

INTERNACIONALNI UNIVERZITET TRAVNIK
FAKULTET POLITEHNIČKIH NAUKA

ZAVRŠNI RAD

**PROJEKTOVANJE TEHNOLOŠKOG POSTUPKA
IZRADE BAZNE PLOČE NA CNC GLODALICI**

Student: Mirza Turic

Mentor: Prof.Sejfo Papić

Travnik, 2019.

Sadržaj

1.	CNC Mašine	1
1.1	Historija	2
1.2	Razlike između CNC i Klasičnih mašina.....	3
1.3	Mogućnosti i usporedba troosne i peteosne obrade	5
2.	Automatska izmjena alata ili magacin (AIA)	7
2.1	Držači alata za glodanje (čahure)	8
2.1	HSK držači alata	12
2.2	CAT i Elastnični držači alata.....	13
3.	Uvod u izradu bazne ploče	14
4.	Proces projektiranja	15
5.	Tehnološka priprema proizvodnje	16
6.	Faze projektiranja tehnološkog procesa.....	18
6.1	Analiza dokumentacije o geometriji izratka.....	18
6.1	Analiza količine proizvodnje.....	19
6.3	Izbor vrste i oblika pripremka	19
6.4	Izbor metode obrade.....	20
6.5	Izbor mašine	22
7	Razrada tehnologije izrade bazne ploče.....	23
7.1	Analiza pozicije	23
7.2	Materijal	24
7.3	Izbor odgovarajućeg radnog centra	25
7.4	Upis tehnološkog procesa	26
7.5	Upis pripremnog i tehnološkog vremena izrade.....	27
7.6	Površinska zaštita	28
7.7	Prikaz razrađene tehnologije	29
8.	Mašina za mašinsku obradu	30
8.1	CNC Glodalica	30

8.2 Alati korišteni za izradu pozicije	32
8.3 Odabir režima za obradu.....	35
9. Praktični dio	36
9.1 Izrada pozicije u softveru „Esprit“.....	36
9.2 Vrijeme obrade u softveru	38
9.3 Izrada pozicije na stroju	40
9.4 Vrijeme obrade na mašini	44
9.5 Realna vremena nakon izrade.....	45
10. Zaključak.....	46
11. Literatura.....	47

Popis Slika

Slika 1 Razlike između CNC i Klasičnih Mašina.....	7
Slika 2 Obradni centar CNC Hermle 500 serija.....	8
Slika 3 Putanja alata kod troosne obrade	10
Slika 4 Putanja alata kod petoosne obrade.....	10
Slika 5 Magacin alata.....	12
Slika 6 Disk magazin alata.....	12
Slika 7 Osnovne vrste držača alata za glodanje	13
Slika 8 Jednokontaktni i dvokontaktni držači alat	14
Slika 9 Razne vrste držača alata za glodala	15
Slika 10 HSK Čahura.....	16
Slika 11 CAT (Caterpillar) držač alata	17
Slika 12 Elastična čahura	17
Slika 13 Prikaz povezanosti tehnologije sa ostalim odjelima	19
Slika 14 Dio stroja za savijanje žice	21
Slika 15 Prikaz montiranih dijelova na ploču u sklop	22
Slika 16 Rotacijsko simetrični (a) i nesimetrični dijelovi.....	25
Slika 17 Izgled obratka ovisi o putanji alat.....	26
Slika 18 Bazna ploča.....	27
Slika 19 Korišteni materijal za izradu ploče	28
Slika 20 Popis radnih centara u proizvodnom pogonu	29
Slika 21 Prikaz upisa tehnološkog procesa	30
Slika 22 Prikaz pripremno-završnog vremena izrade za određene strojeve	31
Slika 23 Razrađeni tehnološki proces	33
Slika 24 CNC glodalica CMX 1100 V	34

Slika 25 Tehničke karakteristike mašine	35
Slika 26 3D taster.....	36
Slika 27 Set burgija	36
Slika 28 Burgija i ureznički Slika 29 Zabušivač.....	37 37
Slika 30 Gruba i fina glodala	38
Slika 31 Ø20 glodalo	38
Slika 32 Prikaz simulacije - gornja strana pozicije	40
Slika 33 Prikaz simulacije - donja strana pozicije	41
Slika 34 Prikaz jednog dijela "Machining reporta"	42
Slika 35 Prikaz ukupnog vremena prve strane pozicije u softveru "Esprit"	43
Slika 36 Prikaz reporta obrade drugog dijela.....	43
Slika 37 Stezanje komada u stegu.....	44
Slika 38 Izrada gornje strane pozicije na mašini	45
Slika 39 Obradžena prva strana ploče	45
Slika 40 Prikaz stezanja druge strane pozicije.....	46
Slika 41 Gotova pozicija na mašini	47
Slika 42 Stvarno vrijeme obrade prve strane	48
Slika 43 Upisano vrijeme radnika nakon završene operacije	49

1. CNC Mašine

CNC upravljanje, računalno numeričko upravljanje ili računalom podržano numeričko upravljanje (eng. Computer Numerical Control) je upravljanje alatnim strojevima pomoću posebnih kodiranih naredbi (instrukcija) koje se učitavaju u upravljačkom računalu. U CNC sustavu mikroprocesor omogućuje izmjenu računalnog programa na samom stroju, a također je moguće provesti i izmjene i tokom strojne obrade predmeta. To svojstvo omogućuje veliku prilagodljivost u radu (fleksibilnost), uštedu u vremenu te je uvelike pridonijelo raširenosti upotrebe CNC mašina.

Numeričko upravljanje ili NC upravljanje (eng. Numerical Control) je upravljanje alatnim strojevima pomoću posebnih kodiranih naredbi koje se učitavaju u upravljačku jedinicu stroja. U NC sustavu program se učitava u upravljačku jedinicu pomoću bušene trake, kartice diskete, USB a u novijem period najčešće direktnim putem Računar/Mašina jer su novije firme sve povezane sa mašinama i računarima u kancelarijama, a zatim se provodi obrada predmeta pri čemu operater na mašini nema mogućnost mijenjanja programa. Sve potrebne izmjene moraju se obaviti izvan stroja pa ponovno učitati program u upravljačku jedinicu stroja. Kratica NC koristi se za izvorno numeričko upravljanje

1.1 Historija

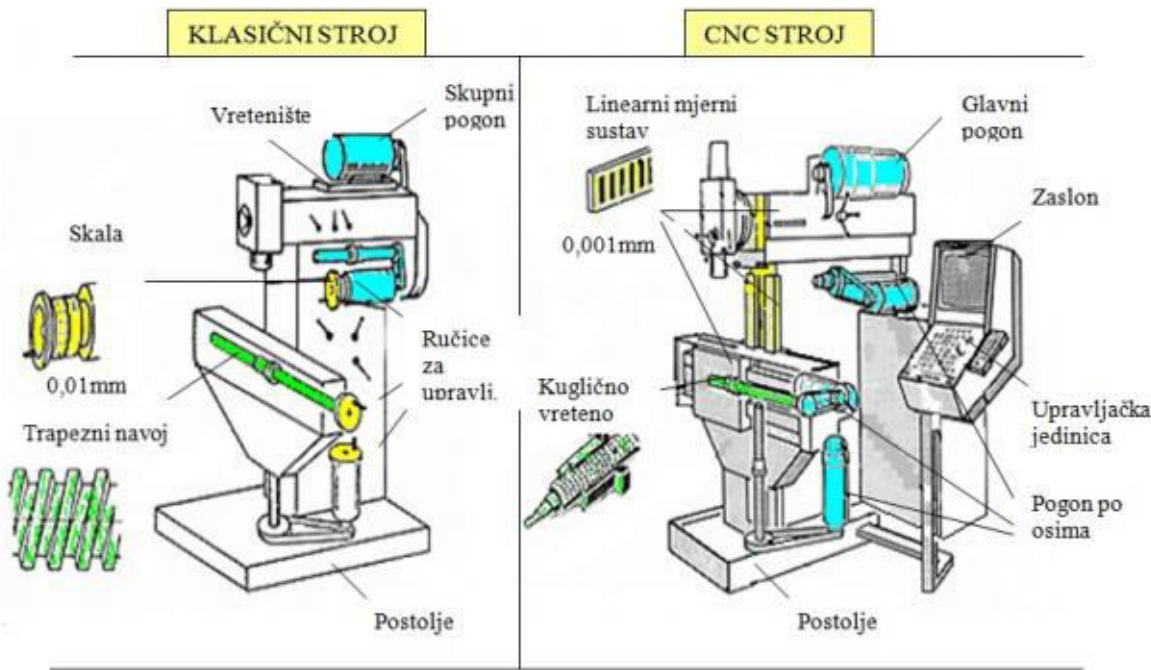
Iako je razvoj numeričkog upravljanja alatnih strojeva vezan za mnoga inženjerska otkrića počevši od konstruiranja tokarilice s navojnim vretenom, primjene bušene trake za automatizaciju rada tkalačkih strojeva, razvoj servomotora, razvoj strojeva s mogućnošću ponavljanja obrade postupkom kopiranja, razvoj koordinatnih bušilica i drugog, u literaturi se navodi da je osnove numeričkog upravljanja postavio 1947. John T. Parsons (1913. – 2007.). Upotreboom bušene trake upravljao je pozicijom alata pri izradi lopaticahelikopterskog propelera. Godine 1949. američka vojska sklopila je ugovor sa sveučilištem MIT za razvoj programirane glodalice. Troosna glodalica Cincinnati Hydrotel predstavljena je 1952., a imala je elektromehaničko upravljanje (upravljačka jedinica) i koristila je bušenu traku. Iste godine počinje se koristiti naziv numeričko upravljanje (NC). Tadašnja upravljačka jedinica je bila veća od samog stroja.

Automatizacija alatnih strojeva započela je ustvari vrlo rano, i to uglavnom u upravljanju brzinom rezanja, posmakom i izmjenjivanjem različitih vrsta alata. U početku su rješenja bila mehanička, ali nakon 1950., osobito od 1960., razvijali su se takozvani NC alatni strojevi (engl. Numerical Control), to jest numerički upravljeni strojevi, dakle upravljeni bušenim vrpcama, karticama ili magnetskim vrpcama, koje prema utvrđenom kodu aktiviraju sustav releja i servomehanizama, tako da su pojedini dijelovi procesa automatizirani. Međutim, ti su strojevi bili slabije prilagodljivosti (fleksibilnosti). Od 1970. u upravljanju alatnim strojevima upotrebljavaju se miniračunala ili mikroračunala. To su takozvani CNC alatni strojevi (engl. Computer Numerical Control). Ti se strojevi mogu vrlo lako prilagoditi za različite radnje jednostavnijom promjenom programa. Upravljački je dio jednostavniji, jeftiniji, održavanje je lakše pa je izradak točniji i gospodarski isplativiji. Sustav DNC (engl. Direct Numerical Control) obuhvaća nekoliko spregnutih CNC alatnih strojeva, vođenih većim središnjim računalom. Suvremeni CNC alatni strojevi imaju adaptivno upravljanje (povratnu vezu), kojim se štite stroj i alat od mogućeg oštećenja i postiže veća proizvodnost. Tako se, na primjer, zakretni moment glavne osovine (vratila) posebnim servouređajem održava unutar zadanih veličina (parametara).¹

U Hrvatskoj tvornica Prvomajska iz Zagreba je prva nabavila numerički upravljanu konzolnu glodalicu 1969. (Sharmann FB100 s upravljačkom jedinicom Dekamat), a sama je počela serijski proizvoditi numerički upravljane strojeve od 1978. (kao na primjer glodalica G 301 NC)

¹ P. Ćosić, Projektiranje tehnološkog procesa. Predavanje, Zagreb: Fakultet strojarstva i brodogradnje, Sveučilište u Zagrebu, 2013.

1.2 Razlike između CNC i Klasičnih mašina



Slika 1 Razlike između CNC i Klasičnih Mašina

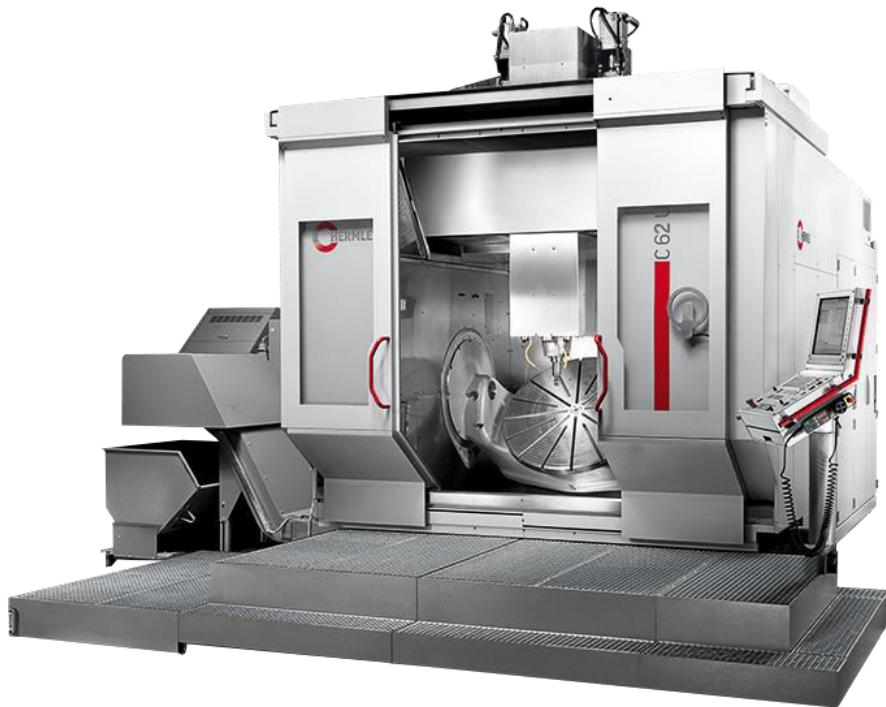
Na slici je prikazano :

- Pogon mašine – kod klasičnih strojeva radi se o skupnom pogonu tj. jedan motor pogoni i glavno vreteno i ostala gibanja radnog stola, dok kod CNC strojeva postoji jedan glavni motor za pogon glavnog vretena a gibanje po osima ostvaruju posebni istosmjerni motori.
- Upravljanje mašina – izvodi se ručno ili mašinski preko ručica za upravljanje dok CNC mašine imaju upravljačku jedinicu (tastatura i ekran) i rade automatski preko programa.
- Mjerni sustav mašine – sastoji se od skale na nonijusom (klasični stroj) ili preciznijeg linearног sustava mjerena.
- Pomak radnog stola – ostvaruje se trapeznim navojem ili kugličnim navojnim vretenom (CNC stroj).

Neke od prednosti CNC mašina:

- mogućnost obrade složenih dijelova
- visoka produktivnost
- bolje vođenje, što rezultira preciznijom obradom
- višestranična obrada predmeta u jednom stezanju
- viši stupanj iskorištenja radnog vremena

Noviji strojevi, tzv. obradni centri, omogućuju obradu predmeta složene geometrije s visokim stupnjem točnosti. Obradni centri omogućuju kompletну obradu radnog predmeta uz automatsku izmjenu alata. Radni predmet ima mogućnost zakretanja i pomicanja u više smjerova. Danas, zbog zahtijeva za visokom fleksibilnošću, odnosno čestom promjenom proizvodnog programa i kratkim rokovima izrade, obradni centri se međusobno povezuju (povezani zajedničkim transportnim sustavom) i čine tzv. fleksibilni obradni centar



Slika 2 Obradni centar CNC Hermle 500 serija

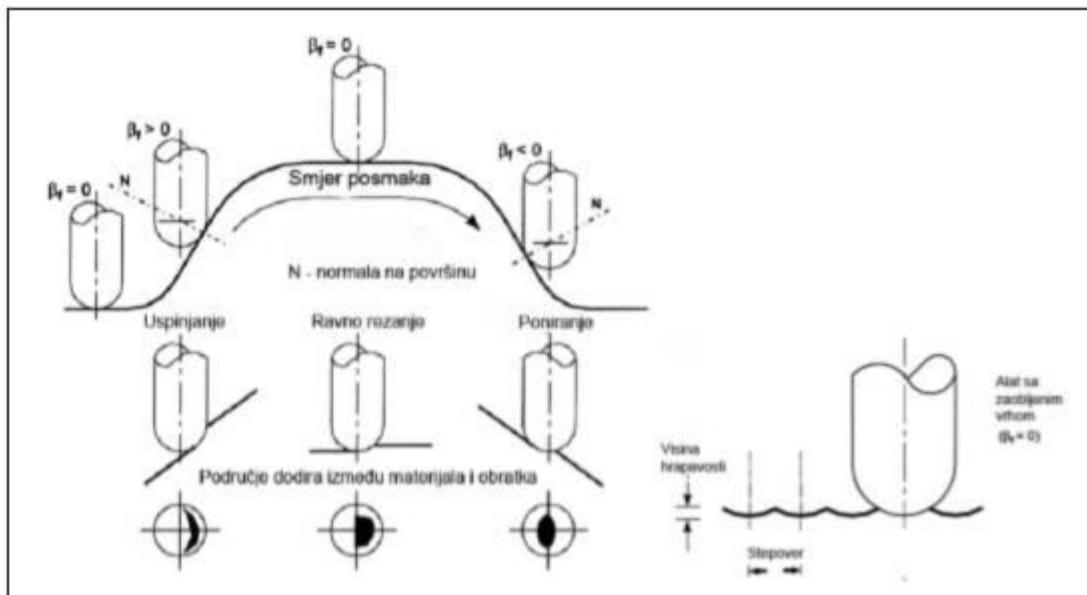
1.3 Mogućnosti i usporedba troosne i petoosne obrade

U slučaju obrade komponenti nepravilnih površina koje prilikom korištenja troosne obrade zahtijevaju po nekoliko stezanja kako bi se dovele do željenog izratka, uvođenje petoosne obrade na mjesto troosne pokazuje nedostizne prednosti. Prednosti se još više očituju ukoliko se na takvima komponentama dodatno zahtjeva i bušenje provrta na površini. U slučaju troosne obrade neravnih površina, na površinama uvijek ostaje dodatak za ručnu završnu obradu. Petoosna obrada daje veću kvalitetu obrađene površine. Kvaliteta površine se dobiva pravilnim odabirom kretnji i orijentacija alata prilikom obrade. Ukoliko se ovi parametri valjano postave u većini slučajeva dodatna ručna obrada nije potrebna

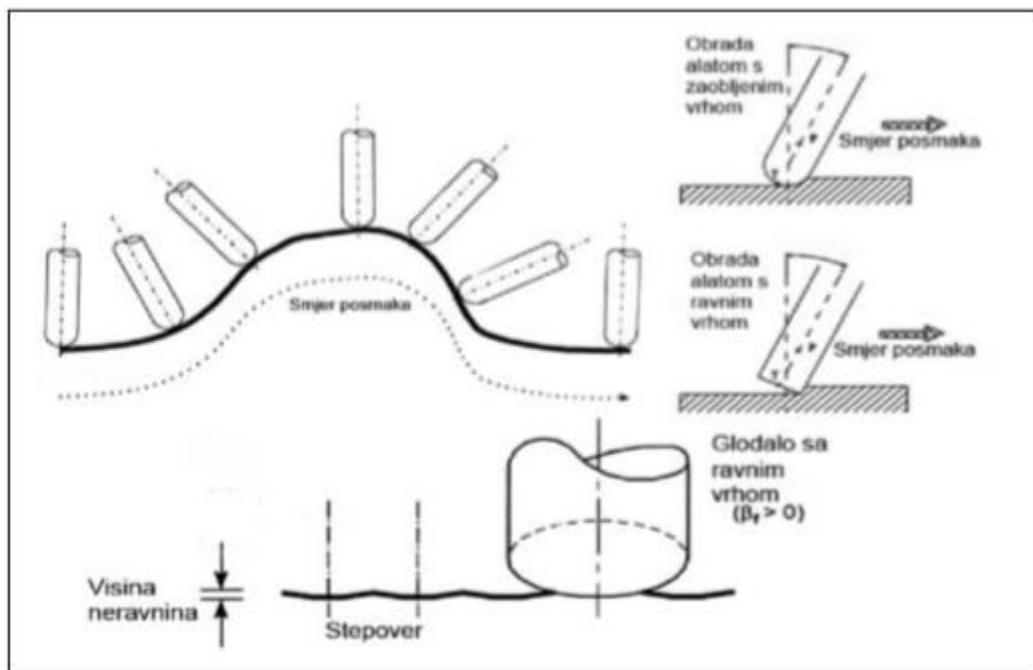
Glavna prednost alatnih strojeva sa više osi je u njihovoj fleksibilnosti tj., mogućnosti pozicioniranja alata u željenoj točki na obratku. Što stroj ima više osi kretanja to je i veća mogućnost izrade geometrijski zahtijevnih profila

5 osi na glodalici (u odnosu na 3 klasične) moguće je postići na neki od ovih načina :

- fiksnim obratkom i rotacijom u dvije osi alata
- zakretanjem jedne osi alata i dodatne osi stola (okretanje obratka)
- fiksne ose alata (3 ose) plus dvije dodatne ose dobijene rotacijom stola



Slika 3 Putanja alata kod troosne obrade



Slika 4 Putanja alata kod peteošne obrade

2. Automatska izmjena alata ili magacin (AIA)

Automatska izmjena alata se odnosi na izmjenu pojedinačnih alata između magacina alata i glavnog vretna (za alate) i obrnuto

Automatskom izmjenom alata (AIA) postiže se:

- koncentracija operacija, koje se mogu obaviti u jednom stezanju obratka
- skraćenje pomoćnog vremena obrade
- automatizirani rad alatnog stroja
- fleksibilnost alatnog stroja

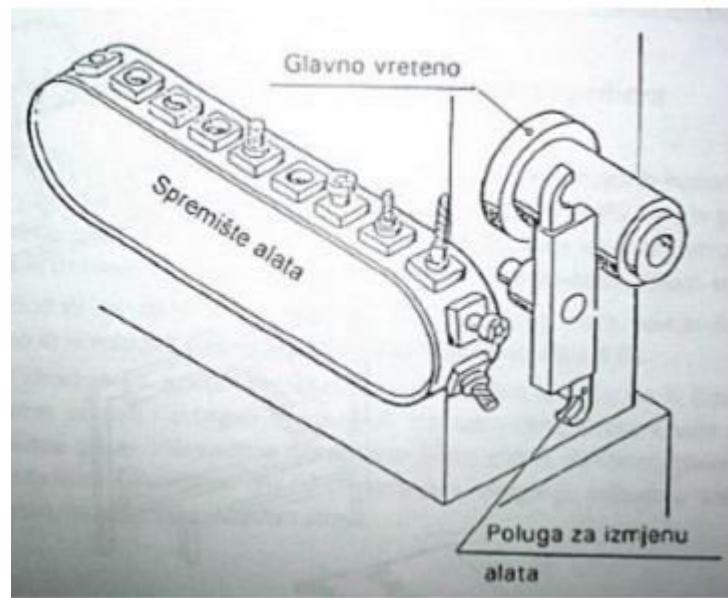
Automatska izmjena alata odnosi se na izmjenu pojedinačnih alata u glavnom vretenu. Osnovne pretpostavke su:

- adekvatni držači alata
- kodiranje alata
- prednamještanje alata
- adekvatni prihvati za polugu izmjenjivača alata
- adekvatno stezanje alata
- manipulator za izmjenu alata
- spremnik alata i pomoćno spremište alata
- automatsko stezanje držača alata u glavnom vretnu
- detekcija loma i istrošenje rezne oštice alata
- numeričko upravljanje alatnim strojem

Ako su alati smješteni u magacinsku alatu po redoslijedu korištenja, automatska izmjena alata obavlja se po redoslijedu operacija. Ako su alati smješteni nasumice jednim okretom skladišta alata, ili jednim prolazom čitača pored IC chipa, senzori očitaju položaj i oznaku svih alata i unose ih u upravljačku jedinicu. Alati se dalje koriste prema programu automatski

Obradni centar može imati nekoliko glavnih skladišta alata, kao i pomoćno skladište alata. Pomoćno skladište alata sadrži alate za proširivanje broja operacija ili duplike alata, zboga automatske zamjene korištenog ili istrošenog alata u glavnom skladištu alata.²

² Z. Botak, »Sveučilište Sjever, Moodle VŽ,« [Mrežno]. Available:
http://moodle.vz.unin.hr/moodle/file.php/178/Predavanja/00-Uvodno_predavanje.pdf. [Pokušaj pristupa 20. 04. 2017.].



Slika 5 Magacin alata



Slika 6 Disk magazin alata

2.1 Držači alata za glodanje (čahure)

Držači alata predstavljaju jako bitan element alatne mašine i samog sistema automatske izmjene alata. Ovisno o njihovoj veličini i izgledu planira se i konstruira prihvati u glavnom vretenu, magazin alata, kretanje glavnog vretena za automatsku izmjenu alata, itd. U sljedećem dijelu diplomskog rada dati će se kratak osvrt na ove bitne elemente cijelog obradnog sistema.

Držači alata također predstavljaju fizički medij između alata mašine. Mogu se pričvrstiti ili montirati na razne načine ovisno o samoj vrsti držača. Na njima se mogu prepoznati tri glavna dijela: konusni priključak, prirubnica i stezni sistem:

- Konusni priključak je dio držača alata koji ulazi u vreteno tijekom promjene alata
- Prirubnica je dio držača na koji je pričvršćen automatski izmjenjivač alata kada se držač premješta iz izmjenjivača prema vretenu
- Stezni sistem je mjesto unutar kojega se smješta alat i steže raznim tehnikama kao što su stezanje elastičnim čahurama, hidrauličko, toplinsko i mehaničko stezanje³

Neki držači alata za glodanje su jako stegnuti oko mašine i stoje čvrsto na mjestu, dok su drugi optimizirani na najmanju moguću veličinu zračnosti da bi se dopustila odstupanja tijekom obrade. Izbor držača alata je ovisan o konstrukciji konusa vretena; ne mogu se koristiti držači alata koji imaju drukčiju konstrukciju od one koju ima glavno vreteno. Što znači da i priključak alata zavisi od čahure koju ćemo izabrati

Kada se spominje konusni priključak često se s njime podrazumijeva i prirubnica, koja je odijeljena od konusnog priključka mernom linijom tj. imaginarnom crtom kojom se označava dio držača koji dotiče donji rub glavnog vretena. Izvođenjem izmjene alata, konusni priključak sjeda unutar vretena te tako omogućuje alatnom stroju da ostvari okretno gibanje na alat koji je smješten unutar steznog sistema. Broj koji slijedi iza oznake držača alata (npr. ISO 60) označava veličinu vretena. Što je veći broj veličine vretena, veći je potrebna mašina. Veći priključak će biti duži i imati će veći promjer mjerne linije.

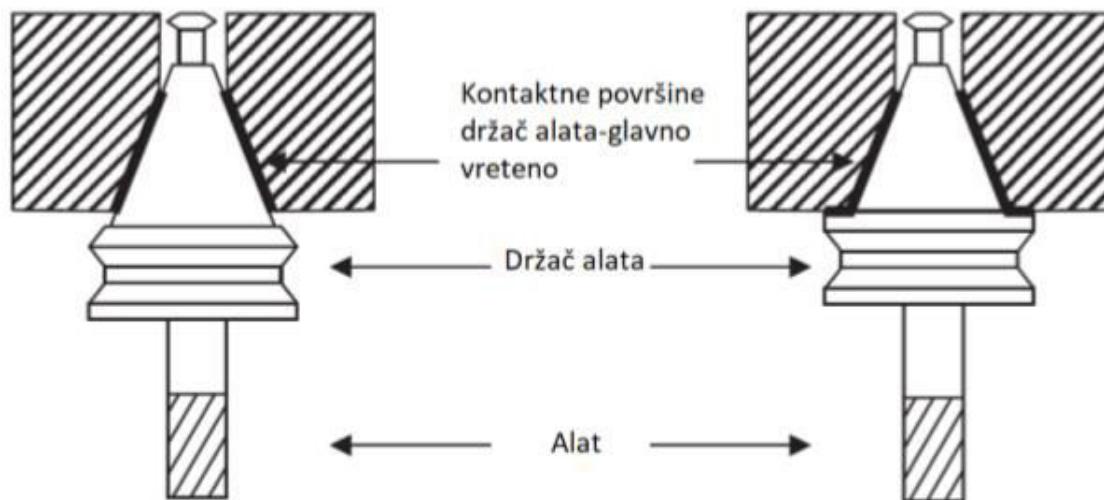
³] V. Gačnik i F. Vodenik, Projektiranje tehnoloških procesa, optimizacija režima i vremena obrade, Zagreb, Jurišićeva 10: Tehnička knjiga Zagreb, 1990.



Slika 7 Osnovne vrste držača alata za glodanje

Uloga držača alata za glodanje je slična držačima alata za druge vrste obrade, jer je kod svih držača potrebna velika krutost i pouzdanost držanja te dobro pozicioniranje. Međutim, današnje obrade glodanjem rezultiraju visokim brzinama vrtnje glavnog vretena (do 40 000 min⁻¹) koje prouzrokuje velike centrifugalne sile, a time i nebalansirane elemente rotacijskog sustava. Ova činjenica je prisilila konstruktoare da dobro razmotre aspekte kao što su spoj između držača alata i glavnog vretena ili zahtjeva na balans držača alata.

Stoga se konvencionalni držači alata za glodanje, temeljeni na jednoj bočnoj kontaktnoj površini konusnog priključka, zamjenjuju sistemima s dvostrukom kontaktnom površinom, bočno i okomito na alat, koja osigurava bolje performanse na visokim brzinama. Na slici 8. su prikazane vrste držača s jednom i dvije kontaktne površine.



Slika 8 Jednokontaktni i dvokontaktni držači alat

Ovi držači alata, poznati kao ISO držači alata (prikazani na slici 20.), mogu se pouzdano koristiti do 6000-8000 min-1. Međutim, u posljednjih 15 godina razvoj novih materijala alata, tehnologija vretena (uključujući elektrovretena) i visokih performansi alatnih strojeva omogućilo je nastanak HSM-a (high speed machining ili visoko brzinske obrade). Kod ove tehnologije, brzina rezanja povećava se za više od pet puta od konvencionalne brzine, stoga se u nekim slučajevima brzina vrtnje glodala povećava do brzine od 40.000 min-1



Slika 9 Razne vrste držača alata za glodala

2.1 HSK držači alata

HSK (slika 22.) je akronim relativno novog standardnog sučelja držača alata za glodanje. Razvijen je u Njemačkoj krajem osamdesetih i brzo je postao standard u Europi. Zapravo, vrlo je raširen i u Aziji i SAD-u. Standardizirani naziv za HSK držač alata je DIN69893 dok se prihvati kod glavnog vretena označava može naći pod normom DIN 69063. Ovi standardi, koji prikazuju bitne značajke HSK držača alata, uveli su se kao javni i dostupni svima.



Slika 10 HSK Čahura

Kao što je navedeno, HSK ima velike prednosti, ali postoje neki nedostaci s obzirom na ISO sistem stezanja. Prvo, držač alata HSK je složeniji i skuplji. Drugo, HSK je vrlo osjetljiv na prisutnost čestica poput odvojenih čestica ili masti. Štoviše, odvojene čestice mogu dospjeti u šupljinu gdje se nalaze segmenti koji pomoću povlačne šipke moraju pričvrstiti držač alata za glavno vreteno⁴. Ova osjetljivost na nečistoće zahtijeva veliku pažnju tijekom izmjene alata, a uobičajeno rješenje je ubrizgavanje zraka pod tlakom u nos glavnog vretena i držač alata prije svake izmjene alata.

⁴ V. Gačnik i F. Vodenik, Projektiranje tehnoloških procesa, optimizacija režima i vremena obrade, Zagreb, Jurišićeva 10: Tehnička knjiga Zagreb, 1990.

2.2 CAT i Elastični držači alata

Postoje i druge vrste držača koje se naširoko koriste kod postupaka glodanja i bušenja. Ti se sistemii temelje na držačima alata s dvostrukom prirubnicom koja može biti V-tipa ili BT tipa. V-prirubnice se često nazivaju CAT (od Caterpillar), jer je početna konstrukcija razvijena prije otprilike 30 godina od strane inženjera Caterpillar Tractora Co., surađujući zajedno s konstruktorima alatnih strojeva. Konstrukcija takvog držača alata postala je nacionalni standard SAD-a, a većina vlasnika alatnih strojeva koji se tamo nalaze koristi ovu konstrukciju držača. Jedan takav držač alata prikazan je na slici 11. S druge strane, japanski i europski vlasnici alatnih strojeva često koriste držače alata s BT-prirubnicom (slika 12.), opisane u japanskom standardu pod oznakom JIS6399 (MAS-403). Obasistema držača alata koriste jednokontaktne sisteme, tako da se mogu očekivati slični problemi kao i s ISO sistemima, ako se brzina vrtnje vretena povećava preko 8 000 min-1.



Slika 11 CAT (Caterpillar) držač alata



Slika 12 Elastična čahura

3. Uvod u izradu bazne ploče

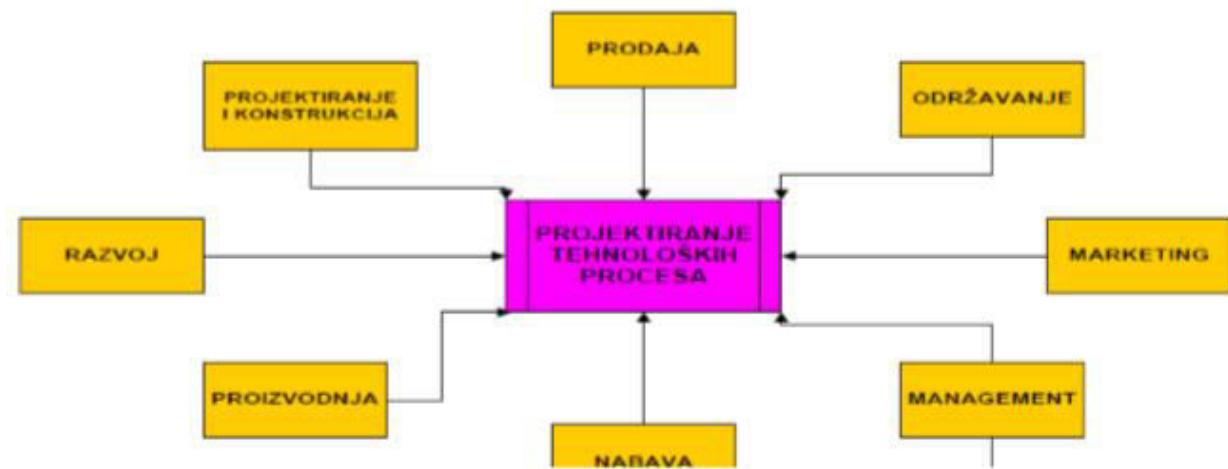
Tehnologija izrade u današnje vrijeme je neizbjegna. Ona se koristi u gotovo svim granama proizvodnje, od strojarstva, zrakoplovne industrije, auto industrije i drugih industrija. Svaka grana industrije, kao i svaki strojni dio, zahtjeva svoju tehnologiju izrade. U modernom dobu čovjekova je želja i cilj, da se što je više moguće automatizira, kako bi se izbjegao čovjekov utjecaj i smanjio fizički rad. Sve je veća potražnja za mašinama koji ispunjavaju takve uvjete. Da bi proizvod bio konkurentan i da bi se opstalo na tržištu, potreban je veliki trud i zalaganje svih zaposlenika. Osvajanje novog tržišta osigurava dobro poslovanje i samim time dokazuje se da proizvod ili mašina ima svoju ulogu i vrijednost. Mašine se sastoje od nekoliko desetaka hiljada različitih dijelova, a svaki mađinski dio moguće je izraditi na nekoliko načina. Zbog toga što su pozicije različite, njihova tehnologija izrade nije ista. Radi lakše izrade novih dijelova, kada je god moguće koristi se slična dokumentacija, za usporedbu i preventivno izbjegavanje problema.

Po završetku konstruiranja mašine slijedi detaljna razrada pozicija u službi tehnologije, kako bi se mogli lansirati radni nalozi u proizvodnju obradom odvajanjem čestica. Prilikom proizvodnje obradom odvajanjem čestica obraća se pozornost na što veću produktivnost, smanjenje vremena obrade i poboljšanje procesa, jer te veličine direktno utječu na cijenu gotovog proizvoda. U pravilu, ne postoji najoptimalniji proces izrade, pa se u nekim situacijama sagledavaju prednosti i nedostaci mogućih obrada, te se na kraju odabire optimalan proces. Probleme kod mađinskih obrada, na koje se nailazi tijekom izrade pozicija na mašinama, rješava operater konzultirajući se sa tehnolozima.

Rezultat dobre pripreme tehnologije i pravilnog odabira postupaka obrade je uspješna izrada pozicija uz što kraće vrijeme obrade. Pod mađinskim obradama odvajanjem čestica smatraju se obrade piljenja, tokarenja, brušenja i bušenja. Za određene zahvate i obrade koriste se odgovarajući rezni alati tijekom izrade.

4. Proces projektiranja

Projektiranje je dio proizvodnje koji započinje nakon sklopljenog i potpisanih ugovora s kupcem. Tijekom izrade projekata inženjeri trebaju surađivati sa svojim kolegama na drugim odjelima kao što su prodaja, nabava, marketing, tehnološka priprema proizvodnje, održavanje, proizvodnja, kontrola i skladište. Troškovi inženjeringu su oko 15%, a u njih spada projektiranje, konstruiranje, planiranje i testiranje maštine. Tijekom projektiranja postoji mogućnost da se projekt neće isplatiti, radi određenih razloga kao što su loše sklopljeni ugovori, nemogućnost izrade nekih dijelova maštine ili neki drugi razlog⁵. U tom slučaju bolje je odustati od daljnje proizvodnje, jer troškovi same proizvodnje iznose oko 85% ukupne cijene [1]. Da bi projekt bio što isplativiji i brže izrađen, ponekad inženjeri koriste staru konstrukcijsku dokumentaciju koja im daje neke nove ideje i vizije. Konstrukcijsku dokumentaciju također koristi tehnološka priprema proizvodnje i na osnovu te dokumentacije se vrši daljnja izrada. Tehnolozi razrađuju tehnologiju izrade za svaku poziciju i strojni dio posebno. Trebaju biti dobro povezani i upoznati sa proizvodnjom, kako bi što bolje određivali posao planiranja i samim time smanjili probleme tijekom izrade. Svaki tehnolog tijekom izrade tehnologije za nove pozicije često puta konzultira se s radnicima u proizvodnji, jer ti ljudi najbolje poznaju svoje strojeve i samim time mogu puno pomoći



Slika 13 Prikaz povezanosti tehnologije sa ostalim odjelima

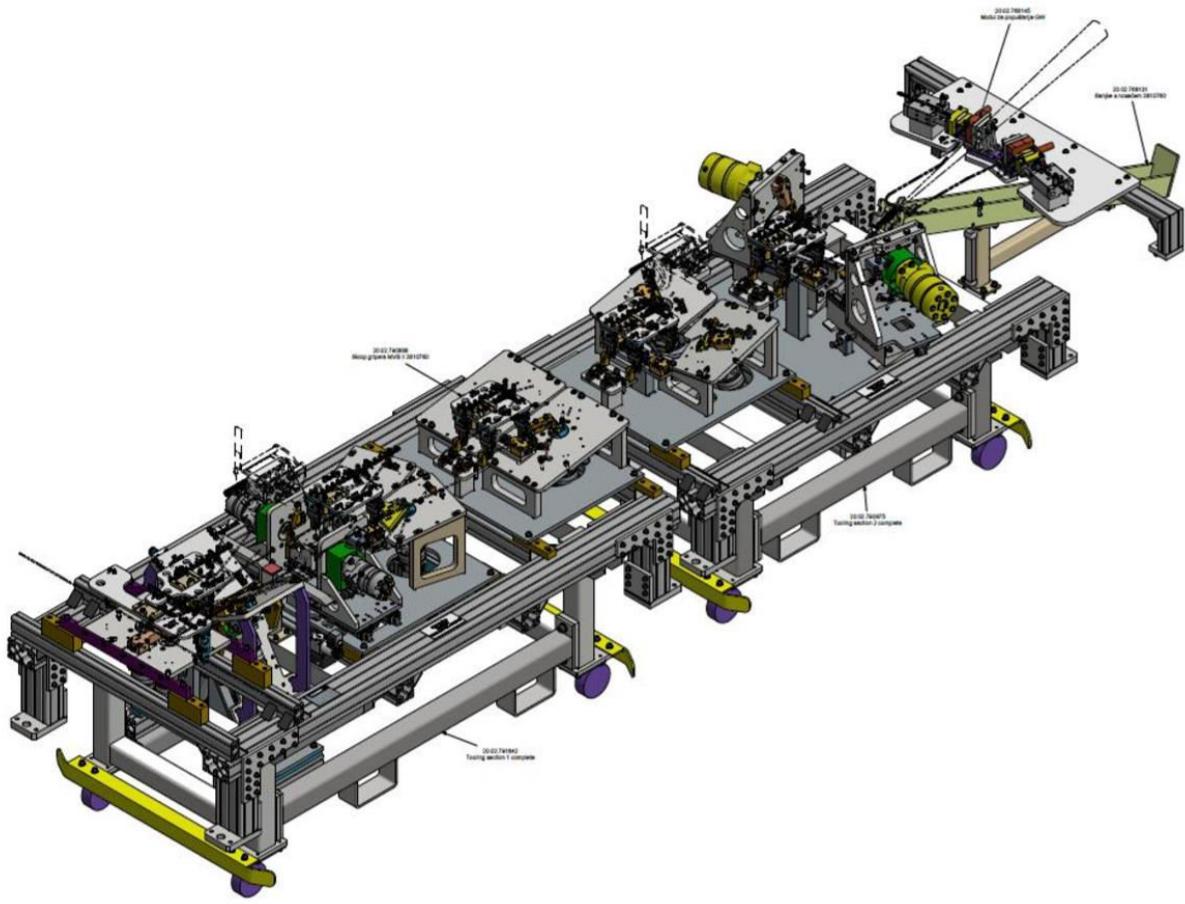
⁵] »Ferometal,« [Mrežno]. Available: <http://www.ferometal.hr/bruniranje>. [Pokušaj pristupa 28. 04. 2017.]

5.Tehnološka priprema proizvodnje

Tehnološka priprema proizvodnje vrši normiranje vremena i razradu tehnologije za svaku poziciju pojedinačno. Nakon normiranja pozicija, zbrajaju se vremena izrade prema sklopovima te određuju ukupno vrijeme izrade. Veoma je važno pratiti proizvodnju i planirati izradu da bi se mogli ispoštovati rokovi isporuke. Pripremaju se radni nalozi i pozicije na način da budu fleksibilne kod proizvodnje. Odlučuje se o izboru radnika i mašina na kojim će se izrađivati, alatu te odabiru odgovarajućeg materijala. Uzimaju se u obzir svi uzroci i proučavaju, kako bi proizvedeni mašinski dio bio konkurentan proizvod, da bi se zadržala pozicija na tržištu te osvojilo novo tržište. Tehnološka priprema proizvodnje utječe na troškove proizvodnje na način, ako se odabere neodgovarajući tehnološki proces, postoji velika vjerojatnost da će prilikom izrade biti problema i potrošit će se previše vremena. Poželjno je skraćenje ciklusa proizvodnje dobrim rasporedom i odabirom procesa. Neke pozicije neće biti dobro izrađene i trebat će ih se sortirati u nesukladne proizvode/pozicije.

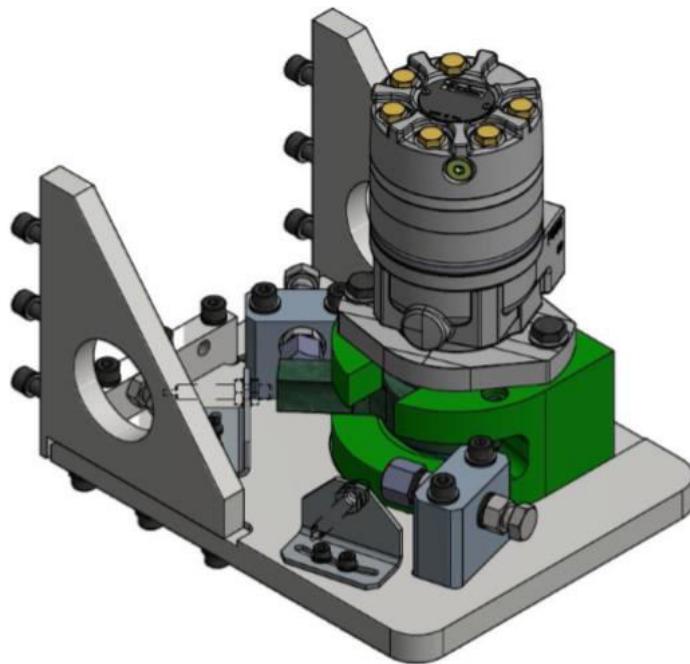
Dobra priprema proizvodnje pomaže u poboljšanju procesa, bez obzira na obujam proizvodnje. Svaki mašinski dio ili pozicija ima svoju tehnologiju izrade. Neke pozicije kompletno se izrađuju na način da se odrezuju na tračnim pilama, strojno obrađuju, zavaruju, toplinski obrađuju te međufazno i završno kontroliraju. Veliki broj dijelova zahtijeva obradu korištenjem vanjskih usluga, zbog nemogućnosti izrade u vlastitom pogonu. U nemogućnost izrade ulaze ograničenja u karakteristikama strojeva (nedovoljan hod alata, neodgovarajuća mašina), specijalna brušenja, toplinske obrade vakuum kaljenja, cinčanja, bojanja, dubljenja utora, gumiranja, erodiranja, itd.

Slika 14 prikazuje dio mašine za savijanje žice. Mašina služi za izradu i savijanje žice za auto sjedala. Inženjeri konstruišu cijeli stroj i razrađuju svaku poziciju. Potrebno je za svaki mašinski dio razraditi tehnologiju izrade. Stroj se izrađuje prvi puta i zbog toga će najvjerojatnije pojaviti problemi tokom izrade. Vidljivo je da se podsklop stroja sastoji od mnogo dijelova, ali slika prikazuje samo prvi dio sekcije mašine. Cijeli stroj sveukupno ima tri puta više dijelova i pozicija koje je potrebno izraditi



Slika 14 Dio mašine za savijanje žice

Kod montaže većih sklopova važno je da svaka pozicija bude izrađena prema nacrtu. Kada se dijelovi montiraju u sklopove, potrebno je da svaka pozicija bude na za to predviđenom mjestu i da pozicije međusobno dobro naliježu, kako bi se na kraju proizveo funkcionalna mašina. Slika 15 prikazuje podsklop koji se montira na glavni sklop



Slika 15 Prikaz montiranih dijelova na ploču u sklop

6.Faze projektiranja tehnološkog procesa

Tijekom razrade tehnološkog procesa potrebno je analizirati pojedine dijelove, kako bi se što kvalitetnije i isplativije odabralo primarni proces, te na temelju njega izrađivale pozicije. Za vrijeme razrade tehnologije javlja se više faktora koji utječu na odabir primarnog procesa. Faze kroz koje prolaze tehnolozi su sljedeće:

- Analiza dokumentacije o geometriji izratka
- Analiza količine proizvodnje
- Izbor vrste i oblika pripremka
- Izbor metode obrade
- Izbor mašine na kojoj će se raditi

6.1 Analiza dokumentacije o geometriji izratka

Kod analize geometrije izratka potrebno je odrediti stupanj geometrijske složenosti oblika. Prema složenosti oblika izratci se dijele na mono-oblike, otvorene, složene i vrlo složene oblike. U geometriju izratka spada zahtijevani stupanj dimenzijalne točnosti i zahtijevana kvaliteta površinske hrapavosti. Kvaliteta površine koja je označena na tehničkom crtežu ima veliku ulogu na funkciju strojnog dijela i treba je poštivati. Na površinama koje zahtijevaju kvalitetniju površinsku obradu najčešće je potrebna završna fina obrada brušenjem, honanjem, poliranjem, lepanjem ili superfinišom⁶. Ovisno o oznaci, odabire se odgovarajuća fina obrada. Bazne površine i načini stezanja također su bitni kod analize geometrije izratka. Poželjno je da kod izrade pozicije bude što manje stezanja i da se u jednom stezanju napravi što više operacija. Ako ima previše nepotrebnih stezanja, povećava se ukupno vrijeme izrade te opasnost od zamaknuća komada uslijed ponovnog otpuštanja i stezanja komada

6.1 Analiza količine proizvodnje

Jedan od bitnih faktora odabira procesa je količina proizvodnje. Ovisno o količini proizvodnje odabire se primarni proces. Količina proizvodnje može se podijeliti na:

- Pojedinačnu
- Maloserijsku
- Srednjeserijsku
- Velikoserijsku
- Masovnu

Za manji broj pozicija odabire se obrada odvajanjem čestica, dok se kod većih količina postupak najčešće izvodi na način, da se polazni materijal proizvede lijevanjem ili oblikovanjem metala deformiranjem, te nakon toga doraduje obradom odvajanja čestica

⁶] I. Esih, Osnove površinske zaštite, Zagreb: Fakultet strojarstva i brodogradnje, Sveučilište u Zagrebu, 2007.

6.3 Izbor vrste i oblika pripremka

Oblik i vrsta pripremka određuje se na temelju geometrijskog oblika. Pripremak (sirovina) treba imati dimenzije s dodacima za obradu. Važno je također stanje strukture i stanje površine. Kod materijala kao što su npr. Č.0361.5 – takozvani „svjetlovučeni“ čelici, njihovo stanje površine je dobro i kad je neobrađeno. Imaju relativno jednaku dimenzijsku i površinsku tačnost pa u nekim situacijama nije potreban dodatak za obradu, jer površina može ostati neobrađena. Izbor polaznog materijala pripremka ovisi o:

- Geometrijskom obliku i tehnološkoj složenosti izratka
- Količini proizvodnje
- Vrsti osnovnog materijala
- Zahtijevanoj kvaliteti i funkciji izratka u eksplotaciji
- Eksplotacijskim, tehnološkim i ekonomskim uvjetima

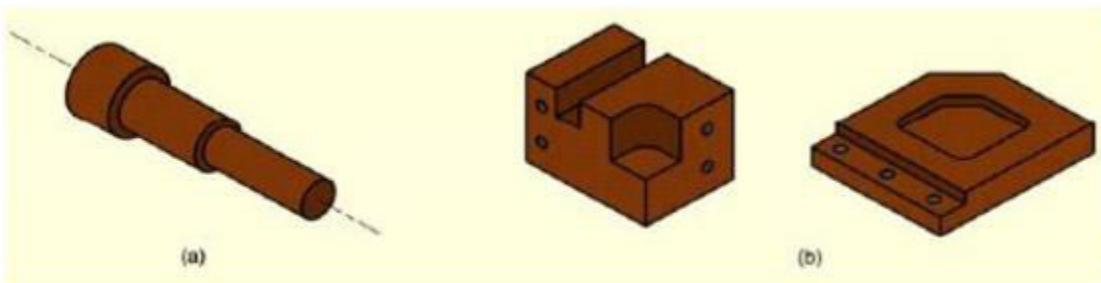
6.4 Izbor metode obrade

Postoji više faktora o kojima ovisi izbor metoda obrade. Svaki od tih faktora na svoj je način važan u proizvodnji. Postavlja se pitanje - da li se možda željeni projekt već nalazi na tržištu? U današnje vrijeme konkurenca je velika. Svaka tvrtka nastoji proizvoditi maštine ili dijelove za koje će im se isplatiti proizvodnja, a da izbjegnu konkureniju. Kod izbora metoda obrade treba sagledati i raspoloživost obradnih sistema na kojima će se izrađivati određene pozicije. Ako postoji mogućnost, bilo bi dobro da se neke maštine automatiziraju ili poluautomatiziraju. Nastoji se da svaka mašina ima što viši stupanj automatizacije, jer se time smanjuje utjecaj čovjeka i smanjuju ljudske pogreške

Kriteriji za izbor postupka proizvodnje:

- Vrsta, oblik poluproizvoda i gotovog dijela
- Veličina serije/količina proizvodnje
- Svojstva proizvoda
- Tehnološka složenost proizvoda/ kompleksnost oblika (stupanj nesimetrije, odnos površine)
- Geometrijska složenost (tražene tolerancije, tražena hrapavost površine)
- Troškovi proizvodnje/obrade
- Posebni zahtjevi tržišta

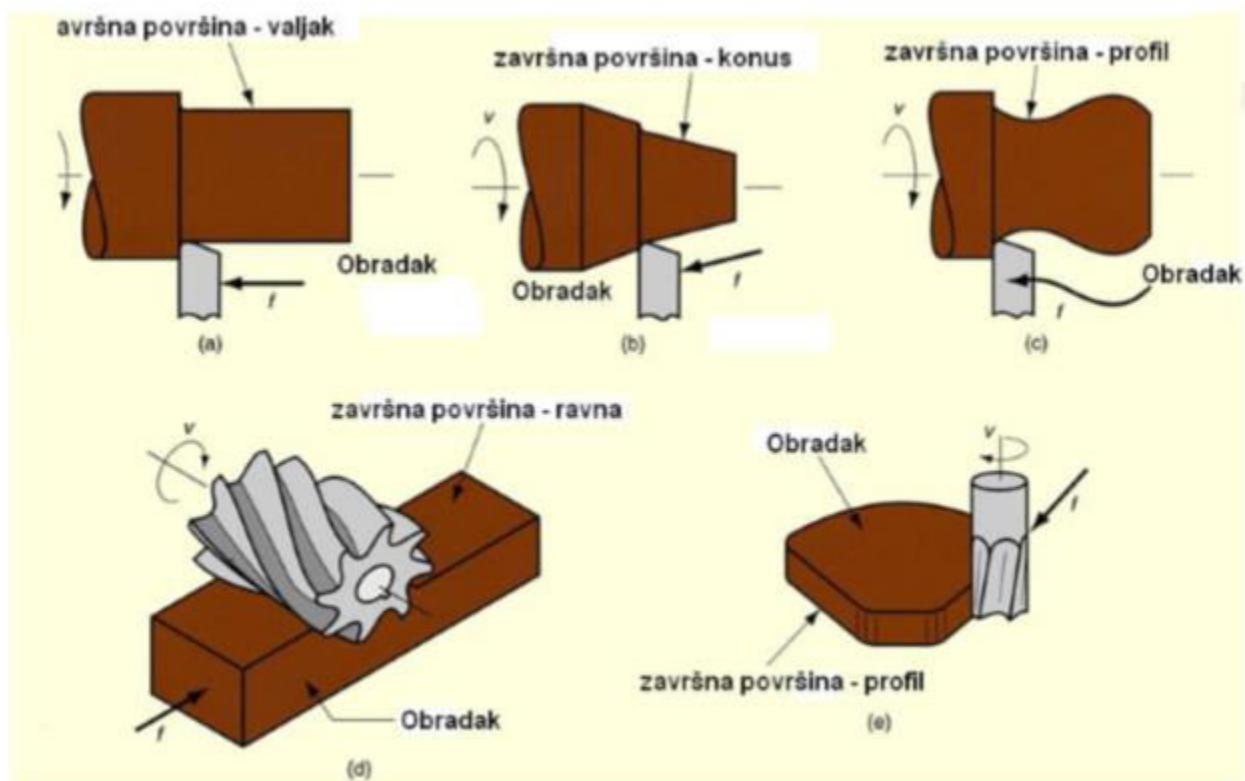
Izgled obratka ovisno o putanji alata dijeli se na rotacijsko simetrične dijelove i rotacijsko nesimetrične dijelove.



Slika 16 Rotacijsko simetrični (a) i nesimetrični dijelovi

Izbor metode ovisi također, o geometriji putanje alata. Putanja alata određuje se na temelju smjera kretanja alata. Osnovna podjela tokarenja i glodanja je u tome da se kod tokarenja okreće obradak, a alat se giba po određenim osima (u smjeru Z i X). Kod glodanja komad koji se obrađuje miruje (izvodi dostavo gibanje), a alat vrši rotaciju oko svoje osi. Bušenje se također može svrstati u grupu glodanja, samo što je razlika u alatu i ne giba se po koordinatama X i Y, nego samo po dubini (smjeru osi Z) kada je u zahvatu. Na slici 6.2 prikazan je izgled obrade ovisan o putanji alata.

Što se tiče podjele postupaka obrade ovisno o geometriji alata, tu se mogu svrstati obrade kao što su razna profilna tokarenja s reznim noževima i oštricama kojima je geometrija definirana prethodno.



Slika 17 Izgled obratka ovisi o putanji alat

6.5 Izbor mašine

Alatni stroj ili mašina također je važna karika u procesu mašinske obrade. O mašini ovisi tip proizvodnje, kao i količina proizvodnje ili veličina serije. Klasične mašine predviđene su za izradu ne tako zahtjevnih pozicija i za pojedinačnu proizvodnju. CNC strojevi isplativiji su ako se radi bilo kakva serijska proizvodnja, jer kod njih se samo jednom potroši pripremnozavršno vrijeme, dok je ostalo vrijeme izrade tehnološko⁷. Karakteristike mašina trebaju se poznavati, da bi se moglo isplanirati na kojem stroju se mogu izraditi pojedine pozicije. Mašine moraju biti u mogućnosti izvesti sve potrebne operacije, da bi se u konačnici cijela serija izradila u što kraćem roku. S obzirom na geometriju, a time i složenost operacija koje su potrebne za postizanje tog oblika, kod odabira mašine uzima se u obzir:

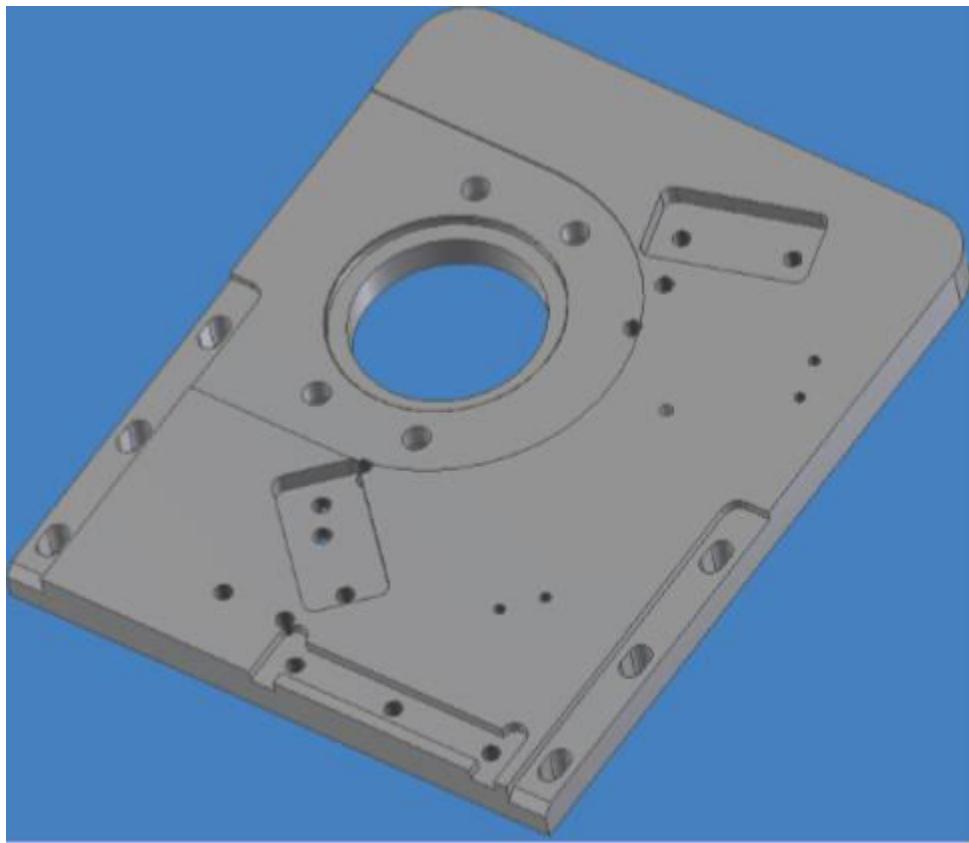
- Količina proizvodnje (pojedinačna, serijska)
- Značajke izratka (veličina, masa, materijal, dimenzije, točnost obrade)
- Značajke polaznog materijala (vrsta, oblik, dimenzije, materijal, masa)
- Vrsta obrade (glodanje, tokarenje, bušenje, brušenje)
- Trošak obrade (poželjno što manji troškovi obrade)

⁷] »DMG MORI,« [Mrežno]. Available: <http://en.dmgmori.com/products#milling-machines>. [Pokušaj pristupa 22. 05. 2017.].

7. Razrada tehnologije izrade bazne ploče

7.1 Analiza pozicije

Tehnologija izrade bazne ploče razrađuje se kroz nekoliko osnovnih faza. Otvaraju se novi radni nalozi za pozicije. Početak izrade tehnologije započinje analizom pozicija. Slika 18 prikazuje 3D model bazne ploče , za koju se razrađuje tehnologija i kasnije vrši mašinska obrada. Prije početka razrade nove tehnologije, provjerava se da li postoji slični proizvod za koji već postoji razrađeni proračun, ili se barem mogu međusobno usporediti, radi preciznije izrade nove tehnologije. Nakon analiziranja tehnologije slijedi faza odabira odgovarajućeg materijala, koja je također jako važna za planiranje i izradu. Odabir materijala ima važnu ulogu i utječe direktno na tehnološko vrijeme proizvodnje i troškove. Kod upisa tehnološkog procesa i vremena izrade, pažnja se obraća na realna vremena radi daljnog planiranja proizvodnje.



Slika 18 Bazna ploča

7.2 Materijal

Tijekom razrade tehnologije potrebno je poznavati stanje materijala na skladištu. Svaki put kada se upisuje tehnologija izrade mašinskog dijela, potrebno je odrediti materijal (sirove dimenzije) od kojeg će se izrađivati. Podaci o vrsti materijala koji je potreban za izradu nalaze se na nacrtu koji je konstruirao inženjer. Treba odabrati odgovarajući materijal, jer bi se u protivnom povećali troškovi izrade i završna cijena proizvoda ili maštine. Ako bi se koristio kvalitetniji materijal od predviđenog, bit će veći i udio materijala u cijeni proizvoda, a ujedno bi bio i problem zbog promijenjenih svojstava kao što su čvrstoća, tvrdoća, žilavost, itd. Polazni materijal iz kojih će se izrađivati pozicije odabire tehnolog. Za svaku poziciju posebno se odabire odgovarajući materijal (dimenzije sirovog materijala). U nekim situacijama događa se da na skladištu ima određena količina materijala, ali ga nema dovoljno. Ako na skladištu nema dovoljno materijala, a razrađuje se tehnologija, istovremeno se izrađuju zahtjevnica i narudžbenica te se naručuje materijal. Ponekad se dogodi da je rok isporuke pozicija jako kratak, a na stanju nema odgovarajućeg materijala. Kada bi se tek onda pristupilo naručivanju materijala, vjerojatnost za pravovremenu dostavu je jako mala, jer nekih materijala niti dobavljač nema na zalihamu, pa na dostavu treba čekati duže vrijeme. U tim slučajevima uzima se zamjenski materijal (većih promjera i dimenzija), ali to povećava vrijeme izrade.

Za izradu pozicije bazne ploče, potreban je po nacrtu materijal pod šifrom 20.01.791641, odnosno plosnati čelik Č.0361 dimenzija 275x220x18 mm. Materijal se naručuje od kupca s dodatkom po bočnim stranicama od ukupno 5 mm, te po debljini s dodatkom od 2 mm. Potrebno je otvoriti nove šifre za materijal 10.06.791641 te ga naručiti. Kada se promijene šifre u status 10.06., to znači da je materijal kupovna roba i da se nad njim vrše dodatne usluge. U ovom slučaju dodatna usluga je rezanje materijala laserom. Slika 19 prikazuje da je ukupna cijena materijala i usluge rezanja 147,80 kn to jest 39 KM. Nakon što skladište zaprimi odgovarajući materijal, moguće je započeti strojnu obradu

TEMELJNICE ZALIHA											Šifra valute : HRK
ŠIF.ZALIHA : 10.06.791641 Ploča bazna											
DATUM	SKLAD.	BIN	TT	CT	KOL	TROŠ	BROJ ŠARŽE	ID ŠARŽE	NALOG	OZNAKA	QC
29.03.17	01	02-003	00		1,0000	147,80	000009563590	000009563590	8201700302	101402	00
29.03.17	01		04		1,0000-	147,80	000009563590	000009563590	8201700302	101402	00
29.03.17	02	02-001	04		1,0000	147,80	000009563590	000009564244	8201700302	101402	00
29.03.17	02	02-001	01		1,0000-	147,80	000009563590	000009564244	0000120206		00

Slika 19 Korišteni materijal za izradu ploče

7.3 Izbor odgovarajućeg radnog centra

Za izradu tehnologije i odabir odgovarajućeg procesa obrade potrebno je poznavati mašine u proizvodnom pogonu. U računalnom programu „tehnologija“ nalazi se popis svih radnih centara. Svaka mašina ima određene karakteristike i mogućnosti izrade, a tehnolog pri odabiru radnog centra na kojem će se izrađivati određene pozicije treba biti upoznat sa njima.

Oznaka RC	Proces	Opis
BB3	BUŠENJE	Konzolna stupna bušilica "KOLB" NKH-35
BK	KOPIRNO REZANJE	Rezac kopirni "GORENJE-VARSTROJ" O...
BKP	REZANJE NA KRUŽNOJ ...	Kružna pila
BP	POLIRANJE	Uredaj za poliranje
BR	BRAVARSKI RAD	Bravarja
BS	KRUŽNO SAVIJANJE	Stroj za kružno savijanje "JELŠINGRAD" U..
BSR	REZANJE NA ŠKARAMA	Strojne škare "JELŠINGRAD" MM-5/2500
BSS	KUTNO SAVIJANJE	Štanca HAPA 110/3000
BTP	REZANJE NA TRACNOJ P ...	Tracna pila za metal "PRVOMAJSKA" SEL...
BZ1	ZAVARIVANJE - TIG	Uredaj za zavarivanje TIG
BZ2	ZAVARIVANJE	Uredaj za zavarivanje MIG/MAG
DOR	DORADA	Dorada dijelova i reklamacije
ER	ELEKTRICARSKI RAD	Elektro odjel
K	KONTROLA	kontrola
M	MONTAŽA	montaža
OD	ODRŽAVANJE	Održavanje u proizvodnji
SB1	GLODANJE-BUŠENJE	NC borverk TOS VARNSDORF WH10
SBD	BUŠENJE DUBINSKO	Dubinska bušilica "BOEHRINGER" VDF 5...
SBR2	BRUŠENJE KRUŽNO	Kružna brusilica XC3-3A161
SBR4	BRUŠENJE PLANSKO	Brusilica "CARL WILKENING" FF450/PD
SBR5	BRUŠENJE KRUŽNO CNC	Brusilica HOL-MONTA UB 32/3000 CNC
SG1	GLODANJE	Alatna glodalica "WAGNER" ECP1110
SG2	GLODANJE	Glodalica "PRVOMAJSKA" GKA-3HS
SGC	CNC GLODANJE	CNC glodalica VCE 500 "MIKRON"
SGC1	CNC GLODANJE	"CNC glodalica ""MAZAK"" VTC20B"
SGC2	CNC GLODANJE	CNC glodalica Mazak VTC20B
SH2	HONANJE	Stroj za horizontalno honanje
SN	NITRIRANJE	Peci za nitriranje
ST1	TOKARENJE	Tokarilica "PRVOMAJSKA" D420/84
ST2	TOKARENJE	Tokarilica "PRVOMAJSKA" TVP 300
ST4	TOKARENJE CNC	Tokarilica "POTISJE-ADA" PA/631P-K
STC	TOKARENJE CNC	CNC tokarilica HL-2 "HAAS"
STC1	TOKARENJE CNC	"CNC tokarilica ""MAZAK"" QT35N"
STG1	TOKARENJE	Tokarilica-glodalica PA 900R/6000
STG2	GLODANJE CNC	CNC tokarilica-glodalica PA 1000R

Slika 20 Popis radnih centara u proizvodnom pogonu

7.4 Upis tehnološkog procesa

Na tehničkom crtežu vidljivi su zahtjevi. Na temelju zahtjeva određuje se koje će se obrade i mašine koristiti. Prvo se odabire radni centar. Nakon odgovarajuće odabranog radnog centra slijedi konkretni upis u tehnološki proces. Odrezivanje na tračnoj pili nije potrebno, jer je materijal naručen od kupca u dimenzijama s dodatkom za obradu. Odrezivanje se vrši laserom ili plazmom, pa je najčešće potrebno prije obrade na mašini očistiti nečistoće. Radi stezanja ploče na radni stol i nesmetanja držača tijekom izrade pozicije na dimenzije izabire se stroj NC bušilica. Kod glodanja-bušenja obrađuju se samo vanjske dimenzije radi daljnog prihvata ploča na sljedećim operacijama. Nakon obrade na NC bušilici slijedi kompletna izrada pozicije na CNC glodalici prema nacrtu. Po završetku mašinske obrade pozicija ide na vanjsku uslugu bruniranja. Prije faze bruniranja stavlja se međufazna kontrola mjera sa nacrtu te se nakon bruniranja vrši završna kontrola mjera sa nacrtu i izvode kontrole koje se zahtijevaju po tehničkom crtežu. U rubriku „Opis“ upisuju se radnje i napomene na koje treba обратити pozornost tijekom izrade. Opis treba biti što kraći i razumljiviji kako operater/radnik na mašini ne bi imao nedoumica i nejasnoća

Tehnološki proces				Rad.Ce
	Red.Br	Rad.Cent.	Proces	Opis
▶	010	BP	POLIRANJE	Ravnanje i čišćenje okujine prema potrebi
	020	SB1	GLODANJE-BUŠENJE	Glodanje vanjskih mjeri 220 -0/-0,2 x 275 mm Skidanje srha
	030	SGC3	CNC GLODANJE	Glodanje debljine 18 -0/-0,2 mm Glodanje utora i bušenje rupa prema nacrtu Skidanje srha
	040	V2	Bruniranje	Brunirati
*				

Slika 21 Prikaz upisa tehnološkog procesa

7.5 Upis pripremnog i tehnološkog vremena izrade

Pošto ima mnogo pozicija, nemoguće je za svaku poziciju posebno proračunavati vrijeme obrade. Mnoge pozicije su slične, pa se za njih mogu usporediti tehnički crteži i na temelju iskustva odrediti, da li je za njihovu izradu potrebno više ili manje vremena u odnosu na već postojeću poziciju. Pozicije koje se izrađuju prvi put zahtijevaju vrlo precizno određivanje vremena izrade, kako ne bi bilo gubitaka zbog eventualnih grešaka. Ako se izrada određenih proizvoda ponavlja više puta, moguće je u programu „mašingradnja“ provjeriti kada se pozicija prethodno izrađivala i vidjeti sva vremena koja su radnici utrošili tijekom izrade. Za takve pozicije mogu se korigirati tačna vremena izrade. Budući da je proizvod izrađivan više puta i različiti ljudi na mašinama su bili operateri, samim time bilo je i više faktora koji su utjecali na njegovu izradu, pa se i najtačnije može odrediti stvarno vrijeme obrade. Pozicija 20.01.791641 izrađuje se prvi put, pa je nije moguće usporediti sa sličnom pozicijom koja se prethodno izrađivala. Cijela mašpina projektira se prvi put i nakon toga izrađuje prototip, pa postoji mnogo razlika tijekom izrade. Pripremno-završna vremena najčešće se uzimaju iz već postojećih tabela. Ovisno od mašine na kojem se vrši obrada, određuje se i pripremno-završno vrijeme, slika 22

Redni broj	Vrsta stroja	t_{ps} min
1.	Strojna pila	10–20
2.	Cirkular	15–30
3.	Revolverski strug	60–120
4.	Tokarski stroj, mali	20–35
6.	Tokarski stroj, srednji	30–45
6.	Tokarski stroj, veliki	35–60
7.	Stubna bušilica	10–20
8.	Radijalna bušilica	20–45
9.	Koordinatna bušilica	40–60
10.	Blanjalica — šeping	10–20
11.	Blanjalica — srednja	15–30
12.	Blanjalica — velika	20–45
15.	Stroj za provlačenje	10–30
14.	Horizontalna glodalica	prosječne
15.	Vertikalna glodalica	veličine
16.	Brusilice za okruglo brušenje	25–50
17.	Horizontalna (plošna) brusilica	15–45
18.	Horizontalna bušilica (borverk)	15–40
		30–60

Slika 22 Prikaz pripremno-završnog vremena izrade za određene strojeve

Pripremna vremena na CNC mašinama mogu jako odstupati. To najviše ovisi od vrste posla koji se obavljao prije toga i načinu stezanja. Kada se izrađuju slične pozicije i stezanja se vrši na osnovu iskustva od sličnih pozicija, potrebno je utrošiti manje pripremnog vremena, jer otpada stezanje i centriranje, koji je već prethodno pozicioniran. Ako se koriste stezne glave za izradu cilindričnih pozicija, potrebno je demontirati stege sa radnog stola i zbog toga se povećava pripremno vrijeme. Potrebno je voditi računa da se slične pozicije izrađuju na istim mašinama, kako bi se takva vremena što više smanjila.

7.6 Površinska zaštita

Nakon mašinske obrade pozicije je potrebno zaštititi. Površinske obrade su naknadne obrade površine gotovih proizvoda ili poluproizvoda. Postoji više razloga zbog kojih se zaštićuju pozicije. Najčešće se površinska zaštita koristi da bi se spriječila korozija, smanjilo habanje i trošenje prilikom eksplotacije, povećala željena svojstava materijala i drugo. Prilikom površinske obrade nastaje novi sloj, koji udružuje dobra svojstva podloge i zaštitnog površinskog sloja. Osnovna podjela postupaka PO materijala dijeli se na postupke:

- Modificiranja
- Prevlačenja

Bruniranje je kemijski postupak površinske obrade nelegiranih željeznih materijala. Naziv je dobilo po francuskoj riječi „brun“ što znači smeđ. Ovisno o parametrima (najviše temperaturi) i sastavu materijala, brunirane površine su crne, sive, smeđe ili plave boje. Tijekom bruniranja (čelika ili sivog lijeva) na površini materijala nastaju vidljivi oksidni ili hidrooksidni slojevi. Postupak se može izvoditi na više načina. Najčešće korišteni postupak je bruniranje u lužnatim otopinama. Rjeđe korišteni postupci su bruniranje u kiselim otopinama ili otopinama soli. Što se tiče tvrdoće i otpornosti na trošenje, oksidni slojevi mnogo su tvrdi i otporniji od hidratiranih oksida. Brunirani slojevi vrlo su tanki pa ne utječu na povećanje dimenzija

Postupci bruniranja daju krhke, tanke i porozne prevlake željeznih i hidratiranih oksida. Prevlake daju dekorativni (estetski) učinak, no nedostatak im je što slabo štite od korozije, a najviše jer nisu impregnirane uljem ili voskom. Impregiranjem se povećava otpornost na atmosfersku koroziju. Bruniranje se najviše koristi za vanjske dijelove oružja (pištolja), jer oni ne smiju reflektirati svjetlo, a dobiveni sloj velikim dijelom baš to odraduje. Bruniraju se i unutarnji dijelovi optičkih uređaja, predmeta, ručnog alata, spojnica i drugo. Danas se primjenjuje isključivo industrijska varijanta procesa koja se također često koristi, a zove se „black oxide“, tj. crni oksid

7.7 Prikaz razrađene tehnologije

Po završetku razrade tehnologije generiraju se radni nalozi i sortiraju prema prodajnim nalozima. Svaka mašina ima određeni prodajni nalog, a radni nalozi svake pozicije pripadaju određenim prodajnim nalozima, ovisno za koju mašinu se izrađuje. Slika 23 prikazuje gotovi tehnološki proces, koji je spremjan za printanje i daljnji postupak izrade.

Prodajni nalog 8211600574		Verzija 01				
 20.01.791641		Napomena				
Ploča bazna 2-1-R						
Radni nalog 0000120206		1 kom	dtm Početka	28.03.2017	dtm Završetka	05.04.2017
RAZDUZI:						Utrošeno:
10.06.791641 Ploča bazna		2-1-R		1.000 kom		
Br.Op.	Radni centar	VIZ KON	Proces			
010	BP	POLIRANJE				
 4 0 0 0 3 4 7 2 3 1 1 4		Ravnjanje i čišćenje okujine prema potrebi			Start: 28.03.2017	Kraj: 29.03.2017
					Datum: _____	Potpis: _____
020	SB1	GLODANJE-BUŠENJE				
 4 0 0 0 3 4 7 2 3 2 1 4		Glodanje vanjskih mjera 220 -0/-0,2 x 275 mm Skidanje srha			Start: 29.03.2017	Kraj: 30.03.2017
					Datum: _____	Potpis: _____
030	SGC3	CNC GLODANJE				
 4 0 0 0 3 4 7 2 3 3 1 4		Glodanje debeline 18 -0/-0,2 mm Glodanje utora i bušenje rupa prema načrtu Skidanje srha			Start: 30.03.2017	Kraj: 30.03.2017
					Datum: _____	Potpis: _____
040	V2	Bruniranje				
 4 0 0 0 3 4 7 2 3 4 1 4		Brunirati			Start: 31.03.2017	Kraj: 05.04.2017
					Datum: _____	Potpis: _____
Br.Op.	KONTROLA			Datum	Potpis	
035	MEĐUFАЗНА KONTROLA - obavezno prije vanjske usluge					
045	ZAVRŠNAKONTROLA					

Slika 23 Razrađeni tehnološki proces

8. Mašina za mašinsku obradu

8.1 CNC Glodalica

Mašina korištena za izradu pozicije bazne ploče je CNC glodalica CMX 1100 V. To je mašina nove generacije, koji u svim pogledima zadovoljava uvjete s obzirom na zahtjevanost posla i vrstu proizvoda koja se izrađuje. Velika tačnost i brzina mašine bitne su karakteristike kod proizvodnje. Prednost mašine je i što ima hlađenje kroz vreteno, pa u mnogim situacijama kod dubljih provrta (navoja) i glodanja ima dovoljne količine sredstva za hlađenje, a samim time i ispiranja strugotine sa radnog stola, koja u nekim situacijama može izazvati velike probleme, pa je potrebno zaustavljati mašinu za vrijeme obrade



Slika 24 CNC glodalica CMX 1100 V

Karakteristike mašine su najbitnije zbog toga sljedeće karakteristike obavezno je da znaju operater i inžinjer tj programer

CMX 1100 V			
Travel			
X-axis travel (longitudinal movement of table)	mm	1,100	
Y-axis travel (cross movement of saddle)	mm	560	
Z-axis travel (vertical movement of spindle head)	mm	510	
Distance from table surface to spindle gauge plane	mm	120 – 630	
Table			
Working surface	mm	1,400 × 560	
Table loading capacity	kg	1,000	
Spindle			
Max. spindle speed	min ⁻¹	12,000	
Feedrate			
Rapid traverse X/Y/Z	SIEMENS, HEIDENHAIN FANUC	m/min	30/30/30 36/36/30
Cutting feedrate X/Y/Z	SIEMENS, HEIDENHAIN FANUC	m/min	30 20 (look-ahead control)
ATC			
Type of tool shank	SIEMENS, HEIDENHAIN FANUC		SK 40 / BT 40* / CAT 40*
Tool storage capacity			30
Max. tool diameter	with adjacent tools without adj. tools	mm	80 130 125
Max. tool length		mm	300
Max. tool mass		kg	8
Tool changing time	Tool-to-tool	s	2.40
adjacent / farthest	SIEMENS, HEIDENHAIN FANUC	s	1.32
Cut-to-cut (chip-to-chip)	SIEMENS, HEIDENHAIN FANUC	DIN s	6.70 / 6.70 3.76 / 3.76
ATC standby mode ON		MAS s	3.74
Machine size			
Floor space width × depth	SIEMENS, HEIDENHAIN	mm	3,058 × 2,770 [4,028 × 2,770 ²]
Machine weight (net)		kg	5,500

Slika 25 Tehničke karakteristike mašine

8.2 Alati korišteni za izradu pozicije

3D taster je alat kojim se mjeri nul točka obratka. Kod glodanja se vrši umjeravanje u 3 koordinatne osi. Umjeravanje se vrši po visini (osi Z), dužini (osi Y) i širini (osi X).



Slika 26 3D taster



Slika 27 Set burgija

Burgije se stežu u elastične čahure različitih poluprečnika (zavisno od \varnothing burgije) koje smo objasnili na početku diplomskog rada.

Navoji se urezuju mašinskim ureznikom koji se stavlja u odgovarajući nastavak i glavu za narezivanje navoja. Navoj je standardni desni metrički navoj M8 s korakom 1,25 mm a burgija se koristi manja onoliko koliko je korak kod ureznika tj ako je 1.25mm korak ureznika M8 burgija koja se koristi je \varnothing 6.8 mm



Slika 28 Burgija i ureznik

Tablica potrebnih alata
\varnothing 4.2
\varnothing 5
\varnothing 6.8
\varnothing 8.5
\varnothing 9.8
\varnothing 10.5
\varnothing 17

Naravno prije svih burgija obavezno je koristiti zabušivač zbog preciznosti rupe i vođenja, jer bez zabušivača rupe se znaju malo smaketi a posebno pri korištenju malih burgija kao što su \varnothing 4.2 koji je nezamislivo raditi bez zabušivača koji je prikazan na slici 8.6



Slika 29 Zabušivač



Slika 30 Gruba i fina glodala

Nakon grube obrade koriste se višerezna fina glodala raznih promjera koriste se nakon glodanja utora sa pločicama za završne i fine obrade. Višereznim glodalima izrađuju se tolerancije na konačne mjere. Svako glodalo ima svoje karakteristike. Što je veći nazivni promjer glodala, veća je i dozvoljena dubina rezanja. Za izradu toleriranih utora koriste se višerezna glodala, najčešće s 4 oštice. Glodala s pločicama raznih prečnika koriste se za grube obrade, zato što je lakše i jeftinije promijeniti pločice na glodalu. Kada bi se sva obrada vršila finim višereznim glodalima, za to bi trebalo više vremena. Fina glodala potrebno je nakon određenih sati glodanja ponovno dati na oštrenje (brušenje), a time se smanjuje i prečnik glodala.



Slika 31 Ø20 glodalo

Slika 8.8 prikazuje glodalo sa pločicama prečnika Ø20 mm koje se koristi za izradu konture/kanala i kružnog glodanja velikog kanala. Važno je uzeti što veći alat, kako bi se potrebnopovršina obradila u što kraćem vremenu. Kod glodala prečnika Ø20 mm moguće je raditi sa velikim brojem okretaja, te većim dubinama rezanja i posmacima

8.3 Odabir režima za obradu

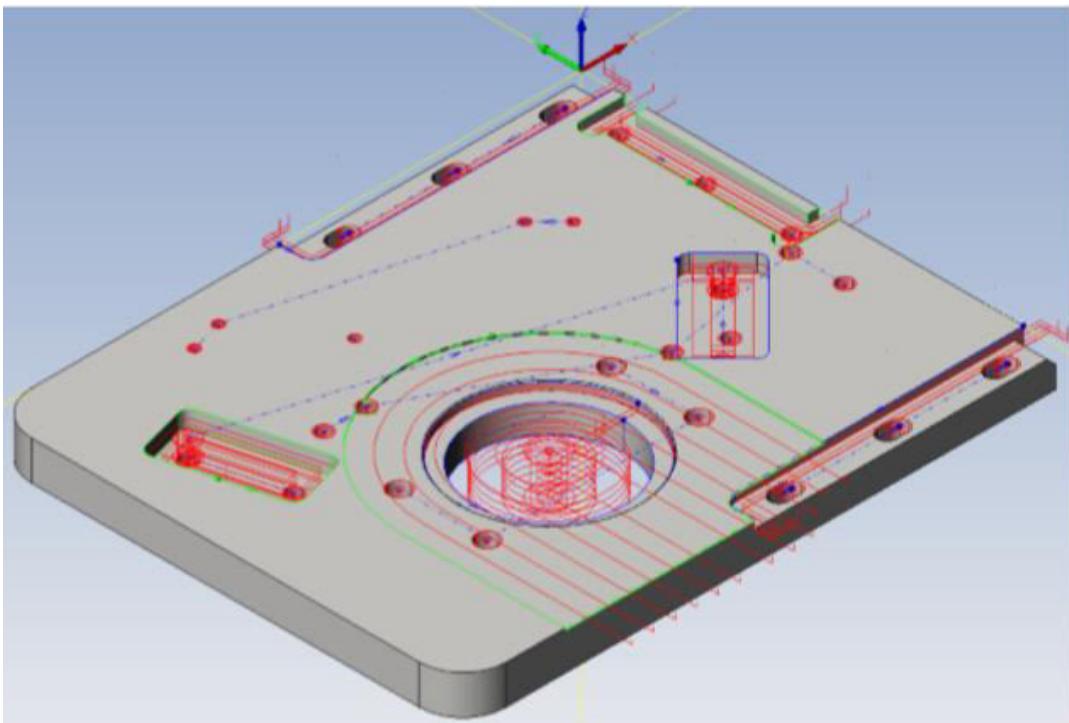
Prilikom izrade pozicija obradom odvajanjem čestica, također je vrlo važno odabrati pravilne režime za obradu. Izbor režima direktno utječe na proizvodnju i ukupne troškove izrade. Zbog neodgovarajućih režima obrade može doći do loma alata i oštećivanja površine obrađivane pozicije, koja bi se nakon toga trebala svrstati u nesukladne proizvode. U katalozima iz kojih se naručuju potrebni alati, proizvođači daju tablice s preporučenim režimima obrade za svaki alat i vrstu materijala koja se obrađuje. Iz tablica se uzimaju podaci za preporučene brzine rezanja, posmaka i dubine rezanja. U bazu alata u softveru „Esprit“ upisuju se ti podaci, koji ostaju trajno spremljeni. Kada se tokom izvođenja programa pozove odgovarajući alat, zajedno s njime učitavaju se i pripadajući režimi obrade. Ponekad se na mašini tijekom obrade izvodi korekcija režima obrade, ali na to se prethodno ne može utjecati. U nekim situacijama događa se da pozicija nije dovoljno stegnuta ili nema mogućnost drugačijeg prihvata, pa se javljaju vibracije. Problem se rješava smanjenjem broja okretaja. Tablica prikazuje korištene režime obrade za poziciju.

Alat	Prečnik	Broj okretaja	Posmak
Glodal sa pločicama	Ø12	4775	800
Glodal sa pločicama	Ø10	5730	800
Glodal fino	Ø8	7162	1000
Zabušivač	Ø8	1000	100
Burgija	Ø6.8	1404	100
Ureznik	M8	200	250
Burgija	Ø10.5	909	100
Burgija	Ø17	562	100
Glodal fino	Ø10	637	40
Glodal sa pločicama	Ø10	4775	500
Glodal fino	Ø6	2653	150
Glodal sa pločicama	Ø16	3979	500
Glodal fino	Ø12	1326	250
Glodal sa pločicama	Ø20	3183	700
Burgija	Ø5	1910	100
Burgija	Ø4.2	2274	100
Ureznik	M5	318	254.4
Burgija	Ø9.8	974	100
Grubo glodal	Ø10	191	50
Burgija	Ø8.5	1123	100
Fino glodal	Ø8.5	1872	100
Fino glodal	Ø5	3183	100

9. Praktični dio

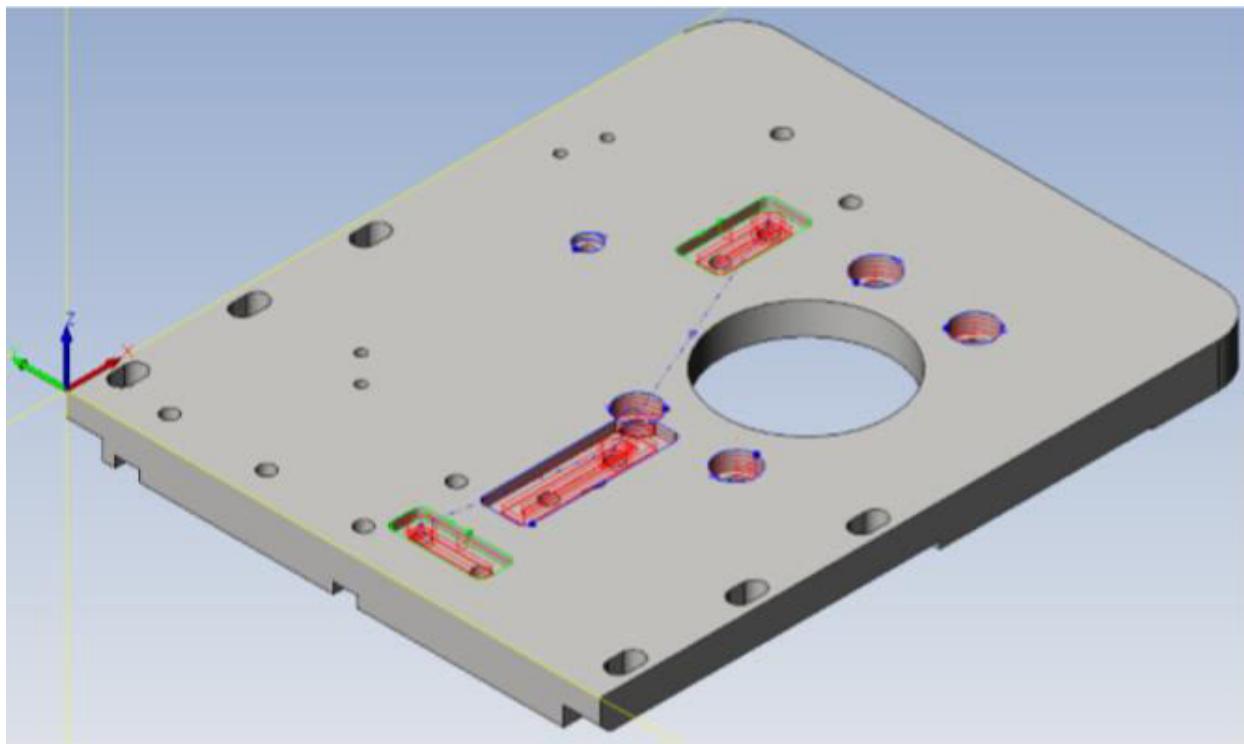
9.1 Izrada pozicije u softveru „Esprit“

U računalnom softveru „Esprit“ izrađuje se program za izradu pozicije na mašini. Za izradu je potrebno poznavati ulazne parametre. U prijašnjim poglavljima prikazani su alati i određeni režimi obrade koji se upisuju u softver, a stezanje se vrši u mašinskom dijelu. Određuje se nultačka koja je najčešće uvijek najviša i nalazi se u jednom uglu obrađivanog komada. Vezana je direktno uz obradak. U nekim situacijama događa se da je nul-točku potrebno zamaknuti u središte pozicije ili se slobodno mijenja prema potrebama konstrukcije, zbog lakše izrade programa. Zatim slijedi odabir odgovarajućih strategija obrade. Odabiru se funkcije i načini obrade za izradu džepa, utora, kružnih glodanja, bušenja i urezivanja navoja. Obrada se vrši grubim glodalom. Kod grube obrade odabrani je alat sa pločicama, koji radi na većim brojem okretaja i posmičnim brzinama. Po završetku grube obrade uzima se alat za fino glodanje i njime se izrađuju tolerancije na izratku, te se dobiva površinski manja hrapavost. Izrada pozicije obavlja se u dva dijela. U prvome dijelu obrađuje se gornja strana pozicije. Važno je da se u što manje stezanja i centriranja izradi pozicija te ukloni najveći dio materijala, jer se time povećava točnost i preciznost, a istovremeno smanjuje pomoćno vrijeme.



Slika 32 Prikaz simulacije - gornja strana pozicije

Drugi dio obrade uključuje drugu stranu ploče, na kojoj je ostalo za izvesti minimalno operacija obrade, koje nije bilo moguće sve izvesti u jednome zahvatu. Nul-točka se također postavila u ugao, na mjesto gdje je bila i kod izrade gornje strane ploče. Nakon završenog nastavljanja svih parametara, pregledava se simulacija obrade na kojoj se odmah može uočiti greška ili problem kod izrade. Ako dođe do problema kod prikaza simulacije, tada se moguće vratiti u parametre programa i korigirati dio koji ne odgovara. Po završetku programiranja kreira se G-kod i program se šalje na mašinu.



Slika 33 Prikaz simulacije - donja strana pozicije

9.2 Vrijeme obrade u softveru

Nakon izrađenog programa moguće je izbaciti „Machining report“ koji sadrži podatke o alatima, operacijama koje se izvode, napomenama uz svaku pojedinačnu operaciju, režimima obrade i o vremenu izrade.

OP #	OPERATION	TOOL#	TOOL	SPEED RPM/SPM	FEED (XY/Z)	WORK COORD. ANGLES	NC COMP	CYCLE TIME
1	Głodanje bocnog osloboodenja 1	3,000	GP_12	4775,000 180,000	800,000 1000,000	XYZ (0,000,0,000)	Left 6,000	00:01:15
2	Głodanje bocnog osloboodenja 2	3,000	GP_12	4775,000 180,000	800,000 1000,000	XYZ (0,000,0,000)	Left 6,000	00:01:15
3	Głodanje utora 15x100 grubo	1,000	GP_10	5730,000 180,000	800,000 1000,000	XYZ (0,000,0,000)	Left 0,000	00:00:58
4	Głodanje utora 15x100 fino	5,000	GLF_8	7162,000 180,000	999,930 1249,913	XYZ (0,000,0,000)	Left 4,000	00:01:13
6	Zabrusivanje	2,000	KIRNER_8	1000,000 16,000	100,000 -	XYZ (0,000,0,000)	- -	00:00:05

Slika 34 Prikaz jednog dijela "Machining reporta"

Na vrhu Machining reporta nalaze se i drugi podaci kao što je ukupno tehnološko vrijeme obrade, broj NC programa, materijal i mjesto gdje se nalazi datoteka programa. Slika 35 prikazuje ukupno tehnološko vrijeme izrade prve gornje strane pozicije

Part Name:	20.01
ESPRIT File Path:	C:\Users\ltujxp2\Documents\DP Technology\ESPRIT\Data\Esprit_Files\20.01.791641_1.esp
NC Program Number:	791641,000
Name:	1 DIO
Unit:	Metric
Overall Cycle Time:	00:43:51
Material Class:	
Condition:	
Comment:	DMG_ecoMill1100V_Metric

Slika 35 Prikaz ukupnog vremena prve strane pozicije u softveru "Esprit"

Slika 36 prikazuje izgled druge strane ploče za koju se izrađuje posebni program sa pripadajućim alatima i režimima obrade. Tehnološko vrijeme izrade također se razlikuje

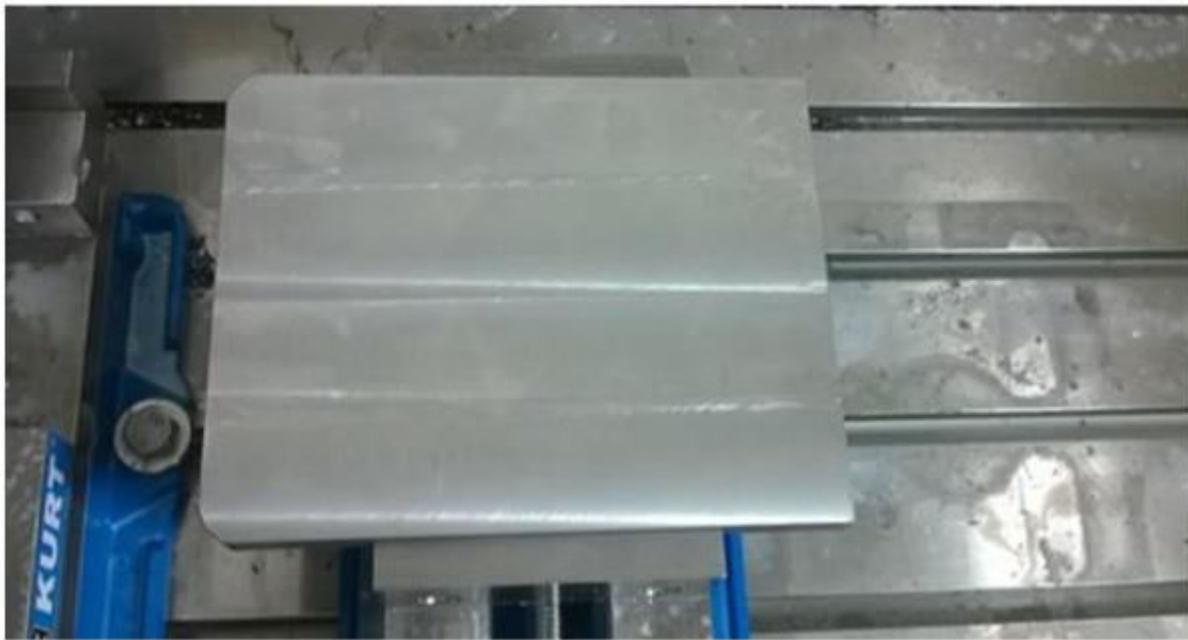
Part Name:	20.01
ESPRIT File Path:	C:\Users\ltujxp2\Documents\DP Technology\ESPRIT\Data\Esprit_Files\20.01.791641_2.esp
NC Program Number:	791641,000
Name:	2 DIO
Unit:	Metric
Overall Cycle Time:	00:10:41
Material Class:	
Condition:	
Comment:	DMG_ecoMill1100V_Metric

OP #	OPERATION	TOOL#	TOOL	SPEED RPM/SPM	FEED (XY/Z)	WORK COORD. ANGLES	NC COMP TIME	CYCLE TIME	COMMENT
52	Upustanje fi 10 mm sa dvorenznim glodalom	13,000	GLF_10	637,000 20,000	40,000 -	XYZ (0,000,0,000)	-	00:01:05 -	
53	Glodanje ulora dimenzija 20 40 grubo	1,000	GP_10	4775,000 150,000	500,000 XYZ 300,000 (0,000,0,000)	Left 4,000	00:00:30 -		
54	Glodanje ulora dimenzija 20 40 grubo	1,000	GP_10	4775,000 150,000	500,000 XYZ 300,000 (0,000,0,000)	Left 4,000	00:00:51 -		

Slika 36 Prikaz reporta obrade drugog dijela

9.3 Izrada pozicije na stroju

Početak izrade na stroju zahtijeva mnogo pripreme. Prvo je potrebno stegnuti i pozicionirati obradak u strojni škripac, kako je predviđeno prethodno izrađenim programom.



Slika 37 Stezanje komada u stegu

Kada se obavi umjeravanje nul-točke i visine alata, obrada može započeti. Otvori se odgovarajući program u načinu rada „EDIT“, koji je izrađen na računalu u softveru „Esprit“. Program je izrađen u dva dijela, a najprije se poziva prvi dio programa za izradu gornje strane ploče na kojoj ima najviše zahvata i skidanja materijala. Radi sigurnosti, simulacijom se provjeri, da li je na stroju sve na izgled isto kao i na tehničkom crtežu. Ako je sve u redu, stavi se na automatski način rada i pritisne tipku „START“.



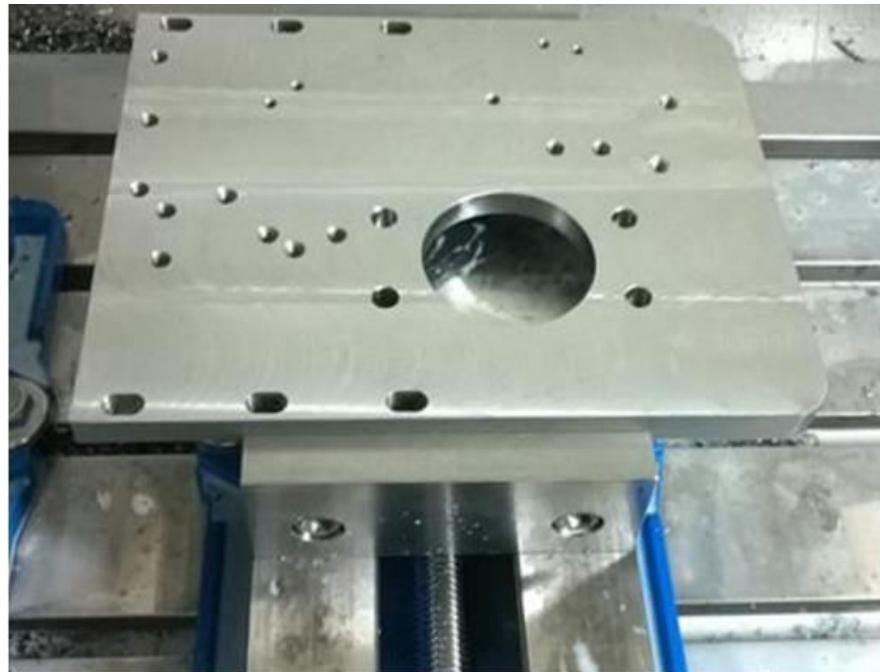
Slika 38 Izrada gornje strane pozicije na mašini

Slika 39 prikazuje obrađeni prvi dio pozicije na stroju. Po završetku izrade prve strane ploče potrebno je skinuti pucnu i oštре ivice, kako bi se kod okretanja i stezanja druge strane mogla dobiti zahtijevana geometrijska točnost.



Slika 39 Obradena prva strana ploče

Za obradu druge strane potrebno je okretanje ploče i pritezanje. Ploča se također pozicionira kao i kod obrade prvog dijela. Posebno brušene podloge, na kojima ploča leži, trebaju biti čvrste. U slučaju pomicanja podloga treba provjeriti da negdje nije ostao špon od prijašnje obrade koji smeta. Ploča se sa plastičnim čekićem pažljivo udara po gornjoj strani pazeći da se ne ošteti, ali dovoljno velikom silom kako bi dobro sjela na podloge



Slika 40 Prikaz stezanja druge strane pozicije

Po završetku obrade na stroju poziciju je potrebno prekontrolirati. Kontrola se vrši na samom stroju prije otpuštanja. U slučaju da tolerancija nije u granicama koje su propisane tehničkim crtežom, vrši se korekcija i smanjuje kompenzacija alata, kako bi isti alat izradio veće dimenzije, pa se ponovno pušta određeni dio programa obrade kojim se omogućuje izrada završne tolerancije.

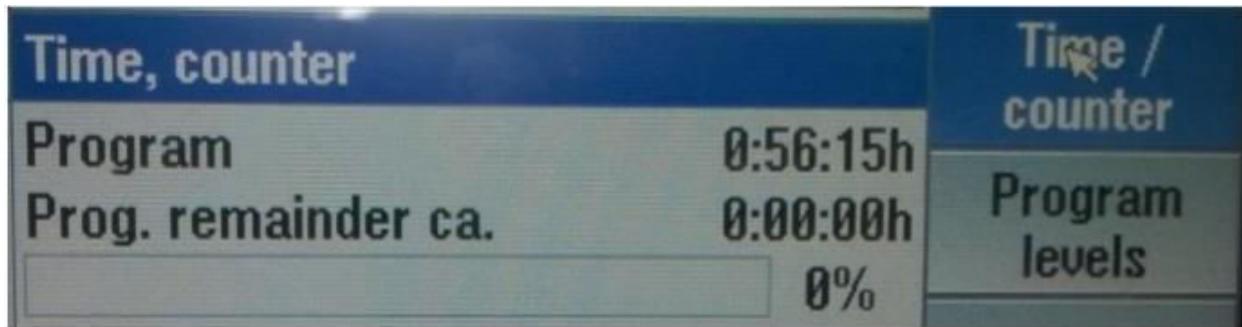


Slika 41 Gotova pozicija na mašini

Kada je pozicija obrađena, otpušta se stega i pozicija vadi van. Prije predaje pozicije na sljedeću operaciju skida se pucna i sve što bi moglo smetati na sami dodir, pozicija prije kontrole treba da bude bez ikakve pakke, očišćena i fina na dodir. Nakon toga se pozicija šalje u kontrolu kvalitete. Kontrolor je dužan prekontrolirati sve dimenzije sa tehničkog crteža. Kontrola nakon pregleda izrađuje zahtjevnice i šalje pozicije na vanjsku uslugu bruniranja. Brunirane pozicije koje dođu sa vanjske usluge kontrola zaprima i ponovno ih kontrolira

9.4 Vrijeme obrade na mašini

Slika 42 prikazuje koliko je stvarnog vremena bilo potrebno da mašina obradi prvu stranu ploče. Vidljivo je da vrijeme izrade na samoj mašini traje duže u odnosu na vremena iz softvera. U softveru se prikazuje samo tehnološko vrijeme, a to je vrijeme kod kojeg je alat u zahvatu kod obrade. Međutim, kod izrade na mašini potrebna je i izmjena alata koja ulazi u pomoćno vrijeme.



Slika 42 Stvarno vrijeme obrade prve strane

Druga strana ploče kod obrade na mašini također treba više vremena za izradu zbog istog razloga plus dok skinemo, ocistimo ponovo centriramo komad kubimo dosta vremena. Svaka mašina ima različite brzine izmjene alata, pa samo tehnološko vrijeme obrade može biti isto na različitim mašinama

9.5 Realna vremena nakon izrade

Prije izrade mašinskog dijela nitko ne može tačno odrediti koliko će vremena biti utrošeno za izradu. Tehnolozi iskustveno predviđaju vremena obrade. U nekim situacijama kada nisu sigurni i kada se radi o prilično zahtjevnim pozicijama, konzultiraju se sa radnicima na mašinama gdje će se izrađivati pozicija. Što je više ljudi uključeno u neku problematiku, to će biti više različitih ideja i mišljenja, pa je na kraju lakše odabratи neku optimalnu varijantu.

Slika 43 prikazuje da predviđeno vrijeme za poliranje nije uopće utrošeno. Razlog tome je što su pozicije koje su došle sa vanjske usluge rezanja već bile očišćene nakon obrade rezanja na plazmi. Kod obrade na CNC mašini nije bilo dovoljno predviđenog vremena za obradu i utrošeno je više. Ako je za obradu utrošeno više vremena od predviđenog, na to treba posebno obratiti pažnju te pronaći mjesto problema i naći odgovarajuće rješenje. Moguće je da tijekom izrade na mašini radnik ima problema sa alatom (loše nabrušena oštrica, stare pločice, krivi kut rezanja na spiralnim svrdlima, itd.), problemi sa programima, režimima obrade, stezanjem, centriranjem, i druge stvari. Takve stvari nisu poželjne jer se poremeti plan proizvodnje i automatski se kasni s rokovima isporuke.

Ukoliko je predviđeno više vremena za obradu, a realno se utroši manje, to ne predstavlja problem, nego je dodatna zarada. Pozicije su tijekom izrade ugovorom pogodjene za određenu cijenu i na svaku poziciju se stavlja određeni broj sati za izradu. Kada se utroši manje sati od predviđenoga, samim time dobiva se vremenska rezerva. Na mjestima gdje je moguće, proces izrade trebalo bi poboljšati, a gdje nije moguće, napravi se korekcija vremena i cijena izrade, kako bi se tijekom iduće narudžbe postigla realna cijena i samim time ne bi bilo problema i minusa tijekom proizvodnje

Red. Br.	Rad.Cent.	Operacija	Tpz -	Ti - planirano	Tpz - upisano	Ti - upisano	Status Op.
D10	BP	POLIRANJE	0,08	0,17			<input type="checkbox"/>
D20	SB1	GLODANJE-BUŠENJE	0,25	0,25	0,00	0,50	<input checked="" type="checkbox"/>
D30	SGC3	CNC GLODANJE	1,00	1,50	0,50	2,50	<input checked="" type="checkbox"/>
D40	V2	Bruniranje	0,00	0,00	0,00	0,00	<input checked="" type="checkbox"/>

Slika 43 Upisano vrijeme radnika nakon završene operacije

10. Zaključak

Diplomski sastoji se od teorijskog i praktičnog dijela. Teorijski dio temelji se na nekoliko faza. Svaki tehnološki proces započinje analizom tehničkog crteža na kojem su prikazane sve važne informacije i geometrijski zahtjevi koji se trebaju poštivati. Tijekom izrade tehnologije odabire se odgovarajući materijal kod kojeg je važno da bude pripremak (sirovina) sa što manje dodatka za obradu kako bi se smanjio trošak i uštedjelo nepotrebno vrijeme za skidanje materijala. Odabiru se odgovarajući radni centri na kojima će se izrađivati pozicija i vrši se upis tehnološkog procesa. Kod upisa procesa stavljuju se napomene na koje operater/radnik na mašini obraća pozornost. Upis pripremnog i tehnološkog vremena obavlja se za svaki radni nalog kako bi se mogla planirati i pratiti proizvodnja. Pri odabiru mašina neophodno je poznavati njihove glavne karakteristike. Preduvjet za odabir mašina je da bude u mogućnosti izvesti što više obrada u jednom zahvatu, dovoljno velik radni prostor za stezanje, velika brzina brzog hoda i izmjene alata te dovoljna preciznost i kvaliteta. Korišteni alati i stezne naprave su univerzalne i njima je moguće izrađivati pozicije i na drugim mašinama. Kvaliteta proizvoda i brzina izrade također ovise o pravilno izabranim režimima obrade.

Praktični dio nadovezuje se na teorijski. Uvijek treba poznavati teorijski i praktični dio, jer se jedno nadopunjuje drugim. Sama teorija nikad nije u potpunosti tačna. Tijekom izrade praktičnog djela vidljiva je razlika i javljaju se problemi koji se u teoriji nikako nisu mogli predvidjeti. Praktični dio izrade pozicije započinje izradom programa obrade u softveru. U današnje vrijeme CAD/CAM tehnologija napredovala je gotovo do savršenstva i već nakon izrađenog programa na računalu moguće je uočiti pogrešku. Nakon izrađenih operacija na računalu izradi se G-kod, koji je razumljiv upravljačkoj jedinici i program se šalje na mašinu za obradu. Na mašini je potrebno stegnuti i pozicionirati obradak u stegu. Umjerava se nul-točka obratka koja je definirana u programu. Stavlja se odgovarajući alat u magazin alata i vrši se automatsko umjeravanje visina alata. Mašina se postavi u automatski način rada i započinje mašinska obrada.

Stvarna vremena izrade pozicije na mašini razlikuju se u odnosu na predviđeno tehnološko vrijeme. Potrebno je pronaći i utvrditi problem te poboljšati i usavršiti proces ako je moguće. Uvijek treba predvidjeti nešto više vremena za izradu pozicije, kako nepredviđeni zastoji i naknadne obrade, ne bi utjecali na uspješno poslovanje.

11. Literatura

- [1] P. Ćosić, Projektiranje tehnološkig procesa. Predavanje, Zagreb: Fakultet strojarstva i brodogradnje, Sveučilište u Zagrebu, 2013.
- [2] Z. Botak, »Sveučilište Sjever, Moodle VŽ,« [Mrežno]. Available: http://moodle.vz.unin.hr/moodle/file.php/178/Predavanja/00-Uvodno_predavanje.pdf. [Pokušaj pristupa 20. 04. 2017.].
- [3] V. Gačnik i F. Vodenik, Projektiranje tehnoloških procesa, optimizacija režima i vremena obrade, Zagreb, Jurišićeva 10: Tehnička knjiga Zagreb, 1990.
- [4] M. Gojić, Površinska obradba materijala, Sisak: Metalurški fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 2010.
- [5] »Ferometal,« [Mrežno]. Available: <http://www.ferometal.hr/bruniranje>. [Pokušaj pristupa 28. 04. 2017.].
- [6] I. Esih, Osnove površinske zaštite, Zagreb: Fakultet strojarstva i brodogradnje, Sveučilište u Zagrebu, 2007.
- [7] »DMG MORI,« [Mrežno]. Available: <http://en.dmgmori.com/products#milling-machines>. [Pokušaj pristupa 22. 05. 2017.].
- [8] Z. Blažević, Programiranje CNC tokarilice i glodalice, Virovitica, 2004.