

Факултет инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу



Назив студијског програма: Машинско инжењерство

Ниво студија: Мастер академске студије

Модул: Производно машинство

Предмет: Савремени обрадни системи

Број индекса: 381/2016

Александар З. Тодоровић

CNC ТЕХНОЛОГИЈЕ И РАЗВОЈ ПРОИЗВОДА

Мастер рад

Комисија за преглед и одбрану:

- 1. Проф. Др Богдан Недић – ментор**
- 2. Проф. Др**
- 3. Проф. Др**

Датум одбране: _____

Оцена: _____



Универзитет у Крагујевцу
Факултет инжењерских наука



Мастер студије: **Машинско инжењерство**

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

Име и презиме: **Александар Тодоровић**

Број индекса: **381/2016**

ПРИЈАВА МАСТЕР РАДА

Тема рада: **CNC технологије и развој производа**

Задатак: У оквиру мастер рада кандидат треба да изврши прикупљање и систематизацију података о CNC обрадним системима и њихвом месту и улози при развоју производа. Потребно је описати основне карактеристике CNC машина, дати потребне информације о развоју производа и предностима и недостацима CNC технологија. У посебном делу рада описати све елементе технолошке припреме и програмирања CNC машина и дати пример пројектовања дела и генерисања NC кода применом софтвера CATIA V5.

Мастер рад треба да садржи следеће целине:

1. Уводна разматрања,
2. CNC машине,
3. Развој производа и CNC технологије,
4. Технолошка припрема и програмирање CNC машина,
5. Промер пројектовања дела и генерисања NC кода,
6. Закључци,
7. Литература.

Ментор:

Др Богдан Недић, редовни професор

Крагујевац, 14.10.2019.

РЕЗИМЕ:

У раду је приказана примена и значај CNC технологија при развоју производа. У првом делу рада приказана је примена CNC технологија код нумерички управљаних машина у различитим областима обраде са или без скидања струготина. Дате су информације о развоју производа и технолошкој припреми и програмирању CNC машина. Затим је на конкретном реалном примеру приказана примена CNC технологија при обради дела на вертикалном обрадном центру. То подразумева, између осталог, креирање адекватног 3D модела и на основу таквог CAD модела креирање технолошког поступка обраде. По извршеној симулацији и постпроцесирању извршена је модификација и прилагођавање NC кода конкретној управљачкој јединици.

Кључне речи: CNC технологија, развој производа, CAD/CAM технологије, CATIA, 3D моделирање, NC код.

SUMMARY:

The work presents the application and importance of CNC technologies in product development. The first part of the paper shows the application of CNC technologies for numerically controlled machines in different processing areas with or without chip removal. Information on product development and technological preparation and programming of CNC machines is given. Then, a concrete real-life example shows the application of CNC technologies in machining a part on a vertical machining center. This includes, among other things, the creation of an adequate 3D model and the creation of a technological processing procedure based on such a CAD model. After the simulation and post-processing, the NC code was modified and adapted to the specific control unit.

Key words: CNC technology, product development, CAD/CAM technology, CATIA, 3D-modelling, NC code.

САДРЖАЈ:

1. Увод	7
1.1 Развој C - технологија	8
1.2 Примена нумерички управљаних машина	10
2. Нумерички управљане машине	11
2.1 Нумерички управљане машине	11
2.2 Нумерички управљани обрадни центри и вишеосне машине	13
2.4 Нумерички управљане машине за неконвенционалну обраду	18
EDM – електроерозиона обрада.....	18
LBM – обрада ласером	19
PJM – обрада плазмом.....	21
WJM – обрада воденим млазом и AJM – обрада абразивним млазом	21
2.5 Нумерички управљане машине за обраду деформисањем	22
Нумерички управљане пресе за обраду пробијањем, просецањем и крзањем	23
Нумерички управљане машине за обраду савијањем	24
Нумерички управљане машине за обраду извлачењем - притискивањем	25
2.6 Нумерички управљане мерне машине.....	25
3. Развој нових производа и CNC технологије	26
3.1 Процес развоја новог производа.....	26
3.2 Пројектовање технолошких процеса	28
3.3 Предности и недостаци CNC технологије	30
4. Технолошка припрема и програмирање CNC машина.....	31
4.1 Технолошка припрема за програмирање.....	31
4.2. Основи CNC програмирања.....	40
4.2.1 Ручно програмирање	41
4.2.2 Програмирање у погону	42
4.2.3 Програмирање НУМА помоћу рачунара.....	43
5. Пример пројектовања дела и генерисање NC-кода у програмском пакету CATIA V5	45
5.1 Креирање модела предмета обраде	46
5.1.1 Активирање модула за креирање модела	46
5.1.2 Креирање и дефинисање моделске форме Shaft Definition.....	46
5.1.3 Креирање моделске форме Pad	47
5.1.4 Креирање моделске форме Pad. 2	47
5.1.5 Креирање моделске форме Pocket.....	48

5.1.6 Креирање моделске форме <i>Hole</i>	49
5.1.7 Креирање моделских форми <i>Edgefillet</i> и <i>Chamfer</i>	49
5.2 Креирање модела припремка.....	50
5.2.1 Активирање модула за креирање модела	51
5.2.2 Креирање и дефинисање моделске форме <i>Shaft Definition</i>	51
5.3 Креирање склопа за технолошку операцију	51
5.3.1 Активирање модула за креирање склопа.....	52
5.3.2 Промена назива производа.....	52
5.3.3 Додавање модела припремка	52
5.3.4 Фиксирање модела припремка	52
5.3.5 Додавање и фиксирање модела радног стола и стезног алата (америкатера) .	53
5.3.6 Додавање модела предмета обраде	53
5.3.7 Подешавање видљивости припремка	54
5.4 Дефинисање процеса обраде	58
5.4.1 Активирање модула <i>Prismatic Machining</i>	58
5.4.2 Дефинисање параметара обраде	59
5.4.3 Дефинисање технолошке моделске форме <i>Profile Contouring</i> (<i>Поравнање на коту Z36</i>)	63
5.4.4 Дефинисање технолошке моделске форме (Олакшање на коту $\varnothing 48$)	70
5.4.5 Дефинисање технолошке моделске форме <i>ZLevel</i> (<i>Свођење бочних страна</i>)	73
5.5 Генерисање NC кода	81
6. Карактеристике машине DOOSAN DNM 500 II	86
7. Закључак.....	89
8. Литература.....	90

1. Увод

Све већа људска потреба за новим, бољим, поузданијим и за руковање погоднијим производима пред инжењере је поставила нове задатке. Отуда потиче и потреба за развојем нових технологија.

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

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

Основни захтеви савременог тржишта, који у основи усмеравају поизводне и организационе активности, везани су за висок квалитет производа, скраћено време од идеје до реализације, ниске цене, производњу у серијама прилагођеним потребама тржишта, велики асортиман производа и сл. Неке од карактеристика, које у том смислу треба да поседују савремени производни системи односе се на: ефикасност, флексибилност, аутоматизацију, постојан квалитет, рачунарски интегрисане активности, итд.

Нумерички системи управљања су изменили концепцију израде алатних машина тако да су добијене машине високе производности. Смањењу командног времена за око 50% и повећање удела активног времена обраде претходио је читав низ технолошко-организационих мера и концепција, које омогућавају висок степен искоришћења расположивог фонда обраде на машини. Те концепције омогућују смањење допунских и припремних времена скоро до њиховог елиминисања. Створени су нови системи резних алата, држача алата и уређаја за претходно подешавање комплекта алата изван машине.

Подела обрадних система може се извршити на више начина, једна од подела прихвата се и као груписање машина алатки [10] :

1. *Конвенционалне* (стандардне, класичне, универзалне) машине алатке имају примену у појединачној и малосериској производњи. Прилагођавају се различитим захтевима. Користе стандардне резне алате и приборе. Излазна карактеристика производа зависи од способности послужеоца.

2. *Аутомати* могу бити са једним или више вретена. Примена им је у серијској и великосеријској производњи за обраду дискастих и шипкастих комада. Операције се

изводе по циклусу који је унапред строго утврђен. Довод и одвод материјала је аутоматизован.

3. *Машине алатке са аутоматским транспортом* имају примену у серијској и великосеријској производњи. То су конвенционалне машине, прилагођене одређеним операцијама и аутоматском транспорту обратка, од машине до машине алатке. Попуњавају простор између конвенционалних до специјалних машина алатки.

4. *Специјалне машине* налазе своју примену у великосеријској и масовној производњи за одређене операције.

5. *Трансфер линије* су обрадни системи са највишим степеном аутоматизованости. Примена им је у масовној производњи. Пројектују се и као специјалне машине, при чему свака за себе представља једну станицу. Све су повезане аутоматским транспортом, припремак на улазу, израдак на излазу.

6. *Нумерички управљане машине алатке* - NUMA имају примену у појединачној, малосеријској и серијској производњи. У овим серијама омогућују рационалну и аутоматизовану производњу. Подносе честе промене управљачког програма обраде.

7. *Обрадни центри* су нумерички управљане машине алатке са аутоматском изменом алата за комплетну обраду сложенијих израдака у малосеријској и серијској производњи.

8. *Флексибилни технолошки системи* су две или више нумерички управљане машине алатке, односно два или више обрадна центра са аутоматским транспортом обратка, а управљање је преко рачунара.

1.1 Развој С - технологија

Развој С - технологије (Computer Technologies) директно утиче на развој производних средстава. Ниво технологије је у директној корелацији са нивоом машине алатке. Од раније се зна, присутно је и данас, човек је настојао да смањи удео своје енергије у производњи на рачун другог учесника, на пример машине алатке.

Развој машина, нарочито машина алатки, може се поделити у три карактеристичне фазе [10]:

1. Прва фаза припада периоду када су машине алатке покретане помоћу парне машине и трансмисије, преко заједничког погонског вратила.
2. Друга фаза је период појаве електромотора, и она представља нагли развој машина алатки.
3. Трећа фаза припада периоду развоја информационе технологије и нарочито појава корачних мотора.

Она омогућује флексибилно и аутоматизовано управљање машинама алаткама и подсистемима у оквиру производног система.

Конвенционалне машине алатке допуњене су специјалним моторима, сензорима, регулационим системима, и око 1950. године појављују се као нумеричке машине под

називом НЦ - машине алатке, а управљање се остварује преко одговарајућих програма састављених од наредби дефинисаних преко нумеричких величина (0 и 1). Њихов развојни пут почиње далеке 1938. године. Џауде Е. Сханон је на институту у Масасхусеттс - у, САД, дошао до резултата да је најбрже прерачунавање и пренос података могуће извести у бинарном облику, применом Бооле - ове алгебре. Тада су постављени темељи данашњим рачунарима, укључујући и нумеричко управљање.

Даљи развој нумеричких система омогућује развој нумерички управљаних машина алатки [9]:

- 1958. године развијен је први програмски језик за машинско програмирање APT (Automaticly Programmed Tools).
- 1960. године произведена је прва NC - машина алатка са транзисторима.
- 1965. године развијен је аутоматски измењивач алата.
- 1969. године појављују се прва DNC - постројења у САД, (Direct Numerical Control).
- 1970. године уводи се аутоматска измена обрадака преко измене палета.
- 1972. године произведени су први CNC - системи са мини - рачунаром.
- 1979. године и касније развијена су кола са великим и врло великим степеном интеграције LSI, VLSI (Large Scale Integration, Very Large Scale Integration) које замењује око 500 (ранија решења била су око 250) нормално интегрисаних кола.

Представници у области производних система C - технологије су:

- NC - Нумеричко управљање (Numerical Control)
- CNC - Компјутерско нумеричко управљање (Computer Numerical Control)
- CAD - Конструисање уз помоћ рачунара (Computer Aided Desing)
- CAM - Производња уз помоћ рачунара (Computer Aided Manufacturing)
- PLC - Програмабилни системи за директно функцијско управљање машином (програмабилно логичко управљање) - (Programmabile Logic Control)
- AC - Адаптивно управљање (Adaptive Control)
- DNC - Директно нумеричко управљање (Direct Numerical Control)
- FMC - Флексибилни производни систем (Flexible Manufacturing System)
- CIM - Компјутером интегрисана производња (Computer Integrated Manufacturing).

Основне карактеристике обрадних центри су:

- обрада призматичних радних комада при једном стезању са 4 или 5 страна,
- коришћење разних алата,

- аутоматска измена алата из магацина алата,
- аутоматско укључивање броја обртаја и помака,
- аутоматска измена предмета обраде,
- лако постављање стезних прибора на палете,
- CNC управљање са меморисањем програма,
- корекција програма на машини и
- аутоматско мерење на машини .

Из тог разлога данас се у конкурентном или симултаном инжењерству решавају проблеми пројектовања и производње паралелно. Овакав начин развоја производа могућ је једино уколико су производне технологије подржане компијутерима.

1.2 Примена нумерички управљаних машина

Нумерички управљане машине имају примену у свим гранама индустрије. Нумерички управљане машине су присутне и у индустрији прераде метала, и то у свим њеним областима:

- обрада метала резањем,
- обрада метала деформисањем,
- неконвенционална обрада метала,
- термичка обрада,
- обрада метала спајањем,
- управљање мерним машинама,
- монтажа и тако даље.

У другом поглављу овог рада описане су нумерички управљане машине алатке, њихове основне карактеристике и предност примене CNC машина и технологија.

У трећем поглављу описан је процес развоја нових производа као и пројектовање технолошких процеса.

2. Нумерички управљане машине

2.1 Нумерички управљане машине

CNC машине су машине алатке на којима се врши обрада материјала резањем, односно скидањем струготине поступком. Код ових машина главно кретање је обртно кретање и врши га главно вретено са предметом обраде или алатом, а помоћно праволинијско кретање врши алат или радни предмет.

Предмет обраде је округлог, шипкастог или призматичног (плочастог - кутијастог) облика.

CNC обрада је поступак обраде скидања струготине који се обавља алатима, са једном - стругарским ножевима или више резних ивица - глодалима. Све резне ивице глодала нису истовремено у захвату, већ само њихов мањи део. Глодање је сложенија операција од већине других (нпр. стругање, бушење...), не само због већег броја оштрица него и због променљивог пресека струготине за време док један зуб изводи обраду [11].

Глодање је најраспрострањенији начин обраде метала и њиме се на разне начине могу тачно обрадити равне и обле површине, озубљени и навојни профили. Овим поступком обраде постиже се висока производност машинске обраде и широка могућност примене у серијској и масовној производњи. Као основна карактеристика овог процеса може се истаћи да зуби глодала долазе у додир са предметом један за другим, а оптерећење сваког зуба за време рада јако се мења од тренутка почетка резања до тренутка изласка зуба из материјала.



Слика 2.1. CNC глодалица

CNC обрада се изводи на алатним машинама глодалицама при чему главно кретање увек изводи алат, а помоћно кретање по правилу изводи радни сто са

предметом обраде (слика 2.1). Код новијих машина помоћно кретање може да изводи алат, који понекад врши и додатна кретања (код вишеосних машина). Овом обрадом се постижу класе храпавости Ra од 0,4 μm (N5) до 50 μm (N12).

Предности примене CNC машина су:

- Прилагодљивост (машина може да израђује већу или мању серију производа или само један производ, а након тога се једноставно учита други програм и израђује се други производ),
- Могућност израде производа веома сложеног облика (израда тродимензионалних сложених облика на класичним машинама је скупа, а понекад и немогућа). Употреба CNC машине омогућује израду, а тиме и конструисање и таквих сложених облика и производа које пре није било економично производити,
- Тачност и поновљивост - помоћу CNC машина могуће је произвести велику серију потпуно једнаких производа одједном или повремено. Разлике које могу настати међу производима обично су занемариве, а настају због хабања алата и делова машине. На класичним машинама то није могуће, најчешће одређени део серије производа чак неће задовољити потребни квалитет,
- Смањење или потпуно уклањање трошкова складиштења резервних делова. Да би задржали своју функцију, машине је потребно редовно одржавати. Након одређеног времена поједине делове је потребно заменити. Те делове мора осигурати произвођач машине. Ако делове израђује на класичним машинама, произвођач их мора произвести и ускладиштити како би их након пет или више година доставио купцу. Држање резервних делова на складишту чини трошак. Неки од тих делова се никад и не испоручује купцу, јер се дизајн машине у међувремену промени па делови постану застарели. Кориштењем CNC машина могуће је сачувати, тј. ускладиштити само програме, а делови се у кратком року израде по наруџбини купца. При томе је трошак знатно мањи од складиштења готових резервних делова,
- Смањење припремно-завршних времена и трошкова израде - при употреби класичних машина често су потребни специјални алати за позиционирање предмета и шаблони за вођење алата по контури. Израда алата је трошак, а време до почетка производње производа продужује се за време израде алата. За CNC машине то није потребно, јер се алат води микропроцесором по било којој сложеној путањи,
- Мали захтеви за вештинама оператера (оператери CNC машина треба да знају да поставе предмет у машину, да поставе, измере и замене одговарајуће алате и да користе одговарајући CNC програм. То су знатно мањи захтеви за вештине и знања него што треба да их има оператер на класичним машинама који треба да има многе вештине ради извршавања појединачних операција обраде веома сложених производа,

- Једноставнији алати (на CNC машинама алати су стандардизовани те обично нема потребе за употребом специјалних алата.)
- Стварање услова за тачну реализацију планова производње и повећање продуктивности (применом CNC машина за израду већих серија могуће је врло прецизно планирање производње, резултат су пуно мањи губици производног времена, а тиме и већа продуктивност израде, и
- Смањење времена потребног за контролу тачности израде производа [11].

Недостаци CNC машина су:

- Велико инвестиционо улагање (почетна улагања су знатно већа него за класичне машине. То подразумева добро искоришћење капацитета машине како би се она исплатила у разумном року),
- Потреба програмирања CNC машине (програмери су високо образовани појединци који морају имати специјалистичка знања из више области. Таквих појединаца нема много па су веома добро плаћени),
- Високи трошкови одржавања (CNC машине су веома сложене. Машина се мора редовно одржавати како би задржала своје предности, а посебно тачност. За одржавање су потребна знања из електронике и машинства), и
- Неисплативост израде једноставних предмета (предмете једноставне геометрије у појединачној производњи или малим серијама често је јефтиније и брже изградити на класичној машини у траженом квалитету. За њих није потребно писати програм, тестирати га и тек онда израђивати производ.)

2.2 Нумерички управљани обрадни центри и вишеосне машине

Обрадни центри су машине алатке са CNC управљањем, које имају у свом машинском систему магацин алата са аутоматском изменом алата. 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 (систем за аутоматску измену палета) могу се интегрисати у FTS. С обзиром да се на обрадним центрима одвија процес резања, они су основни модули за конфигуравање флексибилног технолошког система.

Обрадни центри (слика 2.2) могу бити у зависности од правца осе главног вретена – хоризонтални или вертикални, у зависности од броја главних вретена – једновретени или вишевретени, могу бити са стандардним системом алата или са главом за вишеосну обраду и са низом додатних модула и технолошких функција за различите врсте обраде.



Слика 2.2. Вертикални обрадни центар

Обрадни центри за разлику од CNC машина алатки нису конструкцијски оријентисани одређеној врсти обраде, или пак макрогеометрији обрађене површине. С обзиром да имају магацине са различитим алатима и да могу изводити вишеосна релативна кретања алата у односу на обрадак, успешно се користе за стругање, све врсте глодања и бушење, обраду навоја и неке операције мерења и контроле током обрадног процеса. На обрадним системима се могу високо квалитетно обрађивати равне, цилиндричне, конусне, завојне и просторно сложене површине са обратцима у најразличитијим режимским условима, што даје изузетан квалитет овим високо флексибилним обрадним системима.

Релативна кретања алата и предмета обраде условљавају и врсту производне операције у обради стругањем (уздужна и попречна обрада, израда конуса и сл.) [2]. Алат се помера дуж одговарајуће осе преко клизних стаза машине док је у стезној глави струга стегнут предмет обраде који се ротира одговарајућом брзином. Слагањем обртног и неког од праволинијских кретања дуж оса (X , Y и Z) добија се жељена форма предмета обраде. Треба нагласити да се велики број различитих операција стругарске обраде, у савременим производним условима, изводи на CNC струговима или стругарским обрадним центрима. Посредством нумеричког управљања, на овим машинама стругарском обрадом, једносечним алатима, могу се добити и различите конкавне и конвексне површи.

CNC Стругови

Стругови су алатне машине предвиђене за обраду спољашњих и унутрашњих цилиндричних површина, као и разних чеоних површина ротационих делова. На струговима се могу изградити спољашњи и унутрашњи навоји стругарским ножевима за

резање навоја. На стругу се могу израђивати, односно бушити отвори бургијама, проширивачима и развртачима [3].

CNC стругови су флексибилно аутоматизовани стругови са рачунарским нумеричким управљањем. Намењени су за аутоматизовану малосеријску производњу. Управљачка функција код ове машине се остварује помоћу програма у *CNC* рачунару. Програм се учитава само једном. У току обраде управљачки *CNC* систем користи меморисани програм за управљање машином. На тај начин је повећана тачност обраде избегавањем читача трака из употребе.

CNC стругови могу бити хоризонтални и вертикални. Програм на основу ког се одређује путања алата се у управљачку јединицу уноси најчешће ручно. Координате се задају на основу техничког цртежа, односно на основу жељених димензија предмета обраде.

У односу на стругарске обрадне центре *CNC* стругови се разликују по томе што најчешће немају аутоматску измену алата (алат се мења ручно или имају револвер главу са 4 или 6 стабилних алата, а стезање је ручно, пнеуматско или хидраулично), нема аутоматско одвођење струготине из зоне обраде (струготина се помоћу ваздуха издувава), нема аутоматску измену емулзије (када се запрља емулзија празни се резервоар и досипа нова) и др [3].

CNC стругови су високо аутоматизоване машине. Предмет обраде се стеже у стезној глави и ротира (изводи главно кретање), док се алат креће праволинијски.

Хоризонтални *CNC* стругови су стругови код којих је алат и стезна глава постављена у хоризонталном положају. На *слици 2.3* могу се видети примери хоризонталних стругова и на који начин обраде код ових стругова.



а)

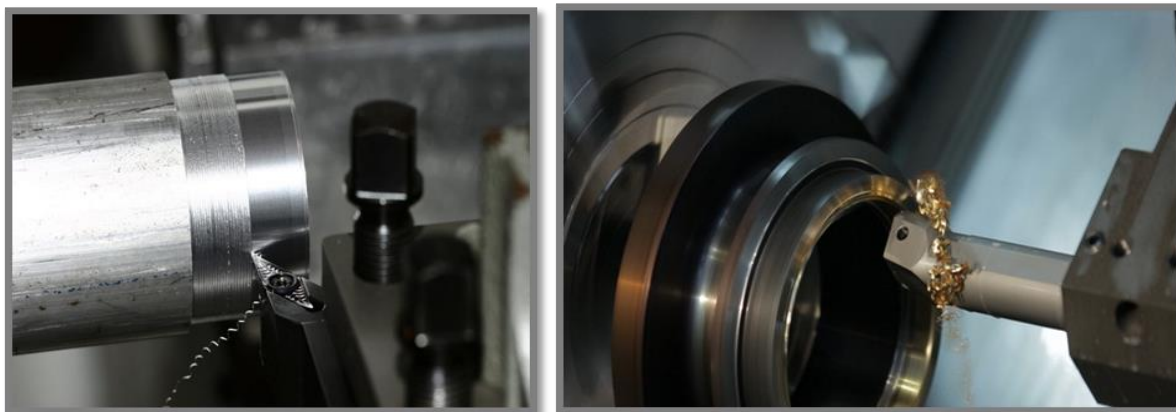


б)

Слика 2.3 Хоризонтални *CNC* струг Okuma HJ-400 (а) и Okuma LB4000 EXII Gurutzpe (б)

Како би се боље разумела обрада стругања на *слици 2.4* је дат пример хоризонталног стругања, тачније приказано је како се врши обрада унутар стругарског обрадног центра.

Поред хоризонталних *CNC* стругаова у пракси се често срећу и вертикални *CNC* стругови. Код ових стругаова алат и стезна глава су постављени у вертикалном положају и тиме је омогућена обрада делова великих габарита, а највише се односи на пречник предмета обраде [3].



Слика 2.4 Обрада стругањем

Примери вертикалног *CNC* струга дати су на слици 2.5, као и предмети обраде који се могу израђивати на вертикалним струговима.

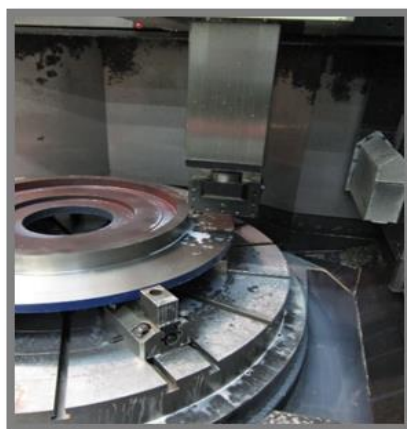
Делови који се обрађују на вертикалним струговима су делови великих димензија, што је и представљено на слици 2.6.



а)

б)

Слика 2.5 Вертикални *CNC* струг DoosanPUMA VTS1620 (а) и 30" TRUMP-TURN (б)



Слика 2.6 Обрада стругањем на вертикалном *CNC* стругу

***CNC* стругарски обрадни центри**

Савремени машински обрадни центри са *CNC* управљањем су савремене, универзалне, компјутерске управљане алатне машине са аутоматском изменом алата за вишеструку и вишеосну обраду материјала: стругање, глодање, бушење, проширивање рупа, брушење и др. Ови савремени системи управљања у основи су већ опремљени мерама које се односе на укупну техничку и еколошку безбедност [3].



а)

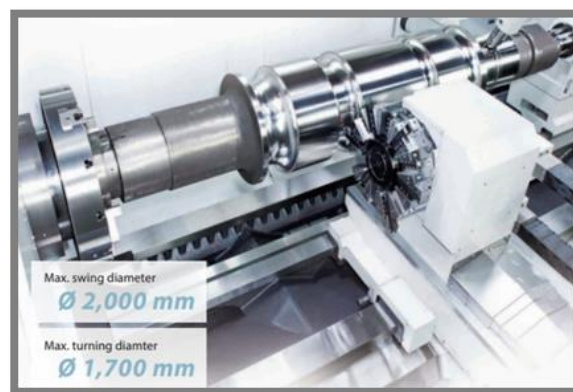


б)

Слика 2.7 Стругарски обрадни центри YAMA SEIKI HA1600L (а) и MULTICUT 500 (б)

На слици 2.7 је дат пример стругарских обрадних центара YAMA SEIKI HA1600L MULTICUT 500i POWER, то је снажни мултифункционални стругарско - глодачки обрадни центар, који омогућава извршење стругарских, глодачких, бушачких операција обраде са једним стежањем радног комада, чиме је обезбеђена максимална ефикасност рада. Помоћу синхронизације покретања радног вретена и вретена алата је омогућено извођење готово свих технологија обраде резањем, стругање, израда навоја, глодање, бушење, брушење, итд..

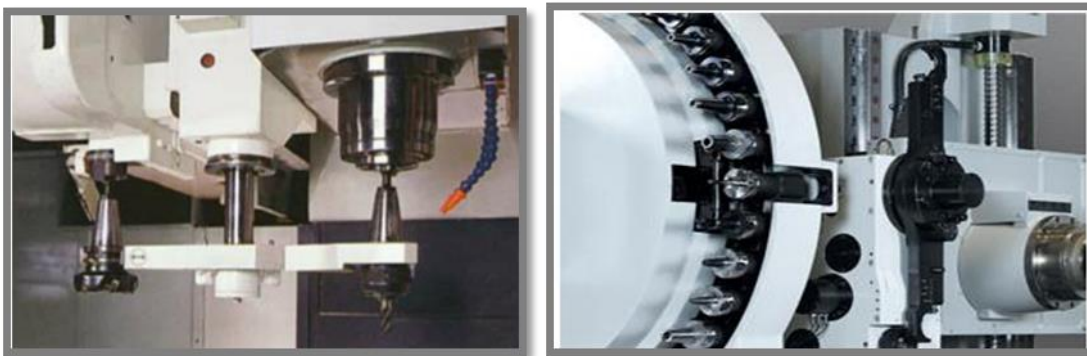
Примери делова који се могу обрађивати на предходним машинама, као и унутрашњост машина у току обраде су приказани на сликама 2.8.



Слика 2.8 Обрада делова на YAMA SEIKI HA1600L и MULTICUT 500i POWER машинама

Стругарски обрадни центри представљају *CNC* машине различитих произвођача и најчешће се користе за обраду делова цилиндричног облика. Састоје се из низа компоненти, где је главно кретање представљено ротирањем стезне главе у којој је стегнут предмет обраде, а помоћно кретање изводи алат који се креће у одговарајућим осама.

Обрадни центри поседују аутоматску измену алата .(слика 2.9), што подразумева да механичка рука аутоматски врши измену алата, дефинисану програмом, из магацина алата који може садржати велики број стругарских ножева, глодала, бургија, развртача и др. Поред тога постоје обрадни центри са реворвел главом на којој се налази већи број алата потребних за обраду и сама реворвел глава се аутоматски окреће на позицију траженог алата, измена алата је такође дефинисана програмом унетим у управљачку јединицу.



Слика 2.9 Аутоматска измена лата код CNC обрадних центара

2.4 Нумерички управљане машине за неконвенционалну обраду

EDM – електроерозиона обрада

Електроерозиона обрада (*Electric Discharge Machining EDM*) .(Сл. 2.10) обухвата поступке обраде метала код којих се уклањање вишка материјала остварује серијом електричних пражњења периодичног карактера, насталих између алата (катоде) и предмета обраде (аноде). При одговарајућем растојању алата и предмета обраде успоставља се електрични лук или искра. Појава електричног лука доводи до јонизације радне течности (диелектрикума), формира се стуб пражњења (јонизујући стуб), након чега се топи и испарава честица материјала предмета обраде [4].

Прекидом струјног кола долази до пуцања јонизујућег стуба, што доводи до избацивања растопљеног материјала и његовог одвођења из зоне обраде помоћу радне течности.



Слика 2.10-. CNC Ерозимат Fanuc OIA Telerozyon Tezgahı

-Систем за управљање опремљен је најчешће CNC- системом за аутоматско управљање свим главним и помоћним функцијама обрадног система. Управљачки програм преноси се преко одговарајућег носиоца (бушена трака, магнетна трака или диск) у одговарајуће јединице управљачког система и унутрашњом обрадом података дају се наредбе извршним органима машине. Тако се добија серија наредби за померање клизача у правцу координатних оса помоћу најчешће коришћених корачних мотора. Сви параметри обраде и тренутни положај електроде прате се преко екрана нумерички управљачке јединице.

Програмско радно место, које служи за припрему програма, може да се састоји од:

- рачунара са диск јединицом,
- алфа нумеричке тастатуре,
- уређаја за израду носиоца програма и
- плоче за дигитализацију цртежа.

Програмско радно место може бити повезано каблом са нумерички управљачком јединицом машине (DNC - систем), а провера програма - симулација могућа је на програмском месту или на машини.

Тачност обраде је технолошки захтев, а ова машина има све услове да оствари веома тачну обраду. Квалитет обрађене површине одговара фином брушењу (N4).

Нумерички контролисана обрада жичаном електродом све више је у примени при изради алата за пробијање и просецање, алата за бризгање пластичних маса, алата за извлачење као и за израду брегастих плоча, шаблона, итд.

LBM – обрада ласером

Развојем ласера створени су услови за развој различитих поступака обраде ласером (*Laser Beam Machining LBM*) .(Сл. 2.11) Усмеравањем ласерског снопа на предмет обраде могуће је извести велики број производних операција, као што су

бушење, сечење, отврдњавање, наношење превлака, заваривање итд. За реализацију производних операција обраде ласером најчешће се користе чврсти рубински и гасовити (CO₂) ласерски уређаји. Захваљујући високом усмерењу тј. фокусирању снопа, високој густини снопа, могућности једноставног управљања ласерским снопом и обраде у различитим срединама, обрада ласером добија све већи значај и примену у односу на остале неконвенционалне поступке [4].

Поступак ласером базира се на коришћењу електромагнетног осциловања светлосног снопа формираног помоћу квантно - оптичког генератора (ласерског извора). Усмеравањем кохерентног ласерског снопа на предмет обраде ствара се огромна количина светлосне и топлотне енергије, довољна да доведе до топљења и испаравања материјала и то само у зони удара снопа.

Основни карактеристични параметри овог процеса су снага снопа, таласна дужина, густина снопа и положај снопа у току времена. Управљање снагом снопа остварује се изменом јачине електричне струје која се користи као извор напајања. Таласна дужина снопа је строго фокусирана и зависи од типа и врсте активног материјала ласерског уређаја. Радна фреквенција дефинисана је могућношћу фокусирања снопа, одступањем снопа и врстом материјала предмета обраде.

Фокусирање снопа се изводи да би се повећала густина снопа на месту где снап удара о предмет обраде. Пречник снопа на излазу из ласерског уређаја се креће од 5-80mm, док се његовим фокусирањем, помоћу различитих оптичких уређаја, пречник на месту удара о предмет обраде своди на димензију и до 1μm.



Слика 2.11- CNC ласер за сечење металних плоча

PJM – обрада плазмом

Обрада плазмом (*Plasma Jet Machining PJM*) се користи за реализацију производних операција које захтевају високу концентрацију топлотне енергије. (Сл. 2.12). То су процеси топљења, заваривања, сечења метала и неметала, наношења превлака на металне и неметалне површине итд. Плазма је, у суштини, свака материја загрејана на високу температуру довољну да се претвори у јонизовано гасно стање (четврто агрегатностање). У таквом стању материја се понаша по законима карактеристичним за нормалне гасове, а њене основне карактеристике су: веома висока температура појединих зона, енергетска нестабилност, електро проводљивост, врло велика брзина кретања честица које сачињавају плазму итд [4].

Плазма се састоји од позитивно и негативно наелектрисаних честица (јона и анјона). Пропуштањем плазма гасова (радних гасова као што су аргон, водоник, кисеоник и сл.) преко електричног лука, створеног између аноде и катоде, формира се буктиња - плазма. Тако формирана супстанца садржи атоме, молекуле, јоне, електроне и кванте светлости. Јонизација је резултат губитка једног или више електрона из спољашње љуске атома плазма гасова. Губитак настаје као резултат дејства спољашњих сила изазваних високом температуром или јаким електричним пољем. То значи да плазма може бити лучна (термичка) или високофреквентна, док се у процесима обраде метала користи лучна.



Слика 2.12-. CNC Плазма CORMAK PW 2550

WJM – обрада воденим млазом и AJM – обрада абразивним млазом

Хидромеханичке методе обраде, обраде абразивним (AJM) или воденим млазом (WJM), се користе за хидромеханичко резање и обликовање (Сл. 2.13). Представљају прогесивне методе засноване на коришћењу енергије разарања коју поседује млаз течности велике брзине и високог притиска [4].

Применом хидрауличних инсталација снаге 8 – 80кW високог притиска (150 - 1000 МПа и више) и брзине струјања течности (воде са или без абразива) стварају се

услови за сечење и исецање различитих конфигурација на предметима израђеним од метала и неметала.

Принцип деловања воденог млаза је врло једноставан. Вода под високим притиском (2000 – 4000 bar), се преко цеви високог притиска, доводи до резне главе у којој се налази тзв. водена млазница (дијамант, сафир) с променом пречника отвора (0,1 - 0,4 mm). При истицању воде из млазнице формира се узак млаз воде велике брзине (до 1000 m/s), три пута веће од брзине звука.

Друга врста добијања абразивног воденог млаза је ињекцијски абразивни водени млаз. Вода под високим притиском (2000 - 4000 bar), пролази кроз млазницу (тврди метал, дијамант или сафир), малог пречника (0,1 - 0,4 mm). На овај начин ствара се водени млаз велике брзине (≈ 900 m/s), који затим пролази кроз Вентуријеву цев. У цеви се усред Вентуријевог ефекта ствара вакуум, који је довољан да усиса одређену количину абразива у њу. Водени млаз убрзава честице абразива и заједно с њима пролази кроз дугачку цилиндричну цев за мешање. Мешавина воде и абразивних честица излази из цеви за мешање као кохерентни млаз и врши обраду.



Слика 2.13- CNC машина за сечење воденим абразивним млазом

2.5 Нумерички управљане машине за обраду деформисањем

Захтеви који се постављају у погледу оптималног искоришћења материјала и енергије, квалитета, смањење времена израде у условима мале и средње серијске производње, у производним организацијама мале и средње величине, доводе до многобројних решења нумерички управљаних машина алатки за обраду лима и сличних материјала деформисањем [9].

Област примене ових машина одређује и степен њихове аутоматизованости. Циљ развоја ових машина је да се без посебних тешкоћа, временских и других

губитака, могу прилагодити брзим и једноставним променама израде делова, најчешће од челичних лимова и слично.

Обликовање деформисањем помоћу одређеног релативног кретања између алата и обратка показује аналогију са нумерички управљаним машинама за обраду делова резањем.

Најчешће се израђују нумерички управљане машине алатке за:

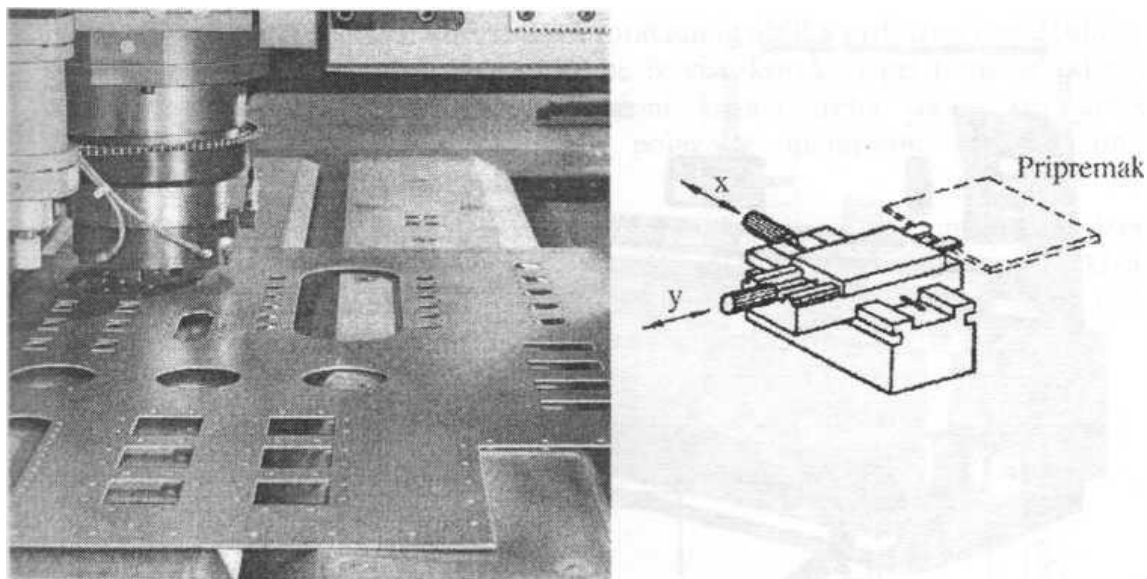
- обраду пробијањем, крзањем и просецањем,
- обраду савијањем,
- обраду извлачењем - притискивањем и друге обраде.

Нумерички управљане пресе за обраду пробијањем, просецањем и крзањем

Примена НУ - пресе даје добре резултате при изради делова од лима сложеног облика у малим и средњим серијама производње и омогућује:

- велике брзине позиционирања по свакој оси управљања,
- смањење броја припремних и завршних операција,
- виши степен аутоматизације процеса израде делова и
- примену једноставнијих алата.

NU - пресе за пробијање и просецање имају позиционо, координатно управљање (тачка - по - тачка; понит - то - поинт), а за контурно крзање познато под називом нибловање, треба обезбедити двоосно контурно управљање.



Слика 2.14. Радни сто нумерички управљане пресе за пробијање и крзање

Алат се креће вертикално са покретним делом пресе. Припремак је у пределу дејства алата ослоњен на одговарајући држач доњег дела алата, чиме је избегнут угиб материјала припремка. Припремак се креће у радном простору равни X - Y, прихваћен хватачима који га померају по вођицама, односно помера га радни сто пресе, (слика

2.14). Из припремка се може добити један или више разних или идентичних израдака [10].

Извршни органи NU - пресе су слични као и код НУ - машина алатки за обраду резањем. Остварене величине прате се мерним системима. Носач података је најчешће бушена трака.

Програмирање је једноставније у односу на обраду резањем, а остале карактеристике везане за програмирање прописује произвођач машине. Припрема алата има своје специфичности. Отвор у обратку већег пречника, може се обрадити пробојцем пречника мањег попречног пресека, из више ходова, отвор квадратног облика, пробојцем правоугаоног попречног пресека и обрнуто. Постоји велика могућност комбинације пробојаца различитог попречног пресека да би се добио отвор сложеног облика овим поступком обраде.

Нумерички управљане машине за обраду савијањем

Савијањем се најчешће обрађују делови од лима ради добијања различитих конфигурација делова. Према врсти обраде савијањем, машине алатке могу бити различите конструкције [9].

NU - машине за обраду савијањем одликују се брзим и тачним позиционирањем граничника, програмирањем у погону на самој машини, а управљање је најчешће двоосно, једна оса за угао савијања, а друга одређује положај граничника.

Програмирање у погону на машини има предности, јер може да се прати еластично исправљање савијеног комада или грешка у положају граничника.

На слици 2.15 приказана је нумерички управљана машина за обраду савијањем.



Слика 2.15- CNC APKANT преса

Нумерички управљане машине за обраду извлачењем - притискивањем

Примењују се у обради израдака ротационог облика приближно исте дебљине са или без венца. Контура изратка постиже се из више корака и при томе се одређује путања алата, притискивача. Деформациони кораци треба да у што краћем временском кораку, без оштећења полазног материјала кружног облика припремка, остваре одређени помак.

Ручно уношење података, програмирање у погону, омогућује израду пробног, првог узорка. После корекције која обухвата хабање притискивача, еластичне деформације обратка и друго, припремљен програм користи се за израду осталих делова извлачењем – притискивањем.

2.6 Нумерички управљане мерне машине

Мерни систем обухвата скуп мерних средстава и помоћних уређаја повезаних међусобно, преко канала везе, у једну функционалну целину и прикључених за објект мерења, објект контроле, објект управљања, објект анализе или објект истраживања ради генерисања, претварања, показивања, меморисања и употребе у одређене сврхе мерних сигнала (резултата мерења) једне или више мерних величина [10]. Из ове дефиниције произилазе два основна задатка било ког мерног система:

1. мерење вредности једне или више датих физичких или каквих других величина и приказивање резултата мерења на аналогном, дигиталном показивачу, регистратору (писачу или штампачу) или на сигнализатору.
2. генерисање сигнала односно информације о мерним величинама у облику погодном за друге сврхе као на пример за:
 - аутоматско управљање и контролу обрадних процеса у програмираним обрадним системима;
 - памћење и чување мерних информација у уређајима и средствима за памћење, а затим у датом тренутку слање ускладиштених информација кориснику;
 - статистичку обраду резултата мерења помоћу рачунара;
 - бушаче перфорираних трака, итд.

Из претходно наведених основних задатака, које обављају мерни системи, следи и њихов значај у комплексу производног машинства. Први задатак указује да се целокупна контрола квалитета и управљање квалитетом производње заснива на употреби мерних система и директном коришћењу резултата мерења, без обзира о којој је фази технологије (израде, монтаже, одржавања и слично) реч. Из другог основног задатка произилази да без развоја и примене модерних мерних система не би био могућ ни развој најмодернијих програмираних и адаптивно управљаних обрадних система и обрадних центара.

3. Развој нових производа и CNC технологије

3.1 Процес развоја новог производа

Поступак развоја новог производа не може се остварити одједном, како се то често очекује, већ постепеним радом и дуготрајним истраживањима. Увођењем нових производа у свој производни програм предузеће добија могућност за постизање позитивних резултата. Под новим производом подразумева се производ који представља новитет на тржишту. Међутим, под новим производом подразумева се и појава новог производа који се везује за одређено предузеће, али не представља новину на тржишту [7].

Развој производа обухвата временски период од идеје о производу па до генерисања свих потребних и проверених информација за израду, монтажу, контролу, паковање, складиштење, транспорт, стављање у промет, инсталисање, употребу, одржавање, сервисирање, повлачење и рециклажу производа. Одавде следи да фаза развоја производа информационо обухвата велики део животног циклуса производа.

Фактори који доводе до потребе за развојем нових производа:

- промене преференција и захтева осигураника,
- акције конкуренције у виду репозиционирања или увођење новог производа,
- рапидне технолошке промене које доводе до скраћивање животног циклуса производа и промена у захтевима потрошача,
- нови оперативни и технолошки поступци доводе до застаревања бројних производа,
- глобализација (инострана конкуренција и могућности позиционирања производа на новим тржиштима и за нове употребе),
- државна регулација,
- трошкови,
- демографске промене,
- алијансе итд.

Фактори који утичу на избор стратегије уласка новог производа:

- могућности раста,
- могућност заштите иновација,
- величина тржишта,

- конкуренција,
- позиција у оперативно-дистрибутивном каналу.

Фазе поступка увођења новог производа:

- Прикупљање идеја,
- Оцена концепта,
- Анализа изводљивости новог производа,
- Развој прототипа новог производа,
- Тестирање новог производа и лансирање на тржиште,
- Прихватање новог производа.

Стратегије новог производа

Дефинисати циљеве уласка на ново тржиште – избор адекватне стратегије уласка
Циљеви уласка: обим продаје, раст профита (примарни) очување позиције иноватора, одржавање постојећег тржишног учешћа (секундарни)

Код развоја производа разликује се:

- побољшање постојећих производа (нови производ замењује постојећи.) и
- развој нових производа (то је изузетно сложен правац, како са становишта ангажовања људског потенцијала, тако и са становишта трошкова)

Животни циклус производа

Почетак пуне производње, односно испорука новог производа на тржиште представља почетак животног циклуса производа, или како се то често каже век његовог трајања на тржишту.

У животном циклусу производа разликују се ове фазе:

- фаза увођења новог производа,
- фаза раста,
- фаза сазревања,
- фаза застаревања,
- фаза одумирања.

- Фаза увођења новог производа представља период у коме се производ појављује на тржишту, међутим, производња није у потпуности уходана. Ову фазу карактеришу изузетно високи трошкови производње и продаје, али са тенденцијом пораста ефикасности.

- Фаза раста чини период у коме нагло расте производња и продаја, долази до смањења свих трошкова и постиже се веома висока ефикасност.

- Фаза сазревања представља максималне могућности продаје производа након чега долази до опадања због појаве конкуренције која је опремљена бољим средствима за производњу и примењује боље технолошке поступке.

- Фаза застаревања представља нагли пад производње и продаје, као резултат нагле експанзије конкуренције. У овој фази резултати пословања предузећа, мисли се на економичност и рентабилност, све су слабији, а поред предузетих мера да се ова негативна тенденција заустави пословање предузећа резултира губитком.

- Фаза одумирања представља крај производа, када због изузетно ефикасне конкуренције, као једина могућност преостаје повлачење производа са тржишта.

3.2 Пројектовање технолошких процеса

Развој рачунаром интегрисане производње представља један од најзначајнијих задатака у савременим производним системима, што се у великој мери одражава кроз аутоматизацију појединих активности у оквиру процеса производње. Основни правци аутоматизације у производним системима су усмерени на аутоматизацију пројектовања производа, технолошких процеса, планирања и управљања производњом, као и саме производње производа.

Аутоматизација пројектовања производа успешно се решава применом CAD и CAE система, аутоматизација управљања производњом применом MRP, ERP и др. система, аутоматизација израде производа применом CNC обрадних и технолошких система, док се аутоматизација пројектовања технолошких процеса решава развојем и применом CAPP и CAM система. На основу завршно пројектованог производа и прелиминарно пројектованог технолошког процеса реализује се фаза детаљног, односно завршног пројектовања технолошких процеса, која се управо базира на развоју и примени одговарајућих CAPP система, слика 3.1 [7].

Значајни истраживачки напори су посвећени развоју рачунаром подржаног пројектовања технолошких процеса, односно CAPP система. Ова истраживања су показала да је то веома комплексан задатак који карактеришу многи зависни техничко-технолошки и пословни параметри. Управо због тога не постоје адекватна универзална решења CAPP система која би омогућила лаку и широку примену у индустрији. Познато је да развој CAPP система заостаје у односу на CAD и CAM системе, што представља велики проблем у интеграцији производних активности.

Циљ развоја CAPP система је да се омогући пројектовање квалитетних технолошких процеса из скупа великог броја могућих варијанти у што краћем временском периоду. Основни, најважнији задаци који се решавају применом CAPP система су [7]:

- Прихватање и анализа улазних пројектних података, издвајање и препознавање типских технолошких облика,
- Избор и дефинисање припремака,
- Дефинисање садржаја технолошког процеса и операција израде,
 - Дефинисање операција и подоперација израде делова,
 - Избор и дефинисање захвата и њиховог редоследа извођења,

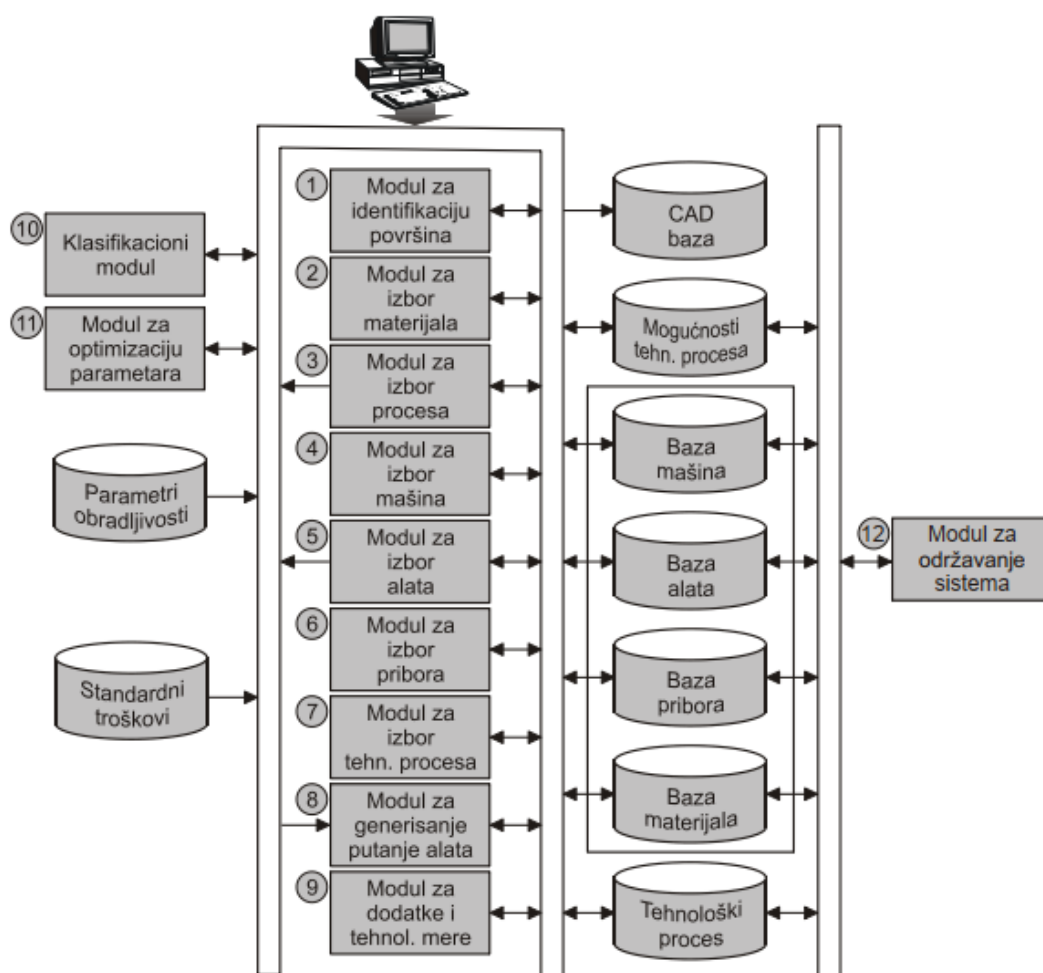
Избор и дефинисање производних ресурса,

Избор и дефинисање параметара и стратегије обраде,

- Генерисање управљачких програма за NC обрадне и технолошке системе,
- Одређивање времена и трошкова производње и
- Генерисање одговарајуће технолошке документације.

Основни циљ примене CAPP система је да аутоматизују што више наведених задатака и да се субјективни утицај пројектанта при пројектовању технолошких процеса смањи на најмању меру. Да би CAPP системи омогућили решавање ових задатака потребно је да поседују следеће елементе:

- Базу знања и базу података за поједине елементе технолошког процеса,
- Логику за одлучивање, која ће бити изражена помоћу појединих логичких израза који представљају базу знања и
- Одређени механизам помоћу којег се примењује и управља уграђеном базом знања.



Слика 3.1. Структура 'идеалног' CAPP система [7]

3.3 Предности и недостаци CNC технологије

Развој нових производа и аутоматизација малосеријске и серијске производње као доминирајућег вида у металопреради, успешно се може изводити једино применом нумерички управљаних машина алатки. Оне се одликују повећаном продуктивношћу и тачношћу. Њихова примена подиже металопрераду на виши ниво. При томе, треба сагледати предности и недостатке примене нумерички управљаних машина алатки.

Основне **предности примене** нумерички управљаних у односу на конвенционалне машине алатке су:

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

Недостаци примене су:

- обавезно планирање рада до детаља, као код сваке аутоматизоване производње,
- велики инвестициони трошкови повећавају трошкове машинског сата,
- потреба за високостручним програмерима,
- поузданост нумерички управљане у односу на конвенционалну машину алатку може бити нижа,
- већи ефекти се остварују у аутоматизацији великосеријске производње и тако даље.

Упоредна анализа коришћења машина показује да једна нумерички управљана машина замењује 3 до 8 конвенционалних машина алатки, што омогућује смањење опреме, производног простора, радне снаге и друго. Продуктивност се повећава до 50%, тачност израде делова повећава се 2 до 3 пута, а број и цена накнадних операција смањује се 4 до 8 пута. Временски степен искоришћења нумерички управљане машине треба да је велики, јер се нумерички управљана машина алатка већ после 5 година сматра застарелом. На скраћивање века трајања машине утиче и стална појава новијих, савременијих и продуктивнијих типова машина алатки.

4. Технолошка припрема и програмирање CNC машина

4.1 Технолошка припрема за програмирање

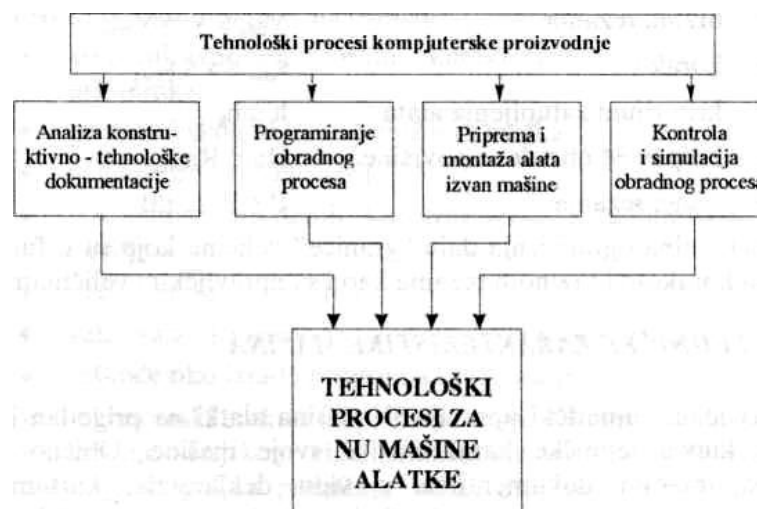
Технолошки процеси производње на нумерички управљаним машинама алаткама карактеристични су по томе што се одвијају у условима вишег нивоа (делимичне или потпуне) аутоматизације. Ту може да се управља помоћу рачунара:

- допремом полазног материјала, припремка,
- кретањем алата у обрадном процесу,
- аутоматском изменом алата,
- аутоматском изменом обратка,
- функцијама машина и уређаја,
- токовима информација и
- отпремом обрађених делова.

Имајући у виду да се све функције у обрадним процесима одвијају аутоматски и под контролом рачунара, то се све активности везане за пројектовање технолошког процеса изводе изван обрадних система или машина, тј. у технолошкој припреми [9].

У фази пројектовања технолошког процеса, мора се извршити анализа техничке документације обратка, дефинисати полазни облик материјала - припремка, програмирање обраде, систематизација и припрема алата, подешавање алата изван машине, симулација процеса обраде, формирање одговарајуће документације и све то треба проследити одељењу производње.

Основне активности при пројектовању технолошких процеса приказане су по шеми на слици 4.1.



Слика 4.1. Основне активности пројектовања технолошких процеса за NUMA

Анализа техничко - технолошке документације врши се у почетној фази пројектовања технолошких процеса. Програмирање обрадних процеса које се обавља у технолошким бироима, као једну од најзначајнијих фаза, изводе за то посебно оспособљени кадрови који се зову програмери.

Техничко - технолошка припрема алата обухвата систематизацију и класификацију алата, дефинисање резних елемената, припрему и монтажу алата, подешавање на посебним уређајима или машини за подешавање и сл.

Симулација обрадног процеса има за циљ откривање грешака у програму и може да се обавља на програмерским радним местима (на рачунам), или пак на самој машини по утврђеној процедури (израда пробног комада нпр.) [7].

Техничке карактеристике машина

Произвођачи нумерички управљаних машина алатки на пригодан начин треба да саопште купцу техничке карактеристике своје машине. Обично се то чини проспектима, разним документима у виду декларација, картама машине, гаранцијама, упутствима за програмирање и друго [10].

Нумерички управљана машина алатка, као обрадни систем, има своје функционалне подсистеме и треба знати њихове карактеристике јер доста утичу на поступак програмирања. Уопште, сви функционални подсистеми који карактеришу једну машину могу бити:

- геометријски (скуп геометријских параметара који дефинишу апсолутне и инкременталне положаје свих елемената обрадног система),
- кинематски (релативно кретање алата и обратка у току процеса обраде),
- енергетски (сви елементи обрадног система за акумулацију, пренос и конверзију енергије),
- подсистем материјала и алата (измена алата и довођење припремка у позицију за обраду) и
- комуникациони - информациони подсистем (пријем, обрада и издавање података, инструкције извршним органима машине алатке).

Избор делова за обраду

Ефективно коришћење нумерички управљане машине алатке уско је везано за избор делова за обраду, за њихов геометријски облик, величине, квалитет и за њихову технологодност. Делови за обраду бирају се на основу:

- конструктивно - технолошких карактеристика полазног материјала, припремка,
- геометријског облика и површина обратка,
- величине производне серије,
- постојања одређених конструктивних и технолошких форми (нпр. навоја),
- начина стезања обратка,

- захтеване димензионе тачности и квалитета обраде,
- тешкоће око израде програма и тако даље.

Највећи економски ефекти код примене нумерички управљане машине алатке су у мало и средње серијском виду производње за израду делова који имају сложену унутрашњу и спољну површину, велики број различитих отвора, повећане захтеве за тачност обраде и тако даље. Технолошкост делова за обраду оцењује се производношћу, ценом као и погодношћу за програмирање.

Технолошко прилагођавање радионичког цртежа

Радионички цртеж се ради у конструктивном бироу. Конструктор унапред не зна на којој машини алатки ће се вршити обрада и зато цртеж треба да одговара техничким нормативима и прописаним стандардима. Конструктор производа на цртежу треба да дефинише:

- геометријски облик, величину и довољан број пресека дела,
- материјал дела прописано означен као и препоруку за набавку,
- дозвољена одступања од правилног геометријског облика,
- конструктивне база дела уз могућност да буду и технолошке,
- предвиђену термичку обрада и површинску заштиту, а да она одговара намени дела.

Радионички цртеж треба прилагодити затим и захтевима нумерички управљане машине алатке. Неопходно је извести правилно котирање и постављање пројекција које одговарају положају дела на радном столу машине у току процеса обраде. Котирање на цртежу зависи од мерног система машине. У случају да се не зна на којој ће се машини вршити обрада, препоручује се котирање у апсолутном систему мера. То омогућује једноставну израду програма и за машине алатке које поседују инкрементални (релативни) систем мера [7].

Програмирање обрадног процеса изводи се у координатном систему обратка након чега се врши усаглашавање овог система са координатним системом машине алатке.

При програмирању димензије обратка могу се узети за координатни систем у апсолутном или инкременталном облику, односно постоје два облика програмирања: апсолутно и инкрементално.

Опште је правило да се неконтролисани радионички цртежи не шаљу у производњу јер сваки застој око накнадних корекција и допуне цртежа, директно утиче на време и тачност израде дела.

Избор припремка

Када технолог - програмер добије радионички цртеж треба да изврши:

- анализу геометријских и технолошких форми издатка,
- анализу цртежа издатка у погледу могућности обраде,
- анализу цртежа издатка по питању монтаже.

Избор припремка је први корак технолога - програмера при изради програма. Припремак се бира према критеријумима који важе и при обради на конвенционалним машинама алаткама. Припремак по свом облику може да буде стандардног облика (шипка, плоча, цев) или може да буде претходно формиран на у некој операцији обраде (одливак, отковак, отпресак). Коначне димензије стандардног облика припремка се одређују тако што се поједине димензије обратка (за ротационе облике најчешће максимални пречник и дужина) увећају за суму додатака за обраду који зависе од врсте, методе, квалитета и тачности обраде. Када је припремак претходно формиран у посебној операцији (одливак, откивак) онда се његове димензије добијају у зависности од карактеристика операције примењене за његово добијање. Може се рећи да скуп додатака за обраду и габаритне величине изратка одређују димензије припремка.

Додаци, на пример за грубу и фину обраду (уздужну - попречну, спољашњу - унутрашњу), дају се у зависности од низа производно - технолошких услова:

- облик производње (појединачни, серијски),
- начин израде полуфабриката (одливак, отковак, ваљани материјал),
- стање изратка (каљен, побољшан, цементиран),
- тачност обраде (нормална, повишена) и друго.

Стандардне димензије појединих полуфабриката, које се користе при избору величина припремка, дају се у одговарајућим каталозима произвођача, или су дефинисане стандардом. Ако се нумерички управљана машина алатка користи за међуоперацију, за њу се припремак обрађује у претходној операцији, на нумеричкој или конвенционалној машини алатки.

Карактеристичне тачке обрадног система

При програмирању обрадних процеса, поред дефинисања координатних система, треба дефинисати и карактеристичне тачке елемената обрадног система. То су нулте тачке машине алатке и обратка, референтне тачке алата, носача и држача алата, нулте тачке подешавања, стартне, завршне и друге тачке [10].

Преко карактеристичних тачака изражавају се међузависности положаја елемената обрадног система потребних за програмирање кретања у обрадном процесу.

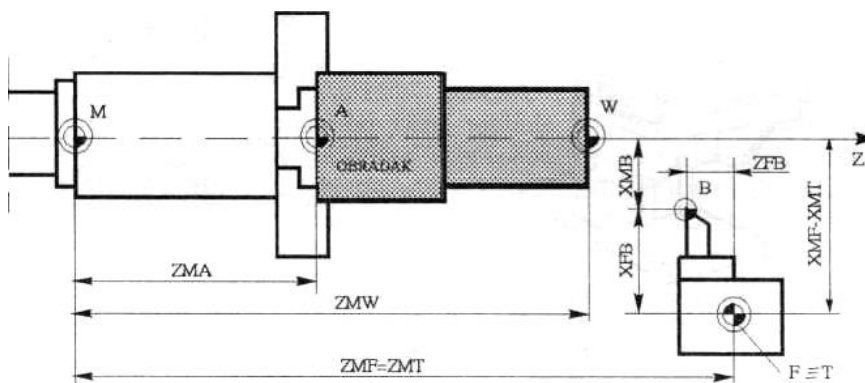
Једна од битних карактеристика машине алатке је радни простор. То је геометријско место свих тачака у којима се може начи алат у оквиру кога се врши обрада. На пример код NU - струга са 2D - управљане осе, радни простор је правоугаона површина одређена је уздужним и попречним кретањем алата, а код NU - глодалице са 3D - управљане осе, радни простор зависи од техничких карактеристика машине: уздужни и попречни ход радног стола у хоризонталној равни, затим подизање и спуштање алата односно обратка у вертикалној равни.

Теоријски радни простор је онај простор који је уско везан за могуће положаје носача алата код струга, односно главног вретена глодалице.

Стварни радни простор условљен је положајем алата и димензијама алата и предмета обраде. Међународни стандарди усвојили су ознаке за поједине карактеристичне тачке нумерички управљане машине алатке:

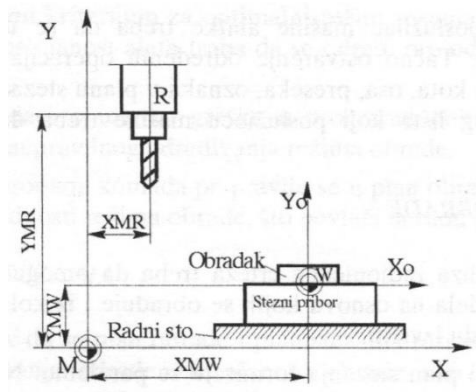
- R - Референтна тачка машине је врло важна тачка, успоставља везу између мерног система и рада машине и представља граничну тачку радног простора. Може се замислити као место у којем се налази онолико прекидача колико машина алатка има управљаних оса. Пре него што почне остварење било ког програма, треба померити носач алата или радни сто у ту тачку, чиме ће бити побуђен мерни систем машине алатке и обезбеђено мерење по свим управљаним осама.
- M - Нулта тачка машине је стална тачка коју машина алатка памти и кад је ван погона. У тој тачки налази се координатни почетак машине. При програмирању могуће је померати тај координатни почетак у тачку која одговара програмеру.
- W - Нулта тачка обратка омогућује да се све коте рачунају од ње и може да се нађе где то програмер жели. При томе обележавање оса и осних праваца мора се подударати са координатним системом машине. Код обраде на стругу се обично налази у пресеку осе ротације са референтном рубном линијом хоризонталних мера обртка. У зависности од њеног положаја али обично је да алат улази у обрадак помицањем у негативном смеру оса и при уписивању негативног прецнака у програм доводи се до одмицања, уместо примицања алата од обратка.
- F - Нулта тачка алата је стална тачка носача алата коју машина памти и кад је ван погона.
- B - Стартна тачка алата је тачка у радном простору машине алатке чији положај бира програмер. Из те тачке алат креће у процес обраде и то је положај у којем се врши измена алата.
- A - Гранична тачка представља раван у којој се врши стезање обратка.
- F - Референтна тачка носача алата је дефинисана тачка на носачу алата и помоћу ње се могу одредити сви положаји носача у координатном систему машине алатке.
- T - Референтна тачка држача алата налази се на равни носача алата и најчешће се поклапа са референтном тачком носача алата ($F = T$).

Дефинисање карактеристичних тачака на примеру обраде на стругу дато је на слици 3.1, и на примеру обраде на бушилици, слика 4.2.



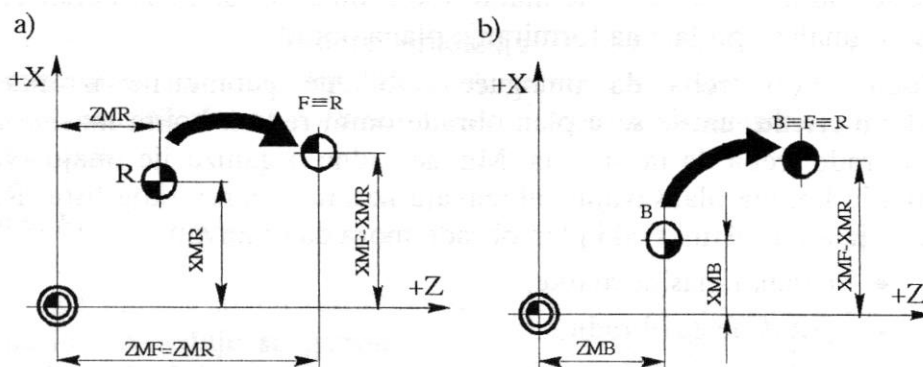
Слика 4.2- Карактеристичне тачке радног простора при обради на стругу

Удаљеност мерена од нулте тачке машине - M , до стартне тачке - W , у правцу X - осе је X_{MW} , а у правцу Z - осе је Z_{MW} (слика 4.3).



Слика 4.3. Карактеристичне тачке радног простора при обради на бушилици

Поједине карактеристичне тачке могу мењати положај, а њихово померање приказано је на слици 4.4.



Слика 4.4. а) референтна тачка и њено померање у референтну тачку носача алата б) дефиниција стартне тачке при програмирању процеса обраде

Избор врсте и редоследа операција

Критеријуми за избор врсте и редоследа операција су [7]:

- нумерички управљана машина алатка на којој ће се вршити обрада, • врста стезања и начини базирања,
- облици и положаји површина које се обрађују,
- тражена тачност по облику, димензијама и квалитету обрађених површина,
- деформације од загревања и њихов утицај на тачност и додатке за обраду.

Претходна анализа треба да омогући разраду врста и редоследа технолошких операција:

- прилагођавање редоследа операција - захвата, сличним деловима (нпр. комплексном делу),
- анализа економичности захвата за варијантне могућности,
- одређивање редоследа и описа захвата,
- анализа и технолошка разрада најсложенијих функционалних површина.

Оператор - послужилац машине алатке треба да се упозна са садржајем операције и захвата. Тачно остварење одређених операција - захвата на основу одређених површина, кота, оса, пресека, ознака у плану стезања даје се као излаз у види инструкционог листа који послужиоцу машине треба да омогући рад без застоја.

План обраде

Детаљна анализа радионичког цртежа треба да омогући сагледавање свих захтева за обраду дела на основу којих се обрађује и из колико радних положаја - стезања, треба обраду извршити [7].

План обраде и план стезања формирају се паралелно. На основу потребних радних положаја обратка могу се одредити површине за обраду, површине за стезање и базирање, технолошке и мерно - контролне површине. Планом стезања одређује се радни простор машине алатке и координатни систем са карактеристичним тачкама и одмах се прелази на формирање плана обраде.

Подаци који треба да омогуће добијање геометрије изратка према радионичком цртежу, уносе се у план обраде оним редом којим машина алатка у процесу обраде треба да их обавља. Многе радне организације имају своје листе плана обраде којима олакшавају и убрзавају израду програмског листа. Разлика у форми постоји, али у суштини сваки план обраде мора да обухвати:

- ознаку машине алатке,
- површине за обраду,
- начин стезања и позиционирања,
- радни положај обратка,
- операције и њихов редослед,
- величине помака, брзине резања, ознаку алата,
- промену алата,
- подмазивање, хлађење и друго.

При избору и дефинисању параметара режима обраде треба водити рачуна о критеријуму минималних трошкова обраде и ограничењима која могу бити у погледу:

- снаге погонског мотора машине алатке,
- резне могућности алата у вези са материјалом обратка (постојаност алата),
- параметра квалитета обрађене површине и
- крутости система: машина алатка - обрадак - алат.

Избор режима обраде код обраде резањем треба почети са усвајањем дубине резања. Дубина резања треба да омогући скидање потребног слоја материјала са најмањим бројем пролаза. Број пролаза зависи од траженог квалитета, тачности обраде и крутости технолошког система.

Помак се усваја као максимално дозвољена вредност из технолошко - допуштених граница, а затим се одређује највећа вредност брзине помоћног кретања (производ помака и броја обртаја).

Као квалитативни критеријум за оптимални режим резања може се сматрати и постојаност алата. Постојаност алата треба да се одреди пре одређивања помака и брзине резања.

Искусвени подаци о узроку грешке у програму показују да око 50% грешака долази због неправилног одређивања режима обраде.

После израде пробног комада по правилу се у план обраде и програмски лист уносе измењене вредности режима обраде, што повлачи дораду програма.

План стезања

Познато је већ да се план обраде и план стезања формирају паралелно. Број радних положаја - стезања одређен је планом обраде као координатни систем радног простора. План стезања мора једнозначно да одреди положај обратка, обележене координатне осе, неопходне мере и начин стезања са површинама за ослањање.

Утврђени положаји стезања приказују се одговарајућим скицама које представљају план стезања. Припремак се поставља у стезни прибор, а његов положај у односу на алат и координатни систем мора недвосмислено бити дефинисан планом стезања.

План алата

У току обраде алат и обрадак су у захвату. Кретањем алата и извршних органа машине одређује се геометријски облик и величине издатка. Координатни систем машине одређује положај радних органа машине, а тиме и положај обратка. Та зависност захтева тачно постављање алата као предуслов за добијање облика и величине обратка према радионичком цртежу.

При изради програма предвиђа се потребан алат за комплетну обраду на нумерички управљаној машини алатки и уноси се у план алата. Ту се налазе сви подаци о алату, а по потреби и карактеристични положаји алата и обратка. Димензионо дефинисање алата представља прецизно одређивање положаја врха сечива у односу на референтне тачке држача алата.

Подешавање алата

Подешавање алата остварује се ван машине и то пре почетка обраде, и зове се претходно подешавање. Подешавање алата може да буде за конкретне површине, за одређени отвор и дубину тог отвора. Од облика обратка и карактеристика машине зависи да ли ће сви алати бити на једном носачу или ће сваки алат имати свој носач. Подешавање алата може бити радијално и аксијално.

Носачи бургија захтевају аксијално, а носачи стругарских ножева радијално и аксијално подешавање. На пример, за обраду отвора D90H7, први нож за грубу обраду биће тако подешен да оствари D88,5, други за прецавршну обраду D89,6, а трећи за завршну обраду D90 H7.

Претходно подешавање алата остварује се на уређајима који могу бити једноставне конструкције, а некада представљају праве машине. На тим уређајима може се остварити подешавање по пречнику до 0,002 мм, а по дужини до 0,01 мм.

Путања алата

Контуре обратка састоје се из сегмената правих линија, кругова и кривих различитог облика и сложености, дефинисаних одређеним једначинама или датих табеларно. Сегменти контуре обратка служе као основа програмирања путање резне ивице алата, условно да та резна ивица у процесу резања нема промене (нема затупљења) и треба да остане константна.

Ако се претпостави да радијус алата за време обраде контуре обратка код струга остаје константан, тада путања центра радијуса врха алата при контурној обради представља еквидистанту контуре обратка (геометријско место тачака равномерно је удаљено од контуре обратка). Код контурне обраде, на пример стругаским ножем, ако се програмира путања врха алата пријављује се грешка у обради због заобљеног врха алата и зато се мора програмирати путања средишта кривине, радијуса алата као еквидистанта контуре обратка. Често се уместо врха алата, програмира путања центра алата. Увек се програмира путања једне тачке на алату, тј. путања тачке од уласка до изласка алата из материјала обратка.

При пројектовању путање алата неопходно је узети у обзир специфичности при примицању и одмицању алата од обратка. Алат се води брзим ходом до референтне равни која је обично на растојању 5 до 10 мм од додира са површином за обраду. То растојање, 5 до 10 мм од неке референтне равни, омогућује лаган улазак алата у захват са обратком. Слично је и са изласком алата из захвата. Радни ход се замењује брзим одмицањем када се алат нађе на референтној равни.

Корекција алата

Услед хабања врха резног алата које доводи до промене положаја стварне у односу на програмирану путању треба извршити корекцију алата.

Корекција путање алата

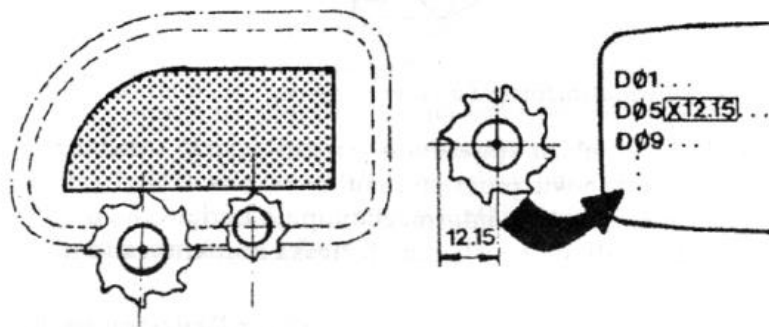
Ако се програмира стварна путања алата, на пример путања центра глодала, при обради долази до грешке обрађене контуре услед затупљења алата. Способност управљања да коригује стварну путању алата у односу на програмирану, како би се избегле грешке услед затупљености алата, назива се корекција путање алата.

Са коректуром путање глодала програмира се путања чије тачке леже на контури коју треба обрадити, а путања центра глодала се премешта нормално у односу на њу, за кориговану вредност (слика 4.5).

При промени правца, при кретању око угла, више се не подудара крајња тачка једног блока са почетном тачком следећег блока. Управљачка јединица директно, аутоматски обрачунава додатна коригована кретања за премештање из старе у нову позицију.

Програмирање контуре комада са коректуром путање алата могуће је при обради и у три равни (X - Y, X - Z, и Y - Z).

Корекција путање алата активира се познатом адресом, наредбом и представља растојање за које је померена коригована путања у односу на програмирану.



Слика 4.5. Утицај корекције: а. без и б. са коректуром путање алата за глодање

У оквиру једног програма, коректура путање може се доделити већем броју алата, а и једном алату већи број коректура негових путања.

Корекција дужине алата

Дужинска коректура алата омогућује да управљање може да прави разлику између програмиране координате и стварног померања осе.

Полази се од референтног алата, од алата чија је дужина унапред позната и са којом се рачуна при програмирању. У пракси се обично користи термин “нулти алат” и сматра се да је његова дужина једнака нули. Разлике у дужини између нултог и других алата смештају се у табели дужинских коректура са одговарајућом адресом и одређеним коректурним бројем. Позив дужинске коректуре програмира се у делу програма у којем треба компоновати пут алата. Позитивне вредности односе се на алат чија је дужина већа од дужине “нултог алата”, а негативна на алат чија је дужина мања од програмиране.

Активна вредност дужинске коректуре је по дејству самоодржива и може се поништити, избрисати једино позивањем нове дужинске коректуре. Дужинска коректура постаје активна са првом следећом информацијом кретања осе на коју се односи.

При апсолутном улазу (апсолутни систем мера), дужинска коректура израчунава се за сваку нову програмирану меру алата. Код релативног улаза, коректура делује само са првом информацијом пута кориговане осе. Са наредним информацијама које се односе на исти алат, дужинска коректура више није извршна.

4.2. Основи CNC програмирања

Програм за НУ машине алатке треба да буде оптималан, економичан и без грешака. Програмирање обрадних процеса на нумерички управљаним машинама обухвата низ захвата на систематизацији обрадних информација, њиховом исписивању одређеним редоследом и кодом према правилима програмског језика у форми управљачког програма. У реалној индустријској пракси примену разликују се [8]:

- ручно програмирање,
- програмирање у погону,
- машинско (компјутерско) програмирање.

Без обзира о ком облику програмирања се ради, НУ машина алатка добија све потребне информације за аутоматску обраду неког елемента. То су информације о потребним главним и помоћним кретањима, информације за укључивање и искључивање извршних органа машине алатке, за аутоматску измену алата и обратка, за почетак и крај програма. Управљачке јединице обрађују припремљене информације и према степену приоритета саопштавају извршним органима машине алатке, па се на тај начин остварује управљање процесом обраде.

За израду програма потребне су информације о одређеном типу машине, алатима и уређајима, материјалима, параметрима обраде, разним препорукама и слично. Ове информације се систематизују у облику база података и програмер их по потреби користи. У технолошкој бази података информације се налазе у облику карти алата, машина, каталога, табела или се налазе у датотекама рачунара и користе се по потреби. Уређене управљачке информације у форми програма потребно је пренети на носач информација преко кога ће бити унесене у меморију управљачке јединице на даље процесирање. Пре уношења програма за рад НУ машине алатке треба извести следеће активности:

- Подешавање машине алатке према листи за подешавање. Листа садржи списак потребних алата и њихових држача, држача и стезача обратка.
- За машине алатке које нису опремљене апсолутним мерним системом, после подешавања, клизачи се доводе до нулте тачке ради усаглашавања мерног и управљачког система.
- У случају отказа алата, послужилац машине мора бити спреман да прекине програм обраде. После замене алата или окретања плочице, програм треба да стартује од првог главног блока пре прекида процеса обраде.

Симулација процеса обраде треба да омогући верификацију квалитета програма. Машина се укључи да ради без обратка и посматрају се дефинисана кретања.

4.2.1 Ручно програмирање

При ручном програмирању полази се од радионичког цртежа. Програмер (технолог) на основу радионичког цртежа и цртежа полуфабриката дефинише план обраде. Из плана обраде произилазе радно место или машина, потребне операције, њихов редослед, бројеви обртаја, помоћна кретања, операције у којима треба извршити замену алата или извршити укључивање и искључивање *SHF*, итд [8].

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

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

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

Развој електронике утицао је и на развој *CNC* управљачких јединица *НУМА*. Оне су претрпеле битна побољшања и данас су то углавном снажни вишепроцесорски и микропроцесорски системи са компјутерском графиком. Зато већина произвођача управљачких јединица *НУМА* обезбеђује као стандардну верзију могућност програмирања у погону, тзв. "радионичко програмирање".

Код оваквих управљачких јединица могуће је директно уношење програма преко тастатуре на самој машини коришћењем специјално развијених менија који олакшавају рад програмеру. Такође је могуће описивање контура обраде коришћењем предефинисаних елементарних геометријских примитива као што су цилиндар, купа, кугла, разни облици жљебова и усека, оборене и заобљене ивице, навој и слично. Њихов број и облик зависе од врсте *НУМА* и њених технолошких карактеристика, као и квалитета саме контролне јединице. Оне се бирају из менија и врши се компоновање контуре обраде њиховим слагањем и задавањем конкретних димензија.

Контролна јединица је снабдевена програмима који аутоматски, на основу описа контуре, дефинишу путању алата и срачанувају све потребне координате. Такође постоје одређене програмске рутине које генеришу облик реченице за унете податке. У управљачку јединицу се уносе датотеке материјала, алата и режима тако да се одређени технолошки параметри обраде могу директно срачунати за време програмирања.

Пошто имају дисплеје за приказивање слика велике резолуције, поједине управљачке јединице имају посебно развијене и уграђене програме за графичку симулацију тока технолошког процеса обраде, као и контролу путање алата, пре него што почне обрада како би се унапред отклониле евентуално унете грешке у програму.

4.2.2 Програмирање у погону

Развој електронике утицао је и на развој *CNC* управљачких јединица *НУМА*. Оне су претрпеле битна побољшања и данас су то углавном снажни вишепроцесорски и микропроцесорски системи са компјутерском графиком. Зато већина произвођача управљачких јединица *НУМА* обезбеђује као стандардну верзију могућност програмирања у погону, тзв. "радионичко програмирање" [8].

Код оваквих управљачких јединица могуће је директно уношење програма преко тастатуре на самој машини коришћењем специјално развијених менија који олакшавају рад програмеру. Такође је могуће описивање контура обраде коришћењем предефинисаних елементарних геометријских примитива као што су цилиндар, купа, кугла, разни облици жљебова и усека, оборене и заобљене ивице, навоји и слично.

Њихов број и облик зависе од врсте НУМА и њених технолошких карактеристика, као и квалитета саме управљачке јединице. Оне се бирају из менија и врши се компоновање контуре обраде њиховим слагањем и задавањем конкретних димензија.

Управљачка јединица је снабдевена програмима који аутоматски, на основу описа контуре, дефинишу путању алата и срачунавају све потребне координате. Такође постоје одређене програмске рутине које генеришу облик реченице за унете податке. У управљачку јединицу се уносе датотеке материјала, алата и режима тако да се одређени технолошки параметри обраде могу директно да срачунавају за време програмирања.

Пошто имају дисплеје за приказивање слика велике резолуције, поједине управљачке јединице имају посебно развијене и уграђене програме за графичку симулацију тока технолошког процеса обраде, као и контролу путање алата, пре него што почне обрада како би се унапред отклониле евентуално унете грешке у програму.

4.2.3 Програмирање НУМА помоћу рачунара

Основни недостаци ручног програмирања могли би да се искажу следећим констатацијама [8]:

- Програмер мора да мења коте са цртежа и да их прилагођава координатном систему машине.
- Програмер мора сам да дефинише геометрију дела, тј. да израчунава поједине карактеристичне коте и да до најситнијих детаља дефинише пут алата.
- Сваки захват или покрет алата, или клизача, мора се посебно дефинисати и шифрирати сагласно шифрама које "разуме" управљачка јединица машине.
- Режиме обраде програмер мора сам да дефинише и
- Сваки произвођач машине има свој специфичан начин програмирања и кодирања информација.

Као последице ових недостатака могу да се наведу следеће констатације:

- Ручно програмирање код већег броја машина и компликованијих делова постаје "уско грло".
- Потребно је више квалификованих програмера.
- Сам технолошки поступак израде делова траје дуже услед спорог програмирања, што поскупљује производ.
- Већа је могућност грешака, нарочито код сложенијих делова.

Циљеви аутоматског програмирања НУМА уз помоћ рачунара могу се исказати на следећи начин:

- Аутоматски прорачун путање алата на основу што краћег и једноставнијег описа жељене путање алата.
- Аутоматско дефинисање захвата обраде и њиховог редоследа у случајевима

када је редослед стандардан (нпр. код израде навоја у отвору постоји стандардни поступак кога не треба увек понављати већ се позива из датотека поступака).

- Сам проблем програмирања дефинисати описно коришћењем правила специјално развијеног симболичког језика.
- Аутоматизовано одређивање режима обраде.
- Аутоматизовани избор резног алата и стезног прибора.
- Аутоматско прерачунавање координатног система.

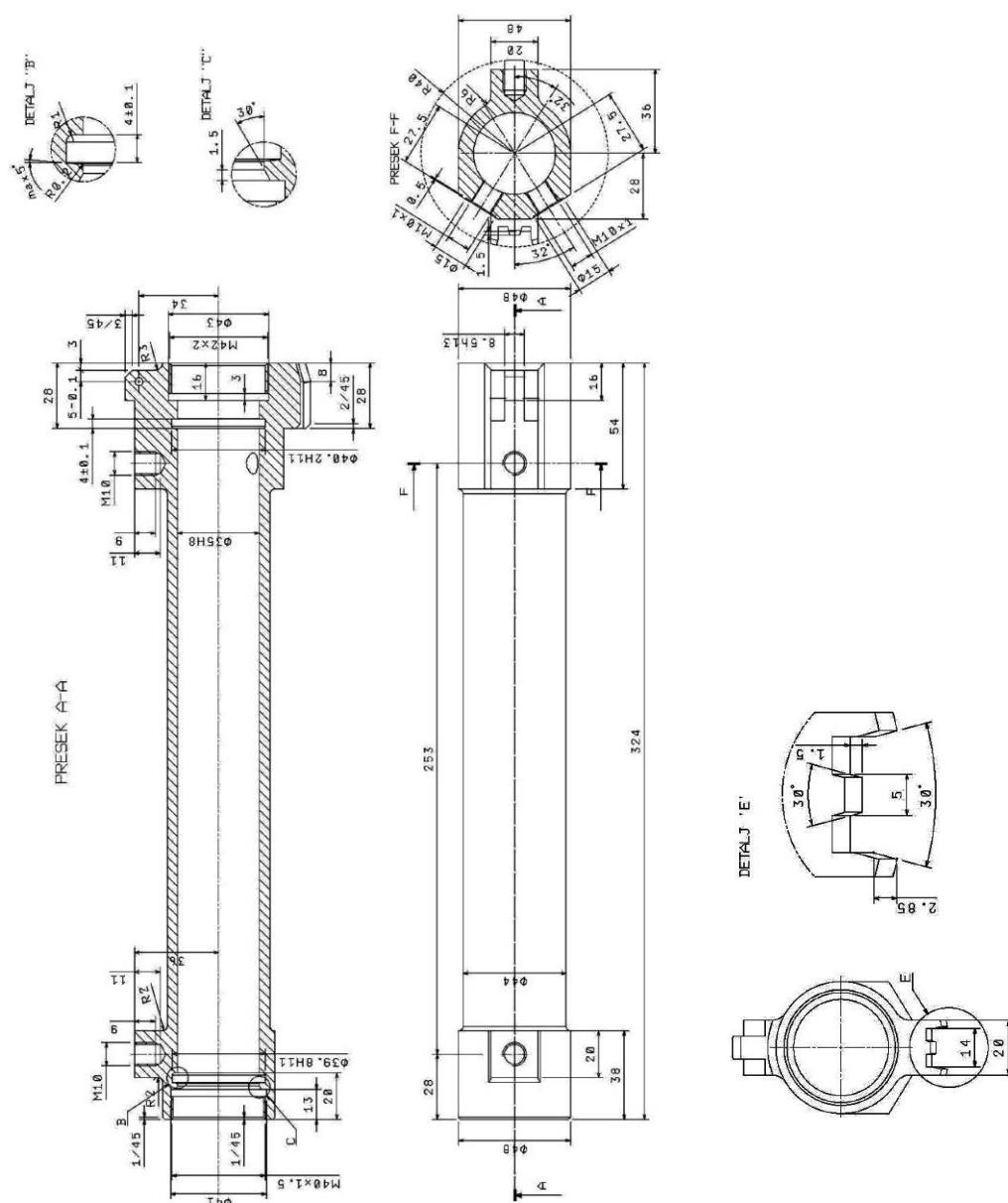
Предности примене аутоматског програмирања НУМА су:

- Бржа и јефтинија израда програма.
- Програми су краћи и независни од произвођача машине.
- Мања је могућност уноса грешака приликом рачунања.
- Боље је искоришћење програмера.
- Омогућено је управљање и просторним (контурним) системима обраде.

5. Пример пројектовања дела и генерисање NC-кода у програмском пакету CATIA V5

У наредном делу рада описан је пример пројектовања дела и генерисање NC-кода за израду *Тела цилиндра* (слика 5) у програмском пакету CATIA V5 за вертикални обрадни центар *DOOSAN DNM 500 II*.

Најпре се врши креирање предмета обраде у програмском пакету уколико није добијен са техничким цртежом, а затим се креира припремак. Након тога се приступа разради плана обраде. То се реализује у програмском пакету CATIA V5 у посебном модулу и на крају се генерише NC-код за одговарајућу машину [5, 9].

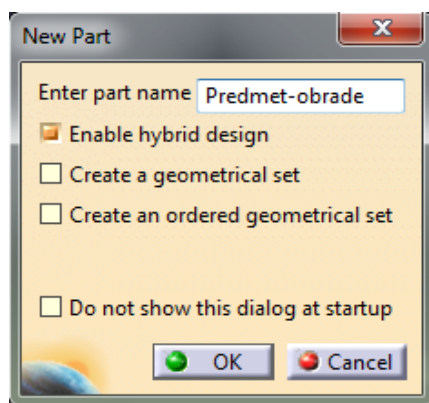


Слика 5. Технички цртеж предмета обраде [6]

5.1 Креирање модела предмета обраде

5.1.1 Активирање модула за креирање модела

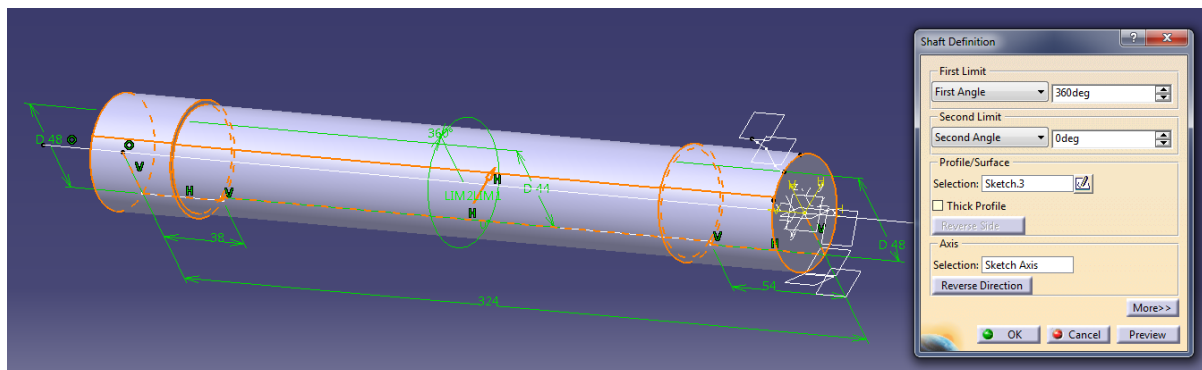
- 1) Отворити **Start-Mechanical Design-Part Design**.
- 2) У пољу **Enter part name** прозора **New Part** уписујемо назив модела (**Predmet-obrade**) (Сл. 2.1).



Слика 5.1 – New part

5.1.2 Креирање и дефинисање моделске форме Shaft Definition

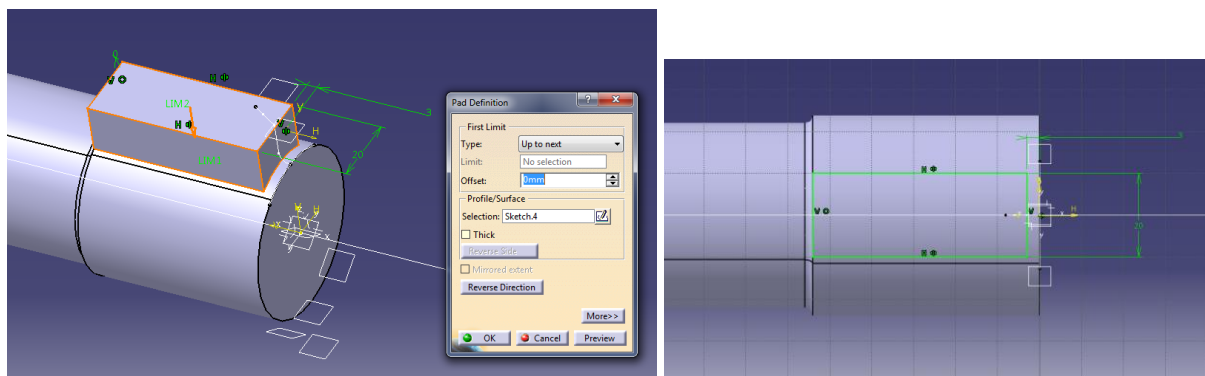
- Скицирање се започиње активирањем команде **Sketch** и одабиром одговарајуће равни скицирања.
- Скицирање контуре се врши применом команде **Centered Rectangle**.
- Активирати команду **Exit Workbench** за излаз из модула за скицирање, ради дефинисања треће димензије.
- Активирањем команде **Shaft Definition** покрећемо операцију за ротирање скице око осе скицирања.
- У прозору **Shaft Definition** (Сл. 5.2) бира се тип додавања **Dimension**, а у пољу **First limit** унети вредност ротације 360deg.



Слика 5.2 - Дефинисање моделске форме Shaft Definition

5.1.3 Креирање моделске форме *Pad*

- Одабрати помоћну раван у нашем случају **Plane. 7**, коју смо предходно креирали, након чега активирамо команду **Sketch** за покретање модула за скицирање (Сл. 5.3 а)).



а)

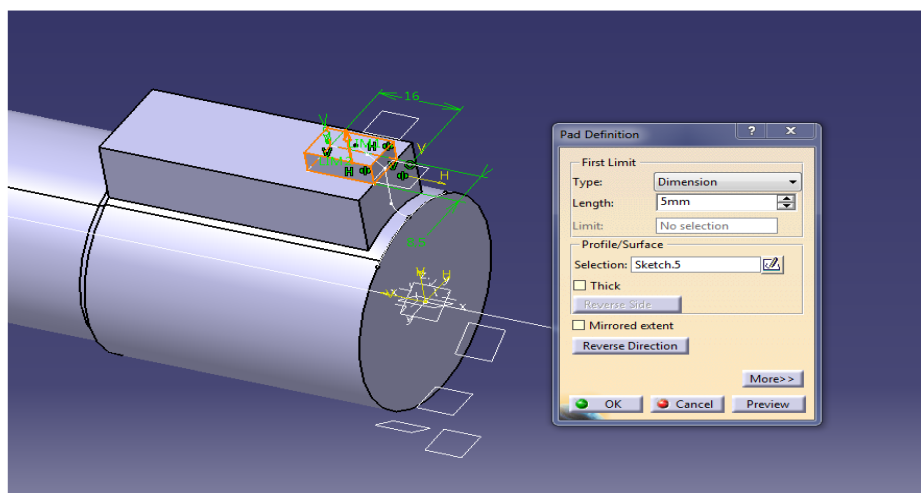
б)

Слика 5.3 - Дефинисање скице и моделске форме *Pad*

- Активирати команду **Profile** и затворити контуру скице моделске форме.
- Активирати команду **Exit Workbench** за излаз из модула за скицирање, да би извршили дефинисање треће димензије.
- Активирањем команде **Pad** покрећемо операцију за извлачење скице управно на раван скицирања (Сл. 5.3 б)).
- У прозору **Pad Definition** бира се тип додавања **Up to next**, што значи да материјал додајемо до прве површине.

5.1.4 Креирање моделске форме *Pad. 2*

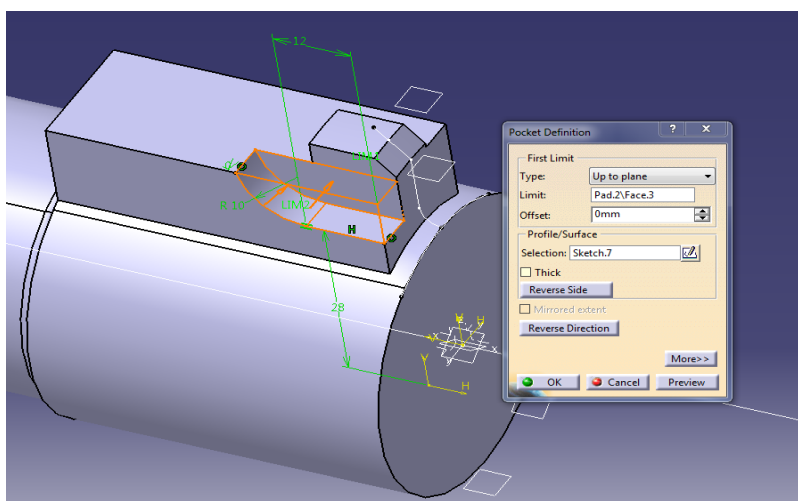
- На сличан начин као што смо креирали предходни **Pad. 1** креирамо и **Pad. 2**.
- С тим сто у прозору **Pad Definition** (Сл. 5.5) бира се тип додавања **Dimension**, а у пољу **Length** унети вредност извлачења 5mm.



Слика 5.4 - Дефинисање моделске форме *Pad 2*

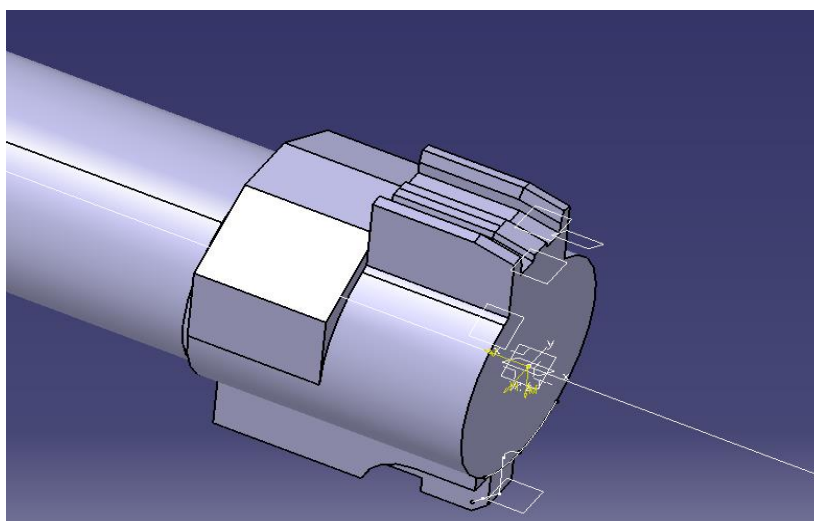
5.1.5 Креирање моделске форме *Pocket*

- Селектовати бочну површину моделске форме **Pad. 1**, затим активирати команду **Sketch** за покретање модула за скицирање.
- Скицирање одговарајуће контуре за одузимање материјала
- Активирати команду **Exit Workbench** за излаз из модула за скицирање, да би извршили дефинисање треће димензије.
- Активирати команду за извлачење скице са одузимањем материјала **Pocket**.
- У прозору **Pocket Definition** дефинисати параметре. Бира се тип одузимања **Up to plane**, а у пољу **Limit** селекује се површина до које се одузима материјал (Сл. 5.5).



Слика 5.5 - Дефинисање моделске форме *Pocket*

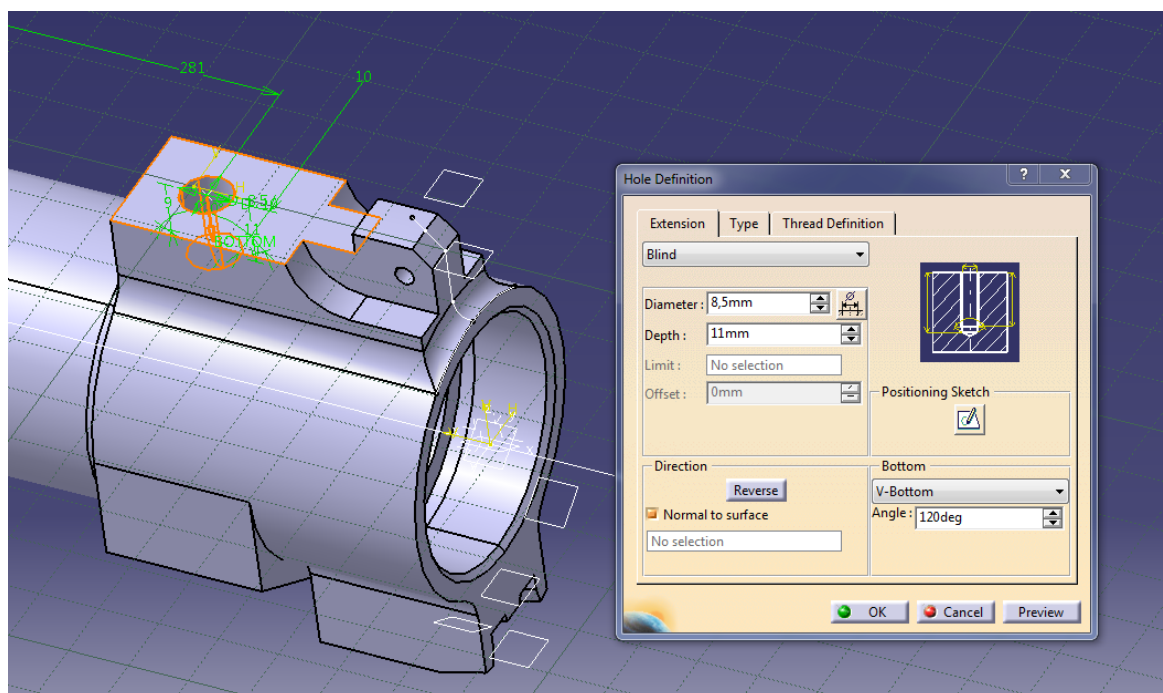
- Креирањем осталих моделских форми **Pad** и **Pocket** на сличан начин нао што смо показали у предходним случајевима дефинишемо и доњу страну предмета обраде (Сл. 5.6).



Слика 5.6 - Дефинисање доње стране предмета обраде

5.1.6 Креирање моделске форме *Hole*

- Активирати команду **Hole** затим бирати површину ка којој треба направити рупу.
- Селектовањем површине на којој треба формирати рупу отвара се прозор **Hole Definition**.
- У прозору **Hole Definition**, у оквиру картице **Extension**, унети величину пречника рупе 8,5mm, тип рупе **Blind**, дубину рупе 11mm и **V-Bottom 120deg**. А у картици **Thread Definition** дефинишемо метрички навој M10 (Сл. 5.7)
- У оквиру картице **Positioning Sketch** позиционирати центар рупе.

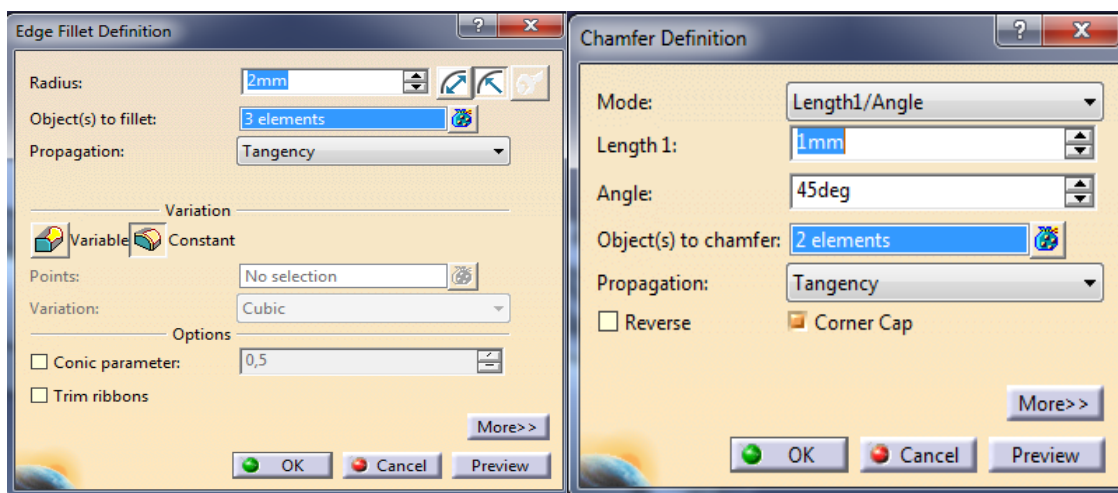


Слика 5.7 - Дефинисање моделске форме *Hole*

На исти начин дефинишемо и остале отворе и рупе са навојем или без.

5.1.7 Креирање моделских форми *Edgefillet* и *Chamfer*

- Команда **Edgefillet** користи се за заобљавање ивица одређеним радијусом (Сл. 5.8 а))
- Команда **Chamfer** користи се за закошење ивица одређеном дужином и углом (Сл. 5.8 б))

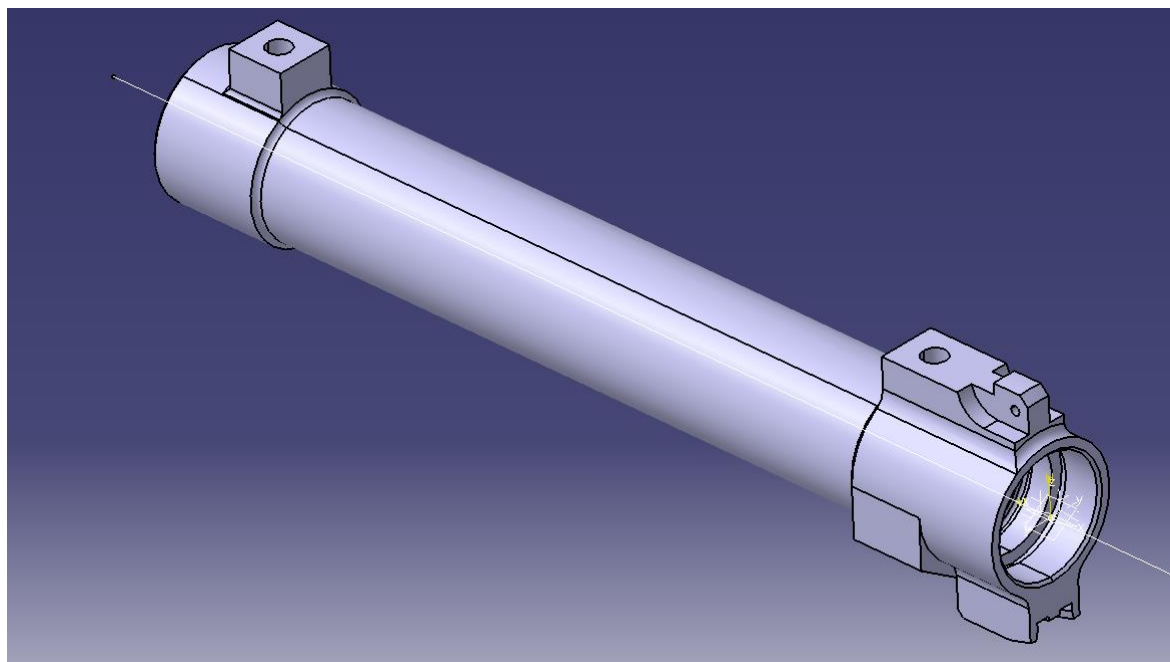


а)

б)

Слика 5.8 - Дефинисање моделске форме *Edgefillet* и *Chamfer*

- Коришћењем одређених форми креирали смо модел предмета обраде (Сл. 5.9).



Слика 5.9 – Модел предмета обраде

5.2 Креирање модела припремка

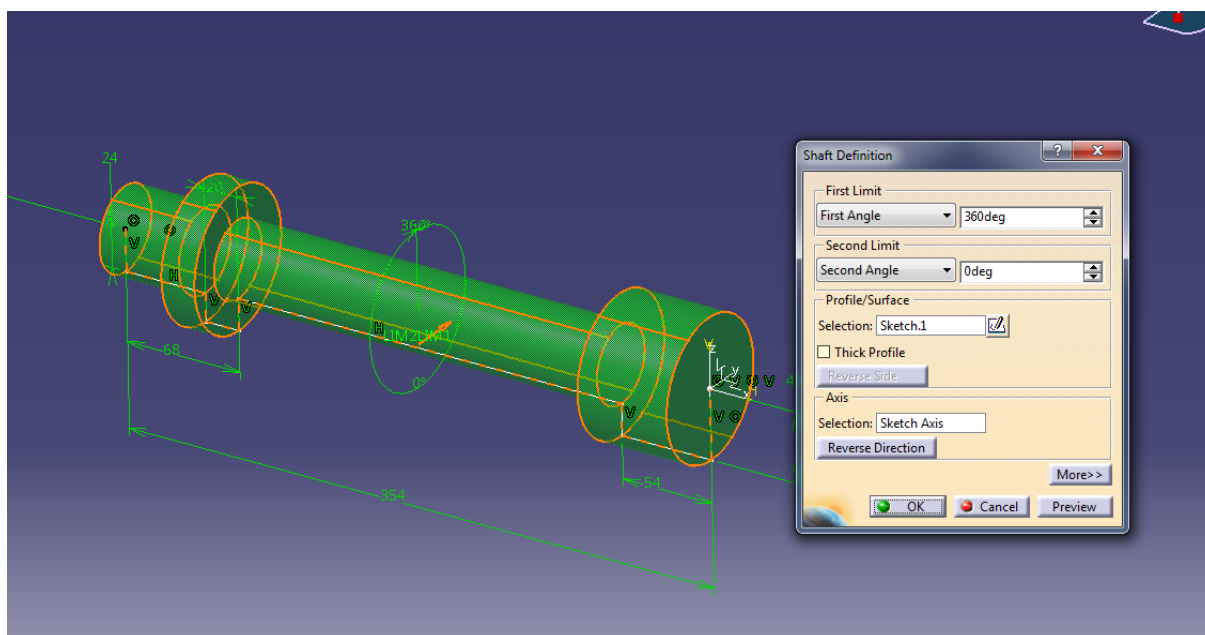
Припремак креирамо и правимо према димензијама предмета обраде који правимо. Такође требамо узети у обзир и прописану технологију израде, нпр. ако је предвиђена нека термичка обрада пре глодања па морамо оставити одређени додатак. Као и технолошки додатак за стезање у колико је то потребно, као сто је случај у нашем примеру. У овом примеру остављен је додатак за стезање у стезну главу, који се касније у операцији стугање одсеца.

5.2.1 Активирање модула за креирање модела

- Отворити **Start-Mechanical Design-Part Design**.
- У пољу **Enter part name** прозора **New Part** уписујемо назив модела (**Pripremak**).

5.2.2 Креирање и дефинисање моделске форме Shaft Definition

- Скицирање се започиње активирањем команде **Sketch** и одабиром одговарајуће равни скицирања.
- Скицирање контуре се врши применом команде **Centered Rectangle**.
- Активирати команду **Exit Workbench** за излаз из модула за скицирање, ради дефинисања треће димензије.
- Активирањем команде **Shaft Definition** покрећемо операцију за ротирање скице око осе скицирања.
- У прозору **Shaft Definition** (Сл. 5.10) бира се тип додавања **Dimension**, а у пољу **First limit** унети вредност ротације 360deg.



Слика 5.10 - Дефинисање моделске форме Shaft Definition

5.3 Креирање склопа за технолошку операцију

Након креирања предмета обраде и припремка потребно је направити склоп та два елемента у реалним условима.

Када се креира склоп тада се већ може прецизније а и лакше предвидети како ће се приступити писању програма и којим редоследом уклањати вишак материјала.

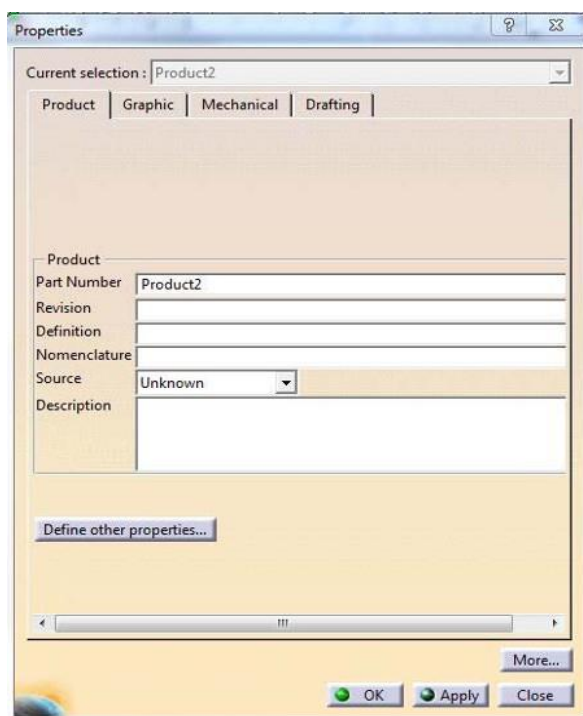
Такође при креирању склопа може се убацити и радни простор машине, радни сто, стезне алате, шапе за стезање, све препреке на које треба водити рачуна при програмирању машине (Сл. 5.15)

5.3.1 Активирање модула за креирање склопа

- Отворити **Start-Mechanical Design-Assembly Design**

5.3.2 Промена назива производа

- Десни клик на грану **Product1** у стаблу модела и у контекстуалном менију одабрати опцију **Properties**.
- У прозору **Properties** одабрати картицу **Product** (Сл. 5.11)
- Преименовати поље **Part Number** из **Product2** у **Sklop**.



Слика 5.11 – Преименовање производа

5.3.3 Додавање модела припремка

- На палети **Product Structure Tools** активирати команду **Existing Component** и кликнути на **Sklop** у стаблу модела или десним кликом на **Sklop** у стаблу модела, отвара се контекстуални мени, отворити **Components**→ **Existing Component**.

- У прозору **File Selection** одабрати фајл **Pripremak** и кликом на команду **Open** извршити додавање модела у радни простор.

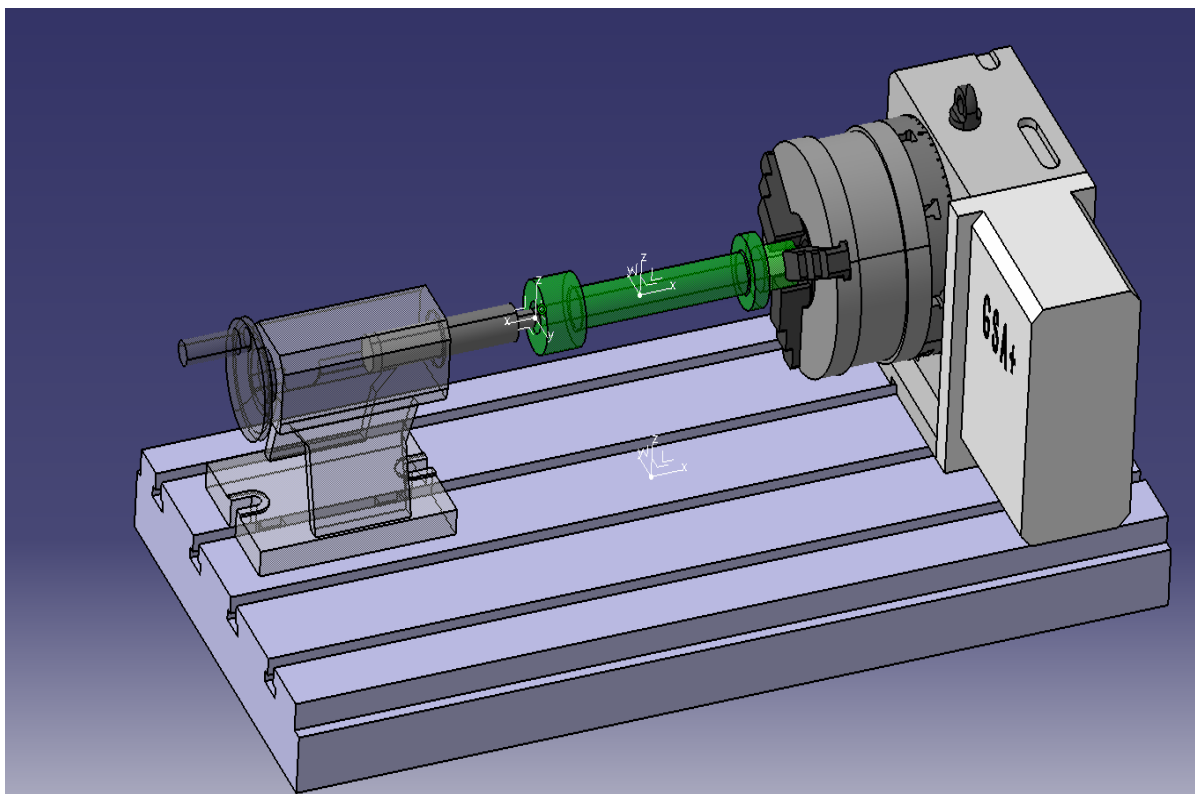
5.3.4 Фиксирање модела припремка

- Активирати команду **Fix Component** и кликнути на модел **Pripremak** да извршимо фиксирање.

5.3.5 Додавање и фиксирање модела радног стола и стезног алата (америкатера)

- Као што смо већ урадили са моделом *Pripremaka*, додали га у склоп и фиксирали, тако радимо и са моделом радног стола и американера са свим пратећим елементима (Сл. 5.12).

- Активирање мкоманде *Existing Component* за додавање модела и командом *Fix Component* да извршимо фиксирање.

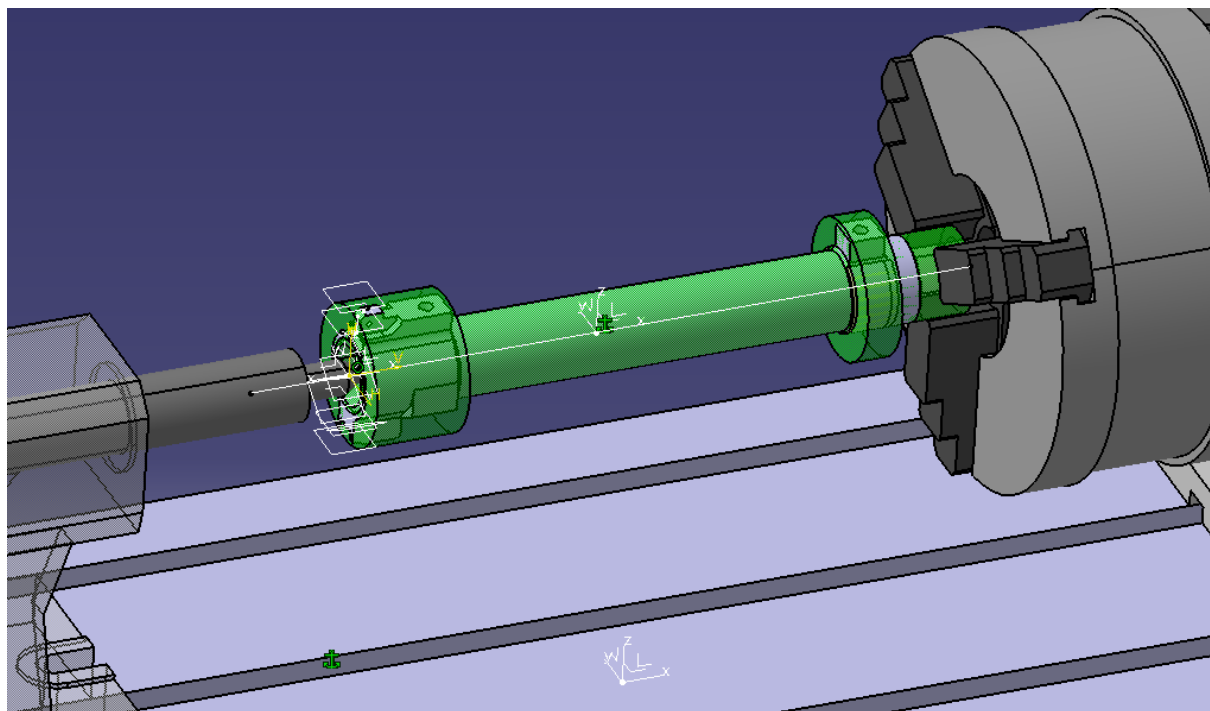


Слика 5.12 – Додавање и постављање ограничења између модела припремка и модела радног стола и американера

5.3.6 Додавање модела предмета обраде

- Активирати команду *Existing Component* и већ описаним поступком извршити додавање модела *Predmet-obrade* у радни простор модула *Assembly Design* (Сл.5.13).

- Приликом додавања свих ових елемената неопходно је поставити и одређена ограничења између *Pripremaka* и американера, као и ограничења између *Pripremaka* и *Predmet-obrade*.

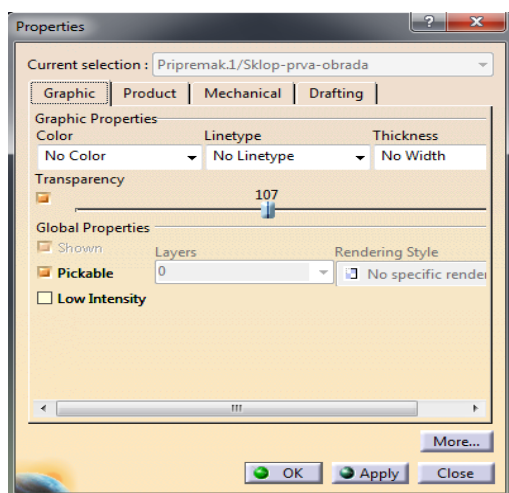


Слика 5.13 – Додавање модела предмета обраде

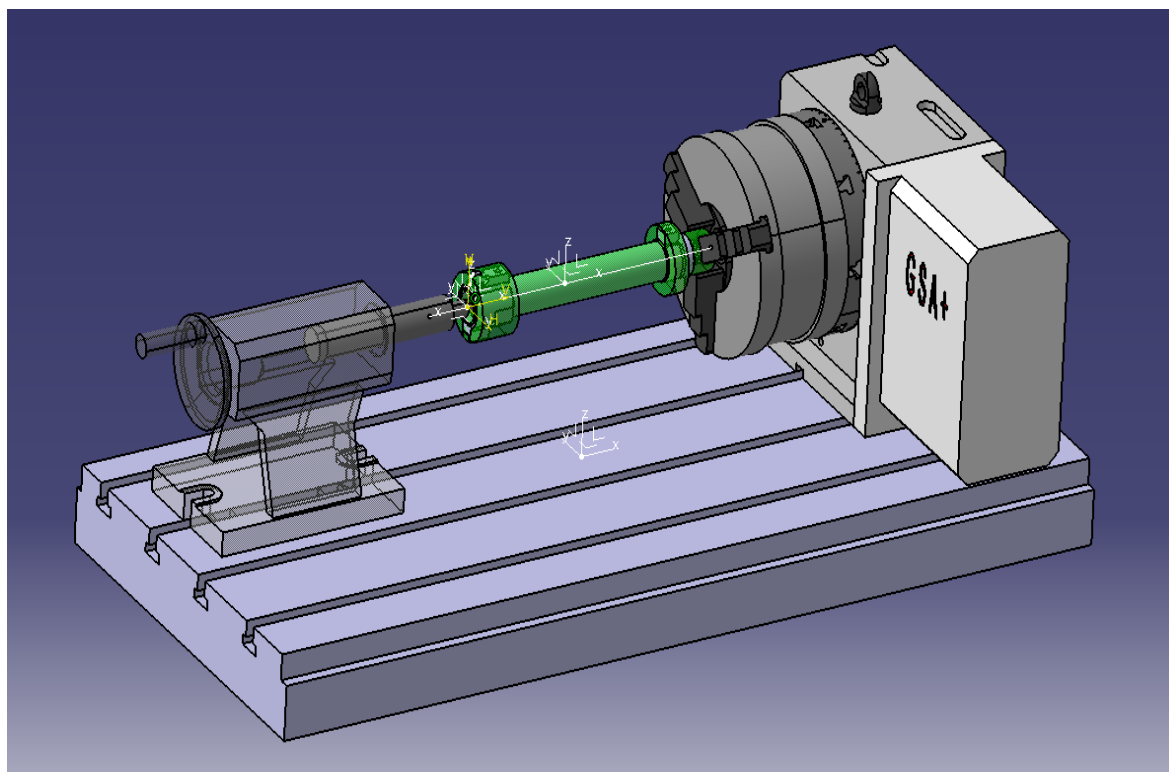
5.3.7 Подешавање видљивости припремка

- Десним кликом на грану **Pripremak** у стаблу модела отвара се контекстуални мени, активирати опцију **Properties** или селектовати модел припремка и на тастатури притиснути **Alt+Enter**

- У прозору **Properties** клизач **Transparency** померити у десни положај (Сл. 5.14).



Слика 5.14 – Подешавање видљивости модела припремка



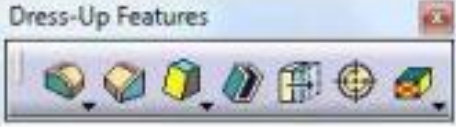
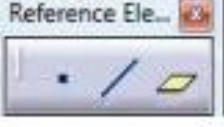
Слика 5.15 – Симулација склопа припремка и предмета обраде са додатним стезним алатима на радном столу обрадног центра у реалним условима

- Приликом скицирања моделских форми коришћене су палете, алати и команде које су дате у Табела 1, Табела 2 и Табела 3.

Табела 1 – Палете, алати и команде коришћене у процесу скицирања моделских форми призматичних делова

Палета алата		
		
Команда	Назив	Опис
	<i>Profile</i>	Креира контуру састављену од линијских сегмената или кружних лукова
	<i>Circle</i>	Креира кружницу
	<i>Arc</i>	Креира кружни лук задавањем прво центра, па крајњих тачака
	<i>Line</i>	Креира дуж
		
	<i>Quick Trim</i>	Брише изабране елементе
	<i>Project 3D Elements</i>	Пројектовање ивице
		
	<i>Construction/Standard Element</i>	Креира кружни лук задавањем прво центра, па крајњих тачака
		
	<i>Constraints Definition in Dialog Box</i>	Отвара дијалог прозор за задавање ограничења
	<i>Constraints</i>	Задавање димензионих ограничења
		
	<i>Construction/Standard Element</i>	Креира кружни лук задавањем прво центра, па крајњих тачака
		
	<i>Sketch</i>	Прелазак у модула за скицирање

Табела 2 – Палете, алати и команде коришћене у процесу скицирања моделских форми призматичних делова

Палета алата		
		
Команда	Назив	Опис
	<i>Pad</i>	Операција извлачења са додавањем материјала
	<i>Pocket</i>	Операција извлачења са одузимањем материјала
	<i>Shaft</i>	Операција ротације са додавањем материјала
	<i>Hole</i>	Операција креирања кружног отвора
	<i>Stiffener</i>	Операција креирања ребара
		
	<i>Edge Fillet</i>	Операција заобљавања ивица
		
	<i>Point</i>	Креира референтну (помоћну) тачку у простору
	<i>Plane</i>	Креира референтну (помоћну) раван
		
	<i>Geometrical set</i>	Убацује нов геометријски скуп (тзв. Тело скелетног модела)

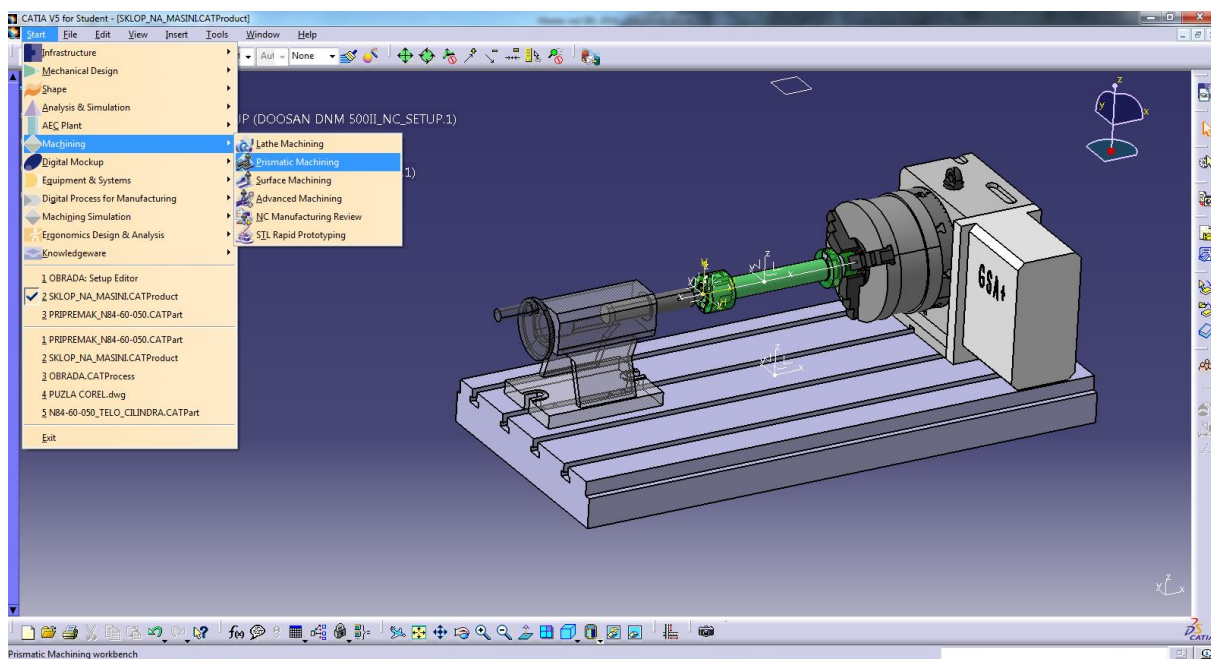
Табела 3 – Палете, алати и команде коришћене у процесу израде склопа

Палета алата		
Команда	Назив	Опис
		
	<i>Existing Component</i>	Убацује постојећу компоненту
		
	<i>Manipulation</i>	Ручно померање компоненти у радном простору
		
	<i>Offset Constraint</i>	Ограничење дужинског растојања
	<i>Angle Constraint</i>	Ограничење угловног растојања
	<i>Fix Constraint</i>	Ограничење фиксираности положаја
		
	<i>Update All</i>	Регенерација модела склопа (задата ограничења постају активна)

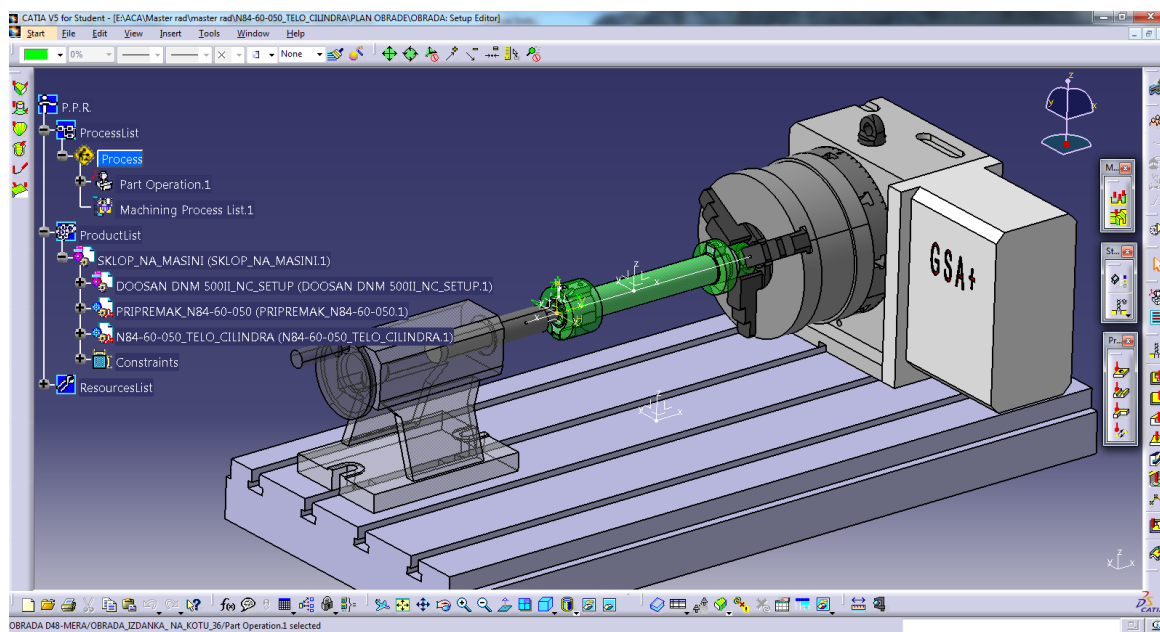
5.4 Дефинисање процеса обраде

5.4.1 Активирање модула Prismatic Machining

- Док је активан модул за креирање склопова, отворити **Start→Machining→Prismatic Machining** (Сл. 5.16).

Слика 5.16 – Активирање модула *Prismatic Machining*

- Након чега ће се отворити модул за дефинисање процеса обраде призматичних делова (Сл. 5.17).

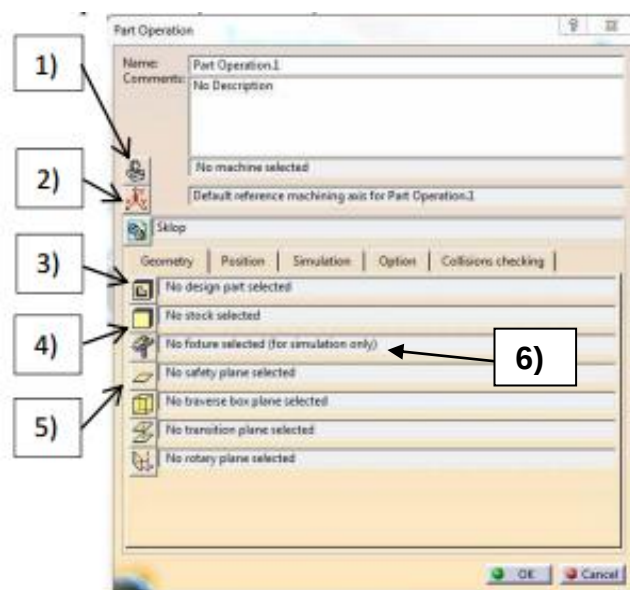
Слика 5.17 – Радни простор модула *Prismatic Machining*

5.4.2 Дефинисање параметара обраде

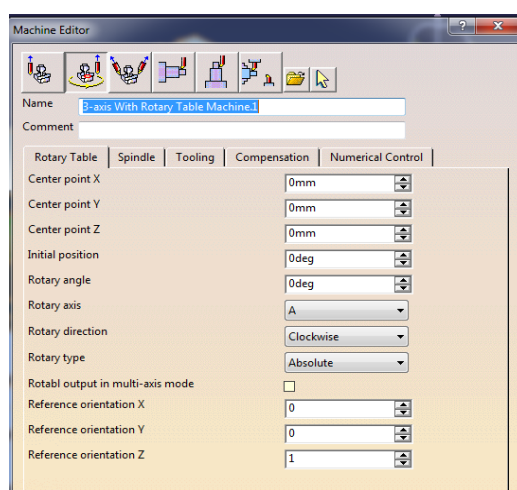
- Двоструки клик на **Part Operation.1** у стаблу **P.P.R.** након чега ће се отворити прозор **Part Operation** (Сл. 5.18).

- Кликнути на икону **Machine** (Сл 5.18 (1)), након чега ће се отворити прозор **Machine Editor** (Сл.5.19).

- Као тип машине одабрати **3-axis With Rotary Table Machine.1**.



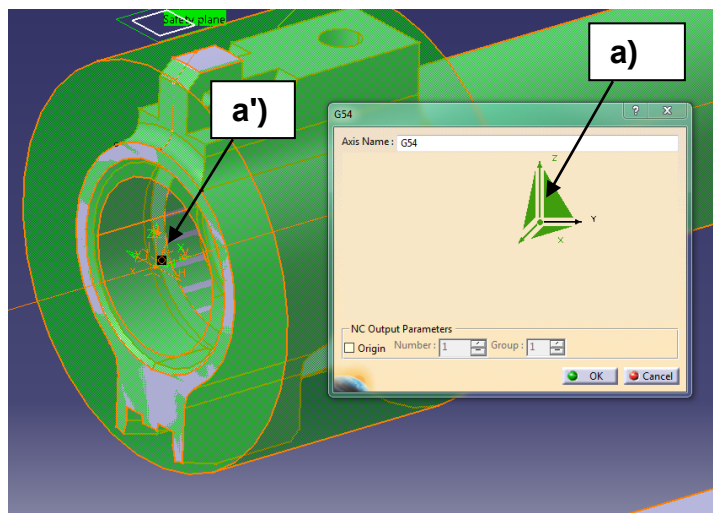
Слика 5.18 – Дефинисање параметара технолошких операција



Слика 5.19 – Дефинисање машине

- Одабрати икону **Reference machining axis system** (Сл 5.18 (2)) да би смо дефинисали референтни координатни систем обраде (координатног система радног комада). Ову тачку треба поставити на месту чије координате најлакше можемо измерити (за појединачну производњу), односно базним или толерисаним површинама (за серијску и масовну производњу).

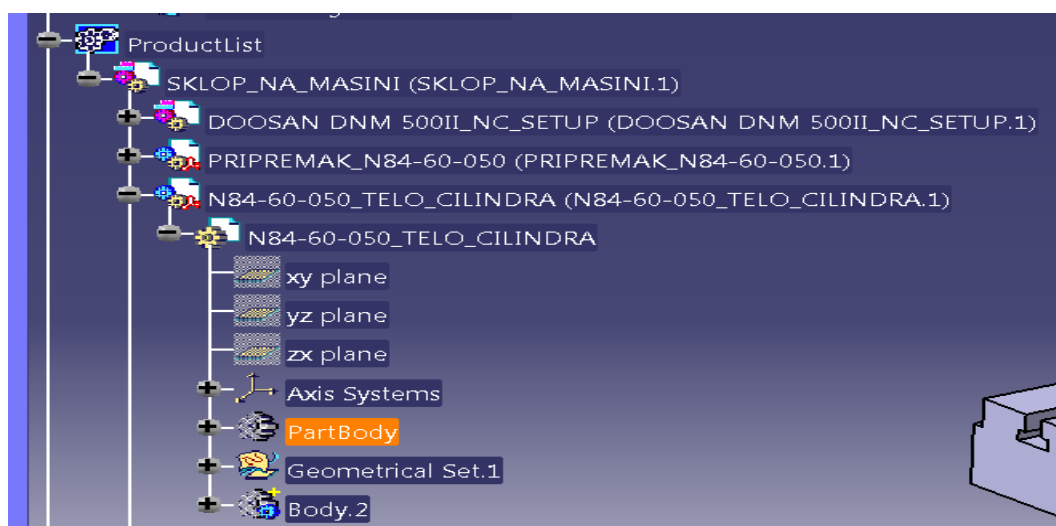
- У прозору **Default reference machining axis for Part Operation.1** селектовати тачку а) (Сл. 5.20) у центру координатног система, а након тога помоћну тачку а') на челу и у оси предмета обраде.



Слика 5.20 – Дефинисање референтног координатног система обраде G54

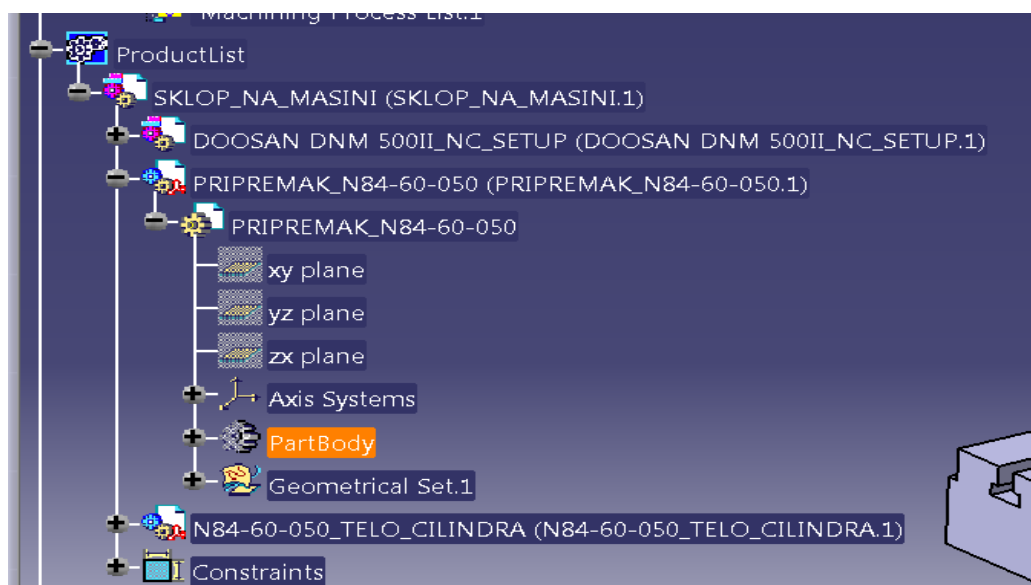
- Кликнути на икону **Design part for simulation** (Сл 5.18 (3)), након чега означимо модел готовог дела. Означавање модела готовог дела може се извршити на два начина:

1. У стаблу модела (Сл. 5.21 а) селектовати **ProductList**→ **Sklop**→ **N84-60-50...**→ **PartBody**.
2. Десним кликом на грану **Pripremak** у стаблу модела (**ProductList**→**Sklop**→**Pripremak..**), отвара се контекстуални мени у ком се активира опција **Hide/Show**, за деактивирање видљивости припремака. Након што смо припремак учинили невидљивим можемо извршити селектовање кликом на модел у радном простору.



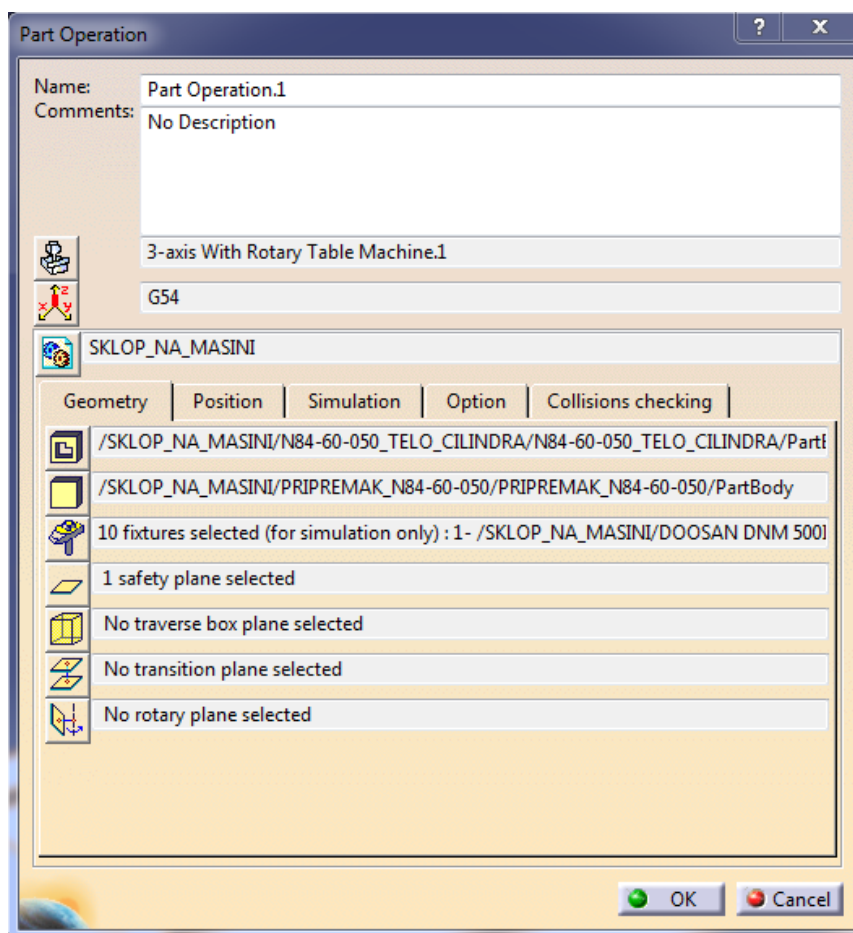
Слика 5.21 – Селектовање модела готовог дела

- Активирати икону **Stock** (Сл 5.18 (4)) за дефинисање припремака, након тога селектовати припремак у стаблу модела (Сл 5.22 а)) или модел припремака у радном простору.



Слика 5.22 – Селектовање модела припремка

- Активирати икону ***Fixtures for simulation*** (Сл 5.18 (6)) за дефинисање помоћног стезног прибора, радног стола машине и свих осталих помоћних елемената на које морамо водити рачуна приликом обраде дела. Када ову команду правилно дефинишемо приликом процесирања у случају да нам резни алат налети на ове елементе софтвер ће нас одмах обавестити на грешку.



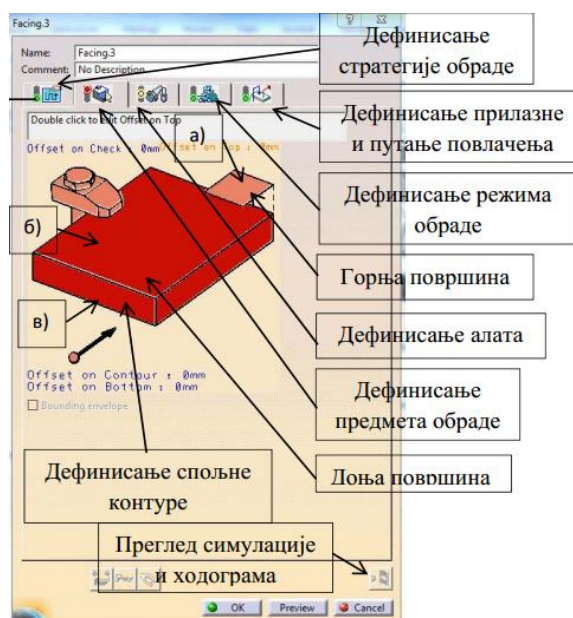
Слика 5.23 – Извршено дефинисање параметара обраде

- За дефинисање сигурносне равни кликнути на икону **Safety plane** (Сл 5.18 (5)), а затим на раван који смо предходно дефинисали у току моделирања припремка.

- Након дефинисања основних параметара обраде приступамо дефинисању технолошких форми. Редослед дефинисања технолошких форми (редослед обраде) зависи од много фактора, почев од прописаних правила до креативности технолога и највише искуства технолога.

5.4.3 Дефинисање технолошке моделске форме *Profile Contouring* (Поравнање на коту Z36)

Свака технолошка моделска форма захтева дефинисање одређених параметара обраде. На слици 5.24 приказани су параметри које је потребно дефинисати при свакој технолоској форми.



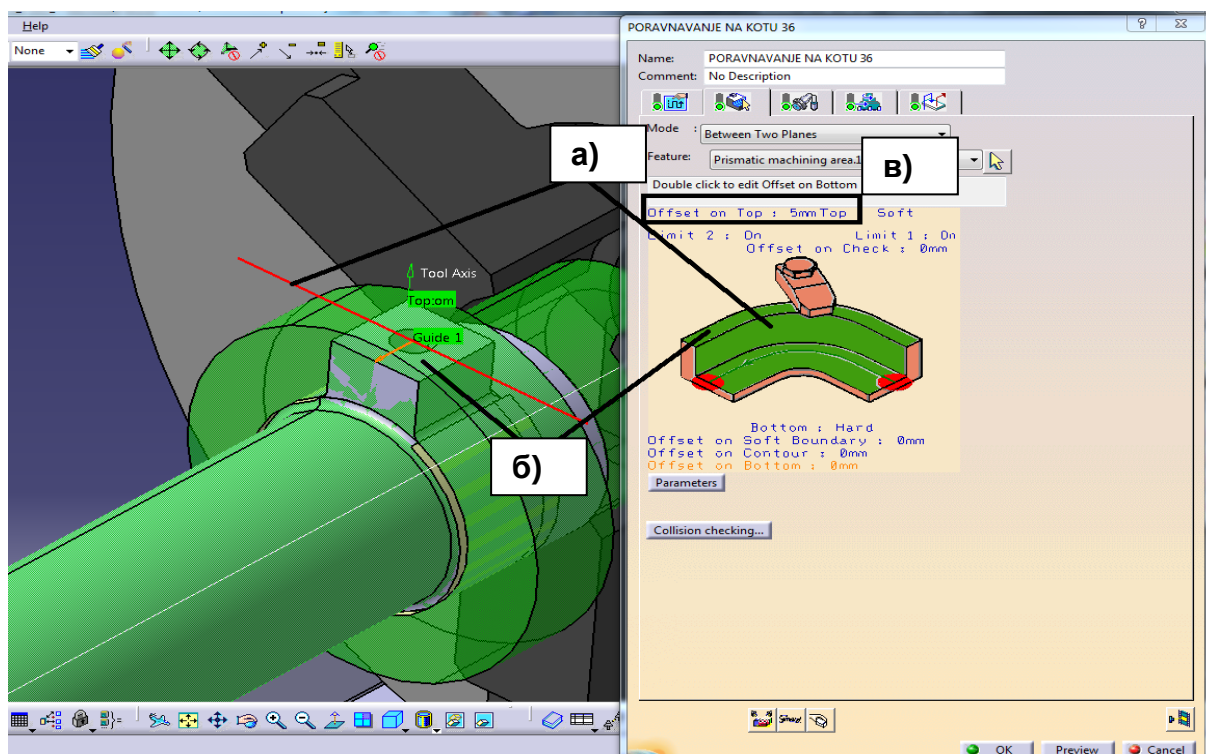
Слика 5.24 – Дефинисање параметара чеоне обраде (*Facing*)

- Изабрати команду **Profile Contouring.**, а затим у стаблу модела **P.P.R→Process List→Process→Part Operation 1→Manufacturing Program. 1.**

- Дефинисати геометријске параметре обраде

- 1) Селектовати површину а) (Сл. 5.25) на шеми, да би смо дефинисали контуру по којој се врши обрада, затим селектовати контурну а) припремку на базној површини. У помоћној палети **Edit Selection** неколико пута кликнути на команду **Navigate on Belt of Edges** да би се извршило селековање целе контуре, у колико је то потребно. Прихватити избор контуре кликом на команду **Accept Geometry Selection.**
- 2) Означити површину б) на шеми, након тога селектовати површину б) на моделу. С тим што што ћемо офсетовати површину на моделу за 5mm (в)) да би нам та површина на 5mm била површина почетка обраде.

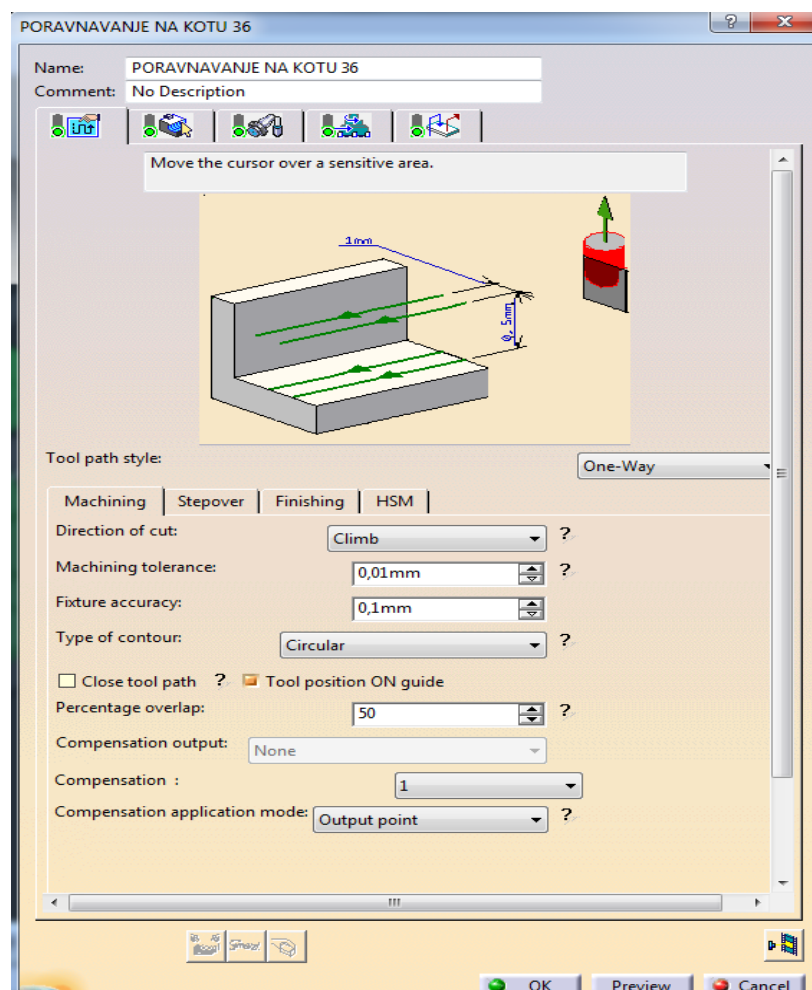
- 3) За дефинисање дубине до које ће се вршити обрада означити исто површину б) на моделу, јер нам је то површина до које требамо скинути материјал.



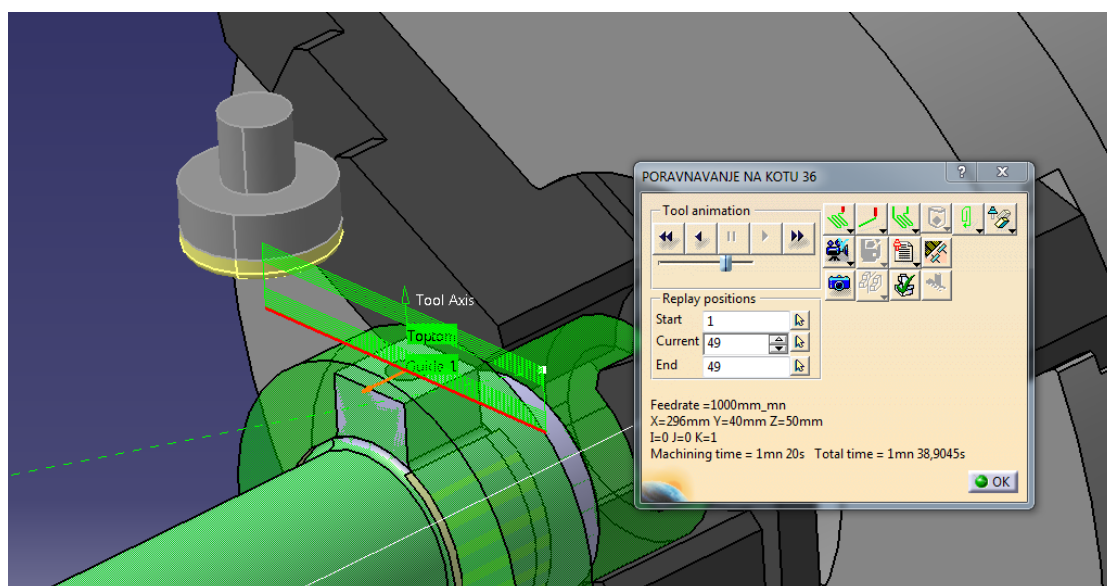
Слика 5.25 – Дефинисање геометријских параметара обраде и означавање зоне у којој се врши обрада

- Задати стратегију обраде

1. Након отварања блока **Strategy Short Help**, у оквиру којег дефинишемо стратегију обраде, као стил кретања алата, у пољу **Tool path style**, задајемо **One way** (Сл. 5.26).
2. У картици **Stepover**, поље **Compensation output** је неактивно јер се алат води центром без корекције алата. Овом опцијом је дефинисано и да се у моду за приказ симулација, поред путање алата, прикаже и контура коју алат описује (Сл. 5.27). На тај начин можемо уочити зоне у којима је потребно извршити накнадну обраду. Толеранцију обраде пишемо 0.01mm и бирамо опцију **Climb** што значи истосмерно глодање.
3. У пољу **Distance between paths**, картице **Stepover**, унети вредност 5mm.
4. Као начин дефинисања дубине резања, у пољу **Mode**, задати **Maximum depth of cut** и у истоименом пољу унети вредност 0.5mm.



Слика 5.26 – Дефинисање стратегије обраде

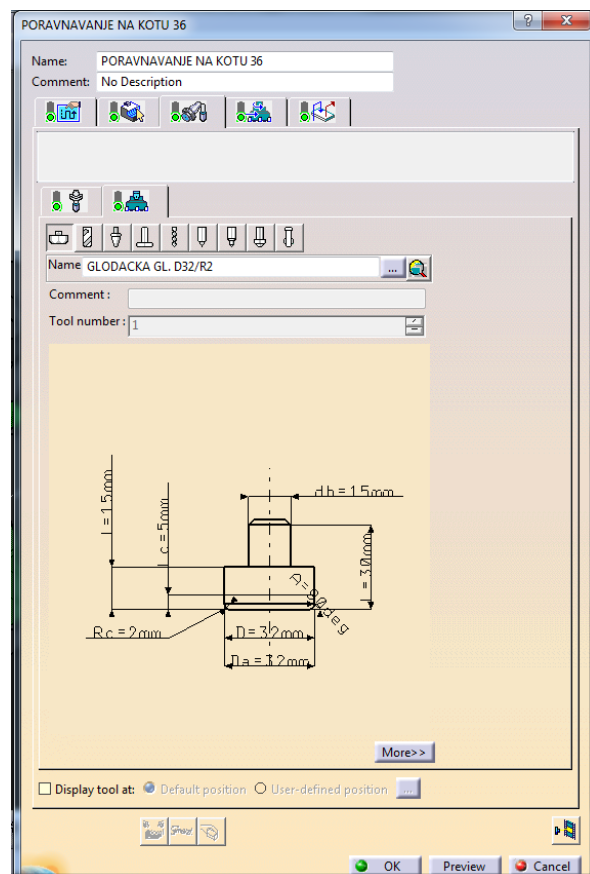


Слика 5.27 – Ходограм кретања алата

- Дефинисати тип алата

- 1) Као тип глодала одабрати глодачка глава пречника 32mm са радијусом плочица 2mm (Сл. 5.28).
- 2) У пољу **Name** уписати назив и димензије алата **GLODACKA GLAVA D 32**.
- 3) На шеми алата унети димензије алата који ће се користити у обради.
- 4) За прецизније дефинисање карактеристика алата кликнути на опцију **More**, где можемо извршити параметризацију режима обраде.

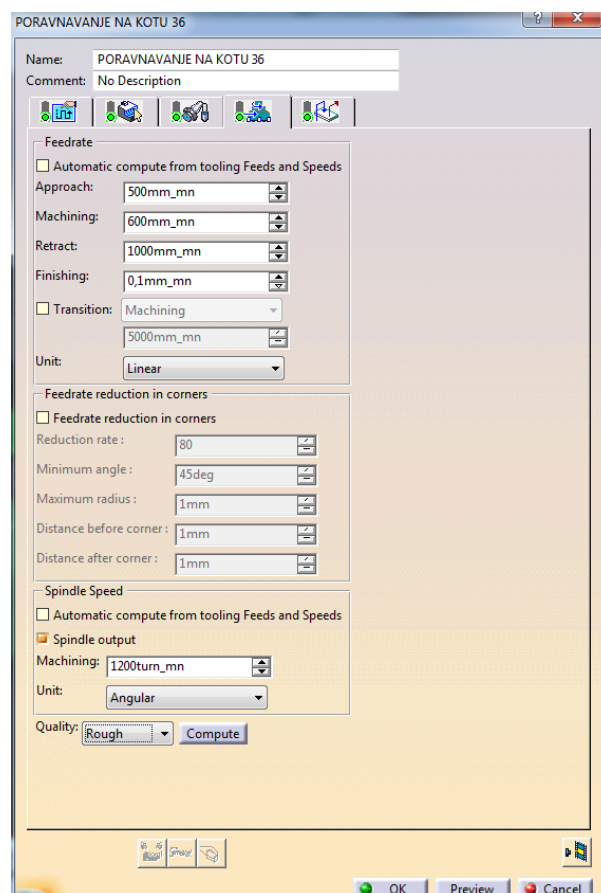
Слика 5.28 – Дефинисање типа алата



- Дефинисати режим резања

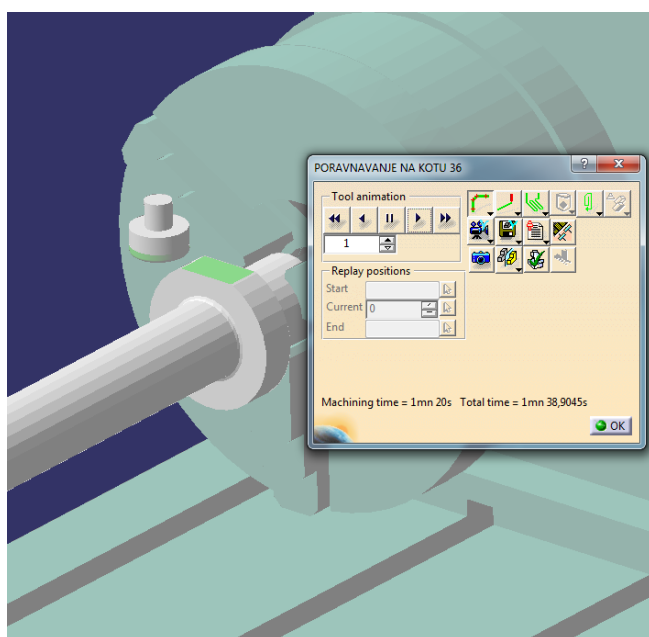
- 1) У картици за дефинисање режима обраде, где је много битно правилно изабрати режим обраде, подешавамо брзину прилаза алата и улаза у материјал **Approach**, брзину резања **Machining** и брзину повлачења алата **Retract** (Сл. 5.29).
- 2) Дефинишемо број обртаја вретена и бирамо тип обраде да ли је то фина или груба обрада.
- 3) Правилно дефинисање режима обраде зависи од много фактора. Пре свега зависи од врсте материјала и термичке обраде, од типа алата, од дубине и захвата при резању материјала као и од начина икрутоће стезања.

Слика 5.29 – Дефинисање режима резања

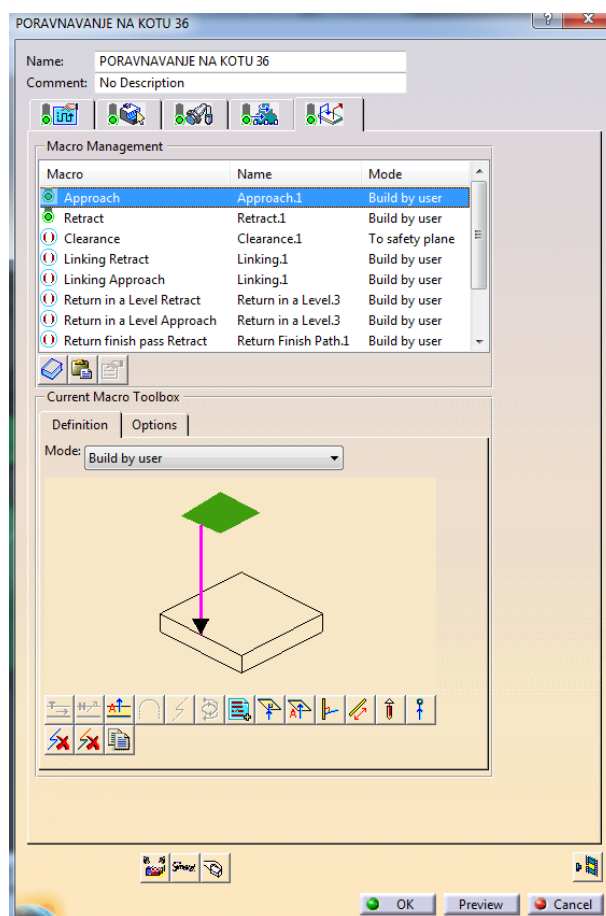


- Дефинисати прилаз и повлачење алата

- 1) Означити колону **Approach**, за дефинисање прилаза алата. Аутоматски ће бити понуђен вертикалан прилаз из равни, где је потребно дефинисати сигурносно растојање тј. сигурносну раван.
- 2) Означити поље **Retract** и у њему ће аутоматски бити понуђен вертикалан пут до равни, дефинисаћемо сигурносну раван исту као за прилаз алата.
- 3) У овом случају можемо бирати вертикалан прилаз алата јер смо стратегијом обраде предвидели да алат при вертикалном прилазу и при заузимању дубине резања не улази директно у материјал, сто морамо водити рачуна.



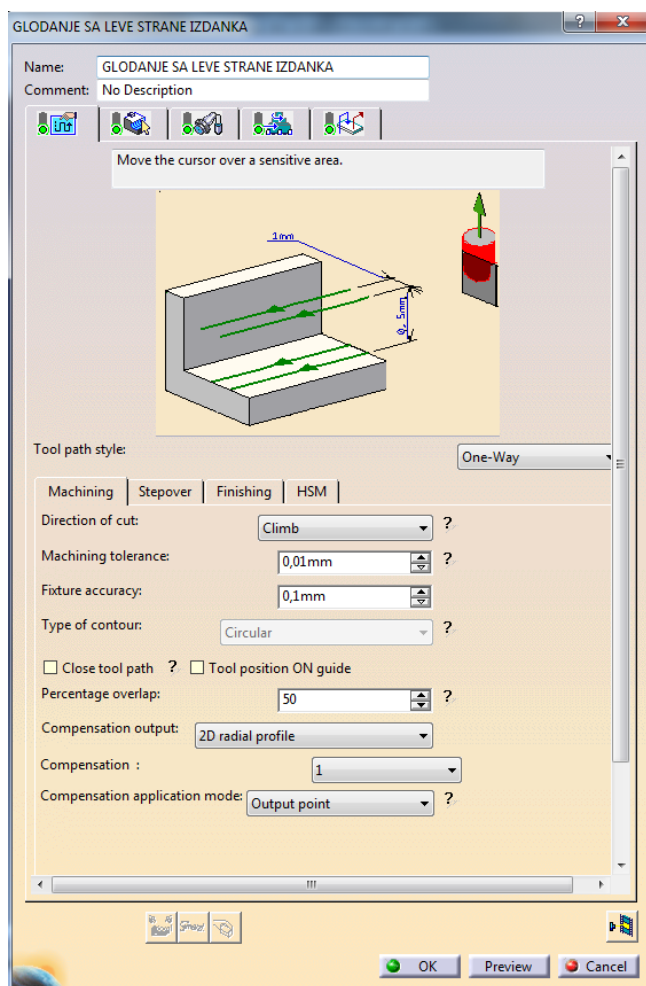
Слика 5.30 – Симулација технолошке моделске форме *Profile Contouring*



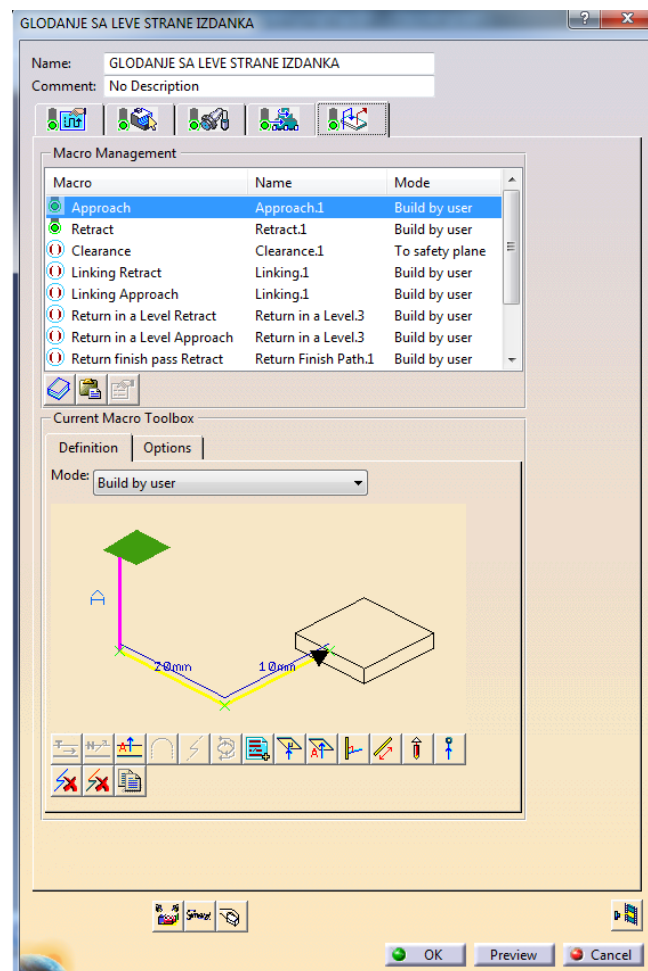
Слика 5.29 – Дефинисање прилаза алата

-Истом технолошком моделском формом **Profile Contouring** и на сличан начин као што смо предходно урадили дефинишемо и обраду са леве и десне стране изданка квадратног облика коте 20x20mm. Главна разлика је та што ћемо ову обраду радити са корекцијом (Сл. 5.31) и прилаз алата биће нормалан на површину обраде (Сл. 5.32).

-Дефинисање моделске форме *Profile Contouring*

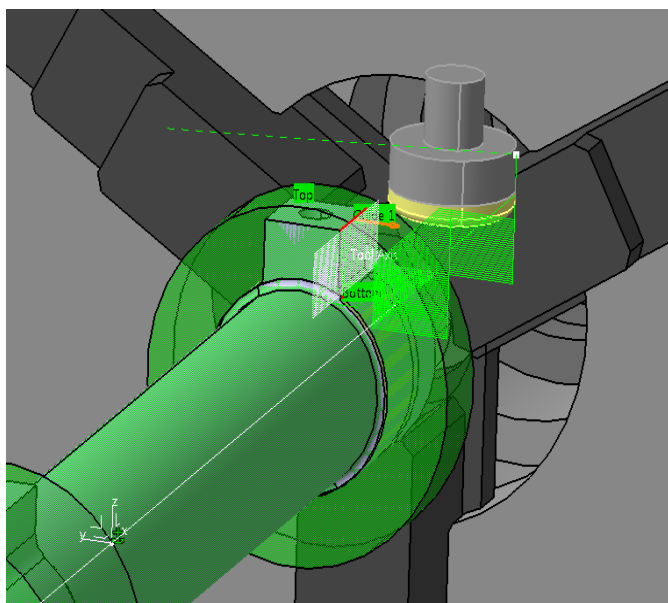


Слика 5.31 – Дефинисање обраде са корекцијом

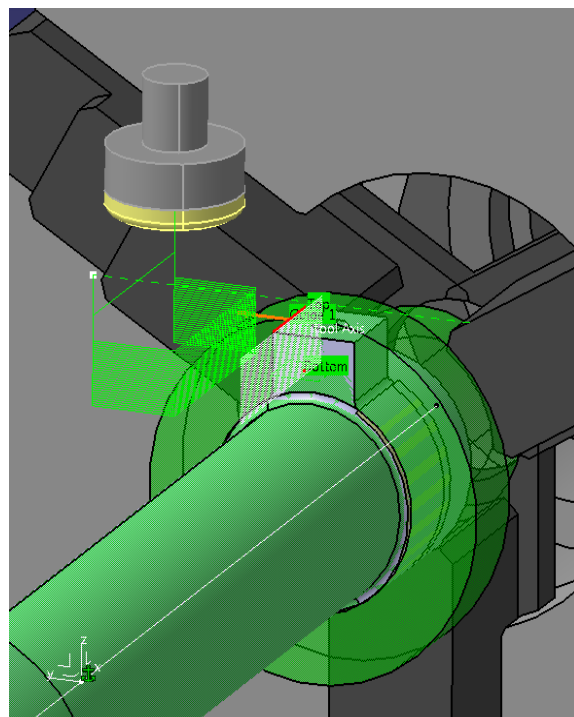


Слика 5.32 – Дефинисање прилаза алата

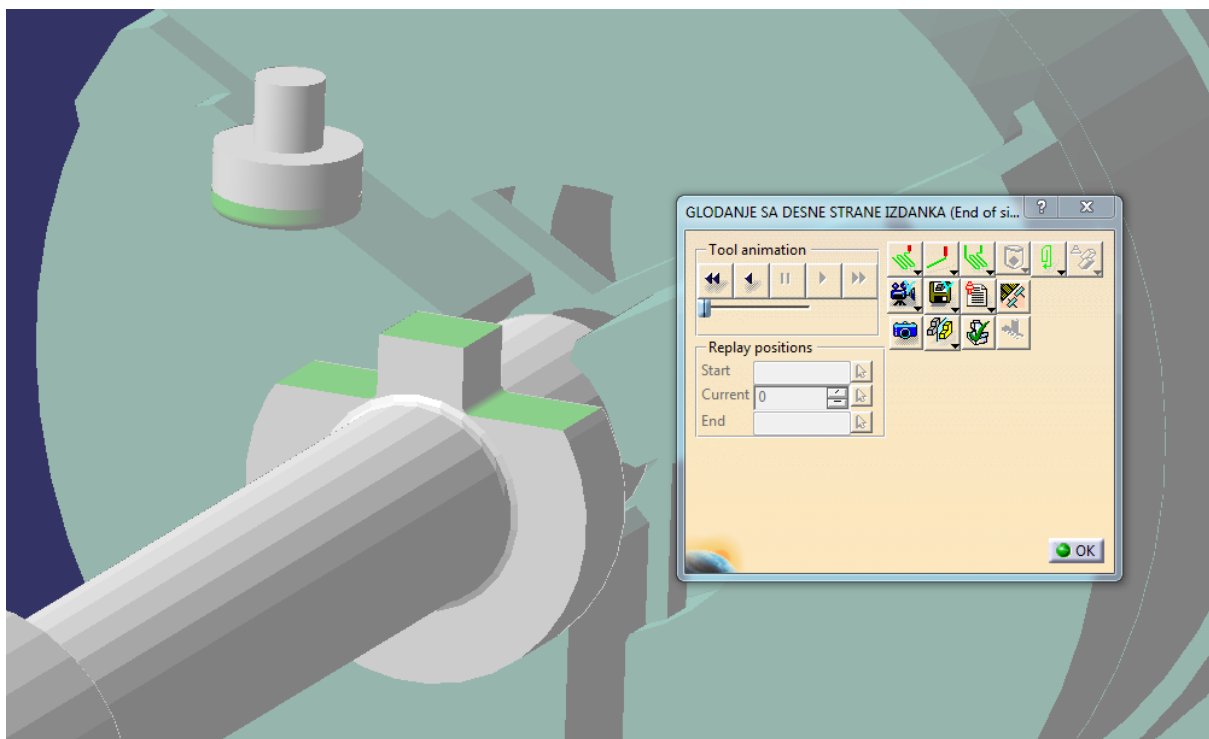
-Тип алата којим радимо ову обраду је исти (*GLODACKA GLAVA D 32.*) и резими обраде су исти као у предходној технолошкој моделској форми.



Слика 5.33 – Ходограм кретања алата са леве стране



Слика 5.34 – Ходограм кретања алата са десне стране



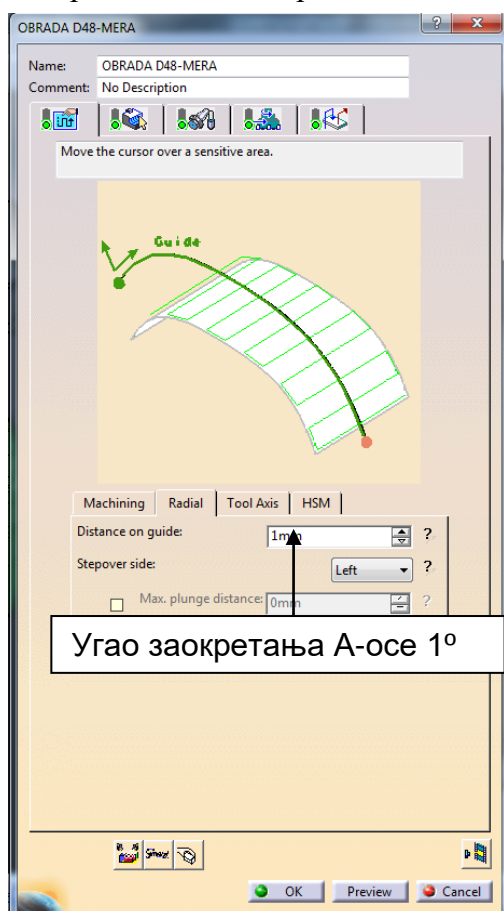
Слика 5.35 – Симулација технолошке моделске форме *Profile Contouring*

5.4.4 Дефинисање технолошке моделске форме (Олакшање на коту $\varnothing 48$)

-При овој обради можемо видети значај и примену четврте осе (А-оса).

-у случају да на машини нисмо имали четврту осу ову обраду би морали да одвојимо као посебну операцију. А то значи ново стезање на другој машини, веће време израде, вероватно и конструкција новог стезног алата, а то све поскупљује производ.

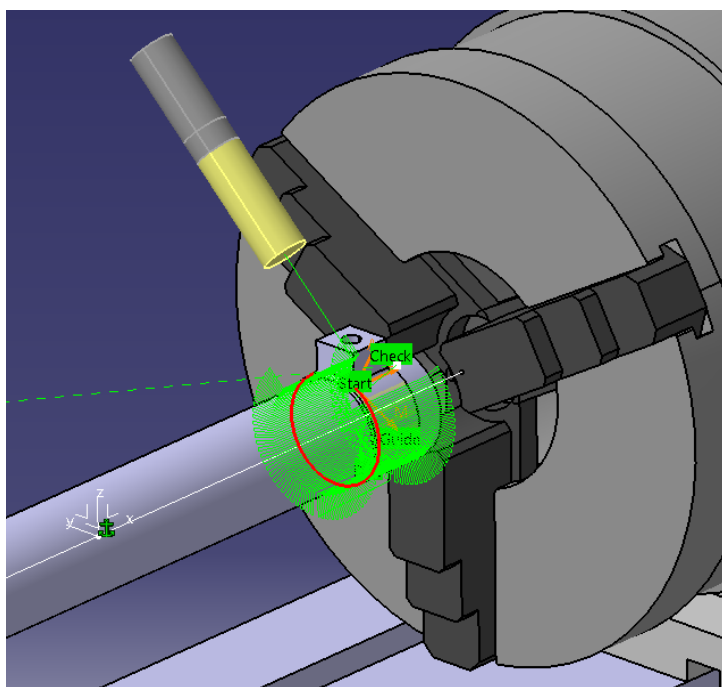
-Обраду смо дефинисали тако да када алат позиционирамо на тачно одређено место активирамо четврту А-осу која ће заокренути предмет обраде за 1° , а након тога алат скинути висак материјала и поново се вратити на почетну позицију. Машина поново заокреће предмет обраде за 1° , а алат скида висак материјала и тако све у круг док не олакшамо предмет обраде на коту $\varnothing 48$. Резиме резања смо дефинисали у складу са врстом алата и обрадом.



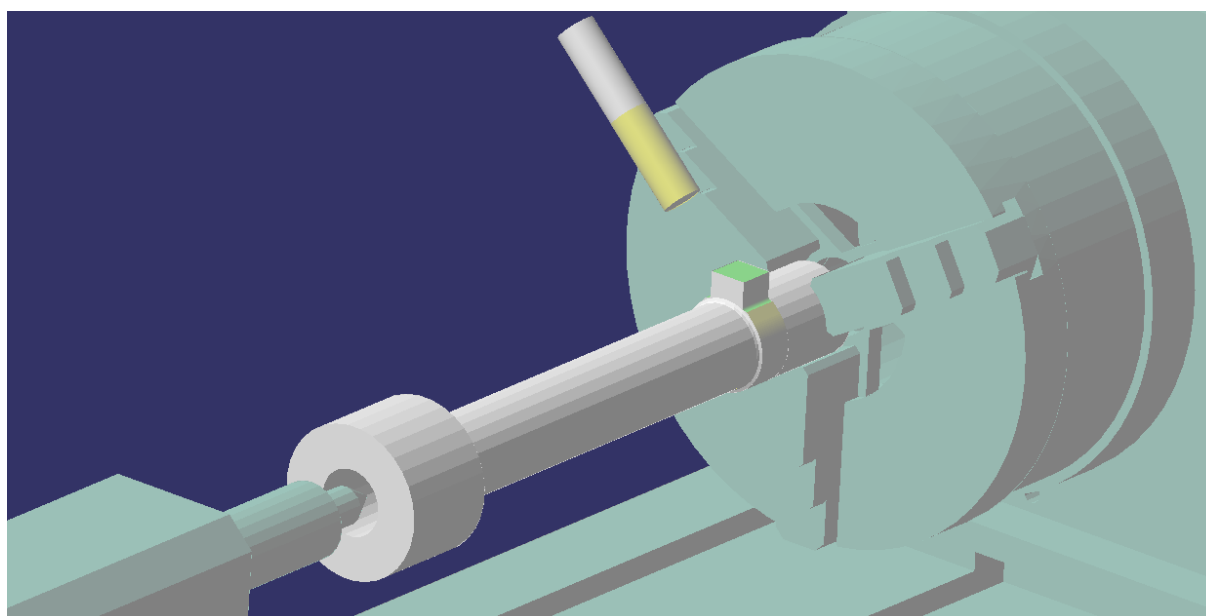
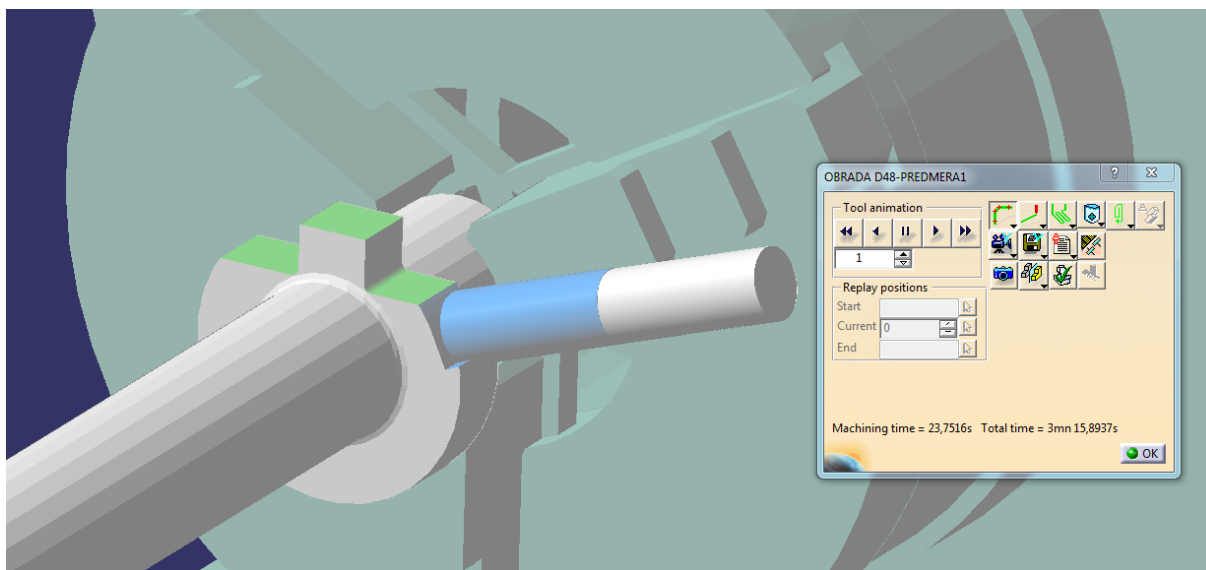
Слика 5.36 – Дефинисање стратегије обраде

-Због великог додатка за олакшање обраду смо дефинисали из више дубина (понављања).

-Слика 5.38 нам показује симулацију обраде у софтверу након дефинисања свих потребних параметара.

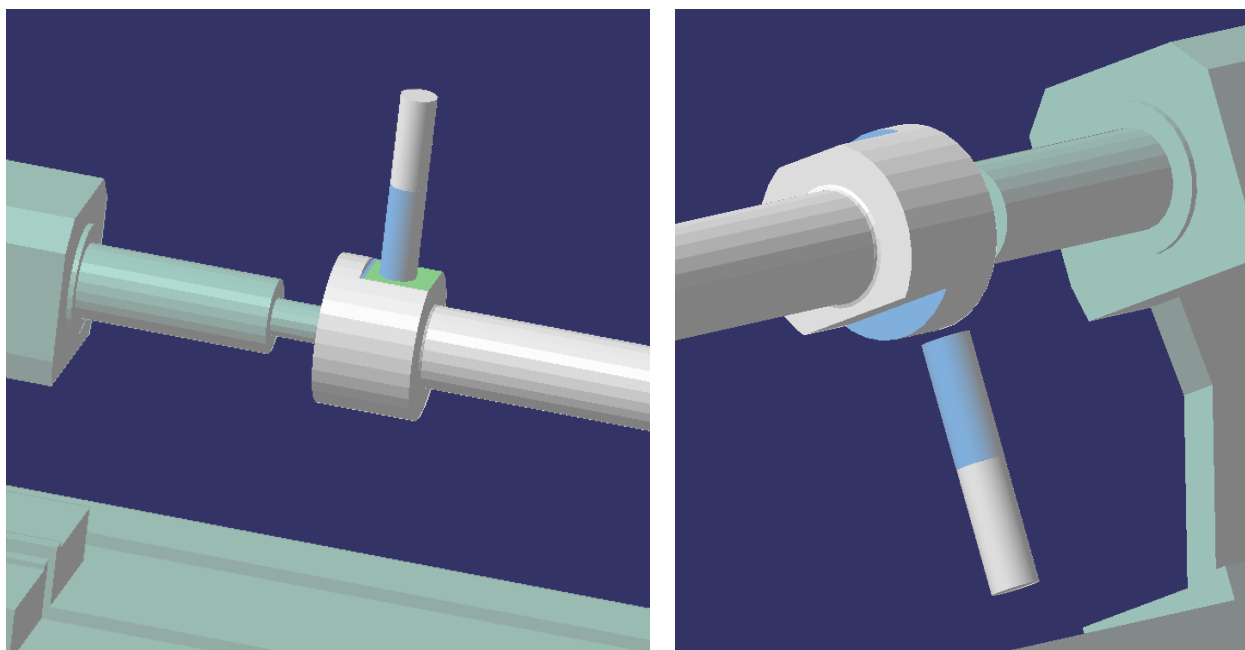


Слика 5.37 – Ходограм кретања алата

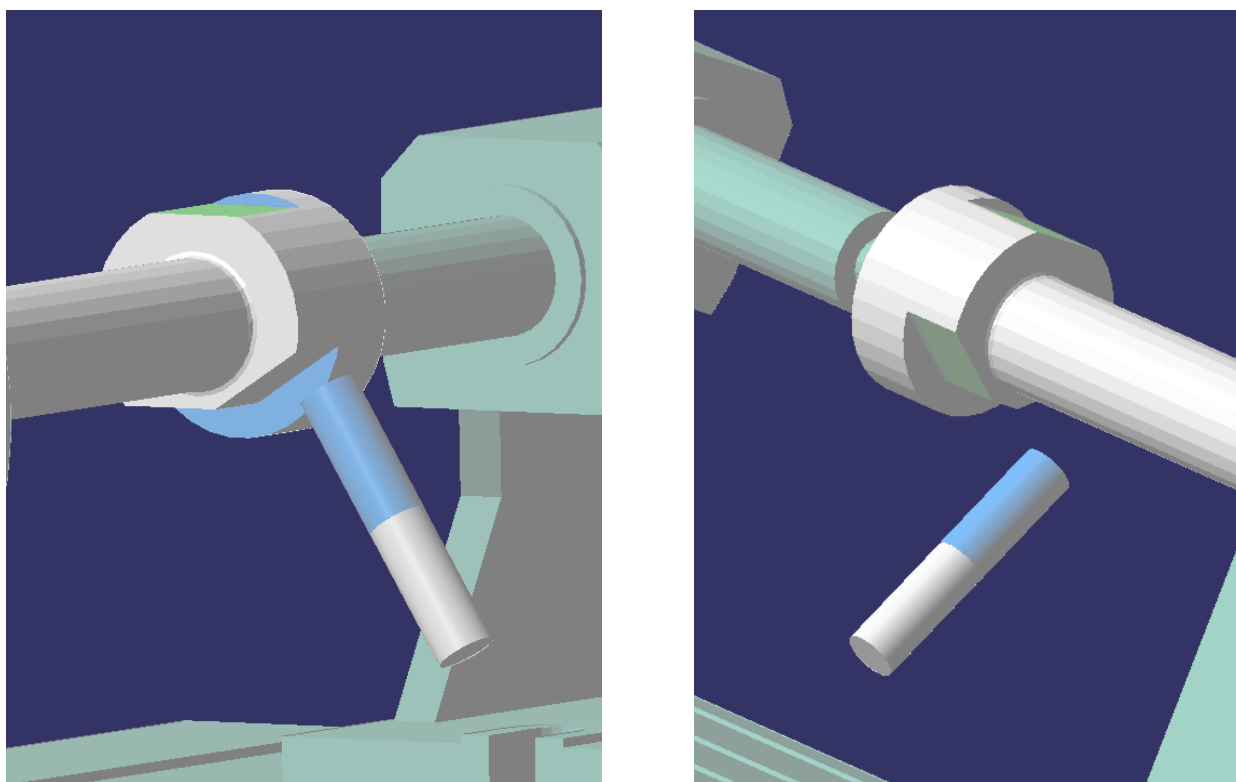


Слика 5.35 – Симулација олакшања на кату $\varnothing 48$

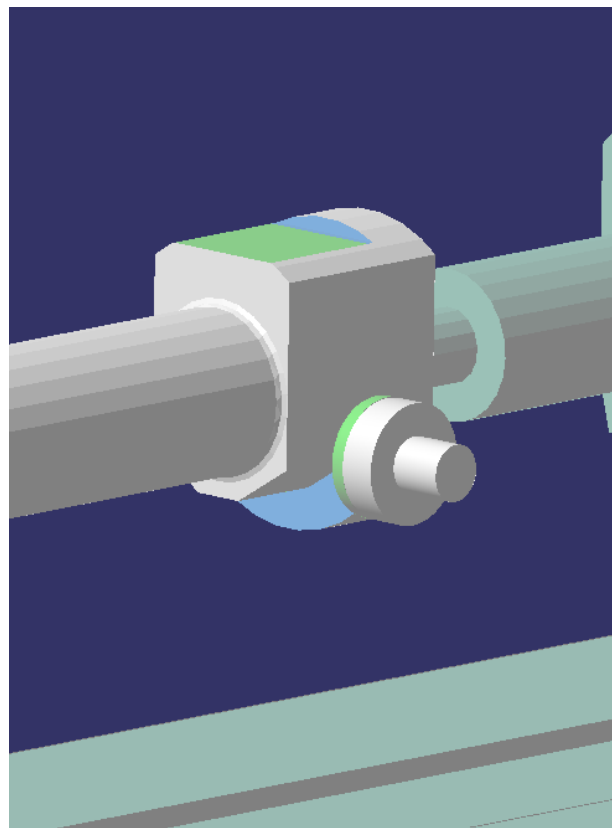
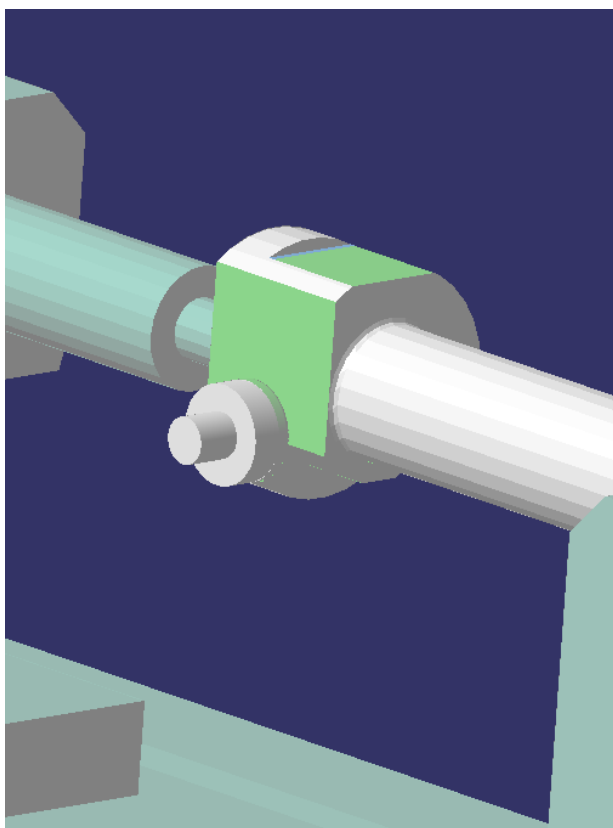
-Помоћу моделских форми које смо објаснили у предходном делу рада **Profile Contouring** и **Facing** олакшали смо, а неким операцијама урадили и одмах на меру страну до коњића предмета обраде.



Слика 5.36 – Симулација поравнавања са горње и доње стране на меру помоћу моделске форме *Profile Contouring*



Слика 5.37 – Симулација обраде под углом од 32° на меру помоћу моделске форме *Profile Contouring*



Слика 5.38 – Симулација обраде бочних страна на меру и уједно олакшање за свођење профила бочних страна помоћу моделске форме *Facing*

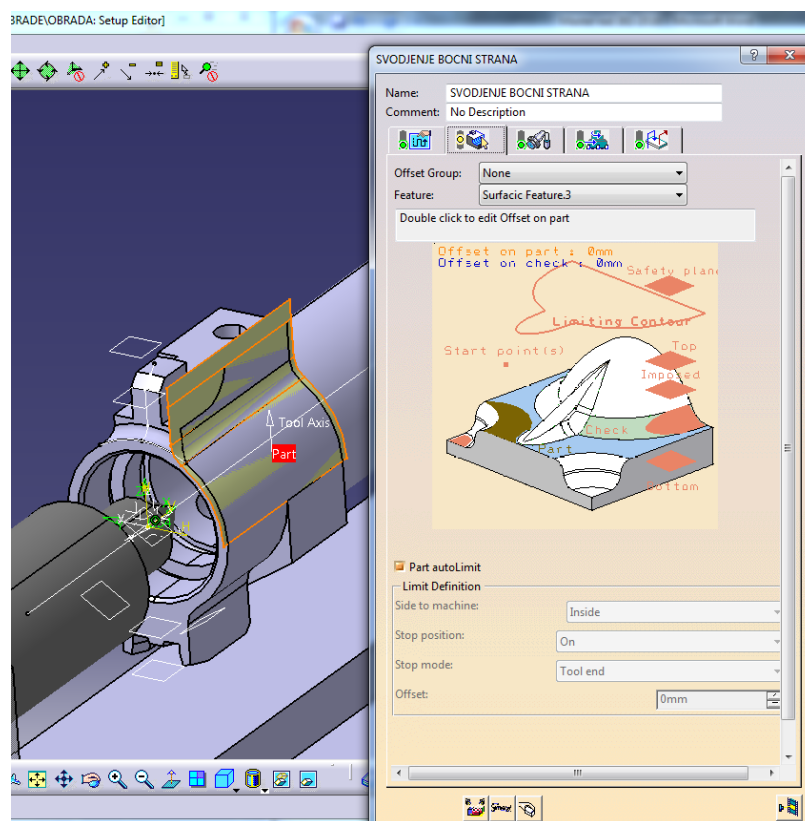
5.4.5 Дефинисање технолошке моделске форме *ZLevel* (Свођење бочних страна)

- Дефинисати геометријске параметре обраде

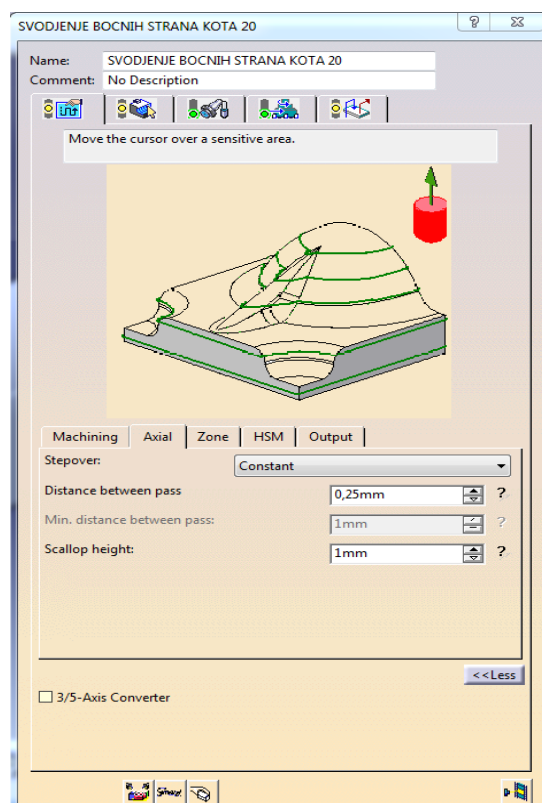
- 1) Селектовати површину **Part** на шеми а затим селектовати површину а) на предмету обраде коју требамо обработити (Сл. 5.39). За обраду ове површине довољно је само ово подесити. А имамо могућност у колико нам је потребно да подесимо и нека друга ограничења контуре, почетак обраде и крај обраде, неке препреке ако требамо заобићи, као и офсетовати површину за одређену вредност у случају да требамо оставити додатак за неку даљу обраду.

- Задати стратегију обраде

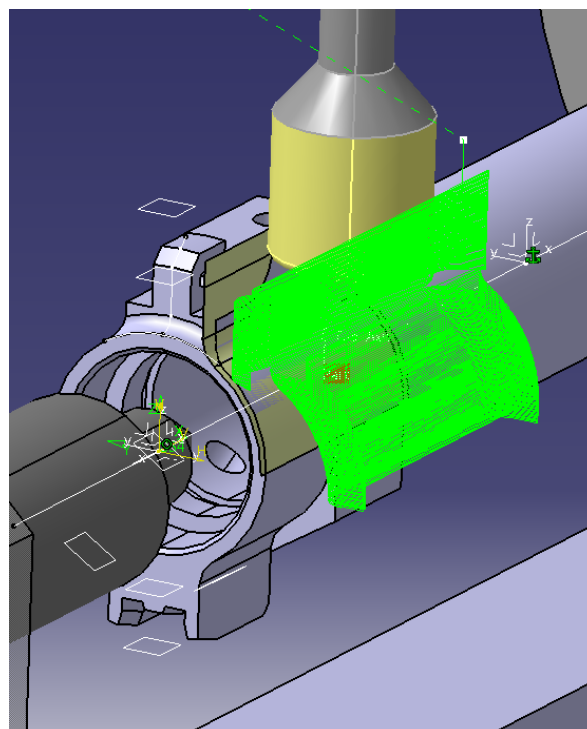
- 1) Након отварања блока **Strategy Short Help**, у оквиру којег дефинишемо стратегију обраде, у подкартици **Axial** довољно је дефинисати само дубину резања **Distance between pass** 0.25mm (Сл. 5.40).



Слика 5.39 – Дефинисање зоне обраде



Слика 5.40 – Дефинисање стратегије обраде



Слика 5.41 – Ходограм кретања алата

- Дефинисати тип алата

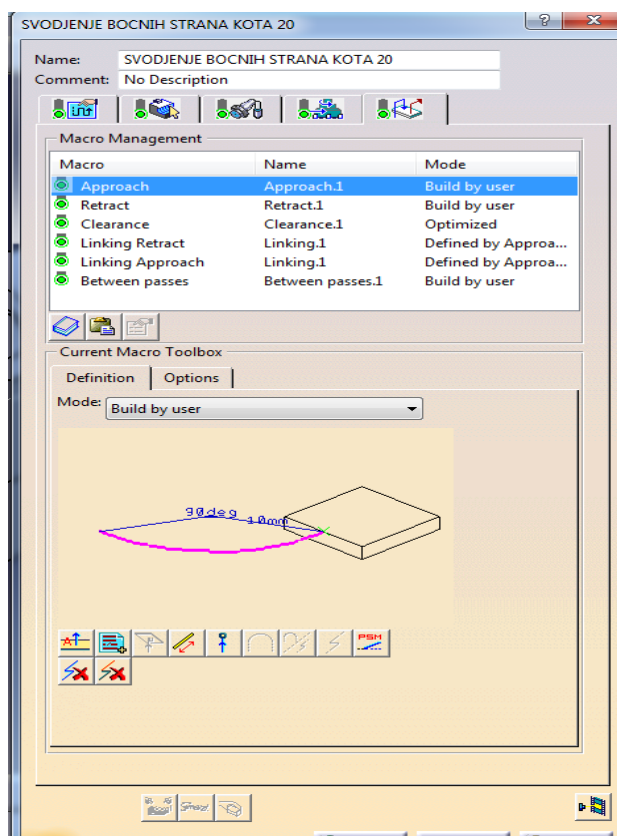
- 1) Као тип алата одабрати већ коришћену глодачку главу пречника 32mm.
- 2) При планирању обрада и писању програма за одређени предмет обраде увек требамо планирати колико је могуће што више користити један исти алат при обради више операција у колико је то могуће. Једино можемо одвојити алате при серијској производњи који нам раде операције на меру и у одређеној толеранцији због мањег хабања алата а веће сигурности да нам алати увек дају тражену меру.

- Дефинисати режим резања

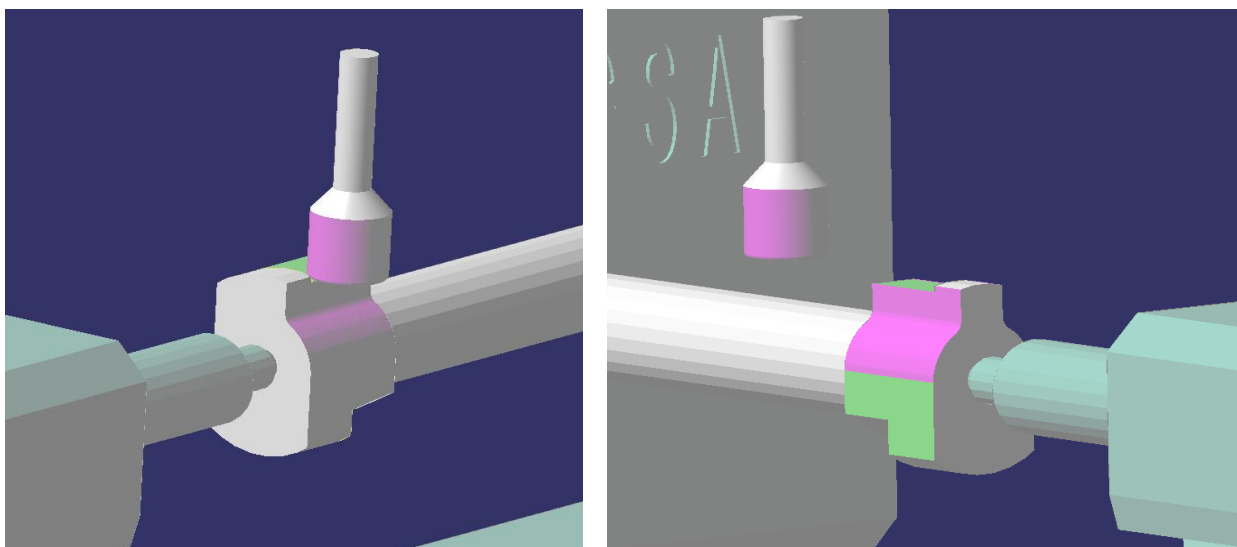
- 1) Резиме резања подесили смо исто као и у предходним операцијама јер је глодачка глава $\varnothing 32$ већ предходно коришћена.

- Дефинисати прилаз и повлачење алата

- 1) За дефинисање прилаза и повлачења алата котистили смо опцију **Build by user** где смо сами уцртали путању алата, а то је да нам алат улази у материјал и излази хоризонтално по четвртини кружности (Сл.5.42).



Слика 5.42 – Дефинисање прилаза алата



а)

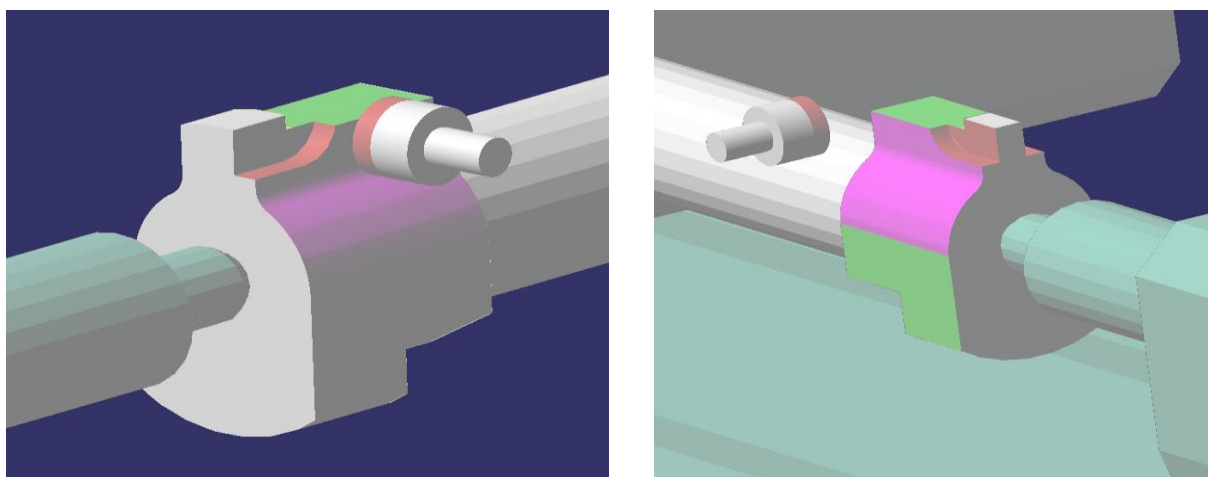
б)

Слика 5.43 – Симулација моделске форме - обрада са леве стране (а)), обрада са десне стране (б))

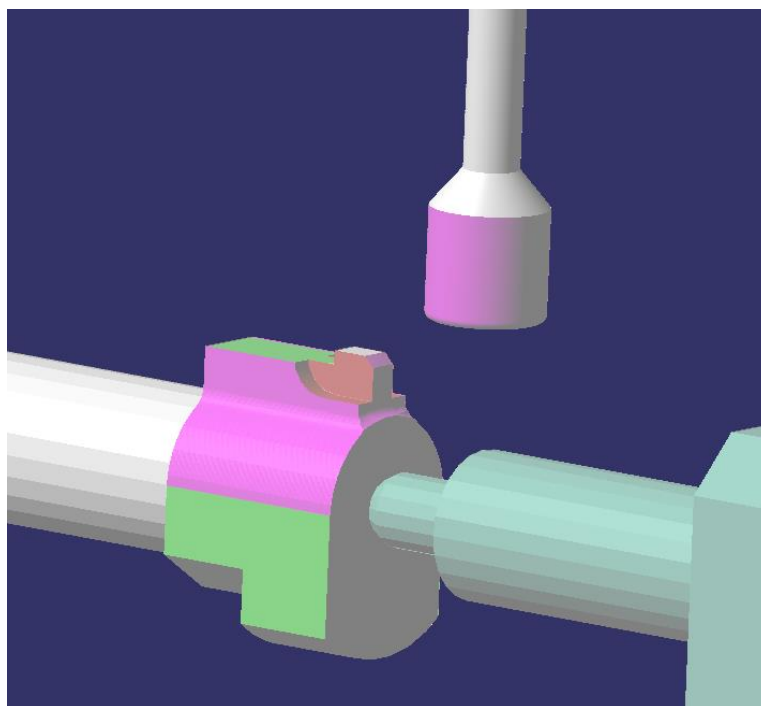
-Свођење десне бочне стране смо одрадили на исти начин као у предходној операцији (Сл.5.43 б)).

-Када радимо операцију за операцијом помоћу исте моделске форме софтвер нам памти већ све подешено: стратегију обраде, тип алата, режиме резања, прилаз и повлачење алата. Потребно је само предефинисати геометријске параметре обраде.

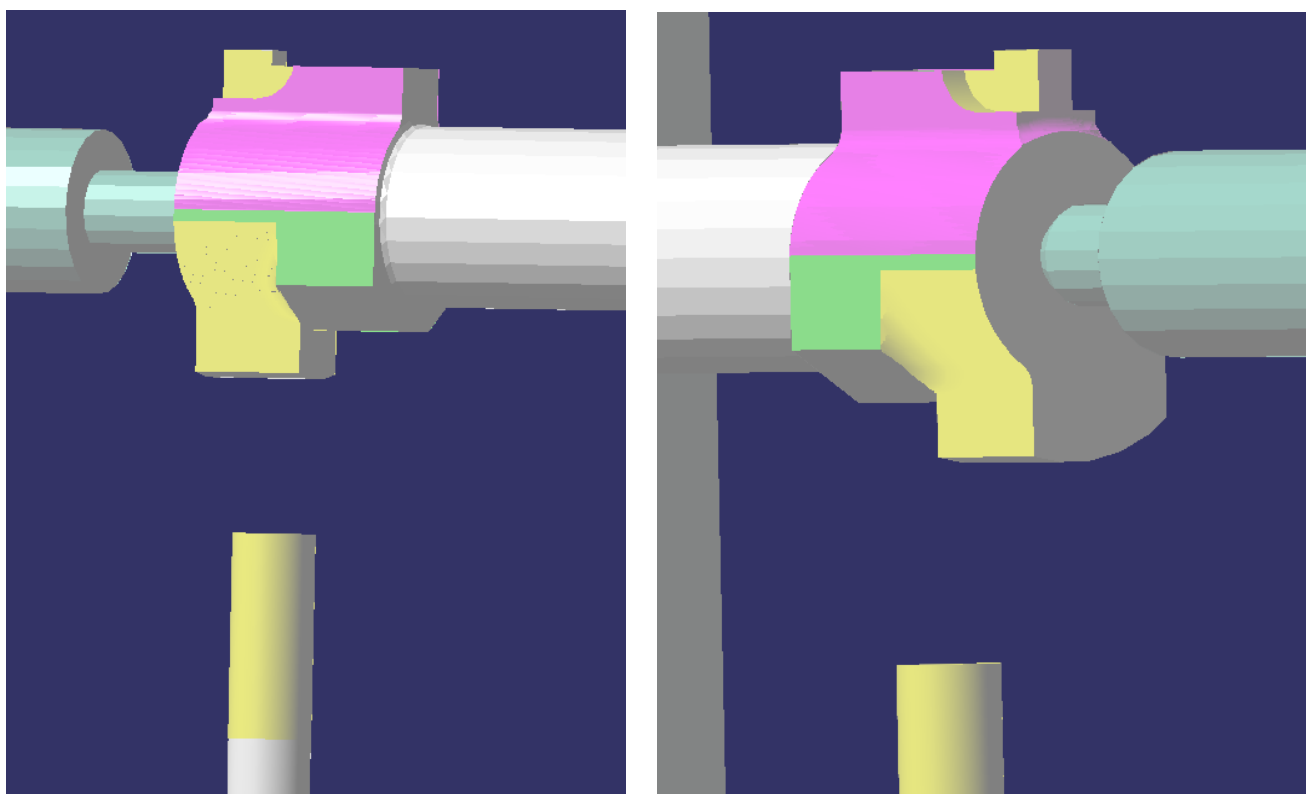
-При даљој обради користили смо већ познате моделске форме па ћемо их само кроз слике симулација приказати. Да бих показали даљи план и редослед обраде предмета обраде.



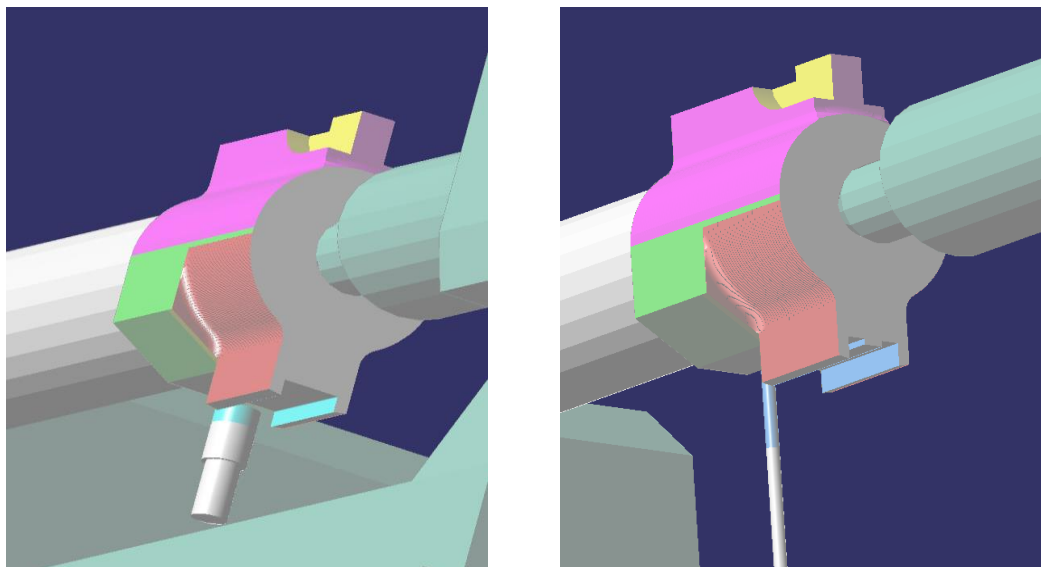
Слика 5.45 – Симулација моделске форме – обрада изданка са леве и десне стране на кату 8.5h13



Слика 5.46 – Симулација моделске форме *ZLevel* – обрада свођењем са предње стране

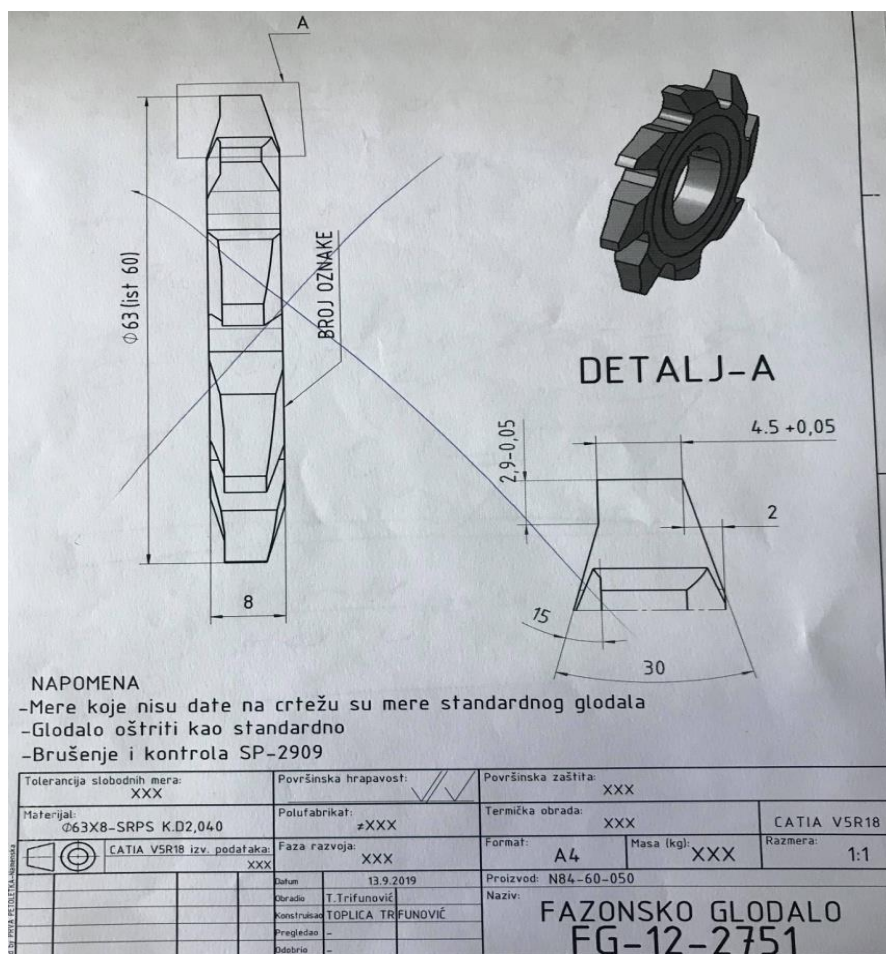


Слика 5.47 – Симулација моделске форме *ZLevel* – обрада свођењем са леве и десне стране (глодање вишка материјала)

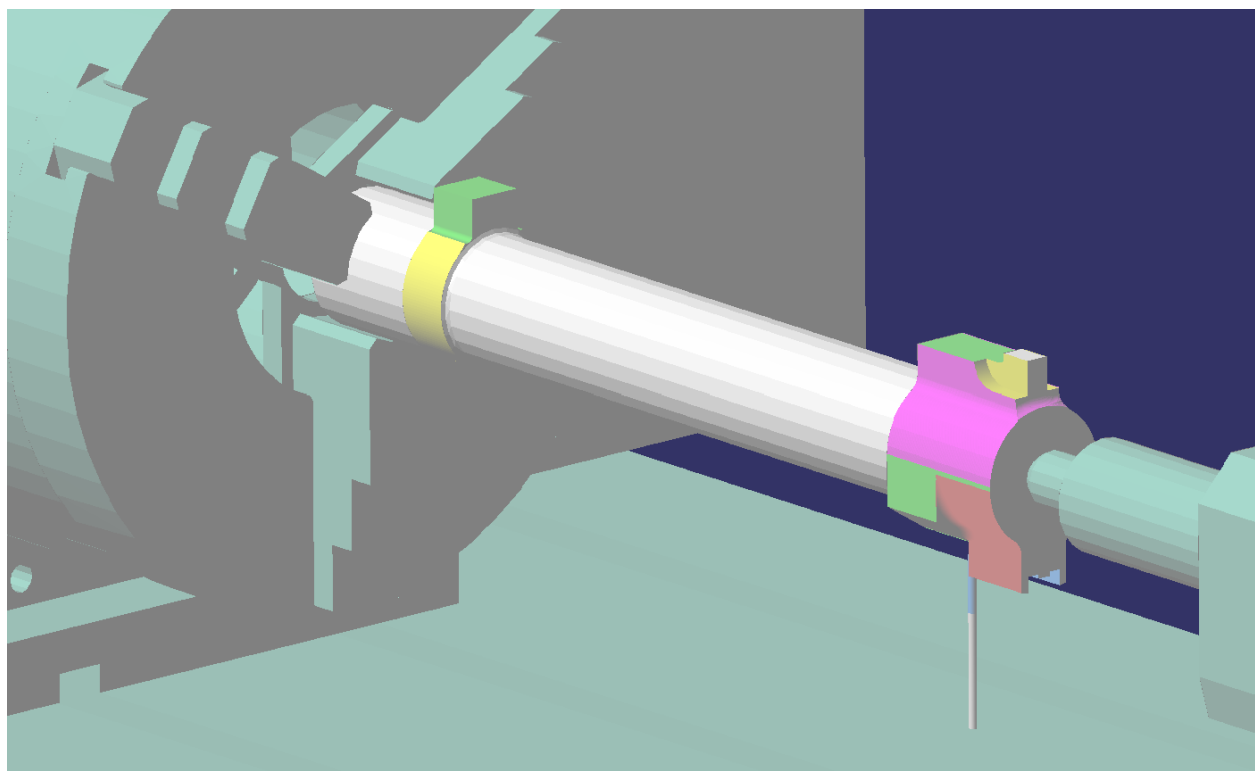
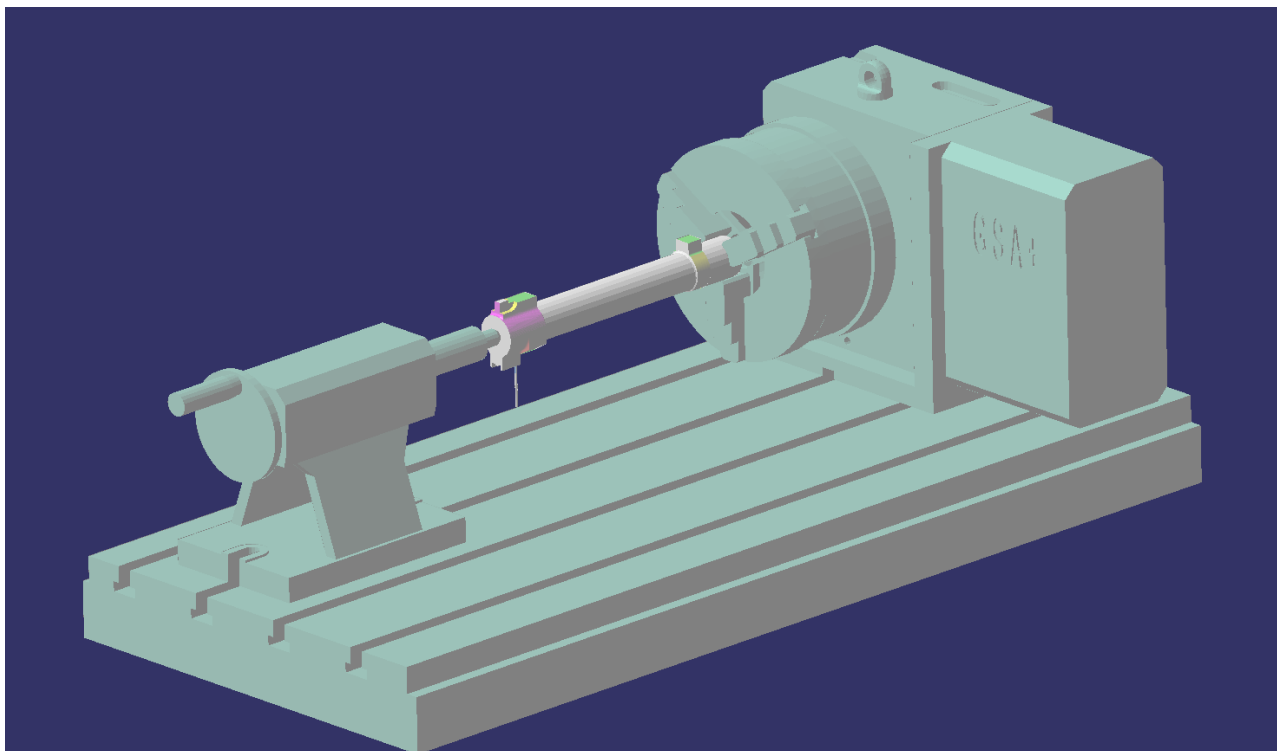


Слика 5.48 – Симулација обраде детаља 'Е' – олакшање пре обраде фазонским котурастим глодалом

-За обраду детаља 'Е' конструисали смо фазонско котурасто глодало које одговара профилу пресека који требамо направити (Сл.5.49).



Слика 5.49 – Технички цртеж конструисаног фазонског котурастог глодала за обраду детаља 'Е' [6]



Слика 5.50 – Симулација предмета обраде након свих досадашњих обрада

Главна предност 4-осне обраде у односу на 3-осну обраду јесте четврта А-оса. Која нам омогућава да заокретањем А-осе одрадимо више операција у једном стезању.

Конкретно у нашем случају да смо производ радили на 3-осној машини морали бих да стезање вршимо у некој призми и свака обрада са друге стране захтевала бих скидање предмета обраде ручно заокретање и поновно стезање. А при сваком новом скидању и стезању поново бих морали да тачно расправимо и умеримо предмет обраде

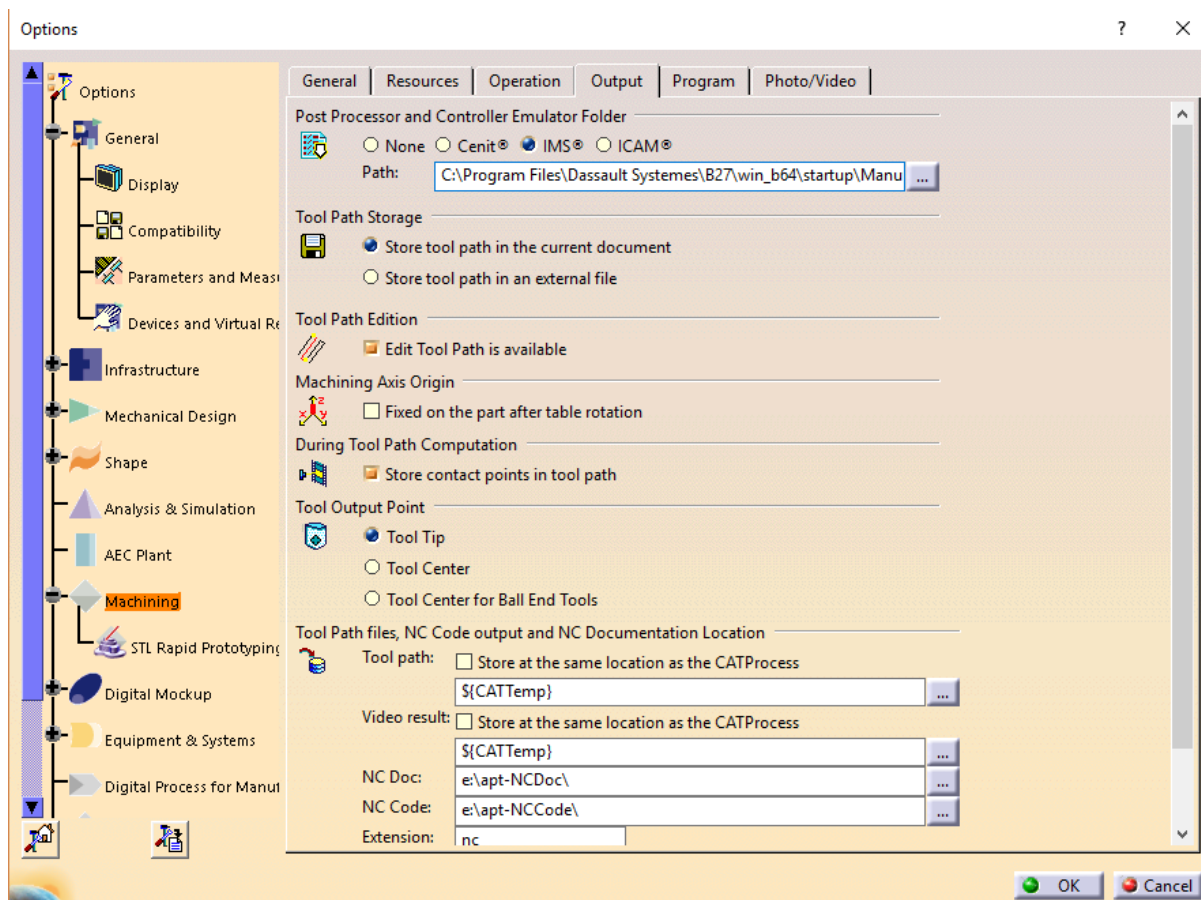
Смањењем броја стезања смањују се и грешке при обради, јер при сваком скидању предмета обраде и поновном стезању и умеравању јављају се одређене грешке.

Такође убрзавамо и време израде предмета обраде, повећавамо продуктивност, а самим тим и поједитићујемо производ, што је главни циљ сваке обраде.

5.5 Генерисање NC кода

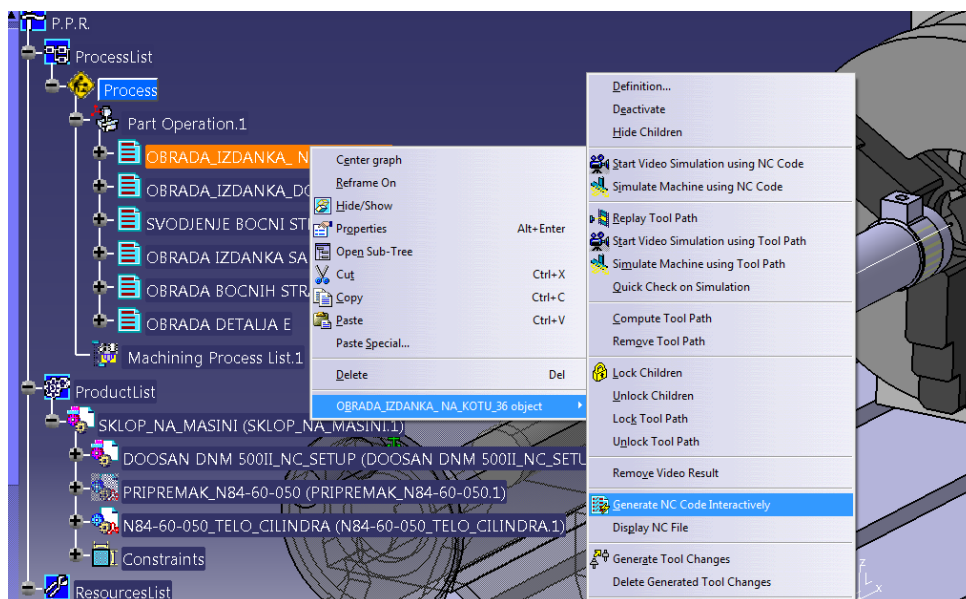
- Пре него што се изврши генерисање NC кода, потребно је извршити подешавање постпроцесора [5, 9].

- 1) Изабрати **Tools** → **Options...** → **Machining** → **Output**.
- 2) Као постпроцесор изабрати **Cenit® (a)**.
- 3) У поља **Tool path**, **NC Doc** и **NC Code**, одељка **Tool Path files, NC Code output and Documentation Location**, унети жељене локације за смештај генерисаних фајлова.

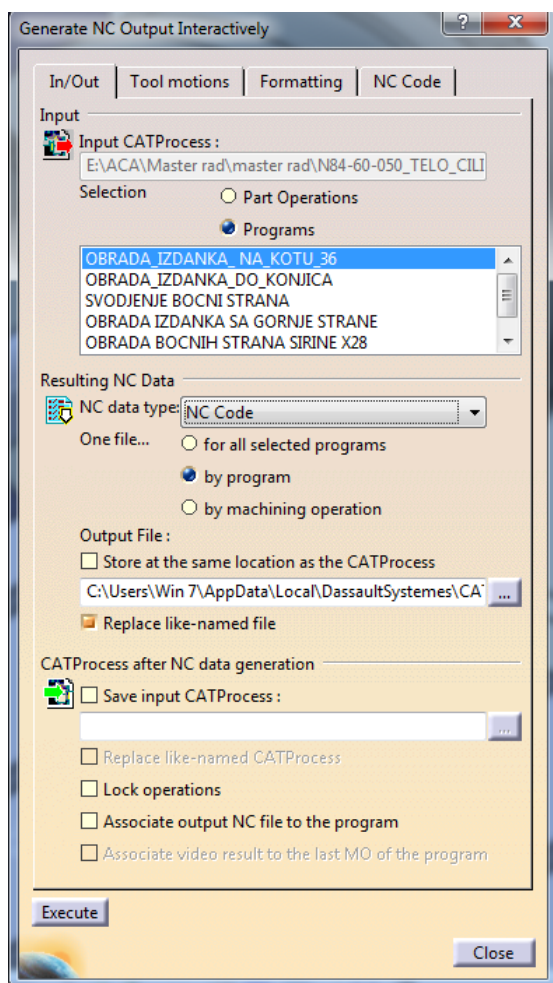


Слика 5.51 – Подешавање постпроцесора

- 4) Из PPR стабла модела, десним тастером одабрати дефинисани програм **OBRADA IZDANKA NA KOTU 36**, у контекстуалном менију, и из опције **OBRADA IZDANKA NA KOTU 36 Object** одабрати **Generate NC Code Interactively** (Сл. 5.52).



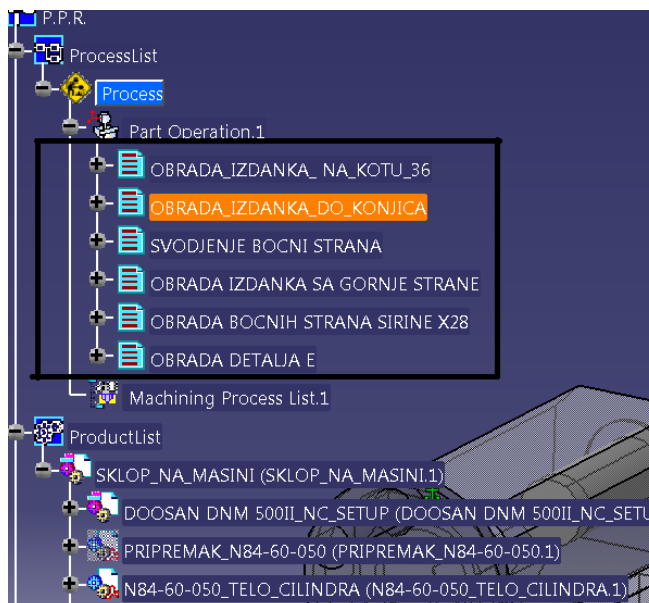
Слика 5.52 – Генерисање NC кода



- 5) У картици *In/Out*, прозора *Generate Output Interactively*, изабрати *NC Code* у пољу *NC data type* (Сл. 5.53).
- 6) Селектовати опцију *by program* у пољу *Output File* унети локацију за смештај фајлова.
- 7) У картици *NC Code* изабрати врсту постпроцесора *FANUC i*.
- 8) Активирањем команде *Execute* врши се генерисање *NC* документације. Селектовати опцију *by machining operation*, затим поновити опцију *Execute*.

Слика 5.53 – Подешавање генерисања NC кода

- Овим поступком је извршено генерисање *NC* кода који најближе одговара управљачкој јединици машине коју користимо. Програм је генерисан као фајл у оквиру кога су обједињене све операције у оквиру једног стегања и као више фајлова где је за сваку операцију формиран посебан програм. Ово се практикује у случајевима када је меморија машине преоптерећена, па није могуће пребацивање целог програма.



Слика 5.54 – Генерисање осталих програма

- На потпуно исти начин се врши генерисање кода осталих програма тј. ***OBRADA IKDANKA DO KONJICA*** (Сл. 5.54). Пре него што се програм пренесе у меморију машине, потребно је извршити корекције програма.

- Корекција програма се може извршити у специјализованим програмима за симулирање и уређивање програма, нпр: ***CIMCO Edit V6*** или ***NCPlot***.

- У овом случају у креиран је нови главни приграм ***O6025*** (Сл. 5.55) где су сложени програми генерисани софтвером по обрадама и додати ручним програмирањем код за забушивање и бушење отвора и рупа на предмету обраде. Могло се и то урадити софтвером али је урађено ручним програмирањем преко циклуса.

```

*
O6025
(N84-60-050)
(TELO CILINDRA)

G94G17G80G54G21G49G40G0
G91G28Y0
G90

G52X0Y0Z0

M11
G0 A0,
M10

(OBRADA IZDANKA 20x20)
N5
T1M6 (GLODACKA GL. D32/R2)
(PORAVNAVANJE NA KOTU 36.)
G90G54G0X296. Y-40.S1200M3
M11
G0 A0,
M10
G43Z100.0H1D1
M8
M198 F6125
G90
M9
G0 Z150.M5
G91G28Z0.
G90
G53X-1020.0

N10
(GLODACKA GL. D32)
(OLAKSANJE SA DESNE STRANE D48)
G90G54G0X265. Y-55.S2500M3
M11
G0 A0,
M10
G43Z100.0H1D1
G1Z20.8F500
M8
#100=0
WHILE[#100LT155]DO1
G90
G1G41 Y10.5 F1200
X325.
G40 Y55,
G0 X265,
G91
M11
G0 A1,
M10
#100=#100+1
END1
M9
G90
G0Z150.M5
G91G28Z0.
G90
G53X-1020.0

N25
(ROTACIJA A-OSE A0)
M11
G0 A0,
M10

N30|

M10
#100=#100+1
END1
M9
G90
G0Z150.M5
G91G28Z0.
G90
G53X-1020.0

N15
(ROTACIJA A-OSE A0)
M11
G0 A0,
M10

N20
(GLODACKA GL. D32)
(OLAKSANJE SA LEVE STRANE D48)
G90G54G0X265. Y55.S2500M3
M11
G0 A0,
M10
G43Z100.0H1D1
G1Z20.8F500
M8
#100=0
WHILE[#100LT155]DO1
G90
G1G41 Y10.5 F1200
X325.
G40 Y55,
G0 X265,
G91
M11
G0 A1,
M10
#100=#100+1
END1
M9
G90
G0Z150.M5
G91G28Z0.
G90
G53X-1020.0

N25
(ROTACIJA A-OSE A0)
M11
G0 A0,
M10

N30|

```

```

(GLODACKA GL. D32/R2)
(OBRADA IZDANKA NA KOTU Z36)
G90G54G0X33. Y-40. S2000M3
M11
G0 A0.
M10
G43Z100.0H1D1
M8
M198 P6225
G90
M9
G0 Z150.M5
G91G28Z0.
G90
G53X-1020.0

N35
T3M6(VRETENASTO GL. D20)
(OBRADA RADIJUSA OD GL.GL.)
G90G54G0X41. Y40. S2000M3
M11
G0 A0.
M10
G43Z100.0H3D3
G1Z36.F500
M8
G41 X16. F1000.
Y-40. F1200.
G40 X41. F1000.
Z50. F1000.
M9
G90
G0Z150.M5
G91G28Z0.
G90
G53X-1020.0

N40
(ROTACIJA A-OSE A180)
M11
G0 A180.
M10

N45
T1M6(GLODACKA GL. D32/R2)
(OBRADA IZDANKA NA KOTU Z28)
G90G54G0X74. Y37.085S2000M3
M11
G0 A180.
M10
G43Z100.0H1D1
M8
M198 P6325
G90

M9
G0 Z150.M5
G91G28Z0.
G90
G53X-1020.0

N50
T3M6(VRETENASTO GL. D20)
(OBRADA RADIJUSA OD GL.GL.)
G90G54G0X53. Y42.085S2000M3
M11
G0 A180.
M10
G43Z100.0H3D3
G1Z28.F500
M8
G41 X28. F1000.
Y7.085 F1200.
Y-7.085 F1200.
Y-42.085 F1200.
G40 X53. F1000.
Z50. F1000.
M9
G90
G0Z150.M5
G91G28Z0.
G90
G53X-1020.0

N55
(ROTACIJA A-OSE A0)
M11
G0 A0.
M10

N60
(ROTACIJA A-OSE A148)
M11
G0 A148.
M10

N65
T1M6(GLODACKA GL. D32/R2)
(OBRADA IZDANKA NA KOTU Z27.5 POD
UGLOM 32.).
G90G54G0X74. Y28.829S2000M3
M11
G0 A148.
M10
G43Z100.0H1D1
M8
M198 P6425
G90
M9

```

Слика 5.55 – Део коригованог главног програма

6. Карактеристике машине DOOSAN DNM 500 II

-Вертикални обрадни центар серије DOOSAN DNM 500 II (сл. 6.) нуди оптималан ниво продуктивности и практичности на основу високе тачности и ефикасности. У односу на предходне серије сличних обрадних центара ови центри имају већу радну површину и већу издрживост оптерећења на сто.

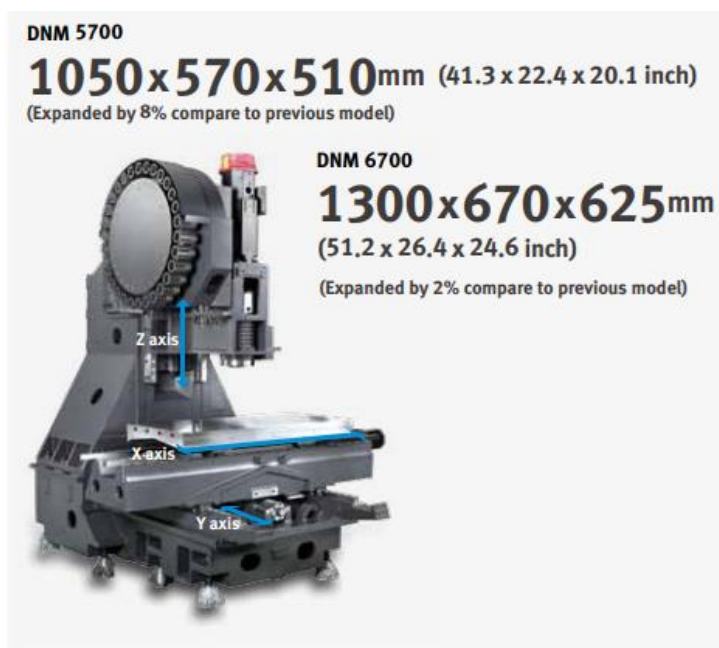
Даје знатно бољу машинску обраду са већом снагом и бројем обртаја.



Слика 6. – Вертикални обрадни центар DOOSAN DNM 500II [9]

Основна спецификација машине:

- Путања по X, Y, Z је 1050, 570, 510mm (сл. 6.1)
- Величина стола 1300x570mm
- Носивост стола 1000
- 36, 36, 30m/min –брзина путање по X, Y, Z
- Максимално спуштање пиноле до стоја 150mm
- Брзина вретена 12000 obrtaja/min
- Снага вретена 18,5kW
- Обртни момент вретена 117Nm
- Конус вретена BT40
- Хлађење емулзијом и ваздухом (могућност хлађења кроз вретено)



Слика 6.1 – Величина кретања по X, Y, Z

-Додатак машини који знатно повећава могућности машине при изради сложенијих обрада, посебно код цилиндричних делова, јесте подеони апарат (американер).

-Подеони апарат нам обрадни центар чини четвороосним, а четврта управљачка оса јесте А-оса (Сл. 6.2).



Слика 6.2 – Радни сто са подеоним апаратом (четврта А-оса) [9]



Слика 6.3 – Управљачка јединица FANUC i [9]



Слика 6.4 – Магацин са аутоматском изменом алата [9]

7. Закључак

- Примена CNC технологија у развоју нових производа даје бројне предности корисницима, тако да се данас практично не поставља питање да ли их треба користити већ која су оптимилана решења за конкретну производну или развојну фирму.

- 1) **Повећање продуктивности (брзине)** - Данас представља један од најважнијих захтева који се поставља пред фирме. Поседовање правог решења у правом тренутку (што раније) представља услов напредовања и опстанка у условима глобалне конкуренције.
- 2) **Подршка изманама на конструкцији** - Лаке и поуздане измене конструкција, са једне стране омогућавају отклањање грешака које настају у процесу конструисања, а са друге што је још важније, могућност креирања бројних варијанти и њихово побољшавање у процесу оптимизације конструкционих решења.
- 3) **Већа тачност израде.**
- 4) **Повезаност CNC технологија и CAD/CAM/CAE модула**
- 5) **Неке основне анализе при развоју новог производа**

- CNC технологија и машине су изузетно поуздане јер су смањене могућности грешака приликом рада. Људски фактор је присутан али је могућност грешке далеко мања него код мануелног система контроле машине.

- Некадашња израда модела и прототипова била је мукотрпна а данас, захваљујућу CNC технологији и машинама, овај процес се много лакше и брже контролише и реализује. Конструктори креирају моделе производа у CAD модулима PLM система, а технолози употпуњују дефиницију производа у CAM модулима кроз поступке креирања технолошких модела. Излаз из овог процеса представља NC програм којим се обезбеђује коначна израда.

- Примена савремених CAD/CAM система инжењерима пружа значајно олакшање у процесу развоја неког новог производа и моделирања технолошких поступака обраде, али уједно захтева и добро познавање технологије обраде метала резањем, алата и прибора, особина и карактеристика материјала, што представља и додатни изазов.

8. Литература

1. Недић Б., Лазић М.: Производне технологије: Обрада метала резањем - предавања, скрипта, Машински факултет Крагујевац, 2007.
2. Лазић, М., Недић, Б., Митровић, С. , Технологија обраде метала резањем, избор режима обраде, Машински факултет, Крагујевац, 2002.
3. Јелена Јоксимовић, *"Карактеристике CNC обрадних система и пример примене"*, Дипломски рад, Крагујевац 2016;
4. Миликић Д.: Неконвенционални поступци обраде, уџбеник, Факултет техничких наука Нови Сад, 2002.
5. Devedžić G.: "CAD/CAM tehnologije" Mašinski fakultet u Kragujevcu, CIRPIS centar, Kragujevac, 2009.
6. Технолошка документација предузећа "Прва Петолетка" Трестеник;
7. Dejan Lukić, Mijodrag Milošević, Velimir Todić : INTEGRISANI CAPP SISTEMI I TEHNOLOŠKA BAZA PODATAKA (Modul Integrisani CAPP sistemi), skripta sa predavanja, Fakultet tehnickih nauka Novi Sad, 2013.
8. Славковић Р., Милићевић И.: *Програмско управљање машинама*, Технички факултет Чачак, Чачак, 2010.
9. Александар З. Тодоровић: 3D моделирање технолошког поступка за 2½-осну обраду, Завршни рад, Крагујевац 2016.
10. https://www.scribd.com/document/380579824/CNC-Tehnologije?fbclid=IwAR2uNB0hfenCh5ufWhkRAQnSc7W0l8DLnqGvCU8eafZ5u1_KVRG5nM00Dxg
11. https://www.scribd.com/doc/300022297/CNC-Tehnologije-Seminarski-Rad?fbclid=IwAR1HdCFUH6U2X3h_tXRi1ccsgMUCbcvAsue7BNhuKlFgZFNY4f3-acfburg