

Факултет инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу



Назив студијског програма: Машинско инжењерство

Ниво студија: Основне академске студије

Модул: Производно машинство

Предмет: Машине алатке

Број индекса: 81/2017

Сталета Д. Седларевић

ПРИМЕНА FANUC УПРАВЉАЧКЕ ЈЕДИНИЦЕ КОД ЦНЦ МАШИНА ЗА ГЛОДАЊЕ

Завршни рад

Комисија за преглед и одбрану:

1. Др Богдан Недић, проф. - ментор

2. _____

3. _____

Датум одбране: _____

Оцена: _____



Универзитет у Крагујевцу
Факултет инжењерских наука



Основне студије: **Машинско инжењерство**

Студијско подручје (усмерење): **Производно машинство**

Име и презиме: **Сталета Седларевић**

Број индекса: **81/2017**

ПРИЈАВА ЗАВРШНОГ РАДА

Тема рада: **ПРИМЕНА FANUC УПРАВЉАЧКЕ ЈЕДИНИЦЕ КОД ЦНЦ
МАШИНА ЗА ГЛОДАЊЕ**

Задатак: У оквиру завршног рада кандидат треба да изврши прикупљање и систематизацију података о савременим обрадним системима и *Fanuc* управљачкој јединици. Потребно је описати обрадни центар ОКК PCV40. Описати *Fanuc* управљачку јединицу и начин програмирања. У посебном делу рада за пројектовање урадити НЦ програм.

Завршни рад треба да поседује следеће целине:

1. Уводна разматрања,
2. Савремени обрадни системи,
3. Опис обрадног центра ОКК PCV40,
4. *Fanuc* управљачка јединица,
5. Пример програмирања,
6. Закључци и
7. Литература.

Ментор:

др Богдан Недић, редовни професор

Крагујевац, 09.03.2020.

Summary

Within this final paper, introductory considerations on modern processing systems, control units and the method of programming are given. Modern defense systems are described in detail. The OKK PCV40 machining center is described and pictured, both the whole machine and individual segments. In this paper, the Fanuc control unit is described in detail step by step, how it works and what it consists of, in addition to the description, an example of programming is given. At the very end of the paper, conclusions are given, possible problems as well as solutions to these problems. The development of materials also conditioned the development of machining centers, the old machining centers were not able to process certain modern materials, so modern machining centers developed in parallel, both their management and programming and the tools used in these centers.

Keywords: *modern machining systems, OKK PCV40, Fanuc*

Резиме

У оквиру овог завршног рада дата су уводна разматрања о савременим обрадним системима, управљачким јединицама и начину програмирања. Детаљно су описани савремени обрадни системи. Описан је обрадни центар ОКК PCV40 и сликовито је приказан, како цела машина тако и појединачни сегменти. *Fanuc* управљачка јединица је у овом раду детаљно корак по корак описана, како функционише и од чега се састоји, поред описа дат је и пример програмирања. На самом крају рада дати су закључци, могући проблеми као и решења тих проблема. Развој материјала је условио и развој обрадних центара, стари обрадни центри нису били у могућности да обраде одређене савремене материјале, па су се стога паралелно развијали и савремени обрадни центри како њихово управљање и програмирање тако и алати који се користе у тим центрима.

Кључне речи: *савремени обрадни системи, ОКК PCV40, Fanuc*

Садржај

1. УВОД.....	6
2. САВРЕМЕНИ ОБРАДНИ СИСТЕМИ.....	11
2.1 Карактеристике CNC машина	11
2.2 CNC машине у односу на конвенционалне алатне машине за обраду резањем	13
2.3. Врсте CNC машина	16
3. ОПИС ОБРАДНОГ ЦЕНТРА ОКК PCV40	18
4. FANUC УПРАВЉАЧКА ЈЕДИНИЦА	33
5. ПРИМЕР ПРОГРАМИРАЊА	40
5.1 Моделирање 3Д форми парта уз помоћ програмског пакета SolidWorks.....	40
5.2 Програмирање машине алатке уз помоћ програмског пакета SolidCam	43
5.3 Генерисање програма (кода)	59
6. ЗАКЉУЧАК.....	67
7. ЛИТЕРАТУРА	68

1. УВОД

У оквиру глобалне конкуренције како на домаћем тржишту тако и на светском тржишту савремена производња је изложена све интензивнијим притисцима за сталним повећањем квалитета, смањењем времена израде производа, смањењем цене, као и флексибилним променама производног програма у циљу задовољења променљивих и све сложенијих захтева купаца. Повећање конкурентности и обезбеђење потребног нивоа квалитета производње, као једног од врхунских захтева, директно је повезано са увођењем нових технологија [1, 2].

CNC машине у данашње време увелико олакшавају сваки посао, где су данас оне постале неизоставни део сваког индустријског погона. Развој индустрије и појава све комплекснијих машина разлог је зашто су CNC машина алатке постале све више распрострањеније у индустријској производњи. Са машинама које су нумерички управљане могуће је остварити увек исти квалитет и тачност на сваком новом радном комаду. Постоји више различитих CNC (*Computer Numerical Control*) машина који имају различит број оси, начина кретања и примена [1, 2].

Нумерички управљање глодалице спадају у машине алатке које садрже главно ротационо кретање алата и три нумерички праволинијски управљана помоћна кретања. Резни алат, предмет обраде или најчешће њихова комбинација, зависно од конструкције CNC глодалице, могу обавити помоћна кретања. С обзиром на положај главног вретена, односно његових оса, у којем се налази резни алат, нумерички управљана глодалица може бити вертикална или хоризонтална. Резни алат на машини се мењао ручно од стране оператера иако су се обраде изводиле преко програма који је био у управљачкој јединици CNC глодалице. То значи да је оператер био задужен за промену алата и његово стављање и учвршћивање у само вретено глодалице. Данас постоје нумерички управљане глодалице које поседују аутомтски систем за измену алата, тако да је искоришћење овакве глодалице доста порасло [1, 2].

Програмирање обрадних процеса на нумерички управљаним машинама алаткама обухвата низ захвата на систематизацији обрадних информација, њиховом испитивању одређеним редоследом и кодом по правилима програмског језика у форми управљачког програма. Без обзира о ком се облику програмирања ради, нумерички управљана машина алатка добија, путем података и на одређени начин кодиране, све потребне информације за аутоматску обраду неког елемента. Те информације могу бити о потребним кретањима (главним и помоћним), информације за укључивање и

искључивање извршних органа машине, почетак и заустављање програма, информације за аутоматску измену алата и предмета обраде итд. Све потребне информације за управљање и реализацију обрадног процеса се програмирају и на одређени начин систематизују и у кодираном облику уносе у меморију управљачког система машине. Управљачки систем (управљачка јединица) тако примљене информације обрађује и према степену приоритета саопштава извршним органима машине и на тај начин се остварује управљање процесом обраде. О токовима информација по степену приоритета стара се управљачки модул система, тј. тачније микрорачунар за управљање токовима информација [3].

С обзиром да се обрадни процес одвија у реалном времену где је брзина протока информације ограничена, то се информације у облику програма чувају у управљачкој јединици пре почетка обрадног процеса. Кодиране информације у облику програма могу се уносити у управљачки систем директно преко модула за комуницирање или преко екстерне меморије. Скуп активности на прикупљању, систематизацији, кодирању, преношењу информација на одговарајући носач и чување у меморији управљачког система назива се програмирањем [3].

За програмирање је потребно познавати правила програмирања у одређеном програмском језику, затим познавати технологију израде, карактеристике CNC машина, основе оптимизације обрадних процеса и слично [3]. Као извори информација за програмирање служе [3]:

- технолошки цртеж предмета обраде,
- технолошки поступак операцијски захвата,
- скуп технолошких информација и
- информације о CNC машинама, алатима и параметрима обраде.

Цртежом предмета који се обрађује дефинисан је геометријски облик и димензије са захтевима потпуно обрађеног дела, које служе као геометријске подлоге при програмирању. Технолошки остварив редослед операцијских захвата по поступцима обраде и алатима у обрадном процесу предочава се технолошким поступком обраде. Он је варијабилан и карактеристичан за поједине групе обрадака, као што су ротациони делови, носеће структуре машина и остали елементи. Технолошке информације обухватају брзине резања за одређене комбинације материјал-алат и брзине помоћних кретања, које при програмирању треба да буду оптималне [3].

Као основа оптимизационог процеса служе функције обрадивости материјала добијене експерименталним истраживањем. За израду програма потребне су информације о одређеном типу CNC машине алатима и уређајима. Ове информације систематизују се у облику базе података и стоје програмеру на располагању. У технолошкој бази података информације су сачуване у облику карти алата, машина и уређаја и са њима се може манипулисати ручно или помоћу рачунара. Параметри обраде при програмирању треба да се одреде оптимизационим поступком, јер ће се само тако обрадни процес одвијати у простору максималних економских ефеката. Оптимизациони процес је неопходан при ручном и машинском програмирању у језицима који не оптимизују технологију. Уређене управљачке информације у форми програма потребно је пренети на носач информација преко кога ће бити сачуване у меморијски модул управљачког система [3].

Примена рачунара данас је присутна код пројектовања производа, инжењерских прорачуна и анализа, пројектовања технолошког процеса (CAPP - *Computer Aided Process Planning*), као и управљања информацијама (EDM - *Engineering Data Management*, PDM - *Product Data Management*). Уопште, комплетна производња је интегрисана и подржана рачунаром. Управљање машином алатком која је потпуно или делимично у спрези са рачунаром помоћу унапред припремљеног програма је познато као рачунарско нумеричко управљање (CNC - *Computer Numerical Control*). Класичне (конвенционалне) машине алатке које су допуњене специјалним моторима, сензорима и управљачким јединицама представљају нумерички управљане машине алатке (НУМА) [3].

Иако је постигну висок ниво примене информатичких технологија у производним процесима када су у питању пројектовање производа и инжењерски прорачуни и анализе, у области пројектовања CNC технологија квалитет NC програма још увек зависи у већој мери од знања и искуства инжењера. Путања алата се при обради просторно сложених површина аутоматски генерише применом CAD/CAM система. Међутим, за правилан избор врста обраде, редоследа операција, алата и режима обраде још увек је одговоран инжењер у односу на оно што му нуде савремени програми. Сама структура NC програма захтева да се технолошки параметри дефинишу по одређеном редоследу, а да се показатељи технолошког процеса (укупно време обраде, степен искоришћења обрадних центара, искоришћење задате постојаности алата, количина алата итд.) сагледају тек на крају израде програма [4-6].

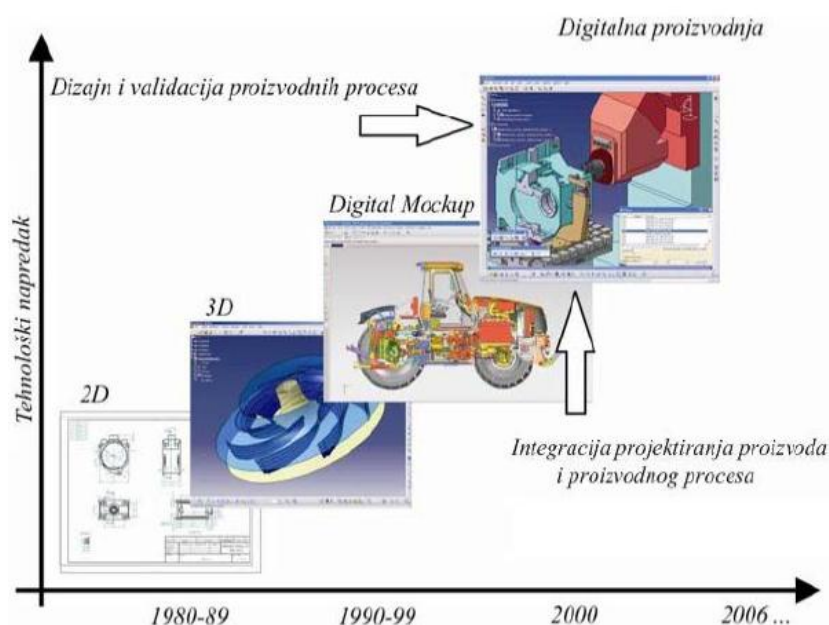
Програм представља скуп инструкција у неком обрадном систему урађених по редоследу операција и захвата за извршење процеса обраде. Програмирање у ширем смислу представља активности у циљу решавања проблема помоћу рачунара [4].

Сам процес програмирања обухвата пет фаза [4]:

- анализу проблема,
- писање програма,
- тестирање програма,
- израде потребне документације и
- израде програма на одређеном носиоцу информације.

Програмирање у ужем смислу подразумева писање односно кодирање програма. Програм је сачињен од реченица-блокова где једна реченица садржи све податке неопходне за спровођење једног захвата. Оне могу бити са променљивим бројем знакова. Свака реченица се састоји од више речи, а свака реч има одређено значење. Програмска реч је основни носилац информација. Програмска реч представља комбинацију слова, знакова и цифара [4].

Током последњих година, људи су све више повезани преко интернета или преко локалних мрежа. Коришћење дигиталних уместо папирних докумената је довело до новог, савременог начина рада који је обогатио човечанство. Радионички цртежи су постали дигитални 3Д модели који су омогућили лакше чување информација и разумевање изгледа делова и склопова (слика 1.1) [7].



Слика 1.1 Еволуција производног процеса [7]

Сви производни процеси у предузећу могу бити подржани CAD/CAM/CAE системима за примање наруџеница помоћу дигиталних докумената и реализације пројектних и производних процеса. Савремена индустријска производња захтева непрекидно иновирање и унапређивање производних процеса, система, технологија и квалитета рада, од чије ефикасности зависи опстанак многих производно-пословних система. Основне су подлоге за развој савремене индустријске производње: нове производне технологије и технике, информационе технологије (CIM, CAD/CAPP/CAM-CAQ), брзи развој производа, примање знања, иновације, флексибилности и савремени производни системи с циљем постизања конкурентне предности и смањења трошкова производње. Значајна конкурентска предност постиже се применом програмских пакета прилагођених технолошким фазама, па се тако за приказ, данас све комплекснијих производних система, користе програми којима се омогућује симулација рада производног система. Рачунари данас представљају основу свих инжењерских пројеката. Разумљива је тежња која се током последњих година поклања увођењу све већег броја рачунаром управљаних машина (енгл. CNC машина) у производни процес, чији је развој у тесној вези са развојем електронике и рачунарске технике. Рачунаром управљање представља основу аутоматизације обрадног процеса. Све потребне информације за управљање и реализацију обрадног процеса које се програмирају, систематизирају се и кодирају у форми програма, те уносе у меморију управљачког система. При томе, основу при пројектирању у индустријској пракси чине графичке симулације процеса обраде на CNC машинама које се најчешће остварују одговарајућим софтверима, зависно од употребљеног типа управљања [7].

2. САВРЕМЕНИ ОБРАДНИ СИСТЕМИ

2.1 Карактеристике CNC машина

Савремене компјутерске нумеричко управљане машине (Computer Numerical Control - CNC) су се развиле од NC машина (нумерички управљаних машина) где се информације нису чувале као целокупни програми у контроли машине, већ делимично учитавале са бушених трака. Време развитка CNC технологије почиње од средине седамдесетих година прошлог века. То је омогућавало рационализацију у масовној и појединачној производњи кроз скраћења брзине обраде и врло прецизног кретања алата по осама. У данашње време машинска индустрија је скоро незамислива без савремених CNC машина алатки [5].

Свака CNC машина чита програм, написан у „G-коду“, који креира инжењер или оператер машине. Персонални компјутери се користе за дизајн делова, као и писање програма, односно кода. Програми се могу писати и уносити ручним куцањем G-кода путем тастатуре или коришћењем одређених CAM (Computer Aided Manufacturing) софтвера. Савремене CNC машине имају мање-више исте делове као и старе NC машине, где је битна разлика додаток контролне (CNC) јединице и коришћење серво мотора за сваку појединачну осу машине. CNC контролна јединица машине рачуна координате и контролише серво моторе који померају у одређеним осама алат или радни предмет [5].

Област примене CNC машина у данашње време је врло велика [5]:

- обрада дрвета,
- обрада метала,
- обрада пластичних маса,
- гравирање,
- израда алата итд.

CNC контролни систем је у ствари процес производње машинских делова на машинама код којих рачунар управља кретањем радних органа машине. Систем управља смером, величином и брзином померања. Затим се помоћу неког одговарајућег CNC програма модел који се жели израдити преводи у машински језик разумљив који је разумљив машини. Тај код генерише координате сваке тачке преко које алат треба да

пређе, тако да по завршеном кретању алата добија се жељени 3D облик предмета који смо претходно креирали у неком одговарајућем програму [5].

Пре одређеног времена идеја аутоматизације производње је била развијена од стране индустријске револуције, али је тада ручни рад био доста исплативији од развоја и употребе нових индустријских машина. Осим тога, да би се остварила идеја рачунарски нумерички управљаних машина био је потребан одређени технолошки ниво. Тек за време Другог светског рата су се стекли услови који су били потребни, где је у производњи војне опреме било потребно постићи одређени квалитет али и количину [5].

За постизање одређених услова при производњи опреме и делова, били су постављени одређени циљеви који су се требали испунити, где су ти циљеви били [5]:

- повећање производње,
- побољшање квалитета и тачности произведених делова и опреме,
- стабилизација цена кроз серијску, великосеријску и масовну производњу и
- могућност израде компликованијих делова.

Даљим развојем, а пре свега у области компјутерске технологије, постигнут је велики напредак у области CNC технологија и убрзо је представљена нова генерација машина, а то су биле CNC машине [5].

Предности CNC машина јесу [5]:

- краће време израде делова,
- висока тачност обраде,
- могућност израде делова сложене конфигурације,
- скраћено време подешавања машине,
- смањење шкарта,
- потпуна флексибилност и
- смањење потребе за висококвалификованом радном снагом (оператерима).

Недостаци CNC машина јесу [3]:

- висока цена набавне опреме, односно високи иницијални трошкови улагања,
- сложено одређивање и
- комплексне припреме.

2.2 CNC машине у односу на конвенционалне алатне машине за обраду резањем

Једна од основних разлика између конвенционалних и CNC машина јесте у самом погону. Код конвенционалних машина је могуће један главни погон дистрибуирати на све покретне делове, односно један мотор погони и главно вретено и остала кретања радног стола, а управљање покретним деловима се врши ручно или машински преко ручица за управљање. CNC машина мора имати одвојене електромоторне погоне за главно вретено и за сваку радну осу, а рад машине је аутоматски преко програмиране управљачке јединице (тастатура и екран) и кода [5, 6]. На слици 2.2.1 приказана је глодалица серије SF.



Слика 2.2.1 Конвенционална глодалице серије SF [7]

Мерни систем се код конвенционалне машине састоји од скале са покретним мерачем (нонијусом) који омогућава читавања прецизности до стотог дела милиметра, док се мерни систем код савремене CNC машине састоји од линеарног система мерења прецизности до хиљадитог дела милиметра [5,6].

Како би се остварила тако висока прецизност обраде већина CNC машина уместо трапезног навојног вретена и трапезне матице, код којих је неизбежно присуство празног хода, за линеарни помак користи се куглично навојно вретено са одговарајућом матицом, а код високо прецизних машина две навртке еластично повезане опругом за потпуно елиминисање зазора [5, 6].

Упоређујући конвенционалне (класичне) и CNC машине може се закључити да је основни приступ при пројектовању неке технологије готово једнак [8]:

- анализа цртежа и остале документације,
- избор операција обраде,
- одређивање базних површина и избор начина стезања,
- одабир одговарајућих алата,
- прорачун оптималног режима обраде,
- израда програма и тестирање (за CNC машине алатке),
- израда предмета.

Разлика је у предзадњој активности које на конвенционалним машинама нема. Међутим, при самој обради појављују се битне разлике. Оператер на конвенционалној машини помоћу једне или обе руке обавља укључивање и искључивање помака, средства за хлађење и подмазивање итд., односно обавља вођење алата. За то су потребни знање и одређене вештине. О степену вештина ће зависити и квалитет и време израде предмета. Проблем настаје када је потребно изградити више потпуно истих предмета. По природи човек не може поновити поступке на једнак начин, што као резултат даје разлике у димензијама предмета и квалитету обрађене површине [8]. На слици 2.2.2 приказана је савремена глодалица која има компјутерско нумеричко управљање.



Слика 2.2.2 CNC глодалица HURCO BMC 30 [9]

Код CNC машина алатки микропроцесор води алат увек на исти начин чиме се постиже да је сваки обрађени радни предмет у серијској производњи исти. Из тог разлога се може закључити да су CNC машине алатке увек супериорније над

конвенционалним машинама. Међутим ако је потребно израдити само један једноставан предмет ипак конвенционалне машине имају предност (економичност производње). Ове предности CNC машина добијене су уградњом специфичних компоненти као што су: клизно-водећи системи CNC машина (вођице и системи за пренос кретања), завојно вретено са навртком итд. Израда и конструкција CNC машина алатки се у многоструку разликује од израде и конструкције конвенционалних машина алатки како у основи машинског система тако и у основи управљања [8].

Ова разлика произилази из потребе за бољим перформансама машина алатки, па се у том циљу наводи неколико карактеристика CNC машина алатки [8]:

- већи степен искоришћења - веће брзине обртаја и брзине помоћних кретања, веће уграђене снаге мотора итд. (омогућена употреба савремених резних алата),
- виша тачност - условљени виши захтеви код конструкције структуре у погледу крутости, пригушења вибрација и елиминација топлотних деформација и хабања,
- управљање свим функцијама машине може бити даљинско, где сви преносници главног и помоћног кретања су посебно конструисани и посебно управљани, а повезани електричним и електронским путем,
- измењивачи и носачи алата су аутоматизовани, а функције измене алата укључене у део нумеричког управљања,
- мерни систем је део целокупног система и најчешће у затвореном колу са осталим деловима нумеричког управљања и
- вретена CNC машина, главна и помоћна, изведена су са вишим степеном тачности, већих су димензија, а улежиштења поседују повећану крутост, док је пригушење осцилација и топлотних деформација боље одрађено него код конвенционалних машина алатки.

Конвенционална машина алатка је оријентисана за директну обраду материјала, док се код нумерички управљане машине алатке прво обрађују информације, а затим одговарајуће јединице, а на основу обрађених информација врше кретања која служе за непосредну обраду материјала предмета обраде [6, 8].

Једна нумерички управљана машина може заменити три па чак све и до осам конвенционалних (класичних) машина алатки, што омогућава смањење опреме, затим

производног простора, радне снаге и друго. Продуктивност се повећава и до 50%, тачност израде делова повећава се два до три пута, а број и цена накнадних операција смањује се четири до осам пута [6, 8].

2.3. Врсте CNC машина

Већина конвенционалних (класичних) машина је данас нумерички управљана, што поред аутоматизованог рада обезбеђује одговарајућу прецизност, поузданост, квалитет и квантитет при раду, односно карактеристике које захтева савремена производња. Излазне карактеристике код стандардних конвенционалних машина алатки уско су везане за способност послужуиоца машине који их ручно управља. Ручно управљање није врста обраде, већ скуп акција током времена са намером да се остваре циљеви процеса обраде. Према томе, ни нумеричко управљање не представља врсту обраде, већ специјални концепт управљања машином [6, 8].

Машинска обрада представља процес производње којим се добијају жељени облици материјала на три начина [6]:

- скидањем материјала, односно резањем (промена запремине материјала),
- деформисањем материјала (промена облика материјала) и
- неконвенционалним методама.

Све нумеричко управљане машине могу да се поделе на [8]:

- нумерички управљане машине за обраду резањем,
- нумерички управљане машине за обраду деформисањем,
- нумерички управљане машине за неконвенционалну обраду и
- нумерички управљане мерне машине.

Управљање извршним органима нумерички управљане машине алатке јесте аутоматско. За нумерички управљану машину алатку, генерално се може рећи да се састоји из две функционалне целине, а то су [8]:

- нумеричко управљачка јединица - НУЈ и
- механички део који је сачињен од подсистема, склопова и подсклопова и других пратећих елемената као код класичних машина алатки.

Управљачке јединице различитих машина алатки се битно не разликују по функционалности па се зато CNC машине деле према врсти обраде [6]:

- CNC глодалица,
- CNC струг,
- CNC машина за мерење (мерна машина),
- CNC машина за бушење,
- CNC машине за ковање,
- CNC машине за сечење контура,
- CNC машине за савијање,
- CNC машине за просецање и пробијање,
- CNC машина за сечење:
 - воденим млазом,
 - ласером,
 - плазмом,
 - електроерозијом итд.,
- CNC машина за заваривање, итд.

3. ОПИС ОБРАДНОГ ЦЕНТРА ОКК PCV40

ОКК PCV40 су обрадни центри са нумеричким управљањем са 3 синхорнизоване осе, компактног изгледа и величине. Ови обрадни центри су пројектовани да олакшају рад и повећају продуктивност, а све то захваљујући основним карактеристикама: флексибилност, ефикасност и једноставност при употреби. Њима се може вршити бушење, глодање, резање навоја и друге стандардне операције. Имају аутоматску измену алата са магацином алата капацитета 18 алата. Брзина измене алата је 10 секунди што машину чини јако погодном за сериску производњу. Прихват алата је MAC BT40 што је стандардни прихват за све Јапанске произвођаче CNC машина за обраду глодањем. Снага главног вретена машине је 5,5kW. Број обртаја главног вретена машине је од 300 до 10000 обртаја у минути (o/min), брзина помоћног кретања вретена машине у брзом ходу износи 16000 mm/min, док је радни ход главног вретена 520mm. Величина радног стола је 650mm x 550mm, а максимална тежина припремка може бити 450kg. Помоћно кретање радног стола је по X-оси 540mm, по Y-оси 450mm док брзина кретања радног стола у брзом ходу износи 24000mm/min. Димензије машине су 2800 x 2000 са висином 2780mm док је тежина машине 3600kg. Управљачка једница машине је FANUC 10-M. На сликама 3.1 и 3.2 приказана је CNC машина (CNC глодалица).



Слика 3.1 CNC глодалица ОКК PCV40 [9]



Слика 3.2 Обрадни центар OKK PCV40

CNC глодалица представља једну од најкоришћенијих уређаја за CNC обраду радних предмета. Састоји се од масивног кућишта са постољем, алата и система за управљање. Метални делови машине су најчешће ливени како би били што масивнији, а уједно и отпорни на вибрације. За троосну глодалицу потребна су минимално три мотора која ће остварити кретања алата у све три осе Декартовог координатног система [10].

Стезни прибор, предмет који се жели обрадити стеже се на столу саме глодалице, који се креће по X и Y осама. Стезање предмета се врши по одређеним правилима и на начин да се што што мањи број стезања изврши током стезања. Број стезања и отпуштања предмета директно утиче на тачност обрађених површина, што је мањи број стезања то је могућност за грешком мања. Стезни прибор мора бити такав да обезбеди поуздано стезање предмета обраде и да онемогући ни најмања померања [10].

Након стезања предмета обраде, потребно је одредити и повезати координатне система како би сама CNC глодалица знала где се тај предмет тачно налази. Уколико је програм у облику G-кода унесен у систем за управљање CNC глодалице, могуће је започети са самим процесом глодања. Наведена операција се врши тако што се алат (глодало) постепено спушта по Z-оси све дубље у предмет који се обрађује, а на сваком

слоју висине сто глодалице се креће све док се сав предвиђени материјал који је потребно одстранити не уклони [10]. На слици 3.3 приказан је стезни прибор.



Слика 3.3 Стезни прибор

CNC глодалица је алатна машина која служи за обраду равних површина (хоризонталних, вертикалних и косих), за израду жлебова, профилних површина (равних и просторних), за израду навоја, рупа и отвора, итд [10].

Алат који се користи се зове глодало. То је вишесечни резни алат, који има зубе на обимној или чеоној површини. Алат је постављен на главно вретено, изводи главно обртно кретање, а може и допунско праволинијско кретање. Помоћно кретање изводи предмет обраде, заједно са радним столом, оно је праволинијско, а може бити и допунско обртно (при изради завојних жлебова) [11]. На слици 3.3 приказано је глодало док је на слици 3.5 приказан магацин за глодала.



Слика 3.4 Глодало и носач алата



Слика 3.5 Магацин резног алата

Глодалице се, као машине алатке, могу поделити [11]:

1. Према положају осе главног вретена и то на:

- хоризонталне и
- вертикалне.

2. Према броју главних вретена и то на:

- једновретене и
- вишевретене.

3. Према намени и то на:

- универзалне и
- специјалне.

4. Према начину управљања и то на:

- ручно управљање,
- аутоматске и
- компјутерски управљање (CNC).

Компјутерски управљане глодалице представљају нови вид аутоматизованих машина алатки које врше аутоматизацију појединачне малосеријске, као и серијске производње. Аутоматизација великосеријске и масовне производње остварују се применом аутомата и аутоматских линија и одликује се високом производношћу, као и врло тачном обрадом. Аутоматизација средњесеријске и малосеријске производње, као

најчешћих видова производње, данас се успешно изводи компјутерски управљаним машинама алаткама, међу којима спадају и глодалице. Оне се одликују великом производношћу, тачношћу обраде и могућностима брзог преласка на обраду других производа, што је карактеристика универзалних машина [11].

Систем нумеричког управљања глодалицом омогућава померање њених оса као и низ других функција машине (управљање главним погоном - главним вретеном, измену алата, регулацију система за хлађење и подмазивање итд.) применом нумеричких података и програмског кода, односно уносом одређених програмских инструкција. Управљање се изводи применом микрорачунара (микропроцесора) и пратеће софтверске подршке за CNC глодалицу [12].

Делови CNC глодалице [11]:

1. Заштитни поклопац,
2. Електрични део машине,
3. Главни сигурносни прекидач,
4. Ручица за причвршћавање алата,
5. Вретено уређаја за држање алата,
6. Стега за причвршћивање предмета обраде,
7. Клизач по Y-оси,
8. Клизач по X-оси,
9. Радни сто,
10. Корачни електромотор и
11. Заштитна врата.

Све нумерички управљане глодалице имају две основне целине:

1. Механички део и
2. Управљачки део.

Осим ове две целине CNC глодалице морају бити снабдеване још и одговарајућим алатима, прибором и опремом.

Механички део CNC глодалица има конструктивне следеће целине:

- Погонски мотор за главно кретање,
- Клизне стазе,
- Погонски мотор за помоћно кретање (радни сто),

- Магацин алата и
- Друге механичке делове.

Постоља CNC глодалица се израђују поступком ливења и заваривања. За њихову израду поступком ливања се најчешће користи сиви или минерални лив због чега оваква постоља имају врло добро пригушење вибрација које настају током процеса обраде. Заварена постоља су челичне израде и користе се за специјалне алатне машине. Задатак постоља јесте да држи заједно све покретне и непокретне делове CNC глодалице. Такође, има функцију прихватања оптерећења и пренос тог оптерећења (момента и сила) на темељ (фундамент) машине [13].

Постоља израђена од сивог лива се употребљавају за CNC глодалице које раде у серијској и великосеријској производњи. Недостатак оваквог извођења јесте то да су калупи за израду тих постоља веома скупи. Предност оваквог извођења се огледа у томе да добро пригушују вибрације због песка који је остао заробљен у шупљини постоља, а који је остао током поступка ливења, па је смањен коефицијент трења због присуства графита. Постоља која су израђена од минералног лива представљају уствари композит од камена и пластичне масе. Овакво направљена постоља се примењују код израде скупих високобрзинских CNC глодалица. Предности овог извођења јесу у томе да имају већи модул еластичности од сивог лива, што омогућава већу крутост и мања специфична тежина где је тако машина лакша [13].

Постоља према својој конструкцији могу бити [13]:

- затворена - користе се код порталних извођења CNC глодалица, чима се постиже већа крутост машина и
- отворена - користи се код субних извођења машина алатки, али се постиже мања крутост.

Према облику постоља могу бити [13]:

- стубни,
- конзола,
- попречна греда и
- темељна плоча.

Постоља, кућишта, стубови и попречне греде представљају носеће и ослоне елементи структуре CNC глодалице. Димензије, облик, али и крутост зависе од улоге коју елементи имају у процесу обраде материјала, од тежине припремка и од величине сила које се јављају при обради. Елементи структуре могу бити статички и покретни. Статички елементи обликују део структуре која може да буде отвореног или затвореног типа (рам, постоља и кућишта). Покретни елементи су носач алата и/или носач предмета обраде. Статички елементи структуре спајају се елементима чврсте раздвојиве везе и формирају рам машине. Покретни делови структуре, који могу бити померљиви током процеса обраде или пре и после обраде, ослањају се и воде помоћу вођица на структури. Код вођења се користе принципи клизања, котрљања или пливања, од чега зависи облик конструкција вођице. У наведеним случајевима захтеви статичке и динамичке крутости, као и геометријске тачности, морају да буду остварени. Сви елементи структуре, покретни и непокретни повезани у целину, заједно са алатом и обратком, затварају ток сила и напрезања унутар структуре, а на темељ се преноси само тежина машине и обратка, у режим случајевима и инерцијалне силе [5].

Елементи структуре CNC глодалице изводе се ливењем и заваривањем од сивог лива и у комбинацији разних материјала који су природним или вештачким путем ослобођени напона унетих у материјал током процеса ливења, заваривања и процеса обраде. Решења постоља могу бити различита, а каква ће конструкција бити зависи од намене CNC глодалице. При томе треба водити рачуна о статичком и динамичком оптерећењу машине, која се понаша као еластични систем који има одређену статичку и динамичку крутост. Како се конфигурација CNC управљане глодалице битно разликује од конвенционалне конфигурације, поставља се проблем брзог и ефикасног одвођења струготине из зоне резања. Тако се израђују постоља под углом, као и вертикална која омогућавају да се струготина удаљава из зоне обраде слободним падом и допушта се послужиоцу лакши приступ предмету обраде и алатима. Конфигурација хоризонталног постоља обезбеђује бољи ослонац за клизаче и носач алата, али теже одвођење струготине [5].

Код CNC глодалица постоји већи број локалних топлотних извора који повећавају топлотни градијент унутар машине. Неки од тих топлотних извора јесу: електрични мотор, трење у механичком погону и преносницима, процес обраде, радна температура и температура околине итд. Ови топлотни извори проузрокују локалне деформације, што даље за последицу има значајно погоршање перформанси машине. Да би смањили термичко оптерећење потребно је да се погон CNC глодалица монтира

на спољнем делу машине, затим адекватни подмазивањем отклонити температуру насталу услед трења у лежајевима и вођицама, адекватним средствима хлађења смањити температуру насталу током обраде и структуру CNC глодалице израдити у термо-симетричном дизајну итд [5].

Вођице се код CNC глодалице користе за [14]:

- управљање правцем и смером кретања радног стола за који је алат или предмет обраде причвршћен и
- апсорпцију свих статичких и динамичких сила.

Вођице и непокретни елементи код конвенционалних машина алатки су у директном контакту. Код нумерички управљаних рутера брзине покретних делова су далеко веће, а и учесталије им је кретање, па се за клизне вођице постављају строжији захтеви у односу на конвенционалне машине алатке. Основни захтеви за клизне површине су отпорност на хабање, висока крутост и добре карактеристике пригушења. Код праволинијских вођица, трење клизања замењено је трењем котрљања. У систем вођица за транслаторна кретања уграђују се котрљајни елементи [5].

Вођице служе за повезивање покретних и непокретних делова CNC глодалице, тако да пружају само један степен слободног кретања покретном делу односно клизачу.

Функција вођица јесте да води и носи клизач по постољу. Вођице се могу поделити на [5]:

- котрљајне и
- клизне (хидродинамичке и хидростатичке).

Карактеристике котрљајућих вођица јесу [5]:

- готови куповни елементи,
- брже позиционирање,
- једноставна и брза уградња,
- мања маса од клизних,
- трење котрљања је мање од трења клизања.

Карактеристике клизних вођица јесу [5]:

- висока крутост,
- зависно од оптерећења повећава се притисак,
- мора се одржавати константна дебљина уљног филма,
- скупље извођење од котрљајних вођица,
- примењује се код великих CNC глодалица,
- клизач клизи по уљном филму (течно стање).

Основни задатак **мерног система** CNC глодалице јесте да брзо и прецизно измери одговарајуће померање извршних органа машине и да ту измерену величину у одређеном облику и на адекватан начин проследи управљачкој јединици. Приликом управљања механичким системима најважнија су мерења дужине или угла међусобног померања покретних делова система и мерење брзине ових померања. Како је управљачка јединица електронски уређај, то је потребно да се информација о измереној величини прикаже у облику електричног сигнала који може лако да се обради. Због тога се код CNC глодалице углавном користе електронски мерни системи, или системи који као излазну величину имају електрични сигнал [5, 15].

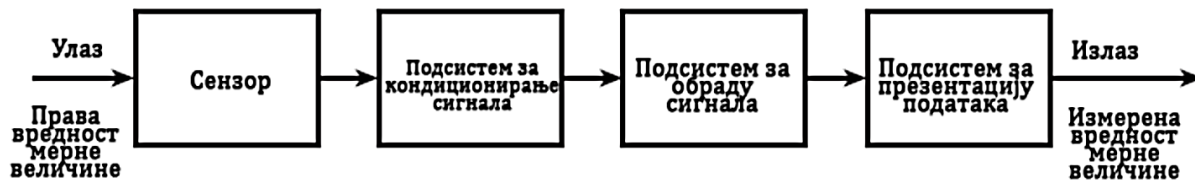
Мерни уређаји мора да раде у такозваном „online“ режиму. То значи да измерену величину одмах шаљу у управљачку јединицу како би се она упоредила са задатом, јер се управљање изводи на основу разлике задате и остварене координате померања. Тачно вођење и довођење радних органа у задате положаје од посебног је значаја за облик, тачност и квалитет предмета обраде.

Захтеви које треба да испуне мерни системи јесу [15]:

- осетљивост треба да одговара траженој тачности CNC рутера,
- треба да буду осетљиви на промену смера кретања - обртања,
- фреквенција слања сигнала треба да одговара захтевима управљачке јединице и
- поузданост у раду.

Савремени мерни системи могу да раде и као вишестепени, прво као мерни системи за грубо и средње fino позиционирање у близини задате тачке, а затим као мерни системи за fino и врло fino позиционирање, односно за довођења алата у задату тачку са доста високом тачношћу. Мерење померања извршних органа

компјутерских нумеричко управљаних глодалица се врши и помоћу ласерских интерферомерата. Овакав начин је веома погодан код великих померања извршних органа машине (10m и више), када друге методе не дају довољну тачност због сумарне грешке (суме грешака) услед великих померања извршних органа CNC глодалице [15]. На слици 3.6 приказан је мерни систем машине алатке.



Слика 3.6 Мерни систем CNC машине алатке [15]

Мерни члан (мерни подсистем), слика 3.6, на улазу мери тачну вредност варијабле неког процеса. Обрадом те информације на излазу даје измерену вредност варијабле. Сензор је елемент који је у контакту са процесом обраде, а корист се за прецизно детектовање мерене величине. Неке од могућих подела сензора су према мерној величини, начину детектовања, подручју примене и осталим компликованим или једноставним поделама. Као излаз дају сигнале у границама одређених електричних величина које су погодне за даљу обраду. На пример: ± 10 [V], ± 5 [V], $0 \div 5$ [V], $4 \div 20$ [mA] и осталим стандардном одређеним подручјима [14].

Предобрада сигнала (кондиционирање сигнала) добијеног из сензора подразумева одређене операције над сигналом (појачавање [mV] и [V], [mA] у [A] и сл., линеаризација сигнала, филтрирање сигнала и друге операције) како би се сигнал побољшао пре претварања у дигитални. Аналогно-дигитално претварање сигнала генерише сигнал који је читљив неком управљачу и погодан за приказивање или даљу обраду. Овај опциони степен може да се користи да изврши задатак као што је повећање интензитета сигнала кроз појачање, уклањање делова сигнала преко неке технике филтрирања и/или обезбеђење механичке или оптичке везе између претварача и излазног степена. Подсистем за обраду сигнала преузима излаз подсистема за кондиционирање сигнала и претвара га у облик који је погоднији за презентацију [14].

Подсистем за презентацију података представља измерену вредност у облику који лако препознаје оператер машине. Примери су [14]:

- једноставни индикатор типа „показивач-скала“,
- рекордер дијаграма,
- алфанумерички дисплеј и
- јединица за визуелно приказивање.

Код CNC глодалице уз сигурносне сензоре који служе за детектовање објеката у опасном подручју (подручје близу ротационих делова, помичних делова и сл.), користе се сензори за одређивање закрета главе машине, линеарног помака и осталих сензора који служе за детекцију брзине и локације одређених помичних елемената машине. У данашње време се користе сензори са фотоелектричним читавањем (инкрементални или апсолутни енкодери, линеарни или дискови). Постоје и специјални сензори који служе као алат за завршно испитивање предмета обраде. Сензори се бирају у складу са микропроцесорском јединицом (фреквенција слања сигнала), према захтеваној тачности и осетљивости, као и њиховој поузданости при раду и мерењу [14].

Одабир **погонских мотора** CNC глодалице одређује врста алата (глодала) која ће се користити или врста обрадног центра. Мотори који се могу користити код CNC машина алатки могу бити електрични и хидраулични мотори. Најчешће се код ових машина примењују електрични мотори. Електрични мотори који се употребљавају код CNC глодалице јесу: синхрони и асинхрони мотори, истосмерни серво мотори, моментни мотори, линеарни мотори, синхрони сегментни мотори, планарни корачни мотори, моментни столови, мотовретено итд.

Као пример за померање помоћних оса CNC глодалице користе се електронски комутирани изменични синхрони мотори са перманентним магнетима или линеарни мотори, док се за погон CNC радних столова користе моментни мотори. Савремене машине све чешће користе линеарне моторе за помицање помоћних оса због њихове способности да се избегне претварање ротационог померања у линеарно, а тиме се уклања потреба за различитим кинематским уређајима (редуктори, ексцентри или друге врсте преноса). Може се реализовати и електромеханичко претварање и пренос сила без механичког контакта између мирног и покретног дела мотора [14].

Погонски систем представљају уређаји који обезбеђују кретање CNC глодалице. Постоје три различита система за погон CNC глодалице која су највише у употреби [16]:

1. Корачни мотори,
2. DC серво мотори (једносмерни серво мотори) и
3. AC серво регулатори (наизменични серво регулатори).

Корачни мотори раде у отвореном окружењу када се врши рад и није омогућено да се примају никакве повратне информације. Такође је тешко наћи корачне моторе који нуде и високе брзине и обртни момент [16].

Код CNC глодалица се могу примењивати следећи погони за помоћно кретање, као што су [14]:

- хидраулични CNC погони,
- системи за серво моторима и
- системи за линеарним моторима.

Заправо, да би се могао искористити посебно потенцијал високобрзинске обраде потребна су и адекватна решења система за помоћна кретања која требају остварити: високе помичне брзине, висока убрзања и високе динамичке тачности путање алата [8].

Данас се код савремених обрадних система за високобрзинске обраде користи директан погон помоћног кретања који је заснован на примени линеарних мотора који увећава брзину и убрзање, повећава тачност позиционирања и понављања, повећава поузданост (нема механичких преносних елемената, осим вођица) и знатно побољшава однос максималне силе и отпора трења [14].

Погонски систем за помоћна кретања морају омогућавати сва помоћна кретања CNC глодалице. Они су преносници момената и снаге. Помоћна кретања могу бити транслациона (праволинијска) и ротациона и према функцији доставно и посмично. Погони за помоћна кретања су углавном мањих снага од погона за главно кретање. Погон за помоћна кретања такође треба да омогући различиту брзину помоћног кретања. О брзини помака зависи квалитет обрађене површине, утиче на трошење алата, укупно време обраде и др. Сврха доставног кретања јесте да омогући алату примицање, одмицање и заузимање задате дубине резања (померање ван обраде) [14].

Погон за помоћно праволинијско кретање се у данашње време најчешће састоји од кугличног навојног вретена са дводелном матрицом и сервомотора. Овакав склоп омогућава претварање ротационог кретања мотора у праволинијско кретање радног стола. Код кугличног навојног вретена се јавља трење котрљања. Делови (матика, навојно вретено и куглице) имају јако мало толеранцијско поље што омогућава велику прецизност, па се стога користи код CNC глодалице [17].

Линеарни мотор је у ствари серво мотор са развијеним статором и ротором. Овакво извођење мотора је врло скупо. Приликом рада се јављају безконтактне магнетне силе. Серво мотор омогућава веома прецизну контролу линеарног у угаоног положаја и контролу брзине и убрзања. Серво мотор јесте механизам затворене петље који користи повратне информације о положају како би контролисао кретање и коначан положај. Мотор је упарен са неком врстом енкодера који даје повратну информацију о

положају и брзини. Измерени положај излаза се упоређује са положајем наредне, спољним улазом на регулатору. Ако се излазни положај разликује од оног који је потребан генерише се сигнал грешке. Док се позиција приближава задатом положају, сигнал грешке се смањује на нулу и онда се мотор зауставља [17].

Погон за помоћно ротационо кретање користи линеарни мотор који је сложен у кружни венац, тзв. моментни (torque) мотор. Пошто овакав склоп нема међуелементе онда је склоп врло крут, а то омогућава велику прецизност. Овакав мотор се користи за магацин алата, ротационе радне столове, закретне главе, измењивач палета итд. Овим мотором се постиже велики закретни момент од 7000 Nm. Такође, за помоћно ротационо кретање може се још користити и преносник са два пужна вијка, као и пужно коло [17].

CNC глодалица треба да оствари програмом задате наредбе, односно на њој се врши непосредна обрада материјала. Да би она остварила технолошку функцију обраде у оквиру ње се налазе извршни органи, прибори, алати као и полазни материјал за обраду - припремак, односно предмет обраде [17].

Извршне органе CNC глодалице покрећу погонски системи и то на основу наредби добијених од управљачке јединице. Повратне информација о постигнутим положајима и текућим позицијама извршних органа управљачкој јединици шаљу мерни системи који се такође налазе на машини алатки. Алат и припремак изводе релативно кретање, један у односу на други [16, 17]. Ово кретање може да изводи [17]:

- само алат,
- само предмет обраде и
- истовремено и алат и предмет обраде.

Релативно кретање се изводи у правцу једне или више оса истовремено, а све у зависности од врсте машине алатке и жељене конфигурације предмета обраде. Предмет обраде је ограничен површинама, а обрада се изводи по тим елементарним површинама, односно захватима који формирају одређене елементарне површине. Логичан редослед захвата је радни програм који обухвата све геометријске и технолошке информације које су потребни машини алатки за обављање радног задатка [16,17].

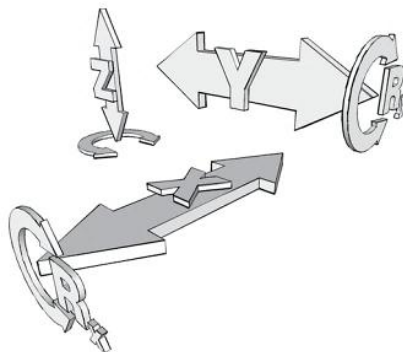
Ако се CNC глодалица посматра као систем, онда она има подсистеме који су посебне целине и чине компоненте машине алатке и то: носећи и ослони елементи, клизне вођице, системи за измену алата, системи за подмазивање, затим системи за хлађење, погонски системи, мерни системи и нумеричка управљачка јединица [5, 15].

Многи типови **радних столова** за CNC глодалице су доступни данас. Разликују се у зависности од врсте посла, односно обраде која се обавља, као и метода рада која се сматра да је потребно користити [16]. Врсте радних столова који се данас могу уградити у савремене CNC глодалице могу бити [16]:

- равни сто,
- Т-сто,
- под и шина,
- универзални вакуум и
- универзални сто.

Кретање се дефинише као континуирана промена у положају тела (сечење алатом) у односу на референтну тачку (дела) у одређеном референтном облику. Референтни оквир представља перспективу из које се посматра простор. Конкретно, у физици, пружа скуп оса од којих посматрач може да мери положај и кретање свих тачака у систему, као и оријентацију објеката у њему. Ово је важно за CNC глодалицу, јер сваки покрет мора бити прецизно измерен и потом израчунат [16].

Декартов координатни систем, познатији и као правоугаони координатни систем, користи се за дефинисање тачке у простору кроз три осе, а то су X, Y и Z координатне осе. Поред ових оса, могу постојати и осе заокретања за сваку претходно набројану осу. На слици 3.7 приказан је Декартов координатни систем.



Слика 3.7 Декартов координатни систем [16]

Постоје две врсте кретања, а то су линеарно кретање и ротационо кретање. Линеарно кретање јесу покрети произведени од стране различитих оса покретних дуж шине, односно вођице. Дијагоналне линије и лукови настају као резултат две или више оса у којим се креће алат истовремено. Ротационо кретање настаје као резултат окретања алата (главе) око своје осе [16].

Тако могу постојати 2-осне па све до 5-осних CNC глодалица. CNC глодалице које су 3-осне крећу се по принципу Декартовог координатног система дуж X, Y и Z осе, машине које су 4-осне имају додатно ротирање алата око своје осе, док 5-осна машина поседује много већи опсег покрета и може да се креће на начин сличан као и људске руке. Постоје 6 могућих праваца кретања, 3 линеарна и 3 ротациона кретања. CNC рутер мора израчунати правац, брзину и убрзање по свакој оси да би се обезбедило правилно кретање. То се ради уз помоћ алгоритама и интерполације [16].

Главно вретено и директни погон. Главно (резно) кретање је кружно и изводи га алат стегнут у главно вретено. Главним кретањем одвајају се честице и при томе се троши највећи део снаге. Приликом рада главног вретена ослобађа се одређена топлота, односно греје се електромотор па се мотовретена хладе водом. Због разноврсности електромотора, електромотор за главно вретено се бира према намени CNC глодалице. У данашње време се користе мотовретена због тога јер омогућавају високе брзине окретања главног вретена до чак 100.000 min^{-1} , где то омогућава високобрзинску обраду. Цена мотовретена је нешто скупља од извођења глодалице са директним погоном, међутим због своје брзине имамо краће време обраде и већи квалитет и тачност због мањих вибрација [16].

Приликом изградње CNC глодалице највише се употребљава директни погон главног вретена јер је далеко јефтиније њега направити и уградити од мотовретена. Код овог извођења обртни момент са електромотора се преноси на главно вретено преко ремена који чини тзв. ремени пренос. Директан погон главног вретена се састоји од: јединице за нумеричко управљање, регулационог уређаја, електромотора, ременог преноса и главног вретена [16].

Прибор за прихват алата и предмета обраде. На CNC глодалицама прихват алата се остварује у главном вретену. Постоје различита извођења главног вретна које омогућавају прихвате различитих држача. У прибор за прихват предмета обраде на радни сто код CNC глодалица могу спадати [16]:

- магнетна плоча,
- стезна глава,
- разне направе,
- пнеуматска плоча,
- окретно-нагибни сто,
- различити стезни прибор и др.

4. FANUC УПРАВЉАЧКА ЈЕДИНИЦА

Управљачки системи машина алатки са компјутерским управљањем конципирани су и развијени тако да програмске информације и инструкције прихватају само ако су написане или задате у одговарајућем коду. Под кодом се подразумева скуп правила писања и презентације података и њихове трансформације из једног облика у други. Информације се при кодирању задају у алфа-нумеричком облику и по тачно утврђеним правилима и редоследу [3, 4, 5, 14, 18, 19, 20].

Системи кодирања који се примењују у компјутерском управљању треба да испуне више захтева, а то су [3, 4, 5, 14, 18, 19, 20]:

- да је изграђен на бази једноставних логичких правила која омогућавају примену што једноставнијих уређаја за декодирање,
- да је заштићен од појаве грешака,
- да садржи довољан број симбола за програмирање обрадних процеса,
- да поседује довољну густину записа информација, итд.

Ове захтеве задовољавају углавном системи кодирања који се као носачи информација користе при управљању обрадним процесима. До сада је развијено више система кодирања, али се углавном употребљавају ISO и EIA систем кодирања. С обзиром да се програмирање обрадних процеса сада углавном изводи помоћу рачунара (машинско програмирање) и из постпроцесора излази програм прилагођен одређеном типу управљачких система, то се као носач информација користе носачи за брзо учитавање. При програмирању обрадних процеса се мора строго водити рачуна да се инструкције пишу по дефинисаном коду, јер иначе ће управљачки систем игнорисати све инструкције које нису правилно кодиране. То се односи на све облике програмирања: ручно, машинско и полумашинско. Управљачки системи развијени су тако да аутоматски препознају систем кодирања информација, систем мерних јединица и слично. Формат блока може бити дефинисан на бази фиксне и променљиве дужине речи. Код фиксног формата речи број карактера у реченици је фиксан ако је и дужина блока фиксна. У блоковима са променљивом дужином речи дужина блока зависи од броја карактера у њему који може бити променљив. Управљачки систем који прима информације путем програма са променљивом дужином речи има предност, јер се тиме скраћује програм и време које је потребно за програмирање [3, 4, 5, 14, 18, 19, 20].

CNC глодалице поседују своју нумеричку управљачку јединицу која се назива MCU (Machine Control Unit) путем које се управља: бројем обртаја алата, путањом алата, брзином обраде, укључивањем/искључивањем средства за хлађење и подмазивање, али и осталим параметрима обраде. Управљачка јединица генерише нумеричке податке у форми електричних сигнала моторима што омогућава жељену путању алата. Програмске инструкције се конвертују преко нумеричке управљачке јединице у излазне сигнале којима се врши надзор и управљање свим функцијама CNC глодалице. Нумеричка или компјутерска контрола омогућава великосеријску и масовну производњу производа [3, 4, 5, 14, 18, 19, 20]. На слици 4.1 приказана је управљачка јединица FANUC.



Слика 4.1 Управљачка јединица FANUC

Свака CNC глодалица се управља помоћу посебног програма (софтвера) и управљачке јединице. Управљачка јединица CNC глодалице се састоји од више управљачких функција које искључиво служе за комуникацију са машином. Софтвер са управљачком јединицом чини јединствену целину којом се врши управљање CNC глодалицом. Управљачка јединица такође омогућава кориснику измену програма, па се програми могу писати и ручно директно на машини [3, 4, 5, 14, 18, 19, 20].

За CNC машине производе се посебно намењене контролне јединице које садрже екран, тастатуру, читач преносне меморије, операцијски панел (мобиан) и

генератор импулса. Зависно од произвођача и модела нумеричке управљане јединице, CPU (микропроцесор), тј. CNC контролер је интегрисан са екраном, тастатуром и читачем или је одвојен па су екран, тастатура и читач преносне меморије интегрисани заједно [3, 4, 5, 14, 18, 19, 20]. На сликама 4.2, 4.3 и 4.4 приказани су сегменти управљачке јединице који служе за управљање CNC машином.



Слика 4.2 Дисплеј помоћу кога се посматра код који се уноси ручно и одређени параметри машине



Слика 4.3 Тастатура на управљачкој јединици помоћу које се позиционира алат и ручно уноси код



Слика 4.4 Обртни потенциометар помоћу кога се позиционира носач алата и алат (ручно помера)

CNC контролер чини мозак CNC глодалице. Термин контролер се обично не односи само на компјутер већ и на све електронске и електричне уређаје који омогућавају рад CNC машине алатке. Постоје две врсте контролера доступних на машинама данас: гарнитутни контролери отворене архитектуре и персонални компјутер (PC). Савремени микропроцесори поседују велике брзине тако да је данас рачунаром омогућено више сложена израчунавања кретања алата у реалном времену и простору, што даље доводи до равномернијих машина, боље распоређених делова, правилних покрета алата, као и доста већих брзина обраде радних предмета. CNC глодалица поседује више контролних јединица, где је свака јединица задужена за један одређени део управљања машином [3, 4, 5, 14, 18, 19, 20]:

Код CNC глодалице NCK (Numerical Control Kernel) је задужен за извршавање „G-кода“. Контрола брзине и позиције серво мотора извршава се преко енкодера за позицију или тахометра за брзину, који су уграђени на блоку серво мотора. MMC (Man-Machine Controller) контролер је задужен за MMI (Man-Machine Interface) приказ и управљање машине. Његова улога јесте да приближи и олакша управљање и контролисање машине оператеру. Такође је овај контролер задужен за приказ стања (дијагностика) и параметара машине, приказивање и измене програма, сервис и остале могућности које произвођач машине омогућује. PLC (Programmable Logic Controller) је задужен за помоћно управљање CNC глодалицом. Он извршава помоћне функције које су предодређене од стране произвођача. Улога програмског логичког контролера јесте детектовање аларма, на пример сигурносних врата (врата су отворена, предмет обраде се налазу у подручју ротирајућих маса и сл.), где такође остале јединице обавештава о извршењу задатих радњи. CNC глодалица јесте машина која ради на принципу повратне везе што значи да након извршења реда програма тражи повратну информацију да ли се та радња извршила. Уколико не добије повртну информацију онда машина не извршава следећи код него избаци грешку [14].

Нумеричка управљачка јединица - НУЈ јесте посебна целина обрадног система и има три основна задатака [5]:

- пријем,
- обраду и
- издавање података.

Оспособљена је да прими податке у виду готовог програма, информације од машинског система, као и друге инструкције. Програм се може саопштити навише преко посебног њеног дела за пријем података, а то се може учинити [5]:

- ручно помоћу тастатуре,
- помоћу бушене траке (ако постоји читач траке (углавном старији тип машина)),
- помоћу дискете, USB флеш меморије или меморијске картице и
- директно каблом, везаним директно за неки рачунар.

Управљачкој јединици се задаје програм у симболичном језику који она потом преводи на „свој“ машински језик. Програм се декодира и обрађује. Машински језик је у виду инструкција, односно импулса који се прослеђују извршним органима - погонским системима, као и другим органима машине. Осим да прима инструкције, управљачка јединица приказује оператеру машине информације о тренутном положају алата, броју обртаја, евентуалној грешци у програму, отказу у неком подсистему итд. НУЈ је окренута оператеру командном таблом и разним прикључцима за периферну опрему. Другим делом, НУЈ је окренута машини алатки делом за прилагођавање и укључивање осних кретања и делом за напајање енергијом [3, 4, 5, 14, 18, 19, 20].

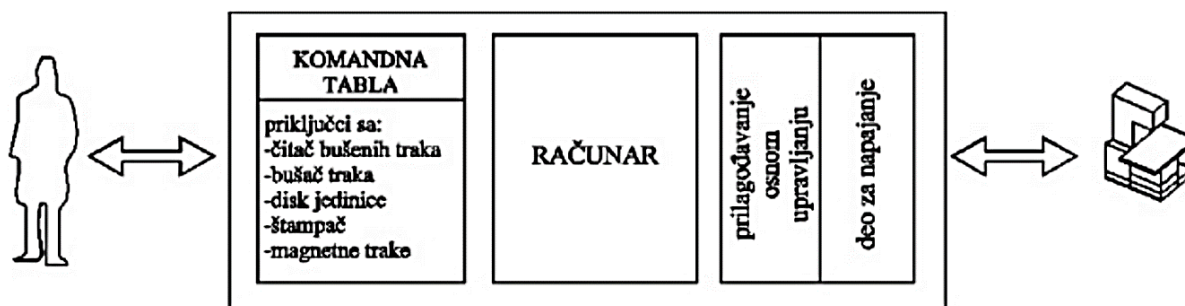
Постоји више типова нумеричких управљачких јединица како по степену аутоматизованости осталих функција тако и по конфигурацији предмета обраде. Њихова подела на типове заснива се према врсти управљања (координатно, линијско и контурно), врсти обраде (нпр. глодање), броју управљаних оса и степену аутоматизованости осталих функција. Са аспекта развоја електронике НУЈ, разликују се следећи системи [3, 4, 5, 14, 18, 19, 20]:

- NC систем - хардверски базиране НУЈ које читају споља сачињене програме (екстерно) и
- CNC системи - софтверски базиране НУЈ које располажу рачунаром и омогућују оператеру да стартује, мења и прекида програм.

Једном сачињен управљачки програм могуће је пренети и архивирати помоћу различитих носача података. Да се све то оствари CNC управљачке јединице морају да поседују одговарајуће прикључке (interface) за пренос података. За те прикључке

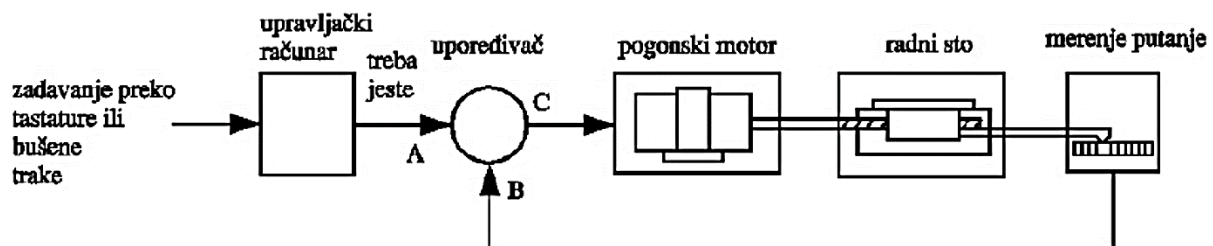
постоје стандарди који обезбеђују да се размена података између управљачке јединице и екстерног уређаја одвија беспрекорно и без прекида [3, 4, 5, 14, 18, 19, 20].

Начин рада нумеричке управљачке јединице се састоји из низа конструктивних делова. Језгро чини рачунар, који обавља сва израчунавања и логичка повезивања. Како је НУЈ изграђена на модуларном принципу, могуће је да једна управљачка јединица има више микропроцесора чије су функције подељене. На пример НУЈ може да садржи три микропроцесора: централни, други за израчунавање контурних проблема и трећи за интерполацију. Саставни делови нумеричке управљачке јединице приказани су на слици 4.5, где се на истој слици види веза оператора и машине алатке [5].



Слика 4.5 Саставни делови нумеричке управљачке јединице [4]

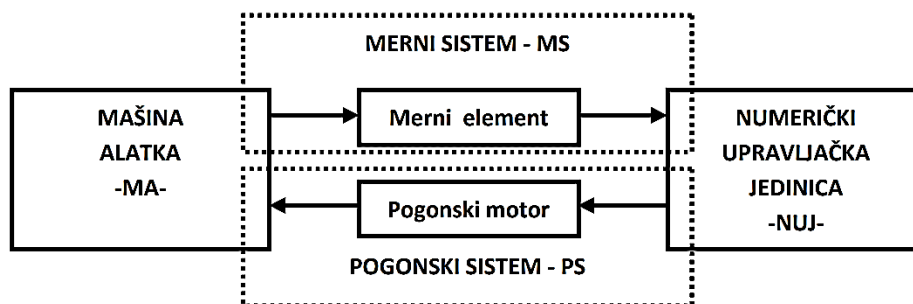
Централни микропроцесор обрађује програмске податке који су на адекватан начин унети у меморију. Обрађени подаци у виду командних импулса упућују се CNC глодалици. Командни импулси су у принципу електрични импулси одређеног нивоа и времена трајања. Непрестано, у кратким временским интервалима, проверава се да ли су командни импулси стигли до извршних органа. Начин рада нумеричке управљачке јединице НУЈ може бити објашњен на примеру позиционирања осе на слици 4.6 [4, 5].



Слика 4.6 Шема позиционирања осе [4]

Нумерички управљани систем CNC глодалице представља скуп подсистема са одређеним конструктивним карактеристикама који су међусобно функционално повезани у целину, али тако да се сваки подсистем може третирати као посебна целина са потпуном структуром подсистема. С обзиром да се нумерички управљана машина

може сматрати као нумерички управљани обрадни систем, то је њена општа структурна шема приказана на слици 4.7 [5].



Слика 4.7 Општа структурна шема CNC глодалице

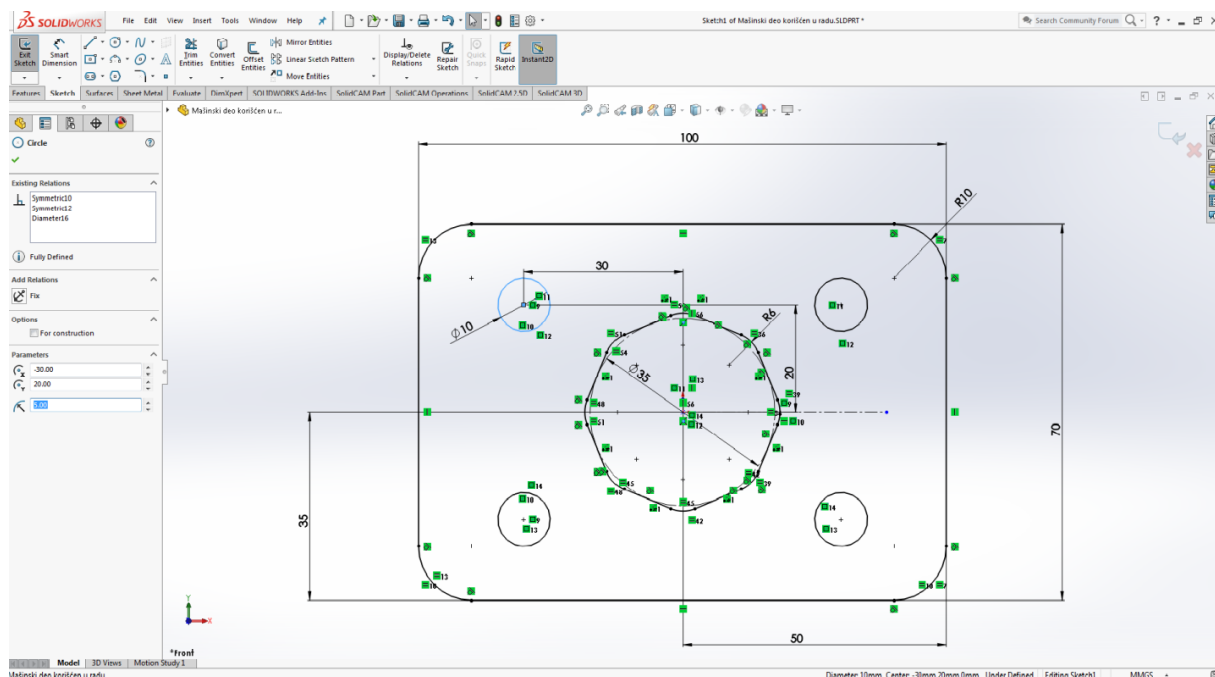
Управљачки програми уносе се у нумеричком облику у нумерички управљану јединицу - НУЈ. Управљачка јединица тако припремљене информације обрађује и према степену приоритета саопштава извршним органима машине. На тај начин се остварује управљање процесом обраде ради остварења потребне конфигурације предмета обраде. Погонски систем - ПС треба да реализује наредбе добијене од НУЈ. Он врши покретање радних органа рутера, брзинама и помацима датим управљачким програмом, води их по задатим путањама и доводи у задате положаје. Управљани систем - УС чини CNC глодалицу. Она треба да оствари програмом задате наредбе. На њу се постављају алати и припремак који, вршењем релативних кретања, формирају контуру изратка. Тачно вођење и довођење радних органа у задате положаје значајно је за тачност облика и величина предмета обраде. Ту улогу преузима мерни систем - МС који даје сигнал о положају, позицији или стању радног органа CNC глодалице [4, 5].

5. ПРИМЕР ПРОГРАМИРАЊА

5.1 Моделирање 3Д форми парта уз помоћ програмског пакета SolidWorks

На основу техничке документације пристигле од купца даје се понуда за израду машинског дела. Након прихваћене понуде од стране купца креће су у техничко технолошку припрему за израду дела. Једна од основних радњи при пројектовању технологије обраде машинског дела јесте израда 3Д модела. Надаље у овом поглављу биће приказано моделирање машинског дела на основу техничког цртежа пристиглог од купца. Моделирање дела биће урађено у софтверском пакету SolidWorks.

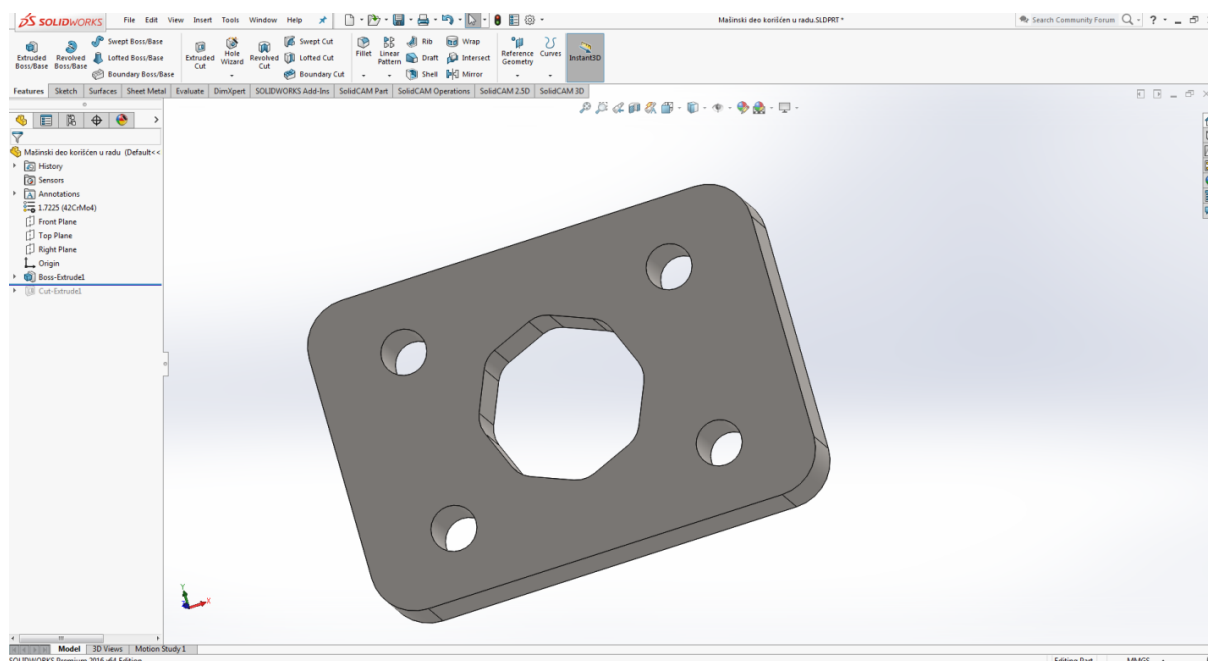
Цртање скице у режиму Part. У оквиру радног окружења, доступне су три стандардне равни: *Front Plane*, *Top Plane* и *Right Plane*. За израду нашег дела бирамо раван *Top Plane* (X,Y Раван) јер је она најпогоднија за израду преograma за ЦНЦ машину у софтверском пакету SolidCAM. Након одабира равни која је погодна за цртање скице у окружењу за скицирање Скетчх коришћењем стандардних алатки црта се скица модела на који је могуће примењивати све потребне релације и котирања који ма скица дефинише. Треба водити рачуна да скица буде у потпуности дефинисана, јер у супротном може се десити да непажњом промените неку од димензија у *Sketch-u*. На слици 5.1.1 приказан је поступак цртања скице.



Слика 5.1.1 Цртање скице у режиму Парт

Скица је нацртана алатима *Rectangle*, *Circle*, *Sketch Fillet*, *Polygon*, *Mirror Entities*, *Linear Sketch Pattern* и алатима за димензионисање *Smart Dimensions*.

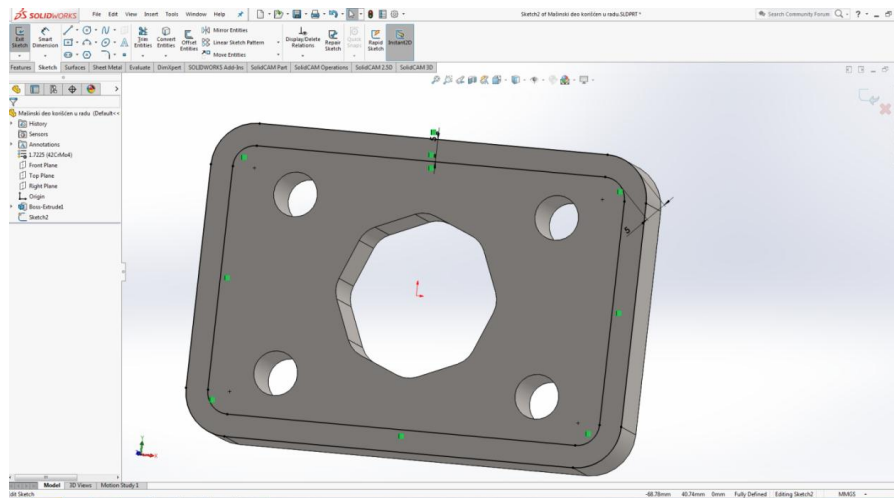
Генерисање пуног модела из скице. Сваком додавању или исецању (одузимање) материјала предходи цртање скице. Скица представља основ из кога се коришћењем неке од функција палете *Features* генерише пун модел. Након завршетка скице користи се одговарајућа функција са палете *Features* којом се додаје или одузима део материјала. Бирамо функцију *Extruded Boss/Base* којом којом додајемо трећу димензију нашем моделу, односно претварамо дводимензионалну скицу у тродимензионални модел пуног тела. Када смо задовољни овом фазом израде тродимензионалног модела кликнемо на знак потврде, који се налази у горњем деном углу, излазимо из коадног менија *Extruded Boss/Base*. Тиме смо креирали основни модел призматичног дела. На слици 5.1.2 приказан је поступак генерисања пуног материјала



Слика 5.1.2 Генерисање пуног модела из скице

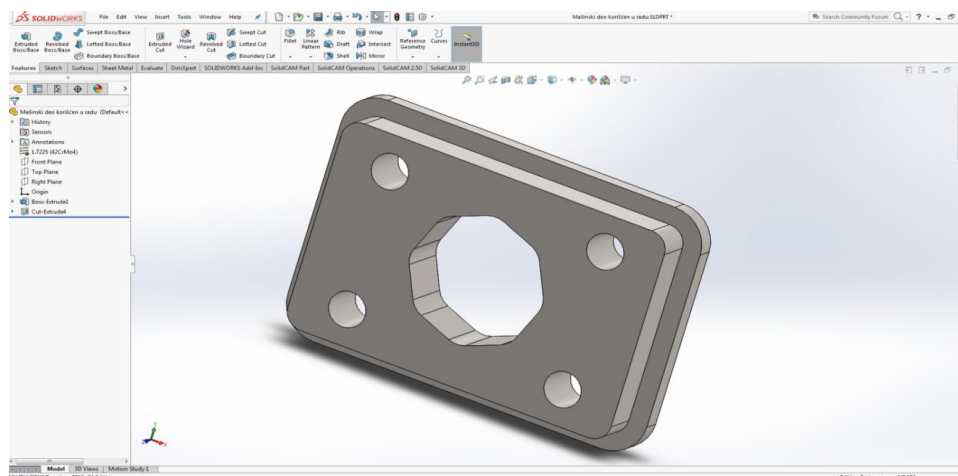
Одузимање материјала. Као и код генерисања модела пуног тела користи се исти принцип рада и за одузимање материјала из предходно генерисаног пуног тела. Прво се бира референтна раван, исто ће бити *Top Plane* (X,Y Раван) затим. Нову раван додајемо тако што на горњу површину модела кликнемо десним кликом и избором команде *New Sketch* из контекстог менија отварамо нови *Sketch* у коме цртамо скицу у облику у ком желимо да одузмемо материјал са пуног тела. Нову скицу цртамо одабиром алата *Offset Entities* у падајућем менију из палете *Sketch*. Димензионишемо

основне величине скице чиме је друга скица готова. На слици 5.1.3 приказан је поступак одузимања материјала.



Слика 5.1.3 Sketch за одузимање материјала од пуног тела

Након димензионисања основних величина скице прелазимо на уклањање материјала са модела пуног тела, а пре тога излазимо из *Sketch* потврдом на зелени знак у горњем десном углу. То радимо тако што бирамо алат *Extruded Cut* из падајућег менија палте *Features*. Након одабира алата којим се у SolidWorksu одузима материјал од пуног тела бирамо одговарајућу скицу, затим у ново отвореном прозору задајемо трећу димензију која у нашем случају износи 15mm и потврђујемо кликом на зелени знак у горењем десном углу. Да би смо у потпуности завршили модел потребно је још задати материјал од којег треба бити израђен машински део. Према техничкој документације пристиглој од купца видимо да је материјал од кога треба бити израђен машински део је 42CrMo4 (према DIN-у), што је према JUS-и Č4732. Тиме би модел био у потпуности дефинисан и спреман за даљи рад у софтверском Пактеу SolidCAM.



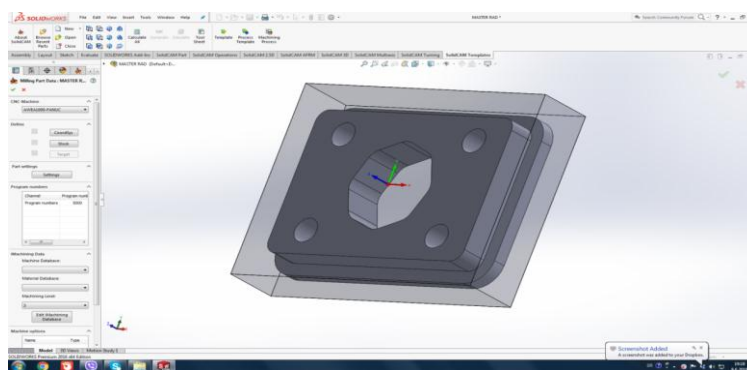
Слика 5.1.4 Завршен 3Д модел

5.2 Програмирање машине алатке уз помоћ програмског пакета

SolidCAM

За успешно постављање параметара потребних за руковање обрадним центром, потребно је познавати основни рад рачунарских програма и машина алатки. Код рачунарских програма потребно је познавати начине на које се помоћу програма може пројектовати обрада, као и могућности које програм пружа за превођење резултата у G код. За обрадни центар потребно је познавати његове кинематске карактеристике, како би се могао поставити план обраде компонената. Веома је важно закључити да је сам постпроцесор један мали али битан део читавог обрадног система из разлога формата програма за разне управљачке јединице. На разликама тих формата програма за различите управљачке јединице заснована је и потреба за постпроцесорима за рачунарско форматизовање програма, када се машина програмира помоћу неког од програмских пакета за ту намену. Пројектовање технологије у програму SolidCAM изводи се у неколико фаза. У првој фази потребно је увести у радно окружење SolidWorks-а предходно завршени модел машинског дела. Модел треба да је уређен тако да лежи у равни xOy, што га поставља у исправан положај на виртуелну ЦНЦ машину. Самим покретањем модула SolidCAM истовремено се уводи модел машинског дела. У овом делу је јако битно одабрати јединице мера у којима ће се дефинисати технологија.

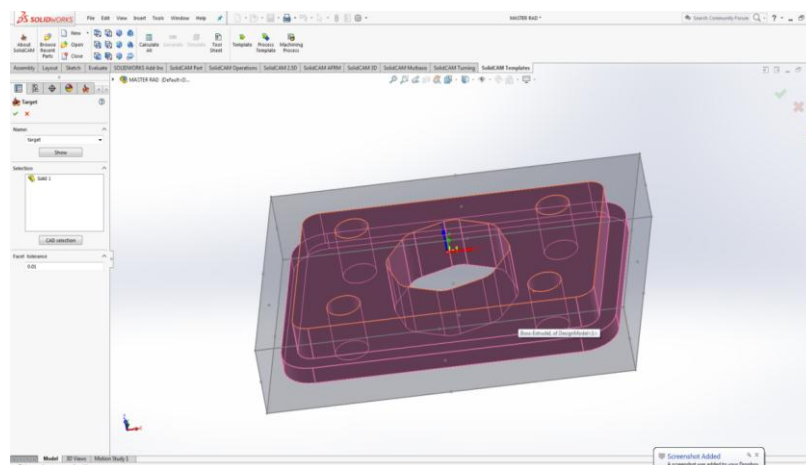
Координатним системом машине дефинише се почетна нулта тачка и оријентација координатних оса, и то избором одговарајуће позиције координатног почетка. Собзиром да смо координатни систем дефинисали још у радном окружењу SolidWorks кликом на дугме *Select Coordinate System* у оквиру поља *CoordinateSystem* отвара се прозор за избор координатног система где бирамо већ постојећи координатни систем. На слици 5.2.1 приказан је поступак дефинисања координатног система.



Слика 5.2.1 Дефинисање координатног система

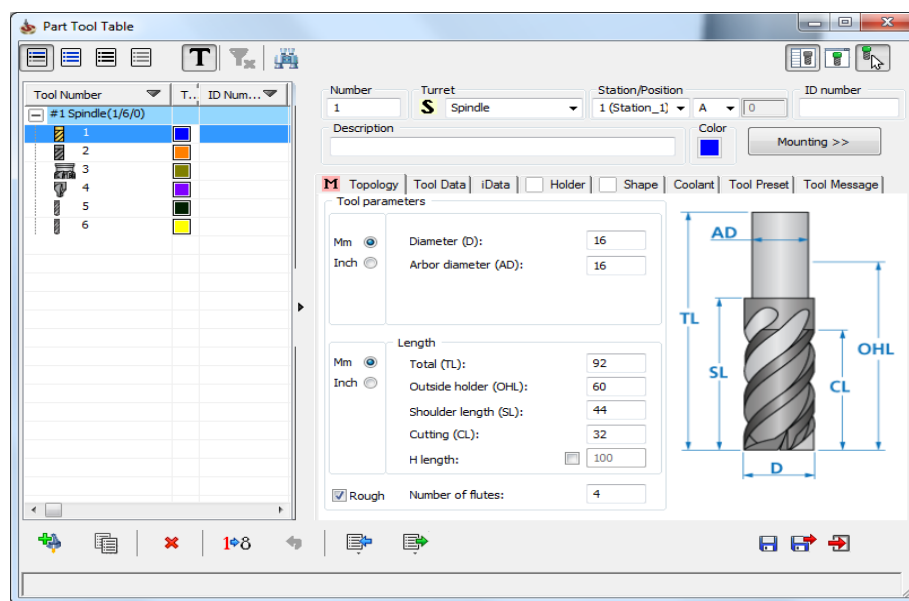
Након избора координатног система прелазимо у нови прозор са дефинисаним подацима координатног система . Ту се налазе основни нивои машинског дела и алата као напр. почетни ниво алата, од кога алат креће брзим ходом, ниво чишћења одакле алат креће радним ходом, корњи и доњи ниво припремка (програм сам покупи са модела). Вредности које је задао сам програм нећемо мењати, јер предпостављам да је постпроцесор за машину исправан. У сваком случају ове вредности се могу накнадно уређивати и мењати у току дефинисање технологија обраде. Због поравнавања и скидања додатка за стезање са супротне стране од стране постављеног координатног система, морамо увести још један координатни систем. Тај координатни систем биће са супротне стране комада у односу на већ постављени. Поставља се истим принципом као и предходни тим што се бира предходно дефинисани координатни систем са супротне стране. Због тога постављање новог координатног система неће посебно бити приказао. Овим се завршава дефинисање координатних система машине.

Дефинисање припремка и израдка. Припремак је почетни комад од кога ће се израдити део који је представљен моделом. То је комад од материјала дефинисаног техничком документацијом пристиглом од купца који се поставља у стезни прибор. Ми смо дефинисани димензије припремка још у техничко технолошкој припреми у одређеном поглављу, затим смо приликом цртања модела машинског дела нацртали и припремак стога сада кликомна припремак сам програм генерише припремак и није потребно радити никаква подешавања већ само потврдити избор припремка. Што се тиче дефинисања израдка такође кликом на израдак програм генерише израдак и опет идемо кликом на знак потврде. У пракси није увек случај да програм сам генерише припремак и израдак, али овога пута, због једноставности модела је било тако. На слици 5.2.2 приказан је избор припремка и обратка.



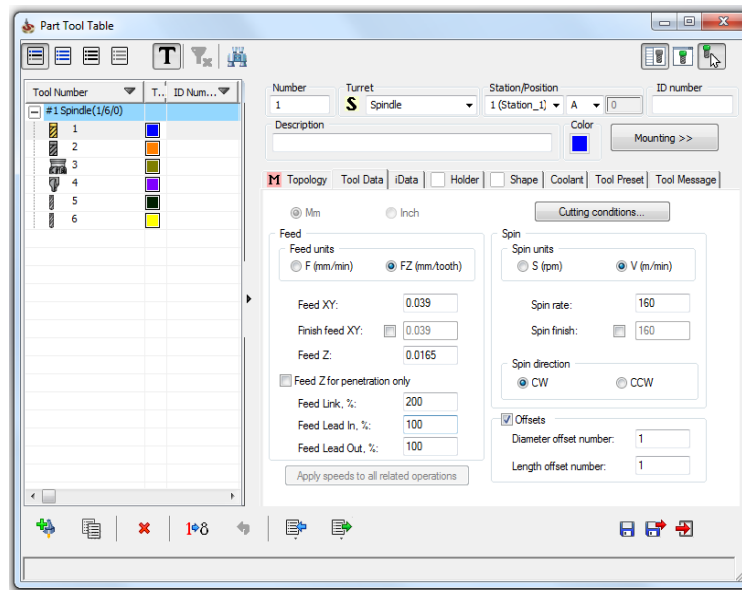
Слика 5.2.2 Избор припремка и обработка

Дефинисање алата може се радити понаособ када се већ покрене дефинисање технологије, али овога пута ће бити предходно дефинисана целокупна палета алата јер нам је на тај начин доступна цела табела алата, и може се рећи да је то ствар навике. Свакако ако се предомислимо за неки алат или за неки од режима обраде увек их можемо променити у самој табели алата и они ће бити промењени и у самој табели у оквиру технологије сваке операције. Због обимности у оквиру овог рада приказаћемо само дефинисање алата за један алат и то за вретенасто глодало - кукурузар пречника 16mm. У левом падајућем менију дуплим кликом на заглавље алата отварамо прозор за дефинисање потребних алата за све обраде у оквиру израде овог машинског дела. На слици 5.2.3.



Слика 5.2.3 Подешавање геометрије изабраног алата у SolidCAM-у

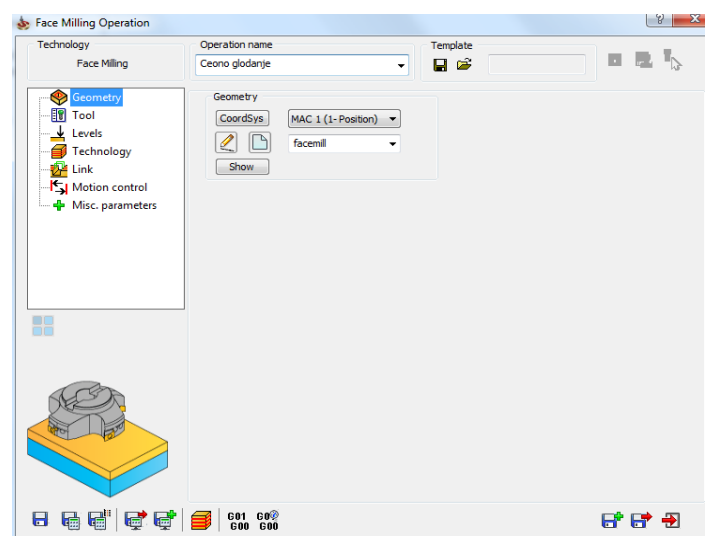
На слици (5.2.2) можемо видети подешавање геометрије резног алата ваљкастог глодала за грубу обраду-кукурузара. У оквиру поља за подешавање геометрије алата бирамо пречник глодала, дужину алата, дужину резне ивице алата, број зуба глодала и штиклирамо поље *Rought* (груба обрада). Што се тиче подешавања параметара обраде то можемо урадити у пољу *Tool Data*. Параметре обраде смо предходно одредили у поглављу, сада их само уносимо у програм. Уносимо два параметра обраде на пример корак по зубу и брзину резања. Остале параметре програм сам израчуна. У овом прозору такође одређујемо смер обртања вретена и можемо укључити корекцију алата штиклирањем поља *Offsets*. Корекције алата могу бити за дужину глодала и пречник глодала. На слици 5.2.4 приказан је поступак подешавања параметара.



Слика 5.2.4 Подешавање параметара обраде изабраног алата у SolidCAM-у

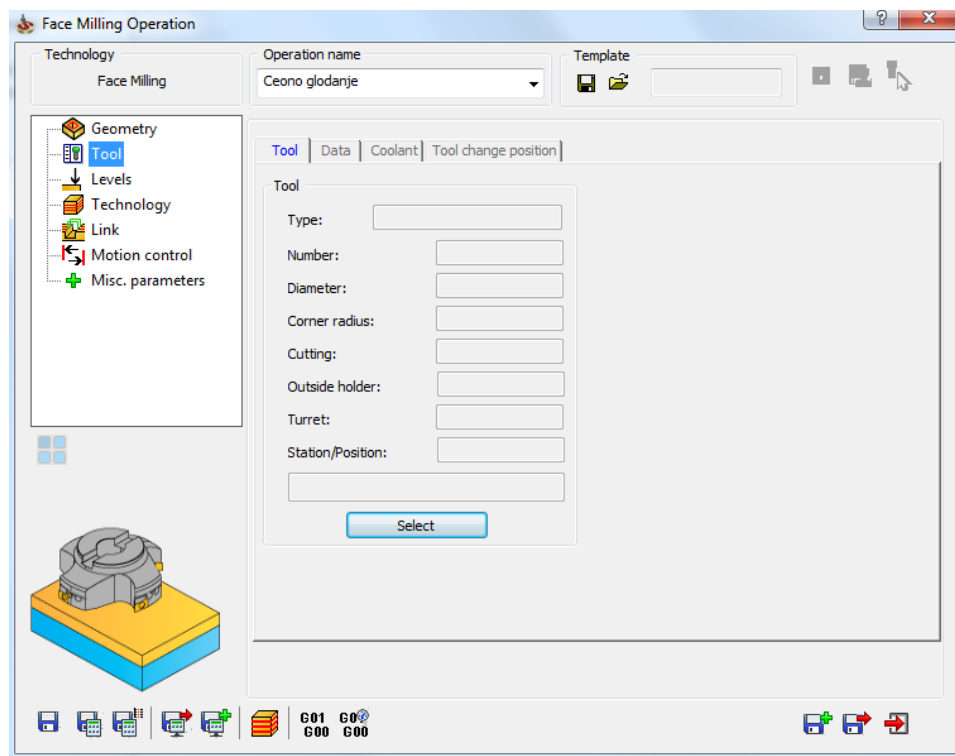
У оквиру подешавања алата такође можемо унети и податке о материјалу обрадка и алата, затим од држачима алата, систему за хлађење. Међутим ми ту нећемо вршити никаква подешавања јер нама нису битна.

Креирање операција чеоног глодања. До сада смо вршили припремне радње за пројектовање технологије израде машинског дела дефинисаног моделом. Иако су припремни ови кораци су врло важни за крајњи резултат јер се њма дефинишу основне поставке машинске обраде. У оквиру SolidCAM menagera-a треба кликнути десним кликом на тастеом миша на заглавље операција и из подменија покренути нову обраду. Прва радна операција биће чеоно глодање. По покретању прве радне операције отвара се прозор *Profile Operation* приказано на наредној слици 5.2.5.



Слика 5.2.5 Операција чеоног глодања

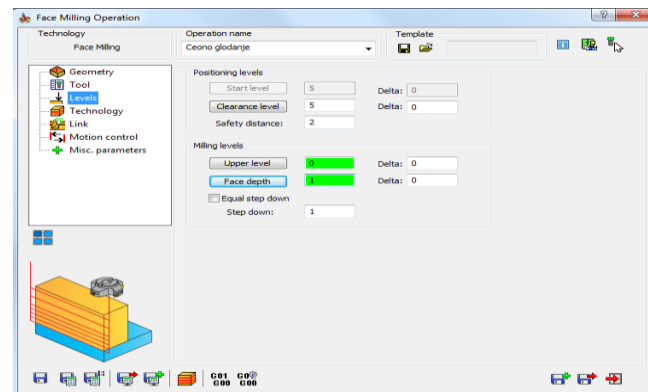
Исправно дефинисање геометрије ланца обраде сматра се најбитнијим кораком у дефинисању технологије јер од њега зависи како ће SolidCAM повезати све параметре у извршни програм на ЦНЦ машини. У овој операцији чеоног глодања дефинисање ланца обраде је једноставно и неће бити приказано због обимности рада. Када се дефинише геометриски ланац контуре прелазимо на избор у оквиру стабла операција. Собзиром да смо већ дефинисали алате потребне за израду ово машинског дела овај корак је једноставан. Кликнемо левим тастером миша на дугме Tool затим се део прозора се мења у прозор за избор алата. У дну прозора постаје доступно дугме за избор алата селект. Након што смо кликнули на дугме Селект отвара се прозор са листом предходно дефинисаних алата. У овом случају је то фреска глава за обраду чеону обраду. На слици 5.2.6 приказан је избор алата.



Слика 5.2.6 Избор алата за операцију чеоно глодање

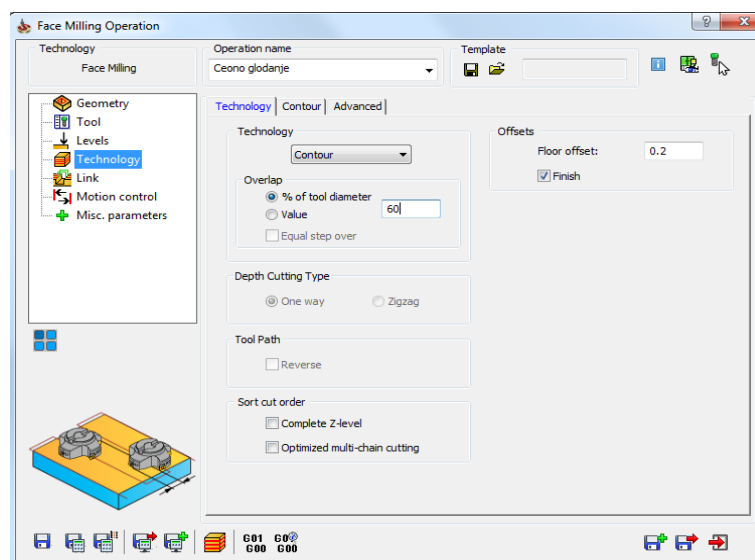
Наравно у овом прозору можемо променити неке параметре које смо раније дефинисали уколико смо се предомислили и на крају потврдом на дугме враћамо се прозор Profile Operation. Након чега у следећем кораку бирамо у стаблу операција операцију Levels. У овом прозору можемо дефинисати позиције почетног ниво алата , ниво чишћења, сигурносно одстојање и два битна параметра параметри горњег нивоа и дубине профила. Поменута задња два параметра могу се попунити ручно или покупити

са модела уношењем одговарајућих вредности. На слици 5.2.7 приказани су нивои кретања алата.



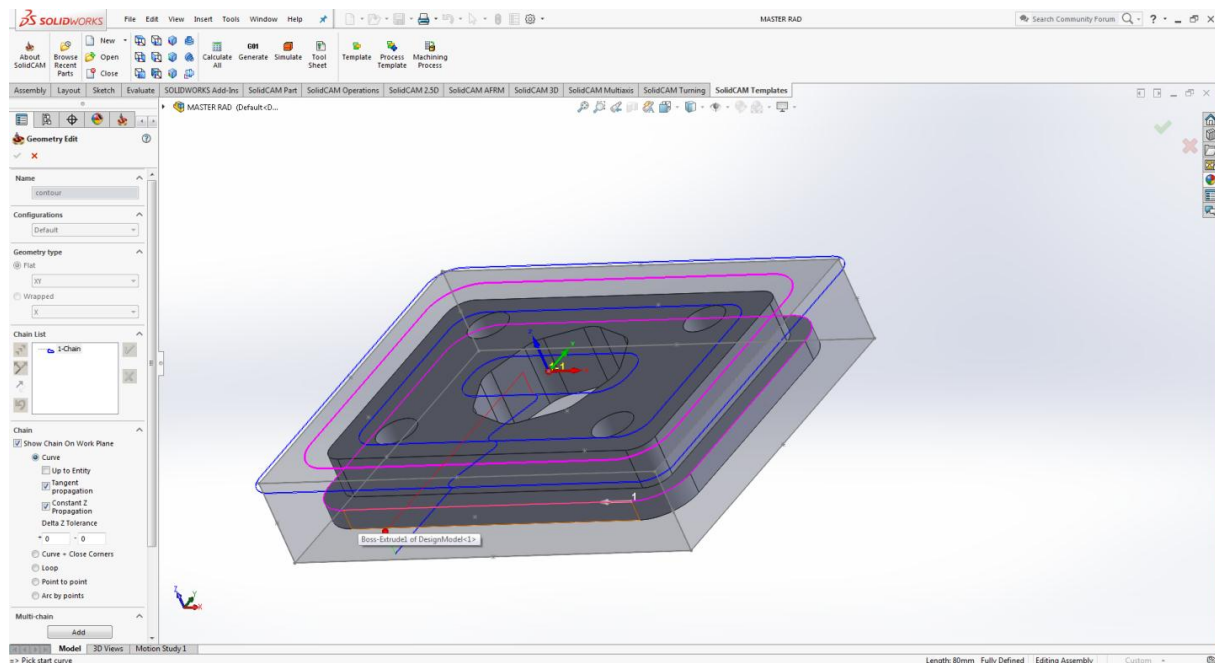
Слика 5.2.7 Нивои кретања алата за чеоно глодање

Следећи корак је дефинисање технологије операције. Избором поља технологија отвара се мод за дефинисање технологије. У првом кораку треба дефинисати стратегију путање алата и бирамо контуру. Затим у оквиру поља Оверлоп уносимо жељену вредност преклапања алата. У нашем случају бирамо 30% пречника алата. Затим десно у односу на поља Contur штиклирамо поље Финисинг и задајемо додатак за финалну обраду од 0,2mm. Следи корак који је битан уколико операција има више пролаза. У оквиру поља *Links* врши се подешавање параметара уласка у материјал, повезивање путања између два пролаза и између два ланца обраде. Нама битно у овом случају је подешавање приласка алата радном комаду у пољу *Lenght* уносимо вредност од 25mm јер смо тако сигурни да алат неће ударити у предмет обраде приликом спуштања у брзом ходу.



Слика 5.2.8 Дефинисање технолошких параметара чеоног глодања

Завршетак сваке операције своди се на три корака. Први корак је снимање операције и калкулација, Други корак је симулација којом се проверава технологија, функционалност алата, као и приказивање евентуалне коализије елемента који учествују у обради. Ако SolidCAM не пријави грешку у обради и ако смо задовољни симулацијом прелази се на генерисање извршног кода. Иако није креј пројектовање технологије потребно је проверити код како би се уверили да је испараван и да има све жељене податке.

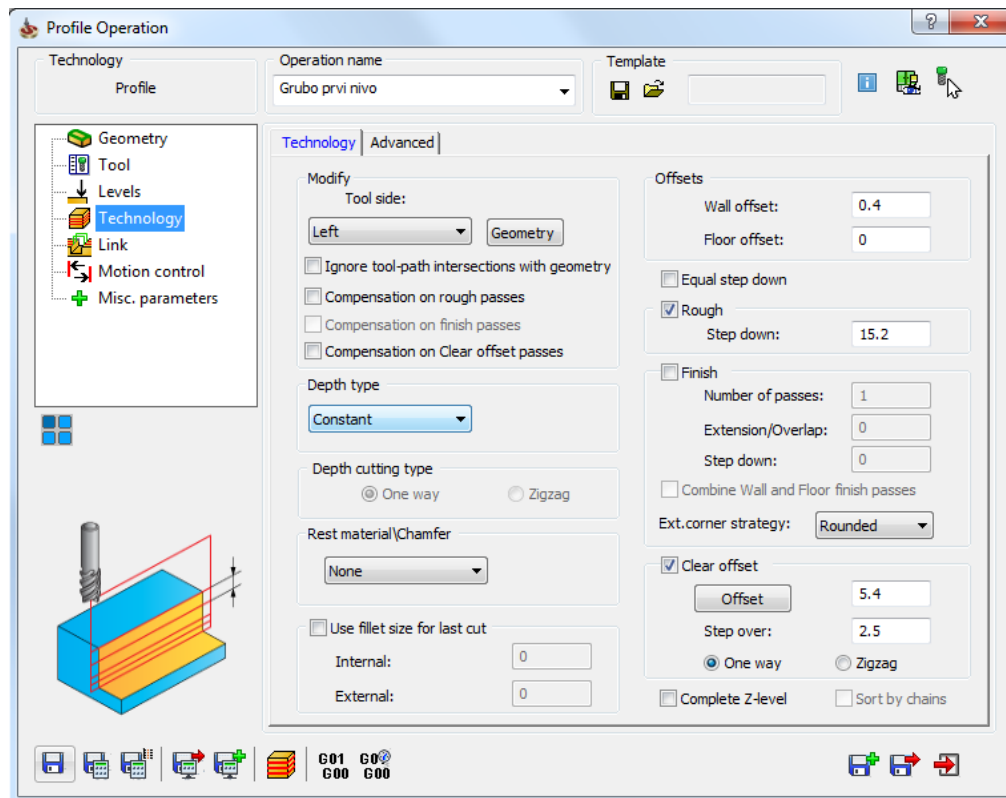


Слика 5.2.9 Дефинисање геомтриског ланца обраде - грубо први ниво

Након дефинисања ланца обраде прелазимо на избор алата који смо већ дефинисали само треба да га изаберемо. За ову обраду користимо вретенасто глодало за грубу обраду пречника 16mm. Подешавања параметара резања нећемо мењати јер нам одговарају параметри резања које смо предходно одредили. У прозору за подешавање нивоа кретања алата треба задати горњи ниво и доњи ниво резања, док остала подешавања одговарају оном што је програм сам одредио. Горњи ниво резања је "0" док доњи ниво резања је 15, али алат ћемо спустити мало ниже јер нам касније одговара због поравнавања са супротне стране. Занчи доњи ниво резања ће бити 15.2mm.

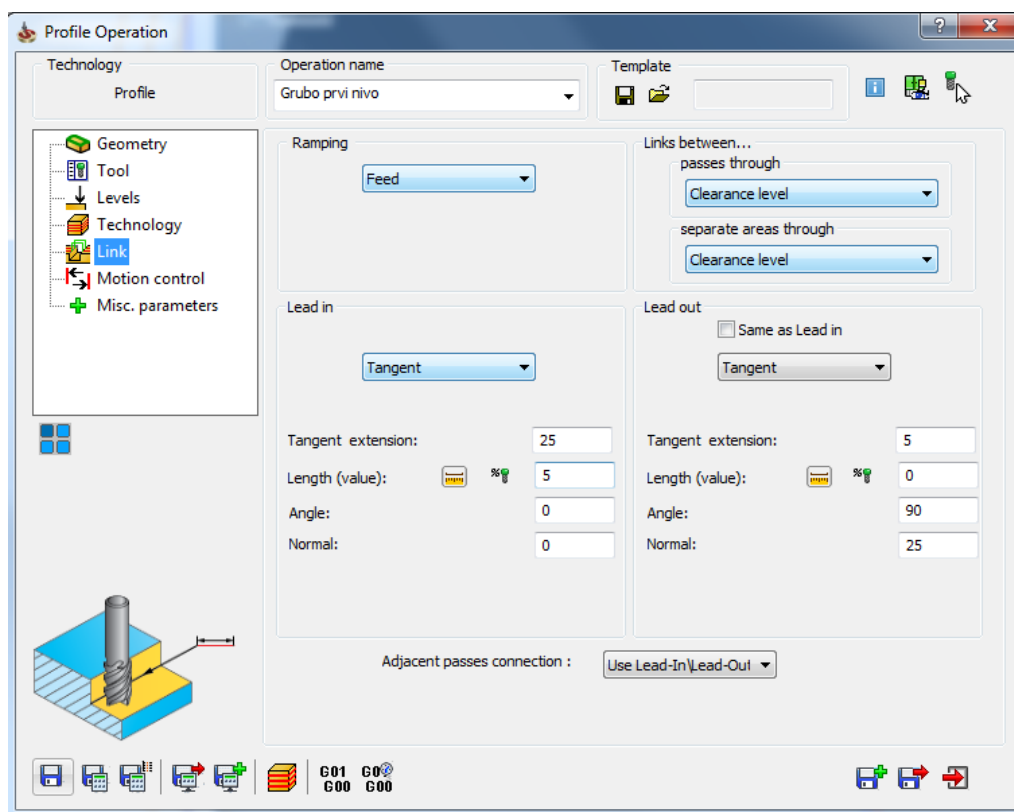
Што се тиче технолошких параметара грубе обраде бирамо да алат одсеца материјал са леве стране геметриског ланца обраде. Компезација алата нећемо задавати јер нам није потребна за грубу обраду. Дубину обраде бирамо константну. Након грубе обраде имамо фину обраду и због тога задајемо офсет од зида за 0,4mm, док офсет доњег ниво нећемо задавати јер након грубе обраде нећемо имати фину обраду доњег

нивоа зато што грубо глодало чеоном резном ивицом оставља фину обраду. Штиклирамо поље Rought и уносимо вредност у пољу степ доњн 15.2 јер желимо да из једног пролаза по висини одстарњујемо материјал. Поље финиш нећемо штиклирати јер другим алатом радимо завршну обраду. Затим штиклирамо поље Clear offset затим задајемо офсет који ће у нашем случају бити 5,4mm и задајемо дубину резања од 2,5mm по прозау. Тиме су завршена подешавања технолошких параметара обраде.

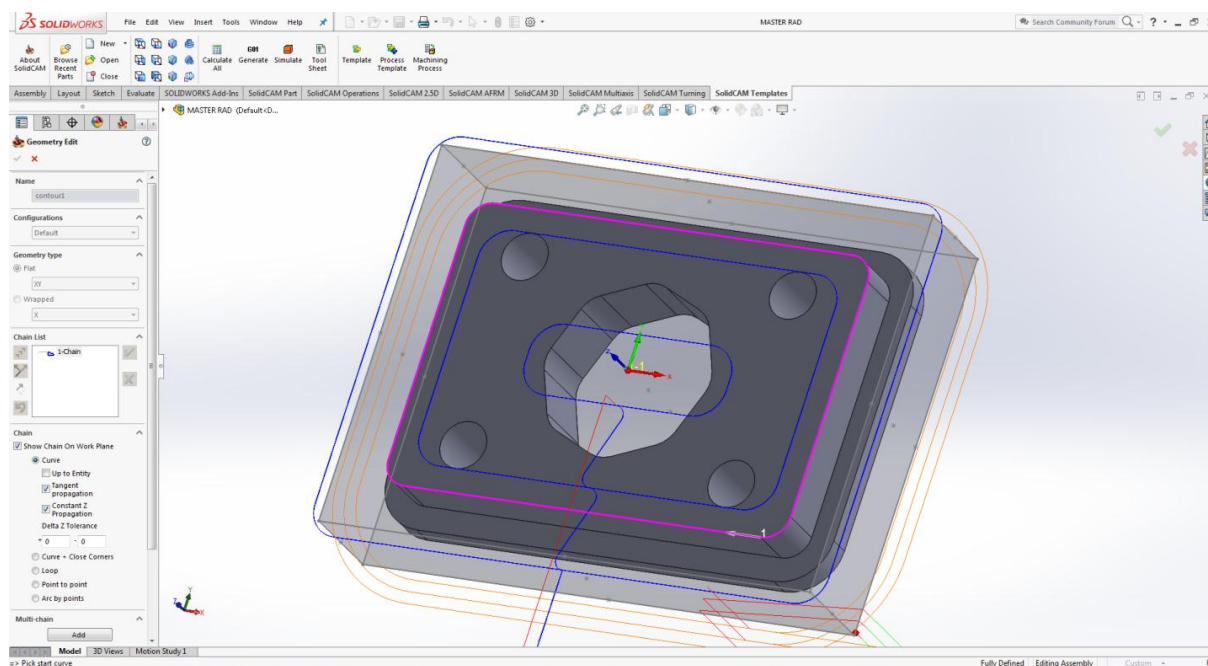


Слика 5.2.10 Технолошки параметри и њихова подешавања за грубу обраду првог нивоа

Након подешавања технолошких параметара обраде прелазимо на подешавања параметара повезивања пролаза. Параметри које би требало узети у обзир су параметри прилаза и одмицања алата. Зато што желимо да у материјал улазимо тангентно у односу на обраду бирамо тангентни прилаз алата за резање предмету обраде. Собзиром да је у питању груба обрада овај избор је више питања афинитета него стварне потребе. Сто се тиче одмицања алата од предмета обраде може одабрати функцију исто као и за прилаз алата предмету обраде, али због скраћења времена обраде смањићемо неке параметре. Завршетак сваке операције се своди на предходно описана три корака. Прелазимо на операцију грубе обраде другог ниво која се разликује само по дефинисању другог ланца обраде, висини резања која је у овом случају 10mm док су сви остали параметри обраде идетиични.



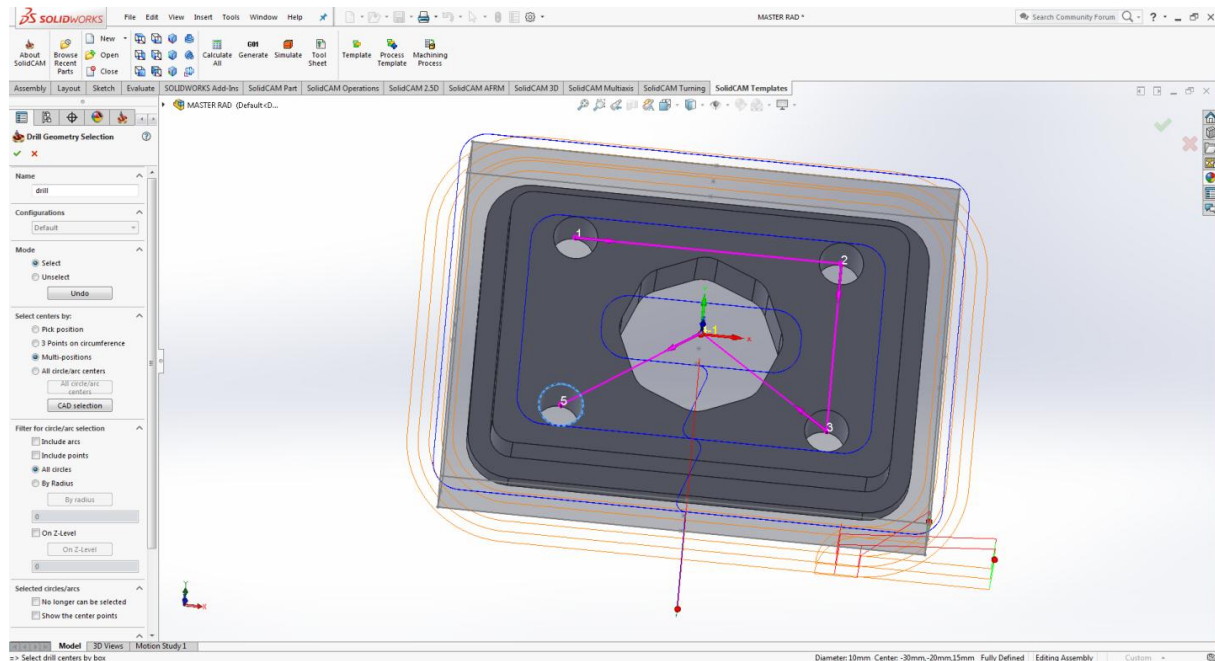
Слика 5.2.11 Параметри повезивања пролаза за грубу обраду првог нивоа



Слика 5.2.12 Избор геометриског ланца обраде за грубу обраду другог нивоа

Пре операције бушења се, по правилу, прво врши забушивање, односно треба означити центар отвора или рупе пре бушења и истовремено извршити продирање алата неколико милиметара у материјал како би се олакшала каснија операција бушења.

За операцију забушивања се користе посебни алата, машински забушивачи, а пројектовање технологије увелико наликује бушењу. За операцију забушивања одабраћемо, у оквиру SolidCAM менаџера-а, операцију бушење. Први корак је дефинисање геометриског ланца за бушење односно забушивање. Имамо пет отвора на за које треба забушити пре бушења отвора бургијом.

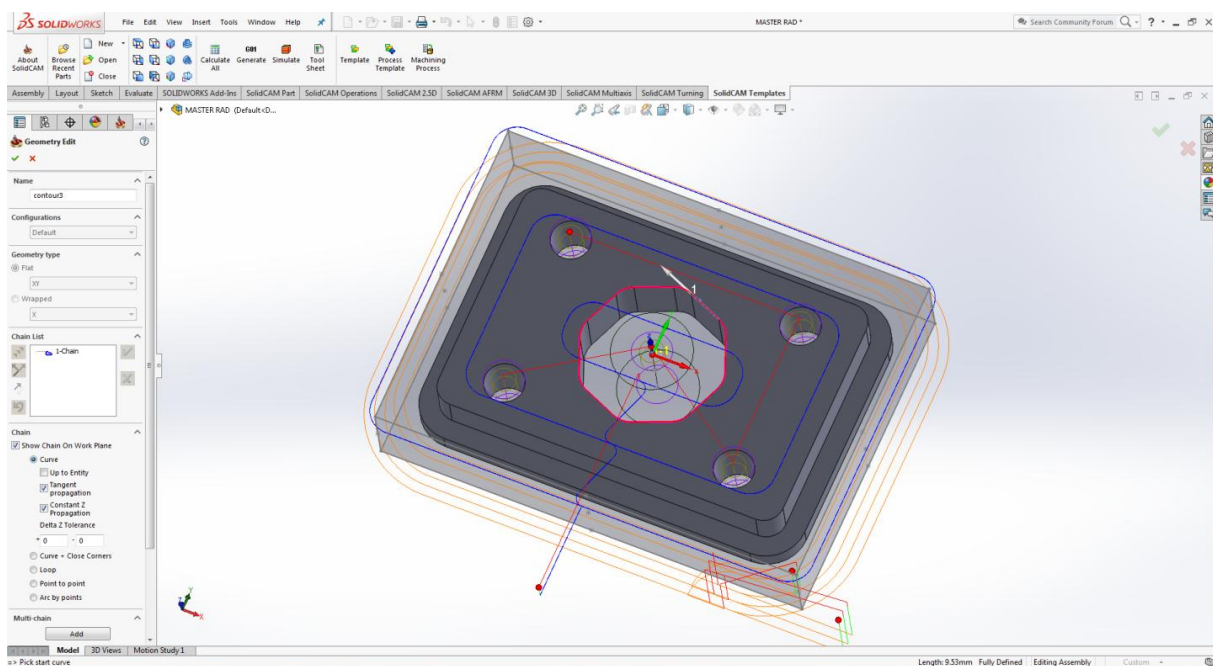


Слика 5.2.13 Избор геометриског ланца за бушење

Следећа операција је избор алата. Бирамо алат из предходно дефинисане палете алата. Алат који смо одабрали је машински забушивач са врхом од 90° . Након одабира алата за забушивање прелазимо на одабир нивоа бушења. Горњи ниво је горња површина модела где је и задат координатни почетак. Доњи ниво задајемо 3mm, јер је то сасвим довољно да поведе бургију у материјал обраде. У пољу за дефинисање технолошких параметара обраде бирамо само опцију default. Као што видимо дефинисање технолошких параметара обраде за операције бушења је врло једноставно јер је комплетна технологија унапред дефинисана тако да је само потребно одабрати потребну технологију. Крај операције је исти као и код свиј предходних операција. Код операције бушења бургијом 10 све је исто као и код забушивања са једном разликом, а то је доњи ново бушења. За доњи ниво бушења уносимо 15mm, затим штиклирамо поље full дијаметар и уносимо продужење бушења од 1mm, како би били сигурни да је бургија целим пречником изашла из обратка. Прелазимо на операцију бушења бургијом 20 mm. Поменути операција је по параметрима идентична предходној операцији, само

са разликом геометриског ланца бушења. Ту бирамо бушење у центру комада, како би направили простор за грубу обраду унутрашњег отвора на припремку.

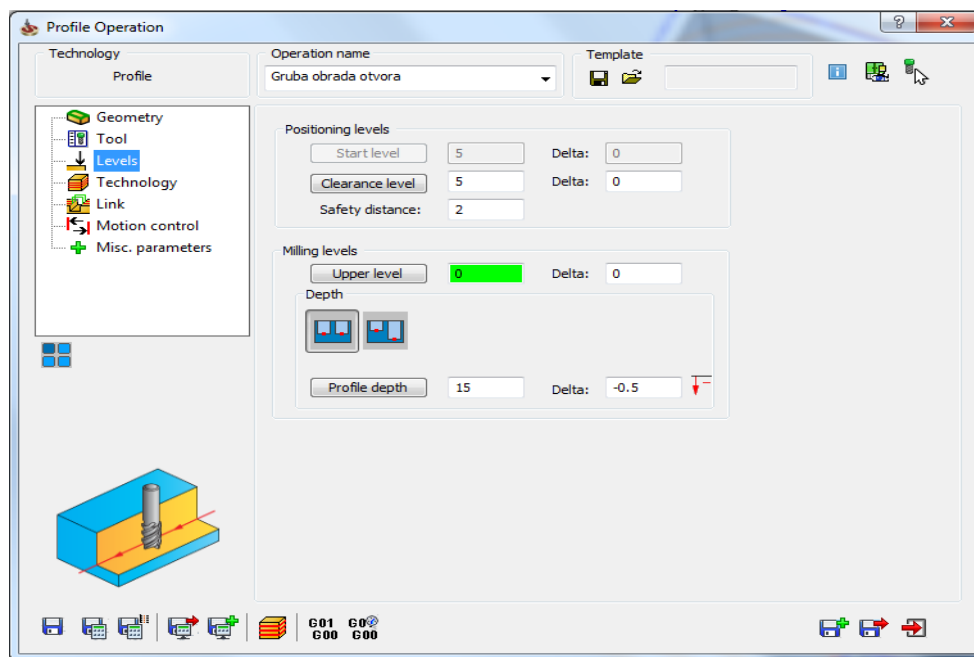
Груба обрада отвора. Покретање нове операције грубе обраде отвора покрећемо одабиром операције Профиле. Као и свака операција до сада и ова започиње отвореним прозором у коме треба дати име операције и одабрати координатни систем који је обичну унапред дефинисан. Након тога кликом на дугме Define отварамо командни мени за дефинисање геометриског ланца обраде. Овде треба водити рачуна о смеру кретања алата. Желимо да имамо истосмерно глодање.



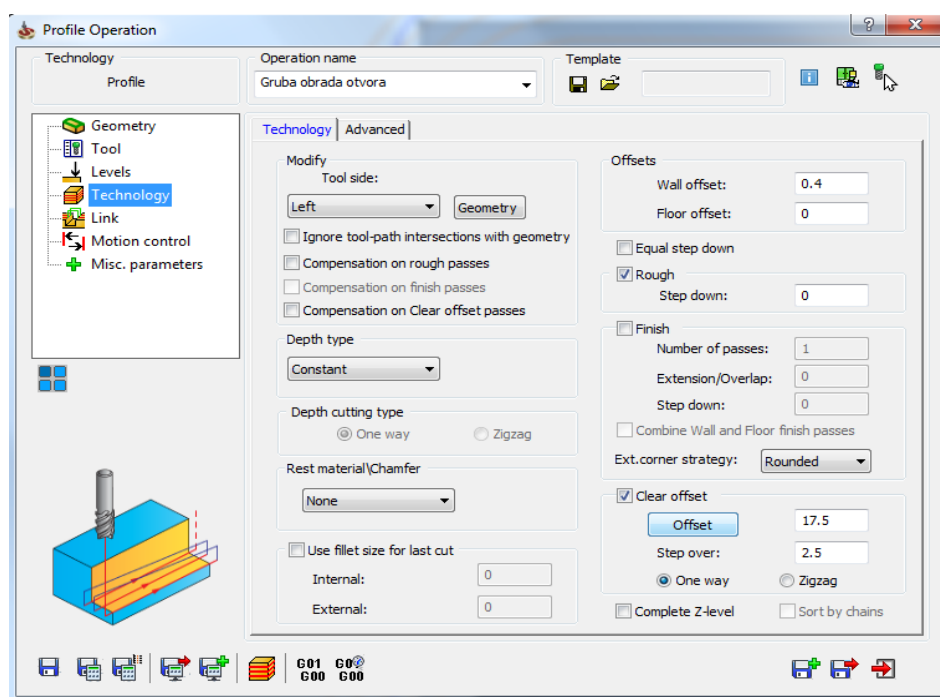
Слика 5.2.14 Избор геометриског ланца обраде за грубу обраду отвора

Затим прелазимо бирање алата за обраду. Из палете алата бирамо алат вретенасто глодало за грубу обраду пречника 16mm. Параметри резања су предходно дефинисани и одабир алата је идетичан као и у свим предходним операцијама. Следеће поље је дефинисање нивоа обраде. Овде требамо водити рачуна јер доњи ниво обраде мора бити мало нижи од захтеваног на моделу. Зато стављамо да доњи ниво обраде буде ниже од предвиђеног на моделу за 0,5mm. Предходно смо дефинисали да ниво бушења бургијом 20mm буде нижи за 1mm од ниво бушења и неби требало да дође до проблема приликом глодања нивоом бушења нижим за 0,5mm од захтеваног на моделу. Дефинисање технолошких параметара обраде за грубу обраду отвора је доста комплексно и то из разлога зато што је разлика између предходно избушеног отвора и пречника глодала само 4mm. Зато у технолошким параметрима обраде у пољу Clear offset задајемо офсет 17,5mm. То је половина растојања између две наспрамне странице

у отвору. Тиме постижемо да глодало крене тачно из центра са обрадом. Затим задајемо дубину резања по пролазу по пољу степ овер од 2,5mm. У пољу технолошких параметара обраде за грубу обраду отвора задајемо још додатак за фину обраду од 0,4mm у пољу Wall offset. Затим штиклирамо поље Rought што значи груба обрада. У пољу степ овер уписујемо 0, што значи да смо задали да глодало заузме пуну висину глодања.

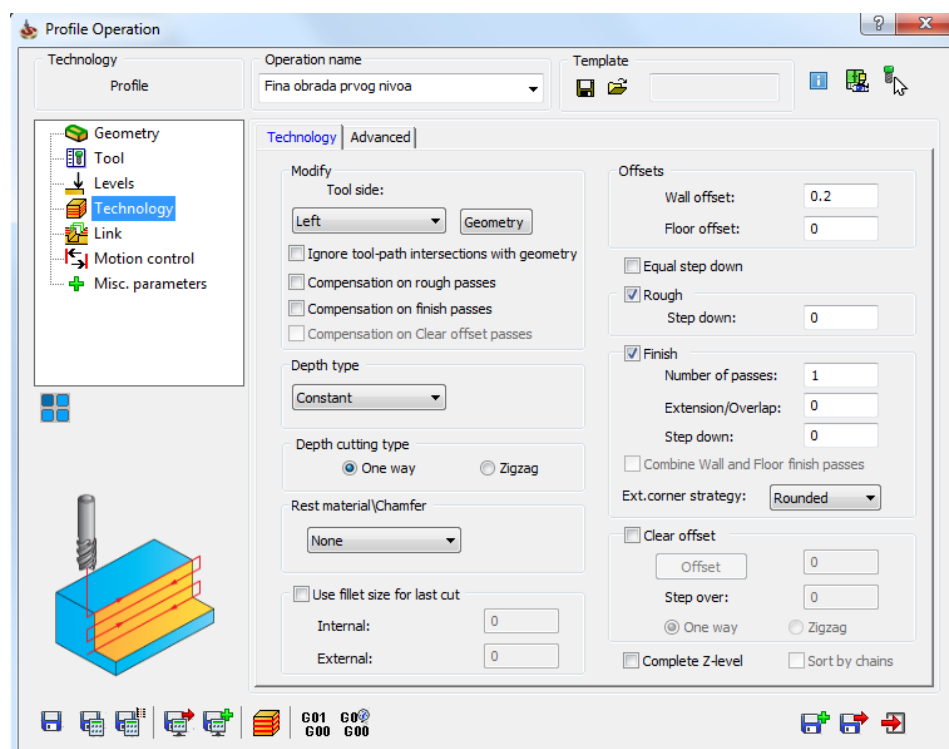


Слика 5.2.15 Ниво глодања за грубу обраду отвора



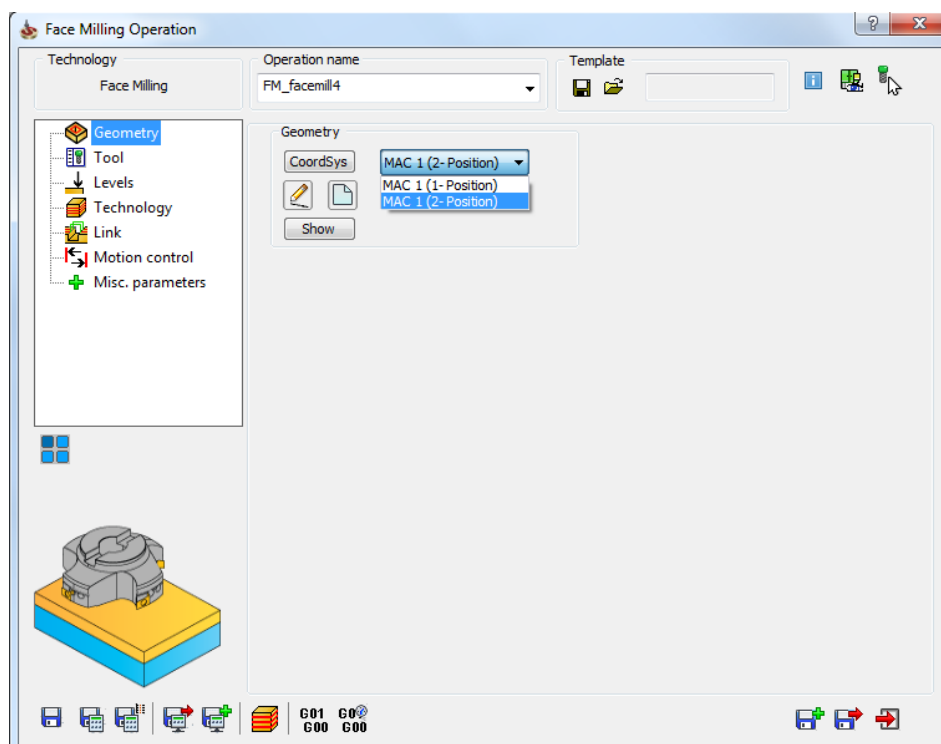
Слика 5.2.16 Технолошки параметри обраде за грубу обраду отвора

Креирање операције фине обраде. До сада смо креирали само операције грубог глодања где смо остављали додатак за обраду од 0,4mm по страни. Приликом креирања операције фине обраде скидаћемо 0,2mm по страни тврдометалним вртенастим глодалом са 4 зуба пречником 10mm. Покрећемо нову операцију одабиром операције Profile. Затим бирамо већ постојећи ланац обраде који смо користили за грубу обраду првог нивоа. Након тога бирамо алат из постојеће палете алата и то вртенасто глодало пречника 10mm. И долазимо до технолошких параметера обраде који се једино разликују од грубе обраде првог нивоа. Зато што желимо да скидамо по 0,2mm по пролазу имаћемо и фину и груби обраду означену у квадратићу. За грубу обраду уносимо висину резања 0 што значи да глодало улази у материјал целом висином обраде, затим задајемо додатак за последњи пролаз од 0,2mm у пољу њалл offset и у пољу за број пролаза фине обраде задојемо један пролаз. Ови технолошки параметри фине обраде важе за све три операције фине обраде. Једино што се разликује су геометриски лаци обраде који се већ дефинисани приликом креирања операција грубом обрадом и још се разликују нивои обраде који су такође били дефинисани приликом креирања операција грубе обраде. Стога наше приказивање програмирања машине алатке за израду фине обраде овде завршава.



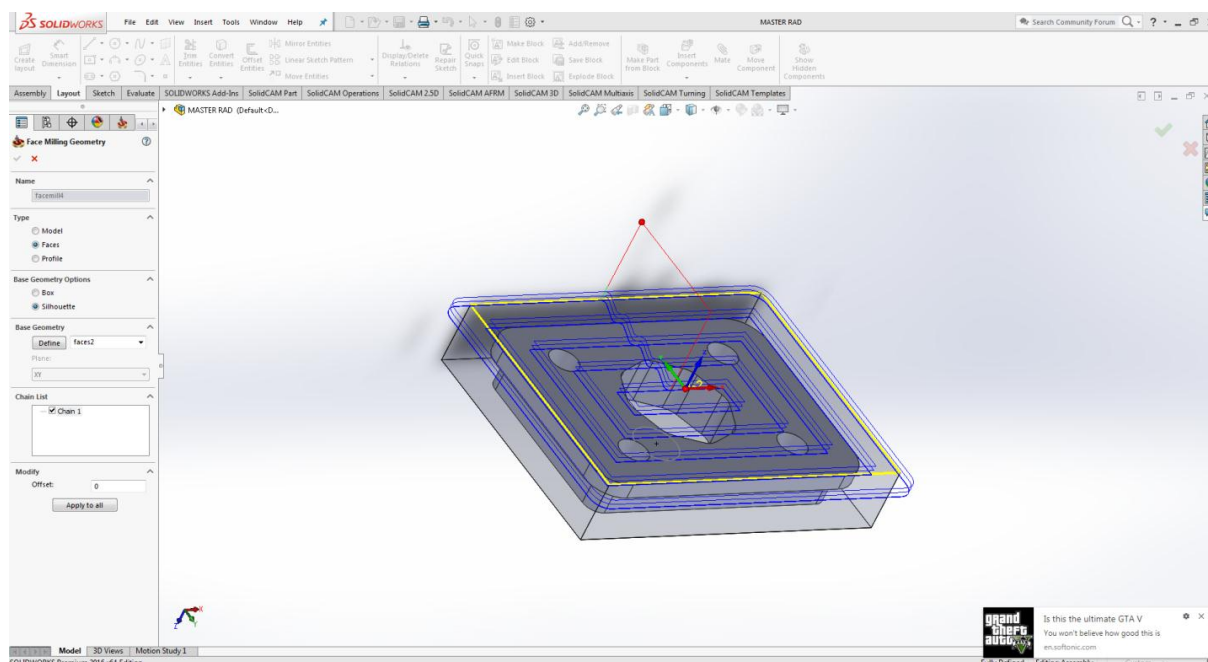
Слика 5.2.17 Технолошки параметри фине обраде

Креирање операције чеоног глодања са супротне стране. Прелазимо на креирање финалне операције којом завршавамо пројетовање технологије применом CAD/CAM система за израду машинског дела. Последња операција се односи на скидање матерајала који је био предвиђен за стезање обрадка у машинској стеги. За ту врсту обраде бирамо глодачку главу коју смо већ користили приликом поравнавања материјала приликом чеоног глодања прве стране. Из SolidCAM MENAGER-а бирамо операцију Face затим у прозору који се отвара морамо променити координатни систем који је се до сада користи и који је по аутоматизму сам програм изабрао. Собзиром да смо кординатне системе већ предходно дефинисали сада само треба да изаберемо систем који желимо.



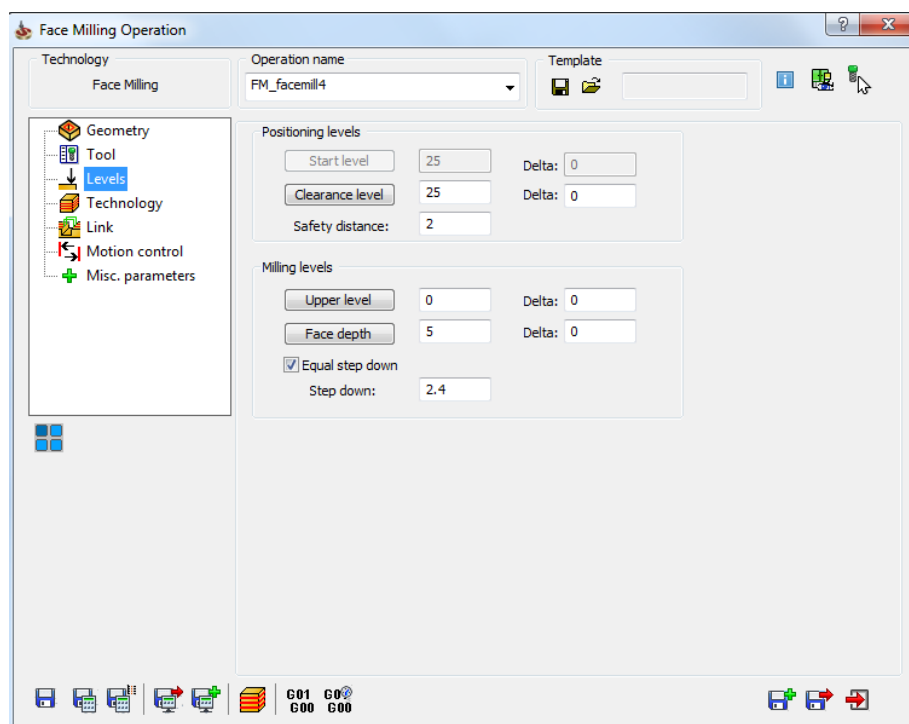
Слика 5.2.18 Избор координатног система за чеоно глодање додатка за стезање

Након тога прелазимо на дефинисање геометриског ланца обраде кликом на дугме дефине. Отвара се прозор за дефинисање геометрије за ову операцију. Затим у прозору треба изабрати тип геометриског ланца а у овом случају је то Face. Затим треба кликнути било где на површину додатка за обраду како би ланац за обраду био изабран, односно како би се око њега појавио оквир који означава сам геометриски ланац обраде. Истовремено ће се у пољу *Chain Lis* појавити назив дефинисанг ланца обраде. Кликом на знак потврде прихватимо избор и излазимо из менија.



Слика 5.2.19 Дефинисање геометриског ланца обраде за операцију чеоно глодање

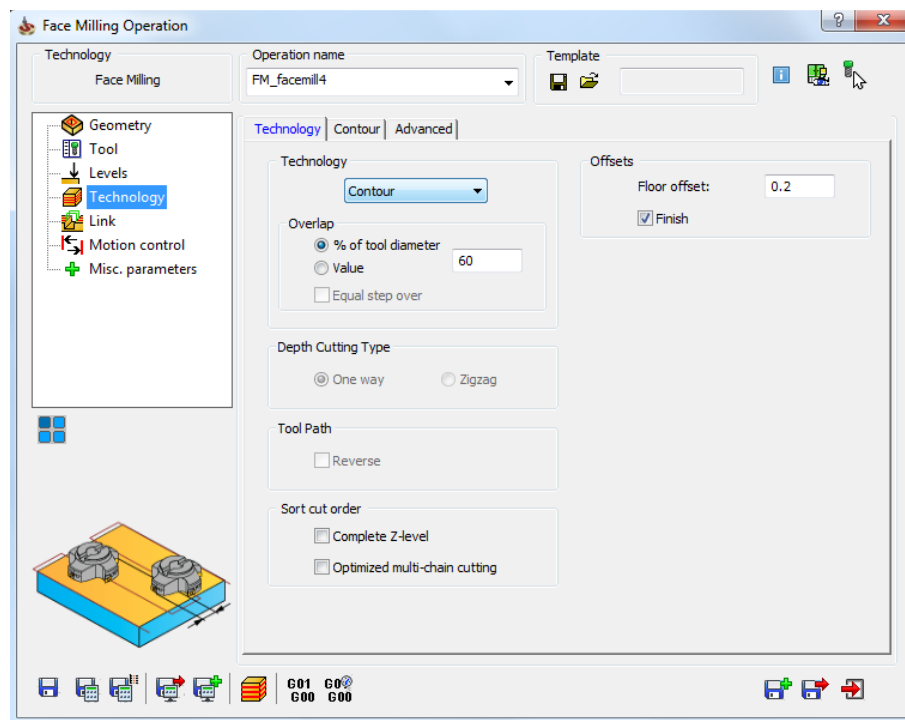
Следећа грана у стаблу операција отвара дијалогски прозор за избор алата којом ће се извршити операција чеоног глодања. Кликом на дугме select отварамо таблу алата коју смо предходно дефинисали. Из ње бирамо одговарајући алат, тј. глодачку главу коју смо већ користили код чеоног глодања код операције поравнавања комада. На овај начин смо изабрали алат и повезали га са операцијом коју пројектујемо.



Слика 5.2.20 Подешавања нивоа кретања алата за обраду додатка за стезање

Избором опције Levels у стаблу операција отварамо дијалошки прозор за подешавање ниво кретања алата. У овом прозору дефинишемо горњи и доњи ниво кретања алата, затим висину резања по пролазу. Што се тиче висине резања у овом случају бирмо 2,4mm. Јер тако добијамо два пролаза за грубо и један пролаз за фино глодање од 0,2mm.

Прелазом на следећу грану у стаблу операција отварамо дијалошки прозор за дефинишање параметара технологије. Постоји велики број параметара за подешавања, али нама је потребно да задамо само три параметра. То су параметар Countur који значи да кружно глођемо комад глодачком главом, затим параметар преклапања алата по пролазу Оверлоп за који задајемо 60% пречника алата и на крају параметар за финалну обраду који задајемо 0,2mm који задајемо у пољу floor offset, а предходно штиклирати поље finish. Остале параметре остављамо како је сам програм дефинисао.



Слика 5.2.21 Дефинисање технолошких параметара за обраду додатка за стезање

Следи корак који је једноставан без обзира што операција има више пролаза. У оквиру прозора за подешавање уласка у материјал само бирамо опцију Нормал која знача да улазимо у материјал управно у односу на предмет обраде. И задајемо да 60% пречника алата буде продужен улазак у материјал. Тиме обезбеђујемо да алат ,приликом спуштања алата на висину обраде, не улази у обрадак. За ово подешавање нећмо приказивати слику јер је релативно једноставно подесити.

5.3 Генерисање програма (кода)

%	G2 X-60. Y-25. R20.	X25.
O0001	G1 Y25.	Y-10.
(MASTERRAD3.TAP)	G2 X-40. Y45. R20.	X-25.
(MCV-OP) (11-JUN-2018)	G1 X0.	Y10.
N1 G90 G17	Y36.25	X0.
G80 G49 G40	X40.	Y1.25
G54	G2 X51.25 Y25. R11.25	X16.25
M9	G1 Y-25.	Y-1.25
M5	G2 X40. Y-36.25 R11.25	X-16.25
G91 G28 Z0	G1 X-40.	Y1.25
M6 T1	G2 X-51.25 Y-25. R11.25	X0.
(TOOL -1- FACE MILL DIA	G1 Y25.	G0 Z20.
25.0 R0. MM)	G2 X-40. Y36.25 R11.25	X-10. Y55.
G90 G00 G40 G54	G1 X0.	Z2.2
G43H1G0 X-10. Y55. Z100.	Y27.5	G1 Z0. F504.203
S1401 M3	X40.	X-20.
M8	G2 X42.5 Y25. R2.5	G3 X-10. Y45. R10.
(-----)	G1 Y-25.	G1 X40.
(PORAVNAVANJE -	G2 X40. Y-27.5 R2.5	G2 X60. Y25. R20.
FACE-MILLING)	G1 X-40.	G1 Y-25.
(-----)	G2 X-42.5 Y-25. R2.5	G2 X40. Y-45. R20.
X-10. Y55. Z20.	G1 Y25.	G1 X-40.
Z3.	G2 X-40. Y27.5 R2.5	G2 X-60. Y-25. R20.
G1 Z0.2 F504.203	G1 X0.	G1 Y25.
X-20.	Y18.75	G2 X-40. Y45. R20.
G3 X-10. Y45. R10.	X33.75	G1 X0.
G1 X40.	Y-18.75	Y36.25
G2 X60. Y25. R20.	X-33.75	X40.
G1 Y-25.	Y18.75	G2 X51.25 Y25. R11.25
G2 X40. Y-45. R20.	X0.	G1 Y-25.
G1 X-40.	Y10.	G2 X40. Y-36.25 R11.25

G1 X-40. G2 X-51.25 Y-25. R11.25 G1 Y25. G2 X-40. Y36.25 R11.25 G1 X0. Y27.5 X40. G2 X42.5 Y25. R2.5 G1 Y-25. G2 X40. Y-27.5 R2.5 G1 X-40. G2 X-42.5 Y-25. R2.5 G1 Y25. G2 X-40. Y27.5 R2.5 G1 X0. Y18.75 X33.75 Y-18.75 X-33.75 Y18.75 X0. Y10. X25. Y-10. X-25. Y10. X0. Y1.25 X16.25 Y-1.25 X-16.25 Y1.25 X0.	G0 Z20. M9 M5 G91 G28 Z0 G90 M01 N2 G90 G17 G80 G49 G40 G54 M9 M5 G91 G28 Z0 M6 T2 (TOOL -2- MILL DIA 16.0 R0. MM) G90 G00 G40 G54 G43H2G0 X65. Y-48.41 Z100. S995 M3 M8 (-----) (PROFIL PRVI NIVO - PROFILE) (-----) X65. Y-48.41 Z20. Z2. G1 Z-15.5 F159.155 X-40. F159.2 G2 X-63.41 Y-25. R23.41 G1 Y25. G2 X-40. Y48.41 R23.41 G1 X40. G2 X63.41 Y25. R23.41 G1 Y-25. G2 X40. Y-48.41 R23.41	G1 X20. Y-45.91 X-40. G2 X-60.91 Y-25. R20.91 G1 Y25. G2 X-40. Y45.91 R20.91 G1 X40. G2 X60.91 Y25. R20.91 G1 Y-25. G2 X40. Y-45.91 R20.91 G1 X15. Y-60.91 G0 Z20. X65. Y-43.401 Z2. G1 Z-15.5 F159.155 G41D2G1 Y-35.4 F159.2 X-40. G2 X-50.4 Y-25. R10.4 G1 Y25. G2 X-40. Y35.4 R10.4 G1 X40. G2 X50.4 Y25. R10.4 G1 Y-25. G2 X40. Y-35.4 R10.4 G1 X15. G40G1 Y-58.401 G0 Z20. (-----) (PROFIL DRUGI NIVO - PROFILE) (-----) X60. Y-40.91 Z20.
--	--	---

Z2. G1 Z-10. F159.155 X-40. F159.2 G2 X-55.91 Y-25. R15.91 G1 Y25. G2 X-40. Y40.91 R15.91 G1 X40. G2 X55.91 Y25. R15.91 G1 Y-25. G2 X40. Y-40.91 R15.91 G1 X20. Y-60.91 G0 Z20. X60. Y-38.401 Z2. G1 Z-10. F159.155 G41D2G1 Y-30.4 F159.2 X-40. G2 X-45.4 Y-25. R5.4 G1 Y25. G2 X-40. Y30.4 R5.4 G1 X40. G2 X45.4 Y25. R5.4 G1 Y-25. G2 X40. Y-30.4 R5.4 G1 X20. G40G1 Y-58.401 G0 Z20. M9 M5 G91 G28 Z0 G90 M01	N3 G90 G17 G80 G49 G40 G54 M9 M5 G91 G28 Z0 M6 T3 G90 G00 G40 G54 G43H3G0 X-30. Y20. Z100. S955 M3 M8 (-----) (ZABUSIVAC - DRILL) (-----) X-30. Y20. Z20. G81 Z-3. R2. F57.2958 X30. Y-20. X0. Y0. X-30. Y-20. G80 M9 M5 G91 G28 Z0 G90 M01 N4 G90 G17 G80 G49 G40 G54 M9 M5 G91 G28 Z0 M6 T4	(TOOL -4- DRILL DIA 10.0 MM) G90 G00 G40 G54 G43H4G0 X-30. Y20. Z100. S637 M3 M8 (-----) (BURGIJA DIA.10 - DRILL) (-----) X-30. Y20. Z20. G81 Z-19.004 R2. F152.7887 X30. Y-20. X0. Y0. X-30. Y-20. G80 M9 M5 G91 G28 Z0 G90 M01 N5 G90 G17 G80 G49 G40 G54 M9 M5 G91 G28 Z0 M6 T5 (TOOL -5- DRILL DIA 20.0 MM) G90 G00 G40 G54
--	---	---

G43H5G0 X0. Y0. Z100. S318 M3 M8 (-----) (BURGIJA DIA.20 - DRILL) (-----) X0. Y0. Z20. G81 Z-22.009 R2. F159.1549 G80 M9 M5 G91 G28 Z0 G90 M01 N6 G90 G17 G80 G49 G40 G54 M9 M5 G91 G28 Z0 M6 T2 (TOOL -2- MILL DIA 16.0 R0. MM) G90 G00 G40 G54 G43H2G0 X0.775 Y0.31 Z100. S995 M3 M8 (-----) (PROFIL UNUTRA - PROFILE) (-----) X0.775 Y0.31 Z20.	Z2. G1 Z-15.5 F159.155 X2.622 Y1.075 F31.831 G3 X0.009 Y2.158 R2. G1 X0. Y2.154 X-1.523 Y1.523 F159.2 X-2.154 Y0. X-1.523 Y-1.523 X0. Y-2.154 X1.523 Y-1.523 X2.154 Y0. X1.523 Y1.523 X0. Y2.154 Y4.86 X-3.436 Y3.436 X-4.86 Y0. X-3.436 Y-3.436 X0. Y-4.86 X3.436 Y-3.436 X4.86 Y0. X3.436 Y3.436 X0. Y4.86 X-0.936 Y7.178 X-5.35 Y5.35 X-7.566 Y0. X-5.35 Y-5.35 X0. Y-7.566 X5.35 Y-5.35 X7.566 Y0. X5.35 Y5.35 X0. Y7.566 X-0.945 Y7.175 G3 X-2.027 Y4.561 R2.	G1 X-0.18 Y5.327 G0 Z20. X-0.969 Y7.284 Z2. G1 Z-15.5 F159.155 G41D2G1 X8.27 Y11.111 F31.831 G3 X-4.795 Y16.523 R10. G1 X-4.805 Y16.519 X-13.088 Y13.088 F159.2 X-18.509 Y0. X-13.088 Y-13.088 X0. Y-18.509 X13.088 Y-13.088 X18.509 Y0. X13.088 Y13.088 X0. Y18.509 X-4.814 Y16.515 G3 X-10.226 Y3.449 R10. G40G1 X-0.987 Y7.276 G0 Z20. M9 M5 G91 G28 Z0 G90 M01 N7 G90 G17 G80 G49 G40 G54 M9 M5 G91 G28 Z0
--	---	---

M6 T6 (TOOL -6- MILL DIA 10.0 R0. MM) G90 G00 G40 G54 G43H6G0 X65. Y-40.201 Z100. S3501 M3 M8 (-----) (FINO PRVI NIVO - PROFILE) (-----) X65. Y-40.201 Z20. Z2. G1 Z-15.5 F1400.564 G41D6G1 Y-35.2 F490.197 X-40. G2 X-50.2 Y-25. R10.2 G1 Y25. G2 X-40. Y35.2 R10.2 G1 X40. G2 X50.2 Y25. R10.2 G1 Y-25. G2 X40. Y-35.2 R10.2 G1 X19. G40G1 Y-55.201 G0 Z20. X65. Y-40.001 Z2. G1 Z-15.5 F1400.564 G41D6G1 Y-35. F490.197 X-40. G2 X-50. Y-25. R10. G1 Y25.	G2 X-40. Y35. R10. G1 X40. G2 X50. Y25. R10. G1 Y-25. G2 X40. Y-35. R10. G1 X19. G40G1 Y-55.201 G0 Z20. (-----) (FINO DRUGI NIVO - PROFILE) (-----) X65. Y-35.201 Z20. Z2. G1 Z-10. F1400.564 G41D6G1 Y-30.2 F490.197 X-40. G2 X-45.2 Y-25. R5.2 G1 Y25. G2 X-40. Y30.2 R5.2 G1 X40. G2 X45.2 Y25. R5.2 G1 Y-25. G2 X40. Y-30.2 R5.2 G1 X20. G40G1 Y-50.201 G0 Z20. X65. Y-35.001 Z2. G1 Z-10. F1400.564 G41D6G1 Y-30. F490.197 X-40.	G2 X-45. Y-25. R5. G1 Y25. G2 X-40. Y30. R5. G1 X40. G2 X45. Y25. R5. G1 Y-25. G2 X40. Y-30. R5. G1 X20. G40G1 Y-50.201 G0 Z20. (-----) (FINO UNUTRA - PROFILE) (-----) X-0.21 Y8.58 Z20. Z-15.5 G41D6G1 X3.234 Y16.895 F490.197 G3 X-4.42 Y16.895 R10. G1 X-11.021 Y14.16 G3 X-14.16 Y11.021 R5.8 G1 X-17.806 Y2.22 G3 X-17.806 Y-2.22 R5.8 G1 X-14.16 Y-11.021 G3 X-11.021 Y-14.16 R5.8 G1 X-2.22 Y-17.806 G3 X2.22 Y-17.806 R5.8 G1 X11.021 Y-14.16 G3 X14.16 Y-11.021 R5.8 G1 X17.806 Y-2.22 G3 X17.806 Y2.22 R5.8 G1 X14.16 Y11.021 G3 X11.021 Y14.16 R5.8
---	--	---

G1 X2.22 Y17.806	M5	Y-41.25
G3 X-2.22 Y17.806 R5.8	G91 G28 Z0	X-50.
G1 X-4.42 Y16.895	G90	G2 X-56.25 Y-35. R6.25
G3 X-9.832 Y11.483 R10.	M00	G1 Y35.
G40G1 X-1.517 Y8.038	N8 G90 G17	G2 X-50. Y41.25 R6.25
G0 Z20.	G80 G49 G40	G1 X50.
X-0.21 Y8.58	G54	G2 X56.25 Y35. R6.25
Z-15.5	M9	G1 Y-35.
G41D6G1 X3.31 Y17.079	M5	G2 X50. Y-41.25 R6.25
F490.197	G91 G28 Z0	G1 X0.
G3 X-4.497 Y17.079 R10.2	M6 T1	Y-32.5
G1 X-11.098 Y14.345	G90 G00 G40 G54	X-47.5
G3 X-14.345 Y11.098 R6.	G43H1G0 X5. Y-55. Z100.	Y32.5
G1 X-17.991 Y2.296	S1401 M3	X47.5
G3 X-17.991 Y-2.296 R6.	M8	Y-32.5
G1 X-14.345 Y-11.098	(-----)	X0.
G3 X-11.098 Y-14.345 R6.	(FM-FACEMILL2 - FACE-	Y-23.75
G1 X-2.296 Y-17.991	MILLING)	X-38.75
G3 X2.296 Y-17.991 R6.	(-----)	Y23.75
G1 X11.098 Y-14.345	X5. Y-55. Z20.	X38.75
G3 X14.345 Y-11.098 R6.	Z2.	Y-23.75
G1 X17.991 Y-2.296	G1 Z-1.6 F504.203	X0.
G3 X17.991 Y2.296 R6.	X10.	Y-15.
G1 X14.345 Y11.098	G3 X5. Y-50. R5.	X-30.
G3 X11.098 Y14.345 R6.	G1 X-50.	Y15.
G1 X2.296 Y17.991	G2 X-65. Y-35. R15.	X30.
G3 X-2.296 Y17.991 R6.	G1 Y35.	Y-15.
G1 X-4.497 Y17.079	G2 X-50. Y50. R15.	X0.
G3 X-10.017 Y11.559 R10.2	G1 X50.	Y-6.25
G40G1 X-1.517 Y8.038	G2 X65. Y35. R15.	X-21.25
G0 Z20.	G1 Y-35.	Y6.25
M9	G2 X50. Y-50. R15.	X21.25
	G1 X0.	Y-6.25

X-5.	X0.	G1 Y-35.
G2 X-10. Y-1.25 R5.	Y-23.75	G2 X50. Y-50. R15.
G1 X-5.	X-38.75	G1 X0.
G0 Z20.	Y23.75	Y-41.25
X5. Y-55.	X38.75	X-50.
Z0.4	Y-23.75	G2 X-56.25 Y-35. R6.25
G1 Z-3.2 F504.203	X0.	G1 Y35.
X10.	Y-15.	G2 X-50. Y41.25 R6.25
G3 X5. Y-50. R5.	X-30.	G1 X50.
G1 X-50.	Y15.	G2 X56.25 Y35. R6.25
G2 X-65. Y-35. R15.	X30.	G1 Y-35.
G1 Y35.	Y-15.	G2 X50. Y-41.25 R6.25
G2 X-50. Y50. R15.	X0.	G1 X0.
G1 X50.	Y-6.25	Y-32.5
G2 X65. Y35. R15.	X-21.25	X-47.5
G1 Y-35.	Y6.25	Y32.5
G2 X50. Y-50. R15.	X21.25	X47.5
G1 X0.	Y-6.25	Y-32.5
Y-41.25	X-5.	X0.
X-50.	G2 X-10. Y-1.25 R5.	Y-23.75
G2 X-56.25 Y-35. R6.25	G1 X-5.	X-38.75
G1 Y35.	G0 Z20.	Y23.75
G2 X-50. Y41.25 R6.25	X5. Y-55.	X38.75
G1 X50.	Z-1.2	Y-23.75
G2 X56.25 Y35. R6.25	G1 Z-4.8 F504.203	X0.
G1 Y-35.	X10.	Y-15.
G2 X50. Y-41.25 R6.25	G3 X5. Y-50. R5.	X-30.
G1 X0.	G1 X-50.	Y15.
Y-32.5	G2 X-65. Y-35. R15.	X30.
X-47.5	G1 Y35.	Y-15.
Y32.5	G2 X-50. Y50. R15.	X0.
X47.5	G1 X50.	Y-6.25
Y-32.5	G2 X65. Y35. R15.	X-21.25

Y6.25	Y-41.25	X0.
X21.25	X-50.	Y-15.
Y-6.25	G2 X-56.25 Y-35. R6.25	X-30.
X-5.	G1 Y35.	Y15.
G2 X-10. Y-1.25 R5.	G2 X-50. Y41.25 R6.25	X30.
G1 X-5.	G1 X50.	Y-15.
G0 Z20.	G2 X56.25 Y35. R6.25	X0.
X5. Y-55.	G1 Y-35.	Y-6.25
Z-2.8	G2 X50. Y-41.25 R6.25	X-21.25
G1 Z-5. F504.203	G1 X0.	Y6.25
X10.	Y-32.5	X21.25
G3 X5. Y-50. R5.	X-47.5	Y-6.25
G1 X-50.	Y32.5	X-5.
G2 X-65. Y-35. R15.	X47.5	G2 X-10. Y-1.25 R5.
G1 Y35.	Y-32.5	G1 X-5.
G2 X-50. Y50. R15.	X0.	G0 Z20.M9
G1 X50.	Y-23.75	G91G28Z0
G2 X65. Y35. R15.	X-38.75	G91G28Y0
G1 Y-35.	Y23.75	M30
G2 X50. Y-50. R15.	X38.75	%
G1 X0.	Y-23.75	

6. ЗАКЉУЧАК

Примена савремених обрадних центара, савремених машина за обраду резањем у великој мери је допринела развоју многобројних индустријских грана. Сведоци смо рапидног развоја науке, многобројних проналазака која мењају и која ће мењати свет. ЦНЦ машине (стругови и глодалице) имали су велики удео у развоју цивилизације и друштва. ЦНЦ глодалице су се развијале паралелно са ЦНЦ струговима, готово да су имали подједнак удео у развоју. Првобитан изглед глодалице је потпуно незамисливо упоредити са данашњом ЦНЦ глодалицом. Првобитна глодалица је имала прост механички преносник и била је потпуно мануелна, са доласком индустријске револуције првобитни изглед се драстично мења али је и даље био неаутоматизован. Са појавом рачунара, аутоматизованих управљачких јединица, ЦНЦ глодалице почињу да попримају облик који данас имају, како се усавршавала аутоматика и управљачке јединице тако су се и глодалице усавршавале. Данас постоје глодалице чак са 5 оса које могу израдити најсложеније геометрије па чак и облик и геометрију људског тела.

7. ЛИТЕРАТУРА

- [1] Антонио Остојић, Конструкција CNC глодалице, Завршни рад, Велеучилиште у Карловцу, Стројарски одјел, Карловац, 2016.
- [2] Јосип Ковчалија, Карактеристике обраде с одвајањем честица - глодање, Завршни рад, Свеучилиште у Ријеци, Студиј политехнике, Ријека, 2018.
- [3] Богдан Недић, Основи програмирања CNC обрадних система, Скрипта, Факултет инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу, Крагујевац.
- [4] Златица Геров, Програмирање НУМА: Програмирање НУ глодалица помоћу програмског пакета Shop Mill, Мастер рад, Универзитет у Нишу, Машински факултет, Ниш, 2011.
- [5] Богдан Недић, Нумерички управљане алатне машине - САМ системи, Скрипта, Факултет инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу, Крагујевац
- [6] Богдан Недић, Вишеосне CNC машине, Скрипта, Факултет инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу, Крагујевац, 2016.
- [7] mashinite; Интернет страница: <https://www.mashinite.com/offers/view/18029> , приступљено 25.10.2020.
- [8] Ахмет Чекић, CNC алатне машине, Скрипта, Универзитет у Сарајеву, Машински факултет у Сарајеву, Сарајево, 2011.
- [9] halooglasi; Интернет страница: <https://www.halooglasi.com/masine-alati-oprema/obrada-metala/cnc-glodalica-hurco-bmc-30/5425635125503> , приступљено 25.10.2020.
- [10] Доминик Сремић, CNC глодалица за израду тисканих плочица, Дипломски рад, Свеучилиште у Загребу, Факултет стројарства и бродоградње, Загреб, 2017.
- [11] Гина Димитров, Пројектовање технолошког поступка и обрада носача ТКУ - ГЛ 05 на CNC глодалици, Матурски рад, Машинска школа у Нишу, Ниш, 2013.

- [12] Никола Блажевић, Прорачун главног пригона вертикалне глодалице, Дипломски рад, Свеучилиште у Загребу, Факултет стројарства и бродоградње, Загреб, 2013.
- [13] emaxcnc; Интернет страница: <https://emaxcnc.com/cnc-masine/> , приступљено 20.09.2020.
- [14] Антун Фрук, Анализа процеса обраде помоћу CNC строја, Завршни рад, Свеучилиште Сјевер, Одјел за електротехнику, Вараждин, 2017.
- [15] Златица Геров, Програмирање НУМА: Програмирање НУ глодалица помоћу програмском пакета Shop Mill, Мастер рад, Универзитет у Нишу, Машински факултет, Ниш, 2011.
- [16] Милан Станојевић, CNC рутери, Семинарски рад, Факултет инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу, Крагујевац, 2014.
- [17] Алеш Станчић, Програмирање петоосних CNC алатних стројева, Завршни рад, Свеучилиште Сјевер, Одјел за производно стројарство, Вараждин, 2017.
- [18] industrijska-strojarska; Интернет страница: http://www.ss-industrijska-strojarska-zg.skole.hr/upload/ss-industrijska-strojarska-zg/images/static3/971/attachment/Fanuc_21_-_glodanje.pdf?fbclid=IwAR3RpuV7lCgR-QqllMJ7eczXYg4l3rVOklKBXD8C88v4jt8WHsnVjHLI_qQ , приступљено 20.09.2020.
- [19] numericki-upravljani-alatni-strojevi-mladen-bosnjakovic; Интернет страница: https://dokumen.tips/documents/-numericki-upravljani-alatni-strojevi-mladen-bosnjakovic.pdf.html?fbclid=IwAR3cXsMKYlpldKrGwk_9yqGAKCzvETW5Wfs_Regnz43Puik-jrnCuASUVPE , приступљено 20.09.2020.
- [20] hitec; Интернет страница: http://www.hitec.com.mx/descargas/okk/hmseries_eng.pdf , приступљено 20.09.2020.