

Obrada i kontrola proizvoda uporabom tokarskog stroja

Milovan, Armando

Undergraduate thesis / Završni rad

2019

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Pula / Sveučilište Jurja Dobrile u Puli**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:137:577449>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-02-02**



Repository / Repozitorij:

[Digital Repository Juraj Dobrila University of Pula](#)



Sveučilište Jurja Dobrile u Puli

Odjel za Tehničke studije



ARMANDO MILOVAN

**OBRADA I KONTROLA PROIZVODA UPORABOM TOKARSKOG
STROJA**

Završni rad

Pula, rujan, 2019. godine

Sveučilište Jurja Dobrile u Puli
Odjel za Tehničke studije

ARMANDO MILOVAN

**OBRADA I KONTROLA PROIZVODA UPORABOM TOKARSKOG
STROJA**

Završni rad

JMBAG: 0303038774

Studijski smjer: Preddiplomski stručni studij Proizvodno strojarstvo

Predmet: CNC obradni strojevi

Znanstveno područje: Tehničke znanosti

Znanstveno polje: Strojarstvo

Znanstvena grana: Proizvodno strojarstvo

Mentor: doc. dr. sc. Marko Kršulja

Komentor: dr. sc. Karlo Griparić



Odjel za tehničke studije

doc. dr. sc. Marko Kršulja

dr. sc. Karlo Griparić

CNC obradni strojevi

Sveučilište Jurja Dobrile u Puli

ODJEL ZA TEHNIČKE STUDIJE

ZADATAK TEME ZAVRŠNOGA RADA

Pristupniku Armandu Milovanu

MBS: 0303038774

Studentu stručnog studija Odjela za tehničke studije, izdaje se zadatak za završni rad – tema završnog rada pod nazivom:

NASLOV

OBRADA I KONTROLA PROIZVODA UPORABOM TOKARSKOG STROJA

Sadržaj zadatka:

Opisati obradu proizvoda uporabom tokarskog stroja te izvršiti proračun određivanja optimalnih parametara. Kontrolirati mjernim uređajima točnost i preciznost proizvoda, ali i samog tokarskog stroja. Objasniti konstrukcijski nacrt odabranog predmeta te faze njegove izrade. Opisati osnovnu tehnologiju tokarenja s pripadajućim alatima i postupcima izrade proizvoda. Opisati moguće greške i posljedice na kvalitetu proizvoda te uzroke istih.

Rad obraditi sukladno odredbama Pravilnika o završnom radu Sveučilišta u Puli.

(Ime i prezime studenta): Armando Milovan

Redovni ili izvanredni, proizvodno strojarstvo

(status, smjer)

Datum: 04.02.2019

Potpis nastavnika



IZJAVA O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI

Ja, dolje potpisani _____, kandidat za prvostupnika _____ovime izjavljujem da je ovaj Završni rad rezultat isključivo mogega vlastitog rada, da se temelji na mojim istraživanjima te da se oslanja na objavljenu literaturu kao što to pokazuju korištene bilješke i bibliografija. Izjavljujem da niti jedan dio Završnog rada nije napisan na nedozvoljen način, odnosno da je prepisan iz kojega necitiranog rada, te da ikoji dio rada krši bilo čija autorska prava. Izjavljujem, također, da nijedan dio rada nije iskorišten za koji drugi rad pri bilo kojoj drugoj visokoškolskoj, znanstvenoj ili radnoj ustanovi.

U Puli, _____, _____ godine

Student



IZJAVA

o korištenju autorskog djela

Ja, _____ dajem odobrenje Sveučilištu Jurja Dobrile u Puli, kao nositelju prava iskorištavanja, da moj završni rad pod nazivom

_____ koristi na način da gore navedeno autorsko djelo, kao cjeloviti tekst trajno objavi u javnoj internetskoj bazi Sveučilišne knjižnice Sveučilišta Jurja Dobrile u Puli te kopira u javnu internetsku bazu završnih radova Nacionalne i sveučilišne knjižnice (stavljanje na raspolaganje javnosti), sve u skladu s Zakonom o autorskom pravu i drugim srodnim pravima i dobrom akademskom praksom, a radi promicanja otvorenoga, slobodnoga pristupa znanstvenim informacijama.

Za korištenje autorskog djela na gore navedeni način ne potražujem naknadu.

U Puli, _____ (datum)

Potpis

SAŽETAK:

U ovome radu prikazana je obrada i kontrola proizvoda na univerzalnom tokarskom stroju marke Morando PA22 te mjerenje brzine vrtnje stezne glave. Ukratko se govori o strojnoj obradi metala pa se zatim cijeli fokus stavlja na obradu tokarenjem gdje se opisuju svi postupci obrade, alati te mjerni instrumenti koji su korišteni u svrhu obrade proizvoda. Proizvod izrađen, a zatim kontroliran na tokarskom stroju je usadni vijak za čiju se obradu koristio nehrđajući čelik oznake prema DIN standardu W.1.4404. Uz to opisuje se princip rada univerzalnog tokarskog stroja te je matematički prikazan proračun o određivanju optimalnih parametara stroja. Zatim se prelazi na opisivanje obrade proizvoda, organizacije rada, pripreme alata i mjernih instrumenata te prikaza radioničkog nacrtu za odabrani proizvod. Na kraju je uz grafički prikaz objašnjeno mjerenje brzine vrtnje stezne glave sa beskontaktnim digitalnim tahometrom marke UNI-T oznake UT372.

Ključne riječi: tokarenje, digitalni tahometar, obrada materijala

SUMMARY

This paper presents the processing and control of products on the universal lathe machine of the Morando PA22 brand and measuring the rotation speed of the shrink head. The survey was conducted on a private lathe. Metal machining is briefly discussed, and the whole focus is then placed on machining, which describes all the machining processes, tools and measuring instruments used to process the product. The product made and then controlled on the lathe is a screw bolt for which stainless steel marking according to DIN standard W.1.4404 was used. In addition, the principle of operation of the universal turning machine is described and the calculation of the optimal parameters of the machine is mathematically presented. It then goes on to describe product processing, organization of work, preparation of tools and measuring instruments, and presentation of a workshop design for the selected product. Finally, the graphical description of the rotation speed measurement of the clamp head is explained with the contactless digital tachometer of the UNI-T mark UT372.

Key words: turning, digital tachometer, material processing

SADRŽAJ:

1. UVOD	1
1.1. Problem, predmet istraživanja.....	1
1.2. Hipoteza.....	2
1.3. Ciljevi.....	2
2. OSNOVNO O STROJNOJ OBRADI	3
2.1. Strojna obrada bez odvajanja čestica.....	3
2.2. Strojna obrada s odvajanjem čestica.....	3
3. TOKARENJE	5
3.1. Podjela postupaka tokarenja.....	6
3.2. Parametri obrade.....	10
3.3. Gibanja kod tokarenja.....	13
3.4. Alati kod tokarenja.....	14
3.5. Princip rada tokarskog stroja.....	19
3.6. Proračun određivanja optimalnih parametara.....	22
4. SREDSTVA ZA HLAĐENJE I PODMAZIVANJE	26
4.1. Emulzija.....	27
5. TOLERANCIJE I KVALITETA OBRADE	29
6. OPIS OBRADE PROIZVODA	33
6.1. Organizacija rada.....	33
6.2. Obrada proizvoda.....	33
6.2.1. Priprema materijala.....	37
6.2.2. Priprema alata i mjernih instrumenata.....	38
6.2.2.1. Mjerni instrumenti.....	38
6.2.2.2. Alati za obradu.....	41
6.2.3. Zaštitna sredstva.....	42
6.3. Radionički nacrt.....	43
7. Tahometar	44
7.1. Mjerenje brzine vrtnje sa digitalnim tahometrom.....	45

8. ZAKLJUČAK.....	48
9. LITERATURA.....	49
10.PRILOZI.....	50

1. UVOD

Cilj ovog rada je objasniti i prikazati proizvodnju određenog proizvoda koristeći se obradom tokarenja. Sav taj proces odrađivati će se na privatnom tokarskom stroju marke Morando PA22 uz kontrolu brzine okretaja sa mjerenjem pomoću digitalnog tahometra marke UNI-T oznake UT372. Kvalitete obrade koje se mogu dobiti tokarenjem, neovisno da li se radi o CNC ili univerzalnoj tokarilici, kreću se od grube, polugrube pa sve do fine. Najpoznatija i najraširenija je obrada metalnih dijelova, ali se obrađivati mogu svi ostali materijali ovisno o potrebama naručitelja. Proizvod koji je obrađen u svrhu završnog rada je usadni vijak. To je vijak koji nema glavu, a sastoji se od dva međusobno razmaknuta navoja koji mogu biti isti ili različiti ovisno o njihovoj upotrebi. Koriste se u brodskim motorima kako bi se glava pričvrstila na cilindar, a zatim sve skupa na blok motora. Obrada usadnih vijaka mora biti odrađena u sklopu s dozvoljenim tolerancijama i odabirom materijala kako bi se osigurala potrebna izdržljivost na opterećenja. Kroz ovaj rad dokazane su tri metode istraživanja, a to su: eksperimentalna, matematička i metoda promatranja. Eksperimentalna metoda dokazana je tako što je od običnog komada nehrđajućeg čelika obradom na tokarskom stroju proizveden gotov proizvod i sve to je potkrijepljeno slikama. Matematička metoda prikazana je u obliku proračuna optimalnih parametara stroja i izmjerenih brzina okretaja pomoću mjernog uređaja. Metoda promatranja dokazana je tako što proizvod ispunjava sve zadane kriterije kvalitete obrade tj. proizvod je obrađen u skladu sa zadanom (finom) obradom i mjerama koje su zadane u radioničkom nacrtu.

1.1. Problem, predmet istraživanja

U obradi proizvoda troše se alati kojima se isti izrađuju što dovodi do grešaka i pada kvalitete tj. preciznosti i točnosti u izradi. Iz toga razloga je važno da se proračuna izrada proizvoda, kreira ispravan konstrukcijski nacrt te kontroliraju i sam stroj te alati kojima se proizvod izrađuje.

1.2. Hipoteza

U ovome će se radu provesti istraživanje ispravnosti i točnosti univerzalnog tokarskog stroja tako što će se proizvesti odabrani proizvod koji mora biti u skladu sa zadanim nacrtom. U toku obrade proizvod će se konstantno mjeriti kako bi imali uvid u eventualna odstupanja stroja bilo to u brzini okretaja stezne glave ili stanju kliznih staza na suprtu. Grafički će se prikazati i objasniti brzina vrtnje stroja sa onom izmjenom digitalnim tahometrom te će se dobiveni podaci usporediti.

1.3. Ciljevi

Ciljevi u ovome radu su:

- Objasniti princip rada tokarskog stroja.
- Prikazati konstrukcijski nacrt za odabrani proizvod.
- Objasniti mjerne alate za kontrolu dimenzija odabranog proizvoda.
- Prikazati uporabu tahometra za kontrolu stroja.
- Objasniti mehanička i kemijska svojstva materijala koji se koriste u procesu.
- Objasniti postupke, parametre i gibanja kod tokarenja
- Prikazati graf izmjerenih brzina na stroju

2. OSNOVNO O STROJNOJ OBRADI

2.1. Strojna obrada bez odvajanja čestica

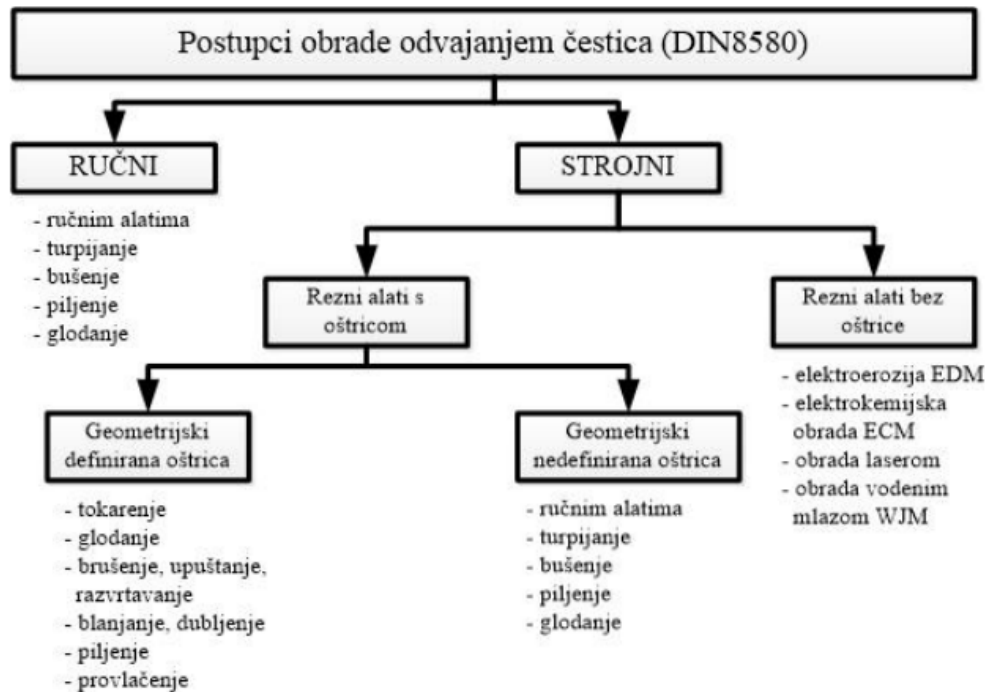
U jedne od najstarijih i najraširenijih postupaka obrade materijala definitivno spada obrada bez odvajanja čestica. Prvi materijal koji je čovjek upoznao bio je kamen od kojeg je daljnjom obradom izrađivao potrebne alate, klinove i ostala oruđa. Kako je vrijeme prolazilo pojavljivali su se novi materijali općenito govoreći o metalima i njihovim legurama. Prvi poznatiji materijal tj. metal koji se pojavio nakon kamena bio je bakar koji je i značio svojevrsnu revoluciju pa se i cijelo to razdoblje naziva bakreno doba. U to doba bakar se koristio za izradu nakita, ali s vremenom čovjek otkriva i stječe potrebno znanje za izradu dijelova od bakra uz postupke hladnog kovanja kako bi se dobila dvostruka tvrdoća. Danas se još uvijek koriste ručne tehnike obrade materijala manjih dijelova dok se za velike dijelove i serijsku proizvodnju koriste strojevi. Strojna obrada bez odvajanja čestica je takav način obrade kada se materijal mijenja u neki željeni oblik novih dimenzija, a da mu se pritom ne mijenja masa i volumen. Dijeli se na toplu i hladnu obradu. U tehnike tople obrade spadaju: kovanje, lijevanje (kalupi, peći), valjanje, spajanje (zavarivanje, lemljenje, lijepljenje), dok u tehnike hladne obrade spadaju: prešanje, savijanje (limova i cijevi), provlačenje, itd.

2.2. Strojna obrada s odvajanjem čestica

Strojna obrada s odvajanjem čestica je promjena dimenzija, svojstava ili oblika materijala na alatnim strojevima zbog mogućnosti daljnje upotrebe. Izvodi se na alatnim strojevima koji imaju unaprijed određene alate, kako bi se u što kraćem roku dobio proizvod zadovoljavajućih kvaliteta i normi. Osnovni zadatak alatnih strojeva je zamjena ljudskog rada uz povećanje točnosti, ekonomičnosti, produktivnosti itd.

Postupci obrade odvajanjem čestica mogu se podijeliti na: tokarenje, glodanje, blanjanje, bušenje, brušenje, piljenje, poliranje, honovanje, rezanje vodenim mlazom, obrada plazmom, obrada laserom itd.

U ovome radu koristiti će se postupci obrade odvajanjem čestica koji su određeni standardom DIN8580. Postupci obrade odvajanjem čestica postižu najveće točnosti i najbolju kvalitetu obrađene površine proizvoda. Svaki od tih postupaka prikazanih na slici 1. ima svoje prednosti i nedostatke u odnosu na ostale postupke obrade.



Slika 1. Podjela postupaka obrade prema DIN8580

(izvor: http://repozitorij.fsb.hr/4799/1/Sokele_2015_zavrzni_preddiplomski.pdf)

Prednosti:

- Postizanje visokih točnosti, tolerancija i kvalitete obrađene površine.
- Primjena kod gotovo svih materijala.
- Dobra ekonomičnost i produktivnost.
- Moguća obrada vrlo složenih dijelova.
- Većinu gotovih proizvoda ne treba dodatno obrađivati.

Nedostaci:

- Za neke dijelove potrebno je primjeniti više vrsta obrade.
- Alatni strojevi zauzimaju veliki prostor.
- Neke komade nije moguće obraditi u jednom prolazu.
- Složeniji dijelovi zahtijevaju primjenu CNC strojeva.

3. TOKARENJE

Tokarenje je postupak obrade odvajanjem tj. rezanjem čestica većinom dijelova valjkastog oblika, ali je moguća i obrada ravnih površina. Kod tokarenja se smanjuje volumen materijala, a izrezani dio koji otpada naziva se "strugotina" koja može imati tri oblika: rezana, trakasta i mrvičasta. Alatni strojevi na kojima se izvodi tokarenje nazivaju se tokarilice, a ovisno o načinu upravljanja dijele se na univerzalne tokarilice i CNC tokarilice. Razlikujemo još i poprečne, karusel, kopirne, revolverске, teške tokarilice i sl. Univerzalne tokarilice još se mogu podijeliti ovisno o položaju radnog vretena, a to je na: vertikalne i horizontalne koje se još nazivaju "Karusel" tokarilice. Kod univerzalne tokarilice prikazane na slici 2. položaj radnog vretena je horizontalan i mogu se obavljati sve vrste obrade dok se na "karusel" tokarilici mogu obrađivati predmeti većeg promjera, ali male visine. Komad koji se obrađuje na tokarilici naziva se "obradak" i na njemu se odvija glavno gibanje dok se posmično gibanje odvija sa alatom. Alat za tokarenje naziva se tokarski nož i on ima unaprijed određenu geometriju reznog dijela sa jednom glavnom oštricom. Ovisno o vrsti tokarilice one mogu sadržavati od jednog do više noževa na svom suprtu koji se može pomicati uzdužno i poprečno.



Slika 2. Univerzalna tokarilica

3.1. Podjela postupaka tokarenja:

1. Prema kvaliteti površine:

- Grubo.
- Polugrubo.
- Fino.

2. Prema položaju obrađene površine

- Unutarnje.
- Vanjsko.

3. Prema smjeru:

- Uzdužno.
- Poprečno.

4. Prema obliku obrađene površine:

- Poprečno.
- Konusno.
- Profilno.
- Tokarenje navoja.
- Neokruglo.
- Uzdužno.

Poprečno tokarenje

- Tokarski nož se giba okomito na os obratka.
- Može biti unutarnje i vanjsko.



Slika 3. Poprečno tokarenje

Uzdužno tokarenje

- Tokarski nož se giba u smjeru osi rotacije.
- Može biti unutarnje i vanjsko.



Slika 4. Uzdužno vanjsko tokarenje

Konusno tokarenje

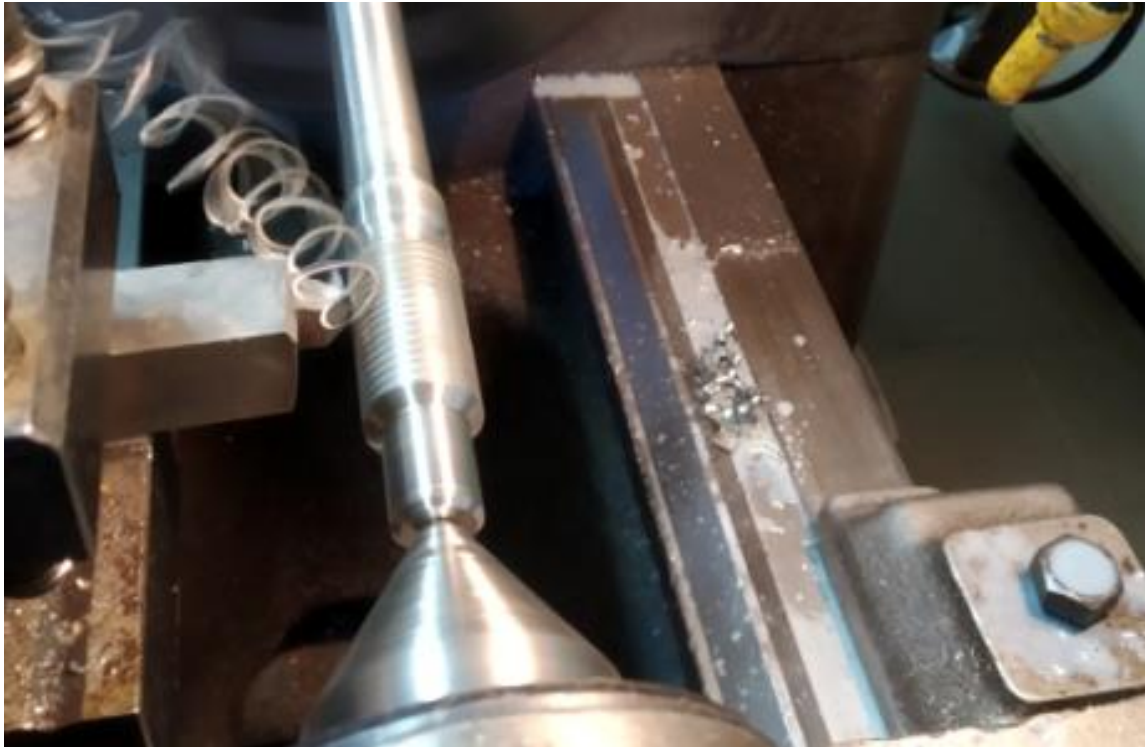
- Tokarski nož se giba pod nekim kutem u odnosu na os rotacije.
- Može biti unutarnje i vanjsko.



Slika 5. Konusno tokarenje

Tokarenje navoja

- Tokarski nož se giba u smjeru osi rotacije s unaprijed definiranim korakom navoja.
- Mogu se tokariti unutarnji i vanjski navoji.



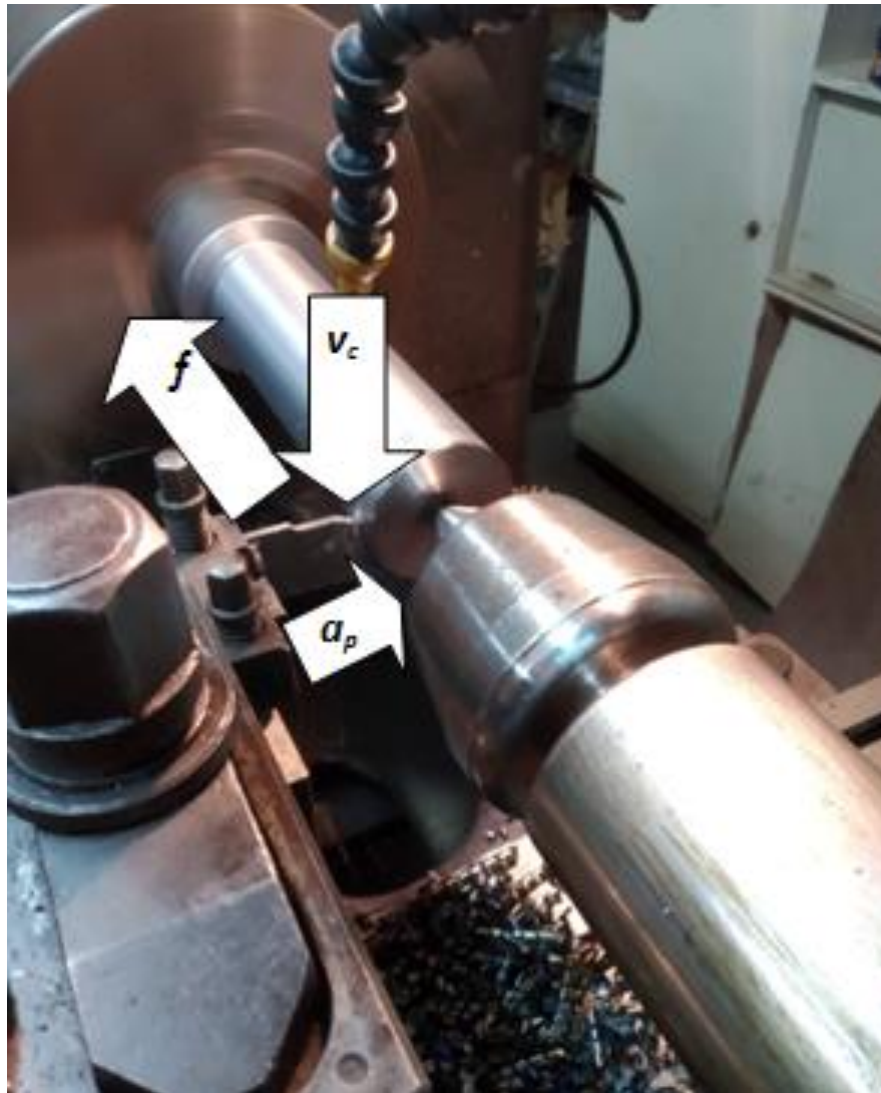
Slika 6. Tokarenje vanjskog navoja

3.2. Parametri obrade

Kod postupaka obrade materijala tokarenjem potrebno je definirati slijedeće parametre:

- Dubina rezanja.
- Posmak.
- Brzina rezanja.

Kod obrade tokarenjem jako je bitno da se ovi parametri odrede točno jer oni direktno utječu na ekonomičnost i produktivnost proizvoda zbog njihove međusobne ovisnosti. Na slici 7. prikazani su parametri obrade, a kasnije u tekstu su i objašnjeni.



Slika 7. Prikaz parametara obrade

Dubina rezanja a_p [mm] - je gibanje alata u materijal pri čemu dolazi do odvajanja sloja materijala tj. strugotine. Dubina rezanja često je određena razmakom između obrađene i neobrađene površine. U današnje vrijeme zahvaljujući visokom tehnološkom napretku strojeva i reznih materijala moguća je i obrada u jednom prolazu.

Ako to nije moguće onda se određuje najveća moguća dubina obrade uzimajući u obzir pojedine parametre, a to su: vrsta obrade (gruba ili fina), snaga stroja i svojstvo alata.

Posmak f [mm/o] – je put koji će glavna oštrica reznog alata prijeći u smjeru posmičnog gibanja za jedan okretaj obratka. Okomit je na brzinu rezanja v_c , te ovisi o dubini rezanja, stanju površine, alatu, vrsti materijala. Mjeri se u milimetrima po okretaju glavnog vretena, tj. obratka.

Posmak se definira prema formuli:

$$f = \frac{v_c}{n},$$

gdje je:

f - posmak [mm/o].

v_c - brzina rezanja [m/min].

n – broj okretaja [min^{-1}].

Brzina rezanja (v_c) [m/min] – to je brzina kojom se alat giba kroz materijal, odnosno to je put koji alat prijeđe u jedinici vremena u odnosu na obradak. Ona je svojstvena za određeni materijal i za određeni nož. Glavni kriteriji koji se uzimaju u obzir prilikom određivanja brzine rezanja su: kvaliteta površine, trošenje alata, snaga stroja, produktivnost, vibracije i ekonomičnost.

Brzina rezanja mjeri se u metrima po minuti, a definira se prema formuli:

$$v_c = D \times \pi \times n,$$

gdje je:

v_c – brzina rezanja [m/min].

D –promjer obratka [mm].

n –broj okretaja obratka [min^{-1}].

3.3. Gibanja kod tokarenja

Kod tokarenja se pojavljuju tri gibanja, a to su:

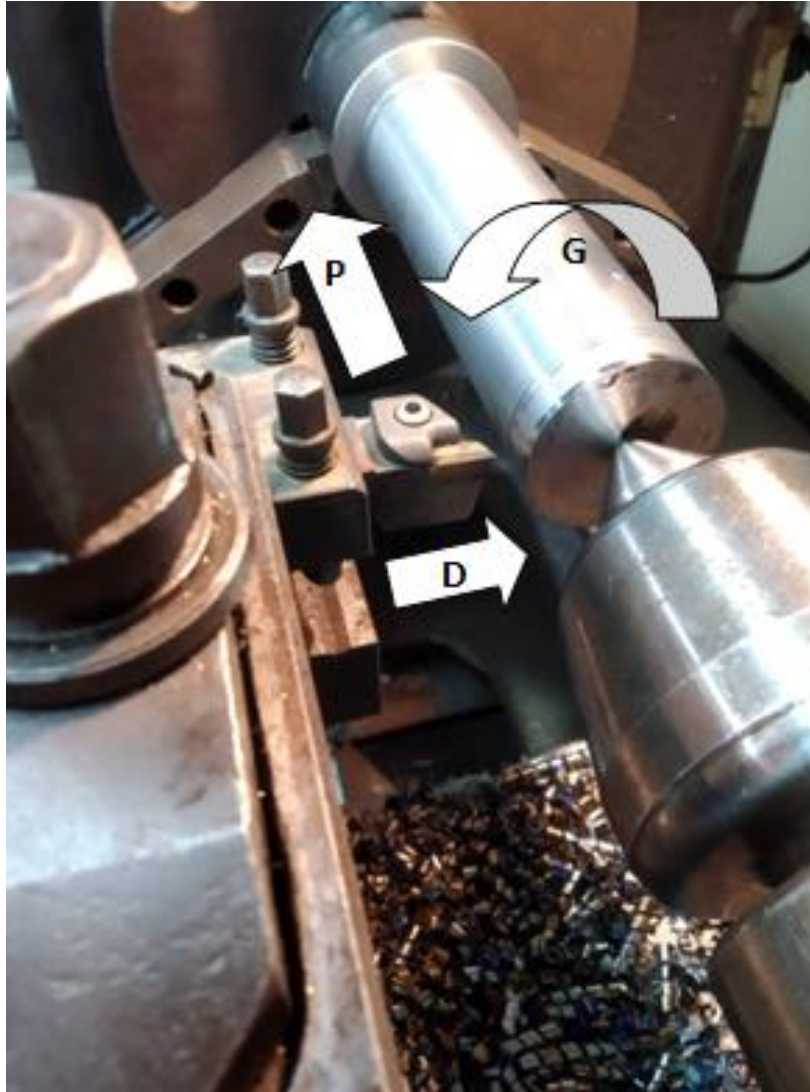
- Glavno gibanje.
- Posmično gibanje.
- Dostavno gibanje.

Sva gibanja objašnjena su u nastavku teksta i prikazani na slici 8.

Glavno gibanje (G) – izvodi se brzinom v_c i njome se obavlja odvajanje čestica s materijala, pri čemu se troši najveći dio snage na stroju. Gibanje je kružno i kontinuirano, te ga izvodi obradak.

Posmično gibanje (P) – izvodi se posmičnom brzinom v_f (koja je manja od brzine rezanja) i služi za održavanje kontakta između alata i obratka, pri čemu se troši jako malo snage na stroju. Gibanje je pravocrtno i kontinuirano, te ga izvodi alat.

Dostavno gibanje (D) – potrebno je za dovođenje alata i obratka u zahvat, određivanje dubine rezanja i povrat alata nakon obavljene obrade.



Slika 8. Prikaz gibanja na tokarskom stoju

3.4. Alati kod tokarenja

Za različite postupke tokarenja potrebno je koristiti odgovarajuće tokarske noževe. To su specijalno napravljeni alati sa definiranom geometrijom reznog dijela. Mogu biti lijevi i desni, te napravljeni iz jednog ili više komada. Tokarski nož se stalno usavršava pa se danas za njegovu izradu koriste materijali poput keramike, dijamanta, brzoreznog čelika, tvrdih metala. Osnovni elementi tokarskih noževa su drška noža i rezni dio. Drška noža služi za prihvat na alatnom stroju i za prijenos sila rezanja.

Najvažnije karakteristike koje svaki alat mora imati su:

- Žilavost.
- Otpornost na visoke temperature.
- Otpornost na trošenje.

Jako je teško napraviti alat koji će imati sve ove tri karakteristike, zato se stalno pokušavaju naći novi materijali koji će se bar malo približiti tim svojstvima. Među najtvrdje materijale zasigurno spada keramika, ali se ona zbog svoje krhkosti koristi manje od tvrdih metala koji u sebi imaju određenu dozu žilavosti i tvrdoće.

Alati za tokarenje mogu se izrađivati na dva načina:

1. Tokarski nož izrađen iz jednog komada materijala, većinom od brzoreznog čelika koji se bruse na određeni oblik.
2. Tokarski nož izrađen iz dva dijela. Drška noža izrađena je od žilavijeg i jeftinijeg materijala, a rezni dio noža je pločica koja se pričvršćuje na dršku, prikazano na slici 9. Pločice prikazane na slici 10. mogu biti izrađene od keramike, tvrdog metala, a moguće ih je pričvrstiti na dva načina: pričvrščivanjem pomoću vijka i lemljenjem pločice.



Slika 9. Nož sa pločicom pričvrščenom pomoću vijka



Slika 10. Vrste i oblici pločica za tokarenje

U nastavku su prikazani i ukratko objašnjeni neki poznatiji tokarski noževi. Tokarski nož "Vidia" prikazan na slici 11. na prvi pogled izgleda kao jednodijelni tokarski nož, ali sastoji se od drške noža i pločice koja je zalemljena za nju. Pločica je napravljena od brzoreznog čelika. „Stirija“ tokarski noževi prikazani na slici 12. izrađeni su iz jednog dijela te su napravljeni od brzoreznog čelika za obradu jako tvrdih materijala.



Slika 11. Tokarski nož "Vidia" sa zalemljenom pločicom



Slika 12. Jednodijelni tokarski noževi "Stirija"

Podjela tokarskih noževa:

1. Prema vrsti obrade:
 - Za grubu obradu.
 - Za polugrubu obradu.
 - Za finu obradu.

2. Prema položaju tokarenja:
 - Za vanjsko tokarenje.
 - Za unutarnje tokarenje.

3. Prema orijentaciji vrha alata:
 - Lijevi.
 - Neutralni.
 - Desni.

Način određivanja orijentacije tokarskog noža je kad se pravac vrha noža i palac ruke poklope na istoj strani tada je određen smjer ili orijentacija noža.

4. Za utore i odrezivanje:
 - Noževi za odrezivanje.
 - Noževi za vanjsko dubljenje.
 - Noževi za unutarnje dubljenje.
 - Noževi za čeono dubljenje.
 - Noževi za unutarnje i vanjsko podrezivanje.
 - Noževi za unutarnje i vanjsko profiliranje.

5. Noževi za navoje:
 - Za vanjske navoje.
 - Za unutarnje navoje.

Uz sve tipove tokarskih noževa treba spomenuti i šablonu za kontrolu kuta noža, prikazanu na slici 13. U ovom slučaju šablona je izrađena od lima debljine 2 mm koji na sebi ima već urezane standardne mjere kuteva.



Slika 13. Šablona za kontrolu kuta noža 60° metrički

3.5. Princip rada tokarskog stroja

Univerzalne tokarilice najčešće pokreće trofazni asinkroni motor koji je spojen na glavno radno vreteno na kojem se nalazi stezna glava za prihvat materijala. Osim tokarenja na njima su moguće i operacije bušenja, rezanja, razvrtanja i sl. Princip rada univerzalne tokarilice je takav da se u steznu glavu namontira i stegne određeni komad koji je potrebno obraditi, te se namjesti određena brzina vrtnje ovisno o vrsti materijala i željenom načinu obrade.

Potom se odabrani alat postavlja u ležište alata koje se nalazi na “uzdužnom suportu” te ako je potrebno dovodi se tekućina za podmazivanje i kreće se u obradu postavljenog komada. Suport inače klizi po vodilicama uzdužno i poprečno, a kroz njega još prolaze navojno i posmično vreteno. Posmično (glatko) vreteno se u suportu spaja pomoću pužnog mehanizma koji kod tokarenja omogućava uzdužni ili poprečni posmak. Komad koji se obrađuje naziva se “obradak” i po njemu se alat može gibati uzdužno i poprečno. Ovisno o željenoj kvaliteti obrade i o samom materijalu obratka određuje se najkorisniji broj prolazaka kako nebi došlo do pucanja vrha alata ili oštećenja samog obratka.

Ukoliko je obradak veće dužine moguće ga je fiksirati u dvije točke kako nebi došlo do neželjenog odstupanja ili vibracija. Na jednoj strani obradak drži stezna glava, a na drugoj “konjić” koji služi za centriranje dužih dijelova kako je prikazano na slici 14.

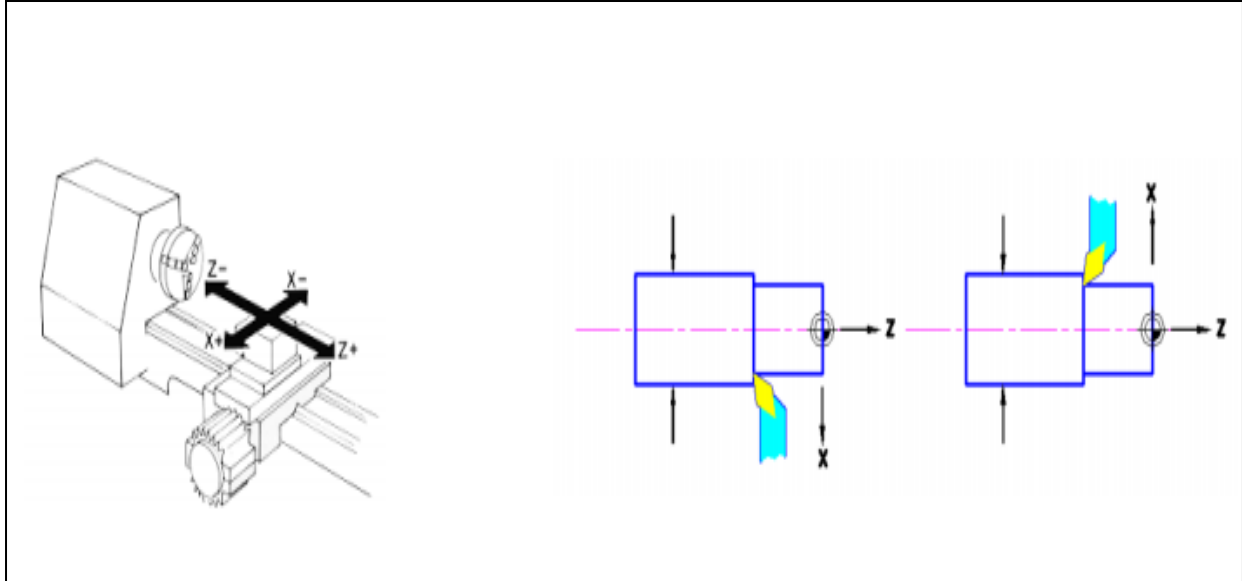


Slika 14. Prikaz komada fiksiranog u dvije točke

Kao što je već spomenuto CNC tokarilice (eng. Computer Numerical Control) su kompjuterski pogonjeni alatni strojevi koji služe za obradu rotacijskih dijelova. CNC tokarilice mogu imati jednu ili dvije stezne glave, te jedan ili dva suporta s revolverskom glavom. Na slici 15. prikazana je CNC tokarilica sa jednom steznom glavom i jednim suportom. Revolverska glava služi za prihvat više vrsta alata koji su potrebni kako bi se u jednom zahvatu izvršile sve potrebne operacije obrade. Prema položaju komada mogu se podijeliti na horizontalne i vertikalne tokarilice, te je definiran dvoosni (X-Z) koordinatni sustav gdje je X os okomita na os obratka, a Z os je paralelna sa osi obratka kako je prikazano na slici 16.



Slika 15. CNC tokarilica



Slika 16. Koordinatni sustav CNC tokarilice

(Izvor:<https://mail.google.com/mail/u/0?ui=2&ik=ff37bfc66e&attid=0.1&permmsgid=msg-f:1615183960729631781&th=166a49413232bc25&view=att&disp=inline>)

3.6. Proračun određivanja optimalnih parametara

Na tokarskom stroju obrađuje se obradak sa presjekom $\Phi 80$ mm na presjek $\Phi 70$ mm. Odrediti optimalni način obrade pod uvjetom maksimalnog iskorištavanja snage pogonskog elektromotora stroja.

PODACI:

- materijal obratka Č0545 $R_m = 56 \cdot 10^7 \text{ N/m}^2$;
- materijal alata KP;
- elementi rezne geometrije alata $\gamma = -5^\circ$ i $\kappa = 60^\circ$;
- koeficijent elastičnosti strugotine $g = 10$;
- snaga pogonskog elektromotora stroja $P_M = 25 \text{ kW}$;
- stupanj korisnosti prijenosa stroja $\eta = 0,8$;

RIJEŠENJE ZADATKA:

1) Optimalni način obrade obuhvaća dubinu rezanja, posmak i broj okretaja obratka.

Dubina rezanja se određuje na temelju dimenzija obratka prije i poslije obrade:

$$a = \frac{80 - 70}{2} = 5 \text{ mm},$$

Posmak se određuje na osnovu zadanog koeficijenta elastičnosti strugotine:

$$f = \frac{a}{g} = \frac{5}{10} = 0,5 \text{ mm/o},$$

Broj okretaja obratka se određuje na osnovu maksimalne iskoristivosti snage pogonskog elektromotora stroja:

$$P_M = \frac{F_v \cdot v}{\eta},$$

gdje je brzina rezanja:

$$v = D \cdot \pi \cdot n,$$

tako da je broj okretaja obratka:

$$n = \frac{P_M \cdot \eta}{F_v \cdot D \cdot \pi} = \frac{25\,000 \cdot 0,8}{5428 \cdot 0,08 \cdot \pi} = 14,66 \text{ o/min},$$

2) Glavni otpor (sila) rezanja, s obzirom na zadane elemente rezne geometrije alata, određuje se na temelju Kienzleove jednadžbe:

$$F_V = b \cdot h^{1-m_v} \cdot k_{v1.1} \cdot k_\gamma = 5,77 \cdot 0,433^{0,7078} \cdot 1499 \cdot 1,135 = 5428 \text{ N},$$

Debljina i širina rezanog sloja određuju se na temelju podataka datih u tablici 1. :

$$b = \frac{a}{\sin k} = \frac{5}{\sin 60^\circ} = 5,77 \text{ mm},$$

$$h = s \cdot \sin k = 0,5 \cdot \sin 60^\circ = 0,433 \text{ mm},$$

Glavna vrijednost specifičnog otpora rezanja i eksponent imaju slijedeće vrijednosti:

$$k_{v1.1} = 1499 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}, \text{ izvučeno iz tablice 2. za } \check{C}0545 \ R_m = 55,9 \cdot 10^7 \text{ N/mm}^2,$$

$$1 - m_v = 0,7078,$$

dok se korekcijski faktor koji uzima u obzir prednji kut alata $\gamma = -5^\circ$ određuje na temelju podataka danih u tablici 3. :

$$k_\gamma = \frac{106 - 1,5 \cdot \gamma}{100} = \frac{106 - 1,5 \cdot (-5^\circ)}{100} = 1,135,$$

Postupak obrade	Širina strugotine b	Debljina strugotine h	Napomena
Tokarenje	$b = \frac{a}{\sin k}$	$h = s \cdot \sin k$	a – dubina rezanja f – posmak κ – napadni kut

Tablica 1. Zadani elementi strugotine b i h za obradu tokarenjem

(Izvor: Zbirka riješenih zadataka, Tehnologija obrade rezanjem)

R. br.	Materijal obratka		$R_m \cdot 10^6$ (N/m ²)	HV 10	Specifične sile rezanja (N/mm ²)					
	po JUS-u	po DIN-u			$k_{v1,1}$	$1-m_v$	$k_{p1,1}$	$1-m_p$	$k_{s1,1}$	$1-m_s$
1.	Č1220	C15G	373	108	1481	0,7184	266	0,2029	333	0,0005
2.	Č1430	C35N	550	160	1516	0,7349	259	0,4648	321	0,1993
3.	Č0545	St50-2	559	168	1499	0,7078	274	0,5089	351	0,2987
4.	Č0745	St70-2	824	239	1595	0,6781	152	0,0994	228	0,0714
5.	Č1531	Ck45N	713	199	1427	0,7715	198	0,5426	232	0,2319
6.	Č1731	Ck60N	775	221	1686	0,7842	259	0,5870	285	0,2775
7.	Č3130	40Mn4G	618	183	1602	0,7399	290	0,6161	343	0,2909
8.	Č3230	37MnSi5G	676	196	1581	0,7532	259	0,5870	317	0,3113
9.	Č5420	15NiCr6 G	589	180	1482	0,7403	274	0,5089	340	0,2997
10.	Č5421	18CrNi8 G	578	181	1446	0,7328	257	0,5273	351	0,3437

Tablica 2. Vrijednosti $k_{i1,1}$ i $1-m_v$

(Izvor: Zbirka riješenih zadataka, Tehnologija obrade rezanjem)

SILE- -OTPORI REZANJA	Korektivni faktori za D (mm); v (m/min); VB (mm); $\gamma, \lambda, \alpha, \kappa$ ($^{\circ}$)						
	$k_{op}^{*})$	$k_{va}^{*})$	k_h	k_{γ}	k_{λ}	k_{α}	k_{κ}
F_v	$1,05 + \frac{1}{D}$	$\left(\frac{100}{v}\right)^{r \cdot \infty}$	$1 + \zeta \cdot VB$ $\zeta = 0,2 + 0,5$	$\frac{106 - 1,5\gamma}{100}$	$\frac{100 - 1,5\lambda}{100}$	-	-
F_s	-	$\left(\frac{100}{v}\right)^{0,35}$	$1 + \zeta \cdot VB$ $\zeta = 1,0 + 2,5$	$\frac{106 - 5\gamma}{100}$	$\frac{100}{100}$	$\frac{105 - \alpha}{100}$	$\frac{\sin \kappa^{\circ}}{\sin 70^{\circ}}$
F_p	-	-	$1 + \zeta \cdot VB$ $\zeta = 1,2 + 3,0$	$\frac{106 - 4\gamma}{100}$	$\frac{100 - 10\lambda}{100}$	$\frac{105 - \alpha}{100}$	$\frac{\cos \kappa^{\circ}}{\cos 70^{\circ}}$

Tablica 3. Vrijednosti korekcijskih faktora

(Izvor: Zbirka riješenih zadataka, Tehnologija obrade rezanjem)

4. SREDSTVA ZA HLAĐENJE I PODMAZIVANJE

Sredstva za hlađenje i podmazivanje su fluidi kojima je glavni zadatak hlađenje i podmazivanje alata i obratka u trenutku obrade tamo gdje može doći do povišenja temperature. Hlađenjem i podmazivanjem u trenutku obrade smanjuje se trošenje alata, postiže se bolja kvaliteta obrade, smanjuju se sile rezanja te se čisti radno mjesto. Nije preporučljiva dugotrajna obrada bez tih sredstava jer dolazi do pojava visokih temperatura koje se odraze na alat obradak pa vrlo lako može doći do pucanja alata i zaglavlivanja noža u obratku. Velikim zagrijavanjem neki materijali gube svoja svojstva i otpornost na koroziju pa u budućnosti može doći do zakazivanja obrađenog komada.

Za podmazivanje i hlađenje upotrebljavaju se :

- Ulja – mineralna, biljna i životinjska ulja, te njihove mješavine, kao i sintetička ulja. Koriste se pri manjim brzinama rezanja gdje nema značajnog porasta temperature.
- Emulzije – sastoje se od ulja koje služi za pospješivanje podmazivanja, te od vode, emulgatora i ostalih aditiva. Uloga emulgatora je da održava ulje u sitnim kapljicama u vodi. Koriste se pri obradi visokim brzinama rezanja gdje postoji znatan porast temperature.
- Polusintetička sredstva za hlađenje, ispiranje i podmazivanje – kemijske emulzije koje sadrže malu količinu mineralnih ulja razrijeđenu u vodi i obogaćenu aditivima.
- Sintetička sredstva za hlađenje, ispiranje i podmazivanje – potpuno sintetička sredstva s aditivima, pomješane u vodi bez prisutnosti ulja.

4.1. Emulzija

Često se kao sredstva za hlađenje i podmazivanje koriste razne emulzije koje se sastoje od međusobno pomiješanih ulja, vode i raznih koncentrata. Koncentrat prikazan na slici 17. korišten u ovom radu je INA BU 7 koja je namjenjena pri obradi tokarenjem. Pri pripremi emulzije uvijek se koncentrat mora ulijevati u vodu, nikad voda u koncentrat. U ovom slučaju u vodu se dodaje 5 % koncentrata kako je navedeno u specifikacijama proizvoda. Emulziju se ne smije pripremati u kalupu stroja nego se mora izmješati u posebnim čistim posudama uz stalno miješanje. Koncentrat je smeđe boje, međutim u dodiru s vodom poprima mliječni izgled. Na slici 18. prikazano je kako se emulzija koristi u trenutku obrade, a nalazi se u donjem kalupu tokarskog stroja te se preko pumpe dovodi na mjesto obrade. Kako služi za hlađenje i podmazivanje tako služi i za odvođenje izrezane strugotine kako bi nož imao slobodno kretanje. Obrada “na suho” nije preporučljiva, ali pogrešan način je i dodavanje nekih drugih neprimjerenih sredstava.

Oduvijek ulja služe za podmazivanje svih vrsta motora i strojeva, ali ovakva vrsta obrade zahtjeva posebno proizvedena ulja samo za tu namjenu jer bi u protivnom dolazilo do ljepljenja i zadržavanja strugotine u radnom dijelu alata. Zbog toga bi došlo do međusobnog zagrijavanja između noža i obratka te pojave pogrešaka u procesu tokarenja. Emulzija je potrošna tvar i zahtijeva mijenjanje ovisno o tome koliko su strojevi u pogonu. Njezina kvaliteta i ispravnost se mogu utvrditi vizualno tako što su vidljive promjene u boji te dolazi do odvajanja ulja od vode i gustih nakupina na samoj površini. Emulzija gubi na kvaliteti kad izgubi svoje osnovne karakteristike, a to su mazivost i viskoznost.



Slika 17. Koncentrat za emulziju

(izvor: <http://www.ina-maziva.hr/hr/proizvod/ina-sint-b/260>)



Slika 18. Prikaz emulzije za hlađenje i podmazivanje

5. TOLERANCIJE I KVALITETA OBRADJE

Apsolutno precizna izradu komponenti na dimenziju naznačenu u tehničkom crtežu nije moguće izraditi savršeno točno, bez ikakvih odstupanja. Tolerancija je dozvoljeno odstupanje dimenzija od nazivne vrijednosti. U strojarstvu postoje tolerancije dužinskih mjera za vanjske (npr. širina klina, promjer osovine) i za unutarnje (npr. širina utora za klin, promjer rupe) mjere, tolerancije oblika i položaja, te tolerancije kvalitete hrapavosti površina.

Postoje dva načina zadavanja tolerancija, a to su: direktni način i tolerancije zadane iz standardiziranog ISO sustava. U mnogim Europskim državama pa tako i u Republici Hrvatskoj koristi se ISO sustav tolerancija i dosjeda (ISO 286).

Sustav ISO razlikuje tolerancije unutarnjih i vanjskih mjera. Vanjske mjere su one mjere kod kojih se dodirne površine mjernog alata pri mjerenju naslanjaju izvan mjerene dužine (npr. dužina vratila).

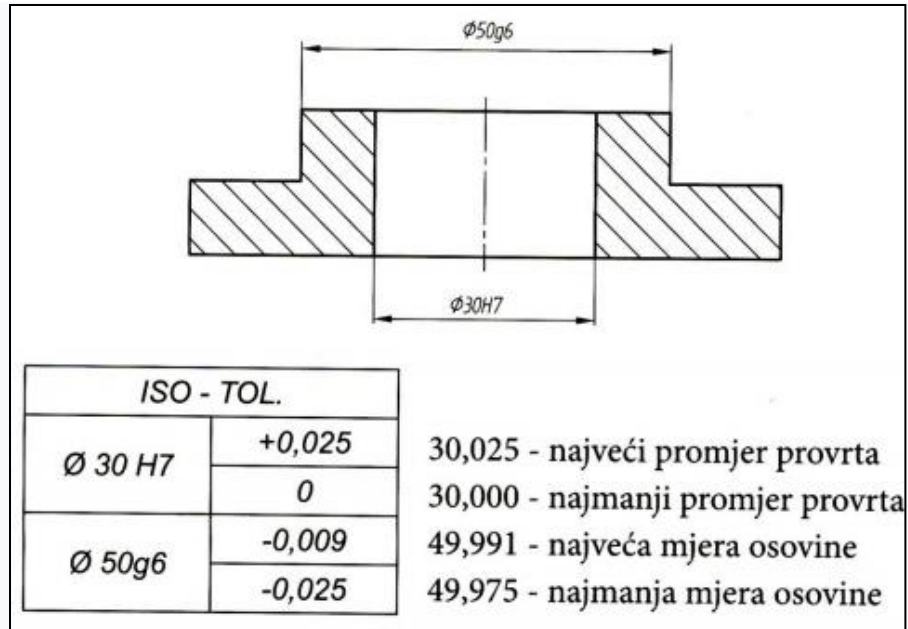
Unutarnje mjere su one mjere kod kojih se dodirne površine mjernog alata pri mjerenju naslanjaju unutar mjerene dužine (npr. provrt). Veličine koje se odnose na vanjske mjere označavaju se malim slovima abecede, dok se kod unutarnjih mjera označavaju velikim slovima abecede kako je prikazano na slici 19.

U ISO sustavu tolerancija, tolerancijsko polje određeno je veličinom tolerancije i njenim položajem u odnosu prema nul-liniji kako je prikazano na slici 20.

Oznaka	Vrijednost	Naziv
D_i	[mm]	Nazivna mjera
D_{max}	[mm]	Gornja granična mjera provrta
D_{min}	[mm]	Donja granična mjera provrta
d_{max}	[mm]	Gornja granična mjera osovine
d_{min}	[mm]	Donja granična mjera osovine
ES	[mm]	Gornje odstupanje provrta
EI	[mm]	Donje odstupanje provrta
es	[mm]	Gornje odstupanje osovine
ei	[mm]	Donje odstupanje osovine
T_D	[mm]	Tolerancija unutarnje mjere
T_d	[mm]	Tolerancija vanjske mjere
IT	[mm]	Kvaliteta tolerancije

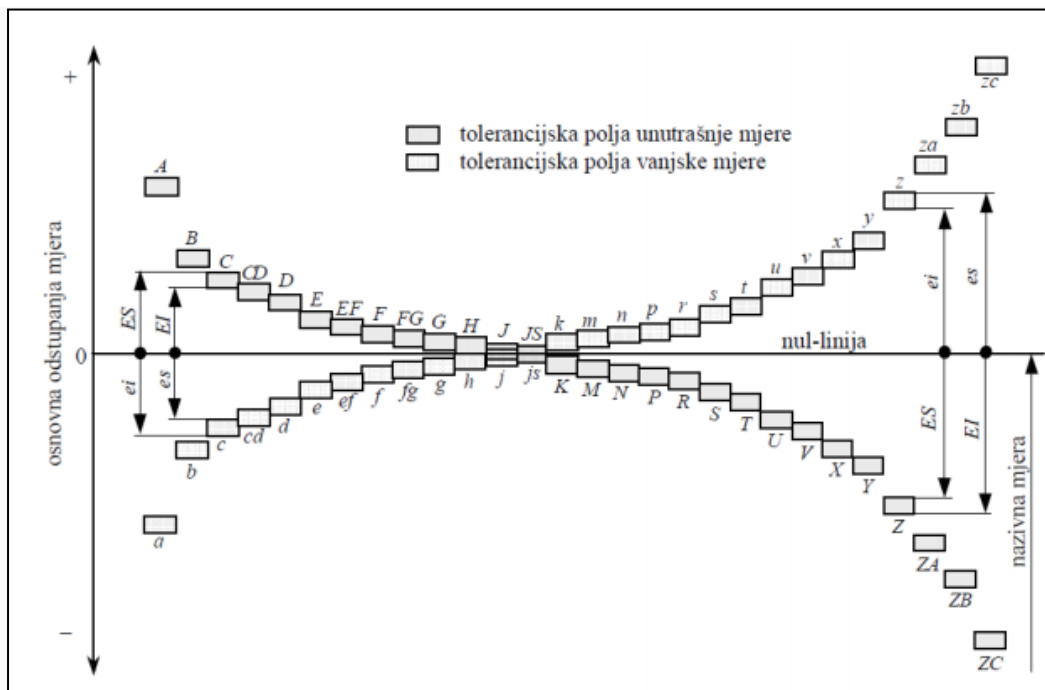
Tablica 4. Nazivi oznaka tolerancija dužinskih mjera

(izvor: <https://bib.irb.hr/datoteka/321780.ES-skripta-760-kon.pdf>)



Slika 19. Označavanje tolerancija prema ISO 286 standardu

(izvor: https://zoranpericsplit.weebly.com/uploads/1/2/4/9/12491619/os_7_tolerancije.pdf)



Slika 20. Položaj tolerancijskog polja u odnosu na nul-liniju

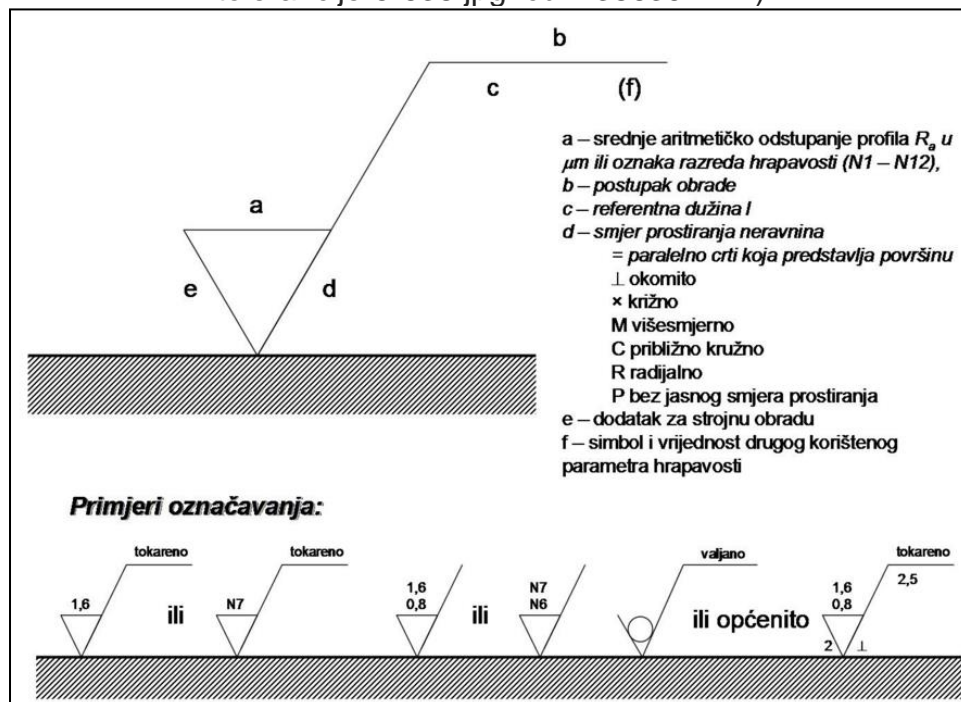
(izvor: <https://image.slidesharecdn.com/9-tolerancije-131207044810-phpapp01/95/9-tolerancije-6-638.jpg?cb=1386391741>)

Na slici 21. prikazane su kvalitete obrade gdje kvaliteta IT 01 ima najveću točnost tj. veličina tolerancije joj je najmanja, dok kvaliteta IT 18 ima najmanju točnost tj. veličina tolerancije joj je najveća. Kod tokarenja se postižu obrade u kvaliteti od N4 do N12. Označavanje hrapavosti površine u radioničkom nacrtu prikazano je na slici 22.

Područje upotrebe	Kvaliteta tolerancije (IT)																				
	01	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
Mjerni pribor	Precizna mjerila						Mjerila za radioničku kontrolu														
							Najbolja kvaliteta														
Opća strojogradnja							Kvalitetna izrada														
							Srednja izrada														
							Gruba izrada														
Grube tolerancije za kovane, lijevane i grubo obrađene poluproizvode																					

Slika 21. Smjernice za izbor kvalitete tolerancije

(izvor: <https://image.slidesharecdn.com/9-tolerancije-131207044810-phpapp01/95/9-tolerancije-5-638.jpg?cb=1386391741>)



Slika 22. Označavanje hrapavosti površine u radioničkom nacrtu

(izvor: https://upload.wikimedia.org/wikipedia/hr/thumb/1/1d/Oznacavanje_hrapavosti_po_vrsina.jpg/350px-Oznacavanje_hrapavosti_povrsina.jpg)

6. OPIS OBRADE PROIZVODA

Prije početka izrade bilo kojeg proizvoda potrebno je odrediti pravilan redoslijed operacija i faza rada, te primjenu određenih sredstava (mjerna i zaštitna oprema) koja su neophodna da bi se određeni proizvod mogao proizvesti u skladu s propisanim pravilima.

6.1. Organizacija rada

Na prvom mjestu uvijek mora biti sigurnost radnika te dobra organizacija radnog mjesta kako bi se osiguralo kvalitetno izvršenje radnog zadatka. Na glavnom mjestu nalazi se stroj koji mora biti smješten tako da ima dovoljno svjetla i mjesta za rad. Ako se obrađuju veći i teži komadi u blizini stroja mora biti dizalica. Alat i pribor nalaze se na policama gdje su posebno sortirani tokarski noževi i ostala oprema. U sklopu radnog mjesta nalazi se i radni stol koji nam služi za odlaganje tokarskih noževa i ostalog alata, kao i određenog dijela proizvoda na kojem izvodimo obradu. U blizini radnog mjesta mora bit i dobra ventilacija kako bi se odvodio zagađeni zrak i dovodio čisti.

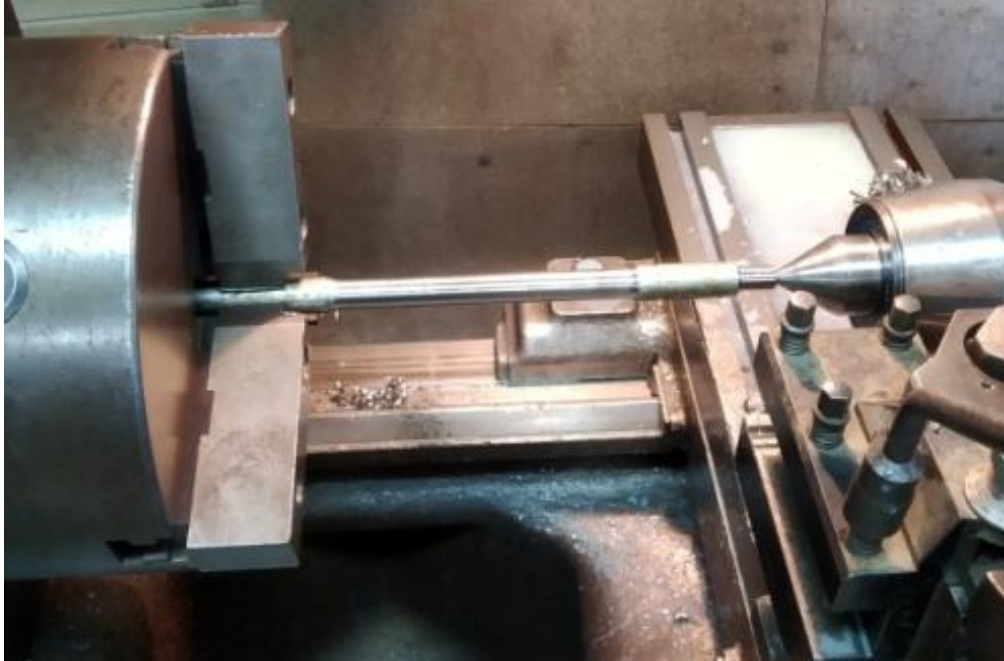
6.2. Obrada proizvoda

Prije svake obrade proizvoda vizualno se pregleda zadani materijal nebi li se uočili nekakvi nedostaci. Ukoliko je materijal u redu izmjeri se i označe se zadane dimenzije koje su potrebne i kreće se sa prvim korakom obrade.

Koraci obrade proizvoda:

- 1) Prvi korak obrade je taj da se obradak stavlja u steznu glavu, stegne se ključem i kreće se sa izravnavanjem krajeva sa nožem za poprečno tokarenje oštricom pod kutem od 45°.

- 2) Sa svrdlom promjera $\Phi 6$ mm izbuše se centri sa obje strane da bi se obradak fiksirao u dvije točke, prikazano na slici 23., kako nebi došlo do vibracija.
- 3) Ukopavanje u struk vijka sa promjera $\Phi 18$ mm na $\Phi 15$ mm izvodi se sa nožem za radijus pri brzini od 265 o/min. Sredina usadnog vijka naziva se "struk" tj. to je mjesto bez navoja koje trpi najveća naprezanja.
- 4) Zatim se ležište vijka urezuje sa promjera $\Phi 18$ mm na $\Phi 13$ mm ukupne dužine 17 mm.
- 5) Izrada navoja na donjem dijelu usadnog vijka ukupne dužine 41 mm izvodi se sa tokarskim nožem koji ima oštricu pod kutem od 60° i korakom navoja 2 mm. Navoj se radi pomoću navojnog vretena pri brzini od 225 o/min, može se raditi pri većim i manjim brzinama ovisno o materijalu i sposobnostima radnika.
- 6) Potom se navoj kontrolira šablonom poznatom kao "češalj" za navoje kako je prikazano na slici 24. Između svake odrađene operacije obradak se mora kontrolirati sa pomičnim mjerilom kako bi se izbjegla neželjena odstupanja.
- 7) Kada se završi sa jednom stranom obradak se okreće za 180° i vraća se u steznu glavu, te se kreće sa obradom posljednjeg dijela proizvoda.
- 8) Na gornjoj strani usadnog vijka nalazi se navoj ukupne dužine 83 mm koji se radi isto kao i prethodni donji navoj sa nožem oštrice pod kutem od 60° i korakom navoja od 2 mm.
- 9) U završnom koraku navoj se opet kontrolira češljem za navoje te se obradak polira sa brusnim papirom kako bi se uklonile zaostale oštre čestice.



Slika 23. Prikaz obratka u toku obrade

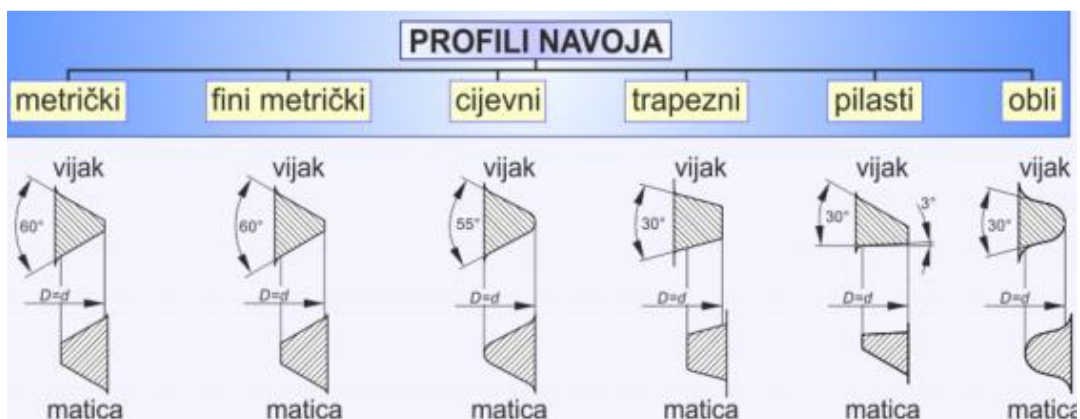


Slika 24. Provjera navoja

Navoj izrađen na usadnom vijku sa slike 25. je metrički normalni navoj sa korakom od 2 mm koji se najviše koristi u općoj strojogradnji i koji se za razliku od finog metričkog navoja teže oštećuje i zahtijeva manju točnost izrade. Razlikujemo još i navoje tipa Whithworth (cijevni i normalni), trepezni, pilasti, obli i sl. kako je prikazano na slici 26. Izmjerene dimenzije dužeg navoja vijka su M18x83, a kraćeg M18x41. Sredina tj. struk vijka je promjera $\Phi 15\text{mm}$, dok je ležište vijka promjera $\Phi 13\text{ mm}$. Ukupna dužina proizvoda je 300 mm.



Slika 25. Usadni vijak



Slika 26. Profili navoja

(izvor: <https://www.ffri.hr/~mdundjer/Elementi%20strojeva%20I/07-VijcaniSpojevi.pdf>)

Pod obradom proizvoda podrazumijeva se:

- Priprema materijala i njegova svojstva.
- Priprema alata i mjernih instrumenata.
- Zaštitna sredstva.

6.2.1. Priprema materijala i njegova svojstva

U kategoriju najkorištenijih alata na svijetu visoko mjesto definitivno zauzima čelik. Čelik je legura željeza i ugljika (2,06%) pa se zbog njegove velike iskoristivosti gotovo sva dobivena količina sirovog željeza u ljevaonicama prerađuje u čelik, jer su njegova mehanička svojstva daleko bolja od čistog sirovog željeza. Kako bi se dobio inox tj. nehrđajući čelik potrebno je željezu (Fe) dodati krom (Cr) u mjeri od minimalno 12% do maksimalno 30% ovisno o proizvođaču. U odnosu na druge čelike ima povećanu čvrstoću i tvrdoću. Jedan od glavnih faktora koji mogu naštetiti materijalu je korozija. Korozija je proces trošenja materijala pod utjecajem okoline kao što su: razni plinovi, tekućine, atmosfera itd. Kako bi se inoxu dodatno poboljšala svojstva i otpornost na koroziju dodaje mu se nikal (Ni). U kombinaciji spajanja kroma i nikla razvijeni su čelici tipa 18/8 što znači da u sebi sadrže 18% kroma i 8% nikla, te su vrlo otporni na djelovanje kiselina.

U ovome radu za izradu usadnog vijka potreban je komad nehrđajućeg čelika dimenzija $\Phi 18 \times 300$ mm koji nosi oznaku AISI 316 ili prema DIN standardu W.1.4404, vlačne čvrstoće 490-690 N/mm². Ovaj materijal poznat pod nazivom inox u sebi sadrži nešto veći udio nikla koji mu daje povećanu otpornost na morsku vodu. Zbog takvih svojstava cijena mu je nešto veća od drugih, ali je nezamjenjiv u slijedećim primjenama: nautika, ograda uz more, ograda za bazene, rubova stepenica i ukratko svugdje gdje određeni proizvodi dolaze u doticaj s vodom.

W. Nr.	Vlačna čvrstoća $R_m(N/mm^2)$	Granica razvlačenja $R_p 0,2 (N/mm^2)$	Izduženje %	Žilavost ISO-V (J)
1.4301	500 - 700	195	35 - 45	55 - 85
1.4306	460 - 680	180	35 - 40	55 - 85
1.4401	510 - 710	205	30 - 40	55 - 85
1.4404	490 - 690	190	30 - 40	55 - 85
1.4541	500 - 730	200	30 - 40	55 - 85
1.4571	500 - 730	210	26 - 40	45 - 85

Tablica 5. Mehaničke karakteristike nehrđajućih čelika

(izvor: <http://www.serto-bel.hr/inox-opcenito/mehanicke-karakteristike-nehrdjajucih-celika-inox.html>)

6.2.2. Priprema alata i mjernih instrumenata

Kod svake obrade odvajanjem čestica može doći do pogrešaka koje mogu biti zbog ljudskog faktora tj. krivo unešenih dimenzija ili zbog neispravnosti alata (potrošen tokarski nož ili glodalo). Zato je potrebno svaki obradak detaljno izmjeriti po mogućnosti više puta kako bi smanjili mogućnost pogreške i kako bi naručitelj dobio proizvod onakav kakav je naručio. Neki od instrumenata kojima možemo vršiti mjerenja su: pomično mjerilo, mikrometar, mjerne pločice, mikrometar za provrte.

6.2.2.1. Mjerni instrumenti

Tijekom obrade usadnog vijka za kontrolu dimenzija korišteno je pomično mjerilo od 150 mm sa satom koje je prikazano na slici 27. Pomično mjerilo (poznatiji kao „šubler“) je mjerni instrument za ručno mjerenje koji se može izrađivati od metala, drva, plastike itd. Sastoji se od dva dijela od kojih je jedan fiksni, a drugi pomični te se njime mogu mjeriti unutarnji i vanjski promjeri, provrti i slično. Na sebi ima ucrtanu mjernu skalu koja osigurava točnost mjerenja ovisno o njegovoj veličini ili izvedbi. U nastavku su prikazani i objašnjeni ostali mjerni instrumenti koji se još mogu koristiti ovisno o zahtjevima proizvoda.



Slika 27. Pomično mjerilo

Mikrometar za provrte – funkcioniraju na principu mikrometarskog vijka, ali u ovom slučaju služe za mjerenje promjera u rupama. Imaju jako visoku točnost mjerenja te se najčešće izrađuju od kaljenog čelika sa presvlakom od titana kako bi im se osigurala trajnost. Okretanjem vijka sve tri pločice prikazane na slici 28. istovremeno se izvlače prema van dok ne dotaknu mjerenu površinu.



Slika 28. Mikrometar za provrte

Mikrometar – mjerni instrument visoke preciznosti za mjerenje jako malih duljina. Visoku preciznost mu omogućava centralni vijak sa finim navojem koji se nalazi u šupljoj matici. Na rotirajućem dijelu ima ugrađeni kotačić sa zaporom koji klikne kada mjerni dio dotakne mjereni predmet kako nebi došlo do prekomjerne sile, a samim time i do pogrešnog mjerenja. Postoje izvedbe sa digitalnim prikazom izmjerenih dimenzija radi lakšeg očitavanja. Na slici 29. je prikazan mikrometar u rasponu mjerenja od 50-70 μm .



Slika 29. Mikrometar

Komparator – mjerni instrument koji ne prikazuje samu mjeru, već pokazuje samo odstupanje od te mjere. Najviše se kontrolira kružnost, pravocrtnost, ravnost itd. Komparator je zglobno povezan sa stalkom na čijem se donjem dijelu nalazi magnet koji služi za pričvrščivanje na metalnu podlogu kako je prikazano na slici 30. Magnet mora biti jak i čvrst kako nebi došlo do pomicanja uslijed mjerenja.



Slika 30. Komparator

6.2.2.2. Alati za obradu

Stezni alat:

- Stezna glava s ključem.
- Stezna glava za svrdla.
- Ključ za pritezanje nosača noževa.
- Ključ za pritezanje matice konjića.

Rezni alat:

- Nož za poprečno tokarenje pod kutemo od 45°.
- Nož za uzdužno tokarenje.
- Savijeni nož za poprečno tokarenje 45°.
- Nož za odsjecanje.
- Zaobljeni nož za radijuse.
- Spiralno svrdlo $\Phi 6$ mm.

6.2.3. Zaštitna sredstva

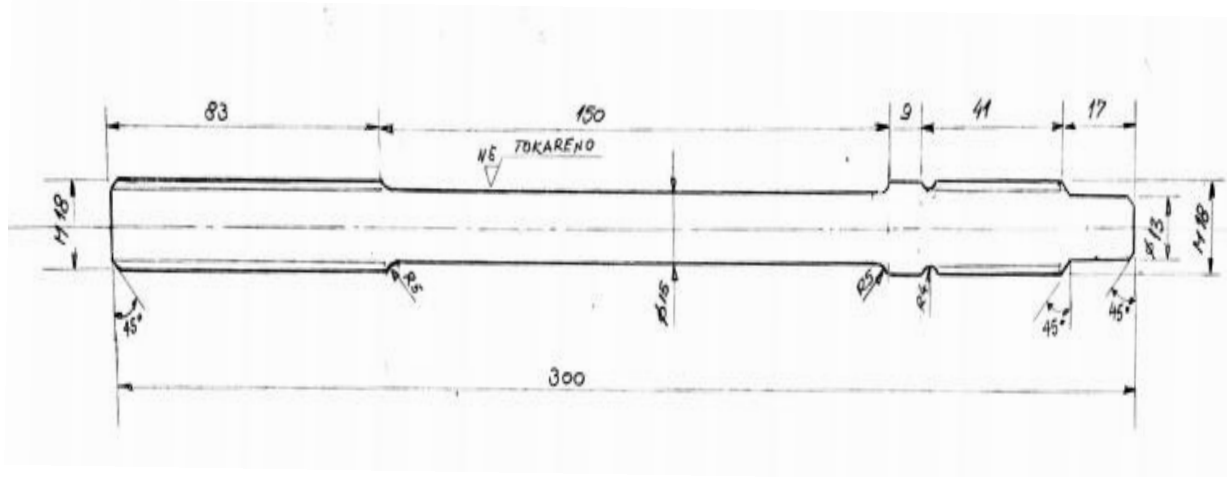
Svi radnici bilo to u manjim ili većim pogonima moraju proći obuku zaštite na radu. Na poslodavcu je da osigura svakom radniku obavljanje radnih zadataka u uvjetima za siguran rad. Da bi se to ostvarilo u osnovnoj organizaciji treba utvrditi: potrebu kao i način korištenja osobnih zaštitnih sredstava, način ostvarivanja prava na zaštitu pri radu, način pružanja prve pomoći. Osobna zaštitna sredstva su predmeti odjeće i obuće koji služe za zaštitu tijela od štetnih utjecaja radne okoline.

Najosnovnija zaštitna sredstva su:

- Zaštitno radno odijelo.
- Zaštitne cipele.
- Zaštitne rukavice.
- Zaštitne naočale.

Da bi se moglo sigurno obavljati zadani radni zadatak moraju se savladati osnovna znanja iz zaštite na radu, te biti u toku sa novim saznanjima i iskustvima iz tog područja. Time će se puno doprinijeti vlastitoj, te sigurnosti ostalih radnika na radnom mjestu.

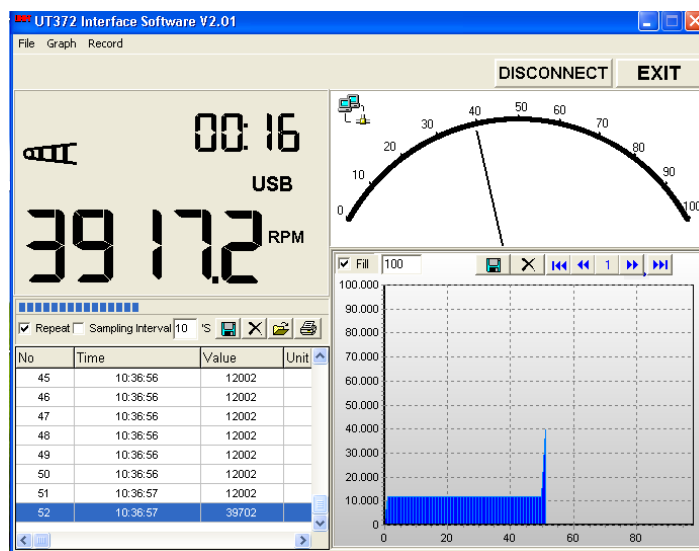
6.3. Radionički nacrt



	Datum	Ime i Prezime	Potpis	
Konstruirao				Sveučilište Jurja Dobrile u Puli
Crtao		Armando Milovan		
Ovjerio				
Mjerilo				Materijal
1:15	Crtež br. 001			Inox 1.4404
Radionički crtež usadnog vijka				

7. TAHOMETAR

Tahometar je mjerni instrument za mjerenje brzine vrtnje bilo kojeg rotirajućeg tijela. Prema načinu rada mogu se podijeliti na dvije skupine tj. na analogne i digitalne. U prošlosti su se koristili isključivo analogni mjeraci, međutim koriste se i danas, ali u manjoj mjeri zbog pojave digitalnih tahometara. Digitalni tahometri proizvedeni su zbog potreba veće pouzdanosti, točnosti i brzine mjerenja jer je njihova upotreba puno brža i lakša od analognih. Osnovna prednost analognih tahometara nad digitalnima je njihova jednostavnost mjerenja i robusnost, ali su ograničeni za određeni broj okretaja i veličinu mjenog tijela dok se kod digitalnih tahometara može mjeriti u rasponu od nekoliko desetaka tisuća okretaja elektromotora ili nekog rotirajućeg tijela. Digitalni tahometri još se mogu podijeliti i na kontaktne i beskontaktne što uvelike olakšava mjerenje jer nije potrebna nikakva dodatna oprema ili nosači koji bi pridržavali instrument nego se njegova laserska zraka jednostavno usmjeri na željeni dio te je on zatim spreman za mjerenje. Još jedna prednost koju posjeduju digitalni tahometri je memorija pomoću koje tahometar pamti zadnje mjerenje te se pomoću USB kabela lako priključuje na svako računalo. Na slici 31. se vidi izgled sučelja tahometra na računalo u kojem se nalazi svi podaci prikazani u tablici i na grafu od prethodnog mjerenja.



Slika 31. Izgled sučelja tahometra na računalo

(izvor: Uni-trend technology)

7.1. Mjerenje brzine vrtnje sa digitalnim tahometrom

U ovom završnom radu za mjerenje brzine vrtnje na tokarskom stroju korišten je beskontaktni digitalni tahometar prikazan na slici 32. marke UNI-T oznake UT372. To je vrlo lagan i jednostavan mjerni instrument jer ne zahtijeva od mjeritelja nikakvo prethodno znanje kao što je slučaj kod analognih instrumenata gdje mjeritelj mora precizno očitati izmjerenu vrijednost sa mjerne skale. U ovom slučaju mjerena je brzina vrtnje na univerzalnom tokarskom stroju tako da je na steznu glavu zalijepljena svijetleća traka koja služi kao indikator, kako bi instrument dobivao impulse koje pretvara u mjerene vrijednosti. Instrument je jednostavno držan u ruci i uperen prema steznoj glavi kako je prikazano na slici 33. te je na tokarskom stroju podešavano više načina okretaja kako bi se brzine usporedile sa izmjerenim vrijednostima na tahometru. Sveukupno je mjereno šest različitih brzina i od je dobiven graf prikazan na slici 34. Do odstupanja je počelo dolaziti na četvrtom mjerenju kako su se brzine krenule povećavati tj. nisu se međusobno podudarale što je naznaka trošenja doknadnih dijelova stroja. Doknadni dijelovi su dijelovi stroja koji su izloženi trošenju, a nalaze se na nosivim dijelovima stroja tako da se mogu zamijeniti. To mogu biti spojke, zupčanici, ležajevi, razno remenje i slično. Svaki od tih dijelova ima na sebi označeni identifikacijski broj koji treba navesti uz model stroja i serijski broj pri kupnji novih zamjenskih dijelova.

Tehničke specifikacije	Model
Mjerno područje	10 – 99 999 okretaja
Raspon mjerenja	10-99, 100-999, 1000-9999, 10 000-99 999 okretaja
Točnost	0,04% ± 2 znamenke
Zaslon	99 999
Udaljenost mjerenja	50mm do 200mm
Start/Hold	Zadržavanje podataka
MAX/MIN/AVE/ZERO	Aritmetička sredina, 0
Stanje mirovanja	Približno 15min
Baterija	4,8V
USB	Da

Tablica 6. Specifikacije uređaja

(izvor:https://www.unitrend.com/html/product/Environmental/Environmental_Tester/UT370_Tachometers/UT372.html)



Slika 32. Digitalni tahometar

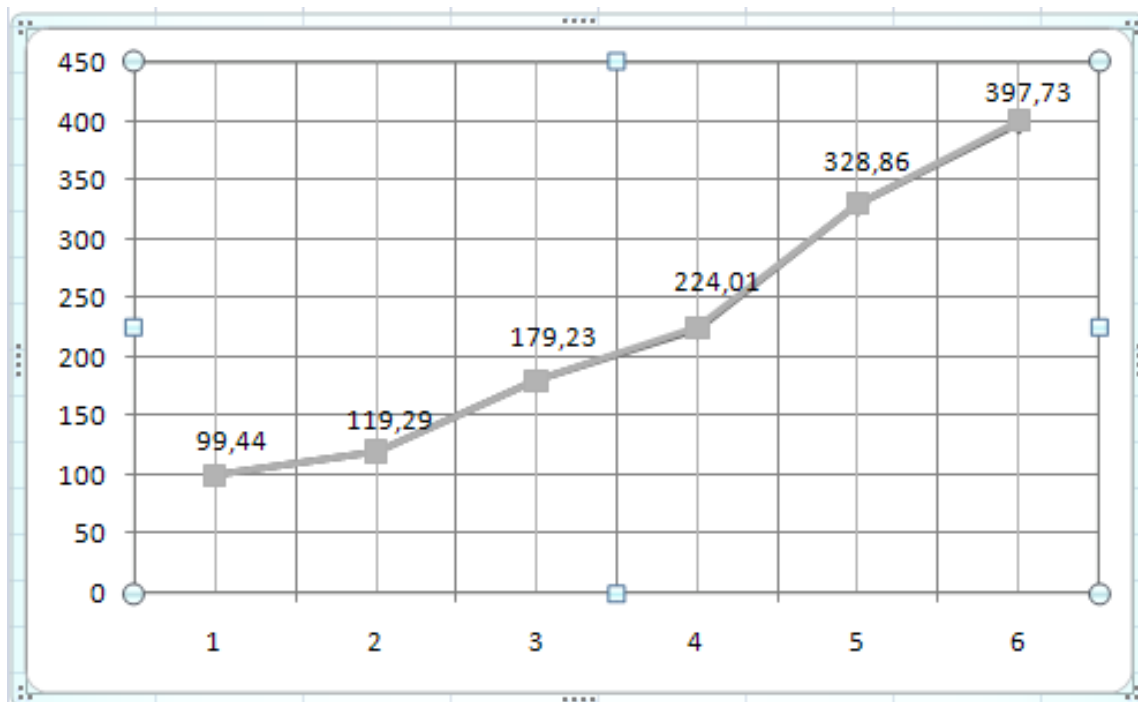
(izvor:https://www.unitrend.com/html/product/Environmental/Environmental_Tester/UT370_Tachometers/UT372.html.)



Slika 33. Tahometar mjeri brzinu vrtnje na steznoj glavi

Test	Zadana brzina stroja	Izmjerena brzina
1	100	99,44
2	120	119,29
3	180	179,23
4	225	224,01
5	330	328,86
6	400	397,73

Tablica 7. Usporedba brzina



Slika 34. Grafički prikaz brzina

8. ZAKLJUČAK

Istraživanje u ovom radu provedeno je na privatnom tokarskom stroju Morando PA22 sa svim propisanim alatima i instrumentima. Kontrolirale su se dvije stavke, a to su: ispravnost preciznosti suporta na stroju i mjerenje brzine vrtnje na steznoj glavi. Ukratko, suport na tokarskom stroju služi za prihvat reznog alata i on se u odnosu na obradak može gibati uzdužno i poprečno. Uz to klizi po stazama tj. vodilicama koje moraju biti čiste i podmazane kako nebi došlo oštećenja istih. Na tim mjestima lako se skupljaju ostaci strugotine pa s vremenom dolazi do oštećenja vodilica, stoga je takav stroj netočan za rad.

Konkretno u ovom slučaju što se tiče suporta i njegovog gibanja (uzdužno i poprečno) sve je ispravno. To je dokazano tako što je prema radioničkom nacrtu izrađen proizvod tj. usadni vijak koji je obrađen bez ikakvih odstupanja od zadanih mjera. Ispravnost navoja prekontrolirana je šablonama za navoje pa se stoga može zaključiti da su suport i oba vretena (navojno i posmično) ispravna. Što se tiče brzine vrtnje stezne glave, mjerenje je provedeno na ukupno šest različitih brzina sa digitalnim tahometrom UNI-T oznake UT372. Na stroju se nalazi više tvorničkih brzina u nekoliko stupnjeva prijenosa. Mjerenje je provedeno tako što je digitalni tahometar ručno uperen u steznu glavu na čijoj se površini nalazila reflektirajuća traka koja je služila za prekidanje laserske trake. Tahometar je zatim dobivao povratni signal koji se pretvarao u izmjerenu vrijednost ispisanu u okretajima po minuti.

U svrhu istraživanja usporedila se zadana brzina stroja sa onom izmjerenom pomoću tahometra. U prve četiri brzine bilo je jako malo odstupanje (oko 1 o/min), skoro zanemarivo. Međutim kako se se brzine podizale tako su se podizala i odstupanja. Odstupanje brzine vrtnje znak je potrošenosti u sklopu stroja u kojem se nalaze svi potrošni dijelovi kao što su: zupčanici, razno remenje, ležajevi i sl. Svaki od tih dijelova je zamijenjiv stoga se preporuča servis stroja kako bi se uklonila navedena odstupanja.

9. LITERATURA:

- 1) Zdenković R. , *Obrada metala skidanjem čestica*, Fakultet strojarstva i brodogradnje, Zagreb, 1985.
- 2) Šavar Š. , *Obrada metala odvajanjem čestica*, Školska knjiga, Zagreb, 1990.
- 3) Hercigonja E. , *Elementi strojeva*, Školska knjiga, Zagreb, 1987.
- 4) Proizvodno inženjerstvo, *Oblikovanje deformiranjem i obrada odvajanjem*, Fakultet strojarstva i brodogradnje, Zagreb, 2004.
- 5) Milikić D. , Kovač P. , Gostimirović M. , Uzelac S. , Sekulić M. , *Tehnologija obrade rezanjem*, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, 2000.
- 6) Decker K. H. , *Elementi strojeva*, Tehnička knjiga, Zagreb, 1975.
- 7) www.serto-bel.hr
- 8) http://repositorij.fsb.hr/4799/1/Sokele_2015_zavrsni_preddiplomski.pdf

10. PRILOZI

Popis slika:

Slika 1. Podjela postupaka obrade prema DIN8580.....	4
Slika 2. Univerzalna tokarilica.....	6
Slika 3. Poprečno tokarenje.....	7
Slika 4. Uzdužno vanjsko tokarenje.....	8
Slika 5. Konusno tokarenje.....	9
Slika 6. Tokarenje vanjskog navoja.....	10
Slika 7. Prikaz parametara obrade.....	11
Slika 8. Prikaz gibanja na tokarskom stroju.....	14
Slika 9. Nož sa pločicom pričvršćenom pomoću vijka.....	15
Slika 10. Vrste i oblici pločica za tokarenje.....	16
Slika 11. Vidia tokarski nož.....	17
Slika 12. Stirijski tokarski nož.....	17
Slika 13. Šablona za kontrolu kuta noža 60° metrički.....	19
Slika 14. Prikaz komada fiksiranog u dvije točke.....	20
Slika 15. CNC tokarilica.....	21
Slika 16. Koordinatni sustav CNC tokarilice.....	22
Slika 17. Koncentrat za emulziju.....	28
Slika 18. Prikaz emulzije na stroju.....	29
Slika 19. Označavanje tolerancija prema ISO 286 standardu.....	31
Slika 20. Položaj tolerancijskog polja u odnosu na nul-liniju.....	31
Slika 21. Smjernice za izbor kvalitete tolerancije.....	32
Slika 22. Označavanje hrapavosti površine u radioničkom nacrtu.....	32

Slika 23. Prikaz obratka u toku obrade.....	35
Slika 24. Provjera navoja.....	35
Slika 25. Usadni vijak.....	36
Slika 26. Profili navoja.....	36
Slika 27. Pomično mjerilo.....	39
Slika 28. Mikrometar za provrte.....	39
Slika 29. Mikrometar.....	40
Slika 30. Komparator.....	41
Slika 31. Izgled sučelja tahometra na računalu.....	44
Slika 32. Digitalni tahometar.....	46
Slika 33. Tahometar mjeri brzinu vrtnje na steznoj glavi.....	46
Slika 34. Grafički prikaz brzina.....	47

Popis tablica:

Tablica 1. Zadani elementi strugotine b i h za obradu tokarenjem.....	25
Tablica 2. Vrijednosti $k_{i1.1}$ i $1-m_v$	25
Tablica 3. Vrijednosti korekcijskih faktora.....	26
Tablica 4. Nazivi oznaka tolerancija dužinskih mjera.....	30
Tablica 5. Mehaničke karakteristike nehrđajućih čelika.....	38
Tablica 6. Specifikacije uređaja.....	45
Tablica 7. Usporedba brzina.....	46

Popis simbola:

Oznaka	Mjerna jedinica	Opis
a_p	[mm]	Dubina rezanja
b	[mm/o]	Širina strugotine
D	[mm]	Promjer obratka
F_v	[N]	Glavna sila, otpor rezanja
F	[mm/o]	Posmak
g	/	Koeficijent elastičnosti strugotine
h	[mm]	Debljina strugotine
KP	/	Materijal alata (keramička pločica)
κ	[°]	Napadni kut alata
κ_y	/	Korekcijski faktor
n	[o/min]	Broj okretaja
η	/	Stupanj korisnosti prijenosa stroja
P_M	[kW]	Snaga pogonskog EM stroja
R_m	[N/m ²]	Zatezna čvrstoća materijala
v_c	[m/min]	Brzina rezanja
γ	[°]	Prednji kut alata

