

**Факултет инжењерских наука
Универзитета у Крагујевцу**

Урош З. Миловић

**Пример обраде на хоризонталном обрадном
центру**

завршни рад

Крагујевац, 2017.

Факултет инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу



Назив студијског програма: Машинско инжењерство

Ниво студија: Основне академске студије

Модул: Производно машинство

Предмет: Машине алатке

Број индекса: 16/2014

Урош З. Миловић

Пример обраде на хоризонталном обрадном центру

завршни рад

Комисија за преглед и одбрану:

1. Проф. др Богдан Недић - ментор

2. _____

3. _____

Датум одбране: _____

Оцена: _____

Универзитет у Крагујевцу
Факултет инжењерских наука
Модул: Производно машинство
Предмет: Машине алатке

Завршни рад на тему:

Пример обраде на хоризонталном обрадном центру

За кандидата: Урош Миловић 16/2014

У оквиру завршног рада потребно је да кандидат изврши прикупљање података и њихову систематизацију о хоризонталним обрадним центрима и да на практичном примеру покажемогућности. Потребно је описати обрадни центар за хоризонтално стругање, примену CAD/CAM технологија и да у оквиру овог поглавља опише програм ESPRIT који се користи за програмирање CNC машина. Пример реализовати применом софтвера ESPRIT и на конкретној машини описати технолошки поступак израде дела једноставне геометрије.

Препоручена литература:

1. Девеџић Г.: "CAD/CAM tehnologije", Машински факултет у Крагујевцу, 2009.
2. Недић Б., Лазић М. : "Производне технологије – Обрада метала резањем" Машински факултет у Крагујевцу, 2007.
3. Лукић Љ. : "Флексибилни технолошки системи", Машински факултет у Краљеву, Универзитет у Крагујевцу, 2008.

Резиме

У раду се приказују способности обрадног центра за хоризонтално стругање. Идеја је да се практичним радом покаже да је доста лакше и поузданије када је тачност у питању, обраду вршити у много мање захвата и фаза на обрадном центру за стругање, насупрот глодалици. У питању је израда коцкице за јамб, коју смо израђивали из цилиндричног почетног материјала од алуминијума на ове две машине. Такође су одрађене моделне форме и симулације у новијем софверу за CAD/CAM технологију под именом ЕСПРИТ (ESPRIT), из којег смо одговарајућим пост процесорима добили и NC кодове као и извештаје са свим параметрима, алатима, координатним системима, временима итд.

Кључне речи: CAD/CAM, ESPRIT, стругање, глодање, моделирање, симулација.

Abstract

In work are presents the abilities of the center for horizontal scraping. The idea is that by practical work be shown that it is much easier and more reliable when the accuracy is concerned, do the processing in much less intervention and the phase at the processing center for scraping, opposite the milling machine. It's about making a cube , which we made from a cylindrical starting material of aluminum on these two machines. Also modeled forms and simulations were developed in the newer software for CAD / CAM technology which is called ESPRIT, from which we received the corresponding NC codes with post processors as well as reports with all parameters, tools, coordinate systems, times, etc.

Key words : CAD/CAM, ESPRIT, turning, milling, modeling, simulation.

Садржај

Увод	6
1. Обрадни центар за хоризонтално стругање	7
1.1. Историјат стругова	7
1.2. Обрадни центри	9
1.3. Општи појмови обрадног центра за стругање	9
1.3.1. Обрадни центар за хоризонтално стругање	10
1.3.2. Обрадни центри за хоризонтално стругање са више оса	11
2. CAD/CAM технологија	12
2.1. ЕСПРИТ (ESPRIT)	14
3. Практична израда	16
3.1. Обрадни центар за хоризонтално стругање на којем је вршена израда практичног рада “DOOSAN PUMA 2600Y”	17
3.2. Техничка цртежи предмета израде	20
3.3. Израда на обрадном центру за хоризонтално стругање	22
3.4. Израда на троосној CNC глодалици	29
4. NC кодови (Г - кодови)	36
4.1. NC код за обраду на обрадном центру за хоризонтално стругање	36
4.2. NC код за обраду на троосној CNC глодалици	38
Закључак	43
Литература	45
Прилог раду	46
• Софтверски извештај за обраду на обрадном центру за хоризонтално стругање	46
• Софтверски извештај за обраду на троосној CNC глодалици	50

Увод

У данашње време, индустрија тежи за великим добитком на продуктивности израде, као и на квалитету, првенствено то јесте циљ сваког произвођача, јер ће му баш продуктивност и квалитет донети капитал. Да би се оствариле ове наведене ставке, битну улогу има сама технологија која се користи у индустрији, почевши од модернизације самих машина, као и увођења CAD/CAM технологија у читаву индустрију.

Модернизација машина алатки допринела је ефетивности саме израде, првенствено зато што се користе и рачунари за саму израду, који помажу решавању проблема. Конкретно због малих серија у производњи да би се смањило време припреме и израде, технологија CAD/CAM је јако напредовала и омогућила велики напредак у производњи. Уз све то, машине су напредовале у правцу поседовања више оса у чијој комбинацији са CAD/CAM технологијом, тежи се ка својим циљевима, односно повећава се продуктивност производње, добија се бољи квалитет, смањују се трошкови израде, могу се израђивати иновативније и компликованије геометрије, добија се већа тачност приликом израде, већа је постојаност алата, смањује се време процеса обраде, итд. свака од ових ставки је јако битна у индустрији и ствара велики капитал.

Универзалне машине се и дан данас користе, али све мање и мање, замениле су их CNC машине и обрадни центри, пре свега зато што су им веће могућности израде, праве се са много бољим механичким перформансама, економски су исплатљивије, али и радницима је доста олакшано управљање.

Конкретно машина на којој је вршена израда показног предмета ради добијања специфичности, јесте обрадни центар за хоризонтално стругање, која поседује четири осе, као и погоњене алате, што омогућава поред обраде стругањем и глодање, бушење и брушење. Ове могућности омогућавају пре свега већу тачност израде због мањег броја стезања предмета обраде, где се добија на времену које ће омогућити повећање продуктивности.

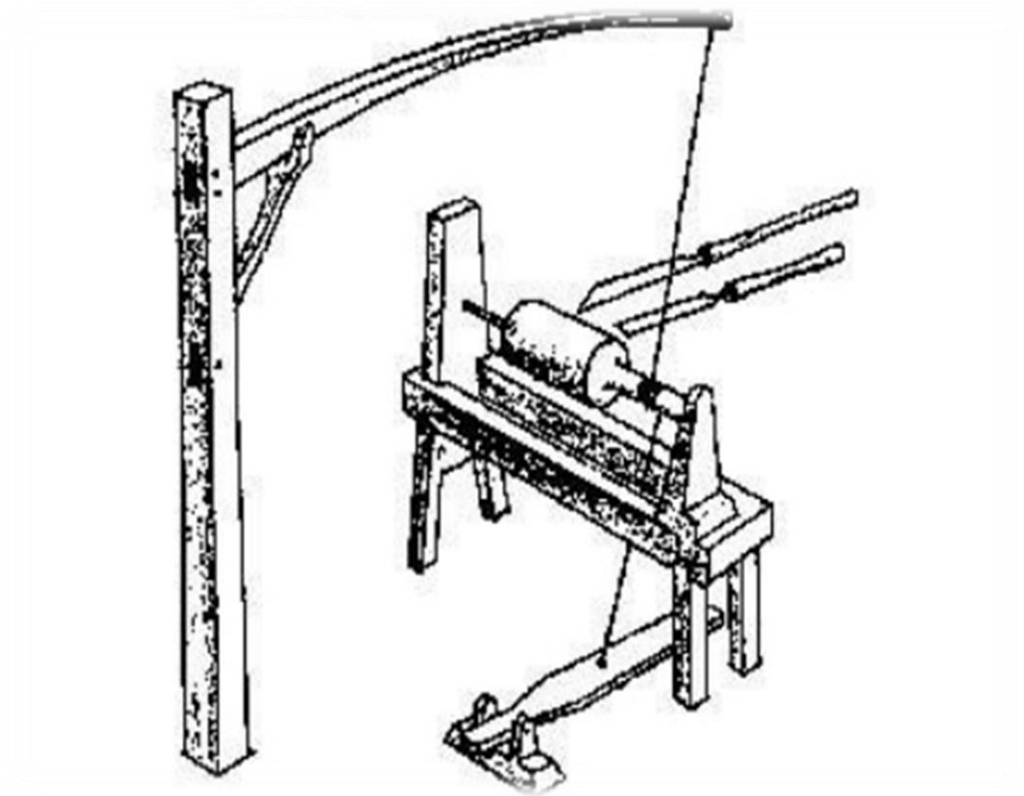
1. Обрадни центар за хоризонтално стругање

1.1. Историјат стругова

1300 пне – средњи век

Струг је древна машина која је датирала из древног Египта и познато је да су је такође користили и у Асирији и у Древној Грчкој. Порекло настанка струга се креће око 1300 године пре нове ере када су древни Египћани развили струг, који је радио по принципу да један човек окретао цилиндрични обрадак ужетом, док је други користио оштар алат за обликовање контуре, у већини случајева, обрадак је био од дрвета. Стари Римљани су побољшали египатски дизајн уз додатак лука. Тако да су се у средњем веку користиле две варијанте стругања:

- струг са стубом (Слика)
- струг са луком



Слика 1 - Струг са стубом [2]

Прва претеча струга за коју се тачно зна година када је конструисана јесте хоризонтална бушилица која је направљена 1722. године у Ројал Арсеналу (Royal Arsenal) у Булвичу (Woolwich). Била је погоњена коњима, основна сврха ове машине била је производња оружја које се користило у америчком рату крајем 18. века. Кључна

карактеристика ове машине јесте њен начин функционисања. Током обраде, алат мирује, док се предмет обраде ротационо креће, што уствари представља прву машину за бушење и стругање. Хенри Маудсли (Henry Maudslay) који је касније нанео много побољшања на стругу, радио је у Ројал Арсеналу од 1783. године где је и радио за том машином, како литература налаже [2].



Слика 2 - Хоризонтална бушилица у Вулвичу као претеча хоризонталног струга [2]

Током индустријске револуције механичка снага произведена уз помоћ воде или парног погона искоришћена је за погон код стругова, помоћу линијских вратила, добијајући брз и једноставнији рад. То је поспешило да се машине развију у теже машине које ће поседовати дебље и круће делове.

Друга индустријска револуција крајем 19. века и почетком 20. века довела је до нових техничких открића као и велики напредак у науци. Открићем нафте, изумом мотора, као и проналаска поступка производње челика, подстакнут је развој тешке индустрије, као и добијање нових и постојанијих алата који су се користили на разним машинама, што је олакшало и побољшало производњу у бродоградњи, аутомобилској и авио индустрији.

Од 1950. године па на даље, управљачке јединице уводе се код машина, како се повећава прецизност саме машине. У наредних тридесетак година напредак рачунара има велики утицај на развој машина алатки. Додавањем нумеричких управљачких јединица, класични стругови постају нумерички контролисани стругови. Овакви

нумерички контролисани стругови вршили су обраду по прочитаним командама са избушених картица и тај програм се није могао мењати. Даљим развојем управљачких јединица и додавањем микропроцесора добијале су се CNC алатне машине на којима је омогућена измена обраде на самој машини, чиме се повећавала флексибилност саме машине [2].

1.2. Обрадни центри

Обрадни центри (енг. Machining Centers) су машине алатке са CNC управљањем, које имају у свом машинском систему магацин алата са аутоматским измењивачем. Могу се користити у индустрији прераде метала као и друге CNC машине алатке у виду аутономних обрадних система. Уколико обрадни центри имају и систем за аутоматску измену обрадака, могу се интегрисати у флексибилни технолошки систем. С обзиром да се на обрадним центрима одвија процес резања, они су основни модули за конфигурисање флексибилног технолошког система.

Обрадни центри могу бити у зависности од правца осе главног кретања вретена - хоризонтални или вертикални, у зависности од броја главних вретена – једновретени или вишевретени, могу бити са стандардним системом алата или са главама за вишеосну обраду и са низом додатних модула и технолошких функција за различите врсте обраде.

За разлику од CNC машина алатки, нису конструкцијски орјентисани одређеној врсти обраде, или пак макроеометрији обрађене површине. С обзиром да имају магацин са различитим алатима и да могу изводити вишеосна релативна кретања алата у односу на обрадак, успешно се користе за стругање, простругивање, све врсте глодања и бушења, брушења, обрада навоја и неке операције мерења и контроле током обрадног процеса. На обрадним центрима се могу високо квалитетно обрађивати равне, цилиндричне, конусне, завојне и просторне сложене површине на обратцима у најразличитијим режимским условима, што даје изузетан квалитет овим високо флексибилним обрадним системима[4].

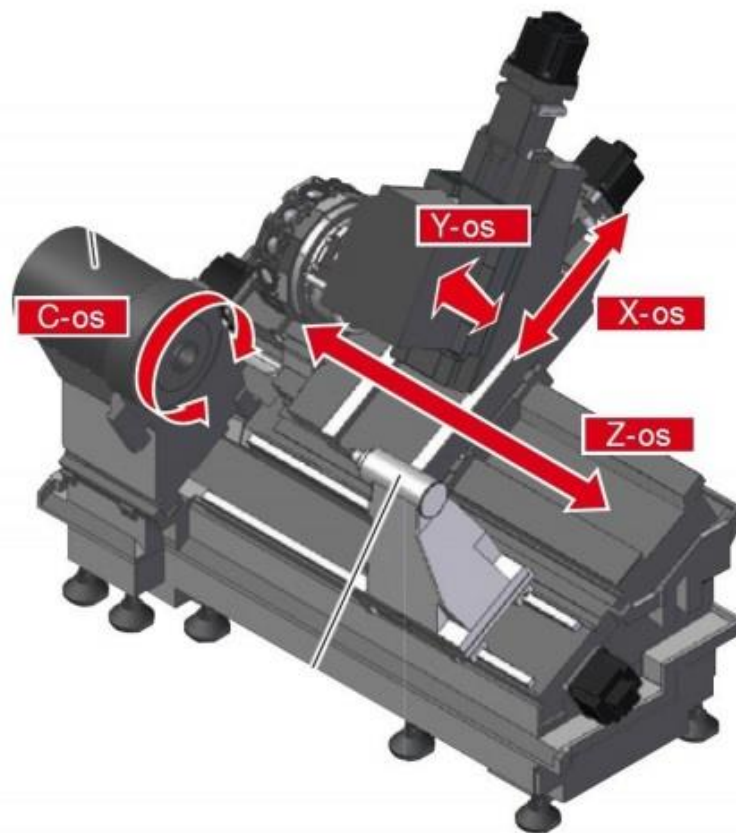
1.3. Општи појмови обрадног центра за стругање

Обрадни центар је нумерички управљан струг за машинску обраду која поседује нумерички контролисану С (Ц) осу, а револвер глава осим не погоњених алата поседује и погоњене резне алате који омогућавају глодање, бушење и брушење. Ови обрадни центари користе се код сложених ротационо симетричних и не симетричних површина, где не постоји само обрада ротационим стругањем, већ се врши и глодање, бушење или брушење. Овакве операције су првенствено омогућене да се обрадак не би премештао са машине на машину, што може изазвати проблеме, посебно код обрадака изузетно великих маса, зато је омогућено да се све или скоро све операције изврше на обрадном центру, чак шта више можда у само једном стезању. Овако се постиже висока тачност

димензија као и међусобна тачност обрађених површина (симетричност, равност, концентричност, итд), што је карактеристика обраде у једном центрирању и стезању предмета обраде. Овде се практично могу обрађивати све површине, осим оне која је у стезној глави, али и то се може решити употребом обрадног центра за стругање са два главна вретена. У том случају, након обраде у једном главном вретену, обрадак се пребацује у помоћно главно вретено да би се извршила обрада површина које нису биле доступне. Овако се може добити велика уштеда времена израде на обрадном центру за стругање у односу на коришћење више машина алатки [3].

1.3.1. Обрадни центар за хоризонтално стругање

Обрадни центар за хоризонтално стругање представља машину са главним вретеном постављеним у хоризонталном (водоравном) положају. Овакви обрадни центри су примењиванији и чешће се могу видети од вертикалних. Хоризонтални обрадни центри морају имати три нумерички контролисане осе X, Z и C. Обрадни центри са четири осе имају потпуно другачији концепт од овога са три осе, јер је четврта праволинијска оса Y додата револверској глави и та оса има смисла само код обраде са погоњеним алатима. Дакле, носач алата односно револверска глава има три праволинијске осе X, Y, Z, док се ротацијска C оса јавља код главног кретања, односно предмета обраде.



Слика 3 - Изглед обрадног центра за хоризонтално стругање са 4 осе [13]

1.3.2. Обрадни центри за хоризонтално стругање са више оса

Хоризонтално обрадни центри за стругање са више од четири оса су специјални обрадни центри са две револверашке главе и са по три осе кретања по свакој револвер глави. Овакви обрадни центри су јако ефикасни и економични, користе се за сложеније геометрије као и за добијању на времену.



Слика 4 – Обрадни центар за хоризонтално стругање са више оса, у овом случају 7 оса [14]

Највећи недостатак примене вишеосних машина је то што се због већег броја веза између покретних делова на машини може појавити смањена крутост. Иако конструктори машина улажу велике напоре за отклањање ових недостатака, код преносних механичких елемената ова појава ће код већине машина бити присутна.

2. CAD/CAM технологија

Системи за конструисање помоћу рачунара развијају се још од 60-тих година прошлог века. Велику експанзију доживели су појавом персоналних рачунара. Тако се до половине 80-тих година XX века њихова примена везује углавном за мали број корисника у мањевише специјализованим одељењима напредних фирми. Дакле, доступност ових система већини инжењера била је онемогућена или знатно умањена. од тог времена бележи се нагли пораст броја корисника и увођење CAD система у далеко ширу употребу. Сигурно је да овакав развој ситуације треба довести у везу са продорима у рачунарској техници, односно знатном побољшању перформанси, прво графичких радних станица, а затим и персоналних рачунара. Те донели су и оснивање данас водећих произвођача CAD система. Јасно је да су први системи ове врсте били неупоредиво скромнијих могућности од данашњих. Међутим, поред продора у рачунарско-информационим технологијама, огроман утицај на појаву високо квалитетних програмских пакета за пројектовање производа и процеса какве данас познајемо имао је и велики напредак у пратећим математичким дисциплинама и техникама програмирања.

CAD/CAM (“Computer Aided Design”- CAD и “Computer Aided Manufacturing” – CAM), представљају пројектовање помоћу рачунара и рачунаром подржану производњу. Ове технологије представљају скуп савремених научних, техничких и информационих дисциплина усмерених ка изучавању и примени метода брзог развоја производа и процеса. Њихова примена одређује ниво конкурентности и квалитета производних фирми и може се сматрати окосницом модерних конструкционо-производних активности. Са обзиром да обједињавају знања из неколико техничко-технолошких дисциплина, CAD/CAM технологије омогућавају интегрално конструисање производа и пројектовање технолошко-производних процеса. Као резултат њихове примене може се очекивати значајно подизање нивоа ефикасности, продуктивности и квалитета, како пратећих активности, тако и самих производа.

Да би адекватно одговорили изазовима (заједничког, колаборативног) развоја производа и/или извођења производних процеса, запослени поред техничких квалификација, морају поседовати и компетенције из области информационих и комуникационих технологија, у које спадају и CAD/CAM технологије. Такве компетенције одређују конкурентску способност и профитабилно опстајање на глобалном тржишту. Образовање производних инжењера и менаџера у области CAD/CAM технологија представља основ сарадње и тимског рада на развоју и реализацији производа у конкурентним производним системима.

CAD/CAM технологије се примењују приликом решавања различитих инжењерских, истраживачко-развојних и индустријских проблема. Данас постоји велики број квалитетних софтверских пакета за ту намену, које, са једне стране, карактеришу посебне специфичности, а са друге их одликују исти основни принципи. Зато је намера

била извршити, на известан начин, систематизацију концепата и принципа који су основа сваког од најчешће примењиванијих система за просторно моделирање производа и процеса. Другим речима, циљ изложене материје је да у кратким цртама опише суштину функционисања данашњих CAD/CAM технологија и укаже на значај њихове примене.[1]

Дакле, примена савремених CAD система, подразумева стварање 3D геометријског модела производа применом моделских форми. Карактеристике моделских форми и читавог модела су параметарски описане, што доприноси високом нивоу флексибилности током развоја производа и његове даље употребе. Приказивање, односно визуелизација, геометријских модела на екрану рачунара може се извести на више начина. Који ће се од начина изабрати зависи од врсте и сложености производа и потреба конструктора. За време развоја производа стално се јавља потреба за различитим начинима приказивања, како у циљу провера и контрола геометрије производа, тако и због олакшавања појединих поступака конструисања. Због тога модерни CAD системи поседују функције које кориснику омогућавају веома лак и брз прелазак са једне на неку другу врсту модела.

У светлу рачунарске подршке и интеграције релевантних производних функција и активности за ову намену користе се CAM системи, односно програмски системи за рачунаром подржану производњу. CAM системи имају широко значење, са обзиром да, у општем случају покривају велики број функција и активности које припадају различитим областима производних система, техника и технологија. Генерално, CAM системи представљају програмске алате који подржавају интензивну употребу рачунара за планирање и пројектовање производних и технолошких процеса и операција и управљање производњом, односно производним процесима. Имајући у виду савремене начине развоја производа и пратећих процеса, може се рећи да CAM системи чине логичан наставак CAD система. Стога се данас ови системи све ређе срећу као независни, већ као интегрисани под системи шире класе CAD/CAM система. Као такви поседују велику поузданост, а пружају значајне предности и у погледу асоцијативности са осталим моделима развијеним у оквиру истог система. Међутим, и у случајевима примене различитих CAM система њихови произвођачи настоје да обезбеде добре могућности повезивања са интегралним системима за развој производа и процеса. Тиме омогућавају колаборативни рад развојних тимова који користе различите програмске системе, тј. развој конструкција базирају на различитим програмским платформама[1].

Неки од софтвера који се данас користе за ове технологије јесу:

CATIA, Solid CAM, MasterCAM, FreeMill, ESPRIT, Dolphin CAD/CAM и многи други [5].

2.1. ЕСПРИТ (ESPRIT)

Есприт (ESPRIT) је моћан CAM систем са пуним спектром функција за CNC програмирање, оптимизацију и симулацију, подржавајући цео производни процес од CAD датотеке до обрађеног дела. Са фабричким сертификованим пост процесорима који испоручују G-код који оптимизује машину и способност ЕСПРИТ-а да реши јединствене изазове са аутоматизацијским решењима изграђеним помоћу АПИ (API) софтвера. Есприт је паметно решење у производњи за било коју машинску апликацију. Када комбинујете ове погодности са техничком подршком светске класе која омогућава програмерима да брзо започну и да наставе да раде на врхунској ефикасности. Развијен је од стране компаније “DP Technology”. Есприт се од првих дана развијао та CNC управљану производњу. DP Technology инвестира 20% свог годишњег промета у развој софтвера са циљем изградње водеће позиције у области CAM софтвера. Поседује стандардно “Windows” окружење (Слика 6) [6].



Слика 5 - Лого софтвера [7]

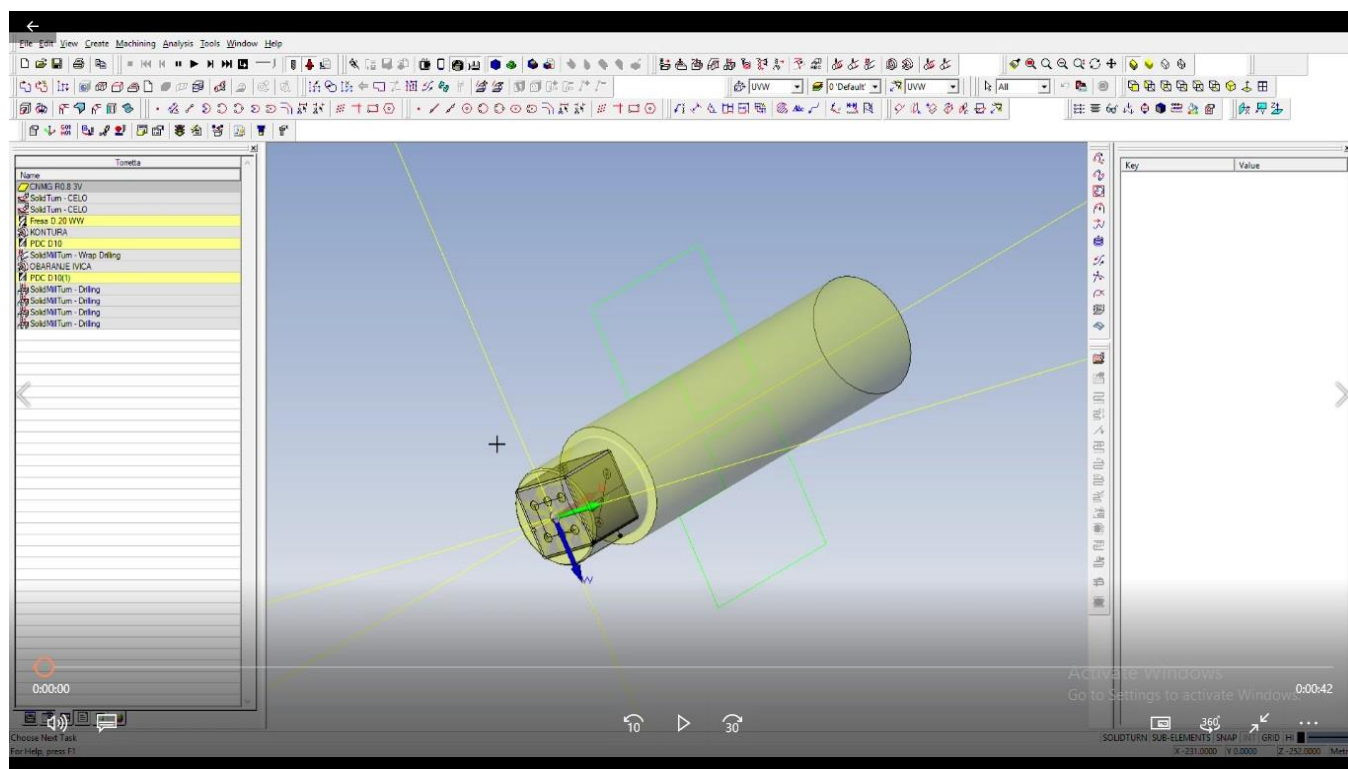
Есприт има доступност на 15 светских језика, такође из неких не поузданих извора имамо информацију да га користи преко 15.000 светских компанија. Људи који су конструктори овог софтвера, дали су му способност управљања и коришћења на најсавременијим машинама данашњице када је у питању производња у машинској индустрији. Како има способност коришћења на најсавременијим машинама, тако има способност програмирања за изузетно захтевне геометрије, почев од сектора производње за медицинску сврху, па до авио индустрије [8].

Овај софтвер се све више користи у индустрији, првенствено због лаког управљања њиме, упрошћен и једноставан приступ командама поспешују на бржем раду у овом софтверу. Такође, протеклих година, доста је напредовао, уведено је доста новина, што је омогућило моделирање још компликованијих комада, исто тако доступна су моделирања и за вишеосне машине, као и комплетне симулације од почетка до краја процеса израде у којима је уз дефинисање машине могуће дефинисање и алата, припремка и начина стезања, што поспешује на могућности контролисања алата због могућности ударања алата или стезне главе алата у стезне елементе предмета обраде. Такође је приступачнији када је у питању цена, за разлику од других познатијих софтвера, то је једна од ставки због којих се све више и више користи, а за ту јефтинију

цену се добије буквално све што и код познатијих софтвера.

ЕСПРИТ је направљен на стандардном макро језику Microsoft Visual Basic for Application (VBA), који је идеалан за изградњу макро програма код аутоматизованих задатака. Програм ЕСПРИТ омогућава увоз CAD модела из било ког CAD софтвера, без потребе да програмер врши измене на моделу или да га поново израђује. За машинирање у ЕСПРИТ-у може се користити површински, жичани модел и STL моделска форма. Употребом 100% геометријски дефинисаног модела елиминишу се све тешкоће при машинирању компликованих делова и драматично смањује време потребно за израду програма. Показало се да без грешке чита моделе из софтвера као што су: Autodesk, Catia, SolidWorks, Solid Edge, ACIS, Pro/ENGINEER, Unigraphics, и много других, јер су формални партнери са многим CAD компанијама [9].

Овај софтвер садржи библиотеку са великим бројем постпроцесора намењених за израду Г-кода (NC кода) прилагођеног управљачкој јединици машине на којој ће се користити. Неки од произвођача машина за које садржи постпроцесоре су : DMG MORI, Mazak, Okuma, FANUC, HAAS, Mitsubishi, итд. Добијени програм у текстуалном формату се може лако изменити помоћу “ESPRIT Editor-a” уколико за тим постоји потреба. Оно што треба истаћи да је програм отворене архитектуре који омогућава да се постпроцесор прилагоди специфичним захтевима машине, дајући на тај начин максимално искоришћење машине и оптималан квалитет израдка. ЕСПРИТ омогућава да се у радно окружење увезу и склопови стезних прибора, модели радног стола и целокупне машине.

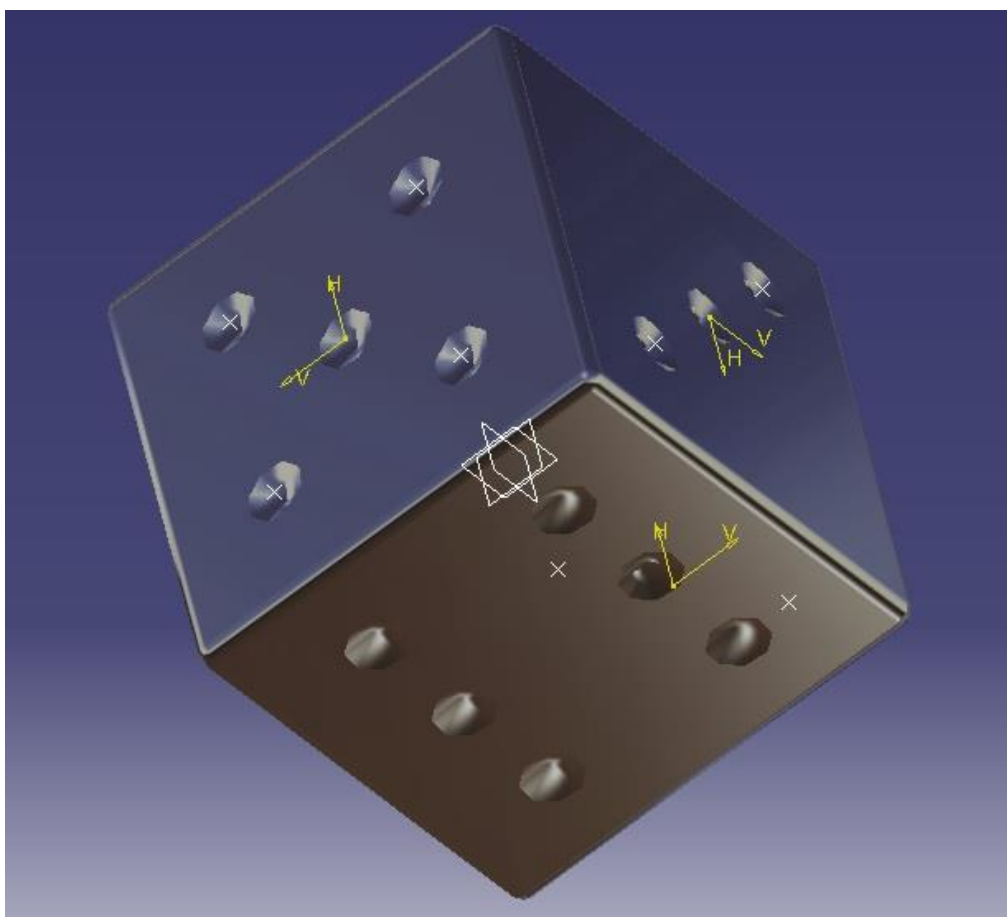


Слика 6 – Интерфејс Есприта

3. Практична израда

Процес саме израде коцкице за јамб на обрадном центру за хоризонтално стругање и на CNC глодалици, захтевало је да се сама идеја пренесе првенствено на папир, а зарим и у саме рачунаре, почев од техничке документације, избора материјала, алата, стезних глава итд. Одрађени су модели у CAD/CAM – у за обе варијанте. Када је моделирање завршено као и добијање NC кодова, долази до практичне израде.

Израда се вршила у потпуно чистим машинама без алата који су били потребни за израду, тако да је било могуће мерити време читавог процеса израде са све припремом за сам процес.



Слика 7 – Моделирана 3D коцкица са додатим материјалом

3.1.Обрадни центар за хоризонтално стругање на којем је вршена израда практичног рада “DOOSAN PUMA 2600Y”

Центари за стругање серије “PUMA 2600” су дизајнирани за тешко и прекидно стругање, постижу дуготрајну високу тачност и супериорне завршне површине. Велике брзине кретања доста смањују време у самом процесу. Располаже и са додатном Y осом, која у великој мери смањује потребу за секундарним радовима, елиминишући додатне трошкове постављања и руковања.



Слика 8 - Обрадни центар за хоризонтално стругање “Doosan PUMA 2600” [10]

Овај обрадни центар за обраду хоризонталним стругањем, управља се помоћу “FANUC i Series” управљачке јединице, која се користи као управљачка јединица код многих произвођача. Омогућава читање већине постпроцесорских програма, што олакшава израду на самој машини, због изостављања ручног писања NC кодова[11].



Слика 9 – Управљачка јединица “Fanuc i Series”

Главне карактеристике овог обрадног центра су:

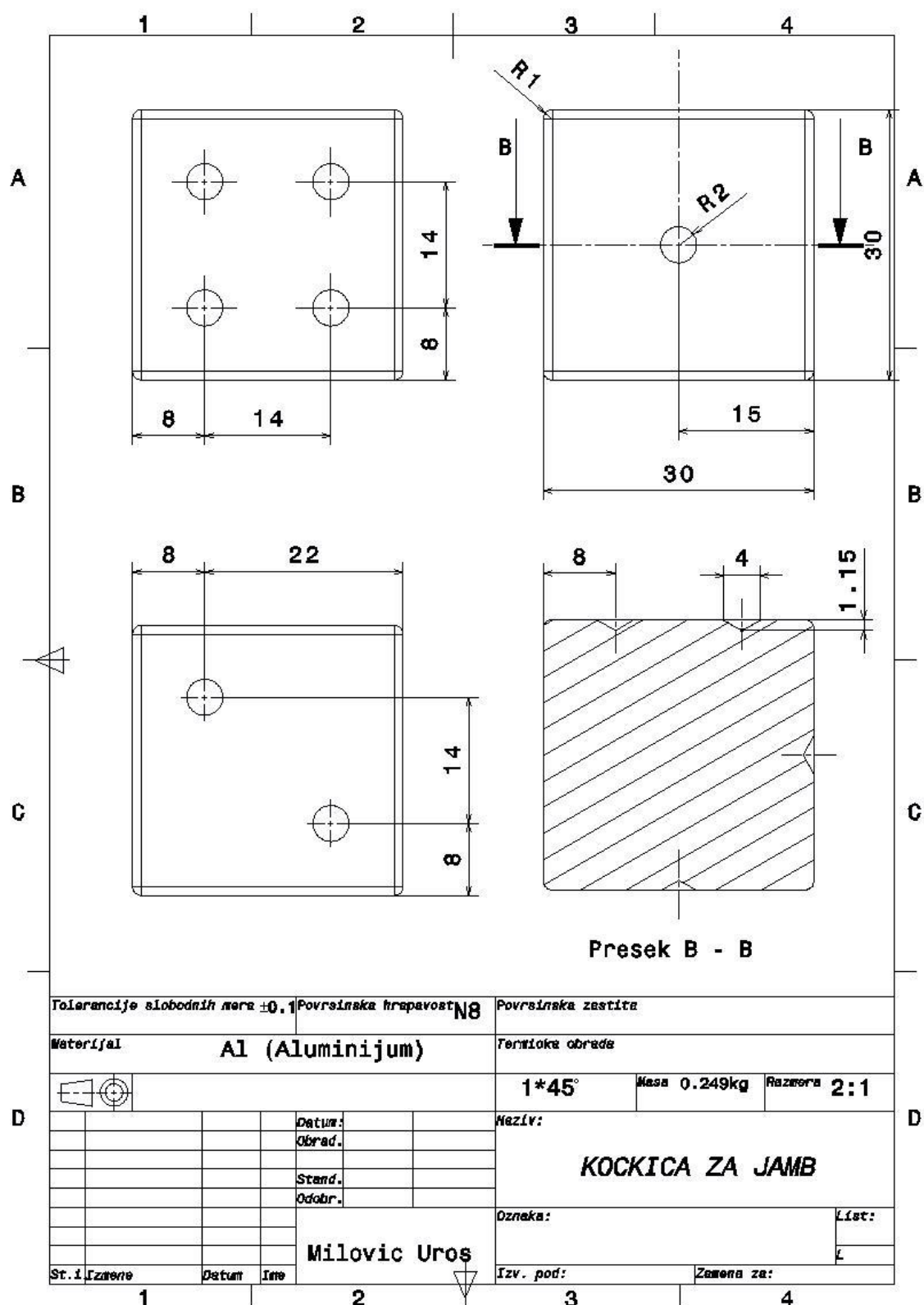
- Велика брзина вретена
- Могућности обраде глодањем, бушењем и брушењем
- Заштита против трења
- Систем за надзор алата – детекција хабања
- Електронско лимитирање и заустављање обртног момента
- Конструкција је веома чврста
- Поседује сетер алата
- ЕЗ водич (Ezreal Guide) и конверзацијско програмирање, итд.

Спецификације:

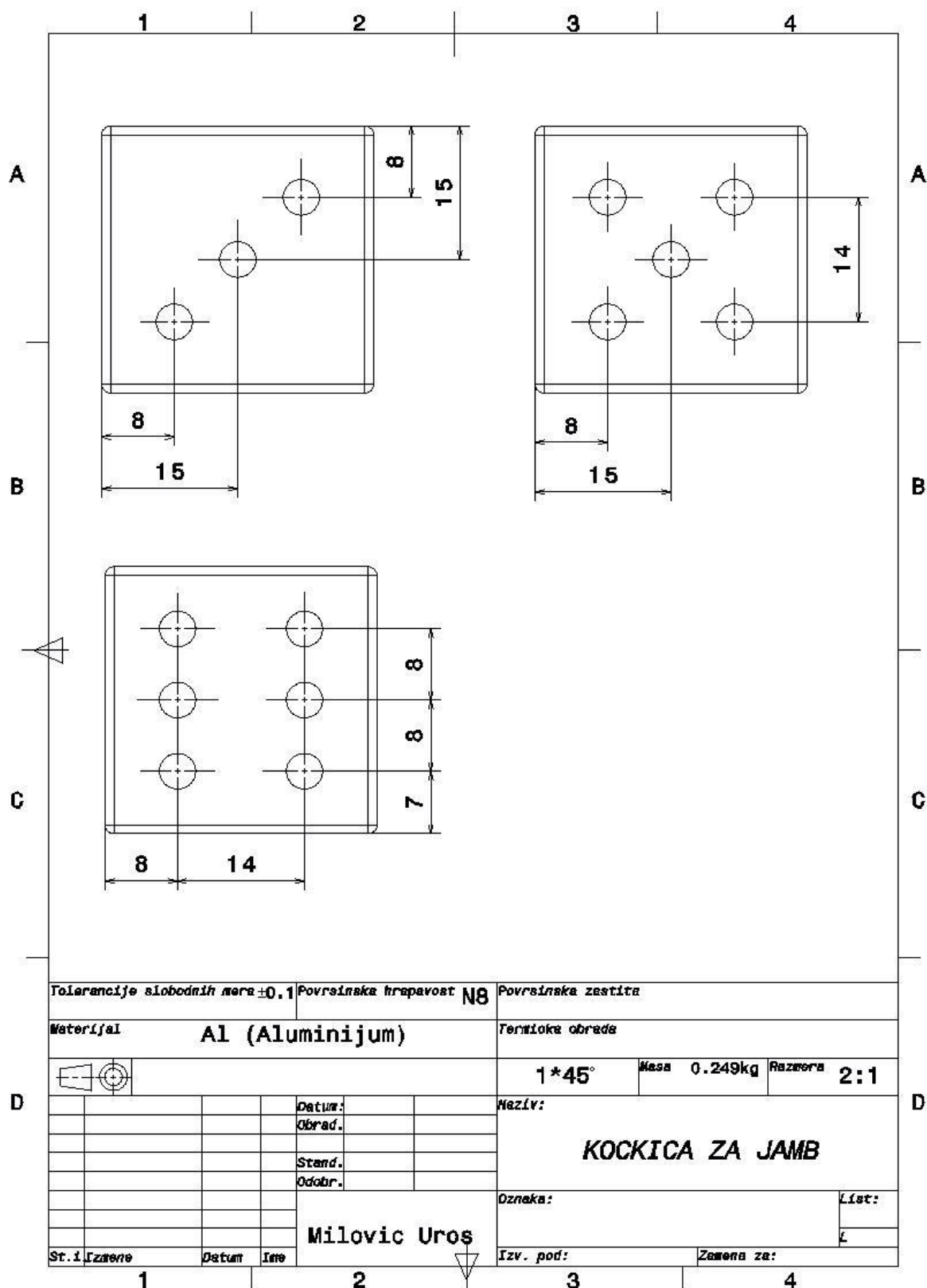
Табела 1 – Спецификације обрадног центра “Doosan Puma 2600Y” [11]

Максимални пречник стругања	376 mm
Максимална дужина стругања	760 mm
Пречник цеви у обртној глави	77 mm
Брзина обртања	3500 r/min
Дистанца кретање по X оси	260 mm
Дистанца кретање по Z оси	830 mm
Брзина кретања по X оси	30 m/min
Брзина кретања по Z оси	30 m/min
Број станица на револверској глави	12
Број позиција на револверској глави	24 (12x2)
Могући пречник за држач алата	25 mm
Брзина кретања у C оси	400 r/mm
Дистанца кретања по Y оси	105 mm
Брзина кретања по Y оси	10 m/min
Минимални угао бацања у C оси	0.001 deg

3.2. Техничка цртежи предмета израде



Слика 10 – Технички цртеж коцке у прве три пројекције



Слика 11 - Технички цртеж коцке у друге три пројекције

3.3.Израда на обрадном центру за хоризонтално стругање

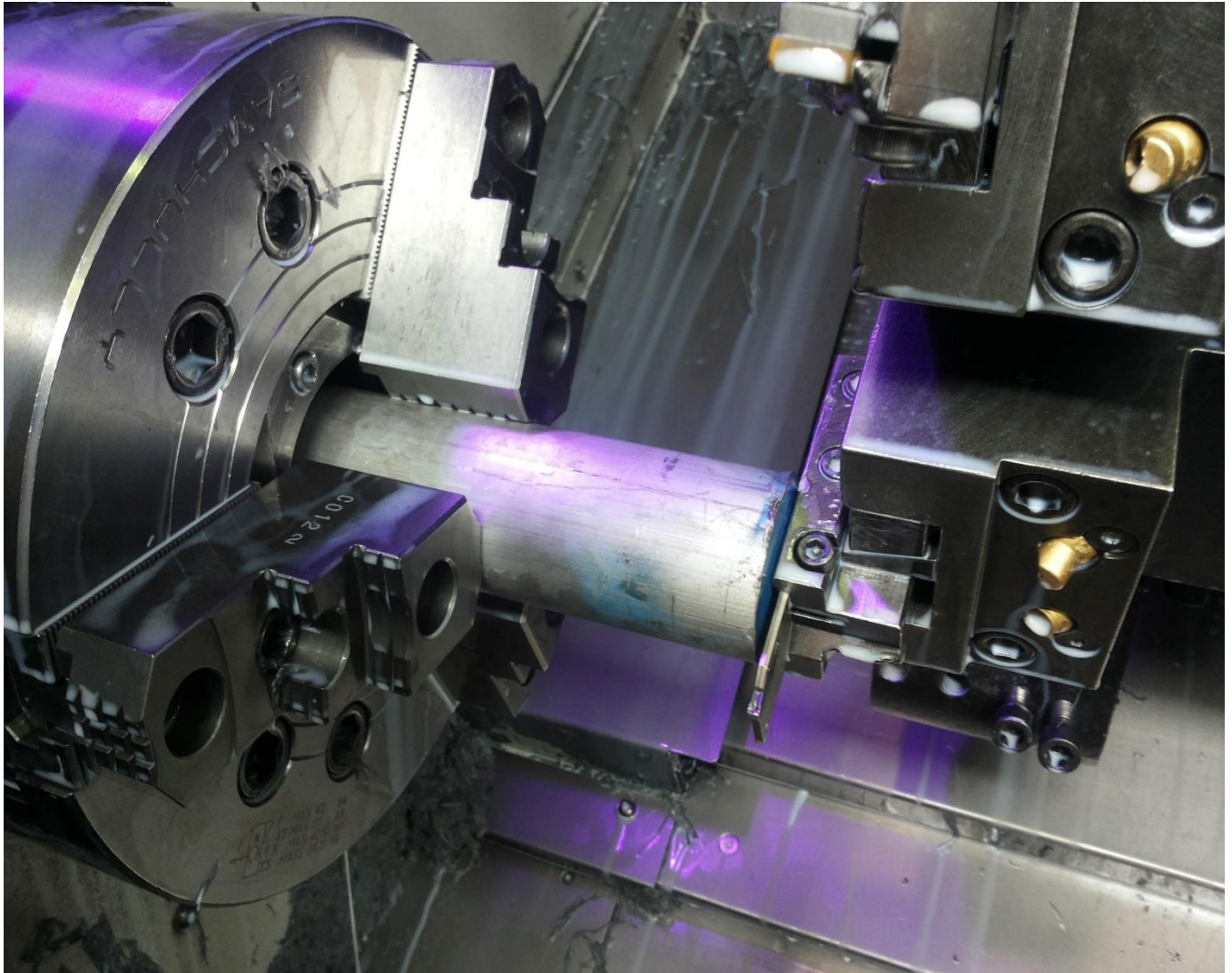
Израда се вршила на већ наведеној машини “Doosan Puma 2600Y” , први корак јесте био пребацивање NC кода у машину, и провера оператера да ли је постпроцесор све превео како треба. Такође ова машина омогућава и приказ симулације која указује оператерима да ли је све како треба и да ли треба доћи до измена.



Слика 12 – Приказ симулације са параметрима и NC кодом

Након прегледа симулације и NC кода, оператер разматра који су алати потребни за израду. Када су сви алати спремни, почиње фаза у којој се поставља одговарајућа стезна глава за цилиндричне обрадке, у овом случају је то била стезна глава са три футера. Припремак је од алуминијумске шипке која је у пречнику 50mm. Из стезне главе је морала да изађе 95mm због прилаза алата, да не би носачи алата ударали у стезну главу приликом обраде. Након тога, дошло је до захвата на припремку и постављање алата у револверску главу, а онда и премеравање алата и налажење нуле.

Све ове делатности, улазе у укупно време израде, док је само ово време припреме, које је било 33 минута.



Слика 13 - Захват припремка и одређивање нуле

На овој слици смо показали стезну главу са стегнутим припремком, као и алат за одсецање у свом држачу алата. У овом тренутку се одређују координате алата, односно одговарајући координатни систем за обраду.

Фазе израде:

- прва фаза - обрада чеоне површине (поравњање чела)
- друга фаза – добијање контуре

- трећа фаза – обарање ивице на чеоној површини и добијање броја шест
- четврта фаза – обрада бочних страница
- пета фаза – одсецање
- шеста фаза – обарање ивице и израда броја на одсеченој страни
-

У првој фази обраде ће се извршити обрада чеоне површине, скидањем материјала стругарским ножем са механички причвршћеном плочицом у облику ромба.



Слика 14 – Стругарски алат којим се уклањала чеона површина [12]

Затим у другој фази се на предмет обраде доводи вретенасто глодало пречника 20 mm, које се користило за добијање саме контуре коцкице, као и обарање бочних ивица. Битно је било обратити пажњу да дужина резног алата за глодање буде минимум 30mm, да би се испоштовала дужинска мера предмета обраде.



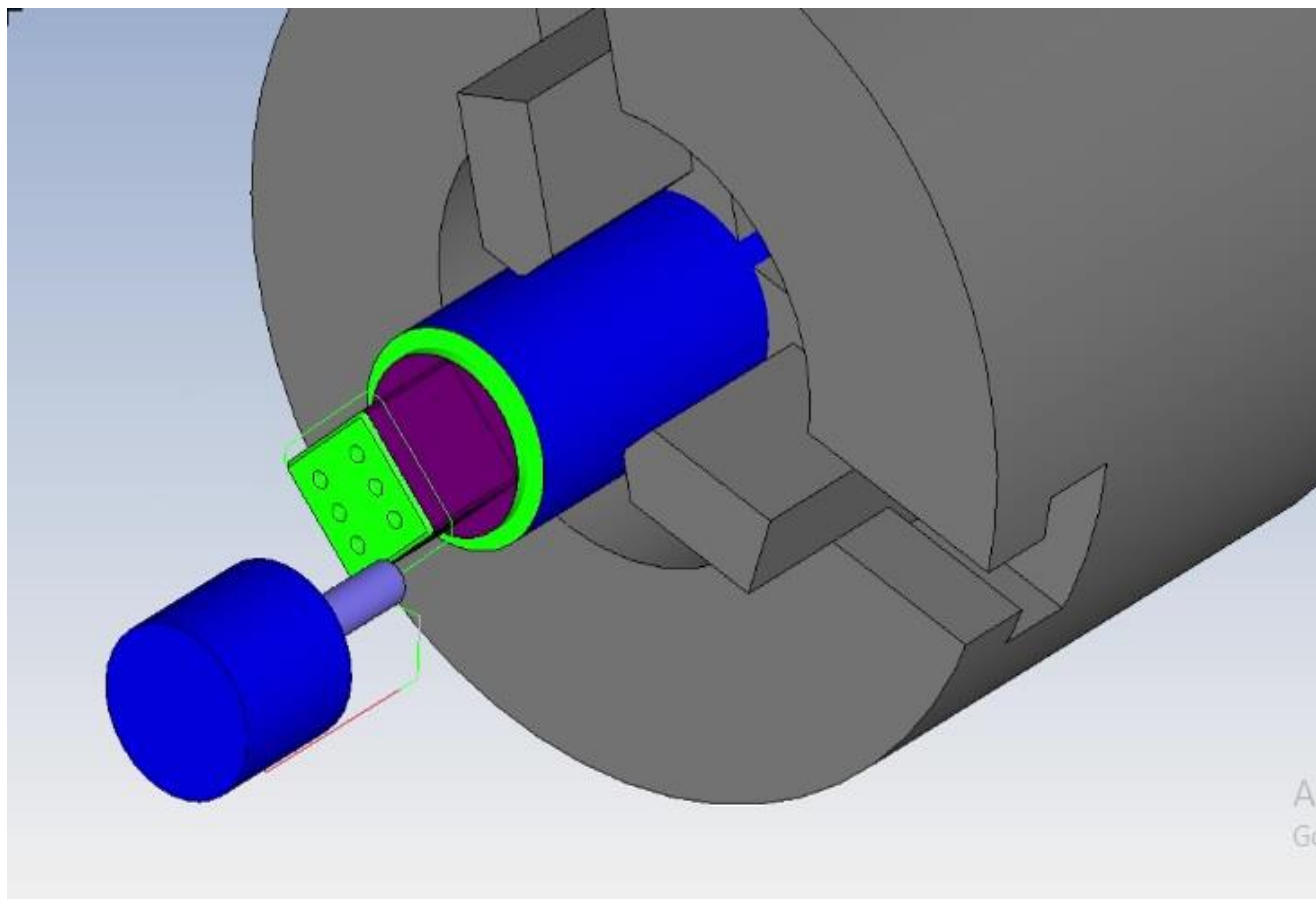
Слика 15 – Израда контуре

Ова фаза је временски најдужа, зато што се највише материјала уклања у овој овој фази. Било је потребно добро хлађење алата да не би се добиле квалитетно обрађене површине исто тако да не би дошло до хабања скувих алата. Хлађење и подмазивање се вршило емулзијом. Ова фаза трајала је 4 минута и 16 секунди.



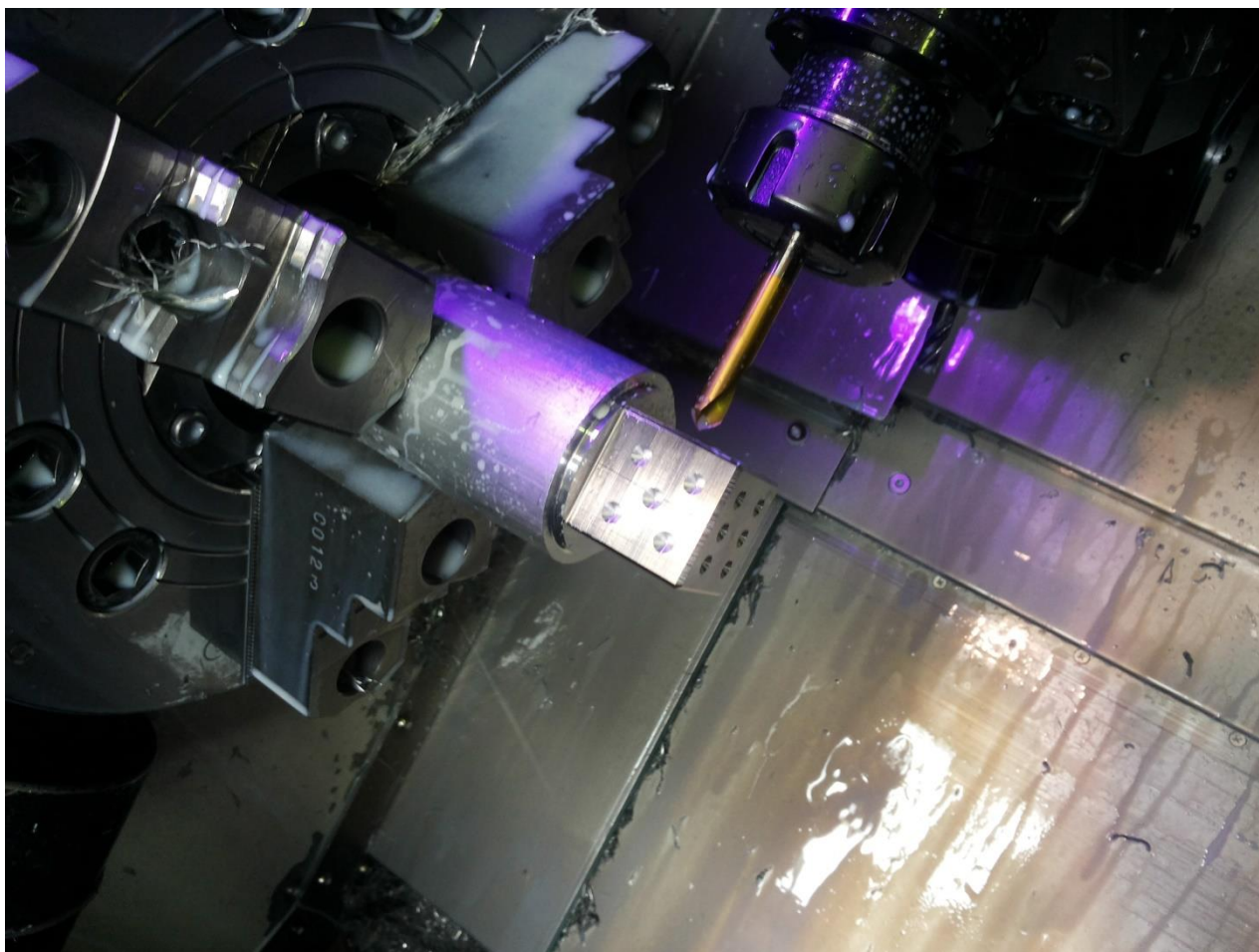
Слика 16 – Добијена контура

Наредна фаза јесте обарање ивице на чеоној површини и утискивање броја шест у виду шест рупица. Све ово се врши забушивачем. Док предмет обраде још увек има ротационо кретање, алат прави контурну путању и обара ивицу, затим се забушује број на чеоној површини.



Слика 17 – Приказ контурне путање при обарању ивице и утискивање тачкица на чеonoј површини

Након ове фазе доводимо машину у ону позицију када може показати могућности које поседује за разлику од троосних стругова. Механизација алата и четврта оса ће омогућити да се и на бочним странама утисну бројеви у виду тачкица и то све у истом хвату. Предмет обраде ће мировати када се обрађује свака од страница, док ће се алат кретати четвртом осом, а притом ће имати и ротационо кретање, чиме ће вршити забушивање тачкица. Завршавањем странице, предмет обраде се ротира за 90 степени и долази до обраде следеће странице. Наравно, све ове операције и фазе се врше у истом хвату предмета обраде.



Слика 18 – Обрада бочних страница

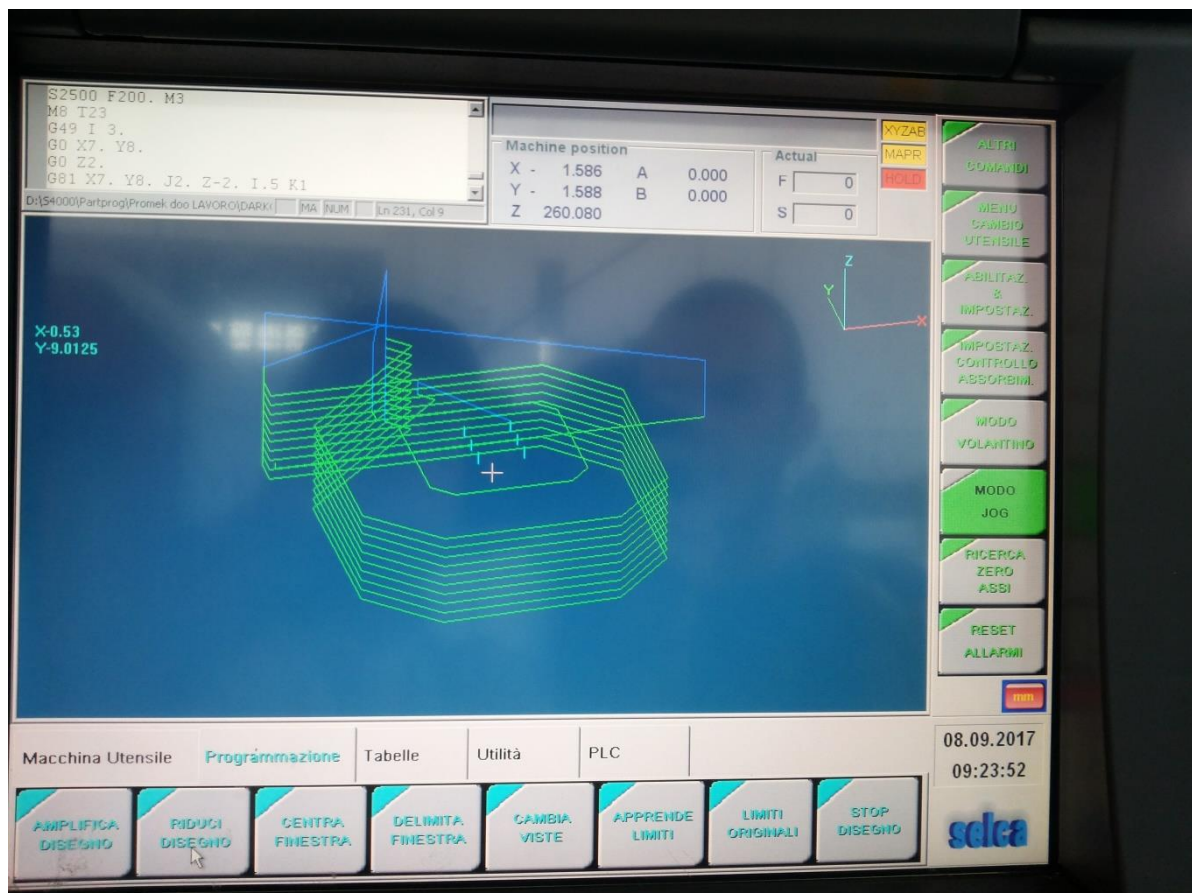
Пета фаза јесте фаза у којој је извршено одсецање комада, када се одрађивала друга фаза, односно добијање контуре, остављен је цилиндрични део иза контуре, па мањим пречником од припремног, како би се могло извршити одсецање. Ова операција се вршила стругарским ножем за одсецање ширине 3 mm, и трајала је 63 секунде по задатим параметрима.

Када се завршила обрада одсецањем, добили смо предмет који је обрађен са пет страна, што је захтевало да се изведе још једна фаза, у којој је било потребно оборити ивице на одсеченој страници, као и забушити последњи преостали број. Да би се то урадило на истој машини, било је потребно поставити стезну главу главу са четири стезне чељусти, како би се ухватио предмет обраде са свих страна. Истим принципом као и код треће фазе, где смо обарали ивицу на чеоној страни, оборићемо ивицу и на одсеченој страни, путања алата ће бити контура предмета обраде, а затим ће се забушивачем утиснути преостали број (јединица) у виду једне рупице.

3.4.Израда на троосној CNC глодалици

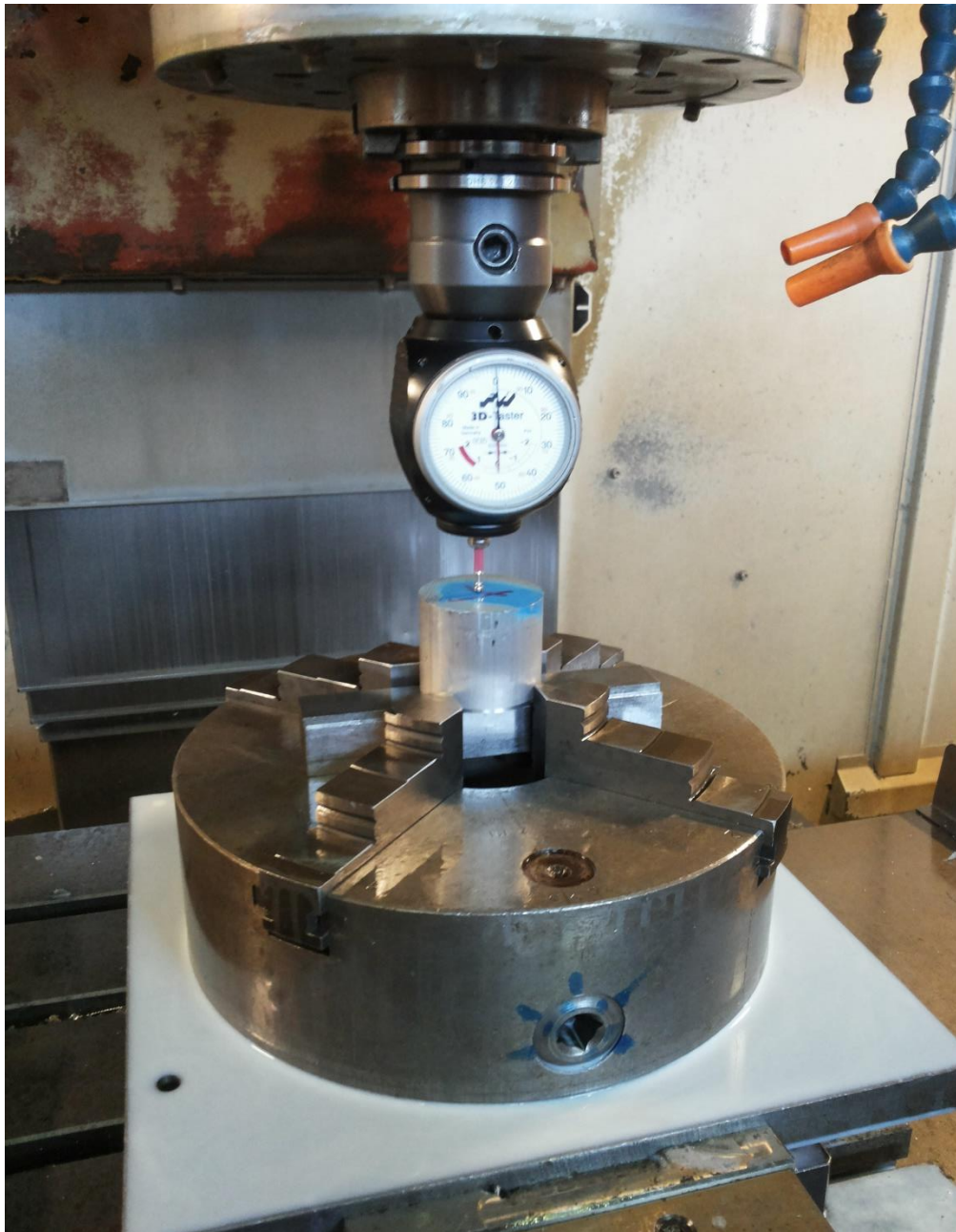
Да би показали неке специфичности односно предности и мане обрадног центра за хоризонтално стругање, одрађен је исти предмет и на троосној CNC глодалици. Глодалица на којој је вршена израда јесте марке “Awea BM1200” која користи “Selca S4040 DH” управљачку јединицу. Да не би оператер на машини ручно писао програм, такође је и за ову машину добијен NC код за израду путем CAD/CAM технологије у програму ЕСПРИТ (ESPRIT).

Као и код обрадног центра, за почетак, оператер је прво прочитао NC код у којем је дефинисан и избор алата, избор стезања, координатни систем, параметри итд. што је потребно пре свега за припрему машине за обраду, а касније и за тачност обраде. Ова управљачка јединица омогућује и приказ путање алата у виду симулације, која такође доста помаже оператерима за машином.



Слика 19 – Управљачка јединица на глодалици и приказ путање алата за прву фазу

После читања програма и гледања симулације, постављају се одговарајуће стезне чељусти на стезној глави на радном столу, јер је припремак цилиндричног облика, пречника 50 mm и висине 44 mm. Затим се постављају алати који су ласерски одмерени и прегледани од стране запослених који издају алате. Њихов задатак је да пакују алате, контролишу резне ивице на алатима, мере висине алата и задужују оператере који раде за машинама за те алате које су им издали. Након постављања алата, операте позиционира машину на задати координатни систем, што је предуслов за почетак прве фазе.



Слика 20 – Задавање координатног система машини

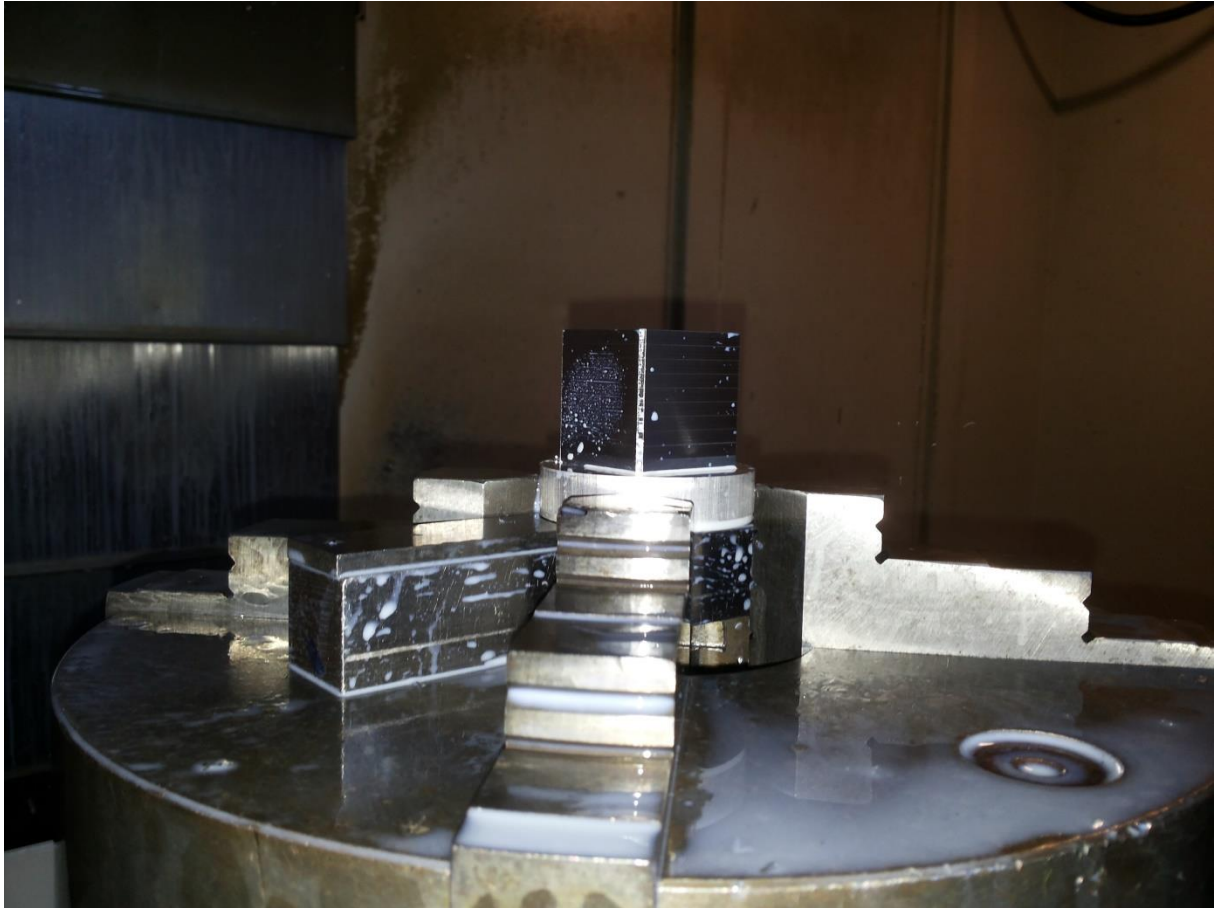
Фазе израде:

- прва фаза – равнање чеоне површине, ообрађивање контуре, обарање ивица по контури чеоне површине и израда броја на чеоној површини
- друга фаза – скидање материјала који је био у стезним чељустима, обарање ивица по контури на добијеној површини и израда броја на истој површини
- трећа фаза – израда броја на првој бочној површини
- четврта фаза – израда броја на другој бочној површини
- пета фаза – израда броја на трећој бочној површини
- шеста фаза – израда броја на четвртој бочној површини

У првом стезању припремка, односно у првој фази, користимо три алата, чије аутоматско мењање сама машина омогућава. У овој фази користимо чеоно глодало са механички причвршћеним плочицама за равнање чеоне површине, а након тога и за добијање контуре. Искоришћени су исти параметри које је оператер из CAD/CAM одељења препоручио.

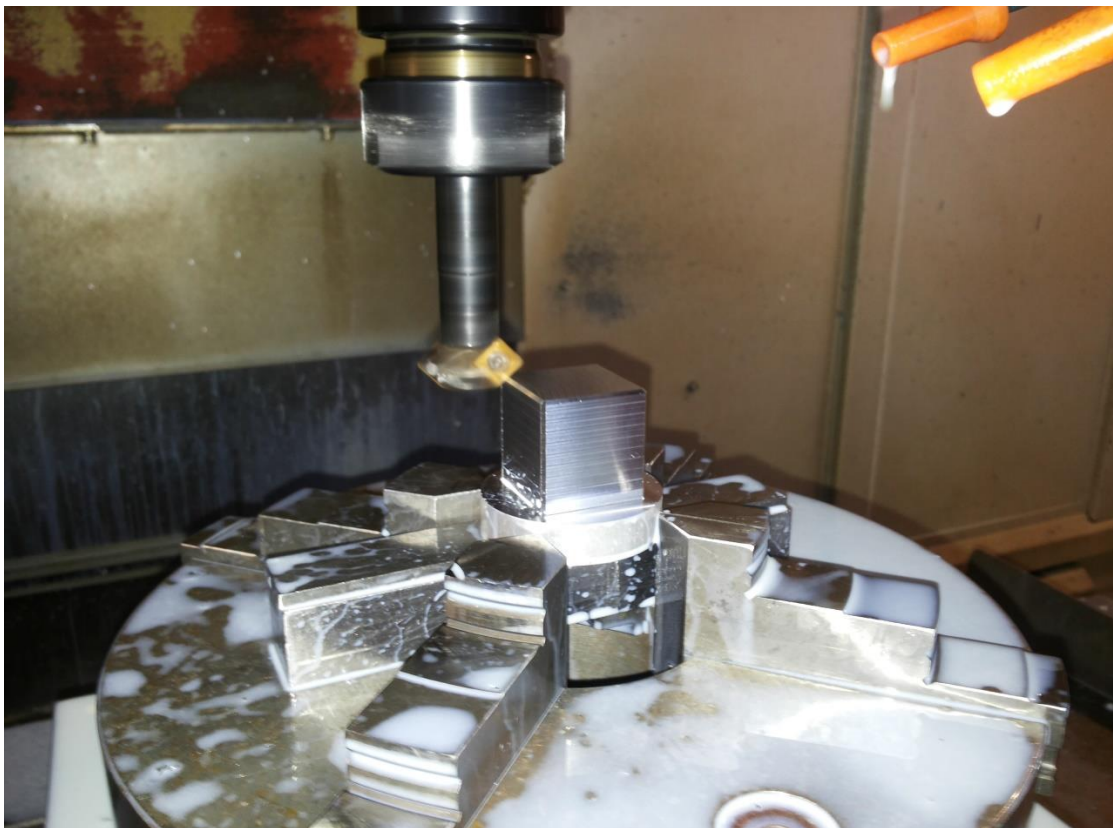


Слика 21 – Равнање и добијање контуре обрадом глодањем

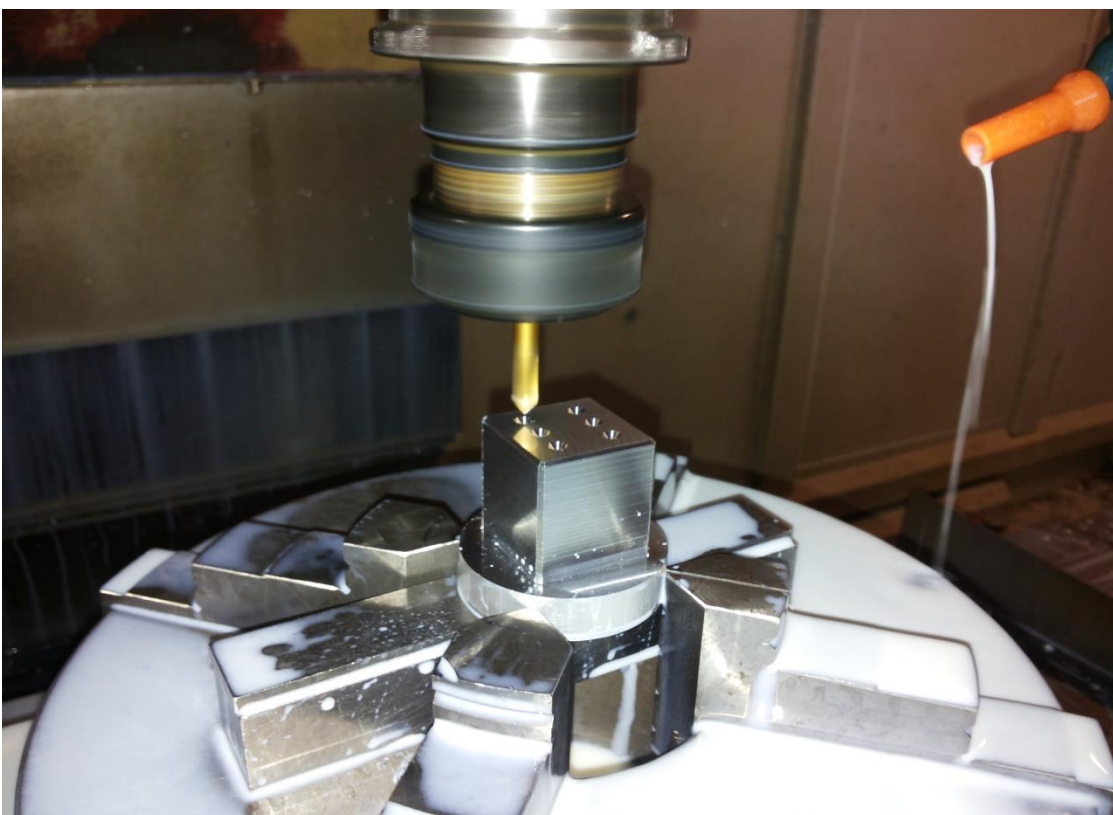


Слика 22 – Контура предмета обраде након обраде глодањем у првој фази

Након обраде глодањем, машина аутоматски врши замену алата и доводи алат за обарање ивица, које ће се вршити по контури чеоне површине, такође и ова операција је у истом стезању. А затим се доводи и алат за забушивање, којим ће се извршити обрада утискивања броја на чеоној површини у виду тачкица. Операцијом обраде забушивањем завршавамо прву фазу чије је време израде трајало 3 минута и 47 секунди.



Слика 23 – Обарање ивице на чеоној површини

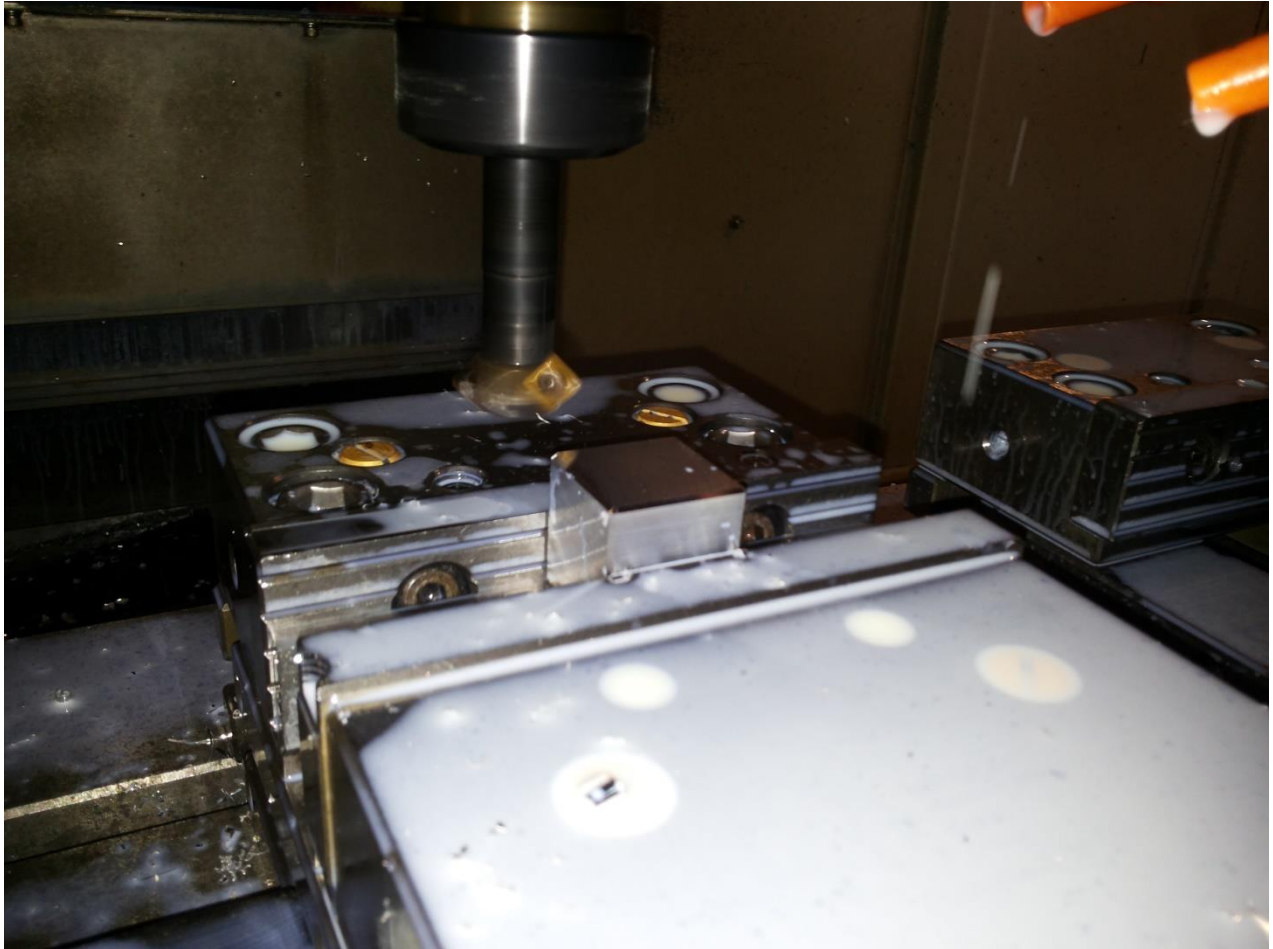


Слика 24 – Забушивање броја у виду тачкица на чеоној површини

Пре почетка друге фазе, долази до премештања предмета обраде са стезне главе на паралелну машинску стегу. Где се поставља нови координатни систем. У овој фази задатак је да се уклони материјал за који је припремак био стегнут у стезној глави. Када се уклони тај материјал, изравнаће се и леђна површина, тако да ће бити потребно само још оборити ивице по контури на леђној површини и утиснути број алатом за забушивање.



Слика 25 – Предмет обраде стегнут у машинској паралелној стези (припрема за другу фазу)



Слика 26 – Обарање ивице на леђној површини у другој фази

Када је завршена и друга фаза, долази до новог окретања предмета обраде, где ће у све преостале четири фазе бити потребно само утискивати бројеве забушивачем, тако да је оператер поставио граничник и позиционирао координатни систем, како не би за свако окретање поновно позиционирао координатни систем. Ове четири фазе имају релативно мало време обраде, али проблем представља то што после сваке фазе долази до пуштања предмета обраде из машинске стеге, заокретање предмета и поновно стезање.

4. NC кодови (Г - кодови)

4.1. NC код за обраду на обрадном центру за хоризонтално стругање

У кодовима се уочавају прореди који се јављају на местима где долази до промена алата, промена фаза, промена начина стезања, заокретања предмета обраде за дефинисани угао, прихвата другом стезном главом, итд.

%	G1X-12.039C-21.8
O0124(KOCKICA)	G2X-16.258C-21.801R2.756
G1900D55.L40.K1.	G1X-18.869C-21.256
	G2X-21.827C-19.777R2.733
T505(EST TAGL 3.1MM)	G1X-43.14C6.117
G0X250Z250	G2X-43.138C8.035R2.506
	G1X-42.05C9.34
T404(EST CORTA)M8	G2X-39.361C10.683R2.483
G92S1500	G1X12.427C21.339
G96S250M3P11	G2X15.88C21.338R2.256
G0X60Z2.5	G1X18.491C20.793
Y-0.6	G2X20.906C19.583R2.233
G72W1R1	G1X42.218C-6.31
G72P10Q20U0W0F0.15	G2X42.212C-7.846R2.006
N10G0X60Z0	G1X41.123C-9.151
N20G1X-2	G2X38.977C-10.227R1.985
G28Y0	G1X-12.819C-20.873
G0X55Z1	G2X-15.503C-20.875R1.753
G71U1.5R1	G1X-18.113C-20.33
G71P30Q40U0.3W0.08F0.25	G2X-19.993C-19.392R1.735
N30G0X40Z1	G1X-41.286C6.506
G1Z0.1	G2X-41.286C7.657R1.503
X43,C0.5	G1X-40.197C8.962
N40Z-34	G2X-38.589C9.766R1.485
G0X250Z250M9	G1X13.207C20.412
M5P11	G2X15.125C20.412R1.253
	G1X17.735C19.867
M35	G2X19.071C19.198R1.235
G28H0	G1X40.364C-6.7
T1111(FRESA D.20 WW)M8	G2X40.36C-7.468R1.003
G94	G1X39.27C-8.773
G97S1500M3P12F200	G2X38.206C-9.311R0.988
G28C0	G1X-13.599C-19.946
G0X83.173Z10	G2X-14.747C-19.949R0.75
G112	G1X-17.357C-19.403
G1Z-31.0F1000	G2X-18.16C-19.006R0.738
G1G17G41X55.395C5.665F180	G1X-39.43C6.897
G1X44.064C-8.223	G2X-39.434C7.279R0.5
G1X42.976C-9.529	G1X-38.344C8.584
G2X39.748C-11.144R2.983	G2X-37.819C8.85R0.488

G1X13.987C19.485
 G2X14.37C19.486R0.25
 G1X16.979C18.94
 G2X17.238C18.812R0.238
 G1X38.509C-7.09
 G1X37.44C-8.4
 G1X-14.181C-19.254
 G1X-16.8C-18.72
 G1X-38.509C7.09
 G1X-37.44C8.4
 G1X14.181C19.254
 G1X16.8C18.72
 G1X38.509C-7.09
 G1X50.138C-20.917
 G1G40X77.792C-15.103
 G113
 G0Z2.0
 Z250X250M9

G28Y0
 G28H0
 T1212(PDC D10)M8
 G94
 G0C23.5
 G97S1800M3P12
 F200
 G0Z50.0X150
 G0X16Z2
 Y7
 G83Z-2.0Q2000M89
 X0
 X-16
 Y-7
 X0
 X16
 G80
 G0Z10
 M90
 G0X250Z250M9

G28Y0
 T1212(PDC D10)M8
 (OBARANJE IVICA)
 G94
 G97S1400P12F100
 G0C0
 G0X83.173
 G0Z2.0
 G112
 G1Z-3.5

G1X55.395C5.665
 G1X44.064C-8.223
 G1X42.996C-9.533
 G2X39.766C-11.165R3.0
 G1X-11.855C-22.02
 G2X-16.447C-22.032R3.0
 G1X-19.066C-21.498
 G2X-22.33C-19.883R3.0
 G1X-44.039C5.927
 G2X-44.064C8.223R3.0
 G1X-42.996C9.533
 G2X-39.766C11.165R3.0
 G1X11.855C22.02
 G2X16.447C22.032R3.0
 G1X19.066C21.498
 G2X22.33C19.883R3.0
 G1X44.039C-5.927
 G2X44.064C-8.223R3.0
 G1X83.348C-16.236
 G113
 G0Z2.0
 Z250X250M9

G28Y0
 T909(PETICA)M8
 G94
 G97S1800M3P12F200
 G0X35Z10
 G0C293.5
 G0Z-15
 G87X26.0M89F200
 Z-8Y7
 Z-22
 Y-7
 Z-8
 G80
 G0Z250X250M9
 M5P12
 M90

G28Y0
 T909(DVOJKA)M8
 G94
 G97S1800P12M3F200
 G0X35Z10
 G0C113.5
 G0Z-22M8
 Y7
 G87X26.0M89
 Y-7Z-8

G80	Z-8
G0Z250X250M9	G87X26.0M89
M5P12	Z-22
M90	Y-7
G80	Z-8
	G80
G28Y0	G0Z250X250M9
T909(PDC D10 1)(TROJKA)M8	M5P12
G94	M90
G97S1800P12M3F200	M34
G0C23.5	G28Y0
G0X35Z10	G28U0
G0Z-15M8	
G87X26.0M89F200	M34
Y7Z-8	T505(EST TAGL 3.1MM)M8
Y-7Z-22	G95
G80	G92S800
G0Z250X250M9	G96S80M4P11
M5P12	G0X60Z1
M90	Z-33.1
	G1X-2F0.05
T909(PDC D10 1)(CETVORKA)M8	G0X60M9
G94	M5P11
G97S1800M3P12F200	Z3
G0C203.5	X-50
G0X35Z10	M30
Y7	%

4.2.NC код за обраду на троосној CNC глодалици

Такође се и у овим кодовима уочавају прореди који се јављају на местима где долази до промена алата, промена фаза, промена начина стезања.

%	[RAVNANJE]
O1 [	S4000 F2000. M3
[GORAN MITIC - ESPRIT	M8 T15
[7.9.2017. 08.51.33	G49 I 31.5
	G0 X-65. Y0.
[LISTA ALATA:	G0 Z2.
[FRESA D63 HERTEL - D63	G1 Z0.
[Smus.D.29 - D18	G1 X65.
[PDC D12 - D6	G0 Z2.
	[KONTURA]
[MATERIJAL: FI 50xL=40mm	G0 Z20.
[X0, Y0 U CENTRU KOMADA	G0 X-54. Y55.
[Z0=+1.5 NA KOMADU	G0 Z2.
	G1 Z-3.1
T23 M6 [FRESA D63 HERTEL - D63]	G41
M1	G1 Y15.

G1 X-14.	G1 Y15.
G1 X14.	G1 X-14.
G1 X15. Y14.	G1 X14.
G1 Y-14.	G1 X15. Y14.
G1 X14. Y-15.	G1 Y-14.
G1 X-14.	G1 X14. Y-15.
G1 X-15. Y-14.	G1 X-14.
G1 Y14.	G1 X-15. Y-14.
G1 X-14. Y15.	G1 Y14.
G1 X14.284 Y43.284	G1 X-14. Y15.
G40	G1 X14.284 Y43.284
G1 X-14. Y71.569	G40
G0 Z2.	G1 X-14. Y71.569
G0 X-54. Y55.	G0 Z2.
G1 Z-6.2	G0 X-54. Y55.
G41	G1 Z-15.5
G1 Y15.	G41
G1 X-14.	G1 Y15.
G1 X14.	G1 X-14.
G1 X15. Y14.	G1 X14.
G1 Y-14.	G1 X15. Y14.
G1 X14. Y-15.	G1 Y-14.
G1 X-14.	G1 X14. Y-15.
G1 X-15. Y-14.	G1 X-14.
G1 Y14.	G1 X-15. Y-14.
G1 X-14. Y15.	G1 Y14.
G1 X14.284 Y43.284	G1 X-14. Y15.
G40	G1 X14.284 Y43.284
G1 X-14. Y71.569	G40
G0 Z2.	G1 X-14. Y71.569
G0 X-54. Y55.	G0 Z2.
G1 Z-9.3	G0 X-54. Y55.
G41	G1 Z-18.6
G1 Y15.	G41
G1 X-14.	G1 Y15.
G1 X14.	G1 X-14.
G1 X15. Y14.	G1 X14.
G1 Y-14.	G1 X15. Y14.
G1 X14. Y-15.	G1 Y-14.
G1 X-14.	G1 X14. Y-15.
G1 X-15. Y-14.	G1 X-14.
G1 Y14.	G1 X-15. Y-14.
G1 X-14. Y15.	G1 Y14.
G1 X14.284 Y43.284	G1 X-14. Y15.
G40	G1 X14.284 Y43.284
G1 X-14. Y71.569	G40
G0 Z2.	G1 X-14. Y71.569
G0 X-54. Y55.	G0 Z2.
G1 Z-12.4	G0 X-54. Y55.
G41	G1 Z-21.7

G41
 G1 Y15.
 G1 X-14.
 G1 X14.
 G1 X15. Y14.
 G1 Y-14.
 G1 X14. Y-15.
 G1 X-14.
 G1 X-15. Y-14.
 G1 Y14.
 G1 X-14. Y15.
 G1 X14.284 Y43.284
 G40
 G1 X-14. Y71.569
 G0 Z2.
 G0 X-54. Y55.
 G1 Z-24.8
 G41
 G1 Y15.
 G1 X-14.
 G1 X14.
 G1 X15. Y14.
 G1 Y-14.
 G1 X14. Y-15.
 G1 X-14.
 G1 X-15. Y-14.
 G1 Y14.
 G1 X-14. Y15.
 G1 X14.284 Y43.284
 G40
 G1 X-14. Y71.569
 G0 Z2.
 G0 X-54. Y55.
 G1 Z-27.9
 G41
 G1 Y15.
 G1 X-14.
 G1 X14.
 G1 X15. Y14.
 G1 Y-14.
 G1 X14. Y-15.
 G1 X-14.
 G1 X-15. Y-14.
 G1 Y14.
 G1 X-14. Y15.
 G1 X14.284 Y43.284
 G40
 G1 X-14. Y71.569
 G0 Z2.
 G0 X-54. Y55.

G1 Z-31.
 G41
 G1 Y15.
 G1 X-14.
 G1 X14.
 G1 X15. Y14.
 G1 Y-14.
 G1 X14. Y-15.
 G1 X-14.
 G1 X-15. Y-14.
 G1 Y14.
 G1 X-14. Y15.
 G1 X14.284 Y43.284
 G40
 G1 X-14. Y71.569
 G0 Z20.

 T15 M6 [Smus.D.29 - D18]
 M1
 [OBRANJE IVICA 1]
 S3000 F800. M3
 M8 T2
 G49 I 9.
 G0 X-29. Y30.
 G0 Z2.
 G0 Z-2.
 G41
 G1 Y15.
 G1 X-14.
 G1 X14.
 G1 X15. Y14.
 G1 Y-14.
 G1 X14. Y-15.
 G1 X-14.
 G1 X-15. Y-14.
 G1 Y14.
 G1 X-14. Y15.
 G1 X-3.393 Y25.607
 G40
 G1 X-14. Y36.213
 G0 Z2.

 T2 M6 [PDC D12 - D6]
 M1 [KOREKTOR NA Z-3]
 [D4 PDC]
 S2500 F200. M3
 M8 T23
 G49 I 3.
 G0 X7. Y8.
 G0 Z2.

G81 X7. Y8. J2. Z-2. I.5 K1
 Y0.
 Y-8.
 X-7.
 Y0.
 Y8.
 G80

LFINE:
 M30
 %
 %
 O1 [
 [GORAN MITIC - ESPRIT
 [7.9.2017. 08.53.14

[LISTA ALATA:
 [FRESA D63 HERTEL - D63
 [Smus.D.29 - D18
 [PDC D12 - D6

[MATERIJAL: FI 50xL=40mm
 [X0, Y0 U CENTRU KOMADA
 [Z0=+1.5 NA KOMADU

T23 M6 [FRESA D63 HERTEL - D63]
 M1
 [RAVNANJE]
 S4000 F2000. M3
 M8 T15
 G49 I 31.5
 G0 X-65. Y0.
 G0 Z12.
 G1 Z7.5
 G1 X65.
 G0 Z9.5
 G0 X-65.
 G1 Z5.
 G1 X65.
 G0 Z7.
 G0 X-65.
 G1 Z2.5
 G1 X65.
 G0 Z4.5
 G0 X-65.
 G1 Z0.
 G1 X65.
 G0 Z12.

T15 M6 [Smus.D.29 - D18]

M1
 [OBARANJE IVICA 1]
 S3000 F800. M3
 M8 T2
 G49 I 9.
 G0 X-29. Y30.
 G0 Z2.
 G0 Z-2.
 G41
 G1 Y15.
 G1 X-14.
 G1 X14.
 G1 X15. Y14.
 G1 Y-14.
 G1 X14. Y-15.
 G1 X-14.
 G1 X-15. Y-14.
 G1 Y14.
 G1 X-14. Y15.
 G1 X-3.393 Y25.607
 G40
 G1 X-14. Y36.213
 G0 Z2.

T2 M6 [PDC D12 - D6]
 M1 [KOREKTOR NA Z-3]
 [D4 PDC]
 S2500 F200. M3
 M8 T23
 G49 I 3.
 G0 X0. Y0.
 G0 Z2.
 G81 X0. Y0. J2. Z-2. I.5 K1
 G80

LFINE:
 M30
 %
 %
 O1 [
 [GORAN MITIC - ESPRIT
 [7.9.2017. 08.54.29

[LISTA ALATA:
 [PDC D12 - D6

[MATERIJAL: FI 50xL=40mm
 [X0, Y0 U CENTRU KOMADA
 [Z0=+1.5 NA KOMADU

T2 M6 [PDC D12 - D6]
 M1 [KOREKTOR NA Z-3]
 [D4 PDC]
 S2500 F200. M3
 M8 T0
 G49 I 3.
 G0 X8. Y-8.
 G0 Z2.
 G81 X8. Y-8. J2. Z-2. I.5 K1
 X-7. Y7.
 G80

LFINE:
 M30
 %
 %
 O1 [
 [GORAN MITIC - ESPRIT
 [7.9.2017. 08.56.05

[LISTA ALATA:
 [PDC D12 - D6

[X0, Y0 U CENTRU KOMADA
 [Z0 NA KOMADU

T2 M6 [PDC D12 - D6]
 M1 [KOREKTOR NA Z-3]
 [D4 PDC]
 S2500 F200. M3
 M8 T0
 G49 I 3.
 G0 X-7. Y7.
 G0 Z2.
 G81 X-7. Y7. J2. Z-2. I.5 K1
 X0. Y0.
 X7. Y-7.
 G80

LFINE:
 M30
 %
 %
 O1 [
 [GORAN MITIC - ESPRIT
 [7.9.2017. 08.57.30

[LISTA ALATA:
 [PDC D12 - D6

[X0, Y0 U CENTRU KOMADA
 [Z0 NA KOMADU

T2 M6 [PDC D12 - D6]
 M1 [KOREKTOR NA Z-3]
 [D4 PDC]
 S2500 F200. M3
 M8 T0
 G49 I 3.
 G0 X7. Y-7.
 G0 Z2.
 G81 X7. Y-7. J2. Z-2. I.5 K1
 X0. Y0.
 X-7. Y-7.
 Y7.
 X7.
 G80

LFINE:
 M30
 %
 %
 O1 [
 [GORAN MITIC - ESPRIT
 [7.9.2017. 08.58.25

[LISTA ALATA:
 [PDC D12 - D6

[X0, Y0 U CENTRU KOMADA
 [Z0 NA KOMADU

T2 M6 [PDC D12 - D6]
 M1 [KOREKTOR NA Z-3]
 [D4 PDC]
 S2500 F200. M3
 M8 T0
 G49 I 3.
 G0 X7. Y-7.
 G0 Z2.
 G81 X7. Y-7. J2. Z-2. I.5 K1
 X-7.
 Y7.
 X7.
 G80

LFINE:
 M30
 %

Закључак

Да би се успешно показале специфичности обрадног центра за хоризонтално стругање, односно предности и недостаци ове машине, било је потребно израдити показни пример коцкице за јамб и на троосној CNC глодалици. На овај начин смо прикупили информације које су потребне да се дође до поређења могућности и перформанси ове две машине.

Код обрадног центра, при изради овог показног примера, имамо два стефања предмета обраде, док се у првом стезању одвија већи део обраде, баш због могућности машине. Самим тим што се првих пет од шест фаза изводи у једном стезању постоје много веће шансе да се избегну одступања, односно грешке. Чак шта више последња фаза је могла да се одради на више начина која није била толико ни битна колико су биле битне претходне фазе у којима је постојала могућност показивања изреде у више оса на обрадном центру за хоризонтално стругање. Машинско време саме израде на обрадном центру за хоризонтално стругање износи 10 минута и 55 секунди, док укупно време са све припремама, тестирањем програма и израдом износило је 44 минута.

Што се тиче обраде на троосној CNC глодалици, израда је била мало компликованија, односно време припреме трајало нешто дуже. Код ове обраде имали смо шест стезања предмета обраде, свака фаза је захтевала ново стезање да би се омогућила обрада на свакој страници. У тих шест стезања, чак је било потребе и за мењањем начина стезања после прве фазе, што доста одузима времена оператерима. Код израде на троосној CNC глодалици машинско време саме израде је било 3 минута и 7 секунди, а укупно време израде са припремом, тестирањем и израдом износило је 51 минут.

Обрадни центар за хоризонтално стругање у овом случају се показао као машина која ће мање времена потрошити за израду овог показног примера коцкице за јамб, ту временску разлику израде највише поспешује то што се на обрадном центру цео ток израде врши у два стезања, при чему се у првом стезању одради већи део посла. Такође се предност јавља код позиционирања алата, односно постављања координатног система где смо за обрадни центар имали два, док смо за глодалицу имали три позиционирања координатног система, притом код трећег стезања оператер је поставио граничник како не би и за наредне фазе било потребно позиционирање координатног система. Глодалица је имала знатно ниже време у раду, односно три пута мање, што објашњавамо тако да ова глодалица има знатно јаче перформансе и може користити знатно боље параметре, док обрадни центар има нешто слабији мотор па не постиже брзине које може постићи глодалица. Наредна ствар јесте да препоруке параметара су биле оптималне у односу на припремак, односно предмет обраде, да би се постигла тачност, јер припремак је из стезне главе излазио за 95 mm, што значи, када би се поставили захтевнији параметри, поготово код израде контуре, могло је доћи појављивања грешака, због тога што би веће брзине можда изазвале бацања припремка

што доводи до губљења концентричности.

У сваком случају, поред тога што обрадни центар има више оса, као и аутоматизацију алата, односно обраду и стругања и глодања, у овом раду смо показали како то практично изгледа, описана је сама машина, процес израде предмета, а такође и које су још то предности и недостаци ове машине алатке.

Литература

- [1] Девеџић Г.: "CAD/CAM tehnologije", Машински факултет у Крагујевцу, 2009.
- [2] "Техничка енциклопедија", главни уредник Нрвоје Пожар, Графички завод Хрватске, 1987.
- [3] Недић Б., Лазић М.: "Производне технологије – Обрада метала резањем" Машински факултет у Крагујевцу, 2007.
- [4] Лукић Љ.: "Флексибилни технолошки системи", Машински факултет у Краљеву, Универзитет у Крагујевцу, 2008.
- [5] <http://www.mycncuk.com/threads/6707-List-of-CAD-CAM-Software> прегледано септембра 2017. године
- [6] <http://www.espritcham.com/why-ESPRIT/why-esprit> прегледано септембра 2017. године
- [7] <http://camplete.com/wp-content/uploads/2017/02/DP-Technology-Esprit-logo.png> прегледано септембра 2017. године
- [8] www.dptecchnology.com прегледано септембра 2017. године
- [9] <http://www.espritcham.com/partners/cad> прегледано септембра 2017. године
- [10] http://www.doosanmachinetools.com/usa/en/product/detail.do?CATEGORY_ID=mtus010100&PRODUCT_ID=mtusp0003 прегледано септембра 2017. године
- [11] http://www.doosanmachinetools.com/usa/en/product/detail.do?CATEGORY_ID=mtus010100&PRODUCT_ID=mtusp0003 прегледано септембра 2017. године
- [12] <http://www.alatnemasine.com/strugarski-nozevi-sa-plocicama-10-mm-komplet-7-kom.html> прегледано септембра 2017. године
- [13] https://en.dmgmori.com/news-and-media/downloadcenter?fq=%7B%21tag%3Dprod_l0%7Dproduct_0_taxIdsLevel%3A14158&fq=%7B%21tag%3Dprod_l1%7Dproduct_1_taxIdsLevel%3A14280 прегледано септембра 2017. године
- [14] <https://www.samuelwerder.ch/referenzen/cnc-maschinenpark/?userlang=EN> прегледано септембра 2017. године

Прилог раду

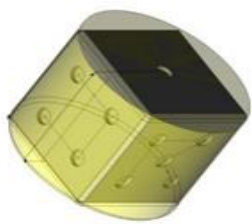
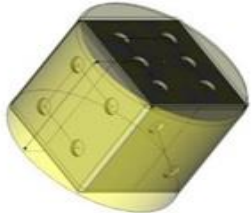
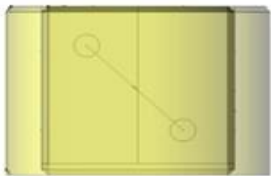
- **Софтверски извештај за обраду на обрадном центру за хоризонтално стругање**

REPORT TITLE

STRUG 2600Y

OPERATIONS

Machine Name	PUMA 200 MS																				
Material Class	-																				
Material Condition	-																				
Unit	Metric																				
Tool Count	5																				
Workpiece Type	Bar																				
Workpiece OD (mm)	50.000																				
Workpiece Length (mm)	200.000																				
Finished Part Length (mm)	200.000																				
Sp 1 Stickout (mm)	95.500																				
Sp 2 Stickout (mm)	0.000																				
Cycle Time (min)	8.56																				

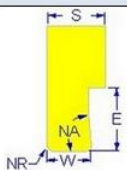
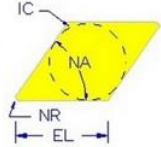


Post Processors										NC File											
1 FANUC_PUMA_X21+C_REV1.ASC										C:\Users\lgoran.mtic\SIPLA\Desktop\New folder\UROSEVIA KOCKA (1)\STRUG 2600Y-2600Y.nc											

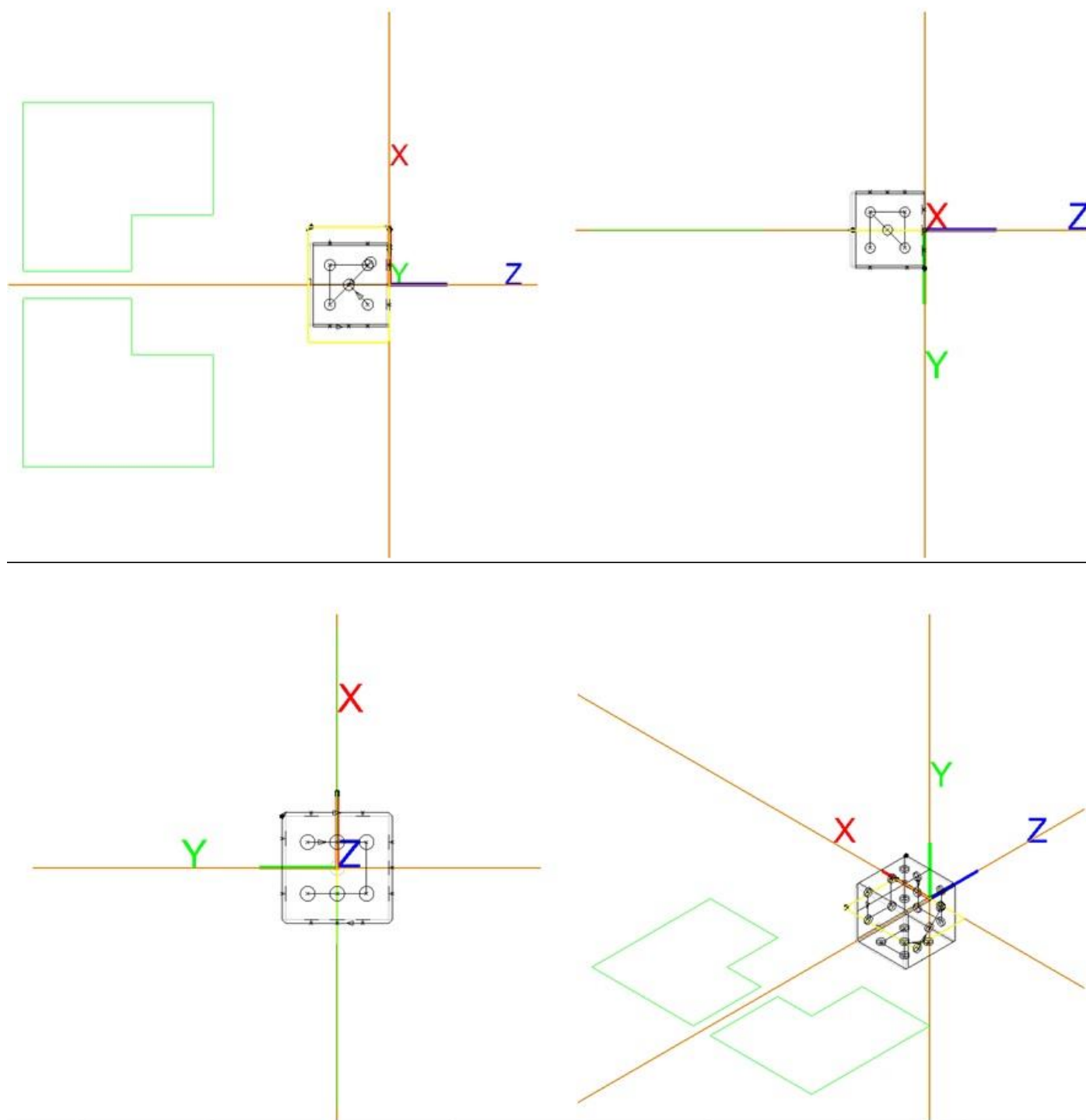
Op Num	Operation Name	Tool Num	Tool Length Offset	Tool Name	Operation Comment	Dia (mm)	WC 1)	RPM (min-1)	V (m/min)	F (mm/min)	F (mm/rev)	F (mm/Toot h)	Feed Adj	Feed Length (mm)	Rapid Rate (mm/min)	Rapid Length (mm)	Cut Time (min)	Rapid Time (min)	Tc Time (min)	Op Time (min)	Other Time (min)	
1	SolidTurn - CELO	4	4	CNMGR0.8 3V		50.000	G54	1500	236	300.0	0.200	-	1	32.137	20000.0	1	89.254	0.11	0.00	0.07	0.02	0.20
2	SolidTurn - CELO	4	4	CNMGR0.8 3V		50.000	G54	1500	236	300.0	0.200	-	1	119.139	20000.0	1	185.891	0.40	0.01	0.00	0.02	0.43
3	KONTURA	9	9	Fresa D.20 WWV KONTURA		20.000	G54	1800	113	200.0	0.111	0.037	1	815.279	20000.0	1	33.000	4.08	0.00	0.07	0.02	4.16
4	SolidMillTurn - Wrap Drilling	10	10	PDC D10		6.000	G54	1800	34	140.0	0.156	0.078	1	24.000	20000.0	1	646.000	0.17	0.03	0.07	0.02	0.29
5	OBARANJE IVICA	10	10	PDC D10	OBARANJE IVICA	6.000	G54	1800	34	120.0	0.067	0.033	1	193.720	20000.0	1	6.000	1.61	0.00	0.00	0.02	1.63
6	SolidMillTurn - Drilling	7	10	PDC D10(1)		6.000	G54	1800	34	140.0	0.156	0.078	1	50.000	20000.0	1	457.799	0.36	0.02	0.07	0.02	0.47
7	SolidMillTurn - Drilling	7	10	PDC D10(1)		6.000	G54	1800	34	140.0	0.156	0.078	1	30.000	20000.0	1	265.799	0.21	0.01	0.00	0.02	0.25
8	SolidMillTurn - Drilling	7	10	PDC D10(1)		6.000	G54	1800	34	140.0	0.156	0.078	1	20.000	20000.0	1	185.213	0.14	0.00	0.00	0.02	0.17
9	SolidMillTurn - Drilling	7	10	PDC D10(1)		6.000	G54	1800	34	140.0	0.156	0.078	1	40.000	20000.0	1	370.000	0.29	0.02	0.00	0.02	0.34
10	SolidTurn - Cutoff	2	2	CUTOFF		50.000	G54	1000	220	50.0	0.050	-	1	27.000	20000.0	1	72.000	0.54	0.00	0.07	0.02	0.63

Activate Windows
Go to Settings to activate Windows.

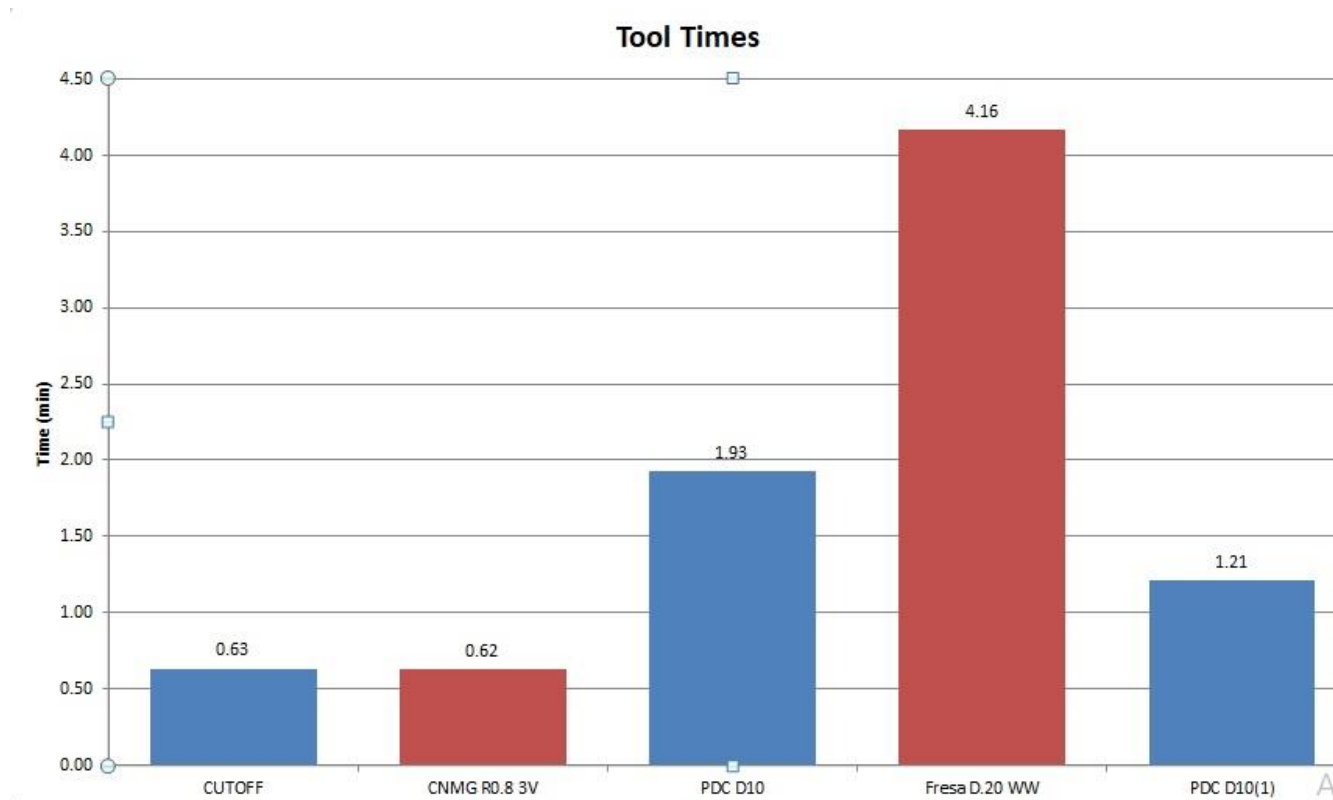
Слика 27 – Извештај о параметрима обраде на обрадном центру за хоризонтално стругање

2 - CUTOFF				Turret	1	Station	2	Tool Usage (min)	0.63		
Insert ID	CUTOFF	Holder ID	CUTOFF	Tool Type	Grooving Insert						
Tool Length (mm)	80.00	Process Order	5	Frequency	1						
Insert Nose Ang (deg)	0.0	Insert Nose Radius (mm)	0.1000	Hand of Tool	Left						
Holder Type	Grooving										
Comment											
4 - CNMG R0.8 3V				Turret	1	Station	4	Tool Usage (min)	0.62		
Insert ID	cnmg r 0.8	Holder ID		Tool Type	Turning Insert						
Tool Length (mm)	64.00	Process Order	1	Frequency	2						
Insert Nose Ang (deg)	80.0	Insert Nose Radius (mm)	0.8000	Hand of Tool	Right						
Holder Type	Turning										
Comment											
7 - PDC D10(1)				Turret	1	Station	7	Tool Usage (min)	1.21		
Cutter ID		Holder ID		Tool Type	Chamfer Mill						
Tool Length (mm)	40.00	Process Order	4	Frequency	4						
Chamfer Angle (deg)	45.0000	Flutes	2	Tool Dia (mm)	6.000						
Comment											
9 - Fresa D.20 WW				Turret	1	Station	9	Tool Usage (min)	4.16		
Cutter ID		Holder ID		Tool Type	End Mill						
Tool Length (mm)	55.00	Process Order	2	Frequency	1						
Corner Radius (mm)	-	Flutes	3	Tool Dia (mm)	20.000						
Comment											
10 - PDC D10				Turret	1	Station	10	Tool Usage (min)	1.93		
Cutter ID		Holder ID		Tool Type	Chamfer Mill						
Tool Length (mm)	40.00	Process Order	3	Frequency	2						
Chamfer Angle (deg)	45.0000	Flutes	2	Tool Dia (mm)	6.000						
Comment											

Слика 28 – Софтверски приказ алата који су коришћени у обради на обрадном центру за хоризонтално стругање



Слика 29 – Постављање координатног система за обраду на обрадном центру за хоризонтално стругање



Слика 30 – Графички приказ времена израде на обрадном центру за хоризонтално стругање

- **Софтверски извештај за обраду на троосној CNC глодалици**

Machine Name

Material Class

Material Condition

Unit

Tool Count

Cycle Time (min)

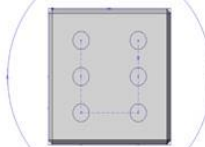
-

-

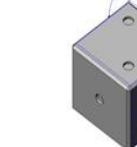
Metric

3

3.07







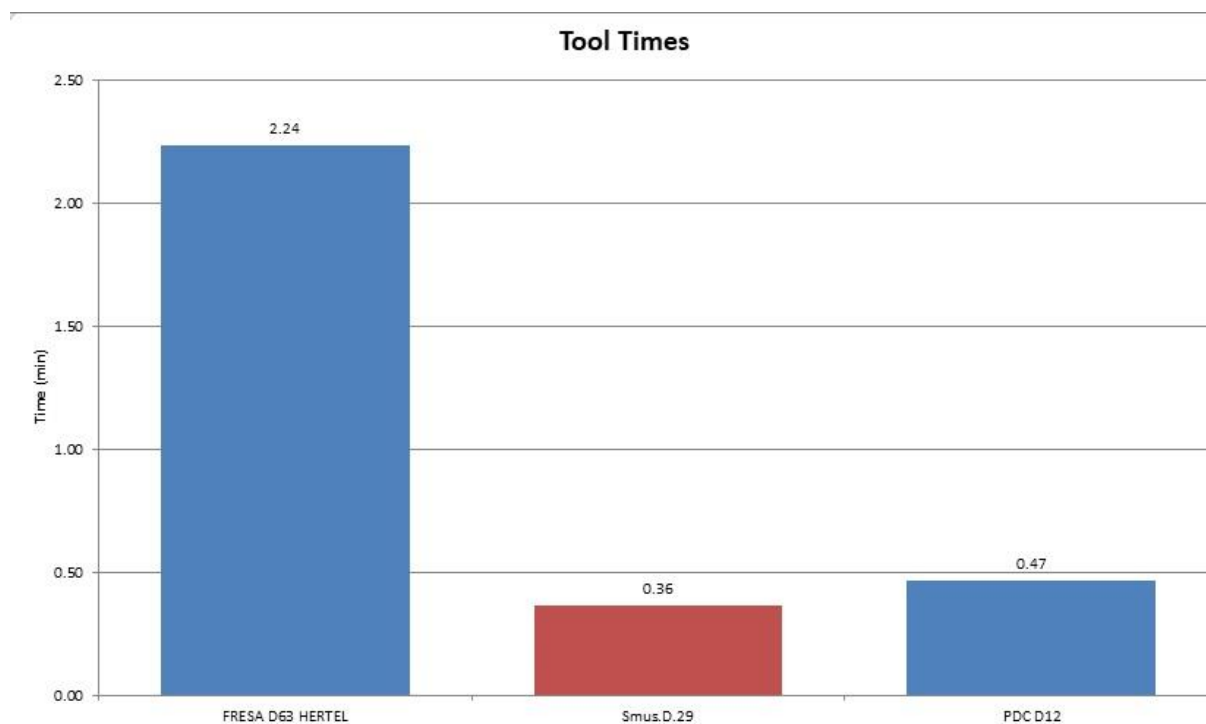
Post Processors		NC File
1	AF1060.asc	C:\Users\goran.mitic.SIPLA\Desktop\UROSEVA KOCKA (1)\KOCKA-FANUC.nc
2	NEWSELCA.asc	C:\Users\goran.mitic.SIPLA\Desktop\UROSEVA KOCKA (1)\KOCKA-SELCA.nc

Op Num	Operation Name	Tool Num	Tool Length h	Tool Name	Operation Comment	Dia (mm)	WC	RPM [min-V 1]	F (m/min) F	F (mm/min) F	F (mm/rev) F	Feed Adj	Feed Length (mm)	Rapid Rate (mm/min) Rapid	Rapid Length (mm) Rapid	Cut Time (min)	Rapi d Time (min)	TC Time (min)	Other Time (min)	Op Time (min)	
1	Setup Instruction: O	-				0.000	G54P1 0	0	0.0	-	-	1	0.000	50000.0	1	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	
2	RAVNANJE	23	23	FRESA D63 HERTEL RAVNANJE		63.000	G54P1 4000	792	2000.0	0.500	0.167	1	132.000	50000.0	1	2.000	0.07	0.00	0.08	0.02	0.17
3	KONTURA	23	23	FRESA D63 HERTEL KONTURA		63.000	G54P1 4000	792	2000.0	0.500	0.167	1	4068.000	50000.0	1	616.160	2.03	0.01	0.00	0.02	2.07
4	OBARANJE IVICA 1	15	15	Smus.D.29 OBARANJE IVICA 1		18.000	G54P1 3000	170	800.0	0.267	0.133	1	209.130	50000.0	1	8.000	0.26	0.00	0.08	0.02	0.36
5	D4 PDC	2	1	PDC D12 D4 PDC		6.000	G54P1 2500	47	200.0	0.160	0.080	1	72.000	50000.0	1	130.000	0.36	0.00	0.08	0.02	0.47

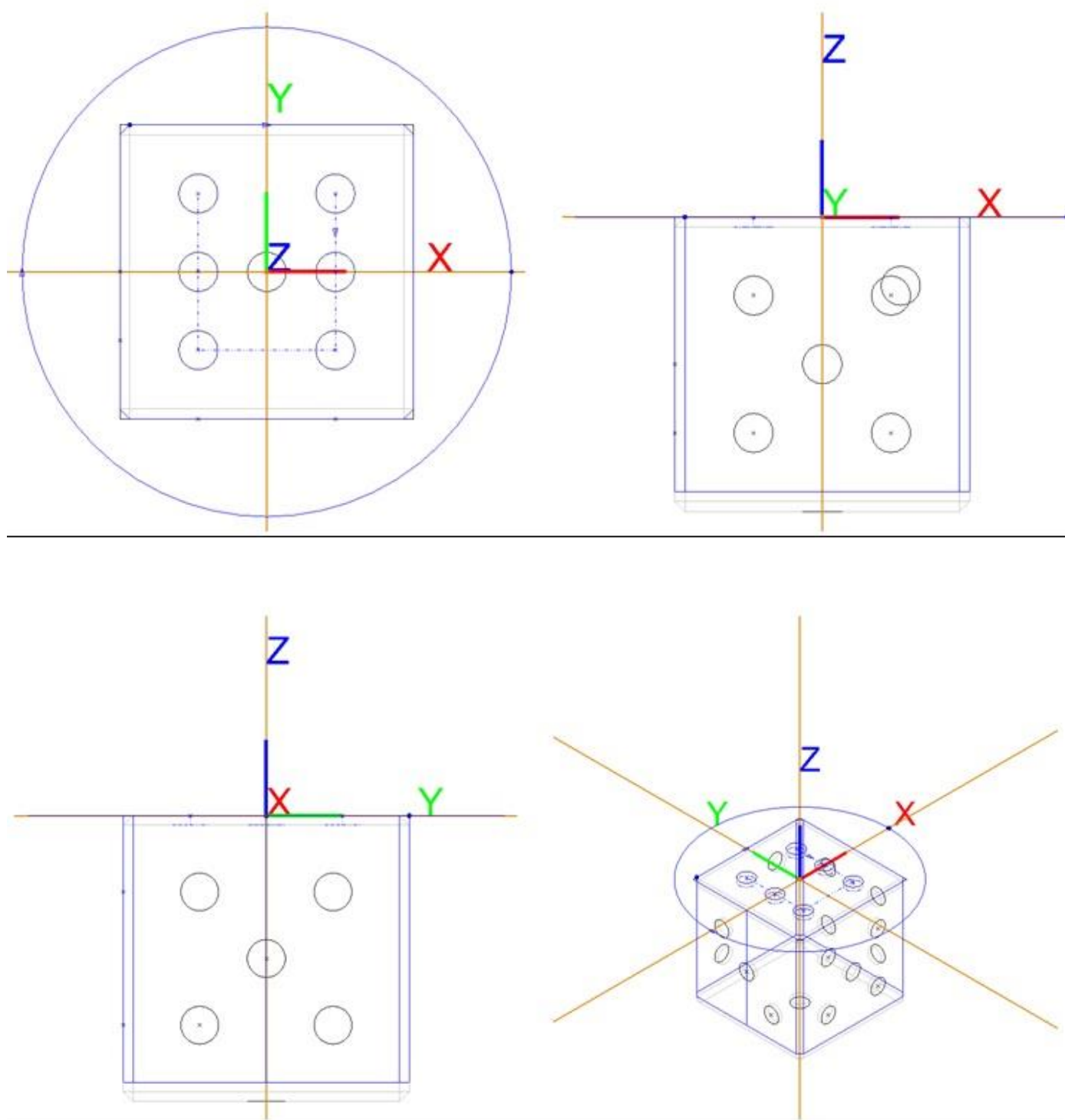
Слика 31 – Извештај о параметрима обраде на троосној CNC глодалици

2 - PDC D12				Turret	0 <th>Station</th> <td>0<th>Tool Usage (min)</th><td>0.47<th rowspan="5"></th></td></td>	Station	0 <th>Tool Usage (min)</th> <td>0.47<th rowspan="5"></th></td>	Tool Usage (min)	0.47 <th rowspan="5"></th>	
Cutter ID		Holder ID		Tool Type		Chamfer Mill				
Tool Length (mm)		60.00	Process Order		3	Frequency		1		
Chamfer Angle (deg)		45.0000	Flutes		2	Tool Dia (mm)		6.000		
Comment		KOREKTOR NA Z-3								
15 - Smus.D.29				Turret	0 <th>Station</th> <td>0<th>Tool Usage (min)</th><td>0.36<th rowspan="5"></th></td></td>	Station	0 <th>Tool Usage (min)</th> <td>0.36<th rowspan="5"></th></td>	Tool Usage (min)	0.36 <th rowspan="5"></th>	
Cutter ID		Holder ID		Tool Type		Chamfer Mill				
Tool Length (mm)		50.00	Process Order		2	Frequency		1		
Chamfer Angle (deg)		45.0000	Flutes		2	Tool Dia (mm)		18.000		
Comment										
23 - FRESA D63 HERTEL				Turret	0 <th>Station</th> <td>0<th>Tool Usage (min)</th><td>2.24<th rowspan="5"></th></td></td>	Station	0 <th>Tool Usage (min)</th> <td>2.24<th rowspan="5"></th></td>	Tool Usage (min)	2.24 <th rowspan="5"></th>	
Cutter ID		Holder ID		Tool Type		Face Mill				
Tool Length (mm)		40.00	Process Order		1	Frequency		2		
Corner Radius (mm)		0.0000	Flutes		3	Tool Dia (mm)		63.000		
Comment										

Слика 32 – Софтверски приказ алата који су коришћени за обраду на троосној CNC глодалици



Слика 33 - Графички приказ времена израде на троосној CNC глодалици



Слика 34 - Постављање координатног система за обраду на троосној CNC глодалици