

# Ispitivanje utjecaja posmaka na mehanizme trošenja rezne pločice u procesu tokarenja

---

Rodić, Marko

Master's thesis / Diplomski rad

2021

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University North / Sveučilište Sjever**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:122:441489>

Rights / Prava: [In copyright](#) / [Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2025-01-28**

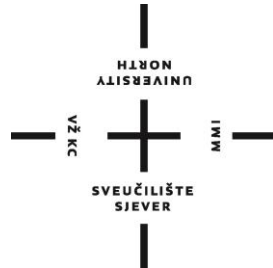


Repository / Repozitorij:

[University North Digital Repository](#)



**SVEUČILIŠTE SJEVER  
SVEUČILIŠNI CENTAR VARAŽDIN**



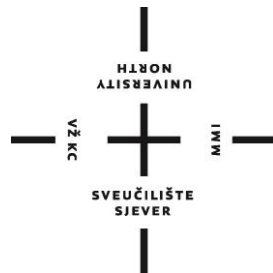
DIPLOMSKI RAD br. 01/STR/2021

**ISPITIVANJE UTJECAJA POSMAKA  
NA MEHANIZME TROŠENJA REZNE  
PLOČICE U PROCESU TOKARENJA**

Marko Rodić

Varaždin, siječanj 2021. godine

**SVEUČILIŠTE SJEVER**  
**SVEUČILIŠNI CENTAR VARAŽDIN**  
**Diplomski sveučilišni studij Strojtarstvo**



DIPLOMSKI RAD br. 01/STR/2021

**ISPITIVANJE UTJECAJA POSMAKA  
NA MEHANIZME TROŠENJA REZNE  
PLOČICE U PROCESU TOKARENJA**

Student:  
Marko Rodić, 0035185034

Mentor:  
dr. sc. Matija Bušić

Varaždin, siječanj 2021. godine

# Prijava diplomskog rada

## Definiranje teme diplomskog rada i povjerenstva

ODJEL Odjel za strojarstvo

STUDIJ diplomski sveučilišni studij Strojarstvo

PRISTUPNIK Marko Rodić

MATIČNI BROJ 0035185034

DATUM 10.01.2021.

KOLEGIJ Suvremene proizvodne tehnologije

NASLOV RADA Ispitivanje utjecaja posmaka na mehanizme trošenja rezne pločice u procesu tokarenja

NASLOV RADA NA ENGL. JEZIKU Investigation of feedrate influence on the wear mechanisms of cutting tools in turning process

MENTOR dr. sc. Matija Bušić

ZVANJE docent

ČLANOVI POVJERENSTVA

1. doc. dr. sc. Zlatko Botak, predsjednik povjerenstva
2. doc.dr.sc. Matija Bušić, mentor, član
3. doc.dr.sc. Tomislav Veliki, član
4. izv. prof. Sanja Šolić, zamjenski član
5. \_\_\_\_\_

## Zadatak diplomskog rada

BROJ 01/STR/2021

OPIS

U diplomskom radu pristupnik treba na temelju literaturnih podataka proučiti osnovne postupke obrade odvajanjem čestica. Posebno detaljno proučiti i opisati postupak tokarenja, opisati alate koji se koriste u tokarenju. Navesti primjere materijala iz kojih se izrađuju rezni alati te opisati njihove prednosti i nedostatke. Pojasniti utjecaj pojedinih parametara na sam postupak tokarenja i kvalitetu obrađene površine. Detaljno obraditi mehanizme trošenja reznih alata u postupku tokarenja.

U praktičnom dijelu rada opisati izradu grla kalupa za proizvodnju staklenih boca. Opisati sve faze u tokarenju i sve alate koji se koriste pri obradi grla kalupa. Ispitivanjem sa različitim posmacima uz zadržavanje ostalih parametara konstantnima odrediti utjecaj posmične brzine na vrste trošenja rezne oštrice. Na temelju snimki istrošenosti reznih oštrica donijeti zaključak o utjecaju posmične brzine na trošenje reznog alata.

ZADATAK URUČEN

25.01.2021



M. Bušić

## **Predgovor**

Ideju za ispitivanje utjecaja parametara obrade na trošenje alata dobio sam tijekom rada na poslovima tehnologa za tokarenje. Ovaj diplomski rad izradio sam samostalno uz korištenje navedene literature, znanja stečenog tijekom studija strojarstva i iskustva u praksi.

Zahvaljujem mentoru dr. sc. Matiji Bušiću na pomoći, stručnim savjetima, te utrošenom vremenu za realizaciju ovog diplomskog rada.

Također zahvaljujem ženi na strpljenju, razumijevanju i bezuvjetnoj potpori tijekom studija i same izrade ovog rada.

## Sažetak

Utjecaj trošenja reznih pločica može kod strojne obrade imati značajan utjecaj na troškove alata ali i kvalitetu obrade, stoga je važno pronaći optimalne uvjete obrade kako bi se ti problemi minimizirali. Ideja ovog diplomskog rada je upravo ispitivanjem odrediti utjecaj parametra obrade (posmaka) na trošenje reznih pločica.

U uvodnom dijelu rada pojašnjen je utjecaj parametara proizvodnje na konkurentnost. Također je detaljnije pojašnjena uloga kvalitete obrade kao jedan od četiri najvažnija parametra proizvodnje.

Drugo poglavlje prati osnove obrade odvajanjem čestica, dakle definirani su osnovni dijelovi postupka obrade odvajanjem čestica te je dana općenita podjela obrade odvajanjem čestica. U sklopu drugog poglavlja također su prikazane najbitnije prednosti i nedostaci OOČ i obrada odvajanjem kao sustav.

Kao jedan od najčešće korištenih postupaka obrade odvajanjem čestica u trećem je poglavlju detaljnije obrađen postupak tokarenja, taj postupak obrade će se koristiti u praktičnom dijelu rada. Razlikujemo tri režima obrade kod tokarenja koji su detaljno pojašnjeni, s naglaskom na posmak. Ovo poglavlje još sadrži opis alata za tokarenje koji su važni za daljnje ispitivanje.

U četvrtom poglavlju detaljno je obrađeno trošenje reznih alata. Definirani su nastanak trošenja, podjela procesa (mehanizma) trošenja, znakovi koji ukazuju na istrošenost alata, mogući oblici trošenja reznih pločica. Također su dane preporuke mjera za smanjenje trošenja alata, te primjeri i opis materijala alata koji se koriste za obradu odvajanjem čestica.

Praktični dio rada počinje petim poglavljem u kojem je prikazano stanje industrije alata u Hrvatskoj te su prikazani dijelovi alata za izradu staklene ambalaže.

Od dijelova alata za izradu staklene ambalaže za ispitivanje u praktičnom dijelu odabrano je grlo čija je namjena oblikovanje grla boce. Stoga je u šestom poglavlju rada detaljno prikazana tehnologija izrade grla.

Ispitivanje utjecaja posmaka na trošenje pločice provedeno je na pločicama za grubu vanjsku obradu. Jedini parametar koji se mijenja je posmak dok su svi ostali konstantni. Pozicija provođenja ispitivanja je stražnja strana grla a operacija obrade je grubo vanjsko tokarenje. Cilj

ispitivanja je definirati utjecaj promjene posmaka na trošenje pločice, što može biti povećanje ili smanjenje trošenja pločice.

KLJUČNE RIJEČI: ispitivanje, trošenje, rezni alati, pločica, CNC obrada, tokarenje

## Summary

The wear of cutting inserts can have a significant impact on tools costs and machining quality, therefore it is important to find optimal processing parameters to minimize these problems. The idea of this thesis is to determine the impact of the processing parameters (feed) on the wear of the cutting inserts.

In the introductory part of this master's thesis are explained the influence of production parameters on competitiveness. The role of quality is also explained in detail as one of the four most important production parameters.

The second chapter follows the basics of the Material Removal Processes (Machining), so the basic parts of the Machining are defined, and a general classification of the Machining is given. In the second chapter are also shown the most important advantages and disadvantages of the Machining and Material Removal as a system.

As one of the most frequently used particle separations processes the turning process is described in detail in third chapter, this processing procedure will be used in the practical part of this thesis. We distinguish three machining modes in turning that are explained in detail, with an emphasis on feed. This chapter also contains description of turning tools that are important for further testing.

In the fourth chapter the wear of cutting tools are explained in detail. The occurrence of wear, the classification of the process (mechanism) of wear, the signs that indicate the wear of tool and the possible forms of wear of the cutting tools are defined. Also, recommendations for measures to reduce tool wear is given, as well as examples and descriptions of tool materials used for Machining.

The practical part of the thesis begins with the fifth chapter, which presents the state of the tool industry in Croatia and shows the parts of tools for the manufacture of glass packaging.

From the parts of the tool for glass packaging production the neck is selected for testing, which purpose is to shape the neck of the bottle. Therefore, in sixth chapter the technology of making the throat is shown in detail.



The impact of feed on wear of cutting insert is tested on inserts for rough exterior finishing. The only parameter that changes is the feed while all others are constant. The test position is the back of the throat and the processing operation is rough external turning. The goal of the test is to define the impact of feed changes on the wear of insert, which can be an increase or decrease the wear of insert.

**KEY WORDS:** testing, the wear, cutting tools, insert, CNC Machining, turning

# Sadržaj

1.	Uvod.....	1
2.	Obrada odvajanjem čestica .....	2
2.1.	Prednosti i nedostaci obrade odvajanjem .....	4
2.2.	Obrada odvajanjem čestica kao sustav .....	5
3.	Tokarenje .....	6
3.1.	Podjela postupaka tokarenja.....	6
3.2.	Kinematika i dinamika rezanja kod tokarenja.....	8
3.3.	Režimi obrade .....	10
3.4.	Alati za tokarenje .....	13
4.	Trošenje reznih alata .....	16
4.1.	Taylor-ov princip trošenja alata .....	17
4.2.	Mjere za smanjenje trošenja alata .....	19
4.3.	Materijal alata za obradu odvajanjem čestica .....	20
5.	Stanje industrije alata u Hrvatskoj .....	24
5.1.	Dijelovi alata .....	24
5.1.1.	Predkalup i dno predkalupa .....	24
5.1.2.	Kalup i dno kalupa .....	25
5.1.3.	Grlo .....	25
5.1.4.	Prsten grla .....	26
5.1.5.	Jezgrenik .....	26
5.1.6.	Vođica jezgrenika .....	27
5.1.7.	Čahura za kap.....	27
5.1.8.	Glava za puhanje.....	27
5.1.9.	Oduzimač boca.....	28
5.1.10.	Umetak za hlađenje jezgrenika .....	28
6.	Tehnologija izrade grla .....	30
6.1.	Operacija DO-MET.....	30
6.2.	Operacija PO-MET .....	31
6.3.	Operacija TOKARENJE .....	33
6.4.	Operacija ZAVRŠNO GLODANJE.....	42
6.5.	ZAVRŠNA KONTROLA I PAKIRANJE .....	44

7.	Ispitivanje utjecaja posmaka na trošenje pločice za tokarenje.....	45
7.1.	Pregled podataka o pločici .....	45
7.2.	Definiranje provođenja ispitivanja .....	48
7.3.	Ispitivanje pločica na prvom radnom nalogu .....	49
7.3.1.	Slučaj I-1.....	49
7.3.2.	Slučaj I-2.....	50
7.3.3.	Slučaj I-3.....	52
7.4.	Ispitivanje pločica na drugom radnom nalogu .....	53
7.4.1.	Slučaj II-1.....	53
7.4.2.	Slučaj II-2.....	55
7.4.3.	Slučaj II-3.....	56
7.5.	Interpretacija i analiza ispitivanja .....	58
8.	Zaključak.....	59
9.	Literatura.....	62

## Popis korištenih kratica

OOČ	Obrada odvajanjem čestica
EDM	Elektroerozijska obrada (engl. Electric Discharge Machining)
ECM	Elektrokemijska obrada (engl. Electro Chemical Machining)
WJ	Vodeni mlaz (engl. Water Jet)
CAD	Računalom podržano konstruiranje (engl. Computer Aided Design)
SHIP	Sredstvo za hlađenje, ispiranje i podmazivanje
G	Glavno gibanje
P	Posmično gibanje
D	Dostavno gibanje
TM	Tvrđi metal
CVD	Kemijsko prevlačenje u parnoj fazi (engl. Chemical Vapour Deposition)
PVD	Fizikalno prevlačenje u parnoj fazi (engl. Physical Vapour Deposition)
DO-MET	Do metalizacije
PO-MET	Po metalizaciji
CNC	Računalno numeričko upravljanje (engl. Computer Numerical Control)
NC	Numeričko upravljanje (engl. Numerical Control)

## Popis oznaka

Oznaka	Jedinica	Opis
$\vec{v}_f$	[m/min]	brzina posmaka
$\vec{v}_C$	[m/min]	obodna brzina
$\vec{v}_e$	[m/min]	ukupna brzina rezanja
$F_R$	[N]	rezultantna sila rezanja
$F_C$	[N]	glavna sila rezanja
$F_f$	[N]	posmična sila rezanja
$F_p$	[N]	natražna sila rezanja
$v_c$	[m/min]	brzina rezanja
$D$	[mm]	promjer obratka
$n$	[min <sup>-1</sup> ]	broj okretaja
$f$	[mm]	posmak
$R_t$	[mm]	teorijska hrapavost
$r_\epsilon$	[mm]	radijus vrha alata
$a_p$	[mm]	dubina obrade
$h$	[mm]	debljina rezanja
$b$	[mm]	širina rezanja
$T$	[h]	vijek trajanja alata
$m$	-	eksponent postojanosti
$C_T$	-	Taylorova konstanta

## Popis slika

Slika 1.1. Shematski prikaz vremena proizvodnje obratka [3].....	1
Slika 2.1. Prikaz obrade odvajanjem čestica [4].....	2
Slika 2.2. Pojednostavljeni prikaz postupka obrade odvajanjem čestica [4].....	2
Slika 2.3. Podjela postupaka obrade odvajanjem čestica [5].....	2
Slika 2.4. Postupci obrade odvajanjem čestica – ručni [1].....	3
Slika 2.5. Podjela strojnih postupaka obrade odvajanjem čestica [5] .....	3
Slika 2.6. Alati s reznom oštricom [4].....	3
Slika 2.7. Mogućnosti obrade odvajanjem čestica [7].....	4
Slika 2.8. Obrada odvajanjem čestica prikazana kao sustav [6].....	5
Slika 3.1. Prikaz postupka tokarenja [4].....	6
Slika 3.2. Uzdužno vanjsko tokarenje [8].....	7
Slika 3.3. Uzdužno unutarnje tokarenje [8].....	8
Slika 3.4. Neokruglo tokarenje [8] .....	8
Slika 3.5. Prikaz tokarskog noža i obratka u gibanju i pripadajuće sile [9] .....	9
Slika 3.6. Parametri obrade kod tokarenja [6] .....	11
Slika 3.7. Prikaz preporučenih parametara rezanja [10].....	12
Slika 3.8. Prikaz različitih varijanti tokarskih noževa [10] .....	13
Slika 3.9. Izvedba tokarskih noževa [2] .....	14
Slika 3.10. Tokarski nož iz brzoreznog čelika [6].....	14
Slika 3.11. Tokarski nož iz više dijelova [6] .....	15
Slika 4.1. Prikaz ovisnosti vrsta trošenja o temperaturi [11].....	16
Slika 4.2. Deformacije u zoni obrade [11].....	16
Slika 4.3. Primjeri mogućih oblika trošenja [11].....	17
Slika 4.4. Vijek trajanja alata [13].....	18
Slika 4.5. Utjecaj tri različite brzine rezanja na trošenje stražnje površine [13] .....	18
Slika 4.6. Odnos brzine rezanja i vijeka trajanja alata u prirodnom logaritamskom mjerilu [13].	19
Slika 4.7. Trošenje alata za OOC [14].....	20
Slika 4.8. Prikaz materijala s obzirom na svojstva tvrdoće i žilavosti [14].....	22
Slika 4.9. Alat od brzoreznog čelika [10] .....	22
Slika 4.10. Alat od tvrdog metala [10] .....	23
Slika 5.1. Predkalup i dno predkalupa [15] .....	24
Slika 5.2. Kalup i dno kalupa [15].....	25
Slika 5.3. Grlo [15].....	25

Slika 5.4. Prsten grla [15] .....	26
Slika 5.5. Jezgrenik [15] .....	26
Slika 5.6. Vođica jezgrenika [15] .....	27
Slika 5.7. Čahura za kap [15] .....	27
Slika 5.8. Glava za puhanje [15].....	28
Slika 5.9. Oduzimač boca [15] .....	28
Slika 5.10. Umetak za hlađenje jezgrenika [15] .....	29
Slika 6.1. Odljevci od bronce [15].....	30
Slika 6.2. Izgled grla nakon operacije DO-MET [15] .....	31
Slika 6.3. Izgled navarenog komada [15] .....	31
Slika 6.4. Prikaz grla nakon uzdužnog glodanja operacije PO-MET [15] .....	32
Slika 6.5. Prikaz grla nakon vertikalnog glodanja operacije PO-MET [15].....	32
Slika 6.6. Prikaz grla prije 1. stezanja na tokarilici [15] .....	33
Slika 6.7. Prvo stezanje za obradu stražnje strane [15] .....	33
Slika 6.8. Automatsko preuzimanje grla [15].....	34
Slika 6.9. Nož za tokarenje s pločicom za fino vanjsko tokarenje [15] .....	35
Slika 6.10. Nož za tokarenje sa pločicom za grubo vanjsko tokarenje (TRIGON) [15] .....	36
Slika 6.11. Nož za tokarenje s pločicom za vanjski utor [15] .....	36
Slika 6.12. Nož za tokarenje sa pločicom za unutarnji utor [15].....	37
Slika 6.13. Nož za tokarenje sa pločicom za fino unutarnje tokarenje [15].....	37
Slika 6.14. Nož za tokarenje sa pločicom za grubo unutarnje tokarenje (ECOCUT) .....	37
Slika 6.15. Alat za izradu gravure po obodu u gonjenom prihvatu [15] .....	38
Slika 6.16. Nož za tokarenje s pločicom za fino vanjsko tokarenje [15] .....	39
Slika 6.17. Nož za tokarenje s pločicom za grubo vanjsko tokarenje (TRIGON) [15].....	39
Slika 6.18. Nož za tokarenje s pločicom za vanjski utor [15] .....	39
Slika 6.19. Nož za tokarenje s pločicom za fino tokarenje prizme (podbrušeni) [15] .....	40
Slika 6.20. Nož za tokarenje s pločicom za plansko tokarenje [15].....	40
Slika 6.21. Nož za tokarenje s pločicom za grubo unutarnje tokarenje (ECOCUT) [15] .....	40
Slika 6.22. Nož za tokarenje s pločicom za fino unutarnje tokarenje fazone [15] .....	41
Slika 6.23. Glodalo za gravuru i glodalo za utore na prizmi u gonjenom prihvatu [15] .....	41
Slika 6.24. Glodalo za izradu navoja u gonjenom prihvatu [15].....	41
Slika 6.25. Kopirno glodanje [15] .....	42
Slika 6.26. Bočno glodanje [15] .....	42
Slika 6.27. Utori za hlađenje [15].....	43
Slika 6.28. Ovalno glodanje [15].....	43

Slika 6.29. Bušenje rupa, graviranje, glodanje utora [15] .....	44
Slika 6.30. Završna kontrola i pakiranje [15] .....	44
Slika 7.1. Testirana pločica [15] .....	45
Slika 7.2. Izgled pločice [16] .....	46
Slika 7.3. Osnovne specifikacije pločice [16] .....	46
Slika 7.4. Objašnjenje oznake pločice 1.dio [16] .....	47
Slika 7.5. Objašnjenje oznake pločice 2. dio [16] .....	47
Slika 7.6. Objašnjenje oznake pločice 3. dio [16] .....	48
Slika 7.7. Prikaz istrošenosti pločice po duljini rezne oštrice za slučaj I-1. [17] .....	49
Slika 7.8. Prikaz istrošenosti pločice sa stražnje strane za slučaj I-1 [17].....	50
Slika 7.9. Prikaz istrošenosti pločice po duljini rezne oštrice za slučaj I-2. [17] .....	51
Slika 7.10. Prikaz istrošenosti pločice sa stražnje strane za slučaj I-2. [17].....	51
Slika 7.11. Prikaz istrošenosti pločice po duljini rezne oštrice za slučaj I-3. [17] .....	52
Slika 7.12. Prikaz istrošenosti pločice sa stražnje strane za slučaj I-3 [17].....	53
Slika 7.13. Prikaz istrošenosti pločice po duljini rezne oštrice za slučaj II-1 [17].....	54
Slika 7.14. Prikaz istrošenosti pločice sa stražnje strane za slučaj II-1 [17] .....	54
Slika 7.15. Prikaz istrošenosti pločice po duljini rezne oštrice za slučaj II-2. [17].....	55
Slika 7.16. Prikaz istrošenosti pločice sa stražnje strane za slučaj II-2. [17] .....	56
Slika 7.17. Prikaz istrošenosti pločice po duljini rezne oštrice za slučaj II-3. [17].....	57
Slika 7.18. Prikaz istrošenosti pločice sa stražnje strane za slučaj II-3. [17] .....	57



## Popis tablica

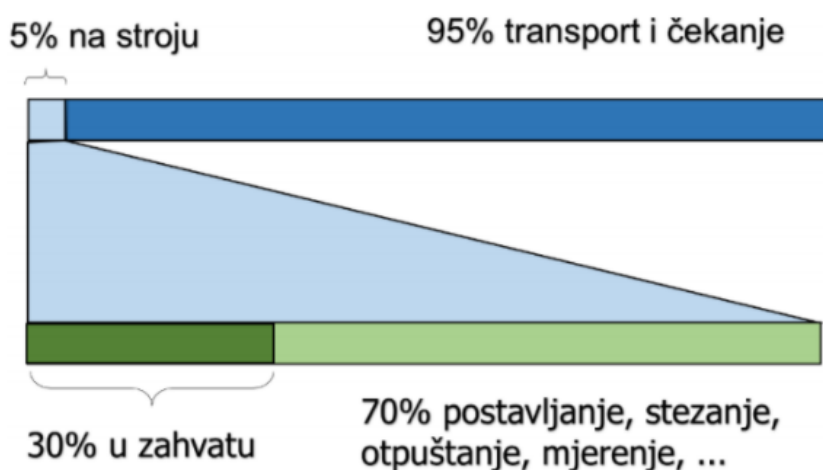
Tablica 2.1. Prednosti obrade odvajanjem čestica [7] .....	4
Tablica 2.2. Nedostaci obrade odvajanjem čestica [7] .....	5
Tablica 3.1. Podjela postupaka tokarenja [6] .....	7
Tablica 3.2. Prosječne vrijednosti posmaka i dubine rezanja kod tokarenja [2] .....	10
Tablica 3.3. Izbor parametara rezanja [13] .....	12
Tablica 7.1. Uvjeti ispitivanja za slučaj I-1. ....	49
Tablica 7.2. Uvjeti ispitivanja za slučaj I-2. ....	50
Tablica 7.3. Uvjeti ispitivanja za slučaj I-3. ....	52
Tablica 7.4. Uvjeti ispitivanja za slučaj II-1.....	53
Tablica 7.5. Uvjeti ispitivanja za slučaj II-2.....	55
Tablica 7.6. Uvjeti ispitivanja za slučaj II-3.....	56

# 1. Uvod

Obrada materijala odvajanjem čestica danas ima vrlo veliko značenje, kako po broju samih postupaka i alatnih strojeva, tako i po njihovoj raznovrsnosti u primjeni, jer se s tim postupcima iako nekad nisu najekonomičniji, mogu postići najveće točnosti i najbolja kvaliteta obrađene površine. [1]

Sve oštriji zahtjevi kupaca i konkurencija u oblasti strojogradnje primoravaju tvornice da teže što većoj efektivnosti proizvodnih procesa. Teži se da četiri važna parametra proizvodnje budu na visokoj razini, a to su: produktivnost, kvaliteta, ekonomičnost i pouzdanost. [2]

Fina obrada i integritet obrađene površine (engl. Surface Integrity) dobivaju sve više na značaju. Radi konkurentnosti na tržištu potrebno je osigurati visoku kvalitetu i nisku cijenu proizvoda. [2]



Slika 1.1. Shematski prikaz vremena proizvodnje obratka [3]

## 2. Obrada odvajanjem čestica

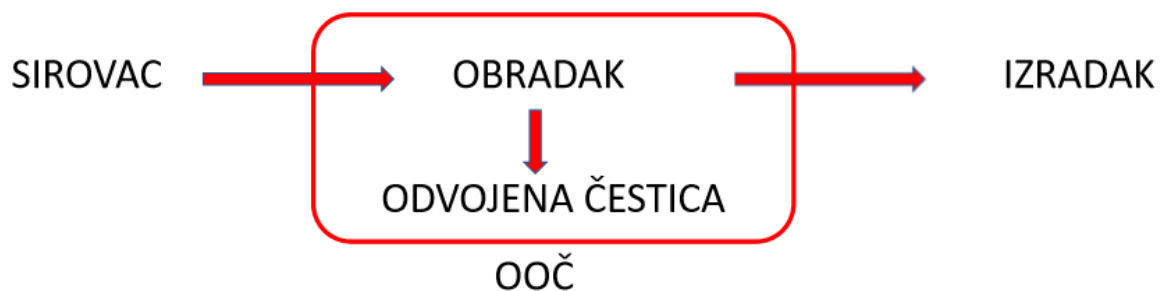
Obrada materijala definira se kao promjena oblika, dimenzija ili svojstava materijala, u cilju daljnje eksploatacije, a dijeli se na ručnu i strojnu. [4]



Slika 2.1. Prikaz obrade odvajanjem čestica [4]

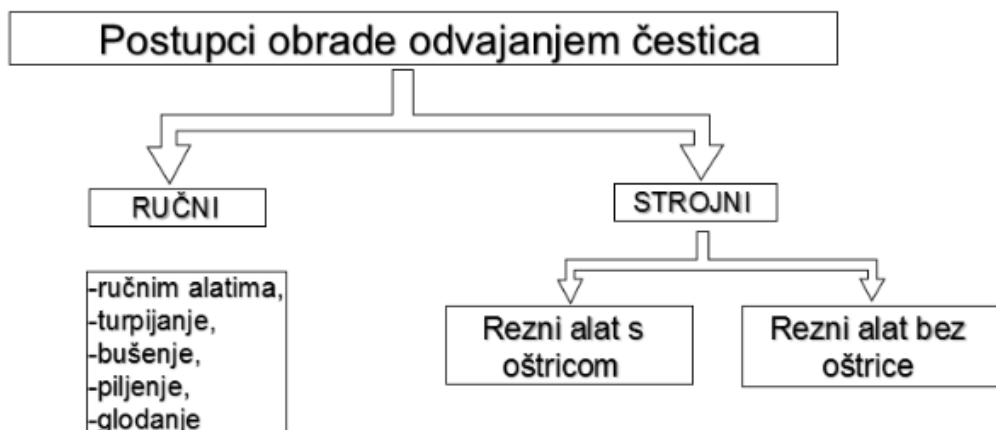
Osnovni dijelovi postupka obrade odvajanjem čestica (Slika 2.2.) su: [4]

- SIROVAC - komad prije obrade (šipka, cijev, ploča, odljevak, otkivak),
- OBRADAK - sirovac za vrijeme obrade na alatnom stroju,
- IZRADAK - obradak nakon završetka obrade.



Slika 2.2. Pojednostavljeni prikaz postupka obrade odvajanjem čestica [4]

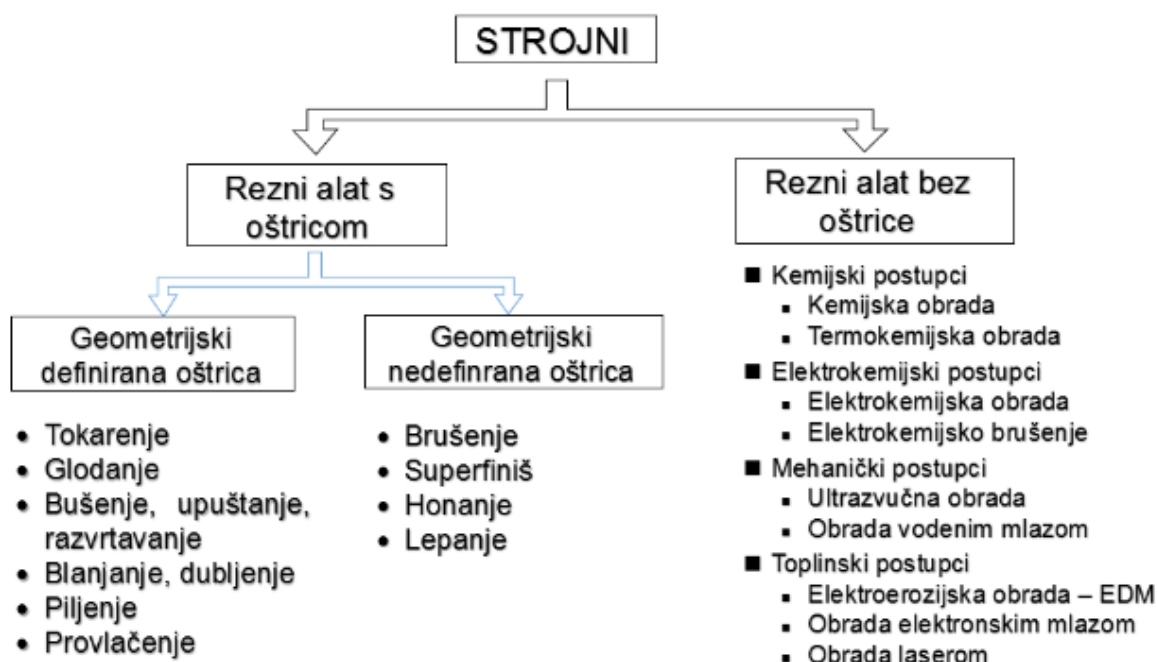
Postupci kojima se vrši obrada odvajanjem čestica prikazani su na slikama 2.3. i 2.5.



Slika 2.3. Podjela postupaka obrade odvajanjem čestica [5]



Slika 2.4. Postupci obrade odvajanjem čestica – ručni [1]



Slika 2.5. Podjela strojnih postupaka obrade odvajanjem čestica [5]

Strojne postupke možemo dalje podijeliti na one s i bez rezne oštrice. U postupke bez rezne oštrice ubraja se EDM, ECM, WJ te obrada laserom. Postupci s definiranom reznom oštricom su: tokarenje, glodanje, blanjanje, piljenje, bušenje, provlačenje i dr. [6]



Slika 2.6. Alati s reznom oštricom [4]

Postupci sa nedefiniranom reznom oštricom su: brušenje, honanje, lepanje i superfiniš te oni ujedno spadaju u završne postupke obrade odvajanjem čestica. [6]

Kod svih postupaka obrade rezanjem se pomoću alata s jednom ili više reznih oštrica u obliku klina s obratka odvajaju čestice materijala. Pritom alat i obradak, uz primjenu energije, izvode određena gibanja koja omogućavaju proces obrade. Vrsta tih gibanja i oblik alata definiraju pojedine postupke obrade rezanjem. Budući da su strojni dijelovi (obratci) po svom obliku vrlo različiti, postoji više postupaka obrade pomoću kojih se izvode potrebne operacije obrade. [2]

Danas je u proizvodnom strojarstvu gotovo nezamislivo ne koristiti postupke obrade odvajanjem čestica jer svaki od tih postupaka ima velike prednosti, ali i neke nedostatke u odnosu na ostale postupke obrade. [6]



Slika 2.7. Mogućnosti obrade odvajanjem čestica [7]

## 2.1. Prednosti i nedostaci obrade odvajanjem

Tablica 2.1. Prednosti obrade odvajanjem čestica [7]

Omogućuje postizanje točnosti, uskih tolerancija i dobre kvalitete obrađene površine, često bez potrebe za naknadnim završnim obradama
Može se primijeniti kod gotovo svih poznatih materijala
Moguće je obrađivati i najsloženije oblike površina
Najbolji način da se formiraju oštri rubovi, ravne površine, te unutarnji i vanjski profili
Najbolji (jedini) način oblikovanja otvrdnutih (kaljenih) i krutih materijala
Moguće su obrade u širokom rasponu dimenzija (od turbina i aviona do mikro obrada)
Uzrokuje vrlo male promjene u materijalu obratka (samo tanki sloj; HAZ, ...)
Ekonomičnost i produktivnost (jeftinija i brža) kod maloserijske i pojedinačne proizvodnje
Jednostavno" se može automatizirati

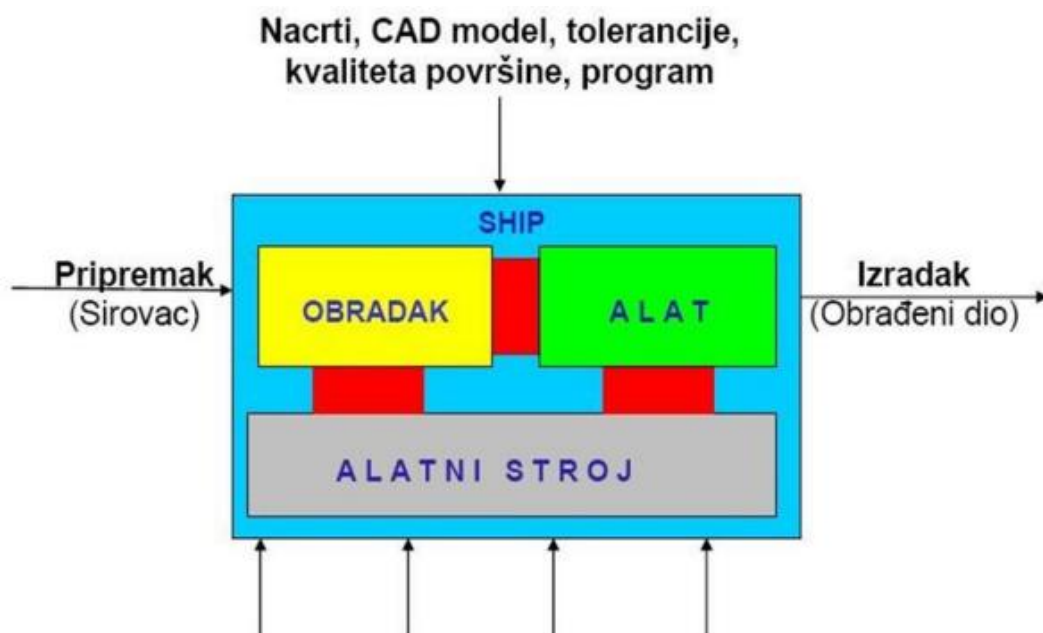
Tablica 2.2. Nedostaci obrade odvajanjem čestica [7]

Generira se odvojena čestica
Neki dijelovi zahtijevaju primjenu CNC strojeva i složenog programiranja (iako se to više ne bi trebalo smatrati kao nedostatak)
Ponekad je za formiranje jednog elementa obratka (tolerirani provrti, utori, ...) potrebno primijeniti više alatnih strojeva i postupaka obrade
Mikroklima je pod jakim utjecajem procesa (toplina, buka, SHIP, ulja, ...)
AS i potreba za rukovanjem alatima i obratcima zahtijevaju velik prostor
jako veliki udio pomoćnih i pripremnih vremena (vrijeme zahvata alata i obratka je ponekad manje od 5% ukupnog vremena protoka pozicije)

## 2.2. Obrada odvajanjem čestica kao sustav

Obrada odvajanjem čestica je sustav (Slika 2.8.) koji se sastoji od tri neophodna elementa: obratka, alata i alatnog stroja.

Alatni stroj ima zadatak kvalitetnog prihvata alata te omogućiti točna gibanja kako bi se obradak izradio u odgovarajućoj kvaliteti. U tu svrhu, prihvata alata i obratka od ključne je važnosti za kvalitetu obratka i proizvodnost obrade. [6]



Slika 2.8. Obrada odvajanjem čestica prikazana kao sustav [6]

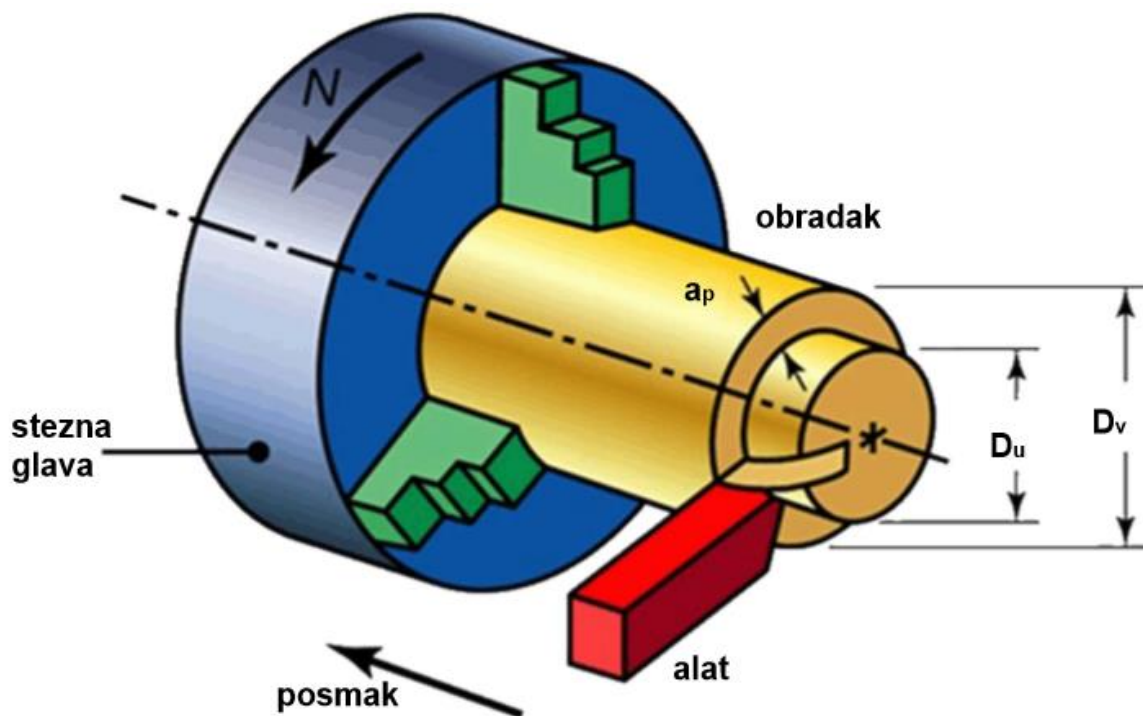
### 3. Tokarenje

Tokarenje je postupak obrade odvajanjem čestica (rezanjem) pretežito rotacijskih (simetričnih i nesimetričnih, okruglih i neokruglih) površina. Izvodi se na alatnim strojevima, tokarilicama, pri čemu je glavno (režno) gibanje kružno i izvodi ga obradak.

Posmično gibanje je pravolinijski kontinuirano u ravnini koja je okomita na pravac brzine glavnog gibanja i pridružena je alatu. [4]

Oko 30% svih alatnih strojeva su tokarski strojevi. Primjenom dodatnih pogonjenih alata za bušenje i glodanje, na suvremenom tokarskom stroju se može izvesti kompletna obrada nekog obratka. [2]

Alat za tokarenje je tokarski nož definirane geometrije reznog dijela, s jednom glavnom reznom oštricom. [8]



Slika 3.1. Prikaz postupka tokarenja [4]

#### 3.1. Podjela postupaka tokarenja

U tablici 3.1. dana je podjela postupaka tokarenja.

Tablica 3.1. Podjela postupaka tokarenja [6]

Prema proizvedenoj kvaliteti obrađene površine:	Prema kinematici postupka:	Prema položaju obrađene površine:	Prema obliku obrađene površine:
Grubo	Uzdužno	Unutarnje	Okretno
Završno	Poprečno	Vanjsko	Plansko (poprečno)
Fino			Profilno
			Konusno
			Kopirno
			Tokarenje navoja
			Neokruglo

**Uzdužno tokarenje** - posmično gibanje je paralelno s osi obratka i u smjeru osi rotacije, može biti vanjsko (Slika 3.2.) i unutarnje (Slika 3.3.) [6]

**Poprečno (plansko) tokarenje** - posmično gibanje je radijalno i okomito na os obratka, može biti unutarnje i vanjsko. [6]

**Tokarenje navoja** - posmično gibanje je u smjeru osi rotacije i definirano je korakom navoja, moguće je tokarenje unutarnjih i vanjskih navoja. [6]

**Konusno tokarenje** - posmično gibanje je pod nekim kutem u odnosu na os rotacije, može biti unutarnje i vanjsko. [6]

**Kopirno tokarenje** - posmično gibanje je u obliku krivulje u odnosu na os rotacije, nož putuje po krivulji koje definira ticalo kopirnog uređaja putujući po šablona (modelu). [6]



Slika 3.2. Uzdužno vanjsko tokarenje [8]





*Slika 3.3. Uzdužno unutarne tokarenje [8]*

Na slici 3.4. prikazan je primjer neokruglog tokarenja.



*Slika 3.4. Neokruglo tokarenje [8]*

### **3.2. Kinematika i dinamika rezanja kod tokarenja**

Za ostvarivanje procesa rezanja neophodno je relativno kretanje alata u odnosu na obradak. Za najveći broj postupaka obrade rezanjem ovo relativno kretanje je složeno kretanje i ostvaruje se kombinacijom glavnog kretanja i posmičnog kretanja. Kinematika rezanja kod tokarenja može se opisati kao jedno pravolinijsko (ili krivolinijsko) posmično i jedno rotacijsko glavno kretanje. [9]

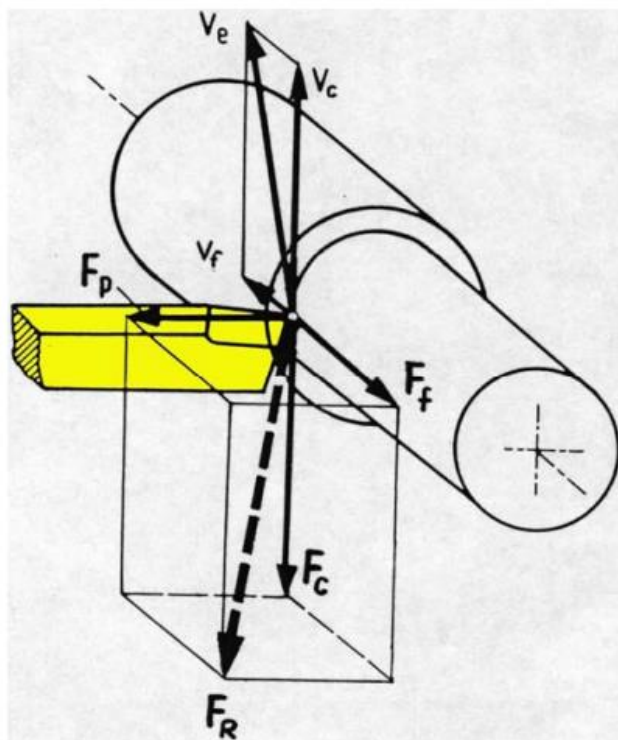
**Glavno gibanje (G)** - izvodi se brzinom  $v_c$  i njome se vrši odvajanje čestica s materijala, pri čemu se troši najveći dio snage na alatnom stroju. Gibanje je kružno ili pravolinijsko, kontinuirano ili diskontinuirano te ga izvodi obradak. [9]

**Posmično gibanje (P)** - je pravolinijsko, translacijsko i kontinuirano u ravnini koja je okomita na pravac brzine glavnog gibanja i izvodi ga alat. Izvodi se brzinom  $v_f$  i služi za održavanje kontakta između alata i obratka. Os okretanja glavnog gibanja zadržava svoj položaj prema obratku bez obzira na smjer brzine posmičnog gibanja i naziva se C os. Posmično gibanje zahtjeva malu količinu energije. Pravac posmičnog gibanja je paralelan s osi obratka kod uzdužnog tokarenja, dok je kod poprečnog tokarenja okomit. [9]

**Dostavno gibanje (D)** - Sva dostavna gibanja potrebna za prilaz alata ka obratku, određivanje dubine rezanja i postizanje nekog osobitog oblika obavlja uvijek samo alat i ona su sva pravolinijska. U ovom slučaju obradak vrši glavno okretno kretanje obodnom brzinom  $\vec{v}_c$ , a alat posmično pravolinijsko kretanje brzinom  $\vec{v}_f$ . Iz toga slijedi da je ukupna brzina rezanja: [9]

$$\vec{v}_e = \vec{v}_c + \vec{v}_f \quad (3.1)$$

Na slici 3.5. dan je prikaz tokarskog noža i obratka u gibanju te pripadajuće sile.



$F_R$  – rezultatna sila rezanja

$F_C$  – glavna sila rezanja

$F_f$  – posmična sila rezanja

$F_p$  – natražna sila rezanja

Slika 3.5. Prikaz tokarskog noža i obratka u gibanju i pripadajuće sile [9]

### 3.3. Režimi obrade

Režimi obrade kod tokarenja su: brzina rezanja, posmak i dubina rezanja.

Brzina rezanja izračunava se prema formuli:

$$v_c = \frac{\pi D n}{1000} \quad (3.2)$$

gdje je: [2]

$D$  – promjer obratka

$n$  – broj okretaja obratka

Izbor režima obrade kod tokarenja ovisi o obradnom zadatku što znači od vrste materijala obratka i toplinskoj obradi, vrste postupka tokarenja, kvalitete obrade, krutosti obradnog sustava "stroj-alat-obradak" itd. [2]

U tablici 3.2. dane su prosječne vrijednosti posmaka i dubine rezanja kod tokarenja.

Tablica 3.2. Prosječne vrijednosti posmaka i dubine rezanja kod tokarenja [2]

Veličine	Vrsta obrade		
	Gruba	Predzavršna	Fina
Posmak (mm/okr)	0,3 do 1	0,1 do 0,4	0,05 do 0,25
Dubina rezanja (mm)	2 do 8	0,5 do 5	0,1 do 1

Pri odabiru parametara bitno je definirati i vrste obrade na temelju tražene hrapavosti površine i dodataka za obradu tako da razlikujemo grubu obradu, srednju obradu i završnu (finu) obradu. [6]

**Brzina rezanja**  $v_c$  [m/min] - je najvažniji tehnološki parametar. To je brzina kojom se alat giba kroz neki materijal odnosno to je put koji alata prijeđe u odnosu na obradak u jedinici vremena. Glavnu brzinu rezanja ima obradak. Glavni kriteriji koji se uzimaju u obzir prilikom određivanja brzine rezanja su snaga stroja, trošenje alata, kvaliteta površine, produktivnost, ekonomičnost i vibracije. [6]

**Posmak**  $f$  [mm] - je put koji će prijeći glavna oštrica reznog alata u smjeru posmičnog gibanja za jedan okretaj obratka. Okomit je na glavnu brzinu rezanja  $v_c$ . Najvećim dijelom ovisi o zahtijevanoj kvaliteti obrađivane površine, odnosno, o fazi obrade. Kod grube obrade na umu moramo imati snagu stroja, trošenje alata, oblik odvojene čestice kao i polumjer vrha alata, dok

kod fine obrade jedini element koji nam ograničava posmak jest teorijska hrapavost obrađivane površine,  $R_t$ . [6]

Vrijednost posmaka može se odrediti i prema izrazu za teorijsku hrapavost koji glasi: [6]

$$R_t \cong \frac{f^2}{8r_\varepsilon} \quad (3.3)$$

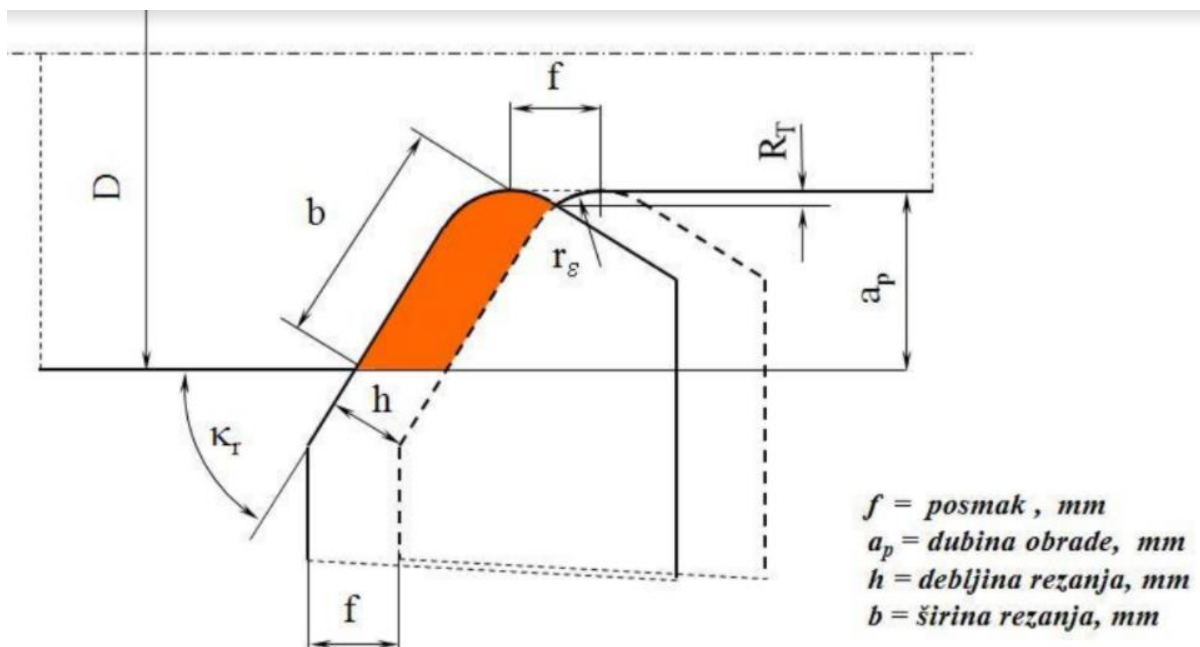
gdje je:

$f$  – posmak [mm]

$r_\varepsilon$  – radijus vrha alata [mm]

**Dubina obrade**  $a_p$  [mm] - je veličina odvojenog sloja materijala, često određena razmakom između neobrađene i obrađivane površine, mjerena okomito na obrađenu površinu. Drugim riječima, to je onaj sloj materijala koji moramo odvojiti od priprema da bi dobili zahtijevanu dimenziju s odgovarajućim dodacima za obradu. Napretkom tehnologije i reznih materijala danas je omogućena i obrada u jednom prolazu, no ako to nije moguće tada se određuje najveća moguća dubina obrade imajući na umu vrstu obrade (gruba ili fina), snagu stroja i geometriju alata. [6]

Na slici 3.6. prikazani su parametri obrade kod tokarenja.



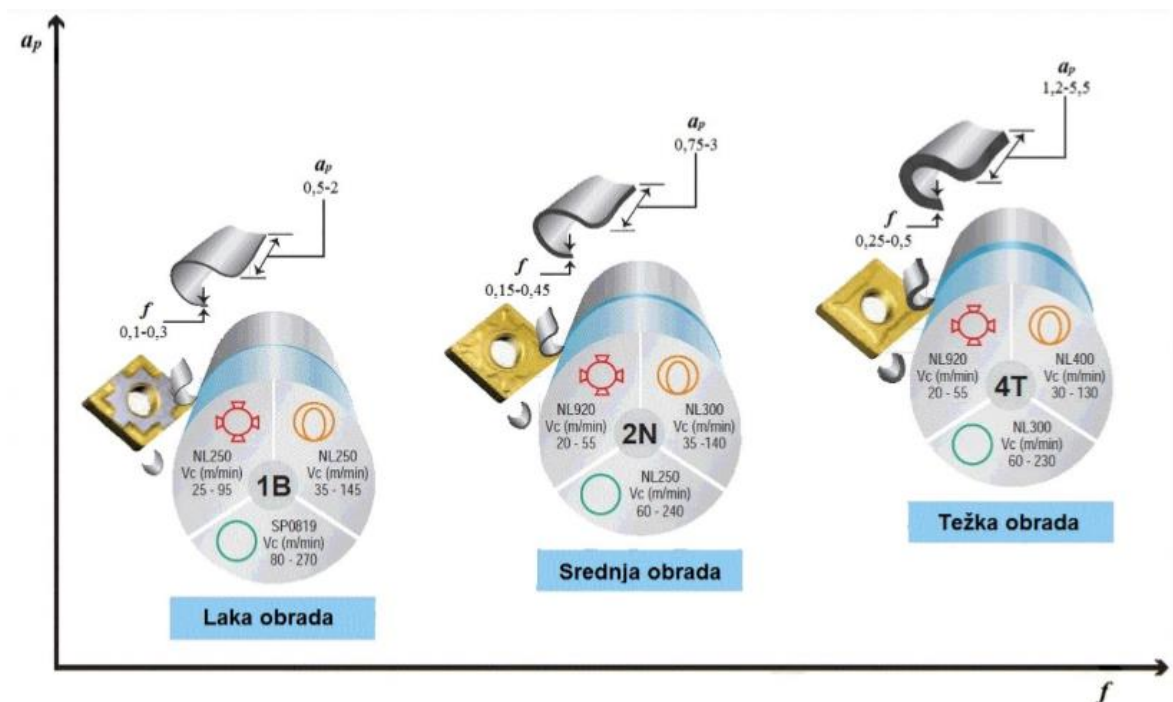
Slika 3.6. Parametri obrade kod tokarenja [6]

U tablici 3.3. napisano je nekoliko posljedica premale dubine rezanja te prevelike dubine rezanja, odnosno premalog posmaka i prevelikog posmaka.

Tablica 3.3. Izbor parametara rezanja [13]

Dubina rezanja $a_p$	
Premala	Prevelika
<ul style="list-style-type: none"> <li>- slabo odvođenje strugotine,</li> <li>- vibracije,</li> <li>- nastajanje topline kod obrade,</li> <li>- neekonomična obrada</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- velika potrošnja snage,</li> <li>- lomovi alata,</li> <li>- povećavanje sila rezanja.</li> </ul>
Posmak $f$	
Premali	Preveliki
<ul style="list-style-type: none"> <li>- brzo otupljivanje rezne oštrice,</li> <li>- nastajanje najljepka,</li> <li>- neekonomična obrada</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- slabo odvođenje strugotine,</li> <li>- slaba kvaliteta površine,</li> <li>- velika potrošnja energije,</li> <li>- zavarivanje strugotine.</li> </ul>

Na slici 3.7. prikazani su preporučeni parametri rezanja i to za laku, srednju i tešku obradu.



Slika 3.7. Prikaz preporučениh parametara rezanja [10]

**Laka obrada** – dobri uvjeti za tokarenje, neprekinuti rez, predobrađena površina i kruto stezanje obratka. [10]

**Srednja obrada** – prosječni uvjeti za tokarenje, promjenjiva dubina rezanja, manje kruto stezanje obratka, obrada lijevanih i kovanih dijelova. [10]

**Teška obrada** – obrada s prekidnim rezom i obrada tvrde kore na obradku. [10]

### 3.4. Alati za tokarenje

Alat za tokarenje jest tokarski nož. Tokarski nož ima definiranu geometriju rezne oštrice, s jednom glavnim reznom oštricom. Postoji više vrsta reznih oštrica, različite geometrije i materijala ovisno o vrsti tokarenja, materijalu obratka i parametrima obrade. [9]

Osnovni elementi alata za tokarenje, odnosno tokarskog noža (Slika 3.8.) su drška i rezni dio. Drška služi za prihvatanje alata na alatnom stroju i za prijenos sila (otpora) rezanja. Osnova alata je površina koja osigurava pravilan prihvatanje alata na stroju. [6]

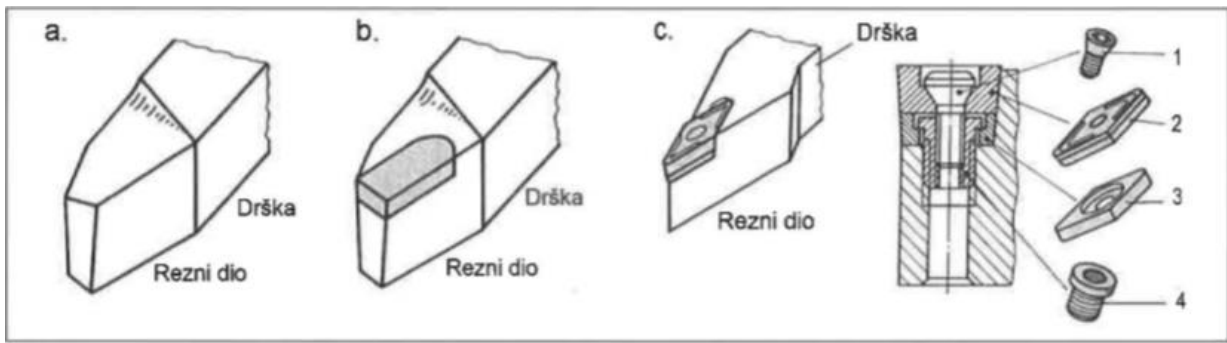


*Slika 3.8. Prikaz različitih varijanti tokarskih noževa [10]*

Pri konstrukciji alata, zahtjevi prema alatu su: mehaničko opterećenje alata silama rezanja, toplinsko opterećenje alata, brzo pozicioniranje, brza izmjena rezne pločice i oštećenih dijelova alata, moguća višenamjenska primjena i što manji troškovi alata pri izradi te u eksploataciji alata u proizvodnji. [2]

Tokarski noževi razlikuju se prema reznom sustavu, steznom sustavu reznog dijela i sustavu osnovnog držača (drške). Prema izvedbi mogu biti masivni (iz jednog dijela), s tvrdo lemljenom reznom pločicom i s mehanički stegnutom reznom pločicom. [2]

Na slici 3.9. prikazane su različite izvedbe tokarskih noževa.



Slika 3.9. Izvedba tokarskih noževa [2]

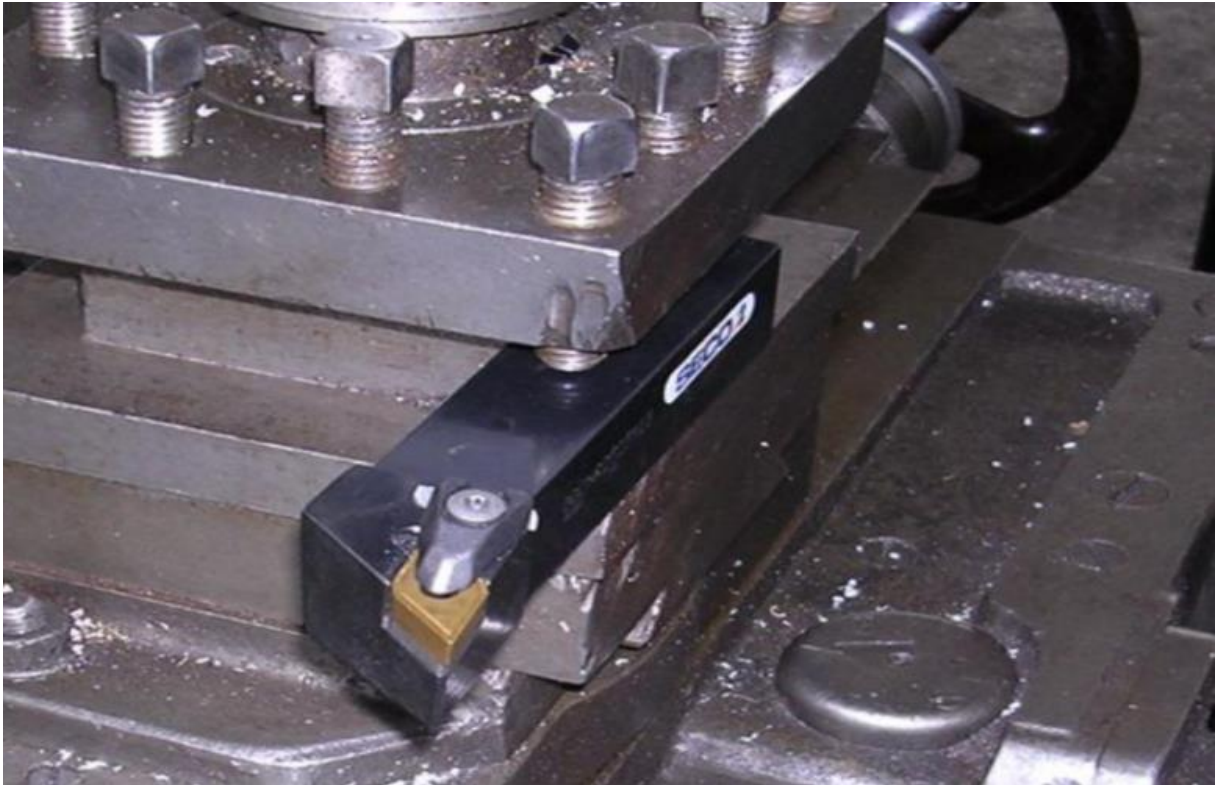
- a – masivni nož
- b – nož s tvrdolemljenom reznom pločicom od TM
- c – nož s okretnom reznom pločicom
- 1 – vijak za stezanje pločice
- 2 – rezna pločica
- 3 – podloga
- 4 – vijak za stezanje podloge

Na slici 3.10. prikazan je tokarski nož iz brzoreznog čelika [6].



Slika 3.10. Tokarski nož iz brzoreznog čelika [6]

Na slici 3.11. prikazan je tokarski nož sastavljen iz više dijelova.



*Slika 3.11. Tokarski nož iz više dijelova [6]*



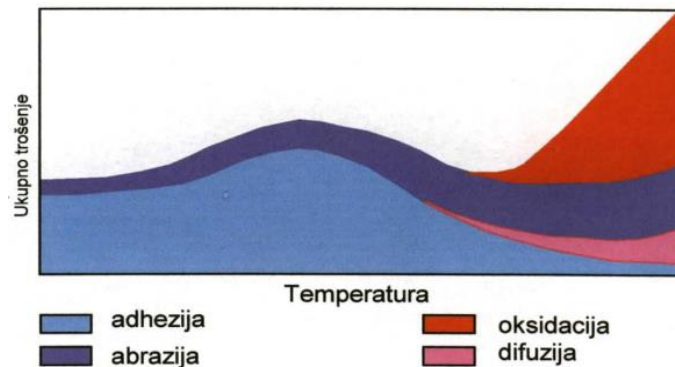
## 4. Trošenje reznih alata

Proces trošenja nastaje kao posljedica opterećenja kojima je alat izložen tijekom procesa obrade. Obzirom na veliki broj ulaznih parametara i na to da su i kvantitativne i kvalitativne prirode, složenost i broj mogućih interakcija je vrlo velik. [11]

Procesi (mehanizmi) trošenja mogu se podijeliti u dvije skupine: [11]

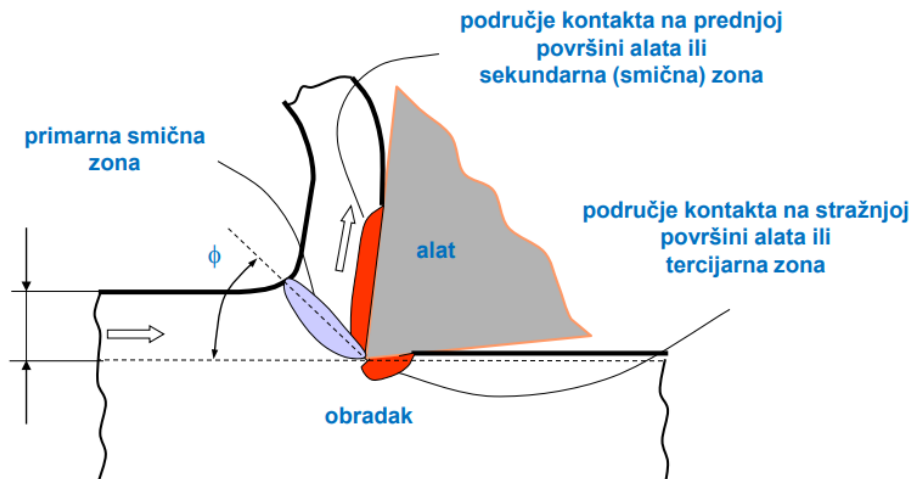
- procesi koji su posljedica mehaničkih opterećenja (**abrazija i adhezija**),
- procesi koji su posljedica kemijskog djelovanja između alata, obratka i okoline (**oksidacija i difuzija**).

Prva skupina procesa trošenja prisutna je uvijek, a dominira kod nižih temperatura obrade. Druga skupina procesa trošenja karakteristična je za povišene temperature obrade. [11] Na slici 4.1. dan je prikaz ovisnosti vrsta trošenja o temperaturi.



Slika 4.1. Prikaz ovisnosti vrsta trošenja o temperaturi [11]

Na slici 4.2. prikazane su deformacije u zoni obrade.



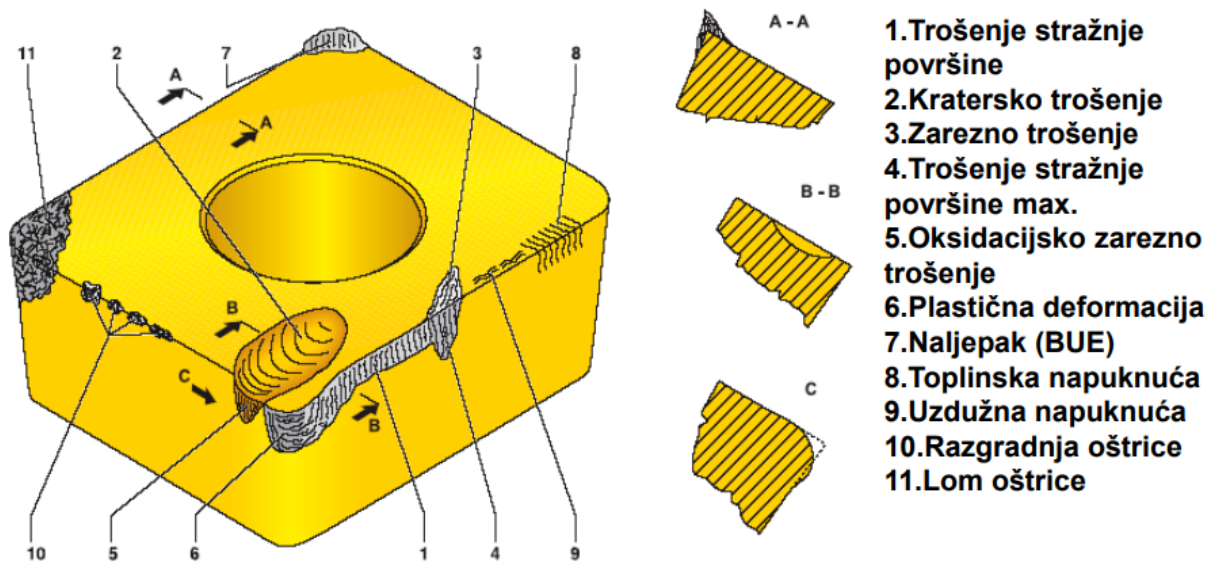
Slika 4.2. Deformacije u zoni obrade [11]

Vrlo složeni proces stvaranja strugotine provodi se pod velikim opterećenjima, brzinama rezanja i trenjima, koja uzrokuju visoka naprezanja i deformacije, a zbog čega dolazi do razvoja velikih sila rezanja i toplina. Sve ovo dovodi do velikog ubrzanja fizikalnih i kemijskih procesa vezanih uz trošenje alata. [12]

Znakovi koji ukazuju na istrošenost alata su: [12]

- negativan utjecaj na rad stroja,
- nezadovoljavajuća kvaliteta površine obratka,
- alat gubi rezu sposobnost,
- netočna geometrija obradka,
- povećanje sila rezanja.

Na slici 4.3. prikazani su primjeri mogućih oblika trošenja.



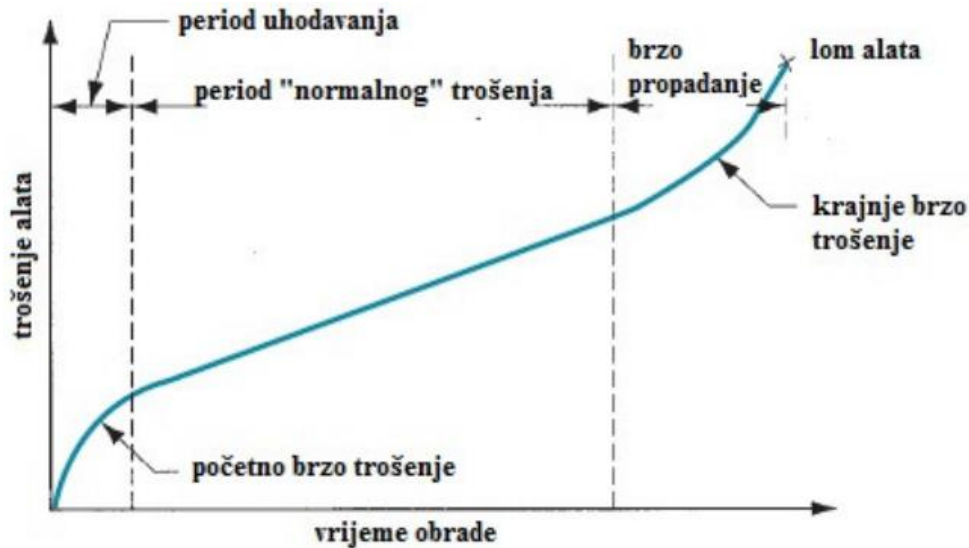
Slika 4.3. Primjeri mogućih oblika trošenja [11]

#### 4.1. Taylor-ov princip trošenja alata

S odmicanjem vremena obrade različiti mehanizmi uzrokuju povećanje stupnja istrošenosti alata. Proces trošenja može se podijeliti u tri nejednakomjerna perioda trošenja. Prvi period trošenja ili period uhodavanja označava vrijeme u kojem se novi alat počinje brzo trošiti do određenog iznosa intenziteta istrošenosti kojega je moguće definirati kao normalnu istrošenost alata. U tom trenutku počinje drugi period ili period normalnog trošenja koji traje duže vrijeme i u kojem se istrošenost alata ne mijenja u mjeri da bi moglo doći do velikih dimenzijskih nepravilnosti alata ili obratka. Nakon dužeg vremena obrade, istrošenost alata dostiže kritičnu vrijednost nakon koje počinje drastično povećanje trošenja. To područje označava početak brzog propadanja alata. U tom

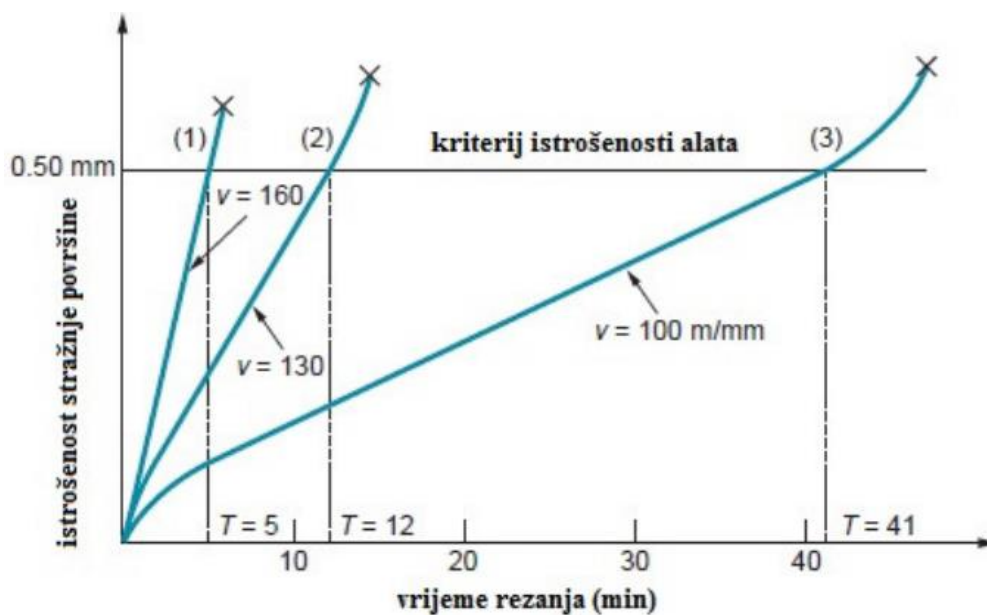
području dolazi do povećanja temperatura prilikom obrade, sila i momenata što naposljetku može dovesti do loma alata. U zadnjem periodu, promjene u dimenzijama i obliku alata najviše su izražene pa to dovodi do netočnosti obrade. Zbog toga je potrebno promijeniti alat nakon što se primijeti da je istrošenost dostigla zadnji period. [13]

Na slici 4.4. prikazan je vijek trajanja alata.



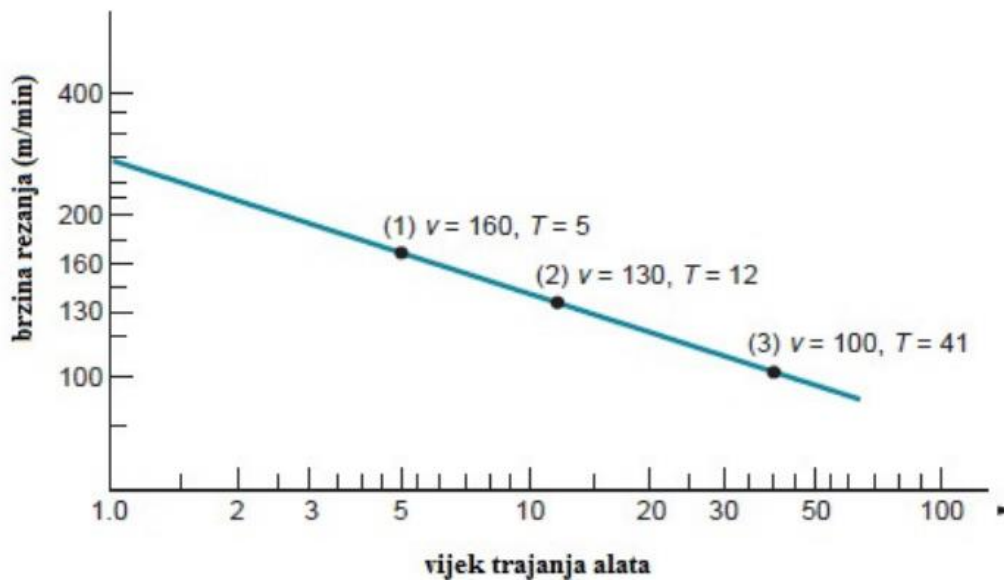
Slika 4.4. Vijek trajanja alata [13]

Usporedba krivulja trošenja s različitim brzinama rezanja može se vidjeti na slici 4.5. Primjetno je da s porastom brzine rezanja raste i intenzitet trošenja pa se tako isti iznos trošenja postiže u kraćem vremenu. Vijek trajanja alata može se definirati kao potrebno vrijeme rezanja u kojemu se alat može koristiti do trenutka pojave prevelikog stadija istrošenosti ili loma.



Slika 4.5. Utjecaj tri različite brzine rezanja na trošenje stražnje površine [13]

Kada bi se tri krivulje trošenja sa slike 4.5. crtale u prirodnom logaritamskom mjerilu i prikazale kao odnos brzine rezanja i vijeka trajanja alata dobio bi se pravac prikazan na slici 4.6.



Slika 4.6. Odnos brzine rezanja i vijeka trajanja alata u prirodnom logaritamskom mjerilu [13]

Taj odnos može se izraziti i pomoću formule, odnosno skraćenog oblika Taylor-ove jednadžbe koja glasi: [13]

$$v_c \cdot T^m = C_T \quad (4.1)$$

gdje je:

$v_c$  – brzina rezanja

$T$  - vijek trajanja alata

$m$  – eksponent postojanosti

$C_T$ – Taylorova konstanta (ovisi o materijalu obratka i alata, posmaku i dubini rezanja)

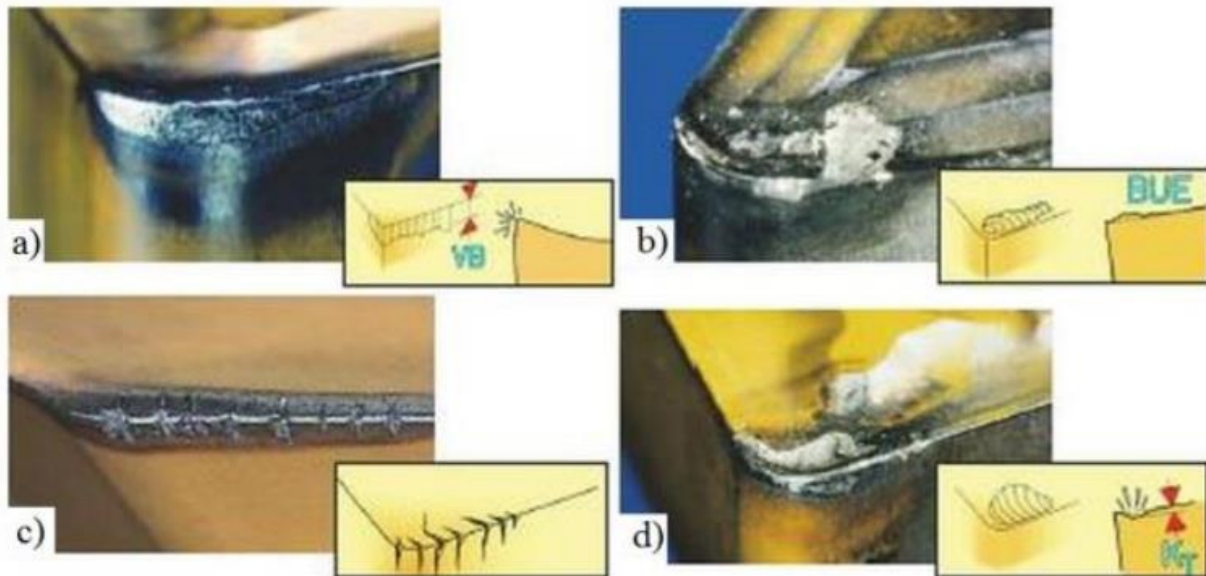
## 4.2. Mjere za smanjenje trošenja alata

Općenito, intenzitet trošenja može se odrediti tijekom procesa obrade mjerljivim veličinama kao što su sila trenja, buka, vibracije i temperatura ili se može mjeriti spektrografskom analizom ulja, magnetskim detektorom čestica, radioaktivnim metodama ili ferografijom. Glavne mjere za smanjenje trošenja su: [12]

- konstrukcijske mjere,
- pravilan izbor materijala tribosustava (izbor materijala ovisno o mehanizmu trošenja),
- zaštita površine materijala (promjena strukture površine da bi se povećala otpornost određenom mehanizmu trošenja),
- period uhodavanja (period prilagođavanja dodirnih površina),

- podmazivanje (smanjivanje trenja i trošenja nanoseći sredstva za podmazivanje).

Na slici 4.7. prikazani su primjeri za trošenje alata karakteristični za obradu odvajanjem čestica.



Slika 4.7. Trošenje alata za OOC [14]

- a) abrazivsko trošenje
- b) adhezijsko trošenje
- c) umor površine
- d) difuzijsko trošenje

### 4.3. Materijal alata za obradu odvajanjem čestica

Alati za obradu odvajanjem čestica pod utjecajem su: [14]

- mehaničkih opterećenja (zahtjevi visoke tvrdoće i dobre žilavosti),
- toplinskih opterećenja (zahtjevi temperaturne stabilnosti),
- kemijskih reakcija (što niža sklonost difuziji i oksidaciji).

Otpornost trošenju proporcionalna je tvrdoći materijala. Visoke tvrdoće alata prikladne su kada je otpor rezanja konstantan. Kada postoje udarna opterećenja prilikom obrade, potrebna je visoka žilavost materijala. Kako su tvrdoća i žilavost obrnuto proporcionalna svojstva materijala ne postoji idealni materijal za sve vrste obrade odvajanjem čestica. [14]

**Tvrđi metali** sastoje se od volframovih karbida, titana i kobalta kao vezivnog sredstva. Karbidi imaju visoku tvrdoću pa prema tome i visoku otpornost prema trošenju. Povećavanjem sadržaja

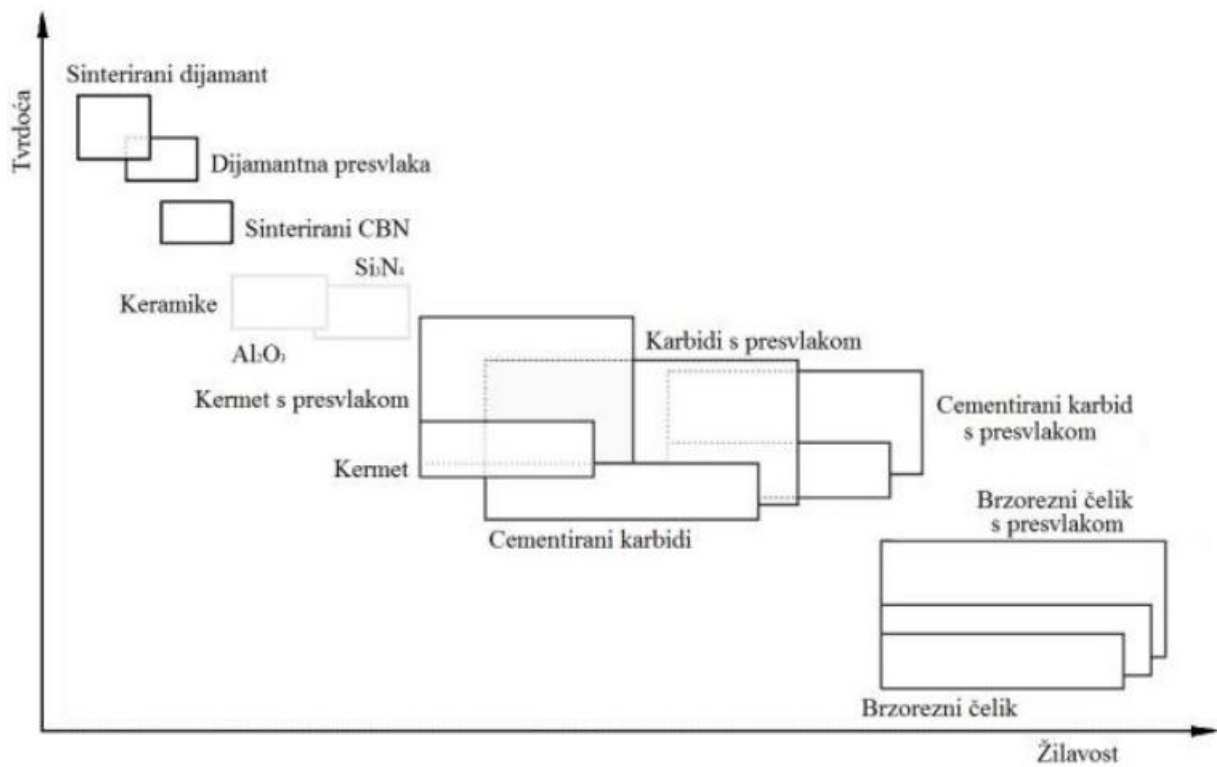
vezivnog materijala povećava se žilavost koja je potrebna prilikom udarnih opterećenja, ali se u isto vrijeme smanjuje otpornost na trošenje. [14]

**Brzorezni čelici** koriste se kada je potrebna visoka žilavost. Imaju tvrdoću od 65 HRC ispod temperature od 600 °C. Na dodirnom mjestu alata i obratka temperatura je najčešće veća od 600 °C pa je potrebno koristiti sredstva za hlađenje i podmazivanje. [14]

Poboljšanje svojstava materijala može se postići modifikacijom površine ili primjenom zaštitnog sloja na površini. Površinski sloj nanosi se CVD postupkom (kemijsko nanošenje iz parne faze, za brzorezne čelike) ili PVD postupkom (fizikalno nanošenje iz parne faze, za tvrde metale). Najčešće nanošeni slojevi su: [14]

- **TiN** (titanov nitrid)
  - Svjetla, zlatna, keramička prevlaka. Ima visoku tvrdoću (oko 2300 HV), mali koeficijent trenja i srednju otpornost oksidaciji. Nanosi se PVD postupkom na rezne alate i alate za obradu deformiranjem te se najčešće koristi.
- **CrN** (kromov nitrid)
  - Svjetla srebrno-siva keramička prevlaka koja se nanosi PVD postupkom. Ima veliku tvrdoću (oko 2000 HV), veliku žilavost te veliku otpornost oksidaciji. Otporan na adhezijsko trošenje posebno kod obrade ne-željeznih metala. Kod obrade bakra, aluminijske ili titana nadmašuje TiN, ali ima veći koeficijent trenja od TiN.
- **TiCN** (titanov karbonitrid)
  - Tvrdoće 3000 HV, razvijen za zahtjevnije uvjete (tvrdoća TiN-a je 2500 HV). Nanosi se CVD postupkom na rezne alate za prekidne obrade i za obrade čelika visoke čvrstoće.
- **TiAlN** (titanov aluminij nitrid)
  - Plavo-crna keramička prevlaka debljine do 4 μm koja se nanosi PVD postupkom, a primjenjuje se kod „suhih“ obrada i obrada kaljenih materijala. Velike je tvrdoće (oko 3500 HV) i malog koeficijenta trenja. Otporna je na oksidaciju do temperature od 800°C. Prevlaka je glatka i ima izvrsnu otpornost na abrazijsko i adhezijsko trošenje.

Na slici 4.8. dan je prikaz materijala s obzirom na svojstva tvrdoće i žilavosti.



Slika 4.8. Prikaz materijala s obzirom na svojstva tvrdoće i žilavosti [14]

Na slici 4.9. prikazan je alat od brzoreznog čelika, a na slici 4.10. alat od tvrdog metala.



Slika 4.9. Alat od brzoreznog čelika [10]



*Slika 4.10. Alat od tvrdog metala [10]*



## 5. Stanje industrije alata u Hrvatskoj

Preko jedne petine svih staklenih boca u svijetu izrađeno je iz alata koji se proizvode u firmi OMCO Croatia d.o.o. na sjeveru Hrvatske u Krapinsko-zagorskoj županiji. U posljednjih desetak godina firma bilježi visoki rast proizvodnje, a taj trend namjerava nastaviti i u godinama koje slijede. Osnovni proizvod tvrtke jest proizvodnja alata za izradu staklenih boca sa svim dijelovima koji čine sklop. Boce izrađene iz tih alata koriste se u prehrambenoj, kemijskoj, farmaceutskoj industriji, ali i u industriji pića. Dobro opremljeni proizvodni pogon sa najsuvremenijim numerički upravljanim strojevima, široka praktična iskustva, tehnička znanja te iskusna radna snaga osiguravaju zadovoljavanje visokih standarda kvalitete u skladu s najnovijom tehnologijom te proizvodne grane.

### 5.1. Dijelovi alata

Da bi se izradila kvalitetna staklena ambalaža bitna je proizvodnja kvalitetnog alata, a u nastavku potpoglavlja će biti prikazana svaka pozicija alata koja sudjeluje u samom procesu izrade.

Staklarski alat ( sklop ) sastoji se od deset dijelova objašnjениh u sljedećim potpoglavljima

#### 5.1.1. Predkalup i dno predkalupa

Predkalup i dno predkalupa (Slika 5.1.) kako samo ime kaže služe za dobivanje predoblika boce, tj. staklena kap se predoblikuje u predkalupu prešanjem ili puhanjem zraka. Izbor procesa izrade predoblika i oblika ovisi o namjeni same boce.



*Slika 5.1. Predkalup i dno predkalupa [15]*

### 5.1.2. Kalup i dno kalupa

Kalup (Slika 5.2.) se izrađuje iz odljevaka dobivenih lijevanjem sivog lijeva, nodularnog lijeva ili aluminijske bronce u pijesak. Sivi i nodularni lijev koristi se zbog postojane strukture pri visokim temperaturama, kao i zbog cijene. Aluminijska bronca pokazuje bolja svojstva i sama postojanost alata je dugotrajnija, ali je i cijena puno viša u odnosu na sivi lijev.



*Slika 5.2. Kalup i dno kalupa [15]*

### 5.1.3. Grlo

Grlo (Slika 5.3.) služi za oblikovanje grla boce, a oblikuje se već s izradom predoblika boce. Izrađuje se iz bronce zbog svoje postojanosti i dugotrajnosti na visokim temperaturama.



*Slika 5.3. Grlo [15]*

#### 5.1.4. Prsten grla

Prsten grla (Slika 5.4.) služi za oblikovanje samog vrha boce i za vođenje jezgrenika u predkalupu, za izradu predoblika procesom prešano-puhano.



*Slika 5.4. Prsten grla [15]*

#### 5.1.5. Jezgrenik

Jezgrenik ulazi kroz grlo i prsten u predkalup i oblikuje staklo u predoblik boce. Vrh mora biti metaliziran i ispoliran upravo zbog samog doticaja jezgrenika i stakla, dok polirana površina omogućuje lakše klizanje kroz staklenu kap i dobivanje ravnomjerne raspodjele debljine stijenke.



*Slika 5.5. Jezgrenik [15]*

### 5.1.6. Vođica jezgrenika

Vođica jezgrenika (Slika 5.6.) služi za centriranje jezgrenika, omogućava mu lakši ulazak u predkalup, a centriranjem se postiže ravnomjerno upuhivanje zraka.



*Slika 5.6. Vođica jezgrenika [15]*

### 5.1.7. Čahura za kap

Čahura za kap (Slika 5.7.) svojim oblikom pomaže staklenoj kapi ulazak u predkalup. Površina čahure je metalizirana i polirana zbog toga kap lakše klizi po njoj.



*Slika 5.7. Čahura za kap [15]*

### 5.1.8. Glava za puhanje

Glavom za puhanje (Slika 5.8.) upuhujemo zrak kroz jezgrenik, odnosno u samu staklenu kap da se dobi ravnomjerna raspodjela stakla po stijenkama predkalupa i kalupa.



*Slika 5.8. Glava za puhanje [15]*

### **5.1.9. Oduzimač boca**

Oduzimač boce (Slika 5.9.) koristi se u svrhu prebacivanja predoblikovane boce iz predkalupa u kalup gdje poprima finalni oblik. Prebacivanje se obavlja na način da oduzimač primi grlo boce i zajedno s njim prebacuje predoblikovano staklo iz predkalupa u kalup.



*Slika 5.9. Oduzimač boca [15]*

### **5.1.10. Umetak za hlađenje jezgrenika**

Osnovna funkcija umetka (Slika 5.10.) jest hlađenje jezgrenika koji je bio u dodiru sa staklom u predkalupu. Hlađenje se vrši komprimiranim zrakom kroz rupice koje se nalaze na umetku.



*Slika 5.10. Umetak za hlađenje jezgrenika [15]*

## 6. Tehnologija izrade grla

Da bi se izradio komad, sirovac treba proći kroz više operacija obrade odvajanjem čestica. Sama izrada grla sastoji se od sljedećih operacija:

- DO-MET,
- PO-MET,
- TOKARENJE, i
- ZAVRŠNO GLODANJE.

### 6.1. Operacija DO-MET

Operacija DO-MET se na grlu izvodi glodanjem zbog pripreme za metalizaciju. Metalizacija je navarivanje materijala veće tvrdoće na dijelovima grla koji su izloženi najvećem trošenju. Metalizacija se može izvesti na robotu ili ručno, ovisno o obliku i dimenzijama fazone.

Iz skladišta se do CNC stroja viličarom dovozi sirovi materijal (sirovac) u obliku:

- polualjaka od sivog lijeva ili bronce koji su prethodno rezani na potrebnu visinu,
- odljevaka od sivog lijeva ili bronce čija je visina u lijevanom stanju obično 3 mm veća od gotove mjere.

Na slici 6.1. kao primjer prikazani su odljevci od bronce.

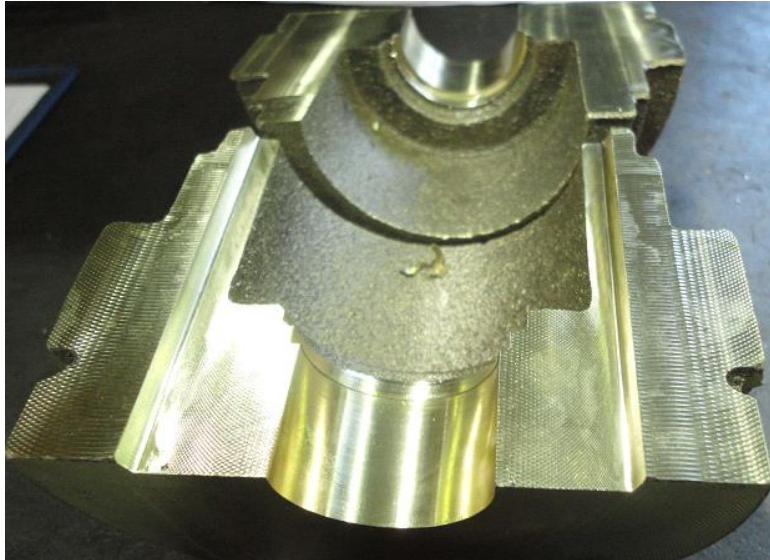


Slika 6.1. Odljevci od bronce [15]

Operacija DO-MET sastoji se od:

- uzdužnog glodanja – potprogram L10 (sadrži NC program za uzdužno glodanje),
- vertikalnog glodanja – potprogram L50 (sadrži NC program za vertikalno glodanje).

Izgled grla nakon operacije DO-MET prikazan je na slici 6.2. Nakon operacije DO-MET slijedi navarivanje metalizacije na fazonu.



*Slika 6.2. Izgled grla nakon operacije DO-MET [15]*

## **6.2. Operacija PO-MET**

Operacija PO-MET se na grlu izvodi glodanjem nakon metalizacije. Metalizacija je navarivanje materijala (Slika 6.3.) veće tvrdoće na dijelovima grla koji su izloženi najvećem trošenju. Tijekom operacije PO-MET grlo se gloda tako da sve više poprima konačan oblik, čime se omogućuju sljedeće operacije tj. tokarenje grla te završna obrada.

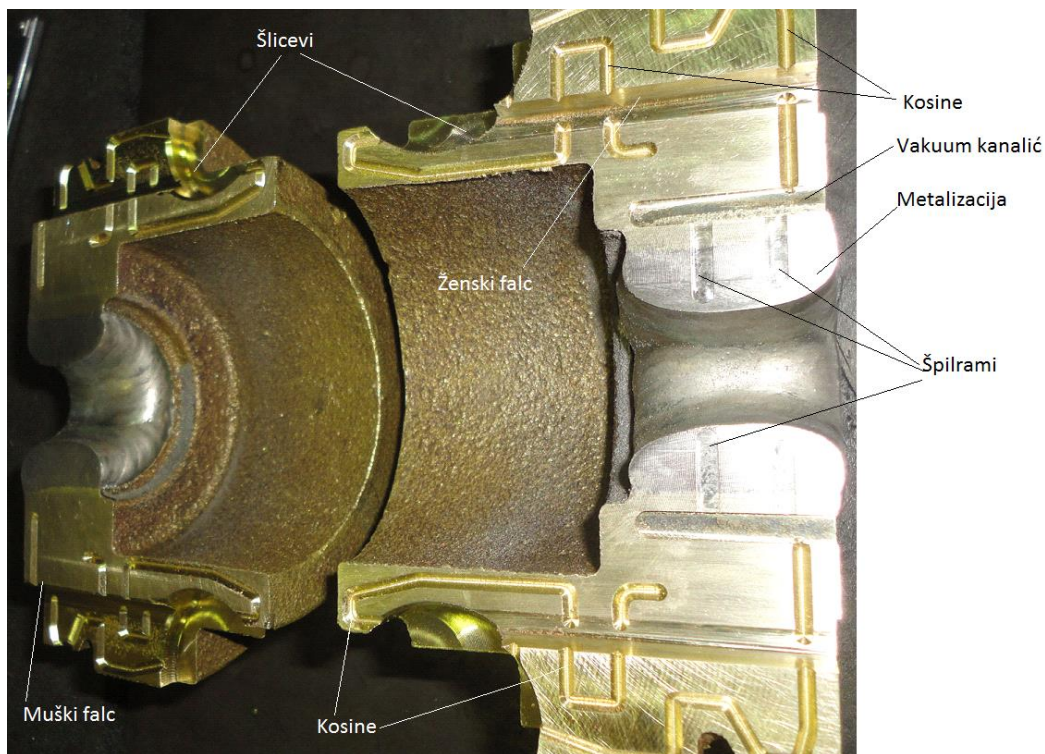


*Slika 6.3. Izgled navarenog komada [15]*



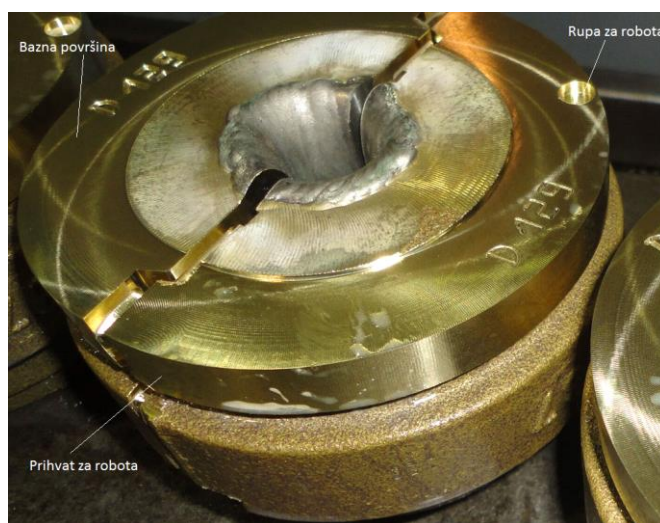
Operacija PO-MET sastoji se od uzdužnog glodanja za što se NC program dobiva od pripreme proizvodnje te vertikalnog glodanja za što operateri sami pišu program, vertikalno glodanje služi za izradu tokarske baze.

Na slici 6.4. su prikazane muška i ženska polovica grla nakon uzdužnog glodanja gdje se može vidjeti koje su operacije provedene.



Slika 6.4. Prikaz grla nakon uzdužnog glodanja operacije PO-MET [15]

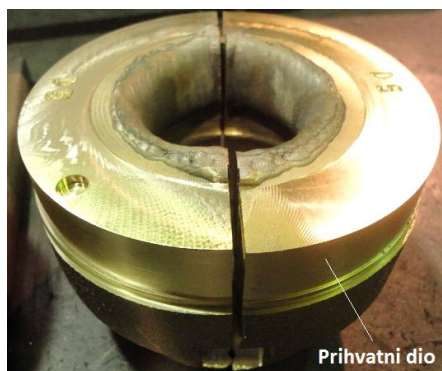
Osim uzdužnog glodanja u operaciji PO-MET još se u vertikalnom položaju grla na fino gloda prihvatni dio za robota (operacija tokarenje) i rupa za robota (Slika 6.5.).



Slika 6.5. Prikaz grla nakon vertikalnog glodanja operacije PO-MET [15]

### 6.3. Operacija TOKARENJE

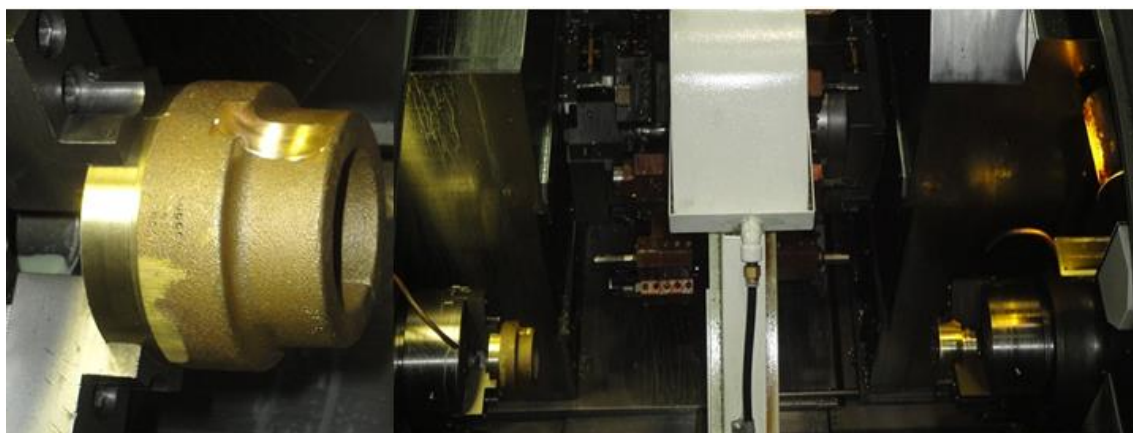
Tokarenje grla je operacija koja slijedi nakon operacije PO-MET gdje je napravljen prihvatni dio koji ulazi između pakni amerikanera na tokarilici (Slika 6.6.).



*Slika 6.6. Prikaz grla prije 1. stezanja na tokarilici [15]*

Postupak tokarenja grla izvodi se na sljedeći način:

- operater dobiva nacрте grla radnog naloga kojeg će obrađivati,
- priprema si pakne s kojima će stegnuti komad u stroju,
- slijedi tokarenje pakni zbog centričnosti i dvodjelnosti,
- izmjera reznih pločica,
- pisanje programa za tokarenje stražnje strane,
- operater uzima grlo i postavlja ga između pakni na lijevo vreteno gdje će se obrađivati stražnja strana (Slika 6.7.),
- određivanje nul-točki komada po Z-osi (odabire se alat za grubo vanjsko tokarenje, zavrti se komad, postavljanje na ručni mod, ručno se alat približi obratku i čeonu se poravnava. U Work-shift upisuje se nul-točka. Restart stroja. Nul-točka se namješta 1 mm do gotove mjere).

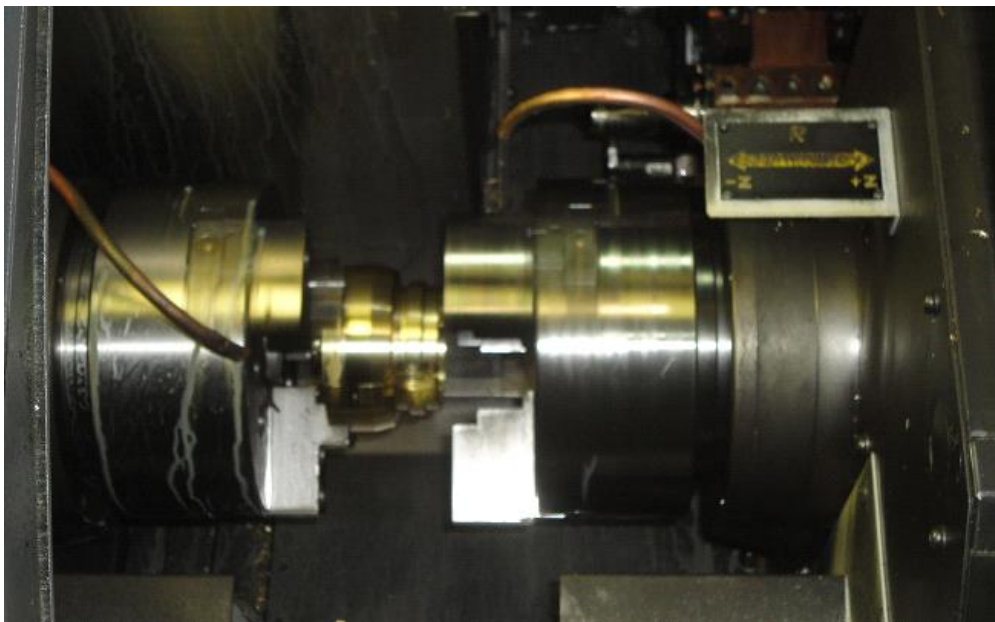


*Slika 6.7. Prvo stezanje za obradu stražnje strane [15]*

Obrada stražnje strane sastoji se od sljedećih operacija:

- grubo tokarenje – vanjsko,
- grubo tokarenje – unutarnje,
- grubo-fino tokarenje vanjskog utora ("štehanje"),
- grubo tokarenje unutarnjeg utora,
- tokarenje gravure po obodu (ako ima),
- fino vanjsko tokarenje,
- fino unutarnje tokarenje,
- fino tokarenje unutarnjeg utora (utora za prsten).

Nakon što je komad u prvom stezanju obrađen u cijelosti i izvršene sve operacije koje se u tom stezanju mogu odraditi, pokreće se automatsko preuzimanje komada (Slika 6.8.). Desna stezna naprava približava se prema lijevoj steznoj napravi i po postizanju sinkronizacije vretena, izvršava se preuzimanje. U lijevu steznu napravu operater ručno postavlja novi komad i pušta stroj u rad.



*Slika 6.8. Automatsko preuzimanje grla [15]*

Operater za izradu prednje strane uzima sa servera gotove programe i potprograme koje je tehnološka priprema proizvodnje izradila. Otvara glavni program i provjerava pozicije alata i kada sve alate podese, kreće izrada prvog komada. Izrada prednje strane izvodi se u ručnom modu, alat po alat, uz provjeravanje programa.

Obrada prednje strane sastoji se od sljedećih operacija:

- čeonu poravnavanje obratka,

- grubo tokarenje vanjskog promjera,
- grubo tokarenje unutarnjeg promjera (probijanje fazone),
- grubo tokarenje prizme („štahanje“),
- tokarenje gravure i utora na prizmi (potprogrami P222 i P666),
- grubo tokarenje fazone ( potprogram P778),
- fino tokarenje fazone (potprogram P777),
- fino vanjsko tokarenje,
- skidanje srha na fazoni,
- glodanje navoja.

Nakon izrade prvog (štelnog) komada operater uzima komad i vrši kompletnu provjeru svih mjera zadanih na nacrtu. Sve potrebne mjere korigira i priprema se za izradu drugog komada koji će imati gotove mjere približne stvarnima, otprilike za prvi dobar komad treba 3 do 4 štelna komada.

Za svaku navedenu operaciju tokarenja operater u stroju mora imati odgovarajući alat za izradu te operacije. Stoga, operater za izradu stražnje strane komada mora imati slijedeće alate:

- nož za fino vanjsko tokarenje (Slika 6.9.),
- nož za grubo vanjsko tokarenje (TRIGON) (Slika 6.10.),
- nož za grubo vanjsko tokarenje („šteher“ ) (Slika 6.11.),
- nož za grubo i fino unutarnje tokarenje („šteher“) (Slika 6.12.),
- motka za fino unutarnje tokarenje (Slika 6.13.),
- nož za grubo unutarnje tokarenje (ECOCUT) (Slika 6.14.),
- gonjeni alat za glodanje gravure po obodu (Slika 6.15.).



*Slika 6.9. Nož za tokarenje s pločicom za fino vanjsko tokarenje [15]*



*Slika 6.10. Nož za tokarenje sa pločicom za grubo vanjsko tokarenje (TRIGON) [15]*



*Slika 6.11. Nož za tokarenje s pločicom za vanjski utor [15]*



*Slika 6.12. Nož za tokarenje sa pločicom za unutarnji utor [15]*



*Slika 6.13. Nož za tokarenje sa pločicom za fino unutarnje tokarenje [15]*



*Slika 6.14. Nož za tokarenje sa pločicom za grubo unutarnje tokarenje (ECOCUT)*

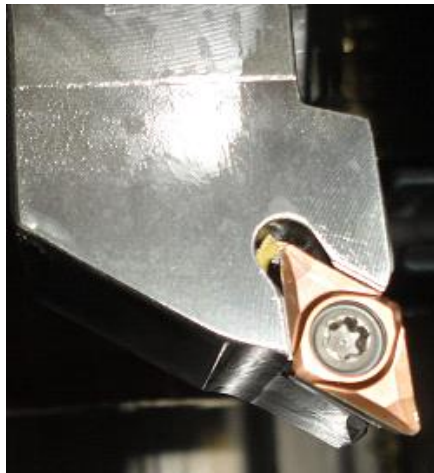


*Slika 6.15. Alat za izradu gravure po obodu u gonjenom prihvatu [15]*

Alati s desne strane služe za izradu prednje strane grla i nalaze se u magazinu alata sa 16 pozicija.

Potrebni alati za izradu:

- nož za fino vanjsko tokarenje (Slika 6.16.),
- nož za grubo vanjsko tokarenje (TRIGON) (Slika 6.17.),
- nož za grubo tokarenje prizme („šteher“) (Slika 6.18.),
- nož za fino tokarenje (Slika 6.19.),
- planski nož (za skidanje navarenog materijala) (Slika 6.20.),
- nož za grubo unutarnje tokarenje (ECOCUT) (Slika 6.21),
- nož za fino i grubo tokarenje fazone (Slika 6.22.),
- graver i glodalo za izradu utora na prizmi u gonjenom prihvatu (Slika 6.23.),
- glodalo za glodanje navoja u gonjenom prihvatu (Slika 6.24.).



*Slika 6.16. Nož za tokarenje s pločicom za fino vanjsko tokarenje [15]*



*Slika 6.17. Nož za tokarenje s pločicom za grubo vanjsko tokarenje (TRIGON) [15]*



*Slika 6.18. Nož za tokarenje s pločicom za vanjski utor [15]*

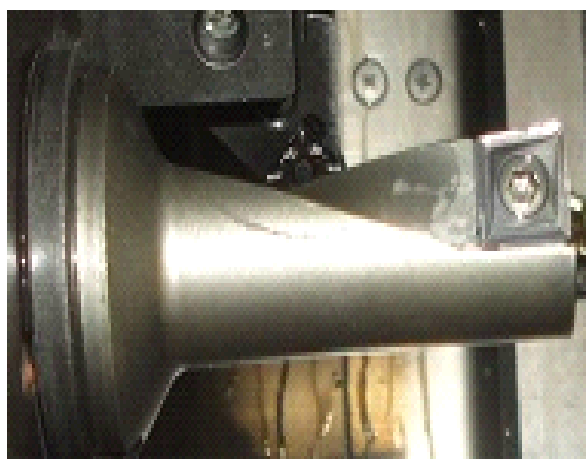




*Slika 6.19. Nož za tokarenje s pločicom za fino tokarenje prizme (podbrušeni) [15]*



*Slika 6.20. Nož za tokarenje s pločicom za plansko tokarenje [15]*



*Slika 6.21. Nož za tokarenje s pločicom za grubo unutaranje tokarenje (ECOCUT) [15]*



Slika 6.22. Nož za tokarenje s pločicom za fino unutarnje tokarenje fazone [15]



Slika 6.23. Glodalo za gravuru i glodalo za utore na prizmi u gonjenom prihvatu [15]

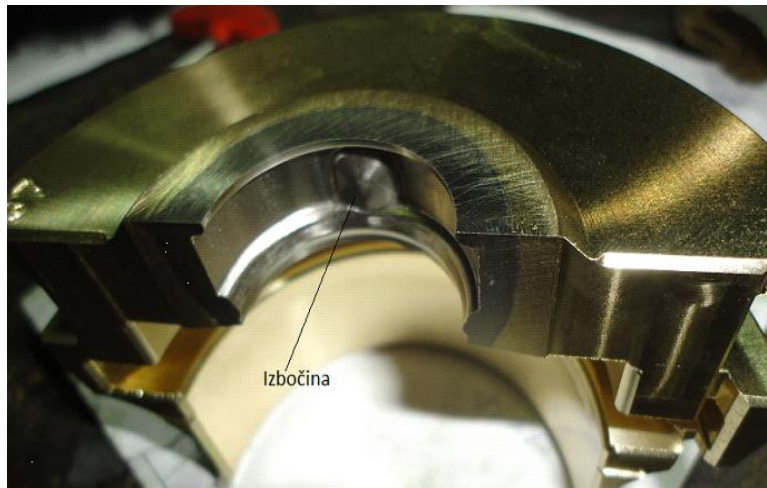


Slika 6.24. Glodalo za izradu navoja u gonjenom prihvatu [15]

## 6.4. Operacija ZAVRŠNO GLODANJE

Završno glodanje je skup operacija koje se izvode na komadu, a nisu se izvele u prethodnim fazama rada. Nakon završne obrade dobiva se gotov komad, koji je kao takav spreman za završnu kontrolu. Općenito, u završno glodanje pripadaju slijedeće operacije:

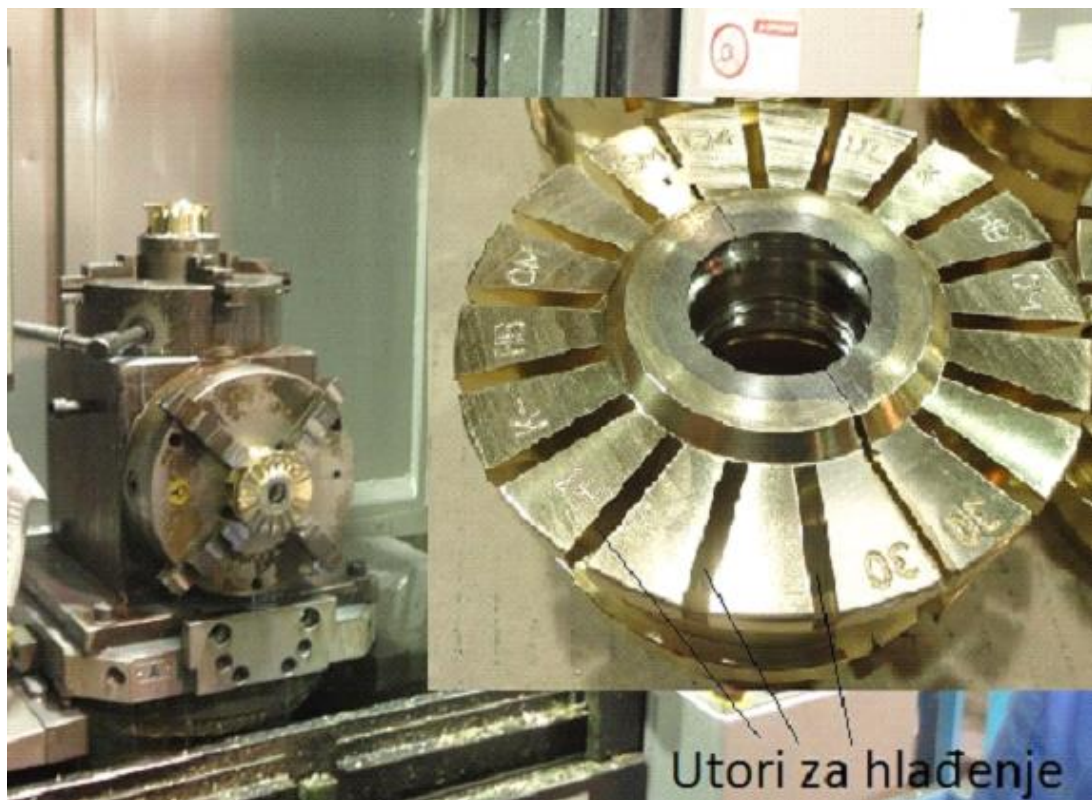
- kopirno glodanje (Slika 6.25.),
- bočno glodanje (Slika 6.26.),
- glodanje utora za hlađenje (Slika 6.27.),
- ovalno glodanje (Slika 6.28.),
- bušenje rupa,
- graviranje,
- glodanje raznih utora (utori na prizmi, utor za jezgrenik, utor za oznaku navoja...).



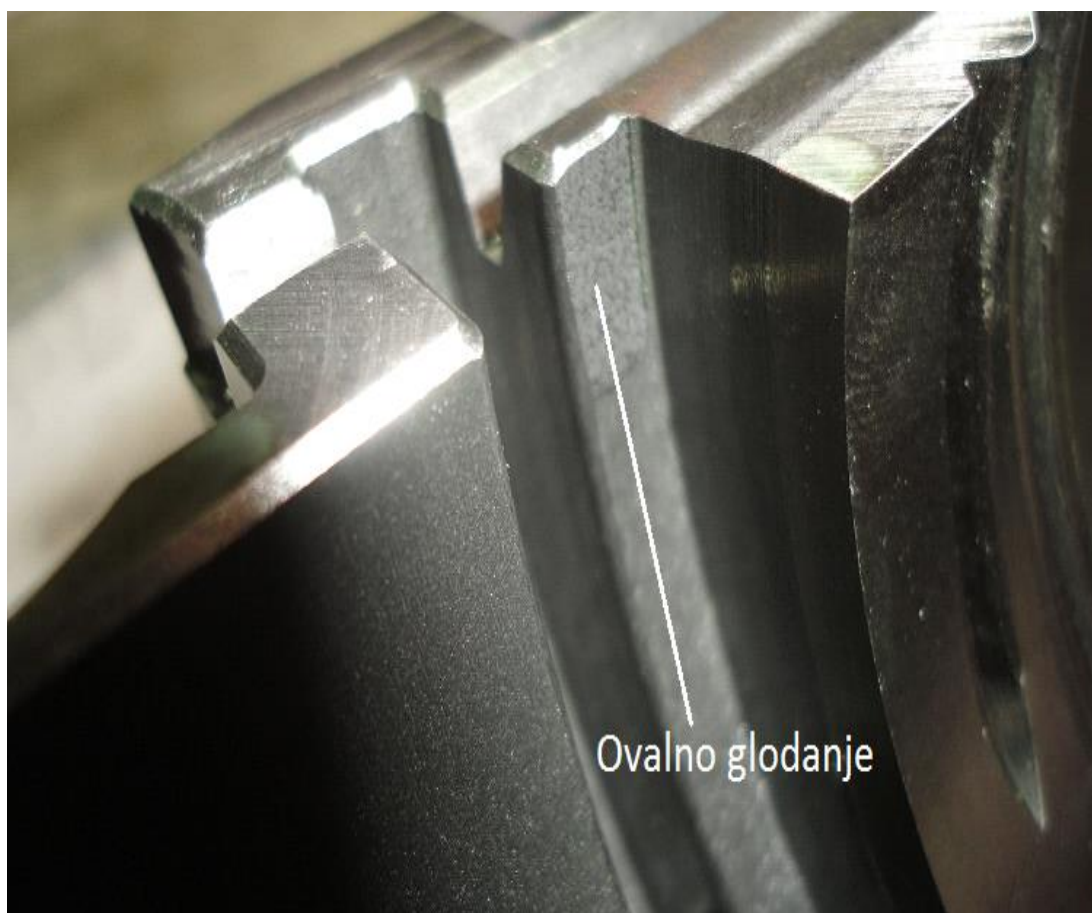
*Slika 6.25. Kopirno glodanje [15]*



*Slika 6.26. Bočno glodanje [15]*



*Slika 6.27. Utori za hlađenje [15]*



*Slika 6.28. Ovalno glodanje [15]*

Na slici 6.29. prikazano je na jednom komadu bušenje rupa, graviranje i glodanje utora.



Slika 6.29. Bušenje rupa, graviranje, glodanje utora [15]

## 6.5. ZAVRŠNA KONTROLA I PAKIRANJE

Zadnja faza u proizvodnom procesu je završna kontrola (Slika 6.30.), kontrolori provjeravaju svaku mjeru na grlu, mjere se provjeravaju: pomičnim mjerilom, mikrometrima, kalibrima (idealne ide) i ostalim 3D uređajima za mjerenje. Nakon potvrde da su sve mjere unutar zadanih tolerancija i da su svi zahtjevi zadovoljeni, komad se šalje na pakiranje gdje čeka do trenutka otpreme robe određenom vrstom transporta do kupca.



Slika 6.30. Završna kontrola i pakiranje [15]

## 7. Ispitivanje utjecaja posmaka na trošenje pločice za tokarenje

Ispitivanje se provodilo na pločicama za grubu vanjsku obradu oznake WNMG080408-RM5 WSM10S Negative Trigon 80° (Slika 7.1.). S obzirom da o potrošnji pločice najviše ovise parametri brzina okretanja i posmak, koristio se konstantan broj okretaja, a mijenjao se posmak.



*Slika 7.1. Testirana pločica [15]*

### 7.1. Pregled podataka o pločici

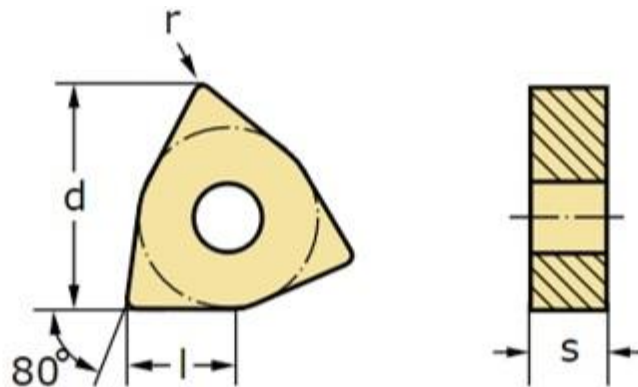
Pločica WNMG080408-RM5 WSM10S Negative Trigon 80° (Slika 7.2.) u vlasništvu tvrtke Walter AG izrađena je u takozvani Tiger-tec silver tehnologiji, a glavne prednosti ove tehnologije su:

- ogromna žilavost zbog optimalnog zaostalog naprezanja,
- smanjenje vremena obrade upotrebom aluminijevog oksida s optimiziranom mikrostrukturom nudi i 50% duži vijek trajanja alata u uvjetima habanja kratera,
- iznimno smanjeno tribokemijsko trošenje zahvaljujući savršenim, glatkim površinama za rezanje,
- nije osjetljiv na promjene toplinskog naprezanja tijekom mokre i suhe obrade,
- srebrni bočni indikatorski sloj za izuzetno lako otkrivanje trošenja.



Slika 7.2. Izgled pločice [16]

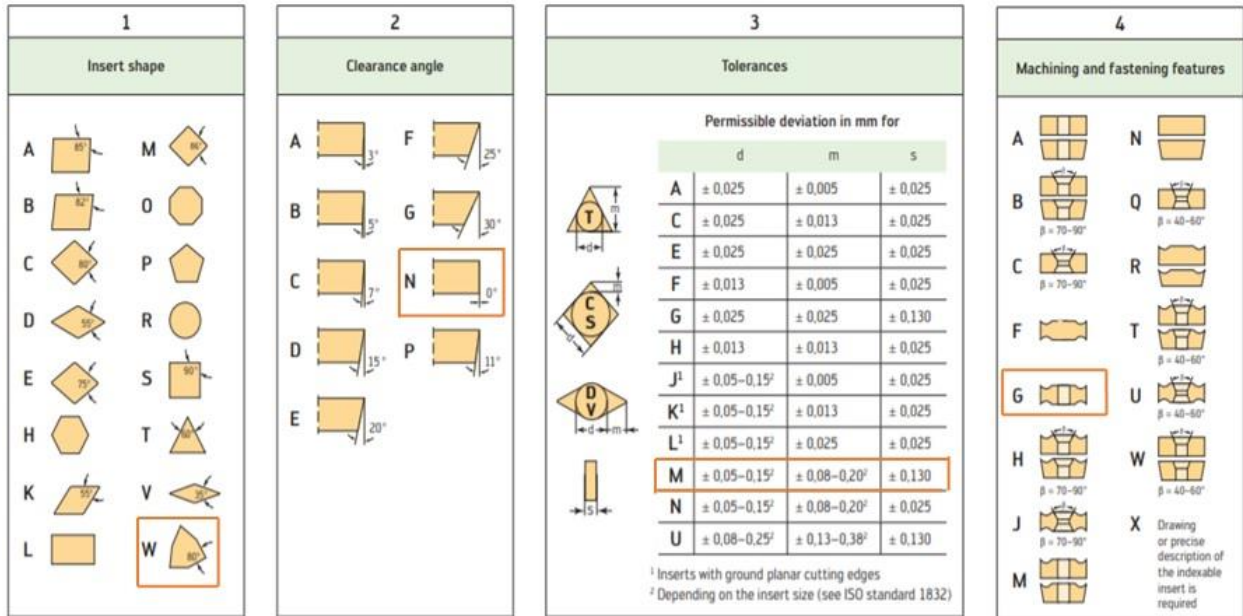
Na slici 7.3. dane su osnovne specifikacije pločice.



Promjer pločice	$d$	12,7 mm
Duljina rezne oštrice	$l$	8,69 mm
Debljina pločice	$s$	4,76 mm
Radijus zaobljenja	$r$	0,8 mm
Posmak po okretaju	$f$	0,2-0,4 mm
Dubina rezanja	$a_p$	1,2-4-5 mm

Slika 7.3. Osnovne specifikacije pločice [16]

Značenje oznake WNMG080408-RM5 WSM10S prikazano je pomoću slika 7.4, 7.5, i 7.6.



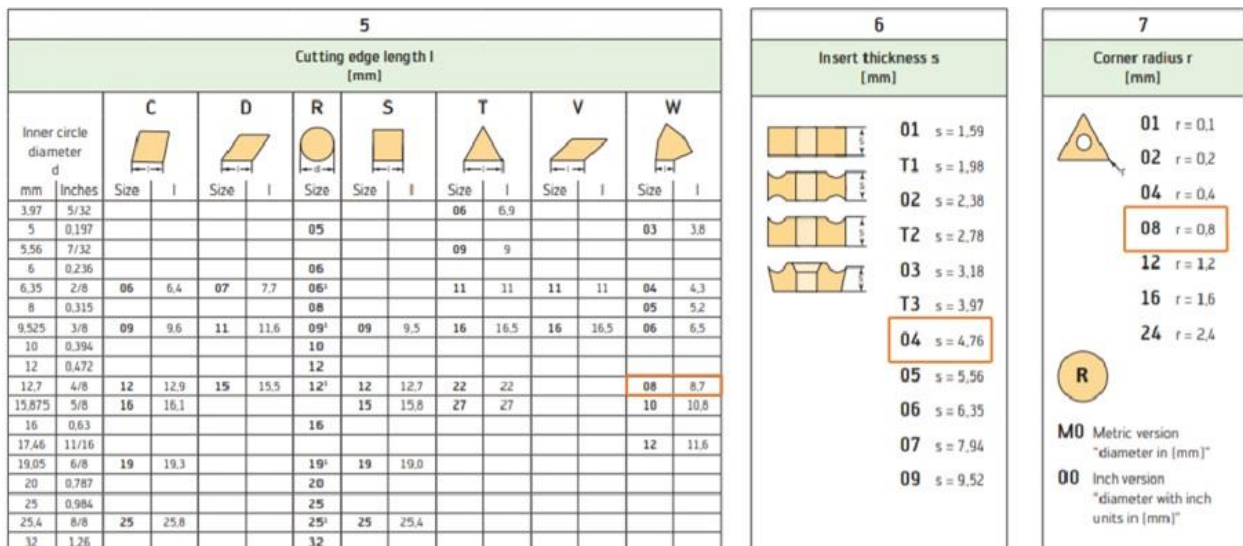
Slika 7.4. Objasnjenje oznake pločice 1. dio [16]

W - oblik pločice

N - kut čišćenja

M - tolerancija oblika pločice

G - način pričvršćivanja pločice



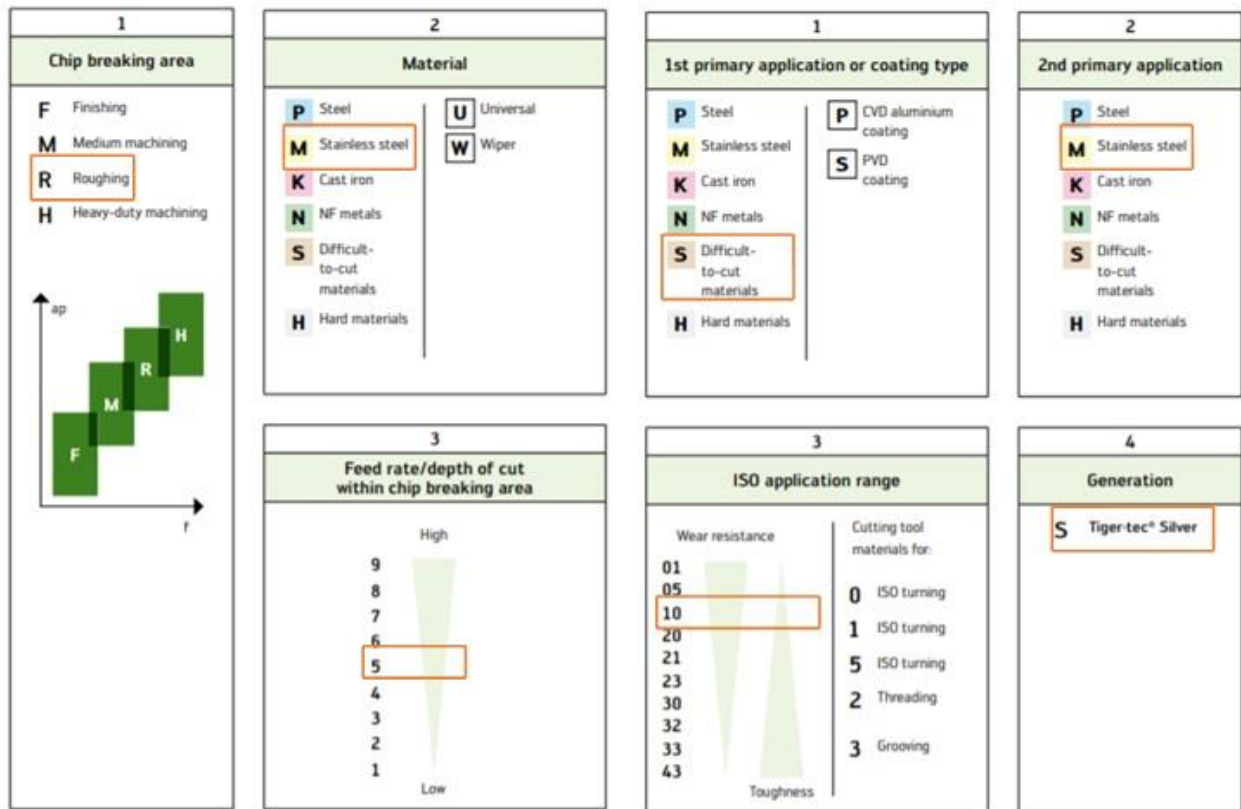
Slika 7.5. Objasnjenje oznake pločice 2. dio [16]

08 - duljina rezne oštrice

04 - debljina pločice

08 - radijus zaobljenja





Slika 7.6. Objašnjenje oznake pločice 3. dio [16]

R - gruba obrada

M - pogodan materijal za izradu

5 - omjer dubine rezanja i posmaka

W - walter

S - primarni materijal za obradu

M - sekundarni materijal za obradu

10 - omjer otpornosti na trošenje i žilavosti

S - generacija izrade

## 7.2. Definiranje provođenja ispitivanja

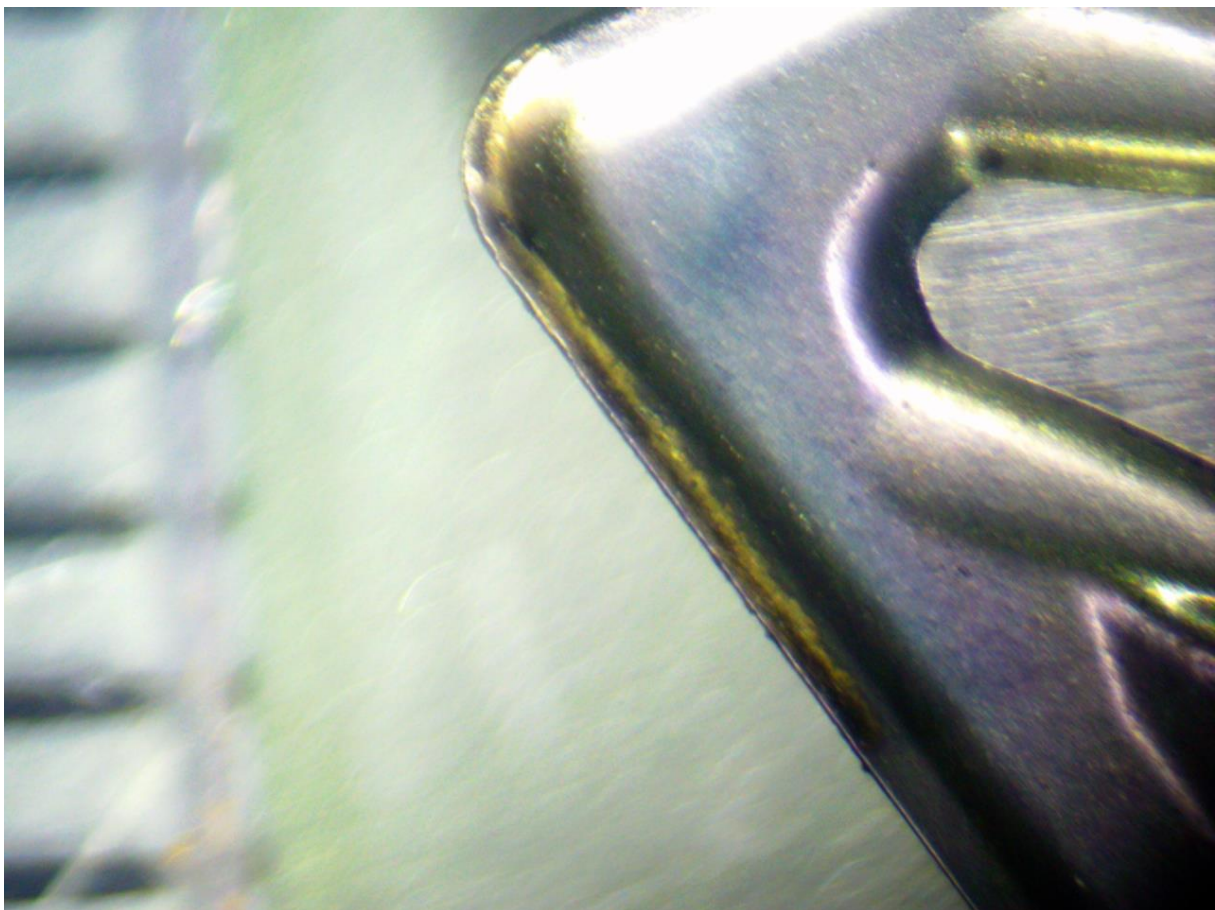
Ispitivanje pločica provedeno je na stroju Nakamura WTW 150, na stražnjoj strani grla kroz operaciju grubo vanjsko tokarenje. Ideja je bila da se vidi kako promjenom posmaka obrade dolazi do povećanja ili smanjenja trošenja pločice. Ispitivanje se izvodilo kod stalnog broja okretaja na istom broju proizvedenih komada u jednoj smjeni od 06h do 14h. Svakog bi jutra operater stavio novu pločicu i radio s njom od početka do kraja smjene (8h). Ispitivanje je provedeno na tim radnim nalogima iz razloga što su serije bile po 500 komada. Odluka za test ove pločice donesena je iz razloga što gruba obrada stražnje strane jest puno veća od grube obrade s prednje strane. Samim time, pločica je puno više u zahvatu s obratkom i trošenje je puno veće.

### 7.3. Ispitivanje pločica na prvom radnom nalogu

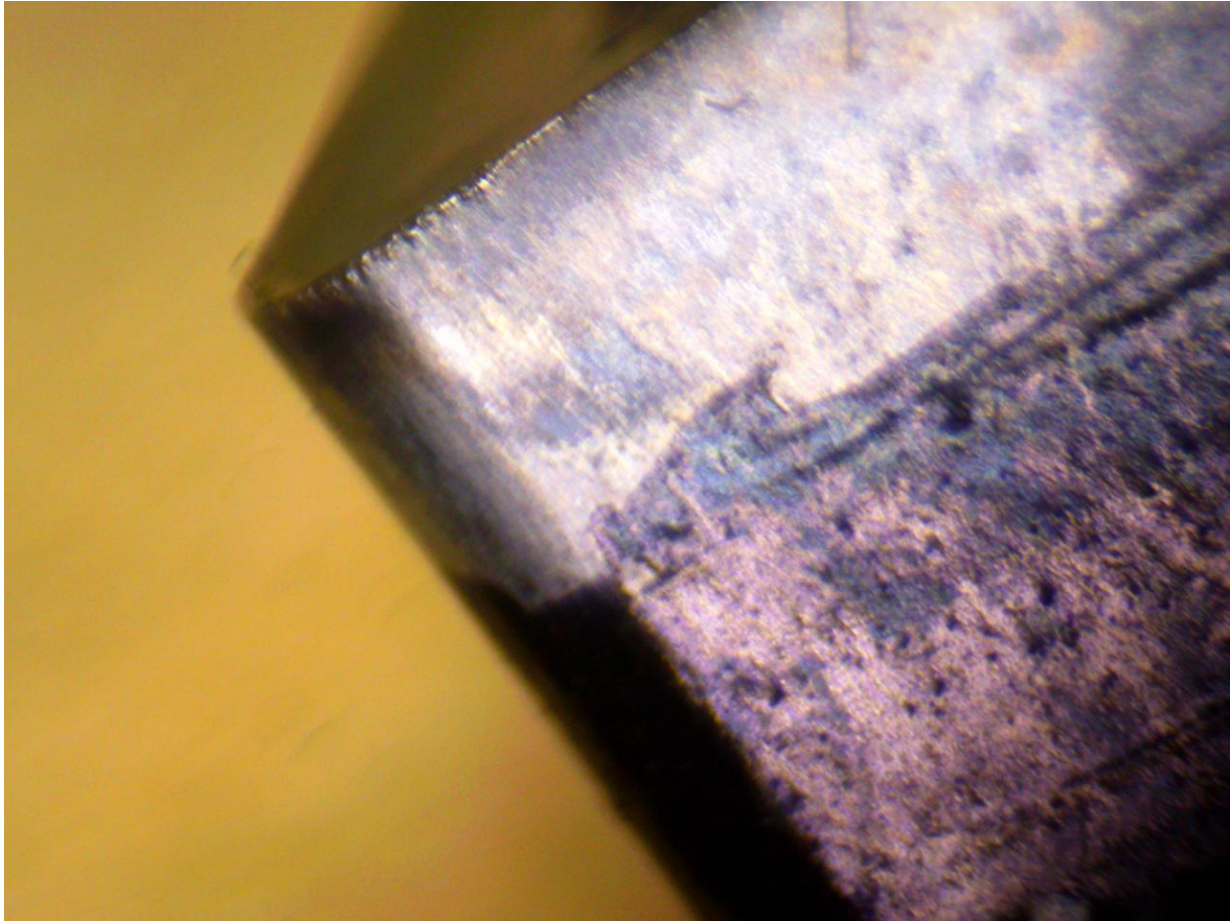
#### 7.3.1. Slučaj I-1.

Tablica 7.1. Uvjeti ispitivanja za slučaj I-1.

Stroj	Nakamura WTW
Radni nalog	Q00316
Broj proizvedenih komada	40
Vrijeme izrade jednog komada	12 min
SHIP	DA
Broj okretaja	700 okretaja/min
Posmak	<b>0,12 mm</b>



Slika 7.7. Prikaz istrošenosti pločice po duljini rezne oštrice za slučaj I-1. [17]

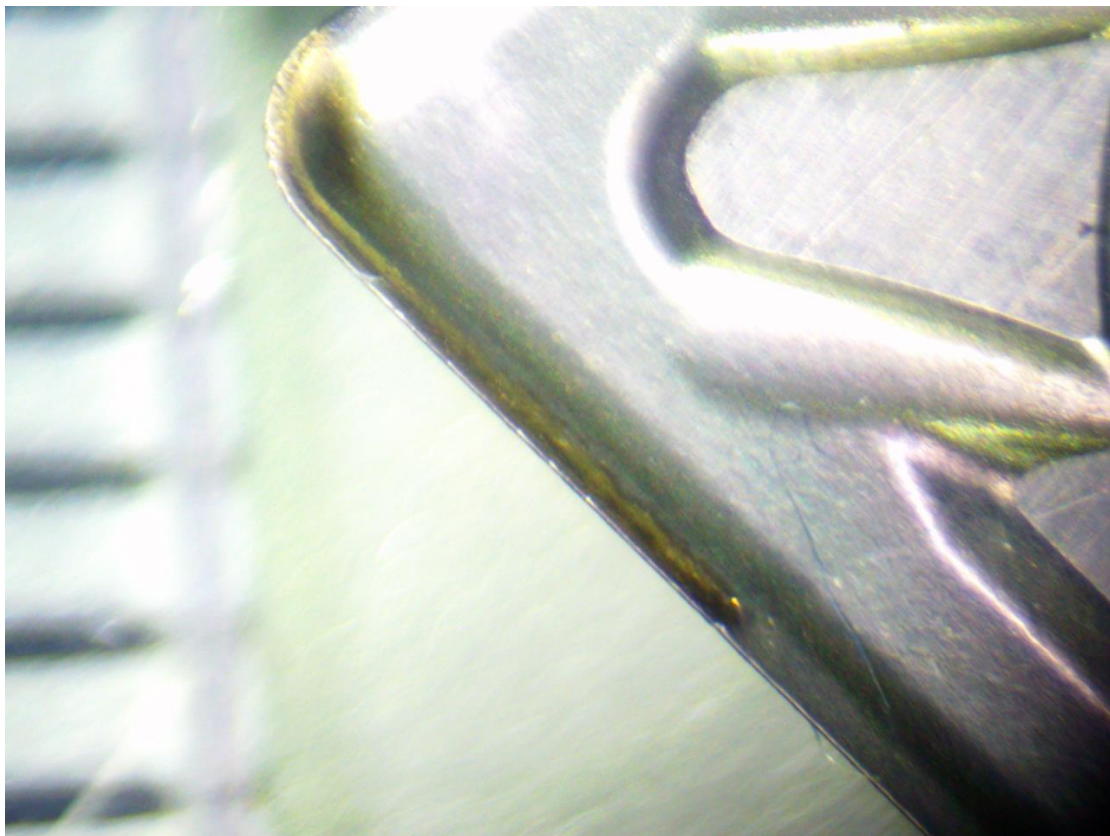


*Slika 7.8. Prikaz istrošenosti pločice sa stražnje strane za slučaj I-1 [17]*

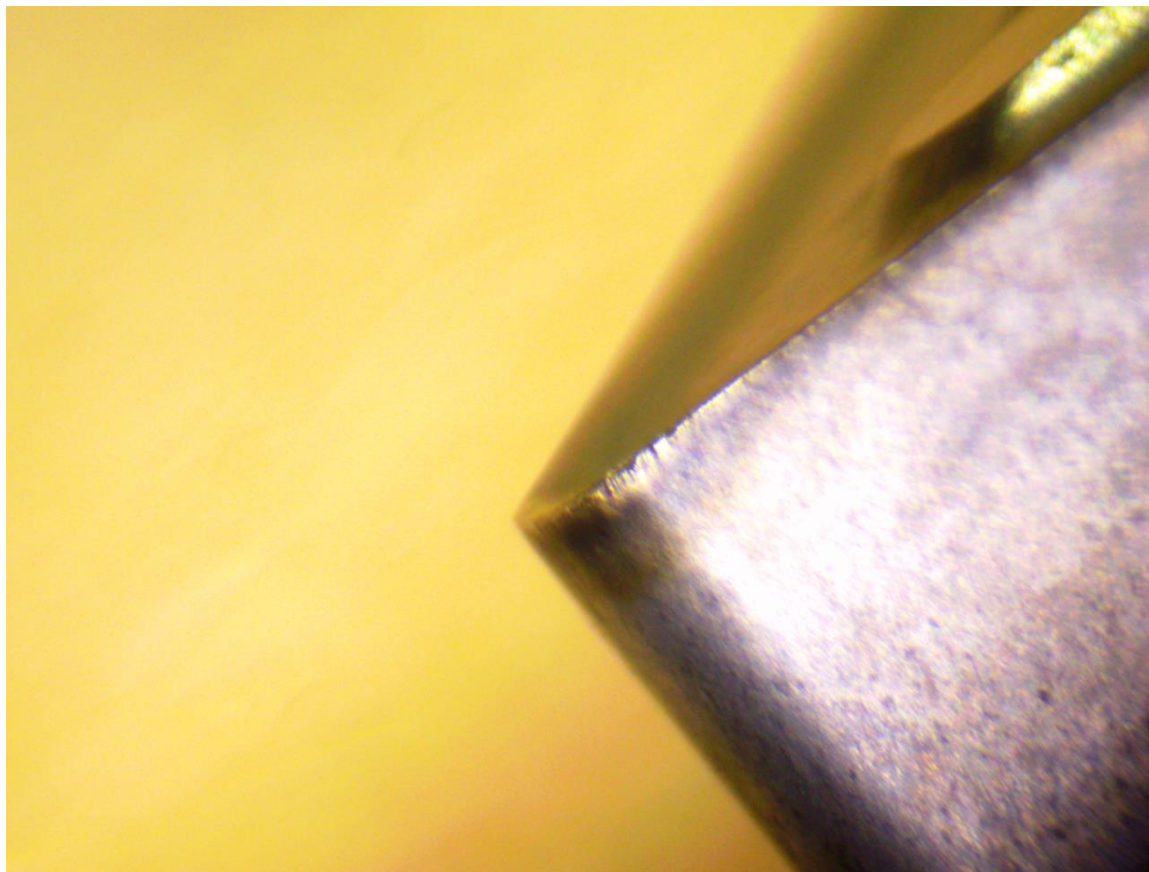
### 7.3.2. Slučaj I-2.

*Tablica 7.2. Uvjeti ispitivanja za slučaj I-2.*

Stroj	Nakamura WTW
Radni nalog	Q00316
Broj proizvedenih komada	40
Vrijeme izrade jednog komada	12 min
SHIP	DA
Broj okretaja	700 okretaja/min
Posmak	<b>0,15 mm</b>



*Slika 7.9. Prikaz istrošenosti pločice po duljini rezne oštrice za slučaj I-2. [17]*

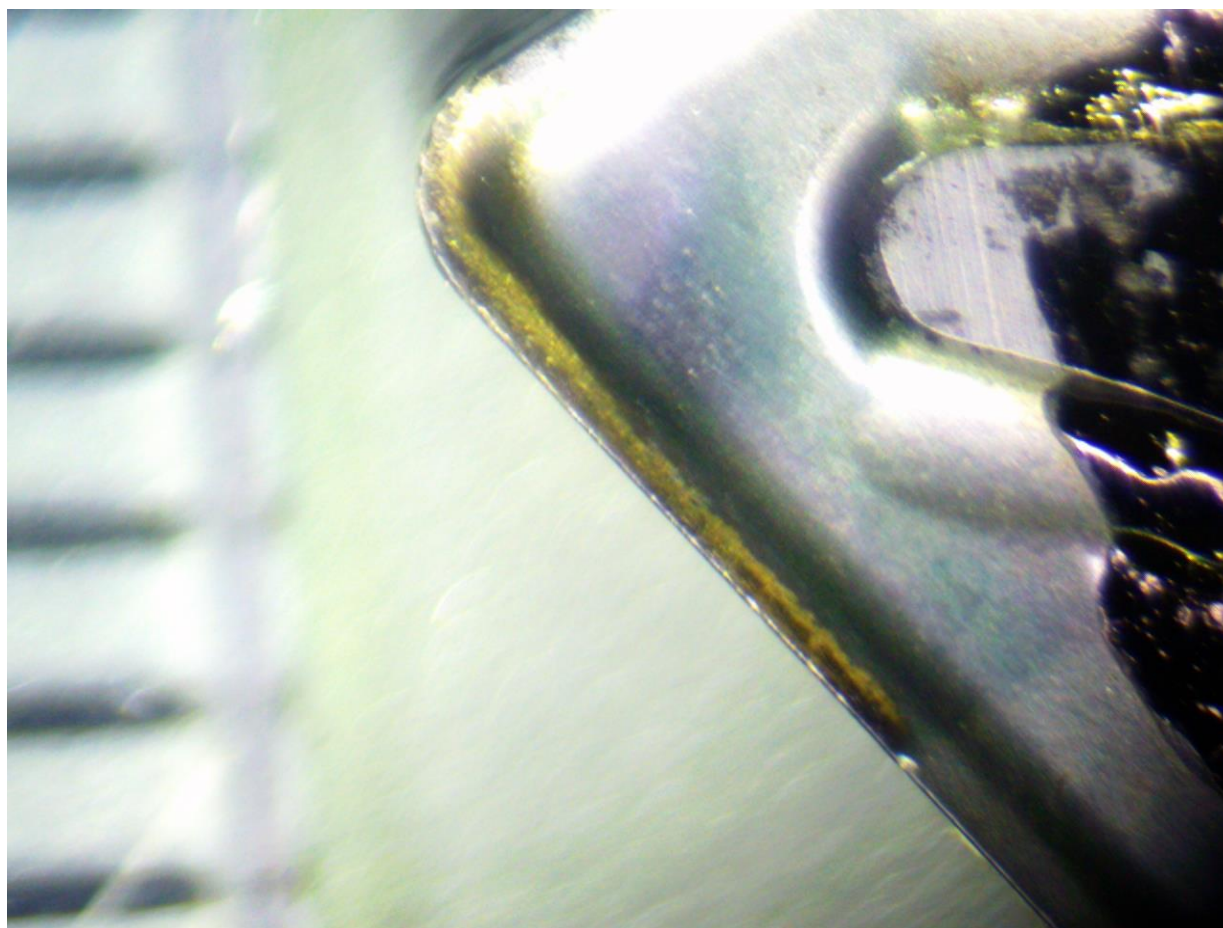


*Slika 7.10. Prikaz istrošenosti pločice sa stražnje strane za slučaj I-2. [17]*

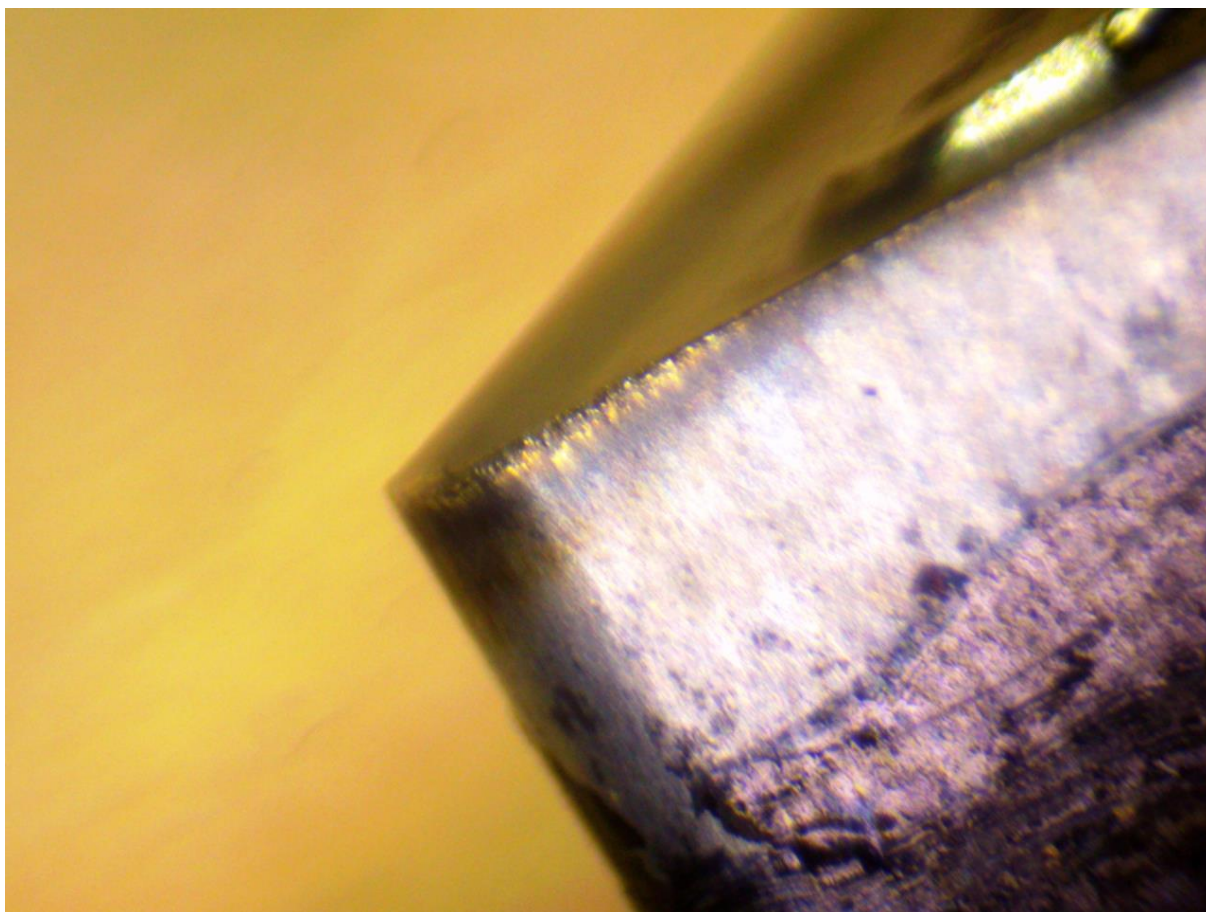
### 7.3.3. Slučaj I-3.

Tablica 7.3. Uvjeti ispitivanja za slučaj I-3.

Stroj	Nakamura WTW
Radni nalog	Q00316
Broj proizvedenih komada	40
Vrijeme izrade jednog komada	12 min
SHIP	DA
Broj okretaja	700 okretaja/min
Posmak	<b>0,09 mm</b>



Slika 7.11. Prikaz istrošenosti pločice po duljini rezne oštrice za slučaj I-3. [17]



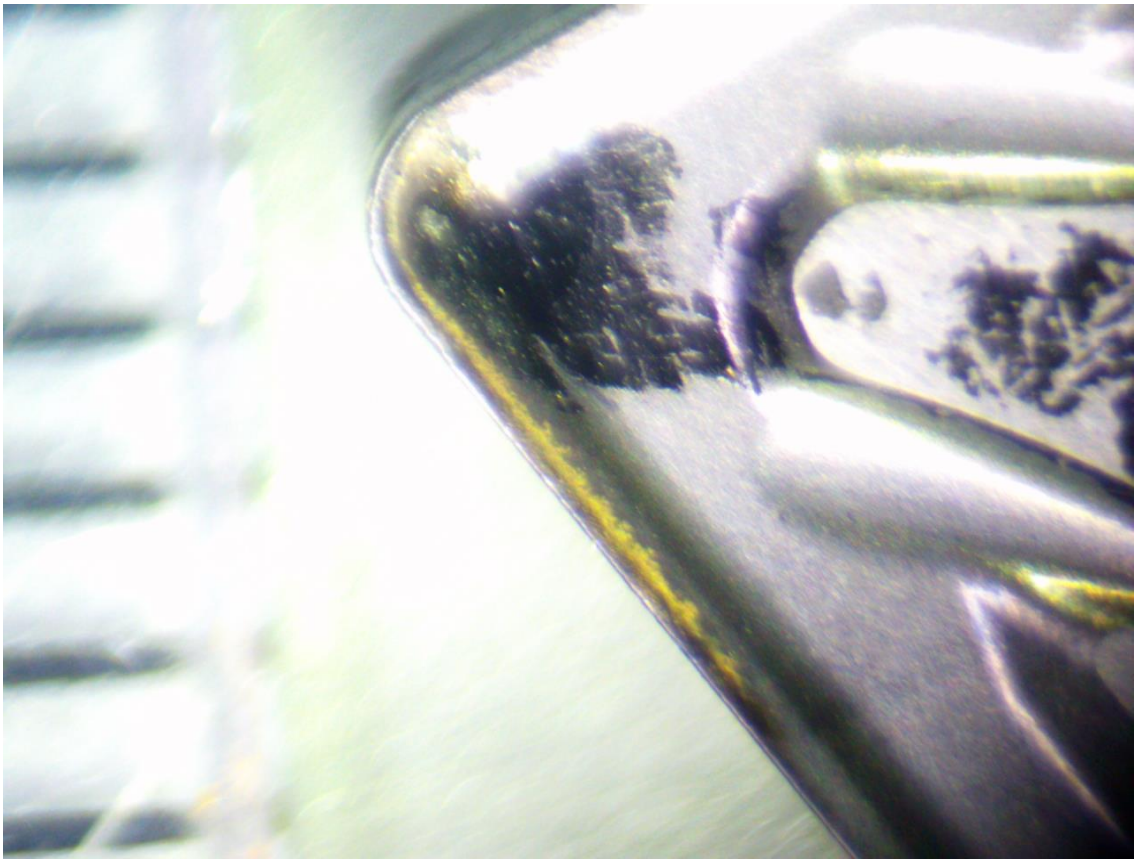
Slika 7.12. Prikaz istrošenosti pločice sa stražnje strane za slučaj I-3 [17]

## 7.4. Ispitivanje pločica na drugom radnom nalogu

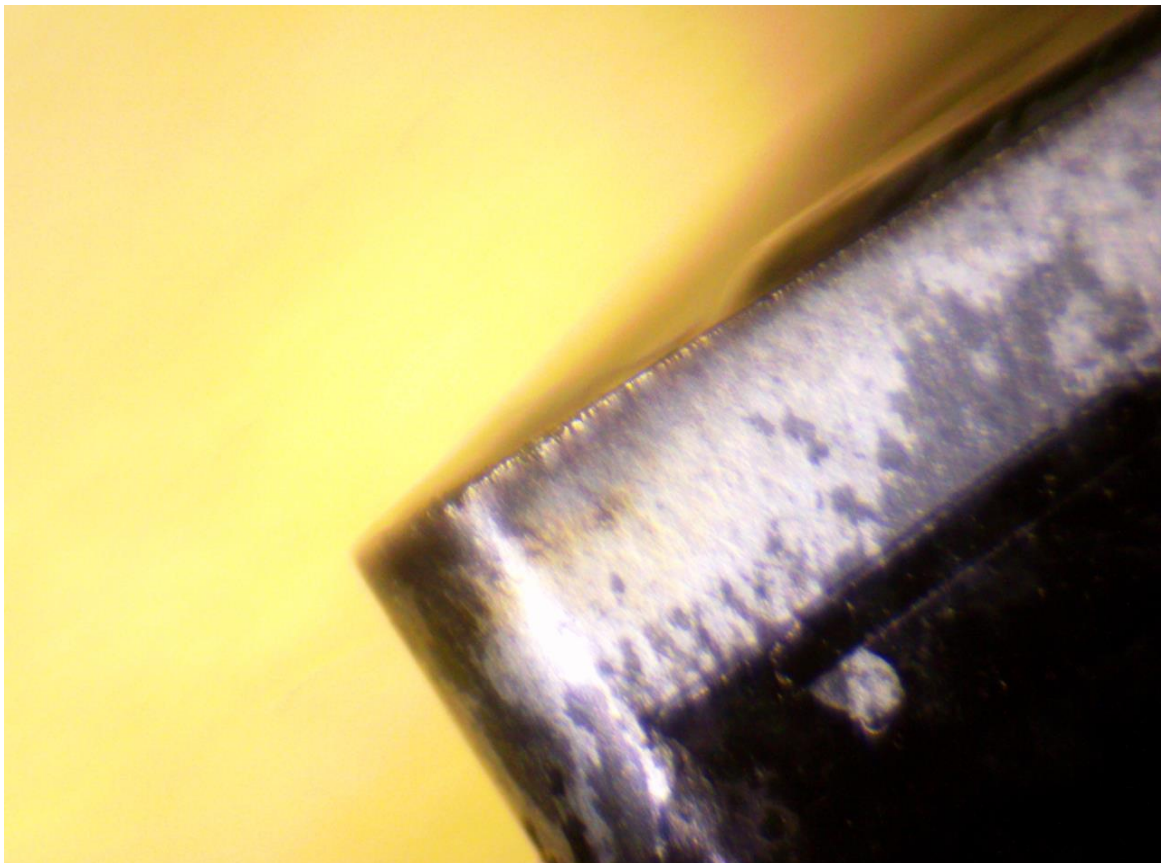
### 7.4.1. Slučaj II-1.

Tablica 7.4. Uvjeti ispitivanja za slučaj II-1.

Stroj	Nakamura WTW
Radni nalog	R03804
Broj proizvedenih komada	30
Vrijeme izrade jednog komada	16 min
SHIP	DA
Broj okretaja	700 okretaja/min
Posmak	0,12 mm



*Slika 7.13. Prikaz istrošenosti pločice po duljini rezne oštrice za slučaj II-1 [17]*



*Slika 7.14. Prikaz istrošenosti pločice sa stražnje strane za slučaj II-1 [17]*

#### 7.4.2. Slučaj II-2.

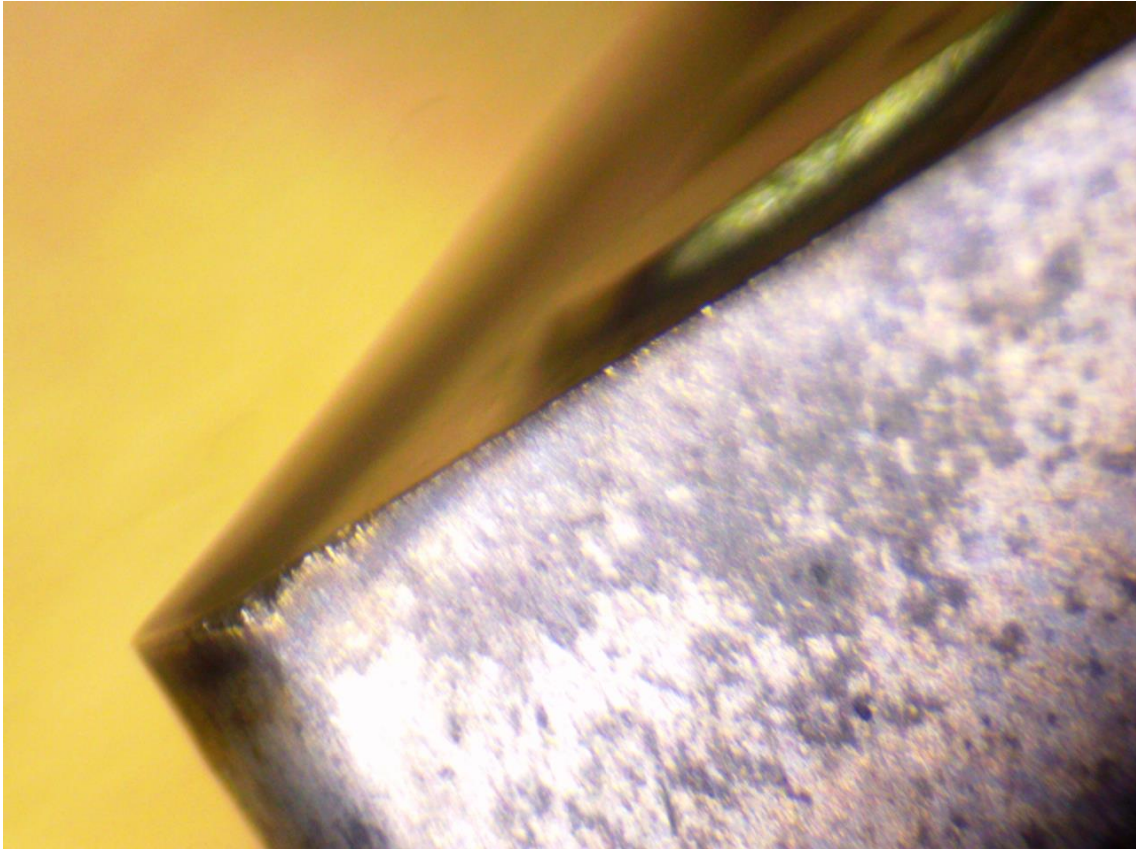
Tablica 7.5. Uvjeti ispitivanja za slučaj II-2.

Stroj	Nakamura WTW
Radni nalog	R03804
Broj proizvedenih komada	30
Vrijeme izrade jednog komada	16 min
SHIP	DA
Broj okretaja	700 okretaja/min
Posmak	<b>0,15 mm</b>



Slika 7.15. Prikaz istrošenosti pločice po duljini rezne oštrice za slučaj II-2. [17]





Slika 7.16. Prikaz istrošenosti pločice sa stražnje strane za slučaj II-2. [17]

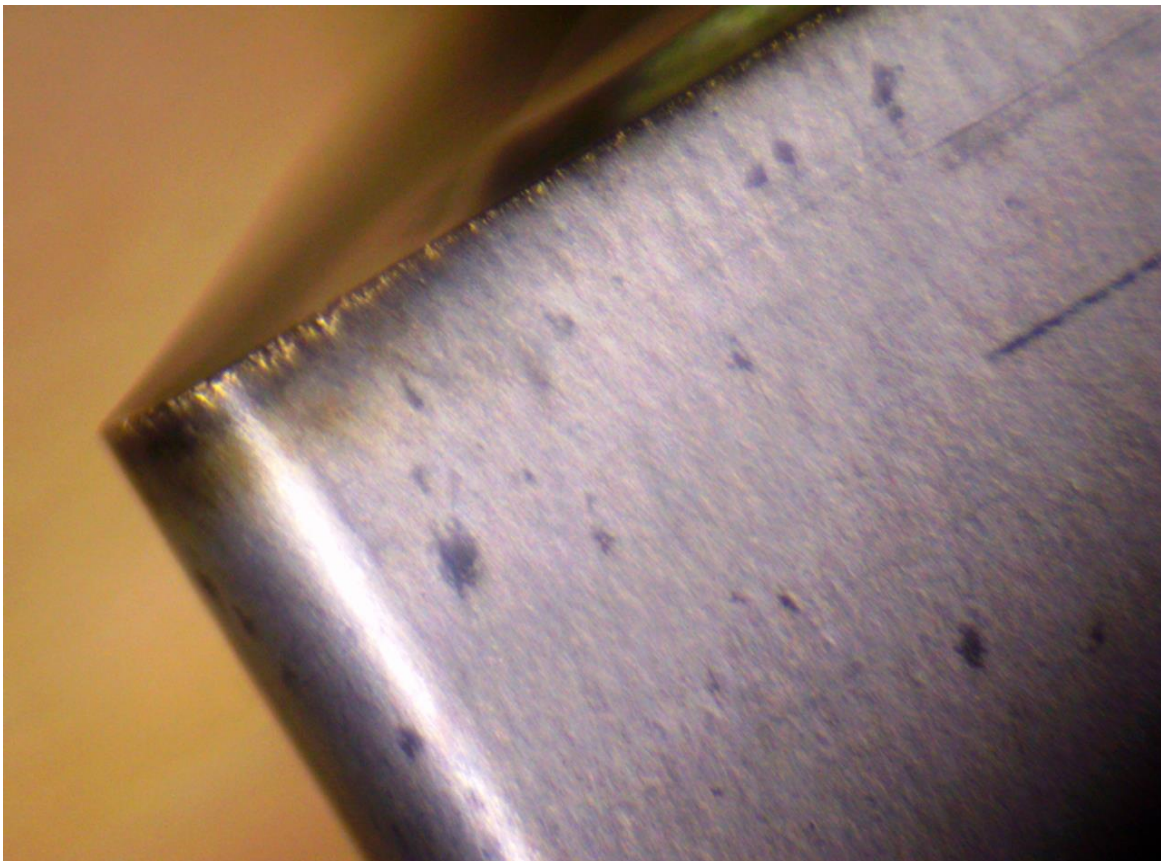
### 7.4.3. Slučaj II-3.

Tablica 7.6. Uvjeti ispitivanja za slučaj II-3.

Stroj	Nakamura WTW
Radni nalog	R03804
Broj proizvedenih komada	30
Vrijeme izrade jednog komada	16 min
SHIP	DA
Broj okretaja	700 okretaja/min
Posmak	<b>0,09 mm</b>



*Slika 7.17. Prikaz istroženosti pločice po duljini rezne oštrice za slučaj II-3. [17]*



*Slika 7.18. Prikaz istroženosti pločice sa stražnje strane za slučaj II-3. [17]*

## 7.5. Interpretacija i analiza ispitivanja

Iz navedenih podataka vidimo da su provedena 3 slučaja ispitivanja, svi parametri osim jednoga su konstantni. Parametar posmaka mijenjao se u odnosu na nominalnu vrijednost ( $f = 0,12$  mm) 25% više na ( $f = 0,15$  mm) i na 25% nižu vrijednost ( $f = 0,09$  mm). Potrebno je napomenuti da slika 7.7., slika 7.9. i slika 7.11. imaju mikroskopsko povećanje od 12 puta, a slika 7.8., slika 7.10. i slika 7.12. imaju mikroskopsko povećanje od 20 puta.

Mikroskopskom analizom pločica vidljivi su sljedeći oblici trošenja:

- trošenje stražnje površine,
- kratersko trošenje,
- plastična deformacija,
- naljepljivanje i
- razgradnje oštrice.

Usporedimo li podatke o trošenju iz sva tri slučaja najveća razlika vidljiva je u razgradnji oštrice. Kako je posmak manji tako je oštrica više razgrađena, odnosno abrazijsko trošenje najviše je baš kod najmanjeg posmaka. Naljepljivanje se jasno vidi u svim slučajevima, kako se obrađivala bronca na pločici su vidljive čestice bronce koje su se primile adhezivnim postupkom trošenja.

## 8. Zaključak

Kod strojne obrade ističu se četiri važna parametra za postizanje ili očuvanje konkurentnosti na tržištu za koje je potrebno da su na visoko razini (produktivnost, kvaliteta, ekonomičnost i pouzdanost).

Osnovni dijelovi postupka obrade odvajanjem čestica su redom sirovac, obradak i izradak. Obrada odvajanjem čestica kao sustav sastoji se od tri neophodna elementa a to su obradak, alat i alatni stroj.

Tokarenje je nezaobilazan postupak obrade kalupa za izradu staklene ambalaže, jedino kontinuiranim poboljšanjima tehnologije, proizvodnje i raznih drugih utjecaja moguće je ostati konkurentan na tržištu. Razlikujemo tri režima obrade kod tokarenja i to brzinu rezanja, posmak i dubinu rezanja. Posmak je put koji će prijeći oštrica reznog alata u smjeru posmičnog gibanja za jedan okretaj obratka.

Proces trošenja alata nastaje kao posljedica opterećenja kojima je alat izložen tijekom procesa obrade. Neki od znakova koji ukazuju na istrošenost alata su negativan utjecaj na rad stroja, slaba kvaliteta obratka, smanjena rezna sposobnost alata, povećanje sile rezanja. Neke od mjera za smanjenje trošenja su pravilan izbor materijala tribosustava, različite konstrukcijske mjere, zaštita površine materijala, podmazivanje.

Najčešće korišteni materijali alata za obradu odvajanjem čestica su tvrdi metali i brzorezni čelici.

Staklarski alat, kalup za izradu staklenih boca sastoji se od deset dijelova, dio koji je korišten za ispitivanje u ovom radu je grlo. Grlo se izrađuje iz bronce zbog svoje postojanosti i dugotrajnosti na visokim temperaturama.

Tehnologija izrade grla sastoji se od četiri operacije: DO-MET, PO-MET, TOKARENJE i ZAVRŠNO GLODANJE. Zadnja faza je završna kontrola i pakiranje pri čemu kontrolori kontroliraju svaku mjeru na grlu.

Ispitivanja utjecaja posmaka na trošenje pločice su provedena na tri slučaja, pri čemu su svi parametri konstantni osim posmaka čija se vrijednost mijenjala u odnosu na nominalnu vrijednost na 25% više i 25% manje.

Iz ispitivanja u ovom radu može se zaključiti da posmak znatno utječe na trošenje reznih pločica. Oblici trošenja koji se pojavljuju su trošenje stražnje površine, kratersko trošenje, plastična deformacija, naljepljivanje i razgradnja oštrice. Oblik trošenja u kojem je uočena najveća razlika između tri ispitana uzorka pločica je razgradnja oštrice. Pri manjem posmaku oštrica je više razgrađena, odnosno do najvećeg abrazijskog trošenja dolazi kod najmanjeg posmaka.

Upravo ovakva ispitivanja raznih utjecajnih parametara i tendencija svakodnevnog poboljšavanja imaju značajnu ulogu u ostvarivanju konkurentske prednosti.

U Varaždinu, \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_



IZJAVA O AUTORSTVU  
I  
SUGLASNOST ZA JAVNU OBJAVU

Završni/diplomski rad isključivo je autorsko djelo studenta koji je isti izradio te student odgovara za istinitost, izvornost i ispravnost teksta rada. U radu se ne smiju koristiti dijelovi tuđih radova (knjiga, članaka, doktorskih disertacija, magistarskih radova, izvora s interneta, i drugih izvora) bez navođenja izvora i autora navedenih radova. Svi dijelovi tuđih radova moraju biti pravilno navedeni i citirani. Dijelovi tuđih radova koji nisu pravilno citirani, smatraju se plagijatom, odnosno nezakonitim prisvajanjem tuđeg znanstvenog ili stručnoga rada. Sukladno navedenom studenti su dužni potpisati izjavu o autorstvu rada.

Ja, MARKO RODIĆ (ime i prezime) pod punom moralnom, materijalnom i kaznenom odgovornošću, izjavljujem da sam isključivi autor/ica završnog/diplomskog (obrisati nepotrebno) rada pod naslovom ISPIŠIVANJE UJECIJA POSMAKA NA MEHILU ŽIT (upisati naslov) te da u navedenom radu nisu na nedozvoljeni način (bez pravilnog citiranja) korišteni dijelovi tuđih radova.

Student/ica:

(upisati ime i prezime)

Rodić

(vlastoručni potpis)

Sukladno Zakonu o znanstvenoj djelatnosti i visokom obrazovanju završne/diplomske radove sveučilišta su dužna trajno objaviti na javnoj internetskoj bazi sveučilišne knjižnice u sastavu sveučilišta te kopirati u javnu internetsku bazu završnih/diplomskih radova Nacionalne i sveučilišne knjižnice. Završni radovi istovrsnih umjetničkih studija koji se realiziraju kroz umjetnička ostvarenja objavljuju se na odgovarajući način.

Ja, MARKO RODIĆ (ime i prezime) neopozivo izjavljujem da sam suglasan/na s javnom objavom završnog/diplomskog (obrisati nepotrebno) rada pod naslovom ISPIŠIVANJE UJECIJA POSMAKA NA MEHILU ŽIT (upisati naslov) čiji sam autor/ica.

Student/ica:

(upisati ime i prezime)

Rodić

(vlastoručni potpis)

## 9. Literatura

- [1] Š. Šavar: *Obrada odvajanjem čestica 1. dio*, Zagreb, 1987.
- [2] A. Pavić: *Tehnologija, Obrada odvajanjem čestica*, Veleučilište u Karlovcu, 2013.
- [3] <https://www.scribd.com/document/359353255/OBRADA-ODVAJANJEM-Skripta>, dostupno 28. 8. 2020. OBRADA ODVAJANJEM, skripta
- [4] M. Bušić: *2. Predavanje, Proizvodne tehnologije*, UNIN, Varaždin, 2020.
- [5] Z. Botak: *Obrada odvajanjem čestica (osnove)*, Predavanja – Tehnologija 1, UNIN, Varaždin, 2015.
- [6] [http://repositorij.fsb.hr/1392/1/05\\_07\\_2011\\_Zavrzni\\_rad\\_.pdf](http://repositorij.fsb.hr/1392/1/05_07_2011_Zavrzni_rad_.pdf), dostupno 2. 9. 2020.
- [7] [https://www.fsb.unizg.hr/kas/ODIOO/ODIOO%202017/1\\_predavanje\\_ODIOO.pdf](https://www.fsb.unizg.hr/kas/ODIOO/ODIOO%202017/1_predavanje_ODIOO.pdf), dostupno 5. 9. 2020.
- [8] <https://www.fsb.unizg.hr/kas/ODIOO/Tokarenje%20ooc.pdf>, dostupno 10. 9. 2020.
- [9] [http://repositorij.fsb.hr/1718/1/13\\_02\\_2012\\_Cijeli\\_zavrzni\\_3.pdf](http://repositorij.fsb.hr/1718/1/13_02_2012_Cijeli_zavrzni_3.pdf), dostupno 20. 9. 2020.
- [10] Z. Botak: *Tokarenje*, Predavanja – Tehnologija 1, UNIN, Varaždin, 2015.
- [11] [https://www.fsb.unizg.hr/kas/ODIOO/Trosenje\\_ooc.pdf](https://www.fsb.unizg.hr/kas/ODIOO/Trosenje_ooc.pdf), dostupno 2. 10. 2020.
- [12] Ž. Bezak: *Ponašanje alata za OOC u eksploataciji*, Seminarski rad, UNIN, 2019.
- [13] M. Peček: *Utjecaj geometrije svrdla i parametara obrade na trošenje oštrice pri brušenju kamena*, Diplomski rad, FSB, Zagreb, 2015.
- [14] [https://bib.irb.hr/datoteka/651766.Zvonimir\\_Dadic\\_Triboloski\\_principi.pdf](https://bib.irb.hr/datoteka/651766.Zvonimir_Dadic_Triboloski_principi.pdf), dostupno 10. 10. 2020.
- [15] Fotografije i dokumenti iz firme OMCO Croatia, Marko Rodić, 2020.
- [16] <https://www.walter-tools.com/en-gb/search/pages/default.aspx#/product/WNMG080408-RM5%20WSM10S>, dostupno 29. 10. 2020.
- [17] Laboratorijske fotografije mikroskopom sa Sveučilišta sjever, Marko Rodić, 2020.