

Факултет инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу

Војна академија Универзитета одбране у Београду



Назив студијског програма: Војноиндустријско инжењерство

Ниво студија: Основне академске студије

Модул: Наоружање

Предмет: Производне технологије

Број индекса: 526/2010

Жељко П. Павићевић

**Израда делова наоружања применом CNC
технологија
Дипломски рад**

Комисија за преглед и одбрану:

1. ред. проф. др Богдан Недић - ментор

2. - _____

3. - _____

Датум одбране: _____

Оцена: _____

Крагујевац, новембар 2017.

Садржај

1. Увод.....	4
2. Обрадни системи са компијутерским управљањем- CNC	6
3. CNC глодалице.....	9
4. Програмирање CNC машина	15
4.1 Појам програма и структура програма.....	19
4.2 Функције и адресе	20
4.3 Врсте програмирања	22
4.4 Списак и карактеристике G функција	24
4.5 Списак M функције	27
5. Израда CAD модела.....	31
6. Израда техничке документације по операцијама	36
7. Закључак	46
8. Литература.....	47

Резиме

У овом раду описани су начини побољшања производње, применом савремених технологија. Приказан је и принцип рада *CNC* машина, теоријски, као и на примеру производње носача механизма снајперске пушке 12.7 mm *Црна Стрела*, произведене од стране Крагујевачке фабрике оружја *Застава Оружје*. У прилогу је дат *G* код за *CNC* машину, помоћу кога се овај део производи. Нумеричко управљање (*NC*) је вид програмабилне аутоматизације код које се обрадним системом управља помоћу бројева, слова и других симбола. Применом ових метода, остварује се уштеда времена трајања обраде, повећана прецизност димензија добијених делова и постизање већег квалитета површина. Смањује се допунско и припремно времена скоро до њиховог елиминисања. Такође се штеди на трошковима техничке контроле и интерног транспорта. Примена *NC* и *CNC* технологија показује предности које нуде ове технологије у односу на класичне производне технологије, које се пре свега огледају у смањењу директног рада, а у неким случајевима и индиректног рада.

1. Увод

Технологија обраде проучава проблематику израде и обликовања готових делова. Када је реч о технологији механичке обраде, подразумева се обрада делова механичким путем и то уклањањем вишка материјала са или без скидања струготине. Као што сами називи кажу, под обрадом без скидања струготине подразумева се обрада у којој се обликовање врши без или са незнатним уклањањем вишка материјала (обрада ливењем, обрада спајањем и обрада деформисањем), док под обрадом са скидањем струготине се подразумева обликовање уклањањем вишка материјала (ручна обрада и обрада метала резањем) [1].

Савремени поступци обраде се односе на обраду материјала помоћу савремених технологија, односно применом савремених машина и обрадних цетара. Примена савремене технологије омогућава добијање, односно израду делова високе тачности са високим квалитетом обрађених површина.

Основни захтеви савременог тржишта, који у основи усмеравају поизводне и организационе активности, везани су за висок квалитет производа, скраћено време од идеје до реализације, ниске цене, производњу у серијама прилагођеним потребама тржишта, велики асортиман производа и сл. Да би томе одговорили, савремени производни системи треба да поседују високу конкурентску способност која им може омогућити да адекватно одговоре на постављене захтеве и изборе се са све већом конкуренцијом. Неке од карактеристика, које у том смислу треба да поседују савремени производни системи односе се на: ефикасност, флексибилност, аутоматизацију, постојан квалитет, рачунарски интегрисане активности, итд.

Код делова наоружања поред сложене геометрије коју поседују, потребно је постићи веома висок квалитет обрађених површина како би се смањило трење између делова при раду. Због велике брзине кретања делова при раду механизма наоружања, као и раду при великим динамичким оптерећењима, при изради делова потребно је задовољити веома уске толеранције.

Ови захтеви се могу остварити калсичном методом обраде на универзалним машинама, али је за то потребно много више времена него на савременим CNC машинама. Израда компликованих геометрија је много поједностављена применом савремених технологија обраде, самим тим што постоји могућност за извршавање више операција различитим алатима, при једном стезању, што доста утиче на смањење потребног времена које се губи при транспорту дела са машине на машину или поновног позиционирања дела за наредну операцију, при том је тачност израде делова много већа.

Савремене технологије израде омогућавају да се „фактор човек“ доста смањи, јер машина једном програмирана има стопостотну поновљивост, што омогућава да сваки део буде исти. При сервиској производњи посао оператера се своди на позиционирање припремка и пуштање машине, што омогућава оператеру опслуживање више машина истовремено при дужим циклусима обраде.

Овај рад представља пример коришћења савремених технологија у изради делова наоружања на конкретном случају носача механизма за артикал "Црна стрела ФИН Крагујевац, ВА Београд

12,7 mm" уз процесирање моделирања и израду техничке документације уз приложени програм G код за програмирање CNC машине као и његове карактеристике. Кроз рад је описан начин програмирања са свим функцијама потребним за израду програма.

Главне карактеристике као и начин компјутерског CNC управљања описани су у поглављу 2. Компјутерски управљани системи састоје се од различитих микрорачунара са фиксном логиком и сваки од њих је задужен за одређене наредбе, заједно чине CNC обрадни систем управљања.

Карактеристике и опис CNC глодалица описане су у поглављу 3. Појава савремених CNC глодалица допринела је много у сваком погледу ефикасности, тачности, брзини, квалитету, аутоматизацији и осталим погодностима које су кључне и важне за развој индустрије.

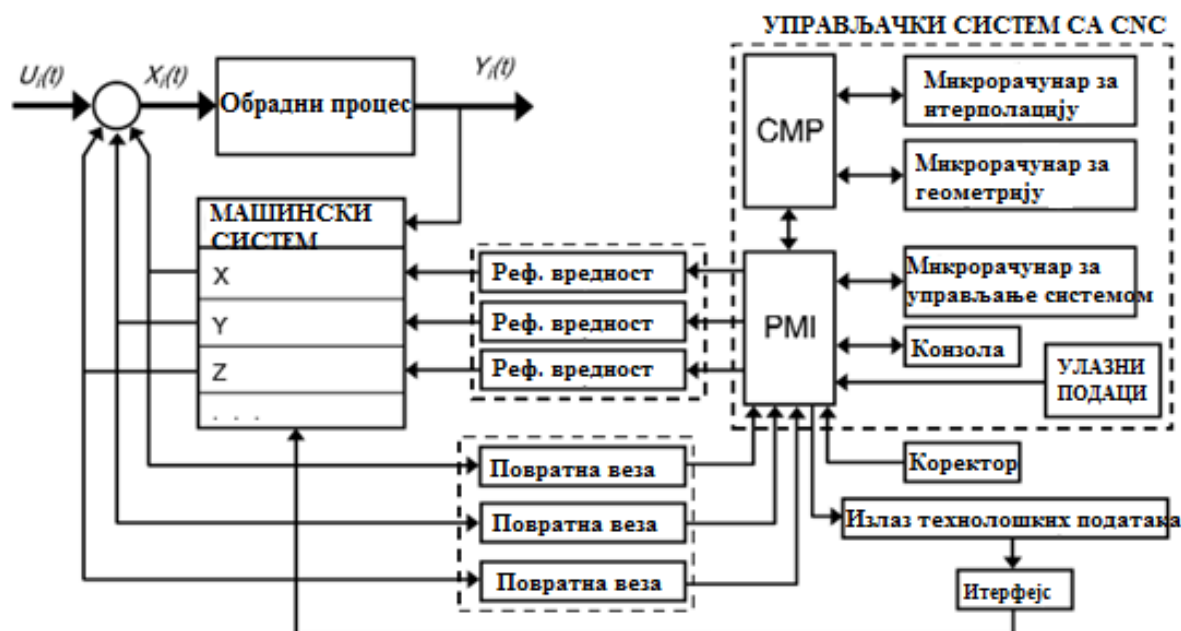
Управљање савременим CNC машинама врши се помоћу програма. Програм садржи наредбе помоћу којих управљачка јединица CNC машине преноси извршним и другим органима. Да би направили програм и извршили програмирање CNC машине потребно је израдити техничку документацију. Начин програмирања приказан је у поглављу 4.

У поглављу 5 дата је израда CAD модела. Да би се израдила техничка документација, потребно је направити 3D модел на основу кога се праве операционе листе за машинирање. Начин моделирања треба да буде прилагођен редоследу операција у производњи, због даље реализације технолога и изради техничке документације.

Техничка документација садржи све потребне информације за производњу, дефинишу назив машине, стезни алат, резни алат, мерни алат, начин стезања и димензије које треба да буду остварене, приказан је у поглављу 6.

2. Обрадни системи са компјутерским управљањем- CNC

Под компјутерски управљаним системима подразумевају се *NC* системи са компјутерским управљањем. Код ових система, микрорачунари преузимају задатке фиксне логике. При томе, за различите подсистеме користе се засебни рачунари, на пример један за израчунавање путање резног алата, други за позиционирање, трећи за управљање улазно- излазним информацијама и сл. На слици 2.1 [6] приказана је принципијелна шема обрадног система са *CNC*-управљањем. Улазни подаци се уносе у меморију *CMP* и *PMI* (*CMP*- централна меморија обрадних података, *PMI*- меморија комуникацијских података), одакле се по потреби обрађују у микрорачунарима. Централна меморија обухвата интерполацију, генерисање геометрије и корекција, а комуникациска меморија, декодирање, корекцију и управљање системом. Програми за наведене елементе меморије врше обраду података, тј. израчунавају путање алата, управљају геометријом, и преко микрорачунара шаљу наредбе у виду сигнала за управљање погонским моторима алатне машине. [4]



Слика 2.1 Принципијелна шема обрадног система са *CNC* управљањем [6]

Општа конфигурација компјутерски управљаног обрадног система приказана је на слици 2.2 [1]. Унешени подаци, преко носиоца информација, се меморишу у виду програма, микрорачунар их обрађује и управља (у комуникацији са интерфејсом) са

сервосистемима алатне машине у ужем смислу, или обрадним системом у ширем смислу.



Слика 2.2 Општа конфигурација компјутерски управљаног обрадног система[1]

CNC системи су у потпуности елиминисали све недостатке NC управљања, тако да се већ одавно, ови други више не производе. Подаци који се односе на почетак развоја CNC-система говоре следеће: 1970. године од свих NC систем свега 8% било је са компјутерским управљањем, да би већ 1979. Године NC системи били скоро потпуно замењени CNC системима.

Главне карактеристике CNC система су:

- меморисање више програма где се под програмом подразумева скуп наредби за обраду једне врсте производа. Данашњи капацитет у овом смислу скоро да нема ограничења,
- употреба високо меморијских носиоца информација. Као историјски податак (детал), се напомиње бушена трака. Данас се користе CD- дискови, или већи интернетом подржани унос података,
- едитовање (приказ) програма на алатној машини. Ово омогућава компјутерска меморијска јединица. Дакле, процес тестирања и корекције програм може се вршити на машини, без да се посао репрограмирања преноси назад у програмерски биро (што је случај код NC управљања). Осим тога, едитовање програм на машини омогућава и оптималније режиме обраде,
- фиксни циклуси обраде и потпрограм. CNC системи омогућавају меморисање чешће коришћених програма, који се једноставним позивањем уводе у актуелни програм,
- осим линеарне и кружне итерполације, захваљујући коришћењу рачунара, могуће су хеликоидна, параболична и кубна интерполација које су у систем унешене као програмски алгоритми,
- позиционирање и подешавање. Подешавање алатне машине за сваки појединачни производни задатак (производња једног производа) обухвата, између осталог, и постављање и позиционирање помоћног прибора на радни сто машине. Ово подразумева да су координатне осе алатне машине подешене са

обратком стегнутим у помоћном прибору. Ово подешавање се може извршити уз помоћ *CNC*-система. Најчешће се користи тзв. систем сетирања позиција (подешавање позиције). Овим начином, није потребно претходно остварити високотачно позиционирање на радном столу машине, него користећи циљне тачке, или више њих, једноставно дефинисати референтни положај помоћног прибора са обратком на радном столу машине,

- компензација димензија резног алата. Димензионисање резног алата, се мора прецизно дефинисати и тачно усагласити са програмираном путањом у току обраде која је дефинисана програмом. У новијим *CNC* системима постоји могућност ручног уношења актуелних димензија резног алата у управљачку јединицу. У зависности од разлика пројектованих и актуелних димензија алата, управљачка јединица изврши компензацију која као коначан резултат има аутоматско подешавање путање алата у сагласности са његовим димензијама. Друга, веома корисна иновација код *CNC*-системима је употреба сензора за мерење дужина алата (на пример, дужина глодала) који је постављен на машини. Овим начином, се постављени алат доводи у контакт (додир) са сензором и тако измерена дужина алата је основ за аутоматску корекцију његовог кретања (корекција програма),
- дијагностика. Савремене *CNC* управљане алатне машине имају могућност *on-line* дијагностике својих подсистема. Када се открије (детектира) нека грешка у систему, оператер на машини добија поруку на монитору управљачке јединице. И не само то. У случају озбиљнијег квара систем аутоматски зауставља процес обраде и омогућава комуникацијску анализу о разлозима отказа,
- комуникацијски интерфејс. Модерни *CNC* системи имају веома учинковите и комуникацијски лако употребљиве комуникацијске интерфејсе [6].

Према томе, у најкраћем се могу навести основне предности примене *CNC* система у односу на *NC* системе:

- уређај за учитавање програма се користи само једном и на тај начин програм се прочита и меморише,
- едитовање (приказ) програма на монитору,
- велика флексибилност,
- могућност прерачунавања величина у различите мерне системе,
- остварење тзв. потпуног обрадног система (*Total Manufacturing System*) и др. [6]

3. CNC глодалице

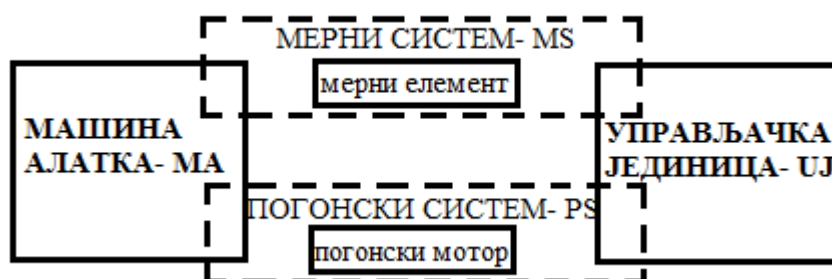
Нумерички управљани систем је скуп подсистема са одређеним конструктивним карактеристикама који су међусобно функционално повезани у целину, али тако да се сваки подсистем може да третира као посебна целина са потпуном структуром подсистема.

С обзиром да се нумерички управљана машина може сматрати као нумерички управљани обрадни систем, чију структуру чине:

- нумерички управљачка јединица,
- погонски систем,
- управљани систем и
- мерни систем [1].

Програмирање обрадних процеса на нумерички управљаним обрадним системима обухвата низ активности на систематизацији обрадних информација, њиховом исписивању одређеним редоследом према правилима програмског језика у форми управљачког програма. Преко управљачког програма нумерички управљана машина добија, на одређени начин кодиране, све потребне информације за аутоматску обраду неког елемента. То су информације о неопходним кретањима (главним и помоћним), информације за укључивање и искључивање извршних органа машине, почетак и завршетак програма, информације за аутоматску измену алата, податке о режимима обраде и др.

Управљачки програми се уносе у нумеричком облику у нумерички управљачку јединицу - *NUJ*. Управљачка јединица тако припремљене информације обрађује и према степену приоритета саопштава извршним органима машине. На тај начин се остварује управљање процесом обраде ради остварења потребне конфигурације издатка (слика 3.1 [4]).



Слика 3.1 Општа структурна шема нумерички управљаног обрадног система [4]

Погонски систем-*PS* треба да реализује наредбе добијене од *NUJ*. Он врши покретање радних органа машине, брзинама и помацама датим управљачким програмом, води их по задатим путањама и доводи у задате положаје.

Управљани систем - *US* чини машина алатка. Она треба да оствари програмом задате наредбе. На њу се постављају алати и припремак који, вршењем релативних кретања, формирају контуру издатка.

Тачно вођење и довођење радних органа у задате положаје значајно је за тачност форми и величина издатка. Ту улогу преузима мерни систем- *MS* који даје сигнал о положају, позицији или стању радног органа машине.

Постоје више различитих група глодалица (универзалне, порталне, копирне...) али се данас у индустријској пракси, углавном за израду алата, употребљавају *CNC* глодалице. *CNC* глодалице су флексибилно аутоматизоване глодалице чија је основна намена високо квалитетно, продуктивно и економично обављање процеса обраде. Ове машине изводе сложене технолошке операције обраде и мерења у различитим серијама производње. При томе се промена технолошких операција, на једном те истом машинском систему, остварује само променом програма, који се извршава на *CNC* (Computer Numerical Control) управљачким системима. Основне предности примене нумерички управљаних, у односу на конвенционалне машине алатке, су [4]:

- повећање продуктивности смањењем укупног времена, услед смањења главног и помоћног времена,
- висока тачност обраде и незнатна контрола обратка,
- обрада делова сложенијих профила који тешко могу да се израде на конвенционалним машинама, повећање временског степена искоришћења машине,
- смањење броја и трајања припремних операција (обележавање, забушивање и сл.),
- једноставније управљање процесом производње,
- избегнута потреба за високостручним послужиоцем машине алатке,
- послужилац машине алатке има више слободног времена и може да прати рад друге машине итд.

Недостаци примене:

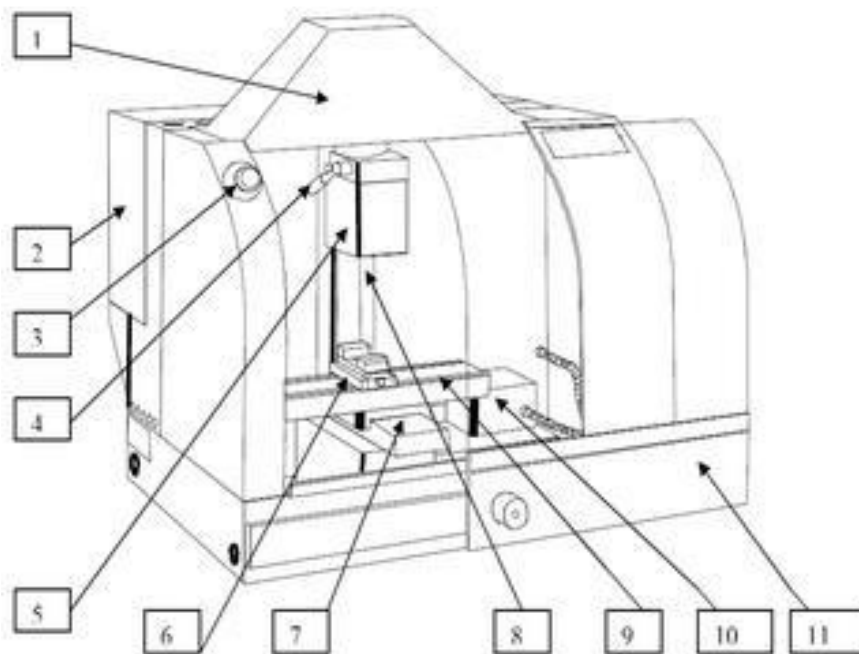
- обавезно планирање рада до детаља, као код сваке аутоматизоване производње,
- велики инвестициони трошкови повећавају трошкове машинског сата,
- потреба за високостручним програмерима,
- већи ефекти се виде у аутоматизацији великосеријске производње итд.

Код нумерички управљаних машина алатки постоје четири главне групе елемената:

- управљачки елементи и електроника,
- електрични погони (електромеханички погон),
- управљани елементи (радни столови, клизачи, носачи алата, ...) и

- мерна јединица, сензори.

CNC глодалица са позицијама основних елемената приказана је на слици 3.2.



Слика 3.2 Шематски приказ основних делова CNC глодалице (1-Заштитни поклопац, 2-Електрични део машине, 3-Главна сигурносна склопка, 4-Ручица за учвршћење алата, 5-Вретеност за прихват алата по Z осни, 6-Прибор за учвршћивање припремке, 7-Клизач по Y осни, 8-Клизач по Z осни, 9-Радни сто, 10-Корачни једносмерни мотор по X осни, 11-Заштитна врата)

На слици 3.3 приказана је CNC глодалица фирме DOOSAN која се користи у фабрици наменске индустрије Застава оружје. По својим карактеристикама спада у CNC глодалице средњег типа. Што се може видети из приложених података о димензијама и снази датим на сликама 3.4 и у табели 3.1. На слици 3.5 дате су основне димензије носача алата која се користе на CNC глодалицама. Основни типови носача алата су:

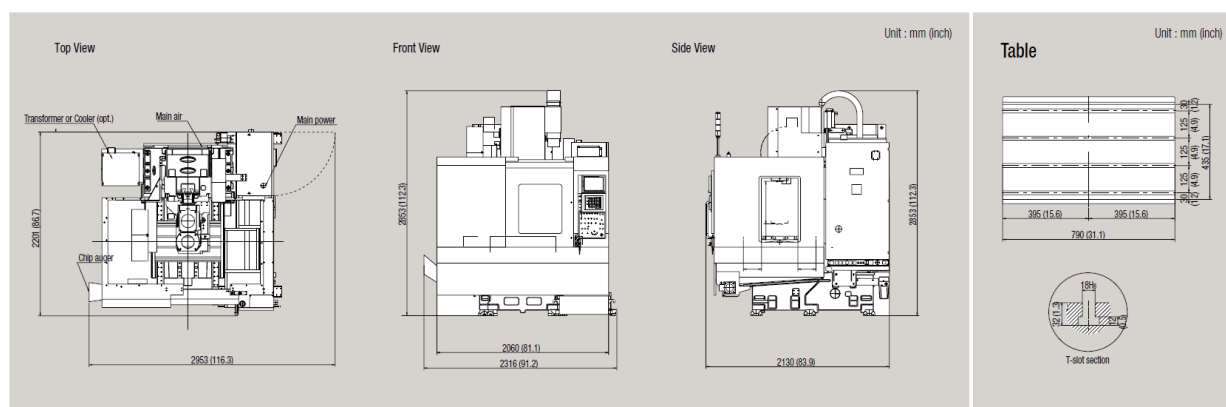
- SK-30
- SK-40
- SK-50

За наведену глодалицу користе се носачи типа SK-40. Разлика између ових носача је у димензијама конуса прихватног вретеност.

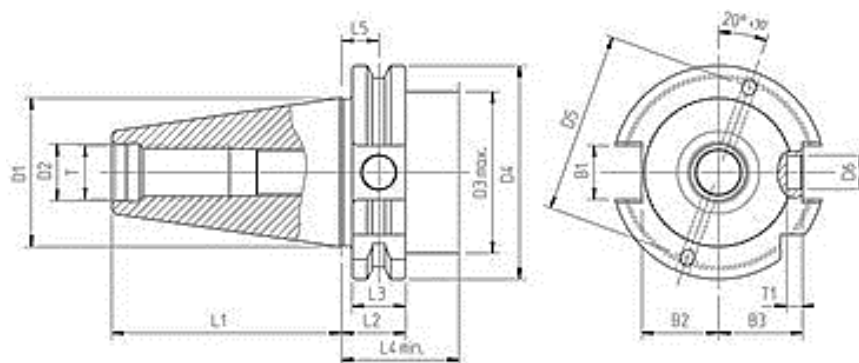
На слици 3.6 приказана је управљачка јединица FANUC која се користи на овим машинама са неким од основних карактеристика.



Слика 3.3 CNC глодалица DOOSAN, која се користи у фабрици Застава Оружје



Слика 3.4 Габарити глодалице DOOSAN



	D1 mm	D2 mm	D3 max mm	D4 mm	D5 mm	D6 mm	L1 mm	L2 mm	L3 mm	L4 min. mm	L5 mm	T mm	T1 mm	B1 mm	B2 mm	B3 mm
SK-30	31,75	13	43	50	-	10	47,8	19,1	15,9	35	11,1	M12	4,65	16,1	16,4	19
SK-40	44,45	17	48	63,55	54	10	68,4	19,1	15,9	35	11,1	M16	4,65	16,1	22,8	25
SK-50	69,85	25	78	97,5	84	10	101,75	19,1	15,9	35	11,1	M24	4,65	25,7	35,5	37,7

Слика 3.5 Димензије носача алата глодалице DOOSAN



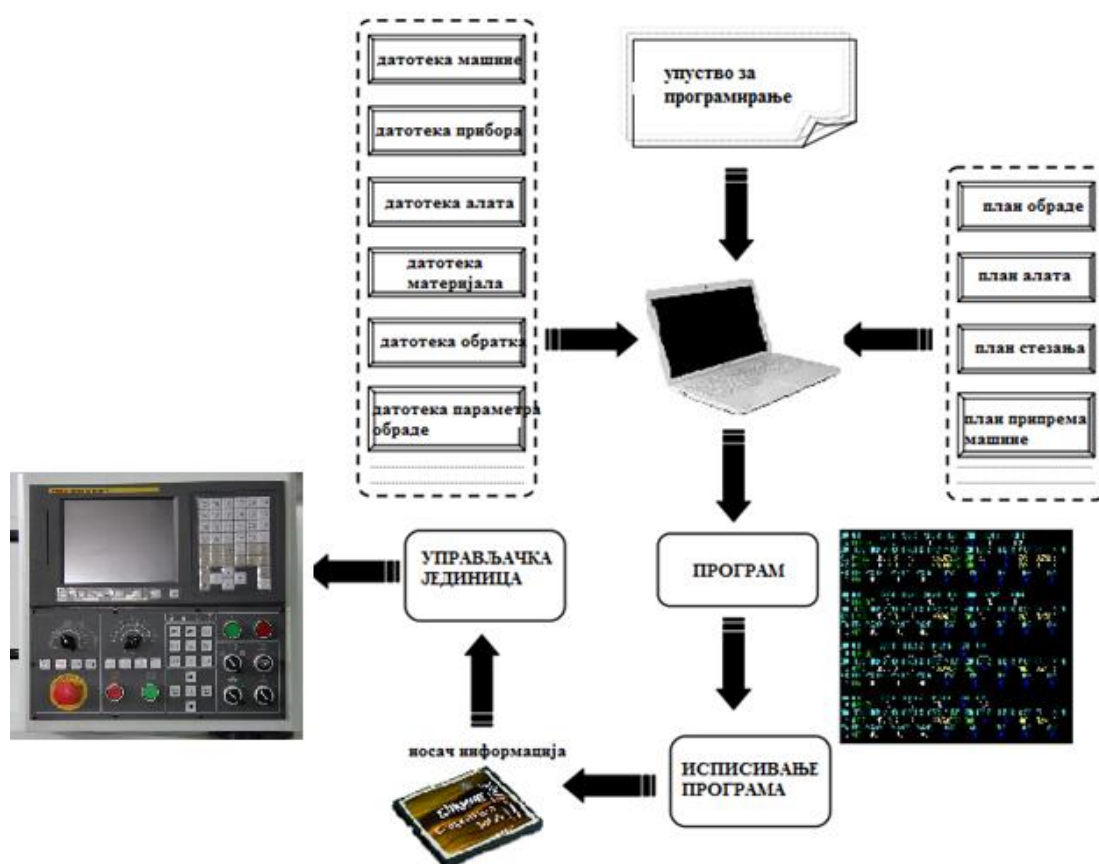
Слика 3.6 Управљачка табла глодалице DOOSAN

Табела 3.1 Карактеристике глодалице DOOSAN

	Features	DNM 400a
Travel	X-axis mm (inch)	635 (25.0)
	Y-axis mm (inch)	435 (17.1)
	Z-axis mm (inch)	510 (20.1)
	Distance from Spindle to table surface mm (inch)	150-660 (5.9-26.0)
Table	Table size mm (inch)	790 x 435 (31.1 x 17.1)
	Table loading capacity kg (lb)	400 (881.8)
	Table surface	4-125 x 18H8
Spindle	Max. spindle speed r/min	8000
	Spindle Taper	ISO #40 7/24 Taper
	Max. Torque N·m (ft·lb)	71 (695.8) / 15min
Feedrate	Rapid traverse rate (X / Y / Z) m/min (ipm)	30 (1181.1)
	Cutting feedrate mm/min (ipm)	15000 (590.6)
Automatic tool changer	Type of tool shank	BT / CAT / DIN 40
	Tool storage capacity ea	20
	Max. tool diameter mm (inch)	Ø80 (3.2)
	Max. tool diameter without adjacent tools mm (inch)	Ø125 (4.9)
	Max. tool length mm (inch)	300 (11.8)
	Max. tool weight kg (lb)	8 (17.6)
	Method of tool selection	memory random
	Tool change time (tool-to-tool) s	1.3
Motor	Tool change time (chip-to-chip) s	3.7
	Spindle motor kW (Hp)	11 / 7.5 (14.8 / 10.1) [15min/Cont.]
Power source	Feed motor (X / Y / Z) kW (Hp)	1.2 / 1.2 / 1.8 (1.6 / 1.6 / 2.4)
	Electric power supply (Rated capacity) kVA	27.4
	Compressed air supply MPa (psi)	0.54 (78.3)
Tank capacity	Coolant tank capacity L (gal)	300 (79.3)
	Lubrication tank capacity L (gal)	1.4 (0.37)
Machine size	Machine height mm (inch)	2853 (112.3)
	Machine dimension (L x W) mm (inch)	2130 x 2060 (83.9 x 81.1)
	Machine weight kg (lb)	4000 (8818.5)
NC system		DOOSAN FANUC i series

4. Програмирање CNC машина

Програмирање рада CNC машине представља поступак израде програма помоћу ког се управља радом машине. Програмирање обухвата низ активности на систематизацији обрадних информација и њиховом исписивању одговарајућим редоследом и кодом, по правилима програмског језика, у форми управљачког програма. Програм садржи информације које управљачка јединица са машине "може да разуме" и да их у одговарајућим фазама обраде "саопштава" машини, тј. њеним извршним и другим органима (слика 4.1 [7]). Као носилац информација програма дуго година се користила бушена трака, али данас постоје могућности преноса ових информација преко мемојиске картице, USB-а или директно повезивањем са рачунаром.



Слика 4.1 Принцип програмирања CNC машина[7]

Информације садржане у програму се односе на потребна кретања (главно, помична и помоћна), укључивање и искључивање извршних органа машине, почетак и заустављање програма, аутоматску измену резног алата и др.

Најважнији подаци који су потреби за израду програма су :

ФИН Крагујевац, ВА Београд

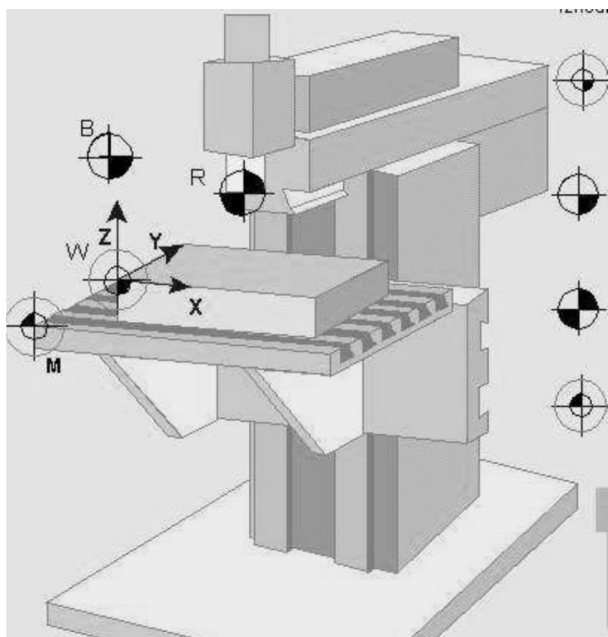
- Стезање обратка
- Редослед захвата и операција
- Алати за обраду
- Технолошки подаци
- Димензије изратка

Да би се одредили кретање алата на машину (обрадак) се поставља замишљени координатни систем. Његов центар се поставља по потреби, зависно од начина обраде и толеранције. Жељени помаци алата тада су одређени као тачке унутар тог координатног система и морају се подударати са димензијама изратка. Свако појединачно кретање алата мора се написати као посебна инструкција управљања, заједно са припадајућим технолошким подацима (број обртаја вретена, смер обртања, корак...).

Осим чисто геометријског управљања кретањем алата или обратка, постоји и управљање машинским функцијама. Број машинских функција не зависи само од машине алатке, већ и од управљачке јединице. Оне могу бити програмиране као помоћне и додатне функције. Уколико је већи број машинских функција које се могу решити помоћу управљачке јединице, утолико је та управљачка јединица погоднија за аутоматизацију процеса обраде. На пример, машинске функције могу бити:

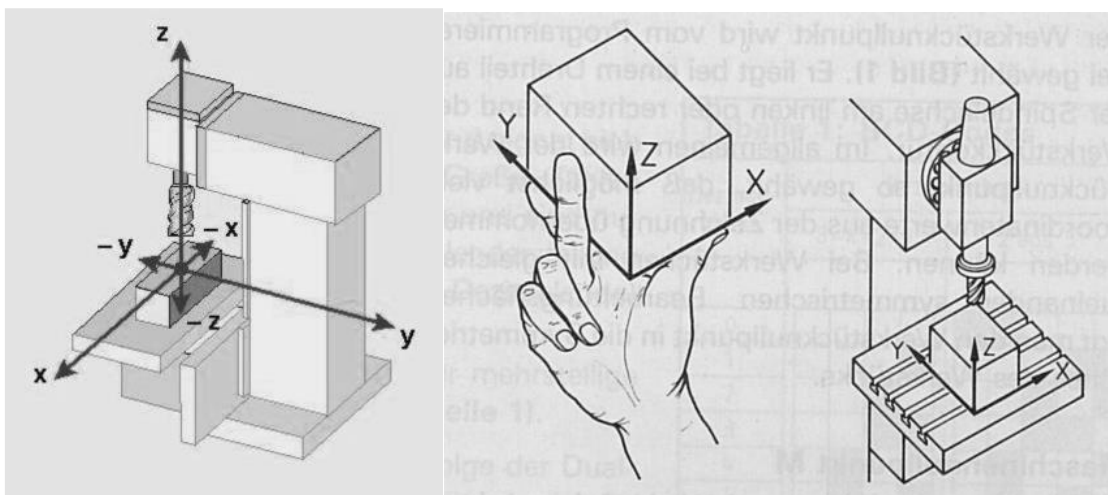
- укључивање главног вретена и регулација броја обртаја,
- позиционирање главног вретена,
- укључивање средства за хлађење и подмазивање и подешавање жељеног притиска,
- одржавање посмака константним,
- укључивање додатних уређаја,
- управљање мерним уређајима и уређајима за измену обратка, за додавање материјала, сортирање, транспорт струготине и друго.

Код програмирања *CNC* машина потребно је познавати одређене референтне, односно нулте тачке које дефинишу координатни систем и сам алат (слика 4.2) [6]. Референтни координатни систем се разликује од апсолутног координатног система машине јер се увек налази у истој тачки машине за разлику од референтног који зависи од положаја стезног прибора на радном столу и облика и димензија дела који се обрађује.



Слика 4.2 Координатни систем машине алатке (*W* – Нулта тачка припремка (Workpiece zero point), *B* – Почетна тачка алата (Begin point), *R* – Референтна тачка (Reference point), *M* – Нулта тачка машине (Machine zero point))

Код CNC глодалица координатни систем је троосни X,Y,Z (слика 4.3).



Слика 4.3 Координатни систем машина алатки (За одређивање позитивног правца координатног система користи се положај прстију десне руке, односно палац показује у позитивном смеру осе *X*, кажипрст у позитивном смеру осе *Y*, док средњи прст показује позитивни смер осе *Z*)

Процес израде делова на CNC машинама састоји се од следећих активности:

- разрада технологије и утврђивање редоследа захвата, алата и режима рада,
- припрема алата,
- програмирање,
- припрема машине,

- израда првог комада у серији и
- серијска производња.

Већина набројаних активности постоји и код класичних алатних машина, међутим оно што је својствено CNC машинама је програмирање. Програмирање је поступак писања програма према унапред дефинисаној технологији, а може се обављати ручно и помоћу рачунара. Ручно програмирање подразумева исписивање програма од стране технолога, тј. пише се сваки ред програма према дефинисаној технологији [4].

Програмирање помоћу рачунара подразумева аутоматску израду програма од стране рачунара на основу изабраних параметара програмера, као што су димензије припремке, пут алата, избор алата, режима рада итд., у посебним софтверима као што су: AUTODESK INVENTOR, PROENGINEER, SOLIDWORKS, MASTERCAM, ARTCAM, CATIA, UNIGRAPHIC NX, SOLIDCAM, VISUAL MILL, VISUAL TURN, EDGE CAM, FEATURECAM, VX-CAD/CAM, SURFCAM, и сл. Такође је могућа симулација програма и испис програма за изабрану управљачку јединицу. Овим се скраћује време и смањују трошкови израде програма, те је бржа израда првог комада на машини.

Програмирање подразумева израду следеће документације:

- операциони лист – садржи редослед операција радног предмета са потребним режимима рада и временима израде,
- план алата за радни предмет – садржи попис свих коришћених алата за обраду према редоследу коришћења, потребне мере, стандардне режиме и корекције,
- план стезања – обухвата основне габарите радног простора, положај радног предмета на машини, тачке ослањања предмета и место стезања, положај нулте тачке,
- план резања – је главни документ за испис програма на којем су видљиве путање кретања алата за сваку операцију. Прати се пут кретања врха алата од почетка до краја обраде и
- испис програма – или краће програм, је задњи и најважнији документ по којем се уносе наредбе за управљање машином.

4.1 Појам програма и структура програма

Програм представља скуп инструкција у обрадном систему, урађених по редоследу операција и захвата за извршење процеса обраде. Програмирање у ширем смислу представља активности у циљу решавања проблема користећи рачунар. Сем процес програмирања обухвата фазе:

- анализа проблема,
- писање програма,
- тестирање програма,
- израде потребне документације и
- израде програма на одређеном носиоцу информације [1].

Програмирање у ужем смислу подразумева писање односно кодирање програма.

Програм је сачињен од реченица-блокова, једна реченица садржи све податке неопходне за спровођење једног захвата. Оне могу да бити са променљивим бројем знакова. Свака реченица се састоји од више речи свака реч има одређено значење. Програмска реч је основни носилац информација.

Табела 4.1Пример програмских речи које сачињавају реченицу[1]

N	G (M)	X (I, D)	Y (J, S)	Z (K)	F (L, T, H)
00	92	-1000	-1000	2000	/
01	M 06	D 50	S 1800	00	T01

Табела 4. 2Програмска реченица са фиксном дужином речи[1]

N0010	G00	X005000	Y003000	F050
-------	-----	---------	---------	------

Табела 4.3Програмска реченица са променљивом дужином речи[1]

N10	G0	X5000	Z3000	F50
-----	----	-------	-------	-----

Програмска реч представља комбинацију слова, знакова и цифара. Формат блока може бити дефинисан на бази фиксне и променљиве дужине речи. Код фиксног формата речи број карактера у реченици је фиксан ако је сама дужина блока фиксна. У блоковима са променљивом дужином речи дужина блока зависи од броја карактера у њој који може бити променљив. Управљачки систем који прима информације путем програма са променљивом дужином речи има предност јер се скраћује време програма и време програмирања.

4.2 Функције и адресе

G- функције

G- функције или како се називају, услови пута, одређују кретање алата, током обраде.

G - функције се деле на функције једноставног кретања и функције сложеног кретања или тзв. "циклусе".

M- функције

M- функције су помоћне функције помоћу којих се осигуравају разне (помоћне) радње машине.

Могу се поделити на следеће групе:

- помоћне функције за дефинисање различитих врста заустављања-стоп команде,
- помоћне функције генералног вретена,
- помоћне функције за дефинисање подручја броја обртаја,
- помоћне функције за управљање расхладним средством,
- помоћне функције за измену алата и
- остале, по потреби дефинисане помоћне функције.

T- адресе

T- адресе служе за меморисање, односно позивање одређеног алата. На пример, T03 значи да се позове алат, који је меморисан у машини под редним бројем 3.

H- адресе

H- адреса служи за меморисање, односно позивање дужине одређеног алата, коју машина компензује при обради. На пример, T03 H03 значи да је позван алат под редним бројем три са познатом дужином која је смештена у регистру H под редним бројем 3.

D- адресе

D- адреса служи за меморисање, односно позивање полупречника одређеног алата, ког машина компензује при обради. На пример, T03 D03 значи да је позван алат под редним бројем три са познатим полупречником који је смештен у регистру D под редним бројем три.

F- адресе

F- адреса служи за дефинисање (задавање) корака. Ако се другачије не намести, машини се задаје корак у mm/min.

S- адресе

S- адреса служи за дефинисање (задавање) броја обртаја главног вретена. Број обртаја се задаје у o/min.

N- адресе

N-адреса служи за обележавање редног броја блока. На пример, N100 G0 X100 говори о томе да се кретање са G0 X100 налази под редним бројем 100. Цифре, блокови, се не морају уносити у програм, али су некада јако корисни (поготово код великих програма) јер се помоћу њих брже пронађе неки блок у програму.

X, Y, Z, A- адресе

X, Y, Z, A- адресе које дефинишу помаке алата, у смеру тих оса.

I, J, K, R, Q- адресе

I, J, K, R, Q- адресе које дефинишу додатне параметре при дефинисању кружне интерполације и циклуса.

O- адреса

O- адреса која уз додатних 5 бројева дефинише број програма (назив програма). На Примеро O00010 представља програм који је меморисан у машини под редним бројем 00010.

P- адреса

P- адреса која уз додатних 5 бројева дефинише број потпрограма (назив потпрограма). Такође, има функцију и адресе у коју се смешта време чекања, односно време мировања алата, у току обраде. На пример, G4 P100 говори да ће алат наредних 100 секунди мировати тамо где се предходно предходно налазио.

L- адреса

L- адреса која представља број понављања циклуса, а такође и потпрограма [1].

4.3 Врсте програмирања

Програмирање CNC алатних машина може бити:

- ручно,
- ручно са помагалима (полуаутоматизовано) или
- аутоматизовано (машинско) [1].

Ручно програмирање

При ручном програмирању полази се од радионичког цртежа. Програмер (технолог) на основу радионичког цртежа и цртежа полуфабриката дефинише план обраде. Из плана обраде произилазе радно место или машина, потребне операције, њихов редослед, бројеви обртаја, помоћна кретања, операције у којима треба извршити замену алата или извршити укључивање и искључивање *SHP*, итд.

На основу података о машини и стезном прибору и плану обраде дефинише се план стезања. Он обухвата информације о положају предмета обраде, координатних оса, димензијама предмета обраде и стезног прибора, те дефинише начин стезања. План стезања омогућава брже постављање предмета обраде на машину, олакшава програмирање и омогућава израду спецификације стезних алата.

На основу плана стезања, информација о алату и режиму обраде дефинише се план алата, који садржи информације о врсти алата, пречнику алата, броју зуба алата, димензијама алата, држачу алата, растојању између врха алата и референтне равни радног вретена, операцијама у којима се алат користи, итд. [1].

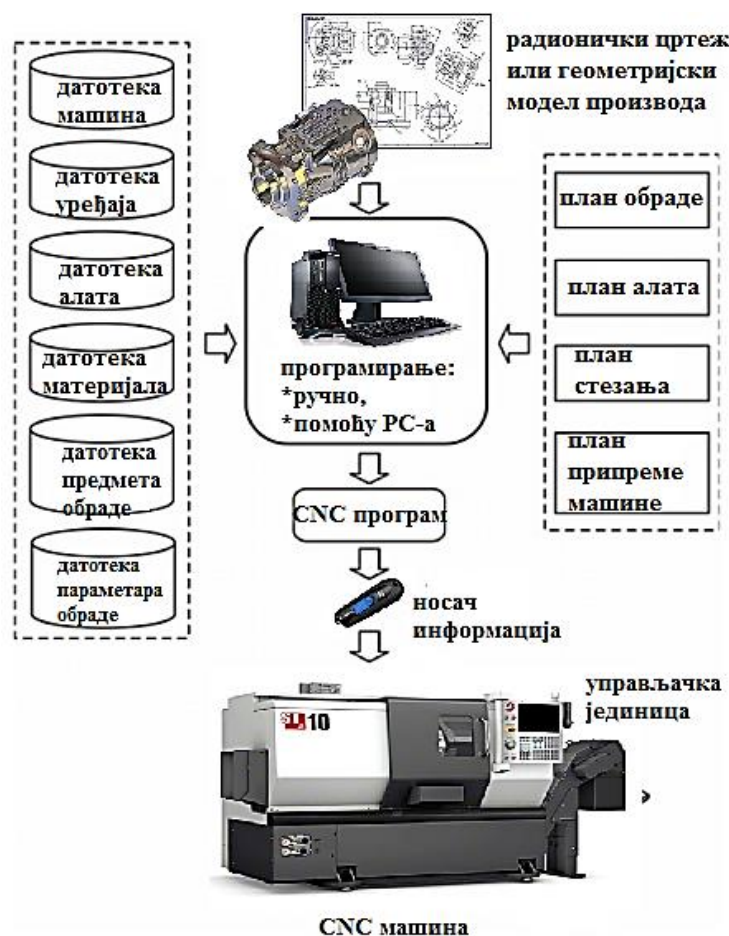
На основу података о машини, прибору, алату и режиму обраде, програмер попуњава технолошки програмски лист. Кодирањем овог листа добија се изворни програм. Помоћу бушача траке добија се изворни програм на бушеној траци, који садржи информације померања и информације укључивања.

Полуаутоматизовано програмирање

Полуаутоматизовано програмирање остварује се помоћу мини-рачунара или персоналног рачунара (PC). Програмер обухвата већи број података са радионичког цртежа, прибора, машине и алата и на, основу њих, пише изворни програм. Програмирање је поједностављено, јер одговарајући софтвер ослобађа програмера од рутинских операција при писању програма. Посебна предност ових система је у случају када програмер има могућност директног комуницирања са рачунаром [1].

Добијени програм се може за меморисати у екстерној меморији PC или минирачунара. На захтев програмера рачунар испоручује програм, а додатни уређаји,

прикључени за терминал, омогућавају добијање програма на бушеној траци и програмском листу.



Слика 4.4 Шема тока информација од 3D модела до CNC машине

Аутоматизовано програмирање

Аутоматско програмирање (програмирање помоћу рачунара) подразумева аутоматско програмирање одређених секвенци програма аутоматизованом применом специјалних софтверана на рачунару. Технологи- програмер дефинише параметре као што су димензије припремка, путање алата, избор алата, режима обраде итд. Специјализовани софтвери који се користе за програмирање су: PRO/ENGINEER, CATIA, MASTERCAM, SOLIDCAM и др. Такође је могућа и симулација програма и аутоматски испис самог програма за изабране управљачке јединице. Применом аутоматског програмирања скраћује се време и смањују трошкови израде програма, тј. бржа је израда предмета обраде на машини (слика 4.4 [7]).

4.4 Списак и карактеристике G функција

Табела 4.4 Списак G функција

редни број	речи G функције	значење речи
1.	G0	Брзо позиционирање (ход)
2.	G1	Линеарна итерполација
3.	G2	Кружна итерполација
4.	G3	Кружна итерполација
5.	G4	Време задржавања
6.	G9	Тачно заустављање
7.	G10	Програмско задавање коректуре алата
8.	G12	Кружно глодање џепова
9.	G13	Кружно глодање џепова
10.	G17	Избор равни обраде XY
11.	G18	Избор равни обраде XZ
12.	G19	Избор равни обраде YZ
13.	G20	Програмирање у инчном систему
14.	G21	Програмирање у метричком систему
15.	G28	Одлазак у референтну тачку
16.	G29	Међуположај пре референтне тачке
17.	G31	Функција прескока
18.	G35	Аутоматско мерење пречника алата
19.	G36	Аутоматско мерење нулте тачке
20.	G37	Аутоматско мерење дужине алата
21.	G40	Подешавање коректуре пречника алата
22.	G41	Корекција дужине алата- лева
23.	G42	Корекција дужине алата- десна
24.	G43	Компензација дужине алата- позитивна
25.	G44	Компензација дужине алата - негативна
26.	G47	Гравирање
27.	G49	Поништавање функција G43 i G44
28.	G50	Поништавање функције G51
29.	G51	Скалирање
30.	G52	Постављање координантног система
31.	G53	Опозив текућег координантног система

32.	G54	Нулта тачка
33.	G55	Нулта тачка
34.	G56	Нулта тачка
35.	G57	Нулта тачка
36.	G58	Нулта тачка
37.	G59	Нулта тачка
38.	G60	Позиционирање увек из истог смера
39.	G61	Тачно заустављање
40.	G64	Укидање функције G61
41.	G65	Позив макро потпрограма
42.	G68	Ротација
43.	G69	Поништавање G68
44.	G70	Обрада отвора по кругу
45.	G71	Обрада отвора по кружном луку
46.	G72	Обрада отвора по правцу
47.	G73	Дубоко бушење
48.	G74	Урезивње навоја- леви навој
49.	G76	Фино разбушивање
50.	G77	Разбушивање од дна отвора
51.	G80	Поништавање затворених циклуса
52.	G81	Циклус бушења
53.	G82	Циклус бушења са заустављањем
54.	G83	Циклус бушења са прекидима
55.	G84	Циклус урезивања навоја- леви
56.	G85	Циклус разбушивања и развртања
57.	G86	Циклус разбушивања са заустављањем
58.	G87	Циклус разбушивања са ручним повратником
59.	G88	Циклус разбушивања са чекањем и руч. повр.
60.	G89	Циклус разбушивања са чекањем
61.	G90	Програмирање у апсолутним координатама
62.	G91	Програмирање у инкременталним координатама
63.	G92	Задавање радног координатног система
64.	G93	Задавање радног координатног система
65.	G94	Помоћно кретање дато као померај
66.	G98	Повратак алата у стартну тачку циклуса
67.	G99	Повратак алата у референтну тачку циклуса
68.	G100	Поништавање функције пресликавања око осе
69.	G101	Активирање функције пресликавања око осе
70.	G102	Програмирање излаза RS- 232
71.	G103	Лимитирање блокова гледаних унапред
72.	G110	Нулта тачка
73.	G111	Нулта тачка
74.	G112	Нулта тачка
75.	G113	Нулта тачка
76.	G114	Нулта тачка
77.	G115	Нулта тачка
78.	G116	Нулта тачка
79.	G117	Нулта тачка

80.	G118	Нулта тачка
81.	G119	Нулта тачка
82.	G120	Нулта тачка
83.	G121	Нулта тачка
84.	G122	Нулта тачка
85.	G123	Нулта тачка
86.	G124	Нулта тачка
87.	G125	Нулта тачка
88.	G126	Нулта тачка
89.	G127	Нулта тачка
90.	G128	Нулта тачка
91.	G129	Нулта тачка
92.	G150	Опште решење глодања цепова
93.	G154	Координатни систем
94.	G187	Контрола тачности обраде углова

Програмирање обрадних процеса на *CNC* машинама обављају за то обучени стручњаци који се називају програмери. То су у принципу техничка лица која, поред принципа и правила програмирања, треба да поседују знања из технологије обраде, карактеристика алатних машина, резних алата, помоћних прибора, обрадивости, тригонометрије, основе оптимизације и сл.

Улазне информације неопходне за програмирање су садржане у техничком цртежу предмета обраде, технолошком поступку обраде, технолошкој документацији са машине, алата и помоћног прибора и бази података о обрадивости.

Главне функције се означавају словом *G* и дефинишу услове кретања односно услове путање. Главне функције са информацијама пута чине геометријски део програма. Дефинисане су адресом *G* и двоцифреним бројем. У једном програмском блоку може се наћи само једна *G* функција. Све функције управљања тачно су дефинисане у одговарајућим упуштвима за руковање одређеном машином.

Подела главних функција по њиховој намени:

- функције за дефинисање система мерења (програмирања): *G90*, *G91*.
- функције за успостављање везе између координатног система машине и предмета обраде: *G92*, *G93*.
- функције за дефинисање мода помака: *G94*, *G95*.
- функције за дефинисање начина кретања: *G00*, *G01*, *G02*, *G03* ...
- остале функције [4].

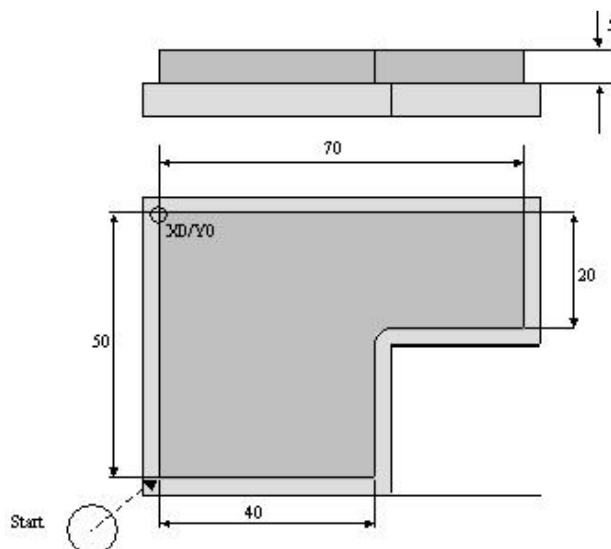
4.5 Списак М функције

Реч за М- функцију даје CNC-управљању додатну технолошку информацију која се не може програмирати у F, S, или T адреси. Ова додатна информација описује функцију машине. Реч за М функцију се састоји од адресног слова М и кодног броја.

Табела 4.5 Списак М функција

Редни број	Речи М функције	Значење речи
1.	M0	Програм стоп
2.	M1	Опциони програм стоп
3.	M2	Крај програма
4.	M3	Вретено напред
5.	M4	Вретено назад
6.	M5	Вретено стоп
7.	M6	Расхладно средство укључено
8.	M7	Расхладно средство искључено
9.	M8	Стезање пакнова на хидроуличној стезној глави
10.	M9	Отпуштање пакнова на хидроуличној стезној глави
11.	M10	Обртање магацина алата увек у напред
12.	M11	Обртање магацина алата увек у супротном смеру
13.	M17	Оријентација вретена
14.	M18	Излаз навоја укључен
15.	M19	Излаз навоја искључен
16.	M23	Крај програма са повратком на почетак
17.	M24	Избацивач струтопине напред
18.	M30	Избацивач струтопине стоп
19.	M31	Прикватач делова- горе
20.	M33	Прикватач делова- доле
21.	M36	Степен преноса- нижи
22.	M37	Степен преноса- виши
23.	M41	Одкључавање магацина алата
24.	M42	Закључавање магацина алата
25.	M43	Гашење дисплеја
26.	M44	Активирање дисплеја
27.	M76	Укључивање хлађења високим притиском
28.	M77	Искључивање хлађења високим притиском
29.	M88	Позивање локалног подпрограма
30.	M89	Позивање посебног подпрограма
31.	M97	Повратак из програма или петље

За део приказан на слици 4.5 који се обрађује чеоно дат је пример употребе ових функција које су дате у табели 4.6.

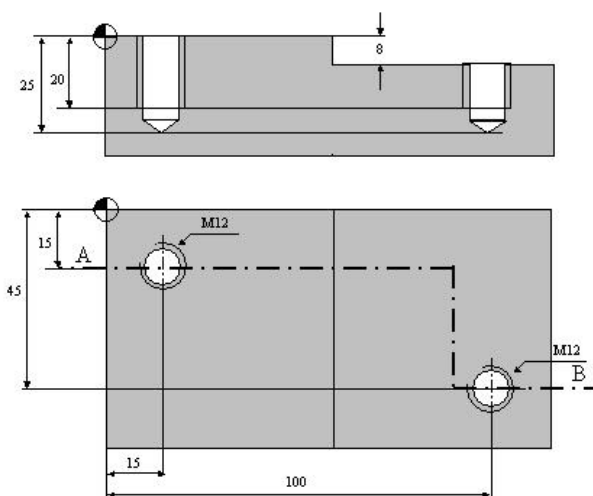


Слика 4.5. Пример - чеоно глодање

Табела 4.6. Списак команди подешавања (пример 1)

O00001 (Апсолутно програмирање)	Редни број NC програм
T1 M06 (Чеоно глодало Ø10)	Измена алата врши се функцијом M06, редни број алата означава се са Т
G54	Меморисане позиције коришћеног координатног система
G90	Програмирање у апсолутном мерном систему
G00 X – 15. Y – 65. S900 M3	G0 – брзи ход; X, Y су координате кретање алата, S – број обртаја главног вретена (o/min).
G43 H01 Z3 /M08	
G01 Z -5. F500	Посмак 500 mm/min
G01G41 X0 Y – 50.D01 F300	D01 – позивање полупречника одређеног алата којег машина компензује при обради са познатим полупречником који је смештен у регистар D, под редним бројем 1.
Y0	
X70	
Y-20	
X40	
Y-50	
X0	
G0 G40 X-15. Y-65.M09	G40 поништавање актуелне компензације алата G40 или G42; M09 – искључено расхладно средство.
G0 G53 Z0	
G53 Y0	
M30	

За део приказан на слици 4.5 дат је пример употребе горе наведених функција за забушивање, бушење и урезивање навоја у табели 4.7.



Слика 4.5.- Обрада забушивањем, бушењем и урезивањем навоја

Табела 4.7. Списак команди подешавања (пример2)

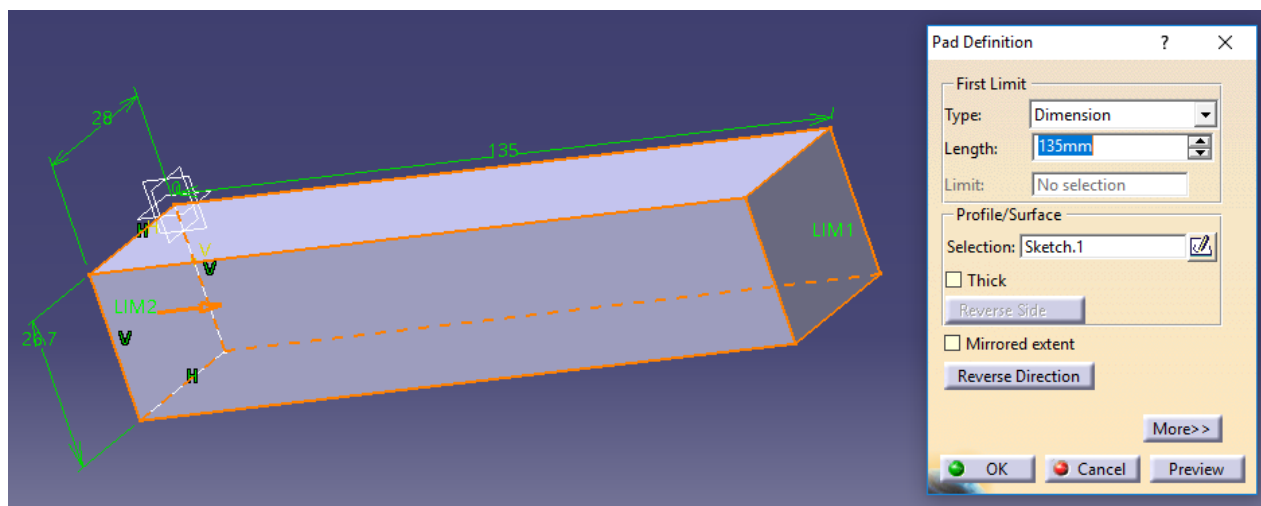
O00002	Редни број NC програма
T01M06	Измена алата врши се функцијом M06, редни број алата означава се са T.
G54	Меморисана позиција корисничког координатног система
G90 G0 X15. Y-15. S1000 M03	G0 – брзи ход; X, Y су координате кретања алата, S – број обртаја главног вретена (o/min).
G43 H01 Z2. M08	
G81 Z -6.3 R1. F120.	G81 – циклус бушења, Z – дубина рупе, R – позиција R равни (у овом случају 1 mm изнад предмета обраде), F – посмак (mm/min).
X100. Y-45.R-7	
G80	
T2 M06 (Спирална бургија Ø10.5)	Измена алата
G54 G90	G54 – меморисана позиција корисничког координатног система, G90 – програмирање у апсолутном мерном систему
G0 X100. Y -45. S900 M03	S – број обртаја главног вретена (o/min), M3 – служи за давање смера обртања главног вретена)
G43 H2 Z2. M08	
G83 Z-25. R-7.16. J1. K3. F100.	G83 – циклус бушења са прекидима, Z – дубина бушења, R – позиција R равни (у овом случају -7,16 mm изнад предмета обраде), J – величина којом се редукује

	сваки следећи пролаз (mm), K – минимална дубина пролаза (mm), F – посмак (mm/min).
X15. Y-15. R1	
G80	
T3 M06 (Урезница M12)	Измена алата
G54 G90 G0 X15 Y-15. S400	S – број обртаја (o/min)
G84 Z-20.R3. F800	G84 – циклус урезивања навоја (десни), Z – позиција дна, R – позиција R равни (у овом случају 3 mm изнад предмета обраде), F - посмак –(mm/min)
X100. Y-45.R-5.	
G80.	
G53Z0M09	
G53Y0M05	
M30	

5. Израда CAD модела

Да би се израдила техничка документација, потребно је направити 3D модел на основу кога се праве операционе листе за машинирање. Конструкција доставља технологији цртеж и модел, али је често тај модел неупотребљив за технолога, зато што редослед и начин моделирања није прилагођен реалном процесу производње на машини. Технолог прави модел према цртежу конструктора, али са поштовањем редоследа операција. Он чува сваку инстанцу модела под посебним именом (за сваку операцију по једну), и коначно на основу његовог модела, чије је стабло прилагођено производном процесу, прописује режиме и алате, у сарадњи са резном групом, и коначно, генерише CNC код и технолошки поступак, на основу кога се подешавају машине, алати, итд. На следећим сликама представљен је начин моделирања у софтверском пакету CATIA V5, на примеру носача механизма снајперске пушке 12.7мм Црна Стрела [8].

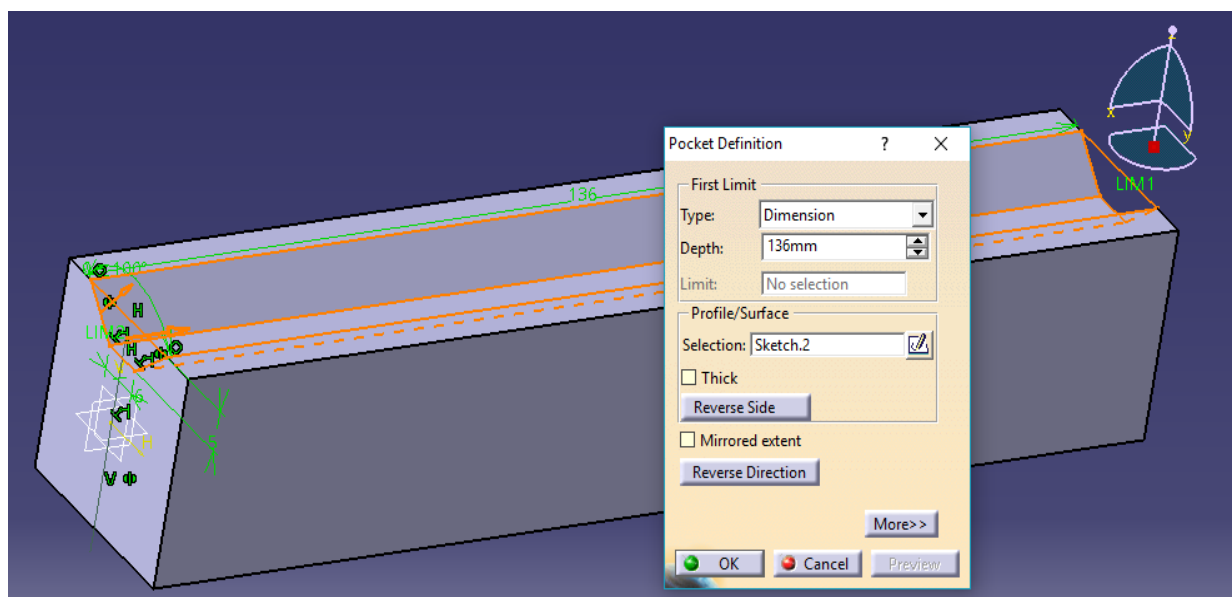
На слици 5.1 приказан је модел припремка, тј. полазног полуфабриката који се поставља у машину. Модел припремка направљен је командом PAD.



Слика 5.1 3D модел припремка

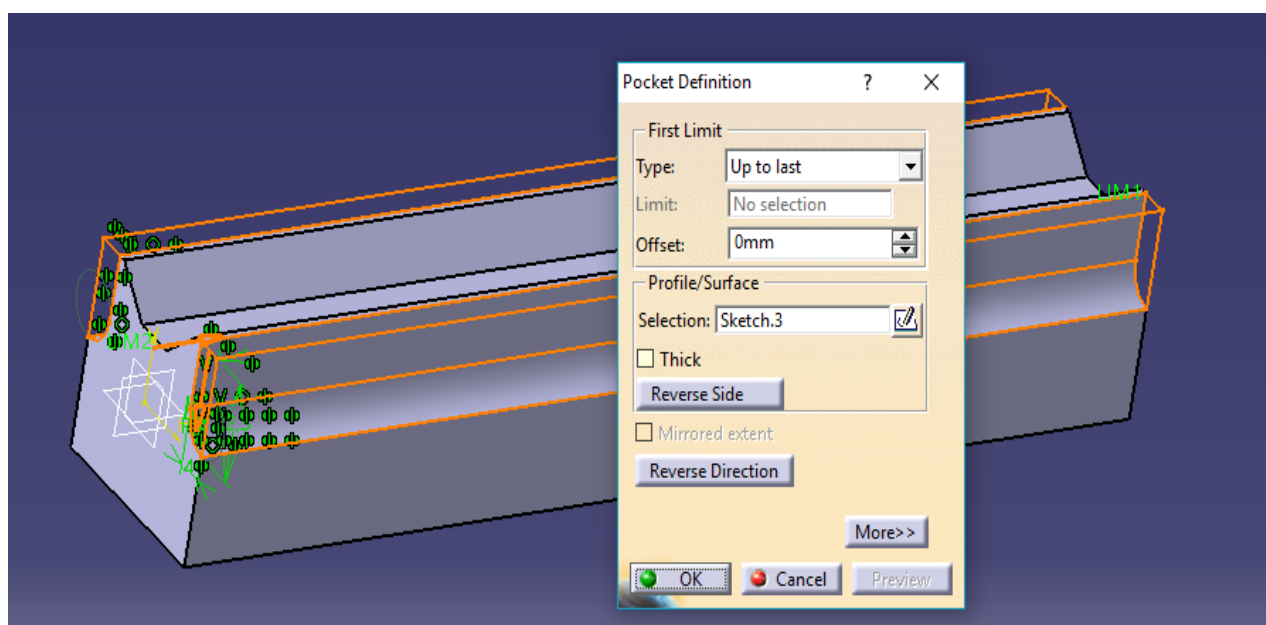
Сви следећи поступци у моделирању подразумевају скидање материјала, због поштовања редоследа операција, као што се може и видети на следећим сликама (Pocket, Hole, Hole with tread, Edge fillet).

На слици 5.2 приказана је функција Pocket уз помоћ које је формиран изглед 3D модела након извршене прве операције.



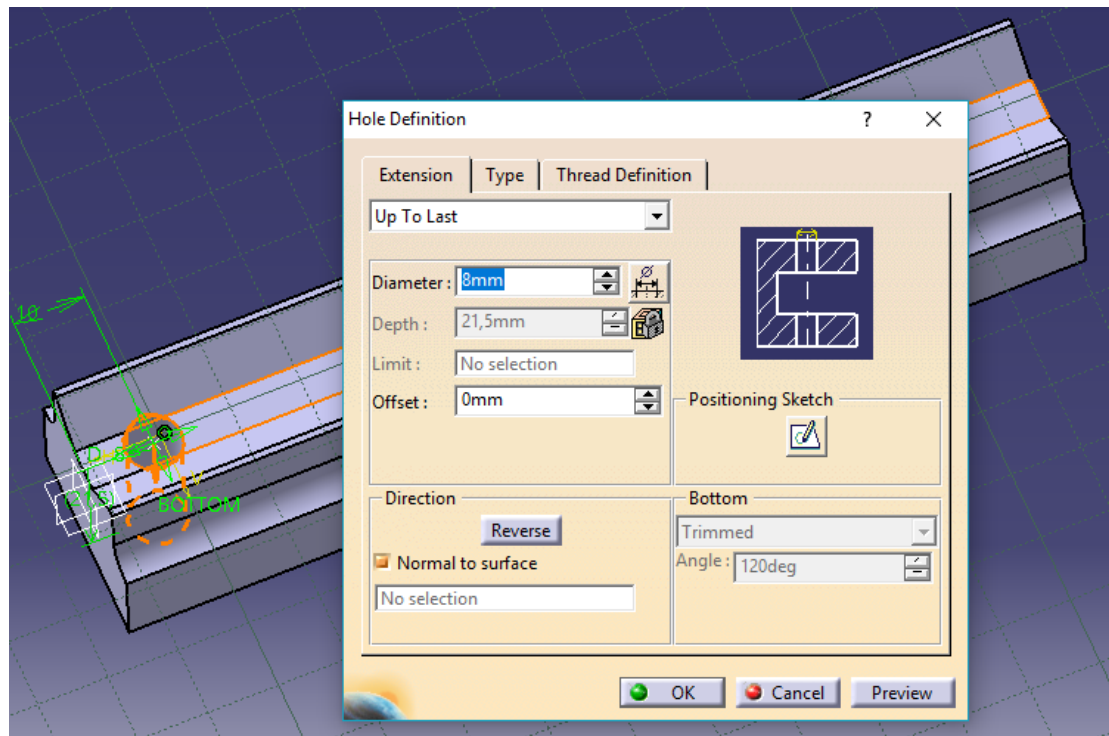
Слика 5.2 Израда трапеца на моделу командом *Pocket*

Следећа операција приказана на слици 5.3 је обрада бочних страна на ширину од 20 mm

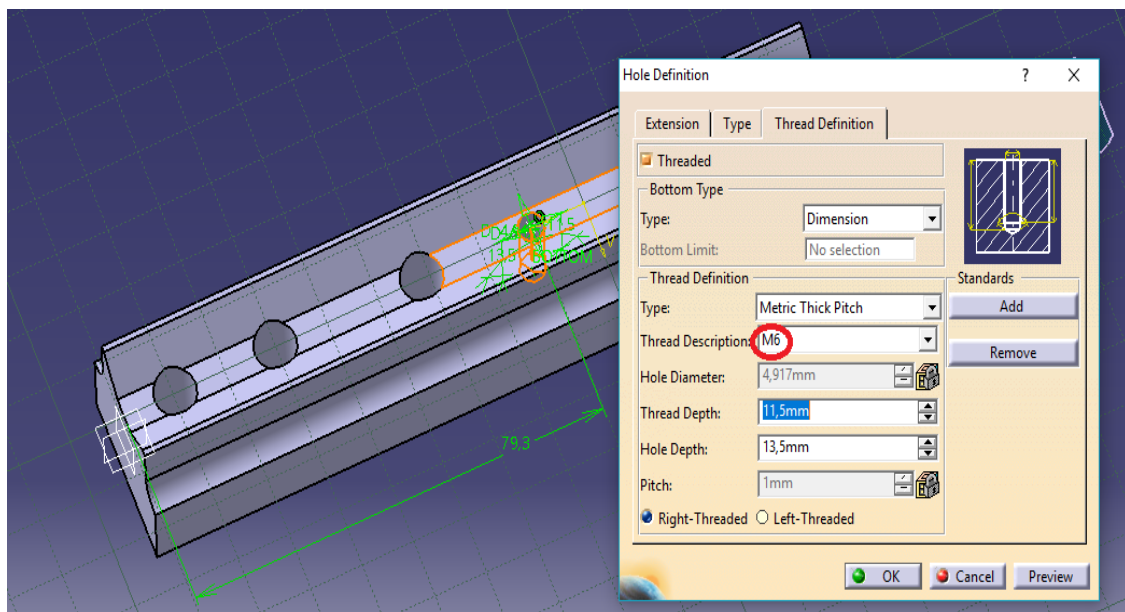


Слика 5.3 Израда бочних радијуса R4 на моделу командом *Pocket*

На слици 5.4 приказана је израда отвора $\varnothing 8$ а на слици 5.5 урезивање навоја M6.

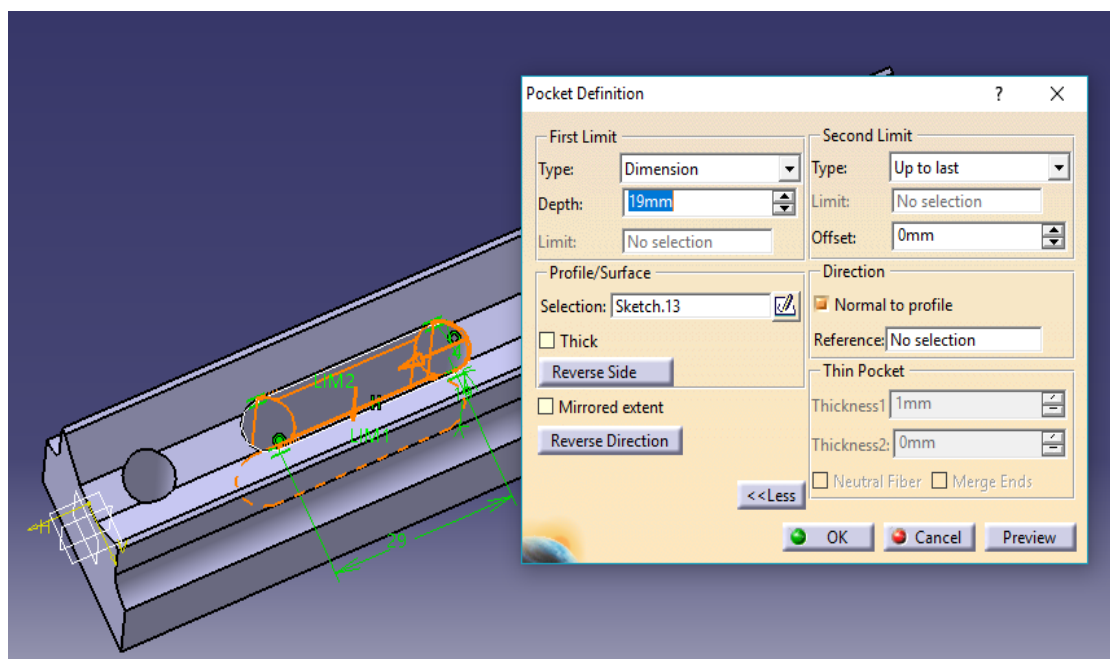


Слика 5.5 Израда отвора Ø8 применом команде Hole



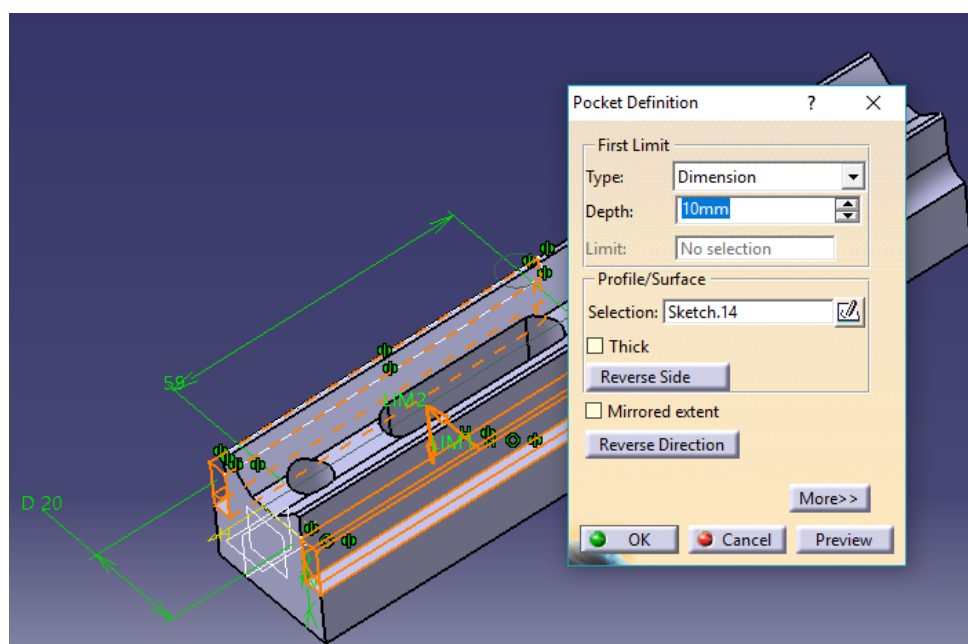
Слика 5.5 Израда отвора са новојем M6 применом команде Hole

На слици 5.6 приказана је израда нута ширине 8 mm.



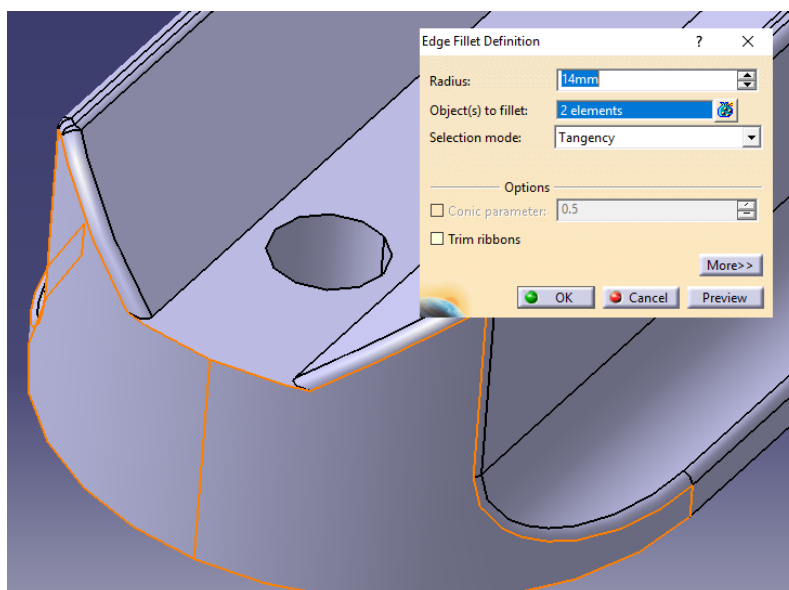
Слика 5.6 Израда нута на моделу командом Pocket

На слици 5.7 приказана је обрада бочних страна на ширину од 20 mm.



Слика 5.7 Обрада бочних страна на моделу командом Pocket

Последња операција је израда радијуса R14 која је приказана на слици 5.8.

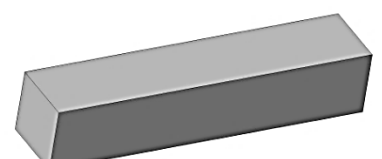


Слика 5.8Израда радијуса R14 командом EdgeFillet

6. Израда техничке документације по операцијама

Након комплетираног 3D модела, ради се технолошка документација. Свака операциона листа представља употребу једне врсте алата. На следећим сликама представљене су операционе листе по захватима, које одговарају претходно описаном 3D моделу (тачка 5). Ове листе дефинишу назив машине, стезни алат, резни алат, мерни алат, начин стезања и димензије које треба да буду остварене [8]. Стезни, мерни прибор и резни алати налазе се у заглављу техничке документације. А начин стезања дат је у оквиру погледа. Површине које се обрађују осенчене су сивом бојом. На свакој операцији у доњем левом углу дат је изглед 3D модела након извршене обраде. На операцијама је назначен и захтевани квалитет обраде површина као и напомене на које треба обратити пажњу приликом конкретног извођења истих.

NAZIV OPERACIJE **PORAVNAVANJE**

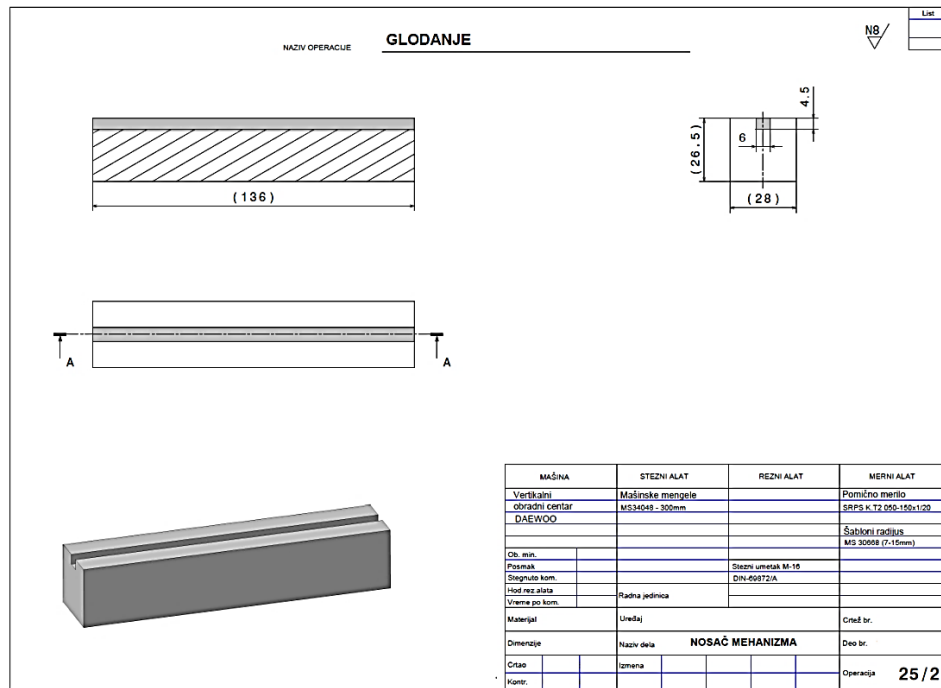
NB / 

List

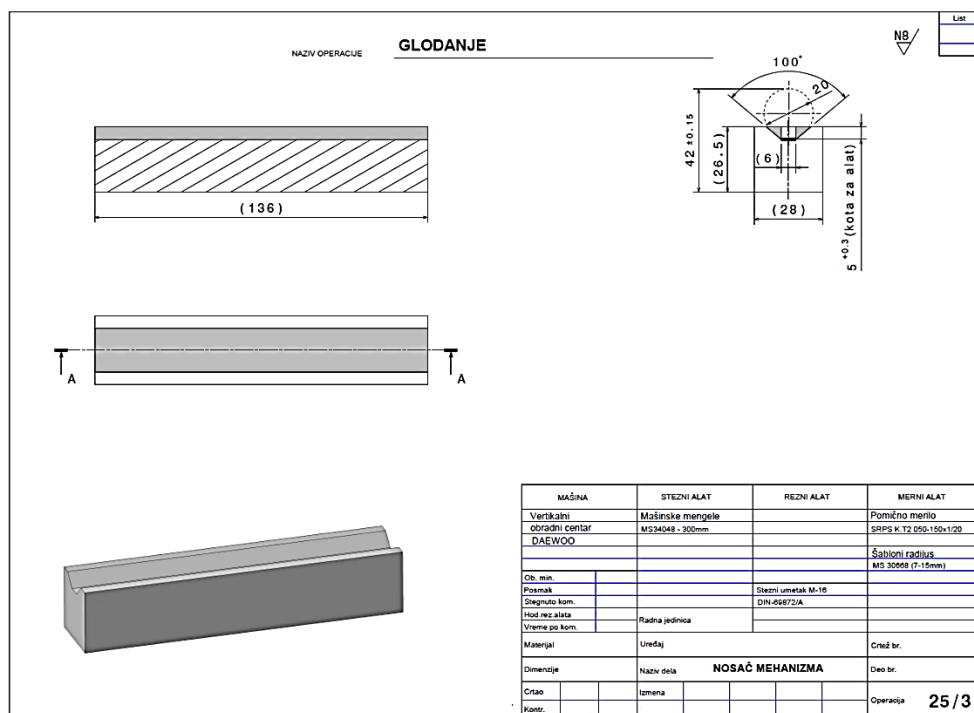
NAPOМЕНА:
- обрађивати необрађену површину.

MAŠINA	STEZNI ALAT	REZNI ALAT	MERNI ALAT
Vertikalni	Mašinske mengele	Glodačka glava Ø50	Pomoćno merilo
Obradni centar	M334049 - 300mm	R345-050Q23-13M	SRPS K.T2 050-150x1/20
DAEWOO		Pločica	
		345R-1305M-FM 4230	
Ob. min.	Stezni umetak M-16		
Podmak.	DIN-6987/2/A	Nosač SK 40x50x Ø22	
Stegnuće kom.		DIN-6987/1/A	
Hod rez. alata	Radna jedinica		
Vreme po kom.			
Materijal	Uređaj		Crtež br.
Dimenzije	Naziv dela	NOSAČ MEHANIZMA	
Crtao	Izmena		Deo br.
Kontr.			Operacija 25/1

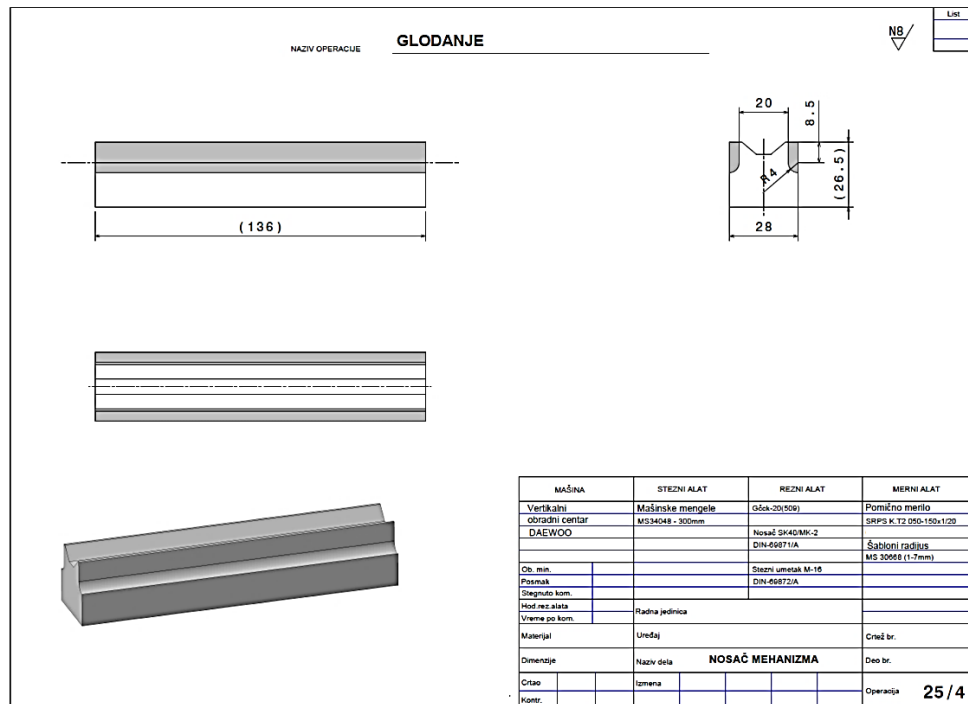
Слика 6.1 Први захват: поравњавање горње површине



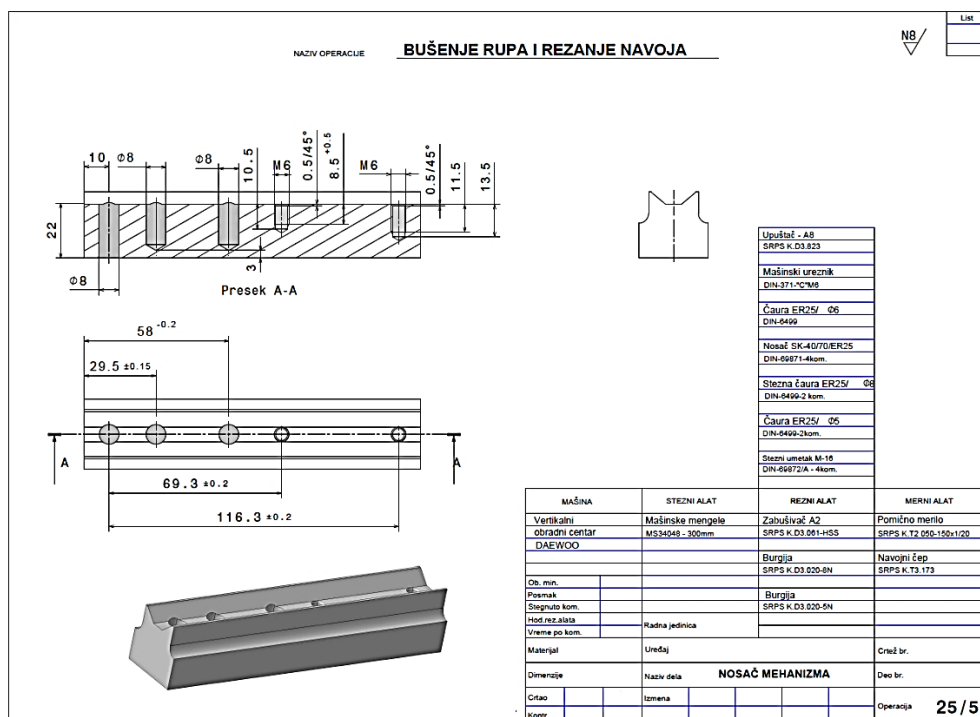
Слика 6.2 Други захват: Олакшање за следећи захват (израда трапеза)



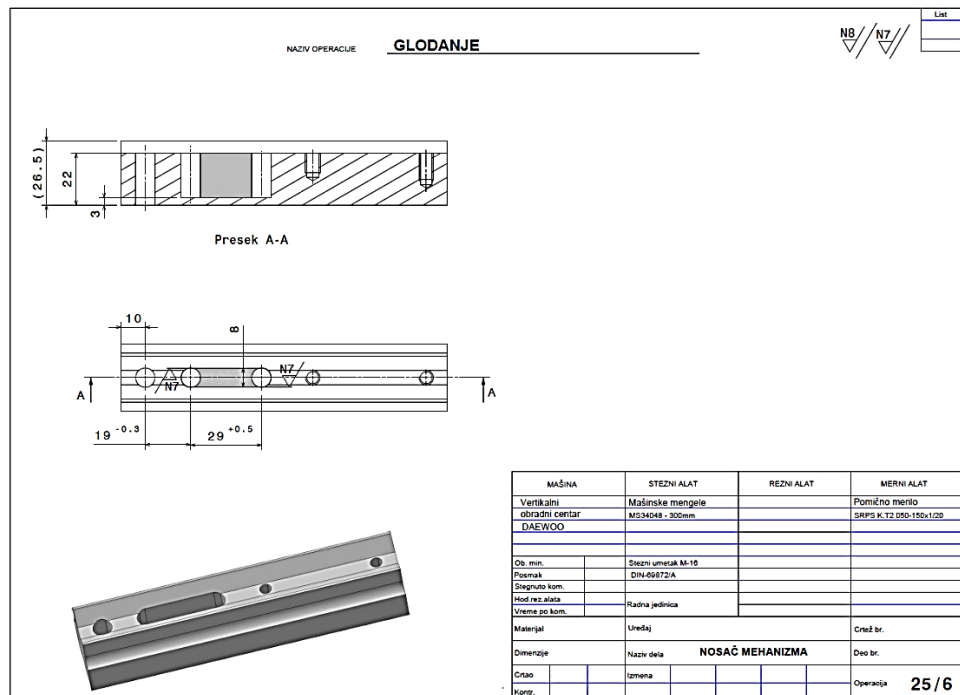
Слика 6.3 Трећи захват: Израда трапеза



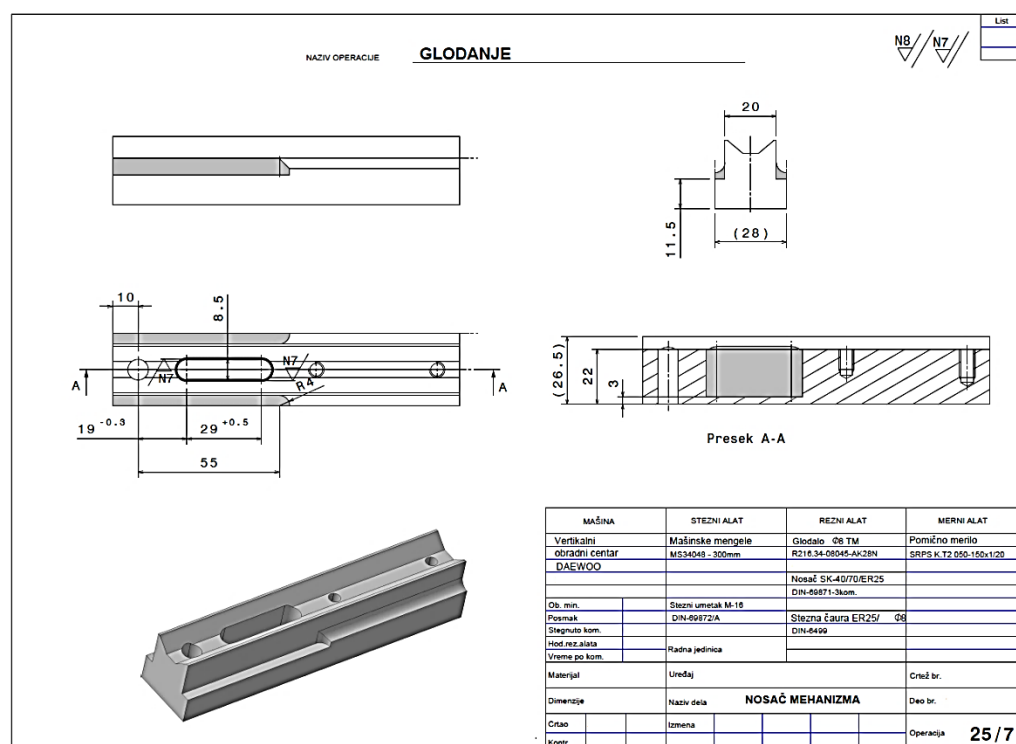
Слика 6.4 Четврти захват: Израда бочних радијуса R4



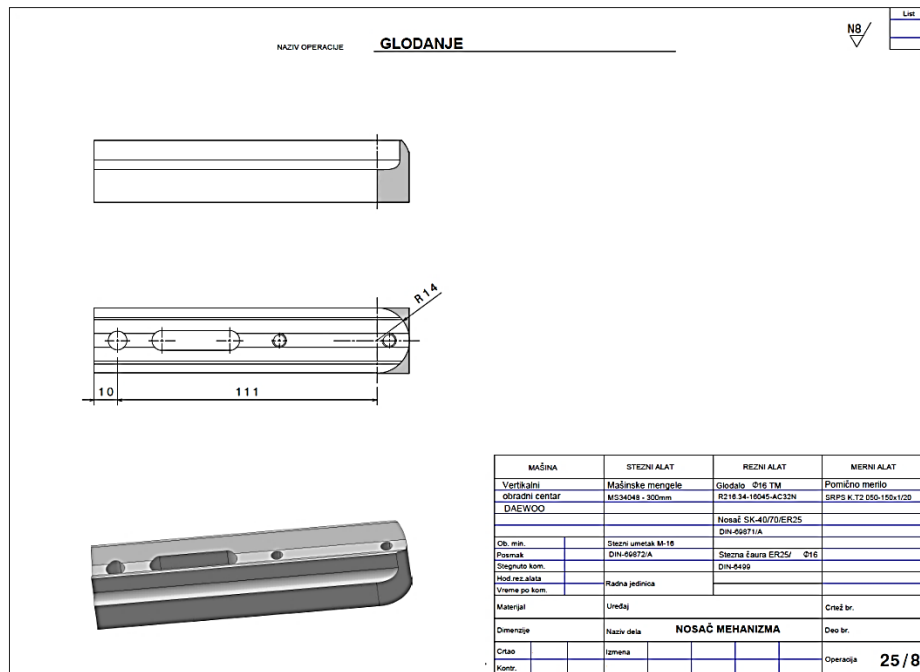
Слика 6.5 Пети захват: Израда отвора Ø8 и Ø5, и резање навоја М6 у отворима Ø5



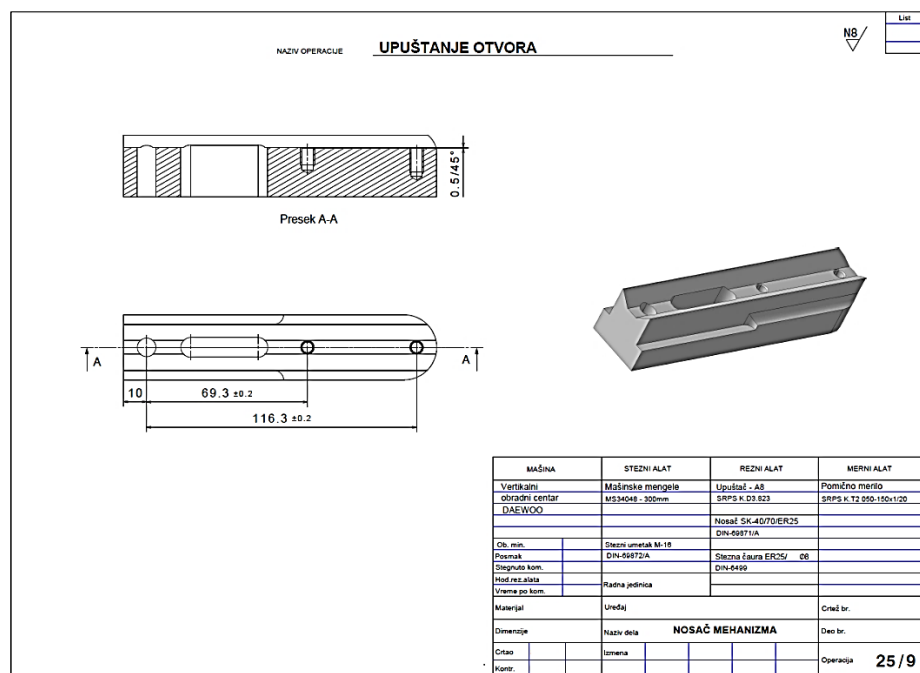
Слика 6.6 Шести захват: Израда нута глодалом Ø8 (грубо глодање)



Слика 6.7 Седми захват: Израда нута глодалом Ø8 (фино глодање)

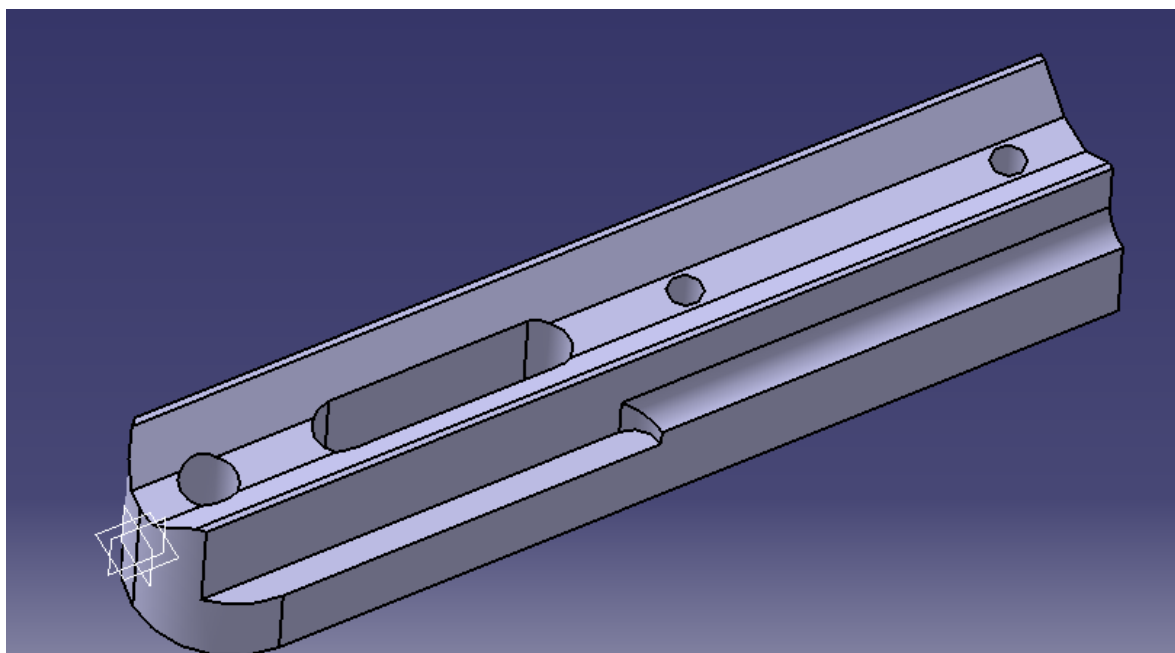


Слика 6.8Осми захват: Израда спољашњег радијуса R14



Слика 6.9Девети захват: Упуштање отвора

Након завршених операција, долази се до коначног облика дела, представљеног на слици 6.10.



Слика 6.103D модел готовог дела

У даљем тексту је приказан потпуни G код за претходно описане операције. Инжењер уноси G код у машину и заједно са реглером, пуштају израду првих модела, где се испитује коректност кода и уносе евентуалне корекције ако је то потребно.

Прилог: „G“ код за израду дела

```
%
O1227 (NOSAC MEHANIZMA OP25)
N5 (REZNI)
N10 (T1-GLODACKA GLAVA FI50)
N15 (T2-GLODALO B20X123)
N20 (T3-GLODALO GCCK20)
N25 (T4-ZABUSIVAC A2)
N30 (T5-BURGIJA 8N)
N35 (T6-BURGIJA 5N)
N40 (T7-MASINSKI UREZNIK)
N45 (T8-GLODALO FI8TM)
N50 (T9-GLODALO FI16TM)
N55 (T10-GLODALO FI8TM/R0.5)
N60 (T11-UPUSTAC-10/45)
N65 (T12-GLODALO FI8HSS)
N70 G0 G17 G80 G40 G90
N75 G54
N80 T1 M6 (GLODACKA GLAVA FI50)
N85 S1400 M3
N90 G0 X158 Y0 T2
N95 G43 H1 Z50 M8
N100 G1 Z35 F2000
N105 G1 Z26.45 F1000
N110 G1 X-30 Y0 F600
```

N115 G1 Z30 F2000
N120 G0 Z100 M9
N125 T2 M6 (GLODALO B20X123)
N130 S350 M3
N135 G0 X150 Y0 T3
N140 G43 H2 Z50 M8
N145 G1 Z35 F2000
N150 G1 Z21.95 F1000
N155 G1 X-30 Y0 F50
N160 G1 Z30 F2000
N165 G0 Z100 M9
N170 T3 M6 (GLODALO GCCK20)
N175 S300 M3
N180 G0 X150 Y-25 T4
N185 G43 H3 Z50 M8
N190 G1 Z35 F2000
N195 G1 Z13.95 F1000
N200 G1 G41 D3 Y-10
N205 X-25 F35
N210 G40 Y-25 F500
N215 G1 Y25 F1000
N220 G1 G41 Y10 F500
N225 X150 F35
N230 G40 Y25 F500
N235 G1 Z30 F2000
N240 G0 Z100 M9
N245 T4 M6 (T4-ZABUSIVAC A2)
N250 S1500 M3
N255 G0 X10. Y0 T5
N260 G43 H4 Z50. M8
N265 G1 Z35 F2000
N270 G1 Z27 F1000
N275 G1 Z20 F60
N280 G1 Z27 F1000
N285 X28.85 F2000
N290 Z20 F60
N295 Z27 F1000
N300 X58.1 F2000
N305 Z20 F60
N310 Z27 F1000
N315 G1 X79.3 F2000
N320 G1 Z20 F60
N325 G1 Z27 F1000
N330 G1 X126.3 F2000
N335 G1 Z20 F60
N340 G1 Z30 F2000
N345 G0 Z100 M9
N350 T5 M6 (T5-BURGIJA 8N)
N355 S700 M3
N360 G0 X10. Y0 T6

N365 G43 H5 Z50. M8
N370 G1 Z35. F2000
N375 G1 Z27 F1000
N380 G99 G83 Z-2 R27 F50 Q3.
N385 G80
N390 G1 Z27 F1000
N395 X28.85
N400 G99 G83 Z-2 R27 F50 Q3
N405 G80
N410 G1 Z27 F1000
N415 X58.1 F1000
N420 G99 G83 Z-2 R27 F50 Q3
N425 G80
N430 G1 Z30 F2000
N435 G0 Z100 M9
N440 T6 M6 (T6-BURGIJA 5N)
N445 S800 M3
N450 G0 X79.3 Y0 T7
N455 G43 H6 Z50. M8
N460 G1 Z35. F2000
N465 G1 Z27 F1000
N470 G99 G83 Z10.5 R27 F50 Q2.
N475 G80
N480 X126.3
N485 G99 G83 Z7.5 R27 F50 Q2.
N490 G80
N495 G1 Z30 F2000
N500 G0 Z100 M9
N505 M0
N510 T7 M6 (T7-MASINSKI UREZNIK)
N515 S100 M3
N520 G0 X79.3 Y0 T12
N525 G43 H7 Z50. M8
N530 G1 Z35. F2000
N535 G1 Z27 F1000
N540 G84 X79.3 Y0 Z12.5 R27 F100
N545 G80
N550 X126.3
N555 G84 Z9.5 R27 F100
N560 G80
N565 G1 Z30 F2000
N570 G0 Z100 M9
N575 T12 M6 (T12-GLODALO FI8HSS)
N580 S800 M3
N585 G0 X58.1 Y0 T8
N590 G43 H12 Z50. M8
N595 G1 Z35. F2000
N600 G1 Z23.5 F500
N605 M98 P1228 L4
N610 G1 Z30 F2000

N615 G0 Z100 M9
N620 T8 M6 (T8-GLODALO FI8TM)
N625 S3000 M3
N630 G0 X45 Y0 T9
N635 G43 H8 Z50. M8
N640 G1 Z35. F2000
N645 G1 Z23.5 F500
N650 Z-0.5 F150
N655 G1 G41 D8 Y4.25 F150
N660 G1 X28.85
N665 G3 Y-4.25 R4.25
N670 G1 X58.1
N675 G3 Y4.25 R4.25
N680 G1 X44.5
N685 G40 Y0
N690 G1 Z40 F2000
N695 G1 X63 Y-20
N700 Z11.5 F500
N705 G41 X69 F100
N710 G1 Y-14
N715 G3 X65 Y-10 R4
N720 G1 X-6
N725 G40 Y-15 F500
N730 Y15
N735 G41 Y10 F100
N740 G1 X65
N745 G3 X69 Y14 R4
N750 G1 Y20
N755 G40 X63 F500
N760 G1 Z30 F2000
N765 G0 Z100 M9
N770 T9 M6 (T9-GLODALO FI16TM)
N775 S2000 M3
N780 G0 X120 Y24 T10
N785 G43 H9 Z50. M8
N790 G1 Z35. F2000
N795 G1 Z-2 F500
N800 G1 G41 D9 Y14 F250
N805 G1 X121
N810 G2 Y-14 R14
N815 G1 X120
N820 G40 Y-24 F500
N825 G1 Z30 F2000
N830 G0 Z100 M9
N835 T10 M6 (T10-GLODALO FI8TM/R0.5)
N840 S4000 M3
N845 G0 X142 Y0 T11
N850 G43 H10 Z50. M8
N855 G1 Z35. F2000
N860 G1 Z22 F500

N865 X75 F300
N870 G1 Z30 F2000
N875 G0 Z100 M9
N880 T11 M6 (T10-GLODALO FI8TM/R0.5)
N885 S920 M3
N890 G0 X126.3 Y0 T1
N895 G43 H11 Z50. M8
N900 G1 Z30. F2000
N905 G1 Z21.5 F100
N910 G1 Z30 F500
N915 X79.3 F1000
N920 G1 Z21.5 F100
N925 G1 Z30 F2000
N930 G0 Z100 M9
N935 G91 G28 Y0 Z0 M5
N940 M30
N945 %

7. Закључак

У раду су описане предности употребе савремених технологија, са нагласком на CNC машине. На конкретном примеру приказан је поступак моделирања, као и израде програма и технолошке документације за део носач механизма артикла 12.7 mm Црна Стрела.

Из горе наведеног може се јасно видети предностпримене CNC машина, поготово када су у питању веће серије производа. Тада се ствара изузетно велика уштеда на времену и тачности, а самим тим се смањују трошкови производње.

Увођење NC и CNC технологија у производне системе мења структуру обрадних система, захтева другачије праћење и управљање процесима и производњом, утиче на промену структуре рада у домену програмирања, припреме, контроле, итд.

Примена NC и CNC технологија показује предности које нуде ове технологије у односу на класичне производне технологије, које се пре свега огледају у смањењу директног рада, а у неким случајевима и индиректног рада. При томе се област људског рада помера ка области креативног рада, где је задовољство на раду један од додатних фактора за повећање продуктивности рада. Ефикасна експлатација савремених технолошких система се не може замислити без примене рачунара и CAD/CAM/CAE програмских система најновије генерације. Основни разлози за то су брзина и квалитет пројектовања и израде производа што су неопходни предуслови за његов успешан век на тржиштима модерног света. При томе се као узор производње у будућности најчешће помиње концепција рачунаром интегрисане производње (CAM) која обухвата интеграцију свих активности, применом рачунара, у производном процесу почев од фазе планирања до реализације производа, укључујући и примену најсавременијих Intranet комуникација између учесника у том процесу. Један од важних сегмената тако конципираног производног процеса представља и процес аутоматизованог програмирања, односно аутоматизоване израде управљачких програма за управљање нумерички контролисаним машинама алаткама, што се реализује применом CAM (*Computer Aided Manufacturing*) програмских система. Ради успешнијег и квалитетнијег програмирања, програмер мора имати знање и искуство из области машинског инжињерства, мора да познаје алате, технике пројектовања стезног прибора, коришћење параметара обрадивости, функционисање машина алатки, обрадне процесе, итд.

8. Литература

- [1] **Недић Б**, *"Савремени обрадни системи"*, Машински факултет, Крагујевац 2008;
- [2] **Арсовски С, Перовић М.**, *"Флексибилна аутоматизација"*, Машински факултет, Крагујевац 1994;
- [3] **Девицић Г**, *"Софтверска решења CAD/CAM система"*, Машински факултет, Крагујевац 2004;
- [4] **Војиновић Д**, *"Програмирање NU машина алатки"*, Дипломски рад, Крагујевац 2014;
- [5] **Недић Б. и Лазић М**, *"Обрада метала резањем"*, Машински факултет, Крагујевац 2007;
- [6] **Ковачевић Р.**, *"Алатне машине са нумеричким и компјутерским управљањем"*, Београд 1987.
- [7] **Којић С**, *"Нумерички управљане машине алатке и њихово програмирање"*, Дипломски рад, Крагујевац 2010;
- [8] Техничка документација фирме **"ZASTAVA ORUŽJE" D.P**

Коришћене итернет адресе:

- http://www.hsmworks.com/docs/cncbook/en/#Ch08_LatheComponents, Новембар 2017;
- http://menso88.weebly.com/uploads/1/7/5/8/17586891/nc_i_cnc_masine.pdf, Новембар 2017;
- <https://www.scribd.com/doc/51270581/68/Obradni-centri>, Новембар 2017;
- <https://www.scribd.com/doc/241316955/Cnc-Tehnologije-Marija>, Новембар 2017;
- <http://www.cncauto.com/>, Новембар 2017;
- <http://www.3ds.com/products-solutions/>, Новембар 2017;
- <http://www.ibm.com/solutions/plm/>, Новембар 2017.