

VIŠJA STROKOVNA ŠOLA ACADEMIA,
MARIBOR

DIPLOMSKO DELO

REZKANJE NOSILCA ZA TURBO POLNILNIK TANKERJA

Kandidat: Matej Dolinar

Študent izrednega študija

Številka indeksa: 11190040041

Program: Strojništvo

Mentor: dr. Marija Kisin

Maribor, marec 2012

IZJAVA O AVTORSTVU DIPLOMSKEGA DELA

Podpisani Matej Dolinar, št. indeksa 11190040041, izjavljam, da sem avtor diplomskega dela z naslovom Rezkanje nosilca za turbo polnilnik tankerja,

ki sem ga napisal pod mentorstvom dr. Marije Kisin.

S svojim podpisom zagotavljam, da:

- je predloženo diplomsko delo izključno rezultat mojega dela;
- sem poskrbel, da so dela in mnenja drugih avtorjev, ki jih uporabljam v predloženi nalogi, navedena oz. citirana skladno z pravili Višje strokovne šole Academia;
- se zavedam, da je plagiatorstvo – predstavljanje tujih del oz. misli, kot moje lastne – kaznivo po Zakonu o avtorski in sorodnih pravicah, Ur. l. RS, št. 16/2007; v nadaljevanju ZASP), prekršek pa podleže tudi ukrepom VSŠ Academia skladno z njenimi pravili;
- skladno z 32. členom ZASP dovoljujem VSŠ Academia objavo diplomskega dela na spletnem portalu šole.

Maribor, marec 2012

Podpis študenta:

ZAHVALA

Za pomoč in nasvete pri izdelavi diplomskega dela se zahvaljujem mentorici dr. Mariji Kisin. Prav tako bi se rad zahvalil podjetju SEMS d.o.o., za posredovane podatke in pomoč pri nastajanju diplomskega dela.

Zahvaljujem se tudi vsem ostalim za pomoč, podporo in spodbudo pri študiju.

POVZETEK

V prvem teoretičnem delu diplomske naloge sem predstavil podjetja SEMS d.o.o., v katerem sem zaposlen in osnove postopka rezkanja, rezkalna orodja in stroje.

V drugem, praktičnem delu diplomske naloge obravnavam na primeru izdelave nosilca za turbo polnilnik tankerja tehnološki postopek rezkanja vključno z izbiro orodja, izbiro ustreznih tehnoloških parametrov obdelave, način vpetja, programsko orodje Mastercam, izdelavo programa, 3D model in simulacijo obdelave.

Ključne besede: CNC programiranje, rezkanje, Mastercam

ABSTRACT

Milling of the holder for a turbo charger of a tanker

Diploma paper contains of a presentation of the SEMS d.o.o. company, where I am currently employed, known procedures of milling and a short description of tools and machines needed for milling. CNC milling is also described, from the development of computer guided machines, the composition of a CNC machine to the structure of NC programme. This diploma paper also discusses computer programming, from importation of a 3D model into Mastercam programme tool to simulation, and also the technological procedure of milling for creation of a holder for a turbo charger of a tanker.

Keywords: CNC programming, milling, Mastercam

KAZALO VSEBINE

1	UVOD	8
1.1	OPREDELITEV OBRAVNAVANE ZADEVE	8
1.2	NAMEN, CILJI IN OSNOVNE TRDITVE DIPLOMSKEGA DELA.....	8
1.3	PREDPOSTAVKE IN OMEJITVE.....	9
1.4	PREDVIDENE METODE RAZISKOVANJA	9
2	PREDSTAVITEV PODJETJA SEMS D.O.O.	11
2.1	PREDSTAVITEV PODJETJA	11
2.2	POS LANSTVO IN VIZIJA PODJETJA.....	11
2.3	KAKOVOST ISO 9001:2008	11
2.4	STORITVE PODJETJA.....	12
3	POSTOPEK REZKANJA	13
3.1	UVOD V REZKANJE.....	13
3.2	VRSTE REZKANJA	14
3.3	REZKALNA ORODJA	15
3.4	MOTNJE PRI REZKANJU	15
3.5	PROSTORSKI KOORDINATNI SISTEM PRI REZKANJU	17
4	CNC REZKANJE.....	19
4.1	RAZVOJ RAČUNALNIŠKO VODENIH OBDELOVALNIH STROJEV	19
4.2	SESTAVA CNC STROJA	20
4.3	KOORDINATNO IZHODIŠČE.....	22
4.4	NAČINI PROGRAMIRANJA CNC STROJEV	23
4.5	VNOS PODATKOV.....	24
4.6	CNC PROGRAM	24
4.7	STRUKTURA NC PROGRAMA.....	25
5	RAČUNALNIŠKO PODPRTO PROGRAMIRANJE STROJEV (CAD/CAM)	27
6	IZDELAVA NOSILCA ZA TURBO POLNILNIK TANKERJA	29

6.1	IZDELAVA PROGRAMA	30
6.1.1	<i>Izdelava programa s pomočjo programa Mastercam</i>	30
6.1.2	<i>Programiranje spodnje površine surovca</i>	32
6.1.3	<i>Programiranje zgornje površine surovca (na dodatek)</i>	37
6.1.4	<i>Programiranje zgornje površine surovca (na končno mero)</i>	39
6.2	SIMULACIJA REZKANJA.....	39
6.3	TEHNOLOŠKI POSTOPEK OBDELAVE	41
7	ZAKLJUČEK	47
8	LITERATURA IN VIRI	48
8.1	KNJIŽNI VIRI	48
8.2	INTERNI VIRI	48
8.3	INTERNETNI VIRI.....	48
9	PRILOGA	49

KAZALO SLIK

Slika 1: Gibanja pri rezkanju	13
Slika 2: Obodno rezkanje	14
Slika 3: Čelno rezkanje.....	14
Slika 4: Rezkalna orodja.....	15
Slika 5: Prostorski koordinatni sistem	17
Slika 6: Pravilo desne roke	18
Slika 7: Nekaj pomembnejših koordinatnih izhodišč	22
Slika 8: Sestava turbo polnilnika	29
Slika 9: 3D model izdelka	30
Slika 10: Funkcija za nastavitev surovca.....	31
Slika 11: Funkcija za izračunavanje podajalne hitrosti	32
Slika 12: Funkcija za izbiro vrste obdelave.....	33
Slika 13: Funkcija za nastavitev parametrov rezkanja	34
Slika 14: Funkcija za določitev parametrov vrtanja	36
Slika 15: Funkcija za nastavitev parametrov konturne obdelave	37
Slika 16: Funkcija za nastavitev parametrov za žepe	38
Slika 17: Simulacija rezkanja čelne površine	40
Slika 18: Simulacija druge operacije	40
Slika 19: Simulacija zadnje površine v drugi operaciji	41
Slika 20: Zarisovanje surovca	42
Slika 21: Rezkanje prve operacije	43
Slika 22: Rezkar za izdelavo sedežev	44
Slika 23: Priprava za drugo operacijo.....	45
Slika 24: Izdelki po končani obdelavi	46

1 UVOD

1.1 *Opredelitev obravnavane zadeve*

V diplomskem delu bom obravnaval tehnologijo postopka rezkanja. Zaposlen sem v podjetju SEMS d.o.o., kjer se vsakodnevno srečujem z različnimi tehnološkimi postopki pri obdelavi kovinskih materialov.

Predstavil bom osnove postopka rezkanja, rezkalna orodja, rezkalne stroje, CNC rezkanje in računalniško podprto programiranje ter izpostavil nekatere težave oziroma motnje pri obdelavi.

Na praktičnem primeru bom podal tehnološki postopek izdelave nosilca za turbo polnilnik tankerja. S pomočjo računalniško podprtega programiranja bom izdelal računalniški program za strojno obdelavo in opisal celoten postopek izdelave (izbira vrste in geometrije orodja, način vpetja, izbira in nastavitve tehnoloških parametrov).

1.2 *Namen, cilji in osnovne trditve diplomskega dela*

Namen:

Namen diplomske naloge je preučiti strokovno literaturo in razpoložljive vire s področja CNC rezkanja ter s tem pridobiti nova znanja, ki mi bodo pomagala pri vsakdanjem delu.

Preučil bom tehnološki proces izdelave zahtevnega izdelka (nosilca za turbo polnilnik tankerja) v podjetju SEMS d.o.o..

Cilji:

- teoretično predstaviti rezkanje;
- spoznati definicije ključnih pojmov;
- izdelati program;

- opisati postopek izdelave;
- opisati uporabljeno tehnologijo.

Osnovne trditve:

- Rezkanje je zahteven postopek obdelave za katerega je potrebno teoretično in praktično znanje.
- S poznavanjem in uporabo računalniško podprtega programiranja je izdelava programa obdelave enostavnejša.
- Uporaba sodobnih rezkalnih orodij in strojev omogoča krajši čas obdelave, večjo produktivnost in občutno izboljšano kakovost izdelkov.

1.3 Predpostavke in omejitve

Predpostavki:

- CNC rezkanje je postopek odrezovanja, ki je vedno bolj razširjen v kovinsko – predelovalni industriji.
- V kovinsko – predelovalni industriji (na področju strojne obdelave) primanjkuje kadra in je odlična izbira za bodoče generacije.

Omejitve:

- omejenost na razpoložljivo literaturo;
- zaupnost internih podatkov podjetja;
- omejeno predstavljena nekatera področja – zaradi obsežnega področja tematike.

1.4 Predvidene metode raziskovanja

V diplomski nalogi bom uporabil naslednje metode:

- metodo deskripcije (opisovanje določenih pojmov, dejstev in pojavov);

- metodo kompilacije (metoda uporabe izpiskov, navedb, citatov drugih avtorjev);
- metodo komparacije (metoda primerjanja, primerjave in stopnjevanja);
- metodo klasifikacije (postopek definiranja določenega pojma);
- eksperimentalno metodo.

2 PREDSTAVITEV PODJETJA SEMS D.O.O.

2.1 Predstavitev podjetja

SEMS d.o.o. je družinsko podjetje, ustanovljeno leta 2007 in se ukvarja z mehansko in strojno obdelavo kovin. Obdelujejo različne vrste kovin, predvsem za potrebe letalske in ladijske industrije.

Ustanovitelja družbe sta Emil in Jožefa Stojko. Emil Stojko, ki v družbi nastopa kot tehnični direktor, ima večletne izkušnje v dejavnosti in je od leta 1998 posloval tudi kot samostojni podjetnik. Zaradi naraščanja povpraševanja in izvoza v tujino, se je podjetje začelo kadrovske in tehnološko širiti.

Danes v podjetju zaposlujejo preko 20 ljudi in razpolagajo z več kot 23 različnimi stroji, na katerih se obdelujejo različne vrste kovin. Večji del storitev (95%) opravljajo za potrebe poslovnih partnerjev iz tujine. V zadnjih letih so s kakovostjo storitev dosegli zaupanje tujih naročnikov (<http://sems.si/index.php/podjetje.html>, dne 16.12.2011).

2.2 Poslanstvo in vizija podjetja

Podjetje gradi na dolgoletnih izkušnjah, se nenehno izobražuje in strmi h kakovosti. S celovito in konkurenčno ponudbo želijo zadovoljiti vse zahteve naročnikov na področju mehanske obdelave kovin. Ostati želijo na samem vrhu med najboljšimi, zato še naprej vlagajo v razvoj (<http://sems.si/index.php/podjetje.html>, dne 16.12.2011).

2.3 Kakovost ISO 9001:2008

Uspeh podjetja je zasnovan na konceptu kakovosti, ki temelji na dobrih odnosih med poslovnimi partnerji, dobavitelji, kupci in zaposlenimi. Za doseganje kakovosti so potrebne izboljšave poslovnih procesov, ki jim sledimo zaposleni v podjetju. Kakovost strojne in

mehanske obdelave kovin ter vodenja poslovanja in proizvodnje podjetje dokazuje s certifikatom ISO 9001:2000, ki si ga je pridobilo novembra 2007.

(<http://sems.si/index.php/kakovost.html>, dne 16.12.2011).

2.4 Storitve podjetja

CNC strojna obdelava:

- struženje;
- vrtanje;
- rezkanje.

CNC struženje do premera Ø 700mm.

CNC KARUSEL struženje do premera Ø 1500mm.

Klasična obdelava:

- struženje;
- brušenje;
- vrtanje.

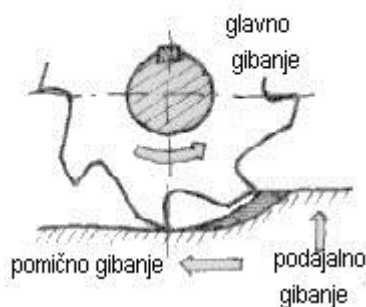
Klasično struženje do premera Ø 1400mm in L 2000mm.

(<http://sems.si/index.php/tehnologija.html>, dne 16.12.2011).

3 POSTOPEK REZKANJA

3.1 Uvod v rezkanje

Rezkanje je postopek odrezovanja, pri katerem opravlja orodje - rezkalo - rotacijsko glavno gibanje, podajalna gibanja pa so lahko premočrtna ali rotacijska. Običajno opravlja podajalna gibanja obdelovanec. Pri večini obdelovalnih postopkov (struženju, vrtanju...) je smer podajanja pravokotna na smer rezanja. Pri rezkanju pa se (če zasledujemo posamezen zob rezkala) lega smeri rezanja proti podajalni smeri neprestano spreminja (slika 1).



Slika 1: Gibanja pri rezkanju

Vir: <http://www2.sts.si/arhiv/tehnoprojekt2/r1.htm>, dne 15.10.2011

Rezkanje največ uporabljamo za obdelavo ravnih površin. S posebnimi oblikami rezkal lahko obdelujemo tudi ukrivljene površine – s kopirnim rezkanjem lahko oblikujemo poljubno oblikovane površine, če pa uporabljamo profilna rezkala, dobimo tudi v prerezu oblikovane površine (<http://www2.sts.si/arhiv/tehnoprojekt2/r1.htm>, dne 15.10.2011).

3.2 Vrste rezkanja

Glede na to, kako se orodje dotika obdelovanca, ločimo:

- *Valjasto rezkanje* je rezkanje z zobmi na obodu - rezkalo se obdelovanca dotika s svojim obodom (slika 2). Prerez odrezka se med delom spreminja, zato obremenitev rezkala ni enakomerna.



Slika 2: Obodno rezkanje

Vir: <http://www2.sts.si/arhiv/tehn/projekt2/r2.htm>, dne 15.10.2011

- *Čelno rezkanje* je rezkanje z zobmi na čelu - rezkalo se obdelovanca dotika s svojim čelom (slika 3). Odrezek ima enakomeren prerez

(<http://www2.sts.si/arhiv/tehn/projekt2/r2.htm>, dne 15.10.2011).



Slika 3: Čelno rezkanje

Vir: <http://www2.sts.si/arhiv/tehn/projekt2/r2.htm>, dne 15.10.2011

3.3 Rezkalna orodja

Rezkala so orodja z glavnim rotacijskim gibanjem, ki delajo vedno z večjim številom rezil, ki pa večji del poti ne režejo in se zato lahko ohlajajo. Rezila so podobna stružnim nožem.

Termično so manj obremenjena kot stružni noži, zato so pa mnogo bolj obremenjena z mehaničnimi udarci. Z rezkali obdelujemo v glavnem ravne ploskve, s posebno oblikovanimi rezkali lahko obdelujemo tudi utore in ukrivljene površine. Rezkala lahko režejo čelno, po obodu ali kombinirano.

Za vpetje rezkal je pomembna tudi oblika zob, ki so lahko ravni ali usmerjeni po vijačnici. Tako jih lahko označujemo z levo in desno vijačnico, kakor vijake z desnim in levim navojem (<http://www2.sts.si/arhiv/tehnoprojekt2/r5.htm>, dne 15.10.2011).



Slika 4: Rezkalna orodja

Vir: www.secotools.com/sl/Global/Products/Milling/, dne 18.10.2011

3.4 Motnje pri rezkanju

Rezkarji se lomijo:

- zaradi prevelikega pomika;
- zaradi kopičenja odrezkov;
- zaradi neenakomernega pomika;
- zaradi topih rezalnih robov;

- valjasti rezkarji se lomijo, če istočasno reže več zob.

Odrezek se kopiči:

- zaradi premajhne delitve zob;
- premajhne količine hladilne tekočine;
- zaradi namagnetenega materiala.

Pri pojavih vibracije se priporoča:

- spremembo rezilne hitrosti – navzgor ali navzdol;
- preizkus togosti vpetja obdelovanca;
- preizkus togosti stroja;
- spremembo geometrije rezkarja.

Površina je groba:

- zaradi prevelikega pomika;
- premajhne rezalne hitrosti;
- topega rezkarja;
- protismernega rezkanja;
- neprimerne hladilne tekočine.

Rezalni rob se žge:

- zaradi prevelike hitrosti;
- pretrdega obdelovanega materiala;
- neprimerne rezalne tekočine.

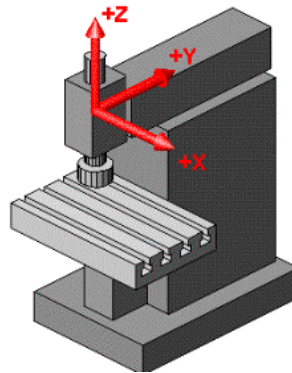
Izjedanje cepilne ploskve:

- prevelika rezalna hitrost;
- preveliko podajanje;
- premajhen cepilni kot.

(<http://www2.sts.si/arhiv/tehnoprojekt2/r7.htm>, dne 15.10.2011)

3.5 Prostorski koordinatni sistem pri rezkanju

Prostorski koordinatni sistem opisuje gibanje orodja in obliko obdelovanca na vrtalno – frezalnih strojih, obdelovalnih celicah oziroma centrih (slika 5).



Slika 5: Prostorski koordinatni sistem

Vir: <http://www2.sts.si/arhiv/cncpro/rocno.htm>, dne 15.10.2010

Vsaka os ima dve možni smeri gibanja: + (plus) in - (minus). Predznak določa smer gibanja orodja oz. mize.

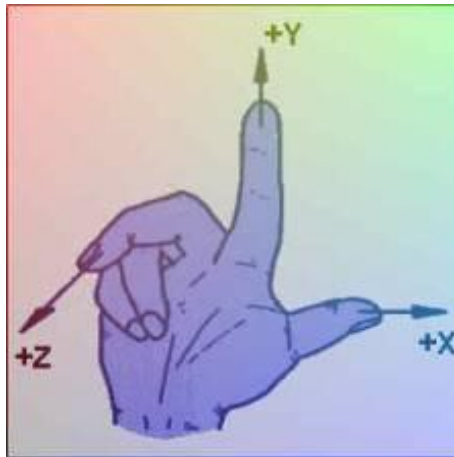
Vsi stroji se gibljejo po eni oz. po več oseh:

- X - levo, desno
- Y - naprej, nazaj
- Z - gor, dol.

Smeri gibanja si najlažje zapomnimo s pomočjo pravila desne roke, kot kaže (slika 6).

Pravilo desne roke:

- palec v smeri pozitivne X osi
- kazalec v smeri pozitivne Y osi in
- sredinec v smeri pozitivne Z osi (Balič, 2002, 59-61).



Slika 6: Pravilo desne roke

Vir: <http://www2.sts.si/arhiv/cncpro/rocno.htm>, dne 15.10.2011

Pri opisovanju CNC strojev govorimo o krmiljenih oseh in jih velikokrat tako tudi poimenujemo, npr. triosni, petosni in podobno. Krmiljene osi na stroju predstavljajo smeri krmiljenega gibanja gibljivih delov stroja, največkrat delovne mize, vretena, nosilca orodij (Emco Tehnologija, 1998).

4 CNC REZKANJE

4.1 *Razvoj računalniško vodenih obdelovalnih strojev*

Kratici NC in CNC izhajata iz angleščine in pomenita Numerical Control (numerično krmiljenje) in Computer Numerically Controlled (računalniško numerično krmiljenje). NC je predhodnik CNC krmiljenja.

Prvi NC stroji so se pojavili v začetku petdesetih let v Združenih državah Amerike. Glavni razlogi, vodilo in cilji pri razvoju CNC strojev so bili naslednji:

- povečati produktivnost,
- izboljšati kvaliteto in natančnost izdelkov,
- zmanjšati proizvodne stroške,
- izdelava zahtevnih izdelkov, ki jih na drugačen način ne moremo izdelati.

Z razvojem elektrotehnike in še posebej elektronike so se krmilja fizično manjšala, hkrati pa ponujala večje možnosti krmiljenja. Z uvajanjem visoko avtomatiziranih CNC strojev se je krajšal čas izdelave izdelkov in zmanjševali so se proizvodni stroški v maloserijski in srednjeserijski proizvodnji, pa tudi v posamični proizvodnji.

Velik razvojni preskok je bil narejen, ko so klasična NC krmilja zamenjali s CNC krmilji, ki vsebujejo tudi računalnik. CNC krmilje v bistvu opravljajo podobno nalogo kot NC krmilje, vendar lahko vgrajeni računalnik prevzame vrsto posebnih nalog:

- višje vrste interpolacije,
- programsko povezavo krmilja s strojem,
- korekcijo radija rezalnega roba,
- tehnika dela s podprogrami, itd.

Nekaj osnovnih prednosti CNC obdelovalnih strojev pred klasičnimi stroji je:

- program vnesemo v stroj in ga shranimo,
- enostavno popravljanje že shranjenega programa,
- večja produktivnost strojev,
- velika kvaliteta in natančnost izdelave izdelka,
- večja izkoriščenost stroja,
- visoka prilagodljivost pri obdelavi

(<http://www2.sts.si/arhiv/cncpro/osnovecnc.htm>, dne 20.10.2011).

4.2 Sestava CNC stroja

CNC stroj je sestavljen iz dveh glavnih delov: stroja, na katerem se izvaja obdelava delov in CNC krmilnika, ki to obdelavo krmili. CNC program, ki vsebuje natančen popis poteka obdelave na stroju, predstavlja vhodne informacije, ki jih CNC krmilnik potrebuje za krmiljenje obdelave.

CNC stroj je neke vrste avtomat, ki ga lahko prosto programiramo. Njegova glavna značilnost je fleksibilnost, to je možnost hitre preureditve stroja z ene na drugo obdelavo, in sicer z zamenjavo programa in eventualno z manjšimi hitrimi preureditvami stroja. Zato je še posebej primeren za avtomatizacijo maloserijske in srednjeserijske proizvodnje.

Računalniško vodeni obdelovalni stroji so torej sestavljeni iz mehanskega dela, ki se po izgledu bistveno ne razlikuje od klasičnega, ter iz krmilnega dela, v katerem je vgrajen računalnik, ki vodi in krmili ves proces obdelave izdelka.

Mehanski del stroja je zelo podoben kot pri klasičnem stroju, vendar ima kar nekaj izboljšav:

- avtomatična, programsko vodena menjava orodij (revolverska glava ali shramba orodij),
- možnost brezstopenjskega krmiljenja števila vrtljajev glavnega vretena,

- od elektro motorja se vrtilno gibanje pretvarja v podajalno s pomočjo krogličnega vijaknega vretena in matice, ki zagotavlja zelo veliko natančnost pozicioniranja orodja in delovne mize,
- zelo natančno merjenje položaja pri gibanju v smeri osi s pomočjo merilnega sistema (direktno ali indirektno merjenje položaja),
- stroji so bolj togi, kar zagotavlja manjše vibracije stroja in posledično večjo točnost izdelave.

Krmilni del stroja ima vgrajen računalnik, ki vsebuje:

- Vhodno enoto, za vnašanje podatkov oz. programa.

Program lahko direktno vnašamo preko tipkovnice na stroju ali pa ga prenesemo preko kabla iz računalnika (običajno prenosnega).

- Obdelovalno enoto, ki podatke (program) obdeluje, shranjuje podatke obdelave, preračunava, pošilja signale - ukaze preko izhodne enote v mehanski del in dobiva povratne informacije o izvedbi le-teh itd.

Večina današnjih CNC strojev lahko shrani enega ali več programov v svoj pomnilnik. Število programov, ki je lahko shranjeno v pomnilniku, je odvisno od velikosti pomnilnika. Vsak program ima svoje ime, da jih lahko ločimo med seboj. Krmilniki omogočajo popravljanje že shranjenih programov.

Moderni krmilniki omogočajo interaktivno programiranje s pomočjo "čarovnika", ki nas vodi preko sistema menijev, vprašanj in odgovorov ter nam pomaga pri izdelavi programa.

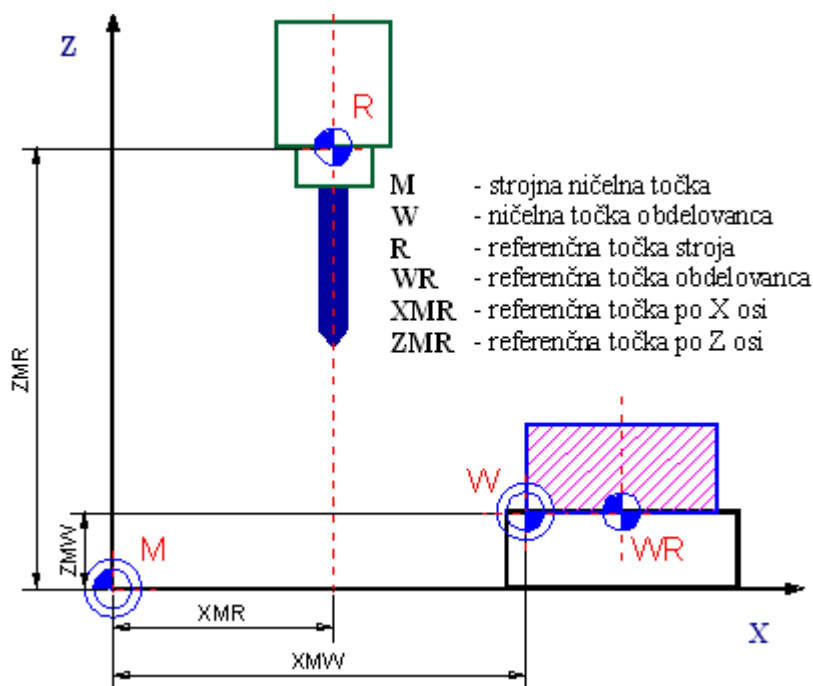
Ena pomembnejših funkcij krmilnika je omogočanje grafične simulacije programov na zaslonu.

Izhodna enota je tudi zaslon, ki ga imajo že vsi CNC stroji. S pomočjo zaslona lahko programer (operator) na enostaven način, preko sistema menijev, komunicira s strojem. Na zaslonu se kaže trenutna pozicija orodja, vrtljaji vretena, razne spremenljivke in alarmi, ki nas opozarjajo na napake. Na zaslonu izvajamo tudi grafično simulacijo programa, še preden izvedemo program. Grafična simulacija programa nam pokaže pot orodja in izdelavo izdelka na zaslon ter tako tudi možne napake, do katerih lahko pride pri pisanju programa. Senzorji

4.3 Koordinatno izhodišče

Ko operater vključi stroj, ga mora najprej postaviti v referenčno točko. S tem stroju povemo, kje je njegovo izhodišče. To je v bistvu pozicioniranje v ničelno točko po vseh koordinatnih oseh. Te točke so postavljene z mehanskimi končnimi stikali.

Ko stroj doseže ta mejna stikala, registrira lokacijo kot osnovno startno točko. Ta točka je v spominu stroja, dokler stroja ne izklopimo (<http://www2.sts.si/arhiv/cncpro/tocke.htm>, dne 25.10.2011).



Slika 7: Nekaj pomembnejših koordinatnih izhodišč

Vir: <http://www2.sts.si/arhiv/cncpro/tocke.htm>, dne 25.10.2011

4.4 Načini programiranja CNC strojev

Z razvojem strojev so se sorazmerno razvijali načini programiranja. Poznamo ročno programiranje, ročno programiranje na stroju, računalniško programiranje in avtomatsko programiranje. V nadaljevanju so opisane posamezne tehnike in lastnosti programiranja.

- *Ročno programiranje*

Ročno programiranje je sestavljanje in izdelovanje NC-programov. To delo opravljajo programerji oziroma tehnologi, ki na podlagi delavniških risb, tabel rezalnih pogojev in navodil za programiranje NC-strojev napišejo program. Izračune ter potrebne podatke tehnolog določi ali izračuna sam. Tako sestavljeni (ročno) programi so izdelani po subjektivni odločitvi programerja in njegovega znanja. Razvoj NC krmilij je omogočil, da ima programer pri programiranju na voljo niz dodatnih funkcij, ki jih lahko uporabi pri ročnem programiranju. Razvil se je nov način programiranja, imenujemo ga programiranje v obratu, katero pa zahteva višjo izobrazbeno strukturo delavcev pri CNC-strojih.

Ročno programiranje je primerno za enostavnejše oblike izdelkov ter manjšega obsega. Vsekakor pa bo obstajalo še dolgo, saj je nepogrešljivo pri operaterju CNC-stroja.

- *Ročno programiranje direktno na stroju*

Sodobni krmilniki strojev imajo vgrajeno programsko podporo za programiranje. Tehnolog ima na voljo menije in opcije, s katerimi vnaša in programira stroj. Stroji imajo možnost sprotne kontrole vhodnih podatkov za odpravo programskih napak. Imajo tudi zaslone, na katerih je možno izvesti grafično simulacijo poti orodja.

- *Programiranje s pomočjo računalnika*

Programer s pomočjo CAD-CAM sistema vnese risbo v računalnik in program na osnovi risbe in dialoga programer - računalnik ter na osnovi lastne baze tehnoloških podatkov orodja in materiala izdelava NC kodo oz. program za določeni tip CNC-stroja. CAD-CAM program ima podatke o orodju, ponuja optimalne tehnološke parametre obdelave, analizira in izračuna čas izdelave. Program se shrani in nato prenese na stroj (RS232 povezava). Na stroju se še

enkrat izvede simulacija programa ter se pristopi k izdelavi izdelka. Potek obdelave v programu je opisan s funkcijskimi ukazi, geometrijskimi ukazi, tehnološkimi ukazi, definicijami orodij in pomožnimi funkcijami (Balič, 2001, 58).

4.5 Vnos podatkov

V krmilnik CNC-stroja moramo vnesti vse potrebne podatke za obdelovalni postopek. Vhodni podatki so lahko: geometrijski, tehnološki ali orodni. Geometrijske in tehnološke podatke vnesemo v krmilje z NC-programom, orodne podatke pa vnašamo ročno ali s posebnimi programi.

Geometrijski podatki so podatki o ključnih položajnih točkah orodij, podatki o poteh orodij med točkami ter podatki o smereh gibanja orodij na teh poteh. Podani so v obliki vektorjev v kartezijskem koordinatnem sistemu.

Tehnološki podatki opredeljujejo: načine gibanja na poteh, ki jih določajo geometrijski podatki, odrezovalne parametre na teh poteh in ostale pomožne funkcije, ki jih mora opraviti stroj med gibanjem.

Orodni podatki zajemajo natančne podatke o obliki orodja, o njihovi dolžini in natančnem premeru. Podatki o orodjih so pomembni, kadar gre za rezkalna orodja oziroma zadeva koordinate konice orodij. Zelo pomemben je podatek o položaju orodja v orodnem skladišču stroja ali revolverju, saj je posamezno orodje predvideno za točno določeno operacijo v NC-programu (Pečoler, 2011, 15).

4.6 CNC program

CNC program je sestavljen iz kombinacij programskih ukazov, ki so standardizirani in določenemu stroju narekujejo postopek izdelave predvidenega izdelka. Program pred začetkom izvedbe preverimo na stroju, in sicer tako da mu spremenimo izhodiščno koordinato z. Program se izvede poizkusno, brez obdelave. Programske operacije se izvajajo avtomatsko po določenem zaporedju.

Že iz časa razvojev numerično krmiljenih strojev izhaja kodni sistem. Največji delež oziroma večinski delež vrednosti stroja so predstavljale elektronske komponente, zaradi tega je bilo potrebno z njimi ravnati skrajno gospodarno. Med najdražje komponente so sodile elektronski pomnilniki (shranjevanje podatkov) in prenosni pomnilni mediji. Zaradi nekdanje majhnosti pomnilnikov je bilo potrebno podatke čim bolj strniti. Na račun te "majhnosti" pomnilnikov se je razvil sistem numeričnega kodiranja podatkov, kjer so posamezni ukazi stroju predstavljeni s samo eno črko in nekaj številkami. Takšne kodni sistem je ostal nespremenjen do danes, poznamo ga pod imenom NC-zapis.

Kljub temu, da danes nimamo več problema s prostorom pomnilnika, je ostal način standardnega programiranja nespremenjen. Edina slaba lastnost kodnega NC-zapisa je ta, da si ga težko zapomnimo, ker je popolnoma neasociativen.

Ker se razvoj v računalniški stroki ne ustavlja, so na voljo vedno cenejša in dostopna računalniška orodja. Z računalniškim programom si ustvarimo NC-program in tako je NC zapis le posredni med grafično delovno postajo in NC-strojem (Pečoler, 2011, 15).

4.7 Struktura NC programa

Znano nam je, da se vsi podatki, ki jih vnašamo v krmilje, ustrezno kodirajo. Ukazi stroju določijo postopek posamezne obdelave.

Posamezen program je sestavljen iz programskih stavkov. Ti opisujejo natančno določeno operacijo oziroma obdelavo na stroju. Programski stavki pa so sestavljeni iz znakov. Znak je lahko črka, številka, posebni znaki ali njihova kombinacija. Vsak stavek programa ima svojo vrstico, pred to vrstico pa številko. Pri ročnem programiranju številčimo vrstice po 10, da lahko kasneje v primeru napake ali dodatne obdelave vrinemo dodaten stavek.

Pomen oznak v NC-programu:

- N – zaporedna številka programskega stavka
- G – glavne programske funkcije, ki določajo vrsto in način gibanja
- X – osi X, pomik v smeri X-osi

- Y – osi Y, pomik v smeri Y-osi
- Z – osi Z, pomik v smeri Z-osi
- I, J, K – pomožni koordinatni sistem za krožne interpolacije
- F – podajalna hitrost v mm/min ali mm/vrtljaj
- S – programirano število obratov stroja
- T – oznaka orodja
- M – oznaka pomožne programske funkcije (Pečoler, 2011, 16-17).

5 RAČUNALNIŠKO PODPRTO PROGRAMIRANJE STROJEV (CAD/CAM)

Nov način programiranja, računalniško programiranje, se je razvil z željo po izdelavi zahtevnejših in kompleksnejših oblik izdelkov. Ročno programiranje je za zahtevnejše izdelke postalo prezahtevno ali pa je bilo potrebno vložiti preveč časa. Razvilo se je računalniško programiranje.

Računalniško podprto programiranje strojev se razvija že približno 20 let. Začetki izvirajo iz ZDA, kjer so se pojavili že v 60. letih. V današnjem času pa CAD/CAM pokriva vse postopke računalniško podprte izdelave proizvodnje dokumentacije (risanje kosovnic, delovnih načrtov in NC-krmilnih informacij). CAM/CAM sistem lajša delo inženirja oziroma proizvodnega tehnika na področjih:

- preračunov,
- zasnov,
- izdelave risb,
- dokumentacije,
- testiranja,
- proizvodne dokumentacije,
- proizvodnje.

Pretok informacij od projektiranja izdelka do njegove izdelave omogočajo povezave CAD-, CAM- in CAQ-sistemov.

CAD (Computer Aided Design) pomeni računalniško podprto konstruiranje, pri čemer konstruktor za snovanje izdelkov uporablja računalniške in programske opreme. Komunikacijo med konstruktorjem in grafičnim programskim sistemom omogoča računalniška grafika, ki je nepogrešljiva pri CAD-sistemu. Pri konstruiranju in snovanju izdelkov je postopek sprejemanja odločitev in izvajanja aktivnosti. Cilj nam je, da bo izdelek ustrežal zahtevam in specifikacijam.

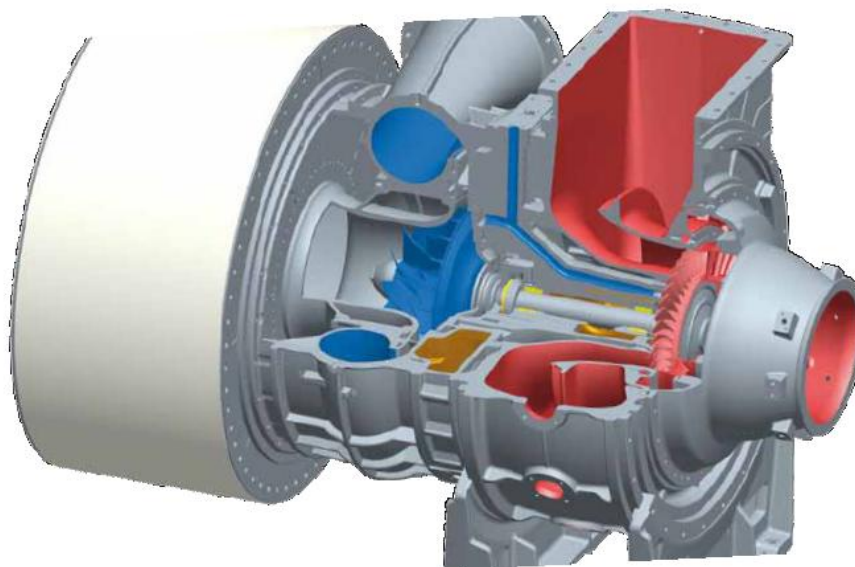
CAM (Computer Aided Manufacturing) pomeni uporaba računalnikov za nadzor proizvodnega procesa. Uporablja se pretežno za nadzor strojev, orodij in robotov v tovarnah. Procesi v tovarnah so med seboj povezani vse od zasnove do proizvodnje. Avtomatizacija se omogoča s pomočjo povezav med CAD in CAM. S povezavo med CAD/CAM sistemom in računalniško vodenimi metodami proizvodnje in prodaje si lahko stroške proizvodnje močno znižamo.

Tehnolog oziroma programer stroja s pomočjo CAD/CAM-sistema v računalnik vnese risbo in programska oprema na osnovi risbe ter baze tehnoloških podatkov izdela NC-kodo za določen tip stroja. CAD/CAM-sistem ima podatke o orodju, izberemo lahko optimalne tehnološke parametre, analizira in izračuna čas obdelave in čas izdelave izdelka. Program pretvorimo v obliko G-kode in ga prenesemo na obdelovalni stroj. Na stroju preventivno izvedemo simulacijo programa. Če poteka simulacija brez napak, začnemo s proizvodnjo izdelkov. Ključni dejavnik za prestop med ročnim in računalniško podprtim programiranjem je dober razvoj programske opreme. Osnovni sistemi so na začetku podpirali samo geometrijsko programiranje.

CAD-modeli so postali glavni nosilci informacij o izdelkih. Izdelovanje NC-programov kompleksnejših izdelkov brez CAM-programске opreme je postalo nepredstavljivo. Ker so se CNC-stroji začeli širiti na področju individualne proizvodnje, se je povečala želja po produktivnosti in enostavnosti CAM. CAM-programi zahtevajo usposobljene strokovnjake ali izkušene uporabnike, ki jim tehnološko znanje in znanje programiranja ni tuje (Pečoler, 2011, 17-18).

6 IZDELAVA NOSILCA ZA TURBO POLNILNIK TANKERJA

Nosilec za turbo polnilnik je strojni del katerega uporaba služi kot podpora na katerega privijamo turbo polnilnik. Turbo polnilnik (slika 8) se uporablja na motorjih z notranjim izgorevanjem z namenom povečanja moči s tem, da povečamo maso zraka in goriva. Ta strojni del v našem podjetju izdelujemo za našega poslovnega partnerja iz Nemčije. To podjetje je med vodilnimi podjetji v svetu, ki se ukvarjajo z dizajniranjem in izdelavo turbo polnilnikov. Nosilec turbo polnilnika je zahteven strojni del. Zaradi upoštevanja varnostnih, trajnostnih in tolerančnih zahtev nam hitro postane jasno, da mora obdelava potekati po sodobnem načinu obdelovanja. Ta turbo polnilnik, za katerega bom opisal postopek programiranja in tehnologijo izdelave nosilca, je namenjen za uporabo pri plovilih za prevoz naftnih derivatov.



Slika 8: Sestava turbo polnilnika

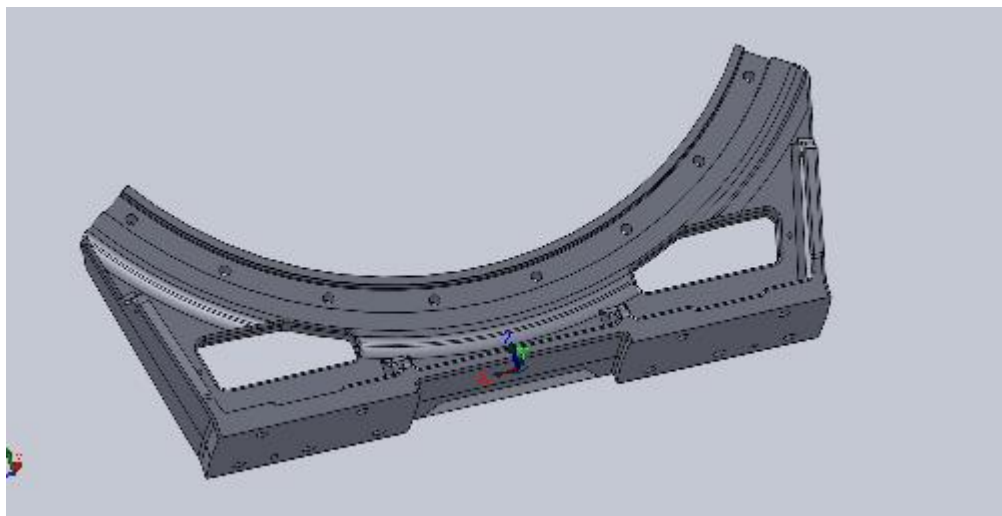
Vir: http://www.mandieselturbo.com/article_002808.html, dne 12.11.2011

6.1 Izdelava programa

6.1.1 Izdelava programa s pomočjo programa Mastercam

Najprej sem uvozil 3D model izdelka, ki ga je podjetje dobilo od našega naročnika. To sem storil tako:

- V meniju izberemo File (datoteka), Open (odpri)
- V pogovornem oknu Open izberemo Files of Type (tipi datotek) želeno končnico MCX
- Za nastavitve parametrov pri uvažanju izberemo Options (možnosti), v pogovornem oknu nastavimo želene parametre, potrdimo z OK
- Izberemo želeno datoteko in pritisnemo Open. Izbrana datoteka se z uporabo nastavitve avtomatsko pretvori v format Mastercam MCX.



Slika 9: 3D model izdelka

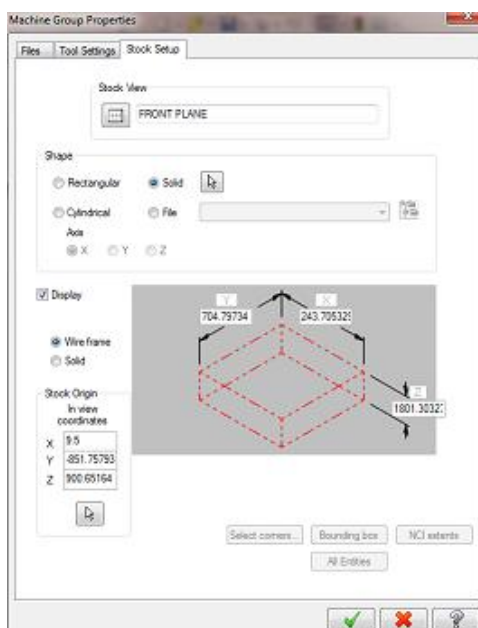
Vir: Lasten

Ko smo model uspešno uvozili v Mastercam, moramo izbrati stroj na katerem bomo obdelovali izdelek. To storimo tako, da v meniju izberemo Mastercam Machine Selection (izbira stroja), potem izberemo Manager List (tip strojev) ter izberemo stroj na katerem bo potekala obdelava - WHN1.

Naslednji korak, ki ga moramo opraviti je, da nastavimo surovec obdelovanja. Model surovca omogoča boljšo vizualizacijo izračunanih poti obdelav. Obstaja več načinov za nastavitve poti surovca:

- Če želimo nastaviti preprost surovec, ki ni povezan z geometrijskimi elementi, izberemo Rectangular (pravokoten surovec) ali Cylindrical (valjasti surovec). Na ta način je surovec definiran le s parametri.
- Za definicijo surovca lahko izberemo tudi 3D model.

Za nastavitve poti surovca sem izbral 3D model (slika 10). Kliknemo Stock Setup (nastavitve surovca), izberemo Solid ter na modelu izberemo površino, katero bomo obdelovali.



Slika 10: Funkcija za nastavitve surovca

Vir: Lasten

Po izbiri surovca moramo izbrati material, ki ga bomo obdelovali. To naredimo tako, da odpremo zavihek Tool Settings (nastavitve orodij) ter v razdelku Material Selection (izbira materiala), kliknemo na gumb Select (izberi). Odpre se pogovorno okno Material List (spisek materiala). S spiska sem izbral sivo litino.

V razdelku Feed Calculation Options (možnosti izračunavanja podajalne hitrosti) izberemo From Material (iz materiala) (slika 11). Ta nastavitev pomeni, da Mastercam izračuna podajalno hitrost in hitrost vretena glede na izbrani material.

Program # 0

Feed Calculation

☐ From tool

☒ From material

☐ From defaults

☐ User defined

Spindle speed 5000.0

Feed rate 100.0

Retract rate 150.0

Plunge rate 25.0

☒ Adjust feed on arc move

Minimum arc feed 125.0

Slika 11: Funkcija za izračunavanje podajalne hitrosti

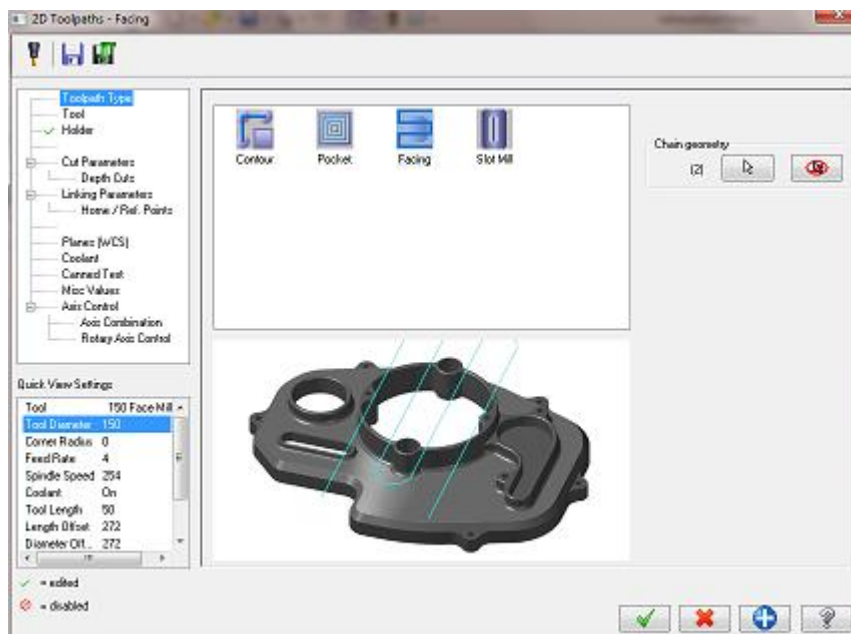
Vir: Lasten

Pred programiranjem moramo določiti izhodiščne točke surovca.

6.1.2 Programiranje spodnje površine surovca

Najprej moramo napisati program za poravnavo obeh čelnih površin. S čelno obdelavo lahko očistimo in poravnamo zgornjo obdelovalno površino surovca. Temelj za to obdelavo je lahko surovec ali izbrana geometrija.

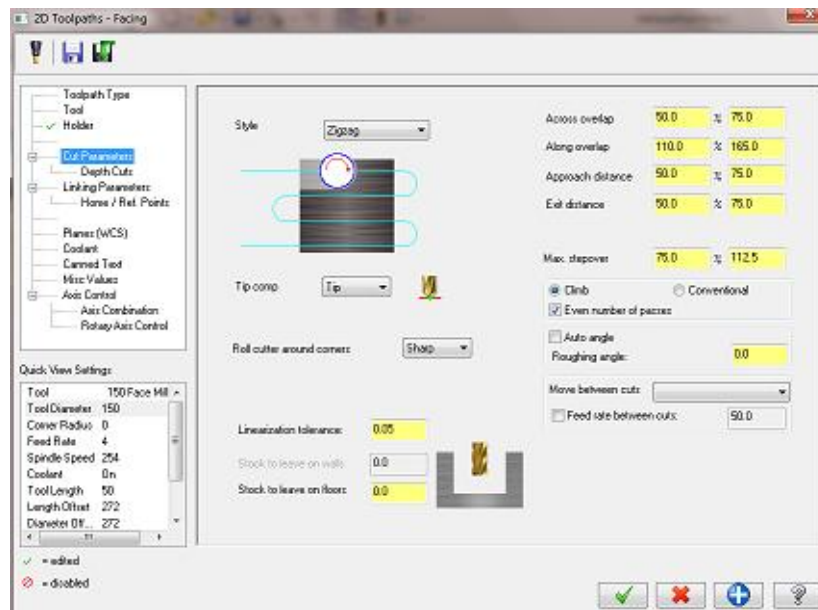
Za izbiro čelne operacije moramo izbrati Tool Paths (obdelave), Facing (čelna obdelava) in kliknemo OK ter na modelu določimo katere površine bomo obdelovali. Ko sem izbral obdelovalne površine, sem moral s pomočjo zavihka Facing Parameters (parametri čelne obdelave) izbrati parametre obdelave.



Slika 12: Funkcija za izbiro vrste obdelave

Vir: Lasten

V zavihku Tool Manager izberemo 45° rezkalno glavo premera Φ 125 mm, s katero bomo obdelovali čelno površino. Določimo še ostale parametre in sicer določimo gibanje orodja (slika 13). Pod funkcijo Style lahko izbiramo med različnimi gibanji orodja. V mojem primeru sem izbral Zigzag gibanje (cikcak), kar pomeni, da bomo obdelovali površino samo z delovnimi gibi in tako ne bo prišlo do izgube časa z jalovimi gibi. Pri programiranju čelne obdelave je pomembno, da je prekrivanje orodja preko roba surovca več kot 50% premera orodja, saj le tako zagotovimo, da na površini ne bomo pustili ostankov.



Slika 13: Funkcija za nastavitve parametrov rezkanja

Vir: Lasten

S funkcijo Depth Cuts (globina rezkanja) lahko določimo maksimalne globine, ki jih bo orodje naredilo v enem delovnem gibu. Izbral sem 2mm in tako orodje odrezuje po 2 mm globine.

S funkcijo Linking Parameters določimo odmike orodja od surovca. Določil sem, da se bo orodje najprej s hitrim gibom odmaknilo od surovca 200 mm, potem se bo s hitrim gibom približalo surovcu na 7 mm, potem pa bo začelo čelno rezkati na končno globino. S funkcijo Coolant vklopimo hladilno tekočino pri obdelavi.

Po čelni poravnavi surovca sledi programiranje vrtanja lukenj. Mastercam podpira zelo veliko standardnih vrtalnih ciklov. Luknje je potrebno najprej središčiti, nato vrtati, na koncu še povečati in izdelati toleranco za dve luknji. Obdelave vrtanja omogočajo veliko različnih možnosti izbire vrtalnih točk. Možna je izbira posameznih točk ali lokov, katerih središče predstavlja vrtalno točko. Možna je izbira vseh točk prejšnje operacije ali pa izdelava vzorca točk z nastavitvijo parametrov. Če želimo izdelati vrtalno operacijo, izberemo Toolpaths (obdelave), nato pa Drill (vrtanje). Odpre se nam pogovorno okno za izbiro vrtalnih točk:

- Select (izberi): kurzor se vrne v grafično okno, kjer lahko uporabimo standardne možnosti za izbiro posameznih točk.

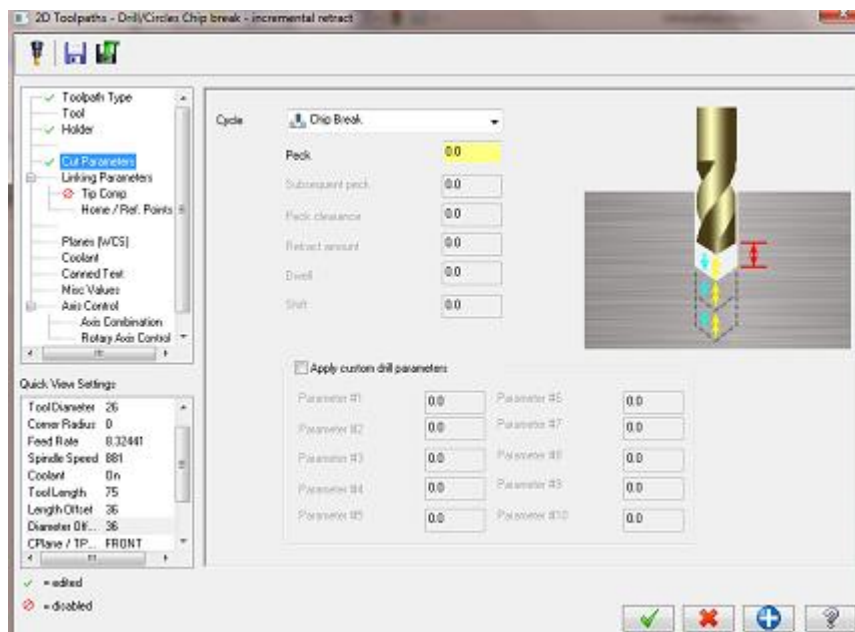
- Automatic (avtomatsko): Mastercam poišče vrtalne točke. Ko se vrnemo v grafično okno, najprej izberemo prvi dve točki, s katerima določimo smer izbiranja. Na koncu izberemo končno točko. Mastercam najde in izbere vse točke v vmesnem območju.
- Entities (elementi): vrtalne točke izbere na končnih točkah izbranih elementov. Če izberemo polne kroge, so vrtalne točke postavljene v središče krogov.
- Window points (izbor točk z oknom): vrnemo se v grafično okno, kjer lahko okoli zelenih točk potegnemo štirikotnik in jih s tem izberemo (A-CAM inženiring d.o.o., 2005,313).

V pogovornem oknu Selection (izbor) sem izbral luknje na modelu, ki jih bomo vrtali. Določil sem vrstni red vrtanja:

- Središčenje lukenj
- Vrtanje lukenj $\Phi 18$
- Vrtanje lukenj $\Phi 28$
- Vrtanje lukenj $\Phi 27,5$
- Povrtavanje lukenj $\Phi 28H7$; s tem naredimo dve luknji na toleranco, ki nam bosta služili kot centrirni luknji za drugo operacijo.

Ko izberemo točke na obdelovancu, se nam prikaže pogovorno okno, v katerem imamo možnosti izbire orodja. Orodje poiščemo v knjižnici orodij, tako da kliknemo na ikono Select Library Tool in orodje izberemo iz nabora. V okencu z naslovom Comment napišemo ime operacije, da operater na stroju ve, kaj se bo izvajalo.

Najprej sem izbral iz orodne tabele središčni sveder $\Phi 10$. Pri tem sem izbral vrtalni cikel Drill/Counterbore (vrtanje/grezenje), s katerim središčimo vse luknje. Določil sem, da se bodo luknje $\Phi 18$, $\Phi 28$ in $\Phi 27,5$ vrtale s funkcijo Chip Break (lomljenje odrezkov). Izdelala se bo še luknja $\Phi 28H7$ s pomočjo ukaza Bore#1 (povrtavanje).



Slika 14: Funkcija za določitev parametrov vrtanja

Vir: Lasten

Na tej poziciji še ostane obdelava sedežev lukenj iz druge strani. To sem naredil s funkcijo Helix Bore (spiralno frezanje). Za takšno rezkanje potrebujemo poseben rezkar, s katerim se lahko utopimo skozi center luknje, potem pa rezkamo sedeže z druge strani. S takšnim rezkarjem prihranimo veliko časa, saj se tako izognemo dodatnemu vpetju. Helix Bore obdelavo uporabimo pri rezkanju po spirali do določne globine, nato primiku v steno in fino obdelavo stene. V tej funkciji lahko izberemo eno točko, kjer se bo orodje utopilo, in sicer sem izbral center vsake luknje, saj tako orodje ne nasede na steno luknje, ko se premika na delovno globino. Določiti sem moral natančne vhode in izhode, kjer se bo orodje utopilo.

Na koncu moramo posneti ostre robove na luknjah. To storimo s funkcijo Chamfer Contur (posnetje konturne obdelave). Ta tip obdelave uporabimo, če želimo konturi ali luknji izdelati posnetje. Zato sem v orodni tabeli izbral 45° rezkar $\Phi 14$. Po izbiri geometrije in orodja sem izbral zavihek Contur Parameters (parametri konturne obdelave) ter izbral gumb Chamfer (posneti). Nastavil sem dimenzije posnetja. Ko izdelujemo posnetje, moramo obvezno izbrati enega izmed naslednjih tipov orodij:

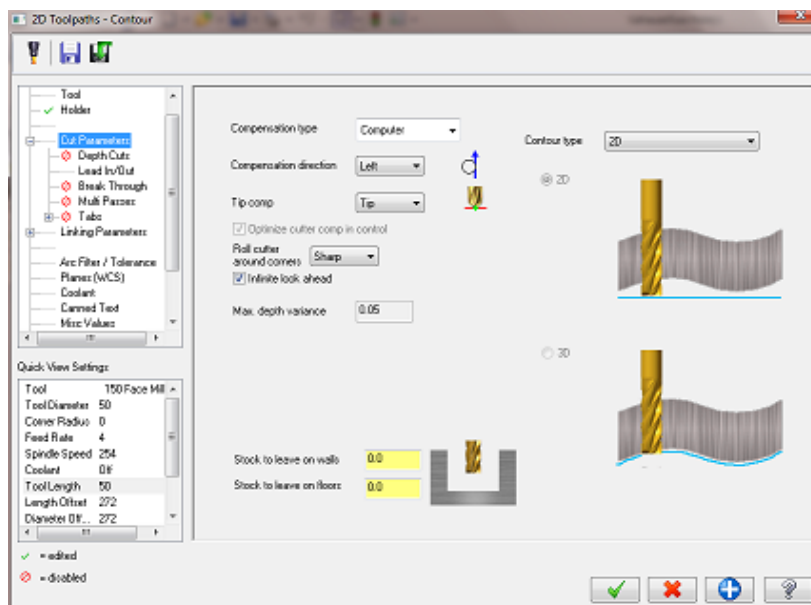
- torusni rezkar,
- kroglični rezkar,

- rezkar za posnetje robov.

6.1.3 Programiranje zgornje površine surovca (na dodatek)

V drugi operaciji moramo rezkati komad na dodatek in izdelati luknje na dodatek. Ker je postopek programiranja za nekatere operacije enak, bom opisal samo tiste postopke programiranja, ki jih nisem opisal v prvi operaciji.

Najprej moramo določiti izhodiščno točko obdelovanja. Izbrati moramo stroj na katerem se bo obdelovalo in material, katerega bomo obdelovali. Ko imamo to urejeno, lahko začnemo programirati. Najprej sem napisal program za čelno rezkanje in sprogramiral zgornjo površino tako, da bo radij obdelovanja 893mm. Uporabimo zavihek Contur (konturne obdelave), ki ga uporabimo, ko želimo vpeljati orodje ob določeni konturi. Ta tip obdelave je primeren tako za grobe kot za fine obdelave. Konturna operacija tako pelje orodje ob določenih povezanih elementih, ne zna pa očistiti območja znotraj zaprte meje. Obdelava lahko poteka z več rezi, tako v globino kot v širino. Za izdelavo konturne obdelave izberemo Contur (kontura), potem pa Tool Path (obdelave) (slika 15). Po izbiri geometrije in orodja uporabimo zavihek Contur Parameters (parametri konturne obdelave), s katerim lahko določimo parametre obdelave.



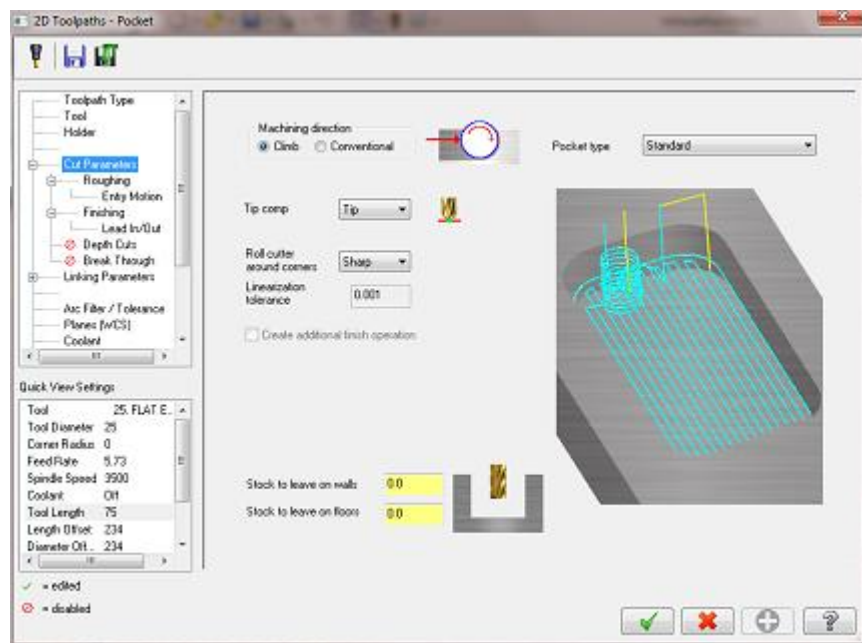
Slika 15: Funkcija za nastavev parametrov konturne obdelave

Vir: Lasten

S funkcijo Pocket (obdelava žepov) sem izbral rezkanje utora na dodatek. Z obdelavami žepov programa Mastercam lahko v eni operaciji združimo grobe in fine obdelave, možna pa je tudi izdelava ločenih obdelav za grobe in fine reze. Za vsak tip obdelave lahko nastavimo ločene vhode v material in izhode iz materiala. Izberemo lahko več različnih strategij čiščenja žepov, možna pa je tudi obdelava odprtih žepov in visoko hitrostne obdelave. Fina obdelava vsebuje tudi ločeno nastavitvev podajalne hitrosti in še nekaj drugih dodatnih možnosti. Imamo možnost izbire več tipov žepov:

- Facing or Island facing (čelno ali čelno na otokih); Mastercam na otokih avtomatsko prilagaja globine rezanja.
- Open pockets (odprti žepi); Mastercam avtomatsko vstopa in izstopa v žep na tistem delu, kjer je že odprt.
- Remachining (obdelava ostankov); Mastercam izračuna ostanke, ki so ostali v žepu po prejšnji operaciji in jih obdela.

Za izdelavo žepov sem izbral Toolpaths (obdelovalne poti), Pocket (žep) in označil konturo za obdelovanje (slika 16). Po izbiri orodja sem uporabil zavihek Pocketing Parameters (parametri obdelave) in določil standardni tip žepa ter ostale splošne parametre.



Slika 16: Funkcija za nastavitvev parametrov za žepe

Vir: Lasten

Za rezkanje zadnje površine programiramo s pomočjo konturne obdelave.

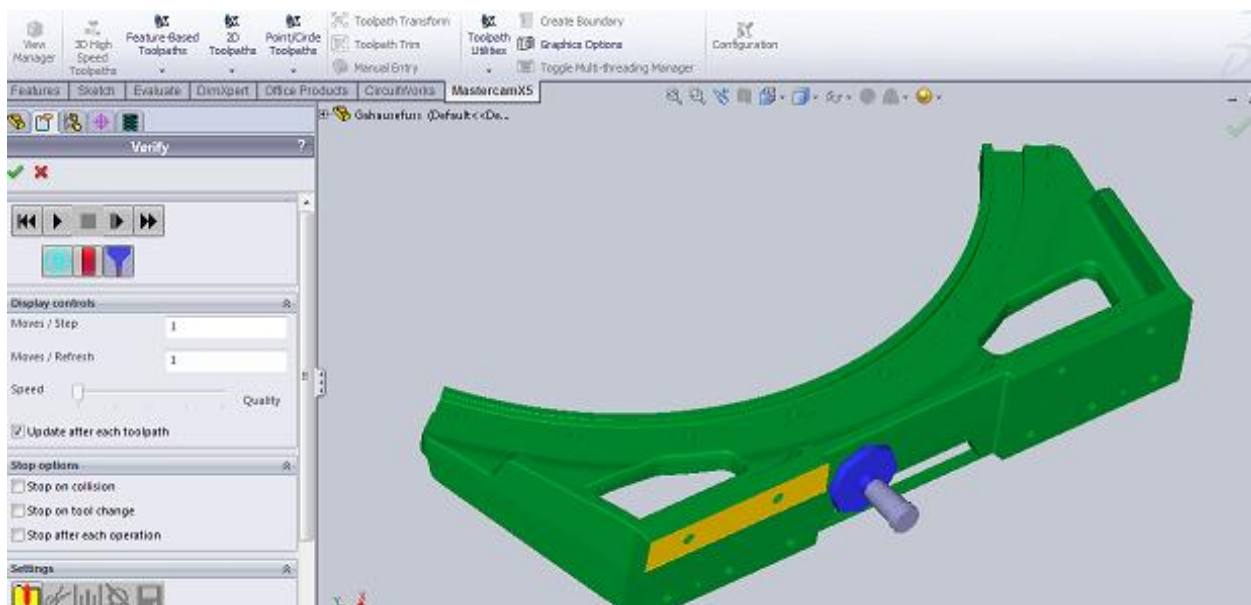
Vsa geometrija, ki se uporablja za izdelavo žepa mora ležati v isti konstrukcijski ravnini. Če znotraj zaprte konture leži še ena zaprta kontura, jo Mastercam interpretira kot otok in je zato ne počisti (A-CAM inženiring d.o.o., 2005, 315).

6.1.4 Programiranje zgornje površine surovca (na končno mero)

Mastercam ponuja več različnih načinov za fino obdelavo, tako da izberemo tistega, ki nam najbolj ustreza. Izbral sem zavihek Rouning/Finishing parameters (parametri grobih in finih rezov), nato pa fino obdelavo. Ločeno lahko nastavimo podajalno hitrost in hitrost vretena ter še nekatere ostale funkcije. Fini rez je lahko izdelan kot ločena operacija, tako da ga lahko urejamo ločeno od grobega čistega žepa.

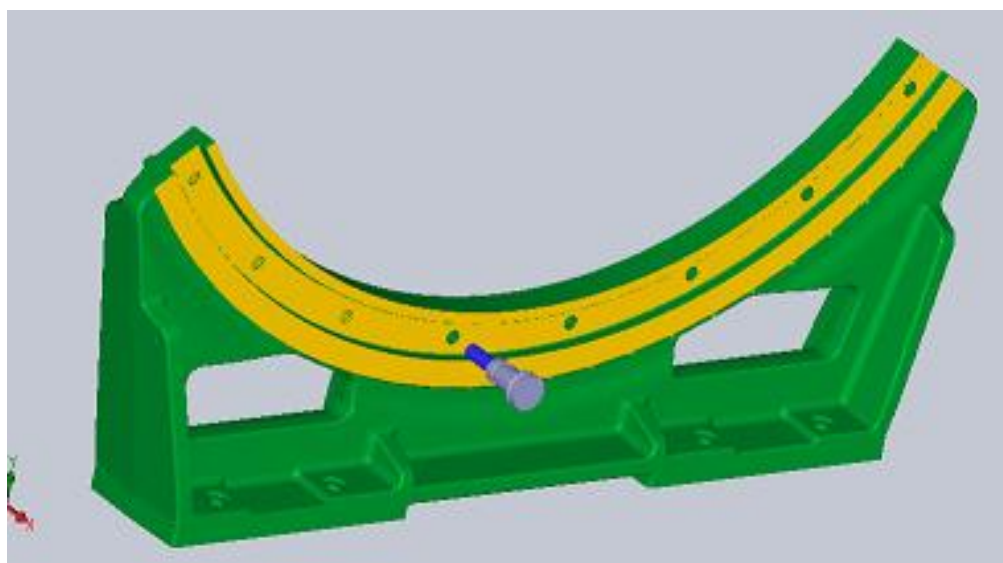
6.2 Simulacija rezkanja

Pisanju programa je sledil izris poti. Izris je namenjen za simulacijo gibanja orodja po obdelovalni poti, kot bi gledali film. Izris uporabljamo za odkrivanje napak v obdelovalnih poteh, še preden pošljemo NC program na stroj. Če si želimo ogledati izrise obdelovalnih poti moramo klikniti najprej Regenerate (obnovi), potem pa Verify Select Operation (verifikacija izbranih operacij). Odpre se nam model in kontrolna vrstica. Funkcijo Verify (verifikacija) uporabljamo za izdelavo 3D simulacije obdelave. Model, ki ga izdela ta funkcija je natančna predstavitev obdelanega kosa. Na modelu je videti tudi kolozijske orodja z obdelovancem. Simulacijo lahko gledamo za celotno obdelavo ali pa vsako obdelavo posebej. Za začetek in pavzo uporabimo kontrolne gumbke v zgornjem delu pogovornega okna Verify.



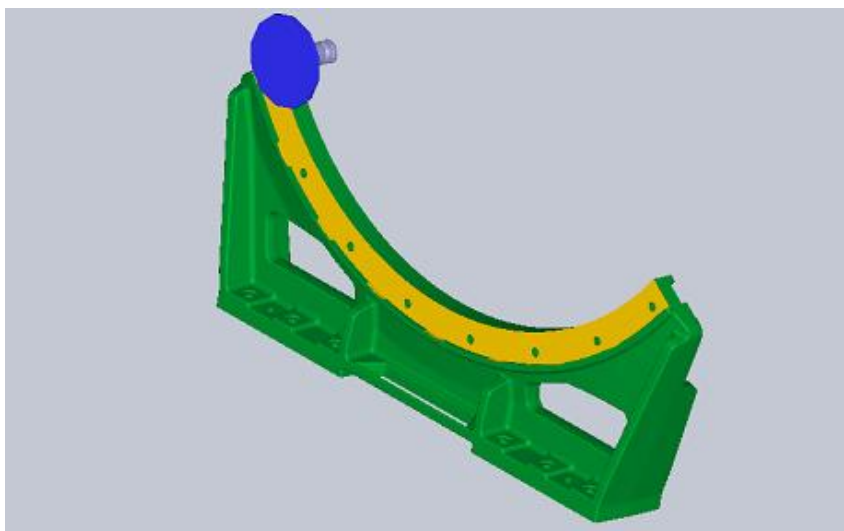
Slika 17: Simulacija rezkanja čelne površine

Vir: Lasten



Slika 18: Simulacija druge operacije

Vir: Lasten



Slika 19: Simulacija zadnje površine v drugi operaciji

Vir: Lasten

6.3 Tehnološki postopek obdelave

Obdelovanec je odlitek, zato je potrebno najprej vsak surovec posebej načrtati, da ima operater na stroju izhodišče za rezkanje izdelka. Če tega ne bi storili, bi lahko prišlo do težave, saj operater ne bi mogel natančno določiti ničte točke. S tem omogočimo, da si operater na stroju z vzporednim zarisnikom obdelovanec poravnava po x- in y-osi ter mu določi ničto točko po y-osi. Surovec položimo na merilno mizo in ga s kladicami podložimo, tako da je vodoraven (slika 20). Nato moramo na vseh straneh z vzporednim zarisnikom načrtati centrirno črto. Pri tem moramo biti pozorni na to, da črto načrtamo na takšni višini, da bo pri obdelavi mogoče izdelati meri 64 mm in 20 mm (glej Prilogo 1). Po zarisovanju lahko začnemo s strojno obdelavo. Obdelava bo potekala na horizontalno vrtalnem rezkalnem stroju WHN.



Slika 20: Zarisovanje surovca

Vir: Interni vir podjetja SEMS d.o.o.

Najprej si moramo z računalnika prekopirati programe na stroj. Programer mora posredovati operaterju številke programov, načrt izdelka v katerem so določene ničte točke in program v tiskani obliki za pomoč operaterju pri prvem obdelovancu ter orodno tabelo, da si operater priskrbi potrebna orodja. Pri obdelavi prvega komada mora biti prisoten programer.

Pri prvi operaciji položimo surovec na mizo in ga z vzporednim zarisnikom nastavimo na višino, ki smo jo načrtali. Komad moramo vpeti na mizo stroja in nanjo naredimo omejevalec po x-osi, saj tako ni potrebno za vsak komad posebej določati ničtih točk. Ničte točke moramo določiti po x-osi na sredini surovca, po y-osi pa na črti, ki smo jo načrtali in po z-osi na obdelovalni površini. Odmeriti moramo tudi vsa orodja, ki jih bomo potrebovali pri določeni operaciji. Vedno, ko nastavljamo prvi komad, je priporočljivo da delamo s funkcijo »stavek po stavek«, kar pomeni, da stroj naredi en stavek po programu, nato pa počaka na naslednji stavek. Pomembno je tudi, da hitre gibe nekoliko zmanjšamo zaradi možnosti programerjeve napake in posledičnega loma orodja ali celo okvare stroja. Pri rezkanju prve operacije začnemo z rezkanjem čelne površine. Za rezkanje čelne površine smo izbrali rezkalno glavo $\Phi 125/45^\circ$. Rezkati jo moramo v globino 7 mm na globino z-0. Pri nastavljanju ničte točke po z-osi se z rezkalno glavo dotaknemo površine surovca in stroju vtipkamo, da smo po z-osi na +7 mm, tako da ko odrezkamo teh 7 mm smo na globini 0, ki je izhodiščna točka naslednje operacije. Treba je središčiti vse luknje, ki jih je potrebno izvrtati. Za to bomo uporabili središčni sveder $\Phi 10$. Program je napisan tako, da luknje središčimo po

vrstnem redu po koordinatah, saj s tem prihranimo čas, ker se izognemo jalovim gibom. Nadaljujemo z vrtanjem lukenj $\Phi 18$, nato $\Phi 28$ in izdelamo dve luknji $\Phi 28$ na toleranco, vendar ne zato, da bi bila ta toleranca v načrtu, ampak zato da prihranimo čas za vpenjanje in centriranje obdelovanca pri drugi operaciji, saj smo si naredili vpenjalno pripravo v kateri sta dva čepa $\Phi 28H7$, na katera namestimo surovec za drugo operacijo. Za izdelavo luknje $\Phi 28h7$ izvrtamo $\Phi 27,5$, potem z rezkarjem $\Phi 27,6$ povečamo luknjo in s povrtalom $\Phi 28H7$ povrtamo luknjo na končno mero.



Slika 21: Rezkanje prve operacije

Vir: Interni vir podjetja SEMS d.o.o.

Sledi rezkanje sedežev lukenj iz druge strani. Za takšno rezkanje potrebujemo poseben rezkar, ki nam omogoča rezkanje sedežev iz druge strani (slika 22). Pri tem moramo biti zelo pazljivi, saj se mora orodje premakniti na končno globino skozi luknjo in pri tem ne sme poškodovati površine luknje. Rezkar mora biti manjšega premera kot je premer luknje, program pa mora biti napisan tako, da se orodje pomika na končno globino v centru luknje. Za konec prve operacije sledi posnetje robov na luknjah. Posnetje lukenj naredimo z 45° rezkarjem premera $\Phi 12$.



Slika 22: Rezkar za izdelavo sedežev

Vir: Interni vir podjetja SEMS d.o.o.

Pri rezkanju druge operacije moramo najprej na obdelovalno mizo namestiti pripravo, ki smo jo izdelali (slika 23). Pripravo moramo z merilno uro nastaviti tako, da sta oba čepa v liniji. Surovec postavimo pokončno in ga namestimo na pripravo tako, da se čepa $\Phi 28H7$ in luknji $\Phi 28H7$ ujemata. S pripravo, ki smo jo izdelali prihranimo veliko časa, saj je potrebno določiti ničte točke samo za prvi komad. Pri menjavi naslednjih obdelovancev pa moramo biti pozorni na to, da je površina priprave čista in tudi površina, ki smo jo obdelali v prvi operaciji. Pred začetkom obdelave v drugi operaciji si moramo odmeriti orodja, ki jih bomo potrebovali in nastaviti ničto točko. Ničta točka po x-osi je sredina obdelovanca, po y-osi je spodnja površina obdelovanca, ki je vpeta na pripravo in po z-osi končna globina utora. V drugi operaciji poteka obdelava na dodatek. Z rezkalno glavo premera 160 mm porezkamo čelno površino na $z + 20,5$ in obenem še porezkamo mero $\Phi 2060$. Nato moramo s stebelnim rezkarjem premera 80 mm porezkati mero $\Phi 1786,5$. Nadaljujemo z rezkanjem utora na mero 65 mm na globino $z + 0,8$ mm. To naredimo z rezkalno glavo $\Phi 63$. Sledi rezkanje zadnje površine s kolutnim rezkarjem $\Phi 315$ na mero 65 mm. Pri tem moramo paziti, da steblo rezkarja ne bi nasedlo na površino obdelovanca. Nato središčimo luknje $\Phi 24,5$, za kar uporabimo središčni sveder $\Phi 10$. Izvrtamo luknje $\Phi 24,5$. Po koncu druge operacije ni potrebno komada odstranjevati iz priprave, ampak samo popustimo vpenjalne vijake in tako sprostimo obdelovanec, potem pa vijake spet pritegnemo.



Slika 23: Priprava za drugo operacijo

Vir: Interni vir podjetja SEMS d.o.o.

Tretja operacija je rezkanje na končno mero. Z rezkalno glavo $\Phi 160$ porezkamo na končno mero $z + 20$ mm, nato s finim rezkarjem $\Phi 30$ na fino obdelamo mero $\Phi 1786$. Z rezkarjem $\Phi 63$ obdelamo dno utora na končno mero $z = 0$ in s finim rezkarjem $\Phi 20R3$ obdelamo stene utora na končno mero 67 mm. Na končno mero je treba narediti tudi zadnjo površino s kolutnim rezkarjem $\Phi 315$ na mero 64 mm. Z rezkarjem $\Phi 26$ izdelamo luknje $\Phi 26$ na končno mero. Na utoru je potrebno posneti robove, to storimo s 45° rezkarjem $\Phi 25$. Na koncu je potrebno izdelati luknje M16. Luknje središčimo, potem zvrtnemo luknjo $\Phi 14$ in zvrtnemo navoj M16. S tem se obdelava na stroju konča.

Med samo obdelavo in po obdelavi moramo izvajati potrebne meritve in izmerjene vrednosti vpisovati v merilni protokol. Poskrbeti moramo tudi, da so obdelovalne površine v skladu z zahtevami. Po obdelavi se morajo ročno posneti vsi ostri robovi, ki jih nismo posneli med obdelavo. Izdelke je potrebno zaščititi z ustreznim mazilom proti rjavenju.



Slika 24: Izdelki po končani obdelavi

Vir: Interni vir podjetja SEMS d.o.o.

7 ZAKLJUČEK

V diplomskem delu sem predstavil način programiranja CNC obdelovalnih strojev s programskim orodjem Mastercam pri izdelavi nosilca, ki služi kot podpora na katero se privijači turbo polnilnik tankerja. Nosilec turbo polnilnika je zahteven strojni del, zaradi upoštevanja tolerančnih zahtev pa nam hitro postane jasno, da mora obdelava potekati po sodobnem načinu obdelovanja. Prav zato bo diplomska naloga lahko kot strokovna literatura v pomoč tudi mojim sodelavcem.

Računalniško programiranje CNC obdelovalnih strojev nam pokaže svojo prednost pri programiranju posebno zahtevnih oblik. Programski paket Mastercam je sicer dokaj preprost in hiter za uporabo, pogosto pa lahko nastopijo težave glede vpetja obdelovanca, posebno v primeru zapletenih oblik različnih obdelovancev.

Vsekakor pa razvoj novih izdelkov zahteva nenehna razvojna prizadevanja in izpopolnjevanje tudi na področju programskih orodij. Za sodobne programe in različne module potrebujemo ustrezno izobražene strokovnjake, da lahko dosežemo optimalno izkoriščenost obdelovalnih strojev in organiziranost procesa ter visoko kakovost izdelkov.

8 LITERATURA IN VIRI

8.1 Knjižni viri

1. A-CAM inženiring d.o.o.. *Mastercam X: vodič po programu*, Ljubljana, Narodna in univerzitetna knjižnica Ljubljana, 2005.
2. Balič, J.: *CAD/CAM postopki: univerzitetni učbenik*, Maribor, Fakulteta za strojništvo, 2002.
3. Balič, J.: *Računalniško integrirana proizvodnja: univerzitetni učbenik*, Maribor, Fakulteta za strojništvo, 2001.
4. Pečoler, M.: *Programiranje izdelave avtomobilskega distančnika na CNC stroju: diplomsko delo*, Maribor, Fakulteta za strojništvo, 2011.

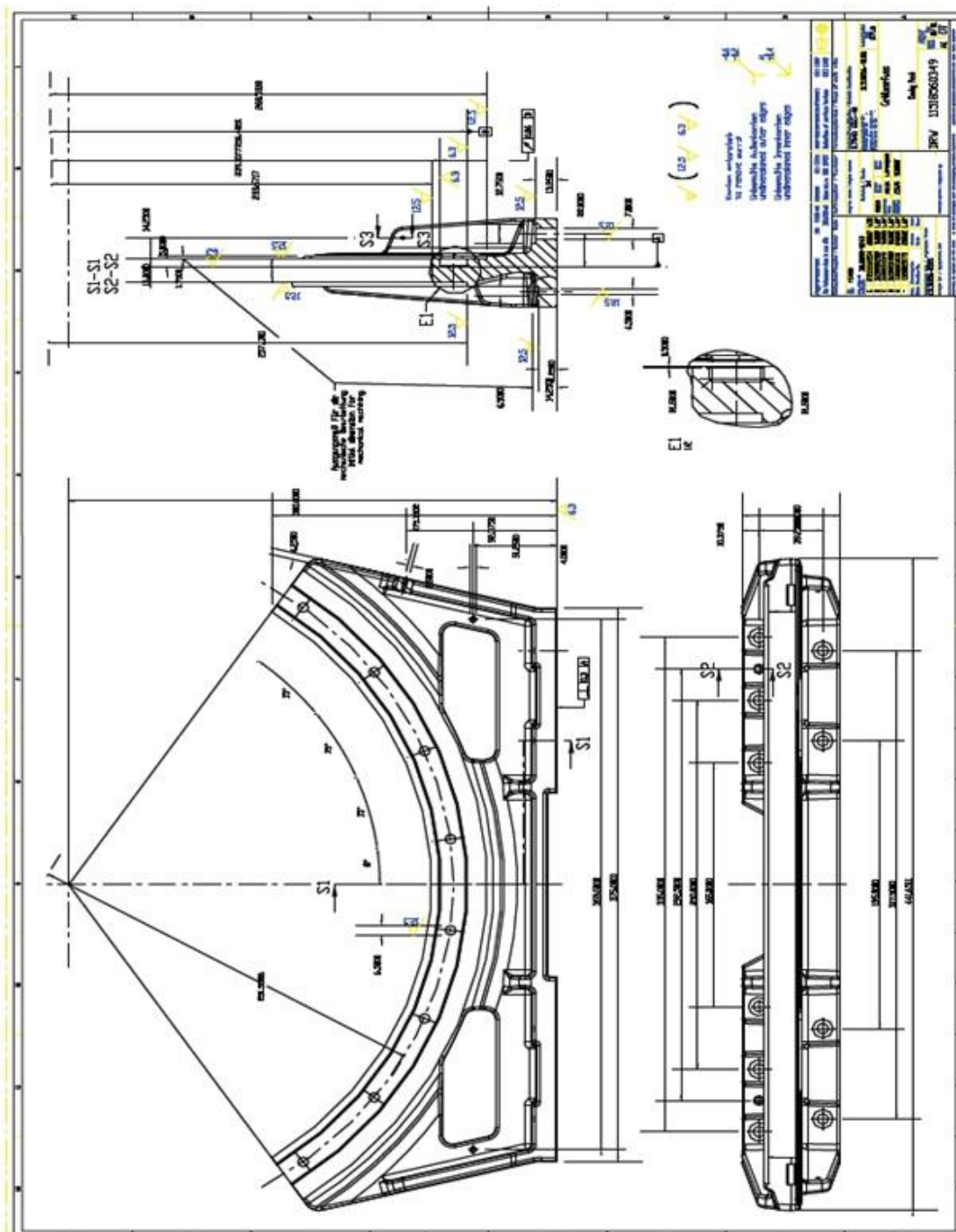
8.2 Interni viri

1. Interni viri podjetja SEMS d.o.o.

8.3 Internetni viri

1. <http://sems.si>, dne 16.12.2011
2. <http://www.mandieselturbo.com>, 12.11.2011
3. <http://www.secotools.com/si>, 18.10.2011
4. <http://www2.sts.si/arhiv/tehno/projekt2/r1.htm>, 15.10.2011

Načrt nosilca



Vir: Interni vir podjetja SEMS d.o.o.