

**UNIVERSITETI I PRISHTINËS “HASAN PRISHTINA”  
FAKULTETI I INXHINIERISË MEKANIKE  
PRISHTINË**



**PUNIM MASTERI**

*Mentori:*  
Prof. Asoc. Dr. Nexhat Qehaja

*Kandidatja:*  
Shkelqesa Jasiqi

Prishtinë, 2017

**UNIVERSITETI I PRISHTINËS “HASAN PRISHTINA”  
FAKULTETI I INXHINIERISË MEKANIKE  
PRISHTINË**



# **P U N I M   M A S T E R I**

Tema:

**Hulumtimi eksperimental i jetëgjatësisë së instrumentit prerës në funksion të fortësisë së materialit dhe parametrave të përpunimit gjatë tornimit të çelikut 42CrMo4**

***EXPERIMENTAL RESEARCH OF CUTTING TOOL LIFE IN FUNCTION OF MATERIAL HARDNESS AND PROCESSING PARAMETERS DURING THE TURNING OF 42CRMO4 STEEL***

*Mentori:*  
Prof. Asoc. Dr. Nexhat Qehaja

*Kandidatja:*  
Shkelqesa Jasiqi

Prishtinë, 2017

## Përmbajtja

<b>1.0. HYRJE</b> .....	<b>5</b>
<b>2.0. BAZAT E PËRPUNUMIT ME PRERJE</b> .....	<b>8</b>
2.1. Definicioni i përpunueshmërisë së materialeve.....	8
2.2. Kriteret, metodat dhe funksionet e përpunueshmërisë .....	9
2.2.1. Kriteret e përpunueshmërisë .....	9
2.2.2. Metodat dhe funksionet e përpunueshmërisë .....	12
2.3. Modelimi matematikor i funksioneve të përpunueshmërisë .....	17
2.3.1. Funksionet e përpunueshmërisë .....	17
2.4. Vetitë e instrumentit metalprerës .....	18
2.4.1. Materialet e instrumenteve metalprerëse.....	18
2.5. Vetitë fiziko - mekanike të materialeve për instrumente prerëse .....	21
2.6. Çeliqet shpejtprerëse .....	26
2.7. Metalet e forta .....	28
2.8. Konstruktimi i instrumenteve prerëse për përpunim me heqje ashkle.....	29
2.9. Zgjedhja e instrumentit prerës.....	30
2.9.1. Qëllimi i instrumentit prerës .....	30
2.9.2. Zgjedhja e llojit dhe formës së instrumentit dhe skemat kinematike të prerjes .....	32
2.9.3. Rregullat për zgjedhjen e instrumentit prerës .....	34
2.10. Faktorët të cilët mundësojnë prerje të mirë dhe shkallë të lartë të shfrytëzimit të instrumentit prerës .....	35
2.11. Zgjedhja e materialit për konstruktimin e instrumentit prerës .....	35
2.12. Zgjedhja e gjeometrisë të pjesëve prerëse, largimi i ashklave dhe nxehtësisë .....	38
2.12.1. Gjeometria e pjesëve prerëse .....	38
2.12.2. Gjeometria statike e instrumenteve prerëse .....	39
2.12.3. Varësia e këndeve nga saktësia e vendosjes së instrumentit prerës .....	44

2.12.4 Gjeometria kinematike e instrumenteve prerëse .....	47
<b>3.0. KONSUMI I INSTRUMENTEVE METALPRERËSE .....</b>	<b>52</b>
3.1. Qëndrueshmëria e instrumentit prerës .....	57
<b>4.0. BAZAT E TEORISË SË EKSPERIMENTEVE DHE MODELIMIT NUMERIK</b>	
<b>TË PROCESIVE TË PËRPUNIMIT ME PRERJE .....</b>	<b>60</b>
4.1. Zhvillimi i teorisë së eksperimenteve .....	60
4.1.1. Vështrim historik i zhvillimit të eksperimentit .....	61
4.2. Eksperimentet inxhinierike .....	62
4.2.1. Hapat e planifikimit të eksperimentit .....	64
4.3. Definimi i plan matricës së eksperimentit.....	65
4.3.1. Shtrimi i problemit .....	65
4.3.2. Formimi i modelit matematikor .....	66
4.3.3. Përcaktimi i parametrave të modelit .....	72
4.4. Llogaritja e koeficientëve të regresionit.....	81
4.5. Dekodimi i modelit matematikor .....	82
4.6. Vlerësimi i signifkancës së parametrave të modelit.....	84
4.7. Vërtetimi i adekuatshmërisë së modelit matematikor .....	87
<b>5.0. KUSHTET GJATË REALIZIMIT TË EKSPERIMENTIT .....</b>	<b>88</b>
5.1. Materiali i ekzaminuar .....	88
5.2. Karakteristika e makinës metalprerëse.....	89
5.3. Instrumenti metalprerës .....	89
5.4 Matja e konsumit të pllakave prerëse.....	90
5.4.1 Mikroskopi matës.....	90
5.4.2 Kriteri i dështimit të instrumentit .....	91
5.4.3. Zgjedhja e regjimeve të prerjes.....	92
<b>6.0. REZULTATET EKSPERIMENTALE.....</b>	<b>93</b>
<b>7.0. ANALIZA DHE VLERËSIMI I REZULTATEVE TË FITUARA.....</b>	<b>95</b>
<b>8.0. PËRFUNDIM .....</b>	<b>96</b>
<b>9.0. LITERATURA .....</b>	<b>97</b>

## 1.0. HYRJE

Në situatat praktike, koha në të cilën instrumenti prerës dështon në prodhimin e copave punuese të madhësisë së dëshiruar, cilësisë sipërfaqësore dhe tolerancave dimensionale të pranueshme, zakonisht përcakton fundin e “jetëgjatësisë” (qëndrueshmërisë) të atij instrumenti. Elementet themelore të sistemeve përpunuese janë makinat metalprerëse, instrumentet prerëse, pajisjet dhe copa përpunuese. Vend të veçantë zënë makinat metalprerëse.

Makina e parë metalprerëse ka qenë makina tornuese e konstruktuar nga H. Moudslay në vitin 1800 në të cilin është aplikuar zbulimi i parë i rëndësishëm, ku mbajtësi i instrumenteve është i vendosur në udhëzuesen gjatësore.

Wilkinson në vitin 1825 ka konstruktuar makinën tornuese me ramën dhe udhëzueset ku shumë shpejt këto dy lloje të makinave janë pajisur me dhëmbëzor të ndërrueshëm me të cilët kanë mundur të përpunohen spiralet dhe filetat.

Ndër shpikjet e reja të rëndësishme në zhvillimin e makinave tornuese janë mbajtësi i instrumenteve i vendosur në udhëzueset me të cilin është mundësuar lëvizja makinerike e hapit (ndihmëse) dhe grupi i dhëmbëzorëve të ndërrueshëm. Avancimi vijues është bërë me aplikimin e kokës revolverte (mbajtësi rrotullues me më shumë instrumente).

Në vitin 1891 është zbuluar transmetuesi i Nortonit për lëvizjen ndihmëse, ky transmetues është ruajtur deri më sot si një nga zgjedhjet e transmetuesit për lëvizje ndihmëse të makinave tornuese.

Më vonë paraqiten edhe variante të makinave tornuese vertikale, ndërsa dy zbulimet vijuese, shumë të rëndësishme janë makinat tornuese njëboshtore automatike (automatet njëboshtore) dhe automatet shumëboshtore.

Konceptet më të rëndësishme të ndryshimit të konstruksionit të makinave tornuese janë realizuar, me formën dhe pozitën e udhëzueseve, sistemit të drejtimit dhe pozitës, numrit të mbajtësit të instrumenteve.

Makinat tornuese konvencionale të cilat sot prodhohen e kanë ruajtur konceptin e parë të prodhimit: transmetuesit për lëvizje kryesore dhe ndihmëse, boshti kryesor, udhëzueset me mbajtësin e instrumenteve rrëshqitëse, mbajtësi i qendrës fundore e kështu me radhë.

Si drejtim i veçantë i zhvillimit të makinave tornuese mund të konsiderohet realizimi i të ashtuquajturës qendra për përpunim me tornim. Kjo makinë metalprerëse paraqet bashkimin e disa veprimeve, ku përveç tornimit mund të realizohet edhe shpimi dhe frezimi. Makina është e pajisur me tri grupe të instrumenteve:

Grupi I - instrumentet prerëse për tornim

Grupi II – instrumentet prerëse për shpim dhe frezim dhe

Grupi III – instrumentet prerëse për frezim.

Në të vërtetë kjo makinë nuk është vetëm makinë tornuese, por edhe frezuese.

Ashpërsia paraqet gabimet mikrogjeometrike të sipërfaqeve, d.m.th. jo rrafshinat në gjatësinë e vogël referente, gjatësinë referente në drejtimin e caktuar të sipërfaqes, mikrojjorrafshinat zakonisht janë më të mëdha në drejtim të realizimit të lëvizjes ndihmëse prandaj të gjitha shqyrtimet u përkasin atyre.

Me ashpërsi të sipërfaqeve të përpunuara nënkuptomë jo rrafshinat në gjatësinë e caktuar të vogël (gjatësia referente) në drejtimin e caktuar. Ashpërsia e sipërfaqeve lajmërohet në dy drejtime: në drejtim të lëvizjes kryesore (I) dhe në drejtim të lëvizjes ndihmëse (II). Jo rrafshinat të cilat krijohen në drejtim të lëvizjes kryesore kryesisht varen nga procesi i ndarjes së ashklave, krijimit të rritjes, vibrimeve etj. dhe vështirë përshkruhen matematikisht.

Të gjitha proceset e përpunimit me prerje në mënyrë të pashmangshme i shoqëron procesi i konsumit të tehut të instrumentit prerës. Procesi i konsumit shkaktohet si pasojë e ngarkesave të cilave instrumenti metalprerës u ekspozohet gjatë procesit të përpunimit.

Në këtë punim do të shpjegohen mekanizmat themelor tribologjik të konsumit, proceset tribologjike të cilat lajmërohen gjatë përpunimit me heqje ashkle (prerje, gdhendje) në sistemin tribologjik të instrumentit prerës dhe copës punuese.

Duke pasur parasysh kompleksitetin dhe numrin e madh të faktorëve ndikues (sasior dhe cilësor) në procesin e konsumit, përcaktimi i qëndrueshmërisë (jetëgjatësisë) së instrumentit metalprerës në ditët e sotme përcaktohet kryesisht me metoda eksperimentale.

Në këtë punim do të aplikohet metoda e planifikimit optimal të eksperimenteve për përcaktimin e modelit matematikor të varësisë funksionale të qëndrueshmërisë së instrumentit prerës (T) nga fortësia e materialit të copës punuese dhe parametrave ndikues të përpunimit; shpejtësisë së prerjes ( $V_c$ ), thellësisë së prerjes (a) dhe hapit punues (f) duke u bazuar në matjen e shiritit të konsumit sipas faqes së prapme të tehut prerës të instrumentit,

me aplikimin e pllakave prerëse prej MF mekanikisht të përforcuara gjatë tornimit të çelikut sipas standardit EN ( *42CRMO4+QT*), DIN (*42CRMO4V*).

Objektivi kryesor i testimit të qëndrueshmërisë së instrumentit dhe hulumtimit të konsumit është për të përcaktuar eksperimentalisht se si konsumi do të ndikojë në qëndrueshmërinë e instrumentit prerës. Në shumicën e rasteve konsumi i instrumentit në mënyrë graduale e ul aftësinë punuese të instrumentit deri sa ta bëjë atë të pa përdorshëm. Për shembull, ashpërsia e sipërfaqes së përpunuar bëhet shumë e lartë, forcat e prerjes dhe shkaktojnë devijime të pa tolerueshme ose vibracionet. Me rritjen e vlerës së konsumit tolerancat dimensionale nuk mund të mbahen në kufijtë e dëshiruar.

## **2.0. BAZAT E PËRPUNUMIT ME PRERJE**

### **2.1. Definicioni i përpunueshmërisë së materialeve**

Përpunimi me prerje (heqje ashkle) është proces i prodhimit me të cilin mund të prodhohen pjesë të dimensioneve dhe sipërfaqeve të dëshiruara me largim gradual të materialit të tepërt, në formën e ashklës me ndihmën e një vegje prerëse të mprehtë.

Nuk ekziston definicion universal për përpunueshmërinë e materialit. Ekzistojnë aq definicione të përpunueshmërisë së materialeve sa edhe teste me të cilat ajo përcaktohet. Kështu, ekzistojnë teste të cilat bazohen në forcat e prerjes, në energjinë e shpenzuar gjatë përpunimit, në kualitetin e sipërfaqes së përpunuar, qëndrueshmërisë së instrumentit prerës e kështu me radhë.

Përpunueshmëria vështirë definohet për arsye se është caktuar me shumë faktorë ndikues, ndërsa reflektohet si rezultat i ndikimeve të ndryshme të faktorëve vijues të procesit të prerjes:

- materialit dhe gjeometrisë së instrumentit prerës,
- materialit dhe gjeometrisë së copës punuese dhe
- mjeteve për ftohje dhe lubrifikim (MFL).

edhe atë në raport me parametrat e përpunimit ndërmjet veti.

Definicionet më shpesh të përmendura në literaturë janë:

- përpunueshmëria mund të merret si masë e vështirësive të cilat krijohen gjatë përpunimit me prerje të materialit të caktuar,
- përpunueshmëria paraqet lehtësi të përpunimit të materialit të dhënë të copës punuese,
- përpunueshmëria është grup i një numri të madh të vetive të materialit të copës punuese të cilat tregojnë se me çfarë suksesi mund të përpunohet materiali i caktuar,
- përpunueshmëria është karakteristikë e materialit të përpunuar e cila e tregon efektin e prodhueshmërisë dhe kualitetin e prodhimit,



- përpunueshmëria është një nga treguesit themelorë të teknologjisë së materialit dhe dallohet me një varg parametrash të cilët e caktojnë besueshmërinë e procesit të prerjes dhe kualitetin e sipërfaqes së përpunuar të copës punuese,
- përpunueshmëria e materialit nuk është veti e thjeshtë e brendshme e materialit dhe mund të shprehet vetëm pjesërisht përmes tri aspekteve të ndara vijuese:
  1. nga aspekti i instrumentit prerës – shprehet përmes raportit të sasisë së materialit të larguar dhe qëndrueshmëria e instrumentit,
  2. nga aspekti i makinës – shprehet me forcat e prerjes,
  3. nga aspekti i kualitetit të sipërfaqes së përpunuar.

Definicioni më i përshtatshëm i përpunueshmërisë do të ishte ai sipas të cilit materiali më i përpunueshëm është ai i cili lejon bartje të shpejtë të sasisë më të madhe të materialit me kualitet të përshtatshëm të sipërfaqes së përpunuar.

Duke i respektuar të gjitha definicionet e përmendura deri më tani në literaturë, mund të konstatohet se përpunueshmëria e materialit është karakteristika themelore teknologjike me të cilën shprehet përshtatshmëria e përpunimit të ndonjë materiali, ndërsa vlerësohet me një grup të kriterëve ose funksioneve të përpunueshmërisë “F<sub>p</sub>”, duke i shfrytëzuar gjatë këtij grupi metodat e hulumtimit të përpunueshmërisë.

## **2.2. Kriteret, metodat dhe funksionet e përpunueshmërisë**

### **2.2.1. Kriteret e përpunueshmërisë**

Përpunueshmëria e materialeve përshkruhet e bashkësisë së funksioneve themelore ose kriterëve të përpunueshmërisë të cilën e përbëjnë:

1. funksioni i qëndrueshmërisë së instrumentit prerës,
2. funksionet e forcave të prerjes,
3. funksionet e kualitetit të sipërfaqes së përpunuar,
4. funksionet e saktësisë së karakteristikave të kualitetit dhe
5. funksioni i formës së ashklave.

### **Forcat e prerjes**

Dy janë shkaqe pse për kriteret e përpunueshmërisë shfrytëzohen forcat e prerjes. I pari del nga definicioni i përpunueshmërisë i cili thotë se përpunueshmëria është lehtësim i përpunimit të ndonjë materiali që nënkupton se materiali nëpër të cilin instrumenti më lehtë

depërton ka përpunueshmëri më të mirë. Shkaku i dytë është i lidhur me çmimin e përpunimit të ndonjë materiali. Pasi që forcat e prerjes janë të lidhura drejtpërdrejtë me fuqinë, e me vetë këtë edhe me shpenzimin e energjisë, me material më të mirë të përpunueshëm konsiderohet ai për përpunimin e të cilit shpenzohet më pak energji.

Edhe pse si kriter i përpunueshmërisë mund të merret edhe forca e hapit të prerjes më së shpeshti merret edhe forca kryesore e prerjes pasi që ajo mundëson depërtimin e instrumentit në material dhe me vetë këtë e përcakton shpenzimin e energjisë.

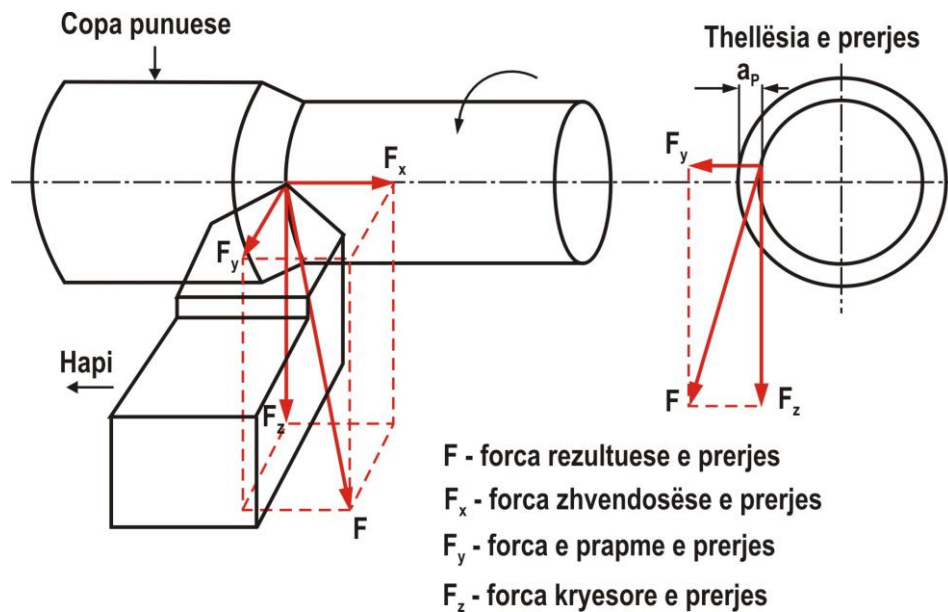


Fig. 2.1 Komponentet e forcës së prerjes te tornimi

Siç shihet në fig. 2.1 vektori i forcës rezultuese të prerjes ndahet në tri komponente të forcës së prerjes:

- $F_x$  – forca e hapit (zhvendosjes) e prerjes e cila vepron në drejtim të lëvizjes së zhvendosjes së instrumentit,
- $F_y$  – forca e prapme e prerjes e cila vepron në drejtimin normal në  $F_c$  dhe  $F_f$ .
- $F_z$  – forca kryesore e prerjes e cila përputhet me drejtimin e vektorit të shpejtësisë kryesore të prerjes,

Forca rezultuese e prerjes llogaritet përmes shprehjes:

$$F_R = \sqrt{F_x^2 + F_y^2 + F_z^2}$$

### **Kualiteti i sipërfaqes së përpunuar**

Kualiteti i sipërfaqes së përpunuar përcaktohet me një varg treguesish gjeometrik, fiziko-mekanik dhe kimik të cilët mund të krahasohen te përcaktimi i përpunueshmërisë së ndonjë materiali.

Një nga karakteristikat e sipërfaqes me të cilën vlerësohet kualiteti i saj pas përpunimit quhet ashpërsi. Asnjë proces i përpunimit me heqje ashkle nuk len sipërfaqe ideale të pastër por, për shkak të kontaktit, lëvizjes relative dhe ngarkesës së instrumentit dhe copës punuese ndërmjet veti gjatë procesit të prerjes, krijohet sipërfaqja e ashpër e definuar gjeometrikisht si jorrafshina.

Kualiteti i sipërfaqes së përpunuar varet nga:

- parametrat e përpunimit (hapi, shpejtësia e prerjes),
- gjeometria e instrumentit prerës,
- materiali i copës punuese dhe materiali i instrumentit,
- ngurtësia e sistemit makinë–instrument prerës–copë punuese.

### **Funksionet e saktësisë së karakteristikave të kualitetit**

Saktësia e përpunimit paraqet problem kompleks i cili mund të zërthehet duke i shqyrtuar faktorët e veçantë të lidhur me instrumentin prerës, copën përpunuese, makinën metalprerëse, regjimet e përpunimit etj.

### **Forma e ashklës së ndarë**

Përpunueshmëria e materialit mund të definohet edhe sipas asaj se si largohet ashkla e ndarë gjatë përpunimit, gjegjësisht sipas asaj se gjatë procesit të përpunimit a krijohet ashkla e ndarë e ndërprerë ose vjen deri te krijimi i ashklës së ndarë kontinueale e cila vështirë largohet nga zona e prerjes. Te përdorimi i formës së ashklës së ndarë si kriter i përpunueshmërisë indeksi më i madh i përpunueshmërisë do të fitojë ai material te i cili, gjatë përpunimit, krijohet ashkla e ndarë e ndërprerë.

Pasi që forma e ashklës së ndarë nuk varet vetëm nga materiali i copës punuese por është funksion edhe i parametrave të tjerë siç janë gjeometria e instrumentit, parametrat e përpunimit etj. Indeksi i përpunueshmërisë i fituar në këtë mënyrë mund të rritet ose zvogëlohet me ndryshimin e atyre parametrave.

Format themelore të ashklës së ndarë janë:

- a) ashkla e ndarë e ndërprerë,
- b) ashkla e ndarë shiritore,

c) ashkla e ndarë kontinuale.

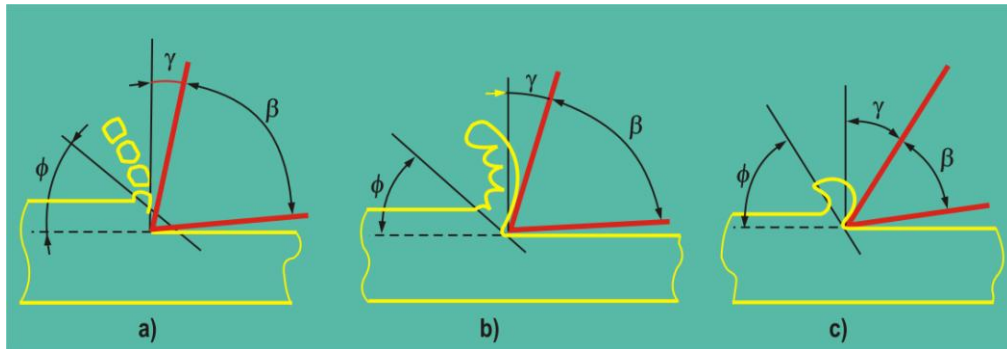


Fig. 2.2 Format themelore të ashklave të ndara

Me rëndësi është të potencohet se kriteret e përmendura kanë rëndësi të barabartë në kushtet e njëjta prodhuese dhe rrjedhjet teknologjike të procesit të përpunimit të ndonjë materiali. Kjo do me thënë se nevojitet të rangohen faktorët ndikues për çdo rast.

Rëndësia e kriterëve të veçantë të përpunueshmërisë, pra nuk është e njëjtë, kështu që për përpunimin me heqje ashkle radhitja e kriterëve sipas rëndësisë është:

- përpunimi i ashpër: qëndrueshmëria e instrumentit, forcat e prerjes, forma e ashklës së larguar, kualiteti i sipërfaqes së përpunuar;
- përpunimi i pastër: kualiteti i sipërfaqes së përpunuar, qëndrueshmëria e instrumentit, forma e ashklës së larguar, forcat e prerjes;
- përpunimi në automate: forma e ashklës së larguar, kualiteti i sipërfaqes së përpunuar, qëndrueshmëria e instrumentit, forcat e prerjes.

Siç shihet, te përpunimi i ashpër qëndrueshmëria e instrumentit dhe forcat e prerjes janë të ranguara ndër të parat në faktorët ndikues për arsye se për kriterin themelor të optimalizimit merret prodhueshmëria maksimale e procesit me shpenzim minimal të fuqisë.

Te përpunimi i pastër kriteri i optimalizimit është ekonomiciteti i procesit, i definuar me qëndrueshmërinë ekonomike të instrumentit, me kërkesa të larta të kualitetit të sipërfaqes së përpunuar.

### 2.2.2. Metodatat dhe funksionet e përpunueshmërisë

Grupi i metodave për hulumtimin e përpunueshmërisë mund të klasifikohen dy grupe themelore:

- a) Metodatat indekse (metodatat komparative) ose metodatat relative të përpunueshmërisë, të cilat qëllimi kryesor është fitimi i indeksit (koeficientit) të përpunueshmërisë,

ndërsa me të cilat krahasohen kriteret e njëjta të përpunueshmërisë të dy materialeve të njëjtë;

- b) Metodatat komplekse të cilat qëllimi kryesor është fitimi i funksioneve të përpunueshmërisë.

### **Metodat indekse (komparative)**

Karakteristika themelore e metodave komparative për hulumtimin e përpunueshmërisë është vlerësimi relativ i përpunueshmërisë i materialit të hulumtuar në raport me materialin e përvetësuar, referent. Për material referent zgjedhet më së shpeshti materiali me përpunueshmëri të mirë për kriterin e shqyrtuar.

Indeksi ose koeficienti i përpunueshmërisë është madhësi e definuar me shprehjen:

$$I_P = \frac{K_{PMH}}{K_{PEM}}$$

$K_{PMH}$  – kriteri i përpunueshmërisë së materialit të hulumtuar,

$K_{PEM}$  – kriteri i përpunueshmërisë së etalon materialit.

Për etalon material shfrytëzohet materiali konstruktiv i cili shpesh përdoret në praktikën prodhuese teknologjike.

1. Me këtë metodë dhe rezultatet kontrollohet niveli i kualitetit të materialit të dhënë gjatë ose pas prodhimit të tij, ndërsa para procesit të përpunimit,
2. Në bazë të vlerës së fituar  $I_P$  për ndonjë material mund të vërtetohet regjimi optimal i përpunimit në operacionet e dhëna të procesit teknologjik. Kështu p.sh. kur dihet vlera e shpejtësisë ekonomike  $v_{01}$  dhe vlera e indeksit të përpunueshmërisë  $I_{P1}$  të një materiali, atëherë vlera e shpejtësisë ekonomike të prerjes  $v_{02}$  e materialit të dytë (pasi dihet  $I_{P2}$ ) fitohet nga barazimi:

$$v_{02} = \frac{I_{P2}}{I_{P1}} v_{01}$$

Për fitimin e indeksit të përpunueshmërisë shfrytëzohen metodat vijuese:

- metoda e shpejtësive variabile të prerjes,
- metoda e rrugës konstante të prerjes,
- metoda e forcave konstante të prerjes,
- metoda e izotopeve radioaktive,

- metoda e përpunimit tërthor,
- metodat indirekte,
- metoda e hulumtimit të formës së ashklave të larguara.

### **Metoda e shpejtësive variable të prerjes**

Shfrytëzohet gjatë përpunimit gjatësor të largimit të ashklës. Te kjo metodë shpejtësia fillestare e prerjes  $v_f = v_1$  rritet në mënyrë të shkallëzuar pas gjatësive të caktuara të prerjes të njëjta. Shpejtësia e prerjes rritet sipas ligjshmërisë:

$$v_{i+1} = 1,12v_i, \quad i=1,2,3,\dots$$

Deri në momentin e topitjes së instrumentit, e atë shpejtësi e shënojmë me  $v_p = v_pMH$ , vlera e indeksit të përpunueshmërisë së materialit hulumtues përcaktohet me shprehjen:

$$I_P = \frac{v_{pMH}}{v_{pEM}}$$

ku është  $v_{pEM}$  - shpejtësia e prerjes në momentin e topitjes së instrumentit gjatë përpunimit të etalon materialit krahasues.

Rekomandohet të zgjedhen kushte të atilla të hulumtimit të cilat çojnë deri te topitja e instrumentit në shkallën e gjashtë, shtatë dhe tetë.

### **Metoda e rrugës konstante të prerjes**

Në këtë metodë, si kriter i definimit të indeksit të përpunueshmërisë së materialit, shfrytëzohet ajo vlerë e shpejtësisë së prerjes  $v_L$  gjatë së cilës shfaqen shenjat e para të konsumit të instrumentit në gjatësinë e rrugës së prerjes të caktuar paraprakisht. Te kjo metodë aplikohet procedura iterative eksperimentale, pasi që vetëm me atë mund të vërtetohet vlera e kërkuar e prerjes  $v_p$ .

Si gjatësi të përvetësuar të prerjes më së shpeshti merret  $L = 100$  m. Kur vërtetohet vlera e shpejtësisë së prerjes  $v_L$  gjatë përpunimit të materialit hulumtues ( $v_{LMH}$ ) dhe etalon materialit  $v_{LEM}$  mund të llogaritet indeksi i përpunueshmërisë sipas shprehjes:

$$I_P = \frac{v_{LMH}}{v_{LEM}}$$

### **Metoda e forcave konstante të prerjes**

Me këtë metodë arrihet saktësi e madhe e hulumtimit të përpunueshmërisë. Karakteristikë kryesore e kësaj metode është shpimi i copës punuese gjatë forcës konstante të prerjes. Në materialin e hulumtuar nevojitet paraprakisht të bëhet shpimi i vrimës së vogël e cila mundëson prurjen e mjeteve për ftohje dhe lubrifikim dhe largim më të lehtë të ashklave gjatë procesit të hulumtimit. Forca konstante e shpimit realizohet me veprimin e peshës në bosht në të cilin gjendet puntoja.

Hulumtimi realizohet gjatë shpejtësisë konstante të prerjes, ndërsa indeksi i nevojshëm i përpunueshmërisë  $I_P$  fitohet me matjen e thellësisë së prerjes së materialit hulumtues  $L_{kMH}$  dhe thellësinë e prerjes së etalon materialit  $L_{kEM}$ .

$$I_P = \frac{L_{kMH}}{L_{kEM}}$$

E ngjashme është edhe procedura eksperimentale edhe në rastin e hulumtimit të përpunueshmërisë të tornimi. Forca konstante e lëvizjes ndihmëse  $F_3$  gjithashtu arrihet me ndihmën e peshës. Si karakteristikë e përpunueshmërisë së materialit hulumtues në këtë rast shfrytëzohet, shpejtësia e arritur e lëvizjes ndihmëse, d.m.th. hapi  $s$  [mm/rr], ashtu që:

$$I_P = \frac{s_{MH}}{s_{EM}}$$

### **Metoda e izotopeve radioaktive**

Kjo metodë bazohet në matjen e konsumit të instrumentit duke i përcjellë ndryshimet e radioaktivitetit të sipërfaqes së prapme të bombarduar të instrumentit.

Përveç hulumtimit komparativ të përpunueshmërisë kjo metodë mund të shfrytëzohet edhe si mënyrë eksprese për vërtetimin e funksionit të përpunueshmërisë (funksioni i qëndrueshmërisë së instrumentit).

Rezistenca e fituar e konsumit e matur me këtë metodë shfrytëzohet për llogaritjen e indeksit të përpunueshmërisë në bazë të shprehjes:

$$I_P = \frac{v_{kMH}}{v_{kEM}}$$

ku  $v_{kMH}$  është shpejtësia e konsumit të instrumentit gjatë përpunimit të materialit hulumtues, ndërsa  $v_{kEM}$  gjatë përpunimit të etalon materialit.

### **Metoda e përpunimit tërthor**

Kjo metodë bazohet në ndryshimin linear të shpejtësisë së prerjes  $v$  nga ndonjë vlerë fillestare  $v_o$  deri te shpejtësia e fundit  $v_z$  kur shfaqet topitja e instrumentit. Në diskut me diametër 300 – 350 mm shpohet paraprakisht vrima kaluese dhe disku i tillë përforcohet në nofulla. Përpunimi tërthor bëhet me lëvizje zhvendosëse të instrumentit nga qendra kah skaji me thellësi konstante të prerjes, me hap dhe gjatë numrit të rrotullimit konstant të diskut. Gjatë zhvendosjes së instrumentit kah skaji për shkak të rritjes së diametrit rritet shpejtësia e prerjes me çka konsumi i instrumentit bëhet më intensiv. Shpejtësia me të cilën në procesin e hulumtimit, është arritur në momentin e topitjes së plotë të instrumentit shfrytëzohet për llogaritjen e indeksit të përpunueshmërisë:

$$I_P = \frac{v_{zA}}{v_{zB}} = \frac{D_{zA}}{D_{zB}}$$

### **Metodat indirekte**

Të gjitha metodat e përmendura deri më tani, për dëshmimin e përpunueshmërisë, janë bazuar në procesin e prerjes derisa metoda indirekte deri te përpunueshmëria e ndonjë materiali vjen pa procesin e prerjes gjegjësisht me rrugë indirekte. Kjo metodë sjell në lidhje vetitë fizike, mekanike, mikrostrukurale dhe metalurgjike me përpunueshmëri. Në përgjithësi është e njohur se në përpunueshmëri ndikojnë karakteristikat vijuese të materialit:

- fortësia,
- qëndrueshmëria,
- fortësia,
- përcjellshmëria e nxehtësisë,
- mikrostruktura,
- përbërja kimike e kështu me radhë.

Më së shpeshti gjatë kësaj përpunueshmëria definohet përmes shpejtësisë së prerjes  $v_T$ , e cila i përgjigjet vlerës së zgjedhur të qëndrueshmërisë së instrumentit. Kështu në bazë të hulumtimeve eksperimentale mund të vendoset varësia e përpunueshmërisë  $v_T$  së ndonjë materiali për fortësinë  $H_B$  dhe kufirit të zgjatimit  $R_e$  sipas shprehjes

$$v_{60} = \frac{C}{H_B^{1,63} \times R_e^{1,01}}$$



ku  $C$  – është madhësia e varur nga thellësia e prerjes, hapi dhe lloji i materialit të instrumentit.

### **Metoda e hulumtimit të formës së ashklës së larguar**

Te kjo metodë si indeks i përpunueshmërisë shfrytëzohet koeficienti i vëllimit  $K_V$ . Koeficienti i vëllimit fitohet nga raporti i vëllimit të ashklës së larguar  $V_{ash}$  dhe vëllimit të materialit të copës punuese  $V_m$ .  $V_m$  llogaritet sipas shprehjes:

$$V_m = \frac{1000 \times G}{\rho}$$

ku  $G$  është pesha e ashklës së larguar, ndërsa  $\rho$  është dendësia e copës punuese.

### **Metodat komplekse të hulumtimit të përpunueshmërisë**

Qëllimi i metodave komplekse është përfitimi i modeleve matematikore të procesit të përpunimit gjegjësisht përfitimi i funksioneve të përpunueshmërisë. Funksionet e përpunueshmërisë janë modele matematikore me të cilat përshkruhet varësia reciproke e parametrave hyrës dhe dalës të procesit të përpunimit dhe paraqesin aproksimimin e formës reale të procesit të funksionit.

## **2.3. Modelimi matematikor i funksioneve të përpunueshmërisë**

### **2.3.1. Funksionet e përpunueshmërisë**

Funksionet e përpunueshmërisë përdoren me qëllim të:

- njohjes së ligjeve të fizikës të procesit përpunues;
- definimi dhe optimalizimi i procesit të përpunimit;
- parashikimi i intensitetit të ndikimit të faktorëve të veçantë në fazën e projektimit dhe simulimit të procesit të përpunimit;
- udhëheqja e sigurt dhe mbikëqyrja e procesit të përpunimit.

Bashkësinë e funksioneve themelore të përpunueshmërisë gjatë përpunimit me heqje ashkle e përbëjnë:

- funksioni i qëndrueshmërisë së instrumentit,  $T=T(x_i)$ ;
- funksioni i forcës së prerjes,  $F=F_x(x_i)$ ;
- funksioni i kualitetit të sipërfaqes së përpunuar,  $R=R_x(x_i)$ ,
- funksioni i formës së ashklës së larguar,  $A_1 = A_1(x_i)$ .

ku janë  $x_i$  – parametrat dhe kushtet e përpunimit.

Edhe pse n funksionet e përmendura janë përfshirë të gjithë faktorët e procesit të përpunimit me heqje ashkle, prapëseprapë disa faktorë e zgjerojnë grupin e funksioneve plotësuese të përpunueshmërisë:

- funksioni i temperaturës së prerjes,  $\theta = \theta(x_i)$ ;
- funksioni i fuqisë së prerjes,  $P = P(x_i)$ ;
- funksioni i prodhueshmërisë,  $V = V(x_i)$ .

Metodat për përfitimit të funksionit të përpunueshmërisë janë plane të ndryshme eksperimentale statistikore shumëfaktorëshe. Rezultatet përfundimtare janë modelet matematikore me të cilat përshkruhet varësia e ndërsjellë e parametrave hyrës dhe dalës të procesit të përpunimit të cilat paraqesin aproksimimin e formës reale, të panjohur, analitike të funksioneve të procesit.

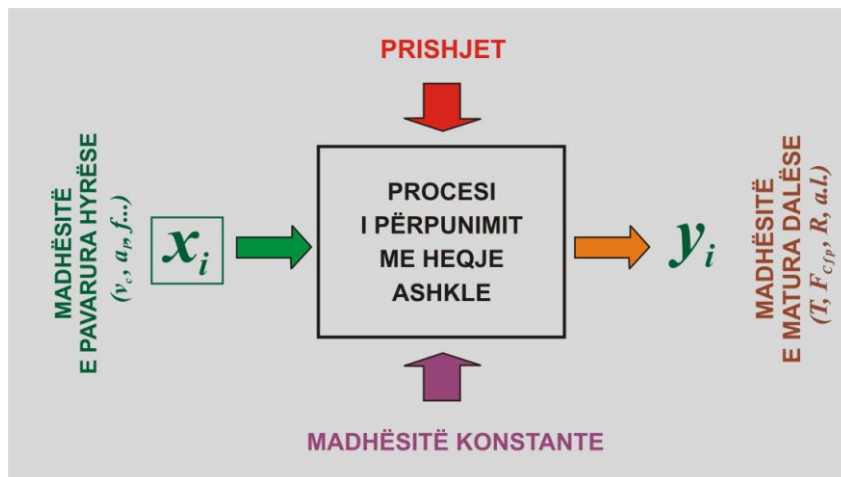


Fig. 2.3 Paraqitja skematike e procesit të përpunimit me heqje ashkle

## 2.4. Vetitë e instrumentit metalprerës

### 2.4.1. Materialet e instrumenteve metalprerëse

Prerja e metaleve bazohet në rrjedhjen plastike në zonën e prerjes deri sa instrumenti prerës dhe materiali që përpunohet kryejnë lëvizje relative. Instrumenti, si pjesë e sistemit përpunues, i cili ndodhet ndërmjet makinës metalprerëse dhe copës përpunuese ekskluzivisht luan rol të rëndësishëm në sigurimin e saktësisë dhe kualitetit, si dhe në rritjen e prodhueshmërisë së përpunimit.

Për realizimin e proceseve teknologjike të ndërlikuara gjatë përpunimit mekanik të pjesëve të ndërlikuara makinerike me prerje të cilat zbatohen në ndërtimin e makinave bashkëkohore, shfrytëzohet sasi e madhe e llojeve të ndryshme të instrumenteve prerëse.

Nga zgjedhja e drejtë e instrumentit prerës, materialit dhe formës gjeometrike të tij, në masë të madhe varet prodhueshmëria dhe ekonomiciteti i përpunimit. Materiali i dedikuar për përpunimin e tehut prerës të instrumentit duhet të dallohet me veti të larta mekanike, rezistencë të madhe ndaj konsumit dhe temperaturave të larta si dhe vetive tjera. Në procesin e prerjes lajmërohen sforcime (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 rezistencave të prerjes instrumenti i nënshtrohet sforcimeve të mëdha të ndërlikuara të cilave duhet tu rezistojë. Aftësia e instrumentit prerës që tu kundërshtojë të gjitha këtyre llojeve të ngarkesave dhe shkatërrimeve, e karakterizon qëndrueshmërinë e tij, e cila pos tjerash varet nga vetitë e materialit të instrumentit.

Aftësia e instrumentit prerës që të kryej funksionin e vet, mund të jetë e rrezikuar jo vetëm nga temperaturat e larta dhe ngarkesat e ndryshme gjatë prerjes, por edhe për shkak të proceseve tjera fizike, kimike dhe të tjera të cilat ndodhin në zonën e prerjes (adezioni, difuzioni, oksidimi etj.). Siç është e njohur, me rritjen e temperaturës kemi rënie të karakteristikave mekanike të materialit, sidomos fortësia e cila është një ndër vetitë më kryesore. Në ndërtimin e makinave bashkëkohore, përdorim gjithnjë më të madh gjejnë çeliquet me qëndrueshmëri të madhe ndaj rezistencave dhe çeliquet zjarrduruese si dhe çeliquet termikisht të përpunuara të cilat më heret shumë vështirë dhe shumë rrallë janë përpunuar me prerje, ndërsa sot, duke iu falënderuar materialeve të reja për instrumente prerëse, kjo mundësohet. Tendenca e rritjes së pjesëmarrjes së materialeve që vështirë përpunohen, në ndërtimin e makinave paraqet edhe kërkesa tjera nga instrumentet prerëse. Lirisht mund të thuhet se teknologjia në lëmin e përpunimit të metaleve me prerje është e zhvilluar në mënyrë të shkallëzuar. Çdo kërcimi kualitativ të teknologjisë i ka paraprirë përsosja ose zbulimi i materialeve të reja për instrumente me veti më të mira fiziko-mekanike. Instrumentet prerëse nga materialet e reja gjithnjë kanë pasur veti më të mira prerëse dhe kanë mundur të prejnë me shpejtësi të mëdha me të cilat sigurohej prodhueshmëri dhe ekonomicitet më i lartë.

Me përsosjen e materialeve për instrumente, makinave metalprerëse si dhe konstruksioneve të reja të instrumenteve me gjeometri të ndryshme, dukshëm është shkurtuar koha e nevojshme për përpunim e me këtë edhe harxhimet e përpunimit me prerje krahas rritjes së prodhueshmërisë. Si ilustrim, në figura 2.4 janë treguar lakoret e zvogëlimit të kohës së përpunimit dhe rritja e shpejtësive të prerjes gjatë përpunimit të çelikut Č1730 e cila është krijuar në periodën 1900-1980 gjatë punës me instrumente nga çeliquet për instrumente, çeliquet shpejtprerës, metalet e forta dhe metaleve të forta të shtresuara të prodhimit Widia.

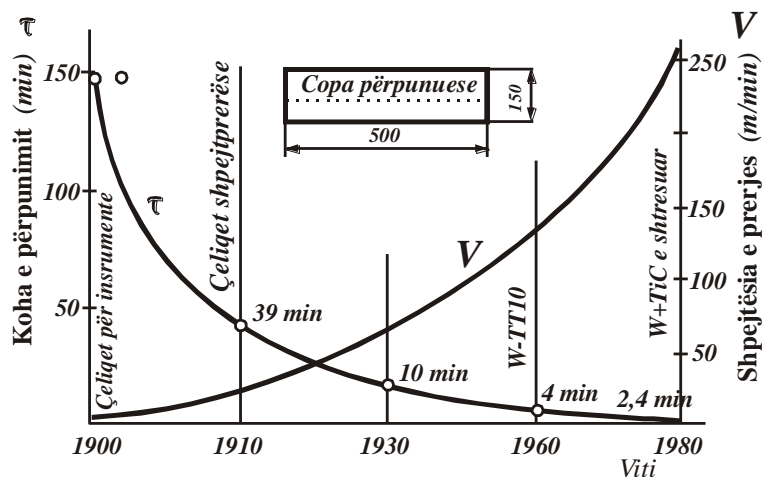


Fig. 2.4. Shkurtimi i kohës së nevojshme të përpunimit e kushtëzuar me zhvillimin e materiale të ndryshme për insrumente prerëse në periudhën deri në vitin 1980

Fushat e aplikimit të çdo lloji të materialit për insrumente varen nga shumë aftësi të cilat i definojnë numër i madh i faktorëve ndikues; duke filluar nga karakteristikat fiziko-mekanike (fortësia, qëndrueshmëria në nxehtësi, rezistenca në konsum, fortësia, rezistenca në ngarkesat mekanike dhe termike), të materialit dhe gjeometrisë së insrumetit, e deri te kushtet teknologjike të aplikimit të insrumenteve (karakteristikat e makinës – ngurtësisë, fuqisë, numrit të rrotullimeve, materialit të copës përpunuese, gjendja termike dhe kushteve tjera të përpunimit – regjimit të prerjes, kushtet e ftohjes etj.). Gjatë kësaj ekzistojnë fusha përkatëse të shfrytëzimit më ekonomik të materialeve të veçanta për insrumente, ashtu që ata në mes veti të plotësohen dhe tu përgjigjen pjesërisht fushave të përdorimit.

Në figurën 2.5 është paraqitur nomenklatura e materialeve për insrumente të renditura sipas parimit të varësive të traditës ndërmjet qëndrueshmërisë gjithnjë më të madhe ndaj konsumit ose rezistencave të nxehtësisë dhe qëndrueshmërisë së materialit.

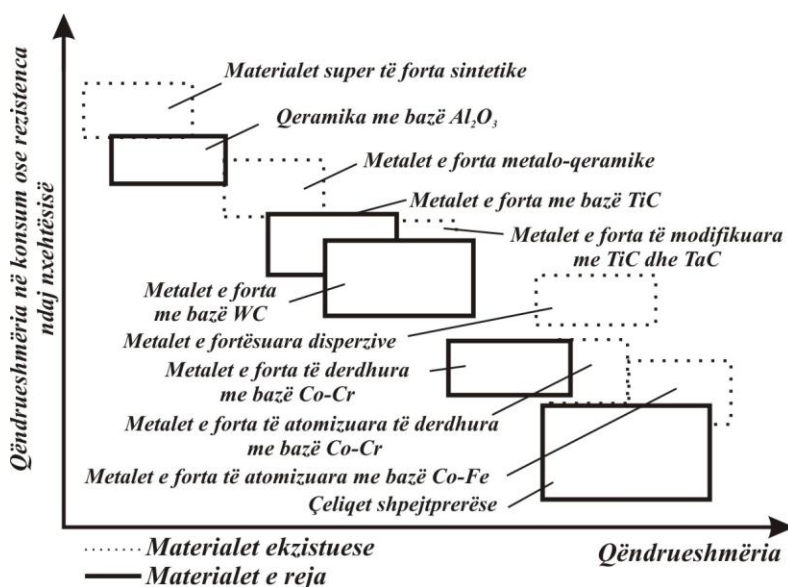


Fig. 2.5. Ndërvlerësia e qëndrueshmërisë në konsum ose rezistencave ndaj nxehtësisë dhe qëndrueshmëria e disa materialeve të insrumenteve.

Çdo materiali për instrumente i përgjigjet fusha e tij specifike e aplikimit ndërsa njëri lloj vetëm e plotëson tjetrin. Kufijtë e fushave të aplikimit të çeliqueve shpejtprerëse, metaleve të forta dhe qeramikës ende nuk i mbulojnë njëra tjetrën e gjithashtu edhe materialet e reja për instrumente kanë fusha të kufizuara të aplikimit që është shumë e besueshme që ato do të plotësojnë e jo të ndryshojnë llojet kryesore të materialeve ekzistuese për instrumente.

Nëse shqyrtohet aplikimi i tri llojeve ekzistuese të materialeve për instrumente në industrinë metalpërpunuese, atëherë çeliquet shpejtprerëse ende marrin pjesë me rreth 65%, metalet e forta me rreth 33% dhe qeramika për instrumente me rreth 2%. Megjithatë, nëse shqyrtohet vëllimi i gjithmbarshëm i materialit të larguar me prerje atëherë marrëdhëniet dukshëm ndryshojnë dhe përafërsisht sillen: metalet e forta – 70%, çeliquet shpejtprerëse – 26%, qeramika – 3%, ndërsa pjesëmarrja e mbetur e materialeve tjera ende është e pa definuar.

Zhvillimi modern i materialeve prerëse para së gjithash e karakterizon rëndësinë për aplikim maksimal të llojeve të materialeve të veçanta specifike e po ashtu edhe përpunimin e regjimeve optimale për materialet konkrete të përpunuara nga një anë dhe përfitimin e materialeve universale nga ana tjetër. Ashtu zhvillimi i çeliqueve shpejtprerëse shkon në drejtim të rritjes së rezistencës së konsumit dhe qëndrueshmërisë në nxehtësi përderisa krahas zhvillohen edhe metale të atilla të forta të cilat me rritjen e fortësisë u afrohen fushës së aplikimit të çeliqueve shpejtprerëse.

Llojet e reja të metaleve të prodhuara dallohen me qëndrueshmëri të rritur në konsum në temperatura shumë të larta, pra ashtu në ndonjë mënyrë zvogëlojnë dallimin me qeramikën. Sa i përket qeramikës për instrumente, zhvillimi i saj shkon në drejtimin e krijimit të lidhjeve sa më të forta, të qëndrueshme dhe me fortësi duke iu afruar metaleve të forta.

## **2.5. Vetitë fiziko - mekanike të materialeve për instrumente prerëse**

Karakteristikat dalëse kualitative të procesit përpunues mund të përfitohen me aplikimin e instrumentit prerës me aftësi përkatëse prerëse të cilat mund të sigurohen vetëm në rastin nëse pjesa prerëse e tij është e punuar nga materiali i cili posedon një kompleks të vetive fiziko-mekanike.

Nga kompleksi i vetive të cilat janë të rëndësishme për materiale të instrumenteve veçohen:

- fortësia;

- qëndrueshmëria;
- rezistenca ndaj nxehtësisë;
- fortësia;
- përçueshmëria e nxehtësisë;
- koeficienti i fërkimit dhe
- rezistenca në konsum.

**Fortësia.** Që tehu prerës i instrumentit të mund të depërtojë në materialin përpunues duhet që para së gjithash të ketë fortësi të madhe. Fortësia e materialeve të instrumenteve është veti e çdo materiali gjatë përfitimit të tij, ndërsa mund të arrihet edhe me përpunim special plotësues. Ashtu disa instrumente më parë përpunohen me prerje e pastaj i nënshtrohen përpunimit termik, retifikimit dhe mprehjes. Me përpunim termik materialit dukshëm i rritet qëndrueshmëria dhe fortësia. Te instrumentet të përpunuara nga çeliku shpejtprerës puna më stabile dhe konsum më i vogël e tehut prerëse fitohet gjatë fortësisë prej 63÷65 HRC. Gjatë fortësive më të vogla rritet konsumi i teheve prerëse ndërsa gjatë fortësive më të mëdha vjen deri te kërcitja e tehut prerës për shkak të brishtësisë së madhe.

Metalet e forta, qeramika minerale dhe materialet sintetike për instrumente kanë fortësi të madhe e cila në masë të madhe e tejkalon fortësinë e çelikut me përpunim termik për instrumente. Varësisht nga fortësia e materialit të instrumentit, të njëjtit shfrytëzohen për përpunimin e materialeve me fortësi deri në kufirin e caktuar. Kështu mund të thuhet se çeliquet konstruktive me fortësi 30÷35 HRC me sukses përpunohen me instrumente nga çeliku për instrumente me fortësi 63÷63 HRC, d.m.th. gjatë raportit të dyfishtë të fortësisë. Çeliquet me përpunim termik me 35÷55 HRC mund të përpunohen me metale të forta derisa kjo nuk është e mundur me çelique për instrumente.

**Qëndrueshmëria.** Pasi që gjatë prerjes në pjesën prerëse të instrumentit ndikojnë forca mjaftë të mëdha duke krijuar sforcime të mëdha dhe të komplikuar, materiali i instrumentit duhet patjetër të ketë qëndrueshmëri përkatëse e cila e siguron instrumentin nga shkatërrimi. Nga të gjitha materialet të cilat shfrytëzohen për instrumente prerëse raport më të përshtatshëm të qëndrueshmërisë kanë çeliquet për instrumente të cilat raporti i qëndrueshmërisë në përkulje dhe tërheqje është i barabartë me 1,3÷1,6, ndërsa raporti i qëndrueshmërisë në shtypje dhe tërheqje është 1,6÷2,0. Vetitë e këtyre të çeliqueve për instrumente mundësojnë shfrytëzimin e suksesshëm të tyre gjatë përpunimit me ngarkesa të ndryshme dhe të komplikuar. Karakteristikë e metaleve të forta, qeramikës minerale dhe materialeve sintetike për instrumente dhe diamanteve është që të mund të durojnë sforcime të dukshme në shtypje derisa qëndrueshmëria e tyre në përkulje është shumë e vogël. Fusha

e qëndrueshmërisë në tërheqje megjithatë është aq e vogël, ashtu që aspak nuk lejojnë përpunim me prerje të cilat në instrument paraqiten sforcimet në tërheqje. Shmangia e veprimt të sforcimeve në tërheqje të instrumentet nga këto materiale zakonisht bëhet me zgjedhjen e gjeometrisë përkatëse e cila krijon vetëm kushte për veprimin e sforcimit në shtypje.

**Rezistenca e nxehtësisë.** Është e njohur që materialet të cilat përdoren për instrumente prerëse e ruajnë fortësinë e tyre deri në temperaturën e caktuar ( $\theta_k$ ), e cila paraqet temperaturën kritike. Me nxehtë deri te kjo temperaturë praktikisht nuk vjen deri te ndërrimi struktural i materialit. Megjithatë, gjatë nxehtës mbi temperaturën kritike në materialin për instrumente paraqiten ndryshime strukturale dhe në pajtime me këtë edhe zvogëlimi i fortësisë. Temperatura kritike ( $\theta_k$ ) deri te e cila nuk ndërron fortësia e materialit (ose ndërron pak) praktikisht përcakton vetinë e rezistencës së nxehtësisë.

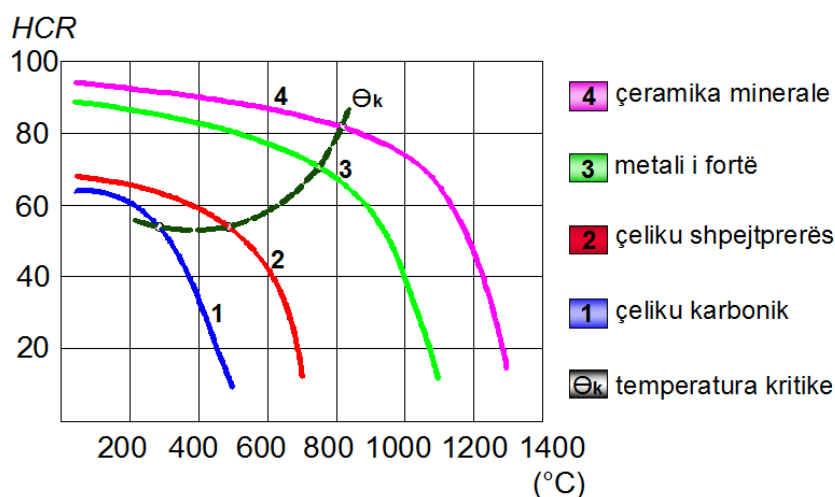


Fig. 2.6. Ndryshimi i fortësisë së materialeve të instrumenteve me temperaturën: 1-çeliku karbonik për instrumente me  $R_m = 200 \text{ KN/cm}^2$ ; 2-çeliku shpejtprerës me  $R_m = 300 \text{ KN/cm}^2$ ; 3 – metali i fortë me  $R_m = 150 \text{ KN/cm}^2$ ; - qeramika minerale me  $R_m = 35 \text{ KN/cm}^2$

Materialet e ndryshme për instrumente kanë rezistenca të nxehtësisë të ndryshme të cilat sillen në kufij të gjerë (nga 220 deri 1800°C, duke shkuar prej çelikeve karbonike nga materialet sintetike për instrumente). Në figura 2.6 është dhënë ndryshimi i fortësisë të më tepër llojeve të materialeve për instrumente prerëse me temperaturën.

**Përçueshmëria e nxehtësisë.** Është gjithashtu një nga vetitë kryesore e materialeve për prerje. Me përmirësimin e kushteve të bartjes së temperaturës nga zona e prerjes (gjegjësisht nga pyka prerëse e tehut të tij) përmirësohen edhe karakteristikat e tij tribologjike, gjegjësisht aftësitë e prerjes. Gjatë kësaj temperaturat në sipërfaqet kontaktuese në instrumentin prerës do të jenë më të ulëta për aq sa sasi më e madhe nga pyka prerëse

bartet përmes trupit të instrumentit prerës. Përçueshmëria e temperaturës së materialeve për instrumente para së gjithash varet nga përbërja kimike dhe nga temperatura e nxehtësisë.

Në figurën 2.7 janë dhënë varësitë e përçueshmërisë së temperaturës ( $\lambda$ ) nga temperatura ( $\theta$ ) për disa lloje të çeliqueve shpejtprerëse, të fituara në mënyrë eksperimentale. Shihet se përçueshmëria e çeliqueve shpejtprerëse rritet me rritjen e temperaturës deri 650-750 °C, ndërsa bie me rritjen e mëtutjeshme të temperaturës.

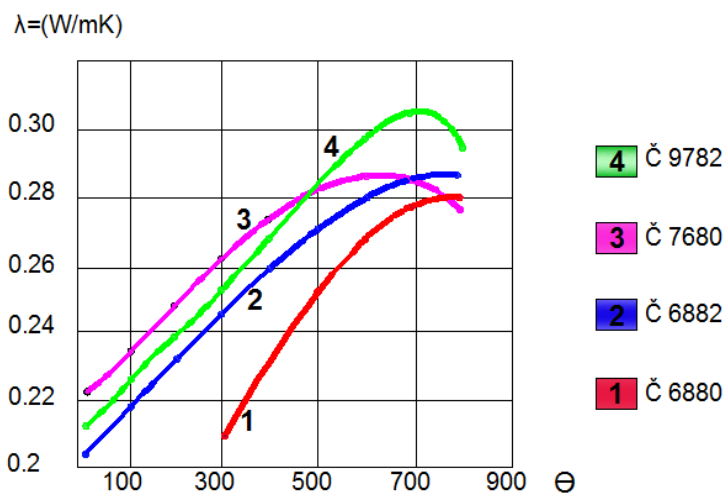


Fig. 2.7. Varësia e përçueshmërisë së nxehtësisë të çelikut shpejtprerës nga temperatura:

1-Č6880; 2- Č 9782; 3- Č 7680; 3- Č 6882

Është vërtetuar se prezenca e volframit dhe vanadit në çelikut shpejtprerës zvogëlon përçueshmërinë e nxehtësisë, ndërsa titani molibdeni dhe kobalti e rrisin. Kjo gjithashtu vlen edhe për metalet e forta në përbajtjen e të cilëve ka karbit titani. Ato kanë përçueshmëri më të madhe se sa metalet e forta të cilat përmbajnë vetëm karbit të volframit.

**Koeficienti i fërkimit të rrëshqitjes ( $\mu$ )** i metaleve konstruktive nëpër materialet për instrumente varet nga përbërja kimike dhe vetive fiziko-mekanike të elementeve kontaktuese dhe gjithashtu edhe nga sforcimet kontaktuese në sipërfaqet takuese dhe shpejtësisë së rrëshqitjes. Në procesin e prerjes së metaleve vlerat e sforcimeve normale në sipërfaqet kontaktuese të pykës prerëse të instrumentit janë shumë të larta. Nën veprimin e sforcimeve shumë të mëdha dhe forcës së rrëshqitjes, shtresat okside dhe të absorbuara në sipërfaqet takuese të instrumentit dhe copës përpunuese shkatërrohen. Për shkak të kësaj kushtet e veprimit reciprok të sipërfaqeve kontaktuese të pykës prerëse të instrumentit me materialin e përpunuar gjatë lubrifikimit joadekuat praktikisht u përgjigjen kushteve të fërkimit të jashtëm të thatë gjatë së cilës vlerat e koeficientit të fërkimit dukshëm rriten. Me krahasimin e lakoreve të varësive së koeficientit të fërkimit të thatë nga shpejtësia e rrëshqitjes (figura 2.8) mund të vërehet se koeficienti i fërkimit gjatë kontaktit të çelikut me



çelikut shpejtprerës (lakorja 1) është më i madh se koeficienti i fërkimit i metaleve të forta (lakorja 2). Koeficienti i fërkimit i metaleve të forta sipas hekurit të derdhur (lakorja 3) zvogëlohet në mënyrë monotone me rritjen e shpejtësisë. Pasi që forcat e fërkimit varen nga koeficienti i fërkimit atëherë ai dukshëm do të ndikojë në rezistencën e konsumit dhe në intensitetin e konsumit të instrumentit.

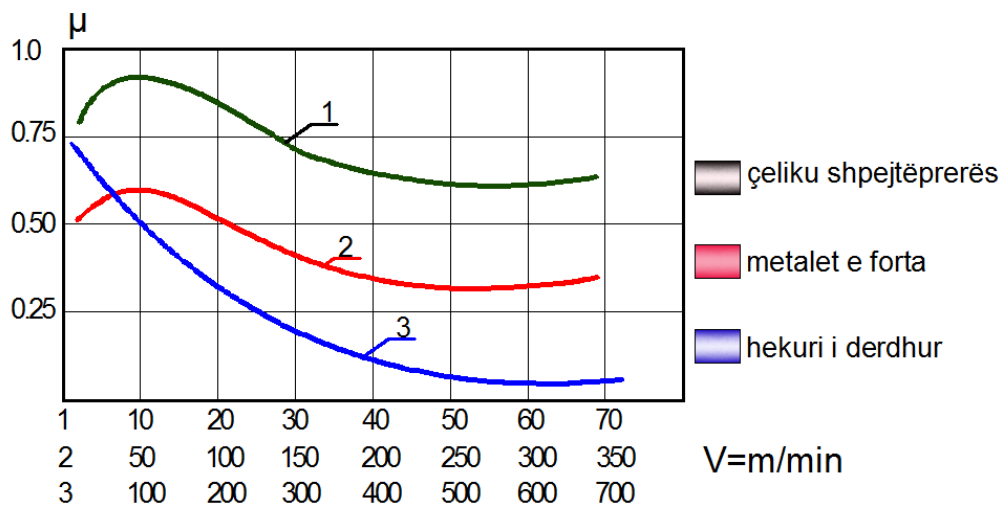


Fig. 2.8. Varësia e koeficientit të fërkimit nga shpejtësia e rrëshqitjes gjatë kontaktit:  
 1- çeliku shpejtprerës dhe çelikut; 2- metalit të fortë dhe çelikut;  
 3- metalit të fortë dhe hekurit të derdhur

**Rezistenca në konsum** është veti e materialit që shpreh aftësinë e tij që ti kundërvihet bartjes – konsumit nga ana e materialit të kundërtrupit. Konsumi i instrumentit prerës rrjedh gjatë tërë periodës së prerjes gjatë së cilës nga pyka prerëse bartet masë e caktuar për shkak të së cilës vjen deri te ndërrimi i formës së saj. Rezistenca në konsum nuk është karakteristike e përhershme por është funksion i kushteve të prerjes, sforcimet në sipërfaqet kontaktuese të pykës prerëse dhe shpejtësisë së rrëshqitjes.

Në lidhje të drejtpërdrejtë me rezistencën në fërkim është qëndrueshmëria e instrumentit e cila është më e vogël për shpejtësi më të mëdha të prerjes dhe anasjelltas. P.sh. në figura 2.9. është dhënë varësia e qëndrueshmërisë së instrumentit (T) dhe shpejtësisë së prerjes (v) gjatë përpunimit me instrumente prej materialit të ndryshëm.

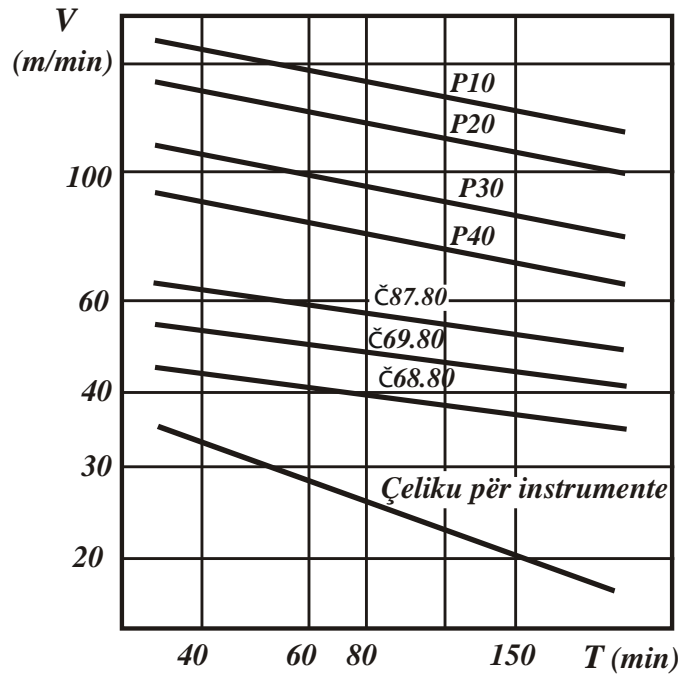


Fig. 2.9. Varësia e qëndrueshmërisë të instrumenteve prerëse nga shpejtësia e prerjes

## 2.6. Çeliquet shpejtprerëse

Çeliquet shpejtprerëse janë çelique për instrumente me lidhje të larta të cilat përmbajnë përqindje më të madhe të elementeve të lidhura: volfram (W), molibden (Mo), vanad (V) dhe kobalt (Co). Karakteristikat themelore të çelikut shpejtprerës që përcaktojnë aftësinë prerëse të instrumenteve (fortësia dhe rezistenca në konsum gjatë temperaturës normale dhe të ngritur) varen nga përbërja kimike të strukturës së çelikut. Gjatë kësaj rezistenca në konsum në masë më të madhe varet nga përbërja, madhësia dhe shpërndarja e karbitit të elementeve të lidhura në strukturën e çelikut shpejtprerës.

Prodhimi i çeliqueve shpejtprerëse bëhet me shkrirje në furra elektrike ndërsa përpunimi i mëtejshëm i blloqeve të derdhura bëhet me farkëtim dhe rrokullisje. Nga copat e farkëtuara ose të rrokullisura instrumentet më tutje përpunohen më së shpeshti me mënyra të përpunimit me prerje krahas përpunimit termik i cili përbëhet nga një varg fazash: nxehja shumëshkallëshe, kalitja dhe lëshimi, pas së cilës kryhet përpunimi përfundimtarë me retifikim. Gjatë kësaj përpunimi termik dhe përpunimi përfundimtar me retifikim në shkallë të dukshme ndikojnë në kualitetin e instrumentit. Mënyra e përpunimit të instrumenteve nga çeliku shpejtprerës me derdhje (pa përpunim paraprak me prerje) zbatohet te përpunimi i instrumenteve të cilët punojnë në kushte të vështira dhe nuk ka rendësi praktike të madhe.

Tabela 2.1. Grupet kryesore të çeliqueve shpejtprerëse dhe përbërja e tyre kimike

Grupi i çeliqueve	Llojet e çeliqueve			Përbërja kimike në (%)						Kushtet e përpunimit	
	DIN	JUS	GOST	C	Cr	W	Mo	V	Co	i mesëm	i rendë
18% W	S18-0-1	Č6880	R 18	0,75	3,2	18	-	1	-	+	-
	S18-1-2-5	Č6980	R18F2K5	0,8	3,2	18	0,85	1,5	3,75	-	+
	S18-1-2-10	Č9782	-	0,75	3,2	18	0,85	1,5	9,5	-	+
12% W	S12-1-2	Č6882	-	0,9	3,2	12	0,85	2,5	-	-	+
	S12-1-3	Č6881	R13F3	1,25	3,2	12	0,85	3,75	-	-	+
	S12-1-3-5	Č9781	R10F5K5	1,3	3,2	12	0,85	3,75	3,75	-	+
	S12-1-2-5	Č6881	R9F2K5	0,8	3,2	12	1,25	1,85	3,75	-	+
6% W + 5% Mo	S-3-3-2	Č8780	-	0,95	3,2	3	2,75	2,5	-	+	-
	S-6-5-2	Č7680	P6M3	0,85	3,2	6,5	5	1,9	-	+	-
	S-6-5-2-5	Č9780	-	0,85	3,2	6,5	5	1,9	3,75	+	+
	S10-3-3-10	Č9783	-	1,2	3,2	10	3	3,25	10,5	-	++
2% W + 9% Mo	S2-9-1	Č7880	-	0,82	3,85	1,75	8,6	1,15	-	-	+
	S2-9-2-8	--	-	0,9	3	1,75	8,5	2	8,25	-	++
	S2-9-2-5	--	-	0,95	3	1,75	8,5	2	3,75	-	+

Zhvillimi i çelikut shpejtprerës pas luftës së dytë botërore ka shkuar kryesisht në drejtim të zvogëlimit të W dhe rritjes së Mo dhe Co. Llojet e veçanta të çeliqueve shpejtprerëse kanë edhe fushën e tyre për aplikim; çeliquet shpejtprerëse nga volframi përdoren, të themi, për instrumente me ngarkesa normale, çeliquet nga molibdeni kanë ngurtësi të rritur prandaj aplikohen te instrumentet për përpunim me ndërprerje, çeliquet nga vanadi kanë rezistencë të rritur në konsum gjatë temperaturave të rritura dhe aplikohen te instrumentet të cilët punojnë më shpejtësi të mëdha të prerjes gjatë përpunimit përfundimtarë, ndërsa çeliquet nga kobalti posedojnë qëndrueshmëri më të madhe të nxehtësisë prandaj janë të përshtatshëm për instrumente më shumë të ngarkuara.

Çeliquet me përmbajtje të madhe të W dhe Co kanë ngurtësi dhe fortësi të ndryshme në krahasim me çeliquet që kanë përmbajtje të rritur të Mo çka qartë shihet nga diagrami i varësisë së ngurtësisë dhe fortësisë të disa çeliqueve shpejtprerëse të dhënë në figura 2.10. Në vetitë e çeliqueve shpejtprerëse ndikim të rëndësishëm ka edhe përmbajtja e karbonit. Me hulumtime të cilat janë bërë në kohë të fundit është treguar se me shtimin e papërcaktuar të karbonit (për rreth 0,1%) çelikut shpejtprerës i rritet fortësia dhe qëndrueshmëria ndaj nxehtësisë me zvogëlim të papërcaktuar të ngurtësisë. Gjatë kësaj fitohet edhe rezistencë më e madhe e konsumit dhe qëndrueshmëri e instrumentit. Megjithatë, me rritjen e përmbajtjes së karbonit fitohet përpunueshmëri më e keqe, veçanërisht gjatë retifikimit të çelikut kur

edhe vjen deri te mundësia e paraqitjes së defekteve gjatë retifikimit. Çeliquet shpejtprerëse me përmbajtje të rritur të elementeve të lidhura (veçanërisht V dhe Co) sikurse sipas rregullës janë më të ndjeshëm në ndryshimin e kushteve të përpunimit termik dhe vështirë përpunohen me retifikim.

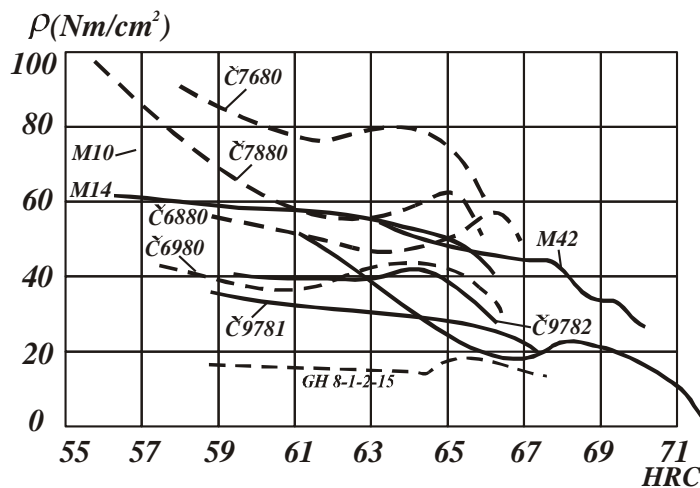


Fig. 2.10. Varësia e ngurtësisë së çeliqueve shpejtprerëse nga fortësia

Gjatë shfrytëzimit të instrumenteve nga çeliku shpejtprerës kushtet e prerjes duhet të zgjidhen ashtu që topitja e instrumenteve paraqitet për shkak të konsumit nëpër sipërfaqen e prapme dhe të përparme e jo të humbet aftësia e prerjes gjatë rënies së fortësisë së materialit të instrumentit (tejnxejha e instrumentit), d.m.th. temperaturat në zonën e prerjes duhet të jenë nën zonën e lëshimit. Nga ana tjetër duhet të punohet me ngarkesa termike maksimale të lejuara të instrumentit, d.m.th. me shpejtësi të prerjes maksimale të lejuar ashtu që të mund të largohemi krijimit të rritjeve në instrument e me këtë edhe paraqitjes së konsumit adeziv dhe kërcitjes eventuale të tehut prerës.

## 2.7. Metalet e forta

Metalet e forta për instrumente prerëse fitohen me anë të presimit të përzierjes 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 prej 80÷95 % dhe kobaltit 5÷20 %.

Vetitë fiziko-mekanike të metaleve të forta (fortësia, ngurtësia, qëndrueshmëria e nxehtësisë, rezistenca 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 ngurtësia 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 2.2 është dhënë varësia e vetive të metaleve të forta të cilat e kushtëzojnë aftësinë prerëse të instrumentit në varësi të përmbajtjes së tyre.

Tabela 2.2. Vetitë e metaleve të forta të kushtëzuara nga përbërja e tyre

REZISTENCA NË:	Aq më i madh është për sa është përmbajtja më e madhe:	Aq më i madh është 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	
paraqitjen e rritjeve në tehun prerës	TiC	
sforcime të ndryshme termike	TaC (TiC+TaC)	
sforcime goditëse	Co	TiC, TaC
deformim plastik		Co

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 ngurtësi më të madhe të cilat formohet ashkla shiritore (çeliqet etj.).

Materialet e forta me bazë volfram karbiti (grupi i parë) kanë ngurtësi më të madhe mirëpo rezistencë në nxehtësi diçka më të vogël.

## 2.8. Konstruktimi i instrumenteve prerëse për përpunim me heqje ashkle

Dikur, përpara se të kalohej te konstruktimi i pjesës punuese të instrumentit prerës është dashur të dihet skema kinematike e prerjes.

Çka është skema kinematike e prerjes?

Secili instrument prerës heq ashkël vetëm në atë rast, kur tehu prerës i tij depërton nëpër copën përpunuese. Depërtimi mund të kalojë nëpër ndonjë trajektore të realizuar me mekanizmin e instrumentit të makinës ose me dorë. Zakonisht, lëvizja relative e tehut prerës arrihet nga rezultati i lidhjes së lëvizjeve relative të thikës dhe copës së përpunuar. Për shembull, te tornimi me thikë të cilës do qoftë sipërfaqeje në makinën tornuese fitohen dy lëvizje: lëvizje të copës punuese rreth aksit të vet, dhe e dyta, lëvizja e thikës në dy drejtime. Trajektorja ose depërtimi relativ i tehut prerës në materialin e copës së përpunuar paraqet në këtë rast vijën e filetës apo spirales (fig. 2.11).

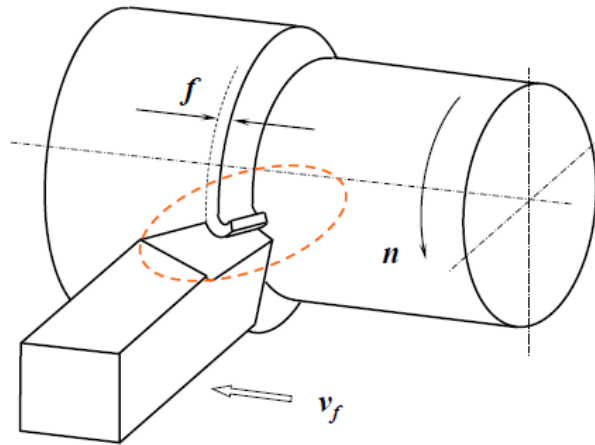


Fig. 2.11. Skema kinematike e prerjes me thikë tornuese

Në qoftë se i shqyrtojmë të gjitha lëvizjet të realizuara në të gjitha makinat metalprerëse, shohim se lëvizjet përbëhen prej disa lëvizjeve:

1. lëvizje progresive drejtvizore dhe
2. lëvizje rrotulluese.

Kombinim i këtyre lëvizjeve e japin të ashtuquajturën skemën e lëvizjes në makinat e ndryshme metalprerëse.

Të gjitha makinat metalprerëse realizojnë një nga kombinimet e lëvizjeve. Vlen të theksohet se të gjitha kombinimet e mundshme teorike janë të shfrytëzuara te makinat metalprerëse.

Do ti përmendim disa nga skemat e aplikuara të prerjes:

1. Një lëvizje drejtvizore. Nga kjo skemë rrjedh puna e makinës par tornim, shpim, për prerje të dhëmbëzorëve dhe për përshkim.
2. Një lëvizje rrotulluese dhe një lëvizje drejtvizore: trajektorja rezultuese e lëvizjes së këtillë do të jetë lakorja filetuese. Sipas kësaj skeme punojnë makinat tornuese, makinat për shpim e kështu me radhë.

## 2.9. Zgjedhja e instrumentit prerës

### 2.9.1. Qëllimi i instrumentit prerës

Cilit lloji të përpunimit cili lloj i instrumentit prerës duhet patjetër ta përcaktojë teknologu apo konstruktori i instrumentit metalprerës.

Secili instrument prerës duhet të sigurojë patjetër dy kushte themelore:

1. të largojë shtresë të caktuar të materialit dhe
2. ti sigurojë dimensionet e nevojshme dhe gjeometrinë e copës përpunuese si edhe kualitetin e përpunimit të sipërfaqes së përpunuar.

Këto dy kushte nuk janë të vetmet. Ekzistojnë edhe kërkesa të tjera të instrumentit prerës siç janë:

1. qëndrueshmëria ose jetëgjatësia e instrumentit prerës,
2. fortësia,
3. ngurtësia etj.

Marrim cilin do instrument prerës, p.sh. thikë, punto, frezë, kalizvatorin etj. Secili duhet patjetër ti sigurojë dimensionet dhe gjeometrinë si edhe kualitetin e sipërfaqes së përpunuar të copës punuese.

Është e qartë, që të gjithë instrumentet prerëse nuk largojnë shtresë të njëjtë të materialit.

Kështu p.sh. thika tornuese për përpunim të ashpër te makina e madhe tornuese mund të heqë shtresë edhe deri 25 mm. Megjithatë, alezatori te alezimi i vrimës heq shtresë prej 0,1 deri 0,15 mm.

Po ashtu, të gjithë instrumentet prerëse nuk mund të arrinë saktësi të njëjtë të përpunimit.

Kështu p.sh. punto me diametër 30 mm e shpon vrimën me shmangie prej 1,5 mm, ndërsa gjilpëra për përshkim i përpunon vrimat me shmangie prej 0,027 deri 0,3 mm.

Në fund, secila sipërfaqe e përpunuar nuk është e kualitetit të njëjtë.

Kështu p.sh. thika për tornim të ashpër jep sipërfaqe me lartësi të ashpërsisë deri 50  $\mu$ , ndërsa thika nga diamanti arrin kualitet të lartë të sipërfaqes i cili nuk kalon 0,2  $\mu$ .

Nga shembujt e mësipërm mund të konstatohet, që kushtet e punës dhe kërkesat janë treguar në rezultate të përpunimit të tyre krejtësisht të ndryshëm. Por në të gjitha rastet e instrumenteve prerëse paraqitet heqja e shtresës së materialit, e cila siç u pa mund të jetë e ndryshme, pasi që ashkla e larguar mund të ketë dimensione të ndryshme.

Kështu p.sh. ashkla e larguar me gurë retifikues te retifikimi përfundimtar gati është e padukshme për syrin e thjeshtë dhe mund të shihet vetëm përmes llupës apo mikroskopit, ndërsa thika heq prapë se prapë ashkël të madhe, e cila ka dimensione dukshëm më të mëdha.

Megjithatë, pavarësisht nga madhësia e heqjes së shtresës së metalit edhe guri retifikues edhe thika paraqesin instrumente prerëse, megjithëse, krejtësisht të ndryshme për nga forma dhe konstruksioni, materiali dhe mënyra e përpunimit.

Mund të konstatohet që teknologu, gjegjësisht konstruktori duhet patjetër të di që sipas përdorimit të konstatojë se cili instrument prerës do të plotësojë përpunimin e caktuar kështu që në bazë të kësaj të zgjedhë, gjegjësisht të konstruktojë instrumentin përkatës prerës.

### 2.9.2. Zgjedhja e llojit dhe formës së instrumentit dhe skemat kinematike të prerjes

Te konstruktimi i formave të reja të instrumenteve prerëse hasim në nevojën e zgjedhjes së llojit më racional të instrumentit prerës dhe metodës së përpunimit. Këtë mund ta shohim në shembullin vijues:

Duhet të prehet fileta në fund të boshtit. Me cilin instrument do të prehet fileta?

Sipas teknologjisë së përpunimit të metaleve, për prerjen e filetës mund të shfrytëzojmë thikë për prerje të filetës, frezë për prerje të filetës, mund të prehet fileta me filetues të rumbullakët, kokën për prerje të filetës ose me rula për prerje të filetave e kështu me radhë. Cilin nga këto instrumente dhe mënyrën e përpunimit do ta zgjedhim? Këtë mund ta zgjedhim atëherë kur e përcaktojmë për çdo rast produktivitetin, kohëzgjatjen e përpunimit, saktësinë e përpunimit dhe pastërtinë e sipërfaqes së përpunuar etj. Zakonisht zgjedhja e mënyrës së përpunimit, e sipas kësaj edhe llojin e instrumentit prerës zgjedhet nga teknologu, gjegjësisht përshkruhet në procesin teknologjik për punimin e llojeve të instrumenteve. Teknologut i mbetet përcaktimi i skemës kinematike të prerjes dhe forma e instrumentit prerës. Por secila formë e instrumentit prerës mund të ketë skemë të ndryshme të shpërndarjes së sforcimeve. Për punën e atillë parashihet të punohet fileta në bosht në makinën tornuese me ndihmën e thikës për prerje të filetës. Boshtin duhet përpunuar në diametrin e jashtëm, ndërsa me thikën për filete të prehet fileta. Në mënyra të ndryshme mund ta heqim materialin në thellësi. Në fig. 2.12a është paraqitur prerja me thellim gradual, ndërsa në fig. 2.12b prerja e ashklave paralele të lëvizja e thikës paralel me njërin anë të filetës. Secila nga mënyrat e paraqitura të prerjes ka përparësi dhe të meta të saj, ndërsa konstruktori është i obliguar ta zgjedhë variantin më të përshtatshëm.

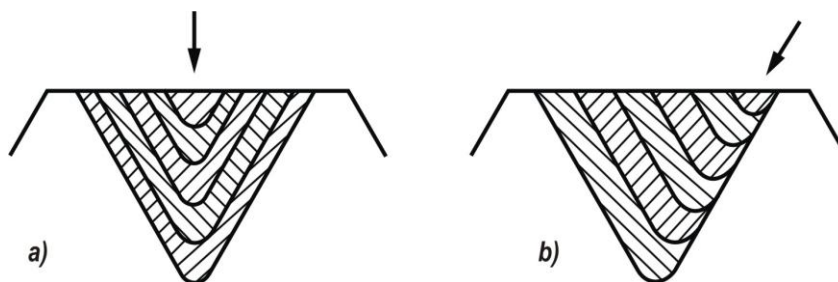


Fig. 2.12. Skema e shpërndarjes së sforcimeve të prerja e filetës:  
a- për përpunim të ashpër, b- për përpunim përfundimtar



Në figurën 2.13 është treguar edhe një shembull. Nevojitet të punohen vrimat në sipërfaqen e përpunuar me përdorimin e gjilpërës për përshkim. Më figurë janë treguar dz raste të përpunimit. E shpërndajmë shtesën e përgjithshme për heqje në shtresa të holla koncentrike rrethore dhe secili dhëmb i gjilpërës do të heqë shtresa të holla koncentrike nëpër tërë rrethin (fig. 2,13a). Ashkla do të jetë hequr nëpër tërë rrethin, por shumë e hollë. Po ashtu mund të hiqet e tërë shtesa përnjëherë (fig. 2,13b). Por, pasi që shtresa shumë e thellë vështirë hiqet, atëherë gjilpërën e punojmë, jo të rrafshët, por me dhëmbë. Pjesët e shënuara me numrat 1, 2, 3, 4 dhe 5 i largon dhëmbi i parë, pastaj largohen pjesët e pashënuara. Pamja e ashklës do të jetë e trashë, por do të jetë hequr me segmente të holla.

Nga pikëpamja e studimit të prerjes rasti i dytë është më i shpeshtë, pasi që më e leverdishme është të punohet me trashësi më të madhe të ashklës (me hap më të madh) dhe me gjërësi më të vogël (thellësi të prerjes). Por te mënyra e dytë e përpunimit vrima do të jetë më pak e pastër. Sipas kësaj konstruktori për përpunim të pastër i shmanget mënyrës së kombinuar: së pari ashkla të hiqet sipas skemës së dytë, përfundimtare sipas të parës.

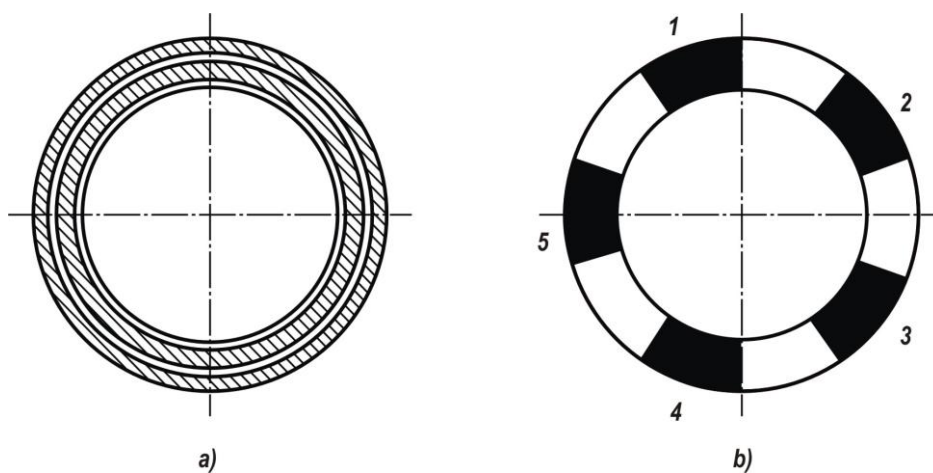


Fig. 2.13. Skema e prerjes te përpunimi i vrimave me përshkues

Te përpunimi i ashpër, për arritjen e një ashkle bëhet zhvendosja e thikës paralel me një anë të profilit. Në qoftë se për përpunim të ashpër zhvendosja do të bëhej pingule në aksin e boshtit të filetuar, do të fitohen dy ashkla të cilat do të përleshen dhe do të ngjisheshin e me këtë do ta pengonin rregullin e prerjes. Te përpunimi përfundimtar zhvendosja bëhet në drejtimin radial (fig. 2.12a), për shkak se atëherë bëhet fjalë vetëm për thellësi të vogël të prerjes.

Nga shembujt e treguar është e qartë se, mënyra e shpërndarjes së ashklave (skema e prerjes së materialit) ndikon shumë në punën e mirë të instrumentit prerës. Në fund, jo vetëm këto por edhe kushte të tjera ndikojnë në zgjedhjen e skemës së prerjes. Por këto janë kushtet më kryesore, se si duhet të jenë qëndrimet te projektimi.

### ***2.9.3. Rregullat për zgjedhjen e instrumentit prerës***

1. Tek sipërfaqet jo të rrafshëta, ku prerja është e pabarabartë, duhet patjetër të përdoren instrumente prerëse me prerje të madhe tërthore dhe me hap të lirë sa më të vogël. Tehu prerës i instrumentit duhet të jetë mjaftueshëm i ngurtë.
2. Gjatë përpunimit të sipërfaqeve më të rrafshëta tehu prerës duhet të jetë me fortësi më të madhe ndërsa me ngurtësi më të vogël.
3. Gjatë përpunimit të sipërfaqeve të ndërprera tehu i instrumentit prerës duhet të jetë me fortësi më të vogël ndërsa me fortësi më të madhe.
4. Gjatë përpunimit të makinat metalprerëse të tipeve të vjetra, të cilat nuk mund të punojnë me shpejtësi të mëdha të prerjes, tehet prerëse të instrumenteve duhet të kenë fortësi më të vogël të temperaturat e rritura, ndërsa fortësi më të madhe. Për këtë arsye për përpunim të këto makina rekomandohet instrumenti prerës me teh prerës nga çeliku shpejtprerës.
5. Instrumentet të cilët gjatë kohës së përpunimit janë shumë të ngarkuara në përdredhje si puntot, kalizavarët, alezatorët etj., duhet patjetër të punohen nga materiali i fortë. Prandaj për këtë lloj të instrumenteve prerëse përdoret çeliku shpejtprerës, çeliku për instrumente dhe i lidhur.
6. Instrumentet me teh prerës të gjërë duhet patjetër të kenë teh prerës të fortë. Për këtë përdoret çeliku shpejtprerës. Gjatë përpunimit të materialit me ngurtësi më të vogël, siç janë jometalet e ndryshme dhe plastika, ndërsa të cilët punohen me forcë shumë të vogël të prerjes, përdoren tehet prerëse nga metali i fortë.
7. Gjatë përpunimit në makina të forta për përpunimin e detaleve të mëdha, me heqje të madhe të materialit, duhet patjetër të përdoren instrumente të forta me një apo më shumë tehe prerëse p.sh.: përpunimi me shumë thika përnjëherë, kokat për frezim, instrumente të komplikuar e kështu me radhë.
8. Gjatë përpunimit të vrimave koncentrike përdoren instrumente prerëse të kombinuara në mënyrë që të arrihet saktësi më e madhe, koncentricitet i vrimave dhe produktivitet sa më i madh.
9. Gjatë përpunimit të çelikut përdoren instrumente prerëse nga metali i fortë edhe atë të makinat të cilat mundësojnë shpejtësi të mëdha të prerjes  $v > 40$  m/min.

## **2.10. Faktorët të cilët mundësojnë prerje të mirë dhe shkallë të lartë të shfrytëzimit të instrumentit prerës**

1. këndet e prerjes,
2. profili ne forma gjeometrike e tehut prerës,
3. mprehja e rregullt – p.sh, mënyra e zgjedhjes së gurit retifikues,
4. kualiteti i tehut prerës – p.sh. . mprehja dhe pastërtia e tehut prerës,
5. zgjedhja e drejtë e materialit të tehut prerës,
6. vendosja e drejtë e regjimeve të prerjes – p.sh. thellësia e prerjes, hapi dhe shpejtësia e prerjes,
7. përpunimi i drejtë në nxehtësi i tehut prerës nga çeliku shpejtprerës ose çelikut për instrumente prerëse,
8. zgjedhja e drejtë e llojit të pllakës prerëse nga metali i fortë,
9. ftohja e drejtë gjatë përpunimit, ku është i nevojshëm, 10 ... 14 l/min,
10. përcaktimi i shpejtësisë më ekonomike të prerjes,
11. përcaktimi i afatshërbimit më ekonomik të qëndrueshmërisë së instrumentit prerës.

## **2.11. Zgjedhja e materialit për konstruktimin e instrumentit prerës**

Lloji i materialit të instrumentit prerës përcaktohet sipas nevojës së prodhueshmërisë, regjimeve, karakteristikave të secilës formë të instrumentit, kushteve të punës së tij. Rol të madh te zgjedhja e llojit të çelikut ka qëndrueshmëria e tij ose afatshërbimi.

Për shembull, çeliku shpejtprerës është 10 deri 15 herë më i shtrenjtë se sa çeliku karbonik për instrumente. Sipas kësaj shumë me rëndësi është aplikimi i drejtë i llojit përkatës të çelikut. Përfundimisht çeliku shpejtprerës është dukshëm më i qëndrueshëm sesa çeliku karbonik për instrumente, ofron mundësi më të madhe të përpunimit me shpejtësi më të madhe të prerjes, ndërsa gabim është të përdoret për të gjitha llojet e instrumenteve prerëse. Për shembull, filetuesi i dorës ose alezatori i dorës punon me shpejtësi të vogël të prerjes dhe te kushtet e atilla qëndrueshmëria e madhe e çelikut shpejtprerës nuk do të shfrytëzohej. Sipas kësaj, instrumentet prerëse me të cilët punohet me dorë plotësisht më joracionale është të punohen nga çeliku shpejtprerës.

Cilat veti të materialit për instrumente duhet të dallohen?

1. Qëndrueshmëria ndaj temperaturës, gjegjësisht vetitë e materialit ta përballojnë fortësinë në tehun prerës të nxehja gjatë kohës së përpunimit.  
Çeliquet e lidhura dhe karbonike për instrumente prerëse mund të mbeten të qëndrueshëm më shumë në temperaturë prej 200 deri 250°C. Rritja e mëtutjeshme e temperaturës shkakton zbutje të tehut prerës dhe konsum të shpejtë të instrumentit prerës. Çeliquet shpejtprerëse mund të nxehen të procesi i prerjes në temperaturë prej 550 deri 600°C. Nxehja e mëtutjeshme shkakton lëshimin e fortësisë. Instrumentet prerëse me tehe prerëse nga metali i fortë mund të nxehen prej 900 deri 1000°C dhe të mos e humbin fortësinë.
2. Qëndrueshmëria në konsum, gjegjësisht aftësia e tehut prerës të përballojë konsumit. Eksperimentet kanë treguar që shpenzimi i konsumit për çelique të ndryshme është i ndryshëm. Më pak të qëndrueshëm në konsum janë çeliquet karbonik për instrumente prerëse, pastaj çeliquet shpejtprerëse. Më të qëndrueshëm janë metalet e forta.
3. Mos ndërrimi i formës dhe dimensioneve të përpunimi i nxehtë. Këtë veti të rëndësishme e përcaktojnë përshkrimet e çelikut për lloj të caktuar të instrumentit prerës. Sa më e madhe është masa aq më i madh është deformimi. Në raport me ndryshimet rezultate më të mira tregojnë çeliquet me përmbajtje të caktuar (Č.6440 – 105WCr6). Në raport me deformimet më të mirë janë çeliquet me krom, ndërsa çeliquet karbonike janë më të këqij. Instrumentet e punuara nga çeliku shpejtprerës i ndryshojnë dimensionet deri diku të përpunimi i nxehtë.
4. Thellësia e kalitjes së çelikut. Te kalitja të gjithë çeliquet nuk tregojnë kalitshmëri në tërë prerjen tërthore. Kjo nuk varet nga përbërja kimike e çelikut, por nga madhësia e kokrrizës së çelikut. Çeliku karbonik me përbërje të caktuar kimike por me kokrrizë të ndryshme ka thellësi të ndryshme të kalitjes. Për disa forma të instrumenteve prerëse nevojitet kalitje e plotë, p.sh. për punto, ndërsa për forma të tjera nuk nevojitet kalitje e plotë. Çeliquet karbonike me krom kanë kalitshmëri të plotë. Edhe çeliquet shpejtprerëse mund të kaliten tërësisht.
5. Tendencë të humbjes së karbonit, gjegjësisht tendencë të zvogëlimit të përqindjes së karbonit për shkak të djegies së karbonit. Çeliquet karbonike janë më pak të prirur veprimi të çkarbonizimit. Çeliquet shpejtprerëse dhe disa çelique të lidhura janë të prirur çkarbonizimit.
6. Vetitë mekanike – forca, rezistenca ndaj përdredhjes dhe të ngjajshme. – kanë ndikim të dukshëm, por vlerësimi dhe zgjedhja e materialit nga kjo pikëpamje bëhet rrallë.
7. Përpunueshmëria është veti e rëndësishme e materialit për instrumente prerëse. Të gjithë çeliquet nuk janë barabartë të përpunueshëm. Çeliquet karbonike përpunohen mirë me

prerje, por gjejnë vështirësi gjatë retifikimit dhe mprehja e profilit, posaçërisht te instrumentet për prerje të filetës dhe prerjes së dhëmbëve, pasi që te retifikimi në zonën e prekjes së rrethit të retifikimit krijohen temperatura të larta dhe shtresa sipërfaqësore e instrumentit digjet. Kjo sjellë deri te humbja e fortësisë së shtresës sipërfaqësore. Çeliquet e lidhura me përbërje të kromit përpunohen me prerje diç më vështirë, me retifikim diçka më lehtë sesa çeliquet karbonike. Çeliku shpejtpërës përpunohet më lehtë sesa çeliku me përbërje të kromit dhe retifikohet shumë mirë.

Te zgjedhja e llojit të çelikut për instrumente prerëse, përveç vetive të përmendura, duhet të kushtohet posaçërisht kujdes çmimit të çelikut. Vlera e madhe e çelikeve shpejtpërëse, e po ashtu edhe prezenca e madhe e materieve të dëmshme e kufizon aplikimin e tij dhe e lejon përdorimin e tij vetëm për instrumente të caktuara prerëse.

Mund të formulojmë rregulla themelore të materialeve të përmendura për instrumente prerëse:

1. Instrumente, me të cilat punohet me dorë me shpejtësi të vogla të prerjes, punohen nga çeliquet e lidhura për instrumente prerëse të qëndrueshëm ndaj konsumit ose nga çeliku karbonik për instrumente prerëse. Rezistenca e materialit në temperaturë, gjegjësisht ruajtja e vetive prerëse te nxehja e tehut prerës, për instrumente të tilla nuk do të përdoren.
2. Përdorimi i çelikeve shpejtpërëse lejohet vetëm në rastin kur instrumenti prerës duhet të jetë patjetër me qëndrueshmëri të lartë, te nxehja e tehut prerës në temperaturë prej 550 deri 600°C.

Te shumica e ndërmarrjeve janë paraparë rregulloret e kufizimit të përdorimit të çelikeve shpejtpërëse të formave të ndryshme dhe dimensioneve të ndryshme të instrumentit prerës.

3. Instrumentet prerëse, punimi i të cilëve është i komplikuar, gjegjësisht e lidhur me shtim të tepërt të punës, madje në qoftë se shpejtësia e prerjes për shfrytëzimin e tyre është e vogël, duhet të punohen nga çeliku i kualitetit të lartë të qëndrueshëm.
4. Instrumentet prerëse me dimensione të mëdha, me qëllim të ekonomicitetit, duhet të punohen të kombinuar: p.sh. dhëmbët e ndryshëm nga çeliku shpejtpërës (shpesh nga metali i fortë), ndërsa trupi nga çeliku konstruktiv. Përdorimi i konstruksioneve të kombinuara përveç ekonomicitetit, ofrojnë mundësi të rregullimit më të mira të dimensioneve të instrumentit prerës.
5. Instrumentet prerëse, të cilët duhet patjetër ti ruajnë dimensionet e tyre dhe të cilët lejojnë shpejtësi të mëdha të prerjes, duhet të punohen nga metalet e forta.

Për instrumente prerëse aplikim kanë gjetur llojet vijuese të çeliqueve dhe metalet e forta:

- Çeliquet karbonike Č.1940, Č.1941, Č.1944,
- Çeliquet e lidhura (me krom) për instrumente prerëse Č.4145, Č.6440,
- Çeliquet shpejtprerëse Č. 6980, Č.6880, Č.8780,
- Çeliquet konstruktive Č.4131, Č.3130, Č.1530,
- Metalet e forta P01, P10, P20, P30, K 05, K 0, K 20, F1, S1, S2, S3, H2, H1, G1.

## **2.12. Zgjedhja e gjeometrisë të pjesëve prerëse, largimi i ashklave dhe nxehësisë**

### ***2.12.1. Gjeometria e pjesëve prerëse***

Të gjitha instrumentet prerëse, pavarësisht nga lloji i përpunimit për të cilin shfrytëzohen, kanë pjesën e cila shërben për vendosje dhe shtrëngim në pajisjet përkatëse të makinës metalprerëse (mbajtësi i instrumentit) dhe pjesën e cila shërben për prerje, gjegjësisht pjesën prerëse.

Pjesa e instrumentit e cila shërben për shtrëngimin e tij në makinën metalprerëse ka formë dhe madhësi varësisht nga lloji dhe tipit të instrumentit dhe punohet ose nga materiali i njëjtit – së bashku me tehun prerës, ose nga materiali i ndryshëm (zakonisht konstruktiv) varësisht nga lloji i instrumentit, lloji i materialit të pjesës prerëse, madhësisë dhe formës së instrumentit, teknologjisë së përpunimit etj. Përveç rolit themelor të trupit të instrumentit (që i njëjti të shtrëngohet në mbajtës) ai ka rol të pranojë dhe të bartë të gjitha ngarkesat (forcat e prerjes) në makinë, gjatë së cilës ngurtësia e saj duhet të jetë e kënaqshme.

Rëndësi më të madhe në përpunimin me prerje ka pjesa prerëse e instrumentit duke marrë parasysh që nga forma e tij, gjeometria, materialit etj. në masë të madhe varet zhvillimi i procesit të prerjes, të gjitha dukuritë fizike dhe të tjera që lajmërohen në te por edhe efektet e fundme të tij të shprehura përmes parametrave të kualitetit të copës përpunuese. Nga këto shkaqe në shqyrtim dhe studim në kuadër të përpunimit të metaleve me prerje rëndësi më të madhe i jepet kësaj pjese të instrumentit.

Pjesa prerëse e instrumentit përbëhet nga një ose më tepër elemente prerëse specifike konstruktive të cilat heqin – prej një njëkohësisht materialin ose njërën pas tjetrit.

Në çdo element të instrumentit prerës dallojmë **sipërfaqen e përparme** nëpër të cilën bartet dhe largohet ashkla dhe një ose më shumë **sipërfaqe të prapme** (fig. 2.14).

Sipërfaqet e prapme në instrument janë të kthyera kah sipërfaqja e prerjes ose sipërfaqes së përpunuar. Njëra nga sipërfaqet e prapme quhet sipërfaqja **kryesore e prapme** dhe kjo është e kthyer kah sipërfaqja e prerjes ndërsa në prerje me sipërfaqen e përparme kjo formon **tehun prerës**. Në prerjen e sipërfaqes së përparme dhe sipërfaqes së prapme ndihmëse gjendet tehu prerës ndihmës. Varësisht nga forma e sipërfaqes së përparme dhe të prapme tehu prerës mund të jetë vijë e drejtë, e lakuar ose të ketë formën e vijës së thyer.

Trupi i cili kufizohet me sipërfaqen e përparme dhe të prapme të pjesës prerëse të instrumentit paraqet **pykën prerëse** me të cilën gjatë depërtimit nëpër material realizohet prerja. Në prerje të tehut kryesor dhe ndihmës gjendet **kulmi i instrumentit**.

Pyka prerëse e instrumentit asnjëherë nuk është me mprehtësi ideale prandaj kësi tehu i definuar prerës paraqet vetëm vijën gjeometrike të imagjinuar. Megjithatë, shpeshherë me tehun prerës nënkuptojmë pjesën e pykës prerëse përfaqësues rreth prerjes së sipërfaqes së përparme dhe të prapme.

Këto definime të elementeve themelore të instrumentit më mirë shihen te thikat tornuese (fig. 2.14) edhe pse janë prezent te të gjitha instrumentet prerëse.

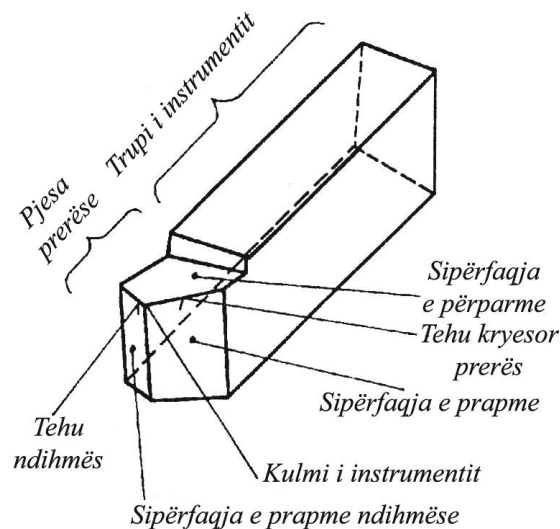


Fig. 2.14. Elementet themelore të instrumenteve prerëse

### 2.12.2 Gjeometria statike e instrumenteve prerëse

Çdo instrument prerës duhet të plotësojë kushtet e caktuara në shikim të karakteristikave të materialit, formës së madhësisë, qëndrueshmërisë etj., por njëkohësisht është shumë me rëndësi që të ketë edhe gjeometri të përshtatshme të pjesës prerëse. Instrumenti si edhe të gjitha elementet tjera makinerike prodhohen në bazë të dokumentacionit teknik të përgatitur përpara të definuar me të gjitha detallet e nevojshme.

Me qëllim të përpunimit adekuat si dhe kontrollit së instrumentit prerës në vizatimet e punëtorisë gjithashtu definohet edhe gjeometria e plotë e pjesës prerëse e vërtetuar në bazë të kushteve konkrete të përpunimit në operacionin e dhënë. Parametrat gjeometrik kështu të definuar quhen edhe **parametra statike**. Shumë parametra të definuar në këtë mënyrë ndërrohen në procesin e përpunimit në radhë të parë përmes kinematikës së prerjes prandaj edhe quhen **parametra kinematik**.

Që të definohet gjeometria themelore statike e pjesës prerëse të instrumentit do të shqyrtojmë thikën për tornim me vërejtje se të gjithë parametrat në të njëjtën mënyrë definohen edhe te të gjitha llojet tjera të instrumenteve (nëse te ato paraqiten).

Definimi i parametrave gjeometrik të pjesës prerëse të instrumentit realizohet në marrëdhënie me rrafshin në të cilin shtrihet instrumenti prerës dhe i cili quhet **rrafshi themelor** (fig. 2.15).

Rrafshi i cili tangon rrafshin prerës dhe në të cilin shtrihet tehu prerës e quajmë **rrafsh prerës** në marrëdhënie me të cilin gjithashtu definohen parametrat e caktuar gjeometrik.

Në marrëdhënie me projeksionin ortogonal të instrumentit në rrafshin themelor si dhe prerjeve të caktuara në të njëjtin, definohen parametrat e vijues (fig. 2.15b):

**Këndi sulumues** ( $\chi$ ) definohet si kënd ndërmjet projeksionit të tehut kryesor prerës në rrafshin themelor dhe drejtimit të lëvizjes ndihmëse.

**Këndi ndihmës sulumues** ( $\chi_1$ ) paraqet këndin ndërmjet projeksionit të tehut ndihmës prerës në rrafshin themelor dhe drejtimit të lëvizjes ndihmëse.

**Këndi i kulmit të instrumentit** ( $\varepsilon$ ) është këndi ndërmjet projeksionit të tehut prerës kryesor dhe ndihmës në rrafshin themelor.

Në bazë të definicioneve të mëparshme rrjedh edhe relacioni:

$$\chi + \chi_1 + \varepsilon = 180^\circ$$

Tehu kryesor prerës mund të jetë paralel me rrafshin themelor ose të kthyer nën ndonjë kënd në marrëdhënie me te. Këndi i cili e përcakton pozitën e tehut prerës në marrëdhënie me rrafshin themelor është **këndi i pjerrësisë** së tehut prerës dhe mund të ketë madhësi të ndryshme, ndërsa shënohet me  $\lambda$ .

Nëse maja e instrumentit është pjesa më e larguar e tehut prerës nga rrafshi themelor, këndi i pjerrësisë së tehut prerës trajtohet negativ ( $\lambda < 0$ ) (fig. 2.16c). Në rastin kur kulmi i



instrumentit është pjesa më e afërt e tehut prerës ndaj rrafshit themelor, atëherë merret se  $\lambda > 0$  (fig. 15a) derisa  $\lambda = 0$  (fig. 2.16b) nëse tehu prerës është paralel me rrafshin themelor.

Këndet  $\chi$  dhe  $\lambda$  praktikisht definojnë pozitën e tehut kryesor prerës në hapësirë e në masë të madhe edhe drejtimin e përcjellës së ashklës. Për rastin kur është  $\lambda > 0$  ashkla drejtohet në të djathtë, më tepër kah sipërfaqja e përpunuar (fig. 2.17a) ndërsa për  $\lambda < 0$  drejtohet majtas, më tepër kah sipërfaqja e cila përpunohet (fig. 2.17b).

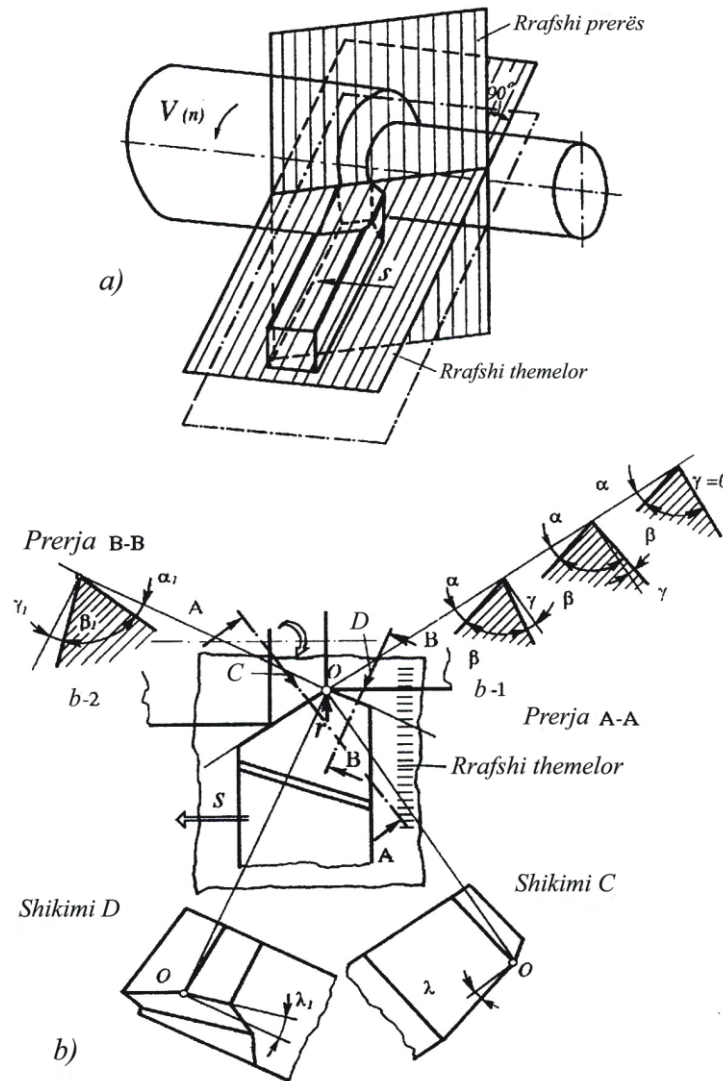


Fig. 2.15. Pozita e rrafshëve në marrëdhënien e të cilave definohet gjeometria (a) dhe parametrat themelor gjeometrik të instrumenteve (b)

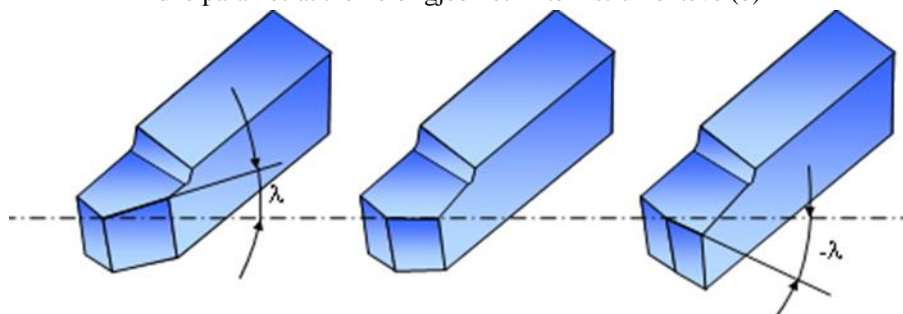


Fig. 2.16. Pozita e tehut prerës në marrëdhënie me rrafshin themelor:  $\lambda > 0$ ,  $\lambda = 0$  dhe  $\lambda < 0$

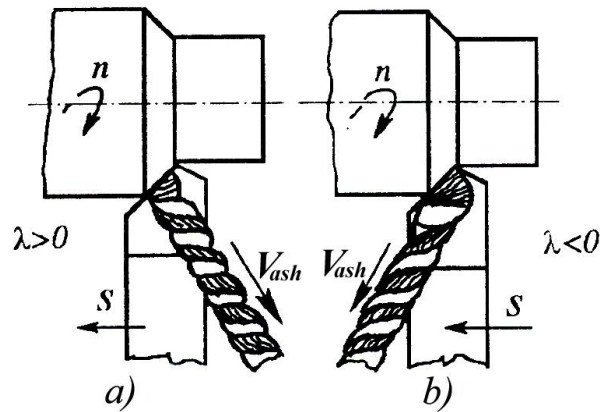


Fig. 2.17. Varësia e drejtimit të largimit të ashklës nga këndi i pjerrësisë së tehut prerës

Pozita e sipërfaqes së përparme e instrumentit prerës në marrëdhënie me rrafshin themelor në njëfarë mënyre cakton **këndin e përparmë**  $\gamma$  i cili definohet si kënd të cilin e përfshin sipërfaqja e përparme e pykës prerëse dhe rrafshi normal në rrafshin prerës. Ky kënd mund të jetë i ndryshëm në çdo prerje përgjatë pykës prerëse nëse ajo nuk është drejtvizore, gjegjësisht nëse sipërfaqet e përparme ose të prapme nuk janë të rrafshëta (shembulli të instrumentet prerëse për retifikim). Varësisht nga pozita e sipërfaqes së përparme ndaj rrafshit kryesor ky kënd mund të jetë pozitiv ( $\gamma > 0$ ), negativ ( $\gamma < 0$ ) dhe baras me zero ( $\gamma = 0$ ) (fig. 2.15b-1).

Nga këndi i përparmë ( $\gamma$ ) varen shumë karakteristika të procesit përpunues ndërsa zgjedhja e madhësisë së tij varet nga një varg faktorësh siç janë: materiali i copës përpunuese, materiali i instrumentit prerës, lloji i përpunimit, lloji i instrumentit prerës etj.

**Këndi i prapëm**  $\alpha$  përcakton pozitën e sipërfaqes së prapme të pykës prerëse dhe definohet si kënd ndërmjet rrafshit të prerjes dhe sipërfaqes së prapme të instrumentit prerës në prerje të caktuar (fig. 2.15b). Varësisht nga forma e pykës prerëse ky kënd gjithashtu mund të jetë i ndryshëm në prerje të ndryshme. Këndi i prapëm  $\alpha$  gjithnjë është pozitiv ( $\alpha > 0$ ) megjithëse teoretikisht mund të jetë edhe  $\alpha = 0$ . Madhësitë e këndit  $\alpha$  merren në kufij mjaftë të ngushtë e prej tij në masë të madhe varet madhësia e konsumit të instrumentit prerës sipas sipërfaqes së prapme, temperaturës së prerjes, forcës së prerjes, vibrimeve etj. për të cilat do të bëhet fjalë më vonë.

Këndi ndërmjet sipërfaqes së përparme dhe të prapme, të cilat e formojnë pykën prerëse në prerje të caktuar të tehut prerës, e quajmë **kënd të pykës prerëse** i cili shënohet me  $\beta$ . Madhësia e këtij këndi në bazë të definicionit dhe lidhjes funksionale me këndin  $\alpha$  dhe  $\gamma$  shprehet me:

$$\alpha + \beta + \gamma \geq 90^\circ$$

Këndet statike kështu të definuara në prerjen A-A normal në tehut kryesor prerës (fig. 2.15b-1) mund të quhen edhe kënde kryesore. Nëse këndet shikohen në tehun ndihmës prerës të cilën e formojnë sipërfaqja e përparme dhe e prapme ndihmëse, mund të definohen në të njëjtën mënyrë të ashtuquajtur kënde ndihmëse  $\alpha_1, \beta_1, \gamma_1$  (fig. 2.15b-2) për të cilat po ashtu vlen relacioni i mëparshëm.

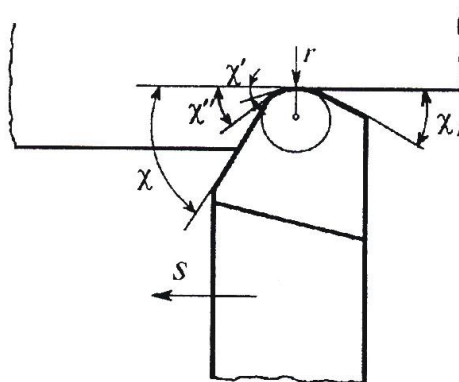


Fig. 2.18. Rrumbullakimi i majës së instrumentit prerës

Prerja e tehut kryesor dhe ndihmës formojnë *kulmin e instrumentit prerës* i cili teoretikisht është vetëm në një pikë. D.m.th, kulmi i instrumentit prerës gjithnjë është i rrumbullakuar me ndonjë rreze  $r$ . Madhësia e rrezes së rrumbullakuar e kulmit të instrumentit prerës varet nga lloji i instrumentit prerës, materialit të instrumentit prerës, kualitetit të dëshiruar të sipërfaqes së përpunuar, gjendja e konsumit të instrumentit prerës etj. Në pika të veçanta të tehut prerës në vendin e rrumbullakuar të instrumentit prerës edhe këndet sulmuese  $\chi$  dhe  $\chi_1$  janë të ndryshueshëm (fig. 2.18).

Përveç parametrave gjeometrike të definuara kështu të pjesës prerëse të instrumentit prerës, ndonjëherë paraqitet nevoja për njohjen e parametrave të njëjtë në prerje tjera. Kështu që gjeometria e pykave prerëse mund të shqyrtohet dhe definohet edhe në të njëjtën mënyrë në prerjet normale në drejtim të lëvizjes ndihmëse (prerja B-B) dhe prerjeve në drejtim të lëvizjes ndihmëse (prerja C-C) (fig. 2.19).

Këndet të cilat përfitohen në prerjen B-B thjeshtë quhen *kënde radiale* ndërsa këndet në prerjen C-C quhen *kënde aksiale*. Madhësia e këtyre këndeve në radhë të parë varen nga pozita e sipërfaqes së përparme dhe të prapme gjegjësisht nga pozita e tehut prerës.

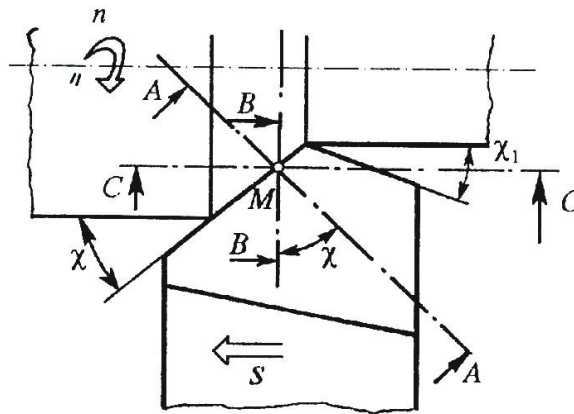


Fig. 2.19. Pozita e prerjes radiale dhe aksiale

Ndërmjet këndeve kryesore ( $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$ ) në prerjen A-A (fig. 2.15b) dhe këndeve radiale dhe aksiale mund të vendosen relacione të caktuara matematikore: Nëse këndeve në rrafshin B-B iu shtojmë indeksin  $r$  ndërsa këndeve në rrafshin C-C indeksin  $0$  do të kemi:

$$\tan \gamma_0 = \tan \gamma \sin \chi + \tan \lambda \cos \chi ; \tan \alpha_0 = \tan \alpha / \sin \chi$$

$$\tan \gamma_r = \tan \gamma \sin \chi + \tan \lambda \cos \chi ; \tan \alpha_r = \tan \alpha / \sin \chi$$

### 2.12.3. Varësia e këndeve nga saktësia e vendosjes së instrumentit prerës

Te definimi i të gjithë parametrave gjeometrik më parë të pjesës prerëse të instrumentit prerës – këndeve, është filluar nga supozimi që kulmi i instrumentit prerës është e vendosur në lartësi të aksit të copës përpunuese, pra instrumenti prerës është i vendosur normal në aksin e copës përpunuese dhe shtrihet në rrafshin kryesor si dhe lëvizja ndihmëse realizohet në drejtim të aksit të copës përpunuese. Nëse këto kushte ose njëri prej tyre nuk janë plotësuar do të ndërrohen edhe disa kënde të instrumentit prerës.

Nëse është pozita e instrumentit prerës në rrafshin themelor ashtu që ai është normal në aksin e copës përpunuese (pozita e rregullt) (fig. 2.20a) do të kemi këndet sulmuese  $\chi$  dhe  $\chi_1$ . Nëse instrumenti prerës vendoset në mbajtës ashtu që të jetë i kthyer për ndonjë kënd  $\omega$  në marrëdhënie me pozitën e rregullt do të vij deri te ndryshimi i këndeve sulmuese  $\chi$  dhe  $\chi_1$ . Për rastin e vendosjes së instrumentit prerës sipas (fig. 2.20b) kur ai është i kthyer majtas për ndonjë kënd  $\omega$  në marrëdhënie me pozitën e rregullt, do të kemi kënd më të vogël real  $\chi$  ndërsa këndi ndihmës sulmues do të jetë më i madh  $\chi_1$ . Madhësitë e vërteta të këtyre këndeve do të caktohen nga shprehjet:

$$\chi^* = \chi - \omega ; \quad \chi_1^* = \chi_1 + \omega$$

Për rastin e vendosjes së instrumentit prerës sipas fig. 2.20c kur ai është i kthyer djathtas për ndonjë kënd  $\omega$  në marrëdhënie me pozitën e rregullt, ndërrimi i këndeve sulmuese është i kundërt dhe mund të gjindet me shprehjet:

$$\chi^* = \chi + \omega ; \quad \chi_1^* = \chi_1 - \omega$$

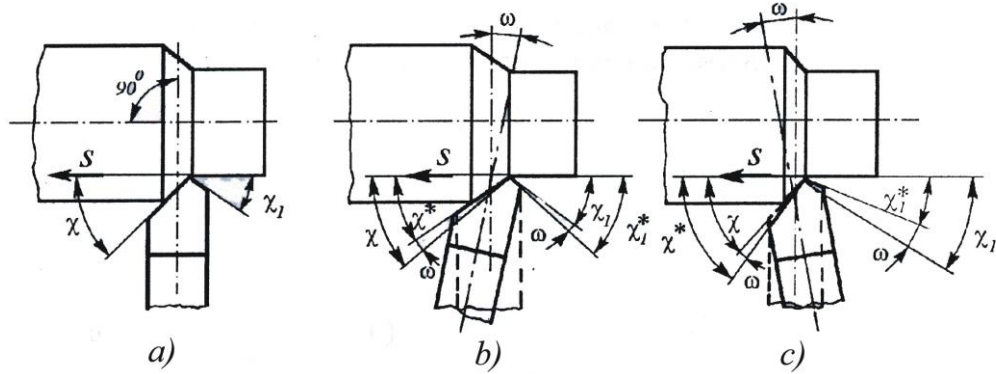


Fig. 2.20. Pozita e vendosjes së instrumentit prerës në rrafshin themelor

Deri te ndërrimi i këndeve të cilat e definojnë pykën prerëse ( $\alpha$  dhe  $\gamma$ ) mund të vijë nëse instrumenti prerës nuk shtrihet në rrafshin themelor por është i vendosur nën ndonjë kënd  $\varepsilon$  në marrëdhënie me të. Gjithashtu këto kënde do të ndërrohen nëse kulmi i instrumentit prerës nuk shtrihet në lartësi të aksit të copës përpunuese.

Nëse instrumenti prerës është i vendosur në pozitë si në fig. 2.21b dhe fig. 2.21ç, këndi i vërtetë i përparmë  $\gamma$  do të jetë më i madh për këndin  $\varepsilon$  i cili mund të gjindet nga relacioni:

$$\sin \varepsilon = \frac{H}{D/2}$$

Për madhësinë e njëjtë të këndit  $\varepsilon$  këndi i prapmë  $\alpha$  do të jetë më i vogël ashtu që do të kemi:

$$\gamma^* = \gamma + \varepsilon \quad \text{dhe} \quad \alpha^* = \alpha - \varepsilon$$

Ndërrimet e kundërta të këndeve do të jenë në rastet e vendosjes së instrumentit prerës si në fig. 2.21c dhe fig. 2.21d kur këndet e përparme të vërteta dhe këndet e prapme kanë vlerat të cilat mund të gjinden nga shprehjet:

$$\gamma^* = \gamma - \varepsilon \quad \text{dhe} \quad \alpha^* = \alpha + \varepsilon$$

Këndet faktike  $\alpha^*$  dhe  $\gamma^*$  kështu të shqyrtuar fitohen në vetë kulmin e instrumentit prerës kur vektorët e shpejtësive të prerjes kanë drejtim tangjencial me diametrin e përpunimit (D) siç është treguar në fig. 2.22a. Megjithatë, drejtimit e vektorit të shpejtësive të prerjes në çdo pikë përgjatë tehut prerës nuk do të jenë paralele për shkak të prezencës së këndit të pjerrësisë së tehut prerës ( $\lambda \neq 0$ ) (fig. 2.22b dhe fig. 2.22c) e me këtë edhe rrafshet prerëse, që arrihet deri te konstatimi se këndet e reale  $\alpha^*$  dhe  $\gamma^*$  përgjatë tehut prerës nuk janë të njëjta. Ndryshimet e këtyre këndeve zakonisht neglizhohen duke pasur parasysh se këndet e pjerrësisë të tehut prerës  $\lambda$  nuk kanë vlera të mëdha dhe nuk ndryshohen në kufij të gjërë.

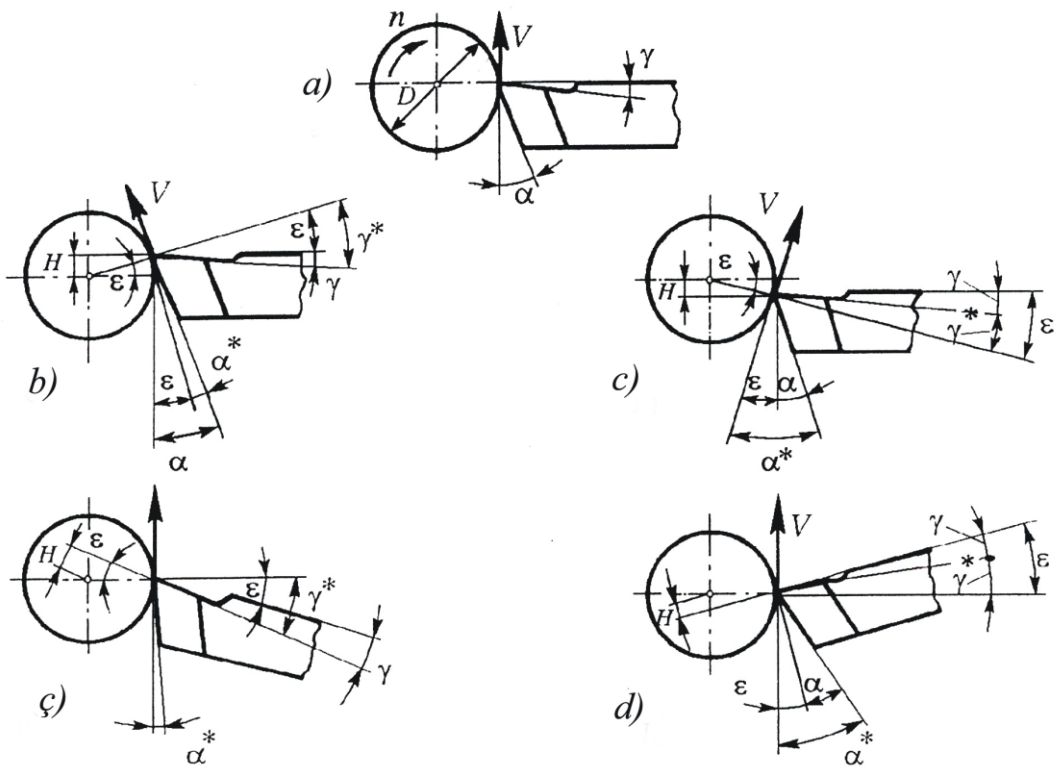


Fig. 2.21. Pozitat e ndryshme të instrumentit prerës në marrëdhënie me rrafshin themelor

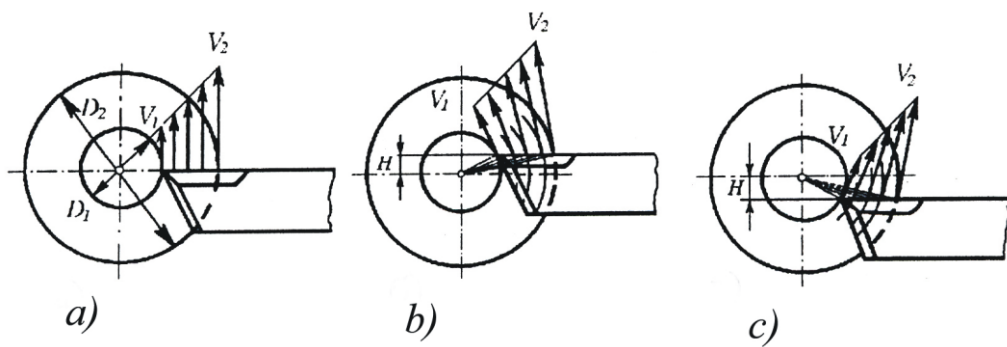


Fig. 2.22. Radhitja e vektorit të shpejtësive përgjatë tehut prerës për pozita të ndryshme të instrumentit prerës

Duke pasur parasysh karakterin e ndërrimeve në radhë të parë të këndit të prapmë  $\alpha$  duhet të tregohet në fakt se ndryshimet më të mëdha ndodhin gjatë përpunimit të diametrave më të vegjël kur këndi i prapmë mund të arrijë vlerën  $\alpha^* = 0$ , ose  $\alpha^* < 0$ , çka nuk mund të lejohet. Kjo posaçërisht është e shprehur gjatë përpunimit tërthor në torno kur diametri i përpunimit zvogëlohet deri në zero d.m.th. në këto raste duhet pasur kujdes të veçantë në vendosjen e rregullt të thikës.

Në fig. 2.23 është treguar varësia e ndryshimeve të këndit të përparmë ( $\Delta\gamma$ ) dhe të prapmë ( $\Delta\alpha$ ) nga diametri i përpunimit (D).

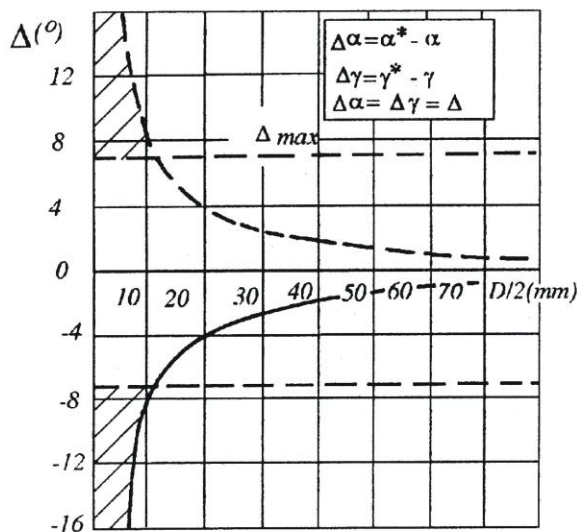


Fig. 2.23. Ndërrimet e këndeve  $\alpha$  dhe  $\gamma$  në funksion të diametrit të përpunimit

#### 2.12.4 Gjeometria kinematike e instrumenteve prerëse

Gjeometria statike e instrumenteve prerëse e definuar më parë nuk merr parasysh lëvizjet relative të cilat lajmërohen në procesin e përpunimit ndërmjet copës përpunuese dhe instrumentit prerës. Drejtimet e vektorit të shpejtësisë së prerjes dhe vektorit të shpejtësisë së lëvizjes ndihmëse si dhe pozitat e disa trajektoreve dhe sipërfaqeve në marrëdhënie me të cilat janë të definuar disa parametra, ndryshohen gjatë procesit të prerjes për shkak të prezencës së kinematikës së prerjes.

Varësisht nga skema kinematike e prerjes disa parametra gjeometrik (këndet) të pjesës prerëse të instrumentit prerës gjatë prerjes fitojnë vlera tjera të cilat i quajmë vlera kinematike. Madhësitë e disa parametrave kinematik të pjesës prerëse të instrumentit prerës

me të cilat ai në të vërtetë merr pjesë në procesin e prerjes, varen si nga vlerat statike ashtu edhe nga shpejtësia e lëvizjes kryesore (shpejtësia e prerjes) dhe shpejtësisë së lëvizjes ndihmëse.

Si në rastin e mëparshëm, për definimin e parametrave kinematik të pjesës prerëse të instrumentit prerës do të shqyrtohet shembulli i përpunimit në torno me vërejtje se të gjitha shqyrtimet dhe konkluzionet mundën me pas lidhje edhe në përpunimet e llojeve tjera dhe instrumenteve tjera prerës.

Gjeometria kinematike e pjesës prerëse të instrumentit në pikë të caktuar të tehut prerës definohet në sistemin koordinativ kinematik i cili vendoset në marrëdhënie te drejtë me shpejtësinë rezultuese të prerjes, e cila paraqet shumën vektoriale të shpejtësisë së prerjes, d.m.th. shpejtësisë së lëvizjes kryesore ( $V$ ) dhe shpejtësisë së lëvizjes ndihmëse ( $V_n$ ).

**Këndi sulmues kinematik** ( $\chi_k$ ) si dhe **këndi sulmues ndihmës** ( $\chi_{1k}$ ) paraqesin këndet ndërmjet tehut prerës kryesor, gjegjësisht tehut prerës ndihmës dhe drejtimit të vektorit të lëvizjes ndihmëse ( $V_n$ ) (fig. 2.24). Në fig. 2.24a janë dhënë pozitat e rrafsheve kinematike në marrëdhënie më të cilave definohet gjeometria kinematike e instrumentit prerës.

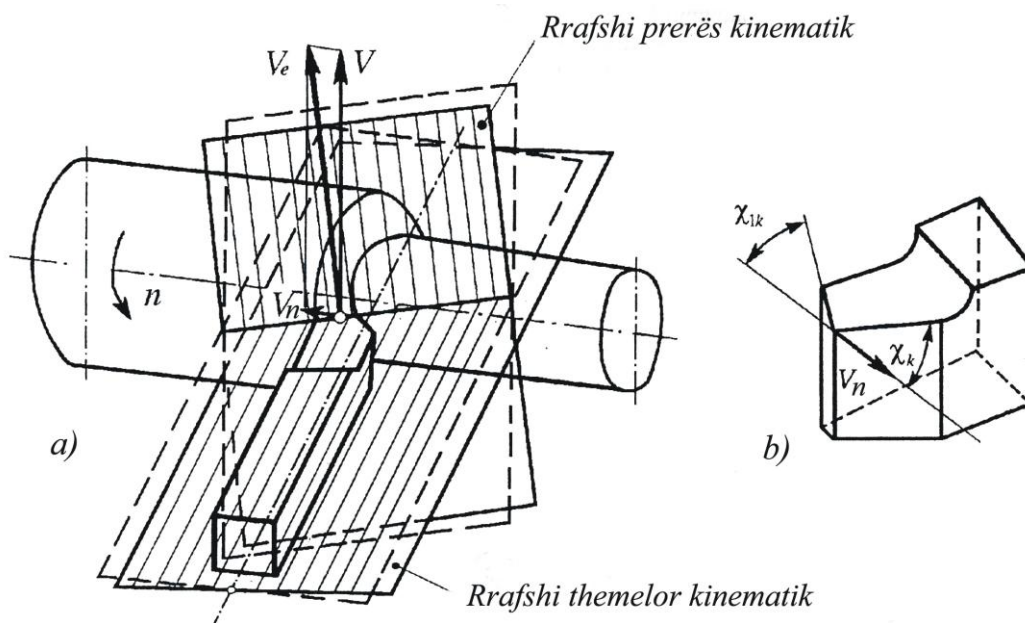


Fig. 2.24. Pozitat e rrafsheve kinematike (a) dhe këndet sulmuese kinematike (b)

**Këndi kinematik i pjerrësisë së tehut prerës** ( $\lambda_k$ ) definohet si kënd ndërmjet tehut prerës kryesor dhe rrafshit i cili është normal në vektorin e shpejtësisë së lëvizjes rezultuese të prerjes  $V_e$ .



Nëse shikohet thika për tornim me këndin statik  $\lambda=0$  ndërsa tehu prerës ndodhet në lartësi të aksit të copës përpunuese (Fig. 2.25a), atëherë trajektorja e lëvizjes rezultuese e cilës do pike M është në tehun prerës të vijës lidhëse (Fig. 2.25b). Këndi ndërmjet shpejtësisë së prerjes ( $V$ ) dhe shpejtësisë rezultuese ( $V_e$ ) i cili shtrihen në rrafshin tangjencial në trajektore, është i barabartë me këndin  $\eta$ . Madhësia e këtij këndi mund të gjendet sipas shprehjes:

$$\tan \eta = \frac{V_s}{V} = \frac{n \cdot s}{1000 \cdot V} = \frac{s}{\pi \cdot D}$$

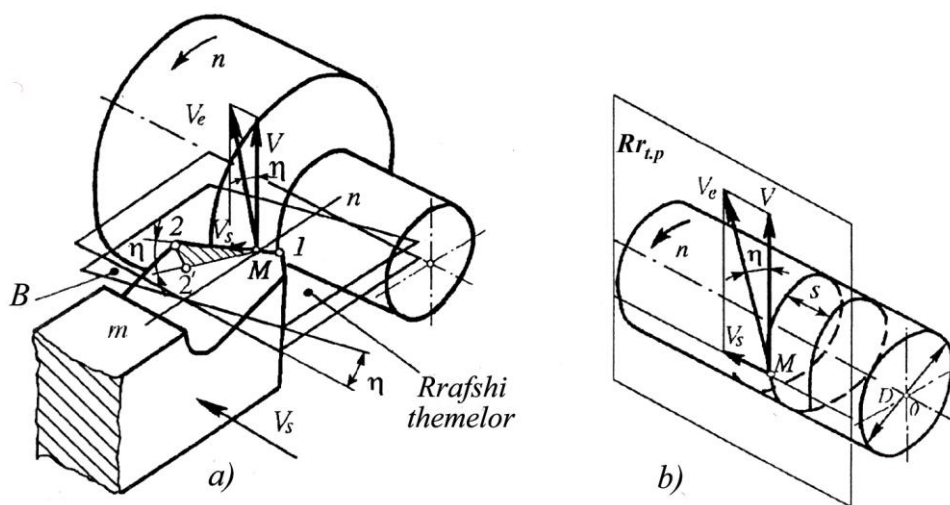


Fig. 2.25. Pozita e shpejtësisë rezultuese dhe shpejtësisë së prerjes

Këndi i pjerrësisë kinematike i tehut prerës ( $\lambda_k$ ) pra paraqet këndin ndërmjet tehut prerës dhe projekcionit të tij në rrafshin B (rrafshi themelor kinematik) i cili është normal në vektorin e shpejtësisë rezultuese  $V_e$ .

Sikurse që shpejtësia prerëse  $V$  ndryshon përgjatë tehut prerës (më e vogël është në kulmin e instrumentit prerës ndërsa më e madhe është në pikën 2) ashtu edhe këndi  $\eta$  ndërmjet shpejtësisë së prerjes ( $V$ ) dhe shpejtësisë rezultuese ( $V_e$ ) do të ndryshojë. Vlera më e madhe e këndit  $\eta$  do të jetë në kulmin e instrumentit prerës ku diametri i përpunimit është më i vogël, ndërsa është më i vogël në pikën 2 të tehut prerës. Nga kjo del se edhe këndi i pjerrësisë kinematike i tehut prerës ( $\lambda_k$ ) do të jetë më i madh në kulmin e instrumentit prerës në pikën 1 dhe zvogëlohet përgjatë tehut prerës.

Në rastin kur instrumenti prerës është me këndin statik  $\lambda > 0$ , rrafshi i cili është tangjencial në sipërfaqen e trajektores së tehut (rrafshi prerës) formon me rrafshin normal në rrafshin themelor ndonjë kënd  $\varepsilon$  (fig. 2.26).

Këndi  $\varepsilon$  i cili praktikisht e përcakton pozitën e shpejtësisë rezultuese (efektive) të prerjes në marrëdhënie me rrafshin vertikal ndryshon përgjatë tehut prerës si dhe këndit  $\eta$ .

Duke i shfrytëzuar rregullat themelore të gjeometrisë deskriptive, të cilat këtu nuk do të shqyrtohen, mund të arrihet deri te shprehja për këndin kinematik të pjerrësisë së tehut prerës ( $\lambda_k$ ) i cili shprehet:

$$\sin \lambda_k = \cos \chi \cos \lambda \sin \eta + \sin \chi \cos \lambda \sin \varepsilon \cos \eta + \sin \lambda \cos \eta \cos \varepsilon$$

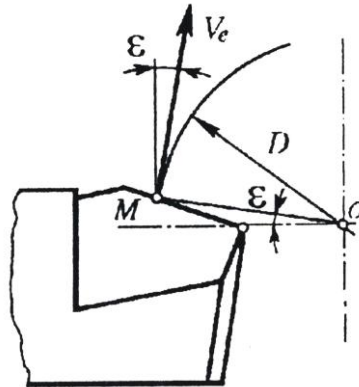


Fig. 2.26. Pozita e shpejtësisë rezultuese në marrëdhënie me tehun prerës

Për rastin kur tehu prerës është paralel me rrafshin themelor ( $\lambda=0$ ) dhe shtrihet në lartësi të aksit të copës përpunuese, do të jetë  $\varepsilon=0$  dhe do të kemi:

$$\sin \lambda_k = \cos \chi \sin \eta$$

**Këndi i përparmë kinematik** ( $\gamma_k$ ) definohet si kënd ndërmjet rrafshit normal në vektorin e shpejtësisë rezultuese ( $V_e$ ) dhe sipërfaqes së përparme në drejtim të largimit të ashklës nëpër atë.

Pa analizë detale dhe tentime në aparatin e gjeometrisë analitike me të cilin definohen pozitat e disa rrafsheve, prerjeve dhe projeksioneve, mund të jepet shprehja përfundimtare për përcaktimin e këndit të përparmë kinematik ( $\gamma_k$ ) i cili është në funksion të këndeve statike dhe disa këndeve kinematike e forma e të cilit është:

$$\sin \gamma_k = \sqrt{1 - \sin^2 \gamma \cos^2 \lambda_k} \left[ \sin(\chi + \lambda'_k) \sin \eta + \cos(\chi + \lambda'_k) \cos \eta \sin \varepsilon \right] + \sin \gamma \cos \lambda \cos \eta \cos \varepsilon$$

ku është:  $\tan \lambda'_k = \tan \lambda / \cos \gamma$

Në bazë të kësaj shprehje mund të konkludohet që këndi i përparmë kinematik ( $\gamma_k$ ) është i ndryshueshëm përgjatë tehut prerës. Madhësitë e këndit varen si nga gjeometria statike ashtu edhe nga marrëdhëniet e elementeve të regjimit të prerjes; shpejtësisë së prerjes ( $V$ ), hapit ( $s$ ) të shprehur përmes  $\eta$  edhe gjithashtu nga diametri i përpunimit i shprehur përmes këndit  $\varepsilon$ .

Për instrumentet prerëse të cilat tehu prerës është paralel me rrafshin themelor ( $\lambda=0$ ) dhe shtrihet në lartësinë e aksit të copës përpunuese, nëse është  $\varepsilon=0$ , shprehja e sipërme merr formën:

$$\sin\gamma_k = \cos\gamma \sin\chi \sin\eta + \sin\gamma \cos\eta$$

**Këndi i prapmë kinematik** ( $\alpha_k$ ) është i definuar si kënd të cilin e formon rrafshi në të cilin shtrihet shpejtësia rezultuese ( $V_e$ ) – tangjenciale në trajektoren rezultuese dhe vijën në sipërfaqen e prapme nëpër të cilën kalon sipërfaqja e trajektores.

Në rastin e përgjithshëm kur sipërfaqja prerëse është hapësinore – spirale, ku vektori i shpejtësisë rezultuese është tangjent në atë, këndi i prapmë kinematik mund të jepet me shprehjen:

$$\cos\alpha_k = \frac{D \sin\chi + D(\cos\chi \sin\varepsilon - \tan\alpha \cos\varepsilon)/(2\pi)}{\sqrt{\sin^2\chi + \tan 2\alpha \sqrt{D^2 + [D/(2\pi)]^2}}}$$

Me rëndësi është të ceket që, si edhe te gjeometria statike, këndi i përparmë kinematik, i prapmë dhe këndet e pykës prerëse e plotësojnë relacionin:

$$\alpha_k + \beta_k + \gamma_k \geq 90^\circ$$

Në bazë të madhësive të këndeve kinematike mund të gjinden madhësitë e këndeve, sikurse te gjeometria statike, në cilën do prerje të pykës prerëse (radiale ose këndet aksiale).

### 3.0. KONSUMI I INSTRUMENTEVE METALPRERËSE

Shkaqet e konsumit janë ngarkesat me të cilat instrumenti është i nënshtruar gjatë përpunimit, ndërsa në esencë janë të natyrës mekanike ose fiziko-kimike.

Konsumi i instrumentit varet nga lloji i materialit të instrumentit, materialit të copës punuese, gjeometrisë së instrumentit, parametrave të përpunimit, mjetit për ftohje dhe lubrifikim, temperatura e përpunimit e kështu me radhë.

Proceset e konsumit mund të ndahen në dy grupe:

- procese të cilat janë pasojë e veprimit mekanik (abrazionit dhe adezionit) dhe
- procese të cilat janë pasojë e veprimit fiziko-kimik ndërmjet instrumentit dhe copës punuese (oksidimit dhe difuzionit).

Konsumi i lejuar i tehut të instrumentit prerës është i lidhur ngushtë me përcaktimin e afatshërbimit ekonomik të qëndrueshmërisë së instrumentit prerës. Secili instrument prerës konsumohet lehtë si në pjesën e përparme ashtu edhe në pjesën e lirë të instrumentit prerës. Shkak i konsumit është fërkimi i madh gjatë prerjes ndërmjet instrumentit dhe ashklës, gjegjësisht përpunimit të sipërfaqes, temperatura e lartë në tehun prerës të instrumentit dhe shtypja e madhe në tehun prerës. Dukurit në thikë të cilat e karakterizojnë topitjen tehut prerës janë:

1. rritja e forcës së prerjes,
2. rritja e konsumit të thikës
3. rritja e temperaturës së prerjes,
4. thyerja e tehut prerës,
5. ndryshimi i dimensioneve të copës së përpunuar,
6. paraqitja e vendeve të bardha të gropëzuara në copën e përpunuar,
7. përkeqësimi i kualitetit të përpunimit,
8. lajmërimi i vibrimeve dhe zërit,
9. ndryshimi i formës dhe ngjyrës së ashklës.

Figura 3.1 paraqet rrjedhjen e konsumit të sipërfaqes së lirë të instrumentit prerës. Gjatë konsumit dallojmë tri periudha: konsumi fillestar ku konsumohen të gjitha jorrafshinat, pas zbutjes të sipërfaqes vjen periudha e dytë, gjegjësisht puna normale. Periudha e tretë paraqet përsëri rritje më të fortë të konsumit. Gjatë eksploatimit të rregullt të instrumentit prerës nuk duhet të lejohet që instrumenti të konsumohet mbi kufirin e lejuar, pasi që mbi kufirin dukshëm zvogëlohet jetëgjatësia e përgjithshme e instrumentit prerës.

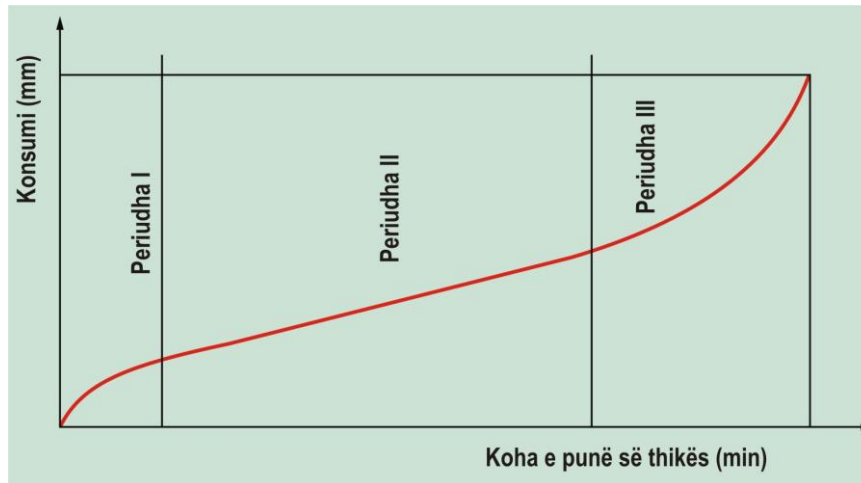


Fig. 3.1 Paraqitja e rrjedhjes së sipërfaqes së lirë të thikës në varësi të qëndrueshmërisë së thikës

Në figurë shihet se koha mund të ndahet në tri perioda. Perioda e parë paraqet periudhën e depërtimit gjatë së cilës vjen deri te konsumi intensiv i instrumentit por me përmasa të vogla. Pas periudhës së depërtimit pason periudha e konsumit normal në të cilën ekziston ndryshimi drejtvizor i konsumit sipas kohës. Perioda e fundit është perioda e konsumit të shpejtuar gjegjësisht përfundimi i jetëgjatësisë së instrumentit.

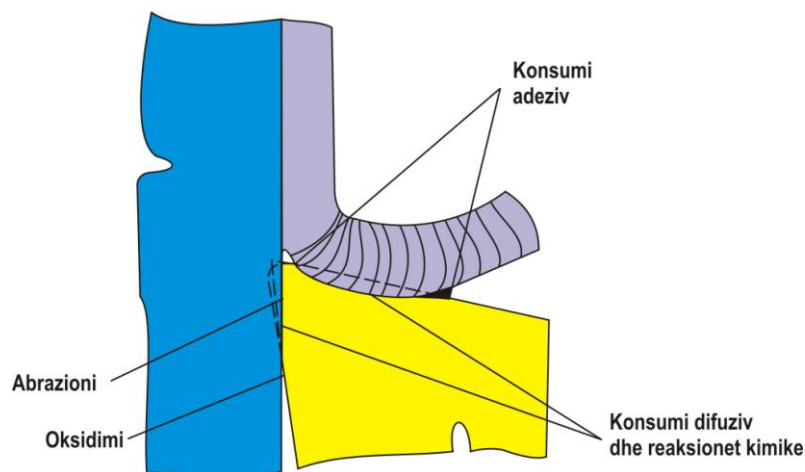


Fig. 3.2 Paraqitja e llojeve të konsumit në zonën e prerjes

Figura 3.3 paraqet pamjen e konsumit të sipërfaqes së përparme dhe të lirë në thikën tornuese nga çeliku shpejtprerës. Në qoftë se thellësia e prerjes është më e vogël se 0,1 mm (p.sh. te thika për përpunim të pastër), ndërsa prerja realizohet me përdorimin e mjetit ftohës dhe lubrifikues (MFL), atëherë thika konsumohet kryesisht vetëm në sipërfaqen e lirë. Nëse thellësia e prerjes është më e madhe se 0,1 mm, ndërsa prerja realizohet te shpejtësitë mesatare edhe atë me përdorimin e MFL, thika do të konsumohet në sipërfaqen e përparme dhe të lirë. Thika tornuese konsumohet në sipërfaqen e përparme vetëm në rastin kur thellësia e prerjes është më e madhe se 0,1 mm, ndërsa punohet me shpejtësi të larta të prerjes (p.sh. thikat për përpunim të ashpër).

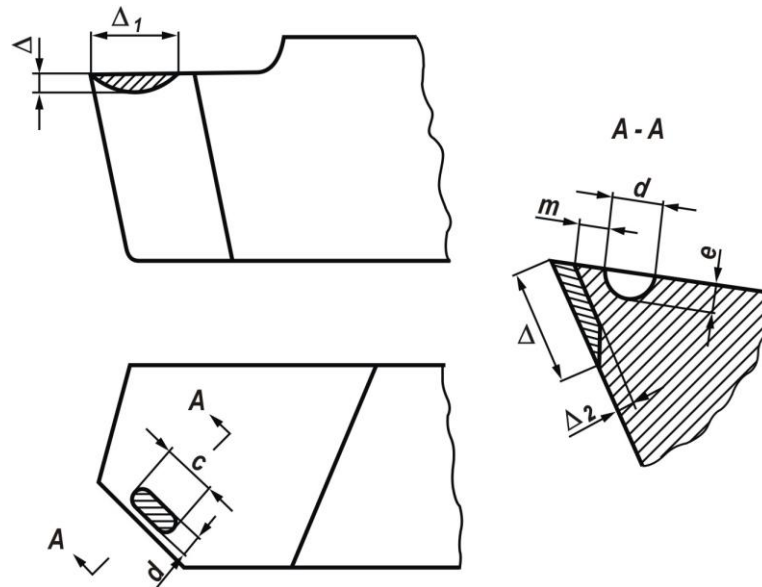


Fig. 3.3 Paraqitja e konsumit të sipërfaqes së përparme dhe të lirë të thikës tornuese nga çeliku shpejtprerës

Grupi i parë i konsumit është prezent gjithnjë, ndërsa dominon gjatë temperaturave më të ulëta të përpunimit, ndërsa grupi i dytë i procesit të konsumit është karakteristik për temperaturat e ngritura të përpunimit.

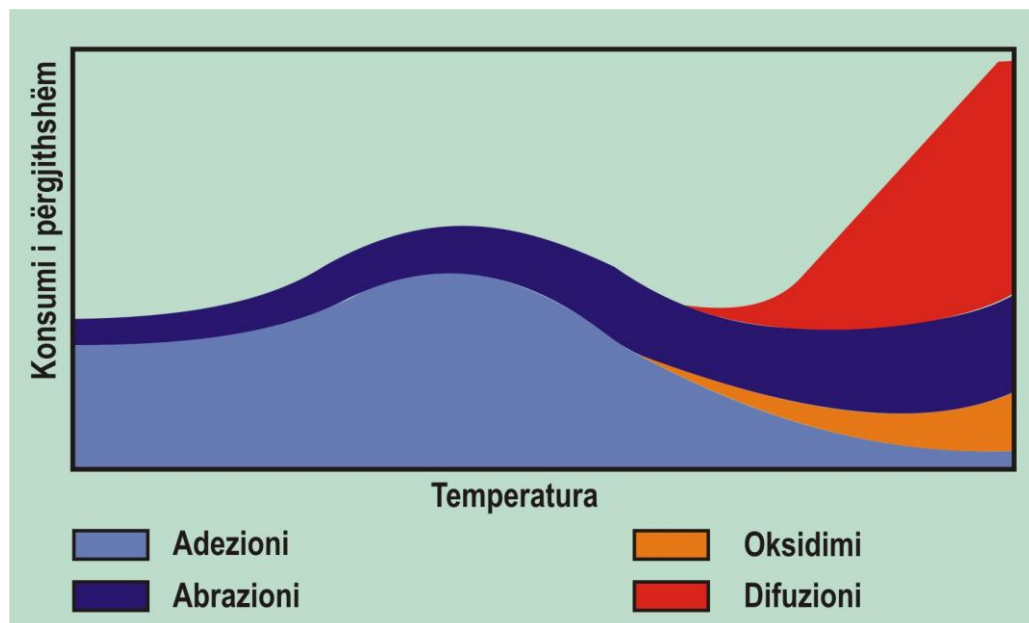


Fig. 3.4 Paraqitja e ndikimit të temperaturës në konsumin gjatë përpunimit

Format e konsumit janë:

- konsumi në sipërfaqen e prapme të instrumentit,
- konsumi në sipërfaqen e përparme të instrumentit,
- kërcitja e tehut prerës,
- deformimi plastik i tehut prerës të instrumentit.

Konsumi në anën sipërfaqen e prapme të instrumentit është gjithnjë prezent. Me atë konsum konsiderohet konsumi i cili është krijuar në sipërfaqen e prapme të instrumentit nën tehun prerës, ndërsa matet si distancë nga maja e tehut prerës deri te skaji i poshtëm i sipërfaqes së prapme të konsumuar të instrumentit (VB). Shkaktarë të këtij konsumi më së shpeshti janë shpejtësia tepër e madhe e prerjes dhe qëndrueshmëria tepër e vogël ndaj konsumit, (fig. 3.5).

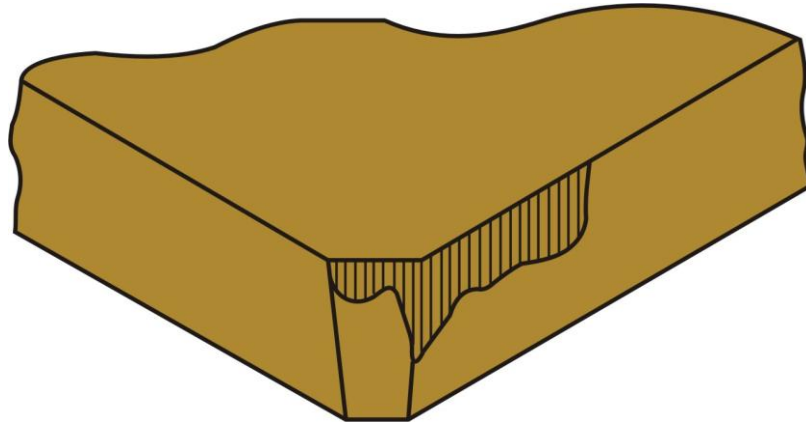


Fig. 3.5 Konsumi në sipërfaqen e prapme të instrumentit

Konsumi në sipërfaqen e përparme të instrumentit lexohet me paraqitjen e kraterit (thellimit) afër tehut të përparmë të tehut prerës të instrumentit kështu që ndërmjet kraterit të skajit të tehut prerës mbetet sipërfaqe e vogël. Ajo sipërfaqe nganjëherë është e mbuluar me ngjitës (BUE). Sipërfaqja e përparme konsumohet gjatë shpejtësive të mëdha të prerjes, ndërsa shkaktarë më të shpeshtë janë temperaturat tepër të larta në zonën e prerjes dhe presione tepër të larta në sipërfaqen e përparme të instrumentit.

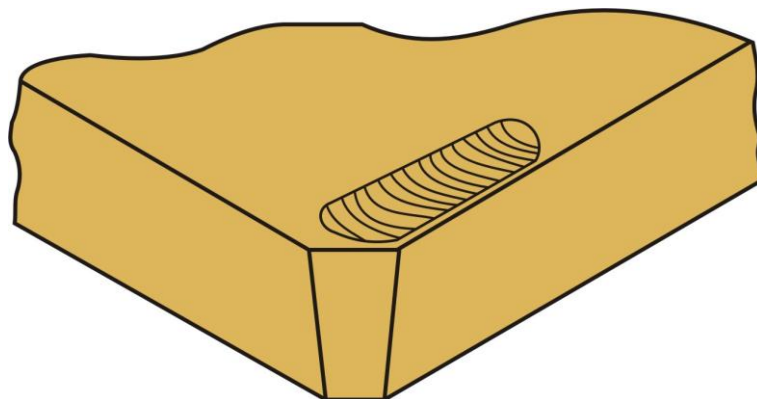


Fig. 3.6 Konsumi në sipërfaqen e përparme të instrumentit

Konsumi ndonjëherë paraqitet edhe në formë të kërcitjes së tehut prerës. Kjo dukuri më së shpeshti krijohet për arsye se tehu prerës është i ndërprerë dhe për arsye të krijimit të ngjitësit në sipërfaqen e përparme të instrumentit.

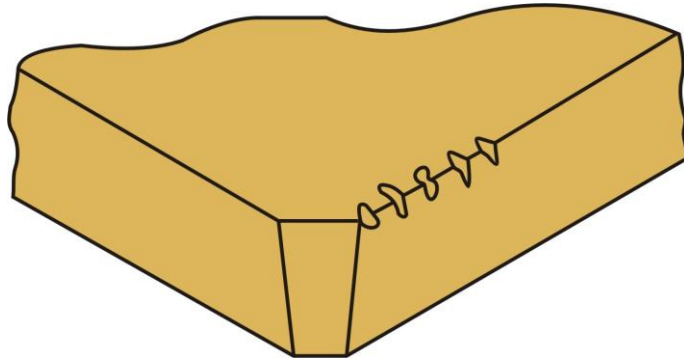


Fig. 3.7 Kërcitja e tehut prerës

Deformimi i tehut prerës krijohet gjatë ngarkesave të mëdha të tehut prerës kur kemi shpejtësi të mëdha të hapit dhe forca të mëdha të prerjes. Ngarkesa e rritur rezulton me rritjen e temperaturës në zonën e prerjes të cilën e pranon tehu prerës, dhe pasi që e njëjta është ekspozuar presionit të madh vjen deri te deformimi.



Fig. 3.8 Deformimi i tehut prerës

Në figurën 3.9 është paraqitur diagrami i cili tregon ndryshimin e madhësisë së konsumit të sipërfaqes së lirë duke pas parasysh kohën e punës dhe shpejtësinë e prerjes. Shihet se konsumi në një moment rritet shumë shpejt dhe vjen deri te thyerja. Me rritjen e shpejtësisë së prerjes ajo rritje e shpejtë e konsumit është gjithnjë e më e ngadalshme. Mund të konstatohet se me rritjen e shpejtësisë së prerjes ndërsa me rritjen e shpejtësisë dhe hapit dhe thellësisë së prerjes, rritet konsumi i thikës.

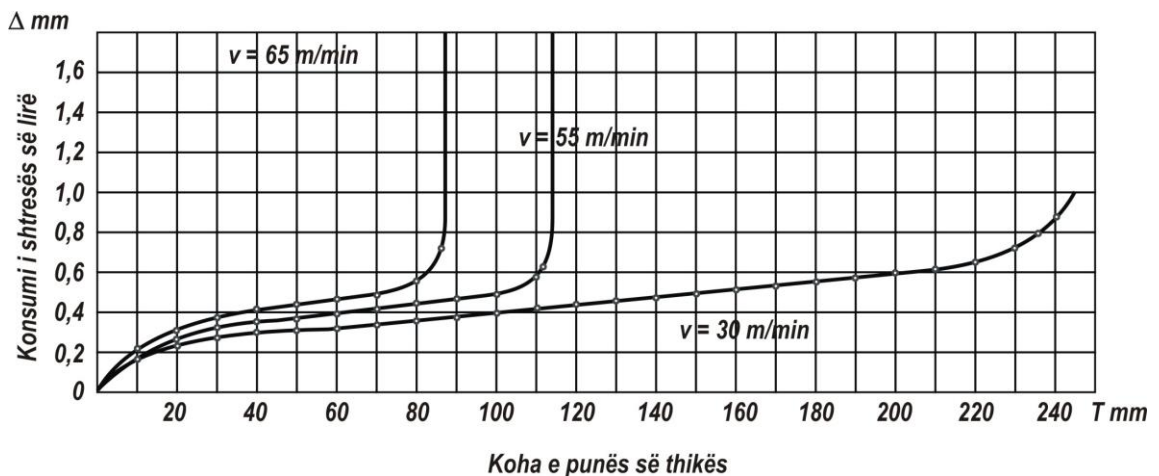


Fig. 3.9 Paraqitja e konsumit të thikës në varësi të kohës së punës



Në tabelën 3.1. janë vlerat e konsumit të shtresës së lirë gjatë punës me thika nga metali i fortë dhe çeliku shpejtprerës.

Tabela 3.1

<b>Konsumi i lejuar te thikat tornuese</b>						
Materiali i thikës		Materiali i përpunuar				Informatat kthyese
Kualiteti i pllakave	Kualiteti i instrumentit	Çeliku dhe giza		Hekuri i derdhur		
		Hapi mm/rr ose lloji i përpunimit	Konsumi në mm	Hapi mm/rr ose lloji i përpunimit	Konsumi në mm	
s		s > 0,3 s < 0,3	1,5...2,0 0,8...1,0	– –	– –	Në sipërfaqe vija të zeza dhe të verdha. Paraqitja e shkëlqimit të vijave të verdha. Tehe pak të thyera
G – H		s > 0,3 s < 0,3	0,4...0,6 0,5...0,7	s > 0,3 s < 0,3	0,8...1,0 1,4...1,7	
	Çeliquet shpejtprer.	Me ftohje pa ftohje	1,5...2,0 0,3...0,5	– –	– –	
		–	–	Përpunim i ashpër	3,0 ÷ 4,0	
		–	–	Përpunim i pastër	1,5÷2,0	

### 3.1. Qëndrueshmëria e instrumentit prerës

Nga aspekti i qëndrueshmërisë së instrumentit si kriter i përpunueshmërisë së materialit, materialet të cilët lehtë përpunohen pa konsumin e tepruar të instrumentit konsiderohen materialet të cilët lehtë përpunohen dhe përpunueshmëria e tyre është më e madhe sesa përpunueshmëria e materialeve të cilët shkaktojnë konsum më të madh të materialit gjatë përpunimit.

Te përdorimi i qëndrueshmërisë së instrumentit si kriter i përpunueshmërisë së materialit paraqitet një problem. Indeksi i përpunueshmërisë i fituar gjatë përpunimit të materialit me ndihmën e instrumentit të punuar nga një material (p.sh. HSS) nuk mund të përdoret si i përshtatshëm gjatë përpunimit të materialit me ndihmën e instrumentit prerës të punuar prej ndonjë materiali tjetër (p.sh. metali i fortë i veshur). Nga ky shkak materiali i fortë i veshur ka qëndrueshmëri më të madhe ndaj konsumit sesa çeliku shpejtprerës.

Qëndrueshmëria e instrumentit paraqet kohën e punës efikase të instrumentit. Ky definicion mund të konsiderohet si definicion i nxjerrë direkt nga modeli i Taylor-it i matjes së qëndrueshmërisë së instrumentit e cila qëndrueshmëri është e shprehur përmes kohës të cilën instrumenti e ka kaluar në punë. Taylori ka zbuluar se koha të cilën instrumenti e kalon

në punë varet nga shpejtësia e prerjes dhe kjo varësi mund të tregohet përmes barazimit vijues:

$$v_c x T^m = C_T$$

ku është:

$v_c$  – shpejtësia e prerjes,

$T$  – qëndrueshmëria e instrumentit,

$m$  – eksponenti i barazimit të Taylor-it,

$C_T$  – konstanta e Taylor-it.

Sipas barazimit të Taylor-it në diagramin *log-log* shihet se ekziston varësia lineare e kohës së qëndrueshmërisë së instrumentit dhe shpejtësisë së prerjes.

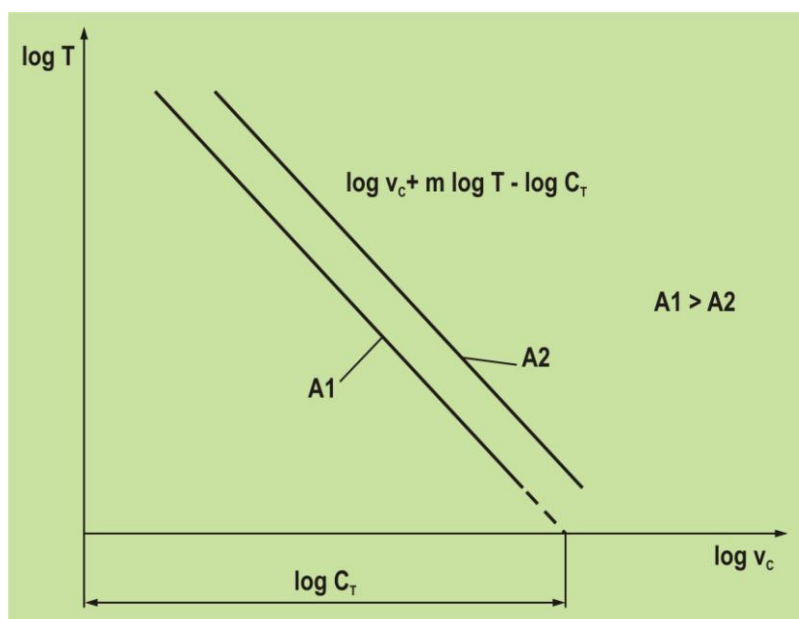


Fig. 3.10 Log-log diagrami i qëndrueshmërisë së instrumentit prerës në varësi nga shpejtësia e prerjes

Në praktikë sot gjithnjë e më tepër shfrytëzohen vlerat për matjen e qëndrueshmërisë së instrumentit siç janë:

- gjatësia e rrugës në kahje të lëvizjes së hapit,
- gjatësia e rrugës në kahje të lëvizjes kryesore,
- numri i copave punuese.

Mund të thuhet se afatshërbimi i instrumentit prerës ndërmjet dy mprehjeve nuk është i madh. Duhet të respektohet rregulla që instrumentet prerëse të mbrehen sa më shpesh, posaçërisht nëse prodhimi është i shtrenjtë, pasi që gjatë topitjes krijohen humbje në qëndrueshmërinë e instrumentit prerës dhe shpenzime mjaftë të mëdha të mprehjeve.

Qëndrueshmëria e instrumenteve prerëse matet në minuta. Në tabelën 3.2. janë dhënë vlerat informuese të thikave tornuese për përpunim të ashpër.

Tabela 3.2

Vlerat mesatare të qëndrueshmërisë së thikave tornuese				
Lloji i thikës	Dimensionet e thikave	Vlerat mesatare të kohëzgjatjes T në min		
		Thikat tornuese nga çeliku shpejtprerës		Thika tornuese nga metali i fortë
		Për ç. Rm deri 60 kp/mm <sup>2</sup>	Për legura, hekur deri 200 HB	Ç. Rm deri 60 kp/mm <sup>2</sup> Legura, hekuri deri 200 HB
Thika tornuese e drejtë dhe e lakuar për përpunim të ashpër	10 x 16 16 x 25 20 x 30	30...50	40...60	25...40
ISO 1, 2, 3, 4, 6, 7, 8 dhe 10	25 x 40 40 x 40	35...60	50...75	40...75
Thikat tornuese për këputje dhe filetimit ISO 5 dhe 9	10 x 16 16 x 25 20 x 30 25 x 40 30 x 40	15...25	25...45	25...50

Metalet e forta mund të klasifikohen në mënyra të ndryshme ndërsa sipas standardit ISO ndahen 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.

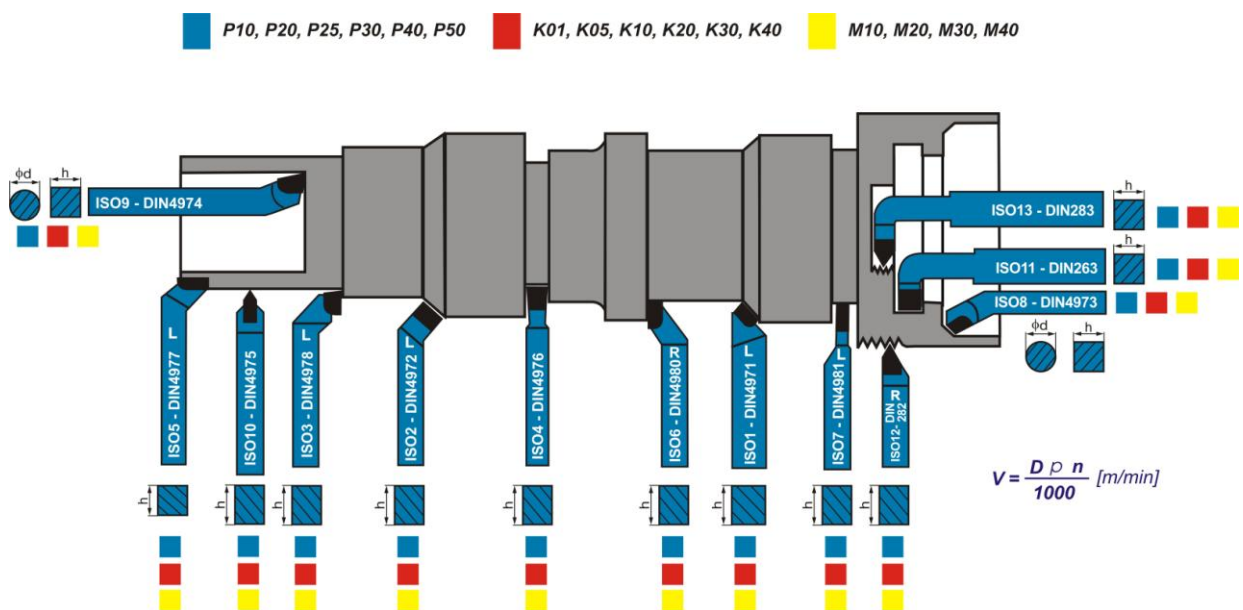


Fig. 3.11 Forma të ndryshme të thikave për tornim

## **4.0. BAZAT E TEORISË SË EKSPERIMENTEVE DHE MODELIMIT NUMERIK TË PROCESEVE TË PËRPUNIMIT ME PRERJE**

### **4.1. Zhvillimi i teorisë së eksperimenteve**

Eksperimenti është një nga metodat themelore njohëse në shkencë dhe teknologji. Shumë ligjshmëri në inxhinieri, fizikë, kimi dhe fusha të tjera të shkencës, janë zhvilluar, testuar dhe provuar me teknikat eksperimentale. Aplikimi i eksperimentit nuk është i kufizuar vetëm në fushat në të cilat studiuesit nuk kanë një themel të fortë teorike dhe analitike. Përkundrazi, shumë shpesh është e nevojshme të kryhen eksperimente edhe kur ekziston një model i qartë teorik i një ligjshmërie të caktuar.

Nga ana tjetër, zhvillimi i pajisjeve të teknologjisë informative dhe zgjidhjeve softuerike gjegjëse jo vetëm që ka lehtësuar dhe përshpejtuar procesin e përpunimit të rezultateve eksperimentale por edhe ka futur në praktikën hulumtuese edhe një botë virtuale të eksperimenteve, krejtësisht të re.

Me zhvillimin e modeleve numerike për hulumtimin e fenomeneve dhe ligjshmërive, është e mundur që eksperimentet të trajtohen në hapësirën e realitetit virtual në të cilën përshkrimi numerik i modeleve reale testohet në një mënyrë të atillë që nuk kërkon shpenzime material dhe kohë të nevojshme si në rastin e eksperimentit real. Megjithatë, është e rëndësishme të dihet se modeli numerik, pa marrë parasysh se cila metodologji e modelimit është aplikuar, metoda e elementeve të fundme (FEM –Finite Element Method), metoda e elementeve kufitare (BEM-Boundary Element Method), etj, duhet të jetë gjithmonë i mbështetur nga testimi eksperimental i modelit të vërtetë.

Një problem shtesë në analizën numerike të procesit të përpunimit me prerje është mënyra e mbledhjes së të dhënave të duhura lidhur me sjelljen e materialeve dhe veglave (instrumenteve) në procesin e përpunimit, i cili në këtë është rast mjaft specifik.

Në rastin e devijimeve të rëndësishme midis këtyre dy modeleve, rezultatet e eksperimentit, pavarësisht nga ajo që edhe vetë përmbajnë një probabilitet të caktuar të gabimit, pothuajse gjithmonë merren si reference dhe masë për korrigjimin e modeleve numerike.

Avantazhet që modelet numerike i kanë reflektojnë në kosto më të ulët dhe kohëzgjatjen e reduktuar të eksperimenteve të realizuara testimit.

Modeli numerik i konfirmuar nga testet eksperimentale mund të përdoret në vazhdim në mënyrë shumë efektive për të kontrolluar procesin e përshkruar.

Në të kaluarën, pak më shumë se gjysmë shekulli, është zhvilluar teoria matematikore e hulumtimeve eksperimentale (testeve) që synon për të krijuar një mjet të besueshëm për analizën e rezultateve të eksperimentit.

Koncepti qendror sigurisht se është planifikimi i eksperimentit.

Në këtë pjesë sigurisht se është e rëndësishme të përmendet fakti se në studimin e procesit të prerjes sot, kombinimi i hulumtimeve numerike dhe eksperimentale paraqet një metodologjitë hulumtuese-shkencore nga më të efektshme, rëndësia dhe vendi i të cilit në zhvillimin e mëtejshëm të teknologjive prodhuese nuk është i diskutueshëm.

#### ***4.1.1. Vështrim historik i zhvillimit të eksperimentit***

Eksperimenti i planifikuar statistikor është një aspekt i rëndësishëm i zhvillimit të shumicës së produkteve si në aspektin e saj funksional, po ashtu edhe nga aspekti i karakteristikave konstruktive dizajnuese e të njëjtit.

Në 30 vitet e fundit janë vënë re përmirësime të rëndësishme të planit të eksperimentit, i cili është rezultat i drejtpërdrejtë dhe intensive i aplikimit eksperiment në repartet e prodhimit.

Në historinë e projektimit të eksperimenteve (DOE- Design Of Experiments) ekzistojnë katër epoka:

- Origjinat bujqësore, vitet 1918-1940-;
  - R. A. Fisher-i & bashkëpunëtorët
  - Ndikim të thellë në shkencën bujqësore
  - Projektimi faktoriel, ANOVA
- Epoka e parë industriale, vitet 1950-1970
  - Box & Vilson, sipërfaqja e përfituar
  - Aplikimet në industrinë dhe proceset kimike
- Epoka e dytë industriale, vitet 1970-1990
  - Iniciativat për përmirësimin e cilësisë në shumë kompani
  - CQI ( Continuous Quality Improvement) dhe TQM (Total Quality Management) ishin ide të rëndësishme dhe u bënë qëllime menaxhimi
  - Metoda Taguchi dhe dizajni i parametrave, qëndrueshmëria e procesit

- Epoka moderne, e filluar viteve të 1990-ta kur konkurrenca ekonomike dhe globalizimi po nxisin të gjithë sektorët e ekonomisë të jenë më konkurrues.

## 4.2. Eksperimentet inxhinierike

Nëse do të kishim kohë dhe burime financiare të pa limituara sipas të gjitha gjasave nuk do të bëhej bujë e madhe në projektimin dhe realizimin e eksperimenteve të gjata. Në prodhimtari dhe kontrollin e cilësisë ne duam të kontrollojmë gabimet dhe të mësojmë sa më shumë që mundemi në lidhje me procesin ose teorinë themelore mbi burimet në dispozicion. Nga perspektiva inxhinierike ne përqipemi të përdorim eksperimentimin për qëllimet e mëposhtme:

- të shkurtoj kohën e projektimit/zhvillimit të produkteve dhe proceseve të reja,
- të përmirësoj performansën e proceseve ekzistuese,
- të përmirësoj besueshmërinë dhe performansën e produkteve,
- të arrij qëndrueshmërinë e produkteve dhe proceseve,
- të bëj vlerësimin e materialeve, alternativave projektuese, vendosjen e komponentëve dhe sistemit të tolerancave, etj.

Ne gjithmonë duam ta rregullojmë dhe përmirësojmë procesin. Në botën e sotme të globalizimit kjo shtysë për konkurrencë ndikon në të gjithë ne edhe si konsumator edhe si prodhues.

Çdo eksperiment i projektuar i posedon hyrjet (input-et, faktorët e kontrollueshëm, faktorët e pakontrollueshëm), të cilët ndikojnë në daljet (output-et) e tij fig. 4.1.

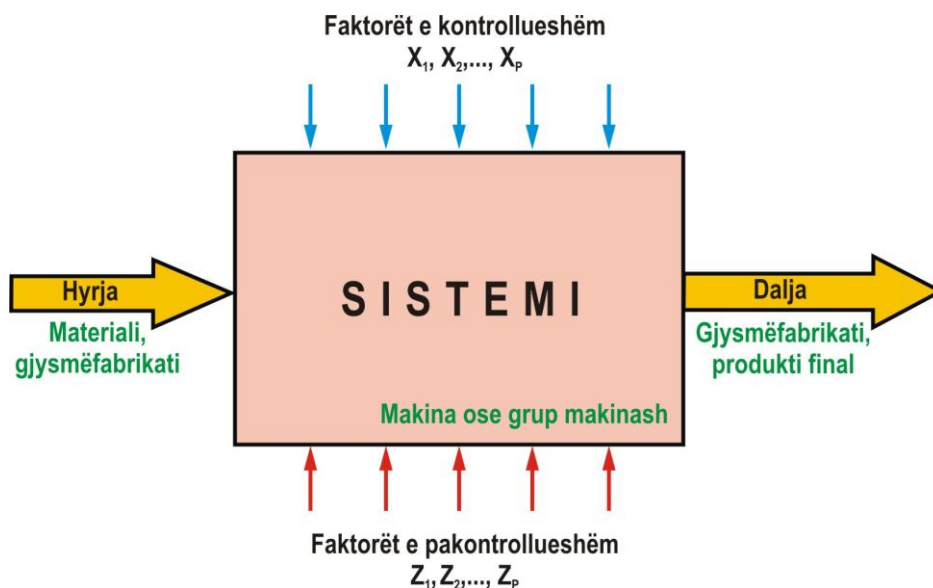


Fig. 4.1 Modeli i përgjithshëm i eksperimentit

**Hyrje** në sistem është energjia e investuar, materiali dhe informacioni, d.m.th., gjithçka që është e domosdoshme për një zhvillim të procesit të sistemit të vështuar.

Për rastin konkret elementet hyrëse do të ishin copa punuese, instrumenti, energjia e shpenzuar në realizimin e të gjitha lëvizjeve të nevojshme, rrotullimin e veglës ose copës punuese, zhvendosjen e instrumentit ose copës punuese etj. Hyrje në sistem gjithsesi paraqet edhe informacioni mbi vetitë e copës punuese, zhvendosjen e instrumentit ose copës punuese në bazë të cilave zgjidhen regjimet e përpunimit, saktësisht definojnë kufijtë elementeve të regjimit të përpunimit të pranueshëm për sistemin e vështuar.

**Dalje** nga sistemi janë energjia, materiali dhe informacioni që përcakton dhe vendos lidhje (relacione) të caktuara mes hyrjes në sistem dhe faktorëve që ndikojnë në të. Meqenëse hipoteza e vendosur është udhëzuese dhe motiv shtyes i hulumtimit, dalja nga sistemi duhet të marr parasysh hipotezën e vendosur që në këtë rast do të thotë lidhshmëria (korrelacioni) i konsumit të instrumentit dhe ashpërsisë së sipërfaqes nga parametrat e regjimit të përpunimit si shpejtësia e prerjes, hapi punues dhe thellësia e prerjes.

Sigurisht që produkt përfundimtar i daljes nga sistemi do të jetë modeli i regresionit i cili në mënyrë të përshtatshme (adekuate) ose jo përshtatshme (jo adekuate) të përshkruaj procesin e vëzhguar, që si pasojë mund të ketë pranimin ose refuzimin e hipotezës së vendosur.

Faktorët e kontrolluar janë madhësi në sistem, të cilat me një probabilitet të caktuar është e mundur të mbahen brenda kufijve të caktuar për të gjithë kohën e zhvillimit të procesit, gjegjësisht funksionimin e drejtë të sistemit.

Më saktë, ata janë faktorë ndikimi i të cilëve në sistemin është duke u hulumtuar.

**Pengesat-Noise**, janë madhësi të cilat në procesin e vëzhguar nuk i nënshtrohen kontrollit për shumë arsye. Disa nga arsyet janë si p.sh., pamundësia e kontrollit për shkak të natyrës së shfaqjes së pengesës (ndikimet e motit, lagështia, vibrimet nga ambienti dhe sistemi etj.), mandej ata mund të jenë faktorë të cilët në bazë të njohurive ekzistuese nuk kanë ndikim të rëndësishëm (signifikant) në procesin e vëzhguar dhe si të tillë nuk shqyrtohen si të veçantë. Në disa raste, që është praktikë e qasjes eksperimentale e metodës Taghuchi, këta faktorë edhe mund të konkretizohen.

#### ***4.2.1. Hapat e planifikimit të eksperimentit***

Procesi i prerjes është mjaft kompleks dhe varet prej shumë faktorëve, të cilët ende nuk janë studiuar sa duhet. Vetitë fiziko–kimike të materialit, struktura e ndryshuar nëpër shtresat e sipërfaqes që përpunohet si dhe forma e ashklës së prerë për shkak të deformimit plastik në procesin e prerjes, ndryshimi permanent i gjeometrisë së instrumentit metalprerës për shkak të konsumit, fenomeni i rritjes dhe lajmërimi i shtresave oksiduese në tehun kryesor prerës, në masë të madhe ndikojnë në karakteristikat dalëse të procesit të prerjes (qëndrueshmëria e instrumentit metalprerës, ashpërsia e sipërfaqes së përpunuar, forcat e prerjes, koeficienti i fërkimit në mes të faqeve kontaktuese të instrumentit metalprerës, pjesës që përpunohet dhe koeficientit të shkurtimit të ashklës).

Jostabiliteti i materialit të instrumentit, parametrat e pakontrolluar të mprehjes (mikrogjeometria, rrezja e rrumbullakimit), ngurtësia e sistemit makinë-copë punuese-instrument metalprerës, gjithashtu dukshëm ndikojnë në këto karakteristika dalëse.

Në këtë rast studiuesi nuk hulumton lidhjet funksionale sipas metodës së analizës një faktorëshe, ku vlerat e ndryshoreve të pavarura fiksohen dhe ndryshohen një nga një, duke i matur vlerat e faktorëve tjerë në nivele konstante, në mënyrë që të përcaktohet ligjshmëria që i intereson.

Me planifikimin e përshtatshëm modern statistikor të eksperimentit është e mundur:

- të përcaktohet ligjshmëria e ndikimit të ndryshimeve të vlerës së faktorëve hyrës në treguesit e karakteristikave dalëse të prodhimit në lëmin e studimit,
- të përcaktohet ligjshmëria e ndikimit reciprok të ndryshimeve në vlerat e faktorëve,
- të përcaktoj sasinë e ndikimit në bazë të vlerësimeve statistikore të paanshme,
- të arrihet saktësi të barabartë e paanshme me një numër më të vogël të eksperimenteve (në krahasim me qasjen klasike),
- optimalizimi i parametrave të procesit me zgjedhjen e përshtatshme të modelit dhe metodës së optimalizimit,
- hulumtimi sekuencial i procesit, në të cilin faza tjetër e eksperimentit është planifikuar në bazë të rezultateve të mëparshme është veçanërisht i përshtatshëm në eksperimente gjatë procesit.

Hulumtimi sekuencial është veçanërisht i përshtatshëm në eksperimente gjatë zhvillimit të procesit.

Modelet më të zakonshme të planifikimit statistikor të eksperimenteve janë:

1. krahasimi i thjeshtë,
2. blloqet e rastësishme,



3. kubi latin,
4. katrorët me më shumë abcd,
5. faktor i rendit të parë,
6. faktor i rendit të dytë dhe më të lartë, i drejtuar nga procesi i optimalizimit.

Deri sa me metodën klasike të eksperimentimit kushti themelor ka qenë ngjashmëria e kushteve eksperimentale, kur ndryshohet vetëm njëri prej faktorëve të pavarur hyrës, metoda matematikore statistikore e planifikimit të eksperimenteve lejon ndryshimin e të gjithë faktorëve hyrës të pavarur në të njëjtin eksperiment.

Në këtë mënyrë dukshëm zvogëlohet numri i eksperimenteve, veçanërisht kur hulumtohet ndikimi i një numri më të madh të faktorëve të ndryshueshëm të pavarur.

Kjo metodë, për herë të parë është propozuar në vitin 1951 nga prof. G. Box-i gjatë studimit të optimalizimit të proceseve të teknologjisë kimike, ndërsa në vitin 1964 është aplikuar gjatë hulumtimit të qëndrueshmërisë së instrumentit.

Shumë hulumtues, përveç dukurive të lartpërmendura, procesin e përpunimit me prerje, e paraqesin si sistem të organizuar dobët, sepse mendojnë se hulumtimet mund të arrihen vetëm me metoda statistikore–matematikore.

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 ( $v_c$ ), hapi prerës ( $f$ ), thellësia e prerjes ( $a$ ), të cilët ndryshojnë në kufij të caktuar.

### **4.3. Definimi i plan matricës së eksperimentit**

#### **4.3.1. Shtrimi i problemit**

Qëllimi i hulumtimit eksperimental është vendosja e lidhjes ndërmjet konsumit gjegj. Qëndrueshmërisë (jetëgjatësisë) së instrumentit metalprerës dhe ashpërsisë së sipërfaqes së përpunuar nga elementet e regjimit të përpunimit shpejtësia e prerjes, hapi dhe thellësia e prerjes gjatë procesit të tornimit.

Hapat praktikë të nevojshëm për planifikimin dhe kryerjen e një eksperimenti përfshijnë:

1. Zgjedhen parametrat e interesit për analizë, në bazë të kontekstit të problemit të vendosur,
2. Definohet hipoteza,  $H_0$ ,

3. Definohet hipoteza alternative gjegjëse,  $H_1$ ,
4. Zgjidhet niveli i rëndësisë, signifikansa  $\alpha$ ,
5. Definohet hipoteza testuese,
6. Definohet kufiri i refuzimit të testit, hipotezës,
7. Llogaritja e vlerave të parametrave të procesit,
8. Vendimi për pranimin ose refuzimin e hipotezës zero.

Megjithatë, duhet të dimë se këto hapa janë të lidhura me statistikat teorike, dhe janë pothuajse të gjitha të përfshira në përpunimin e të dhënave në planifikimin e eksperimentit. Kështu që kjo procedurë nuk mund të respektohet plotësisht, por mund të shërbejë si një paraqitje e rendit të aktiviteteve në përgatitjen e planifikimit të eksperimentit.

#### 4.3.2. Formimi i modelit matematikor

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

$$P = C_P \cdot Q_1^{z_1} \cdot Q_2^{z_2} \cdot Q_3^{z_3} \dots Q_k^{z_k}$$

gjegjësisht;

- për qëndrueshmërinë (jetëgjatësinë) e instrumentit prerës:

$$T = C_T \cdot v^{k_v} \cdot f^{k_f} \cdot a^{k_a} \cdot H^{k_H} \quad (4.1)$$

Të gjithë faktorët tjerë të ndryshëm dhe të pavarur (këndet e instrumentit metalprerës dhe mjetet ftohëse) nuk është marrë në shqyrtim në modelin matematikor (4.1), sepse konsiderohen konstante në modelin matematikor të caktuar. Për çfarëdo kushti tjetër jepet formë e veçantë e shprehjes (4.1).

Për të përcaktuar varësinë e qëndrueshmërisë (jetëgjatësisë) së instrumentit nga parametrat e pavarur të prerjes gjatë operacionit të tornimit për materialin e caktuar dhe kushte të përpunimit të caktuara, duhet të fillohet nga ekuacioni i njohur i Frederick W. Taylor-it ( $\approx$ viti 1900) i varësisë së qëndrueshmërisë (jetëgjatësisë) së tehut prerës (T) nga shpejtësia e prerjes [10]:

$$V \cdot T^n = C$$

(4.2)

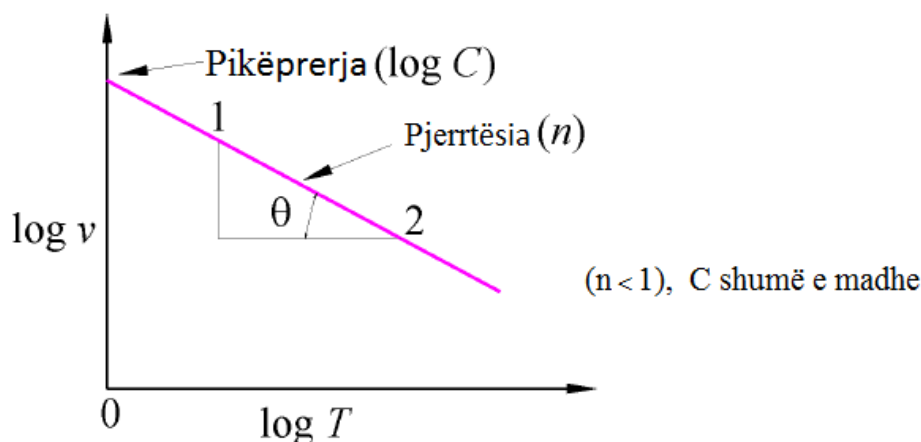


Fig. 4.2 Varësia e qëndrueshmërisë së instrumenti nga shpejtësia e prerjes në koordinatat log-log:

ku janë;

$n$ - eksponent që varet nga parametrat prerës dhe

$C$  – konstantë.

Duke iu referuar formulës origjinale të Taylor-it, shpejtësia e prerjes konsiderohet si i vetmi faktor ndikues në qëndrueshmërinë e instrumentit. Kjo ndodh për arsye formula është fituar duke përdorur çelikun me shumë karbon dhe HSS (High Speed Steel) si materiale për instrumente prerëse. Me zhvillimin e materialeve karbite (MF-metalet e forta) dhe materialeve të tjera, është konstatuar se edhe hapi punues edhe thellësia e prerjes janë gjithashtu të rëndësishëm (signifikant). Si rezultat, formula e Taylor-it është modifikuar duke akomoduar (përfshirë) këto ndryshime si:

$$V_c \cdot T^n f^b a^c h^d = C \quad (4.3)$$

Eksponentët  $b$  dhe  $c$  duhet të përcaktohen në mënyrë eksperimentale për çdo kombinim të kushteve të prerjes. Në praktikë, për materialin e instrumentit HSS janë  $n=0,17$ ,  $b=0.77$  dhe  $c=0.37$ .

Duke aplikuar këta parametra, ekuacioni (4.3) për modelin e zgjeruar të Taylor-it mund të shkruhet si:

$$T = C^n V_c^{-\frac{1}{n}} f^{-\frac{b}{n}} a^{-\frac{c}{n}} H^{-\frac{d}{n}} \quad \text{ose} \quad T = \frac{C_T}{V_c^x \cdot f^y \cdot a^z H^w} \quad (4.4)$$

ku janë:

$v_c$  – (m/min) shpejtësia e prerjes,

$f$  – (mm/rr) hapi,

$a$  – (mm) thellësia e prerjes,

$H$  – fortësia e instrumentit metalprerës,

$C_T$  – konstantë e cila varet kryesisht nga materiali i instrumentit dhe copës punuese si dhe kriteri i konsumit të pranuar WB,

$x, y, z$  dhe  $w$  – eksponentët e jetëgjatësisë së instrumenti që varen kryesisht nga materiali i instrumentit dhe copës punuese si dhe ambienti përpunues.

Në përgjithësi  $x > y > z > w$

Për caktimin e jetëgjatësisë së instrumentit, në këtë punim është shfrytëzuar ekuacioni (4.1), me ç'rast duhet të përcaktohet gjerësia e shiritit të konsumit në sipërfaqen e prapme të instrumentit ( $h$ ) pasi që ajo është kriteri bazë për konsumin e instrumentit prerës.

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

$$N = 2^k + n_0 \quad (4.5)$$

ku janë;

$N$  - numri i tërësishëm i eksperimenteve,

$k$  - numri i parametrave të pavarur ( $v, f, a, H$ ),

$n_0$  – 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.

Në figurën 4.3 është treguar interpretimi grafik i numrit të eksperimenteve nëpërmjet kubit latin.

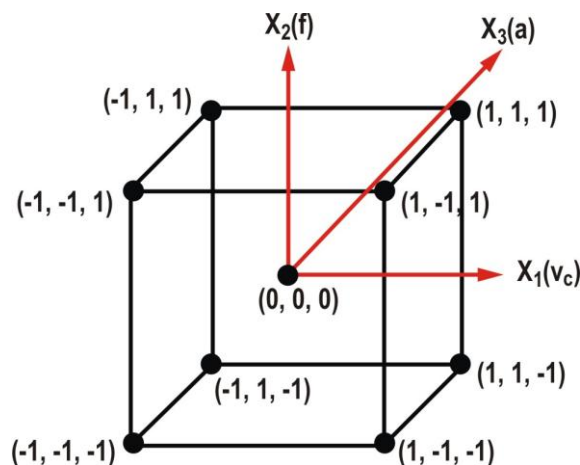


Fig. 4.3 Paraqitja grafike e planit të eksperimenteve

Pikat eksperimentale janë dhënë në majet e simpleksit të rregullt (figurës më të thjeshtë: në rrafsh trekëndësh, ndërsa në hapësirë tetraedër).

Në këtë rast është e nevojshme që për katër faktorë (v, f, a dhe H)  $k=4$  dhe  $n_0=8$ ,  $N=2^k+4=24$  eksperimente, gjegjësisht nevojitet që për 24 kombinime të vlerës së faktorëve (v, f, a dhe H) të maten vlerat gjegjëse të qëndrueshmërisë (jetëgjatësisë) së instrumentit prerës (T), 4 kombinime të vlerës së faktorëve (v, f, a dhe H) janë identike, gjegjësisht katër herë përsëriten. Tetë kombinimet e tjera të vlerës së faktorëve të pavarur gjinden në kufijtë e intervalit të variacionit të këtyre faktorëve.

Para fillimit të realizimit të eksperimentit është e domosdoshme të zgjedhet intervali i variacionit të faktorëve në modelin matematikor 4.1, (shpejtësisë së prerjes -v, hapit punues- f dhe thellësisë së prerjes - a). Mirëpo gjatë përvetësimit të intervalit të variacionit të faktorëve v, f dhe a duhet të plotësohet kushti që:

$$\begin{aligned} V_{mes} &= \sqrt{V_{\min} \cdot V_{\max}} \\ f_{mes} &= \sqrt{f_{\min} \cdot f_{\max}} \\ a_{mes} &= \sqrt{a_{\min} \cdot a_{\max}} \\ H_{mes} &= \sqrt{H_{\min} \cdot H_{\max}} \end{aligned} \quad (4.6)$$

Me “linearizimin” e modelit empirik (4.1) fitohet modeli i rendit të parë:

Modeli i parë

$$\ln T = C_T + k_v \cdot \ln v + k_f \cdot \ln f + k_a \cdot \ln a + k_h \cdot \ln H \quad (4.7)$$

Nëse zëvendësohet me:

$$Y = \ln T; \quad k_0 = \ln C_T; \quad k_1 = k_v; \quad k_2 = k_f; \quad k_3 = k_a; \quad k_4 = k_h \quad (4.8)$$

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

$$Y = k_0 X_0 + k_1 X_1 + k_2 X_2 + k_3 X_3 + k_4 X_4 \quad (4.9)$$

Funksioni i “linearizuar” (4.9) mund të llogaritet në bazë të vlerave të logaritmuara të Y me gabimin e matjes ( $\varepsilon$ ) në formën:

$$Y - \varepsilon = k_0 X_0 + k_1 X_1 + k_2 X_2 + k_3 X_3 + k_4 X_4 \quad (4.10)$$

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

ku:

$$X_0=1$$

$$X_1 = v; \quad X_2 = f; \quad X_3 = a; \quad X_4 = H \quad (4.11)$$

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

Me kompozimin e planit trefaktorësh sipas kubit latin (fig. 4.2), fitohet plani matricor me madhësitë karakteristike (tabela 4.1).

Tabela 4.1. Plani matricor i rendit të parë me katër faktorë

Plani eksperimental i rendit të parë katër faktorësh							
Plani matricor i koduar						Madhësitë e matura	Madhësitë e llogaritura
Nr.	$X_0$	$X_1$	$X_2$	$X_3$	$X_4$	$Y_i$	$\ddot{Y}_i$
1	+1	-1	-1	-1	-1	$Y_1$	$\ddot{Y}_1$
2	+1	-1	-1	-1	+1	$Y_2$	$\ddot{Y}_2$
3	+1	-1	-1	+1	-1	$Y_3$	$\ddot{Y}_3$
4	+1	-1	-1	+1	+1	$Y_4$	$\ddot{Y}_4$
5	+1	-1	+1	-1	-1	$Y_5$	$\ddot{Y}_5$
6	+1	-1	+1	-1	+1	$Y_6$	$\ddot{Y}_6$
7	+1	-1	+1	+1	-1	$Y_7$	$\ddot{Y}_7$
8	+1	-1	+1	+1	+1	$Y_8$	$\ddot{Y}_8$
9	+1	+1	-1	-1	-1	$Y_9$	$\ddot{Y}_9$
10	+1	+1	-1	-1	+1	$Y_{10}$	$\ddot{Y}_{10}$
11	+1	+1	-1	+1	-1	$Y_{11}$	$\ddot{Y}_{11}$
12	+1	+1	-1	+1	+1	$Y_{12}$	$\ddot{Y}_{12}$
13	+1	+1	+1	-1	-1	$Y_{13}$	$\ddot{Y}_{13}$
14	+1	+1	+1	-1	+1	$Y_{14}$	$\ddot{Y}_{14}$
15	+1	+1	+1	+1	-1	$Y_{15}$	$\ddot{Y}_{15}$
16	+1	+1	+1	+1	+1	$Y_{16}$	$\ddot{Y}_{16}$
17	+1	0	0	0	0	$Y_{17}$	$\ddot{Y}_{17}$
18	+1	0	0	0	0	$Y_{18}$	$\ddot{Y}_{18}$
19	+1	0	0	0	0	$Y_{19}$	$\ddot{Y}_{19}$
20	+1	0	0	0	0	$Y_{20}$	$\ddot{Y}_{20}$
21	+1	0	0	0	0	$Y_{21}$	$\ddot{Y}_{21}$
22	+1	0	0	0	0	$Y_{22}$	$\ddot{Y}_{22}$
23	+1	0	0	0	0	$Y_{23}$	$\ddot{Y}_{23}$
24	+1	0	0	0	0	$Y_{24}$	$\ddot{Y}_{24}$

Tabela 4.2. Koeficientet e regresionit

Koeficientet e 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 mënyrë në “hiper” hapësirë ashtu që të plotësohen këto kushte në plan-matricën korresponduese:

Atëherë planet e tilla emërohen si plane ortogonale shumëfaktorëshe.

ku është:

$\bar{Y}$  – vlera e madhësive të llogaritura

Nga shprehja (4.10) gabimi i mundshëm gjatë matjes merr formën:

$$\varepsilon = \bar{Y} - (b_0X_0 + b_1X_1 + b_2X_2 + b_3X_3 + b_4X_4) \quad (4.12)$$

1. *Ortogonaliteti*

$$\sum X_{iu} X_{ju} = 0, \quad i \neq j, \quad i, j = 1, k \quad (4.13)$$

2. *Normaliteti:*

$$\sum X_{iu}^2 = 0, \quad i = 1, 2, 3, \dots, k \quad (4.14)$$

3. *Simetriciteti*

$$\sum X_{iu} = 0, \quad i = 1, 2, 3, \dots, k \quad (4.15)$$

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 minimal.
- Vëllimi i informacioneve të grumbulluara është maksimal, të gjithë faktorët ndryshohen përnjëherësh, kështu që efekti i secilit faktorë (parametrave të modelit) përcaktohet në bazë të N-rezultateve eksperimentale, e për shkak të kësaj dispersioni i cilës do (bi) do të jetë

N-herë më i vogël se numri i eksperimenteve gjegjësisht:

$$\sigma^2 = (b_i) = N^{-1} \cdot \sigma^2(Y) \quad (4.16)$$

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

### 4.3.3. Përcaktimi i parametrave të modelit

Në bazë të rezultateve eksperimentale mund të përcaktohen parametrat e modelit në formën e dhënë të funksionit empirik (4.9). Duke shfrytëzuar 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  $\check{Y}$  (4.10) – 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  $\check{Y}$ ) të jetë minimale:

$$\sum(Y - \check{Y})^2 = \min \quad (4.17)$$

gjegjësisht:

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

Anën e djathtë të barazimit (5.13) 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:

Minimumi i funksionit gjendet nga ekuacioni:

$$\frac{\partial(\sum \varepsilon^2)}{\partial b_0} = 0; \quad \frac{\partial(\sum \varepsilon^2)}{\partial b_1} = 0; \quad \frac{\partial(\sum \varepsilon^2)}{\partial b_2} = 0; \quad \frac{\partial(\sum \varepsilon^2)}{\partial b_3} = 0; \quad \frac{\partial(\sum \varepsilon^2)}{\partial b_4} = 0; \quad (4.18)$$

gjegjësisht:

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

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



$$\frac{\partial(\sum \varepsilon^2)}{\partial b_2} = -2 \sum [Y - (b_0 X_0 + b_1 X_1 + b_2 X_2 + b_3 X_3 + b_4 X_4)] X_2 = 0; \quad (4.19)$$

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

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

Sipas diferencimit sistemi i ekuacioneve e merr trajtën:

$$\begin{aligned} \sum Y &= N b_0 + b_1 \sum X_1 + b_2 \sum X_2 + b_3 \sum X_3 + b_4 \sum X_4 \\ \sum X_1 Y &= b_0 \sum X_1 + b_1 \sum X_1^2 + b_2 \sum X_1 X_2 + b_3 \sum X_1 X_3 + b_4 \sum X_1 X_4 \\ \sum X_2 Y &= b_0 \sum X_2 + b_1 \sum X_2 X_1 + b_2 \sum b_2^2 + b_3 \sum X_2 X_3 + b_4 \sum X_2 X_4 \\ \sum X_3 Y &= b_0 \sum X_3 + b_1 \sum X_3 X_1 + b_2 \sum X_3 X_2 + b_3 \sum b_3^2 + b_4 \sum X_3 X_4 \\ \sum X_4 Y &= b_0 \sum X_4 + b_1 \sum X_4 X_1 + b_2 \sum X_4 X_2 + b_3 \sum X_4 X_3 + b_4 \sum b_4^2 \end{aligned} \quad (4.20)$$

Nëse zëvendësojmë:

$$\begin{aligned} B_0 &= b_0 a_{11} + b_1 a_{12} + b_2 a_{13} + b_3 a_{14} + b_4 a_{15} \\ B_1 &= b_0 a_{21} + b_1 a_{22} + b_2 a_{23} + b_3 a_{24} + b_4 a_{25} \\ B_2 &= b_0 a_{31} + b_1 a_{32} + b_2 a_{33} + b_3 a_{34} + b_4 a_{35} \\ B_3 &= b_0 a_{41} + b_1 a_{42} + b_2 a_{43} + b_3 a_{44} + b_4 a_{45} \\ B_4 &= b_0 a_{51} + b_1 a_{52} + b_2 a_{53} + b_3 a_{54} + b_4 a_{55} \end{aligned} \quad (4.21)$$

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

$$A = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} & a_{14} & a_{15} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} & a_{24} & a_{25} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} & a_{34} & a_{35} \\ a_{41} & a_{42} & a_{43} & a_{44} & a_{45} \\ a_{51} & a_{52} & a_{53} & a_{54} & a_{55} \end{bmatrix} \quad (4.22)$$

$$b = \begin{bmatrix} b_0 \\ b_1 \\ b_2 \\ b_3 \\ b_4 \end{bmatrix} \quad (4.23)$$

$$B = \begin{bmatrix} B_0 \\ B_1 \\ B_2 \\ B_3 \\ B_4 \end{bmatrix} \quad (4.24)$$

ose

$$A \cdot b = B \quad (4.25)$$

Me zgjedhje të përshtatshme 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.

$$\begin{aligned} X_1 &= \left[ 1 + 2 \frac{(\ln v - \ln v_{\max})}{\ln v_{\max} - \ln v_{\min}} \right] \\ X_2 &= \left[ 1 + 2 \frac{(\ln f - \ln f_{\max})}{\ln f_{\max} - \ln f_{\min}} \right] \\ X_3 &= \left[ 1 + 2 \frac{(\ln a - \ln a_{\max})}{\ln a_{\max} - \ln a_{\min}} \right] \\ X_4 &= \left[ 1 + 2 \frac{(\ln H - \ln H_{\max})}{\ln H_{\max} - \ln H_{\min}} \right] \end{aligned} \quad (4.26)$$

$$\begin{aligned} v = v_{\max} ; \quad X_1 &= +1 \\ v = v_{mes} ; \quad X_2 &= 0 \\ v = v_{\min} ; \quad X_1 &= -1 \end{aligned} \quad (4.27)$$

$$\begin{aligned} f = f_{\max} ; \quad X_2 &= +1 \\ f = f_{\min} ; \quad X_1 &= 0 \\ f = f_{\min} ; \quad X_2 &= -1 \end{aligned} \quad (4.28)$$

$$\begin{aligned} a = a_{\max} ; \quad X_3 &= +1 \\ a = a_{mes} ; \quad X_3 &= 0 \\ a = a_{\min} ; \quad X_3 &= -1 \end{aligned} \quad (4.29)$$

$$\begin{aligned} H = H_{\max} ; \quad X_4 &= +1 \\ H = H_{mes} ; \quad X_4 &= 0 \\ H = H_{\min} ; \quad X_4 &= -1 \end{aligned} \quad (4.30)$$

Tabela 4.3. Regjimet e përpunimit v,s,a,H sipas kodimit dhe nivelit

KARAKTERISTIKAT E MADHËSIVE TË NDRYSHUESHME TË PAVARURA					
Nr.	Madhësitë	Niveli Kodi	Maksimal	Mesatar	Minimal
			1	0	-1
1	v (m/min)	X <sub>1</sub>	180	135	100
2	f (mm/rrot)	X <sub>2</sub>	0,285	0.214	0.178
3	a (mm)	X <sub>3</sub>	1.5	0.85	0.5
4	H (HRC)	X <sub>4</sub>	55	45	35

$$(X^T \cdot X)^{-1} = \begin{bmatrix} 24 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 16 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 16 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 16 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 16 \end{bmatrix} \quad (4.31)$$

$$\begin{bmatrix} b_0 \\ b_1 \\ b_2 \\ b_3 \\ b_4 \end{bmatrix} = (X^T \cdot X)^{-1} \cdot (X^T) \cdot \begin{bmatrix} Y_1 \\ Y_2 \\ Y_3 \\ \vdots \\ Y_{24} \end{bmatrix} \quad (4.32)$$

gjegjesisht,

$$\begin{bmatrix} b_0 \\ b_1 \\ b_2 \\ b_3 \\ b_4 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 24 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 16 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 16 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 16 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 16 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} +1 \\ -1-1-1-1-1-1-1-1-1+1 \\ -1-1-1-1+1+1+1+1+1-1-1-1-1-1+1+1+1+1+1+1+1+1+1+1+1+1+1+1+1+1+1 \\ -1-1+1+1-1-1+1+1-1-1+1+1-1-1+1+1-1-1+1+1+0+0+0+0+0+0+0+0+0+0 \\ -1+1-1+1-1+1-1+1-1+1-1+1-1+1-1+1-1+1+0+0+0+0+0+0+0+0+0+0+0 \end{bmatrix}$$

- Y<sub>1</sub>
- Y<sub>2</sub>
- Y<sub>3</sub>
- Y<sub>4</sub>
- Y<sub>5</sub>
- Y<sub>6</sub>
- Y<sub>7</sub>
- Y<sub>8</sub>
- Y<sub>9</sub>
- Y<sub>10</sub>
- Y<sub>11</sub>
- Y<sub>12</sub>
- Y<sub>13</sub>
- Y<sub>14</sub>
- Y<sub>15</sub>
- Y<sub>16</sub>
- Y<sub>17</sub>
- Y<sub>18</sub>
- Y<sub>19</sub>
- Y<sub>20</sub>
- Y<sub>21</sub>
- Y<sub>22</sub>
- Y<sub>23</sub>
- Y<sub>24</sub>

(4.33)

Ose në formën skalare nga barazimi (4.33) llogariten konstantat  $b_0$ ,  $b_1$ ,  $b_2$ ,  $b_3$  dhe  $b_4$  në këtë formë:

$$b_0 = \frac{1}{N} (Y_i) = \frac{1}{24} (Y_1 + Y_2 + Y_3 + Y_4 + Y_5 + Y_6 + Y_7 + Y_8 + Y_9 + Y_{10} + Y_{11} + Y_{12} + Y_{13} + Y_{14} + Y_{15} + Y_{16} + Y_{17} + Y_{18} + Y_{19} + Y_{20} + Y_{21} + Y_{22} + Y_{23} + Y_{24}) \quad (4.34)$$

$$b_i = \frac{1}{2^k} \cdot \sum_{i=1}^{16} (Y_i) \quad (4.35)$$

Nga ekuacioni (4.35) kemi ekuacionet:

$$\begin{aligned} b_1 &= \frac{1}{2^k} \cdot \sum_{i=1}^{16} (Y_i) = \frac{1}{16} (-Y_1 - Y_2 - Y_3 - Y_4 - Y_5 - Y_6 - Y_7 - Y_8 + Y_9 + Y_{10} + Y_{11} + Y_{12} + Y_{13} + Y_{14} + Y_{15} + Y_{16}) \\ b_2 &= \frac{1}{2^k} \cdot \sum_{i=1}^{16} (Y_i) = \frac{1}{16} (-Y_1 - Y_2 - Y_3 - Y_4 + Y_5 + Y_6 + Y_7 + Y_8 - Y_9 - Y_{10} - Y_{11} - Y_{12} + Y_{13} + Y_{14} + Y_{15} + Y_{16}) \\ b_3 &= \frac{1}{2^k} \cdot \sum_{i=1}^{16} (Y_i) = \frac{1}{16} (-Y_1 - Y_2 + Y_3 + Y_4 - Y_5 + Y_6 + Y_7 + Y_8 - Y_9 - Y_{10} + Y_{11} + Y_{12} - Y_{13} - Y_{14} + Y_{15} + Y_{16}) \\ b_4 &= \frac{1}{2^k} \cdot \sum_{i=1}^{16} (Y_i) = \frac{1}{16} (-Y_1 + Y_2 - Y_3 + Y_4 - Y_5 + Y_6 - Y_7 + Y_8 - Y_9 + Y_{10} - Y_{11} + Y_{12} - Y_{13} + Y_{14} - Y_{15} + Y_{16}) \end{aligned} \quad (4.36)$$

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

Për dekodimin e konstantes  $b_0$  dhe koeficientet  $b_1$ ,  $b_2$ ,  $b_3$  dhe  $b_4$  në ekuacionin (4.10), zëvendësohen vlerat e  $X$ -it.

Pas zëvendësimit fitohet barazimi:

$$\begin{aligned} Y &= b_0 + b_1 \cdot \left[ 1 + 2 \frac{(\ln v - \ln v_{\max})}{\ln v_{\max} - \ln v_{\min}} \right] + b_2 \cdot \left[ 1 + 2 \frac{(\ln f - \ln f_{\max})}{\ln f_{\max} - \ln f_{\min}} \right] + \\ &+ b_3 \cdot \left[ 1 + 2 \frac{(\ln a - \ln a_{\max})}{\ln a_{\max} - \ln a_{\min}} \right] + b_4 \cdot \left[ 1 + 2 \frac{(\ln H - \ln H_{\max})}{\ln H_{\max} - \ln H_{\min}} \right] \end{aligned} \quad (4.37)$$

Nëse zëvendësohet:

$$\begin{aligned} A_1 &= \frac{2}{\ln v_{\max} - \ln v_{\min}}; & A_2 &= \frac{2}{\ln f_{\max} - \ln f_{\min}}; \\ A_3 &= \frac{2}{\ln a_{\max} - \ln a_{\min}}; & A_4 &= \frac{2}{\ln H_{\max} - \ln H_{\min}}; \end{aligned} \quad (4.38)$$

Me zëvendësimin e shprehjes (4.38) në shprehjen (4.39) fitohet:

$$\begin{aligned}
 X_1 &= A_1 \ln v - A_1 \ln v_{\max} + 1 \\
 X_2 &= A_2 \ln f - A_2 \ln f_{\max} + 1 \\
 X_3 &= A_3 \ln a - A_3 \ln a_{\max} + 1 \\
 X_4 &= A_4 \ln H - A_4 \ln H_{\max} + 1
 \end{aligned}
 \tag{4.39}$$

Nëse zëvendësojmë me:

$$\begin{aligned}
 a_1 &= 1 - A_1 \ln v_{\max} \\
 a_2 &= 1 - A_2 \ln f_{\max} \\
 a_3 &= 1 - A_3 \ln a_{\max} \\
 a_4 &= 1 - A_4 \ln H_{\max}
 \end{aligned}
 \tag{4.40}$$

Me zëvendësimin e (4.40) në shprehjen (4.39) fitohet:

$$\begin{aligned}
 X_1 &= A_1 \ln v_{\max} + a_1 \\
 X_2 &= A_2 \ln f_{\max} + a_2 \\
 X_3 &= A_3 \ln a_{\max} + a_3 \\
 X_4 &= A_4 \ln H_{\max} + a_4
 \end{aligned}
 \tag{4.41}$$

Me zëvendësimin e  $X_1, X_2, X_3$  dhe  $X_4$  në shprehjen (4.10) fitohet:

$$\bar{Y} = b_0 + b_1(A_1 \ln v + a_1) + b_2(A_2 \ln f + a_2) + b_3(A_3 \ln a + a_3) + b_4(A_4 \ln H + a_4) \tag{4.42}$$

Nëse zëvendësohen me:

$$p_0 = b_0 + b_1 \cdot a_1 + b_2 \cdot a_2 + b_3 \cdot a_3 + b_4 \cdot a_4 \tag{4.43}$$

$$p_1 = A_1 \cdot b_1; \quad p_2 = A_2 \cdot b_2; \quad p_3 = A_3 \cdot b_3; \quad p_4 = A_4 \cdot b_4 \tag{4.44}$$

Me zëvendësimin e (4.42 dhe 4.43) në (4.44) fitohet:

$$\bar{Y} = p_0 + p_1 \ln v + p_2 \ln f + p_3 \ln a + p_4 \ln H \tag{4.45}$$

Me antilogaritminin e shprehjes (4.45) fitohet varësia e kërkuar në koordinatat logaritmike.

Shprehja për qëndrueshmërinë e instrumentit prerës është:

$$T = C_T \cdot v^{k_v} \cdot f^{k_f} \cdot a^{k_a} \cdot H^{k_H} \quad (4.46)$$

Tabela 4.4. Vlerat e matura eksperimentale për qëndrueshmërinë e instrumentit prerës

<b>PLANI EKSPERIMENTAL I RENDIT TË PARË ME KATËR FAKTORË</b>					
	<b>NDRYSHORET E PAVARURA</b>				<b>VLERAT E MATURA EKSPERIMENTALE</b>
<b>Nr.</b>	<b>vc [m/min]</b>	<b>f [mm/rr]</b>	<b>a [mm]</b>	<b>h [HRC]</b>	<b>T [min]</b>
1	100	0.178	0.5	35	95
2	100	0.178	0.5	55	50
3	100	0.178	1.5	35	48
4	100	0.178	1.5	55	85
5	100	0.285	0.5	35	60
6	100	0.285	0.5	55	50
7	100	0.285	1.5	35	70
8	100	0.285	1.5	55	46
9	180	0.178	0.5	35	35
10	180	0.178	0.5	55	55
11	180	0.178	1.5	35	37
12	180	0.178	1.5	55	61
13	180	0.285	0.5	35	35
14	180	0.285	0.5	55	48
15	180	0.285	1.5	35	42
16	180	0.285	1.5	55	9
17	135	0.214	0.85	45	80
18	135	0.214	0.85	45	68
19	135	0.214	0.85	45	75
20	135	0.214	0.85	45	52
21	135	0.214	0.85	45	74
22	135	0.214	0.85	45	40
23	135	0.214	0.85	45	55
24	135	0.214	0.85	45	45

Tabela 4.5. Plani matricor i koduar për qëndrueshmërinë e instrumentit prerës

<b>PLANI EKSPERIMENTAL I RENDIT TË PARË ME KATËR FAKTORË</b>					
	<b>NDRYSHORET E PAVARURA</b>				<b>VLERAT E MATURA EKSPERIMENTALE</b>
<b>Nr.</b>	<b>vc [m/min]</b>	<b>f [mm/rr]</b>	<b>a [mm]</b>	<b>h [HRC]</b>	<b>T [min]</b>
1	-1	-1	-1	-1	95
2	-1	-1	-1	+1	50
3	-1	-1	+1	-1	48
4	-1	-1	+1	+1	85
5	-1	+1	-1	-1	60
6	-1	+1	-1	+1	50
7	-1	+1	+1	-1	70
8	-1	+1	+1	+1	46
9	+1	-1	-1	-1	35
10	+1	-1	-1	+1	55
11	+1	-1	+1	-1	37
12	+1	-1	+1	+1	61
13	+1	+1	-1	-1	35
14	+1	+1	-1	+1	48
15	+1	+1	+1	-1	42
16	+1	+1	+1	+1	9
17	0	0	0	0	80
18	0	0	0	0	68
19	0	0	0	0	75
20	0	0	0	0	52
21	0	0	0	0	74
22	0	0	0	0	40
23	0	0	0	0	55
24	0	0	0	0	45

Tabela 4.6. Vlerat e logaritmuara për T

<b>Nr.</b>	<b>vc (m/min)</b>	<b>f (mm/rr)</b>	<b>a (mm)</b>	<b>h (HRC)</b>	<b>T [min]</b>	<b>lnT</b>
<b>1</b>	-1	-1	-1	-1	95	4.554
<b>2</b>	-1	-1	-1	+1	50	3.912
<b>3</b>	-1	-1	+1	-1	48	3.871
<b>4</b>	-1	-1	+1	+1	85	4.443
<b>5</b>	-1	+1	-1	-1	60	4.094
<b>6</b>	-1	+1	-1	+1	50	3.912
<b>7</b>	-1	+1	+1	-1	70	4.248
<b>8</b>	-1	+1	+1	+1	46	3.828
<b>9</b>	+1	-1	-1	-1	35	3.555
<b>10</b>	+1	-1	-1	+1	55	4.007
<b>11</b>	+1	-1	+1	-1	37	3.611
<b>12</b>	+1	-1	+1	+1	61	4.111
<b>13</b>	+1	+1	-1	-1	35	3.555
<b>14</b>	+1	+1	-1	+1	48	3.871
<b>15</b>	+1	+1	+1	-1	42	3.738
<b>16</b>	+1	+1	+1	+1	9	2.197
<b>17</b>	0	0	0	0	80	4.382
<b>18</b>	0	0	0	0	68	4.219
<b>19</b>	0	0	0	0	75	4.317
<b>20</b>	0	0	0	0	52	3.951
<b>21</b>	0	0	0	0	74	4.304
<b>22</b>	0	0	0	0	40	3.689
<b>23</b>	0	0	0	0	55	4.007
<b>24</b>	0	0	0	0	45	3.807



#### 4.4. Llogaritja e koeficienteve të regresionit

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

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

$$b_0 = \frac{1}{24}(Y_1 + Y_2 + Y_3 + \dots + Y_{24}) = \frac{1}{24}(4.554 + 3.912 + 3.871 + 4.443 + 4.094 + 3.912 + 4.248 + 3.828 + 3.555 + 4.007 + 3.611 + 4.111 + 3.555 + 3.871 + 3.738 + 2.197 + 4.382 + 4.219 + 4.317 + 3.951 + 4.304 + 3.689 + 4.007 + 3.807) = 3.924$$

$$b_0 = 3.924$$

$$b_1 = \frac{1}{16}(-Y_1 - Y_2 - Y_3 - Y_4 - Y_5 - Y_6 - Y_7 - Y_8 + Y_9 + Y_{10} + Y_{11} + Y_{12} + Y_{13} + Y_{14} + Y_{15} + Y_{16}) = -4.554 - 3.912 - 3.871 - 4.443 - 4.094 - 3.912 + 4.248 + 3.828 + 3.555 + 4.007 + 3.611 + 4.111 = -0.264$$

$$b_1 = -0.264$$

$$b_2 = \frac{1}{16}(-Y_1 - Y_2 - Y_3 - Y_4 + Y_5 + Y_6 + Y_7 + Y_8 - Y_9 - Y_{10} - Y_{11} - Y_{12} + Y_{13} + Y_{14} + Y_{15} + Y_{16}) = -4.554 - 3.912 - 3.871 - 4.443 + 4.094 + 3.912 + 4.248 + 3.828 - 3.555 - 4.007 - 3.611 - 4.111 + 3.555 + 3.781 + 3.738 + 2.197 = -0.164$$

$$b_2 = -0.164$$

$$b_3 = \frac{1}{16}(-Y_1 - Y_2 + Y_3 + Y_4 - Y_5 - Y_6 + Y_7 + Y_8 - Y_9 - Y_{10} + Y_{11} + Y_{12} - Y_{13} - Y_{14} + Y_{15} + Y_{16}) = -4.554 - 3.912 + 3.871 + 4.443 - 4.094 - 3.912 + 4.248 + 3.828 - 3.555 - 4.007 + 3.611 + 4.111 - 3.555 - 3.781 + 3.738 + 2.197 = -0.088$$

$$b_3 = -0.088$$

$$b_4 = \frac{1}{16}(-Y_1 + Y_2 - Y_3 + Y_4 - Y_5 + Y_6 - Y_7 + Y_8 - Y_9 + Y_{10} - Y_{11} + Y_{12} - Y_{13} + Y_{14} - Y_{15} + Y_{16}) = -4.554 + 3.912 - 3.871 + 4.443 - 4.094 + 3.912 - 4.248 + 3.828 - 3.555 + 4.007 - 3.611 + 4.111 - 3.555 + 3.781 - 3.738 + 2.197 = -0.059$$

$$b_4 = -0.059$$

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:

$$Y_a = b_0 X_0 + b_1 X_1 + b_2 X_2 + b_3 X_3 + b_4 X_4 = \\ = 3.924 X_0 - 0.264 X_1 - 1.614 X_2 - 0.088 X_3 - 0.059 X_4$$

#### 4.5. 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 dekoduar) të madhësive hyrëse sipas niveleve nga tabela.

Shpejtësitë e llogaritura:

$$v_{1 \max} = X_{1 \max} = 180; \quad f_{2 \max} = X_{2 \max} = 0.285$$

$$v_{1 \min} = X_{1 \min} = 100; \quad f_{2 \min} = X_{2 \min} = 0.178$$

$$a_{3 \max} = X_{3 \max} = 1.5; \quad H_{4 \max} = X_{4 \max} = 55$$

$$a_{3 \min} = X_{3 \min} = 0.5; \quad H_{4 \min} = X_{4 \min} = 35$$

$$A_1 = \frac{2}{\ln \frac{X_{1 \max}}{X_{1 \min}}} = \frac{2}{\ln \frac{180}{100}} = 3.403$$

$$A_2 = \frac{2}{\ln \frac{X_{2 \max}}{X_{2 \min}}} = \frac{2}{\ln \frac{0.285}{0.178}} = 4.249$$

$$A_3 = \frac{2}{\ln \frac{X_{3 \max}}{X_{3 \min}}} = \frac{2}{\ln \frac{1.5}{0.5}} = 1.820$$

$$A_4 = \frac{2}{\ln \frac{X_{4 \max}}{X_{4 \min}}} = \frac{2}{\ln \frac{55}{35}} = 4.425$$

$$a_1 = 1 - A_1 \ln X_{1 \max} = 1 - 3.403 \ln 180 = -16.672$$

$$a_2 = 1 - A_2 \ln X_{2 \max} = 1 - 4.249 \ln 0.285 = 6.334$$

$$a_3 = 1 - A_3 \ln X_{3 \max} = 1 - 1.820 \ln 1.5 = 0.262$$

$$a_4 = 1 - A_4 \ln X_{4 \max} = 1 - 4.425 \ln 55 = -16.732$$

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

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

$$p_0 = 3.924 + (-0.264) \cdot (-16.672) + (-0.164) \cdot 6.334 + (-0.088) \cdot 0.262 + (-0.059) \cdot (-16.732) = 8.247$$

$$p_0 = 8.247$$

Llogarisim koeficientet:

$$p_1 = p_v = A_1 \cdot b_1 = 3.403 \cdot (-0.264) = -0.898$$

$$p_2 = p_f = A_2 \cdot b_2 = 4.249 \cdot (-0.164) = -0.697$$

$$p_3 = p_a = A_3 \cdot b_3 = 1.820 \cdot (-0.088) = -0.160$$

$$p_4 = p_H = A_4 \cdot b_4 = 4,425 \cdot (-0.059) = -0.261$$

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

$$T = C_T \cdot v^{k_v} \cdot f^{k_f} \cdot a^{k_a} \cdot H^{k_H} = 3815,247 \cdot v^{-0.898} \cdot f^{-0.697} \cdot a^{-0.160} \cdot H^{-0.261}$$

$$T = 38150.247 \cdot v^{-0.898} \cdot f^{-0.697} \cdot a^{-0.160} \cdot H^{-0.261}$$

$$T_{1(-1-1-1-1)} = 3815,247 \cdot 100^{-0.898} \cdot 0,178^{-0.697} \cdot 0,5^{-0.160} \cdot 35^{-0.261} = 90,0922$$

$$T_{2(-1-1-1+1)} = 3815,247 \cdot 100^{-0.898} \cdot 0,178^{-0.697} \cdot 0,5^{-0.160} \cdot 55^{-0.261} = 80,1033$$

$$T_{3(-1-1+1-1)} = 3815,247 \cdot 100^{-0.898} \cdot 0,178^{-0.697} \cdot 1,5^{-0.160} \cdot 35^{-0.261} = 75,5697$$

$$T_{4(-1-1+1+1)} = 3815,247 \cdot 100^{-0.898} \cdot 0,178^{-0.697} \cdot 1,5^{-0.160} \cdot 55^{-0.261} = 67,191$$

$$T_{5(-1+1-1-1)} = 3815,247 \cdot 100^{-0.898} \cdot 0,285^{-0.697} \cdot 0,5^{-0.160} \cdot 35^{-0.261} = 64,8938$$

$$T_{6(-1+1-1+1)} = 3815,247 \cdot 100^{-0.898} \cdot 0,285^{-0.697} \cdot 0,5^{-0.160} \cdot 55^{-0.261} = 57,6987$$

$$T_{7(-1+1+1-1)} = 3815,247 \cdot 100^{-0.898} \cdot 0,285^{-0.697} \cdot 1,5^{-0.160} \cdot 35^{-0.261} = 54,4332$$

$$T_{8(-1+1+1+1)} = 3815,247 \cdot 100^{-0.898} \cdot 0,285^{-0.697} \cdot 1,5^{-0.160} \cdot 55^{-0.261} = 48,3979$$

$$T_{9(+1-1-1-1)} = 3815,247 \cdot 180^{-0.898} \cdot 0,178^{-0.697} \cdot 0,5^{-0.160} \cdot 35^{-0.261} = 53,1438$$

$$T_{10(+1-1-1+1)} = 3815,247 \cdot 180^{-0.898} \cdot 0,178^{-0.697} \cdot 0,5^{-0.160} \cdot 55^{-0.261} = 47,2515$$

$$T_{11(+1-1+1-1)} = 3815,247 \cdot 180^{-0.898} \cdot 0,178^{-0.697} \cdot 1,5^{-0.160} \cdot 35^{-0.261} = 44,5772$$

$$T_{12(+1-1+1+1)} = 3815,247 \cdot 180^{-0.898} \cdot 0,178^{-0.697} \cdot 1,5^{-0.160} \cdot 55^{-0.261} = 39,6348$$

$$T_{13(+1+1-1-1)} = 3815,247 \cdot 180^{-0.898} \cdot 0,285^{-0.697} \cdot 0,5^{-0.160} \cdot 35^{-0.261} = 38,2797$$

$$T_{14(+1+1-1+1)} = 3815,247 \cdot 180^{-0.898} \cdot 0,285^{-0.697} \cdot 0,5^{-0.160} \cdot 55^{-0.261} = 34,0355$$

$$T_{15(+1+1+1-1)} = 3815,247 \cdot 180^{-0.898} \cdot 0,285^{-0.697} \cdot 1,5^{-0.160} \cdot 35^{-0.261} = 32,1091$$

$$T_{16(+1+1+1+1)} = 3815,247 \cdot 180^{-0.898} \cdot 0,285^{-0.697} \cdot 1,5^{-0.160} \cdot 55^{-0.261} = 28,5491$$

$$T_{17(00\ 0\ 0)} = 3815,247 \cdot 135^{-0.898} \cdot 0,214^{-0.697} \cdot 0,85^{-0.160} \cdot 45^{-0.261} = 52,0766$$

$$T_{18(00\ 0\ 0)} = 3815,247 \cdot 135^{-0.898} \cdot 0,214^{-0.697} \cdot 0,85^{-0.160} \cdot 45^{-0.261} = 52,0766$$

$$T_{19(00\ 0\ 0)} = 3815,247 \cdot 135^{-0.898} \cdot 0,214^{-0.697} \cdot 0,85^{-0.160} \cdot 45^{-0.261} = 52,0766$$

$$T_{20(00\ 0\ 0)} = 3815,247 \cdot 135^{-0.898} \cdot 0,214^{-0.697} \cdot 0,85^{-0.160} \cdot 45^{-0.261} = 52,0766$$

$$T_{21(00\ 0\ 0)} = 3815,247 \cdot 135^{-0.898} \cdot 0,214^{-0.697} \cdot 0,85^{-0.160} \cdot 45^{-0.261} = 52,0766$$

$$T_{22(00\ 0\ 0)} = 3815,247 \cdot 135^{-0.898} \cdot 0,214^{-0.697} \cdot 0,85^{-0.160} \cdot 45^{-0.261} = 52,0766$$

$$T_{23(00\ 0\ 0)} = 3815,247 \cdot 135^{-0.898} \cdot 0,214^{-0.697} \cdot 0,85^{-0.160} \cdot 45^{-0.261} = 52,0766$$

$$T_{24(00\ 0\ 0)} = 3815,247 \cdot 135^{-0.898} \cdot 0,214^{-0.697} \cdot 0,85^{-0.160} \cdot 45^{-0.261} = 52,0766$$

Tabela 4.7. Llogaritjet për analizën dispersive për T

Nr.	Vlera eksperimentale		Vlerat e logaritura		(Y- Ŷ)	(Y- Ŷ) <sup>2</sup>
	T	Y=lnT	T <sub>llog</sub>	lnT <sub>llog</sub>		
1	95	4.554	90.0922	4.501	0.053	0.003
2	50	3.912	80.1033	4.383	-0.471	0.222
3	48	3.871	75.5697	4.325	-0.454	0.206
4	85	4.443	67.191	4.207	0.236	0.056
5	60	4.094	64.8938	4.173	-0.079	0.006
6	50	3.912	57.6987	4.055	-0.143	0.020
7	70	4.248	54.4332	3.997	0.251	0.063
8	46	3.828	48.3979	3.879	-0.069	0.005
9	35	3.555	53.1438	3.973	-0.418	0.175
10	55	4.007	47.2515	3.855	0.152	0.023
11	37	3.611	44.5772	3.797	-0.186	0.035
12	61	4.112	39.6348	3.679	0.433	0.187
13	35	3.555	38.2797	3.645	-0.09	0.008
14	48	3.871	34.0355	3.527	0.344	0.118
15	42	3.738	32.1091	3.649	0.089	0.008
16	9	2.197	28.5491	3.352	-1.155	1.334
17	80	4.382	52.0766	3.953	0.429	0.184
18	68	4.219	52.0766	3.953	0.266	0.071
19	75	4.317	52.0766	3.953	0.364	0.132
20	52	3.951	52.0766	3.953	-0.002	0.000004
21	74	4.304	52.0766	3.953	0.351	0.123
22	40	3.689	52.0766	3.953	-0.264	0.069
23	55	4.007	52.0766	3.953	0.054	0.003
24	45	3.807	52.0766	3.953	-0.146	0.021

#### 4.6. Vlerësimi i signifikancës së parametrave të modelit

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

Kriteri t- i Student-it ose F- i Fischer-it, meqenëse ekziston varësia e formës:

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

Vlerësimi i signifikancës sipas kriterit-F është paraqitur në tabelën 4.8.

Sipas këtij kriteri duhet të plotësohet kushti:

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

ku janë:

$F_{ri}$  – vlera e llogaritur e kriterit-F për parametrin e i-të,

$S_i^2$  – dispersioni i parametrin të i-të,

$S_E^2$  – dispersioni i rezultateve në pikën zero,

$F_t$  – Vlera tabelare e kriterit -F e cila sipas kriterëve të dhëna ( $f_{LF}=1$ ,  $f_E=7$ ), atëherë

**$F_t= 5.59$**

Dispersioni i parametrave të modelit është:

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

ku është:

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

ku për  $i=0$ ,  $N_i=24$ , ndërsa për  $i=1,2,3$  –  $N_i=16$ ; shkallët e lirisë  $f_i = 1$ .

Tabela 4.8. Shprehjet për llogaritjen e analizës dispersive

Burimi i variacionit	Shkallët e lirisë	Shuma e katrorëve	Dispersioni	Marrëdhënia dispersive $F_R$
$b_0$	$f_0=1$	$S_{b_0}=N b_0^2$	$S_0^2 = \frac{S_0}{f_0}$	$F_{R0} = \frac{S_0^2}{S_E^2}$
$b_1$	$f_1=1$	$S_{b_1}=N b_1^2$	$S_1^2 = \frac{S_1}{f_1}$	$F_{R1} = \frac{S_1^2}{S_E^2}$
$b_2$	$f_2=1$	$S_{b_2}=N b_2^2$	$S_2^2 = \frac{S_2}{f_2}$	$F_{R2} = \frac{S_2^2}{S_E^2}$
$b_k$	$f_k=1$	$S_{b_k}=N b_k^2$	$S_k^2 = \frac{S_k}{f_k}$	$F_{Rk} = \frac{S_k^2}{S_E^2}$
Shuma reziduale	$f_{Ri} = N - k - 1$	$S_R = \sum_{u=1}^N (Y_{eu} - Y_{empu}) =$ $= \sum_{u=1}^N Y_{eu}^2 - N \sum_{i=0}^k b_i^2$	$S_R^2 = \frac{S_R}{f_R}$	Koeficientet janë signifkant 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 e eksperimenteve	$f_{Ei} = n_0 - 1$	$S_E = \sum_{v=1}^{N_0} (Y_{e0v} - Y_{emp0v})^2$ $\left( \sum_{u=1}^{N_0} Y_{e0u}^2 - \frac{1}{N_0} \sum_{U=1}^{N_0} Y_{e0u} \right)$	$S_E^2 = \frac{S_E}{f_E}$	
Adekuatshmëria e modelit	$f_{LF} = f_L - f_E$	$S_{LF} = S_L - S_E$	$S_{LF}^2 = \frac{S_{LF}}{f_{LF}}$	$F_{RLF} = \frac{S_{LF}^2}{S_E^2}$

Me zëvendësimin e vlerës së parametrave (bi gjegjësisht,  $b_0, b_1, b_2, b_3, b_4$  dhe  $p_0, p_1, p_2, p_3, p_4$ ) për qëndrueshmërinë T fitohen:

$$S_{b_0} = N \cdot b_0^2 = 24 \cdot 3.924 = 369.547$$

$$S_{b_1} = N \cdot b_1^2 = 16 \cdot (-0.264)^2 = 1.115$$

$$S_{b_2} = N \cdot b_2^2 = 16 \cdot (-0.164)^2 = 0.430$$

$$S_{b_3} = N \cdot b_3^2 = 16 \cdot (-0.088)^2 = 0.123$$

$$S_{b_4} = N \cdot b_4^2 = 16 \cdot (-0.059)^2 = 0.056$$

Dispersioni i parametrave të modelit do të jetë:

$$S_0^2 = \frac{S_0}{f_0} = \frac{369.547}{1} = 369.547$$

$$S_1^2 = \frac{S_1}{f_1} = \frac{1.115}{1} = 1.115$$

$$S_2^2 = \frac{S_2}{f_2} = \frac{0.430}{1} = 0.430$$

$$S_3^2 = \frac{S_3}{f_3} = \frac{0.123}{1} = 0.123$$

$$S_4^2 = \frac{S_4}{f_4} = \frac{0.056}{1} = 0.056$$

ndërsa, dispersioni i rezultateve në pikën zero përcaktohet:

$$S_E = \sum_{v=1}^{N_0} (Y_{e0u} - \check{Y}_{emp0v})^2 = 0.184 + 0.071 + 0.132 + 0.000004 + 0.123 + 0.069 + 0.003 + 0.021 = 0.603$$

$$S_E^2 = \frac{S_E}{f_E} = \frac{0.603}{7} = 0.086$$

ku janë:

$Y_{emp0}$  – vlerat logaritmike empirike (llogaritura) për nivelin zero

$Y_{e0}$  – vlerat logaritmike eksperimentale (matura) për nivelin zero

Duke formuar raportin e dispersioneve të parametrave të modelit ndaj dispersionit në pikën zero, do të kemi:

Sipas kriterit të Fisher-it koeficientet janë significant nëse është:

$$F_{ri} > F_t$$

Për  $\alpha=0.05$ , vlerat tabelare për:  $n_1(\text{numëruesi})=f_i=1$ ,  $n_2(\text{emëruesi})=f_E=7$ :

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

$$\begin{aligned}
Fr_{(b0)} &= \frac{S_{b0}}{S_E^2} = \frac{369.547}{0.086} = 4297.058 \geq F_t = 5.59 \\
Fr_{(b1)} &= \frac{S_{b1}}{S_E^2} = \frac{1.115}{0.086} = 12.965 \geq F_t = 5.59 \\
Fr_{(b2)} &= \frac{S_{b2}}{S_E^2} = \frac{0.430}{0.086} = 5.0 \leq F_t = 5.59 \\
Fr_{(b3)} &= \frac{S_{b3}}{S_E^2} = \frac{0.123}{0.086} = 1.430 \leq F_t = 5.59 \\
Fr_{(b4)} &= \frac{S_{b4}}{S_E^2} = \frac{0.056}{0.086} = 0.651 \leq F_t = 5.59
\end{aligned} \tag{4.49}$$

#### 4.7. Vërtetimi i adekuatshmërisë së modelit matematikor

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

ku sipas tabelës, shuma reziduale është:

$$\begin{aligned}
S_R &= \sum_{u=1}^N (Y_{eu} - Y_{empu})^2 = \sum_{u=1}^{24} (Y_{eu} - Y_{empu})^2 = 0.003 + 0.222 + 0.206 + 0.056 + \\
&\quad + 0.006 + 0.020 + 0.063 + 0.005 + 0.175 + 0.023 + 0.035 + 0.187 + \\
&\quad + 0.008 + 0.118 + 0.008 + 1.334 + 0.184 + 0.071 + 0.132 + 0.000004 + \\
&\quad + 0.123 + 0.069 + 0.003 + 0.021 = 3.072
\end{aligned}$$

ndërsa shuma e katrorëve do të jetë:

$$S_{LF} = S_R - S_E = 3.072 - 0.603 = 2.469$$

gjegjësisht, disperzioni

$$S_{LF}^2 = \frac{S_{LF}}{f_a} = \frac{2.469}{12} = 0.206$$

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

$$f_E = n_0 - 1 = 8 - 1 = 7$$

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

prandaj do të jetë:

$$F_{RLF} = \frac{S_{LF}^2}{S_E^2} = \frac{0.206}{0.086} = 2.395 \leq F_t = 5.59 \tag{4.50}$$

## 5.0. KUSHTET GJATË REALIZIMIT TË EKSPERIMENTIT

### 5.1. Materiali i ekzaminuar

Hulumtimet eksperimentale janë bërë në modelin e çelikut me shenjen 42CrMo4 sipas standardit EN 10027-1 dhe DIN. Karakteristikat kimike dhe mekanike të materialit të eksperimentuar me dimensione ( $\varnothing 100 \times 200$  mm) 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 5.1, dhe me aparatit për matjen e fortësisë të tipit KRAUTKRÄMER-MIC.10.DL, fig. 5.2. Rezultatet tregojnë që parametrat e fituar gjenden në kufijtë e lejuar sipas standardit (ISO-583).

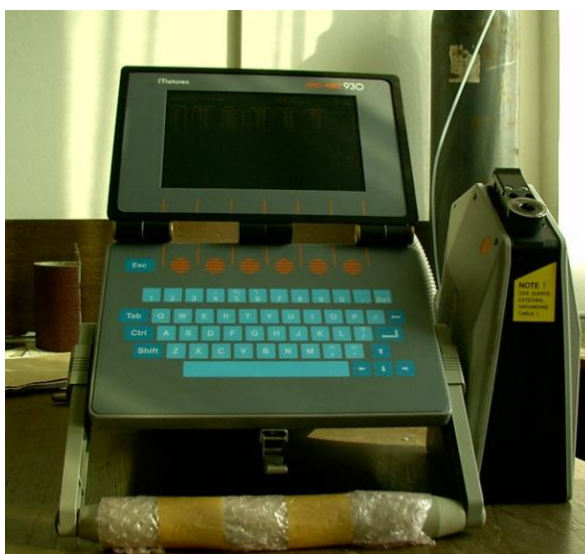


Fig. 5.1 Spektrometri METOREX ARC-MET930



Fig. 5.2 Aparati për matjen e fortësisë

Tabela 5.1. Karakteristikat kimike dhe mekanike të materialit të përpunuar 42CrMo4

Përbërja kimike					Vetitë mekanike	
C [%]	Mn [%]	Si [%]	MO [%]	Ni [%]	$R_m$ [N/mm <sup>2</sup> ]	Rp02
0,41	0,75	0.20	0.23	0.2	1000	750



## 5.2. Karakteristika e makinës metalprerëse

Makina me të cilën u realizua eksperimenti hulumtues është Torno universale e prodhuesit POTISJE tipi PA631P, me fuqi  $P=12$  kW, diametër maksimal punues 450 mm dhe numër shkallëzorë të rrotullimeve,  $n = 22-2200$  rr/min, hapi punues,  $s = 0.08 \div 2.5$  mm/rr, distanca maksimale mes kokës punuese dhe qendrës fundore 2250 mm, në fabrikën e pajimeve xehtare në Palaj –Obiliq (figura 5.3)



Fig. 5.3. Makina tornuese universale PA631P

## 5.3. Instrumenti metalprerës

Për ekzaminim janë përdorur pllakat prerëse të sinteruara prej metalit të fortë me bazë WC –C0 pa shtresa dhe të veshura me shtresë TiN, prodhim i KARLY, me shenjë sipas standardit ISO:

P20 SNMG-B20-120408

Regjimet e prerjes të rekomanduara nga ana e prodhuesit:

$$v_c=140-190 \text{ m/min}$$

$$f=0.15-0.5 \text{ mm/rr}$$

$$a=1.5-4.0 \text{ mm}$$

Tabela 5.2. Dimensionet e pllakave prerëse

<i>Shenja ISO</i>	<i>Gjatësia-gjerësia l [mm]</i>	<i>Trashësia s [mm]</i>	<i>Rrezja r [mm]</i>
<i>P20: SNMG120408</i>	12	4	0.8

Përforcimi i pllakave prerëse është bërë në mbajtësin standard me levë shtrënguese me shenjë ISO PCBNR /L 2020K12, fig. 5.4.



Fig. 5.4 Mbajtësi i pllakave prerëse dhe karakteristikat gjeometrike

## 5.4 Matja e konsumit të pllakave prerëse

### 5.4.1 Mikroskopi matës

Për matjen e shiritit të konsumit të pllakave prerëse sipas faqes së prapme, me qëllim të përcaktimit të qëndrueshmërisë së instrumentit prerës, është përdorur mikroskopi i veglave Carl Zeiss - Jena, i cili gjendet në laboratorin e departamentit të Prodhimtarisë dhe Automatizimit të Fakultetit të Inxhinierisë Mekanike në Prishtinë, i treguar në figurën 5.5. Ai është i pajisur me vidën mikrometrike, e cila kryen funksionin e dyfishtë duke mundësuar lëvizjen e tavolinës në drejtim gjatësor dhe tërthor duke mundësuar matjen me saktësi 0.01 mm dhe zmadhim 24 herë.



Fig. 5.5 Mikroskopi Carl Zeiss

#### 5.4.2 Kriteri i dështimit të instrumentit

Gjatë realizimit të eksperimentit, gjerësia mesatare e shiritit të konsumit prej  $VB_{mes}=0,3$  mm është marrë si kriter i dështimit të instrumentit. Arsyeja për vendosjen e këtij kriteri është se konsumit nuk ishte i njëtrajtshëm dhe matja është bërë në intervale diskrete (të zgjedhura). Në çdo rast instrumenti është konsideruar se ka dështuar kur konsumi i matur e ka tejkaluar vlerën ( $VB=0.3$  mm), pasi që në shumicën e testeve (matjeve) gjerësia maksimale e konsumit sillet në kufijtë 0.28-0,32 mm.

Për çdo provë, përpunimi është ndërprerë pas 1-3 minuta për të matur madhësinë e gjerësisë së konsumit  $VB$ ; d.m.th. distancën midis pjesës drejtë të tehut prerës të pa konsumuar dhe kufirit të brezit të konsumit siç tregohet në figurën 5.6.

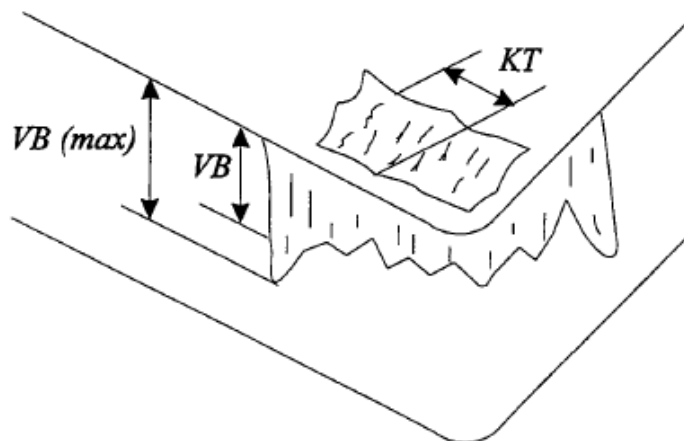


Fig. 5. 6 Mënyra e matjes së konsumit të instrumentit

Ky interval kohor (1-3 min) është zgjedhur për të monitoruar çdo ndryshim në vlerën e konsumit gjatë fazës së krijimit të shiritit, duke marrë lexim të saktë të konsumit të tehut në intervale të rregullta.

#### 5.4.3. Zgjedhja e regjimeve të prerjes

Para fillimit të realizimit të eksperimentit duhet të zgjidhen regjimet e prerjes dhe intervali i ndryshimit të tyre në modelin e zgjedhur matematikorë. 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 tabelën 5.3 ku gjatë zgjedhjes së intervalit të ndryshimit të madhësive është tentuar që të plotësohet kushti i nevojshëm:

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

Tabela 5.3. Regjimet e përpunimit për qëndrueshmërinë e instrumentit prerës

Niveli i eksperimentit pozita e madhësisë së pavarur	Shpejtësia $v_c$	Hapi $f$	Thellësia $a$	Fortësia $h$	Kodi i madhësisë së normuar			
	[m/min]	[mm/rr]	[mm]	[HRC]	$X_1$	$X_2$	$X_3$	$X_4$
Niveli maksimal	180	0.285	1.5	55	+1	+1	+1	+1
Niveli mesatar	135	0.214	0.85	45	0	0	0	0
Niveli minimal	100	0.178	0.5	35	-1	-1	-1	-1

## 6.0. REZULTATET EKSPERIMENTALE

Nga analiza teorike dhe eksperimentale, kriterit për zgjedhjen e vlerës dhe numrit të faktorëve ndikues, metodën dhe teknikat matëse, llojit të funksionit modelues, planit eksperimental të aplikuar pritet të fitohet modeli empirik matematikor i cili do të parashikoj qëndrueshmërinë e instrumentit prerës gjatë operacionit të tornimit , i cili do të tregoj shkallën e ndikimit të faktorëve të analizuar qëndrueshmërinë e instrumentit prerës dhe i cili pritet të jetë në harmoni me rezultatet e publikuara nga autorë të tjerë.

Vlerat e matura eksperimentale të qëndrueshmërisë së tehut prerës për çelikon 42CrMo4, me aplikimin e pllakave prerëse me bazë WC-Co të veshura me shtresë TiN janë dhënë në tabelën 6.1 ndërsa, vlerat e logaritmuara janë dhënë në tabelën 6.2.

Tabela 6.1 Vlerat e matura eksperimentale për qëndrueshmërinë e instrumentit

<b>PLANI EKSPERIMENTAL I RENDIT TË PARË ME KATËR FAKTORË</b>					
	<b>NDRYSHORET E PAVARURA</b>				<b>VLERAT E MATURA EKSPERIMENTALE</b>
<b>Nr.</b>	<b>vc [m/min]</b>	<b>f [mm/rr]</b>	<b>a [mm]</b>	<b>h [HRC]</b>	<b>T [min]</b>
<b>1</b>	100	0.178	0.5	35	95
<b>2</b>	100	0.178	0.5	55	50
<b>3</b>	100	0.178	1.5	35	48
<b>4</b>	100	0.178	1.5	55	85
<b>5</b>	100	0.285	0.5	35	60
<b>6</b>	100	0.285	0.5	55	50
<b>7</b>	100	0.285	1.5	35	70
<b>8</b>	100	0.285	1.5	55	46
<b>9</b>	180	0.178	0.5	35	35
<b>10</b>	180	0.178	0.5	55	55
<b>11</b>	180	0.178	1.5	35	37
<b>12</b>	180	0.178	1.5	55	61
<b>13</b>	180	0.285	0.5	35	35
<b>14</b>	180	0.285	0.5	55	48
<b>15</b>	180	0.285	1.5	35	42
<b>16</b>	180	0.285	1.5	55	9

17	135	0.214	0.85	45	80
18	135	0.214	0.85	45	68
19	135	0.214	0.85	45	75
20	135	0.214	0.85	45	52
21	135	0.214	0.85	45	74
22	135	0.214	0.85	45	40
23	135	0.214	0.85	45	55
24	135	0.214	0.85	45	45

Tabela 6.2 Vlerat e logaritmuara të qëndrueshmërisë së instrumentit prerës

Nr.	Vlera eksperimentale		Vlerat e logaritura		(Y- Ŷ)	(Y- Ŷ) <sup>2</sup>
	T	Y=lnT	T <sub>log</sub>	lnT <sub>log</sub>		
1	95	4.554	90.0922	4.501	0.053	0.003
2	50	3.912	80.1033	4.383	-0.471	0.222
3	48	3.871	75.5697	4.325	-0.454	0.206
4	85	4.443	67.191	4.207	0.236	0.056
5	60	4.094	64.8938	4.173	-0.079	0.006
6	50	3.912	57.6987	4.055	-0.143	0.020
7	70	4.248	54.4332	3.997	0.251	0.063
8	46	3.828	48.3979	3.879	-0.069	0.005
9	35	3.555	53.1438	3.973	-0.418	0.175
10	55	4.007	47.2515	3.855	0.152	0.023
11	37	3.611	44.5772	3.797	-0.186	0.035
12	61	4.112	39.6348	3.679	0.433	0.187
13	35	3.555	38.2797	3.645	-0.09	0.008
14	48	3.871	34.0355	3.527	0.344	0.118
15	42	3.738	32.1091	3.649	0.089	0.008
16	9	2.197	28.5491	3.352	-1.155	1.334
17	80	4.382	52.0766	3.953	0.429	0.184
18	68	4.219	52.0766	3.953	0.266	0.071
19	75	4.317	52.0766	3.953	0.364	0.132
20	52	3.951	52.0766	3.953	-0.002	0.000004
21	74	4.304	52.0766	3.953	0.351	0.123
22	40	3.689	52.0766	3.953	-0.264	0.069
23	55	4.007	52.0766	3.953	0.054	0.003
24	45	3.807	52.0766	3.953	-0.146	0.021

Llogaritja e koeficienteve dhe e konstantës së modelit matematikor të qëndrueshmërisë së tehut prerës është bërë në kapitullin 4.0 dhe është fituar modeli empirik matematikore të formës eksponenciale:

$$T = 38150.247 \cdot v^{-0.898} \cdot f^{-0.697} \cdot a^{-0.160} \cdot H^{-0.261} \quad (6.1)$$

## 7.0. ANALIZA DHE VLERËSIMI I REZULTATEVE TË FITUARA

Në bazë të problemeve teorike të shtjelluara, eksperimentit të planifikuar dhe zbatuar, në bazë 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 si dhe shkallës së ndikimit të parametrave hyrës të pavarur si; shpejtësisë së prerjes ( $v$ ), hapi ( $f$ ) thellësisë ( $a$ ) dhe fortësisë së materialit ( $H$ ).

Siç shihet nga analiza disperzive e zbatuar në kapitullin 4 ekuacionet 4.49, vetëm faktori i parë e plotëson kushtin e signifkancës :  $F_{Ri} \geq F_t = 5.59$ , ndërsa tre të tjerët nuk e plotësojnë.

Gjithashtu, nga analiza dispersive mund të konstatohet se modeli empirik i zgjedhur i formës eksponenciale është adekuat pasi plotësohet kushti sipas ekuacionit 4.50:

$$F_{RLF} \leq F_t = 3.57$$

Nga analiza e modelit matematikor të fituar ekuacioni 6.1, shihet se ndikimin më të madh në funksionin e parashikuar të qëndrueshmërisë së instrumentit prerës e kanë parametrat hyrës të pavarur:

$$T = 38150.247 \cdot v^{-0.898} \cdot f^{-0.697} \cdot a^{-0.160} \cdot H^{-0.261} \quad (6.1)$$

Shpejtësia e prerjes  $v(0.898)$ , mandej hapi  $f(0.697)$ , fortësia e materialit të copës  $H(0.261)$  dhe thellësia e prerjes  $a(0.160)$ .

Ekspozentët me parashenjë negative tregojnë se me rritjen e parametratit të caktuar vjen deri te zvogëlimi i qëndrueshmërisë së instrumentit prerës.

## 8.0. PËRFUNDIM

Të gjitha proceset e përpunimit me prerje në mënyrë të pashmangshme i shoqëron procesi i konsumit të tehut të instrumentit prerës. Prosesi i konsumit shkaktohet si pasojë e ngarkesave të cilave instrumenti metalprerës u ekspozua gjatë procesit të përpunimit.

Kërkesat për përmirësimin e procesit të përpunimit me aplikimin e njohurive dhe teknikave të përparuara të modelimit dhe optimalizimit dhe në kohët e sotme edhe të inteligjencës artificiale janë gjithnjë e më të pranishme në prodhimtari.

Qëllimi i këtij studimi ishte që mënyrë sistematike, shkencore dhe të besueshme të zhvillohen modele të përshtatshme matematikore për hulumtimin e dukurive fizike në procesin e përpunimit me heqje ashkle duke integruar aftësitë eksperimentale, numerike dhe analitike.

Me aplikimin e analizës regressive për rezultatet eksperimentale të hulumtuara në procesin e përpunimit me tornim dhe vendosjen e kufijve të besueshmërisë prej 95%, janë përcaktuar modelet matematikore parashikuese, të cilat e përshkruajnë varësinë e madhësive dalëse; qëndrueshmërinë e instrumentit prerës (T) nga parametrat e përpunimit dhe fortësia e materialit.

Variablat e pavarura hyrëse në modelet matematikore janë parametrat e regjimit të përpunimit dhe fortësia e materialit të copës punuese. Modelet e fituara matematikore janë të formës eksponenciale dhe përfaqësojnë një pasqyrë komplekse të marrëdhënies midis variablave hyrëse dhe dalëse të procesit.

Në këtë punim është aplikuar metoda e planifikimit optimal të eksperimenteve me shumë faktorë për përcaktimin e modelit matematikor të varësisë funksionale të qëndrueshmërisë së instrumentit prerës  $T = f(V_c, f, a, H)$ , duke matur në mënyrë të drejtpërdrejt vlerën e konsumit sipas faqes së prapme të instrumentit me mikroskop optik, pas çdo ndryshimi të parametrave të variablave hyrëse.

Eksperimenti me shumë faktorë, nënkupton ndryshimin e të gjithë faktorëve përnjëherë sipas një plani të caktuar më parë. Plani eksperimental mundëson shqyrtimin e çdo faktori përnjëherë, si dhe ndikimin reciprok në procesin e shqyrtuar.



## 9.0. LITERATURA

- [1] Kalpakjian & Schmid - Manufacturing Processes for Engineering Materials, 5th ed. Education, 2008.
- [2] T. Gutowski, Machining, 2.810 Fall, 2009.
- [3] M. P. Kumar, N. Ramakrishna, K. Amarnath & M. Sunil Kumar Study on Tool Life and its Failure Mechanisms, IJIRST –International Journal for Innovative Research in Science & Technology| Volume 2 | Issue 04 | September 2015 ISSN (online): 2349-6010
- [4] I. Slade, Obrada materijala II-I.dio, www.cnt.tesla.hr, 2012.
- [5] Stanič J.: “Metod inženjerskih merenja”, Mašinski Fakultet, Beograd 1986.
- [6] Jelena S.: “Osnovi merne tehnike, metode planiranja eksperimenta”, Fakultet Tehničkih Nauka, Novi Sad, 1982.
- [7] Graham T. Smith, Cutting, Cutting Tool Technology, Industrial Handbook, Springer-Verlag London Limited 2008.
- [8] M. Perinic, Projektiranje tehnoloskih procesa, www.riteh.uniri.hr.
- [9] V. Astakhov; The assessment of cutting tool wear, IJMT&M, Elsevier, 44 (2004).
- [10] M. Mehrban, D. Naderi, V. Panahizadeh, H. Naeini; Modeling Of Tool Life in Turning Process using Experimental Method, Jung Researches Club, Islamic Azad University of Parsabad, Iran.
- [11] Alamin, Bubakar B., (1996) Tool life prediction and management for an integrated tool selection system, Durham theses, Durham University. Available at Durham E-Theses Online: <http://etheses.dur.ac.uk/5287/>
- [12] B. Moetakef Imani , S.A. Hosseini and A. Baghal Safa; Identification of Tool Life and Wear Characteristics of HSS Tools Used in Turning of Ck45, Tehran International Congress on Manufacturing Engineering (TICME2007), December 10-13, 2007, Tehran, Iran.
- [12] B. Moetakef Imani , S.A. Hosseini and A. Baghal Safa; Identification of Tool Life and Wear Characteristics of HSS Tools Used in Turning of Ck45, Tehran International Congress on Manufacturing Engineering (TICME2007) December 10-13, 2007, Tehran, Iran.

- [13] W. J. Endres; The Effects of Corner Radius and Edge Radius on Tool Flank Wear, *Journal of Manufacturing Processes* Vol. 4/No. 2 2002, Dept. of Mechanical Engineering-Engineering Mechanics, Michigan Technological University, Houghton, Michigan, USA.
- [13] Duong Xuan-Truongh, Tran Minh-Duc, Effect of cutting condition on tool wear and surface roughness during machining of Inconel 718, *International Journal of Advanced Engineering Technology* e-issn 0976-3945, int j adv engg tech/iv/iii/july-sept., 2013/108-112
- [14] K. Khalili and M. Danesh ; Effect of Cutting Tool Geometry on Morphology of flank Wear Land in Turning of Low Carbon Steels, *Research Journal of Applied Sciences, Engineering and Technology* 6(20): 3798-3807, 2013 ISSN: 2040-7459; e-ISSN: 2040-7467, Iran .
- [15] Bin Li; A review of tool wear estimation using theoretical analysis and numerical simulation technologies, *Int. Journal of Refractory Metals and Hard Materials* 35 (2012) 143–151.
- [16] Kharagpur ; Failure of cutting tools and tool life, lesson 14, Version 2 ME IIT.
- [17] A. Stoic; Osnove tehnologija-Obrada odvajanjem čestica, Sveučilište J. J. Strossmayera u Osijeku, S SL. BRODUtrojarski fakultet u Sl. Brodu.
- [18] S. Skoric; trošenje i postojanost reznih alata-Zavod za tehnologiju, FSB, Zagreb.