VIŠJA STROKOVNA ŠOLA ACADEMIA

MARIBOR

OPTIMIZACIJA NC PROGRAMA PRI IZDELAVI DELA VODILA ZA TRAK

Kandidat: Matej Furjan

Vrsta študija: študent izrednega študija

Študijski program: Strojništvo

Mentor predavatelj: mag. Jože Ravničan

Mentor v podjetju: Boštjan Dovečar, dipl. inž. stroj.

Lektor: Breda Munda Bulatović, prof. slov.

Maribor, 2018

IZJAVA O AVTORSTVU DIPLOMSKEGA DELA

Podpisani Matej Furjan sem avtor diplomskega dela z naslovom Optimizacija NC programa pri izdelavi dela vodila za trak, ki sem ga napisal pod mentorstvom mag. Jožeta Ravničana.

S svojim podpisom zagotavljam, da:

- je predloženo delo izključno rezultat mojega dela,
- sem poskrbel, da so dela in mnenja drugih avtorjev, ki jih uporabljam v predloženi nalogi, navedena oz. citirana skladno s pravili Višje strokovne šole Academia Maribor,
- se zavedam, da je plagiatorstvo – predstavljanje tujih del oz. misli kot moje lastne kaznivo po Zakonu o avtorski in sorodnih pravicah (Ur. l. RS, 16/07 – uradno prečiščeno besedilo, 68/08, 110/2013 in 56/2015); (v nadaljevanju ZASP), prekršek pa podleže tudi ukrepom Višje strokovne šole Academia Maribor skladno z njenimi pravili,
- skladno z 32. a členom ZASP dovoljujem Višji strokovni šoli Academia Maribor objavo diplomskega dela na spletnem portalu šole.

Maribor, julij 2018 Podpis študenta:

ZAHVALA

Zahvalil bi se svoji družini za vso podporo in razumevanje. Zahvala gre tudi mentorju mag. Jožetu Ravničanu. Hvala tudi podjetju, v katerem sem zaposlen, saj mi je omogočilo, da sem lahko nadgradil svoje znanje.

POVZETEK

Obdelava različnih materialov na različne načine je prisotna že od nekdaj. Poznamo veliko vrst izdelovanja, predelovanja raznih surovin ter materialov in delovanja različnih sistemov na sploh. Ker so bile, so in vedno bodo potrebe po inovacijah in izboljšavah ter rešitvah problemov prisotne, se je temu primerno razvijala tehnologija.

Tako se je razvila tudi tehnologija CNC, s katero lahko izdelamo in obdelamo izdelke z veliko večjo natančnostjo in hitrostjo kot nekoč, ko so se uporabljale drugačne tehnologije. Večina je bilo ročnega dela. Hkrati so narastle potrebe po vedno večjih zmogljivostih, po hitrosti obdelave, zato se nenehno razvijajo nova orodja, novi stroji, ki so zmogljivejši, natančnejši in hitrejši.

Tudi sam delam v sistemu, kjer izdelujemo različne komponente na stružnicah CNC in rezkalnih strojih. S temi stroji lahko hitro in natančno izdelamo zelo zahtevne kose, ki pa ne delujejo oz. brez ustreznih rezkalnih ali stružnih orodij ne moremo izdelovati zahtevanih izdelkov. Konkurenca na tem področju je zelo velika, zato moramo dnevno stremeti k napredku in iskati nove tehnologije za lažjo in hitrejšo proizvodnjo. Da smo konkurenčni, uporabljamo sisteme, ki nam omogočajo hitro proizvodnjo brez nepotrebnih stroškov. Eden takih je računalniška programska oprema, ki nam omogoča preverjanje proizvodnje, ne da bi morali zato pognati proizvodnjo. To so sistemi, s katerimi lahko z ustrezno programsko opremo preverimo, kakšni bodo dejansko naši izdelki in kako bo proizvodnja potekala .Simuliramo lahko celotno proizvodnjo.

Tako sem se tudi lotil tega projekta. Preko enega od takih sistemov bom izdelal neki izdelek, ki ga bom z omenjeno programsko opremo navidezno izdelal na več različnih načinov z uporabo različnih orodij, in z rezultati, ki jih bom pridobil iz simulacij, prišel do informacij, s katerimi bom lahko optimiziral proizvodnjo.

Sledili bosta primerjava med orodji in ocenitev. Predpostavljam, da bom s simulacijo prišel do rezultatov, ki si jih želim. To je, da z novejšim orodjem pridem do kakovostnejše in hitrejše proizvodnje. Če bo simulacija uspela, bom proces izvedel v proizvodnji na stroju.

Ključne besede: tehnologija CNC, sistem CAM, rezkalna glava, programiranje, simulacija, primerjava

ABSTRACT

OPTIMIZATION OF THE NC PROGRAM IN THE PRODUCTION OF A PART OF THE TAPE GUIDE

Processing different materials in different ways has been present since time immemorial. We know many types of production, processing of various raw and other materials and operation of various systems in general. Since there has always be and there will always remain the need for innovation and improvements as well as for problem solving, technology has developed accordingly.

This has also resulted in the development of CNC technology, with which we can produce and process products with much greater accuracy and speed than in the past when different technologies were used; hand labour was mostly applied. At the same time, the need for ever-increasing capacities and processing speed has increased, thus new tools and machines more powerful, precise and faster are constantly being developed.

I also work in a system where we produce various components on CNC lathes and milling machines. These machines enable us to produce very complex products quickly and accurately, which do not work; in other words, without suitable milling or turning tools, we cannot produce the required products. Competition in this area is very high, we must make every effort to progress and look for new technologies for easier and faster production. To achieve competitiveness we use systems that enable quick production without unnecessary costs. One of these is a computer software that enables us to monitor production without starting the production itself. These are systems, which uses suitable software to check what our product will be and how the production will flow. We can simulate the entire production.

This was also one of our projects. With the use of one of these systems, we will create a product that will simulate the production with the mentioned software in several different ways using different tools; we will use the results, obtained from the simulations, to come up with information to optimize production.

Next, a comparison between the tools and an assessment will be performed. We assume the simulation will achieve the desired results, i.e. newer tools will enable a better and faster production. If the simulation is successful, we will perform the process in the production on the machine.

Key words: CNC technology, CAM system, milling head, programming, simulation, comparison

KAZALO VSEBINE

1 UVOD 10

1.1 OPIS PODROČJA IN OPREDELITEV PROBLEMA 10

1.2 NAMEN, CILJI IN OSNOVNE TRDITVE 10

1.3 PREDPOSTAVKE IN OMEJITVE 11

1.4 UPORABLJENE RAZISKOVALNE METODE 11

2 PREDSTAVITEV PODJETJA 13

3 TEHNOLOGIJA OBDELAVE 14

3.1 ODREZOVANJE 14

3.2 REZKANJE 15

3.2.1 Vrste rezkanja 16

4 TEHNOLOGIJA CNC 22

4.1 PROGRAMSKA OPREMA CAD/CAM 23

4.1.1 CAD 23

4.1.2 CAM 25

5 IZDELAVA PROGRAMA 27

5.1 NAČRT 27

5.2 NASTAVITEV TEHNOLOGIJE 28

5.3 PROGRAM 1 29

5.4 PROGRAM 2 38

5.5 PROGRAM 3 42

5.6 PROGRAM 4 43

6 OVREDNOTENJE PO OPRAVLJENI SIMULACIJI 45

6.1 ČAS OBDELAVE PROGRAMA 1 45

6.2 ČAS OBDELAVE PROGRAMA 2 46

6.3 Časi obdelav po spremenjenih parametrih programa 1 in 2 47
6.4 Ocenitev po prvih dveh programih 48
6.5 Ocenitev pri spremenjenih parametrih prvih programov 49
6.6 Ocena simulacije po dodatnih programih 3 in 4 49
7 IZDELAVA IZDELKA NA REZKALNEM STROJUCNC 50
7.1 Orodje B 51
7.2 Namen vodila za trak 53
8 SKLEP 54
9 VIRI, LITERATURA 56

KAZALO SLIK

Slika 1: Prikaz rezkanja in rezkalnega orodja 15
Slika 2: Istosmerno čelno rezkanje 16
Slika 3: Proti smerno čelno rezkanje 17
Slika 4: Simetrično čelno rezkanje 17
Slika 5: Obodno istosmerno rezkanje 18
Slika 6: Obodno proti smerno rezkanje 18
Slika 7: Obodno rezkanje 19
Slika 8:Primer rezkalne glave za čelno rezkanje 19
Slika 9:Primer rezkalne glave za čelno in obodno rezkanje 20
Slika 10:Primeri steblastih frezal 20
Slika 11: Rezkanje zahtevnih oblik s frezalom posebne oblike 21
Slika 12: Primer modela vpenjalne priprave za merjenje izdelka 24
Slika 13: Načrt izdelka 28
Slika 14: Določitev izhodiščne točke in izris kontur 30
Slika 15: Prikazane operacije po vrstnem redu 31
Slika 16: Simulacija po operacijah 32
Slika 17: Prikaz nastavitev operacije, rezkalnega orodja in parametrov 33
Slika 18: Pred vrtanje s topovskim svedrom, premera 18,5 mm 34

SLIKA 19: PRIKAZ OSTANKA MATERIALA BREZ PRED VRTANJA 36
SLIKA 20: PRVO IN DRUGO VPETJE S KOMPLETNO OBDELAVO 37
SLIKA 21: SIMULIRAN PROGRAM 2 ZA OBE VPETJI 38
SLIKA 22: FUNKCIJA POCKETING 39
SLIKA 23: CELOTNA OBDELAVA PRVEGA VPETJA Z ORODJEM B 41
SLIKA 24: PRIKAZ SIMULACIJE Z ORODJEM B 41
SLIKA 25: NOV IZDELEK Z OZNAČENIMI POMEMBNIMI OBLIKAMI 42
SLIKA 26: ČAS OBDELAVE GLAVNE OBLIKE Z ORODJEM A 45
SLIKA 27: SKUPNI ČAS OBDELAVE PROGRAMA 1 46
SLIKA 28: ČAS OBDELAVE GLAVNE OBLIKE Z ORODJEM B 46
SLIKA 29: SKUPNI ČAS OBDELAVE PROGRAMA 2 47
SLIKA 30: REZKANJA Z ORODJEM B 52
SLIKA 31: IZDELKI, OBDELANI Z ISTIM ORODJEM 53

KAZALO GRAFIKONOV

GRAFIKON 1: PRIMERJAVA ORODIJ V KOLIČINI OBDELANIH IZDELKOV 48

1 UVOD

Tehnologija CNC je eden najpomembnejših dejavnikov pri obdelavi oz. izdelavi različnih izdelkov, ki so lahko iz različnih vrst materialov, kot so les, plastika, skoraj vse vrste kovin in njihovih zlitin. Uporablja se pri izdelavi in pri dodatni obdelavi, kot so varjenje, rezanje, žaganje, brušenje različnih vrst materialov. To vrsto tehnologije uporabljamo tudi v našem podjetju, kjer bom tudi sprogramiral in v resnici izdelal ta sestavni delna rezkalnem stroju CNC.

Z izzivi se srečujemo vsak dan. Pri našem delu je zelo pomembno, da smo natančni, hitri in zanesljivi. Zato je zelo pomembno, da sledimo novim smernicam in uvajamo nove tehnološke postopke.

1.1 Opis področja in opredelitev problema

V raziskovalni nalogi bom z uporabo že omenjene tehnologije CNC izdelal program NC. Tak program lahko izdelamo neposredno na stroju CNC, seveda če zelo zahteven. Pri bolj zahtevnih obdelavah pa izdelamo programe NC s pomočjo programske opreme CAD/CAM, ki jo bom v tej nalogi tudi podrobneje opisal. S to opremo lahko pridemo do najrazličnejših rezultatov in nam lahko pomagajo pri zmanjševanju stroškov proizvodnje. Simuliramo lahko kompletno izdelavo artikla in tako vidimo, kaj bi se v praksi lahko zgodilo. Tako se bom tudi sam lotil zadeve in naredil primerjavo med več različnimi programi NC. Najprej bom izdelal program za en artikel, ki je del večjega sklopa, ter naredil primerjavo, nato pa še za podoben artikel z malo drugačno obliko, ki pa je del iste sestave. Tak sklop je del progresivnega orodja, s katerim proizvajajo razne izdelke. Take dele sklopov izdelujemo v našem podjetju že nekaj časa, vendar pa občasno prihaja do težav, ko ne dosegamo zastavljenih ciljev.

1.2 Namen, cilji in osnovne trditve

Namen diplomskega dela je izdelati program NC na določenem programu CAD/CAM in s to raziskavo priti do rezultatov, ki nam bodo omogočali hitrejšo in zmogljivejšo proizvodnjo.

Ker so tako kot v vseh podjetjih pomembni stroški hitrost in kakovost proizvodnje, tudi pri nas preizkušamo nove stvari, testiramo nova obdelovalna orodja, s katerimi bi pospešili

proizvodnjo in hkrati zmanjšali stroške. Zato bom v raziskavi izbran artikel izdelal dvakrat. Pri prvi simulaciji bom uporabil orodje, ki smo ga uporabljali do zdaj. Nato bom izdelal nov program, kjer bom uporabil novejše orodje za obdelovanje kovine. Tako bi z že omenjenim programom CAD/CAM izdelal dva različna programa NC. Prvič z orodjem A, drugič z orodjem B. Izbral bom tudi različne parametre, s katerimi bi morda dosegel boljše rezultate. S pomočjo simulacije obdelave izdelka, ki jo tak program omogoča, bom lahko predvidel in ovrednotil časovne in s tem stroškovne prihranke. Da pa bom lahko potrdil ali ovrgel tezo, sem se odločil za izdelavo še enega podobnega izdelka in dodatne primerjave.

1.3 Predpostavke in omejitve

Predpostavke:

- izkušnje, ki sem si jih pridobil s svojim dolgoletnim udejstvovanjem na tem področju, bodo pripomogle k uspešni raziskavi,
- lahko bom dokazal, da lahko z uporabo novejših rezkalnih orodij skrajšamo čas izdelave izdelka ter posledično zmanjšamo stroške proizvodnje,
- predpostavljam, da bo dostopne dovolj literature in podatkov na spletu,
- podatki, ki jih bom pridobil, bodo pomagali pri nadaljnjem delu v našem podjetju.

Omejitve:

- omejenost na en izdelek, vendar bom pozneje obdelal še več podobnih izdelkov in tako dobil bolj konkretne podatke,
- raziskava je omejena na obdelavo ene vrste materiala,
- sposobnost stroja.

1.4 Uporabljene raziskovalne metode

Uporabil bom naslednje metode raziskovanja:

- študij knjižnih virov,
- metodo opazovanja in primerjalno metodo,
- fotografiranje,

- izdelava in prikaz izdelave izdelka,
- vrednotenje.

2 PREDSTAVITEV PODJETJA

Naše podjetje se ukvarja s CNC-obdelavo kovin. Izdelujemo izdelke iz skoraj vseh vrst materiala: skoraj vseh vrst jekel, nerjavnih jekel, barvnih kovin, umetnih mas...

Strokovno smo usposobljeni za izdelavo visoko preciznih komponent, prototipskih sklopov, omejenih z zahtevnimi tolerancami, in serijskih izdelkov. To izdelujemo na dveh strojih CNC. Eden je stružnica,ki ima območje delovanja: premer struženja do 500 mm in dolžina struženja do 700 mm. Drugi stroj je rezkalni center z območjem delovanja: os X– 1000 mm,os Y – 600 mm, os Z– 600 mm. V delavnici je tudi tračna žaga za kovino.

Naše storitve zajemajo:

- Rezkanje CNC,
- Struženje CNC,
- Razrez materiala,
- Izdelava prototipov in posameznih delov,
- Izdelava maloštevilnih in srednje številnih serij,
- Nadzor kakovosti: natančno preverjanje prvih proizvodov, nadzor med izdelavo, stroga in natančna izhodna kontrola,
- Logistika,
- Dodatne zunanje usluge.

Ob pomoči zunanjih izvajalcev nudimo strankam tudi dodatne obdelave, kot so laserski razrez, brušenje, poliranje, termična obdelava ter najrazličnejše površinske obdelave.

Naši proizvodi so večinoma sestavni deli namenskih strojev ali priprav, ki se uporabljajo v različnih področjih, kot so:avtomobilska industrija,strojegradnja,orodjarstvo,gradbena industrija,prehrambna industrija,farmacevtska industrija ...

3 TEHNOLOGIJA OBDELAVE

Iz različnih materialov, tako kovinskih kot nekovinskih, lahko izdelujemo izdelke, ki so sestavni deli različnih naprav. Za vsak izdelek je določena tehnologija, kakšen bo postopek izdelave oz. kako ga bomo obdelali. Tehnologija se določi glede na namembnost izdelanega predmeta. (Dr. Kisin, 2011)

Poznamo več postopkov izdelave kot so:

- postopki spreminjanja lastnosti materiala,
- postopki oblikovanja (litje, oblikovanje umetnih mas, sintranje oz. metalurgija prahov),
- postopki preoblikovanja (valjanje, kovanje, vlečenje, upogibanje, rezanje),
- postopki spajanja (varjenje, spajkanje, kovičenje),
- postopki ločevanja (odrezovanje, odnašanje).

Podrobneje bom opisal postopek ločevanja, in sicer odrezovanje, bolj podrobno rezkanje,saj omenjeno tehnologijo uporabljam za obdelavo izdelkov.

3.1 Odrezovanje

Odnašanje in odrezovanje spadata med najpomembnejše postopke ločevanja. Z ločevanjem dosežemo, da spremenimo obliko in dimenzijo obdelovanca, ter tako dobimo izdelek, ki ga potrebujemo. Izdelamo lahko zelo natančne in zapletene oblike artikla, tako da surovcu odvzamemo material. Do tega pridemo z različnimi postopki obdelave, ki zahtevajo uporabo orodij različnih oblik. Odvisno od tipa orodja, ki ga uporabljamo, je odvisna tehnologija obdelave. Pri odrezovanju uporabljamo orodja, ki so namenjena za rezkanje, struženje, vrtanje, pehanje. Ta orodja imajo točno določeno obliko. Ločimo med orodji, ki so namenjena struženju in imajo samo en rezalni rob, ker pri tem postopku opravlja rotacijsko gibanje obdelovanec, ter orodji za rezkanje. Pri slednjih je možna uporaba več rezalnih robov. (Dr. Kisin, 2011)

3.2 Rezkanje

Rezkanje je odvzemanje materiala z različnimi temu namenjenimi orodji. Pri rezkanju opravlja glavno rotacijsko in podajalno gibanje po osi Z (vertikalno) rezkalno orodje z več rezili, medtem ko obdelovanec oz. delovna miza stroja, na katero je obdelovanec pritrjen, opravlja horizontalno podajalno gibanje po oseh X in Y. To je v primeru triosnega rezkanja in tudi večina strojev je tako izdelanih. V nekaterih primerih pa lahko opravlja vsa podajalna gibanja tudi orodje. Lahko rezkamo tudi s štirimi ali petimi osmi, za kar pa potrebujemo za to namenjen rezkalni stroj .Pri več kot triosnih strojih izvaja podajalno gibanje obdelovanec sinhrono po oseh X, Y in Z, vključno s podajalnim gibanjem rezkalnega orodja. Temu pravimo simultano rezkanje ali sočasna uporaba vseh osi. Obstajajo tudi stružnice, ki imajo vgrajene priprave, v katere lahko vstavimo rezkalna orodja. To so t.i. stružnice z gnanimi orodji. Tukaj so podajalna gibanja drugačna. Včasih so se z rezkanjem obdelovale samo ravne površine. Z današnjo tehnologijo pa se lahko izdelajo zelo zapletene oblike izdelkov, seveda z uporabo pravih orodij, ki so različnih oblik.



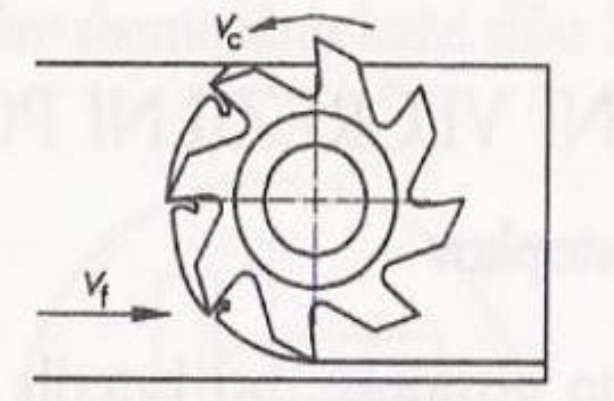
Slika 1: Prikaz rezkanja in rezkalnega orodja

Vir:(ISCAR, 2018)

3.2.1 Vrste rezkanja

Odvisno od oblike dela in zahtev izdelka največkrat izbiramo med dvema vrstama rezkanja. To sta čelno in obodno rezkanje. Razlikujemo jih glede na to, kako se rezkar dotika obdelovanca.

Čelno rezkanje je oblika rezkanja, kjer lahko obdelujemo samo ravne ploskve. Lahko je istosmerno, proti smerno ali simetrično rezkanje. Pri simetričnem principu rezkanja so obremenitve enakomerne in temu primerni so tudi odrezki.(Mario, in drugi, Strojnotehnološki proročnik, 1998)



Slika 2: Istosmerno čelno rezkanje

Vir: (Mario, in drugi, Strojno tehnološki priročnik, 1998)

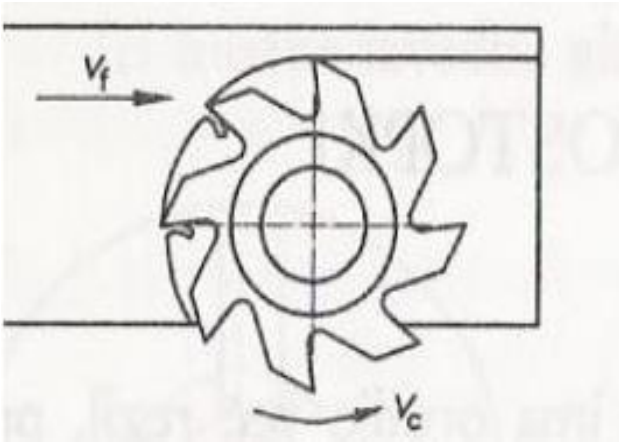
- Vc – rezalna hitrost (rotacijsko gibanje orodja ali obdelovanca pri struženju)

  Rezalna hitrost je običajno že določena, in sicer glede na vrsto obdelovanja, vrsto materiala, ki ga obdelujemo, globine obdelave, kakšno obdelavo bi radi dosegli. Najbolj je odvisna od kakovosti orodja, ki ga uporabljamo pri obdelovanju. Glede na rezalno hitrost lahko izračunamo druge parametre, kot so število vrtljajev. Večji je premer orodja (pri rezkanju) ali obdelovanca (pri struženju), manjši so vrtljaji. Merimo jo v m/min.

- Vf – podajalna hitrost (podajalno gibanje obdelovanca ali orodja pri struženju)

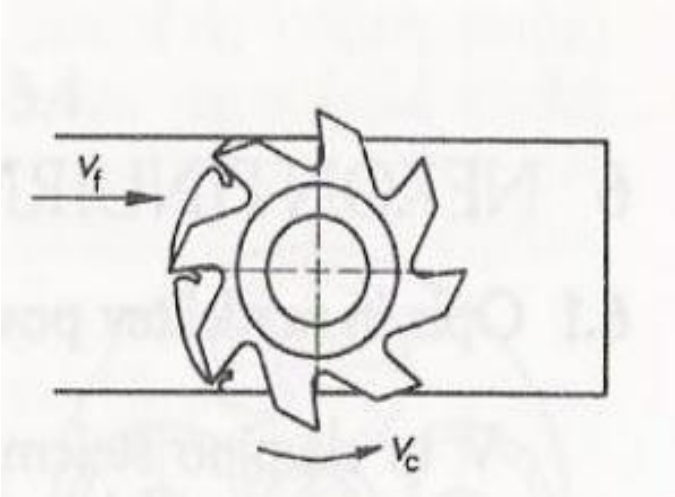
  Je hitrost gibanja orodja v smeri obdelovanja. Merimo ga v mm/vrt. Pomeni, koliko milimetrov obdelamo na en vrtljaj. Ponavadi se to meri v desetinkah milimetra. Primer, če je določen pomik 0,2 mm/vrt in se obdelovanec ali orodje vrti s hitrostjo 1000 vrt/min, se bo orodje v minuti pomaknilo za 200 mm. Podobno kot pri rezalni

hitrosti je določeno od proizvajalca in je odvisno predvsem od kakovosti rezalnega orodja ter vrste materiala, ki ga obdelujemo.



Slika 3: Proti smerno čelno rezkanje

Vir:(Mario, in drugi, Strojno tehnološki priročnik, 1998)



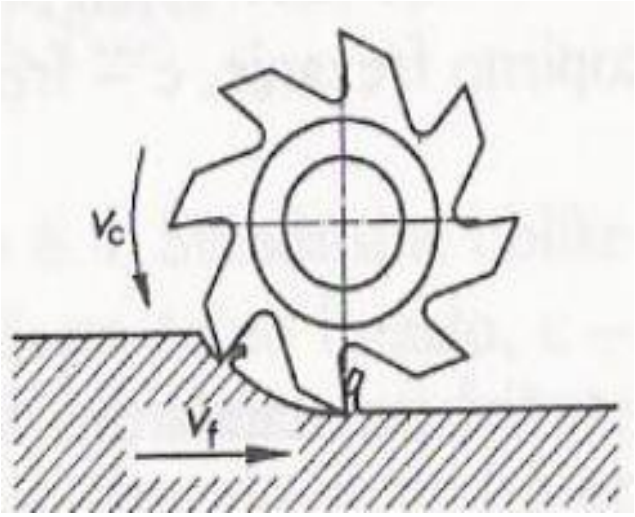
Slika 4: Simetrično čelno rezkanje

Vir: (Mario, in drugi, Strojno tehnološki priročnik, 1998)

Za čelno rezkanje uporabljamo rezkalne glave, ki imajo dva ali več rezalnih zob. Odvisno od oblike, če imajo pravokotne rezalne zobe, se lahko uporabljajo tudi za obodno rezkanje.

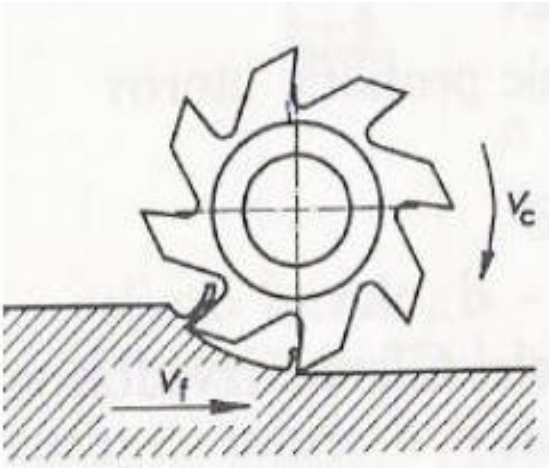
Pri **obodnem rezkanju** ločimo med proti smernim in istosmernim rezkanjem in lahko tako kot pri čelnem rezkanju dobimo samo ravne ploskve. Istosmerno frezanje je boljše glede kakovosti površine, vendar pa lahko tako rezkamo samo s posebnimi stroji oz. stroji, ki imajo odpravljeno zračnost in so dovolj togi. (Mario, in drugi, Strojnotehnološki proročnik, 1998)

Zračnost je pri današnjih novejših strojih odpravljena prav z namenom pridobivanja kakovostne in hitre obdelave.



Slika 5: Obodno istosmerno rezkanje

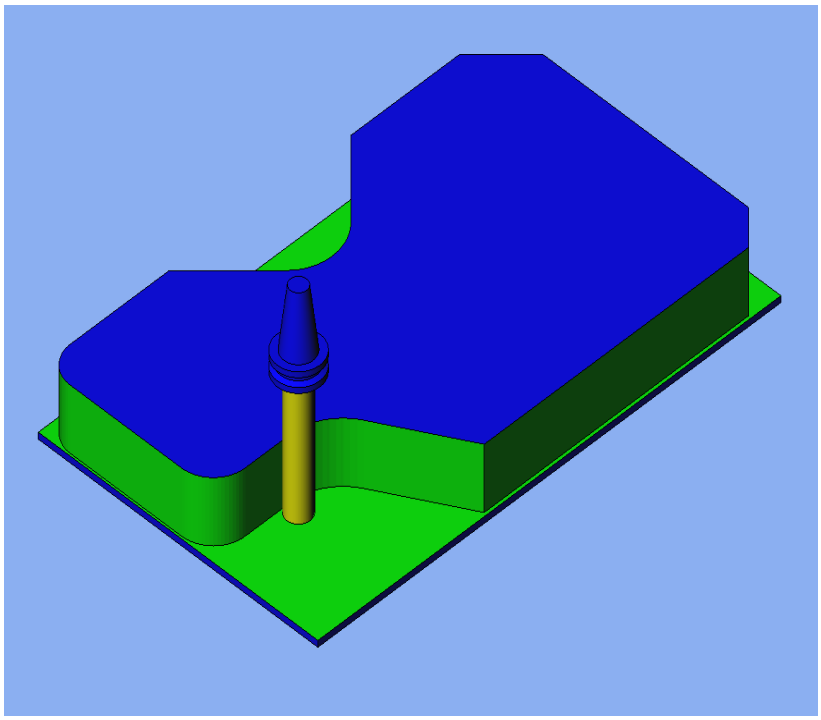
Vir: (Mario, in drugi, Strojno tehnološki priročnik, 1998)



Slika 6: Obodno proti smerno rezkanje

Vir: (Mario, in drugi, Strojno tehnološki priročnik, 1998)

Trditev, da lahko obdelujemo samo ravne ploskve, velja za položaj orodja, ki se z obodom dotika obdelovanca. Odvisno od podajalnega gibanja, kot sem omenil na str. 11, lahko z obodno obdelavo dobimo različne oblike glede na čelno stran izdelka (Slika 7).



Slika 7: Obodno rezkanje

Vir: (Lasten, 2018)



Slika 8:Primer rezkalne glave za čelno rezkanje

Vir: (ISCAR, 2018)



Slika 9:Primer rezkalne glave za čelno in obodno rezkanje

Vir: (Thompson, 2015)

Na str. 13 pri čelnem rezkanju je omenjeno,da lahko izkoristimo za valjasto rezkanje tudi rezkalne glave (Slika 9). Te glave so lahko zelo dobre kakovosti,s katerimi lahko obdelujemo dokaj zahtevne oblike, kar pa je najpomembneje, z njimi dobimo čisto in ravno površino ter lahko izdelamo nezahtevne tolerance.

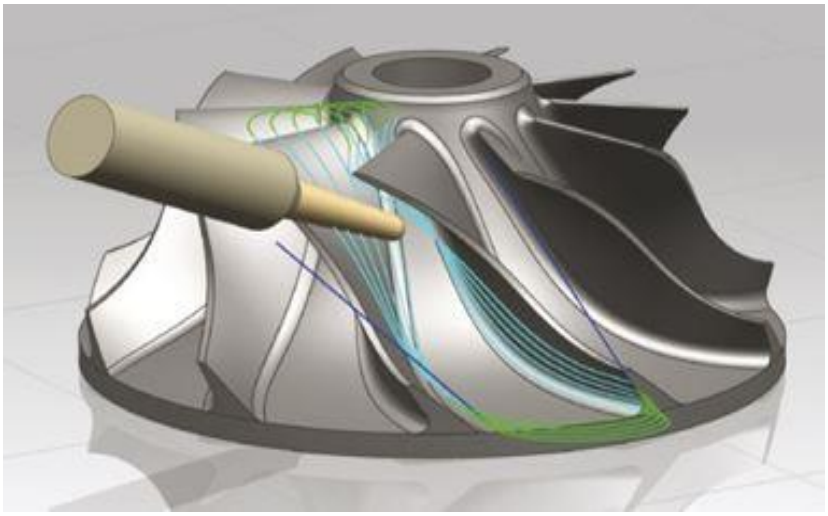
Najbolj se uporabljajo za obodno rezkanje rezkarji (steblasta frezala) različnih dolžin in premerov, s katerimi dobimo površino obdelave, kot je zahtevana po načrtu, ter lahko lovimo zelo tesne tolerance.



Slika 10:Primeri steblastih frezal

Vir: (Production machining, 2010)

Za **rezkanje zahtevnih oblik** potrebujemo drugačna frezala posebnih oblik in temu primerno tehnologijo. To so večinoma okrogle oblike frezal različnih premerov. Okrogle zato, ker lahko z njimi ustvarimo zelo dobro površino in če jih uporabljamo na pet osnih strojih (omenjeno na strani 12), so primerna za posebne oblike, ker se lahko s tem strojem simultano gibljemo po več oseh naenkrat in so zmožni velikih vrtljajev, ki so pomembni za dobro obdelano površino.



Slika 11: Rezkanje zahtevnih oblik s frezalom posebne oblike

Vir:(Fuente, 2013)

4 TEHNOLOGIJA CNC

Začetki proizvodnje CNC segajo v davno leto 1947. John Parsons je že takrat dobil zamisel, da bi uporabil podatke, s katerimi bi nato upravljal stroj s tremi osmi naenkrat. Tako bi proizvajal različne zapletene komponente za letalsko proizvodnjo. Hitro zatem so to zamisel tudi spravili v pogon.(Seames, 2002)

Sprva so bili v uporabi stroji NC. NC je kratica za *numerical control* ('numerično krmiljenje'). Najprej so za upravljanje teh strojev uporabljali luknjane trakove. Vrste teh lukenj, ki so jih izdelali na računalnikih podobnih, so predstavljale program NC. Pozneje so začeli uporabljati tudi magnetne trakove, ki pa se niso najbolje obnesli. Pozneje so imeli stroji tudi svoj notranji računalnik z lastnim pomnilnikom, ki pa je bil omejen, saj so lahko izdelovali samo krajše in enostavne programe z ročnim vnašanjem kod in se ni dalo shranjevati večje količine programov. Tak tip stroja ni dopuščal prenašanja podatkov od drugod. Tako so zaradi dolgotrajnega procesa obdelave podatkov in procesiranja le-teh pozneje začeli uporabljati osebne računalnike in drugačne prenose podatkov, tudi na več strojev hkrati. (Seames, 2002)

Take stroje v večini uporabljamo danes. To so stroji CNC. CNC pomeni *computer numerical control* ('računalniško numerično krmiljenje'). S temi stroji lahko izdelujemo zahtevnejše izdelke, ker nam to omogočajo zmogljivejši krmilniki, ki so vgrajeni v stroju. Poznamo stružnice, rezkalne in vrtalne stroje. Vsi so namenjeni za odstranjevanje materiala z namenom, da dobimo zahtevane oblike izdelka, so zelo natančni ter imajo zelo dobro ponovljivost. Z njimi upravljajo operaterji CNC. Njihova naloga je, da pripravijo stroj, to je, da vpnejo obdelovanec, pripravijo potrebno orodje, s katerim se bo obdelovalo, in vnesejo program, s katerim bo stroj izvedel delo na obdelovancu. Imajo tudi možnost shranjevanja programov in zato lahko uporabljamo programe večkrat, ne da bi jih morali znova in znova vpisovati. Tako si lahko shranimo različne operacije za obdelovanje izdelkov in jih uporabimo na različnih izdelkih, ki imajo podobne zahteve. Stroji CNC imajo sposobnost prenašanja podatkov iz osebnih računalnikov, s katerimi zmoremo izdelovati še zahtevnejše operacije. Te programe ustvarimo z že omenjeno programsko opremo CAD/CAM.(Khemani, 2009)

4.1 Programska oprema CAD/CAM

4.1.1 CAD

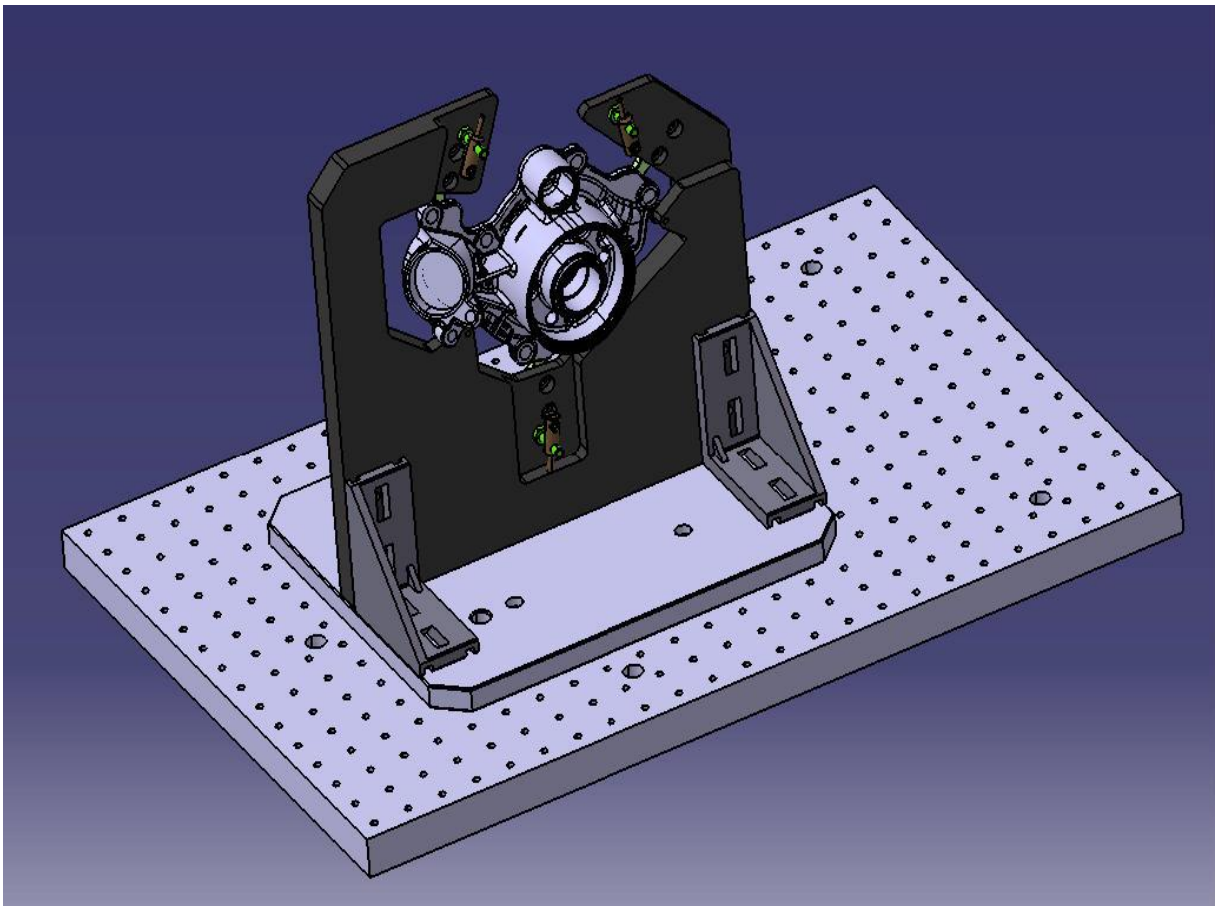
»Kratica CAD (angleško*Computer Aided Design*) pomeni računalniško podprto konstruiranje, pri katerem konstruktor pri snovanju izdelkov uporablja računalniške in programske sisteme. Je uporaba širokega spektra računalniških orodij, ki pomagajo inženirjem, arhitektom in drugim pri njihovem snovanju in konstruiranju. CAD je glavno geometrijsko orodje v okviru življenjskega cikla izdelka in vključuje tako računalniške programe kot tudi posebej za ta namen prirejeno strojno opremo.« (Robert, CAD/CAM/CAE TEHNOLOGIJA, 2018)

Človek, ki uporablja to opremo za računalniško konstruiranje, s katero uresničuje svoje zamisli, je konstrukter. Tako izvaja zahteven postopek konstruiranja in mora zmeraj sprejemati zahtevne odločitve ter kakšne ukrepe bo izbral, da bo skonstruirani izdelek v skladu z določenimi in zahtevanimi značilnostmi.

Konstruiranje poteka po nekem vrstnem redu. To je, da najprej zasnujemo neki izdelek in ga nato začne o razvijati. Ta izdelek je po navadi sestavljen iz več sklopov, ki skonstruirajo skupaj z vsemi elementi in detajli. Zatem se analizira in ovrednoti kompletna konstrukcija ter na koncu, če je treba,se zadeva preoblikuje in spremeni.

Računalniško podprto konstruiranje se uporablja na veliko področjih, kot so:

- snovanje ter izdelava prototipa izdelka,
- risanje inženirskih risb,
- snovanje in konstruiranje raznih orodij (Slika 12),
- izdelava raznih dokumentacij,
- analize izdelkov.



Slika 12: Primer modela vpenjalne priprave za merjenje izdelka

Vir: (Lasten, 2018)

Analize se najpogosteje uporabljajo za reševanje različnih problemov, kot so napetostni, deformacijski, kolizijski in toplotni problemi. Izvajajo se različne analitične metode, s katerimi pridemo do rešitev. Z njimi preverjamo delovanje, kakršno bi se dogajalo v resničnih fizičnih situacijah, npr. kaj bi se dogajalo z izdelkom ali orodjem, ki bi ta izdelek obdelovalo. Pri litjih bi opazovali,kje lahko pride do raznih problemov oz. kje so kritične točke ulivanja, pretoka in strjevanja taline, kje lahko pride do poroznosti ulitka. To vse naredimo s simulacijo celotnega postopka in s simuliranjem te napake odpravimo. S tako računalniško tehnologijo prihranimo ogromno časa in zmanjšamo stroške proizvodnje. (Robert, CAD/CAM/CAE TEHNOLOGIJA, 2018)

4.1.2 CAM

»Kratica CAM (angleško*Computer Aided Manufacturing*) pomeni računalniško podprto proizvodnjo, pod katero razumemo uvajanje računalniškega vodenja v postopke proizvodnje in montaže. Lahko jo definiramo tudi kot uporabo računalniških sistemov pri načrtovanju, upravljanju in kontroli proizvodnega procesa oziroma uporabo širokega spektra računalniških orodij, ki pomagajo inženirjem in CNC-operaterjem strojev pri izdelavi in prototipiranju sestavnih delov izdelka. Tradicionalno se CAM definira kot orodje za NC-programiranje, pri čemer se 3D-modeli, ustvarjeni v CAD-programih, uporabljajo za generiranje NC-kode, ki poganja numerično krmiljene obdelovalne stroje.« (Robert, CAD/CAM/CAE TEHNOLOGIJA, 2018)

Tudi pri tem računalniškem sistemu so potrebne izkušnje usposobljenih ljudi, kot so operaterji CNC in programerji. Za pripravo dela v sistemu CAM potrebujemo podatke iz sistema CAD. Če sta oba sistema iz istega softwarea, potem so podatki shranjeni v internem formatu. V tem primeru skoraj ni napak v prenosu iz enega v drugi sistem. V praksi se večinoma izdela projekt v drugačnem programskem okolju CAD,kot ga nato uporabimo v sistemu CAM. Zato moramo pretvorit datoteke preko vmesnikov v format, ki ga podpira računalniško podprta proizvodnja. To pa so različni vmesniki, kot so: IGES, STP ,STL, DXF, DWG... Pri teh lahko pride do napak pri prenosih.

Področja za uporabo te tehnologije so:

- računalniško podprta priprava proizvodnje (delovni načrti, operacijski listi, določanje izdelovalnih časov, priprava normativov …),
- prilagodljivi obdelovalni sistemi,
- industrijski roboti (uporaba, razmestitev in programiranje),
- načrtovanje proizvodnje,
- sprejemanje naročil in načrtovanje proizvodnih resursov,
- spremljanje proizvodnje
- in najbolj pogosto NC-programiranje... (Robert, CAD/CAM/CAE TEHNOLOGIJA, 2018)

Sprva se je programiralo ročno, vendar pa je že zaradi omenjenih stvari ročno programiranje skoraj preteklost. Izvajamo še ga na nekaterih strojih, največkrat stružnicah CNC, ko velikokrat ne gre za zahtevne konture in programiramo neposredno na stroju. Seveda pa je tako večja možnost, da pride do napak, predvsem zaradi človeškega dejavnika. Je tudi zamudno, saj moramo poiskati razne podatke o materialu in o orodju ter te podatke pretvoriti v primerne parametre.

Vendar je ročno programiranje še vedno zelo pomembno, ker se uporablja za izobraževalne namene in tako najlažje prikažemo naravo programiranja NC ter kako poteka delo na strojih CNC.

Računalniško podprto programiranje je veliko hitrejše, saj vse naštete stvari, ki jih moramo sami opravit pri ročnem programiranju, tukaj opravi računalnik. Programiranje postane hitrejše in zanesljivejše. Medtem ko si moramo pri ročnem programiranju po navadi sami izrisati načrt izdelka, le-te pri programiranju NC dobimo v računalniški obliki (narejene v sistemu CAD).

Prav tako s simulacijo testiramo ves postopek obdelave in takoj odpravimo morebitne napake. Po navadi že imamo v sistemu shranjeno knjižnico z orodji. To nam pomaga, da ko izberemo katerokoli orodje, nam sistem preračuna parametre in optimalne globine reza. Medtem ko računalniško programiramo, pa lahko stroj opravlja delo, za katero je namenjen. Ko imamo pripravljen program tako daleč, da bi dejansko lahko začeli delati na stroju, ta program s poprocesorjem pretvorimo podatke v kode, ki jih razume krmilje stroja. Te podatke nato pošljemo, lahko s pomočjo različnih vmesnikov, na obdelovalni stroj. (Pahole, Drstvenšek, & Ficko, 2006)

5 IZDELAVA PROGRAMA

Izdelal bom program s CAM-sistemom Esprit, ki ga uporabljam na delovnem mestu. To je eno od mnogih programskih oprem, ki so namenjene za to vrsto proizvodnje. Po mojih izkušnjah, ta program namreč uporabljam že dolgo časa in se vsako leto uspešno nadgrajuje, je primerljiv z drugimi bolj znanimi programi. Programsko opremo je izdelalo ameriško podjetje DP TECHNOLOGY, ki se ukvarja z razvojem in izdelavo CAM-softwarea in so ga razvili za obdelavo vseh vrst tehnologij CNC, od struženja, rezkanja vseh vrst, žične erozije,modeliranja, itd.(TECHNOLOGY, 2018)

5.1 Načrt

Z uporabo sistema CAM se bom lotil omenjenega problema (str. 9).Da lahko začnemo delati, potrebujemo načrt, na katerem je narisan izdelek, zraven pa so podane vse zahteve glede izdelka. Zahteve so lahko za kakovost površine, tolerance raznih oblik, kako naj bodo posneti robovi. Velikokrat so tudi ročno pripisane omembe, če je kje treba kaj dodati ali izpustitipri obdelavi in se bo obdelovalo pozneje,kot je določeno pri tehnologiji.

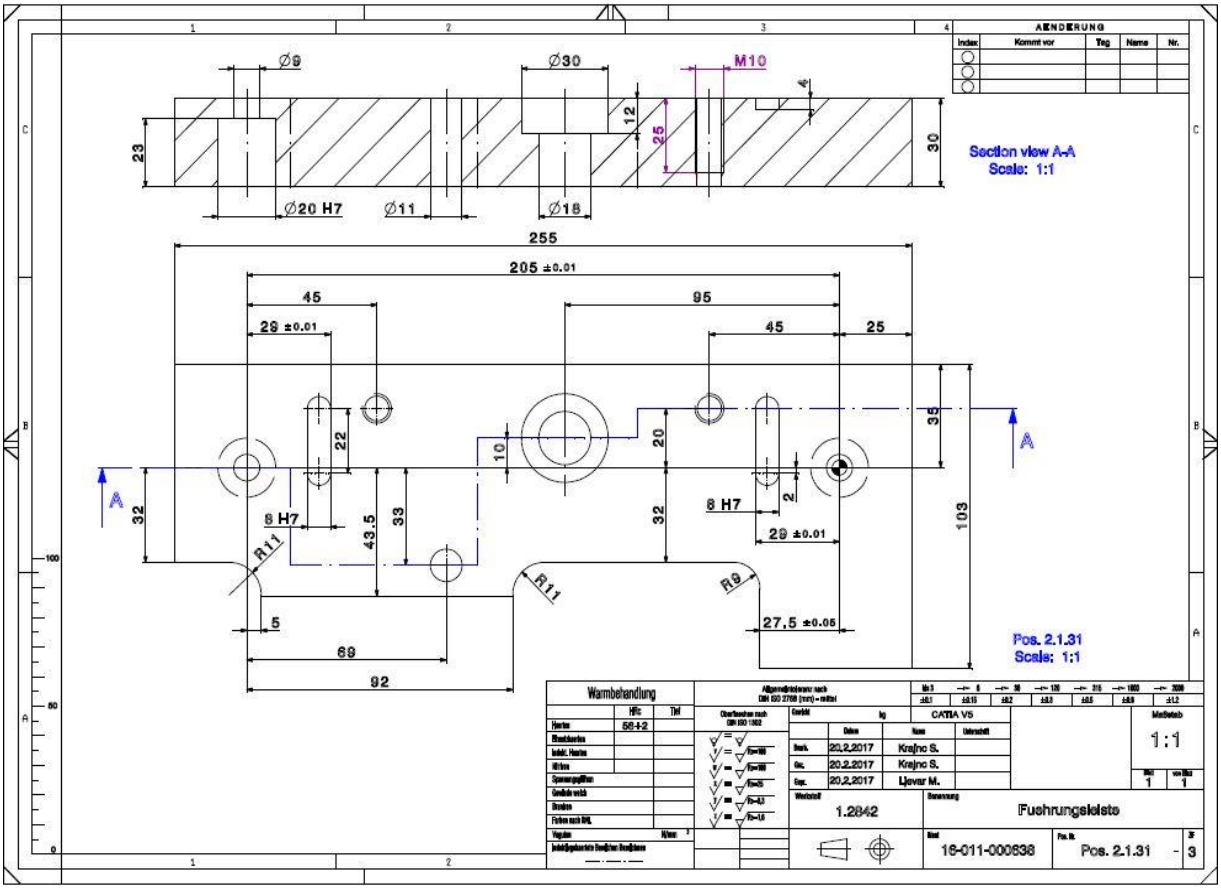
Na načrtu je pomembno, da sta označena kakovost materiala ter nadaljnji postopek obdelave, kot so razne termične obdelave. Glede na te podatke si lahko tudi sami določimo tehnologijo obdelave in glede na vrsto materiala določimo hitrost obdelave. Načrt je ponavadi v PDF-obliki (Slika 13), da lahko ocenimo, ali je izdelek primeren za našo proizvodnjo in da naredimo ponudbo.

Ko se dogovorimo za obdelavo izdelka, dobimo od naročnika tudi načrt v formatu dxf in velikokrat že v obliki step, kar je zelo priročno, saj takoj vidimo, kakšen bo končni produkt. Od nekaterih naročnikov še vedno dobimo samo osnovno skico v fizični obliki in si moramo nato celoten izdelek risati v sistemu CAM, s katerim bomo programirali, kar pa je zelo zamudno in lahko pride do napak, če kakšno mero spregledamo ali jo narobe prepišemo.

Zato je veliko primerneje, da so načrti vsaj kot datoteka v obliki dxf, ker je proizvod že narisan in ne izgubljamo časa s tem. To datoteko lahko v taki obliki uporabimo, da lahko po že narisanih linijah programiramo in določimo konture ter smeri obdelave. Možnost napak se zelo zmanjša, ker stranka s tem, ko ti dostavi tako obliko datoteke, jamči, da je v redu

narisana. Najboljše je, če je izdelek narisan kot model v3D-obliki (step, igs in podobne oblike datotek), kjer je možnost napak najmanjša. In ko si že specializiran v tej obliki programiranja, je to najlažja in najhitrejša različica.

Pri programiranju 2D moramo posebej paziti na globine raznih oblik in jih razbrati iz načrta in jih moramo kot take tudi vpisati v program. Pri modelu 3D s klikanjem po modelu določimo vse, kar je potrebno. Tako je razvidno, kako globoke so izvrtine ali katere druge konture. Že z enim klikom na modelu, ko izdelujemo program, ta sam odčita vrednosti, ki jih potrebujemo.



Slika 13: Načrt izdelka

Vir: (Lasten, 2018)

5.2 Nastavitev tehnologije

Zmeraj, ko se lotimo dela, najprej določimo potek dela. Največkrat si ga kar zamislimo. Pomembno je, kako se lotiti zadeve, saj se lahko zgodi, če je potrebno več operacij in se lotimo obdelave iz napačne smeri, da imamo težavo pri dokončanju izdelka, ker ga težko vpnemo, če ni dovolj obdelane površine.

Predstava je veliko enostavnejša, ko že imamo izdelke skonstruirane kot model, tako kot v tem primeru. Seveda pa moramo vedeti, kakšne dimenzije bo imel oz. ima surovec, iz katerega bomo izdelali zahtevan kos, da vemo, kako se lotiti dela. Velikokrat moramo sami poskrbeti za material pravilne velikosti. V tem primeru nam stranka sama dostavi surovce, ki so že pred obdelani. Pomeni, da so že pred rezkani na zunanje mere, ampak z minimalnim dodatkom.

Končne zunanje mere našega obdelovanca so 255*103*30mm. Po navadi nam dostavijo surovec z dodatkom približno 0,3 do 0,5 mm na mero. Torej so mere surovca približno 255,3*103,3*30,3mm. Pri pred obdelavi ne morejo zagotoviti pravokotnosti med površinami, saj večinoma pripravijo surovce na klasičnih rezkalni strojih, kjerje težko zagotoviti pravokotnost, ki pa je pomembna za končni namen izdelka.

Za prvi program bom uporabil rezalno orodje, ki ga uporabljam v proizvodnji že dlje časa. Poimenoval ga bom orodje A. Ker ga že dolgo uporabljam, vem, kako se orodje obnaša pri obdelavi različnih materialov. Pri drugem programu bom vzel novo rezalno orodje, ki sem ga sem pred tem testiral. Označil ga bom orodje B. Tako bom izdelal dva primerjalna programa.

5.3 Program 1

Ko imam model uvožen v Esprit, lahko začnem programski del. Najprej moram postaviti model na pravilno ravnino. To so X, Y in Z ravnine. Če si jo lahko predstavljamo, pomeni os X horizontalo od leve proti desni ali obratno, os Y je prav tako v horizontali naprej in nazaj, če gledamo proti tej ravnini, os Z pa je vertikalna os.

Nato določim izhodiščno točko (koordinate X, Y in Z). Pozneje, ko bom nadaljeval delo na stroju, moram poiskati začetni položaj. Nato model omrežim, da lahko izrišem konture (Slika 14).

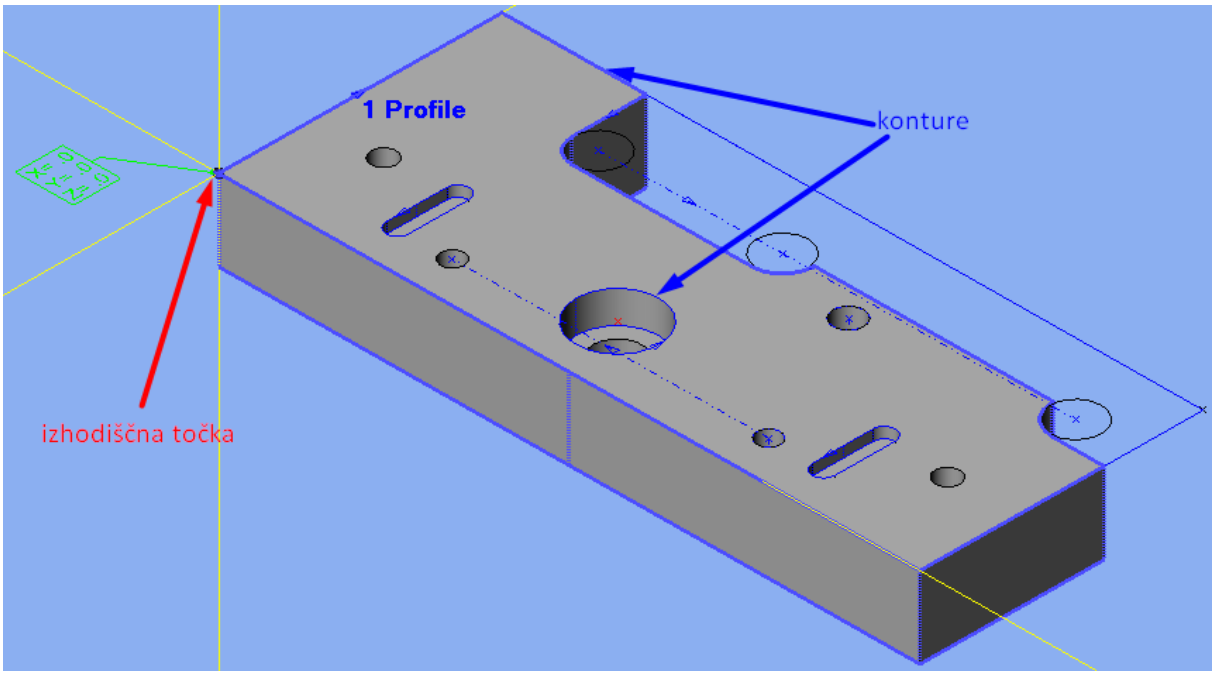
Mreženje pomeni, da vse oblike in ploskve med seboj povežem z linijami, ker je v osnovi model izdelan kot celota, v enem kosu. Seveda ponuja sistem funkcijo, s katero to naredim v dveh, treh klikih.

Konture so linije, po katerem se bo gibalo orodje, da dobimo obdelovalno površino. Zato si moramo tudi določiti vrstni red obdelave, ki pa je seveda odvisen od pripravljenega surovca, kot sem že omenil na tej strani, ker si po tem tudi nastavim konture. Sistem dopušča možnost

spreminjanja vrstnega reda, ampak je priporočljivo, da si ga nastavimo že prej, da ne pozabimo na katero operacijo, ker lahko pride do loma orodij in do uničenja izdelka.

Za risanje kontur (modra barva na Sliki 14) ima program več funkcij. Lahko jo narišemo ročno, tako da klikamo po točkah med stiki različnih ploskev.

Obstaja pa tudi funkcija za avtomatsko določitev konture. Izkoristimo jo na način, da linije, ki povezujejo ploskve, združimo v zaključeno obliko, nato s potrditvijo avtomatske funkcije ustvarimo določeno konturo.



Slika 14: Določitev izhodiščne točke in izris kontur

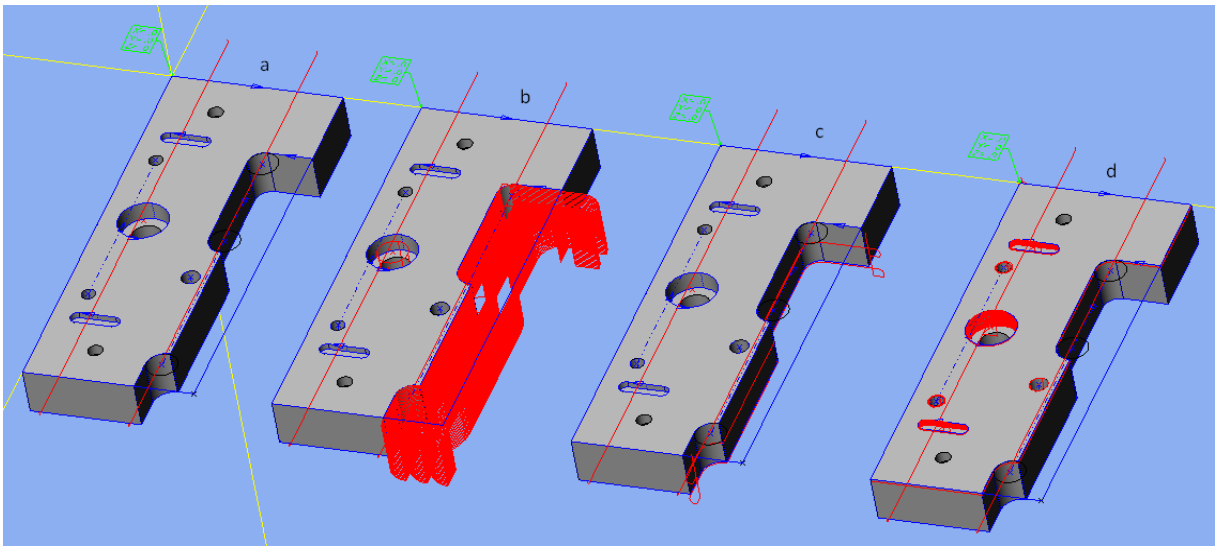
Vir: (Lasten, 2018)

Da bom dostavil izdelek, kot se spodobi, bom moral uporabiti več orodij. Za lažji pregled bom program razdelal na več operacij, a se bodo pozneje vse te operacije združile v en program, tako da bo izdelek narejen v enem oz. največ dveh vpetjih.

Seznam orodij, ki jih bom uporabil za obdelavo tega izdelka.

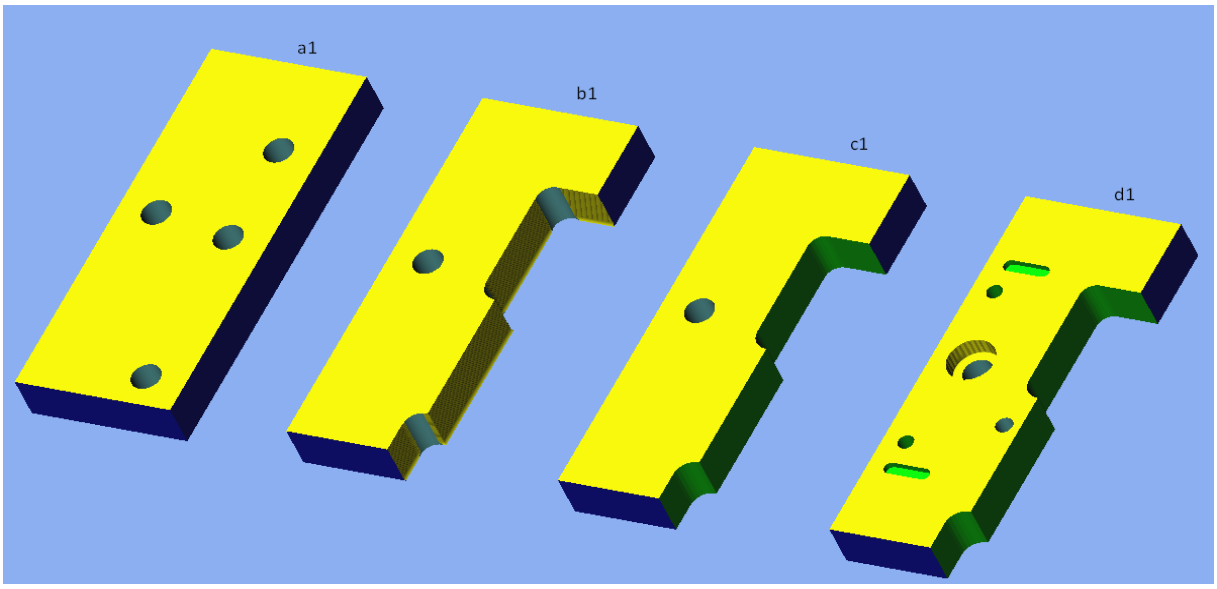
1. Rezkalna glava, premera 63 mm, za čelno rezkanje s petimi pravokotnimi rezalnimi ploščicami
2. Sveder za globoko vrtanje izvrtin,premera 18,5 mm, z dvema rezalnima ploščicama oz. t. i. topovski sveder

3. Rezkalna glava, premera 25 mm, z dvema okroglima rezalnima ploščicama, premera 12 mm (**To je v našem primeru orodje A.)**
4. Trdi kovinski rezkar, premera 10 mm
5. Trdi kovinski rezkar,premera 6 mm, z radijem na robovih 0,5 mm
6. Trdi kovinski rezkar, premera 6 mm
7. Trdi kovinski sveder, premera 11 mm
8. Trdi kovinski sveder, premera 8,5 mm
9. Rezkalna glava, premera 16 mm, z dvema rezalnima ploščicama za čelno in obodno rezkanje
10. Fazni rezkar, premera 6 mm, pod kotom 45°
11. Navojni sveder M10



Slika 15: Prikazane operacije po vrstnem redu

Vir: (Lasten, 2018)



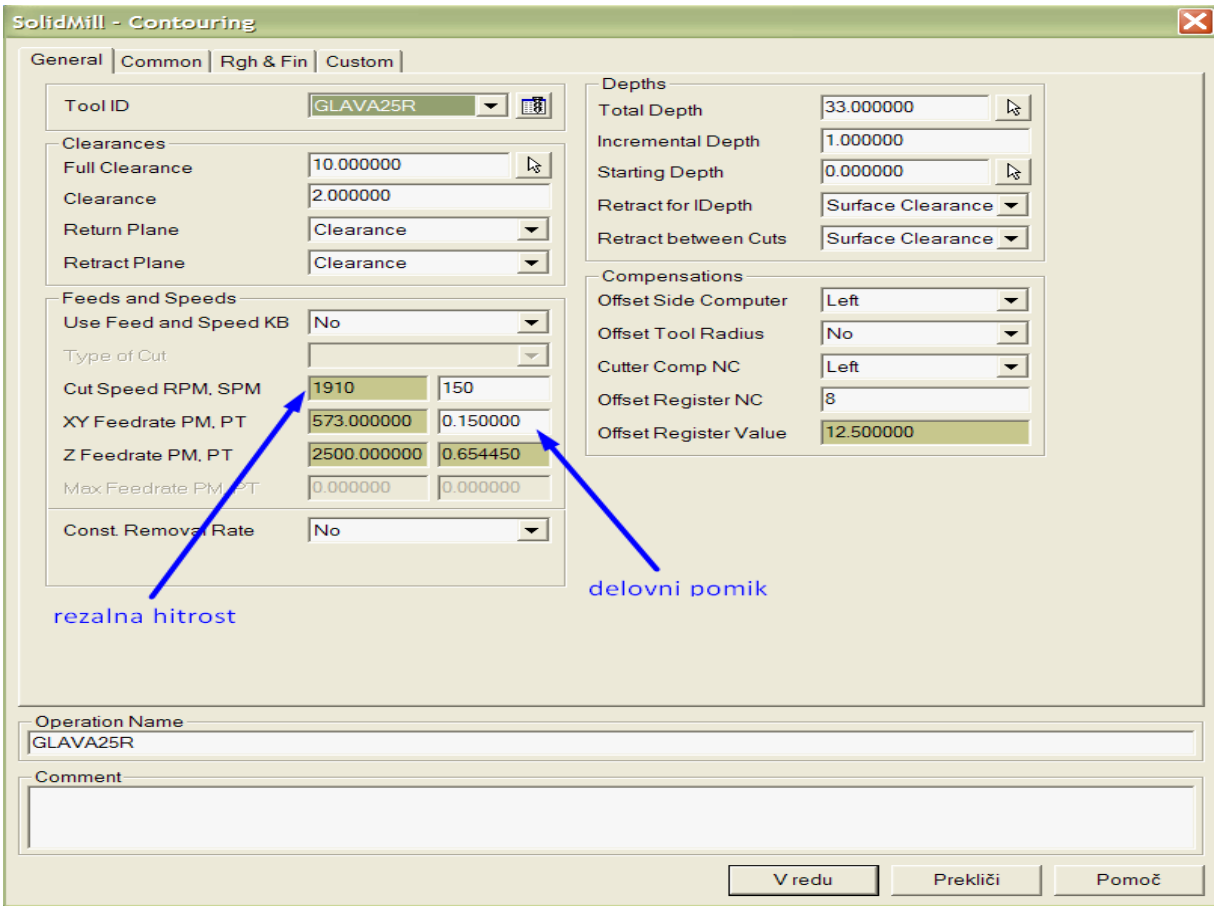
Slika 16: Simulacija po operacijah

Vir: (Lasten, 2018)

Sliki15 in 16:

- a in a1: prva operacija (čelno rezkanje in vrtanje)
- b in b1: druga operacija (grobo obodno rezkanje oblike z uporabo orodja A)
- c in c1: tretja operacija (fino rezkanje grobo rezkane oblike)
- d in d1: četrta operacija (vrtanje in rezkanje ostalih oblik)

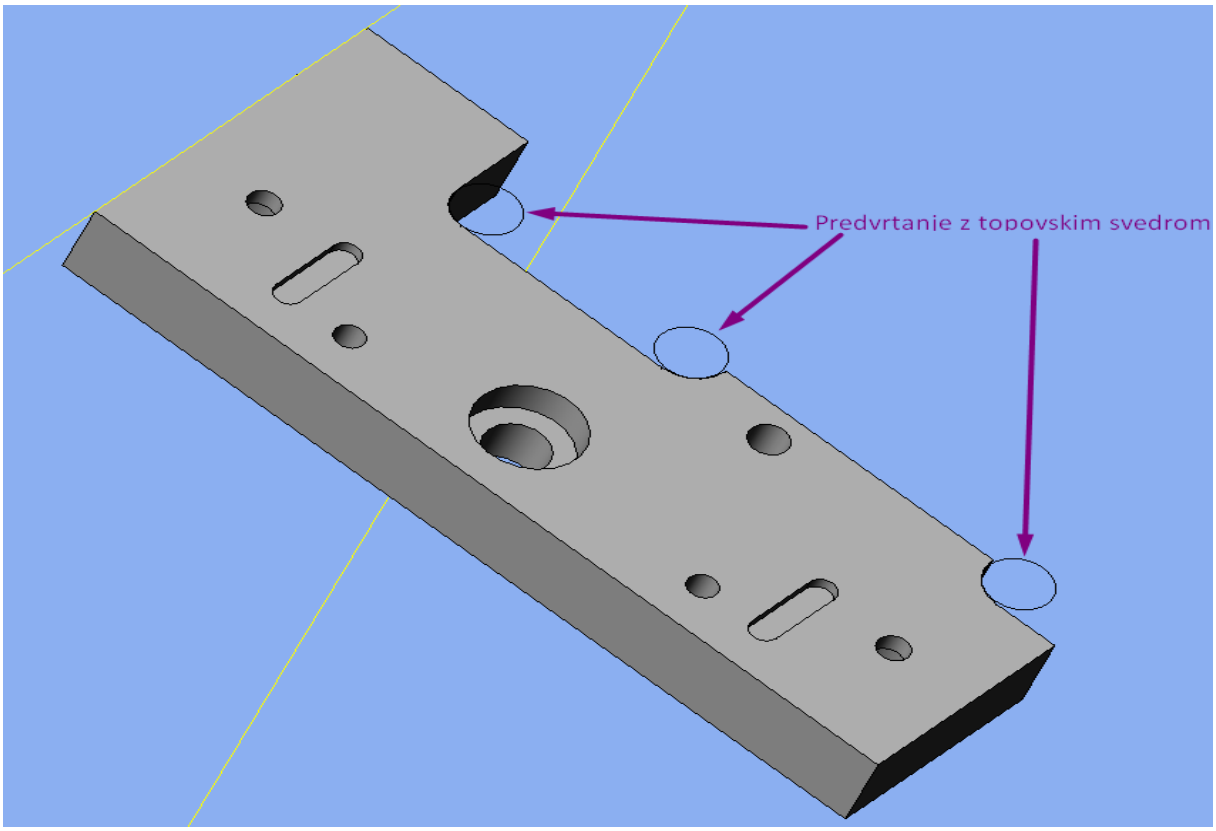
Za prvo operacijo (Slika 15/a) sem uporabil 1. orodje, s katerim bom čelno rezkal na končno mero 30 mm. To je razvidno tudi na Sliki 16 pod a1. Izbral sem parametre, kot so določeni od proizvajalca, ki pa imajo neki razpon, zato se odločim glede na vrsto materiala. Rezalna hitrost je 130 m/min., kar znaša 650 vrt/min., delovni pomik pa je 0,15 mm/vrt. za zob. Ta glava ima 5 rezalnih zob, kar znaša pribl. 500 mm/min. delovnega hoda, kar pomeni, da glava naredi v minuti 500 mm dolgo pot. Tako bi si lahko tudi sami preračunali čas obdelave določenega orodja, ampak za to ni potrebe, ker nam to izračuna že sistem.



Slika 17: Prikaz nastavitev operacije, rezkalnega orodja in parametrov

Vir: (Lasten, 2018)

Pri isti operaciji (razvidno na Sliki 16/a1) bom s topovskim svedrom izvrtal štiri izvrtine. Ena od teh je po načrtu, tri pa bom zvrtal za sprostitev za naslednje operacije in ker bom s tem takoj naredil podoben radij v vogalih, kot bo moral biti narejen po načrtu (slika 18). Parametri svedra so 140 m/min. rezalne hitrosti oz. 2400 vrt./min. in delovni pomik pri vrtanju je 120 mm/min ali 0,025 mm/vrt. za zob. Na tem svedru imamo dve rezalni ploščici, kar znaša skupni delovni pomik 0,05 mm/vrt. Če bi uporabili navaden kovinski sveder, bi bili režimi kar za petkrat počasnejši. Parametri takega svedra so 20–30 m/min. rezalne hitrosti ter 50 mm/min. delovnega pomika.



Slika 18: Pred vrtanje s topovskim svedrom, premera 18,5 mm

Vir: (Lasten, 2018)

Zatem sledi grobo rezkanje oz. odrezovanje precejšnjega dela materiala, da bom lahko izdelal končno obodno obliko izdelka. Zato bom uporabil orodje A. Rezkalna glava ima rezalne ploščice, ki so izdelane iz specialnih materialov. Prav tako so vsa orodja z rezalnimi ploščicami, ki jih bom uporabil za ta izdelek, iz podobnih materialov. Skupek teh materialov nam zagotavlja veliko trdnost in odpornost. Ta rezalna orodja so izdelana iz cermetov in karbidnih trdin.

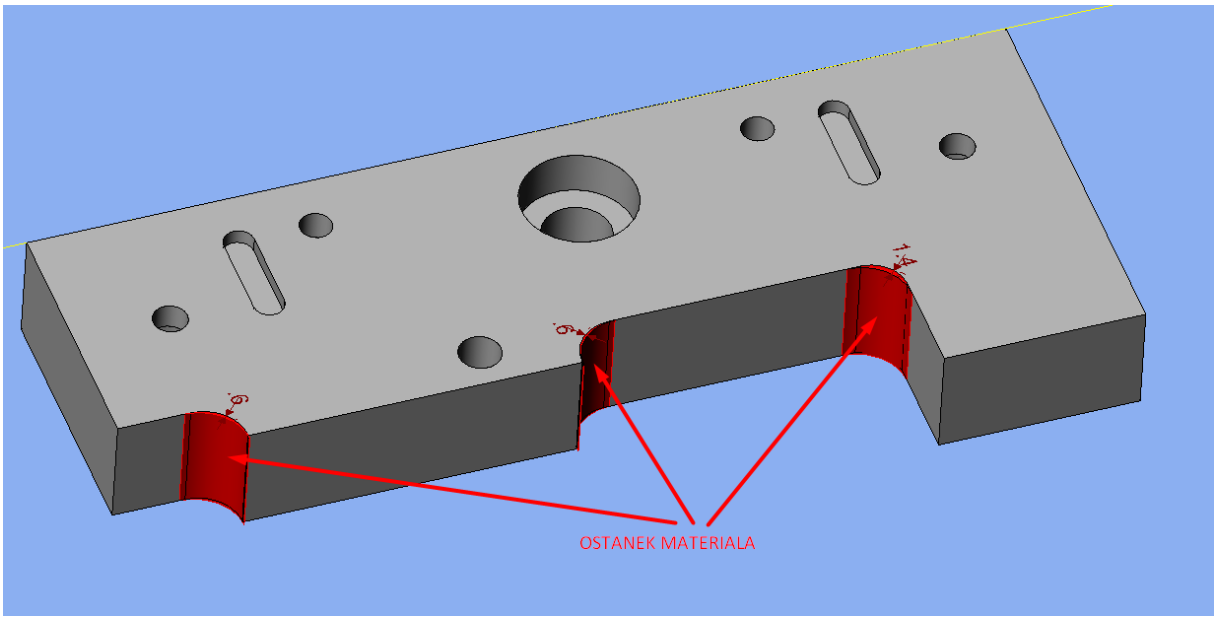
»Cermeti oziroma kovinska keramika vsebujejo keramične komponente, kot so oksidi, karbidi, nitridi, boridi, karbonitridi in silicidi. Kot vezivo se uporabljajo kovine kobalt (Co), nikelj (NI) in molibden (Mo). Zaradi keramičnih faz imajo cermeti dobre uporabne lastnosti, kot so velika trdota in obrabna ter temperaturna obstojnost. kovinske sestavine, ki povezujejo keramične faze v enoviti material, cermetom zagotavljajo žilavost, odpornost proti temperaturnim udarom ter prevodnost. Karbidne trdine (KT) so cermeti in vsebuje karbide volframa (WC), titana (TiC), tantala (TaC) in kovino kobalt (Co) ali nikelj (Ni) kot vezivo. Zaradi značilnih lastnosti so karbidne trdine uvrščene v posebno skupino materialov (standard

ISO 513). Glavni odliki karbidnih trdin sta velika trdota, ki jo obdržijo tudi pri temperaturi nad 1000°C in odpornost proti obrabi ob sorazmerno ugodni žilavosti. « (Dr. Kisin, 2011)

Parametri rezkalne glave, premera 25 mm, so 1900 vrt./min. oz. 150 m/min, rezalne hitrosti. Pomik po ravninah XY je 0,15 mm/vrt. za eno rezalno ploščico ali 570 mm/min. Ker je ploščica okrogla, je težko določiti, kolikokrat lahko eno uporabimo, ko se enkrat uporabljen del obrabi. Obrabi se različno, odvisno od globine reza in uporabe. Ali se uporablja za čelno rezkanje ali pa za čelno in obodno. Globina celotnega reza je 33 mm. Čeprav je končna globina izdelka 30 mm, moram s to glavo rezkati globlje zaradi radija ploščic, ker bi sicer proti koncu ostalo preveč materiala na obodu. Vendar glava in tudi stroj nista sposobna odrezati celotne globine naenkrat, zato je treba odrezovati postopoma.

Čeprav so nekateri parametri od proizvajalca za globino reza kar 3–5 mm (spet odvisno od vrste materiala), v tem primeru ne moremo odrezovati več kot 1 mm. Tudi po širini bi morda lahko odvzeli material v dveh širinah, saj po načrtu lahko naredimo največjo širino 36 mm. To pomeni, da bi lahko odvzemali dvakrat po širini, kar bi znašalo 18 mm oz. 72 odstotkov glave naenkrat. Vendar sem se glede na prejšnje izkušnje s tem rezkalnim orodjem odločil za tri odvzeme po širini, kar je največ 12 mm ali skoraj 50 odstotkov glave po širini (Slika 15/b).Predvsem zaradi obremenitve stroja.

Radij tega orodja je 12,5 mm. To omenjam, ker so vogali rezkane oblike po načrtu z manjšimi radiji, in sicer enkrat 9 mm ter dvakrat po 11 mm. Zato sem se odločil za pred vrtanje, saj bi brez tega ostalo v vogalih preveč materiala (Slika 19).Tako sem se odločil še iz enega razloga,in sicer ko bi glava zavila v vogal neposredno,bi prišlo do še večje obremenitve kot sicer, ker bi avtomatsko začela odvzemati material v vogalu po celotni širini.



Slika 19: Prikaz ostanka materiala brez pred vrtanja

Vir: (Lasten, 2018)

Po grobem odvzemu materiala sledi fino rezkanje te oblike (Slika 16/c1 – pobarvano zeleno). Za fino rezkanje največkrat uporabljamo stebelni rezkar. Takega bom uporabil tudi tokrat. Premer rezkarja je 10 mm in ima štiri rezalne robove. Dolžina rezila je 20 mm s skupno uporabo v dolžini 35 mm, kajti za rezilom je zbrušeno steblo na nekaj desetink milimetra manjši premer, kar služi kot sprostitev, in tako lahko rezkamo v večje globine. A bom zaradi dolžine rezila v tem primeru rezkal po osi Z dvakrat po 15 mm, da pridem do končne debeline izdelka.

Ker sem pred tem zvrtal vogale, kjer je sicer še vedno ostalo nekaj odvečnega materiala, bom lahko fino rezkal s tem orodjem. Če ne bi bilo pred vrtanja, pa bi bilo treba vogale še pred finim rezkanjem odrezat najverjetneje z rezkalno glavo 16 mm, ki jo bom uporabil pozneje. To bi podaljšalo čas obdelave bolj kot pa vrtanje.

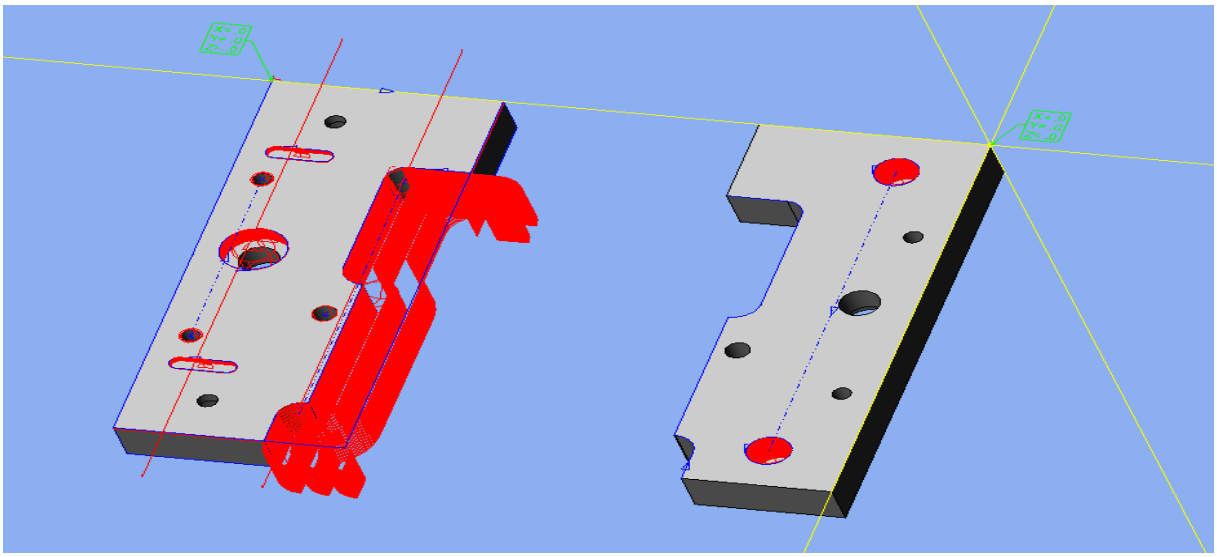
V zadnji operaciji bom izdelal še preostale elemente (Slika 16/d1). Dvakrat utor,globine 4 mm in širine 8 mm, ki pa je omejen s toleranco H7 po širini. To pomeni, da je širina omejena od 8,000 mm do 8,015 mm. Grobo bom obdelal utore z rezkarjem, premera 6 mm, ki ima rob oblike radija 0,5mm. S takim rezkarjem lažje grobo odrezujemo, ker ima zaradi svoje oblike večjo vzdržljivost. Z rezkarjem premera 6 mm pa bom nato fino obdelal te utore, da bom prišel do zahtevane tolerance.

Obdelati še moramo izvrtino premera 30 mm in globine 12 mm, za katero sem že izvrtal luknjo s topovskim svedrom. To bom izdelal z rezkalno glavo,premera 16 mm, z dvema rezalnima ploščicama pravokotne oblike. Parametri te glave so 2400 vrt./min. in 800 mm/min. pomika. Sistem odrezovanja bo spiralno potapljanje po 0,8 mm globine na krog.

Potrebujemo še izvrtino, premera 11 mm, za kar bom uporabil trdi kovinski sveder enakega premera. Izdelati pa še moram dva notranja navoja M10. To je standardni navoj, ki ima korak 1,5 mm. M pomeni metrični navoj, številka 10, da je zunanji premer navoja 10 mm, korak pa, da je na en obrat za 360° dolžina utora navoja dolga 1,5 mm. Najprej je treba zvrtati luknjo s svedrom, premera 8,5 mm. Premer izvrtine dobimo na preprost način. Od premera navoja, v našem primeru 10 mm, odštejemo korak. 10 – 1,5 = 8,5. Za vrezovanje navoja uporabim navojni sveder M10.

Na koncu tega vpetja še s faznim rezkarjem posnamem vse robove, da ti niso ostri.

Sledi drugo vpetje, kjer bom dokončal izdelek. Obdelati moram dve luknji, premera 20 mm in globine 23 mm, ki sta tolerirani s toleranco H7. Skozi je treba zvrtati izvrtine, premera 9 mm. Postopka se bom lotil tako, da bom najprej s trdim kovinskim svedrom, premera 9 mm, zvrtal luknji skozi obdelovanec, nato pa z glavo, premera 16 mm, ki sem jo že uporabil na prvi strani, razširil izvrtino na 20 mm, vendar z dodatkom 0,15 mm na steno izvrtine. Tako bom lahko z rezkarjem, premera 6 mm, ki sem ga tudi že uporabil na prvem vpetju, izdelal luknji 20 H7. Tako bom zaključil izdelavo obdelovanca.



Slika 20: Prvo in drugo vpetje s kompletno obdelavo

Vir: (Lasten, 2018)

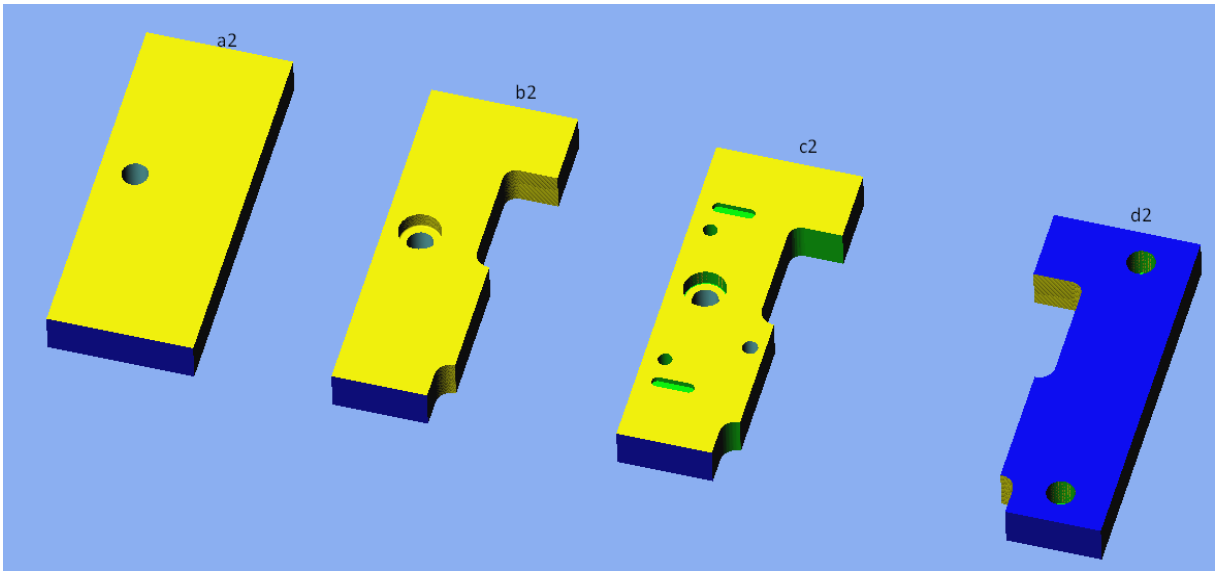
5.4 Program 2

Pri tem programu bom poskusil zadevo optimizirati. Predvsem zato, da izboljšamo čas proizvodnje. Prihraniti pa bi se dalo tudi na drugih področjih. Obstojnost orodja, ki ga bom tukaj uporabil, naj bi večja, in to pri hitrejši obdelavi. Spet bom naredil program za dve vpetji. Vendar bom tudi tukaj razdelil prvo vpetje na več operacij za boljšo preglednost, ki pa so pozneje združene v en sam program.

Seznam orodij za ta primer se bo malenkost spremenil.

1. Rezkalna glava, premera 63 mm, za čelno rezkanje s petimi pravokotnimi rezalnimi ploščicami
2. Sveder za globoko vrtanje izvrtin,premera 18,5 mm, z dvema rezalnima ploščicama oz. t. i. topovski sveder
3. Rezkalna glava, premera 16 mm, z dvema ploščicama trikotne oblike, ki imajo rob z radijem 1 mm; ploščica ima tri rezalne robove, tako da jo lahko trikrat uporabimo (To je v našem primeru **orodje B**.)
4. Trdi kovinski rezkar, premera 10 mm
5. Trdi kovinski rezkar, premera 6 mm, z radijem na robovih 0,5 mm
6. Trdi kovinski rezkar, premera 6 mm
7. Trdi kovinski sveder, premera 11 mm
8. Trdi kovinski sveder, premera 8,5 mm

1. Fazni rezkar, premera 6 mm, pod kotom 45°
2. Navojni sveder M10



Slika 21: Simuliran program 2 za obe vpetji

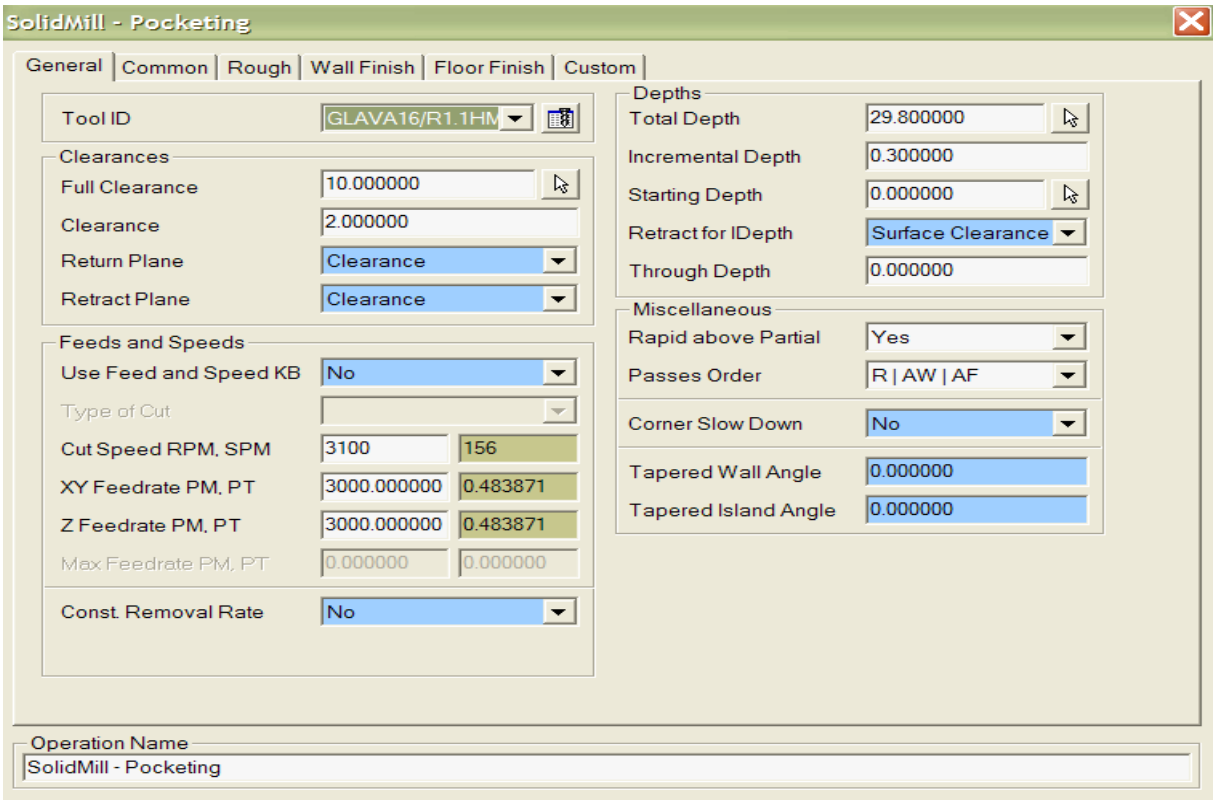
Vir: (Lasten, 2018)

Slika 21:

- a2: čelno rezkanje ter vrtanje po načrtu
- b2: grobo rezkanje z orodjem B
- c2: fino rezkanje oblike, ki smo jo pred tem grobo rezkali, ter rezkanje in vrtanje drugih zahtevanih oblik
- d2: drugo vpetje in dokončanje izdelka

Začnemo s čelnim rezkanjem, da počistimo obdelovanec in uporabimo isto orodje kot v prvem programu. V isti operaciji uporabimo topovski sveder, ampak samo za izvrtino, ki je po načrtu. Ne potrebujemo pred vrtanih lukenj (Slika 21/a2).

Pri naslednjem posegu bom za grobo rezkanje oblike nadomestil orodje A z orodjem B. Uporabil bom tudi drugačno obliko obdelave. Prvič sem uporabil funkcijo contouring. To pomeni gibanje po označeni konturi. Pri tej funkciji orodje vedno sledi v eni smeri (ponavadi istosmerno) konturi, ki smo jo izrisali. Zdaj bom izkoristil sistem CAM in uporabil drugo obliko izdelave. Imenuje se pocketing (Slika 22).



Slika 22: Funkcija pocketing

Vir: (Lasten, 2018)

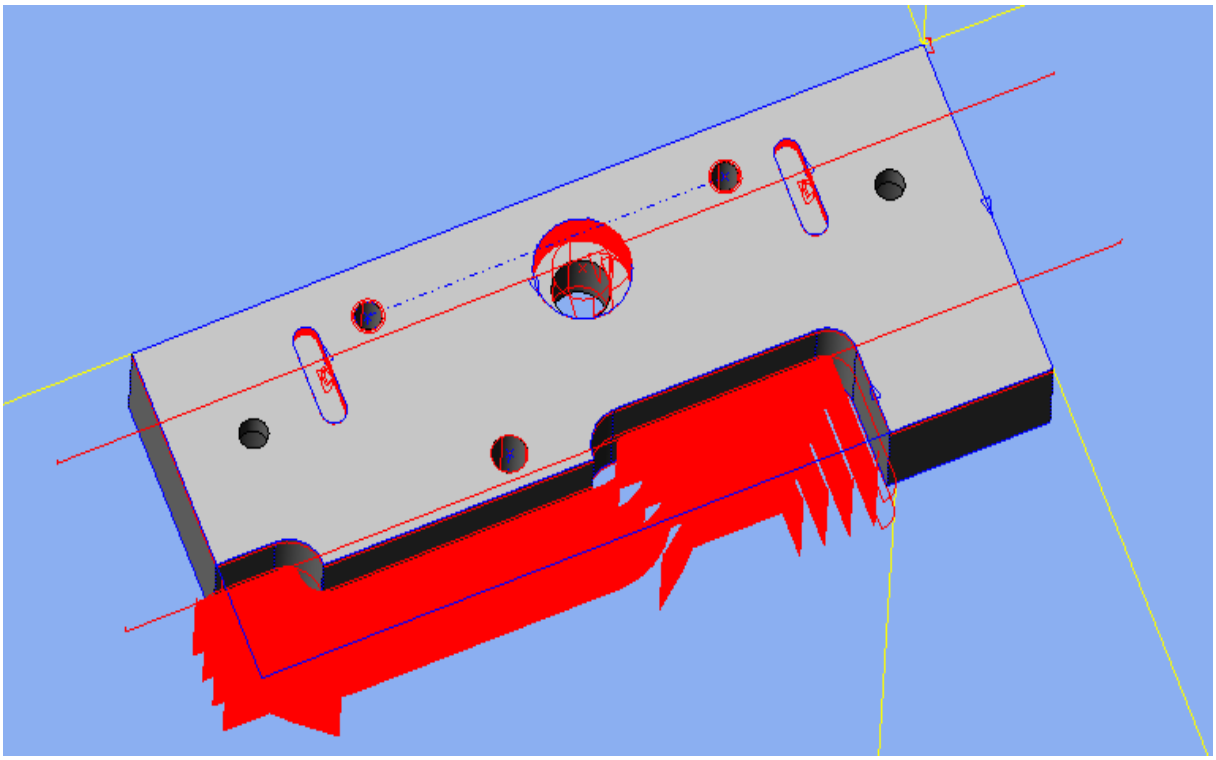
Pocketing bi lahko poimenovali kot izdelava žepa. S to funkcijo lahko izdelujem različne oblike, ki so zaprte ali odprte, pomeni, da lahko imajo zaključene konture ali pa prekinjene in te linije vmes med prekinitvami naredimo, kot da so nevidne, in jih lahko uporabimo za vhod in izhod naše obdelave. Lahko določimo oblike, kakršne hočemo. Skoraj ni omejitev glede tega.

Omogoča nam gibanje v več smeri. Lahko rezkamo cikcak, krožno, od znotraj navzven in obratno, kakor si pač določimo in nam glede na izdelek in orodje najbolj ustreza. Zato lahko rezkamo istosmerno kot proti smerno pri isti funkciji. To sem izbral, ker rezkanje s to rezkalno glavo omogoča odrezovanje v vse smeri. To pa zato, ker je nastavek glave iz tršega materiala oz. je trdo kovinsko steblo in ne prihaja do vibracij kot pri prejšnjem orodju.

Določimo tudi, ker je to grobo odstranjevanje materiala, koliko dodatka naj pustimo na steno obdelovalne površine. Parametri tega orodja so tudi drugačni. Rezalna hitrost je približno ista, 156 m/min. (3100 vrt./min.), delovni pomik pa je precej večji. Znaša nekaj manj kot 0,5 mm/vrt. za zob. Kar je 3000 mm/min. Zaradi velikih hitrosti je globina reza majhna, 0,3 mm. Zaradi majhnih globin reza se tudi obrablja samo čelno, čeprav jo uporabljamo tako čelno kot obodno. Lahko pa glede na premer glave uporabljamo skoraj celotno naenkrat, kajti zaradi majhne globine reza in velikih hitrosti bi morale biti zelo majhne obremenitve. Zaradi premera glave (16 mm) tudi nisem uporabil pred vrtanja s topovskim svedrom, ker je polmer manjši od polmera v vogalih konture in lahko obdelam po celotni površini brez ostanka materiala.

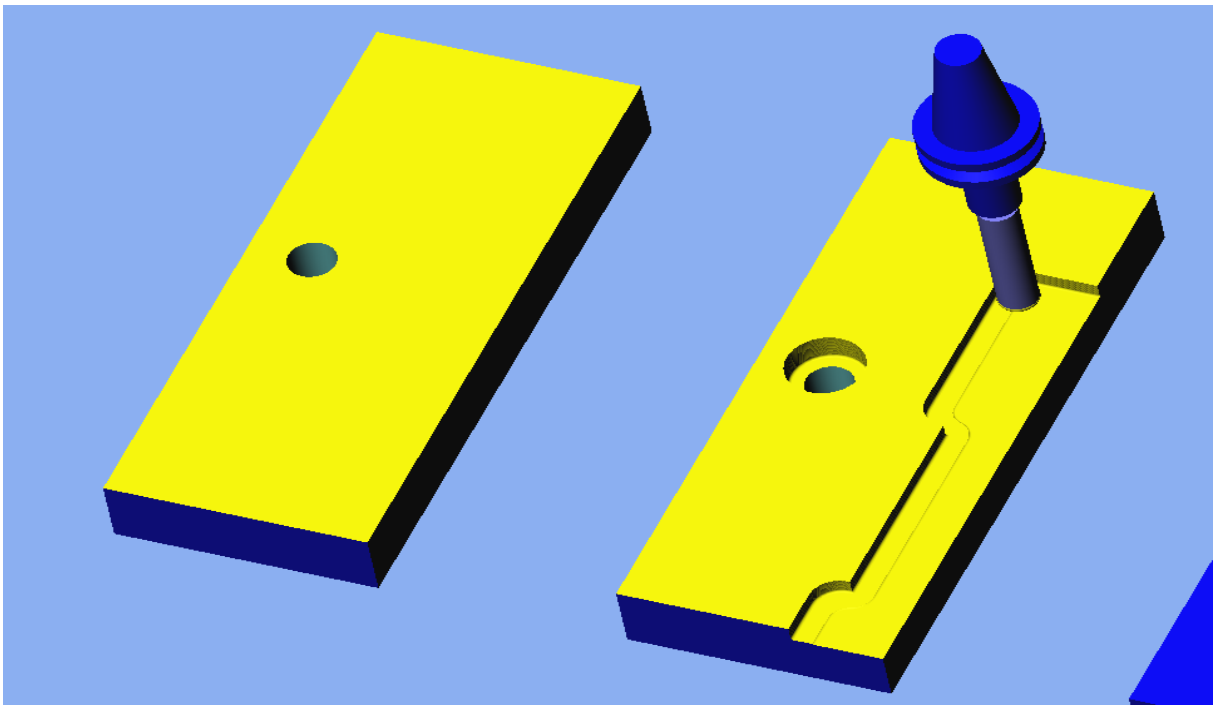
Naslednje operacije bodo ostale enake kot pri prvem programu. Pri finem rezkanju bo rezkar, premera 10 mm, brez težav počistil površino, saj ne bo ostalo nič dodatnega materiala, razen dodatka 0,15 mm na steno, ki sem ga pustil pri prejšnji operaciji, kar pa je normalno. Sprememba bo še pri obdelavi izvrtine, premera 30 mm in globine 12 mm, kjer bom prav tako uporabil orodje B, tako da glave premera 16 mm s pravokotnimi ploščicami v tem primeru sploh ne potrebujem.

Tudi pri drugem vpetju bom izkoristil novo rezkalno glavo za izvrtino, ki ima premer 20 mm. Vendar bom moral zaradi majhnega premera luknje, ki je že blizu premeru glave, zmanjšati delovni pomik za približno polovico; na 1500mm/min, kar pa je še vedno zelo hitro. Zmanjšati moramo pomik, ker bolj kot je premer orodja podoben premeru izvrtine, do večjih obremenitev prihaja, ker se orodje po premeru dotika z večjo površino.



Slika 23: Celotna obdelava prvega vpetja z orodjem B

Vir: (Lasten, 2018)



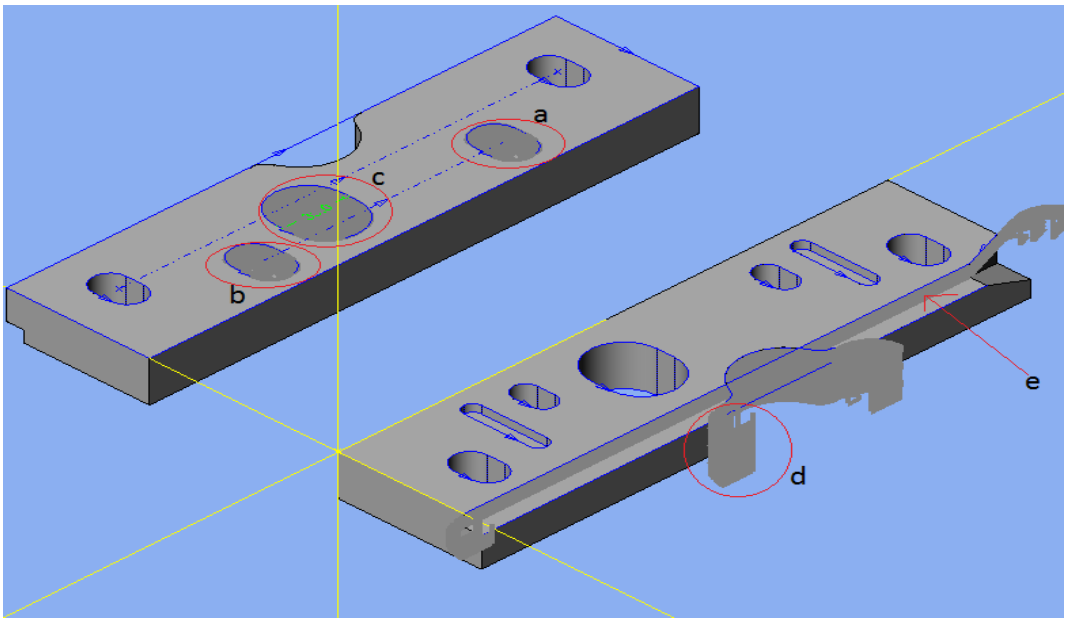
Slika 24: Prikaz simulacije z orodjem B

Vir: (Lasten, 2018)

5.5 Program 3

Ker se je težko odločiti po preizkušnji samo enega izdelka, sem se odločil, da naredim primerjavo še na enem podobnem kosu. Gre za izdelek, ki je prav tako del istega vodila traku, vendar z malo drugačnimi oblikami, kjer bom lahko uporabil obe orodji.

Tukaj sem najprej uporabil orodje A (rezkalno glavo, premera 25 mm, z dvema okroglima ploščicama). Uporabil sem jo lahko za obdelavo treh različnih oblik, izpostavil pa jih bom pet. Za dve sem moral uporabiti drugo orodje. Čeprav so še druge oblike na tem izdelku, jih ne bom še enkrat ponavljal, ker so podobne prejšnjemu izdelku in potrebujemo enako orodje v vseh primerih.



Slika 25: Nov izdelek z označenimi pomembnimi oblikami

Vir: (Lasten, 2018)

Pri oblikah c, d in e (Slika 25) sem za obdelovanje uporabil orodje A z enakimi prvotnimi parametri in ne s spremenjenimi kot v prvem programu. Da omenim, konture a, b, c so izdelane v prvem vpetju, d in e forme pa v drugem. Moral pa sem pri konturi c pred vrtati s topovskim svedrom, premera 28 mm. Za tak premer sem se odločil, ker je širina elipse (oblika c) 30 mm in tako ostane manj materiala, kar pomeni manjšo obremenitev za orodje in stroj. Parametri svedra so 1400 vrt./min. in pomik 100 mm/min. Že tukaj sem porabil dodatno orodje in čas. Za obliki a in b sem uporabil rezkalno glavo premera 16 mm s pravokotnimi rezalnimi ploščicami, ki sem jo tudi koristil pri prvem programu. Moral pa sem tudi tukaj pred vrtati s še enim topovskim svedrom, premera 16 mm, ker tako kot pri orodju A ni glava

zmožna rezkanja v poln material, ampak mora imeti nekaj proste površine. Širina teh dveh kontur je 18 mm, zato odločitev za tak premer svedra. Parametri topovskega svedra so 2800vrt./min. in delovni pomik 140mm/min.

Pri vseh oblikah sem rezkal istosmerno. Da sem lahko dokončno obdelal konture, sem tudi tukaj po obdelavi z orodjem A moral rezkati obliko z glavo, premera 16 mm, ker je prejšnja pustila prevelik ostanek materiala zaradi geometrije orodja in tako ni bila možna takojšnja končna obdelava. Vse oblike sem lahko nato fino obdelal s trdim kovinskim rezkarjem, premera 10 mm (prav tako uporabljen v prejšnjih programih).

5.6 Program 4

Za zadnjo primerjavo pri programu 4 in izdelavo istega izdelka kot v programu 3 je bilo uporabljeno orodje B. Vse omenjene oblike s Slike 25 (a, b, c, d in e) sem lahko rezkal s tem orodjem, medtem ko v prejšnjem programu tega nisem mogel.

Za formo c ostajajo enaki parametri, torej 3100 vrt./min. in 3000 mm/min. delovnega pomika in po globini 0,3 mm odvzema. Zaradi zasnove orodja sem lahko rezkal »v polno«. Ni bilo potrebnega nobenega pred vrtanja. Uporabil sem lahko enake parametre, ker je oblika takih dimenzij, da je omogočalo kakovostno rezkanje.

Po obodu se je orodje dotikalo z majhno površino glede na obseg orodja. Je pa narejeno tako, da po globini oz. na površino rezkalne glave lahko uporabljamo skoraj celotno. Skoraj pravim zato, ker zaradi geometrije orodja, omenjena je bila na strani 36, lahko uporabimo 90 odstotkov površine orodja, zato je ta kontura idealna, ker če bi lahko uporabljali 100 odstotkov, bi lahko rezkali širine 32 mm, tukaj pa imamo 30 mm, kar je ravno pravšnja, da lahko uporabimo rezkalno glavo, kot je treba.

Za obliki a in b je bilo treba zmanjšati režime. Ti dve konturi sta širine 18 mm in radij na koncih oblik je 9 mm, kar je samo 1 mm večje od radija orodja A. Pri obdelavi se glava z veliko večjo površino po obodu dotika obdelovanca in prihaja do vibracij in nekaj večjih obremenitev. Posledično sem zmanjšal parametre. Vrtljaje ponavadi pustim enake, zmanjšam pa delovni pomik, ki je znašal 2000 mm/min. Tudi globina reza je zmanjšana za 0,1 mm, in sicer na 0,2 mm.

Pri drugem vpetju za obliko e ostajajo prvotni parametri, saj ni neke velike površine za obdelovati. Pri do zdaj omenjenih formah se je uporabljala enaka funkcija za

obdelovanje(contouring). Pri vseh, razen obliki e in d, sem se z orodjem z isto funkcijo lahko potapljal v globino, saj je to omogočala oblika zahtevane konture. Pomeni, da je orodje delovalo istočasno po vseh treh oseh. Po oseh X in Y se je obdelovala oblika, po osi Z pa globina.

Pri konturi e se je uporabila ista operacija za obdelovanje, vendar gre za nezaključeno konturo in se lahko obdeluje tako, da orodje potuje delujoče istosmerno, na začetek pa mora potovati mimo obdelovanca brez kolizije.

To vedno vzame nekaj časa. Lahko bi koristil naslednjo operacijo, ki sem jo uporabil za obliko d. Vendar sem se odločil, ker gre za dokaj kratko operacijo in je zahtevana mala globina, da pri enem kosu ne bi prineslo neke razlike. Pri serijski obdelavi pa bi se drugače lotil zadeve in bi uporabil ali izkoristil druge zmožnosti sistema.

Operacija, ki sem jo omenil, je sicer namenjena oz. sem jo uporabljal za kakšne nenavadne oblike. To jeza kote nestandardnih stopinj, za kakšne krivulje, kar bi bilo sicer neizvedljivo. Ta operacija omogoča neke vrste obdelavo3D. To sem uporabil tudi pri tej obliki, saj funkcija omogoča, da lahko rezkamo isto- in proti smerno naenkrat.

Označimo glavno konturo po oseh X in Y, nato pa še posebej konturo po osi Z, ki pa jih moramo združiti v neki točki, saj sicer ne poveže operacije v eno obliko. D-oblika sicer ni nenavadne oblike, ampak sama operacija omogoča gibanje v vse smeri.

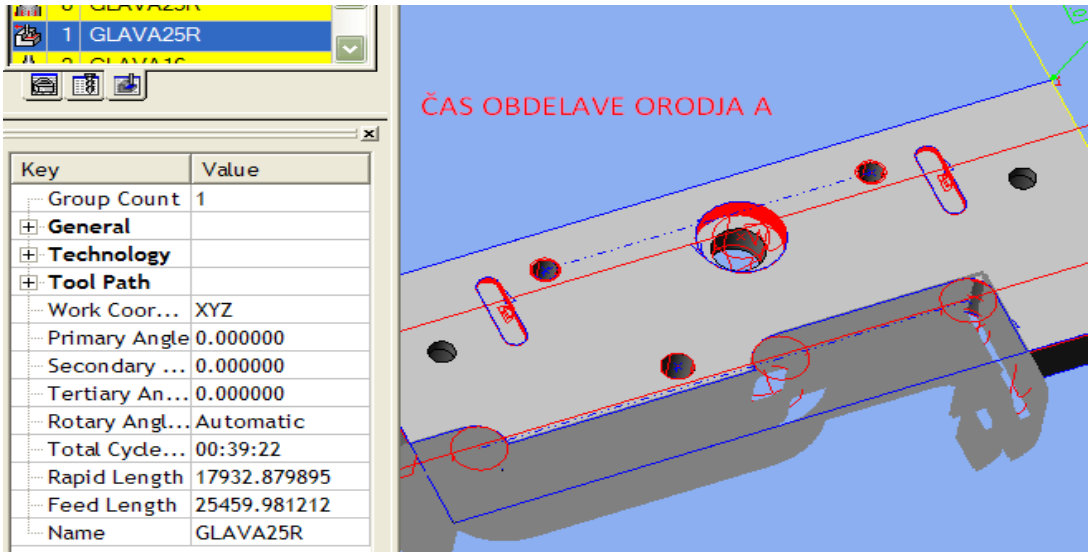
Ta funkcija je pomembna, ker sem lahko s tem orodjem, ki je zmožno rezkanja v vse smeri, tudi uporabil za istosmerno in proti smerno rezkanje v eni operaciji. To pomeni, da ni bilo nepotrebne izgube časa zaradi poti orodja od ene do druge točke, ker je v tej operaciji omogočeno gibanje zmeraj po konturi oz. da se vedno dotika obdelovalne površine. Glede na našo obliko bi lahko brez skrbi uporabil funkcijo pocketing kakor v drugem programu, ampak sem še hotel uporabiti druge zmožnosti sistema. Na koncu sem vse fino obdelal z istim orodjem kot v prejšnjih primerih.

6 OVREDNOTENJE PO OPRAVLJENI SIMULACIJI

S tem, ko sem naredil več programov v Esprit CAM-u, mi je sistem omogočil, da lahko ocenim razliko med njimi. Kot sem že omenil, nam sistem ponuja časovni izračun obdelave posameznega orodja in seštevek časa celotnega programa. Tako sem analiziral, ali je optimizacija uspela ali ne. Sprva sem ovrednotil simulacijski čas in kateri program bi lahko bil hitrejši ter uspešnejši .Pozneje bom te izdelke izdelal na stroju ter tako ocenil, ali je bila simulacija in predvsem nabava novega orodja uspešna.

6.1 Čas obdelave programa 1

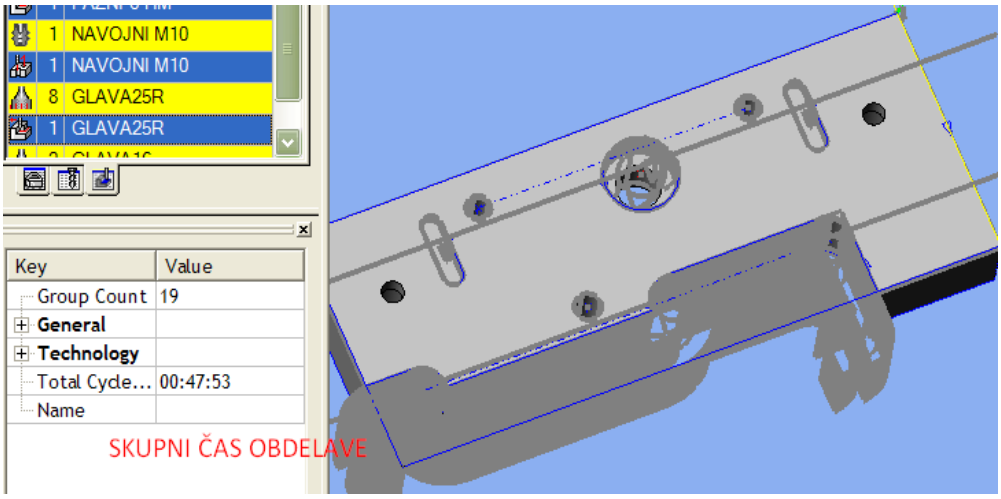
Če gremo po vrsti, najprej sem izbral orodje A in glavno obliko, ki ga je to orodje obdelalo. Skozi simulacijo je bil viden čas obdelave z rezkalno glavo, ki je znašal 39 minut in 22 sekund (Slika 26). Označeno je s sivo barvo.



Slika 26: Čas obdelave glavne oblike z orodjem A

Vir: (Lasten, 2018)

Izpostavil sem tudi skupni čas celotne izdelave obdelovanca s programom 1(Slika 27), ker je tudi ta pomemben pri celotni oceni. Potek celotnega vpetja je trajal 47 minut in 53 sekund. Čas kompletnega vpetja se je seveda povečal za dobrih osem minut zaradi rezkanja in vrtanja drugih zahtev na izdelku ter dodatnih orodij, ki sem jih zato uporabil.

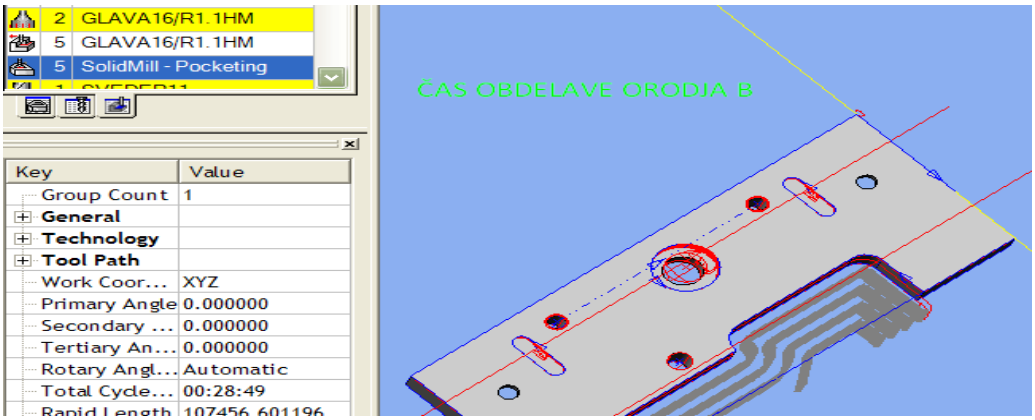


Slika 27: Skupni čas obdelave programa 1

Vir: (Lasten, 2018)

6.2 *Čas obdelave programa 2*

Časovna vrednost rezkanja oblike, ki sem jo izbral, da nekako prikaže razliko med orodji, je pri drugem orodju znašala precej manj kakor pri uporabi prve rezkalne glave. Ta čas je bil 28 minut in 49 sekund (Slika 28).To je seveda hipotetično oz. po režimih, ki jih je predlagal proizvajalec. Vendar pa, kot sem že omenil,sem to rezkalno glavo že testiral. Ne vem pa, kako dolgo obstojnost imajo rezalne ploščice glede na hitrost obdelave.

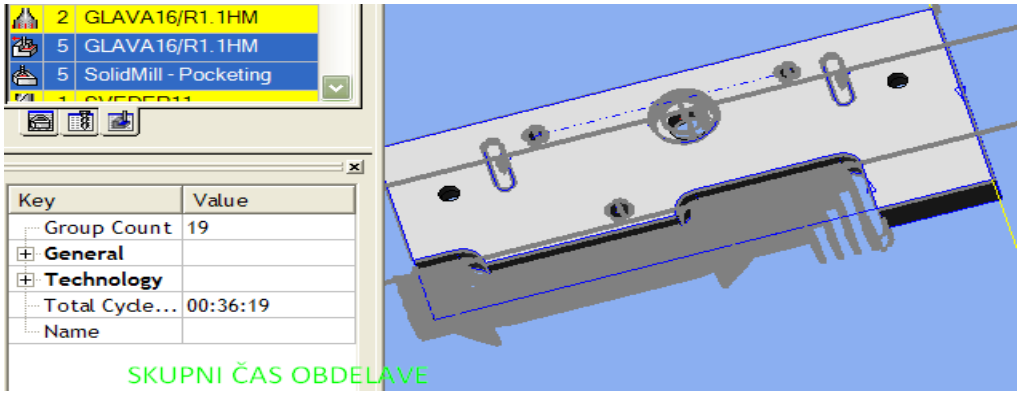


Slika 28: Čas obdelave glavne oblike z orodjem B

Vir: (Lasten, 2018)

Čas celotne obdelave izdelka pri drugem programu je bil po simulacijskem izračunu 36minut in 19 sekund (Slika 29). Celoten čas je pomemben, ker sem zaradi uporabe tega orodja lahko izpustil nekatere operacije in druga orodja ter jih nadomestil sto rezkalno glavo. Nisem

uporabil svedra za globoko vrtanje premera 18,5 mm. Prav tako ni bilo potrebe po rezkalni glavi premera 16 mm s pravokotnimi ploščicami, ki sem jo uporabil v prvem programu za izdelavo izvrtine, premera 30 mm, na prvem vpetju in dveh vrtin, premera 20 mm, na drugem vpetju, ker sem te operacije izdelal z orodjem B, ki pa je glede na simulacijo prav tako hitreje obdelalo te oblike. To so še tri dodatne konture, katerih obdelavo sem nadomestil z orodjem A.



Slika 29: Skupni čas obdelave programa 2

Vir: (Lasten, 2018)

6.3 Časi obdelav po spremenjenih parametrih programa 1 in 2

Da bi prišel do dodatnih primerjav in raziskav, sem spremenil parametre obeh orodij. In sicer sem vstavil v program višje vrednosti kot sicer. Kot vemo, proizvajalec ponuja neki razpon od minimalnih do maksimalnih parametrov za obdelavo istega materiala.

Novi parametri orodja A, ki so še v tem razponu, so 2100vrt./min., 650mm/min. pomika ter 1,5 mm globine reza. Po novih podatkih je prišlo do precejšnje razlike v času obdelave, kar je logično. Čas celotne obdelave bi zanašal 31 minut in 47 sekund. Je pa treba omeniti, da orodje tega ne bi dolgo zdržalo, kar lahko trdim iz predhodnih izkušenj, in tudi stroj bi bil zelo obremenjen, zato sem to naredil samo hipotetično, če bi lahko to uporabil v kakšnih drugih primerih. Morda pri bolj togem vpetju ali močnejšem stroju, ki bolj prenaša take obremenitve.

Spremenjeni parametri orodja B so 3100 vrt./min., kar ostaja enako, je pa pomik nekoliko večji, in sicer 3200 mm/min. Tudi globino reza sem povečal z0,3mm na 0,5mm, ki pa je maksimum za to orodje. Tudi tukaj se je čas zmanjšal in je pri teh veličinah znašal 22 minut in 53 sekund.

6.4 Ocenitev po prvih dveh programih

Za lažjo predstavitev sem preračunal prvotne čase v odstotke, da si lažje predstavljamo razliko med programi. Glede na glavno obdelavo oblike, ki sem jo izbral, je pri drugem programu bila obdelava hitrejša za 10 minut in 33 sekund ali 26,8 odstotka.

Pri času obdelave celotnega izdelka pa je ta odstotek nekoliko padel, ker sem uporabil za ostale oblike skoraj vsa ista orodja kot pri prvem programu, razen nekatere izvrtine, ki sem jih omenil (str. 47), sem lahko obdelal samo z orodjem B in tudi tukaj prihranil na času. Tako je razlika med programi pri trajanju obdelave ostalih oblik 1 minuta in 1 sekunda oz. 12 odstotkov v korist drugega programa.

Pri celotnem procesu je simulacija pokazala, da je program z orodjem B za 11 minut in 34 sekund prej izdelal izdelek(kar je 24,2-odstotno hitrejša obdelava).

Strojna ura za naš izdelek je ocenjena na 30evrov. Po izvedbi z novim sistemom bi prišli na vrednost ure približno 37evrov.

Naložba v novo orodje je bila 650 evrov. V to je bila vključena rezkalna glava z držalom in kompletom desetih rezkalnih ploščic. Ker je ta ocenitev hipotetična oz. ustvarjena na podlagi simulacije in predlaganih parametrov uporabe, sem naredil graf stroškov na isto obrabo rezalnih ploščic obeh orodij za uporabo v obdobju treh mesecev, če bi obdelovali podobne izdelke. Pomeni, da bi s starim orodjem naredil v eni izmeni približno 5 kosov. Upoštevati moramo dejavnike, kot so priprava na delo ter priprava programa, kajti vsak izdelek je malo drugačen, saj ne gre za serijsko delo,zato potrebujemo program za vsak kos posebej. Z novim orodjem pa bi v istem časovnem obdobju naredili pribl.6–7 kosov.



Grafikon 1: Primerjava orodij v količini obdelanih izdelkov

Vir: (Lasten, 2018)

Če bi še naprej računali, bi amortizacija novega orodja bila poplačana po približno 90 izdelanih podobnih kosih. To pomeni, da prej kot v mesecu dni, če odmislimo druge stroške in bi izdelovali kose ustreznih oblik pri enoizmenskem delu.

6.5 Ocenitev pri spremenjenih parametrih prvih programov

Glede na spremembo režimov bi prišlo do velike razlike v proizvodnji. Čas med orodjem A v prvem primeru in spremenjenem bi se zmanjšal za 16 minut in 6 sekund ali za 33,6 odstotka. Pomeni, da bi naredili vsaj 2 kosa več kot prej.

V primeru orodja B je razlika v času znašala 13 minut in 26 sekund ali 37 odstotkov, seveda boljše pri spremenjenih parametrih.

Razlika v času med obema orodjema v tej ponazoritvi je 8 minut in 54 sekund ali 28 odstotkov še vedno v korist orodja A. Tako bi lahko proizvedli še dva dodatna kosa več na izmeno.

6.6 Ocena simulacije po dodatnih programih 3 in 4

Simulacija dodatnih programov za drug izdelek je pokazala, da je z orodjem A trajala celotna obdelava form, ki sem jih izbral za dodatno ocenitev, 13 minut in 36 sekund. Uporabil sem dodatna tri orodja, torej skupno pet rezalnih orodij, da sem dosegel končno obdelavo.

Pri programiranju z orodjem B je simulacija pokazala čas izdelave kontur 9 minut in 22 sekund.

Optimiziran program 4 je bil izpeljan 4 minute in 14 sekund hitreje. Preračunano v odstotke sem z optimizacijo dosegel, da sem izdelal kos v pribl. 70 odstotkih prejšnjega časa.

Če se še malo poigramo s številkami. Hipotetično: več enakih izdelkov bi v serijski proizvodnji s prvim orodjem izdelali 31 kosov. Prišteti sem še moral čas menjave obdelovancev, za to porabimo približno minuto. Tako bi znašal čas obdelovanja z menjavo pribl. 14,5 minute. Izmena traja 450 minut in tako pridemo do 31 izdelanih kosov na izmeno.

Z novim orodjem pri enakih predvidenih pogojih znaša čas izdelave z menjavo pribl. 9,5 minute. Na izmeno bi proizvedli 47 kosov. Kar 16 več kot pred tem. Proizvodnjo bi dvignili za 50 odstotkov.

7 IZDELAVA IZDELKA NA REZKALNEM STROJUCNC

Testiranje orodja B glede na simulacijo in opravljeno ocenitev je uspelo, zato sem to orodje uporabil tudi na stroju.

V poglavju 5.2 sem omenil, kako pomembno je vpetje. Veliko je stvari, na katere moramo biti pozorni pri tem. Bistveno je, da zmeraj dovolj togo držimo komad (surovec), obenem pa moramo imeti dovolj proste površine, ki jo bomo obdelovali. Večkrat oziroma v skoraj vseh primerih moramo imeti nekaj več proste površine, kot je bomo obdelali. Zato si moramo že vnaprej predstavljati približno vso tehnologijo.

Večinoma uporabljam v proizvodnji hidravlični primež. To je vpenjalna priprava, ki deluje na principu hidravlike in ga večinoma uporabljam za vpetje obdelovancev. Dolžina primeža je 150 mm, ima pa možnost vpetja do širine 270 mm in višine 55mm. Kot sem omenil, je zmeraj primerno čim bolj togo vpetje. Tako da bi morali naš obdelovanec vpeti med čeljusti, za površini katerih širina je 103,3 mm. Zaradi narave izdelka in čim hitrejše obdelave, da imamo čim manj vpetij, sem vpel surovec za nasprotni površini, med katerimi je dolžina 255,3 mm (prikazano na Sliki 29). Vendar je vpetje še vedno dovolj togo, saj ga lahko po globini držimo skoraj celega. Iz primeža mora gledati minimalno zaradi površinske obdelave.

Da sem lahko ta program uporabil na stroju, sem z vmesnikom, ki post procesira ali pretvarja podatke, poslal na stroj, ki te podatke uporabi za obdelavo izdelka. Tak vmesnik generira program iz sistema CAM v stroju razumljiv jezik in ga nato pošljemo preko različnih poti na stroj.

Primer programa, ki ga pošljemo na stroj (čelno rezkanje in vrtanje):

N440 T01 M06 (GLAVA63-90ST)

N450 G00 G90 X22.05 Y-288. S652 M03

N460 G43 H01 Z10. M08

N470 X22.05 Y-288.

N480 Z2.

N490 G01 Z0 F1504.615

N500 Y33. F501.538

N510 Z2. F1504.615

N520 G00 X75.6 Y-288.

N530 G01 Z0

N540 Y33. F501.538

N550 Z2. F1504.615

N560 G00 Z10.

N570 M01

N580 M09

N590 T13 M06 (TOP18.5)

N600 G00 G90 X25. Y-120. S2392 M03

N610 G43 H13 Z10. M10

N620 X25. Y-120.

N630 Z10.

N640 G98 G81 Z-33. R2. F119.6

N650 G80

N660 G00 Z10.

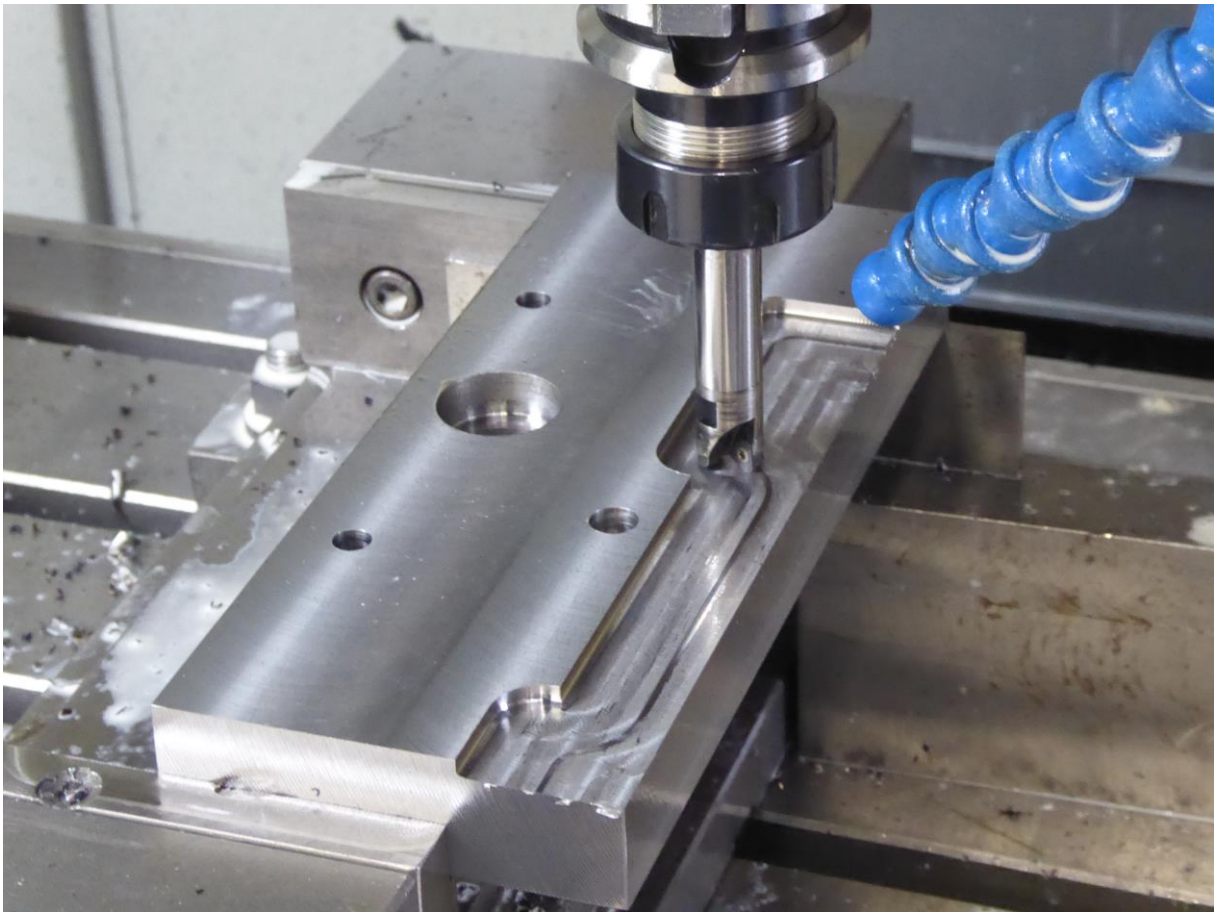
N670 M01

N680 M11

7.1 Orodje B

Proizvajalec je zagotavljal, da bo rezkalna glava delovala, kot je treba. Z vsemi parametri, ki sem jih testiral v simulaciji, mora delovati. In res, kljub strahom, ker gre za hitrejše obdelovanje, kot smo bili navajeni do zdaj, je glava delovala skoraj brezhibno.

Izdelek je bil dokončan v približnem času simulacije oz. tisti najbolj pomemben del, ki ga je opravljalo to orodje, je bil narejen v tem približnem času. Nekaj odstopanja je seveda bilo, ker ko izdeluješ samo en kos, ga vedno izdeluješ vsaj na začetku počasneje, da vidiš, ali je orodje dobro umerjeno, in po začetnih obdelavi, ko je vse v redu, spustiš, da stroj opravi svoje delo.



Slika 30: Rezkanja z orodjem B

Vir: (Lasten, 2018)

Glede na izkušnje z orodjem A bi po predvidevanjih moral zamenjati rezalni rob ploščic po vsakem izdelku, če bi šlo za več ponovitev. To omenjam, ker sem z novim orodjem samo z eno zamenjavo rezalnega roba obdelal še 16 podobnih izdelkov, na katerih je bilo kar nekaj manj odrezovanja kot pri prvotnem artiklu(Slika 31).Po priporočilu proizvajalca sem vse obdeloval brez hlajenja s hladilno tekočino (emulzijo), kar je dodana vrednost. Hladilna tekočina je narejena oz. jo sami zmešamo iz emulzije in vode. Emulzija je olje, namenjeno za hlajenje med obdelovalnim procesom.



Slika 31: Izdelki, obdelani z istim orodjem

Vir: (Lasten, 2018)

Pomembna stvar je tudi, da pri novem orodju skoraj ne zaznamo obremenitve stroja. Obremenitev vretena je skoraj nična, komaj nekaj odstotkov. Ko so bile rezalne ploščice že obrabljene, je obremenitev dosegla med 5 in 10 odstotkov. Pri starem orodju pa se je ta lahko dvignila tudi do 40 odstotkov, ki pa je veliko in ni dobro za dolgo ter kakovostno delovanje stroja.

7.2 Namen vodila za trak

Izdelek in vsi sorodni produkti, ki smo jih proizvedli v proizvodnji, so namenjeni za sestavo vodila za trak. Trak je kos pločevine, ki potuje po tem vodilu in ga z namenskim progresivnim orodjem s pomočjo težkih stiskalnic preoblikujemo v zahtevane izdelke.

8 SKLEP

V strojništvu je tako kot v drugih panogah zelo pomemben napredek. Če uspešno napredujemo, nima samo podjetje koristi od tega, ampak tudi stranke in poslovni partnerji. S primernim razvojem izdelamo in dostavimo kakovostne izdelke, ki so proizvedeni v dogovorjenem času.

Lahko rečem, da so bili zastavljeni cilj doseženi. V nekaterih pogledih celo preseženi. Odločil sem se za optimizacijo proizvodnje z nabavo novejšega rezkalnega orodja, saj sem želel spremeniti način rezkanja v nekaterih situacijah. To je bila za naše malo podjetje kar velika naložba, zato sem orodje najprej testiral, tako da sem ga dobil v uporabo za kratek čas, seveda ob prisotnosti zastopnika. Od proizvajalca sem dobil vse potrebne podatke za uporabo orodja. Glede na testiranje sem bil z orodjem zadovoljen, vendar pa je bilo to še premalo za odločitev o nakupu. Zato sem najprej izdelal računalniško simulacijo, s katero sem naredil primerjavo med staro in novo proizvodnjo. Simulacija mi je dala dokaj natančne odgovore na zastavljena vprašanja. Glede na podatke, pridobljene iz računalniške primerjave, je bila pot začrtana v pravi smeri. Sem pa uporabil podatke, pridobljene iz prvotno zastavljenih parametrov, ker ne bi bilo smiselno uporabljati orodja pri maksimalnih režimih, če bi ga želeli dolgotrajno uporabljati. Samo za dodatno primerjavo sem naredil test z maksimalnim odrezovanjem.

Simulacijski čas proizvodnje seveda ni bil enak dejanski proizvodnji. Ta je bil nekoliko daljši. Nisem pa mogel natančno izmeriti dejanskega časa obdelovanja pri prvem izdelku, saj je to pri izdelovanju »kos po kos« skoraj nemogoče. Pri serijski proizvodnji lahko izračunamo čas tudi do sekunde natančno, pri posameznih pa zelo težko, ker je treba vsak izdelek dobesedno testirati in si ne moremo privoščiti, da bi celoten postopek izdelave kar prosto pustili. Tudi pri serijski proizvodnji prvi kos testiramo, da vidimo, kako operacije potekajo, in jih nato optimiziramo. S testiranjem oz. izdelavo dodatne primerjave na drugačnem izdelku sem prišel do potrditve, da sem v pravi smeri, kar se je pokazalo pozneje pri izdelavi vseh delov, ki spadajo k vodilu za trak.

Termini v proizvodnji so zelo pomembni in se jih moraš držati, če želiš obdržati dejavnost in biti konkurenčen. Časi proizvajanja izdelka, ki ga je pokazala simulacija, so bili zelo zadovoljivi. Vendar moramo vedeti, da niso čisto realni. Med simulacijskim časom in dejanskim, ki ga stroj porabi za proizveden izdelek, prihaja do razlik, vendar ne tako velikih,

da bi dvomil v pridobljene podatke. Če bi se v našem podjetju bolj ukvarjali z izdelki, kjer je potrebna simulacija, bi lahko tudi te razlike odpravili z vnosom (v programsko opremo) vseh podatkov o stroju. Eden takih je npr. čas med menjavo orodij, ko uporabljamo več različnih orodij, pa način vpetja, pot orodja ko le-to ne obdeluje, itd...

Glede na obe izkušnji, torej testiranja orodja in hipotetično proizvodnjo, sem se odločil za nabavo rezkalnega orodja. Uporabil sem vse podatke, ki sem jih zbral sam in ki sem jih dobil iz testiranja. Izkazalo se je, da rezkalna glava deluje, kot je bilo rečeno in je bilo prikazano na testu. Glava pri izbranem izdelku je opravila veliko več odrezovanja in so bili rezalni robovi še vedno v zelo dobrem stanju. Kot omenjeno, se je dejanski čas razlikoval od simulacijskega. To pa tudi zato, ker je prišlo do razlik zaradi sposobnosti stroja, kot sem omenil v uvodu diplomskega dela. Stroj CNC, ki ga uporabljam, ni namenjen za delo z zelo hitrimi delovnimi pomiki. Ko gre za ravne linije, še ne pride do odstopanj. Do zastojev prihaja zaradi zahtevnejših oblik (krivulje) in ko mora orodje na hitro spremeniti smer gibanja med osmi. Vendar pa je bila časovna razlika med delom, opravljenim s starim orodjem, in delom na novem kljub temu zelo zadovoljiva. Tudi pri poznejšem odrezovanju, ko sem rezkal podobne izdelke, se je izkazalo za zelo dobro orodje. Dobra stran novega orodja je, da stroj deluje skoraj neobremenjeno, tudi ko so rezalni robovi že obrabljeni. Česar pa ne morem trditi za staro orodje.

Pokazala se je še ena odličnost uporabe te rezkalne glave. Kot sem trdil, ni potrebnega nobenega hlajenja. Tudi to se je izkazalo za resnično, kar je še ena zelo dobra lastnost tega. Tako smo prihranili tudi pri emulziji. Več kot odrezujemo, več hladilne tekočine porabimo, ker se pri veliko grobega rezkanja ustvarja toplota in emulzija izpareva. Ta informacija je pomembna tudi z vidika zdravja, saj se pri obdelovanju z velikimi hitrostmi tekočina razprši v meglo in tako potuje po zraku, ki ga vdihavamo. Pa še delovno okolje je tako čistejše.

Amortizacija orodja je bila dosežena v doglednem času, ampak vsekakor ne tako hitro, kot sem predpostavil. To pa predvsem zato, ker se naše delo zelo razlikuje in dnevno izdelamo več različnih kosov in temu primerno uporabljamo različna rezkalna orodja. Orodja A, kot sem ga poimenoval, včasih ne uporabimo več dni, včasih pa je v uporabi več dni zaporedoma. Lahko rečem, da je namen raziskovalne naloge dosežen.

9 VIRI, LITERATURA

Dr. Kisin, M. (2011). *Tehnologija.* Ljubljana: Zavod IRC, Ljubljana.

Fuente. (1. Junij 2013). *Revistas: Interempresas*. Prevzeto 2. Februar 2018 iz spletno mesto podjetja Interempresas.net: https://www.interempresas.net/Informatica_Industrial/Articulos/104101-NX-85-para-mejorar-la-productividad-del-diseno.html

ISCAR. (2018). *Products: podjetje Iscar*. Prevzeto Januar 2018 iz spletno mesto podjetja Iscar: http://www.iscar.com/Products.aspx/CountryId/1/ProductId/3531

Khemani, H. (11. November 2009). *Mechanical Engineering: Manufacturing Technology*. Prevzeto 6. Februar 2018 iz spletno mesto Bright Hub engineering: http://www.brighthubengineering.com/manufacturing-technology/55787-what-is-the-cnc-machine-how-cnc-machine-works/

Lasten. (2018).

Mario, J., Drago, K., Ladislav, K., Karl, K., Evgen, M., Hinko, M., in drugi. (1998). *Strojno tehnološki priročnik.* Ljubljana: Tehniška založba Slovenije.

Mario, J., Drago, K., Ladislav, K., Karl, K., Evgen, M., Hinko, M., in drugi. (1998). *Strojno tehnološki priročnik.* Ljubljana: Tehniška založba Slovenije.

Mario, J., Drago, K., Ladislav, K., Karl, K., Evgen, M., Hinko, M., in drugi. (1998). *Strojnotehnološki proročnik.* Ljubljana: Tehniška založba Slovenije.

Pahole, I., Drstvenšek, I., & Ficko, M. (2006). *Programiranje numerično krmiljenih strojev - rezkanje.* Maribor: Fakulteta za strojništvo.

Production machining. (27. Maj 2010). *Products: Production machining*. Prevzeto 31. Januar 2018 iz spletno mesto podjetja Production machining: https://www.productionmachining.com/products/cutter-for-material-groups

Robert. (2018). *CAD/CAM/CAE TEHNOLOGIJA*. Prevzeto 30. Januar 2018 iz http://cadcam.spts.si/?page_id=38

Robert. (2018). *CAD/CAM/CAE TEHNOLOGIJA*. Prevzeto 15. Februar 2018 iz http://cadcam.spts.si/?page_id=47

Seames, W. S. (2002). *Computer numerical control - Concepts and programming, 4th edition.* Albany, NY: Delmar publications.

TECHNOLOGY, D. (2018). *About us: DP TECHNOLOGY*. Prevzeto 20¸. Marec 2018 iz spletno mesto podjetja DP TECHNOLOGY: http://www.espritcam.com/company/about

Thompson, J. (13. Januar 2015). *Going Back to Q School: Canadian metalworking*. Prevzeto 31. Januar 2018 iz spletno mesto podjetja Canadian metalworking: https://www.canadianmetalworking.com/article/management/going-back-to-q-school