

UNIVERSITETI I PRISHTINËS

“HASAN PRISHTINA”

FAKULTETI I INXHINIERISË MEKANIKE

PROGRAMI STUDIMOR: PRODHIMTARI DHE AUTOMATIZIM



**“ZGJEDHJA E PLANIT EKSPERIMENTAL TË PËRSHTATSHËM PËR
HULUMTIMIN E ASHPËRSISË SË SIPËRFAQES GJATË PROCESIT
TË SHPIMIT”**

PUNIM DIPLOME – MASTER

Prishtinë, Korrik 2018

Kandidati: Qendrim Bruqi

Mentori: Prof. Dr. Hysni Osmani

UNIVERSITY OF PRISHTINA
“HASAN PRISHTINA”
FAKULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
STUDY PROGRAM: PRODUCTION AND AUTOMATION



**“SELECTION OF ADECUATE EXPERIMENTAL PLAN FOR
RESEARCH THE SURFACE ROUGHNES DURING DRILLING
PROCESS”**

DIPLOMA THESIS – MASTER

Prishtina, July 2018

Canditate: Qendrim Bruqi

Mentor: Prof. Dr. Hysni Osmani

FALËNDERIME

Me këtë rast i falënderohem mentorit tim Prof. Dr. Hysni Osmanit, Prof. Asoc. Dr. Nexhat Qehaja për mbështetjen e tyre të vazhdueshme, shkencore, profesionale dhe këshillat e dobishme gjatë punimit të temës dhe gjatë studimeve të mija të nivelit master.

Falënderoj gjithashtu familjen time për mbështetjen morale, financiare dhe këshillat e vazhdueshmë që më mundësuan të vij deri këtu.

Falënderoj profesorët, asistentët, shokët, kolegët dhe të gjithë ata të cilët në mënyrë direkte dhe indirekte më ndihmuan gjatë studimeve të mija dhe më gjërë.

PËRMBLEDHJE

Në këtë punim do të përdoren dy plane eksperimentale të ndryshme për të vlerësuar përshtatshmërinë e tyre gjatë hulumtimit të efektit të parametrave të përpunimit dhe gjeometrisë së puntos në parametrat e ashpërsisë së sipërfaqes së përpunuar (R_a , R_z , R_q dhe R_t), gjatë përpunimit me shpim me aplikimin e mjeteve ftohëse lubrifikuese.

Për hulumtim janë marrë në konsiderim katër parametra ndikues të pavarur; shpejtësia e prerjes, hapi punues, diametri i instrumentit dhe këndi i majës së puntos. Në këtë punim do të zhvillohen modelet matematikore parashikuese të bazuara në analizën regresive lineare me transformim logaritmik të të dhënave për përcaktimin e shkallës së ndikimit të shpejtësisë së prerjes, hapit punues, diametrit dhe këndit të majës së puntos në parametrat e ashpërsisë R_a, R_z, R_q dhe R_t gjatë procesit të shpimit të çelikut EN 1.0038, me përdorimin e puntove prej çeliku shpejtprerës HSS të veshura me shtresë TiN

PËRMBAJTJA

FALËNDERIME	- 4 -
PËRMBLEDHJE	- 5 -
LISTA E FIGURAVE.....	- 8 -
LISTA E TABELAVE	- 10 -
1. HYRJE	- 11 -
2. BAZAT E TEORISË SË PRERJES SË METALEVE ME HEQJE ASHKLE	- 13 -
2.1. Shqyrtimi hyrës.....	- 13 -
2.2. Elementet themelore të procesit me heqje ashkle	- 15 -
2.3. Lëvizjet themelore në procesin e prerjës	- 16 -
2.3.1 Lëvizja kryesore dhe nihmëse.....	- 16 -
3.0. PËRPUNIMI ME SHPIM	- 18 -
3.1 Puntot.....	- 20 -
3.1.1. Puntot spirale	- 21 -
3.1.2. Gjeomtria dhe elementet konstuktive të instrumentit	- 22 -
3.1.3. Gjatësia e pjesës punuese të puntot spirale.....	- 24 -
3.1.4. Këndi i majës së puntove 2φ dhe i tatëpjetës së forcës ω	- 24 -
3.1.5. Diametri i thelbit të puntove d_0	- 26 -
3.1.6. Gjerësia e fazës f dhe lartësisë së shpinës t	- 26 -
3.1.7. Këndi i brinjës tërthore.....	- 27 -
3.1.8. Punto spirale me prurje të vajit.....	- 28 -
3.1.9. Mprehja apo retifikimi i majës së spirales së puntove	- 28 -
3.1.10. Gabimet gjatë mprehjes së puntove	- 30 -
3.2. Pikëshënuesi ose qendërzuesi për shpimin e mesit të vrimës	- 31 -
3.3. Kalizvari	- 32 -
3.4. Alezatori	- 33 -
4.0. NDARJA E METALEVE TË INSTRUMENTEVE METALPRERËSE	- 35 -
4.1. Karakteristikat kryesore të materialeve instrumentale	- 36 -
4.2. Ndarja e materialeve të instrumenteve metalprerëse	- 37 -
4.2.1 Çeliquet shpejtëprerëse.....	- 38 -
4.2.3. Çeliquet shpejtë prerëse të fituara me metalurgjinë e pluhurit	- 38 -
4.2.3. Metalet e forta	- 39 -

4.2.4. Qeramika metalike (CERMET-Ceramic Metal)	- 41 -
4.2.5. Qeramika.....	- 42 -
4.2.6. Bor-Nitridi-Kubik (CBN- Cubic Boron Nitride)	- 44 -
4.2.7. Diamanti	- 45 -
5.0. CILËSIA E SIPËRFAQES SË PËRPUNUAR	- 47 -
5.1. Parametrat e ashpërsisë së sipërfaqes së përpunuar.	- 51 -
6.0 MODELET MATEMATIKORE.....	- 57 -
6.1. Formimi i modelit matematikor	- 60 -
6.2. Përcaktimi i parametrave të modelit	- 64 -
6.2.1. Llogaritja e koeficientëve të regresionit	- 78 -
6.2.2. Dekodimi i modelit matematikor	- 83 -
6.3 Analiza Dispersive	- 97 -
6.3.1. Vlerësimi i signifcances së parametrave të modelit	- 97 -
6.3. Vërtetimi i adekuatschmërisë së modelit matematikor	- 104 -
6.4. Modeli krahasues.	- 108 -
6.4.1. Llogaritja e koeficientëve të regresionit	- 109 -
6.4.2. Dekodimi i modelit matematikor	- 111 -
6.4.3 Zgjedhja e planit experimental	- 114 -
7.0 KUSHTET GJATË REALIZIMIT TË EKSPERIMENTIT	- 117 -
7.1.1. Materiali i eksaminuar	- 118 -
7.2. Karakteristikat e makinës metalprerëse	- 119 -
7.2. Instrumenti metalprerës.....	- 120 -
7.3. Matja e ashpërsisë së sipërfaqes	- 120 -
7.4. Zgjedhja e regjimeve të prerjës	- 121 -
8.0. REZULTATET EXPERIMENTALE	- 122 -
9.0. ANALIZA DHE VLERËSIMI I REZULTATEVE TË FITUARA.....	- 124 -
10.0. Përfundimi	- 127 -
11.0 Literatura	- 128 -

LISTA E FIGURAVE

Fig.2.1.1. Struktura e modelit bazë të sistemit përpunues.....	- 14 -
Fig.2.2.1. Elementet themelore të prerjës	- 15 -
Fig.2.3.1. Paraqitja skematike e lëvizja kryesore dhe ndihmëse gjatë procesit të tornimit.	- 17 -
Fig.3.1. Operacioni i shpimit	- 18 -
Fig.3.2. Medodat e shpimit sipas DIN 8589	- 20 -
Fig.3.3. Llojet e veglave shpuese: a) puntoja spirale, b) puntoja me pllaka nga metali,	- 20 -
Fig.3.4. Konstruktimi i elementeve të puntos spirale: a) me mbajtës cilindrik, b) me mbajtës konik.....	- 21 -
Fig.3.5. Emërtimi i elementeve konstruktive dhe gjeometrike të puntos spirale ...	- 22 -
Fig.3.6. Paraqitja skematike e këndit së majës së puntos 2φ dhe i tatëpjetës së forcës ω	- 25 -
Fig.3.7. Paraqitja e këndit tërthor të fazës dhe shpinës.....	- 26 -
Fig.3.8. Paraqitja e brinjës tërthore dhe këndit tërthor.....	- 27 -
Fig.3.9. Puntot spirale me prurje të vajit.	- 28 -
Fig.3.10. Paraqitja e mënyrave të ndryshme të retifikimit të majave të puntove. .	- 29 -
Fig.3.11. Pikëshënuesi ose qendërzuesi.....	- 31 -
Fig.3.12. Paraqitja e qendërzimit të vrimës me këndin prej 60° pa mbrojtës të lëshimit dhe qendërzuesi.	- 31 -
Fig.3.13 Paraqitja e qendërzimit të vrimës në kënd prej 60° dhe në lëshues mbrojtës.	- 31 -
Fig.3.14. Kalizvarë të ndryshëm.	- 32 -
Fig.3.15. Dukja e vrimave me procesin e kalizvarimit dhe aplikimi i tyre per vendosjen e kunjave, bulonave etj.....	- 32 -
Fig.3.16. Procesi i Alezimit.....	- 33 -
Fig.3.17. Forma e kokës së Alezatori	- 33 -
Fig.3.18 Ndarja e alezatorit për përpunim me dorë dhe për makina	- 34 -
Fig.3.19. Ndarja e alezatorit për nga forma.....	- 34 -
Fig.4.1.1 Materialet për instrumente metalprerëse	- 35 -
Fig.4.1.2 Klasifikimi dhe shënimi i metaleve të forta	- 41 -
Fig 4.2. Pllaka prerëse nga cermeti	- 42 -
Fig.4.3. Pllaka prerëse nga qeramika	- 43 -

Fig.4.4. Pluhuri metalurgjik	- 44 -
Fig.4.5. Forma e qeramikeve e rritur me anë të mikroskopit	- 44 -
Fig.4.6 Pllaka prerëse nga diamanti	- 45 -
Fig.5.1. Elementet e sipërfaqës së punuar.....	- 47 -
Fig.5.2. Llojet e profileve dhe paraqitja skematike e valëzimeve dhe ashpërsisë -	48 -
Fig.5.3. Paraqitja skematike e matjës së gjurmës dhe dukja e profilit mates	- 49 -
Fig.5.4. Llojet e kokës së instrumentit matës	- 49 -
Fig.5.5. Koka e instrumentit matës	- 50 -
Fig.5.6. Aperatura “Wavespeed 1010 TOP” dhe topgrafia 3D e sipërfaqes së matur. .-	50 -
Fig.5.7. Profilografi i sipërfaqes së përpunuar në gjatësinë referente dhe parametrat e ashpërsisë	- 51 -
Fig.5.8. Gjatësia referente.....	- 52 -
Fig.5.9. Paraqitja e vijës mesatare dhe përkufizimi i R_a	- 52 -
Fig.5.10. Paraqitja e vlerës mesatare të shmangjeve aritmetike dhe kuadratike nga vija mesit.....	- 53 -
Fig.5.11. Vlerat e R_a , R_{max} dhe R_z për sipërfaqe të ndryshme	- 53 -
Fig.5.12. Paraqitja skematike e lartësisë maksimale të jo rrafshinave R_{max}	- 54 -
Fig.5.13. Paraqitja skematike e lartësisë mesatare të jo rrafshinave R_z	- 55 -
Fig.5.14. Paraqitja e lartësisë mesatare më të madhe dhe më të ulët, si dhe kombinimi i tyre.....	- 55 -
Fig.5.15. Ashpërsia teorike që lëne instrumenti prerës gjatë prerjes.	- 56 -
Fig.6.1. Varësia funksionale në mes faktorëve hyrës dhe dalës [9]	- 57 -
Fig.6.2. Bllok skema e protokollit të hulumtimit ekperimental [9].....	- 59 -
Fig.7.1. Spektrometri dhe aparati për matjen e fortësisë	- 118 -
Fig.7.2. Makina CNC frezuese X.mill 900 KNUTH.....	- 119 -
Fig.7.3. Aparati për matjen e ashpërsisë HADRON, SRT-6210.....	- 120 -

LISTA E TABELAVE

Tab. 3.1 Tolerancat gjatë procesit të shpimit për instrumente të ndryshme	18 -
Tab. 3.2. Ashpërsia gjatë procesit të shpimit për instrumente të ndryshme shpuese ..	19 -
Tab. 3.3. Madhësitë e këndit të shtizës 2φ dhe këndit të tatëpjetës ω (për puntot me diametër mbi $\varnothing 10\text{mm}$).	25 -
Tab.3.5. Këndet e retifikuara α dhe këndet tërthore të brinjës ψ në puntot me diametër prej $2\div 100\text{ mm}$	27 -
Tab.4.1. Matrialet që përdoren për përpunimin e instrumenteve metalprerësë...	37 -
Tabela.4.2. Qëndrueshmëria e instrumenteve nga metalet e forta	40 -
Tab.4.3. Ndarja e qeramikave.....	42 -
Tab.6.1. Plani matricorë i rëndit të parë me katër faktorë.....	62 -
Tab.6.2. Koeficientet e regresionit.	63 -
Tab.6.3. Regjimet e përpunimit v,s,d,h sipas kodimit dhe nivelit.....	67 -
Tab.6.4. Vlerat e matura experimentale për ashpërsinë e sipërfaqës	72 -
Tab.6.5. Plani matricor i koduar për ashpërsinë e sipërfaqës	73 -
Tab. 6.6 Vlerat e llogaritmuara për R_a	74 -
Tab.6.7. Vlerat e llogaritmuara për R_z	75 -
Tab.6.8 Vlerat e llogaritmuara për R_q	76 -
Tab.6.9 Vlerat e llogaritmuara për R_t	77 -
Tab: 6.10 Rezultatet e fituara për R_a , R_z , R_q dhe R_t	92 -
Tab.6.11. Llogaritja për analizë dispersive për R_a	93 -
Tab.6.12. Llogaritja për analizë dispersive për R_z	94 -
Tab.6.13. Llogaritja për analizë dispersive për R_q	95 -
Tab.6.14. Llogaritja për analizë dispersive për R_t	96 -
Tab. 6.15. Shprehjet për llogaritjen e analizës dispersive	98 -
Tab.7.1. Karakteristikat kimike të çelikut EN 1.0038 (EN 10250-2)	118 -
Tab. 7.2. Të dhënat e instrumentit prerës.	120 -
Tab. 7.2. Regjimet e përpunimit.....	121 -
Tab 8.1. Vlerat e matura experimentale për ashpërsinë e sipërfaqës R.....	122 -

1. HYRJE

Shpimi është njëri ndër proceset e rëndësishme të përpunimit. Përafërsisht në 75% e të gjitha proceseve të prerjes është i përfshirë operacioni i shpimit. Kështu, gjatë prodhimitarisë së motorëve me diegje të brendshme në industrinë e automobilave, kostoja e hapjes së vrimave është njëra ndër më të lartat. Gjithashtu, integriteti i sipërfaqes së përpunuar është një parameter i rëndësishëm në prodhimitarinë inxhinierike. Kjo është për arsye se integriteti i sipërfaqes së përpunuar mund të influencoj në cilësinë dhe performansën e produktit final.

Në industrinë prodhuese, aplikohen procese përpunuese të ndryshme (si tornimi, frezimi, shpimi etj.) për largimin e shtresës së materialit nga copa punuese për fituar produktin final.

Ekzistojnë parametra të ndryshëm që përdoren për të vlerësuar ashpërsinë e sipërfaqes. Në hulumtimet e tanishme për vlerësimin e cilësisë së sipërfaqes gjatë operacionit të shpimit të pastër përdoret më së shumti shmangia mesatare aritmetike e profilit të ashpërsisë (Ra).

Procesi i prerjes është një ndër më të rëndësishmit ndër proceset e prodhimit në fushën e përpunimit me heqje ashkle të materialeve. Procesi i prerjes së metaleve definohet si proces i heqjes së ashklës nga copa punuese në mënyrë që të fitohet një produkt i gatshëm me dimensioneve, formës dhe ashpërsisë së dëshiruar.

Objektivi imperativ i shkencës së prerjes së metaleve është zgjidhja e problemeve praktike lidhur me heqjen efikase dhe të saktë të metalit nga copa punuese.

Progresi në zhvillimin e modeleve parashikuese, i bazuar në teorinë e prerjes, nuk ka përmbushur ende objektivin e vet; shumica e treguesve thelbësore të performancës së prerjes sic janë, qëndrueshmëria (jetëgjatësia) e instrumentit, forcat e prerjes, ashpërsia e sipërfaqes së përpunuar, energjia e shpenzuar, ..., etj., duhet të definohen duke shfrytëzuar studimet eksperimentale.

Prandaj, përmirësimi i mëtejshëm dhe optimizimi i performancës teknologjike dhe ekonomike të operacioneve të përpunimit varet nga metodologjia eksperimentale e mirëzgjedhur. Për fat të keq, ende ekziston një mungesë e informatave të

mjaftueshme që kanë të bëjnë me metodologjinë e testimit dhe vlerësimin e të dhënave të procesit eksperimental të prerjes.

Ashpërsisë së sipërfaqes i është kushtuar një vëmendje e veçantë për vite të tëra. Ajo paraqet një karakteristikë të rëndësishme gjatë projektimit dhe realizimit të pjesëve të ndryshme si; pjesët që u nënshtrohen ngarkesave në lodhje, përshtatjet precize, vrimave, rulave, kërkesave estetike, etj. Duke iu referuar tolerancës së përpunimit, ashpërsia e sipërfaqes imponon kufizime kritike për përzgjedhjen e makinave dhe parametrave të prerjes në procesin e planifikimit.

Procesi i shpimit lidhet më së shpeshti me hapjen dhe përpunimin e vrimave. Edhe pse shumë procese të tjera kontribuojnë në përpunimin e vrimave, si tornimi, frezimi, përshkimi, kalizverimi. Shpimi megjithatë mbetet prodhuesi më i madh i përpunimit të vrimave.

2. BAZAT E TEORISË SË PRERJES SË METALEVE ME HEQJE ASHKLE

2.1. Shqyrtimi hyrës

Procesi me heqje ashkle është një proces i cili e largon një pjesë të materialit të papërpunuar apo gjysëm të punuar me një instrument prerës.

Përpunimi me prerje ose përpunimi me heqje ashkle bazohet në heqjen graduale të shtresave të metalit (ashkles) nga lënda e parë, që i nënshtrohet një përpunimit të caktuar deri në përfitimin e detalit të gatshëm me formë, përmasa dhe ashpërsi të kërkuar.

Vegla që përdoret për të realizuar përpunimin me prerje quhet vegël prerëse (instrument prerës), ndërsa makina ku realizohet përpunimi, quhet makinë metalprerëse.

Teknologjia e përpunimit me prerje ose siç quhet edhe ndryshe teknologjia e përpunimit me heqje ashkle përbën bazën kryesore të zhvillimit të industrisë mekanike.

Teknologjia e përpunimit të elementeve makinerike bazohet në shfrytëzimin e njëpasnjëshëm të metodave të ndryshme teknologjike duke vepruar në copën përpunuese me qëllim që rezultati përfundimtar të arrihet paraprakisht, nga ana e konstruktorit, formës së projektuar, dimensioneve dhe kualitetit të sipërfaqeve. Në të njëjtën kohë, teknologjia e përpunimit të detaleve makinerike nënkupton zgjedhjen dhe shfrytëzimin adekuat të gjitha mjeteve dhe faktorëve të cilët marrin pjesë në procesin e përfitimit të prodhimit të gatshëm.

Mundësitë e teknologjisë së përpunimit ende janë mjaftë të kufizuara, ashtu që si mundësi për arritjen e qëllimit përfundimtar imponohet nevoja për bashkëpunim të ngushtë me konstruktorin, i cili përcakton nevojat e teknologut i cili duhet të sigurojë realizimin e karakteristikave të nevojshme të prodhimit. Përpunimi i metaleve përfshin dy grupe kryesore: përpunimin me prerje dhe përpunimi pa prerje (përpunimi me deformim).

Mënyra më e përhapur e përfitimit të pjesëve makinerike është akoma me anë të mënyrave të ndryshme të përpunimit me prerje, sidomos kur punohet në prodhimtari individuale dhe në seri të vogla, ku kjo është mënyrë e vetme ekonomike. Përpunimi me prerje përfshin bashkësinë e mënyrave të përpunimit të cilat përfitimi i formës së materialit realizohet me heqjen e ashklës nga copa përpunuese me veprimin e pykës prerëse të instrumentit. Përpunimi realizohet në copën e përgatitur më parë – “copën përgatitore”, me instrumentin prerës i cili mundet me qenë me gjeometri të definuar ose të pa definuar, edhe atë në makinën adekuate metalprerëse me shfrytëzimin e pajisjeve të ndryshme ndihmëse dhe mjeteve për ftohje dhe lubrifikim.

Sistemi i cili krijohet nga copa përpunuese, instrumenti metalprerës, makina metalprerëse, mjetet për ftohje dhe lubrifikim paraqet **sistemin përpunues**, në të cilin praktikisht zhvillohet procesi i përpunimit me pjesëmarrjen e punëtorit i cili e dirigjon procesin. Në procesin përpunues ku modeli i thjeshtësuar është dhënë në fig. 2.1. materiali fillestar (copës përgatitore) transformohet në copë të gatshme - **copë të përpunuara**.

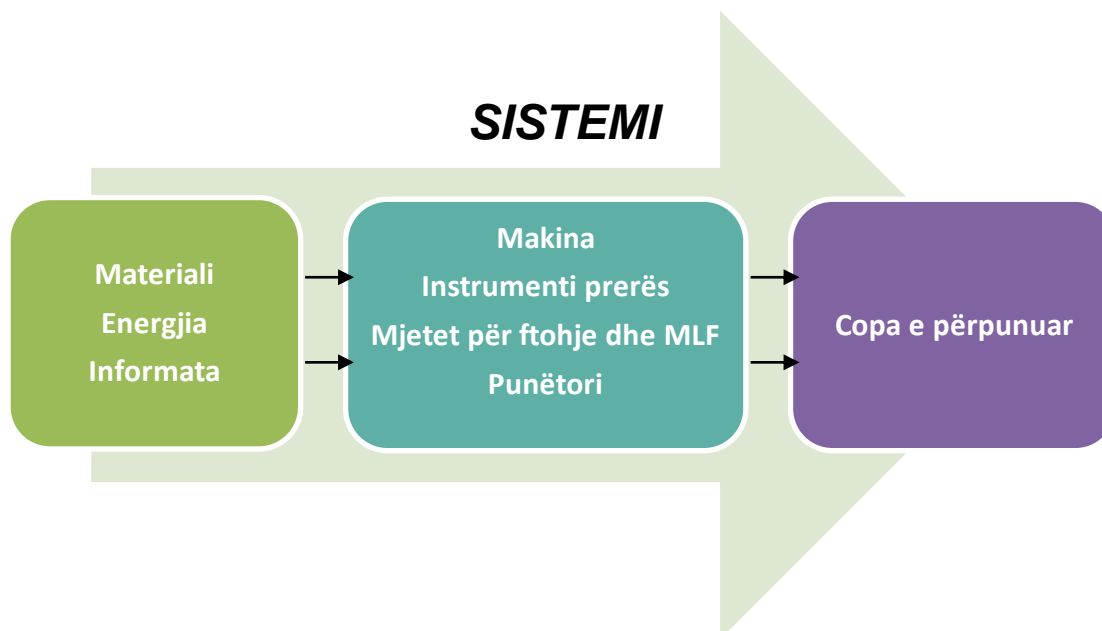


Fig. 2.1. Struktura e modelit bazë të sistemit përpunues

Procesi përpunues si pjesë e procesit teknologjik zhvillohet në sistemin përpunues nën ndikimin e numrit të madh të faktorëve nga të cilët mund të veçohen ata me të cilët mund të ndikojnë në realizimin e procesit dhe praktikisht me ta dirigjohet procesi, për dallim nga disa faktorë ku veprimi i tyre shprehet negativisht në treguesit e zhvillimit të procesit dhe me atë edhe në karakteristikat e tij dalëse dhe për procesin përpunues parashikohen si **çrregullime**.

Shtresa e materialit e cila gjatë procesit të prerjes hiqet nga copa përpunuese me ndihmën e pykës prerëse të instrumentit, pëson deformime të caktuara dhe shkatërrime. Si rezultat i sajë materiali i shtesës për përpunim kalon në formë karakteristike të ashtuquajtur ashkëldhe e cila paraqet produkt të dorës së dytë të procesit dhe është objekt për verifikim të veçantë.

Përpunimi i elementeve makinerike të veçanta mund të bëhet edhe pa heqjen e shtresës së materialit nga objekti përpunues, gjegjësisht, pa heqjen e ashklës. Në raste të tilla nuk vlejnë ligjshmëritë të cilat ndikojnë gjatë përpunimit me prerje dhe metodat e tilla nuk janë pjesë e shqyrtimit tonë, dmth, përpunimet e tilla nuk i takojnë përpunimit me prerje.

2.2. Elementet themelore të procesit me heqje ashkle

Procesi i përpunimit të metaleve me prerje përbëhet nga veprimet kinematike dhe dinamike të dy trupave të fortë - të pykës prerëse të instrumentit dhe copës përpunuese. Atëherë procesi i prerjes realizohet në rrethana të caktuara, d.m.th. mesin të cilin zakonisht e përbejnë mjetet për ftohje dhe lubrifikim. Me pjesëmarrjen e këtyre tri elementeve themelore, ku praktikisht e formojnë strukturën e një sistemi të përbërë tribo-mekanik, realizohet procesi i ndarjes së shtresës së materialit nga objekti përpunuese i cili është paraprakisht i paraparë në copën përgatitore. Heqja – prerja e shtresës së sipërfaqes së materialit nga copa përpunuese është përcjellur me deformime plastike dhe si rezultat i saj shtresa e materialit e cila hiqet, largohet në formë të ashklës.

Shtesa e cila caktohet në copën përgatitore në sipërfaqe të caktuara të cilat duhet të përpunohen, hiqet në procesin e prerjes menjëherë ose me shumë shtresa. Gjatë kalimit të parë të instrumentit hiqet shtresa e sipërfaqes dhe formohet **sipërfaqja e re - sipërfaqe e përpunuar**. Sipërfaqet në copën përpunuese nga të cilat hiqet shtresa e materialit zakonisht i quajmë sipërfaqe të cilat përpunohen (**sipërfaqe të përpunuara**).

Çdo sipërfaqe të re, të formuar në copën përpunuese pas kalimit të instrumentit e quajmë **sipërfaqe të përpunuar**. (fig.2.2.1). Ndërmjet sipërfaqes së përpunuar gjatë procesit të prerjes dhe sipërfaqes që përpunohet, krijohet një sipërfaqe në të cilën mbështetet tehu i instrumentit prerës sipas së cilës praktikisht realizohet ndarja e materialit e cila shndërrohet në ashkël nga materiali bazë (**sipërfaqja e prerjes**).

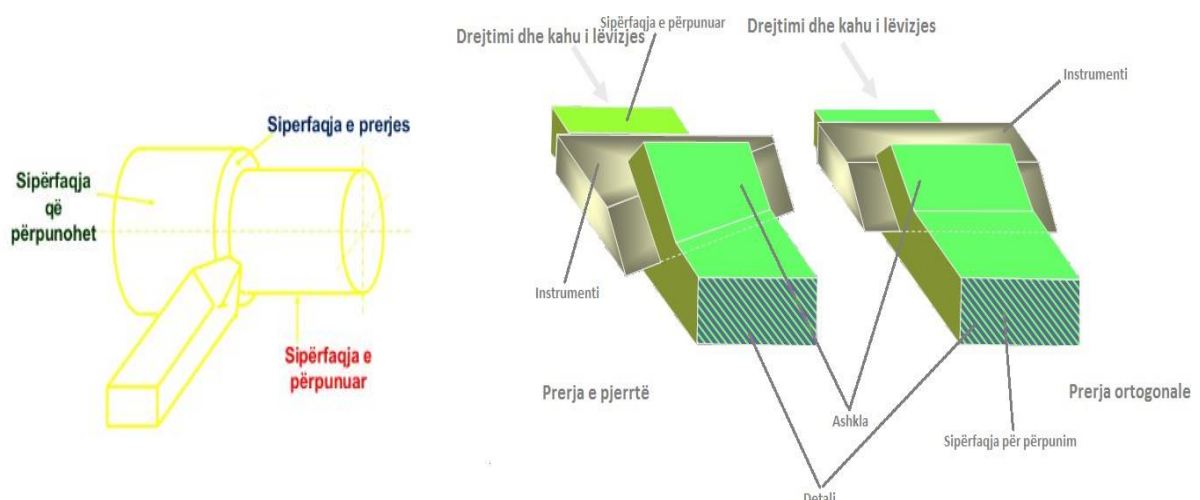


Fig. 2.2.1. Elementet themelore të prerjës

2.3. Lëvizjet themelore në procesin e prerjës

Procesi i prerjes i cili zhvillohet në kuadër të sistemit përpunues që të mundet të realizohet, është e nevojshme që të sigurohen edhe lëvizjet e caktuara ndërmjet elementeve të cilat në të marrin pjesë.

Lëvizjet të cilat i realizon copa përpunuese dhe instrumenti metalprerës dhe të cilat ndërmjet veti janë të varura, paraqesin objekt të studimit të kinematikës së prerjes. Kinematika e prerjës, pra shqyrton lëvizjet të cilat realizohen gjatë procesit të prerjës.

Të gjitha lëvizjet në procesin e prerjes kryesisht shqyrtohen në hapësirën e sistemit koordinativ kënddrejtë ku akset e të cilit janë vendos në drejtim të realizimit të lëvizjeve të veçanta.

Lëvizjet në procesin e përpunimit më prerje ndahën në:

- **lëvizje kryesore** dhe
- **lëvizje ndihmëse**

2.3.1 Lëvizja kryesore dhe ndihmëse

Paraqet lëvizjen e instrumentit apo copës punuese më të cilën sigurohet depërtimi i pykës prerëse në metal (material). Shpejtësia me të cilën realizohet lëvizja kryesore, si madhësi kinematike, paraqet **shpejtësinë e prerjës** dhe shënohet me **V**.

Te të gjitha operacionet e prerjës, shpejtësia e prerjës definohet me **m/min**, ndërsa vetëm te retifikimi, shpejtësia e prerjës definohet me **m/sec**.

$$V = \frac{D \cdot \pi \cdot n}{1000} \quad [\text{m/mm}] \quad \longrightarrow \quad \text{gjegjësisht tek retifikimit:} \quad V = \frac{D \cdot \pi \cdot n}{60 \cdot 1000}$$

Ku janë:

n [rr/mm] – numri i rrotullimeve me të cilën realizohet lëvizja kryesore

D [mm] – diametri i copës përpunuese ose instrumenti

Të përpunimi ku lëvizja e punës bëhet në menyrë drejtvizore me ndihmën e mekanizmave të lakuar, shpejtësia llogaritet sipas formes:

$$V = \frac{L \cdot (k+1) \cdot n_1}{1000 \cdot k} \quad [\text{m/mm}]$$

ku janë:

L [mm] – gjatësia e hapit të elementit i cili kryen lëvizje kryesore

$k = \frac{V_k}{V} > 1$ – raporti i shpejtësisë kthyese (V_k) dhe hapit punues (V).

$n_l = \left[\frac{h \cdot d}{\min} \right]$ – numri i hapave të dyfishtë (cikleve).

Që të largohet shtesa e materialit nga e tërë sipërfaqja e cila përpunohet, kohëzgjatja e procesit të prerjes i cili mundësohet nga lëvizja kryesore, mundëson lëvizjen ndihmëse dhe realizohet me shpejtësi të caktuar e cila në operacione të ndryshme të përpunimit shprehet në mënyra të ndryshme.

Shprehja kuantitative e lëvizjes ndihmëse realizohet përmes lëvizjes së tehut prerës të instrumentit sipas numrit përkatës të cikleve të realizuara të lëvizjes kryesore. Madhësia e definuar në këtë mënyrë e lëvizjes ndihmëse, e cila paraqet një ndër elementet themelore të regjimit të prerjes, thjesht quhet **hap (s)**. Shpeshherë lëvizja ndihmëse caktohet edhe me shpejtësinë e **lëvizjes ndihmëse (V_n)**, e cila paraqet largimin e instrumentit në drejtim të përpunimit për një minutë (mm/min). Nëse lëvizja kryesore është rrethore, ndërmjet shpejtësisë së lëvizjes ndihmëse dhe hapit ekziston varshmëria:

$$V_n = s \cdot n$$

Hapi si masë kuantitative e lëvizjes ndihmëse mund të shprehet edhe si:

- në [mm/rr] – nëse lëvizja bëhet në drejtim të lëvizjes ndihmëse që i përgjigjet një rrotullimi të copës përpunuese ose instrumentit prerës gjatë lëvizjes kryesore rrethore (rasti të tornimi dhe shpimi);
- në [mm/dhëmb] – nëse lëvizja në drejtim të lëvizjes ndihmëse e cila i përgjigjet rrotullimit të instrumentit prerës për një hap këndor të dhëmbit të tij (rasti të frezimi);
- në [mm/hd] – nëse lëvizja i përgjigjet një hapi të dyfishtë të copës përpunuese apo instrumentit prerës (rasti të zdrukthimi).

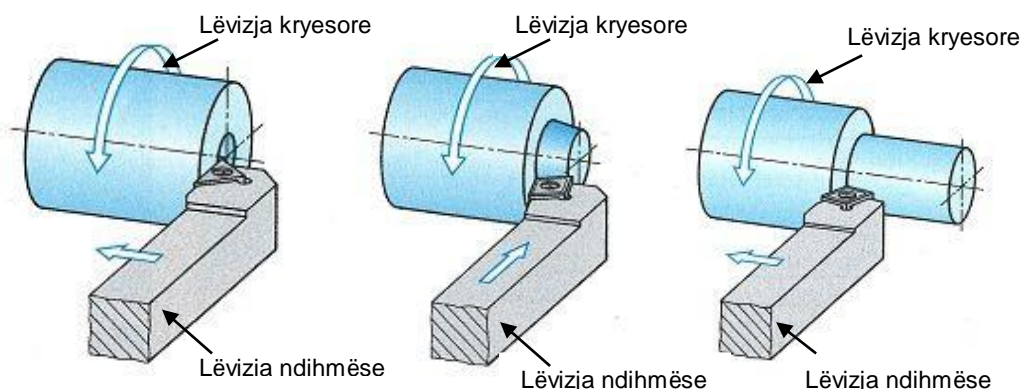


Fig.2.3.1. Paraqitja skematike e lëvizja kryesore dhe ndihmëse gjatë procesit të tornimit.

3.0. PËRPUNIMI ME SHPIM

Shpimi realizohet sipas DIN8589-2 në copat përpunuese në të cilat duhet të bëhet hapja e vrimave cilindrike me karakteristika të përcaktuara në shikim të saktësisë së formës dhe dimensioneve me kualitet përkatës të sipërfaqes së përpunuar.

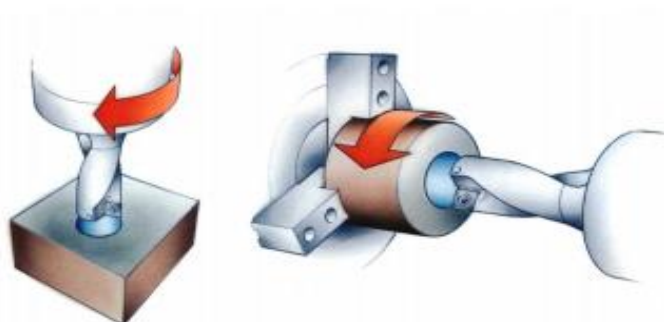


Fig. 3.1. Operacioni i shpimit

Operacionet e përpunimit të vrimave paraqesin grupin e metodave të përpunimit të cilat në parim janë metoda të përpunimit me instrumente me shumë tehe prerëse me që rast secili teh prerës i instrumentit bënë prerjen me formë të njëjtë të ashklës. Disa instrumente speciale prerëse për përpunimin e vrimave janë me një teh prerës.

Shpimi është metodë e përpunimit me prerje me të cilën në detalin e plotë, me anë të instrumentit përkatës – puntos përpunohen vrimat qorre dhe të tejpertejme. Te shpimi lëvizje kryesore dhe lëvizjen e hapit me këtë rast e bënë instrumenti prerës - punto. Lëvizja kryesore paraqet lëvizjen rrethore të cilën e bënë instrumenti metalprerës – punto, lëvizjen e hapit, lëvizjen aksiale, po ashtu e bënë instrumentit prerës – punto.

Varësishtë nga përzgjedhja e instrumentit metalprerës kualiteti gjatë procesit të shpimit sillet prej IT 5 deri në IT 16 si dhe vrazhdësia (ashpërsia) e sipërfaqës Rz në 3-90 μm (Fig 2.4.2 dhe 2.4.3)

Tab. 3.1 Tolerancat gjatë procesit të shpimit për instrumente të ndryshme

ISO Toleranca Instrumenti	IT 5	IT 6	IT 7	IT 8	IT 9	IT 10	IT 11	IT 12	IT 13
Punto Spirale									
Kalizvari									
Zgjëruesi									
Alezatori									

Tab. 3.2. Ashpërsia gjatë procesit të shpimit për instrumente të ndryshme shpuese

R _a në µm Instrumenti	3	4	5	6	7	10	20	40	50	70	90
Punto spirale											
Kalizvari											
Zgjëruesi											
Alezatori											

Shpimi i vrimës në materialin e plotë realizohet më së shpeshti me punto spirale të cilat kanë nga dy tehe kryesore prerëse dhe një teh prerës tërthor.

Prerja e materialit kryesisht realizohet me tehet kryesore, ndërsa tehu tërthor për shkak të gjeometrisë shumë të papërshtatshme dhe pozitës, më tepër e ngjesh materialin se sa e prenë.

Dallojmë tri grupe kryesore të instrumenteve për përpunimin e vrimave: shpuesit (puntot), kalizvarim dhe zgjerim si dhe alezim:

- Puntot spirale janë instrumentet që kanë përdorim më gjerë janë të përpunuara nga cilindrat e çeliktë me kanale të gdhendura me ngritje të vazhduar në trupin e tyre. Në maje gjendet thepi (biza) me pllaka të retifikuara, të cilat me pllaka ballore të kanaleve formojnë tehet prerëse kryesore. Për nga forma e mbajtësve dallojmë: puntot spirale me mbajtës cilindrik, dhe me mbajtës konik.
- Kalizvarimi dhe zgjerimi paraqesin metoda të përpunimit të vrimave tani më të shpuara ose të vrimave të formuara me derdhje ose farkëtim. Lëvizja kryesore, lëvizja e hapit, lëvizja aksiale, paraqet lëvizjen rrethore të instrumentit prerës – puntos. Edhe te zgjerimi si instrument prerës shfrytëzohet punto spirale
- Alezimi paraqet metodën e zgjerimit super të pastër të vrimave të cilat paraprakisht janë të përpunuar me zgjerim të pastër. Me alezim përmirësohen saktësia, zvogëlohet ashpërsia e sipërfaqes paraprakisht të përpunuara me zgjerim te vrazhdë e pastaj me zgjerim të pastër, alezim paraprak dhe alezim final.

Ne Fig. 2.4.2 në menyrë skematike janë paraqitur proceset e shpimit sipas standartit DIN 8589.

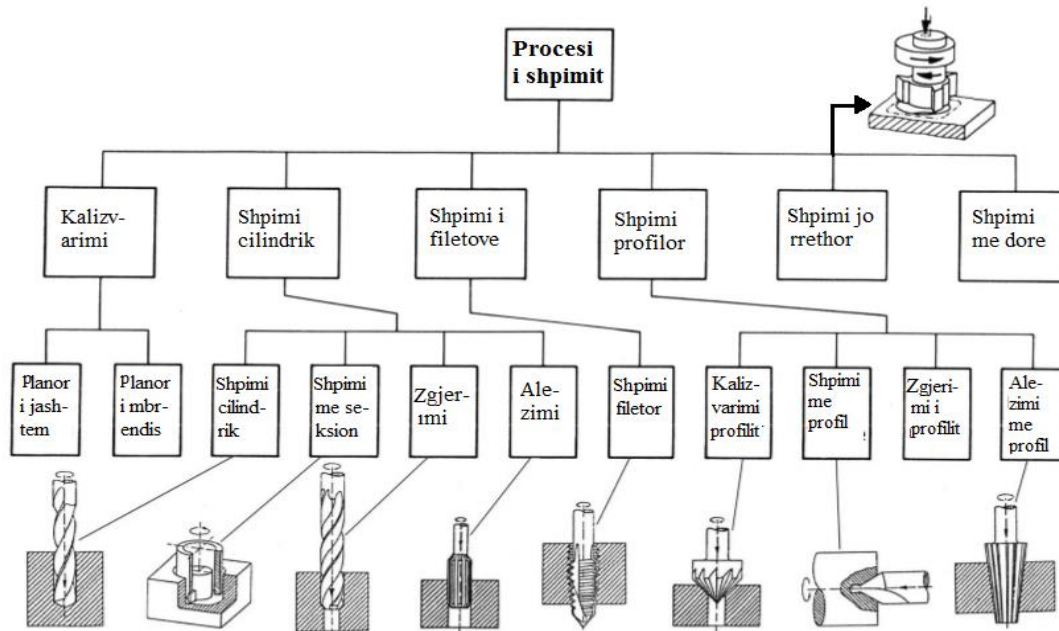


Fig.3.2. Medodat e shpimit sipas DIN 8589

3.1 Puntot

Puntot janë vegla të cilat përdoren për shpimin dhe zgjerimin e vrimave dhe hapjeve me thellësi të ndryshueshme në materiale të ndryshme. Puntot kanë një përdorim të gjerë në lëmin e përpunimit me prerje (heqje ashkle) për përpunimin e vrimave.

Veglat shpuese ose puntot mund ti ndajmë në:

- puntot spirale,
- puntot me pllaka nga metali,
- puntot e rrafshëta,
- zgjeruesit,
- puntot spirale (me sendërtim special) dhe
- thikat dhe shtizat për shpim.

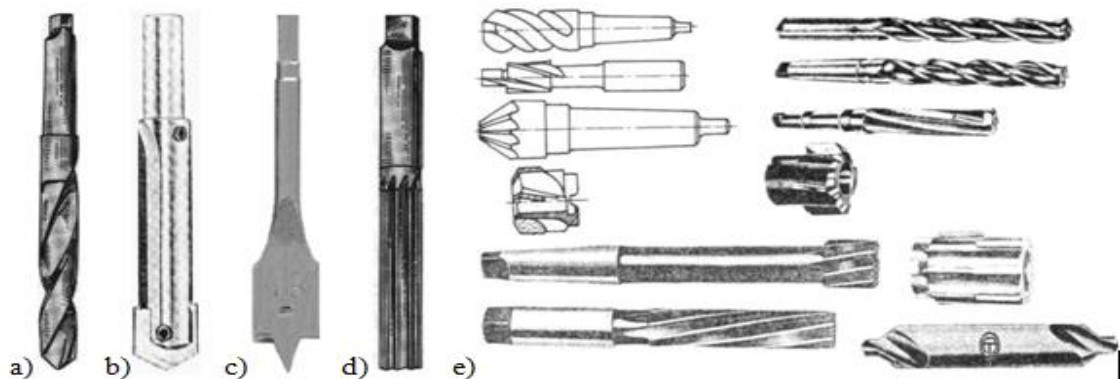


Fig.3.3. Llojet e veglave shpuese: a) puntoja spirale, b) puntoja me pllaka nga metali, c) puntoja e rrafshët (shpatuke), d) zgjeruesit, e) puntot spirale (me sendërtim special).

3.1.1. Puntot spirale

Puntot spirale janë instrumentet me të përdorura në procesim e shpimit, ato janë të përpunuar nga cilindrat e çeliktë me kanale të gdhendura me ngritje të vazhduar në trupin e tyre për mënjanimin e ashklau nga mbrendija e matrijalit që shpuhet. Në maje gjendet thepi (biza) me pllaka të retifikuara, të cilat me pllaka ballore të kanaleve formojnë tehet prerëse kryesore.

Ne teknologjinë e përpunimit me heqje ashkle pjesëmarrja e ti konsiderohët të jetë 20-25% dhe deri me sot për nga numri i prodhimit dhe pjesëmarrjes së ti ne treg konsiderohet si instrumenti me i përhapur në botë për heqje ashkle.

Për nga forma e mbajtësve dallojmë puntot:

- Puntot spirale me mbajtës cilindrik dhe
- Puntot spirale me konik

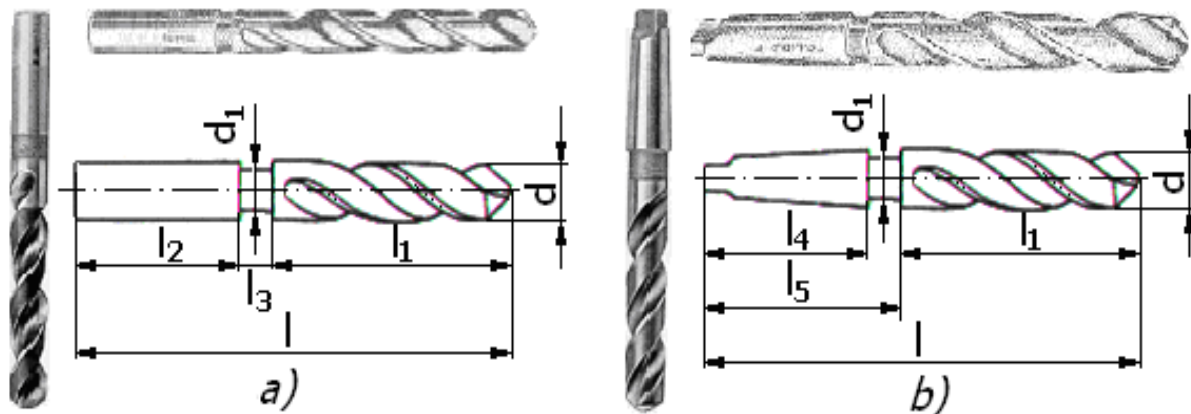


Fig. 3.4. Konstruktimi i elementeve të puntos spirale: a) me mbajtës cilindrik, b) me mbajtës konik.

ku janë:

- d – diametri i puntos spirale,
- d_1 – diametri i qafës së puntos,
- l – gjatësia e plotë e puntos,
- l_1 – gjatësia punuese e puntos,
- l_2 - gjatësia e mbajtësit,
- l_3 – gjatësia e qafës,
- l_4 – gjatësia e pjesës konike,
- l_5 – gjatësia e pjesës konike me qafë.

3.1.2. Gjeomtria dhe elementet konstuktive të instrumentit

Që të arrihet saktësia e nevojshme gjatë shpimit rendësi të madhe luan gjeometria e instrumentit prerës.

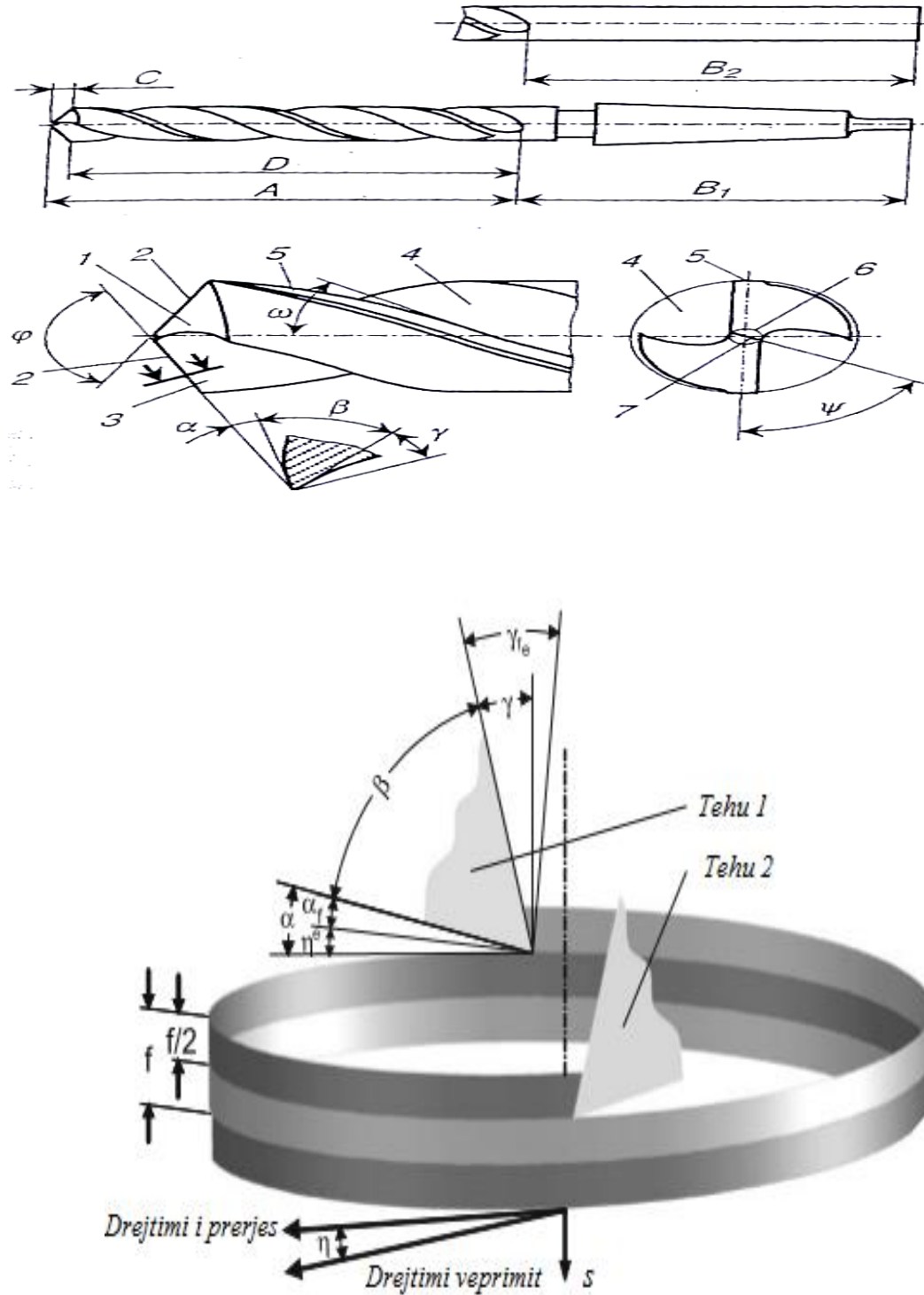


Fig. 3.5. Emërtimi i elementeve konstruktive dhe gjeometrike të puntos spirale

Ku janë :

A - pjesa punuese

B - pjesa mbajtëse ose bishti

B₁ - punto me të ashtu quajturin mbajtësin konik Morze,

B₂ - punto me mbajtës cilindrik

C+D - pjesa punuese ku

C - pjesa punuese dhe

D - pjesa e trupit punues për drejtimin e puntos dhe pa largimin e ashklës

α - Këndi i prapëm

β – Këndi i pykës

γ – Këndin e përparëm

φ - këndi i kulmit të puntos

ω - këndi i spirales

ψ - këndi i tehut prerës tërthor.

1- sipërfaqja e prapme

2 - tehet prerëse

3 - sipërfaqja e përparme

4 - kanalet spirale

5 – drejtueset

6 - bërthama

7 - tehu tërthor ose latent – I cili mund të jetë:

$$D > 10 \text{ mm} \rightarrow l_p = (0.12 - 0.15) \cdot D$$

$$D < 10 \text{ mm} \rightarrow l_p = (0.2 - 0.25) \cdot D$$

3.1.3. Gjatësia e pjesës punuese të puntot spirale

Gjatësi e pjesës punuese l_1 caktohet sipas nevojës së thellësisë të shpimit dhe shkurtimit të puntot gjatë shpimit. Gjatësia e pjesës punuese të puntos l_1 nuk guxon të jetë më e vogël se:

$$l_1 = l_a + 3d \text{ (mm)} \quad 1.1$$

l_a – thellësia e shpimit.

3.1.4. Këndi i majës së puntove 2φ dhe i tatëpjetës së forcës ω

Këndi i majës së puntove 2φ – ky kënd formon dy tehet kryesore. Madhësia e këndit 2φ bënë ndikim të rëndësishëm në këndin γ , këndin e lirë α të puntos, si dhe në rezistencën e bërthamës dhe në rezistencën e prerjes gjatë shpimit.

Me rritjen e këndit 2φ profili i puntove bëhet më rezistues. Për atë përvetësohet këndi ma i madh i tehut 2φ për përpunimin e materialeve të forta ndaj atyre më të buta.

Kjo rritje mund të llogaritet me:

$$p = \frac{100(d_{01} - d_0)}{l_0} \%$$

Me rritjen e këndit 2φ rritet rezistenca e prerjes, e me atë në lidhje me përpjekjet e puntove në mbështjellje dhe përdredhje. Për atë te puntot me diametër të vogël deri në 1 mm preferohet $2\varphi = 112^\circ$.

Këndi tatëpjetës së forcës ω – ky kënd përcakton madhësinë e këndit γ . Me rritjen e këndit të tatëpjetës ω rritet edhe këndi γ , njëkohësisht përmirësohet kushtëzimi i prerjes, zvogëlohet momenti i mbështjelljes si dhe rezistencën e prerjes, njëkohësisht zvogëlohet ngurtësia e trajtës dhe kohëzgjatja e tehut .

Tatëpjeta e spirales llogaritet në këtë formulë.

$$H_U = \pi \cdot d \cdot \cot g \cdot \omega \text{ (mm)}$$

$$H_U \frac{\pi \cdot d}{tg \cdot \omega} \text{ (mm)}$$

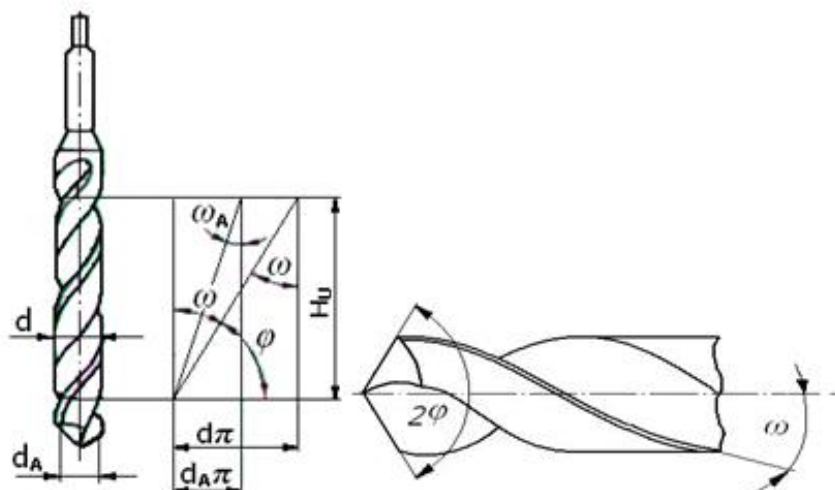


Fig. 3.6. Paraqitja skematike e këndit së majës së puntos 2φ dhe i tatëpjetës së forcës ω

Tab. 3.3. Madhësitë e këndit të shtizës 2φ dhe këndit të tatëpjetës ω (për puntot me diametër mbi $\varnothing 10\text{mm}$).

Materiali i cili përpunohet	ω°	$2\varphi^\circ$
Çelik σ_m do 500 N/mm^2	35	116
Çelik $\sigma_m = 500\text{...}700 \text{ N/mm}^2$	30	116...118
Çelik $\sigma_m = 700\text{...}1000 \text{ N/mm}^2$	25	120
Çelik $\sigma_m = 1100\text{...}1400 \text{ N/mm}^2$	20	125
Çelik që nuk korodohet	25	120
Çelik për bazament të veglave	10...15	90
Hekuri i shkrirë	25...30	116...120
Bakër	34...45	125
Bronz e fort dhe mesingu	15...20	135
Bakri i shkrirë	25...30	130
Llamarinat e aluminit	45	140
Alumini i pastër dhe legurat e aluminit	35...45	130...140

3.1.5. Diametri i thelbit të puntove d_0

Madhësia e diametrit të tehut është një nga elementet kryesore të puntos, sepse prej saj varet fortësia e puntos, e cila merret sipas të dhënave vazhduese, ato varen nga diametrat e puntove.

$$D = 0.25 \div 1.25 \text{ mm}$$

$$d_0 = (0.28 \div 0.20) \cdot d \text{ (mm)}$$

$$D = 1.5 \div 2 \text{ mm}$$

$$d_0 = (0.19 \div 0.15) \cdot d \text{ (mm)}$$

$$D = 13 \text{ mm}$$

$$d_0 = (0.145 \div 0.125) \cdot d \text{ (mm)}$$

3.1.6. Gjerësia e fazës f dhe lartësisë së shpinës t

Në varshmëri nga diametri i puntove (d). Gjerësia dhe lartësia përvetësohen nga tabela

Diametri i puntove 'd' [mm]	0.75	1	2	5	8	10	12	15	20	25	30	35	40	45	50
Gjatësia e fazës 'f' [mm]	0.2	0.3	0.4	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	1.2	1.6	1.8	1.8	2.0	2.3	2.6
Lartësia e passhpinës 't' [mm]	0.1	0.1	0.1	0.15	0.2	0.3	0.4	0.4	0.6	0.7	0.8	0.8	0.9	1.0	1.2
Puntot me diametër 0.25 ÷ 0.5 mm punohet pa faza															

Tab. 3.4. Madhësia e fazës f dhe lartësia e shpinës t te puntot spiral.

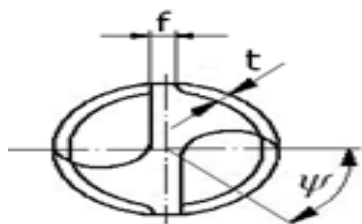


Fig. 3.7. Paraqitja e këndit tërthor të fazës dhe shpinës.

3.1.7. Këndi i brinjës tërthore

Këndi i brinjës tërthore ψ është këndi që mbyll brinja tërthore me rrafshin, e cila kalon nëpër brinjë kryesore paralele me kahjen e aksit të puntove (fig.2.4.8).

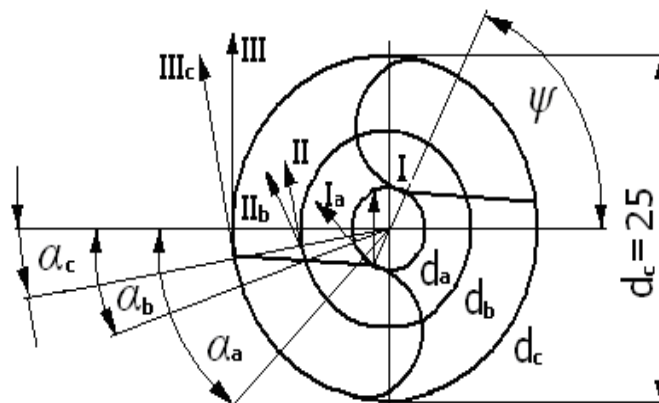


Fig.3.8. Paraqitja e brinjës tërthore dhe këndit tërthor.

Ky kënd është me rëndësi që të vërtetohet a kanë sipërfaqet e retifikuara formën e duhur, ndërsa këndet e retifikuara vlerat e drejta. Këndi i brinjës tërthore ψ duhet të jetë në kufijtë e caktuar, dhe nuk guxon të jetë më i madh se 55° . Këndi shumë i madh i brinjës tërthore e jep forcën më të madhe të ashklës, e cila ndikon në momentin e rrotullimit, e këto së bashku çojnë te harxhimi i fuqisë dhe kohës së punës.

Në tabelë janë vlerat më të mira retifikuese të këndit α dhe këndin e brinjës tërthore ψ për vlerat e puntove prej 2 deri në 100 mm të diametrit.

Tab.3.5. Këndet e retifikuara α dhe këndet tërthore të brinjës ψ në puntot me diametër prej 2÷100 mm

Diametri i puntove 'd' [mm]	Këndi ratifikues në diapazon për afërsisht ' α° '	Këndi i brinjës tërthore për afërsisht ' ψ° '
2.0 ÷ 3.5	14	47
3.6 ÷ 5.0	11	48
5.1 ÷ 7.0	9	49
7.1 ÷ 11.0	9	50
11.1 ÷ 18.0	8	52
18.1 ÷ 30.0	7	55
30.1 ÷ 55.0	6	55
55.1 ÷ 100.0	5	55

3.1.8. Punto spirale me prurje të vajit

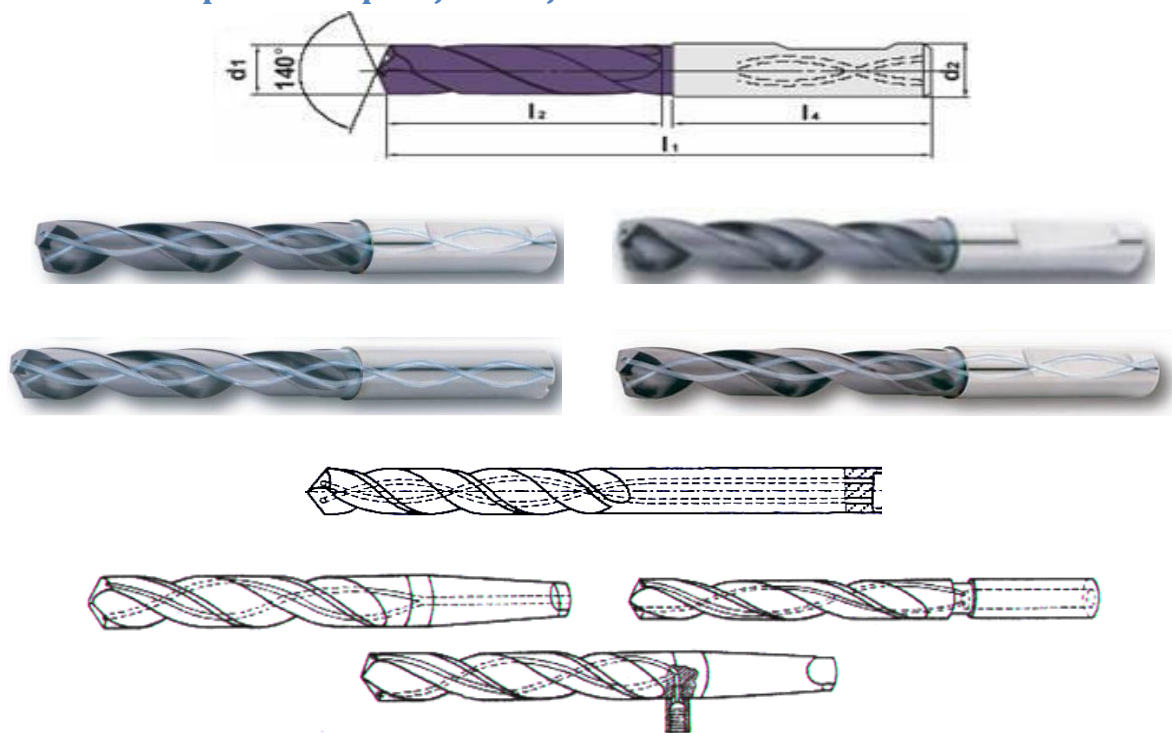


Fig.3.9. Puntot spirale me prurje të vajit.

Punto spirale me prurje të vajit përdoren gjatë shpimit të thellë të vrimave, format e prurjes së vajit së lëngut për ftohje vjen nëpërmes kanaleve të prapme (fundme) ose anën anësore, me atë qëllim janë vendosur puntot spirale me gypat e prurjes së vajit, sipas treguesit në fig.

3.1.9. Mprehja apo retifikimi i majës së spirales së puntove

Puntot spirale nuk mund të shpojnë drejt (në rregull), nëse maja e puntove nuk është retifikuar drejt (në rregull). Puntot mprehën vetëm në sipërfaqet e lira me kënd të lirë pozitiv. Përveç saj, për tu zvogëluar gjerësia e presës (tehut) tërthor, ndonjëherë retifikohet edhe fundi brenda të vetë maja e puntove. Mënyra më e rëndomtë e retifikimit të sipërfaqeve të lira në formë të gumës së rrafshit të konit e cila në maje e ka këndin δ , dhe boshtin që anon kah boshti i puntos për kënd $\vartheta/2$.

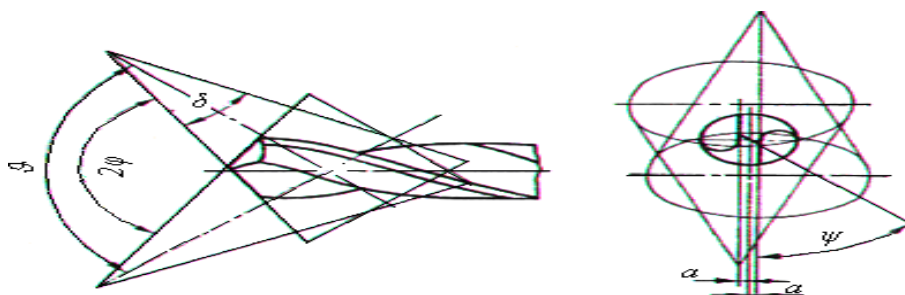


Fig.3.10. Paraqitja e retifikimit të bizës së puntove me sipërfaqet konike.

Në fig.3.11 me poshte janë format më të dëshiruara të majave të puntove të retifikuara në makinat e ndryshme sipas mënyrës së dhënun.

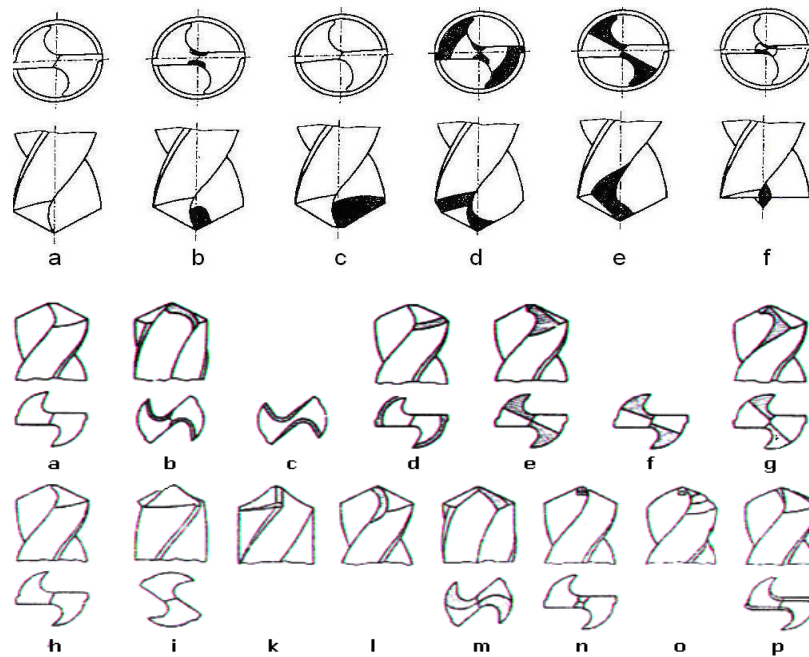


Fig.3.11. Paraqitja e mënyrave të ndryshme të retifikimit të majave të puntove.

a ÷ d) Tehet konike kryesore,

- a) pa bizë të korigjuar,
- b) me bizë të korigjuar,
- c) me korekcion shumë të theksuar,
- d) me kënde prerëse të ndërprera (këndi).

e ÷ l) Retifikim kryqëzor,

- e) pa tehe tërthore,
- f) me tehe tërthore,
- g) forma e modifikuar,
- h) puntot me vrimë (hapje) të ratifikuar në tehun tërthor,
- i) puntot me retifikim spiral shpinor dhe me tehe tërthor në formën s,
- k) puntot me retifikim special për hekur të derdhur,
- l), m) me retifikim shpinor.

n ÷ p) Me tehe tërthore të retifikuara,

n) me kënd normal të bizës,

o) me kënd shumëfish të shkallëzuar të bizës,

p) punto me teh kryesor të zgjatur me formë parabolike.

3.1.10. Gabimet gjatë mprehjes së puntove

Mprehja e puntove është punë me rëndësi e cila duhet të kryhet në mënyrë të përpiktë. Shpesh paraqiten gabimet gjatë mprehjes të cilat do ti paraqesim shkurtimisht. Gabimet mund të jenë:

1. Këndi i madh i majës,
2. Këndi i majës i vogël,
3. Tehet jo të barabarta kryesore,
4. Këndet jot ë barabarta të teheve kryesore,
5. Këndet dhe anët jo të barabarta,
6. Retifikimi i vogël (i pa mjaftueshëm),
7. Retifikimi i madh (i tepërt).

Në fig. a dhe b janë të paraqitura pasoja e keqe e retifikimit të majës së puntove. Në rastin "a" nevojitet forca më e madhe e hapit ndërsa në rastin "b" tehu i puntove është i dobësuar dhe se lehtë thyhet.

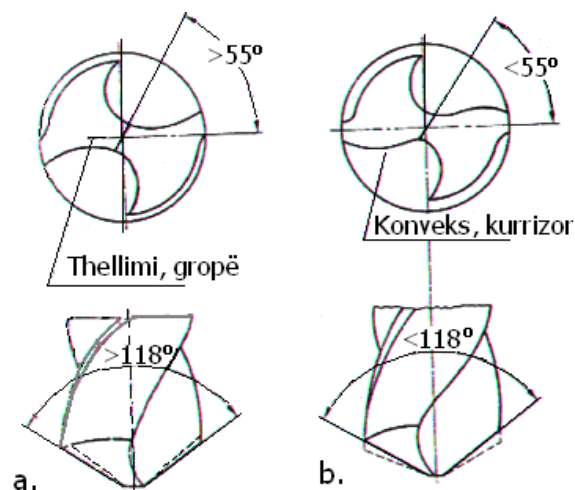


Fig.3.12. Paraqitja e gabimeve gjatë mprehjes së majës së puntove:

a - këndi shumë i madh, dhe b - këndi shumë i vogël.

3.2. Pikëshënuesi ose qendërzuesi për shpimin e mesit të vrimës

Mesi i vrimës për centrim është i përpunuar në gjatësi si përshkrim, si p. sh. boshti, boshti me filet, etj., mund të shpohen me qendërzuese (fig.3.13.), e pastaj të lëshohet me lëshues ose në një rritje të puntovë për mes vrimës.

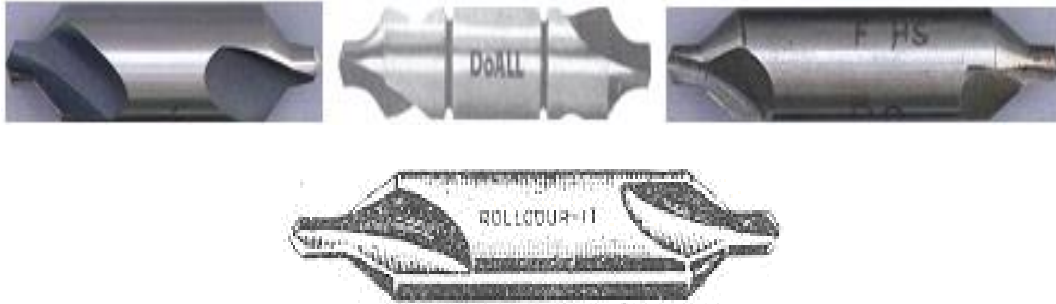


Fig. 3.13. Pikëshënuesi ose qendërzuesi.

Fig. 3.14. paraqet qendërzuesin e vrimës pa mbrojtës të lëshimit dhe, qendërzuesin me të cilën shpohet ajo vrimë.

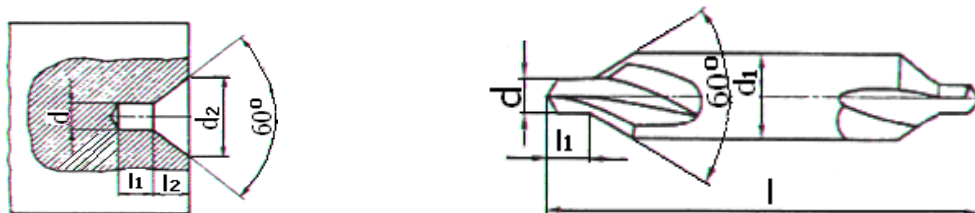


Fig. 3.14. Paraqitja e qendërzimit të vrimës me këndin prej 60° pa mbrojtës të lëshimit dhe qendërzuesi.

Vrimat e mesme me kënd të mesëm 60° , sipas ISO M.A5.210, përdoren për përpunimin e peshave 100kg dhe të forcat ma të vogla gjatë përpunimit. Vrimat e mesme me kënd të mesëm 90° , sipas ISO M.A5.211, përdoren për peshat e përpunuara mbi 100kg dhe te forcat e mëdha gjatë përpunimit. Qendërzuesit për vrima të mesme kanë bizë në të dy anët dhe gdhendin në tërë gjatësinë sipërfaqes anësore.

Fig. 3.15. paraqet qendërzuesin e vrimës me mbrojtës lëshimit dhe qendërzuesin me të cilën shpohet ajo vrimë.

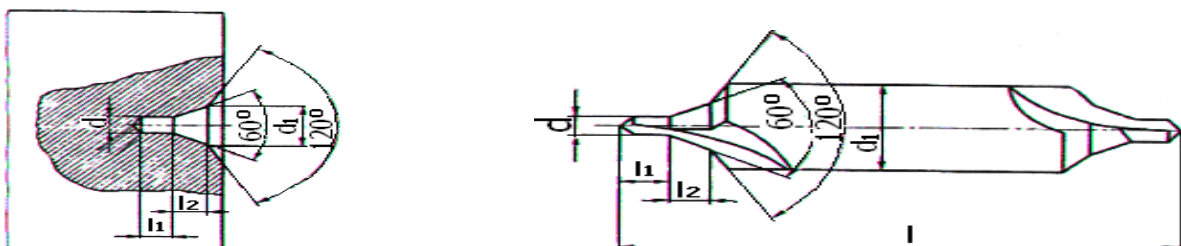


Fig.3.15 Paraqitja e qendërzimit të vrimës në kënd prej 60° dhe në lëshues mbrojtës.

3.3. Kalizvari

Kalizvarët për dallim nga puntot nuk hapin vrime, por vrimat që janë hapur me herët me punto i zgjerojnë apo profilojnë në sipërfaqe apo në brëndësi të vrimës, gjithashtu për dallim nga puntot kalizvarët kanë me shumë tehe prehsë.

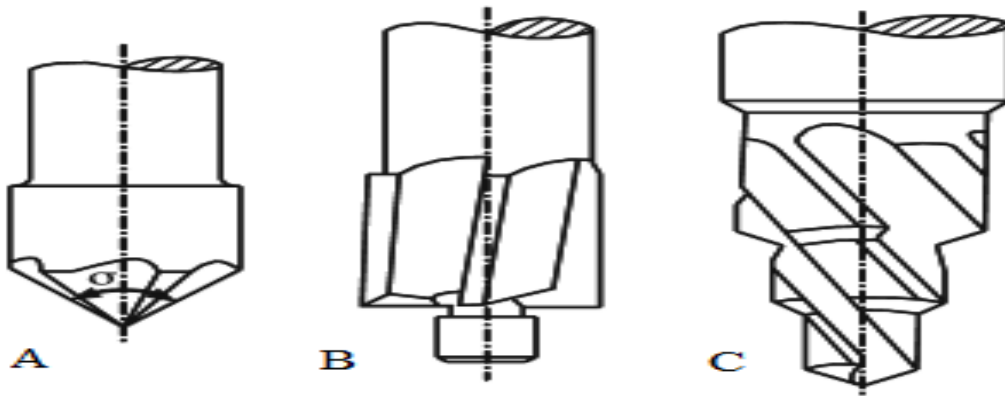


Fig.3.16. Kalizvarë të ndryshëm.

A – Kalizvari konik dhe për zgjerim të vrimës, B – Kalizvari për rrafshim në brëndësi të vrimës dhe C – Kalizvari profilor

Kalizvarët i ndajmë në :

- Kalizvarë për zgjerim
- Kalizvarë të sheshtë
- Kalizvarë konik
- Kalizvarë profilor
- Kalizvarë për rrafshim në brëndësi të vrimës

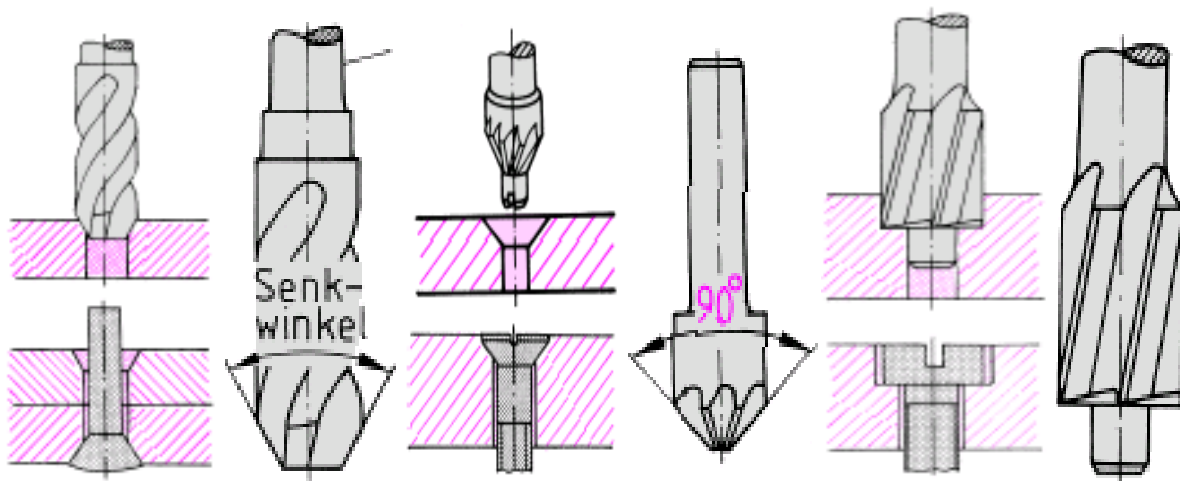


Fig.3.17. Dukja e vrimave me procesin e kalizvarimit dhe aplikimi i tyre për vendosjen e kunjave, bulonave etj.

3.4. Alezatori

Alezatori është instrument që gjenë aplikim tek shpimi si operacion i fundëm që do të thotë përdorët për ngritjen e cilësisë së vrimës së shpuar me herët apo e zgjëruar me kalizvar.

Alezatorët kanë shumë tehe prerëse dhe kualiteti që arrihet me anë të këtyre instrumenteve është IT 5 – IT 9

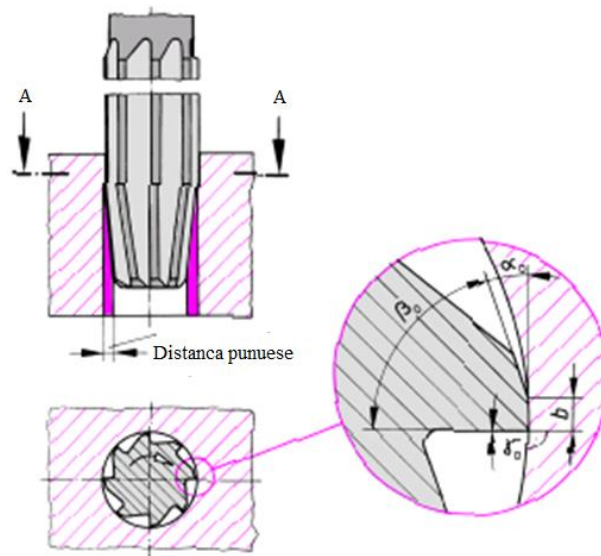


Fig.3.18. Procesi i Alezimit

Tehet prerëse gjatë prodhimit të alezatorit vendosen varësisht nga numri i teheve .



Fig.3.19. Forma e kokës së Alezatori

a) me 8 tehe prerëse

b) me 6 tehe prerëse

Alezatorët për ka përdorimi ndahën në

- Alezator për përdorim me dorë dhe
- Alezator për makina

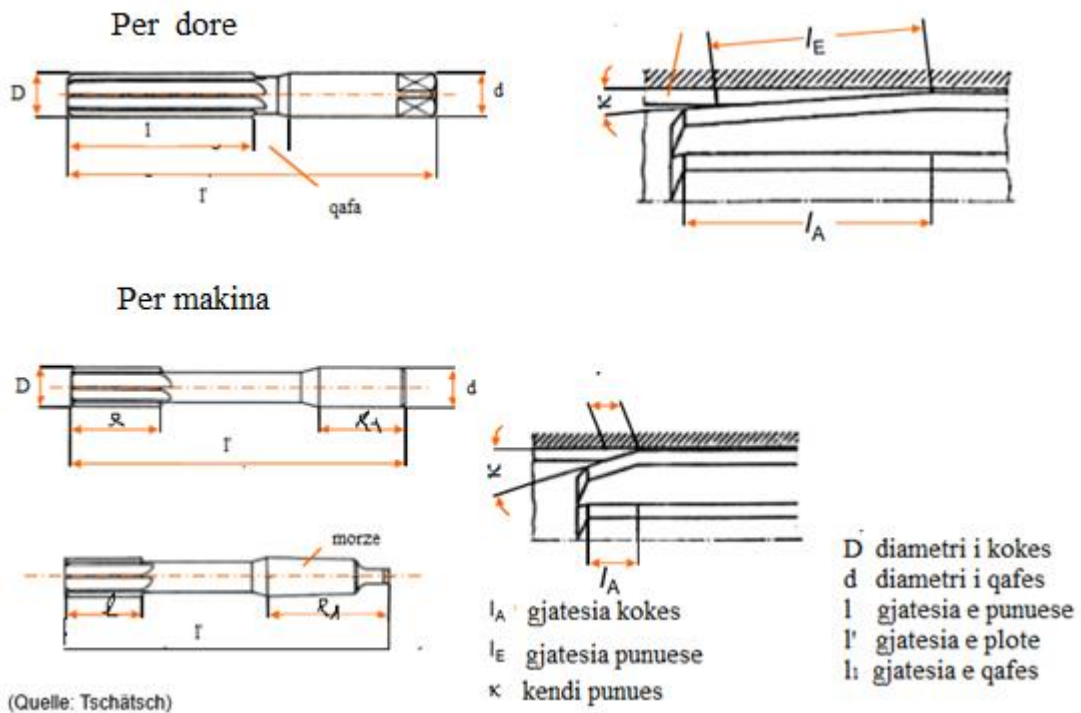


Fig.3.20 Ndarja e alezatorit për përpunim me dorë dhe për makina

Ndërsa për nga forma ndahën në :

- Alezator cilindrik
- Alezator profilor

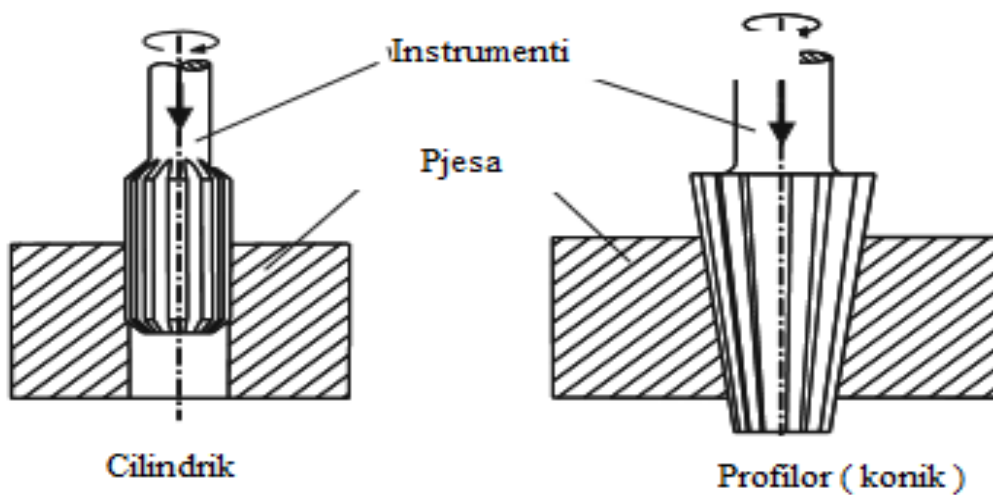


Fig.3.21. Ndarja e alezatorit për nga forma

4.0. NDARJA E METALEVE TË INSTRUMENTEVE METALPRERËSE

Prerja e metaleve bazohet me rrjedhjen plastike në zonën e prerjes gjersa instrumenti prerës dhe materiali që përpunohet kryejnë lëvizje relative. Instrumenti si pjesë e sistemit përpunues i cili ndodhet në mes të makinës metalprerëse dhe copës përpunuese ekskluzivisht luan rol kryesor në sigurimin e saktësisë dhe kualitetit si dhe në rritjen e prodhueshmërisë së përpunimit. Për realizimin e proceseve teknologjike të ndërlukuara gjatë përpunimit mekanik të pjesëve të ndërlukuara makinerike me prerje që zbatohen në industrinë moderne të prodhimit të makinave, shfrytëzohen numër i madh i instrumenteve prerëse të llojeve të ndryshme.

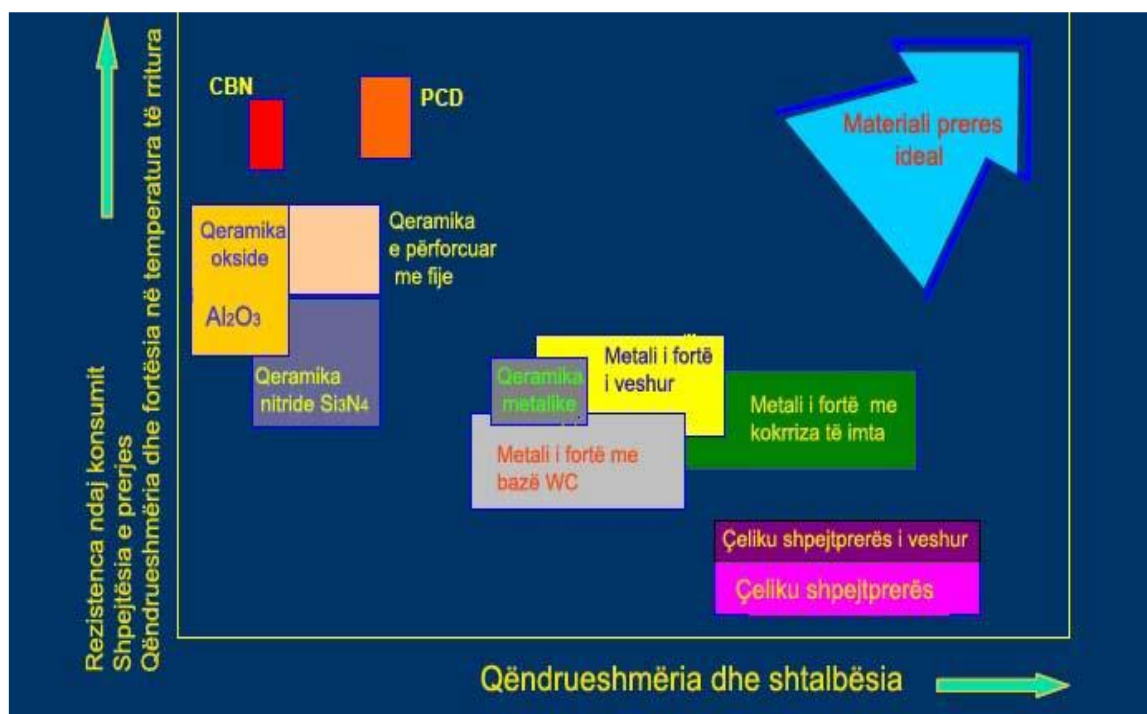


Fig.4.1 Materialet për instrumente metalprerëse

Në procesin e përpunimit me prerje lajmërohen ngarkesa të larta mekanike dhe të nxehtësisë të cilat mund të sjellin deformime të llojeve të ndryshme dhe shkatërrimin e instrumentit prerës. Nën ndikimin e rezistencës së prerjes instrumenti është i nënshtruar ngarkesave të mëdha të ndërlukuara të cilave duhet tu përballojë. Aftësia e instrumentit prerës që tu përballojë të gjitha këtyre llojeve të ngarkesave dhe shkatërrimeve, e karakterizon qëndrueshmërinë e cila pos tjerash varet nga vetitë e materialit.

4.1. Karakteristikat kryesore të materialeve instrumentale

Para analizës së materialeve të ndryshme që përdoren për prerjen e metaleve, le të shikojmë karakteristikat teknologjike të domosdoshme, në mënyrë që këto materiale të realizojnë heqjen e ashklës në mënyre racionale e ekonomike.

Karakteristikat janë :

- a) *Fortësia në të ftohtë.* Pjesa prerëse e instrumentit duhet të ketë fortësi të madhe në temperaturën e ambientit. Kjo zakonisht arrihet duke futur elemente lidhëse shtesë dhe duke kryer trajtime termike të veçanta.
- b) *Fortësia në të nxehtë.* Materialet instrumentale duhet të ruajnë fortësinë në temperatura të larta d.m.th. në temperaturat që shkaktohen nga deformimi i shtesës së punimit dhe nga fërkimi i thikës më copën që punohet. Në këtë vështrim është futur kuptimi mbi temperaturën e punës e cila është temperatura që ka tehu prerës për një material të caktuar që punohet. Vlera maksimale e temperaturës që duron instrumenti pa humbur fortësinë d.m.th aftësitë prerëse, varet nga materiali përbërës i instrumentit. Kështu, për çeliqet me karbon për instrument është rreth 250 °C, për çeliqet rapide është 500 °C, etj.
- c) *Qëndrueshmëria në goditje.* Materiali instrumental duhet të duroje goditjet e të evitojë thyerjet. Në mënyre të veçantë, kjo kërkesë shtrohet për instrumentet shumëtehshe (frezat, kalizvarët etj.) ose për thikat e punimit të ashpër. Por fortësia dhe qëndrueshmëria në goditje e kundërshtojnë njëra tjetrën prandaj zgjedhja e materialit për instrumente prerëse në këto raste shpesh herë vështirësohet dhe duhet ti nënshtrohet analizave tekniko-ekonomike.
- d) *Qëndrueshmëria ndaj konsumimit.* Karakteristikë kryesore e materialeve për instrumente pa dyshim është qëndrueshmëria ndaj konsumimit e cila përveç ndikimit në gjeometri, lidhet ngushtë me qëndrueshmërinë e thikës, pra edhe me prodhimtarinë e punimit me prerje.
- e) *Përcjellshmëria termike.* Materiali i instrumenteve duhet të jetë i aftë që ta largojë sa më mirë nxehtësinë nga tehu prerës i thikës duke ruajtur qëndrueshmërinë. Kjo karakteristikë varet nga përbërja kimike e materialit për instrumente
- f) *Vlera e koeficientit të fërkimit.* Materiali i instrumenteve duhet të ketë koeficient të vogël fërkimi sepse kështu ulet fërkimi midis thikës, ashklës dhe copës që punohet duke i zvogëluar forcat dhe temperaturën .
- g) *Kostoja e materialit.* Kjo karakteristikë ka rëndësi nga pikëpamja ekonomike kur dihet se në përgjithësi materialet për instrumente kanë kosto të lartë .

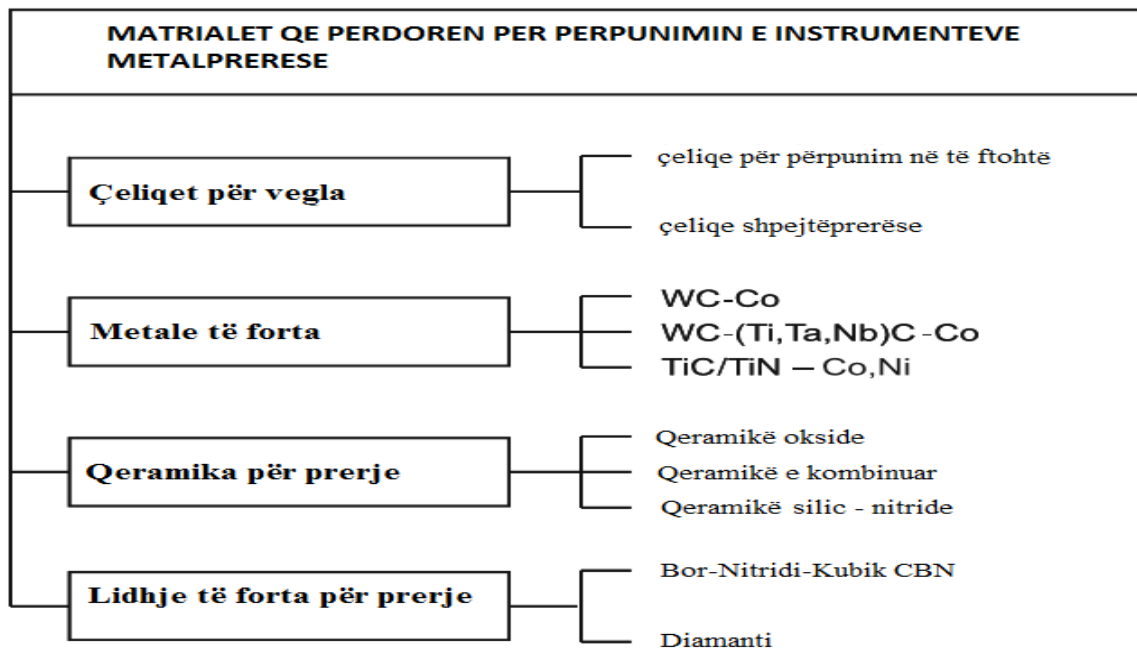
4.2. Ndarja e materialeve të instrumenteve metalprerëse

Produktiviteti i një instrumenti metalprerës në një shkallë të madhe varet nga vetia e materialit të tij që ta ruaj aftësinë prerëse. Zhvillimi i teknikës bashkëkohore me rritje karakteristike të shpejtësisë së prerjes, ngarkesave etj., kërkon materiale të reja konstruktive me veti fiziko-mekanike dhe eksploative të reja. Por, sado të jetë materiali konstruktiv i fortë dhe i qëndrueshëm nevojitet çdoherë që materiali tjetër të jetë edhe më i fortë i instrumenteve prerëse . Prandaj, në kuadër të materialeve që përdoren për prodhimin e instrumenteve metalprerëse shtrohen disa kërkesa:

- fortësia duhet të jetë më e madhe se fortësia e pjesës që punohet, t'i durojnë goditjet dhe të jenë viskoz,
- të kenë qëndrueshmëri të madhe në krahasim me konsumin,
- të ruajnë fortësinë në temperatura të larta.

Në bazë të vetive mekanike dhe përbërjes kimike materialet që përdoren për prodhimin e instrumenteve metalprerëse ndahen në :

Tab.4.1. Matrialet që përdoren për përpunimin e instrumenteve metalprerëse



- çelique të lidhura dhe të palidhura instrumentale,
- çelique shpejtëprerëse,
- lidhjet e forta,
- metalet e forta të sinteruara,
- materialet mineralo-qeramike (Al_2O_3 dhe bor nitridi kubik),
- materiali abraziv gjatë retifikimit.

4.2.1 Çeliquet shpejtëprerëse

Çeliquet shpejtë prerëse janë çelique për instrumente me lidhje të larta të cilët përmbajnë përqindje më të madhe të elementeve të lidhura: Volfram (W), Molibden (Mo), Vanad (V) dhe Kobalt (Co). Karakteristikat themelore të çelikut shpejtë prerës që përcaktojnë aftësinë prerëse të instrumenteve (fortësia dhe qëndrueshmëria në konsum gjatë temperaturës normale dhe të ngritur) varen nga përbërja kimike të strukturës së çelikut. Gjatë kësaj qëndrueshmëria në konsum në masë më të madhe varet nga përbërja, sasia dhe shpërndarja e karbitit të elementeve të lidhura në strukturën e çelikut shpejtëprerës. Prodhimi i çeliqueve shpejtë prerëse bëhet me shkrirje në furra elektrike ndërsa përpunimi i mëtejshëm i blloqeve të derdhura bëhet me farkëtim dhe rrokullisje. Në copat e farkëtuara ose të rrokullisura instrumentet më tutje përpunohen më së shpeshti me veprime të përpunimit me prerje krahas përpunimit termik e cila përbëhet nga një varg fazash: nxehje shumëshkallëshe, kalitje dhe lëshim, pas së cilës kryhet përpunimi përfundimtar me ratifikim. Gjatë kësaj përpunimi termik dhe përpunimi përfundimtar me ratifikim në shkallë të dukshme ndikojnë në kualitetin e instrumentit. Veprimi i përpunimit të instrumenteve nga çeliku shpejtë prerës me derdhje (pa përpunim paraprak me prerje) zbatohet te përpunimi i instrumenteve të cilët punojnë në kushte të vështira dhe nuk ka rëndësi praktike të madhe. Megjithatë, në kohë të fundit në mënyrë intensive është punuar në zhvillimin e teknologjisë së prodhimit të çeliqueve shpejtë prerëse me metalurgjinë e pluhurit. Te ky veprim pluhuri shtypet dhe sinterohet në blloqe të cilët më tutje përpunohen me deformim. Nga ekzemplarët kështu të përfituar instrumentet përpunohen me veprime të përpunimit me prerje me përpunim plotësues termik dhe përpunim përfundimtar me ratifikim.

4.2.3. Çeliquet shpejtë prerëse të fituara me metalurgjinë e pluhurit

Në vitet e fundit shumë prodhues kanë punuar mjaftë në përfitimin e teknologjisë së përpunimit të çeliqueve shpejtë prerëse me mënyrën e teknologjisë së pluhurit. Çeliquet e përfituara në këtë mënyrë dallohen veçanërisht me homogjenitet të lartë dhe me strukturë të imët të kokrrizave, kanë shpërndarje të barabartë të kristaleve të imta, renditje të njëjtë të karbitit, që si pasojë të kësaj kanë deformime më të vogla pas përpunimit termik dhe ratifikimit. Është treguar se vetitë përkatëse të çeliqueve shpejtë prerëse të fituara me metalurgjinë e pluhurit sjellin dukshëm rritjen e qëndrueshmërisë së instrumentit. Njëkohësisht është treguar se të gjitha çeliquet e fituara me këtë veprim nuk kanë gjithnjë përparësi ndaj çeliqueve të fituara me mënyrën konvencionale.

Sipas rezultateve të hulumtimeve të kryera viteve të fundit është treguar që në aftësinë prerëse dhe qëndrueshmërinë e instrumentit nga çeliquet shpejtë prerëse të fituara me mënyrën e metalurgjisë së pluhurit ndikim shumë të madh kanë temperaturat e kalitjes dhe poroziteti i strukturës si pasojë e shkurtimit të

pamjaftueshëm pas sinterimit. Gjatë kësaj është vërtetuar se madhësia e kokrrizave të karbitit shpejt rritet gjatë tejkalimit të temperaturës së caktuar të kalitjes e cila varet nga përbërja kimike e çelikut, ashtu që në konsumin e përgjithshëm pjesa më e madhe është për shkak të kërcitjes (plasaritjes-konsumit) së grimcave të tehut prerës. Kjo veti është edhe një nga arsytet pse këto çelique nuk kanë përparësi ndaj çeliqueve shpejtë prerëse të fituara me mënyrën konvencionale. Përparësi të veçantë, çeliquet shpejtë prerëse të fituara me mënyrën e metalurgjisë së pluhurit kanë të përpunimi i instrumenteve me forma të komplikuar të cilat më lehtë përpunohen për shkak të përpunueshmërisë më të mirë dhe gabimeve më të vogla gjatë përpunimit termik.

4.2.3. Metalet e forta

Metalet e forta për instrumente prerëse fitohen me anë të presimit të përzjerjes së pluhurit të Karbitit WC, TiC, TaC, NbC dhe Kobaltit Co si mjet lidhës dhe me sinterim në atmosferë mbrojtëse ose vakum në temperaturë prej 1300-1600 °C. Përmbajtja e karbitit në metalet e forta sillet në kufijtë 80-95 dhe kobaltit 5-20 %. Vetitë fiziko-mekanike të metaleve të forta (fortësia, shtalbësia, qëndrueshmëria e temperaturës, qëndrueshmëria në konsum etj.) mund të ndryshohen në kufi relativisht të gjerë dhe kryesisht varen nga përmbajtja dhe struktura e metalit të fortë. Disa veti janë të varura ndërmjet veti. Ashtu të themi gjatë rritjes së fortësisë bien shtalbësia dhe anasjelltas.

Vetitë e metaleve të forta gjatë prodhimit të tyre rregullohen sipas kushteve të punës në të cilat ato duhet të prejnë. Në tabelën 4.2 është dhënë varësia e vetive të metaleve të forta të cilat e kushtëzojnë aftësinë prerëse të instrumentit në varësi të përmbajtjes së tyre. Sot në përdorim janë numër i madh i metaleve të ndryshme të forta. Zgjedhja e llojit të metaleve të forta për kushte konkrete të prerjes bëhet duke kërkuar kompromis në mes të qëndrueshmërisë së lartë në konsum dhe shtalbësisë si dy veti kryesore. Kryesisht metalet e forta mund të ndahen në dy grupe: WC-Co (Volfram-Kobaltike) të cilat shfrytëzohen gjatë përpunimit të materialeve të forta dhe të brishta të cilat kryesisht formohet ashkla e shkëputur (giza e hirtë dhe materiale të ngjashme); dhe WC-TiC (TaC)-Co (Volfram-Titan-Kobaltike) të cilat aplikohen gjatë përpunimit të materialeve me shtalbësi më të madhe të cilat formohet ashkla shiritore.

Materialet e forta me bazë Volfram-Karbiti (grupi i parë) kanë shtalbësi më të madhe mirëpo qëndrueshmëri në temperaturë diçka më të vogël. Duke iu falënderuar ndikimit të TiC dhe TaC, grupi i dytë i metaleve të forta ka qëndrueshmëri më të madhe në konsum (sidomos në sipërfaqen e përparme), prirje më të vogël në ngjitje të ashklës dhe qëndrueshmëri më të lartë në temperaturë [4]. Ndikimi i disa komponentëve të veçanta në përmbajtjen e materialeve të forta në vetitë fiziko-kimike dhe vetive tjera është shumë i komplikuar për të cilat në literaturë mund të gjenden shumë të dhëna.

Si pasojë e zhvillimit të metaleve të forta sot në përdorim janë numër i madh me përmbajtje dhe veti të ndryshme. Të gjitha metalet e forta klasifikohen sipas standardit ISO në tri grupe në varësi të materialit përpunues për të cilin janë të dedikuar:

- grupi P: (P10, P20, P25, P30, P40, P50);
- grupi K (K01, K05, K10, K20, K30, K40) dhe
- grupi M (M10 deri M40).

Grupi P i përgjigjet grupit WC-Co ndërsa grupi K i përgjigjet grupit WC-TiC-Co të metaleve të forta, ndërsa grupi M është universal, d.m.th. kalimtar.

Tabela.4.2. Qëndrueshmëria e instrumenteve nga metalet e forta

Qëndrueshmëria në:	Nëse është më i madh për sa është përmbajtja më e madhe:	Nëse është më i madh për sa është përmbajtja më e vogël:
Konsum në sipërfaqen e prapme	WC	Co, TiC, TaC
Konsum në sipërfaqen e përparme	TiC, TaC	Co
Oksidim të tehut ndihmës	TiC, TaC	
Paraqitja e rritjes në tehun prerës	TiC	
Sforcime të ndryshme termike	TaC (TiC+TaC)	
Sforcime goditëse	Co	TiC, TaC
Deformim plastik		Co

Metalet e forta të grupit P shfrytëzohen për instrumente për përpunimin e të gjitha llojeve të çeliqueve, çelikut të derdhur gizës së pjekur (e temperuar) edhe atë për prerje të pandërprerë. Instrumentet nga metalet e forta të grupit K përdoren për përpunimin e gizës së pjekur ku gjatë përpunimit paraqitet ashkla e shkëputur, për

përpunimin e çelqeve të kalitura dhe jometaleve. Grupi M është dedikuar instrumenteve për përpunimin e çelikut, çelikut të derdhur, çelqeve me mangan, gizës së hirtë, gizës së pjekur etj.

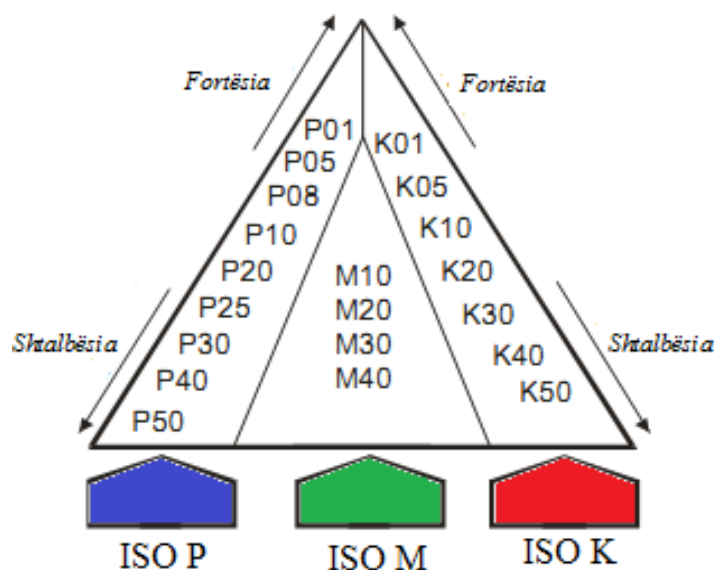


Fig.4.1. Klasifikimi dhe shënimi i metaleve të forta

Zhvillimi i mëvonshëm i metaleve të forta ka lëvizur në drejtim të rritjes së qëndrueshmërisë në konsum gjatë temperaturave të ngritura, e cila është e nevojshme gjatë fazës përfundimtare me shpejtësi të mëdha. Si rezultat i zhvillimit janë krijuar metalet e forta me përmbajtje të rritur të TiC dhe TaC. Përveç kësaj janë zhvilluar metalet e forta me shtalbësi të rritur dhe qëndrueshmëri në ngarkesa goditëse për kushte të prerjes së ndërprerë (frezimi ballor, përpunimi i vrazhdë, përpunimi në torno, zdrukthimi etj.) të cilët përmbajnë përqindje të lartë të kobaltit dhe kanë strukturë të.

4.2.4. Qeramika metalike (CERMET-Ceramic Metal)

Në aplikimin e teknologjisë së përpunimit të pluhurit, materiali i metaleve të forta në temperatura të larta nuk siguron veti të mjaftueshme. Në këto raste, si materiale prerëse mund të përdoren Cermetet. Cermetet kanë mikrostrukturë të ngjashme me metalet e forta, ku strukturës së Kobaltit dhe Nikelit i shtohen komponentet e forta siç janë Titan/Tantal dhe Carbon/Nitrid [8]. Mikrostruktura e Cermetit ka fortësi shumë të madhe në temperatura të larta krahasuar me metalet e forta konvencionale dhe në këtë mënyrë mundësojnë prerje me shpejtësi të madha. Për komponente të qeramikes, cermetet kanë stabilitet të shkëlqyer ndaj oksidimit termik dhe konsumit tribologjik, si dhe kanë zvogëlimin e aktiviteteve difuzive. Lënda apo objekti kritik kryesor i Cermetit është shtalpësia e zvogëluar e saj çka edhe shkakton plasaritje të papritura [8].

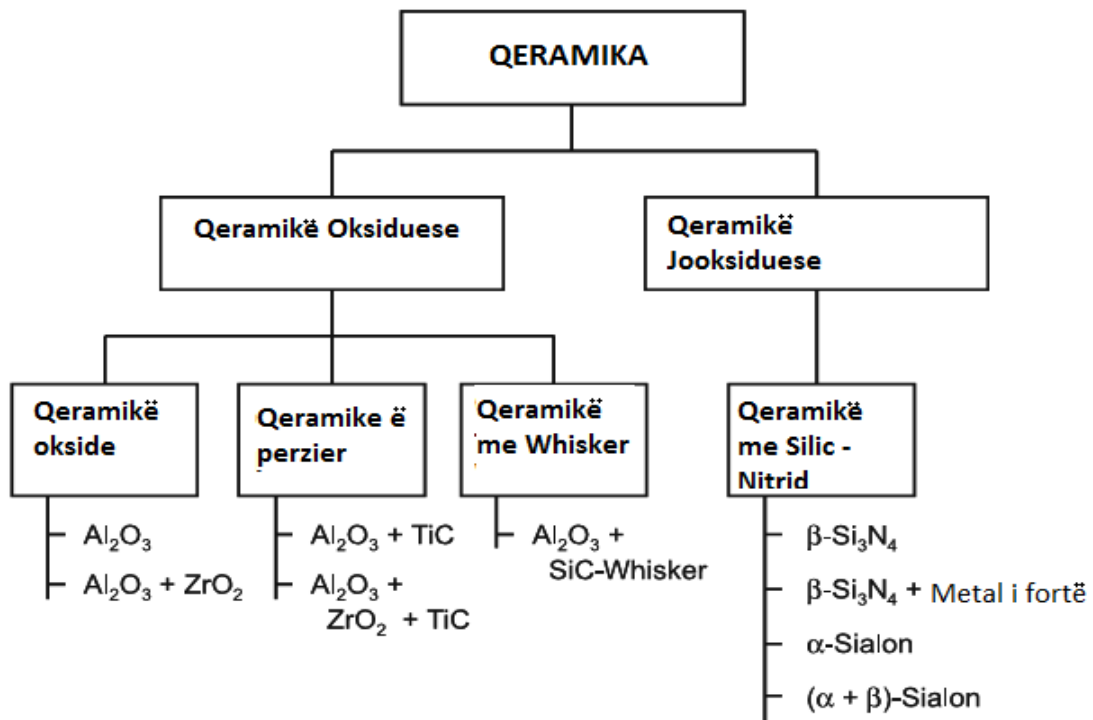


Fig 4.2. Pllaka prerëse nga cemeti

Me përmirësimin e teknologjisë së përpunimit, tani është i mundur krijimi i Cemetit me Azot të cilët kanë një shtalbësi të ngjashme me Karbidet konvencionale.

4.2.5. Qeramika

Tab.4.3. Ndarja e qeramikave



Temperaturat e larta të cilat krijohen gjatë përpunimit me teknologjinë e pluhurit, posaçërisht gjatë shpejtësive të mëdha të prerjes, kërkohet domosdoshmërisht përdorimi i instrumenteve i cili mund të qëndroj në temperatura të larta dhe që

siguron afat sa më të gjatë të përdorimit. Për përpunimin e gizës dhe çelikut të farkëtuar, aplikohen materialet prerëse nga qeramika. Në esencë, qeramika për prerje mund të jetë ose në bazë të oksid aluminit ose nitrid silicit. Për shkak të fortësisë së madhe ndaj temperaturave të larta dhe zvogëlimit të rezistencës ndaj goditjeve termike, qeramika shpesh përdoret dhe shfrytëzohet pa mjete ftohëse dhe lubrifikuese [9].

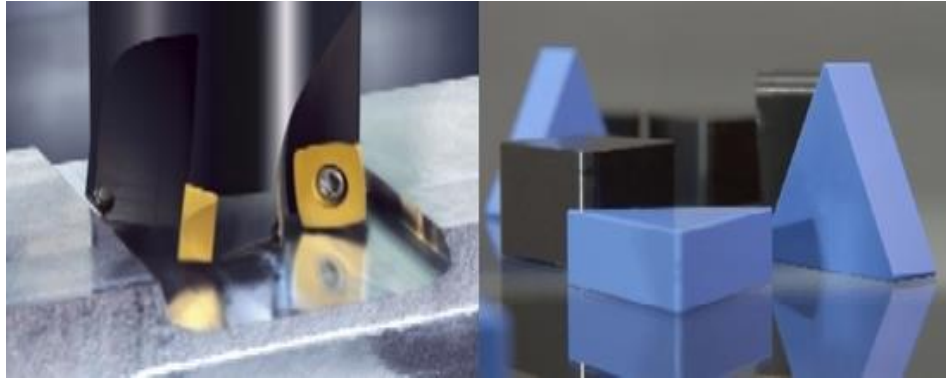


Fig.4.3. Pllaka prerëse nga qeramika

E metë e madhe e qeramikës është zvogëlimi i fortësisë, veçanërisht në operacionet e përpunimit me një seksion të thyer siç është frezimi. Por SiC-Wisker-ngritja e materialit kompozit të qeramikës dhe qeramikës me baza të oksidit të aluminit submikronik ngritin përdorimin e tyre në fusha të ndryshme të veprimit. Me zhvillimin e instrumenteve nga qeramika me bazë të oksidit të aluminit krijohet një përparësi në fushën e përpunimit në teknologjinë e pluhurit.

Karakteristika kryesore e materialit të ri prerës është arritur duke përdorur thërmijat shumë të pastra (99.99 %) dhe submikronike të pluhurit të aluminit (0.22 μm). Pluhuri i pastër sintetizohet pa lidhje në temperatura të larta, që në materialin e qeramikës rezulton si një material prerës që është rezistent ndaj konsumit dhe thyerjes. Në testet provuese dhe frezimit të gizës dhe çelikut karbonik, performanca e materialit të ri të qeramikës për prerje është i vlefshëm dhe i ngjashëm me materialin konvencional të qeramikës.

Materiali i ri prerës krijon dukshëm më pak vlera të konsumit se sa qeramika konvencionale e aluminit. Qeramika me grimca të mëdha ka sipërfaqe të vrazhdët që është rezultat i mbeturinave meskristalore dhe transferimit të përhershëm të grimcave. Me aplikimin apo fillimin e lëvizjes, dallimi në mes të gjendjes së konsumit ka ardhur deri te konkludimi se për performanca superiore të materialit të ri të instrumentit nuk është në pyetje vetëm fortësia e madhe por edhe qëndrueshmëria e madhe e lidhjeve në mes të grimcave [9].



Fig.4.4. Pluhuri metalurgjik

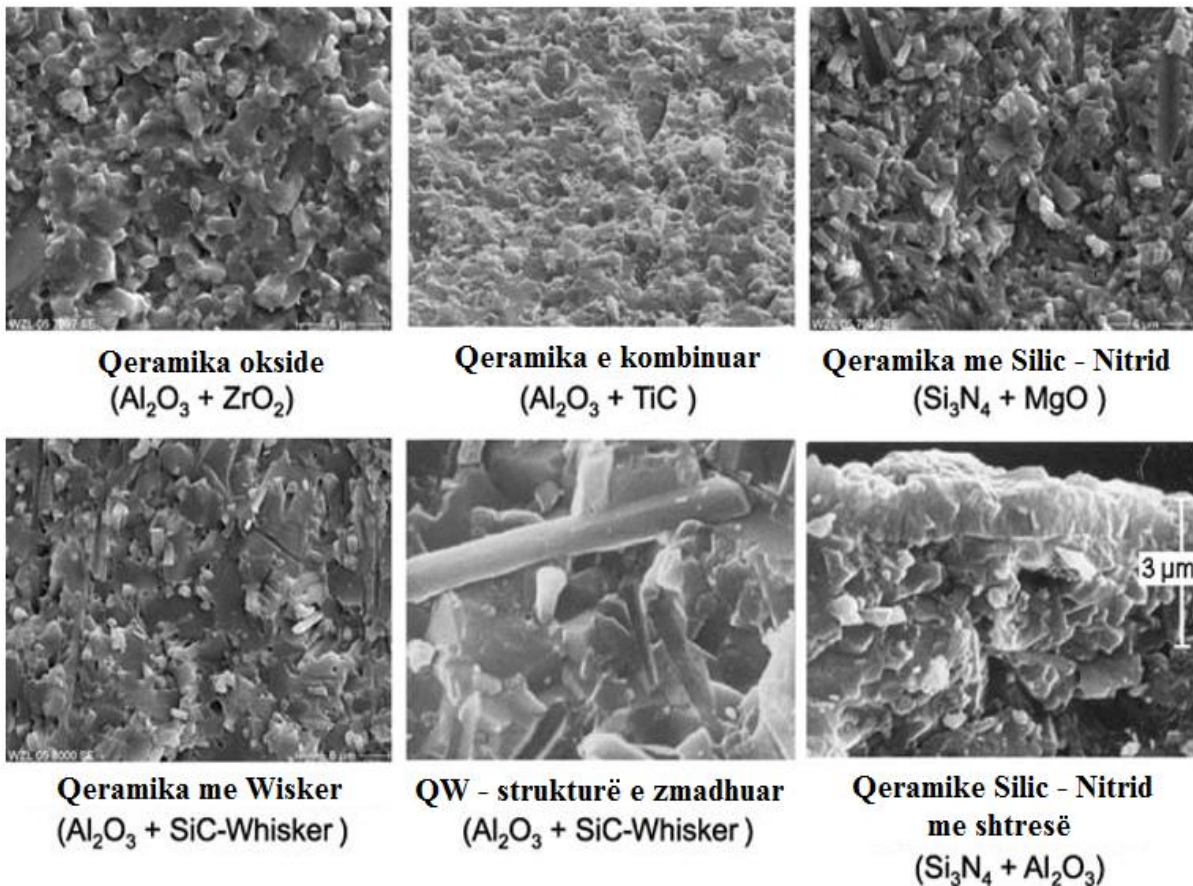


Fig.4.5. Forma e qeramikeve e rritur me anë të mikroskopit

4.2.6. Bor-Nitridi-Kubik (CBN- Cubic Boron Nitride)

Është i ngjashëm me qeramikën. Bor-Nitridi-Kubik aplikohet në përpunimin në të thatë (pa përdorimin e MFL) dhe te shpimi i pastër tek giza e hirtë dhe çeliku i kalitur. Për përpunimin e instrumenteve metalprerëse, materiali bazë, Bor-Nitridi-Kubik (CBN), është i kombinuar me qeramikë, nganjëherë edhe me legura metalike.

Rezultimi i bashkimit (kombinimit) ka veti të jashtëzakonshme siç janë: fortësia e lartë si dhe rezistencë ndaj konsumit kimik deri në temperaturat ekstreme [9].



Fig.4.6. Pllaka prerëse nga Bor-Nitridi-Kubik (CBN)

Te operacionet e gdhendjes të materialeve të forta, energjia mekanike pothuajse tërësisht transformohet në nxehtësi në rrugën e procesit të formimit dhe të fërkimit. Temperaturat e larta ekstreme në zonat e prerjes çojnë deri tek zbutjet termike të materialit përpunues. Sipas kësaj, operacionet e gdhendjes tek materialet e forta realizohen në të thatë, duke shfrytëzuar rezistencat e materialit nga temperatura gjatë prerjes siç janë CBN ose qeramika [9].

4.2.7. Diamanti

Materiali më i fortë dhe më i përshtatshëm prerës është diamanti polikristalor (PCD). Karboni shërben si material bazë në strukturën specifike atomike të tij, me ç'rast diamantet japin një numër cilësish të jashtëzakonshme teknike [9].



Fig.4.7. Pllaka prerëse nga diamanti

Performanca e instrumentit prerës të tipit PCD bazohet në fortësinë e madhe, koeficientin e ulët të fërkimit, shtrirjen e vogël të nxehtësisë dhe rezistencës së madhe ndaj korrozionit kimik. Aplikimi i instrumenteve prerëse me përmbajtje të diamantit është gjithashtu i kufizuar në temperatura më të ulëta se 600°C, sepse mbi këtë temperaturë vjen deri tek grafitizimi. PCD kryesisht shfrytëzohen për përpunimin e metaleve të lehta me baza të aluminit, magnezit ose titanit. Posaçërisht aplikohet në industrinë automobilistike, ku PCD momentalisht është materiali më i popullarizuar prerës për përpunim në të thatë të komponenteve të motorëve dhe shasive. Për shkak të tërheqjes kimike të karbonit dhe hekurit, përpunimi materialit nga çeliku me diamant rezulton me shkallë të lartë të konsumit [8].

5.0. CILËSIA E SIPËRFAQES SË PËRPUNUAR

Në industrinë bashkëkohore rëndësi e vaçant i kushtohet cilësisë (kualitetit) të sipërfaqes së punuar të detaleve më qëllim të:

- rritjës së jetëgjatësisë së detaleve
- rritës së rrezistencës ndaj lodhjes dinamike të detaleve
- arritjës së prezisitetit
- rregullimit të dukjes (estetikës)
- përmirësimit të funksionalitetit etj.

Gjatë përpunimit të detaleve, instrumenti prerës lë mbi sipërfaqen e detaleve gabime mikroskopike që përbehen nga gropëza (krater) dhe shtrije të formës dhe madhësisë të ndryshme. Si rezultat i kësaj sipërfaqja është e ashpër (fig 5.1). Për shkak të këtyre gabimeve, sipërfaqja që na duket sikur të jetë e lëmuar, në të vertetë është e ashpër.

Kështu ne mund të flasim për sipërfaqe reale dhe ideale.

Gabimet që dallojnë sipërfaqet reale nga ato ideale janë të tipave të ndryshme. Ato janë:

- **makrogeometrike (të formës dhe të dimensionit) dhe**
- **mikrogeometrike.**

Vlerësimin e sipërfaqeve bëhen sipas standarteve përkatëse.

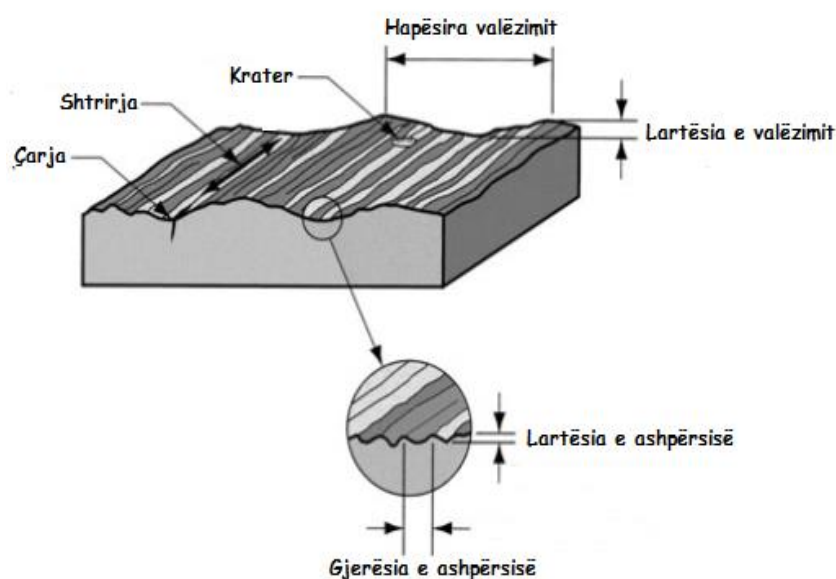


Fig. 5.1. Elementet e sipërfaqës së punuar.

Kualiteti (cilësia) i sipërfaqes së përpunuar përcaktohet nga:

- **valëzimi i sipërfaqes**
- **ashpërsia e sipërfaqes dhe drejtimi i gjurmeve të përpunimit dhe**
- **vetitë fiziko-mekanike së shtresës sipërfaqësore.**

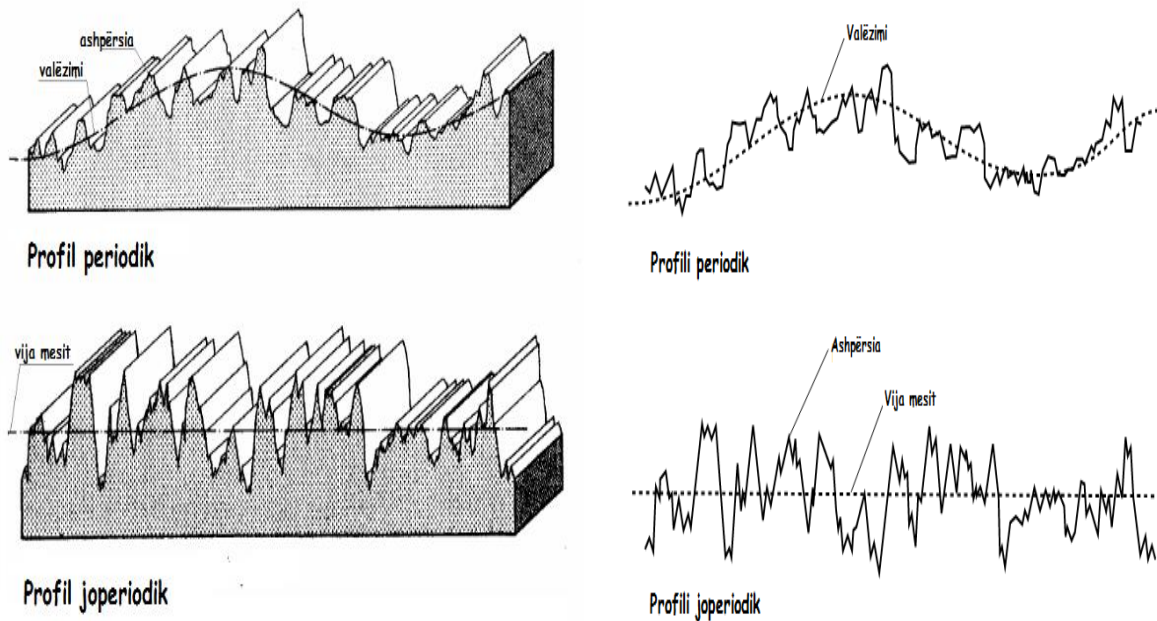


Fig.5.2. Llojet e profileve dhe paraqitja skematike e valëzimeve dhe ashpërsisë

Ashpërsia – është rezultat i parregullsive mikrogjeometrike në një brez shumë të vogël dhe hap gjithashtu të vogël. Pr që në punimin mekanik shkaktohet kryesisht nga hapi (ushqimi) dhe karakteristikat e materialit që punohet (deformimet elastiko-plastike të prerjes).

Valëzimi – është parregullsi mikrogjeometrike me hap e gjerësi brezi më të madhe, ai krijohet kryesisht nga vibracionet e sistemit teknologjik. Vibracionet e sistemit teknologjik janë rezultat i një sërë faktorësh: lëkundjet e copës që punohet, përcaktimi jo i saktë i parametrave të prerjes (shpejtësia e prerjes, thellësia e prerjes, hapi) por edhe i parametrave të tjerë si p.sh. rrezja e majës së thikës, këndi χ i pozicionimit të thikës etj.

Vetitë fiziko-mekanike së shtresës sipërfaqësore – krijohen si rezultat i deformimeve të materialit të përpunimit në zonën e prerjes dhe ndikimit të hapësirës në të cilin zhvillohet procesi. Vetitë fizike – mekanike të shtresave sipërfaqësore zakonisht shprehen përmes: fortësisë, strukturës, thellësive të sforcimeve të mbetura dhe strukturës së tyre, deformimeve të rrjetave kristalore etj.

Gjurma e profilit – është profili i cili e mbështjellë sipërfaqen reale me anë të instrumentit (profilometrit) me majë shkruese fig.5.3. Gjurma e profilit përbëhet nga devijimet e formës, valëzimeve dhe ashpërsisë (DIN EN ISO 3274, DIN 4760) fig.4.2.

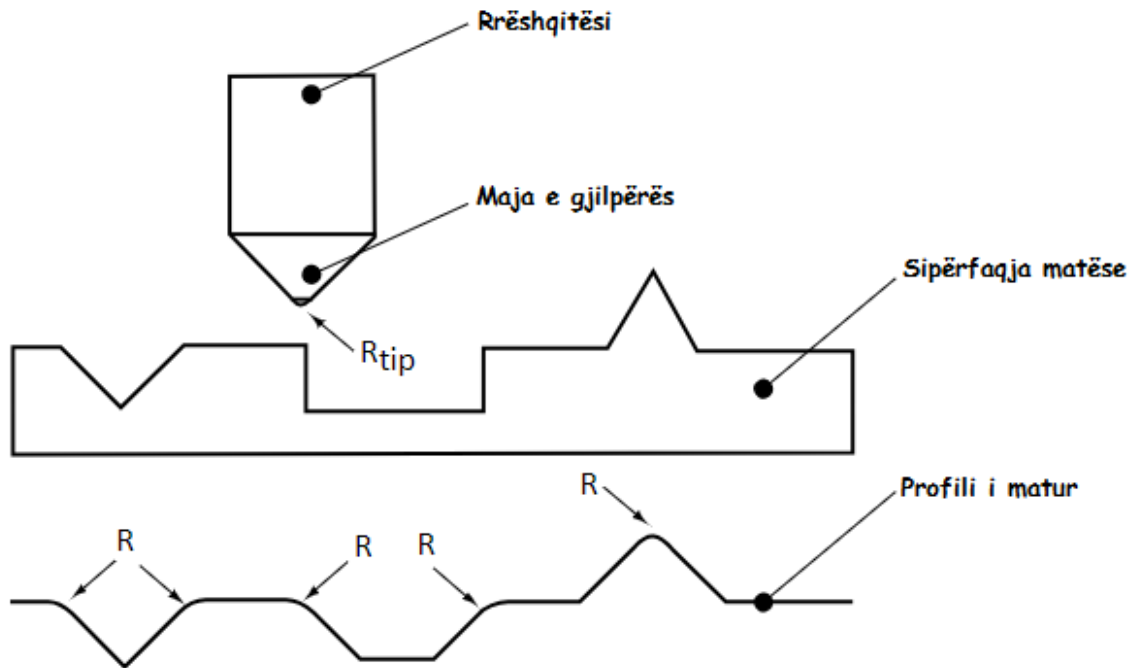


Fig. 5.3. Paraqitja skematike e matjës së gjurmës dhe dukja e profilit matës

Ku koka e instrumentit matës mund të jetë me rrëshqitës dhe pa rrëshqitës. Këto janë të paraqitur ne Fig. 5.4. ndërsa maja është paraqitur në fig. 5.5.



Fig.5.4. Llojë të kokës së instrumentit matës

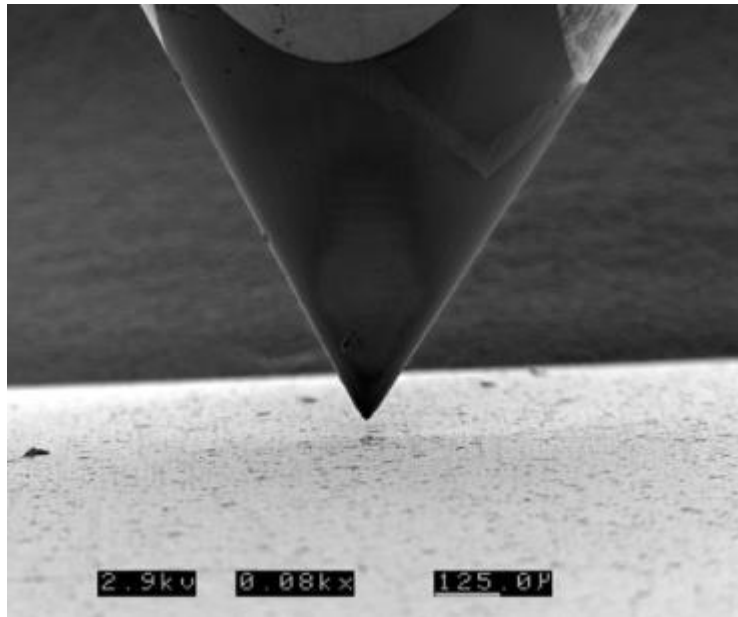


Fig.5.5. Koka e instrumentit matës

Gjithashtu kemi edhe metoda të tjera të matjës së gjurmës së profilit si: metodën me sensor të dritës së bardhë, me testin e Hommerit T8000 RC etj.

Derisa më herët janë bërë më së shpeshti matjet e profilit të sipërfaqes 2D, në ditët e sotme gjithnjë e më tepër i jepet rëndësi topografisë së saj, gjatë së cilës shfrytëzohen një numër i madh i parametrave 3D për përshkrimin e topografisë. Kështu përshëmbull aperature me emrin “Wavespeed 1010 TOP” përmes një sensori me dritë të bardhë dhe një laser topografik mundëson paraqitjen 3D të çdo sipërfaqe të matur.

WAVESPEED 1010 TOP

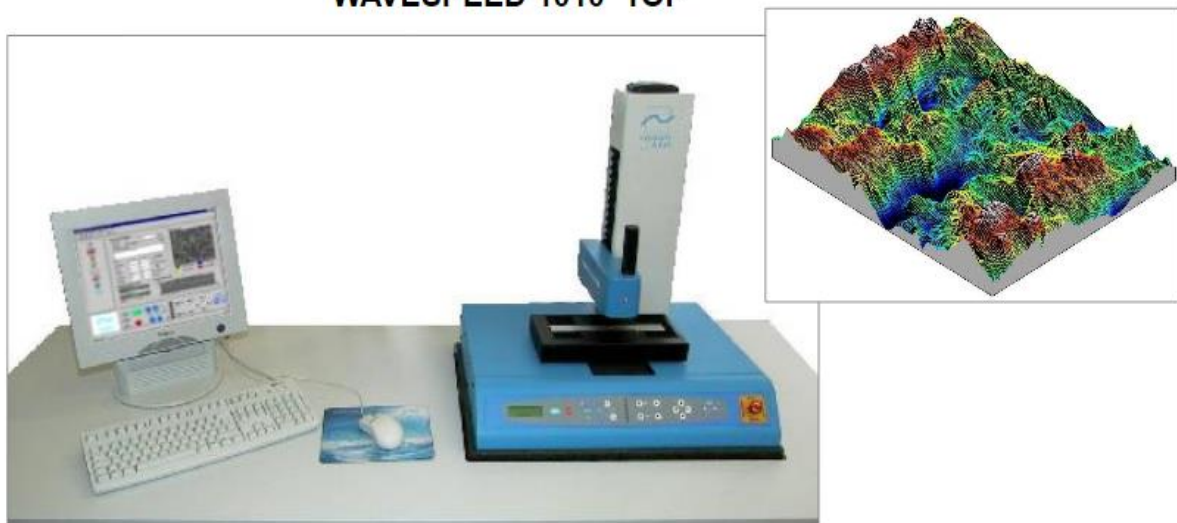


Fig. 5.6. Aperatura “Wavespeed 1010 TOP” dhe topografia 3D e sipërfaqes së matur.

5.1. Parametrat e ashpërsisë së sipërfaqes së përpunuar.

Parametrat e ashpërsisë së sipërfaqeve së përpunuara definojnë në bazë të profilogramit i cili paraqet profilin e rritur të sipërfaqes së ashpër në gjatësinë e caktuar referente 1 (fig. 5.6.). Gjatësia referente i varet nga madhësia e jo rrafshinave dhe zgjidhet ashtu që të përfshijë më së paku pesë ngritje dhe pesë gropëzime. Gjatë kësaj duhet të kemi parasysh që me rritjen e gjatësisë referente fitojmë saktësi më të madhe të parametrave të ashpërsisë por njëkohësisht rritet ndikimi i valëzimit në rezultatet e matjeve.

Parametrat e ashpërsisë janë të definuar me standarde internacionale dhe nacionale (JUS M.A1.020÷81) më të rëndësishëm prej tyre janë si në vijim:

Vija mesatare e profilit

Vija mesatare e profilit (shpesh herë shënohet edhe si M_1M_2) paraqet vijën kryesore të bazës së profilit nominal dhe përcaktohet ashtu që në fushën e gjatësisë referente l , katrori mesatar i shmangjes së profilit ajo vijë të jetë minimale.

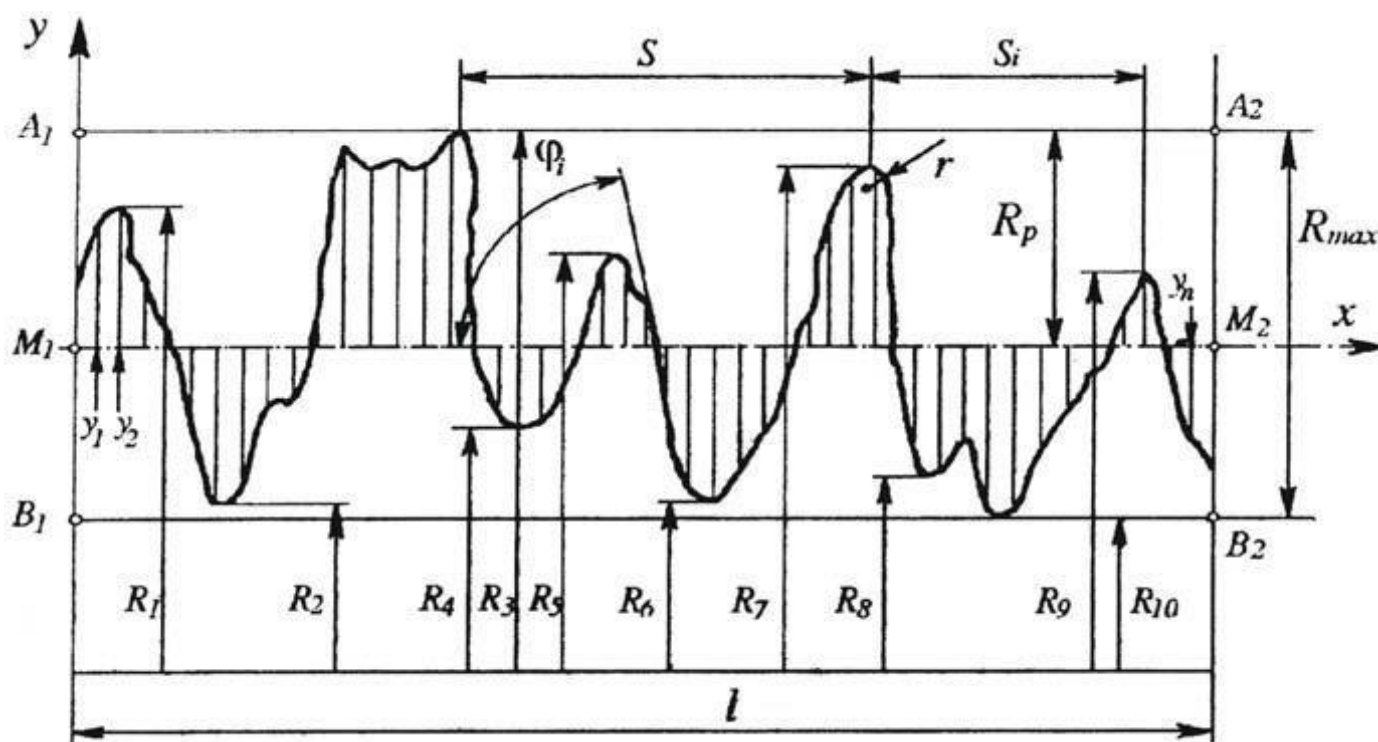


Fig. 5.7. Profilogrami i sipërfaqes së përpunuar në gjatësinë referente dhe parametrat e ashpërsisë

Gjatësia referente

Gjatësia referente, paraqet gjatësinë në drejtim të x'it që shfrytëzohet për konstatimin e parregullsive të një profile që matet.

Gjatësia referente përbëhet nga: gjatësia e marrjës së mostrës l_r , nga gjatësia vlerësuese l_n që zakonisht është $5l_r$ dhe nga gjatësia e tërë e mostrës l_t .

Gjatësia l_r është e barabartë me gjatësinë valore karakteristike λ_c .

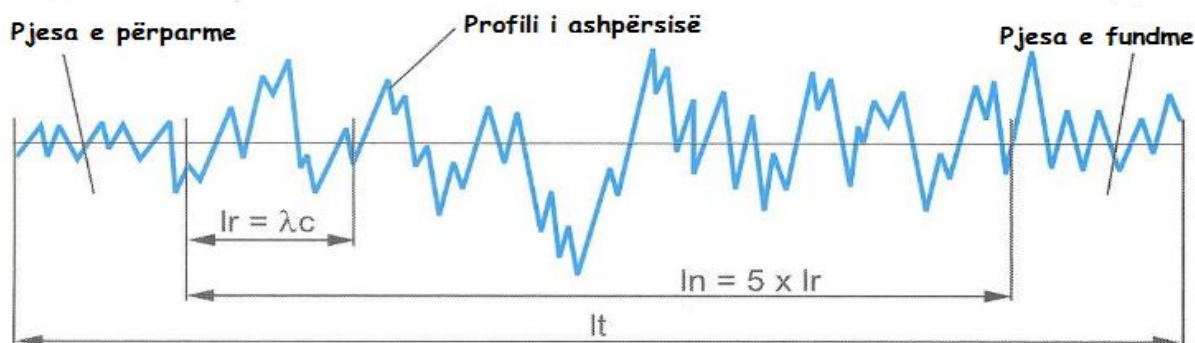


Fig.5.8. Gjatësia referente

Shmangja mesatare aritmetike e profilit (R_a)

Paraqet ndryshimin ndërmjet vlerës mesatare aritmetike të distances së vlerave absolute të të gjitha pikave të profilit efektiv në kufijtë e gjatësisë referente l dhe është e definuar më shprehjët:

$$R_a = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i \text{ dhe } R_a = \frac{1}{l} \int_0^l |Y| \cdot dx$$

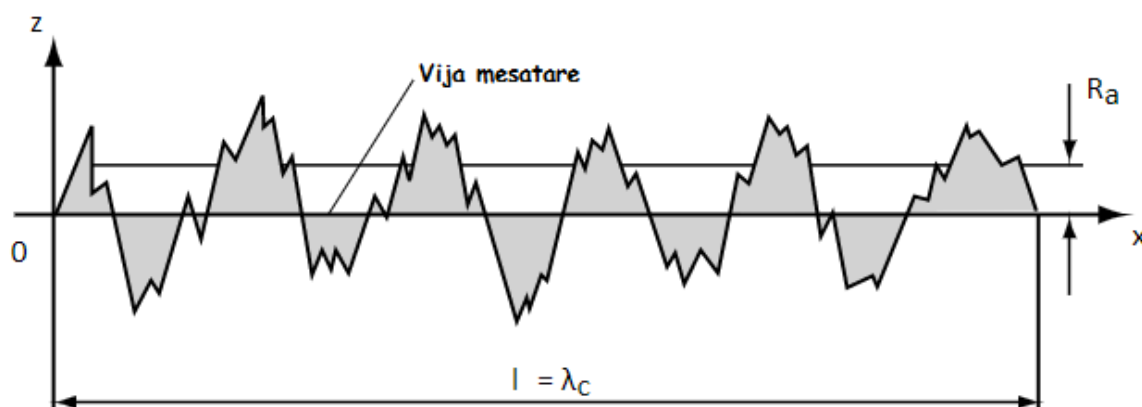


Fig. 5.9. Paraqitja e vijës mesatare dhe përkufizimi i R_a

Vlera mesatare e shmangjeve quadraticke (R_q)

Vlera mesatare e shmangjeve quadraticke nga vija mesatare shënohet me R_q dhe jepët më formulën:

$$R_q = \sqrt{\frac{1}{L} \cdot \int_0^L Z^2 x(dx)}$$

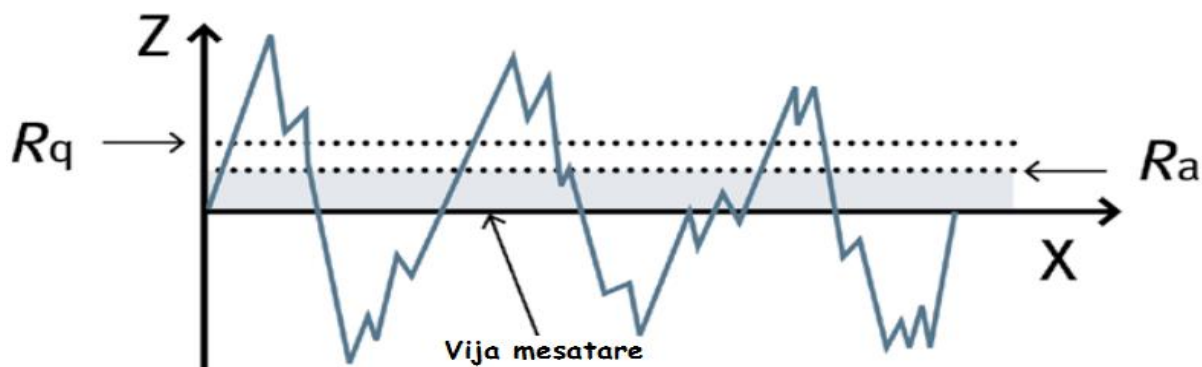


Fig. 5.10. Paraqitja e vlerës mesatare të shmangjeve aritmetike dhe quadraticke nga vija mesit.

Vlera mesatare aritmetike nuk mundët të bëj dallimin ndërmjet lartësive dhe gropave të profilit, gjithashtu nuk mund të dalloj forma të ndryshme profilesh. Ngase aja varët shumë nga vlerat mesatare të profileve të ndryshme. Kështu p.sh. për tri sipërfaqe të ndryshme vlera e R_a është përafërsisht e njëjtë.

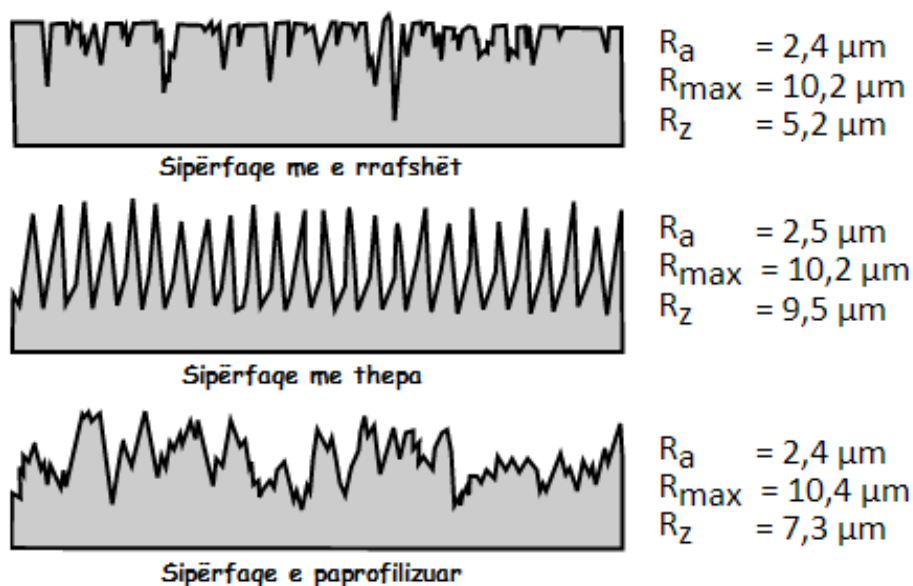


Fig. 5.11. Vlerat e R_a , R_{max} dhe R_z për sipërfaqe të ndryshme

Lartësia maksimale e jo rrafshinave (R_{max})

Lartësia maksimale e jo rrafshinave R_{max} paraqet distancën më të madhe pikës më të lartë dhe të ulët të profilit.

$$R_{max} = \max\{R_{z1}, \dots, R_{z5}\}$$

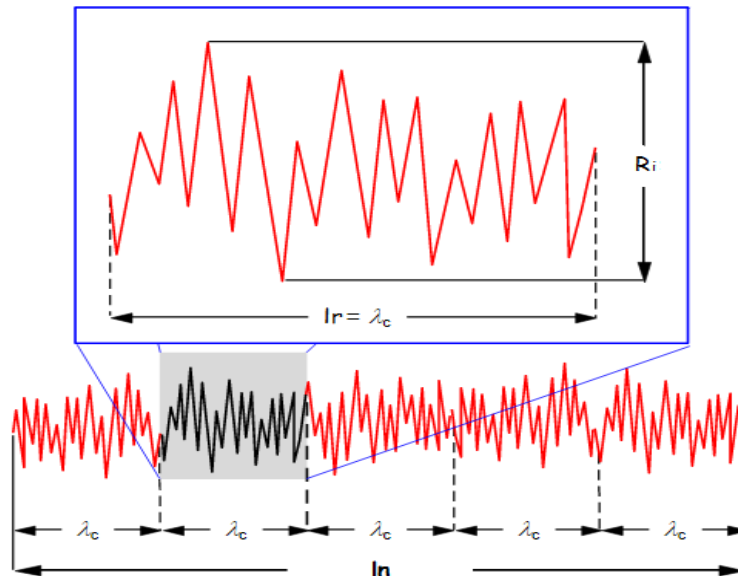
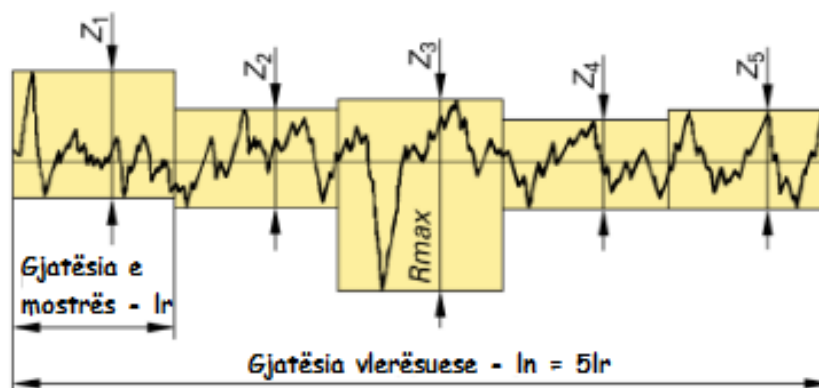


Fig.5.12. Paraqitja skematike e lartësisë maksimale të jo rrafshinave R_{max}

Lartësia mesatare e jo rrafshniave (R_z)

Lartësia mesatare e jo rrafshinave R_z paraqet ndryshimin ndërmjet vlerës mesatare aritmetike të pesë pikave me të larta dhe të pesë pikave me të ulëta të profilit i cili shtrihet në gjatësinë referente dhe që janë të matura në menyre arbitrare nga drejtëzat paralele me vijën mesatare.



$$R_z = \frac{1}{5} \sum_{i=1}^5 R_z(i)$$

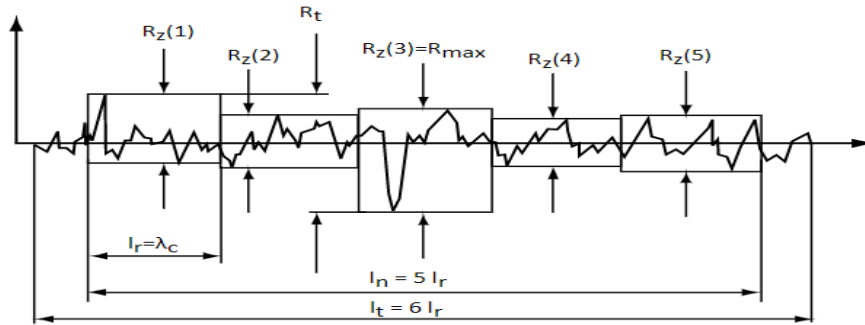


Fig. 5.13. Paraqitja skematike e lartësisë mesatare të jo rrafshinave R_z

Lartësia mesatare më e madhe (R_p) dhe më e ulët (R_v) nga vija mesatare.

Lartësia më e madhe R_p paraqet pikën me të lartë të matur nga vija mesatare ndërsa lartësia më e ulët paraqet pikën më të ulët të matur nga vija mesatare. Kombinimi i këtyre dy pikave na jepë lartësinë mesatare të jo rrafshinave R_z .

Këto njësohen:

$$R_p = \frac{1}{5} \sum_{i=1}^5 R_p(i)$$

dhe

$$R_v = \frac{1}{5} \sum_{i=1}^5 R_v(i)$$

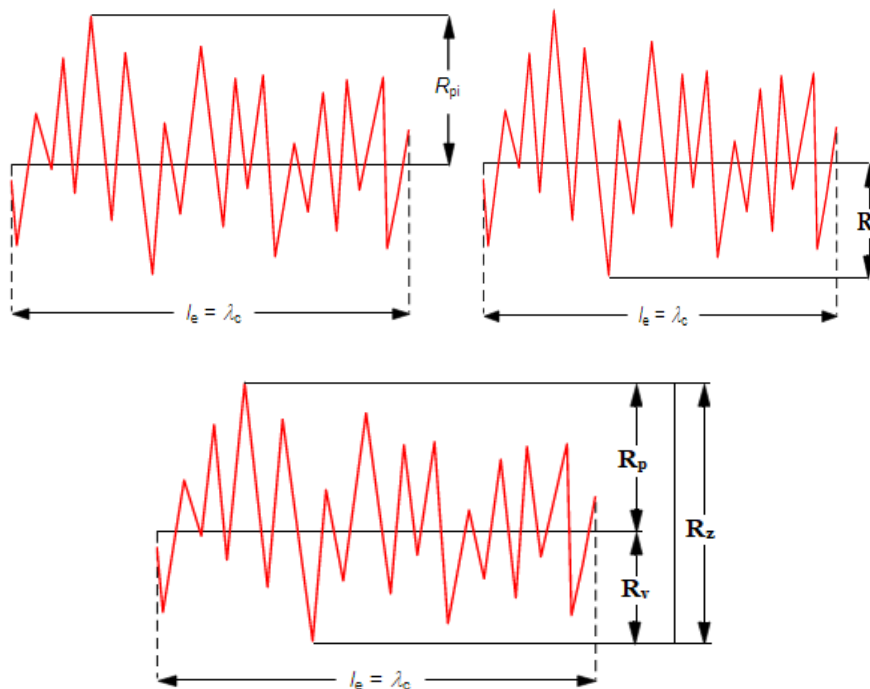


Fig. 5.14. Paraqitja e lartësisë mesatare më të madhe dhe më të ulët, si dhe kombinimi i tyre.

Hapi

Gjatë prerjës, instrumenti lënë gjurmë në materialin që përpunohet që në e konsiderojm si ashpërsi. Kjo ashpërsi njesohët si ne vijim.

$$R_{t_{\text{theor.}}} = \left(r_{\varepsilon} - \sqrt{r_{\varepsilon}^2 - \frac{f^2}{4}} \right) \cdot 1000 \quad \text{ose} \quad R_{t_{\text{theor.}}} = \frac{125 \cdot f^2}{r_{\varepsilon}}$$

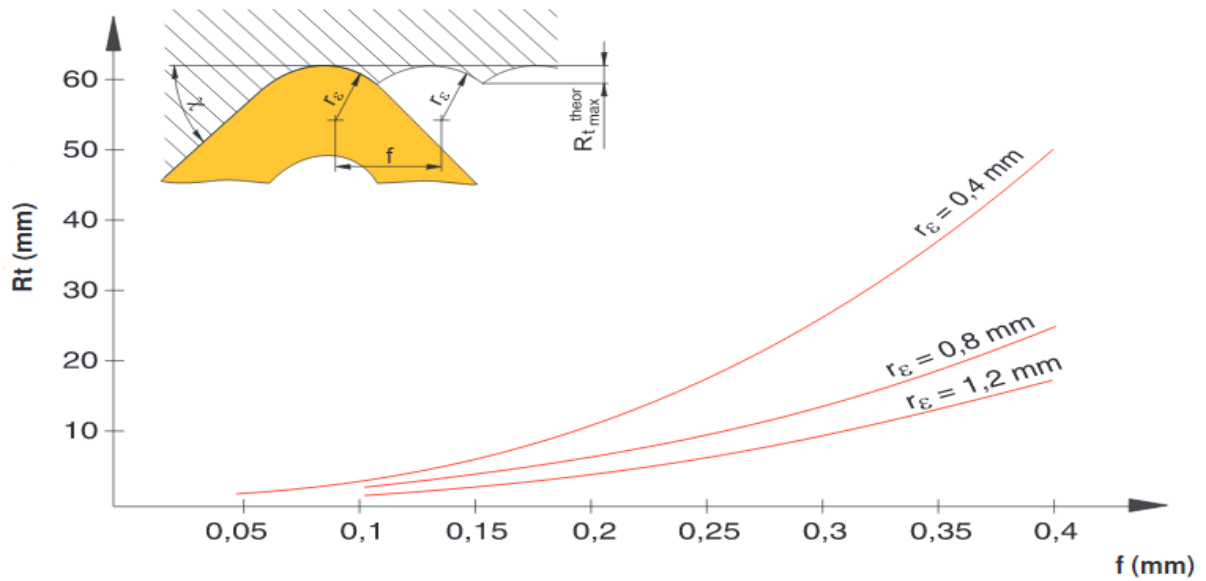


Fig. 5.15. Ashpërsia teorike që lënë instrumenti prerës gjatë prerjes.

6.0 MODELET MATEMATIKORE

Metodat për realizimin e funksionit të përpunueshmërisë janë plane të ndryshme eksperimentale statistikore shumëfaktorëshe. Modelet matematikore janë rezultatet përfundimtare që përshkruajnë varësinë e ndërsjelltë të parametrave të përpunimit ata hyrës dhe dalës. Në figurën 6.1. në mënyrë skematike tregohet procesi i përpunimit me heqje ashkle me të gjitha hyrjet dhe daljet e nevojshme për të përcaktuar modelin matematik të procesit. Gjithëmonë, para se hulumtuesit paraqiten dy detyra të rëndësishme:

- të hulumtoj se cilët parametra hyrës (x_i) kanë efekt të rëndësishëm në parametrat dalës (y_i)
- të përcaktojë varësinë funksionale të parametrave dalës nga ata hyrës.

Për një funksion të përpunueshmërisë nuk është e domosdoshme t'i përmbajë të gjithë parametrat hyrës të rëndësishëm (signifikant) edhe nuk është e mundur të realizohet një proces i tillë. Të gjithë parametrat hyrës signifikant që për momentin nuk janë interesant duhet të trajtohen si konstant

Gjatë kësaj duhet gjithëmonë të merret parasysh se një funksion i përpunueshmërisë është i vlefshëm vetëm për kushte të caktuara të përpunimit, të cilat janë të shënuara si "konstante".

Kjo do të thotë se për çdo kombinim tjetër të konstanteve vlen një model matematikor tjetër. Dmth., modeli matematikor është i pavlefshëm në qoftë se pranë tij janë shënuar edhe kushtet e përpunimit. "Çrregullimet" gjithashtu bëjnë pjesë në kushtet e përpunimit, por në ta nuk mund të ndikohet (për shembull luhatjet e tensionit në rrjeta) fig. 6.1.



Fig. 6.1. Varësia funksionale në mes faktorëve hyrës dhe dalës [9]

Planifikimi i një eksperimenti merrë parasysh shumë faktorë, duke filluar nga gjetjet nga literatura, faktorët ndikues, realizimit i eksperimentit, parametrat që do të mirren në shqyrtim, pritjet e qëllimit të dëshiruar.

Planet eksperimentale mund të realizohen në dy mënyra:

- *Planet eksperimentale një faktorësh; që paraqet metodën klasike të eksperimentimit me një variabël,*
- *Planet eksperimentale statistikore shumë faktorëshe (metodat moderne të eksperimentit).*

Gjatë metodës klasike të eksperimentit kushti themelor është identiteti i kushteve të eksperimentit ku ndryshon vetëm një nga faktorët e pavarur (hyrës), metoda statistikore e planifikimit të eksperimentit, lejon që të ndryshojnë të gjithë faktorët e pavarur të ndryshueshëm gjatë rrjedhjes së eksperimentit të njëjtë.

Siç dihet procesi i prerjes është shumë i komplikuar dhe i varur nga një varg i parametrave të cilët ndikojnë cilët direkt ose me ndërveprim me njëritjetrin në rrjedhën dhe rezultatin e procesit si dhe për shkak të karakterit statistikor të procesit, është e nevojshme që eksperimenti të zhvillohet metodën shumëfaktoriale statistikore

Planet eksperimentale statistikore shumë faktorëshe dallohen nga këto karakteristika:

- *gjatë rrjedhës së eksperimentit ndryshohen më shumë faktor ndikues njëkohësisht,*
- *ekziston një renditje paraprake e pikave eksperimentuese në hapësirë,*
- *numër minimal të eksperimenteve në raport me sasinë e informacioneve të fituara mbi ligjshmërinë e procesit,*
- *përpunimi matematikor i rezultateve relativisht i thjeshtë jep pasqyrë të varësisë midis faktorëve (ndërveprimi).*

Në praktikë, nganjëherë edhe në literaturë nën termin planifikim i eksperimentit shpesh fshehin dy koncepte: planifikimi i eksperimenteve në kuptim të gjerë, ose planifikimi i eksperimentit në kuptimin e ngushtë. Planifikimi i eksperimentit në kuptimin e gjerë do të thotë hulumtimi eksperimental për fitimin e funksionit të ëprpunueshmërisë sipas një protokollit saktë të përcaktuar, të treguar në figurën 6.2.[9]

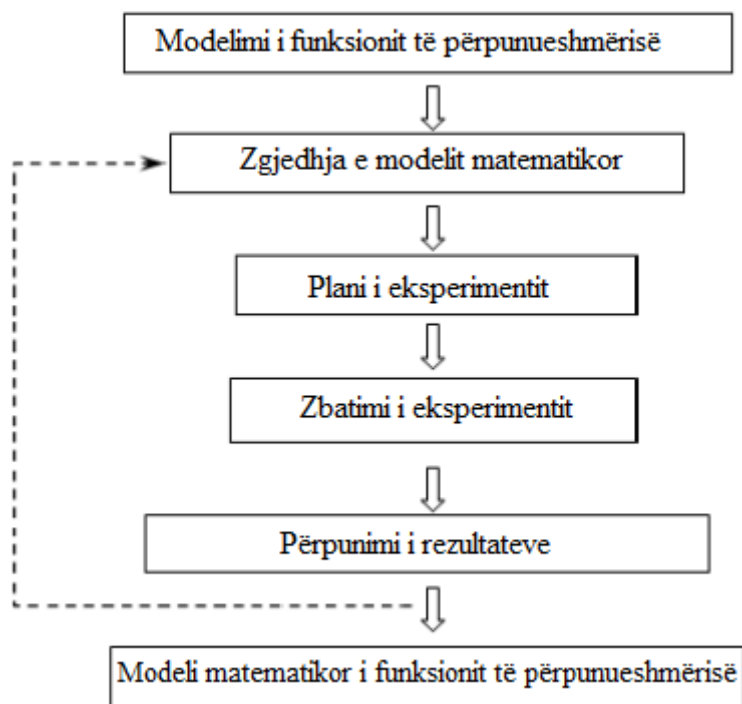


Fig. 6.2. Bllok skema e protokollit të hulumtimit ekperimental [9]

Si shihet nga bllok skema, hulumtimi ekperimental fillon me zgjedhjen e modelit matematikor për të cilin supozohet se do të jetë përafërsisht i saktë i modelit real, analitik të panjohur reagues.

Definimi i modelit matematikor, nuk do të thotë vetëm përcaktimi i nivelit (shkallës) së tij, por edhe mënyra e zgjedhjes së faktorëve të pavarur ndikues të cilët në at moment janë interes i hulumtuesit që të përfshihen në model. Të gjithë faktorët e tjerë potencial duhet të mbesin konstant. Pas zbatimit të eksperimentit dhe përpunimit të rezultateve hipoteza duhet testuar. Në qoftë se kjo rezulton se modeli matematikor nuk është e mjaftueshme, procesi fillon nga e para duke vendosur një model të ri matematikore, ose duke zgjedhur një interval të ndryshme të ndryshme faktorët model.

Projektimi eksperimental në kuptimin e ngushtë do të thotë për të përcaktuar, për një model të caktuar matematik: numri i pikave eksperimenteve, faktorët interval e ndryshme, mënyra dhe numri i repetitions dhe eksperimente plan matricës [8].

Në këtë punim është shfrytëzuar metoda statistikore matematikore me shumë faktorë, ku të gjithë faktorët e ndryshueshëm të varur (dalës), janë dhënë në formë të funksionit eksponencial nga të ndryshueshmet e pavarura. Si faktorë të pavarur janë marrë shpejtësia e prerjes (vc), hapi prerës (f), thellësia e prerjes, të cilët ndryshojnë në kufij të caktuar.

Modelet matematikore empirike supozohen në shumicën e rasteve në formë eksponenciale.

Në këtë studim është analizuar raporti ndërmjet faktorëve duke përdorur modelin e përgjithshëm statistikor dhe matematikor [20]

$$R_a = C \cdot V^{k^1} \cdot f^{k^2} \cdot a^{k^3} \cdot p^{k^4} \quad (6.1)$$

$$R = C_r \cdot Q_1^{z^1} \cdot Q_2^{z^2} \cdot Q_3^{z^3} \cdot Q_4^{z^4} \dots \cdot Q_k^{z^k} \quad (6.2)$$

6.1. Formimi i modelit matematikor

Modeli matematikor i ashpërsisë së sipërfaqes i bazuar në efektin e parametrave të përpunimit, shpejtësisë së prerjes (v), hapit punues (f), thellësisë së prerjes (a) dhe kendit se majës (φ) është dhënë sipas formës:

$$R_a = C \cdot V^{kv} \cdot f^{kf} \cdot a^{ka} \cdot p^{k\varphi} \quad (6.3)$$

Gama e secilit parametër është vendosur në tre nivele të ndryshme, domethënë të ulët, të mesëm dhe të lartë, bazuar në praktikat industriale siç tregohet në tabelën 8.1. Dizajni faktorial me tetë pikat e shtuar të qendrës ($16 + 8$). Dizajni i plotë përbëhet nga 24 eksperimente (të gjithë faktorët janë në formë të koduar). [29]

Për definimin e kompleksit të parametrave lidhur me përpunueshmërinë, më së shpeshti përdoren planet ortogonale shumëfaktorëshe të rendit të parë të formës:

$$N = 2^k + N_0 \quad (6.4)$$

ku janë:

N – numri i tërësishëm i eksperimenteve

k – numri i parametrave të pavarur (v, f, a, r, \dots)

N_0 – numri i eksperimenteve të përsëritura në pikën qendrore të planit për vlerësimin statistikor të gabimit eksperimental si dhe më vonë në bazë të kriterit t ose F edhe vërtetimi i adekuatshmërisë së modelit matematikor.

$$N = 2^4 + 8$$

Para fillimit të realizimit të eksperimentit është e domosdoshme të zgjedhet intervali i variacionit të faktorëve në modelin matematikor 6.1, (shpejtësisë së prerjes -v, hapit punues- f dhe kendit së majës. Mirëpo gjatë përvetësimit të intervalit të variacionit të faktorëve v, f dhe d duhet të plotësohet kushti që:

$$\begin{aligned}
 V_{mes} &= \sqrt{V_{\min} \cdot V_{\max}} \\
 f_{mes} &= \sqrt{f_{\min} \cdot f_{\max}} \\
 a_{mes} &= \sqrt{a_{\min} \cdot a_{\max}} \\
 \varphi_{mes} &= \sqrt{\varphi_{\min} \cdot \varphi_{\max}}
 \end{aligned}
 \tag{6.5}$$

Me “linearizimin” e modelit empirik (6.3) fitohet modeli i rendit të parë:

Modeli i parë

$$\ln R = C_R + k_v \cdot \ln f + k_a \cdot \ln a + k_p \cdot \ln \varphi \tag{6.6}$$

Nëse zëvendësohet më:

$$Y = \ln R; \quad k_0 = \ln C_R; \quad k_1 = k_v; \quad k_2 = k_a; \quad k_4 = k_p \tag{6.7}$$

$$X_1 = \ln v; \quad X_2 = \ln f; \quad X_3 = \ln a; \quad X_4 = \ln \varphi$$

$$Y = k_0 X_0 + k_1 X_1 + k_2 X_2 + k_3 X_3 + k_4 X_4 \tag{6.8}$$

Funksioni i “linearizuar” (6.8) mund të llogaritet në bazë të vlerave të llogaritmuara të Y me gabimin e matjes (ϵ) në formën

$$Y - \epsilon = k_0 X_0 + k_1 X_1 + k_2 X_2 + k_3 X_3 + k_4 X_4 \tag{6.9}$$

$$\hat{Y} = b_0 X_0 + b_1 X_1 + b_2 X_2 + b_3 X_3 + b_4 X_4$$

Ku:

$$X_0 = 1; \quad X_1 = v; \quad X_2 = f; \quad X_3 = a; \quad X_4 = h \tag{6.10}$$

Pas realizimit të eksperimentit dhe përpunimit të dhënave, është e domosdoshme të caktohen konstanta b_0 , dhe koeficientët b_1 , b_2 , b_3 dhe b_4 ku secili faktor ndryshon në tri nivele.

Me kompozimin e planit trefaktorësh sipas kubit latin, fitohet plani matricor me madhësitë karakteristike (tabela 6.1).

Tab.6.1. Plani matricorë i rëndit të parë me katër faktorë

Plani experimental i rëndit të parë katër faktorësh							
Plani matricor i koduar						Madhësitë e matura	Madhësitë e llogaritura
Nr.	X ₀	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	Y _i	Ŷ
1	+1	-1	-1	-1	-1	Y ₁	Ŷ ₁
2	+1	-1	-1	-1	+1	Y ₂	Ŷ ₂
3	+1	-1	-1	+1	-1	Y ₃	Ŷ ₃
4	+1	-1	-1	+1	+1	Y ₄	Ŷ ₄
5	+1	-1	+1	-1	-1	Y ₅	Ŷ ₅
6	+1	-1	+1	-1	+1	Y ₆	Ŷ ₆
7	+1	-1	+1	+1	-1	Y ₇	Ŷ ₇
8	+1	-1	+1	+1	+1	Y ₈	Ŷ ₈
9	+1	+1	-1	-1	-1	Y ₉	Ŷ ₉
10	+1	+1	-1	-1	+1	Y ₁₀	Ŷ ₁₀
11	+1	+1	-1	+1	-1	Y ₁₁	Ŷ ₁₁
12	+1	+1	-1	+1	+1	Y ₁₂	Ŷ ₁₂
13	+1	+1	+1	-1	-1	Y ₁₃	Ŷ ₁₃
14	+1	+1	+1	-1	+1	Y ₁₄	Ŷ ₁₄
15	+1	+1	+1	+1	-1	Y ₁₅	Ŷ ₁₅
16	+1	+1	+1	+1	+1	Y ₁₆	Ŷ ₁₆
17	+1	0	0	0	0	Y ₁₇	Ŷ ₁₇
18	+1	0	0	0	0	Y ₁₈	Ŷ ₁₈
19	+1	0	0	0	0	Y ₁₉	Ŷ ₁₉
20	+1	0	0	0	0	Y ₂₀	Ŷ ₂₀
21	+1	0	0	0	0	Y ₂₁	Ŷ ₂₁
22	+1	0	0	0	0	Y ₂₂	Ŷ ₂₂
23	+1	0	0	0	0	Y ₂₃	Ŷ ₂₃
24	+1	0	0	0	0	Y ₂₄	Ŷ ₂₄

Tab.6.2. Koeficientet e regresionit.

Koeficienti i regresionit të shumëfishtë	b_0	b_1	b_2	b_3	b_4	Gabimi
Niveli themelor		X_{01}	X_{02}	X_{03}	X_{04}	$S^2(Y)$
Intervali i variacionit		w_1	w_2	w_3	w_4	$S(b_1)$
Niveli i sipërm		X_{+1}	X_{+2}	X_{+3}	X_{+4}	$S(b_2)$
Niveli i poshtëm		X_{-1}	X_{-2}	X_{-3}	X_{-4}	$S(b_3)$

Nëse pikat eksperimentale shpërndahen në atë formë në hapësirë ashtu që të plotësohen këto kushte ne plan-matricor korresponduese:

Atëherë planet e tilla emërtohen si plane ortogonale shumëfaktorëshe.

Ku është:

\hat{Y} – vlera e madhësive të llogaritura

Nga shprehja (6.9) gabimi i mundshëm gjatë matjes merr formën:

$$\varepsilon = \hat{Y} - (b_0X_0 + b_1X_1 + b_2X_2 + b_3X_3 + b_4X_4) \quad (6.11)$$

1. Ortogonaliteti

$$\sum X_{iu} X_{ju} = 0, \quad i \neq j, i, j = 1, k \quad (6.12)$$

2. Normaliteti

$$\sum X_{iu}^2 = 0 \quad i = 1, 2, 3 \dots k \quad (6.13)$$

3. Simetriciteti

$$\sum X_{iu} = 0 \quad i = 1, 2, 3 \dots k \quad (6.14)$$

Atëherë planet e tilla emërohen si plane ortogonale shumëfaktorëshe. Në krahasim me planet tjera për planet ortogonale është karakteristike:

- Shpërndarja e pikave eksperimentale në hapësirën eksperimentale është optimale
- Numri i pikave eksperimentale është minimale.
- Vëllimi i informacioneve të grumbulluara është maksimal, të gjithë faktorët ndryshohen përnjëherë, kështu që efekti i secilit faktorë përcaktohet në bazë të N-rezultateve eksperimentale, dhe për shkak të këtij dispersion b_i do të jetë N-herë më i vogël se numri i eksperimenteve gjegjësisht:

$$\sigma^2 = (b_i) = N^{-1} \cdot \sigma^2(Y) \quad (6.15)$$

- d) Të gjitha efektet e faktorëve (b_i), llogariten në mënyrë të pavarur prej njëri tjetrit dhe pavarësisht nga vlerat e faktorëve të përfshirë me hapsirën shumë faktoriale.
- e) Përpunimi matematik i të dhënave është i thjeshtë dhe i shkurtër.

6.2. Përcaktimi i parametrave të modelit

Në bazë të rezultateve eksperimentale mund të përcaktohen parametrat e modelit (6.2) në formën e dhënë të funksionit empirik (6.8). Duke shfytëzuar metodën e katrorëve më të vegjël, bazën e së cilës e përbën tendenca që çdo pikë Y , e fituar në mënyrë eksperimentale, të gjendet sa më afër lakores \hat{Y} (6.8) – të madhësive të llogaritura, me të cilën aproksimohen shënimet e fituara në mënyrë eksperimentale, por me kusht që shuma e katrorëve të shmangieve (të madhësive të matura Y nga madhësitë analitike të fituara \hat{Y}) të jetë minimale:

$$\sum(Y - \hat{Y})^2 = \min \quad (6.16)$$

Gjegjësishtë:

$$\sum(\varepsilon^2) \min = \sum[Y - (b_0X_0 + b_1X_1 + b_2X_2 + b_3X_3 + b_4X_4)]^2 = F(b_0, b_1, b_2, b_3, b_4)$$

Anën e djathtë të barazimit (6.13) e shënojmë me F (F -funksioni i parametrave të panjohur b_0, b_1, b_2, b_3 dhe b_4). Me derivimin e shumës së katrorit të gabimeve F sipas parametrave të panjohur b_0, b_1, b_2, b_3 dhe b_4 dhe barazimit me zero (kushti i ekstremumit-minimumit të funksionit) për (n) pika eksperimentale do të kemi:

$$\frac{\partial(\sum \varepsilon^2)}{\partial b_0} = 0, \quad \frac{\partial(\sum \varepsilon^2)}{\partial b_1} = 0, \quad \frac{\partial(\sum \varepsilon^2)}{\partial b_2} = 0, \quad \frac{\partial(\sum \varepsilon^2)}{\partial b_3} = 0, \quad \frac{\partial(\sum \varepsilon^2)}{\partial b_4} = 0 \quad (6.17)$$

$$\frac{\partial(\sum \varepsilon^2)}{\partial b_0} = -2 \sum [Y - (b_0X_0 + b_1X_1 + b_2X_2 + b_3X_3 + b_4X_4)]X_0 = 0;$$

$$\frac{\partial(\sum \varepsilon^2)}{\partial b_1} = -2 \sum [Y - (b_0X_0 + b_1X_1 + b_2X_2 + b_3X_3 + b_4X_4)]X_1 = 0;$$

$$\frac{\partial(\sum \varepsilon^2)}{\partial b_2} = -2 \sum [Y - (b_0X_0 + b_1X_1 + b_2X_2 + b_3X_3 + b_4X_4)]X_2 = 0; \quad (6.18)$$

$$\frac{\partial(\sum \varepsilon^2)}{\partial b_3} = -2 \sum [Y - (b_0X_0 + b_1X_1 + b_2X_2 + b_3X_3 + b_4X_4)]X_3 = 0;$$

$$\frac{\partial(\sum \varepsilon^2)}{\partial b_4} = -2 \sum [Y - (b_0 X_0 + b_1 X_1 + b_2 X_2 + b_3 X_3 + b_4 X_4)] X_4 = 0;$$

Sipas diferencimit sistemi i ekuacioneve e merr trajtën:

$$\begin{aligned} \sum Y &= N b_0 + b_1 \sum X_1 + b_2 \sum X_2 + b_3 \sum X_3 + b_4 \sum X_4 \\ \sum X_1 Y &= b_0 \sum X_1 + b_1 \sum X_1^2 + b_2 \sum X_1 X_2 + b_3 \sum X_1 X_3 + b_4 \sum X_1 X_4 \\ \sum X_2 Y &= b_0 \sum X_2 + b_1 \sum X_2 X_1 + b_2 \sum X_2^2 + b_3 \sum X_2 X_3 + b_4 \sum X_2 X_4 \\ \sum X_3 Y &= b_0 \sum X_3 + b_1 \sum X_3 X_1 + b_2 \sum X_3 X_2 + b_3 \sum X_3^2 + b_4 \sum X_3 X_4 \\ \sum X_4 Y &= b_0 \sum X_4 + b_1 \sum X_4 X_1 + b_2 \sum X_4 X_2 + b_3 \sum X_4 X_3 + b_4 \sum X_4^2 \end{aligned} \quad (6.19)$$

Nëse zëvendësojmë:

$$\begin{aligned} B_0 &= b_0 a_{11} + b_1 a_{12} + b_2 a_{13} + b_3 a_{14} + b_4 a_{15} \\ B_1 &= b_0 a_{21} + b_1 a_{22} + b_2 a_{23} + b_3 a_{24} + b_4 a_{25} \\ B_2 &= b_0 a_{31} + b_1 a_{32} + b_2 a_{33} + b_3 a_{34} + b_4 a_{35} \\ B_3 &= b_0 a_{41} + b_1 a_{42} + b_2 a_{43} + b_3 a_{44} + b_4 a_{45} \\ B_4 &= b_0 a_{51} + b_1 a_{52} + b_2 a_{53} + b_3 a_{54} + b_4 a_{55} \end{aligned} \quad (6.20)$$

Duke shfrytëzuar elementet e algjibrës lineare (matricore) sistemi i ekuacioneve paraprahe mund të shkruhet më shkurtë si produkt i dy matricave:

$$A = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} & a_{14} & a_{15} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} & a_{24} & a_{25} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} & a_{34} & a_{35} \\ a_{41} & a_{42} & a_{43} & a_{44} & a_{45} \\ a_{51} & a_{52} & a_{53} & a_{54} & a_{55} \end{bmatrix} \quad (6.21)$$

$$b = \begin{bmatrix} b_0 \\ b_1 \\ b_2 \\ b_3 \\ b_4 \end{bmatrix} \quad (6.22)$$

$$B = \begin{bmatrix} B_0 \\ B_1 \\ B_2 \\ B_3 \\ B_4 \end{bmatrix} \quad (6.23)$$

$$\text{Ose } A \cdot b = B \quad (6.24)$$

Me zgjedhje të përshtatëshme të ndryshoreve të eksperimentit, ekuacionet paraprake dukshëm mund të thjeshtohen, ndërsa zgjidhja e tyre të shpejtohet.

Për shkak të thjeshtëzimit të punës me modelet matematikore të linearizuara në vend të madhësive natyrore futen madhësitë e koduara në tri nivele: -1, 0 dhe +1 nëpërmjet ekuacioneve të transformimit.

$$\begin{aligned}
 X_1 &= \left[1 + 2 \frac{(\ln v - \ln v_{\max})}{\ln v_{\max} - \ln v_{\min}} \right] \\
 X_2 &= \left[1 + 2 \frac{(\ln f - \ln f_{\max})}{\ln f_{\max} - \ln f_{\min}} \right] \\
 X_3 &= \left[1 + 2 \frac{(\ln a - \ln a_{\max})}{\ln a_{\max} - \ln a_{\min}} \right] \\
 X_4 &= \left[1 + 2 \frac{(\ln h - \ln h_{\max})}{\ln h_{\max} - \ln h_{\min}} \right]
 \end{aligned} \tag{6.25}$$

Ku:

$$\begin{aligned}
 v = v_{\max} &\rightarrow X_1 = +1 \\
 v = v_{\text{mes}} &\rightarrow X_1 = 0 \\
 v = v_{\min} &\rightarrow X_1 = -1
 \end{aligned} \tag{6.26}$$

$$\begin{aligned}
 f = f_{\max} &\rightarrow X_2 = +1 \\
 f = f_{\text{mes}} &\rightarrow X_2 = 0 \\
 f = f_{\min} &\rightarrow X_2 = -1
 \end{aligned} \tag{6.27}$$

$$\begin{aligned}
 a = a_{\max} &\rightarrow X_3 = +1 \\
 a = a_{\text{mes}} &\rightarrow X_3 = 0 \\
 a = a_{\min} &\rightarrow X_3 = -1
 \end{aligned} \tag{6.28}$$

$$\begin{aligned}
 h = h_{\max} &\rightarrow X_4 = +1 \\
 h = h_{\text{mes}} &\rightarrow X_4 = 0 \\
 h = h_{\min} &\rightarrow X_4 = -1
 \end{aligned} \tag{6.29}$$

Tab.6.3. Regjimet e përpunimit v,s,d,h sipas kodimit dhe nivelit

Karakteristikat e madhësive të ndrysheshme të pavarura					
Nr	Madhësitë	Niveli Kodi	Maksimal	Mesatar	Minimal
			+1	0	-1
1	v (m/s)	X ₁	25	17.5	10
2	f (mm/rrot)	X ₂	0.3	0.175	0.1
3	d (mm)	X ₃	12	10	8
4	H (HRC)	X ₄	135	125	118

$$(X^T \cdot X)^{-1} = \begin{bmatrix} 24 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 16 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 16 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 16 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 16 \end{bmatrix} \quad (6.30)$$

$$\begin{bmatrix} b_0 \\ b_1 \\ b_2 \\ b_3 \\ b_4 \end{bmatrix} = (X^T \cdot X)^{-1} \cdot (X^T) \cdot \begin{bmatrix} Y_1 \\ Y_2 \\ Y_3 \\ \vdots \\ Y_{24} \end{bmatrix} \quad (6.31)$$

Gjegjësishtë:

(6.32)

$$\begin{bmatrix} b_0 \\ b_1 \\ b_2 \\ b_3 \\ b_4 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 24 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 16 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 16 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 16 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 16 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} +1 & +1 \\ -1 & -1 & -1 & -1 & -1 & -1 & -1 & -1 & +1 & +1 & +1 & +1 & +1 & +1 & +1 & +1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ -1 & -1 & +1 & +1 & -1 & -1 & +1 & +1 & -1 & -1 & +1 & +1 & -1 & -1 & +1 & +1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ -1 & +1 & -1 & +1 & -1 & +1 & -1 & +1 & -1 & +1 & -1 & +1 & -1 & +1 & -1 & +1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} Y_1 \\ Y_2 \\ Y_3 \\ Y_4 \\ Y_5 \\ Y_6 \\ Y_7 \\ Y_8 \\ Y_9 \\ Y_{10} \\ Y_{11} \\ Y_{12} \\ Y_{13} \\ Y_{14} \\ Y_{15} \\ Y_{16} \\ Y_{17} \\ Y_{18} \\ Y_{19} \\ Y_{20} \\ Y_{21} \\ Y_{22} \\ Y_{23} \\ Y_{24} \end{bmatrix}$$

Ose në formë skalare nga barazimi (6.32) llogariten konstantet b_0 , b_1 , b_2 , b_3 dhe b_4 në këtë formë:

$$b_0 = \frac{1}{N} (Y_i) = \frac{1}{24} (+Y_1 + Y_2 + Y_3 + Y_4 + Y_5 + Y_6 + Y_7 + Y_8 + Y_9 + Y_{10} + Y_{11} + Y_{12} + Y_{13} + Y_{14} + Y_{15} + Y_{16} + Y_{17} + Y_{18} + Y_{19} + Y_{20} + Y_{21} + Y_{22} + Y_{23} + Y_{24}) \quad (6.33)$$

$$b_i = \frac{1}{2^k} \cdot \sum_{i=1}^{16} (Y_i) \quad (6.34)$$

Nga ekuacioni 6.34 fitojmë ekuacionet 6.35

$$b_1 = \frac{1}{2^k} \cdot \sum_{i=1}^{16} (Y_i) = \frac{1}{16} (-Y_1 - Y_2 - Y_3 - Y_4 - Y_5 - Y_6 - Y_7 - Y_8 + Y_9 + Y_{10} + Y_{11} + Y_{12} + Y_{13} + Y_{14} + Y_{15} + Y_{16})$$

$$b_2 = \frac{1}{2^k} \cdot \sum_{i=1}^{16} (Y_i) = \frac{1}{16} (-Y_1 - Y_2 - Y_3 - Y_4 + Y_5 + Y_6 + Y_7 + Y_8 - Y_9 - Y_{10} - Y_{11} - Y_{12} + Y_{13} + Y_{14} + Y_{15} + Y_{16})$$

$$b_3 = \frac{1}{2^k} \cdot \sum_{i=1}^{16} (Y_i) = \frac{1}{16} (-Y_1 - Y_2 + Y_3 + Y_4 - Y_5 - Y_6 + Y_7 + Y_8 - Y_9 - Y_{10} + Y_{11} + Y_{12} - Y_{13} - Y_{14} + Y_{15} + Y_{16})$$

$$b_4 = \frac{1}{2^k} \cdot \sum_{i=1}^{16} (Y_i) = \frac{1}{16} (-Y_1 + Y_2 - Y_3 + Y_4 - Y_5 + Y_6 - Y_7 + Y_8 - Y_9 + Y_{10} - Y_{11} + Y_{12} - Y_{13} + Y_{14} - Y_{15} + Y_{16})$$

ku është; $Y = \ln T$, ndërsa indeksi e tregon numrin e eksperimentit.

Për dekodimin e konstantes b_0 dhe koeficientët b_1 , b_2 , b_3 dhe b_4 në ekuacionin (6.9), zëvendësohen vlerat e X -it.

Pas zëvendësimit fitohet barazimi:

$$Y = b_0 + b_1 \cdot \left[1 + 2 \frac{(\ln v - \ln v_{\max})}{\ln v_{\max} - \ln v_{\min}}\right] + b_2 \cdot \left[1 + 2 \frac{(\ln f - \ln f_{\max})}{\ln f_{\max} - \ln f_{\min}}\right] + b_3 \cdot \left[1 + 2 \frac{(\ln a - \ln a_{\max})}{\ln a_{\max} - \ln a_{\min}}\right] + b_4 \cdot \left[1 + 2 \frac{(\ln h - \ln h_{\max})}{\ln h_{\max} - \ln h_{\min}}\right] \quad (6.36)$$

Nëse zëvendësohet:

$$A_1 = \frac{2}{\ln v_{\max} - \ln v_{\min}}; \quad A_2 = \frac{2}{\ln f_{\max} - \ln f_{\min}};$$

$$A_3 = \frac{2}{\ln a_{\max} - \ln a_{\min}}; \quad A_4 = \frac{2}{\ln h_{\max} - \ln h_{\min}}; \quad (6.37)$$

Me zëvendësimin e shprehjes (6.37) në shprehjen (6.38) fitohet:

$$\begin{aligned} X_1 &= A_1 \ln v - A_1 \ln v_{\max} + 1 \\ X_2 &= A_1 \ln f - A_1 \ln f_{\max} + 1 \\ X_3 &= A_1 \ln a - A_1 \ln a_{\max} + 1 \\ X_4 &= A_1 \ln h - A_1 \ln h_{\max} + 1 \end{aligned} \quad (6.38)$$

Nëse zëvendësojmë me

$$\begin{aligned} a_1 &= 1 - A_1 \ln v_{\max} \\ a_2 &= 1 - A_1 \ln f_{\max} \\ a_3 &= 1 - A_1 \ln a_{\max} \\ a_4 &= 1 - A_1 \ln h_{\max} \end{aligned} \quad (6.39)$$

Më zëvendësimin e 6.39 dhe 6.38 fitojmë:

$$\begin{aligned} X_1 &= A_1 \ln v + a_1 \\ X_2 &= A_1 \ln f + a_2 \\ X_3 &= A_1 \ln a + a_3 \\ X_4 &= A_1 \ln h + a_4 \end{aligned} \quad (6.40)$$

Më zëvendësimin e X_1 , X_2 , X_3 dhe X_4 e fitojmë shprehjen

$$= b_0 + b_1(A_1 \ln v + a_1) + b_2(A_1 \ln f + a_2) + b_3(A_1 \ln a + a_3) + b_4(A_1 \ln h + a_4) \quad (6.41)$$

Nëse zëvendësohet më:

$$p_o = b_0 + b_1 \cdot a_1 + b_2 \cdot a_2 + b_3 \cdot a_3 + b_4 \cdot a_4 \quad (6.42)$$

$$p_1 = A_1 \cdot b_1; \quad p_2 = A_2 \cdot b_2; \quad p_3 = A_3 \cdot b_3 \quad p_4 = A_4 \cdot b_4; \quad (6.43)$$

Me zëvendësimin e (6.41 dhe 6.42) në (6.43) fitohet

$$\hat{Y} = p_o + p_1 \ln v + p_2 \ln f + p_3 \ln a + p_4 \ln h \quad (6.44)$$

Me antilogaritmin e shprehjes (6.44) fitohet varësia e kërkuar në koordinatat logaritmike.

Pasi që të fitohen rezultatet e modelit të pare ato krahasohen më rezultatet e fituara të modelit të dytë.

Ku kriteri më i rëndësishëm për zgjedhjen e një modeli matematikor është koeficienti i regresionit të shumëfishtë (R).

Kur dy ose më shumë modele e përshkruajnë mirë procesin e përpunimit, atëherë vendimi për modelin më të mire merret duke u bazuar në koeficientin e shumëfishtë të regresionit. Ky është një tregues i përshtatshmërisë së modelit dhe do të përvetësohet ai model që e ka koeficientin e regresionit të shumëfishtë më të madh, I cili llogaritet sipas shprehjës:

$$R = \sqrt{1 - \frac{\sum_{j=1}^n (Y_j^E - \bar{Y}^R)^2}{\sum_{j=1}^n (Y_j^E - \bar{Y}^E)^2}} \quad (6.45)$$

Ku janë:

Y_j^E – Vlerat e rezultateve experimentale

Y_j^R – Vlerat e llogaritura nga modeli i fituar dhe

\bar{Y}^E – Mesatarja aritmetike e të gjitha vlerave experimentale

Vlera e koeficientit të shumëfishtë të regresionit ndodhen mbrenda kufijëve

$$0 \leq R \leq 1$$

Tab.6.4. Vlerat e matura experimentale për ashpërsinë e sipërfaqës

Plani experimental i rëndit të parë katër faktorësh								
Ndryshoret e pavarura					Vlerat experimentale të matura			
Nr.	vc (m/s)	f (mm/rr)	a (mm)	φ (°)	R _a (μ m)	R _z (μ m)	R _q (μ m)	R _t (μ m)
1	10	0.1	8	118	7.688	30.635	9.226	30.752
2	10	0.1	8	135	3.653	14.264	4.018	18.265
3	10	0.1	12	118	8.406	32.562	9.500	33.624
4	10	0.1	12	135	2.904	11.028	3.194	8.000
5	10	0.3	8	118	7.703	30.112	8.473	30.812
6	10	0.3	8	135	5.499	20.961	6.049	24.746
7	10	0.3	12	118	6.788	27.312	7.467	27.152
8	10	0.3	12	135	6.699	25.932	7.369	26.796
9	25	0.1	8	118	1.255	5.132	1.381	5.648
10	25	0.1	8	135	5.121	20.532	5.633	19.460
11	25	0.1	12	118	3.866	15.399	4.253	15.077
12	25	0.1	12	135	5.055	20.245	5.561	22.242
13	25	0.3	8	118	4.823	19.320	5.305	19.292
14	25	0.3	8	135	5.132	19.889	5.645	20.528
15	25	0.3	12	118	4.862	20.354	5.348	19.448
16	25	0.3	12	135	6.763	26.995	7.439	27.052
17	19.5	0.175	10	125	5	20.132	5.500	20.000
18	19.5	0.175	10	125	5.806	23.120	6.387	23.224
19	19.5	0.175	10	125	6.958	26.989	7.654	27.832
20	19.5	0.175	10	125	4.825	19.236	5.308	19.300
21	19.5	0.175	10	125	5.791	23.523	6.660	23.164
22	19.5	0.175	10	125	7	28.226	7.700	28.000
23	19.5	0.175	10	125	8.326	32.993	9.159	37.467
24	19.5	0.175	10	125	4.846	19.299	5.331	19.384

Tab.6.5. Plani matricor i koduar për ashpërsinë e sipërfaqes

Plani experimental i rëndit të parë katër faktorësh								
Plani matricor i koduar					Vlerat eksperimentale të matura			
Nr.	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	R _a (µm)	R _z (µm)	R _q (µm)	R _t (µm)
1	-1	-1	-1	-1	7.688	30.635	9.226	30.752
2	-1	-1	-1	+1	3.653	14.264	4.018	18.265
3	-1	-1	+1	-1	8.406	32.562	9.500	33.624
4	-1	-1	+1	+1	2.904	11.028	3.194	8.000
5	-1	+1	-1	-1	7.703	30.112	8.473	30.812
6	-1	+1	-1	+1	5.499	20.961	6.049	24.746
7	-1	+1	+1	-1	6.788	27.312	7.467	27.152
8	-1	+1	+1	+1	6.699	25.932	7.369	26.796
9	+1	-1	-1	-1	1.255	5.132	1.381	5.648
10	+1	-1	-1	+1	5.121	20.532	5.633	19.460
11	+1	-1	+1	-1	3.866	15.399	4.253	15.077
12	+1	-1	+1	+1	5.055	20.245	5.561	22.242
13	+1	+1	-1	-1	4.823	19.320	5.305	19.292
14	+1	+1	-1	+1	5.132	19.889	5.645	20.528
15	+1	+1	+1	-1	4.862	20.354	5.348	19.448
16	+1	+1	+1	+1	6.763	26.995	7.439	27.052
17	0	0	0	0	5	20.132	5.500	20.000
18	0	0	0	0	5.806	23.120	6.387	23.224
19	0	0	0	0	6.958	26.989	7.654	27.832
20	0	0	0	0	4.825	19.236	5.308	19.300
21	0	0	0	0	5.791	23.523	6.660	23.164
22	0	0	0	0	7	28.226	7.700	28.000
23	0	0	0	0	8.326	32.993	9.159	37.467
24	0	0	0	0	4.846	19.299	5.331	19.384

Tab. 6.6 Vlerat e llogaritmuara për Ra

Nr.	vc (m/s)	f (mm/rr)	a (mm)	φ (°)	R_a (μm)	lnR_a
1	10	0.1	8	118	7.688	2.039661
2	10	0.1	8	135	3.653	1.295549
3	10	0.1	12	118	8.406	2.128946
4	10	0.1	12	135	2.904	1.066089
5	10	0.3	8	118	7.703	2.04161
6	10	0.3	8	135	5.499	1.704566
7	10	0.3	12	118	6.788	1.915156
8	10	0.3	12	135	6.699	1.901958
9	25	0.1	8	118	1.255	0.227136
10	25	0.1	8	135	5.121	1.63335
11	25	0.1	12	118	3.866	1.35222
12	25	0.1	12	135	5.055	1.620378
13	25	0.3	8	118	4.823	1.573396
14	25	0.3	8	135	5.132	1.635495
15	25	0.3	12	118	4.862	1.58145
16	25	0.3	12	135	6.763	1.911467
17	19.5	0.175	10	125	5	1.609438
18	19.5	0.175	10	125	5.806	1.758892
19	19.5	0.175	10	125	6.958	1.939892
20	19.5	0.175	10	125	4.825	1.573811
21	19.5	0.175	10	125	5.791	1.756305
22	19.5	0.175	10	125	7	1.94591
23	19.5	0.175	10	125	8.326	2.119383
24	19.5	0.175	10	125	4.846	1.578154

Tab.6.7. Vlerat e llogaritmuara për R_z

Nr.	vc (m/s)	f (mm/rr)	a (mm)	φ (°)	R_z (μm)	$\ln R_z$
1	10	0.1	8	118	30.635	3.422143
2	10	0.1	8	135	14.264	2.657739
3	10	0.1	12	118	32.562	3.483146
4	10	0.1	12	135	11.028	2.400437
5	10	0.3	8	118	30.112	3.404924
6	10	0.3	8	135	20.961	3.042664
7	10	0.3	12	118	27.312	3.307326
8	10	0.3	12	135	25.932	3.255478
9	25	0.1	8	118	5.132	1.635495
10	25	0.1	8	135	20.532	3.021985
11	25	0.1	12	118	15.399	2.734303
12	25	0.1	12	135	20.245	3.007908
13	25	0.3	8	118	19.320	2.961141
14	25	0.3	8	135	19.889	2.990167
15	25	0.3	12	118	20.354	3.013277
16	25	0.3	12	135	26.995	3.295652
17	19.5	0.175	10	125	20.132	3.002311
18	19.5	0.175	10	125	23.120	3.140698
19	19.5	0.175	10	125	26.989	3.295429
20	19.5	0.175	10	125	19.236	2.956784
21	19.5	0.175	10	125	23.523	3.157979
22	19.5	0.175	10	125	28.226	3.340244
23	19.5	0.175	10	125	32.993	3.496295
24	19.5	0.175	10	125	19.299	2.960053

Tab.6.8 Vlerat e llogaritmuara për R_q

Nr.	vc (m/s)	f (mm/rr)	a (mm)	φ (°)	R_q (μm)	$\ln R_q$
1	10	0.1	8	118	9.226	2.222026
2	10	0.1	8	135	4.018	1.390784
3	10	0.1	12	118	9.500	2.251292
4	10	0.1	12	135	3.194	1.161274
5	10	0.3	8	118	8.473	2.136885
6	10	0.3	8	135	6.049	1.799893
7	10	0.3	12	118	7.467	2.010493
8	10	0.3	12	135	7.369	1.997282
9	25	0.1	8	118	1.381	0.322808
10	25	0.1	8	135	5.633	1.728642
11	25	0.1	12	118	4.253	1.447625
12	25	0.1	12	135	5.561	1.715778
13	25	0.3	8	118	5.305	1.66865
14	25	0.3	8	135	5.645	1.73077
15	25	0.3	12	118	5.348	1.676723
16	25	0.3	12	135	7.439	2.006736
17	19.5	0.175	10	125	5.500	1.704748
18	19.5	0.175	10	125	6.387	1.854265
19	19.5	0.175	10	125	7.654	2.035228
20	19.5	0.175	10	125	5.308	1.669215
21	19.5	0.175	10	125	6.660	1.896119
22	19.5	0.175	10	125	7.700	2.04122
23	19.5	0.175	10	125	9.159	2.214737
24	19.5	0.175	10	125	5.331	1.673539

Tab.6.9 Vlerat e llogaritmuara për R_t

Nr.	vc (m/s)	f (mm/rr)	a (mm)	φ (°)	R_t (μm)	$\ln R_t$
1	10	0.1	8	118	30.752	3.425955
2	10	0.1	8	135	18.265	2.904987
3	10	0.1	12	118	33.624	3.51524
4	10	0.1	12	135	8.000	2.079442
5	10	0.3	8	118	30.812	3.427904
6	10	0.3	8	135	24.746	3.208664
7	10	0.3	12	118	27.152	3.301451
8	10	0.3	12	135	26.796	3.288253
9	25	0.1	8	118	5.648	1.731302
10	25	0.1	8	135	19.460	2.968361
11	25	0.1	12	118	15.077	2.71317
12	25	0.1	12	135	22.242	3.101982
13	25	0.3	8	118	19.292	2.959691
14	25	0.3	8	135	20.528	3.02179
15	25	0.3	12	118	19.448	2.967744
16	25	0.3	12	135	27.052	3.297761
17	19.5	0.175	10	125	20.000	2.995732
18	19.5	0.175	10	125	23.224	3.145186
19	19.5	0.175	10	125	27.832	3.326186
20	19.5	0.175	10	125	19.300	2.960105
21	19.5	0.175	10	125	23.164	3.142599
22	19.5	0.175	10	125	28.000	3.332205
23	19.5	0.175	10	125	37.467	3.623461
24	19.5	0.175	10	125	19.384	2.964448

6.2.1. Llogaritja e koeficientëve të regresionit

Llogaritja e koeficienteve të regresionit b_0 , b_1 , b_2 , b_3 dhe b_4 bëhet në bazë të ekuacioneve

a) Për R_a

$$b_0 = \frac{1}{N}(Y_i) = \frac{1}{24}(+Y_1 + Y_2 + Y_3 + Y_4 + Y_5 + Y_6 + Y_7 + Y_8 + Y_9 + Y_{10} + Y_{11} + Y_{12} + Y_{13} + Y_{14} + Y_{15} + Y_{16} + Y_{17} + Y_{18} + Y_{19} + Y_{20} + Y_{21} + Y_{22} + Y_{23} + Y_{24})$$

$$b_0 = \frac{1}{N}(Y_i) = \frac{1}{24}(+Y_1 + Y_2 + \dots + Y_{24})$$

$$b_0 = \frac{1}{24}(2.036661 + 1.295549 + 2.128946 + 1.066089 + 2.04161 + 1.704566 + 1.915156 + 1.901958 + 0.227136 + 1.63335 + 1.35222 + 1.620378 + 1.573396 + 1.635495 + 1.58145 + 1.911467 + 1.609438 + 1.758892 + 1.939892 + 1.573811 + 1.756305 + 1.94591 + 2.119383 + 1.578154) = 1.662926$$

$$b_1 = \frac{1}{2^k} \cdot \sum_{i=1}^{16} (Y_i) = \frac{1}{16}(-Y_1 - Y_2 - Y_3 - Y_4 - Y_5 - Y_6 - Y_7 - Y_8 + Y_9 + Y_{10} + Y_{11} + Y_{12} + Y_{13} + Y_{14} + Y_{15} + Y_{16})$$

$$b_1 = \frac{1}{2^k} \cdot \sum_{i=1}^{16} (Y_i) = \frac{1}{16}(-2.039661 - 1.295549 - 2.128946 - 1.066089 - 2.04161 - 1.704566 - 1.915156 - 1.901958 + 0.227136 + 1.63335 + 1.35222 + 1.620378 + 1.573396 + 1.635495 + 1.58145 + 1.911467) = -0.15992$$

$$b_2 = \frac{1}{2^k} \cdot \sum_{i=1}^{16} (Y_i) = \frac{1}{16}(-Y_1 - Y_2 - Y_3 - Y_4 + Y_5 + Y_6 + Y_7 + Y_8 - Y_9 - Y_{10} - Y_{11} - Y_{12} + Y_{13} + Y_{14} + Y_{15} + Y_{16})$$

$$b_2 = \frac{1}{2^k} \cdot \sum_{i=1}^{16} (Y_i) = \frac{1}{16}(-2.039661 - 1.295549 - 2.128946 - 1.066089 + 2.04161 + 1.704566 + 1.915156 + 1.901958 - 0.227136 - 1.63335 - 1.35222 - 1.620378 + 1.573396 + 1.635495 + 1.58145 + 1.911467) = 0.181361$$

$$b_3 = \frac{1}{2^k} \cdot \sum_{i=1}^{16} (Y_i) = \frac{1}{16} (-Y_1 - Y_2 + Y_3 + Y_4 - Y_5 - Y_6 + Y_7 + Y_8 - Y_9 - Y_{10} + Y_{11} + Y_{12} - Y_{13} - Y_{14} + Y_{15} + Y_{16})$$

$$b_3 = \frac{1}{2^k} \cdot \sum_{i=1}^{16} (Y_i) = \frac{1}{16} (-2.039661 - 1.295549 + 2.128946 + 1.066089 - 2.04161 - 1.704566 + 1.915156 + 1.901958 - 0.227136 - 1.63335 + 1.35222 + 1.620378 - 1.573396 - 1.635495 + 1.58145 + 1.911467) = 0.082931$$

$$b_4 = \frac{1}{2^k} \cdot \sum_{i=1}^{16} (Y_i) = \frac{1}{16} (-Y_1 + Y_2 - Y_3 + Y_4 - Y_5 + Y_6 - Y_7 + Y_8 - Y_9 + Y_{10} - Y_{11} + Y_{12} - Y_{13} + Y_{14} - Y_{15} + Y_{16})$$

$$b_4 = \frac{1}{2^k} \cdot \sum_{i=1}^{16} (Y_i) = \frac{1}{16} (-2.039661 + 1.295549 - 2.128946 + 1.066089 - 2.04161 + 1.704566 - 1.915156 + 1.901958 - 0.227136 + 1.63335 - 1.35222 + 1.620378 - 1.573396 + 1.635495 - 1.58145 + 1.911467) = -0.00567$$

b) Për R_z

$$b_0 = \frac{1}{N} (Y_i) = \frac{1}{24} (+Y_1 + Y_2 + Y_3 + Y_4 + Y_5 + Y_6 + Y_7 + Y_8 + Y_9 + Y_{10} + Y_{11} + Y_{12} + Y_{13} + Y_{14} + Y_{15} + Y_{16} + Y_{17} + Y_{18} + Y_{19} + Y_{20} + Y_{21} + Y_{22} + Y_{23} + Y_{24})$$

$$b_0 = \frac{1}{N} (Y_i) = \frac{1}{24} (+Y_1 + Y_2 + \dots + Y_{24})$$

$$b_0 = \frac{1}{24} (3.422143 + 2.657739 + 3.483146 + 2.400437 + 3.404924 + 3.042664 + 3.307326 + 3.255478 + 1.635495 + 3.021985 + 2.734303 + 3.007908 + 2.961141 + 2.990167 + 3.013277 + 3.295652 + 3.002311 + 3.140698 + 3.295429 + 2.956784 + 3.157979 + 3.340244 + 3.496295 + 2.960053) = 3.040982$$

$$b_1 = \frac{1}{2^k} \cdot \sum_{i=1}^{16} (Y_i) = \frac{1}{16} (-Y_1 - Y_2 - Y_3 - Y_4 - Y_5 - Y_6 - Y_7 - Y_8 + Y_9 + Y_{10} + Y_{11} + Y_{12} + Y_{13} + Y_{14} + Y_{15} + Y_{16})$$

$$b_1 = \frac{1}{16} (-3.422143 - 2.657739 - 3.483146 - 2.400437 - 3.404924 - 3.042664 - 3.307326 - 3.255478 + 1.635495 + 3.021985 + 2.734303 + 3.007908 + 2.961141 + 2.990167 + 3.013277 + 3.295652) = -0.14462$$

$$b_2 = \frac{1}{2^k} \cdot \sum_{i=1}^{16} (Y_i) = \frac{1}{16} (-Y_1 - Y_2 - Y_3 - Y_4 + Y_5 + Y_6 + Y_7 + Y_8 - Y_9 - Y_{10} - Y_{11} - Y_{12} + Y_{13} + Y_{14} + Y_{15} + Y_{16})$$

$$b_2 = \frac{1}{16} (-3.422143 - 2.657739 - 3.483146 - 2.400437 + 3.404924 + 3.042664 + 3.307326 + 3.255478 - 1.635495 - 3.021985 - 2.734303 - 3.007908 + 2.961141 + 2.990167 + 3.013277 + 3.295652) = 0.181717$$

$$b_3 = \frac{1}{2^k} \cdot \sum_{i=1}^{16} (Y_i) = \frac{1}{16} (-Y_1 - Y_2 + Y_3 + Y_4 - Y_5 - Y_6 + Y_7 + Y_8 - Y_9 - Y_{10} + Y_{11} + Y_{12} - Y_{13} - Y_{14} + Y_{15} + Y_{16})$$

$$b_3 = \frac{1}{16} (-3.422143 - 2.657739 + 3.483146 + 2.400437 - 3.404924 - 3.042664 + 3.307326 + 3.255478 - 1.635495 - 3.021985 + 2.734303 + 3.007908 - 2.961141 - 2.990167 + 3.013277 + 3.295652) = 0.085079$$

$$b_4 = \frac{1}{2^k} \cdot \sum_{i=1}^{16} (Y_i) = \frac{1}{16} (-Y_1 + Y_2 - Y_3 + Y_4 - Y_5 + Y_6 - Y_7 + Y_8 - Y_9 + Y_{10} - Y_{11} + Y_{12} - Y_{13} + Y_{14} - Y_{15} + Y_{16})$$

$$b_4 = \frac{1}{16} (-3.422143 + 2.657739 - 3.483146 + 2.400437 - 3.404924 + 3.042664 - 3.307326 + 3.255478 - 1.635495 + 3.021985 - 2.734303 + 3.007908 - 2.961141 + 2.990167 - 3.013277 + 3.295652) = -0.01811$$

c) Për R_q

$$b_0 = \frac{1}{N} (Y_i) = \frac{1}{24} (+Y_1 + Y_2 + Y_3 + Y_4 + Y_5 + Y_6 + Y_7 + Y_8 + Y_9 + Y_{10} + Y_{11} + Y_{12} + Y_{13} + Y_{14} + Y_{15} + Y_{16} + Y_{17} + Y_{18} + Y_{19} + Y_{20} + Y_{21} + Y_{22} + Y_{23} + Y_{24})$$

$$b_0 = \frac{1}{N} (Y_i) = \frac{1}{24} (+2.222026 + 1.390784 + 2.251292 + 1.161274 + 2.136885 + 1.799893 + 2.010493 + 1.997282 + 0.322808 + 1.728642 + 1.447625 + 1.715778 + 1.66865 + 1.73077 + 1.676723 + 2.006736 + 1.704748 + 1.854265 + 2.035228 + 1.669215 + 1.896119 + 2.04122 + 2.214737 + 1.673539) = 1.764864$$

$$b_1 = \frac{1}{2^k} \cdot \sum_{i=1}^{16} (Y_i) = \frac{1}{16} (-Y_1 - Y_2 - Y_3 - Y_4 - Y_5 - Y_6 - Y_7 - Y_8 + Y_9 + Y_{10} + Y_{11} + Y_{12} + Y_{13} + Y_{14} + Y_{15} + Y_{16})$$

$$b_1 = \frac{1}{N} (Y_i) = \frac{1}{16} (-2.222026 - 1.390784 - 2.251292 - 1.161274 - 2.136885 - 1.799893 - 2.010493 - 1.997282 + 0.322808 + 1.728642 + 1.447625 + 1.715778 + 1.66865 + 1.73077 + 1.676723 + 2.006736) = -0.167012313$$

$$b_2 = \frac{1}{2^k} \cdot \sum_{i=1}^{16} (Y_i) = \frac{1}{16} (-Y_1 - Y_2 - Y_3 - Y_4 + Y_5 + Y_6 + Y_7 + Y_8 - Y_9 - Y_{10} - Y_{11} - Y_{12} + Y_{13} + Y_{14} + Y_{15} + Y_{16})$$

$$b_2 = \frac{1}{N} (Y_i) = \frac{1}{16} (-2.222026 - 1.390784 - 2.251292 - 1.161274 + 2.136885 + 1.799893 + 2.010493 + 1.997282 - 0.322808 - 1.728642 - 1.447625 - 1.715778 + 1.66865 + 1.73077 + 1.676723 + 2.006736) = 0.174200188$$

$$b_3 = \frac{1}{2^k} \cdot \sum_{i=1}^{16} (Y_i) = \frac{1}{16} (-Y_1 - Y_2 + Y_3 + Y_4 - Y_5 - Y_6 + Y_7 + Y_8 - Y_9 - Y_{10} + Y_{11} + Y_{12} - Y_{13} - Y_{14} + Y_{15} + Y_{16})$$

$$b_3 = \frac{1}{N} (Y_i) = \frac{1}{16} (-2.222026 - 1.390784 + 2.251292 + 1.161274 - 2.136885 - 1.799893 + 2.010493 + 1.997282 - 0.322808 - 1.728642 + 1.447625 + 1.715778 - 1.66865 - 1.73077 + 1.676723 + 2.006736) = 0.079171563$$

$$b_4 = \frac{1}{2^k} \cdot \sum_{i=1}^{16} (Y_i) = \frac{1}{16} (-Y_1 + Y_2 - Y_3 + Y_4 - Y_5 + Y_6 - Y_7 + Y_8 - Y_9 + Y_{10} - Y_{11} + Y_{12} - Y_{13} + Y_{14} - Y_{15} + Y_{16})$$

$$b_4 = \frac{1}{N} (Y_i) = \frac{1}{16} (-2.222026 + 1.390784 - 2.251292 + 1.161274 - 2.136885 + 1.799893 - 2.010493 + 1.997282 - 0.322808 + 1.728642 - 1.447625 + 1.715778 - 1.66865 + 1.73077 - 1.676723 + 2.006736) = -0.012833937$$

d) Për R_t

$$b_0 = \frac{1}{N} (Y_i) = \frac{1}{24} (+Y_1 + Y_2 + Y_3 + Y_4 + Y_5 + Y_6 + Y_7 + Y_8 + Y_9 + Y_{10} + Y_{11} + Y_{12} + Y_{13} + Y_{14} + Y_{15} + Y_{16} + Y_{17} + Y_{18} + Y_{19} + Y_{20} + Y_{21} + Y_{22} + Y_{23} + Y_{24})$$

$$b_0 = \frac{1}{24} (3.425955 + 2.904987 + 3.51524 + 2.079442 + 3.427904 + 3.208664 + 3.301451 + 3.288253 + 1.731302 + 2.968361 + 2.71317 + 3.101982 + 2.959691 + 3.02179 + 2.967744 + 3.297761 + 2.995732 + 3.145186 + 3.326186 + 2.960105 + 3.142599 + 3.332205 + 3.623461 + 2.964448) = 3.058484125$$

$$b_1 = \frac{1}{2^k} \cdot \sum_{i=1}^{16} (Y_i) = \frac{1}{16} (-Y_1 - Y_2 - Y_3 - Y_4 - Y_5 - Y_6 - Y_7 - Y_8 + Y_9 + Y_{10} + Y_{11} + Y_{12} + Y_{13} + Y_{14} + Y_{15} + Y_{16})$$

$$b_1 = \frac{1}{16} (-3.425955 - 2.904987 - 3.51524 - 2.079442 - 3.427904 - 3.208664 - 3.301451 - 3.288253 + 1.731302 + 2.968361 + 2.71317 + 3.101982 + 2.959691 + 3.02179 + 2.967744 + 3.297761) = -0.149380938$$

$$b_2 = \frac{1}{2^k} \cdot \sum_{i=1}^{16} (Y_i) = \frac{1}{16} (-Y_1 - Y_2 - Y_3 - Y_4 + Y_5 + Y_6 + Y_7 + Y_8 - Y_9 - Y_{10} - Y_{11} - Y_{12} + Y_{13} + Y_{14} + Y_{15} + Y_{16})$$

$$b_2 = \frac{1}{16} (-3.425955 - 2.904987 - 3.51524 - 2.079442 + 3.427904 + 3.208664 + 3.301451 + 3.288253 - 1.731302 - 2.968361 - 2.71317 - 3.101982 + 2.959691 + 3.02179 + 2.967744 + 3.297761) = 0.189551188$$

$$b_3 = \frac{1}{2^k} \cdot \sum_{i=1}^{16} (Y_i) = \frac{1}{16} (-Y_1 - Y_2 + Y_3 + Y_4 - Y_5 - Y_6 + Y_7 + Y_8 - Y_9 - Y_{10} + Y_{11} + Y_{12} - Y_{13} - Y_{14} + Y_{15} + Y_{16})$$

$$b_3 = \frac{1}{16} (-3.425955 - 2.904987 + 3.51524 + 2.079442 - 3.427904 - 3.208664 + 3.301451 + 3.288253 - 1.731302 - 2.968361 + 2.71317 + 3.101982 - 2.959691 - 3.02179 + 2.967744 + 3.297761) = 0.038524313$$

$$b_4 = \frac{1}{2^k} \cdot \sum_{i=1}^{16} (Y_i) = \frac{1}{16} (-Y_1 + Y_2 - Y_3 + Y_4 - Y_5 + Y_6 - Y_7 + Y_8 - Y_9 + Y_{10} - Y_{11} + Y_{12} - Y_{13} + Y_{14} - Y_{15} + Y_{16})$$

$$b_4 = \frac{1}{16} (-3.425955 + 2.904987 - 3.51524 + 2.079442 - 3.427904 + 3.208664 - 3.301451 + 3.288253 - 1.731302 + 2.968361 - 2.71317 + 3.101982 - 2.959691 + 3.02179 - 2.967744 + 3.297761) = -0.010701062$$

Me zëvendësimin e konstanteve b_0 , b_1 , b_2 , b_3 dhe b_4 në modelin linear matematikor të formës së koduar fitohet modeli empirik i koduar linear i formës :

a) Për R_a

$$Y_a = b_0 X_0 + b_1 X_1 + b_2 X_2 + b_3 X_3 + b_4 X_4$$

$$= 1.662926 X_0 - 0.15992 X_1 + 0.181361 X_2 + 0.082931 X_3 - 0.00567 X_4$$

b) Për R_z

$$Y_z = b_0 X_0 + b_1 X_1 + b_2 X_2 + b_3 X_3 + b_4 X_4$$

$$= 3.040982 X_0 - 0.14462 X_1 + 0.181717 X_2 + 0.085079 X_3 - 0.01811 X_4$$

c) Për R_q

$$Y_q = b_0 X_0 + b_1 X_1 + b_2 X_2 + b_3 X_3 + b_4 X_4$$

$$= 1.764864 X_0 - 0.167012313 X_1 + 0.174200188 X_2 + 0.079171563 X_3 - 0.012833937 X_4$$

d) Për R_t

$$Y_t = b_0 X_0 + b_1 X_1 + b_2 X_2 + b_3 X_3 + b_4 X_4$$

$$= 3.058484125 X_0 - 0.149380938 X_1 + 0.189551188 X_2 + 0.038524313 X_3 - 0.010701062 X_4$$

6.2.2. Dekodimi i modelit matematikor

Për dekodimin e konstantes k_0 dhe k_1, k_2, k_3, k_4 duhet të zëvendësohen vlerat reale të madhësive hyrëse sipas niveleve nga tabela 6.3.

$$v_{1\max} = X_{1\max} = 25 \qquad f_{2\max} = X_{2\max} = 0.3$$

$$v_{1\min} = X_{1\min} = 10 \qquad f_{2\min} = X_{2\min} = 0.1$$

$$d_{3\max} = X_{3\max} = 12 \qquad \varphi_{4\max} = X_{3\max} = 135$$

$$d_{3\min} = X_{3\min} = 8 \qquad \varphi_{4\min} = X_{4\min} = 118$$

$$A_1 = \frac{2}{\ln \frac{X_{1\max}}{X_{1\min}}} = \frac{2}{\ln \frac{25}{10}} = 2.182713$$

$$A_2 = \frac{2}{\ln \frac{X_{2\max}}{X_{2\min}}} = \frac{2}{\ln \frac{0.3}{0.1}} = 1.820478$$

$$A_3 = \frac{2}{\ln \frac{X_{3\max}}{X_{3\min}}} = \frac{2}{\ln \frac{12}{8}} = 4.932606$$

$$A_4 = \frac{2}{\ln \frac{X_{4\max}}{X_{4\min}}} = \frac{2}{\ln \frac{135}{118}} = 14.859928$$

$$a_1 = 1 - A_1 \ln X_{1\max} = 1 - 2.182713 \ln 25 = -6.024005$$

$$a_2 = 1 - A_2 \ln X_{2\max} = 1 - 1.820478 \ln 0.3 = 3.191806$$

$$a_3 = 1 - A_3 \ln X_{3\max} = 1 - 4.932606 \ln 12 = -11.25706$$

$$a_4 = 1 - A_4 \ln X_{4\max} = 1 - 14.859928 \ln 135 = -71.89203$$

Me zëvendësimin e vlerave të shprehjeve në ekuacione fitohen vlerat e p_0 , p_1 , p_2 , p_3 dhe p_4 :

a) Për R_a

$$p_0 = b_0 + b_1 \cdot a_1 + b_2 \cdot a_2 + b_3 \cdot a_3 + b_4 \cdot a_4$$

$$p_0 = 1.662926 + (-0.15992) \cdot (-6.024005) + 0.181361 \cdot 3.191806 + 0.082931 \cdot (-11.25706) + (-0.00567) \cdot (-71.89203) = 2.679155$$

Llogarisim koeficientet

$$p_1 = p_v = A_1 \cdot b_1 = 2.182713 \cdot (-0.15992) = -0.349059$$

$$p_2 = p_f = A_2 \cdot b_2 = 1.820478 \cdot 0.181361 = 0.330163$$

$$p_3 = p_d = A_3 \cdot b_3 = 4.932606 \cdot 0.082931 = 0.409065$$

$$p_4 = p_h = A_4 \cdot b_4 = 14.859928 \cdot (-0.00567) = -0.084255$$

b) Për R_z

$$p_0 = b_0 + b_1 \cdot a_1 + b_2 \cdot a_2 + b_3 \cdot a_3 + b_4 \cdot a_4$$

$$p_0 = 3.040982 + (-0.14462) \cdot (-6.024005) + 0.181717 \cdot 3.191806 + 0.085079 \cdot (-11.25706) + (-0.01811) \cdot (-71.89203) = 4.836404$$

Llogarisim koeficientet

$$p_1 = p_v = A_1 \cdot b_1 = 2.182713 \cdot (-0.14462) = -0.315663$$

$$p_2 = p_f = A_2 \cdot b_2 = 1.820478 \cdot 0.181717 = 0.330811$$

$$p_3 = p_d = A_3 \cdot b_3 = 4.932606 \cdot 0.085079 = 0.419661$$

$$p_4 = p_h = A_4 \cdot b_4 = 14.859928 \cdot (-0.01811) = -0.269113$$

c) Për R_q

$$p_0 = b_0 + b_1 \cdot a_1 + b_2 \cdot a_2 + b_3 \cdot a_3 + b_4 \cdot a_4$$

$$p_0 = 1.764864 + (-0.167012) \cdot (-6.024005) + 0.1742 \cdot 3.191806 + 0.0791715 \cdot (-11.25706) + (-0.012833) \cdot (-71.89203) = 3.358309$$

Llogarisim koeficientet

$$p_1 = p_v = A_1 \cdot b_1 = 2.182713 \cdot (-0.167012) = -0.364539$$

$$p_2 = p_f = A_2 \cdot b_2 = 1.820478 \cdot 0.1742 = 0.317127$$

$$p_3 = p_d = A_3 \cdot b_3 = 4.932606 \cdot 0.0791715 = 0.3905218$$

$$p_4 = p_h = A_4 \cdot b_4 = 14.859928 \cdot (-0.012833) = -0.190697$$

d) Për R_t

$$p_0 = b_0 + b_1 \cdot a_1 + b_2 \cdot a_2 + b_3 \cdot a_3 + b_4 \cdot a_4$$

$$p_0 = 3.058484 + (-0.149380) \cdot (-6.024005) + 0.189551 \cdot 3.191806 + 0.038524 \cdot (-11.25706) + (-0.010701) \cdot (-71.89203) = 4.899$$

Llogarisim koeficientet

$$p_1 = p_v = A_1 \cdot b_1 = 2.182713 \cdot (-0.149380) = -0.326053$$

$$p_2 = p_f = A_2 \cdot b_2 = 1.820478 \cdot 0.189551 = 0.345073$$

$$p_3 = p_d = A_3 \cdot b_3 = 4.932606 \cdot 0.038524 = 0.190023$$

$$p_4 = p_h = A_4 \cdot b_4 = 14.859928 \cdot (-0.010701) = -0.159016$$

Me zëvendësimin e barazimeve fitohet ekuacioni empirik i kërkuar i ashpërsisë së sipërfaqes së përpunuar në koordinata logaritmike

a) Për R_a

$$\begin{aligned} \bar{Y}_a &= p_0 + p_1 \ln v + p_2 \ln f + p_3 \ln d + p_4 \ln \varphi \\ &= 2.679155 - 0.3490059 \ln v + 0.330163 \ln f + 0.409065 \ln d - 0.084255 \ln \varphi \end{aligned}$$

b) Për R_z

$$\begin{aligned} \bar{Y}_z &= p_0 + p_1 \ln v + p_2 \ln f + p_3 \ln d + p_4 \ln \varphi \\ &= 4.836404 - 0.315663 \ln v + 0.330811 \ln f + 0.419661 \ln d - 0.269113 \ln \varphi \end{aligned}$$

c) Për R_q

$$\begin{aligned} \bar{Y}_q &= p_0 + p_1 \ln v + p_2 \ln f + p_3 \ln d + p_4 \ln \varphi \\ &= 3.358309 - 0.364539 \ln v + 0.317127 \ln f + 3.905218 \ln d - 0.190697 \ln \varphi \end{aligned}$$

d) Për R_t

$$\begin{aligned} \bar{Y}_t &= p_0 + p_1 \ln v + p_2 \ln f + p_3 \ln d + p_4 \ln \varphi \\ &= 4.899 - 0.326053 \ln v + 0.345073 \ln f + 0.190023 \ln d - 0.259016 \ln \varphi \end{aligned}$$

Ku janë

$$C_{R_a} = \exp(p_0) = \exp(2.679155) = 14.572774$$

$$\bar{Y} = \ln R_a \quad \text{gjëgj. } R_a \exp(\bar{Y})$$

$$C_{R_z} = \exp(p_0) = \exp(4.836404) = 126.015384$$

$$\bar{Y} = \ln R_z \quad \text{gjëgj. } R_z \exp(\bar{Y})$$

$$C_{R_q} = \exp(p_0) = \exp(3.358309) = 28.74057$$

$$\bar{Y} = \ln R_q \quad \text{gjëgj. } R_q \exp(\bar{Y})$$

$$C_{R_t} = \exp(p_0) = \exp(4.899) = 134.155555$$

$$\bar{Y} = \ln R_t \quad \text{gjëgj. } R_t \exp(\bar{Y})$$

Me antilogaritmin e shprehjes fitohet varësia e kërkuar në formë eksponenciale:

a) Për R_a

$$R_a = C_{R_a} \cdot v^{p_v} \cdot f^{p_f} \cdot d^{p_d} \cdot \varphi^{p_\varphi}$$

$$R_a = 14.572774 \cdot v^{-0.349059} \cdot f^{0.330163} \cdot d^{0.409065} \cdot \varphi^{-0.084255}$$

b) Për R_z

$$R_z = C_{R_z} \cdot v^{p_v} \cdot f^{p_f} \cdot d^{p_d} \cdot \varphi^{p_\varphi}$$

$$R_z = 126.015384 \cdot v^{-0.315663} \cdot f^{0.330811} \cdot d^{0.419661} \cdot \varphi^{-0.269113}$$

c) Për R_q

$$R_q = C_{R_q} \cdot v^{p_v} \cdot f^{p_f} \cdot d^{p_d} \cdot \varphi^{p_\varphi}$$

$$R_q = 28.74057 \cdot v^{-0.364539} \cdot f^{0.317127} \cdot d^{0.3905218} \cdot \varphi^{-0.190697}$$

d) Për R_t

$$R_t = C_{R_t} \cdot v^{p_v} \cdot f^{p_f} \cdot d^{p_d} \cdot \varphi^{p_\varphi}$$

$$R_t = 134.155555 \cdot v^{-0.326053} \cdot f^{0.345073} \cdot d^{0.190023} \cdot \varphi^{-0.159016}$$

Forma e dekoduar e ekuacionit do të jetë

a) Për R_a

$$R_a = 14.572774 \cdot v^{-0.349059} \cdot f^{0.330163} \cdot d^{0.409065} \cdot \varphi^{-0.084255}$$

$$R_{a1(-1-1-1-1)} = 14.572774 \cdot 10^{-0.349059} \cdot 0.1^{0.330161} \cdot 8^{0.409065} \cdot 118^{-0.084255} =$$

$$R_{a2(-1-1-1+1)} = 14.572774 \cdot 10^{-0.349059} \cdot 0.1^{0.330161} \cdot 8^{0.409065} \cdot 135^{-0.084255} =$$

$$R_{a3(-1-1+1-1)} = 14.572774 \cdot 10^{-0.349059} \cdot 0.1^{0.330161} \cdot 12^{0.409065} \cdot 118^{-0.084255} =$$

$$R_{a4(-1-1+1+1)} = 14.572774 \cdot 10^{-0.349059} \cdot 0.1^{0.330161} \cdot 12^{0.409065} \cdot 135^{-0.084255} =$$

$$R_{a5(-1+1-1-1)} = 14.572774 \cdot 10^{-0.349059} \cdot 0.3^{0.330161} \cdot 8^{0.409065} \cdot 118^{-0.084255} =$$

$$R_{a6(-1+1-1+1)} = 14.572774 \cdot 10^{-0.349059} \cdot 0.3^{0.330161} \cdot 8^{0.409065} \cdot 135^{-0.084255} =$$

$$R_{a7(-1+1+1-1)} = 14.572774 \cdot 10^{-0.349059} \cdot 0.3^{0.330161} \cdot 12^{0.409065} \cdot 118^{-0.084255} =$$

$$R_{a8(-1+1+1+1)} = 14.572774 \cdot 10^{-0.349059} \cdot 0.3^{0.330161} \cdot 12^{0.409065} \cdot 135^{-0.084255} =$$

$$R_{a9(+1-1-1-1)} = 14.572774 \cdot 25^{-0.349059} \cdot 0.1^{0.330161} \cdot 8^{0.409065} \cdot 118^{-0.084255} =$$

$$R_{a10(+1-1-1+1)} = 14.572774 \cdot 25^{-0.349059} \cdot 0.1^{0.330161} \cdot 8^{0.409065} \cdot 135^{-0.084255} =$$

$$R_{a11(+1-1+1-1)} = 14.572774 \cdot 25^{-0.349059} \cdot 0.1^{0.330161} \cdot 12^{0.409065} \cdot 118^{-0.084255} =$$

$$R_{a12(+1-1+1+1)} = 14.572774 \cdot 25^{-0.349059} \cdot 0.1^{0.330161} \cdot 12^{0.409065} \cdot 135^{-0.084255} =$$

$$R_{a13(+1+1-1-1)} = 14.572774 \cdot 25^{-0.349059} \cdot 0.3^{0.330161} \cdot 8^{0.409065} \cdot 118^{-0.084255} =$$

$$R_{a14(+1+1-1+1)} = 14.572774 \cdot 25^{-0.349059} \cdot 0.3^{0.330161} \cdot 8^{0.409065} \cdot 135^{-0.084255} =$$

$$R_{a15(+1+1-1+1)} = 14.572774 \cdot 25^{-0.349059} \cdot 0.3^{0.330161} \cdot 12^{0.409065} \cdot 118^{-0.084255} =$$

$$R_{a16(0 \ 0 \ 0 \ 0)} = 14.572774 \cdot 25^{-0.349059} \cdot 0.3^{0.330161} \cdot 12^{0.409065} \cdot 135^{-0.084255} =$$

$$R_{a17(0 \ 0 \ 0 \ 0)} = 14.572774 \cdot 19.5^{-0.349059} \cdot 0.175^{0.330161} \cdot 10^{0.409065} \cdot 125^{-0.084255} =$$

$$R_{a18(0 \ 0 \ 0 \ 0)} = 14.572774 \cdot 19.5^{-0.349059} \cdot 0.175^{0.330161} \cdot 10^{0.409065} \cdot 125^{-0.084255} =$$

$$R_{a19(0 \ 0 \ 0 \ 0)} = 14.572774 \cdot 19.5^{-0.349059} \cdot 0.175^{0.330161} \cdot 10^{0.409065} \cdot 125^{-0.084255} =$$

$$R_{a20(0 \ 0 \ 0 \ 0)} = 14.572774 \cdot 19.5^{-0.349059} \cdot 0.175^{0.330161} \cdot 10^{0.409065} \cdot 125^{-0.084255} =$$

$$R_{a21(0 \ 0 \ 0 \ 0)} = 14.572774 \cdot 19.5^{-0.349059} \cdot 0.175^{0.330161} \cdot 10^{0.409065} \cdot 125^{-0.084255} =$$

$$R_{a22(0 \ 0 \ 0 \ 0)} = 14.572774 \cdot 19.5^{-0.349059} \cdot 0.175^{0.330161} \cdot 10^{0.409065} \cdot 125^{-0.084255} =$$

$$R_{a23(0 \ 0 \ 0 \ 0)} = 14.572774 \cdot 19.5^{-0.349059} \cdot 0.175^{0.330161} \cdot 10^{0.409065} \cdot 125^{-0.084255} =$$

$$R_{a24(0 \ 0 \ 0 \ 0)} = 14.572774 \cdot 19.5^{-0.349059} \cdot 0.175^{0.330161} \cdot 10^{0.409065} \cdot 125^{-0.084255} =$$

b) Për R_z

$$R_z = 126.015384 \cdot v^{-0.315663} \cdot f^{0.330811} \cdot d^{0.419661} \cdot \varphi^{-0.269113}$$

$$R_{z1(-1-1-1-1)} = 126.015384 \cdot 10^{-0.315663} \cdot 0.1^{0.330811} \cdot 8^{0.419661} \cdot 118^{-0.269113} =$$

$$R_{z2(-1-1-1+1)} = 126.015384 \cdot 10^{-0.315663} \cdot 0.1^{0.330811} \cdot 8^{0.419661} \cdot 135^{-0.269113} =$$

$$R_{z3(-1-1+1-1)} = 126.015384 \cdot 10^{-0.315663} \cdot 0.1^{0.330811} \cdot 12^{0.419661} \cdot 118^{-0.269113} =$$

$$R_{z4(-1-1+1+1)} = 126.015384 \cdot 10^{-0.315663} \cdot 0.1^{0.330811} \cdot 12^{0.419661} \cdot 135^{-0.269113} =$$

$$R_{z5(-1+1-1-1)} = 126.015384 \cdot 10^{-0.315663} \cdot 0.3^{0.330811} \cdot 8^{0.419661} \cdot 118^{-0.269113} =$$

$$R_{z6(-1+1-1+1)} = 126.015384 \cdot 10^{-0.315663} \cdot 0.3^{0.330811} \cdot 8^{0.419661} \cdot 135^{-0.269113} =$$

$$R_{z7(-1+1+1-1)} = 126.015384 \cdot 10^{-0.315663} \cdot 0.3^{0.330811} \cdot 12^{0.419661} \cdot 118^{-0.269113} =$$

$$R_{z8(-1+1+1+1)} = 126.015384 \cdot 10^{-0.315663} \cdot 0.3^{0.330811} \cdot 12^{0.419661} \cdot 135^{-0.269113} =$$

$$R_{z9(+1-1-1-1)} = 126.015384 \cdot 25^{-0.315663} \cdot 0.1^{0.330811} \cdot 8^{0.419661} \cdot 118^{-0.269113} =$$

$$R_{z10(+1-1-1+1)} = 126.015384 \cdot 25^{-0.315663} \cdot 0.1^{0.330811} \cdot 8^{0.419661} \cdot 135^{-0.269113} =$$

$$R_{z11(+1-1+1-1)} = 126.015384 \cdot 25^{-0.315663} \cdot 0.1^{0.330811} \cdot 12^{0.419661} \cdot 118^{-0.269113} =$$

$$R_{z12(+1-1+1+1)} = 126.015384 \cdot 25^{-0.315663} \cdot 0.1^{0.330811} \cdot 12^{0.419661} \cdot 135^{-0.269113} =$$

$$R_{z13(+1+1-1-1)} = 126.015384 \cdot 25^{-0.315663} \cdot 0.3^{0.330811} \cdot 8^{0.419661} \cdot 118^{-0.269113} =$$

$$R_{z14(+1+1-1+1)} = 126.015384 \cdot 25^{-0.315663} \cdot 0.3^{0.330811} \cdot 8^{0.419661} \cdot 135^{-0.269113} =$$

$$R_{z15(+1+1-1+1)} = 126.015384 \cdot 25^{-0.315663} \cdot 0.3^{0.330811} \cdot 12^{0.419661} \cdot 118^{-0.269113} =$$

$$R_{z16(0 \ 0 \ 0 \ 0)} = 126.015384 \cdot 25^{-0.315663} \cdot 0.3^{0.330811} \cdot 12^{0.419661} \cdot 135^{-0.269113} =$$

$$R_{z17(0 \ 0 \ 0 \ 0)} = 126.015384 \cdot 19.5^{-0.315663} \cdot 0.175^{0.330811} \cdot 10^{0.419661} \cdot 125^{-0.269113} =$$

$$R_{z18(0 \ 0 \ 0 \ 0)} = 126.015384 \cdot 19.5^{-0.315663} \cdot 0.175^{0.330811} \cdot 10^{0.419661} \cdot 125^{-0.269113} =$$

$$R_{z19(0 \ 0 \ 0 \ 0)} = 126.015384 \cdot 19.5^{-0.315663} \cdot 0.175^{0.330811} \cdot 10^{0.419661} \cdot 125^{-0.269113} =$$

$$R_{z20(0 \ 0 \ 0 \ 0)} = 126.015384 \cdot 19.5^{-0.315663} \cdot 0.175^{0.330811} \cdot 10^{0.419661} \cdot 125^{-0.269113} =$$

$$R_{z21(0 \ 0 \ 0 \ 0)} = 126.015384 \cdot 19.5^{-0.315663} \cdot 0.175^{0.330811} \cdot 10^{0.419661} \cdot 125^{-0.269113} =$$

$$R_{z22(0 \ 0 \ 0 \ 0)} = 126.015384 \cdot 19.5^{-0.315663} \cdot 0.175^{0.330811} \cdot 10^{0.419661} \cdot 125^{-0.269113} =$$

$$R_{z23(0 \ 0 \ 0 \ 0)} = 126.015384 \cdot 19.5^{-0.315663} \cdot 0.175^{0.330811} \cdot 10^{0.419661} \cdot 125^{-0.269113} =$$

$$R_{z24(0 \ 0 \ 0 \ 0)} = 126.015384 \cdot 19.5^{-0.315663} \cdot 0.175^{0.330811} \cdot 10^{0.419661} \cdot 125^{-0.269113} =$$

c) Për R_q

$$R_q = 28.74057 \cdot v^{-0.364539} \cdot f^{0.317127} \cdot d^{0.3905218} \cdot \varphi^{-0.190697}$$

$$R_{q1(-1-1-1-1)} = 28.74057 \cdot 10^{-0.364539} \cdot 0.1^{0.317127} \cdot 8^{0.3905218} \cdot 118^{-0.190697} =$$

$$R_{q2(-1-1-1+1)} = 28.74057 \cdot 10^{-0.364539} \cdot 0.1^{0.317127} \cdot 8^{0.3905218} \cdot 135^{-0.190697} =$$

$$R_{q3(-1-1+1-1)} = 28.74057 \cdot 10^{-0.364539} \cdot 0.1^{0.317127} \cdot 12^{0.3905218} \cdot 118^{-0.190697} =$$

$$R_{q4(-1-1+1+1)} = 28.74057 \cdot 10^{-0.364539} \cdot 0.1^{0.317127} \cdot 12^{0.3905218} \cdot 135^{-0.190697} =$$

$$R_{q5(-1+1-1-1)} = 28.74057 \cdot 10^{-0.364539} \cdot 0.3^{0.317127} \cdot 8^{0.3905218} \cdot 118^{-0.190697} =$$

$$R_{q6(-1+1-1+1)} = 28.74057 \cdot 10^{-0.364539} \cdot 0.3^{0.317127} \cdot 8^{0.3905218} \cdot 135^{-0.190697} =$$

$$R_{q7(-1+1+1-1)} = 28.74057 \cdot 10^{-0.364539} \cdot 0.3^{0.317127} \cdot 12^{0.3905218} \cdot 118^{-0.190697} =$$

$$R_{q8(-1+1+1+1)} = 28.74057 \cdot 10^{-0.364539} \cdot 0.3^{0.317127} \cdot 12^{0.3905218} \cdot 135^{-0.190697} =$$

$$R_{q9(+1-1-1-1)} = 28.74057 \cdot 25^{-0.364539} \cdot 0.1^{0.317127} \cdot 8^{0.3905218} \cdot 118^{-0.190697} =$$

$$R_{q10(+1-1-1+1)} = 28.74057 \cdot 25^{-0.364539} \cdot 0.1^{0.317127} \cdot 8^{0.3905218} \cdot 135^{-0.190697} =$$

$$R_{q11(+1-1+1-1)} = 28.74057 \cdot 25^{-0.364539} \cdot 0.1^{0.317127} \cdot 12^{0.3905218} \cdot 118^{-0.190697} =$$

$$R_{q12(+1-1+1+1)} = 28.74057 \cdot 25^{-0.364539} \cdot 0.1^{0.317127} \cdot 12^{0.3905218} \cdot 135^{-0.190697} =$$

$$R_{q13(+1+1-1-1)} = 28.74057 \cdot 25^{-0.364539} \cdot 0.3^{0.317127} \cdot 8^{0.3905218} \cdot 118^{-0.190697} =$$

$$R_{q14(+1+1-1+1)} = 28.74057 \cdot 25^{-0.364539} \cdot 0.3^{0.317127} \cdot 8^{0.3905218} \cdot 135^{-0.190697} =$$

$$R_{q15(+1+1-1+1)} = 28.74057 \cdot 25^{-0.364539} \cdot 0.3^{0.317127} \cdot 12^{0.3905218} \cdot 118^{-0.190697} =$$

$$R_{q16(0 \ 0 \ 0 \ 0)} = 28.74057 \cdot 25^{-0.364539} \cdot 0.3^{0.317127} \cdot 12^{0.3905218} \cdot 135^{-0.190697} =$$

$$R_{q17(0 \ 0 \ 0 \ 0)} = 28.74057 \cdot 19.5^{-0.364539} \cdot 0.175^{0.317127} \cdot 10^{0.3905218} \cdot 125^{-0.190697} =$$

$$R_{q18(0 \ 0 \ 0 \ 0)} = 28.74057 \cdot 19.5^{-0.364539} \cdot 0.175^{0.317127} \cdot 10^{0.3905218} \cdot 125^{-0.190697} =$$

$$R_{q19(0 \ 0 \ 0 \ 0)} = 28.74057 \cdot 19.5^{-0.364539} \cdot 0.175^{0.317127} \cdot 10^{0.3905218} \cdot 125^{-0.190697} =$$

$$R_{q20(0 \ 0 \ 0 \ 0)} = 28.74057 \cdot 19.5^{-0.364539} \cdot 0.175^{0.317127} \cdot 10^{0.3905218} \cdot 125^{-0.190697} =$$

$$R_{q21(0 \ 0 \ 0 \ 0)} = 28.74057 \cdot 19.5^{-0.364539} \cdot 0.175^{0.317127} \cdot 10^{0.3905218} \cdot 125^{-0.190697} =$$

$$R_{q22(0 \ 0 \ 0 \ 0)} = 28.74057 \cdot 19.5^{-0.364539} \cdot 0.175^{0.317127} \cdot 10^{0.3905218} \cdot 125^{-0.190697} =$$

$$R_{q23(0 \ 0 \ 0 \ 0)} = 28.74057 \cdot 19.5^{-0.364539} \cdot 0.175^{0.317127} \cdot 10^{0.3905218} \cdot 125^{-0.190697} =$$

$$R_{q24(0 \ 0 \ 0 \ 0)} = 28.74057 \cdot 19.5^{-0.364539} \cdot 0.175^{0.317127} \cdot 10^{0.3905218} \cdot 125^{-0.190697} =$$

d) Për R_t

$$R_t = 134.155555 \cdot v^{-0.326053} \cdot f^{0.345073} \cdot d^{0.190023} \cdot \varphi^{-0.159016}$$

$$R_{t1(-1-1-1-1)} = 134.155555 \cdot 10^{-0.326053} \cdot 0.1^{0.345073} \cdot 8^{0.190023} \cdot 118^{-0.159016} =$$

$$R_{t2(-1-1-1+1)} = 134.155555 \cdot 10^{-0.326053} \cdot 0.1^{0.345073} \cdot 8^{0.190023} \cdot 135^{-0.159016} =$$

$$R_{t3(-1-1+1-1)} = 134.155555 \cdot 10^{-0.326053} \cdot 0.1^{0.345073} \cdot 12^{0.190023} \cdot 118^{-0.159016} =$$

$$R_{t4(-1-1+1+1)} = 134.155555 \cdot 10^{-0.326053} \cdot 0.1^{0.345073} \cdot 12^{0.190023} \cdot 135^{-0.159016} =$$

$$R_{t5(-1+1-1-1)} = 134.155555 \cdot 10^{-0.326053} \cdot 0.3^{0.345073} \cdot 8^{0.190023} \cdot 118^{-0.159016} =$$

$$R_{t6(-1+1-1+1)} = 134.155555 \cdot 10^{-0.326053} \cdot 0.3^{0.345073} \cdot 8^{0.190023} \cdot 135^{-0.159016} =$$

$$R_{t7(-1+1+1-1)} = 134.155555 \cdot 10^{-0.326053} \cdot 0.3^{0.345073} \cdot 12^{0.190023} \cdot 118^{-0.159016} =$$

$$R_{t8(-1+1+1+1)} = 134.155555 \cdot 10^{-0.326053} \cdot 0.3^{0.345073} \cdot 12^{0.190023} \cdot 135^{-0.159016} =$$

$$R_{t9(+1-1-1-1)} = 134.155555 \cdot 25^{-0.326053} \cdot 0.1^{0.345073} \cdot 8^{0.190023} \cdot 118^{-0.159016} =$$

$$R_{t10(+1-1-1+1)} = 134.155555 \cdot 25^{-0.326053} \cdot 0.1^{0.345073} \cdot 8^{0.190023} \cdot 135^{-0.159016} =$$

$$R_{t11(+1-1+1-1)} = 134.155555 \cdot 25^{-0.326053} \cdot 0.1^{0.345073} \cdot 12^{0.190023} \cdot 118^{-0.159016} =$$

$$R_{t12(+1-1+1+1)} = 134.155555 \cdot 25^{-0.326053} \cdot 0.1^{0.345073} \cdot 12^{0.190023} \cdot 135^{-0.159016} =$$

$$R_{t13(+1+1-1-1)} = 134.155555 \cdot 25^{-0.326053} \cdot 0.3^{0.345073} \cdot 8^{0.190023} \cdot 118^{-0.159016} =$$

$$R_{t14(+1+1-1+1)} = 134.155555 \cdot 25^{-0.326053} \cdot 0.3^{0.345073} \cdot 8^{0.190023} \cdot 135^{-0.159016} =$$

$$R_{t15(+1+1-1+1)} = 134.155555 \cdot 25^{-0.326053} \cdot 0.3^{0.345073} \cdot 12^{0.190023} \cdot 118^{-0.159016} =$$

$$R_{t16(0 \ 0 \ 0 \ 0)} = 134.155555 \cdot 25^{-0.326053} \cdot 0.3^{0.345073} \cdot 12^{0.190023} \cdot 135^{-0.159016} =$$

$$R_{t17(0 \ 0 \ 0 \ 0)} = 134.155555 \cdot 19.5^{-0.326053} \cdot 0.175^{0.345073} \cdot 10^{0.190023} \cdot 125^{-0.159016} =$$

$$R_{t18(0 \ 0 \ 0 \ 0)} = 134.155555 \cdot 19.5^{-0.326053} \cdot 0.175^{0.345073} \cdot 10^{0.190023} \cdot 125^{-0.159016} =$$

$$R_{t19(0 \ 0 \ 0 \ 0)} = 134.155555 \cdot 19.5^{-0.326053} \cdot 0.175^{0.345073} \cdot 10^{0.190023} \cdot 125^{-0.159016} =$$

$$R_{t20(0 \ 0 \ 0 \ 0)} = 134.155555 \cdot 19.5^{-0.326053} \cdot 0.175^{0.345073} \cdot 10^{0.190023} \cdot 125^{-0.159016} =$$

$$R_{t21(0 \ 0 \ 0 \ 0)} = 134.155555 \cdot 19.5^{-0.326053} \cdot 0.175^{0.345073} \cdot 10^{0.190023} \cdot 125^{-0.159016} =$$

$$R_{t22(0 \ 0 \ 0 \ 0)} = 134.155555 \cdot 19.5^{-0.326053} \cdot 0.175^{0.345073} \cdot 10^{0.190023} \cdot 125^{-0.159016} =$$

$$R_{t23(0 \ 0 \ 0 \ 0)} = 134.155555 \cdot 19.5^{-0.326053} \cdot 0.175^{0.345073} \cdot 10^{0.190023} \cdot 125^{-0.159016} =$$

$$R_{t24(0 \ 0 \ 0 \ 0)} = 134.155555 \cdot 19.5^{-0.326053} \cdot 0.175^{0.345073} \cdot 10^{0.190023} \cdot 125^{-0.159016} =$$

Tab: 6.10 Rezultatet e fituara për R_a , R_z , R_q dhe R_t

Rezultatet e fituara				
Nr	R_a	R_z	R_q	R_t
1	4.777232	18.85258	5.425053	19.8897
2	4.723365	18.18196	5.287586	19.46854
3	5.639091	22.34959	6.355819	21.48273
4	5.575505	21.55457	6.194766	21.02784
5	6.866005	27.11489	7.686207	29.05827
6	6.788585	26.15036	7.491443	28.44298
7	8.104699	32.14448	9.004913	31.38565
8	5.819792	23.21461	6.284465	22.78699
9	3.469539	14.11744	3.884538	14.75294
10	3.430417	13.61525	3.786106	14.44055
11	4.095478	16.73611	4.551	15.93456
12	4.049298	16.14078	4.435681	15.59715
13	4.986543	20.30453	5.503607	21.55362
14	4.930315	19.58226	5.364149	21.09723
15	5.886164	24.07085	6.447849	23.27993
16	5.819792	23.21461	6.284465	22.78699
17	4.962643	19.868	5.4805	20.061
18	4.962643	19.868	5.4805	20.061
19	4.962643	19.868	5.4805	20.061
20	4.962643	19.868	5.4805	20.061
21	4.962643	19.868	5.4805	20.061
22	4.962643	19.868	5.4805	20.061
23	4.962643	19.868	5.4805	20.061
24	4.962643	19.868	5.4805	20.061

Tab.6.11. Llogaritja për analizë dispersive për R_a

Nr	Vlera eksperimentale		Vlera te llogaritmuara		$(Y - \hat{Y})$	$(Y - \hat{Y})^2$
	R_a	$Y=\ln R_a$	$R_a \text{Log}$	$\ln R_a \text{log}$		
1	7.688	2.039661	4.777232	1.563861	0.475799	0.226385078
2	3.653	1.295549	4.723365	1.552521	-0.25697	0.066034928
3	8.406	2.128946	5.639091	1.729723	0.399223	0.159378916
4	2.904	1.066089	5.575505	1.718383	-0.65229	0.425487275
5	7.703	2.04161	6.866005	1.926582	0.115027	0.013231319
6	5.499	1.704566	6.788585	1.915242	-0.21068	0.044384478
7	6.788	1.915156	8.104699	2.092444	-0.17729	0.031430903
8	6.699	1.901958	5.819792	1.761265	0.140694	0.019794719
9	1.255	0.227136	3.469539	1.244022	-1.01689	1.034057469
10	5.121	1.63335	3.430417	1.232682	0.400668	0.160534758
11	3.866	1.35222	4.095478	1.409883	-0.05766	0.003325015
12	5.055	1.620378	4.049298	1.398543	0.221834	0.049210512
13	4.823	1.573396	4.986543	1.606743	-0.03335	0.001112004
14	5.132	1.635495	4.930315	1.595403	0.040092	0.001607407
15	4.862	1.58145	5.886164	1.772604	-0.19115	0.036540071
16	6.763	1.911467	5.819792	1.761265	0.150202	0.022560648
17	5	1.609438	4.962643	1.601939	0.007499	5.6241E-05
18	5.806	1.758892	4.962643	1.601939	0.156953	0.024634355
19	6.958	1.939892	4.962643	1.601939	0.337954	0.114212611
20	4.825	1.573811	4.962643	1.601939	-0.02813	0.000791172
21	5.791	1.756305	4.962643	1.601939	0.154366	0.023829009
22	7	1.94591	4.962643	1.601939	0.343972	0.118316487
23	8.326	2.119383	4.962643	1.601939	0.517445	0.267748951
24	4.846	1.578154	4.962643	1.601939	-0.02378	0.000565721

Tab.6.12. Llogaritja për analizë dispersive për R_z

Nr	Vlera eksperimentale		Vlera te llogaritmuara		$(Y - \hat{Y})$	$(Y - \hat{Y})^2$
	R_z	$Y=\ln R_z$	$R_z \text{Log}$	$\ln R_z \text{log}$		
1	30.635	3.422143	18.85258	2.93665	0.485493	0.235703726
2	14.264	2.657739	18.18196	2.90043	-0.24269	0.058898933
3	32.562	3.483146	22.34959	3.106808	0.376338	0.141630446
4	11.028	2.400437	21.55457	3.070588	-0.67015	0.44910143
5	30.112	3.404924	27.11489	3.300083	0.104841	0.010991608
6	20.961	3.042664	26.15036	3.263863	-0.2212	0.04892916
7	27.312	3.307326	32.14448	3.470241	-0.16291	0.026541174
8	25.932	3.255478	23.21461	3.144782	0.110696	0.0122536
9	5.132	1.635495	14.11744	2.647411	-1.01192	1.023972649
10	20.532	3.021985	13.61525	2.611191	0.410794	0.168751564
11	15.399	2.734303	16.73611	2.817569	-0.08327	0.006933244
12	20.245	3.007908	16.14078	2.781349	0.226559	0.051329041
13	19.32	2.961141	20.30453	3.010844	-0.0497	0.002470387
14	19.889	2.990167	19.58226	2.974624	0.015543	0.000241584
15	20.354	3.013277	24.07085	3.181002	-0.16772	0.028131425
16	26.995	3.295652	23.21461	3.144782	0.15087	0.022761732
17	20.132	3.002311	19.86787	2.989104	0.013207	0.000174419
18	23.12	3.140698	19.86787	2.989104	0.151594	0.022980814
19	26.989	3.295429	19.86787	2.989104	0.306326	0.093835357
20	19.236	2.956784	19.86787	2.989104	-0.03232	0.0010446
21	23.523	3.157979	19.86787	2.989104	0.168875	0.02851872
22	28.226	3.340244	19.86787	2.989104	0.35114	0.123299115
23	32.993	3.496295	19.86787	2.989104	0.507192	0.257243335
24	19.299	2.960053	19.86787	2.989104	-0.02905	0.000843933

Tab.6.13. Llogaritja për analizë dispersive për R_q

Nr	Vlera eksperimentale		Vlera te llogaritmuara		$(Y - \hat{Y})$	$(Y - \hat{Y})^2$
	R_q	$Y=\ln R_q$	$R_q \text{Log}$	$\ln R_q \text{log}$		
1	9.226	2.222026	5.425053	1.691028	0.530998	0.281958699
2	4.018	1.390784	5.287586	1.665362	-0.27458	0.075392829
3	9.5	2.251292	6.355819	1.849371	0.401921	0.161540557
4	3.194	1.161274	6.194766	1.823705	-0.66243	0.438814468
5	8.473	2.136885	7.686207	2.039427	0.097457	0.009497919
6	6.049	1.799893	7.491443	2.013761	-0.21387	0.045739719
7	7.467	2.010493	9.004913	2.19777	-0.18728	0.035072683
8	7.369	1.997282	6.284465	1.838081	0.159201	0.025345061
9	1.381	0.322808	3.884538	1.357004	-1.0342	1.069561718
10	5.633	1.728642	3.786106	1.331338	0.397304	0.157850511
11	4.253	1.447625	4.551	1.515347	-0.06772	0.004586322
12	5.561	1.715778	4.435681	1.489681	0.226097	0.051119799
13	5.305	1.66865	5.503607	1.705404	-0.03675	0.001350849
14	5.645	1.73077	5.364149	1.679738	0.051032	0.002604313
15	5.348	1.676723	6.447849	1.863747	-0.18702	0.034977965
16	7.439	2.006736	6.284465	1.838081	0.168656	0.028444759
17	5.5	1.704748	5.48052	1.7012	0.003548	1.25897E-05
18	6.387	1.854265	5.48052	1.7012	0.153065	0.023428826
19	7.654	2.035228	5.48052	1.7012	0.334028	0.111575031
20	5.308	1.669215	5.48052	1.7012	-0.03198	0.001023026
21	6.66	1.896119	5.48052	1.7012	0.19492	0.037993645
22	7.7	2.04122	5.48052	1.7012	0.34002	0.115613893
23	9.159	2.214737	5.48052	1.7012	0.513537	0.263720357
24	5.331	1.673539	5.48052	1.7012	-0.02766	0.000765134

Tab.6.14. Llogaritja për analizë dispersive për R_t

Nr	Vlera eksperimentale		Vlera te llogaritmuara		$(Y - \hat{Y})$	$(Y - \hat{Y})^2$
	R_t	$Y = \ln R_t$	$R_t \text{Log}$	$\ln R_t \text{log}$		
1	30.752	3.425955	19.8897	2.990202	0.435753	0.18988088
2	18.265	2.904987	19.46854	2.9688	-0.06381	0.004072118
3	33.624	3.51524	21.48273	3.067249	0.447991	0.20069558
4	8	2.079442	21.02784	3.045848	-0.96641	0.933940491
5	30.812	3.427904	29.05827	3.369303	0.058601	0.003434076
6	24.746	3.208664	28.44298	3.347901	-0.13924	0.019387051
7	27.152	3.301451	31.38565	3.446351	-0.1449	0.020996075
8	26.796	3.288253	22.78699	3.12619	0.162063	0.026264422
9	5.648	1.731302	14.75294	2.691442	-0.96014	0.921870658
10	19.46	2.968361	14.44055	2.67004	0.298321	0.088995185
11	15.077	2.71317	15.93456	2.76849	-0.05532	0.003060275
12	22.242	3.101982	15.59715	2.747088	0.354894	0.125949913
13	19.292	2.959691	21.55362	3.070544	-0.11085	0.012288475
14	20.528	3.02179	21.09723	3.049142	-0.02735	0.000748137
15	19.448	2.967744	23.27993	3.147592	-0.17985	0.032345071
16	27.052	3.297761	22.78699	3.12619	0.171571	0.029436723
17	20	2.995732	20.06146	2.998801	-0.00307	9.41575E-06
18	23.224	3.145186	20.06146	2.998801	0.146385	0.021428698
19	27.832	3.326186	20.06146	2.998801	0.327386	0.107181367
20	19.3	2.960105	20.06146	2.998801	-0.0387	0.001497356
21	23.164	3.142599	20.06146	2.998801	0.143799	0.020678027
22	28	3.332205	20.06146	2.998801	0.333404	0.111158045
23	37.467	3.623461	20.06146	2.998801	0.62466	0.390199818
24	19.384	2.964448	20.06146	2.998801	-0.03435	0.001180115

6.3 Analiza Dispersive

6.3.1. Vlerësimi i significances së parametrave të modelit

Për vlerësimin e significancës (rëndësisë) së parametrave të modelit mund të shfrytëzohet çdonjëri nga dy kriteret e njohura:

Kriteri “t” – i Student-it ose kriteri “F” – Fisher-it, meqenëse ekziston varshmëria e formës:

$$F(1, f) = t^2(f)$$

Vlerësimi i signifikancës sipas Fisher-it është paraqitur në tabelën.

Sipas këtij kriteri mund të plotësohet kushti:

$$F_{Ri} = \frac{S^2}{S_E^2} > F_t,$$

Ku janë:

F_{Ri} – Vlera e llogaritur e kriterit “F” për parametrin e i-të

S^2 – dispersioni i parametrin të i-të

S_E^2 – Dispersioni i rezultateve në pikën zero

F_t – Vlera tabelare e “F” e cila sipas kriterëve të dhëna ($f_{LF} = 1$ dhe $f_E = 7$) është **$F_t = 5.59$**

Dispersioni i parametrave është

$$S_i^2 = \frac{S_{b_i}}{f_i}$$

Ku është:

$$S_i^2 = \frac{S_{b_i}}{f_i}$$

$$S_{b_i} = b_i \cdot \sum_{u=1}^N X_{iu} Y_u = N, \quad i = 0, 1, 2, 3$$

Ku për $i = 0$, $N_i = 24$, ndërsa për $i = 1, 2, 3$ – $N_i = 8$; shkallët e lirisë $f_i = 1$.

Tab. 6.15. Shprehjet për llogaritjen e analizës dispersive

Burimi i variacionit	Shkallët e lirisë	Shuma e katrorëve	Dispersioni	Marrëdhënja dispersive F_R
b_0	$f_0 = 1$	$S_{b_0} = N_{b_0}^2$	$S_0^2 = \frac{S_0}{f_0}$	$F_{R_0} = \frac{S_0^2}{S_E^2}$
b_1	$f_1 = 1$	$S_{b_1} = N_{b_1}^2$	$S_1^2 = \frac{S_1}{f_1}$	$F_{R_1} = \frac{S_1^2}{S_E^2}$
b_2	$f_2 = 1$	$S_{b_2} = N_{b_2}^2$	$S_2^2 = \frac{S_2}{f_2}$	$F_{R_2} = \frac{S_2^2}{S_E^2}$
b_k	$f_k = 1$	$S_{b_k} = N_{b_k}^2$	$S_k^2 = \frac{S_k}{f_k}$	$F_{R_3} = \frac{S_3^2}{S_E^2}$
Shuma reziduale	$f_{Ri} = N - k - 1$	$S_R = \sum_{u=1}^N (Y_{eu} - Y_{empu})^2 =$ $\sum_{u=1}^N Y_{eu}^2 - N \sum_{i=0}^k b_i^2$	$S_R^2 = \frac{S_R}{f_R}$	Koeficientet janë signifikantë nëse $F_{Ri} > F_t$
Shuma e përgjithshme	$f_u = N$	$S_u = \sum_{u=1}^N Y_{eu}^2$	$S_U^2 = \frac{S_U}{f_U}$	
Gabimet experimentale	$f_{Ei} = n_0 - 1$	$S_E = \sum_{v=1}^{N_0} (Y_{e0v} - Y_{emp0v})^2 =$ $\sum_{u=1}^{N_0} Y_{e0u}^2 - \frac{1}{N_0} \left(\sum_{u=1}^{N_0} Y_{e0u} \right)^2$	$S_E^2 = \frac{S_E}{f_E}$	
Adekuatshmëria e modelit	$f_{LF} = f_R - f_E$	$S_{LF} = S_R - S_E$	$S_{LF}^2 = \frac{S_{LF}}{f_{LF}}$	$F_{RLF} = \frac{S_{LF}^2}{S_E^2}$

Me zëvendësimin e vlerës së parametrave (b_i dhe p_i gjegjësisht, b_0, b_1, b_2, b_3, b_4 dhe p_0, p_1, p_2, p_3, p_4 fitohen:

a) Për R_a

$$S_0 = N_0 \cdot b_0^2 = 24 \cdot (1.662926)^2 = 66.367749$$

$$S_1 = N_1 \cdot b_1^2 = 16 \cdot (-0.15992)^2 = 0.40919$$

$$S_2 = N_2 \cdot b_2^2 = 16 \cdot (0.181361)^2 = 0.526268$$

$$S_3 = N_3 \cdot b_3^2 = 16 \cdot (0.082931)^2 = 0.11004$$

$$S_4 = N_4 \cdot b_4^2 = 16 \cdot (-0.00567)^2 = 0.000514$$

b) Për R_z

$$S_0 = N_0 \cdot b_0^2 = 24 \cdot (3.040982)^2 = 221.941716$$

$$S_1 = N_1 \cdot b_1^2 = 16 \cdot (-0.14462)^2 = 0.334639$$

$$S_2 = N_2 \cdot b_2^2 = 16 \cdot (0.181717)^2 = 0.528337$$

$$S_3 = N_3 \cdot b_3^2 = 16 \cdot (0.085079)^2 = 0.115814$$

$$S_4 = N_4 \cdot b_4^2 = 16 \cdot (-0.01811)^2 = 0.005247$$

c) Për R_q

$$S_0 = N_0 \cdot b_0^2 = 24 \cdot (1.764864)^2 = 74.753878$$

$$S_1 = N_1 \cdot b_1^2 = 16 \cdot (-0.167012)^2 = 0.446288$$

$$S_2 = N_2 \cdot b_2^2 = 16 \cdot (0.174200)^2 = 0.48553$$

$$S_3 = N_3 \cdot b_3^2 = 16 \cdot (0.079171)^2 = 0.100288$$

$$S_4 = N_4 \cdot b_4^2 = 16 \cdot (-0.012833)^2 = 0.002634$$

d) Për R_t

$$S_0 = N_0 \cdot b_0^2 = 24 \cdot (3.058484)^2 = 224.503785$$

$$S_1 = N_1 \cdot b_1^2 = 16 \cdot (-0.149380)^2 = 0.357030$$

$$S_2 = N_2 \cdot b_2^2 = 16 \cdot (0.189551)^2 = 0.574873$$

$$S_3 = N_3 \cdot b_3^2 = 16 \cdot (0.038524)^2 = 0.023745$$

$$S_4 = N_4 \cdot b_4^2 = 16 \cdot (-0.010701)^2 = 0.001832$$

Dispersioni i parametrave do të jetë:

a) Për R_a

$$s_0^2 = \frac{S_0}{f_0} = \frac{66.367749}{1} = 66.367749$$

$$s_1^2 = \frac{S_1}{f_1} = \frac{0.40919}{1} = 0.40919$$

$$s_2^2 = \frac{S_2}{f_2} = \frac{0.526268}{1} = 0.526268$$

$$s_3^2 = \frac{S_3}{f_3} = \frac{0.11004}{1} = 0.11004$$

$$s_4^2 = \frac{S_4}{f_4} = \frac{0.000514}{1} = 0.000514$$

b) Për R_z

$$s_0^2 = \frac{S_0}{f_0} = \frac{221.941716}{1} = 221.941716$$

$$s_1^2 = \frac{S_1}{f_1} = \frac{0.334639}{1} = 0.334639$$

$$s_2^2 = \frac{S_2}{f_2} = \frac{0.528337}{1} = 0.528337$$

$$s_3^2 = \frac{S_3}{f_3} = \frac{0.115814}{1} = 0.115814$$

$$s_4^2 = \frac{S_4}{f_4} = \frac{0.005247}{1} = 0.005247$$

c) Për R_q

$$s_0^2 = \frac{S_0}{f_0} = \frac{74.753878}{1} = 74.753878$$

$$s_1^2 = \frac{S_1}{f_1} = \frac{0.446288}{1} = 0.446288$$

$$s_2^2 = \frac{S_2}{f_2} = \frac{0.48553}{1} = 0.48553$$

$$s_3^2 = \frac{S_3}{f_3} = \frac{0.100288}{1} = 0.100288$$

$$s_4^2 = \frac{S_4}{f_4} = \frac{0.002634}{1} = 0.002634$$

d) Për R_t

$$s_0^2 = \frac{S_0}{f_0} = \frac{224.503785}{1} = 224.503785$$

$$s_1^2 = \frac{S_1}{f_1} = \frac{0.357030}{1} = 0.357030$$

$$s_2^2 = \frac{S_2}{f_2} = \frac{0.574873}{1} = 0.574873$$

$$s_3^2 = \frac{S_3}{f_3} = \frac{0.023745}{1} = 0.023745$$

$$s_4^2 = \frac{S_4}{f_4} = \frac{0.001832}{1} = 0.001832$$

Ndërsa, dispersioni i rezultateve në pikën zero përcaktohet:

a) Për R_a

$$S_E = \sum_{v=1}^{N_0} (Y_{e0v} - Y_{emp0v})^2 = 5.6241E-05 + 0.024634355 + 0.114212611 + 0.000791172 + 0.023829009$$

$$+ 0.118316487 + 0.267748951 + 0.000565721 = 0.550154547$$

$$s_E^2 = \frac{S_E}{f_E} = \frac{0.550154547}{7} = 0.07859351$$

b) Për R_z

$$S_E = \sum_{v=1}^{N_0} (Y_{e0v} - Y_{emp0v})^2 = 0.000174419 + 0.022980814 + 0.093835357 + 0.0010446 + 0.02851872$$

$$+ 0.123299115 + 0.257243335 + 0.000843933 = 0.52794$$

$$s_E^2 = \frac{S_E}{f_E} = \frac{0.52794}{7} = 0.07542$$

c) Për R_q

$$S_E = \sum_{v=1}^{N_0} (Y_{e0v} - Y_{emp0v})^2 = 0.0000125 + 0.023428826 + 0.111575031 + 0.001023026 + 0.037993645$$

$$+ 0.115613893 + 0.263720357 + 0.000765134 = 0.554133$$

$$s_E^2 = \frac{S_E}{f_E} = \frac{0.554133}{7} = 0.079162$$

d) Për R_t

$$S_E = \sum_{v=1}^{N_0} (Y_{e0v} - Y_{emp0v})^2 = 0.00000941 + 0.021428698 + 0.107181367 + 0.001497356 + 0.020678027 \\ + 0.111158045 + 0.390199818 + 0.001180115 = 0.653333$$

$$s_E^2 = \frac{S_E}{f_E} = \frac{0.653333}{7} = 0.093333$$

ku janë:

Y_{emp0v} - vlerat logaritmike empirike (llogaritura) për nivelin zero

Y_{e0v} - vlerat logaritmike eksperimentale (matura) për nivelin zero

Sipas kriterit të Fisher-it

Koeficientet janë signifikant nëse është:

$$F_{ri} > F_t$$

Për $\alpha = 0.5$ vlera tabelare për: $n_1 = 1 = f_i$ dhe $n_2 = 7 = f_E$ rrjedhë:

$$F_t(\alpha, f_i, f_E) = 5.59$$

a) Për R_a

$$F_{r(b_0)} = \frac{S_{b_0}}{S_E^2} = \frac{66.367749}{0.07859351} = 844.443122 \geq F_t = 5.59$$

e plotëson kushtin

$$F_{r(b_1)} = \frac{S_{b_1}}{S_E^2} = \frac{0.40919}{0.07859351} = 5.206409 \geq F_t = 5.59$$

nuk e plotëson kushtin

$$F_{r(b_2)} = \frac{S_{b_2}}{S_E^2} = \frac{0.526268}{0.07859351} = 6.6960745 \geq F_t = 5.59$$

e plotëson kushtin

$$F_{r(b_3)} = \frac{S_{b_3}}{S_E^2} = \frac{0.11004}{0.07859351} = 1.4001156 \geq F_t = 5.59$$

nuk e plotëson kushtin

$$F_{r(b_4)} = \frac{S_{b_4}}{S_E^2} = \frac{0.000514}{0.07859351} = 0.0065399 \geq F_t = 5.59$$

nuk e plotëson kushtin

b) Për R_z

$$F_{r(b_0)} = \frac{S_{b_0}}{S_E^2} = \frac{221.941716}{0.07542} = 2942.741877 \geq F_t = 5.59$$

e plotëson kushtin

$$F_{r(b_1)} = \frac{S_{b_1}}{S_E^2} = \frac{0.334639}{0.07542} = 4.4370036 \geq F_t = 5.59$$

nuk e plotëson kushtin

$$F_{r(b_2)} = \frac{S_{b_2}}{S_E^2} = \frac{0.48553}{0.07542} = 6.4376787 \geq F_t = 5.59$$

e plotëson kushtin

$$F_{r(b_3)} = \frac{S_{b_3}}{S_E^2} = \frac{0.115814}{0.07542} = 1.53558 \geq F_t = 5.59$$

nuk e plotëson kushtin

$$F_{r(b_4)} = \frac{S_{b_4}}{S_E^2} = \frac{0.000514}{0.07542} = 0.00681516 \geq F_t = 5.59$$

nuk e plotëson kushtin

c) Për R_q

$$F_{r(b_0)} = \frac{S_{b_0}}{S_E^2} = \frac{74.753878}{0.079162} = 944.317729 \geq F_t = 5.59$$

e plotëson kushtin

$$F_{r(b_1)} = \frac{S_{b_1}}{S_E^2} = \frac{0.446288}{0.079162} = 5.6376696 \geq F_t = 5.59$$

e plotëson kushtin

$$F_{r(b_2)} = \frac{S_{b_2}}{S_E^2} = \frac{0.48553}{0.079162} = 6.133388 \geq F_t = 5.59$$

e plotëson kushtin

$$F_{r(b_3)} = \frac{S_{b_3}}{S_E^2} = \frac{0.100288}{0.079162} = 1.266873 \geq F_t = 5.59$$

nuk e plotëson kushtin

$$F_{r(b_4)} = \frac{S_{b_4}}{S_E^2} = \frac{0.002634}{0.079162} = 0.03327354 \geq F_t = 5.59$$

nuk e plotëson kushtin

d) Për R_t

$$F_{r(b_0)} = \frac{S_{b_0}}{S_E^2} = \frac{224.503785}{0.093333} = 2405.399509 \geq F_t = 5.59$$

e plotëson kushtin

$$F_{r(b_1)} = \frac{S_{b_1}}{S_E^2} = \frac{0.357030}{0.093333} = 3.825324 \geq F_t = 5.59$$

nuk e plotëson kushtin

$$F_{r(b_2)} = \frac{S_{b_2}}{S_E^2} = \frac{0.574873}{0.093333} = 6.1593755 \geq F_t = 5.59$$

e plotëson kushtin

$$F_{r(b_3)} = \frac{S_{b_3}}{S_E^2} = \frac{0.023745}{0.093333} = 0.2544198 \geq F_t = 5.59$$

nuk e plotëson kushtin

$$F_{r(b_4)} = \frac{S_{b_4}}{S_E^2} = \frac{0.001832}{0.093333} = 0.0196286 \geq F_t = 5.59$$

nuk e plotëson kushtin

6.3. Vërtetimi i adekuatschmërisë së modelit matematikor

Adekuatschmëria e modelit matematikor fitohet më anë të kësaj shprehje:

$$F_{RLF} = \frac{S_{LF}^2}{S_E^2} \leq F_t$$

Ku sipas tabelës, shuma reziduale është:

a) Për R_a

$$S_R = \sum_{u=1}^N (Y_{eu} - Y_{empu})^2 = \sum_{u=1}^{24} (Y_{eu} - Y_{empu})^2 = 0.226385078 + 0.066034928 + 0.159378916 +$$

$$0.425487275 + 0.013231319 + 0.044384478 + 0.031430903 + 0.019794719 + 1.034057469 +$$

$$0.160534758 + 0.003325015 + 0.049210512 + 0.001112004 + 0.001607407 + 0.036540071 +$$

$$0.022560648 + 5.6241E - 05 + 0.024634355 + 0.114212611 + 0.000791172 + 0.023829009 +$$

$$0.118316487 + 0.267748951 + 0.000565721 = 2.845230046$$

b) Për R_z

$$S_R = \sum_{u=1}^N (Y_{eu} - Y_{empu})^2 = \sum_{u=1}^{24} (Y_{eu} - Y_{empu})^2 = 0.235703726 + 0.058898933 + 0.141630446 + 0.44910143 + 0.010991608 + 0.04892916 + 0.026541174 + 0.0122536 + 1.023972649 + 0.168751564 + 0.006933244 + 0.051329041 + 0.002470387 + 0.000241584 + 0.028131425 + 0.022761732 + 0.000174419 + 0.022980814 + 0.093835357 + 0.0010446 + 0.02851872 + 0.123299115 + 0.257243335 + 0.000843933 = 2.288641702$$

c) Për R_q

$$S_R = \sum_{u=1}^N (Y_{eu} - Y_{empu})^2 = \sum_{u=1}^{24} (Y_{eu} - Y_{empu})^2 = 0.281958699 + 0.075392829 + 0.161540557 + 0.438814468 + 0.009497919 + 0.045739719 + 0.035072683 + 0.025345061 + 1.069561718 + 0.157850511 + 0.004586322 + 0.051119799 + 0.001350849 + 0.002604313 + 0.034977965 + 0.028444759 + 0.00001258 + 0.023428826 + 0.111575031 + 0.001023026 + 0.037993645 + 0.115613893 + 0.263720357 + 0.000765134 = 2.977991$$

d) Për R_t

$$S_R = \sum_{u=1}^N (Y_{eu} - Y_{empu})^2 = \sum_{u=1}^{24} (Y_{eu} - Y_{empu})^2 = 0.18988088 + 0.004072118 + 0.20069558 + 0.933940491 + 0.003434076 + 0.019387051 + 0.020996075 + 0.026264422 + 0.921870658 + 0.088995185 + 0.003060275 + 0.125949913 + 0.012288475 + 0.000748137 + 0.032345071 + 0.029436723 + 9.41575E - 06 + 0.021428698 + 0.107181367 + 0.001497356 + 0.020678027 + 0.111158045 + 0.390199818 + 0.001180115 = 3.266698$$

Ndërsa shuma e katrorëve është:

a) Për R_a

$$S_{LF} = S_R - S_E = 2.845230046 - 0.550154547 = 2.2950755$$

b) Për R_z

$$S_{LF} = S_R - S_E = 2.816582 - 0.52794 = 2.2886$$

c) Për R_q

$$S_{LF} = S_R - S_E = 2.977991 - 0.554133 = 2.42386$$

d) Për R_t

$$S_{LF} = S_R - S_E = 3.266698 - 0.653333 = 2.61337$$

Gjëgjësisht dispersion është

a) Për R_a

$$S_{LF}^2 = \frac{S_{LF}}{f_a} = \frac{2.2950755}{12} = 0.1912563$$

b) Për R_z

$$S_{LF}^2 = \frac{S_{LF}}{f_a} = \frac{2.28864}{12} = 0.19072$$

c) Për R_q

$$S_{LF}^2 = \frac{S_{LF}}{f_a} = \frac{2.42386}{12} = 0.201988$$

d) Për R_t

$$S_{LF}^2 = \frac{S_{LF}}{f_a} = \frac{2.61337}{12} = 0.21778$$

Ku:

$$f_R = N - k - 1 = 24 - 4 - 1 = 19$$

$$f_E = n_0 - 1 = 8 - 1 = 7 \quad dhe$$

$$f_a = f_R - f_E = 19 - 7 = 12$$

Prandaj do të jetë

a) Për R_a

$$F_{RLF} = \frac{S_{LF}^2}{S_E^2} = \frac{0.1912563}{0.07859351} = 2.43348719 \leq F_t = 5.59$$

b) Për R_z

$$F_{RLF} = \frac{S_{LF}^2}{S_E^2} = \frac{0.19072}{0.049257} = 3.871936 \leq F_t = 5.59$$

c) Për R_q

$$F_{RLF} = \frac{S_{LF}^2}{S_E^2} = \frac{0.201988}{0.49187} = 4.1065322 \leq F_t = 5.59$$

d) Për R_t

$$F_{RLF} = \frac{S_{LF}^2}{S_E^2} = \frac{0.21778}{0.065046} = 3.34809 \leq F_t = 5.59$$

Ku janë

$$F_{ri} > F_t$$

Për $\alpha = 0.5$ vlera tabelare për: $n_1 = 1 = f_i$ dhe $n_2 = 7 = f_E$ rrjedhë:

$$F_t(\alpha, f_i, f_E) = 5.59$$

Pasi të gjitha $F_{RLF} \leq F_t$ mund të konstatojmë se modeli empirik i zgjedhur është adekuat

6.4. Modeli krahasues.

Si model krahasues per hulumtimin e zgjedhjës së planit me të përshtatshem gjatë procesit të shpimit është përdorur plani experimental i rendit të parë me katër faktorë pa përsëritje, ku janë paraqitur vlerat eksperimentale te matura për R_a .

Tab 6.16: Plani experimental i rendit të parë me katër faktorë pa përsëritje:

PLANI EKSPERIMENTAL I RENDIT TË PARË ME KATËR FAKTORË PA PËRSËRITJE					
NDRYSHORET E PAVARURA VLERAT					VLERAT EKSPERIMENTALE TE MATURA
	X1	X2	X3	X4	
Nr.	v_c (m/s)	f (mm/rr)	a (mm)	φ (°)	R_a (μ)
1	-1	-1	-1	-1	7.688
2	+1	-1	-1	-1	3.653
3	-1	+1	-1	-1	8.406
4	+1	+1	-1	-1	2.904
5	-1	-1	+1	-1	7.703
6	+1	-1	+1	-1	5.499
7	-1	+1	+1	-1	6.788
8	+1	+1	+1	-1	6.699
9	-1	-1	-1	+1	1.255
10	+1	-1	-1	+1	5.121
11	-1	+1	-1	+1	3.866
12	+1	+1	-1	+1	5.055
13	-1	-1	+1	+1	4.823
14	+1	-1	+1	+1	5.132
15	-1	+1	+1	+1	4.862
16	+1	+1	+1	+1	6.763

Ku vlerat e logaritmuara do te paraqiten në tabelen vijuese

Tab. 6.17. Vlerat e logaritmuara per R_a

<i>Nr.</i>	R_a (μm)	$\ln R_a$
1	7.688	2.039661
2	3.653	1.295549
3	8.406	2.128946
4	2.904	1.066089
5	7.703	2.04161
6	5.499	1.704566
7	6.788	1.915156
8	6.699	1.901958
9	1.255	0.227136
10	5.121	1.63335
11	3.866	1.35222
12	5.055	1.620378
13	4.823	1.573396
14	5.132	1.635495
15	4.862	1.58145
16	6.763	1.911467

6.4.1. Llogaritja e koeficientëve të regresionit

Llogaritja e koeficienteve të regresionit b_0 , b_1 , b_2 , b_3 dhe b_4 bëhet në bazë të ekuacionit (pasi është fjala vetëm per R_a):

$$b_0 = \frac{1}{N} (Y_i) = \frac{1}{16} (+Y_1 + Y_2 + Y_3 + Y_4 + Y_5 + Y_6 + Y_7 + Y_8 + Y_9 + Y_{10} + Y_{11} + Y_{12} + Y_{13} + Y_{14} + Y_{15} + Y_{16})$$

Ku:

$$b_0 = \frac{1}{N} (Y_i) = \frac{1}{16} (+Y_1 + Y_2 + \dots + Y_{16})$$

$$b_0 = \frac{1}{16} (2.036661 + 1.295549 + 2.128946 + 1.066089 + 2.04161 + 1.704566 + 1.915156 + 1.901958 + 0.227136 + 1.63335 + 1.35222 + 1.620378 + 1.573396 + 1.635495 + 1.58145) = 1.60177666$$

$$b_1 = \frac{1}{2^k} \cdot \sum_{i=1}^{16} (Y_i) = \frac{1}{16} (-Y_1 - Y_2 - Y_3 - Y_4 - Y_5 - Y_6 - Y_7 - Y_8 + Y_9 + Y_{10} + Y_{11} + Y_{12} + Y_{13} + Y_{14} + Y_{15} + Y_{16})$$

$$b_1 = \frac{1}{2^k} \cdot \sum_{i=1}^{16} (Y_i) = \frac{1}{16} (-2.039661 - 1.295549 - 2.128946 - 1.066089 - 2.04161 - 1.704566 - 1.915156 - 1.901958 + 0.227136 + 1.63335 + 1.35222 + 1.620378 + 1.573396 + 1.635495 + 1.58145 + 1.911467) = -0.15992$$

$$b_2 = \frac{1}{2^k} \cdot \sum_{i=1}^{16} (Y_i) = \frac{1}{16} (-Y_1 - Y_2 - Y_3 - Y_4 + Y_5 + Y_6 + Y_7 + Y_8 - Y_9 - Y_{10} - Y_{11} - Y_{12} + Y_{13} + Y_{14} + Y_{15} + Y_{16})$$

$$b_2 = \frac{1}{2^k} \cdot \sum_{i=1}^{16} (Y_i) = \frac{1}{16} (-2.039661 - 1.295549 - 2.128946 - 1.066089 + 2.04161 + 1.704566 + 1.915156 + 1.901958 - 0.227136 - 1.63335 - 1.35222 - 1.620378 + 1.573396 + 1.635495 + 1.58145 + 1.911467) = 0.181361$$

$$b_3 = \frac{1}{2^k} \cdot \sum_{i=1}^{16} (Y_i) = \frac{1}{16} (-Y_1 - Y_2 + Y_3 + Y_4 - Y_5 - Y_6 + Y_7 + Y_8 - Y_9 - Y_{10} + Y_{11} + Y_{12} - Y_{13} - Y_{14} + Y_{15} + Y_{16})$$

$$b_3 = \frac{1}{2^k} \cdot \sum_{i=1}^{16} (Y_i) = \frac{1}{16} (-2.039661 - 1.295549 + 2.128946 + 1.066089 - 2.04161 - 1.704566 + 1.915156 + 1.901958 - 0.227136 - 1.63335 + 1.35222 + 1.620378 - 1.573396 - 1.635495 + 1.58145 + 1.911467) = 0.082931$$

$$b_4 = \frac{1}{2^k} \cdot \sum_{i=1}^{16} (Y_i) = \frac{1}{16} (-Y_1 + Y_2 - Y_3 + Y_4 - Y_5 + Y_6 - Y_7 + Y_8 - Y_9 + Y_{10} - Y_{11} + Y_{12} - Y_{13} + Y_{14} - Y_{15} + Y_{16})$$

$$b_4 = \frac{1}{2^k} \cdot \sum_{i=1}^{16} (Y_i) = \frac{1}{16} (-2.039661 + 1.295549 - 2.128946 + 1.066089 - 2.04161 + 1.704566 - 1.915156 + 1.901958 - 0.227136 + 1.63335 - 1.35222 + 1.620378 - 1.573396 + 1.635495 - 1.58145 + 1.911467) = -0.00567$$

Me zëvendësimin e konstanteve b_0 , b_1 , b_2 , b_3 dhe b_4 në modelin linear matematikor të formës së koduar fitohet modeli empirik i koduar linear i formës :

$$Y_a = b_0 X_0 + b_1 X_1 + b_2 X_2 + b_3 X_3 + b_4 X_4$$

$$= 1.6017766 X_0 - 0.15992 X_1 + 0.181361 X_2 + 0.082931 X_3 - 0.00567 X_4$$

6.4.2. Dekodimi i modelit matematikor

Për dekodimin e konstantes k_0 dhe k_1, k_2, k_3, k_4 duhet të zëvendësohen vlerat reale të madhësive hyrëse sipas niveleve ngatabela 6.3.

$$v_{1\max} = X_{1\max} = 25 \quad f_{2\max} = X_{2\max} = 0.3$$

$$v_{1\min} = X_{1\min} = 10 \quad f_{2\min} = X_{2\min} = 0.1$$

$$d_{3\max} = X_{3\max} = 12 \quad h_{3\max} = X_{3\max} = 135$$

$$v_{3\min} = X_{3\min} = 8 \quad f_{4\min} = X_{4\min} = 118$$

$$A_1 = \frac{2}{\ln \frac{X_{1\max}}{X_{1\min}}} = \frac{2}{\ln \frac{25}{10}} = 2.182713$$

$$A_2 = \frac{2}{\ln \frac{X_{2\max}}{X_{2\min}}} = \frac{2}{\ln \frac{0.3}{0.1}} = 1.820478$$

$$A_3 = \frac{2}{\ln \frac{X_{3\max}}{X_{3\min}}} = \frac{2}{\ln \frac{12}{8}} = 4.932606$$

$$A_4 = \frac{2}{\ln \frac{X_{4\max}}{X_{4\min}}} = \frac{2}{\ln \frac{135}{118}} = 14.859928$$

$$a_1 = 1 - A_1 \ln X_{1\max} = 1 - 2.182713 \ln 25 = -6.024005$$

$$a_2 = 1 - A_2 \ln X_{2\max} = 1 - 1.820478 \ln 0.3 = 3.191806$$

$$a_3 = 1 - A_3 \ln X_{3\max} = 1 - 4.932606 \ln 12 = -11.25706$$

$$a_4 = 1 - A_4 \ln X_{4\max} = 1 - 14.859928 \ln 135 = -71.89203$$

Me zëvendësimin e vlerave të shprehjeve në ekuacione fitohen vlerat e p_0 , p_1 , p_2 , p_3 dhe p_4 :

$$p_0 = b_0 + b_1 \cdot a_1 + b_2 \cdot a_2 + b_3 \cdot a_3 + b_4 \cdot a_4$$

$$p_0 = 1.6017766 + (-0.15992) \cdot (-6.024005) + 0.181361 \cdot 3.191806 + 0.082931 \cdot (-11.25706) + (-0.00567) \cdot (-71.89203) = 2.61807317$$

Llogarisim koeficientet

$$p_1 = p_v = A_1 \cdot b_1 = 2.182713 \cdot (-0.15992) = -0.349059$$

$$p_2 = p_f = A_2 \cdot b_2 = 1.820478 \cdot 0.181361 = 0.330163$$

$$p_3 = p_d = A_3 \cdot b_3 = 4.932606 \cdot 0.082931 = 0.409065$$

$$p_4 = p_h = A_4 \cdot b_4 = 14.859928 \cdot (-0.00567) = -0.084255$$

Me zëvendësimin e barazimeve fitohet ekuacioni empirik i kërkuar i ashpërsisë së sipërfaqes së përpunuar në koordinata logaritmike:

$$\begin{aligned} \bar{Y}_a &= p_0 + p_1 \ln v + p_2 \ln f + p_3 \ln d + p_4 \ln \varphi \\ &= 2.61807317 - 0.349059 \ln v + 0.330163 \ln f + 0.409065 \ln d - 0.084255 \ln \varphi \end{aligned}$$

Ku janë

$$C_{Ra} = \exp(p_0) = \exp(2.6180731) = 13.709281$$

$$\bar{Y} = \ln R_a \quad \text{gjëgj. } R_a \exp(\bar{Y})$$

Me antilogaritimin e shprehjes fitohet varësia e kërkuar në formë eksponenciale:

$$R_a = C_{Ra} \cdot v^{p_v} \cdot f^{p_f} \cdot d^{p_d} \cdot \varphi^{p_\varphi}$$

$$R_a = 13.709281 \cdot v^{-0.349059} \cdot f^{0.330163} \cdot d^{0.409065} \cdot \varphi^{-0.084255}$$

Forma e dekoduar e ekuacionit do të jetë:

$$R_a = 13.709281 \cdot v^{-0.349059} \cdot f^{0.330163} \cdot d^{0.409065} \cdot \varphi^{-0.084255}$$

$$R_{a1(-1-1-1-1)} = 13.709281 \cdot 10^{-0.349059} \cdot 0.1^{0.330161} \cdot 8^{0.409065} \cdot 118^{-0.084255} =$$

$$R_{a2(-1-1-1+1)} = 13.709281 \cdot 10^{-0.349059} \cdot 0.1^{0.330161} \cdot 8^{0.409065} \cdot 135^{-0.084255} =$$

$$R_{a3(-1-1+1-1)} = 13.709281 \cdot 10^{-0.349059} \cdot 0.1^{0.330161} \cdot 12^{0.409065} \cdot 118^{-0.084255} =$$

$$R_{a4(-1-1+1+1)} = 13.709281 \cdot 10^{-0.349059} \cdot 0.1^{0.330161} \cdot 12^{0.409065} \cdot 135^{-0.084255} =$$

$$R_{a5(-1+1-1-1)} = 13.709281 \cdot 10^{-0.349059} \cdot 0.3^{0.330161} \cdot 8^{0.409065} \cdot 118^{-0.084255} =$$

$$R_{a6(-1+1-1+1)} = 13.709281 \cdot 10^{-0.349059} \cdot 0.3^{0.330161} \cdot 8^{0.409065} \cdot 135^{-0.084255} =$$

$$R_{a7(-1+1+1-1)} = 13.709281 \cdot 10^{-0.349059} \cdot 0.3^{0.330161} \cdot 12^{0.409065} \cdot 118^{-0.084255} =$$

$$R_{a8(-1+1+1+1)} = 13.709281 \cdot 10^{-0.349059} \cdot 0.3^{0.330161} \cdot 12^{0.409065} \cdot 135^{-0.084255} =$$

$$R_{a9(+1-1-1-1)} = 13.709281 \cdot 25^{-0.349059} \cdot 0.1^{0.330161} \cdot 8^{0.409065} \cdot 118^{-0.084255} =$$

$$R_{a10(+1-1-1+1)} = 13.709281 \cdot 25^{-0.349059} \cdot 0.1^{0.330161} \cdot 8^{0.409065} \cdot 135^{-0.084255} =$$

$$R_{a11(+1-1+1-1)} = 13.709281 \cdot 25^{-0.349059} \cdot 0.1^{0.330161} \cdot 12^{0.409065} \cdot 118^{-0.084255} =$$

$$R_{a12(+1-1+1+1)} = 13.709281 \cdot 25^{-0.349059} \cdot 0.1^{0.330161} \cdot 12^{0.409065} \cdot 135^{-0.084255} =$$

$$R_{a13(+1+1-1-1)} = 13.709281 \cdot 25^{-0.349059} \cdot 0.3^{0.330161} \cdot 8^{0.409065} \cdot 118^{-0.084255} =$$

$$R_{a14(+1+1-1+1)} = 13.709281 \cdot 25^{-0.349059} \cdot 0.3^{0.330161} \cdot 8^{0.409065} \cdot 135^{-0.084255} =$$

$$R_{a15(+1+1+1-1)} = 13.709281 \cdot 25^{-0.349059} \cdot 0.3^{0.330161} \cdot 12^{0.409065} \cdot 118^{-0.084255} =$$

$$R_{a16(0 \ 0 \ 0 \ 0)} = 13.709281 \cdot 25^{-0.349059} \cdot 0.3^{0.330161} \cdot 12^{0.409065} \cdot 135^{-0.084255} =$$

Tab.6.18. Llogaritja për analizë dispersive për R_a

Nr	Vlera eksperimentale		Vlera te llogaritmuara		$(Y - \hat{Y})$	$(Y - \hat{Y})^2$
	R_a	$Y = \ln R_a$	$R_a \text{Log}$	$\ln R_a \text{log}$		
1	7.688	2.03966067	4.494162	1.502779	0.536881	0.288241588
2	3.653	1.29554875	4.443487	1.491439	-0.19589	0.038373157
3	8.406	2.12894574	5.304953	1.668641	0.460305	0.21188054
4	2.904	1.0660891	5.245135	1.657301	-0.59121	0.349531525
5	7.703	2.04160986	6.459168	1.8655	0.176109	0.031014527

6	5.499	1.70456626	6.386335	1.854161	-0.14959	0.022378453
7	6.788	1.91515635	7.624464	2.031362	-0.11621	0.013503761
8	6.699	1.90195826	5.474947	1.700183	0.201776	0.040713413
9	1.255	0.22713557	3.263955	1.18294	-0.9558	0.913561705
10	5.121	1.63334973	3.227152	1.1716	0.46175	0.21321291
11	3.866	1.35222038	3.852805	1.348801	0.003419	1.16896E-05
12	5.055	1.62037785	3.809361	1.337461	0.282916	0.080041672
13	4.823	1.57339614	4.691071	1.545661	0.027735	0.000769242
14	5.132	1.63549545	4.638175	1.534321	0.101174	0.010236263
15	4.862	1.58144988	5.537386	1.711523	-0.13007	0.016918889
16	6.763	1.91146658	5.474947	1.700183	0.211284	0.044640915

6.4.3 Zgjedhja e planit experimental

Zgjedhja e planit experimental bëhet duke gjindur koeficientin e regresionit të shumefishte për të dy modelet.

- Për modelin e parë

$$R = \sqrt{1 - \frac{\sum_{j=1}^n (Y_j^E - \bar{Y}^R)^2}{\sum_{j=1}^n (Y_j^E - \bar{Y}^E)^2}}$$

Ku janë:

Y_j^E - Vlerat e rezultateve experimentale

\bar{Y}^R - Vlerat e llogaritura nga modeli i fituar dhe

\bar{Y}^E - Mesatarja aritmetike e të gjitha vlerave experimentale

Tab.6.19. Llogaritja e koeficientit të regresionit të modelit me përsëritje

Nr	$R_{a_{teorike}}$	$\bar{Y}^R = \text{Log}R_{a_{teorike}}$	$(Y_j^E - \bar{Y}^R)$	$(Y_j^E - \bar{Y}^R)^2$	Y_j^E	$(Y_j^E - \bar{Y}^E)$	$(Y_j^E - \bar{Y}^E)^2$
1	4.777232	1.563861	0.47579940	0.226385078	1.66293	0.376760672	0.1419486
2	4.723365	1.552521	-0.2569726	0.066034928	1.66293	-0.36735125	0.1349469
3	5.639091	1.729723	0.3992228	0.159378916	1.66293	0.466045737	0.2171986
4	5.575505	1.718383	0.65229385	0.425487275	1.66293	-0.59681090	0.3561833
5	6.866005	1.926582	0.11502747	0.013231319	1.66293	0.378709863	0.1434212
6	6.788585	1.915242	-0.21067624	0.044384478	1.66293	0.041666258	0.0017361
7	8.104699	2.092444	-0.17728762	0.031430903	1.66293	0.252256347	0.0636333
8	5.819792	1.761265	0.140693706	0.019794719	1.66293	0.239058262	0.0571489
9	3.469539	1.244022	-1.01688616	1.034057469	1.66293	-1.43576442	2.0614195
10	3.430417	1.232682	0.40066789	0.160534758	1.66293	-0.02955026	0.0008732
11	4.095478	1.409883	-0.05766294	0.003325015	1.66293	-0.31067961	0.0965218
12	4.049298	1.398543	0.22183442	0.049210512	1.66293	-0.04252214	0.0018081
13	4.986543	1.606743	-0.03334672	0.001112004	1.66293	-0.08950385	0.0080109
14	4.930315	1.595403	0.04009247	0.001607407	1.66293	-0.02740455	0.000751
15	5.886164	1.772604	-0.1911545	0.036540071	1.66293	-0.08145012	0.0066341
16	5.819792	1.761265	0.15020202	0.022560648	1.66293	0.248566579	0.0617853
17	4.962643	1.601939	0.0074994	5.6241E-05	1.66293	-0.05346208	0.0028582
18	4.962643	1.601939	0.15695335	0.024634355	1.66293	0.095991866	0.0092144
19	4.962643	1.601939	0.33795356	0.114212611	1.66293	0.276992077	0.0767246
20	4.962643	1.601939	-0.02812777	0.000791172	1.66293	-0.08908926	0.0079369
21	4.962643	1.601939	0.15436647	0.023829009	1.66293	0.093404988	0.0087245
22	4.962643	1.601939	0.34397163	0.118316487	1.66293	0.283010149	0.0800947
23	4.962643	1.601939	0.51744463	0.267748951	1.66293	0.456483149	0.2083769
24	4.962643	1.601939	-0.02378489	0.000565721	1.66293	-0.08474637	0.0071819

$$\sum_{j=1}^n (Y_j^E - \bar{Y}^R)^2 = 2.845230046$$

$$\sum_{j=1}^n (Y_j^E - \bar{Y}^E)^2 = 3.7551329$$

$$R_{24} = \sqrt{1 - \frac{\sum_{j=1}^n (Y_j^E - \bar{Y}^R)^2}{\sum_{j=1}^n (Y_j^E - \bar{Y}^E)^2}} = 0.4922490717$$

Ku është plotësuar kushti:

$$0 \leq R \leq 1 \quad \rightarrow \quad 0 \leq 4922490717 \leq 1$$

- **Për modelin e dytë**

$$R = \sqrt{1 - \frac{\sum_{j=1}^n (Y_j^E - \bar{Y}^R)^2}{\sum_{j=1}^n (Y_j^E - \bar{Y}^E)^2}}$$

Ku janë:

Y_j^E - Vlerat e rezultateve experimentale

\bar{Y}^R - Vlerat e llogaritura nga modeli i fituar dhe

\bar{Y}^E - Mesatarja aritmetike e të gjitha vlerave experimentale

$$\sum_{j=1}^n (Y_j^E - \bar{Y}^R)^2 = 2.27503025$$

$$\sum_{j=1}^n (Y_j^E - \bar{Y}^E)^2 = 3.294243866$$

$$R_{24} = \sqrt{1 - \frac{\sum_{j=1}^n (Y_j^E - \bar{Y}^R)^2}{\sum_{j=1}^n (Y_j^E - \bar{Y}^E)^2}} = 0.5562304186$$

Tab.6.20. Llogaritja e koeficientit të regresionit të modelit pa përsëritje

Nr	$R_{a_{teorike}}$	$\bar{Y}^R = \text{Log}R_{a_{teorike}}$	$(Y_j^E - \bar{Y}^R)$	$(Y_j^E - \bar{Y}^R)^2$	Y_j^E	$(Y_j^E - \bar{Y}^E)$	$(Y_j^E - \bar{Y}^E)^2$
1	4.494162	1.502779	0.536881354	0.288241588	1.601777	0.43788401	0.191742407
2	4.443487	1.491439	-0.19589067	0.038373157	1.601777	-0.30622791	0.093775534
3	5.304953	1.668641	0.46030483	0.21188054	1.601777	0.52716907	0.277907235
4	5.245135	1.657301	-0.5912119	0.349531525	1.601777	-0.53568756	0.286961165
5	6.459168	1.8655	0.1761094	0.031014527	1.601777	0.43983320	0.193453247
6	6.386335	1.854161	-0.1495942	0.022378453	1.601777	0.10278959	0.010565701
7	7.624464	2.031362	-0.1162056	0.013503761	1.601777	0.31337968	0.098206828
8	5.474947	1.700183	0.20177565	0.040713413	1.601777	0.30018160	0.090108994
9	3.263955	1.18294	-0.9558042	0.913561705	1.601777	-1.37464108	1.88963812
10	3.227152	1.1716	0.4617498	0.21321291	1.601777	0.03157307	0.000996859
11	3.852805	1.348801	0.0034190	1.16896E-05	1.601777	-0.24955627	0.062278337
12	3.809361	1.337461	0.282916	0.080041672	1.601777	0.01860119	0.000346004
13	4.691071	1.545661	0.027735	0.000769242	1.601777	-0.02838051	0.000805454
14	4.638175	1.534321	0.101174	0.010236263	1.601777	0.03371878	0.001136957
15	5.537386	1.711523	-0.130072	0.016918889	1.601777	-0.02032678	0.000413178
16	5.474947	1.700183	0.2112839	0.044640915	1.601777	0.30968991	0.095907846

Ku është plotësuar kushti:

$$0 \leq R \leq 1 \quad \rightarrow \quad 0 \leq 0.5562304186 \leq 1$$

Kështu vijmë në përfundim së plani i modelit të dytë për R_a është më i mirë dhe kështu zgjidhet modeli i dytë, ngasë koeficienti i regresionit të modelit të dytë është më i madhë së i modelit të parë.

Meqenëse $R_{(16)} > R_{(24)}$, pranohet modeli i dytë së është më i përshtatshëm se modeli i parë me planin eksperimental respektiv $R_{16} > R_{24}$.

7.0 KUSHTET GJATË REALIZIMIT TË EKSPERIMENTIT

7.1.1. Materiali i eksaminuar

Hulumtimet eksperimentale janë bërë në modelin e çelikut sipas standardit EN 1.0038 (EN 10250-2), me dimensione $B \times L \times H = 100 \times 100 \times 10$ mm. Karakteristikat kimike dhe mekanike të materialit të përpunuar janë dhënë në tabelën 5.1, në bazë të analizave të bëra në FABRIKËN E PAJIMEVE XEHETARE në Palaj me spektrometrin e tipit METOREX ARC-MET930. GMBH R3461, V6757/1/005, figura 7.1, dhe me aparatën për matjen e fortësisë të tipit KRAUTKRÄMER-MIC.10.DL, fig. 7.2. Rezultatet tregojnë që parametrat e fituar gjenden në kufijtë e lejuar sipas standardit (ISO-583) tabela 5.1.



Fig.7.1.Spektrometri dhe aparati për matjen e fortësisë

Tab.7.1. Karakteristikat kimike të çelikut EN 1.0038 (EN 10250-2)

<i>Përbërja kimike</i>					
C[%]	Mn C[%]	S [%]	Cr[%]	Ni[%]	P[%]
0.16-0.178	1.35-1.45	0.032	0.34-0.36	0.06	0.034

Ku vetitë mekanike të materialit EN 1.0038 (EN 10250-2) janë:

- Qëndrueshmëria në tërheqje – 350-510 [MPa]
- Fortësia – 240-250 [N/mm²]

7.2. Karakteristikat e makinës metalprerëse

Makina me të cilën u realizua eksperimenti hulumtues është makinë frezuese KNUTH X.mill 900 CNC në FSHTA Mitrovicë fig. 7.2.

Karakteristikat e makinës janë:

1. Fuqia
 - $P = 10$ [KW]
2. Dimensionet e tavolinës së punës
 - 950×550 [mm]
3. Zhvendosja gjatësore e aksit –X
 - 850 [mm]
4. Zhvendosja tërthore e aksit –Y
 - 550 [mm]
5. Zhvendosja vertikale
 - 550 [mm]
6. Numri i rrotullimeve
 - 8000 [rr/min]
7. Hapi i shpejtë X
 - 24000 [mm/min]
8. Hapi punues Y
 - $5-10000$ [mm/min]
9. Hapi punues Z
 - $5-10000$ [mm/min]
10. Hapi punues X
 - $5-10000$ [mm/min]
11. Motori kryesor
 - $11/15$ [kW]



Fig. 7.2. Makina CNC frezuese X.mill 900 KNUTH

7.2. Instrumenti metalprerës

Për realizimin e eksperimentit janë përdorur puntot prej çeliku shpejtprerës HSS (High Speed Steel) DIN 338, A1211TiN, të veshura me shtresë TiN me shënimet e vendosura në tab.7.2.

Për instrumentin metalprerës konkretisht është folur në kapitullin e 3.

Tab. 7.2. Të dhënat e instrumentit prerës.

DIN	d_1 [mm] h8	l_1 [mm]	l_2 [mm]	ϕ (°)
1	8	117	75	118
2	10	133	87	125
3	12	151	101	135

7.3. Matja e ashpërsisë së sipërfaqes

Matja e parametrave të ashpërsisë së sipërfaqes është bërë me aparatit HADRON, SRT-6210.

Rezultatet e matura lexohen në mënyrë digjitale në LCD display-in. Leximi i parametrave të ashpërsisë bëhet njëkohësisht, ku në LCD paraqiten në mënyrë alternative parametrat R_a , R_z , R_q dhe R_t figura 7.3.

Zgjedhja e gjatësisë matëse është $l=0.8$ mm, me shpejtësi $V_t = 0.135$ mm/s, e cila e përshkon maja shkruese.



Fig. 7.3. Aparati për matjen e ashpërsisë HADRON, SRT-6210

7.4. Zgjedhja e regjimeve të prerjës

Para fillimit të realizimit të eksperimentit duhet të zgjidhen regjimet e prerjes dhe intervali i ndryshimit të tyre në modelin e zgjedhur matematikor. Zgjedhja e regjimeve bëhet në bazë të karakteristikave të materialit që përpunohet, materialit të instrumentit, makinës metalprerëse, qëllimit të eksperimentit dhe synimeve të tij.

Prandaj, në bazë të kësaj që u cek më lart dhe nevojave të prodhimit janë përvetësuar regjimet e prerjes të dhëna në tabelen 7.4. ku gjatë zgjedhjes së intervalit të ndryshimit të madhësive është tentuar që të plotësohet kushti i nevojshëm :

$$X_i^2 = X_{\min} \cdot X_{\max}$$

Tab. 7.2. Regjimet e përpunimit.

Karakteristikat e madhësive të ndrysheshme të pavarura					
Nr	Madhësitë	Niveli Kodi	Maksimal	Mesatar	Minimal
			+1	0	-1
1	v (m/s)	X ₁	25	19.5	10
2	f (mm/rrot)	X ₂	0.3	0.175	0.1
3	d (mm)	X ₃	12	10	8
4	φ (°)	X ₄	135	125	118

8.0. REZULTATET EXPERIMENTALE

Vlerat e matura eksperimentale të ashpërsisë së sipërfaqes së përpunuar (R), për çelikut EN 1.0038 (EN 10250-2) me aplikimin e puntove prej çeliku shpejtprerës të veshura me shtresë TiC janë dhënë në tabelën 8.1.

Ku llogaritja e koeficientëve dhe e konstantes së modelit matematikor të ashpërsisë së sipërfaqes së përpunuar është bërë në kapitullin e 6'të dhe janë fituar modelet empirike të formës:

$$R_a = 14.572774 \cdot v^{-0.349059} \cdot f^{0.330163} \cdot d^{0.409065} \cdot \varphi^{-0.084255}$$

$$R_z = 126.015384 \cdot v^{-0.315663} \cdot f^{0.330811} \cdot d^{0.419661} \cdot \varphi^{-0.269113}$$

$$R_q = 28.74057 \cdot v^{-0.364539} \cdot f^{0.317127} \cdot d^{0.3905218} \cdot \varphi^{-0.190697}$$

$$R_t = 134.1555555 \cdot v^{-0.326053} \cdot f^{0.345073} \cdot d^{0.190023} \cdot \varphi^{-0.159016}$$

Tab 8.1. Vlerat e matura experimentale për ashpërsinë e sipërfaqes R

Plani experimental i rëndit të parë katër faktorësh								
Ndryshoret e pavarura					Vlerat experimentale të matura			
Nr.	vc (m/s)	f (mm/rr)	a (mm)	φ (°)	R _a (μm)	R _z (μm)	R _q (μm)	R _t (μm)
1	10	0.1	8	118	7.688	30.635	9.226	30.752
2	10	0.1	8	135	3.653	14.264	4.018	18.265
3	10	0.1	12	118	8.406	32.562	9.500	33.624
4	10	0.1	12	135	2.904	11.028	3.194	8.000
5	10	0.3	8	118	7.703	30.112	8.473	30.812
6	10	0.3	8	135	5.499	20.961	6.049	24.746
7	10	0.3	12	118	6.788	27.312	7.467	27.152
8	10	0.3	12	135	6.699	25.932	7.369	26.796
9	25	0.1	8	118	1.255	5.132	1.381	5.648
10	25	0.1	8	135	5.121	20.532	5.633	19.460
11	25	0.1	12	118	3.866	15.399	4.253	15.077
12	25	0.1	12	135	5.055	20.245	5.561	22.242
13	25	0.3	8	118	4.823	19.320	5.305	19.292
14	25	0.3	8	135	5.132	19.889	5.645	20.528
15	25	0.3	12	118	4.862	20.354	5.348	19.448
16	25	0.3	12	135	6.763	26.995	7.439	27.052
17	19.5	0.175	10	125	5	20.132	5.500	20.000
18	19.5	0.175	10	125	5.806	23.120	6.387	23.224
19	19.5	0.175	10	125	6.958	26.989	7.654	27.832
20	19.5	0.175	10	125	4.825	19.236	5.308	19.300
21	19.5	0.175	10	125	5.791	23.523	6.660	23.164
22	19.5	0.175	10	125	7	28.226	7.700	28.000
23	19.5	0.175	10	125	8.326	32.993	9.159	37.467
24	19.5	0.175	10	125	4.846	19.299	5.331	19.384

9.0. ANALIZA DHE VLERËSIMI I REZULTATEVE TË FITUARA

Në bazë të shqyrtimeve teorike të shtjelluara, eksperimentit të planifikuar dhe të zbatuar, të karakteristikave të zgjedhura të parametrave hyrës të sistemit përpunues, metodës matëse, modeleve matematikore të aplikuara, metodologjisë së përpunimit të të dhënave, verifikimit të modeleve të aplikuara vihet deri te definimi i parametrave dalës të sistemit - ashpërsisë së sipërfaqes së përpunuar R_a , R_z , R_q , R_t , si dhe shkallës së ndikimit të parametrave hyrës të pavarur si; shpejtësisë së prerjes (v_c), hapit (f), diametrit të puntos (d) dhe fortësisë së materialit (h).

Siç shihet nga analiza dispersive e zbatuar në kapitullin e 6'të si dhe nga ekuacionet e fituara, jo të gjithë parametrat e plotësojnë kushtin

$F_{ri} > F_t = 5.59$, çka d.m.th. së jo të gjithë parametrat hyrës janë signifikant.

e) Për R_a

$$F_{r(b_0)} = \frac{S_{b_0}}{S_E^2} = \frac{66.367749}{0.07859351} = 844.443122 \geq F_t = 5.59$$

e plotëson kushtin

$$F_{r(b_1)} = \frac{S_{b_1}}{S_E^2} = \frac{0.40919}{0.07859351} = 5.206409 \geq F_t = 5.59$$

nuk e plotëson kushtin

$$F_{r(b_2)} = \frac{S_{b_2}}{S_E^2} = \frac{0.526268}{0.07859351} = 6.6960745 \geq F_t = 5.59$$

e plotëson kushtin

$$F_{r(b_3)} = \frac{S_{b_3}}{S_E^2} = \frac{0.11004}{0.07859351} = 1.4001156 \geq F_t = 5.59$$

nuk e plotëson kushtin

$$F_{r(b_4)} = \frac{S_{b_4}}{S_E^2} = \frac{0.000514}{0.07859351} = 0.0065399 \geq F_t = 5.59$$

nuk e plotëson kushtin

a) Për R_z

$$F_{r(b_0)} = \frac{S_{b_0}}{S_E^2} = \frac{221.941716}{0.07542} = 2942.741877 \geq F_t = 5.59$$

e plotëson kushtin

$$F_{r(b_1)} = \frac{S_{b_1}}{S_E^2} = \frac{0.334639}{0.07542} = 4.4370036 \geq F_t = 5.59$$

nuk e plotëson kushtin

$$F_{r(b_2)} = \frac{S_{b_2}}{S_E^2} = \frac{0.48553}{0.07542} = 6.4376787 \geq F_t = 5.59$$

e plotëson kushtin

$$F_{r(b_3)} = \frac{S_{b_3}}{S_E^2} = \frac{0.115814}{0.07542} = 1.53558 \geq F_t = 5.59$$

nuk e plotëson kushtin

$$F_{r(b_4)} = \frac{S_{b_4}}{S_E^2} = \frac{0.000514}{0.07542} = 0.00681516 \geq F_t = 5.59$$

nuk e plotëson kushtin

b) Për R_q

$$F_{r(b_0)} = \frac{S_{b_0}}{S_E^2} = \frac{74.753878}{0.079162} = 944.317729 \geq F_t = 5.59$$

e plotëson kushtin

$$F_{r(b_1)} = \frac{S_{b_1}}{S_E^2} = \frac{0.446288}{0.079162} = 5.6376696 \geq F_t = 5.59$$

e plotëson kushtin

$$F_{r(b_2)} = \frac{S_{b_2}}{S_E^2} = \frac{0.48553}{0.079162} = 6.133388 \geq F_t = 5.59$$

e plotëson kushtin

$$F_{r(b_3)} = \frac{S_{b_3}}{S_E^2} = \frac{0.100288}{0.079162} = 1.266873 \geq F_t = 5.59$$

nuk e plotëson kushtin

$$F_{r(b_4)} = \frac{S_{b_4}}{S_E^2} = \frac{0.002634}{0.079162} = 0.03327354 \geq F_t = 5.59$$

nuk e plotëson kushtin

c) Për R_t

$$F_{r(b_0)} = \frac{S_{b_0}}{S_E^2} = \frac{224.503785}{0.093333} = 2405.399509 \geq F_t = 5.59$$

e plotëson kushtin

$$F_{r(b_1)} = \frac{S_{b_1}}{S_E^2} = \frac{0.357030}{0.093333} = 3.825324 \geq F_t = 5.59$$

nuk e plotëson kushtin

$$F_{r(b_2)} = \frac{S_{b_2}}{S_E^2} = \frac{0.574873}{0.093333} = 6.1593755 \geq F_t = 5.59$$

e plotëson kushtin

$$F_{r(b_3)} = \frac{S_{b_3}}{S_E^2} = \frac{0.023745}{0.093333} = 0.2544198 \geq F_t = 5.59$$

nuk e plotëson kushtin

$$F_{r(b_4)} = \frac{S_{b_4}}{S_E^2} = \frac{0.001832}{0.093333} = 0.0196286 \geq F_t = 5.59$$

nuk e plotëson kushtin

Mirëpo nga analiza dispersive mund të konstatohet se modeli empirik i zgjedhur i formës eksponenciale është adekuat dhe e plotëson kushtin $F_{RLF} \leq F_t$.

Nga analiza e modeleve matematikore të fituara në kapitullin e 6'të shihet së ndikimin më të madh në funksionet e parashikuara e kanë

R_a – për diametrin e instrumentit prerës d (0.409), për shpejtësinë e prerjës v_c (-0.349), për hapin punues f (0.3301), dhe për këndin e majës së instrumentit φ (-0.084)

R_z – për diametrin e instrumentit prerës d (0.419), për hapin punues f (0.3308), për shpejtësinë e prerjës v_c (-0.315) dhe për këndin e majës së instrumentit φ (-0.269)

R_q – për diametrin e instrumentit prerës d (0.3905), për shpejtësinë e prerjës v_c (-0.364), për hapin punues f (0.317) dhe për këndin e majës së instrumentit φ (-0.190)

R_t – për hapin punues f (0.345), për shpejtësinë e prerjës v_c (-0.326), për diametrin e instrumentit prerës d (0.190) dhe për këndin e majës së instrumentit φ (-0.159).

Treguesit eksponencial me parashenjë pozitive tregojnë se me rritjen e parametrit gjegjës rritet ashpërsia e sipërfaqes së përpunuar ndërsa treguesit me parashenjë negative tregojnë se me rritjen e vlerës negative zvogëlohet ashpërsia.

10.0. Përfundimi

Në bazë të hulumtimeve të nevojshme teorike dhe eksperimentale laboratorike, të kryera dhe rezultateve të fituara mund të nxirren këto konstatime:

- Përpunueshmërinë e materialit nuk e përcakton një kriter i vetëm universal, por disa kritere parciale të përpunueshmërisë.
- Përpunueshmëria është aq më e mirë, sa më shumë kritere ose funksione të përpunueshmërisë të kenë arritur ndikim më të madh pozitiv.
- Analiza statistikore e modeleve matematikore, vërteton zgjedhjen e drejtë të formës eksponenciale të funksioneve me të cilat përshkruhen dukuritë e hulumtuara fizike të procesit me heqje ashkle.
- Ndryshimi i parametrave të pavarur të regjimit të përpunimit kanë ndikim të ndryshëm në dukuritë fizike të procesit me heqje ashkle konkretisht në ashpërsinë e sipërfaqes së përpunuar ku në përgjithësi diametri i instrumentit prerës ka ndikimin më të madh prej të gjithë faktorëve të pavarur të ndryshueshëm, mandej vie shpejtësia, hapi prerës dhe këndi i majës së instrumentit prerës.

11.0 Literatura

- [1] [Škorić, Stephan: Istraživanje pogodnosti obrade ortogonalnim okruglim glodanjem, Doktorska disertacija, FSB,Zagreb, 2002.
- [2] J.Pradeep Kumar, P.Packiaraj,effect of drilling parameters on surface roughness, tool wear, material removal rate and hole diameter error in drilling of ohns
- [1] www.fsb.unizg.hr/kas, pristupljeno 05.10.2014.
- [2] Schneider, George: Cutting tool application, GMRS Associates, 2002.
- [3] Ekinović, S.: Obrada rezanjem, Dom štampe, Zenica, 2001.
- [4] Škorić, S.: Istraživanje pogodnosti obrade ortogonalnim okruglim glodanjem, Doktorska disertacija, FSB, 2002.
- [5] Šavar, Š.: Obrada odvajanjem čestica, II dio, Zagreb, 1978.
- [6] http://me.emu.edu.tr/me364/ME364_cutting_forces.pdf, pristupljeno 05.10.2014.
- [7] Šavar, Š.: Obrada odvajanjem čestica, I dio, Zagreb, 1977.
- [8] Malagi, R.: Factors Influencing Cutting Forces in Turning and Development of Software to Estimate Cutting Forces in Turning, International Journal of Engineering and Innovative Technology, Volume 2, Issue 1, srpanj 2012.
- [9] Markopoulos, A. P.: Finite element method in machining processes, Springer London, 2013.
- [10] M. P. Groover; Fundamentals of Modern Manufacturing 2e ©2002 John Wiley & Sons,
- [11] Graham T. Smith; utting Tool Technology, Industrial Handbook, Springer-Verlag London Limited 2008.
- [12] Kalpakjian, Schmid, Manufacturing Engeneering and Technology, Chapter 24, 2001
Prentice-Hall.
- [13] A.Rahman, A. Mamat, A. Wagiman;Effect of Machining Parameters on Hole Quality of Micro Drilling for Brass
- [14] V. Marinov; Manufacturing Technology, 6.4 Planing, Shaping and Broaching.

- [15] M. M. Atta; Production Engineering (1) ,Chapter 4 Chapter 4
<http://www.staff.zu.edu.eg>
- [16] Machines Fundamentals-<http://www.staff.zu.edu.eg>
- [17] M. A. Boboulos-Manufacturing Processes-and-Materials-Exercises,Ventus Publishing
ApS 2010.
- [18] V. P. Astakhov; METAL CUTTING THEORY, <http://viktorastakhov.tripod.com>
- [19] Basic Components of surface Topography
- [20] ZYGO- Surface Texture Parameters
- [21] ASME B46 Committee – Surface Texture , International Joint
Tribology.com/category/ijcet
- [22] Fertigungstechnik 1 – Kapitel 7 – Fertigungsverfahren Bohren
- [23] Avdyl Bunjaku – Përpunim me prerje, 2002
- [24] Dipl.-Ing. S.Jung Oberflächenbeurteilung – Rauheitsmeßung
- [25] Dipl.-Ing (FH) Meinke – Oberflächenmesstechnik
- [26] Perthometer – Surface texture parameters
- [27] Rauheitsmaße bei Oberflächen von nichtrostendem Stahl
- [28] Prof. Dr.-Ing. Willi Rößner – Oberflächen und Kanten
- [29] Prof. Dr.-Ing. J. Seewig ,Dipl.-Techninform. C.Wiehr, Dr.-Ing. S. Gröger –
Charakterisierung technischer Bauteiloberflächen
- [30] Prof. Dr-Ing. W.Homberg – Grundlagen der Fertigungstechnik 2003
- [31] Prof. Dr-Ing. V.Wesling, Dr.Ing. R.Reiter – Fertigungstechnik 2
- [32] Instrumente metalprerëse Puntot – Prof . Dr Nexhat Qehaja
- [33] Grundlagen der Fertigungstechnik-Spanen mit geometrisch bestimmter
Schneide
- [34] Fritz Klocke · Wilfried König - Fertigungsverfahren 1 Drehen, Fräsen, Bohren