

Tehnologija izrade vijka prema zadanoj tehničkoj dokumentaciji

Hrastinski, Martin

Undergraduate thesis / Završni rad

2022

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

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:122:176659>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-01-22**



Repository / Repozitorij:

[University North Digital Repository](#)





**Sveučilište
Sjever**

Završni rad br. 398/PS/2022

**Tehnologija izrade vijka prema zadanoj tehničkoj
dokumentaciji**

Martin Hrastinski, 2788/336

Varaždin, rujan 2022. godine



Sveučilište Sjever

Odjel za strojarstvo

Završni rad br. 398/PS/2022

Tehnologija izrade vijka prema zadanoj tehničkoj dokumentaciji

Student

Martin Hrastinski, 2788/336

Mentor

doc. dr. sc. Matija Bušić, dipl. ing. stroj.

Varaždin, rujan 2022. godine

Prijava završnog rada

Definiranje teme završnog rada i povjerenstva

ODJEL Odjel za strojarstvo

STUDIJ preddiplomski stručni studij Proizvodno strojarstvo

PRISTUPNIK Martin Hrašćinski

MATIČNI BROJ 2788/336

DATUM 14.09.2022.

KOLEGIJ Alatni strojevi

NASLOV RADA Tehnologija izrade vijka prema zadanoj tehničkoj dokumentaciji

NASLOV RADA NA ENGL. JEZIKU Production technology for bolt according to default technical documentation

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 povjerenstva
3. dipl. ing. stroj. Marko Horvat, član povjerenstva
4. doc.dr.sc. Tomislav Veliki, zamjenski član povjerenstva
5. _____

Zadatak završnog rada

BROJ 398/PS/2022

OPIS

U završnom radu potrebno je na praktičnom primjeru vijka za bicikle prikazati tehnologije i postupke koji se koriste u proizvodnji. U uvodu je potrebno opisati proizvod, navesti i opisati vrstu materijala od kojeg se proizvodi te potrebne zahtjeve koje proizvod mora ispunjavati. Budući da proizvod na sebi sadrži i navoj BSC 9/16 x 20 potrebno je i definirati specifičnu vrstu navoja. Na temelju dostupne literature opisati sve proizvodne tehnologije, strojeve i alate potrebne za obradu u svim fazama proizvodnje. Za utiskivanje šesterokutnog utora za imbus alat definirati alate i tehnologije koje su potrebne za izradu. Prikazati sve parametre u proizvodnji te izraditi izračun utrošenog vremena potrebnog za proizvodnju. Na kraju donijeti zaključak o odabranom slijedu proizvodnje, korištenim tehnologijama te samoj ekonomičnosti proizvodnje. U radu je potrebno navesti korištenu literaturu te eventualno dobivenu pomoć.

ZADATAK URUČEN

14.09.2022

POTPIS MENTORA

M. Bušić



MABOM
AAIFBBAIMO

Sveučilište
Sjever



SVEUČILIŠTE
SJEVER

**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, MARTIN HDASTIJSKI (ime i prezime) pod punom moralnom, materijalnom i kaznenom odgovornošću, izjavljujem da sam isključivi autor/ica završnog/diplomskog (obrisati nepotrebno) rada pod naslovom TEHNOLOGIJA IZRADE VIJKA PREMA ZADATKU (upisati naslov) te da u navedenom radu nisu na nedozvoljeni način (bez pravilnog citiranja) korišteni dijelovi tuđih radova.

Student/ica:

(upisati ime i prezime)

Martin Hlastinski

(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, MARTIN HDASTIJSKI (ime i prezime) neopozivo izjavljujem da sam suglasan/na s javnom objavom završnog/diplomskog (obrisati nepotrebno) rada pod naslovom TEHNOLOGIJA IZRADE VIJKA PREMA ZADATKU (upisati naslov) čiji sam autor/ica. TEHNIČKOJ DOKUMENTACIJI

Student/ica:

(upisati ime i prezime)

Martin Hlastinski

(vlastoručni potpis)

Predgovor

Zahvaljujem se svome mentoru doc. dr. sc. Matiji Bušiću na mentorstvo i pruženoj stručnoj pomoći tijekom pisanja završnog rada.

Zahvaljujem se svim profesorima i djelatnicima sveučilišta na prenesenom znanju koje sam stekao za vrijeme studiranja.

Posebno se zahvaljujem svojoj obitelji i prijateljima na razumijevanju tijekom studiranja.

Sažetak

Glavni zadatak završnog rada je razrada tehnološke pripreme proizvodnje vijka koji na sebi sadrži BSC 9/16 x 20 navoj. Opisani su alatni strojevi i njihovi alati, njihova namjena, podjela te se nešto detaljnije opisuje obrada tokarenjem, koja je izabrana za izradu zadanog vijka. Definirana je tehnologija izrade s mikro razradom svake operacije te su prikazani svi potrebni strojevi i alati.

Ključne riječi: vijak, tokarenje, alati, mikrorazrada

Summary

The main task of this research is the elaboration of the technological preparation for the production of a screw that contains a BSC 9/16 x 20 thread. Machine tools and their tools are described, as their purpose, division, and turning processing, which was chosen for the production of the given screw. The production technology is defined with a micro - elaboration of each operation and all the necessary machines and tools are shown.

Key words: screw, turning, tools, micro-processing

Popis korištenih oznaka i kratica

Oznaka	Opis oznake	Mjerna jedinica
t_g	glavno strojno vrijeme	s
L	ukupna duljina prolaza	mm
f	posmak	mm/okr
n	broj okretaja	min ⁻¹
i_p	broj prolaza	
v_c	brzina rezanja	m/min

Kratice	Opis kratice
CNC	Computer Numerical Control
HSS	brzorezni čelik
DIN	Deutsches Institut für Normung (institut koji propisuje standarde u Njemačkoj)
itd.	i tako dalje
Cr	krom
Ni	nikal
S	sumpor
Si	silicij
Mn	mangan
P	fosfor
N	dušik
Cu	bakar

Sadržaj

1. Uvod	1
2. Opis proizvoda.....	2
2.1. Zahtjevi vijka.....	3
2.2. Izbor materijala za zadani vijak.....	3
2.3. Navoj BSC 9/16 x 20.....	4
2.4. Primjena zadanog vijka	6
3. Tehnologija izrade vijka	7
3.1. Odabir tehnologije	7
3.1.1. Tokarilice	7
3.1.2. Tokarski noževi.....	10
3.1.3. Materijali alata	11
3.2. Dodaci za uzdužnu i poprečnu obradu	14
3.3. Određivanje proizvodnog postupka za $\phi 15$ mm.....	16
3.4. Redoslijed operacija	18
3.5. Potrebni strojevi i alati.....	21
3.5.1. Odabir strojeva	22
3.5.2. Odabir alata za uzdužno i poprečno tokarenje.....	24
3.5.3. Odabir alata za izradu imbus utora utiskivanjem	25
3.5.4. Odabir alata za obradu brušenjem.....	27
3.5.5. Odabir alata za izradu navoja.....	28
3.6. Mikrorazrada, režimi rada i vremena izrade.....	29
3.7. Analiza dobivenih rezultata	34
4. Zaključak	35
5. Literatura	36
Popis slika	37
Popis tablica	38

1. Uvod

Strojarstvo je prisutno gotovo u svim granama industrije te ima široko područje primjene. Primjenjuje se direktno, ili posredno kroz razne neizostavne strojeve, alate i pomagala. Naglim razvojem svijeta, danas imamo prisutne razne tehnologije izrade koje se mogu primijeniti u proizvodnji. Izbor prihvatljive tehnologije izrade proizvoda jest cilj svake proizvodnje. Za izabranu tehnologiju potrebno je odrediti režime rada tako da se uskladi vrijeme izvedbe s cijenama alata i strojeva. Od mnogobrojnih tehnologija najzastupljenija je obrada odvajanjem čestica. Kroz ovu tehnologiju, u radu, biti će prikazana izrada vijka koji na sebi sadrži navoj BSC 9/16 x20. U radu je također opisan čelik X8CrNiS18-9 od kojeg je zadani vijak izrađen.

Cilj završnog rada je određivanje cjelokupne tehnologije koja se sastoji od:

- odabira stroja
- odabira reznih alata
- redosljeda stezanja
- redosljeda operacija obrade
- parametara obrade

2. Opis proizvoda

Vijak je strojni dio za rastavljivo spajanje dijelova ili za pretvaranje rotacijskog gibanja u translacijsko. Valjkasta je oblika, a na vanjskoj strani sadrži navoj. Prema namjeni, navoji imaju različite oblike poprečnog presjeka (trokutni, trapezni, pilasti), mogu biti jednovojni ili viševojni, metrički ili inčni. Vijci su većinom standardizirani, premda se iz različitih razloga izvode i izvan standarda. Pored tijela s navojem vijak je obično opremljen glavom različita oblika koja pruža mogućnost odvijanja ili zavijanja, uz pomoć odgovarajućeg alata kao na primjer odvijač ili imbus ključ. Glava vijka uglavnom je veća od tijela vijka, da bi se vijak zaustavio kod zavijanja, ali i da prenosi silu na nosivoj površini.

Spajanje vijcima u rastavljive spojeve najraširenija je operacija u strojarstva uopće. Zbog toga su i vijci najrašireniji i najvažniji strojni dijelovi. Osim za vijčane spojeve oni imaju i niz drugih primjena kao na primjer: stezni vijci za stvaranje prednaprezanja (na primjer u steznim spojevima), vijci za zatvaranje otvora (za grla boce), postavni vijci (za podešavanje zračnosti, podešavanje mjernih instrumenata, kao što je mikrometarski vijak i slično), vijci za prijenos snage (u navojnim vretenima preša), vijci za izvođenje pokreta (na primjer vretena ventila) i tako dalje.

Pravilno pritegnuti vijci ne odvijaju se sami od sebe ni prigodom titrajnih ili udarnih pogonskih opterećenja, jer je trenje u navoju i na površini nalijeganja glave dovoljno veliko. Prigodom pritezanja tlače se međusobno bočne plohe navoja i sve plohe nalijeganja stegnutih dijelova, tako da se pod tim tlakom površinske hrapavosti poravnavaju. Kod prejakog pritezanja može u čitavom spoju doći do plastičnih deformacija, koje se nastavljaju za vrijeme pogona (takozvano sjedanje) i vode k popuštanju prednaprezanja (naprezanje izazvano pritezanjem vijaka) i labavljenja spoja. Ako samo prednaprezanje još i ne izazove plastičnu deformaciju, do nje može dovesti naprezanje pogonske sile koja se zbraja s prednaprezanjem. Dokle god je uz utjecaj pogonskih dinamičkih sila opterećenja ostalo izvjesno prednaprezanje, dotle ne olabavljaju vijci i matice, to jest ne odvrću se sami od sebe. Za odvrtavanje treba još uvijek upotrijebiti moment sile da bi se veza rastavila. Do rastavljanja dolazi samo ako se prednaprezanje zbog pojave takozvanog sjedanja potpuno izgubi. Osiguranja vijaka oblikom služe prema tome za osiguranje protiv odvijanja, a osiguranja silom kao osiguranje protiv labavljenja, jer ta osiguranja svojim aksijalnim (uzdužnim) opružnim djelovanjem sprečavaju popuštanje prednaprezanja (sjedanjem) [1].

Tablica 2.1 Kemijski sastav % čelika X8CrNiS18-9 [2]

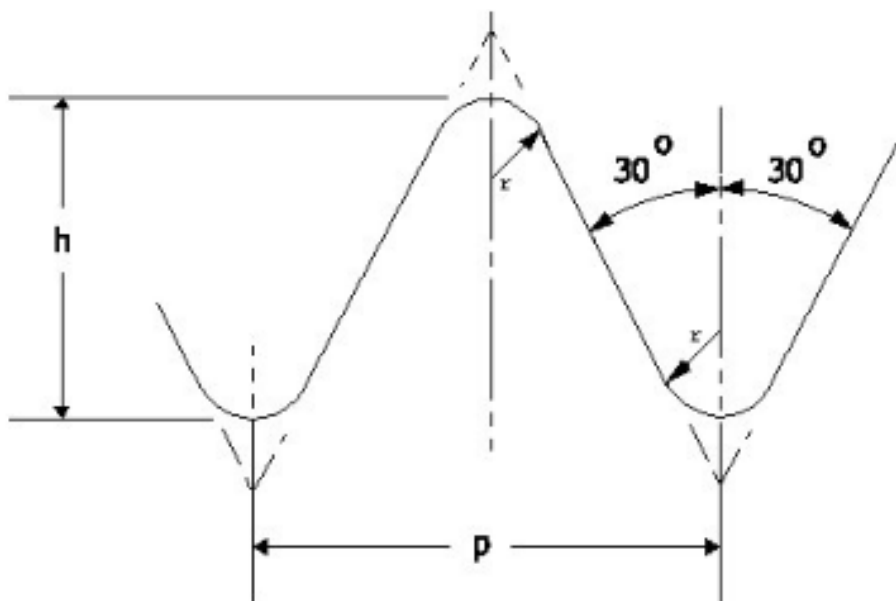
C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	N	Cu
≤ 0,1	≤ 1	≤ 2	≤ 0,45	0,15 – 0,35	17 – 19	8 – 10	≤ 0,1	≤ 1

Tablica 2.2 Mehanička svojstva čelika X8CrNiS18-9 [2]

Max. vlačno naprezanje	Granica razvlačenja	Istezljivost	Površinska tvrdoća
750 MPa	225 MPa	35 %	230 HB

2.3. Navoj BSC 9/16 x 20

Britanski standardni ciklus (BSC ili BSCy) je britanski imperijalni standard za vijčani navoj. Ovaj fini profil navoja je osmišljen i dobro prilagođen za biciklističku i motociklističku industriju. U biciklističkoj industriji se još uvijek nalazi na gotovo svim donjim nosačima i osovinama kotača niskoprofilnih modela, međutim u motociklističkoj industriji dosta je zastario. U odnosu na druge britanske imperijalne standarde, nagib navoja je pod 60° , a ne pod 55° . Njegov nagib omogućuje dobivanje velikog okretnog momenta i sklon je labavljenju uslijed vibracija. Veći promjer jezgre također daje veću čvrstoću na odrez. Najčešće se koriste ciklusni navoji koraka od 26 navoja po inču. Iako ovo vrijedi za sve najpopularnije veličine od $1/4''$ do $3/4''$ promjera, korišteni su i drugi razmaci kao što je prikazano u tablici 2.3. Slika 2.2 prikazuje dimenzije profila BSC navoja [3].



Slika 2.2 Profil BSC navoja [3]

Tablica 2.3 Karakteristike BSC navoja u inčima [3]

Promjer navoja	Navoja po inču	Promjer jezgre	Korak navoja
1/8	40	0,0984	0,025
5/32	32	0,1231	0,0312
3/16	32	0,1542	0,0312
1/4	26	0,2091	0,0385
9/32	26	0,2403	0,0385
5/16	26	0,2715	0,0385
3/8	26	0,334	0,0385
7/16	26	0,3965	0,0385
1/2	26	0,4590	0,0385
9/16	26	0,5215	0,0385
5/8	26	0,5840	0,0385
11/6	26	0,6465	0,0385
1	26	0,959	0,0385

2.4. Primjena zadanog vijka

Ovaj vijak pretežito se koristi u biciklističkoj industriji, pa tako jedan od primjera upotrebe vijka jest nastavak za pedale (slika 2.3). Nastavak automatski prilagođava udaljenost pedale od ležaja pogona. Smanjena dužina hoda se postiže kada su pedale u gornjem položaju, a veća kada su pedale u donjem položaju. Proizvod može poboljšati učinkovitost rada, omogućuje nižu visinu sjedala kako bi se smanjila visina koljena u gornjem položaju te će stopalo sigurnije dosegnuti tlo. Funkcija vijka u navedenom primjeru je da nosi elemente (pedale) te da prenosi okretni moment.



Slika 2.3 Nastavak za pedale [4]

3. Tehnologija izrade vijka

U ovome dijelu prikazuju se sve potrebne tehnologije koje su potrebne za izradu zadanog vijka. Odabrani su i opisani strojevi i njihovi alati, izračunati su dodaci za uzdužnu i poprečnu obradu, prikazan je slijed operacija te su izračunati i prikazani svi potrebni parametri.

3.1. Odabir tehnologije

Materijal od kojeg će se vijak izrađivati je čelik X8CrNiS18-9. Ovaj čelik dolazi u obliku šipki standardnih duljina 3 ili 6 metara. Da bi se dobila željena duljina obratka potrebno je šipku odrezati na željenu duljinu pa je za ovaj proces potrebna tračna pila. Pošto je vijak kružnog i simetričnog oblika, odabrana tehnologija obrade je tokarenje. Tokarenjem se mogu postići sve operacije koje su potrebne da bi se izradio vijak, uključujući brušenje, utiskivanje i izrada navoja. Obrada tokarenjem skup je postupak, međutim za vijak nije zadana velikoserijska proizvodnja, te je jednostavnog oblika pa će ovaj postupak ispuniti zadane zahtjeve. Također, obradom tokarenjem možemo dobiti željene hrapavosti površine.

3.1.1. Tokarilice

Tokarilice su alatni strojevi za strojnu obradu odvajanjem čestica, pomoću kojih se rezanjem obrađuju i izrađuju dijelovi rotacijskog oblika.

Tokarilice se dijela na:

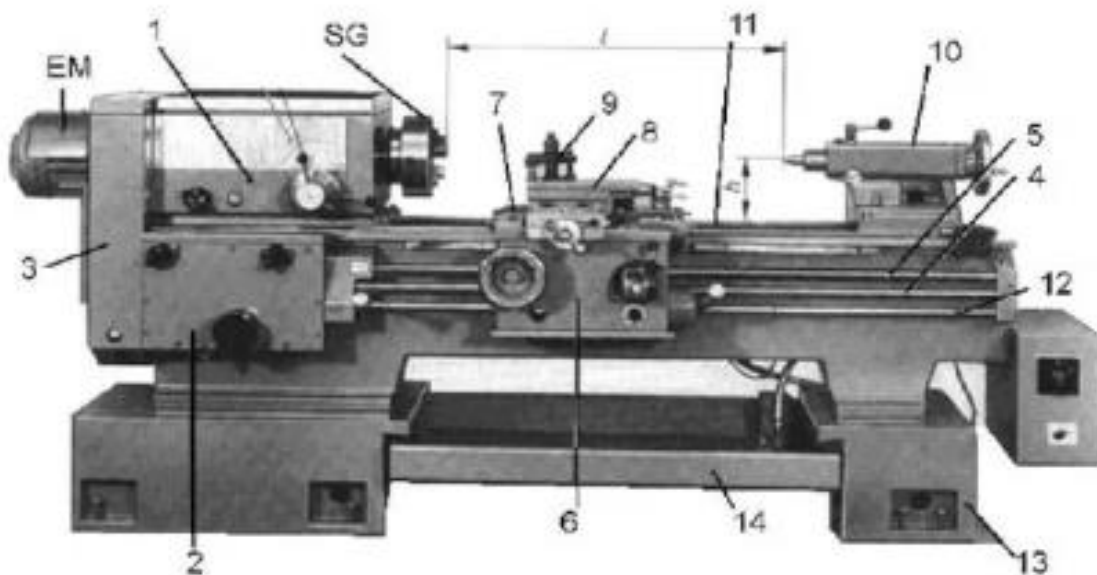
- jednostavne tokarilice,
- univerzalne tokarilice,
- kopirne tokarilice,
- planske tokarilice,
- karusel tokarilice,
- revolverske tokarilice,
- CNC tokarilice .

Tokarenje je postupak strojne obrade odvajanjem čestica kojim se proizvode obradci rotacijskih površina (valjkasti proizvodi). Izvodi se na alatnim strojevima tokarilicama. Obradak obavlja glavno gibanje, dok alat obavlja posmično, pripremno i dostavna gibanja.

Vrste tokarenja:

- Tokarenje prema obliku tokarene površine,
- Tokarenje prema položaju tokarene površine,
- Tokarenje prema kinematici gibanja noža,
- Tokarenje prema kvaliteti obrađene površine [5].

Različite su izvedbe tokarskih strojeva. Najčešće je u uporabi univerzalni tokarski stroj (univerzalna tokarilica) s vodoravno postavljenim glavnim vretenom na kojem se mogu obavljati sve vrste obrade tokarenjem. Za obradu dijelova velikih promjera (promjeri i veći od 15 metara) upotrebljava se karuselna tokarilica. Slične je namjene čeonu tokarski stroj, za obradu predmeta većega promjera, ali male visine, kao što su zamašnjaci, remenice, diskovi parnih turbina i slično. Automatizirani tokarski strojevi (CNC tokarilica) danas su numerički upravljani alatni strojevi CNC , a odlikuje ih visoka razina automatizacije uz istodobnu veliku prilagodljivost. Zbog težnje za ujedinjenjem različitih postupaka obrade na jednom stroju, sve više se primjenjuju obradni centri na kojima se, primjenom pogonjenih alata, uz tokarenje izvode i drugi postupci obradbe odvajanjem čestica (na primjer glodanje i bušenje). Kinematika posmičnih gibanja kod takvih je strojeva znatno složenija i višestruka [2]. Na slici 3.1 prikazana je univerzalna tokarilica s osnovnim dijelovima.



Slika 3.1 Osnovni dijelovi univerzalne tokarilice [6]

Osnovni dijelovi univerzalne tokarilice označeni na slici 3.1 su:

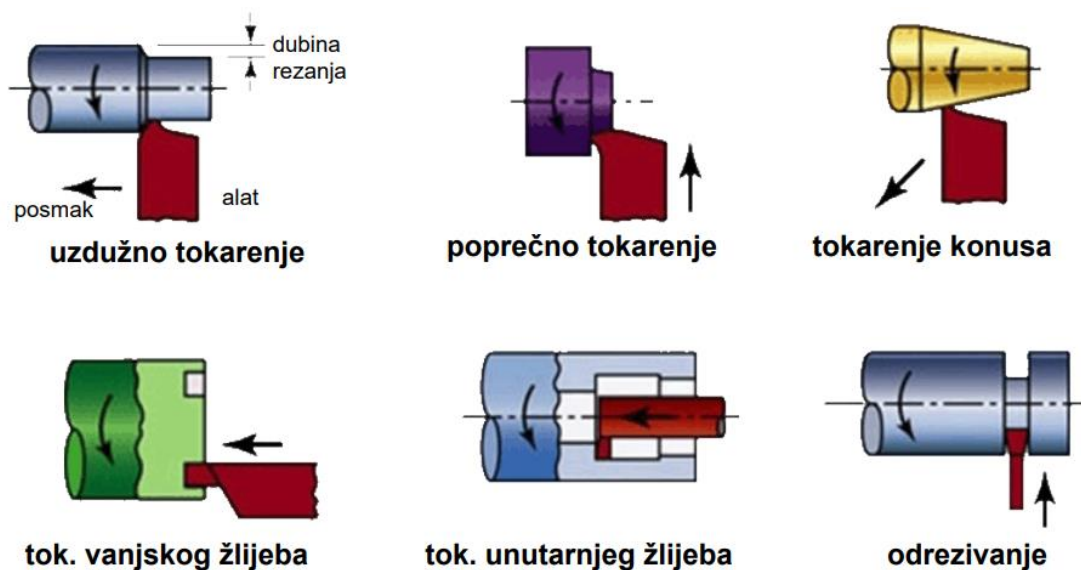
1. Kućište s prijenosom za glavno gibanje – omogućava izbor brojeva okretaja radnog vretena (glavnog vretena).
2. Kućište s prijenosom za pomoćno gibanje – omogućava izbor posmaka.
3. Izmjenjivi zupčanici – služe za širi i precizniji izbor posmaka noža pri izradi navoja.
4. Vučno vreteno – služi kod svih tokarilica za prijenos gibanja suporta u uzdužnom ili poprečnom pravcu.
5. Vodeće (navojno) vreteno – služi za vođenje noža pri rezanju navoja, i ne smije se koristiti umjesto vučnog vretena, jer bi trošenjem izgubilo preciznost koja je potrebna pri rezanju navoja.
6. Uzdužni suport – služi za uzdužno vođenje nosača noža.
7. Poprečni suport – služi za poprečno vođenje nosača noža.
8. Okretni suport – služi pri tokarenju konusa.
9. Držać noža – služi za pridržavanje noža, a može obični ili brzo izmjenjivi.
10. Konjić – služi za prihvaćanje dugih predmeta, za stezane alata (svrdla, ureznice i sl.) i kod tokarenja dugih konusa (pomak konjića).
11. Klizne staze – služe za nošenje i gibanje uzdužnog suporta i konjića.
12. Vreteno za uključivanje i isključivanje stroja i promjenu smjera gibanja – za uključivanje i isključivanje stroja, služi za pokretanje i zaustavljanje stroja i promjenu smjera gibanja.
13. Postolje – nosi sve dijelove stroja i daje mu potrebnu stabilnost.
14. Prostor za skupljanje strugotine [6].

3.1.2. Tokarski noževi

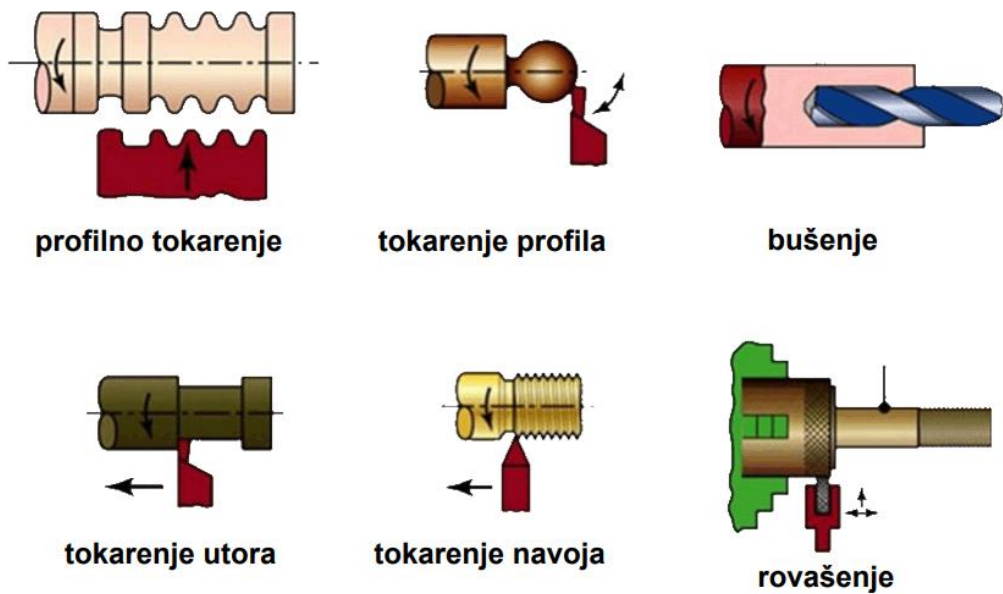
Tokarski nož se razvijao tijekom dugog razdoblja i stalno se usavršava. Prema postupcima tokarenja potrebno je koristiti odgovarajuće tokarske noževe.

Podjela tokarskih noževa prema namjeni (slika 3.2 i slika 3.3):

- uzdužno tokarenje,
- poprečno tokarenje,
- tokarenje konusa,
- tokarenje vanjskog žlijeba,
- tokarenje unutarnjeg žlijeba,
- odrezivanje,
- profilno tokarenje,
- tokarenje profila,
- bušenje,
- tokarenje utora,
- tokarenje navoja,
- rovašenje [7].



Slika 3.2 Podjela tokarskih noževa prema namjeni – 1. dio [8]



Slika 3.3 Podjela tokarskih noževa prema namjeni – 2. dio [8]

3.1.3. Materijali alata

Rezna oštrica može biti od sljedećih materijala:

- brzorezni čelik (radna temperatura do 600 °C),
- cermet (radna temperatura do 700 °C),
- tvrdi metal (radna temperatura do 870 °C),
- keramika (radna temperatura oksidne keramike do 1 150 °C),
- dijamant.

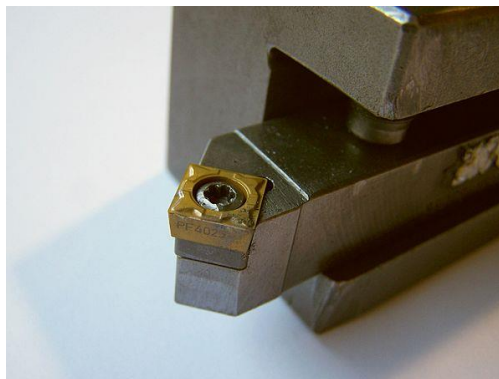
Pri obradi mekših materijala primjenjuju se brzorezni čelici, a pri obradi tvrdih materijala primjenjuju se ostali materijali.

Izvedba tokarskog noža može biti:

- nedjeljiva ili integralna (slika 3.4),
- s izmjenjivom pločicom od tvrdog materijala (slika 3.5),
- s lemljenom pločicom (slika 3.6) [9].



Slika 3.4 Tokarski nož od brzoreznog čelika [8]



Slika 3.5 Tokarski nož s izmjenjivom pločicom od tvrdog materijala [10]



Slika 3.6 Tokarski nož s lemljenom pločicom [11]

Najčešće upotrebljavan nož je s izmjenjivom pločicom od tvrdog metala. Glavni dijelovi tog noža su:

- držač pločice i
- izmjenjiva pločica.

Tip rezne pločice se odabire na osnovi:

- materijala obratka,
- geometrije obrađivane površine,
- vrste strojne obrade (gruba, srednja, završna);
- uvjeta obrade (dobri, uobičajeni, loši) [12].

Postoje različiti oblici reznih pločica, a o obliku će ovisiti mogući režim obrade te čvrstoća oštrice. Oblik i oznake pločica su standardizirani.

Nakon odabira rezne pločice (iz kataloga alata) odabire se odgovarajući držač na koji će se ona pričvrstiti, a koji će omogućiti izradu tražene geometrije obrađivane površine. Označivanje držača je također standardizirano [12].

Veliki dio strojne obrade na tokarilici predstavlja odstranjivanje viška materijala kako bi se dobio osnovni oblik predmeta. Ova obrada naziva se gruba obrada. Cilj joj nije postizanje visoke točnosti izmjera, već odstranjivanje viška materijala što brže i s najpovoljnijim životnim vijekom trajanja rezne pločice. Ovo treba postići uz ostavljanje dodatka materijala za završnu obradu.

Rezne pločice za grubu obradu su čvrste, obično s velikim polumjerom vrha pločice kako bi izdržale velike dubine rezanja i brzine rezanja. Uobičajeni romboidni oblik pločice za grubu obradu ima kut od 80° (uz $2 + 2 = 4$ rezne oštrice na svakoj strani). Trokutaste pločice imaju do $3 + 3$ rezne oštrice. Neke pločice imaju rezne oštrice samo na jednoj strani.

Iako veliki broj alata može rezati u svim smjerovima, neki smjerovi nisu preporučeni ili su preporučeni samo za povoljne uvjete rezanja (povoljni uvjeti rezanja su kod neprekinutog reza, dobrog stezanja komada, velikih brzina rezanja, a nepovoljni uvjeti su kad nije moguće ostvariti dobro stezanje komada, kod obrade odljevaka ili otkivaka problematične kore). Uvijek treba prvo izvršiti operacije koje se odnose na nepovoljne uvjete rezanja, a zatim operacije koje se odnose na povoljne uvjete rezanja.

U praksi treba se pridržavati osnovnog pravila u strojnoj obradi, a to je da se treba izvršiti sva gruba obrada prije nego što se krene na završnu obradu. Razlog je izbjegavanje mogućeg pomicanja obratka koje nastaje zbog velikih sila rezanja pri gruboj obradi, a nakon što je završna obrada već djelomično izvršena, što bi dovelo do velikih (nedozvoljenih) odstupanja izmjera. Na primjer neka je potrebna gruba i završna obrada vanjske i unutarnje površine obratka. Primjenom pravila prvo će se grubo obraditi vanjske i unutarnje površine, a zatim će se izvršiti završna obrada vanjskih i unutarnjih površina [12].

Izbor pločica za završnu obradu će se obaviti nakon što je sva gruba obrada završena. To je jedan prolaz alata po konturi kojim se skida dodatak ostavljen pri gruboj obradi. Zbog male količine materijala koja se skida javljaju se male sile rezanja, pa je moguće postići visoku točnost izmjera. Da bi se ostvarila manja hrapavost površine odabiru se veće brzine rezanja i manji posmaci. Za završnu obradu koriste se različite rezne pločice, a najčešće su romboidnog oblika s kutom 55° ili 35° [12].

3.2. Dodaci za uzdužnu i poprečnu obradu

Dodaci za uzdužnu i poprečnu obradu vrlo su bitni jer je potrebno odstraniti vanjski dio polaznog komada. Vanjski dio se odstranjuje zbog raznih nepravilnosti koje mogu utjecati na kvalitetu proizvoda.

Dodatak za grubu uzdužnu obradu tokarenjem za $\Phi 34 \times 36,8$ mm , prema tablici 3.1 , iznosi 3 mm, a za završnu uzdužnu obradu 0,9 mm (tablica 3.2). Ukupni dodatak za obradu tokarenjem iznosi 3,9 mm.













Tablica 3.1 Dodatak za grubu uzdužnu obradu [13]

Završna dužina (mm)	Promjer obratka (mm)						
	do 30	30 - 50	50 - 80	80 -120	120 -180	180 - 260	iznad 260
do 100	2.5	3	3.5	4	5	5.5	6
100 – 250	3	3.5	3.5	4.5	5.5	6	6
250 – 400	3.5	3.5	4	4.5	5.5	6	7
400 – 630	4	4	4.5	5	6	7	7

Tablica 3.2 Dodatak za završnu uzdužnu obradu [13]

Završna dužina (mm)	Promjer obratka (mm)						
	do 30	30 - 50	50 - 80	80 -120	120 -180	180 - 260	iznad 260
do 100	0.8	0.9	1	1.1	1.1	1.2	1.3
100 – 250	0.9	0.9	1	1.1	1.2	1.3	1.5
250 – 400	0.9	1	1.1	1.2	1.3	1.4	1.7
400 – 630	1	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.8

Tablica 3.3 Standardni promjeri materijala [13]

DEBLJINA mm									
									
2.5	0,038			18	1,998	2,543	2,203		
3	0,055			19	2,226	2,834	2,454		
4	0,098		0,109	20	2,466	3,140	2,719		
5	0,154	0,196	0,170	22	2,984	3,799	3,290		
6	0,222	0,283	0,245	24	3,548	4,521	3,915		
7	0,302	0,385	0,333	25	3,853	4,906	4,249		
8	0,395	0,502	0,435	26	4,168	5,306	4,602		
9	0,499	0,636	0,551	27	4,498	5,722	4,955		
10	0,617	0,785	0,680	28	4,834	6,154	5,330		
11	0,746	0,950	0,823	30	5,549	7,065	6,118		
12	0,888	1,130	0,979	32	6,313	8,038	6,961		
13	1,042	1,327	1,149	34	7,127	9,075	7,859		
14	1,208	1,539	1,330	35	7,551	9,655	8,335		
15	1,387	1,766	1,530	36	7,990	10,200	8,811		
16	1,578	2,010	1,740	38	8,900	11,330	9,810		
17	1,782	2,269	1,965	40	9,860	12,560	10,870		

Ukupni promjer polaznog materijala iznosi $34 + 3,9 = 37,9$ mm. Kako $\Phi 37,9$ mm nije standardni promjer, izabran je promjer $\Phi 38$ mm iz tablice 3.3.

Dodatak za grubu poprečnu obradu za $36,8 \times 34$ mm, prema tablici 3.4, iznosi 1,5 mm, a za završnu poprečnu obradu 0,9 mm (tablica 3.5). Ukupni dodatak za poprečnu obradu iznosi $36,8 + 2 \cdot 2,4 + 1,5 = 43,1$ mm.

Tablica 3.4 Dodatak za grubu poprečnu obradu [13]

Završna dužina (mm)	Promjer obratka (mm)				
	do 18	18 - 50	50 - 120	120 - 260	iznad 260
do 100	1.4	1.5	1.6	1.8	1.9
100 – 250	1.8	1.9	2	2.1	2.3
250 – 400	2.4	2.5	2.6	2.7	2.9
400 – 630	2.7	2.8	2.9	3	3.2

Tablica 3.5 Dodatak za završnu poprečnu obradu [13]

Završna dužina (mm)	Promjer obratka (mm)				
	do 18	18 - 50	50 - 120	120 - 260	iznad 260
do 100	0.8	0.9	1	1	1.1
100 – 250	1	1.1	1.1	1.2	1.3
250 – 400	1.2	1.3	1.3	1.4	1.5
400 – 630	1.4	1.4	1.5	1.6	1.6

Radni predmeti će se izrađivati iz priprema $\Phi 38 \times 43,1$ mm.

3.3. Određivanje proizvodnog postupka za $\phi 15$ mm

Ova površina morabit $\phi 15 \begin{smallmatrix} +0,004 \\ -0,002 \end{smallmatrix}$ iz čega proizlazi da srednja vrijednost stvarne izmjere je $\phi 15 \pm 0,003$ mm uz zadanu površinsku hrapavost $R_a = 0,2 \mu\text{m}$ (tablica 3.6). Prema tablici 3.7 preporučeni proizvodni postupak je brušenje.

Pretvorbom tolerancijskog odstupanja u površinsku hrapavost, vidljivo je da se tolerancije ostvaruju u području hrapavosti $R_a = 0,2$, što prema tablici definira preporučeni postupak brušenja.

Tablica 3.6 Tolerancije površinske hrapavosti [13]

Tolerancija \pm (mm)	Površinska hrapavost R_a (μm)
< 0,005	> 0,20
0,010	0,32
0,015	0,45
0,020	0,80
0,030	1,0
0,040	1,32
0,050	1,60
0,060	1,80
0,080	2,12
0,100	2,50
0,150	3,75
0,200	5,00
0,250	6,25
0,350	9,12
0,600	12,50
1,000	25,00

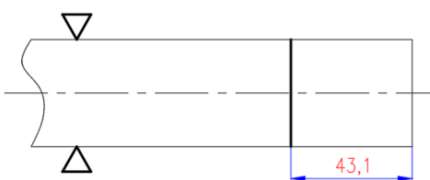
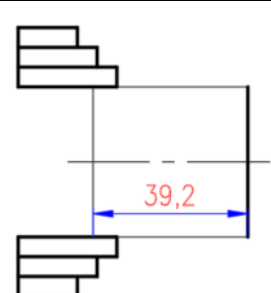
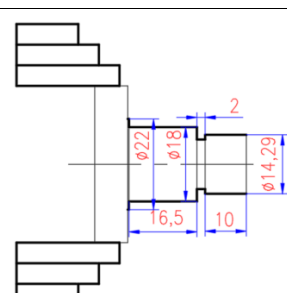
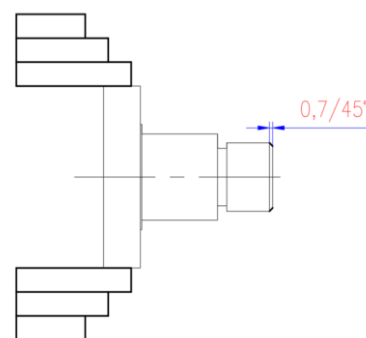
Tablica 3.7 Površinska hrapavost za pojedine proizvodne postupke [13]

Površinska hrapavost Ra(μ m)				
Broj	Proces	minimalna	maksimalna	Vrsta alatnog stroja/stroj za
Okrugli simetrični oblici				
1	tokarenje	0,8	25,0	tokarilica
2	brušenje	0,1	1,6	brusilica
3	honanje	0,1	0,8	honanje
4	poliranje	0,1	0,5	poliranje
5	lepanje	0,05	0,5	lepanje
Prizmatični oblici				
6	glodanje	0,8	25,0	glodalica
7	brušenje	0,1	1,6	brusilica
8	honanje	0,1	0,8	honanje
9	poliranje	0,1	0,5	poliranje
10	lepanje	0,05	0,5	lepanje

3.4. Redosljed operacija

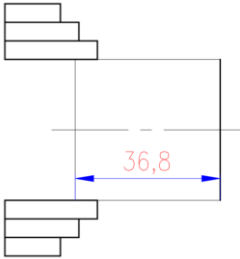
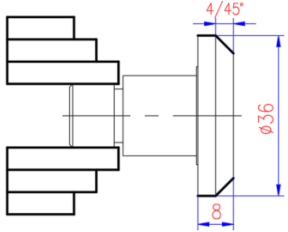
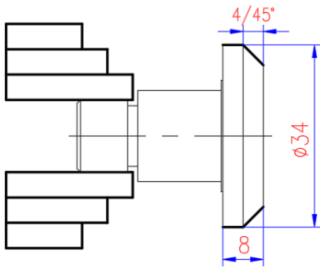
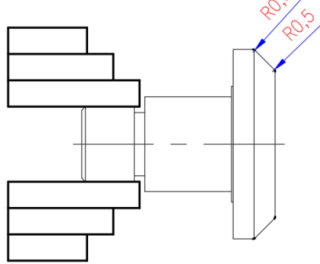
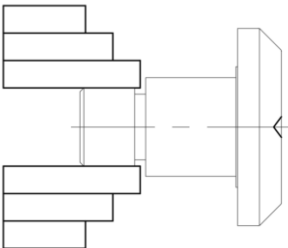
Materijal koji se koristi dolazi u obliku hladno valjanih šipki duljine 3 ili 6 metara, pa će se obrada započeti s rezanjem šipke na manje komade duljine 43,1 mm. Nakon što se dobiju željeni radni komadi, stežu se u steznu glavu na univerzalnoj tokarilici. Prva operacija na tokarilici jest zaravnavanje čela, te nakon toga slijedi uzdužno grubo tokarenje te izrada skošenja $0,7/45^\circ$. Brušenje i narezivanje navoja se preskače u ovom dijelu jer će se tijekom stezanja za obradu druge strane oštetiti navoj ili površina koja je brušena. Tablica 3.8 prikazuje redosljed obrade prve strane.

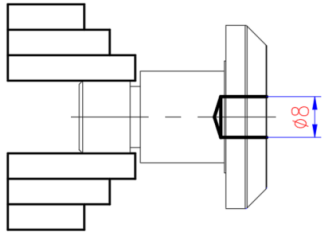
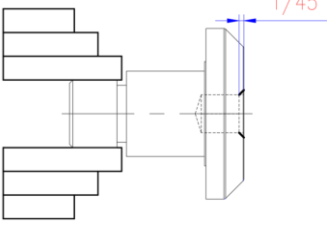
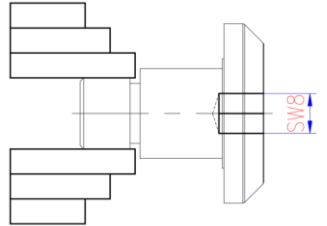
Tablica 3.8 Operacijska lista – obrada prve strane

Redni broj	Operacija	Skica	Alatni stroj
1.	Piljenje		Tračna pila
2.	Zaravnavanje čela		Univerzalna tokarilica
3.	Uzdužno grubo tokarenje		
4.	Izrada skošenja $0,7/45^\circ$		

Sada se obradak okreće te se ponovno zaravnava čelo, zatim se provodi grubo i završno tokarenje te se izrađuju zaobljenja $R = 0,5$ mm. Sljedeće je na redu izrada utora za imbus vijak koja se sastoji od bušenja i utiskivanja. Nakon što se izradio utor, tokari se skošenje $0,7/45^\circ$. Tablica 3.9 prikazuje redoslijed obrade druge strane.

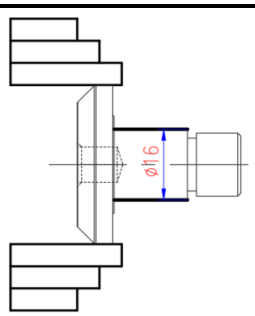
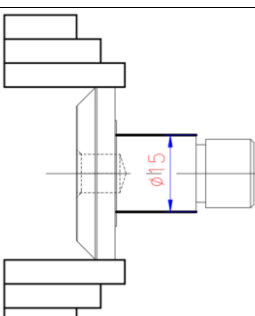
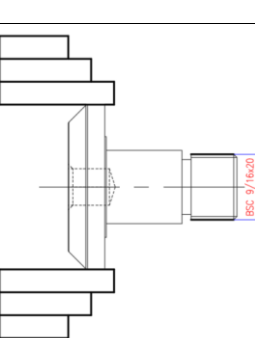
Tablica 3.9 Operacijska lista – obrada druge strane

Redni broj	Operacija	Skica	Alatni stroj
5.	Zaravnavanje čela		Univerzalna tokarilica
6.	Uzdužno grubo tokarenje		
7.	Uzdužno završno tokarenje		
8.	Izrada zaobljenja $R=0,5$		
9.	Zabušivanje		

10.	Bušenje		Univerzalna tokarilica
11.	Izrada skošenja 1/45°		
12.	Utiskivanje		

Radni komad se ponovno okreće te se steže u meku steznu glavu zato jer što se ne želi narušiti kvaliteta površine koja se dobila završnim tokarenjem. Područje koje je potrebno brusiti prethodno se obrađuje završnim tokarenjem pa se tek onda brusi. Nakon brušenja nareziva se navoj nareznicom te je nakon toga obradak gotov. Tablica 3.10 prikazuje redoslijed ponovne obrade prve strane.

Tablica 3.10 Operacijska lista – ponovna obrada prve strane

Redni broj	Operacija	Skica	Alatni stroj
13.	Završno tokarenje		Univerzalna tokarilica
14.	Brušenje		
15.	Izrada navoja		

3.5. Potrebni strojevi i alati

Za ovaj tehnološki proces izabrani su potrebni strojevi i alati koji su nužni za izradu strojnog dijela. Ovaj korak je iznimno važan jer pomoću njega možemo osigurati sve resurse koji su neizostavni za proizvodnju. Da bi osigurali potrebne resurse, moramo nabaviti potrebni materijal, napraviti raspodjelu rada po radnim jedinicama te pripremiti alate za izradu strojnog dijela.

3.5.1. Odabir strojeva

Potrebni strojevi za izradu zadanog vijka su horizontalna tokarilica i tračna pila. Na tračnoj pili se šipke standardnih duljina 3 ili 6 metara režu na manje radne komade, duljina radnih komada je izračunata i iznosi 43,1 mm. Nakon rezanja na tračnoj pili radni komadi se stežu u horizontalnu tokarilicu na kojoj se dobiva završni proizvod.

Zadani vijak izrađuje se na sljedećim strojevima:

Tračna pila Adal HB 250 c

Horizontalna tračna pila Adal HB 250 c (slika 3.7) namijenjena je za rezanje cijevi i profila, ali i punih materijala do promjera 250 mm. Najčešće duljine profila i šipki su 3 ili 6 metara, pa se proizvodnjom ovog dijela započinje na tračnoj pili. Tehničke karakteristike ove tračne pile prikazane su u tablici 3.11.



Slika 3.7 Tračna pila Adal HB 250 c [14]

Tablica 3.11 Tehničke karakteristike tračne pile Adal HB 250 c [14]

Model		HB 250 c
Kapacitet rezanja (mm)		250
Kapacitet rezanja (mm)		320 x 250
Traka	Brzina (m/min)	35 - 70
	Dimenzija (mm)	2915 x 0,9 x 27
	Napetost	Hidraulično
	Čišćenje	Četkica i rashladna tekućina
Motor	Glavni (kW)	1,8
	Hidraulika (kW)	1,5
	Hlađenje (kW)	0,125
Donos materijala		Ručno
Stezanje materijala		Hidraulično

Tokarski stroj Prvomajska TNP – 160 B

Nakon što se izvršila obrada na tračnoj pili, obradak se stavlja na univerzalnu tokarilicu marke Prvomajska (slika 3.8) na kojoj se vrše obrade uzdužno i poprečno tokarenje te urezivanje navoja BSC 9/16 x 20. Tehničke karakteristike ove tokarilice prikazane su u tablici 3.12.



Slika 3.8 Tokarski stroj Prvomajska TNP – 160 B [15]

Tablica 3.12 Tehničke karakteristike Tokarskog stroja Prvomajska TNP – 160 B [15]

Visina šiljka	160 mm
Razmak šiljka	1000 mm
Promjer tokarenja nad suportom	180 mm
Opseg brzina glavnog vretena: <ul style="list-style-type: none"> • normalni • po želji 	3,5-1600 o/min 45-200 o/min
Veličina uzdužnih posmaka	0,075-0,95 o/min
Veličina poprečnih posmaka	0,038-0,48 o/min
Pogonska snaga	4 kW
Neto težina	1400 kg

3.5.2. Odabir alata za uzdužno i poprečno tokarenje

Uzdužno tokarenje odrađuje tokarskim nožem DIN 4980 (slika 3.9). Odabrani nož ima čeličnu dršku sa dijamantski brušenom reznom oštricom od tvrdog metala, rezna oštrica je zalemljena za držač noža. Ovim nožem moguće je odraditi sve operacije koje spadaju pod obradu uzdužnog tokarenja.

Odabrani alat za poprečno tokarenje je ubodni tokarski nož oznake DIN 4981 (slika 3.10). Ovaj tokarski nož također ima čeličnu dršku, na koju je zalemljena dijamantski brušena rezna oštrica. Vanjski utor vijka nije moguće odraditi tokarskim nožem DIN 4980 pa se odabire ovaj.



Slika 3.9 Tokarski noževi DIN 4980 (lijevo) [16] i DIN 4981 (desno) [17]

3.5.3. Odabir alata za izradu imbus utora utiskivanjem

Utiskivanje je postupak strojne obrade kako bi se dobio osnosimetrični oblik. Postoje dvije vrste utiskivanje: linearno i rotacijsko. Rotacijsko utiskivanje se koristi kod izrade zadanog vijka i odrađuje se na tokarilici u samo jednom prolazu što ga čini vrlo učinkovitim.

Izrada utora započinje zabušivanjem koje se odrađuje zabušivačem T950/A (slika 3.10). Zabušivač je izrađen od legure kobalta te pruža visoku toplinsku otpornost i vrlo visoku tvrdoću. Ovaj proces se odrađuje kako bi svrdlo kojim će se bušiti, lakše prodrijeti u materijal.

Nakon zabušivanja slijedi bušenje, alat koji se koristi za bušenje je spiralno svrdlo oznake DIN 388 i promjera 8 mm (slika 3.11). Bušenjem se izrađuje uvert u koji će ući alat za izradu imbus utora.

Kada je obrada bušenjem izvršena, izrađuje se skošenje $1/45^\circ$ upuštačem koji je izrađen od brzoreznog čelika te je presvučen titan – nitritom (3.12). Ova presvlaka omogućuje najnižu moguću razinu trenja i minimalno trošenje, obradom ovim upuštačem dobiva se iznimno visoka kvaliteta površine. Ova operacija je potrebna kako bi alat za izradu utora lakše ušao u materijal.

Nakon što su obavljene sve prethodno navedene operacije, može se provesti obrada utiskivanjem, alat za ovu obradu prikazan je na slici 3.13.



Slika 3.10 Zabušivač T950/A [18]



Slika 3.11 Svrđlo DIN 388 Φ 8 mm [19]



Slika 3.12 Upuštač SCP903100TIN [20]



Slika 3.13 Alat za utiskivanje imbus utora [21]

3.5.4. Odabir alata za obradu brušenjem

Brušenje je proizvodni postupak strojne obrade odvajanjem čestica koji skida promjenjiv presjek strugotine. Postupak se koristi kao jedan od završnih obrada, jer njime postizemo veliku točnost i kvalitetu površine uskih tolerancija. Završno brušenje postiže stupanj hrapavosti od N3 do N5 i tolerancije u razredu od IT5 do IT6. Osnovna svojstva brušenja su velike glavne brzine rezanja, uz male posmične brzine i alat bez geometrije, oblik alata je različit i neujednačen [22].

Odabrani alat za obradu brušenjem prikazan je na slici 3.14.



Slika 3.14 Brusna ploča Tyrolit $\Phi 200 \times 20 \times 51$ mm [23]

3.5.5. Odabir alata za izradu navoja

Okrugle nareznice služe za ručno i strojno rezanje navoja manjih promjera, a navoj se izrađuje u jednom prolazu. Okrugle nareznice mogu biti zatvorene i otvorene. Držači nareznica služe za pridržavanje i smještaj nareznice.

Postupak narezivanja navoja:

- nareznicu treba pravilno stegnuti u držač i pritegnuti vijcima;
- predmet obrade ili obradak treba prethodno obraditi, skošenjem na vrhu, čime je omogućeno
- postavljanje nareznice okomito i pravilno rezanje navoja;
- tijelo vijka mora biti okomito stegnuto u škripcu, čvrsto i sigurno, a nareznica postavljena
- okomito na tijelo vijka;
- držač nareznice treba okretati ravnomjerno i pravilno, a nakon poluokreta prema smjeru rezanja, nareznica se nešto vraća u suprotnom smjeru da bi se strugotina slomila;
- da bi se dobio čist i gladak profil koriste se sredstva za podmazivanje;
- navoj se kontrolira kontrolnim češljem za navoj [24].

Odabrani alat za izradu BSC 9/16 x 20 navoja prikazan je na slici 3.15.



Slika 3.15 nareznica DIN 223 HSS [25]

3.6. Mikrorazrada, režimi rada i vremena izrade

Prije svake strojne obrade, potrebno je odrediti potrebne parametre za izabrane strojeve te je isto tako važno izračunati potrebna vremena izrade. Glavna strojna vremena su računata prema formulama u nastavku, a pomoćna vremena su uzeta iz kataloga pomoćnih vremena za univerzalnu tokarilicu. Glavno strojno vrijeme za tokarenje izračunava se po sljedećoj formuli:

$$t_g = \frac{L * i_p}{f * n}$$

gdje je:

t_g [s] - glavno strojno vrijeme

L [mm] - ukupna duljina prolaza

f [mm/okr.] – posmak po okretaju

n [min⁻¹] - broj okretaja

i_p - broj prolaza

Sljedeće tablice prikazuju parametre i slijed pojedine operacije:

Tablica 3.13 Mikrorazrada piljenje

Broj operacije	Faza rada	Mikrorazrada	Vrijeme (min)	Alat	n (o/min)	f (mm/o)	v_c (m/min)	L (mm)	br. prolaza	ukupno (min)
10	Piljenje	Pripremanje radnog mjesta	18							19,64
		Stezanje	0,6							
		Odrezivanje na duljinu od 41,6 mm	0,8							
		Otpuštanje	0,24							

Tablica 3.14 Zaravnavanje čela (prva strana)

Broj operacije	Faza rada	Mikrorazrada	Vrijeme (min)	Alat	n (o/min)	f (mm/o)	v_c (m/min)	L (mm)	br. prolaza	ukupno (min)
20	Zaravnavanje čela	Pripremanje radnog mjesta	33	DIN 4980						35,164
		Stezanje	0,9							
		Promjena broja okretaja i posmaka	0,5							
		Uključivanje vrtnje	0,03							
		Primicanje	0,18							
		Zaravnavanje	0,344		573,88	0,3	75	24,8	1	
		Odmicanje	0,18							
		Isključivanje vrtnje	0,03							

Tablica 3.15 Mikrorazrada - uzdužno grubo tokarenje (prva strana)

Broj operacije	Faza rada	Mikrorazrada	Vrijeme (min)	Alat	n (o/min)	f (mm/o)	v _c (m/min)	L (mm)	br. prolaza	ukupno (min)
30	Uzdužno grubo tokarenje	Izmjena alata	0,18	DIN 4980						3,15
		Stezanje	0,48							
		Promjena broja okretaja i posmaka	0,5							
		Uključivanje vrtnje	0,03							
		Zauzimanje dubine	0,18							
		Tokarenje na $\Phi 22$	0,65		628,24	0,3	75	30,5	4	
		Zauzimanje dubine	0,18							
		Tokarenje na $\Phi 18$	0,1		1085,15	0,3	75	30,8	1	
		Zauzimanje dubine	0,18							
		Tokarenje na $\Phi 9/16''$	0,04	1326,29	0,3	75	14	1		
		Zauzimanje dubine	0,18	DIN 4981						
		Tokarenje na $\Phi 12$	0,05		1492,08	0,3	75	4	1	
		Zauzimanje dubine	0,18	DIN 4980						
		Tokarenje čeonog skošenja $7/45^\circ$	0,04			0,3	75		1	
Odmicanje	0,18									

Tablica 3.16 Mikrorazrada – uzdužno tokarenje (druga strana)

Broj operacije	Faza rada	Mikrorazrada	Vrijeme (min)	Alat	n (o/min)	f (mm/o)	v _c (m/min)	L (mm)	br. prolaza	ukupno (min)
40	Zaravnavanje čela	Otpuštanje komada, okretanje i ponovno stezanje	0,4	DIN 4980						2,164
		Zamjena alata	0,18							
		Promjena broja okretaja i posmaka	0,5							
		Uključivanje vrtnje	0,03							
		Primicanje	0,18							
		Zaravnavanje	0,344		573,88	0,3	75	24,8	1	
		Odmicanje	0,18							
		Isključivanje vrtnje	0,03							

Tablica 3.17 Mikrorazrada – uzdužno tokarenje (druga strana)

Broj operacije	Faza rada	Mikrorazrada	Vrijeme (min)	Alat	n (o/min)	f (mm/o)	v _c (m/min)	L (mm)	br. prolaza	ukupno (min)
50	Uzdužno grubo tokarenje	Stezanje	0,48	DIN 4980						2,23
		Promjena broja okretaja i posmaka	0,5							
		Uključivanje vrtnje	0,03							
		Zauzimanje dubine	0,18							
		Tokarenje na $\Phi 36$	0,6		628,4	0,3	75	12	4	
		Zauzimanje dubine	0,18							
		Tokarenje čeonog skošenja 7/45°	0,08		1085,15	0,3	75		2	
		Odmicanje	0,18							
60	Uzdužno završno tokarenje	Zamjena alata	0,18	DIN 4980						0,97
		Promjena broja okretaja i posmaka	0,5							
		Primicanje	0,03							
		Tokarenje na $\Phi 34$	0,08		663,15	0,22	75	12	1	
		Izrada zaobljenja R = 0.5	0,1							
		Odmicanje	0,18							

Tablica 3.18 Mikrorazrada – izrada utora za imbus ključ (druga strana)

Broj operacije	Faza rada	Mikrorazrada	Vrijeme (min)	Alat	n (o/min)	f (mm/o)	v _c (m/min)	L (mm)	br. prolaza	ukupno (min)
70	Zabušivanje	Zamjena alata	0,18	Zabušivač T950/A						1,47
		Promjena broja okretaja i posmaka	0,5							
		Uključivanje vrtnje	0,03							
		Primicanje	0,18							
		Zabušivanje	0,4		450	0,1	12,5	3	1	
		Odmicanje	0,18							
80	Bušenje	Zamjena alata	0,18	Svrđlo DIN 388 Ø8 mm						1,67
		Promjena broja okretaja i posmaka	0,5							
		Uključivanje vrtnje	0,03							
		Primicanje	0,18							
		Bušenje Ø8 mm	0,6		628,4	0,125	12,5	13	1	
		Odmicanje	0,18							
90	Upuštanje	Zamjena alata	0,18	Upuštač						1,11
		Promjena broja okretaja i posmaka	0,5							
		Uključivanje vrtnje	0,03							
		Primicanje	0,18							
		Izrada skošenja 1/45°	0,04		450	1	75		1	
		Odmicanje	0,18							
100	Utiskivanje	Zamjena alata	0,18	47-RHV-MK2-12						1,29
		Promjena broja okretaja i posmaka	0,5							
		Uključivanje vrtnje	0,03							
		Primicanje	0,03							
		Utiskivanje	0,4							
		Odmicanje	0,18							

Tablica 3.19 Mikrorazrada – Završno tokarenje tokarenje i brušenje (prva strana)

Broj operacije	Faza rada	Mikrorazrada	Vrijeme (min)	Alat	n (o/min)	f (mm/o)	v _c (m/min)	a (mm)	br. prolaza	ukupno (min)
110	Uzdužno završno tokarenje	Otpuštanje komada, okretanje i ponovno stezanje	0,4	DIN 4980						1,57
		Zamjena alata	0,18							
		Promjena broja okretaja i posmaka	0,5							
		Uključivanje vrtnje	0,03							
		Primicanje	0,18							
		Tokarenje na Φ16	0,1		1326,29	0,22	75	17,5	1	
		Odmicanje	0,18							
120	Brušenje	Zamjena alata	0,18	Brusna ploča						11,75
		Promjena broja okretaja i posmaka	0,5							
		Primicanje	0,18							
		Brušenje na Φ15	10,71		1326,29	0,06/0,006	45/35	17,5	7/17	
		Odmicanje	0,18							

Tablica 3.20 Mikrorazrada – Izrada navoja (prva strana)

Broj operacije	Faza rada	Mikrorazrada	Vrijeme (min)	Alat	n (o/min)	f (mm/o)	v _c (m/min)	L (mm)	br. prolaza	ukupno (min)
130	Izrada navoja	Zamjena alata	0,18	Narezница DIN 223 HSS						1,44
		Promjena broja okretaja i posmaka	0,5							
		Uključivanje vrtnje	0,03							
		Primicanje	0,18							
		Rezanje navoja BSC 9/16 x 20 R	0,12		1326,29	0,9779	5	17,5	1	
		Odmicanje	0,18							
		Isključivanje vrtnje	0,03							
		Odstranjivanje strugotine	0,12							
		Otpuštanje i odlaganje komada	0,1							

3.7. Analiza dobivenih rezultata

Da bi se zadani vijak izradio potrebno je 83,618 minuta (tablica 3.21), što se čini mnogo, međutim u to vrijeme uračunato je pripremno-završno vrijeme, tehnološko vrijeme te pomoćno vrijeme. Pripremno-završno vrijeme je vrijeme koje je potrebno za pripremanje radnog mjesta te uređenje tog mjesta nakon rada. Za piljenje pripremno-završno vrijeme iznosi 18 minuta, a za tokarenje 33 minute.

Tehnološko vrijeme je ono vrijeme koje je potrebno za izvršavanje nekog efektivnog rada, odnosno vrijeme koje se odvija tijekom promjene oblika, dimenzije ili strukture materijala.

Pomoćno vrijeme je ono vrijeme koje je uloženo da bi se obavili pomoćni poslovi koji omogućuju izvršavanje tehnoloških poslova.

Tablica 3.21 Ukupno vrijeme izrade vijka

Broj operacija	Trajanje operacije (min)
10	19,64
20	35,164
30	3,15
40	2,164
50	2,23
60	0,97
70	1,47
80	1,67
90	1,11
100	1,29
110	1,57
120	11,75
130	1,44
Ukupno:	83,618

4. Zaključak

Cilj svake tehnološke pripreme jest pojednostavljenje obrade radnog komada uz što manje gubitke energija, vremena i materijala. Smanjenje navedenih gubitaka postiže se postavljanjem ispravnih parametara, odabirom stroja koji će zadovoljiti željeni oblik i dimenzije, odabirom alata koji će dati željenu kvalitetu površine itd. Da bi se obradak izradio u što kraćem mogućem vremenu, potrebno je koristiti čim manje stezanja i okretanja radnog komada. Kada se obradak stegne, obavljaju se sve operacije na toj strani koje su moguće te nakon toga radni komad okreće i ponovno steže. Ponekad se koriste više od 2 stezanja zbog složenosti obratka.

Vrijeme izrade vijka moguće je smanjiti ako bi se izrađivao na CNC obradnom centru. CNC obradni centar posjeduje automatsku izmjenu alata, pribora i obradaka. Ovime se smanjuje vrijeme izrade vijka jer su smanjena glavna i pomoćna vremena. Unatoč tome, okvirno vrijeme izrade zadanog vijka na CNC obradnome centru iznosilo bi 60 minuta. CNC obradni centar će u zadanome vremenu izraditi više vijaka pa će ekonomičnost biti znatno veća u odnosu na klasičnu horizontalnu tokarilicu.

5. Literatura

- [1] <https://hr.wikipedia.org/wiki/Vijak>
- [2] <http://m.hr.china-steel-pipes.com/stainless-steel-plate/din-en-1-4305-x8crnis18-9-stainless-steel.html>
- [3] <https://britishfasteners.com/threads-bsc>
- [4] <https://www.aliexpress.com/item/3256801575295012.html?gatewayAdapt=4itemAdapt>
- [5] <https://hr.wikipedia.org/wiki/Tokarilica>
- [6] <https://www.scribd.com/document/327744609/2-a-Univerzalna-Tokarilica>
- [7] <https://hr.wikipedia.org/wiki/Tokarilica>
- [8] M. Bušić, Alatni strojevi, 2019.
- [9] https://hr.wikipedia.org/wiki/Rezni_alat
- [10] https://www.wikiwand.com/hr/Tokarski_no%C5%BE
- [11] <https://metal-kovis.hr/shop/cijena/tokarski-noz-iso6-din4980-16x16>
- [12] https://hr.wikipedia.org/wiki/Izbor_re%C5%BEima_obrade
- [13] Mato Galović, Tehnološka priprema proizvodnje, 2020.
- [14] <https://www.tp-machines.com/hr/rabljeni-strojevi/86-rezanje/544-tracna-pila-adal-hb-250-c>
- [15] <https://metal-kovis.hr/shop/cijena/tokarski-stroj-prvomajska-tnp-160-b-web-3227>
- [16] <https://stiprodukt.hr/proizvod/bocni-tokarski-noz-desni-din-4980-iso-6-wilke/>
- [17] <https://stiprodukt.hr/proizvod/ubodni-tokarski-noz-desni-din-4981-iso-7-wilke/>
- [18] <https://metal-kovis.hr/shop/cijena/zabusivac-centrirborer-o315-mm-t950a-hss-e>
- [19] <https://www.foerch.hr/busenje-glodanje-narezivanje/busenje-metala/spiralna-svrdla/spiralno-svrdlo-din-338-hsse-co-8-tip-n>
- [20] <https://metal-kovis.hr/shop/cijena/upustac-d10-mm-90-hss-tin-3k>
- [21] <https://www.shop.santool.de/en/clamping-tools1/tool-holders/morse-taper/mt2-broach-tool-holders-morse-taper.html>
- [22] <https://hr.wikipedia.org/wiki/Bru%C5%A1enje>
- [23] <https://metal-kovis.hr/webshop/price/2978/brusna-ploa-tyrolit-o200x20x51-mm-99a60-m8v40>
- [24] <https://hr.wikipedia.org/wiki/Nareznica>
- [25] <https://metal-kovis.hr/webshop/price/13082/round-die-din-223-din-en-22568-hss>

Popis slika

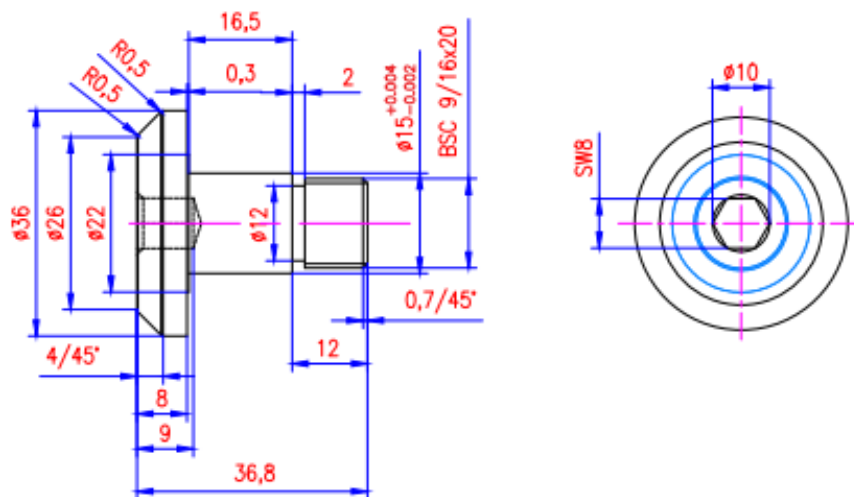
Slika 2.1 Tehnički crtež zadanog vijka.....	3
Slika 2.2 Profil BSC navoja [3].....	4
Slika 2.3 Nastavak za pedale [4].....	6
Slika 3.1 Osnovni dijelovi univerzalne tokarilice [6]	8
Slika 3.2 Podjela tokarskih noževa prema namjeni – 1. dio [8].....	10
Slika 3.3 Podjela tokarskih noževa prema namjeni – 2. dio [8].....	11
Slika 3.4 Tokarski nož od brzoreznog čelika [8].....	12
Slika 3.5 Tokarski nož s izmjenjivom pločicom od tvrdog metala [10].....	12
Slika 3.6 Tokarski nož s lemljenom pločicom [11].....	12
Slika 3.7 Tračna pila Adal HB 250 c [14].....	22
Slika 3.8 Tokarski stroj Prvomajska TNP – 160 B [15].....	23
Slika 3.9 Tokarski noževi DIN 4980 [16] i DIN 4981 [17].....	24
Slika 3.10 Zabušivač T950/A [18].....	25
Slika 3.11 Svrđlo DIN 388 Φ 8 mm [19].....	26
Slika 3.12 Upuštač SCP903100TIN [20].....	26
Slika 3.13 Alat za utiskivanje imbus utora [21].....	26
Slika 3.14 Brusna ploča Tyrolit Φ 200x20x51 mm [23].....	27
Slika 3.15 Narezница DIN 223 HSS [25].....	28

Popis tablica

Tablica 2.1 Kemijski sastav % čelika X8CrNiS18-9 [2].....	3
Tablica 2.2 Mehanička svojstva čelika X8CrNiS18-9 [2].....	3
Tablica 2.3 Karakteristike BSC navoja u inčima [3].....	5
Tablica 3.1 Dodatak za grubu uzdužnu obradu [13].....	14
Tablica 3.2 Dodatak za završnu uzdužnu obradu [13].....	14
Tablica 3.3 Standardni promjeri materijala [13].....	14
Tablica 3.4 Dodatak za grubu poprečnu obradu [13].....	15
Tablica 3.5 Dodatak za završnu poprečnu obradu [13].....	15
Tablica 3.6 Tolerancije površinske hrapavosti [13].....	16
Tablica 3.7 Površinska hrapavost za pojedine proizvodne postupke [13].....	17
Tablica 3.8 Operacijska lista – obrada prve strane.....	18
Tablica 3.9 Operacijska lista – obrada druge strane.....	19
Tablica 3.10 Operacijska lista – ponovna obrada prve strane.....	21
Tablica 3.11 Tehničke karakteristike tračne pile Adal HB 250 c [14].....	23
Tablica 3.12 Tehničke karakteristike Tokarskog stroja Prvomajska TNP – 160 B [15].....	24
Tablica 3.13 Mikrorazrada piljenje.....	29
Tablica 3.14 Zaravnjavanje čela (prva strana).....	29
Tablica 3.15 Mikrorazrada - uzdužno grubo tokarenje (prva strana).....	30
Tablica 3.16 Mikrorazrada – zaravnavanje čela (druga strana).....	30
Tablica 3.17 Mikrorazrada – uzdužno tokarenje (druga strana).....	31
Tablica 3.18 Mikrorazrada – izrada utora za imbus ključ (druga strana).....	32
Tablica 3.19 Mikrorazrada – Završno tokarenje i brušenje (prva strana).....	32
Tablica 3.20 Mikrorazrada – Izrada navoja (prva strana).....	33
Tablica 3.21 Ukupno vrijeme izrade vijka.....	34

Prilozi

Priložena je tehnička dokumentacija vijka



Poz.	Materijal	Dimenzije	Težina	Sklop	Kom.	Napomena
1	1.4305	Ø34 x 36,8	0,1 kg		1	
	Izmjena	Datum	Ime	Datum	Ime, Prezime	Polpis
			Projektirao	09.2022.	M. Hrastinski	
			Konstruirao	09.2022.	M. Hrastinski	
			Crtao	09.2022.	M. Hrastinski	
			Pregledao			
			Odobrio			
Mjerilo:	Naziv:					Br. nacrt:
1:1	Vijak					

Sveučilište Sjever