

Tehnologija izrade osovine poluge za povratni ventil DN 400

Švogor, Marin

Undergraduate thesis / Završni rad

2020

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

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:122:995963>

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

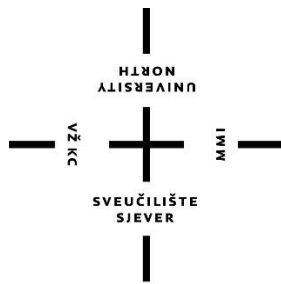
Download date / Datum preuzimanja: **2025-01-28**



Repository / Repozitorij:

[University North Digital Repository](#)





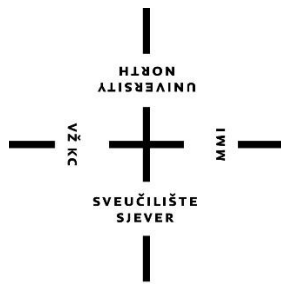
**Sveučilište
Sjever**

332/PS/2020

**Tehnologija izrade osovine poluge za povratni
ventil DN 400**

Marin Švogor, 2084/336

Varaždin, rujan 2020. godine



Sveučilište Sjever

Odjel za Proizvodno strojarstvo

332/PS/2020

Tehnologija izrade osovine poluge za povratni ventil DN 400

Student

Marin Švogor, 2084/336

Mentor

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

Varaždin, rujan 2020. godine

Prijava završnog rada

Definiranje teme završnog rada i povjerenstva

ODJEL Odjel za strojarstvo

STUDIJ preddiplomski stručni studij Proizvodno strojarstvo

PRISTUPNIK Marin Švogor

MATIČNI BROJ 0336021263

DATUM 21.09.2020.

KOLEGIJ CNC obradni sustavi

NASLOV RADA Tehnologija izrade osovine poluge za povratni ventil DN 400

NASLOV RADA NA ENGL. JEZIKU Production technology of lever shaft for swing check valve DN 400

MENTOR dr. sc. Matija Bušić

ZVANJE docent

ČLANOVI POVJERENSTVA

1. izv.prof.dr.sc. Sanja Šolić, predsjednica povjerenstva
2. doc.dr.sc. Matija Bušić, mentor, član
3. doc.dr.sc. Zlatko Botak, član
4. doc.dr.sc. Tomislav Veliki, član
5. _____

VŽKC

MMI

Zadatak završnog rada

BROJ 332/PS/2020

OPIS

U završnom radu potrebno je na praktičnom primjeru osovine poluge za povratni ventil DN 400 prikazati sve proizvodne tehnologije koje se koriste u proizvodnji. U uvodu je potrebno opisati proizvod, navesti mu vijek trajanja te potrebne zahtjeve koje proizvod mora ispunjavati. Potrebno je navesti vrstu materijala iz kojeg se proizvod izrađuje, sa kemijskim sastavom i mehaničkim karakteristikama. Na temelju dostupne literature opisati sve proizvodne tehnologije koje se koriste u pripremi materijala i obradi odvajanjem čestica.

U eksperimentalnom dijelu rada potrebno je prikazati sve proizvodne tehnologije sa opisom strojeva i uređaja te korištenim parametrima koji se koriste u proizvodnji navedene osovine poluge za povratni ventil DN 400. Prikazati sve operacije i sve rezne alate korištene u obradi. Izraditi izračun utrošenog vremena potrebnog za proizvodnju, te izračunati cijenu prema normativima iz određene tvrtke.

Napraviti usporedbu sa alternativnim načinom proizvodnje koji je visokoautomatiziran tako da se za navedeni način proizvodnje također izračuna predviđeno utrošeno vrijeme i predviđena cijena izrade za jedan i više komada proizvoda. Napraviti usporedbu korištenih strojeva u oba proizvodna procesa. Napraviti usporedbu vremena i cijene proizvodnje te donijeti zaključak o isplativosti proizvodnje na visokoautomatiziranim obradnim strojevima.

ZADATAK URUČEN

21.09.2020.



POTPIS MENTORA

M. Bušić

Predgovor

Zahvaljujem se mentoru doc. dr. sc. Matiju Bušiću, dipl.ing.stroj. na stručnoj pomoći te upućenim savjetima pri izradi završnog rada.

Zahvaljujem se djelatnicima tvrtke MIV d.d. na prenesenom znanju tokom obavljanja stručne prakse.

Posebno se zahvaljujem svojoj obitelji i prijateljima na pruženoj potpori i ukazanom povjerenju tijekom dosadašnjeg dijela studija.

Sažetak

Glavni zadatak završnog rada je razrada tehnološke pripreme proizvodnje osovine poluge za protupovratni ventil DN 400 modela V2-08, čija se proizvodnja odvija u tvrtki MIV d.d. Opisan je protupovratni ventil, njegova namjena, ugradnja, održavanje te životni vijek. Za osovinu poluge određen je materijal prema zahtjevima proizvođača. Definirana je tehnologija izrade s mikro razradom svake operacije te su prikazani svi potrebni alati. Također, u radu se razmatra isplativost i mogućnost unaprjeđenja proizvodnje kroz modernije strojeve i alate. Sva dokumentacija i dobiveni rezultati nalaze se u sljedećim poglavljima rada.

KLJUČNE RIJEČI: tokarenje, glodanje, CNC alatni strojevi, alati, režimi obrade, vrijeme izrade

Summary

The aim of this study is to describe the process of technological preparation for the production of lever shaft for swing check valve DN 400 model V2-08, which is produced in the company MIV d.d. This study illustrates the check valve itself, its usage, installation, maintenance and lifetime. The material for the lever shaft has been designed to meet the product requirements. The manufacturing technology with micro-level elaboration of each operation is defined and all the necessary tools are presented. Moreover, the issue of cost-effectiveness is discussed in this study, as well as the possibility of improving production using modern machines and tools. All process documentation and results obtained can be found in the following chapters of this study.

KEY WORDS: turning, milling, CNC machine tools, tools, regime of processing, time of making

Popis korištenih kratica

DN	oznaka za nazivni promjer
EPDM	etilen/propilen/diensi kaučuk – vrsta tehničke gume
NBR	akrilonitril/butadienski kaučuk, nitrilni kaučuk – vrsta tehničke gume
VITON	polimerizat koji sadrži flutom i fluorakilom - trgovački naziv za tehničku gumu
RAL	standard za označavanje tonova boja po brojevima
mic	oznaka za duljinu u iznosu od 1/1 000 000 metara
CNC	Computer Numerical Control
HRK	Hrvatska Kuna

Sadržaj

1.	Uvod.....	9
2.	Protupovratni ventil s polugom.....	10
2.1.	Opis proizvoda	10
2.2.	Namjena i ugradnja	11
2.3.	Eksploatacija	11
3.	Tehnologija izrade osovine poluge	12
3.1.	Izbor materijala	12
3.2.	Odabir tehnologije izrade	13
3.2.1.	Tokarenje.....	14
3.2.2.	Glodanje	16
3.2.3.	Redoslijed operacija	19
3.3.	Potrebni strojevi i alati	20
	Tračna pila – Adal DB 300 S	21
	Tokarilica – Potisje PA 631	22
	Glodalica – Prvomajska GUK-1	24
3.4.	Mikrorazrada, režimi rada i vremena izrade	26
3.5.	Dobiveni rezultati	31
4.	Unaprjeđenje proizvodnje	33
	Tokarski obradni centar – Spinner TC800L	33
4.1.	Redoslijed operacija i režimi rada za CNC obradni centar	35
4.2.	Kalkulacija za CNC obradni centar.....	40
4.3.	Usporedba rezultata.....	41
5.	Zaključak.....	42
6.	Literatura.....	44

1. Uvod

Strojarstvo ima široko područje primjene te je prisutno gotovo u svim granama industrije. Primjenjuje se direktno, ili posredno kroz razne neizostavne strojeve, alate i pomagala. Velikim razvojem svijeta, danas imamo prisutne mnoge tehnologije izrade koje se mogu primijeniti u proizvodnji. Cilj svake proizvodnje jest izbor prihvatljive tehnologije izrade proizvoda. 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, bit će prikazana izrada osovine poluge koja se ugrađuje u protupovratni ventil s polugom.

Protupovratni ventil neizostavna je komponenta svakog postrojenja u vodogradnji i energetici. Njihova zadaća je sprječavanje povratnog gibanja fluida uz što malji gubitak tlaka. Ovisno o funkciji i području primjene izrađuju se mnoge vrste protupovratnih ventila, neki od najzastupljenijih su:

- kuglasti nepovratni ventili
- membranski nepovratni ventili
- ventili s zaklopkom
- leptirasti nepovratni ventili
- žablji poklopci
- gumeni nepovratni ventili

Nepovratni ventil s zaklopkom jednostavne je izvedbe i proizvodi se serijski, pa je cijenom lako dostupan. S obzirom na način zatvaranja najviše se izrađuje nepovratni ventil s polugom, s ekscentrom, s podiznim pladnjem i s dvostrukom klapnom. Kod naglog zatvaranja ventila dolazi do hidrauličkog udara, pa se kod većih tlakova i promjera ugrađuje amortizer koji je najčešće hidraulički. On ublažuje udar zaklopke o kućište ventila i time smanjuje hidraulički udar.

2. Protupovratni ventil s polugom

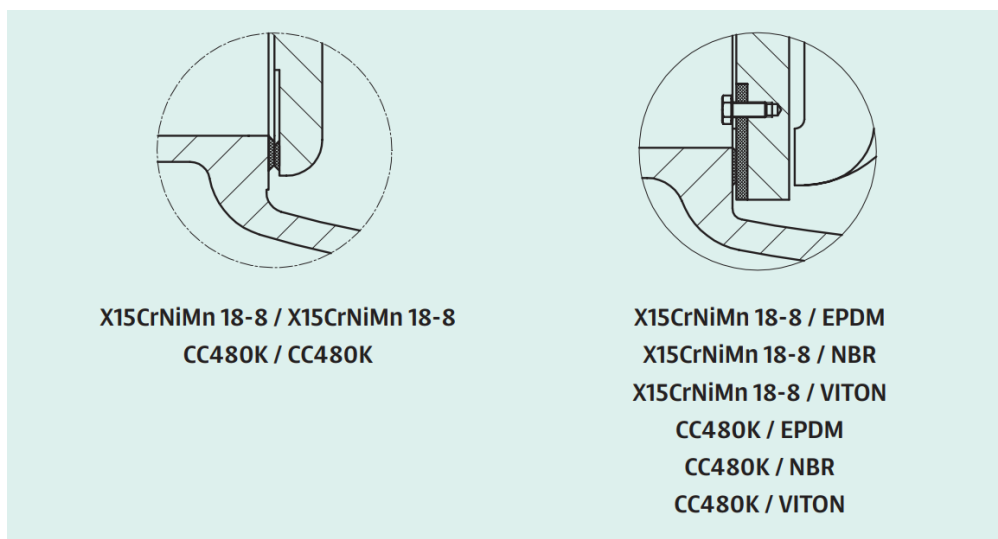
2.1. Opis proizvoda

Protupovratni ventil modela V2-08 sastoji se od kućišta i osovine koja spaja zaklopku i polugu s utegom. Izrada kućišta i zaklopke vrši se lijevanjem nodularnog lijeva (GGG-40) u pijesak, a osovina poluge je izrađena iz nehrđajućeg čelika (X20Cr13). Ova vrsta ventila ima gravitacijski princip zatvaranja uz pomoću utega pričvršćenog na polugu. Poluga s utegom može se ugraditi s lijeve, desne ili obje strane ventila. Oko poluge s utegom, zbog sigurnosti, obično se montira zaštitna košara.



Slika 2.1 Model protupovratnog ventila s polugom

Proizvodnja standardnih protupovratnih ventila odvija se po veličinama nazivnog promjera koji može biti od 50 mm do 1000 mm s dopuštenim tlakovima od 10, 16, 25 ili 40 bara. Brtvljenje se izvodi na dva načina. Moguća je izvedba s navarenim prstenovima od nehrđajućeg čelika (X15CrNiMn 18-8) ili bronce (CC480K) na kućište i na zaklopku. Drugi način brtvljenja je s navarenim prstenom od nehrđajućeg čelika (X15CrNiMn 18-8) ili bronce (CC480K) na kućištu i gumom na zaklopki. Moguća je ugradnja 3 vrste gume: EPDM, NBR ili VITON. EPDM guma koristi se za brtvljenje kad je medij pitka voda, NBR guma se ugrađuje kod otpadnih voda dok se VITON guma primjenjuje za povišene temperature. Bolje i jednostavnije brtvljenje se ostvaruje s gumom, dok prvi način brtvljenja (metal-metal) ne zahtjeva održavanje. S porastom tlaka lakše se ostvaruje brtvljenje. Najvažnije je ravnomjerno nalijeganje dosjeda kućišta i zaklopke [11].



Slika 2.2 Dva načina brtvljenja: metal-metal, metal-guma [11]

Zbog antikoroziivnih zahtjeva površinska zaštita se izvodi praškastom epoksidnom prevlakom postupkom plastifikacije, minimalne debljine 250 mic u boji RAL 5015. Prema potrebama i zahtjevima kupaca, na ventil je moguće ugraditi hidraulički amortizer, kuglastu slavinu, mimovod ili mikroprekidače za automatizirane sustave [11].

2.2. Namjena i ugradnja

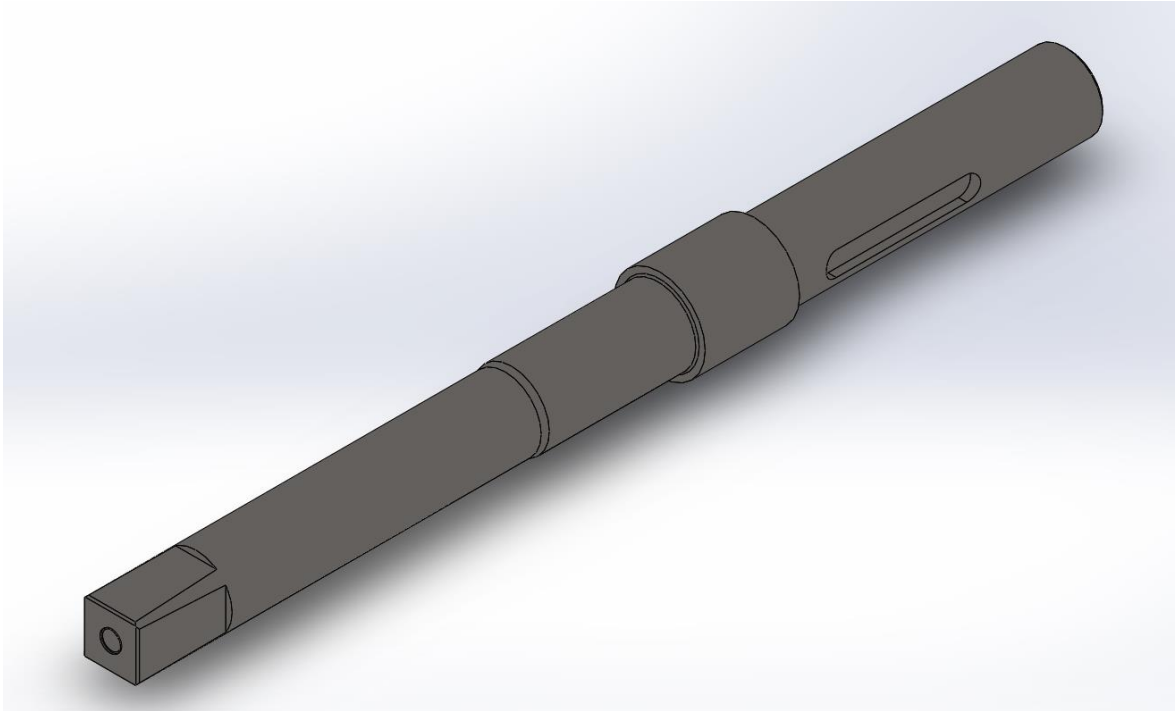
Ugradnjom protupovratnog ventila omogućuje se gibanje fluida samo u jednom smjeru. Na taj način osiguravaju se osjetljive komponente sustava kao što su pumpe te se sprječava nepoželjno pražnjenje spremnika. Standardni mediji za koje se može koristiti ventil su voda, pitka voda, otpadna voda i zrak, do maksimalno 60°C radne temperature. Ugradbena duljina je propisana standardom EN 558 SERIES 48 [4], a prirubnica se izrađuje prema EN 1092-2 [5]. Prilikom ugradnje ventil je moguće pozicionirati horizontalno ili vertikalno ovisno o izvedbi sustava u koji se ugrađuje. Bitno je ventil okrenuti u smjeru gibanja fluida, a poluga s utegom mora biti u gornjem položaju kad je ventil otvoren.

2.3. Eksploatacija

Za rad bez problema ključno je redovito održavanje proizvoda. Potrebna je zamjena svih gumenih dijelova (EPDM) svakih pet godina te podmazivanje kliznih ležajeva prema potrebi. Ako je nepovratni ventil instaliran u sustav gdje je medij otpadna voda, preporučuje se čišćenje zbog mogućeg taloženja čestica koje se nalaze u mediju. Uz pridržavanje ovih uputa o održavanju i pravilnom ugradnjom ventila u sustav, proizvođač predviđa neograničeni životni vijek proizvoda.

3. Tehnologija izrade osovine poluge

Glavni dio protupovratnog ventila jest osovina koja spaja zaklopku i polugu s utegom. Ona omogućuje pravilno otvaranje i zatvaranje ventila. Potrebno je odrediti tehnologiju izrade osovine poluge prema nacrtu „P_21-6-0315_Osovina_poluge“ koji je prikazan u prilogu. Od tehnologije se očekuje uputa da se uz minimalna utrošena sredstva izradi osovina tražene kvalitete.



Slika 3.1 Model osovine poluge

3.1. Izbor materijala

Odabir materijala vrši se prema zahtjevima za određeni strojni dio ili prema zahtjevima kupca. Zahtjevi mehaničkih svojstava materijala za osovinu poluge su minimalna vlačna čvrstoća (R_m) 700 N/mm² i minimalna granica razvlačenja ($R_{p0.2}$) 450 N/mm². Prema tome, može se uzeti čelik za poboljšavanje C55 koji zadovoljava zahtjeve mehaničkih svojstava. Ali zbog antikorozijskih zahtjeva izabran je martenzitni nehrđajući čelik X20Cr13 koji je skuplji i teže obradiv od C55. Ovaj materijal je dostupan u obliku poluproizvoda hladno valjana šipka promjera Ø 62 mm s kemijskim sastavom prikazanim u Tablica 3.1.

C	Si	Mn	P	S	Cr
0,16-0,25	Max 1	Max 1,5	Max 0,04	Max 0,015	12-14

Tablica 3.1 Kemijski sastav % čelika X20Cr13 [22]

Zadovoljava tražena mehanička svojstva i otporan je na koroziju. Ako se ventil ugrađuje u morskom ili kloridnom okruženju, tada se uzima austenitni nehrđajući čelik X5CrNiMo 17-12-2 s kemijskim sastavom prikazanim u Tablica 3.2.

C	Si	Mn	Ni	P	S	Cr	Mo	N
Max 0,07	Max 1	Max 2	10-13	Max 0,045	Max 0,015	16,5-18,5	2-2,5	Max 0,1

Tablica 3.2 Kemijski sastav % čelika X5CrNiMo 17-12-2 [22]

3.2. Odabir tehnologije izrade

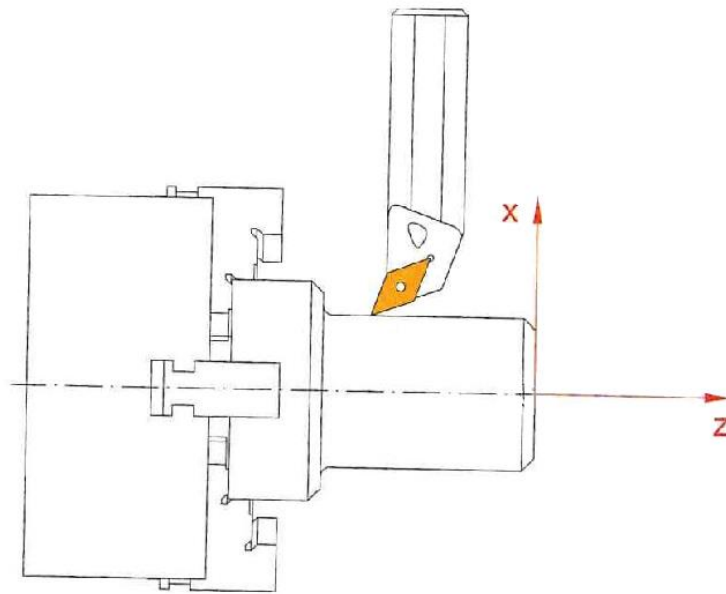
Postoji nekoliko tehnologija izrade osovina i vratila. Kriteriji za izbor postupka proizvodnje su sljedeći: oblik poluproizvoda ili gotovog dijela, masa i volumen izratka, kompleksnost oblika, tražene tolerancije i hrapavost površine te količina i trošak proizvodnje. Zadana osovina poluge jednostavnog je oblika i nije zadana velika serijska proizvodnja pa se može odabrati obrada odvajanjem čestica. Obrada odvajanjem čestica skup je konvencionalnih i nekonvencionalnih postupaka, kojim se metalnom obratku daje određeni oblik i određena kvaliteta površine. Maksimalna kvaliteta obrađene površine na osovini poluge iznosi $R_a = 1,6 \mu\text{m}$. Prema Tablica 3.3, zahtijevanu kvalitetu površine osovine poluge moguće je ostvariti tokarenjem i glodanjem.

	Proces	Srednje odstupanje profila R_a (μm)	
		(min)	(max)
Kružno simetrični dijelovi	Tokarenje	0.8	25.0
	Brušenje	0.1	1.6
	Honanje	0.1	0.8
	Poliranje	0.1	0.5
	Lepanje	0.05	0.5
Prizmatični oblici	Glodanje	0.8	25.0
	Brušenje	0.1	1.6
	Honanje	0.1	0.8
	Poliranje	0.1	0.5
	Lepanje	0.05	0.5
Rupe, navoji, razno	Bušenje	1.6	25.0
	Razvrtanje	0.8	6.3
	Bušenje	0.8	10.0
	Obodno glodanje	0.8	15.0
	Brušenje	0.1	1.6
	Polirati	0.2	0.4
	Provlačejne	0.8	6.3
	Glodanje	0.8	25.0

Tablica 3.3 Kvaliteta izrade površine prema postupcima obrade odvajanjem čestica [8]

3.2.1. Tokarenje

Tokarenje je postupak obrade odvajanjem čestica kojim se pretežno oblikuju rotacijski simetrični i okrugli, ali i drugi dijelovi. Izvodi se na alatnim strojevima tokarilicama, gdje je glavno gibanje kružno kontinuirano gibanje obratka, a posmično gibanje pridruženo je alatu. Posmično gibanje u osnovi je pravolinijsko kontinuirano gibanje paralelno s osi rotacije obratka (os „z“) ili okomito na os rotacije obratka (os „x“). Istovremenim korištenjem osi „z“ i osi „x“ dobiva se krivolinijsko gibanje kojim se izrađuju razne konture.

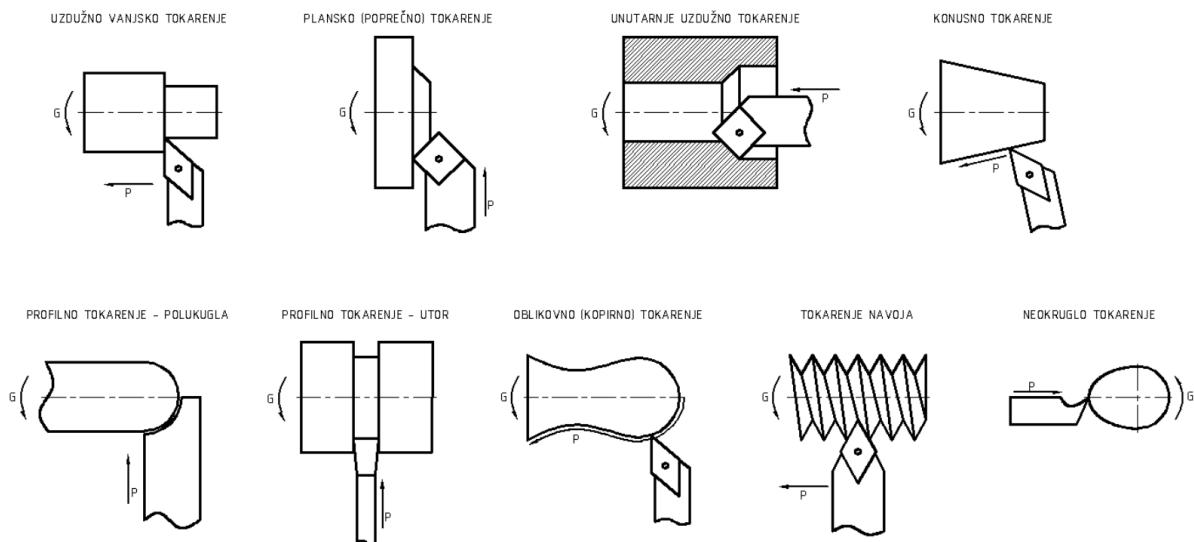


Slika 3.2 Prikaz osi kod tokarilice [7]

Podjelu tokarenja možemo prikazati kroz nekoliko kriterija:

- prema ostvarenoj kvaliteti obrađene površine:
 - grubo
 - završno
 - fino
- prema položaju obrađene površine:
 - vanjsko
 - unutarnje
- prema kinematici postupka:
 - uzdužno
 - poprječno
- prema obliku obrađene površine (Slika 3.3):
 - okruglo
 - plansko (poprječno)

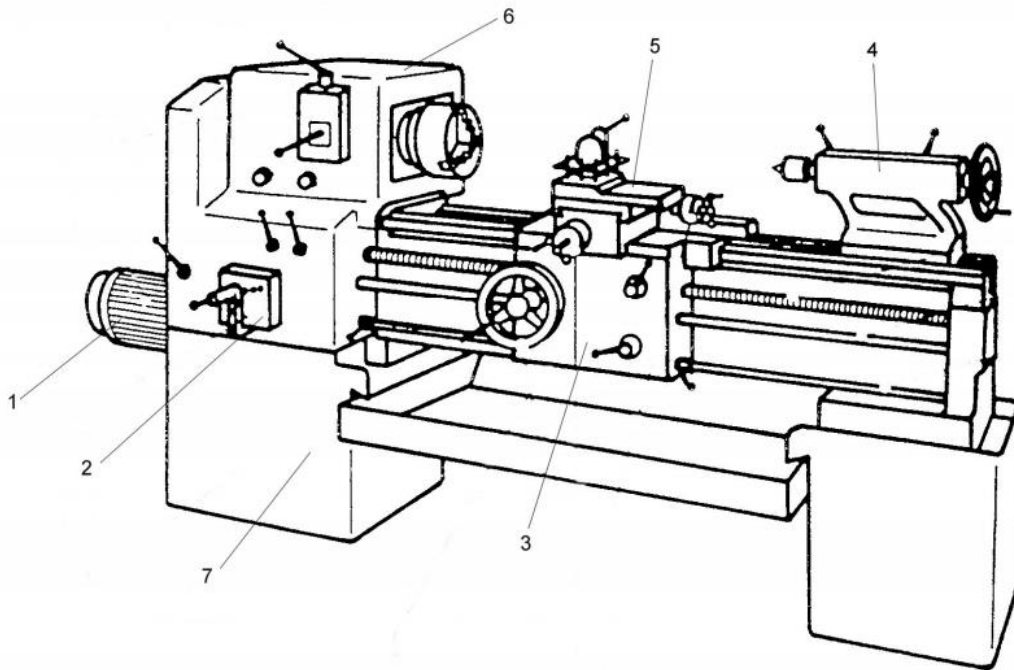
- konusno
- profilno
- oblikovno
- izrada navoja
- neokruglo



Slika 3.3 Podjela tokarenja prema obliku obrađene površine [9]

Alat za tokarenje je tokarski nož koji ima jednu glavnu oštricu. Prije se koristio tokarski nož napravljen od brzoreznog čelika, no danas, većinom se koriste noževi s izmjenjivom reznom pločicom. Takve pločice napravljene su od smjese tvrdih metala te presvučene raznim prevlakama koje poboljšavaju rezna svojstva i produžuju životni vijek pločice.

Najzastupljenija tokarilica u proizvodnji jest univerzalna tokarilica. Ova tokarilica ima ručno upravljanje i potrebna je stručnost operatera za kvalitetnu obradu strojnog dijela. Na njemu je poprečni suport s gornjim suportom i prihvatom tokarskih noževa, a na suprotnom kraju od glavnog vretena nalazi se konjić. Promjena učestalosti vrtnje glavnog vretena je stupnjevana jer se izvodi zupčaničkim prijenosom. Upotrebljavaju se za pojedinačnu obradu ili za obradu u malim serijama. Na Slika 3.4 je prikazana univerzalna tokarilica s osnovnim dijelovima.



Slika 3.4 Univerzalna tokarilica [3]

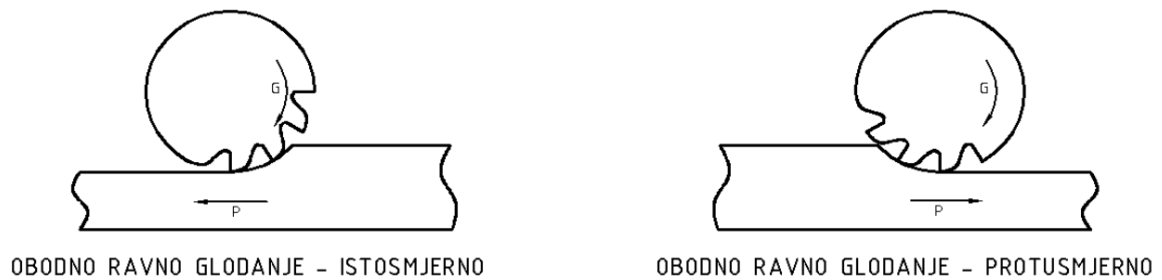
Glavni dijelovi univerzalne tokarilice označeni na Slika 3.4 su:

1. elektromotorni pogon,
2. posmični prigon,
3. uzdužni suport,
4. konjić,
5. poprečni suport s nosačem tokarskih noževa,
6. vretenište sa glavnim vretenom,
7. postolje.

3.2.2. Glodanje

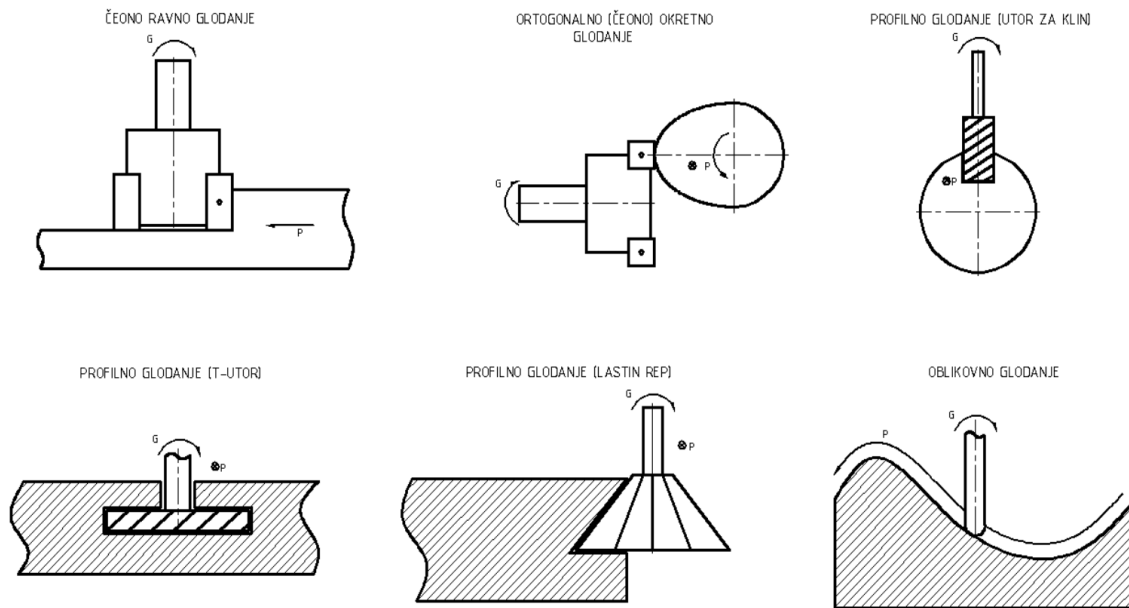
Glodanje je postupak obrade odvajanjem čestica koji se koristi za obradu ravnih, zakrivljenih i profiliranih ploha. Izvodi se na alatnim strojevima glodalicama, gdje je glavno gibanje kružno kontinuirano gibanje alata. Posmično je gibanje kontinuirano, proizvoljnog oblika i smjera te je pridruženo obratku. Os rotacije glavnog gibanja zadržava svoj položaj prema alatu bez obzira na smjer brzine posmičnog gibanja. Takvim postupkom moguće je izraditi utore, žljebove, zupčanike, navoje ili neke druge profile. Glodanje se dijeli prema sljedećim kriterijima:

- prema ostvarenoj kvaliteti obrađene površine:
 - grubo
 - završno
 - fino
- prema kinematici postupka (Slika 3.5):
 - istosmjerno
 - protusmjerno



Slika 3.5 Podjela glodanje prema kinematici postupka [9]

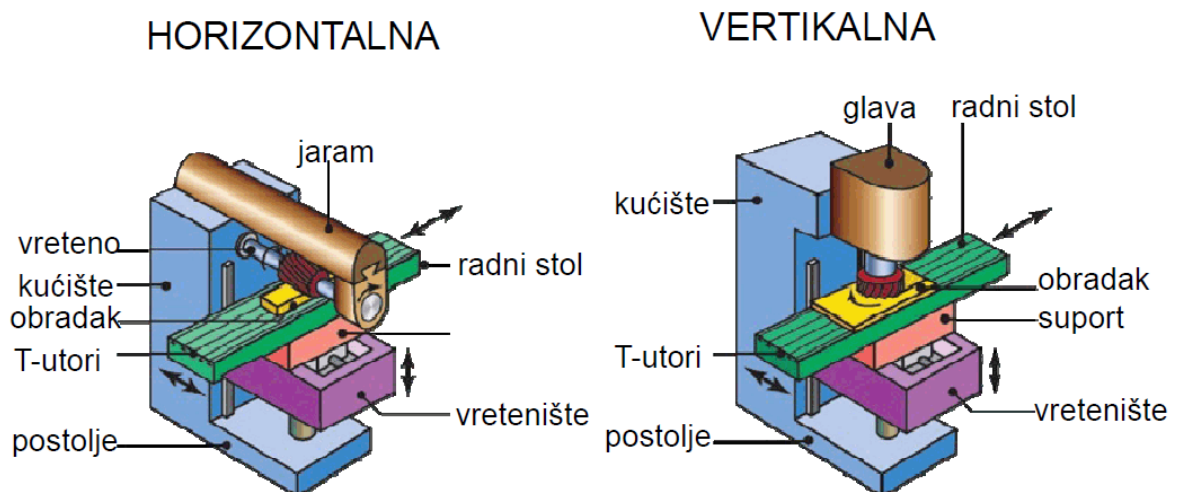
- prema položaju reznih oštrica na glodalu:
 - obodno
 - čeono
- prema obliku obrađene površine (Slika 3.6):
 - ravno
 - okretno
 - profilno
 - odvalno
 - oblikovno



Slika 3.6 Podjela glodanje prema obliku obrađene površine [9]

Alat za glodanje je glodalo definirane geometrije reznog dijela, s više glavnih reznih oštrica koje se nalaze na zubima glodala. Rezne oštrice periodično ulaze u zahvat s obratkom i izlaze iz njega tako da im je dinamičko opterećenje jedno od osnovnih obilježja. Istodobno je u zahvatu s obratkom samo nekoliko reznih oštrica. Za izradu reznog dijela glodala najčešće se koriste brzorezni čelici, cermet, keramika te kubni nitrid bora, dok se cijelo glodalo izrađuje od brzoreznog čelika.




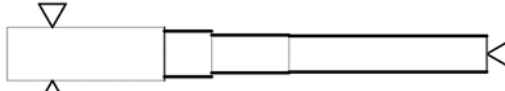
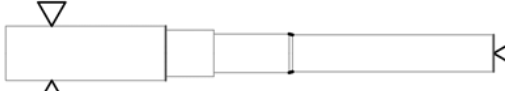


Vrste glodalica prema položaju radnog vretena mogu biti vertikalna, horizontalna ili kombinirana. Horizontalna i vertikalna glodalica prikazane su na Slika 3.7 s označenim osnovnim dijelovima alatnog stroja.



Slika 3.7 Horizontalna i vertikalna glodalica [6]

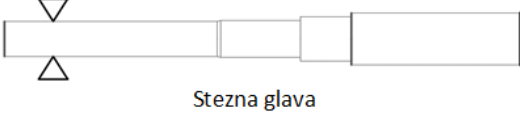
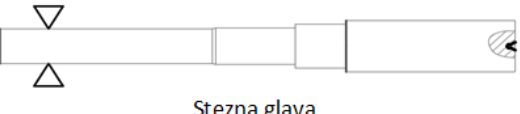

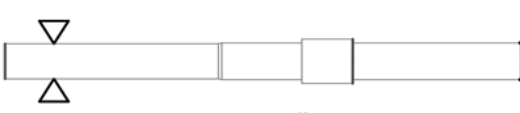
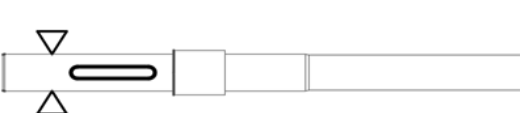
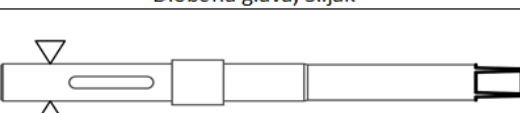
3.2.3. Redoslijed operacija

Operacije potrebne za izradu treba rasporediti tako da se ostvari što manje stezanja obratka i utroši minimalno potrebnog vremena. Iz oblika valjka potrebno je izraditi konturu prikazanu nacrtom „P_21-6-0315_Osovina_poluge“. Materijal je dobavljen u obliku hladno valjane šipke duljine 3 ili 6 metara pa je prva operacija rezanje šipke na manje komade duljine 561 mm. Takvi komadi stežu se u steznu glavu na univerzalnoj tokarilici. Zbog duljine komada potrebno je koristiti šiljak za podupiranje. Stoga, prva operacija na tokarilici jest zaravnavanje čela i zabušivanje gnijezda za podupiranje šiljkom. Zabušivanje gnijezda radi se zabušivačem. Slijedi uzdužno grubo i fino tokarenje te izrada skošenja koja se vrši tokarskim nožem PCLNR i pripadajućom reznom pločicom CNMG. Zatim se buši rupa, svrdlom promjera 14 mm koje ima konusni prihvat, u koju se narezanim svrdlom urezuje navoj M16.

Redni broj	Operacija	Skica stezanja	Alatni stroj
1.	Piljenje	 Škripac	Tračna pila
2.	Zaravnavanje čela	 Stezna glava	Univerzalna tokrilica
3.	Zabušivanje	 Stezna glava	
4.	Uzdužno tokarenje	 Stezna glava; Šiljak	
5.	Izrada skošenja 15°	 Stezna glava; Šiljak	
6.	Bušenje	 Stezna glava	
7.	Rezanje navoja	 Stezna glava	

Tablica 3.4 Operacijska lista – obrada prve strane

Sada se obradak okreće, ponovo se zaravnava čelo i zabušuje gnijezdo. Nakon grubog i finog uzdužnog tokarenja i izrade preostalog skošenja, gotove su operacije na univerzalnoj tokarilici te se obradak seli na glodalicu. Obradak se okreće te se na glodalici izvršavaju operacije glodanja četvrtke i utora za pero. Obradak je potrebno staviti u diobeni aparat zbog izrade četvrtke i utora za pero koji međusobno ovise o položaju. Također, obradak je potrebno poduprijeti šiljkom. Utor za pero izrađuje se tvrdometalnim glodalom promjera 14 mm, a za četvrtku se koristi glodača glava promjera 80 mm s pripadajućim reznim pločicama. Nakon glodanje obradak je gotov. Cijeli slijed operacija prikazan je kroz Tablica 3.4 i Tablica 3.5 dok su svi potrebni alati prikazani u poglavlju 3.3.

Redni broj	Operacija	Skica stezanja	Alatni stroj
8.	Zaravnavanje čela	 Stezna glava	Univerzalna tokrilica
9.	Zabušivanje	 Stezna glava	
10.	Uzdužno tokarenje	 Stezna glava; Šiljak	
11.	Izrada skošenja 15°	 Stezna glava; Šiljak	
12.	Glodanje utora	 Diobena glava; Šiljak	Univerzalna glodalica
13.	Glodanje četvrtke	 Diobena glava; Šiljak	

Tablica 3.5 Operacijska lista – obrada druge strane

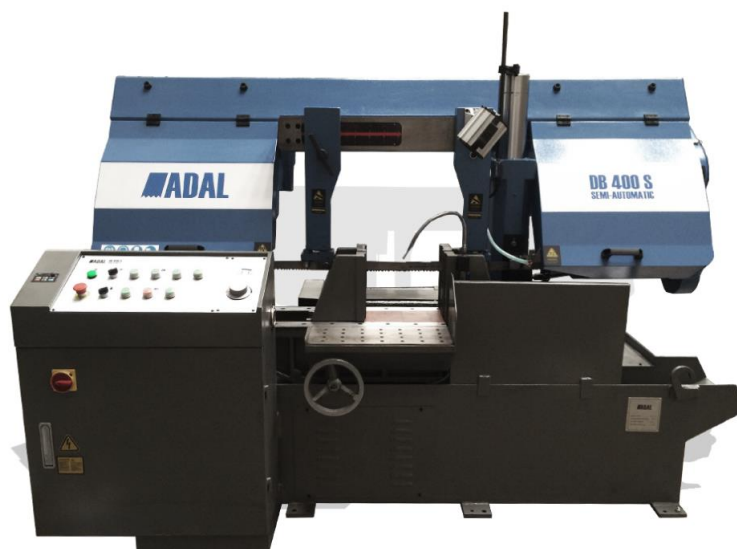
3.3. Potrebni strojevi i alati

Za svaki tehnološki proces nužno je izabrati potrebne strojeve i alate za izradu strojnog dijela. Taj korak je izuzetno važan za operativnu pripremu proizvodnje kojoj je zadatka osigurati sve resurse koji su neizostavni za proizvodnju. Izrađuje se podjela rada po radnim jedinicama, nabavlja

materijal za obradak i pripremaju alati za izradu strojnog dijela. Opće je poznato da dobra organizacija rada je zapravo pola posla.

Zadana osovina poluge izrađuje se na sljedećim strojevima i sa alatima:

Tračna pila – Adal DB 300 S



Slika 3.8 Tračna pila Adal DB 300 S

Model		DB 300 S
Kapacitet rezanja (mm)		300
Kapacitet rezanja (mm)		400 x 300
Traka	Brzina (m/min)	20 – 80 (Inverter)
	Dimenzija (mm)	34 x 1,1 x 3970
	Napetost	Hidraulično
	Čišćenje	Četkica i rashladna tekućina
Motor	Glavni (kW)	4
	Hidraulika (kW)	1,5
	Hlađenje (kW)	0,125
Donos materijala		Ručno
Stezanje materijala		Hidraulično

Tablica 3.6 Tehničke karakteristike tračne pile Adal DB 300 S

Horizontalna tračna pila na dva stupa ima poluautomatsko upravljanje i može rezati profile do promjera 300 mm. Obično su profili i šipke dostupni u duljini od 6 ili 3 metra, pa je rezanje na tračnoj pili prvi korak u proizvodnji strojnog dijela.

Tokarilica – Potisje PA 631



Slika 3.9 Tokarilica Potisje PA 631 [14]

Visina šiljaka	
nad posteljom	255 mm
u prostoru mosta	380 mm
Promjer tokarenja	
nad posteljom	530 mm
nad poprečnim klizačem	310 mm
u ravnoj ploči	500 mm
u prostoru mosta	720 mm
dužina prostora mosta ispred ravne ploče	260 mm
najveći promjer okretaja u prostoru mosta	760 mm
Radno vreteno	
provrt vretena	Ø90 mm
broj stupnjeva prijenosa	24
broj obrtaja - normalni	20-2000
Postolje i nosač alata	
širina postolja	400 mm
dužina uzdužnog klizača	590 mm
hod poprečnog klizača	300 mm
hod gornjeg klizača	150 mm
korak vodećeg vretena	6 mm
dozvoljeni presjek alata	25×25 mm ²
Posmaci	
broj	48
uzdužni	0,04-9,14 mm/o
poprečni	0,02-4,59 mm/o
Navoji	
broj	48
metrički	0,28-64 mm
whitworthovi	9/16-128 koraka/1"
modulni	0,07-16
Konjić	
promjer pinole	80 mm
konus otvora pinole	MK5
hod pinole	158 mm
Elektromotor	
snaga	11 kW
broj okretaja	1440 o/min

Tablica 3.7 Tehničke karakteristike za tokarilicu Potisje PA 631 [14]

Nakon rezanja na tračnoj pili, obradak se stavlja na univerzalnu tokarilicu marke Potisje gdje se vrše operacije poprečno i uzdužno tokarenje osovine poluge kao i bušenje i urezivanje navoja M16. Potrebni alati za izradu su prikazani na sljedećim slikama.



Slika 3.10 Zabušivač



Slika 3.11 Tokarski nož (PCLNR 2525-M12)



Slika 3.12 Rezna pločica za tokarski nož (CNMG 120408 – HS)



Slika 3.13 Svrđlo $\varnothing 14$ i narezno svrdlo M16

Glodalica – Prvomajska GUK-1



Slika 3.14 Glodalica Prvomajska GUK-1 s diobenim aparatom i šiljkom za podupiranje [15]

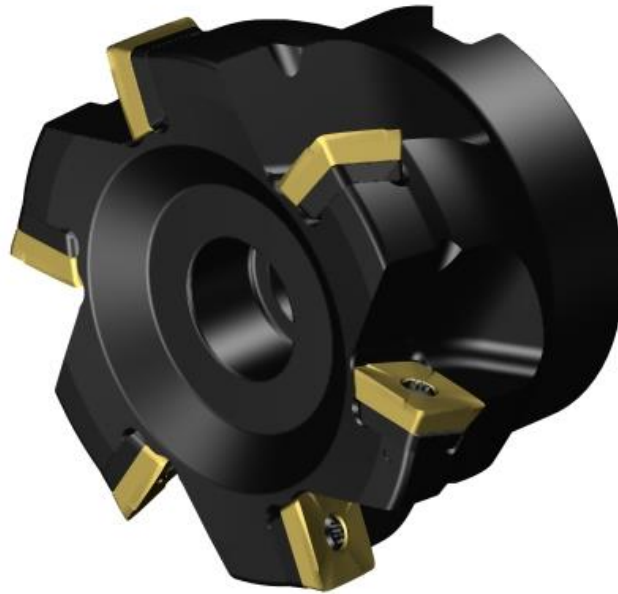
Površina stola	300×1250 mm
Uzdužni hod	925 mm
Poprečni hod	260 mm
Vertikalni hod	470 mm
Brzi hod uzdužno, poprečno, vertikalno	3000 mm/min 1000 mm/min
Zakretnost stola	2×45°
Broj/područje posmaka uzdužno, poprečno, vertikalno	27/12,5-1000 mm/min 27/4-330 mm/min
Snaga motora za posmak	1,1 kW
Čunj glavnog vretena	ISO-50
Broj/područje brojeva okretaja	18/40-2000 o/min
Snaga motora	5,5 kW
Težina stroja	2200 kg

Tablica 3.8 Tehničke karakteristike za glodalicu Prvomajska GUK-1

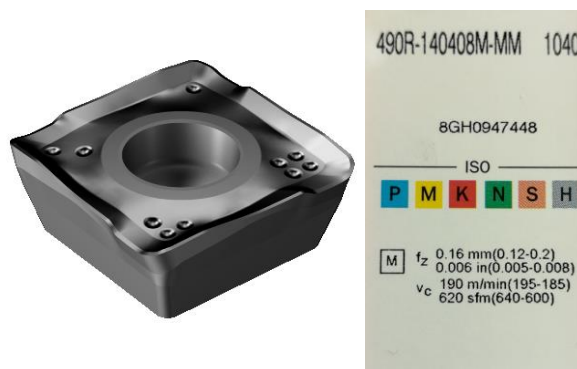
Univerzalna glodalica Prvomajska GUK-1 idealnih je dimenzija za izradu osovine poluge. Za pribor ima diobenu glavu i šiljak za podupiranje koji su potrebni za glodanje utora i četvrtke. Glodanje utora za pero izvodi se s tropernim tvrdometalnim glodalom Ø 14 mm prikazanim na Slika 3.15, dok se za glodanje četvrtke koristi glodaća glava Ø 80 mm koja je prikazana na Slika 3.16.



Slika 3.15 Glodalo tvrdometalno Ø 14 mm [16]



Slika 3.16 Glava glodača Ø 80 mm (490-080Q27-14M) [19]



Slika 3.17 Rezna pločica za glodaču glavu (490-140408M-MM)

3.4. Mikrorazrada, režimi rada i vremena izrade

Prema izabranim strojevima i alatima mogu se odrediti parametri rada koji su potrebni za izračun vremena izrade. Glavna strojna vremena su računata prema formulama u nastavku, a pomoćna vremena su uzeta iz kataloga pomoćnih vremena za univerzalnu tokarilicu i univerzalnu glodalicu.

Glavno strojno vrijeme za tokarenje:

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

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.

Glavno strojno vrijeme za glodanje:

$$t_g = \frac{L}{V_f} \cdot i_p$$

gdje je:

t_g [s] - glavno strojno vrijeme

L [mm] - ukupna duljina prolaza

V_f [mm/min] - posmična brzina

i_p - broj prolaza.

Mikrorazrada po pojedinim operacijama i izračunatim vremenima prikazana je u sljedećim tablicama, napravljena prema operacijskoj lisi prikazanoj u Tablica 3.4 i Tablica 3.5.

Broj operacije	Faza rada	Mikrorazrada	Vrijeme (min)	Alat	n o/min	f mm/o	l mm	a mm	br. prol.	Ukupno (min)
10	Piljenje	Uzimanje komada, postavljanje u steznu napravu	0,35							1,76
		Pozicioniranje i stezanje komada	0,17							
		Uključivanje vrtnje	0,03							
		Piljenje	0,80							
		Isključivanje	0,03							
		Otpuštanje i odlaganje komada	0,38							

Tablica 3.9 Mikrorazrada – Piljenje

Broj operacije	Faza rada	Mikrorazrada	Vrijeme (min)	Alat	n o/min	f mm/o	l mm	a mm	br. prol.	Ukupno (min)
20	Zaravnavanje čela	Uzimanje komada, postavljanje u steznu glavu	0,28	Nož za čeono tokarenje						2,2
		Stezanje i centriranje komada	0,17							
		Zamjena alata	0,27							
		Promjena okretaja i posmaka	0,23							
		Uključivanje vrtnje	0,03							
		Mjerenje	0,28							
		Primicanje	0,15							
		Zaravnavanje	0,71							
		Odmicanje	0,05							
				450	0,200	32,0	0,8	2		

Tablica 3.10 Mikrorazrada – Zaravnavanje čela (prva strana)

Broj operacije	Faza rada	Mikrorazrada	Vrijeme (min)	Alat	n o/min	f mm/o	l mm	a mm	br. prol.	Ukupno (min)
30	Zabušivanje	Zamjena alata	0,27	Svrđlo DIN332						1,2
		Promjena okretaja i posmaka	0,23							
		Uključivanje vrtnje	0,03							
		Primicanje	0,15							
		Zabušivanje	0,40							
		Skidanje brida	0,02		450	0,100	1,0		1	
		Odmicanje	0,05							

Tablica 3.11 Mikrorazrada – Zabušivanje (prva strana)

Broj operacije	Faza rada	Mikrorazrada	Vrijeme (min)	Alat	n o/min	f mm/o	l mm	a mm	br. prol.	Ukupno (min)
40	Uzdužno tokarenje grubo	Zamjena alata	0,27	Nož za uzdužno tokarenje - grubo						6,7
		Promjena okretaja i posmaka	0,23							
		Uključivanje vrtnje	0,03							
		Zauzimanje dubine	0,15							
		Mjerenje	0,28							
		Zauzimanje dubine	0,15							
		Tokarenje ø45/ø54 - grubo	3,35		450	0,250	377,0	8,5	1	
		Zauzimanje dubine	0,15							
		Tokarenje na ø43 - grubo	2,05		450	0,250	231,0	0,5	1	
		Odmicanje	0,05							
50	Uzdužno tokarenje fino	Zamjena alata	0,27	Nož za uzdužno tokarenje - fino						4,7
		Promjena okretaja i posmaka	0,23							
		Uključivanje vrtnje	0,03							
		Zauzimanje dubine	0,15							
		Mjerenje	0,28							
		Zauzimanje dubine	0,15							
		Tokarenje na ø42/ø44/ø53 - fino	3,43		550	0,200	377,0	0,5	1	
		Primicanje	0,15							
		Skidanje brida	0,01		550	0,200	1,0		1	
		Odmicanje	0,05							

Tablica 3.12 Mikrorazrada – Uzdužno tokarenje (prva strana)

Broj operacije	Faza rada	Mikrorazrada	Vrijeme (min)	Alat	n o/min	f mm/o	l mm	a mm	br. prol.	Ukupno (min)
60	Skidanje brida 15°	Zamjena alata	0,27	Alat za skošenje 15°						0,5
		Uključivanje vrtnje	0,03							
		Primicanje	0,15							
		Skidanje brida 15°	0,01		500	0,200	1,0		1	
		Odmicanje	0,05							

Tablica 3.13 Mikrorazrada – Skidanje brida 15° (prva strana)

Broj operacije	Faza rada	Mikrorazrada	Vrijeme (min)	Alat	n o/min	f mm/o	l mm	a mm	br. prol.	Ukupno (min)
70	Bušenje	Zamjena alata	0,27	Svrđlo Ø14						1,4
		Uključivanje vrtnje	0,03							
		Primicanje	0,15							
		Bušenje za M16	0,92		380	0,100	35,0		1	
		Odmicanje	0,05							
80	Rezanje navoja	Zamjena alata	0,27	Navojno svrdlo M16						1,2
		Promjena okretaja i posmaka	0,23							
		Uključivanje vrtnje	0,03							
		Primicanje	0,15							
		Rezanje navoja M16	0,25		100	2,000	25,0		2	
		Odmicanje	0,05							
		Uzimanje i odlaganje pištolja za ispuhivanje	0,10							
		Ispuhivanje nakon rezanja navoja	0,07							

Tablica 3.14 Mikrorazrada – Bušenje i rezanje navoja (prva strana)

Broj operacije	Faza rada	Mikrorazrada	Vrijeme (min)	Alat	n o/min	f mm/o	l mm	a mm	br. prol.	Ukupno (min)
90	Zaravnavanje čela	Otpuštanje komada, okretanje i ponovno stezanje	0,40	Nož za čeono tokarenje						1,8
		Zamjena alata	0,27							
		Promjena okretaja i posmaka	0,23							
		Uključivanje vrtnje	0,03							
		Primicanje	0,15							
		Zaravnavanje	0,71		450	0,200	32,0	0,8	2	
		Odmicanje	0,05							
100	Zabušivanje	Zamjena alata	0,27	Svrđlo DIN332						1,2
		Promjena okretaja i posmaka	0,23							
		Uključivanje vrtnje	0,03							
		Primicanje	0,15							
		Zabušivanje	0,40							
		Skidanje brida	0,02		450	0,100	1,0		1	
		Odmicanje	0,05							

Tablica 3.15 Mikrorazrada – Zaravnavanje čela i zabušivanje (druga strana)

Broj operacije	Faza rada	Mikrorazrada	Vrijeme (min)	Alat	n o/min	f mm/o	l mm	a mm	br. prol.	Ukupno (min)
110	Uzdužno tokarenje - grubo	Otpuštanje komada, okretanje i ponovno stezanje	0,40	Nož za uzdužno tokarenje - grubo						3,2
		Zamjena alata	0,27							
		Promjena okretaja i posmaka	0,23							
		Uključivanje vrtnje	0,03							
		Zauzimanje dubine	0,15							
		Mjerenje	0,28							
		Zauzimanje dubine	0,15							
		Tokarenje na $\phi 45$ - grubo	1,64		450	0,250	184,0	8,5	1	
		Odmicanje	0,05							
120	Uzdužno tokarenje - fino	Zamjena alata	0,27	Nož za uzdužno tokarenje - fino						3,2
		Promjena okretaja i posmaka	0,23							
		Uključivanje vrtnje	0,03							
		Zauzimanje dubine	0,15							
		Mjerenje	0,28							
		Zauzimanje dubine	0,15							
		Tokarenje na $\phi 44$ - fino	1,86		550	0,180	184,0	0,5	1	
		Primicanje	0,15							
		Skidanje brida	0,01		500	0,180	1,0		1	
		Odmicanje	0,05							

Tablica 3.16 Mikrorazrada – Uzdužno tokarenje (druga strana)

Broj operacije	Faza rada	Mikrorazrada	Vrijeme (min)	Alat	n o/min	f mm/o	l mm	a mm	br. prol.	Ukupno (min)
130	Skidanje brida 15°	Zamjena alata	0,27	Alat za skošenje 15°						0,9
		Uključivanje vrtnje	0,03							
		Primicanje	0,15							
		Skidanje brida 15°	0,01		500	0,200	1,0		1	
		Odmicanje	0,05							
		Otpuštanje i odlaganje komada	0,38							

Tablica 3.17 Mikrorazrada – Skidanje brida 15° (druga strana)

Broj operacije	Faza rada/stroj	Mikrorazrada	Vrijeme (min)	Alat	n o/min	f mm/min	l mm	a mm	br. prol.	Ukupno (min)
140	Glodanje utora	Uzimanje komada, postavljanje na stroj	0,37	Glodalo $\phi 14$						12,4
		Podupiranje šiljkom	0,12							
		Stezanje u amerikaner	0,12							
		Primicanje	0,08							
		Mjerenje	0,22							
		Uključivanje vrtnje	0,03							
		Zauzimanje dubine	0,08							
		Glodanje utora 14	10,94		600	16	175,0	5,5	1	
		Odmicanje	0,05							
		Isključivanje vrtnje	0,03							
		Odstranjivanje strugotine	0,12							
		Ručno skidanje srha	0,25							

Tablica 3.18 Mikrorazrada – Glodanje utora (druga strana)

Broj operacije	Faza rada/stroj	Mikrorazrada	Vrijeme (min)	Alat	n o/min	f mm/min	l mm	a mm	br. prol.	Ukupno (min)
150	Glodanje četvrtke	Uzimanje komada, postavljanje na stroj	0,00	Glodača glava Ø80						10,6
		Podupiranje šiljkom	0,00							
		Zamjena alata	0,27							
		Primicanje (4x)	0,32							
		Mjerenje	0,22							
		Uključivanje vrtnje	0,03							
		Zauzimanje dubine (4x)	0,32							
		Pozicioniranje diobene glave (4x)	0,40							
		Radialno glodanje pomoću y-osi (4x)	8,00		350	60	120,0		4	
		Odmicanje (4x)	0,20							
		Isključivanje vrtnje	0,03							
		Odstranjivanje strugotine	0,12							
		Ručno skidanje srha	0,25							
		Otpuštanje i odlaganje komada	0,42							

Tablica 3.19 Mikrorazrada – Glodanje četvrtke (druga strana)

3.5. Dobiveni rezultati

Ukupno vrijeme rada koje je potrebno da se izradi neki strojni dio sastoji se od sljedećih elemenata:

- t_{pz} – pripremno-završno vrijeme, potrebno je za pripremanje radnog mjesta za neki posao, te uređenje tog mjesta nakon rada.
- t_t – tehnološko vrijeme, označava ono vrijeme koje je potrebno za izvršavanje nekog efektivnog rada, odnosno kada se događa promjena oblika, dimenzije ili strukture materijala, bez obzira da li se obavlja ručno ili strojem.
- t_p – pomoćno vrijeme, ono vrijeme koje je potrebno za obavljanje pomoćnih poslova koje omogućuju da se izvedu tehnološki.
- t_d – dodatno vrijeme, služi za kompenzaciju onih gubitaka koje ima radnik tijekom dana, a za njih nije kriv [2].

Tehnološko i pomoćno vrijeme zajedno naziva se vrijeme izrade, i to je vrijeme izračunato u tablicama mikrorazrade po fazama rada. Na izračunato vrijeme izrade obično se dodaje dodatak, dodatno vrijeme, 20-30% kako bi se dobio normativ. Normativ je uvijek veći od vremena izrade zbog gubitka vremena kroz proizvodnju. Izračun gubitaka se izrađuje na bazi dnevnog fonda radnih sati (najčešće 8 sati). Svaka tvrtka za sebe procjenjuje vrijeme gubitaka poput početka i završetka rada, odlaska na malu i veliku nuždu, zaduživanje/razduživanje alata, vremena za odmor djelatnika (pauza) ili nepredvidivog prekida rada. Za ovaj zadatak, vrijeme gubitaka prikazano je u Tablica 3.20.

	[min]
Dnevni fond	480
Početak rada	5
Pranje prije pauze	5
Pauza	30
Kašnjenje nakon pauze	0
Velika nužda - 1x	10
Mala nužda - 2x	10
Prekid - 2x	15
Zaduživanje-razduživanje alata	10
Neplanirani prekidi	10
Završetak rada	0
Ukupno prekida	95
Postotak prekida	0,20
Koeficijent za dodatak	1,25

Tablica 3.20 Izračun koeficijenta za dodatno vrijeme

Kad se suma vremena izrade pomnoži s koeficijentom za dodatno vrijeme dobije se normativ koji se uvrštava u tablicu kalkulacije. Dobiveni rezultati uvršteni su u program MS Excel te je napravljena kalkulacija za izradu osovine poluge koja je prikazana u Tablica 3.21. Tako se dobila cijena od 303,05 HRK po komadu izrađene osovine poluge. Ova cijena je proizvodna, bez zarade.

Osovina poluge za PV 400							
Obrada	Komada	Resurs	Cijena	Tpz (min)	Ti (min)	Sati ukupno	Cijena obrade
Materijal						MJ	Iznos
X20Cr13 Ø62			12,39		13,6	kg	168,5038925
REZANJE	1,00	Tračna pila	60	5	2,15	0,1192	7,15
TOKARENJE (prva strana i rezanje navoja)	1,00	Tokarilica	66	10	21,83	0,5305	35,013
TOKARENJE (druga strana)	1,00	Tokarilica	66	10	12,56	0,3760	24,816
GLODANJE (utor i četvrtka)	1,00	Glodalica	83,25	20	28,7	0,8117	67,57125
Ukupno cijena obrade :							134,55
Cijena materijala:							168,50
Ukupna cijena :							303,05

Tablica 3.21 Kalkulacija izrade osovine poluge

4. Unaprjeđenje proizvodnje

U svakoj proizvodnji postoji mogućnost za unaprjeđenje proizvodnje. Bitno je točno procijeniti omjer uloženog i dobivenog, tj. za koliko vremena će se investicija, određeno unaprjeđenje isplatiti. Nadalje, bit će prikazano moguće unaprjeđenje proizvodnje kroz obradu na CNC obradnom centru.

CNC obradni centar je samostojeći numerički upravljani alatni stroj, kojim se upravlja pomoću posebnih kodiranih naredbi koje se učitavaju ili upisuju u upravljačkom računalu alatnog stroja. Takvo upravljanje omogućuje veliku prilagodljivost u radu i uštedu vremena. Ima automatsku izmjenu alata sa spremištem alata. Povećana je međudimenzionalna točnost izratka i proizvodnost u odnosu s klasičnim alatnim strojem, a obično se koristi za malu i srednjeserijsku proizvodnju.

Tokarski obradni centar – Spinner TC800L



Slika 4.1 SPINNER TC800L [20]

Izabran je tokarski obradni centar Spinner TC800L koji ima mogućnost glodanja pa se zadana osovina poluge cijela može obraditi na jednom alatnom stroju.

Neke od karakteristika stroja su:

- CNC-tokarilica sa gonjenim alatima
- Upravljačka jedinica SINUMERIK 840SL
- Mogućnost grafičkog programiranja (SHOP TURN, MILL)
- 3-osi (X,Y,Z)

- Područje rada stroja Ø450 x1600 mm
- Mogućnost simultane obrade glodanjem po y-osi
- Revolverska glava sa 12 mjesta za alat

Svi alati koji se koriste za klasične strojeve koriste se i na obradnom centru osim tokarskog noža. Za klasičan alatni stroj koristi se desni tokarski nož, dok se kod obradnog centra koristi lijevi. Na oba noža montiraju se iste rezne pločice (CNMG 120408 – HS).



Slika 4.2 Tokarski nož (PCLNL 2525-M12)




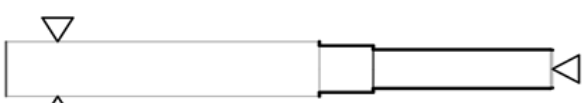
Također, kod CNC obradnog centra za bušenje rupe promjera 14 mm ne koristi se svrdlo s konusnim prihvatom, već se upotrebljava svrdlo s cilindričnim prihvatom koje je prikazano na Slika 4.3.



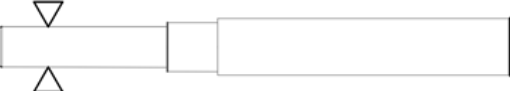
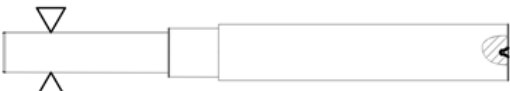
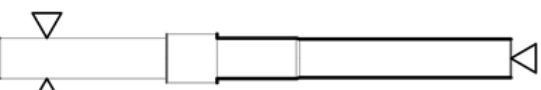



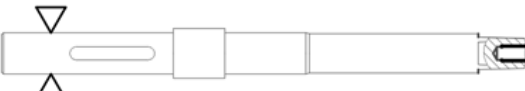
Slika 4.3 Svrđlo Ø14 – cilindrični prihvati

4.1. Redosljed operacija i režimi rada za CNC obradni centar

Obrada osovine poluge na CNC obradnom centru moguća je u samo 2 stezanja. Redosljed operacija sličan je kao kod obrade ma klasičnim strojevima. Prednost obradnog centra jest u mogućnosti obrade cijele konture. Cijeli redosljed operacija prikazan je u Tablica 4.1 i Tablica 4.2.

Redni broj	Operacija	Skica stezanja	Alatni stroj
1.	Piljenje	 Škripac	Tračna pila
2.	Zaravnavanje čela	 Stezna glava	CNC obradni centar
3.	Zabušivanje	 Stezna glava	
4.	Uzdužno tokarenje konture	 Stezna glava; Šiljak	

Tablica 4.1 Operacijska lista za CNC obradni centar – obrada prve strane

Redni broj	Operacija	Skica stezanja	Alatni stroj
5.	Zaravnavanje čela	 Stezna glava	CNC obradni centar
6.	Zabušivanje	 Stezna glava	
7.	Uzdužno tokarenje konture	 Stezna glava; Šiljak	
8.	Glodanje utora	 Stezna glava; Šiljak	
9.	Glodanje četvrtke	 Stezna glava; Šiljak	
10.	Bušenje	 Stezna glava	
11.	Rezanje navoja	 Stezna glava	

Tablica 4.2 Operacijska lista za CNC obradni centar – obrada druge strane

Vremena izrade izračunata su po formulama za klasičnu obradu. Točno vrijeme izrade dobili bi pisanjem programa za CNC obradni centar. Mikrorazrada po fazama rada, također, napravljena je po istim segmentima kao za klasične strojeve radi jasnijeg prikaza usporedbe i nalazi se u sljedećim tablicama.

Broj operacije	Faza rada	Mikrorazrada	Vrijeme (min)	Alat	n o/min	f mm/o/l	mm	a mm	br. prol.	Ukupno (min)
10	Piljenje	Uzimanje komada, postavljanje u steznu napravu	0,35							1,76
		Pozicioniranje i stezanje komada	0,17							
		Uključivanje vrtnje	0,03							
		Piljenje	0,80							
		Isključivanje	0,03							
		Otpuštanje i odlaganje komada	0,38							

Tablica 4.3 Mikrorazrada CNC – Piljenje (prva strana)

Broj operacije	Faza rada	Mikrorazrada	Vrijeme (min)	Alat	n o/min	f mm/o/l	mm	a mm	br. prol.	Ukupno (min)
20	Zaravnavanje čela	Uzimanje komada, postavljanje u steznu glavu	0,25	Nož za čeonu tokarenje						0,9
		Stezanje i centriranje komada	0,10							
		Zamjena alata	0,04							
		Promjena okretaja i posmaka	0,02							
		Uključivanje vrtnje	0,01							
		Mjerenje	0,28							
		Primicanje	0,02							
		Zaravnavanje	0,20							
		Odmicanje	0,02							
30	Zabušivanje	Zamjena alata	0,04	Svrđlo DIN332						0,5
		Promjena okretaja i posmaka	0,02							
		Uključivanje vrtnje	0,01							
		Primicanje	0,02							
		Zabušivanje	0,40							
		Odmicanje	0,02							

Tablica 4.4 Mikrorazrada CNC – Zaravnavanje čela i zabušivanje (prva strana)

Broj operacije	Faza rada	Mikrorazrada	Vrijeme (min)	Alat	n o/min	f mm/o/l	mm	a mm	br. prol.	Ukupno (min)
40	Uzdužno tokarenje grubo	Otpuštanje komada, okretanje i ponovno stezanje	0,30	Nož za uzdužno tokarenje - grubo						2,7
		Zamjena alata	0,04							
		Promjena okretaja i posmaka	0,02							
		Uključivanje vrtnje	0,01							
		Zauzimanje dubine	0,02							
		Mjerenje	0,28							
		Zauzimanje dubine	0,02							
		Tokarenje na ø45 - grubo	1,99							
		Odmicanje	0,02							
50	Uzdužno tokarenje fino	Zamjena alata	0,04	Nož za uzdužno tokarenje - fino						1,5
		Promjena okretaja i posmaka	0,02							
		Uključivanje vrtnje	0,01							
		Zauzimanje dubine	0,02							
		Mjerenje	0,28							
		Zauzimanje dubine	0,02							
		Tokarenje na ø44 - fino	1,02							
		Primicanje	0,02							
		Skidanje brida	0,01							
		Odmicanje	0,02							

Tablica 4.5 Mikrorazrada CNC – Uzdužno tokarenje konture (prva strana)

Broj operacije	Faza rada	Mikrorazrada	Vrijeme (min)	Alat	n o/min	f mm/o	l mm	a mm	br. prol.	Ukupno (min)
60	Zaravnavanje čela	Otpuštanje komada, okretanje i ponovno stezanje	0,30	Nož za čorno tokarenje						0,6
		Zamjena alata	0,04							
		Promjena okretaja i posmaka	0,02							
		Uključivanje vrtnje	0,01							
		Primicanje	0,02							
		Zaravnavanje	0,20		740	0,220	32,0	1,5	1	
	Odmicanje	0,02								
70	Zabušivanje	Zamjena alata	0,04	Svrđlo DIN332						0,5
		Promjena okretaja i posmaka	0,02							
		Uključivanje vrtnje	0,01							
		Primicanje	0,02							
		Zabušivanje	0,40							
		Skidanje brida	0,01		700	0,100	1,0		1	
			Odmicanje		0,02					

Tablica 4.6 Mikrorazrada CNC – Zaravnavanje čela i zabušivanje (druga strana)

Broj operacije	Faza rada	Mikrorazrada	Vrijeme (min)	Alat	n o/min	f mm/o	l mm	a mm	br. prol.	Ukupno (min)
80	Uzdužno tokarenje grubo	Zamjena alata	0,04	Nož za uzdužno tokarenje - grubo						4,9
		Promjena okretaja i posmaka	0,02							
		Uključivanje vrtnje	0,01							
		Zauzimanje dubine	0,04							
		Mjerenje	0,28							
		Zauzimanje dubine	0,04							
		Tokarenje $\varnothing 45/\varnothing 54$ - grubo	3,40		740	0,300	377,0	4,3	2	
		Zauzimanje dubine	0,04							
		Tokarenje na $\varnothing 43$ - grubo	1,04		740	0,300	231,0	0,5	1	
			Odmicanje		0,02					
90	Uzdužno tokarenje - fino	Zamjena alata	0,04	Nož za uzdužno tokarenje - fino						2,6
		Promjena okretaja i posmaka	0,02							
		Uključivanje vrtnje	0,01							
		Zauzimanje dubine	0,04							
		Mjerenje	0,28							
		Zauzimanje dubine	0,04							
		Tokarenje na $\varnothing 42/\varnothing 44/\varnothing 53$ - fino	2,09		900	0,200	377,0	0,5	1	
		Primicanje	0,02							
		Skidanje brida	0,01		900	0,200	1,0		1	
	Odmicanje	0,02								

Tablica 4.7 Mikrorazrada CNC – Uzdužno tokarenje konture (druga strana)

Broj operacije	Faza rada/stroj	Mikrorazrada	Vrijeme (min)	Alat	n o/min	f mm/min	l mm	a mm	br. prol.	Ukupno (min)
100	Glodanje utora	Uzimanje komada, postavljanje na stroj	0,00	Glodalo $\phi 14$						7,7
		Podupiranje šiljkom	0,00							
		Zamjena alata	0,04							
		Primicanje	0,02							
		Mjerenje	0,22							
		Uključivanje vrtnje	0,01							
		Zauzimanje dubine	0,02							
		Glodanje utora 14	7,00		850	50	175,0	4,3	2	
		Odmicanje	0,02							
		Isključivanje vrtnje	0,01							
		Odstranjivanje strugotine	0,12							
		Ručno skidanje srha	0,25							
		Otpuštanje i odlaganje komada	0,00							

Tablica 4.8 Mikrorazrada CNC – Glodanje utora (druga strana)

Broj operacije	Faza rada/stroj	Mikrorazrada	Vrijeme (min)	Alat	n o/min	f mm/min	l mm	a mm	br. prol.	Ukupno (min)
110	Glodanje četvrtke	Uzimanje komada, postavljanje na stroj	0,00	Glodaća glava $\phi 80$						6,6
		Podupiranje šiljkom	0,00							
		Zamjena alata	0,04							
		Primicanje X4	0,08							
		Mjerenje	0,22							
		Uključivanje vrtnje	0,01							
		Zauzimanje dubine (4x)	0,08							
		Automatsko okretanje obratka (4x)	0,08							
		Radialno glodanje pomoću y-osi (4x)	5,33		900	90	120,0		4	
		Odmicanje (4x)	0,08							
		Isključivanje vrtnje	0,01							
		Odstranjivanje strugotine	0,12							
		Ručno skidanje srha	0,25							
		Otpuštanje i odlaganje komada	0,30							

Tablica 4.9 Mikrorazrada CNC – Glodanje četvrtke

Broj operacije	Faza rada	Mikrorazrada	Vrijeme (min)	Alat	n o/min	f mm/o	l mm	a mm	br. prol.	Ukupno (min)
120	Bušenje	Zamjena alata	0,04	Svrđlo $\phi 14$						0,7
		Uključivanje vrtnje	0,01							
		Primicanje	0,02							
		Bušenje za M16	0,63		700	0,080	35,0		1	
		Odmicanje	0,02							
130	Rezanje navoja	Zamjena alata	0,04	Navojno svrdlo M16						0,6
		Promjena okretaja i posmaka	0,02							
		Uključivanje vrtnje	0,01							
		Primicanje	0,02							
		Rezanje navoja M16	0,33		75	2,000	25,0		2	
		Odmicanje	0,02							
		Uzimanje i odlaganje pištolja za ispuhivanje	0,10							
Ispuhivanje nakon rezanja navoja	0,07									

Tablica 4.10 Mikrorazrada CNC – Bušenje i rezanje navoja (druga strana)

4.2. Kalkulacija za CNC obradni centar

Kao i kod klasičnih alatnih strojeva, dobivena vremena treba pomnožiti s koeficijentom za dodatna vremena. Obrada se vrši na CNC alatnom stroju pa je potrebno napisati program. Pošto se radi o osovini/vratilu, program piše operater na alatnom stroju. Vrijeme potrebno za pisanje programa iznosi 2-3 minute te se računava u pripremno završno vrijeme. Tako je cijena programa uračunata u cijeni radnog sata stroja.

Kalkulacije za CNC obradni centar prema različitom broju komada nalaze se u sljedećim tablicama.

Osovina poluge za PV 400							
Obrada	Komada	Resurs	Cijena	Tpz (min)	Ti (min)	Sati ukupno	Cijena obrade
Materijal						MJ	Iznos
X20Cr13 ø62			12,38999	13,6		kg	168,5038925
REZANJE	1,00	Tračna pila	60	5	2,15	0,1192	7,15
TOKARENJE (prva strana)	1,00	CNC obradni centar	175	15	7	0,3667	64,16666667
TOKARENJE (druga strana i rezanje navoja)	1,00	CNC obradni centar	175	35	31,02	1,1003	192,5583333
Ukupno cijena obrade :							263,88
Cijena materijala:							168,50
Ukupna cijena :							432,38

Tablica 4.11 Kalkulacija izrade osovine poluge za 1 komad

Osovina poluge za PV 400							
Obrada	Komada	Resurs	Cijena	Tpz (min)	Ti (min)	Sati ukupno	Cijena obrade
Materijal						MJ	Iznos
X20Cr13 ø62			12,38999	13,6		kg	168,5038925
REZANJE	1,00	Tračna pila	60	5	2,15	0,0463	2,775
TOKARENJE (prva strana)	1,00	CNC obradni centar	175	15	7	0,1479	25,88541667
TOKARENJE (druga strana i rezanje navoja)	1,00	CNC obradni centar	175	35	31,02	0,5899	103,2354167
Ukupno cijena obrade :							131,90
Cijena materijala:							168,50
Ukupna cijena :							300,40

Tablica 4.12 Kalkulacija izrade osovine poluge za 8 kom

Osovina poluge za PV 400							
Obrada	Komada	Resurs	Cijena	Tpz (min)	Ti (min)	Sati ukupno	Cijena obrade
Materijal						MJ	Iznos
X20Cr13 ø62			12,38999	13,6		kg	168,5038925
REZANJE	1,00	Tračna pila	60	5	2,15	0,0381	2,288888889
TOKARENJE (prva strana)	1,00	CNC obradni centar	175	15	7	0,1236	21,63194444
TOKARENJE (druga strana i rezanje navoja)	1,00	CNC obradni centar	175	35	31,02	0,5332	93,31064815
Ukupno cijena obrade :							117,23
Cijena materijala:							168,50
Ukupna cijena :							285,74

Tablica 4.13 Kalkulacija izrade osovine poluge za 36 kom

4.3. Usporedba rezultata

Ukupna cijena izrade strojnog dijela jest zbroj cijene utrošenog materijala i cijene strojne obrade. Uz pretpostavku da se ostatak materijala (šipke) iskoristi u druge svrhe, uzeta je masa materijal potrebne duljine prije obrade. Masa materijala pomnožena je s cijenom materijala po kilogramu. Cijena obrade dobivena je tako da se zbroje pripravno završno vrijeme i normativ te se pomnoži s cijenom radnog sata stroja. Cijena radnog sata stroja uključuje troškove utrošene energije (struja, plin), uslugu održavanja, komunalnu uslugu, bruto plaću radnika, troškove amortizacije te potrebne alate i naprave. Tako je cijena radnog sata stroja za tračnu pilu 60 HRK, za tokarilicu 66 HRK, glodalicu 83,25 HRK dok cijena za obradni centar iznosi 175 HRK po satu. Kod serije s više komada normativ se množi s brojem komada dok se pripravno završno vrijeme uračunava samo jedanput; u tome je prednost serijske proizvodnje.

5. Zaključak

Cilj svakog tehnologa jest postaviti tehnologiju proizvodnje na način da se dobije tražena kvaliteta proizvoda sa što manje uloženi resursa u najkraćem mogućem rok. Vrlo je važno postaviti ispravne parametre i dobro razraditi tehnološku pripremu proizvodnje. Potrebno je odrediti idealan omjer utrošenog vremena i cijene rada koju diktiraju izabrani strojevi i alati. Uvijek je težnja da se obrada komada odvija sa minimalnim brojem stezanja. Promjenom alata i režima rada za jednu operaciju moguće je skratiti vrijeme izrade kojim se dobiva velika ušteda pogotovo kod velikih serija.

Cijena jednog komada za izradu na klasičnim strojevima iznosi 303,05 kn. Izrada istog komada na CNC obradnom centru cijenom se isplati za seriju od 8 komada. Tada je cijena po komadu 300,40 kn. Ušteda vremena kod CNC obradnog centra je 40 % u odnosu na tokarilicu i glodalicu. CNC obradni centar zamjenjuje 2 klasična stroja. Time se izbjegava čekanje za drugi stroj te vrijeme transporta, pa je ušteda vremena još veća.

Prema kalkulacijama u radu vidljivo je da se unaprjeđenje proizvodnje kroz CNC obradni centar isplati za serije od 8 komada nadalje. No, vrijeme izrade se smanjilo za 40 % što nije malo. Zbog toga, u praksi se često odabire izrada na CNC obradnom centru iako cijenom nije jeftinija od izrade na klasičnim strojevima. Dakle za isto vrijeme, izrada na CNC obradnom centru daje više proizvedenih komada, a što je veća proizvodnja to je veća zarada.

Tvrtka MIV d.d. na mjesečnoj bazi prosječno proizvodi 3 protupovratna ventila promjera 400 mm. Što znači da na godišnjoj razini proizvede oko 36 komada, pa bi se unaprjeđenje proizvodnje kroz obradni centar itekako isplatilo.

Danas je konkurencija velika, zato treba neprestano unapređivati proizvodnju dio po dio. Važno je razraditi svaki detalj iako ne izgleda od velike važnosti, ali na velikim serijama i na godišnjoj razini više tih detalja može bitno utjecati na zaradu.

Potpis:

U Varaždinu, _____



IZJAVA O AUTORSTVU
I
SUGLASNOST ZA JAVNU OBJAVU

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

Ja, **MARIN ŠVOGOR** pod punom moralnom, materijalnom i kaznenom odgovornošću, izjavljujem da sam isključivi autor završnog rada pod naslovom **Tehnologija izrade osovine poluge za povratni ventil DN 400** te da u navedenom radu nisu na nedozvoljeni način (bez pravilnog citiranja) korišteni dijelovi tuđih radova.

Student:
Marin Švogor

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, **MARIN ŠVOGOR** neopozivo izjavljujem da sam suglasan s javnom objavom završnog rada pod naslovom **Tehnologija izrade osovine poluge za povratni ventil DN 400** čiji sam autor.

Student:
Marin Švogor

Literatura

Knjige:

- [1] B. Kraut, Strojarski priručnik, Zagreb, 1988.
- [2] D. Taboršak, Studij rada, Orgadata, Zagreb, 1994.
- [3] R. Cebalo, Alatni strojevi i obradni sustavi, vlastita naklada, Zagreb 2000.

Norme:

- [4] Fibre-cement pipes for sewers and drains -- Part 1: Pipes, joints and fittings for gravity systems
- [5] Flanges and their joints -- Circular flanges for pipes, valves, fittings and accessories, PN designated -- Part 2: Cast iron flanges

Predavanja:

- [6] Z. Botak, Alatni strojevi, 2018.
- [7] M. Bušić, CNC obradni sustavi, 2019.
- [8] V. Kondić, Tehnološka priprema proizvodnje, 2019.

Doktorski, magistarski i diplomski radovi:

- [9] B. Benger: Završni rad, FSB, Zagreb, 2009.

Internet izvori:

- [10] <http://www.unin.hr>
- [11] <https://miv.hr/>
- [12] https://www.tp-machines.com/images/machines_new/adal/strojevi/pdf/cro/DB-S-series_cro.pdf
- [13] <https://www.strojninstvo.com/vodoravna-struznica-potisje-pa.645x2000mm.html>
- [14] <https://metal-kovis.hr/shop/cijena/tokarski-stroj-potisje-ada-pa-631>
- [15] <https://metal-kovis.hr/shop/cijena/glodalica-prvomajska-guk-1-05>
- [16] <https://metal-kovis.hr/shop/cijena/glodalo-nano-mill-tm-o12-mm-3-pera>
- [17] <https://www.enciklopedija.hr/natuknica.aspx?id=61601>
- [18] <https://www.enciklopedija.hr/natuknica.aspx?ID=22345>
- [19] <https://www.sandvik.coromant.com/en-gb/products/Pages/toolguide.aspx?ToolSelectorModeValue=CuttingDataCalculation&MaterialID=5844039>
- [20] https://static.machinetools.com/uploads/4494721/TC800_Panorama_offen_frei__mit_logo_h365.png
- [21] <http://www.vis-trgovina.hr/cijevni-zatvaraci/povratni-odbojni-ventili/>
- [22] http://www.steelnumber.com/en/steel_composition_eu.php?name_id=81

Popis slika

Slika 2.1 Model protupovratnog ventila s polugom	10
Slika 2.2 Dva načina brtvljenja: metal-metal, metal-guma [11].....	11
Slika 3.1 Model osovine poluge	12
Slika 3.2 Prikaz osi kod tokarilice [7]	14
Slika 3.3 Podjela tokarenja prema obliku obrađene površine [9].....	15
Slika 3.4 Univerzalna tokarilica [3].....	16
Slika 3.5 Podjela glodanje prema kinematici postupka [9]	17
Slika 3.6 Podjela glodanje prema obliku obrađene površine [9].....	18
Slika 3.7 Horizontalna i vertikalna glodalica [6].....	18
Slika 3.8 Tračna pila Adal DB 300 S	21
Slika 3.9 Tokarilica Potisje PA 631 [14].....	22
Slika 3.10 Zabušivač.....	23
Slika 3.11 Tokarski nož (PCLNR 2525-M12).....	23
Slika 3.12 Rezna pločica za tokarski nož (CNMG 120408 – HS).....	23
Slika 3.13 Svrđlo Ø14 i narezno svrdlo M16	24
Slika 3.14 Glodalica Prvomajska GUK-1 s diobenim aparatom i šiljkom za podupiranje [15]....	24
Slika 3.15 Glodalo tvrdometalno Ø 14 mm [16]	25
Slika 3.16 Glava glodaća Ø 80 mm (490-080Q27-14M) [19]	26
Slika 3.17 Rezna pločica za glodaću glavu (490-140408M-MM)	26
Slika 4.1 SPINNER TC800L [19]	33
Slika 4.2 Tokarski nož (PCLNL 2525-M12).....	34
Slika 4.3 Svrđlo Ø14 – cilindrični prihvatač.....	34

Popis tablica

Tablica 3.1 Kemijski sastav % čelika X20Cr13 [22]	12
Tablica 3.2 Kemijski sastav % čelika X5CrNiMo 17-12-2 [22]	13
Tablica 3.3 Kvaliteta izrade površine prema postupcima obrade odvajanjem čestica [8].....	13
Tablica 3.4 Operacijska lista – obrada prve strane	19
Tablica 3.5 Operacijska lista – obrada druge strane	20
Tablica 3.6 Tehničke karakteristike tračne pile Adal DB 300 S	21
Tablica 3.7 Tehničke karakteristike za tokarilicu Potisje PA 631 [14]	22
Tablica 3.8 Tehničke karakteristike za glodalicu Prvomajska GUK-1	25
Tablica 3.9 Mikrorazrada – Piljenje	27
Tablica 3.10 Mikrorazrada – Zaravnavanje čela (prva strana).....	27
Tablica 3.11 Mikrorazrada – Zabušivanje (prva strana).....	28
Tablica 3.12 Mikrorazrada – Uzdužno tokarenje (prva strana).....	28
Tablica 3.13 Mikrorazrada – Skidanje brida 15° (prva strana).....	28
Tablica 3.14 Mikrorazrada – Bušenje i rezanje navoja (prva strana).....	29
Tablica 3.15 Mikrorazrada – Zaravnavanje čela i zabušivanje (druga strana).....	29
Tablica 3.16 Mikrorazrada – Uzdužno tokarenje (druga strana).....	30
Tablica 3.17 Mikrorazrada – Skidanje brida 15° (druga strana).....	30
Tablica 3.18 Mikrorazrada – Glodanje utora (druga strana)	30
Tablica 3.19 Mikrorazrada – Glodanje četvrtke (druga strana).....	31
Tablica 3.20 Izračun koeficijenta za dodatno vrijeme.....	32
Tablica 3.21 Kalkulacija izrade osovine poluge.....	32
Tablica 4.1 Operacijska lista za CNC obradni centar – obrada prve strane	35
Tablica 4.2 Operacijska lista za CNC obradni centar – obrada druge strane	36
Tablica 4.3 Mikrorazrada CNC – Piljenje (prva strana).....	37
Tablica 4.4 Mikrorazrada CNC – Zaravnavanje čela i zabušivanje (prva strana).....	37
Tablica 4.5 Mikrorazrada CNC – Uzdužno tokarenje konture (prva strana)	37
Tablica 4.6 Mikrorazrada CNC – Zaravnavanje čela i zabušivanje (druga strana).....	38
Tablica 4.7 Mikrorazrada CNC – Uzdužno tokarenje konture (druga strana)	38
Tablica 4.8 Mikrorazrada CNC – Glodanje utora (druga strana).....	39
Tablica 4.9 Mikrorazrada CNC – Glodanje četvrtke.....	39
Tablica 4.10 Mikrorazrada CNC – Bušenje i rezanje navoja (druga strana).....	39
Tablica 4.11 Kalkulacija izrade osovine poluge za 1 komad	40
Tablica 4.12 Kalkulacija izrade osovine poluge za 8 kom	40

Tablica 4.13 Kalkulacija izrade osovine poluge za 36 kom40

Prilozi

Priložen je nacrt osovine poluge pod nazivom „P_21-6-0315_Osovina_poluge“.

