pentru a stabili importanța relativă a parametrilor de așchiere propuși spre studiu, va fi folosit un program preliminar de screening cu scopul:

- de a determina configurația compusă din nivelul optim al fiecărui parametru de așchiere cu scopul creșterii performanțelor procesului de așchiere și obținerea unei sensibilități minime la factorii necontrolabili (Țîțu et al., 2011);
- de a determina procentul de influență al factorilor studiați asupra răspunsului urmărit - ca în final să se poată obține un model de regresie (Țîțu et al., 2011).

În prima fază se va utiliza metoda lui Taguchi, deoarece facilitează prin tehnica ei de operare, atingerea obiectivelor propuse, folosind un număr redus de experimente.

În funcție de rezultatele obținute în urma efectuării experimentelor și a parcurgerii etapelor de calcul impuse de metoda lui Taguchi, ulterior se va proceda spre desfășurarea amănunțită a cercetărilor, în baza procedurilor impuse de un experiment factorial complet, cu scopul de a obține un model de regresie.

Eficiența modelării cu ajutorul experimentelor factoriale rezultă în primul rând, din faptul că aplicarea acestor experimente presupune planificarea încercărilor și în al doilea rând, din faptul că planificarea este realizată după un așa-numit „plan optimal” care asigură un raport optim între numărul măsurărilor și informația obținută în urma efectuării acestora, respectiv precizia estimărilor realizată cu ajutorul modelului obținut (Țîțu et al., 2011).

De importanță deosebită, este faptul ca problema propusă spre rezolvare, să fie corect definită și să fie consistentă, adică rezolvarea ei să furnizeze informații utile experimentatorului privind procesul sau fenomenul studiat, iar factorii de influență identificați să corespundă caracteristicilor pe care o asemenea mărime trebuie să le îndeplinească (Țîțu et al., 2011).

După realizarea tuturor determinărilor experimentale, în acest context, vor fi efectuate măsurătorile și se vor colecta datele.

Numărul total de măsurători (efectuate asupra abaterii medii aritmetice a profilului suprafeței R_a), rezultă din repetările stabilite ale fiecărui experiment în parte.

Conform Montgomery (Montgomery, 2013) aceste repetări pot fi între 3 și 7 ori pentru fiecare set de valori ale parametrilor de intrare, pentru a determina constanța măsurărilor. În cazul de față, pentru obținerea unor rezultate cât mai precise se va efectua o repetare de 7 ori.

În concordanță cu această decizie, analiza statistică a datelor rezultate, efectuată ulterior, va avea la bază metode care să fie potrivite pe această direcție.

Prin urmare, în prima fază, identificarea valorilor afectate de erori aberante, va fi realizată cu ajutorul testului Romanovski. Motivul acestei alegeri este că, acest test poate fi aplicat unui număr de până la 20 de date, celelalte metode folosite în acest scop, fiind potrivite pentru un număr ridicat de date. În cazul de față

numărul datelor este de maxim 7, reprezentat de numărul total al măsurătorilor efectuate pentru fiecare test în parte.

Verificarea caracterului aleatoriu al datelor experimentale va fi efectuată cu ajutorul testului Young.

Verificarea normalității distribuției datelor experimentale, vor fi efectuate utilizând testul de normalitate Shapiro-Wilk, care este recomandat în analiza seturilor de date care nu depășesc 50 de valori.

Toate aceste testări au ca scop certificarea faptului că valorile obținute sunt valori reale ale procesului studiat.

După realizarea analizei statistice a datelor experimentale, se va efectua o analiză regresională. Scopul analizei regresionale este de a identifica o relație cantitativă între parametrii procesului de aşchiere studiați și abaterea medie aritmetică a profilului suprafeței Ra, care să descrie sistemul studiat în orice punct al domeniului experimental ales. Metoda aleasă în acest scop va fi metoda celor mai mici pătrate. S-a ales această metodă, datorită faptului că ea permite determinarea cu maximum de precizie a valorilor constantelor pentru orice formă de ecuație, atribuindu-se ponderi egale sau neegale (după necesități), diferitelor date experimentale (Năsui et al., 2007).

După parcurgerea acestei etape, se va obține o ecuație de regresie. Evaluarea datelor experimentale aferente ecuației de regresie trebuie supuse analizei varianței ANOVA. Scopul acesteia este de a evalua gradul de potrivire al unei analize regresionale și respectiv a modelului generat în urma analizei regresionale. ANOVA se concentrează pe estimarea diferitelor tipuri de variabilitate a răspunsurilor și estimările făcute cu testul Fisher (Țîțu et al, 2011).

Prin testul Fisher este testată semnificația coeficienților ecuației de regresie, prin compararea raportului a două variante și, arată probabilitatea ca între ele să existe o diferență statistică sau nu (Țîțu et al, 2011).

Dar, analiza ANOVA a ecuației de regresie nu poate fi efectuată decât în condițiile unei distribuții normale a datelor. Pentru confirmarea acestui lucru, testarea normalității celor 7 seturi de date, se va efectua de această dată, cu testul Kolmogorov-Smirnov, deoarece acesta se pretează testării seturilor mari de date (Țîțu et al., 2011).

După realizarea analizei ANOVA, se va determina abaterea medie aritmetică a profilului suprafeței Ra, pe baza modelului regresional propus și se va compara cu rezultatele experimentale.

2.5.1. Desfășurarea cercetării

Cercetarea experimentală are în vedere valorificarea la maximum a ansamblului de date experimentale, reducerea la minim a erorilor de măsurare, asigurarea unei viteze maxime de experimentare, costul minim al cercetării și o eficiență maximă.

Pornind de la această afirmație, în realizarea studiului experimental al procesului de frezare cilindro-frontală, obiectivul urmărit este obținerea celei mai bune calități a suprafeței sub influența parametrilor regimului de aşchiere.

Sub formă matematică abaterea medie aritmetică teoretică a suprafeței Ra_t este dependentă de cei 3 factori stabiliți: viteza de aşchiere v [m/mni], adâncimea de aşchiere a_p [mm] și de avansul pe dinte f_z [mm/dinte]:

$$R_{at} = f(v, a_p, f_z) \quad (2.1)$$

O valoare teoretică a Ra_t nu poate fi atinsă datorită erorilor experimentale ε , care apar în timpul încercărilor, dar poate fi estimată prin Ra_{exp} determinată experimental:

$$R_{a \text{ exp}} = R_{at} + \varepsilon = f(v, a_p, f_z) \quad (2.2)$$

unde ε reprezintă eroarea experimentală.

Având în vedere strategia de cercetare propusă pentru selectarea punctelor experimentale (punctele experimentale reprezintă valori ale parametrilor de aşchiere studiați) și modul în care se face analiza și interpretarea rezultatelor, cercetările proprii se vor realiza adoptând o strategie care presupune utilizarea planurilor experimentale.

În urma aplicării acestei strategii, cercetarea capătă o serie de avantaje, cum ar fi:

- reducerea numărului de determinări experimentale;

- posibilitatea studierii unui număr mai mare de variabile;
- posibilitatea decelării interacțiunilor dintre factori;
- posibilitatea determinării unor valori optime;
- obținerea unei precizii mai bune a rezultatelor;
- modelarea rezultatelor și optimizarea modelului.

În prima etapă a acestei metode se va urmări descoperirea factorilor influenți asupra rugozității suprafeței, fixându-se câte două valori (niveluri) pentru fiecare factor în parte.

Din cea de-a doua etapă se va efectua cercetarea propriu zisă. Astfel, în baza rezultatelor obținute se vor alege noi puncte experimentale (valori ale parametrilor de aşchiere studiați) pentru studierea mai amănunțită a calității suprafeței (mai exact a abaterii medii aritmetice a profilului suprafeței) la prelucrarea aliajului de aluminiu Al7136 prin frezare cilindro-frontală.

Avantajele utilizării unui sistem de calcul în domeniul planurilor experimentale și analizei factoriale sunt de necontestat. Munca titanică a multor calcule repetate a fost eliminată și a făcut posibilă utilizarea a multor metode statistice, altfel greu de utilizat în practică, pentru un număr mare de cercetători.

La ora actuală, utilizarea calculatoarelor în domeniul planurilor experimentale și a analizei este de neprețuit, și practic ar fi imposibil de programat, realizat și analizat studii experimentale complexe fără ajutorul lor. Cele mai cunoscute și probabil cele mai utilizate programe sunt: Profesional Statistics, STATISTIC DATA SYSTEM, STATISTICA FOR WINDOWS, MODDE (Țîțu et al., 2011).

2.6. PROIECTAREA EXPERIMENTULUI CU METODA TAGUCHI

Atât la nivel național cât și internațional cercetătorii desfășoară experimente în aproape toate domeniile de cercetare, având ca scop, în mare parte, identificarea aspectelor particulare ale proceselor și sistemelor. În mod literar, fiecare probă experimentală reprezintă un test. Un experiment proiectat ar putea fi definit ca un test sau o serie de teste, în care se aduc modificări intenționate asupra variabilelor de intrare ale unui proces sau sistem, astfel încât prin intermediul influenței lor asupra procesului sau sistemului, să putem identifica motivele apariției modificărilor care pot fi observate prin rezultatele obținute (Montgomery, 2013). Prin urmare, s-ar putea dezvolta un model matematic care să vizeze obținerea acestor rezultate în funcție de cele mai importante variabile de intrare și, ulterior, de a folosi acest model în cadrul procesului sau sistemului, în scopul îmbunătățirii luării altor decizii.

În consecință, cercetările experimentale proprii vor fi desfășurate după cum se prezintă în continuare. Ca urmare a necesității identificării unor valori optime a parametrilor regimului de aşchiere, care influențează calitatea suprafeței la prelucrarea prin frezare cilindro-frontală, s-a impus realizarea unor cercetări experimentale în baza metodei planurilor experimentale. Așadar, construcția propriului plan experimental va fi efectuată cu ajutorul metodei lui Taguchi.

S-a ales această metodă în detrimentul altor metode matematice datorită faptului că, Taguchi propune o metodă sistematică și eficientă pentru conducerea unui experiment, metodă care să conducă la o formulă optimă din punct de vedere al performanțelor și al costului. Metoda propusă utilizează o matrice experimentală ortogonală care permite împărțirea spațiului planului experimental și selectarea unei matrice a planului experimental, care conține un număr mare de variabile, cu ajutorul unui număr redus de experimente. Metoda permite practic selectarea inteligentă în domeniul experimental a unui subset de parametri care permite studiul întregului spațiu experimental cu un număr minim de determinări experimentale (Țîțu et al., 2011).

În general toate determinările experimentale sunt influențate: fie de variabilitatea condițiilor de mediu - temperatura, umiditatea, praful, etc., fie de variabilitatea caracteristicilor materiilor prime și componentelor utilizați, fie de modurile de operare diferite ale operatorilor reglajelor. Mijloacele utilizate pentru combaterea lor uneori pot fi foarte scumpe, iar strategia adoptată de G. Taguchi în acest sens presupune în locul eliminării acestor factori paraziți - numiți factori de zgomot - minimizarea impactului lor. Concret, această abordare constă în identificarea combinațiilor de parametri - factori controlați - care reduc efectele cauzelor, fără ca acestea să fie atacate direct (Țîțu et al., 2011).

2.6.1. Planul experimental Taguchi

Un plan de experimente reprezintă o serie de încercări organizate înaintea desfășurării acestora, pentru a determina, cu un minimum de încercări și maximum de precizie, influențele posibile ale parametrilor diferiți, pentru a optimiza performanțele sistemului studiat (Țîțu et al., 2011).

Pornind de la scopul experimentului, care presupune identificarea nivelului cel mai favorabil al fiecărui parametru stabilit, pentru a crește performanțele procesului de așchiere și pentru a obține o sensibilitate minimă la factorii necontrolabili, există trei metode de experimentare (Țîțu et al., 2011):

- Experimentări care se efectuează variind un singur factor o dată;
- Experimentări cu un plan factorial complet;
- Experimentări cu un plan factorial fracționat.

În ceea ce privește prima metodă de experimentare care se efectuează variind un singur factor o dată, aceasta are un inconvenient și anume că fiecare nivel al fiecărui factor nu este încercat decât față de o singură configurație a nivelurilor celorlalți factori. Așadar, ori de câte ori vom regla fiecare dintre factori, la nivelul considerat cel mai bun, pentru atingerea obiectivelor, vom avea foarte puține șanse de a obține rezultatele dorite.

Asupra celei de-a doua metode de experimentare, cea cu un plan factorial complet, aceasta studiază toate combinațiile posibile ale nivelurilor factorilor încercați, eliminând în totalitate neajunsurile primei metode, însă este nevoie de un volum foarte mare de experimente.

Într-un plan factorial complet, informațiile date de fiecare dintre combinațiile nivelurilor factorilor, adică de fiecare dintre încercările efectuate, nu au toate aceeași utilitate practică. Cu alte cuvinte, unele încercări aduc mai multe informații eficiente decât altele. Plecând de la această observație s-au pus la punct planurile factoriale fracționate (Țîțu et al., 2011).

Așadar, înainte de a demara cercetările proprii în baza uneia dintre metodele de experimentare amintite, este necesară prezentarea etapelor de lucru aferente metodologiei alese - Taguchi.

2.6.2. Etapele experimentului Taguchi

Având în vedere destinația metodei lui Taguchi, orientată spre desfășurarea experimentelor, în baza ei s-au determinat cele mai bune combinații ale parametrilor în studiu. Pentru a obține rezultatele scontate, este necesară parcurgerea unor etape după cum urmează (Montgomery, 2013):

- a) Identificarea factorilor care intervin în cadrul procesului de așchiere prin frezare cilindro-frontală;
- b) Selectarea și definirea parametrilor care vor fi studiați;
- c) Alegerea nivelurilor pentru fiecare parametru;
- d) Repartizarea pe coloane a parametrilor cu nivelurile aferente, sub forma unei matrice respectând regula de așezare;
- e) Realizarea cercetării conform planului de experimente Taguchi;
- f) Analiza și interpretarea datelor experimentale;
- g) Determinarea nivelului cel mai favorabil al fiecărui factor în parte pentru obținerea unei calități a suprafeței cât mai bune.

2.6.3. Factorii influenți în frezarea cilindro-frontală

În ordinea de parcurgere a etapelor necesare efectuării proiectării experimentelor prin metoda lui Taguchi, prima este reprezentată de identificarea factorilor care intervin în procesul de frezare cilindro-frontală a aliajului de aluminiu A7136, ales spre studiu.

Având în vedere dependența procesului așchiere de acești așa numiți factori, din cadrul metodei lui Taguchi, ei sunt constituiți de parametrii procesului de așchiere:

- Viteza de așchiere – v [m/min];

- Adâncimea de aşchiere – a_p [mm];
- Avansul pe dinte – f_z [mm/dinte].

2.6.4. Parametrii de studiu

Factorii menţionaţi anterior s-au stabilit cu scopul de a le determina nivelul cel mai favorabil pentru a creşte performanţele procesului de aşchiere şi pentru a obţine o sensibilitate minimă la factorii necontrolabili şi implicit spre obţinerea unei rugozităţi a suprafeţei cât mai mici. După stabilirea lor, este necesară atribuirea de valori acestor factori, în concordanţă cu posibilităţile tehnologice ale maşinii unelte, ale sculei şi ale materialului semifabricatului.

Prin urmare, conform recomandărilor producătorului sculei şi plăcuţelor aşchietoare alese [Catalog SECO, 2014]: viteza de aşchiere, adâncimea de aşchiere şi avansul pe dinte pot lua valorile cuprinse în intervalele din în tabelul 2.2.

Tabelul 2.2.

Parametrii de proces şi valorile lor atribuite conform producătorului de scule

Viteza de aşchiere [m/min]	495	570	660
Adâncimea de aşchiere [mm]	2	4	6
Avansul pe dinte [mm/dinte]	0,04	0,08	0,14

Pornind de la datele din tabelul 2.2, în tabelul 2.3, s-au stabilit valorile parametrilor de proces pentru desfăşurarea experimentelor.

Tabelul 2.3.

Valorile stabilite ale parametrilor de aşchiere în desfăşurarea cercetării

Viteza de aşchiere[m/min]	Adâncimea de aşchiere [mm]	Avansul pe dinte[mm/dinte]
	2	
495	2,5	
530	3	0,04
570	3,5	0,06
610	4	0,08
660	4,5	0,11
710	5	0,14
	5,5	
	6	

Abordarea problemei prin prisma metodei de experimentare cu un plan factorial complet se prezintă astfel: se iau în considerare cei 3 factori implicaţi, alături de valorile aferente din tabelul 2.3, pentru a putea determina nivelul lor de influenţă asupra direcţiilor de cercetare stabilite. În final rezultă un număr de 270 de încercări.

Prin urmare, pentru a atinge scopul propus şi pentru a determina încercările care aduc mai multe informaţii eficiente decât altele, cercetările proprii se vor desfăşura în baza metodei de experimentare a lui Taguchi.

Pentru a obţine rezultate cât mai concludente privind influenţele factorilor asupra abaterii medii aritmetice a profilului suprafeţei, în cazul fiecărei încercări vor fi efectuate câte 3 măsurători ale rugozităţii R_a .

2.6.5. Nivelurile factorilor

Pornind de la tabelul 2.3 în care sunt indicate valorile parametrilor de proces atribuite în baza posibilităților tehnologice ale sculei și plăcuțelor așchietoare, pentru desfășurarea planului experimental, se vor considera două niveluri, reprezentate de valorile minime, respectiv cele maxime, ale fiecărui factor de reglaj în parte, după cum se prezintă în tabelul 2.4.

Tabelul 2.4.

Parametrii de reglaj și valorile nivelurilor aferente

Abreviere	Parametrul	Denumire parametru	Valoarea 1 minimă	Valoarea 2 maximă
A	Parametrul 1	Viteza de așchiere	495,00 [m/min]	660,00 [m/min]
B	Parametrul 2	Adâncimea de așchiere	2 [mm]	4 [mm]
C	Parametrul 3	Avansul pe dinte	0,04 [mm/dinte]	0,14 [mm/dinte]

În privința adâncimii de așchiere valorile atribuite vor fi cea de 2 mm – reprezentând valoarea de minim și cea de 4 mm - valoarea de maxim. Justificarea acestei alegeri, este fondată pe valorile de limitare ale centrului de prelucrare cu comandă numerică, a căror posibilități tehnologice se rezumă la o turație maximă de 15000 rot/min, o turație de siguranță de 13500 rot/min iar, limitarea de siguranță privind adâncimea de așchiere fiind de 4 mm.

În continuare, experimentarea presupune determinarea efectului celor 3 factori A (viteza de așchiere), B (adâncimea de așchiere) și C (avansul pe dinte), fiecare dintre ei fiind încercat la 2 niveluri, cu ajutorul unui plan factorial complet, ceea ce conduce la $2^3 = 8$ încercări.

Având stabilit numărul de încercări necesare, următoarea etapă vizează alegerea unei matrice de experiențe.

2.6.6. Matricea experimentală

Pornind de la condițiile necesare realizării unui plan de experimente, ortogonalitatea este o condiție primară pentru a putea calcula efectele unui factor independent de alți factori.

În baza utilizării metodei lui Taguchi, s-a urmărit realizarea unui număr cât mai redus de experimente prin combinarea factorilor stabiliți cu ajutorul tabelelor ortogonale (matricelor). Pentru a alege matricea de experimente, este necesară determinarea numărului total de grade de libertate (gdl).

În statistică, gradul de libertate, reprezintă numărul comparațiilor independente între elementele unei mărimi de observație sau numărul valorilor care pot fi alese arbitrar în cadrul unei specificări (<https://ro.wikipedia.org>, 2015).

Astfel, conform regulii gradelor de libertate, numărul minimal de experiențe de realizat trebuie să fie egal cu numărul de grade de libertate ale modelului studiat (Țițu et al., 2011).

În continuare se recurge la calcularea acestor grade de libertate asociate factorilor de reglaj, considerați împreună cu interacțiunile dintre aceștia. Matricea de experimente trebuie să aibă un număr de grade de libertate cel puțin egal cu numărul total de grade de libertate cerute.

Așadar, având cei 4 factori stabiliți la cele 2 niveluri, gradele de libertate asociate sunt:

$$gdl_f = 3 \times 1 = 3 \quad (2.3)$$

Pentru un număr de trei parametri studiați s-au realizat trei interacțiuni între aceștia:

$$gdl_i = 3 \times 1 \times 1 = 3 \quad (2.4)$$

Numărul total de grade de libertate este:

$$gdl = gdl_f + gdl_i = 3 + 3 = 6 \quad (2.5)$$

În consecință, numărul gradelor de libertate ale matricei de experiențe trebuie să fie de minim 6. Adică, matricea trebuie să aibă un număr de minim 6 încercări. Așadar, aferent celor trei parametri studiați se formează o matrice de experiențe.

În concordanță cu metoda lui Taguchi matricea cea mai apropiată este $L_8(2^7)$, în care notația planului are următoarea semnificație:

- L_8 – înseamnă că matricea are 8 linii ceea ce echivalează că planul are 8 determinări experimentale;
- 2^7 – semnifică 7 coloane cu 2 cifre pentru două niveluri.

În figura 2.5 este prezentată, conform metodei lui Taguchi, matricea ortogonală $L_8(2^7)$, de alegere a valorilor parametrilor pentru fiecare experiment în parte.

După întocmirea matricei ortogonale, următorul pas în această etapă, este realizarea grafului necesar completării tabelului cu interacțiuni.

În figura 2.6, se poate observa reprezentarea acestui graf, corespunzător tabelului aferent matricei de experimente $L_8(2^7)$.

Respectând indicațiile grafice aferente figurii 2.6, în continuare, în tabelul 2.5, este prezentată matricea de experimente L_8 , cu nivelurile stabilite pentru factorii considerați și interacțiunile dintre aceștia.

$$\begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 2 \\ 1 & 2 & 1 \\ 1 & 2 & 2 \\ 2 & 1 & 1 \\ 2 & 1 & 2 \\ 2 & 2 & 1 \\ 2 & 2 & 2 \end{pmatrix}$$

Fig. 2.5 Matricea ortogonală $L_8(2^7)$ de alegere a valorilor parametrilor pentru fiecare experiment

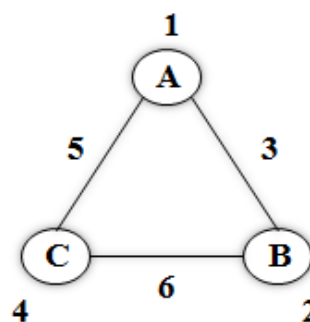


Fig. 2.6. Graful corespunzător tabelului de experimente $L_8(2^7)$

Notațiile de la 1 la 6, indică numerele coloanelor din tabelul matricei ortogonale (fig. 2.5), iar notațiile A, B respectiv C reprezintă factorii de așchiere considerați și modul lor de combinare.

În baza acestei reprezentări grafice, se poate efectua completarea coloanelor tabelului 2.5 și determinarea valorilor factorilor pentru fiecare încercare.

Tabelul 2.5.

Matricea de experimente $L_8(2^7)$

Parametrii și Interacțiuni		A	B	AB	C	AC	BC
Parametrul		Viteza de aşchiere [m/min]	Adâncimea de aşchiere [mm]		Avansul pe dinte [mm/dinte]		
		Coloana					
		1	2	3	4	5	6
Încercarea	1	1	1	1	1	1	1
	2	1	1	1	2	2	2
	3	1	2	2	1	1	2
	4	1	2	2	2	2	1
	5	2	1	2	1	2	1
	6	2	1	2	2	1	2
	7	2	2	1	1	2	2
	8	2	2	1	2	1	1

În tabelul 2.5, pentru fiecare experiment în parte, s-a definit combinația optimă dintre valorile factorilor în discuție, cu mențiunea respectării schemei de dispunere în tabele a valorilor parametrilor descrisă de metoda lui Taguchi.

După cum reiese din acest tabel, cele 8 încercări, se consideră ca fiind variantele optime ale combinațiilor valorilor parametrilor regimului de așchiere, studiați spre a indica nivelul cel mai favorabil al fiecărui factor în parte, pentru reducerea dispersiei procesului de așchiere și obținerea unei calități a suprafeței cât mai bună.

Tabelul 2.6.

Valorile parametrilor pentru fiecare încercare

Încercare	Viteza de așchiere [m/min]	Adâncimea de așchiere [mm]	Avansul pe dinte [mm/dinte]
1	495	2	0,04
2	495	2	0,14
3	660	4	0,04
4	660	4	0,14
5	495	4	0,04
6	495	4	0,14
7	660	2	0,04
8	660	2	0,14

Pornind de la tabelul 2.5, în tabelul 2.6, sunt prezentate valorile parametrilor aferente fiecărei încercări, conform planului de experimente Taguchi, în care s-a notat cu 1 valoarea minimă a fiecărui parametru și cu 2 cea maximă. Mai exact, peste tot unde în tabelul 2.5 este trecut 1, în dreptul parametrului A (viteza de așchiere) - s-a completat 495 m/min în tabelul 2.6, iar unde este trecut 2 - s-a completat 660 m/min în tabelul 2.6. Similar s-a procedat și pentru parametrul B (adâncimea de așchiere), 1 – la 2 mm și 2 – la 4 mm și pentru parametrul C (avansul pe dinte) 1 – la 0,04 mm/dinte și 2 – la 0,14 mm/dinte.

2.6.7. Desfășurarea experimentelor

După cum s-a menționat în cadrul paragrafelor precedente, cercetările din lucrarea de față, vor fi axate pe studiul abaterii medii aritmetice a suprafeței R_a , prelucrate, a pieselor din aliajul de aluminiu 7136, care este un material cu proprietăți superioare altor aliaje.

Acest aliaj este utilizat în industria aeronautică datorită principalelor proprietăți ale acestuia, care sunt: duritatea, rezistența ridicată raportată la greutatea scăzută, dilatarea termică redusă, proprietățile mecanice și termice mult mai bune față de alte aliaje, rezistență chimică, rezistență în atmosfere corozive, este non-magnetic, bun conducător electric și termic.

Pentru un aliaj de aluminiu cu o compoziție dată, parametrii care influențează cel mai mult prelucrabilitatea, sunt reprezentați de tipul sculei, parametrii geometrici ai sculei și parametrii regimului de așchiere.

Pentru desfășurarea experimentelor s-a ales un profil extrudat din Al 7136 cu gradul de călire T76511, care cuprinde 8 probe paralelipipedice cu dimensiunile 100 x 35 mm și grosimea de 30 mm, necesare desfășurării celor 8 testări planificate conform metodei lui Taguchi.

Semnificația gradului de călire T76511 a aliajului de aluminiu Al7136 studiat, este următoarea (standardul DIN EN515, 1993):

- „T” înseamnă tratament de punere în soluție și, este utilizat pentru produsele cărora li s-a ridicat duritatea prin operația de ecruisare sau în lipsa acesteia. Semnificația „T” este urmată întotdeauna de una sau mai multe cifre care indică etapele specifice ale tratamentului termic aplicat;
- prima cifră „7”, indicată după „T” reprezintă tratarea materialului prin punerea în soluție și apoi îmbătrânirea/stabilizarea acestuia, cu scopul atingerii nivelului de rezistență maximă, pentru a putea controla caracteristicile materialului;
- combinația „T76” semnifică o stare de îmbătrânire limitată a materialului, având ca scop obținerea unei rezistențe la tracțiune maximă, corelată cu o bună rezistență la coroziune prin exfoliere;
- În ansamblu, gradul de călire T76511 semnifică faptul că materialului tratat astfel, îi este permisă, conform toleranțelor standardului, o revenire după întindere.

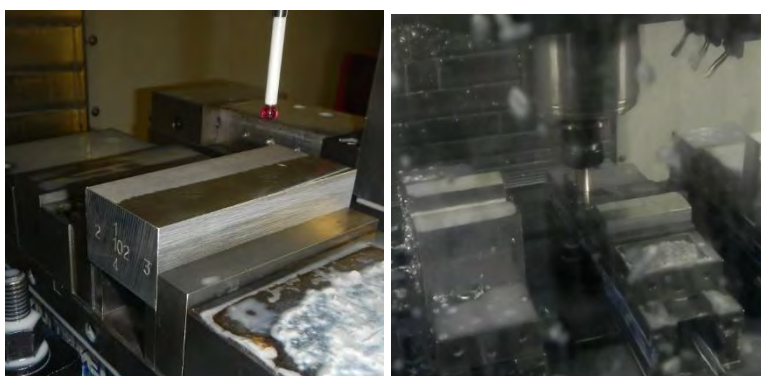


Fig. 2.7. Desfășurarea experimentului pe centrul de prelucrare cu comandă numerică

Semifabricatul din aluminiu Al7136-T76511, a fost fixat pe masa mașinii, pentru a obține o rigiditate maximă, fiind paralel cu masa și perpendicular pe arborele principal, conform figurii 2.7.

Experimentele s-au desfășurat cu o freză cilindro-frontală standard în prelucrarea aluminiului de tip SECO R217.69-1616.0-09-2AN cu 2 dinți, cu diametrul de 16 mm, la o angajare a sculei de 100% (16 mm) (fig. 2.8), iar codificarea plăcuțelor așchietoare aferente, conform ISO este XOEX090308FR-E05, H15.



Fig. 2.8. Scula de tip SECO R217.69-1616.0-09-2AN utilizată la desfășurarea experimentelor

Caracteristicile geometrice ale sculei, preluate din catalogul producătorului sunt indicate în figura 2.9.

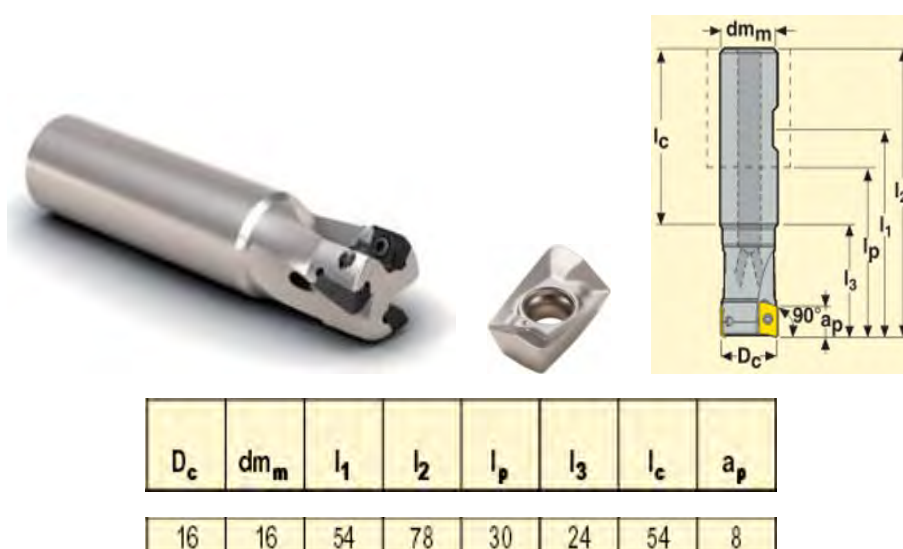


Fig. 2.9. Caracteristicile sculei SECO R217.69-1616.0-09-2AN (catalog SECO, 2014)

Mașina unealtă utilizată pentru efectuarea experimentelor a fost centrul de prelucrare cu comandă numerică HAAS VF-YT2. În tabelul 2.7 sunt prezentate caracteristicile acesteia.

Tabelul 2.7.

Caracteristicile centrului de prelucrare cu comandă numerică HAAS VF-2YT

Centrul de prelucrare cu comandă numerică, Producător: HAAS, Model: VF-2YT



SPECIFICAȚII TEHNICE

Numărul axelor	3 axe	X, Y, Z	
Curse de lucru	Axa X	762	[mm]
	Axa Y	508	[mm]
	Axa Z	508	[mm]
	Distanța între masă și arborele principal	min 102	[mm]
		max 610	[mm]
Masa	Lungimea	914	[mm]
	Lățimea	457	[mm]
	Lățimea canalelor T	16	[mm]
	Distanța între canalele T	125	[mm]
	Numărul canalelor de fixare	3	
	Greutatea maximă admisă	1.361	[kg]
Arborele principal al mașinii	Mărimea conului	ISO40	
	Turația maximă	15.000	[rpm]
	Sistem de cuplare	Inline Direct-Drive	
	Momentul maxim standard	102x1400	[Nm/rot]
	Lubrifiere rulmenți	Prin injecție aer/ulei	
	Răcire	Cu lichid	
	Putere maximă	14,9 Vector Drive	[kW]
Viteze de avans	Avansul rapid pe axa X	25,4	[m/min]
	Avansul rapid pe axa Y	25,4	[m/min]
	Avansul rapid pe axa Z	25,4	[m/min]
	Avans de lucru	16,5	[m/min]
Magazia de scule	Capacitate	24+1	[buzunare]
	Tip con ISO40	CT40	
	Diametrul maxim al sculei	89	[mm]
	Greutatea maximă a sculei	5,4	[kg]

	Tip magazie	SMTC	
	Timpul schimbare sculă-sculă	2,8	[sec]
	Timpul schimbare sculă span-span	3,6	[sec]
Precizie	Poziționare	$\pm 0,005$	[mm]
	Repetabilitate	$\pm 0,003$	[mm]
Diverse	Greutate mașină	3.402	[kg]
	Necesar aer	Aer uscat, 6,9	[bar]
	Debit de aer	113	[litri/min]
	Tensiunea de alimentare	380-480	[VAC]

Lichidul de aşchiere utilizat pe durata experimentului a fost uleiul mineral Blasocut BC 35 Kombi SW. Presiunea lichidului de răcire la pompa mașinii a fost de 8 bari, s-au utilizat 3 furtunuri de direcționare a jetului de diametru Ø6. În tabelul 2.8 sunt prezentate caracteristicile lichidului de aşchiere.

Tabelul 2.8.

Caracteristicile lichidului de aşchiere Blasocut BC 35 Kombi SW

Proprietățile produsului	Beneficii
Aplicabilitate universală	Excelent pentru orice tip de prelucrare prin aşchiere inclusiv pentru rectificare
Stabilitate excelentă a emulsiei	Foarte economic datorită duratei lungi de viață
Performanțe ridicate în aşchiere	Utilizare la o gamă largă de aplicații Creșterea durabilității sculei
Ușor de curățat	Centre de prelucrare cu comandă numerică curate
Formulă ușoară fără bactericide	O bună compatibilitate cu pielea omului
Protecție eficientă la coroziune	Protecție bună chiar și în concentrații scăzute
Proprietăți fizico-chimice	
Culoare	Maro
Ulei mineral	67%
Apă	1%
Densitatea la 20°C	0,95g/cm ³
Viscozitatea la 40°C	54mm ² /s
Temperatura de aprindere	146°C
Solidificarea	10°dH per concentrație de 5%
Valoarea ph-ului	8,5-9,2
Factorul refractometru	1

În figura 2.10 se poate observa unul dintre blocurile din Al7136 frezate. Aferent fiecărei probe au fost utilizate regimurile de aşchiere stabilite în tabelul 2.6.

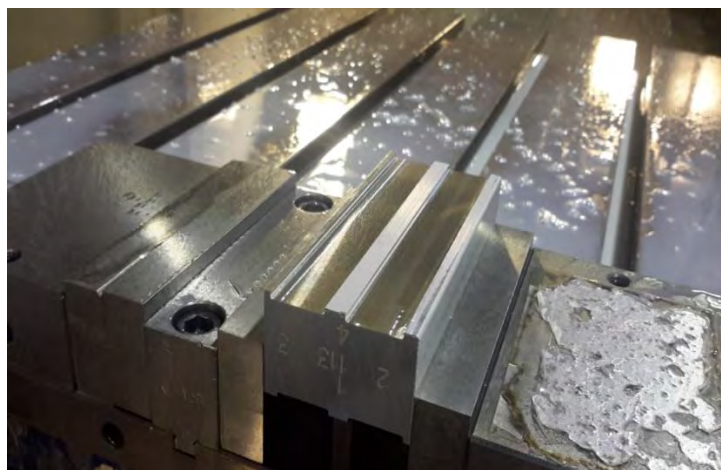


Fig. 2.10. Blocul frezat cu cele 2 treceri

În urma efectuării prelucrărilor, rugozitatea suprafeței Ra aferentă fiecărei probe a fost măsurată cu ajutorul rugozimetrului Mitutoyo SURFTEST SJ-210, pe o distanță de 5 mm. Caracteristicile acestui rugozimetru pot fi consultate în tabelul 2.9 (<http://surfacefinishequipment.com>, 2015).

Tabelul 2.9.

Caracteristicile rugozimetrului Mitutoyo SURFTEST SJ-210

Mitutoyo SURFTEST SJ-210 – Date tehnice		
		
Afișaj	LCD 36,7 × 48,9 mm	
Parametrii evaluați ai rugozității	Ra, Rc, Ry, Rz, Rq, Rt, Rmax, Rp, Rv, Rz3z, Rsk, Rku, RPe, Rsm, Rmax, Rz1max, S, HSC, RzJIS, Rppi, RΔa, RΔq, Rlr, Rmr, Rmr©, Rδc, Rk, Rpk, Rvk, Mr1, Mr2, A1, A2, Vo, Rpm, tp, Htp, R, Rx, AR.	
Câmp de măsurare	axa X = 17,5 mm/ axa Z = 360 μm	
Unități de măsură	mm / inch	
Rezoluție	360 μm/0,02 μm, 100 μm/0,006 μm, 25 μm/0,002 μm	
Lungimi de referință	0,08, 0,25, 0,8, 2,5 mm	
Viteza de măsurare	0,25 mm/s, 0,5 mm/s, 0,75 mm/s, 1 mm/s	
Întreruperi	λ c	0,08 , 0,25 , 0,8 , 2,5mm
	λ s	2,5 , 8μm
Forța de măsurare	0,75 Mn	
Capacitatea de memorie	500 măsurători cu grafice adiționale, sau >10000 măsurători ale parametrilor de rugozitate	
Sursa de energie	baterie NiMH și adaptor AC	
Cote de gabarit	115 x 23 x 26 mm	
Dimensiuni afișaj	52,1 x 65,8 x 160 mm	
Greutate	500 g	
Standarde	JIS 82, JIS 94, JIS 01, ISO 97, ANSI, VDA	
Filtre	Gauss, 2CR75, PC75	
Afișajul rezultatelor	Pe verticală	1 parametru / 3 parametri
	Pe orizontală	1 parametru / 4 parametri

Conform tabelului 2.10, pentru fiecare din cele 8 experimente stabilite conform planului de experimente Taguchi, s-a efectuat câte un set de 3 măsurători, urmărind astfel reducerea erorilor de măsurare în valoarea

rugozității afișate grafic. Pentru o mai bună înțelegere a valorilor rugozității rezultate în urma diverselor combinații s-a folosit metoda mediei aritmetice.

Tabelul 2.10.

Valorile măsurate ale rugozității Ra în funcție de parametrii stabiliți pentru cele 8 încercări

Nr. încercare	Parametrii de reglaj			Rezultate Ra[μm]			
	v [m/min]	a _p [mm]	f _z [mm/dinte]	R _{a1}	R _{a2}	R _{a3}	R _{amed}
1	495	2	0,04	0,083	0,063	0,063	0,070
2	495	2	0,14	0,173	0,168	0,124	0,155
3	660	4	0,04	0,44	0,341	0,456	0,412
4	660	4	0,14	0,115	0,11	0,098	0,108
5	495	4	0,04	0,073	0,064	0,075	0,071
6	495	4	0,14	0,394	0,385	0,247	0,342
7	660	2	0,04	0,079	0,055	0,088	0,074
8	660	2	0,14	0,12	0,095	0,181	0,132

2.6.8. Evaluarea influenței parametrilor asupra rugozității suprafeței prin metoda lui Taguchi

După efectuarea măsurătorilor abaterii medii aritmetice a profilului suprafeței în baza experimentelor realizate, etapa următoare a planului de experimente Taguchi, vizează evaluarea influenței parametrilor studiați asupra rugozității.

Respectând planul de experimente Taguchi, în tabelul 2.10, s-au prezentat valorile parametrilor din matricea ortogonală L₈(2⁷), alături de rugozitățile Ra rezultate din măsurători, pentru fiecare regim de așchiere în parte. Evaluarea influenței parametrilor stabiliți (tabelul 2.6) asupra abaterii medii aritmetice a profilului suprafeței, se face pornind de la valorile mediilor aritmetice ale rugozităților notate cu R_{amed} în tabelul 2.10 și indicate în tabelul 2.11 cu m1 - m8.

Tabelul 2.11.

Valorile parametrilor conform matricei experimentului și valorile rugozității Ra obținute pentru fiecare încercare

Încercare	Viteza de așchiere [m/min]	Adâncimea de așchiere [mm]	Avansul pe dinte [mm/dinte]	Rugozitatea suprafeței Ra[μm]
1	1	1	1	m1=0,070
2	1	1	2	m2=0,155
3	1	2	1	m3=0,412
4	1	2	2	m4=0,108
5	2	1	1	m5=0,071
6	2	1	2	m6=0,342
7	2	2	1	m7=0,074
8	2	2	2	m8=0,132
Media generală				M=0,1705

Din matricea de experimente se poate calcula efectul mediu al factorului A (viteza de așchiere) la nivelul i adaptat după (Țițu et al., 2011), astfel:

$$E_{Ai} = \text{media răspunsurilor când } A \text{ este la nivelul } i - M [\mu\text{m}] \quad (2.6)$$

unde M reprezintă media generală a răspunsurilor și i nivelul de răspuns. Rezultatele obținute sunt centralizate în tabelul 2.12.

Tabelul 2.12.

Efectele medii ale factorilor controlabili	
Factorul A - Viteza de aşchiere	
$E_{A1} = \frac{m1 + m2 + m3 + m4}{4} - M$	0,016
$E_{A2} = \frac{m5 + m6 + m7 + m8}{4} - M$	-0,016
Factorul B - Adâncimea de aşchiere	
$E_{B1} = \frac{m1 + m2 + m5 + m6}{4} - M$	0,011
$E_{B2} = \frac{m3 + m4 + m7 + m8}{4} - M$	-0,011
Factorul C - Avansul pe dinte	
$E_{C1} = \frac{m1 + m3 + m5 + m7}{4} - M$	-0,014
$E_{C2} = \frac{m2 + m4 + m6 + m8}{4} - M$	0,014

Pasul următor aferent acestei etape, e constituit de calculul interacţiunilor dintre factorii controlabili. Formula de calcul în baza căreia se determină valorile interacţiunilor, este adaptată după (Țîțu et al., 2011), astfel:

$$I_{A_i B_j} = A_i B_j - M - E_{A_i} - E_{B_j} [\mu m] \quad (2.7)$$

Rezultatele sunt centralizate în tabelul 2.13.

Analizând aceste rezultate, obținute în urma aplicării metodei Taguchi, se constată că niciuna dintre diferențele efectuate nu este egală cu zero. În concluzie, se poate afirma că în acest caz există o interacțiune între fiecare combinație de factori care se răsfrânge asupra rugozității rezultate din procesul prelucrării aliajului de aluminiu Al7136.

Tabelul 2.13.

Valorile interacţiunilor între factorii controlabili			
Interacţiunea AB			
$A_1 B_1 = \frac{m1 + m2}{2}$	0,113	$I_{A_1 B_1} = A_1 B_1 - M - E_{A_1} - E_{B_1}$	-0,063
$A_1 B_2 = \frac{m3 + m4}{2}$	0,260	$I_{A_1 B_2} = A_1 B_2 - M - E_{A_1} - E_{B_2}$	0,063
$A_2 B_1 = \frac{m5 + m6}{2}$	0,207	$I_{A_2 B_1} = A_2 B_1 - M - E_{A_2} - E_{B_1}$	0,063
$A_2 B_2 = \frac{m7 + m8}{2}$	0,103	$I_{A_2 B_2} = A_2 B_2 - M - E_{A_2} - E_{B_2}$	-0,063
Interacţiunea AC			
$A_1 C_1 = \frac{m1 + m3}{2}$	0,241	$I_{A_1 C_1} = A_1 C_1 - M - E_{A_1} - E_{C_1}$	0,069
$A_1 C_2 = \frac{m2 + m4}{2}$	0,132	$I_{A_1 C_2} = A_1 C_2 - M - E_{A_1} - E_{C_2}$	-0,069
$A_2 C_1 = \frac{m5 + m7}{2}$	0,073	$I_{A_2 C_1} = A_2 C_1 - M - E_{A_2} - E_{C_1}$	-0,069
$A_2 C_2 = \frac{m6 + m8}{2}$	0,237	$I_{A_2 C_2} = A_2 C_2 - M - E_{A_2} - E_{C_2}$	0,069
Interacţiunea BC			
$B_1 C_1 = \frac{m1 + m5}{2}$	0,071	$I_{B_1 C_1} = B_1 C_1 - M - E_{B_1} - E_{C_1}$	-0,075
$B_1 C_2 = \frac{m2 + m6}{2}$	0,248	$I_{B_1 C_2} = B_1 C_2 - M - E_{B_1} - E_{C_2}$	0,075

$B_2C_1 = \frac{m3 + m7}{2}$	0,243	$I_{B_2C_1} = B_2C_1 - M - E_{B2} - E_{C1}$	0,075
$B_2C_2 = \frac{m4 + m8}{2}$	0,120	$I_{B_2C_2} = B_2C_2 - M - E_{B2} - E_{C2}$	-0,075

Cu alte cuvinte, rezultatul obținut este și al unor influențe conjugate între parametri, nu numai a unor influențe individuale.

Având în vedere că metoda Taguchi este superioară metodei clasice a planurilor de experiențe, în continuare, se va urmări acest aspect care rezultă din utilizarea indicatorului de performanță și anume raportul semnal/zgomot, unde performanța reprezintă ieșirea unui sistem cu una sau mai multe intrări.

Acest raport ia simultan în considerație (Țîțu *et al.*, 2011):

- valoarea dorită (semnalul) de atins;
- variabilitatea nedorită a acestei valori (zgomotul) de combătut.

Scopul experimentului este de a fixa valorile parametrilor de reglaj pentru ca acestea să atingă performanțele așteptate, sau ieșirile dorite și, să aibă un minimum de sensibilitate la zgomote - la factorii necontrolabili.

Raportul semnal/zgomot diferă în funcție de trei criterii:

- criteriul țintă - valoarea nominală este cea optimă;
- criteriul care trebuie minimizat - cu cât este mai mic cu atât este mai bine;
- criteriul care trebuie maximizat - cu cât este mai mare cu atât este mai bine.

Având în vedere obiectivul tezei este obținerea unei rugozități mici, criteriul pe care îl propun spre utilizare, este criteriul care trebuie minimizat (cu cât rugozitatea este mai mică cu atât este mai bine).

Astfel, expresia raportului semnal/zgomot care se utilizează în situația criteriului ales conform (Țîțu *et al.*, 2011) și adaptat notațiilor proprii, este:

$$\frac{S}{N} = -10 \log(s_i^2 + m_i^2) [\mu m] \quad (2.8)$$

în care:

- $\frac{S}{N}$ este raportul semnal/zgomot;
- s_i^2 este dispersia valorilor datelor măsurate;
- m_i este media aritmetică a valorilor măsurate aferentă fiecărei încercări în parte.

Într-un plan de experimente Taguchi, raportul semnal/zgomot este calculat pentru fiecare din încercările planului, raportul fiind caracteristic dispersiei din jurul valorii medii obținute, pentru combinația corespunzătoare nivelului de factori testați.

Având în vedere că fiecare combinație a nivelurilor este supusă unui spectru diversificat de factori *zgomot*, raportul semnal/zgomot este un indicator de rezistență la zgomote.

Regula de utilizare a acestui raport, presupune că *performanța este cu atât mai mare, cu cât raportul semnal/zgomot este mai mare*, adică cu cât este mai mare valoarea algebrică a raportului, cu atât se apropie mai mult de valoarea dorită și, cu atât mai mică este dispersia.

Așadar, utilizarea acestui indicator de performanță permite găsirea combinației nivelurilor factorilor care trebuie controlați, care sunt cei mai insensibili la factorii zgomote.

În continuare se va proceda spre calcularea efectelor fiecărui factor și al interacțiunii testate și, totodată, spre calcularea efectului asupra raportului semnal/zgomot.

Prima etapă necesară a fi respectată, constă în calculul abaterilor standard. Adaptat după (Dragomirescu & Drane, 2009) și (Țîțu *et al.*, 2011), calculele se desfășoară astfel:

$$s_i = \sqrt{\frac{T_i}{N} - m_i^2} [\mu m] \quad (2.9)$$

$$T_i = Ra_1^2 + Ra_2^2 + Ra_3^2 [\mu m] \quad (2.10)$$

în care:

- s_i este abaterea standard;

- T_i este suma pătratelor măsurărilor efectuate asupra rugozității Ra_i aferente fiecărei încercări în parte;
- N este numărul de măsurători;
- m_i este media măsurărilor Ra_i aferente fiecărei încercări în parte.

În cadrul tabelului 2.14 sunt centralizate rezultatele obținute privind abaterile standard aferente fiecărei încercări în parte.

După calculul abaterilor standard, în continuare, se pot determina valorile efective ale raportului semnal/zgomot.

Cu ajutorul relației (2.8), s-au efectuat calculele aferente determinărilor experimentale iar, cu rezultatele obținute, s-a întocmit tabelul 2.15, în care se prezintă valorile medii ale abaterii medii aritmetice a profilului suprafeței, alături de valorile raportului semnal/zgomot, obținute în cazul fiecărei încercări în parte.

Tabelul 2.14.

Rezultatele încercărilor: medii și abateri standard

Nr. înc.	Factori controlați			Interacțiuni			Valori măsurate				
	A	B	C	AB	AC	BC	R_{a1}	R_{a2}	R_{a3}	Media $m_i [\mu m]$	Abateri standard $s_i [\mu m]$
1	1	1	1	1	1	1	0,083	0,063	0,063	0,070	0,0009
2	1	1	2	1	2	2	0,173	0,168	0,124	0,155	0,022
3	1	2	1	2	1	2	0,44	0,341	0,456	0,412	0,051
4	1	2	2	2	2	1	0,115	0,11	0,098	0,108	0,007
5	2	1	1	2	2	1	0,073	0,064	0,075	0,071	0,005
6	2	1	2	2	1	2	0,394	0,385	0,247	0,342	0,067
7	2	2	1	1	2	2	0,079	0,055	0,088	0,074	0,014
8	2	2	2	1	1	1	0,12	0,095	0,181	0,132	0,036

Tabelul 2.15.

Rezultatele încercărilor: medii și valori ale raportului Semnal/Zgomot

Nr. înc.	Factori controlați			Interacțiuni			Valori măsurate				
	A	B	C	AB	AC	BC	R_{a1}	R_{a2}	R_{a3}	Media	S/N $[\mu m]$
1	1	1	1	1	1	1	0,083	0,063	0,063	0,070	23,02
2	1	1	2	1	2	2	0,173	0,168	0,124	0,155	16,107
3	1	2	1	2	1	2	0,44	0,341	0,456	0,412	7,636
4	1	2	2	2	2	1	0,115	0,11	0,098	0,108	19,313
5	2	1	1	2	2	1	0,073	0,064	0,075	0,071	22,955
6	2	1	2	2	1	2	0,394	0,385	0,247	0,342	9,155
7	2	2	1	1	2	2	0,079	0,055	0,088	0,074	22,464
8	2	2	2	1	1	1	0,12	0,095	0,181	0,132	17,275
Media generală $\bar{T}$ a răspunsurilor:										0,1705	17,241

Tabelul 2.16.

Răspunsurile S/N și efectele medii S/N ale factorilor controlabili

Factorul A Viteza de așchiere			
$\bar{A}_1 = \frac{S/N_1 + S/N_2 + S/N_3 + S/N_4}{4}$	16,519	$E_{\bar{A}_1} = \bar{A}_1 - \bar{T}$	-0,722
$\bar{A}_2 = \frac{S/N_5 + S/N_6 + S/N_7 + S/N_8}{4}$	17,962	$E_{\bar{A}_2} = \bar{A}_2 - \bar{T}$	0,722
Factorul B Adâncimea de așchiere			

$\bar{B}_1 = \frac{S/N_1 + S/N_2 + S/N_5 + S/N_6}{4}$	17,809	$E_{\bar{B}_1} = \bar{B}_1 - \bar{T}$	0,569
$\bar{B}_2 = \frac{S/N_3 + S/N_4 + S/N_7 + S/N_8}{4}$	16,672	$E_{\bar{B}_2} = \bar{B}_2 - \bar{T}$	-0,569
Factorul C Avansul pe dinte			
$\bar{C}_1 = \frac{S/N_1 + S/N_3 + S/N_5 + S/N_7}{4}$	19,019	$E_{\bar{C}_1} = \bar{C}_1 - \bar{T}$	1,778
$\bar{C}_2 = \frac{S/N_2 + S/N_4 + S/N_6 + S/N_8}{4}$	15,462	$E_{\bar{C}_2} = \bar{C}_2 - \bar{T}$	-1,788

Pentru a calcula răspunsul semnal/zgomot mediu, pentru fiecare nivel de factori, acesta se determină ca media rezultatelor tuturor încercărilor unde factorul se găsește la acel nivel (Țițu *et al.*, 2011).

În tabelul 2.16 sunt centralizate răspunsurile și valorile efectelor medii aferente raportului semnal zgomot al fiecărui nivel al factorului, calculat în raport cu media generală $\bar{T}$ a răspunsurilor S/N - care după cum reiese din tabelul 2.15, este egală cu 17,241.

În privința răspunsului semnal/zgomot S/N, relativ la interacțiunile existente, metoda de calcul este prezentată în tabelul 2.17.

Tabelul 2.17.

Răspunsurile S/N și efectele medii S/N ale interacțiunilor factorilor controlabili

Interacțiunea AB			
$\bar{A}_1\bar{B}_1 = \frac{S/N_1 + S/N_2}{2}$	19,563	$I_{\bar{A}_1\bar{B}_1} = \bar{A}_1\bar{B}_1 - \bar{T} - E_{\bar{A}_1} - E_{\bar{B}_1}$	2,476
$\bar{A}_1\bar{B}_2 = \frac{S/N_3 + S/N_4}{2}$	13,474	$I_{\bar{A}_1\bar{B}_2} = \bar{A}_1\bar{B}_2 - \bar{T} - E_{\bar{A}_1} - E_{\bar{B}_2}$	-2,476
$\bar{A}_2\bar{B}_1 = \frac{S/N_5 + S/N_6}{2}$	16,055	$I_{\bar{A}_2\bar{B}_1} = \bar{A}_2\bar{B}_1 - \bar{T} - E_{\bar{A}_2} - E_{\bar{B}_1}$	-2,476
$\bar{A}_2\bar{B}_2 = \frac{S/N_7 + S/N_8}{2}$	19,870	$I_{\bar{A}_2\bar{B}_2} = \bar{A}_2\bar{B}_2 - \bar{T} - E_{\bar{A}_2} - E_{\bar{B}_2}$	2,476
Interacțiunea AC			
$\bar{A}_1\bar{C}_1 = \frac{S/N_1 + S/N_3}{2}$	15,328	$I_{\bar{A}_1\bar{C}_1} = \bar{A}_1\bar{C}_1 - \bar{T} - E_{\bar{A}_1} - E_{\bar{C}_1}$	-2,969
$\bar{A}_1\bar{C}_2 = \frac{S/N_2 + S/N_4}{2}$	17,71	$I_{\bar{A}_1\bar{C}_2} = \bar{A}_1\bar{C}_2 - \bar{T} - E_{\bar{A}_1} - E_{\bar{C}_2}$	2,969
$\bar{A}_2\bar{C}_1 = \frac{S/N_5 + S/N_7}{2}$	22,71	$I_{\bar{A}_2\bar{C}_1} = \bar{A}_2\bar{C}_1 - \bar{T} - E_{\bar{A}_2} - E_{\bar{C}_1}$	2,969
$\bar{A}_2\bar{C}_2 = \frac{S/N_6 + S/N_8}{2}$	13,215	$I_{\bar{A}_2\bar{C}_2} = \bar{A}_2\bar{C}_2 - \bar{T} - E_{\bar{A}_2} - E_{\bar{C}_2}$	-2,969
Interacțiunea BC			
$\bar{B}_1\bar{C}_1 = \frac{S/N_1 + S/N_5}{2}$	22,988	$I_{\bar{B}_1\bar{C}_1} = \bar{B}_1\bar{C}_1 - \bar{T} - E_{\bar{B}_1} - E_{\bar{C}_1}$	3,4
$\bar{B}_1\bar{C}_2 = \frac{S/N_2 + S/N_6}{2}$	12,631	$I_{\bar{B}_1\bar{C}_2} = \bar{B}_1\bar{C}_2 - \bar{T} - E_{\bar{B}_1} - E_{\bar{C}_2}$	-3,4
$\bar{B}_2\bar{C}_1 = \frac{S/N_3 + S/N_7}{2}$	15,05	$I_{\bar{B}_2\bar{C}_1} = \bar{B}_2\bar{C}_1 - \bar{T} - E_{\bar{B}_2} - E_{\bar{C}_1}$	-3,4
$\bar{B}_2\bar{C}_2 = \frac{S/N_4 + S/N_8}{2}$	18,294	$I_{\bar{B}_2\bar{C}_2} = \bar{B}_2\bar{C}_2 - \bar{T} - E_{\bar{B}_2} - E_{\bar{C}_2}$	3,4

Finalizând această etapă necesară determinării nivelului cel mai favorabil al fiecărui factor, pentru a crește performanțele procesului de aşchiere și, totodată, pentru obținerea unei sensibilități minime la factorii necontrolabili și a unei rugozități a suprafeței cât mai mici, prin intermediul tabelelor 2.18 și 2.19, se vor prezenta valorile efectelor factorilor și interacțiunilor asupra raportului semnal/zgomot precum și a valorilor măsurate.

Selectarea datelor se efectuează din tabelele 2.12, 2.13, 2.15 și 2.16.

Tabelul 2.18.

Tabel pentru efectele factorilor

Efect asupra raportului S/N		Factor	Efect asupra valorii măsurate	
Nivelul 1	Nivelul 2		Nivelul 1	Nivelul 2
-0,722	0,722	A	0,016	-0,016
0,569	-0,569	B	0,011	-0,011
1,778	-1,778	C	-0,014	0,014

Tabelul 2.19.

Tabel pentru efectele interacțiunilor

Interacțiune	A_1B_1	A_1B_1	A_1B_1	A_1B_1
Efect asupra raportului S/N	2,476	-2,476	-2,476	2,476
Valoare Măsurată	-0,063	0,063	0,063	-0,063
Interacțiune	A_1C_1	A_1C_1	A_1C_1	A_1C_1
Efect asupra raportului S/N	-2,969	2,969	2,969	-2,969
Valoare Măsurată	0,069	-0,069	-0,069	0,069
Interacțiune	B_1C_1	B_1C_1	B_1C_1	B_1C_1
Efect asupra raportului S/N	3,4	-3,4	-3,4	3,4
Valoare Măsurată	-0,075	0,075	0,075	-0,075

Scopul întocmirii acestor ultime două tabele este pentru facilitarea identificării datelor folosite pentru construirea graficelor cu efectele factorilor și interacțiunilor din cadrul figurilor 2.11 respectiv 2.12.

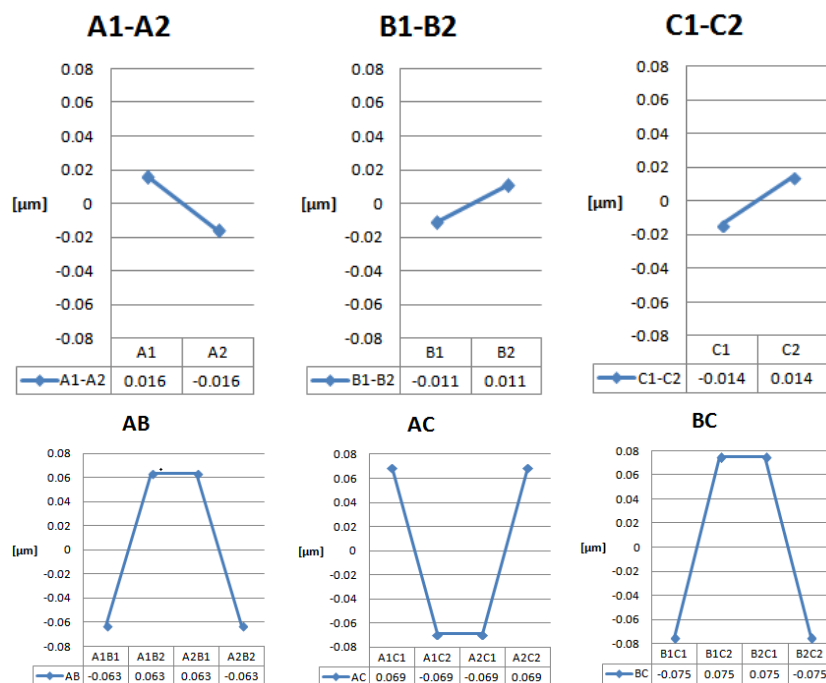


Fig. 2.11. Grafic pentru efectele asupra valorilor măsurate

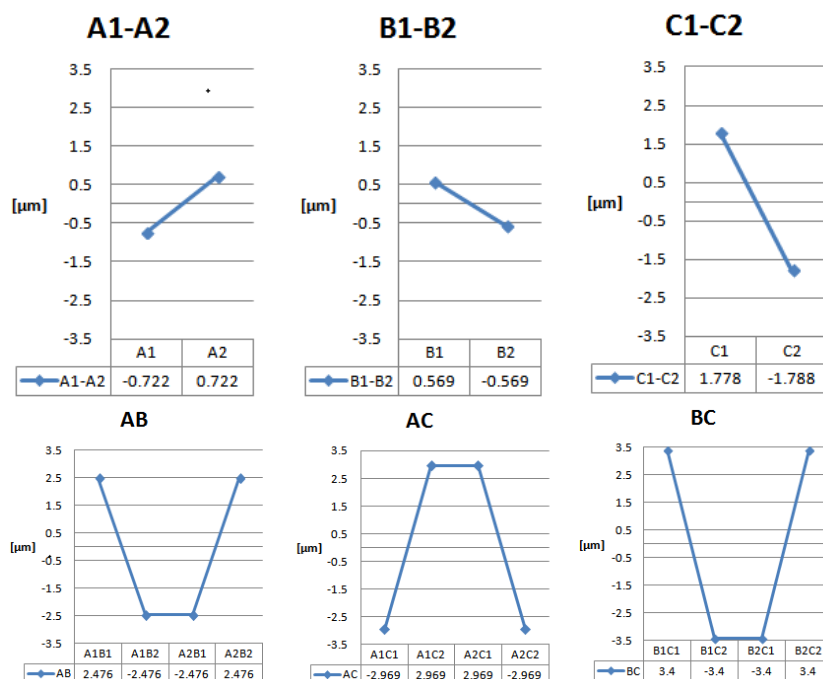


Fig. 2.12. Grafic pentru efectele asupra raportului semnal/zgomot S/N [μm]

Rolul acestor grafice, este ușurarea comparării celor două tipuri de rezultate referitoare la valoarea măsurată - adică abaterea medie aritmetică a profilului suprafeței și raportul s/n, în μm.

După cum se observă în aceste figuri, rezultatele obținute sunt foarte diferite.

Raportul Semnal/Zgomot, utilizat pentru măsurarea rezultatelor, ia simultan în considerare media măsurătorilor relative ale fiecărei încercări pe de o parte, și dispersia lor, media abaterilor standard, pe de altă parte. Așadar, cu cât valoarea algebrică a raportului semnal/zgomot este mai ridicată (Țițu et al., 2011), cu atât pierderea înregistrată este mai mică iar performanța procesului de aşchiere este mai bună.

Prin urmare, raportul Semnal/Zgomot trebuie utilizat cu prioritate pentru a alege în mod corespunzător nivelurile factorilor.

Având ca scop determinarea nivelului factorilor pentru a optimiza criteriul de calitate - cel care trebuie minimizat (cu cât rugozitatea este mai mică cu atât este mai bine), după analiza rezultatelor raportului semnal/zgomot din figura 2.12, s-a constatat că:

- Nivelul 1 al factorului C (avansul pe dinte) se dovedește a fi cel mai important pentru a reduce dispersia, și totodată în obținerea unei rugozități a suprafeței cât mai bune. Valoarea raportului semnal/zgomot aferentă factorului C1 este de 1,778 μm;
- Nivelul 2 al factorului A (viteza de aşchiere), valoarea raportului semnal/zgomot în cazul factorului A2 este de 0,722 μm;
- Nivelul 1 al factorului B (adâncimea de aşchiere), cu o valoare a raportului semnal/zgomot pentru B1 de 0,569 μm.
- În privința combinațiilor dintre factori, ordinea celor care asigură interacțiunile cele mai favorabile reducerii dispersiei procesului de aşchiere este următoarea: B1C1 cu un raport semnal/zgomot de 3,4 μm, A1C2 cu raportul semnal/zgomot de 2,969 μm și A1B1 cu raportul semnal/zgomot aferent de 2,476 μm.

În concluzie, configurația alcătuită din nivelurile cele mai favorabile ale factorilor pentru a optimiza criteriul de calitate este:

A2 B1 C1 A1B1 A1C2 B1C1

În tabelul 2.20, s-a reamintit semnificația factorilor alături de nivelurile corespunzătoare ale acestora.

Tabelul 2.20.

Factorii de reglaj și nivelurilor aferente

Abreviere	Denumire parametru	Nivelul 1		Nivelul 2	
A	Viteza de așchiere	A1	495,00 [m/min]	A2	660,00 [m/min]
B	Adâncimea de așchiere	B1	2 [mm]	B2	4 [mm]
C	Avansul pe dinte	C1	0,04 [mm/dinte]	C2	0,14 [mm/dinte]

În baza configurației de mai sus în care sunt prezentați factorii și combinațiile dintre aceștia cu nivelul cel mai favorabil în creșterea performanțelor procesului de așchiere și pentru a obține o sensibilitate minimă la factorii de zgomot, în continuare se va proceda spre calcularea procentajelor contribuției raportului semnal/zgomot. Astfel, formulele de calcul sunt după cum urmează:

$$\% \text{ contribuției } \frac{S}{N} \text{ a lui } A_2 = \frac{E_{\bar{A}_2}}{\bar{T}} \cdot 100 = 4,186 \quad (2.12)$$

$$\% \text{ contribuției } \frac{S}{N} \text{ a lui } B_1 = \frac{E_{\bar{B}_1}}{\bar{T}} \cdot 100 = 3,298 \quad (2.13)$$

$$\% \text{ contribuției } \frac{S}{N} \text{ a lui } C_1 = \frac{E_{\bar{C}_1}}{\bar{T}} \cdot 100 = 10,315 \quad (2.14)$$

$$\% \text{ contribuției } \frac{S}{N} \text{ pentru } A_1 B_1 = \frac{I_{\bar{A}_1 \bar{B}_1}}{\bar{T}} \cdot 100 = 14,361 \quad (2.15)$$

$$\% \text{ contribuției } \frac{S}{N} \text{ pentru } A_2 C_1 = \frac{I_{\bar{A}_2 \bar{C}_1}}{\bar{T}} \cdot 100 = 17,222 \quad (2.16)$$

$$\% \text{ contribuției } \frac{S}{N} \text{ pentru } B_1 C_1 = \frac{I_{\bar{B}_1 \bar{C}_1}}{\bar{T}} \cdot 100 = 19,722 \quad (2.17)$$

Primele rezultate obținute în urma realizării pașilor prezentați anterior au fost publicate în lucrarea (Bonțiu Pop, 2015).

2.7. CONCLUZII IMEDIATE

Pornind de la obiectivul fundamental și obiectivele specifice ale acestei cărți de specialitate definite în cadrul capitolului curent, întreaga activitate științifică desfășurată mai sus gravitează în jurul planului de cercetare experimentală stabilit.

În urma parcurgerii etapelor planului de experimente conform itinerarului Taguchi s-a constatat că:

- Utilizarea acestei metode reduce semnificativ numărul experimentelor de la 270 la 8 experimente.
- Experimentele realizate s-au efectuat în baza cerințelor metodei Taguchi aplicate, pornind de la atribuirea valorilor pentru fiecare parametru de reglaj - respectiv valorile minime și maxime, în conformitate cu posibilitățile tehnologice ale sculelor, centrului cu comandă numerică și ale materialului semifabricatului.
- Aferent fiecărei probe s-au utilizat regimurile de așchiere stabilite în tabelul 2.6. Scopul principal a fost acela de a obține o rugozitate a suprafeței cât mai mică, prin determinarea nivelului cel mai favorabil al fiecărui factor definit pentru reducerea dispersiei procesului de așchiere și obținerea unei calități a suprafeței cât mai bune.
- În urma calculelor efectuate privind efectele medii ale factorilor controlabili (tabelul 2.12) și a interacțiunilor dintre aceștia (tabelul 2.13), s-a constatat că există o interacțiune între fiecare combinație de factori care se răsfrânge asupra rugozității rezultate din proces. Cu alte cuvinte,

rezultatul obținut este atât al unor influențe individuale, cât și al unor influențe conjugate între parametri.

- Cu cât valoarea algebrică a raportului semnal/zgomot S/N este mai ridicată (fig. 2.12), cu atât pierderea înregistrată este mai mică și performanța procesului de aşchiere este mai bună.
- S-a determinat combinația compusă din nivelurilor factorilor controlați care se dovedește cea mai insensibilă la factorii zgomot, care pune la dispoziție un model predictiv ce permite definirea configurației optime a nivelurilor diferiților factori testați și prezentarea sub formă de cifre, a rezultatelor obținute.
- Această configurație, a fost determinată cu scopul de a crește performanțele procesului de aşchiere, prin urmare se recomandă utilizarea unei viteze de aşchiere cât mai mari la o adâncime de aşchiere și un avans pe dinte cât mai mici.

În continuare se va urmări efectuarea detaliată a experimentelor folosind experimentul de tip factorial în baza valorilor desemnate inițial, dar ținând cont de indicațiile producătorului de scule, de posibilitățile tehnologice ale centrului de prelucrare cu comandă numerică și ale materialelor utilizate. Scopul efectuării cercetării în această direcție este:

- determinarea procentului de influență al fiecărui factor studiat asupra abaterii medii aritmetice a profilului suprafeței R_a ;
- stabilirea unei ecuații de regresie pentru a determina parametrii de reglaj în scopul obținerii valorilor prescrise ale rugozității R_a .

3.

INVESTIGAREA EXPERIMENTALĂ A RUGOZITĂȚII SUPRAFETEI ÎN FREZAREA ALIAJULUI DE ALUMINIU 7136

3.1. INTRODUCERE ÎN STUDIUL EXPERIMENTAL

Conform strategiei de cercetare propuse, s-a determinat configurația compusă din nivelul optim al fiecărui parametru de așchiere studiat, având ca scop creșterea performanțelor procesului de așchiere și obținerea unei sensibilități minime la factorii necontrolabili. Această etapă a fost realizată cu ajutorul metodei lui Taguchi, metodă care a facilitat prin modul ei de operare, atingerea obiectivului menționat, folosind un număr redus de 8 experimente.

Prin următoarea etapă propusă în strategia de cercetare, se urmărește determinarea procentului de influență al factorilor studiați asupra răspunsului urmărit - ca în final să se poată obține un model de regresie. Mai exact, pașii necesari a fi parcurși în această direcție, au ca punct de pornire, efectuarea experimentelor în baza procedurilor impuse de un experiment de tip factorial.

Utilizarea experimentelor factoriale este recomandabilă și mai ales deosebit de eficientă, în cazul experimentelor care conțin un anumit număr de factori de influență (în cazul de față 3 factori: viteza de așchiere, adâncimea de așchiere și avansul pe dinte) și în care este necesară studierea efectului cumulat al acestor factori, asupra funcției obiectiv (abaterea medie aritmetică a profilului suprafeței R_a) (Țițu et al., 2011).

După realizarea experimentelor conform unui plan factorial, rezultat în baza metodei amintite, vor fi efectuate măsurătorile abaterii medii aritmetice a profilului suprafeței. Aceste măsurători vor fi rezultate din repetările stabilite ale fiecărui experiment în parte (de 7 ori).

Datele experimentale rezultate vor fi supuse unei evaluări primare. Această evaluare constă într-o apreciere generală a omogenității și particularităților datelor experimentale cu ajutorul unor parametri statistici. Prin interpretarea acestor date, se urmăresc influențele parametrilor de așchiere (viteza de așchiere, adâncimea de așchiere și avansul pe dinte), pe care aceștia le au asupra abaterii medii aritmetice a profilului suprafeței prelucrate.

Ulterior, datele experimentale obținute, vor fi supuse analizei statistice care are la bază, metodele potrivite pe această direcție:

- pentru identificarea valorilor afectate de erori aberante - testul Romanovski;
- pentru verificarea caracterului aleatoriu al datelor experimentale - testul Young;
- pentru verificarea normalității distribuției datelor experimentale - testul Shapiro-Wilk.

După realizarea analizei statistice a datelor experimentale, va putea fi efectuată analiza regresională pentru a putea obține o ecuație de regresie.

3.2. PLANIFICAREA EXPERIMENTULUI

Indiferent de obiectivele avute în vedere, înainte de desfășurarea efectivă a încercărilor propriu-zise, un prim pas, obligatoriu de realizat, este planificarea riguroasă a întregii cercetări experimentale.

În cadrul capitolului precedent au fost stabilite: operația de așchiere, tipul sculei așchietoare, valorile parametrilor regimului de așchiere, centrul de prelucrare cu comandă numerică utilizat spre desfășurarea

experimentelor, materialul semifabricatului de prelucrat, metodele și mijloacele de măsurare. În tabelul 3.1 sunt reamintite pe scurt toate aceste elemente.

Tabelul 3.1

Elementele stabilite pentru desfășurarea experimentelor

Operația de așchiere	Frezare cilindro-frontală					
Tipul sculei așchietoare	Freză cilindro-frontală de tip SECO R217.69-1616.0-09-2AN cu 2 dinți			Plăcuțe așchietoare XOEX090308FR-E05, H15		
Regim de așchiere	Viteza de așchiere [m/min]					
	495	530	570	610	660	710
	Adâncimea de așchiere [mm]					
	2	2,5	3	3,5	4	
	Avansul pe dinte [mm/dinte]					
	0,04	0,06	0,08	0,11	0,14	
Centrul de prelucrare cu comandă numerică	Centrul cu comandă numerică HAAS VF-YT2					
Materialul semifabricatului	Aliajul de aluminiu cod 7136					
Instrumente de măsură	Rugozimetrul Mitutoyo SURFTEST SJ-210 Microscop optic Micro-Vu VERTEX 310					

Orice experimentator începe un studiu experimental pe baza unui anumit plan de lucru, adică va utiliza un plan experimental sau un anumit proiect experimental. Experimentatorul poate ajunge la soluția dorită, pe baza cunoștințelor sale în domeniu, sau a intuiției sale, dar acest lucru este rareori realizabil. Procedând astfel, se pot pierde timp și bani, până să se ajungă la un rezultat corespunzător, sau este posibil să nu se ajungă niciodată la obiectivul dorit. De aceea este necesar să se folosească metode care țin de statistică matematică și metode de optimizare pentru o alegere rațională a determinărilor experimentale care trebuie realizate și pentru a obține o informație de încredere și coerentă (Țițu et al., 2011).

Pentru accelerarea lucrărilor experimentale este rațional ca volumul acestora să fie redus la strictul necesar. O metodă pentru reducerea numărului de experimente în cercetare, este ca lucrările experimentale, să fie conduse după o anumită schemă care să cuprindă numai determinările experimentale, strict necesare informațiilor dorite. În statistica matematică, programul experimental care cuprinde numai determinările experimentale strict necesare, poartă denumirea de plan experimental (Țițu et al., 2007).

Având în vedere scopul paragrafului, în continuare este necesară stabilirea unui astfel de plan experimental. În capitolul precedent s-a urmărit determinarea configurației compuse din nivelul optim al fiecărui parametru de așchiere cu scopul creșterii performanțelor procesului de așchiere și obținerea unei sensibilități minime la factorii de zgomot. Însă, în vederea determinării nivelului de influență a factorilor studiați, asupra abaterii medii aritmetice a profilului suprafeței și, ulterior stabilirea unei ecuații de regresie, se va utiliza un experiment factorial complet.

Pentru cei trei factori aleși pentru studiu: viteza de așchiere, adâncimea de așchiere și avansul pe dinte și nivelurile corespunzătoare ale acestora, amintite în tabelul 3.2, este necesară efectuarea unui număr de $6 \cdot 5 \cdot 5 = 150$ de experimente. Se vor determina rugozitățile suprafețelor R_a prelucrate, pe direcția de frezare în sensul avansului cât și transversal pe această direcție, notate în continuare cu R_a long, respectiv R_a transv.

În privința planificării experimentelor, după (Montgomery, 2013), există trei principii de bază, și anume:

- Principiul caracterului aleator - în baza căruia metodele statistice cer ca observațiile (sau erorile) să aibă un caracter aleatoriu, adică să fie distribuite aleatoriu (randomizat) față de parametrii. Randomizarea observațiilor face această presupunere valabilă.
- Principiul replicării - presupune repetarea de $3 \div 7$ ori a experimentului pentru fiecare set de valori ale parametrilor de intrare. Această procedură fiind necesară pentru a determina constanța măsurărilor. În

cazul de față, pentru obținerea unor rezultate cât mai precise se va efectua o replicare de 7 ori. Adică pentru fiecare set de parametri se vor efectua un număr de câte 7 măsurători.

- Principiul lucrului în „blocuri” - se utilizează pentru îmbunătățirea preciziei de comparație între factorii utilizați. Prin urmare în cercetarea curentă se va lucra cu un număr de 7 blocuri.

În tabelul 3.2 este prezentată concret această procedură de lucru.

În baza acestei proceduri, s-a putut realiza planul factorial experimental complet, cu cele 7 blocuri. Numărul măsurătorilor efectuate, R_a long măsurate longitudinal pe direcția mișcării de avans (7 măsurători), respectiv R_a transv măsurate transversal pe direcția mișcării de avans (7 măsurători) - cumulează un total de 14 (7 x 2) măsurători. Acestea s-au efectuat asupra fiecărei combinații de valori ale parametrilor de intrare stabiliți, rezultând un total de 300 (150 x 2) de măsurători.

Tabelul 3.2

Procedura de lucru în baza căreia se vor desfășura experimentele

Factor de reglaj	Numărul de niveluri						Măsurători		Replicare
Viteza de aşchiere	6 niveluri						R_a long	R_a transv	7 ori
	495	530	570	610	660	710			
Adâncimea de aşchiere	5 niveluri								
	2	2,5	3	3,5	4				
Avansul pe dinte	5 niveluri								
	0,04	0,06	0,08	0,11		0,14			
Total experimente	6x5x5=150								
Total măsurători							150	150	150x2x7 2100

Tabelul 3.3

Planul factorial de experimente corespunzător unui bloc

Nr. experiment	Viteza de aşchiere [m/min] A	Adâncimea de aşchiere [mm] B	Avansul pe dinte [mm/dinte] C
1	495	2,0	0,04
2	495	2,0	0,06
3	495	2,0	0,08
4	495	2,0	0,11
5	495	2,0	0,14
⋮	⋮	⋮	⋮
147	710	4,0	0,06
148	710	4,0	0,08
149	710	4,0	0,11
150	710	4,0	0,14

În tabelul 3.3 este prezentat fragmentat, corespunzător unui bloc, parametrii de intrare cu valorile lor aferente stabilite, iar în anexa 2 este efectuată prezentarea detaliată a acestora.

3.3. GENERAREA PROGRAMELOR CAM PENTRU EXPERIMENTE

După planificarea experimentelor, înainte de derularea cercetării experimentale efective este necesară realizarea programelor CAM, fără de care nu pot fi desfășurate testările. În paragraful de față va fi abordată această problemă.

Fabricația asistată de calculator presupune un ansamblu de activități informatizate, privind pregătirea, lansarea și urmărirea fabricației. Având în vedere că, experimentele se desfășoară în mediul industrial, dintre aceste activități se pot aminti:

- gestionarea sculelor;
- gestionarea materialelor (semifabricate, piese finite);
- gestionarea fluxurilor de fabricație;
- gestionarea sistemelor flexibile de fabricație;
- gestionarea proceselor de fabricație conduse numeric.

Fabricarea asistată de calculator, (CAM) este în esență, un instrument software, destinat să sprijine inginerii și mașiniștii, în procesul de prelucrare a unei mari varietăți de repere, permițând utilizarea modelelor 3D, realizate pe baza proiectării asistate de calculator (CAD).

În jurul anului 1970 a apărut conceptul „Computer Numerical Control” (CNC), termenul utilizat anterior fiind NC, adică Numerical Control, schimbarea fiind determinată de introducerea computerului în cadrul acestui proces. Mașinile CNC au preluat rapid o mare parte din procesele de execuție care erau executate pe mașini unelte convenționale, asigurând o productivitate și precizie ridicată. Operațiile care se execută pe mașinile cu comandă numerică, sunt foarte variate: frezare, găurire, toate operațiile de strunjire, electroeroziune, rectificare etc.

Spre deosebire de mașinile convenționale, operatorul sau programatorul trebuie să programeze mașina CNC. Din momentul reglării acesteia, este foarte simplă menținerea ei în funcțiune, atribuția operatorului fiind aceea de alimentare a mașinii, dar chiar și această operație este parțial preluată de mașinile CNC.

Concepția automată a procesului de prelucrare (Computer Aided Process Planning - CAPP) permite stabilirea în mod automat a unui proces de prelucrare pornind de la descrierea geometrică a piesei de realizat.

Una din modalitățile de a realiza un program este programarea manuală dar, în special pentru configurații ale pieselor mai complicate, scrierea manuală devine complicată.

În cadrul sistemelor de fabricație asistate de calculator, se disting trei etape importante pentru generarea programelor CNC. Acestea sunt după cum urmează:

- stabilirea geometriei piesei în sistemele informatice CAD (CATIA, Solid Works, Inventor, etc.);
- proiectarea/programarea tehnologiei de prelucrare prin sistemele CAM (CATIA, Esprit, ProEngineer, SurfCAM, EdgeCAM, SolidCAM, MasterCAM, PowerMILL, etc.);
- implementarea rezultatelor în sistemele de comandă numerică CNC.

Pentru realizarea simulării prelucrărilor, un prim pas care trebuie efectuat, constă în stabilirea formei geometrice a semifabricatului; cu alte cuvinte, stabilirea geometriei piesei într-un sistem informatic CAD. Așadar, aplicația aleasă spre atingerea scopului propus e reprezentată de CATIA V5 R20.

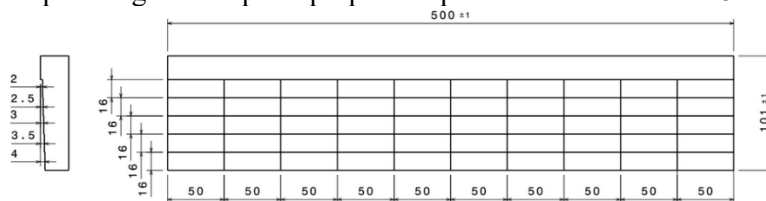


Fig. 3.1. Dimensiunile piesei de prelucrat aferente regimurilor de așchiere

Prin urmare, în situația de față piesa de prelucrat va avea dimensiunile 500 x 101 x 24,5 mm, conform figurii 3.1.

Pe fiecare piesă vor fi efectuate câte 50 de prelucrări aferente a câte 50 de regimuri de așchiere stabilite în baza combinațiilor parametrilor de așchiere studiați. Suprafața prelucrată aferentă unui regim de așchiere va fi de 50 mm lungime și 16 mm lățime. Astfel, cele 150 de regimuri de așchiere obținute în baza combinațiilor, vor fi testate prin prelucrarea a 3 blocuri cu dimensiunile amintite mai sus, urmând a se relua prelucrările cu

scopul realizării celor 7 replicări stabilite. În final va rezulta un număr total de 21 de blocuri prelucrate din Al7136 (fig. 3.2).

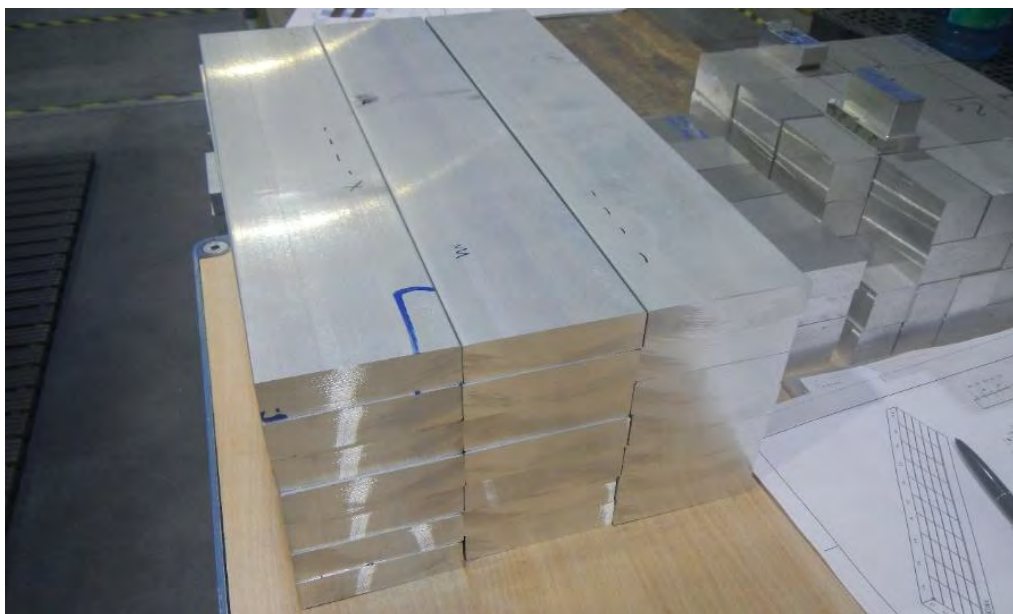


Fig. 3.2. Pregătirea pentru prelucrare a celor 21 de blocuri din aliajul de aluminiu Al7136

În urma realizării modelului CAD al piesei de prelucrat cu aplicația CATIA V5 R20, următorul pas constă în importarea modelului 3D, în programul ales pentru desfășurarea cercetărilor.

Pornind de la caracteristicile geometrice ale piesei, programul MUCN a fost realizat cu ajutorul programului MasterCAM X7, pus la dispoziție de compania Universal Alloy Corporation Europe S.R.L. În urma importării modelului CAD, programul a fost generat ținând cont de respectarea următoarelor etape:

- fixarea sistemului de coordonate;
- definirea semifabricatului;
- alegerea tipului de mașină pe care se execută programul;
- definirea sculelor;
- definirea strategiei de aşchiere şi alegerea traseului de sculă;
- verificarea traseului de sculă şi simularea lui;
- stabilirea regimurilor de aşchiere;
- exportarea rezultatelor în limbajul de programare adecvat şi salvarea proiectului.

Având în vedere numărul total de testări necesare a fi efectuate, s-au realizat 3 programe pentru MUCN. Programele generate de softul MasterCAM X7, au o lungime considerabilă, motiv pentru care, acestea se pot consulta parcurgând anexa 3.

3.4. DESFĂȘURAREA EXPERIMENTELOR FACTORIALE

În urma parcurgerii etapelor precedente, următorul pas în desfășurarea cercetării e constituit de pregătirea materialului semifabricatului din aliajul de aluminiu cod 7136.

Prin urmare, regimurile de așchiere în baza cărora s-au efectuat prelucrările pe fiecare semifabricat, au fost definite, păstrându-se ordinea de prelucrare conform planului factorial de experimente aferent anexei 2, având ca scop obținerea unei rugozități a suprafeței cât mai bună.

Semifabricatele au fost fixate fiecare cu ajutorul a trei menghine, pe masa mașinii unealtă cu comandă numerică, pentru a obține o rigiditate maximă, acestea fiind paralele cu masa și perpendiculare pe arborele principal, după cum reiese din figurile 3.3 și 3.4.



Fig. 3.3. Fixarea semifabricatelor pe mașina unealtă cu comandă numerică



Fig. 3.4. Desfășurarea experimentelor pe mașina unealtă cu comandă numerică

Experimentele s-au desfășurat utilizând o freză cilindro-frontală standard în prelucrarea aluminiului, de tip SECO R217.69-1616.0-09-2AN cu 2 dinți, având diametrul de 16 mm, la o angajare a sculei de 100% (fig. 3.5 a, b) și un număr total de 6 plăcuțe așchietoare având codificarea XOEX090308FR-E05, H15.

La fiecare prelucrare a câte 7 blocuri din Al7136, din totalul de 21, s-a utilizat câte un set de plăcuțe așchietoare (a câte 2 bucăți fiecare).



Fig. 3.5. a) Scula de tip SECO R217.69-1616.0-09-2AN utilizată la desfășurarea experimentelor și plăcuțele aferente XOEX090308FR-E05, H15 (catalog Seco, 2014)



Fig. 3.5. b) Freza cilindro-frontală cu cele două plăcuțe utilizată la desfășurarea experimentelor

În figura 3.6 se poate observa, spre exemplu, blocuri frezate din Al7136.

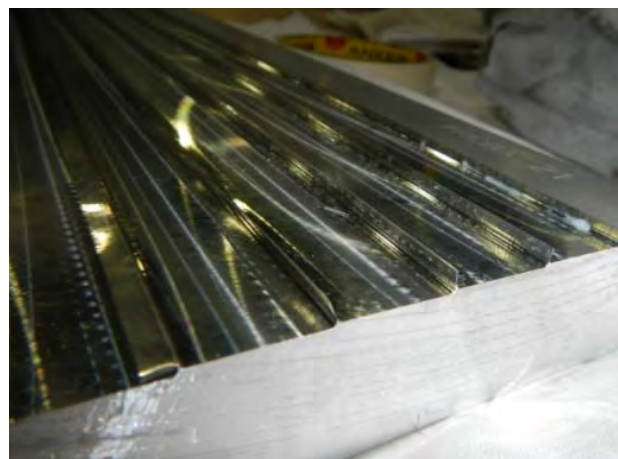
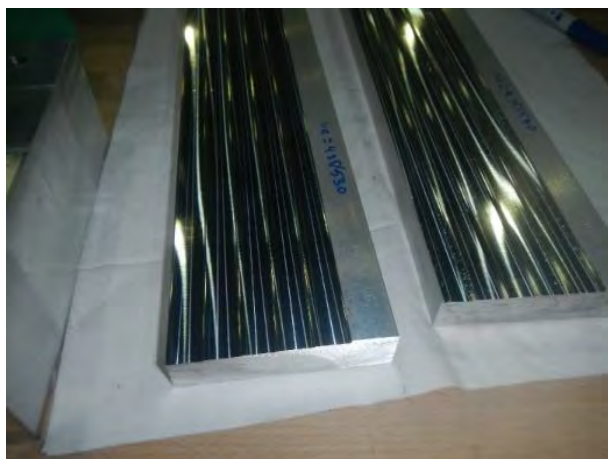


Fig. 3.6. Blocuri frezate din Al7136

3.5. MĂSURĂTORI ȘI COLECTAREA DATELOR EXPERIMENTALE

După realizarea frezării celor 21 de blocuri din aliajul de aluminiu Al7136, următorul pas este constituit de efectuarea măsurătorilor rugozității suprafeței. Măsurătorile au fost efectuate pe o distanță de 5 mm, cu ajutorul rugozimetrului Mitutoyo SURFTEST SJ-210, cu o rezoluție de $0,002\ \mu\text{m}$ (fig. 3.7).

Delimitarea zonelor în care s-au efectuat măsurătorile rugozității, sunt reprezentate grafic în figura 3.8.



Fig. 3.7. Efectuarea măsurătorilor cu rugozimetrul Mitutoyo SURFTEST SJ-210

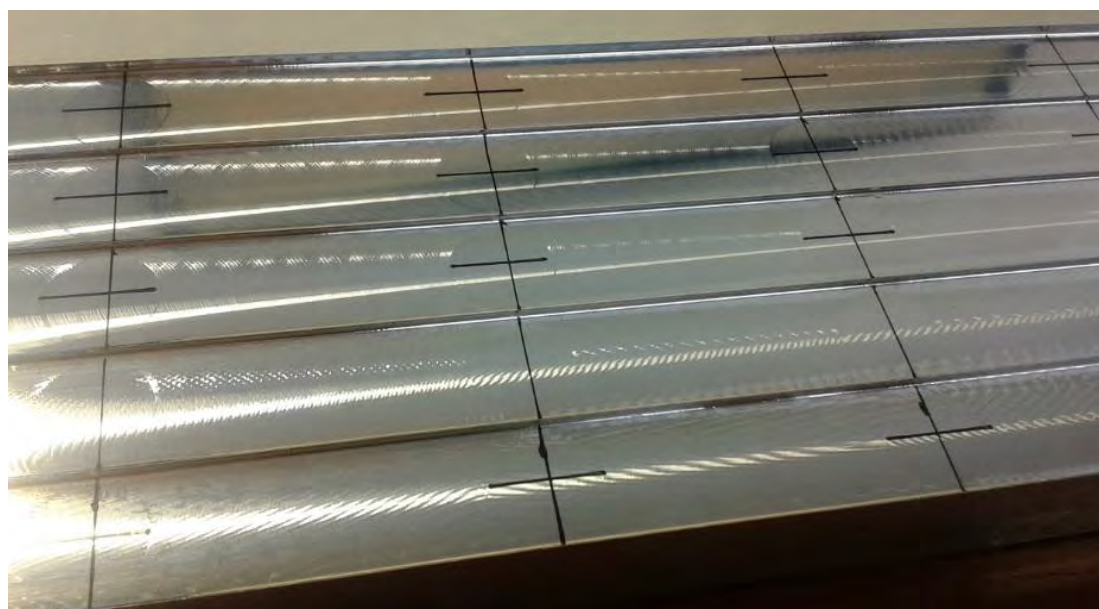


Fig. 3.8. Reprezentarea grafică a zonelor în care s-au efectuat măsurătorile abaterii medii aritmetice a profilului suprafeței prelucrate

S-au efectuat măsurători ale rugozităților suprafeței R_a și R_z , aferente fiecărui regim de așchiere în parte, din cele 150 de experimente. O prezentare fragmentată a acestora este efectuată în tabelul 3.4, iar prezentarea lor detaliată se poate consulta în anexa 4.

În privința experimentelor repetate (fiecare de câte 7 ori), se vor folosi pentru prelucrarea și testarea datelor, doar valorile abaterii medii aritmetice a profilului suprafeței R_a prelucrate, rezultând în final un număr total de 2100 de măsurători (1050 măsurători aferente R_a long, respectiv 1050 măsurători aferente R_a transv).

Tabelul 3.4

Valorile măsurate ale rugozităților R_a și R_z în cazul celor 150 de experimente

Nr. exp.	Parametrii de reglaj			Măsurători efectuate pe direcția longitudinală		Măsurători efectuate pe direcția transversală	
	v [m/min]	a_p [mm]	f_z [mm/dinte]	R_a [μ m]	R_z [μ m]	R_a [μ m]	R_z [μ m]
1	495	2	0,04	0,272	1,958	0,130	0,862
2	495	2	0,06	0,310	2,211	0,170	1,269
3	495	2	0,08	0,430	2,416	0,285	1,817
4	495	2	0,11	0,590	2,814	0,216	1,279
5	495	2	0,14	0,281	2,762	0,179	1,318
...	...	...	...	...	...	...	...
147	710	4	0,06	0,733	4,647	0,448	2,722
148	710	4	0,08	0,522	3,743	1,186	5,253
149	710	4	0,11	0,533	3,700	0,960	4,884
150	710	4	0,14	0,684	4,712	0,883	4,178

Tabelul 3.5

Valorile măsurate pe direcție longitudinală ale rugozităților R_a în cazul celor 150 de experimente replicate de 7 ori

Nr. exp.	Parametrii de reglaj			R_a [μ m] măsurate longitudinal pe direcția mișcării de avans							
				Nr. experiment							
	v [m/min]	a_p [mm]	f_z [mm/dinte]	1	2	3	4	5	6	7	Media
1	495	2,0	0,04	0,272	0,296	0,186	0,209	0,229	0,203	0,253	0,235
2	495	2,0	0,06	0,310	0,303	0,216	0,220	0,251	0,230	0,245	0,254
3	495	2,0	0,08	0,430	0,340	0,219	0,195	0,229	0,271	0,180	0,266
4	495	2,0	0,11	0,590	0,521	0,217	0,236	0,220	0,246	0,244	0,325
5	495	2,0	0,14	0,281	0,235	0,286	0,224	0,231	0,238	0,253	0,250
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
147	710	4,0	0,06	0,733	1,040	0,555	0,549	0,564	0,484	0,489	0,631
148	710	4,0	0,08	0,522	0,723	1,547	0,513	0,437	0,691	0,538	0,710
149	710	4,0	0,11	0,533	0,536	0,623	0,495	0,645	0,634	0,698	0,595
150	710	4,0	0,14	0,684	0,727	0,539	0,586	0,791	0,625	0,944	0,699

Tabelul 3.6

Valorile măsurate pe direcție transversală ale rugozităților R_a în cazul celor 150 de experimente replicate de 7 ori

Nr. exp.	Parametrii de reglaj			R_a [μ m] măsurate transversal pe direcția mișcării de avans							
				Nr. experiment							
	v [m/min]	a_p [mm]	f_z [mm/dinte]	1	2	3	4	5	6	7	Media
1	495	2,0	0,04	0,130	0,234	0,116	0,090	0,124	0,110	0,187	0,142
2	495	2,0	0,06	0,170	0,223	0,118	0,101	0,160	0,147	0,180	0,157
3	495	2,0	0,08	0,285	0,271	0,081	0,141	0,143	0,114	0,152	0,170
4	495	2,0	0,11	0,216	0,291	0,150	0,125	0,121	0,142	0,171	0,174
5	495	2,0	0,14	0,179	0,445	0,125	0,102	0,133	0,118	0,108	0,173
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
147	710	4,0	0,06	0,448	0,956	0,726	0,230	0,920	1,098	0,595	0,710
148	710	4,0	0,08	1,186	0,454	1,148	0,331	0,817	0,601	0,611	0,735
149	710	4,0	0,11	0,960	1,194	1,227	0,127	0,907	0,580	0,748	0,820

Nr. exp.	Parametrii de reglaj			R_a [μm] măsurate transversal pe direcția mișcării de avans							
				Nr. experiment							
	v [m/min]	ap [mm]	fz [mm/dinte]	1	2	3	4	5	6	7	Media
150	710	4,0	0,14	0,883	0,827	0,964	0,387	0,249	0,333	0,632	0,611

Rezultatele fragmentate ale repetărilor experimentale sunt prezentate în tabelul 3.5 pentru R_a long și în tabelul 3.6 pentru R_a transv. Rezultatele detaliate aferente fiecărei repetări experimentale, se pot consulta în anexa 4 (tabelul 2 pentru rugozitățile măsurate longitudinal pe direcția mișcării de avans, respectiv în tabelul 3 pentru rugozitățile măsurate transversal pe direcția mișcării de avans).

3.6. PROCESAREA ȘI INTERPRETAREA DATELOR

Analiza și evaluarea datelor experimentale generate în urma realizării unui plan experimental are loc în trei etape (Țițu et al., 2011):

- prima etapă este reprezentată de analiza datelor primare;
- a doua etapă este reprezentată de analiza regresională;
- a treia etapă este cea de prezicere a rezultatelor în orice punct al domeniului experimental.

Evaluarea primară a datelor experimentale constă într-o apreciere generală a omogenității și particularităților datelor experimentale cu ajutorul unor parametri statistici. În cele mai multe cazuri, o apreciere a fenomenului studiat se poate obține chiar din această etapă a analizei datelor experimentale. Pentru a realiza o evaluare corectă și pertinentă a datelor experimentale primare se recomandă folosirea mai multor parametri concomitent. Parametrii statistici care pot fi folosiți la evaluarea primară a datelor experimentale sunt prezentați în continuare (Țițu et al., 2007):

- reprezentarea grafică a răspunsurilor sub formă de histogramă;
- scatter plott;
- interpretarea rezultatelor prin trasarea suprafețelor de răspuns și a curbelor de nivel constant.

Prin urmare, analiza datelor experimentale primare, rezultate în urma măsurătorilor abaterii medii aritmetice a profilului suprafeței prelucrate, va fi abordată prin prisma realizării unor grafice în baza aspectelor amintite anterior, folosind aplicația STATISTICA Release 8. Prin interpretarea acestora, se urmăresc influențele parametrilor de așchiere (viteza de așchiere, adâncimea de așchiere și avansul pe dinte), pe care aceștia le au asupra abaterii medii aritmetice a profilului suprafeței prelucrate.

Reprezentarea grafică a răspunsurilor sub formă de histogramă

Înainte de realizarea analizei regresionale, este recomandabil, să se facă o evaluare a datelor experimentale din punct de vedere statistic. Aceasta se poate realiza prin reprezentarea răspunsurilor sub formă de histogramă sau cu ajutorul statisticii descriptive (Țițu et al., 2011).

În vederea realizării unei analize regresionale corecte este avantajos ca datele experimentale să prezinte o distribuție normală sau aproximativ normală. O distribuție normală îmbunătățește eficiența analizei și crește validitatea modelului și încrederea în concluziile desprinse (Țițu et al., 2011).

Evaluarea grafică a distribuției normale se poate realiza prin prezentarea grafică a răspunsurilor sub formă de histogramă. În cazul în care valorile unui răspuns au o distribuție aproximativ normală, acesta poate fi analizat direct. În cazul în care valorile unui răspuns nu au o distribuție normală, se recomandă ca analiza regresională să se facă numai după ce toate valorile răspunsurilor au fost logaritmice. După logaritmare răspunsurilor distribuția devine aproximativ normală (Țițu et al., 2011).

Așadar, legat de cercetările proprii desfășurate, în figurile 3.9 și 3.10 s-au reprezentat grafic histogramele R_a longitudinal, respectiv R_a transversal.

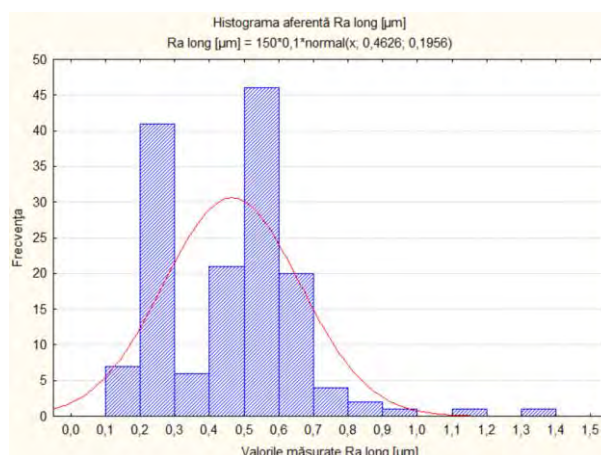


Fig. 3.9. Histograma aferentă măsurătorilor Ra long pentru cele 150 de regimuri de aşchiere

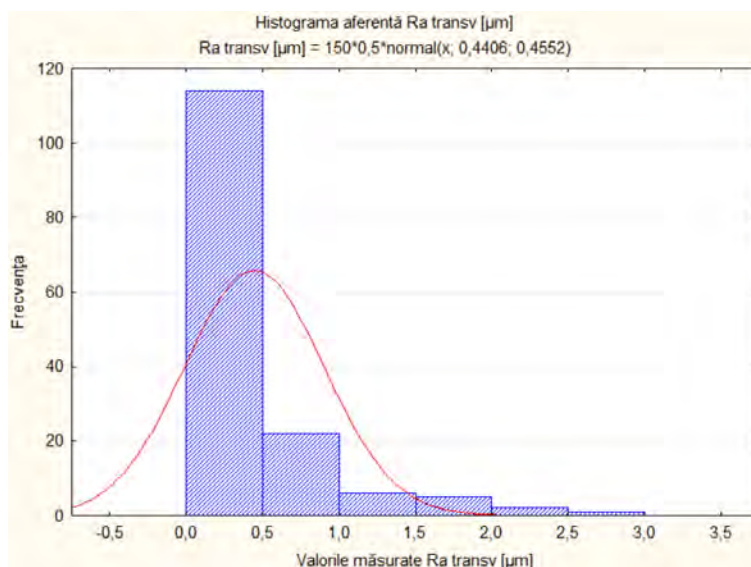


Fig. 3.10. Histograma aferentă măsurătorilor Ra transv pentru cele 150 de regimuri de aşchiere

În ambele figuri, se poate observa faptul că, în condițiile stabilite de desfășurare a experimentului (sculă, material și regim de aşchiere conform recomandărilor date de producător) se obțin valori destul de mici ale rugozității suprafeței pentru procesul de frezare cilindro-frontală, aproximativ de 0,5 μm .

Conform studiilor de specialitate efectuate în domeniul proceselor de aşchiere, în procesul de prelucrare prin frezare, se obțin frecvent, valori ale rugozității Ra între 1,6 μm și 6,3 μm . Astfel, valorile obținute în urma experimentului încadrează procesul de frezare, cu parametrii aşchiere folosiți, în clasa fină de precizie, adică sub 1,6 μm (fig. 3.11).

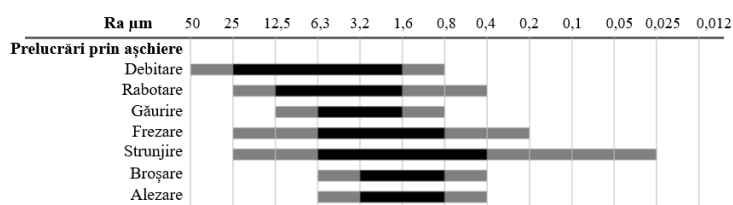


Fig. 3.11. Toleranțele calității suprafeței în procesul de aşchiere (<https://en.wikipedia.org>, 2015)

Privind distribuția datelor experimentale, din histograma aferentă R_a longitudinal se observă că datele au o distribuție aproximativ normală, ceea ce înseamnă că se poate efectua analiza regresională. În schimb, în ceea ce privește histograma aferentă R_a transversal, datele experimentale nu au o distribuție normală.

Pentru a putea fi realizată analiza regresională, există două posibilități:

- fie se realizează direct această analiză dar, după logaritmare valorilor datelor primare;
- fie datele experimentale sunt supuse unei analize statistice cu scopul eliminării valorilor aberante, a verificării caracterului aleatoriu al datelor și în final al verificării normalității datelor testate.

Cercetările proprii privind obținerea modelului regresional, se vor desfășura pe direcția adoptării celei de-a doua variante.

Scatter plot

Următorul parametru statistic care permite reprezentarea grafică a unui factor în funcție de alt factor (sau mai mulți factori) este scatter plot. Această reprezentare, se folosește împreună cu numărul de stare, pentru evaluarea ortogonalității planului experimental (Țîțu et al., 2007).

Scatter plot (diagramă de dispersie) se folosește de asemenea și pentru reprezentarea grafică a unui factor în funcție de unul sau mai multe răspunsuri. Această reprezentare se folosește pentru evaluarea împrăstierii / grupării rezultatelor în vederea identificării tipurilor de relații dintre factori și răspunsuri (liniare sau neliniare-curbe). Identificarea tipului de relații, prezintă importanță pentru a verifica dacă tipul de model, a fost bine ales și pentru realizarea unei analize regresionale corecte (Țîțu et al., 2011).

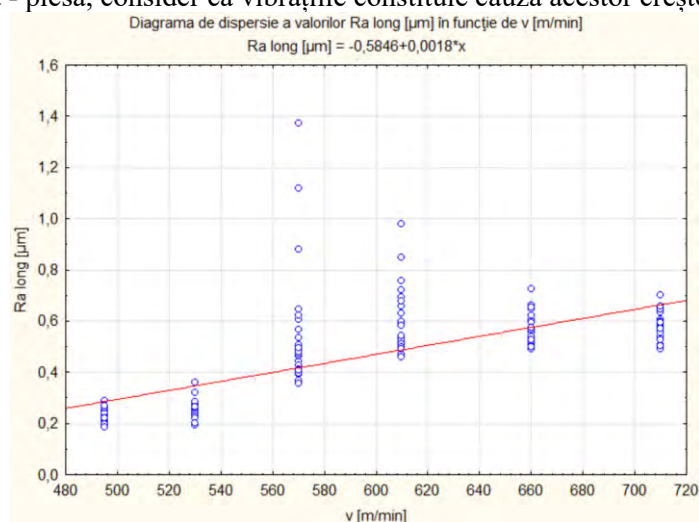
Această analiză se poate aplica numai în cazul în care se studiază un număr mic de factori/răspunsuri și este inutilizabilă în cazul în care numărul de factori studiați este mai mare de patru și/sau numărul de răspunsuri este mai mare de patru (Țîțu et al., 2011).

În situația de față, numărul de factori este 3 (viteza de așchiere, adâncimea de așchiere și avansul pe dinte), iar răspunsurile urmărite se referă la abaterea medie aritmetică a profilului suprafeței măsurată longitudinal, respectiv transversal pe direcția mișcării de avans.

Diagramele de dispersie ale valorilor R_a longitudinal sunt realizate în figura 3.12 - în funcție de viteza de așchiere, în figura 3.13- în funcție de adâncimea de așchiere și în figura 3.14 – în funcție de avansul pe dinte.

După analiza diagramei de dispersie din figura 3.12, rezultă că valorile rugozităților R_a long, rezultate în urma măsurătorilor, au o tendință crescătoare, odată cu creșterea vitezei de așchiere. Această constatare confirmă aspectele menționate în toate studiile de specialitate, pe această direcție.

Însă, ceea ce este specific acestui experiment, este distribuția mare a valorilor rugozităților în mijlocul intervalului de viteze (570 m/min – 610 m/min). După o analiză primară privind comportamentul sistemului mașină – unealtă – sculă - piesă, consider că vibrațiile constituie cauza acestor creșteri.



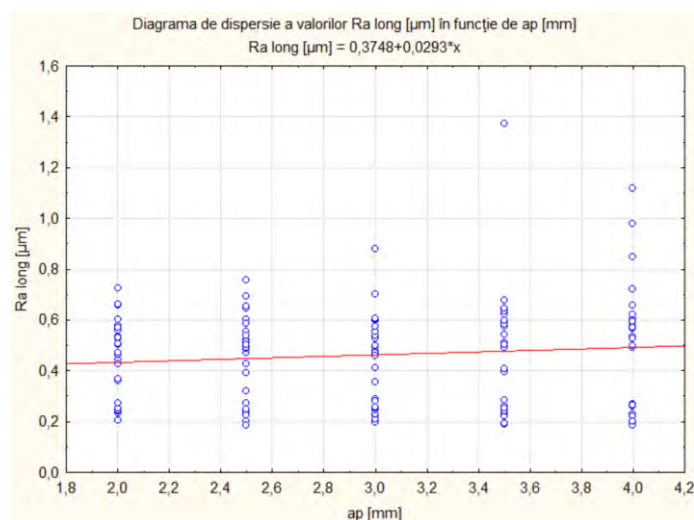


Fig. 3.13. Diagrama de dispersie a valorilor Ra long în funcție de adâncimea de așchiere ap [mm]

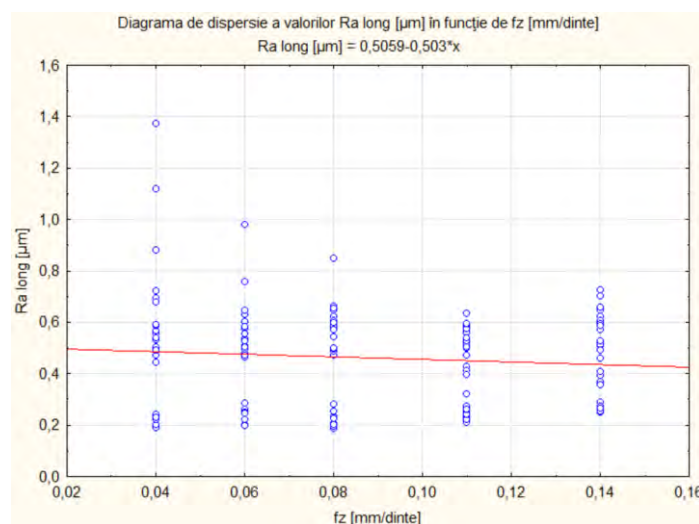


Fig. 3.14. Diagrama de dispersie a valorilor Ra long în funcție de avansul pe dinte fz [mm/dinte]

Referitor la diagrama dispersiilor în funcție de adâncimea de așchiere, în figura 3.13 se poate observa că odată cu creșterea adâncimii crește și distribuția valorilor rugozității. Aceste valori pot fi cauzate de aceeași presupunere privind efectul vibrațiilor și al fenomenului de rupere a așchiei (materialului), datorită încărcării mari a sculei (adâncime mare și lățime maximă a sculei).

În figura 3.14 se poate observa o tendință ușor descrescătoare a valorilor rugozității în raport cu creșterea vitezei de avans. Această tendință este direct influențată de dispersia mare a valorilor rugozităților la vitezele de așchiere de 570 m/min și 610 m/min, constatare confirmată și de figura 3.15.

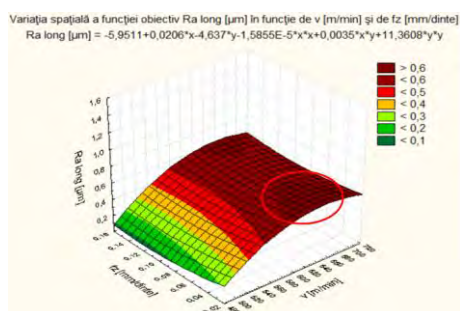


Fig. 3.15. Valorile Ra long la vitezele de 570 și 610 m/min, ce influențează tendința descendentă a rugozităților în raport cu viteza de avans

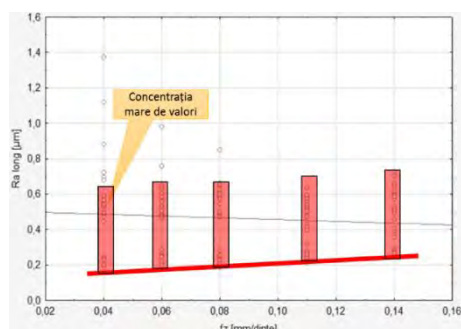


Fig. 3.16. Tendința crescătoare a rugozității Ra long în raport cu viteza de avans dată de majoritatea valorilor măsurate

Totuși, luând în considerare modul în care sunt distribuite majoritatea valorilor rugozității, obținute la celelalte viteze de așchiere 495, 660 și 710 m/min, respectiv întregul interval de adâncimi 2, 2,5, 3, 3,5, 4 mm, se poate observa tendința crescătoare a valorilor rugozității în raport cu creșterea vitezei de avans (fig.3.17).

Diagramele de dispersie ale abaterii medii aritmetice a profilului suprafeței, măsurate transversal pe direcția mișcării de avans, R_a transv, sunt prezentate în figura 3.17 - în funcție de viteza de așchiere, în figura 3.18- în funcție de adâncimea de așchiere și în figura 3.19 – în funcție de avansul pe dinte.

După cum reiese din diagrama de dispersie a datelor experimentale, s-au constatat mai multe aspecte, care sunt menționate în continuare.

În funcție de viteza de așchiere (fig. 3.17), se poate observa că, dispersiile mari ale valorilor R_a transv apar la vitezele de 570 m/min, respectiv 610 m/min. Dispersia mare a datelor este datorată în special texturii suprafeței, textură care poate fi rezultată în urma vibrațiilor apărute în timpul frezării.

Similar este și în cazul adâncimii de prelucrare (fig. 3.18), în care valorile rugozităților, precum și dispersia acestora, cresc odată cu valoarea adâncimii de așchiere.

În figura 3.19, de asemenea, se poate observa dispersia mare a valorilor la fiecare viteza de avans în parte.

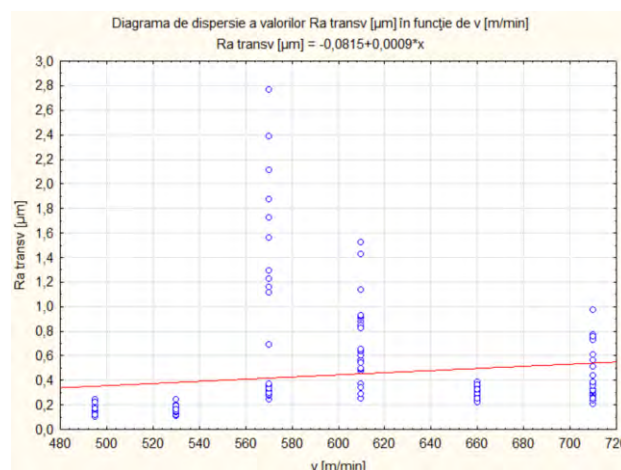


Fig. 3.17. Diagrama de dispersie a valorilor Ra transv în funcție de viteza de așchiere v [m/min]

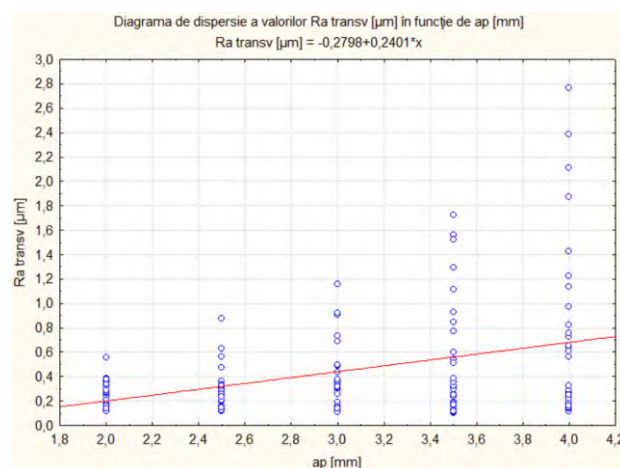


Fig. 3.18. Diagrama de dispersie a valorilor $R_a \text{ transv}$ în funcție de adâncimea de așchiere a_p [mm]

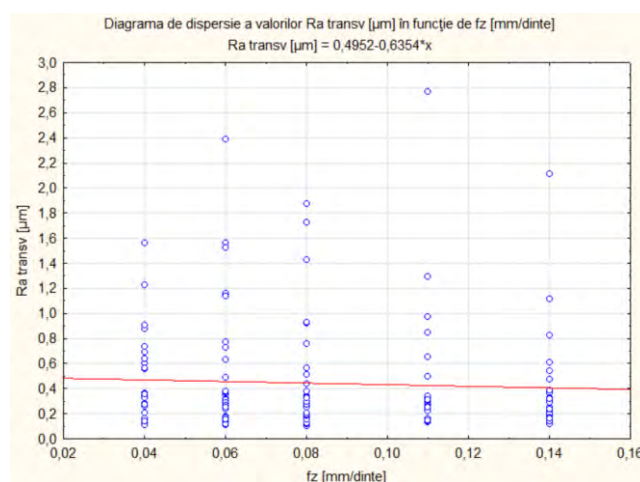


Fig. 3.19. Diagrama de dispersie a valorilor $R_a \text{ transv}$ în funcție de avansul pe dinte f_z [mm/dinte]

Ca și concluzie imediată, vitezele de așchiere de 570 m/min respectiv 610 m/min duc la o dispersie mare a valorilor rugozităților transversale.

Interpretarea rezultatelor prin trasarea suprafețelor de răspuns și a curbelor de nivel constant

După realizarea histogramelor - pentru urmărirea normalității distribuției datelor experimentale și a diagramelor de dispersie - pentru urmărirea împrăștierii sau grupării valorilor măsurate, aferente R_a longitudinal, respectiv R_a transversal, aceste funcții obiectiv pot fi supuse unei analize tridimensionale (spațiale), cu scopul de a le urmări variația sub influența factorilor controlabili (parametrilor de așchiere).

În urma efectuării unui astfel de grafic 3D, realizat prin trasarea suprafețelor de răspuns, se obține o ecuație a modelului regresional, care poate fi utilizată cu succes pentru estimarea valorilor funcției obiectiv, în întregul domeniu experimental. Această ecuație, aparține spațiului multifactorial, situat între nivelele extreme ale factorilor de influență, deci la interpolarea valorilor acestei funcții obiectiv. Suprafața de răspuns corespunzătoare ecuației de regresie a modelului cu coeficienții estimați, aparține unui spațiu multifactorial (adică, cu dimensiune cu unu mai mare decât numărul factorilor de influență cuprinși în model) și ca atare, în general (pentru mai mult de doi factori de influență), ea nu poate fi descrisă decât analitic. Totuși, adesea, pentru formarea unei imagini mai intuitive decât cea furnizată de ecuația de regresie, se recurge la reprezentarea grafică a acestei suprafețe de răspuns, funcție de câte doi factori de influență (Țițu et al., 2011).

În această situație, ceilalți factori de influență ai modelului, sunt fixați pe nivele particulare, cel mai frecvent corespunzând nivelului central (cu valoare codificată egală cu zero); uneori, prin secționarea acestor suprafețe de răspuns cu plane paralele cu planul factorilor de influență utilizați în reprezentarea grafică, se obține o familie de curbe numite „de nivel constant” sau „de răspuns egal” (Țițu et al., 2011). Asemenea

reprezentări pentru suprafața de răspuns și pentru curbele de nivel constant, rezultate prin secționarea acestei suprafețe, cu plane paralele cu planul factorilor de influență, sunt în figurile de la 3.20 la 3.31 - pentru R_a longitudinal și, în figurile de la 3.32 la 3.43 - pentru R_a transversal.

Trebuie făcută însă observația, deosebit de importantă, că interpretarea rezultatelor experimentale, exclusiv pe baza acestor reprezentări grafice, poate conduce la grave erori, deoarece ele se referă numai la o situație particulară („înghețată”) a factorilor de influență parametrizați (care nu iau parte la reprezentare). Ca atare, aceasta oferă numai o imagine parțială a răspunsului în spațiul multifactorial investigat (în situația în care funcția obiectiv depinde de mai mult de doi factori de influență). Din acest motiv, întotdeauna aceste reprezentări grafice, trebuie asociate ecuației de regresie obținute și interpretate în contextul oferit de respectiva ecuație (Țițu et al., 2011).

Așadar, variațiile spațiale ale funcțiilor obiectiv, sub influența parametrilor de așchiere, a fost efectuată folosind două tipuri de reprezentări grafice, numite conform aplicației STATISTICA 8, după cum urmează:

- *Surface Plots* – corespunzătoare suprafețelor de răspuns și,
- *Contour Plots* – corespunzătoare curbelor de nivel constant.

În ambele situații au fost selectate, în aplicația STATISTICA 8, opțiunile *Quadratic* și, ulterior *Spline*. Această alegere a fost efectuată pe considerentul că prima variantă exprimă o tendință de creștere a funcțiilor obiectiv și are o precizie destul de ridicată. Însă, densitatea pânzei (mesh-ului) în cazul celei de-a doua opțiuni, *Spline*, este mai mare ca în prima situație. Prin urmare, aceasta din urmă, arată mult mai relevant tendințele de variație a funcțiilor obiectiv.

Demarând cercetările pe această direcție, în graficele spațiale este folosită pentru reprezentarea grafică, influența a câte doi parametri simultan, asupra valorilor abaterii medii aritmetice a profilului suprafeței prelucrate.

În privința variației spațiale a abaterii medii aritmetice a profilului suprafeței măsurate longitudinal pe direcția mișcării de avans, se poate observa o creșterea a rugozității destul de mare în prima parte a intervalului de viteze de 495-570 m/min, pe tot intervalul de adâncimi de așchiere. În urma analizei se poate observa că adâncimea de așchiere nu are o influență atât de mare asupra rugozității la vitezele de așchiere mici, în schimb se modifică pentru vitezele mai mari de 570 m/min (fig. 3.20 și fig. 3.22).

În cazul curbelor de nivel privind variația spațială a R_a long, în funcție de viteza de așchiere și adâncimea de așchiere, s-a constatat că (fig. 3.21 și fig. 3.23):

- pentru vitezele de așchiere de până la 570 m/min, adâncimile de așchiere nu prezintă influențe asupra rugozității;
- pentru vitezele mai mari de 570 m/min, adâncimile cu valori până la 3 mm, nu influențează rugozitatea, dar adâncimile cu valori peste 3 mm, la viteze de așchiere mai mari, au o influență dând rugozități mai mari de 0,6 μm .

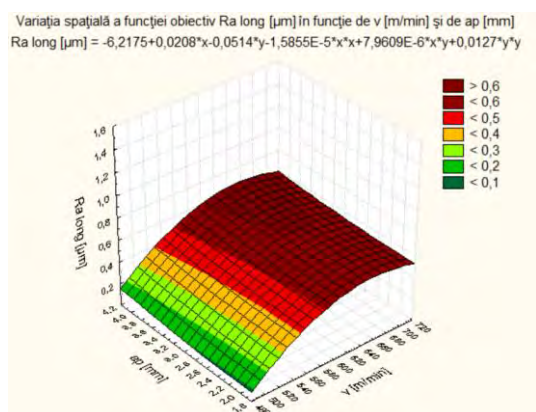


Fig. 3.20. Variația spațială a R_a long în funcție de v [m/min] și a_p [mm] (Quadratic)

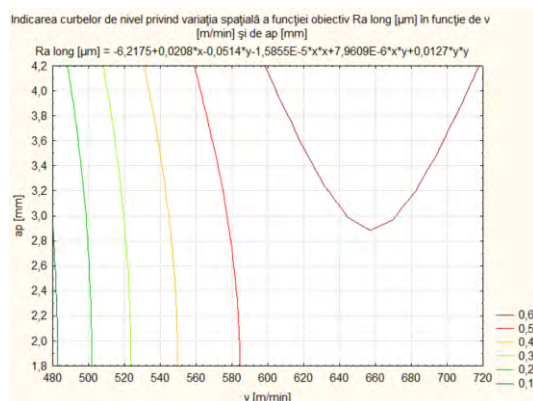


Fig. 3.21. Indicarea curbelor de nivel privind variația spațială a R_a long în funcție de v [m/min] și a_p [mm] (Quadratic)

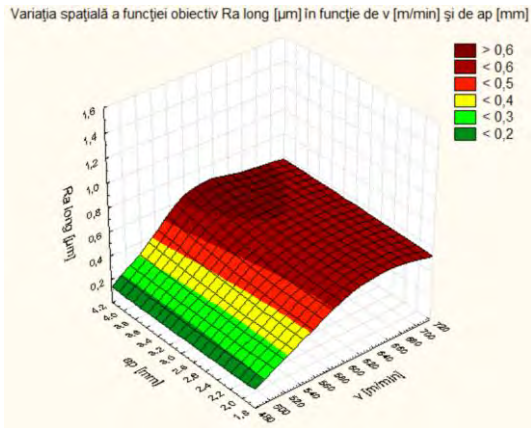


Fig. 3.22. Variația spațială a Ra long în funcție de v [m/min] și ap [mm] (Spline)

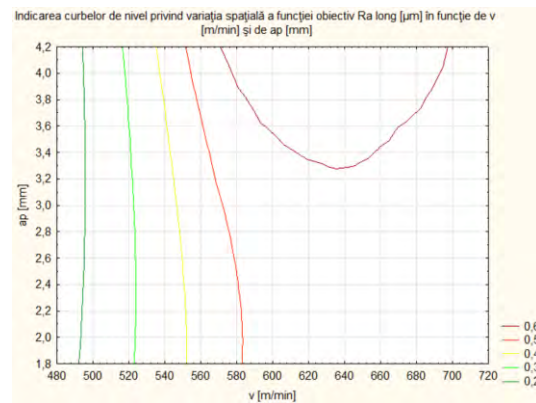


Fig. 3.23. Indicarea curbelor de nivel privind variația spațială a Ra long în funcție de v [m/min] și ap [mm] (Spline)

Aceste reprezentări grafice, evidențiază modul prin care interacțiunea dintre cei doi parametri influențează rugozitatea suprafeței.

În figurile 3.24 și 3.26 se poate observa variația spațială a rugozității Ra long în funcție de viteza de așchiere și avansul pe dinte.

Analizând aceste figuri s-a constatat că vitezele de 570 și 610 m/min în combinație cu un avans mic prezintă un impact asupra valorilor rugozității măsurate, acestea crescând în tot câmpul experimental. Cauza acestor creșteri ale valorilor o poate constitui vibrațiile apărute în timpul procesului de așchiere.

Din graficele curbelor de nivel constant (figurile 3.25 și 3.27) rezultă că valorile rugozităților sunt influențate atât de viteza de așchiere cât și de viteza de avans, adică aceste valori cresc odată cu creșterea valorilor acestor parametri.

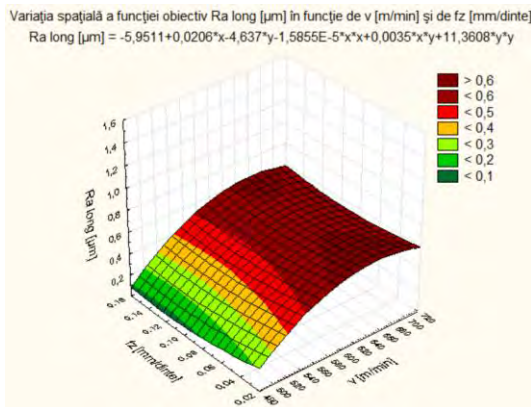


Fig. 3.24. Variația spațială a Ra long în funcție de v [m/min] și fz [mm/dinte] (Quadratic)

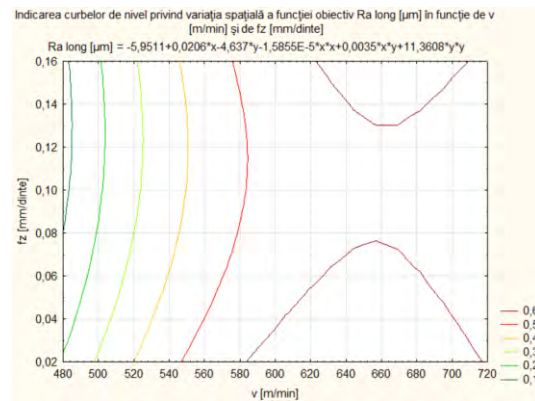


Fig. 3.25. Indicarea curbelor de nivel privind variația spațială a Ra long în funcție de v [m/min] și fz [mm/dinte] (Quadratic)

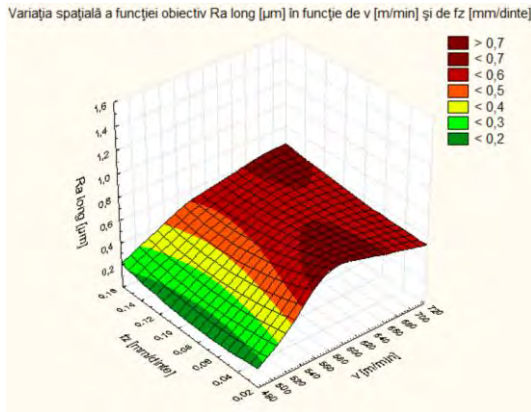


Fig. 3.26. Variația spațială a Ra long în funcție de v [m/min] și fz [mm/dinte] (Spline)

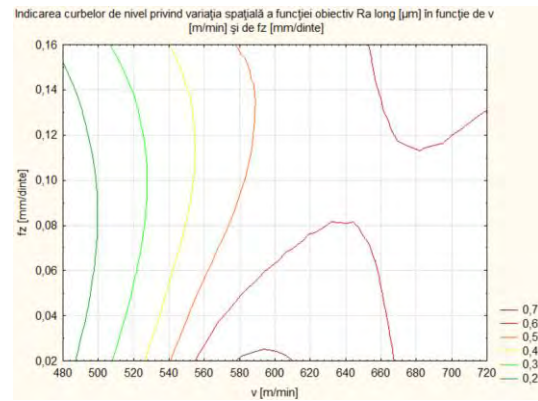


Fig. 3.27. Indicarea curbelor de nivel privind variația spațială a Ra long în funcție de v [m/min] și fz [mm/dinte] (Spline)

Tot din aceste grafice se poate observa că valorile mai mari de $0,6 \mu m$, sunt situate în jurul valorilor vitezelor de așchiere de 570 și 610 m/min, astfel:

- la viteze de avans mici, deși încărcarea sculei este mare, observațiile primare în îndreptătesc să consider că vibrațiilor constituie cauza acestor creșteri a valorilor rugozității;
- la viteze de avans mari, acest fenomen poate apărea și datorită încărcării sculei;
- totuși, în mijlocul intervalului de viteze de avans, apare o ușoară stabilizare a sistemului, adică vibrațiile apărute nu influențează atât de mult calitatea suprafeței.

În ceea ce privește variația spațială a rugozității măsurate longitudinal pe direcția mișcării de avans, sub influența adâncimii de așchiere și a avansului pe dinte este prezentată în figurile 3.28 și 3.30. În urma analizei acestei evoluții s-a constatat că adâncimea de așchiere în raport cu viteza de avans influențează abaterea medie aritmetică a profilului suprafeței frezate, ducând la obținerea unor rugozități mici. Însă, la valori mai mari ale avansului pe dinte și valori mici ale adâncimii de așchiere, datorită influenței vitezelor de așchiere de 570 și 610 m/min, există o tendință de creștere a valorilor rugozităților.

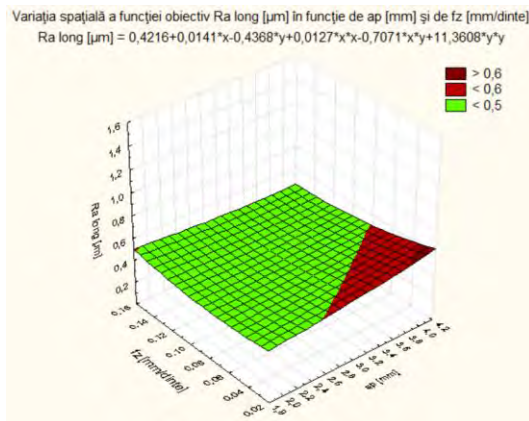


Fig. 3.28. Variația spațială a Ra long în funcție de ap [mm] și fz [mm/dinte] (Quadratic)

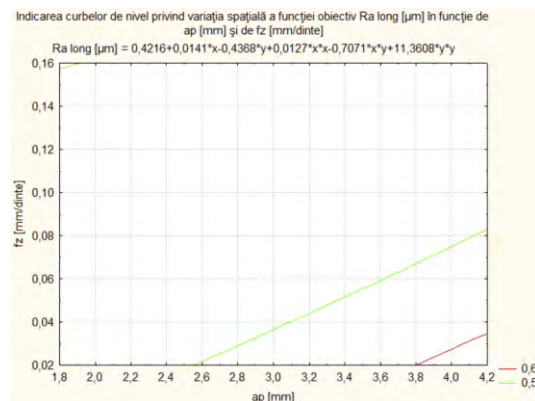


Fig. 3.29. Indicarea curbelor de nivel privind variația spațială a Ra long în funcție de ap [mm] și fz [mm/dinte] (Quadratic)

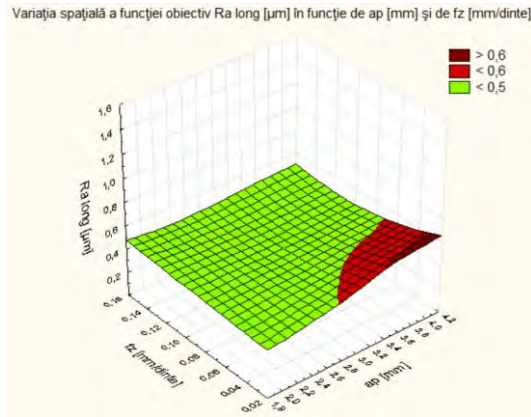


Fig. 3.30. Variația spațială a R_a long în funcție de a_p [mm] și f_z [mm/dinte] (Spline)

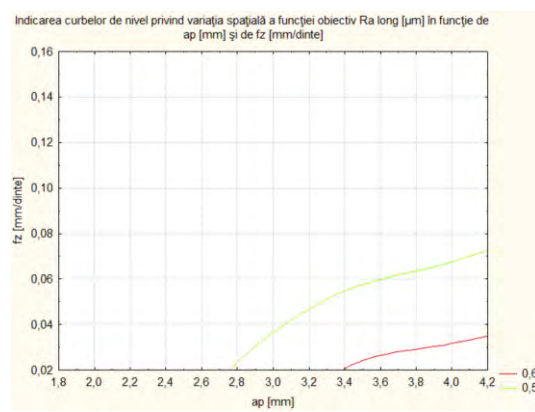


Fig. 3.31. Indicarea curbelor de nivel privind variația spațială a R_a long în funcție de a_p [mm] și f_z [mm/dinte] (Spline)

Ca și concluzii generale, în urma analizei graficelor spațiale efectuate, se prezintă următoarele constatări:

- parametrul cu influența cea mai mare asupra rugozității R_a long este viteza de așchiere;
- la anumite viteze de așchiere, în combinație cu anumite valori ale adâncimii de așchiere, respectiv avansului pe dinte, presupun că apare fenomenul de vibrație, resimțit în valorile măsurate ale abaterii medii aritmetice a profilului suprafeței cât și în textura acesteia;
- viteza de așchiere împreună cu avansul pe dinte, au cea mai mare influență asupra calității suprafeței;
- adâncimea de așchiere împreună cu avansul pe dinte, au o influență mică asupra calității suprafeței.

În ceea ce privește variația spațială a abaterii medii aritmetice a profilului suprafeței măsurate transversal pe direcția mișcării de avans, se poate observa o creșterea a rugozității mult mai mare în intervalul de viteze de 495-570 m/min, pe tot intervalul de adâncimi de așchiere, dar mai ales la valorile mai mari ale acestui parametru. În urma analizei se poate observa că adâncime de așchiere influențează semnificativ calitatea suprafeței la vitezele de așchiere mai mari de 570 m/min (fig. 3.34 și fig. 3.36).

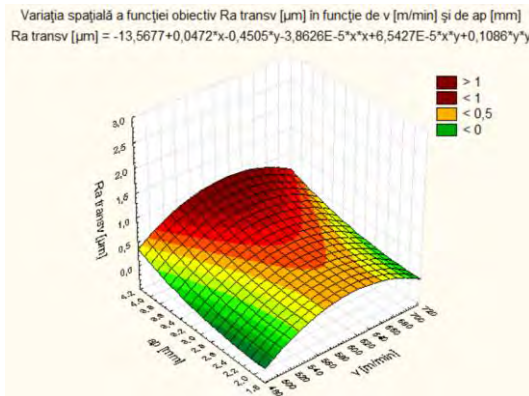


Fig. 3.32. Variația spațială a R_a transv în funcție de v [m/min] și a_p [mm] (Quadratic)

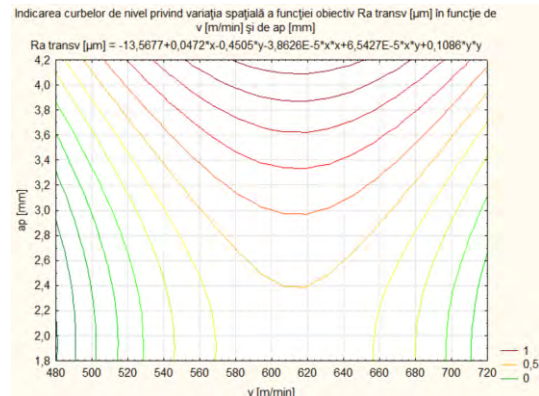


Fig. 3.33. Indicarea curbelor de nivel privind variația spațială a R_a transv în funcție de v [m/min] și a_p [mm] (Quadratic)

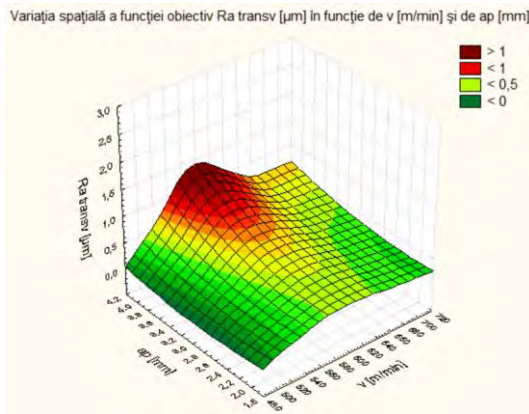


Fig. 3.34. Variația spațială a R_a transv în funcție de v [m/min] și ap [mm] (Spline)

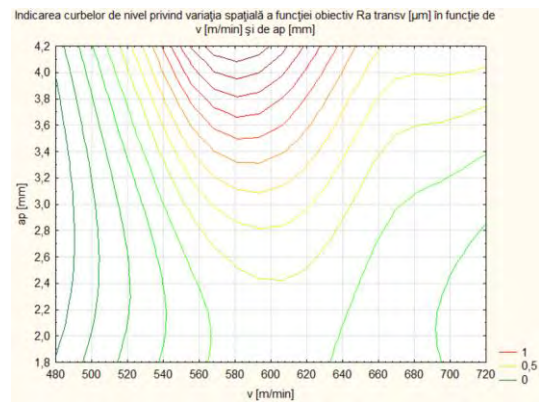


Fig. 3.35. Indicarea curbelor de nivel privind variația spațială a R_a transv în funcție de v [m/min] și ap [mm] (Spline)

În cazul curbelor de nivel privind variația spațială a R_a transv, în funcție de viteza de așchiere și adâncimea de așchiere, s-a constatat că (fig. 3.35 și fig. 3.37):

- pentru vitezele de așchiere de până la 570 m/min, adâncimile de așchiere nu prezintă influențe asupra rugozității. Similar s-a constatat și în situația vitezelor peste 660 m/min;
- pentru vitezele de 570 și 610 m/min, adâncimile cu valori până la 3 mm, nu influențează rugozitatea, dar adâncimile cu valori peste 3 mm, la vitezele de așchiere din câmpul menționat, au o influență mare, dând rugozități mai mari de 1 μ m.

În figurile 3.36 și 3.38 se poate observa variația spațială a rugozității R_a transv în funcție de viteza de așchiere și avansul pe dinte.

Analizând aceste figuri s-a constatat că vitezele de 570 și 610 m/min în combinație cu un avans mic prezintă un impact asupra valorilor rugozității măsurate, acestea crescând în tot câmpul experimental, dar cu preponderență la aceleași viteze ca și în situația precedentă 570 și 610 m/min.

Din graficele curbelor de nivel constant (figurile 3.37 și 3.39), rezultă că valorile abaterii medii aritmetice a profilului suprafeței, sunt influențate atât de viteza de așchiere cât și de viteza de avans, adică aceste valori cresc odată cu creșterea valorilor acestor parametri.

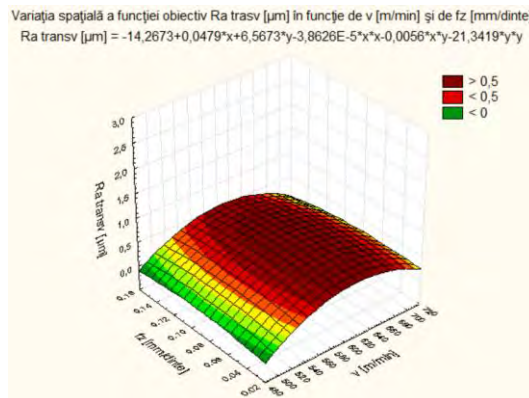


Fig. 3.36. Variația spațială a R_a transv în funcție de v [m/min] și fz [mm/dinte] (Quadratic)

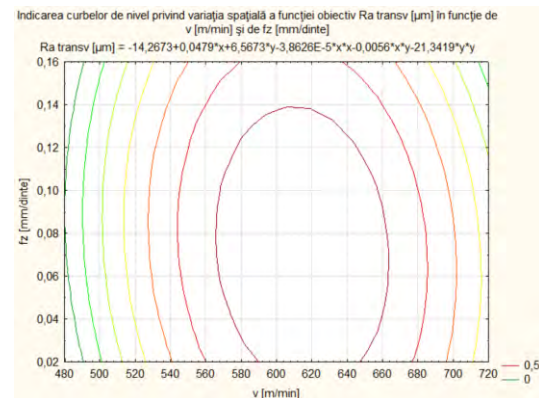


Fig. 3.37. Indicarea curbelor de nivel privind variația spațială a R_a transv în funcție de v [m/min] și fz [mm/dinte] (Quadratic)

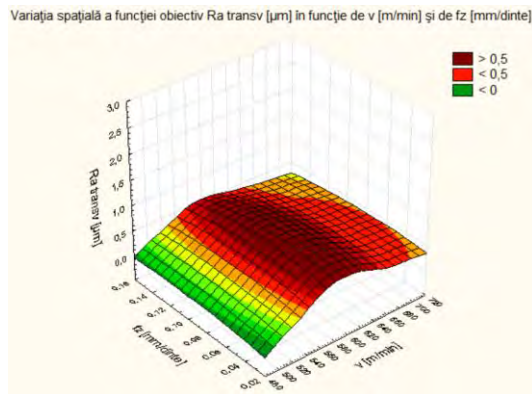


Fig. 3.38. Variația spațială a R_a transv în funcție de v [m/min] și f_z [mm/dinte] (Spline)

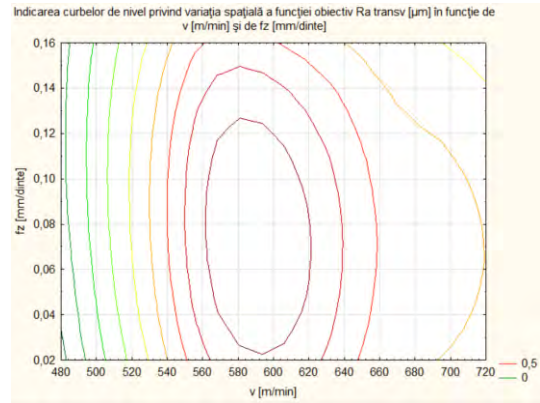


Fig. 3.39. Indicarea curbelor de nivel privind variația spațială a R_a transv în funcție de v [m/min] și f_z [mm/dinte] (Spline)

De asemenea, reiese și faptul că valorile mai mari de $0,6 \mu\text{m}$, sunt situate în jurul valorilor vitezelor de așchiere de 570 și 610 m/min și, prin urmare:

- la viteze de avans mici, deși încărcarea sculei este mare, presupun că efectul vibrațiilor, care influențează calitatea suprafeței, apare datorită rezonanței sistemului mașină unealtă – sculă - piesă;
- la viteze de avans mari, acest fenomen poate apărea și datorită încărcării sculei;
- în mijlocul intervalului de viteze de avans, apare o ușoară stabilizare a sistemului.

Referitor la variația spațială a rugozității măsurate transversal pe direcția mișcării de avans, sub influența adâncimii de așchiere și a avansului pe dinte, constatările au rezultat în urma analizei figurilor 3.40 și 3.42. Prin urmare, adâncimea de așchiere în raport cu viteza de avans influențează abaterea medie aritmetică a profilului suprafeței frezate, ducând la obținerea unor rugozități mici.

Pe baza analizei curbelor de nivel constat din figurile 3.41 și 3.43 s-a constatat că valoarea rugozităților R_a transv, crește odată cu creșterea adâncimea de așchiere indiferent de valorile avansului pe dinte.

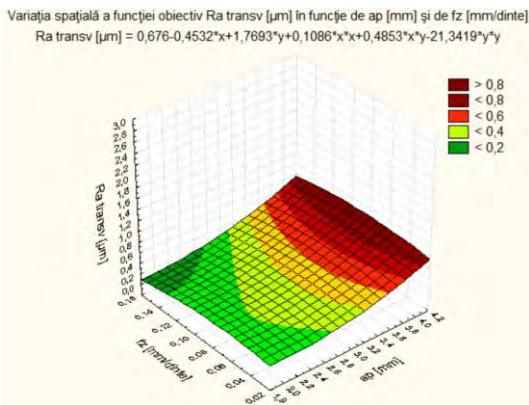


Fig. 3.40. Variația spațială a R_a transv în funcție de ap [mm] și f_z [mm/dinte] (Quadratic)

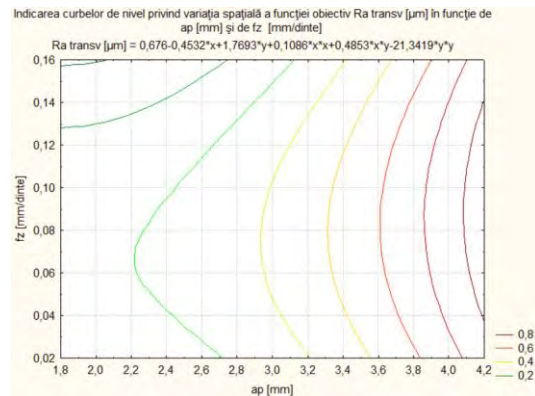


Fig. 3.41. Indicarea curbelor de nivel privind variația spațială a R_a transv în funcție de ap [mm] și f_z [mm/dinte] (Quadratic)

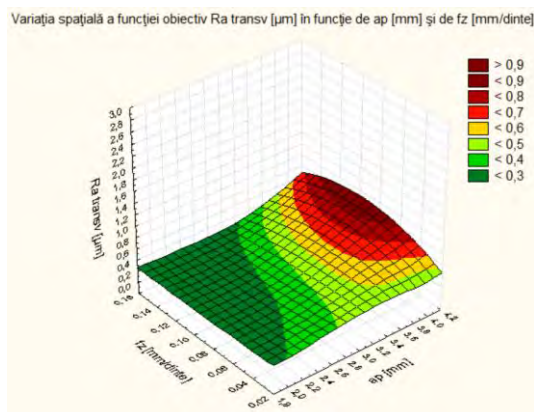


Fig. 3.42. Variația spațială a $R_{a \text{ transv}}$ în funcție de a_p [mm] și f_z [mm/dinte] (Spline)

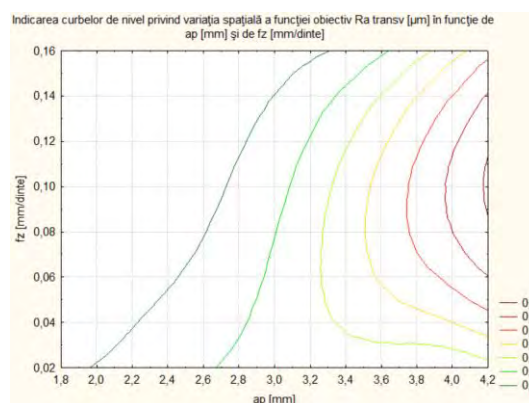


Fig. 3.43. Indicarea curbelor de nivel privind variația spațială a $R_{a \text{ transv}}$ în funcție de a_p [mm] și f_z [mm/dinte] (Spline)

În urma finalizării acestei analize, înainte de emiterea concluziilor generale, se va urmări și influența individuală a variației fiecărui parametru de așchiere studiat, asupra abaterii medii aritmetice $R_{a \text{ long}}$ și $R_{a \text{ transv}}$.

Influența vitezei de așchiere asupra rugozității $R_{a \text{ long}}$ și $R_{a \text{ transv}}$

În figura 3.44 sunt reprezentate grafic valorile rugozităților $R_{a \text{ long}}$, obținute la viteze de așchiere diferite.

În urma analizei figurii menționate s-a constatat că, odată cu creșterea vitezelor de așchiere în intervalul dat de producător 495 m/min - 660 m/min, media valorilor are o tendință crescătoare. Astfel, pentru viteza de așchiere de 495 m/min, valoarea este de 0,27 μm , iar pentru viteza de 660 m/min este 0,57 μm . În privința vitezei de așchiere de 710 m/min media rugozităților este de 2,3 ori mai mare, având o valoare de 0,62 μm .

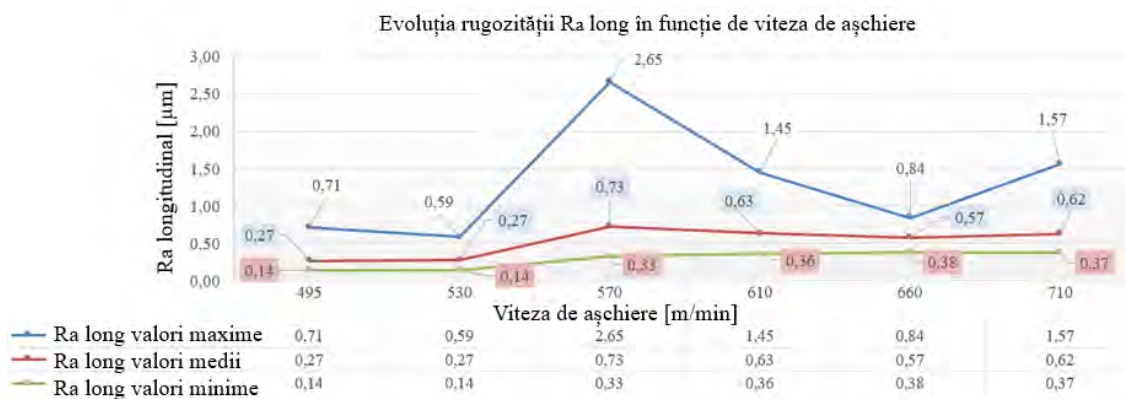


Fig. 3.44. Influența variației vitezei de așchiere asupra rugozității $R_{a \text{ long}}$

Pentru viteza de 570 m/min, distribuția valorilor rugozităților este destul de mare în comparație cu celelalte viteze, astfel, raportul dintre valoarea maximă și valoarea minimă înregistrată, este de 8 ori, în comparație cu celelalte valori pentru care raportul este între 2,2 (la 660 m/min) și 4,99 ori (la 495 m/min).

Pentru a putea emite anumite ipoteze legate de distribuția mare a valorilor rugozităților la viteza de 570 m/min, s-a analizat aceste fenomen în funcție și de ceilalți parametri ai procesului de așchiere.



Fig. 3.45. Influența vitezei de așchiere de 570 m/min, asupra rugozității Ra long

În figura 3.45, se poate observa influența directă, manifestată asupra calității suprafeței de către adâncimea de așchiere împreună cu avansul pe dinte la o viteză de așchiere de 570 m/min.

Analizând comportamentul dinamic instantaneu al sistemului mașină – unealtă – sculă – piesă, suprapus cu încărcarea sculei, odată cu creșterea adâncimii de așchiere, la un avans mic pe dinte, ar trebui studiat efectul vibrațiilor în acest context tehnologic.

Din datele experimentale obținute consider că acest fenomen al vibrațiilor nu apare în mod regulat. Aceasta se datorează faptului că, la aceleași combinații ale vitezei, adâncimii și avansului, la care se obțin cele mai mari valori ale rugozității, s-au obținut valori sub $0,8 \mu\text{m}$.

În figura 3.46 se poate observa că, dintr-un total de 25 valori corespunzătoare vitezei de 570 m/min, 77,7% sunt în intervalul situat sub valoarea de $0,8 \mu\text{m}$.

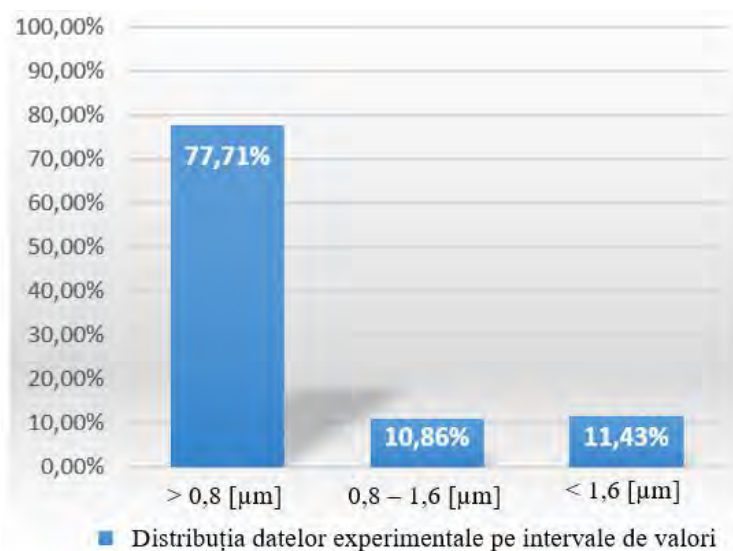


Fig. 3.46. Distribuția datelor experimentale ale Ra long pe intervale de valori

Totuși, nu trebuie omis faptul că în anumite condiții (combinații ale parametrilor de așchiere) fenomenul de rezonanță poate duce la o calitate mai slabă a suprafeței.

În concluzie, câmpul de valorilor al rugozităților predominante situate sub $0,8 \mu\text{m}$, acoperind un procent de 77,7%, obținute la viteza de 570 m/min, menține tendința crescătoare a întregului interval de viteze ales. Distribuția mare a datelor experimentale, duce la o estimare mult mai scăzută a valorilor rugozităților rezultate în urma combinațiilor parametrilor de așchiere (viteză de așchiere, adâncime de așchiere și avans pe dinte).

Referitor la situația rugozităților R_a transv, obținute la diferite viteze de așchiere, aceasta este prezentată în figura 3.47.

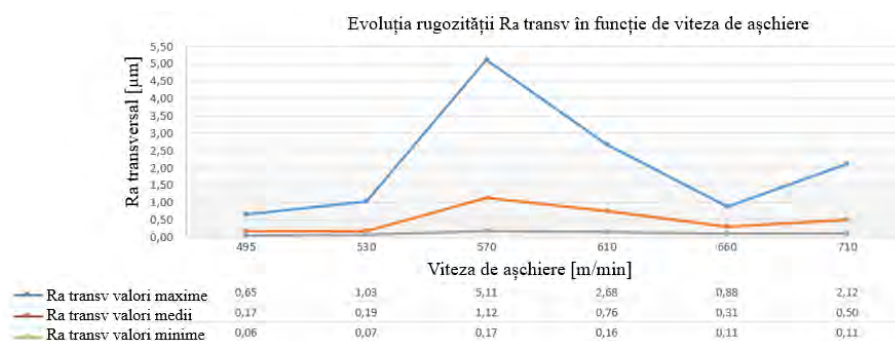


Fig. 3.47. Influența variației vitezei de așchiere asupra rugozității R_a transv

În urma analizei acestei figuri s-a constatat că, similar situației aferente R_a long, odată cu creșterea vitezelor de așchiere în intervalul dat de producător, media valorilor abaterii medii aritmetice a profilului suprafeței, are o tendință crescătoare. Astfel, pentru viteza de așchiere de 495 m/min, valoarea este de 0,17 μm , pentru viteza de 660 m/min este 0,31 μm , iar pentru viteza de așchiere de 710 m/min, media rugozităților este de aproape 3 ori mai mare, având o valoare de 0,5 μm .

De asemenea, pentru viteza de 570 m/min, distribuția valorilor rugozităților este destul de mare comparativ cu celelalte viteze de așchiere. Raportul dintre valoarea maximă și valoarea minimă înregistrată, este de 30 ori, în comparație cu celelalte valori pentru care raportul este între 8,06 (la 660 m/min) și 10,6 ori (la 495 m/min).

La fel ca și în cazul precedent, s-a analizat acest fenomen identificat la viteza de 570 m/min, în funcție și de ceilalți parametri ai procesului de așchiere.

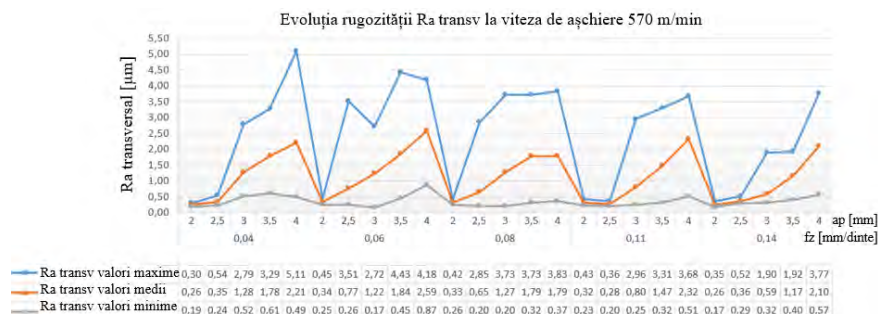


Fig. 3.48. Influența vitezei de așchiere de 570 m/min, asupra rugozității R_a transv

Din figura 3.48, reiese influența directă, manifestată asupra abaterii medii aritmetice a profilului suprafeței măsurate transversal pe direcția mișcării de avans, de către adâncimea de așchiere împreună cu avansul pe dinte la viteza de așchiere de 570 m/min.

Influența adâncimii de așchiere asupra rugozității R_a long și R_a transv

În figura 3.49 sunt reprezentate grafic valorile rugozităților obținute la adâncimi de așchiere diferite. Valorile reprezentate fiind minimele, maximele și cele medii ale abaterii medii aritmetice a profilului suprafeței R_a long, rezultate în urma experimentului.

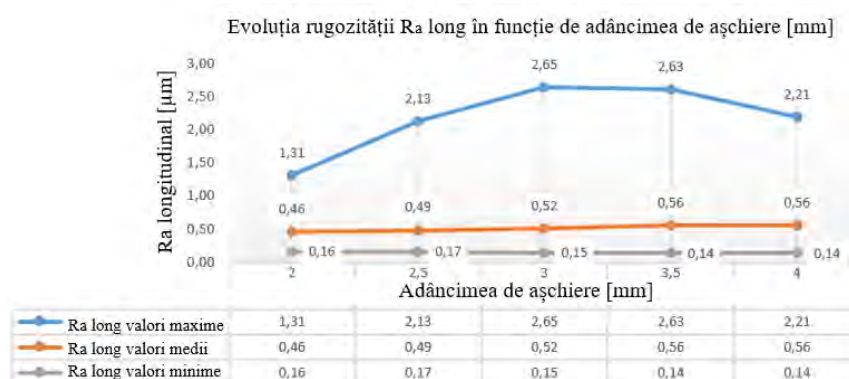


Fig. 3.49. Influența variației adâncimii de așchiere asupra rugozității R_a long

Distribuția mare a valorilor rugozităților la vitezele de așchiere de 570 m/min și 610 m/min, afectează și valorile maxime ale rugozității, în raport cu adâncimea de așchiere.

Având în vedere că valorile medii obținute sunt aproape liniare, (fig. 3.49) s-a constatat că variația adâncimii de așchiere nu produce o fluctuație mare a valorilor rugozităților R_a long.

În privința abaterii medii aritmetice a profilului suprafeței măsurate transversal pe direcția mișcării de avans, situația se prezintă în figura 3.50.

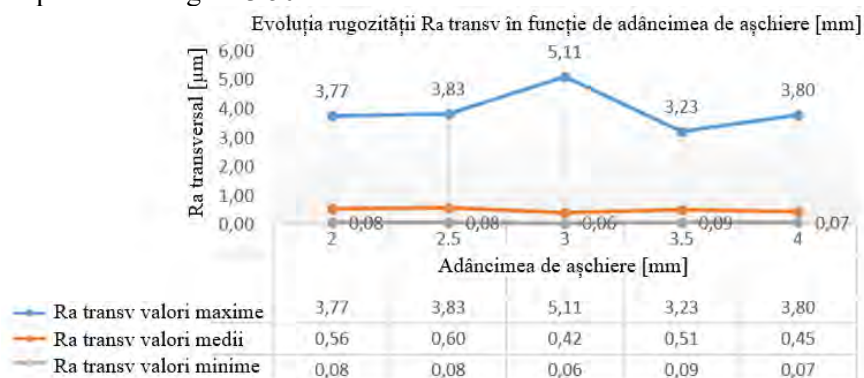


Fig. 3.50. Influența variației adâncimii de așchiere asupra rugozității R_a transv

În urma analizei acestei figuri, s-a constatat că influența variației adâncimii de așchiere asupra R_a transv, se manifestă printr-o distribuție neuniformă a datelor experimentale. Valorile maxime măsurate ale R_a transv sunt afectate de rezultatele obținute în cazul vitezelor 570 și 610 m/min. urmărind în grafic evoluția liniară a valorilor medii, variația adâncimii de așchiere nu influențează semnificativ rugozitatea suprafeței în această situație.

Influența avansului pe dinte asupra rugozității R_a long și R_a transv

În figura 3.51 sunt reprezentate datele experimentale, privind abaterea medie pătratică a profilului suprafeței R_a long, obținute la valori diferite ale avansului pe dinte.

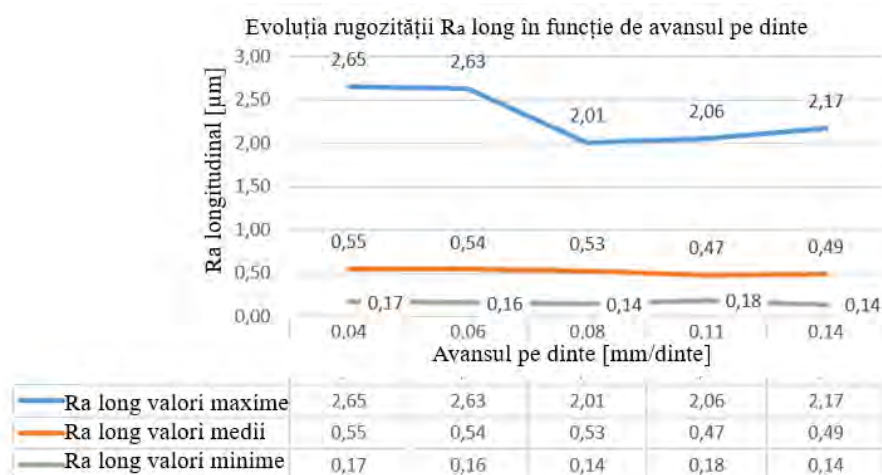


Fig. 3.51. Influența variației avansului pe dinte asupra rugozității Ra long

După analiza figurii 3.51 s-a constatat că o creștere a avansului pe dinte, în intervalul valorilor recomandate de producător, nu influențează în mod semnificativ calitatea suprafeței. Acest lucru se datorează corelării vitezelor de avans cu vitezele de așchiere, corelare dată de producătorul de scule așchietoare.

Totuși valorile mari ale rugozităților obținute la viteza de așchiere de 570 m/min și un avans pe dinte mic, ies și aici în evidență.

În figura 3.52, s-a prezentat influența variației avansului pe dinte asupra rugozității Ra transv.

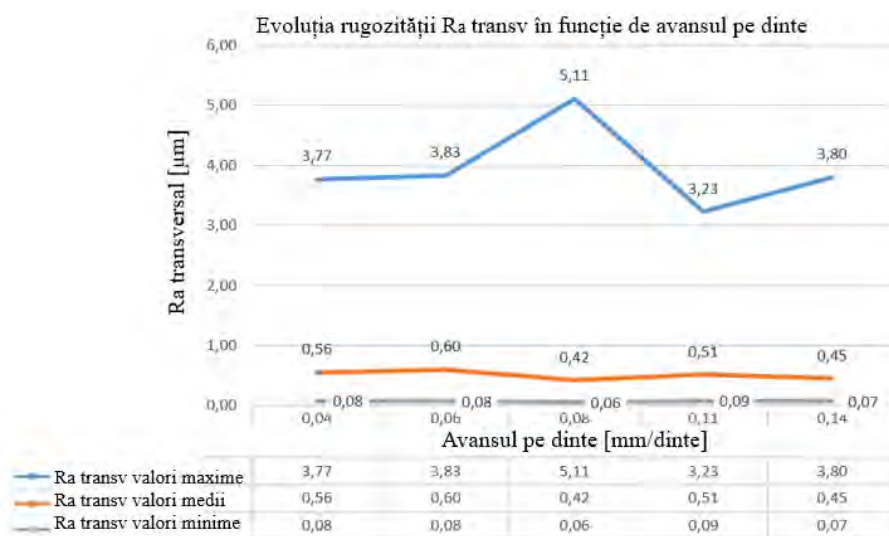


Fig. 3.52. Influența variației avansului pe dinte asupra rugozității Ra transv

Din această figură, urmărind media valorilor maxime și minime ale rugozităților măsurate în câmpul experimental stabilit, s-a constatat că în intervalul valorilor recomandate de producător, creșterea avansului pe dinte, nu influențează semnificativ calitatea suprafeței, decât în cazul vitezei de așchiere de 570 m/min.

Ca și concluzii generale, rezultate în urma tuturor analizelor grafice, efectuate asupra datelor experimentale rezultate în urma măsurării abaterii medii aritmetice R_a a profilului suprafeței, se prezintă următoarele constatări:

- parametrul cu influența cea mai mare atât asupra rugozității R_a long cât și pentru R_a transv, este viteza de așchiere;
- la anumite viteze de așchiere, în combinație cu anumite valori ale adâncimii de așchiere, respectiv avansului pe dinte, presupun că apare fenomenul de vibrație, resimțit în valorile măsurate ale abaterii medii aritmetice a profilului suprafeței cât și în textura acesteia;

- viteza de aşchiere împreună cu avansul pe dinte, au cea mai mare influenţă asupra calităţii suprafeţei;
- adâncimea de aşchiere împreună cu avansul pe dinte, are o influenţă mică asupra calităţii suprafeţei.

Primele rezultate obţinute în urma desfăşurării experimentelor au fost publicate în lucrările (Bonţiu Pop, 2014) şi (Bonţiu Pop & Lobonţiu, 2015).

Cu aceste constatări s-a finalizat şi această etapă componentă a strategiei de cercetare, în care s-au realizat experimentele conform planului factorial, s-au efectuat măsurătorile abaterii medii aritmetice a profilului suprafeţei, şi s-a făcut o analiză a datelor primare.

Următorul pas, necesar a fi efectuat înainte de realizarea analizei regresionale, cu scopul obţinerii unei ecuaţii de regresie a funcţiei obiectiv, constă în supunerea datelor experimentale unei analize statistice care are la bază, metodele potrivite pentru:

- identificarea valorilor afectate de erori aberante;
- verificarea caracterului aleatoriu al datelor experimentale;
- verificarea normalităţii distribuţiei datelor experimentale.

3.7. ANALIZA STATISTICĂ A DATELOR

Scopul realizării analizei statistice a datelor experimentale, constă din certificarea faptului că valorile obținute sunt valori reale ale procesului studiat.

Datele experimentale obținute au fost supuse unei serii de teste statistice, care, conform Laurenzi (Laurenzi, 2010), au următoarea ordine:

- testul Romanovski – pentru identificarea valorilor afectate de erori aberante și eliminarea acestora din eșantion;
- testul Young – pentru verificarea caracterului aleator al datelor;
- testul Shapiro-Wilk – pentru verificarea normalității distribuției datelor experimentale.

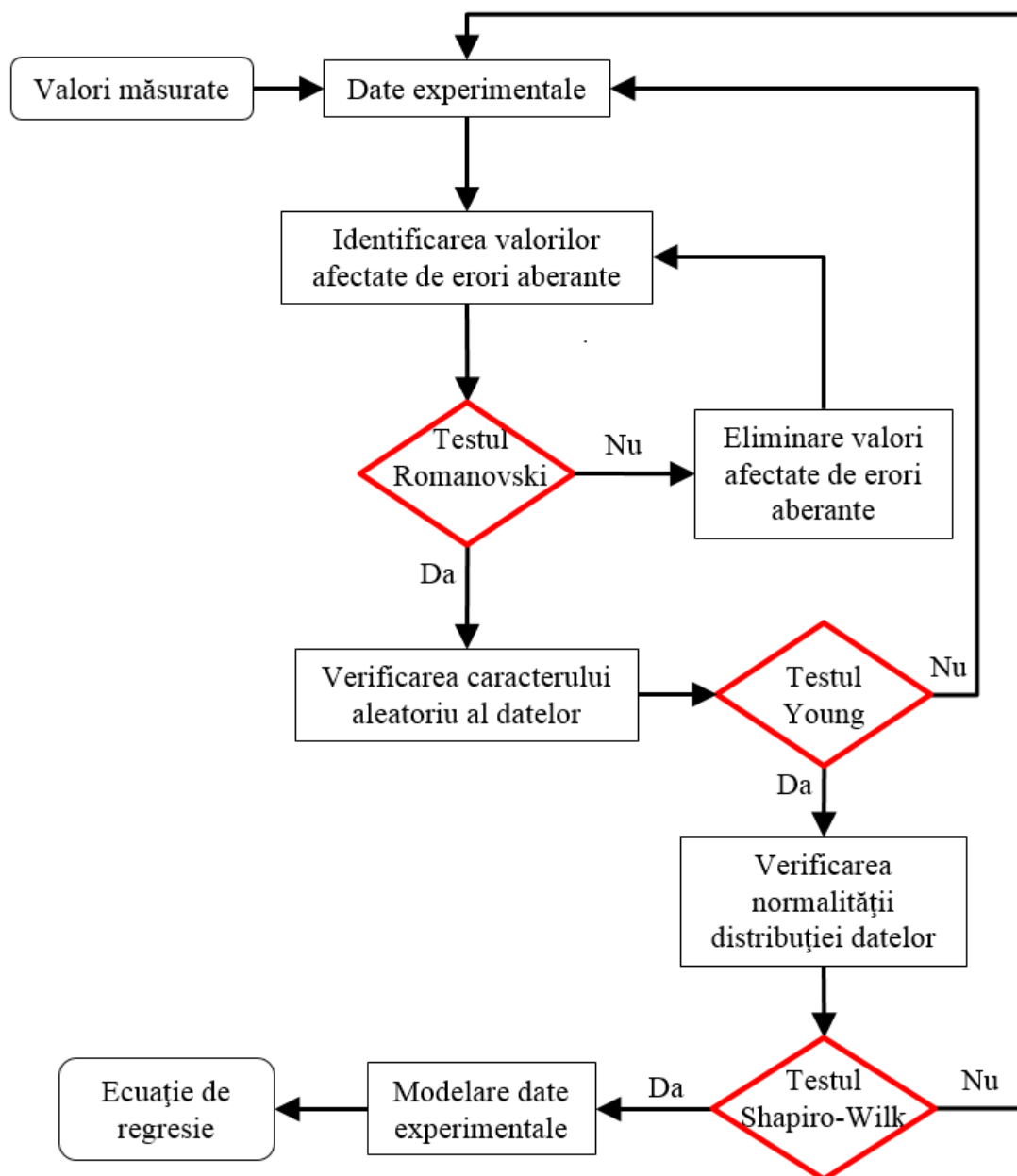


Fig. 3.53. Etapele de realizare a analizei statistice a datelor experimentale

În figura 3.53, sunt reprezentate grafic aceste etape de realizare a analizei statistice a datelor experimentale.

3.7.1. Identificarea erorilor aberante

Prima etapă a analizei statistice, poate fi realizată cu testele Chauvenet sau Romanovski (Laurenzi, 2010), (Medan, 2014). Cercetările proprii vor fi desfășurate în baza testului Romanovski datorită faptului că acesta poate fi aplicat unui număr de până la 20 de date. În cazul de față numărul datelor este de maxim 7, reprezentat de numărul total al măsurătorilor efectuate pentru fiecare test în parte.

Datele afectate de erori aberante, sunt de obicei valorile minime sau maxime ale șirului de date experimentale.

Testul Romanovski, presupune că, o valoare experimentală este considerată aberantă, dacă este îndeplinită condiția (3.1) iar, după depistarea valorilor aberante, acestea se elimină din șir (Laurenzi, 2010 și Mihăilescu, 1984):

$$t = \frac{|x_e - \bar{x}|}{s \cdot \sqrt{\frac{n}{n-1}}} \quad (3.1)$$

unde:

- t este variabila de testare;
- x_e este valoarea afectată de erori aberante (valoarea din șir, care va fi testată);
- $\bar{x}$ este media aritmetică a valorilor din șirul de date, neglijând valoarea testată x_e ;
- s este abaterea medie pătratică, neglijând valoarea testată x_e ;
- n este numărul de măsurători.

Variabila de testare t , se compară cu valoarea critică t_{crt} care, conform (Laurenzi, 2010) și (Tănăsescu, 1987), ia valorile cuprinse în tabelul 3.7. Aici, valoarea tabelară t_{crt} , se stabilește în funcție de numărul de valori din șirul de date și de intervalul de încredere.

În situația în care $t > t_{crt}$, atunci reiese că avem de-a face cu o valoare aberantă, iar aceasta se elimină din șirul de date.

În urma analizei tabelului 3.7, se observă cele trei niveluri de încredere de 95%, 98% și cel de 99%. Având în vedere că ultimele două niveluri sunt folosite pentru etalonări, rezultatele cercetării proprii se consideră satisfăcătoare în situația încadrării în nivelul de 95%. Spre exemplu, pentru o precizie de 95%, valoarea $t_{crt} = 2,18$ pentru un șir de 7 date (măsurători ale abaterii medii aritmetice a profilului suprafeței).

Tabelul 3.7

Valorile critice t_{crt} pentru testul Romanovski după
(Tănăsescu, 1987)

Numărul datelor șirului	Nivel de încredere [%]		
	0,95	0,98	0,99
3	1,41	1,41	1,41
4	1,71	1,72	1,73
5	1,92	1,96	1,97
6	2,07	2,13	2,16
7	2,18	2,27	2,31
8	2,27	2,37	2,43
9	2,35	2,46	2,53
10	2,41	2,54	2,62
11	2,47	2,61	2,69
12	2,52	2,66	2,75
13	2,56	2,71	2,81
14	2,60	2,76	2,86
15	2,64	2,80	2,91
16	2,67	2,84	2,95
17	2,70	2,87	2,98
18	2,73	2,90	3,02
19	2,75	2,93	3,05
20	2,78	2,96	3,08

În continuare, în baza metodei de calcul prezentată, voi aplica testul Romanovski, pentru cele 150 de experimente.

Principalul subiect de interes îl constituie abaterea medie aritmetică a profilului suprafeței măsurată longitudinal pe direcția mișcării de avans, respectiv transversal pe aceasta.

S-a aplicat metoda de calcul a acestui test și s-a obținut un volum mare de date. În continuare sunt prezentate concluziile reieșite pe baza acestor rezultate, iar detalierile se pot consulta în anexa 5 – „*Analiza statistică a datelor experimentale*”, paragraful 5.1 „*Identificarea datelor afectate de erori aberante Testul Romanovski*”, tabelele de la 1 la 4.

a) R_a longitudinal

Situația rezultatelor obținute, privind datele afectate de erori aberante în cazul măsurătorilor R_a longitudinale, în conformitate cu anexa 5 (paragraful 5.1), s-a prezentat în tabelul 3.8.

După cum se observă în acest tabel, în cazul regimurilor de așchiere care verifică prima condiție dată, echivalentă șirului cu 7 date, și anume: $t_{crt} = 2,18$ (anexa 5, paragraful 5.1, tabelul 1), doar 49 din cele 150 de teste sunt fără valori aberante. Prin urmare, în urma depistării acestor erori, ele sunt eliminate din eșantion și, se procedează spre repetarea testării, ținând cont de noua condiție $t_{crt} = 2,07$, aferentă noului șir de date cu 6 valori.

Tabelul 3.8

Testul Romanovski privind identificarea datelor afectate de erori aberante, pe direcția longitudinală

Nr. datelor șirului	Condiția dată	Nr. datelor testate			Nr. regimuri de așchiere care verifică condiția dată
		Total	Nr. date care verifică condiția	Nr. date care <i>nu verifică</i> condiția – se elimină din eșantion	
7	$t_{crt} = 2,18$	1050	949	101	49
6	$t_{crt} = 2,07$	606	533	73	28
5	$t_{crt} = 1,92$	365	323	42	31
4	$t_{crt} = 1,71$	168	168	0	42
Total					150

În această situație, sunt testate noile șiruri a câte 6 valori fiecare. Rezultatul obținut a dus la un număr de 28 de teste din totalul de 150, care respectă condiția dată (anexa 5, paragraful 5.1, tabelul 2). Pentru diferența rămasă, s-a reluat verificarea datelor pentru cele 5 măsurători rămase după eliminarea erorilor din eșantion. Astfel a rezultat un număr de 31 de teste care își păstrează numărul datelor (anexa 5, paragraful 5.1, tabelul 3), iar diferența de 42 de experimente s-a retestat cu respectarea noii condiții $t_{crt} = 1,71$, aferentă șirului cu 4 valori. În cele din urmă nu au mai existat date afectate de erori aberante (anexa 5, paragraful 5.1, tabelul 4). În final, toate datele au fost testate și s-au încadrat în șirurile corespunzătoare condițiilor prezentate în tabelul 3.8.

Valorile totale ale numărului de date testate, completate în tabel: 606, 365, respectiv 168, s-au determinat pe baza unei metode proprii de calcul, pornind de la totalul precedent (în prima situație de la 1050) scăzând numărul datelor eliminate din eșantion și numărul regimurilor de așchiere, care verifică condiția dată, înmulțit cu numărul datelor șirului (exemplu: $606 = 1050 - 101 - 49 \times 7$).

Ilustrarea grafică a rezultatelor statistice obținute și prezentate în tabelul 3.8, s-a prezentat în figurile 3.54, 3.55, 3.56 și 3.57.

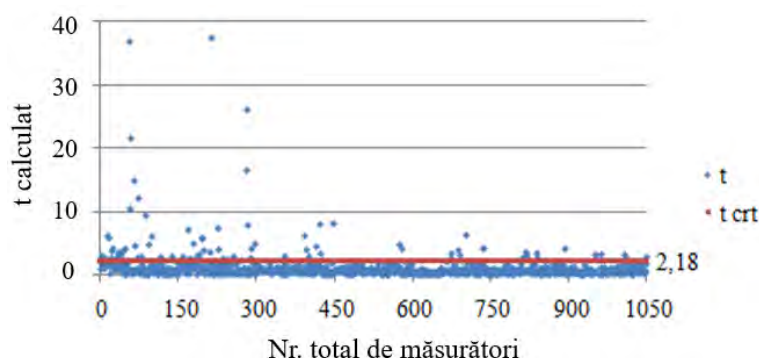


Fig. 3.54. Reprezentarea grafică a verificării existenței datelor aberante privind măsurătorile Ra pe direcție longitudinală, raportate la valoarea critică $t_{crt} = 2,18$

Graficul din figura 3.54, s-a realizat pornind de la numărul total de 1050 de măsurători. În urma testării acestor date, s-a calculat variabila de testare t aferentă fiecărei măsurători în parte. Valoarea obținută, s-a comparat cu valoarea critică t_{crt} , aferentă numărului datelor din șir, în cazul de față 7. A rezultat un număr total de 949 de date care se încadrează în intervalul impus, iar diferența de 101 date care depășesc pragul de 2,18, se elimină din eșantion.

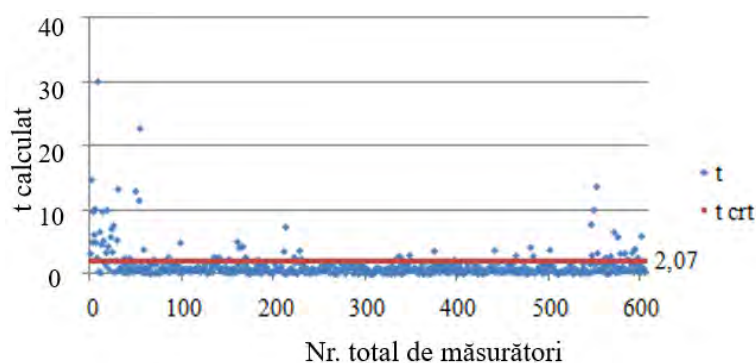


Fig. 3.55. Reprezentarea grafică a verificării existenței datelor aberante privind măsurătorile Ra pe direcție longitudinală, raportate la valoarea critică $t_{crt} = 2,07$

Similar, în cadrul figurii 3.55 s-a prezentat situația testelor refăcute asupra celor 606 date rămase din cele 1050. Astfel, variabilele de testare t recalculat, de această dată sunt comparate cu noua condiție $t_{crt} = 2,07$. După cum se poate observa în grafic, o parte dintre date satisfac condiția impusă, iar numărul acestora este de 533 măsurători, iar diferența care depășește pragul limită se va elimina din eșantion.

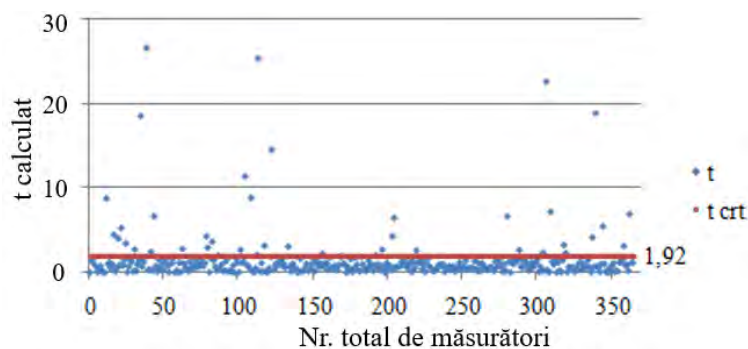


Fig. 3.56. Reprezentarea grafică a verificării existenței datelor aberante privind măsurătorile Ra pe direcție longitudinală, raportate la valoarea critică $t_{crt} = 1,92$

În situația figurii 3.56, numărul total al datelor testate este de 365. După compararea rezultatele variabilei de testare t cu $t_{crt} = 1,92$, în urma calculelor efectuate, a reieșit un număr total de 323 de date care se încadrează în intervalul impus, eliminându-se diferența de 42 de măsurători care îl depășește.

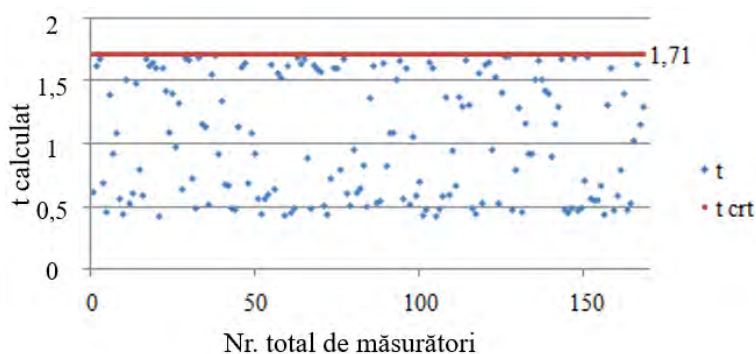


Fig. 3.57. Reprezentarea grafică a verificării existenței datelor aberante privind măsurătorile R_a pe direcție longitudinală, raportate la valoarea critică $t_{crt} = 1,71$

În cele din urmă, în figura 3.57, s-a reprezentat grafic ultima verificare a erorilor aberante și s-au testat și cele 168 de date rămase. Astfel, ultimele date testate satisfac în totalitate condiția $t > t_{crt}$, când $t_{crt} = 1,71$.

b) R_a transversal

În continuare doresc să prezint situația rezultatelor obținute, privind datele afectate de erori aberante, în cazul măsurătorilor abaterii medii aritmetice R_a a profilului suprafeței, măsurate transversal pe direcția mișcării de avans..

În tabelul 3.9 s-a sintetizat numărul total al regimurilor de așchiere care verifică condițiile date aferente fiecărui șir de date în parte.

Tabelul 3.9

Testul Romanovski privind identificarea datelor afectate de erori aberante, pe direcția transversală

Nr. datelor șirului	Condiția dată	Nr. datelor testate			Nr. regimuri de așchiere care verifică condiția dată
		Total	Nr. date care verifică condiția	Nr. date care nu verifică condiția – se elimină din eșantion	
7	$t_{crt} = 2,18$	1050	960	90	60
6	$t_{crt} = 2,07$	540	461	79	26
5	$t_{crt} = 1,92$	305	277	28	21
4	$t_{crt} = 1,71$	172	172	0	43
Total					150

Astfel, prima condiție $t_{crt} = 2,18$, este verificată de 60 de teste (anexa 5, paragraful 5.1, tabelul 5), $t_{crt} = 2,07$ de 26 de teste (anexa 5, paragraful 5.1, tabelul 56 $t_{crt} = 1,92$ de un număr total de 21 de teste (anexa 5, paragraful 5.1, tabelul 7) iar, ultima condiție $t_{crt} = 1,71$ este verificată de diferența de 43 de teste (anexa 5, paragraful 5.1, tabelul 8).

Rezultatele statistice obținute și prezentate în tabelul 3.9, sunt reprezentate grafic prin intermediul figurilor 3.58, 3.59, 3.60, 3.61.

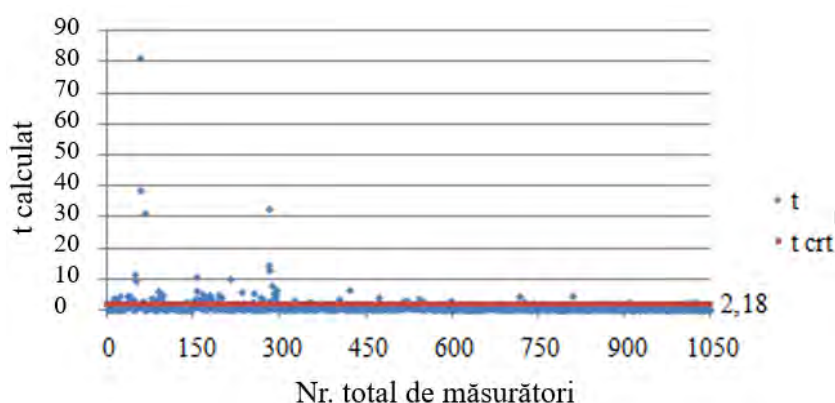


Fig. 3.58. Reprezentarea grafică a verificării existenței datelor aberante privind măsurătorile Ra pe direcție transversală, raportate la valoarea critică $t_{crit} = 2,18$

Graficul din figura 3.58, s-a realizat pornind de la numărul total de 1050 de măsurători. În urma testării acestor date, s-a calculat variabila de testare t aferentă fiecărei măsurători în parte. Valoarea obținută s-a comparat cu valoarea critică t_{crit} , aferentă numărului datelor din șir, în cazul de față 7. A rezultat un număr total de 960 de date care se încadrează în intervalul impus, iar diferența de 90 de date, care depășesc pragul de 2,18 este eliminată din eșantion.

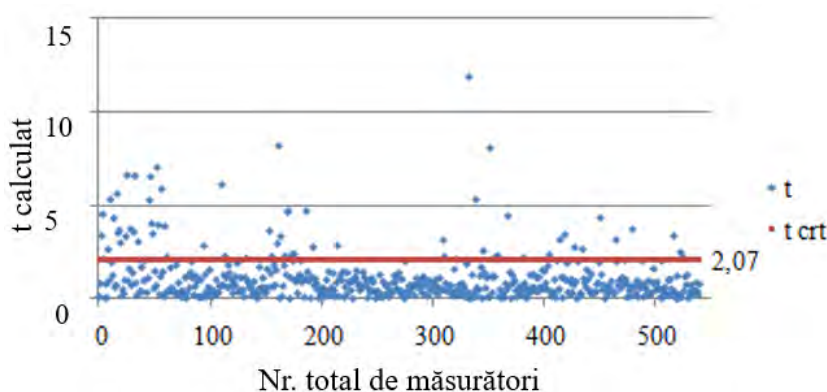


Fig. 3.59. Reprezentarea grafică a verificării existenței datelor aberante privind măsurătorile Ra pe direcție transversală, raportate la valoarea critică $t_{crit} = 2,07$

În figura 3.59 s-a prezentat situația testelor refăcute asupra celor 540 de date, rămase din cele 1050. Astfel, variabilele de testare t recalculat, de această dată s-au comparat cu noua condiție, $t_{crit} = 2,07$. După cum se poate observa în grafic, o parte dintre date satisfac condiția impusă, iar numărul acestora este de 461 de măsurători. Diferența care depășește pragul limită se elimină din eșantion.

În situația figurii 3.60, numărul total al datelor testate este de 305. Astfel, s-au comparat rezultatele variabilei de testare t cu $t_{crit} = 1,92$, iar în urma calculelor obținute a reieșit un număr total de 277 de date, care se încadrează în intervalul impus, și s-a eliminat diferența de 28 de măsurători care depășește acest interval.

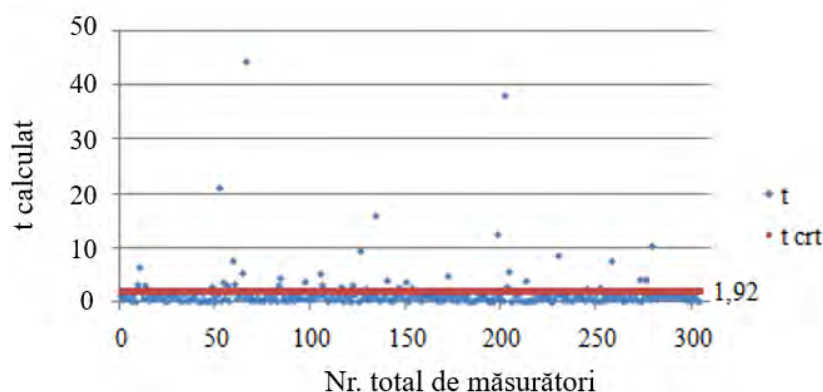


Fig. 3.60. Reprezentarea grafică a verificării existenței datelor aberante privind măsurătorile Ra pe direcție longitudinală, raportate la valoarea critică $t_{crt} = 1,92$

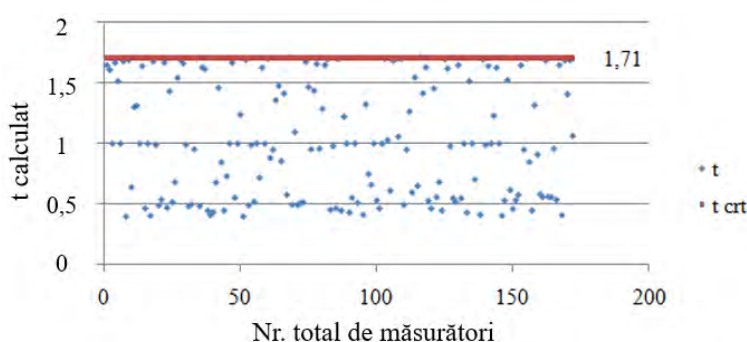


Fig. 3.61. Reprezentarea grafică a verificării existenței datelor aberante privind măsurătorile Ra pe direcție transversală, raportate la valoarea critică $t_{crt} = 1,71$

În cele din urmă, în figura 3.61 s-a reprezentat grafic ultima verificare a erorilor aberante testând și cele 172 de date, rămase. Astfel, toate datele experimentale satisfac condiția $t > t_{crt}$, când $t_{crt} = 1,71$.

Având la bază rezultatele obținute, în cea de-a doua etapă a testării datelor experimentale care presupune verificarea caracterului aleator al datelor, voi folosi seturi de câte 7, 6, 5, respectiv de câte 4 măsurători, pentru cele 150 seturi de date.

3.7.2. Verificarea caracterului aleator al datelor

După eliminarea valorilor aberante din eșantioanele de date testate, cea de-a doua etapă propusă în cadrul analizei statistice a datelor experimentale, constă în verificarea caracterului aleatoriu al acestora.

Testul propus în realizarea acestei este testul Young. Un șir de date experimentale are un caracter aleator dacă este îndeplinită următoarea condiție (Opariuc-Dan, 2011):

$$vci < m < vcs \quad (3.2)$$

unde:

- vci este valoarea critică inferioară;
- m este coeficientul de testare;
- vcs este valoarea critică superioară.

Valoarea critică inferioară vci se calculează conform relației (3.3) (Opariuc-Dan, 2011):

$$vci = 0,491 + 0,081 \cdot n - 0,003 \cdot n^2, \text{ pentru } \alpha = 0,95 \quad (3.3)$$

Coeficientul de testare m se calculează conform relației (3.4) (Opariuc-Dan, 2011):

$$m = \frac{\delta^2}{\sigma^2} \quad (3.4)$$

unde:

- δ reprezintă media diferențelor succesive și se calculează conform relației (3.5) (Opariuc-Dan, 2011):

$$\delta^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_{i+1} - x_i)^2 \quad (3.5)$$

- σ reprezintă dispersia datelor experimentale și se calculează conform relației (3.6) (Opariuc-Dan, 2011):

$$\sigma^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \quad (3.6)$$

- n reprezintă numărul de valori ale șirului de date experimentale;
- x_i este șirul de date experimentale;
- $\bar{x}$ este media aritmetică;
- α este nivelul de încredere ales, în cazul de față $\alpha = 0,95$.

Valoarea critică superioară vcs se calculează conform relației (3.7) (Opariuc-Dan, 2011):

$$vcs = 3,317 - 1,057e^{-8,919 \cdot n^{-0,941}}, \text{ pentru } \alpha = 0,95 \quad (3.7)$$

Dacă valoarea de testare m îndeplinește condiția (3.2), atunci șirurile de date experimentale, îndeplinesc condiția de caracter aleatoriu (Opariuc-Dan, 2011).

Respectând metodologia de calcul impusă de testul Youg, s-au realizat calculele aferente verificării caracterului aleatoriu al datelor experimentale aferente abaterilor medii aritmetice a profilului suprafeței, măsurate longitudinal și transversal pe direcția mișcării de avans. Rezultatele obținute sunt prezentate în continuare.

În tabelele 3.10 și 3.11 s-a prezentat situația rezultată în urma parcurgerii etapelor de calcul spre determinarea caracterului aleatoriu al datelor.

a) R_a longitudinal

Pentru primul caz R_a long, s-au centralizat datele statistice prin intermediul tabelului 3.10. Acest tabel s-a completat sintetizând informațiile regăsite în anexa 5 – „Analiza statistică a datelor experimentale”, paragraful 5.2 – „Verificarea caracterului aleator al datelor – Testul Young”, tabelele de la 9 la 12.

Tabelul 3.10

Testul Young - verificarea caracterului aleatoriu al datelor privind R_a long

Nr. date șir	Condiția dată	Nr. regimuri de așchiere	Caracter aleator
7	$vci < m < vcs$	49	DA
6		28	DA
5		31	DA
4		42	DA

Din acest tabel reiese că toate șirurile de 7, 6, 5, respectiv 4 date, au un caracter aleatoriu. În figura 3.62, s-a argumentat această constatare, prin prisma unor reprezentări grafice aferente datelor statistice testate.

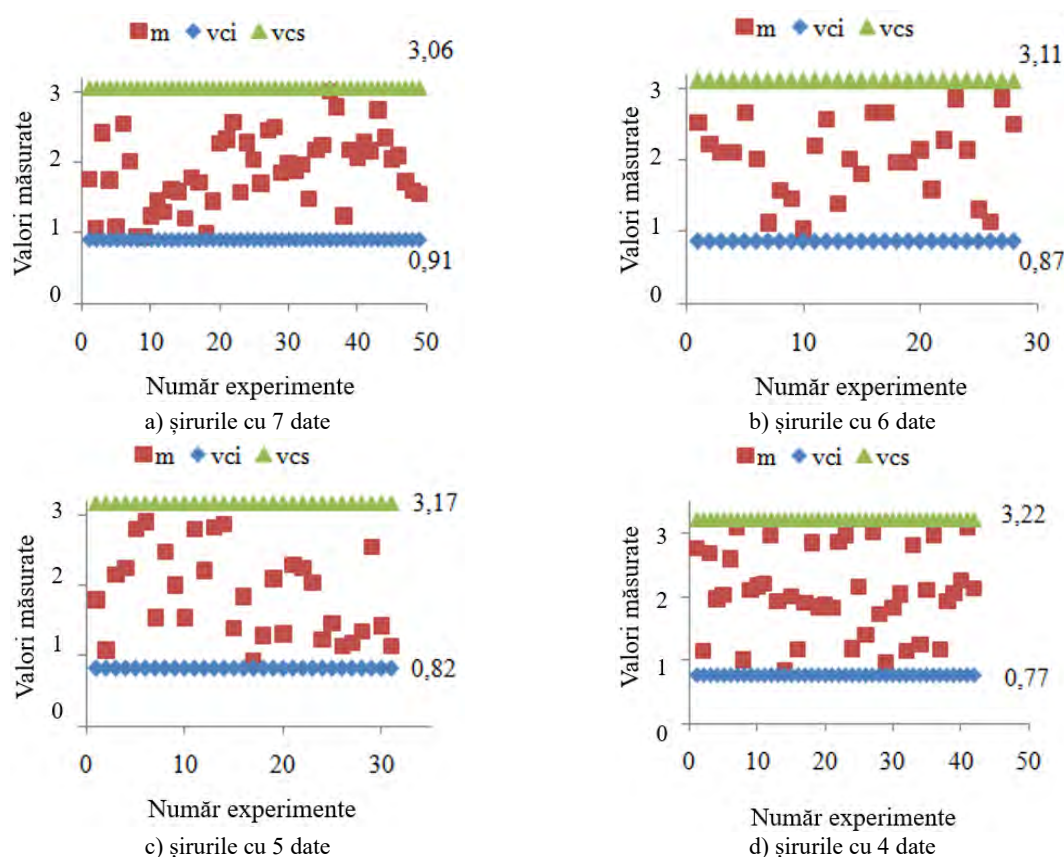


Fig. 3.62. Reprezentările grafice ale rezultatelor testului Young privind măsurătorile R_a pe direcție longitudinală

În toate cazurile prezentate în această figură (a, b, c și d) s-au prezentat grafic rezultatele obținute în urma calculelor valorilor critice inferioare v_{ci} , a valorilor critice superioare v_{cs} , precum și a coeficienților de testare m , aferente fiecărui șir de date în parte. Prin urmare, condițiile impuse au fost următoarele:

- a) $v_{ci}=0,91$ și $v_{cs}=3,06$ – pentru șirurile cu câte 7 valori, ale celor 49 de experimente;
- b) $v_{ci}=0,87$ și $v_{cs}=3,11$ – pentru șirurile cu câte 6 valori, ale celor 28 de experimente;
- c) $v_{ci}=0,82$ și $v_{cs}=3,17$ – pentru șirurile cu câte 5 valori, ale celor 31 de experimente;
- d) $v_{ci}=0,77$ și $v_{cs}=3,22$ – pentru șirurile cu câte 4 valori, ale celor 42 de experimente.

Astfel, conform acestor grafice, reiese că toate valorile calculate pentru m , se încadrează în limitele inferioare și superioare determinate. Prin urmare, după cum s-a menționat în tabelul 3.10, este îndeplinit caracterul aleatoriu al datelor testate pentru rugozitatea suprafeței măsurată longitudinal pe direcția mișcării de avans.

b) R_a transversal

Similar cazului precedent, prin intermediul tabelului 3.11, s-au sintetizat datele statistice privind rezultatele calculelor verificării caracterului aleatoriu al datelor experimentale aferente R_a transv. Detalierea acestor rezultate poate fi consultată în anexa 5 – „Analiza statistică a datelor experimentale”, paragraful 5.2 – „Verificarea caracterului aleator al datelor – Testul Young”, tabelele de la 13 la 16.

Tabelul 3.11

Testul Young - verificarea caracterului aleatoriu al datelor privind R_a transv

Nr. date șir	Condiția dată	Nr. regimuri de așchiere	Caracter aleator
7	$v_{ci} < m < v_{cs}$	60	DA
6		26	DA
5		21	DA
4		43	DA

Așa cum rezultă din acest tabel toate șirurile de 7, 6, 5, respectiv 4 date, au un caracter aleatoriu. Argumentele acestei constatări, s-au efectuat pe baza reprezentărilor grafice aferente datelor statistice testate pentru R_a transv, prezentate în figura 3.63.

În figura menționată, s-au prezentat grafic rezultatele obținute în urma efectuării calculelor valorilor critice inferioare v_{ci} , respectiv a valorilor critice superioare v_{cs} , precum și a coeficienților de testare m , aferente fiecărui șir de date în parte.

Conform acestor grafice, reiese că toate valorile calculate pentru m , se încadrează în limitele inferioare și superioare determinate. Aceste condiții impuse v_{ci} și v_{cs} , au următoarele valori, aferente fiecărui șir de date:

- $v_{ci}=0,91$ și $v_{cs}=3,06$ – pentru șirurile cu câte 7 valori, ale celor 60 de experimente;
- $v_{ci}=0,87$ și $v_{cs}=3,11$ – pentru șirurile cu câte 6 valori, ale celor 26 de experimente;
- $v_{ci}=0,82$ și $v_{cs}=3,17$ – pentru șirurile cu câte 5 valori, ale celor 21 de experimente;
- $v_{ci}=0,77$ și $v_{cs}=3,22$ – pentru șirurile cu câte 4 valori, ale celor 43 de experimente.

Prin urmare, este îndeplinit caracterul aleatoriu al datelor testate aferente.

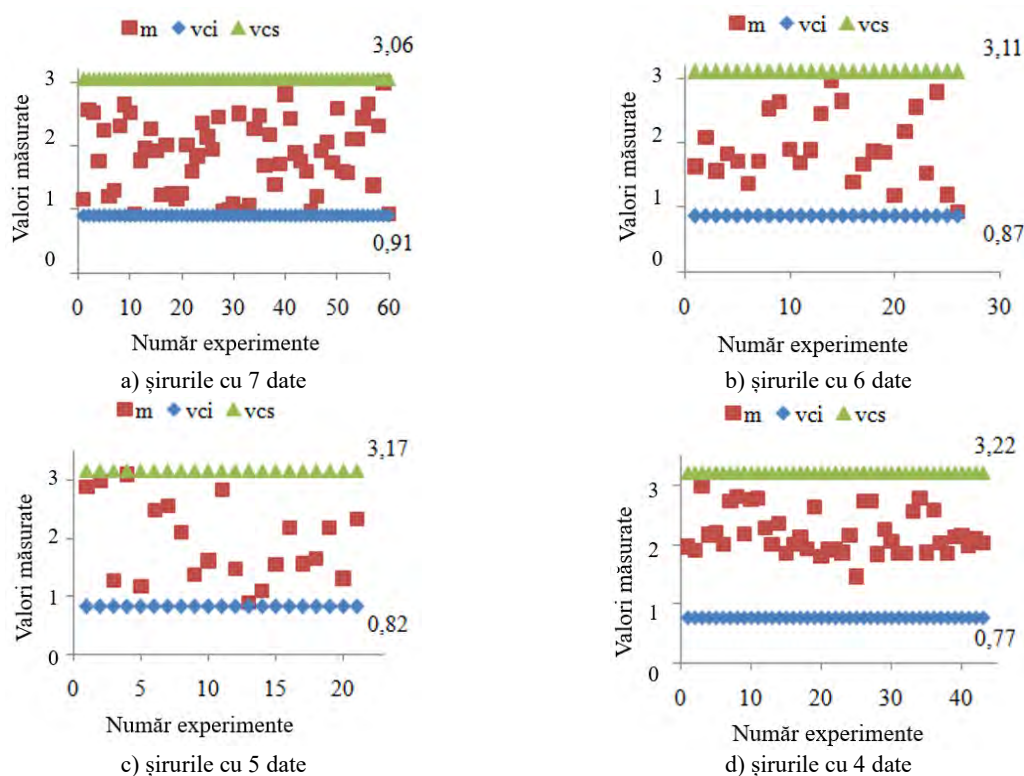


Fig. 3.63. Reprezentările grafice ale rezultatelor testului Young privind măsurătorile R_a pe direcție transversală

Ca și concluzie generală, pentru toate cele 150 de măsurători s-au parcurs etapele testului Young și, rezultă că, toate seturile de date experimentale verifică condiția de caracter aleatoriu al datelor, atât în situația rugozității suprafeței măsurate longitudinal cât și transversal pe direcția mișcării de avans.

3.7.3. Verificarea normalității distribuției datelor

Cea de-a treia etapă în prelucrarea și testarea datelor experimentale vizează verificarea normalității distribuției acestora. Această testare poate fi făcută cu testele Kolmogorov, Shapiro-Wilk și Lillefors (Opariuc-Dan, 2011). Cercetările proprii vor fi efectuate utilizând testul de normalitate Shapiro-Wilk, care este recomandat în analiza seturilor de date care nu depășesc 50 de valori.

Astfel, metoda de calcul are ca punct de pornire calculul valorii numărului W cu relația următoare (Opariuc-Dan, 2011):

$$W = \frac{b^2}{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \quad (3.8)$$

în care:

- W - este număr statistic de calculat;
- b - este o estimatie liniară a abaterii standard și se calculează în baza valorilor ordonate din șirul de date;
- $\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2$ - este suma pătratelor abaterilor pentru cele n măsurători.

În continuare este necesară estimarea liniară a abaterii standard. Prin urmare se recurge la împărțirea șirului de date în clase. Numărul maxim de clase $k_{\max}$ se stabilește în funcție de numărul de valori n din șirul de date, astfel:

Dacă n este par atunci $k_{\max} = \frac{n}{2}$, iar dacă n este impar atunci $k_{\max} = \frac{(n-1)}{2}$.

În privința propriilor cercetări, pentru șirurile de câte $n = 7$ și $n = 6$ date, $k_{\max} = 3$, iar pentru șirurile de câte $n = 5$ și $n = 4$ date, $k_{\max} = 2$.

Tabelul 3.12

Coefficienții a pentru testul de normalitate Shapiro-Wilk
(Tănăsescu, 1987)

k ⁿ	n								
	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	a								
1	0,7071	0,7071	0,6872	0,6646	0,6431	0,6233	0,6052	0,6052	0,5888
2	-	0	0,1677	0,2413	0,2806	0,3031	0,3164	0,3244	0,3291
3	-	-	-	0	0,0875	0,1401	0,1743	0,1976	0,5141
4	-	-	-	-	-	0	0,0561	0,0947	0,1224
5	-	-	-	-	-	-	-	0	0,0399

Din tabelul 3.12 se aleg coeficienții a , care sunt aferenți testului de normalitate Shapiro-Wilk (Tănăsescu, 1987). Acești coeficienți sunt aleși în funcție de numărul de valori luate în calcul și de numărul de grupe k determinate. De exemplu pentru $n = 7$, cu $k_{\max} = 3$, coeficienții a aleși sunt: 0,6233; 0,3031 și 0,1401.

Tabelul 3.13

Valorile critice pentru testul de normalitate Shapiro-Wilk (Tănăsescu, 1987)

n	Nivelul de încredere α		
	0,01	0,02	0,05
3	0,653	0,756	0,767
4	0,686	0,707	0,748
5	0,687	0,715	0,762
6	0,713	0,743	0,788
7	0,730	0,760	0,803
8	0,749	0,778	0,718

Ulterior se calculează numărul statistic W , care se raportează la valoarea critică W_{crit} și se alege din tabelul 3.13 (Tănăsescu, 1987). De exemplu, pentru șirul cu $n = 7$ valori, numărul statistic W calculat, se raportează la numărul statistic critic $W_{\text{crit}} = 0,803$. S-a ales această valoare datorită faptului că nivelul de încredere ales în cercetările proprii este $\alpha = 0,95$, cu alte cuvinte se acceptă o eroare de 0,05%.

Dacă $W > W_{\text{crit}}$ atunci distribuția șirului de date poate fi considerată o distribuție normală.

În tabelele 3.14 și 3.15 s-a prezentat situația rezultată în urma parcurgerii etapelor de calcul pentru determinarea normalității datelor aferente R_a longitudinal și R_a transversal.

a) R_a longitudinal

Pentru primul caz R_a long, s-au centralizat datele statistice prin intermediul tabelului 3.14. Acest tabel s-a completat sintetizând informațiile regăsite în anexa 5 – „Analiza statistică a datelor experimentale”, paragraful 5.3 – „Verificarea normalității distribuției datelor experimentale – Shapiro-Wilk”, tabelele de la 17 la 20.

Tabelul 3.14

Testul Shapiro-Wilk pentru verificarea normalității distribuției datelor privind R_a long

Nr. date șir	Condiția dată	Nr. regimuri de așchiere	Distribuție normală
7	$W > W_{crit}$	49	DA
6		28	DA
5		31	DA
4		42	DA

Din acest tabel reiese că toate șirurile de 7, 6, 5, respectiv 4 date, au o distribuție normală a datelor testate. În figura 3.64, s-a argumentat această constatare, prin prisma unor reprezentări grafice aferente datelor statistice testate.

În toate cazurile prezentate în această figură (a, b, c și d) s-a reprezentat grafic rezultatele obținute în urma efectuării calculelor valorilor numărului W , aferente fiecărui șir de date în parte.

Din graficele aferente acestor subpuncte (a, b, c și d) ale figurii 3.64:

a) corespunzător șirurilor cu câte 7 valori ale celor 49 de experimente când $W_{crit} = 0,803$,

b) corespunzător șirurilor cu câte 6 valori ale celor 28 de experimente când $W_{crit} = 0,788$,

c) corespunzător șirurilor cu câte 5 valori ale celor 31 de experimente când $W_{crit} = 0,762$,

d) corespunzător șirurilor cu câte 4 valori ale celor 42 de experimente când $W_{crit} = 0,748$,

reiese că toate valorile calculate pentru W sunt mai mari decât valorile lui W_{crit} . Astfel este îndeplinită condiția de normalitate privind distribuția datelor testate, corespunzătoare abaterii medii aritmetice a profilului suprafeței, măsurate longitudinal pe direcția mișcării de avans.

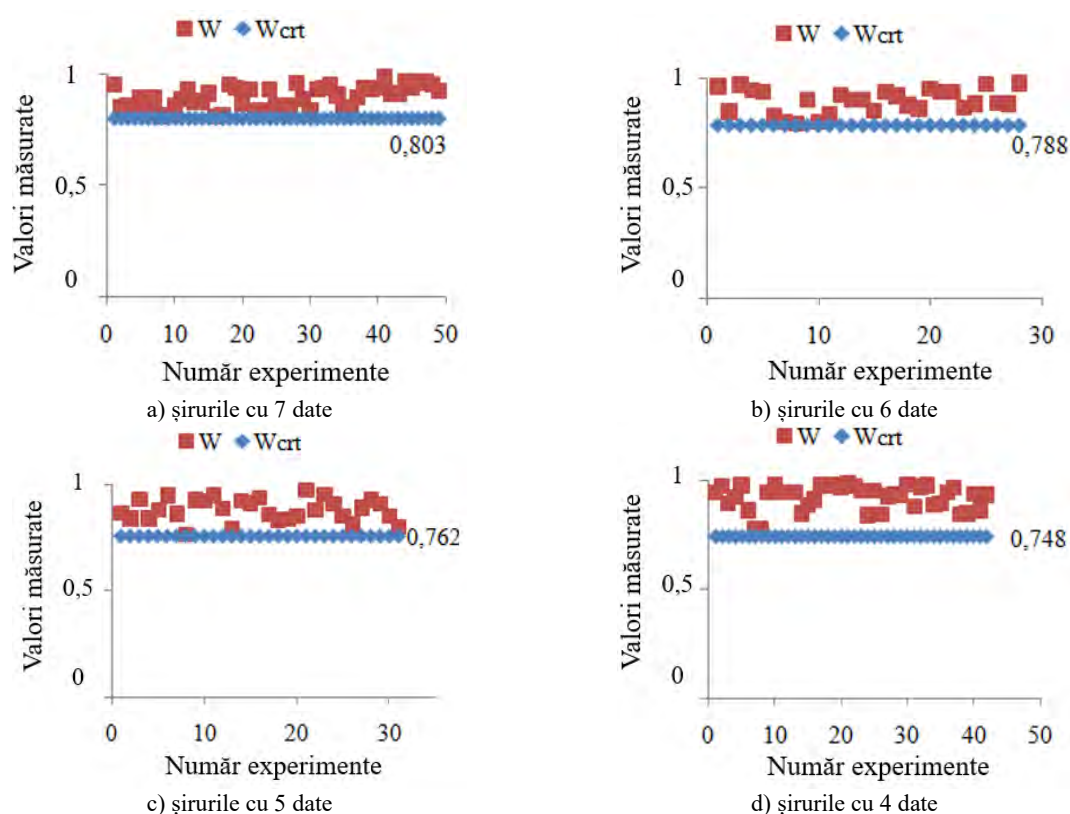


Fig. 3.64. Reprezentările grafice ale rezultatelor testului Shapiro-Wilk privind măsurătorile R_a pe direcție longitudinală

b) R_a transversal

Similar cazului precedent, prin intermediul tabelului 3.15, s-au sintetizat datele statistice privind rezultatele calculelor verificării normalității distribuției datelor testate aferente R_a transv. Detalierea acestor rezultate poate fi consultată în anexa 5 – „Analiza statistică a datelor experimentale”, paragraful 5.3 – „Verificarea normalității distribuției datelor experimentale – Shapiro-Wilk”, tabelele de la 21 la 24.

Tabelul 3.15

Testul Shapiro-Wilk pentru verificarea normalității distribuției datelor privind R_a transv

Nr. date șir	Condiția dată	Nr. regimuri de aşchiere	Distribuție normală
7	$W > W_{crit}$	60	DA
6		26	DA
5		21	DA
4		43	DA

După cum rezultă din acest tabel, toate șirurile de 7, 6, 5, respectiv 4 date, au o distribuție normală. Argumentele acestei constatări, s-au efectuat pe baza reprezentărilor grafice aferente datelor statistice testate pentru R_a transv, prezentate în figura 3.65.

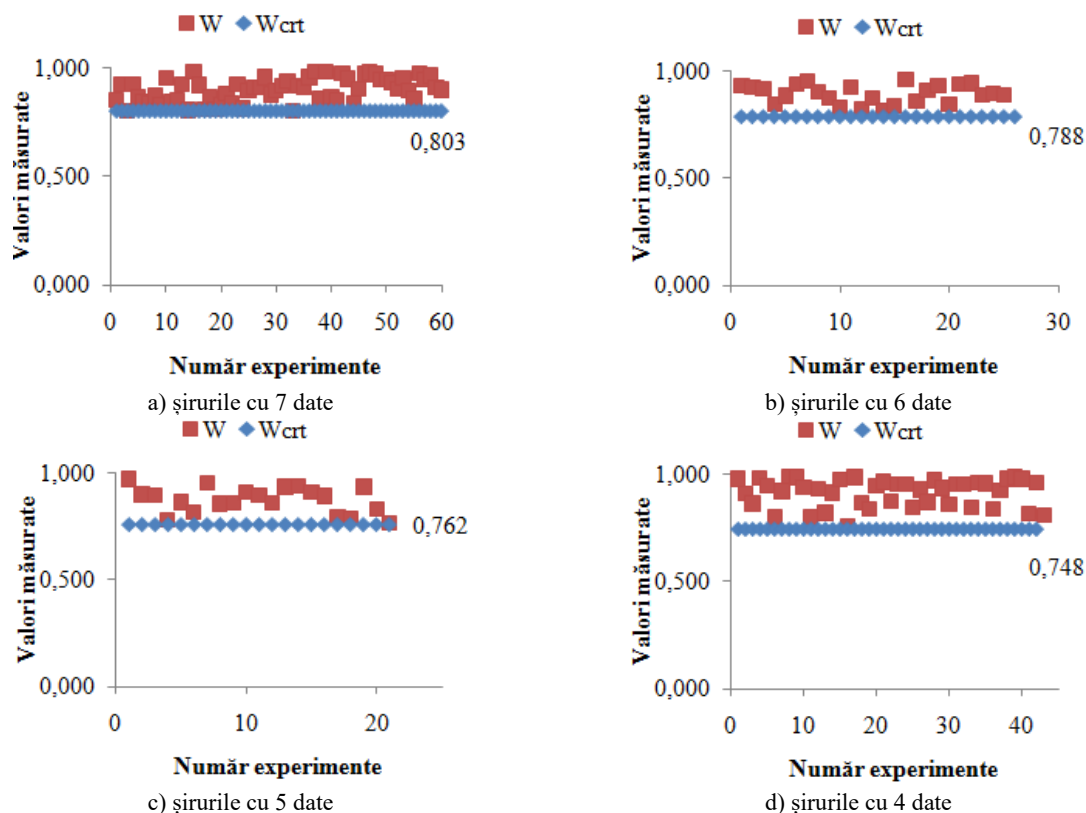


Fig. 3.65. Reprezentările grafice ale rezultatelor testului Shapiro-Wilk privind măsurătorile R_a pe direcție transversală

În figura 3.65 (a, b, c, d), s-au reprezentat grafic rezultatele obținute în urma efectuării calculului valorii numărului statistic W , aferente fiecărui șir de date în parte (a – șir cu 7 date, b – șir cu 6 date, c – șir cu 5 date și d – șir cu 4 date), în cazul măsurătorilor obținute pe direcția transversală.

Din graficele aferente acestor subpuncte (a, b, c și d) ale figurii 3.65:

a) corespunzător șirurilor cu câte 7 valori ale celor 60 de experimente când $W_{crit} = 0,803$,

b) corespunzător șirurilor cu câte 6 valori ale celor 26 de experimente când $W_{crit} = 0,788$,

c) corespunzător șirurilor cu câte 5 valori ale celor 21 de experimente când $W_{crit} = 0,762$,

d) corespunzător șirurilor cu câte 4 valori ale celor 43 de experimente când $W_{crit} = 0,748$,

reiese că toate valorile calculate pentru W sunt mai mari decât valorile lui W_{crit} . Astfel este îndeplinită condiția de normalitate privind distribuția datelor testate, corespunzătoare abaterii medii aritmetice a profilului suprafeței, măsurate transversal pe direcția mișcării de avans.

Odată cu finalizarea acestei etape din analiza statistică a datelor experimentale, efectuată asupra măsurătorilor abaterii medii aritmetice a profilului suprafeței, atât longitudinal cât și transversal pe direcția mișcării de avans, poate fi efectuată analiza regresională.

Dar, înainte de a recurge la desfășurarea propriu-zisă a acestei analize, în scopul obținerii unui model regresional, doresc să prezint centralizarea măsurătorilor efectuate, aferente R_a long și R_a transv, care îndeplinesc toate testele statistice realizate, pentru:

- Identificarea datelor afectate de erori aberante;
- Verificarea caracterului aleator al datelor;
- Verificarea normalității distribuției datelor experimentale.

Tabelul 3.16

Centralizarea datelor experimentale privind măsurătorile Ra longitudinal care îndeplinesc testele statistice

Nr. Exp.	Regim de aşchiere			Măsurători Ra longitudinal						
	Viteza de aşchiere	Adâncimea de aşchiere	Avansul pe dinte	1	2	3	4	5	6	7
1	495	2	0,04	0,272	0,296	0,186	0,209	0,229	0,203	0,253
2	495	2	0,06	0,31	0,303	0,216	0,22	0,251	0,23	0,245
3	495	2	0,08	-	-	0,219	0,195	0,229	-	0,18
4	495	2	0,11	-	-	0,217	0,236	0,22	0,246	0,244
5	495	2	0,14	0,281	0,235	0,286	0,224	0,231	0,238	0,253
6	495	2,5	0,04	0,27	0,268	0,189	0,207	0,242	0,269	0,195
7	495	2,5	0,06	-	-	0,173	0,171	0,221	0,225	0,206
8	495	2,5	0,08	-	-	0,165	0,19	0,173	0,201	0,19
9	495	2,5	0,11	-	-	0,215	0,207	0,267	0,224	0,264
10	495	2,5	0,14	-	-	0,236	-	0,243	0,26	0,253
11	495	3	0,04	0,277	0,289	0,197	0,192	0,223	0,225	0,178
12	495	3	0,06	0,393	0,18	0,366	0,155	0,238	0,182	0,223
13	495	3	0,08	-	-	0,18	-	0,21	0,189	0,207
14	495	3	0,11	-	-	0,193	0,207	0,229	0,184	0,229
15	495	3	0,14	0,485	0,101	0,464	0,242	0,202	0,242	0,272
16	495	3,5	0,04	-	-	0,188	0,185	0,189	0,186	0,19
17	495	3,5	0,06	0,383	0,373	0,183	0,194	0,245	0,236	0,209
18	495	3,5	0,08	0,351	0,368	0,168	0,143	0,204	0,191	0,205
19	495	3,5	0,11	-	-	-	0,183	0,265	0,26	0,247
20	495	3,5	0,14	-	-	0,252	0,24	-	0,28	0,268
21	495	4	0,04	-	-	0,191	-	0,209	0,195	0,211
22	495	4	0,06	-	-	0,188	0,206	0,187	0,205	-
23	495	4	0,08	-	-	0,176	-	0,177	0,195	0,194
24	495	4	0,11	-	-	0,218	0,22	0,221	0,217	-
25	495	4	0,14	0,397	0,378	0,179	0,28	0,21	0,221	0,223
26	530	2	0,04	0,279	0,282	0,186	0,198	0,239	0,27	0,241
27	530	2	0,06	0,293	-	0,219	0,233	0,267	0,205	0,26
28	530	2	0,08	0,342	0,378	0,183	0,162	0,24	0,271	0,203
29	530	2	0,11	0,224	-	0,311	0,292	0,268	0,224	0,307
30	530	2	0,14	0,578	0,28	0,586	0,316	0,343	0,151	0,268
31	530	2,5	0,04	0,255	0,264	0,2	0,194	0,244	0,242	0,183
32	530	2,5	0,06	-	-	0,219	0,22	0,295	0,279	0,239
33	530	2,5	0,08	-	-	-	0,221	0,226	0,23	0,217
34	530	2,5	0,11	0,398	0,403	0,277	0,322	0,297	0,242	0,309
35	530	2,5	0,14	-	-	0,268	0,277	0,271	0,28	-
36	530	3	0,04	-	0,24	0,206	-	0,244	0,247	0,206
37	530	3	0,06	0,332	-	0,208	0,166	0,294	0,232	0,24
38	530	3	0,08	0,417	0,191	0,417	0,173	0,212	0,348	0,21
39	530	3	0,11	-	-	-	0,248	0,257	0,243	0,261

Prelucrarea aliajelor de aluminiu prin frezare

Nr. Exp.	Regim de aşchiere			Măsurători Ra longitudinal						
	Viteza de aşchiere	Adâncimea de aşchiere	Avansul pe dinte	1	2	3	4	5	6	7
40	530	3	0,14	-	-	0,246	0,268	0,258	0,259	0,243
41	530	3,5	0,04	-	-	-	0,218	0,229	0,225	0,215
42	530	3,5	0,06	0,328	0,334	0,241	0,323	0,28	0,242	0,247
43	530	3,5	0,08	-	-	0,178	0,189	0,221	0,209	0,173
44	530	3,5	0,11	-	0,229	0,234	-	-	0,25	0,249
45	530	3,5	0,14	0,326	-	0,244	0,184	0,297	0,228	0,231
46	530	4	0,04	-	-	0,236	-	0,219	0,224	0,238
47	530	4	0,06	-	-	0,219	0,189	0,241	0,203	0,25
48	530	4	0,08	-	-	0,199	0,196	0,206	0,208	-
49	530	4	0,11	0,288	-	0,215	0,312	0,272	0,22	0,247
50	530	4	0,14	0,385	0,362	0,271	0,137	0,258	0,209	0,228
51	570	2	0,04	0,434	0,445	0,439	-	0,45	-	-
52	570	2	0,06	0,345	0,388	0,514	0,589	0,406	0,495	0,515
53	570	2	0,08	-	0,506	0,547	0,423	0,415	0,506	0,423
54	570	2	0,11	0,417	-	-	-	0,441	0,424	0,434
55	570	2	0,14	0,371	0,386	0,354	-	0,354	0,378	-
56	570	2,5	0,04	-	-	-	0,494	0,464	0,451	0,481
57	570	2,5	0,06	-	0,512	-	0,507	0,505	-	0,51
58	570	2,5	0,08	-	-	0,529	0,449	0,548	0,457	0,458
59	570	2,5	0,11	0,406	0,382	0,466	0,446	0,446	0,387	0,456
60	570	2,5	0,14	0,409	-	-	0,383	0,405	0,378	0,392
61	570	3	0,04	0,575	-	0,542	0,724	0,51	1,479	1,448
62	570	3	0,06	-	0,471	0,497	0,485	0,459	-	-
63	570	3	0,08	0,439	-	0,547	0,47	0,515	-	-
64	570	3	0,11	-	-	0,441	0,406	0,376	0,399	0,438
65	570	3	0,14	-	0,35	0,357	0,362	0,354	0,363	-
66	570	3,5	0,04	0,953	0,537	1,719	0,5	2,526	1,821	1,55
67	570	3,5	0,06	-	-	0,474	0,514	-	0,483	0,502
68	570	3,5	0,08	0,982	0,381	0,487	0,481	0,553	-	0,978
69	570	3,5	0,11	0,449	-	0,442	0,335	0,357	-	-
70	570	3,5	0,14	0,429	-	0,397	0,419	0,383	-	-
71	570	4	0,04	0,457	2,161	0,666	1,855	1,475	0,59	0,634
72	570	4	0,06	-	-	-	0,58	0,579	0,471	0,503
73	570	4	0,08	-	0,63	-	0,686	0,672	0,529	0,512
74	570	4	0,11	0,696	0,461	0,387	0,465	-	0,754	0,644
75	570	4	0,14	0,459	0,515	0,528	0,398	-	0,905	0,924
76	610	2	0,04	-	-	-	0,538	0,527	0,536	0,53
77	610	2	0,06	-	-	0,475	-	0,478	0,463	0,467
78	610	2	0,08	1,106	0,547	1,035	0,601	0,352	0,462	0,502
79	610	2	0,11	-	0,507	0,554	0,502	0,534	0,549	0,555
80	610	2	0,14	0,478	0,506	0,546	0,49	0,467	0,543	0,513

Prelucrarea aliajelor de aluminiu prin frezare

Nr. Exp.	Regim de aşchiere			Măsurători Ra longitudinal						
	Viteza de aşchiere	Adâncimea de aşchiere	Avansul pe dinte	1	2	3	4	5	6	7
81	610	2,5	0,04	1,037	0,4	0,547	0,54	1,087	0,733	0,496
82	610	2,5	0,06	0,4	0,511	0,535	1,111	0,525	1,183	1,027
83	610	2,5	0,08	0,437	0,514	0,696	0,713	0,471	0,797	0,473
84	610	2,5	0,11	0,523	-	0,531	0,48	0,522	0,545	0,493
85	610	2,5	0,14	0,501	0,663	0,481	0,578	0,448	0,407	0,593
86	610	3	0,04	0,521	-	0,509	0,481	0,488	-	-
87	610	3	0,06	-	-	0,553	0,515	-	0,498	0,536
88	610	3	0,08	0,6	-	0,596	0,595	-	0,601	
89	610	3	0,11	0,422	0,395	0,52	0,501	-	-	0,511
90	610	3	0,14	0,459	-	-	0,461	0,456	-	0,454
91	610	3,5	0,04	0,724	0,634	-	0,696	-	0,66	-
92	610	3,5	0,06	0,733	0,683	-	0,736	0,488	0,558	0,586
93	610	3,5	0,08	-	0,64	-	0,491	0,609	0,501	0,473
94	610	3,5	0,11	0,572	-	-	0,574	0,591	0,586	-
95	610	3,5	0,14	0,424	0,364	0,614	0,441	0,544	0,607	0,581
96	610	4	0,04	0,72	0,688	-	0,687	0,761	0,755	-
97	610	4	0,06	1,224	0,756	0,97	0,819	-	0,914	1,196
98	610	4	0,08	1,363	0,947	0,54	1,451	0,51	0,584	0,537
99	610	4	0,11	-	0,408	-	0,586	0,535	0,451	0,512
100	610	4	0,14	0,579	0,4	0,416	0,525	0,516	0,503	0,49
101	660	2	0,04	-	0,458	-	0,557	0,54	0,457	0,502
102	660	2	0,06	0,573	0,515	0,686	0,629	0,669	0,576	0,554
103	660	2	0,08	0,671	0,659	0,667	0,652	-	0,658	-
104	660	2	0,11	0,564	0,537	0,49	0,521	0,469	0,539	0,574
105	660	2	0,14	0,795	0,712	0,74	0,657	0,715	0,789	0,654
106	660	2,5	0,04	0,605	-	0,586	0,508	0,582	0,522	0,522
107	660	2,5	0,06	0,653	0,633	-	-	0,639	-	0,651
108	660	2,5	0,08	0,656	0,649	-	0,66	0,646	-	-
109	660	2,5	0,11	0,488	0,5	0,613	0,42	0,499	0,574	-
110	660	2,5	0,14	0,608	0,429	0,674	0,423	0,661	0,682	0,74
111	660	3	0,04	0,579	0,471	0,544	0,588	0,494	0,587	0,495
112	660	3	0,06	0,611	0,619	0,544	0,612	0,656	0,562	0,612
113	660	3	0,08	0,683	0,619	0,541	0,584	0,516	0,607	0,68
114	660	3	0,11	0,524	0,51	0,577	0,487	0,504	0,562	-
115	660	3	0,14	0,607	0,582	-	0,594	0,622	-	0,623
116	660	3,5	0,04	-	0,473	0,529	0,519	0,467	0,487	0,481
117	660	3,5	0,06	0,611	0,561	0,652	0,495	0,506	0,591	0,605
118	660	3,5	0,08	0,64	-	0,63	0,603	-	0,614	-
119	660	3,5	0,11	0,538	0,48	0,456	0,52	0,499	0,473	0,544
120	660	3,5	0,14	0,579	-	0,604	0,604	-	-	0,587
121	660	4	0,04	0,654	0,551	0,602	0,511	0,584	0,481	0,571

Prelucrarea aliajelor de aluminiu prin frezare

Nr. Exp.	Regim de aşchiere			Măsurători Ra longitudinal						
	Viteza de aşchiere	Adâncimea de aşchiere	Avansul pe dinte	1	2	3	4	5	6	7
122	660	4	0,06	-	0,541	-	0,519	0,511	0,542	-
123	660	4	0,08	0,448	0,555	-	0,571	0,454	0,491	0,472
124	660	4	0,11	0,547	-	0,601	0,604	0,573	-	0,545
125	660	4	0,14	0,515	0,512	0,504	-	0,555	0,553	-
126	710	2	0,04	0,521	0,468	0,538	0,46	0,624	0,604	0,495
127	710	2	0,06	0,489	0,463	0,538	0,519	0,478	0,561	-
128	710	2	0,08	-	0,587	-	0,585	0,595	0,566	0,562
129	710	2	0,11	0,596	0,609	0,501	0,555	0,493	0,634	0,519
130	710	2	0,14	0,561	0,576	0,565	-	0,582	-	-
131	710	2,5	0,04	0,57	-	0,554	0,419	0,497	0,441	0,475
132	710	2,5	0,06	0,52	-	0,544	0,475	0,454	0,536	0,49
133	710	2,5	0,08	0,637	-	0,595	0,622	0,528	0,549	-
134	710	2,5	0,11	0,581	0,492	0,543	0,559	0,599	0,475	0,517
135	710	2,5	0,14	0,517	0,595	0,503	0,698	0,658	0,57	0,563
136	710	3	0,04	0,683	0,455	0,539	0,406	-	0,709	0,442
137	710	3	0,06	0,666	0,453	0,506	0,598	-	0,672	0,429
138	710	3	0,08	-	0,64	0,505	0,643	0,698	0,537	-
139	710	3	0,11	0,75	-	0,616	0,545	0,669	0,4	0,456
140	710	3	0,14	0,722	-	0,678	0,735	-	-	0,672
141	710	3,5	0,04	0,793	-	0,537	0,374	0,448	0,53	0,839
142	710	3,5	0,06	0,59	0,578	0,571	0,594	-	-	-
143	710	3,5	0,08	0,537	0,622	0,653	0,63	-	-	0,545
144	710	3,5	0,11	0,619	0,802	0,633	0,508	0,724	0,693	0,465
145	710	3,5	0,14	0,787	0,555	0,515	0,673	0,638	0,651	0,695
146	710	4	0,04	0,787	0,532	0,529	0,413	0,603	0,712	0,562
147	710	4	0,06	-	-	0,555	0,549	0,564	0,484	0,489
148	710	4	0,08	0,522	0,723	-	0,513	0,437	0,691	0,538
149	710	4	0,11	0,533	0,536	0,623	0,495	0,645	0,634	0,698
150	710	4	0,14	0,684	0,727	0,539	0,586	0,791	0,625	-

Tabelul 3.17

Centralizarea datelor experimentale privind măsurătorile Ra transversal care îndeplinesc testele statistice

Nr. Exp.	Regim de aşchiere			Măsurători Ra transversal						
	Viteza de aşchiere	Adâncimea de aşchiere	Avansul pe dinte	1	2	3	4	5	6	7
1	495	2	0,04	0,13	-	0,116	-	0,124	0,11	-
2	495	2	0,06	0,17	-	0,118	0,101	0,16	0,147	0,18
3	495	2	0,08	0,285	0,271	0,081	0,141	0,143	0,114	0,152
4	495	2	0,11	-	-	0,15	0,125	0,121	0,142	-
5	495	2	0,14	-	-	0,125	0,102	0,133	0,118	0,108
6	495	2,5	0,04	-	-	-	0,126	0,125	0,126	0,125
7	495	2,5	0,06	0,159	0,187	0,133	0,12	0,178	0,171	-

Prelucrarea aliajelor de aluminiu prin frezare

Nr. Exp.	Regim de aşchiere			Măsurători Ra transversal						
	Viteza de aşchiere	Adâncimea de aşchiere	Avansul pe dinte	1	2	3	4	5	6	7
8	495	2,5	0,08	0,107	-	-	-	0,12	0,116	0,111
9	495	2,5	0,11	0,097	0,203	0,14	0,119	0,145	0,188	0,116
10	495	2,5	0,14	0,153	-	0,147	-	0,151	-	0,145
11	495	3	0,04	-		0,111	-	0,11	0,11	0,111
12	495	3	0,06	0,173	-	0,093	0,105	0,125	0,184	0,159
13	495	3	0,08	0,287	0,086	0,277	0,087	0,103	0,115	0,171
14	495	3	0,11	-	-	0,126	0,136	0,113	0,138	0,108
15	495	3	0,14	0,23	0,22	0,139	0,175	0,173	0,212	0,153
16	495	3,5	0,04	0,148	-	0,119	0,111	0,117	0,143	0,121
17	495	3,5	0,06	-	0,196	0,149	-	-	0,182	0,156
18	495	3,5	0,08	-	-	0,107	0,096	0,117	0,086	-
19	495	3,5	0,11	-	-	0,139	0,12	0,126	0,133	-
20	495	3,5	0,14	0,214	-	0,134	0,218	0,228	0,175	0,109
21	495	4	0,04	-	-	0,135	-	0,113	0,143	0,1
22	495	4	0,06	-	-	0,189	0,179	0,15	0,167	0,15
23	495	4	0,08	-	0,111	0,117	-	-	0,112	0,117
24	495	4	0,11	0,361	0,293	0,101	0,423	0,159	0,142	0,14
25	495	4	0,14	-	-	-	0,226	0,206	0,221	0,198
26	530	2	0,04	0,14	-	-	0,137	0,14	0,13	-
27	530	2	0,06	0,165	-	0,171	0,167	-	-	0,172
28	530	2	0,08	0,157	-	0,187	0,143	0,183	0,118	0,093
29	530	2	0,11	0,162	-	-	0,114	0,154	0,111	0,163
30	530	2	0,14	0,364	0,401	0,132	0,127	0,265	0,153	0,105
31	530	2,5	0,04	0,212	0,19	0,141	0,126	0,122	0,186	0,124
32	530	2,5	0,06	-	-	0,107	0,111	0,166	0,152	0,149
33	530	2,5	0,08	-	-	0,118	0,135	-	0,128	0,111
34	530	2,5	0,11	-	0,171	0,188	0,101	0,113	0,15	0,127
35	530	2,5	0,14	0,32	0,154	0,295	0,107	0,181	0,118	0,178
36	530	3	0,04	-	0,177	0,083	0,12	0,093	0,17	0,123
37	530	3	0,06	-	-	0,107	0,11	0,11	-	0,107
38	530	3	0,08	-	0,157	0,165	0,14	-	0,148	-
39	530	3	0,11	0,223	0,095	0,244	0,108	0,11	0,158	0,091
40	530	3	0,14	-	0,173	0,131	0,107	0,162	0,108	0,158
41	530	3,5	0,04	-	-	0,095	0,117	0,118	-	0,102
42	530	3,5	0,06	-	-	0,097	-	0,158	0,098	0,179
43	530	3,5	0,08	0,226	0,083	0,222	0,289	0,105	0,169	0,133
44	530	3,5	0,11	0,17	-	0,133	0,138	0,173	0,174	0,136
45	530	3,5	0,14	0,168	-	-	-	0,171	0,161	0,163
46	530	4	0,04	-	-	0,148	0,16	-	0,111	0,126
47	530	4	0,06	-	-	0,193	0,115	0,114	0,2	0,136
48	530	4	0,08	-	0,198	0,23	0,149	0,236	0,142	0,094

Prelucrarea aliajelor de aluminiu prin frezare

Nr. Exp.	Regim de aşchiere			Măsurători Ra transversal						
	Viteza de aşchiere	Adâncimea de aşchiere	Avansul pe dinte	1	2	3	4	5	6	7
49	530	4	0,11	0,189	-	0,13	0,114	0,128	0,186	0,119
50	530	4	0,14	-	0,19	0,143	-	-	0,14	0,175
51	570	2	0,04	0,292	0,27	-	0,265	-	0,301	0,249
52	570	2	0,06	0,258	0,252	0,307	0,45	0,434	0,392	0,267
53	570	2	0,08	0,259	0,26	0,42	0,371	0,368	0,259	0,34
54	570	2	0,11	0,235	0,271	0,394	0,427	0,233	0,345	0,324
55	570	2	0,14	0,172	0,287	-	0,212	0,276	0,277	0,217
56	570	2,5	0,04	0,535	0,235	0,515	0,33	0,242	0,322	0,248
57	570	2,5	0,06	-	-	-	0,305	0,294	0,33	0,322
58	570	2,5	0,08	-	0,306	0,341	0,213	0,308	0,202	0,34
59	570	2,5	0,11	0,32	0,297	0,362	0,2	0,24	0,263	0,262
60	570	2,5	0,14	0,29	0,312	-	0,297	-	-	0,321
61	570	3	0,04	-	-	0,65	0,524	0,79	0,79	-
62	570	3	0,06	2,718	1,213	0,408	0,401	0,169	2,062	1,599
63	570	3	0,08	-	-	0,254	0,43	0,201	-	0,53
64	570	3	0,11	-	-	0,399	0,247	-	0,36	0,258
65	570	3	0,14	-	-	0,354	0,373	0,38	0,362	-
66	570	3,5	0,04	0,719	3,288	0,611	1,08	0,923	2,734	3,095
67	570	3,5	0,06	1,947	2,258	0,454	-	2,658	0,5	0,667
68	570	3,5	0,08	3,149	3,732	0,474	0,319	0,341	2,328	2,18
69	570	3,5	0,11	3,305	0,791	0,423	0,321	0,367	2,563	2,539
70	570	3,5	0,14	1,812	1,519	0,543	0,397	0,488	1,917	1,487
71	570	4	0,04	0,492	1,947	0,675	-	-	1,778	2,211
72	570	4	0,06	1,628	1,105	3,704	4,183	0,869	2,825	3,801
73	570	4	0,08	0,764	0,369	3,831	3,555	1,258	1,457	1,288
74	570	4	0,11	3,202	2,556	-	3,68	3,035	1,368	1,901
75	570	4	0,14	3,77	0,695	0,569	2,748	2,582	2,323	2,028
76	610	2	0,04	0,8	0,348	0,95	0,28	0,7	0,269	0,269
77	610	2	0,06	-	-	0,431	-	0,291	0,381	0,26
78	610	2	0,08	-	-	0,269	0,241	0,228	0,268	-
79	610	2	0,11	0,347	0,424	0,225	0,231	0,356	0,439	0,188
80	610	2	0,14	0,328	0,421	0,182	0,165	0,235	0,396	0,243
81	610	2,5	0,04	0,822	1,577	0,231	0,18	1,483	0,949	0,985
82	610	2,5	0,06	-	0,602	-	0,54	0,748	-	0,702
83	610	2,5	0,08	0,846	0,805	0,588	0,421	0,169	0,568	0,362
84	610	2,5	0,11	0,403	-	0,285	0,256	0,27	0,225	0,438
85	610	2,5	0,14	0,788	0,694	0,247	0,295	0,334	0,479	0,21
86	610	3	0,04	0,561	0,743	0,273	0,372	1,829	1,665	1,261
87	610	3	0,06	-	-	0,453	0,457	0,402	0,634	0,606
88	610	3	0,08	1,013	1,598	0,465	0,413	1,373	0,644	0,773
89	610	3	0,11	-	0,713	0,295	0,26	0,551	0,675	0,414

Prelucrarea aliajelor de aluminiu prin frezare

Nr. Exp.	Regim de aşchiere			Măsurători Ra transversal						
	Viteza de aşchiere	Adâncimea de aşchiere	Avansul pe dinte	1	2	3	4	5	6	7
90	610	3	0,14	-	0,354	0,389	0,164	0,233	-	0,231
91	610	3,5	0,04	0,694	0,42	0,581	0,411	0,636	0,845	0,946
92	610	3,5	0,06	-	-	1,532	1,557	1,403	1,598	1,365
93	610	3,5	0,08	0,792	0,806	0,452	-	1,214	1,385	0,842
94	610	3,5	0,11	1,545	1,656	0,386	0,539	0,498	0,473	0,908
95	610	3,5	0,14	-	-	0,255	0,571	0,673	0,677	0,344
96	610	4	0,04	-	0,643	0,582	0,605	-	0,706	0,738
97	610	4	0,06	1,438	0,812	1,613	0,96	1,186	0,822	0,682
98	610	4	0,08	1,049	0,664	2,325	2,149	0,377	1,99	1,684
99	610	4	0,11	0,577	-	0,944	-	0,763	0,324	0,263
100	610	4	0,14	1,554	1,46	0,21	-	0,717	0,195	0,451
101	660	2	0,04	0,261	0,366	0,425	0,378	0,48	0,135	0,216
102	660	2	0,06	0,325	-	-	0,192	0,181	0,248	0,3
103	660	2	0,08	0,361	0,299	0,489	0,201	0,399	0,293	0,11
104	660	2	0,11	0,279	-	-	0,273	0,294	0,289	-
105	660	2	0,14	0,389	-	-	0,378	0,389	-	0,373
106	660	2,5	0,04	0,329	-	0,322	0,337	-	0,34	0,321
107	660	2,5	0,06	0,233	0,193	0,199	0,329	0,233	0,322	0,35
108	660	2,5	0,08	0,265	0,282	0,38	0,31	0,193	0,227	0,35
109	660	2,5	0,11	0,15	0,484	0,401	0,143	0,454	0,254	0,397
110	660	2,5	0,14	0,243	0,326	0,274	0,268	0,287	0,32	-
111	660	3	0,04	0,321	0,192	0,305	0,331	0,247	0,16	0,316
112	660	3	0,06	0,166	0,333	0,205	0,414	0,501	0,271	0,351
113	660	3	0,08	0,197	0,297	0,498	0,434	0,207	0,359	0,334
114	660	3	0,11	0,416	0,407	0,234	0,441	0,397	0,142	0,203
115	660	3	0,14	0,479	0,473	0,423	0,203	0,312	0,294	0,301
116	660	3,5	0,04	0,251	-	0,264	0,255	-	0,261	-
117	660	3,5	0,06	-	-	-	0,307	0,302	0,319	0,315
118	660	3,5	0,08	0,263	0,28	0,337	0,335	-	0,262	-
119	660	3,5	0,11	0,221	0,281	0,171	0,199	0,242	0,291	0,326
120	660	3,5	0,14	0,421	0,312	0,262	0,379	0,352	0,228	0,311
121	660	4	0,04	0,264	-	-	0,281	-	0,269	0,281
122	660	4	0,06	0,276	0,294	-	0,291	0,281	-	-
123	660	4	0,08	0,325	0,377	0,304	0,315	0,439	0,178	0,228
124	660	4	0,11	0,261	0,199	0,188	-	0,181	0,261	-
125	660	4	0,14	0,29	0,258	0,322	0,197	0,207	0,248	0,342
126	710	2	0,04	0,238	0,111	0,206	0,322	-	0,157	0,311
127	710	2	0,06	0,348	0,213	0,131	0,487	0,304	0,12	0,386
128	710	2	0,08	0,44	0,26	0,304	0,315	0,493	0,457	0,373
129	710	2	0,11	0,265	0,173	0,241	0,238	0,374	0,358	0,219
130	710	2	0,14	0,359	0,266	0,32	0,261	0,312	0,206	0,261

Prelucrarea aliajelor de aluminiu prin frezare

Nr. Exp.	Regim de aşchiere			Măsurători Ra transversal						
	Viteza de aşchiere	Adâncimea de aşchiere	Avansul pe dinte	1	2	3	4	5	6	7
131	710	2,5	0,04	-	-	-	0,329	0,322	0,325	0,332
132	710	2,5	0,06	0,258	-	0,215	0,251	0,219	0,309	0,303
133	710	2,5	0,08	0,214	-	-	0,234	0,194	0,181	0,228
134	710	2,5	0,11	-	-	-	0,252	0,245	0,267	0,26
135	710	2,5	0,14	0,269	0,227	0,275	0,317	0,175	0,166	0,313
136	710	3	0,04	0,661	1,402	0,345	0,22	1,237	0,547	0,277
137	710	3	0,06	0,355	-	-	0,378	-	0,395	0,337
138	710	3	0,08	0,651	-	0,273	0,373	0,627	0,249	0,503
139	710	3	0,11	-	-	-	0,353	0,29	0,29	0,37
140	710	3	0,14	0,47	-	0,548	0,169	0,135	0,254	0,264
141	710	3,5	0,04	0,442	-	0,19	0,2	0,6	-	0,613
142	710	3,5	0,06	0,864	0,941	0,556	0,303	1,264	0,694	0,899
143	710	3,5	0,08	0,723	-	0,321	0,335	-	0,656	0,346
144	710	3,5	0,11	-	-	0,21	0,306	-	0,243	0,348
145	710	3,5	0,14	-	-	0,346	0,419	-	0,395	0,341
146	710	4	0,04	0,962	0,568	0,27	0,324	0,747	0,527	1,113
147	710	4	0,06	0,448	0,956	0,726	0,23	0,92	1,098	0,595
148	710	4	0,08	1,186	0,454	1,148	0,331	0,817	0,601	0,611
149	710	4	0,11	0,96	1,194	1,227	-	0,907	0,58	0,748
150	710	4	0,14	0,883	0,827	0,964	0,387	0,249	0,333	0,632

Prezentarea acestora este efectuată în tabelele 3.16 - pentru R_a longitudinal şi, tabelul 3.17 - pentru R_a transversal.

3.8. CONCLUZII

În urma realizării cercetărilor experimentale, s-au constatat aspectele prezentate în continuare:

1. Având în vedere că următoarea etapă propusă în strategia de cercetare, este determinarea procentului de influență al factorilor studiați (viteza de așchiere, adâncimea de așchiere și avansul pe dinte), asupra răspunsului urmărit (abaterea medie aritmetică a profilului suprafeței) – cu scopul obținerii unui model de regresie, pașii necesari a fi parcurși în această direcție, au ca punct de pornire, efectuarea cercetărilor în baza metodei experimentului de tip factorial.

2. Prin metoda experimentului factorial s-a stabilit un plan de experimente prin intermediul căruia s-a organizat succesiunea de încercări și s-au precizat toate modalitățile de realizare a încercărilor:

- funcția obiectiv – abaterea medie aritmetică a profilului suprafeței;
- factorii de control – viteza de așchiere, adâncimea de așchiere și avansul pe dinte;
- modul de desfășurare a experimentelor:
 - operația de așchiere;
 - tipul sculei așchietoare;
 - valorile parametrilor regimului de așchiere;
 - centrul de prelucrare cu comandă numerică utilizat;
 - materialul semifabricatului de prelucrat;
- numărul total de repetări ale fiecărui experiment în parte – de 7 ori;
- metodele de măsurare a rezultatelor.

3. Scopul final al realizării seriilor de încercări succesive în condițiile variabile predefinite, a fost de a găsi încercările care să dea cele mai bune rezultate în raport cu altele. Luând în considerare toți factorii controlați și toate interacțiunile posibile dintre aceștia, dându-se o interpretare rapidă, precisă și fără echivoc rezultatelor încercărilor.

4. În baza realizării planului factorial experimental complet, a rezultat un număr total de 7 blocuri de prelucrat.

5. Numărul măsurărilor efectuate asupra abaterii medii aritmetice a profilului suprafeței, R_a long măsurate longitudinal pe direcția mișcării de avans – a fost de 7 măsurători, respectiv R_a transv măsurate transversal pe direcția mișcării de avans – 7 măsurători, cumulând un total de 14 (7×2) măsurători. Aceste măsurători s-au efectuat în cazul fiecărei combinații de valori ale parametrilor de intrare stabiliți și, a rezultat un total de 300 de măsurători (150 regimuri de așchiere $\times$ 2).

6. S-a stabilit forma geometrică a semifabricatului folosind aplicația CAD – CATIA V5 R20. Dimensiunile piesei sunt $500 \times 101 \times 24,5$ mm (fig. 3.1). Pe fiecare piesă în parte s-au efectuat câte 50 de prelucrări aferente a câte 50 de regimuri de așchiere stabilite în baza combinațiilor parametrilor de așchiere studiați.

7. Totalul semifabricatelor prelucrate din Al7136 (fig. 3.2):

- cumulează un total de 7 blocuri;
- suprafața prelucrată aferentă unui regim de așchiere a fost de 50 mm lungime și 16 mm lățime;
- s-au obținut 150 de regimuri de așchiere în baza combinațiilor, care s-au testat prin prelucrarea a câte 3 blocuri;
- s-au repetat prelucrările și pe restul blocurilor cu scopul realizării celor 7 repetări stabilite;

8. În cazul experimentelor repetate - fiecare de câte 7 ori, s-a efectuat un total de 2100 de măsurători, cumulate din cele 1050 măsurători aferente R_a long, respectiv cele 1050 măsurători aferente R_a transv.

9. S-a efectuat evaluarea primară a datelor experimentale cu ajutorul unor parametri statistici, astfel, s-a putut aprecia fenomenul studiat, pe baza realizării unei evaluări corecte și pertinente, a datelor experimentale.

10. Evaluarea grafică a normalității distribuției, s-a realizat prin prezentarea răspunsurilor sub formă de histogramă, și s-a constatat că:

- în condițiile stabilite de desfășurare a experimentului (sculă, material și regim de așchiere conform recomandărilor date de producător), se obțin valori destul de mici ale rugozității suprafeței pentru procesul de frezare cilindro-frontală, aproximativ de $0,5 \mu\text{m}$, în ambele situații R_a long (fig. 3.8) și R_a transv (fig. 3.9);

- valorile obținute în urma experimentului încadrează procesul de frezare, cu parametrii aşchiere folosiți, în clasa fină de precizie, adică sub $1,6 \mu\text{m}$ (fig. 3.10);
- din histograma aferentă R_a longitudinal rezultă că datele au o distribuție aproximativ normală, ceea ce înseamnă că se poate efectua analiza regresională, dar, totuși, s-a propus efectuarea unei analize statistice cu scopul eliminării erorilor aberante, dacă acestea există;
- din histograma aferentă R_a transversal, datele experimentale nu au o distribuție normală, astfel, datele experimentale vor fi supuse unei analize statistice, cu scopul eliminării valorilor aberante, a verificării caracterului aleatoriu al datelor și în final al verificării normalității datelor testate. Ulterior se va putea efectua și în acest caz analiza regresională.

11. O altă reprezentare grafică, a abaterii medii aritmetice a profilului suprafeței, în funcție de fiecare parametru de aşchiere în parte, s-a efectuat cu ajutorul diagramelor de dispersie. S-a evaluat dispersia rezultatelor și s-au identificat tipurile de relații dintre parametrii de aşchiere și abaterea medie aritmetică a profilului suprafeței. Constatările sunt prezentate în continuare:

12. Din diagramele de dispersie ale valorilor R_a longitudinal, rezultă că:

- valorile rugozităților R_a long, rezultate în urma măsurătorilor, au o tendință crescătoare, odată cu creșterea vitezei de aşchiere (fig. 3.12). Distribuția mare a valorilor rugozităților în intervalul de viteze $570 \text{ m/min} - 610 \text{ m/min}$ poate fi rezultatul efectului de vibrații, datorat rezonanței sistemului, al sculei, materialului, parametrilor de aşchiere și mașinii unelte;
- odată cu creșterea adâncimii de aşchiere, crește și distribuția valorilor rugozității (fig. 3.13). Aceasta poate fi cauza vibrațiilor și a fenomenului de rupere a aşchiei (materialului), cauzate de încărcarea mare a sculei (adâncime mare și lățime maximă a sculei);
- apare o tendință ușor descrescătoare a valorilor rugozității în raport cu creșterea vitezei de avans (fig. 3.14). Această tendință este direct influențată de dispersia mare a valorilor rugozităților la vitezele de aşchiere de 570 m/min și 610 m/min ;
- de asemenea, s-a constatat o tendință crescătoare și a valorilor rugozității în raport cu creșterea vitezei de avans (fig. 3.16), la celelalte viteze de aşchiere 495 , 660 și 710 m/min , respectiv întregul interval de adâncimi de aşchiere 2 , $2,5$, 3 , $3,5$, 4 mm .

13. Din diagramele de dispersie ale valorilor R_a transversal, rezultă că:

- în funcție de viteza de aşchiere (fig. 3.17), dispersiile mari ale valorilor R_a transv, apar la vitezele de 570 m/min , respectiv 610 m/min și, sunt datorate în special texturii suprafeței, rezultate în urma frezării;
- odată cu creșterea adâncimii de aşchiere (fig. 3.18) și a avansului pe dinte (fig. 3.19), se mărește și dispersia valorilor măsurate ale R_a transv.

14. S-a folosit pentru interpretarea rezultatelor obținute în urma măsurătorilor, efectuate asupra abaterii medii aritmetice a profilului suprafeței, o analiză tridimensională. Prin această analiză s-a urmărit variația abaterii medii aritmetice a profilului suprafeței sub influența parametrilor de aşchiere. Constatările sunt prezentate în continuare:

15. În urma efectuării graficelor 3D care s-au realizat prin trasarea suprafețelor de răspuns, s-a obținut câte o ecuație a modelului regresional pentru fiecare grafic în parte, care poate fi utilizată pentru estimarea valorilor abaterii medii aritmetice, în întregul domeniu experimental.

Interpretarea rezultatelor experimentale în cazul graficelor 3D, s-a efectuat în contextul oferit de ecuația de regresie obținută.

Pentru R_a longitudinal

16. Influența vitezei de aşchiere și a adâncimii de aşchiere, asupra R_a long, se manifestă astfel:

- printr-o creștere destul de mare a rugozității, în intervalul de viteze de $495-570 \text{ m/min}$, pe tot intervalul de adâncimi de aşchiere;
- adâncimea de aşchiere nu are o influență atât de mare asupra rugozității la vitezele de aşchiere mici, în schimb, se modifică pentru vitezele mai mari de 570 m/min ;
- în cazul curbilor de nivel privind variația spațială a R_a long:
 - pentru vitezele de aşchiere de până la 570 m/min , adâncimile de aşchiere nu prezintă influențe asupra rugozității;

- pentru vitezele mai mari de 570 m/min, adâncimile de aşchiere cu valori până la 3 mm, nu influenţează rugozitatea, dar adâncimile cu valori peste 3 mm, la viteze de aşchiere mai mari, au o influenţă dând rugozităţi mai mari de 0,6 μm .

17. Influenţa vitezei de aşchiere şi a avansului pe dinte, asupra R_a long, se manifestă prin următoarele aspecte:

- vitezele de aşchiere de 570 şi 610 m/min, în combinaţie cu un avans pe dinte mic, prezintă un impact asupra valorilor rugozităţii măsurate, acestea crescând în tot câmpul experimental. Cauza acestor creşteri ale valorilor poate fi cauza vibraţiilor apărute în timpul procesului de aşchiere;
- în cazul curbilor de nivel constant, rezultă că valorile rugozităţilor sunt influenţate atât de viteza de aşchiere cât şi de viteza de avans, rugozitatea creşte odată cu creşterea valorilor acestor parametri;
- la viteze de avans mici, deşi încărcarea sculei este mare, efectul vibraţiilor, care influenţează calitatea suprafeţei, apare datorită rezonanţei sistemului;
- la viteze de avans mari, vibraţiile pot apărea şi datorită încărcării sculei;
- la avansul pe dinte de 0,08 – 0,11 mm/dinte, apare o uşoară stabilizare a sistemului, prin faptul că vibraţiile apărute nu influenţează atât de mult calitatea suprafeţei.

18. Influenţa adâncimii de aşchiere şi a avansului pe dinte, asupra R_a long, se manifestă prin obţinerea unor rugozităţi mici în urma prelucrărilor. Însă, la valori mai mari ale avansului pe dinte şi valori mici ale adâncimii de aşchiere, datorită influenţei vitezelor de aşchiere de 570 şi 610 m/min, există o tendinţă de creştere a valorilor rugozităţilor.

19. În consecinţă, parametrul cu influenţa cea mai mare asupra rugozităţii R_a long este viteza de aşchiere.

20. Dintre interacţiuni, viteza de aşchiere împreună cu avansul pe dinte, prezintă cea mai mare influenţă asupra calităţii suprafeţei.

Pentru R_a transversal

21. Influenţa vitezei de aşchiere şi a adâncimii de aşchiere, asupra R_a transv, se manifestă prin:

- creşterea rugozităţii în intervalul de viteze de 495-570 m/min, pe tot intervalul de adâncimi de aşchiere, dar mai ales la valorile mai mari ale acestui parametru;
 - adâncimea de aşchiere influenţează semnificativ calitatea suprafeţei la vitezele de aşchiere mai mari de 570 m/min;
 - în cazul curbilor de nivel, s-a constatat că, pentru vitezele de aşchiere de până la 570 m/min şi peste 660 m/min, adâncimile de aşchiere nu prezintă influenţe asupra rugozităţii;
 - pentru vitezele de 570 şi 610 m/min, adâncimile cu valori până la 3 mm, nu influenţează rugozitatea, dar adâncimile cu valori peste 3 mm, la vitezele de aşchiere din câmpul menţionat, au o influenţă mare, dând rugozităţi mai mari de 1 μm .
22. Influenţa vitezei de aşchiere şi a avansului pe dinte, asupra R_a transv, se manifestă astfel:
- vitezele de 570 şi 610 m/min în combinaţie cu un avans mic, prezintă un impact asupra valorilor rugozităţii măsurate, acestea crescând în tot câmpul experimental. Vibraţiile apărute în timpul procesului de aşchiere, pot fi cauza acestor creşteri ale valorilor;
 - curbele de nivel constant indică faptul că valorile abaterii medii aritmetice a profilului suprafeţei, sunt influenţate atât de viteza de aşchiere cât şi de avansul pe dinte, aceste valori cresc odată cu creşterea valorilor parametrilor de aşchiere menţionaţi;
 - la viteze de avans mici, deşi încărcarea sculei este mare, presupun că efectul vibraţiilor, influenţează calitatea suprafeţei şi apare datorită rezonanţei sistemului;
 - la viteze de avans mari, acest fenomen poate apărea şi datorită încărcării sculei.

23. Influenţa adâncimii de aşchiere şi a avansului pe dinte, asupra R_a transv, se manifestă astfel:

- adâncimea de aşchiere în raport cu viteza de avans influenţează abaterea medie aritmetică a profilului suprafeţei frezate, ducând la obţinerea unor rugozităţi mici;
- după analiza curbilor de nivel constat s-a constatat că valoarea rugozităţilor R_a transv, creşte odată cu creşterea adâncimii de aşchiere indiferent de valorile avansului pe dinte.

Constatări supra influenţelor individuale ale fiecărui parametru de aşchiere asupra abaterii medii aritmetice a profilului suprafeţei prelucrate

24. Parametrul cu influenţa cea mai mare asupra rugozităţii, este viteza de aşchiere. Odată cu creşterea vitezei de aşchiere, media valorilor R_a are o tendinţă crescătoare. La viteza de 570 m/min, odată cu creşterea adâncimii de aşchiere, la un avans mic pe dinte, în urma analizei comportamentului dinamic instantaneu al

sistemului mașină – unealtă – sculă – piesă, consider că trebuie studiat efectul vibrațiilor în acest context tehnologic, având în vedere că se obțin rugozități mari în urma prelucrării.

25. Variația adâncimii de așchiere nu produce o fluctuație mare a valorilor rugozităților, astfel nu prezintă influențe semnificative.

26. Creșterea valorii avansului pe dinte, nu influențează în mod semnificativ calitatea suprafeței, decât în situația vitezei de așchiere de 570 m/min (și un avans pe dinte mic), caz în care crește rugozitatea suprafeței.

27. După efectuarea analizei primare a datelor experimentale, s-a realizat analiza statistică a acestora, în urma căreia s-au constatat mai multe aspecte, prezentate mai jos:

28. Precizia impusă a măsurărilor a fost de 95%.

29. După aplicarea testului Romanovski – s-au identificat valorile afectate de erori aberante și s-au eliminat din eșantion, s-a repetat testarea pentru șirurile de date rămase până când toate valorile respectă condițiile impuse de test. Astfel, cele 150 de regimuri de așchiere, după cum verifică condițiile de testare, sunt grupate astfel:

- În cazul abaterii medii aritmetice a profilului suprafeței, măsurate longitudinal pe direcția mișcării de avans (tabelul 3.8):
 - șiruri cu 7 date – 49 regimuri de așchiere;
 - șiruri cu 6 date – 28 regimuri de așchiere;
 - șiruri cu 5 date – 31 regimuri de așchiere;
 - șiruri cu 4 date – 42 regimuri de așchiere.
- În cazul abaterii medii aritmetice a profilului suprafeței, măsurate transversal pe direcția mișcării de avans (tabelul 3.9):
 - șiruri cu 7 date – 60 regimuri de așchiere;
 - șiruri cu 6 date – 26 regimuri de așchiere;
 - șiruri cu 5 date – 21 regimuri de așchiere;
 - șiruri cu 4 date – 43 regimuri de așchiere.

30. În urma verificării caracterului aleatoriu al datelor experimentale, cu ajutorul testului Young, s-a constatat că toate valorile testate se încadrează în limitele critice impuse de test. Prin urmare, toate șirurile de date testate au un caracter aleatoriu, în ambele situații: atât în cazul abaterii medii aritmetice a profilului suprafeței măsurate longitudinal, cât și transversal, pe direcția mișcării de avans.

31. S-a verificat normalitatea distribuției datelor experimentale, cu ajutorul testului Shapiro-Wilk. S-a constatat că, după calcularea numărului statistic W, aferent fiecărui șir de date în parte și, raportarea acestuia la valoarea critică de referință, este îndeplinită condiția de normalitate privind distribuția datelor testate, corespunzătoare abaterii medii aritmetice a profilului suprafeței, măsurate atât longitudinal, cât și transversal pe direcția mișcării de avans.

32. Prin analiza statistică care s-a efectuat asupra datelor experimentale, s-a constatat faptul că, valorile obținute sunt valori reale ale procesului studiat. Această afirmație este susținută de concluziile precedente.

În baza concluziilor prezentate, se poate efectua următoarea etapă conform strategiei de cercetare, care presupune analiza de regresie a datelor experimentale, cu scopul de a identifica o relație cantitativă între parametrii procesului de așchiere studiați și abaterea medie aritmetică a profilului suprafeței R_a , care să descrie sistemul studiat în orice punct al domeniului experimental ales.

4.

MODELAREA MATEMATICĂ A RUGOZITĂȚII SUPRAFETEI PRIN ECUAȚII DE REGRESIE

4.1. INTRODUCERE ÎN MODELAREA MATEMATICĂ

În urma realizării analizei primare a datelor experimentale, conform strategiei de cercetare, următoarea etapă presupune efectuarea analizei de regresie.

Scopul acestui capitol este de a identifica pe baza analizei propuse, relațiile cantitative dintre parametrii procesului de aşchiere studiat (viteza de aşchiere, adâncimea de aşchiere și avansul pe dinte) și abaterea medie aritmetică a profilului suprafeței măsurată longitudinal, respectiv transversal pe direcția mișcării de avans, care să descrie sistemul studiat în orice punct al domeniului experimental ales. Coeficienții acestor ecuații reprezintă influența variabilelor asupra răspunsului urmărit.

Metoda aleasă în acest scop va fi metoda celor mai mici pătrate, datorită faptului că se urmărește determinarea cu maximum de precizie a valorilor constantelor pentru orice formă de ecuație, atribuindu-se ponderi egale sau neegale (după necesități), diferitelor date experimentale (Năsui et al., 2007).

După obținerea ecuației de regresie, este necesară evaluarea datelor experimentale aferente acesteia, pe baza analizei varianței ANOVA. Astfel, se va evalua gradul de potrivire al analizei regresionale și, respectiv, a modelului generat în urma analizei regresionale.

Analiza varianței este axată pe estimarea diferitelor tipuri de variabilitate a răspunsurilor și estimările făcute cu testul Fisher. Prin testul Fisher este testată semnificația coeficienților ecuației de regresie, prin compararea raportului a două varianțe. Acest test arată probabilitatea ca între ele să existe o diferență statistică sau nu (Țițu et al, 2011).

În orice situație rezultatele experimentale sunt asociate cu erori experimentale. Este foarte important să se știe precizia cu care au fost prezise valorile coeficienților nu numai valoarea absolută a acestora.

Însă, ținând cont de faptul că analiza ANOVA a ecuației de regresie se realizează doar în condițiile unei distribuții normale a datelor, pentru confirmarea acestui lucru, testarea normalității celor 7 seturi de date, se va efectua cu testul Kolmogorov-Smirnov. Acest test se pretează testării seturilor mari de date.

În final, după realizarea pașilor precedenți, se va determina abaterea medie aritmetică a profilului suprafeței R_a , pe baza modelului regresional propus și se va compara cu rezultatele experimentale.

4.2. ANALIZA DE REGRESIE

Analiza regresională este o metodă statistică de identificare a unor relații cantitative între variabilele independente (factori) și variabilele dependente (răspunsuri). Această metodă permite utilizarea datelor experimentale pentru calcularea coeficienților unei ecuații care descrie sistemul studiat în orice punct al domeniului experimental studiat (Țițu et al, 2011).

În privința cercetărilor proprii, s-a efectuat analiza regresională cu ajutorul metodei celor mai mici pătrate. Regresia prin metoda celor mai mici pătrate permite estimarea coeficienților ecuației polinomiale care descrie modelul prin minimizarea distanțelor pătratice dintre valoarea experimentală și valoarea calculată,

diferență numită rezidual. Cumularea acestor reziduale la pătrat pentru întreg experimentul se numește suma pătratelor reziduale (Țițu et al, 2011).

a) Analiza regresională aferentă R_a longitudinal

Practic, întreaga analiză are ca punct de pornire factorii studiați în cercetare și interacțiunile dintre aceștia. În tabelul 4.1 s-au prezentat valorile procentuale privind influențele factorilor: viteza de așchiere, adâncimea de așchiere și avansul pe dinte, precum și a interacțiunilor acestora asupra abaterii medii aritmetice a profilului suprafeței măsurate longitudinal pe direcția de frezare.

Tabelul 4.1

Prezentarea procentuală a influenței parametrilor de așchiere testați asupra rugozității R_a long

Sursa	Grade de libertate	Suma pătratelor	Contribuția procentuală
Model de regresie	7	199,482	86,12%
Viteza de așchiere A	1	194,322	83,89%
Adâncimea de așchiere B	1	0,040	0,02%
Avansul pe dinte C	1	1,157	0,50%
A x B	1	3,093	1,34%
A x C	1	0,316	0,16%
B x C	1	0,366	0,14%
A x B x C	1	0,188	0,08%
Eroare	827	32,156	13,88%
Eroare potrivire	143	18,735	8,09%
Eroare pură	684	13,421	5,79%
Total	834	231,638	100%

Gradele de libertate s-au calculat pentru fiecare factor/interacțiune în parte, conform metodei de calcul aplicate în cadrul metodei lui Taguchi. Astfel, având 3 factori: A, B, C, fiecăruia îi este asociat câte 1 grad de libertate. De asemenea, interacțiunilor de ordinul 2: A x B, A x C, B x C, cât și interacțiunii de ordinul 3: A x B x C, le sunt asociate fiecareia câte un grad de libertate. Prin urmare modelul de regresie cumulează un număr total de 7 grade de libertate.

S-a avut ca punct de pornire cele 1050 de valori aferente R_a long măsurate inițial. Din totalul datelor experimentale testate, s-au eliminat valorile afectate de erori aberante și, astfel a rămas un total de 834 de valori măsurate, care s-au folosit în continuare pentru determinarea ecuației de regresie.

Pentru a facilita desfășurarea calculelor necesare atingerii obiectivului propus, s-a utilizat aplicația statistică MINITAB 17. În această aplicație s-au introdus datele experimentale iar, în baza metodei de calcul predefinite de aceasta, s-a determinat suma pătratelor precum și distribuția procentuală aferentă fiecărui factor, respectiv interacțiune de factori, în parte.

Analizând tabelul 4.1, se pot observa ponderile aferente fiecărui factor în privința influenței exercitate asupra abaterii medii aritmetice a profilului suprafeței măsurate longitudinal pe direcția de frezare.

S-a constatat că, influența exercitată de adâncimea de așchiere B, are valoarea neglijabilă de 0,02%. La fel este și în cazul interacțiunii dintre factorii B – adâncimea de așchiere și C – avansul pe dinte, a cărei influență este resimțită într-un procent destul de mic, respectiv de 0,14%. Prin urmare, pentru determinarea ecuației de regresie s-au recalculat procentele de influență pentru ceilalți factori cu ajutorul aplicației MINITAB 17. În tabelul 4.2 s-a prezentat acest aspect. S-a constatat că erorile modelului, cumulează o pondere de 13,93% și, prin urmare, pentru a determina ecuația de regresie se vor lua în considerare parametrii indicați și interacțiunile dintre aceștia.

Tabelul 4.2

Prezentarea procentuală a influenței parametrilor de așchiere testați asupra rugozității R_a long

Sursa	Grade de libertate	Suma pătratelor	Contribuția procentuală
Model de regresie	5	199,38	86,07%
Viteza de așchiere A	1	194,322	83,89%
Avansul pe dinte C	1	1,194	0,52%
A x B	1	0,569	0,25%
A x C	1	2,795	1,21%
A x B x C	1	0,501	0,22%
Eroare	829	32,258	13,93%
Eroare potrivire	145	18,837	8,13%
Eroare pură	684	13,421	5,79%
Total	834	231,638	100%

Astfel, cu ajutorul aplicației MINITAB 17, și a procedurii de calcul predefinite în sistemul aplicației, s-au determinat coeficienții de regresie și, prin urmare, ecuația de regresie aferentă abaterii medii aritmetice a profilului suprafeței R_a long, are următoarea formă:

$$R_{a \text{ long}} = 0,000287 \cdot A - 5,808 \cdot C + 0,000196 \cdot A \cdot B + 0,01345 \cdot A \cdot C - 0,001582 \cdot A \cdot B \cdot C \quad (4.1)$$

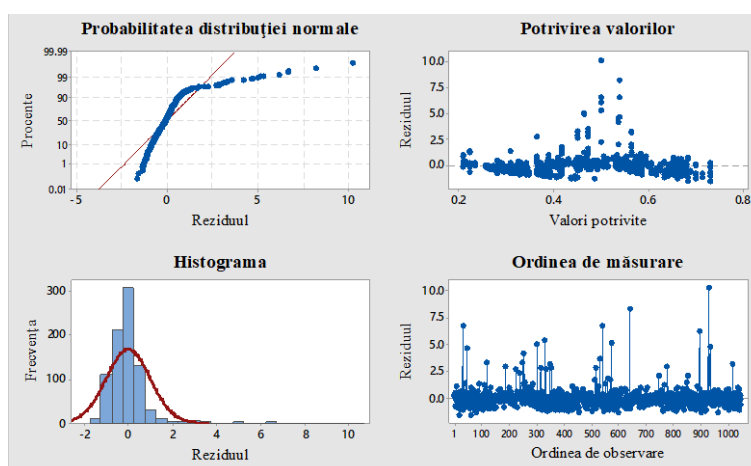


Fig. 4.1. Diagramele reziduale pentru ecuația de regresie.

În figura 4.1 s-au reprezentat diagramele reziduale aferente ecuației de regresie obținute. Urmărind probabilitatea distribuției normale s-a constatat că reziduurile nu aproximează o dreaptă, iar histograma de distribuție a reziduului, indică valori reziduale care depășesc curba de distribuție a lui Gauss.

Acest lucru se datorează salturilor înregistrate de valorile măsurate ale rugozității în cazul vitezelor de așchiere corespunzătoare mijlocului intervalului studiat, și anume 570 – 610 [m/min]. În privința diagramelor de potrivire a valorilor și a celei cu ordinea de măsurare a acestora, s-a constatat că reziduurile au o distribuție uniformă față de linia zero dar, în anumite situații, prezintă salturi mari de la o valoare la alta, care sunt datorate valorilor înregistrate la prelucrările în câmpurile de viteze de 570 – 610 [m/min].

b) Analiza regresională aferentă R_a transversal

Similar subpunctului precedent, s-a procedat și în cazul abaterii medii aritmetice a profilului suprafeței, măsurate transversal pe direcția mișcării de avans.

Prin urmare, tabelul 4.3 s-a realizat, pe baza rezultatelor obținute în urma efectuării calculelor gradelor de libertate, a sumei pătratelor precum și a distribuției procentuale aferente fiecărui factor/interacțiune de factori în parte.

Gradele de libertate s-au calculat pentru fiecare factor/interacțiune în parte, astfel: pentru cei 3 factori: A, B, C, fiecăruia i s-a asociat câte 1 grad de libertate, interacțiunilor de ordinul 2: A x B, A x C, B x C și interacțiunii de ordinul 3: A x B x C, i s-a asociat fiecăreia câte un grad de libertate. În final, modelul de regresie cumulează un număr total de 7 grade de libertate.

Pentru determinarea ecuației de regresie s-a ținut cont de numărul total de 853 de date, rămas în urma analizei, testării și eliminării erorilor aberante, din cele 1050 de valori măsurate inițial. Pentru reducerea duratei necesare efectuării calculelor în scopul propus, s-a folosit din nou, aplicația MINITAB 17, în care s-au introdus datele experimentale iar, în baza metodei de calcul predefinite de aceasta, s-a determinat suma pătratelor și distribuția procentuală aferentă fiecărui factor, respectiv interacțiune de factori, în parte.

Din tabelul 4.3, rezultă ponderile influenței exercitate de fiecare factor asupra abaterii medii aritmetice a profilului suprafeței măsurate transversal pe direcția mișcării de avans.

La fel ca și în cazul R_a long, parametrul de așchiere cu influența cea mai mare asupra rugozității suprafeței este viteza de așchiere care deține 39,11%. La polul opus este situat avansul pe dinte, a cărui influență asupra R_a transv, se rezumă la un procent de 0,62%.

Tabelul 4.3.

Prezentarea procentuală a influenței parametrilor de așchiere testați asupra rugozității R_a transv

Sursa	Grade de libertate	Suma pătratelor	Contribuția procentuală
Model de regresie	7	229,728	46,24%
Viteza de așchiere A	1	194,328	39,11%
Adâncimea de așchiere B	1	27,813	5,60%
Avansul pe dinte C	1	3,078	0,62%
A x B	1	3,598	0,72%
A x C	1	0,007	0,00%
B x C	1	0,063	0,01%
A x B x C	1	0,842	0,17%
Eroare	846	267,089	53,76%
Eroare potrivire	143	163,840	32,98%
Eroare pură	703	103,250	20,78%
Total	853	496,818	100%

Ecuația de regresie pentru rugozitatea suprafeței măsurată transversal pe direcția de frezare are următoarea formă (MINITAB 17):

$$R_{a\text{transv}} = -0,000416 \cdot A - 0,027 \cdot B - 12,23 \cdot C + 0,000502 \cdot A \cdot B + 0,0182 \cdot A \cdot C + 4,67 \cdot B \cdot C - 0,00767 \cdot A \cdot B \cdot C \quad (4.2)$$

În figura 4.2 s-au reprezentat diagramele reziduale aferente ecuației de regresie R_a transv obținute. Urmărind probabilitatea distribuției normale s-a constatat că reziduurile nu aproximează o dreaptă, iar histograma de distribuție a reziduului indică valori reziduale care depășesc curba de distribuție Gauss. În diagrama de potrivire a valorilor și a celei cu ordinea de măsurare a acestora s-a constatat că distribuția uniformă a reziduurilor față de linia zero nu prezintă o constantă. Toate acestea se datorează salturilor înregistrate de valorile măsurătorilor aferente prelucrărilor din câmpurile de viteze de 570 – 610 [m/min].

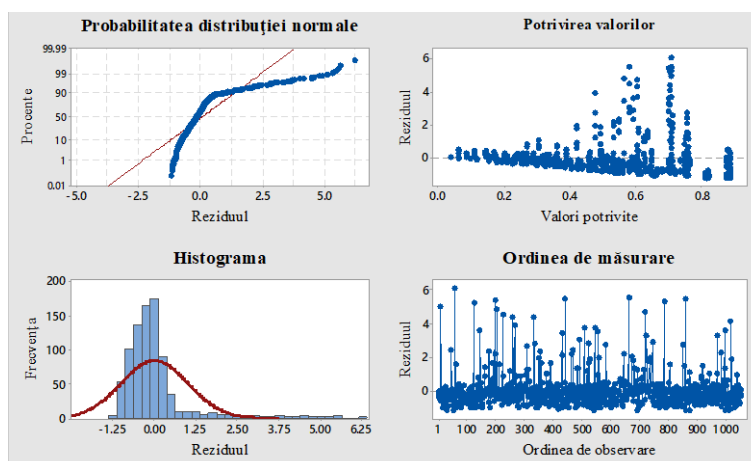


Fig. 4.2. Diagramele reziduale pentru ecuația de regresie.

În continuare voi efectua și voi prezenta studiul analizei varianței ANOVA, aferent fiecărei ecuații determinate dar, nu înainte de a testa normalitatea seturilor de date – condiție impusă de analiza în discuție.

4.3. TESTAREA NORMALITĂȚII SETURILOR DE DATE

Înainte de evaluarea datelor experimentale în baza analizei varianței ANOVA a ecuațiilor de regresie obținute, este necesară testarea normalității celor 7 seturi de date. Astfel, voi urmări dacă cele 7 blocuri din cadrul planului factorial complet prezintă o distribuție normală atât în cazul R_a longitudinal cât și în cazul R_a transversal.

Având în vedere că seturile de date obținute în urma eliminării erorilor aberante, conțin un număr cuprins între 90 și 136 de valori - în cazul rugozității măsurate longitudinal pe direcția de frezare și, un număr cuprins între 88 și 139 de valori - în cazul rugozității măsurate transversal pe direcția de frezare, este recomandată utilizarea testului Kolmogorov-Smirnov, deoarece acesta se pretează testării seturilor mari de date (Țițu et al., 2011).

Testul Kolmogorov-Smirnov este utilizat pentru a realiza estimarea normalității distribuției acolo unde se poate calcula media și abaterea medie pătratică (Țițu et al., 2011).

Acesta test se bazează pe o statistică calculată în mai multe etape, care este comparată cu o statistică teoretică. Testul Kolmogorov-Smirnov încearcă să determine dacă două baze de date diferă în mod semnificativ. Această metodă de testare este avantajoasă pentru că nu face nici un fel de presupuneri asupra distribuției datelor, adică este un test non-parametric (Țițu et al., 2011).

Metoda de verificare Kolmogorov-Smirnov - K, verifică concordanța dintre o repartiție teoretică - $F(x)$ (normala, binomiala, Poisson) și una experimentală - $Fe(x)$. Pașii acestei metode sunt (Țițu et al., 2011):

- Datele observate se grupează în intervale, (se determină numărul m de clase), în continuare se calculează valorile frecvențelor absolute a_i , respectiv valorile frecvențelor relative f_i , corespunzătoare;
- Se calculează valoarea mediei aritmetice M , utilizând relația:

$$M = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} \quad (4.3)$$

- Se calculează abaterea medie pătratică s , utilizând relația:

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n - 1}} \quad (4.4)$$

- Se calculează valorile funcției de repartiție experimentale, utilizând relația:

$$Fe(x_i) = \sum f_i \quad (4.5)$$

- Se aplica transformarea de variabilă, aplicând relația:

$$z = \frac{x - \bar{x}}{s} \quad (4.6)$$

- Cu valorile grupate pe intervale, se calculează diferența:

$$F_e(x_i) - F(x_i) \quad (4.7)$$

- Se determină valoarea maximă a diferenței:

$$d_e = \max |F_e(x_i) - F(x_i)| \quad (4.8)$$

Dacă se verifică condiția 4.9, atunci se acceptă ipoteza concordanței dintre repartiția teoretică și cea observată, rezultând că șirul de date are o distribuție normală. În caz contrar ipoteza se respinge.

$$d_e < \frac{k}{\sqrt{n}} \quad (4.9)$$

unde, k este o constantă ce depinde de pragul de semnificație dorit. Valorile lui k sunt date de tabelul 4.4 (Țițu et al., 2011).

În cercetările proprii nivelul de semnificație adoptat va fi de 0,95. În tabelele 4.5 și 4.6 s-a prezentat situația interpretării rezultatelor testării normalității pentru cele 7 eșantioane de date aferente rugozității Ra longitudinal, respectiv Ra transversal.

Tabelul 4.4

Valorile coeficientului k pentru calculul pragului teoretic al testului Kolmogorov-Smirnov
(Țițu et al., 2011)

Pragul de semnificație	Valoarea pragului p	Valoarea lui k
Semnificație	0,95	1,36
Înaltă semnificație	0,99	1,63
Foarte înaltă semnificație	0,999	1,95

Tabelul 4.5

Interpretarea rezultatelor testării normalității pentru cele 7 blocuri de date aferente Ra longitudinal

Nr. bloc de date	n	M	Deviația standard σ	d_e	$\frac{k}{\sqrt{n}} = \frac{1,36}{\sqrt{n}}$	$d_e < \frac{k}{\sqrt{n}}$	Distribuție normală
1	101	0,556	0,201	0,081	0,135	Da	Da
2	90	0,519	0,230	0,114	0,143	Da	Da
3	124	0,450	0,196	0,049	0,122	Da	Da
4	136	0,470	0,228	0,056	0,117	Da	Da
5	132	0,492	0,251	0,103	0,118	Da	Da
6	130	0,466	0,234	0,061	0,119	Da	Da
7	121	0,455	0,224	0,069	0,124	Da	Da

Pornind de la rezultatele obținute în tabelul 4.5, reiese că în urma aplicării testului Kolmogorov-Smirnov, toate cele șapte eșantioane de date aferente rugozității măsurate longitudinal pe direcția de mișcării de avans, au o distribuție normală. În figura 4.3 s-a prezentat acest aspect, prin compararea grafică a statisticii calculate cu statistica teoretică și s-a constatat că cele două statistici nu diferă în mod semnificativ.

Tabelul 4.6

Interpretarea rezultatelor testării normalității pentru cele 7 blocuri de date aferente Ra transversal

Nr. bloc de date	n	M	Deviația standard σ	d_e	$\frac{k}{\sqrt{n}} = \frac{1,36}{\sqrt{n}}$	$d_e < \frac{k}{\sqrt{n}}$	Distribuție normală
1	104	0,636	0,663	0,250	0,133	Nu	Nu
2	88	0,648	0,658	0,236	0,145	Nu	Nu
3	127	0,463	0,491	0,280	0,121	Nu	Nu
4	132	0,475	0,587	0,348	0,118	Nu	Nu
5	129	0,479	0,456	0,260	0,120	Nu	Nu
6	139	0,496	0,540	0,291	0,115	Nu	Nu
7	134	0,551	0,557	0,274	0,117	Nu	Nu

Similar, s-au prezentat în tabelul 4.6, rezultatele testării normalității datelor aferente celor 7 eșantioane ale rugozității măsurate transversal pe direcția mișcării de avans. Prin urmare, așa cum indică și valorile obținute în urma calculelor repartiției teoretice $F(x)$ și a celei experimentale $F_e(x)$, s-a constatat că, eșantioanele de date aferente rugozității R_a transversal, nu îndeplinesc legea de distribuție Gauss-Laplace. Calculele detaliate aferente testelor Kolmogorov-Smirnov, se găsesc în anexa 6.

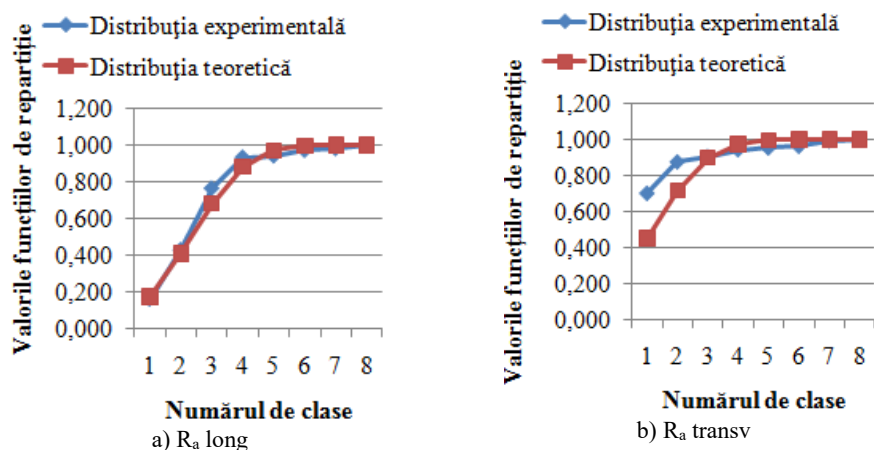


Fig. 4.3. Eșantionul de date nr. 1 - Compararea statisticii distribuției experimentale cu statistica distribuției teoretice pentru a) R_a long și b) R_a transv.

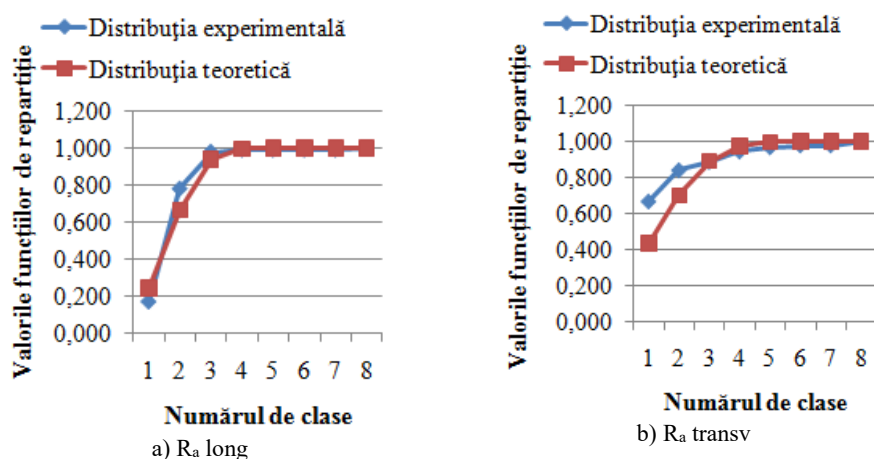


Fig. 4.4. Eșantionul de date nr. 2 - Compararea statisticii distribuției experimentale cu statistica distribuției teoretice pentru a) R_a long și b) R_a transv.

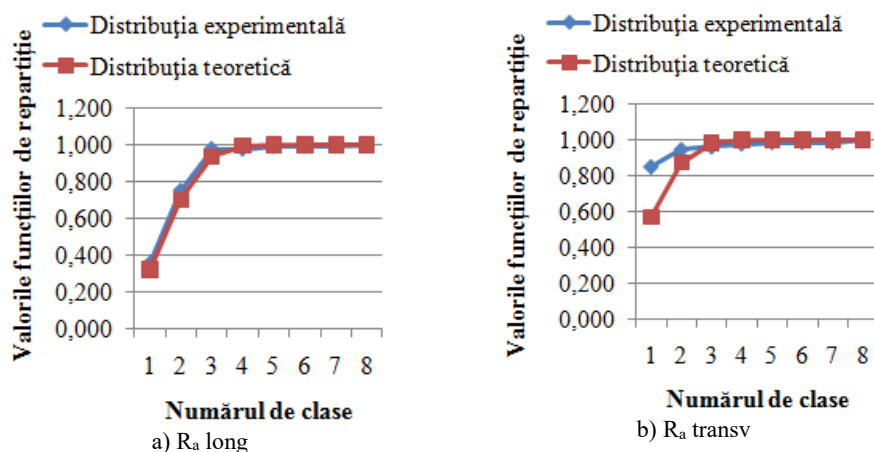


Fig. 4.5. Eșantionul de date nr. 3 - Compararea statisticii distribuției experimentale cu statistica distribuției teoretice pentru a) R_a long și b) R_a transv.

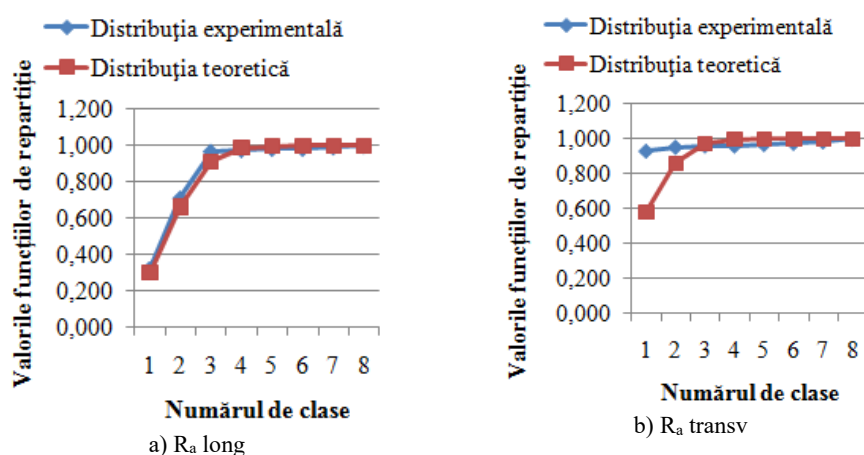


Fig. 4.6. Eșantionul de date nr. 4 - Compararea statisticii distribuției experimentale cu statistica distribuției teoretice pentru a) R_a long și b) R_a transv

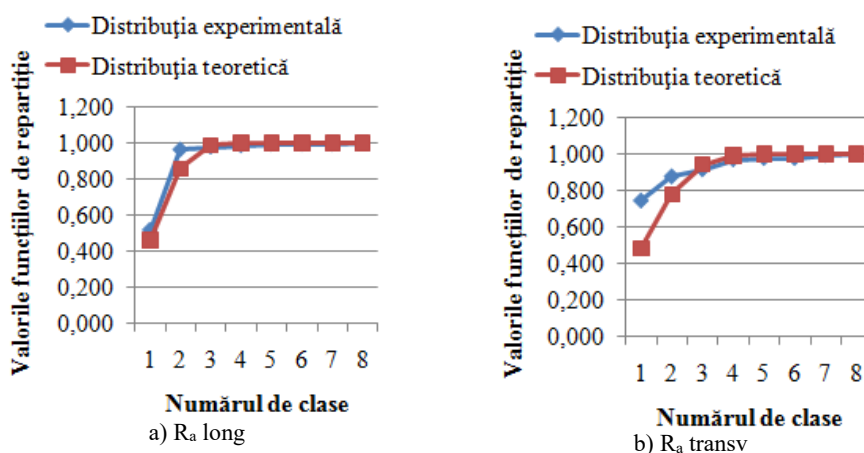


Fig. 4.7. Eșantionul de date nr. 5 - Compararea statisticii distribuției experimentale cu statistica distribuției teoretice pentru a) R_a long și b) R_a transv.

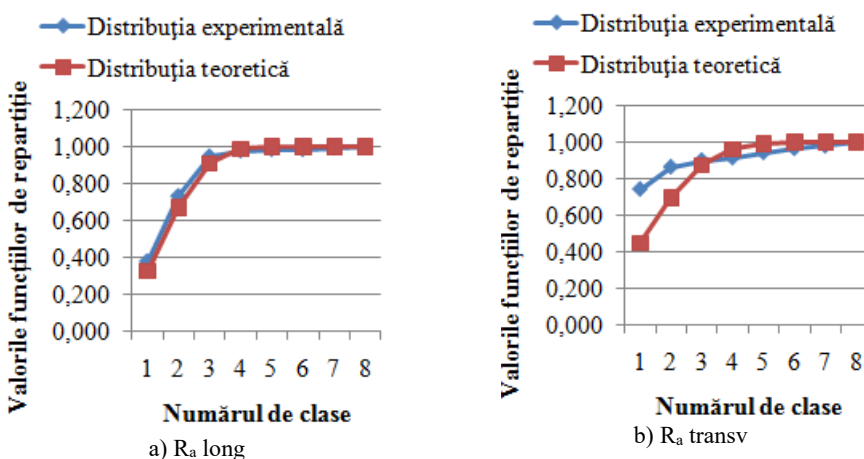


Fig. 4.8. Eșantionul de date nr. 6 - Compararea statisticii distribuției experimentale cu statistica distribuției teoretice pentru a) R_a long și b) R_a transv

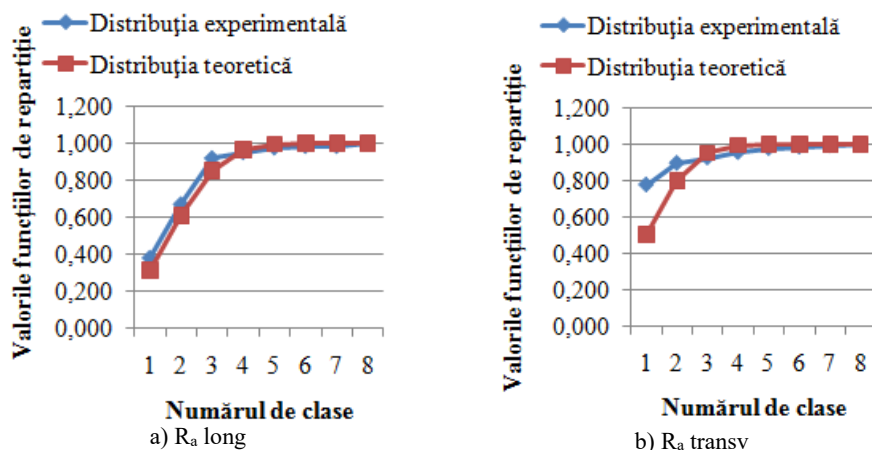


Fig. 4.9. Eșantionul de date nr. 7 - Compararea statisticii distribuției experimentale cu statistica distribuției teoretice pentru a) R_a long și b) R_a transv.

În figurile de la 4.3 la 4.9 s-a evidențiat pe eșantioanele de date, de la 1 la 7, compararea statisticii distribuției experimentale cu statistica distribuției teoretice pentru abaterea medie aritmetică a profilului suprafeței, măsurate longitudinal (a) și transversal (b) pe direcția mișcării de avans.

Reprezentările grafice aferente figurilor menționate, confirmă diferența semnificativă dintre cele două baze de date, aferente statisticilor calculate și celei teoretice din cazul R_a transversal. Prin urmare, având în vedere aceste rezultate obținute, se pune problema valabilității ecuației de regresie în cazul R_a transversal. De asemenea, se ridică și întrebarea dacă acest model al ecuației de regresie este acceptabil și se propune o analiză a formei rugozității.

În urma testării normalității distribuției datelor cu ajutorul testului Kolmogorov-Smirnov, se va efectua analiza varianței ANOVA, pentru studiul ecuațiilor de regresie propuse în cazul abaterii medii aritmetice a profilului suprafeței.

4.4. ANALIZA VARIANȚEI (ANOVA) A ECUAȚIEI DE REGRESIE

Tehnica cunoscută sub numele de analiza varianței (ANOVA) utilizează teste bazate pe raportul varianței, pentru a determina dacă există sau nu diferențe semnificative între mediile mai multor grupe de date, dacă fiecare grup de date prezintă o distribuție normală.

Tehnica a fost inițial dezvoltată și folosită de R.A. Fisher și colegii lui în Anglia la începutul anilor 1920. Fisher spune despre analiza ANOVA, că „este o tehnică ieftină și convenabilă pentru înțelegerea asimetriei” (Țițu et al, 2011).

Analiza varianței este un instrument de bază, folosit pentru evaluarea gradului de potrivire al unei analize regresionale și, respectiv, a modelului generat în urma analizei regresionale. ANOVA se concentrează pe estimarea diferitelor tipuri de variabilitate a răspunsurilor și estimările făcute cu F-test (Țițu et al, 2011).

Pentru a putea folosi testul ANOVA în evaluarea calității potrivirii, este necesară repetarea cel puțin o dată a experimentului din centrul domeniului experimental. În cadrul cercetărilor proprii, s-a făcut o repetare a tuturor experimentelor de șapte ori. În aceste condiții, cu ajutorul testului ANOVA este posibilă împărțirea varianței totale a unui răspuns în două, una datorată modelului de regresie și una datorată reziduiului. În cazul în care există date experimentale/ de la experimente repetate în aceleași condiții, varianța reziduiului poate fi împărțită în varianța legată de eroarea modelului și varianța legată de eroarea de replicare (Țițu et al, 2011).

Așadar, prima etapă a metodei, pornește de la premisa că modelul planului experimental, a fost bine ales. Ulterior, se testează acest lucru și se evaluează dacă modelul și parametrii estimați, sunt diferiți semnificativ de datele experimentale obținute. După calcularea coeficienților modelului, se evaluează dacă au fost bine calculați și dacă devierea valorii răspunsurilor obținute față de valoarea răspunsurilor prezise, se datorează unei variații aleatorii sau datorită influenței unor factori necontrolați.

Prin urmare, metoda de calcul pornește de la definirea sumei totale a pătratelor SS_{total} ca fiind suma pătratelor diferențelor față de valoarea medie (Țițu et al, 2011):

$$SS_{TOTAL} = \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2 \quad (4.10)$$

în care:

- n – reprezintă numărul de determinări experimentale;
- y_i – valorile experimentale obținute;
- $\bar{y}$ – valoarea medie a rezultatelor experimentale obținute.

În aceste condiții, dacă sunt N experimente și o valoare medie pentru fiecare parametru, se pierde din gradele de libertate. Astfel, suma pătratelor este asociată cu $N-1$ grade de libertate.

Această sumă a pătratelor deviate față de medie este apoi împărțită în două părți: SS_{REGR} și SS_{RESID} . La rândul lor, aceste sume pot fi din nou împărțite (Țițu et al, 2011).

Cu alte cuvinte, suma totală a pătratelor SS_{TOTAL} cuprinde suma pătratelor regresiei SS_{REGR} (- partea variației răspunsului în domeniul experimental care poate fi explicată de model) și suma pătratelor rezidului SS_{RESID} (deviația experimentului față de modelul evaluat). Acestea din urmă, la rândul lor sunt definite prin relațiile următoare (Țițu et al, 2011):

$$SS_{RESID} = \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2 \quad (4.11)$$

în care:

- y_i – valorile experimentale obținute;
- $\hat{y}_i$ – valoarea teoretică prezisă.

$$SS_{REGR} = SS_{TOTAL} - SS_{RESID} \quad (4.12)$$

Sumei pătratelor regresiei i se asociază gradul de libertate v_1 care se calculează cu:

$$v_1 = p - 1 \quad (4.13)$$

în care, p reprezintă numărul de coeficienți din model. În cazul de față p este egal cu 6 și există 5 grade de libertate.

Numărul de grade de libertate ale rezidului v_2 se calculează cu:

$$v_2 = N - p \quad (4.14)$$

în care N este numărul de determinări experimentale și este egal cu 834 în situația R_a longitudinal (și 853 pentru R_a transversal). Deci $v_2=829$ conform tabelului 5.7 (respectiv $v_2=848$ – tabelul 4.8).

4.4.1. Testarea Semnificației (Testul Fisher F)

Următorul pas în realizarea analizei ANOVA, presupune ca valorile absolute ale acestei varianțe estimate, să fie comparate cu ajutorul testului F (Țițu et al, 2011).

Testul F compară raportul a două varianțe și arată probabilitatea ca între ele să existe o diferență statistică sau nu.

În prima etapă, cu ajutorul testului F, se compară varianța rezultatelor modelate, cu varianța rezultatelor nemodelate și, se consideră satisfăcător dacă nivelul de încredere p este mai mic de 0,05.

În a doua etapă, se compară modelul cu eroarea de replicare și, rezultatele se consideră satisfăcătoare, dacă nivelul de încredere p este mai mare de 0,05 (Țițu et al, 2011).

Fiecare sumă de pătrate poate fi împărțită la numărul de grade de libertate pentru a obține media pătratelor (MS) (Țițu et al, 2011). Se poate calcula media pătratelor rezidului MS_{RESID} , și media pătratelor regresiei MS_{REGR} :

$$MS_{REGR} = \frac{SS_{REGR}}{(p - 1)} = (s_1)^2 \quad (4.15)$$

$$MS_{RESID} = \frac{SS_{RESID}}{(N - p)} = (s_2)^2 \quad (4.16)$$

în care:

- s_1 reprezintă deviația standard a regresiei;
 - s_2 reprezintă deviația standard a reziduului.
- Suma pătratelor erorii pure, este dată de (Țîțu et al, 2011):

$$SS_{ERR} = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^{r_i} (y_{ij} - \bar{y}_{ij})^2 \quad (4.17)$$

în care:

- n este numărul de puncte experimentale din domeniul experimental (numărul de experimente dintr-un bloc);
- r numărul de determinări a experimentelor în fiecare punct experimental;
- y_{ij} – rezultatul experimentului j din punctul experimental i ;
- $\bar{y}_{ij}$ – media rezultatelor experimentale din punctul experimental i .

Sumei pătratelor erorii pure i se asociază v_3 grade de libertate, calculate cu relația (Țîțu et al, 2011):

$$v_3 = \sum_{i=1}^n (r_i - 1) \quad (4.18)$$

Media pătratelor erorii pure se obține cu (Țîțu et al, 2011):

$$MS_{ERR} = \frac{SS_{ERR}}{v_3} = (s_3)^2 \quad (4.19)$$

- unde s_3 reprezintă deviația standard a erorii pure.

Suma pătratelor erorii de potrivire, reprezintă diferența dintre suma pătratelor reziduului și suma pătratelor erorii pure (Țîțu et al, 2011):

$$SS_{EDF} = SS_{RESID} - SS_{ERR} \quad (4.20)$$

Sumei pătratelor erorii de potrivire i se asociază gradul de libertate v_4 , care se calculează cu (Țîțu et al, 2011):

$$v_4 = v_2 - v_3 \quad (4.21)$$

Media pătratelor erorii de potrivire se calculează cu relația (Țîțu et al, 2011):

$$MS_{EDF} = \frac{SS_{EDF}}{v_4} = (s_4)^2 \quad (4.22)$$

- unde s_4 reprezintă deviația standard a erorii de potrivire.

Semnificația reprezintă probabilitatea (între 0 și 1) cu care raportul mediei pătratelor este mai mare decât valoarea teoretică a testului Fisher F (Țîțu et al, 2011).

Testul Fisher permite compararea varianței estimate a erorii de potrivire (s_4) cu varianța estimată a erorii pure (s_3) a modelului. Se calculează cu:

$$F = \frac{MS_{EDF}}{MS_{ERR}} \quad (4.23)$$

Din tabelele aferente anexei 7, valoarea teoretică a lui F corespunzătoare unui interval de încredere de 95%, pentru gradele de libertate de la condițiile experimentale, are valoarea $F_{0,05, 145, 834} = 1,222$.

Totodată, testul Fisher se poate utiliza și spre compararea varianței de regresie (s_1) cu varianța reziduului (s_2) cu ajutorul formulei (Țîțu et al, 2011):

$$F = \frac{MS_{regr}}{MS_{rezid}} \quad (4.24)$$

Similar se procedează spre calcularea testului Fisher pentru compararea varianței fiecărui factor și interacțiunii dintre factori cu varianța reziduului.

Termenii analizei ANOVA determinați în baza formulelor prezentate pot fi centralizați sub formă tabelară (tabelele 4.7 și 4.8).

Tabelul 4.7

Analiza ANOVA pentru ecuația de regresie Ra long							
Sursa	Gl	Suma pătratelor SS	Contribuția %	Media pătratelor MS	F calculat	F tabelar	Deviația standard s
Model de regresie	5	199,38	86,07%	39,876	1025,09	(F _{0.05, 5, 834}) 2,225	6,315
A	1	194,322	83,89%	0,197	5,054	(F _{0.05, 1, 834}) 3,853	
C	1	1,194	0,52%	3,685	94,717	(F _{0.05, 1, 834}) 3,853	
A x B	1	0,569	0,25%	0,873	22,429	(F _{0.05, 1, 834}) 3,853	
A x C	1	2,795	1,21%	2,528	64,997	(F _{0.05, 1, 834}) 3,853	
A x B x C	1	0,501	0,22%	0,501	12,871	(F _{0.05, 1, 834}) 3,853	
Reziduu	829	32,258	13,93%	0,039			0,197
Eroare de potrivire a modelului	145	18,837	8,13%	0,130	6,628	(F _{0.05, 145, 834}) 1,222	0,360
Eroarea pură de replicare	684	13,421	5,79%	0,020			0,140
Total	834	231,638	100%	39,915			7,012

Având în vedere că valoarea calculată a lui F este mai mare decât valoarea tabelară a lui F (Fcalculat > Ftabelar), în situația aferentă R_a longitudinal și tot timpul mai mare decât 1, se poate considera că relația dintre modificarea nivelului variabilelor și răspunsurile obținute este statistic semnificativă.

Prin urmare, modelul matematic este acceptabil și se permite descrierea evoluției fenomenului studiat în domeniul experimental ales, existând o puternică corelație între factorii studiați și răspunsuri și, prin urmare, între ecuația de regresie propusă și datele experimentale obținute.

În privința analizei ANOVA a ecuației de regresie Ra transversal, rezultatele nu sunt similare cazului precedent. În această situație, valoarea calculată a lui F este mai mică decât valoarea tabelară a lui F (Fcalculat < Ftabelar), și nu este mai mare în toate situațiile decât 1.

Această constatare întărește concluzia reieșită în urma testării datelor în baza testului Kolmogorov-Smirnov, aceea că nu există normalitate în distribuția datelor aferente ecuației de regresie pentru R_a transversal.

Tabelul 4.8

Analiza ANOVA pentru ecuația de regresie Ra transv							
Sursa	Gl	Suma pătratelor SS	Contribuția %	Media pătratelor MS	F calculat	F tabelar	Deviația standard s
Model de regresie	7	229,728	46,24%	32,818	103,954	(F _{0.05, 7, 853}) 2,020	5,729
A	1	194,328	39,11%	0,408	1,293	(F _{0.05, 1, 853}) 3,853	
B	1	27,813	5,60%	0,012	0,039	(F _{0.05, 1, 853}) 3,853	
C	1	3,078	0,62%	0,879	2,783	(F _{0.05, 1, 853}) 3,853	
A x B	1	3,598	0,72%	1,232	3,903	(F _{0.05, 1, 853}) 3,853	
A x C	1	0,007	0,00%	0,651	2,063	(F _{0.05, 1, 853}) 3,853	
B x C	1	0,063	0,01%	0,904	2,864	(F _{0.05, 1, 853}) 3,853	
A x B x C	1	0,842	0,17%	0,842	2,666	(F _{0.05, 1, 853}) 3,853	
Reziduu	846	267,089	53,76%	0,316			0,562

Sursa	GI	Suma pătratelor SS	Contribuția %	Media pătratelor MS	F calculat	F tabelar	Deviația standard s
Eroare de potrivire a modelului	143	163,840	32,98%	1,146	7,799	(F _{0,05, 143, 853}) 1,223	1,070
Eroarea pură de replicare	703	103,250	20,78%	0,147			0,383
Total	853	496,818	100%	33,134			7,744

Având în vedere că datele aferente R_a transversal nu au o distribuție normală, pentru rezolvarea acestui impediment, propun ca direcție de cercetare ulterioară, împărțirea planului experimental în alte trei planuri aferente câmpurilor de viteze: 495-510 m/min, 570-610 m/min și 660-710 m/min, cu scopul de a controla variațiile datelor obținute în urma măsurărilor.,

În acest fel, ar rezulta câte o ecuație de regresie aferentă fiecărui plan experimental impus. Pentru realizarea acestei direcții de cercetare, este necesară reluarea tuturor pașilor efectuați în cadrul capitolelor cercetării curente.

4.4.2. Analiza statistică a coeficienților

a) Varianța

Când trebuie să se examineze varianța unui plan experimental, semnificația statistică a fiecărui coeficient poate fi calculată cu (Țîțu et al, 2011):

$$s_{bi} = c_{ij} \cdot s^2 \quad (4.25)$$

unde:

- c_{ij} reprezintă elementul din linia i și coloana j al matricei dispersiei;
- s este deviația standard sau eroarea standard a coeficienților;
- s_{bi} este varianța elementului b_i .

Cu ajutorul aplicației MINITAB 17 s-a calculat deviația standard aferentă fiecărui coeficient al ecuației de regresie, rezultatele fiind centralizate în tabelul 4.11.

b) Semnificația

Semnificația fiecărui coeficient poate fi calculată cu ajutorul testului Student t , luând în considerare că varianța planului are $\nu = 684$ (R_a long), respectiv 703 grade de libertate (R_a transv), gradele de libertate aferente erorii de replicare.

Pentru evaluarea semnificației se calculează $t_{calculat}$ (Țîțu et al, 2011):

$$t_{calculat} = \frac{b_i}{s_{bi}} \quad (4.26)$$

Prin compararea valorii lui $t_{calculat}$ cu valoarea lui $t_{teoretic}$, care la rândul lui se calculează cu ajutorul funcției „TINV” din aplicația Microsoft Excel, se poate evalua semnificația încrederii în rezultatele obținute cu un anumit grad de certitudine funcție de nivelul de încredere stabilit, în cercetările proprii $\alpha=0,05$.

S-a efectuat și justificat alegerea acestui nivel de încredere, în cadrul capitolului precedent, în care, cu argumentările aferente, s-a considerat satisfăcătoare situația încadrării în nivelul de 95% (cu $\alpha=0,05$), fiindcă nivelurile de încredere de 98% și cel de 99% sunt folosite pentru etalonări.

c) Intervalul de încredere

La un nivel de încredere stabilit la 95% ($\alpha=0,05$), intervalul de încredere individual pentru fiecare coeficient al ecuației de regresie, se calculează cu relația (Țîțu et al, 2011):

$$b_i - t_{\alpha/2, \nu} \cdot s_{bi} \leq b_i \leq b_i + t_{\alpha/2, \nu} \cdot s_{bi} \quad (4.27)$$

Prin urmare, în baza metodei de calcul prezentată, s-au completat folosind aplicația MINITAB 17 tabelele 4.9 și 4.10, privind analiza statistică a coeficienților ecuațiilor de regresie pentru rugozitatea suprafeței.

Tabelul 4.9

Analiza statistică a coeficienților ecuației de regresie R_a long

Coeficient	Valoare coeficient b	Deviația standard s	t_{calculat}	$t_{\text{teoretic}} \alpha=0.05$	Interval de încredere 95%	
					Limita inferioara	Limita superioara
Viteza de aşchiere A	0,000287	0,0001	2,2598	1,127	0,00004	0,0005
Avansul pe dinte C	-5,808	0,5970	-9,7286	1,127	-6,9800	-4,6370
AB	0,000196	0,0000	4,7805	1,127	0,0001	0,0003
AC	0,01345	0,0017	8,0539	1,127	0,0102	0,0167
ABC	-0,001582	0,0004	-3,5873	1,127	-0,0024	-0,0007

Semnificația încrederii în rezultatele obținute pentru coeficienții lui A, C și pentru coeficienții interacțiunilor AB, AC și ABC este de 85,92% în cazul ecuației de regresie aferentă R_a longitudinal. Acest procent nu are o valoare mai mare, datorită distribuției valorilor datelor înregistrate la prelucrările în câmpurile de viteze de 570 – 610 [m/min].

Tabelul 4.10

Analiza statistică a coeficienților ecuației de regresie R_a transv

Coeficient	Valoare coeficient b	Deviația standard s	t_{calculat}	$t_{\text{teoretic}} \alpha=0.05$	Interval de încredere 95%	
					Limita inferioara	Limita superioara
Viteza de aşchiere A	-0,000416	0,0004	-1,137	1,125	-0,001	0,000
Adâncimea de aşchiere B	-0,027	0,138	-0,196	1,125	-0,298	0,243
Avansul pe dinte C	-12,23	7,330	-1,668	1,125	-26,620	2,160
AB	0,000502	0,0003	1,976	1,125	0,000	0,001
AC	0,0182	0,013	1,433	1,125	-0,007	0,043
BC	4,67	2,760	1,692	1,125	-0,750	10,090
ABC	-0,00767	0,005	-1,632	1,125	-0,017	0,002

Semnificația încrederii în rezultatele obținute pentru coeficienții lui A, B, C și pentru coeficienții interacțiunilor AB, AC, BC și ABC este de 45,53% în cazul ecuației de regresie aferentă R_a transversal. Justificarea valorii mici a acestui procentaj constă în tipul distribuției datelor eşantioanelor testate care nu este una normală. Acest lucru reiese și din diagramele reziduale aferente ecuației de regresie pentru R_a transversal (fig. 4.2).

Cu alte cuvinte, în această situație ecuația de regresie, nu aproximează domeniul experimental decât într-un procent redus, aspect argumentat în paragraful următor.

d) Evaluarea gradului de potrivire a ecuației de regresie

Parametrii statistici care evaluează gradul de potrivire al modelului regresional ales sunt R^2 și Q^2 .

Cu cât valorile aferente lui R^2 și lui Q^2 sunt mai apropiate de 1, cu atât potrivirea datelor experimentale are loc mai bine cu modelul ales, iar capacitatea de prevedere a planului experimental este mai bună (Țîțu et al, 2011).

R^2 este coeficientul regresiei multiple (sau coeficientul de determinare) și reprezintă variația răspunsului care poate fi explicată de model. Ia valori între 0 și 1:

- 0 înseamnă că datele experimentale nu se potrivesc deloc cu modelul regresional ales;
- 1 reprezintă un model perfect.

Formula de calcul este următoarea (Țîțu et al, 2011):

$$R^2 = \frac{SS_{TOTAL} - SS_{RESID}}{SS_{TOTAL}} \quad (4.28)$$

În cercetările proprii:

- $R^2=0,8607$ (86,07%) în cazul R_a longitudinal;
- $R^2=0,4624$ (46,24%) pentru R_a transversal.

Însă, parametrul care redă mult mai fidel calitatea potrivirii și validitatea ecuației de regresie este Q^2 .

Acest parametru indică capacitatea de predicție a modelului și reprezintă variația răspunsurilor care pot fi prevăzute de model. Este un parametru mult mai uzual și realist într-un proces de optimizare, pentru că permite evaluarea capacității de prezicere a planului experimental, în orice punct al domeniului experimental. Q^2 poate lua valori între $-\infty$ și 1:

- cu cât valoarea rezultată este mai apropiată de 1, cu atât modelul este mai bun;
- valorile negative înseamnă un model foarte prost, un model invalid fără nici o capacitate de prevedere.

Se calculează cu formula:

$$Q^2 = \frac{SS_{TOTAL} - PRESS}{SS_{TOTAL}} \quad (5.29)$$

- unde PRESS (prediction sum of square) reprezintă suma pătratelor rezidualelor răspunsurilor prezise și se calculează cu formula:

$$PRESS = \sum_i \frac{(y_i - \bar{y}_i)^2}{(1 - h_i)^2} \quad (5.30)$$

unde:

- y_i este valoarea măsurată;
- $\bar{y}_i$ este valoarea prezisă de ecuația de regresie;
- h_i este diferența dintre valoarea obținută pentru poziția i și valoarea medie obținută pentru restul de poziții (mai puțin poziția i).

În situația de față pentru:

- R_a longitudinal $PRESS = 32,616$ și $Q^2=0,8591$ (85,91%);
- R_a transversal $PRESS = 270,619$ și $Q^2=0,4552$ (45,52%).

În cazul analizei planului experimental, pentru ca modelul regresional să treacă acest test, valorile R^2 și Q^2 trebuie să fie cât mai apropiate de 1 și este de preferat ca diferența dintre cei doi parametri să nu fie mai mare de $0,2 \div 0,3$ (Țîțu et al, 2011). În cazul de față această condiție este satisfăcută.

Având în vedere că cercetările proprii verifică ambele condiții menționate mai sus, reiese concluzia că ecuația de regresie R_a longitudinal prezice planul experimental ales, în orice punct al domeniului experimental, cu un grad de probabilitate de 85,91%, iar ecuația de regresie R_a transversal cu gradul de probabilitate de 45,52%.

4.5. VALIDAREA MODELULUI: COMPARAREA REZULTATELOR MODELULUI CU DATELE EXPERIMENTALE

Odată cu determinarea ecuației de regresie pentru abaterea medie aritmetică a profilului suprafeței, au fost parcurse majoritatea etapelor propuse în strategia cercetării. Datele experimentale, generate în urma realizării planului experimental, au fost analizate și evaluate.

Ultimul pas care trebuie îndeplinit pentru a fi completă această cercetare, constă în prezicerea rezultatelor în orice punct al domeniului experimental, în baza modelului regresional obținut. Concret, se vor determina abaterile medii aritmetice ale profilului suprafeței R_a longitudinal, respectiv R_a transversal, folosind ecuațiile de regresie obținute.

Detalierea calculelor aferente numărului total de măsurători R_a longitudinal și R_a transversal, se poate analiza consultând anexa 8. O scurtă prezentare a acestora se găsește în tabelele 4.11 – pentru R_a longitudinal și 4.12 – pentru R_a transversal.

Tabelul 4.11

Corelarea ecuației de regresie R_a long cu rezultatele experimentale

Nr. Exp.	Regim de așchiere			Ra long experimental	Ra long calculat	Eroare
	Viteza de așchiere	Adâncimea de așchiere	Avansul pe dinte			
1	495	2	0,04	0,235	0,307448	31%
2	495	2	0,06	0,254	0,293119	16%
3	495	2	0,08	0,206	0,278791	35%
4	495	2	0,11	0,233	0,257298	11%
5	495	2	0,14	0,250	0,235805	6%
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
147	710	4	0,06	0,528	0,715327	35%
148	710	4	0,08	0,571	0,7003	23%
149	710	4	0,11	0,595	0,677758	14%
150	710	4	0,14	0,659	0,655217	1%

Tabelul 4.12

Corelarea ecuației de regresie R_a transv cu rezultatele experimentale

Nr. Exp.	Regim de așchiere			Ra long experimental	Ra long calculat	Eroare
	Viteza de așchiere	Adâncimea de așchiere	Avansul pe dinte			
1	495	2	0,04	0,120	0,178	48,41%
2	495	2	0,06	0,139	0,149	6,75%
3	495	2	0,08	0,173	0,119	30,95%
4	495	2	0,11	0,135	0,075	44,32%
5	495	2	0,14	0,120	0,031	74,34%
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
147	710	4	0,06	0,730	0,878	20,28%
148	710	4	0,08	0,756	0,829	9,69%
149	710	4	0,11	0,974	0,757	22,23%
150	710	4	0,14	0,607	0,685	12,79%

Pornind de la aceste calcule, s-au efectuat reprezentările grafice comparative între măsurătorile determinate experimental și valorile calculate cu ajutorul ecuației de regresie.

Graficul comparativ pentru situația abaterii medii aritmetice a profilului suprafeței, măsurate longitudinal pe direcția mișcării de avans, este prezentat în figura 4.10, iar cea măsurată transversal pe direcția mișcării de avans, este prezentat în figura 4.11.

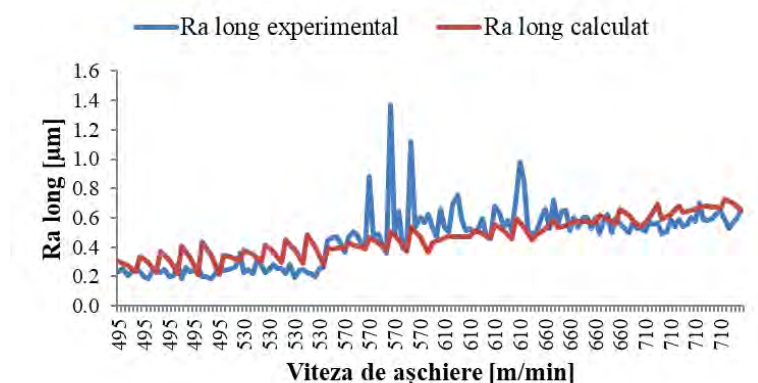


Fig. 4.10. Reprezentarea grafică a rugozității R_a long măsurate experimental, comparate cu valorile calculate ale acestora în baza ecuației de regresie.

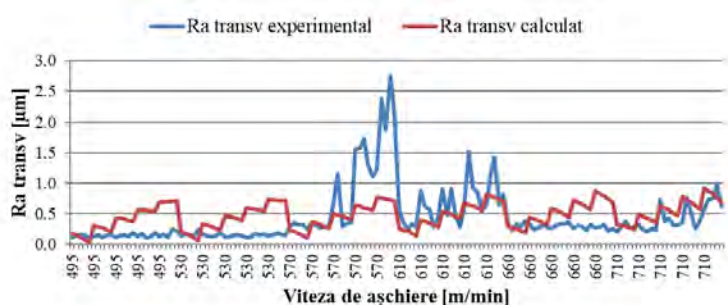


Fig. 4.11. Reprezentarea grafică a rugozității R_a transv măsurate experimental, comparate cu valorile calculate ale acestora în baza ecuației de regresie.

În cele două grafice, s-au prezentat evoluțiile valorilor R_a long, respectiv R_a transv, în funcție de viteza de așchiere. S-a ales raportarea la acest parametru de proces, fiindcă viteza de așchiere are influența cea mai mare asupra abaterii medii aritmetice a profilului suprafeței. Viteza de așchiere deține un procent de influență de 83,89% - conform tabelului 4.2 - în cazul R_a long, respectiv 39,11% - conform tabelului 4.3 - în cazul R_a transv.

În urma analizei celor două grafice, s-au constatat mai multe aspecte pe care le prezint în cele ce urmează.

a) Referitor la abaterile medii aritmetice a profilului suprafeței R_a longitudinal, calculate în baza ecuației de regresie, acestea aproximează valorile experimentale, cu o eroare medie totală de 21%.

Defalcăt pe intervalele de viteze, această eroare cumulează mediile următoarelor erori:

- pentru viteza de așchiere de 495 m/min, eroarea medie calculată este de 43%;
- pentru viteza de așchiere de 530 m/min, eroarea medie calculată este de 48%;
- pentru viteza de așchiere de 570 m/min, eroarea medie calculată este de 18%;
- pentru viteza de așchiere de 610 m/min, eroarea medie calculată este de 15%;
- pentru viteza de așchiere de 660 m/min, eroarea medie calculată este de 11%;
- pentru viteza de așchiere de 710 m/min, eroarea medie calculată este de 14%.

b) Referitor la abaterile medii aritmetice a profilului suprafeței R_a transversal, calculate în baza ecuației de regresie, acestea aproximează valorile experimentale, cu o eroare medie totală de 100%.

Defalcăt pe intervalele de viteze, această eroare cumulează mediile următoarelor erori:

- pentru viteza de așchiere de 495 m/min, eroarea medie calculată este de 192%;
- pentru viteza de așchiere de 530 m/min, eroarea medie calculată este de 203%;
- pentru viteza de așchiere de 570 m/min, eroarea medie calculată este de 37%;

- pentru viteza de aşchiere de 610 m/min, eroarea medie calculată este de 32%;
- pentru viteza de aşchiere de 660 m/min, eroarea medie calculată este de 90%;
- pentru viteza de aşchiere de 710 m/min, eroarea medie calculată este de 46%.

Problema valorilor decalate ale erorilor, apărută în ambele situații, atât în cazul R_a long, cât și R_a transv, este cauzată de vitezele de aşchiere de 570 m/min și 610 m/min. La aceste viteze, valorile abaterii medii aritmetice a profilului suprafeței, măsurate în urma experimentelor, înregistrează distribuții cu salturi semnificative.

Creșterile valorilor rugozităților, sunt provocate de vibrațiile apărute în timpul procesului de frezare cilindro-frontală. Acest aspect reiese și din texturile suprafețelor frezate, analizate la microscopul Micro-Vu VERTEX 310 (a cărui caracteristici tehnice sunt prezentate în tabelul 4.13), în cazul celor șase viteze de aşchiere, din figura 4.12.

Pentru comparare s-au ales valorile minime ale adâncimii de aşchiere și a avansului pe dinte, recomandate de producător.

În anexa 9, s-au prezentat detaliat, texturile suprafețelor prelucrate prin frezare cilindro-frontală, la vitezele de aşchiere 570 m/min și 610 m/min, la toate valorile stabilite ale adâncimii de aşchiere și ale avansului pe dinte. Alături de acestea, în anexa 10, s-au atașat profilogramele aferente fiecărei măsurători în parte, efectuate asupra abaterii medii aritmetice a profilului suprafeței atât în cazul R_a long, cât și în cazul R_a transv.

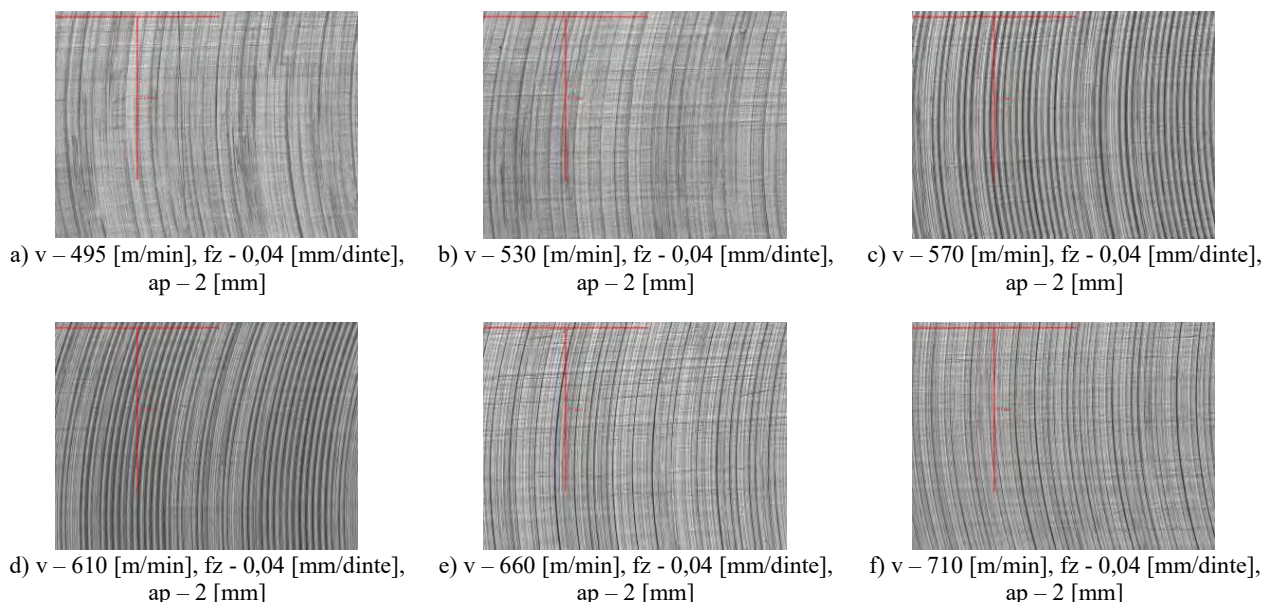


Fig. 4.12. Textura suprafeței frezate analizată la microscop, în situația celor 6 viteze de aşchiere – la adâncimea de aşchiere de 2 mm și avansul pe dinte de 0,04 mm/dinte.

Zonele prelucrate corespunzătoare fiecărei viteze de aşchiere în parte, sunt reprezentate la o scară de mărire de 25 ori (capacitatea de mărire a microscopului Micro Vu Vertex 310). Pe fiecare imagine în parte, s-a reprezentat pentru comparare, cât reprezintă din suprafața analizată 0,1 mm.

Analizând figura în discuție (fig. 4.12) s-a constatat că, cea mai slabă calitate, este rezultată la vitezele 570 m/min și 610 m/min. Valorile rugozităților înregistrare la aceste viteze, sunt destul de mari comparativ cu cele de la vitezele inferioare, respectiv superioare. Constatarea precedentă este confirmată de tabelele din anexa 4, unde sunt prezentate toate valorile măsurate ale rugozităților, atât longitudinal cât și transversal pe direcția mișcării de avans.

Apariția vibrațiilor, duce la obținerea unei suprafețe rugoase. Aceste vibrații, constituie efectul fenomenului de rezonanță, dat de contactul dintre sculă și piesă și de materialele folosite. Cauzele, modul de producere și efectul vibrațiilor ar putea fi studiate în amănunt în cercetările ulterioare.

Tabelul 4.13

Caracteristicile microscopului Micro-Vu VERTEX
(<http://www.microvu.com/vertex.html>, 2015)

Microscopul Micro-Vu VERTEX – Date tehnice		
	Capacitatea de măsurare	315 x 315 x 160 mm
	Greutatea suportată	10 kg
	Dimensiuni de gabarit	720 x 1085 x 1030 mm
	Greutate	150 kg
	Rezoluția	0,1 μm
	Acuratețea pe XY, E ₂	2,6 + L/175
	Acuratețea pe Z, E ₂	3,0+L/150
	Capacitatea de mărire (zoom optic, digital)	19,5:1 sau 36:1 (6,5x sau 12x, 3x)
	Amplificare	20x – 390x 15x -540x

4.6. CONCLUZII

33. În cadrul cercetărilor proprii, s-a efectuat o repetare a tuturor experimentelor de șapte ori, cu scopul de a obține o ecuație de regresie validă.

34. În urma analizei regresionale efectuate s-au identificat relațiile cantitative dintre parametrii procesului de aşchiere studiați (viteza de aşchiere, adâncimea de aşchiere și avansul pe dinte) și abaterea medie aritmetică a profilului suprafeței măsurată longitudinal, respectiv transversal pe direcția mișcării de avans.

35. Ecuațiile de regresie stabilite sunt: $R_{a\text{long}} = -0,000287 \cdot A - 5,808 \cdot C - 0,000196 \cdot A \cdot B + 0,01345 \cdot A \cdot C - 0,01582 \cdot A \cdot B \cdot C$ (rel. 4.1), $R_{a\text{transv}} = -0,000416 \cdot A - 0,027 \cdot B - 12,23 \cdot C + 0,000502 \cdot A \cdot B + 0,0182 \cdot A \cdot C + 4,67 \cdot B \cdot C - 0,00767 \cdot A \cdot B \cdot C$ (rel. 4.2). S-a ales această formă, pe considerentul că valorile răspunsului urmărit (abaterea medie aritmetică a profilului suprafeței) au o distribuție normală, după eliminarea datelor afectate de erori aberante. Prin urmare nu a mai fost necesară logaritizarea răspunsurilor.

36. Prin analiza de regresie efectuată, s-au determinat procentele de influență ale fiecărui parametru de aşchiere, respectiv combinație a parametrilor de aşchiere, manifestată asupra abaterii medii aritmetice a profilului suprafeței prelucrate.

Prin urmare, în cazul $R_{a\text{long}}$, situația se prezintă astfel (tabelul 4.1):

- viteza de aşchiere influențează rugozitatea suprafeței cu un procent de 83,89%;
- adâncimea de aşchiere influențează rugozitatea suprafeței cu un procent de 0,02%;
- avansul pe dinte influențează rugozitatea suprafeței cu un procent de 0,05%;
- viteza de aşchiere și adâncimea de aşchiere, influențează rugozitatea suprafeței cu un procent de 1,34%;
- viteza de aşchiere și avansul pe dinte, influențează rugozitatea suprafeței cu un procent de 0,16%;

- adâncimea de aşchiere şi avansul pe dinte, influenţează rugozitatea suprafeţei cu un procent de 0,14%;
- viteza de aşchiere, adâncimea de aşchiere şi avansul pe dinte, influenţează rugozitatea suprafeţei cu un procent de 0,08%.

În cazul Ra transv, situaţia se prezintă astfel (tabelul 4.3):

- viteza de aşchiere influenţează rugozitatea suprafeţei cu un procent de 39,11%;
- adâncimea de aşchiere influenţează rugozitatea suprafeţei cu un procent de 5,6%;
- avansul pe dinte influenţează rugozitatea suprafeţei cu un procent de 0,62%;
- viteza de aşchiere şi adâncimea de aşchiere, influenţează rugozitatea suprafeţei cu un procent de 0,72%;
- viteza de aşchiere şi avansul pe dinte, nu influenţează rugozitatea suprafeţei;
- adâncimea de aşchiere şi avansul pe dinte, influenţează rugozitatea suprafeţei cu un procent de 0,01%;
- viteza de aşchiere, adâncimea de aşchiere şi avansul pe dinte, influenţează rugozitatea suprafeţei cu un procent de 0,17%.

37. Atât în cazul Ra long cât şi în cazul Ra transv, viteza de aşchiere influenţează cel mai mult abaterea medie aritmetică a profilului suprafeţei prelucrate.

38. Stabilirea intervalului de încredere, s-a considerat satisfăcătoare, în situaţia încadrării la nivelul de 95% (cu alte cuvinte se acceptă o eroare de 0,05), fiindcă nivelurile de încredere de 98% şi cel de 99% sunt folosite pentru etalonări.

39. Pentru evaluarea datelor experimentale aferente ecuaţiei de regresie, s-a folosit analiza varianţei ANOVA. Datorită faptului că analiza ANOVA a ecuaţiei de regresie, se realizează doar în condiţiile unei distribuţii normale a datelor, pentru confirmarea acestui lucru, s-a testat normalitatea celor 7 seturi de date, cu testul Kolmogorov-Smirnov. S-a constatat că în cazul Ra long, datele prezintă o distribuţie normală.

40. În cazul Ra transversal, prin realizarea testului Kolmogorov-Smirnov, s-a constatat că există o diferenţă semnificativă între bazele de date aferente statisticilor calculate şi celei teoretice. Prin urmare, se pune problema valabilităţii ecuaţiei de regresie în cazul Ra transversal. De asemenea, se ridică şi întrebarea dacă acest model al ecuaţiei de regresie este acceptabil şi se propune o analiză a formei rugozităţii.

41. Folosind testul Fisher s-au estimat diferitele tipuri de variabilitate a răspunsurilor şi s-a testat semnificaţia coeficienţilor ecuaţiei de regresie, prin compararea raportului a două varianţe.

42. S-a identificat gradul de probabilitate ca între varianţe să existe o diferenţă statistică. Astfel, semnificaţia încrederii în rezultatele obţinute, este de 85,92% în cazul în cazul ecuaţiei de regresie aferentă Ra longitudinal şi de 45,53% în cazul ecuaţiei de regresie aferentă Ra transversal.

43. Procentele semnificaţiei încrederii nu au o valoare mai mare, datorită distribuţiei mari ale valorilor datelor înregistrate la prelucrările în câmpurile de viteze de 570 – 610 [m/min]. În plus, în cazul Ra transversal, un rol foarte important în procentul scăzut al semnificaţiei, de 45,53%, îl joacă şi faptul că eşantioanele testate nu au o distribuţie normală.

44. Ecuaţiile de regresie obţinute aproximează sistemul studiat, în orice punct al domeniului experimental ales, cu un grad de potrivire de 85,91% în cazul Ra longitudinal şi 45,52%, în cazul Ra transversal.

45. Având în vedere că, rezultatele experimentale sunt asociate cu erori experimentale, s-a determinat precizia cu care au fost prezise valorile coeficienţilor. Astfel, în cazul Ra longitudinal eroarea este de 21%, iar în cazul Ra transversal, eroarea este de 100%.

46. În urma corelării ecuaţiilor de regresie cu rezultatele experimentale, s-au urmărit evoluţiile valorilor Ra longitudinal, respectiv Ra transversal, în funcţie de viteza de aşchiere. S-a ales raportarea la viteza de aşchiere, fiindcă acest parametru deţine influenţa cea mai mare asupra abaterii medii aritmetice a profilului suprafeţei.

47. S-a constatat că gradul ridicat al erorii, apărut în cazul Ra transversal, este cauzat de vitezele de aşchiere de 570 m/min şi 610 m/min.

48. La aceste viteze, valorile abaterii medii aritmetice a profilului suprafeţei, măsurate în urma experimentelor, înregistrează distribuţii cu salturi semnificative, prin urmare, în aceste situaţii este cea mai slabă calitate a suprafeţei prelucrate (fig. 4.5).

49. Creșterile valorilor R_a în cazul vitezelor de aşchiere de 570 m/min şi 610 m/min, sunt provocate de vibraţiile apărute în timpul procesului de frezare cilindro-frontală. Apariţia vibraţiilor, duce implicit la obţinerea unei suprafeţe rugoase. Aceste vibraţii, constituie efectul fenomenului de rezonanţă, dat de contactul dintre sculă şi piesă şi de materialele folosite. Cauzele, modul de producere şi efectul vibraţiilor ar putea fi studiate în amănunt în cercetările ulterioare.

5.

CONCLUZII

Obiectivul fundamental al cercetărilor întreprinse în cadrul lucrării, așa cum a fost prezentat în capitolul 2 intitulat Abordarea cercetării, a fost constituit de „*Studiul abaterii medii aritmetice a profilului suprafeței R_a , rezultate la prelucrarea prin frezare cilindro-frontală, a pieselor din aliajul de aluminiu cod 7136, în funcție de parametrii procesului de așchiere*”.

Pentru îndeplinirea obiectivului fundamental, s-au identificat obiectivele specifice ca răspuns al câtorva întrebări de cercetare:

Întrebarea 1: Care este ponderea influențelor fiecărui parametru al procesului de așchiere asupra abaterii medii aritmetice a profilului suprafeței R_a prelucrate?

Obiectiv specific 1: Determinarea ponderii influențelor parametrilor procesului de așchiere pentru ca acesta să atingă performanțele în privința obținerii unei abaterii medii aritmetice a profilului suprafeței R_a cât mai bune și totodată, să aibă un minimum de sensibilitate la factorii necontrolabili.

Întrebarea 2: Cum este influențată abaterea medie aritmetică a profilului suprafeței R_a rezultate, de fiecare parametru al procesului de așchiere?

Obiectiv specific 2: Determinarea experimentală a abaterii medii aritmetice a profilului suprafeței frezate, din aliajul de aluminiu 7136, și analiza și interpretarea datelor rezultate în urma măsurării.

Întrebarea 3: Se poate obține un model matematic valid al valorii abaterii medii aritmetice a profilului suprafeței R_a , în funcție de parametrii procesului de așchiere?

Obiectiv specific 3: Validarea modelului matematic prin modelare și optimizare a datelor experimentale.

Întrebarea 4: Se pot realiza reglaje determinate ale parametrilor procesului de așchiere astfel încât să se obțină o abatere medie aritmetică a profilului suprafeței R_a , prestabilită?

Obiectiv specific 4: Stabilirea unui model matematic pentru determinarea abaterii medii aritmetice a profilului suprafeței R_a în funcție de parametrii de așchiere studiați într-un domeniu experimental stabilit.

În urma desfășurării activității de cercetare se desprind următoarele concluzii finale:

Concluzii teoretice

În urma studiului bibliografic efectuat s-au constatat următoarele aspecte:

1. Tendințele actuale privind analiza și studiul principalilor factori care influențează așchiera, sunt:
 - creșterea productivității;
 - studiul calității suprafeței;
 - elaborarea și implementarea unor noi tehnologii de prelucrare prin așchiere, precum și noi materiale și tipuri de scule cu proprietăți așchietoare superioare.
2. În ultimul deceniu, în domeniul prelucrărilor prin așchiere cercetările au fost axate în special asupra oțelurilor.
3. Studiarea fontelor și a materialele plastice a început să ia amploare în industriile de profil.
4. Datorită proprietăților aluminiului aliat, care fac din acest material unul valoros, varietatea aplicațiilor sale este într-o continuă creștere. Astfel, prelucrarea și cercetarea aluminiului a luat amploare după perioada anilor 2000.
5. Cele mai studiate aliaje de aluminiu, din punct de vedere al prelucrabilității prin așchiere, în industria aeronautică sunt: Al6061, Al7075 și Al2024.
6. A fost identificat un nou aliaj de aluminiu - Al7136 care nu a fost studiat din punct de vedere al comportamentului în prelucrare sub nici un aspect, cu toate că este utilizat în industria aeronautică.

7. Prelucrabilitatea aliajelor de aluminiu a fost studiată și testată cel mai adesea prin operațiile de strunjire și frezare.

8. Influențele vitezei de avans și a vitezei de așchiere, au fost cele mai studiate în procesul de așchiere a aluminiului.

9. Dintre direcțiile de cercetare, rugozitatea suprafeței și forțele de așchiere au fost cel mai frecvent studiate în procesul de așchiere a aluminiului.

10. Cele mai studiate metode matematice utilizate în cadrul optimizării proceselor de așchiere, sunt: analiza varianței ANOVA, metoda lui Taguchi, metodologia suprafețelor de răspuns și analiza de regresie.

11. Procesul de prelucrare prin așchiere uscată a aliajelor de aluminiu, nu este foarte studiat.

12. În cercetările identificate nu au fost abordate efectele tasării materialului de către sculă.

13. Depunerea materialului pe tăișul sculei așchietoare constituie o problemă cu un efect negativ asupra calității piesei prelucrate, în procesele de prelucrare a aluminiului.

Concluzii experimentale

Cercetările experimentale s-au efectuat având la bază un plan experimental și folosind tehnici și metode de modelare și optimizare a cercetării experimentale.

Primul obiectiv specific al cercetării a fost îndeplinit prin determinarea ponderii influențelor parametrilor procesului de așchiere, cu scopul de a atinge performanțe în privința obținerii unei abaterii medii aritmetice a profilului suprafeței cât mai mici și totodată, de a avea un minimum de sensibilitate la factorii necontrolabili. Aferent acestei situații, se prezintă următoarele concluzii:

1. În această etapă s-a utilizat metoda lui Taguchi, deoarece facilitează prin tehnica ei de operare, atingerea obiectivelor propuse, folosind un număr redus de 8 experimente, în loc de cele 270.

2. În urma calculelor efectuate privind efectele medii ale factorilor controlabili și a interacțiunilor dintre aceștia, s-a constatat că există o interacțiune între fiecare combinație de factori, care se răsfrânge asupra rugozității rezultate din proces. Cu alte cuvinte, rezultatul obținut este atât al unor influențe individuale, cât și al unor influențe conjugate între parametri.

3. Cu cât valoarea algebrică a raportului semnal/zgomot S/N este mai ridicată, cu atât pierderea înregistrată este mai mică și performanța procesului de așchiere este mai bună.

4. Configurația determinată, în urma analizei ponderilor influențelor parametrilor de proces, cu scopul de a crește performanțele procesului de așchiere, este: **A2 B1 C1 A1B1 A1C2 B1C1**. Această configurație impune utilizarea unei viteze de așchiere cât mai mari la o adâncime de așchiere și un avans pe dinte cât mai mici.

Al doilea obiectiv specific al cercetării presupune determinarea experimentală a abaterii medii aritmetice a profilului suprafeței frezate, din aliajul de aluminiu 7136, precum și analiza și interpretarea datelor rezultate în urma măsurării. Acest obiectiv a fost îndeplinit pornind de la efectuarea unui experiment de tip factorial, în urma căruia, s-a constatat că:

5. A fost necesară prelucrarea unui număr total de 7 blocuri, din aliajul de aluminiu 7136, pentru a acoperi toate cele 150 de regimuri de așchiere stabilite, prin combinarea celor 6 valori atribuite vitezei de așchiere, cu cele 5 valori aferente adâncimii de așchiere și cu cele 5 valori ale avansului pe dinte.

6. Asupra abaterii medii aritmetice a profilului suprafeței, s-a efectuat un număr total de 14 măsurători, din care, 7 măsurători pentru Ra long, 7 măsurători pentru Ra transv. Aceste măsurători s-au efectuat în cazul fiecărei combinații de valori ale parametrilor de intrare stabiliți, rezultând un total de 300 de măsurători (150 regimuri de așchiere x 2).

7. Pentru a determina constanța măsurărilor și pentru a obține în final o ecuație de regresie validă s-a efectuat câte o repetare de 7 ori a fiecărui experiment în parte pentru fiecare set de valori ale parametrilor de intrare. În acest sens s-a ținut cont de recomandările lui Montgomery (Montgomery, 2013) privind repetarea experimentelor, care poate fi efectuată între 3 și 7 ori.

8. În cazul experimentelor repetate, s-a efectuat un total de 2100 de măsurători, cumulate din cele 1050 măsurători aferente Ra long, respectiv cele 1050 măsurători aferente Ra transv.

9. S-a putut aprecia fenomenul studiat efectuând o evaluare primară a datelor experimentale cu ajutorul unor parametrii statistici, pe baza realizării unei evaluări corecte și pertinente, a datelor experimentale.

10. Evaluarea grafică a normalității distribuției, s-a realizat prin prezentarea răspunsurilor sub formă de histogramă, și s-a constatat că, valorile abaterii medii aritmetice a profilului suprafeței, obținute în urma experimentului, încadrează procesul de frezare, cu parametrii așchiere folosiți, în clasa fină de precizie - adică sub 1,6 μm.

11. În cazul R_a longitudinal datele au o distribuție aproximativ normală, însă în situația R_a transversal nu se poate afirma același lucru. Prin urmare înainte de efectuarea analizei regresionale, s-a propus efectuarea unei analize statistice cu scopul eliminării erorilor aberante.

12. Cu ajutorul *diagramelor de dispersie* s-a evaluat împrăștierea rezultatelor și s-au identificat tipurile de relații, dintre parametrii de așchiere și abaterea medie aritmetică a profilului suprafeței.

- S-a constatat că valorile R_a long și R_a transv, rezultate în urma măsurătorilor, au o tendință crescătoare, odată cu creșterea vitezei de așchiere.
- În intervalul vitezelor de așchiere de 570 m/min – 610 m/min, odată cu creșterea adâncimii de așchiere, crește și distribuția valorilor rugozităților. Cauza ar putea fi vibrațiile produse datorită regimului de rezonanță al sistemului, sculei, materialului, parametrilor de așchiere și mașinii unelte și, a fenomenului de rupere a așchiei (materialului), cauzate de încărcarea mare a sculei (adâncime mare și lățime maximă a sculei).
- S-a constatat o tendință crescătoare a valorilor rugozității în raport cu creșterea vitezei de avans, la vitezele de așchiere de 495, 660 și 710 m/min, respectiv întregul interval de adâncimi de așchiere 2, 2,5, 3, 3,5, 4 mm.

13. A fost efectuată o *analiză tridimensională* pentru interpretarea măsurătorilor obținute, efectuate asupra abaterii medii aritmetice a profilului suprafeței. Graficele 3D, s-au realizat prin trasarea *suprafețelor de răspuns*, și s-a obținut câte o ecuație de regresie pentru fiecare grafic în parte, care poate fi utilizată pentru estimarea valorilor abaterii medii aritmetice, în întregul domeniu experimental.

- *Influența vitezei de așchiere în combinație cu adâncimea de așchiere* - se resimte asupra R_a long, în sensul că odată cu creșterea vitezei, indiferent de valoarea adâncimii crește și rugozitatea suprafeței. În cazul R_a transv, valorile rugozității cresc o dată cu creșterile vitezei și adâncimii de așchiere, dar mai ales în câmpul vitezelor 495-570 m/min.
- *Influența vitezei de așchiere în combinație cu avansul pe dinte* - se resimte asupra R_a long și R_a transv, în sensul că odată cu creșterea valorilor acestor parametri crește și rugozitatea suprafeței.
- *Influența vitezei de așchiere în combinație cu avansul pe dinte* – nu se resimte asupra R_a long, în sensul că, în urma prelucrărilor se obțin valori mici ale rugozității. Însă, la valori mai mari ale avansului pe dinte și valori mici ale adâncimii de așchiere, datorită influenței vitezelor de așchiere de 570 și 610 m/min, există o tendință de creștere a valorilor rugozităților. În privința R_a transv, valoarea rugozităților, crește odată cu creșterea adâncimii de așchiere indiferent de valorile avansului pe dinte.
- Excepție fac vitezele de 570 și 610 m/min, care, în combinație cu un avans mic, prezintă un impact asupra valorilor rugozității măsurate, acestea crescând în tot câmpul experimental. În acest sens, constatările primare privind comportamentul mașinii unelte, mă îndreptătesc să consider că vibrațiile, constituie cauza acestor creșteri ale valorilor. Prin urmare, consider că acest aspect, ar putea fi studiat în cercetările ulterioare.

14. În urma analizelor *influențelor individuale* ale fiecărui parametru de proces studiat, manifestate asupra abaterii medii aritmetice a profilului suprafeței prelucrate, se prezintă următoarele constatări:

- Parametrul cu influența cea mai mare asupra rugozității, este viteza de așchiere. Odată cu creșterea acesteia, valorile rugozităților au o tendință crescătoare.
- La viteza de 570 m/min, odată cu creșterea adâncimii de așchiere, la un avans mic pe dinte, în urma analizei comportamentului dinamic instantaneu al sistemului mașină unealtă – sculă – piesă, se consideră că trebuie studiat efectul vibrațiilor în acest context tehnologic, având în vedere că se obțin rugozități mari în urma prelucrării.
- Variația adâncimii de așchiere nu produce o fluctuație mare a valorilor rugozităților, astfel nu prezintă influențe semnificative.

- Creșterea valorii avansului pe dinte, nu influențează în mod semnificativ calitatea suprafeței, decât în situația vitezei de așchiere de 570 m/min (la un avans pe dinte mic), caz în care crește rugozitatea suprafeței.

15. După efectuarea analizei primare a datelor experimentale, s-a realizat analiza statistică a acestora, în urma căreia s-au constatat mai multe aspecte, prezentate mai jos:

- Precizia impusă a măsurătorilor a fost de 95%. După aplicarea testului Romanovski, s-au identificat valorile afectate de erori aberante și s-au eliminat din eșantion. S-a repetat testarea pentru șirurile de date rămase, până când toate valorile au respectat condițiile impuse de test.
- În urma verificării caracterului aleatoriu al datelor experimentale, cu ajutorul testului Young, s-a constatat că toate valorile testate se încadrează în limitele critice impuse de test. Prin urmare, toate șirurile de date testate au un caracter aleatoriu.
- S-a verificat normalitatea distribuției datelor experimentale, cu ajutorul testului Shapiro-Wilk. S-a constatat că este îndeplinită condiția de normalitate privind distribuția datelor testate, corespunzătoare abaterii medii aritmetice a profilului suprafeței.

16. Prin analiza statistică efectuată asupra datelor experimentale, s-a constatat faptul că, valorile obținute sunt valori reale ale procesului studiat.

Al treilea obiectiv specific al cercetării, presupune stabilirea unui model matematic pentru determinarea abaterii medii aritmetice a profilului suprafeței R_a , în funcție de parametrii de așchiere studiați într-un domeniu experimental stabilit. Acest obiectiv a fost îndeplinit prin analiza regresională efectuată, în urma căreia, s-au identificat relațiile cantitative dintre parametrii procesului de așchiere studiați (viteza de așchiere, adâncimea de așchiere și avansul pe dinte) și abaterea medie aritmetică a profilului suprafeței măsurată longitudinal, respectiv transversal pe direcția mișcării de avans.

17. Ecuațiile de regresie stabilite sunt:

$$R_{a\text{long}} = -0,000287 \cdot A - 5,808 \cdot C - 0,000196 \cdot A \cdot B + 0,01345 \cdot A \cdot C - 0,01582 \cdot A \cdot B \cdot C \text{ (rel. 4.1)}$$

$$R_{a\text{transv}} = -0,000416 \cdot A - 0,027 \cdot B - 12,23 \cdot C + 0,000502 \cdot A \cdot B + 0,0182 \cdot A \cdot C + 4,67 \cdot B \cdot C - 0,00767 \cdot A \cdot B \cdot C \text{ (rel. 4.2)}$$

18. Forma ecuației de regresie s-a ales pe considerentul că, valorile răspunsului urmărit (abaterea medie aritmetică a profilului suprafeței) au o distribuție normală, după eliminarea datelor afectate de erori aberante. Prin urmare nu a mai fost necesară logaritmarea răspunsurilor.

19. Prin analiza de regresie efectuată (după eliminarea valorilor aberante), s-au determinat procentele de influență ale fiecărui parametru de așchiere, respectiv combinație a parametrilor de așchiere, manifestată asupra abaterii medii aritmetice a profilului suprafeței prelucrate, astfel:

- În cazul $R_{a\text{long}}$:
 - viteza de așchiere - 83,89%;
 - adâncimea de așchiere - 0,02%;
 - avansul pe dinte - 0,05%;
 - viteza de așchiere și adâncimea de așchiere - 1,34%;
 - viteza de așchiere și avansul pe dinte - 0,16%;
 - adâncimea de așchiere și avansul pe dinte - 0,14%;
 - viteza de așchiere, adâncimea de așchiere și avansul pe dinte - 0,08%.
- În cazul $R_{a\text{transv}}$:
 - viteza de așchiere - 39,11%;
 - adâncimea de așchiere - 5,6%;
 - avansul pe dinte - 0,62%;
 - viteza de așchiere și adâncimea de așchiere - 0,72%;
 - viteza de așchiere și avansul pe dinte, nu influențează rugozitatea suprafeței;
 - adâncimea de așchiere și avansul pe dinte - 0,01%;
 - viteza de așchiere, adâncimea de așchiere și avansul pe dinte - 0,17%.

20. Viteza de aşchiere influenţează cel mai mult abaterea medie aritmetică a profilului suprafeţei prelucrate.

21. Stabilirea intervalului de încredere, s-a considerat satisfăcătoare, în situaţia încadrării la nivelul de 95% (se acceptă o eroare de 0,05), fiindcă nivelurile de încredere de 98% şi cel de 99% sunt folosite pentru etalonări.

22. S-a folosit analiza varianţei ANOVA cu scopul evaluării datelor experimentale aferente ecuaţiei de regresie. Datorită faptului că analiza ANOVA a ecuaţiei de regresie, se realizează doar în condiţiile unei distribuţii normale a datelor, pentru confirmarea acestui lucru, s-a testat normalitatea celor 7 seturi de date, cu testul Kolmogorov-Smirnov.

23. S-a constatat că în cazul R_a long, datele prezintă o distribuţie normală.

24. S-a constatat că în cazul R_a transversal, datele nu prezintă o distribuţie normală. Prin urmare, se pune problema valabilităţii ecuaţiei de regresie în acest caz. De asemenea, se ridică şi întrebarea dacă acest model al ecuaţiei de regresie este acceptabil.

25. Folosind testul Fisher s-au estimat diferitele tipuri de variabilitate a răspunsurilor şi s-a testat semnificaţia coeficienţilor ecuaţiei de regresie, prin compararea raportului a două varianţe.

26. S-a identificat gradul de probabilitate ca între varianţe să existe o diferenţă statistică. Astfel, semnificaţia încrederii în rezultatele obţinute, este de 85,92% în cazul ecuaţiei de regresie aferentă R_a longitudinal şi de 45,53% în cazul ecuaţiei de regresie aferentă R_a transversal.

27. Procentele semnificaţiei încrederii nu au o valoare mai mare, datorită distribuţiei mari ale valorilor datelor înregistrate la prelucrările în câmpurile de viteze de 570 – 610 [m/min]. În plus, în cazul R_a transversal, un rol foarte important în procentul scăzut al semnificaţiei, de 45,53%, îl joacă şi faptul că rezultatele testelor nu au o distribuţie normală.

Cel de-al patrulea obiectiv specific al a fost îndeplinit prin validarea modelului matematic prin modelare şi optimizare a datelor experimentale.

28. Ecuaţiile de regresie aproximează sistemul studiat, în orice punct al domeniului experimental ales, cu un grad de potrivire de 85,91% - în cazul R_a longitudinal şi 45,52% - în cazul R_a transversal.

29. S-a determinat precizia cu care au fost prezise valorile coeficienţilor fiindcă, rezultatele experimentale sunt asociate cu erori experimentale. Astfel, în cazul R_a longitudinal eroarea este de 21%, iar în cazul R_a transversal, eroarea este de 100%.

30. S-a constatat că gradul ridicat al erorii, apărut în cazul R_a transversal, este cauzat de vitezele de aşchiere de 570 m/min şi 610 m/min. La aceste viteze, valorile abaterii medii aritmetice a profilului suprafeţei, măsurate în urma experimentelor, înregistrează distribuţii cu salturi semnificative, prin urmare, în aceste situaţii apare cea mai slabă calitate a suprafeţei prelucrate.

31. Creşterile valorilor R_a în cazul vitezelor de aşchiere de 570 m/min şi 610 m/min, presupun că sunt provocate de vibraţiile apărute în timpul procesului de frezare cilindro-frontală. Apariţia vibraţiilor, duce implicit la obţinerea unei suprafeţe rugoase. Cauzele, modul de producere şi efectul vibraţiilor ar putea fi studiate în amănunt în cercetările ulterioare.

32. Analizând comportamentul dinamic instantaneu al sistemului maşină – unealtă – sculă – piesă, se consideră că trebuie studiat efectul vibraţiilor în acest context tehnologic.

BIBLIOGRAFIE

- Abbas, T. F., Raheem, O. A., & Abbas, A. N. (2011). Surface fitting and representation by using 2D least squares method in CAD applications. *Eng. and Tech. Journal*, 29(7), 1325-1437, [https://www.uotechnology.edu.iq/tec_magaz/volum292011/No.7.2011/text/Text%20\(15\)old.pdf](https://www.uotechnology.edu.iq/tec_magaz/volum292011/No.7.2011/text/Text%20(15)old.pdf)
- Abdi, H. (2003). Partial least square regression (PLS regression). *Encyclopedia for research methods for the social sciences*, 6(4), 792-795.
- Abou-El-Hossein, K., Neethling, J., & Olufayo, O. (2013, August). Ultra-High Precision Machining of Modified High Strength Aluminium for Optical Mould Inserts. In *International Conference on Competitive Manufacturing (COMA'2013)*. https://web.archive.org/web/20200320092605id_/http://conferences.sun.ac.za/index.php/doie/coma13/paper/viewFile/301/273
- Adetoro, O. B., & Wen, P. H. (2010). Prediction of mechanistic cutting force coefficients using ALE formulation. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 46, 79-90. <https://doi.org/10.1007/s00170-009-2079-7>
- Altan, T., Sartkulvanich, P., AL-Zkeri, I. and CHO, H. (2006). *Status of FEM Modeling in Cutting and Roller Burnishing - A Progress Report*. CIRP- High Performance Cutting Conference, Vancouver, Canada, June 12-13.
- Ancău, M. (2005). *Numerical modelling of the chip geometry in end milling operation*. Proceedings of the 8th ESAFORM Conference on Material Forming, Vol. II, p. 773 - 776, ISBN 973 - 27 - 1173 - 6, Cluj-Napoca, 27 - 29 Aprilie 2005.
- Anderson, R. O. (1978). Detecting and eliminating collisions in NC machining. *Computer-aided design*, 10(4), 231-237. [https://doi.org/10.1016/0010-4485\(78\)90058-1](https://doi.org/10.1016/0010-4485(78)90058-1)
- Aphale, R. T. (2005). *High-Speed Machining of Titanium*. Heavy Vehicle Propulsion Materials, FY 2005 Progress Report, Minneapolis.
- Ariff, T. F., Sabiyah, M. Y., Adam, M. A., & Nor, M. A. (2012). Eco-friendly machining of T6061 aluminium alloy using titanium carbonitride (TiCN) coated tools. *Advanced Materials Research*, 576, 675-678. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/AMR.576.675>
- Asad, M., Girardin, F., Mabrouki, T., & Rigal, J. F. (2008). Dry cutting study of an aluminium alloy (A2024-T351): a numerical and experimental approach. *International Journal of Material Forming*, 1, 499-502. <https://doi.org/10.1007/s12289-008-0150-9>
- Ahmad, S. A. S. (2013). Effect of dry machining on tool wear during turning Al 6061 by using different type of PVD and CVD coated carbide inserts. <https://ir.unikl.edu.my/jspui/bitstream/123456789/7378/1/90-93.pdf>
- Bagci, E., & Ozcelik, B. (2006). Finite element and experimental investigation of temperature changes on a twist drill in sequential dry drilling. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 28, 680-687. <https://doi.org/10.1007/s00170-004-2417-8>
- Bailey, T., Elbestawi, M. A., El-Wardany, T. I., & Fitzpatrick, P. (2002). Generic simulation approach for multi-axis machining, part 1: modeling methodology. *J. Manuf. Sci. Eng.*, 124(3), 624-633. <https://doi.org/10.1115/1.1468863>
- Bailey, T., Elbestawi, M. A., El-Wardany, T. I., & Fitzpatrick, P. (2002). Generic simulation approach for multi-axis machining, part 2: model calibration and feed rate scheduling. *J. Manuf. Sci. Eng.*, 124(3), 634-642. <https://doi.org/10.1115/1.1468864>
- Bäker, M. (2003). An investigation of the chip segmentation process using finite elements. *Technische Mechanik-European Journal of Engineering Mechanics*, 23(1), 1-9.

- Bakkal, M., Shih, A. J., & Scattergood, R. O. (2004). Chip formation, cutting forces, and tool wear in turning of Zr-based bulk metallic glass. *International Journal of Machine Tools and Manufacture*, 44(9), 915-925. <https://doi.org/10.1016/j.ijmachtools.2004.02.002>
- Balic, J. (2006). Model of automated computer aided NC machine tools programming. *Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering*, 17(1-2), 309-312. <https://citeseerx.ist.psu.edu/document?repid=rep1&type=pdf&doi=c945bf85acf93a60fd5fd5fb248324da9208cbf89>
- Bayly, P., Metzler, S. A. and Halley, J. (1999). *The stability of drilling and reaming. Proceedings of the 17th Biennial Conference on Mechanical Vibration and Noise*, ASME Design and Technical Conferences, Las Vegas, Nevada, 12 – 16 September, 1999.
- Becze, C. E., & Elbestawi, M. A. (2002). A chip formation based analytic force model for oblique cutting. *International Journal of Machine Tools and Manufacture*, 42(4), 529-538. [https://doi.org/10.1016/S0890-6955\(01\)00129-8](https://doi.org/10.1016/S0890-6955(01)00129-8)
- Belous, V. (1980). *Sinteza sculelor aşchietoare*. Editura Junimea, Iaşi, Romania.
- Berce, P., Horaţiu, I. and Iosif, T. (1992). *Optimization of the technological parameters in cryogenic turning*. *Gepgyartastechnologia*, Vol. 32, No. 11, p. 489 - 494.
- Bonţiu Pop, A.B. (2015). Calitatea suprafeţelor la aşchiera aliajelor de aluminiu cu freze cilindro - frontale. *Teza de doctorat, Baia Mare, 5005*, 2017.
- Bonţiu POP, A. B. (2014). Investigating the Effect of Machining Parameters on Surface Roughness of 7136 Aluminum Alloy in End Milling. *Scientific Bulletin Series C: Fascicle Mechanics, Tribology, Machine Technology*, 2014(28). https://openurl.ebsco.com/EPDB%3Agcd%3A15%3A4749727/detailv2?sid=ebsco%3Aplink%3Acho lar&id=ebsco%3Agcd%3A100943643&crl=c&link_origin=scholar.google.com
- Bonţiu POP, B. (2015). Application of Taguchi's Method for Study of Machining Parameters on Surface Roughness of 7136 Aluminum Alloy in End Milling. *Applied Mechanics and Materials*, 809, 123-128. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/AMM.809-810.123>
- Bonţiu Pop, A. B., & Lobonţiu, M. (2015). The finite element analysis approach in metal cutting. *Academic journal of manufacturing engineering*, 13(1). https://openurl.ebsco.com/EPDB%3Agcd%3A3%3A22391507/detailv2?sid=ebsco%3Aplink%3Acho lar&id=ebsco%3Agcd%3A113483752&crl=c&link_origin=scholar.google.com
- Bontiu Pop, B., & Lobonţiu, M. (2015). Investigating the Effect of Cutting Speed Variation on Surface Roughness of 7136 Aluminum Alloy in End Milling. *Applied Mechanics and Materials*, 809, 129-134. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/AMM.809-810.129>
- Bontiu POP, B., & Lobonţiu, M. (2015). The Influence of Feed per Tooth Variation on Surface Roughness of 7136 Aluminum Alloy in End Milling. *Applied Mechanics and Materials*, 808, 34-39. <https://www.scientific.net/AMM.808.34>
- Bonţiu Pop, Alina Bianca and Pop, GH. I., (2010). *Analysis On Influence Of The Tool Geometrical Parameters On The Cutting Process Using Finite Element Simulation*, 11th International Conference „Automation in Production Planning and Manufacturing“, 3-5 Mai, Zilina, ISBN 978-80-89276-23-3, pag 203-207.
- Bonţiu Pop, Alina Bianca and Pop, G. I., (2010). *The Cutting Process Simulation Using Finite Element Analysis For Different Cutting Conditions*, The International Conference Of The Carpathian Euro-Region Specialists In Industrial Systems, 12-14 Mai, Baia Mare, ISBN 978-606-536-094-5, pag. 35-41.
- Brabie, Gh., Mohora, C., and Chiriţă, B. (2002). *Maşini-unelte. Caracteristici de calitate*, Editura Academiei Române, Bucureşti.
- Budak, E., & Ozlu, E. (2008). Development of a thermomechanical cutting process model for machining process simulations. *CIRP annals*, 57(1), 97-100. <https://doi.org/10.1016/j.cirp.2008.03.008>
- Buj – Corral, I., Vivancos – Calvet, J., Gonzales – Rojas, H. and DOMINGUEZ – Fernandez, A. (2010). *Study of the influence of the relationship between feed per tooth and radial dept on the surface topography and surface roughness obtained in ball – end milling processes*. 14th International Research/Expert Conference, Trends in the Development of Machinery and Associated Technology, TMT 2010, P. 13 – 16, 11- 18 September 2010. <https://tmt.unze.ba/zbornik/TMT2010/004-TMT10-160.pdf>
- Buzatu, C. (2007) *Modelarea rugozităţii suprafeţelor prelucrate prin superfinisare pe baza volumului de material prelevat în unitatea de timp*. *RECENT*, Vol. 8, No. 2, p. 85 – 90. <https://recentonline.ro/020/Buzatu-R20.pdf>

- Caldwell, J. and Douglass, K. S. (2010). *Mathematical Modelling – Case studies and Projects*. Kluwer Academic Publishers, ISBN 978 – 90 – 481 – 6566 – 7. https://doi.org/10.1007/1-4020-1993-9_2
- Cardoso, P., & Davim, J. P. (2012). Some aspects on micromilling and machine-tools. *Annals of the Faculty of Engineering Hunedoara*, 10(1), 209. <https://annals.fih.upt.ro/pdf-full/2012/ANNALS-2012-1-35.pdf>
- Cakir, M. C., Ensarioglu, C., & Demirayak, I. (2009). Mathematical modeling of surface roughness for evaluating the effects of cutting parameters and coating material. *Journal of materials processing technology*, 209(1), 102-109. <https://doi.org/10.1016/j.jmatprotec.2008.01.050>
- Cicală, E., (1999). *Metode de prelucrare statistică a datelor experimentale*, Editura Politehnica, Timișoara.
- Chandrasekaran, V. V. (2011). *Finite Element Simulation of Metal Cutting using LS Dyna*. Auburn University. [https://etd.auburn.edu/bitstream/handle/10415/2728/New%20Version%203.%20Finite%20Element%20Simulation%20of%20metal%20Cutting%20using%20LS%20Dyna-%20Vishnu%20Vardhan%20Chandrasekaran%20\(vzc0009\).pdf;sequence=2](https://etd.auburn.edu/bitstream/handle/10415/2728/New%20Version%203.%20Finite%20Element%20Simulation%20of%20metal%20Cutting%20using%20LS%20Dyna-%20Vishnu%20Vardhan%20Chandrasekaran%20(vzc0009).pdf;sequence=2)
- Chartakom, S., & Butdee, S. (2008). Experiment on high speed machining parametres for sport shoe sole mold making using aluminium alloy 5083, 6163 and 7075. *Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering*, 31(2), 306-311. <https://citeseerx.ist.psu.edu/document?repid=rep1&type=pdf&doi=a0e557e9d62eb0bbf04094f9c442288f69672eec>
- Chappel, I. T. (1983). The use of vectors to simulate material removed by numerically controlled milling. *Computer-Aided Design*, 15(3), 156-158. [https://doi.org/10.1016/0010-4485\(83\)90082-9](https://doi.org/10.1016/0010-4485(83)90082-9)
- Chen, C. K. M. (2010). *Analysis of the metal cutting process using the shear plane model* (Doctoral dissertation, Montana State University-Bozeman, College of Engineering). <https://scholarworks.montana.edu/server/api/core/bitstreams/a7204598-de92-423d-a3c6-f394df818df0/content>
- Chen, F., Zheng, J., & Sederberg, T. W. (2001). The mu-basis of a rational ruled surface. *Computer Aided Geometric Design*, 18(1), 61-72. https://archive.ymsc.tsinghua.edu.cn/pacm_download/53/510-jZ-ruledsurface.pdf
- Chieragatti, R., Espinosa, C., Lacome, J.L., Limido, J., Mabru, C. and SALAUN, M. (2008). *Modelling high speed machining with the SPH method. 10 th. International LS-DYNA. Users Conference 2008*. Hyatt Regency Dearborn. Dearborn, Michigan USA, June 8 - 10.
- Chiou, J. C., & Lee, Y. S. (2007). Five-axis high speed machining of sculptured surfaces by surface-based NURBS path interpolation. *Computer-Aided Design and Applications*, 4(5), 639-648. [https://www.cad-journal.net/files/vol_4/CAD_4\(5\)_2007_639-648.pdf](https://www.cad-journal.net/files/vol_4/CAD_4(5)_2007_639-648.pdf)
- Choi, Y. K., Banerjee, A., & Lee, J. W. (2007). Tool path generation for free form surfaces using Bézier curves/surfaces. *Computers & industrial engineering*, 52(4), 486-501. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2007.02.004>
- Choi, Y. K. (2004). *Tool path generation and 3D tolerance analysis for free form surfaces*. Thesis for Doctor of Philosophy, Texas A&M University.
- Cîrstoiu, A. (2007). *Modelare matematică privind calitatea suprafețelor prelucrate*. Editura Bibliotheca, ISBN 978 – 973 – 712 – 298 – 8, Târgoviște.
- Cook, N. H., Finnie, I., & Shaw, M. C. (1954). Discontinuous chip formation. *Transactions of the American Society of Mechanical Engineers*, 76(2), 153-162. <https://doi.org/10.1115/1.4014773>
- Cosma, M. (2005). Sisteme tehnologice performante în prelucrarea prin frezare a suprafețelor complexe. *Buletin științific-Management tehnologic, Universitatea de Nord din Baia Mare, ISSN, 1584-7306*.
- Cosma, M. (2005). Considerations concerning the milling of complex curved surfaces using ball nose end mills. *Proceedings of Inter-ING, Petru Maior University of Tg. Mureș*, 91-96.
- Crețu, G. (1998). *Bazele cercetării experimentale*, Universitatea Tehnică Gh. Asachi, Iași.
- Cus, F., & Balic, J. (2003). Optimization of cutting process by GA approach. *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, 19(1-2), 113-121. [https://doi.org/10.1016/S0736-5845\(02\)00068-6](https://doi.org/10.1016/S0736-5845(02)00068-6)
- Cus, F., Milfelner, M., & Balic, J. (2006). An intelligent system for monitoring and optimization of ball-end milling process. *Journal of Materials Processing Technology*, 175(1-3), 90-97. <https://doi.org/10.1016/j.jmatprotec.2005.04.041>
- Czichos, H., & Winer, W. O. (1978). Tribology: A systems approach to the science and technology of friction, lubrication and wear (tribology series, 1). <https://doi.org/10.1115/1.3453269>

- Davies, M. A., Chou, Y., & Evans, C. J. (1996). On chip morphology, tool wear and cutting mechanics in finish hard turning. *CIRP annals*, 45(1), 77-82. [https://doi.org/10.1016/S0007-8506\(07\)63020-0](https://doi.org/10.1016/S0007-8506(07)63020-0)
- Denkena, B. L. D. L., & de León, L. (2008). Machining induced residual stress in wrought aluminium parts. In *Proceedings of 2nd International Conference on Distortion Engineering, Bremen, Germany* (pp. 107-114).
- Dhanorker, A., & Ozel, T. (2006, January). An experimental and modeling study on meso/micro end milling process. In *International Manufacturing Science and Engineering Conference* (Vol. 47624, pp. 1071-1079). <https://doi.org/10.1115/MSEC2006-21127>
- Dhanorker, A., Liu, X., & Ozel, T. R. (2007, January). Micromilling process planning and modeling for micromold manufacturing. In *International Manufacturing Science and Engineering Conference* (Vol. 42908, pp. 759-769). <https://doi.org/10.1115/MSEC2007-31070>
- Diaz, F. V., Mammana, C. A., & Guidobono, A. P. M. (2012). Residual Stress Analysis on High-Speed Face Milling of AA 7075-T6 Aluminium Alloy. <https://ri.conicet.gov.ar/handle/11336/217384>
- Dinc, C., Lazoglu, I., & Serpenguzel, A. (2008). Analysis of thermal fields in orthogonal machining with infrared imaging. *Journal of materials processing technology*, 198(1-3), 147-154. <https://doi.org/10.1016/j.jmatprotec.2007.07.002>
- Djebara, A., Songmene, V., & Bahloul, A. (2013). Effects of machining conditions on specific surface of PM 2.5 emitted during metal cutting. *Health*, 2013. DOI: 10.4236/health.2013.510A2005
- Doddapattar, N. B. (2012). N Lakshmana swamy, An Optimization of Machinability of Aluminium Alloy 7075 And Cutting Tool Parameters by Using Taguchi Technique. *International Journal of Mechanical Engineering and Technology*, 3(2).
- Dong, H. and Ke, Y. (2005). *Simulation of 3D chip shaping of aluminium alloy 7075 in milling processes*. Nonferrous Metals Society of China, 2005, [www.ysxbcn.com/upfile/soft/200961/\(2005\)06-1309-06](http://www.ysxbcn.com/upfile/soft/200961/(2005)06-1309-06)
- Dragomirescu, L. & Drane, J. W. (2009). *Biostatistică pentru începători. Vol I. Biostatistică descriptivă*. Editia a 6a revăzută, Editura CREDIS, Bucuresti, 207p. ISBN 978-973-734-461-8.
- Drăghici, GH., Gartig, O. (1979). *Așchierea cu materiale mineralo – ceramice*. Editura Tehnică, București.
- Du, S., Surmann, T., Webber, O., & Weinert, K. (2005). Formulating swept profiles for five-axis tool motions. *International Journal of Machine Tools and Manufacture*, 45(7-8), 849-861. <https://doi.org/10.1016/j.ijmachtools.2004.11.006>
- Dumitraș, C., & Militaru, C. (1983). Așchierea metalelor și fiabilitatea sculelor așchietoare. *Editura Tehnică București*.
- Duranbaşa, M. N., ANdoğan, A., Vanlı, A. S., & Günay, A. (2013). Determination of cutting tool geometries with high precise measurement techniques and investigation of their effects on workpiece surface properties. In *New Perspectives in Measurements, Tools and Techniques for Industrial Applications* (pp. 106-111). IMEKO-International Measurement Confederation, University of Florence. <https://www.imeko.org/publications/tc10-2013/IMEKO-TC10-2013-015.pdf>
- El-Mounayri, H., Elbestawi, M. A., Spence, A. D., & Bedi, S. (1997). General geometric modelling approach for machining process simulation. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 13, 237-247. <https://doi.org/10.1007/BF01179605>
- Enache, Ș., Tănase, I., & Străjescu, E. (2000). *Capacitatea de aschiere a sculelor*. Editura Academiei Române..
- Erdel, B. P. (2003). *High-speed machining* (No. 245). Society of Manufacturing Engineers.
- Ernst, H. and Martellotti, M. (1937). *The formation of the built – up edge*. American Society of Mechanical Engineering, Vol. 57, p. 487 – 498.
- Ernst, H. and Merchant, M., E. (1941). *Chip formation, friction and high quality machined surfaces*. Surface treatment of metals. American Society for Microbiology, Vol. 29, p. 299 – 378.
- Faassen, R. P. H., Van de Wouw, N., Oosterling, J. A. J., & Nijmeijer, H. (2003). Prediction of regenerative chatter by modelling and analysis of high-speed milling. *International Journal of Machine Tools and Manufacture*, 43(14), 1437-1446. [https://doi.org/10.1016/S0890-6955\(03\)00171-8](https://doi.org/10.1016/S0890-6955(03)00171-8)
- Fallböhmer, P., Rodríguez, C. A., Özel, T., & Altan, T. (2000). High-speed machining of cast iron and alloy steels for die and mold manufacturing. *Journal of Materials Processing Technology*, 98(1), 104-115. [https://doi.org/10.1016/S0924-0136\(99\)00311-8](https://doi.org/10.1016/S0924-0136(99)00311-8)
- Folea, M., Lupulescu, N.B., Lancea, C. (2003). *Economical Impact of Using High Speed Machines*, Tehnologii moderne, Calitate & Restructurare, Chisinau, Vol.1 ISBN9975-9748-0-5, p:113-116.

- Gavrilaș, I., Drăguț, E., Vieru, A., Bonoiu, V. (1977). *Tehnologii de prelucrare cu scule din materiale dure și extradure*. Editura Tehnică București.
- Ghan, H. R. and Ambekar, S. D. (2014). *Review on Optimization of cutting parameter for Surface Roughness, Material Removal rate and Machining Time of Aluminium LM-26 Alloy*. International Journal of Research in Aeronautical and Mechanical Engineering, Vol.2, Issue, 2, P. 23-28, February 2014.
- Ghan, H. R., & Ambekar, S. D. (2014). Optimization of cutting parameter for Surface Roughness, Material Removal rate and machining time of Aluminium LM-26 alloy. *International Journal of Engineering Science and Innovative Technology*, 3(2), 294-298.
- Gökkaya, H. (2010). The Effects of Machining Parameters on Cutting Forces, Surface Roughness, Built-Up Edge (BUE) and Built-Up Layer (BUL) During Machining AA2014 (T4) Alloy. *Journal of Mechanical Engineering/Strojniški Vestnik*, 56(9). https://openurl.ebsco.com/EPDB%3Agcd%3A5%3A25727829/detailv2?sid=ebsco%3Aplink%3Ascholar&id=ebsco%3Agcd%3A55821976&crl=c&link_origin=scholar.google.com
- Gopalakrishna, H. D., Rao, J.S., Kumar, S. N., Shetty, V.V. and Rai K. (2014). Effect of Friction on the Cutting Forces in High Speed Orthogonal Turning of Al 6061-T6. *Journal of Mechanical and Civil Engineering*, Vol. 11, Issue 2 Ver. VII, PP 78-83, Mar- Apr. 2014.
- Grabec, I. (1988). Chaotic dynamics of the cutting process. *International Journal of Machine Tools and Manufacture*, 28(1), 19-32. [https://doi.org/10.1016/0890-6955\(88\)90004-1](https://doi.org/10.1016/0890-6955(88)90004-1)
- Gulhane, U. D., Bhagwat, M.P., Chavan, M.S., Dhatkar, S.A. and Mayekar, S.U. (2013). Investigating the effect of machining parameters on surface roughness of 6061 aluminium alloy in end milling. *International Journal of Mechanical Engineering And Technology*, Vo. 4, Issue 2, pp. 134-140, March - April 2013.
- Hill, R. (1950). *The mathematical theory of plasticity*. Clarendon Press, Oxford, England.
- Hollanda, D., ș.a. (1982). *Așchiere și scule așchietoare*. Editura Didactică și Pedagogică, București.
- Hosokawa, A., Okada, M., Kitagawa, S., Tanaka, R. and Ueda, T. (2007). Hard milling with CBN tools – Studies on high speed end milling. *Journal of the Japan Society for Precision Engineering*, Vol. 73, No. 2, ISSN 0912 – 0289, P. 226 – 231.
- Imani, B. M., & Elbestawi, M. A. (2001). Geometric simulation of ball-end milling operations. *J. Manuf. Sci. Eng.*, 123(2), 177-184. <https://doi.org/10.1115/1.1347034>
- Imani, B. M. (2008). Comprehensive simulation of surface texture for an end-milling process. *Scientia Iranica*, 15(3). https://scientiairanica.sharif.edu/article_2946_6f1466f1d890e3e53b463414647b8fa9.pdf
- Imani, B. M., Sadeghi, M. H., & Elbestawi, M. A. (1998). An improved process simulation system for ball-end milling of sculptured surfaces. *International Journal of Machine Tools and Manufacture*, 38(9), 1089-1107. [https://doi.org/10.1016/S0890-6955\(97\)00074-6](https://doi.org/10.1016/S0890-6955(97)00074-6)
- Înța, M. (2010). *Contribuții privind monitorizarea proceselor și a echipamentelor pentru așchieria materialelor*. Teza de doctorat. Sibiu, Universitatea „Lucian Blaga” din Sibiu.
- Ivan, R. A. (2011). *Studiul comportamentului dinamic al sistemului port-scula așchietoare-piesa în cazul operației de frezare cu viteze înalte*. Universitatea Transilvania din Brașov, Facultatea de Inginerie Tehnologică.
- Iwabe, H., Natori, S., Masuda, M., & Miyaguchi, T. (2004). Analysis of surface generating mechanism of ball end mill based on deflection by FEM. *JSME International Journal Series C Mechanical Systems, Machine Elements and Manufacturing*, 47(1), 8-13. <https://doi.org/10.1299/jsmec.47.8>
- Jomaa, W., Songmene, V., & Bocher, P. (2014). Surface finish and residual stresses induced by orthogonal dry machining of AA7075-T651. *Materials*, 7(3), 1603-1624. <https://doi.org/10.3390/ma7031603>
- Kadargama, K., Noor, M. M., Zuki, N. M., Rahman, M. M., Rejab, M. R. M., Daud, R., & Abou-El-Hossein, K. A. (2008). Optimization of surface roughness in end milling on mould aluminium alloys (AA6061-T6) using response surface method and radian basis function network. *Jordan Journal of Mechanical and Industrial Engineering*, 2(4), 209-214. <https://jjmie.hu.edu.jo/files/JJMIE-V2-N4-press1.pdf#page=48>
- Kannan, A., Esakkiraja, K. and Nataraj, M. (2013). Modeling and Analysis for Cutting Temperature in Turning of Aluminium 6063 Using Response Surface Methodology. *Journal of Mechanical and Civil Engineering (IOSR-JMCE)*, Vol. 9, Issue 4, PP 59-64, Nov. - Dec. 2013.

- Kazban, R. V. (2005). *Effect of tool parameters on residual stress and temperature generation in high-speed machining of aluminum alloys*. University of Notre Dame. <https://www.proquest.com/openview/8fef5829fb63d3b8662272d5810ae95c/1?cbl=18750&diss=y&pq-origsite=gscholar>
- Kerekes, L., Gyenge, C. S. and Dezso, G. (1995). *Optimizarea proceselor de aşchiere*. Casa Cărţii de Ştiinţă, Cluj – Napoca.
- Khan, A. A., & Ahmed, M. I. (2008). Improving tool life using cryogenic cooling. *Journal of materials processing technology*, 196(1-3), 149-154. <https://doi.org/10.1016/j.jmatprotec.2007.05.030>
- Kikkawa, K., Nakamura, K., & Mizugaki, Y. (2004). An approach of estimating machining error by heuristic geometrical rule in 5-axis ball-nosed end milling. *JSME International Journal Series C Mechanical Systems, Machine Elements and Manufacturing*, 47(1), 79-84. <https://doi.org/10.1299/jsmec.47.79>
- Kim, G. M., Cho, P. J., & Chu, C. N. (2000). Cutting force prediction of sculptured surface ball-end milling using Z-map. *International Journal of Machine Tools and Manufacture*, 40(2), 277-291. [https://doi.org/10.1016/S0890-6955\(99\)00040-1](https://doi.org/10.1016/S0890-6955(99)00040-1)
- King, R. I. (1985). *Handbook of High Speed Machining Technology*. Chapman of Hall. New York.
- Koenigsberger, F., (1964) *Design Principles of Metal-Cutting Machine Tools*, Pergamon Press Ltd., Oxford.
- Kök, M. E. T. I. N. (2009). A study on the machinability of Al₂O₃ particle reinforced aluminium alloy composite. *Practical Metallography*, 46(11), 580-597. <https://doi.org/10.3139/147.110044>
- Köklü, U. (2012). Influence of the process parameters and the mechanical properties of aluminum alloys on the burr height and the surface roughness in dry drilling. *Materials and technology*, Vol. 46, No.2, p. 103–108, 2012.
- Komanduri, R. (1993). *Machining and grinding – historical review of the classical papers*, Application Mechanical Review No. 46, pg. 80-132.
- Komanduri, R. and Brown, R., H. (1981). On the mechanics of chip segmentation in machining. *Journal of Engineering for Industry*, Trans. of the ASME, Vol. 103, p. 33 – 51. <https://doi.org/10.1115/1.3184458>
- Kouam, J., Djebara, A., & Songmene, V. (2014). Experimental investigation on the effect of pre-holes on drilling process performance of aluminum alloys: Forces, surface finish and dust emission. *Adv. Mater. Sci. Appl*, 3, 13-23. DOI: 10.5963/AMSA0301003
- Kragelsky, I. V., & Alisin, V. V. (1982). Friction--Wear--Lubrication, Tribology Handbook. Vol. 1-3. Mir Publishers, Moscow, 1982. 928. https://books.google.ro/books?hl=en&lr=&id=611-DAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP1&dq=107.%09Kragelsky,+I.,+V.,+Alisin,+V.+Friction,+wear,+lubrication.+Tribology+handbook.+Mir+Publishers,+Moscow,+1982.&ots=6y7zD_ePwi&sig=FrbsFRVtPEuzwmPDJtr464atDjk&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false
- Krishnamurthy, K., & Venkatesh, J. (2013). Study on machining parameters of TiB₂ reinforced aluminium 6063 composites. *International Journal of Scientific and Research Publications*, 3(4), 130-137. <https://citeseerx.ist.psu.edu/document?repid=rep1&type=pdf&doi=1752f10bf93e9011c011d8d2c1ae056d2d0deace#page=130>
- Kuttolamadom, M., Hamzehlouia, S., & Mears, L. (2010). Effect of machining feed on surface roughness in cutting 6061 aluminum. *SAE International journal of materials and manufacturing*, 3(1), 108-119. <https://www.jstor.org/stable/26282889>
- Laurenzi, W. (2010). *Prelucrarea datelor eperimentale, partea I*. ProLigno, 6(4), pp.55-63.
- Lazoglu, I. (2003). Sculpture surface machining: a generalized model of ball-end milling force system. *International journal of machine tools and manufacture*, 43(5), 453-462. [https://doi.org/10.1016/S0890-6955\(02\)00302-4](https://doi.org/10.1016/S0890-6955(02)00302-4)
- Lee, Y. S., & Chiou, J. C. (2006). Swept Tool Envelope and Machining Potential Field for 5-Axis Sculptured Surface Machining. *Computer-Aided Design and Applications*, 3(6), 751-760. <https://doi.org/10.1080/16864360.2006.10738428>
- Lee, T. S., & Lin, Y. J. (2000). A 3D predictive cutting-force model for end milling of parts having sculptured surfaces. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 16, 773-783. <https://doi.org/10.1007/s001700070011>
- Lianyun, Z., Bolin, W., Lianmeng, Z., Fang, F., & Xiaoyi, H. (2005). Prediction and experimental testing of spherical milling media wear rate. *Materials transactions*, 46(9), 2036-2040. <https://doi.org/10.2320/matertrans.46.2036>

- Liao, Y. S., Lin, H. M., & Chen, Y. C. (2007). Feasibility study of the minimum quantity lubrication in high-speed end milling of NAK80 hardened steel by coated carbide tool. *International Journal of Machine Tools and Manufacture*, 47(11), 1667-1676. <https://doi.org/10.1016/j.ijmachtools.2007.01.005>
- Lim, E. M., Menq, C. H., & Yen, D. W. (1997). Integrated planning for precision machining of complex surfaces—III. Compensation of dimensionai errors. *International Journal of Machine Tools and Manufacture*, 37(9), 1313-1326. [https://doi.org/10.1016/S0890-6955\(95\)00111-5](https://doi.org/10.1016/S0890-6955(95)00111-5)
- Lim, E. M., Feng, H. Y., Menq, C. H., & Lin, Z. H. (1995). The prediction of dimensional error for sculptured surface productions using the ball-end milling process. Part 1: Chip geometry analysis and cutting force prediction. *International Journal of Machine Tools and Manufacture*, 35(8), 1149-1169. [https://doi.org/10.1016/0890-6955\(94\)00044-K](https://doi.org/10.1016/0890-6955(94)00044-K)
- Lim, E. M., & Menq, C. H. (1997). Integrated planning for precision machining of complex surfaces. Part 1: Cutting-path and feedrate optimization. *International Journal of Machine Tools and Manufacture*, 37(1), 61-75. [https://doi.org/10.1016/0890-6955\(95\)00109-3](https://doi.org/10.1016/0890-6955(95)00109-3)
- Limido, J., Espinosa, C., Salaün, M., & Lacombe, J. L. (2007). SPH method applied to high speed cutting modelling. *International journal of mechanical sciences*, 49(7), 898-908. <https://doi.org/10.1016/j.ijmecsci.2006.11.005>
- Liou, B. (2005). *Modeling and analysis of machining systems. Chip morphology with finitte element simulations in high speed turning of 7075-T6 aluminum alloy.*
- Lobonțiu, M., Bonțiu Pop, Alina Bianca and Pop, GH., (2009). *The current stage of the cutting process simulation*, Technical-Scientific Journal of the Mechanical Engineering Faculty, Szent István University, HU ISSN 2060-3789 CD-ROM ISSN 2060-3797, Gödöllő, Hungary, pag. 139-146.
- Lobonțiu, M., Hăgan, V. and Pașca, I. (2011). *Experimental research about evolution of surface roughness and time for different value of radial cutting depth in ball end milling of C5 material.* Proceedings of The 15th International Conference of Modern, Quality and Innovation, Vol. 2, p. 569 – 573.
- Lobonțiu, M. and Hășmășan, M. (2007). *Milling Process Management*, Scientific Bulletin, Serie C, Fascicle Mechanics, Tribology, Machine Manufacturing Technology, Vol. XXI, International Multidisciplinary Conference, ISSN 1224 – 3264, cod CNC SIS 610, P. 421 – 427.
- Lobonțiu, M., Pay, E. (1991). *Tribosistemul sculă melc abraziv – roată dințată cilindrică.* Lucrările Sesiunii de Comunicări Științifice prilejuite de împlinirea a 30 de ani de învățământ superior în Baia Mare. Buletin Științific, seria C, volumul V, Fascicola Organe de mașini, Tribologie, Universitatea Baia Mare, 19 – 28. 4
- Lu, J., Cheatham, R., Jensen, C. G., Chen, Y., & Bowman, B. (2008). A three-dimensional configuration-space method for 5-axis tessellated surface machining. *International journal of computer integrated manufacturing*, 21(5), 550-568. <https://doi.org/10.1080/09511920701263313>
- Madsen, K., Nielsen, H. B. and Tingleff, O. (2004). *Methods for non – linear least squares problems.* 2nd Edition, Informatics and Mathematical Modelling, Technical University of Denmark, April 2004. <https://orbit.dtu.dk/en/publications/methods-for-non-linear-least-squares-problems-2nd-ed>
- Makhanov, S. S., & Munlin, M. (2007). Optimal sequencing of rotation angles for five-axis machining. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 35, 41-54. <https://doi.org/10.1007/s00170-006-0699-8>
- Madhavan, V., Chandrasekar, S., & Farris, T. N. (2002). Direct observations of the chip-tool interface in the low speed cutting of pure metals. *J. Trib.*, 124(3), 617-626. <https://doi.org/10.1115/1.1398546>
- Mallock, A. (1981). *The action of cutting tools.* *Proceedings of the Royal Society of London.* Vol. XXXIII, P. 127 – 139. November 4, 1881.
- Mammana, C. A., Díaz, F. V., Guidobono, A. P. M., & Bolmaro, R. E. (2010). Study of residual stress tensors in high-speed milled specimens of aluminium alloys using a method of indent pairs. *Research Journal of Applied Sciences, Engineering and Technology*, 2(8), 749-756. <https://www.airitilibrary.com/Article/Detail/20407467-201012-201411050020-201411050020-749-756>
- Markopoulos, A. P., Kantzavelos, K., Galanis, N. I. and MANOLAKOS, D. E. (2011). 3D Finite Element Modeling of High Speed Machining. *International Journal of Manufacturing Materials and Mechanical Engineering*, Vol. 1, No. 4, p. 1 – 18, 2011.
- Marusich, T. D., & Askari, E. (2001, August). Modeling residual stress and workpiece quality in machined surfaces. In *Proceedings of the 4th CIRP International Workshop on Modelling of Machining*

- Operations, Delft, The Netherlands (pp. 105-109).
<https://citeseerx.ist.psu.edu/document?repid=rep1&type=pdf&doi=a41bdf12f8d921e64bcda82a41ee0d2844bef602>
- Maurel-Pantel, A., Fontaine, M., Thibaud, S., & Gelin, J. C. (2012). 3D FEM simulations of shoulder milling operations on a 304L stainless steel. *Simulation Modelling Practice and Theory*, 22, 13-27.
<https://doi.org/10.1016/j.simpat.2011.10.009>
- Medan, N., (2014). *Cercetări și contribuții privind funcționarea sistemului cap de curățare-canalizare*, Teză de doctorat, Universitatea Tehnică din Cluj Napoca, Centrul Universitar Nord din Baia Mare.
- Merchant, M. E. (1945). *Mechanics of the metal cutting process II: Orthogonal cutting*. Journal of Appl. Phys. Vol. 16, p. 318 – 324.
- Merrit, H. E. (1965). Theory of self excited-tool chatter: Research 1. *ASME Journal of Engineering for Industry*, 87, 447-454.
- Mihailescu, T. (1984). *Metode de cercetare operationala si programarea calculatoarelor in industria lemnului*. Reprografia Universitatii Transilvania din Brasov.
- Min, W., Zhang, W. H., Gang, T., & Qin, G. H. (2007). New cutting force modeling approach for flat end mill. *Chinese Journal of Aeronautics*, 20(3), 282-288. [https://doi.org/10.1016/S1000-9361\(07\)60045-4](https://doi.org/10.1016/S1000-9361(07)60045-4)
- Mishra, A. K., Sheokand, R., & Srivastava, R. K. (2012). Tribological behaviour of Al-6061/SiC metal matrix composite by Taguchi's techniques. *International Journal of Scientific and Research Publications*, 2(10), 1-8.
<https://citeseerx.ist.psu.edu/document?repid=rep1&type=pdf&doi=94d66ab2cc6a00dce8942ce77c60475cfea630cc>
- Mizugaki, Y., Takafuji, K., & Kikkawa, K. (2009). Experimental Characteristics of Aluminum alloys in Dry End Milling. *Key Engineering Materials*, 407, 714-717.
<https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/KEM.407-408.714>
- Moetakef Imani, B., Abdolahzade, H., & El-Mounayri, H. (2010, June). Prediction of Thread Milling Instantaneous Cutting Forces. In *CIRP 2nd International Conference on Process Machine Interactions*.
<https://profdoc.um.ac.ir/paper-abstract-1015726.html>
- Mohammad, R. B. A. (2009). *Modeling of milling process to predict surface roughness using artificial intelligent method*. Thesis for the award of the degree of Bachelor of Mechanical Engineering with Manufacturing Engineering, University Malaysia Pahang, November 2009.
- Montgomery, D. (2013). *Design and Analysis of Experiments*. Eighth Edition ed. Hoboken: John Wiley & Sons, Inc.
- Munlin, M. A. (2004). Virtual Five-Axis Milling Machine: Tool Path Generation and Simulation. *Science & Technology Asia*, 1-11.
- Murthy, M., Babu, K. M., & Kumar, R. S. (2014). Optimization of machinability parameters of Al6061 using Taguchi Technique. *International Journal of Current Engineering and Technology*, 3, 63-66.
- Nakamoto, K., Shirase, K., Wakamatsu, H., Tsumaya, A., & Arai, E. (2004). Automatic production planning system to achieve flexible direct machining. *JSME International Journal Series C Mechanical Systems, Machine Elements and Manufacturing*, 47(1), 136-143. <https://doi.org/10.1299/jsmec.47.136>
- Narita, H., Chen, L. Y., Fujimoto, H., Shirase, K., & Arai, E. (2006). Trial-less machining using virtual machining simulator for ball end mill operation. *JSME International Journal Series C Mechanical Systems, Machine Elements and Manufacturing*, 49(1), 50-55. <https://doi.org/10.1299/jsmec.49.50>
- Nayfeh, A. H., Chin, C. M. and Pratt, J. (1997). *Applications of perturbation methods to tool chatter dynamics*. Dynamics and Chaos in Manufacturing Processes, Wiley, New York.
- Năsui, V., Cotețiu, A. G., & Cotețiu, R. I. (2007). *Bazele cercetării experimentale a actuatorilor electromecanici*. Editura Universității de Nord.
- Nealen, A. (2004). An as-short-as-possible introduction to the least squares, weighted least squares and moving least squares methods for scattered data approximation and interpolation. URL: <http://www.nealen.com/projects>, 130(150), 25. <http://www.nealen.com/projects/mls/asapmls.pdf>
- Nedelcu, S., & Moldovan, N. (1998). Mathematical Modelling of Roughness-Temperature Evolution. *MRS Online Proceedings Library*, 529, 163-168. <https://doi.org/10.1557/PROC-529-163>
- Okada, M., Hosokawa, A., Tanaka, R., & Ueda, T. (2006). In-process monitoring of tool temperature in end milling by newly developed compact two-color pyrometer. In *Proceedings of the 8th International Conference on Progress of Machining Technology* (pp. 281-284).

- Opariuc-Dan, C. (2011). *Statistică aplicată în științele socio-umane. Analiza asocierilor și a diferențelor statistice*, Cluj-Napoca, ASCR & Cognitrom.
- Oxley, P. L. B. (1989). *The mechanics of machining: An analytical approach to Assessing Machinability*. Ellis Horwood Ltd., Chichester, Sussex, England.
- Ozek, C., & Demir, Z. (2013). Investigate the friction drilling of aluminium alloys according to the thermal conductivity. *Tem Journal*, 2(1), 93-101.
<https://www.temjournal.com/documents/vol2no1/Tem%20Journal%20Vol.2,%20No.1.pdf#page=93>
- Özel, T. (2003). Modeling of hard part machining: effect of insert edge preparation in CBN cutting tools. *Journal of materials processing technology*, 141(2), 284-293. [https://doi.org/10.1016/S0924-0136\(03\)00278-4](https://doi.org/10.1016/S0924-0136(03)00278-4)
- Özel, T., Liu, X., & Dhanorker, A. (2007, June). Modelling and simulation of micro-milling process. In *4th International Conference and Exhibition on Design and Production of Machines and Dies/Molds* (pp. 21-23). https://www.researchgate.net/profile/Tugrul-Oezel/publication/237553395_Modelling_and_Simulation_of_Micro-Milling_Process/links/00b4952f00a4ec8086000000/Modelling-and-Simulation-of-Micro-Milling-Process.pdf
- Ozel, T. (2007). Numerical modelling of meso-scale finish machining with finite edge radius tools. *International Journal of Machining and Machinability of Materials*, 2(3-4), 451-468. <https://doi.org/10.1504/IJMMM.2007.015476>
- Ozel, T., & Zeren, E. (2005, January). Finite element modeling of stresses induced by high speed machining with round edge cutting tools. In *ASME International Mechanical Engineering Congress and Exposition* (Vol. 42231, pp. 1279-1287). <https://doi.org/10.1115/IMECE2005-81046>
- Ozturk, B., & Lazoglu, I. (2006). Machining of free-form surfaces. Part I: Analytical chip load. *International Journal of Machine Tools and Manufacture*, 46(7-8), 728-735. <https://doi.org/10.1016/j.ijmachtools.2005.07.038>
- Palmer, W. B., & Oxley, P. L. B. (1959). Mechanics of orthogonal machining. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers*, 173(1), 623-654. https://doi.org/10.1243/PIME_PROC_1959_173_053
- Parsons, J. T., & Stulen, F. L. (1958). *U.S. Patent No. 2,820,187*. Washington, DC: U.S. Patent and Trademark Office.
- Paraian, N.D. (2009). *Contribuții privind proiectarea, fabricarea și gestiunea frezelor cilindro-frontale utilizând platforma WEB*, Universitatea Lucian Blaga, Sibiu, p:55-80.
- Patel, P. R., & Patel, V. A. (2012). Effect of machining parameters on surface roughness and power consumption for 6063 Al alloy TiC composites (MMCs). *International Journal of Engineering Research and Applications*, 2(4), 295-300. <https://citeseerx.ist.psu.edu/document?repid=rep1&type=pdf&doi=c4bf35ebd6c6a0d9ca9fb85b50a23a2c8b8bcb4e>
- Patel, P. R., Patel, B. B., & Patel, V. A. (2013). Effect of machining parameters on surface roughness for 6063 AL-TiC (5&10%) metal matrix composite using RSM. *Int. J. Res. Eng. Technol*, 2, 65-71.
- Penescu, C., Ionescu, G., Terisco, M., & Creanga, E. (1971). Identificarea experimentală a proceselor automatizate. *Bucharest, Romania: Editura Tehnica*.
- Pettersson, L. (2001). *Your productivity partner*. Sandvik Capital Markets Days, Nafta, May 2001.
- Petrariu, V., Amarandei, D., & Alaci, S. (2008). Study about finite element analysis of high speed drilling. *Annals of the Oradea University, Fascicle of Management and Technological Engineering*, 7, 1684-1689. https://imt.uoradea.ro/auo.fimte/files-2008/TCM_files/PETRARIU%20VIOREL%201.pdf
- Picoș, C., Slătineanu, L., & Grănescu, T. (1979). Contribuții privind determinarea analitică a rugozității suprafeței prelucrate prin așchiere. *Construcția de Mașini*, (4).
- Piispanen, V. (1937). *Eripaines Tecnillisesla Aikauslehdesla*. Vol. 27, p. 315.
- POP, A.B. (2014). Investigating the Effect of Machining Parameters on Surface Roughness of 7136 Aluminum Alloy in End Milling. *Scientific Bulletin Series C: Fascicle Mechanics, Tribology, Machine Manufacturing Technology*, 2014(28). https://openurl.ebsco.com/EPDB%3Aged%3A15%3A4749727/detailv2?sid=ebsco%3Aplink%3Ascholar&id=ebsco%3Aged%3A100943643&crl=c&link_origin=scholar.google.com

- Pop, A. B., & Țițu, M. A. (2016, November). Regarding to the variance analysis of regression equation of the surface roughness obtained by end milling process of 7136 aluminium alloy. In *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* (Vol. 161, No. 1, p. 012015). IOP Publishing. <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/161/1/012015/meta>
- Pop, A. B., & Țițu, M. A. (2016). Study Regarding the Quality Assurance in Manufacturing Processes. *Management of Sustainable Development*, 8(2), 11. <https://web.a.ebscohost.com/abstract?direct=true&profile=ehost&scope=site&authtype=crawler&jrnl=20669380&AN=121233855&h=Rv%2fRbWDIV9t4cazo%2bYjTrIIgkYPraHp2IuHbWqTNIYYILUiHgJCLSPDFKeHnrEaz2qYdQmPoMogbWv11jRrrw%3d%3d&crl=c&resultNs=AdminWebAuth&resultLocal=ErrCrlNotAuth&crlhashurl=login.aspx%3fdirect%3dtrue%26profile%3dehost%26scope%3dsite%26authtype%3dcrawler%26jrnl%3d20669380%26AN%3d121233855>
- Pop, A. B., & Țițu, M. A. (2017). The experimental research strategy of the endmilled aluminum alloys. In *MATEC Web of Conferences* (Vol. 112, p. 01010). EDP Sciences. <https://doi.org/10.1051/mateconf/201711201010>
- Pop, A. B., & Aurel, Ț. M. (2017). Optimization of the surface roughness equation obtained by Al7136 end-milling. In *MATEC Web of Conferences* (Vol. 137, p. 03011). EDP Sciences. <https://doi.org/10.1051/mateconf/201713703011>
- Pop, A. B., & Țițu, M. A. (2017). Experimental research regarding the study of surface quality of aluminum alloys processed through milling. In *MATEC Web of Conferences* (Vol. 121, p. 05005). EDP Sciences. <https://doi.org/10.1051/mateconf/201712105005>
- Pop, A. B., Țițu, M. A., Oprean, C., Ceoce, C., Sandu, A. V., & Țițu, Ș. (2018). Contributions concerning the possibility of implementing the APQP concept in the aerospace industry. In *MATEC Web of Conferences* (Vol. 178, p. 08013). EDP Sciences. <https://doi.org/10.1051/mateconf/201817808013>
- Pop, A. B., Țițu, M. A., Oprean, C., & Țițu, Ș. (2018). Applying Experimental Research Management to a Technological Process using Taguchi's Method. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 238, 355-363. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2018.04.012>
- Pop, A. B., Țițu, M. A., Pop, G. I., & Țițu, Ș. (2019, July). Modeling the machined surface quality of an aluminum alloy using the active experiment type. In *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* (Vol. 572, No. 1, p. 012043). IOP Publishing. <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/572/1/012043/meta>
- Pop, A. B., & Țițu, M. A. (2020, June). The Relationship Between the Cutting Process Parameters and the Surface Roughness during the Aluminum Machining. In *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* (Vol. 877, No. 1, p. 012001). IOP Publishing. <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/877/1/012001/meta>
- Pop, A. B., & Țițu, A. M. (2019). Study of the cutting process parameters that influence the surface quality machined by end milling of the aluminum alloy. In *MATEC Web of Conferences* (Vol. 290, p. 02010). EDP Sciences. <https://doi.org/10.1051/mateconf/201929002010>
- Pop, A. B., & Țițu, A. M. (2019, October). Influence of the feed per tooth variation on the surface roughness at end milling of an aluminum alloy. In *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* (Vol. 564, No. 1, p. 012002). IOP Publishing. <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/564/1/012002/meta>
- Pop, A. B., & Țițu, M. A. (2019, April). A comparative analysis of the machined surfaces quality of an aluminum alloy according to the cutting speed and feed per tooth variations. In *International Conference "New Technologies, Development and Applications"* (pp. 238-244). Cham: Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-18072-0_27
- Pop, A. B., & Țițu, M. A. (2019, April). A comparative analysis of the machined surfaces quality of an aluminum alloy according to the cutting speed and feed per tooth variations. In *International Conference "New Technologies, Development and Applications"* (pp. 238-244). Cham: Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-18072-0_27
- Pop, A. B., & Țițu, A. M. (2020). Implementation of advanced product quality planning in the aerospace industry a way to improve the quality management. *Calitatea*, 21(177), 56-61. https://www.srac.ro/calitatea/en/arhiva/2020/QAS_Vol.21_No.177_Aug.2020.pdf

- Pop, A. B., Ceoceca, C., Stan, S. E., & Țițu, A. M. (2020). Research on the use of Taguchi's method to model the milling process of some metal materials. *International Journal of Mechatronics and Applied Mechanics*, (7), 172-177. https://ijomam.com/wp-content/uploads/2020/07/pag.-172-177_RESEARCH-ON-THE-USE-OF-TAGUCHIS-METHOD-TO-MODEL-THE-MILLING-PROCESS.pdf
- Pop, A. B., Oprean, C., Ceoceca, C., Țițu, A.M. (2020). Application of the factorial experiment in the quality analysis of the machined surface of an aluminum alloy related to the variation of the cutting parameters, *Annals of the Academy of Romanian Scientists Series on Engineering Sciences*, Vol. 12, No. 1/2020, pp.18-32, https://web.archive.org/web/20201020114423id_/http://aos.ro/wp-content/anale/TVol12Nr1Art.2.pdf
- Pop, A. B., & Țițu, A. M. (2022). Verification of the normal distribution of experimental data obtained by milling of aluminum alloys. *International Journal of Mechatronics and Applied Mechanics*, (11), 89-94. DOI:dx.doi.org/10.17683/ijomam/issue11.13
- Pop, A. B., & Țițu, M. A. (2023). Surface Quality Assessment For End-Milled Al7136 Parts Using Pca. *Acta Technica Napocensis-Series: Applied Mathematics, Mechanics, And Engineering*, 66(5). <https://atnamam.utcluj.ro/index.php/Acta/article/view/2296>
- Pop, A. B., & Țițu, A. M. (2023). Verification of the random nature of the experimental data in the end-milling process of aluminum alloys. *Archives of Metallurgy and Materials*, 68. <https://doi.org/10.24425/amm.2023.145461>
- Pop, A. B., & Titu, A. M. (2024). Analysis of Al7136 surface roughness in end milling process based on discriminant analysis. *Materials Research Proceedings*, 46. <https://doi.org/10.21741/9781644903377-18>
- Popescu, I. (1984). *Optimizarea procesului de aşchiere*. Editura „Scrisul românesc”, Craiova.
- Potdar, Y. K., & Zehnder, A. T. (2003). Measurements and simulations of temperature and deformation fields in transient metal cutting. *J. Manuf. Sci. Eng.*, 125(4), 645-655. <https://doi.org/10.1115/1.1596571>
- Potdar, Y. K., & Zehnder, A. T. (2004). Temperature and deformation measurements in transient metal cutting. *Experimental mechanics*, 44, 1-9. <https://doi.org/10.1007/BF02427969>
- Poulachon, G. R., & Moisan, A. L. (2000). Hard turning: chip formation mechanisms and metallurgical aspects. *J. Manuf. Sci. Eng.*, 122(3), 406-412. <https://doi.org/10.1115/1.1285891>
- Pramanik, A., Zhang, L. C., & Arsecularatne, J. A. (2007). An FEM investigation into the behavior of metal matrix composites: tool-particle interaction during orthogonal cutting. *International Journal of Machine Tools and Manufacture*, 47(10), 1497-1506. <https://doi.org/10.1016/j.ijmachtools.2006.12.004>
- Radhika, N., Subramanian, R. and Sajith, A. (2014). Analysis of chip formation in machining aluminium hybrid composites. *Journal of Scientific Research*, Vol. 1, P. 009-015, 2014.
- Ranganathan, S., Senthilvelan, T. and Sriram, G. (2009). Mathematical modelindg of process parameters on hard turning of AISI 316 SS by WC inserts. *Journal of Scientific & Industrial Research*, Vol. 68, ISSN 0022 – 4456, P. 592 – 596. <https://nopr.niscpr.res.in/handle/123456789/4430>
- Rao, N., Ismail, F., & Bedi, S. (1997). Tool path planning for five-axis machining using the principal axis method. *International Journal of Machine Tools and Manufacture*, 37(7), 1025-1040. [https://doi.org/10.1016/S0890-6955\(96\)00046-6](https://doi.org/10.1016/S0890-6955(96)00046-6)
- Rawangwong, S., Chatthong, J., Burapa, R., & Boonchouytan, W. (2012, July). An investigation of optimum cutting conditions in face milling aluminum 7075-T6 using design of experiment. In *4th International Conference on Applied Operational Research, Proceedings* (Vol. 4, pp. 125-135).
- Rawangwong, S., Chatthong, J., Burapa, R., & Boonchouytan, W. (2012). An investigation of optimum cutting conditions in face milling semi-solid AA 7075 using carbide tool. *International Journal of Innovation, Management and Technology*, 3(6), 692. <http://ijimt.org/papers/321-CM308.pdf>
- Reddy, A. S., Kumar, G. V., & Thirupathiah, C. (2013). Influence of the cutting parameters on the hole diameter accuracy and the thrust force in drilling of aluminium alloys. *Int. J. Innov. Res. Sci. Eng. Technol.*, 2, 6442-6450.
- Reddy, S.M., Reddy, A.C. and Reddy, K.S. (2014). Effect of Chip Segmentation on Cutting Forces at High Speed Milling of Al Alloys. *International Journal of Current Engineering and Technology*, Special Issue-2, 2014.
- Recht, R. F. (1964). *Catastrophic Termoplastic Shear*. J. Appl. Mech. Transactions of the ASME, Vol. 31, p. 189 – 193.

- Ren, Y., & Lee, Y. S. (2004). Explicit Free-form curve interpolation and error analysis for NC machining of complex surface models. *Computer-Aided Design and Applications*, 1(1-4), 243-250. <https://doi.org/10.1080/16864360.2004.10738264>
- Requicha, A. A., & Voelcker, H. B. (1985). Boolean operations in solid modeling: Boundary evaluation and merging algorithms. *Proceedings of the IEEE*, 73(1), 30-44. doi: 10.1109/PROC.1985.13108.
- Rice, W. C. (1961). The formation of continuous chips in metal cutting. *Eng J Eng Inst Can*, 44, 41.
- Rodríguez, J., Martín, A., & Llorca, J. (2000). Modeling the effect of temperature on the wear resistance of metals reinforced with ceramic particles. *Acta materialia*, 48(4), 993-1003. [https://doi.org/10.1016/S1359-6454\(99\)00356-0](https://doi.org/10.1016/S1359-6454(99)00356-0)
- Rogov, V.A. and Siamak, G. (2013). Optimization of Surface Roughness and Vibration in Turning of Aluminum Alloy AA2024 Using Taguchi Technique. *World Academy of Science, Engineering and Technology, International Journal of Mechanical, Industrial Science and Engineering*, Vol.7, No.11.
- Rosenhain, W., & Sturney, A. C. (1925). Cutting Tools Research Committee. Report on Flow and Rupture of Metals during Cutting. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers*, 108(1), 141-174. https://doi.org/10.1243/PIME_PROC_1925_108_015
- Rotella, G., Dillon Jr, O. W., Umbrello, D., Settineri, L., & Jawahir, I. S. (2013). Finite element modeling of microstructural changes in turning of AA7075-T651 Alloy. *Journal of Manufacturing Processes*, 15(1), 87-95. <https://doi.org/10.1016/j.jmapro.2012.09.005>
- Roth, D., Bedi, S., Ismail, F., & Mann, S. (2001). Surface swept by a toroidal cutter during 5-axis machining. *Computer-Aided Design*, 33(1), 57-63. [https://doi.org/10.1016/S0010-4485\(00\)00063-4](https://doi.org/10.1016/S0010-4485(00)00063-4)
- Rubio, E. M., Camacho, A. M., Sánchez-Sola, J. M., & Marcos, M. (2006). Chip arrangement in the dry cutting of aluminium alloys. *Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering*, 16(1-2). <https://yadda.icm.edu.pl/baztech/element/bwmeta1.element.baztech-06fe6772-2025-40ae-b0f7-309ae23a68f4>
- Sadeghi, M. H., Naserian, R. S. and Haghighat, H. (2003). An instantaneous rigid force model for 3 – axis ball – end milling of sculptured surfaces. *International Journal of Engineering Transactions B: Applications*, Vol. 16, No. 4, p. 385 – 394.
- Sahasrabudhe, A., Liu, X., Zhang, X., & Yamazaki, K. (2003). Theoretical and Experimental Study on Surface Finish for Multi-Axis CNC Milling. *University of California, Davis CA, 95916*. <https://citeseerx.ist.psu.edu/document?repid=rep1&type=pdf&doi=08a4095441371ef77598ea31564461e051dc030a>
- Sahin, Y., & Motorcu, A. R. (2004, June). Prediction of surface roughness in the machining of carbon steels by cutting tools. In *AIP Conference Proceedings* (Vol. 712, No. 1, pp. 1414-1422). American Institute of Physics. <https://doi.org/10.1063/1.1766727>
- Sahin, Y., & Motorcu, A. R. (2008). Surface roughness model in machining hardened steel with cubic boron nitride cutting tool. *International Journal of Refractory Metals and Hard Materials*, 26(2), 84-90. <https://doi.org/10.1016/j.ijrmhm.2007.02.005>
- Sando, M., Higashi, T., & Shinozuka, J. (2012). Influence of the heat treatment condition upon the high-speed cutting mechanism of aluminum alloy A2017. *Journal of Advanced Mechanical Design, Systems, and Manufacturing*, 6(6), 859-874. <https://doi.org/10.1299/jamdsm.6.859>
- Saravanan, R. S. R. S., Siva Sankar, R., Asokan, P., Vijayakumar, K., & Prabhakaran, G. (2005). Optimization of cutting conditions during continuous finished profile machining using non-traditional techniques. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 26, 30-40. <https://doi.org/10.1007/s00170-003-1938-x>
- Sasimurugan, T., & Palanikumar, K. (2011). Analysis of the machining characteristics on surface roughness of a hybrid aluminium metal matrix composite (Al6061-SiC-Al 2 O 3). *Journal of Minerals and Materials Characterization and Engineering*, 10(13), 1213. <https://www.scirp.org/html/20963.html>
- Sayuti, M., Sarhan, A. A., Tanaka, T., Hamdi, M., & Saito, Y. (2013). Cutting force reduction and surface quality improvement in machining of aerospace duralumin AL-2017-T4 using carbon onion nanolubrication system. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 65, 1493-1500. <https://doi.org/10.1007/s00170-012-4273-2>
- Shamsuddin, K. A., Ab-Kadir, A. R., & Osman, M. H. (2013). A comparison of milling cutting path strategies for thin-walled aluminium alloys fabrication. *Int. J. Eng. Sci*, 2(3), 1-8.

- Shankar, M. R., Chandrasekar, S., Compton, W. D., & King, A. H. (2005). Characteristics of aluminum 6061-T6 deformed to large plastic strains by machining. *Materials Science and Engineering: A*, 410, 364-368. <https://doi.org/10.1016/j.msea.2005.08.137>
- Shaw, M. C., & Vyas, A. (1993). Chip formation in the machining of hardened steel. *CIRP annals*, 42(1), 29-33. [https://doi.org/10.1016/S0007-8506\(07\)62385-3](https://doi.org/10.1016/S0007-8506(07)62385-3)
- Shekh, Z. A., & Khan, T. A. (2013). Analysis of Surface Roughness for Turning of Aluminium (6061) Using Regression Analysis. *International Journal of Scientific Engineering and Technology*, 2(7), 705-709. <https://www.indianjournals.com/ijor.aspx?target=ijor:ijset1&volume=2&issue=7&article=018>
- Shevell, R.S. (1989). *Fundamentals of Flight Englewood Cliffs*, Prentice Hall, ISBN 0-13-339060-8, Ch 18, pp 373–386.
- Shih, A. J., Luo, J., Lewis, M. A., & Strenkowski, J. S. (2004). Chip morphology and forces in end milling of elastomers. *J. Manuf. Sci. Eng.*, 126(1), 124-130. <https://doi.org/10.1115/1.1633276>
- Singh, S., Singh, K., & Bhushan, R. K. (2012). Machining Response in Turning Aluminium Composite LM13 With 15% SiC. *International Journal of Enhanced Research in Science Technology & Engineering*, 1.
- Singh, H. and Kumar, P. (2007). Mathematical models of tool life and surface roughness for turning operation through response surface methodology. *Journal of Scientific & Industrial Research*, Vol. 66, p. 220 – 226. <http://nopr.niscpr.res.in/handle/123456789/1306>
- Sivarao, F. D., Anand, T. J. S., & Kamil, A. K. (2010). Investigation of tangential force, horsepower and material removal rate associating HAAS CNC milling, AL6061-T6511 work material and tialn coated end mill tool. *IJBAS-IJENS*, 10(4), 23-28.
- Sivasakthivel, P. S., Murugan, V. V., & Sudhakaran, R. (2010). Prediction of tool wear from machining parameters by response surface methodology in end milling. *International Journal of Engineering Science and Technology*, 2(6), 1780-1789.
- Slătineanu, L., Coteață, M., Dodun, O., Merticaru, V. (2008). Interactions at the machinability evaluation by facing test. *Annals of the Oradea University, Fascicle of Management and Technological Engineering*, Vol. VII, p. 1775 - 1778.
- Stepan, G. (1989). *Retarded Dynamical Systems and Characteristic Functions*. Wiley New York. <https://cir.nii.ac.jp/crid/1130282269926976896>
- Tammineni, L., & Yedula, H. P. R. (2014). Investigation of influence of milling parameters on surface roughness and flatness. *International Journal of Advances in Engineering & Technology*, 6(6), 2416. <https://citeseerx.ist.psu.edu/document?repid=rep1&type=pdf&doi=b644c3b70efd3df25c8eaa8d21319ff84d329896>
- Taylor, F. W. (1907). *On the art of cutting metals*. Transactions of ASME, Vol. 28, p. 31 – 350.
- Terai, H., Hao, M., Kikkawa, K., & Mizugaki, Y. (2004). Geometric analysis of undeformed chip thickness in ball-nosed end milling. *JSME International Journal Series C Mechanical Systems, Machine Elements and Manufacturing*, 47(1), 2-7. <https://doi.org/10.1299/jsmec.47.2>
- Time, I. (1870). *Resistance of metals and Wood to Cutting* (in Russian), St. Petersburg, Russia.
- Tlustý, J. (1986). *Dynamics of high speed milling*. Journal of Engineering for Industry, Vol. 108, p. 59 – 67. <https://doi.org/10.1115/1.3187052>
- Treska, H. (1873). Mmories Sur le Rabotage des Mtaux. *Bulletin de la Scite dE-couragement pour lIndustrie Nationale*, 15, 585-685.
- Tunç, T. L. (2006). *Geometrical Analysis and Optimization of 5-Axis Milling Processes* (Doctoral dissertation), Sabanci University, Turkey <https://core.ac.uk/download/pdf/11739835.pdf>
- Tunc, L. T., & Budak, E. (2007). Optimization of 5-Axis milling processes based on the process models with application to airfoil machining. In *10th CIRP International Workshop on Modeling of Machining OPerations, Calabria, Italy*.
- Tunç, C. (2008). Further results on the instability of solutions of certain nonlinear vector differential equations of fifth order. *Appl. Math. Inf. Sci.*, 2(1), 51-60. <https://www.naturalspublishing.com/files/published/gb8i1dkm951w21.pdf>
- Tang, Z. T., Liu, Z. Q., Pan, Y. Z., Wan, Y., & Ai, X. (2009). The influence of tool flank wear on residual stresses induced by milling aluminum alloy. *Journal of Materials processing technology*, 209(9), 4502-4508. <https://doi.org/10.1016/j.jmatprotec.2008.10.034>
- Tobias, S. A. (1965). *Machine-tool vibration*, Blackie and Son, London. <https://cir.nii.ac.jp/crid/1130282269240596352>

- Thamban, I., Abraham, B. C., & Kurian, S. (2013). Machining characteristics analysis of 6061-T6 aluminium alloy with diamond coated and uncoated tungsten carbide tool. *International Journal of Latest Research in Science and Technology*, 2(1), 553-557.
- Țițu, M., Oprean, C., & Boroiu, A. (2011). Cercetarea experimentală aplicată în creșterea calității produselor și serviciilor. *Editura AGIR, București*.
- Țițu, M. (2002). *Statistică tehnică și control statistic*, Editura Universității „Lucian Blaga” din Sibiu, ISBN 973-651-400-5, Sibiu.
- Țițu, M. (2004). *Statistică tehnică și proiectarea experimentelor. Analiza dispersională și regresională*. Editura Universității „Lucian Blaga” din Sibiu, Sibiu.
- Țițu, M. (2004). *Statistică tehnică și proiectarea experimentelor. Strategia experimentelor factoriale*, Editura Universității „Lucian Blaga” din Sibiu, Sibiu.
- Țițu, M., Oprean, C. (2005). *Statistică tehnică și proiectarea experimentelor. Sisteme, metode, tehnici și instrumente*, Editura Universității „Lucian Blaga” din Sibiu, Sibiu.
- Țițu, M., Oprean, C., Tomuță, I. (2007). *Cercetarea experimentală și prelucrarea datelor. Studii de caz*, Editura Universității „Lucian Blaga” din Sibiu, Sibiu.
- Țițu, M., Oprean, C., Cicală, E. (2001). *Statistică tehnică și control statistic*, Editura Universității „Lucian Blaga” din Sibiu, ISBN 973-651-181-2, Sibiu.
- Țițu, M., Oprean, C., Cicală, E. (2001). *Tehnici și metode în conducerea proceselor tehnologice*, Editura Universității „Lucian Blaga” din Sibiu, ISBN 973-651-180-4, Sibiu.
- Țițu, M. A., & Pop, A. B. (2016, November). Contribution on Taguchi's Method Application on the Surface Roughness Analysis in End Milling Process on 7136 Aluminium Alloy. In *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* (Vol. 161, No. 1, p. 012014). IOP Publishing. <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/161/1/012014/meta>
- Țițu, M. A., & Pop, A. B. (2017). Using regression analysis method to model and optimize the quality of chip-removing processed metal surfaces. In *MATEC Web of Conferences* (Vol. 112, p. 01009). EDP Sciences. <https://doi.org/10.1051/mateconf/201711201009>
- Țițu, M. A., Oprean, C., Pop, A. B., & Țițu, Ș. (2017). Using the factorial experiment method to analyze the corrosion protection process. In *MATEC Web of Conferences* (Vol. 137, p. 03014). EDP Sciences. <https://doi.org/10.1051/mateconf/201713703014>
- Titu, A. M., Sandu, A. V., Pop, A. B., Titu, S., & Ciungu, T. C. (2018, June). The Taguchi Method application to improve the quality of a sustainable process. In *IOP conference series: materials science and engineering* (Vol. 374, No. 1, p. 012054). IOP Publishing. <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/374/1/012054/meta>
- Țițu, M. A., & Pop, A. B. (2019, April). A comparative analysis of the machined surfaces quality of an aluminum alloy according to the cutting speed and cutting depth variations. In *International Conference "New Technologies, Development and Applications"* (pp. 212-218). Cham: Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-18072-0_24
- Țițu, M. A., Pop, A. B., Țițu, Ș., & Pop, G. I. (2019, July). Optimization of the objective function–surface quality by end-milling dimensional machining of some aluminum alloys. In *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* (Vol. 572, No. 1, p. 012042). IOP Publishing. <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/572/1/012042/meta>
- Țițu, A. M., & Pop, A. B. (2019, October). The quality of the machined surface of an aluminum alloy depending on the cutting depth variation. In *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* (Vol. 564, No. 1, p. 012001). IOP Publishing. <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/564/1/012001/meta>
- Țițu, M. A., & Pop, A. B. (2019, April). A comparative analysis of the machined surfaces quality of an aluminum alloy according to the cutting speed and cutting depth variations. In *International Conference "New Technologies, Development and Applications"* (pp. 212-218). Cham: Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-18072-0_24
- Țițu, M. A., & Pop, A. B. (2020, June). CNC End Milling Process Parameters Optimization on Aluminium Alloy by Using Taguchi and ANOVA Methods. In *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* (Vol. 877, No. 1, p. 012021). IOP Publishing. <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/877/1/012021/meta>

- Țițu, A. M., Sandu, A. V., Pop, A. B., Țițu, Ș., Frățilă, D. N., Ceoce, C., & Boroiu, A. (2020). Design of experiment in the milling process of aluminum alloys in the aerospace industry. *Applied Sciences*, 10(19), 6951. <https://doi.org/10.3390/app10196951>
- Țițu, A. M., Pop, A. B., Nabiałek, M., Dragomir, C. C., & Sandu, A. V. (2021). Experimental modeling of the milling process of aluminum alloys used in the aerospace industry. *Bulletin of the Polish Academy of Sciences: Technical Sciences*. <https://www.webofscience.com/wos/woscc/full-record/WOS:000714987100001>
- Titu, A. M., Ravai-Nagy, S., & Pop, A. B. (2023). Research on the influence of Coating technologies on Adhesion Anti-corrosion Layers in the case of Al7175 Aluminum Alloy. *Coatings*, 13(6), 1054. <https://doi.org/10.3390/coatings13061054>
- Țițu, M. A., & Pop, A. B. (2023). IdentifiCation of data affected by aberrant errors In the study of the MillIng Process on aluMInuM alloys. *Archives of Metallurgy and Materials*, 525-530. <https://doi.org/10.24425/amm.2023.142431>
- Țițu, A. M., & Pop, A. B. (2024). A Process Capability Study On The Drilling Operation Of A Seat Track Used In Aerospace Industry. *Acta Technica Napocensis-Series: Applied Mathematics, Mechanics, And Engineering*, 67(1s). <https://atna-mam.utcluj.ro/index.php/Acta/article/view/2370>
- Titu, A. M., & Pop, A. B. (2024). Study of surface roughness variability in end milling of Al7136 alloy using row wise statistics analysis. *Materials Research Proceedings*, 46. <https://doi.org/10.21741/9781644903377-19>
- Vakondios, D., Kyratsis, P., Yaldiz, S., & Antoniadis, A. (2012). Influence of milling strategy on the surface roughness in ball end milling of the aluminum alloy Al7075-T6. *Measurement*, 45(6), 1480-1488. <https://doi.org/10.1016/j.measurement.2012.03.001>
- Villumsen, M. F., & Fauerholdt, T. G. (2008). Simulation of metal cutting using smooth particle hydrodynamics. *LS-DYNA Anwenderforum, C-III*, 17. <https://www.dynamore.it/de/download/papers/forum08/dokumente/C-III-02.pdf>
- Villumsen, M. F., & Fauerholdt, T. G. (2008). Prediction of cutting forces in metal cutting, using the finite element method, a Lagrangian approach. In *Proceedings of the 7th German LS-DYNA Forum* (Vol. 8). <https://www.dynamore.ch/en/downloads/papers/dynamore/de/download/papers/forum08/dokumente/C-III-01.pdf>
- Walstra, W. H., Bronsvort, W. F., & Vergeest, J. S. (1994). Interactive simulation of robot milling for rapid shape prototyping. *Computers & graphics*, 18(6), 861-871. [https://doi.org/10.1016/0097-8493\(94\)90013-2](https://doi.org/10.1016/0097-8493(94)90013-2)
- Wang, J., Gong, Y., Abba, G., Antoine, J. F., & Shi, J. (2009). Chip formation analysis in micromilling operation. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 45, 430-447. <https://doi.org/10.1007/s00170-009-1989-8>
- Wang, J., Gong, Y., Abba, G., Antoine, J. F., & Shi, J. (2009). Chip formation analysis in micromilling operation. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 45, 430-447. <https://doi.org/10.1007/s00170-009-1989-8>
- Warhade, K. P., Bhilare, S.K., Gaikwad, S. R. and Phate, M.R. (2013). Modeling and analysis of machining process using Response Surface Methodology. *International Journal of Emerging Trends in Engineering and Development*, Vol.2, Issue 3, March 2013.
- Wince, J. N. (2002). *Modeling chip formation in orthogonal metal cutting using finite element analysis*. Mississippi State University. <https://www.proquest.com/openview/2c37fa1723088d7100e8d3cb0fa54208/1?cbl=18750&diss=y&pq-origsite=gscholar>
- Zbigniev, W. K., Afouda, A. and Szolgay, J. (2000). Mathematical modelling. *Hidrology 2000*, IAHS Publication, No. 171.
- Zuperl, U., Cus, F., & Milfelner, M. (2005). Fuzzy control strategy for an adaptive force control in end-milling. *Journal of Materials Processing Technology*, 164, 1472-1478. <https://doi.org/10.1016/j.jmatprotec.2005.02.143>
- Zvorykin, K. A. (1896). On the force and energy needed to separate the chip from the workpiece. *Tekhnicheskii Sbornik i Vestnic Promyslinosty*, 123(57-96), 117.
- ***Catalog SECO, 2025, <https://www.secotools.com/article/84565>
- ***<http://www.aerospacemetals.com/2025>, Aerospace Specification Metals, Inc., accesat martie 2025.

- ***<http://aluminium.matter.org.uk>, ALUMATTER, accesat în martie 2025.
- ***[http://www.world-aluminium.org/media/filer_public/2013/02/25/an outlook of the global aluminium industry 1972 - _present_day.pdf](http://www.world-aluminium.org/media/filer_public/2013/02/25/an_outlook_of_the_global_aluminium_industry_1972_-_present_day.pdf), World Aluminium, accesat în ianuarie 2025.
- ***<http://www.sandvik.com/en/2025>, accesat în martie 2025.
- ***<http://www.sapagroup.com/> World leader in aluminium solutions, accesat în august 2025.
- ***http://www.secotools.com/Global/Products/Milling/Solid-carbide-end-mills_/Jabro-Solid2/2024, accesat decembrie 2024.
- ***<https://ro.wikipedia.org/wiki/Aluminiu>, accesat în august 2024
- ***<http://www.mscdirect.com/products/mitutoyo-brand>, accesat în iunie 2024
- ***<http://www.microvu.com/vertex.html>, accesat în iunie 2024

Lista abrevierilor

R_a	Abaterea medie aritmetică a profilului suprafeței
R_z	Înălțimea neregularităților
R_{at}	Abaterea medie aritmetică teoretică a profilului suprafeței
R_{aexp}	Abaterea medie aritmetică măsurată a profilului suprafeței
R_{along}	Abaterea medie aritmetică a profilului suprafeței măsurată longitudinal pe direcția mișcării de avans
R_{atransv}	Abaterea medie aritmetică a profilului suprafeței măsurată transversal pe direcția mișcării de avans
v	Viteza de așchiere
a_p	Adâncimea de așchiere
f_z	Avansul pe dinte
ε	Eroarea experimentală
E	Efectul mediu al factorilor analizați
I	Interacțiunea dintre factorii analizați
S/N	Raportul semnal zgomot
CAD	Computer Aided Design (proiectarea asistată de calculator)
CAM	Computer Aided Manufacturing (prelucrarea asistată de calculator)
ANOVA	Analiza varianței
b	Estimația liniară a abaterii standard
M	Media aritmetică
s	Abaterea medie pătratică
F_e(x_i)	Funcția de repartiție experimentală
F(x_i)	Funcția de repartiție teoretică
SS_{REGR}	Suma pătratelor regresiei
SS_{RESID}	Suma pătratelor rezidului
SS_{TOTAL}	Suma totală a pătratelor răspunsurilor
SS_{ERR}	Suma pătratelor erorii pure
SS_{EDF}	Suma pătratelor erorii de potrivire
MS	Media pătratelor
MS_{RESID}	Media pătratelor rezidului
MS_{REGR}	Media pătratelor regresiei
MS_{ERR}	Media pătratelor erorii pure
MS_{EDF}	Media pătratelor erorii de potrivire

N	Numărul de determinări experimentale
ν	Gradul de libertate
F	Coeficientul testului Fisher
R^2	Coeficientul regresiei multiple (coeficientul de determinare)
Q^2	Capacitatea de predicție a modelului
PRESS	Prediction sum of square (suma pătratelor rezidualelor răspunsurilor prezise)

ANEXA 1:

CLASIFICAREA REFERINTELOR BIBLIOGRAFICE AFERENTE STADIULUI ACTUAL

Tabelul 1

Referințele bibliografice privind utilizarea aliajelor de aluminiu în funcție de an și numărul de lucrări

Aliajul de aluminiu	356	1050	1100	2011	2014	2017	2024	5025	5083	6061	6063	6082	7050	7075
2001	1 lucrare													
(Marusich & Askari, 2001)													1	
2002	2 lucrări													
(Wince, 2002)							1			1				
2003	1 lucrare													
(Potdar & Zehnder, 2003)										1				
2004	1 lucrare													
(Bakkal et al, 2004)										1				
2005	6 lucrări													
(Dong & Ke, 2005)														1
(Kazban, 2005)			1				1			1				
(Liou, 2005)														1
(Shankar et al., 2005)										1				
2006	6 lucrări													
(Altan et al., 2006)	1													
(Bagci & Ozcelik, 2006)														1
(Dhanorker & Özel, 2006)							1							
(Limido et al., 2006)										1				
(Rubio et al., 2006)							1						1	
2007	4 lucrări													
(Dhanorker Et Al., 2007)							1							
(Limido et al., 2007)										1				
(Özel et al., 2007)							1							
(Pramanik et al., 2007)										1				
2008	10 lucrări													
(Asad et.al, 2008)							1							
(aVillumsen & Fauerholdt, 2008)												1		
(bVillumsen & Fauerholdt,2008)												1		
(Chartakom & Butdee, 2008)									1		1			1
(Chieragatti et al., 2008)										1				

Aliajul de aluminiu	356	1050	1100	2011	2014	2017	2024	5025	5083	6061	6063	6082	7050	7075
(Dinc et al., 2008)														1
(Kadirgama et al, 2008)										1				
(Petrariu et al., 2008)													1	
2009	9 lucrări													
(Adetoro & Wen, 2009)					1									
(Kök, 2009)							1							
(Tang et al., 2009)													1	
(Wang et al., 2009)										1				
(Yoshio Mizugaki et al., 2009)		1				1	1	1						1
2010	10 lucrări													
(Chen, 2010)							1							
(Gökkaya, 2010)					1									
(Hwang, 2010)										1				
(Kuttolamadam et al, 2010)										1				
(Mammana et al.,2010)												1		1
(Moetakef Imani, 2010)														1
(Sasimurugan & Palanikumar, 2010)										1				
(Sivarao et al., 2010)										1				
(Sivasakthivel et al., 2010)											1			
2011	1 lucrare													
(Chandrasekaran, 2011)										1				
2012	14 lucrări													
(Ariff et al., 2012)										1				
(Cardoso & Davim, 2012)				1										
(Díaz et al.,2012)														1
(Doddapattar& Lakshmana Swamy, 2012)														1
(Köklü, 2012)							1						1	1
(Mishra et al., 2010)										1				
(Patel & Patel, 2012)											1			
(Rawangwong et al.,2012)														1
(Rawangwong et al.,2012)														1
(Sando et al., 2012)						1								
(Singh et al., 2012)	1													
(Vakondios et al.,2012)														1
2013	23 lucrări													
(Warhade et al., 2013)											1			
(Abou-el-hossein et al., 2013)										1				
(Azuan, 2013)										1				
(Cebeli & Zulkuf, 2013)		1							1	1				1
(Djebara et al., 2013)							1			1				1

Aliajul de aluminiu	356	1050	1100	2011	2014	2017	2024	5025	5083	6061	6063	6082	7050	7075
(Durakbaşa et al., 2013)														1
(Gulhane et al., 2013)										1				
(Kannan et al., 2013)											1			
(Krishnamurthy & Venkatesh, 2013)											1			
(Patel et al, 2013)											1			
(Reddy et al., 2013)										1				1
(Rogov & Siamak, 2013)							1							
(Rotella et al, 2013)														1
(Sayuti et al., 2013)						1								
(Shamsuddin et al., 2013)									1					
(Shekh & Khan, 2013)										1				
(Thamban et al., 2013)										1				
2014	7 lucrări													
(Tammineni & Yedula, 2014)		1												
(Ghan & Ambekar, 2014)														
(Ghan & Ambekar, 2014)							1							
(Gopalakrishna et al., 2014)										1				
(Jomaa et al., 2014)														1
(Kouam et al.,2014)										1				1
(Murthy et al., 2014)										1				
(Radhika et al., 2014)														
(Reddy et al., 2014)														
TOTAL	2	3	1	1	2	3	15	1	3	30	7	3	5	21

Referințele bibliografice privind frecvența studierii operațiilor de aşchiere

	Strunjire	Frezare	Găurire
2001	1 lucrare		
(Marusich & Askari, 2001)	1		
2002	2 lucrări		
(Baker, 2002)	1		
(Wince, 2002)	1		
2003	1 lucrare		
(Potdar & Zehnder, 2003)	1		
2004	1 lucrare		
(Bakkal et al, 2004)	1		
2005	6 lucrări		
(Aphale, 2005)			1
(cÖzel & Zeren, 2005)	1		
(Dong & Ke, 2005)		1	
(Kazban, 2005)	1		
(Liou, 2005)	1		
(Shankar et al., 2005)		1	
2006	6 lucrări		
(Altan et al., 2006)	1	1	
(Bagci & Ozcelik, 2006)			1
(Dhanorker & Özel, 2006)		1	
(Limido et al., 2006)	1		
(Rubio et al., 2006)	1		
2007	6 lucrări		
(aÖzel & Zeren, 2007)	1		
(Dhanorker Et Al., 2007)		1	
(Limido et al., 2007)	1		
(Özel et al., 2007)		1	
(Pramanik et al., 2007)	1		
2008	12 lucrări		
(Denkena & León, 2008)		1	
(Asad et.al, 2008)	1		
(aVillumsen & Fauerholdt, 2008)	1	1	
(Budak & Ozlu, 2008)	1	1	
(bVillumsen & Fauerholdt, 2008)	1		
(Chartakom & Butdee, 2008)		1	
(Chieragatti et al., 2008)		1	
(Dinc et al., 2008)		1	
(Kadrigama et al, 2008)		1	
(Petrariu et al., 2008)		1	
2009	5 lucrări		
(Adetoro & Wen, 2009)		1	
(Kök, 2009)	1		

	Strunjire	Frezare	Găurire
(Tang et al., 2009)		1	
(Wang et al., 2009)		1	
(Yoshio Mizugaki et al., 2009)		1	
2010	9 lucrări		
(Chen, 2010)	1		
(Gökkaya, 2010)	1		
(Hwang, 2010)		1	
(Kuttolamadam et al, 2010)		1	
(Mammanna et al.,2010)		1	
(Moetakef Imani, 2010)		1	
(Sasimurugan & Palanikumar, 2010)	1		
(Sivarao et al., 2010)		1	
(Sivasakthivel et al., 2010)		1	
2011	1 lucrare		
(Chandrasekaran, 2011)	1		
2012	12 lucrări		
(Ariff et al., 2012)	1		
(Cardoso & Davim, 2012)		1	
(Díaz et al.,2012)		1	
(Doddapattar& Lakshmana Swamy, 2012)	1		
(Köklü, 2012)			1
(Mishra et al., 2010)	1		
(Patel & Patel, 2012)	1		
(Rawangwong et al.,2012)		1	
(Rawangwong et al.,2012)		1	
(Sando et al., 2012)	1		
(Singh et al., 2012)	1		
(Vakondios et al.,2012)		1	
2013	17 lucrări		
(Warhade et al., 2013)	1		
(Abou-el-hossein et al., 2013)	1		
(Azuan, 2013)	1		
(Cebeli & Zulkuf, 2013)			1
(Djebara et al., 2013)		1	
(Durakbaşa et al., 2013)		1	
(Gulhane et al., 2013)		1	
(Kannan et al., 2013)	1		
(Krishnamurthy & Venkatesh, 2013)	1		
(Patel et al, 2013)	1		
(Reddy et al., 2013)			1
(Rogov & Siamak, 2013)	1		
(Rotella et al, 2013)	1		
(Sayuti et al., 2013)		1	
(Shamsuddin et al., 2013)		1	

	Strunjire	Frezare	Găurire
(Shekh & Khan, 2013)	1		
(Thamban et al., 2013)		1	
2014	12 lucrări		
(Tammineni & Yedula, 2014)		1	
(Ghan & Ambekar, 2014)	1	1	
(Ghan & Ambekar, 2014)		1	
(Gopalakrishna et al., 2014)	1		
(Jomaa et al., 2014)	1	1	1
(Kouam et al., 2014)			1
(Murthy et al., 2014)	1		
(Radhika et al., 2014)	1		
(Reddy et al., 2014)		1	
TOTAL	43	42	7

Referințele bibliografice privind frecvența studierii parametrilor de prelucrare

	Viteza de aşchiere	Avansul pe dinte	Adâncimea de aşchiere
2001	3 lucrări		
(Marusich & Askari, 2001)	1	1	1
2002	4 lucrări		
(Baker, 2002)	1		1
(Wince, 2002)	1		1
2003	3 lucrări		
(Potdar & Zehnder, 2003)	1	1	1
2004	1 lucrare		
(Bakkal et al, 2004)	1		
2005	8 lucrări		
(Aphale, 2005)	1		1
(cÖzel & Zeren, 2005)	1		1
(Dong & Ke, 2005)	1		1
(Kazban, 2005)	1		
(Liou, 2005)	1		
(Shankar et al., 2005)			
2006	10 lucrări		
(Altan et al., 2006)			
(Bagci & Ozcelik, 2006)	1	1	
(Dhanorker & Özel, 2006)	1	1	1
(Limido et al., 2006)	1	1	
(Rubio et al., 2006)	1	1	1
2007	11 lucrări		
(aÖzel & Zeren, 2007)	1		
(Dhanorker Et Al., 2007)	1	1	1
(Limido et al., 2007)	1	1	
(Özel et al., 2007)	1	1	
(Pramanik et al., 2007)	1	1	1
2008	21 lucrări		
(Denkena & León, 2008)	1	1	1
(Asad et.al, 2008)	1	1	1
(aVillumsen & Fauerholdt, 2008)	1		
(Budak & Ozlu, 2008)		1	1
(bVillumsen & Fauerholdt,2008)	1		1
(Chartakom & Butdee, 2008)	1	1	
(Chieragatti et al., 2008)	1	1	
(Dinc et al., 2008)	1	1	
(Kadirgama et al, 2008)	1	1	1
(Petrariu et al., 2008)	1		
2009	8 lucrări		
(Adetoro & Wen, 2009)		1	

	Viteza de aşchiere	Avansul pe dinte	Adâncimea de aşchiere
(Kök, 2009)	1	1	1
(Tang et al., 2009)			
(Wang et al., 2009)	1	1	1
(Yoshio Mizugaki et al., 2009)	1		
2010	16 lucrări		
(Chen, 2010)	1	1	
(Gökkaya, 2010)	1	1	
(Hwang, 2010)	1	1	1
(Kuttolamadom et al, 2010)		1	
(Mammana et al.,2010)			1
(Moetakef Imani, 2010)	1	1	
(Sasimurugan & Palanikumar, 2010)	1	1	
(Sivarao et al., 2010)			1
(Sivasakthivel et al., 2010)		1	1
2011	2 lucrări		
(Chandrasekaran, 2011)	1		1
2012	25 lucrări		
(Ariff et al., 2012)	1	1	1
(Cardoso & Davim, 2012)		1	
(Diaz et al.,2012)	1	1	
(Doddapattar& Lakshmana Swamy, 2012)	1	1	1
(Köklü, 2012)	1	1	
(Mishra et al., 2010)	1		
(Patel & Patel, 2012)	1	1	1
(Rawangwong et al.,2012)		1	
(Rawangwong et al.,2012)		1	1
(Sando et al., 2012)	1		1
(Singh et al., 2012)	1	1	1
(Vakondios et al.,2012)		1	1
2013	34 lucrări		
(Warhade et al., 2013)		1	1
(Abou-el-hossein et al., 2013)		1	
(Azuan, 2013)	1	1	
(Cebeli & Zulkuf, 2013)		1	
(Djebara et al., 2013)	1	1	1
(Durakbaşa et al., 2013)	1	1	1
(Gulhane et al., 2013)		1	1
(Kannan et al., 2013)	1	1	1
(Krishnamurthy & Venkatesh, 2013)	1	1	1
(Patel et al, 2013)	1	1	1
(Reddy et al., 2013)		1	
(Rogov & Siamak, 2013)		1	1
(Rotella et al, 2013)	1		

	Viteza de aşchiere	Avansul pe dinte	Adâncimea de aşchiere
(Sayuti et al., 2013)	1	1	1
(Shamsuddin et al., 2013)			
(Shekh & Khan, 2013)		1	1
(Thamban et al., 2013)		1	1
2014	17 lucrări		
(Tammineni & Yedula, 2014)		1	1
(Ghan & Ambekar, 2014)		1	1
(Ghan & Ambekar, 2014)	1	1	1
(Gopalakrishna et al., 2014)			
(Jomaa et al., 2014)	1	1	
(Kouam et al., 2014)			
(Murthy et al., 2014)		1	1
(Radhika et al., 2014)	1	1	1
(Reddy et al., 2014)	1	1	1
TOTAL	57	59	47

Tabelul 4

Referințele bibliografice privind direcțiile de cercetare studiate în procesele de aşchiere

	Frecarea	Rugozitatea	Formarea aşchiei	Uzura sculei	Forțe	Deformații	Tensiuni	Temperatura
2001	3 lucrări							
(Marusich & Askari, 2001)			1		1		1	
2002	9 lucrări							
(Baker, 2002)	1		1		1	1	1	1
(Wince, 2002)	1		1			1		
2003	5 lucrări							
(Potdar & Zehnder, 2003)			1		1	1	1	1
2004	3 lucrări							
(Bakkalet al, 2004)		1		1	1			
2005	21 lucrări							
(Aphale, 2005)			1		1			1
(cÖzel & Zeren, 2005)	1		1				1	1
(Dong & Ke, 2005)		1	1		1	1	1	1
(Kazban, 2005)			1	1	1		1	1
(Liou, 2005)			1					
(Shankar et al., 2005)			1			1		
2006	17 lucrări							
(Altan et al., 2006)			1	1			1	1
(Bagci & Ozcelik, 2006)	1			1		1	1	1
(Dhanorker & Özel, 2006)					1			1
(Limido et al., 2006)	1		1		1	1	1	
(Rubio et al., 2006)			1					
2007	22 lucrări							
(aÖzel & Zeren, 2007)	1	1	1			1	1	1
(Dhanorker Et Al., 2007)		1	1		1	1	1	1
(Limido et al., 2007)	1		1		1	1	1	
(Özel et al., 2007)			1					
(Pramanik et al., 2007)		1		1		1	1	
2008	23 lucrări							
(Denkena & León, 2008)							1	
(Asad et.al, 2008)			1					
(aVillumsen & Fauerholdt, 2008)			1		1			
(Budak & Ozlu, 2008)					1		1	1
(bVillumsen & Fauerholdt,2008)	1		1		1	1		
(Chartakom & Butdee, 2008)		1						
(Chieragatti et al., 2008)	1		1		1		1	
(Dinc et al., 2008)								1
(Kadirgama et al, 2008)		1						

	Frecarea	Rugozitatea	Formarea așchii	Uzura sculei	Forțe	Deformații	Tensiuni	Temperatura
(Petrariu et al., 2008)				1	1	1	1	1
2009	14 lucrări							
(Adetoro & Wen, 2009)					1			
(Kök, 2009)		1		1				
(Tang et al., 2009)				1	1		1	
(Wang et al., 2009)	1		1		1	1	1	1
(Yoshio Mizugaki et al., 2009)		1			1			
2010	15 lucrări							
(Chen, 2010)	1		1		1	1	1	1
(Gökkaya, 2010)		1			1			
(Hwang, 2010)		1						
(Kuttolamadam et al, 2010)		1						
(Mammana et al.,2010)							1	
(Moetakef & Imani, 2010)					1			
(Sasimurugan & Palanikumar, 2010)		1						
(Sivarao et al., 2010)					1			
(Sivasakthivel et al., 2010)				1				
2011	1 lucrare							
(Chandrasekaran, 2011)					1			
2012	18 lucrări							
(Ariff et al., 2012)				1				1
(Cardoso & Davim, 2012)		1						
(Díaz et al.,2012)							1	
(Doddapattar& Lakshmana Swamy, 2012)		1			1			
(Köklü, 2012)		1						
(Mishra et al., 2010)	1			1				
(Patel & Patel, 2012)		1						
(Rawangwong et al.,2012)		1						
(Rawangwong et al.,2012)		1						
(Sando et al., 2012)			1		1	1	1	
(Singh et al., 2012)		1						
(Vakondios et al.,2012)		1						
2013	19 lucrări							
(Warhade et al., 2013)								
(Abou-el-hossein et al., 2013)		1						
(Azuan, 2013)				1				
(Cebeli & Zulkuf, 2013)		1						
(Djebara et al., 2013)								
(Durakbaşa et al., 2013)		1						
(Gulhane et al., 2013)		1						

	Frecarea	Rugozitatea	Formarea aşchiei	Uzura sculei	Forţe	Deformaţii	Tensiuni	Temperatura
(Kannan et al., 2013)		1			1			1
(Krishnamurthy & Venkatesh, 2013)		1						
(Patel et al, 2013)		1						
(Reddy et al., 2013)					1			
(Rogov & Siamak, 2013)		1						
(Rotella et al, 2013)					1			
(Sayuti et al., 2013)	1	1			1			
(Shamsuddin et al., 2013)		1						
(Shekh & Khan, 2013)		1						
(Thamban et al., 2013)					1			
2014	13 lucrări							
(Tammineni & Yedula, 2014)		1						
(Ghan & Ambekar, 2014)		1						
(Gopalakrishna et al., 2014)					1			
(Jomaa et al., 2014)		1					1	
(Kouam et al.,2014)		1			1			
(Murthy et al., 2014)		1						
(Radhika et al., 2014)		1	1	1				
(Reddy et al., 2014)			1		1			
TOTAL	13	39	26	13	35	16	24	18

Tabelul 5

Referințele bibliografice privind metodele matematice utilizate spre optimizarea proceselor de aşchiere

	Taguchi	Analiza de regresie	ANOVA	RSM	RBFN
2008	2 lucrări				
(Kadirgama et al, 2008)				1	1
2010	6 lucrări				
(Gökkaya, 2010)			1		
(Hwang, 2010)			1	1	
(Kuttolamadam et al, 2010)	1			1	
(Sivasakthivel et al., 2010)				1	
2012	12 lucrări				
(Doddapattar& Lakshmana Swamy, 2012)	1		1		
(Köklü, 2012)			1		
(Mishra et al., 2010)	1	1	1		
(Patel & Patel, 2012)			1	1	
(Rawangwong et al.,2012)		1	1		
(Vakondios et al.,2012)		1	1		
2013	17 lucrări				
(Warhade et al., 2013)	1	1	1	1	
(Durakbaşa et al., 2013)	1		1		
(Gulhane et al., 2013)	1		1		
(Kannan et al., 2013)		1		1	
(Krishnamurthy & Venkatesh, 2013)	1		1		
(Patel et al, 2013)				1	
(Reddy et al., 2013)			1		
(Rogov & Siamak, 2013)	1		1		
(Shekh & Khan, 2013)		1			
2014	5 lucrări				
(Tammineni & Yedula, 2014)				1	
(Ghan & Ambekar, 2014)	1		1		
(Murthy et al., 2014)	1		1		
TOTAL	10	6	16	9	1

ANEXA 2:

PLANUL FACTORIAL DE EXPERIMENTE CORESPUNZĂTOR UNUI BLOC

Tabelul 1

Planul factorial de experimente corespunzător unui bloc

Nr. experiment	Viteza de aşchiere [m/min] A	Adâncimea de aşchiere [mm] B	Avansul pe dinte [mm/dinte] C
1	495	2,0	0,04
2	495	2,0	0,06
3	495	2,0	0,08
4	495	2,0	0,11
5	495	2,0	0,14
6	495	2,5	0,04
7	495	2,5	0,06
8	495	2,5	0,08
9	495	2,5	0,11
10	495	2,5	0,14
11	495	3,0	0,04
12	495	3,0	0,06
13	495	3,0	0,08
14	495	3,0	0,11
15	495	3,0	0,14
16	495	3,5	0,04
17	495	3,5	0,06
18	495	3,5	0,08
19	495	3,5	0,11
20	495	3,5	0,14
21	495	4,0	0,04
22	495	4,0	0,06
23	495	4,0	0,08
24	495	4,0	0,11
25	495	4,0	0,14
26	530	2,0	0,04
27	530	2,0	0,06
28	530	2,0	0,08
29	530	2,0	0,11
30	530	2,0	0,14
31	530	2,5	0,04
32	530	2,5	0,06
33	530	2,5	0,08
34	530	2,5	0,11
35	530	2,5	0,14
36	530	3,0	0,04
37	530	3,0	0,06
38	530	3,0	0,08
39	530	3,0	0,11
40	530	3,0	0,14
41	530	3,5	0,04
42	530	3,5	0,06
43	530	3,5	0,08
44	530	3,5	0,11
45	530	3,5	0,14
46	530	4,0	0,04
47	530	4,0	0,06
48	530	4,0	0,08

Nr. experiment	Viteza de aşchiere [m/min] A	Adâncimea de aşchiere [mm] B	Avansul pe dinte [mm/dinte] C
49	530	4,0	0,11
50	530	4,0	0,14
51	570	2,0	0,04
52	570	2,0	0,06
53	570	2,0	0,08
54	570	2,0	0,11
55	570	2,0	0,14
56	570	2,5	0,04
57	570	2,5	0,06
58	570	2,5	0,08
59	570	2,5	0,11
60	570	2,5	0,14
61	570	3,0	0,04
62	570	3,0	0,06
63	570	3,0	0,08
64	570	3,0	0,11
65	570	3,0	0,14
66	570	3,5	0,04
67	570	3,5	0,06
68	570	3,5	0,08
69	570	3,5	0,11
70	570	3,5	0,14
71	570	4,0	0,04
72	570	4,0	0,06
73	570	4,0	0,08
74	570	4,0	0,11
75	570	4,0	0,14
76	610	2,0	0,04
77	610	2,0	0,06
78	610	2,0	0,08
79	610	2,0	0,11
80	610	2,0	0,14
81	610	2,5	0,04
82	610	2,5	0,06
83	610	2,5	0,08
84	610	2,5	0,11
85	610	2,5	0,14
86	610	3,0	0,04
87	610	3,0	0,06
88	610	3,0	0,08
89	610	3,0	0,11
90	610	3,0	0,14
91	610	3,5	0,04
92	610	3,5	0,06
93	610	3,5	0,08
94	610	3,5	0,11
95	610	3,5	0,14
96	610	4,0	0,04
97	610	4,0	0,06
98	610	4,0	0,08
99	610	4,0	0,11
100	610	4,0	0,14
101	660	2,0	0,04
102	660	2,0	0,06
103	660	2,0	0,08
104	660	2,0	0,11
105	660	2,0	0,14
106	660	2,5	0,04
107	660	2,5	0,06
108	660	2,5	0,08
109	660	2,5	0,11
110	660	2,5	0,14

Nr. experiment	Viteza de aşchiere [m/min] A	Adâncimea de aşchiere [mm] B	Avansul pe dinte [mm/dinte] C
111	660	3,0	0,04
112	660	3,0	0,06
113	660	3,0	0,08
114	660	3,0	0,11
115	660	3,0	0,14
116	660	3,5	0,04
117	660	3,5	0,06
118	660	3,5	0,08
119	660	3,5	0,11
120	660	3,5	0,14
121	660	4,0	0,04
122	660	4,0	0,06
123	660	4,0	0,08
124	660	4,0	0,11
125	660	4,0	0,14
126	710	2,0	0,04
127	710	2,0	0,06
128	710	2,0	0,08
129	710	2,0	0,11
130	710	2,0	0,14
131	710	2,5	0,04
132	710	2,5	0,06
133	710	2,5	0,08
134	710	2,5	0,11
135	710	2,5	0,14
136	710	3,0	0,04
137	710	3,0	0,06
138	710	3,0	0,08
139	710	3,0	0,11
140	710	3,0	0,14
141	710	3,5	0,04
142	710	3,5	0,06
143	710	3,5	0,08
144	710	3,5	0,11
145	710	3,5	0,14
146	710	4,0	0,04
147	710	4,0	0,06
148	710	4,0	0,08
149	710	4,0	0,11
150	710	4,0	0,14

ANEXA 3:

PROGRAMELE CAM AFERENTE EXPERIMENTELOR EFECTUATE

Tabelul 1

Programele CAM aferente experimentelor efectuate

P1	P2	P3
% O49530(VC=495 SI VC=530) (DATE=DD-MM-YY - 05-01-15 TIME=HH:MM - 16:13) (POST: MP_M4_HAAS_VF) (UAC Post Version: 7.12.00) (RA Head off) N100 G21 N110 G0 G17 G40 G49 G80 G90 (ADANCIME DE ASCHIERE Z-4 AP=4) N120 T17 M6 N130 G0 G90 G55 X20. Y8. S9848 M3 N140 G43 H17 Z50. N150 Z10. N160 G1 Z-4. F200. N170 G4 P1. N180 G1 X-50. F788. N190 G4 P1. N200 G1 X-100. F1182. N210 G4 P1. N220 G1 X-150. F1576. N230 G4 P1. N240 G1 X-200. F2167. N250 G4 P1. N260 G1 X-250. F2758. N270 S10545 M3 N280 G4 P1. N290 G1 X-300. F844. N300 G4 P1. N310 G1 X-350. F1266. N320 G4 P1. N330 G1 X-400. F1688. N340 G4 P1. N350 G1 X-450. F2320. N360 G4 P1. N370 G1 X-520. F2953. N380 G4 P1. N390 G0 Z50. (ADANCIME DE ASCHIERE Z-3.5 AP=3.5) N400 S9848 M3 N410 G52 X0 Y0 Z0 (reset mismatch correction) N420 X20. Y24. N430 Z0. N440 G1 Z-3.5 F200. N450 X-50. F788. N460 G4 P1. N470 G1 X-100. F1182. N480 G4 P1. N490 G1 X-150. F1576. N500 G4 P1. N510 G1 X-200. F2167.	% O57061(VC=570 SI VC=610) (DATE=DD-MM-YY - 05-01-15 TIME=HH:MM - 16:15) (POST: MP_M4_HAAS_VF) (UAC Post Version: 7.12.00) (RA Head off) N100 G21 N110 G0 G17 G40 G49 G80 G90 (ADANCIME DE ASCHIERE Z-4 AP=4) N120 T17 M6 N130 G0 G90 G55 X20. Y8. S11340 M3 N140 G43 H17 Z50. N150 Z10. N160 G1 Z-4. F200. N170 G4 P1. N180 G1 X-50. F908. N190 G4 P1. N200 G1 X-100. F1361. N210 G4 P1. N220 G1 X-150. F1815. N230 G4 P1. N240 G1 X-200. F2495. N250 G4 P1. N260 G1 X-250. F3176. N270 S12136 M3 N280 G4 P1. N290 G1 X-300. F971. N300 G4 P1. N310 G1 X-350. F1457. N320 G4 P1. N330 G1 X-400. F1942. N340 G4 P1. N350 G1 X-450. F2670. N360 G4 P1. N370 G1 X-520. F3399. N380 G4 P1. N390 G0 Z50. (ADANCIME DE ASCHIERE Z-3.5 AP=3.5) N400 S11340 M3 N410 G52 X0 Y0 Z0 (reset mismatch correction) N420 X20. Y24. N430 Z0. N440 G1 Z-3.5 F200. N450 X-50. F908. N460 G4 P1. N470 G1 X-100. F1361. N480 G4 P1. N490 G1 X-150. F1815. N500 G4 P1. N510 G1 X-200. F2495.	% O66071(VC=660 SI VC=710) (DATE=DD-MM-YY - 05-01-15 TIME=HH:MM - 16:16) (POST: MP_M4_HAAS_VF) (UAC Post Version: 7.12.00) (RA Head off) N100 G21 N110 G0 G17 G40 G49 G80 G90 (ADANCIME DE ASCHIERE Z-4 AP=4) N120 T17 M6 N130 G0 G90 G55 X20. Y8. S13131 M3 N140 G43 H17 Z50. N150 Z10. N160 G1 Z-4. F200. N170 G4 P1. N180 G1 X-50. F1051. N190 G4 P1. N200 G1 X-100. F1576. N210 G4 P1. N220 G1 X-150. F2101. N230 G4 P1. N240 G1 X-200. F2889. N250 G4 P1. N260 G1 X-250. F3677. N270 S14126 M3 N280 G4 P1. N290 G1 X-300. F1131. N300 G4 P1. N310 G1 X-350. F1696. N320 G4 P1. N330 G1 X-400. F2261. N340 G4 P1. N350 G1 X-450. F3108. N360 G4 P1. N370 G1 X-520. F3956. N380 G4 P1. N390 G0 Z50. (ADANCIME DE ASCHIERE Z-3.5 AP=3.5) N400 S13131 M3 N410 G52 X0 Y0 Z0 (reset mismatch correction) N420 X20. Y24. N430 Z0. N440 G1 Z-3.5 F200. N450 X-50. F1051. N460 G4 P1. N470 G1 X-100. F1576. N480 G4 P1. N490 G1 X-150. F2101. N500 G4 P1. N510 G1 X-200. F2889.

N520 G4 P1. N530 G1 X-250. F2758. N540 S10545 M3 N550 G4 P1. N560 G1 X-300. F844. N570 G4 P1. N580 G1 X-350. F1266. N590 G4 P1. N600 G1 X-400. F1688. N610 G4 P1. N620 G1 X-450. F2320. N630 G4 P1. N640 G1 X-520. F2953. N650 G4 P1. N660 G0 Z50. (ADANCIME DE ASCHIERE Z-3 AP=3) N670 S9848 M3 N680 G52 X0 Y0 Z0 (reset mismatch correction) N690 X20. Y40. N700 Z0. N710 G1 Z-3. F200. N720 X-50. F788. N730 G4 P1. N740 G1 X-100. F1182. N750 G4 P1. N760 G1 X-150. F1576. N770 G4 P1. N780 G1 X-200. F2167. N790 G4 P1. N800 G1 X-250. F2758. N810 S10545 M3 N820 G4 P1. N830 G1 X-300. F844. N840 G4 P1. N850 G1 X-350. F1266. N860 G4 P1. N870 G1 X-400. F1688. N880 G4 P1. N890 G1 X-450. F2320. N900 G4 P1. N910 G1 X-520. F2953. N920 G4 P1. N930 G0 Z50. (ADANCIME DE ASCHIERE Z-2.5 AP=2.5) N940 S9848 M3 N950 G52 X0 Y0 Z0 (reset mismatch correction) N960 X20. Y56. N970 Z0. N980 G1 Z-2.5 F200. N990 X-50. F788. N1000 G4 P1. N1010 G1 X-100. F1182. N1020 G4 P1. N1030 G1 X-150. F1576. N1040 G4 P1. N1050 G1 X-200. F2167. N1060 G4 P1. N1070 G1 X-250. F2758. N1080 S10545 M3 N1090 G4 P1. N1100 G1 X-300. F844. N1110 G4 P1. N1120 G1 X-350. F1266.	N520 G4 P1. N530 G1 X-250. F3176. N540 S12136 M3 N550 G4 P1. N560 G1 X-300. F971. N570 G4 P1. N580 G1 X-350. F1457. N590 G4 P1. N600 G1 X-400. F1942. N610 G4 P1. N620 G1 X-450. F2670. N630 G4 P1. N640 G1 X-520. F3399. N650 G4 P1. N660 G0 Z50. (ADANCIME DE ASCHIERE Z-3 AP=3) N670 S11340 M3 N680 G52 X0 Y0 Z0 (reset mismatch correction) N690 X20. Y40. N700 Z0. N710 G1 Z-3. F200. N720 X-50. F908. N730 G4 P1. N740 G1 X-100. F1361. N750 G4 P1. N760 G1 X-150. F1815. N770 G4 P1. N780 G1 X-200. F2495. N790 G4 P1. N800 G1 X-250. F3176. N810 S12136 M3 N820 G4 P1. N830 G1 X-300. F971. N840 G4 P1. N850 G1 X-350. F1457. N860 G4 P1. N870 G1 X-400. F1942. N880 G4 P1. N890 G1 X-450. F2670. N900 G4 P1. N910 G1 X-520. F3399. N920 G4 P1. N930 G0 Z50. (ADANCIME DE ASCHIERE Z-2.5 AP=2.5) N940 S11340 M3 N950 G52 X0 Y0 Z0 (reset mismatch correction) N960 X20. Y56. N970 Z0. N980 G1 Z-2.5 F200. N990 X-50. F908. N1000 G4 P1. N1010 G1 X-100. F1361. N1020 G4 P1. N1030 G1 X-150. F1815. N1040 G4 P1. N1050 G1 X-200. F2495. N1060 G4 P1. N1070 G1 X-250. F3176. N1080 S12136 M3 N1090 G4 P1. N1100 G1 X-300. F971. N1110 G4 P1. N1120 G1 X-350. F1457.	N520 G4 P1. N530 G1 X-250. F3677. N540 S14126 M3 N550 G4 P1. N560 G1 X-300. F1131. N570 G4 P1. N580 G1 X-350. F1696. N590 G4 P1. N600 G1 X-400. F2261. N610 G4 P1. N620 G1 X-450. F3108. N630 G4 P1. N640 G1 X-520. F3956. N650 G4 P1. N660 G0 Z50. (ADANCIME DE ASCHIERE Z-3 AP=3) N670 S13131 M3 N680 G52 X0 Y0 Z0 (reset mismatch correction) N690 X20. Y40. N700 Z0. N710 G1 Z-3. F200. N720 X-50. F1051. N730 G4 P1. N740 G1 X-100. F1576. N750 G4 P1. N760 G1 X-150. F2101. N770 G4 P1. N780 G1 X-200. F2889. N790 G4 P1. N800 G1 X-250. F3677. N810 S14126 M3 N820 G4 P1. N830 G1 X-300. F1131. N840 G4 P1. N850 G1 X-350. F1696. N860 G4 P1. N870 G1 X-400. F2261. N880 G4 P1. N890 G1 X-450. F3108. N900 G4 P1. N910 G1 X-520. F3956. N920 G4 P1. N930 G0 Z50. (ADANCIME DE ASCHIERE Z-2.5 AP=2.5) N940 S13131 M3 N950 G52 X0 Y0 Z0 (reset mismatch correction) N960 X20. Y56. N970 Z0. N980 G1 Z-2.5 F200. N990 X-50. F1051. N1000 G4 P1. N1010 G1 X-100. F1576. N1020 G4 P1. N1030 G1 X-150. F2101. N1040 G4 P1. N1050 G1 X-200. F2889. N1060 G4 P1. N1070 G1 X-250. F3677. N1080 S14126 M3 N1090 G4 P1. N1100 G1 X-300. F1131. N1110 G4 P1. N1120 G1 X-350. F1696.

N1130 G4 P1. N1140 G1 X-400. F1688. N1150 G4 P1. N1160 G1 X-450. F2320. N1170 G4 P1. N1180 G1 X-520. F2953. N1190 G4 P1. N1200 G0 Z50. (ADANCIME DE ASCHIERE Z-2 AP=2) N1210 S9848 M3 N1220 G52 X0 Y0 Z0 (reset mismatch correction) N1230 X20. Y72. N1240 Z0. N1250 G1 Z-2. F200. N1260 X-50. F788. N1270 G4 P1. N1280 G1 X-100. F1182. N1290 G4 P1. N1300 G1 X-150. F1576. N1310 G4 P1. N1320 G1 X-200. F2167. N1330 G4 P1. N1340 G1 X-250. F2758. N1350 S10545 M3 N1360 G4 P1. N1370 G1 X-300. F844. N1380 G4 P1. N1390 G1 X-350. F1266. N1400 G4 P1. N1410 G1 X-400. F1688. N1420 G4 P1. N1430 G1 X-450. F2320. N1440 G4 P1. N1450 G1 X-520. F2953. N1460 G4 P1. N1470 G0 Z50. (ADANCIME DE ASCHIERE Z-4 AP=4) N1480 S9848 M3 N1490 G52 X0 Y0 Z0 (reset mismatch correction) N1500 G56 X20. Y8. Z50. N1510 Z10. N1520 G1 Z-4. F200. N1530 X-50. F788. N1540 G4 P1. N1550 G1 X-100. F1182. N1560 G4 P1. N1570 G1 X-150. F1576. N1580 G4 P1. N1590 G1 X-200. F2167. N1600 G4 P1. N1610 G1 X-250. F2758. N1620 S10545 M3 N1630 G4 P1. N1640 G1 X-300. F844. N1650 G4 P1. N1660 G1 X-350. F1266. N1670 G4 P1. N1680 G1 X-400. F1688. N1690 G4 P1. N1700 G1 X-450. F2320. N1710 G4 P1. N1720 G1 X-520. F2953. N1730 G4 P1.	N1130 G4 P1. N1140 G1 X-400. F1942. N1150 G4 P1. N1160 G1 X-450. F2670. N1170 G4 P1. N1180 G1 X-520. F3399. N1190 G4 P1. N1200 G0 Z50. (ADANCIME DE ASCHIERE Z-2 AP=2) N1210 S11340 M3 N1220 G52 X0 Y0 Z0 (reset mismatch correction) N1230 X20. Y72. N1240 Z0. N1250 G1 Z-2. F200. N1260 X-50. F908. N1270 G4 P1. N1280 G1 X-100. F1361. N1290 G4 P1. N1300 G1 X-150. F1815. N1310 G4 P1. N1320 G1 X-200. F2495. N1330 G4 P1. N1340 G1 X-250. F3176. N1350 S12136 M3 N1360 G4 P1. N1370 G1 X-300. F971. N1380 G4 P1. N1390 G1 X-350. F1457. N1400 G4 P1. N1410 G1 X-400. F1942. N1420 G4 P1. N1430 G1 X-450. F2670. N1440 G4 P1. N1450 G1 X-520. F3399. N1460 G4 P1. N1470 G0 Z50. (ADANCIME DE ASCHIERE Z-4 AP=4) N1480 S11340 M3 N1490 G52 X0 Y0 Z0 (reset mismatch correction) N1500 G56 X20. Y8. Z50. N1510 Z10. N1520 G1 Z-4. F200. N1530 X-50. F908. N1540 G4 P1. N1550 G1 X-100. F1361. N1560 G4 P1. N1570 G1 X-150. F1815. N1580 G4 P1. N1590 G1 X-200. F2495. N1600 G4 P1. N1610 G1 X-250. F3176. N1620 S12136 M3 N1630 G4 P1. N1640 G1 X-300. F971. N1650 G4 P1. N1660 G1 X-350. F1457. N1670 G4 P1. N1680 G1 X-400. F1942. N1690 G4 P1. N1700 G1 X-450. F2670. N1710 G4 P1. N1720 G1 X-520. F3399. N1730 G4 P1.	N1130 G4 P1. N1140 G1 X-400. F2261. N1150 G4 P1. N1160 G1 X-450. F3108. N1170 G4 P1. N1180 G1 X-520. F3956. N1190 G4 P1. N1200 G0 Z50. (ADANCIME DE ASCHIERE Z-2 AP=2) N1210 S13131 M3 N1220 G52 X0 Y0 Z0 (reset mismatch correction) N1230 X20. Y72. N1240 Z0. N1250 G1 Z-2. F200. N1260 X-50. F1051. N1270 G4 P1. N1280 G1 X-100. F1576. N1290 G4 P1. N1300 G1 X-150. F2101. N1310 G4 P1. N1320 G1 X-200. F2889. N1330 G4 P1. N1340 G1 X-250. F3677. N1350 S14126 M3 N1360 G4 P1. N1370 G1 X-300. F1131. N1380 G4 P1. N1390 G1 X-350. F1696. N1400 G4 P1. N1410 G1 X-400. F2261. N1420 G4 P1. N1430 G1 X-450. F3108. N1440 G4 P1. N1450 G1 X-520. F3956. N1460 G4 P1. N1470 G0 Z50. (ADANCIME DE ASCHIERE Z-4 AP=4) N1480 S13131 M3 N1490 G52 X0 Y0 Z0 (reset mismatch correction) N1500 G56 X20. Y8. Z50. N1510 Z10. N1520 G1 Z-4. F200. N1530 X-50. F1051. N1540 G4 P1. N1550 G1 X-100. F1576. N1560 G4 P1. N1570 G1 X-150. F2101. N1580 G4 P1. N1590 G1 X-200. F2889. N1600 G4 P1. N1610 G1 X-250. F3677. N1620 S14126 M3 N1630 G4 P1. N1640 G1 X-300. F1131. N1650 G4 P1. N1660 G1 X-350. F1696. N1670 G4 P1. N1680 G1 X-400. F2261. N1690 G4 P1. N1700 G1 X-450. F3108. N1710 G4 P1. N1720 G1 X-520. F3956. N1730 G4 P1.

N1740 G0 Z50. (ADANCIME DE ASCHIERE Z-3.5 AP=3.5) N1750 S9848 M3 N1760 G52 X0 Y0 Z0 (reset mismatch correction) N1770 X20. Y24. N1780 Z0. N1790 G1 Z-3.5 F200. N1800 X-50. F788. N1810 G4 P1. N1820 G1 X-100. F1182. N1830 G4 P1. N1840 G1 X-150. F1576. N1850 G4 P1. N1860 G1 X-200. F2167. N1870 G4 P1. N1880 G1 X-250. F2758. N1890 S10545 M3 N1900 G4 P1. N1910 G1 X-300. F844. N1920 G4 P1. N1930 G1 X-350. F1266. N1940 G4 P1. N1950 G1 X-400. F1688. N1960 G4 P1. N1970 G1 X-450. F2320. N1980 G4 P1. N1990 G1 X-520. F2953. N2000 G4 P1. N2010 G0 Z50. (ADANCIME DE ASCHIERE Z-3 AP=3) N2020 S9848 M3 N2030 G52 X0 Y0 Z0 (reset mismatch correction) N2040 X20. Y40. N2050 Z0. N2060 G1 Z-3. F200. N2070 X-50. F788. N2080 G4 P1. N2090 G1 X-100. F1182. N2100 G4 P1. N2110 G1 X-150. F1576. N2120 G4 P1. N2130 G1 X-200. F2167. N2140 G4 P1. N2150 G1 X-250. F2758. N2160 S10545 M3 N2170 G4 P1. N2180 G1 X-300. F844. N2190 G4 P1. N2200 G1 X-350. F1266. N2210 G4 P1. N2220 G1 X-400. F1688. N2230 G4 P1. N2240 G1 X-450. F2320. N2250 G4 P1. N2260 G1 X-520. F2953. N2270 G4 P1. N2280 G0 Z50. (ADANCIME DE ASCHIERE Z-2.5 AP=2.5) N2290 S9848 M3 N2300 G52 X0 Y0 Z0 (reset mismatch correction) N2310 X20. Y56.	N1740 G0 Z50. (ADANCIME DE ASCHIERE Z-3.5 AP=3.5) N1750 S11340 M3 N1760 G52 X0 Y0 Z0 (reset mismatch correction) N1770 X20. Y24. N1780 Z0. N1790 G1 Z-3.5 F200. N1800 X-50. F908. N1810 G4 P1. N1820 G1 X-100. F1361. N1830 G4 P1. N1840 G1 X-150. F1815. N1850 G4 P1. N1860 G1 X-200. F2495. N1870 G4 P1. N1880 G1 X-250. F3176. N1890 S12136 M3 N1900 G4 P1. N1910 G1 X-300. F971. N1920 G4 P1. N1930 G1 X-350. F1457. N1940 G4 P1. N1950 G1 X-400. F1942. N1960 G4 P1. N1970 G1 X-450. F2670. N1980 G4 P1. N1990 G1 X-520. F3399. N2000 G4 P1. N2010 G0 Z50. (ADANCIME DE ASCHIERE Z-3 AP=3) N2020 S11340 M3 N2030 G52 X0 Y0 Z0 (reset mismatch correction) N2040 X20. Y40. N2050 Z0. N2060 G1 Z-3. F200. N2070 X-50. F908. N2080 G4 P1. N2090 G1 X-100. F1361. N2100 G4 P1. N2110 G1 X-150. F1815. N2120 G4 P1. N2130 G1 X-200. F2495. N2140 G4 P1. N2150 G1 X-250. F3176. N2160 S12136 M3 N2170 G4 P1. N2180 G1 X-300. F971. N2190 G4 P1. N2200 G1 X-350. F1457. N2210 G4 P1. N2220 G1 X-400. F1942. N2230 G4 P1. N2240 G1 X-450. F2670. N2250 G4 P1. N2260 G1 X-520. F3399. N2270 G4 P1. N2280 G0 Z50. (ADANCIME DE ASCHIERE Z-2.5 AP=2.5) N2290 S11340 M3 N2300 G52 X0 Y0 Z0 (reset mismatch correction) N2310 X20. Y56.	N1740 G0 Z50. (ADANCIME DE ASCHIERE Z-3.5 AP=3.5) N1750 S13131 M3 N1760 G52 X0 Y0 Z0 (reset mismatch correction) N1770 X20. Y24. N1780 Z0. N1790 G1 Z-3.5 F200. N1800 X-50. F1051. N1810 G4 P1. N1820 G1 X-100. F1576. N1830 G4 P1. N1840 G1 X-150. F2101. N1850 G4 P1. N1860 G1 X-200. F2889. N1870 G4 P1. N1880 G1 X-250. F3677. N1890 S14126 M3 N1900 G4 P1. N1910 G1 X-300. F1131. N1920 G4 P1. N1930 G1 X-350. F1696. N1940 G4 P1. N1950 G1 X-400. F2261. N1960 G4 P1. N1970 G1 X-450. F3108. N1980 G4 P1. N1990 G1 X-520. F3956. N2000 G4 P1. N2010 G0 Z50. (ADANCIME DE ASCHIERE Z-3 AP=3) N2020 S13131 M3 N2030 G52 X0 Y0 Z0 (reset mismatch correction) N2040 X20. Y40. N2050 Z0. N2060 G1 Z-3. F200. N2070 X-50. F1051. N2080 G4 P1. N2090 G1 X-100. F1576. N2100 G4 P1. N2110 G1 X-150. F2101. N2120 G4 P1. N2130 G1 X-200. F2889. N2140 G4 P1. N2150 G1 X-250. F3677. N2160 S14126 M3 N2170 G4 P1. N2180 G1 X-300. F1131. N2190 G4 P1. N2200 G1 X-350. F1696. N2210 G4 P1. N2220 G1 X-400. F2261. N2230 G4 P1. N2240 G1 X-450. F3108. N2250 G4 P1. N2260 G1 X-520. F3956. N2270 G4 P1. N2280 G0 Z50. (ADANCIME DE ASCHIERE Z-2.5 AP=2.5) N2290 S13131 M3 N2300 G52 X0 Y0 Z0 (reset mismatch correction) N2310 X20. Y56.

N2320 Z0. N2330 G1 Z-2.5 F200. N2340 X-50. F788. N2350 G4 P1. N2360 G1 X-100. F1182. N2370 G4 P1. N2380 G1 X-150. F1576. N2390 G4 P1. N2400 G1 X-200. F2167. N2410 G4 P1. N2420 G1 X-250. F2758. N2430 S10545 M3 N2440 G4 P1. N2450 G1 X-300. F844. N2460 G4 P1. N2470 G1 X-350. F1266. N2480 G4 P1. N2490 G1 X-400. F1688. N2500 G4 P1. N2510 G1 X-450. F2320. N2520 G4 P1. N2530 G1 X-520. F2953. N2540 G4 P1. N2550 G0 Z50. (ADANCIME DE ASCHIERE Z-2 AP=2) N2560 S9848 M3 N2570 G52 X0 Y0 Z0 (reset mismatch correction) N2580 X20. Y72. N2590 Z0. N2600 G1 Z-2. F200. N2610 X-50. F788. N2620 G4 P1. N2630 G1 X-100. F1182. N2640 G4 P1. N2650 G1 X-150. F1576. N2660 G4 P1. N2670 G1 X-200. F2167. N2680 G4 P1. N2690 G1 X-250. F2758. N2700 S10545 M3 N2710 G4 P1. N2720 G1 X-300. F844. N2730 G4 P1. N2740 G1 X-350. F1266. N2750 G4 P1. N2760 G1 X-400. F1688. N2770 G4 P1. N2780 G1 X-450. F2320. N2790 G4 P1. N2800 G1 X-520. F2953. N2810 G4 P1. N2820 G0 Z50. N2830 M5 N2840 G91 G28 Z0. N2850 G28 Y0. N2860 M30 %	N2320 Z0. N2330 G1 Z-2.5 F200. N2340 X-50. F908. N2350 G4 P1. N2360 G1 X-100. F1361. N2370 G4 P1. N2380 G1 X-150. F1815. N2390 G4 P1. N2400 G1 X-200. F2495. N2410 G4 P1. N2420 G1 X-250. F3176. N2430 S12136 M3 N2440 G4 P1. N2450 G1 X-300. F971. N2460 G4 P1. N2470 G1 X-350. F1457. N2480 G4 P1. N2490 G1 X-400. F1942. N2500 G4 P1. N2510 G1 X-450. F2670. N2520 G4 P1. N2530 G1 X-520. F3399. N2540 G4 P1. N2550 G0 Z50. (ADANCIME DE ASCHIERE Z-2 AP=2) N2560 S11340 M3 N2570 G52 X0 Y0 Z0 (reset mismatch correction) N2580 X20. Y72. N2590 Z0. N2600 G1 Z-2. F200. N2610 X-50. F908. N2620 G4 P1. N2630 G1 X-100. F1361. N2640 G4 P1. N2650 G1 X-150. F1815. N2660 G4 P1. N2670 G1 X-200. F2495. N2680 G4 P1. N2690 G1 X-250. F3176. N2700 S12136 M3 N2710 G4 P1. N2720 G1 X-300. F971. N2730 G4 P1. N2740 G1 X-350. F1457. N2750 G4 P1. N2760 G1 X-400. F1942. N2770 G4 P1. N2780 G1 X-450. F2670. N2790 G4 P1. N2800 G1 X-520. F3399. N2810 G4 P1. N2820 G0 Z50. N2830 M5 N2840 G91 G28 Z0. N2850 G28 Y0. N2860 M30 %	N2320 Z0. N2330 G1 Z-2.5 F200. N2340 X-50. F1051. N2350 G4 P1. N2360 G1 X-100. F1576. N2370 G4 P1. N2380 G1 X-150. F2101. N2390 G4 P1. N2400 G1 X-200. F2889. N2410 G4 P1. N2420 G1 X-250. F3677. N2430 S14126 M3 N2440 G4 P1. N2450 G1 X-300. F1131. N2460 G4 P1. N2470 G1 X-350. F1696. N2480 G4 P1. N2490 G1 X-400. F2261. N2500 G4 P1. N2510 G1 X-450. F3108. N2520 G4 P1. N2530 G1 X-520. F3956. N2540 G4 P1. N2550 G0 Z50. (ADANCIME DE ASCHIERE Z-2 AP=2) N2560 S13131 M3 N2570 G52 X0 Y0 Z0 (reset mismatch correction) N2580 X20. Y72. N2590 Z0. N2600 G1 Z-2. F200. N2610 X-50. F1051. N2620 G4 P1. N2630 G1 X-100. F1576. N2640 G4 P1. N2650 G1 X-150. F2101. N2660 G4 P1. N2670 G1 X-200. F2889. N2680 G4 P1. N2690 G1 X-250. F3677. N2700 S14126 M3 N2710 G4 P1. N2720 G1 X-300. F1131. N2730 G4 P1. N2740 G1 X-350. F1696. N2750 G4 P1. N2760 G1 X-400. F2261. N2770 G4 P1. N2780 G1 X-450. F3108. N2790 G4 P1. N2800 G1 X-520. F3956. N2810 G4 P1. N2820 G0 Z50. N2830 M5 N2840 G91 G28 Z0. N2850 G28 Y0. N2860 M30 %

ANEXA 4:

VALORILE MĂSURATE ALE RUGOZITĂȚILOR

Tabelul 1

Valorile măsurate ale rugozităților R_a și R_z în cazul celor 150 de experimente

Nr. exp.	Parametrii de reglaj			Măsurători efectuate pe direcția longitudinală		Măsurători efectuate pe direcția transversală	
	v [m/min]	a_p [mm]	f_z [mm/dinte]	R_a [μm]	R_z [μm]	R_a [μm]	R_z [μm]
1	495	2	0,04	0,272	1,958	0,130	0,862
2	495	2	0,06	0,310	2,211	0,170	1,269
3	495	2	0,08	0,430	2,416	0,285	1,817
4	495	2	0,11	0,590	2,814	0,216	1,279
5	495	2	0,14	0,281	2,762	0,179	1,318
6	495	2,5	0,04	0,270	1,613	0,147	0,849
7	495	2,5	0,06	0,340	2,162	0,159	0,954
8	495	2,5	0,08	0,408	2,193	0,107	0,697
9	495	2,5	0,11	0,425	2,438	0,097	1,191
10	495	2,5	0,14	0,511	2,616	0,153	1,166
11	495	3	0,04	0,277	1,811	0,198	1,575
12	495	3	0,06	0,393	2,132	0,173	0,958
13	495	3	0,08	0,368	1,918	0,287	2,199
14	495	3	0,11	0,413	2,415	0,265	2,506
15	495	3	0,14	0,485	2,448	0,230	1,792
16	495	3,5	0,04	0,375	2,332	0,148	1,257
17	495	3,5	0,06	0,383	2,432	0,284	1,405
18	495	3,5	0,08	0,351	2,110	0,249	1,079
19	495	3,5	0,11	0,250	1,743	0,159	1,349
20	495	3,5	0,14	0,430	2,260	0,214	1,260
21	495	4	0,04	0,713	3,502	0,549	2,988
22	495	4	0,06	0,353	2,173	0,330	1,698
23	495	4	0,08	0,338	2,034	0,228	1,148
24	495	4	0,11	0,480	2,508	0,361	1,861
25	495	4	0,14	0,397	2,858	0,296	1,590
26	530	2	0,04	0,279	1,742	0,140	1,234
27	530	2	0,06	0,293	1,745	0,165	1,073
28	530	2	0,08	0,342	1,903	0,157	0,819
29	530	2	0,11	0,224	1,606	0,162	1,214
30	530	2	0,14	0,578	2,842	0,364	2,055
31	530	2,5	0,04	0,255	1,556	0,212	1,409
32	530	2,5	0,06	0,449	2,495	0,233	1,538
33	530	2,5	0,08	0,367	2,379	0,298	1,612
34	530	2,5	0,11	0,398	2,413	0,222	1,285
35	530	2,5	0,14	0,433	2,277	0,320	2,002
36	530	3	0,04	0,336	2,209	0,321	1,742
37	530	3	0,06	0,332	2,322	0,450	2,073
38	530	3	0,08	0,417	2,542	0,262	1,195
39	530	3	0,11	0,359	2,397	0,223	1,689
40	530	3	0,14	0,334	2,100	0,268	1,842
41	530	3,5	0,04	0,334	2,230	0,348	1,835
42	530	3,5	0,06	0,328	1,905	0,109	3,836
43	530	3,5	0,08	0,363	2,024	0,226	1,645
44	530	3,5	0,11	0,342	2,210	0,170	0,984
45	530	3,5	0,14	0,326	1,893	0,168	1,234
46	530	4	0,04	0,265	1,748	0,370	1,624
47	530	4	0,06	0,368	2,110	0,296	1,689
48	530	4	0,08	0,515	3,359	0,860	3,804
49	530	4	0,11	0,288	1,846	0,189	1,410
50	530	4	0,14	0,385	2,122	0,747	4,031
51	570	2	0,04	0,434	3,124	0,292	1,999
52	570	2	0,06	0,345	2,472	0,258	2,196
53	570	2	0,08	0,329	2,613	0,259	1,838
54	570	2	0,11	0,417	2,493	0,235	2,265
55	570	2	0,14	0,371	2,325	0,172	1,141
56	570	2,5	0,04	2,134	8,624	0,535	7,279
57	570	2,5	0,06	0,882	4,594	3,513	13,528
58	570	2,5	0,08	1,969	10,214	2,854	11,123
59	570	2,5	0,11	0,406	2,480	0,320	1,818
60	570	2,5	0,14	0,409	2,932	0,290	1,449
61	570	3	0,04	0,575	3,721	2,790	9,893
62	570	3	0,06	0,820	4,790	2,718	12,322
63	570	3	0,08	0,439	2,420	3,725	12,968

Nr. exp.	Parametrii de reglaj			Măsurători efectuate pe direcția longitudinală		Măsurători efectuate pe direcția transversală	
	v [m/min]	a _p [mm]	f _z [mm/dinte]	R _a [μm]	R _z [μm]	R _a [μm]	R _z [μm]
64	570	3	0,11	0,486	3,763	0,869	3,340
65	570	3	0,14	0,766	5,702	1,895	6,710
66	570	3,5	0,04	0,953	5,103	0,719	4,395
67	570	3,5	0,06	2,625	11,927	1,947	9,758
68	570	3,5	0,08	0,982	5,181	3,149	11,410
69	570	3,5	0,11	0,449	2,876	3,305	11,482
70	570	3,5	0,14	0,429	2,880	1,812	6,412
71	570	4	0,04	0,457	4,421	0,492	3,298
72	570	4	0,06	2,206	10,774	1,628	8,404
73	570	4	0,08	2,006	8,374	0,764	3,994
74	570	4	0,11	0,696	4,710	3,202	12,792
75	570	4	0,14	0,459	3,338	3,770	13,550
76	610	2	0,04	0,763	4,277	0,800	5,148
77	610	2	0,06	0,780	4,830	1,289	5,274
78	610	2	0,08	1,106	5,318	1,244	5,592
79	610	2	0,11	0,458	2,982	0,347	2,971
80	610	2	0,14	0,478	3,455	0,328	2,240
81	610	2,5	0,04	1,037	5,317	0,822	3,577
82	610	2,5	0,06	0,400	2,850	1,790	7,112
83	610	2,5	0,08	0,437	2,965	0,846	3,758
84	610	2,5	0,11	0,523	3,412	0,403	2,254
85	610	2,5	0,14	0,501	3,116	0,788	3,350
86	610	3	0,04	0,521	3,167	0,561	2,301
87	610	3	0,06	1,164	5,978	1,300	5,390
88	610	3	0,08	0,600	3,850	1,013	4,498
89	610	3	0,11	0,422	2,939	1,737	6,164
90	610	3	0,14	0,459	2,829	0,870	3,894
91	610	3,5	0,04	0,724	4,778	0,694	4,177
92	610	3,5	0,06	0,733	5,768	0,453	3,027
93	610	3,5	0,08	1,433	6,667	0,792	4,150
94	610	3,5	0,11	0,572	3,706	1,545	6,295
95	610	3,5	0,14	0,424	2,702	1,634	5,849
96	610	4	0,04	0,720	4,394	2,682	10,234
97	610	4	0,06	1,224	8,017	1,438	6,780
98	610	4	0,08	1,363	6,867	1,049	5,455
99	610	4	0,11	1,208	6,541	0,577	3,838
100	610	4	0,14	0,579	3,911	1,554	5,644
101	660	2	0,04	0,615	3,593	0,261	2,239
102	660	2	0,06	0,573	3,982	0,325	1,542
103	660	2	0,08	0,671	3,824	0,361	2,917
104	660	2	0,11	0,564	3,868	0,279	2,826
105	660	2	0,14	0,795	4,328	0,389	2,350
106	660	2,5	0,04	0,605	3,504	0,329	1,711
107	660	2,5	0,06	0,653	3,791	0,233	1,268
108	660	2,5	0,08	0,656	3,926	0,265	1,705
109	660	2,5	0,11	0,488	3,389	0,150	0,872
110	660	2,5	0,14	0,608	3,786	0,243	1,743
111	660	3	0,04	0,579	3,167	0,321	2,042
112	660	3	0,06	0,611	4,141	0,166	1,213
113	660	3	0,08	0,683	4,114	0,197	1,492
114	660	3	0,11	0,524	3,712	0,416	3,016
115	660	3	0,14	0,607	3,995	0,479	4,010
116	660	3,5	0,04	0,571	3,620	0,251	1,592
117	660	3,5	0,06	0,611	4,261	0,287	1,302
118	660	3,5	0,08	0,640	3,901	0,263	1,724
119	660	3,5	0,11	0,538	3,474	0,221	1,927
120	660	3,5	0,14	0,579	3,510	0,421	3,031
121	660	4	0,04	0,654	4,299	0,264	1,650
122	660	4	0,06	0,577	3,528	0,276	1,549
123	660	4	0,08	0,448	3,177	0,325	2,433
124	660	4	0,11	0,547	3,053	0,261	1,664
125	660	4	0,14	0,515	3,455	0,290	1,884
126	710	2	0,04	0,521	3,297	0,238	1,377
127	710	2	0,06	0,489	3,514	0,348	2,529
128	710	2	0,08	0,620	3,078	0,440	2,763
129	710	2	0,11	0,596	3,484	0,265	2,046
130	710	2	0,14	0,561	3,245	0,359	1,763
131	710	2,5	0,04	0,570	3,449	0,224	1,331
132	710	2,5	0,06	0,520	3,550	0,258	1,821
133	710	2,5	0,08	0,637	3,610	0,214	1,099
134	710	2,5	0,11	0,581	3,739	0,294	2,542
135	710	2,5	0,14	0,517	3,098	0,269	2,192
136	710	3	0,04	0,683	4,349	0,661	3,620
137	710	3	0,06	0,666	4,104	0,355	2,923
138	710	3	0,08	0,935	4,913	0,651	3,078
139	710	3	0,11	0,750	3,760	0,605	3,389
140	710	3	0,14	0,722	4,382	0,470	3,809

Nr. exp.	Parametrii de reglaj			Măsurători efectuate pe direcția longitudinală		Măsurători efectuate pe direcția transversală	
	v [m/min]	a _p [mm]	f _z [mm/dinte]	R _a [μm]	R _z [μm]	R _a [μm]	R _z [μm]
141	710	3,5	0,04	0,793	4,780	0,442	2,345
142	710	3,5	0,06	0,590	3,850	0,864	4,261
143	710	3,5	0,08	0,537	3,189	0,723	3,826
144	710	3,5	0,11	0,619	3,972	0,802	4,089
145	710	3,5	0,14	0,787	5,201	0,237	1,315
146	710	4	0,04	0,787	3,756	0,962	4,006
147	710	4	0,06	0,733	4,647	0,448	2,722
148	710	4	0,08	0,522	3,743	1,186	5,253
149	710	4	0,11	0,533	3,700	0,960	4,884
150	710	4	0,14	0,684	4,712	0,883	4,178

Tabelul 2

Valorile măsurate pe direcție longitudinală ale rugozităților R_a în cazul celor 150 de experimente replicate de 7 ori

Nr. exp.	Parametrii de reglaj			R_a [μm] măsurate longitudinal pe direcția mișcării de avans							
	v [m/min]	a_p [mm]	f_z [mm/dinte]	Nr. experiment							
				1	2	3	4	5	6	7	Media
1	495	2,0	0,04	0,272	0,296	0,186	0,209	0,229	0,203	0,253	0,235
2	495	2,0	0,06	0,310	0,303	0,216	0,220	0,251	0,230	0,245	0,254
3	495	2,0	0,08	0,430	0,340	0,219	0,195	0,229	0,271	0,180	0,266
4	495	2,0	0,11	0,590	0,521	0,217	0,236	0,220	0,246	0,244	0,325
5	495	2,0	0,14	0,281	0,235	0,286	0,224	0,231	0,238	0,253	0,250
6	495	2,5	0,04	0,270	0,268	0,189	0,207	0,242	0,269	0,195	0,234
7	495	2,5	0,06	0,340	0,392	0,173	0,171	0,221	0,225	0,206	0,247
8	495	2,5	0,08	0,408	0,356	0,165	0,190	0,173	0,201	0,190	0,240
9	495	2,5	0,11	0,425	0,522	0,215	0,207	0,267	0,224	0,264	0,303
10	495	2,5	0,14	0,511	0,557	0,236	0,197	0,243	0,260	0,253	0,322
11	495	3,0	0,04	0,277	0,289	0,197	0,192	0,223	0,225	0,178	0,226
12	495	3,0	0,06	0,393	0,180	0,366	0,155	0,238	0,182	0,223	0,248
13	495	3,0	0,08	0,368	0,319	0,180	0,149	0,210	0,189	0,207	0,232
14	495	3,0	0,11	0,413	0,264	0,193	0,207	0,229	0,184	0,229	0,246
15	495	3,0	0,14	0,485	0,101	0,464	0,242	0,202	0,242	0,272	0,287
16	495	3,5	0,04	0,375	0,256	0,188	0,185	0,189	0,186	0,190	0,224
17	495	3,5	0,06	0,383	0,373	0,183	0,194	0,245	0,236	0,209	0,260
18	495	3,5	0,08	0,351	0,368	0,168	0,143	0,204	0,191	0,205	0,233
19	495	3,5	0,11	0,250	0,475	0,221	0,183	0,265	0,260	0,247	0,272
20	495	3,5	0,14	0,430	0,482	0,252	0,240	0,216	0,280	0,268	0,310
21	495	4,0	0,04	0,713	0,299	0,191	0,578	0,209	0,195	0,211	0,342
22	495	4,0	0,06	0,353	0,278	0,188	0,206	0,187	0,205	0,224	0,234
23	495	4,0	0,08	0,338	0,386	0,176	0,209	0,177	0,195	0,194	0,239
24	495	4,0	0,11	0,480	0,345	0,218	0,220	0,221	0,217	0,265	0,281
25	495	4,0	0,14	0,397	0,378	0,179	0,280	0,210	0,221	0,223	0,270
26	530	2,0	0,04	0,279	0,282	0,186	0,198	0,239	0,270	0,241	0,242
27	530	2,0	0,06	0,293	0,329	0,219	0,233	0,267	0,205	0,260	0,258
28	530	2,0	0,08	0,342	0,378	0,183	0,162	0,240	0,271	0,203	0,254
29	530	2,0	0,11	0,224	0,481	0,311	0,292	0,268	0,224	0,307	0,301
30	530	2,0	0,14	0,578	0,280	0,586	0,316	0,343	0,151	0,268	0,360
31	530	2,5	0,04	0,255	0,264	0,200	0,194	0,244	0,242	0,183	0,226
32	530	2,5	0,06	0,449	0,377	0,219	0,220	0,295	0,279	0,239	0,297
33	530	2,5	0,08	0,367	0,404	0,195	0,221	0,226	0,230	0,217	0,266
34	530	2,5	0,11	0,398	0,403	0,277	0,322	0,297	0,242	0,309	0,321
35	530	2,5	0,14	0,433	0,360	0,268	0,277	0,271	0,280	0,230	0,303
36	530	3,0	0,04	0,336	0,240	0,206	0,170	0,244	0,247	0,206	0,236
37	530	3,0	0,06	0,332	0,437	0,208	0,166	0,294	0,232	0,240	0,273
38	530	3,0	0,08	0,417	0,191	0,417	0,173	0,212	0,348	0,210	0,281
39	530	3,0	0,11	0,359	0,388	0,215	0,248	0,257	0,243	0,261	0,282
40	530	3,0	0,14	0,334	0,384	0,246	0,268	0,258	0,259	0,243	0,285
41	530	3,5	0,04	0,334	0,281	0,184	0,218	0,229	0,225	0,215	0,241
42	530	3,5	0,06	0,328	0,334	0,241	0,323	0,280	0,242	0,247	0,285
43	530	3,5	0,08	0,363	0,396	0,178	0,189	0,221	0,209	0,173	0,247
44	530	3,5	0,11	0,342	0,229	0,234	0,190	0,264	0,250	0,249	0,251
45	530	3,5	0,14	0,326	0,572	0,244	0,184	0,297	0,228	0,231	0,297
46	530	4,0	0,04	0,265	0,383	0,236	0,190	0,219	0,224	0,238	0,251
47	530	4,0	0,06	0,368	0,399	0,219	0,189	0,241	0,203	0,250	0,267
48	530	4,0	0,08	0,515	0,359	0,199	0,196	0,206	0,208	0,223	0,272
49	530	4,0	0,11	0,288	0,421	0,215	0,312	0,272	0,220	0,247	0,282
50	530	4,0	0,14	0,385	0,362	0,271	0,137	0,258	0,209	0,228	0,264
51	570	2,0	0,04	0,434	0,445	0,439	0,417	0,450	0,460	0,492	0,448
52	570	2,0	0,06	0,345	0,388	0,514	0,589	0,406	0,495	0,515	0,465
53	570	2,0	0,08	0,329	0,506	0,547	0,423	0,415	0,506	0,423	0,450
54	570	2,0	0,11	0,417	0,485	0,525	0,461	0,441	0,424	0,434	0,455
55	570	2,0	0,14	0,371	0,386	0,354	0,411	0,354	0,378	0,431	0,384
56	570	2,5	0,04	2,134	0,539	0,415	0,494	0,464	0,451	0,481	0,711
57	570	2,5	0,06	0,882	0,512	0,548	0,507	0,505	0,444	0,510	0,558
58	570	2,5	0,08	1,969	0,367	0,529	0,449	0,548	0,457	0,458	0,682
59	570	2,5	0,11	0,406	0,382	0,466	0,446	0,446	0,387	0,456	0,427
60	570	2,5	0,14	0,409	0,355	0,435	0,383	0,405	0,378	0,392	0,394
61	570	3,0	0,04	0,575	2,652	0,542	0,724	0,510	1,479	1,448	1,133
62	570	3,0	0,06	0,820	0,471	0,497	0,485	0,459	2,369	1,848	0,993
63	570	3,0	0,08	0,439	0,965	0,547	0,470	0,515	1,269	1,897	0,872
64	570	3,0	0,11	0,486	1,991	0,441	0,406	0,376	0,399	0,438	0,648
65	570	3,0	0,14	0,766	0,350	0,357	0,362	0,354	0,363	0,417	0,424
66	570	3,5	0,04	0,953	0,537	1,719	0,500	2,526	1,821	1,550	1,372
67	570	3,5	0,06	2,625	1,030	0,474	0,514	1,373	0,483	0,502	1,000
68	570	3,5	0,08	0,982	0,381	0,487	0,481	0,553	1,680	0,978	0,792
69	570	3,5	0,11	0,449	0,533	0,442	0,335	0,357	2,058	1,612	0,827
70	570	3,5	0,14	0,429	0,996	0,397	0,419	0,383	2,174	1,464	0,895
71	570	4,0	0,04	0,457	2,161	0,666	1,855	1,475	0,590	0,634	1,120
72	570	4,0	0,06	2,206	1,737	0,685	0,580	0,579	0,471	0,503	0,966
73	570	4,0	0,08	2,006	0,630	0,403	0,686	0,672	0,529	0,512	0,777

Nr. exp.	Parametrii de reglaj			$R_a[\mu\text{m}]$ măsurate longitudinal pe direcția mișcării de avans							
				Nr. experiment							
	v [m/min]	a_p [mm]	f_z [mm/dinte]	1	2	3	4	5	6	7	Media
74	570	4,0	0,11	0,696	0,461	0,387	0,465	0,999	0,754	0,644	0,629
75	570	4,0	0,14	0,459	0,515	0,528	0,398	1,478	0,905	0,924	0,744
76	610	2,0	0,04	0,763	1,314	0,571	0,538	0,527	0,536	0,530	0,683
77	610	2,0	0,06	0,780	1,079	0,475	0,446	0,478	0,463	0,467	0,598
78	610	2,0	0,08	1,106	0,547	1,035	0,601	0,352	0,462	0,502	0,658
79	610	2,0	0,11	0,458	0,507	0,554	0,502	0,534	0,549	0,555	0,523
80	610	2,0	0,14	0,478	0,506	0,546	0,490	0,467	0,543	0,513	0,506
81	610	2,5	0,04	1,037	0,400	0,547	0,540	1,087	0,733	0,496	0,691
82	610	2,5	0,06	0,400	0,511	0,535	1,111	0,525	1,183	1,027	0,756
83	610	2,5	0,08	0,437	0,514	0,696	0,713	0,471	0,797	0,473	0,586
84	610	2,5	0,11	0,523	0,579	0,531	0,480	0,522	0,545	0,493	0,525
85	610	2,5	0,14	0,501	0,663	0,481	0,578	0,448	0,407	0,593	0,524
86	610	3,0	0,04	0,521	0,705	0,509	0,481	0,488	0,586	0,633	0,560
87	610	3,0	0,06	1,164	0,649	0,553	0,515	0,470	0,498	0,536	0,626
88	610	3,0	0,08	0,600	0,457	0,596	0,595	0,871	0,601	0,660	0,626
89	610	3,0	0,11	0,422	0,395	0,520	0,501	0,648	0,832	0,511	0,547
90	610	3,0	0,14	0,459	0,365	0,508	0,461	0,456	0,586	0,454	0,470
91	610	3,5	0,04	0,724	0,634	0,558	0,696	1,014	0,660	0,848	0,733
92	610	3,5	0,06	0,733	0,683	1,312	0,736	0,488	0,558	0,586	0,728
93	610	3,5	0,08	1,433	0,640	0,898	0,491	0,609	0,501	0,473	0,721
94	610	3,5	0,11	0,572	0,422	0,469	0,574	0,591	0,586	0,637	0,550
95	610	3,5	0,14	0,424	0,364	0,614	0,441	0,544	0,607	0,581	0,511
96	610	4,0	0,04	0,720	0,688	1,228	0,687	0,761	0,755	0,975	0,831
97	610	4,0	0,06	1,224	0,756	0,970	0,819	0,505	0,914	1,196	0,912
98	610	4,0	0,08	1,363	0,947	0,540	1,451	0,510	0,584	0,537	0,847
99	610	4,0	0,11	1,208	0,408	0,699	0,586	0,535	0,451	0,512	0,628
100	610	4,0	0,14	0,579	0,400	0,416	0,525	0,516	0,503	0,490	0,490
101	660	2,0	0,04	0,615	0,458	0,716	0,557	0,540	0,457	0,502	0,549
102	660	2,0	0,06	0,573	0,515	0,686	0,629	0,669	0,576	0,554	0,600
103	660	2,0	0,08	0,671	0,659	0,667	0,652	0,529	0,658	0,709	0,649
104	660	2,0	0,11	0,564	0,537	0,490	0,521	0,469	0,539	0,574	0,528
105	660	2,0	0,14	0,795	0,712	0,740	0,657	0,715	0,789	0,654	0,723
106	660	2,5	0,04	0,605	0,423	0,586	0,508	0,582	0,522	0,522	0,535
107	660	2,5	0,06	0,653	0,633	0,690	0,566	0,639	0,538	0,651	0,624
108	660	2,5	0,08	0,656	0,649	0,699	0,660	0,646	0,588	0,526	0,632
109	660	2,5	0,11	0,488	0,500	0,613	0,420	0,499	0,574	0,707	0,543
110	660	2,5	0,14	0,608	0,429	0,674	0,423	0,661	0,682	0,740	0,602
111	660	3,0	0,04	0,579	0,471	0,544	0,588	0,494	0,587	0,495	0,537
112	660	3,0	0,06	0,611	0,619	0,544	0,612	0,656	0,562	0,612	0,602
113	660	3,0	0,08	0,683	0,619	0,541	0,584	0,516	0,607	0,680	0,604
114	660	3,0	0,11	0,524	0,510	0,577	0,487	0,504	0,562	0,622	0,541
115	660	3,0	0,14	0,607	0,582	0,415	0,594	0,622	0,525	0,623	0,567
116	660	3,5	0,04	0,571	0,473	0,529	0,519	0,467	0,487	0,481	0,504
117	660	3,5	0,06	0,611	0,561	0,652	0,495	0,506	0,591	0,605	0,574
118	660	3,5	0,08	0,640	0,565	0,630	0,603	0,471	0,614	0,508	0,576
119	660	3,5	0,11	0,538	0,480	0,456	0,520	0,499	0,473	0,544	0,501
120	660	3,5	0,14	0,579	0,384	0,604	0,604	0,500	0,442	0,587	0,529
121	660	4,0	0,04	0,654	0,551	0,602	0,511	0,584	0,481	0,571	0,565
122	660	4,0	0,06	0,577	0,541	0,843	0,519	0,511	0,542	0,600	0,590
123	660	4,0	0,08	0,448	0,555	0,690	0,571	0,454	0,491	0,472	0,526
124	660	4,0	0,11	0,547	0,506	0,601	0,604	0,573	0,473	0,545	0,550
125	660	4,0	0,14	0,515	0,512	0,504	0,701	0,555	0,553	0,584	0,561
126	710	2,0	0,04	0,521	0,468	0,538	0,460	0,624	0,604	0,495	0,530
127	710	2,0	0,06	0,489	0,463	0,538	0,519	0,478	0,561	0,419	0,495
128	710	2,0	0,08	0,620	0,587	0,639	0,585	0,595	0,566	0,562	0,593
129	710	2,0	0,11	0,596	0,609	0,501	0,555	0,493	0,634	0,519	0,558
130	710	2,0	0,14	0,561	0,576	0,565	0,687	0,582	0,537	0,501	0,573
131	710	2,5	0,04	0,570	1,565	0,554	0,419	0,497	0,441	0,475	0,646
132	710	2,5	0,06	0,520	1,507	0,544	0,475	0,454	0,536	0,490	0,647
133	710	2,5	0,08	0,637	1,325	0,595	0,622	0,528	0,549	0,388	0,663
134	710	2,5	0,11	0,581	0,492	0,543	0,559	0,599	0,475	0,517	0,538
135	710	2,5	0,14	0,517	0,595	0,503	0,698	0,658	0,570	0,563	0,586
136	710	3,0	0,04	0,683	0,455	0,539	0,406	1,126	0,709	0,442	0,623
137	710	3,0	0,06	0,666	0,453	0,506	0,598	1,033	0,672	0,429	0,622
138	710	3,0	0,08	0,935	0,640	0,505	0,643	0,698	0,537	0,383	0,620
139	710	3,0	0,11	0,750	0,952	0,616	0,545	0,669	0,400	0,456	0,627
140	710	3,0	0,14	0,722	0,961	0,678	0,735	0,561	0,608	0,672	0,705
141	710	3,5	0,04	0,793	1,088	0,537	0,374	0,448	0,530	0,839	0,658
142	710	3,5	0,06	0,590	0,578	0,571	0,594	0,501	0,812	0,867	0,645
143	710	3,5	0,08	0,537	0,622	0,653	0,630	0,813	1,080	0,545	0,697
144	710	3,5	0,11	0,619	0,802	0,633	0,508	0,724	0,693	0,465	0,635
145	710	3,5	0,14	0,787	0,555	0,515	0,673	0,638	0,651	0,695	0,645
146	710	4,0	0,04	0,787	0,532	0,529	0,413	0,603	0,712	0,562	0,591
147	710	4,0	0,06	0,733	1,040	0,555	0,549	0,564	0,484	0,489	0,631
148	710	4,0	0,08	0,522	0,723	1,547	0,513	0,437	0,691	0,538	0,710
149	710	4,0	0,11	0,533	0,536	0,623	0,495	0,645	0,634	0,698	0,595

Nr. exp.	Parametrii de reglaj			$R_a[\mu\text{m}]$ măsurate longitudinal pe direcția mișcării de avans							
				Nr. experiment							
	v [m/min]	a_p [mm]	f_z [mm/dinte]	1	2	3	4	5	6	7	Media
150	710	4,0	0,14	0,684	0,727	0,539	0,586	0,791	0,625	0,944	0,699

Tabelul 3

Valorile măsurate pe direcție transversală ale rugozităților R_a în cazul celor 150 de experimente replicate de 7 ori

Nr. exp.	Parametrii de reglaj			$R_a[\mu m]$ măsurate transversal pe direcția mișcării de avans							
				Nr. experiment							
	v [m/min]	ap [mm]	fz [mm/dinte]	1	2	3	4	5	6	7	Media
1	495	2,0	0,04	0,130	0,234	0,116	0,090	0,124	0,110	0,187	0,142
2	495	2,0	0,06	0,170	0,223	0,118	0,101	0,160	0,147	0,180	0,157
3	495	2,0	0,08	0,285	0,271	0,081	0,141	0,143	0,114	0,152	0,170
4	495	2,0	0,11	0,216	0,291	0,150	0,125	0,121	0,142	0,171	0,174
5	495	2,0	0,14	0,179	0,445	0,125	0,102	0,133	0,118	0,108	0,173
6	495	2,5	0,04	0,147	0,225	0,100	0,126	0,125	0,126	0,125	0,139
7	495	2,5	0,06	0,159	0,187	0,133	0,120	0,178	0,171	0,086	0,148
8	495	2,5	0,08	0,107	0,248	0,147	0,201	0,120	0,116	0,111	0,150
9	495	2,5	0,11	0,097	0,203	0,140	0,119	0,145	0,188	0,116	0,144
10	495	2,5	0,14	0,153	0,278	0,147	0,111	0,151	0,225	0,145	0,173
11	495	3,0	0,04	0,198	0,153	0,111	0,139	0,110	0,110	0,111	0,133
12	495	3,0	0,06	0,173	0,274	0,093	0,105	0,125	0,184	0,159	0,159
13	495	3,0	0,08	0,287	0,086	0,277	0,087	0,103	0,115	0,171	0,161
14	495	3,0	0,11	0,265	0,202	0,126	0,136	0,113	0,138	0,108	0,155
15	495	3,0	0,14	0,230	0,220	0,139	0,175	0,173	0,212	0,153	0,186
16	495	3,5	0,04	0,148	0,212	0,119	0,111	0,117	0,143	0,121	0,139
17	495	3,5	0,06	0,284	0,196	0,149	0,061	0,112	0,182	0,156	0,163
18	495	3,5	0,08	0,249	0,207	0,107	0,096	0,117	0,086	0,140	0,143
19	495	3,5	0,11	0,159	0,239	0,139	0,120	0,126	0,133	0,187	0,158
20	495	3,5	0,14	0,214	0,340	0,134	0,218	0,228	0,175	0,109	0,203
21	495	4,0	0,04	0,549	0,263	0,135	0,650	0,113	0,143	0,100	0,279
22	495	4,0	0,06	0,330	0,234	0,189	0,179	0,150	0,167	0,150	0,200
23	495	4,0	0,08	0,228	0,111	0,117	0,353	0,171	0,112	0,117	0,173
24	495	4,0	0,11	0,361	0,293	0,101	0,423	0,159	0,142	0,140	0,231
25	495	4,0	0,14	0,296	0,257	0,109	0,226	0,206	0,221	0,198	0,216
26	530	2,0	0,04	0,140	0,225	0,180	0,137	0,140	0,130	0,124	0,154
27	530	2,0	0,06	0,165	0,294	0,171	0,167	0,123	0,110	0,172	0,172
28	530	2,0	0,08	0,157	0,321	0,187	0,143	0,183	0,118	0,093	0,172
29	530	2,0	0,11	0,162	0,299	0,076	0,114	0,154	0,111	0,163	0,154
30	530	2,0	0,14	0,364	0,401	0,132	0,127	0,265	0,153	0,105	0,221
31	530	2,5	0,04	0,212	0,190	0,141	0,126	0,122	0,186	0,124	0,157
32	530	2,5	0,06	0,233	0,306	0,107	0,111	0,166	0,152	0,149	0,175
33	530	2,5	0,08	0,298	0,328	0,118	0,135	0,170	0,128	0,111	0,184
34	530	2,5	0,11	0,222	0,171	0,188	0,101	0,113	0,150	0,127	0,153
35	530	2,5	0,14	0,320	0,154	0,295	0,107	0,181	0,118	0,178	0,193
36	530	3,0	0,04	0,321	0,177	0,083	0,120	0,093	0,170	0,123	0,155
37	530	3,0	0,06	0,450	0,257	0,107	0,110	0,110	0,182	0,107	0,189
38	530	3,0	0,08	0,262	0,157	0,165	0,140	0,119	0,148	0,074	0,152
39	530	3,0	0,11	0,223	0,095	0,244	0,108	0,110	0,158	0,091	0,147
40	530	3,0	0,14	0,268	0,173	0,131	0,107	0,162	0,108	0,158	0,158
41	530	3,5	0,04	0,348	0,250	0,095	0,117	0,118	0,178	0,102	0,173
42	530	3,5	0,06	1,029	0,684	0,097	0,274	0,158	0,098	0,179	0,360
43	530	3,5	0,08	0,226	0,083	0,222	0,289	0,105	0,169	0,133	0,175
44	530	3,5	0,11	0,170	0,261	0,133	0,138	0,173	0,174	0,136	0,169
45	530	3,5	0,14	0,168	0,235	0,188	0,137	0,171	0,161	0,163	0,175
46	530	4,0	0,04	0,370	0,263	0,148	0,160	0,200	0,111	0,126	0,197
47	530	4,0	0,06	0,296	0,248	0,193	0,115	0,114	0,200	0,136	0,186
48	530	4,0	0,08	0,860	0,198	0,230	0,149	0,236	0,142	0,094	0,273
49	530	4,0	0,11	0,189	0,293	0,130	0,114	0,128	0,186	0,119	0,166
50	530	4,0	0,14	0,747	0,190	0,143	0,101	0,268	0,140	0,175	0,252
51	570	2,0	0,04	0,292	0,270	0,194	0,265	0,224	0,301	0,249	0,256
52	570	2,0	0,06	0,258	0,252	0,307	0,450	0,434	0,392	0,267	0,337
53	570	2,0	0,08	0,259	0,260	0,420	0,371	0,368	0,259	0,340	0,325
54	570	2,0	0,11	0,235	0,271	0,394	0,427	0,233	0,345	0,324	0,318
55	570	2,0	0,14	0,172	0,287	0,353	0,212	0,276	0,277	0,217	0,256
56	570	2,5	0,04	0,535	0,235	0,515	0,330	0,242	0,322	0,248	0,347
57	570	2,5	0,06	3,513	0,259	0,368	0,305	0,294	0,330	0,322	0,770
58	570	2,5	0,08	2,854	0,306	0,341	0,213	0,308	0,202	0,340	0,652
59	570	2,5	0,11	0,320	0,297	0,362	0,200	0,240	0,263	0,262	0,278
60	570	2,5	0,14	0,290	0,312	0,362	0,297	0,389	0,518	0,321	0,356
61	570	3,0	0,04	2,790	2,203	0,650	0,524	0,790	0,790	1,179	1,275
62	570	3,0	0,06	2,718	1,213	0,408	0,401	0,169	2,062	1,599	1,224
63	570	3,0	0,08	3,725	2,773	0,254	0,430	0,201	1,008	0,530	1,274
64	570	3,0	0,11	0,869	2,955	0,399	0,247	0,531	0,360	0,258	0,803
65	570	3,0	0,14	1,895	0,453	0,354	0,373	0,380	0,362	0,315	0,590
66	570	3,5	0,04	0,719	3,288	0,611	1,080	0,923	2,734	3,095	1,779
67	570	3,5	0,06	1,947	2,258	0,454	4,427	2,658	0,500	0,667	1,844
68	570	3,5	0,08	3,149	3,732	0,474	0,319	0,341	2,328	2,180	1,789
69	570	3,5	0,11	3,305	0,791	0,423	0,321	0,367	2,563	2,539	1,473
70	570	3,5	0,14	1,812	1,519	0,543	0,397	0,488	1,917	1,487	1,166
71	570	4,0	0,04	0,492	1,947	0,675	5,113	3,226	1,778	2,211	2,206
72	570	4,0	0,06	1,628	1,105	3,704	4,183	0,869	2,825	3,801	2,588
73	570	4,0	0,08	0,764	0,369	3,831	3,555	1,258	1,457	1,288	1,789

Nr. exp.	Parametrii de reglaj			R_a [μ m] măsurate transversal pe direcția mișcării de avans							
				Nr. experiment							
	v [m/min]	ap [mm]	fz [mm/dinte]	1	2	3	4	5	6	7	Media
74	570	4,0	0,11	3,202	2,556	0,512	3,680	3,035	1,368	1,901	2,322
75	570	4,0	0,14	3,770	0,695	0,569	2,748	2,582	2,323	2,028	2,102
76	610	2,0	0,04	0,800	0,348	0,950	0,280	0,700	0,269	0,269	0,517
77	610	2,0	0,06	1,289	1,117	0,431	0,160	0,291	0,381	0,260	0,561
78	610	2,0	0,08	1,244	0,754	0,269	0,241	0,228	0,268	0,485	0,498
79	610	2,0	0,11	0,347	0,424	0,225	0,231	0,356	0,439	0,188	0,316
80	610	2,0	0,14	0,328	0,421	0,182	0,165	0,235	0,396	0,243	0,281
81	610	2,5	0,04	0,822	1,577	0,231	0,180	1,483	0,949	0,985	0,890
82	610	2,5	0,06	1,790	0,602	0,263	0,540	0,748	1,227	0,702	0,839
83	610	2,5	0,08	0,846	0,805	0,588	0,421	0,169	0,568	0,362	0,537
84	610	2,5	0,11	0,403	0,858	0,285	0,256	0,270	0,225	0,438	0,391
85	610	2,5	0,14	0,788	0,694	0,247	0,295	0,334	0,479	0,210	0,435
86	610	3,0	0,04	0,561	0,743	0,273	0,372	1,829	1,665	1,261	0,958
87	610	3,0	0,06	1,300	1,170	0,453	0,457	0,402	0,634	0,606	0,717
88	610	3,0	0,08	1,013	1,598	0,465	0,413	1,373	0,644	0,773	0,897
89	610	3,0	0,11	1,737	0,713	0,295	0,260	0,551	0,675	0,414	0,664
90	610	3,0	0,14	0,870	0,354	0,389	0,164	0,233	0,626	0,231	0,410
91	610	3,5	0,04	0,694	0,420	0,581	0,411	0,636	0,845	0,946	0,648
92	610	3,5	0,06	0,453	1,062	1,532	1,557	1,403	1,598	1,365	1,281
93	610	3,5	0,08	0,792	0,806	0,452	2,222	1,214	1,385	0,842	1,102
94	610	3,5	0,11	1,545	1,656	0,386	0,539	0,498	0,473	0,908	0,858
95	610	3,5	0,14	1,634	0,977	0,255	0,571	0,673	0,677	0,344	0,733
96	610	4,0	0,04	2,682	0,643	0,582	0,605	1,511	0,706	0,738	1,067
97	610	4,0	0,06	1,438	0,812	1,613	0,960	1,186	0,822	0,682	1,073
98	610	4,0	0,08	1,049	0,664	2,325	2,149	0,377	1,990	1,684	1,463
99	610	4,0	0,11	0,577	1,717	0,944	2,356	0,763	0,324	0,263	0,992
100	610	4,0	0,14	1,554	1,460	0,210	2,365	0,717	0,195	0,451	0,993
101	660	2,0	0,04	0,261	0,366	0,425	0,378	0,480	0,135	0,216	0,323
102	660	2,0	0,06	0,325	0,495	0,407	0,192	0,181	0,248	0,300	0,307
103	660	2,0	0,08	0,361	0,299	0,489	0,201	0,399	0,293	0,110	0,307
104	660	2,0	0,11	0,279	0,229	0,429	0,273	0,294	0,289	0,178	0,282
105	660	2,0	0,14	0,389	0,254	0,410	0,378	0,389	0,345	0,373	0,363
106	660	2,5	0,04	0,329	0,266	0,322	0,337	0,280	0,340	0,321	0,314
107	660	2,5	0,06	0,233	0,193	0,199	0,329	0,233	0,322	0,350	0,266
108	660	2,5	0,08	0,265	0,282	0,380	0,310	0,193	0,227	0,350	0,287
109	660	2,5	0,11	0,150	0,484	0,401	0,143	0,454	0,254	0,397	0,326
110	660	2,5	0,14	0,243	0,326	0,274	0,268	0,287	0,320	0,363	0,297
111	660	3,0	0,04	0,321	0,192	0,305	0,331	0,247	0,160	0,316	0,267
112	660	3,0	0,06	0,166	0,333	0,205	0,414	0,501	0,271	0,351	0,320
113	660	3,0	0,08	0,197	0,297	0,498	0,434	0,207	0,359	0,334	0,332
114	660	3,0	0,11	0,416	0,407	0,234	0,441	0,397	0,142	0,203	0,320
115	660	3,0	0,14	0,479	0,473	0,423	0,203	0,312	0,294	0,301	0,355
116	660	3,5	0,04	0,251	0,329	0,264	0,255	0,202	0,261	0,358	0,274
117	660	3,5	0,06	0,287	0,530	0,418	0,307	0,302	0,319	0,315	0,354
118	660	3,5	0,08	0,263	0,280	0,337	0,335	0,533	0,262	0,193	0,315
119	660	3,5	0,11	0,221	0,281	0,171	0,199	0,242	0,291	0,326	0,247
120	660	3,5	0,14	0,421	0,312	0,262	0,379	0,352	0,228	0,311	0,324
121	660	4,0	0,04	0,264	0,417	0,344	0,281	0,228	0,269	0,281	0,298
122	660	4,0	0,06	0,276	0,294	0,883	0,291	0,281	0,142	0,415	0,369
123	660	4,0	0,08	0,325	0,377	0,304	0,315	0,439	0,178	0,228	0,309
124	660	4,0	0,11	0,261	0,199	0,188	0,329	0,181	0,261	0,393	0,259
125	660	4,0	0,14	0,290	0,258	0,322	0,197	0,207	0,248	0,342	0,266
126	710	2,0	0,04	0,238	0,111	0,206	0,322	0,461	0,157	0,311	0,258
127	710	2,0	0,06	0,348	0,213	0,131	0,487	0,304	0,120	0,386	0,284
128	710	2,0	0,08	0,440	0,260	0,304	0,315	0,493	0,457	0,373	0,377
129	710	2,0	0,11	0,265	0,173	0,241	0,238	0,374	0,358	0,219	0,267
130	710	2,0	0,14	0,359	0,266	0,320	0,261	0,312	0,206	0,261	0,284
131	710	2,5	0,04	0,224	1,259	0,191	0,329	0,322	0,325	0,332	0,426
132	710	2,5	0,06	0,258	1,663	0,215	0,251	0,219	0,309	0,303	0,460
133	710	2,5	0,08	0,214	0,927	0,324	0,234	0,194	0,181	0,228	0,329
134	710	2,5	0,11	0,294	0,389	0,167	0,252	0,245	0,267	0,260	0,268
135	710	2,5	0,14	0,269	0,227	0,275	0,317	0,175	0,166	0,313	0,249
136	710	3,0	0,04	0,661	1,402	0,345	0,220	1,237	0,547	0,277	0,670
137	710	3,0	0,06	0,355	1,711	0,443	0,378	0,741	0,395	0,337	0,623
138	710	3,0	0,08	0,651	0,961	0,273	0,373	0,627	0,249	0,503	0,520
139	710	3,0	0,11	0,605	0,466	0,169	0,353	0,290	0,290	0,370	0,363
140	710	3,0	0,14	0,470	1,243	0,548	0,169	0,135	0,254	0,264	0,440
141	710	3,5	0,04	0,442	0,952	0,190	0,200	0,600	1,183	0,613	0,597
142	710	3,5	0,06	0,864	0,941	0,556	0,303	1,264	0,694	0,899	0,789
143	710	3,5	0,08	0,723	1,608	0,321	0,335	0,959	0,656	0,346	0,707
144	710	3,5	0,11	0,802	2,116	0,210	0,306	0,935	0,243	0,348	0,709
145	710	3,5	0,14	0,237	0,978	0,346	0,419	0,172	0,395	0,341	0,413
146	710	4,0	0,04	0,962	0,568	0,270	0,324	0,747	0,527	1,113	0,644
147	710	4,0	0,06	0,448	0,956	0,726	0,230	0,920	1,098	0,595	0,710
148	710	4,0	0,08	1,186	0,454	1,148	0,331	0,817	0,601	0,611	0,735
149	710	4,0	0,11	0,960	1,194	1,227	0,127	0,907	0,580	0,748	0,820

Nr. exp.	Parametrii de reglaj			$R_a[\mu\text{m}]$ măsurate transversal pe direcția mișcării de avans							
				Nr. experiment							
	v [m/min]	ap [mm]	fz [mm/dinte]	1	2	3	4	5	6	7	Media
150	710	4,0	0,14	0,883	0,827	0,964	0,387	0,249	0,333	0,632	0,611

ANEXA 5:

ANALIZA STATISTICĂ A DATELOR EXPERIMENTALE

5.1. Identificarea datelor afectate de erori aberante Testul Romanovski

Tabelul 1

Identificarea datelor afectate de valori aberante pentru șirul de 7 date aferente R_a long

Nr. exp.	Regim de aşchiere			Măsurători R_a longitudinal (x_i)							$\bar{x}$							s							t							t crt
	v	a_p	f_z	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7	
1	495	2	0,04	0,272	0,296	0,186	0,209	0,229	0,203	0,253	0,23	0,23	0,24	0,24	0,24	0,24	0,23	0,04	0,03	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,99	2,02	1,46	0,68	0,16	0,86	0,44	2,18
2	495	2	0,06	0,310	0,303	0,216	0,220	0,251	0,230	0,245	0,24	0,25	0,26	0,26	0,25	0,26	0,26	0,03	0,03	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	1,91	1,55	1,07	0,94	0,07	0,63	0,22	2,18
3	495	2	0,08	0,430	0,340	0,219	0,195	0,229	0,271	0,180	0,24	0,25	0,27	0,28	0,27	0,27	0,28	0,06	0,09	0,10	0,09	0,10	0,10	0,09	3,02	0,87	0,53	0,84	0,42	0,05	1,05	2,18
4	495	2	0,11	0,590	0,521	0,217	0,236	0,220	0,246	0,244	0,28	0,29	0,34	0,34	0,34	0,34	0,34	0,12	0,15	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17	2,42	1,45	0,70	0,57	0,68	0,50	0,51	2,18
5	495	2	0,14	0,281	0,235	0,286	0,224	0,231	0,238	0,253	0,24	0,25	0,24	0,25	0,25	0,25	0,25	0,02	0,03	0,02	0,02	0,03	0,03	0,03	1,50	0,61	1,90	1,15	0,79	0,48	0,13	2,18
6	495	2,5	0,04	0,270	0,268	0,189	0,207	0,242	0,269	0,195	0,23	0,23	0,24	0,24	0,23	0,23	0,24	0,04	0,04	0,03	0,04	0,04	0,04	0,04	1,07	1,00	1,46	0,78	0,21	1,03	1,20	2,18
7	495	2,5	0,06	0,340	0,392	0,173	0,171	0,221	0,225	0,206	0,23	0,22	0,26	0,26	0,25	0,25	0,25	0,08	0,06	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	1,23	2,53	0,92	0,95	0,30	0,25	0,48	2,18
8	495	2,5	0,08	0,408	0,356	0,165	0,190	0,173	0,201	0,190	0,21	0,22	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,07	0,09	0,10	0,11	0,10	0,11	0,11	2,53	1,35	0,80	0,52	0,71	0,40	0,52	2,18
9	495	2,5	0,11	0,425	0,522	0,215	0,207	0,267	0,224	0,264	0,28	0,27	0,32	0,32	0,31	0,32	0,31	0,12	0,08	0,13	0,12	0,13	0,13	0,13	1,10	2,90	0,76	0,83	0,30	0,67	0,32	2,18
10	495	2,5	0,14	0,511	0,557	0,236	0,197	0,243	0,260	0,253	0,29	0,28	0,34	0,34	0,34	0,33	0,33	0,13	0,11	0,15	0,15	0,16	0,16	0,16	1,54	2,23	0,60	0,91	0,55	0,43	0,48	2,18
11	495	3	0,04	0,277	0,289	0,197	0,192	0,223	0,225	0,178	0,22	0,22	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23	0,04	0,04	0,04	0,04	0,05	0,05	0,04	1,40	1,93	0,70	0,84	0,07	0,02	1,28	2,18
12	495	3	0,06	0,393	0,180	0,366	0,155	0,238	0,182	0,223	0,22	0,26	0,23	0,26	0,25	0,26	0,25	0,08	0,10	0,09	0,09	0,10	0,10	0,10	2,06	0,75	1,48	1,08	0,11	0,73	0,26	2,18
13	495	3	0,08	0,368	0,319	0,180	0,149	0,210	0,189	0,207	0,21	0,22	0,24	0,25	0,24	0,24	0,24	0,06	0,08	0,08	0,08	0,09	0,09	0,09	2,53	1,22	0,66	1,14	0,27	0,54	0,31	2,18
14	495	3	0,11	0,413	0,264	0,193	0,207	0,229	0,184	0,229	0,22	0,24	0,25	0,25	0,25	0,26	0,25	0,03	0,09	0,08	0,08	0,09	0,08	0,09	6,20	0,23	0,69	0,50	0,21	0,82	0,21	2,18
15	495	3	0,14	0,485	0,101	0,464	0,242	0,202	0,242	0,272	0,25	0,32	0,26	0,29	0,30	0,29	0,29	0,12	0,12	0,13	0,15	0,15	0,15	0,15	1,80	1,62	1,51	0,32	0,62	0,32	0,11	2,18
16	495	3,5	0,04	0,375	0,256	0,188	0,185	0,189	0,186	0,190	0,20	0,22	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23	0,03	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	5,82	0,45	0,51	0,56	0,50	0,54	0,48	2,18

Nr. exp.	Regim de aşchiere			Măsurători Ra longitudinal (x _c)							$\bar{x}$							s							t							t crt
	v	a _p	f _z	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7	
17	495	3,5	0,06	0,383	0,373	0,183	0,194	0,245	0,236	0,209	0,24	0,24	0,27	0,27	0,26	0,26	0,27	0,07	0,07	0,08	0,09	0,09	0,09	0,09	1,91	1,66	1,01	0,84	0,18	0,29	0,63	2,18
18	495	3,5	0,08	0,351	0,368	0,168	0,143	0,204	0,191	0,205	0,21	0,21	0,24	0,25	0,24	0,24	0,24	0,08	0,07	0,09	0,09	0,10	0,10	0,10	1,61	2,00	0,76	1,11	0,32	0,47	0,31	2,18
19	495	3,5	0,11	0,250	0,475	0,221	0,183	0,265	0,260	0,247	0,28	0,24	0,28	0,29	0,27	0,27	0,28	0,10	0,03	0,10	0,09	0,10	0,10	0,10	0,23	7,13	0,55	1,02	0,07	0,12	0,26	2,18
20	495	3,5	0,14	0,430	0,482	0,252	0,240	0,216	0,280	0,268	0,29	0,28	0,32	0,32	0,33	0,31	0,32	0,10	0,08	0,11	0,11	0,10	0,11	0,11	1,34	2,44	0,57	0,70	0,98	0,29	0,41	2,18
21	495	4	0,04	0,713	0,299	0,191	0,578	0,209	0,195	0,211	0,28	0,35	0,37	0,30	0,36	0,37	0,36	0,15	0,23	0,22	0,20	0,23	0,22	0,23	2,65	0,20	0,73	1,24	0,64	0,71	0,63	2,18
22	495	4	0,06	0,353	0,278	0,188	0,206	0,187	0,205	0,224	0,21	0,23	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24	0,03	0,06	0,06	0,07	0,06	0,07	0,07	3,78	0,75	0,80	0,47	0,82	0,49	0,17	2,18
23	495	4	0,08	0,338	0,386	0,176	0,209	0,177	0,195	0,194	0,22	0,21	0,25	0,24	0,25	0,25	0,25	0,08	0,06	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	1,32	2,57	0,77	0,35	0,76	0,52	0,54	2,18
24	495	4	0,11	0,480	0,345	0,218	0,220	0,221	0,217	0,265	0,25	0,27	0,29	0,29	0,29	0,29	0,28	0,05	0,10	0,10	0,10	0,11	0,10	0,11	4,21	0,66	0,65	0,63	0,62	0,66	0,16	2,18
25	495	4	0,14	0,397	0,378	0,179	0,280	0,210	0,221	0,223	0,25	0,25	0,28	0,27	0,28	0,28	0,28	0,07	0,08	0,08	0,09	0,09	0,09	0,09	1,93	1,49	1,17	0,12	0,72	0,58	0,55	2,18
26	530	2	0,04	0,279	0,282	0,186	0,198	0,239	0,270	0,241	0,24	0,24	0,25	0,25	0,24	0,24	0,24	0,04	0,04	0,03	0,04	0,04	0,04	0,04	1,05	1,15	1,89	1,32	0,08	0,76	0,03	2,18
27	530	2	0,06	0,293	0,329	0,219	0,233	0,267	0,205	0,260	0,25	0,25	0,26	0,26	0,26	0,27	0,26	0,04	0,03	0,04	0,05	0,05	0,04	0,05	0,85	2,33	0,96	0,59	0,21	1,43	0,05	2,18
28	530	2	0,08	0,342	0,378	0,183	0,162	0,240	0,271	0,203	0,24	0,23	0,27	0,27	0,26	0,25	0,26	0,08	0,07	0,08	0,08	0,09	0,09	0,09	1,21	2,03	0,93	1,29	0,17	0,21	0,65	2,18
29	530	2	0,11	0,224	0,481	0,311	0,292	0,268	0,224	0,307	0,31	0,27	0,30	0,30	0,31	0,31	0,30	0,09	0,04	0,10	0,10	0,09	0,09	0,10	0,95	4,93	0,11	0,10	0,38	0,95	0,07	2,18
30	530	2	0,14	0,578	0,280	0,586	0,316	0,343	0,151	0,268	0,32	0,37	0,32	0,37	0,36	0,40	0,38	0,14	0,17	0,14	0,18	0,18	0,15	0,17	1,63	0,50	1,72	0,27	0,10	1,54	0,58	2,18
31	530	2,5	0,04	0,255	0,264	0,200	0,194	0,244	0,242	0,183	0,22	0,22	0,23	0,23	0,22	0,22	0,23	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,95	1,33	0,84	1,07	0,56	0,49	1,59	2,18
32	530	2,5	0,06	0,449	0,377	0,219	0,220	0,295	0,279	0,239	0,27	0,28	0,31	0,31	0,30	0,30	0,31	0,06	0,09	0,09	0,09	0,10	0,09	0,09	2,72	1,00	0,96	0,95	0,02	0,20	0,69	2,18
33	530	2,5	0,08	0,367	0,404	0,195	0,221	0,226	0,230	0,217	0,25	0,24	0,28	0,27	0,27	0,27	0,27	0,08	0,06	0,08	0,09	0,09	0,09	0,09	1,42	2,40	0,90	0,54	0,48	0,43	0,60	2,18
34	530	2,5	0,11	0,398	0,403	0,277	0,322	0,297	0,242	0,309	0,31	0,31	0,33	0,32	0,33	0,33	0,32	0,05	0,05	0,06	0,07	0,06	0,05	0,07	1,53	1,69	0,77	0,01	0,40	1,60	0,20	2,18
35	530	2,5	0,14	0,433	0,360	0,268	0,277	0,271	0,280	0,230	0,28	0,29	0,31	0,31	0,31	0,31	0,31	0,04	0,07	0,07	0,08	0,07	0,08	0,07	3,29	0,87	0,51	0,37	0,46	0,33	1,16	2,18
36	530	3	0,04	0,336	0,240	0,206	0,170	0,244	0,247	0,206	0,22	0,23	0,24	0,25	0,23	0,23	0,24	0,03	0,06	0,06	0,05	0,06	0,06	0,06	3,58	0,08	0,58	1,49	0,16	0,22	0,58	2,18
37	530	3	0,06	0,332	0,437	0,208	0,166	0,294	0,232	0,240	0,26	0,25	0,28	0,29	0,27	0,28	0,28	0,10	0,06	0,09	0,08	0,10	0,10	0,10	0,67	2,98	0,74	1,36	0,23	0,45	0,36	2,18
38	530	3	0,08	0,417	0,191	0,417	0,173	0,212	0,348	0,210	0,26	0,30	0,26	0,30	0,29	0,27	0,29	0,10	0,11	0,10	0,11	0,11	0,11	0,11	1,47	0,88	1,47	1,09	0,65	0,63	0,67	2,18
39	530	3	0,11	0,359	0,388	0,215	0,248	0,257	0,243	0,261	0,27	0,26	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29	0,06	0,05	0,06	0,07	0,07	0,07	0,07	1,38	2,33	1,13	0,52	0,38	0,61	0,31	2,18
40	530	3	0,14	0,334	0,384	0,246	0,268	0,258	0,259	0,243	0,28	0,27	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29	0,05	0,03	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	1,00	3,20	0,75	0,31	0,50	0,48	0,82	2,18
41	530	3,5	0,04	0,334	0,281	0,184	0,218	0,229	0,225	0,215	0,23	0,23	0,25	0,24	0,24	0,24	0,25	0,03	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	3,19	0,84	1,29	0,46	0,23	0,31	0,52	2,18
42	530	3,5	0,06	0,328	0,334	0,241	0,323	0,280	0,242	0,247	0,28	0,28	0,29	0,28	0,29	0,29	0,29	0,04	0,04	0,04	0,04	0,05	0,04	0,04	1,11	1,31	1,14	0,95	0,12	1,11	0,95	2,18
43	530	3,5	0,08	0,363	0,396	0,178	0,189	0,221	0,209	0,173	0,23	0,22	0,26	0,26	0,25	0,25	0,26	0,08	0,07	0,10	0,10	0,10	0,10	0,09	1,48	2,25	0,78	0,64	0,28	0,41	0,84	2,18

Nr. exp.	Regim de aşchiere			Măsurători Ra longitudinal (x _c)							$\bar{x}$							s							t							t crt
	v	a _p	f _z	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7	
44	530	3,5	0,11	0,342	0,229	0,234	0,190	0,264	0,250	0,249	0,24	0,25	0,25	0,26	0,25	0,25	0,25	0,03	0,05	0,05	0,04	0,05	0,05	0,05	3,81	0,48	0,37	1,59	0,27	0,02	0,05	2,18
45	530	3,5	0,14	0,326	0,572	0,244	0,184	0,297	0,228	0,231	0,29	0,25	0,31	0,32	0,30	0,31	0,31	0,14	0,05	0,14	0,13	0,14	0,14	0,14	0,22	5,77	0,41	0,93	0,00	0,54	0,52	2,18
46	530	4	0,04	0,265	0,383	0,236	0,190	0,219	0,224	0,238	0,25	0,23	0,25	0,26	0,26	0,26	0,25	0,07	0,02	0,07	0,06	0,07	0,07	0,07	0,23	5,77	0,23	1,06	0,51	0,43	0,20	2,18
47	530	4	0,06	0,368	0,399	0,219	0,189	0,241	0,203	0,250	0,25	0,25	0,28	0,28	0,27	0,28	0,27	0,08	0,06	0,09	0,08	0,09	0,09	0,09	1,43	2,21	0,59	1,02	0,31	0,81	0,20	2,18
48	530	4	0,08	0,515	0,359	0,199	0,196	0,206	0,208	0,223	0,23	0,26	0,28	0,29	0,28	0,28	0,28	0,06	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	4,16	0,74	0,62	0,64	0,55	0,54	0,41	2,18
49	530	4	0,11	0,288	0,421	0,215	0,312	0,272	0,220	0,247	0,28	0,26	0,29	0,28	0,28	0,29	0,29	0,08	0,04	0,07	0,08	0,08	0,07	0,08	0,08	3,89	1,03	0,42	0,14	0,94	0,50	2,18
50	530	4	0,14	0,385	0,362	0,271	0,137	0,258	0,209	0,228	0,24	0,25	0,26	0,29	0,27	0,27	0,27	0,07	0,08	0,09	0,07	0,09	0,09	0,09	1,75	1,29	0,08	1,91	0,07	0,66	0,42	2,18
51	570	2	0,04	0,434	0,445	0,439	0,417	0,450	0,460	0,492	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,44	0,02	0,03	0,03	0,02	0,03	0,03	0,01	0,61	0,13	0,39	1,60	0,08	0,51	3,21	2,18
52	570	2	0,06	0,345	0,388	0,514	0,589	0,406	0,495	0,515	0,48	0,48	0,46	0,44	0,47	0,46	0,46	0,08	0,09	0,09	0,07	0,09	0,09	0,09	1,72	0,95	0,58	1,83	0,70	0,35	0,59	2,18
53	570	2	0,08	0,329	0,506	0,547	0,423	0,415	0,506	0,423	0,47	0,44	0,43	0,45	0,46	0,44	0,45	0,06	0,08	0,07	0,08	0,08	0,08	0,08	2,31	0,79	1,58	0,36	0,47	0,79	0,36	2,18
54	570	2	0,11	0,417	0,485	0,525	0,461	0,441	0,424	0,434	0,46	0,45	0,44	0,45	0,46	0,46	0,46	0,04	0,04	0,03	0,04	0,04	0,04	0,04	1,09	0,81	2,97	0,15	0,37	0,86	0,56	2,18
55	570	2	0,14	0,371	0,386	0,354	0,411	0,354	0,378	0,431	0,39	0,38	0,39	0,38	0,39	0,38	0,38	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,02	0,44	0,08	1,14	1,04	1,14	0,19	2,38	2,18
56	570	2,5	0,04	2,134	0,539	0,415	0,494	0,464	0,451	0,481	0,47	0,74	0,76	0,75	0,75	0,75	0,75	0,04	0,68	0,67	0,68	0,68	0,68	0,68	36,67	0,27	0,47	0,34	0,39	0,42	0,37	2,18
57	570	2,5	0,06	0,882	0,512	0,548	0,507	0,505	0,444	0,510	0,50	0,57	0,56	0,57	0,57	0,58	0,57	0,03	0,16	0,16	0,16	0,16	0,15	0,16	10,41	0,32	0,07	0,35	0,36	0,82	0,33	2,18
58	570	2,5	0,08	1,969	0,367	0,529	0,449	0,548	0,457	0,458	0,47	0,74	0,71	0,72	0,70	0,72	0,72	0,06	0,61	0,62	0,61	0,62	0,62	0,62	21,49	0,56	0,27	0,41	0,23	0,40	0,39	2,18
59	570	2,5	0,11	0,406	0,382	0,466	0,446	0,446	0,387	0,456	0,43	0,43	0,42	0,42	0,42	0,43	0,42	0,04	0,03	0,03	0,04	0,04	0,03	0,04	0,62	1,57	1,28	0,56	0,56	1,33	0,89	2,18
60	570	2,5	0,14	0,409	0,355	0,435	0,383	0,405	0,378	0,392	0,39	0,40	0,39	0,40	0,39	0,40	0,39	0,03	0,02	0,02	0,03	0,03	0,03	0,03	0,60	2,02	2,25	0,43	0,44	0,64	0,07	2,18
61	570	3	0,04	0,575	2,652	0,542	0,724	0,510	1,479	1,448	1,23	0,88	1,23	1,20	1,24	1,08	1,08	0,82	0,46	0,82	0,84	0,81	0,85	0,85	0,73	3,58	0,78	0,52	0,83	0,44	0,40	2,18
62	570	3	0,06	0,820	0,471	0,497	0,485	0,459	2,369	1,848	1,02	1,08	1,08	1,08	1,08	0,76	0,85	0,86	0,82	0,83	0,83	0,82	0,55	0,76	0,22	0,68	0,65	0,66	0,70	2,71	1,22	2,18
63	570	3	0,08	0,439	0,965	0,547	0,470	0,515	1,269	1,897	0,94	0,86	0,93	0,94	0,93	0,81	0,70	0,56	0,60	0,58	0,57	0,57	0,57	0,34	0,83	0,17	0,61	0,76	0,67	0,76	3,27	2,18
64	570	3	0,11	0,486	1,991	0,441	0,406	0,376	0,399	0,438	0,68	0,42	0,68	0,69	0,69	0,69	0,68	0,65	0,04	0,64	0,64	0,64	0,64	0,64	0,27	37,25	0,35	0,41	0,46	0,42	0,35	2,18
65	570	3	0,14	0,766	0,350	0,357	0,362	0,354	0,363	0,417	0,37	0,44	0,44	0,43	0,44	0,43	0,43	0,02	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,17	14,83	0,49	0,44	0,41	0,46	0,40	0,05	2,18
66	570	3,5	0,04	0,953	0,537	1,719	0,500	2,526	1,821	1,550	1,44	1,51	1,31	1,52	1,18	1,30	1,34	0,79	0,71	0,80	0,70	0,59	0,79	0,81	0,57	1,27	0,47	1,35	2,10	0,62	0,24	2,18
67	570	3,5	0,06	2,625	1,030	0,474	0,514	1,373	0,483	0,502	0,73	1,00	1,09	1,08	0,94	1,09	1,08	0,38	0,87	0,83	0,84	0,85	0,84	0,84	4,60	0,04	0,68	0,62	0,47	0,67	0,64	2,18
68	570	3,5	0,08	0,982	0,381	0,487	0,481	0,553	1,680	0,978	0,76	0,86	0,84	0,84	0,83	0,64	0,76	0,50	0,46	0,48	0,48	0,49	0,27	0,50	0,41	0,96	0,68	0,70	0,52	3,60	0,40	2,18
69	570	3,5	0,11	0,449	0,533	0,442	0,335	0,357	2,058	1,612	0,89	0,88	0,89	0,91	0,90	0,62	0,70	0,75	0,76	0,75	0,73	0,74	0,49	0,67	0,54	0,42	0,56	0,72	0,69	2,71	1,26	2,18
70	570	3,5	0,14	0,429	0,996	0,397	0,419	0,383	2,174	1,464	0,97	0,88	0,98	0,97	0,98	0,68	0,80	0,73	0,76	0,73	0,73	0,72	0,45	0,71	0,69	0,14	0,74	0,70	0,76	3,07	0,86	2,18

Nr. exp.	Regim de aşchiere			Măsurători Ra longitudinal (x _c)							$\bar{x}$							s							t							t crt
	v	a _p	f _z	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7	
71	570	4	0,04	0,457	2,161	0,666	1,855	1,475	0,590	0,634	1,23	0,95	1,20	1,00	1,06	1,21	1,20	0,69	0,57	0,73	0,68	0,74	0,72	0,73	1,03	1,96	0,67	1,18	0,52	0,80	0,72	2,18
72	570	4	0,06	2,206	1,737	0,685	0,580	0,579	0,471	0,503	0,76	0,84	1,01	1,03	1,03	1,05	1,04	0,48	0,67	0,76	0,75	0,75	0,73	0,74	2,76	1,23	0,40	0,56	0,56	0,73	0,68	2,18
73	570	4	0,08	2,006	0,630	0,403	0,686	0,672	0,529	0,512	0,57	0,80	0,84	0,79	0,79	0,82	0,82	0,11	0,60	0,58	0,60	0,60	0,59	0,59	12,08	0,26	0,70	0,16	0,19	0,45	0,48	2,18
74	570	4	0,11	0,696	0,461	0,387	0,465	0,999	0,754	0,644	0,62	0,66	0,67	0,66	0,57	0,61	0,63	0,23	0,22	0,20	0,22	0,15	0,22	0,23	0,31	0,83	1,30	0,81	2,67	0,60	0,07	2,18
75	570	4	0,14	0,459	0,515	0,528	0,398	1,478	0,905	0,924	0,79	0,78	0,78	0,80	0,62	0,72	0,71	0,40	0,41	0,41	0,39	0,23	0,42	0,41	0,77	0,60	0,57	0,96	3,42	0,42	0,47	2,18
76	610	2	0,04	0,763	1,314	0,571	0,538	0,527	0,536	0,530	0,67	0,58	0,70	0,71	0,71	0,71	0,71	0,32	0,09	0,31	0,31	0,31	0,31	0,31	0,27	7,39	0,38	0,50	0,54	0,51	0,53	2,18
77	610	2	0,06	0,780	1,079	0,475	0,446	0,478	0,463	0,467	0,57	0,52	0,62	0,62	0,62	0,62	0,62	0,25	0,13	0,26	0,26	0,26	0,26	0,26	0,78	4,03	0,51	0,64	0,50	0,57	0,55	2,18
78	610	2	0,08	1,106	0,547	1,035	0,601	0,352	0,462	0,502	0,58	0,68	0,60	0,67	0,71	0,69	0,68	0,24	0,32	0,26	0,32	0,28	0,31	0,31	2,04	0,38	1,54	0,19	1,16	0,69	0,54	2,18
79	610	2	0,11	0,458	0,507	0,554	0,502	0,534	0,549	0,555	0,53	0,53	0,52	0,53	0,52	0,52	0,52	0,02	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	2,94	0,44	0,93	0,59	0,31	0,76	0,97	2,18
80	610	2	0,14	0,478	0,506	0,546	0,490	0,467	0,543	0,513	0,51	0,51	0,50	0,51	0,51	0,50	0,51	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	1,00	0,00	1,58	0,54	1,54	1,41	0,22	2,18
81	610	2,5	0,04	1,037	0,400	0,547	0,540	1,087	0,733	0,496	0,63	0,74	0,72	0,72	0,63	0,68	0,72	0,25	0,26	0,29	0,29	0,23	0,30	0,28	1,51	1,20	0,54	0,57	1,87	0,15	0,75	2,18
82	610	2,5	0,06	0,400	0,511	0,535	1,111	0,525	1,183	1,027	0,82	0,80	0,79	0,70	0,79	0,68	0,71	0,32	0,35	0,35	0,32	0,35	0,30	0,34	1,19	0,76	0,68	1,18	0,72	1,52	0,86	2,18
83	610	2,5	0,08	0,437	0,514	0,696	0,713	0,471	0,797	0,473	0,61	0,60	0,57	0,56	0,61	0,55	0,60	0,14	0,15	0,15	0,15	0,15	0,12	0,15	1,14	0,50	0,79	0,94	0,83	1,87	0,82	2,18
84	610	2,5	0,11	0,523	0,579	0,531	0,480	0,522	0,545	0,493	0,53	0,52	0,52	0,53	0,53	0,52	0,53	0,04	0,02	0,04	0,03	0,04	0,03	0,03	0,05	2,40	0,19	1,69	0,08	0,64	1,06	2,18
85	610	2,5	0,14	0,501	0,663	0,481	0,578	0,448	0,407	0,593	0,53	0,50	0,53	0,52	0,54	0,54	0,51	0,10	0,07	0,10	0,10	0,09	0,08	0,09	0,26	2,06	0,49	0,61	0,90	1,57	0,80	2,18
86	610	3	0,04	0,521	0,705	0,509	0,481	0,488	0,586	0,633	0,57	0,54	0,57	0,57	0,57	0,56	0,55	0,09	0,06	0,09	0,08	0,09	0,09	0,09	0,47	2,59	0,63	1,02	0,92	0,30	0,92	2,18
87	610	3	0,06	1,164	0,649	0,553	0,515	0,470	0,498	0,536	0,54	0,62	0,64	0,65	0,65	0,65	0,64	0,06	0,27	0,26	0,26	0,26	0,26	0,26	9,35	0,09	0,30	0,46	0,66	0,53	0,37	2,18
88	610	3	0,08	0,600	0,457	0,596	0,595	0,871	0,601	0,660	0,63	0,65	0,63	0,63	0,58	0,63	0,62	0,14	0,11	0,14	0,14	0,07	0,14	0,14	0,20	1,67	0,24	0,24	3,93	0,20	0,27	2,18
89	610	3	0,11	0,422	0,395	0,520	0,501	0,648	0,832	0,511	0,57	0,57	0,55	0,55	0,53	0,50	0,55	0,15	0,15	0,16	0,16	0,16	0,09	0,16	0,89	1,12	0,18	0,31	0,70	3,46	0,24	2,18
90	610	3	0,14	0,459	0,365	0,508	0,461	0,456	0,586	0,454	0,47	0,49	0,46	0,47	0,47	0,45	0,47	0,07	0,05	0,07	0,07	0,07	0,05	0,07	0,16	2,16	0,58	0,13	0,21	2,69	0,24	2,18
91	610	3,5	0,04	0,724	0,634	0,558	0,696	1,014	0,660	0,848	0,74	0,75	0,76	0,74	0,69	0,75	0,71	0,17	0,16	0,14	0,17	0,10	0,16	0,16	0,06	0,67	1,32	0,24	3,11	0,49	0,79	2,18
92	610	3,5	0,06	0,733	0,683	1,312	0,736	0,488	0,558	0,586	0,73	0,74	0,63	0,73	0,77	0,76	0,75	0,30	0,30	0,10	0,30	0,28	0,29	0,29	0,02	0,16	6,19	0,03	0,94	0,64	0,53	2,18
93	610	3,5	0,08	1,433	0,640	0,898	0,491	0,609	0,501	0,473	0,60	0,73	0,69	0,76	0,74	0,76	0,76	0,16	0,38	0,37	0,36	0,38	0,36	0,36	4,80	0,23	0,52	0,68	0,32	0,65	0,74	2,18
94	610	3,5	0,11	0,572	0,422	0,469	0,574	0,591	0,586	0,637	0,55	0,57	0,56	0,55	0,54	0,54	0,54	0,08	0,06	0,07	0,08	0,08	0,08	0,07	0,29	2,49	1,20	0,31	0,55	0,48	1,31	2,18
95	610	3,5	0,14	0,424	0,364	0,614	0,441	0,544	0,607	0,581	0,53	0,54	0,49	0,52	0,51	0,49	0,50	0,10	0,08	0,10	0,10	0,11	0,10	0,10	0,93	1,90	1,15	0,72	0,33	1,05	0,73	2,18
96	610	4	0,04	0,720	0,688	1,228	0,687	0,761	0,755	0,975	0,85	0,85	0,76	0,85	0,84	0,84	0,81	0,21	0,21	0,11	0,21	0,22	0,22	0,21	0,56	0,74	3,98	0,74	0,35	0,38	0,75	2,18
97	610	4	0,06	1,224	0,756	0,970	0,819	0,505	0,914	1,196	0,86	0,94	0,90	0,93	0,98	0,91	0,86	0,23	0,27	0,27	0,27	0,19	0,28	0,24	1,46	0,64	0,23	0,37	2,27	0,01	1,28	2,18

Nr. exp.	Regim de aşchiere			Măsurători Ra longitudinal (x _c)							$\bar{x}$							s							t							t crt
	v	a _p	f _z	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7	
98	610	4	0,08	1,363	0,947	0,540	1,451	0,510	0,584	0,537	0,76	0,83	0,90	0,75	0,90	0,89	0,90	0,38	0,45	0,43	0,34	0,42	0,43	0,42	1,48	0,24	0,78	1,90	0,87	0,66	0,79	2,18
99	610	4	0,11	1,208	0,408	0,699	0,586	0,535	0,451	0,512	0,53	0,67	0,62	0,64	0,64	0,66	0,65	0,10	0,28	0,30	0,30	0,29	0,29	0,29	6,07	0,85	0,26	0,15	0,34	0,67	0,43	2,18
100	610	4	0,14	0,579	0,400	0,416	0,525	0,516	0,503	0,490	0,48	0,50	0,50	0,48	0,49	0,49	0,49	0,05	0,05	0,06	0,07	0,07	0,07	0,07	1,80	1,82	1,36	0,57	0,42	0,21	0,00	2,18
101	660	2	0,04	0,615	0,458	0,716	0,557	0,540	0,457	0,502	0,54	0,56	0,52	0,55	0,55	0,56	0,56	0,10	0,09	0,06	0,10	0,10	0,09	0,10	0,74	1,08	2,93	0,08	0,10	1,10	0,52	2,18
102	660	2	0,06	0,573	0,515	0,686	0,629	0,669	0,576	0,554	0,60	0,61	0,59	0,60	0,59	0,60	0,61	0,07	0,06	0,05	0,07	0,06	0,07	0,07	0,44	1,67	1,69	0,46	1,23	0,39	0,77	2,18
103	660	2	0,08	0,671	0,659	0,667	0,652	0,529	0,658	0,709	0,65	0,65	0,65	0,65	0,67	0,65	0,64	0,06	0,06	0,06	0,06	0,02	0,06	0,05	0,39	0,17	0,31	0,05	6,31	0,15	1,18	2,18
104	660	2	0,11	0,564	0,537	0,490	0,521	0,469	0,539	0,574	0,52	0,53	0,53	0,53	0,54	0,53	0,52	0,04	0,04	0,04	0,04	0,03	0,04	0,03	1,04	0,24	1,09	0,18	2,10	0,30	1,43	2,18
105	660	2	0,14	0,795	0,712	0,740	0,657	0,715	0,789	0,654	0,71	0,73	0,72	0,73	0,72	0,71	0,73	0,05	0,06	0,06	0,05	0,06	0,05	0,05	1,52	0,20	0,30	1,35	0,14	1,34	1,43	2,18
106	660	2,5	0,04	0,605	0,423	0,586	0,508	0,582	0,522	0,522	0,52	0,55	0,53	0,54	0,53	0,54	0,54	0,06	0,04	0,06	0,07	0,06	0,07	0,07	1,26	2,93	0,86	0,44	0,78	0,21	0,21	2,18
107	660	2,5	0,06	0,653	0,633	0,690	0,566	0,639	0,538	0,651	0,62	0,62	0,61	0,63	0,62	0,64	0,62	0,06	0,06	0,05	0,05	0,06	0,04	0,06	0,55	0,16	1,45	1,23	0,27	2,29	0,51	2,18
108	660	2,5	0,08	0,656	0,649	0,699	0,660	0,646	0,588	0,526	0,63	0,63	0,62	0,63	0,63	0,64	0,65	0,06	0,06	0,05	0,06	0,06	0,06	0,04	0,42	0,30	1,35	0,50	0,24	0,81	3,20	2,18
109	660	2,5	0,11	0,488	0,500	0,613	0,420	0,499	0,574	0,707	0,55	0,55	0,53	0,56	0,55	0,54	0,52	0,10	0,10	0,10	0,09	0,10	0,10	0,07	0,59	0,45	0,76	1,54	0,46	0,32	2,59	2,18
110	660	2,5	0,14	0,608	0,429	0,674	0,423	0,661	0,682	0,740	0,60	0,63	0,59	0,63	0,59	0,59	0,58	0,14	0,11	0,13	0,11	0,14	0,13	0,12	0,04	1,70	0,58	1,79	0,47	0,65	1,22	2,18
111	660	3	0,04	0,579	0,471	0,544	0,588	0,494	0,587	0,495	0,53	0,55	0,54	0,53	0,54	0,53	0,54	0,05	0,04	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,90	1,60	0,14	1,14	0,92	1,11	0,89	2,18
112	660	3	0,06	0,611	0,619	0,544	0,612	0,656	0,562	0,612	0,60	0,60	0,61	0,60	0,59	0,61	0,60	0,04	0,04	0,03	0,04	0,03	0,04	0,04	0,23	0,45	2,10	0,26	1,82	1,20	0,26	2,18
113	660	3	0,08	0,683	0,619	0,541	0,584	0,516	0,607	0,680	0,59	0,60	0,61	0,61	0,62	0,60	0,59	0,06	0,07	0,06	0,07	0,06	0,07	0,06	1,45	0,23	1,09	0,32	1,73	0,04	1,38	2,18
114	660	3	0,11	0,524	0,510	0,577	0,487	0,504	0,562	0,622	0,54	0,55	0,53	0,55	0,55	0,54	0,53	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,04	0,35	0,66	0,79	1,27	0,80	0,44	2,50	2,18
115	660	3	0,14	0,607	0,582	0,415	0,594	0,622	0,525	0,623	0,56	0,56	0,59	0,56	0,56	0,57	0,56	0,08	0,08	0,04	0,08	0,08	0,08	0,08	0,54	0,20	4,49	0,36	0,77	0,57	0,78	2,18
116	660	3,5	0,04	0,571	0,473	0,529	0,519	0,467	0,487	0,481	0,49	0,51	0,50	0,50	0,51	0,51	0,51	0,03	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	2,85	0,87	0,69	0,40	1,07	0,45	0,62	2,18
117	660	3,5	0,06	0,611	0,561	0,652	0,495	0,506	0,591	0,605	0,57	0,58	0,56	0,59	0,59	0,57	0,57	0,06	0,06	0,05	0,05	0,05	0,06	0,06	0,66	0,23	1,66	1,72	1,38	0,29	0,54	2,18
118	660	3,5	0,08	0,640	0,565	0,630	0,603	0,471	0,614	0,508	0,57	0,58	0,57	0,57	0,59	0,57	0,59	0,06	0,07	0,07	0,07	0,05	0,07	0,06	1,09	0,17	0,89	0,42	2,30	0,60	1,17	2,18
119	660	3,5	0,11	0,538	0,480	0,456	0,520	0,499	0,473	0,544	0,50	0,51	0,51	0,50	0,50	0,51	0,49	0,03	0,04	0,03	0,04	0,04	0,03	0,03	1,22	0,65	1,65	0,56	0,07	0,89	1,50	2,18
120	660	3,5	0,14	0,579	0,384	0,604	0,604	0,500	0,442	0,587	0,52	0,55	0,52	0,52	0,53	0,54	0,52	0,09	0,07	0,09	0,09	0,10	0,09	0,09	0,58	2,35	0,91	0,91	0,32	1,08	0,68	2,18
121	660	4	0,04	0,654	0,551	0,602	0,511	0,584	0,481	0,571	0,55	0,57	0,56	0,57	0,56	0,58	0,56	0,05	0,06	0,06	0,06	0,06	0,05	0,06	2,09	0,24	0,66	1,01	0,33	1,88	0,11	2,18
122	660	4	0,06	0,577	0,541	0,843	0,519	0,511	0,542	0,600	0,59	0,60	0,55	0,60	0,60	0,60	0,59	0,13	0,12	0,03	0,12	0,12	0,12	0,13	0,11	0,43	7,98	0,63	0,71	0,42	0,08	2,18
123	660	4	0,08	0,448	0,555	0,690	0,571	0,454	0,491	0,472	0,54	0,52	0,50	0,52	0,54	0,53	0,53	0,09	0,09	0,05	0,09	0,09	0,09	0,09	0,96	0,33	3,38	0,53	0,88	0,40	0,64	2,18
124	660	4	0,11	0,547	0,506	0,601	0,604	0,573	0,473	0,545	0,55	0,56	0,54	0,54	0,55	0,56	0,55	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,04	0,05	0,06	0,98	1,18	1,27	0,48	2,21	0,10	2,18

Nr. exp.	Regim de aşchiere			Măsurători Ra longitudinal (x _c)							$\bar{x}$							s							t							t crt
	v	a _p	f _z	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7	
125	660	4	0,14	0,515	0,512	0,504	0,701	0,555	0,553	0,584	0,57	0,57	0,57	0,54	0,56	0,56	0,56	0,07	0,07	0,07	0,03	0,07	0,07	0,07	0,69	0,74	0,88	4,80	0,08	0,11	0,34	2,18
126	710	2	0,04	0,521	0,468	0,538	0,460	0,624	0,604	0,495	0,53	0,54	0,53	0,54	0,51	0,52	0,54	0,07	0,06	0,07	0,06	0,05	0,06	0,07	0,14	1,06	0,12	1,24	1,91	1,33	0,56	2,18
127	710	2	0,06	0,489	0,463	0,538	0,519	0,478	0,561	0,419	0,50	0,50	0,49	0,49	0,50	0,48	0,51	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,04	0,04	0,13	0,69	0,95	0,50	0,36	1,69	2,18	2,18
128	710	2	0,08	0,620	0,587	0,639	0,585	0,595	0,566	0,562	0,59	0,59	0,59	0,59	0,59	0,60	0,60	0,03	0,03	0,02	0,03	0,03	0,03	0,03	1,04	0,23	2,34	0,30	0,06	1,08	1,29	2,18
129	710	2	0,11	0,596	0,609	0,501	0,555	0,493	0,634	0,519	0,55	0,55	0,57	0,56	0,57	0,55	0,56	0,06	0,06	0,05	0,06	0,05	0,05	0,06	0,70	0,98	1,13	0,06	1,34	1,66	0,72	2,18
130	710	2	0,14	0,561	0,576	0,565	0,687	0,582	0,537	0,501	0,57	0,57	0,57	0,55	0,57	0,58	0,58	0,06	0,06	0,06	0,03	0,06	0,06	0,05	0,20	0,06	0,13	4,10	0,16	0,64	1,48	2,18
131	710	2,5	0,04	0,570	1,565	0,554	0,419	0,497	0,441	0,475	0,66	0,49	0,66	0,68	0,67	0,68	0,67	0,45	0,06	0,45	0,43	0,44	0,44	0,44	0,18	16,47	0,22	0,56	0,36	0,51	0,42	2,18
132	710	2,5	0,06	0,520	1,507	0,544	0,475	0,454	0,536	0,490	0,67	0,50	0,66	0,68	0,68	0,67	0,67	0,41	0,04	0,41	0,41	0,41	0,41	0,41	0,33	25,95	0,27	0,45	0,51	0,29	0,41	2,18
133	710	2,5	0,08	0,637	1,325	0,595	0,622	0,528	0,549	0,388	0,67	0,55	0,67	0,67	0,69	0,68	0,71	0,33	0,09	0,33	0,33	0,33	0,33	0,30	0,09	7,85	0,22	0,13	0,45	0,38	0,98	2,18
134	710	2,5	0,11	0,581	0,492	0,543	0,559	0,599	0,475	0,517	0,53	0,55	0,54	0,53	0,53	0,55	0,54	0,05	0,04	0,05	0,05	0,04	0,04	0,05	1,02	1,11	0,11	0,46	1,62	1,71	0,46	2,18
135	710	2,5	0,14	0,517	0,595	0,503	0,698	0,658	0,570	0,563	0,60	0,58	0,60	0,57	0,57	0,59	0,59	0,07	0,08	0,07	0,06	0,07	0,08	0,08	1,07	0,12	1,35	2,15	1,11	0,23	0,33	2,18
136	710	3	0,04	0,683	0,455	0,539	0,406	1,126	0,709	0,442	0,61	0,65	0,64	0,66	0,54	0,61	0,65	0,27	0,26	0,27	0,25	0,13	0,27	0,26	0,24	0,69	0,33	0,92	4,20	0,34	0,75	2,18
137	710	3	0,06	0,666	0,453	0,506	0,598	1,033	0,672	0,429	0,62	0,65	0,64	0,63	0,55	0,61	0,65	0,22	0,21	0,22	0,22	0,11	0,22	0,20	0,21	0,87	0,58	0,12	4,17	0,24	1,02	2,18
138	710	3	0,08	0,935	0,640	0,505	0,643	0,698	0,537	0,383	0,57	0,62	0,64	0,62	0,61	0,63	0,66	0,12	0,19	0,18	0,19	0,19	0,19	0,15	2,94	0,11	0,68	0,13	0,45	0,48	1,68	2,18
139	710	3	0,11	0,750	0,952	0,616	0,545	0,669	0,400	0,456	0,61	0,57	0,63	0,64	0,62	0,66	0,66	0,20	0,13	0,20	0,20	0,20	0,17	0,19	0,68	2,67	0,06	0,44	0,22	1,41	0,98	2,18
140	710	3	0,14	0,722	0,961	0,678	0,735	0,561	0,608	0,672	0,70	0,66	0,71	0,70	0,73	0,72	0,71	0,14	0,07	0,14	0,14	0,12	0,13	0,14	0,13	4,13	0,21	0,23	1,28	0,79	0,26	2,18
141	710	3,5	0,04	0,793	1,088	0,537	0,374	0,448	0,530	0,839	0,64	0,59	0,68	0,71	0,69	0,68	0,63	0,27	0,19	0,27	0,24	0,26	0,27	0,27	0,53	2,47	0,48	1,26	0,87	0,51	0,73	2,18
142	710	3,5	0,06	0,590	0,578	0,571	0,594	0,501	0,812	0,867	0,65	0,66	0,66	0,65	0,67	0,62	0,61	0,15	0,15	0,15	0,15	0,13	0,13	0,11	0,40	0,49	0,54	0,37	1,16	1,42	2,27	2,18
143	710	3,5	0,08	0,537	0,622	0,653	0,630	0,813	1,080	0,545	0,72	0,71	0,70	0,71	0,68	0,63	0,72	0,20	0,21	0,21	0,21	0,20	0,10	0,20	0,89	0,39	0,23	0,35	0,62	4,14	0,83	2,18
144	710	3,5	0,11	0,619	0,802	0,633	0,508	0,724	0,693	0,465	0,64	0,61	0,64	0,66	0,62	0,63	0,66	0,13	0,10	0,13	0,11	0,12	0,13	0,10	0,13	1,77	0,02	1,20	0,79	0,49	1,82	2,18
145	710	3,5	0,14	0,787	0,555	0,515	0,673	0,638	0,651	0,695	0,62	0,66	0,67	0,64	0,65	0,64	0,64	0,07	0,09	0,08	0,10	0,10	0,10	0,10	2,17	1,10	1,85	0,31	0,08	0,07	0,57	2,18
146	710	4	0,04	0,787	0,532	0,529	0,413	0,603	0,712	0,562	0,56	0,60	0,60	0,62	0,59	0,57	0,60	0,10	0,13	0,13	0,11	0,14	0,12	0,14	2,15	0,48	0,50	1,82	0,09	1,06	0,23	2,18
147	710	4	0,06	0,733	1,040	0,555	0,549	0,564	0,484	0,489	0,61	0,56	0,64	0,64	0,64	0,66	0,65	0,21	0,09	0,21	0,21	0,22	0,21	0,21	0,52	4,89	0,38	0,41	0,33	0,77	0,74	2,18
148	710	4	0,08	0,522	0,723	1,547	0,513	0,437	0,691	0,538	0,74	0,71	0,57	0,74	0,76	0,71	0,74	0,41	0,42	0,11	0,41	0,40	0,42	0,41	0,50	0,03	8,10	0,52	0,74	0,05	0,45	2,18
149	710	4	0,11	0,533	0,536	0,623	0,495	0,645	0,634	0,698	0,61	0,60	0,59	0,61	0,59	0,59	0,58	0,08	0,08	0,08	0,06	0,08	0,08	0,06	0,89	0,84	0,38	1,66	0,70	0,54	1,75	2,18
150	710	4	0,14	0,684	0,727	0,539	0,586	0,791	0,625	0,944	0,70	0,69	0,73	0,72	0,68	0,71	0,66	0,15	0,15	0,13	0,14	0,14	0,15	0,09	0,11	0,20	1,34	0,87	0,69	0,55	2,83	2,18

Tabelul 2

Identificarea datelor afectate de valori aberante pentru șirul de 6 date aferente R_a long

Nr. Exp.	Regim de așchiere			Măsurători R_a longitudinal (xe)						$\bar{x}$						s						t						t crt
	v	a_p	f_z	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6	
3	495	2	0,08	0,340	0,219	0,195	0,229	0,271	0,180	0,219	0,243	0,248	0,241	0,233	0,251	0,035	0,065	0,061	0,065	0,063	0,057	3,161	0,339	0,792	0,168	0,556	1,135	2,07
4	495	2	0,11	0,521	0,217	0,236	0,220	0,244	0,260	0,235	0,296	0,292	0,296	0,291	0,288	0,018	0,126	0,129	0,127	0,130	0,131	14,718	0,572	0,399	0,544	0,329	0,192	2,07
7	495	2,5	0,06	0,340	0,173	0,171	0,221	0,225	0,206	0,199	0,233	0,233	0,223	0,222	0,226	0,026	0,064	0,063	0,069	0,069	0,069	4,976	0,854	0,895	0,026	0,037	0,266	2,07
8	495	2,5	0,08	0,356	0,165	0,190	0,173	0,206	0,190	0,185	0,223	0,218	0,221	0,215	0,218	0,016	0,075	0,079	0,077	0,080	0,079	9,717	0,704	0,325	0,576	0,101	0,325	2,07
9	495	2,5	0,11	0,425	0,215	0,207	0,267	0,224	0,264	0,235	0,277	0,279	0,267	0,276	0,268	0,028	0,086	0,085	0,091	0,088	0,091	6,149	0,659	0,775	0,000	0,536	0,036	2,07
10	495	2,5	0,14	0,511	0,236	0,197	0,243	0,260	0,253	0,238	0,293	0,301	0,291	0,288	0,289	0,025	0,124	0,118	0,125	0,126	0,126	10,142	0,417	0,802	0,353	0,202	0,264	2,07
13	495	3	0,08	0,319	0,180	0,149	0,210	0,189	0,207	0,187	0,215	0,221	0,209	0,213	0,209	0,025	0,063	0,056	0,065	0,064	0,065	4,893	0,503	1,170	0,017	0,341	0,034	2,07
14	495	3	0,11	0,264	0,193	0,207	0,229	0,184	0,229	0,208	0,223	0,220	0,215	0,224	0,215	0,021	0,030	0,032	0,032	0,027	0,032	2,474	0,910	0,364	0,388	1,370	0,388	2,07
16	495	3,5	0,04	0,256	0,188	0,185	0,189	0,186	0,190	0,188	0,201	0,202	0,201	0,202	0,201	0,002	0,031	0,030	0,031	0,030	0,031	30,111	0,392	0,506	0,356	0,467	0,319	2,07
19	495	3,5	0,11	0,250	0,221	0,183	0,265	0,260	0,247	0,235	0,241	0,249	0,232	0,233	0,236	0,034	0,033	0,017	0,031	0,032	0,034	0,400	0,549	3,509	0,965	0,759	0,300	2,07
20	495	3,5	0,14	0,430	0,252	0,240	0,216	0,280	0,268	0,251	0,287	0,289	0,294	0,281	0,284	0,025	0,084	0,082	0,078	0,085	0,085	6,559	0,379	0,546	0,918	0,013	0,167	2,07
21	495	4	0,04	0,299	0,191	0,578	0,209	0,195	0,211	0,277	0,298	0,221	0,295	0,298	0,294	0,169	0,162	0,044	0,164	0,162	0,165	0,120	0,607	7,331	0,477	0,577	0,463	2,07
22	495	4	0,06	0,278	0,188	0,206	0,187	0,205	0,224	0,202	0,220	0,216	0,220	0,217	0,213	0,015	0,035	0,038	0,035	0,038	0,038	4,550	0,835	0,253	0,873	0,282	0,272	2,07
23	495	4	0,08	0,338	0,176	0,209	0,177	0,195	0,194	0,190	0,223	0,216	0,222	0,219	0,219	0,014	0,066	0,069	0,066	0,068	0,068	9,745	0,649	0,093	0,631	0,319	0,336	2,07
24	495	4	0,11	0,345	0,218	0,220	0,221	0,217	0,265	0,228	0,254	0,253	0,253	0,254	0,244	0,021	0,055	0,055	0,055	0,055	0,056	5,168	0,593	0,550	0,529	0,615	0,337	2,07
27	530	2	0,06	0,293	0,219	0,233	0,267	0,205	0,260	0,237	0,252	0,249	0,242	0,254	0,243	0,026	0,034	0,036	0,035	0,029	0,036	1,942	0,883	0,399	0,652	1,549	0,420	2,07
29	530	2	0,11	0,224	0,311	0,292	0,268	0,224	0,307	0,280	0,263	0,267	0,272	0,280	0,264	0,036	0,038	0,043	0,044	0,036	0,039	1,440	1,146	0,541	0,075	1,440	1,001	2,07
32	530	2,5	0,06	0,377	0,219	0,220	0,295	0,279	0,239	0,250	0,282	0,282	0,267	0,270	0,278	0,035	0,061	0,061	0,066	0,067	0,065	3,320	0,942	0,921	0,389	0,122	0,547	2,07
33	530	2,5	0,08	0,367	0,195	0,221	0,226	0,230	0,217	0,218	0,252	0,247	0,246	0,245	0,248	0,014	0,064	0,068	0,069	0,069	0,068	9,968	0,811	0,347	0,265	0,201	0,413	2,07
35	530	2,5	0,14	0,360	0,268	0,277	0,271	0,280	0,230	0,265	0,284	0,282	0,283	0,281	0,291	0,020	0,047	0,048	0,047	0,048	0,039	4,275	0,301	0,092	0,231	0,023	1,442	2,07
36	530	3	0,04	0,240	0,206	0,170	0,244	0,247	0,206	0,215	0,221	0,229	0,214	0,213	0,221	0,032	0,033	0,021	0,031	0,030	0,033	0,729	0,424	2,574	0,891	1,023	0,424	2,07
37	530	3	0,06	0,332	0,208	0,166	0,294	0,232	0,240	0,228	0,253	0,261	0,236	0,248	0,246	0,047	0,063	0,051	0,061	0,066	0,067	2,029	0,645	1,719	0,873	0,220	0,088	2,07
39	530	3	0,11	0,359	0,215	0,248	0,257	0,243	0,261	0,245	0,274	0,267	0,265	0,268	0,264	0,018	0,048	0,054	0,055	0,054	0,055	5,754	1,108	0,318	0,136	0,423	0,056	2,07
40	530	3	0,14	0,334	0,246	0,268	0,258	0,259	0,243	0,255	0,272	0,268	0,270	0,270	0,273	0,010	0,036	0,038	0,037	0,037	0,035	7,066	0,677	0,000	0,295	0,265	0,783	2,07

Nr. Exp.	Regim de aşchiere			Măsurători Ra longitudinal (xe)						$\bar{x}$						s						t						t crt
	v	a _p	f _z	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6	
41	530	3,5	0,04	0,281	0,184	0,218	0,229	0,225	0,215	0,214	0,234	0,227	0,225	0,225	0,227	0,018	0,027	0,035	0,035	0,035	0,035	3,432	1,673	0,229	0,114	0,010	0,325	2,07
43	530	3,5	0,08	0,363	0,178	0,189	0,221	0,209	0,173	0,194	0,231	0,229	0,222	0,225	0,232	0,020	0,076	0,078	0,080	0,079	0,075	7,537	0,636	0,468	0,016	0,181	0,717	2,07
44	530	3,5	0,11	0,229	0,234	0,190	0,264	0,250	0,249	0,237	0,236	0,245	0,230	0,233	0,233	0,029	0,029	0,014	0,024	0,028	0,028	0,269	0,076	3,611	1,258	0,552	0,510	2,07
45	530	3,5	0,14	0,326	0,244	0,184	0,297	0,228	0,231	0,237	0,253	0,265	0,243	0,256	0,256	0,041	0,057	0,044	0,052	0,056	0,056	2,008	0,147	1,688	0,958	0,463	0,402	2,07
46	530	4	0,04	0,265	0,236	0,190	0,219	0,224	0,238	0,221	0,227	0,236	0,231	0,230	0,227	0,019	0,027	0,018	0,027	0,028	0,027	2,064	0,293	2,370	0,389	0,185	0,375	2,07
47	530	4	0,06	0,368	0,219	0,189	0,241	0,203	0,250	0,220	0,250	0,256	0,246	0,253	0,244	0,025	0,071	0,065	0,072	0,068	0,072	5,294	0,403	0,941	0,061	0,674	0,076	2,07
48	530	4	0,08	0,359	0,199	0,196	0,206	0,208	0,223	0,206	0,238	0,239	0,237	0,237	0,234	0,011	0,068	0,068	0,069	0,069	0,070	13,264	0,528	0,580	0,410	0,377	0,138	2,07
49	530	4	0,11	0,288	0,215	0,312	0,272	0,220	0,247	0,253	0,268	0,248	0,256	0,267	0,261	0,040	0,036	0,032	0,042	0,037	0,043	0,794	1,350	1,825	0,335	1,142	0,309	2,07
51	570	2	0,04	0,434	0,445	0,439	0,417	0,450	0,460	0,442	0,440	0,441	0,446	0,439	0,437	0,016	0,016	0,016	0,010	0,016	0,013	0,466	0,280	0,122	2,594	0,640	1,652	2,07
53	570	2	0,08	0,506	0,547	0,423	0,415	0,506	0,423	0,463	0,455	0,479	0,481	0,463	0,479	0,060	0,047	0,058	0,056	0,060	0,058	0,657	1,793	0,892	1,085	0,657	0,892	2,07
54	570	2	0,11	0,417	0,485	0,461	0,441	0,424	0,434	0,449	0,435	0,440	0,444	0,448	0,446	0,024	0,017	0,027	0,028	0,026	0,028	1,204	2,662	0,712	0,103	0,823	0,381	2,07
55	570	2	0,14	0,371	0,386	0,354	0,411	0,354	0,378	0,377	0,374	0,380	0,369	0,380	0,375	0,024	0,023	0,021	0,014	0,021	0,024	0,213	0,483	1,132	2,698	1,132	0,106	2,07
56	570	2,5	0,04	0,539	0,415	0,494	0,464	0,451	0,481	0,461	0,486	0,470	0,476	0,479	0,473	0,030	0,034	0,046	0,047	0,045	0,047	2,337	1,904	0,481	0,235	0,558	0,164	2,07
57	570	2,5	0,06	0,512	0,548	0,507	0,505	0,444	0,510	0,503	0,496	0,504	0,504	0,516	0,503	0,037	0,029	0,038	0,038	0,018	0,037	0,225	1,651	0,078	0,019	3,699	0,166	2,07
58	570	2,5	0,08	0,367	0,529	0,449	0,548	0,457	0,458	0,488	0,456	0,472	0,452	0,470	0,470	0,047	0,064	0,072	0,057	0,072	0,072	2,377	1,042	0,291	1,524	0,167	0,152	2,07
60	570	2,5	0,14	0,409	0,355	0,383	0,405	0,378	0,392	0,383	0,393	0,388	0,383	0,389	0,386	0,019	0,013	0,022	0,020	0,022	0,022	1,301	2,603	0,199	0,997	0,458	0,250	2,07
61	570	3	0,04	0,575	0,542	0,724	0,410	1,479	1,448	0,921	0,927	0,891	0,954	0,740	0,746	0,508	0,502	0,527	0,471	0,411	0,425	0,621	0,700	0,289	1,054	1,640	1,509	2,07
62	570	3	0,06	0,820	0,471	0,497	0,485	0,459	1,848	0,752	0,822	0,817	0,819	0,824	0,546	0,613	0,592	0,596	0,594	0,591	0,154	0,101	0,541	0,489	0,513	0,565	7,735	2,07
63	570	3	0,08	0,439	0,965	0,547	0,470	0,515	1,269	0,753	0,648	0,732	0,747	0,738	0,587	0,350	0,350	0,369	0,357	0,364	0,215	0,819	0,828	0,457	0,709	0,559	2,892	2,07
64	570	3	0,11	0,486	0,441	0,406	0,376	0,399	0,438	0,412	0,421	0,428	0,434	0,429	0,422	0,027	0,043	0,042	0,035	0,041	0,043	2,459	0,429	0,474	1,532	0,673	0,349	2,07
65	570	3	0,14	0,350	0,357	0,362	0,354	0,363	0,417	0,371	0,369	0,368	0,370	0,368	0,357	0,026	0,027	0,028	0,027	0,028	0,005	0,718	0,408	0,204	0,537	0,165	10,017	2,07
67	570	3,5	0,06	1,030	0,474	0,514	1,373	0,483	0,502	0,669	0,780	0,772	0,601	0,779	0,775	0,394	0,403	0,410	0,241	0,405	0,408	0,836	0,694	0,575	2,931	0,666	0,610	2,07
68	570	3,5	0,08	0,982	0,381	0,487	0,481	0,553	0,978	0,576	0,696	0,675	0,676	0,662	0,577	0,233	0,261	0,285	0,284	0,294	0,235	1,591	1,104	0,602	0,627	0,338	1,560	2,07
69	570	3,5	0,11	0,449	0,533	0,442	0,335	0,357	1,612	0,656	0,639	0,657	0,679	0,674	0,423	0,540	0,546	0,540	0,525	0,529	0,079	0,349	0,177	0,364	0,597	0,547	13,663	2,07
70	570	3,5	0,14	0,429	0,996	0,397	0,419	0,383	1,464	0,732	0,618	0,738	0,734	0,741	0,525	0,484	0,473	0,479	0,483	0,476	0,264	0,571	0,729	0,651	0,596	0,686	3,247	2,07
72	570	4	0,06	1,737	0,685	0,580	0,579	0,471	0,503	0,564	0,774	0,795	0,795	0,817	0,810	0,083	0,540	0,533	0,533	0,518	0,523	12,921	0,150	0,368	0,370	0,609	0,536	2,07
73	570	4	0,08	0,630	0,403	0,686	0,672	0,529	0,512	0,560	0,606	0,549	0,552	0,581	0,584	0,119	0,081	0,106	0,110	0,121	0,118	0,535	2,292	1,180	0,996	0,391	0,555	2,07

Nr. Exp.	Regim de aşchiere			Măsurători Ra longitudinal (xe)						$\bar{x}$						s						t						t crt
	v	a _p	f _z	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6	
74	570	4	0,11	0,696	0,461	0,387	0,465	0,754	0,644	0,542	0,589	0,604	0,588	0,531	0,553	0,152	0,156	0,134	0,157	0,132	0,162	0,926	0,748	1,473	0,716	1,542	0,516	2,07
75	570	4	0,14	0,459	0,515	0,528	0,398	0,905	0,924	0,654	0,643	0,640	0,666	0,565	0,561	0,243	0,252	0,254	0,228	0,207	0,199	0,732	0,462	0,403	1,073	1,498	1,665	2,07
76	610	2	0,04	0,763	0,571	0,538	0,527	0,536	0,530	0,540	0,579	0,585	0,588	0,586	0,587	0,018	0,103	0,101	0,099	0,101	0,100	11,499	0,069	0,429	0,557	0,452	0,521	2,07
77	610	2	0,06	0,780	0,475	0,446	0,478	0,463	0,467	0,466	0,527	0,533	0,526	0,529	0,528	0,013	0,142	0,138	0,142	0,141	0,141	22,768	0,333	0,571	0,309	0,429	0,397	2,07
79	610	2	0,11	0,507	0,554	0,502	0,534	0,549	0,555	0,539	0,529	0,540	0,533	0,530	0,529	0,022	0,024	0,020	0,027	0,025	0,024	1,306	0,934	1,711	0,021	0,675	0,990	2,07
84	610	2,5	0,11	0,523	0,531	0,480	0,522	0,545	0,493	0,514	0,513	0,523	0,514	0,510	0,520	0,027	0,026	0,019	0,027	0,022	0,024	0,298	0,647	2,053	0,256	1,458	1,022	2,07
86	610	3	0,04	0,521	0,509	0,481	0,488	0,586	0,633	0,539	0,542	0,547	0,546	0,526	0,517	0,067	0,066	0,060	0,062	0,062	0,042	0,251	0,455	1,006	0,854	0,882	2,535	2,07
87	610	3	0,06	0,649	0,553	0,515	0,470	0,498	0,536	0,514	0,534	0,541	0,550	0,545	0,537	0,032	0,069	0,068	0,059	0,066	0,069	3,793	0,257	0,350	1,240	0,643	0,013	2,07
88	610	3	0,08	0,600	0,457	0,596	0,595	0,601	0,660	0,582	0,610	0,583	0,583	0,582	0,570	0,075	0,028	0,075	0,075	0,075	0,063	0,222	5,029	0,163	0,148	0,237	1,305	2,07
89	610	3	0,11	0,422	0,395	0,520	0,501	0,648	0,511	0,515	0,520	0,495	0,499	0,470	0,497	0,090	0,081	0,099	0,099	0,057	0,099	0,944	1,408	0,227	0,017	2,846	0,127	2,07
90	610	3	0,14	0,459	0,365	0,508	0,461	0,456	0,454	0,449	0,468	0,439	0,448	0,449	0,450	0,052	0,023	0,041	0,052	0,052	0,052	0,180	4,118	1,519	0,222	0,116	0,074	2,07
91	610	3,5	0,04	0,724	0,634	0,558	0,696	0,660	0,848	0,679	0,697	0,712	0,685	0,692	0,654	0,107	0,105	0,083	0,109	0,108	0,064	0,382	0,549	1,694	0,094	0,270	2,767	2,07
92	610	3,5	0,06	0,733	0,683	0,736	0,488	0,558	0,586	0,610	0,620	0,610	0,659	0,645	0,640	0,099	0,110	0,098	0,083	0,107	0,111	1,130	0,520	1,174	1,884	0,746	0,440	2,07
93	610	3,5	0,08	0,640	0,898	0,491	0,609	0,501	0,473	0,594	0,543	0,624	0,601	0,622	0,628	0,178	0,076	0,168	0,179	0,170	0,165	0,234	4,264	0,722	0,043	0,650	0,859	2,07
94	610	3,5	0,11	0,572	0,469	0,574	0,591	0,586	0,637	0,571	0,592	0,571	0,568	0,569	0,558	0,062	0,026	0,062	0,061	0,062	0,051	0,009	4,255	0,044	0,350	0,258	1,418	2,07
96	610	4	0,04	0,720	0,688	0,687	0,761	0,755	0,975	0,773	0,780	0,780	0,765	0,766	0,722	0,118	0,113	0,113	0,121	0,121	0,035	0,411	0,739	0,750	0,030	0,085	6,531	2,07
97	610	4	0,06	1,224	0,756	0,970	0,819	0,914	1,196	0,931	1,025	0,982	1,012	0,993	0,937	0,170	0,178	0,216	0,197	0,213	0,181	1,576	1,378	0,050	0,893	0,339	1,310	2,07
99	610	4	0,11	0,408	0,699	0,586	0,535	0,451	0,512	0,557	0,498	0,521	0,531	0,548	0,536	0,093	0,070	0,111	0,115	0,106	0,115	1,455	2,615	0,533	0,030	0,832	0,189	2,07
101	660	2	0,04	0,615	0,458	0,557	0,540	0,457	0,502	0,503	0,534	0,514	0,518	0,534	0,525	0,046	0,059	0,066	0,068	0,059	0,068	2,232	1,172	0,590	0,298	1,198	0,314	2,07
103	660	2	0,08	0,671	0,659	0,667	0,652	0,658	0,709	0,669	0,671	0,670	0,673	0,672	0,661	0,023	0,022	0,023	0,021	0,022	0,008	0,079	0,508	0,111	0,906	0,560	5,740	2,07
106	660	2,5	0,04	0,605	0,586	0,508	0,582	0,522	0,522	0,544	0,548	0,563	0,549	0,561	0,561	0,037	0,043	0,039	0,044	0,043	0,043	1,506	0,813	1,304	0,698	0,823	0,823	2,07
107	660	2,5	0,06	0,653	0,633	0,690	0,566	0,639	0,651	0,636	0,640	0,628	0,653	0,639	0,636	0,045	0,045	0,036	0,022	0,046	0,045	0,350	0,137	1,568	3,588	0,008	0,300	2,07
108	660	2,5	0,08	0,656	0,649	0,699	0,660	0,646	0,588	0,648	0,650	0,640	0,648	0,650	0,662	0,040	0,040	0,029	0,040	0,040	0,021	0,174	0,018	1,833	0,286	0,101	3,155	2,07
109	660	2,5	0,11	0,488	0,500	0,613	0,420	0,499	0,574	0,521	0,519	0,496	0,535	0,519	0,504	0,075	0,076	0,055	0,056	0,076	0,069	0,405	0,226	1,951	1,887	0,241	0,922	2,07
114	660	3	0,11	0,524	0,510	0,577	0,487	0,504	0,562	0,528	0,531	0,517	0,535	0,532	0,520	0,039	0,038	0,028	0,032	0,037	0,034	0,093	0,499	1,926	1,364	0,689	1,107	2,07
115	660	3	0,14	0,607	0,582	0,594	0,622	0,525	0,623	0,589	0,594	0,592	0,586	0,606	0,586	0,040	0,040	0,041	0,037	0,018	0,037	0,406	0,275	0,049	0,873	4,137	0,908	2,07
116	660	3,5	0,04	0,473	0,529	0,519	0,467	0,487	0,481	0,497	0,485	0,487	0,498	0,494	0,495	0,026	0,020	0,024	0,025	0,028	0,028	0,820	1,964	1,179	1,139	0,220	0,462	2,07

Nr. Exp.	Regim de aşchiere			Măsurători Ra longitudinal (xe)						$\bar{x}$						s						t						t crt
	v	a _p	f _z	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6	
118	660	3,5	0,08	0,640	0,565	0,630	0,603	0,614	0,508	0,584	0,599	0,586	0,591	0,589	0,610	0,049	0,053	0,051	0,055	0,054	0,029	1,048	0,588	0,783	0,193	0,420	3,211	2,07
120	660	3,5	0,14	0,579	0,604	0,604	0,500	0,442	0,587	0,547	0,542	0,542	0,563	0,575	0,546	0,073	0,069	0,069	0,069	0,043	0,072	0,395	0,816	0,816	0,841	2,806	0,522	2,07
122	660	4	0,06	0,577	0,541	0,519	0,511	0,542	0,600	0,543	0,550	0,554	0,556	0,550	0,538	0,035	0,038	0,035	0,032	0,038	0,026	0,902	0,211	0,927	1,267	0,182	2,205	2,07
123	660	4	0,08	0,448	0,555	0,571	0,454	0,491	0,472	0,509	0,487	0,484	0,507	0,500	0,504	0,052	0,050	0,043	0,053	0,058	0,057	1,071	1,244	1,843	0,915	0,141	0,511	2,07
124	660	4	0,11	0,547	0,506	0,601	0,604	0,573	0,545	0,566	0,574	0,555	0,554	0,561	0,566	0,041	0,028	0,036	0,035	0,042	0,041	0,418	2,195	1,155	1,280	0,272	0,474	2,07
125	660	4	0,14	0,515	0,512	0,504	0,555	0,553	0,584	0,542	0,542	0,544	0,534	0,534	0,528	0,033	0,033	0,030	0,034	0,034	0,024	0,732	0,848	1,200	0,576	0,507	2,114	2,07
127	710	2	0,06	0,489	0,463	0,538	0,519	0,478	0,561	0,512	0,517	0,502	0,506	0,514	0,497	0,041	0,034	0,039	0,042	0,039	0,031	0,509	1,440	0,846	0,289	0,846	1,897	2,07
128	710	2	0,08	0,620	0,587	0,585	0,595	0,566	0,562	0,579	0,586	0,586	0,584	0,590	0,591	0,014	0,024	0,024	0,023	0,021	0,020	2,624	0,054	0,039	0,437	1,041	1,334	2,07
130	710	2	0,14	0,561	0,576	0,565	0,582	0,537	0,501	0,552	0,549	0,551	0,548	0,557	0,564	0,033	0,031	0,033	0,030	0,032	0,017	0,240	0,780	0,375	1,039	0,563	3,322	2,07
131	710	2,5	0,04	0,570	0,554	0,419	0,497	0,441	0,475	0,477	0,480	0,507	0,492	0,503	0,496	0,052	0,058	0,054	0,067	0,061	0,067	1,616	1,150	1,495	0,070	0,925	0,290	2,07
132	710	2,5	0,06	0,520	0,544	0,475	0,454	0,536	0,490	0,500	0,495	0,509	0,513	0,497	0,506	0,039	0,033	0,037	0,030	0,036	0,039	0,473	1,347	0,835	1,818	1,005	0,366	2,07
133	710	2,5	0,08	0,637	0,595	0,622	0,528	0,549	0,388	0,536	0,545	0,539	0,558	0,554	0,586	0,091	0,099	0,095	0,101	0,102	0,047	1,011	0,462	0,797	0,273	0,045	3,877	2,07
136	710	3	0,04	0,683	0,455	0,539	0,406	0,709	0,442	0,510	0,556	0,539	0,566	0,505	0,558	0,121	0,137	0,145	0,125	0,111	0,135	1,300	0,671	0,000	1,165	1,681	0,789	2,07
137	710	3	0,06	0,666	0,453	0,506	0,598	0,672	0,429	0,532	0,574	0,564	0,545	0,530	0,579	0,102	0,105	0,116	0,116	0,100	0,097	1,205	1,051	0,454	0,414	1,295	1,409	2,07
138	710	3	0,08	0,640	0,505	0,643	0,698	0,537	0,383	0,553	0,580	0,553	0,542	0,574	0,605	0,123	0,125	0,123	0,108	0,128	0,081	0,644	0,551	0,674	1,324	0,262	2,512	2,07
139	710	3	0,11	0,750	0,616	0,545	0,669	0,400	0,456	0,537	0,564	0,578	0,553	0,607	0,596	0,111	0,145	0,147	0,138	0,113	0,133	1,754	0,327	0,207	0,767	1,675	0,963	2,07
140	710	3	0,14	0,722	0,678	0,735	0,561	0,608	0,672	0,651	0,660	0,648	0,683	0,674	0,661	0,067	0,074	0,063	0,050	0,069	0,075	0,964	0,226	1,248	2,228	0,873	0,137	2,07
141	710	3,5	0,04	0,793	0,537	0,374	0,448	0,530	0,839	0,546	0,597	0,629	0,615	0,598	0,536	0,177	0,208	0,175	0,196	0,208	0,158	1,276	0,262	1,335	0,777	0,300	1,746	2,07
142	710	3,5	0,06	0,590	0,578	0,571	0,594	0,501	0,812	0,611	0,614	0,615	0,610	0,629	0,567	0,118	0,117	0,116	0,118	0,103	0,038	0,164	0,278	0,345	0,127	1,138	5,903	2,07
143	710	3,5	0,08	0,537	0,622	0,653	0,630	0,813	0,545	0,653	0,636	0,629	0,634	0,597	0,651	0,098	0,112	0,111	0,112	0,053	0,101	1,072	0,111	0,194	0,033	3,727	0,961	2,07
147	710	4	0,06	0,733	0,555	0,549	0,564	0,484	0,489	0,528	0,564	0,565	0,562	0,578	0,577	0,038	0,101	0,101	0,101	0,092	0,093	4,859	0,080	0,145	0,018	0,937	0,866	2,07
148	710	4	0,08	0,522	0,723	0,513	0,437	0,691	0,538	0,580	0,540	0,582	0,597	0,547	0,577	0,122	0,093	0,121	0,101	0,106	0,124	0,437	1,798	0,523	1,449	1,244	0,290	2,07
150	710	4	0,14	0,684	0,727	0,539	0,586	0,791	0,625	0,654	0,645	0,683	0,673	0,632	0,665	0,103	0,097	0,081	0,096	0,075	0,103	0,268	0,768	1,614	0,825	1,931	0,359	2,07

Tabelul 3

Identificarea datelor afectate de valori aberante pentru șirul de 5 date aferente R_a long

Nr. Exp.	Regim de aşchiere			Măsurători R_a longitudinal (xe)					$\bar{x}$					s					t					t crt
	v	a_p	f_z	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	
3	495	2	0,08	0,219	0,195	0,229	0,271	0,180	0,219	0,225	0,216	0,206	0,229	0,040	0,037	0,040	0,022	0,032	0,006	0,712	0,286	2,615	1,367	1,92
4	495	2	0,11	0,217	0,236	0,220	0,246	0,244	0,237	0,232	0,236	0,229	0,230	0,012	0,015	0,013	0,013	0,014	1,476	0,247	1,065	1,162	0,932	1,92
7	495	2,5	0,06	0,173	0,171	0,221	0,225	0,206	0,206	0,206	0,194	0,193	0,198	0,025	0,024	0,026	0,025	0,030	1,192	1,334	0,927	1,166	0,258	1,92
8	495	2,5	0,08	0,165	0,190	0,173	0,201	0,190	0,189	0,182	0,187	0,180	0,182	0,012	0,016	0,015	0,013	0,016	1,818	0,426	0,792	1,531	0,426	1,92
9	495	2,5	0,11	0,215	0,207	0,267	0,224	0,264	0,241	0,243	0,228	0,238	0,228	0,030	0,027	0,025	0,032	0,027	0,768	1,183	1,396	0,403	1,195	1,92
10	495	2,5	0,14	0,236	0,197	0,243	0,260	0,253	0,238	0,248	0,237	0,232	0,234	0,028	0,011	0,028	0,025	0,027	0,071	4,298	0,206	1,013	0,638	1,92
13	495	3	0,08	0,180	0,149	0,210	0,189	0,207	0,189	0,197	0,181	0,187	0,182	0,028	0,014	0,024	0,028	0,025	0,279	2,953	1,060	0,079	0,883	1,92
14	495	3	0,11	0,193	0,207	0,229	0,184	0,229	0,212	0,209	0,203	0,215	0,203	0,022	0,024	0,020	0,018	0,020	0,801	0,066	1,175	1,542	1,175	1,92
16	495	3,5	0,04	0,188	0,185	0,189	0,186	0,190	0,188	0,188	0,187	0,188	0,187	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,188	1,702	0,706	0,828	1,470	1,92
19	495	3,5	0,11	0,250	0,221	0,265	0,260	0,247	0,248	0,256	0,245	0,246	0,249	0,020	0,008	0,017	0,018	0,020	0,080	3,662	1,103	0,697	0,091	1,92
20	495	3,5	0,14	0,252	0,240	0,216	0,280	0,268	0,251	0,254	0,260	0,244	0,247	0,029	0,028	0,018	0,022	0,027	0,031	0,450	2,238	1,470	0,706	1,92
21	495	4	0,04	0,299	0,191	0,209	0,195	0,211	0,202	0,229	0,224	0,228	0,224	0,010	0,048	0,051	0,049	0,051	8,735	0,706	0,264	0,599	0,220	1,92
22	495	4	0,06	0,188	0,206	0,187	0,205	0,224	0,206	0,201	0,206	0,201	0,197	0,015	0,017	0,015	0,018	0,010	1,036	0,257	1,140	0,192	2,363	1,92
23	495	4	0,08	0,176	0,209	0,177	0,195	0,194	0,194	0,186	0,194	0,189	0,189	0,013	0,010	0,014	0,016	0,016	1,212	2,019	1,091	0,342	0,269	1,92
24	495	4	0,11	0,218	0,220	0,221	0,217	0,265	0,231	0,230	0,230	0,231	0,219	0,023	0,023	0,023	0,023	0,002	0,498	0,395	0,345	0,552	22,535	1,92
32	530	2,5	0,06	0,219	0,220	0,295	0,279	0,239	0,258	0,258	0,239	0,243	0,253	0,035	0,035	0,028	0,036	0,040	1,011	0,969	1,778	0,896	0,323	1,92
33	530	2,5	0,08	0,195	0,221	0,226	0,230	0,217	0,224	0,217	0,216	0,215	0,218	0,006	0,016	0,015	0,014	0,016	4,483	0,229	0,617	0,998	0,057	1,92
35	530	2,5	0,14	0,268	0,277	0,271	0,280	0,230	0,265	0,262	0,264	0,262	0,274	0,023	0,022	0,023	0,021	0,005	0,134	0,597	0,281	0,776	7,185	1,92
36	530	3	0,04	0,240	0,206	0,244	0,247	0,206	0,226	0,234	0,225	0,224	0,234	0,023	0,019	0,022	0,021	0,019	0,558	1,326	0,788	0,987	1,326	1,92
39	530	3	0,11	0,215	0,248	0,257	0,243	0,261	0,252	0,244	0,242	0,245	0,241	0,008	0,021	0,019	0,021	0,018	4,053	0,172	0,704	0,096	1,000	1,92
40	530	3	0,14	0,246	0,268	0,258	0,259	0,243	0,257	0,252	0,254	0,254	0,258	0,010	0,008	0,012	0,012	0,009	0,950	1,803	0,308	0,408	1,461	1,92
41	530	3,5	0,04	0,184	0,218	0,229	0,225	0,215	0,222	0,213	0,211	0,212	0,214	0,006	0,020	0,018	0,019	0,021	5,279	0,209	0,911	0,626	0,044	1,92
43	530	3,5	0,08	0,178	0,189	0,221	0,209	0,173	0,198	0,195	0,187	0,190	0,199	0,021	0,023	0,016	0,022	0,019	0,841	0,239	1,891	0,778	1,213	1,92
44	530	3,5	0,11	0,229	0,234	0,264	0,250	0,249	0,249	0,248	0,241	0,244	0,244	0,012	0,014	0,011	0,016	0,016	1,478	0,870	1,983	0,339	0,267	1,92

Nr. Exp.	Regim de aşchiere			Măsurători Ra longitudinal (xc)					$\bar{x}$					s					t					t crt
	v	a _p	f _z	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	
46	530	4	0,04	0,265	0,236	0,219	0,224	0,238	0,229	0,237	0,241	0,240	0,236	0,009	0,021	0,017	0,019	0,021	3,470	0,022	1,124	0,729	0,087	1,92
47	530	4	0,06	0,219	0,189	0,241	0,203	0,250	0,221	0,228	0,215	0,225	0,213	0,029	0,021	0,026	0,027	0,022	0,053	1,650	0,879	0,716	1,482	1,92
48	530	4	0,08	0,199	0,196	0,206	0,208	0,223	0,208	0,209	0,207	0,206	0,202	0,011	0,010	0,012	0,012	0,006	0,742	1,151	0,037	0,148	3,268	1,92
51	570	2	0,04	0,434	0,445	0,439	0,450	0,460	0,449	0,446	0,447	0,445	0,442	0,009	0,012	0,011	0,011	0,007	1,459	0,058	0,682	0,437	2,308	1,92
54	570	2	0,11	0,417	0,461	0,441	0,424	0,434	0,440	0,429	0,434	0,438	0,436	0,016	0,011	0,019	0,018	0,020	1,315	2,696	0,324	0,700	0,080	1,92
55	570	2	0,14	0,371	0,386	0,354	0,354	0,378	0,368	0,364	0,372	0,372	0,366	0,016	0,012	0,014	0,014	0,015	0,163	1,598	1,198	1,198	0,682	1,92
56	570	2,5	0,04	0,415	0,494	0,464	0,451	0,481	0,473	0,453	0,460	0,464	0,456	0,019	0,028	0,035	0,035	0,033	2,724	1,317	0,095	0,323	0,683	1,92
57	570	2,5	0,06	0,512	0,548	0,507	0,505	0,510	0,518	0,509	0,519	0,519	0,518	0,020	0,003	0,020	0,019	0,020	0,241	11,363	0,533	0,661	0,354	1,92
58	570	2,5	0,08	0,529	0,449	0,548	0,457	0,458	0,478	0,498	0,473	0,496	0,496	0,047	0,047	0,037	0,050	0,050	0,974	0,925	1,788	0,700	0,674	1,92
60	570	2,5	0,14	0,409	0,383	0,405	0,378	0,392	0,390	0,396	0,391	0,397	0,394	0,012	0,014	0,014	0,012	0,016	1,472	0,829	0,952	1,440	0,101	1,92
62	570	3	0,06	0,820	0,471	0,497	0,485	0,459	0,478	0,565	0,559	0,562	0,568	0,017	0,171	0,174	0,173	0,168	18,502	0,494	0,317	0,397	0,581	1,92
63	570	3	0,08	0,439	0,965	0,547	0,470	0,515	0,624	0,493	0,597	0,617	0,605	0,229	0,048	0,247	0,237	0,244	0,722	8,843	0,182	0,554	0,331	1,92
64	570	3	0,11	0,441	0,406	0,376	0,399	0,438	0,405	0,414	0,421	0,415	0,406	0,026	0,031	0,022	0,031	0,027	1,266	0,213	1,865	0,475	1,080	1,92
65	570	3	0,14	0,350	0,357	0,362	0,354	0,363	0,359	0,357	0,356	0,358	0,356	0,004	0,006	0,005	0,006	0,005	1,897	0,036	0,980	0,602	1,282	1,92
67	570	3,5	0,06	1,030	0,474	0,514	0,483	0,502	0,493	0,632	0,622	0,630	0,625	0,018	0,265	0,272	0,267	0,270	26,525	0,533	0,356	0,492	0,408	1,92
69	570	3,5	0,11	0,449	0,533	0,442	0,335	0,357	0,417	0,396	0,419	0,445	0,440	0,090	0,058	0,091	0,072	0,081	0,320	2,109	0,231	1,371	0,912	1,92
70	570	3,5	0,14	0,429	0,996	0,397	0,419	0,383	0,549	0,407	0,557	0,551	0,560	0,299	0,021	0,293	0,297	0,291	0,359	25,269	0,487	0,398	0,545	1,92
72	570	4	0,06	0,685	0,580	0,579	0,471	0,503	0,533	0,560	0,560	0,587	0,579	0,055	0,095	0,095	0,075	0,087	2,469	0,193	0,181	1,385	0,775	1,92
73	570	4	0,08	0,630	0,686	0,672	0,529	0,512	0,600	0,586	0,589	0,625	0,629	0,092	0,078	0,083	0,079	0,071	0,294	1,156	0,893	1,087	1,478	1,92
76	610	2	0,04	0,571	0,538	0,527	0,536	0,530	0,533	0,541	0,544	0,542	0,543	0,005	0,020	0,018	0,020	0,019	6,677	0,132	0,811	0,243	0,603	1,92
77	610	2	0,06	0,475	0,446	0,478	0,463	0,467	0,464	0,471	0,463	0,467	0,466	0,013	0,007	0,012	0,014	0,015	0,775	3,187	1,115	0,217	0,092	1,92
86	610	3	0,04	0,521	0,509	0,481	0,488	0,586	0,516	0,519	0,526	0,524	0,500	0,048	0,048	0,042	0,044	0,019	0,093	0,187	0,952	0,729	4,170	1,92
87	610	3	0,06	0,553	0,515	0,470	0,498	0,536	0,505	0,514	0,526	0,519	0,509	0,028	0,037	0,024	0,036	0,035	1,547	0,018	2,065	0,511	0,696	1,92
88	610	3	0,08	0,600	0,596	0,595	0,601	0,660	0,613	0,614	0,614	0,613	0,598	0,031	0,031	0,031	0,032	0,003	0,370	0,523	0,563	0,333	18,837	1,92
89	610	3	0,11	0,422	0,395	0,520	0,501	0,511	0,482	0,489	0,457	0,462	0,460	0,058	0,045	0,058	0,063	0,060	0,916	1,858	0,976	0,555	0,762	1,92
90	610	3	0,14	0,459	0,508	0,461	0,456	0,454	0,470	0,458	0,469	0,471	0,471	0,026	0,003	0,026	0,025	0,025	0,375	14,528	0,285	0,515	0,614	1,92
91	610	3,5	0,04	0,724	0,634	0,558	0,696	0,660	0,637	0,660	0,679	0,644	0,653	0,058	0,073	0,040	0,069	0,074	1,331	0,314	2,723	0,677	0,085	1,92

Nr. Exp.	Regim de aşchiere			Măsurători Ra longitudinal (xc)					$\bar{x}$					s					t					t crt
	v	a _p	f _z	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	
93	610	3,5	0,08	0,640	0,491	0,609	0,501	0,473	0,519	0,556	0,526	0,553	0,560	0,061	0,081	0,077	0,084	0,075	1,769	0,713	0,965	0,559	1,035	1,92
94	610	3,5	0,11	0,572	0,574	0,591	0,586	0,637	0,597	0,597	0,592	0,594	0,581	0,028	0,028	0,030	0,030	0,009	0,810	0,714	0,037	0,222	5,460	1,92
96	610	4	0,04	0,720	0,688	0,687	0,761	0,755	0,723	0,731	0,731	0,713	0,714	0,041	0,034	0,034	0,032	0,035	0,060	1,114	1,161	1,347	1,051	1,92
99	610	4	0,11	0,408	0,586	0,535	0,451	0,512	0,521	0,477	0,489	0,510	0,495	0,056	0,058	0,077	0,075	0,080	1,805	1,694	0,529	0,708	0,189	1,92
101	660	2	0,04	0,458	0,557	0,540	0,457	0,502	0,514	0,489	0,494	0,514	0,503	0,044	0,040	0,047	0,044	0,053	1,128	1,522	0,880	1,164	0,017	1,92
103	660	2	0,08	0,671	0,659	0,667	0,652	0,658	0,659	0,662	0,660	0,664	0,662	0,006	0,009	0,008	0,006	0,008	1,741	0,312	0,787	1,670	0,449	1,92
107	660	2,5	0,06	0,653	0,633	0,690	0,639	0,651	0,653	0,658	0,644	0,657	0,654	0,026	0,022	0,010	0,024	0,026	0,009	1,024	4,290	0,664	0,096	1,92
108	660	2,5	0,08	0,656	0,649	0,699	0,660	0,646	0,664	0,665	0,653	0,663	0,666	0,024	0,023	0,006	0,025	0,022	0,275	0,625	6,467	0,091	0,796	1,92
115	660	3	0,14	0,607	0,582	0,594	0,622	0,623	0,605	0,612	0,609	0,602	0,601	0,021	0,014	0,019	0,018	0,017	0,076	1,916	0,678	1,042	1,132	1,92
118	660	3,5	0,08	0,640	0,565	0,630	0,603	0,614	0,603	0,622	0,606	0,612	0,610	0,028	0,016	0,031	0,033	0,034	1,197	3,084	0,704	0,249	0,120	1,92
120	660	3,5	0,14	0,579	0,604	0,604	0,500	0,587	0,574	0,568	0,568	0,594	0,572	0,050	0,046	0,046	0,013	0,049	0,094	0,707	0,707	6,660	0,277	1,92
122	660	4	0,06	0,577	0,541	0,519	0,511	0,542	0,528	0,537	0,543	0,545	0,537	0,016	0,030	0,027	0,024	0,030	2,786	0,113	0,787	1,259	0,151	1,92
124	660	4	0,11	0,547	0,601	0,604	0,573	0,545	0,581	0,567	0,567	0,574	0,581	0,028	0,028	0,026	0,033	0,027	1,093	1,093	1,275	0,034	1,211	1,92
125	660	4	0,14	0,515	0,512	0,504	0,555	0,553	0,531	0,532	0,534	0,521	0,522	0,027	0,026	0,023	0,022	0,023	0,535	0,677	1,136	1,393	1,235	1,92
128	710	2	0,08	0,587	0,585	0,595	0,566	0,562	0,577	0,578	0,575	0,582	0,583	0,016	0,016	0,013	0,014	0,012	0,572	0,419	1,394	1,025	1,547	1,92
130	710	2	0,14	0,561	0,576	0,565	0,582	0,537	0,565	0,561	0,564	0,560	0,571	0,020	0,019	0,020	0,016	0,010	0,179	0,711	0,045	1,211	3,137	1,92
133	710	2,5	0,08	0,637	0,595	0,622	0,528	0,549	0,574	0,584	0,577	0,601	0,596	0,043	0,054	0,049	0,039	0,048	1,328	0,184	0,822	1,684	0,862	1,92
138	710	3	0,08	0,640	0,505	0,643	0,698	0,537	0,596	0,630	0,595	0,581	0,622	0,090	0,067	0,090	0,071	0,082	0,439	1,657	0,479	1,475	0,920	1,92
140	710	3	0,14	0,722	0,678	0,735	0,608	0,672	0,673	0,684	0,670	0,702	0,686	0,052	0,058	0,047	0,031	0,057	0,839	0,097	1,238	2,667	0,215	1,92
142	710	3,5	0,06	0,590	0,578	0,571	0,594	0,501	0,561	0,564	0,566	0,560	0,583	0,041	0,043	0,044	0,040	0,011	0,630	0,290	0,107	0,758	6,923	1,92
143	710	3,5	0,08	0,537	0,622	0,653	0,630	0,545	0,613	0,591	0,584	0,589	0,611	0,047	0,059	0,049	0,057	0,051	1,440	0,467	1,261	0,637	1,155	1,92
147	710	4	0,06	0,555	0,549	0,564	0,484	0,489	0,522	0,523	0,519	0,539	0,538	0,041	0,042	0,038	0,034	0,037	0,732	0,549	1,055	1,451	1,200	1,92

Tabelul 4

Identificarea datelor afectate de valori aberante pentru șirul de 4 date aferente R_a long

Nr. Exp.	Regim de aşchiere			Măsurători R_a longitudinal (xe)				$\bar{x}$				s				t				t crt
	v	a_p	f_z	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	
3	495	2	0,08	0,219	0,195	0,229	0,180	0,201	0,209	0,198	0,214	0,025	0,026	0,020	0,017	0,609	0,479	1,365	1,702	1,71
10	495	2,5	0,14	0,236	0,243	0,260	0,253	0,252	0,250	0,244	0,246	0,009	0,012	0,009	0,012	1,622	0,468	1,622	0,468	1,71
13	495	3	0,08	0,180	0,210	0,189	0,207	0,202	0,192	0,199	0,193	0,011	0,014	0,017	0,015	1,677	1,134	0,524	0,788	1,71
19	495	3,5	0,11	0,250	0,265	0,260	0,247	0,257	0,252	0,254	0,258	0,009	0,007	0,010	0,008	0,684	1,612	0,539	1,285	1,71
20	495	3,5	0,14	0,252	0,240	0,280	0,268	0,263	0,267	0,253	0,257	0,021	0,014	0,014	0,021	0,450	1,644	1,644	0,450	1,71
21	495	4	0,04	0,191	0,209	0,195	0,211	0,205	0,199	0,204	0,198	0,009	0,011	0,011	0,009	1,391	0,818	0,681	1,161	1,71
22	495	4	0,06	0,188	0,206	0,187	0,205	0,199	0,193	0,200	0,194	0,011	0,010	0,010	0,011	0,918	1,084	1,084	0,918	1,71
23	495	4	0,08	0,176	0,177	0,195	0,194	0,189	0,188	0,182	0,183	0,010	0,011	0,010	0,011	1,084	0,918	1,084	0,918	1,71
24	495	4	0,11	0,218	0,220	0,221	0,217	0,219	0,219	0,218	0,220	0,002	0,002	0,002	0,002	0,555	0,555	1,512	1,512	1,71
33	530	2,5	0,08	0,221	0,226	0,230	0,217	0,224	0,223	0,221	0,226	0,007	0,007	0,005	0,005	0,434	0,434	1,664	1,664	1,71
35	530	2,5	0,14	0,268	0,277	0,271	0,280	0,276	0,273	0,275	0,272	0,005	0,006	0,006	0,005	1,512	0,555	0,555	1,512	1,71
39	530	3	0,11	0,248	0,257	0,243	0,261	0,254	0,251	0,255	0,249	0,009	0,009	0,007	0,007	0,519	0,590	1,604	1,424	1,71
41	530	3,5	0,04	0,218	0,229	0,225	0,215	0,223	0,219	0,221	0,224	0,007	0,005	0,007	0,006	0,600	1,631	0,509	1,400	1,71
44	530	3,5	0,11	0,229	0,234	0,250	0,249	0,244	0,243	0,237	0,238	0,009	0,012	0,010	0,011	1,482	0,634	1,054	0,895	1,71
46	530	4	0,04	0,236	0,219	0,224	0,238	0,227	0,233	0,231	0,226	0,010	0,008	0,010	0,009	0,791	1,563	0,581	1,156	1,71
48	530	4	0,08	0,199	0,196	0,206	0,208	0,203	0,204	0,201	0,200	0,006	0,005	0,006	0,005	0,584	1,527	0,693	1,294	1,71
51	570	2	0,04	0,434	0,445	0,439	0,450	0,445	0,441	0,443	0,439	0,006	0,008	0,008	0,006	1,677	0,423	0,423	1,677	1,71
54	570	2	0,11	0,417	0,441	0,424	0,434	0,433	0,425	0,431	0,427	0,009	0,009	0,012	0,012	1,622	1,622	0,468	0,468	1,71
56	570	2,5	0,04	0,494	0,464	0,451	0,481	0,465	0,475	0,480	0,470	0,015	0,022	0,015	0,022	1,650	0,445	1,650	0,445	1,71
57	570	2,5	0,06	0,512	0,507	0,505	0,510	0,507	0,509	0,510	0,508	0,003	0,004	0,003	0,004	1,606	0,480	1,606	0,480	1,71
62	570	3	0,06	0,471	0,497	0,485	0,459	0,480	0,472	0,476	0,484	0,019	0,013	0,019	0,013	0,416	1,686	0,416	1,686	1,71
63	570	3	0,08	0,439	0,547	0,470	0,515	0,511	0,475	0,500	0,485	0,039	0,038	0,055	0,056	1,604	1,639	0,474	0,462	1,71
67	570	3,5	0,06	0,474	0,514	0,483	0,502	0,500	0,486	0,497	0,490	0,016	0,014	0,021	0,021	1,422	1,676	0,577	0,481	1,71
69	570	3,5	0,11	0,449	0,442	0,335	0,357	0,378	0,380	0,416	0,409	0,057	0,060	0,051	0,064	1,088	0,883	1,370	0,700	1,71

Nr. Exp.	Regim de aşchiere			Măsurători Ra longitudinal (xc)				$\bar{x}$				s				t				t crt
	v	a _p	f _z	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	
70	570	3,5	0,14	0,429	0,397	0,419	0,383	0,400	0,410	0,403	0,415	0,018	0,024	0,024	0,016	1,400	0,477	0,588	1,693	1,71
72	570	4	0,06	0,580	0,579	0,471	0,503	0,518	0,518	0,554	0,543	0,055	0,056	0,044	0,063	0,973	0,943	1,627	0,558	1,71
76	610	2	0,04	0,538	0,527	0,536	0,530	0,531	0,535	0,532	0,534	0,005	0,004	0,006	0,006	1,323	1,595	0,660	0,542	1,71
77	610	2	0,06	0,475	0,478	0,463	0,467	0,469	0,468	0,473	0,472	0,008	0,006	0,006	0,008	0,632	1,370	1,574	0,546	1,71
86	610	3	0,04	0,521	0,509	0,481	0,488	0,493	0,497	0,506	0,504	0,015	0,021	0,017	0,021	1,684	0,500	1,296	0,661	1,71
87	610	3	0,06	0,553	0,515	0,498	0,536	0,516	0,529	0,535	0,522	0,019	0,028	0,019	0,028	1,668	0,431	1,668	0,431	1,71
88	610	3	0,08	0,600	0,596	0,595	0,601	0,597	0,599	0,599	0,597	0,003	0,003	0,003	0,003	0,718	0,718	1,309	1,309	1,71
90	610	3	0,14	0,459	0,461	0,456	0,454	0,457	0,456	0,458	0,459	0,004	0,003	0,004	0,003	0,480	1,606	0,480	1,606	1,71
91	610	3,5	0,04	0,724	0,634	0,696	0,660	0,663	0,693	0,673	0,685	0,031	0,032	0,046	0,046	1,688	1,602	0,436	0,464	1,71
94	610	3,5	0,11	0,572	0,574	0,591	0,586	0,584	0,583	0,577	0,579	0,009	0,010	0,008	0,010	1,156	0,791	1,563	0,581	1,71
107	660	2,5	0,06	0,653	0,633	0,639	0,651	0,641	0,648	0,646	0,642	0,009	0,008	0,011	0,010	1,134	1,677	0,524	0,788	1,71
108	660	2,5	0,08	0,656	0,649	0,660	0,646	0,652	0,654	0,650	0,655	0,007	0,007	0,005	0,006	0,509	0,600	1,631	1,400	1,71
118	660	3,5	0,08	0,640	0,630	0,603	0,614	0,616	0,619	0,628	0,624	0,014	0,019	0,013	0,019	1,552	0,501	1,651	0,468	1,71
120	660	3,5	0,14	0,579	0,604	0,604	0,587	0,598	0,590	0,590	0,596	0,010	0,013	0,013	0,014	1,706	0,950	0,950	0,520	1,71
122	660	4	0,06	0,541	0,519	0,511	0,542	0,524	0,531	0,534	0,524	0,016	0,018	0,013	0,016	0,915	0,606	1,532	1,022	1,71
130	710	2	0,14	0,561	0,576	0,565	0,582	0,574	0,569	0,573	0,567	0,009	0,011	0,011	0,008	1,339	0,518	0,641	1,635	1,71
140	710	3	0,14	0,722	0,678	0,735	0,672	0,695	0,710	0,691	0,712	0,035	0,033	0,027	0,030	0,672	0,824	1,406	1,150	1,71
42	710	3,5	0,06	0,590	0,578	0,571	0,594	0,581	0,585	0,587	0,580	0,012	0,012	0,008	0,010	0,661	0,493	1,699	1,292	1,71

Tabelul 5

Identificarea datelor afectate de valori aberante pentru șirul de 7 date aferente R_a transv

Nr. Exp.	Regim de aşchiere			Măsurători Ra transversal (xe)							x ⁻							s							t							t _{crit}
	v	a _p	f _z	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7	t _{crit}
1	49 5	2	0,0 4	0,13 0	0,23 4	0,11 6	0,09 0	0,12 4	0,11 0	0,18 7	0,1 4	0,1 3	0,1 5	0,1 5	0,1 4	0,1 5	0,1 3	0,0 6	0,0 3	0,0 5	0,0 5	0,0 5	0,0 5	0,23	3,04	0,5 1	1,1 3	0,3 5	0,6 4	0,9 6	0,14	
2	49 5	2	0,0 6	0,17 0	0,22 3	0,11 8	0,10 1	0,16 0	0,14 7	0,18 0	0,1 5	0,1 5	0,1 6	0,1 7	0,1 6	0,1 6	0,1 5	0,0 4	0,0 3	0,0 4	0,0 4	0,0 4	0,0 4	0,32	2,32	1,0 5	1,7 2	0,0 7	0,2 5	0,5 8	0,15	
3	49 5	2	0,0 8	0,28 5	0,27 1	0,08 1	0,14 1	0,14 3	0,11 4	0,15 2	0,1 5	0,1 5	0,1 8	0,1 7	0,1 7	0,1 8	0,1 7	0,0 6	0,0 7	0,0 7	0,0 8	0,0 8	0,0 8	1,93	1,57	1,3 0	0,3 7	0,3 4	0,7 4	0,2 2	0,15	
4	49 5	2	0,1 1	0,21 6	0,29 1	0,15 0	0,12 5	0,12 1	0,14 2	0,17 1	0,1 7	0,1 5	0,1 8	0,1 8	0,1 8	0,1 8	0,1 7	0,0 6	0,0 4	0,0 7	0,0 6	0,0 6	0,0 7	0,72	3,59	0,3 9	0,8 4	0,9 2	0,5 3	0,0 4	0,17	
5	49 5	2	0,1 4	0,17 9	0,44 5	0,12 5	0,10 2	0,13 3	0,11 8	0,10 8	0,1 7	0,1 3	0,1 8	0,1 8	0,1 8	0,1 8	0,1 3	0,0 3	0,0 3	0,1 3	0,1 3	0,1 3	0,1 3	0,05	10,6 5	0,3 9	0,5 9	0,3 2	0,4 5	0,5 4	0,17	
6	49 5	2,5 5	0,0 4	0,14 7	0,22 5	0,10 0	0,12 6	0,12 5	0,12 6	0,12 5	0,1 4	0,1 2	0,1 5	0,1 4	0,1 4	0,1 4	0,1 4	0,0 4	0,0 1	0,0 4	0,0 4	0,0 4	0,0 4	0,19	6,22	1,0 6	0,3 3	0,3 5	0,3 3	0,3 5	0,14	
7	49 5	2,5 5	0,0 6	0,15 9	0,18 7	0,13 3	0,12 0	0,17 8	0,17 1	0,08 6	0,1 5	0,1 4	0,1 5	0,1 5	0,1 4	0,1 4	0,1 6	0,0 4	0,0 3	0,0 4	0,0 4	0,0 4	0,0 3	0,31	1,21	0,4 1	0,8 0	0,8 8	0,6 6	2,5 3	0,15	
8	49 5	2,5 5	0,0 8	0,10 7	0,24 8	0,14 7	0,20 1	0,12 0	0,11 6	0,11 1	0,1 6	0,1 3	0,1 5	0,1 4	0,1 6	0,1 6	0,1 6	0,0 6	0,0 4	0,0 6	0,0 5	0,0 6	0,0 6	0,83	2,95	0,0 5	1,0 2	0,5 6	0,6 4	0,7 5	0,16	
9	49 5	2,5 5	0,1 1	0,09 7	0,20 3	0,14 0	0,11 9	0,14 5	0,18 8	0,11 6	0,1 5	0,1 3	0,1 4	0,1 5	0,1 4	0,1 4	0,1 5	0,0 4	0,0 3	0,0 4	0,0 4	0,0 4	0,0 4	1,41	2,02	0,1 0	0,6 3	0,0 3	1,2 9	0,7 5	0,15	
10	49 5	2,5 5	0,1 4	0,15 3	0,27 8	0,14 7	0,11 1	0,15 1	0,22 5	0,14 5	0,1 8	0,1 6	0,1 8	0,1 8	0,1 8	0,1 6	0,1 8	0,0 6	0,0 4	0,0 6	0,0 6	0,0 6	0,0 6	0,34	3,03	0,4 5	1,2 0	0,3 8	0,9 7	0,4 9	0,18	
11	49 5	3	0,0 4	0,19 8	0,15 3	0,11 1	0,13 9	0,11 0	0,11 0	0,11 1	0,1 2	0,1 3	0,1 4	0,1 3	0,1 4	0,1 4	0,1 4	0,0 2	0,0 4	0,0 3	0,0 4	0,0 3	0,0 3	3,71	0,61	0,6 8	0,1 7	0,7 2	0,7 2	0,6 8	0,12	
12	49 5	3	0,0 6	0,17 3	0,27 4	0,09 3	0,10 5	0,12 5	0,18 4	0,15 9	0,1 6	0,1 4	0,1 7	0,1 7	0,1 6	0,1 5	0,1 6	0,0 7	0,0 4	0,0 6	0,0 6	0,0 7	0,0 7	0,23	3,31	1,2 1	0,9 4	0,5 6	0,4 1	0,0 0	0,16	
13	49 5	3	0,0 8	0,28 7	0,08 6	0,27 7	0,08 7	0,10 3	0,11 5	0,17 1	0,1 4	0,1 7	0,1 4	0,1 7	0,1 7	0,1 7	0,1 6	0,0 7	0,0 9	0,0 8	0,0 9	0,0 9	0,0 9	1,84	0,91	1,6 1	0,9 0	0,6 8	0,5 3	0,1 1	0,14	
14	49 5	3	0,1 1	0,26 5	0,20 2	0,12 6	0,13 6	0,11 3	0,13 8	0,10 8	0,1 4	0,1 5	0,1 6	0,1 6	0,1 6	0,1 6	0,1 6	0,0 3	0,0 6	0,0 6	0,0 6	0,0 6	0,0 6	3,49	0,86	0,5 2	0,3 4	0,7 7	0,3 0	0,8 7	0,14	
15	49 5	3	0,1 4	0,23 0	0,22 0	0,13 9	0,17 5	0,17 3	0,21 2	0,15 3	0,1 8	0,1 8	0,1 9	0,1 9	0,1 9	0,1 8	0,1 9	0,0 3	0,0 3	0,0 3	0,0 4	0,0 4	0,0 3	1,49	1,06	1,6 4	0,3 1	0,3 7	0,7 7	1,0 2	0,18	
16	49 5	3,5 5	0,0 4	0,14 8	0,21 2	0,11 1	0,11 7	0,11 3	0,14 3	0,12 1	0,1 4	0,1 3	0,1 4	0,1 4	0,1 4	0,1 4	0,1 4	0,0 4	0,0 2	0,0 4	0,0 4	0,0 4	0,0 4	0,26	5,22	0,5 7	0,8 3	0,6 3	0,1 2	0,5 1	0,14	
17	49 5	3,5 5	0,0 6	0,28 4	0,19 6	0,14 9	0,06 1	0,11 2	0,18 2	0,15 6	0,1 4	0,1 6	0,1 7	0,1 8	0,1 7	0,1 6	0,1 6	0,0 5	0,0 7	0,0 8	0,0 6	0,0 7	0,0 8	2,65	0,48	0,2 0	1,8 7	0,7 6	0,2 7	0,1 0	0,14	
18	49 5	3,5 5	0,0 8	0,24 9	0,20 7	0,10 7	0,09 6	0,11 7	0,08 6	0,14 0	0,1 3	0,1 3	0,1 5	0,1 5	0,1 5	0,1 4	0,0 6	0,0 7	0,0 6	0,0 7	0,0 6	0,0 7	0,0 7	2,60	1,15	0,6 3	0,8 0	0,4 3	1,0 0	0,0 5	0,13	
19	49 5	3,5 5	0,1 1	0,15 9	0,23 9	0,13 9	0,12 0	0,12 6	0,13 3	0,18 7	0,1 6	0,1 4	0,1 6	0,1 6	0,1 6	0,1 5	0,0 5	0,0 2	0,0 5	0,0 4	0,0 4	0,0 5	0,0 4	0,03	3,52	0,4 4	0,9 5	0,7 7	0,5 9	0,7 2	0,16	
20	49 5	3,5 5	0,1 4	0,21 4	0,34 0	0,13 4	0,21 8	0,22 8	0,17 5	0,10 9	0,2 0	0,1 8	0,2 1	0,2 0	0,2 0	0,2 1	0,2 2	0,0 5	0,0 8	0,0 8	0,0 8	0,0 8	0,0 7	0,15	3,02	0,9 8	0,2 0	0,3 4	0,3 7	1,4 6	0,20	
21	49 5	4	0,0 4	0,54 9	0,26 3	0,13 5	0,65 0	0,11 3	0,14 3	0,10 0	0,2 3	0,2 8	0,3 0	0,2 2	0,3 1	0,3 0	0,3 1	0,2 5	0,2 4	0,2 4	0,1 7	0,2 4	0,2 3	1,38	0,07	0,6 5	2,3 2	0,7 6	0,6 1	0,8 3	0,23	
22	49 5	4	0,0 6	0,33 0	0,23 4	0,18 9	0,17 0	0,15 7	0,16 0	0,15 0	0,1 8	0,1 9	0,2 0	0,2 0	0,2 1	0,2 1	0,2 1	0,0 3	0,0 7	0,0 7	0,0 7	0,0 7	0,0 7	4,47	0,54	0,1 7	0,3 2	0,8 2	0,5 2	0,8 2	0,18	
23	49 5	4	0,0 8	0,22 8	0,11 1	0,11 7	0,35 3	0,17 1	0,11 2	0,11 7	0,1 6	0,1 8	0,1 8	0,1 4	0,1 7	0,1 8	0,1 8	0,0 9	0,0 9	0,1 5	0,0 0	0,1 9	0,1 0	0,62	0,70	0,6 3	4,0 9	0,0 2	0,6 9	0,6 3	0,16	
24	49 5	4	0,1 1	0,36 1	0,29 3	0,10 1	0,42 3	0,15 9	0,14 2	0,14 0	0,2 1	0,2 2	0,2 5	0,2 0	0,2 4	0,2 5	0,2 5	0,1 2	0,1 4	0,1 2	0,1 0	0,1 3	0,1 3	1,13	0,49	1,1 4	2,0 1	0,5 8	0,7 3	0,7 5	0,21	

Nr. Exp.	Regim de aşchiere			Măsurători Ra transversal (xe)							x ⁻							s							t							t _{crt}
	v	a _p	f _z	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7	
25	49 5	4	0,1 4	0,29 6	0,25 7	0,10 9	0,22 6	0,20 6	0,22 1	0,19 8	0,2 0	0,2 1	0,2 3	0,2 1	0,2 2	0,2 2	0,2 2	0,0 5	0,0 6	0,0 4	0,0 6	0,0 6	0,0 6	0,0 6	1,72	0,73	3,1 6	0,1 7	0,1 7	0,0 8	0,3 1	0,20
26	53 0	2	0,0 4	0,14 0	0,22 5	0,18 0	0,13 7	0,14 0	0,13 4	0,12 4	0,1 6	0,1 4	0,1 5	0,1 6	0,1 6	0,1 6	0,1 4	0,0 2	0,0 4	0,0 4	0,0 4	0,0 4	0,0 4	0,38	3,90	0,7 6	0,4 6	0,3 8	0,6 7	0,8 7	0,16	
27	53 0	2	0,0 6	0,16 5	0,29 4	0,17 1	0,16 7	0,12 3	0,11 0	0,17 2	0,1 7	0,1 5	0,1 7	0,1 7	0,1 8	0,1 8	0,1 7	0,0 7	0,0 3	0,0 7	0,0 7	0,0 6	0,0 6	0,11	4,82	0,0 1	0,0 8	0,8 7	1,1 5	0,0 0	0,17	
28	53 0	2	0,0 8	0,15 7	0,32 1	0,18 7	0,14 3	0,18 3	0,11 8	0,09 3	0,1 7	0,1 5	0,1 7	0,1 8	0,1 7	0,1 8	0,1 8	0,0 8	0,0 4	0,0 8	0,0 8	0,0 8	0,0 7	0,20	4,38	0,2 0	0,3 9	0,1 5	0,7 6	1,1 9	0,17	
29	53 0	2	0,1 1	0,16 2	0,29 9	0,07 6	0,11 4	0,15 4	0,11 1	0,16 3	0,1 5	0,1 3	0,1 7	0,1 6	0,1 5	0,1 6	0,1 5	0,0 8	0,0 4	0,0 7	0,0 8	0,0 8	0,0 8	0,11	4,44	1,2 3	0,5 7	0,0 0	0,6 2	0,1 2	0,15	
30	53 0	2	0,1 4	0,36 1	0,40 2	0,13 2	0,12 7	0,26 5	0,15 3	0,10 5	0,2 0	0,1 9	0,2 4	0,2 1	0,2 3	0,2 4	0,1 4	0,1 0	0,1 3	0,1 3	0,1 3	0,1 3	0,1 2	1,35	1,91	0,7 6	0,8 1	0,3 6	0,5 7	1,0 3	0,20	
31	53 0	2,5	0,0 4	0,21 2	0,19 0	0,14 1	0,12 6	0,12 2	0,18 6	0,12 4	0,1 5	0,1 5	0,1 6	0,1 6	0,1 5	0,1 6	0,1 3	0,0 4	0,0 4	0,0 4	0,0 4	0,0 4	0,0 4	1,87	0,93	0,4 4	0,8 8	1,0 2	0,8 0	0,9 5	0,15	
32	53 0	2,5	0,0 6	0,23 3	0,30 6	0,10 7	0,11 1	0,16 6	0,15 2	0,14 9	0,1 7	0,1 5	0,1 9	0,1 9	0,1 8	0,1 8	0,1 7	0,0 7	0,0 5	0,0 7	0,0 8	0,0 8	0,0 8	0,86	3,10	1,0 3	0,9 6	0,1 2	0,3 2	0,3 6	0,17	
33	53 0	2,5	0,0 8	0,29 8	0,32 8	0,11 8	0,13 5	0,17 0	0,12 8	0,11 1	0,1 7	0,1 6	0,2 0	0,1 9	0,1 9	0,1 9	0,2 0	0,0 8	0,0 7	0,0 9	0,1 0	0,1 0	0,1 0	1,49	2,20	0,7 6	0,5 5	0,1 5	0,6 3	0,8 5	0,17	
34	53 0	2,5	0,1 1	0,22 2	0,17 1	0,18 8	0,10 1	0,11 3	0,15 0	0,12 7	0,1 4	0,1 5	0,1 5	0,1 6	0,1 5	0,1 6	0,1 3	0,0 5	0,0 4	0,0 4	0,0 4	0,0 5	0,0 5	2,19	0,41	0,8 5	1,4 0	1,0 0	0,0 7	0,6 2	0,14	
35	53 0	2,5	0,1 4	0,32 0	0,15 4	0,29 5	0,10 7	0,18 1	0,11 8	0,17 8	0,1 7	0,2 0	0,1 8	0,2 1	0,2 0	0,2 1	0,2 0	0,0 7	0,0 9	0,0 8	0,0 9	0,0 9	0,0 9	2,03	0,48	1,4 3	1,1 5	0,1 5	0,9 7	0,1 8	0,17	
36	53 0	3	0,0 4	0,32 1	0,17 7	0,08 3	0,12 0	0,09 3	0,17 0	0,12 3	0,1 3	0,1 5	0,1 7	0,1 6	0,1 7	0,1 5	0,1 6	0,0 9	0,0 8	0,0 9	0,0 8	0,0 9	0,0 9	4,62	0,27	0,9 5	0,4 4	0,8 0	0,1 8	0,4 0	0,13	
37	53 0	3	0,0 6	0,45 0	0,25 7	0,10 7	0,11 0	0,11 0	0,18 2	0,10 7	0,1 5	0,1 8	0,2 0	0,2 0	0,2 0	0,1 9	0,2 0	0,0 6	0,1 4	0,1 3	0,1 4	0,1 4	0,1 3	4,54	0,54	0,6 6	0,6 3	0,6 3	0,0 5	0,6 6	0,15	
38	53 0	3	0,0 8	0,26 2	0,15 7	0,16 5	0,14 0	0,11 9	0,14 8	0,07 4	0,1 3	0,1 5	0,1 5	0,1 5	0,1 6	0,1 5	0,1 7	0,0 3	0,0 6	0,0 6	0,0 6	0,0 6	0,0 5	3,56	0,08	0,2 2	0,2 1	0,5 9	0,0 7	1,6 9	0,13	
39	53 0	3	0,1 1	0,22 3	0,09 5	0,24 4	0,10 8	0,11 8	0,15 8	0,09 1	0,1 3	0,1 6	0,1 3	0,1 5	0,1 5	0,1 5	0,1 6	0,0 6	0,0 6	0,0 5	0,0 7	0,0 7	0,0 6	1,40	0,87	2,0 5	0,6 3	0,6 0	0,1 7	0,9 5	0,13	
40	53 0	3	0,1 4	0,26 8	0,17 3	0,13 1	0,10 7	0,16 2	0,10 8	0,15 8	0,1 4	0,1 6	0,1 6	0,1 7	0,1 6	0,1 7	0,1 6	0,0 3	0,0 6	0,0 6	0,0 5	0,0 6	0,0 6	4,15	0,27	0,5 0	1,0 0	0,0 7	0,9 8	0,0 0	0,14	
41	53 0	3,5	0,0 4	0,34 8	0,25 0	0,09 5	0,11 7	0,11 8	0,17 8	0,10 2	0,1 4	0,1 6	0,1 9	0,1 8	0,1 8	0,1 7	0,1 8	0,0 6	0,1 0	0,1 0	0,1 0	0,1 0	0,1 0	3,16	0,86	0,8 7	0,6 0	0,5 9	0,0 6	0,7 8	0,14	
42	53 0	3,5	0,0 6	1,02 9	0,68 4	0,09 7	0,27 4	0,15 8	0,09 8	0,17 9	0,2 5	0,3 1	0,4 0	0,3 7	0,3 9	0,4 0	0,3 9	0,2 2	0,3 6	0,3 7	0,3 9	0,3 8	0,3 7	3,24	0,97	0,7 6	0,2 4	0,5 7	0,7 6	0,5 1	0,25	
43	53 0	3,5	0,0 8	0,22 6	0,08 2	0,22 9	0,28 5	0,10 9	0,16 3	0,13 7	0,1 7	0,1 9	0,1 7	0,1 6	0,1 9	0,1 8	0,1 8	0,0 8	0,0 7	0,0 8	0,0 6	0,0 8	0,0 8	0,71	1,47	0,6 5	2,0 3	1,0 3	0,0 8	0,5 8	0,17	
44	53 0	3,5	0,1 1	0,17 0	0,26 1	0,13 3	0,13 8	0,17 3	0,17 4	0,13 6	0,1 7	0,1 5	0,1 8	0,1 7	0,1 7	0,1 7	0,1 7	0,0 5	0,0 2	0,0 5	0,0 5	0,0 5	0,0 5	0,02	4,91	0,8 6	0,7 3	0,0 8	0,1 0	0,7 8	0,17	
45	53 0	3,5	0,1 4	0,16 8	0,23 5	0,18 8	0,13 7	0,17 1	0,16 1	0,16 3	0,1 8	0,1 6	0,1 7	0,1 8	0,1 8	0,1 8	0,1 8	0,0 3	0,0 2	0,0 3	0,0 3	0,0 3	0,0 3	0,22	3,92	0,4 4	1,4 5	0,1 2	0,4 5	0,3 8	0,18	
46	53 0	4	0,0 4	0,37 0	0,26 3	0,14 8	0,16 0	0,20 0	0,11 6	0,12 7	0,1 7	0,1 9	0,2 1	0,2 0	0,2 0	0,2 1	0,2 0	0,1 6	0,1 0	0,1 0	0,1 0	0,1 0	0,0 9	3,36	0,75	0,5 4	0,4 3	0,0 3	1,0 1	0,8 1	0,17	
47	53 0	4	0,0 6	0,29 6	0,24 8	0,19 3	0,11 5	0,11 4	0,20 0	0,13 6	0,1 7	0,1 8	0,1 8	0,2 0	0,2 0	0,1 8	0,1 9	0,0 5	0,0 7	0,0 8	0,0 7	0,0 8	0,0 7	2,18	0,96	0,1 0	1,1 3	1,1 5	0,2 0	0,7 5	0,17	
48	53 0	4	0,0 8	0,86 0	0,19 8	0,23 0	0,14 9	0,23 6	0,14 2	0,09 4	0,1 7	0,2 9	0,2 8	0,2 9	0,2 8	0,2 9	0,3 0	0,0 6	0,2 9	0,2 9	0,2 8	0,2 9	0,2 8	11,3 6	0,28	0,1 6	0,4 7	0,1 4	0,5 0	0,7 0	0,17	
49	53 0	4	0,1 1	0,18 9	0,29 3	0,13 0	0,11 4	0,12 8	0,18 6	0,11 9	0,1 6	0,1 4	0,1 7	0,1 7	0,1 6	0,1 7	0,1 7	0,0 7	0,0 3	0,0 7	0,0 7	0,0 7	0,0 7	0,36	4,05	0,5 6	0,8 5	0,6 0	0,3 2	0,7 6	0,16	
50	53 0	4	0,1 4	0,74 7	0,19 0	0,14 3	0,10 1	0,26 8	0,14 0	0,17 5	0,1 7	0,2 6	0,2 7	0,2 8	0,2 5	0,2 7	0,2 6	0,0 6	0,2 4	0,2 4	0,2 3	0,2 5	0,2 4	9,33	0,27	0,4 9	0,6 9	0,0 7	0,5 0	0,3 4	0,17	
51	57 0	2	0,0 4	0,29 2	0,27 0	0,19 4	0,26 5	0,22 4	0,30 1	0,24 9	0,2 5	0,2 5	0,2 7	0,2 6	0,2 5	0,2 6	0,2 6	0,0 4	0,0 4	0,0 3	0,0 4	0,0 4	0,0 4	1,02	0,36	2,3 9	0,2 3	0,9 2	1,3 7	0,2 0	0,25	

Nr. Exp.	Regim de aşchiere			Măsurători Ra transversal (xe)							x ⁻							s							t							t _{crt}
	v	a _p	f _z	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7	
52	57 0	2	0,0 6	0,25 8	0,25 2	0,30 7	0,45 0	0,43 4	0,39 2	0,26 7	0,3 5	0,3 5	0,3 4	0,3 2	0,3 2	0,3 3	0,3 5	0,0 9	0,0 8	0,0 9	0,0 8	0,0 8	0,0 9	0,0 9	0,99	1,08	0,3 5	1,5 8	1,2 8	0,6 5	0,8 6	0,35
53	57 0	2	0,0 8	0,25 9	0,26 0	0,42 0	0,37 1	0,36 8	0,25 9	0,34 0	0,3 4	0,3 4	0,3 1	0,3 2	0,3 2	0,3 4	0,3 2	0,0 6	0,0 7	0,0 6	0,0 7	0,0 7	0,0 6	0,0 7	1,10	1,08	1,8 3	0,7 2	0,6 7	1,1 0	0,2 2	0,34
54	57 0	2	0,1 1	0,23 5	0,27 1	0,39 4	0,42 7	0,23 3	0,34 5	0,32 4	0,3 3	0,3 3	0,3 1	0,3 0	0,3 3	0,3 1	0,3 2	0,0 7	0,0 8	0,0 7	0,0 6	0,0 7	0,0 8	0,0 8	1,23	0,64	1,0 9	1,8 1	1,2 7	0,3 5	0,0 7	0,33
55	57 0	2	0,1 4	0,17 2	0,28 7	0,35 3	0,21 2	0,27 6	0,27 7	0,21 7	0,2 7	0,2 5	0,2 4	0,2 6	0,2 5	0,2 5	0,2 6	0,0 5	0,0 6	0,0 5	0,0 6	0,0 7	0,0 7	0,0 6	1,76	0,52	2,2 5	0,7 7	0,3 3	0,3 4	0,6 7	0,27
56	57 0	2,5	0,0 4	0,53 5	0,23 5	0,51 5	0,33 0	0,24 2	0,32 2	0,24 8	0,3 2	0,3 7	0,3 5	0,3 5	0,3 6	0,3 5	0,3 6	0,1 3	0,1 3	0,1 1	0,1 4	0,1 3	0,1 4	0,1 3	1,91	0,93	1,6 0	0,1 3	0,8 7	0,1 9	0,8 1	0,32
57	57 0	2,5	0,0 6	3,51 3	0,25 9	0,36 8	0,30 5	0,29 4	0,33 0	0,32 2	0,3 1	0,8 6	0,8 4	0,8 5	0,8 5	0,8 4	0,8 4	0,0 4	1,3 0	1,3 1	1,3 1	1,3 1	1,3 1	1,3 1	80,7 2	0,42	0,3 3	0,3 8	0,3 9	0,3 6	0,3 7	0,31
58	57 0	2,5	0,0 8	2,85 4	0,30 6	0,34 1	0,21 3	0,30 8	0,20 2	0,34 0	0,2 9	0,7 1	0,7 0	0,7 3	0,7 1	0,7 3	0,7 0	0,0 6	1,0 5	1,0 5	1,0 4	1,0 5	1,0 4	1,0 5	38,3 8	0,36	0,3 2	0,4 5	0,3 5	0,4 7	0,3 2	0,29
59	57 0	2,5	0,1 1	0,32 0	0,29 7	0,36 2	0,20 0	0,24 0	0,26 3	0,26 2	0,2 7	0,2 7	0,2 6	0,2 9	0,2 8	0,2 8	0,2 5	0,0 6	0,0 4	0,0 5	0,0 6	0,0 6	0,0 6	0,0 6	0,83	0,36	2,1 6	1,8 6	0,7 3	0,2 7	0,2 9	0,27
60	57 0	2,5	0,1 4	0,29 0	0,31 2	0,36 2	0,29 7	0,38 8	0,51 8	0,32 1	0,3 7	0,3 6	0,3 5	0,3 3	0,3 5	0,3 3	0,3 6	0,0 8	0,0 9	0,0 9	0,0 8	0,0 9	0,0 4	0,0 9	0,87	0,55	0,0 8	0,7 6	0,4 2	4,5 0	0,4 3	0,37
61	57 0	3	0,0 4	2,79 0	2,20 3	0,65 0	0,52 4	0,79 0	0,79 0	1,17 9	1,0 2	1,1 2	1,3 8	1,4 0	1,3 6	1,3 6	1,2 9	0,6 2	0,8 5	0,9 1	0,8 9	0,9 3	0,9 3	0,9 6	2,64	1,18	0,7 4	0,9 1	0,5 6	0,5 6	0,1 1	1,02
62	57 0	3	0,0 6	2,71 8	1,21 3	0,40 8	0,40 1	0,16 9	2,06 2	1,59 9	0,9 8	1,2 3	1,3 6	1,3 6	1,4 0	1,0 8	1,1 6	0,7 7	1,0 5	0,9 8	0,9 7	0,9 2	0,9 7	1,0 4	2,11	0,01	0,9 0	0,9 1	1,2 4	0,9 3	0,3 9	0,98
63	57 0	3	0,0 8	3,72 5	2,77 3	0,25 4	0,43 0	0,20 1	1,00 8	0,53 0	0,8 7	1,0 2	1,4 2	1,4 2	1,4 5	1,3 2	1,4 0	0,9 5	1,3 5	1,4 5	1,4 8	1,4 3	1,5 3	1,4 9	2,71	1,20	0,7 6	0,6 2	0,8 0	0,1 9	0,5 4	0,87
64	57 0	3	0,1 1	0,86 9	2,95 5	0,39 9	0,24 7	0,53 1	0,36 0	0,25 8	0,7 9	0,4 4	0,8 7	0,9 0	0,8 5	0,8 8	0,8 9	1,0 6	0,2 3	1,0 5	1,0 3	1,0 6	1,0 4	1,0 3	0,07	9,99	0,4 2	0,5 8	0,2 8	0,4 6	0,5 7	0,79
65	57 0	3	0,1 4	1,89 5	0,45 3	0,35 4	0,37 3	0,38 0	0,36 2	0,31 5	0,3 7	0,6 1	0,6 3	0,6 3	0,6 3	0,6 3	0,6 4	0,0 5	0,6 3	0,6 2	0,6 2	0,6 2	0,6 2	0,6 2	31,0 6	0,24	0,4 1	0,3 8	0,3 6	0,4 0	0,4 8	0,37
66	57 0	3,5	0,0 4	0,71 9	3,28 8	0,61 1	1,08 3	0,92 4	2,73 4	3,09 5	1,9 6	1,5 3	1,9 7	1,9 2	1,9 2	1,6 2	1,5 6	1,2 1	1,0 9	1,1 9	1,2 5	1,2 3	1,2 3	1,1 5	0,95	1,49	1,0 6	0,5 9	0,7 4	0,8 4	1,2 4	1,96
67	57 0	3,5	0,0 6	1,94 7	2,25 8	0,45 4	4,42 7	2,65 8	0,50 0	0,66 7	1,8 3	1,7 8	2,0 8	1,4 1	1,7 1	2,0 7	2,0 4	1,5 9	1,5 8	1,4 4	0,9 9	1,5 4	1,4 8	1,4 8	0,07	0,28	1,0 4	2,8 3	0,5 7	1,0 0	0,8 6	1,83
68	57 0	3,5	0,0 8	3,14 9	3,73 2	0,47 4	0,31 9	0,34 1	2,32 8	2,18 0	1,5 6	1,4 7	2,0 1	2,0 3	2,0 3	1,7 0	1,7 2	1,4 1	1,2 4	1,4 2	1,3 8	1,3 9	1,5 3	1,5 4	1,04	1,70	1,0 0	1,1 5	1,1 3	0,3 8	0,2 7	1,56
69	57 0	3,5	0,1 1	3,30 5	0,79 1	0,42 3	0,32 1	0,36 7	2,56 3	2,53 9	1,1 7	1,5 9	1,6 5	1,6 6	1,6 6	1,2 9	1,3 0	1,0 8	1,3 6	1,3 0	1,2 8	1,2 9	1,3 0	1,3 0	1,82	0,54	0,8 7	0,9 7	0,9 2	0,9 1	0,8 8	1,17
70	57 0	3,5	0,1 4	1,81 2	1,51 9	0,54 3	0,39 7	0,48 8	1,91 7	1,48 7	1,0 6	1,1 1	1,2 7	1,2 9	1,2 8	1,0 4	1,1 1	0,6 6	0,7 1	0,6 6	0,6 3	0,6 5	0,6 3	0,7 1	1,06	0,54	1,0 2	1,3 3	1,1 3	1,2 9	0,4 9	1,06
71	57 0	4	0,0 4	0,49 2	1,94 7	0,67 5	5,11 3	3,22 6	1,77 8	2,21 1	2,4 9	2,2 5	2,4 6	1,7 2	2,0 4	2,2 8	2,2 1	1,5 2	1,7 3	1,5 7	1,0 2	1,6 6	1,7 2	1,7 3	1,22	0,16	1,0 5	3,0 9	0,6 6	0,2 7	0,0 0	2,49
72	57 0	4	0,0 6	1,62 8	1,10 5	3,70 4	4,18 3	0,86 9	2,82 5	3,80 1	2,7 5	2,8 4	2,4 0	2,3 2	2,8 7	2,5 5	2,3 9	1,4 4	1,3 3	1,4 1	1,3 0	1,2 6	1,5 1	1,3 9	0,72	1,21	0,8 6	1,3 3	1,4 7	0,1 7	0,9 4	2,75
73	57 0	4	0,0 8	0,76 4	0,36 9	3,83 1	3,55 5	1,25 8	1,45 7	1,28 8	1,9 6	2,0 3	1,4 5	1,4 9	1,8 8	1,8 4	1,8 7	1,4 0	1,3 2	1,1 1	1,2 1	1,4 6	1,4 7	1,4 6	0,79	1,17	1,9 9	1,5 7	0,3 9	0,2 4	0,3 7	1,96
74	57 0	4	0,1 1	3,20 2	2,55 6	0,51 2	3,68 0	3,03 5	1,36 8	1,90 1	2,1 8	2,2 8	2,6 2	2,1 0	2,2 0	2,4 8	2,3 9	1,1 5	1,2 2	0,8 6	1,0 4	1,1 8	1,1 4	1,2 1	0,82	0,21	2,2 7	1,4 1	0,6 5	0,9 0	0,3 8	2,18
75	57 0	4	0,1 4	3,77 0	0,69 5	0,56 9	2,74 8	2,58 2	2,32 3	2,02 8	1,8 2	2,3 4	2,3 6	1,9 9	2,0 2	2,0 7	2,1 1	0,9 6	1,0 5	1,0 1	1,2 3	1,2 5	1,2 5	1,88	1,45	1,6 4	0,5 8	0,4 2	0,1 9	0,0 6	1,82	
76	61 0	2	0,0 4	0,80 8	0,34 8	0,95 0	0,28 0	0,70 0	0,26 9	0,26 9	0,4 7	0,5 4	0,4 4	0,5 6	0,4 9	0,5 6	0,5 6	0,2 9	0,3 1	0,2 4	0,3 0	0,3 1	0,3 0	0,3 0	1,06	0,59	1,9 5	0,8 6	0,6 5	0,9 0	0,9 0	0,47
77	61 0	2	0,0 6	1,28 9	1,11 7	0,43 1	0,16 0	0,29 1	0,38 1	0,26 0	0,4 4	0,4 7	0,5 8	0,6 3	0,6 1	0,5 9	0,6 1	0,3 4	0,4 9	0,4 9	0,4 5	0,4 7	0,4 8	0,4 7	2,28	1,45	0,2 9	0,9 6	0,6 1	0,4 0	0,6 9	0,44
78	61 0	2	0,0 8	1,24 4	0,75 4	0,26 9	0,24 1	0,22 8	0,26 8	0,48 5	0,3 7	0,4 6	0,5 4	0,5 4	0,5 4	0,5 4	0,5 4	0,2 1	0,4 0	0,4 0	0,4 0	0,4 0	0,4 0	0,4 2	3,86	0,69	0,6 2	0,7 0	0,7 4	0,6 2	0,0 3	0,37

Nr. Exp.	Regim de aşchiere			Măsurători Ra transversal (xe)							x ⁻							s							t							t _{crt}
	v	a _p	f _z	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7	
79	61 0	2	0,1 1	0,34 7	0,42 4	0,22 5	0,23 1	0,35 6	0,43 9	0,18 8	0,3 1	0,3 0	0,3 3	0,3 3	0,3 1	0,3 0	0,3 4	0,1 1	0,1 0	0,1 0	0,1 0	0,1 1	0,0 9	0,0 9	0,31	1,20	0,9 6	0,8 9	0,4 0	1,4 3	1,5 0	0,31
80	61 0	2	0,1 4	0,32 8	0,42 1	0,18 2	0,16 5	0,23 5	0,39 6	0,24 3	0,2 7	0,2 6	0,3 0	0,3 0	0,2 9	0,2 6	0,2 9	0,1 1	0,0 9	0,1 0	0,1 0	0,1 1	0,1 0	0,1 1	0,46	1,70	1,0 7	1,3 1	0,4 6	1,2 8	0,3 8	0,27
81	61 0	2, 5	0,0 4	0,82 2	1,57 7	0,23 1	0,18 0	1,48 3	0,94 9	0,98 5	0,9 0	0,7 8	1,0 0	1,0 1	0,7 9	0,8 8	0,8 7	0,6 0	0,5 0	0,5 0	0,4 9	0,5 2	0,6 0	0,5 9	0,12	1,50	1,4 1	1,5 7	1,2 3	0,1 1	0,1 7	0,90
82	61 0	2, 5	0,0 6	1,79 0	0,60 2	0,26 3	0,54 0	0,74 8	1,22 7	0,70 2	0,6 8	0,8 8	0,9 3	0,8 9	0,8 5	0,7 7	0,8 6	0,3 2	0,5 5	0,4 8	0,5 4	0,5 6	0,5 3	0,5 5	3,24	0,47	1,2 8	0,6 0	0,1 8	0,8 0	0,2 7	0,68
83	61 0	2, 5	0,0 8	0,84 6	0,80 5	0,58 8	0,42 1	0,16 9	0,56 8	0,36 2	0,4 9	0,4 9	0,5 3	0,5 6	0,6 0	0,5 3	0,5 7	0,2 2	0,2 3	0,2 6	0,2 6	0,2 0	0,2 5	1,53	1,25	0,2 1	0,4 8	2,0 3	0,1 3	0,7 5	0,49	
84	61 0	2, 5	0,1 3	0,40 8	0,85 5	0,28 6	0,25 0	0,27 5	0,22 8	0,43 9	0,3 9	0,3 1	0,4 1	0,4 1	0,4 2	0,4 3	0,3 8	0,2 4	0,0 9	0,2 4	0,2 3	0,2 3	0,2 4	0,05	5,84	0,4 8	0,6 3	0,5 6	0,7 8	0,2 1	0,39	
85	61 0	2, 5	0,1 4	0,78 8	0,69 4	0,24 7	0,29 5	0,33 4	0,47 9	0,21 0	0,3 8	0,3 9	0,4 7	0,4 6	0,4 5	0,4 3	0,4 7	0,1 8	0,2 2	0,2 3	0,2 4	0,2 5	0,2 2	2,10	1,30	0,8 8	0,6 3	0,4 5	0,1 9	1,0 9	0,38	
86	61 0	3	0,0 4	0,56 1	0,74 3	0,27 3	0,37 2	1,82 9	1,66 5	1,26 1	1,0 2	0,9 9	1,0 7	1,0 6	0,8 1	0,8 4	0,9 1	0,6 6	0,6 8	0,6 0	0,6 3	0,5 4	0,6 0	0,6 7	0,65	0,34	1,2 3	1,0 1	1,7 3	1,2 8	0,4 9	1,02
87	61 0	3	0,0 6	1,30 0	1,17 1	0,45 3	0,45 7	0,40 2	0,63 4	0,60 6	0,6 2	0,6 4	0,7 6	0,7 3	0,7 7	0,7 3	0,7 4	0,2 4	0,3 4	0,3 8	0,3 8	0,3 7	0,4 0	0,4 0	2,21	1,46	0,7 5	0,7 4	0,9 2	0,2 3	0,3 0	0,62
88	61 0	3	0,0 8	1,01 3	1,59 8	0,46 5	0,41 3	1,37 3	0,64 4	0,77 3	0,8 8	0,7 8	0,9 7	0,9 8	0,8 2	0,9 4	0,9 2	0,4 9	0,3 6	0,4 5	0,4 4	0,4 4	0,4 8	0,4 9	0,25	2,09	1,0 4	1,1 7	1,1 7	0,5 7	0,2 7	0,88
89	61 0	3	0,1 1	1,73 7	0,71 3	0,29 5	0,26 0	0,55 1	0,67 5	0,41 4	0,4 8	0,6 6	0,7 3	0,7 3	0,6 8	0,6 6	0,7 1	0,1 9	0,5 5	0,5 2	0,5 2	0,5 5	0,5 4	0,5 4	6,04	0,10	0,7 6	0,8 4	0,2 2	0,0 2	0,5 0	0,48
90	61 0	3	0,1 4	0,87 4	0,35 9	0,38 4	0,16 3	0,23 6	0,62 1	0,23 3	0,3 3	0,4 2	0,4 5	0,4 5	0,4 4	0,3 7	0,4 4	0,1 7	0,2 8	0,2 8	0,2 5	0,2 6	0,2 6	2,99	0,22	0,0 8	1,0 6	0,7 2	0,9 1	0,7 3	0,33	
91	61 0	3, 5	0,0 4	0,69 0	0,42 1	0,58 1	0,41 6	0,63 5	0,84 6	0,94 4	0,6 9	0,6 9	0,6 6	0,6 1	0,6 5	0,6 1	0,6 0	0,2 9	0,1 2	0,2 9	0,2 2	0,2 0	0,1 7	0,23	1,29	0,3 3	1,3 6	0,0 6	1,0 7	1,9 4	0,64	
92	61 0	3, 5	0,0 6	0,45 3	1,06 2	1,53 7	1,55 3	1,40 8	1,59 5	1,36 2	1,4 2	1,3 2	1,2 4	1,2 4	1,2 6	1,2 3	1,2 7	0,2 0	0,4 3	0,4 3	0,4 4	0,4 4	0,4 2	0,4 4	4,54	0,55	0,6 3	0,7 0	0,3 0	0,8 2	0,2 0	1,42
93	61 0	3, 5	0,0 8	0,79 2	0,80 6	0,45 2	2,22 4	1,21 5	1,38 2	0,84 5	1,1 5	1,1 5	1,2 1	0,9 2	1,0 8	1,0 5	1,1 5	0,6 2	0,6 2	0,5 3	0,3 6	0,6 3	0,6 2	0,6 2	0,54	0,52	1,2 7	3,6 2	0,1 9	0,4 9	0,4 5	1,15
94	61 0	3, 5	0,1 1	1,54 5	1,65 6	0,38 9	0,53 8	0,49 3	0,47 8	0,90 3	0,7 4	0,7 2	0,9 4	0,9 1	0,9 2	0,9 2	0,8 5	0,4 8	0,4 4	0,5 4	0,5 6	0,5 6	0,5 8	1,54	1,96	0,9 5	0,6 1	0,7 0	0,7 5	0,0 9	0,74	
95	61 0	3, 5	0,1 4	1,63 4	0,97 7	0,25 5	0,57 1	0,67 3	0,67 7	0,34 4	0,5 8	0,6 9	0,8 1	0,7 6	0,7 4	0,7 4	0,8 0	0,2 6	0,4 9	0,4 5	0,5 0	0,5 1	0,5 1	3,75	0,53	1,1 4	0,3 5	0,1 3	0,1 2	0,8 9	0,58	
96	61 0	4	0,0 4	2,68 2	0,64 3	0,58 2	0,60 5	1,51 1	0,70 6	0,73 8	0,8 0	1,1 4	1,1 5	1,1 4	0,9 9	1,1 3	1,1 2	0,3 5	0,8 3	0,8 2	0,8 3	0,8 3	0,8 4	4,92	0,55	0,6 4	0,6 0	0,5 8	0,4 6	0,4 2	0,80	
97	61 0	4	0,0 6	1,43 8	0,81 2	1,61 3	0,96 0	1,18 6	0,82 2	0,68 2	1,0 1	1,1 2	0,9 8	1,0 9	1,0 5	1,1 2	1,1 4	0,3 4	0,3 6	0,2 8	0,3 8	0,3 6	0,3 3	1,16	0,78	2,0 8	0,3 2	0,3 2	0,7 5	1,2 7	1,01	
98	61 0	4	0,0 8	1,04 9	0,66 4	2,32 5	2,14 9	0,37 7	1,99 0	1,68 4	1,5 3	1,6 0	1,3 2	1,3 5	1,6 4	1,3 7	1,4 3	0,8 2	0,7 5	0,7 3	0,7 7	0,6 6	0,8 3	0,55	1,16	1,2 8	0,9 6	1,7 9	0,7 1	0,2 9	1,53	
99	61 0	4	0,1 1	0,57 7	1,71 4	0,94 8	2,35 6	0,76 3	0,32 4	0,26 3	1,0 6	0,8 7	1,0 0	0,7 6	1,0 3	1,1 0	1,1 1	0,8 2	0,7 7	0,8 5	0,5 3	0,8 4	0,7 8	0,7 7	0,54	1,01	0,0 6	2,7 6	0,2 9	0,9 2	1,0 2	1,06
100	61 0	4	0,1 4	1,55 4	1,46 0	0,21 0	2,36 5	0,71 7	0,19 5	0,45 1	0,9 0	0,9 2	1,1 2	0,7 4	1,0 3	1,1 3	1,0 8	0,8 6	0,8 7	0,8 1	0,6 8	0,8 9	0,8 6	0,71	0,58	1,0 4	2,4 4	0,3 4	1,0 6	0,6 8	0,90	
101	66 0	2	0,0 4	0,26 1	0,36 6	0,42 5	0,37 8	0,48 0	0,13 5	0,21 6	0,3 3	0,3 2	0,3 1	0,3 0	0,3 5	0,3 4	0,1 3	0,1 3	0,1 3	0,1 3	0,1 1	0,1 0	0,1 2	0,51	0,35	0,8 8	0,4 5	1,5 3	2,0 4	0,9 3	0,33	
102	66 0	2	0,0 6	0,32 5	0,49 5	0,40 7	0,19 2	0,18 1	0,24 8	0,30 0	0,3 0	0,2 8	0,2 9	0,3 3	0,3 2	0,3 3	0,1 2	0,0 9	0,1 2	0,1 1	0,1 1	0,1 2	0,1 3	0,16	2,36	0,9 4	1,1 1	1,2 4	0,5 2	0,0 6	0,30	
103	66 0	2	0,0 8	0,36 1	0,29 9	0,48 9	0,20 1	0,39 9	0,29 3	0,11 0	0,3 0	0,3 1	0,2 8	0,3 3	0,2 9	0,3 1	0,3 4	0,1 4	0,1 4	0,1 1	0,1 3	0,1 3	0,1 4	0,1 0	0,43	0,07	1,8 5	0,9 0	0,7 6	0,1 1	2,1 5	0,30
104	66 0	2	0,1 1	0,27 9	0,22 9	0,42 9	0,27 3	0,29 4	0,28 9	0,17 8	0,2 8	0,2 9	0,2 6	0,2 8	0,2 8	0,2 8	0,3 0	0,0 8	0,0 8	0,0 5	0,0 8	0,0 8	0,0 7	0,03	0,71	3,5 3	0,1 1	0,1 6	0,1 0	1,6 5	0,28	
105	66 0	2	0,1 4	0,38 9	0,25 4	0,41 8	0,37 9	0,38 9	0,34 5	0,37 3	0,3 6	0,3 8	0,3 5	0,3 6	0,3 6	0,3 7	0,3 6	0,0 6	0,0 2	0,0 5	0,0 6	0,0 6	0,0 6	0,52	5,42	0,9 9	0,3 0	0,5 2	0,3 4	0,2 0	0,36	

Nr. Exp.	Regim de aşchiere			Măsurători Ra transversal (xe)							x ⁻							s							t							t _{crt}
	v	a _p	f _z	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7	
106	66 0	2, 5	0,0 4	0,32 9	0,26 6	0,32 2	0,33 7	0,28 0	0,34 0	0,32 1	0,3 1	0,3 2	0,3 1	0,3 1	0,3 2	0,3 1	0,3 1	0,0 3	0,0 2	0,0 3	0,0 3	0,0 3	0,0 3	0,54	2,36	0,2 9	0,8 6	1,3 4	0,9 9	0,2 6	0,31	
107	66 0	2, 5	0,0 6	0,23 3	0,19 3	0,19 9	0,32 9	0,23 3	0,32 2	0,35 0	0,2 7	0,2 8	0,2 6	0,2 7	0,2 6	0,2 5	0,2 5	0,0 7	0,0 6	0,0 6	0,0 7	0,0 7	0,0 7	0,50	1,24	1,1 1	1,0 5	0,5 0	0,9 1	1,5 3	0,27	
108	66 0	2, 5	0,0 8	0,26 5	0,28 2	0,38 0	0,31 0	0,19 3	0,22 7	0,35 0	0,2 9	0,2 9	0,2 7	0,2 8	0,3 0	0,3 0	0,2 8	0,0 7	0,0 7	0,0 6	0,0 7	0,0 7	0,0 7	0,33	0,07	1,7 8	0,3 5	1,8 0	0,9 7	1,0 4	0,29	
109	66 0	2, 5	0,1 1	0,15 0	0,48 4	0,40 1	0,14 3	0,45 4	0,25 4	0,39 7	0,3 6	0,3 0	0,3 1	0,3 6	0,3 0	0,3 4	0,3 1	0,1 3	0,1 4	0,1 5	0,1 3	0,1 4	0,1 5	1,46	1,25	0,5 3	1,5 4	0,9 6	0,5 1	0,5 0	0,36	
110	66 0	2, 5	0,1 4	0,24 3	0,32 6	0,27 4	0,26 8	0,28 7	0,32 0	0,36 3	0,3 1	0,2 9	0,3 0	0,3 0	0,3 0	0,2 9	0,2 4	0,0 4	0,0 4	0,0 4	0,0 4	0,0 4	0,0 3	1,60	0,73	0,5 8	0,7 4	0,2 5	0,5 6	2,2 3	0,31	
111	66 0	3	0,0 4	0,32 1	0,19 2	0,30 5	0,33 1	0,24 7	0,16 0	0,31 6	0,2 6	0,2 8	0,2 6	0,2 6	0,2 7	0,2 9	0,2 6	0,0 7	0,0 7	0,0 7	0,0 7	0,0 5	0,0 7	0,82	1,24	0,5 6	1,0 0	0,3 0	2,1 3	0,7 3	0,26	
112	66 0	3	0,0 6	0,16 6	0,33 3	0,20 5	0,41 4	0,50 1	0,27 1	0,35 1	0,3 5	0,3 2	0,3 4	0,3 0	0,2 9	0,3 3	0,3 2	0,1 0	0,1 3	0,1 2	0,1 2	0,0 9	0,1 3	1,60	0,11	1,0 8	0,8 5	2,0 8	0,4 2	0,2 6	0,35	
113	66 0	3	0,0 8	0,19 7	0,29 7	0,49 8	0,43 4	0,20 7	0,35 9	0,33 4	0,3 5	0,3 4	0,3 0	0,3 2	0,3 5	0,3 3	0,3 3	0,1 0	0,1 2	0,0 9	0,1 1	0,1 1	0,1 2	1,43	0,32	1,9 6	0,9 9	1,2 8	0,2 4	0,0 2	0,35	
114	66 0	3	0,1 1	0,41 6	0,40 7	0,23 4	0,44 1	0,39 7	0,14 2	0,20 3	0,3 0	0,3 1	0,3 3	0,3 0	0,3 1	0,3 5	0,3 4	0,1 3	0,1 3	0,1 3	0,1 2	0,1 3	0,1 0	0,82	0,74	0,7 3	1,0 8	0,6 4	1,8 6	1,0 4	0,30	
115	66 0	3	0,1 4	0,47 9	0,47 3	0,42 3	0,20 3	0,31 2	0,29 4	0,30 3	0,3 3	0,3 4	0,3 4	0,3 8	0,3 6	0,3 7	0,3 6	0,1 0	0,1 0	0,1 1	0,0 9	0,1 1	0,1 1	1,37	1,28	0,6 7	1,8 7	0,4 1	0,6 0	0,5 2	0,33	
116	66 0	3, 5	0,0 4	0,25 1	0,32 9	0,26 4	0,25 5	0,20 2	0,26 1	0,35 8	0,2 8	0,2 7	0,2 8	0,2 8	0,2 9	0,2 8	0,2 6	0,0 6	0,0 5	0,0 6	0,0 6	0,0 5	0,0 6	0,45	1,16	0,1 9	0,3 7	1,7 2	0,2 5	2,2 3	0,28	
117	66 0	3, 5	0,0 6	0,28 7	0,53 0	0,41 8	0,30 7	0,30 2	0,31 9	0,31 5	0,3 7	0,3 2	0,3 4	0,3 6	0,3 6	0,3 6	0,3 6	0,0 9	0,0 5	0,0 9	0,0 9	0,0 9	0,1 0	0,79	4,04	0,7 5	0,5 4	0,6 0	0,4 0	0,4 4	0,37	
118	66 0	3, 5	0,0 8	0,26 3	0,28 0	0,33 7	0,33 5	0,53 3	0,26 2	0,19 3	0,3 2	0,3 2	0,3 1	0,3 1	0,2 8	0,3 2	0,3 4	0,1 2	0,1 2	0,1 2	0,1 2	0,0 5	0,1 2	0,48	0,32	0,2 0	0,1 9	4,3 9	0,4 9	1,2 8	0,32	
119	66 0	3, 5	0,1 1	0,22 1	0,28 1	0,17 1	0,19 9	0,24 2	0,29 1	0,32 6	0,2 5	0,2 4	0,2 6	0,2 6	0,2 5	0,2 4	0,2 3	0,0 6	0,0 6	0,0 5	0,0 6	0,0 6	0,0 5	0,48	0,63	1,7 3	0,9 4	0,0 9	0,8 4	1,8 2	0,25	
120	66 0	3, 5	0,1 4	0,42 1	0,31 2	0,26 2	0,37 9	0,35 2	0,22 8	0,31 1	0,3 1	0,3 3	0,3 3	0,3 1	0,3 2	0,3 4	0,3 3	0,0 6	0,0 7	0,0 7	0,0 7	0,0 6	0,0 7	1,89	0,17	1,0 8	0,8 3	0,4 3	1,8 3	0,1 9	0,31	
121	66 0	4	0,0 4	0,26 4	0,41 7	0,34 4	0,28 1	0,22 8	0,26 9	0,28 1	0,3 0	0,2 8	0,2 9	0,3 1	0,3 0	0,3 1	0,3 0	0,0 7	0,0 4	0,0 7	0,0 7	0,0 6	0,0 7	0,54	3,41	0,7 7	0,2 6	1,2 5	0,4 6	0,2 6	0,30	
122	66 0	4	0,0 6	0,27 6	0,29 4	0,88 3	0,29 1	0,28 1	0,14 2	0,41 5	0,3 8	0,3 8	0,2 8	0,3 8	0,3 8	0,4 1	0,3 6	0,2 6	0,2 6	0,0 9	0,2 6	0,2 6	0,2 4	0,39	0,31	6,4 1	0,3 2	0,3 7	1,0 2	0,1 9	0,38	
123	66 0	4	0,0 8	0,32 5	0,37 7	0,30 4	0,31 5	0,43 9	0,17 8	0,22 8	0,3 1	0,3 0	0,3 1	0,3 1	0,2 9	0,3 3	0,3 2	0,1 0	0,0 9	0,1 0	0,1 0	0,0 7	0,0 9	0,18	0,81	0,0 6	0,0 6	1,9 4	1,9 9	1,0 1	0,31	
124	66 0	4	0,1 1	0,26 9	0,19 9	0,18 8	0,32 9	0,18 1	0,26 1	0,39 3	0,2 6	0,2 7	0,2 7	0,2 5	0,2 7	0,2 6	0,2 4	0,0 8	0,0 8	0,0 8	0,0 8	0,0 9	0,0 6	0,03	0,79	0,9 6	0,9 5	1,0 8	0,0 3	2,5 1	0,26	
125	66 0	4	0,1 4	0,29 0	0,25 8	0,32 2	0,19 7	0,20 7	0,24 8	0,34 2	0,2 6	0,2 7	0,2 6	0,2 8	0,2 7	0,2 5	0,2 6	0,0 5	0,0 6	0,0 5	0,0 5	0,0 6	0,0 5	0,43	0,15	1,1 2	1,5 0	1,2 3	0,3 3	1,7 1	0,26	
126	71 0	2	0,0 4	0,23 8	0,11 1	0,20 6	0,32 2	0,46 1	0,15 7	0,31 1	0,2 6	0,2 8	0,2 7	0,2 5	0,2 2	0,2 7	0,2 5	0,1 3	0,1 1	0,1 3	0,1 3	0,0 8	0,1 2	0,17	1,48	0,4 4	0,5 5	2,6 2	0,9 1	0,4 5	0,26	
127	71 0	2	0,0 6	0,34 8	0,21 3	0,13 1	0,48 7	0,30 4	0,12 0	0,38 6	0,2 7	0,3 0	0,3 1	0,2 5	0,2 8	0,3 1	0,2 7	0,1 5	0,1 5	0,1 3	0,1 1	0,1 5	0,1 4	0,47	0,53	1,2 8	1,9 5	0,1 4	1,4 0	0,7 8	0,27	
128	71 0	2	0,0 8	0,44 0	0,26 0	0,30 4	0,31 5	0,49 3	0,45 7	0,37 3	0,3 7	0,4 0	0,3 9	0,3 9	0,3 6	0,3 6	0,3 8	0,0 9	0,0 8	0,0 9	0,0 9	0,0 8	0,1 0	0,74	1,62	0,8 8	0,7 3	1,5 8	0,9 7	0,0 5	0,37	
129	71 0	2	0,1 1	0,26 5	0,17 3	0,24 1	0,23 8	0,37 4	0,35 8	0,21 9	0,2 7	0,2 8	0,2 7	0,2 7	0,2 5	0,2 5	0,2 7	0,0 8	0,0 7	0,0 8	0,0 8	0,0 6	0,0 7	0,02	1,52	0,3 5	0,3 9	1,8 8	1,4 6	0,6 7	0,27	
130	71 0	2	0,1 4	0,35 9	0,26 6	0,32 0	0,26 1	0,31 2	0,20 6	0,26 1	0,2 7	0,2 9	0,2 8	0,2 9	0,2 8	0,3 0	0,2 9	0,0 4	0,0 5	0,0 5	0,0 5	0,0 4	0,0 5	1,97	0,35	0,7 5	0,4 5	0,5 8	2,0 8	0,4 5	0,27	
131	71 0	2, 5	0,0 4	0,22 4	1,25 9	0,19 1	0,32 9	0,32 2	0,32 5	0,33 2	0,4 6	0,2 9	0,4 7	0,4 4	0,4 4	0,4 4	0,4 4	0,4 0	0,0 6	0,3 9	0,4 0	0,4 0	0,4 0	0,55	14,3 5	0,6 5	0,2 6	0,2 8	0,2 7	0,2 5	0,46	
132	71 0	2, 5	0,0 6	0,25 8	1,66 3	0,21 5	0,25 1	0,21 9	0,30 9	0,30 3	0,4 9	0,2 6	0,5 0	0,4 9	0,5 0	0,4 8	0,4 9	0,5 7	0,0 4	0,5 7	0,5 7	0,5 8	0,5 8	0,38	32,4 2	0,4 6	0,3 9	0,4 6	0,2 8	0,2 9	0,49	

Nr. Exp.	Regim de aşchiere			Măsurători Ra transversal (xe)							x ⁻							s							t							t _{crt}
	v	a _p	f _z	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7	
133	71 0	2, 5	0,0 8	0,21 4	0,92 7	0,32 4	0,23 4	0,19 4	0,18 1	0,22 8	0,3 5	0,2 3	0,3 3	0,3 4	0,3 5	0,3 5	0,3 5	0,2 9	0,0 5	0,2 9	0,2 9	0,2 9	0,2 8	0,2 9	0,43	12,7 7	0,0 2	0,3 5	0,5 1	0,5 6	0,3 8	0,35
134	71 0	2, 5	0,1 1	0,29 4	0,38 9	0,16 7	0,25 2	0,24 5	0,26 7	0,26 0	0,2 6	0,2 5	0,2 8	0,2 7	0,2 7	0,2 7	0,2 7	0,0 7	0,0 4	0,0 5	0,0 7	0,0 7	0,0 7	0,0 7	0,40	3,05	2,0 2	0,2 4	0,3 4	0,0 1	0,1 1	0,26
135	71 0	2, 5	0,1 4	0,26 9	0,22 7	0,27 5	0,31 7	0,17 5	0,16 6	0,31 3	0,2 5	0,2 5	0,2 4	0,2 4	0,2 6	0,2 6	0,2 4	0,0 7	0,0 7	0,0 6	0,0 6	0,0 5	0,0 6	0,33	0,36	0,4 3	1,2 5	1,4 0	1,6 5	1,1 6	0,25	
136	71 0	3	0,0 4	0,66 1	1,40 2	0,34 5	0,22 0	1,23 7	0,54 7	0,27 7	0,6 7	0,5 5	0,7 2	0,7 4	0,5 8	0,6 9	0,7 4	0,5 2	0,3 8	0,4 9	0,4 7	0,4 4	0,5 1	0,02	2,10	0,7 1	1,0 4	1,4 0	0,2 6	0,8 8	0,67	
137	71 0	3	0,0 6	0,35 5	1,71 1	0,44 3	0,37 8	0,74 1	0,39 5	0,33 7	0,6 7	0,4 4	0,6 5	0,6 6	0,6 0	0,6 6	0,6 7	0,5 3	0,1 5	0,5 4	0,5 3	0,5 4	0,5 3	0,54	7,77	0,3 6	0,5 0	0,2 3	0,4 6	0,5 8	0,67	
138	71 0	3	0,0 8	0,65 1	0,96 1	0,27 3	0,37 3	0,62 7	0,24 9	0,50 3	0,5 0	0,4 5	0,5 6	0,5 4	0,5 0	0,5 6	0,5 2	0,2 7	0,1 7	0,2 5	0,2 7	0,2 7	0,2 4	0,53	2,73	1,0 7	0,5 9	0,4 3	1,2 1	0,0 7	0,50	
139	71 0	3	0,1 1	0,60 5	0,46 6	0,16 9	0,35 3	0,29 0	0,29 0	0,37 0	0,3 2	0,3 5	0,4 0	0,3 7	0,3 8	0,3 8	0,3 6	0,1 5	0,1 2	0,1 5	0,1 5	0,1 5	0,1 5	2,63	0,76	1,7 3	0,0 7	0,5 3	0,5 3	0,0 5	0,32	
140	71 0	3	0,1 4	0,47 0	1,24 3	0,54 8	0,16 9	0,13 5	0,25 4	0,26 4	0,4 4	0,3 1	0,4 2	0,4 9	0,4 9	0,4 7	0,4 7	0,4 2	0,1 7	0,4 2	0,4 0	0,4 0	0,4 1	0,08	5,22	0,2 8	0,7 3	0,8 3	0,4 9	0,4 6	0,44	
141	71 0	3, 5	0,0 4	0,44 2	0,95 0	0,19 0	0,20 0	0,60 0	1,18 3	0,61 3	0,6 2	0,5 4	0,6 7	0,6 6	0,6 0	0,5 0	0,5 9	0,4 0	0,3 7	0,3 5	0,3 6	0,4 0	0,2 9	0,42	1,05	1,2 5	1,2 1	0,0 1	2,1 9	0,0 4	0,62	
142	71 0	3, 5	0,0 6	0,86 4	0,94 1	0,55 6	0,30 3	1,26 4	0,69 4	0,89 9	0,7 8	0,7 6	0,8 3	0,8 7	0,7 1	0,8 0	0,7 7	0,3 3	0,3 3	0,3 2	0,2 4	0,2 5	0,3 3	0,24	0,50	0,7 9	2,1 8	2,0 9	0,3 1	0,3 6	0,78	
143	71 0	3, 5	0,0 8	0,72 3	1,60 8	0,32 1	0,33 5	0,95 9	0,65 6	0,34 6	0,7 0	0,5 6	0,7 7	0,7 7	0,6 6	0,7 2	0,7 7	0,5 1	0,2 6	0,4 7	0,4 8	0,4 9	0,5 1	0,03	3,69	0,8 8	0,8 4	0,5 5	0,1 1	0,8 1	0,70	
144	71 0	3, 5	0,1 2	0,80 2	2,11 6	0,21 0	0,30 6	0,93 5	0,24 3	0,34 8	0,6 9	0,4 7	0,7 9	0,7 8	0,6 7	0,7 9	0,7 7	0,7 5	0,3 1	0,7 1	0,7 2	0,7 4	0,7 1	0,14	4,87	0,7 6	0,6 0	0,3 3	0,7 0	0,5 4	0,69	
145	71 0	3, 5	0,1 4	0,23 7	0,97 8	0,34 6	0,41 9	0,17 2	0,39 5	0,34 1	0,4 4	0,3 2	0,4 2	0,4 1	0,4 5	0,4 2	0,4 2	0,2 8	0,1 0	0,2 9	0,2 9	0,2 6	0,2 9	0,69	6,41	0,2 5	0,0 2	0,9 8	0,0 7	0,2 7	0,44	
146	71 0	4	0,0 4	0,96 2	0,56 8	0,27 0	0,32 4	0,74 7	0,52 7	1,11 3	0,5 9	0,6 6	0,7 1	0,7 0	0,6 3	0,6 6	0,5 7	0,3 1	0,3 4	0,2 9	0,3 1	0,3 4	0,3 6	1,11	0,24	1,3 8	1,1 2	0,3 2	0,3 7	1,9 5	0,59	
147	71 0	4	0,0 6	0,44 8	0,95 6	0,72 6	0,23 0	0,92 0	1,09 8	0,59 5	0,7 5	0,6 7	0,7 1	0,7 9	0,6 8	0,6 5	0,7 3	0,3 1	0,3 2	0,3 4	0,2 4	0,3 2	0,3 3	0,91	0,84	0,0 5	2,1 2	0,7 0	1,4 9	0,3 8	0,75	
148	71 0	4	0,0 8	1,18 6	0,45 4	1,14 8	0,33 1	0,81 7	0,60 1	0,61 1	0,6 6	0,7 8	0,6 7	0,8 0	0,7 2	0,7 6	0,7 6	0,2 9	0,3 4	0,3 0	0,3 1	0,3 6	0,3 6	1,68	0,91	1,4 7	1,4 3	0,2 4	0,4 1	0,3 8	0,66	
149	71 0	4	0,1 1	0,96 0	1,19 4	1,22 7	0,12 7	0,90 7	0,58 0	0,74 8	0,8 0	0,7 6	0,7 5	0,9 4	0,8 1	0,8 6	0,8 3	0,4 1	0,3 8	0,3 7	0,2 5	0,4 2	0,4 0	0,36	1,07	1,1 9	2,9 9	0,2 2	0,6 5	0,1 9	0,80	
150	71 0	4	0,1 4	0,88 3	0,82 7	0,96 4	0,38 7	0,24 9	0,33 3	0,63 2	0,5 7	0,5 7	0,5 5	0,6 5	0,6 7	0,6 6	0,6 1	0,2 9	0,3 0	0,2 7	0,3 0	0,2 7	0,2 9	1,02	0,78	1,4 2	0,8 1	1,4 7	1,0 4	0,0 7	0,57	

Tabelul 6

Identificarea datelor afectate de valori aberante pentru şirul de 6 date aferente R_a transv

Nr. Exp.	Regim de aşchiere			Măsurători R_a transversal (x_c)						$\bar{x}$						s						t						t crt
	v	a_p	f_z	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6	
1	495	2	0,04	0,130	0,116	0,090	0,124	0,110	0,187	0,125	0,128	0,133	0,127	0,129	0,114	0,037	0,036	0,031	0,037	0,036	0,015	0,115	0,307	1,281	0,065	0,497	4,320	2,07
2	495	2	0,06	0,170	0,118	0,101	0,160	0,147	0,180	0,141	0,152	0,155	0,143	0,146	0,139	0,032	0,031	0,024	0,034	0,034	0,029	0,827	0,996	2,052	0,457	0,032	1,287	2,07
4	495	2	0,11	0,216	0,150	0,125	0,121	0,142	0,171	0,142	0,155	0,160	0,161	0,157	0,151	0,020	0,039	0,036	0,035	0,039	0,038	3,351	0,116	0,886	1,038	0,343	0,481	2,07
5	495	2	0,14	0,179	0,125	0,102	0,133	0,118	0,108	0,117	0,128	0,133	0,126	0,129	0,131	0,013	0,031	0,028	0,031	0,030	0,029	4,507	0,089	1,015	0,196	0,342	0,738	2,07
6	495	2,5	0,04	0,147	0,100	0,126	0,125	0,126	0,125	0,120	0,130	0,125	0,125	0,125	0,125	0,011	0,010	0,017	0,017	0,017	0,017	2,127	2,825	0,077	0,011	0,077	0,011	2,07
7	495	2,5	0,06	0,159	0,187	0,133	0,120	0,178	0,171	0,158	0,152	0,163	0,166	0,154	0,155	0,029	0,025	0,026	0,021	0,027	0,029	0,037	1,278	1,048	1,992	0,800	0,498	2,07
8	495	2,5	0,08	0,107	0,147	0,201	0,120	0,116	0,111	0,139	0,131	0,120	0,136	0,137	0,138	0,037	0,039	0,016	0,039	0,039	0,038	0,782	0,370	4,677	0,380	0,497	0,651	2,07
10	495	2,5	0,14	0,153	0,147	0,111	0,151	0,225	0,145	0,156	0,157	0,164	0,156	0,141	0,157	0,042	0,042	0,034	0,042	0,017	0,042	0,061	0,219	1,423	0,113	4,415	0,273	2,07
11	495	3	0,04	0,153	0,111	0,139	0,110	0,110	0,111	0,116	0,125	0,119	0,125	0,125	0,125	0,013	0,020	0,019	0,020	0,020	0,020	2,634	0,616	0,960	0,676	0,676	0,616	2,07
12	495	3	0,06	0,173	0,093	0,105	0,125	0,184	0,159	0,133	0,149	0,147	0,143	0,131	0,136	0,038	0,033	0,037	0,041	0,034	0,041	0,960	1,545	1,021	0,395	1,411	0,517	2,07
14	495	3	0,11	0,202	0,126	0,136	0,113	0,138	0,108	0,124	0,139	0,137	0,142	0,137	0,143	0,013	0,037	0,038	0,036	0,038	0,034	5,291	0,326	0,034	0,744	0,024	0,928	2,07
16	495	3,5	0,04	0,148	0,119	0,111	0,117	0,143	0,121	0,122	0,128	0,130	0,128	0,123	0,128	0,012	0,016	0,015	0,016	0,014	0,017	1,928	0,499	1,156	0,644	1,259	0,361	2,07
17	495	3,5	0,06	0,196	0,149	0,061	0,112	0,182	0,156	0,132	0,141	0,159	0,149	0,135	0,140	0,047	0,055	0,032	0,053	0,051	0,055	1,245	0,126	2,756	0,638	0,847	0,267	2,07
18	495	3,5	0,08	0,207	0,107	0,096	0,117	0,086	0,140	0,109	0,129	0,131	0,127	0,133	0,123	0,021	0,048	0,047	0,049	0,044	0,049	4,297	0,421	0,695	0,190	0,978	0,327	2,07
19	495	3,5	0,11	0,159	0,139	0,120	0,126	0,133	0,187	0,141	0,145	0,149	0,148	0,146	0,135	0,027	0,028	0,025	0,026	0,027	0,015	0,616	0,197	1,067	0,755	0,442	3,138	2,07
20	495	3,5	0,14	0,214	0,134	0,218	0,228	0,175	0,109	0,173	0,189	0,172	0,170	0,181	0,194	0,052	0,049	0,051	0,048	0,055	0,039	0,728	1,022	0,827	1,099	0,093	1,983	2,07
21	495	4	0,04	0,549	0,263	0,135	0,113	0,143	0,100	0,151	0,208	0,234	0,238	0,232	0,241	0,065	0,191	0,188	0,184	0,189	0,182	5,591	0,262	0,480	0,619	0,431	0,705	2,07
22	495	4	0,06	0,234	0,189	0,179	0,150	0,167	0,150	0,167	0,176	0,178	0,184	0,180	0,184	0,017	0,035	0,035	0,032	0,035	0,032	3,522	0,342	0,026	0,976	0,353	0,976	2,07
23	495	4	0,08	0,228	0,111	0,117	0,171	0,112	0,117	0,126	0,149	0,148	0,137	0,149	0,148	0,026	0,050	0,051	0,051	0,051	0,051	3,661	0,689	0,547	0,609	0,665	0,547	2,07
25	495	4	0,14	0,296	0,257	0,226	0,206	0,221	0,198	0,222	0,229	0,236	0,240	0,237	0,241	0,023	0,039	0,041	0,038	0,040	0,036	2,983	0,648	0,216	0,809	0,354	1,101	2,07
26	530	2	0,04	0,140	0,180	0,137	0,137	0,140	0,124	0,144	0,136	0,144	0,144	0,144	0,147	0,021	0,007	0,021	0,021	0,021	0,019	0,155	6,090	0,312	0,312	0,155	1,118	2,07
27	530	2	0,06	0,165	0,171	0,167	0,123	0,110	0,172	0,149	0,147	0,148	0,157	0,160	0,147	0,030	0,029	0,029	0,026	0,021	0,028	0,504	0,751	0,583	1,174	2,192	0,795	2,07
28	530	2	0,08	0,157	0,187	0,143	0,183	0,118	0,093	0,145	0,139	0,148	0,140	0,153	0,158	0,041	0,035	0,041	0,036	0,038	0,029	0,273	1,266	0,102	1,099	0,832	2,056	2,07
29	530	2	0,11	0,162	0,076	0,114	0,154	0,111	0,163	0,124	0,141	0,133	0,125	0,134	0,123	0,035	0,026	0,038	0,037	0,038	0,035	0,992	2,267	0,456	0,707	0,547	1,031	2,07

Nr. Exp.	Regim de aşchiere			Măsurători Ra transversal (xe)						$\bar{x}$						s						t						t crt
	v	a _p	f _z	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6	
32	530	2,5	0,06	0,233	0,107	0,111	0,166	0,152	0,149	0,137	0,162	0,161	0,150	0,153	0,154	0,026	0,045	0,046	0,051	0,051	0,051	3,321	1,132	1,007	0,281	0,021	0,086	2,07
33	530	2,5	0,08	0,298	0,118	0,135	0,170	0,128	0,111	0,132	0,168	0,165	0,158	0,166	0,170	0,023	0,076	0,078	0,079	0,077	0,074	6,590	0,609	0,352	0,139	0,455	0,723	2,07
34	530	2,5	0,11	0,171	0,188	0,101	0,113	0,150	0,127	0,136	0,132	0,150	0,147	0,140	0,145	0,034	0,028	0,031	0,035	0,038	0,037	0,934	1,797	1,449	0,908	0,242	0,433	2,07
36	530	3	0,04	0,177	0,083	0,120	0,093	0,170	0,123	0,118	0,137	0,129	0,135	0,119	0,129	0,034	0,036	0,043	0,039	0,037	0,043	1,597	1,369	0,195	0,976	1,268	0,118	2,07
37	530	3	0,06	0,257	0,107	0,110	0,110	0,182	0,107	0,123	0,153	0,153	0,153	0,138	0,153	0,033	0,066	0,067	0,067	0,066	0,066	3,712	0,638	0,584	0,584	0,602	0,638	2,07
38	530	3	0,08	0,157	0,165	0,140	0,119	0,148	0,074	0,129	0,128	0,133	0,137	0,131	0,146	0,035	0,033	0,037	0,036	0,036	0,018	0,725	1,032	0,182	0,447	0,426	3,707	2,07
40	530	3	0,14	0,173	0,131	0,107	0,162	0,108	0,158	0,133	0,142	0,146	0,135	0,146	0,136	0,026	0,032	0,026	0,030	0,027	0,030	1,380	0,306	1,360	0,821	1,301	0,655	2,07
41	530	3,5	0,04	0,250	0,095	0,117	0,118	0,178	0,102	0,122	0,153	0,149	0,148	0,136	0,152	0,033	0,062	0,065	0,066	0,064	0,063	3,561	0,860	0,441	0,423	0,591	0,718	2,07
42	530	3,5	0,06	0,684	0,097	0,274	0,158	0,098	0,179	0,161	0,279	0,243	0,266	0,278	0,262	0,073	0,235	0,249	0,245	0,235	0,247	6,561	0,705	0,113	0,405	0,699	0,308	2,07
44	530	3,5	0,11	0,160	0,133	0,138	0,173	0,174	0,136	0,151	0,156	0,155	0,148	0,148	0,156	0,021	0,018	0,020	0,018	0,018	0,019	0,404	1,152	0,796	1,261	1,349	0,930	2,07
45	530	3,5	0,14	0,168	0,188	0,137	0,171	0,161	0,163	0,164	0,160	0,170	0,163	0,165	0,165	0,018	0,013	0,011	0,018	0,018	0,019	0,198	1,900	2,830	0,381	0,218	0,099	2,07
46	530	4	0,04	0,263	0,148	0,160	0,200	0,111	0,126	0,149	0,172	0,170	0,162	0,179	0,176	0,034	0,061	0,062	0,060	0,054	0,058	3,037	0,357	0,141	0,586	1,158	0,795	2,07
47	530	4	0,06	0,248	0,193	0,115	0,114	0,200	0,136	0,152	0,163	0,178	0,178	0,161	0,174	0,042	0,059	0,054	0,053	0,058	0,058	2,096	0,469	1,077	1,104	0,609	0,595	2,07
48	530	4	0,08	0,198	0,230	0,149	0,236	0,142	0,094	0,170	0,164	0,180	0,163	0,181	0,191	0,061	0,055	0,061	0,053	0,060	0,044	0,415	1,106	0,465	1,271	0,601	2,010	2,07
49	530	4	0,11	0,189	0,130	0,114	0,128	0,176	0,119	0,133	0,145	0,148	0,146	0,136	0,147	0,025	0,035	0,032	0,034	0,030	0,033	2,055	0,400	0,989	0,466	1,204	0,787	2,07
50	530	4	0,14	0,190	0,143	0,101	0,268	0,140	0,175	0,165	0,175	0,183	0,150	0,175	0,168	0,063	0,062	0,052	0,035	0,062	0,064	0,356	0,465	1,445	3,123	0,521	0,094	2,07
51	570	2	0,04	0,292	0,270	0,265	0,224	0,301	0,249	0,262	0,266	0,267	0,275	0,260	0,270	0,028	0,031	0,031	0,021	0,025	0,030	0,974	0,110	0,064	2,234	1,478	0,653	2,07
55	570	2	0,14	0,172	0,287	0,212	0,276	0,277	0,217	0,254	0,231	0,246	0,233	0,233	0,245	0,036	0,045	0,050	0,048	0,048	0,050	2,064	1,135	0,622	0,815	0,842	0,503	2,07
57	570	2,5	0,06	0,259	0,368	0,305	0,294	0,330	0,322	0,324	0,302	0,315	0,317	0,310	0,311	0,028	0,028	0,041	0,040	0,040	0,041	2,079	2,162	0,215	0,524	0,466	0,242	2,07
58	570	2,5	0,08	0,306	0,341	0,213	0,308	0,202	0,340	0,281	0,274	0,299	0,280	0,302	0,274	0,068	0,062	0,057	0,068	0,052	0,062	0,337	0,987	1,384	0,370	1,739	0,966	2,07
60	570	2,5	0,14	0,290	0,312	0,362	0,297	0,389	0,321	0,336	0,332	0,322	0,335	0,316	0,330	0,038	0,043	0,039	0,040	0,028	0,043	1,107	0,424	0,929	0,863	2,346	0,190	2,07
61	570	3	0,04	2,203	0,650	0,524	0,790	0,790	1,179	0,787	1,097	1,122	1,069	1,069	0,991	0,246	0,661	0,635	0,680	0,680	0,686	5,261	0,618	0,860	0,375	0,375	0,250	2,07
63	570	3	0,08	2,773	0,254	0,430	0,201	1,008	0,530	0,485	0,988	0,953	0,999	0,838	0,933	0,321	1,040	1,066	1,030	1,090	1,077	6,504	0,645	0,448	0,707	0,143	0,342	2,07
64	570	3	0,11	0,869	0,399	0,247	0,531	0,360	0,258	0,359	0,453	0,483	0,427	0,461	0,481	0,116	0,259	0,237	0,256	0,256	0,239	4,010	0,190	0,912	0,373	0,359	0,851	2,07
65	570	3	0,14	0,453	0,354	0,373	0,380	0,362	0,315	0,357	0,377	0,373	0,371	0,375	0,384	0,025	0,050	0,051	0,051	0,050	0,040	3,456	0,415	0,004	0,155	0,236	1,599	2,07
67	570	3,5	0,06	1,947	2,258	0,454	2,658	0,500	0,667	1,307	1,245	1,606	1,165	1,597	1,563	1,063	1,001	0,969	0,866	0,982	1,023	0,549	0,924	1,086	1,573	1,020	0,800	2,07
71	570	4	0,04	0,492	1,947	0,675	3,226	1,778	2,211	1,967	1,676	1,931	1,421	1,710	1,624	0,915	1,129	0,981	0,782	1,136	1,104	1,472	0,219	1,169	2,107	0,054	0,486	2,07

Nr. Exp.	Regim de aşchiere			Măsurători Ra transversal (xe)						$\bar{x}$						s						t						t crt
	v	a _p	f _z	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6	
74	570	4	0,11	3,202	2,556	3,680	3,035	1,368	1,901	2,508	2,637	2,412	2,541	2,875	2,768	0,911	0,964	0,772	0,938	0,677	0,880	0,695	0,077	1,499	0,480	2,033	0,900	2,07
77	610	2	0,06	1,117	0,431	0,160	0,291	0,381	0,260	0,305	0,442	0,496	0,470	0,452	0,476	0,106	0,386	0,354	0,377	0,384	0,373	7,000	0,026	0,867	0,433	0,168	0,529	2,07
78	610	2	0,08	0,754	0,269	0,241	0,228	0,268	0,485	0,298	0,395	0,401	0,403	0,395	0,352	0,106	0,226	0,222	0,219	0,226	0,225	3,929	0,509	0,658	0,730	0,514	0,539	2,07
82	610	2,5	0,06	0,602	0,263	0,540	0,748	1,227	0,702	0,696	0,764	0,708	0,667	0,571	0,676	0,352	0,272	0,347	0,353	0,191	0,355	0,244	1,684	0,444	0,210	3,142	0,067	2,07
84	610	2,5	0,11	0,403	0,285	0,256	0,270	0,225	0,438	0,295	0,318	0,324	0,321	0,330	0,288	0,083	0,095	0,091	0,094	0,084	0,068	1,189	0,320	0,681	0,501	1,148	2,013	2,07
87	610	3	0,06	1,170	0,453	0,457	0,402	0,634	0,606	0,510	0,654	0,653	0,664	0,618	0,623	0,103	0,305	0,305	0,295	0,318	0,318	5,854	0,602	0,586	0,811	0,047	0,049	2,07
89	610	3	0,11	0,713	0,295	0,260	0,551	0,675	0,414	0,439	0,523	0,530	0,471	0,447	0,499	0,174	0,188	0,176	0,211	0,188	0,211	1,434	1,106	1,400	0,344	1,112	0,367	2,07
90	610	3	0,14	0,354	0,389	0,164	0,233	0,626	0,231	0,329	0,322	0,367	0,353	0,274	0,353	0,186	0,183	0,161	0,178	0,094	0,177	0,125	0,335	1,146	0,615	3,421	0,629	2,07
92	610	3,5	0,06	1,062	1,532	1,557	1,403	1,598	1,365	1,491	1,397	1,392	1,423	1,384	1,430	0,101	0,212	0,207	0,220	0,198	0,218	3,863	0,582	0,727	0,082	0,989	0,273	2,07
93	610	3,5	0,08	0,792	0,806	0,452	1,214	1,385	0,842	0,940	0,937	1,008	0,855	0,821	0,930	0,367	0,368	0,274	0,335	0,270	0,371	0,368	0,325	1,854	0,976	1,905	0,216	2,07
95	610	3,5	0,14	0,977	0,255	0,571	0,673	0,677	0,344	0,504	0,648	0,585	0,565	0,564	0,631	0,194	0,228	0,290	0,286	0,286	0,259	2,225	1,575	0,045	0,345	0,361	1,010	2,07
96	610	4	0,04	0,643	0,582	0,605	1,511	0,706	0,738	0,828	0,841	0,836	0,655	0,816	0,809	0,387	0,378	0,382	0,066	0,393	0,395	0,437	0,624	0,552	11,829	0,255	0,165	2,07
99	610	4	0,11	0,577	1,717	0,944	0,763	0,324	0,263	0,802	0,574	0,729	0,765	0,853	0,865	0,587	0,288	0,588	0,596	0,545	0,529	0,350	3,622	0,334	0,003	0,886	1,039	2,07
100	610	4	0,14	1,554	1,460	0,210	0,717	0,195	0,451	0,607	0,625	0,875	0,774	0,878	0,827	0,522	0,561	0,606	0,678	0,602	0,656	1,656	1,358	1,002	0,077	1,036	0,523	2,07
102	660	2	0,06	0,325	0,407	0,192	0,181	0,248	0,300	0,266	0,249	0,292	0,294	0,281	0,271	0,092	0,064	0,085	0,081	0,095	0,095	0,588	2,260	1,081	1,277	0,317	0,282	2,07
104	660	2	0,11	0,279	0,229	0,273	0,294	0,289	0,178	0,253	0,263	0,254	0,250	0,251	0,273	0,049	0,048	0,050	0,046	0,047	0,026	0,493	0,639	0,353	0,878	0,742	3,350	2,07
105	660	2	0,14	0,389	0,410	0,378	0,389	0,345	0,373	0,379	0,375	0,381	0,379	0,388	0,382	0,024	0,018	0,024	0,024	0,014	0,024	0,385	1,779	0,121	0,385	2,744	0,353	2,07
106	660	2,5	0,04	0,329	0,322	0,337	0,280	0,340	0,321	0,320	0,321	0,318	0,330	0,318	0,322	0,024	0,024	0,023	0,009	0,022	0,024	0,343	0,023	0,746	5,295	0,918	0,023	2,07
110	660	2,5	0,14	0,243	0,326	0,274	0,268	0,287	0,320	0,295	0,278	0,289	0,290	0,286	0,280	0,027	0,028	0,035	0,034	0,036	0,030	1,788	1,540	0,386	0,588	0,021	1,210	2,07
116	660	3,5	0,04	0,251	0,329	0,264	0,255	0,202	0,261	0,262	0,247	0,260	0,261	0,272	0,260	0,045	0,025	0,045	0,045	0,032	0,045	0,227	2,957	0,089	0,129	1,981	0,016	2,07
117	660	3,5	0,06	0,287	0,418	0,307	0,302	0,319	0,315	0,332	0,306	0,328	0,329	0,326	0,327	0,048	0,013	0,052	0,051	0,053	0,052	0,852	8,160	0,374	0,485	0,118	0,202	2,07
118	660	3,5	0,08	0,263	0,280	0,337	0,335	0,262	0,193	0,281	0,278	0,267	0,267	0,282	0,295	0,059	0,060	0,051	0,051	0,059	0,038	0,282	0,030	1,266	1,207	0,301	2,476	2,07
121	660	4	0,04	0,264	0,344	0,281	0,228	0,269	0,281	0,281	0,265	0,277	0,288	0,280	0,277	0,042	0,022	0,042	0,032	0,042	0,042	0,364	3,328	0,082	1,691	0,230	0,082	2,07
122	660	4	0,06	0,276	0,294	0,291	0,281	0,142	0,415	0,285	0,281	0,282	0,284	0,311	0,257	0,097	0,097	0,097	0,097	0,058	0,065	0,081	0,123	0,089	0,025	2,649	2,236	2,07
124	660	4	0,11	0,261	0,199	0,188	0,329	0,181	0,261	0,232	0,244	0,246	0,218	0,248	0,232	0,063	0,061	0,059	0,040	0,057	0,063	0,426	0,673	0,905	2,548	1,071	0,426	2,07
126	710	2	0,04	0,238	0,111	0,206	0,322	0,157	0,311	0,221	0,247	0,228	0,205	0,238	0,207	0,093	0,070	0,093	0,077	0,086	0,080	0,163	1,772	0,214	1,399	0,856	1,182	2,07
131	710	2,5	0,04	0,224	0,191	0,329	0,322	0,325	0,332	0,300	0,306	0,279	0,280	0,280	0,278	0,061	0,046	0,066	0,067	0,067	0,066	1,135	2,279	0,692	0,566	0,619	0,748	2,07

Nr. Exp.	Regim de aşchiere			Măsurători Ra transversal (xe)						$\bar{x}$						s						t						t crt
	v	a _p	f _z	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6	
132	710	2,5	0,06	0,258	0,215	0,251	0,219	0,309	0,303	0,259	0,268	0,261	0,267	0,249	0,250	0,045	0,038	0,045	0,039	0,036	0,038	0,029	1,282	0,201	1,127	1,535	1,269	2,07
133	710	2,5	0,08	0,214	0,324	0,234	0,194	0,181	0,228	0,232	0,210	0,228	0,236	0,239	0,229	0,056	0,022	0,057	0,053	0,050	0,057	0,297	4,631	0,094	0,724	1,054	0,023	2,07
134	710	2,5	0,11	0,294	0,167	0,252	0,245	0,267	0,260	0,238	0,264	0,247	0,248	0,244	0,245	0,041	0,019	0,048	0,048	0,047	0,047	1,253	4,665	0,103	0,057	0,457	0,288	2,07
137	710	3	0,06	0,355	0,443	0,378	0,741	0,395	0,337	0,459	0,441	0,454	0,382	0,451	0,462	0,162	0,169	0,165	0,041	0,167	0,159	0,584	0,010	0,420	8,041	0,305	0,720	2,07
138	710	3	0,08	0,651	0,273	0,373	0,627	0,249	0,503	0,405	0,481	0,461	0,410	0,485	0,435	0,159	0,170	0,191	0,168	0,162	0,192	1,409	1,112	0,419	1,181	1,329	0,324	2,07
139	710	3	0,11	0,466	0,169	0,353	0,290	0,290	0,370	0,294	0,354	0,317	0,330	0,330	0,314	0,079	0,072	0,110	0,110	0,110	0,108	1,985	2,329	0,299	0,330	0,330	0,476	2,07
140	710	3	0,14	0,470	0,548	0,169	0,135	0,254	0,264	0,274	0,258	0,334	0,341	0,317	0,315	0,163	0,130	0,170	0,160	0,183	0,184	1,100	2,027	0,889	1,174	0,315	0,254	2,07
141	710	3,5	0,04	0,442	0,952	0,190	0,200	0,600	0,613	0,511	0,409	0,561	0,559	0,479	0,477	0,321	0,207	0,275	0,278	0,318	0,317	0,196	2,399	1,235	1,181	0,346	0,393	2,07
143	710	3,5	0,08	0,723	0,321	0,335	0,959	0,656	0,346	0,523	0,604	0,601	0,476	0,537	0,599	0,281	0,265	0,269	0,196	0,290	0,272	0,649	0,973	0,903	2,245	0,375	0,849	2,07
144	710	3,5	0,11	0,802	0,210	0,306	0,935	0,243	0,348	0,408	0,527	0,508	0,382	0,520	0,499	0,299	0,318	0,337	0,241	0,325	0,342	1,201	0,910	0,547	2,096	0,778	0,403	2,07
145	710	3,5	0,14	0,237	0,346	0,419	0,172	0,395	0,341	0,335	0,313	0,298	0,348	0,303	0,314	0,097	0,105	0,091	0,070	0,098	0,106	0,922	0,288	1,211	2,289	0,859	0,235	2,07
149	710	4	0,11	0,960	1,194	1,227	0,907	0,580	0,748	0,931	0,884	0,878	0,942	1,007	0,974	0,280	0,242	0,231	0,280	0,202	0,261	0,094	1,166	1,381	0,113	1,934	0,789	2,07

Tabelul 7

Identificarea datelor afectate de valori aberante pentru șirul de 5 date aferente R_a transv

Nr. Exp.	Regim de aşchiere			Măsurători R_a transversal (xe)					$\bar{x}$					s					t					t crt
	v	a_p	f_z	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	
1	495	2	0,04	0,130	0,116	0,090	0,124	0,110	0,110	0,114	0,120	0,112	0,115	0,015	0,018	0,009	0,017	0,018	1,232	0,126	3,051	0,673	0,254	1,92
4	495	2	0,11	0,150	0,125	0,121	0,142	0,171	0,140	0,146	0,147	0,142	0,135	0,023	0,021	0,019	0,023	0,014	0,403	0,909	1,218	0,010	2,371	1,92
5	495	2	0,14	0,125	0,102	0,133	0,118	0,108	0,115	0,121	0,113	0,117	0,120	0,014	0,011	0,010	0,014	0,013	0,644	1,601	1,725	0,062	0,781	1,92
8	495	2,5	0,08	0,107	0,147	0,120	0,116	0,111	0,124	0,114	0,120	0,121	0,123	0,016	0,006	0,018	0,018	0,017	0,917	5,269	0,012	0,261	0,598	1,92
10	495	2,5	0,14	0,153	0,147	0,111	0,151	0,145	0,139	0,140	0,149	0,139	0,141	0,019	0,020	0,004	0,019	0,020	0,701	0,319	9,308	0,566	0,203	1,92
11	495	3	0,04	0,111	0,139	0,110	0,110	0,111	0,118	0,111	0,118	0,118	0,118	0,014	0,001	0,014	0,014	0,014	0,405	44,152	0,489	0,489	0,405	1,92
14	495	3	0,11	0,126	0,136	0,113	0,138	0,108	0,124	0,121	0,127	0,121	0,128	0,015	0,014	0,014	0,013	0,011	0,130	0,977	0,913	1,216	1,583	1,92
17	495	3,5	0,06	0,196	0,149	0,112	0,182	0,156	0,150	0,162	0,171	0,153	0,160	0,029	0,037	0,022	0,034	0,037	1,432	0,303	2,386	0,747	0,090	1,92
18	495	3,5	0,08	0,107	0,096	0,117	0,086	0,140	0,110	0,113	0,107	0,115	0,102	0,024	0,022	0,023	0,019	0,013	0,103	0,658	0,372	1,384	2,564	1,92
19	495	3,5	0,11	0,159	0,139	0,120	0,126	0,133	0,130	0,135	0,139	0,138	0,136	0,008	0,017	0,014	0,016	0,017	3,192	0,234	1,213	0,647	0,155	1,92
21	495	4	0,04	0,263	0,135	0,113	0,143	0,100	0,123	0,155	0,160	0,153	0,164	0,020	0,074	0,071	0,075	0,068	6,345	0,237	0,595	0,116	0,841	1,92
22	495	4	0,06	0,189	0,179	0,150	0,167	0,150	0,162	0,164	0,171	0,167	0,171	0,014	0,018	0,017	0,020	0,017	1,738	0,725	1,133	0,000	1,133	1,92
23	495	4	0,08	0,111	0,117	0,171	0,112	0,117	0,129	0,128	0,114	0,129	0,128	0,028	0,029	0,003	0,028	0,029	0,584	0,332	15,854	0,540	0,332	1,92
25	495	4	0,14	0,257	0,226	0,206	0,221	0,198	0,213	0,221	0,226	0,222	0,228	0,013	0,026	0,024	0,026	0,021	3,045	0,188	0,718	0,026	1,232	1,92
26	530	2	0,04	0,140	0,137	0,137	0,140	0,124	0,135	0,135	0,135	0,135	0,139	0,007	0,008	0,008	0,007	0,002	0,689	0,205	0,205	0,689	7,488	1,92
27	530	2	0,06	0,165	0,171	0,167	0,123	0,172	0,158	0,157	0,158	0,169	0,157	0,024	0,023	0,023	0,003	0,022	0,256	0,562	0,354	12,385	0,617	1,92
29	530	2	0,11	0,162	0,114	0,154	0,111	0,163	0,136	0,148	0,138	0,148	0,135	0,027	0,025	0,029	0,023	0,026	0,883	1,215	0,511	1,437	0,937	1,92
32	530	2,5	0,06	0,107	0,111	0,166	0,152	0,149	0,145	0,144	0,130	0,133	0,134	0,024	0,025	0,024	0,029	0,029	1,425	1,143	1,348	0,580	0,455	1,92
33	530	2,5	0,08	0,118	0,135	0,170	0,128	0,111	0,136	0,132	0,123	0,134	0,138	0,025	0,026	0,011	0,026	0,023	0,649	0,110	3,960	0,187	1,059	1,92
37	530	3	0,06	0,107	0,110	0,110	0,182	0,107	0,127	0,127	0,127	0,109	0,127	0,037	0,037	0,037	0,002	0,037	0,496	0,399	0,399	37,955	0,496	1,92
38	530	3	0,08	0,157	0,165	0,140	0,119	0,148	0,143	0,141	0,147	0,153	0,145	0,019	0,016	0,020	0,011	0,020	0,656	1,323	0,323	2,762	0,121	1,92
41	530	3,5	0,04	0,095	0,117	0,118	0,178	0,102	0,129	0,123	0,123	0,108	0,127	0,034	0,038	0,038	0,011	0,036	0,897	0,148	0,118	5,520	0,628	1,92
42	530	3,5	0,06	0,097	0,274	0,158	0,098	0,179	0,177	0,133	0,162	0,177	0,157	0,073	0,042	0,084	0,073	0,083	0,982	3,011	0,043	0,962	0,239	1,92
45	530	3,5	0,14	0,168	0,188	0,171	0,161	0,163	0,171	0,166	0,170	0,173	0,172	0,012	0,005	0,012	0,011	0,011	0,200	4,351	0,072	0,948	0,702	1,92

Nr. Exp.	Regim de aşchiere			Măsurători Ra transversal (xc)					$\bar{x}$					s					t					t crt
	v	a _p	f _z	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	
46	530	4	0,04	0,148	0,160	0,200	0,111	0,126	0,149	0,146	0,136	0,159	0,155	0,040	0,039	0,022	0,031	0,037	0,028	0,316	2,598	1,369	0,701	1,92
47	530	4	0,06	0,193	0,115	0,114	0,200	0,136	0,141	0,161	0,161	0,140	0,156	0,040	0,042	0,042	0,037	0,047	1,144	0,966	1,001	1,459	0,368	1,92
50	530	4	0,14	0,190	0,143	0,101	0,140	0,175	0,140	0,152	0,162	0,152	0,144	0,030	0,040	0,024	0,039	0,036	1,483	0,192	2,229	0,278	0,773	1,92
51	570	2	0,04	0,292	0,270	0,265	0,301	0,249	0,271	0,277	0,278	0,269	0,282	0,022	0,024	0,023	0,018	0,017	0,853	0,252	0,499	1,612	1,710	1,92
60	570	2,5	0,14	0,290	0,312	0,362	0,297	0,321	0,323	0,318	0,305	0,321	0,315	0,028	0,033	0,014	0,030	0,032	1,061	0,151	3,623	0,720	0,158	1,92
61	570	3	0,04	0,650	0,584	0,790	0,790	1,179	0,836	0,852	0,801	0,801	0,704	0,249	0,228	0,266	0,266	0,103	0,668	1,054	0,036	0,036	4,111	1,92
63	570	3	0,08	0,254	0,430	0,201	1,008	0,530	0,542	0,498	0,556	0,354	0,473	0,340	0,369	0,323	0,153	0,370	0,759	0,165	0,983	3,827	0,137	1,92
64	570	3	0,11	0,399	0,247	0,531	0,360	0,258	0,349	0,387	0,316	0,359	0,384	0,132	0,113	0,075	0,134	0,117	0,340	1,109	2,558	0,008	0,964	1,92
65	570	3	0,14	0,354	0,373	0,380	0,362	0,315	0,358	0,353	0,351	0,356	0,367	0,029	0,027	0,025	0,029	0,012	0,107	0,661	1,028	0,199	4,054	1,92
71	570	4	0,04	0,492	1,947	0,675	1,778	2,211	1,653	1,289	1,607	1,331	1,223	0,676	0,837	0,764	0,873	0,745	1,536	0,703	1,091	0,458	1,186	1,92
77	610	2	0,06	0,431	0,160	0,291	0,381	0,260	0,273	0,341	0,308	0,286	0,316	0,091	0,079	0,122	0,112	0,119	1,550	2,044	0,125	0,763	0,419	1,92
78	610	2	0,08	0,269	0,241	0,228	0,268	0,485	0,306	0,313	0,316	0,306	0,252	0,121	0,117	0,114	0,121	0,020	0,270	0,549	0,691	0,280	10,268	1,92
82	610	2,5	0,06	0,602	0,263	0,540	0,748	0,702	0,563	0,648	0,579	0,527	0,538	0,219	0,094	0,219	0,188	0,203	0,158	3,650	0,158	1,052	0,721	1,92
87	610	3	0,06	0,453	0,457	0,402	0,634	0,606	0,525	0,524	0,538	0,480	0,487	0,113	0,114	0,096	0,088	0,101	0,569	0,525	1,263	1,571	1,053	1,92
90	610	3	0,14	0,354	0,389	0,164	0,233	0,231	0,254	0,246	0,302	0,285	0,285	0,095	0,079	0,082	0,105	0,105	0,935	1,622	1,506	0,438	0,461	1,92
92	610	3,5	0,06	1,532	1,557	1,403	1,598	1,365	1,481	1,475	1,513	1,464	1,523	0,114	0,109	0,102	0,095	0,084	0,402	0,677	0,961	1,266	1,673	1,92
95	610	3,5	0,14	0,255	0,571	0,673	0,677	0,344	0,566	0,487	0,462	0,461	0,544	0,156	0,220	0,196	0,194	0,199	1,784	0,341	0,966	0,996	0,900	1,92
96	610	4	0,04	0,643	0,582	0,605	0,706	0,738	0,658	0,673	0,667	0,642	0,634	0,076	0,060	0,069	0,069	0,054	0,174	1,354	0,805	0,832	1,717	1,92
99	610	4	0,11	0,577	0,944	0,763	0,324	0,263	0,574	0,482	0,527	0,637	0,652	0,333	0,232	0,309	0,291	0,265	0,009	1,785	0,682	0,962	1,313	1,92
102	660	2	0,06	0,325	0,192	0,181	0,248	0,300	0,230	0,264	0,266	0,250	0,237	0,055	0,064	0,059	0,074	0,066	1,541	1,004	1,293	0,018	0,862	1,92
104	660	2	0,11	0,279	0,229	0,273	0,294	0,289	0,271	0,284	0,273	0,268	0,269	0,030	0,009	0,030	0,027	0,028	0,235	5,155	0,007	0,894	0,648	1,92
105	660	2	0,14	0,389	0,410	0,378	0,389	0,373	0,388	0,382	0,390	0,388	0,392	0,016	0,008	0,015	0,016	0,013	0,082	3,081	0,722	0,082	1,237	1,92
106	660	2,5	0,04	0,329	0,322	0,337	0,340	0,321	0,330	0,332	0,328	0,327	0,332	0,010	0,009	0,009	0,007	0,008	0,090	1,021	0,919	1,539	1,211	1,92
116	660	3,5	0,04	0,251	0,264	0,255	0,202	0,261	0,246	0,242	0,245	0,258	0,243	0,029	0,027	0,029	0,006	0,028	0,168	0,717	0,325	8,520	0,578	1,92
117	660	3,5	0,06	0,287	0,307	0,302	0,319	0,315	0,311	0,306	0,307	0,303	0,304	0,008	0,014	0,014	0,012	0,013	2,768	0,077	0,314	1,233	0,759	1,92
118	660	3,5	0,08	0,263	0,280	0,337	0,335	0,262	0,304	0,299	0,285	0,286	0,304	0,038	0,042	0,034	0,035	0,038	0,947	0,406	1,354	1,254	0,986	1,92
121	660	4	0,04	0,264	0,281	0,228	0,269	0,281	0,265	0,261	0,274	0,264	0,261	0,025	0,023	0,009	0,025	0,023	0,027	0,804	4,749	0,197	0,804	1,92

Nr. Exp.	Regim de aşchiere			Măsurători Ra transversal (xe)					$\bar{x}$					s					t					t crt
	v	a _p	f _z	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	
124	660	4	0,11	0,261	0,199	0,188	0,181	0,261	0,207	0,223	0,226	0,227	0,207	0,037	0,044	0,042	0,039	0,037	1,314	0,480	0,805	1,055	1,314	1,92
131	710	2,5	0,04	0,224	0,329	0,322	0,325	0,332	0,327	0,301	0,303	0,302	0,300	0,004	0,051	0,052	0,052	0,051	20,952	0,492	0,333	0,400	0,564	1,92
133	710	2,5	0,08	0,214	0,234	0,194	0,181	0,228	0,209	0,204	0,214	0,218	0,206	0,026	0,021	0,024	0,018	0,023	0,165	1,276	0,764	1,837	0,857	1,92
134	710	2,5	0,11	0,294	0,252	0,245	0,267	0,260	0,256	0,267	0,268	0,263	0,265	0,010	0,021	0,018	0,022	0,022	3,556	0,633	1,141	0,175	0,185	1,92
137	710	3	0,06	0,355	0,443	0,378	0,395	0,337	0,388	0,366	0,383	0,378	0,393	0,044	0,025	0,047	0,046	0,037	0,678	2,695	0,086	0,323	1,337	1,92
139	710	3	0,11	0,466	0,353	0,290	0,290	0,370	0,326	0,354	0,370	0,370	0,350	0,042	0,084	0,073	0,073	0,083	2,997	0,011	0,980	0,980	0,218	1,92
141	710	3,5	0,04	0,442	0,190	0,200	0,600	0,613	0,401	0,464	0,461	0,361	0,358	0,238	0,192	0,197	0,204	0,199	0,155	1,274	1,187	1,045	1,146	1,92
143	710	3,5	0,08	0,723	0,321	0,335	0,656	0,346	0,415	0,515	0,512	0,431	0,509	0,161	0,203	0,208	0,195	0,211	1,710	0,853	0,760	1,032	0,691	1,92
144	710	3,5	0,11	0,802	0,210	0,306	0,243	0,348	0,277	0,425	0,401	0,417	0,390	0,062	0,255	0,274	0,263	0,277	7,579	0,753	0,309	0,589	0,136	1,92
145	710	3,5	0,14	0,237	0,346	0,419	0,395	0,341	0,375	0,348	0,330	0,336	0,349	0,038	0,081	0,066	0,075	0,081	3,254	0,022	1,201	0,708	0,091	1,92

Tabelul 8

Identificarea datelor afectate de valori aberante pentru şirul de 4 date aferente R_a transv

Nr. Exp.	Regim de aşchiere			Măsurători R_a transversal (xe)				$\bar{x}$				s				t				t crt
	v	a_p	f_z	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	
1	495	2	0,04	0,130	0,116	0,124	0,110	0,117	0,121	0,119	0,123	0,007	0,010	0,010	0,007	1,644	0,450	0,450	1,644	1,71
4	495	2	0,11	0,150	0,125	0,121	0,142	0,129	0,138	0,139	0,132	0,011	0,015	0,013	0,016	1,605	0,732	1,221	0,551	1,71
6	495	2,5	0,04	0,126	0,125	0,126	0,125	0,125	0,126	0,125	0,126	0,001	0,001	0,001	0,001	1,000	1,000	1,000	1,000	1,71
8	495	2,5	0,08	0,107	0,120	0,116	0,111	0,116	0,111	0,113	0,114	0,005	0,005	0,007	0,007	1,664	1,664	0,434	0,434	1,71
10	495	2,5	0,14	0,153	0,147	0,151	0,145	0,148	0,150	0,148	0,150	0,003	0,004	0,004	0,003	1,512	0,555	0,555	1,512	1,71
11	495	3	0,04	0,111	0,110	0,110	0,111	0,110	0,111	0,111	0,110	0,001	0,001	0,001	0,001	1,000	1,000	1,000	1,000	1,71
17	495	3,5	0,06	0,196	0,149	0,182	0,156	0,162	0,178	0,167	0,176	0,017	0,020	0,025	0,024	1,677	1,237	0,512	0,706	1,71
18	495	3,5	0,08	0,107	0,096	0,117	0,086	0,100	0,103	0,096	0,107	0,016	0,016	0,011	0,011	0,401	0,401	1,704	1,704	1,71
19	495	3,5	0,11	0,139	0,120	0,126	0,133	0,126	0,133	0,131	0,128	0,007	0,007	0,010	0,010	1,686	1,686	0,416	0,416	1,71
21	495	4	0,04	0,135	0,113	0,143	0,100	0,119	0,126	0,116	0,130	0,022	0,023	0,018	0,016	0,641	0,492	1,322	1,691	1,71
23	495	4	0,08	0,111	0,117	0,112	0,117	0,115	0,113	0,115	0,113	0,003	0,003	0,003	0,003	1,300	0,988	0,750	0,988	1,71
25	495	4	0,14	0,226	0,206	0,221	0,198	0,208	0,215	0,210	0,218	0,012	0,015	0,014	0,010	1,310	0,522	0,661	1,636	1,71
26	530	2	0,04	0,140	0,137	0,137	0,140	0,138	0,139	0,139	0,138	0,002	0,002	0,002	0,002	1,000	1,000	1,000	1,000	1,71
27	530	2	0,06	0,165	0,171	0,167	0,172	0,170	0,168	0,169	0,168	0,003	0,004	0,004	0,003	1,637	0,721	0,534	1,228	1,71
33	530	2,5	0,08	0,118	0,135	0,128	0,111	0,125	0,119	0,121	0,127	0,012	0,009	0,012	0,009	0,468	1,622	0,468	1,622	1,71
37	530	3	0,06	0,107	0,110	0,110	0,107	0,109	0,108	0,108	0,109	0,002	0,002	0,002	0,002	1,000	1,000	1,000	1,000	1,71
38	530	3	0,08	0,157	0,165	0,140	0,148	0,151	0,148	0,157	0,154	0,013	0,009	0,009	0,013	0,407	1,697	1,697	0,407	1,71
41	530	3,5	0,04	0,095	0,117	0,118	0,102	0,112	0,105	0,105	0,110	0,009	0,012	0,011	0,013	1,675	0,881	1,027	0,533	1,71
42	530	3,5	0,06	0,097	0,158	0,098	0,179	0,145	0,125	0,145	0,118	0,042	0,047	0,043	0,035	0,989	0,613	0,949	1,521	1,71
45	530	3,5	0,14	0,168	0,171	0,161	0,163	0,165	0,164	0,167	0,167	0,005	0,004	0,004	0,005	0,491	1,681	1,357	0,619	1,71
46	530	4	0,04	0,148	0,160	0,111	0,126	0,132	0,128	0,145	0,140	0,025	0,019	0,017	0,026	0,540	1,474	1,691	0,463	1,71
50	530	4	0,14	0,190	0,143	0,140	0,175	0,153	0,168	0,169	0,158	0,019	0,026	0,024	0,028	1,667	0,855	1,058	0,535	1,71
57	570	2,5	0,06	0,305	0,294	0,330	0,322	0,315	0,319	0,307	0,310	0,019	0,013	0,014	0,018	0,473	1,696	1,412	0,579	1,71
60	570	2,5	0,14	0,290	0,312	0,297	0,321	0,310	0,303	0,308	0,300	0,012	0,016	0,016	0,011	1,429	0,497	0,579	1,644	1,71
61	570	3	0,04	0,650	0,584	0,790	0,790	0,721	0,743	0,675	0,675	0,119	0,081	0,105	0,105	0,519	1,707	0,950	0,950	1,71

Nr. Exp.	Regim de aşchiere			Măsurători Ra transversal (xe)				$\bar{x}$				s				t				t crt
	v	a _p	f _z	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	
63	570	3	0,08	0,254	0,430	0,201	0,530	0,387	0,328	0,405	0,295	0,169	0,177	0,140	0,120	0,683	0,498	1,262	1,698	1,71
64	570	3	0,11	0,399	0,247	0,360	0,258	0,288	0,339	0,301	0,335	0,062	0,073	0,085	0,079	1,538	1,094	0,599	0,848	1,71
65	570	3	0,14	0,354	0,373	0,380	0,362	0,372	0,365	0,363	0,369	0,009	0,013	0,010	0,013	1,686	0,499	1,543	0,451	1,71
77	610	2	0,06	0,431	0,291	0,381	0,260	0,311	0,357	0,327	0,368	0,063	0,088	0,091	0,071	1,658	0,653	0,510	1,314	1,71
78	610	2	0,08	0,269	0,241	0,228	0,268	0,246	0,255	0,259	0,246	0,020	0,023	0,016	0,021	0,990	0,518	1,708	0,909	1,71
82	610	2,5	0,06	0,602	0,540	0,748	0,702	0,663	0,684	0,615	0,630	0,109	0,075	0,082	0,107	0,486	1,671	1,413	0,584	1,71
104	660	2	0,11	0,279	0,273	0,294	0,289	0,285	0,287	0,280	0,282	0,011	0,008	0,008	0,011	0,500	1,625	1,464	0,560	1,71
105	660	2	0,14	0,389	0,378	0,389	0,373	0,380	0,384	0,380	0,385	0,008	0,009	0,008	0,006	0,952	0,531	0,952	1,682	1,71
116	660	3,5	0,04	0,251	0,264	0,255	0,261	0,260	0,256	0,259	0,257	0,005	0,005	0,007	0,007	1,701	1,434	0,467	0,564	1,71
117	660	3,5	0,06	0,307	0,302	0,319	0,315	0,312	0,314	0,308	0,309	0,009	0,006	0,007	0,009	0,487	1,654	1,453	0,562	1,71
121	660	4	0,04	0,264	0,281	0,269	0,281	0,277	0,271	0,275	0,271	0,007	0,009	0,010	0,009	1,625	0,958	0,559	0,958	1,71
122	660	4	0,06	0,276	0,294	0,291	0,281	0,289	0,283	0,284	0,287	0,007	0,008	0,009	0,010	1,612	1,285	0,684	0,539	1,71
131	710	2,5	0,04	0,329	0,322	0,325	0,332	0,326	0,329	0,328	0,325	0,005	0,004	0,005	0,004	0,450	1,644	0,450	1,644	1,71
134	710	2,5	0,11	0,252	0,245	0,267	0,260	0,257	0,260	0,252	0,255	0,011	0,008	0,008	0,011	0,411	1,692	1,692	0,411	1,71
137	710	3	0,06	0,355	0,378	0,395	0,337	0,370	0,362	0,357	0,376	0,030	0,030	0,021	0,020	0,436	0,457	1,615	1,682	1,71
139	710	3	0,11	0,353	0,290	0,290	0,370	0,317	0,338	0,338	0,311	0,046	0,042	0,042	0,036	0,681	0,979	0,979	1,405	1,71
144	710	3,5	0,11	0,210	0,306	0,243	0,348	0,299	0,267	0,288	0,253	0,053	0,072	0,071	0,049	1,458	0,469	0,551	1,687	1,71
145	710	3,5	0,14	0,346	0,419	0,395	0,341	0,385	0,361	0,369	0,387	0,040	0,030	0,044	0,037	0,845	1,693	0,522	1,063	1,71

5.2. Verificarea caracterului aleator al datelor – Testul Young

Tabelul 9

Verificarea caracterului aleatoriu al datelor pentru șirul de 7 măsurători aferente R_a long

Nr. Exp.		Regim de aşchiere			Măsurători R_a longitudinal ordonate crescător							δ^2	σ^2	n	vci	m	vcs	Caracter aleator
		v	a_p	f_z	1	2	3	4	5	6	7							
1		495	2	0,04	0,186	0,203	0,209	0,229	0,253	0,272	0,296	0,003	0,0016	7	0,91	1,76	3,06	DA
2		495	2	0,06	0,216	0,220	0,230	0,245	0,251	0,303	0,310	0,002	0,0015	7	0,91	1,05	3,06	DA
5		495	2	0,14	0,224	0,231	0,235	0,238	0,253	0,281	0,286	0,001	0,0006	7	0,91	2,42	3,06	DA
6		495	2,5	0,04	0,189	0,195	0,207	0,242	0,268	0,269	0,270	0,002	0,0013	7	0,91	1,75	3,06	DA
11		495	3	0,04	0,178	0,192	0,197	0,223	0,225	0,277	0,289	0,002	0,0018	7	0,91	1,09	3,06	DA
12		495	3	0,06	0,155	0,180	0,182	0,223	0,238	0,366	0,393	0,023	0,0089	7	0,91	2,56	3,06	DA
15		495	3	0,14	0,101	0,202	0,242	0,242	0,272	0,464	0,485	0,039	0,0194	7	0,91	2,02	3,06	DA
17		495	3,5	0,06	0,183	0,194	0,209	0,236	0,245	0,373	0,383	0,007	0,0069	7	0,91	0,96	3,06	DA
18		495	3,5	0,08	0,143	0,168	0,191	0,204	0,205	0,351	0,368	0,008	0,0080	7	0,91	0,94	3,06	DA
25		495	4	0,14	0,179	0,210	0,221	0,223	0,280	0,378	0,397	0,009	0,0074	7	0,91	1,24	3,06	DA
26		530	2	0,04	0,186	0,198	0,239	0,241	0,270	0,279	0,282	0,002	0,0015	7	0,91	1,45	3,06	DA
28		530	2	0,08	0,162	0,183	0,203	0,240	0,271	0,342	0,378	0,009	0,0066	7	0,91	1,30	3,06	DA
30		530	2	0,14	0,151	0,268	0,280	0,316	0,343	0,578	0,586	0,043	0,0266	7	0,91	1,61	3,06	DA
31		530	2,5	0,04	0,183	0,194	0,200	0,242	0,244	0,255	0,264	0,002	0,0011	7	0,91	1,59	3,06	DA
34		530	2,5	0,11	0,242	0,277	0,297	0,309	0,322	0,398	0,403	0,004	0,0036	7	0,91	1,21	3,06	DA
38		530	3	0,08	0,173	0,191	0,210	0,212	0,348	0,417	0,417	0,021	0,0118	7	0,91	1,78	3,06	DA
42		530	3,5	0,06	0,241	0,242	0,247	0,280	0,323	0,328	0,334	0,003	0,0018	7	0,91	1,71	3,06	DA
50		530	4	0,14	0,137	0,209	0,228	0,258	0,271	0,362	0,385	0,007	0,0075	7	0,91	0,99	3,06	DA
52		570	2	0,06	0,345	0,388	0,406	0,495	0,514	0,515	0,589	0,011	0,0075	7	0,91	1,45	3,06	DA
59		570	2,5	0,11	0,382	0,387	0,406	0,446	0,446	0,456	0,466	0,003	0,0012	7	0,91	2,28	3,06	DA

Nr. Exp.		Regim de aşchiere			Măsurători Ra longitudinal ordonate crescător							δ^2	σ^2	n	vci	m	vcs	Caracter aleator
		v	a _p	f _z	1	2	3	4	5	6	7							
66		570	3,5	0,04	0,500	0,537	0,953	1,550	1,719	1,821	2,526	1,289	0,5531	7	0,91	2,33	3,06	DA
71		570	4	0,04	0,457	0,590	0,634	0,666	1,475	1,855	2,161	1,247	0,4855	7	0,91	2,57	3,06	DA
78		610	2	0,08	0,352	0,462	0,502	0,547	0,601	1,035	1,106	0,136	0,0858	7	0,91	1,58	3,06	DA
80		610	2	0,14	0,467	0,478	0,490	0,506	0,513	0,543	0,546	0,002	0,0009	7	0,91	2,28	3,06	DA
81		610	2,5	0,04	0,400	0,496	0,540	0,547	0,733	1,037	1,087	0,151	0,0741	7	0,91	2,04	3,06	DA
82		610	2,5	0,06	0,400	0,511	0,525	0,535	1,027	1,111	1,183	0,191	0,1118	7	0,91	1,71	3,06	DA
83		610	2,5	0,08	0,437	0,471	0,473	0,514	0,696	0,713	0,797	0,052	0,0210	7	0,91	2,45	3,06	DA
85		610	2,5	0,14	0,407	0,448	0,481	0,501	0,578	0,593	0,663	0,020	0,0081	7	0,91	2,50	3,06	DA
95		610	3,5	0,14	0,364	0,424	0,441	0,544	0,581	0,607	0,614	0,019	0,0100	7	0,91	1,86	3,06	DA
98		610	4	0,08	0,410	0,537	0,540	0,584	0,947	1,363	1,451	0,360	0,1817	7	0,91	1,98	3,06	DA
100		610	4	0,14	0,400	0,416	0,490	0,503	0,516	0,525	0,579	0,007	0,0039	7	0,91	1,89	3,06	DA
102		660	2	0,06	0,515	0,554	0,573	0,576	0,629	0,669	0,686	0,008	0,0039	7	0,91	1,97	3,06	DA
104		660	2	0,11	0,469	0,490	0,521	0,537	0,539	0,564	0,574	0,002	0,0014	7	0,91	1,48	3,06	DA
105		660	2	0,14	0,654	0,657	0,712	0,715	0,740	0,789	0,795	0,007	0,0032	7	0,91	2,18	3,06	DA
110		660	2,5	0,14	0,423	0,429	0,608	0,661	0,674	0,682	0,740	0,036	0,0160	7	0,91	2,24	3,06	DA
111		660	3	0,04	0,471	0,494	0,495	0,544	0,579	0,587	0,588	0,007	0,0025	7	0,91	3,02	3,06	DA
112		660	3	0,06	0,544	0,562	0,611	0,612	0,612	0,619	0,656	0,004	0,0014	7	0,91	2,79	3,06	DA
113		660	3	0,08	0,516	0,541	0,584	0,607	0,619	0,680	0,683	0,005	0,0041	7	0,91	1,24	3,06	DA
117		660	3,5	0,06	0,495	0,506	0,561	0,591	0,605	0,611	0,652	0,007	0,0033	7	0,91	2,18	3,06	DA
119		660	3,5	0,11	0,456	0,473	0,480	0,499	0,520	0,538	0,544	0,002	0,0011	7	0,91	2,08	3,06	DA
121		660	4	0,04	0,481	0,511	0,551	0,571	0,584	0,602	0,654	0,008	0,0033	7	0,91	2,29	3,06	DA
126		710	2	0,04	0,460	0,468	0,495	0,521	0,538	0,604	0,624	0,009	0,0041	7	0,91	2,17	3,06	DA
129		710	2	0,11	0,493	0,501	0,519	0,555	0,596	0,609	0,634	0,009	0,0031	7	0,91	2,75	3,06	DA
134		710	2,5	0,11	0,475	0,492	0,517	0,543	0,559	0,581	0,599	0,005	0,0021	7	0,91	2,35	3,06	DA
135		710	2,5	0,14	0,503	0,517	0,563	0,570	0,595	0,658	0,698	0,010	0,0050	7	0,91	2,05	3,06	DA
144		710	3,5	0,11	0,465	0,508	0,619	0,633	0,693	0,724	0,802	0,030	0,0141	7	0,91	2,10	3,06	DA
145		710	3,5	0,14	0,515	0,555	0,638	0,651	0,673	0,695	0,787	0,014	0,0081	7	0,91	1,72	3,06	DA

Nr. Exp.		Regim de aşchiere			Măsurători Ra longitudinal ordonate crescător							δ²	σ²	n	vci	m	vcs	Caracter aleator
		v	a _p	f _z	1	2	3	4	5	6	7							
146		710	4	0,04	0,413	0,529	0,532	0,562	0,603	0,712	0,787	0,025	0,0155	7	0,91	1,60	3,06	DA
149		710	4	0,11	0,495	0,533	0,536	0,623	0,634	0,645	0,698	0,008	0,0055	7	0,91	1,55	3,06	DA

Tabelul 10

Verificarea caracterului aleatoriu al datelor pentru șirul de 6 măsurători aferente R_a long

Nr. Exp.	Regim de aşchiere			Măsurători R_a longitudinal ordonate crescător						δ^2	σ^2	n	vci	m	ves	Caracter aleator
	v	a_p	f_z	1	2	3	4	5	6							
27	530	2	0,06	0,205	0,219	0,233	0,260	0,267	0,293	0,003	0,0011	6	0,87	2,52	3,11	DA
29	530	2	0,11	0,224	0,224	0,268	0,292	0,307	0,311	0,003	0,0016	6	0,87	2,23	3,11	DA
37	530	3	0,06	0,166	0,208	0,232	0,240	0,294	0,332	0,007	0,0036	6	0,87	2,11	3,11	DA
45	530	3,5	0,14	0,184	0,228	0,231	0,244	0,297	0,326	0,006	0,0026	6	0,87	2,11	3,11	DA
49	530	4	0,11	0,215	0,220	0,247	0,272	0,288	0,312	0,004	0,0015	6	0,87	2,66	3,11	DA
53	570	2	0,08	0,415	0,423	0,423	0,506	0,506	0,547	0,006	0,0032	6	0,87	2,02	3,11	DA
61	570	3	0,04	0,410	0,542	0,575	0,724	1,448	1,479	0,255	0,2264	6	0,87	1,13	3,11	DA
68	570	3,5	0,08	0,381	0,481	0,487	0,553	0,978	0,982	0,112	0,0709	6	0,87	1,57	3,11	DA
74	570	4	0,11	0,387	0,461	0,465	0,644	0,696	0,754	0,032	0,0223	6	0,87	1,46	3,11	DA
75	570	4	0,14	0,398	0,459	0,515	0,528	0,905	0,924	0,056	0,0537	6	0,87	1,03	3,11	DA
79	610	2	0,11	0,502	0,507	0,534	0,549	0,554	0,555	0,001	0,0006	6	0,87	2,20	3,11	DA
84	610	2,5	0,11	0,480	0,493	0,522	0,523	0,531	0,545	0,002	0,0006	6	0,87	2,58	3,11	DA
92	610	3,5	0,06	0,488	0,558	0,586	0,683	0,733	0,736	0,014	0,0104	6	0,87	1,40	3,11	DA
97	610	4	0,06	0,756	0,819	0,914	0,970	1,196	1,224	0,075	0,0373	6	0,87	2,01	3,11	DA
106	660	2,5	0,04	0,508	0,522	0,522	0,582	0,586	0,605	0,003	0,0017	6	0,87	1,81	3,11	DA
109	660	2,5	0,11	0,420	0,488	0,499	0,500	0,574	0,613	0,012	0,0047	6	0,87	2,66	3,11	DA
114	660	3	0,11	0,487	0,504	0,510	0,524	0,562	0,577	0,003	0,0012	6	0,87	2,67	3,11	DA
116	660	3,5	0,04	0,467	0,473	0,481	0,487	0,519	0,529	0,001	0,0006	6	0,87	1,98	3,11	DA
123	660	4	0,08	0,448	0,454	0,472	0,491	0,555	0,571	0,005	0,0027	6	0,87	1,97	3,11	DA
127	710	2	0,06	0,463	0,478	0,489	0,519	0,538	0,561	0,003	0,0014	6	0,87	2,14	3,11	DA
131	710	2,5	0,04	0,419	0,441	0,475	0,497	0,554	0,570	0,006	0,0036	6	0,87	1,59	3,11	DA
132	710	2,5	0,06	0,454	0,475	0,490	0,520	0,536	0,544	0,003	0,0013	6	0,87	2,28	3,11	DA
136	710	3	0,04	0,406	0,442	0,455	0,539	0,683	0,709	0,048	0,0168	6	0,87	2,86	3,11	DA
137	710	3	0,06	0,429	0,453	0,506	0,598	0,666	0,672	0,024	0,0113	6	0,87	2,14	3,11	DA

Nr. Exp.	Regim de aşchiere			Măsurători Ra longitudinal ordonate crescător						δ^2	σ^2	n	vci	m	vcs	Caracter aleator
	v	a _p	f _z	1	2	3	4	5	6							
139	710	3	0,11	0,400	0,456	0,545	0,616	0,669	0,750	0,023	0,0174	6	0,87	1,31	3,11	DA
141	710	3,5	0,04	0,374	0,448	0,530	0,537	0,793	0,839	0,040	0,0353	6	0,87	1,13	3,11	DA
148	710	4	0,08	0,437	0,513	0,522	0,538	0,691	0,723	0,036	0,0125	6	0,87	2,86	3,11	DA
150	710	4	0,14	0,539	0,586	0,625	0,684	0,727	0,791	0,022	0,0087	6	0,87	2,50	3,11	DA

Verificarea caracterului aleatoriu al datelor pentru șirul de 5 măsurători aferente R_a long

Nr. Exp.	Regim de aşchiere			Măsurători R_a longitudinal ordonate crescător					δ^2	σ^2	n	vci	m	vcs	Caracter aleator
	v	a _p	f _z	1	2	3	4	5							
4	495	2	0,11	0,217	0,220	0,236	0,244	0,246	0,0003	0,0002	5	0,82	1,79	3,17	DA
7	495	2,5	0,06	0,171	0,173	0,206	0,221	0,225	0,0007	0,0007	5	0,82	1,08	3,17	DA
8	495	2,5	0,08	0,165	0,173	0,190	0,190	0,201	0,0005	0,0002	5	0,82	2,16	3,17	DA
9	495	2,5	0,11	0,207	0,215	0,224	0,264	0,267	0,0018	0,0008	5	0,82	2,24	3,17	DA
14	495	3	0,11	0,184	0,193	0,207	0,229	0,229	0,0012	0,0004	5	0,82	2,81	3,17	DA
16	495	3,5	0,04	0,185	0,186	0,188	0,189	0,190	0,0000	0,0000	5	0,82	2,91	3,17	DA
32	530	2,5	0,06	0,219	0,220	0,239	0,279	0,295	0,0019	0,0012	5	0,82	1,54	3,17	DA
36	530	3	0,04	0,206	0,206	0,240	0,244	0,247	0,0011	0,0004	5	0,82	2,48	3,17	DA
40	530	3	0,14	0,243	0,246	0,258	0,259	0,268	0,0002	0,0001	5	0,82	2,01	3,17	DA
43	530	3,5	0,08	0,173	0,178	0,189	0,209	0,221	0,0006	0,0004	5	0,82	1,54	3,17	DA
47	530	4	0,06	0,189	0,203	0,219	0,241	0,250	0,0018	0,0006	5	0,82	2,80	3,17	DA
55	570	2	0,14	0,354	0,354	0,371	0,378	0,386	0,0005	0,0002	5	0,82	2,22	3,17	DA
58	570	2,5	0,08	0,449	0,457	0,458	0,529	0,548	0,0061	0,0022	5	0,82	2,83	3,17	DA
60	570	2,5	0,14	0,378	0,383	0,392	0,405	0,409	0,0005	0,0002	5	0,82	2,88	3,17	DA
64	570	3	0,11	0,376	0,399	0,406	0,438	0,441	0,0010	0,0008	5	0,82	1,38	3,17	DA
65	570	3	0,14	0,350	0,354	0,357	0,362	0,363	0,0001	0,0000	5	0,82	1,84	3,17	DA
73	570	4	0,08	0,512	0,529	0,630	0,672	0,686	0,0060	0,0065	5	0,82	0,92	3,17	DA
89	610	3	0,11	0,395	0,422	0,501	0,511	0,520	0,0042	0,0033	5	0,82	1,29	3,17	DA
93	610	3,5	0,08	0,473	0,491	0,501	0,609	0,640	0,0121	0,0058	5	0,82	2,10	3,17	DA
96	610	4	0,04	0,687	0,688	0,720	0,755	0,761	0,0016	0,0012	5	0,82	1,31	3,17	DA
99	610	4	0,11	0,408	0,451	0,512	0,535	0,586	0,0113	0,0049	5	0,82	2,30	3,17	DA
101	660	2	0,04	0,457	0,458	0,502	0,540	0,557	0,0048	0,0021	5	0,82	2,26	3,17	DA
103	660	2	0,08	0,652	0,658	0,659	0,667	0,671	0,0001	0,0001	5	0,82	2,05	3,17	DA
115	660	3	0,14	0,582	0,594	0,607	0,622	0,623	0,0004	0,0003	5	0,82	1,23	3,17	DA

Nr. Exp.	Regim de aşchiere			Măsurători Ra longitudinal ordonate crescător					δ^2	σ^2	n	vci	m	vcs	Caracter aleator
	v	a _p	f _z	1	2	3	4	5							
124	660	4	0,11	0,545	0,547	0,573	0,601	0,604	0,0012	0,0008	5	0,82	1,46	3,17	DA
125	660	4	0,14	0,504	0,512	0,515	0,553	0,555	0,0007	0,0006	5	0,82	1,14	3,17	DA
128	710	2	0,08	0,562	0,566	0,585	0,587	0,595	0,0002	0,0002	5	0,82	1,18	3,17	DA
133	710	2,5	0,08	0,528	0,549	0,595	0,622	0,637	0,0029	0,0022	5	0,82	1,35	3,17	DA
138	710	3	0,08	0,505	0,537	0,640	0,643	0,698	0,0166	0,0065	5	0,82	2,55	3,17	DA
143	710	3,5	0,08	0,537	0,545	0,622	0,630	0,653	0,0040	0,0028	5	0,82	1,43	3,17	DA
147	710	4	0,06	0,484	0,489	0,549	0,555	0,564	0,0017	0,0015	5	0,82	1,13	3,17	DA

Tabelul 12

Verificarea caracterului aleatoriu al datelor pentru șirul de 4 măsurători aferente R_a long

Nr. Exp.	Regim de aşchiere			Măsurători R_a longitudinal ordonate crescător				δ^2	σ^2	n	vci	m	vcs	Caracter aleator
	v	a _p	f _z	1	2	3	4							
3	495	2	0,08	0,180	0,195	0,219	0,229	0,0014	0,0005	4	0,77	2,77	3,22	DA
10	495	2,5	0,14	0,236	0,243	0,253	0,260	0,0001	0,0001	4	0,77	1,14	3,22	DA
13	495	3	0,08	0,180	0,189	0,207	0,210	0,0006	0,0002	4	0,77	2,68	3,22	DA
19	495	3,5	0,11	0,247	0,250	0,260	0,265	0,0001	0,0001	4	0,77	1,97	3,22	DA
20	495	3,5	0,14	0,240	0,252	0,268	0,280	0,0006	0,0003	4	0,77	2,03	3,22	DA
21	495	4	0,04	0,191	0,195	0,209	0,211	0,0003	0,0001	4	0,77	2,60	3,22	DA
22	495	4	0,06	0,187	0,188	0,205	0,206	0,0003	0,0001	4	0,77	3,10	3,22	DA
23	495	4	0,08	0,176	0,177	0,194	0,195	0,0001	0,0001	4	0,77	1,00	3,22	DA
24	495	4	0,11	0,217	0,218	0,220	0,221	0,0000	0,0000	4	0,77	2,10	3,22	DA
33	530	2,5	0,08	0,217	0,221	0,226	0,230	0,0001	0,0000	4	0,77	2,16	3,22	DA
35	530	2,5	0,14	0,268	0,271	0,277	0,280	0,0001	0,0000	4	0,77	2,20	3,22	DA
39	530	3	0,11	0,243	0,248	0,257	0,261	0,0002	0,0001	4	0,77	2,96	3,22	DA
41	530	3,5	0,04	0,215	0,218	0,225	0,229	0,0001	0,0000	4	0,77	1,93	3,22	DA
44	530	3,5	0,11	0,229	0,234	0,249	0,250	0,0001	0,0001	4	0,77	0,84	3,22	DA
46	530	4	0,04	0,219	0,224	0,236	0,238	0,0002	0,0001	4	0,77	2,00	3,22	DA
48	530	4	0,08	0,196	0,199	0,206	0,208	0,0000	0,0000	4	0,77	1,17	3,22	DA
51	570	2	0,04	0,434	0,439	0,445	0,450	0,0001	0,0000	4	0,77	1,90	3,22	DA
54	570	2	0,11	0,417	0,424	0,434	0,441	0,0003	0,0001	4	0,77	2,86	3,22	DA
56	570	2,5	0,04	0,451	0,464	0,481	0,494	0,0007	0,0004	4	0,77	1,84	3,22	DA
57	570	2,5	0,06	0,505	0,507	0,510	0,512	0,0000	0,0000	4	0,77	1,86	3,22	DA
62	570	3	0,06	0,459	0,471	0,485	0,497	0,0005	0,0003	4	0,77	1,82	3,22	DA
63	570	3	0,08	0,439	0,470	0,515	0,547	0,0065	0,0023	4	0,77	2,87	3,22	DA
67	570	3,5	0,06	0,474	0,483	0,502	0,514	0,0010	0,0003	4	0,77	2,97	3,22	DA
69	570	3,5	0,11	0,335	0,357	0,442	0,449	0,0040	0,0034	4	0,77	1,18	3,22	DA

Nr. Exp.	Regim de aşchiere			Măsurători Ra longitudinal ordonate crescător				δ^2	σ^2	n	vci	m	vcs	Caracter aleator
	v	a _p	f _z	1	2	3	4							
70	570	3,5	0,14	0,383	0,397	0,419	0,429	0,0009	0,0004	4	0,77	2,15	3,22	DA
72	570	4	0,06	0,471	0,503	0,579	0,580	0,0042	0,0030	4	0,77	1,40	3,22	DA
76	610	2	0,04	0,527	0,530	0,536	0,538	0,0001	0,0000	4	0,77	3,02	3,22	DA
77	610	2	0,06	0,463	0,467	0,475	0,478	0,0001	0,0000	4	0,77	1,73	3,22	DA
86	610	3	0,04	0,481	0,488	0,509	0,521	0,0003	0,0003	4	0,77	0,95	3,22	DA
87	610	3	0,06	0,498	0,515	0,536	0,553	0,0011	0,0006	4	0,77	1,83	3,22	DA
88	610	3	0,08	0,595	0,596	0,600	0,601	0,0000	0,0000	4	0,77	2,04	3,22	DA
90	610	3	0,14	0,454	0,456	0,459	0,461	0,0000	0,0000	4	0,77	1,14	3,22	DA
91	610	3,5	0,04	0,634	0,660	0,696	0,724	0,0044	0,0016	4	0,77	2,82	3,22	DA
94	610	3,5	0,11	0,572	0,574	0,586	0,591	0,0001	0,0001	4	0,77	1,25	3,22	DA
107	660	2,5	0,06	0,633	0,639	0,651	0,653	0,0002	0,0001	4	0,77	2,10	3,22	DA
108	660	2,5	0,08	0,646	0,649	0,656	0,660	0,0001	0,0000	4	0,77	2,98	3,22	DA
118	660	3,5	0,08	0,603	0,614	0,630	0,640	0,0003	0,0003	4	0,77	1,17	3,22	DA
120	660	3,5	0,14	0,579	0,587	0,604	0,604	0,0003	0,0002	4	0,77	1,93	3,22	DA
122	660	4	0,06	0,511	0,519	0,541	0,542	0,0005	0,0002	4	0,77	2,05	3,22	DA
130	710	2	0,14	0,561	0,565	0,576	0,582	0,0002	0,0001	4	0,77	2,25	3,22	DA
140	710	3	0,14	0,672	0,678	0,722	0,735	0,0031	0,0010	4	0,77	3,09	3,22	DA
142	710	3,5	0,06	0,571	0,578	0,590	0,594	0,0002	0,0001	4	0,77	2,13	3,22	DA

Tabelul 13

Verificarea caracterului aleatoriu al datelor pentru șirul de 7 măsurători aferente R_a transv

Nr. Exp.	Regim de aşchiere			Măsurători R_a transversal ordonate crescător							δ^2	σ^2	n	vci	m	vcs	Caracter aleator
	v	a _p	f _z	1	2	3	4	5	6	7							
3	495	2	0,08	0,081	0,114	0,141	0,143	0,152	0,271	0,285	0,007	0,0061	7	0,91	1,16	3,06	DA
9	495	2,5	0,11	0,097	0,116	0,119	0,140	0,145	0,188	0,203	0,004	0,0015	7	0,91	2,58	3,06	DA
13	495	3	0,08	0,086	0,087	0,103	0,115	0,171	0,277	0,287	0,019	0,0077	7	0,91	2,53	3,06	DA
15	495	3	0,14	0,139	0,153	0,173	0,175	0,212	0,220	0,230	0,002	0,0012	7	0,91	1,76	3,06	DA
24	495	4	0,11	0,101	0,140	0,142	0,159	0,293	0,361	0,423	0,036	0,0160	7	0,91	2,24	3,06	DA
30	530	2	0,14	0,105	0,127	0,132	0,153	0,265	0,364	0,401	0,018	0,0149	7	0,91	1,20	3,06	DA
31	530	2,5	0,04	0,122	0,124	0,126	0,141	0,186	0,190	0,212	0,002	0,0014	7	0,91	1,30	3,06	DA
35	530	2,5	0,14	0,107	0,118	0,154	0,178	0,181	0,295	0,320	0,016	0,0069	7	0,91	2,31	3,06	DA
39	530	3	0,11	0,091	0,095	0,108	0,110	0,158	0,223	0,244	0,011	0,0040	7	0,91	2,66	3,06	DA
43	530	3,5	0,08	0,083	0,105	0,133	0,169	0,222	0,226	0,289	0,014	0,0055	7	0,91	2,53	3,06	DA
52	570	2	0,06	0,252	0,258	0,267	0,307	0,392	0,434	0,450	0,007	0,0074	7	0,91	0,93	3,06	DA
53	570	2	0,08	0,259	0,259	0,260	0,340	0,368	0,371	0,420	0,008	0,0044	7	0,91	1,78	3,06	DA
54	570	2	0,11	0,233	0,235	0,271	0,324	0,345	0,394	0,427	0,011	0,0058	7	0,91	1,96	3,06	DA
56	570	2,5	0,04	0,235	0,242	0,248	0,322	0,330	0,515	0,535	0,037	0,0163	7	0,91	2,27	3,06	DA
59	570	2,5	0,11	0,200	0,240	0,262	0,263	0,297	0,320	0,362	0,006	0,0029	7	0,91	1,93	3,06	DA
62	570	3	0,06	0,169	0,401	0,408	1,213	1,599	2,062	2,718	1,127	0,9219	7	0,91	1,22	3,06	DA
66	570	3,5	0,04	0,611	0,719	0,923	1,080	2,734	3,095	3,288	2,903	1,4384	7	0,91	2,02	3,06	DA
68	570	3,5	0,08	0,319	0,341	0,474	2,180	2,328	3,149	3,732	2,492	2,0092	7	0,91	1,24	3,06	DA
69	570	3,5	0,11	0,321	0,367	0,423	0,791	2,539	2,563	3,305	1,882	1,6331	7	0,91	1,15	3,06	DA
70	570	3,5	0,14	0,397	0,488	0,543	1,487	1,519	1,812	1,917	0,549	0,4414	7	0,91	1,24	3,06	DA
72	570	4	0,06	0,869	1,105	1,628	2,825	3,704	3,801	4,183	3,836	1,8988	7	0,91	2,02	3,06	DA
73	570	4	0,08	0,369	0,764	1,258	1,288	1,457	3,555	3,831	2,927	1,8331	7	0,91	1,60	3,06	DA
75	570	4	0,14	0,569	0,695	2,028	2,323	2,582	2,748	3,770	2,400	1,3023	7	0,91	1,84	3,06	DA
76	610	2	0,04	0,269	0,269	0,280	0,348	0,700	0,800	0,950	0,200	0,0848	7	0,91	2,36	3,06	DA

Nr. Exp.	Regim de aşchiere			Măsurători Ra transversal ordonate crescător							δ^2	σ^2	n	vci	m	vcs	Caracter aleator
	v	a _p	f _z	1	2	3	4	5	6	7							
79	610	2	0,11	0,188	0,225	0,231	0,347	0,356	0,424	0,439	0,022	0,0102	7	0,91	2,14	3,06	DA
80	610	2	0,14	0,165	0,182	0,235	0,243	0,328	0,396	0,421	0,020	0,0103	7	0,91	1,94	3,06	DA
81	610	2,5	0,04	0,180	0,231	0,822	0,949	0,985	1,483	1,577	0,728	0,2965	7	0,91	2,46	3,06	DA
83	610	2,5	0,08	0,169	0,362	0,421	0,568	0,588	0,805	0,846	0,057	0,0584	7	0,91	0,98	3,06	DA
85	610	2,5	0,14	0,210	0,247	0,295	0,334	0,479	0,694	0,788	0,051	0,0516	7	0,91	0,99	3,06	DA
86	610	3	0,04	0,273	0,372	0,561	0,743	1,261	1,665	1,829	0,429	0,3945	7	0,91	1,09	3,06	DA
88	610	3	0,08	0,413	0,465	0,644	0,773	1,013	1,373	1,598	0,516	0,2053	7	0,91	2,52	3,06	DA
91	610	3,5	0,04	0,411	0,420	0,581	0,636	0,694	0,845	0,946	0,039	0,0404	7	0,91	0,97	3,06	DA
94	610	3,5	0,11	0,386	0,473	0,498	0,539	0,908	1,545	1,656	0,307	0,2856	7	0,91	1,07	3,06	DA
97	610	4	0,06	0,682	0,812	0,822	0,960	1,186	1,438	1,613	0,277	0,1224	7	0,91	2,26	3,06	DA
98	610	4	0,08	0,377	0,664	1,049	1,684	1,990	2,149	2,325	1,462	0,5882	7	0,91	2,49	3,06	DA
101	660	2	0,04	0,135	0,216	0,261	0,366	0,378	0,425	0,480	0,025	0,0151	7	0,91	1,69	3,06	DA
103	660	2	0,08	0,110	0,201	0,293	0,299	0,361	0,399	0,489	0,034	0,0158	7	0,91	2,18	3,06	DA
107	660	2,5	0,06	0,193	0,199	0,233	0,233	0,322	0,329	0,350	0,006	0,0044	7	0,91	1,39	3,06	DA
108	660	2,5	0,08	0,193	0,227	0,265	0,282	0,310	0,350	0,380	0,007	0,0043	7	0,91	1,72	3,06	DA
109	660	2,5	0,11	0,143	0,150	0,254	0,397	0,401	0,454	0,484	0,057	0,0203	7	0,91	2,81	3,06	DA
111	660	3	0,04	0,160	0,192	0,247	0,305	0,316	0,321	0,331	0,012	0,0047	7	0,91	2,44	3,06	DA
112	660	3	0,06	0,166	0,205	0,271	0,333	0,351	0,414	0,501	0,026	0,0137	7	0,91	1,89	3,06	DA
113	660	3	0,08	0,197	0,207	0,297	0,334	0,359	0,434	0,498	0,022	0,0123	7	0,91	1,76	3,06	DA
114	660	3	0,11	0,142	0,203	0,234	0,397	0,407	0,416	0,441	0,024	0,0150	7	0,91	1,59	3,06	DA
115	660	3	0,14	0,203	0,294	0,301	0,312	0,423	0,473	0,479	0,011	0,0109	7	0,91	0,96	3,06	DA
119	660	3,5	0,11	0,171	0,199	0,221	0,242	0,281	0,291	0,326	0,004	0,0030	7	0,91	1,21	3,06	DA
120	660	3,5	0,14	0,228	0,262	0,311	0,312	0,352	0,379	0,421	0,009	0,0044	7	0,91	1,92	3,06	DA
123	660	4	0,08	0,178	0,228	0,304	0,315	0,325	0,377	0,439	0,016	0,0076	7	0,91	2,07	3,06	DA
125	660	4	0,14	0,197	0,207	0,248	0,258	0,290	0,322	0,342	0,005	0,0030	7	0,91	1,73	3,06	DA
127	710	2	0,06	0,120	0,131	0,213	0,304	0,348	0,386	0,487	0,048	0,0186	7	0,91	2,60	3,06	DA

Nr. Exp.	Regim de aşchiere			Măsurători Ra transversal ordonate crescător							δ^2	σ^2	n	vci	m	vcs	Caracter aleator
	v	a _p	f _z	1	2	3	4	5	6	7							
128	710	2	0,08	0,260	0,304	0,315	0,373	0,440	0,457	0,493	0,012	0,0078	7	0,91	1,60	3,06	DA
129	710	2	0,11	0,173	0,219	0,238	0,241	0,265	0,358	0,374	0,009	0,0054	7	0,91	1,58	3,06	DA
130	710	2	0,14	0,206	0,261	0,261	0,266	0,312	0,320	0,359	0,005	0,0025	7	0,91	2,10	3,06	DA
135	710	2,5	0,14	0,166	0,175	0,227	0,269	0,275	0,313	0,317	0,008	0,0038	7	0,91	2,11	3,06	DA
136	710	3	0,04	0,220	0,277	0,345	0,547	0,661	1,237	1,402	0,544	0,2225	7	0,91	2,45	3,06	DA
142	710	3,5	0,06	0,303	0,556	0,694	0,864	0,899	0,941	1,264	0,251	0,0943	7	0,91	2,67	3,06	DA
146	710	4	0,04	0,270	0,324	0,527	0,568	0,747	0,962	1,113	0,136	0,0989	7	0,91	1,38	3,06	DA
147	710	4	0,06	0,230	0,448	0,595	0,726	0,920	0,956	1,098	0,220	0,0946	7	0,91	2,32	3,06	DA
148	710	4	0,08	0,331	0,454	0,601	0,611	0,817	1,148	1,186	0,328	0,1094	7	0,91	3,00	3,06	DA
150	710	4	0,14	0,249	0,333	0,387	0,632	0,827	0,883	0,964	0,078	0,0840	7	0,91	0,93	3,06	DA

Tabelul 14

Verificarea caracterului aleatoriu al datelor pentru șirul de 6 măsurători aferente R_a transv

Nr. Exp.	Regim de așchiere			Măsurători R_a transversal ordonate crescător						δ^2	σ^2	n	vci	m	vcs	Caracter aleator
	v	a_p	f_z	1	2	3	4	5	6							
2	495	2	0,06	0,101	0,118	0,147	0,160	0,170	0,180	0,002	0,0009	6	0,87	1,63	3,11	DA
7	495	2,5	0,06	0,120	0,133	0,159	0,171	0,178	0,187	0,001	0,0007	6	0,87	2,09	3,11	DA
12	495	3	0,06	0,093	0,105	0,125	0,159	0,173	0,184	0,002	0,0014	6	0,87	1,57	3,11	DA
16	495	3,5	0,04	0,111	0,117	0,119	0,121	0,143	0,148	0,000	0,0002	6	0,87	1,82	3,11	DA
20	495	3,5	0,14	0,109	0,134	0,175	0,214	0,218	0,228	0,004	0,0024	6	0,87	1,71	3,11	DA
28	530	2	0,08	0,093	0,118	0,143	0,157	0,183	0,187	0,002	0,0014	6	0,87	1,37	3,11	DA
34	530	2,5	0,11	0,101	0,113	0,127	0,150	0,171	0,188	0,002	0,0012	6	0,87	1,72	3,11	DA
36	530	3	0,04	0,083	0,093	0,120	0,123	0,170	0,177	0,004	0,0015	6	0,87	2,54	3,11	DA
40	530	3	0,14	0,107	0,108	0,131	0,158	0,162	0,173	0,002	0,0008	6	0,87	2,64	3,11	DA
44	530	3,5	0,11	0,133	0,136	0,138	0,160	0,173	0,174	0,001	0,0004	6	0,87	1,90	3,11	DA
48	530	4	0,08	0,094	0,142	0,149	0,198	0,230	0,236	0,005	0,0031	6	0,87	1,69	3,11	DA
49	530	4	0,11	0,114	0,119	0,128	0,130	0,176	0,189	0,002	0,0010	6	0,87	1,89	3,11	DA
55	570	2	0,14	0,172	0,212	0,217	0,276	0,277	0,287	0,005	0,0022	6	0,87	2,46	3,11	DA
58	570	2,5	0,08	0,202	0,213	0,306	0,308	0,340	0,341	0,011	0,0038	6	0,87	2,96	3,11	DA
67	570	3,5	0,06	0,454	0,500	0,667	1,947	2,258	2,658	2,579	0,9718	6	0,87	2,65	3,11	DA
74	570	4	0,11	1,368	1,901	2,556	3,035	3,202	3,680	1,032	0,7446	6	0,87	1,39	3,11	DA
84	610	2,5	0,11	0,225	0,256	0,270	0,285	0,403	0,438	0,012	0,0075	6	0,87	1,67	3,11	DA
89	610	3	0,11	0,260	0,295	0,414	0,551	0,675	0,713	0,069	0,0368	6	0,87	1,87	3,11	DA
93	610	3,5	0,08	0,452	0,792	0,806	0,842	1,214	1,385	0,206	0,1114	6	0,87	1,85	3,11	DA
100	610	4	0,14	0,195	0,210	0,451	0,717	1,460	1,554	0,433	0,3679	6	0,87	1,18	3,11	DA
110	660	2,5	0,14	0,243	0,268	0,274	0,287	0,320	0,326	0,002	0,0010	6	0,87	2,18	3,11	DA
126	710	2	0,04	0,111	0,157	0,206	0,238	0,311	0,322	0,018	0,0070	6	0,87	2,56	3,11	DA
132	710	2,5	0,06	0,215	0,219	0,251	0,258	0,303	0,309	0,002	0,0016	6	0,87	1,53	3,11	DA
138	710	3	0,08	0,249	0,273	0,373	0,503	0,627	0,651	0,085	0,0304	6	0,87	2,79	3,11	DA

Nr. Exp.	Regim de aşchiere			Măsurători Ra transversal ordonate crescător						δ^2	σ^2	n	vci	m	vcs	Caracter aleator
	v	a _p	f _z	1	2	3	4	5	6							
140	710	3	0,14	0,135	0,169	0,254	0,264	0,470	0,548	0,033	0,0276	6	0,87	1,20	3,11	DA
149	710	4	0,11	0,580	0,748	0,907	0,960	1,194	1,227	0,059	0,0629	6	0,87	0,93	3,11	DA

Tabelul 15

Verificarea caracterului aleatoriu al datelor pentru șirul de 5 măsurători aferente R_a transv

Nr. Exp.	Regim de așchiere			Măsurători R_a transversal ordonate crescător					δ^2	σ^2	n	vci	m	vcs	Caracter aleator
	v	a _p	f _z	1	2	3	4	5							
5	495	2	0,14	0,102	0,108	0,118	0,125	0,133	0,0005	0,0002	5	0,82	2,90	3,17	DA
14	495	3	0,11	0,108	0,113	0,126	0,136	0,138	0,0005	0,0002	5	0,82	2,99	3,17	DA
22	495	4	0,06	0,150	0,150	0,167	0,179	0,189	0,0004	0,0003	5	0,82	1,26	3,17	DA
29	530	2	0,11	0,111	0,114	0,154	0,162	0,163	0,0021	0,0007	5	0,82	3,11	3,17	DA
32	530	2,5	0,06	0,107	0,111	0,149	0,152	0,166	0,0008	0,0007	5	0,82	1,17	3,17	DA
47	530	4	0,06	0,114	0,115	0,136	0,193	0,200	0,0044	0,0018	5	0,82	2,49	3,17	DA
51	570	2	0,04	0,249	0,265	0,270	0,292	0,301	0,0011	0,0004	5	0,82	2,55	3,17	DA
71	570	4	0,04	0,492	0,675	1,778	1,947	2,211	1,2848	0,6119	5	0,82	2,10	3,17	DA
87	610	3	0,06	0,402	0,453	0,457	0,606	0,634	0,0144	0,0106	5	0,82	1,36	3,17	DA
90	610	3	0,14	0,164	0,231	0,233	0,354	0,389	0,0142	0,0088	5	0,82	1,61	3,17	DA
92	610	3,5	0,06	1,365	1,403	1,532	1,557	1,598	0,0292	0,0103	5	0,82	2,84	3,17	DA
95	610	3,5	0,14	0,255	0,344	0,571	0,673	0,677	0,0553	0,0376	5	0,82	1,47	3,17	DA
96	610	4	0,04	0,582	0,605	0,643	0,706	0,738	0,0039	0,0044	5	0,82	0,89	3,17	DA
99	610	4	0,11	0,263	0,324	0,577	0,763	0,944	0,0910	0,0830	5	0,82	1,10	3,17	DA
102	660	2	0,06	0,181	0,192	0,248	0,300	0,325	0,0063	0,0041	5	0,82	1,54	3,17	DA
106	660	2,5	0,04	0,321	0,322	0,329	0,337	0,340	0,0002	0,0001	5	0,82	2,18	3,17	DA
118	660	3,5	0,08	0,262	0,263	0,280	0,335	0,337	0,0022	0,0014	5	0,82	1,56	3,17	DA
124	660	4	0,11	0,181	0,188	0,199	0,261	0,261	0,0026	0,0016	5	0,82	1,65	3,17	DA
133	710	2,5	0,08	0,181	0,194	0,214	0,228	0,234	0,0011	0,0005	5	0,82	2,18	3,17	DA
141	710	3,5	0,04	0,190	0,200	0,442	0,600	0,613	0,0559	0,0427	5	0,82	1,31	3,17	DA
143	710	3,5	0,08	0,321	0,335	0,346	0,656	0,723	0,0902	0,0386	5	0,82	2,34	3,17	DA

Verificarea caracterului aleatoriu al datelor pentru șirul de 4 măsurători aferente R_a transv

Nr. Exp.	Regim de așchiere			Măsurători R_a transversal ordonate crescător				δ^2	σ^2	n	vci	m	vcs	Caracter aleator
	v	ap	fz	1	2	3	4							
1	495	2	0,04	0,110	0,116	0,124	0,130	0,00015	0,0001	4	0,77	1,97	3,22	DA
4	495	2	0,11	0,121	0,125	0,142	0,150	0,0004	0,0002	4	0,77	1,90	3,22	DA
6	495	2,5	0,04	0,125	0,125	0,126	0,126	0,00000	0,0000	4	0,77	3,00	3,22	DA
8	495	2,5	0,08	0,107	0,111	0,116	0,120	0,0001	0,0000	4	0,77	2,16	3,22	DA
10	495	2,5	0,14	0,145	0,147	0,151	0,153	0,00003	0,0000	4	0,77	2,20	3,22	DA
11	495	3	0,04	0,110	0,110	0,111	0,111	0,0000	0,0000	4	0,77	2,00	3,22	DA
17	495	3,5	0,06	0,149	0,156	0,182	0,196	0,00132	0,0005	4	0,77	2,73	3,22	DA
18	495	3,5	0,08	0,086	0,096	0,107	0,117	0,0005	0,0002	4	0,77	2,82	3,22	DA
19	495	3,5	0,11	0,120	0,126	0,133	0,139	0,00015	0,0001	4	0,77	2,18	3,22	DA
21	495	4	0,04	0,100	0,113	0,135	0,143	0,0011	0,0004	4	0,77	2,76	3,22	DA
23	495	4	0,08	0,111	0,112	0,117	0,117	0,00003	0,0000	4	0,77	2,80	3,22	DA
25	495	4	0,14	0,198	0,206	0,221	0,226	0,0004	0,0002	4	0,77	2,28	3,22	DA
26	530	2	0,04	0,137	0,137	0,140	0,140	0,00001	0,0000	4	0,77	2,00	3,22	DA
27	530	2	0,06	0,165	0,167	0,171	0,172	0,0000	0,0000	4	0,77	2,35	3,22	DA
33	530	2,5	0,08	0,111	0,118	0,128	0,135	0,00021	0,0001	4	0,77	1,86	3,22	DA
37	530	3	0,06	0,107	0,107	0,110	0,110	0,0000	0,0000	4	0,77	2,00	3,22	DA
38	530	3	0,08	0,140	0,148	0,157	0,165	0,00025	0,0001	4	0,77	2,13	3,22	DA
41	530	3,5	0,04	0,095	0,102	0,117	0,118	0,0002	0,0001	4	0,77	1,92	3,22	DA
42	530	3,5	0,06	0,097	0,098	0,158	0,179	0,00463	0,0018	4	0,77	2,64	3,22	DA
45	530	3,5	0,14	0,161	0,163	0,168	0,171	0,0000	0,0000	4	0,77	1,80	3,22	DA
46	530	4	0,04	0,111	0,126	0,148	0,160	0,00092	0,0005	4	0,77	1,92	3,22	DA
50	530	4	0,14	0,140	0,143	0,175	0,190	0,0011	0,0006	4	0,77	1,91	3,22	DA
57	570	2,5	0,06	0,294	0,305	0,322	0,330	0,00049	0,0003	4	0,77	1,86	3,22	DA
60	570	2,5	0,14	0,290	0,297	0,312	0,321	0,0004	0,0002	4	0,77	2,16	3,22	DA

Nr. Exp.	Regim de aşchiere			Măsurători Ra transversal ordonate crescător				δ^2	σ^2	n	vci	m	vcs	Caracter aleator
	v	a _p	f _z	1	2	3	4							
61	570	3	0,04	0,584	0,650	0,790	0,790	0,01560	0,0107	4	0,77	1,46	3,22	DA
63	570	3	0,08	0,201	0,254	0,430	0,530	0,0639	0,0234	4	0,77	2,73	3,22	DA
64	570	3	0,11	0,247	0,258	0,360	0,399	0,01543	0,0057	4	0,77	2,73	3,22	DA
65	570	3	0,14	0,354	0,362	0,373	0,380	0,0002	0,0001	4	0,77	1,84	3,22	DA
77	610	2	0,06	0,260	0,291	0,381	0,431	0,01411	0,0063	4	0,77	2,26	3,22	DA
78	610	2	0,08	0,228	0,241	0,268	0,269	0,0009	0,0004	4	0,77	2,06	3,22	DA
82	610	2,5	0,06	0,540	0,602	0,702	0,748	0,01641	0,0089	4	0,77	1,84	3,22	DA
104	660	2	0,11	0,273	0,279	0,289	0,294	0,0002	0,0001	4	0,77	1,85	3,22	DA
105	660	2	0,14	0,373	0,378	0,389	0,389	0,00017	0,0001	4	0,77	2,56	3,22	DA
116	660	3,5	0,04	0,251	0,255	0,261	0,264	0,0001	0,0000	4	0,77	2,78	3,22	DA
117	660	3,5	0,06	0,302	0,307	0,315	0,319	0,00011	0,0001	4	0,77	1,87	3,22	DA
121	660	4	0,04	0,264	0,269	0,281	0,281	0,0002	0,0001	4	0,77	2,59	3,22	DA
122	660	4	0,06	0,276	0,281	0,291	0,294	0,00014	0,0001	4	0,77	2,03	3,22	DA
131	710	2,5	0,04	0,322	0,325	0,329	0,332	0,0000	0,0000	4	0,77	1,84	3,22	DA
134	710	2,5	0,11	0,245	0,252	0,260	0,267	0,00019	0,0001	4	0,77	2,12	3,22	DA
137	710	3	0,06	0,337	0,355	0,378	0,395	0,0014	0,0006	4	0,77	2,15	3,22	DA
139	710	3	0,11	0,290	0,290	0,353	0,370	0,00346	0,0018	4	0,77	1,97	3,22	DA
144	710	3,5	0,11	0,210	0,243	0,306	0,348	0,00807	0,0038	4	0,77	2,10	3,22	DA
145	710	3,5	0,14	0,346	0,341	0,395	0,419	0,00294	0,0014	4	0,77	2,04	3,22	DA

5.3. Verificarea normalității distribuției datelor experimentale – Testul Shapiro-Wilk

Tabelul 17

Verificarea normalității distribuției datelor pentru șirul de 7 măsurători aferente R_a long

Nr. Exp.	Regim de aşchiere			Măsurători R_a longitudinal ordonate crescător							x_I			x_{II}			W_k			a			b	AP	W	W_{crit}	Distribuție normală dacă $W > W_{crit}$
	v	a_p	f_z	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3					
1	495	2	0,04	0,186	0,203	0,209	0,229	0,253	0,272	0,296	0,186	0,203	0,209	0,296	0,272	0,253	0,110	0,069	0,044	0,623	0,303	0,140	0,096	0,010	0,958	0,803	DA
2	495	2	0,06	0,216	0,220	0,230	0,245	0,251	0,303	0,310	0,216	0,220	0,230	0,310	0,303	0,251	0,094	0,083	0,021	0,623	0,303	0,140	0,087	0,009	0,854	0,803	DA
5	495	2	0,14	0,224	0,231	0,235	0,238	0,253	0,281	0,286	0,224	0,231	0,235	0,286	0,281	0,253	0,062	0,050	0,018	0,623	0,303	0,140	0,056	0,004	0,864	0,803	DA
6	495	2,5	0,04	0,189	0,195	0,207	0,242	0,268	0,269	0,270	0,189	0,195	0,207	0,270	0,269	0,268	0,081	0,074	0,061	0,623	0,303	0,140	0,081	0,008	0,828	0,803	DA
11	495	3	0,04	0,178	0,192	0,197	0,223	0,225	0,277	0,289	0,178	0,192	0,197	0,289	0,277	0,225	0,111	0,085	0,028	0,623	0,303	0,140	0,099	0,011	0,898	0,803	DA
12	495	3	0,06	0,155	0,180	0,182	0,223	0,238	0,366	0,393	0,155	0,180	0,182	0,393	0,366	0,238	0,238	0,186	0,056	0,623	0,303	0,140	0,213	0,053	0,848	0,803	DA
15	495	3	0,14	0,101	0,202	0,242	0,242	0,272	0,464	0,485	0,101	0,202	0,242	0,485	0,464	0,272	0,384	0,262	0,030	0,623	0,303	0,140	0,323	0,117	0,894	0,803	DA
17	495	3,5	0,06	0,183	0,194	0,209	0,236	0,245	0,373	0,383	0,183	0,194	0,209	0,383	0,373	0,245	0,200	0,179	0,036	0,623	0,303	0,140	0,184	0,042	0,814	0,803	DA
18	495	3,5	0,08	0,143	0,168	0,191	0,204	0,205	0,351	0,368	0,143	0,168	0,191	0,368	0,351	0,205	0,225	0,183	0,014	0,623	0,303	0,140	0,198	0,048	0,816	0,803	DA
25	495	4	0,14	0,179	0,210	0,221	0,223	0,280	0,378	0,397	0,179	0,210	0,221	0,397	0,378	0,280	0,218	0,168	0,059	0,623	0,303	0,140	0,195	0,044	0,857	0,803	DA
26	530	2	0,04	0,186	0,198	0,239	0,241	0,270	0,279	0,282	0,186	0,198	0,239	0,282	0,279	0,270	0,096	0,081	0,031	0,623	0,303	0,140	0,089	0,009	0,891	0,803	DA
28	530	2	0,08	0,162	0,183	0,203	0,240	0,271	0,342	0,378	0,162	0,183	0,203	0,378	0,342	0,271	0,216	0,159	0,068	0,623	0,303	0,140	0,192	0,040	0,932	0,803	DA
30	530	2	0,14	0,151	0,268	0,280	0,316	0,343	0,578	0,586	0,151	0,268	0,280	0,586	0,578	0,343	0,435	0,310	0,063	0,623	0,303	0,140	0,374	0,159	0,877	0,803	DA
31	530	2,5	0,04	0,183	0,194	0,200	0,242	0,244	0,255	0,264	0,183	0,194	0,200	0,264	0,255	0,244	0,081	0,061	0,044	0,623	0,303	0,140	0,075	0,006	0,880	0,803	DA
34	530	2,5	0,11	0,242	0,277	0,297	0,309	0,322	0,398	0,403	0,242	0,277	0,297	0,403	0,398	0,322	0,161	0,121	0,025	0,623	0,303	0,140	0,141	0,022	0,916	0,803	DA
38	530	3	0,08	0,173	0,191	0,210	0,212	0,348	0,417	0,417	0,173	0,191	0,210	0,417	0,417	0,348	0,244	0,226	0,138	0,623	0,303	0,140	0,240	0,071	0,810	0,803	DA
42	530	3,5	0,06	0,241	0,242	0,247	0,280	0,323	0,328	0,334	0,241	0,242	0,247	0,334	0,328	0,323	0,093	0,086	0,076	0,623	0,303	0,140	0,095	0,011	0,819	0,803	DA
50	530	4	0,14	0,137	0,209	0,228	0,258	0,271	0,362	0,385	0,137	0,209	0,228	0,385	0,362	0,271	0,248	0,153	0,043	0,623	0,303	0,140	0,207	0,045	0,957	0,803	DA
52	570	2	0,06	0,345	0,388	0,406	0,495	0,514	0,515	0,589	0,345	0,388	0,406	0,589	0,515	0,514	0,244	0,127	0,108	0,623	0,303	0,140	0,206	0,045	0,941	0,803	DA
59	570	2,5	0,11	0,382	0,387	0,406	0,446	0,446	0,456	0,466	0,382	0,387	0,406	0,466	0,456	0,446	0,084	0,069	0,040	0,623	0,303	0,140	0,079	0,007	0,870	0,803	DA
66	570	3,5	0,04	0,500	0,537	0,953	1,550	1,719	1,821	2,526	0,500	0,537	0,953	2,526	1,821	1,719	2,026	1,284	0,766	0,623	0,303	0,140	1,759	3,319	0,933	0,803	DA
71	570	4	0,04	0,457	0,590	0,634	0,666	1,475	1,855	2,161	0,457	0,590	0,634	2,161	1,855	1,475	1,704	1,265	0,841	0,623	0,303	0,140	1,563	2,913	0,839	0,803	DA

Nr. Exp.	Regim de aşchiere			Măsurători Ra longitudinal ordonate crescător							x _I			x _{II}			W _k			a			b	AP	W	W _{crit}	Distribuție normală dacă W>W _{crit}
	v	a _p	f _z	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3					
78	610	2	0,08	0,352	0,462	0,502	0,547	0,601	1,035	1,106	0,352	0,462	0,502	1,106	1,035	0,601	0,754	0,573	0,099	0,623	0,303	0,140	0,658	0,515	0,840	0,803	DA
80	610	2	0,14	0,467	0,478	0,490	0,506	0,513	0,543	0,546	0,467	0,478	0,490	0,546	0,543	0,513	0,079	0,065	0,023	0,623	0,303	0,140	0,072	0,006	0,933	0,803	DA
81	610	2,5	0,04	0,400	0,496	0,540	0,547	0,733	1,037	1,087	0,400	0,496	0,540	1,087	1,037	0,733	0,687	0,541	0,193	0,623	0,303	0,140	0,619	0,445	0,863	0,803	DA
82	610	2,5	0,06	0,400	0,511	0,525	0,535	1,027	1,111	1,183	0,400	0,511	0,525	1,183	1,111	1,027	0,783	0,600	0,502	0,623	0,303	0,140	0,740	0,671	0,817	0,803	DA
83	610	2,5	0,08	0,437	0,471	0,473	0,514	0,696	0,713	0,797	0,437	0,471	0,473	0,797	0,713	0,696	0,360	0,242	0,223	0,623	0,303	0,140	0,329	0,126	0,858	0,803	DA
85	610	2,5	0,14	0,407	0,448	0,481	0,501	0,578	0,593	0,663	0,407	0,448	0,481	0,663	0,593	0,578	0,256	0,145	0,097	0,623	0,303	0,140	0,217	0,049	0,965	0,803	DA
95	610	3,5	0,14	0,364	0,424	0,441	0,544	0,581	0,607	0,614	0,364	0,424	0,441	0,614	0,607	0,581	0,250	0,183	0,140	0,623	0,303	0,140	0,231	0,060	0,890	0,803	DA
98	610	4	0,08	0,410	0,537	0,540	0,584	0,947	1,363	1,451	0,410	0,537	0,540	1,451	1,363	0,947	1,041	0,826	0,407	0,623	0,303	0,140	0,956	1,090	0,839	0,803	DA
100	610	4	0,14	0,400	0,416	0,490	0,503	0,516	0,525	0,579	0,400	0,416	0,490	0,579	0,525	0,516	0,179	0,109	0,026	0,623	0,303	0,140	0,148	0,024	0,933	0,803	DA
102	660	2	0,06	0,515	0,554	0,573	0,576	0,629	0,669	0,686	0,515	0,554	0,573	0,686	0,669	0,629	0,171	0,115	0,056	0,623	0,303	0,140	0,149	0,024	0,943	0,803	DA
104	660	2	0,11	0,469	0,490	0,521	0,537	0,539	0,564	0,574	0,469	0,490	0,521	0,574	0,564	0,539	0,105	0,074	0,018	0,623	0,303	0,140	0,090	0,009	0,952	0,803	DA
105	660	2	0,14	0,654	0,657	0,712	0,715	0,740	0,789	0,795	0,654	0,657	0,712	0,795	0,789	0,740	0,141	0,132	0,028	0,623	0,303	0,140	0,132	0,019	0,908	0,803	DA
110	660	2,5	0,14	0,423	0,429	0,608	0,661	0,674	0,682	0,740	0,423	0,429	0,608	0,740	0,682	0,674	0,317	0,253	0,066	0,623	0,303	0,140	0,284	0,096	0,836	0,803	DA
111	660	3	0,04	0,471	0,494	0,495	0,544	0,579	0,587	0,588	0,471	0,494	0,495	0,588	0,587	0,579	0,117	0,093	0,084	0,623	0,303	0,140	0,113	0,015	0,856	0,803	DA
112	660	3	0,06	0,544	0,562	0,611	0,612	0,612	0,619	0,656	0,544	0,562	0,611	0,656	0,619	0,612	0,112	0,057	0,001	0,623	0,303	0,140	0,087	0,008	0,900	0,803	DA
113	660	3	0,08	0,516	0,541	0,584	0,607	0,619	0,680	0,683	0,516	0,541	0,584	0,683	0,680	0,619	0,167	0,139	0,035	0,623	0,303	0,140	0,151	0,024	0,937	0,803	DA
117	660	3,5	0,06	0,495	0,506	0,561	0,591	0,605	0,611	0,652	0,495	0,506	0,561	0,652	0,611	0,605	0,157	0,105	0,044	0,623	0,303	0,140	0,136	0,020	0,935	0,803	DA
119	660	3,5	0,11	0,456	0,473	0,480	0,499	0,520	0,538	0,544	0,456	0,473	0,480	0,544	0,538	0,520	0,088	0,065	0,040	0,623	0,303	0,140	0,080	0,007	0,940	0,803	DA
121	660	4	0,04	0,481	0,511	0,551	0,571	0,584	0,602	0,654	0,481	0,511	0,551	0,654	0,602	0,584	0,173	0,091	0,033	0,623	0,303	0,140	0,140	0,020	0,988	0,803	DA
126	710	2	0,04	0,460	0,468	0,495	0,521	0,538	0,604	0,624	0,460	0,468	0,495	0,624	0,604	0,538	0,164	0,136	0,043	0,623	0,303	0,140	0,149	0,024	0,915	0,803	DA
129	710	2	0,11	0,493	0,501	0,519	0,555	0,596	0,609	0,634	0,493	0,501	0,519	0,634	0,609	0,596	0,141	0,108	0,077	0,623	0,303	0,140	0,131	0,019	0,917	0,803	DA
134	710	2,5	0,11	0,475	0,492	0,517	0,543	0,559	0,581	0,599	0,475	0,492	0,517	0,599	0,581	0,559	0,124	0,089	0,042	0,623	0,303	0,140	0,110	0,013	0,966	0,803	DA
135	710	2,5	0,14	0,503	0,517	0,563	0,570	0,595	0,658	0,698	0,503	0,517	0,563	0,698	0,658	0,595	0,195	0,141	0,032	0,623	0,303	0,140	0,169	0,030	0,942	0,803	DA
144	710	3,5	0,11	0,465	0,508	0,619	0,633	0,693	0,724	0,802	0,465	0,508	0,619	0,802	0,724	0,693	0,337	0,216	0,074	0,623	0,303	0,140	0,286	0,084	0,968	0,803	DA
145	710	3,5	0,14	0,515	0,555	0,638	0,651	0,673	0,695	0,787	0,515	0,555	0,638	0,787	0,695	0,673	0,272	0,140	0,035	0,623	0,303	0,140	0,217	0,049	0,969	0,803	DA
146	710	4	0,04	0,413	0,529	0,532	0,562	0,603	0,712	0,787	0,413	0,529	0,532	0,787	0,712	0,603	0,374	0,183	0,071	0,623	0,303	0,140	0,299	0,093	0,958	0,803	DA

Nr. Exp.	Regim de aşchiere			Măsurători Ra longitudinal ordonate crescător							x _I			x _{II}			W _k			a			b	AP	W	W _{ert}	Distribuție normală dacă W>W _{ert}
	v	a _p	f _z	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3					
149	710	4	0,11	0,495	0,533	0,536	0,623	0,634	0,645	0,698	0,495	0,533	0,536	0,698	0,645	0,634	0,203	0,112	0,098	0,623	0,303	0,140	0,174	0,033	0,927	0,803	DA

Tabelul 18

Verificarea normalității distribuției datelor pentru șirul de 6 măsurători aferente R_a long

Nr. Exp.	Regim de aşchiere			Măsurători R_a longitudinal ordonate crescător						x_I			x_{II}			W_k			a			b	AP	W	W_{crit}	Distribuție normală dacă $W > W_{crit}$
	v	a_p	f_z	1	2	3	4	5	6	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3					
27	530	2	0,06	0,205	0,219	0,233	0,260	0,267	0,293	0,205	0,219	0,233	0,293	0,267	0,260	0,088	0,048	0,027	0,643	0,281	0,088	0,072	0,0054	0,9669	0,7880	DA
29	530	2	0,11	0,224	0,224	0,268	0,292	0,307	0,311	0,224	0,224	0,268	0,311	0,307	0,292	0,087	0,083	0,024	0,643	0,281	0,088	0,081	0,0078	0,8522	0,7880	DA
37	530	3	0,06	0,166	0,208	0,232	0,240	0,294	0,332	0,166	0,208	0,232	0,332	0,294	0,240	0,166	0,086	0,008	0,643	0,281	0,088	0,132	0,0178	0,9742	0,7880	DA
45	530	3,5	0,14	0,184	0,228	0,231	0,244	0,297	0,326	0,184	0,228	0,231	0,326	0,297	0,244	0,142	0,069	0,013	0,643	0,281	0,088	0,112	0,0132	0,9469	0,7880	DA
49	530	4	0,11	0,215	0,220	0,247	0,272	0,288	0,312	0,215	0,220	0,247	0,312	0,288	0,272	0,097	0,068	0,025	0,643	0,281	0,088	0,084	0,0074	0,9430	0,7880	DA
53	570	2	0,08	0,415	0,423	0,423	0,506	0,506	0,547	0,415	0,423	0,423	0,547	0,506	0,506	0,132	0,083	0,083	0,643	0,281	0,088	0,115	0,0160	0,8348	0,7880	DA
61	570	3	0,04	0,410	0,542	0,575	0,724	1,448	1,479	0,410	0,542	0,575	1,479	1,448	0,724	1,069	0,906	0,149	0,643	0,281	0,088	0,955	1,1322	0,8051	0,7880	DA
68	570	3,5	0,08	0,381	0,481	0,487	0,553	0,978	0,982	0,381	0,481	0,487	0,982	0,978	0,553	0,601	0,497	0,066	0,643	0,281	0,088	0,532	0,3545	0,7977	0,7880	DA
74	570	4	0,11	0,387	0,461	0,465	0,644	0,696	0,754	0,387	0,461	0,465	0,754	0,696	0,644	0,367	0,235	0,179	0,643	0,281	0,088	0,318	0,1116	0,9042	0,7880	DA
75	570	4	0,14	0,398	0,459	0,515	0,528	0,905	0,924	0,398	0,459	0,515	0,924	0,905	0,528	0,526	0,446	0,013	0,643	0,281	0,088	0,465	0,2683	0,8043	0,7880	DA
79	610	2	0,11	0,502	0,507	0,534	0,549	0,554	0,555	0,502	0,507	0,534	0,555	0,554	0,549	0,053	0,047	0,015	0,643	0,281	0,088	0,049	0,0028	0,8378	0,7880	DA
84	610	2,5	0,11	0,480	0,493	0,522	0,523	0,531	0,545	0,480	0,493	0,522	0,545	0,531	0,523	0,065	0,038	0,001	0,643	0,281	0,088	0,053	0,0030	0,9282	0,7880	DA
92	610	3,5	0,06	0,488	0,558	0,586	0,683	0,733	0,736	0,488	0,558	0,586	0,736	0,733	0,683	0,248	0,175	0,097	0,643	0,281	0,088	0,217	0,0519	0,9074	0,7880	DA
97	610	4	0,06	0,756	0,819	0,914	0,970	1,196	1,224	0,756	0,819	0,914	1,224	1,196	0,970	0,468	0,377	0,056	0,643	0,281	0,088	0,412	0,1867	0,9074	0,7880	DA
106	660	2,5	0,04	0,508	0,522	0,522	0,582	0,586	0,605	0,508	0,522	0,522	0,605	0,586	0,582	0,097	0,064	0,060	0,643	0,281	0,088	0,086	0,0086	0,8545	0,7880	DA
109	660	2,5	0,11	0,420	0,488	0,499	0,500	0,574	0,613	0,420	0,488	0,499	0,613	0,574	0,500	0,193	0,086	0,001	0,643	0,281	0,088	0,148	0,0233	0,9437	0,7880	DA
114	660	3	0,11	0,487	0,504	0,510	0,524	0,562	0,577	0,487	0,504	0,510	0,577	0,562	0,524	0,090	0,058	0,014	0,643	0,281	0,088	0,075	0,0062	0,9237	0,7880	DA
116	660	3,5	0,04	0,467	0,473	0,481	0,487	0,519	0,529	0,467	0,473	0,481	0,529	0,519	0,487	0,062	0,046	0,006	0,643	0,281	0,088	0,053	0,0032	0,8804	0,7880	DA
123	660	4	0,08	0,448	0,454	0,472	0,491	0,555	0,571	0,448	0,454	0,472	0,571	0,555	0,491	0,123	0,101	0,019	0,643	0,281	0,088	0,109	0,0137	0,8665	0,7880	DA
127	710	2	0,06	0,463	0,478	0,489	0,519	0,538	0,561	0,463	0,478	0,489	0,561	0,538	0,519	0,098	0,060	0,030	0,643	0,281	0,088	0,082	0,0071	0,9561	0,7880	DA
131	710	2,5	0,04	0,419	0,441	0,475	0,497	0,554	0,570	0,419	0,441	0,475	0,570	0,554	0,497	0,151	0,113	0,022	0,643	0,281	0,088	0,131	0,0182	0,9408	0,7880	DA
132	710	2,5	0,06	0,454	0,475	0,490	0,520	0,536	0,544	0,454	0,475	0,490	0,544	0,536	0,520	0,090	0,061	0,030	0,643	0,281	0,088	0,078	0,0064	0,9395	0,7880	DA
136	710	3	0,04	0,406	0,442	0,455	0,539	0,683	0,709	0,406	0,442	0,455	0,709	0,683	0,539	0,303	0,241	0,084	0,643	0,281	0,088	0,270	0,0838	0,8690	0,7880	DA
137	710	3	0,06	0,429	0,453	0,506	0,598	0,666	0,672	0,429	0,453	0,506	0,672	0,666	0,598	0,243	0,213	0,092	0,643	0,281	0,088	0,224	0,0565	0,8883	0,7880	DA

Nr. Exp.	Regim de aşchiere			Măsurători Ra longitudinal ordonate crescător						x _I			x _{II}			W _k			a			b	AP	W	W _{crit}	Distribuție normală dacă W>W _{crit}
	v	a _p	f _z	1	2	3	4	5	6	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3					
139	710	3	0,11	0,400	0,456	0,545	0,616	0,669	0,750	0,400	0,456	0,545	0,750	0,669	0,616	0,350	0,213	0,071	0,643	0,281	0,088	0,291	0,0868	0,9761	0,7880	DA
141	710	3,5	0,04	0,374	0,448	0,530	0,537	0,793	0,839	0,374	0,448	0,530	0,839	0,793	0,537	0,465	0,345	0,007	0,643	0,281	0,088	0,396	0,1764	0,8912	0,7880	DA
148	710	4	0,08	0,437	0,513	0,522	0,538	0,691	0,723	0,437	0,513	0,522	0,723	0,691	0,538	0,286	0,178	0,016	0,643	0,281	0,088	0,235	0,0623	0,8883	0,7880	DA
150	710	4	0,14	0,539	0,586	0,625	0,684	0,727	0,791	0,539	0,586	0,625	0,791	0,727	0,684	0,252	0,141	0,059	0,643	0,281	0,088	0,207	0,0436	0,9817	0,7880	DA

Tabelul 19

Verificarea normalității distribuției datelor pentru șirul de 5 măsurători aferente R_a long

Nr. Exp.	Regim de aşchiere			Măsurători R_a longitudinal ordonate crescător					x_I		x_{II}		W_k		a		b	AP	W	W_{ert}	Distribuție normală dacă $W > W_{ert}$
	v	a_p	f_z	1	2	3	4	5	1	2	1	2	1	2	1	2					
4	495	2	0,11	0,217	0,220	0,236	0,244	0,246	0,217	0,220	0,246	0,244	0,029	0,024	0,665	0,241	0,025	0,0007	0,8687	0,7620	DA
7	495	2,5	0,06	0,171	0,173	0,206	0,221	0,225	0,171	0,173	0,225	0,221	0,054	0,048	0,665	0,241	0,047	0,0027	0,8444	0,7620	DA
8	495	2,5	0,08	0,165	0,173	0,190	0,190	0,201	0,165	0,173	0,201	0,190	0,036	0,017	0,665	0,241	0,028	0,0008	0,9321	0,7620	DA
9	495	2,5	0,11	0,207	0,215	0,224	0,264	0,267	0,207	0,215	0,267	0,264	0,060	0,049	0,665	0,241	0,052	0,0032	0,8434	0,7620	DA
14	495	3	0,11	0,184	0,193	0,207	0,229	0,229	0,184	0,193	0,229	0,229	0,045	0,036	0,665	0,241	0,039	0,0017	0,8849	0,7620	DA
16	495	3,5	0,04	0,185	0,186	0,188	0,189	0,190	0,185	0,186	0,190	0,189	0,005	0,003	0,665	0,241	0,004	0,0000	0,9522	0,7620	DA
32	530	2,5	0,06	0,219	0,220	0,239	0,279	0,295	0,219	0,220	0,295	0,279	0,076	0,059	0,665	0,241	0,065	0,0048	0,8648	0,7620	DA
36	530	3	0,04	0,206	0,206	0,240	0,244	0,247	0,206	0,206	0,247	0,244	0,041	0,038	0,665	0,241	0,036	0,0017	0,7679	0,7620	DA
40	530	3	0,14	0,243	0,246	0,258	0,259	0,268	0,243	0,246	0,268	0,259	0,025	0,013	0,665	0,241	0,020	0,0004	0,9316	0,7620	DA
43	530	3,5	0,08	0,173	0,178	0,189	0,209	0,221	0,173	0,178	0,221	0,209	0,048	0,031	0,665	0,241	0,039	0,0017	0,9253	0,7620	DA
47	530	4	0,06	0,189	0,203	0,219	0,241	0,250	0,189	0,203	0,250	0,241	0,061	0,038	0,665	0,241	0,050	0,0026	0,9536	0,7620	DA
55	570	2	0,14	0,354	0,354	0,371	0,378	0,386	0,354	0,354	0,386	0,378	0,032	0,024	0,665	0,241	0,027	0,0008	0,8894	0,7620	DA
58	570	2,5	0,08	0,449	0,457	0,458	0,529	0,548	0,449	0,457	0,548	0,529	0,099	0,072	0,665	0,241	0,083	0,0087	0,7985	0,7620	DA
60	570	2,5	0,14	0,378	0,383	0,392	0,405	0,409	0,378	0,383	0,409	0,405	0,031	0,022	0,665	0,241	0,026	0,0007	0,9258	0,7620	DA
64	570	3	0,11	0,376	0,399	0,406	0,438	0,441	0,376	0,399	0,441	0,438	0,065	0,039	0,665	0,241	0,053	0,0030	0,9171	0,7620	DA
65	570	3	0,14	0,350	0,354	0,357	0,362	0,363	0,350	0,354	0,363	0,362	0,013	0,008	0,665	0,241	0,011	0,0001	0,9405	0,7620	DA
73	570	4	0,08	0,512	0,529	0,630	0,672	0,686	0,512	0,529	0,686	0,672	0,174	0,143	0,665	0,241	0,150	0,0261	0,8639	0,7620	DA
89	610	3	0,11	0,395	0,422	0,501	0,511	0,520	0,395	0,422	0,520	0,511	0,125	0,089	0,665	0,241	0,105	0,0131	0,8363	0,7620	DA
93	610	3,5	0,08	0,473	0,491	0,501	0,609	0,640	0,473	0,491	0,640	0,609	0,167	0,118	0,665	0,241	0,139	0,0231	0,8408	0,7620	DA
96	610	4	0,04	0,687	0,688	0,720	0,755	0,761	0,687	0,688	0,761	0,755	0,074	0,067	0,665	0,241	0,065	0,0050	0,8549	0,7620	DA
99	610	4	0,11	0,408	0,451	0,512	0,535	0,586	0,408	0,451	0,586	0,535	0,178	0,084	0,665	0,241	0,139	0,0196	0,9788	0,7620	DA
101	660	2	0,04	0,457	0,458	0,502	0,540	0,557	0,457	0,458	0,557	0,540	0,100	0,082	0,665	0,241	0,086	0,0084	0,8827	0,7620	DA
103	660	2	0,08	0,652	0,658	0,659	0,667	0,671	0,652	0,658	0,671	0,667	0,019	0,009	0,665	0,241	0,015	0,0002	0,9556	0,7620	DA
115	660	3	0,14	0,582	0,594	0,607	0,622	0,623	0,582	0,594	0,623	0,622	0,041	0,028	0,665	0,241	0,034	0,0013	0,9140	0,7620	DA

Nr. Exp.	Regim de aşchiere			Măsurători Ra longitudinal ordonate crescător					x _I		x _{II}		W _k		a		b	AP	W	W _{crit}	Distribuție normală dacă W>W _{crit}
	v	a _p	f _z	1	2	3	4	5	1	2	1	2	1	2	1	2					
124	660	4	0,11	0,545	0,547	0,573	0,601	0,604	0,545	0,547	0,604	0,601	0,059	0,054	0,665	0,241	0,052	0,0032	0,8529	0,7620	DA
125	660	4	0,14	0,504	0,512	0,515	0,553	0,555	0,504	0,512	0,555	0,553	0,051	0,041	0,665	0,241	0,044	0,0024	0,8142	0,7620	DA
128	710	2	0,08	0,562	0,566	0,585	0,587	0,595	0,562	0,566	0,595	0,587	0,033	0,021	0,665	0,241	0,027	0,0008	0,8955	0,7620	DA
133	710	2,5	0,08	0,528	0,549	0,595	0,622	0,637	0,528	0,549	0,637	0,622	0,109	0,073	0,665	0,241	0,090	0,0087	0,9310	0,7620	DA
138	710	3	0,08	0,505	0,537	0,640	0,643	0,698	0,505	0,537	0,698	0,643	0,193	0,106	0,665	0,241	0,154	0,0259	0,9124	0,7620	DA
143	710	3,5	0,08	0,537	0,545	0,622	0,630	0,653	0,537	0,545	0,653	0,630	0,116	0,085	0,665	0,241	0,098	0,0112	0,8542	0,7620	DA
147	710	4	0,06	0,484	0,489	0,549	0,555	0,564	0,484	0,489	0,564	0,555	0,080	0,066	0,665	0,241	0,069	0,0059	0,8060	0,7620	DA

Tabelul 20

Verificarea normalității distribuției datelor pentru șirul de 4 măsurători aferente R_a long

Nr. Exp.	Regim de așchiere			Măsurători R_a longitudinal ordonate crescător				x_I		x_{II}		W_k		a		b	AP	W	W_{crit}	Distribuție normală dacă $W > W_{crit}$
	v	a_p	f_z	1	2	3	4	1	2	1	2	1	2	1	2					
3	495	2	0,08	0,180	0,195	0,219	0,229	0,180	0,195	0,229	0,219	0,049	0,024	0,687	0,168	0,038	0,0015	0,9507	0,7480	DA
10	495	2,5	0,14	0,236	0,243	0,253	0,260	0,236	0,243	0,260	0,253	0,024	0,010	0,687	0,168	0,018	0,0003	0,9768	0,7480	DA
13	495	3	0,08	0,180	0,189	0,207	0,210	0,180	0,189	0,210	0,207	0,030	0,018	0,687	0,168	0,024	0,0006	0,8995	0,7480	DA
19	495	3,5	0,11	0,247	0,250	0,260	0,265	0,247	0,250	0,265	0,260	0,018	0,010	0,687	0,168	0,014	0,0002	0,9263	0,7480	DA
20	495	3,5	0,14	0,240	0,252	0,268	0,280	0,240	0,252	0,280	0,268	0,040	0,016	0,687	0,168	0,030	0,0009	0,9809	0,7480	DA
21	495	4	0,04	0,191	0,195	0,209	0,211	0,191	0,195	0,211	0,209	0,020	0,014	0,687	0,168	0,016	0,0003	0,8660	0,7480	DA
22	495	4	0,06	0,187	0,188	0,205	0,206	0,187	0,188	0,206	0,205	0,019	0,017	0,687	0,168	0,016	0,0003	0,7786	0,7480	DA
23	495	4	0,08	0,176	0,177	0,194	0,195	0,176	0,177	0,195	0,194	0,019	0,017	0,687	0,168	0,016	0,0003	0,7786	0,7480	DA
24	495	4	0,11	0,217	0,218	0,220	0,221	0,217	0,218	0,221	0,220	0,004	0,002	0,687	0,168	0,003	0,0000	0,9512	0,7480	DA
33	530	2,5	0,08	0,217	0,221	0,226	0,230	0,217	0,221	0,230	0,226	0,013	0,005	0,687	0,168	0,010	0,0001	0,9845	0,7480	DA
35	530	2,5	0,14	0,268	0,271	0,277	0,280	0,268	0,271	0,280	0,277	0,012	0,006	0,687	0,168	0,009	0,0001	0,9512	0,7480	DA
39	530	3	0,11	0,243	0,248	0,257	0,261	0,243	0,248	0,261	0,257	0,018	0,009	0,687	0,168	0,014	0,0002	0,9501	0,7480	DA
41	530	3,5	0,04	0,215	0,218	0,225	0,229	0,215	0,218	0,229	0,225	0,014	0,007	0,687	0,168	0,011	0,0001	0,9493	0,7480	DA
44	530	3,5	0,11	0,229	0,234	0,249	0,250	0,229	0,234	0,250	0,249	0,021	0,015	0,687	0,168	0,017	0,0003	0,8522	0,7480	DA
46	530	4	0,04	0,219	0,224	0,236	0,238	0,219	0,224	0,238	0,236	0,019	0,012	0,687	0,168	0,015	0,0003	0,8914	0,7480	DA
48	530	4	0,08	0,196	0,199	0,206	0,208	0,196	0,199	0,208	0,206	0,012	0,007	0,687	0,168	0,009	0,0001	0,9172	0,7480	DA
51	570	2	0,04	0,434	0,439	0,445	0,450	0,434	0,439	0,450	0,445	0,016	0,006	0,687	0,168	0,012	0,0001	0,9865	0,7480	DA
54	570	2	0,11	0,417	0,424	0,434	0,441	0,417	0,424	0,441	0,434	0,024	0,010	0,687	0,168	0,018	0,0003	0,9768	0,7480	DA
56	570	2,5	0,04	0,451	0,464	0,481	0,494	0,451	0,464	0,494	0,481	0,043	0,017	0,687	0,168	0,032	0,0011	0,9820	0,7480	DA
57	570	2,5	0,06	0,505	0,507	0,510	0,512	0,505	0,507	0,512	0,510	0,007	0,003	0,687	0,168	0,005	0,0000	0,9736	0,7480	DA
62	570	3	0,06	0,459	0,471	0,485	0,497	0,459	0,471	0,497	0,485	0,038	0,014	0,687	0,168	0,028	0,0008	0,9879	0,7480	DA
63	570	3	0,08	0,439	0,470	0,515	0,547	0,439	0,470	0,547	0,515	0,108	0,045	0,687	0,168	0,082	0,0068	0,9767	0,7480	DA
67	570	3,5	0,06	0,474	0,483	0,502	0,514	0,474	0,483	0,514	0,502	0,040	0,019	0,687	0,168	0,031	0,0010	0,9574	0,7480	DA
69	570	3,5	0,11	0,335	0,357	0,442	0,449	0,335	0,357	0,449	0,442	0,114	0,085	0,687	0,168	0,093	0,0102	0,8433	0,7480	DA

Nr. Exp.	Regim de aşchiere			Măsurători Ra longitudinal ordonate crescător				x _I		x _{II}		W _k		a		b	AP	W	W _{ert}	Distribuție normală dacă W>W _{ert}
	v	a _p	f _z	1	2	3	4	1	2	1	2	1	2	1	2					
70	570	3,5	0,14	0,383	0,397	0,419	0,429	0,383	0,397	0,429	0,419	0,046	0,022	0,687	0,168	0,035	0,0013	0,9556	0,7480	DA
72	570	4	0,06	0,471	0,503	0,579	0,580	0,471	0,503	0,580	0,579	0,109	0,076	0,687	0,168	0,088	0,0091	0,8471	0,7480	DA
76	610	2	0,04	0,527	0,530	0,536	0,538	0,527	0,530	0,538	0,536	0,011	0,006	0,687	0,168	0,009	0,0001	0,9316	0,7480	DA
77	610	2	0,06	0,463	0,467	0,475	0,478	0,463	0,467	0,478	0,475	0,015	0,008	0,687	0,168	0,012	0,0001	0,9376	0,7480	DA
86	610	3	0,04	0,481	0,488	0,509	0,521	0,481	0,488	0,521	0,509	0,040	0,021	0,687	0,168	0,031	0,0010	0,9365	0,7480	DA
87	610	3	0,06	0,498	0,515	0,536	0,553	0,498	0,515	0,553	0,536	0,055	0,021	0,687	0,168	0,041	0,0017	0,9851	0,7480	DA
88	610	3	0,08	0,595	0,596	0,600	0,601	0,595	0,596	0,601	0,600	0,006	0,004	0,687	0,168	0,005	0,0000	0,8839	0,7480	DA
90	610	3	0,14	0,454	0,456	0,459	0,461	0,454	0,456	0,461	0,459	0,007	0,003	0,687	0,168	0,005	0,0000	0,9736	0,7480	DA
91	610	3,5	0,04	0,634	0,660	0,696	0,724	0,634	0,660	0,724	0,696	0,090	0,036	0,687	0,168	0,068	0,0047	0,9807	0,7480	DA
94	610	3,5	0,11	0,572	0,574	0,586	0,591	0,572	0,574	0,591	0,586	0,019	0,012	0,687	0,168	0,015	0,0003	0,8914	0,7480	DA
107	660	2,5	0,06	0,633	0,639	0,651	0,653	0,633	0,639	0,653	0,651	0,020	0,012	0,687	0,168	0,016	0,0003	0,8995	0,7480	DA
108	660	2,5	0,08	0,646	0,649	0,656	0,660	0,646	0,649	0,660	0,656	0,014	0,007	0,687	0,168	0,011	0,0001	0,9493	0,7480	DA
118	660	3,5	0,08	0,603	0,614	0,630	0,640	0,603	0,614	0,640	0,630	0,037	0,016	0,687	0,168	0,028	0,0008	0,9722	0,7480	DA
120	660	3,5	0,14	0,579	0,587	0,604	0,604	0,579	0,587	0,604	0,604	0,025	0,017	0,687	0,168	0,020	0,0005	0,8483	0,7480	DA
122	660	4	0,06	0,511	0,519	0,541	0,542	0,511	0,519	0,542	0,541	0,031	0,022	0,687	0,168	0,025	0,0007	0,8501	0,7480	DA
130	710	2	0,14	0,561	0,565	0,576	0,582	0,561	0,565	0,582	0,576	0,021	0,011	0,687	0,168	0,016	0,0003	0,9394	0,7480	DA
140	710	3	0,14	0,672	0,678	0,722	0,735	0,672	0,678	0,735	0,722	0,063	0,044	0,687	0,168	0,051	0,0030	0,8661	0,7480	DA
142	710	3,5	0,06	0,571	0,578	0,590	0,594	0,571	0,578	0,594	0,590	0,023	0,012	0,687	0,168	0,018	0,0003	0,9372	0,7480	DA

Tabelul 21

Verificarea normalității distribuției datelor pentru șirul de 7 măsurători aferente R_a transv

Nr. Exp.	Regim de așchiere			Măsurători R_a transversal ordonate crescător							x_I			x_{II}			W_k			a			b	AP	W	W_{ert}	Distribuție normală dacă $W > W_{ert}$
	v	a_p	f_z	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3					
3	495	2	0,08	0,081	0,114	0,141	0,143	0,152	0,271	0,285	0,081	0,114	0,141	0,285	0,271	0,152	0,204	0,157	0,011	0,623	0,303	0,140	0,176	0,0364	0,8543	0,8030	DA
9	495	2,5	0,11	0,097	0,116	0,119	0,140	0,145	0,188	0,203	0,097	0,116	0,119	0,203	0,188	0,145	0,106	0,072	0,026	0,623	0,303	0,140	0,092	0,0091	0,9256	0,8030	DA
13	495	3	0,08	0,086	0,087	0,103	0,115	0,171	0,277	0,287	0,086	0,087	0,103	0,287	0,277	0,171	0,201	0,190	0,068	0,623	0,303	0,140	0,192	0,0460	0,8045	0,8030	DA
15	495	3	0,14	0,139	0,153	0,173	0,175	0,212	0,220	0,230	0,139	0,153	0,173	0,230	0,220	0,212	0,091	0,067	0,039	0,623	0,303	0,140	0,082	0,0074	0,9251	0,8030	DA
24	495	4	0,11	0,101	0,140	0,142	0,159	0,293	0,361	0,423	0,101	0,140	0,142	0,423	0,361	0,293	0,322	0,221	0,151	0,623	0,303	0,140	0,289	0,0959	0,8700	0,8030	DA
30	530	2	0,14	0,105	0,127	0,132	0,153	0,265	0,364	0,401	0,105	0,127	0,132	0,401	0,364	0,265	0,296	0,237	0,133	0,623	0,303	0,140	0,275	0,0896	0,8436	0,8030	DA
31	530	2,5	0,04	0,122	0,124	0,126	0,141	0,186	0,190	0,212	0,122	0,124	0,126	0,212	0,190	0,186	0,090	0,066	0,060	0,623	0,303	0,140	0,085	0,0085	0,8416	0,8030	DA
35	530	2,5	0,14	0,107	0,118	0,154	0,178	0,181	0,295	0,320	0,107	0,118	0,154	0,320	0,295	0,181	0,213	0,177	0,027	0,623	0,303	0,140	0,190	0,0414	0,8728	0,8030	DA
39	530	3	0,11	0,091	0,095	0,108	0,110	0,158	0,223	0,244	0,091	0,095	0,108	0,244	0,223	0,158	0,153	0,128	0,050	0,623	0,303	0,140	0,141	0,0240	0,8291	0,8030	DA
43	530	3,5	0,08	0,083	0,105	0,133	0,169	0,222	0,226	0,289	0,083	0,105	0,133	0,289	0,226	0,222	0,206	0,121	0,089	0,623	0,303	0,140	0,178	0,0330	0,9561	0,8030	DA
52	570	2	0,06	0,252	0,258	0,267	0,307	0,392	0,434	0,450	0,252	0,258	0,267	0,450	0,434	0,392	0,198	0,176	0,125	0,623	0,303	0,140	0,194	0,0445	0,8487	0,8030	DA
53	570	2	0,08	0,259	0,259	0,260	0,340	0,368	0,371	0,420	0,259	0,259	0,260	0,420	0,371	0,368	0,161	0,112	0,108	0,623	0,303	0,140	0,149	0,0262	0,8538	0,8030	DA
54	570	2	0,11	0,233	0,235	0,271	0,324	0,345	0,394	0,427	0,233	0,235	0,271	0,427	0,394	0,345	0,194	0,159	0,074	0,623	0,303	0,140	0,179	0,0347	0,9272	0,8030	DA
56	570	2,5	0,04	0,235	0,242	0,248	0,322	0,330	0,515	0,535	0,235	0,242	0,248	0,535	0,515	0,330	0,300	0,273	0,082	0,623	0,303	0,140	0,281	0,0979	0,8082	0,8030	DA
59	570	2,5	0,11	0,200	0,240	0,262	0,263	0,297	0,320	0,362	0,200	0,240	0,262	0,362	0,320	0,297	0,162	0,080	0,035	0,623	0,303	0,140	0,130	0,0172	0,9851	0,8030	DA
62	570	3	0,06	0,169	0,401	0,408	1,213	1,599	2,062	2,718	0,169	0,401	0,408	2,718	2,062	1,599	2,549	1,661	1,191	0,623	0,303	0,140	2,259	5,5312	0,9227	0,8030	DA
66	570	3,5	0,04	0,611	0,719	0,923	1,080	2,734	3,095	3,288	0,611	0,719	0,923	3,288	3,095	2,734	2,677	2,376	1,811	0,623	0,303	0,140	2,642	8,6301	0,8091	0,8030	DA
68	570	3,5	0,08	0,319	0,341	0,474	2,180	2,328	3,149	3,732	0,319	0,341	0,474	3,732	3,149	2,328	3,413	2,808	1,854	0,623	0,303	0,140	3,238	12,0551	0,8698	0,8030	DA
69	570	3,5	0,11	0,321	0,367	0,423	0,791	2,539	2,563	3,305	0,321	0,367	0,423	3,305	2,563	2,539	2,984	2,196	2,116	0,623	0,303	0,140	2,822	9,7986	0,8127	0,8030	DA
70	570	3,5	0,14	0,397	0,488	0,543	1,487	1,519	1,812	1,917	0,397	0,488	0,543	1,917	1,812	1,519	1,520	1,324	0,976	0,623	0,303	0,140	1,485	2,6481	0,8333	0,8030	DA
72	570	4	0,06	0,869	1,105	1,628	2,825	3,704	3,801	4,183	0,869	1,105	1,628	4,183	3,801	3,704	3,314	2,696	2,076	0,623	0,303	0,140	3,174	11,3929	0,8841	0,8030	DA
73	570	4	0,08	0,369	0,764	1,258	1,288	1,457	3,555	3,831	0,369	0,764	1,258	3,831	3,555	1,457	3,462	2,791	0,199	0,623	0,303	0,140	3,032	10,9987	0,8357	0,8030	DA
75	570	4	0,14	0,569	0,695	2,028	2,323	2,582	2,748	3,770	0,569	0,695	2,028	3,770	2,748	2,582	3,201	2,053	0,554	0,623	0,303	0,140	2,695	7,8140	0,9295	0,8030	DA
76	610	2	0,04	0,269	0,269	0,280	0,348	0,700	0,800	0,950	0,269	0,269	0,280	0,950	0,800	0,700	0,681	0,531	0,420	0,623	0,303	0,140	0,644	0,5088	0,8158	0,8030	DA

Nr. Exp.	Regim de aşchiere			Măsurători Ra transversal ordonate crescător							x _I			x _{II}			W _k			a			b	AP	W	W _{crit}	Distribuție normală dacă W>W _{crit}
	v	a _p	f _z	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3					
79	610	2	0,11	0,188	0,225	0,231	0,347	0,356	0,424	0,439	0,188	0,225	0,231	0,439	0,424	0,356	0,251	0,199	0,125	0,623	0,303	0,140	0,234	0,0612	0,8962	0,8030	DA
80	610	2	0,14	0,165	0,182	0,235	0,243	0,328	0,396	0,421	0,165	0,182	0,235	0,421	0,396	0,328	0,256	0,214	0,093	0,623	0,303	0,140	0,237	0,0618	0,9117	0,8030	DA
81	610	2,5	0,04	0,180	0,231	0,822	0,949	0,985	1,483	1,577	0,180	0,231	0,822	1,577	1,483	0,985	1,397	1,252	0,163	0,623	0,303	0,140	1,273	1,7791	0,9110	0,8030	DA
83	610	2,5	0,08	0,169	0,362	0,421	0,568	0,588	0,805	0,846	0,169	0,362	0,421	0,846	0,805	0,588	0,677	0,443	0,167	0,623	0,303	0,140	0,580	0,3504	0,9589	0,8030	DA
85	610	2,5	0,14	0,210	0,247	0,295	0,334	0,479	0,694	0,788	0,210	0,247	0,295	0,788	0,694	0,479	0,578	0,447	0,184	0,623	0,303	0,140	0,522	0,3094	0,8791	0,8030	DA
86	610	3	0,04	0,273	0,372	0,561	0,743	1,261	1,665	1,829	0,273	0,372	0,561	1,829	1,665	1,261	1,556	1,293	0,700	0,623	0,303	0,140	1,460	2,3668	0,9004	0,8030	DA
88	610	3	0,08	0,413	0,465	0,644	0,773	1,013	1,373	1,598	0,413	0,465	0,644	1,598	1,373	1,013	1,185	0,908	0,369	0,623	0,303	0,140	1,066	1,2317	0,9218	0,8030	DA
91	610	3,5	0,04	0,411	0,420	0,581	0,636	0,694	0,845	0,946	0,411	0,420	0,581	0,946	0,845	0,694	0,535	0,425	0,113	0,623	0,303	0,140	0,478	0,2425	0,9426	0,8030	DA
94	610	3,5	0,11	0,386	0,473	0,498	0,539	0,908	1,545	1,656	0,386	0,473	0,498	1,656	1,545	0,908	1,270	1,072	0,410	0,623	0,303	0,140	1,174	1,7136	0,8042	0,8030	DA
97	610	4	0,06	0,682	0,812	0,822	0,960	1,186	1,438	1,613	0,682	0,812	0,822	1,613	1,438	1,186	0,931	0,626	0,364	0,623	0,303	0,140	0,821	0,7344	0,9179	0,8030	DA
98	610	4	0,08	0,377	0,664	1,049	1,684	1,990	2,149	2,325	0,377	0,664	1,049	2,325	2,149	1,990	1,948	1,485	0,941	0,623	0,303	0,140	1,796	3,5294	0,9141	0,8030	DA
101	660	2	0,04	0,135	0,216	0,261	0,366	0,378	0,425	0,480	0,135	0,216	0,261	0,480	0,425	0,378	0,345	0,209	0,117	0,623	0,303	0,140	0,295	0,0906	0,9595	0,8030	DA
103	660	2	0,08	0,110	0,201	0,293	0,299	0,361	0,399	0,489	0,110	0,201	0,293	0,489	0,399	0,361	0,379	0,198	0,068	0,623	0,303	0,140	0,306	0,0948	0,9862	0,8030	DA
107	660	2,5	0,06	0,193	0,199	0,233	0,233	0,322	0,329	0,350	0,193	0,199	0,233	0,350	0,329	0,322	0,157	0,130	0,089	0,623	0,303	0,140	0,150	0,0262	0,8571	0,8030	DA
108	660	2,5	0,08	0,193	0,227	0,265	0,282	0,310	0,350	0,380	0,193	0,227	0,265	0,380	0,350	0,310	0,187	0,123	0,045	0,623	0,303	0,140	0,160	0,0261	0,9829	0,8030	DA
109	660	2,5	0,11	0,143	0,150	0,254	0,397	0,401	0,454	0,484	0,143	0,150	0,254	0,484	0,454	0,401	0,341	0,304	0,147	0,623	0,303	0,140	0,325	0,1217	0,8697	0,8030	DA
111	660	3	0,04	0,160	0,192	0,247	0,305	0,316	0,321	0,331	0,160	0,192	0,247	0,331	0,321	0,316	0,171	0,129	0,069	0,623	0,303	0,140	0,155	0,0283	0,8519	0,8030	DA
112	660	3	0,06	0,166	0,205	0,271	0,333	0,351	0,414	0,501	0,166	0,205	0,271	0,501	0,414	0,351	0,335	0,209	0,080	0,623	0,303	0,140	0,283	0,0821	0,9784	0,8030	DA
113	660	3	0,08	0,197	0,207	0,297	0,334	0,359	0,434	0,498	0,197	0,207	0,297	0,498	0,434	0,359	0,301	0,227	0,062	0,623	0,303	0,140	0,265	0,0738	0,9527	0,8030	DA
114	660	3	0,11	0,142	0,203	0,234	0,397	0,407	0,416	0,441	0,142	0,203	0,234	0,441	0,416	0,407	0,299	0,213	0,173	0,623	0,303	0,140	0,275	0,0901	0,8401	0,8030	DA
115	660	3	0,14	0,203	0,294	0,301	0,312	0,423	0,473	0,479	0,203	0,294	0,301	0,479	0,473	0,423	0,276	0,179	0,122	0,623	0,303	0,140	0,243	0,0655	0,9041	0,8030	DA
119	660	3,5	0,11	0,171	0,199	0,221	0,242	0,281	0,291	0,326	0,171	0,199	0,221	0,326	0,291	0,281	0,155	0,092	0,060	0,623	0,303	0,140	0,133	0,0181	0,9751	0,8030	DA
120	660	3,5	0,14	0,228	0,262	0,311	0,312	0,352	0,379	0,421	0,228	0,262	0,311	0,421	0,379	0,352	0,193	0,117	0,041	0,623	0,303	0,140	0,162	0,0266	0,9810	0,8030	DA
123	660	4	0,08	0,178	0,228	0,304	0,315	0,325	0,377	0,439	0,178	0,228	0,304	0,439	0,377	0,325	0,261	0,149	0,021	0,623	0,303	0,140	0,211	0,0456	0,9752	0,8030	DA
125	660	4	0,14	0,197	0,207	0,248	0,258	0,290	0,322	0,342	0,197	0,207	0,248	0,342	0,322	0,290	0,145	0,115	0,042	0,623	0,303	0,140	0,131	0,0181	0,9489	0,8030	DA
127	710	2	0,06	0,120	0,131	0,213	0,304	0,348	0,386	0,487	0,120	0,131	0,213	0,487	0,386	0,348	0,367	0,255	0,135	0,623	0,303	0,140	0,325	0,1115	0,9474	0,8030	DA

Nr. Exp.	Regim de aşchiere			Măsurători Ra transversal ordonate crescător							x _I			x _{II}			W _k			a			b	AP	W	W _{crit}	Distribuție normală dacă W>W _{crit}
	v	a _p	f _z	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3					
128	710	2	0,08	0,260	0,304	0,315	0,373	0,440	0,457	0,493	0,260	0,304	0,315	0,493	0,457	0,440	0,233	0,153	0,125	0,623	0,303	0,140	0,209	0,0467	0,9364	0,8030	DA
129	710	2	0,11	0,173	0,219	0,238	0,241	0,265	0,358	0,374	0,173	0,219	0,238	0,374	0,358	0,265	0,201	0,139	0,027	0,623	0,303	0,140	0,171	0,0324	0,9048	0,8030	DA
130	710	2	0,14	0,206	0,261	0,261	0,266	0,312	0,320	0,359	0,206	0,261	0,261	0,359	0,320	0,312	0,153	0,059	0,051	0,623	0,303	0,140	0,120	0,0152	0,9555	0,8030	DA
135	710	2,5	0,14	0,166	0,175	0,227	0,269	0,275	0,313	0,317	0,166	0,175	0,227	0,317	0,313	0,275	0,151	0,138	0,048	0,623	0,303	0,140	0,143	0,0226	0,8989	0,8030	DA
136	710	3	0,04	0,220	0,277	0,345	0,547	0,661	1,237	1,402	0,220	0,277	0,345	1,402	1,237	0,661	1,182	0,960	0,316	0,623	0,303	0,140	1,072	1,3351	0,8607	0,8030	DA
142	710	3,5	0,06	0,303	0,556	0,694	0,864	0,899	0,941	1,264	0,303	0,556	0,694	1,264	0,941	0,899	0,961	0,385	0,205	0,623	0,303	0,140	0,744	0,5660	0,9791	0,8030	DA
146	710	4	0,04	0,270	0,324	0,527	0,568	0,747	0,962	1,113	0,270	0,324	0,527	1,113	0,962	0,747	0,843	0,638	0,220	0,623	0,303	0,140	0,750	0,5934	0,9470	0,8030	DA
147	710	4	0,06	0,230	0,448	0,595	0,726	0,920	0,956	1,098	0,230	0,448	0,595	1,098	0,956	0,920	0,868	0,508	0,325	0,623	0,303	0,140	0,741	0,5677	0,9660	0,8030	DA
148	710	4	0,08	0,331	0,454	0,601	0,611	0,817	1,148	1,186	0,331	0,454	0,601	1,186	1,148	0,817	0,855	0,694	0,216	0,623	0,303	0,140	0,774	0,6562	0,9118	0,8030	DA
150	710	4	0,14	0,249	0,333	0,387	0,632	0,827	0,883	0,964	0,249	0,333	0,387	0,964	0,883	0,827	0,715	0,550	0,440	0,623	0,303	0,140	0,674	0,5042	0,9010	0,8030	DA

Tabelul 22

Verificarea normalității distribuției datelor pentru șirul de 6 măsurători aferente R_a transv

Nr. Exp.	Regim de aşchiere			Măsurători R_a transversal ordonate crescător						x_I			x_{II}			W_k			a			b	AP	W	W_{crit}	Distribuție normală dacă $W > W_{crit}$
	v	a_p	f_z	1	2	3	4	5	6	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3					
2	495	2	0,06	0,101	0,118	0,147	0,160	0,170	0,180	0,101	0,118	0,147	0,180	0,170	0,160	0,079	0,052	0,013	0,643	0,281	0,088	0,067	0,0047	0,9343	0,7880	DA
7	495	2,5	0,06	0,120	0,133	0,159	0,171	0,178	0,187	0,120	0,133	0,159	0,187	0,178	0,171	0,067	0,045	0,012	0,643	0,281	0,088	0,057	0,0035	0,9259	0,7880	DA
12	495	3	0,06	0,093	0,105	0,125	0,159	0,173	0,184	0,093	0,105	0,125	0,184	0,173	0,159	0,091	0,068	0,034	0,643	0,281	0,088	0,081	0,0070	0,9216	0,7880	DA
16	495	3,5	0,04	0,111	0,117	0,119	0,121	0,143	0,148	0,111	0,117	0,119	0,148	0,143	0,121	0,037	0,026	0,002	0,643	0,281	0,088	0,031	0,0012	0,8489	0,7880	DA
20	495	3,5	0,14	0,109	0,134	0,175	0,214	0,218	0,228	0,109	0,134	0,175	0,228	0,218	0,214	0,119	0,084	0,039	0,643	0,281	0,088	0,104	0,0121	0,8866	0,7880	DA
28	530	2	0,08	0,093	0,118	0,143	0,157	0,183	0,187	0,093	0,118	0,143	0,187	0,183	0,157	0,094	0,065	0,014	0,643	0,281	0,088	0,080	0,0068	0,9435	0,7880	DA
34	530	2,5	0,11	0,101	0,113	0,127	0,150	0,171	0,188	0,101	0,113	0,127	0,188	0,171	0,150	0,087	0,058	0,023	0,643	0,281	0,088	0,074	0,0058	0,9556	0,7880	DA
36	530	3	0,04	0,083	0,093	0,120	0,123	0,170	0,177	0,083	0,093	0,120	0,177	0,170	0,123	0,094	0,077	0,003	0,643	0,281	0,088	0,082	0,0075	0,9031	0,7880	DA
40	530	3	0,14	0,107	0,108	0,131	0,158	0,162	0,173	0,107	0,108	0,131	0,173	0,162	0,158	0,066	0,054	0,027	0,643	0,281	0,088	0,060	0,0041	0,8788	0,7880	DA
44	530	3,5	0,11	0,133	0,136	0,138	0,160	0,173	0,174	0,133	0,136	0,138	0,174	0,173	0,160	0,041	0,037	0,022	0,643	0,281	0,088	0,039	0,0018	0,8303	0,7880	DA
48	530	4	0,08	0,094	0,142	0,149	0,198	0,230	0,236	0,094	0,142	0,149	0,236	0,230	0,198	0,142	0,088	0,049	0,643	0,281	0,088	0,120	0,0156	0,9277	0,7880	DA
49	530	4	0,11	0,114	0,119	0,128	0,130	0,176	0,189	0,114	0,119	0,128	0,189	0,176	0,130	0,075	0,057	0,002	0,643	0,281	0,088	0,064	0,0050	0,8270	0,7880	DA
55	570	2	0,14	0,172	0,212	0,217	0,276	0,277	0,287	0,172	0,212	0,217	0,287	0,277	0,276	0,115	0,065	0,059	0,643	0,281	0,088	0,097	0,0108	0,8768	0,7880	DA
58	570	2,5	0,08	0,202	0,213	0,306	0,308	0,340	0,341	0,202	0,213	0,306	0,341	0,340	0,308	0,139	0,127	0,002	0,643	0,281	0,088	0,125	0,0192	0,8163	0,7880	DA
67	570	3,5	0,06	0,454	0,500	0,667	1,947	2,258	2,658	0,454	0,500	0,667	2,658	2,258	1,947	2,204	1,758	1,280	0,643	0,281	0,088	2,023	4,8590	0,8420	0,7880	DA
74	570	4	0,11	1,368	1,901	2,556	3,035	3,202	3,680	1,368	1,901	2,556	3,680	3,202	3,035	2,312	1,301	0,479	0,643	0,281	0,088	1,894	3,7230	0,9633	0,7880	DA
84	610	2,5	0,11	0,225	0,256	0,270	0,285	0,403	0,438	0,225	0,256	0,270	0,438	0,403	0,285	0,213	0,147	0,015	0,643	0,281	0,088	0,180	0,0374	0,8630	0,7880	DA
89	610	3	0,11	0,260	0,295	0,414	0,551	0,675	0,713	0,260	0,295	0,414	0,713	0,675	0,551	0,453	0,380	0,137	0,643	0,281	0,088	0,410	0,1842	0,9123	0,7880	DA
93	610	3,5	0,08	0,452	0,792	0,806	0,842	1,214	1,385	0,452	0,792	0,806	1,385	1,214	0,842	0,933	0,422	0,036	0,643	0,281	0,088	0,722	0,5570	0,9348	0,7880	DA
100	610	4	0,14	0,195	0,210	0,451	0,717	1,460	1,554	0,195	0,210	0,451	1,554	1,460	0,717	1,359	1,250	0,266	0,643	0,281	0,088	1,248	1,8394	0,8468	0,7880	DA
110	660	2,5	0,14	0,243	0,268	0,274	0,287	0,320	0,326	0,243	0,268	0,274	0,326	0,320	0,287	0,083	0,052	0,013	0,643	0,281	0,088	0,069	0,0051	0,9413	0,7880	DA
126	710	2	0,04	0,111	0,157	0,206	0,238	0,311	0,322	0,111	0,157	0,206	0,322	0,311	0,238	0,211	0,154	0,032	0,643	0,281	0,088	0,182	0,0350	0,9447	0,7880	DA
132	710	2,5	0,06	0,215	0,219	0,251	0,258	0,303	0,309	0,215	0,219	0,251	0,309	0,303	0,258	0,094	0,084	0,007	0,643	0,281	0,088	0,085	0,0080	0,8913	0,7880	DA
138	710	3	0,08	0,249	0,273	0,373	0,503	0,627	0,651	0,249	0,273	0,373	0,651	0,627	0,503	0,402	0,354	0,130	0,643	0,281	0,088	0,369	0,1521	0,8963	0,7880	DA

Nr. Exp.	Regim de aşchiere			Măsurători Ra transversal ordonate crescător						x _I			x _{II}			W _k			a			b	AP	W	W _{crit}	Distribuție normală dacă W>W _{crit}
	v	a _p	f _z	1	2	3	4	5	6	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3					
140	710	3	0,14	0,135	0,169	0,254	0,264	0,470	0,548	0,135	0,169	0,254	0,548	0,470	0,264	0,413	0,301	0,010	0,643	0,281	0,088	0,351	0,1379	0,8929	0,7880	DA
149	710	4	0,11	0,580	0,748	0,907	0,960	1,194	1,227	0,580	0,748	0,907	1,227	1,194	0,960	0,647	0,446	0,053	0,643	0,281	0,088	0,546	0,3147	0,9467	0,7880	DA

Tabelul 23

Verificarea normalității distribuției datelor pentru șirul de 5 măsurători aferente R_a transv

Nr. Exp.	Regim de aşchiere			Măsurători R_a transversal ordonate crescător					x_I		x_{II}		W_k		a		b	AP	W	W_{ert}	Distribuție normală dacă $W > W_{ert}$
	v	a_p	f_z	1	2	3	4	5	1	2	1	2	1	2	1	2					
5	495	2	0,14	0,102	0,108	0,118	0,125	0,133	0,102	0,108	0,133	0,125	0,031	0,017	0,665	0,241	0,025	0,0006	0,9737	0,7620	DA
14	495	3	0,11	0,108	0,113	0,126	0,136	0,138	0,108	0,113	0,138	0,136	0,030	0,023	0,665	0,241	0,025	0,0007	0,9013	0,7620	DA
22	495	4	0,06	0,150	0,150	0,167	0,179	0,189	0,150	0,150	0,189	0,179	0,039	0,029	0,665	0,241	0,033	0,0012	0,8985	0,7620	DA
29	530	2	0,11	0,111	0,114	0,154	0,162	0,163	0,111	0,114	0,163	0,162	0,052	0,048	0,665	0,241	0,046	0,0027	0,7819	0,7620	DA
32	530	2,5	0,06	0,107	0,111	0,149	0,152	0,166	0,107	0,111	0,166	0,152	0,059	0,041	0,665	0,241	0,049	0,0028	0,8655	0,7620	DA
47	530	4	0,06	0,114	0,115	0,136	0,193	0,200	0,114	0,115	0,200	0,193	0,086	0,078	0,665	0,241	0,076	0,0071	0,8184	0,7620	DA
51	570	2	0,04	0,249	0,265	0,270	0,292	0,301	0,249	0,265	0,301	0,292	0,052	0,027	0,665	0,241	0,041	0,0018	0,9558	0,7620	DA
71	570	4	0,04	0,492	0,675	1,778	1,947	2,211	0,492	0,675	2,211	1,947	1,719	1,272	0,665	0,241	1,449	2,4478	0,8582	0,7620	DA
87	610	3	0,06	0,402	0,453	0,457	0,606	0,634	0,402	0,453	0,634	0,606	0,232	0,153	0,665	0,241	0,191	0,0423	0,8631	0,7620	DA
90	610	3	0,14	0,164	0,231	0,233	0,354	0,389	0,164	0,231	0,389	0,354	0,225	0,123	0,665	0,241	0,179	0,0353	0,9110	0,7620	DA
92	610	3,5	0,06	1,365	1,403	1,532	1,557	1,598	1,365	1,403	1,598	1,557	0,233	0,154	0,665	0,241	0,192	0,0411	0,8969	0,7620	DA
95	610	3,5	0,14	0,255	0,344	0,571	0,673	0,677	0,255	0,344	0,677	0,673	0,422	0,329	0,665	0,241	0,360	0,1506	0,8599	0,7620	DA
96	610	4	0,04	0,582	0,605	0,643	0,706	0,738	0,582	0,605	0,738	0,706	0,156	0,101	0,665	0,241	0,128	0,0175	0,9389	0,7620	DA
99	610	4	0,11	0,263	0,324	0,577	0,763	0,944	0,263	0,324	0,944	0,763	0,681	0,439	0,665	0,241	0,559	0,3319	0,9400	0,7620	DA
102	660	2	0,06	0,181	0,192	0,248	0,300	0,325	0,181	0,192	0,325	0,300	0,144	0,108	0,665	0,241	0,122	0,0163	0,9123	0,7620	DA
106	660	2,5	0,04	0,321	0,322	0,329	0,337	0,340	0,321	0,322	0,340	0,337	0,019	0,015	0,665	0,241	0,016	0,0003	0,8954	0,7620	DA
118	660	3,5	0,08	0,262	0,263	0,280	0,335	0,337	0,262	0,263	0,337	0,335	0,075	0,072	0,665	0,241	0,067	0,0057	0,7925	0,7620	DA
124	660	4	0,11	0,181	0,188	0,199	0,261	0,261	0,181	0,188	0,261	0,261	0,080	0,073	0,665	0,241	0,071	0,0063	0,7918	0,7620	DA
133	710	2,5	0,08	0,181	0,194	0,214	0,228	0,234	0,181	0,194	0,234	0,228	0,053	0,034	0,665	0,241	0,043	0,0020	0,9370	0,7620	DA
141	710	3,5	0,04	0,190	0,200	0,442	0,600	0,613	0,190	0,200	0,613	0,600	0,423	0,400	0,665	0,241	0,378	0,1708	0,8349	0,7620	DA
143	710	3,5	0,08	0,321	0,335	0,346	0,656	0,723	0,321	0,335	0,723	0,656	0,402	0,321	0,665	0,241	0,345	0,1542	0,7701	0,7620	DA

Tabelul 24

Verificarea normalității distribuției datelor pentru șirul de 4 măsurători aferente R_a transv

Nr. Exp.	Regim de așchiere			Măsurători R_a transversal ordonate crescător				x_I		x_{II}		W_k		a		b	AP	W	W_{crit}	Distribuție normală dacă $W > W_{crit}$
	v	a_p	f_z	1	2	3	4	1	2	1	2	1	2	1	2					
1	495	2	0,04	0,110	0,116	0,124	0,130	0,110	0,116	0,130	0,124	0,020	0,008	0,687	0,168	0,015	0,0002	0,9809	0,7480	DA
4	495	2	0,11	0,121	0,125	0,142	0,150	0,121	0,125	0,150	0,142	0,029	0,017	0,687	0,168	0,023	0,0006	0,9120	0,7480	DA
6	495	2,5	0,04	0,125	0,125	0,126	0,127	0,125	0,125	0,127	0,126	0,002	0,001	0,687	0,168	0,001	0,0000	0,8657	0,7480	DA
8	495	2,5	0,08	0,107	0,111	0,116	0,120	0,107	0,111	0,120	0,116	0,013	0,005	0,687	0,168	0,010	0,0001	0,9845	0,7480	DA
10	495	2,5	0,14	0,145	0,147	0,151	0,153	0,145	0,147	0,153	0,151	0,008	0,004	0,687	0,168	0,006	0,0000	0,9512	0,7480	DA
11	495	3	0,04	0,110	0,110	0,111	0,111	0,110	0,110	0,111	0,111	0,001	0,001	0,687	0,168	0,001	0,0000	0,8006	0,7480	DA
17	495	3,5	0,06	0,149	0,156	0,182	0,196	0,149	0,156	0,196	0,182	0,047	0,026	0,687	0,168	0,037	0,0015	0,9238	0,7480	DA
18	495	3,5	0,08	0,086	0,096	0,107	0,117	0,086	0,096	0,117	0,107	0,031	0,011	0,687	0,168	0,023	0,0005	0,9904	0,7480	DA
19	495	3,5	0,11	0,120	0,126	0,133	0,139	0,120	0,126	0,139	0,133	0,019	0,007	0,687	0,168	0,014	0,0002	0,9879	0,7480	DA
21	495	4	0,04	0,100	0,113	0,135	0,143	0,100	0,113	0,143	0,135	0,043	0,022	0,687	0,168	0,033	0,0012	0,9421	0,7480	DA
23	495	4	0,08	0,111	0,112	0,117	0,117	0,111	0,112	0,117	0,117	0,006	0,005	0,687	0,168	0,005	0,0000	0,8006	0,7480	DA
25	495	4	0,14	0,198	0,206	0,221	0,226	0,198	0,206	0,226	0,221	0,028	0,015	0,687	0,168	0,022	0,0005	0,9341	0,7480	DA
26	530	2	0,04	0,137	0,137	0,140	0,141	0,137	0,137	0,141	0,140	0,004	0,003	0,687	0,168	0,003	0,0000	0,8233	0,7480	DA
27	530	2	0,06	0,165	0,167	0,171	0,172	0,165	0,167	0,172	0,171	0,007	0,004	0,687	0,168	0,005	0,0000	0,9174	0,7480	DA
33	530	2,5	0,08	0,111	0,118	0,128	0,135	0,111	0,118	0,135	0,128	0,024	0,010	0,687	0,168	0,018	0,0003	0,9768	0,7480	DA
37	530	3	0,06	0,107	0,107	0,110	0,110	0,107	0,107	0,110	0,110	0,003	0,003	0,687	0,168	0,003	0,0000	0,7582	0,7480	DA
38	530	3	0,08	0,140	0,148	0,157	0,165	0,140	0,148	0,165	0,157	0,025	0,009	0,687	0,168	0,019	0,0004	0,9895	0,7480	DA
41	530	3,5	0,04	0,095	0,102	0,117	0,118	0,095	0,102	0,118	0,117	0,023	0,015	0,687	0,168	0,018	0,0004	0,8696	0,7480	DA
42	530	3,5	0,06	0,097	0,098	0,158	0,179	0,097	0,098	0,179	0,158	0,082	0,060	0,687	0,168	0,066	0,0053	0,8382	0,7480	DA
45	530	3,5	0,14	0,161	0,163	0,168	0,171	0,161	0,163	0,171	0,168	0,010	0,005	0,687	0,168	0,008	0,0001	0,9474	0,7480	DA
46	530	4	0,04	0,111	0,126	0,148	0,160	0,111	0,126	0,160	0,148	0,049	0,022	0,687	0,168	0,037	0,0014	0,9662	0,7480	DA
50	530	4	0,14	0,140	0,143	0,175	0,190	0,140	0,143	0,190	0,175	0,050	0,032	0,687	0,168	0,040	0,0018	0,8777	0,7480	DA
57	570	2,5	0,06	0,294	0,305	0,322	0,330	0,294	0,305	0,330	0,322	0,036	0,017	0,687	0,168	0,028	0,0008	0,9578	0,7480	DA
60	570	2,5	0,14	0,290	0,297	0,312	0,321	0,290	0,297	0,321	0,312	0,031	0,015	0,687	0,168	0,024	0,0006	0,9551	0,7480	DA

Nr. Exp.	Regim de aşchiere			Măsurători Ra transversal ordonate crescător				x _I		x _{II}		W _k		a		b	AP	W	W _{ert}	Distribuție normală dacă W>W _{ert}
	v	a _p	f _z	1	2	3	4	1	2	1	2	1	2	1	2					
61	570	3	0,04	0,584	0,650	0,790	0,790	0,584	0,650	0,790	0,790	0,206	0,140	0,687	0,168	0,165	0,0321	0,8484	0,7480	DA
63	570	3	0,08	0,201	0,254	0,430	0,530	0,201	0,254	0,530	0,430	0,329	0,176	0,687	0,168	0,256	0,0702	0,9312	0,7480	DA
64	570	3	0,11	0,247	0,258	0,360	0,399	0,247	0,258	0,399	0,360	0,152	0,102	0,687	0,168	0,122	0,0170	0,8718	0,7480	DA
65	570	3	0,14	0,354	0,362	0,373	0,380	0,354	0,362	0,380	0,373	0,026	0,011	0,687	0,168	0,020	0,0004	0,9744	0,7480	DA
77	610	2	0,06	0,260	0,291	0,381	0,431	0,260	0,291	0,431	0,381	0,171	0,090	0,687	0,168	0,133	0,0188	0,9373	0,7480	DA
78	610	2	0,08	0,228	0,241	0,268	0,269	0,228	0,241	0,269	0,268	0,041	0,027	0,687	0,168	0,033	0,0012	0,8618	0,7480	DA
82	610	2,5	0,06	0,540	0,602	0,702	0,748	0,540	0,602	0,748	0,702	0,208	0,100	0,687	0,168	0,160	0,0267	0,9554	0,7480	DA
104	660	2	0,11	0,273	0,279	0,289	0,294	0,273	0,279	0,294	0,289	0,021	0,010	0,687	0,168	0,016	0,0003	0,9584	0,7480	DA
105	660	2	0,14	0,373	0,378	0,389	0,389	0,373	0,378	0,389	0,389	0,016	0,011	0,687	0,168	0,013	0,0002	0,8465	0,7480	DA
116	660	3,5	0,04	0,251	0,255	0,261	0,264	0,251	0,255	0,264	0,261	0,013	0,006	0,687	0,168	0,010	0,0001	0,9616	0,7480	DA
117	660	3,5	0,06	0,302	0,307	0,315	0,319	0,302	0,307	0,319	0,315	0,017	0,008	0,687	0,168	0,013	0,0002	0,9597	0,7480	DA
121	660	4	0,04	0,264	0,269	0,281	0,281	0,264	0,269	0,281	0,281	0,017	0,012	0,687	0,168	0,014	0,0002	0,8420	0,7480	DA
122	660	4	0,06	0,276	0,281	0,291	0,294	0,276	0,281	0,294	0,291	0,018	0,010	0,687	0,168	0,014	0,0002	0,9263	0,7480	DA
131	710	2,5	0,04	0,322	0,325	0,329	0,332	0,322	0,325	0,332	0,329	0,010	0,004	0,687	0,168	0,008	0,0001	0,9809	0,7480	DA
134	710	2,5	0,11	0,245	0,252	0,260	0,267	0,245	0,252	0,267	0,260	0,022	0,008	0,687	0,168	0,016	0,0003	0,9888	0,7480	DA
137	710	3	0,06	0,337	0,355	0,378	0,395	0,337	0,355	0,395	0,378	0,058	0,023	0,687	0,168	0,044	0,0019	0,9816	0,7480	DA
139	710	3	0,11	0,290	0,290	0,353	0,370	0,290	0,290	0,370	0,353	0,080	0,063	0,687	0,168	0,066	0,0053	0,8172	0,7480	DA
144	710	3,5	0,11	0,210	0,243	0,306	0,348	0,210	0,243	0,348	0,306	0,138	0,063	0,687	0,168	0,105	0,0115	0,9637	0,7480	DA
145	710	3,5	0,14	0,346	0,341	0,395	0,419	0,346	0,341	0,419	0,395	0,073	0,054	0,687	0,168	0,059	0,0043	0,8095	1,7480	DA

ANEXA 6:

TESTAREA NORMALITĂȚII CELOR 7 SETURI DE DATE

Tabelul 1

Blocurile de date aferente măsurătorilor Ra longitudinal

Nr. Exp.	Regim de aşchiere			Blocurile de date aferente măsurătorilor Ra longitudinal						
	Viteza de aşchiere	Adâncimea de aşchiere	Avansul pe dinte	1	2	3	4	5	6	7
1	495	2	0,04	0,272	0,296	0,186	0,209	0,229	0,203	0,253
2	495	2	0,06	0,31	0,303	0,216	0,22	0,251	0,23	0,245
3	495	2	0,08	-	-	0,219	0,195	0,229	-	0,18
4	495	2	0,11	-	-	0,217	0,236	0,22	0,246	0,244
5	495	2	0,14	0,281	0,235	0,286	0,224	0,231	0,238	0,253
6	495	2,5	0,04	0,27	0,268	0,189	0,207	0,242	0,269	0,195
7	495	2,5	0,06	-	-	0,173	0,171	0,221	0,225	0,206
8	495	2,5	0,08	-	-	0,165	0,19	0,173	0,201	0,19
9	495	2,5	0,11	-	-	0,215	0,207	0,267	0,224	0,264
10	495	2,5	0,14	-	-	0,236	-	0,243	0,26	0,253
11	495	3	0,04	0,277	0,289	0,197	0,192	0,223	0,225	0,178
12	495	3	0,06	0,393	0,18	0,366	0,155	0,238	0,182	0,223
13	495	3	0,08	-	-	0,18	-	0,21	0,189	0,207
14	495	3	0,11	-	-	0,193	0,207	0,229	0,184	0,229
15	495	3	0,14	0,485	0,101	0,464	0,242	0,202	0,242	0,272
16	495	3,5	0,04	-	-	0,188	0,185	0,189	0,186	0,19
17	495	3,5	0,06	0,383	0,373	0,183	0,194	0,245	0,236	0,209
18	495	3,5	0,08	0,351	0,368	0,168	0,143	0,204	0,191	0,205

Nr. Exp.	Regim de aşchiere			Blocurile de date aferente măsurătorilor Ra longitudinal						
	Viteza de aşchiere	Adâncimea de aşchiere	Avansul pe dinte	1	2	3	4	5	6	7
19	495	3,5	0,11	-	-	-	0,183	0,265	0,26	0,247
20	495	3,5	0,14	-	-	0,252	0,24	-	0,28	0,268
21	495	4	0,04	-	-	0,191	-	0,209	0,195	0,211
22	495	4	0,06	-	-	0,188	0,206	0,187	0,205	-
23	495	4	0,08	-	-	0,176	-	0,177	0,195	0,194
24	495	4	0,11	-	-	0,218	0,22	0,221	0,217	-
25	495	4	0,14	0,397	0,378	0,179	0,28	0,21	0,221	0,223
26	530	2	0,04	0,279	0,282	0,186	0,198	0,239	0,27	0,241
27	530	2	0,06	0,293	-	0,219	0,233	0,267	0,205	0,26
28	530	2	0,08	0,342	0,378	0,183	0,162	0,24	0,271	0,203
29	530	2	0,11	0,224	-	0,311	0,292	0,268	0,224	0,307
30	530	2	0,14	0,578	0,28	0,586	0,316	0,343	0,151	0,268
31	530	2,5	0,04	0,255	0,264	0,2	0,194	0,244	0,242	0,183
32	530	2,5	0,06	-	-	0,219	0,22	0,295	0,279	0,239
33	530	2,5	0,08	-	-	-	0,221	0,226	0,23	0,217
34	530	2,5	0,11	0,398	0,403	0,277	0,322	0,297	0,242	0,309
35	530	2,5	0,14	-	-	0,268	0,277	0,271	0,28	-
36	530	3	0,04	-	0,24	0,206	-	0,244	0,247	0,206
37	530	3	0,06	0,332	-	0,208	0,166	0,294	0,232	0,24
38	530	3	0,08	0,417	0,191	0,417	0,173	0,212	0,348	0,21
39	530	3	0,11	-	-	-	0,248	0,257	0,243	0,261
40	530	3	0,14	-	-	0,246	0,268	0,258	0,259	0,243
41	530	3,5	0,04	-	-	-	0,218	0,229	0,225	0,215
42	530	3,5	0,06	0,328	0,334	0,241	0,323	0,28	0,242	0,247
43	530	3,5	0,08	-	-	0,178	0,189	0,221	0,209	0,173
44	530	3,5	0,11	-	0,229	0,234	-	-	0,25	0,249

Nr. Exp.	Regim de aşchiere			Blocurile de date aferente măsurătorilor Ra longitudinal						
	Viteza de aşchiere	Adâncimea de aşchiere	Avansul pe dinte	1	2	3	4	5	6	7
45	530	3,5	0,14	0,326	-	0,244	0,184	0,297	0,228	0,231
46	530	4	0,04	-	-	0,236	-	0,219	0,224	0,238
47	530	4	0,06	-	-	0,219	0,189	0,241	0,203	0,25
48	530	4	0,08	-	-	0,199	0,196	0,206	0,208	-
49	530	4	0,11	0,288	-	0,215	0,312	0,272	0,22	0,247
50	530	4	0,14	0,385	0,362	0,271	0,137	0,258	0,209	0,228
51	570	2	0,04	0,434	0,445	0,439	-	0,45	-	-
52	570	2	0,06	0,345	0,388	0,514	0,589	0,406	0,495	0,515
53	570	2	0,08	-	0,506	0,547	0,423	0,415	0,506	0,423
54	570	2	0,11	0,417	-	-	-	0,441	0,424	0,434
55	570	2	0,14	0,371	0,386	0,354	-	0,354	0,378	-
56	570	2,5	0,04	-	-	-	0,494	0,464	0,451	0,481
57	570	2,5	0,06	-	0,512	-	0,507	0,505	-	0,51
58	570	2,5	0,08	-	-	0,529	0,449	0,548	0,457	0,458
59	570	2,5	0,11	0,406	0,382	0,466	0,446	0,446	0,387	0,456
60	570	2,5	0,14	0,409	-	-	0,383	0,405	0,378	0,392
61	570	3	0,04	0,575	-	0,542	0,724	0,51	1,479	1,448
62	570	3	0,06	-	0,471	0,497	0,485	0,459	-	-
63	570	3	0,08	0,439	-	0,547	0,47	0,515	-	-
64	570	3	0,11	-	-	0,441	0,406	0,376	0,399	0,438
65	570	3	0,14	-	0,35	0,357	0,362	0,354	0,363	-
66	570	3,5	0,04	0,953	0,537	1,719	0,5	2,526	1,821	1,55
67	570	3,5	0,06	-	-	0,474	0,514	-	0,483	0,502
68	570	3,5	0,08	0,982	0,381	0,487	0,481	0,553	-	0,978
69	570	3,5	0,11	0,449	-	0,442	0,335	0,357	-	-
70	570	3,5	0,14	0,429	-	0,397	0,419	0,383	-	-

Nr. Exp.	Regim de aşchiere			Blocurile de date aferente măsurătorilor Ra longitudinal						
	Viteza de aşchiere	Adâncimea de aşchiere	Avansul pe dinte	1	2	3	4	5	6	7
71	570	4	0,04	0,457	2,161	0,666	1,855	1,475	0,59	0,634
72	570	4	0,06	-	-	-	0,58	0,579	0,471	0,503
73	570	4	0,08	-	0,63	-	0,686	0,672	0,529	0,512
74	570	4	0,11	0,696	0,461	0,387	0,465	-	0,754	0,644
75	570	4	0,14	0,459	0,515	0,528	0,398	-	0,905	0,924
76	610	2	0,04	-	-	-	0,538	0,527	0,536	0,53
77	610	2	0,06	-	-	0,475	-	0,478	0,463	0,467
78	610	2	0,08	1,106	0,547	1,035	0,601	0,352	0,462	0,502
79	610	2	0,11	-	0,507	0,554	0,502	0,534	0,549	0,555
80	610	2	0,14	0,478	0,506	0,546	0,49	0,467	0,543	0,513
81	610	2,5	0,04	1,037	0,4	0,547	0,54	1,087	0,733	0,496
82	610	2,5	0,06	0,4	0,511	0,535	1,111	0,525	1,183	1,027
83	610	2,5	0,08	0,437	0,514	0,696	0,713	0,471	0,797	0,473
84	610	2,5	0,11	0,523	-	0,531	0,48	0,522	0,545	0,493
85	610	2,5	0,14	0,501	0,663	0,481	0,578	0,448	0,407	0,593
86	610	3	0,04	0,521	-	0,509	0,481	0,488	-	-
87	610	3	0,06	-	-	0,553	0,515	-	0,498	0,536
88	610	3	0,08	0,6	-	0,596	0,595	-	0,601	
89	610	3	0,11	0,422	0,395	0,52	0,501	-	-	0,511
90	610	3	0,14	0,459	-	-	0,461	0,456	-	0,454
91	610	3,5	0,04	0,724	0,634	-	0,696	-	0,66	-
92	610	3,5	0,06	0,733	0,683	-	0,736	0,488	0,558	0,586
93	610	3,5	0,08	-	0,64	-	0,491	0,609	0,501	0,473
94	610	3,5	0,11	0,572	-	-	0,574	0,591	0,586	-
95	610	3,5	0,14	0,424	0,364	0,614	0,441	0,544	0,607	0,581
96	610	4	0,04	0,72	0,688	-	0,687	0,761	0,755	-

Nr. Exp.	Regim de aşchiere			Blocurile de date aferente măsurătorilor Ra longitudinal						
	Viteza de aşchiere	Adâncimea de aşchiere	Avansul pe dinte	1	2	3	4	5	6	7
97	610	4	0,06	1,224	0,756	0,97	0,819	-	0,914	1,196
98	610	4	0,08	1,363	0,947	0,54	1,451	0,51	0,584	0,537
99	610	4	0,11	-	0,408	-	0,586	0,535	0,451	0,512
100	610	4	0,14	0,579	0,4	0,416	0,525	0,516	0,503	0,49
101	660	2	0,04	-	0,458	-	0,557	0,54	0,457	0,502
102	660	2	0,06	0,573	0,515	0,686	0,629	0,669	0,576	0,554
103	660	2	0,08	0,671	0,659	0,667	0,652	-	0,658	-
104	660	2	0,11	0,564	0,537	0,49	0,521	0,469	0,539	0,574
105	660	2	0,14	0,795	0,712	0,74	0,657	0,715	0,789	0,654
106	660	2,5	0,04	0,605	-	0,586	0,508	0,582	0,522	0,522
107	660	2,5	0,06	0,653	0,633	-	-	0,639	-	0,651
108	660	2,5	0,08	0,656	0,649	-	0,66	0,646	-	-
109	660	2,5	0,11	0,488	0,5	0,613	0,42	0,499	0,574	-
110	660	2,5	0,14	0,608	0,429	0,674	0,423	0,661	0,682	0,74
111	660	3	0,04	0,579	0,471	0,544	0,588	0,494	0,587	0,495
112	660	3	0,06	0,611	0,619	0,544	0,612	0,656	0,562	0,612
113	660	3	0,08	0,683	0,619	0,541	0,584	0,516	0,607	0,68
114	660	3	0,11	0,524	0,51	0,577	0,487	0,504	0,562	-
115	660	3	0,14	0,607	0,582	-	0,594	0,622	-	0,623
116	660	3,5	0,04	-	0,473	0,529	0,519	0,467	0,487	0,481
117	660	3,5	0,06	0,611	0,561	0,652	0,495	0,506	0,591	0,605
118	660	3,5	0,08	0,64	-	0,63	0,603	-	0,614	-
119	660	3,5	0,11	0,538	0,48	0,456	0,52	0,499	0,473	0,544
120	660	3,5	0,14	0,579	-	0,604	0,604	-	-	0,587
121	660	4	0,04	0,654	0,551	0,602	0,511	0,584	0,481	0,571
122	660	4	0,06	-	0,541	-	0,519	0,511	0,542	-

Nr. Exp.	Regim de aşchiere			Blocurile de date aferente măsurătorilor Ra longitudinal						
	Viteza de aşchiere	Adâncimea de aşchiere	Avansul pe dinte	1	2	3	4	5	6	7
123	660	4	0,08	0,448	0,555	-	0,571	0,454	0,491	0,472
124	660	4	0,11	0,547	-	0,601	0,604	0,573	-	0,545
125	660	4	0,14	0,515	0,512	0,504	-	0,555	0,553	-
126	710	2	0,04	0,521	0,468	0,538	0,46	0,624	0,604	0,495
127	710	2	0,06	0,489	0,463	0,538	0,519	0,478	0,561	-
128	710	2	0,08	-	0,587	-	0,585	0,595	0,566	0,562
129	710	2	0,11	0,596	0,609	0,501	0,555	0,493	0,634	0,519
130	710	2	0,14	0,561	0,576	0,565	-	0,582	-	-
131	710	2,5	0,04	0,57	-	0,554	0,419	0,497	0,441	0,475
132	710	2,5	0,06	0,52	-	0,544	0,475	0,454	0,536	0,49
133	710	2,5	0,08	0,637	-	0,595	0,622	0,528	0,549	-
134	710	2,5	0,11	0,581	0,492	0,543	0,559	0,599	0,475	0,517
135	710	2,5	0,14	0,517	0,595	0,503	0,698	0,658	0,57	0,563
136	710	3	0,04	0,683	0,455	0,539	0,406	-	0,709	0,442
137	710	3	0,06	0,666	0,453	0,506	0,598	-	0,672	0,429
138	710	3	0,08	-	0,64	0,505	0,643	0,698	0,537	-
139	710	3	0,11	0,75	-	0,616	0,545	0,669	0,4	0,456
140	710	3	0,14	0,722	-	0,678	0,735	-	-	0,672
141	710	3,5	0,04	0,793	-	0,537	0,374	0,448	0,53	0,839
142	710	3,5	0,06	0,59	0,578	0,571	0,594	-	-	-
143	710	3,5	0,08	0,537	0,622	0,653	0,63	-	-	0,545
144	710	3,5	0,11	0,619	0,802	0,633	0,508	0,724	0,693	0,465
145	710	3,5	0,14	0,787	0,555	0,515	0,673	0,638	0,651	0,695
146	710	4	0,04	0,787	0,532	0,529	0,413	0,603	0,712	0,562
147	710	4	0,06	-	-	0,555	0,549	0,564	0,484	0,489
148	710	4	0,08	0,522	0,723	-	0,513	0,437	0,691	0,538

Nr. Exp.	Regim de aşchiere			Blocurile de date aferente măsurătorilor Ra longitudinal						
	Viteza de aşchiere	Adâncimea de aşchiere	Avansul pe dinte	1	2	3	4	5	6	7
149	710	4	0,11	0,533	0,536	0,623	0,495	0,645	0,634	0,698
150	710	4	0,14	0,684	0,727	0,539	0,586	0,791	0,625	-

Tabelul 2

Testul Kolmogorov/Smirnov – Ra longitudinal
Blocul de date 1

Nr. Clase	Valoarea limitelor claselor		Mijloc	Frecvențele absolute a	Frecvențe relative f	Schimbarea de variabilă z	Funcția de repartiție experimentală Fe	Media	(xi-med) ²	Deviația standard	Funcția de repartiție Fz	Fe-Fz	Valoarea maximă Fe-Fz	Coefficient $1.36/\sqrt{n}$	dmax< d
1	0,224	0,366	0,295	16	0,158	-0,475	0,158	0,556	0,068	0,201	0,173	-0,015	0,081	0,135	da
2	0,366	0,509	0,438	27	0,267	-0,102	0,426		0,014		0,407	0,018			
3	0,509	0,651	0,580	34	0,337	0,271	0,762		0,001		0,682	0,081			
4	0,651	0,794	0,722	17	0,168	0,644	0,931		0,028		0,881	0,050			
5	0,794	0,936	0,865	1	0,010	1,017	0,941		0,095		0,970	-0,030			
6	0,936	1,078	1,007	3	0,030	1,390	0,970		0,203		0,995	-0,025			
7	1,078	1,221	1,149	1	0,010	1,762	0,980		0,352		1,000	-0,019			
8	1,221	1,363	1,292	2	0,020	2,135	1,000		0,541		1,000	0,000			
	Verificare			101	1										

Tabelul 3

Testul Kolmogorov/Smirnov – Ra longitudinal
Blocul de date 2

Nr. Clase	Valoarea limitelor claselor		Mijloc	Frecvențele absolute a	Frecvențe relative f	Schimbarea de variabilă z	Funcția de repartiție experimentală Fe	Media	(xi-med) ²	Deviația standard	Funcția de repartiție Fz	Fe-Fz	Valoarea maximă Fe-Fz	Coeeficient $1.36/\sqrt{n}$	dmax< d
1	0,101	0,359	0,230	15	0,167	-0,398	0,167	0,519	0,084	0,230	0,243	-0,076	0,114	0,143	da
2	0,359	0,616	0,487	55	0,611	0,303	0,778		0,001		0,664	0,114			
3	0,616	0,874	0,745	18	0,200	1,003	0,978		0,051		0,939	0,039			
4	0,874	1,131	1,002	1	0,011	1,704	0,989		0,234		0,996	-0,007			
5	1,131	1,389	1,260	0	0,000	2,405	0,989		0,549		1,000	-0,011			
6	1,389	1,646	1,517	0	0,000	3,105	0,989		0,997		1,000	-0,011			
7	1,646	1,904	1,775	0	0,000	3,806	0,989		1,578		1,000	-0,011			
8	1,904	2,161	2,032	1	0,011	4,507	1,000		2,291		1,000	0,000			
Verificare				90	1										

Tabelul 4

Testul Kolmogorov/Smirnov – Ra longitudinal
Blocul de date 3

Nr. Clase	Valoarea limitelor claselor		Mijloc	Frecvențele absolute a	Frecvențe relative f	Schimbarea de variabilă z	Funcția de repartiție experimentală Fe	Media	(xi-med) ²	Deviația standard	Funcția de repartiție Fz	Fe-Fz	Valoarea maximă Fe-Fz	Coeeficient $1.36/\sqrt{n}$	dmax< d
1	0,165	0,359	0,262	44	0,355	-0,215	0,355	0,450	0,035	0,196	0,321	0,034	0,049	0,122	da
2	0,359	0,554	0,456	49	0,395	0,263	0,750		0,000		0,701	0,049			
3	0,554	0,748	0,651	28	0,226	0,741	0,976		0,040		0,936	0,040			
4	0,748	0,942	0,845	0	0,000	1,219	0,976		0,156		0,994	-0,018			
5	0,942	1,136	1,039	2	0,016	1,698	0,992		0,347		1,000	-0,008			
6	1,136	1,331	1,233	0	0,000	2,176	0,992		0,614		1,000	-0,008			
7	1,331	1,525	1,428	0	0,000	2,654	0,992		0,956		1,000	-0,008			
8	1,525	1,719	1,622	1	0,008	3,132	1,000		1,373		1,000	0,000			
Verificare				124	1										

Tabelul 5

Testul Kolmogorov/Smirnov – Ra longitudinal
Blocul de date 4

Nr. Clase	Valoarea limitelor claselor		Mijloc	Frecvențele absolute a	Frecvențe relative f	Schimbarea de variabilă z	Funcția de repartiție experimentală Fe	Media	(xi-med) ²	Deviația standard	Funcția de repartiție Fz	Fe-Fz	Valoarea maximă Fe-Fz	Coefficient $1.36/\sqrt{n}$	dmax<d
1	0,137	0,352	0,244	44,000	0,324	-0,264	0,324	0,470	0,051	0,228	0,301	0,022	0,056	0,117	da
2	0,352	0,567	0,459	53,000	0,390	0,265	0,713		0,000		0,664	0,049			
3	0,567	0,781	0,674	35,000	0,257	0,793	0,971		0,041		0,914	0,056			
4	0,781	0,996	0,889	1,000	0,007	1,322	0,978		0,175		0,990	-0,012			
5	0,996	1,211	1,103	1,000	0,007	1,851	0,985		0,401		0,999	-0,014			
6	1,211	1,426	1,318	0,000	0,000	2,380	0,985		0,719		1,000	-0,015			
7	1,426	1,640	1,533	1,000	0,007	2,908	0,993		1,129		1,000	-0,007			
8	1,640	1,855	1,748	1,000	0,007	3,437	1,000		1,632		1,000	0,000			
Verificare				136	1										

Tabelul 6

Testul Kolmogorov/Smirnov – Ra longitudinal
Blocul de date 5

Nr. Clase	Valoarea limitelor claselor		Mijloc	Frecvențele absolute a	Frecvențe relative f	Schimbarea de variabilă z	Funcția de repartiție experimentală Fe	Media	(xi-med) ²	Deviația standard	Funcția de repartiție Fz	Fe-Fz	Valoarea maximă Fe-Fz	Coefficient $1.36/\sqrt{n}$	dmax<d
1	0,173	0,467	0,320	68	0,515	0,037	0,515	0,492	0,029	0,251	0,461	0,054	0,103	0,118	da
2	0,467	0,761	0,614	59	0,447	0,760	0,962		0,015		0,859	0,103			
3	0,761	1,055	0,908	2	0,015	1,483	0,977		0,174		0,988	-0,010			
4	1,055	1,350	1,202	1	0,008	2,206	0,985		0,505		1,000	-0,015			
5	1,350	1,644	1,497	1	0,008	2,929	0,992		1,010		1,000	-0,008			
6	1,644	1,938	1,791	0	0,000	3,652	0,992		1,688		1,000	-0,008			
7	1,938	2,232	2,085	0	0,000	4,376	0,992		2,538		1,000	-0,008			
8	2,232	2,526	2,379	1	0,008	5,099	1,000		3,562		1,000	0,000			
Verificare				132	1										

Tabelul 7

Testul Kolmogorov/Smirnov – Ra longitudinal
Blocul de date 6

Nr. Clase	Valoarea limitelor claselor		Mijloc	Frecvențele absolute a	Frecvențe relative f	Schimbarea de variabilă z	Funcția de repartiție experimentală Fe	Media	(xi-med) ²	Deviația standard	Funcția de repartiție Fz	Fe-Fz	Valoarea maximă Fe-Fz	Coefficient $1.36/\sqrt{n}$	dmax<d
1	0,151	0,360	0,255	49	0,377	-0,231	0,377	0,466	0,044	0,234	0,325	0,052	0,061	0,119	da
2	0,360	0,569	0,464	46	0,354	0,259	0,731		0,000		0,670	0,061			
3	0,569	0,777	0,673	28	0,215	0,750	0,946		0,043		0,909	0,037			
4	0,777	0,986	0,882	4	0,031	1,240	0,977		0,173		0,987	-0,010			
5	0,986	1,195	1,090	1	0,008	1,731	0,985		0,390		0,999	-0,014			
6	1,195	1,404	1,299	0	0,000	2,221	0,985		0,695		1,000	-0,015			
7	1,404	1,612	1,508	1	0,008	2,712	0,992		1,086		1,000	-0,008			
8	1,612	1,821	1,717	1	0,008	3,202	1,000		1,565		1,000	0,000			
Verificare				130	1										

Tabelul 8

Testul Kolmogorov/Smirnov – Ra longitudinal
Blocul de date 7

Nr. Clase	Valoarea limitelor claselor		Mijloc	Frecvențele absolute a	Frecvențe relative f	Schimbarea de variabilă z	Funcția de repartiție experimentală Fe	Media	(xi-med) ²	Deviația standard	Funcția de repartiție Fz	Fe-Fz	Valoarea maximă Fe-Fz	Coefficient $1.36/\sqrt{n}$	dmax<d
1	0,173	0,345	0,259	46	0,380	-0,260	0,380	0,455	0,039	0,224	0,311	0,069	0,069	0,124	da
2	0,345	0,517	0,431	35	0,289	0,155	0,669		0,001		0,609	0,061			
3	0,517	0,689	0,603	30	0,248	0,571	0,917		0,022		0,852	0,065			
4	0,689	0,862	0,775	4	0,033	0,986	0,950		0,102		0,965	-0,015			
5	0,862	1,034	0,948	3	0,025	1,402	0,975		0,242		0,995	-0,020			
6	1,034	1,206	1,120	1	0,008	1,817	0,983		0,441		1,000	-0,016			
7	1,206	1,378	1,292	0	0,000	2,233	0,983		0,700		1,000	-0,017			
8	1,378	1,550	1,464	2	0,017	2,648	1,000		1,017		1,000	0,000			
Verificare				121	1										

Testul Kolmogorov/Smirnov pentru Ra transversal

Nr. Exp.	Regim de aşchiere			Blocurile de date aferente măsurătorilor Ra transversal						
	Viteza de aşchiere	Adâncimea de aşchiere	Avansul pe dinte	1	2	3	4	5	6	7
1	495	2	0,04	0,13	-	0,116	-	0,124	0,11	-
2	495	2	0,06	0,17	-	0,118	0,101	0,16	0,147	0,18
3	495	2	0,08	0,285	0,271	0,081	0,141	0,143	0,114	0,152
4	495	2	0,11	-	-	0,15	0,125	0,121	0,142	-
5	495	2	0,14	-	-	0,125	0,102	0,133	0,118	0,108
6	495	2,5	0,04	-	-	-	0,126	0,125	0,126	0,125
7	495	2,5	0,06	0,159	0,187	0,133	0,12	0,178	0,171	-
8	495	2,5	0,08	0,107	-	-	-	0,12	0,116	0,111
9	495	2,5	0,11	0,097	0,203	0,14	0,119	0,145	0,188	0,116
10	495	2,5	0,14	0,153	-	0,147	-	0,151	-	0,145
11	495	3	0,04	-	-	0,111	-	0,11	0,11	0,111
12	495	3	0,06	0,173	-	0,093	0,105	0,125	0,184	0,159
13	495	3	0,08	0,287	0,086	0,277	0,087	0,103	0,115	0,171
14	495	3	0,11	-	-	0,126	0,136	0,113	0,138	0,108
15	495	3	0,14	0,23	0,22	0,139	0,175	0,173	0,212	0,153
16	495	3,5	0,04	0,148	-	0,119	0,111	0,117	0,143	0,121
17	495	3,5	0,06	-	0,196	0,149	-	-	0,182	0,156
18	495	3,5	0,08	-	-	0,107	0,096	0,117	0,086	-
19	495	3,5	0,11	-	-	0,139	0,12	0,126	0,133	-
20	495	3,5	0,14	0,214	-	0,134	0,218	0,228	0,175	0,109
21	495	4	0,04	-	-	0,135	-	0,113	0,143	0,1
22	495	4	0,06	-	-	0,189	0,179	0,15	0,167	0,15
23	495	4	0,08	-	0,111	0,117	-	-	0,112	0,117
24	495	4	0,11	0,361	0,293	0,101	0,423	0,159	0,142	0,14

Nr. Exp.	Regim de aşchiere			Blocurile de date aferente măsurătorilor Ra transversal						
	Viteza de aşchiere	Adâncimea de aşchiere	Avansul pe dinte	1	2	3	4	5	6	7
25	495	4	0,14	-	-	-	0,226	0,206	0,221	0,198
26	530	2	0,04	0,14	-	-	0,137	0,14	0,13	-
27	530	2	0,06	0,165	-	0,171	0,167	-	-	0,172
28	530	2	0,08	0,157	-	0,187	0,143	0,183	0,118	0,093
29	530	2	0,11	0,162	-	-	0,114	0,154	0,111	0,163
30	530	2	0,14	0,364	0,401	0,132	0,127	0,265	0,153	0,105
31	530	2,5	0,04	0,212	0,19	0,141	0,126	0,122	0,186	0,124
32	530	2,5	0,06	-	-	0,107	0,111	0,166	0,152	0,149
33	530	2,5	0,08	-	-	0,118	0,135	-	0,128	0,111
34	530	2,5	0,11	-	0,171	0,188	0,101	0,113	0,15	0,127
35	530	2,5	0,14	0,32	0,154	0,295	0,107	0,181	0,118	0,178
36	530	3	0,04	-	0,177	0,083	0,12	0,093	0,17	0,123
37	530	3	0,06	-	-	0,107	0,11	0,11	-	0,107
38	530	3	0,08	-	0,157	0,165	0,14	-	0,148	-
39	530	3	0,11	0,223	0,095	0,244	0,108	0,11	0,158	0,091
40	530	3	0,14	-	0,173	0,131	0,107	0,162	0,108	0,158
41	530	3,5	0,04	-	-	0,095	0,117	0,118	-	0,102
42	530	3,5	0,06	-	-	0,097	-	0,158	0,098	0,179
43	530	3,5	0,08	0,226	0,083	0,222	0,289	0,105	0,169	0,133
44	530	3,5	0,11	0,17	-	0,133	0,138	0,173	0,174	0,136
45	530	3,5	0,14	0,168	-	-	-	0,171	0,161	0,163
46	530	4	0,04	-	-	0,148	0,16	-	0,111	0,126
47	530	4	0,06	-	-	0,193	0,115	0,114	0,2	0,136
48	530	4	0,08	-	0,198	0,23	0,149	0,236	0,142	0,094
49	530	4	0,11	0,189	-	0,13	0,114	0,128	0,186	0,119
50	530	4	0,14	-	0,19	0,143	-	-	0,14	0,175

Nr. Exp.	Regim de aşchiere			Blocurile de date aferente măsurătorilor Ra transversal						
	Viteza de aşchiere	Adâncimea de aşchiere	Avansul pe dinte	1	2	3	4	5	6	7
51	570	2	0,04	0,292	0,27	-	0,265	-	0,301	0,249
52	570	2	0,06	0,258	0,252	0,307	0,45	0,434	0,392	0,267
53	570	2	0,08	0,259	0,26	0,42	0,371	0,368	0,259	0,34
54	570	2	0,11	0,235	0,271	0,394	0,427	0,233	0,345	0,324
55	570	2	0,14	0,172	0,287	-	0,212	0,276	0,277	0,217
56	570	2,5	0,04	0,535	0,235	0,515	0,33	0,242	0,322	0,248
57	570	2,5	0,06	-	-	-	0,305	0,294	0,33	0,322
58	570	2,5	0,08	-	0,306	0,341	0,213	0,308	0,202	0,34
59	570	2,5	0,11	0,32	0,297	0,362	0,2	0,24	0,263	0,262
60	570	2,5	0,14	0,29	0,312	-	0,297	-	-	0,321
61	570	3	0,04	-	-	0,65	0,524	0,79	0,79	-
62	570	3	0,06	2,718	1,213	0,408	0,401	0,169	2,062	1,599
63	570	3	0,08	-	-	0,254	0,43	0,201	-	0,53
64	570	3	0,11	-	-	0,399	0,247	-	0,36	0,258
65	570	3	0,14	-	-	0,354	0,373	0,38	0,362	-
66	570	3,5	0,04	0,719	3,288	0,611	1,08	0,923	2,734	3,095
67	570	3,5	0,06	1,947	2,258	0,454	-	2,658	0,5	0,667
68	570	3,5	0,08	3,149	3,732	0,474	0,319	0,341	2,328	2,18
69	570	3,5	0,11	3,305	0,791	0,423	0,321	0,367	2,563	2,539
70	570	3,5	0,14	1,812	1,519	0,543	0,397	0,488	1,917	1,487
71	570	4	0,04	0,492	1,947	0,675	-	-	1,778	2,211
72	570	4	0,06	1,628	1,105	3,704	4,183	0,869	2,825	3,801
73	570	4	0,08	0,764	0,369	3,831	3,555	1,258	1,457	1,288
74	570	4	0,11	3,202	2,556	-	3,68	3,035	1,368	1,901
75	570	4	0,14	3,77	0,695	0,569	2,748	2,582	2,323	2,028
76	610	2	0,04	0,8	0,348	0,95	0,28	0,7	0,269	0,269

Nr. Exp.	Regim de aşchiere			Blocurile de date aferente măsurătorilor Ra transversal						
	Viteza de aşchiere	Adâncimea de aşchiere	Avansul pe dinte	1	2	3	4	5	6	7
77	610	2	0,06	-	-	0,431	-	0,291	0,381	0,26
78	610	2	0,08	-	-	0,269	0,241	0,228	0,268	-
79	610	2	0,11	0,347	0,424	0,225	0,231	0,356	0,439	0,188
80	610	2	0,14	0,328	0,421	0,182	0,165	0,235	0,396	0,243
81	610	2,5	0,04	0,822	1,577	0,231	0,18	1,483	0,949	0,985
82	610	2,5	0,06	-	0,602	-	0,54	0,748	-	0,702
83	610	2,5	0,08	0,846	0,805	0,588	0,421	0,169	0,568	0,362
84	610	2,5	0,11	0,403	-	0,285	0,256	0,27	0,225	0,438
85	610	2,5	0,14	0,788	0,694	0,247	0,295	0,334	0,479	0,21
86	610	3	0,04	0,561	0,743	0,273	0,372	1,829	1,665	1,261
87	610	3	0,06	-	-	0,453	0,457	0,402	0,634	0,606
88	610	3	0,08	1,013	1,598	0,465	0,413	1,373	0,644	0,773
89	610	3	0,11	-	0,713	0,295	0,26	0,551	0,675	0,414
90	610	3	0,14	-	0,354	0,389	0,164	0,233	-	0,231
91	610	3,5	0,04	0,694	0,42	0,581	0,411	0,636	0,845	0,946
92	610	3,5	0,06	-	-	1,532	1,557	1,403	1,598	1,365
93	610	3,5	0,08	0,792	0,806	0,452	-	1,214	1,385	0,842
94	610	3,5	0,11	1,545	1,656	0,386	0,539	0,498	0,473	0,908
95	610	3,5	0,14	-	-	0,255	0,571	0,673	0,677	0,344
96	610	4	0,04	-	0,643	0,582	0,605	-	0,706	0,738
97	610	4	0,06	1,438	0,812	1,613	0,96	1,186	0,822	0,682
98	610	4	0,08	1,049	0,664	2,325	2,149	0,377	1,99	1,684
99	610	4	0,11	0,577	-	0,944	-	0,763	0,324	0,263
100	610	4	0,14	1,554	1,46	0,21	-	0,717	0,195	0,451
101	660	2	0,04	0,261	0,366	0,425	0,378	0,48	0,135	0,216
102	660	2	0,06	0,325	-	-	0,192	0,181	0,248	0,3

Nr. Exp.	Regim de aşchiere			Blocurile de date aferente măsurătorilor Ra transversal						
	Viteza de aşchiere	Adâncimea de aşchiere	Avansul pe dinte	1	2	3	4	5	6	7
103	660	2	0,08	0,361	0,299	0,489	0,201	0,399	0,293	0,11
104	660	2	0,11	0,279	-	-	0,273	0,294	0,289	-
105	660	2	0,14	0,389	-	-	0,378	0,389	-	0,373
106	660	2,5	0,04	0,329	-	0,322	0,337	-	0,34	0,321
107	660	2,5	0,06	0,233	0,193	0,199	0,329	0,233	0,322	0,35
108	660	2,5	0,08	0,265	0,282	0,38	0,31	0,193	0,227	0,35
109	660	2,5	0,11	0,15	0,484	0,401	0,143	0,454	0,254	0,397
110	660	2,5	0,14	0,243	0,326	0,274	0,268	0,287	0,32	-
111	660	3	0,04	0,321	0,192	0,305	0,331	0,247	0,16	0,316
112	660	3	0,06	0,166	0,333	0,205	0,414	0,501	0,271	0,351
113	660	3	0,08	0,197	0,297	0,498	0,434	0,207	0,359	0,334
114	660	3	0,11	0,416	0,407	0,234	0,441	0,397	0,142	0,203
115	660	3	0,14	0,479	0,473	0,423	0,203	0,312	0,294	0,301
116	660	3,5	0,04	0,251	-	0,264	0,255	-	0,261	-
117	660	3,5	0,06	-	-	-	0,307	0,302	0,319	0,315
118	660	3,5	0,08	0,263	0,28	0,337	0,335	-	0,262	-
119	660	3,5	0,11	0,221	0,281	0,171	0,199	0,242	0,291	0,326
120	660	3,5	0,14	0,421	0,312	0,262	0,379	0,352	0,228	0,311
121	660	4	0,04	0,264	-	-	0,281	-	0,269	0,281
122	660	4	0,06	0,276	0,294	-	0,291	0,281	-	-
123	660	4	0,08	0,325	0,377	0,304	0,315	0,439	0,178	0,228
124	660	4	0,11	0,261	0,199	0,188	-	0,181	0,261	-
125	660	4	0,14	0,29	0,258	0,322	0,197	0,207	0,248	0,342
126	710	2	0,04	0,238	0,111	0,206	0,322	-	0,157	0,311
127	710	2	0,06	0,348	0,213	0,131	0,487	0,304	0,12	0,386
128	710	2	0,08	0,44	0,26	0,304	0,315	0,493	0,457	0,373

Nr. Exp.	Regim de aşchiere			Blocurile de date aferente măsurătorilor Ra transversal						
	Viteza de aşchiere	Adâncimea de aşchiere	Avansul pe dinte	1	2	3	4	5	6	7
129	710	2	0,11	0,265	0,173	0,241	0,238	0,374	0,358	0,219
130	710	2	0,14	0,359	0,266	0,32	0,261	0,312	0,206	0,261
131	710	2,5	0,04	-	-	-	0,329	0,322	0,325	0,332
132	710	2,5	0,06	0,258	-	0,215	0,251	0,219	0,309	0,303
133	710	2,5	0,08	0,214	-	-	0,234	0,194	0,181	0,228
134	710	2,5	0,11	-	-	-	0,252	0,245	0,267	0,26
135	710	2,5	0,14	0,269	0,227	0,275	0,317	0,175	0,166	0,313
136	710	3	0,04	0,661	1,402	0,345	0,22	1,237	0,547	0,277
137	710	3	0,06	0,355	-	-	0,378	-	0,395	0,337
138	710	3	0,08	0,651	-	0,273	0,373	0,627	0,249	0,503
139	710	3	0,11	-	-	-	0,353	0,29	0,29	0,37
140	710	3	0,14	0,47	-	0,548	0,169	0,135	0,254	0,264
141	710	3,5	0,04	0,442	-	0,19	0,2	0,6	-	0,613
142	710	3,5	0,06	0,864	0,941	0,556	0,303	1,264	0,694	0,899
143	710	3,5	0,08	0,723	-	0,321	0,335	-	0,656	0,346
144	710	3,5	0,11	-	-	0,21	0,306	-	0,243	0,348
145	710	3,5	0,14	-	-	0,346	0,419	-	0,395	0,341
146	710	4	0,04	0,962	0,568	0,27	0,324	0,747	0,527	1,113
147	710	4	0,06	0,448	0,956	0,726	0,23	0,92	1,098	0,595
148	710	4	0,08	1,186	0,454	1,148	0,331	0,817	0,601	0,611
149	710	4	0,11	0,96	1,194	1,227	-	0,907	0,58	0,748
150	710	4	0,14	0,883	0,827	0,964	0,387	0,249	0,333	0,632

Tabelul 10

Testul Kolmogorov/Smirnov pentru Ra transversal
Blocul de date 1

Nr. Clase	Valoarea limitelor claselor		Mijloc	Frecvențele absolute a	Frecvențe relative f	Schimbarea de variabilă z	Funcția de repartiție experimentală Fe	Media	(xi-med) ²	Deviația standard	Funcția de repartiție Fz	Fe-Fz	Valoarea maximă Fe-Fz	Coefficient $1.36/\sqrt{n}$	dmax<d
1	0,097	0,556	0,327	73	0,702	-0,065	0,702	0,636	0,095	0,663	0,452	0,250	0,250	0,133	nu
2	0,556	1,015	0,786	18	0,173	0,613	0,875		0,023		0,717	0,158			
3	1,015	1,474	1,245	3	0,029	1,291	0,904		0,371		0,897	0,007			
4	1,474	1,934	1,704	4	0,038	1,969	0,942		1,141		0,975	-0,033			
5	1,934	2,393	2,163	1	0,010	2,647	0,952		2,333		0,996	-0,044			
6	2,393	2,852	2,622	1	0,010	3,325	0,962		3,947		1,000	-0,038			
7	2,852	3,311	3,081	3	0,029	4,003	0,990		5,982		1,000	-0,010			
8	3,311	3,770	3,540	1	0,010	4,681	1,000		8,438		1,000	0,000			
Verificare				104	1										

Tabelul 11

Testul Kolmogorov/Smirnov pentru Ra transversal
Blocul de date 2

Nr. Clase	Valoarea limitelor claselor		Mijloc	Frecvențele absolute a	Frecvențe relative f	Schimbarea de variabilă z	Funcția de repartiție experimentală Fe	Media	(xi-med) ²	Deviația standard	Funcția de repartiție Fz	Fe-Fz	Valoarea maximă Fe-Fz	Coefficient $1.36/\sqrt{n}$	dmax<d
1	0,083	0,539	0,311	59	0,670	-0,102	0,670	0,648	0,114	0,658	0,434	0,236	0,236	0,145	nu
2	0,539	0,995	0,767	15	0,170	0,572	0,841		0,014		0,701	0,140			
3	0,995	1,451	1,223	4	0,045	1,245	0,886		0,331		0,889	-0,003			
4	1,451	1,908	1,679	5	0,057	1,919	0,943		1,064		0,972	-0,029			
5	1,908	2,364	2,136	2	0,023	2,592	0,966		2,213		0,995	-0,030			
6	2,364	2,820	2,592	1	0,011	3,266	0,977		3,778		1,000	-0,022			
7	2,820	3,276	3,048	0	0,000	3,940	0,977		5,759		1,000	-0,023			
8	3,276	3,732	3,504	2	0,023	4,613	1,000		8,157		1,000	0,000			
Verificare				88	1										

Tabelul 12

Testul Kolmogorov/Smirnov pentru Ra transversal
Blocul de date 3

Nr. Clase	Valoarea limitelor claselor		Mijloc	Frecvențele absolute a	Frecvențe relative f	Schimbarea de variabilă z	Funcția de repartiție experimentală Fe	Media	(xi-med) ²	Deviația standard	Funcția de repartiție Fz	Fe-Fz	Valoarea maximă Fe-Fz	Coefficient $1.36/\sqrt{n}$	dmax<d
1	0,081	0,550	0,315	108	0,850	0,284	0,850	0,463	0,022	0,491	0,570	0,280	0,280	0,121	nu
2	0,550	1,019	0,784	12	0,094	1,187	0,945		0,103		0,871	0,074			
3	1,019	1,487	1,253	2	0,016	2,090	0,961		0,624		0,981	-0,021			
4	1,487	1,956	1,722	2	0,016	2,992	0,976		1,584		0,999	-0,022			
5	1,956	2,425	2,190	1	0,008	3,895	0,984		2,984		1,000	-0,016			
6	2,425	2,894	2,659	0	0,000	4,798	0,984		4,823		1,000	-0,016			
7	2,894	3,362	3,128	0	0,000	5,701	0,984		7,101		1,000	-0,016			
8	3,362	3,831	3,597	2	0,016	6,603	1,000		9,820		1,000	0,000			
Verificare				127	1										

Tabelul 13

Testul Kolmogorov/Smirnov pentru Ra transversal
Blocul de date 4

Nr. Clase	Valoarea limitelor claselor		Mijloc	Frecvențele absolute a	Frecvențe relative f	Schimbarea de variabilă z	Funcția de repartiție experimentală Fe	Media	(xi-med) ²	Deviația standard	Funcția de repartiție Fz	Fe-Fz	Valoarea maximă Fe-Fz	Coefficient $1.36/\sqrt{n}$	dmax<d
1	0,087	0,599	0,343	123,000	0,932	0,385	0,932	0,475	0,017	0,587	0,584	0,348	0,348	0,118	nu
2	0,599	1,111	0,855	3,000	0,023	1,366	0,955		0,144		0,861	0,094			
3	1,111	1,623	1,367	1,000	0,008	2,347	0,962		0,796		0,975	-0,013			
4	1,623	2,135	1,879	0,000	0,000	3,329	0,962		1,972		0,998	-0,036			
5	2,135	2,647	2,391	1,000	0,008	4,310	0,970		3,672		1,000	-0,030			
6	2,647	3,159	2,903	1,000	0,008	5,291	0,977		5,896		1,000	-0,023			
7	3,159	3,671	3,415	1,000	0,008	6,273	0,985		8,644		1,000	-0,015			
8	3,671	4,183	3,927	2,000	0,015	7,254	1,000		11,917		1,000	0,000			
Verificare				132	1										

Tabelul 14

Testul Kolmogorov/Smirnov pentru Ra transversal
Blocul de date 5

Nr. Clase	Valoarea limitelor claselor		Mijloc	Frecvențele absolute a	Frecvențe relative f	Schimbarea de variabilă z	Funcția de repartiție experimentală Fe	Media	(xi-med) ²	Deviația standard	Funcția de repartiție Fz	Fe-Fz	Valoarea maximă Fe-Fz	Coefficient $1.36/\sqrt{n}$	dmax<d
1	0,093	0,461	0,277	96	0,744	0,042	0,744	0,479	0,041	0,456	0,484	0,260	0,260	0,120	nu
2	0,461	0,829	0,645	17	0,132	0,693	0,876		0,027		0,778	0,098			
3	0,829	1,196	1,012	5	0,039	1,345	0,915		0,284		0,942	-0,028			
4	1,196	1,564	1,380	7	0,054	1,996	0,969		0,812		0,991	-0,022			
5	1,564	1,932	1,748	1	0,008	2,647	0,977		1,609		0,999	-0,023			
6	1,932	2,300	2,116	0	0,000	3,298	0,977		2,678		1,000	-0,023			
7	2,300	2,667	2,483	2	0,016	3,949	0,992		4,016		1,000	-0,008			
8	2,667	3,035	2,851	1	0,008	4,601	1,000		5,626		1,000	0,000			
Verificare				129	1										

Tabelul 15

Testul Kolmogorov/Smirnov pentru Ra transversal
Blocul de date 6

Nr. Clase	Valoarea limitelor claselor		Mijloc	Frecvențele absolute a	Frecvențe relative f	Schimbarea de variabilă z	Funcția de repartiție experimentală Fe	Media	(xi-med) ²	Deviația standard	Funcția de repartiție Fz	Fe-Fz	Valoarea maximă Fe-Fz	Coefficient $1.36/\sqrt{n}$	dmax<d
1	0,086	0,428	0,257	103	0,741	-0,062	0,741	0,496	0,057	0,540	0,450	0,291	0,291	0,115	nu
2	0,428	0,771	0,600	17	0,122	0,502	0,863		0,011		0,695	0,169			
3	0,771	1,113	0,942	5	0,036	1,066	0,899		0,199		0,874	0,026			
4	1,113	1,456	1,284	2	0,014	1,630	0,914		0,621		0,962	-0,049			
5	1,456	1,798	1,627	4	0,029	2,194	0,942		1,278		0,992	-0,050			
6	1,798	2,140	1,969	3	0,022	2,758	0,964		2,170		0,999	-0,035			
7	2,140	2,483	2,311	2	0,014	3,322	0,978		3,295		1,000	-0,021			
8	2,483	2,825	2,654	3	0,022	3,886	1,000		4,656		1,000	0,000			
Verificare				139	1										

Tabelul 16

Testul Kolmogorov/Smirnov pentru Ra transversal
Blocul de date 7

Nr. Clase	Valoarea limitelor claselor		Mijloc	Frecvențele absolute a	Frecvențe relative f	Schimbarea de variabilă z	Funcția de repartiție experimentală Fe	Media	(xi-med) ²	Deviația standard	Funcția de repartiție Fz	Fe-Fz	Valoarea maximă Fe-Fz	Coefficient $1.36/\sqrt{n}$	dmax<d
1	0,091	0,555	0,323	104	0,776	0,124	0,776	0,551	0,052	0,557	0,502	0,274	0,274	0,117	nu
2	0,555	1,019	0,787	16	0,119	0,880	0,896		0,055		0,799	0,096			
3	1,019	1,482	1,250	4	0,030	1,636	0,925		0,489		0,953	-0,027			
4	1,482	1,946	1,714	4	0,030	2,392	0,955		1,352		0,994	-0,039			
5	1,946	2,410	2,178	3	0,022	3,148	0,978		2,646		1,000	-0,022			
6	2,410	2,874	2,642	1	0,007	3,904	0,985		4,370		1,000	-0,015			
7	2,874	3,337	3,105	1	0,007	4,660	0,993		6,523		1,000	-0,007			
8	3,337	3,801	3,569	1	0,007	5,416	1,000		9,107		1,000	0,000			
Verificare				134	1										

ANEXA 7:

TESTUL FISHER - ALEGEREA VALORII F_{TABELAR}

<i>df2</i>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	<i>df2</i>
1	161,4476	199,5	215,7073	224,5832	230,1619	233,986	236,7684	238,8827	240,5433	241,8817	1
2	18,51282	19	19,16429	19,24679	19,29641	19,32953	19,35322	19,37099	19,38483	19,3959	2
3	10,12796	9,552094	9,276628	9,117182	9,013455	8,940645	8,886743	8,845238	8,8123	8,785525	3
4	7,708647	6,944272	6,591382	6,388233	6,256057	6,163132	6,094211	6,041044	5,998779	5,964371	4
5	6,607891	5,786135	5,409451	5,192168	5,050329	4,950288	4,875872	4,81832	4,772466	4,735063	5
6	5,987378	5,143253	4,757063	4,533677	4,387374	4,283866	4,206658	4,146804	4,099016	4,059963	6
7	5,591448	4,737414	4,346831	4,120312	3,971523	3,865969	3,787044	3,725725	3,676675	3,636523	7
8	5,317655	4,45897	4,066181	3,837853	3,687499	3,58058	3,500464	3,438101	3,38813	3,347163	8
9	5,117355	4,256495	3,862548	3,633089	3,481659	3,373754	3,292746	3,229583	3,178893	3,13728	9
10	4,964603	4,102821	3,708265	3,47805	3,325835	3,217175	3,135465	3,071658	3,020383	2,978237	10
11	4,844336	3,982298	3,587434	3,35669	3,203874	3,094613	3,01233	2,94799	2,896223	2,853625	11
12	4,747225	3,885294	3,490295	3,259167	3,105875	2,99612	2,913358	2,848565	2,796375	2,753387	12
13	4,667193	3,805565	3,410534	3,179117	3,025438	2,915269	2,832098	2,766913	2,714356	2,671024	13
14	4,60011	3,738892	3,343889	3,11225	2,958249	2,847726	2,764199	2,698672	2,645791	2,602155	14
15	4,543077	3,68232	3,287382	3,055568	2,901295	2,790465	2,706627	2,640797	2,587626	2,543719	15
16	4,493998	3,633723	3,238872	3,006917	2,852409	2,741311	2,657197	2,591096	2,537667	2,493513	16
17	4,451322	3,591531	3,196777	2,964708	2,809996	2,69866	2,614299	2,547955	2,494291	2,449916	17
18	4,413873	3,554557	3,159908	2,927744	2,772853	2,661305	2,576722	2,510158	2,456281	2,411702	18
19	4,38075	3,521893	3,12735	2,895107	2,740058	2,628318	2,543534	2,47677	2,422699	2,377934	19
20	4,351244	3,492828	3,098391	2,866081	2,71089	2,598978	2,514011	2,447064	2,392814	2,347878	20
21	4,324794	3,4668	3,072467	2,8401	2,684781	2,572712	2,487578	2,420462	2,366048	2,320953	21
22	4,30095	3,443357	3,049125	2,816708	2,661274	2,549061	2,463774	2,396503	2,341937	2,296696	22
23	4,279344	3,422132	3,027998	2,795539	2,639999	2,527655	2,442226	2,374812	2,320105	2,274728	23
24	4,259677	3,402826	3,008787	2,776289	2,620654	2,508189	2,422629	2,355081	2,300244	2,254739	24
25	4,241699	3,38519	2,991241	2,75871	2,602987	2,49041	2,404728	2,337057	2,282097	2,236474	25

<i>df2</i>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	<i>df2</i>
26	4,225201	3,369016	2,975154	2,742594	2,58679	2,474109	2,388314	2,320527	2,265453	2,219718	26
27	4,210008	3,354131	2,960351	2,727765	2,571886	2,459108	2,373208	2,305313	2,250131	2,204292	27
28	4,195972	3,340386	2,946685	2,714076	2,558128	2,445259	2,35926	2,291264	2,235982	2,190044	28
30	4,170877	3,31583	2,922277	2,689628	2,533555	2,420523	2,334344	2,266163	2,210697	2,16458	30
40	4,084746	3,231727	2,838745	2,605975	2,449466	2,335852	2,249024	2,18017	2,124029	2,077248	40
50	4,03431	3,18261	2,790008	2,557179	2,400409	2,286436	2,199202	2,129923	2,073351	2,026143	50
60	4,001191	3,150411	2,758078	2,525215	2,36827	2,254053	2,166541	2,096968	2,040098	1,992592	60
120	3,920124	3,071779	2,680168	2,447237	2,289851	2,175006	2,08677	2,016426	1,958763	1,910461	120
100.000	3,841552	2,995822	2,604998	2,372021	2,214189	2,098688	2,009683	1,938506	1,87998	1,830798	100.000
					0,05				see below for more		
			Degees of Freedom of the numerator				<i>df1</i>				
<i>df2</i>	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	<i>df2</i>
1	242,9835	243,906	244,6898	245,364	245,9499	246,4639	246,9184	247,3232	247,6861	248,0131	1
2	19,40496	19,41251	19,4189	19,42438	19,42914	19,43329	19,43696	19,44022	19,44314	19,44577	2
3	8,763333	8,744641	8,728681	8,714896	8,70287	8,692286	8,6829	8,674519	8,66699	8,66019	3
4	5,935813	5,911729	5,891144	5,873346	5,857805	5,844117	5,83197	5,821116	5,811359	5,802542	4
5	4,703967	4,677704	4,655225	4,635768	4,618759	4,603764	4,590444	4,578534	4,56782	4,558131	5
6	4,027442	3,999935	3,976363	3,955934	3,938058	3,922283	3,908259	3,895709	3,884412	3,874189	6
7	3,603037	3,574676	3,550343	3,529231	3,51074	3,494408	3,479877	3,466863	3,45514	3,444525	7
8	3,312951	3,283939	3,259019	3,237378	3,218406	3,201634	3,186701	3,173317	3,161254	3,150324	8
9	3,102485	3,072947	3,047549	3,025473	3,006102	2,988966	2,973696	2,960003	2,947652	2,936455	9
10	2,942957	2,912977	2,887175	2,864728	2,845017	2,827566	2,812007	2,798045	2,785445	2,774016	10
11	2,81793	2,787569	2,761417	2,738648	2,71864	2,700914	2,6851	2,670901	2,65808	2,646445	11
12	2,717331	2,686637	2,660177	2,637124	2,616851	2,598881	2,582839	2,568428	2,555409	2,543588	12
13	2,63465	2,603661	2,576927	2,553619	2,53311	2,51492	2,498672	2,484069	2,470871	2,458882	13
14	2,565497	2,534243	2,507263	2,483726	2,463003	2,444613	2,428179	2,413401	2,400039	2,387896	14
15	2,506806	2,475313	2,44811	2,424364	2,403447	2,384875	2,36827	2,353332	2,339819	2,327535	15
16	2,456369	2,42466	2,397254	2,373318	2,352223	2,333484	2,316722	2,301636	2,287985	2,27557	16
17	2,412561	2,380654	2,353063	2,328952	2,307693	2,2888	2,271893	2,256671	2,242891	2,230354	17
18	2,374156	2,342067	2,314304	2,290033	2,268622	2,249587	2,232546	2,217197	2,203297	2,190648	18

<i>df2</i>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	<i>df2</i>
19	2,34021	2,307954	2,280034	2,255614	2,234063	2,214895	2,197729	2,182263	2,168252	2,155497	19
20	2,309991	2,277581	2,249514	2,224956	2,203274	2,183983	2,166701	2,151124	2,137009	2,124155	20
21	2,282916	2,250362	2,22216	2,197473	2,17567	2,156263	2,138872	2,123193	2,108979	2,096033	21
22	2,258518	2,225831	2,197502	2,172695	2,150778	2,131264	2,113771	2,097994	2,083689	2,070656	22
23	2,236419	2,203607	2,17516	2,15024	2,128217	2,108602	2,091013	2,075145	2,060754	2,047638	23
24	2,216309	2,18338	2,154822	2,129797	2,107673	2,087963	2,070284	2,054331	2,039858	2,026664	24
25	2,197929	2,164891	2,136229	2,111105	2,088887	2,069088	2,051323	2,035289	2,020738	2,007471	25
26	2,181067	2,147926	2,119166	2,093949	2,071642	2,051758	2,033913	2,017802	2,003178	1,989842	26
27	2,16554	2,132303	2,10345	2,078145	2,055755	2,03579	2,017869	2,001686	1,986993	1,97359	27
28	2,151197	2,117869	2,088929	2,063541	2,041071	2,021031	2,003037	1,986785	1,972027	1,958561	28
30	2,125559	2,092063	2,062963	2,03742	2,014804	1,994624	1,976496	1,960116	1,945236	1,931653	30
40	2,03758	2,003459	1,973756	1,947635	1,924463	1,90375	1,885112	1,868242	1,852892	1,838859	40
50	1,986056	1,951528	1,921429	1,894926	1,871384	1,850315	1,831334	1,814133	1,798464	1,784125	50
60	1,952212	1,917396	1,887018	1,860242	1,836437	1,815113	1,795885	1,778446	1,762547	1,747984	60
120	1,86929	1,833695	1,802553	1,775031	1,750497	1,728463	1,708544	1,690432	1,673879	1,65868	120
100.000	1,788744	1,752269	1,720254	1,69187	1,666486	1,643615	1,622873	1,603953	1,586606	1,570627	100.000
							0,05				
				Degees of Freedom of the numerator				<i>df1</i>			
<i>df2</i>	21	22	23	24	25	30	40	60	120	10000	<i>df2</i>
1	248,3094	248,5791	248,8256	249,0518	249,2601	250,0951	251,1432	252,1957	253,2529	254,3017	1
2	19,44815	19,45031	19,45228	19,45409	19,45575	19,46241	19,47074	19,47906	19,48739	19,49563	2
3	8,654017	8,648389	8,643236	8,638501	8,634135	8,616576	8,594411	8,572004	8,549351	8,526726	3
4	5,794534	5,78723	5,780539	5,774389	5,768715	5,745877	5,716998	5,687744	5,658105	5,628434	4
5	4,549327	4,541291	4,533926	4,527153	4,520902	4,495712	4,463793	4,43138	4,398454	4,365401	5
6	3,864893	3,856403	3,848619	3,841457	3,834844	3,808164	3,774286	3,739797	3,704667	3,669299	6
7	3,434867	3,426042	3,417947	3,410494	3,403611	3,375808	3,34043	3,304323	3,267445	3,230208	7
8	3,140374	3,131277	3,122929	3,11524	3,108134	3,079406	3,042778	3,005303	2,966923	2,928054	8
9	2,926257	2,91693	2,908365	2,900474	2,893178	2,863652	2,825933	2,787249	2,747525	2,707172	9
10	2,763602	2,754072	2,745317	2,737248	2,729785	2,699551	2,660855	2,621077	2,580122	2,538393	10
11	2,635838	2,626127	2,617203	2,608974	2,60136	2,570489	2,530905	2,490123	2,448024	2,405002	11
12	2,532807	2,522933	2,513856	2,505482	2,497732	2,466279	2,42588	2,384166	2,340995	2,296746	12

<i>df2</i>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	<i>df2</i>
13	2,447942	2,43792	2,428702	2,420196	2,412321	2,380334	2,33918	2,296596	2,252414	2,206996	13
14	2,376812	2,366653	2,357306	2,348678	2,340688	2,308207	2,26635	2,22295	2,177811	2,131272	14
15	2,316317	2,306032	2,296567	2,287826	2,279729	2,246789	2,204276	2,160105	2,114056	2,06644	15
16	2,264229	2,253827	2,244251	2,235405	2,227209	2,193841	2,150711	2,105813	2,058895	2,010241	16
17	2,218899	2,208388	2,198709	2,189766	2,181478	2,147708	2,103998	2,058411	2,010663	1,961006	17
18	2,179085	2,168474	2,158699	2,149665	2,141289	2,107143	2,062885	2,016643	1,9681	1,917473	18
19	2,143834	2,133127	2,123263	2,114143	2,105686	2,071186	2,02641	1,979544	1,930237	1,878671	19
20	2,112399	2,101603	2,091654	2,082454	2,07392	2,039086	1,993819	1,946358	1,896318	1,843839	20
21	2,084189	2,073309	2,06328	2,054004	2,045398	2,010248	1,964515	1,916486	1,865739	1,812374	21
22	2,058728	2,04777	2,037666	2,028319	2,019644	1,984195	1,938018	1,889445	1,838018	1,78379	22
23	2,035633	2,0246	2,014425	2,005009	1,996271	1,960537	1,913938	1,864844	1,81276	1,757692	23
24	2,014585	2,003482	1,993239	1,98376	1,974959	1,938957	1,891955	1,84236	1,789642	1,733755	24
25	1,995322	1,984152	1,973846	1,964306	1,955447	1,919188	1,871801	1,821727	1,768395	1,711709	25
26	1,977626	1,966393	1,956026	1,946428	1,937514	1,90101	1,853255	1,802719	1,748795	1,691328	26
27	1,961312	1,950018	1,939594	1,92994	1,920974	1,884236	1,836129	1,785149	1,73065	1,672421	27
28	1,946222	1,934871	1,924392	1,914686	1,905669	1,868709	1,820263	1,768857	1,7138	1,654826	28
30	1,919203	1,907745	1,897164	1,88736	1,878249	1,840872	1,79179	1,739574	1,683452	1,623036	30
40	1,825977	1,814104	1,803124	1,792937	1,783458	1,744432	1,692797	1,637252	1,57661	1,50977	40
50	1,770946	1,758788	1,747533	1,73708	1,727343	1,687157	1,633682	1,575654	1,511472	1,43921	50
60	1,73459	1,722223	1,710765	1,700117	1,690191	1,649141	1,594273	1,534314	1,467267	1,390304	60
120	1,644667	1,631698	1,619655	1,608437	1,597957	1,554343	1,495202	1,429013	1,351886	1,255252	120
100.000	1,555848	1,542127	1,529346	1,517402	1,50621	1,459214	1,394086	1,318171	1,221569	1,024554	100.000

ANEXA 8:

DETERMINAREA RUGOZITĂȚII PE BAZA MODELULUI REGRESIONAL PROPUȘ ȘI COMPARAREA CU REZULTATELE EXPERIMENTALE

Tabelul 1

Datele aferente obținute aferent Ra longitudinal

Nr. Exp.	Regim de așchiere			Ra long experimental	Ra long calculat	Eroare
	Viteza de așchiere	Adâncimea de așchiere	Avansul pe dinte			
1	495	2	0,04	0,235	0,307448	31%
2	495	2	0,06	0,254	0,293119	16%
3	495	2	0,08	0,206	0,278791	35%
4	495	2	0,11	0,233	0,257298	11%
5	495	2	0,14	0,250	0,235805	6%
6	495	2,5	0,04	0,234	0,340296	45%
7	495	2,5	0,06	0,199	0,318137	60%
8	495	2,5	0,08	0,184	0,295977	61%
9	495	2,5	0,11	0,235	0,262738	12%
10	495	2,5	0,14	0,248	0,229499	7%
11	495	3	0,04	0,226	0,373144	65%
12	495	3	0,06	0,248	0,343154	38%
13	495	3	0,08	0,197	0,313163	59%
14	495	3	0,11	0,208	0,268178	29%
15	495	3	0,14	0,287	0,223192	22%
16	495	3,5	0,04	0,188	0,405992	116%
17	495	3,5	0,06	0,260	0,368171	41%
18	495	3,5	0,08	0,233	0,33035	42%
19	495	3,5	0,11	0,239	0,273618	15%
20	495	3,5	0,14	0,260	0,216886	17%
21	495	4	0,04	0,202	0,438841	118%
22	495	4	0,06	0,197	0,393188	100%
23	495	4	0,08	0,186	0,347536	87%
24	495	4	0,11	0,219	0,279058	27%
25	495	4	0,14	0,270	0,21058	22%
26	530	2	0,04	0,242	0,345613	43%
27	530	2	0,06	0,246	0,338485	38%
28	530	2	0,08	0,254	0,331356	30%
29	530	2	0,11	0,271	0,320664	18%
30	530	2	0,14	0,360	0,309971	14%

Nr. Exp.	Regim de aşchiere			Ra long experimental	Ra long calculat	Eroare
	Viteza de aşchiere	Adâncimea de aşchiere	Avansul pe dinte			
31	530	2,5	0,04	0,226	0,380784	68%
32	530	2,5	0,06	0,250	0,365271	46%
33	530	2,5	0,08	0,224	0,349758	56%
34	530	2,5	0,11	0,321	0,326489	2%
35	530	2,5	0,14	0,274	0,303219	11%
36	530	3	0,04	0,229	0,415955	82%
37	530	3	0,06	0,245	0,392057	60%
38	530	3	0,08	0,281	0,36816	31%
39	530	3	0,11	0,252	0,332313	32%
40	530	3	0,14	0,255	0,296467	16%
41	530	3,5	0,04	0,222	0,451126	103%
42	530	3,5	0,06	0,285	0,418843	47%
43	530	3,5	0,08	0,194	0,386561	99%
44	530	3,5	0,11	0,241	0,338138	41%
45	530	3,5	0,14	0,252	0,289715	15%
46	530	4	0,04	0,229	0,486296	112%
47	530	4	0,06	0,220	0,44563	102%
48	530	4	0,08	0,202	0,404963	100%
49	530	4	0,11	0,259	0,343963	33%
50	530	4	0,14	0,264	0,282962	7%
51	570	2	0,04	0,442	0,389231	12%
52	570	2	0,06	0,465	0,390331	16%
53	570	2	0,08	0,470	0,391432	17%
54	570	2	0,11	0,429	0,393082	8%
55	570	2	0,14	0,369	0,394733	7%
56	570	2,5	0,04	0,473	0,427056	10%
57	570	2,5	0,06	0,509	0,419139	18%
58	570	2,5	0,08	0,488	0,411222	16%
59	570	2,5	0,11	0,427	0,399347	6%
60	570	2,5	0,14	0,393	0,387471	2%
61	570	3	0,04	0,880	0,464881	47%
62	570	3	0,06	0,478	0,447947	6%
63	570	3	0,08	0,493	0,431012	13%
64	570	3	0,11	0,412	0,405611	2%
65	570	3	0,14	0,357	0,380209	6%
66	570	3,5	0,04	1,372	0,502706	63%
67	570	3,5	0,06	0,493	0,476755	3%
68	570	3,5	0,08	0,644	0,450803	30%
69	570	3,5	0,11	0,396	0,411875	4%
70	570	3,5	0,14	0,407	0,372947	8%
71	570	4	0,04	1,120	0,540532	52%
72	570	4	0,06	0,533	0,505562	5%

Nr. Exp.	Regim de aşchiere			Ra long experimental	Ra long calculat	Eroare
	Viteza de aşchiere	Adâncimea de aşchiere	Avansul pe dinte			
73	570	4	0,08	0,606	0,470593	22%
74	570	4	0,11	0,568	0,418139	26%
75	570	4	0,14	0,622	0,365686	41%
76	610	2	0,04	0,533	0,432848	19%
77	610	2	0,06	0,471	0,442178	6%
78	610	2	0,08	0,658	0,451507	31%
79	610	2	0,11	0,534	0,465501	13%
80	610	2	0,14	0,506	0,479494	5%
81	610	2,5	0,04	0,691	0,473328	32%
82	610	2,5	0,06	0,756	0,473007	37%
83	610	2,5	0,08	0,586	0,472686	19%
84	610	2,5	0,11	0,516	0,472205	8%
85	610	2,5	0,14	0,524	0,471723	10%
86	610	3	0,04	0,500	0,513808	3%
87	610	3	0,06	0,526	0,503836	4%
88	610	3	0,08	0,598	0,493865	17%
89	610	3	0,11	0,470	0,478908	2%
90	610	3	0,14	0,458	0,463952	1%
91	610	3,5	0,04	0,679	0,554287	18%
92	610	3,5	0,06	0,631	0,534666	15%
93	610	3,5	0,08	0,543	0,515044	5%
94	610	3,5	0,11	0,581	0,485612	16%
95	610	3,5	0,14	0,511	0,45618	11%
96	610	4	0,04	0,722	0,594767	18%
97	610	4	0,06	0,980	0,565495	42%
98	610	4	0,08	0,847	0,536224	37%
99	610	4	0,11	0,498	0,492316	1%
100	610	4	0,14	0,490	0,448409	8%
101	660	2	0,04	0,503	0,48737	3%
102	660	2	0,06	0,600	0,506986	16%
103	660	2	0,08	0,661	0,526601	20%
104	660	2	0,11	0,528	0,556024	5%
105	660	2	0,14	0,723	0,585446	19%
106	660	2,5	0,04	0,554	0,531168	4%
107	660	2,5	0,06	0,644	0,540342	16%
108	660	2,5	0,08	0,653	0,549516	16%
109	660	2,5	0,11	0,516	0,563277	9%
110	660	2,5	0,14	0,602	0,577038	4%
111	660	3	0,04	0,537	0,574966	7%
112	660	3	0,06	0,602	0,573698	5%
113	660	3	0,08	0,604	0,572431	5%
114	660	3	0,11	0,527	0,57053	8%

Nr. Exp.	Regim de aşchiere			Ra long experimental	Ra long calculat	Eroare
	Viteza de aşchiere	Adâncimea de aşchiere	Avansul pe dinte			
115	660	3	0,14	0,606	0,56863	6%
116	660	3,5	0,04	0,493	0,618763	26%
117	660	3,5	0,06	0,574	0,607055	6%
118	660	3,5	0,08	0,622	0,595346	4%
119	660	3,5	0,11	0,501	0,577784	15%
120	660	3,5	0,14	0,594	0,560221	6%
121	660	4	0,04	0,565	0,662561	17%
122	660	4	0,06	0,528	0,640411	21%
123	660	4	0,08	0,499	0,618262	24%
124	660	4	0,11	0,574	0,585037	2%
125	660	4	0,14	0,528	0,551813	5%
126	710	2	0,04	0,530	0,541892	2%
127	710	2	0,06	0,508	0,571794	13%
128	710	2	0,08	0,579	0,601695	4%
129	710	2	0,11	0,558	0,646547	16%
130	710	2	0,14	0,571	0,691398	21%
131	710	2,5	0,04	0,493	0,589008	20%
132	710	2,5	0,06	0,503	0,607677	21%
133	710	2,5	0,08	0,586	0,626346	7%
134	710	2,5	0,11	0,538	0,65435	22%
135	710	2,5	0,14	0,586	0,682353	16%
136	710	3	0,04	0,539	0,636124	18%
137	710	3	0,06	0,554	0,64356	16%
138	710	3	0,08	0,605	0,650997	8%
139	710	3	0,11	0,573	0,662152	16%
140	710	3	0,14	0,702	0,673308	4%
141	710	3,5	0,04	0,587	0,683239	16%
142	710	3,5	0,06	0,583	0,679444	16%
143	710	3,5	0,08	0,597	0,675648	13%
144	710	3,5	0,11	0,635	0,669955	6%
145	710	3,5	0,14	0,645	0,664262	3%
146	710	4	0,04	0,591	0,730355	24%
147	710	4	0,06	0,528	0,715327	35%
148	710	4	0,08	0,571	0,7003	23%
149	710	4	0,11	0,595	0,677758	14%
150	710	4	0,14	0,659	0,655217	1%

Datele aferente obținute aferent Ra transversal

Nr. Exp.	Regim de aşchiere			Ra transv experimental	Ra transv calculat	Eroare
	Viteza de aşchiere	Adâncimea de aşchiere	Avansul pe dinte			
1	495	2	0,04	0,120	0,178	48,41%
2	495	2	0,06	0,139	0,149	6,75%
3	495	2	0,08	0,173	0,119	30,95%
4	495	2	0,11	0,135	0,075	44,32%
5	495	2	0,14	0,120	0,031	74,34%
6	495	2,5	0,04	0,126	0,306	143,74%
7	495	2,5	0,06	0,158	0,286	80,73%
8	495	2,5	0,08	0,114	0,265	131,60%
9	495	2,5	0,11	0,149	0,234	57,17%
10	495	2,5	0,14	0,149	0,203	35,93%
11	495	3	0,04	0,110	0,435	293,82%
12	495	3	0,06	0,136	0,422	210,66%
13	495	3	0,08	0,159	0,410	157,89%
14	495	3	0,11	0,128	0,392	206,00%
15	495	3	0,14	0,192	0,374	95,52%
16	495	3,5	0,04	0,128	0,563	341,01%
17	495	3,5	0,06	0,176	0,559	218,47%
18	495	3,5	0,08	0,102	0,556	447,93%
19	495	3,5	0,11	0,130	0,551	325,66%
20	495	3,5	0,14	0,194	0,546	181,89%
21	495	4	0,04	0,130	0,691	430,13%
22	495	4	0,06	0,171	0,696	306,65%
23	495	4	0,08	0,113	0,702	519,26%
24	495	4	0,11	0,247	0,710	188,03%
25	495	4	0,14	0,218	0,718	229,94%
26	530	2	0,04	0,137	0,203	48,21%
27	530	2	0,06	0,168	0,175	4,49%
28	530	2	0,08	0,158	0,148	6,28%
29	530	2	0,11	0,135	0,106	21,27%
30	530	2	0,14	0,240	0,065	72,85%
31	530	2,5	0,04	0,163	0,334	105,30%
32	530	2,5	0,06	0,134	0,313	133,48%
33	530	2,5	0,08	0,127	0,291	129,47%
34	530	2,5	0,11	0,145	0,259	79,31%
35	530	2,5	0,14	0,196	0,227	15,98%
36	530	3	0,04	0,129	0,466	262,31%
37	530	3	0,06	0,109	0,451	313,34%
38	530	3	0,08	0,153	0,435	185,35%
39	530	3	0,11	0,156	0,412	163,59%

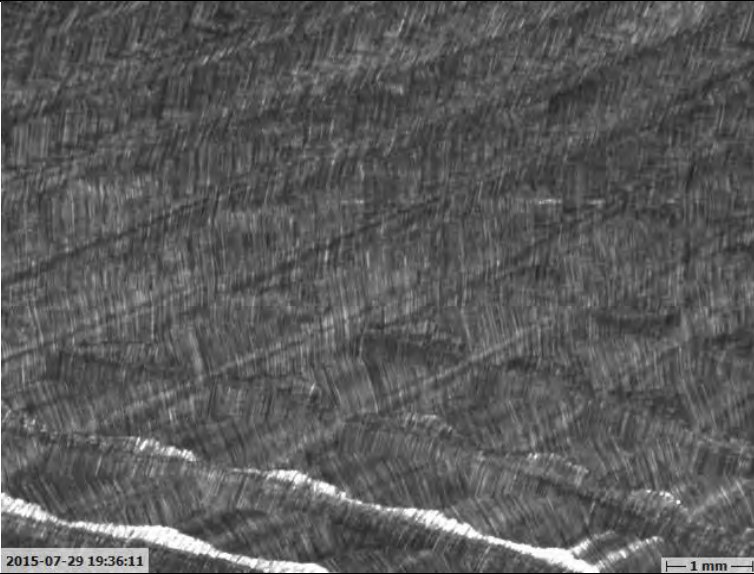
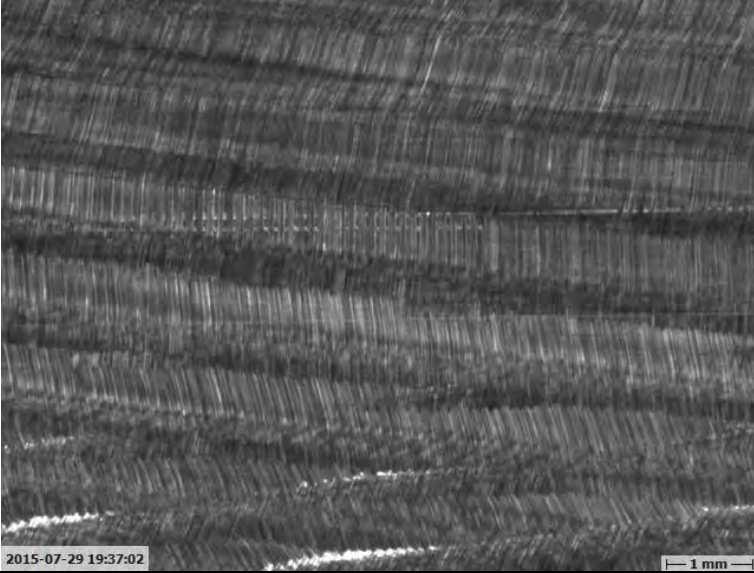
Nr. Exp.	Regim de aşchiere			Ra transv experimental	Ra transv calculat	Eroare
	Viteza de aşchiere	Adâncimea de aşchiere	Avansul pe dinte			
40	530	3	0,14	0,136	0,389	185,61%
41	530	3,5	0,04	0,110	0,598	443,23%
42	530	3,5	0,06	0,118	0,588	399,90%
43	530	3,5	0,08	0,182	0,579	217,49%
44	530	3,5	0,11	0,158	0,565	258,42%
45	530	3,5	0,14	0,167	0,551	230,52%
46	530	4	0,04	0,140	0,729	422,09%
47	530	4	0,06	0,156	0,726	366,81%
48	530	4	0,08	0,191	0,723	278,33%
49	530	4	0,11	0,149	0,718	380,37%
50	530	4	0,14	0,158	0,713	352,06%
51	570	2	0,04	0,282	0,231	18,17%
52	570	2	0,06	0,349	0,206	41,07%
53	570	2	0,08	0,323	0,180	44,13%
54	570	2	0,11	0,318	0,143	55,09%
55	570	2	0,14	0,245	0,105	57,19%
56	570	2,5	0,04	0,363	0,366	0,86%
57	570	2,5	0,06	0,310	0,344	11,11%
58	570	2,5	0,08	0,274	0,322	17,47%
59	570	2,5	0,11	0,280	0,289	2,93%
60	570	2,5	0,14	0,300	0,255	14,83%
61	570	3	0,04	0,689	0,502	27,11%
62	570	3	0,06	1,162	0,483	58,46%
63	570	3	0,08	0,295	0,463	57,07%
64	570	3	0,11	0,335	0,435	29,58%
65	570	3	0,14	0,367	0,406	10,46%
66	570	3,5	0,04	1,559	0,637	59,12%
67	570	3,5	0,06	1,563	0,621	60,27%
68	570	3,5	0,08	1,724	0,605	64,91%
69	570	3,5	0,11	1,295	0,580	55,18%
70	570	3,5	0,14	1,113	0,556	50,02%
71	570	4	0,04	1,223	0,773	36,80%
72	570	4	0,06	2,386	0,760	68,16%
73	570	4	0,08	1,872	0,746	60,14%
74	570	4	0,11	2,768	0,726	73,76%
75	570	4	0,14	2,115	0,707	66,59%
76	610	2	0,04	0,558	0,259	53,59%
77	610	2	0,06	0,368	0,236	35,82%
78	610	2	0,08	0,252	0,213	15,29%
79	610	2	0,11	0,337	0,179	46,98%
80	610	2	0,14	0,288	0,144	49,86%
81	610	2,5	0,04	0,874	0,398	54,41%

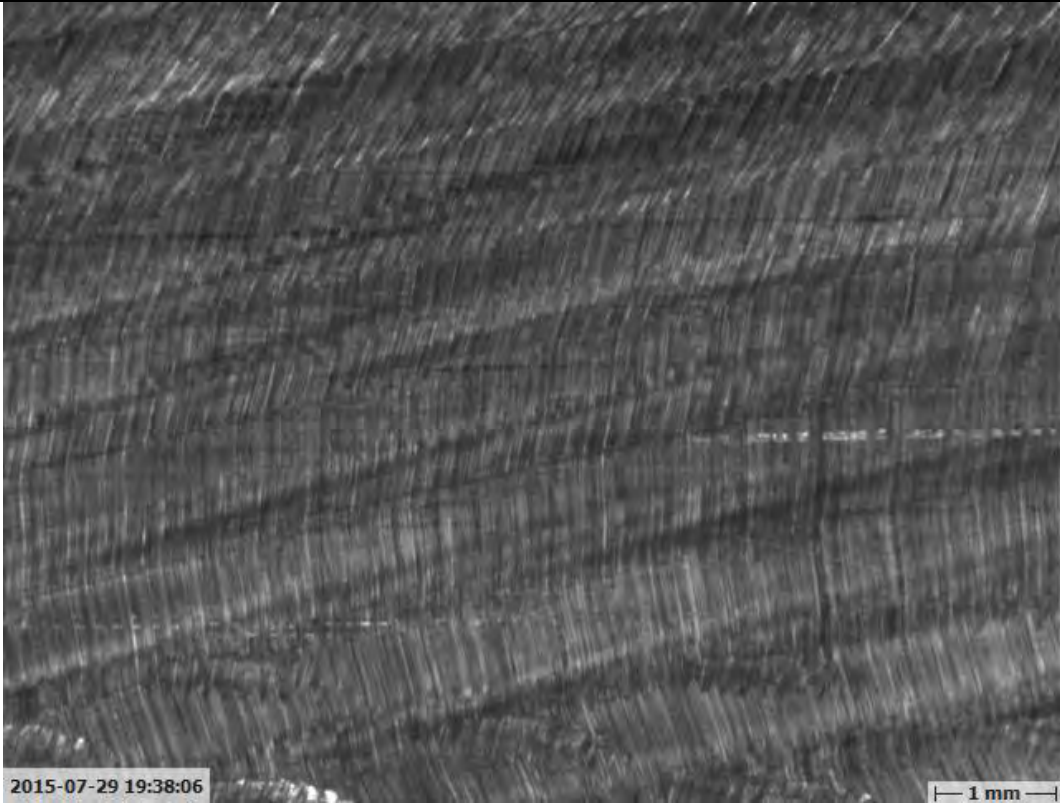
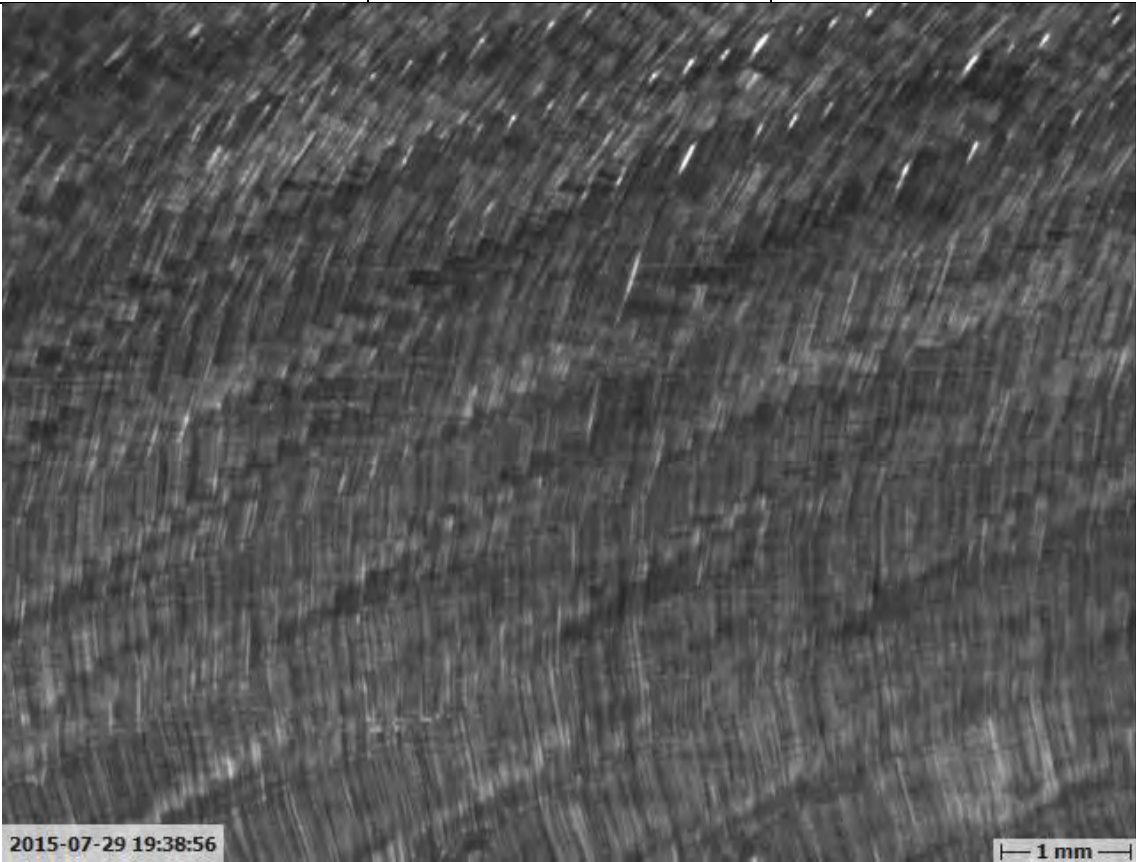
Nr. Exp.	Regim de aşchiere			Ra transv experimental	Ra transv calculat	Eroare
	Viteza de aşchiere	Adâncimea de aşchiere	Avansul pe dinte			
82	610	2,5	0,06	0,630	0,375	40,43%
83	610	2,5	0,08	0,566	0,352	37,77%
84	610	2,5	0,11	0,288	0,318	10,43%
85	610	2,5	0,14	0,473	0,283	40,08%
86	610	3	0,04	0,907	0,538	40,72%
87	610	3	0,06	0,487	0,515	5,79%
88	610	3	0,08	0,918	0,492	46,43%
89	610	3	0,11	0,499	0,457	8,39%
90	610	3	0,14	0,285	0,422	48,18%
91	610	3,5	0,04	0,598	0,677	13,27%
92	610	3,5	0,06	1,523	0,654	57,04%
93	610	3,5	0,08	0,930	0,631	32,15%
94	610	3,5	0,11	0,850	0,596	29,83%
95	610	3,5	0,14	0,544	0,561	3,19%
96	610	4	0,04	0,634	0,817	28,80%
97	610	4	0,06	1,139	0,793	30,32%
98	610	4	0,08	1,426	0,770	45,98%
99	610	4	0,11	0,652	0,735	12,76%
100	610	4	0,14	0,827	0,700	15,34%
101	660	2	0,04	0,341	0,294	13,75%
102	660	2	0,06	0,237	0,274	15,83%
103	660	2	0,08	0,340	0,254	25,40%
104	660	2	0,11	0,284	0,224	21,12%
105	660	2	0,14	0,385	0,194	49,72%
106	660	2,5	0,04	0,332	0,438	32,02%
107	660	2,5	0,06	0,252	0,414	64,74%
108	660	2,5	0,08	0,276	0,390	41,35%
109	660	2,5	0,11	0,314	0,354	12,75%
110	660	2,5	0,14	0,286	0,318	11,22%
111	660	3	0,04	0,259	0,583	124,66%
112	660	3	0,06	0,315	0,555	76,10%
113	660	3	0,08	0,332	0,527	58,68%
114	660	3	0,11	0,340	0,485	42,86%
115	660	3	0,14	0,364	0,443	21,75%
116	660	3,5	0,04	0,258	0,727	182,03%
117	660	3,5	0,06	0,309	0,695	124,71%
118	660	3,5	0,08	0,295	0,663	124,54%
119	660	3,5	0,11	0,234	0,616	162,88%
120	660	3,5	0,14	0,326	0,568	74,37%
121	660	4	0,04	0,271	0,871	221,10%
122	660	4	0,06	0,286	0,836	192,65%
123	660	4	0,08	0,323	0,800	147,61%

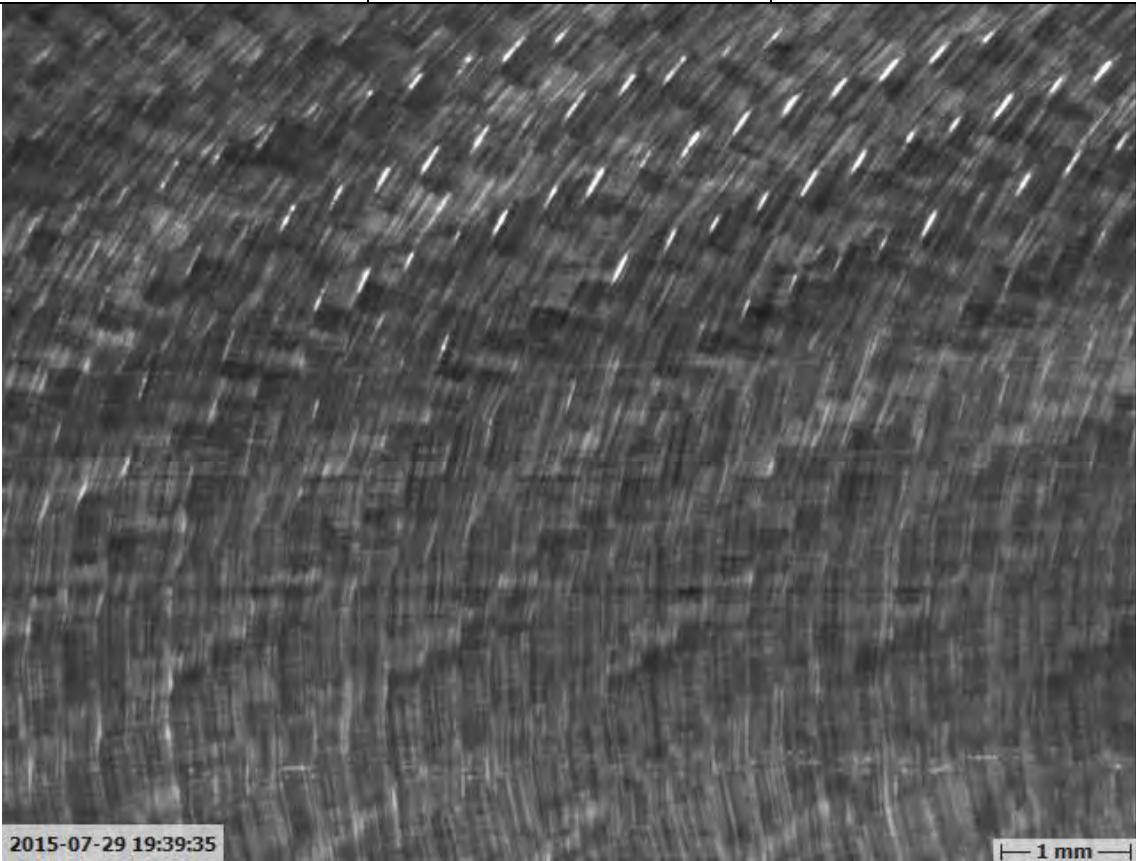
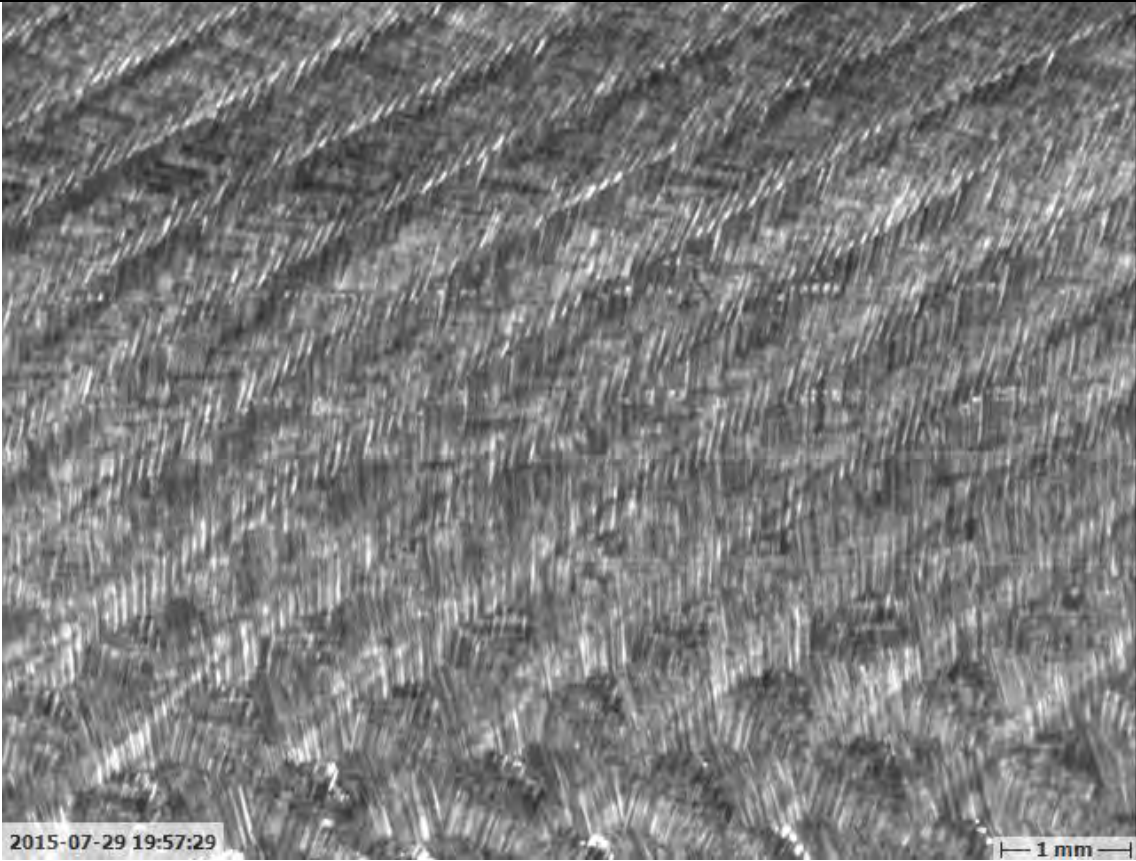
Nr. Exp.	Regim de aşchiere			Ra transv experimental	Ra transv calculat	Eroare
	Viteza de aşchiere	Adâncimea de aşchiere	Avansul pe dinte			
124	660	4	0,11	0,218	0,746	242,28%
125	660	4	0,14	0,254	0,693	173,02%
126	710	2	0,04	0,207	0,329	59,14%
127	710	2	0,06	0,267	0,312	16,75%
128	710	2	0,08	0,378	0,295	22,06%
129	710	2	0,11	0,275	0,269	2,14%
130	710	2	0,14	0,287	0,243	15,37%
131	710	2,5	0,04	0,325	0,478	47,02%
132	710	2,5	0,06	0,250	0,453	81,05%
133	710	2,5	0,08	0,206	0,428	108,22%
134	710	2,5	0,11	0,255	0,391	53,53%
135	710	2,5	0,14	0,238	0,354	48,46%
136	710	3	0,04	0,735	0,627	14,67%
137	710	3	0,06	0,376	0,595	58,19%
138	710	3	0,08	0,435	0,562	29,34%
139	710	3	0,11	0,311	0,513	64,96%
140	710	3	0,14	0,315	0,464	47,20%
141	710	3,5	0,04	0,358	0,777	116,95%
142	710	3,5	0,06	0,770	0,736	4,43%
143	710	3,5	0,08	0,509	0,696	36,76%
144	710	3,5	0,11	0,253	0,635	151,02%
145	710	3,5	0,14	0,387	0,574	48,55%
146	710	4	0,04	0,566	0,926	63,49%
147	710	4	0,06	0,730	0,878	20,28%
148	710	4	0,08	0,756	0,829	9,69%
149	710	4	0,11	0,974	0,757	22,23%
150	710	4	0,14	0,607	0,685	12,79%

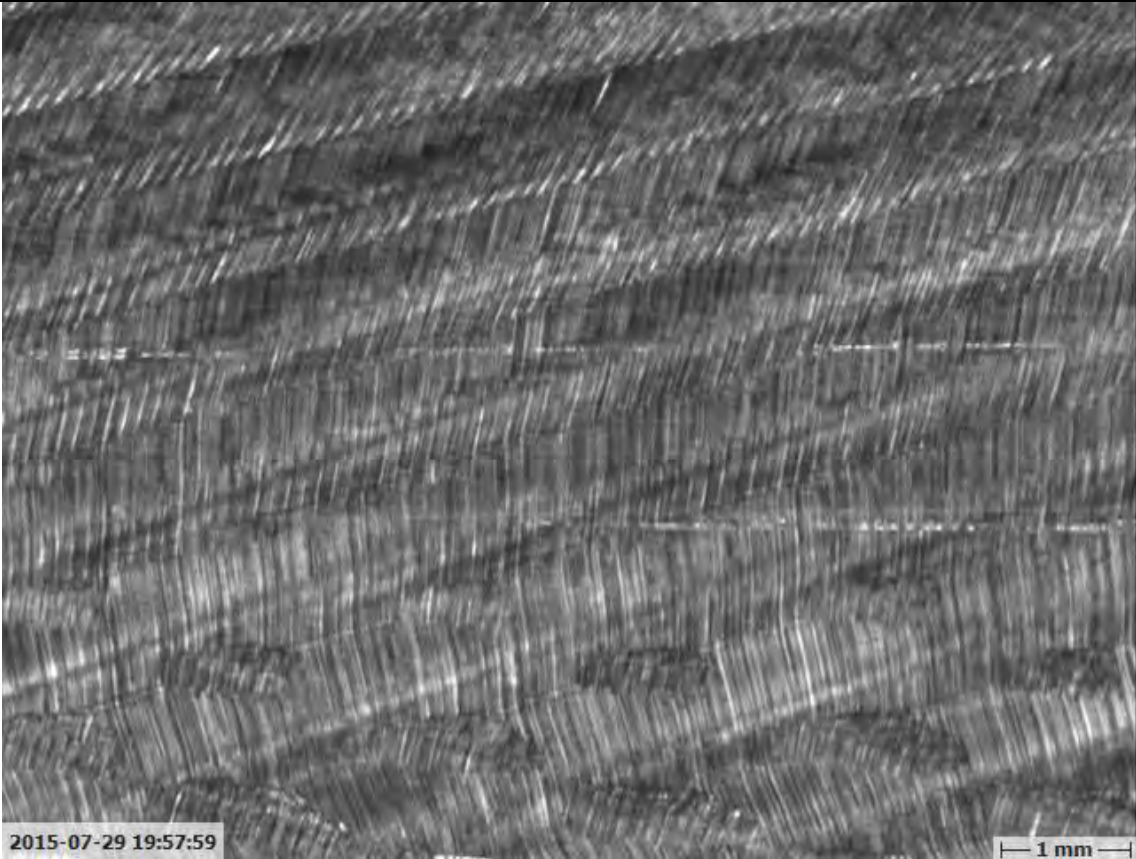
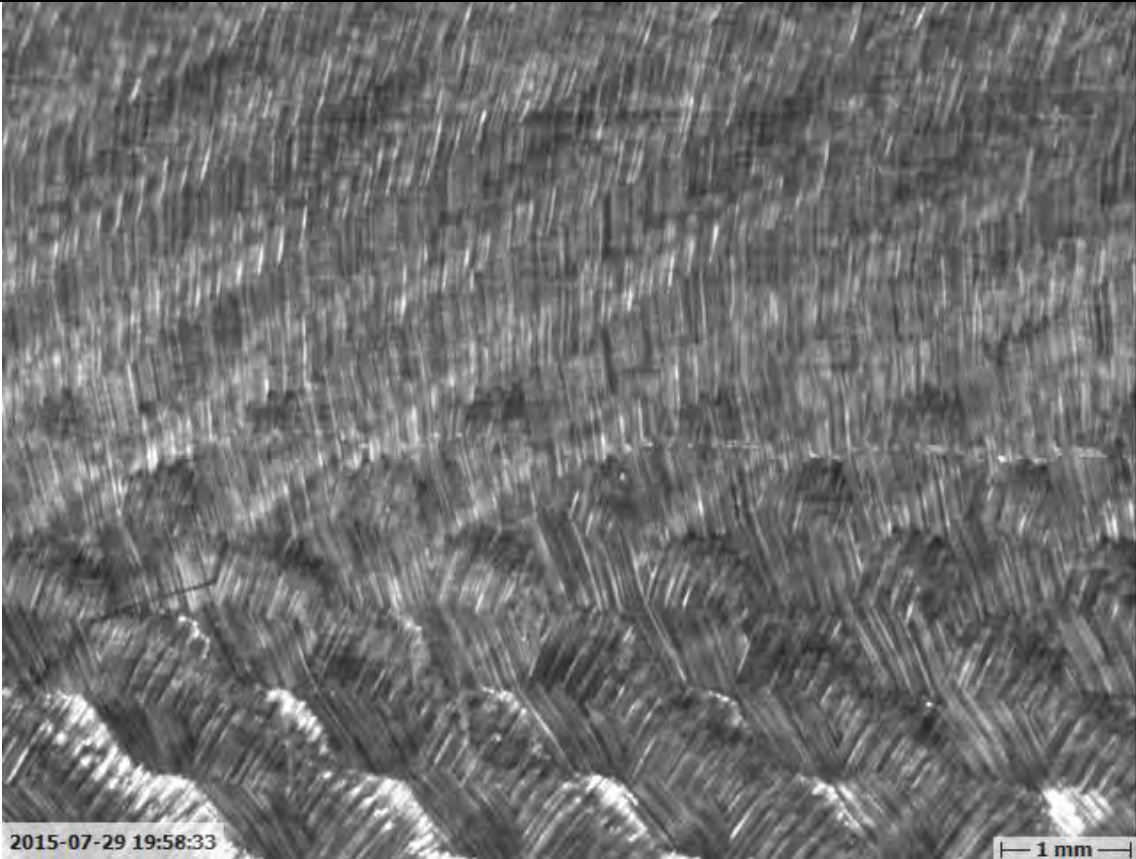
ANEXA 9:

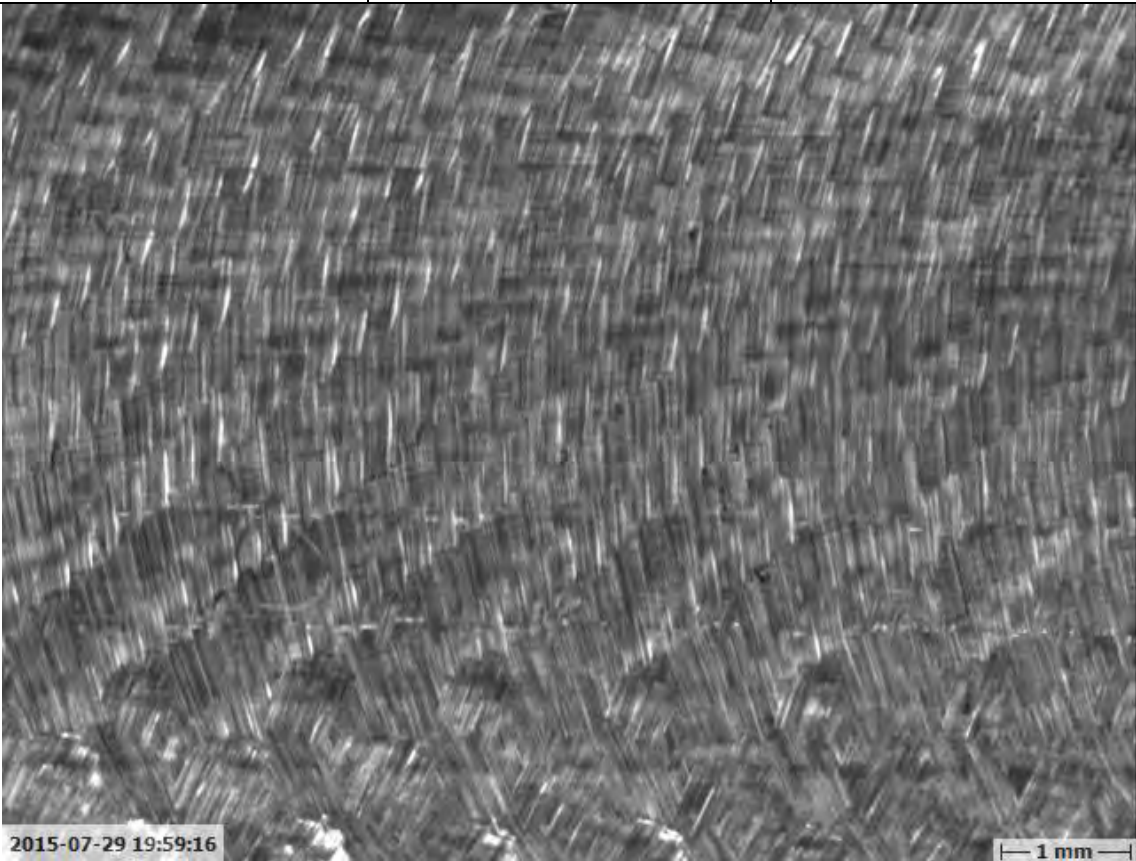
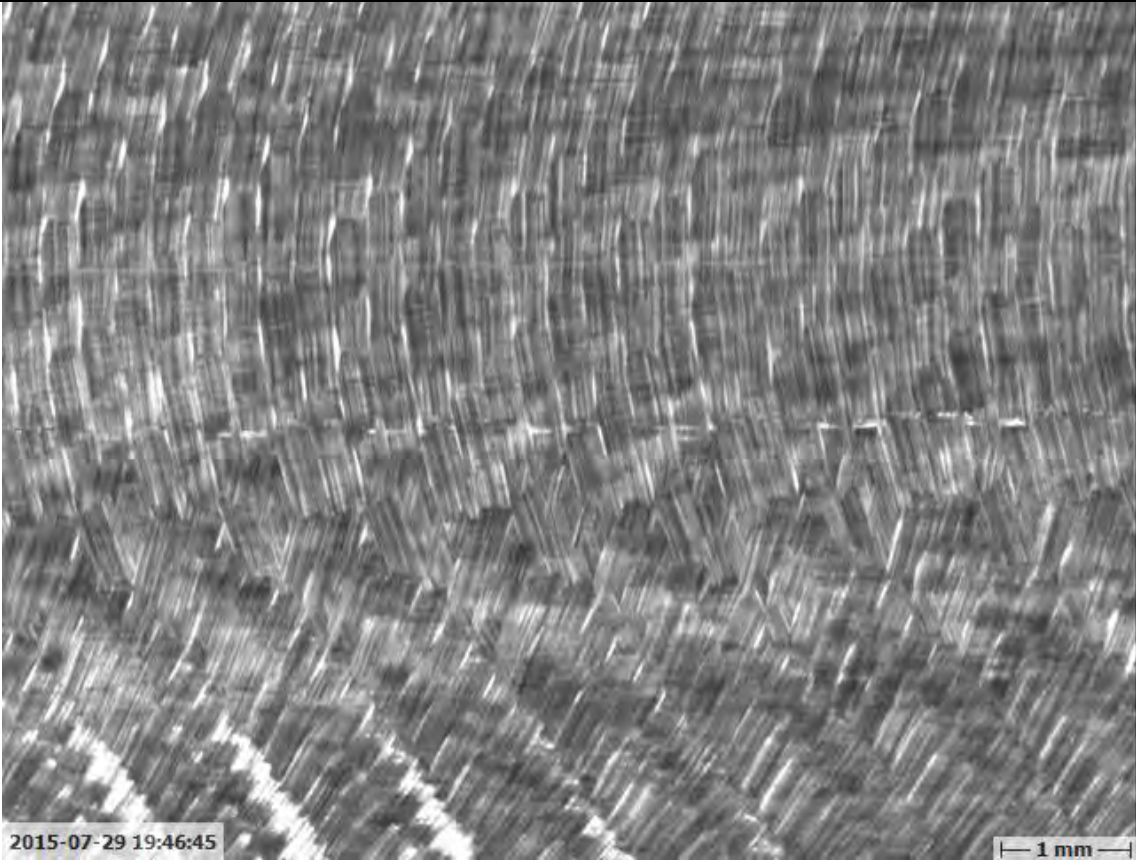
TEXTURA SUPRAFEȚELOR PRELUCRATE PRIN FREZARE CILINDRO-FRONTALĂ

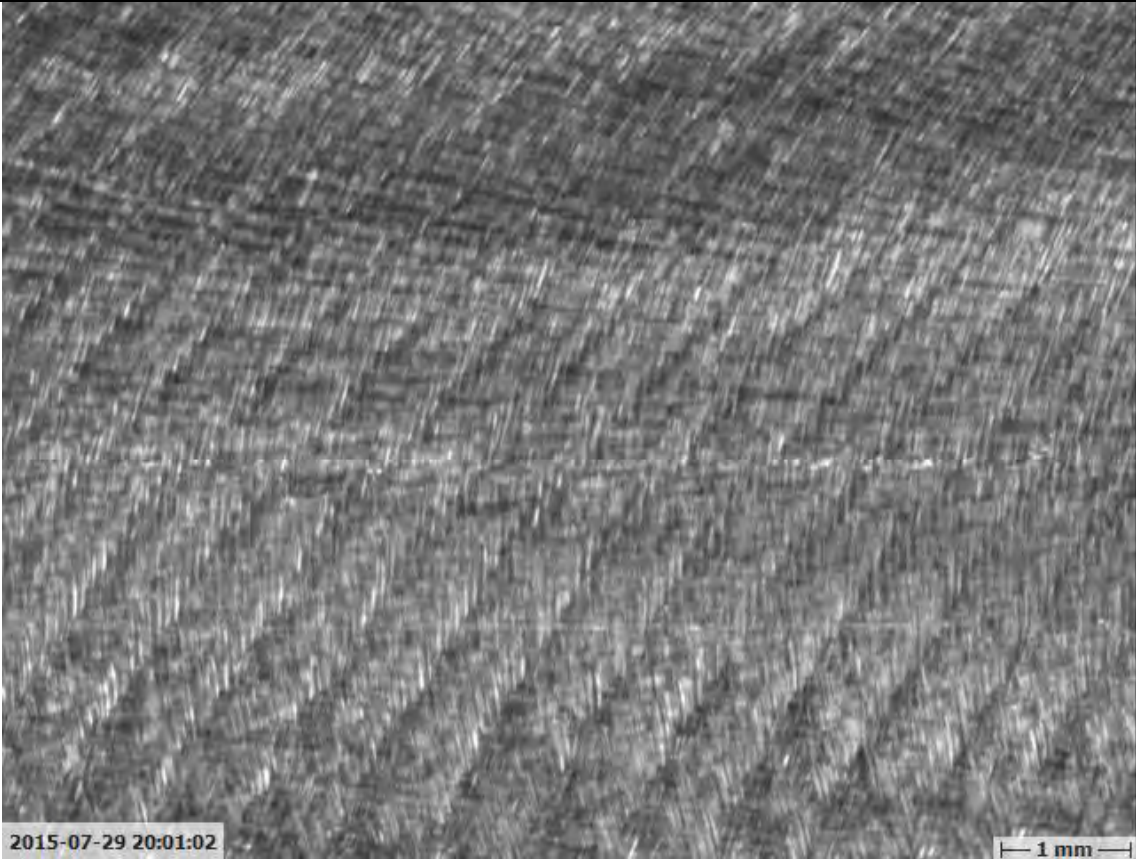
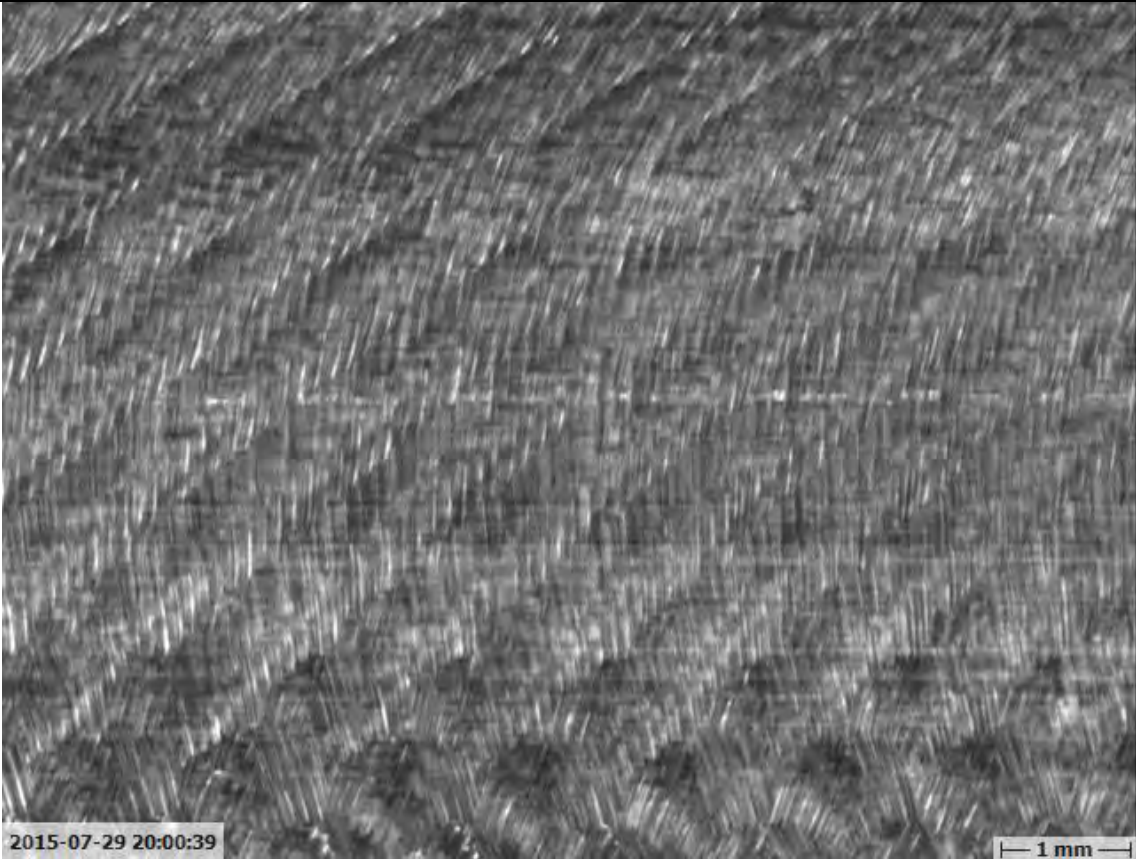
$v = 570$ [m/min]	$a_p = 4$ [mm]	$f_z = 0,04$ [m/dinte]
		
$v = 570$ [m/min]	$a_p = 4$ [mm]	$f_z = 0,06$ [m/dinte]
		

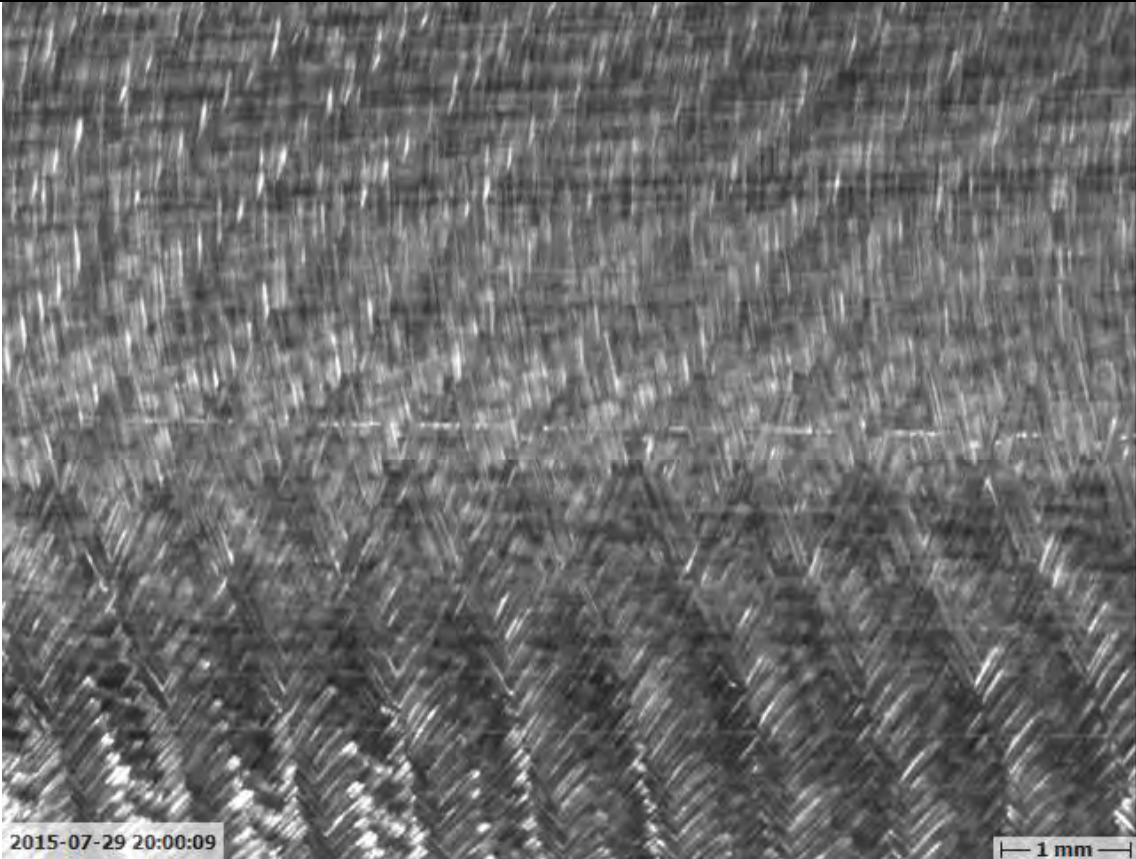
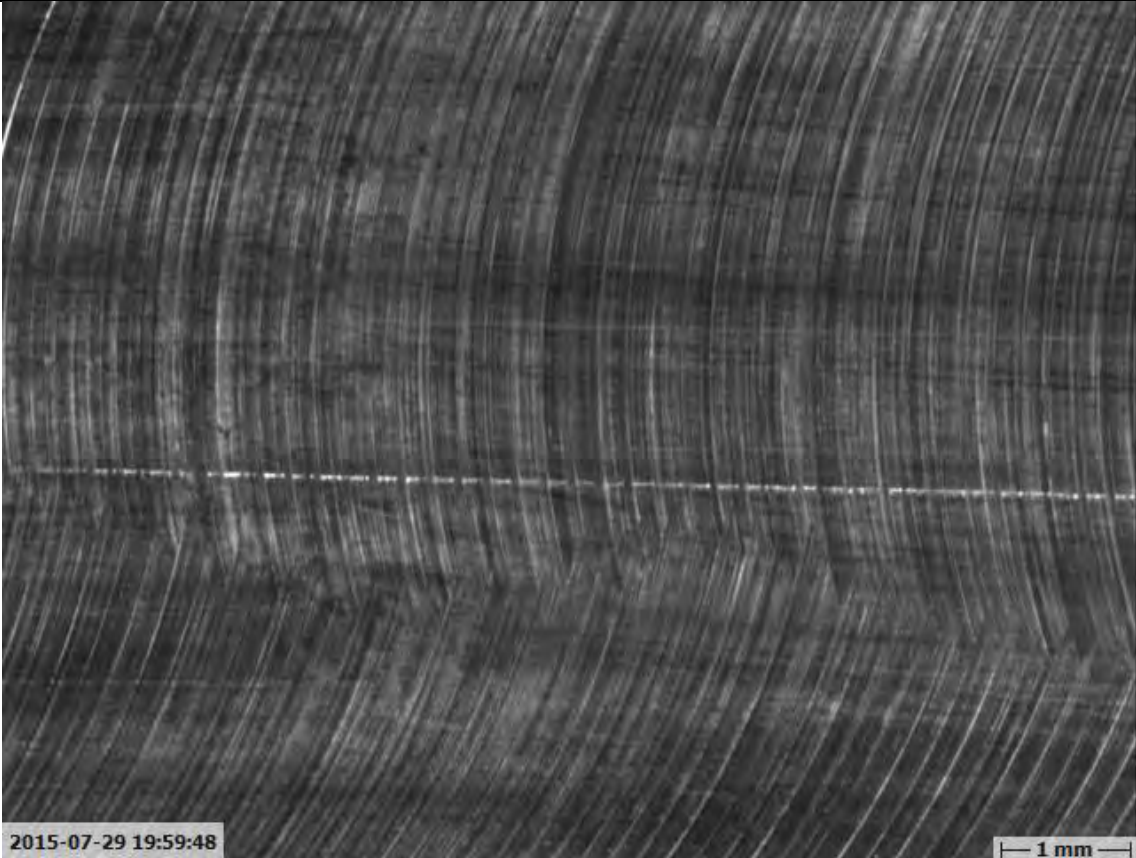
v = 570 [m/min]	ap = 4 [mm]	fz = 0,08 [m/dinte]
		
v = 570 [m/min]	ap = 4 [mm]	fz = 0,11 [m/dinte]
		

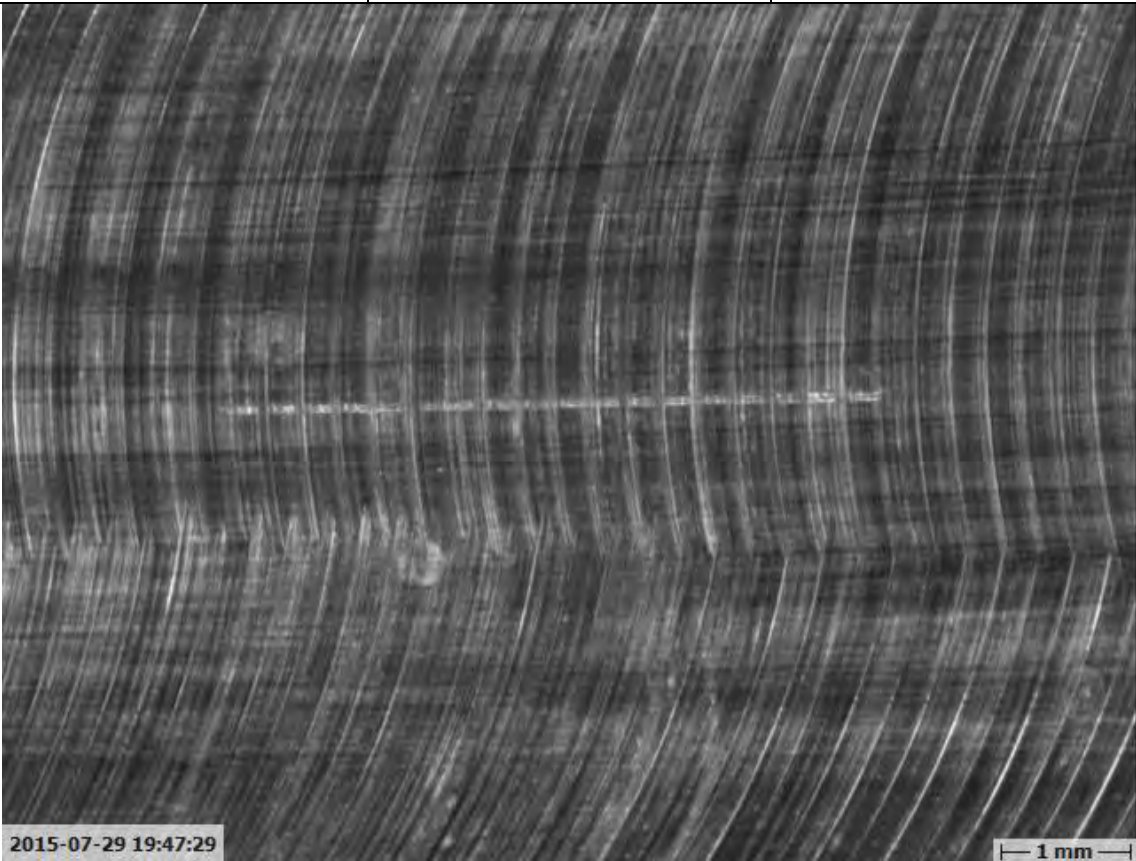
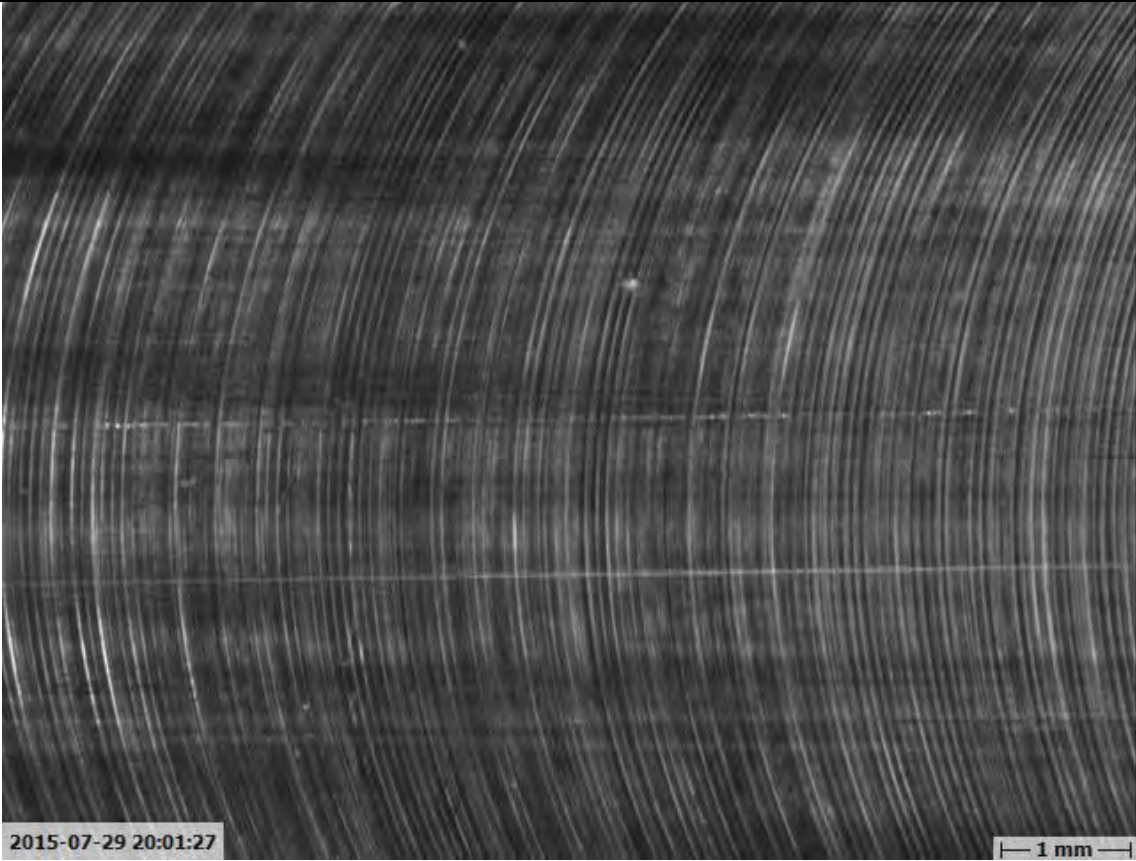
$v = 570$ [m/min]	$a_p = 4$ [mm]	$f_z = 0,14$ [m/dinte]
		
$v = 570$ [m/min]	$a_p = 3,5$ [mm]	$f_z = 0,04$ [m/dinte]
		

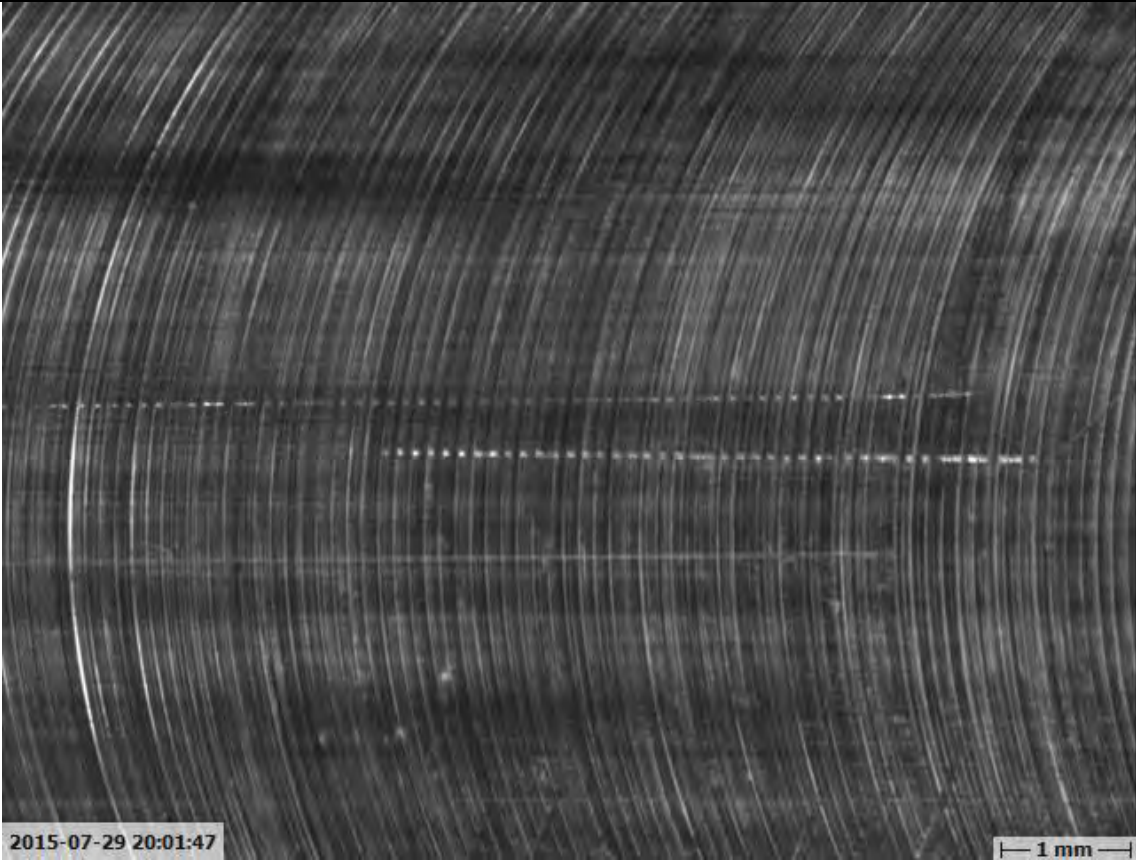
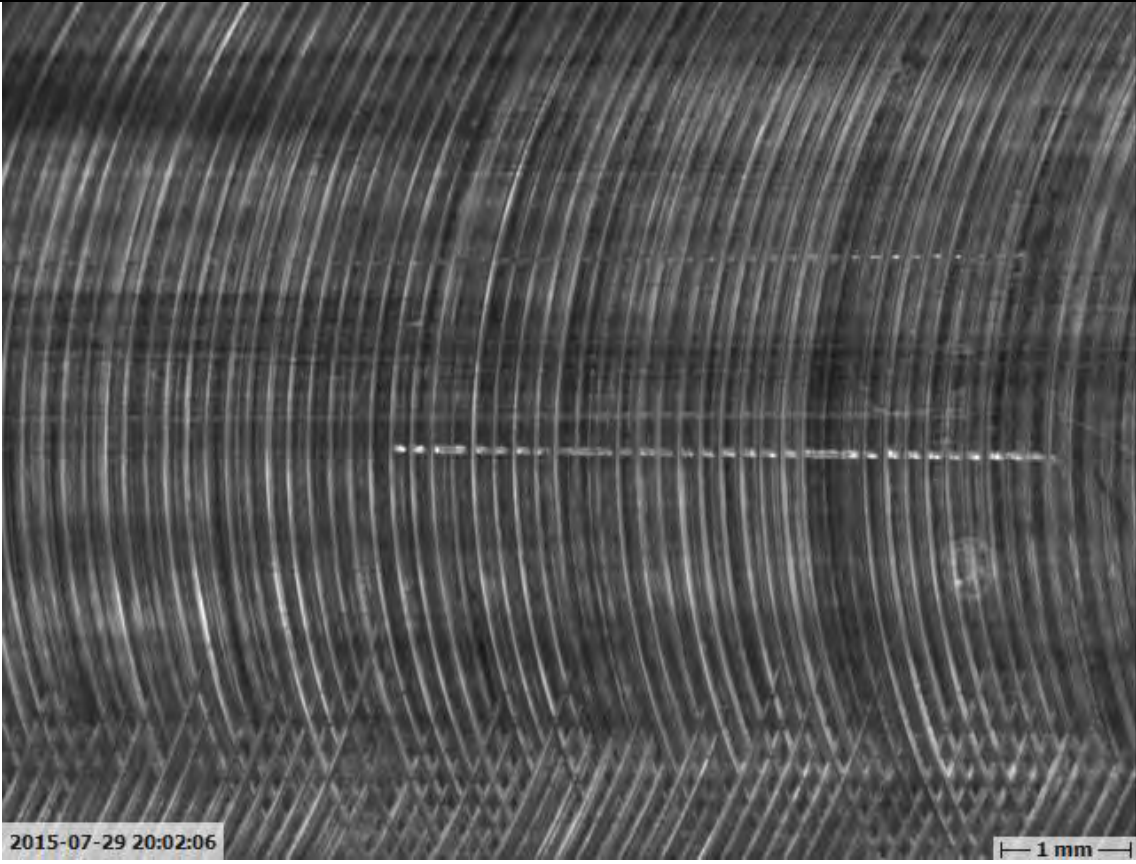
$v = 570$ [m/min]	$a_p = 3,5$ [mm]	$f_z = 0,06$ [m/dinte]
		
$v = 570$ [m/min]	$a_p = 3,5$ [mm]	$f_z = 0,08$ [m/dinte]
		

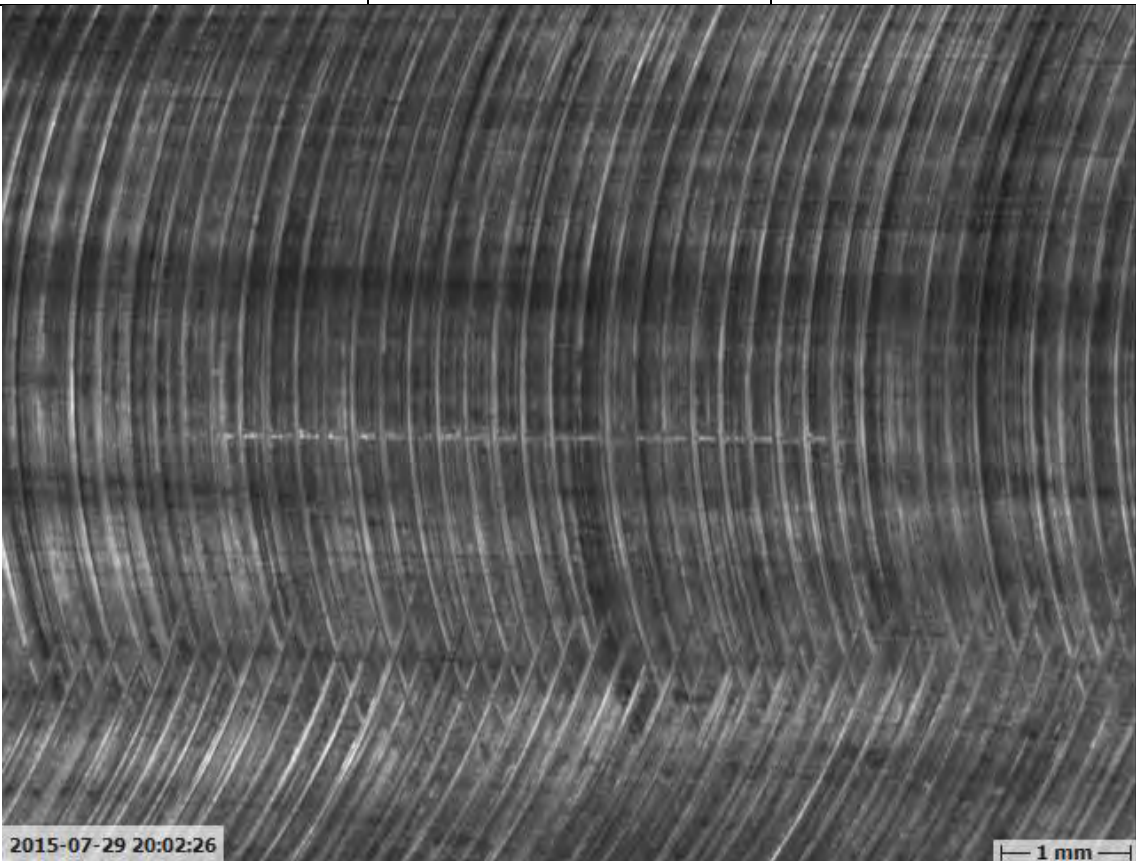
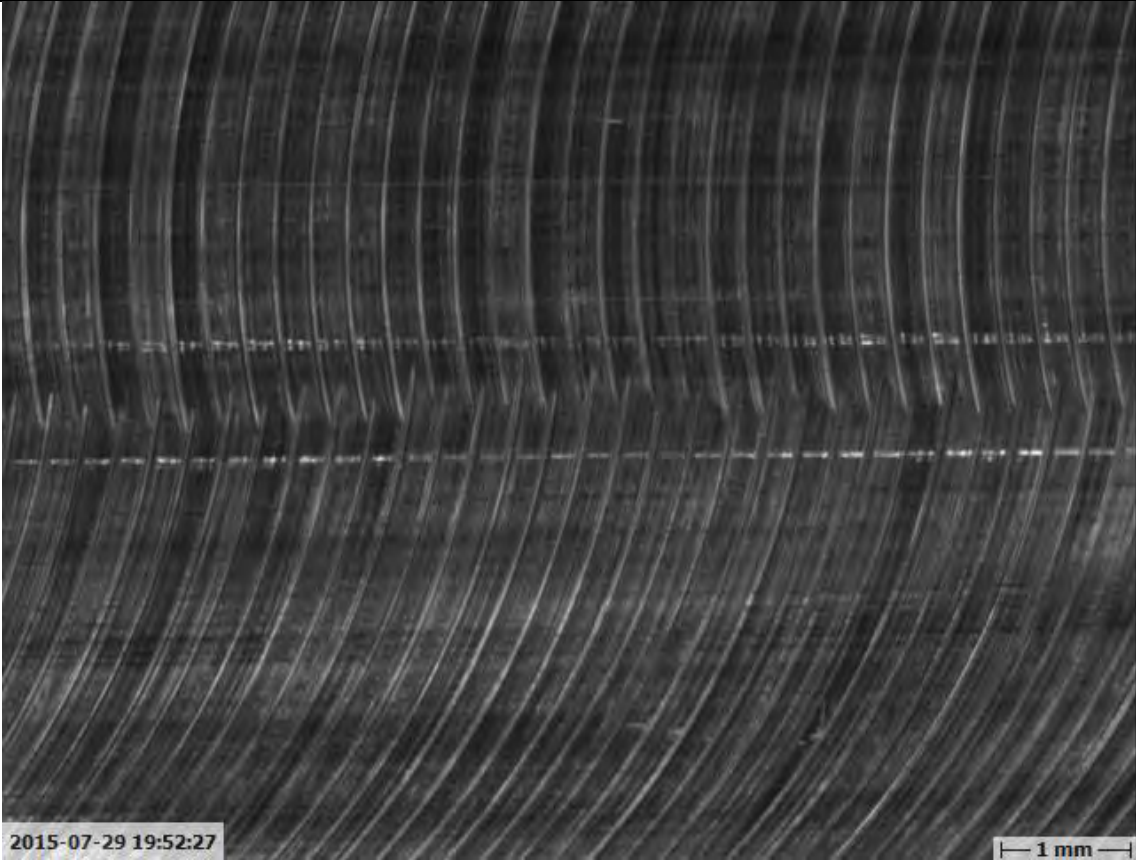
$v = 570$ [m/min]	$a_p = 3,5$ [mm]	$f_z = 0,11$ [m/dinte]
		
$v = 570$ [m/min]	$a_p = 3,5$ [mm]	$f_z = 0,14$ [m/dinte]
		

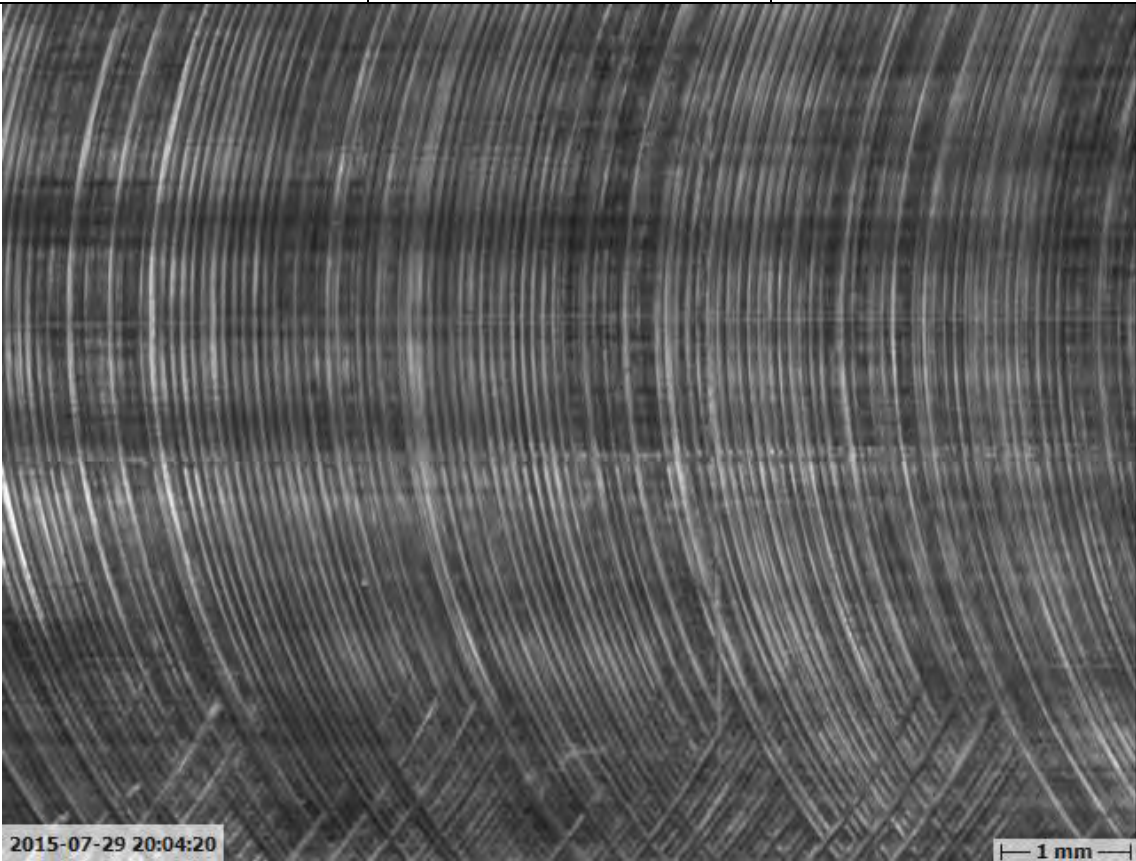
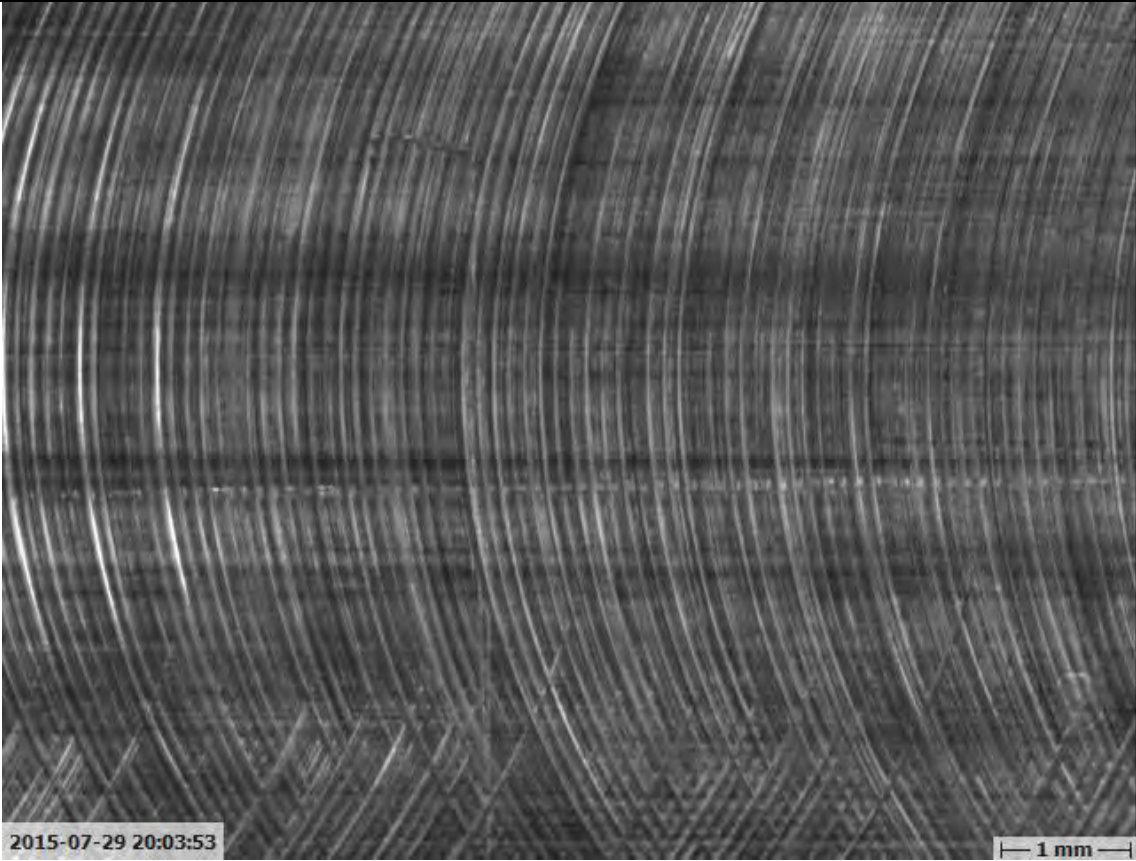
$v = 570$ [m/min]	$a_p = 3$ [mm]	$f_z = 0,04$ [m/dinte]
		
$v = 570$ [m/min]	$a_p = 3$ [mm]	$f_z = 0,06$ [m/dinte]
		

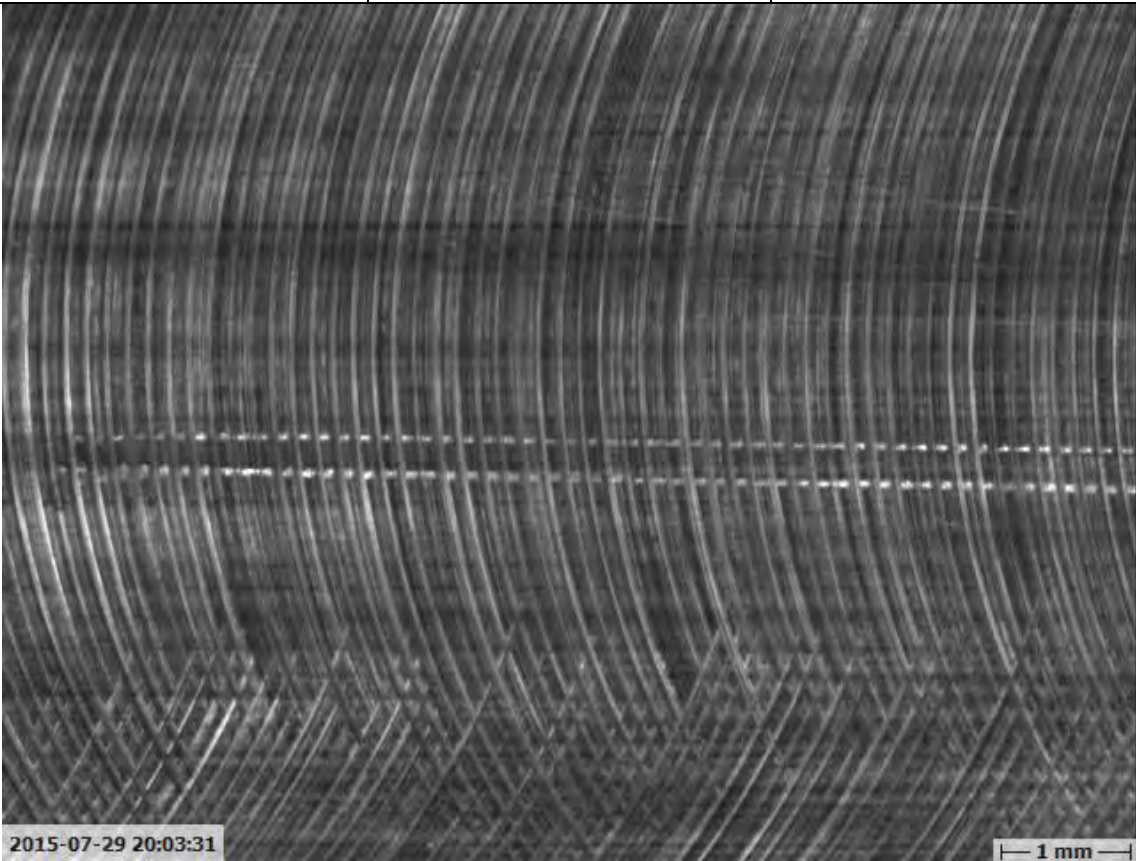
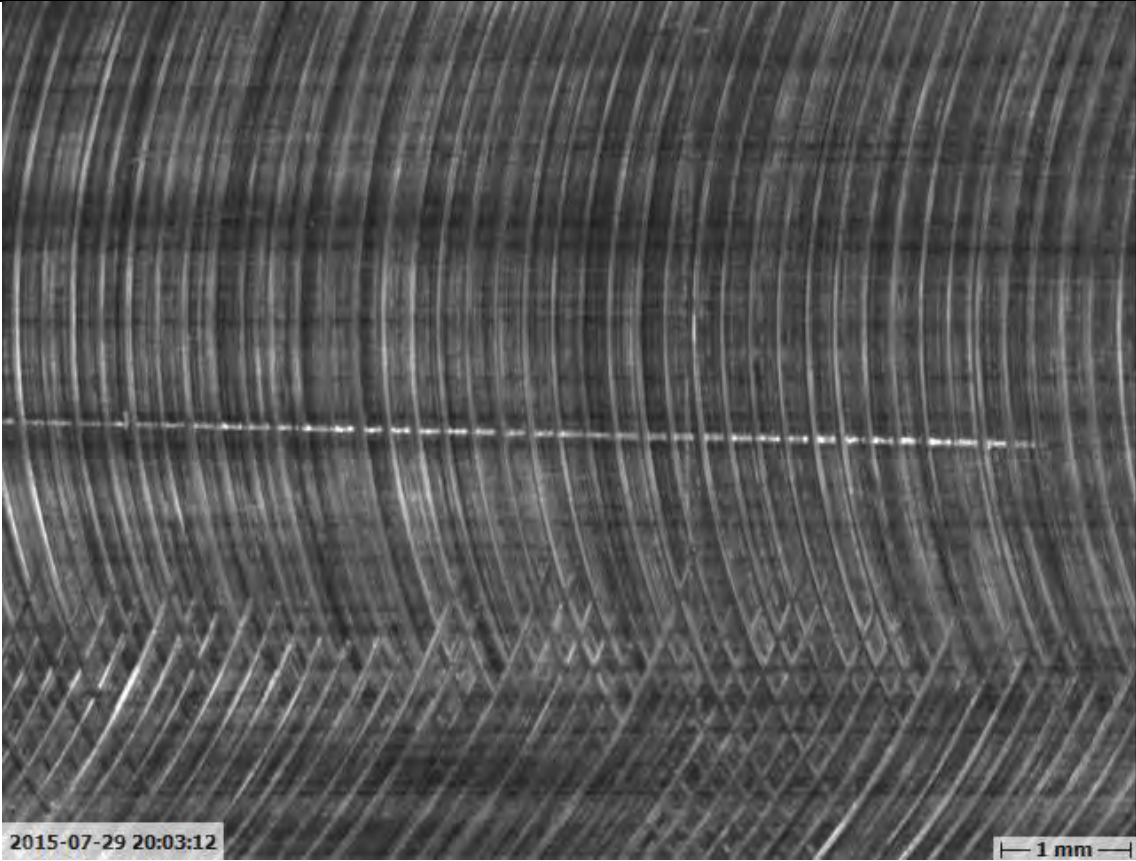
$v = 570$ [m/min]	$a_p = 3$ [mm]	$f_z = 0,08$ [m/dinte]
		
$v = 570$ [m/min]	$a_p = 3$ [mm]	$f_z = 0,11$ [m/dinte]
		

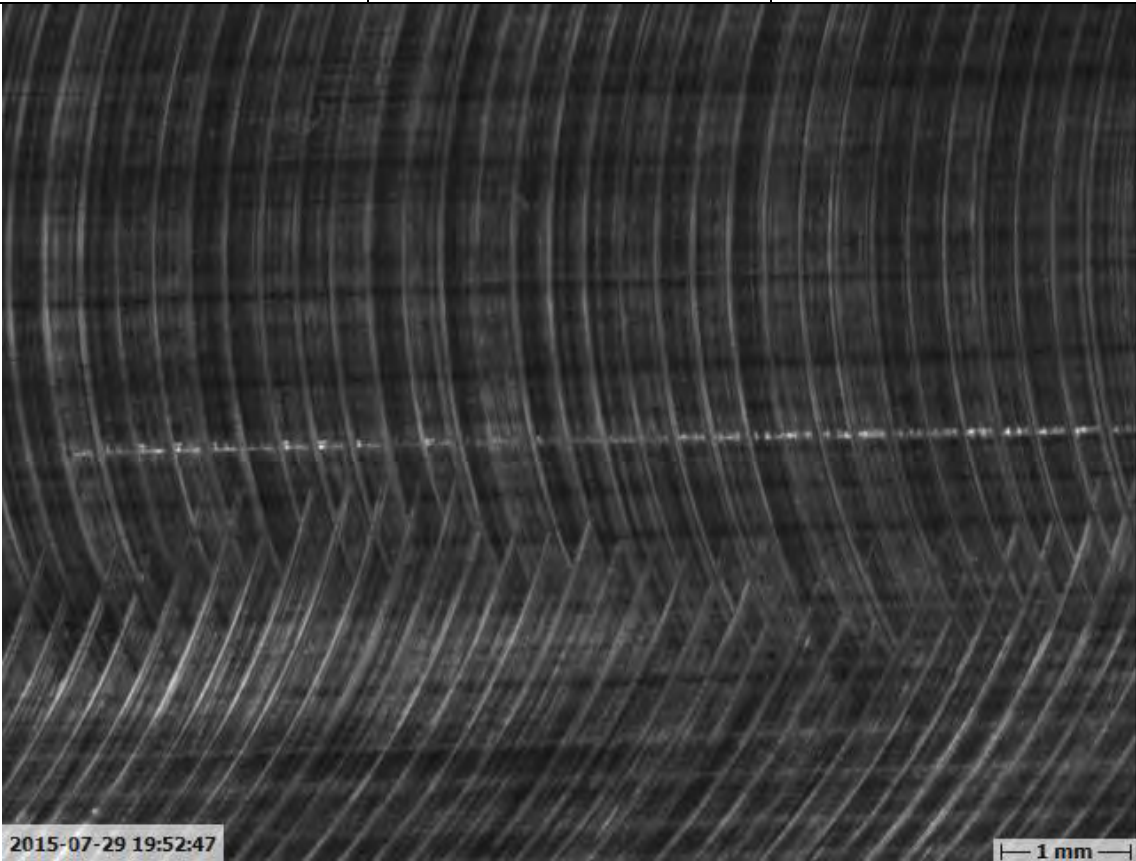
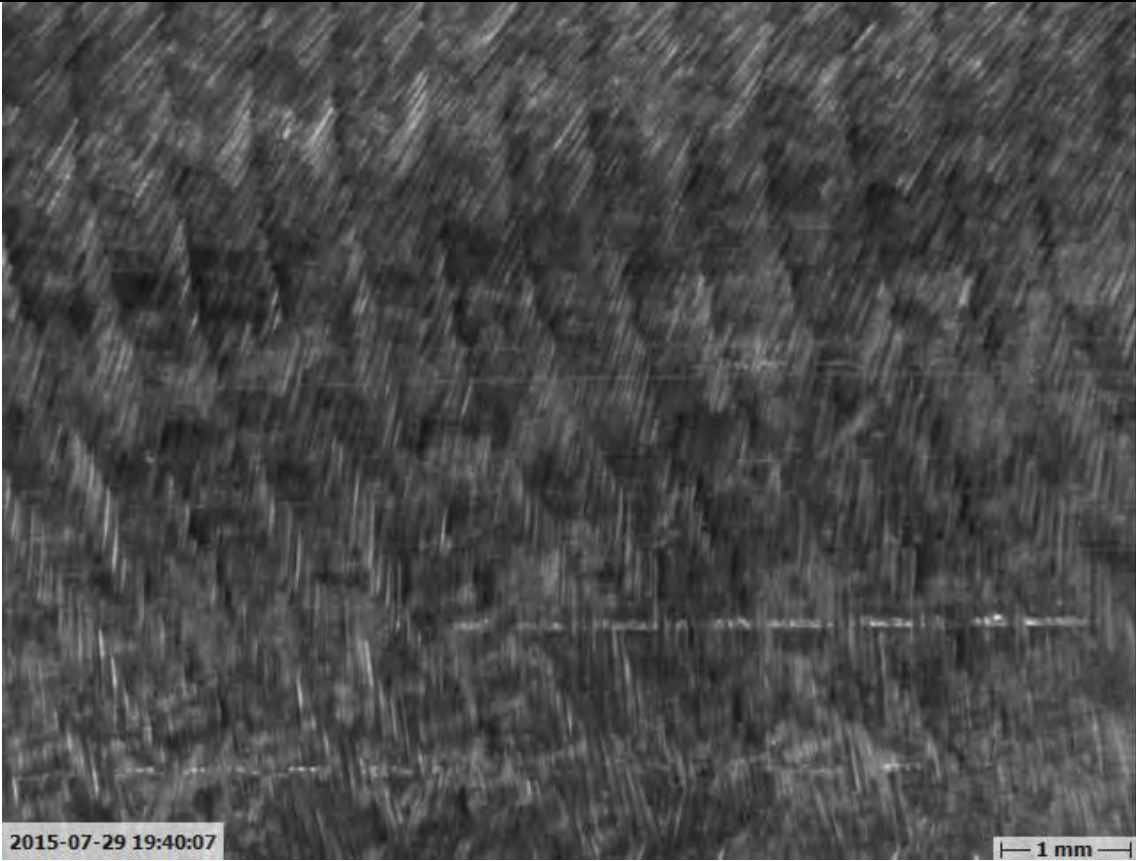
$v = 570$ [m/min]	$a_p = 3$ [mm]	$f_z = 0,14$ [m/dinte]
		
$v = 570$ [m/min]	$a_p = 2,5$ [mm]	$f_z = 0,04$ [m/dinte]
		

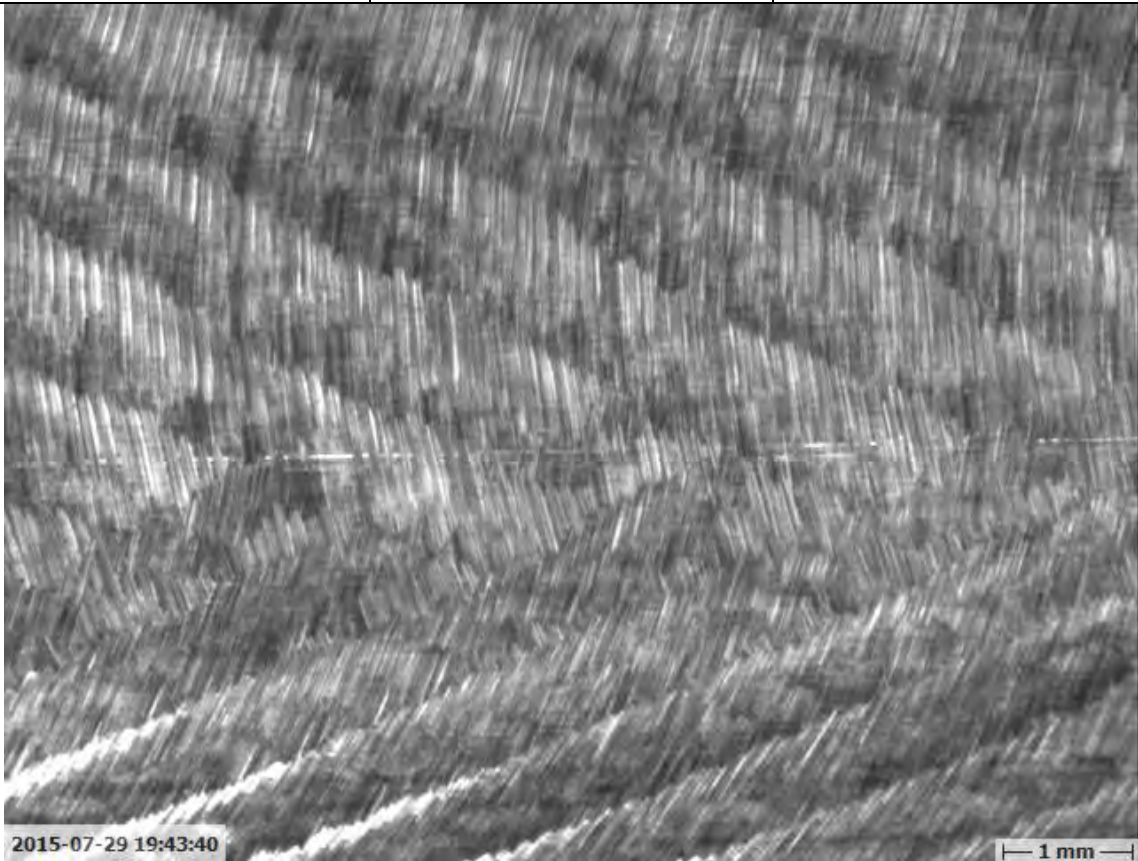
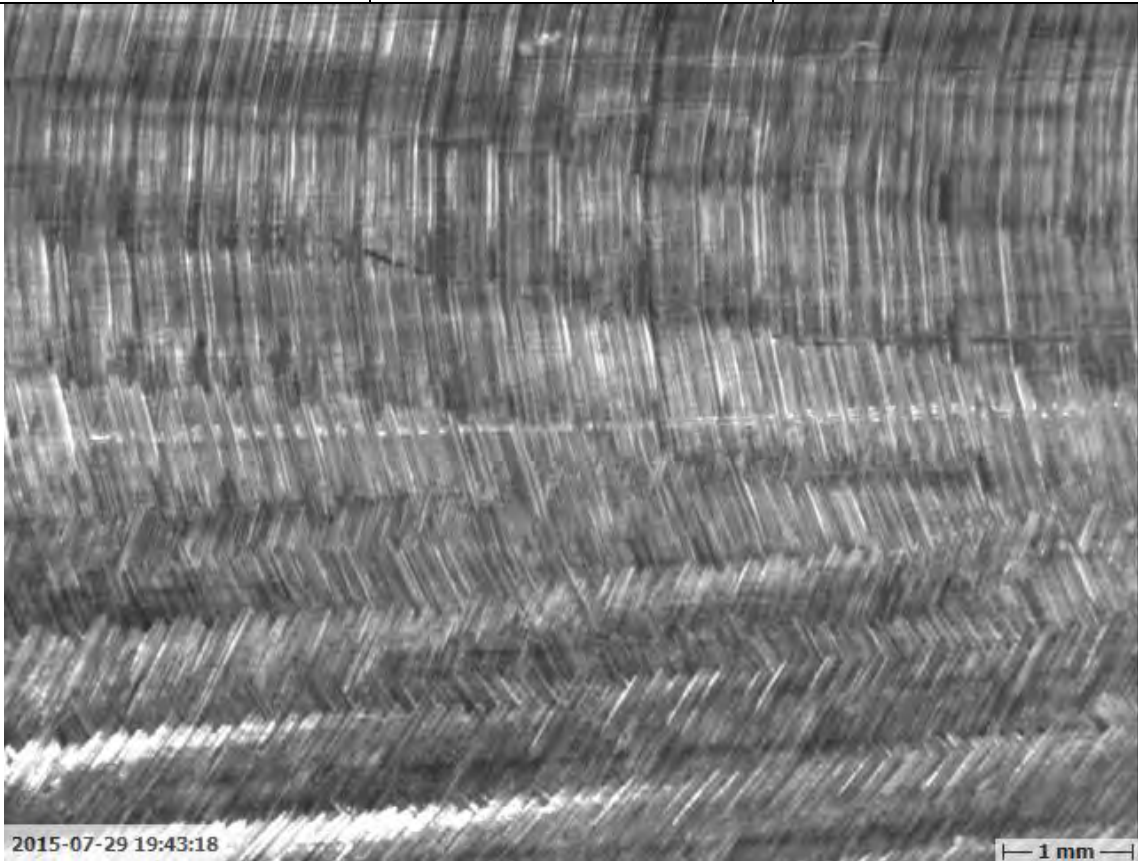
$v = 570$ [m/min]	$a_p = 2,5$ [mm]	$f_z = 0,06$ [m/dinte]
		
$v = 570$ [m/min]	$a_p = 2,5$ [mm]	$f_z = 0,08$ [m/dinte]
		

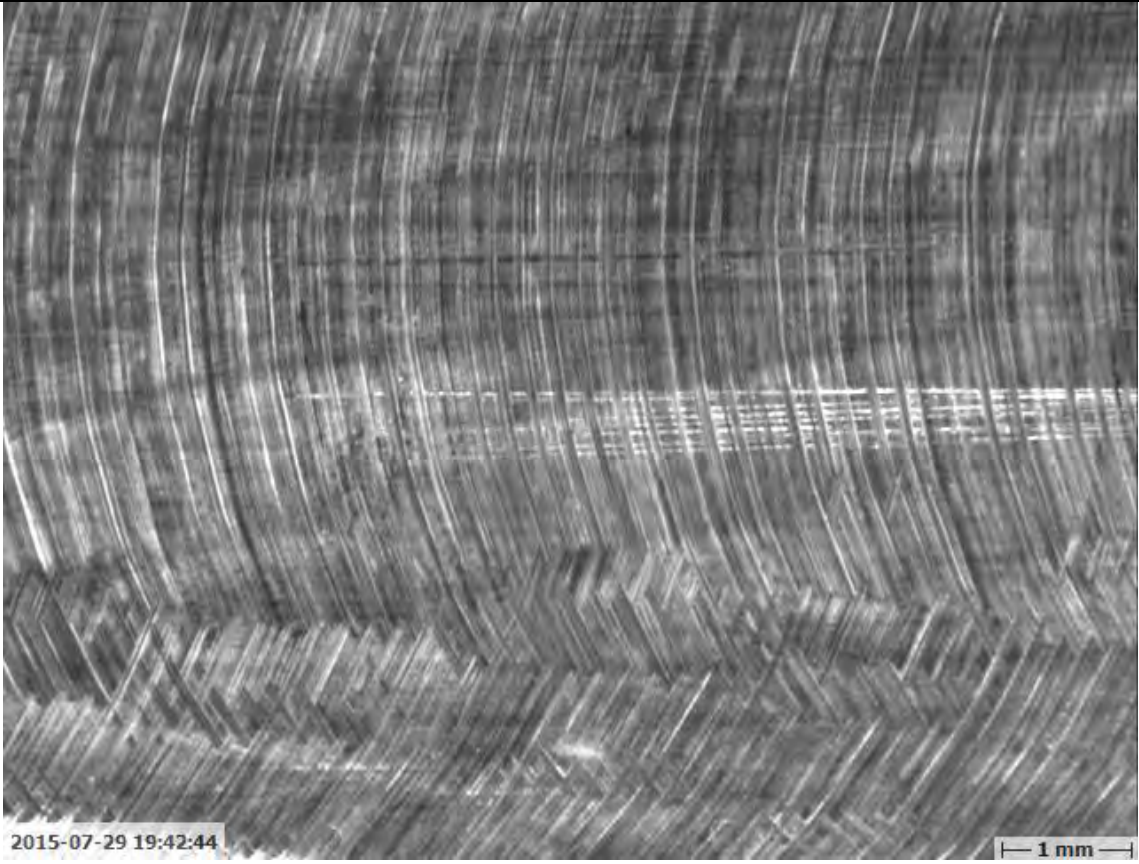
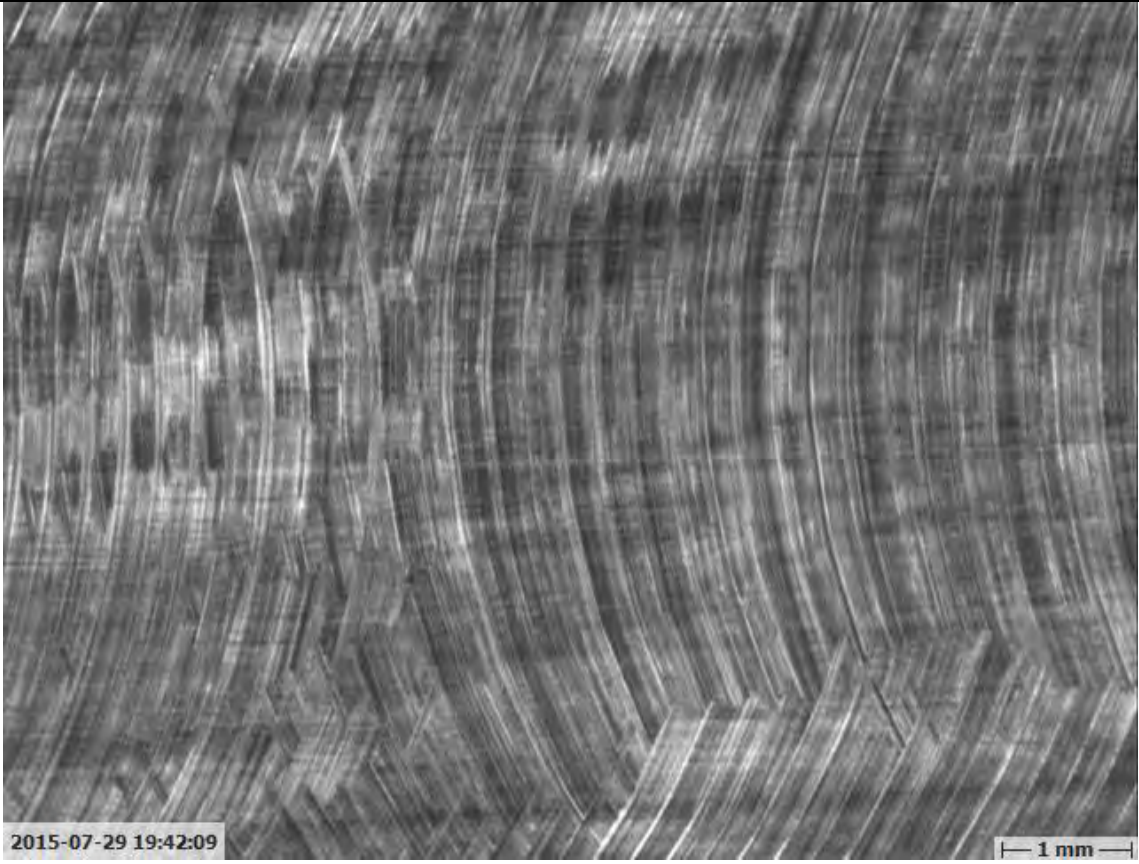
$v = 570$ [m/min]	$a_p = 2,5$ [mm]	$f_z = 0,11$ [m/dinte]
		
$v = 570$ [m/min]	$a_p = 2,5$ [mm]	$f_z = 0,14$ [m/dinte]
		

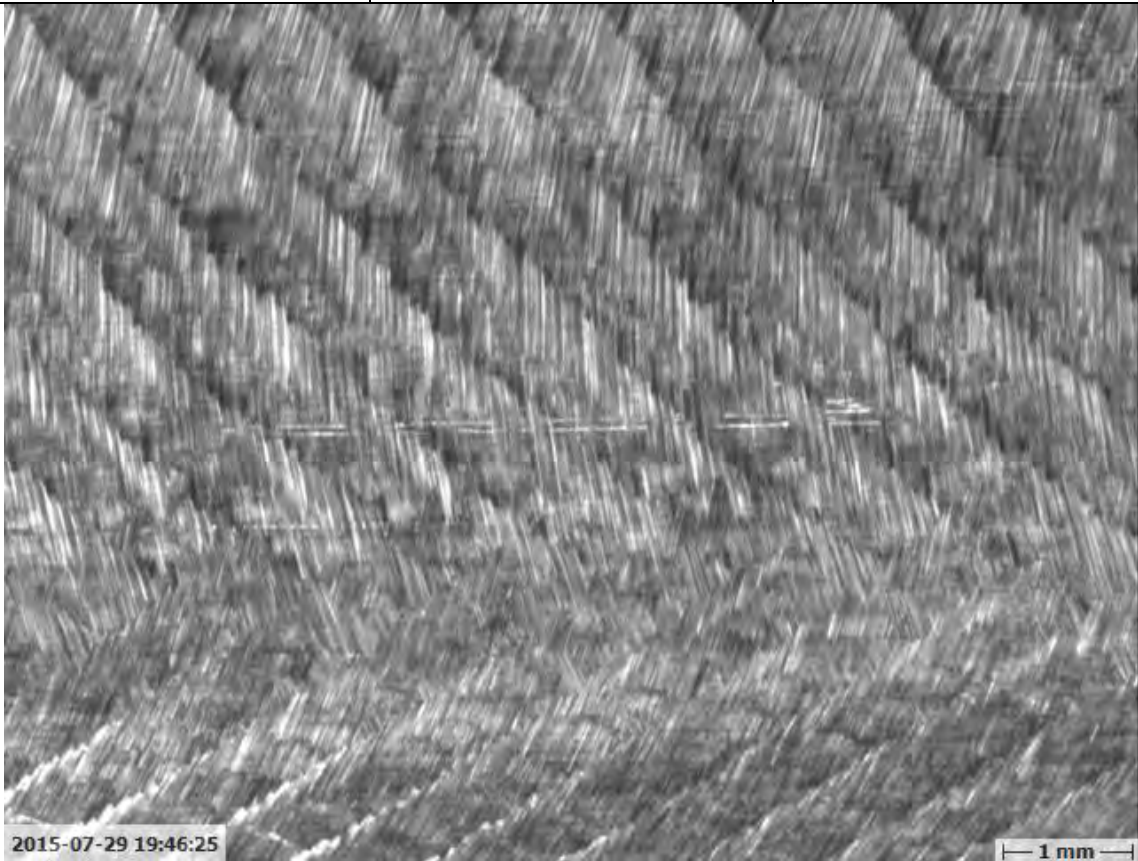
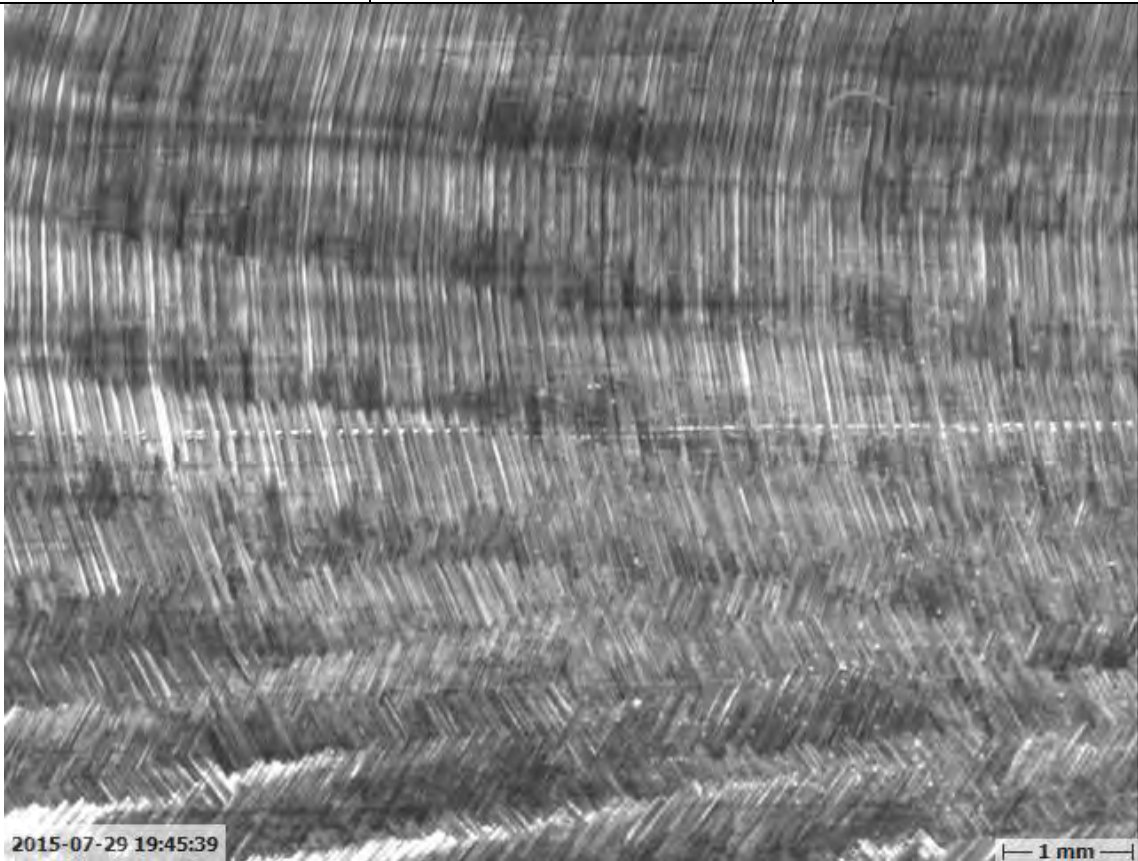
$v = 570$ [m/min]	$a_p = 2$ [mm]	$f_z = 0,04$ [m/dinte]
		
$v = 570$ [m/min]	$a_p = 2$ [mm]	$f_z = 0,06$ [m/dinte]
		

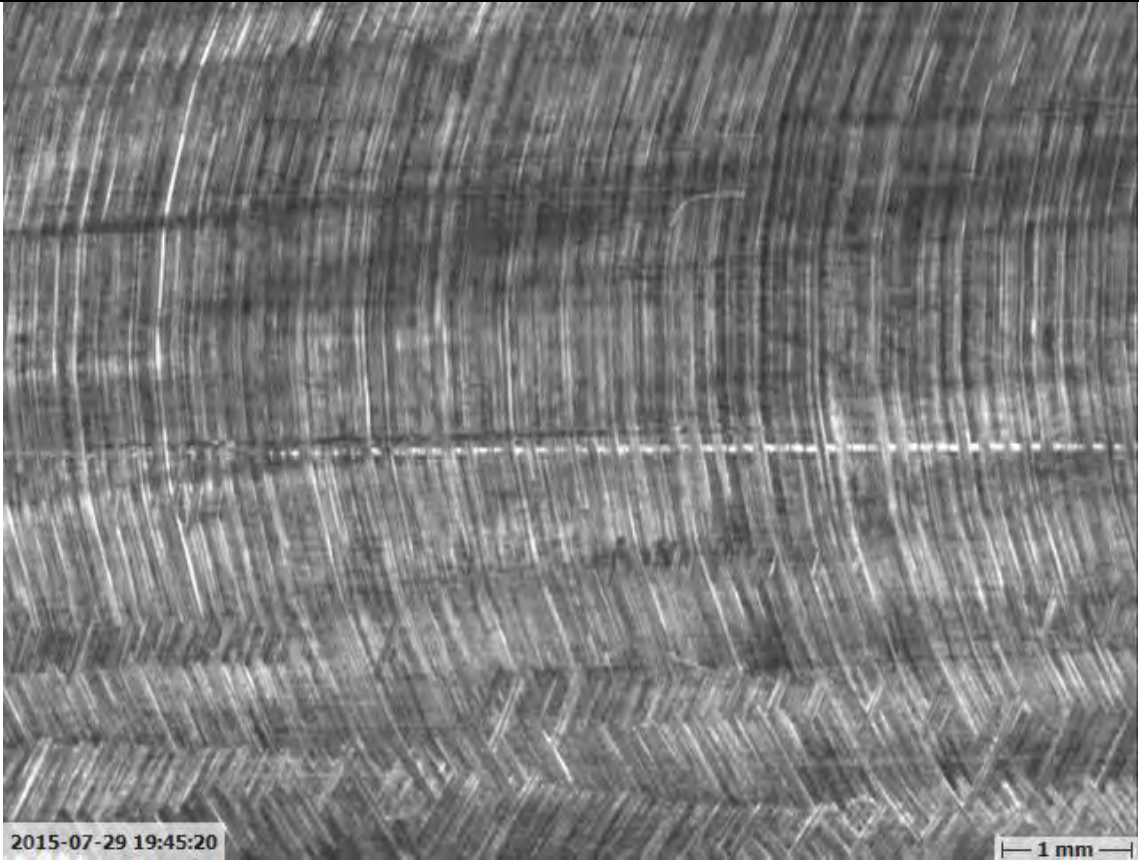
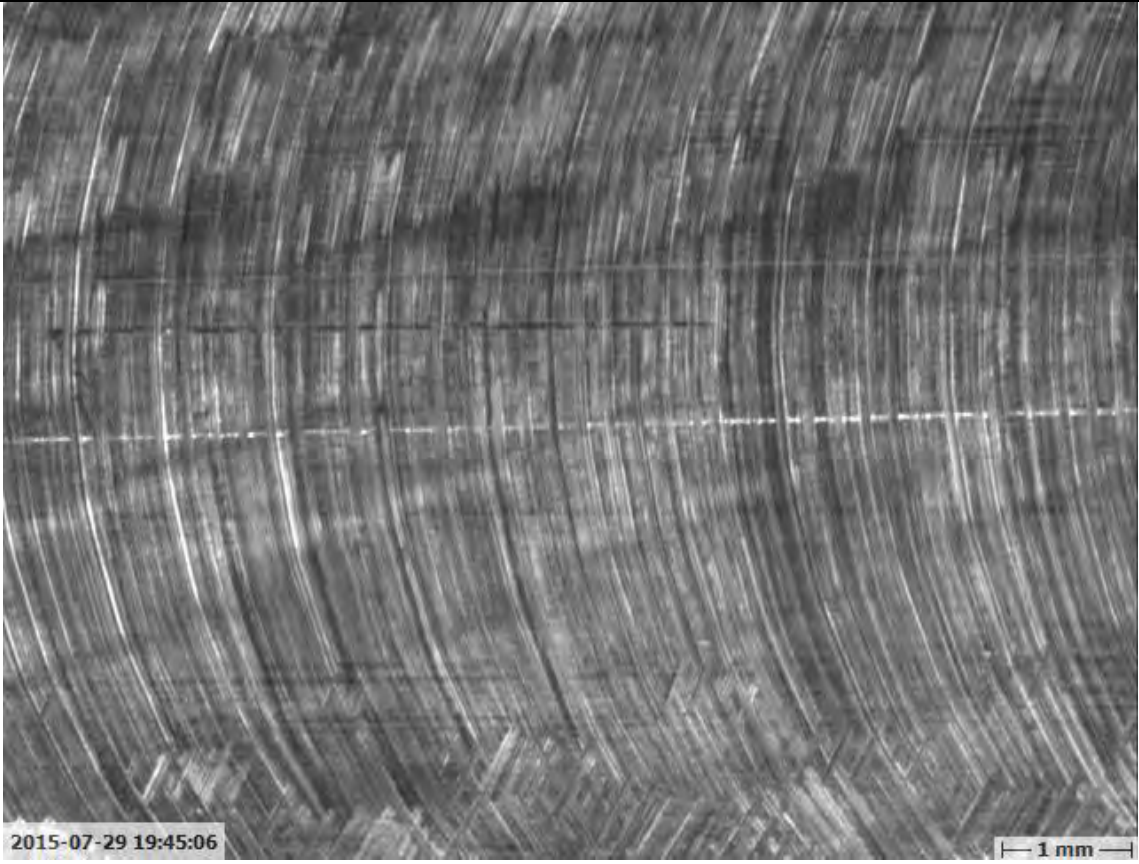
$v = 570$ [m/min]	$a_p = 2$ [mm]	$f_z = 0,08$ [m/dinte]
		
$v = 570$ [m/min]	$a_p = 2$ [mm]	$f_z = 0,11$ [m/dinte]
		

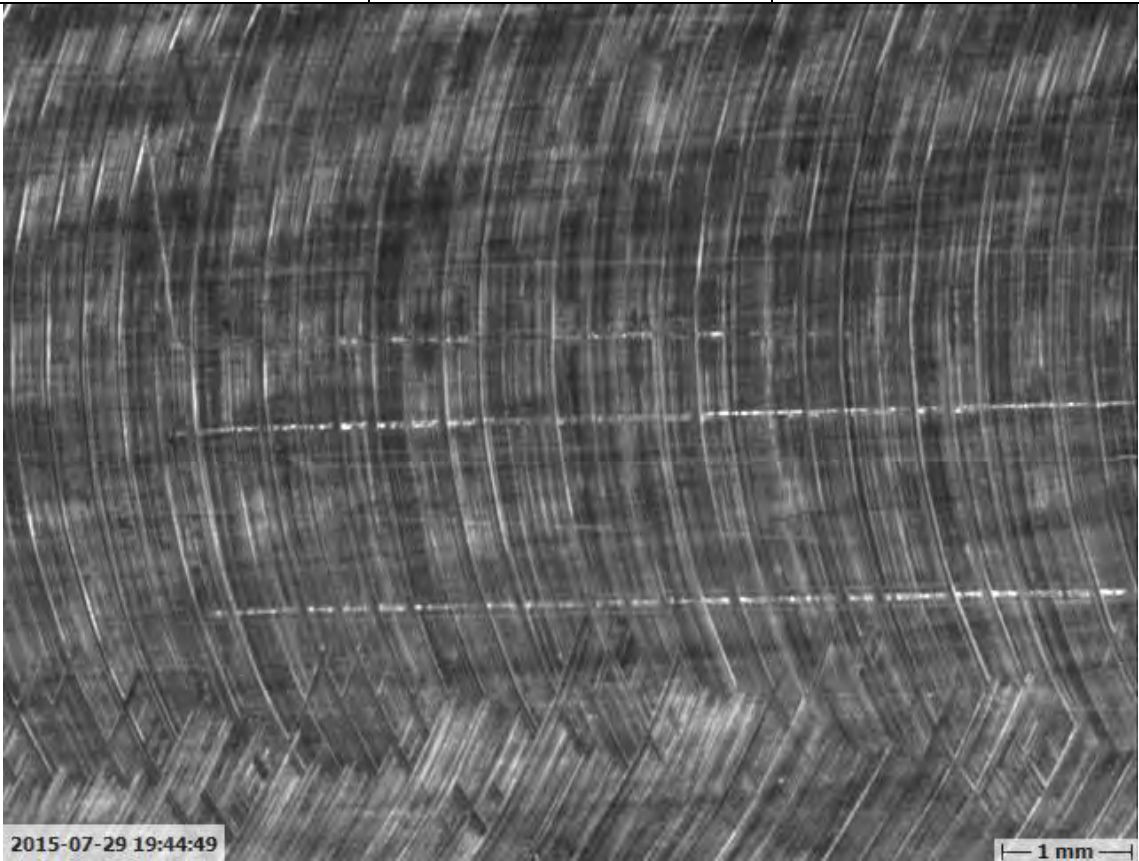
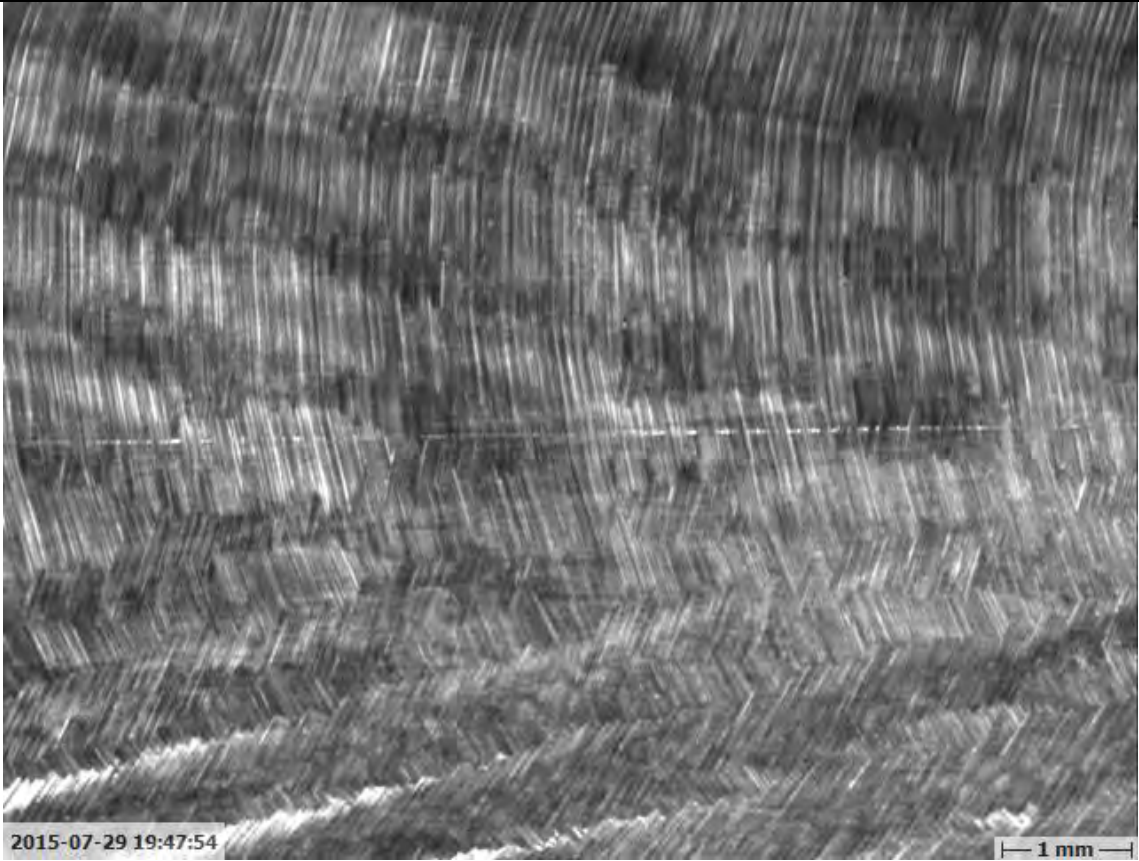
$v = 570$ [m/min]	$a_p = 2$ [mm]	$f_z = 0,14$ [m/dinte]
		
$v = 610$ [m/min]	$a_p = 4$ [mm]	$f_z = 0,04$ [m/dinte]
		

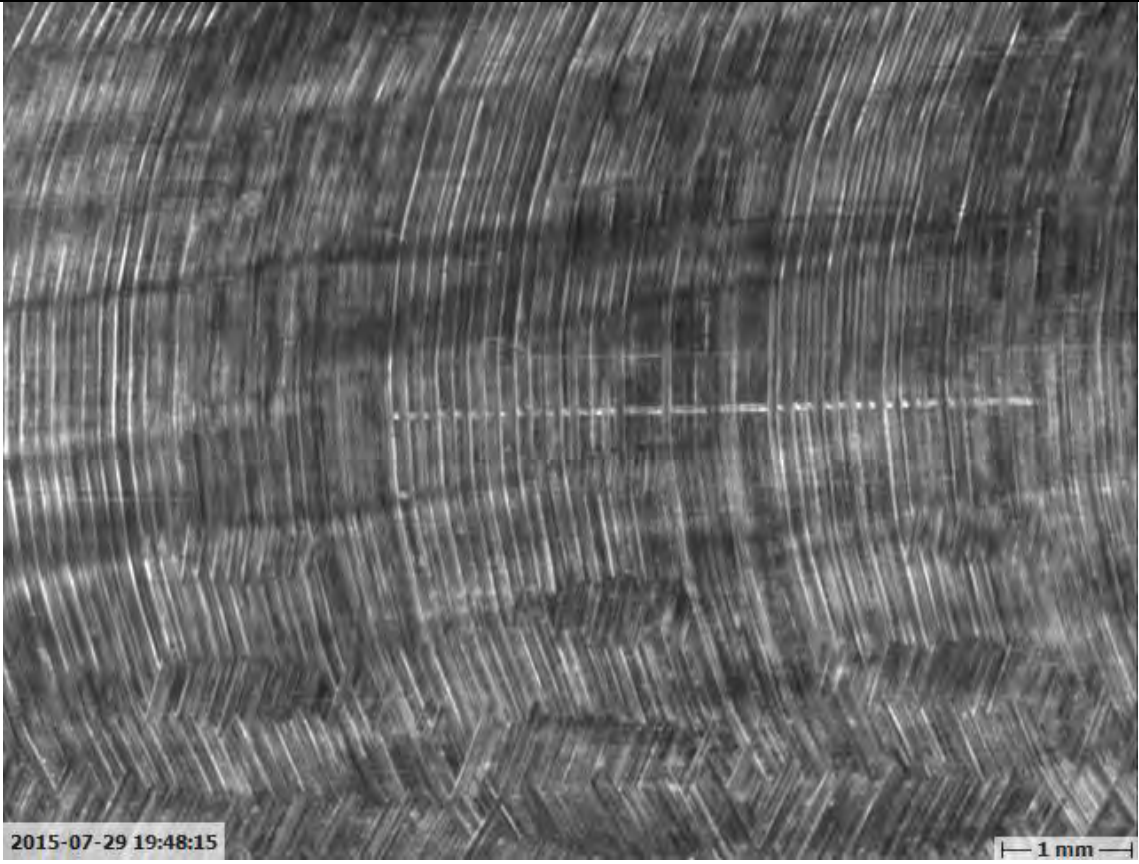
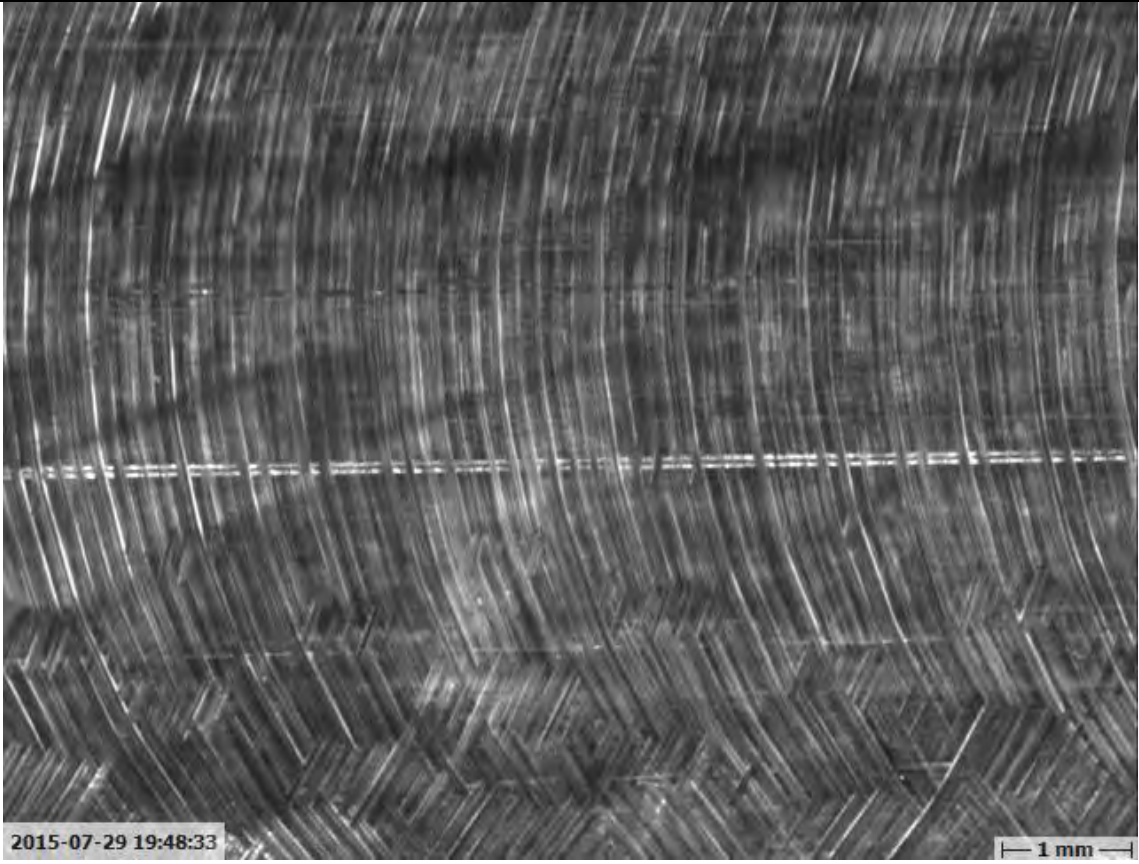
v = 610 [m/min]	ap = 4 [mm]	fz = 0,06 [m/dinte]
		
v = 610 [m/min]	ap = 4 [mm]	fz = 0,08 [m/dinte]
		

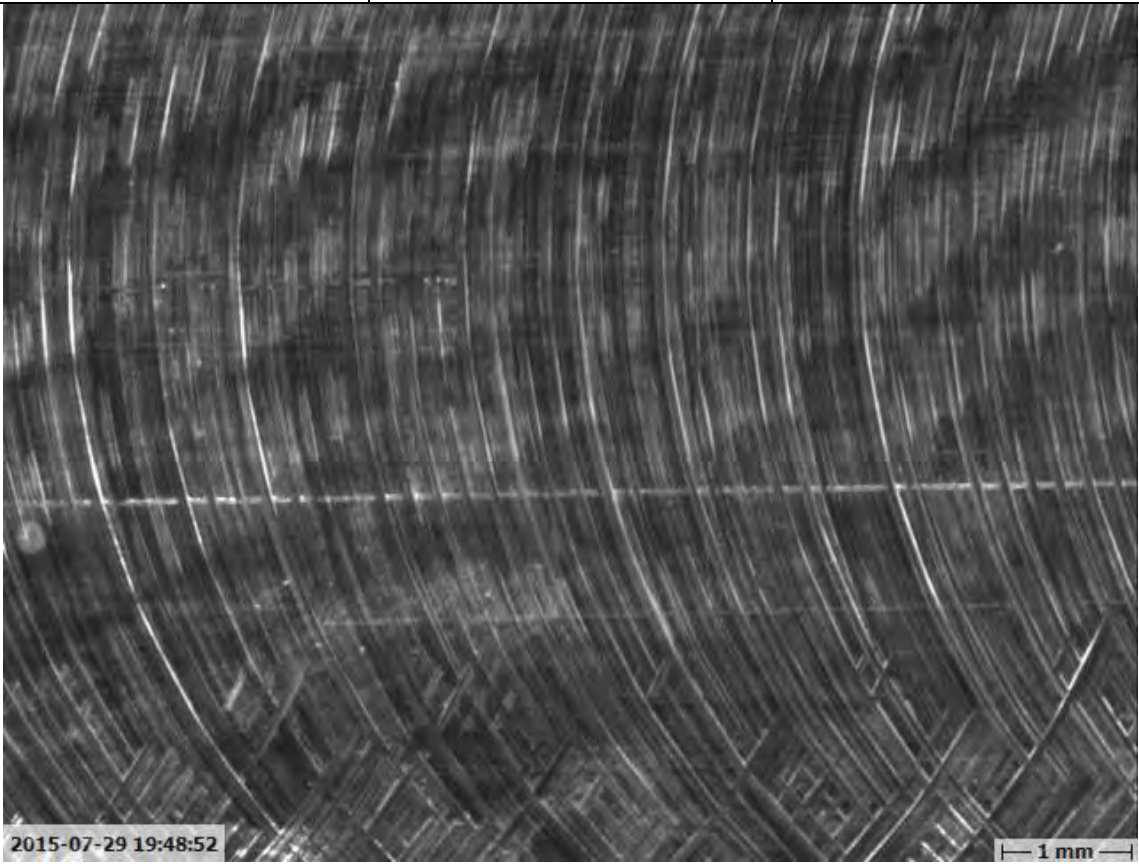
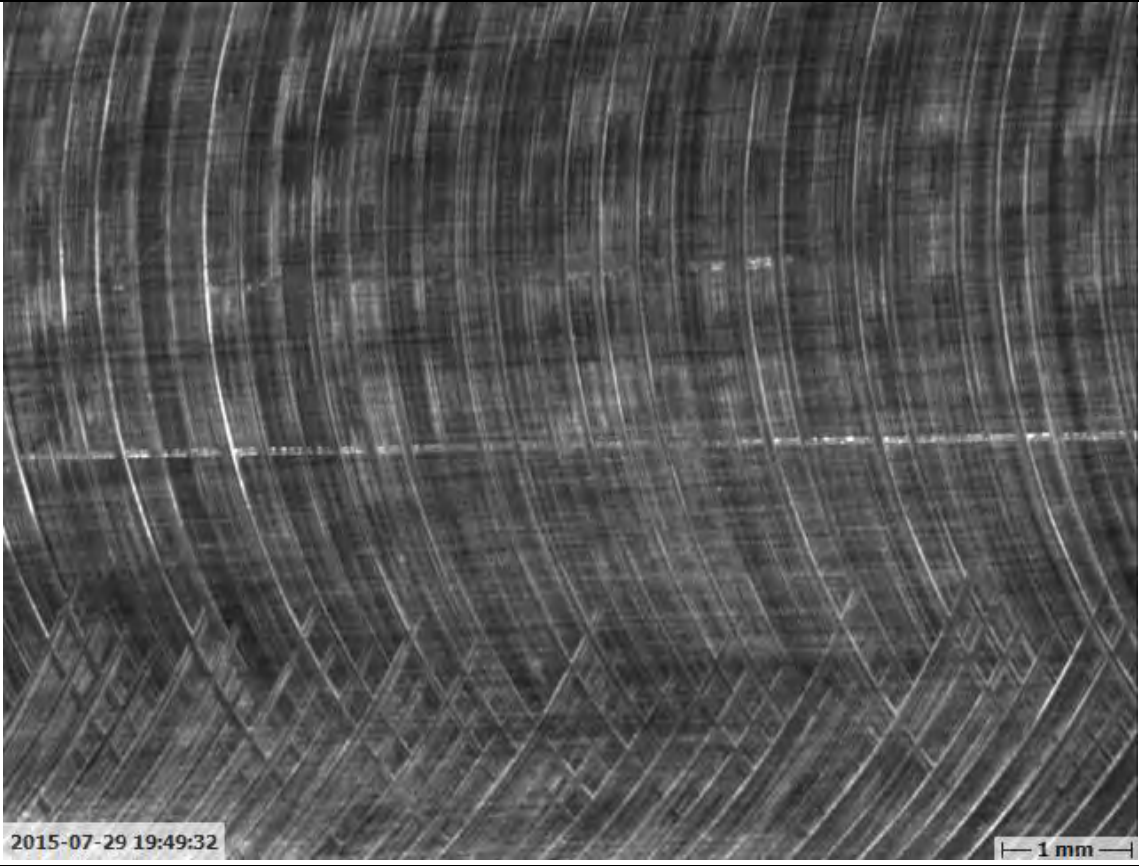
v = 610 [m/min]	ap = 4 [mm]	fz = 0,11 [m/dinte]
		
v = 610 [m/min]	ap = 4 [mm]	fz = 0,14 [m/dinte]
		

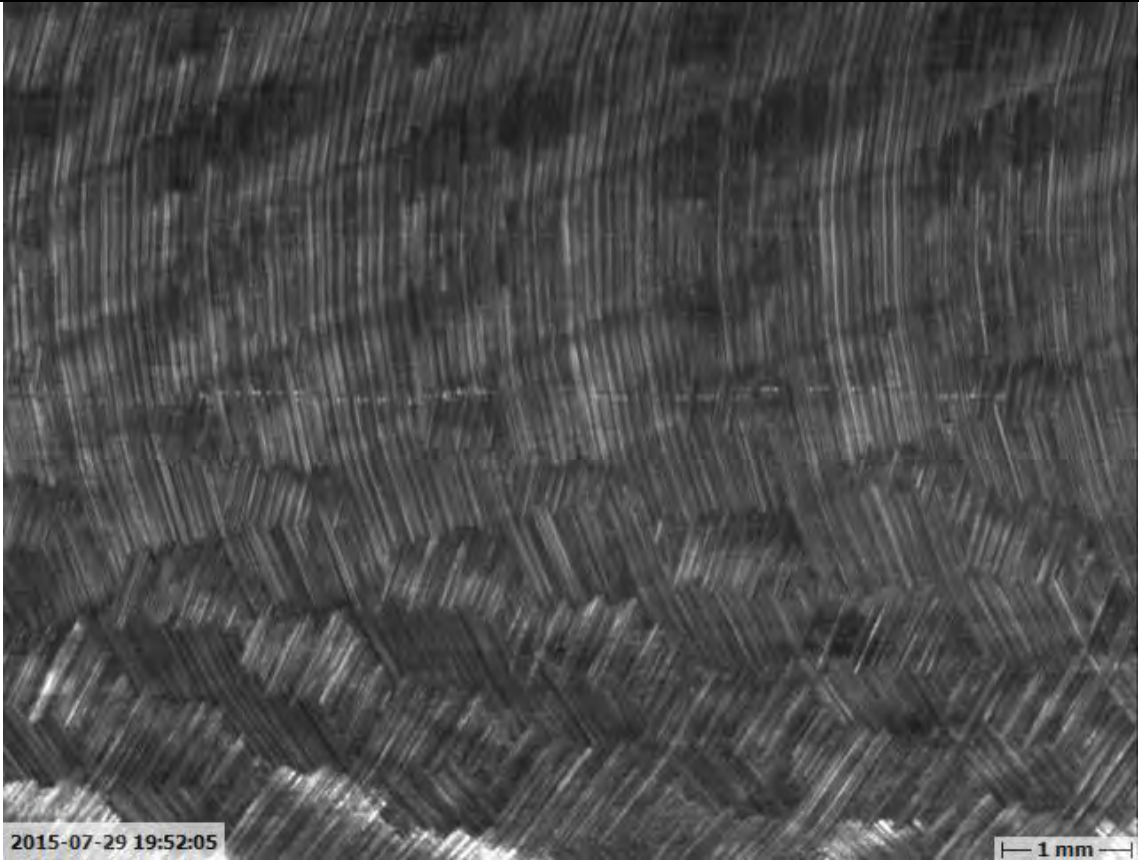
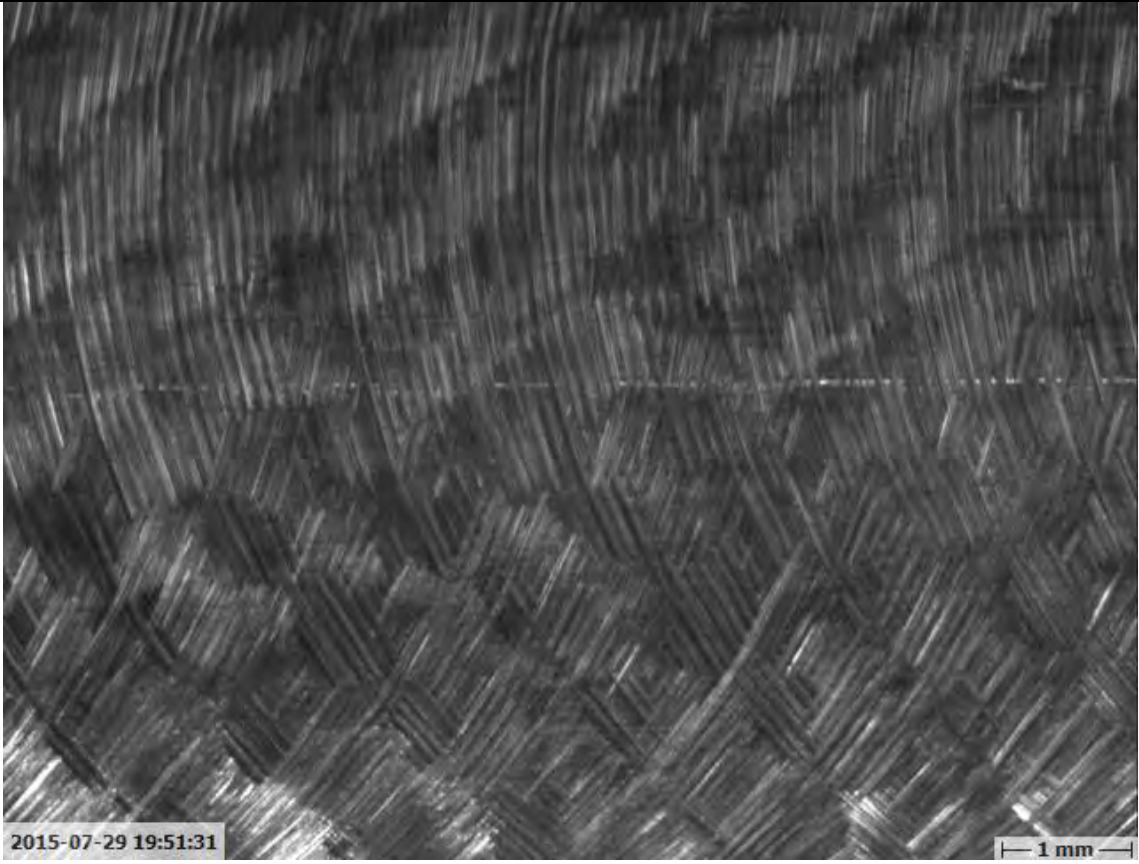
v = 610 [m/min]	ap = 3,5[mm]	fz = 0,04 [m/dinte]
		
v = 610 [m/min]	ap = 3,5[mm]	fz = 0,06 [m/dinte]
		

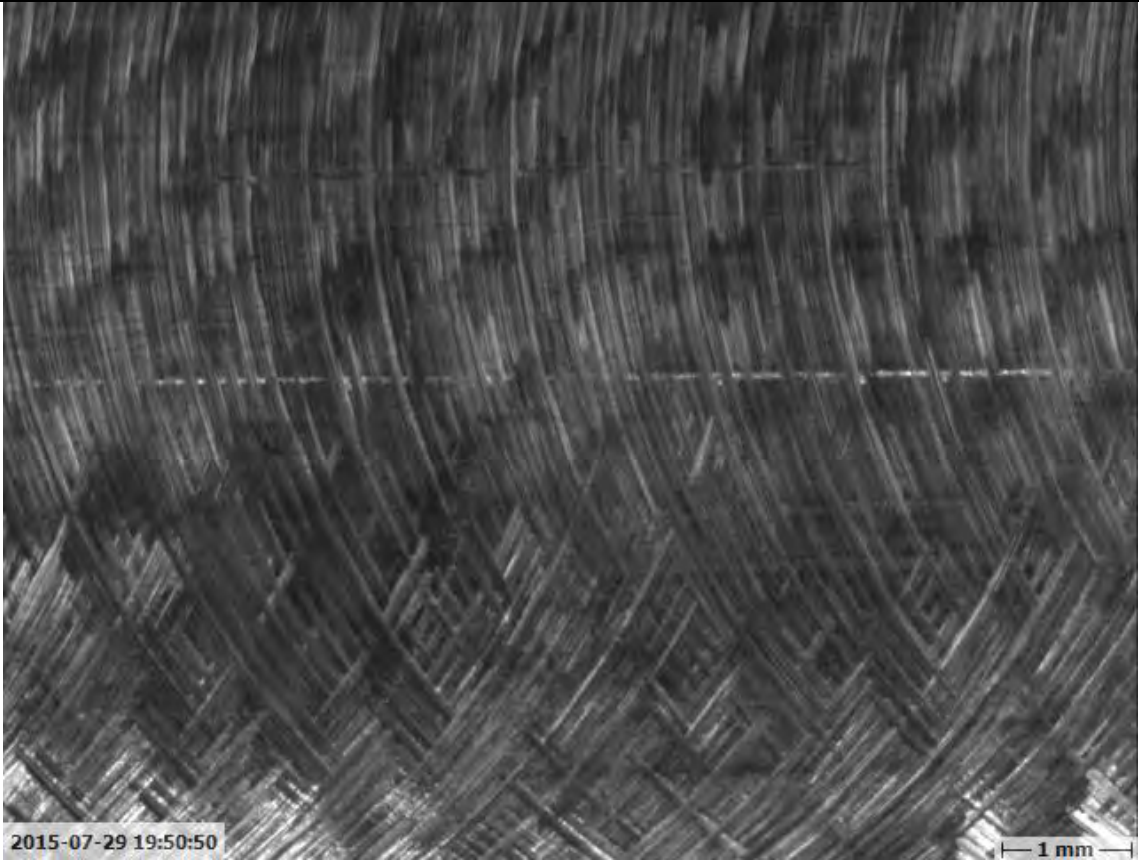
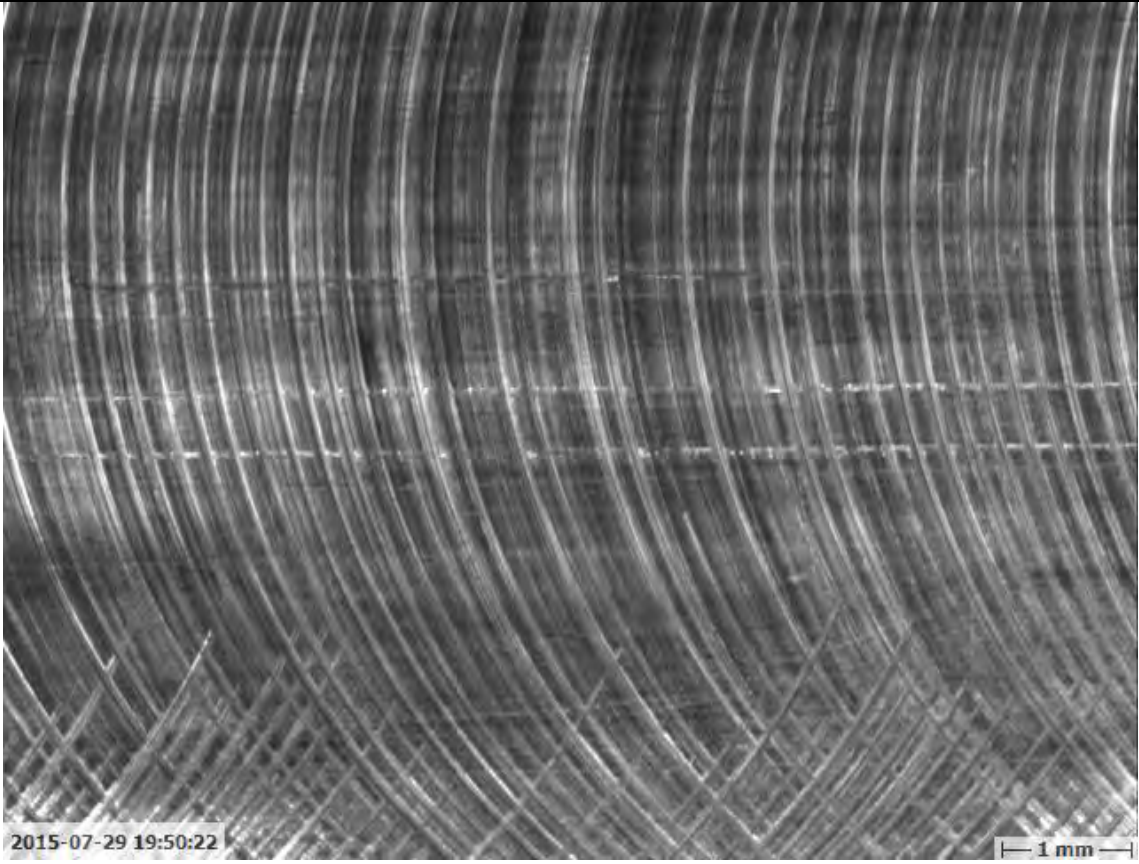
v = 610 [m/min]	ap = 3,5[mm]	fz = 0,08 [m/dinte]
		
v = 610 [m/min]	ap = 3,5[mm]	fz = 0,11 [m/dinte]
		

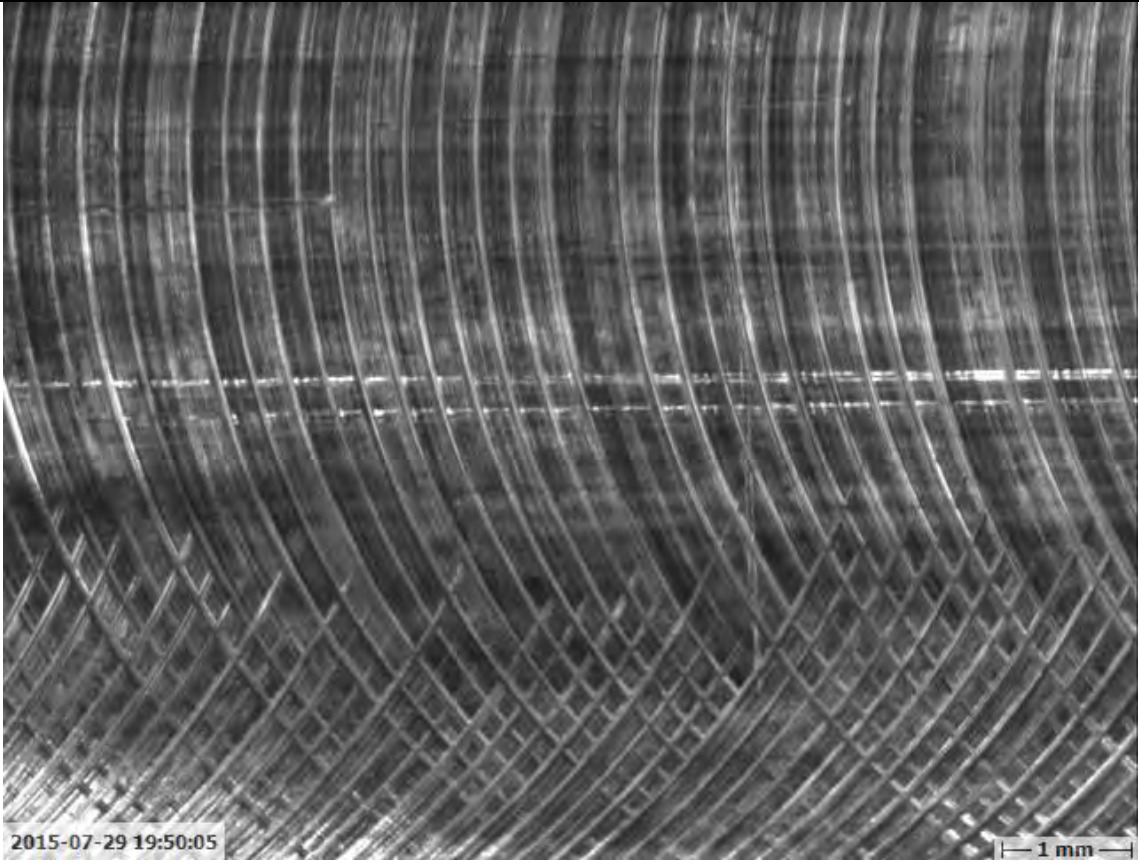
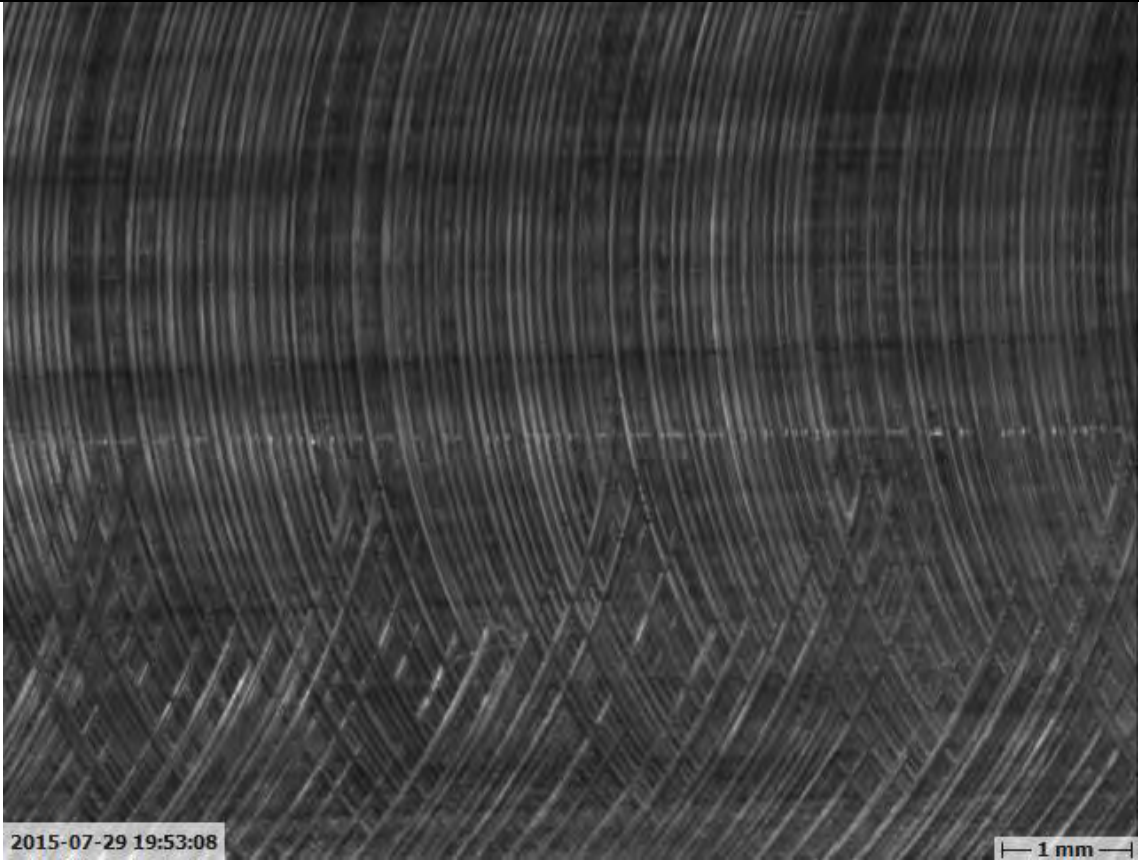
v = 610 [m/min]	ap = 3,5[mm]	fz = 0,14 [m/dinte]
		
v = 610 [m/min]	ap = 3 [mm]	fz = 0,04 [m/dinte]
		

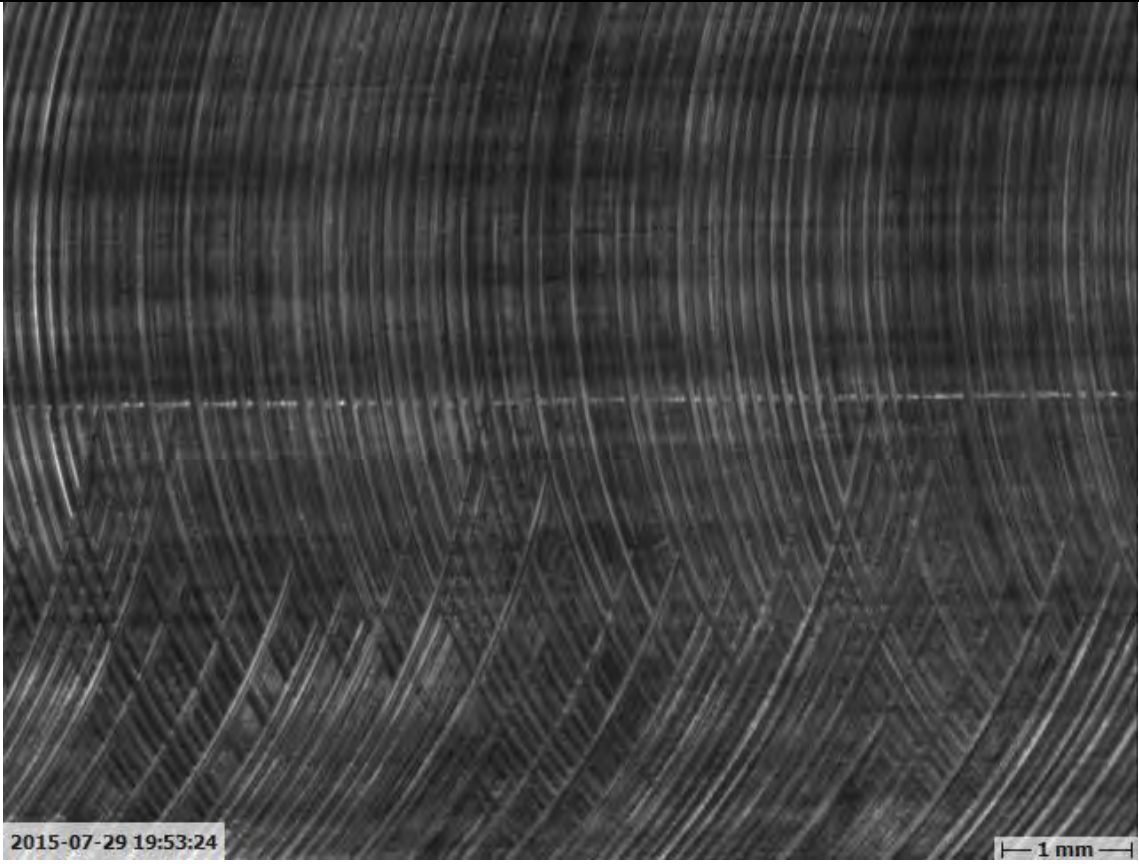
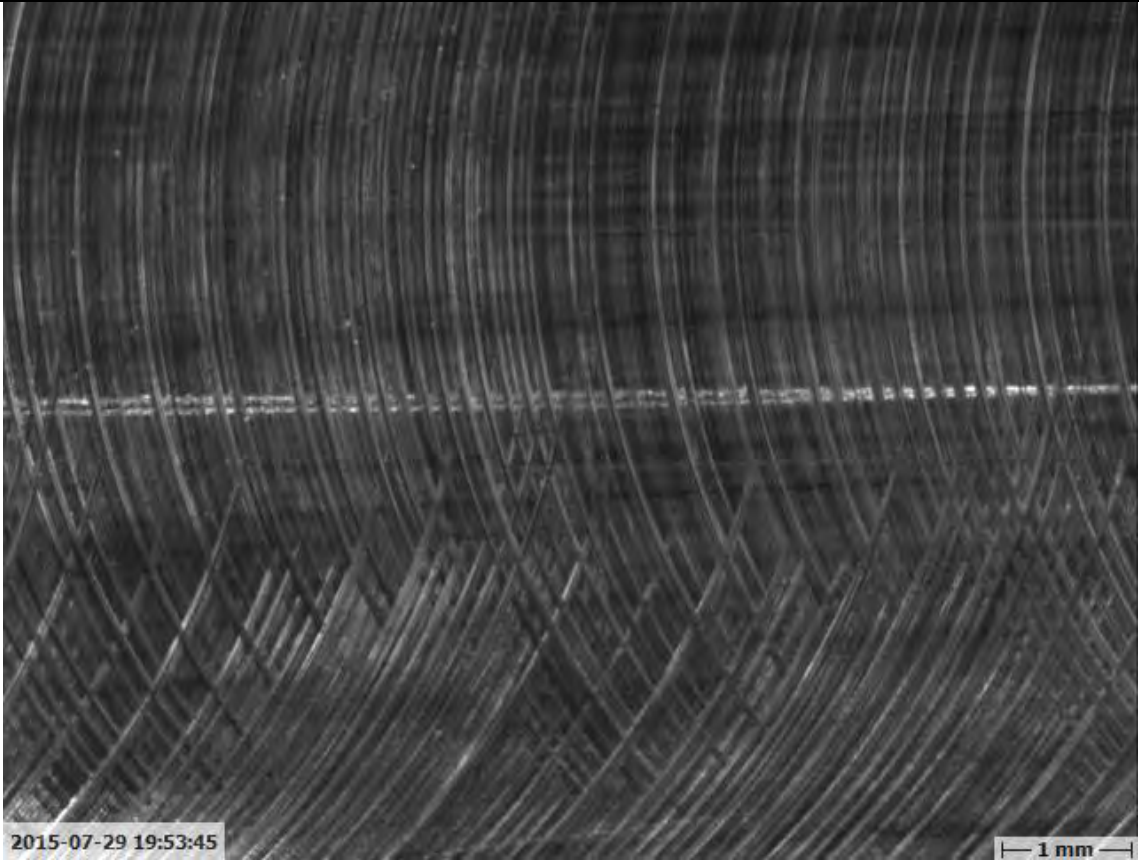
$v = 610$ [m/min]	$a_p = 3$ [mm]	$f_z = 0,06$ [m/dinte]
		
$v = 610$ [m/min]	$a_p = 3$ [mm]	$f_z = 0,08$ [m/dinte]
		

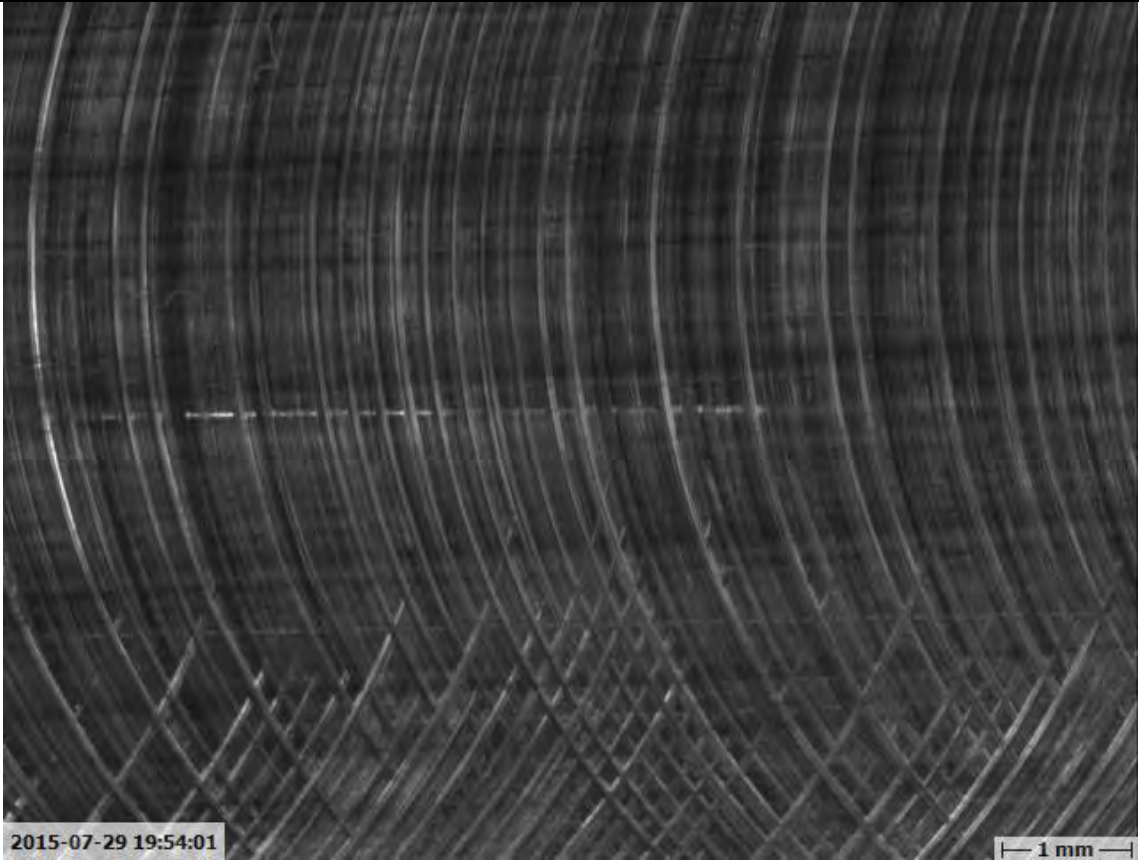
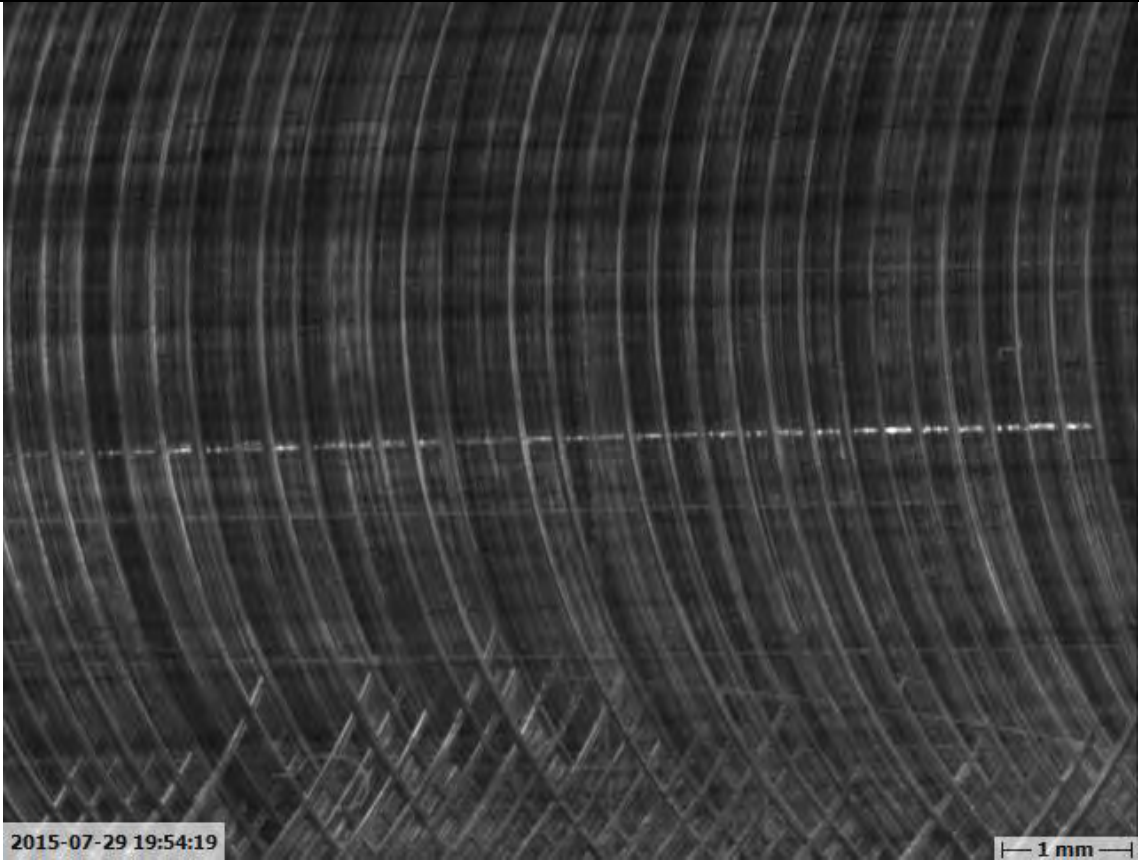
v = 610 [m/min]	ap = 3 [mm]	fz = 0,11 [m/dinte]
		
v = 610 [m/min]	ap = 3 [mm]	fz = 0,14 [m/dinte]
		

v = 610 [m/min]	ap = 2,5 [mm]	fz = 0,04 [m/dinte]
		
v = 610 [m/min]	ap = 2,5 [mm]	fz = 0,06 [m/dinte]
		

$v = 610 \text{ [m/min]}$	$a_p = 2,5 \text{ [mm]}$	$f_z = 0,08 \text{ [m/dinte]}$
		
$v = 610 \text{ [m/min]}$	$a_p = 2,5 \text{ [mm]}$	$f_z = 0,11 \text{ [m/dinte]}$
		

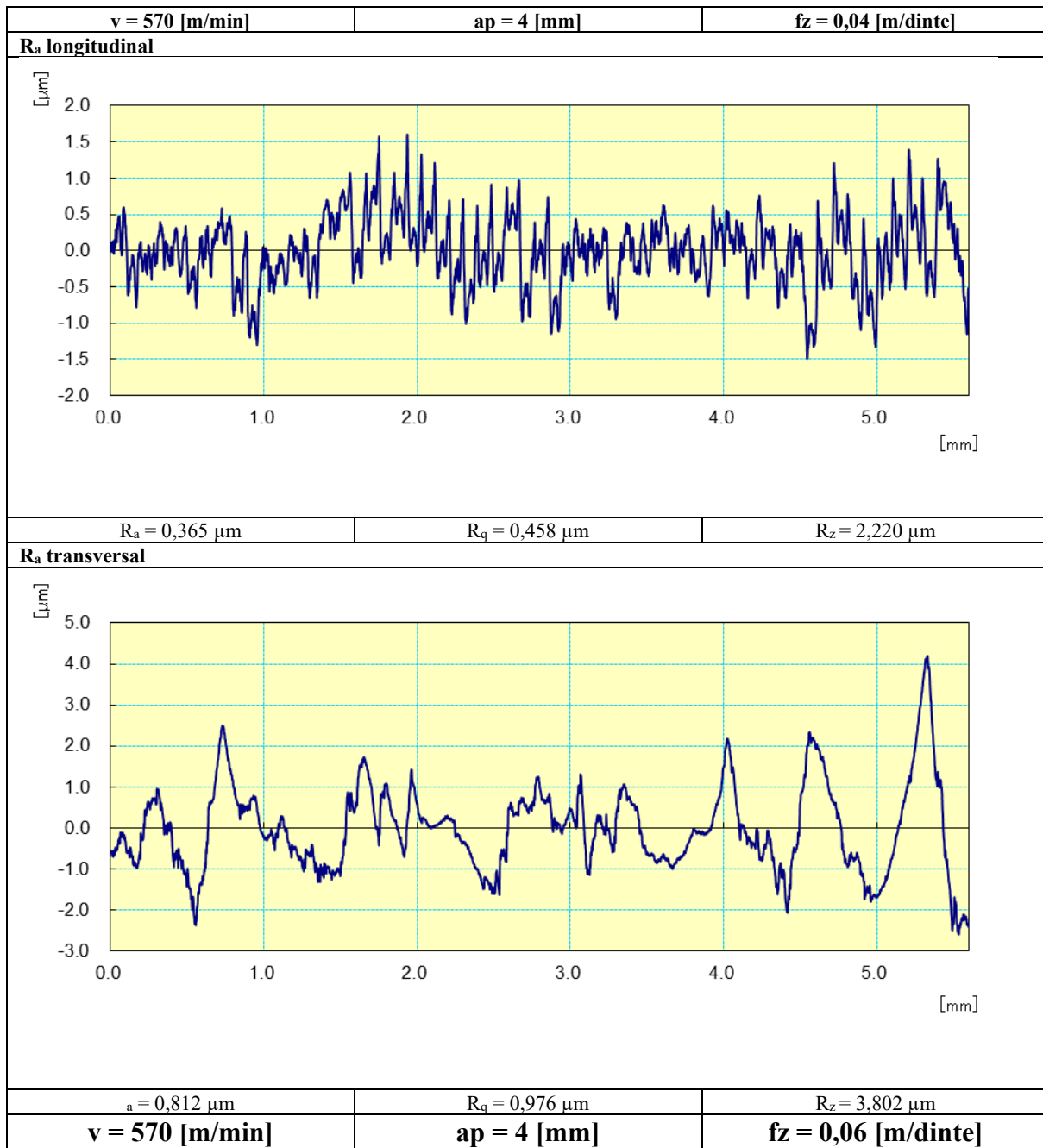
$v = 610$ [m/min]	$a_p = 2,5$ [mm]	$f_z = 0,14$ [m/dinte]
		
$v = 610$ [m/min]	$a_p = 2$ [mm]	$f_z = 0,04$ [m/dinte]
		

v = 610 [m/min]	ap = 2 [mm]	fz = 0,06 [m/dinte]
		
v = 610 [m/min]	ap = 2 [mm]	fz = 0,08 [m/dinte]
		

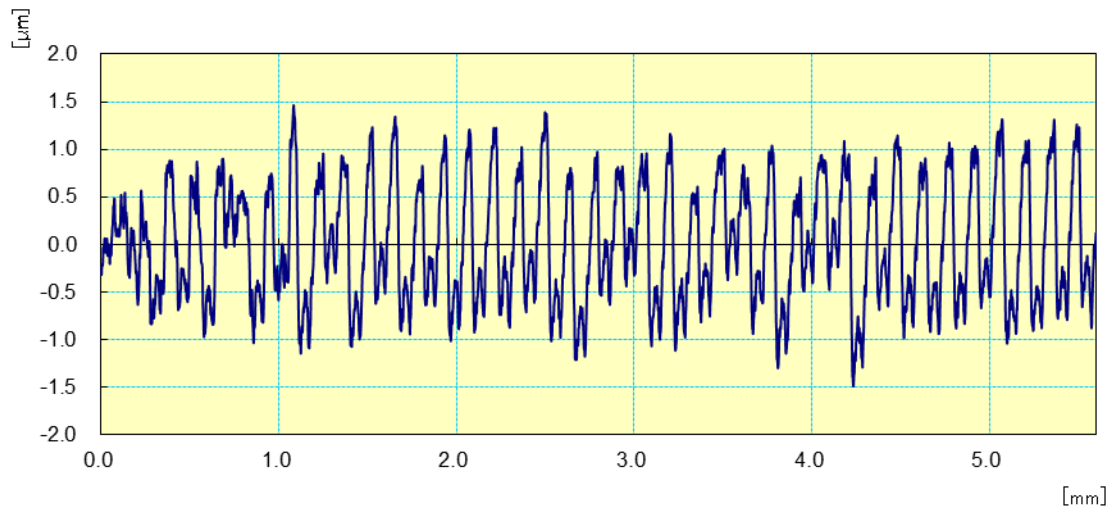
v = 610 [m/min]	ap = 2 [mm]	fz = 0,11 [m/dinte]
		
v = 610 [m/min]	ap = 2 [mm]	fz = 0,14 [m/dinte]
		

ANEXA 10:

PROFILOGRAMELE ABATERII MEDII ARITMETICE A PROFILULUI SUPRAFETEI MĂSURATE LONGITUDINAL ȘI TRANSVERSAL PE DIRECȚIA MIȘCĂRII DE AVANS



R_a longitudinal



R_a transversal

