

# Projektiranje tehnološkog procesa za "Steuerscheibe 13"-20" Entlader

---

**Radočaj, Kristina**

**Undergraduate thesis / Završni rad**

**2015**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **Karlovac University of Applied Sciences / Veleučilište u Karlovcu**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:128:861655>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-01-23**



**VELEUČILIŠTE U KARLOVCU**  
Karlovac University of Applied Sciences

*Repository / Repozitorij:*

[Repository of Karlovac University of Applied Sciences - Institutional Repository](#)



zir.nsk.hr



DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJI

**VELEUČILIŠTE U KARLOVCU**  
**STROJARSKI ODJEL**  
**STRUČNI STUDIJ STROJARSTVA**

**KRISTINA RADOČAJ**

**PROJEKTIRANJE TEHNOLOŠKOG PROCESA ZA**  
**„STEUERSCHEIBE 13“ – 20“ ENTLADER**

**ZAVRŠNI RAD**

**KARLOVAC, 2015.**

**VELEUČILIŠTE U KARLOVCU**  
**STROJARSKI ODJEL**  
**STRUČNI STUDIJ STROJARSTVA**

**KRISTINA RADOČAJ**

**PROJKTIRANJE TEHNOLOŠKOG PROCESA ZA**  
**„STEUERSCHEIBE 13“ – 20“ ENTLADER**

**ZAVRŠNI RAD**

**MENTOR:**

**NIKOLA ŠIMUNIĆ, mag.ing.stroj.**

**KARLOVAC, 2015**

## **IZJAVA:**

Izjavljujem da sam ja – studentica Kristina Radočaj, JMBG 1501989345039, matični broj 0110611075, upisana u VI semestar akademske godine 2014./2015., radila ovaj rad samostalno, koristeći se znanjem stečenim tijekom obrazovanja, te uz stručnu pomoć i vođenje mentora Nikole Šimunića, mag.ing.stroj., i kod praktičnog dijela, Darija Turkalja mag.ing.mech., kojima se ovim putem zahvaljujem.

Kristina Radočaj

---

## SAŽETAK

Neosporna je činjenica da konstrukcija (izvedba) proizvoda ima velik utjecaj na ekonomičnost proizvodnje. Zbog toga se kod konstrukcijske definicije proizvoda nastoji postići izvedba, koja iziskuje minimum utroška materijala i vremena izrade na minimumu potrebne proizvodne opreme za proizvod koji odgovara određenoj namjeni i funkciji. Kod razvoja i konstruiranja proizvoda, funkcija i tražena uporabna svojstva proizvoda su zahtjevi kojima konstruktor nastoji u prvom redu što bolje udovoljiti, ali kod toga treba misliti i na proizvodne postupke koji će biti primijenjeni kod njegove proizvodnje, kao i na ekonomičnost tih postupaka. To znači da treba vladati širokim područjem proizvodnje i njezinim specifičnostima.

U cilju ostvarenja tako postavljenog cilja, poželjno je i nužno da se konstrukcija proizvoda podvrgne tehnološkoj analizi, kako bi se utvrdila i po potrebi poboljšala tehnološkičnost proizvoda, odnosno prikladnost za proizvodnju i to prvenstveno s gledišta mogućnosti vlastitih proizvodnih pogona i kooperacije, koja će sudjelovati u njegovoj proizvodnji.

U praktičnom dijelu ovog rada projektira se tehnološki proces za „STEUERSCHEIBE 13“ – 20“ ENTLADER. Prema danom nacrtu izrađen je tehnološki postupak, radni nalog i kontrola.

## **SUMMARY**

There is no doubt that the construction (design) of products has a great influence on the economy of production. Therefore, in the structural definition of the product aims to achieve performance, requiring a minimum of material consumption and processing time to a minimum necessary manufacturing equipment for the product that suits a particular purpose and function in development and product design, function and required performance characteristics of the product are the requirements that the designer is trying to solve on the best way, but in addition, bear in mind the manufacturing processes that will be applied in its production, as well as the cost-effectiveness of these procedures. This means that you should rule over large areas of production and its specifics.

In order to achieve this goal, it is desirable and necessary that the structure of the product is subjected to analysis technology, in order to determine and if necessary improved technology of products or the suitability for production, mainly from the viewpoint of possibility of its own production facilities and cooperation, which will participate in the its manufacture.

In the practical part of this paper designs the technological process "STEUERSCHEIBE 13" - 20 "ENTLADER. According to the draft it is made the technological process, work order and control.

# SADRŽAJ

POPIS SLIKA

POPIS TABLICA

POPIS OZNAKA

|  |           |
|--|-----------|
| <b>1. UVOD.....</b>  | <b>10</b> |
| <b>2. PROJEKTIRANJE TEHNOLOŠKIH PROCESA .....</b>                                | <b>11</b> |
| 2.1 TEHNOLOŠKI PROCES.....   | 13        |
| 2.1.1 Zahtjevi koje mora ispuniti tehnološki proces.....                         | 14        |
| 2.1.2 Svrha i značenje projektiranja tehnološkog procesa.....                    | 15        |
| 2.1.3 Struktura tehnološkog procesa.....   | 16        |
| 2.1.4 Nužni polazni podaci za projektiranje tehnološkog procesa.....             | 19        |
| <b>3. ANALIZA CRTEŽA.....</b>  | <b>20</b> |
| 3.1 TEHNOLOGIČNOST KONSTRUKCIJE.....   | 21        |
| <b>4. IZBOR POLAZNOG MATERIJALA.....</b>   | <b>22</b> |
| 4.1 NORMATIVI MATERIJALA.....  | 23        |
| <b>5. REDOSLIJED OPERACIJA.....</b>  | <b>24</b> |
| 5.1 POJAM OPERACIJE.....   | 25        |
| 5.2 SMJERNICE KOD DEFINIRANJAREDOSLIJEDA OPERACIJA.....                          | 26        |
| 5.3 GRANIČNI BROJ KOMADA IZMEĐU RAZLIČITIH VARIJANTI<br>TEHNOLOŠKOG PROCESA..... | 27        |
| <b>6. DETALJNA RAZRADA OPERACIJE.....</b>  | <b>28</b> |
| 6.1 KORIŠTENJE TEHNOLOŠKE DOKUMENTACIJE U PROIZVODNJI.....                       | 29        |
| 6.1.1 List operacije.....  | 29        |
| 6.1.2 Redoslijed operacije.....  | 31        |
| 6.1.3 Specifikacija alata.....   | 32        |
| 6.2 POMOĆNA SREDSTVA ZA IZVOĐENJE OPERACIJA (ALAT).....                          | 33        |
| 6.2.1 Izbor standardnog alata.....   | 33        |
| 6.2.2 Izbor načina stezanja.....   | 35        |
| <b>7. VRIJEME TRAJANJA OPERACIJE.....</b>  | <b>36</b> |

|  |           |
|--|-----------|
| <b>8. PROJEKTIRANJE TEHNOLOŠKOG PROCESA ZA „STEUERSCHEIBE 13“-<br/>20“ ENTLADER.....</b> | <b>37</b> |
| 8.1 OPIS OPREME.....   | 38        |
| 8.2 TIJEK POSTUPKA OBRADE.....   | 41        |
| <b>9. ZAKLJUČAK.....</b>   | <b>47</b> |
| <b>10. LITERATURA.....</b>   | <b>48</b> |
| <b>11. PRILOZI.....</b>  | <b>49</b> |



## **POPIS SLIKA**

*Slika 1.* Model tehnološkog procesa obrade

*Slika 2.* Struktura aktivnosti i redoslijed projektiranja tehnološkog procesa

*Slika 3.* Opći dijagram tijeka na projektiranju tehnološkog procesa

*Slika 4.* Izradak

*Slika 5.* Redoslijed operacija

*Slika 6.* Prikaz graničnog broja komada između različitih tehnoloških varijanti

*Slika 7.* Dijagram tijeka razrade tehnološke operacije

*Slika 8.* Primjer Lista operacije

*Slika 9.* Primjer Redoslijeda operacije

*Slika 10.* Strojevi za strojnu obradu

*Slika 11.* Horizontalni obradni centar H15- MB

*Slika 12.* Tokarilica PA- 50

*Slika 13.* Sirovac

*Slika 14.* Obrada tokarenjem vanjskog radijusa na mjeru

*Slika 15.* Obrada tokarenjem na zadanu debljinu

*Slika 16.* Horizontalni obradni centar H-15, centriranje komada

*Slika 17.* Obrada bušenja provrta, urezivanja navrta i glodanja utora

*Slika 18.* Gotov proizvod

## **POPIS TABLICA**

*Tablica 1.* Primjer operacija, faza, zahvata i pokret

*Tablica 2.* Primjer Specifikacije alata

*Tablica 3.* Standardni alat

## **POPIS PRILOGA**

*Prilog 1. Nacrt*

*Prilog 2. Tehnološki postupak*

*Prilog 3. Radni nalog*

*Prilog 4. Međufazna kontrola*

*Prilog 5. Završna kontrola*

*Prilog 6. CNC program u POINT MACH-INGu*

## POPIS OZNAKA

| OZNAKA   | ZNAČENJE                        |
|----------|---------------------------------|
| NC       | Numerical Control               |
| CNC      | Computer Numerical Control      |
| ACC      | Auto Check Center               |
| FMS      | Functional Movement System      |
| $T_{pz}$ | pripremno završno vrijeme       |
| $t_t$    | tehnološko vrijeme              |
| $t_p$    | pomoćno vrijeme                 |
| $t_d$    | dodatno vrijeme                 |
| $t_k$    | vrijeme potrebno za jedan komad |
| n        | broj komada obradaka u seriji   |

## 1. UVOD

Industrijski način proizvodnje doživio je vrhunac u svom razvoju 60- tih godina ovog stoljeća. Od tada postepeno mijenja obilježje ustupajući mjesto novim proizvodnim tehnikama i filozofijama. Kao što je manufakturna proizvodnja pripremila industrijsku revoluciju, isto tako je i industrijski način proizvodnje pripremio podloge za treću tehnološku revoluciju, koja iz temelja mijenja industrijski sistem proizvodnje uvodeći nove proizvodne i informacijske tehnike i tehnologije.

Razvojem novih tehnologija i visokog stupnja automatizacije obradnih sistema ( NC, CNC, ACC, FMS) porastao je značaj projektiranja tehnoloških postupaka i procesa, jer svaki detalj ( geometrijski, kinematski i tehnološki) mora biti točno programiran, budući da je utjecaj čovjeka u proizvodnji ne znata, a u pripremi proizvodnje izuzetno velik.

Dakle, jedan dio poslova koji se u industrijskom načinu proizvodnje izvodio na radnom mjestu ( izbor tehnoloških operacija parametara režima obrade i sl.) sada se izvodi u tehnološkoj pripremi proizvodnje.

Povećani zahtjevi za smanjenjem ciklusa izrade i procesa proizvodnje te zahtjevi tržišta za povećanjem kvalitete proizvoda su usvojili razvoj nove proizvodne filozofije, gdje proces obrade neće ovisiti o čovjeku, već od kvalitete projektiranog tehnološkog procesa i odgovarajućih obradnih sistema za tako projektiran proces.

## 2. PROJEKTIRANJE TEHNOLOŠKIH PROCESA

Obrada koju treba primijeniti pri izradi strojnih dijelova izvršava se određenim režimom rada. Za svaku obradu postoje karakteristični elementi režima rada. Njihove vrijednosti proizlaze iz mogućnosti primijenjenog tehnološkog sistema s kojima se rješavaju postavljeni zahtjevi. Vrijednosti elemenata režima moraju se za svaki pojedini slučaj što točnije odrediti, jer direktno utječu na ekonomičnost obrade. Međutim, ekonomičnost obrade ne može se povećavati jednostavnim povišenjem tih vrijednosti. Između pojedinih veličina režima rada postoji funkcionalna zavisnost iz čega proizlaze pojedinačne vrijednosti, ovisno o postavljenim ograničenjima. U jednostavnijim slučajima, kao npr. pri obradi rezanjem, čime se obično označava obrada skidanjem strugotine na alatnim strojevima, režim rada može se definirati sa tri karakteristične veličine:

- posmak alata ili obratka ,
- dubina rezanja,
- brzina rezanja.

Ograničenja koja se javljaju pri takvoj obradi su u prvom redu ona koja proizlaze iz karakterističnih veličina tehnološkog sistema po kojem se vrši dotična obrada. U obradi na strojevima to su:

- snaga i broj okretaja stroja,
- krutost stroja, naprave alata i obratka,
- kvaliteta materijala izrade,
- kvaliteta reznog dijela alat, itd.

Pored toga na vrijednost elemenata režima rada utječu zahtjevna kvaliteta, te ostale veličine definirane nacrtom, tzv. mehanički parametri navedenih slučajeva. Razmatraju li se pri obradi rezanjem samo elementi tehnološkog sistema, kao što su stroj- naprava- alat- izradak, elementi režima rada mogu se odrediti iz parametra takvog sistema. Kao parametri takvih tehnoloških sistema uzimaju se obično:

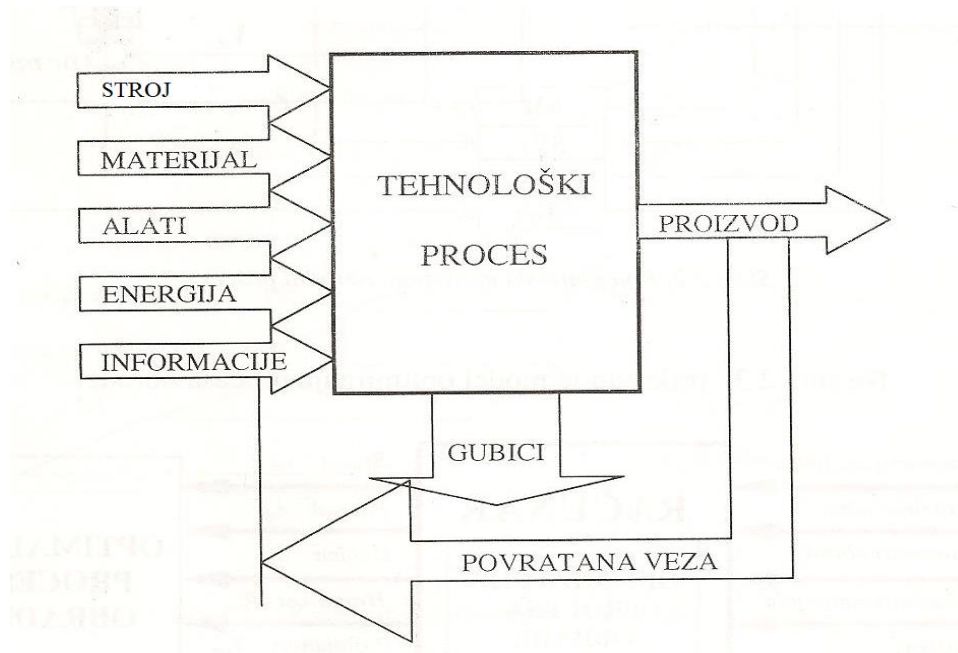
- brzina rezanja  $v$ ,
- glavni otpor rezanja  $F_z$
- okretni moment uređaja za obradu  $M$ .

Između ovih parametara i traženih elemenata, odnosno veličina koje proizlaze iz zahtjeva ili ograničenja, mogu se postaviti opće funkcije. Postojanje ovih zavisnosti ima velik teorijski i praktički značaj. Uzimanjem u obzir što više utjecajnih veličina, karakteristične veličine sistema, odnosno elementi režima rada, bit će točnije određeni. U proračunu se mora za svaku veličinu odrediti njezina vrijednost. Ove vrijednosti dobivaju se uglavnom iz tehnoloških podloga. Zadovoljavajuće rješavanje iziskuje mnoštvo podataka, a time i mnoštvo raznih tehnoloških podloga.

## 2.1 TEHNOLOŠKI PROCES

Tehnološki proces je točno određeni postupak, redosljed po kojem se izrađuje pod određenim uvjetima dio (sklop, proizvod) iz osnovnog materijala (dijelova, sklopova) sa određenim alatima, napravama na određenim strojevima (radnim mjestima) u određenom vremenu. Iz zakona tehnologije slijedi da će se promjenom tehnološkog postupka promijeniti konačan rezultat, pa je zato nužno da se pridržava propisan tehnološki proces. Kao i svaka znanost, tako se stalno razvija i saznanje tehnologije stoga jednom postavljen tehnološki proces nije nepromjenjiv već se mora mijenjati prema novim saznanjima. Jedan od osnovnih zadataka tehnologa jest stalna potreba za poboljšanjem tehnološkog procesa. Dakle jednom projektirano tehnološko rješenje nije zauvijek konačno, jer je tehnološki proces dio jednog opsežnog i kompleksnog dinamičkog sistema koji je podložan neprekidnom i intenzivnom razvoju utemeljenom na sveukupnom tehničko- tehnološkom razvoju u svijetu.

Projektirani tehnološki proces ima veliki značaj s dalekosežnim posljedicama na produktivnost i ekonomičnost proizvodnje, što direktno utječe na profitabilnost, plasman i danji razvoj proizvoda. Zbog toga, ako projektirani tehnološki proces nije odgovarajućeg tehnološkog nivoa taj nedostatak nije moguće otkloniti drugim dodatnim proizvodnim, ekonomskim ili organizacijskim zahvatima. Ovo je posebno važno jer je sve manji utjecaj operatera u proizvodnji, a sve veći utjecaj programera procesa proizvodnje.



Slika 1. Model tehnološkog procesa obrade



### **2.1.1 Zahtjevi koje mora ispuniti tehnološki proces**

Svaki tehnološki proces mora ispuniti slijedeće zahtjeve:

-tehničke i

-ekonomske

Tehnički uvjeti kao polazna točka proizlaze iz konstrukcijske dokumentacije odnosno funkcije pojedinog dijela, sklopa ili stroja. To su tolerancije, kvaliteta, površine, i materijala određenog sastava i stanja.

Ekonomski uvjet se ne smije zanemariti i on zahtjeva od tehnološkog procesa da uzme u obzir ekonomski zadatak odnosno iskorištenje. Potrebno je da se tehnički uvjet postigne sa najmanjim troškovima. Za projektiranje optimalnog tehnološkog procesa- varijante, potrebno su često opsežne ekonomske varijante usporedbe, jer općenito je moguće proizvesti proizvod u više alternativa.

## 2.1.2 Svrha i značenje projektiranja tehnološkog procesa

Tehnološki proces je izvor svih podataka za pripremu i upravljanje proizvodnim procesom, čime su predodređeni: kvaliteta proizvoda, proizvodnost rada i ekonomičnost proizvodnje. Projektiranje tehnološkog procesa znači pretvaranje podataka iz crteža u podatke za pripremanje i upravljanje proizvodnim procesom. Treba voditi računa o stvarnom proizvodnom sustavu u kojem se taj proces izvodi i o stvarnoj organizaciji proizvodnje koja postoji u tom sustavu. Proizvodni sustav predodređuje uvijete u kojima će se proces odvijati, a relevantni podaci o tom sustavu jesu:

- podaci o proizvodnoj opremi,
- podaci o radnicima u proizvodnji,
- podaci o mikroklimi u proizvodnom prostoru.

Organizacija određuje niz dopunskih podataka nužnih za projektiranje tehnološkog procesa:

- predvidiva ukupna količina proizvoda,
- planirana količina serije,
- materijali predviđeni tvorničkim normama,
- alati,
- standardni režimi rada,
- standardni elementi vremena izvedbe,
- standardni dodaci za obradu.

### 2.1.3 Struktura tehnološkog procesa

Struktura tehnološkog procesa obrade može biti data u skraćenom obliku, npr. definirani samo nazivi operacija ili detaljno određena do najmanjih zahvata. Koja će od ove dvije granične strukture biti primijenjena zavisi od vrste proizvodne opreme, stupnja automatizacije, veličini serije, složenosti proizvoda i zahtijevane kvalitete. Svi utjecajni faktori mogu se prikazati u šest grupa:

1. Faktori zavisni od vrste i tipa obrade:

- tip obrade: tokarenje, glodanje, bušenje, brušenje, izvlačenje, istiskivanje itd.,
- vrsta obrade: gruba, završna ( fina ).

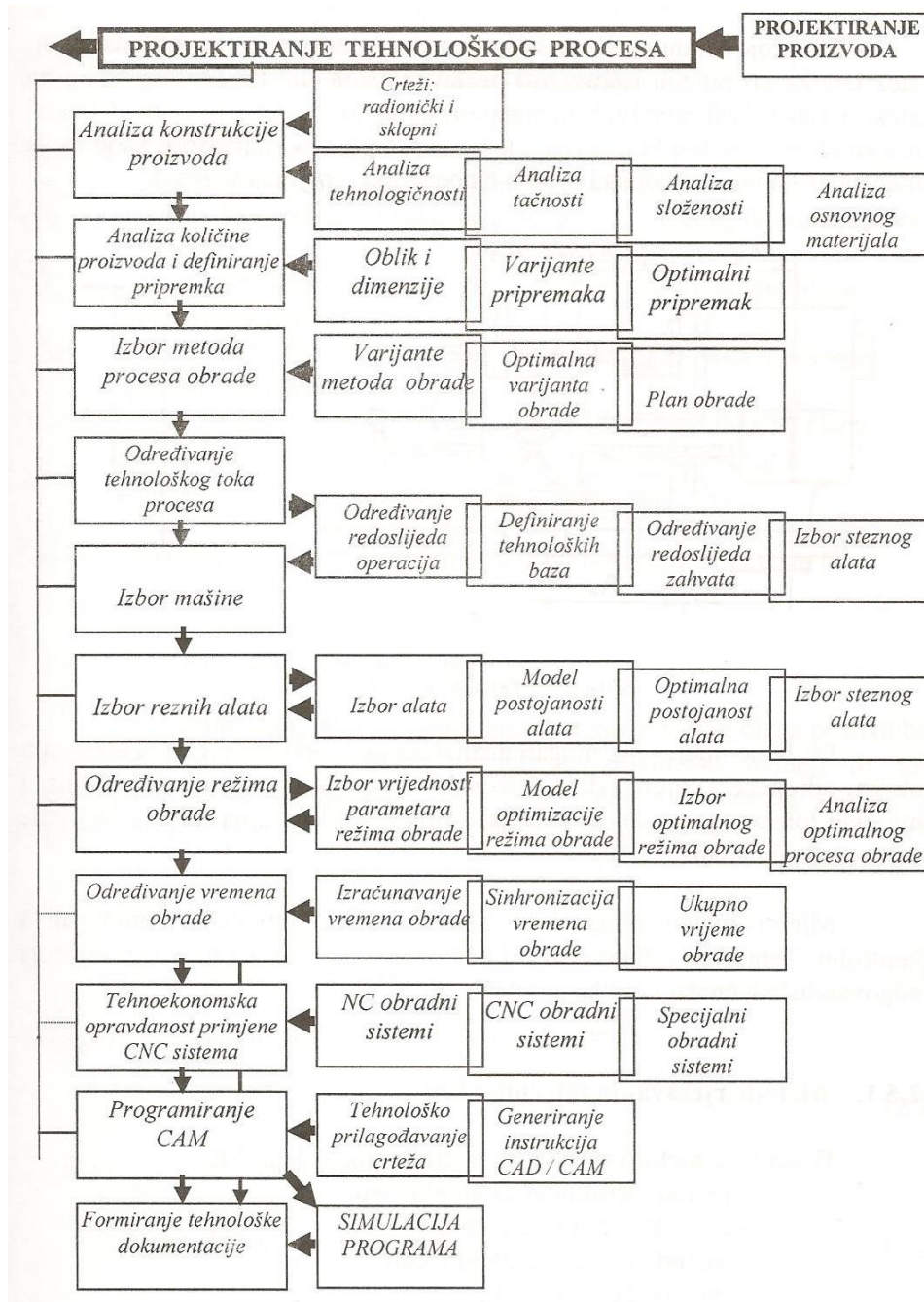
2. Faktori zavisni o vrsti stroja:

- vrsta stroja: univerzalna, automatska, obradni centri itd.,
- vrsta automatizacije: automatska, poluautomatska, fleksibilna
- vrsta upravljanja: klasična, CNC, ACC, itd.,
- brzina okretanja, posmak
- snaga stroja,
- točnost i preciznost obrade
- vrijeme pripreme stroja,
- vrijednost norma sata rada.

3. Faktori zavisni od alata:

- vrsta i geometrijski oblik,
- vrsta materijala alata,
- fizikalne osobine alata,
- kemijski sastav i struktura materijala alata,
- tip alata ( jedna oštrica, više oštrica, itd.)
- izmjena alata ( ručna, poluautomatska, automatska)
- podešavanje alata
- cijena alata

4. Faktori zavisni o obratku i pripremu :
  - vrsta materijala obratka,
  - složenost obratka,
  - geometrijski oblik i dimenzije obratka,
  - tolerancije oblika i položaja,
  - površinska hrapavost,
  - stanje priprema,
  - fizikalno- kemijske osobine materijala,
  - stanje materijala i površinske kore priprema.
  
5. Faktori zavisni od vrste obrade:
  - parametri režima obrade,
  - vrsta sredstva za podmazivanje i hlađenje,
  - stabilnost i krutost obratka,
  - način stezanja obratka.
  
6. Faktori zavisni od vrste proizvodnje i složenosti obrade:
  - tip proizvodnje ( pojedinačna, serijska, masovna)
  - količina proizvoda
  - složenost obrade.

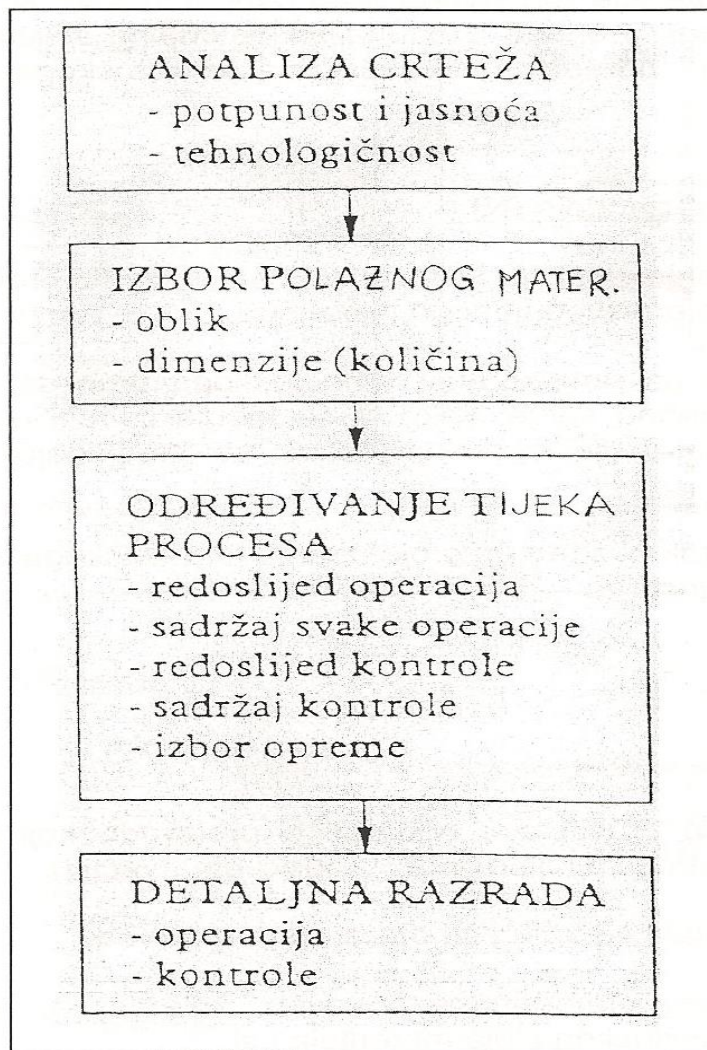


Slika 2. Struktura aktivnosti i redoslijed projektiranja tehnološkog procesa

## 2.1.4 Nužni polazni podaci za projektiranje tehnološkog procesa

Optimalno projektiranje tehnoloških procesa zahtjeva poznavanje određenih podataka prije projektiranja tehnološkog procesa. To su slijedeći podaci:

- konstrukcijska dokumentacija; polazni dokument je crtež, za izradbu pojedinog dijela to je radionički crtež, a za montažu sastavni crtež.
- veličina serije; kako se optimalna veličina serije može izračunati tek nakon projektiranja tehnološkog procesa, razina se odabire na temelju orijentacijske veličine serije, iskustveno i na osnovi tržišnih zahtjeva.
- ukupna količina proizvodnje; količina koja se predviđa proizvoditi od početka proizvodnje do prestanka proizvodnje tog proizvoda.



Slika 3. Opći dijagram tijeka na projektiranju tehnološkog procesa

### 3. ANALIZA CRTEŽA

Konstruktivski crtež mora pružiti sve podatke o proizvodu koji treba biti rezultat procesa. Kada je riječ o strojnim dijelovima ti podaci obuhvaćaju:

- vrstu i kvalitetu materijala od kojeg će biti izrađen proizvod
- opći oblik dijela
- potpunu definiciju svake elementarne površine, tolerancije, kvalitetu površine, posebne značajke površinskog sloja materijala i sl.

Dakle prije projektiranja tehnološkog procesa treba provjeriti da li su tehnički uvjeti potpuni i jednoznačno definirani:

- materijal i stanje materijala nakon obrade,
- sve kote koje definiraju oblik predmeta,
- definirana hrapavost svih površina koje se obrađuju odvajanjem čestica,
- i površine koje su dobivene lijevanjem ili kovanjem.

### **3.1 TEHNOLOGIČNOST KONSTRUKCIJE**

Tehnologično oblikovanje je ostvarivanje kvalitete proizvoda za vrijeme njegove proizvodnje a što obuhvaća tehničku i ekonomsku stranu konstrukcije. Ne postoji mjerilo koje bi određivalo razinu tehnologičnosti, već se to obavlja uspoređivanjem istih proizvoda. Može se reći da je tehnologična ona konstrukcija koja zahtjeva:

- minimalni broj radnika i to što niže kvalifikacije,
- jeftiniju proizvodnu opremu
- manju količinu proizvodne opreme
- minimalnu količinu materijala,
- kratkotrajnu pripremu proizvodnje,
- jednostavnije operacije kraće vrijeme izrade.

Budući je crtež prva podloga kod projektiranja tehnološkog procesa, najprije treba napraviti analizu tehnologičnosti proizvoda a nakon toga analizu tehnologičnosti dijelova iz kojih je proizvod sastavljen.



## 4. IZBOR POLAZNOG MATERIJALA

Polazni materijal treba tako odabrati da sa što manjim otpadom kod obrade dobijemo dio sa svim zahtjevima radioničkog crteža. Tehnolog treba odabrati po mogućnosti takav polazni materijal koji ima najbliži oblik samog dijela. Razlikujemo slijedeće vrste polaznog materijala:

- profilni poluproizvod materijala,
- otkivci,
- odljevci.

Profilni poluproizvod se smatra šipkasti materijaliziranih profila, cijevi, trake, žice i ploče. Kod ovih profila mora se voditi računa o standardnim dimenzijama. Za izbor sirovog poluproizvoda ima značajan utjecaj njegov oblik, funkcije i materijal dijela, tehnologija obrade i veličina serije.

Za izbor otkivaka kao polazni materijal ima dva razloga. Jedan je da već konstruktor traži otkivak iz razloga veće čvrstoće materijala odnosno drugi da tehnolog u odnosu na uštedu materijala i vremena izrade odredi otkivak kao polazni materijal. Otkivci mogu biti izrađeni slobodnim kovanjem ili u ukovnju. Da li će se upotrijebiti i kakve vrste otkivaka kao polazni materijal ovisi uglavnom o obliku, veličini, materijalu i funkciji obratka i o ukupnoj količini obratka.

Odljevak kao polazni materijal je uglavnom određen od konstruktora, koji određuje materijal odnosno kvalitetu materijala. Nakon što konstruktor odredi odljevak kao polazni materijal, tehnolog odredi postupak lijevanja. Kod izbora polaznog materijala tehnolog u prvom redu određuje vrstu materijala sa ekonomskog gledišta. Često je potrebno provesti točnu usporedbu pojedinih varijanti kako bi se dobio optimalna polazni materijal.

## 4.1 NORMATIVI MATERIJALA

Za izradu pojedinog dijela potrebna je određena količina zadanog materijala. Takvu količinu nazivamo normativ materijala. Normativ materijala možemo izraziti u dvije veličine. Netto i bruto normativ materijala.

Netto normativ materijala je ona količina materijala koju ima izrađeni dio prema konstrukcijskoj dokumentaciji. Gubici materijala koji nastanu kod provođenja tehnološkog procesa nisu ovdje uzeti u obzir.

Bruto normativ materijala je netto normativ uvećan za otpadni materijal kod provođenja tehnološkog procesa. Dakle kod same obrade sa skidanjem strugotine nastupe gubici materijala. Ovi gubici materijala se odnose uglavnom na dodatke za obradu.

Kod šipkastog materijala potrebno je za normativ materijala odrediti dodatke. Oni su potrebni da bi se sa obradom skidanje strugotine postigao propisani oblik, dimenzijska točnost i obrađena površina. Veličina dodatka je ovisna o različitim faktorima, od veličine dijela, oblika, o traženoj kvaliteti površine, od potrebne vrste termičke obrade, od odnosa dužine i poprečnog presjeka, od vrste šipkastog materijala. Dodatke za obradu treba odrediti po poprečnom presjeku i po dužini. Za sve dodatke razvite su tablice u kojima se ne može uzeti u obzir svi utjecajni faktori na dodatak za obradu. Dužinski dodaci su potrebni za poravnavanja čela. U bruto normativ materijala treba uzeti u obzir i širinu reza kod odrezivanja pojedinih komada. Također kod odrezivanja dođe do ostatka standardne šipke koji se ne može izbjeći. Ali je potrebno odabrati takvu standardnu dužinu šipke kod koje je taj gubitak manji.

## **5. ODREĐIVANJE TIJEKA PROCESA**

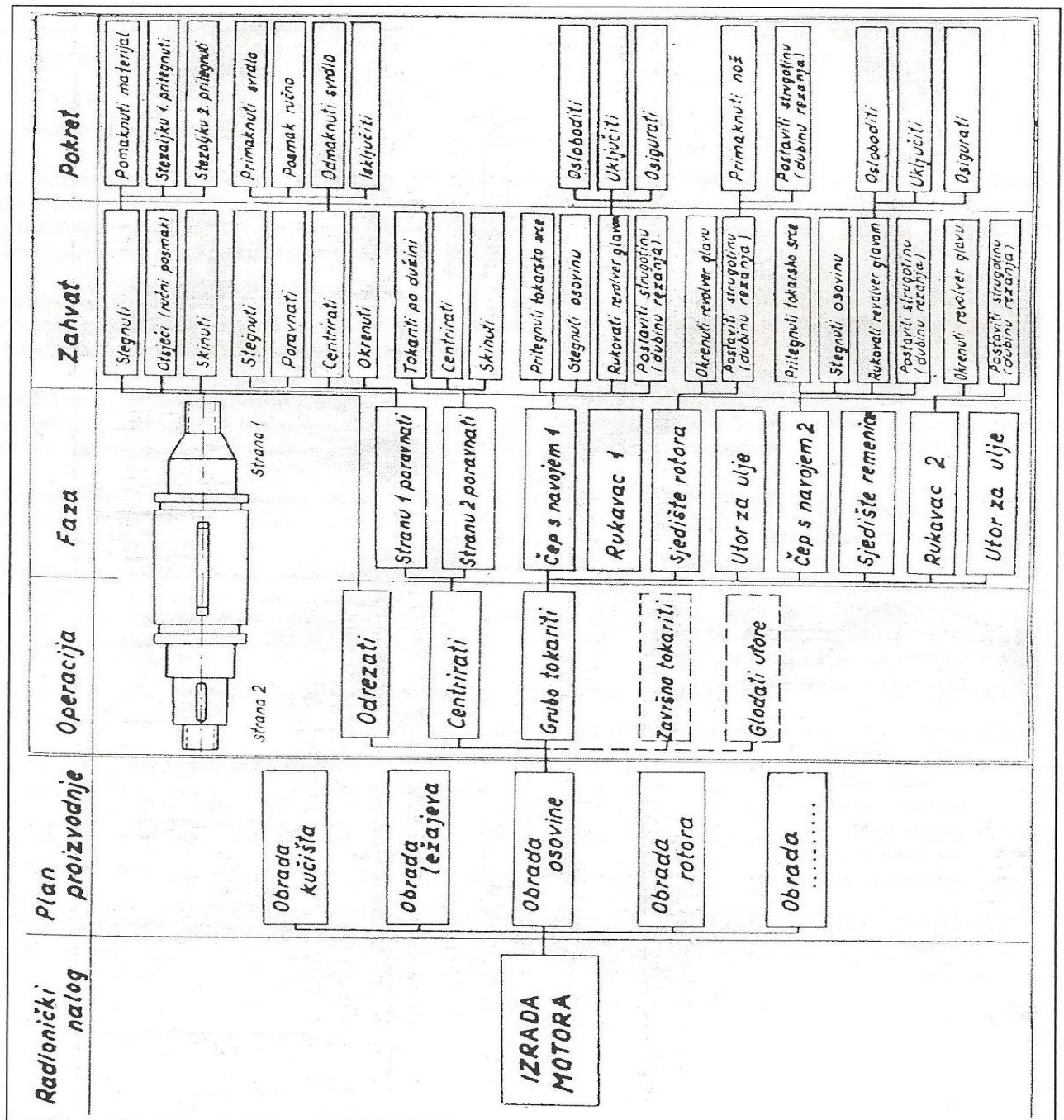
Tehnološki proces se može projektirati u raznim varijantama, tako da postoji mnogo rješenja s različitim obujmom i različitim redoslijedom operacija.

Redoslijed operacija ovisi od:

- veličine serije,
- raspoloživog obradnog sistema,
- vrste i oblika priprema, obradnog postupka,
- baziranja i stezanja obratka,
- koncentracije operacija i zahvata,
- mogućnost otkrivanja greške u materijalu,
- vrste primijenjenog alata.

## 5.1 POJAM OPERACIJE

Operacija je skup svih zahvata koji se obavljaju na jednom radnom mjestu uz jedno pripremanje radnog mjesta za njihovo obavljanje. Tako definirana operacija predstavlja temeljnu jedinicu tehnološkog procesa i osnova je za upravljanje proizvodnjom, za kalkulacije i obračun. Podjela operacija na manje dijelove obavlja se po tehnološkom kriteriju.

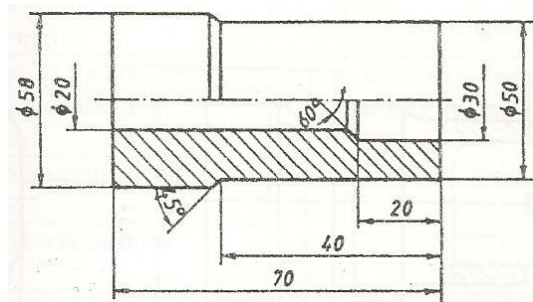


Tablica 1. Primjer operacija, faza, zahvata i pokret

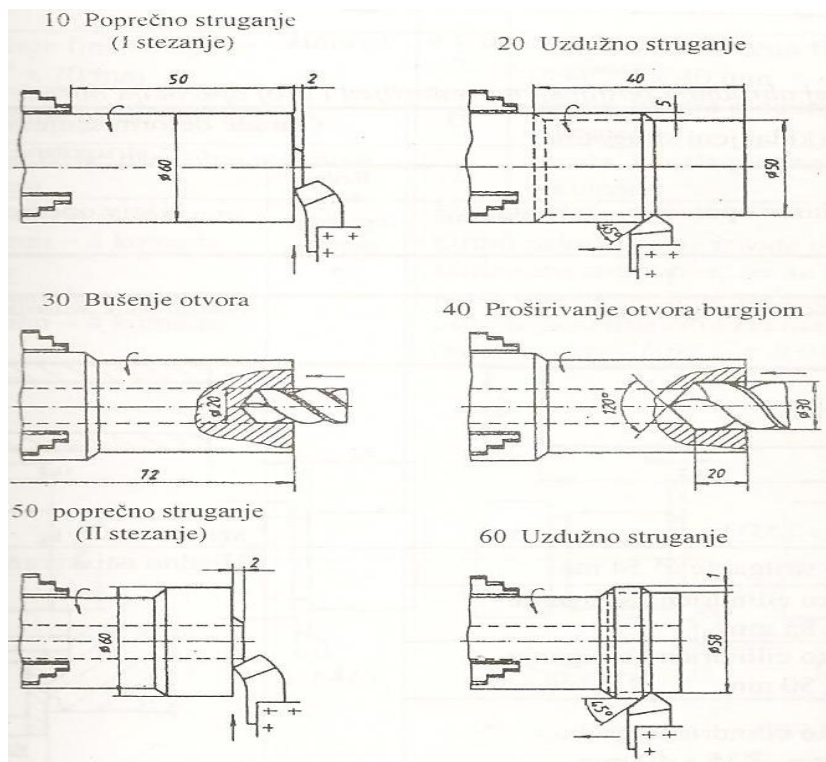
## 5.2 SMJERNICE KOD DEFINIRANJA REDOSLIJEDA OPERACIJA

Kod definiranja tehnoloških operacija o određivanja njihova redoslijeda postoje određene smjernice kojih se treba pridržavati. Tehnološke se operacije dijele u tri osnovne skupine:

1. Operacija grube obrade koje uklanjaju najveći dio suvišnog materijala
2. Operacije čiste obrade koje osiguravaju osnovnu točnost
3. Operacije završne obrade koje osiguravaju konačne tolerancije i kvalitetu površine.



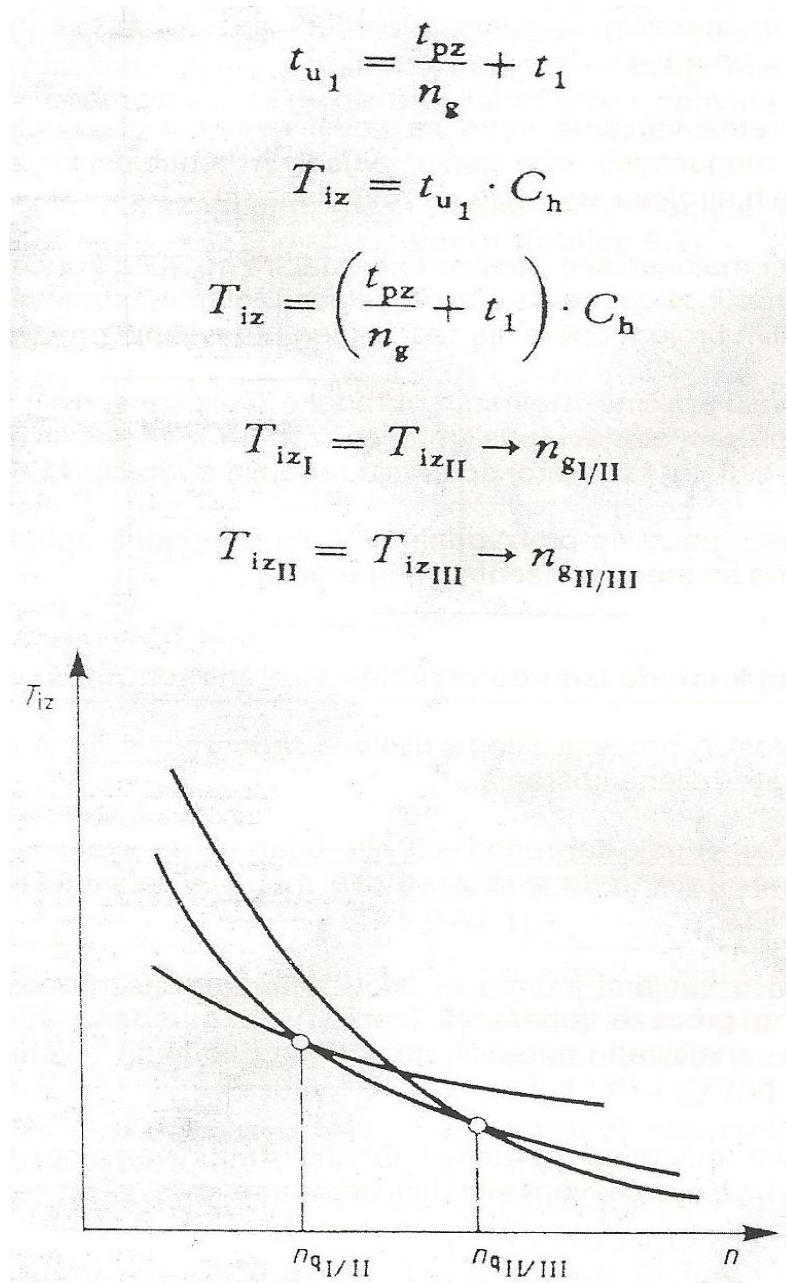
Slika 4. Izradak



Slika 5. Redoslijed operacija

### 5.3 GRANIČNI BROJ KOMADA IZMEĐU RAZLIČITIH VARIJANT

Kad se utvrdi više varijanti jednog te istog tehnološkog ili više varijanti pojedinog dijela tehnološkog procesa za određenu veličinu serije potrebno je pojedine varijante, analizirati i odrediti granični broj komada pojedinih varijanti sa ekonomskog stajališta.

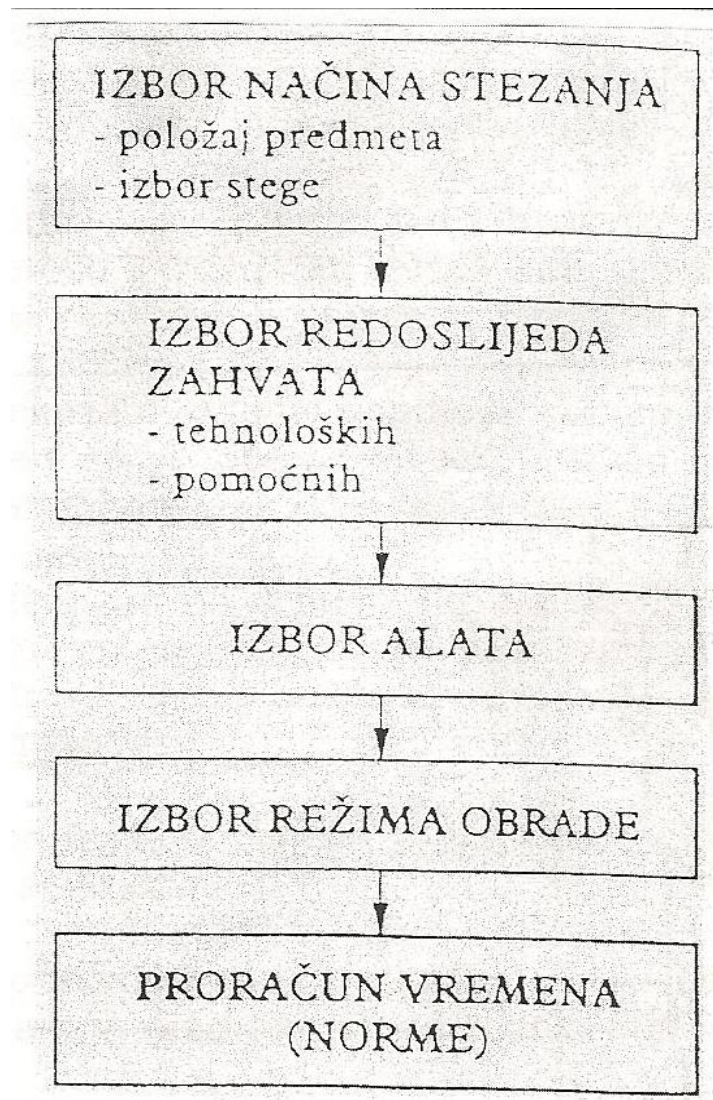


Slika 6. Prikaz graničnog broja komada između različitih tehnoloških varijanti



## 6. DETALJNA RAZRADA OPERACIJE

Podaci o detaljima u pojedinim događajima procesa određuju se za svaku operaciju i svaki događaj kontrole. Tim se podacima određuje tok izvođenja operacije, uvjeti pod kojima se izvode pojedini zahvati (režimi rada), sva pomagala koja se upotrebljuju u izvođenju operacije te potrebno vrijeme za obavljanje operacije.



Slika 7. Dijagram tijeka razrade tehnološke operacije

## **6.1 KORIŠTENJE TEHNOLOŠKE DOKUMENTACIJE U PROIZVODNJI**

Kod projektiranja tehnološkog procesa izradio se tehnološki postupak kao integralni tehnološki dokument kojeg sačinjava proračun vremena izrade i planovi izrade, iz tog tehnološkog dokumenta izradili su se sljedeći tehnološki dokumenti:

1. List operacije
2. Tehnološki postupak izrade
3. Specifikacija alata

### **6.1.1. List operacije**

List operacije je tehnološki dokument a istovremeno osnovni dokument radnog mjesta. On je izveden iz tehnološkog postupka, ali su na njemu uz skicu operacije uneseni samo oni podaci koji su bitni za radno mjesto odnosno radnika na tom radnom mjestu. List operacije ne mora biti izrađen za svaku operaciju već prema složenosti iste. Također njegov oblik ne mora za svaku proizvodnju biti isti.









## 6.1.3 Specifikacija alata

Tehnološki dokument specifikacije alata također je načinjen iz integralnog tehnološkog dokumenta „ Tehnološki postupak“ prema vrsti alata kojeg koriste osim tehnološke pripreme u prvom redu služba alata i operativna priprema rada.

| 5<br>Red. broj operacija | 1<br>Specifikacija alata za obradu dijela:<br><b>RADNO VRETENO GLODALICE</b> |                    | 2<br>Artilak<br><b>UNIVERZALNA<br/>HORIZONTALNA GLODALICA</b> |                            | 3<br>Sklop<br><b>VRETNISITE</b>             |                      | 4<br>Oznaka tijela<br><b>K.T.V.-01<br/>322 - 725 - 374</b> |                         |              |          |                   |                                   |                        |
|--------------------------|--|--------------------|---|----------------------------|---|----------------------|--|-------------------------|--------------|----------|-------------------|-----------------------------------|------------------------|
|                          | 6<br>Stezni i pomoćni alat   |                    | 7<br>Oznaka   |                            | 8<br>Naziv                                  |                      | 9<br>Naziv   |                         | 10<br>Oznaka |          | 11<br>Mjerni alat |                                   |                        |
| 10                       | JUS K.G2.040   | Strojni škripac    | Fps 360x4<br>JUS K.D2.150                                     |                            | Pilasto glodalno Ø360 mm                    |                      |  |                         |              |          |                   | Čelični metar                     |                        |
| 20                       |  | Hidraulički stezač | JUS K.D3.061  |                            | Scn/60                                      |                      |  |                         |              |          |                   | Pomično mjerilo                   |                        |
| 30                       |  | Stezna glava       | Nvst 16-S2<br>JUS K.C1.056                                    |                            | Nož za grubu obradu                         |                      | JUS K. T2.050  |                         |              |          |                   |                                   |                        |
|                          |  | Šijci              | Nvst 16-S2<br>JUS K.C1.054                                    |                            | Nož za finu obradu                          |                      | 25-H7<br>JUS K.T3.122                                      |                         |              |          |                   | Granični čep Ø25 H7               |                        |
|                          |  | Lineta             | Nvst 16-S2<br>JUS K.C1.066                                    |                            | Nož za bočnu obradu r=3 mm                  |                      | 42-d11<br>JUS K.T3.052                                     |                         |              |          |                   | Granična mjerka za osovinu 42-d11 |                        |
|                          |  |                    |   | Nvst 16-S2<br>JUS K.C1.052 |   | Nož za bočnu obradu  |  | 25,3H12<br>JUS K.T3.122 |              |          |                   |                                   | Granični čep Ø25,3 H12 |
|                          |  |                    |   | Ss d 17<br>JUS K.D2.021    |   | Spiralno svrdlo-dugo |  |                         |              |          |                   |                                   | Konusni čep MK 4       |
| 40                       | JUS K. G2.040  | Strojni škripac    | Nvst 8-S2<br>JUS K.C1.059                                     |                            | Nož za obradu slijepih rupa                 |                      |  |                         |              |          |                   |                                   |                        |
| 50                       | JUS K. G3.360  | Šijak              | Nvst 8-S2<br>JUS K.C1.058                                     |                            | Nož za obradu prozračnih rupa               |                      |  |                         |              |          |                   |                                   |                        |
| 60                       |  |                    | Fklkr 80x15,4<br>JUS K.D2.040                                 |                            | Koturasto glodalno                          |                      | JUS K. T2.050  |                         |              |          |                   | Pomično mjerilo                   |                        |
|                          |  |                    |   |                            | Specijalno proširno glodalno<br>Ø 80mm      |                      | JUS K T2 050   |                         |              |          |                   | Pomično mjerilo                   |                        |
|                          |  |                    |   |                            |   |                      |  |                         |              |          |                   |                                   |                        |
| 70                       |  |                    | Btal 400/2<br>JUS K.D4.020                                    |                            | Pravokutna turpija                          |                      |  |                         |              |          |                   |                                   |                        |
|                          |  |                    | Btal 200/3<br>JUS K.D4.020                                    |                            | Pravokutna turpija                          |                      |  |                         |              |          |                   |                                   |                        |
|                          |  |                    | Ssv 48<br>JUS K.D3.020  |                            | Svrđlo Ø4,8 mm                              |                      |  |                         |              |          |                   |                                   |                        |
|                          |  |                    | Ssv 96<br>JUS K.D3.020  |                            | Svrđlo Ø9,6mm                               |                      |  |                         |              |          |                   |                                   |                        |
|                          |  |                    | Zms 6<br>JUS K. D6.031  |                            | Dvostupni ureznik M6                        |                      |  |                         |              |          |                   |                                   |                        |
| 80                       |  |                    | Zms 12<br>JUS K.D6.031  |                            | Dvostupni ureznik M12                       |                      |  |                         |              |          |                   |                                   |                        |
|                          |  | Stezna glava       |   |                            | Profilni nož za utor prema<br>JUS M. A0.080 |                      | JUS K. T2.050  |                         |              |          |                   | Pomično mjerilo                   |                        |
| Izmjene                  |  | 12                 |   | 13                         |   | List:                |  | 1                       |              | Listova: |                   | 2                                 |                        |

Tablica 2. Primjer Specifikacije alata

## **6.2 POMOĆNA SREDSTVA ZA IZVOĐENJE OPERACIJA (ALAT)**



















Pod pojmom „alat“ podrazumijeva se široko područje pomoćnih tehnoloških sredstava koji su pored osnovnog sredstava potrebna za izvođenje operacije. Tu se ubrajaju razne vrste i tipovi reznih, mjernih i steznih sredstava, najkraće nazvanih alati. Standardni alat obično se drži na skladištu alata po sustavu minimalnih i maksimalnih količina i u pravilu je uvijek na raspolaganju za korištenje.

Ukoliko fazu i zahvat, odnosno operaciju nije moguće izvesti sa standardnim alatom, tehnolog će upisati u odgovarajuću rubriku oznaku specijalnog alata.

### **6.2.1 Izbor standardnog alata**

Izbor alata ima veliki utjecaj na ukupno vrijeme izrade, a s tim i na troškove proizvodnje. Stoga treba posebnu pozornost posvetiti određivanju alata za obradu. Uporaba standardnog alata postaje obaveza koju valja provoditi gdje god je to moguće. U tablici 2. je predložen najčešće upotrebljavani standardni alat tokarskih noževa.



| TOKARSKI NOŽEVI              |  |   |              |    |     |    |  |   |
|------------------------------|--|---|--------------|----|-----|----|--|---|
| sa pločicom od tvrdog metala |  |   | dimenzije mm |    |     |    | od brzoreznog čelika                           |   |
| Naziv                        | Oznaka   | Skica   | q            | h  | L   | S  | Oznaka   | Skica   |
| Ravni nož za grubu obradu    | Nvat<br>d ili l Nvat<br>JUS<br>K.C1.051<br>1965. |    | 16           |    | 140 |    | Nva<br>d ili l Nva<br>JUS<br>K.C1.010<br>1954. |    |
|                              |  |   | 20           |    | 160 |    |  |   |
|                              |  |   | 25           |    | 200 |    |  |   |
|                              |  |   | 32           |    | 250 |    |  |   |
|                              |  |   | 40           |    | 315 |    |  |   |
| Savijeni nož za grubu obradu | Nvbt<br>d ili l Nvbt<br>JUS<br>K.C1.052<br>1965. |    | 12           |    | 110 |    | Nvb<br>d ili l Nvb<br>JUS<br>K.C1.011<br>1954. |    |
|                              |  |   | 16           |    | 140 |    |  |   |
|                              |  |   | 20           |    | 160 |    |  |   |
|                              |  |   | 25           |    | 200 |    |  |   |
|                              |  |   | 32           |    | 250 |    |  |   |
| Savijeni nož za finu obradu  | Nvgt<br>d ili l Nvgt<br>JUS<br>K.C1.053<br>1965. |    | 12           |    | 110 |    | Nvg<br>d ili l Nvg<br>JUS<br>K.C1.014<br>1954. |    |
|                              |  |   | 16           |    | 140 |    |  |   |
|                              |  |   | 20           |    | 160 |    |  |   |
|                              |  |   | 25           |    | 200 |    |  |   |
|                              |  |   | 32           |    | 250 |    |  |   |
| Ravni nož za finu obradu     | Nvdt<br>JUS<br>K.C1.054<br>1965.                 |    | 12           |    | 110 | 12 | Nvd<br>JUS<br>K.C1.024<br>1954.                |    |
|                              |  |   | 16           |    | 140 | 16 |  |   |
|                              |  |   | 20           |    | 160 | 20 |  |   |
|                              |  |   | 25           |    | 200 | 25 |  |   |
|                              |  |   | 32           |    | 250 | 32 |  |   |
| Nož za bočnu obradu          | Nvet<br>d ili l Nvet<br>JUS<br>K.C1.056<br>1965. |  | 16           |    | 140 |    | Nve<br>d ili l Nve<br>JUS<br>K.C1.016<br>1954. |  |
|                              |  |   | 20           |    | 160 |    |  |   |
|                              |  |   | 25           |    | 200 |    |  |   |
|                              |  |   | 32           |    | 250 |    |  |   |
|                              |  |   |              |    |     |    |  |   |
| Nož za odsijecanje           | Nvft<br>d ili l Nvft<br>JUS<br>K.C1.057<br>1965. |  | 12           | 12 | 110 | 3  | Nvf<br>d ili l Nvf<br>JUS<br>K.C1.026<br>1954. |  |
|                              |  |   | 16           | 16 | 125 | 4  |  |   |
|                              |  |   | 20           | 20 | 140 | 5  |  |   |
|                              |  |   | 25           | 25 | 200 | 6  |  |   |
|                              |  |   | 32           | 32 | 220 | 8  |  |   |
| Nož za obradu prolaznih rupa | Nubt<br>JUS<br>K.C1.058<br>1965.                 |  | 12           |    | 140 |    | Nub<br>JUS<br>K.C1.012<br>1954.                |  |
|                              |  |   | 16           |    | 180 |    |  |   |
|                              |  |   | 20           |    | 220 |    |  |   |
|                              |  |   | 25           |    | 250 |    |  |   |
|                              |  |   |              |    |     |    |  |   |
| Nož za obradu slijepih rupa  | Nuat<br>JUS<br>K.C1.059<br>1965.                 |  | 12           |    | 140 |    | Nua<br>JUS<br>K.C1.015<br>1954.                |  |
|                              |  |   | 16           |    | 180 |    |  |   |
|                              |  |   | 20           |    | 220 |    |  |   |
|                              |  |   | 25           |    | 250 |    |  |   |
|                              |  |   |              |    |     |    |  |   |
| Ravni šiljasti nož           | Nvct<br>JUS<br>K.C1.060<br>1965.                 |  | 12           |    | 110 |    | Nvc<br>JUS<br>K.C1.013<br>1954.                |  |
|                              |  |   | 16           |    | 140 |    |  |   |
|                              |  |   | 20           |    | 160 |    |  |   |
|                              |  |   | 25           |    | 200 |    |  |   |
|                              |  |   | 32           |    | 250 |    |  |   |

Tablica 3. Standardni alat

## 6.2.2 Izbor načina stezanja

Položaj nekog tijela u prostoru određuju površine tog tijela koje se oslanjaju na neke druge čvrste površine u tom prostoru. Takove se površine općenito nazivaju baznim površinama ili bazama. Ovisno o namjeni razlikuju se konstrukcijske baze, tehnološke baze i kontrolne baze. Kod odabira baze treba voditi računa o pravilu šest točaka. Svako kruto tijelo u prostoru ima šest stupnjeva slobode gibanja ( 3 translacije u smjeru svake od triju koordinatnih osi i triju rotacija oko svake od triju koordinatnih osi). Za nepromjenjiv položaj tijela u odnosu na prostor potrebno je tijelu oduzeti svih šest stupnjeva slobode gibanja, a to znači da je tijelo potrebno osloniti na šest oslonaca raspoređenih u prostoru u smjeru svih triju koordinatnih osi.

Baza je geometrijski element koji služi kao temelj pri davanju neke tolerancije položaja, i zato mora biti barem toliko točnog oblika kao što je zahtijevana tolerancija. Najčešće je dovoljan samo jedan element kao baza, a ponekad su potrebna i dva elementa. Treba izbjegavati slučajeve kod kojih tri ili više elemenata čine zajedničku bazu. Bazu treba odabrati sukladno funkciji predmeta tako da to bude:

- dovoljno velika površina,
- dovoljno dugačka os,
- dvije manje površine dovoljno razmaknute,
- dvije kraće osi dovoljno razmaknute.

## 7. VRIJEME TRAJANJA OPERACIJE

Kao što je poznato tehnolog treba odrediti vrijeme za izvršenje svake operacije koju je odredio i zamisli. Ukupno vrijeme za izvršenje nekog rada može se pronaći pomoću relacije:

$$T = T_{pz} + (t_t + t_p + t_d) * n$$

Suma tehnološkog i pomoćnog vremena zvat će se vrijeme izrade tj.

$$t_t + t_p = t_i$$

dok će se suma tehnološkog, pomoćnog i dodatnog vremena zvati norma tj. :

$$t_t + t_p + t_d = t_k$$

Troškovi pripremno završnih radova na svakoj operaciji ili općenito u svakom radu, dijele se veličinom serije.

## 8. PROJEKTIRANJE TEHNOLOŠKOG PROCESA ZA „STEUERSCHEUBE 13“ – 20“ ENTLADER

Prema zadanom nacrtu koji je dodan u *Prilogu 1.* izrađen je tehnološki postupak (*Prilog 2.*), radni nalog (*Prilog 3.*), međufazna (*Prilog 4.*) i završna kontrola (*Prilog 5.*) u programu G-soft i CNC program u Point Maching-u (*Prilog 6.*).

Rađena je strojna obrada tokarenja i glodanja.

Naziv operacije:

### TOKARENJE

1. Tokariti vanjski promjer na mjeru  $f\ 820\pm 0,5$ ,
2. Tokariti unutarnji promjer na mjeru  $f\ 568$ ,
3. Tokariti čela na debljinu  $10\pm 0,1$ ,

### GLODANJE

4. Glodati 4 otvora širine 19 ( $+ 0,124; + 0,126$ ),
5. Bušiti 2x  $f8,5$  te urezati navoj M10,
6. Bušiti  $f10,2$  i urezati navoj M12,

### TOKARENJE

7. Tokariti unutarnji promjer na mjeru  $f\ 569 (+ 0,024; +0,116)$



## 8.1 OPIS OPREME

Svi strojevi za strojnu obradu smješteni su kao na *Slici 12*.



*Slika 10.* Strojevi za strojnu obradu

Strojna obrada se odvijala u firmi VJ-eko d.o.o na horizontalnom obradnom centru H15-MB i tokarilici PA-50.



*Slika 11.* Horizontalni obradni centar H15- MB

Tehničke specifikacije horizontalnog obradnog centra :

- Upravljanje: MAZATROL CAM M-2
- Dvije izmjenjive palete
- Dimenzije palete: 630x630
- Mogućnost zakreta palete oko osi za 360°
- Radni hod: x1000y850z1000b360°
- Strojna izmjena alata
- Spremnik s 40 alata



*Slika 12. Tokarilica PA- 50*

Tehničke specifikacije tokarilice PA-50 :

- Radni hod:  $\phi 1100 \times 5000$
- Dvije planske ploče razmaka 1600
- Provrt kroz vreteno  $\phi 310$



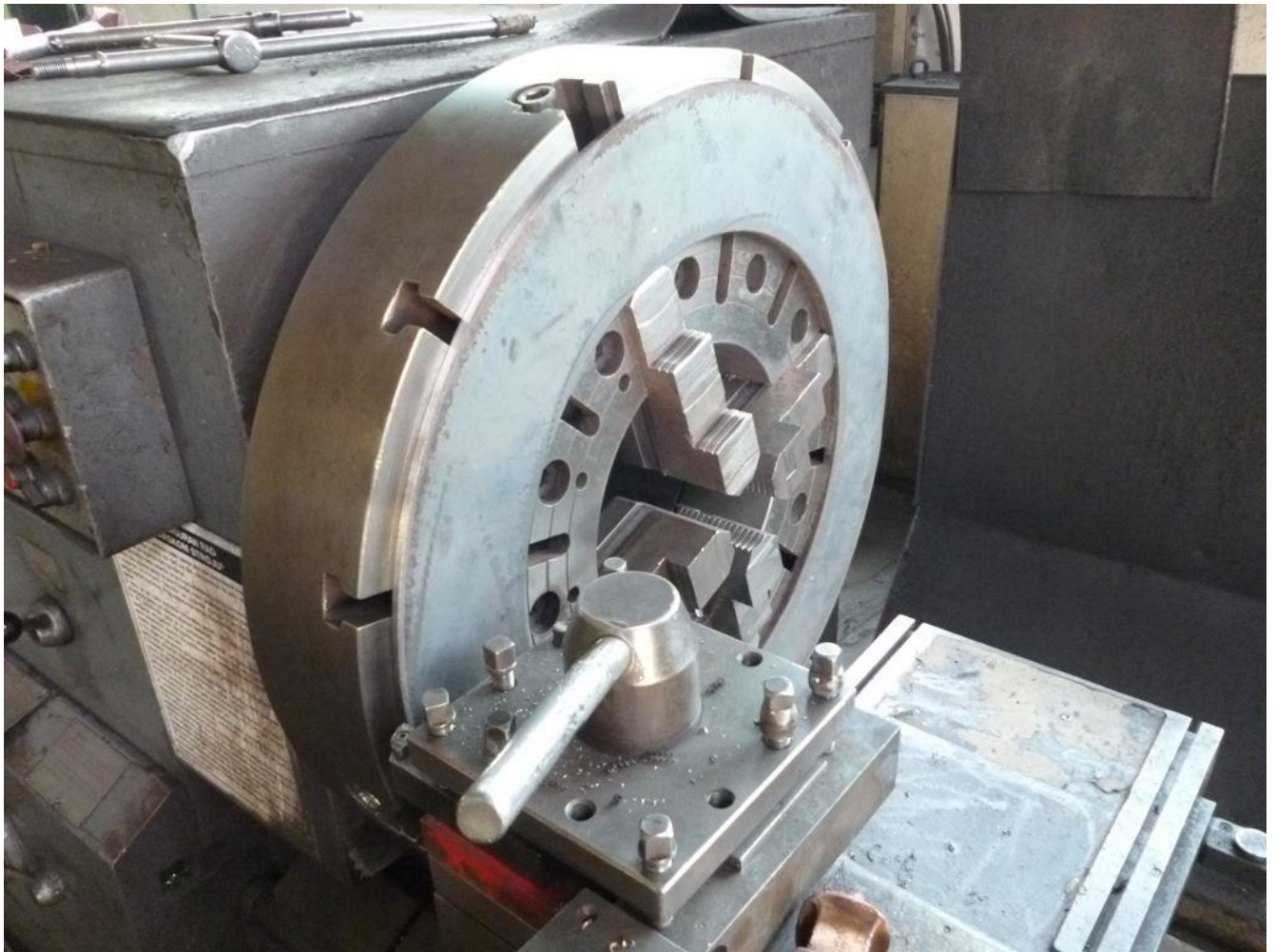
## 8.2 TIJEK POSTUPKA OBRADE

1. Od naručitelja usluge je dobiven poluproizvod koji je izrezan iz punih ploča debljine 15 mm.



*Slika 13. Sirovac*

2. Tokarenje vanjskog radijusa na mjeru.



*Slika 14.* Obrada tokarenjem vanjskog radijusa na mjeru



### 3. Tokarenje na zadanu debljinu.



*Slika 15.* Obrada tokarenjem na zadanu debljinu

#### 4. Centriranje komada.



*Slika 16.* Horizontalni obradni centar H-15, centriranje komada



5. Izvođenje raznih operacija bušenje provrta, urezivanje navrta, glodanje utora.



*Slika 17.* Obrada bušenja provrta, urezivanja navrta i glodanja utora

6. Tokarenje unutarnjeg radijusa na mjeru se odvija na tokarilici PA-50 kao i tokarenje vanjskog radijusa koje je prikazano na *Slici 14*.



7. Gotov proizvod zatražen od naručitelja usluge.



*Slika 18. Gotov proizvod*

## 9. ZAKLJUČAK

U završnom radu je prikazano projektiranje tehnološkog procesa za „STEUERSCHEUBE 13“ – 20“ ENTLADER.

Kod redoslijeda postupka obrade bilo je potrebno voditi računa o određenim tehnološkim zahtjevima i značajkama koje su se predstavljale pred obradu odvajanja čestica. Na CNC strojevima se želi postići zahtijevana točnost obrade, bolja mehanička svojstva uz što kraće utrošeno vrijeme za izradu.

Najveći problem prilikom definiranja tehnologije obrade odvajanjem čestica na CNC strojevima predstavlja materijal izratka te alat kojim se mora postići željena točnost obrade strojnih dijelova. Prilikom odabira alata važno je uzeti u obzir njegovo ekonomično vrijeme trajanja, no međutim u proizvodnji treba koristiti maksimalne režime obrade jer cijena alata u cijeni krajnjeg proizvoda zauzima vrlo mali postotak.

## 10. LITERATURA

1. dipl.ing.stroj. Vinko Gačnik, dipl.ing. Ferdo Vodenik, Projektiranje tehnoloških procesa- optimizacija režima i vremena obrade, Zagreb 1990.
2. Milan Jurković, Džemo Tufekčić, Tehnološki procesi- projektiranje i modeliranje, Tuzla 2000.
3. Mr.sc. Borislav Josipović, dipl.ing., Projektiranje tehnoloških procesa- podloge za predavanja, Karlovac 2012.
4. Mr.sc. Borislav Josipović dipl.ing, Projektiranje tehnoloških procesa- podloge za vježbe, Karlovac 2012.
5. B. Gornik, F. Vodenik, Projektiranje tehnološkog procesa- IP4, Zagreb 2002.
6. <https://www.scribd.com/>
7. <https://www.fsb.unizg.hr/>
8. <http://www.riteh.uniri.hr/>
9. <http://www.vj-eko.hr/>