

Факултет инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу

Александар З. Тодоровић

**3D моделирање технолошког
поступка за 2^{1/2}-осну обраду**

Завршни рад

Крагујевац, 2016.

Факултет инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу



Назив студијског програма: Машинско инжењерство

Ниво студија: Основне академске студије

Модул: Производно машинство

Предмет: CAD/CAM/CAE 1

Број индекса: 106/2013

Александар З. Тодоровић

3D моделирање технолошког поступка за 2½-осну обраду

Завршни рад

Комисија за преглед и одбрану:

1. Проф. Др Горан Девеџић-ментор
2. Проф. Др Богдан Недић
3. Проф. Др Милан Ерић

Датум одбране: _____

Оцена: _____

РЕЗИМЕ:

У раду је приказан поступак 3D запреминског моделирања производа. То подразумева, између осталог, креирање адекватног скелетног модела избор и компоновање моделских форми у коначни модел и дефинисање параметара. На основу таквог CAD модела креиран је 3D модел технолошког поступка обраде. По извршеној симулацији и постпроцесирању извршена је модификација и прилагођавање NC кода конкретној управљачкој јединици, у овом случају **SINUMERIK 840D_3X.pp**. Тај поступак је детаљно описан. Коначно, изведена је верификација 3D технолошког поступка обраде на CNC машини алатки **EMCO Concept MILL55**.

Кључне речи: CAD/CAM технологије, CATIA, 3D моделирање, NC код.

SUMMARY:

The work presents the process of 3D solid modelling of a product. This involves, among the other, creating an adequate skeletal model, selecting and composing of model forms into the final model and defining the parameters. Based on such CAD model was created the 3D model of technological process of machining. Upon completion of simulation and post-processing, modification was made and the NC code was adjusted to the specific control unit, in this case SINUMERIK 840_3X.pp. That procedure has been described to detail. Finally, the 3D technological process of machining by CNC tool machine EMCO Concept MILL55 has been verified.

Key words: CAD/CAM technology, CATIA, 3d MODELLING, NC code

Препоручена литература:

- 1) Devedžić G.: "CAD/CAM tehnologije" Mašinski fakultet u Kragujevcu, CIRPIS centar, Kragujevac, 2009.
- 2) Zeid I.: "Mastering CAD/CAM", McGraw Hill, New York. NY, USA, 2005.
- 3) Smid P.: "CNC Programming Handbook", Industrial Press, Inc, 2002.

Крагујевац, 2016. год.

Ментор:

Проф. Др Горан Девеџић

САДРЖАЈ:

1. Увод.....	7
1.1 Основна структура CAD/CAM система	8
1.2 Развој програма CATIA V5.....	10
2. Процес моделирања технолошког поступка обраде призматичних делова ...	12
2.1. Креирање модела предмета обраде	13
2.1.1 Активирање модула за креирање модела	13
2.1.2 Креирање и дефинисање моделске форме <i>Pad.1</i>	13
2.1.3 Креирање моделске форме <i>Pad. 2</i>	14
2.1.4 Креирање моделске форме <i>Pocket. 1</i>	14
2.1.5 Креирање моделске форме <i>Pad. 3</i>	15
2.1.6 Креирање моделске форме <i>Pocket. 2</i>	15
2.1.7 Креирање моделске форме <i>Hole. 1</i>	16
2.1.8 Дефинисање моделске форме <i>Rectangular Pattern</i>	17
2.1.9 Креирање моделске форме <i>Pocket. 3</i>	18
2.1.10 Креирање моделске форме <i>Pocket. 4</i>	19
2.1.11 Креирање моделске форме <i>Pocket. 5</i>	19
2.2. Креирање модела припремка	20
2.2.1 Активирање модула за креирање модела	20
2.2.2 Креирање и дефинисање моделске форме <i>Pad.1</i>	20
2.3. Креирање склопа за прву технолошку операцију	21
2.3.1 Активирање модула за креирање склопа	21
2.3.2 Промена назива производа	21
2.3.3 Додавање модела припремка	21
2.3.4 Фиксирање модела припремка.....	21
2.3.5 Додавање модела предмета обраде	22
2.3.6 Подешавање видљивости припремка.....	22
2.4. Дефинисање процеса обраде за прву технолошку операцију	27
2.4.1 Активирање модула <i>Prismatic Machining</i>	27
2.4.2 Дефинисање параметара обраде	28
2.4.3 Дефинисање технолошке моделске форме <i>Facing. 1</i>	31
2.4.4 Пораметризација режима обраде при финој обради	35
2.4.5 Дефинисање технолошке моделске форме <i>Profile Contouring.1</i>	40
2.4.6 Дефинисање технолошке моделске форме <i>Pocketing.1</i>	43
2.4.7 Дефинисање технолошке моделске форме <i>Pocketing.2</i>	46
2.5 Дефинисање процеса обраде за другу технолошку операцију	47

2.5.1 Дефинисање технолошке моделске форме <i>Facing. 1</i>	48
2.5.2 Дефинисање технолошке моделске форме <i>Pocketing.1</i>	48
2.5.3 Дефинисање технолошке моделске форме <i>Pocketing.2</i>	50
2.5.4 Дефинисање технолошке моделске форме <i>Pocketing.3</i>	51
2.5.5 Дефинисање технолошке моделских форми <i>Pocketing.4</i> и <i>Pocketing.5</i>	52
3. Генерисање NC кода	54
4. Израда призматичног дела на машини <i>EMCO Concept MILL55</i>	57
4.1 Карактеристике машине	57
4.2 Технички подаци машине (<i>EMCO Concept MILL55</i>)	58
4.3 Координатни систем машине	59
4.4 Карактеристичне тачке	60
4.5 Израда дела на машини	61
5. Закључак	64
6. Литература	65

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.

Данас у напредним технологијама, критична активност се односи на конструисање јер се процењује да је то 70% до 80% од цене развоја и производње. Када се говори о традиционалном приступу развоја производа, пројектовање и производња одвијају се секвенцијално (као две засебне целине), уместо истовремено.

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 компјутерима.

CAD (енгл. Computer-Aided-Design) представља компјутерски подржано пројектовање, а омогућава лакше и брже пројектовање и конструисање производа почевши од концепције или модела па до прототипа. Даје нам могућност брже анализе најразличитијих конструкција (од једноставне полуге па све до аеро-профила).

Уз помоћ компјутерски подражног инжењерства могуће је неку структуру симулирати и тестирати на статичко, динамичко као и топлотно понашање итд...

CAM (енгл. Computer-Aided-Manufacturing) је компјутерски подржана производња и обухвата све фазе производње у смислу оптимизације коришћења великог броја података. Основна идеја оваког начина развоја технологије је да се компјутер користи у сврху генерисања програма за CNC (компјутерски нумерички управљане) машине алатке. Потреба за развојем оваквих програмских пакета проистекла је из потребе да се на CNC машинама алаткама израђују делови сложене геометрије брзо, квалитетно и ефикасно.

Последња фаза у развоју ових технологија довела је до интеграције CAD и CAM система у компактну целину односно CAD/CAM систем што омогућава кориснику интеграцију функција [9].

1.1 Основна структура CAD/CAM система

CAD/CAM технологије су скуп савремених научних, техничких и информационих дисциплина усмерених ка проучавању и примени метода за убрзани развој производа и процеса. Од примене CAD/CAM технологија зависи ниво конкурентности и квалитета фирми и сматра се основом савремених конструкционо-производних поступака у производном машинству. С обзиром да укључују знања из више техничко-технолошких дисциплина, CAD/CAM технологије омогућавају потпуно конструисање и пројектовање технолошко-производних поступака. Као коначни исход примене ових технологија, јавља се повишен ниво ефикасности, производности, као и квалитета пратећих активности.

CAD/CAM системи имају нарочито велику примену код пројектовања технологије израде делова са сложенom геометријом који често захтевају вишеосну обраду.

Наиме све до појаве овог вида развоја производа, односно развоја претходно поменутих производа конвенционалним методама био је знатно отежан посао који је захтевао низ активности које се применом CAD/CAM система могу делимично избећи.

На слици 1.1 приказан CAD/CAM је систем као интегратор [2, 8].



Слика 1.1 - CAD/CAM систем као интегратор

Основна идеологија пројектовања технологије применом CAD/CAM система је да се на основу референтног модела који се добија као излаз из CAD модула генерише NC програм који представља излаз из CAM модула.

Као што је већ речено за генерисање NC кода који представља излаз из CAM система, као улаз у CAM систем потребан је модел издатка који се жели израдити на некој CNC машини алатки. Такође потребно је дефинисати и модел припремка од ког се касније прави израдак. Упаривањем ова 2 модела у CAM систему добија се радни модел (склоп припремка и предмета обраде).

Затим се дефинише нулта тачка обратка. То се може уради на више различитих начина. Један од начина је да се нулта тачка обратка поклопи са тачком координатног почетка машине алатке, а притом се мора водити рачуна о томе да Z оса машине алатке (ако се ради о обради на обрадном центру или на CNC глодалици или бушилици) буде управна на површину која се обрађује.

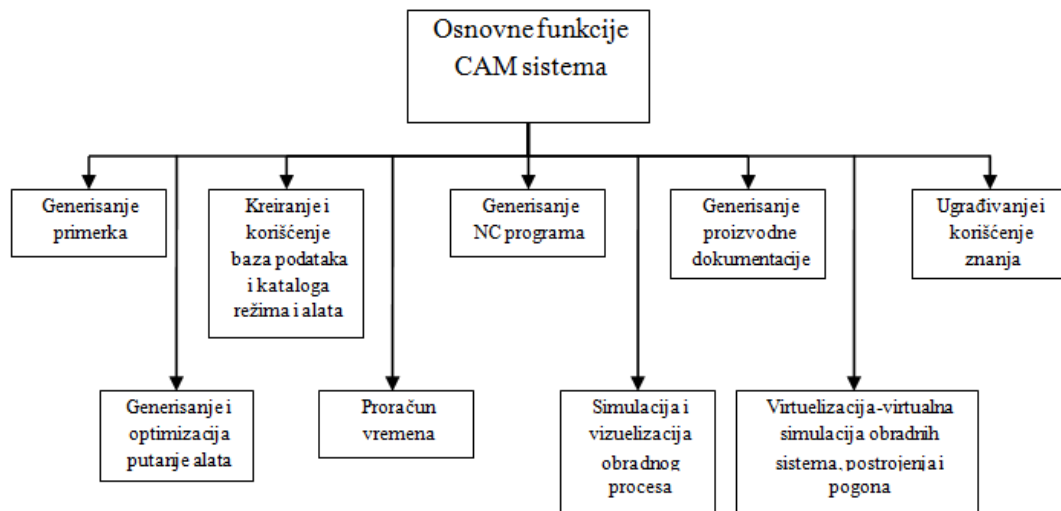
Да би се обрада уопште извршила морају се дефинисати алати са којим се врши обрада. Алат се мора дефинисати за сваки захват.

Поред алата дефинише се и план базирања односно дефинише се како, чиме и где ће се на машини поставити припремак и остварити његово стезање.

Поред свега овога за сваки захват потребно је дефинисати остале технолошке податке: брзину помоћног кретања, дубину резања, број обртаја главног вретена, корак и друге технолошке податке. Самим тим се дефинише захват.

На основу предходно дефинисаних ставки CAM систем посредством процесора, који се као програм (софтвер) налази у оквиру CAM система, генерише стандарду датотеку CL-фајл (енгл. Cutter Location File) која садржи податке у облику координата локација алата. CL фајл у оваквом облику није синтаксно и семантички у сагласности за одговарајућу управљачку јединицу, па ју је неопходно превести у форму која је прихватљива за дату управљачку јединицу. Поступак преводјења CL-фајла у прихватљиву форму за дату управљачку јединицу представља пост-процесирање и то је уједно и задња фаза у CAD/CAM технологији програмирања.

Основне функције CAM система везане су за планирање производних технолошких процеса (Сл. 1.1) [1].



Слика 1.1 – Основне функције пасивних CAM система

1.2 Развој програма CATIA V5

CATIA је данас етаблирани програмски пакет који је своју примену најпре нашао у транспортној индустрији, што и није толико чудно с обзиром на чињеницу да творац CATIA-е један од највећих европских произвођача авиона. Реч је, дакле, о француском Dassaultu, који је с развојем CATIA -е почео још седамдесетих година.

Тада је циљ био стварање програма за 3D моделирање и производњу првенствено за интерну употребу унутар тадашњег Dassault Aviationa. У сврху даљег развоја CATIA-е основана је посебна компанија Dassault Systemes, која је након неког времена ушла и у састав великог IBM-а, под чијим се окриљем данас наставља развој једног од најуспешнијих пакета за 3D моделирање.

Продаја и подршка корисницима CATIA -е одвија се управо преко IBM-ове мреже пословница или пословних партнера који су специјализирани за пружање техничке потпоре.

Но, требало је отприлике петнаестак година да CATIA нађе своју примену и изван ваздухопловне индустрије. CATIA -у, по последњим подацима, користи чак седамнаест од 25 највећих светских произвођача аутомобила. На пример, европска грана DaimlerChryslera има инсталираних више од две ипо хиљаде CATIA радних станица; читава Volkswagen група, BMW, Renault, PSA група i Fiat Auto користе CATIA -у као свој основни CAD/CAM алат.

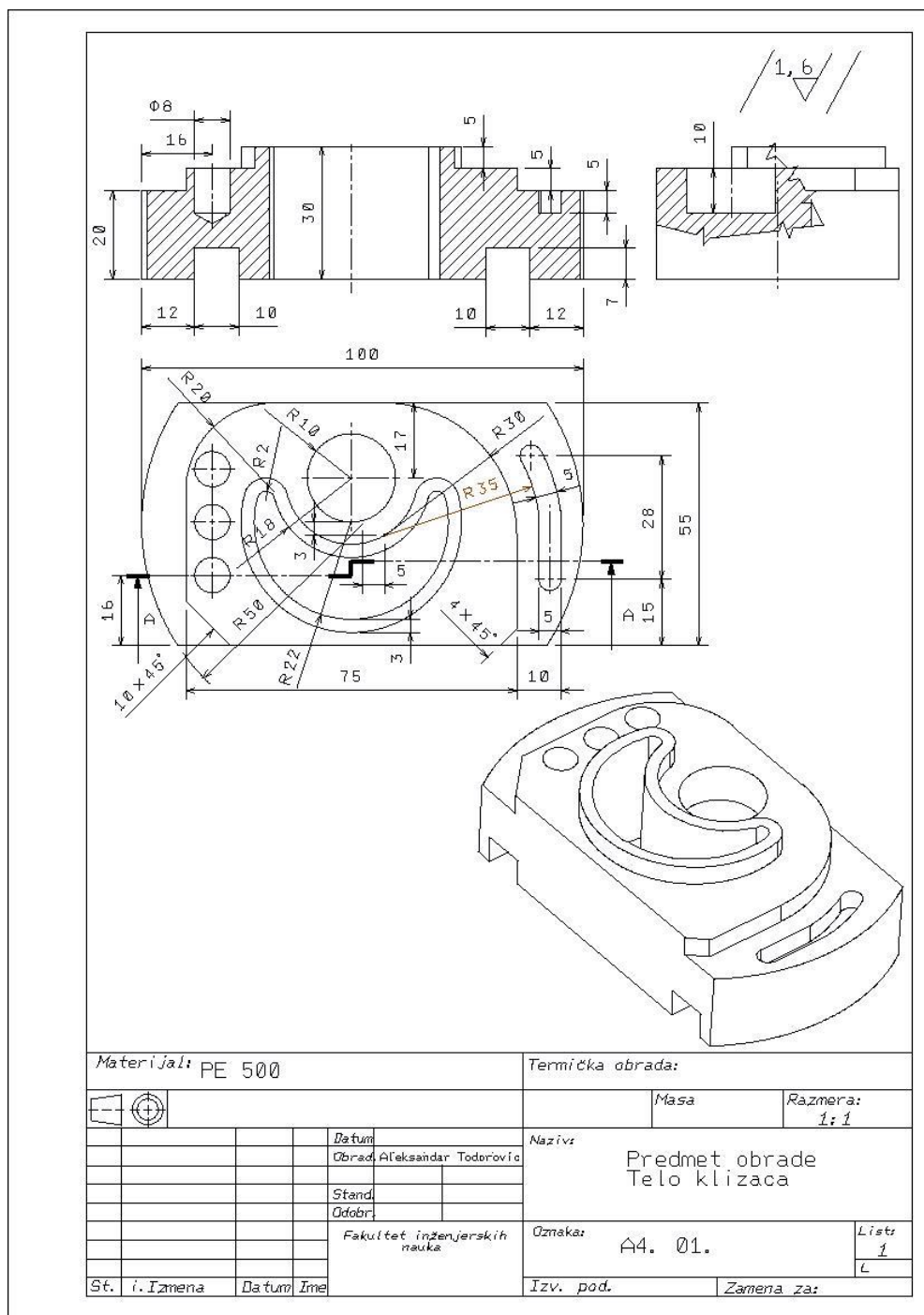
Колико је CATIA моћан пакет говори и чињеница да је користе Јапанци, познати по напретку технологије, чији се највећи произвођачи Toyota и Mitsubishi понајвише ослањају управо на CATIA -у. У ту велику групу спадају и Ford Motor Company те Hyundai, дакле још два од водећих пет светских произвођача аутомобила. Логично, из индустријских ће се хала CATIA -ине могућности пренети и на тркаће стазе и то - ни више ни мање него – у најпопуларнији аутомобилски спорт, Formulu 1. За конструирање шасија својих болида користи је шест од укупно једанаест конструктора, а за конструкцију мотора чак шест од укупно осам добављача. Шведска Scania има пак 350 инсталираних CATIA радних станица које, наравно, користи за развој својих тешких камиона чија је бројка достигла чак један милијон. У CATIA -и је развијен заштитни знак тих шведских камиона, V8 мотор. Чак су и традиционално конзервативни произвођачи као што су Rolls Royce или Bentley прибегли употреби CATIA-е, премда се цела њихова филозофија прављења аутомобила заснива на ручном склапању.

Познато је да CATIA саджи мноштво апликација и модула унутар пакета (P0 и P1). CATIA је врло квалитетан алат за израду и обликовање геометријских тела и површина као што су solid и surface design. CATIA V5 нуди модуле за NC, који покривају процесе: стругања, 2 и 1-осног, 3-осног и 5-осног глодања, уједно и најзахтевнијег. CATIA NC укључује пак симулацију, као и велик број стандардних пост процесора. Корисник може одабрати било који начин моделирања и у сваком тренутку прећи из једног у други модул без икаквих потешкоћа и ограничења.

2. Процес моделирања технолошког поступка обраде призматичних делова

У првом поглављу је укратко описан начин и принцип функционисања CAD/CAM система, што ћемо кроз пример моделирања **Тела клизача** то и показати (Сл. 2.).

Моделирање производа [4], као и управљање процесом производње биће изведено у програмском пакету CATIA V5.

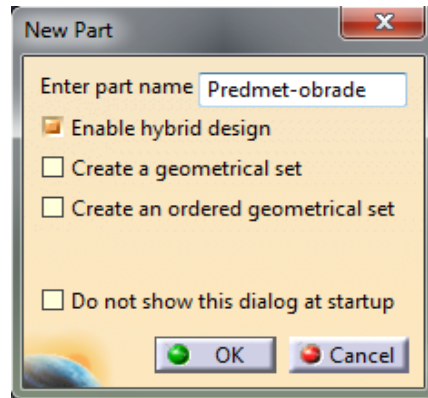


Слика 2. - Технички цртеж предмета обраде

2.1. Креирање модела предмета обраде

2.1.1 Активирање модула за креирање модела

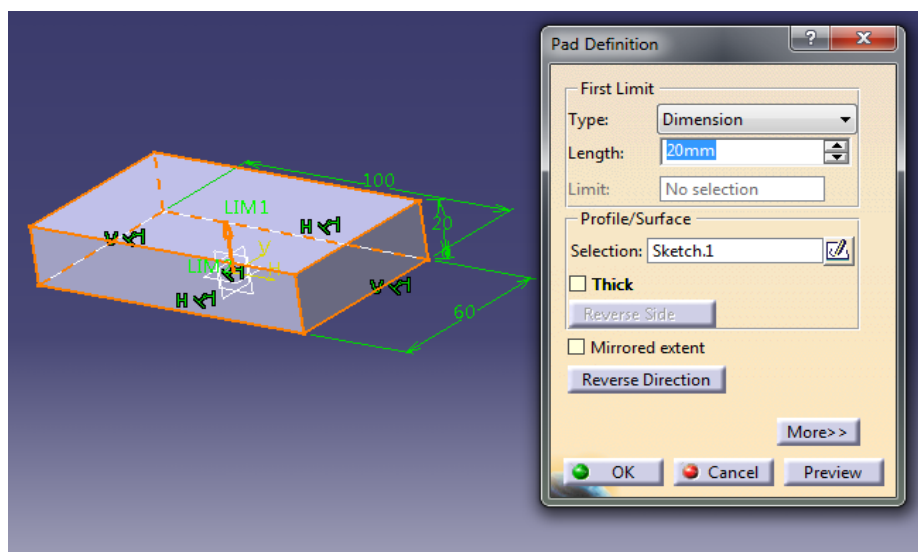
- 1) Отворити **Start-Mechanical Design-Part Design**.
- 2) У пољу **Enter part name** прозора **New Part** уписујемо назив модела (**Predmet-obrade**) (Сл. 2.1).



Слика 2.1 – New part

2.1.2 Креирање и дефинисање моделске форме Pad.1

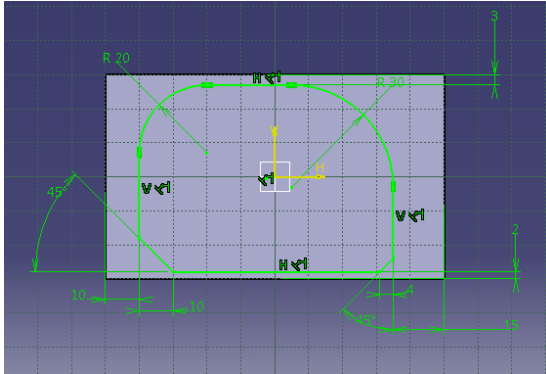
- Скицирање се започиње активирањем команде **Sketch** и одабиром одговарајуће равни скицирања.
- Скицирање контуре се врши применом команде **Centered Rectangle**.
- Активирати команду **Exit Workbench** за излаз из модула за скицирање, ради дефинисања треће димензије.
- Активирањем команде **Pad** покрећемо операцију за извлачење скице управно на раван скицирања, а у позитивном смеру Z осе.
- У прозору **Pad Definition** (Сл. 2.2) бира се тип додавања **Dimension**, а у пољу **Length** унети вредност извлачења 30mm.



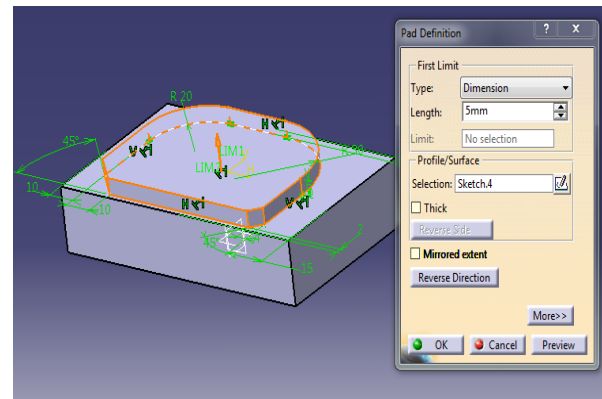
Слика 2.2 - Дефинисање моделске форме Pad 1

2.1.3 Креирање моделске форме *Pad. 2*

- Одабрати горњу површину моделске форме *Pad 1*, након чега активирамо команду **Sketch** за покретање модула за скицирање (Сл. 2.3).



Слика 2.3 - Дефинисање скице моделске форме *Pad. 2*



Слика 2.4 - Дефинисање моделске форме *Pad. 2*

- Активирати команду **Profile** и затворити контуру скице друге 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. 2.4).

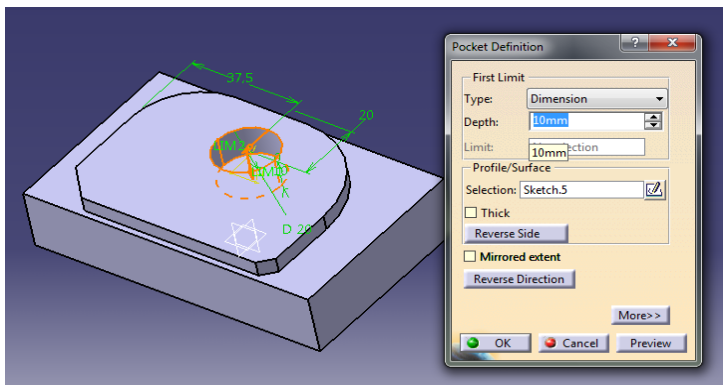
- У прозору **Pad Definition** бира се тип додавања **Dimension**, а у пољу **Length** унети вредност извлачења 5mm.

2.1.4 Креирање моделске форме *Pocket. 1*

- Селектовати горњу површину моделске форме *Pad. 2*, затим активирати команду **Sketch** за покретање модула за скицирање.

- Скицирање контуре се врши помоћу команде **Circle**

- Активирати команду **Exit Workbench** за излаз из модула за скицирање, да би извршили дефинисање треће димензије.



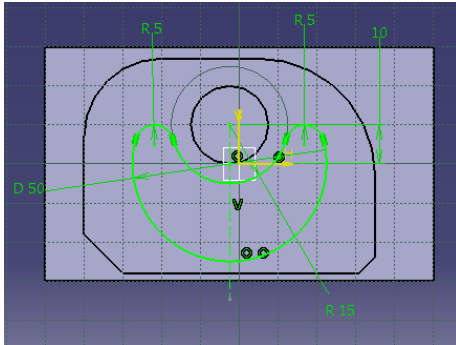
Слика 2.5 - Дефинисање моделске форме *Pocket. 1*

- Активирати команду за извлачење скице са одузимањем материјала **Pocket**.

- У прозору **Pocket Definition** дефинисати параметре. Бира се тип одузимања **Dimension**, а у пољу **Depth** унети вредност удубљења 10mm (Сл. 2.5).

2.1.5 Креирање моделске форме *Pad. 3*

- Одаберати горњу површину моделске форме *Pad. 2*, након чега активирамо команду **Sketch** за покретање модула за скицирање.

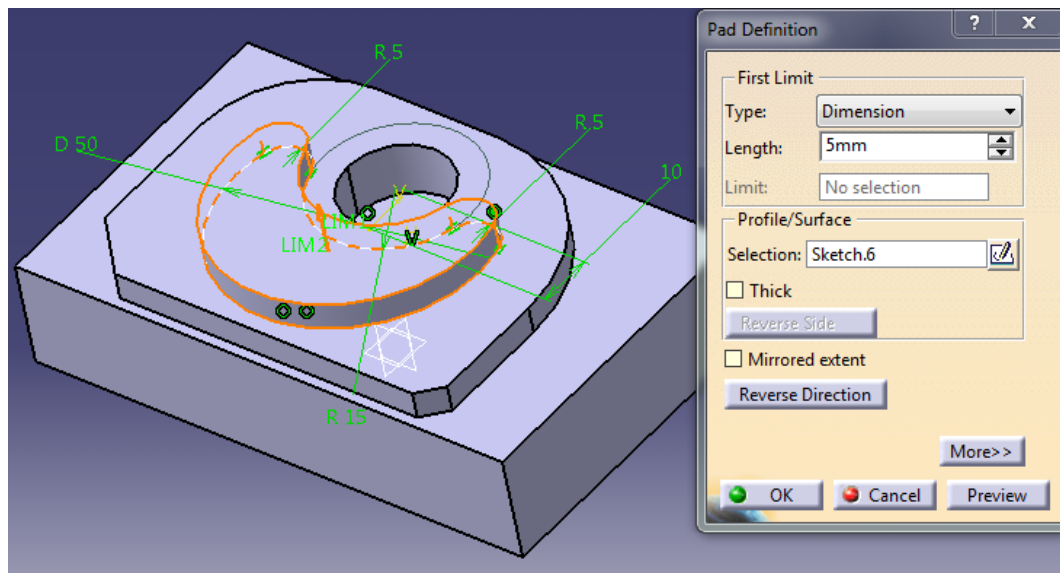


- Скицирање контуре се врши применом команде **Circle** и команде **Arc** (Сл. 2.6).

- Центар кружнице везујемо за центар моделске форме *Pocket. 1*.

- Активирати команду **Exit Workbench** за излаз из модула за скицирање, да би извршили дефинисање треће димензије.

Слика 2.6 - Дефинисање скице моделске форме *Pad. 3*



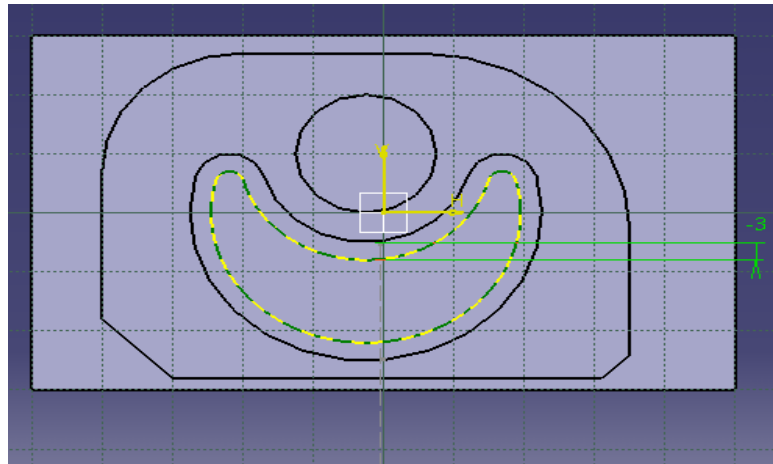
Слика 2.7 - Дефинисање моделске форме *Pad. 3*

- Активирањем команде **Pad**, у прозору **Pad Definition** бира се тип додавања **Dimension**, а у пољу **Length** унети вредност извлачења 5mm (Сл. 2.7).

2.1.6 Креирање моделске форме *Pocket. 2*

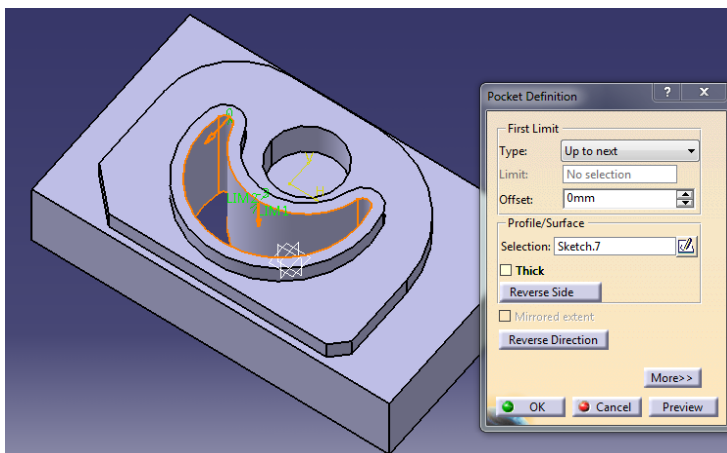
- Селектовати горњу површину моделске форме *Pad. 3*, затим активирати команду **Sketch** за покретање модула за скицирање.

- Селектовати ивице са моделске форме *Pad. 3*, а затим извршити њихово пројектовање активирањем команде **Project 3D Elements**. Командом **Offset** смањујемо пројектовану контуру на вредност 3mm (Сл. 2.8).



Слика 2.8 – Дефинисање скице моделске форме *Pocket*. 2

- Активирати команду **Exit Workbench** за излаз из модула за скицавање, да би извршили дефинисање треће димензије.
- Активирати команду за извлачење скице са одузимањем материјала **Pocket**.



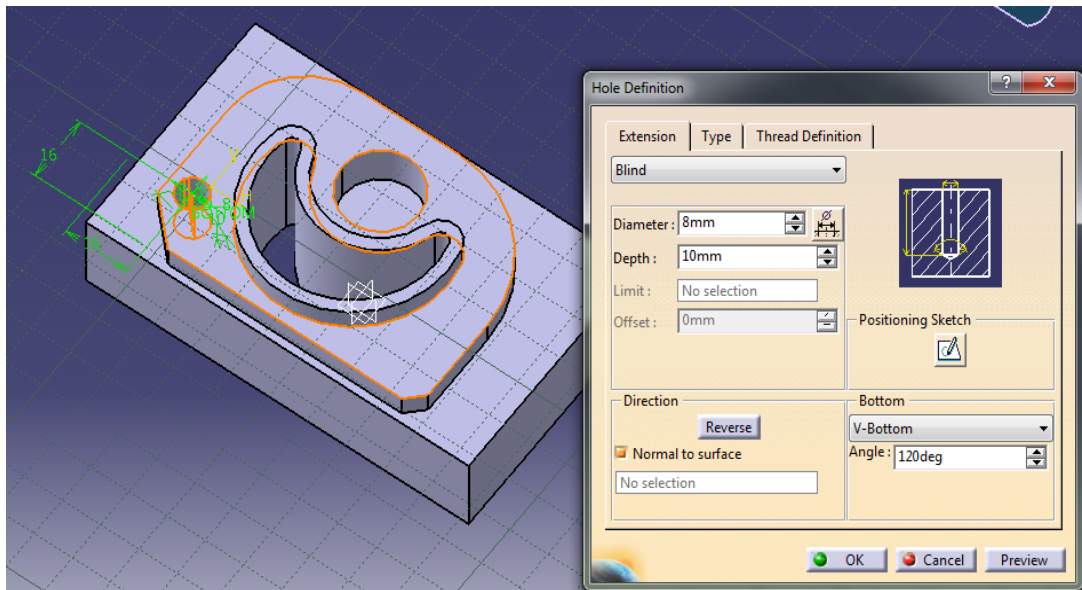
- У прозору **Pocket Definition** дефинисати параметре.

- У прозору **Pocket Definition** бира се тип одузимања **Up to next** (Сл. 2.9).

Слика 2.9 - Дефинисање моделске форме *Pocket*. 2

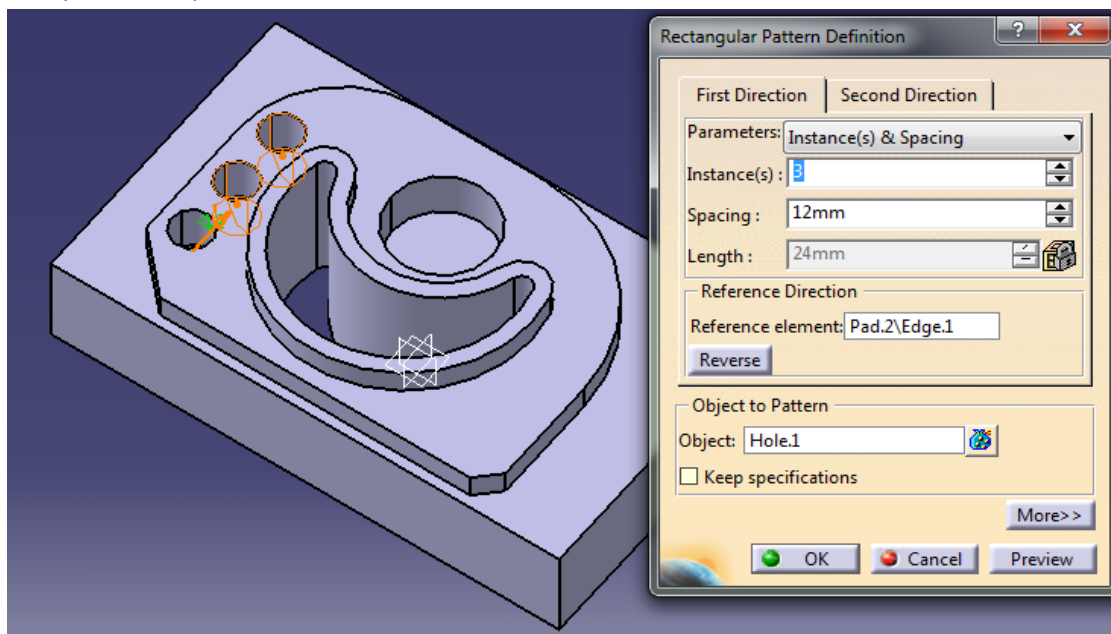
2.1.7 Креирање моделске форме *Hole*. 1

- Активирати команду **Hole** затим бирати површину ка којој треба направити отвор.
- Селектовањем површине на којој треба формирати отвор отвара се прозор **Hole Definition**.
- У прозору **Hole Definition**, у оквиру картице **Extension**, унети величину пречника отвора 8mm, тип рупе **Blind**, дубину отвора 10mm и **V-Bottom 120deg** (Сл. 2.10)
- У оквиру картице **Positioning Sketch** позиционирати центар отвора.

Слика 2.10 - Дефинисање моделске форме *Hole. 1*

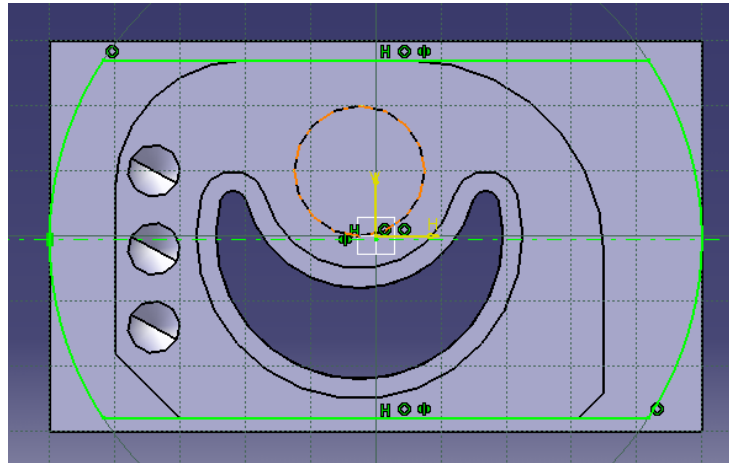
2.1.8 Дефинисање моделске форме *Rectangular Pattern*

- Селектовати моделску форму ***Hole. 1***, а затим активирати моделску форму ***Rectangular Pattern***.
- Активирањем моделске форме ***Rectangular Pattern*** отвара се прозор ***Rectangular Pattern Definition***.
- У оквиру прозора ***Rectangular Pattern Definition*** бирати тип умножавања ***Instance(s) & Spacing***, број отвора 3, размак између отвора 12mm (Сл. 2.11).

Слика 2.11 - Дефинисање моделске форме *Rectangular Pattern*

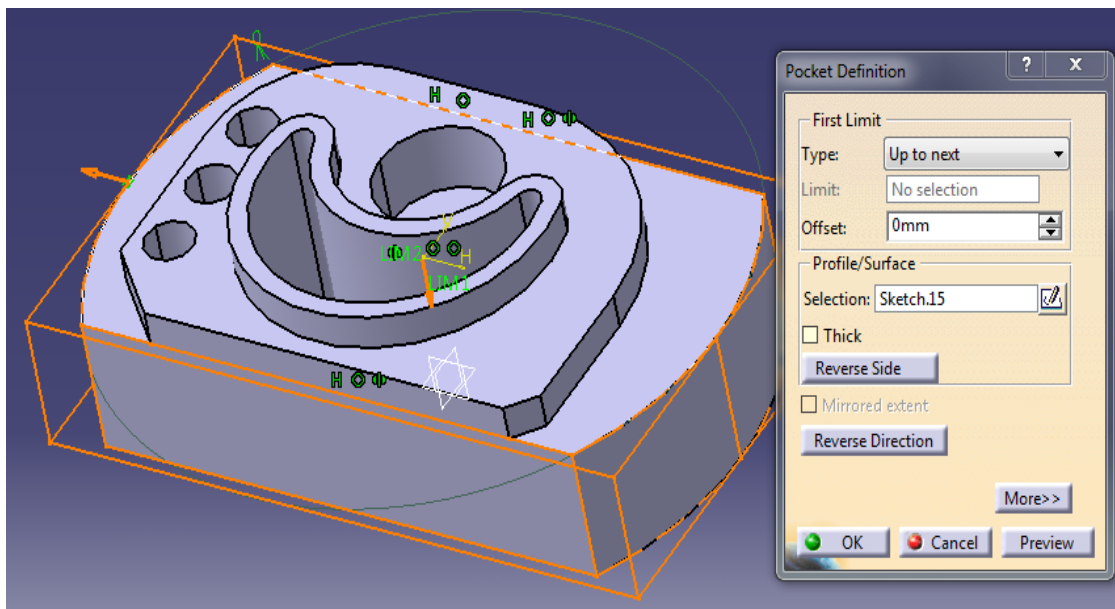
2.1.9 Креирање моделске форме *Pocket. 3*

- Селектовати горњу површину моделске форме **Pad. 1**, затим активирати команду **Sketch** за покретање модула за скицирање.
- Скицирање контуре се врши применом команде **Circle** и команде **Line** (Сл. 2.12).



Слика 2.12 -Дефинисање скице моделске форме *Pocket. 3*

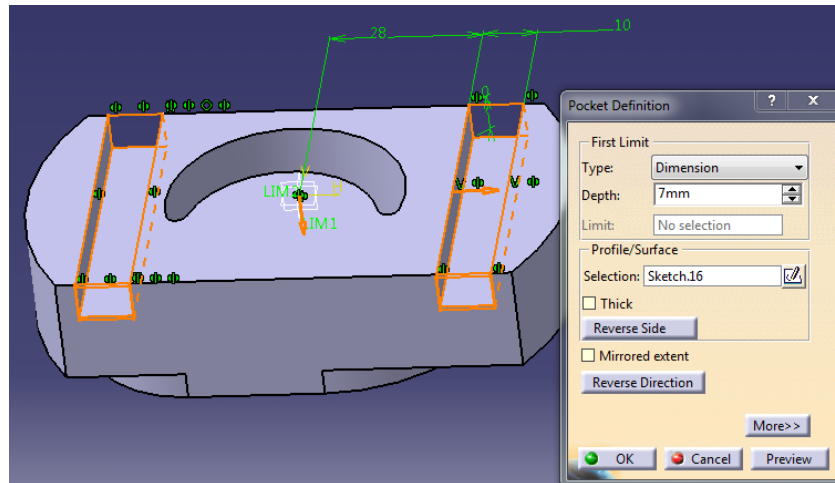
- Активирати команду **Exit Workbench** за излаз из модула за скицирање, да би извршили дефинисање треће димензије.
- Активирати команду за извлачење скице са одузимањем материјала **Pocket**.
- У прозору **Pocket Definition** бира се тип одузимања **Up to next** (Сл. 2.13).



Слика 2.13 - Дефинисање моделске форме *Pocket. 3*

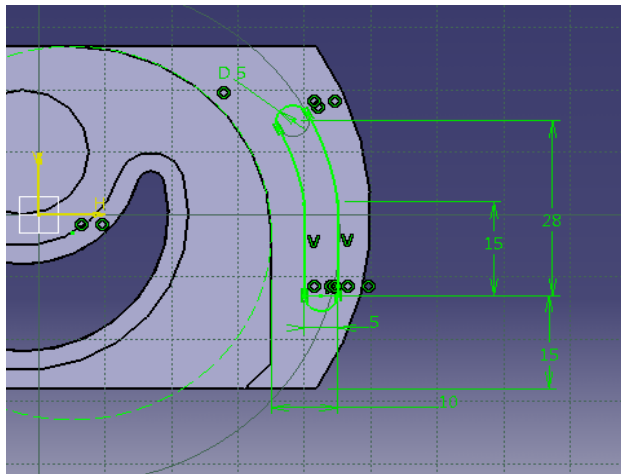
2.1.10 Креирање моделске форме *Pocket. 4*

- Селектовати доњу површину моделске форме **Pad. 1**, затим активирати команду **Sketch** за покретање модула за скицирање.
- Скицирање контуре се врши применом команде **Rectangle**.
- Активирати команду **Exit Workbench** за излаз из модула за скицирање, да би извршили дефинисање треће димензије.
- У прозору **Pocket Definition** дефинисати параметре. Бира се тип одузимања **Dimension**, а у пољу **Depth** унети вредност удубљења 7mm (Сл. 2.14).



Слика 2.14 - Дефинисање моделске форме *Pocket. 4*

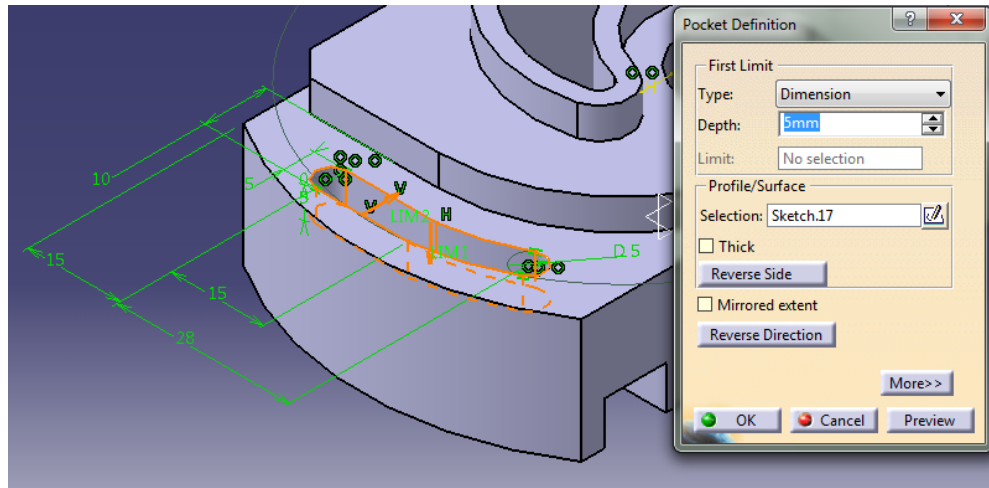
2.1.11 Креирање моделске форме *Pocket. 5*



Слика 2.15 - Дефинисање скице моделске форме *Pocket. 5*

- Селектовати горњу површину моделске форме **Pad. 1**, затим активирати команду **Sketch** за покретање модула за скицирање.
- Скицирање контуре се врши применом команде **Circle** и команде **Line** (Сл. 2.15).

- Активирати команду **Exit Workbench** за излаз из модула за скицирање, да би извршили дефинисање треће димензије.
- У прозору **Pocket Definition** дефинисати параметре. Бира се тип одузимања **Dimension**, а у пољу **Depth** унети вредност удубљења 5mm (Сл. 2.16).

Слика 2.16 - Дефинисање моделске форме *Pocket*. 5

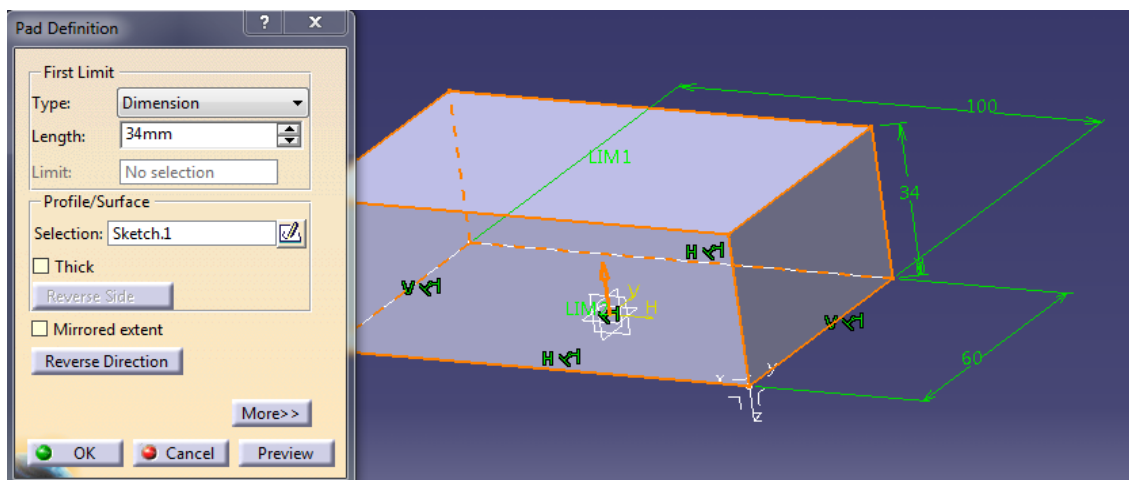
2.2. Креирање модела припремка

2.2.1 Активирање модула за креирање модела

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

2.2.2 Креирање и дефинисање моделске форме *Pad*.1

- Скицирање се започиње активирањем команде **Sketch** и одабиром одговарајуће равни скицирања, у овом случају **xy** раван.
- Скицирање контуре се врши применом команде **Centered Rectangle**.
- Активирати команду **Exit Workbench** за излаз из модула за скицирање, ради дефинисања треће димензије.
- У прозору **Pad Definition** (Сл. 2.17) бира се тип додавања **Dimension**, а у пољу **Length** унети вредност извлачења 34mm.

Слика 2.17 - Дефинисање моделске форме *Pad*. 1

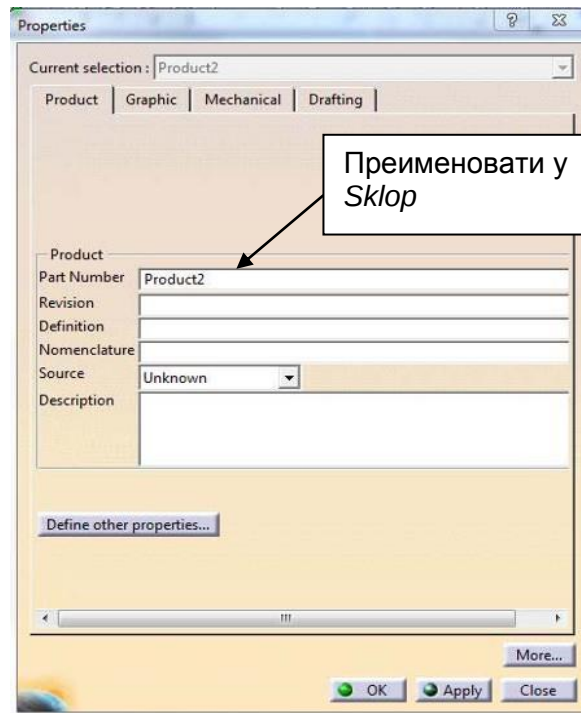
2.3. Креирање склопа за прву технолошку операцију

2.3.1 Активирање модула за креирање склопа

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

2.3.2 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. 2.18)
- Преименовати поље **Part Number** из **Product2** у **Sklop**.



Слика 2.18 – Преименовање производа

2.3.3 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**.

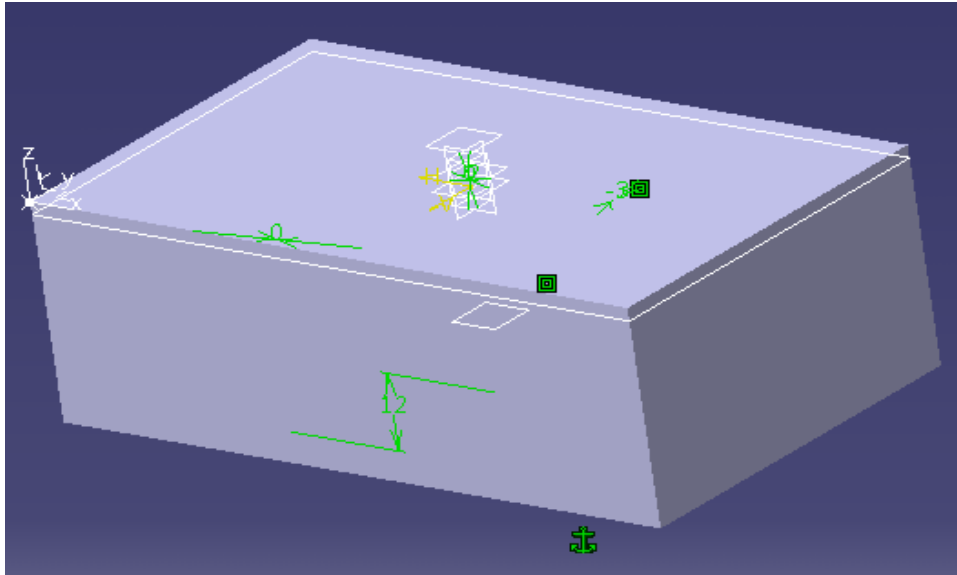
- У прозору **File Selection** одабрати фајл **Pripremak** и кликом на команду **Open** извршити додавање модела у радни простор.

2.3.4 Фиксирање модела припремка

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

2.3.5 Додавање модела предмета обраде

- Активирати команду **Existing Component** и већ описаним поступком извршити додавање модела **Predmet-obrade** у радни простор модула **Assembly Design** (Сл.2.19).

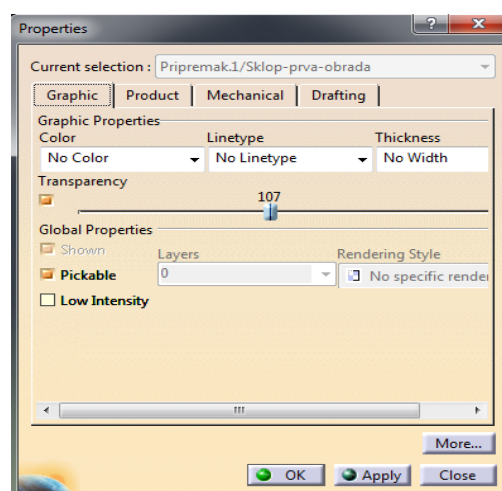


Слика 2.19 – Додавање предмета обраде

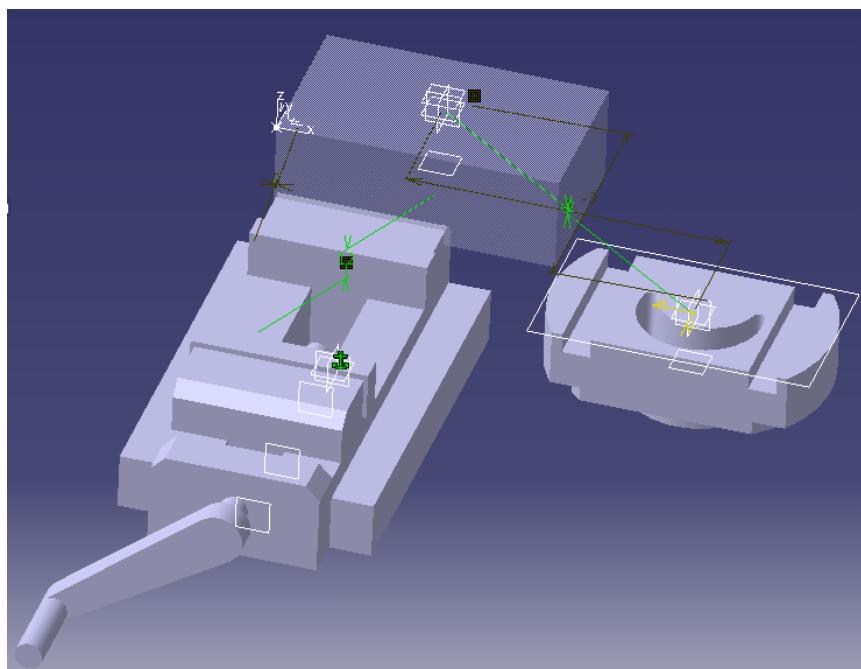
2.3.6 Подешавање видљивости припремка

- 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**

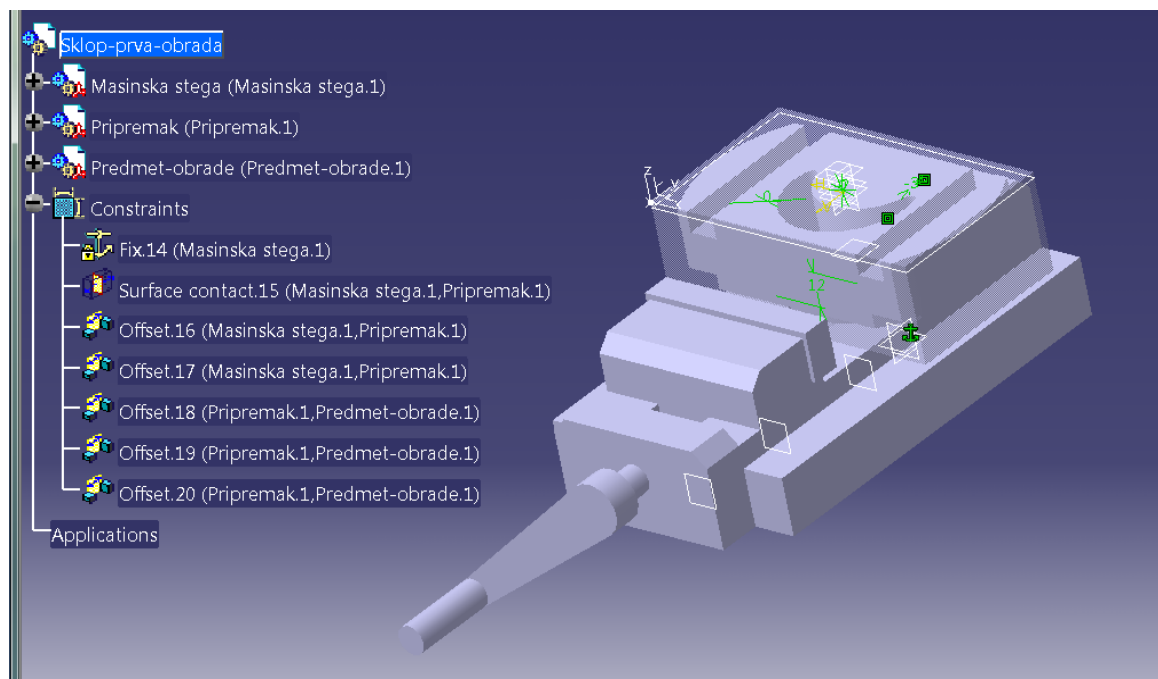
- У прозору **Properties** клизач **Transparency** померити у десни положај (Сл. 2.20).



Слика 2.20 – Подешавање видљивости модела припремка



Слика 2.21 – Постављена ограничења између модела помоћног прибора, припремка и предмета обраде



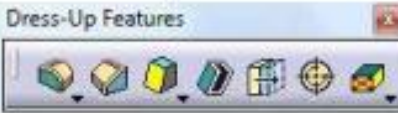
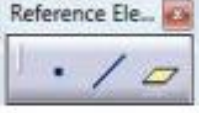
Слика 2.22 – Склоп модела припремка, предмета обраде и помоћног прибора

- 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)

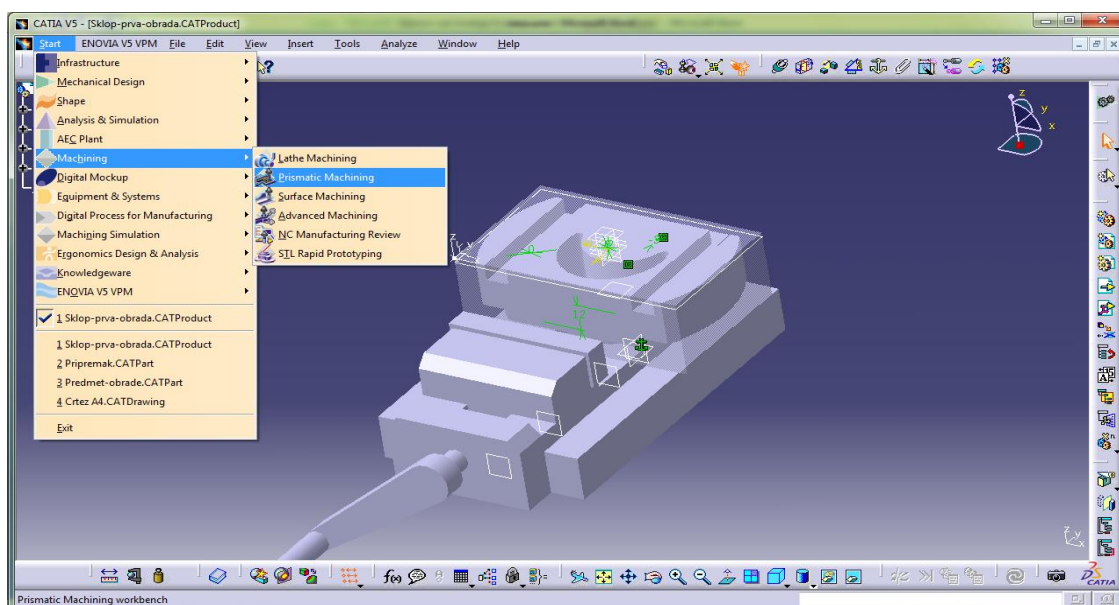
Табела 3 – Палете, алати и команде коришћене у процесу израде склопа

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)

2.4. Дефинисање процеса обраде за прву технолошку операцију

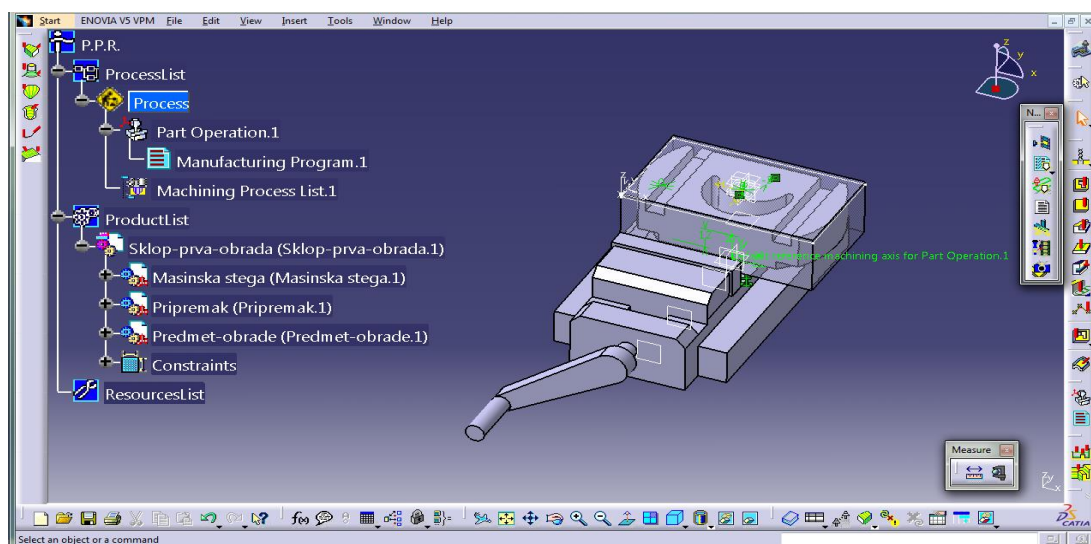
2.4.1 Активирање модула Prismatic Machining

- Док је активан модул за креирање склопова, отворити **Start**→**Machining**→**Prismatic Machining** (Сл. 2.23).



Слика 2.23 – Активирање модула *Prismatic Machining*

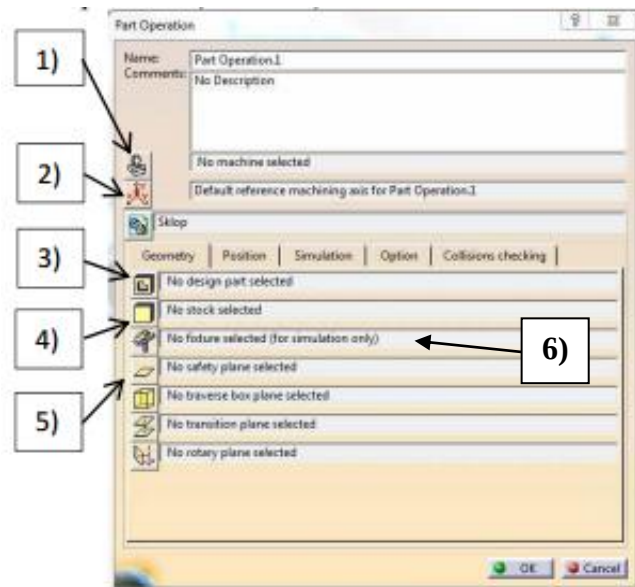
- Након чега ће се отворити модул за дефинисање процеса обраде призматичних делова (Сл. 2.24).



Слика 2.24 – Радни простор модула *Prismatic Machining*

2.4.2 Дефинисање параметара обраде

- Двоструки клик на **Part Operation.1** у стаблу **P.P.R.** након чега ће се отворити прозор **Part Operation** (Сл. 2.25).



Слика 2.25 – Дефинисање параметара технолошких операција

- Кликнути на икону **Machine** (Сл.2.25 (1)), након чега ће се отворити прозор **Machine Editor** (Сл.2.26).

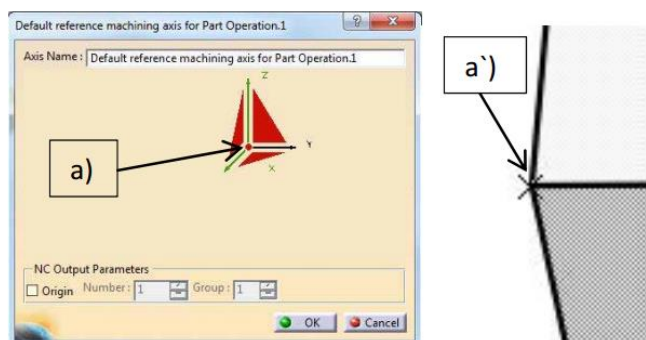
- Као тип машине одабрати **3-axis Machine.1**.



Слика 2.26 – Дефинисање машине

- Одабрати икону **Reference machining axis system** (Сл.2.25 (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).

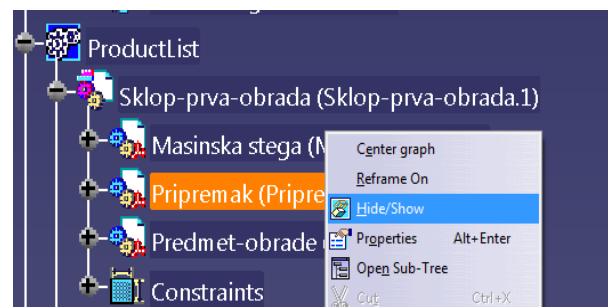
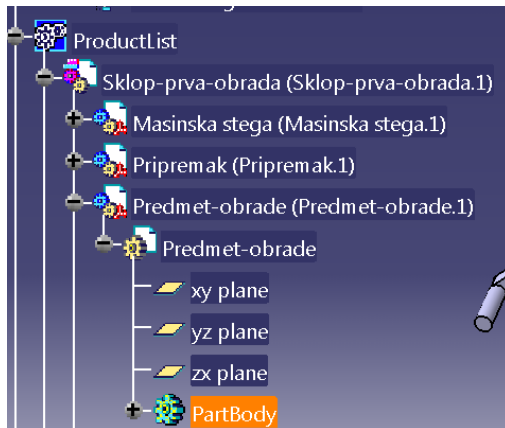
- У прозору **Default reference machining axis for Part Operation.1** селектовати тачку а) (Сл. 2.27) у центру координатног система, а након тога помоћну тачку а`) у доњем левом углу чеоне површине предмета обраде.



Слика 2.27 – Дефинисање референтног координатног система обраде

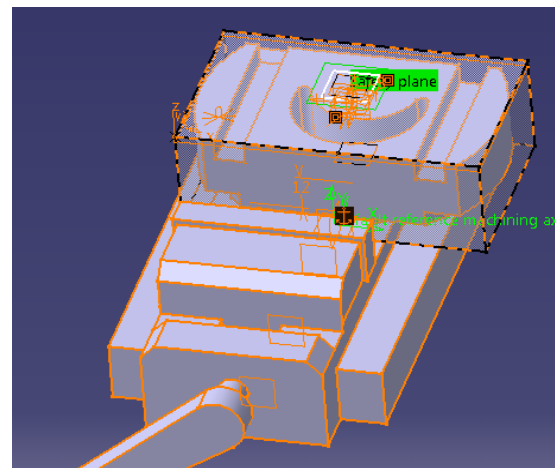
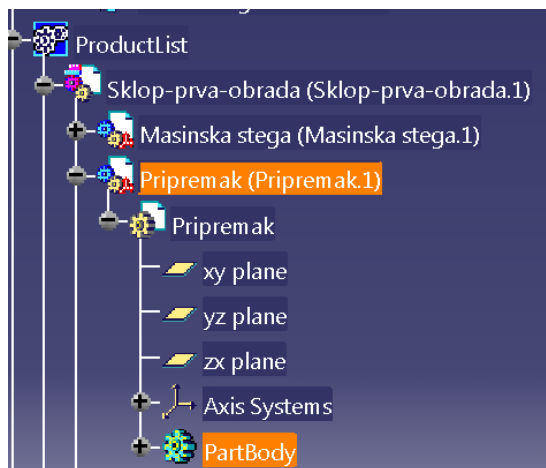
- Кликнути на икону **Design part for simulation** (Сл 2.25 (3)), након чега означимо модел готовог дела. Означавање модела готовог дела може се извршити на два начина:

1. У стаблу модела (Сл. 2.28 а) селектовати **ProductList**→ **Sklop**→ **Gotov deo** → **PartBody**.
2. Десним кликом на грану **Pripremak** у стаблу модела (**ProductList**→**Sklop**→**Pripremak**), отвара се контекстуални мени у ком се активира опција **Hide/Show** (Сл. 2.28 б), за деактивирање видљивости припрема. Након што смо припремак учинили невидљивим можемо извршити селектовање кликом на модел у радном простору.



а) б)
Слика 2.28 – Селектовање модела готовог дела

- Активирати икону **Stock** (Сл 2.25 (4)) за дефинисање припрема, након тога селектовати припремак у стаблу модела (Сл 2.29 а)) или модел припрема у радном простору (Сл. 2.29 б)).



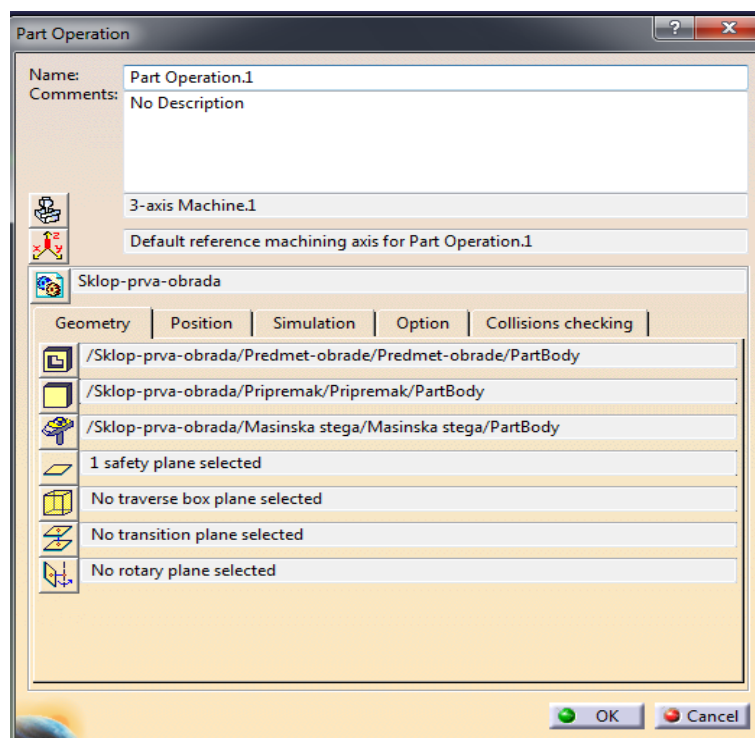
а) б)
Слика 2.29 – Селектовање модела припрема

- Активирати икону **Fixtures for simulation** (Сл 2.25 (6)) за дефинисање помоћног прибора, након тога селектовати помоћни прибор у стаблу модела (Сл 2.30) или модел помоћног прибора у радном простору.



Слика 2.30 – Селековање модела помоћног прибора

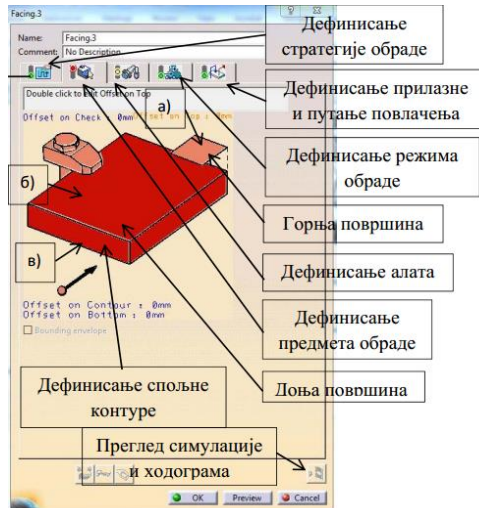
- За дефинисање сигурносне равни кликнути на икону **Safety plane** (Сл 2.25 (5)), а затим на раван који смо предходно дефинисали у току моделирања припремке.



Слика 2.31 – Извршено дефинисање параметара обраде

2.4.3 Дефинисање технолошке моделске форме *Facing*. 1

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

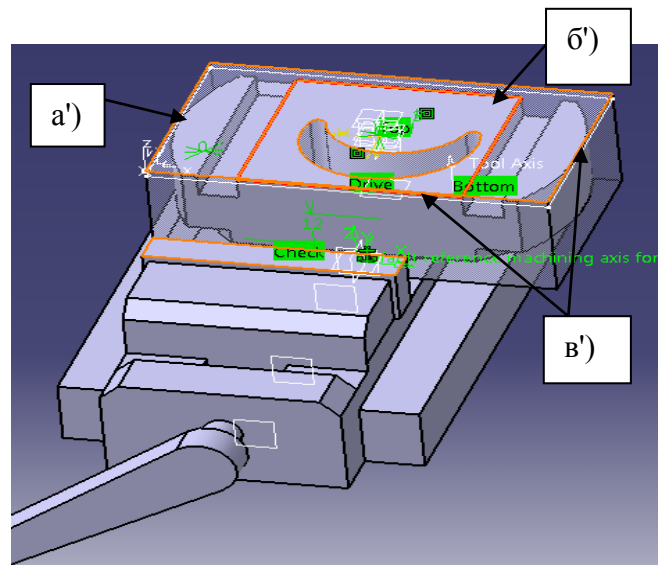


- У прозору **Facing** ће се по обичају отворити картица за дефинисање геометријских параметара обраде (Сл. 2.32)

Слика 2.32 – Дефинисање параметара чеоне обраде

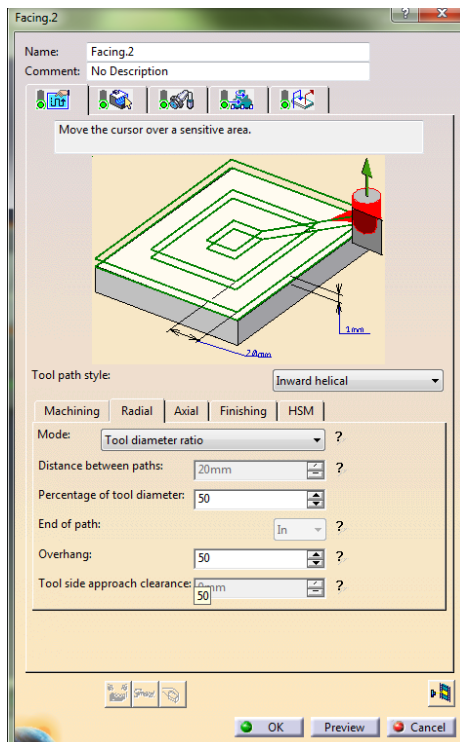
- Дефинисати зону обраде

- 1) Селектовати површину а) (Сл. 2.32) у прозору **Facing**, а затим чеону површину а') (Сл. 2.33) модела припремка.
- 2) Селектовати доњу површину обраде б), након тога искључити видљивост припремка и селектовати доњу површину обраде у овој операцији б')
- 3) Софтвер сам претпоставља спољну контуру в), тако да није потребно дефинисати је накнадно.



Слика 2.33 – Дефинисање предмета обраде

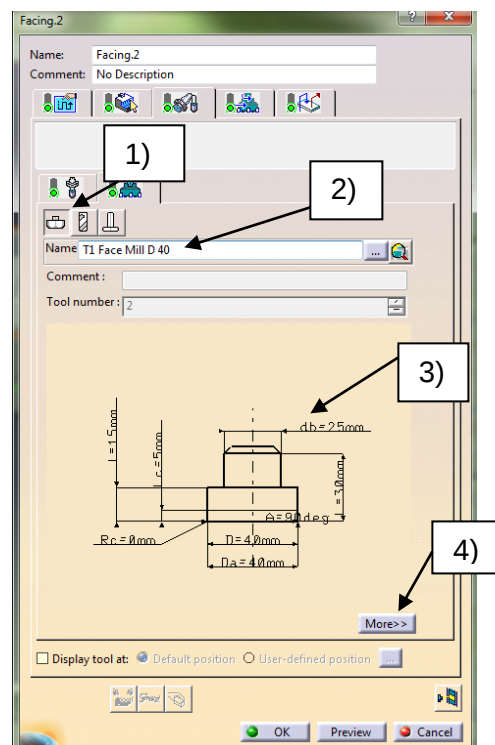
- Задати стратегију обраде



Слика 2.34 – Дефинисање путање алата

- Дефинисати тип алата

- 1) Као тип глодала одабрати чеоно глодало (Сл. 2.35).
- 2) У пољу **Name** уписати назив и димензије алата *T1 Face Mill D 40*.
- 3) На шеми алата унети димензије алата који ће се користити у обради.
- 4) За прецизније дефинисање карактеристика алата кликнути на опцију **More**.

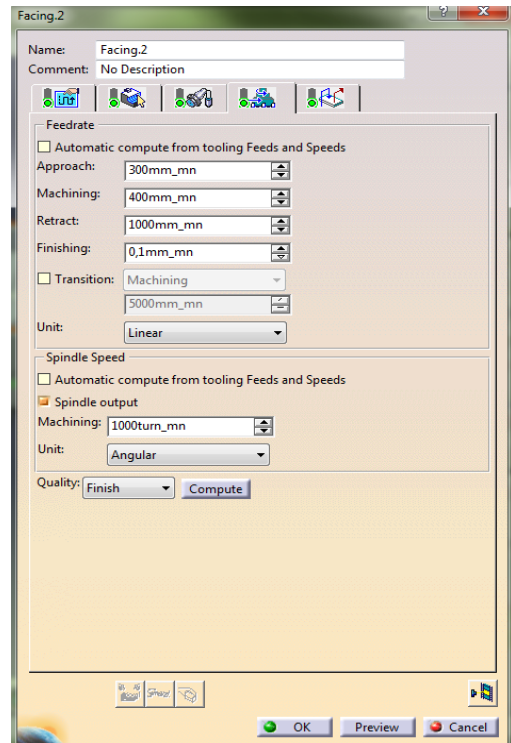


Слика 2.35 – Дефинисање врсте и димензије алата

- Подесити режиме резања

- Режиме резања треба тачно прорачунати зависно од врсте материјала, врсте алата, типу машине, квалитета обрађене површине и др. [5]. У овом примеру предмет обраде је од пластике PE 500 па су узети следећи режими обраде.

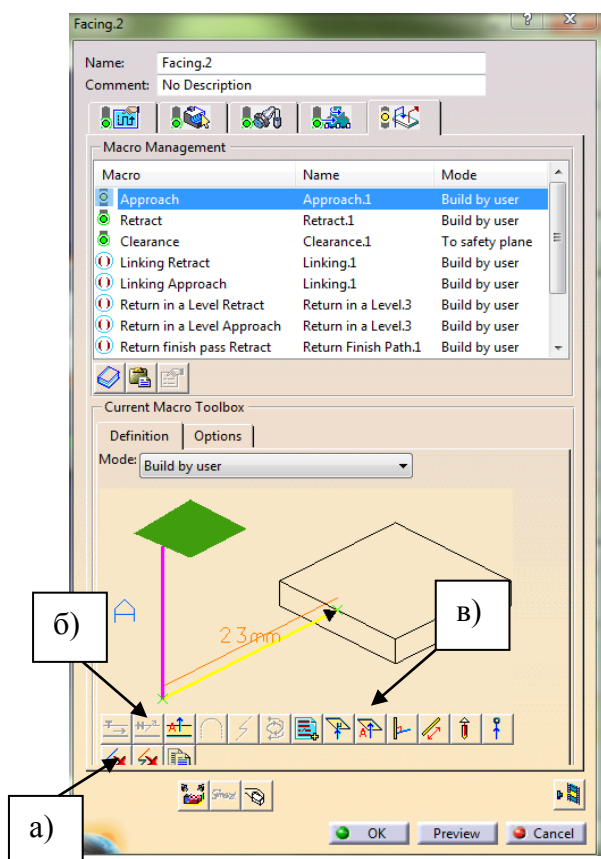
- 1) Искључити аутоматско израчунавање режима резања (Сл. 2.36).
- 2) У пољу **Approach** за брзину прилаза алата унети вредност 300mm/min.
- 3) За брзину помоћног кретања у пољу **Machining** унети вредност 400mm/min.
- 4) За брзину повлачења алата у пољу **Retract** унети вредност 1000 mm/min.
- 5) Није предвиђена завршна обрада, тако да поље **Finishing** остаје непромењено.
- 6) Унети вредност броја обртаја 12000turn/min у пољу **Machining**.
- 7) У пољу **Unit**, за димензију у којој ће се изражавати брзина главног кретања, изабрати **Angular**.



Слика 2.36 – Дефинисање режима обраде при чеоној обради

- Дефинисати прилаз и повлачење алата

- 1) Означити колону **Approach** (Сл.2.37), за дефинисање прилаза алата. Аутоматски ће бити понуђен вертикалан прилаз из равни, као на (Сл. 2.37).
- 2) Применом команде **Remove all motions** (а) уклонити задату путању.
- 3) Додати хоризонтални прилаз применом команде **Add horizontal motion** (б)) (Препорука је да се глодало не спушта директно у материјал, већ да се, кад год је то могуће, у обраду улази са бока због отпора резања и врсте глодала).
- 4) За корекцију вредности прилаза два пута кликнути на понуђену вредност прилаза и у прозору **Edit parameter** унети потребну вредност 23mm имајући у виду пречник глодала и сигурносног растојања.



Слика 2.37 – Дефинисање путање прилаза алата

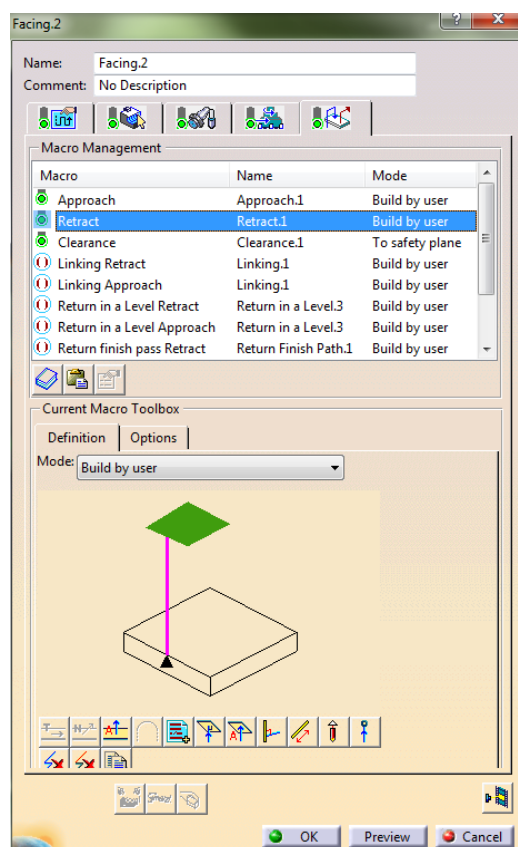
5) Додати прилаз из равни командом **Add axial motion up to a plane** (в) (Сл.2.37).

6) Селектовати раван, из које ће се извршити прилаз припремку, на шеми. До сигурносне равни алат ће се кретати брзим ходом, а од ње та брзина ће одговарати брзини која је задата као брзина прилаза алата (Сл.2.37).

7) Селектовати сигурносну раван на моделу.

8) Означити поље **Retract**.

9) Селектовати раван на шеми, до које се врши повлачење алата, а онда селектовати сигурносну раван на моделу.

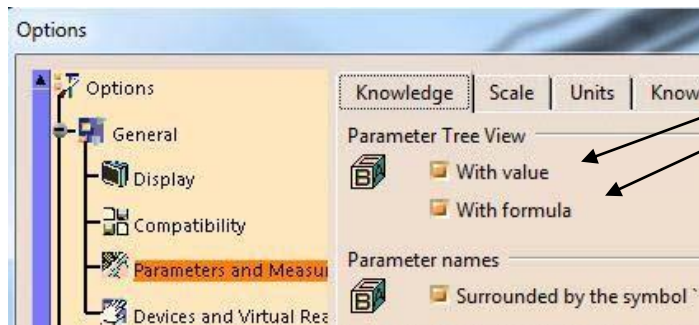


Слика 2.38 – Дефинисање путање при повлачењу алата

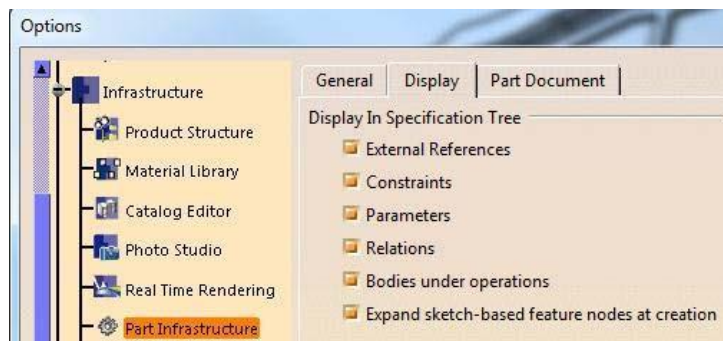
2.4.4 Параметризација режима обраде при финој обради

- Пре почетка дефинисања параметара треба проветити њихову видљивост у стаблу модела:

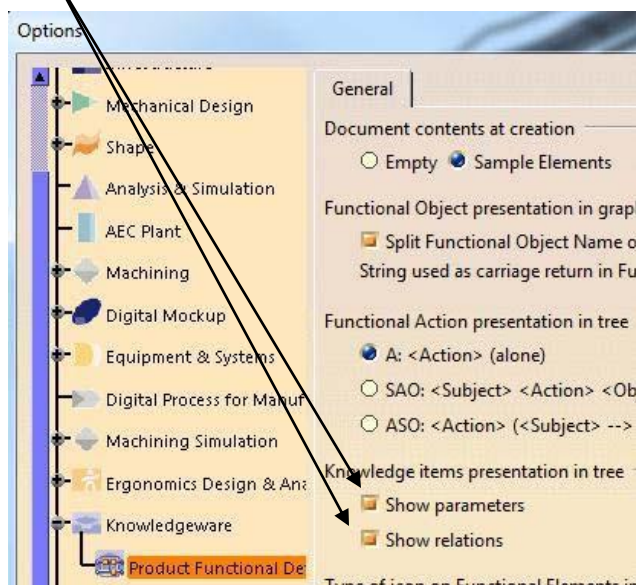
Tools → *Options* → *General* → *Parameters and Measure* → *Knowledge*, активирати



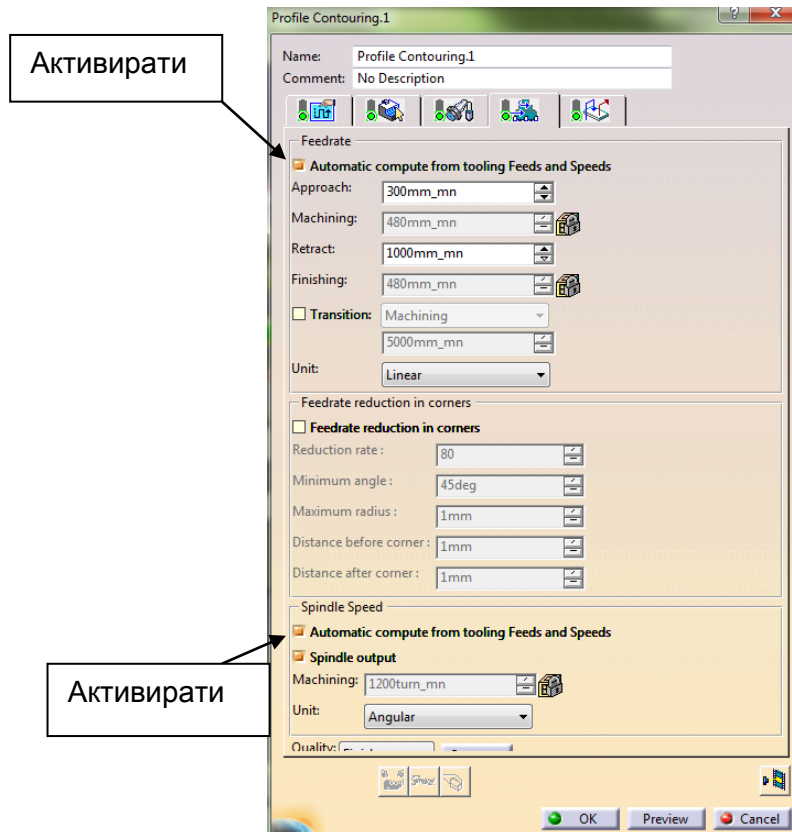
Tools → *Options* → *Infrastructure* → *Part Infrastructure* → *Display*, активирати



Tools → *Options* → *Knowledgeware* → *Product Functional Definition* → *General*, активирати



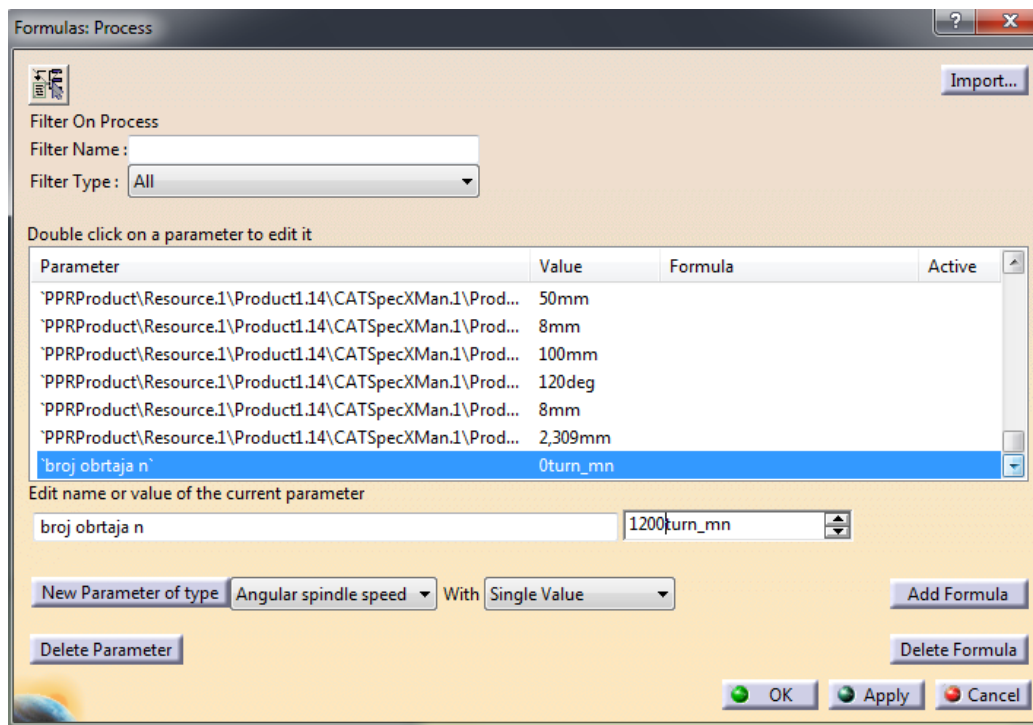
- Како се не би сваки пут прорачунавали режими обраде, потребно је параметризовати режиме обраде у картици за избор алата. Чекирањем опције **Automatic compute from tooling Feeds and Speeds** и у падајућем менију **Quality** изабрати опцију **Finish** параметри који су задати у карактеристикама алата се аутоматски повезују са параметрима у пољима **Feedrate** и **Spindle Speed**. На потпуно исти начин се врши и параметризација за фину обраду само што се уместо опције **Finish** бира опција **Rough** падајућем менију **Quality** (Сл. 2.39).



Слика 2.39 – Подешавање аутоматског прорачуна режима обраде

- Да би се извршила параметризација режима обраде потребно је креирати три параметра који се поклапају димензијски са параметрима који се подешавају. Параметри који се креирају су **Број обртаја n** и **Корак по обрту s**.

- Активирати команду за креирање формула и параметара **Formula** након чега ће се отворити прозор за креирање нових параметара (Сл. 2.40.).

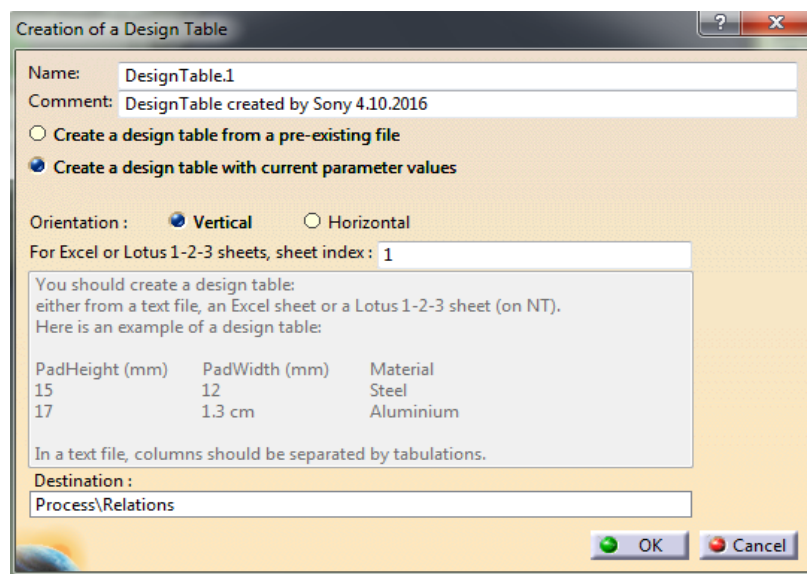


Слика 2.40 – Креирање параметара

- Први корак у креирању новог параметра је одређивање типа параметра. За параметар **Broj obrtaja n** потребно је одабрати **Angular spindle speed**, за **Korak po obrtu s** одабрати **Angular feed rate**.

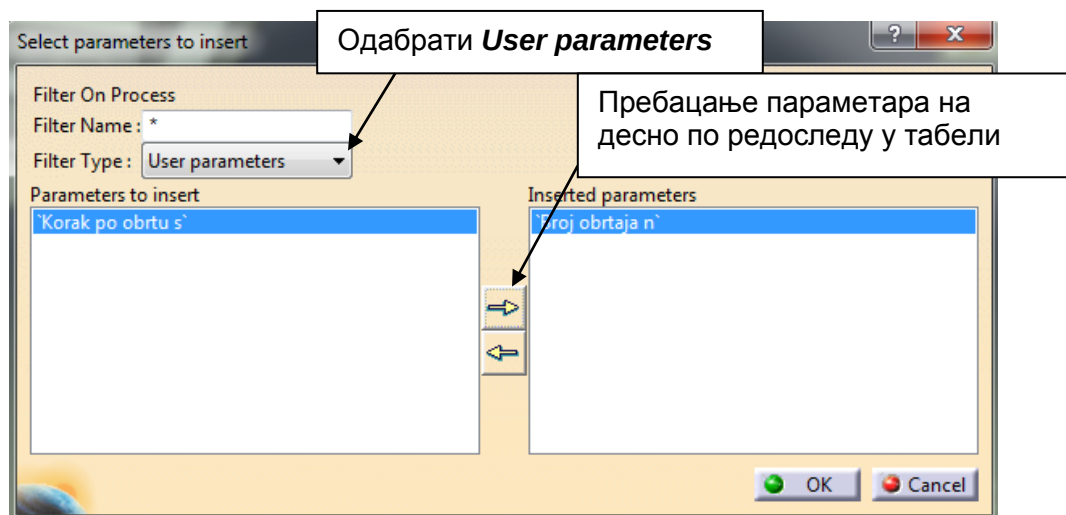
- Наредни корак је креирање параметра преко опције **New Parameter of type**, након креирања потребно је задати име параметру и потврдити га опцијом **Apply**. Када се заврши креирање параметара потврдити са опцијом **OK**.

- Уз помоћ опције **Design Table** креира се табела вредности параметара који су претходно прорачунати и усвојени на основу образаца и табела.



Слика 2.41 – Креирање табеле параметара

- У отвореном прозору као на (Сл. 2.41) потребно је чекирати опције **Create a design table with current parameter values** и **Vertical**. Потврдом на **OK** отвара се прозор (Сл.2.42.) у коме је потребно у падајућем менију одабрати **User parameters** и креиране параметре пребацити на десну страну уз помоћ стрелице на десно. Редослед којим се пребацују параметри биће редослед у табели која се креира.

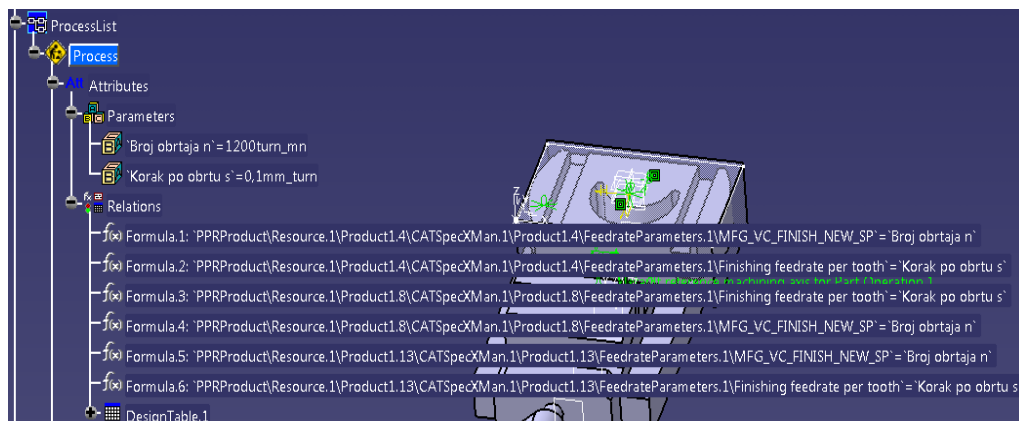


Слика 2.42 – Пребацавање параметара

- Потврдом на **OK** отвара се табела коју је потребно попунити са одговарајућим вредностима за одговарајуће параметре (Сл.2.43). Када се заврши попуњавање табеле потребно је сачувати табелу у истој фасцикли где су и остали фајлови. Креирани параметри су приказани у стаблу процеса (Сл.2.44).

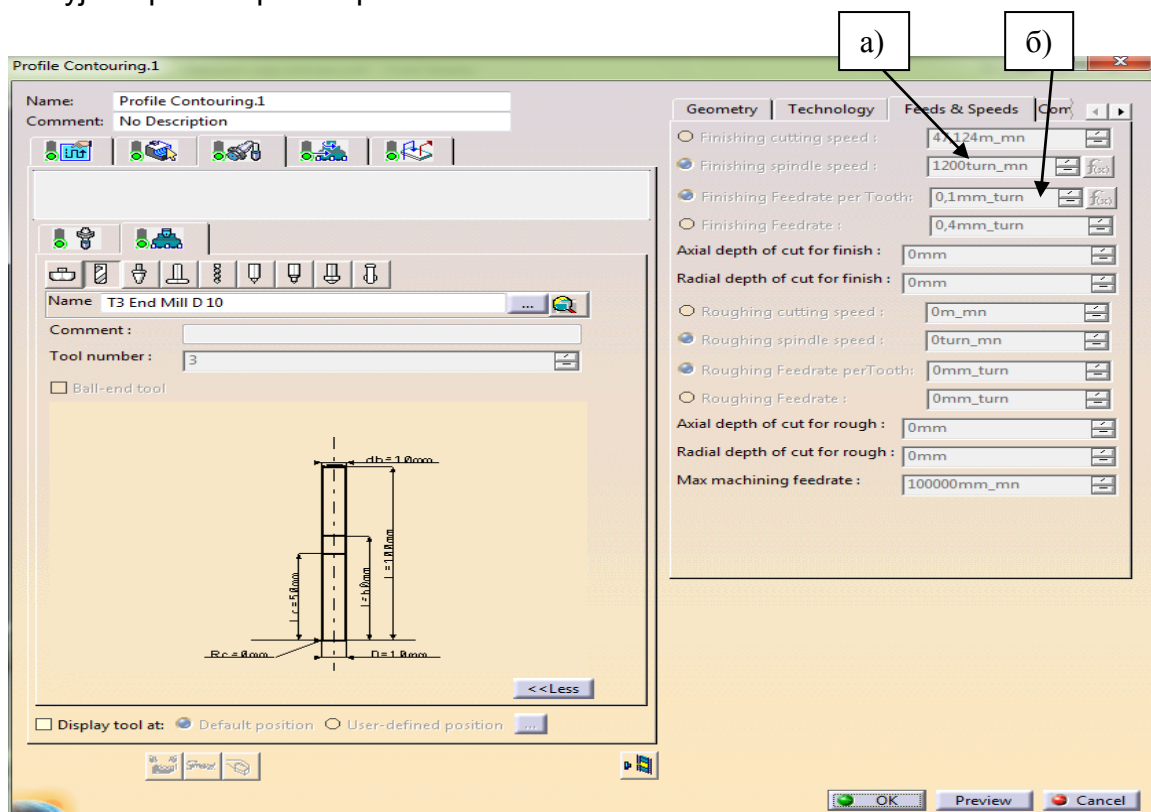
	A	B
1	Broj obrtaja n'	Korak po obrtu s'
2	1200	0,1
3	1200	0,08
4	1500	0,09
5	1500	0,06
6	1000	0,06
7	1000	0,08
8		
9		
10		
11		

Слика 2.43 – Креирање табеле вредности параметара



Слика 2.44 – Параметри у стаблу модела

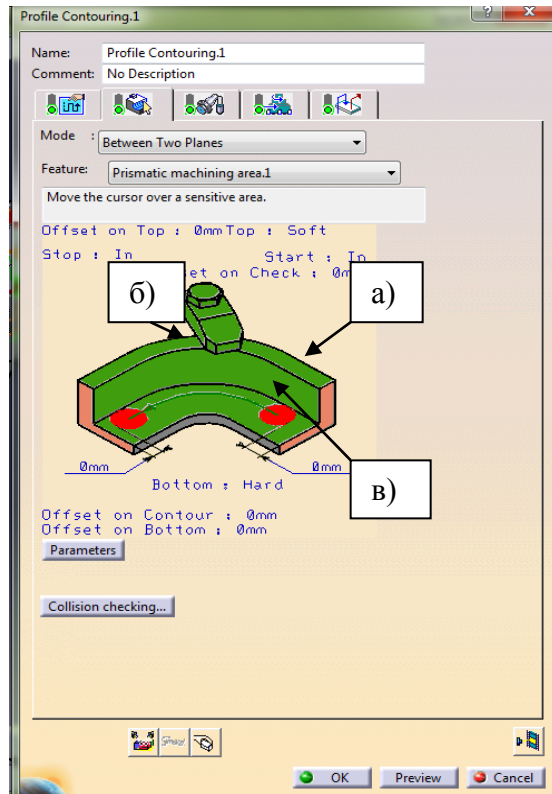
- Сада је потребно повезати креиране параметре са параметрима резних алата. Повезивање параметара се врши када се отвори картица **More** у подешавању типа алата. У том прозору потребно је одабрати картицу **Feeds & Speeds**, на жељени параметар се кликне десним кликом миша, одабере опција **Edit formula** и у стаблу процеса одабере потребни параметар. (Сл. 2.45). На слици 2.45 у пољу а) се повезује параметар за брзину резања а у пољу б) се повезује параметар за корак.



Слика 2.45 – Повезивање параметара

2.4.5 Дефинисање технолошке моделске форме *Profile Contouring.1*

- Активирати команду **Profile Contouring**, након тога селектовати **Facing. 1** у стаблу модела (*P.P.R*→ *ProcessList*→ *Process*→ *Part Operation*→ *Manufacturing Program.1*→ *Tool Change.1 T2 Face Mill D 40*→ *Facing. 1*).
- Дефинисати геометријске параметре обраде

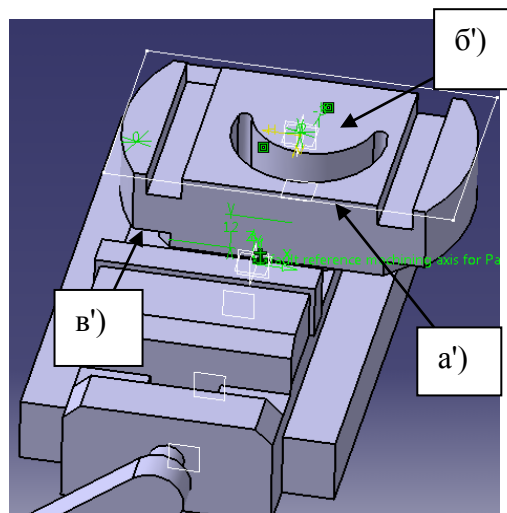


1) Селектовати површину а) (Сл. 2.46), да би смо дефинисали контуру по којој се врши обрада, затим селектовати контуру а') припремка на базној површини (Сл. 2.47). У помоћној палети **Edit Selection** неколико пута кликнути на команду **Navigate on Belt of Edges** да би се извршило селековање целе контуре. Прихватити избор контуре кликом на команду **Accept Geometry Selection**.

2) Означити површину б) на шеми, након тога селектовати површину б') на моделу.

3) За дефинисање дубине до које ће се вршити обрада означити површину в), затим означити површину Plane.5, у стаблу модела или на самом моделу в').

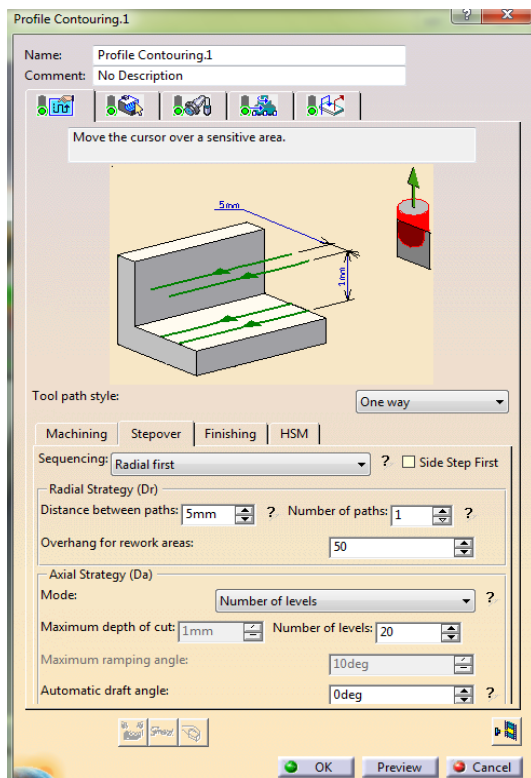
Слика 2.46 – Дефинисање геометријских параметара обраде



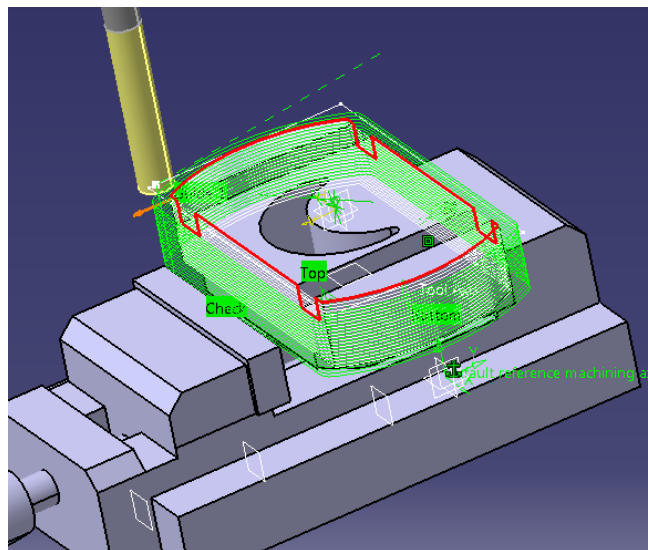
Слика 2.47 – Означавање зоне у којој се врши обрада

- 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. 2.48).
- 2) У картици **Stepover**, пољу **Compensation output** задати **2D radial profile**. Овом опцијом је дефинисано да се у моду за приказ симулација, поред путање центра алата, прикаже и контура коју алат описује (Сл. 2.49). На тај начин можемо уочити зоне у којима је потребно извршити накнадну обраду.
- 3) У пољу **Distance between paths**, картице **Stepover**, унети вредност 5mm.
- 4) Као начин дефинисања дубине резања, у пољу **Mode**, задати **Number of levels** и у истоименом пољу унети вредност 20 (Сл. 2.48).



Слика 2.48 – Дефинисање стратегије обраде



Слика 2.49 – Ходограм кретања алата

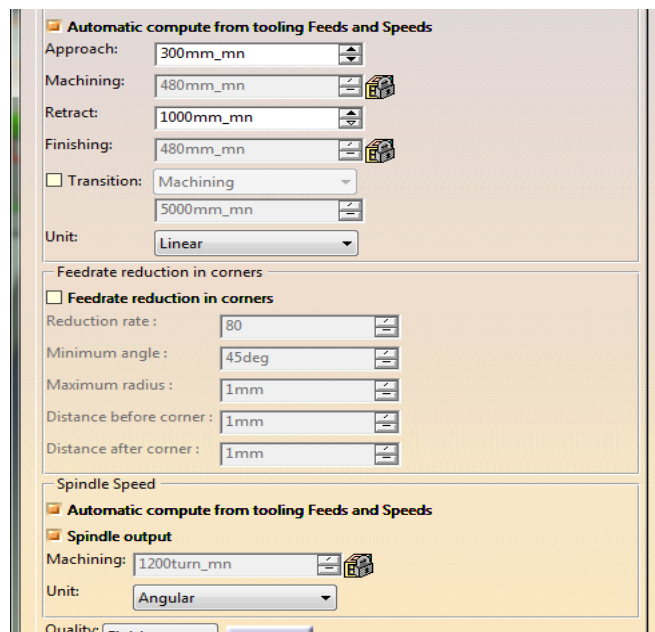
- Дефинисати тип алата

- 1) Као тип глодала одабрати вретенасто глодало пречника 10mm.
- 2) У пољу **Name** уписати назив и димензије алата **T3 End Mill D 10**.

- 3) На шеми алата унети димензије алата који ће се користити у обради.
- 4) За прецизније дефинисање карактеристика алата кликнути на опцију **More**, где ћемо ми и извршити параметризацију режима обраде.

- Дефинисати режиме резања

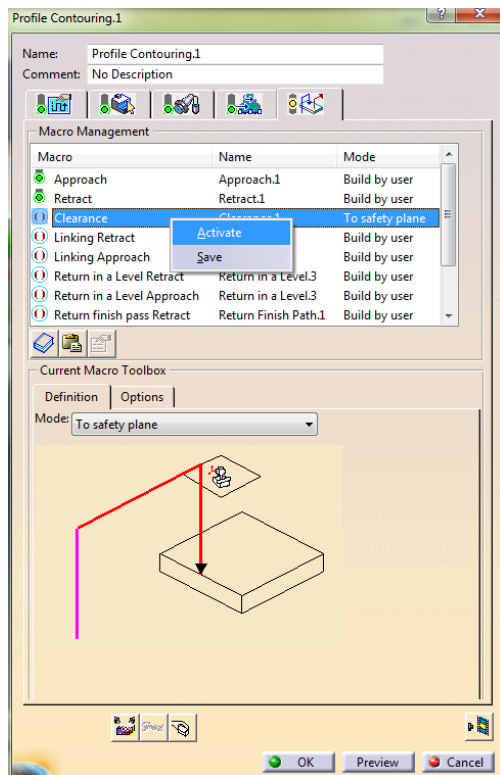
- 1) У картици где смо предходно подесили тип алата кликнути на под картицу **More**, где ће се отворити под прозор (Сл. 2.45) и као што смо претходно објаснили повезивање креираних параметара са параметрима режима резања исти поступак поновимо и сада.
- 2) У картици за подешавање режима резања активирати аутоматско израчунавање режима резања (Сл. 2.50).
- 3) За брзину повлачења алата у пољу **Retract** унети вредност 1000mm/min.
- 4) Поља **Machining** и **Finishing** неактивна за промену јер смо предходно извршили параметризацију тих поља преко картице **More** (Сл. 2.45).



Слика 2.50 – Дефинисање режима резања

- Дефинисати прилаз и повлачење алата

- 1) Означити колону **Approach**, за дефинисање прилаза алата. Аутоматски ће бити понуђен вертикалан прилаз из равни.
- 2) Означити поље **Retract** и у њему ће аутоматски бити понуђен вертикалан пут до равни.
- 3) На поље **Clearance**, кликнути десним кликом на њега и активирати га (Сл. 2.51).



2.4.6 Дефинисање технолошке моделске форме *Pocketing.1*

- Активирати команду ***Pocketing***, а затим селектовати у стаблу модела, ***Part Operation.1***, команду ***Profile Contouring.1***.

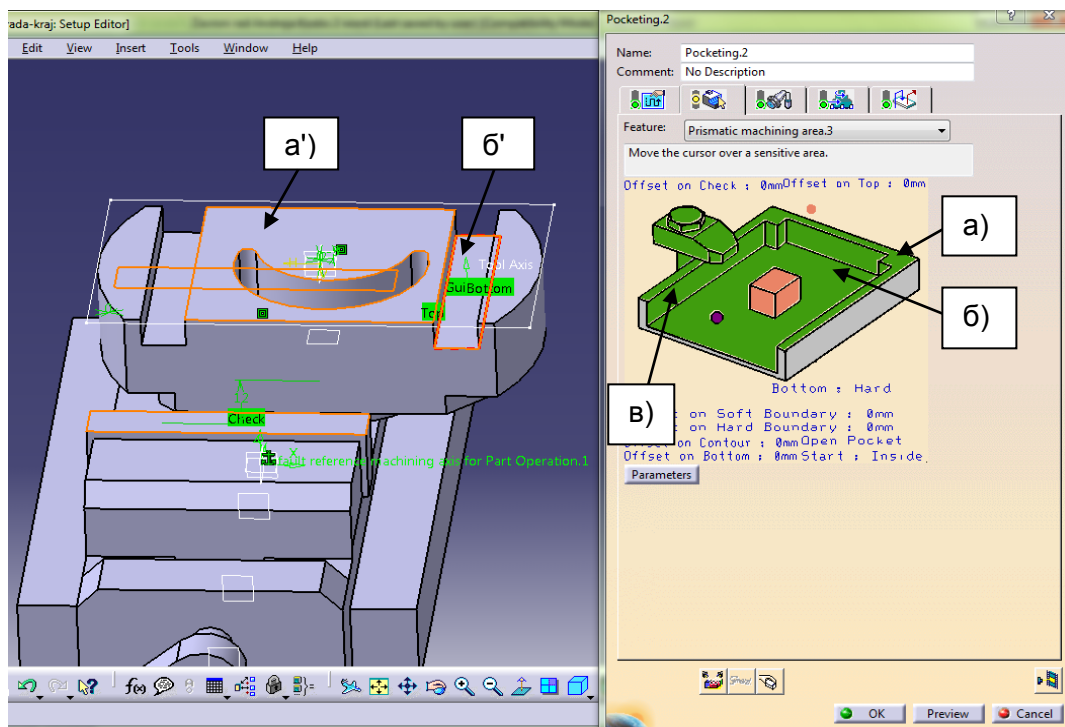
- Дефинисати зону обраде

1) Селектовати горњу површину а) а затим горњу површину на предмету обраде а').

2) Селектовати доњу површину обраде б), а након тога доњу површину на предмету обраде б').

3) Програм ће сам препознати граничну контуру в) (Сл. 2.52).

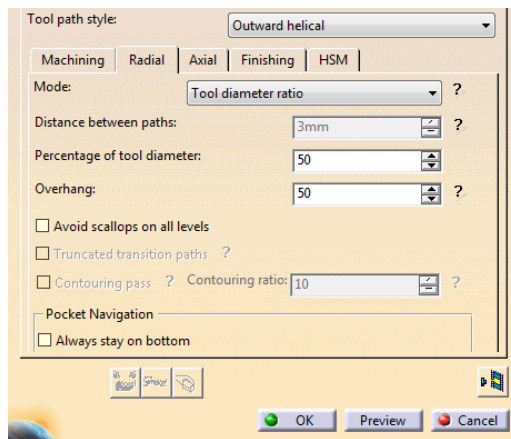
Слика 2.51 – Дефинисање прилаза алата



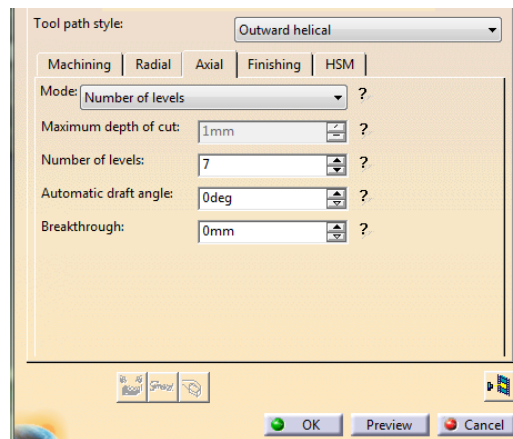
Слика 2.52 – Дефинисање геометријских параметара обраде

- Дефинисати стратегију обраде

- 1) У пољу **Tool part style**, задаје се **Outward helical**.
- 2) У пољу **Percentage**, картице **Radial**, унети вредност 50% преклапања алата (Сл. 2.53 а))
- 3) У оквиру картице **Axial** у поље **Mode** изабрати **Number of levels** а у поље **Number of levels** укупати вредност 7 (Сл. 2.53 б))



а)

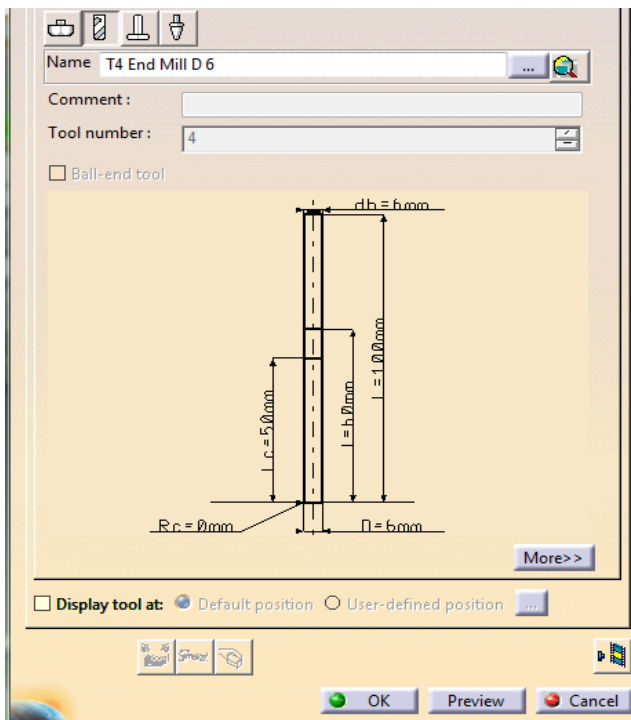


б)

Слика 2.53 – Дефинисање стратегије обраде

- Дефинисати тип алата

- 1) Као тип глодала одабрати вретенасто глодало пречника 6mm.



- 2) У пољу **Name** уписати назив и димензије алата **T4 End Mill D 6**.

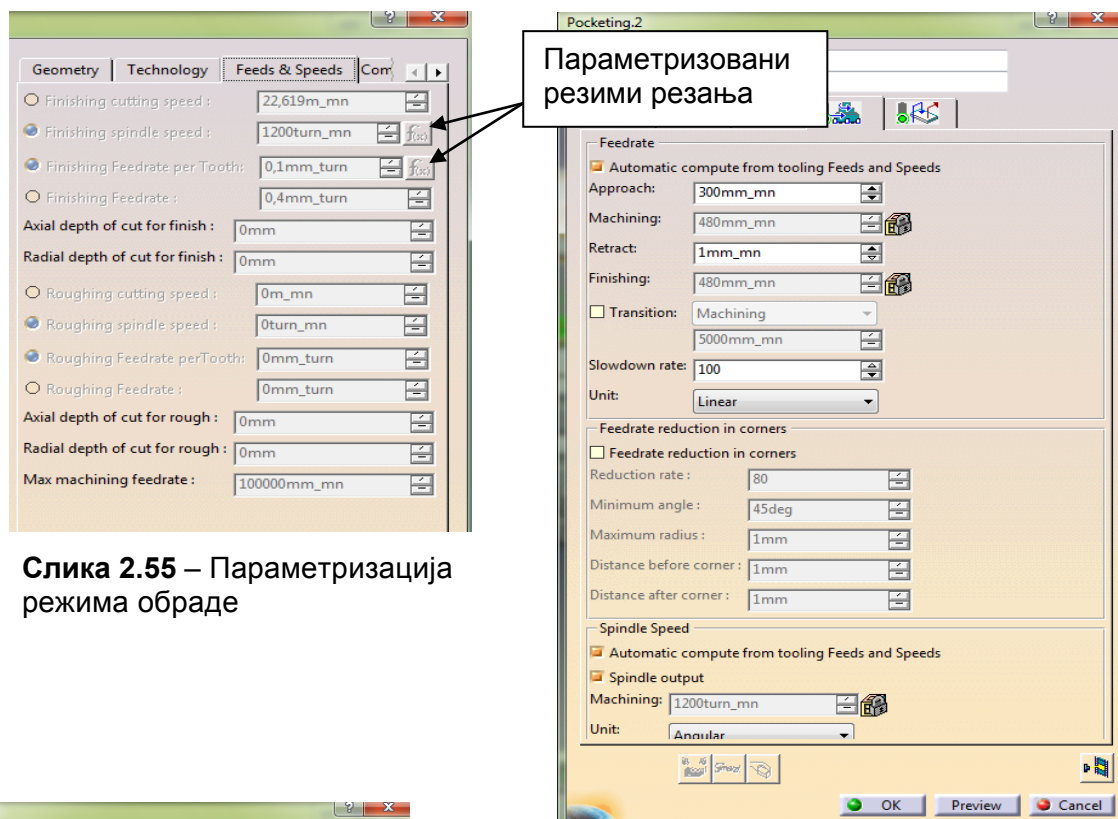
- 3) На шеми алата унети оквирне димензије алата који ће се користити у обради (Сл. 2.54).

- 4) За прецизније дефинисање карактеристика алата кликнути на опцију **More**, где ћемо ми и извршити параметризацију режима обраде као и у предходном случају (Сл. 2.54).

Слика 2.54 – Дефинисање стратегије обраде

- Дефинисати режима резања

- Када надовезујемо моделске форме програм сам памти претходно подешене режиме па се то прво и нуди (Сл. 2.55)



Слика 2.55 – Параметризација режима обраде

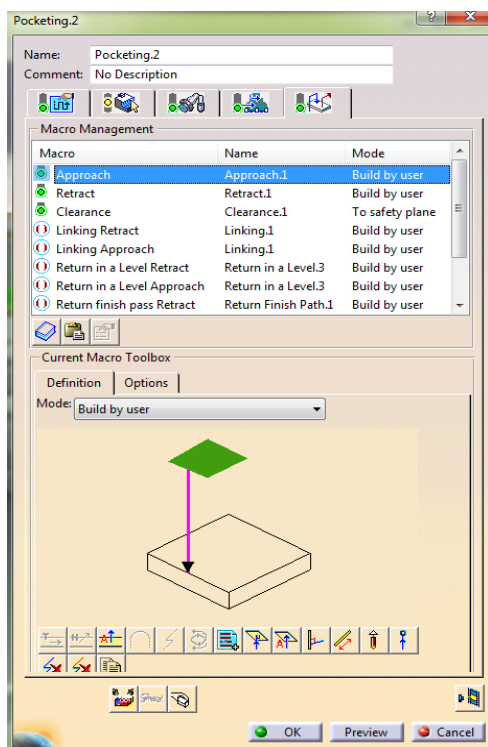
Слика 2.56 – Дефинисање режима обраде

- Дефинисати прилаз и повлачење алата

1) Означити колону **Approach**, за дефинисање прилаза алата. Аутоматски ће бити понуђен вертикалан прилаз из равни (Сл.2.56)

2) Означити поље **Retract** и у њему ће аутоматски бити понуђен вертикалан пут до равни.

3) Поље **Clearance**, се активира само десним кликом на њега и активирамо га.



Слика 2.57 – Дефинисање прилаза алата

2.4.7 Дефинисање технолошке моделске форме *Pocketing.2*

- Активирати команду ***Pocketing***, а затим селектовати у стаблу модела, ***Part Operation.1***, команду ***Pocketing.1***.

- Код ове моделске форме ***Pocketing.2*** сва подешавања:

1) Дефинисање зоне обраде (Сл. 2.52),

2) Дефинисање стратегије обраде (Сл. 2.53),

3) Дефинисање типа алата (Сл. 2.54),

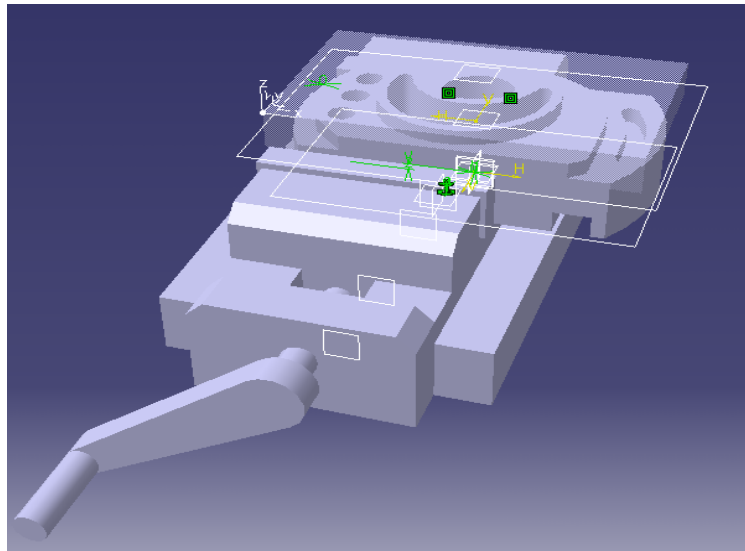
4) Дефинисање режима резања(Сл. 2.55 и Сл. 2.56),

5) Дефинисање прилаза и повлачења алата (Сл. 2.57),

су иста како и код претходне технолошке моделске форме ***Pocketing.1***.

2.5 Дефинисање процеса обраде за другу технолошку операцију

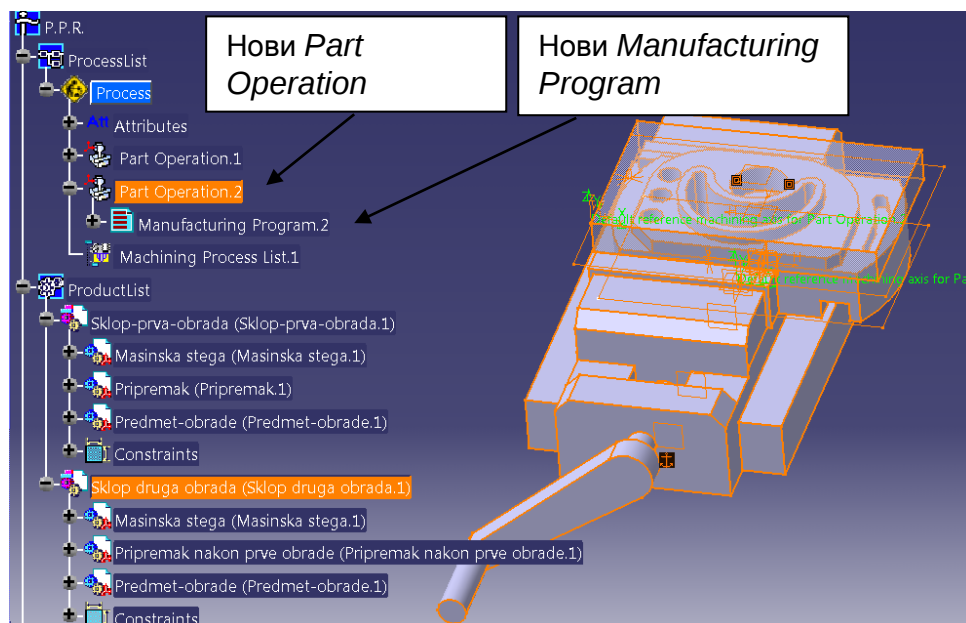
- Пошто мора да се изврши измена стежања предмета обраде, како би се обрадио и други део припремка мора се формирати нови склоп предмета обраде, новог генерисаног припремка и стежања (Сл. 2.58).



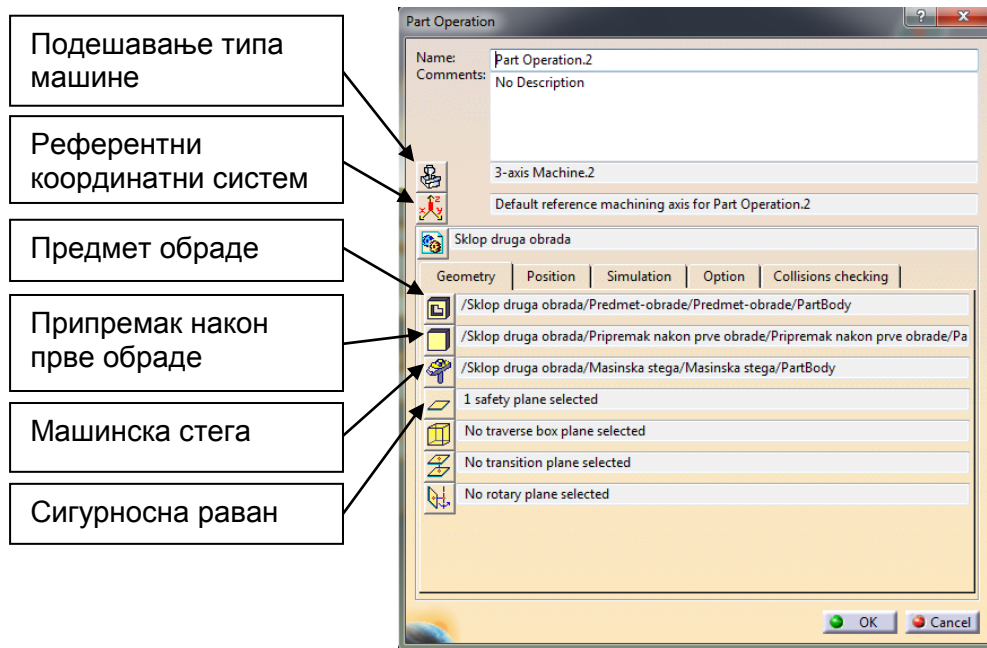
Слика 2.58 – Склоп предмета обраде за другу технолошку операцију

- Када је завршено склапање новог склопа, потребно је креирати нови **Part Operation** и **Manufacturing Program**. Нови **Part Operation** се покреће селектовањем **Part Operation.1** и кликом на иконицу **Part Operation**. Нови **Manufacturing Program** кликом на иконицу **Manufacturing Program** (Сл. 2.59).

- Сва подешавања везана за **Part Operation** су објашњена на почетку ове тачке (Сл. 2.25).



Слика 2.59 – Креирање новог **Part Operation** и **Manufacturing Program**



Слика 2.60 – Извршено дефинисање параметара обраде

2.5.1 Дефинисање технолошке моделске форме *Facing. 1*

- Изабрати команду **Facing**, а затим у стаблу модела **P.P.R**→**Process List**→**Process**→**Part Operation 2**→**Manufacturing Program. 2**.

- У прозору **Facing** ће се по обичају отворити картица за дефинисање геометријских параметара обраде, као и у првој технолошкој операцији када смо радили поравњавање (Сл. 2.32).

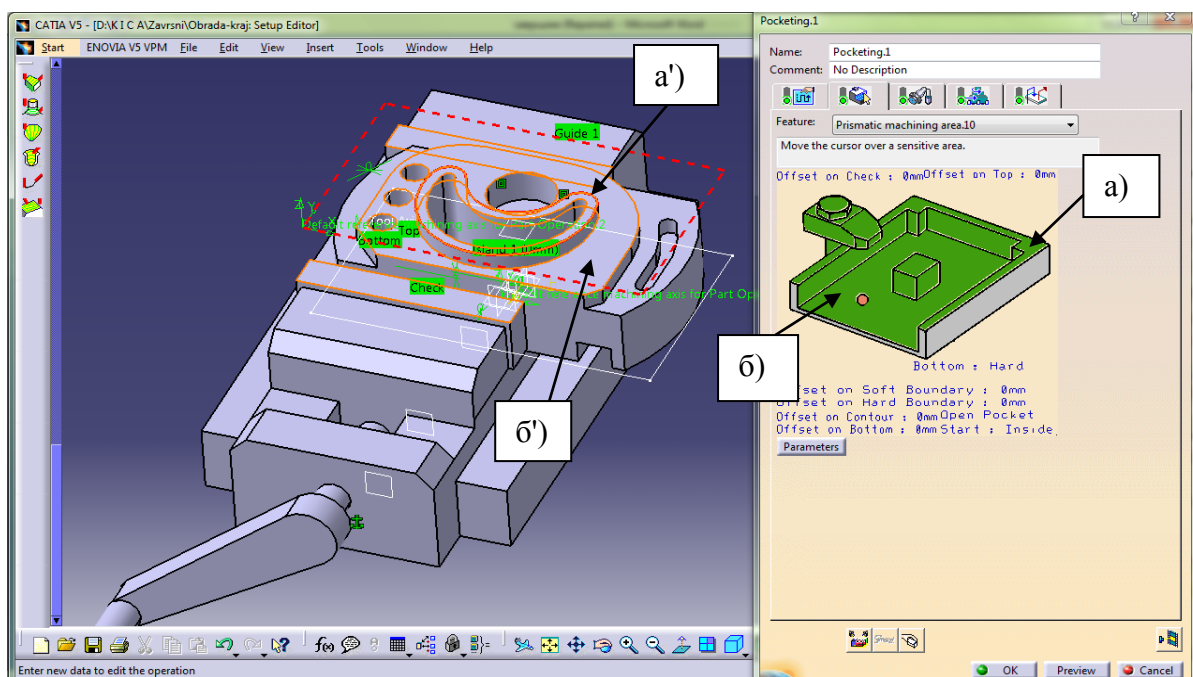
- Подешавања параметара обраде су иста као и подешавања у првој технолошкој операцији (Слике: 2.33, 2.34, 2.35, 2.36, 2.37 и 2.38).

2.5.2 Дефинисање технолошке моделске форме *Pocketing.1*

- Активирати команду **Pocketing**, а затим селектовати у стаблу модела, **Part Operation.1**, команду **Facing. 1**.

- Дефинисати зону обраде

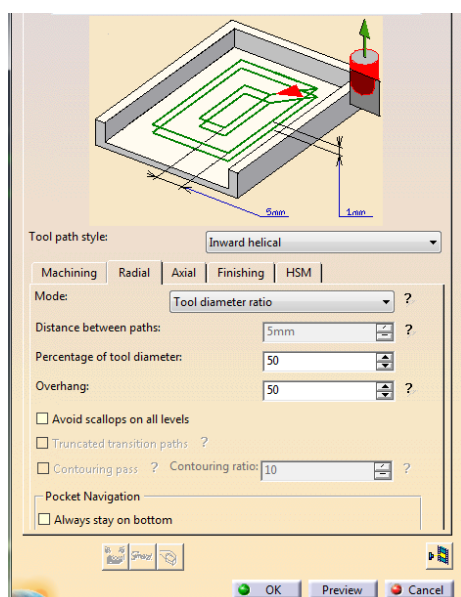
- 1) Селектовати горњу површину а) а затим горњу површину на предмету обраде а') (Сл. 2.61).
- 2) Селектовати доњу површину обраде б), а након тога доњу површину на предмету обраде б') (Сл. 2.61).
- 3) Селектовати доњу површину обраде б), а након тога доњу површину на предмету обраде б') (Сл. 2.61).



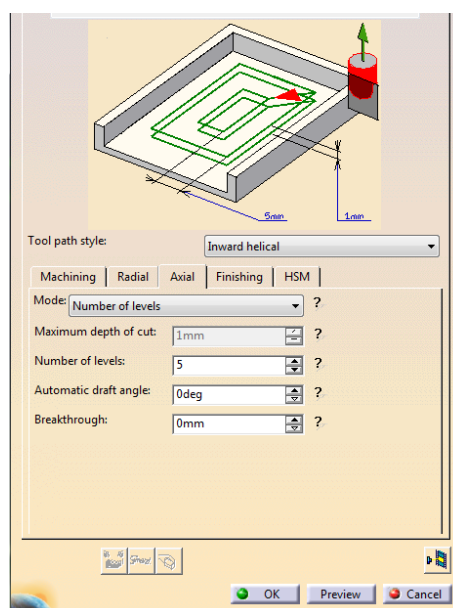
Слика 2.61 – Дефинисање зоне обраде

- Дефинисати стратегију обраде

- 1) У пољу **Tool part style**, задајемо **Inward helical**.
- 2) У пољу **Percentage**, картице **Radial**, унети вредност 50% преклапања алата (Сл. 2.62 а)).
- 3) У оквиру картице **Axial** у поље **Mode** изабрати **Number of levels** а у поље **Number of levels** укуцати вредност 7 (Сл. 2.62 б)).



а)



б)

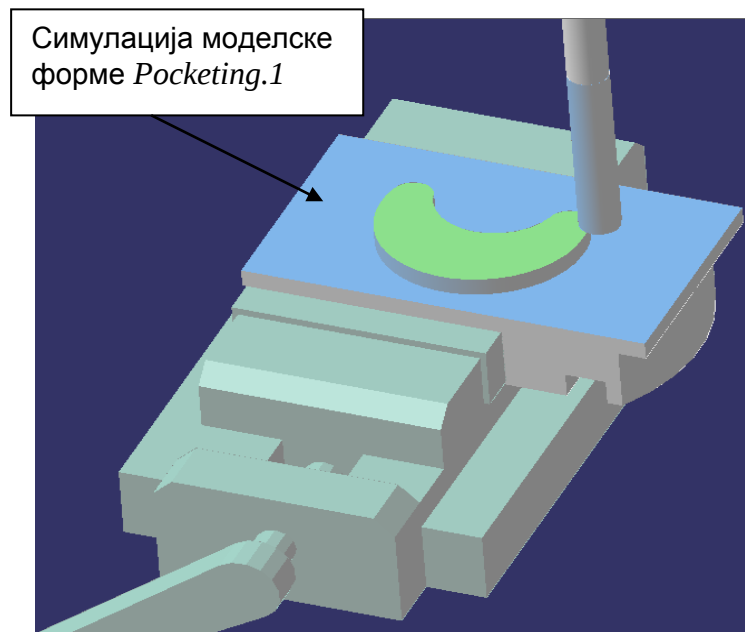
Слика 2.62 – Дефинисање стратегије обраде

- Дефинисати тип алата

- 1) Као тип глодала одабрати вретенасто глодало пречника 10mm.
- 2) Број алата 3, алат који смо већ користили, име *T3 End Mill D 10*.
- 3) За прецизније дефинисање карактеристика алата кликнути на опцију **More**, где ћемо ми и извршити параметризацију режима обраде као што смо и радили када смо дефинисали моделске форме у првој технолошкој операцији (Сл.2.55 и Сл. 2.56).

- Дефинисати прилаз и повлачење алата (дефинисање извршити као и у првој технолошкој операцији)

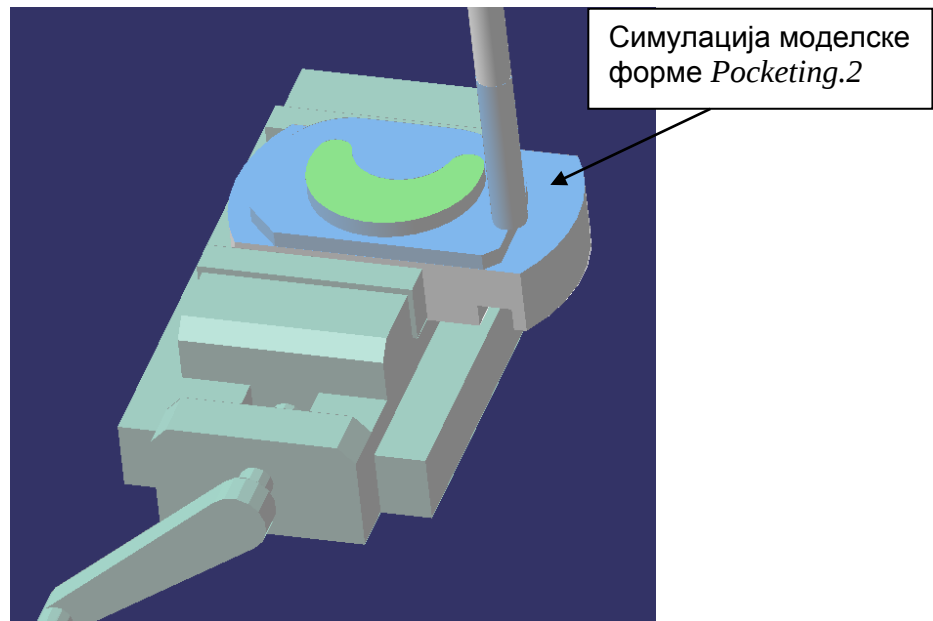
- 1) Означити колону **Approach**, за дефинисање прилаза алата. Аутоматски ће бити понуђен вертикалан прилаз из равни (Сл.2.57).
- 2) Означити поље **Retract** и у њему ће аутоматски бити понуђен вертикалан пут до равни.
- 3) Поље **Clearance**, кликнути само десним кликом на њега и активирати га.



Слика 2.63 – Симулација моделске форме **Pocketing.1**

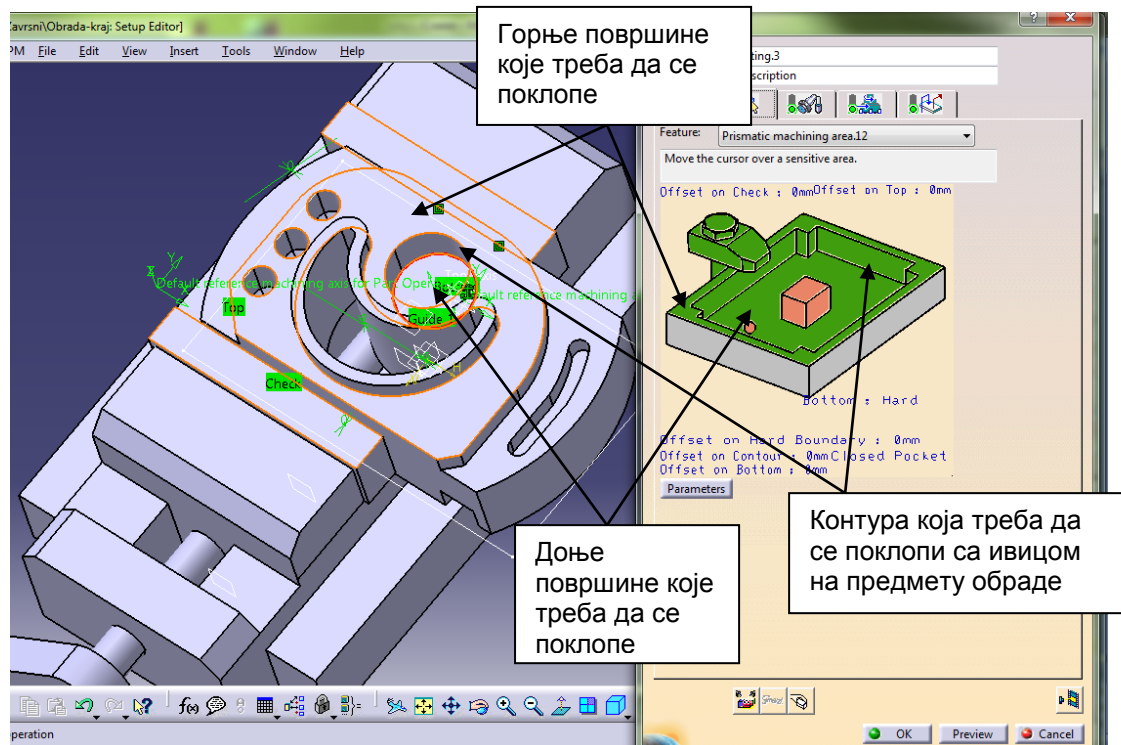
2.5.3 Дефинисање технолошке моделске форме Pocketing.2

- Технолошка моделска форма **Pocketing.2** дефинише се као и претходна технолошка моделска форма **Pocketing.1**.

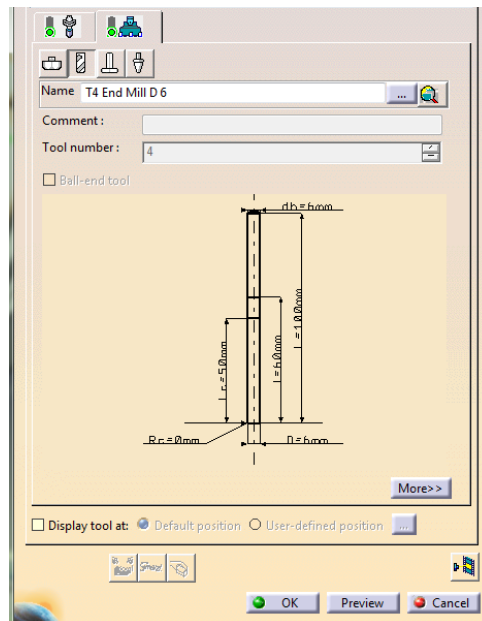
Слика 2.64 – Симулација моделске форме *Pocketing.2*

2.5.4 Дефинисање технолошке моделске форме *Pocketing.3*

- Технолошка моделска форма *Pocketing.3* дефинише се као и претходне моделске форме *Pocketing. 1* и *Pocketing. 2*. С тим што је разлика у дефинисању зоне обраде (Сл. 2.65) и типу алата. Сада користимо вретенасто глодало пречника 6mm (Сл 2.66).



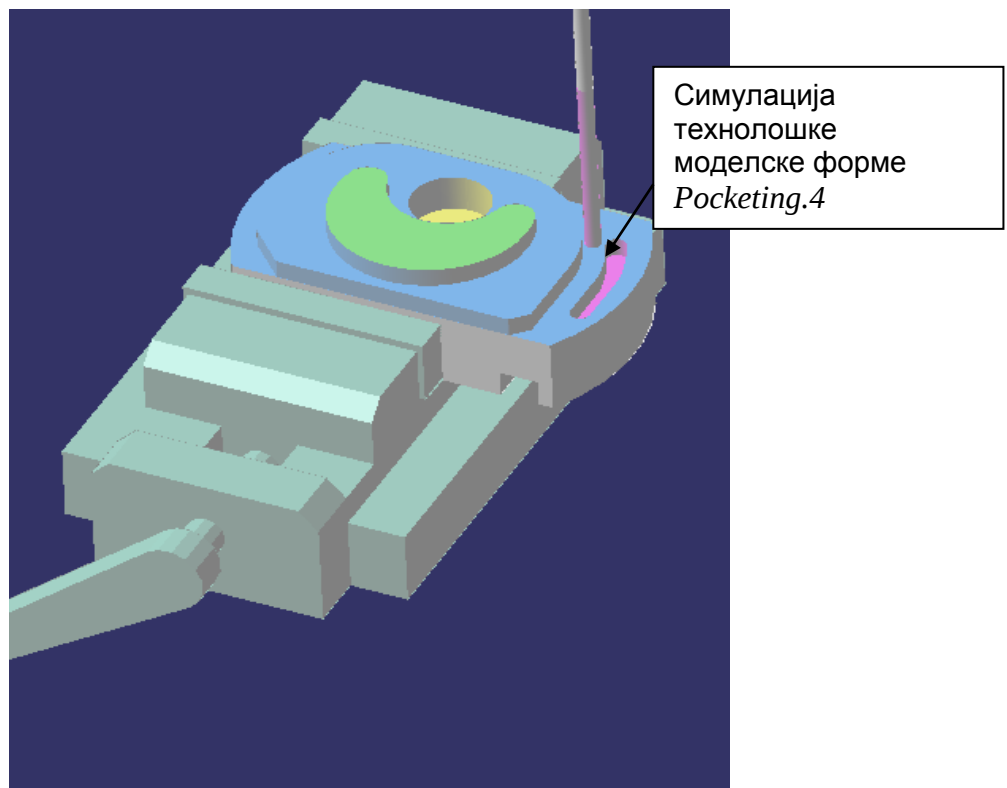
Слика 2.65 – Дефинисање зоне обраде

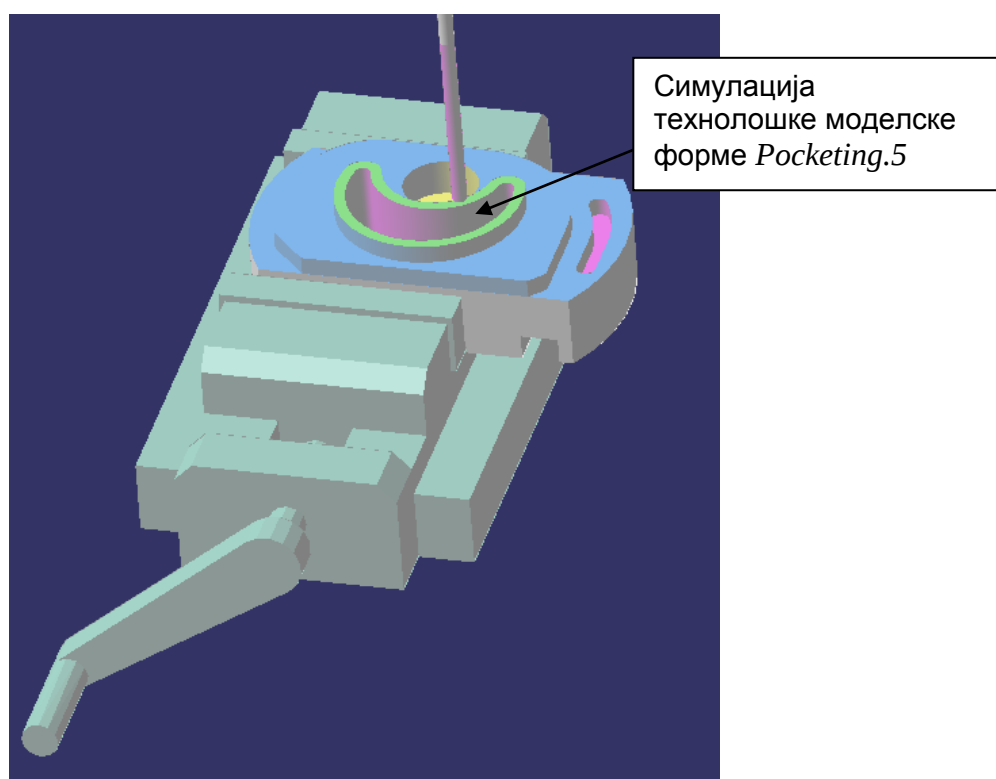


Слика 2.66 – Дефинисање типа алата

2.5.5 Дефинисање технолошке моделских форми *Pocketing.4* и *Pocketing.5*

- И ове две форме се дефинишу на исти начин као и предходне ***Pocketing*** форме. Разлика је само у типу алата. Код ових форми користи се вртенасто глодало бр. 5 пречника 4mm.

Слика 2.67 – Симулација технолошке моделске форме *Pocketing.4*



Слика 2.68 – Симулација технолошке моделске форме *Pocketing.5*

3. Генерисање NC кода

- Пре него што се изврши генерисање NC кода, потребно је извршити подешавање постпроцесора [6, 7].

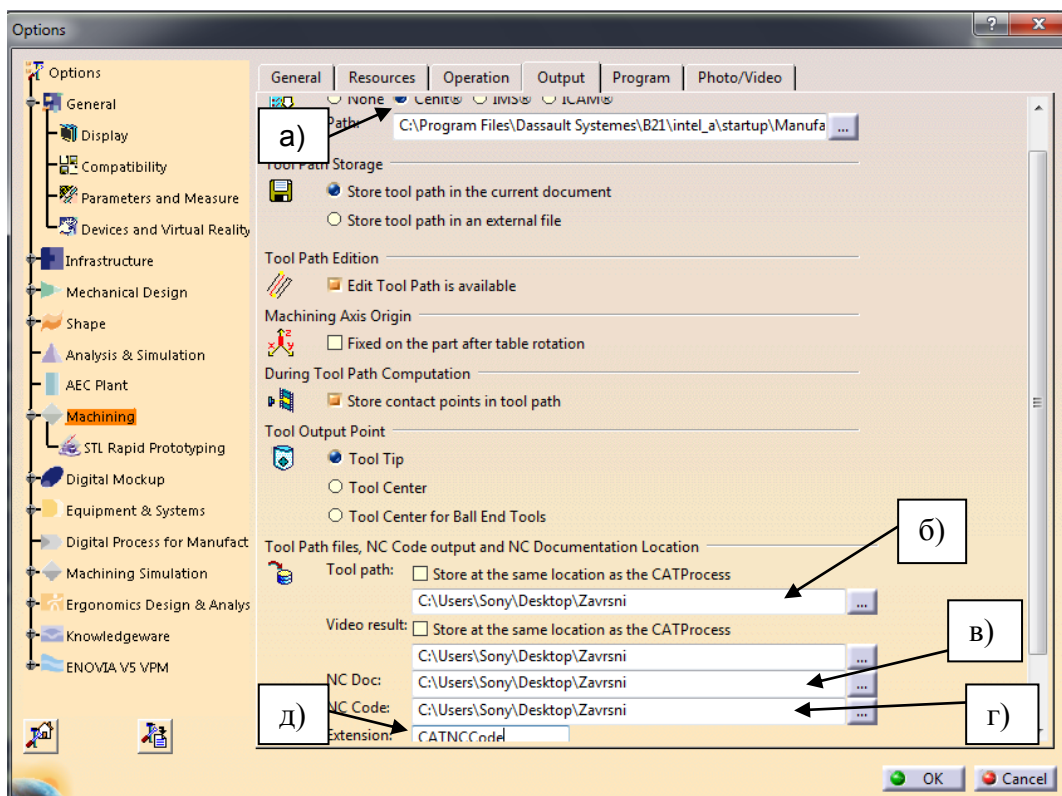
1) Изабрати **Tools** → **Options...** → **Machining** → **Output**.

2) Као постпроцесор изабрати **Cenit®** (а)).

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, нпр:

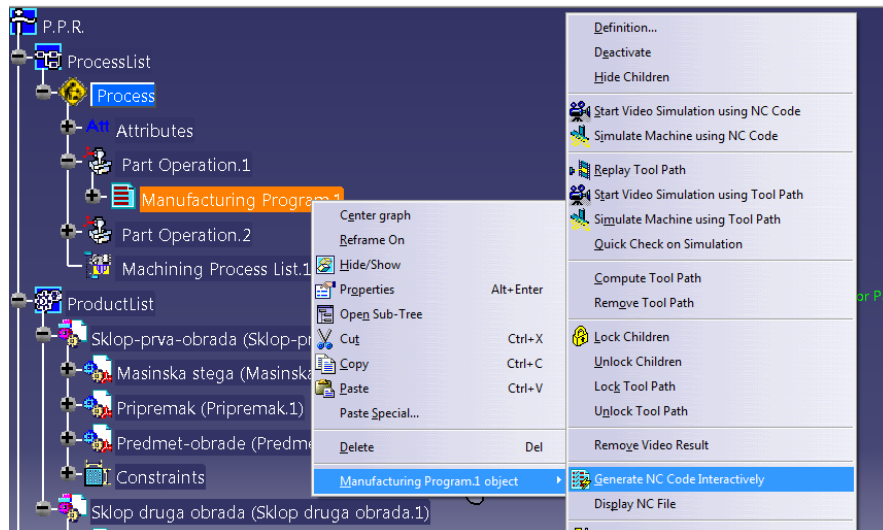
- **Tool path:** C:\Users\Sony\Desktop\Zavrsni (б)).
- **NC Doc:** C:\Users\Sony\Desktop\Zavrsni (в)).
- **NC Code:** C:\Users\Sony\Desktop\Zavrsni (г)).

4) У пољу **Extension** треба да буде уписана екстензија **CATNCCode** (д)).

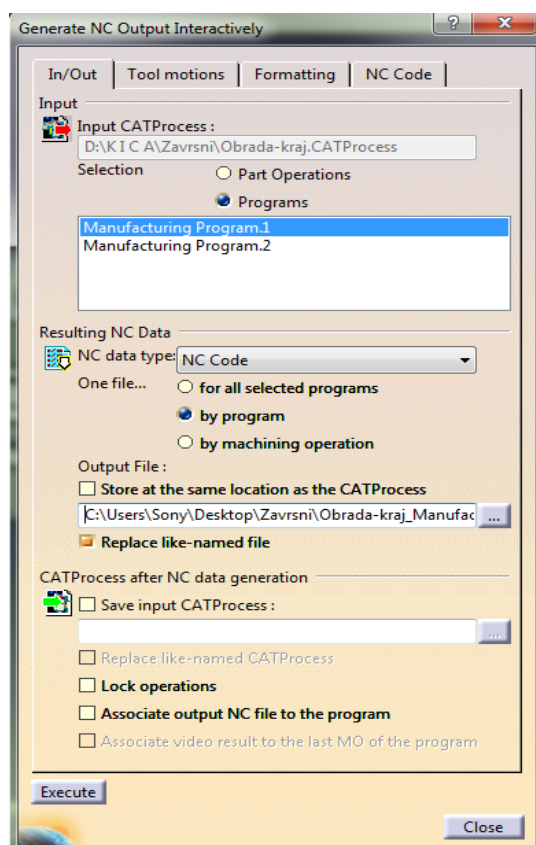


Слика 3.1 – Подешавање постпроцесора

- 5) Из PPR стабла модела, десним тастером одабрати дефинисани програм **Manufacturing Program.1**, у контекстуалном менију, и из опције **Manufacturing Program.1 Object** одабрати **Generate NC Code Interactively** (Сл. 3.2).



Слика 3.2 – Генерисање NC кода



Слика 3.3 – Подешавање генерисања NC кода

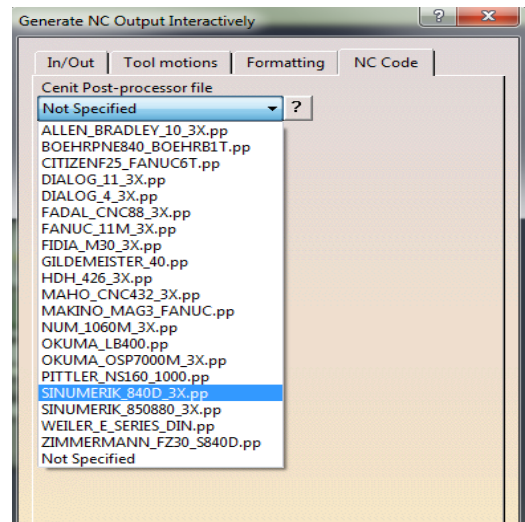
- 6) У картици **In/Out**, прозора **Generate Output Interactively**, изабрати **NC Code** у пољу **NC data type** (Сл. 3.3).

- 7) Селектовати опцију **by program** у пољу **Output File** унети локацију за смештај фајлова, нпр: **C:\Users\Sony\Desktop\Zavrsni**.

- 8) У картици **NC Code** изабрати врсту постпроцесора **SINUMERIK 840D_3X.pp** (Сл. 3.4).

- 9) Активирањем команде **Execute** врши се генерисање **NC** документације. Селектовати опцију **by machining operation**, затим поновити опцију **Execute**.

- 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 стезања 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 3.4 – Одабир постпроцесора машине

- На потпуно исти начин се врши генерисање кода и за друго стезање тј. **Part Operation 2**. 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 **Notepad**.

- У овом случају корекцију програма смо извршили на почетку (уоквирено плавим линијама слика 3.5).

- Уоквирени део програма бришемо. Уместо њега у првој реченици задаје се име програма, у другој функцијом **G54** пребације се нулта тачка машине М у постављену нулту тачку **A** на стезном прибору, а затим функцијом **TRANS** преко координата треба пребацити нулту тачку машине **A** у нулту тачку предмета обраде **W** коју ми сами постављамо у току моделирања предмета обраде.

```
==== cPost Standard PP for SINUMERIK 840 D ====
=====
N10 G0 G90 G40
N20 G17
N30 ;===== TOOL CHANGE =====
N40 ; DESC :
N50 ;=====
N60 T2 M06
N70 D1
N80 G0 G90 G40 G17
N90 F0 S0
N100 G64 SOFT
N110 G0 X62.381 Y-10 Z9 S1000 M3
N120 G1 Z-1 F300 G94
N130 Y0
N140 X52.381
N150 X0 F400
N160 Y60
N170 X100
N180 Y0
N190 X52.381
N200 Y10
N210 Y20
N220 X20
N230 Y40
```

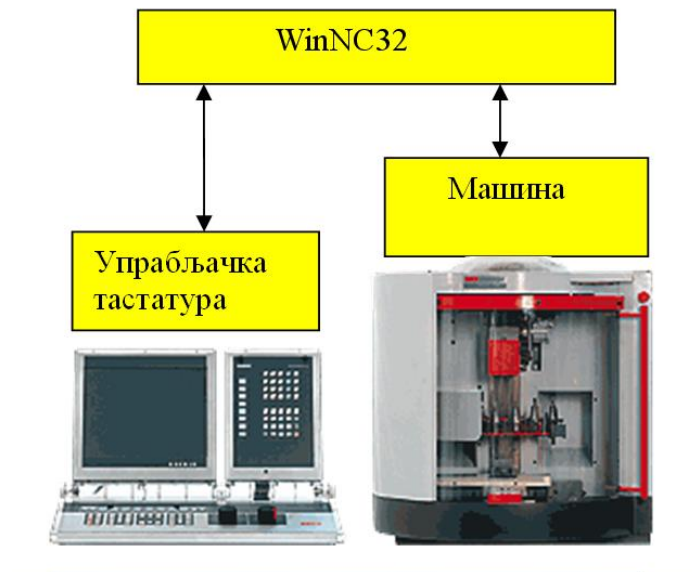
```
==== cPost Standard PP for SINUMERIK 840 D ====
=====
N10 G0 G90 G40
N20 G17
N30 ;===== TOOL CHANGE =====
N40 ; DESC :
N50 ;=====
N60 T2 M06
N70 D1
N80 G0 G90 G40 G17
N90 F0 S0
N100 G64 SOFT
N110 G0 X26.619 Y70 Z9 S1000 M3
N120 G1 Z-1 F300 G94
N130 Y60
N140 X47.619
N150 X100 F400
N160 Y0
N170 X0
N180 Y60
N190 X47.619
N200 Y50
N210 Y40
N220 X80
N230 Y20
N240 X20
```

Слика 3.5 – Кориговање програма за прву и другу технолошку операцију

4. Израда призматичног дела на машини *EMCO Concept MILL55*

4.1 Карактеристике машине

- Симулацију кретања алата приказујемо у независном софтверу Win3D-view на машини EMCO Concept MILL55 чија је управљачка јединица је SINUMERIK 840D_3X.pp.



Слика 4.1 – Општа структура CNC машине

- Управљање CNC глодалицом се врши у програму WinNC32 (Sinumerik 840D), који је оријентисан у Windows окружењу, са модерним корисничким интерфејсом, базираним на индустријској управљачкој јединици SIMENS 840D који управо симулира индустријски контролни систем, који има програмске пакете погодне за наставу и CNC програмирање у учионици, где ученици могу да науче индустријске софтвере за контролу и симулирају програме у 3D окружењу.

- Студентима омогућава да науче све контролне функције, користећи исти контролни софтвер као машина и стекну искуство за креирање и уређивање CNC програма без одласка на машину. Потпуно је компатибилан са CNC контролом других машина и CAD/CAM система. Помоћу софтвера за генерисање NC кода, модел се преводи у машински језик разумљив машини.

- Тај код генерише координате сваке тачке преко које алат глодалице треба да пређе, тако да по завршеном глодању површине добијамо жељени 3D облик који смо раније измоделирали. Процес претварања 3D модела у код разумљив машини врши се одговарајућим софтверима намењеним за те сврхе.

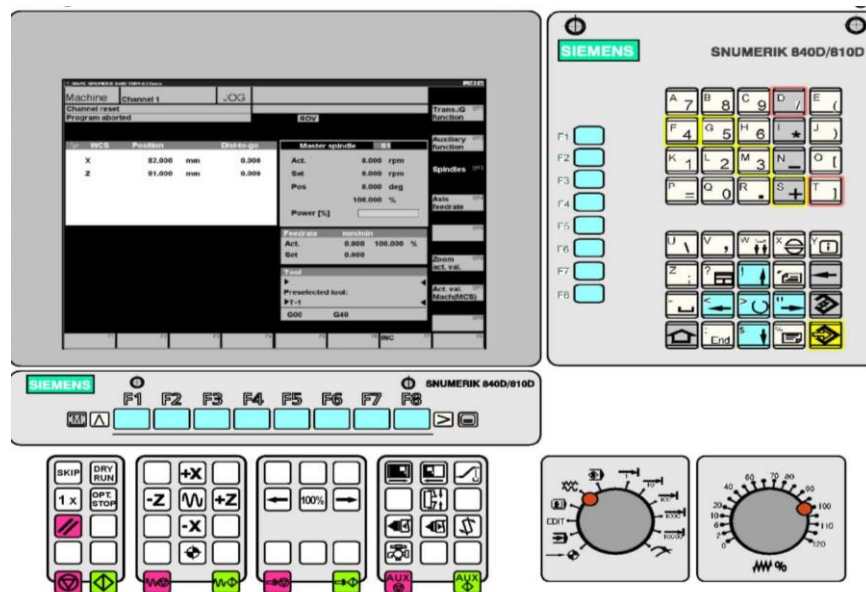
- Данашње модерне машине (глодалице, стругови, обрадни центри...) користе технологију CNC (Computer Numeric Control). Микропроцесор у свакој машини чита програм, написан у G-коду, који креира корисник.

4.2 Технички подаци машине (EMCO Concept MILL55)

- Ово је нумерички управљана троосна машина са главним обртним кретањем које врши алат, и три помоћна праволинијска кретања која врши алат. Радни сто површине 420мм X 125мм са два Т жљеба на растојању 90мм. Максималан број обртаја $n = 150 - 3500$ о/мин. Брзина помоћног кретања је 0 - 2000 мм/мин. Инкремент померања по осама је 0.001мм. Максимално кретање по X оси 190мм. Максимално кретање по Y оси 140. Максимално кретање по Z оси 260мм. Максимални пречник алата без магацина/са магацином алата је 60мм/40мм. Машина је опремљена елементима аутоматизације, аутоматска замена алата (магацин алата са 8 места), помоћни прибор, потпуно затворен радни простор -аутоматско отварање и затварање врата (Сл. 4.2).



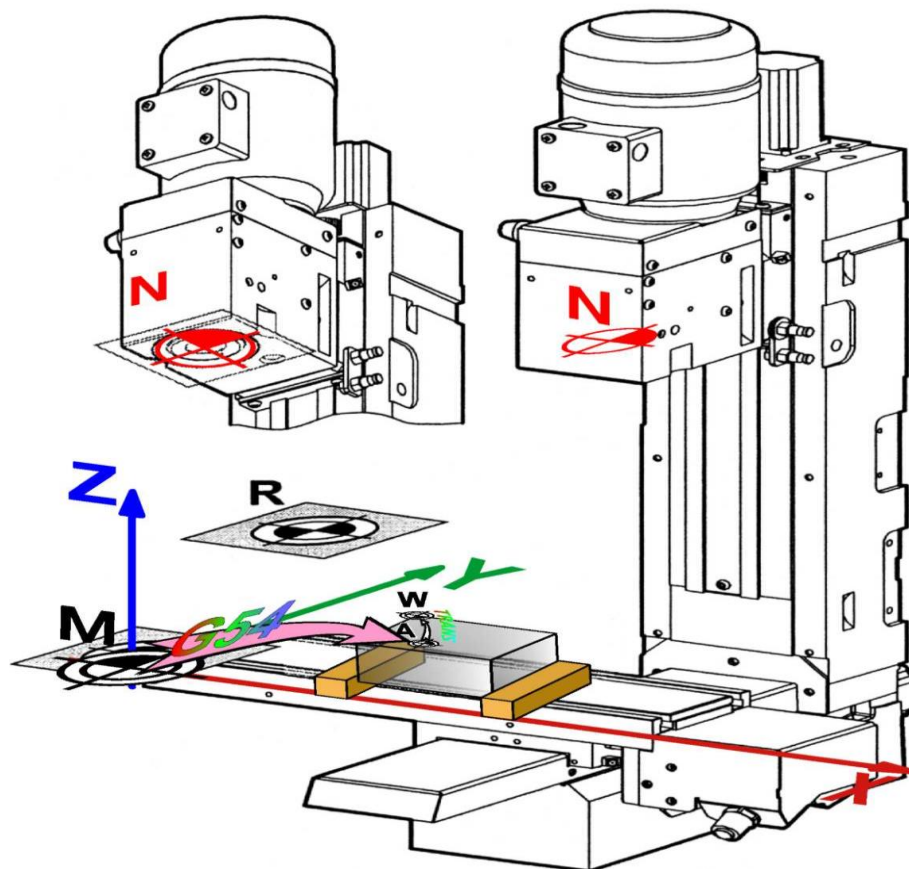
Слика 4.2 – CNC глодалица EMCO Concept MILL 55



Слика 4.3 – Тастатура управљачке јединице

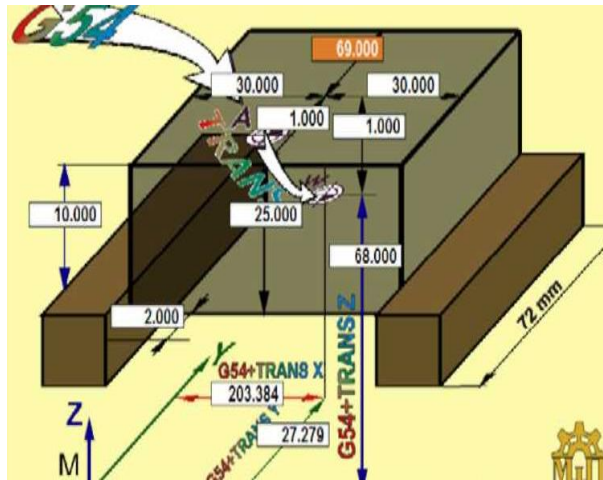
4.3 Координатни систем машине

- Координатни систем машине са карактеристичним тачкама [2, 3] приказан је на слици 4.4.



Слика 4.4 – Координатни систем машине

4.4 Карактеристичне тачке



Нулта тачка машине

Лежи на горњој површини, у левом доњем углу радног стола машине. Представља координатни почетак за све координатне системе: стезног прибора припремка, носача алата. (На екрану се уствари текуће координате увек виде у односу на тачку M) (Сл. 4.5).

Слика 4.5 – Нулта тачка машине

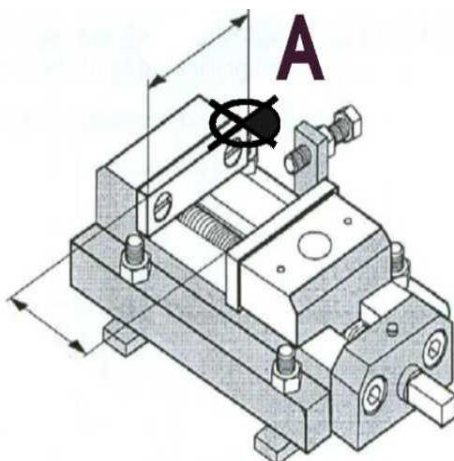


Референтна тачка

Лежи у радном подручју машине и врло тачно је одређена позиционерима (микро прекидачима или оптичким сензорима осетљивости мањој од 1 μm). Неопходна је за иницирање мерног система машине (тј. успостављање тачке M).



Постављена нулта тачка



Представља чврсту - лако доступну и мерљиву тачку. Неопходна је за успостављање везе координатног система машине, стезног прибора и радног предмета. Позиција јој је унапред одређена функцијом G54, и треба је сматрати као сигуран параметар док се не промени стезни прибор (радног предмета) или његова позиција на радном столу (Сл. 4.6).

Слика 4.6 – Постављена нулта тачка

**Референтна тачка алата**

Представља референтну тачку прихватног дела склопа носача алата (глодачке главе), а налази се у пресеку површине прихватног дела глодачке главе и осе обртања главног вретена. У односу на њу се мере и успостављају компензације свих алата.

**Нулта тачка радног предмета**

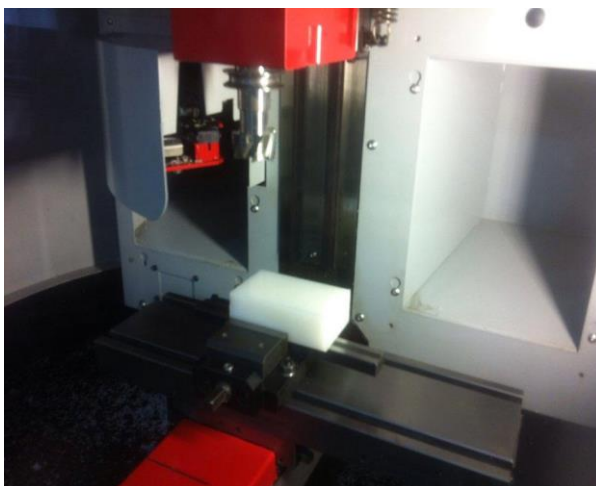
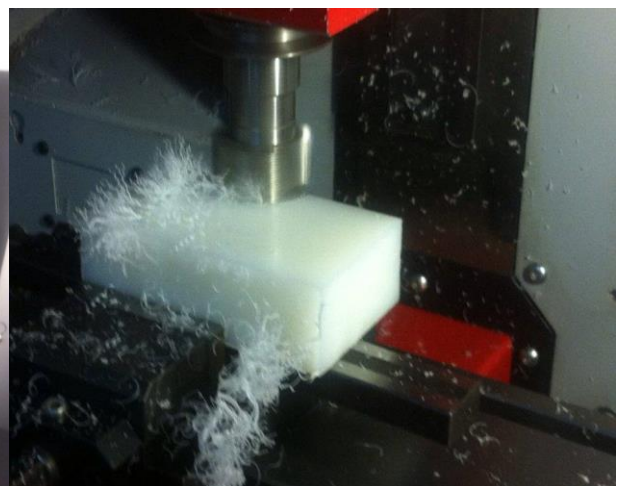
Тачка везана за обрадак. Слободно се мења према потребама конструкције или израде.

**Тачка врха алата**

4.5 Израда дела на машини

- Карактеристике материјала:

Полиетилен 500 је полиетилен високе густине и велике молекулске масе. Има изванредне механичке особине, веома добре клизне површине и високу ударну снагу. Специфичне густине $0,94 \text{ g/cm}^3$ и температуре примене -270 до $+90^\circ\text{C}$.

**Слика 4.7 – Глодало за чеону обраду****Слика 4.8 – Обрада чеоне површи**



Слика 4.9 – Измена алата



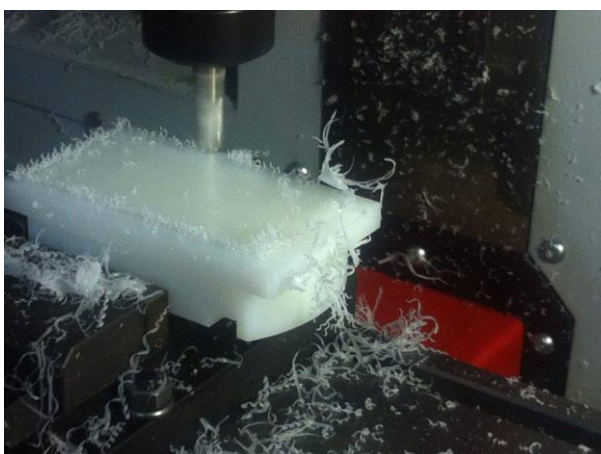
Слика 4.10 – Профилна обрада



Слика 4.11 – Израда жљебова



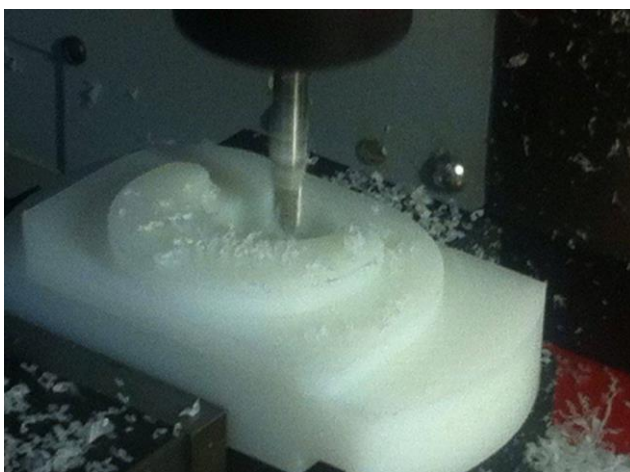
Слика 4.12 – Окретање предмета обраде и обрада друге чеоне површи



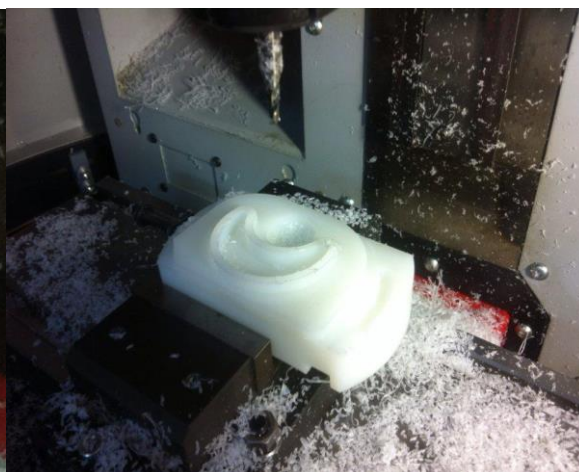
Слика 4.13 – Прва профилна обрада



Слика 4.14 – Друга профилна обрада



Слика 4.15 – Израда првог џепа



Слика 4.16 – Израда другог џепа



Слика 4.17 – Завршене све обраде, готов део урађен на машини

5. Закључак

Основу за 3D моделирање технолошког поступка за $2\frac{1}{2}$ -осну обраду чини 3D запремински модел производа, као и модел припремка. Током поступка моделирања потребно је водити рачуна о избору базне моделске форме, пошто је она неопходна за даљи ток моделирања, као и о њеној надоградњи, тј. редоследу додавања других моделских форми. Због потреба модификације модела потребно је водити рачуна о међусобној зависности између формираних моделских форми.

Други део рада прати дефинисање процеса обраде. Акценат при дефинисању технолошких моделских форми усмерен је на смањење главног и помоћног времена обраде, на економичност при избору алата, као и на задовољавање квалитета обрађених површина задатих задатком. То се све најпре може постићи правилним избором режима обраде.

Пошто је завршен процес моделирања и дефинисања процеса обраде, потребно је извршити његово процесирање. При томе је важно одабрати постпроцесор који одговара управљачкој јединици машине на којој се израђује предмет обраде. NC код који се добија постпроцесирањем није одмах употребљив на самој машини, па је неопходно извршити одређене корекције углавном на почетку кода и прилагодити га машини, у овом случају CNC машини EMCO Concept MILL55.

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. У томе нам значајно помажу и симулације на којима можемо уочити недостатке уколико их има и уклонити их пре пуштања машине у рад.

6. Литература

- 1) Devedžić G.: "CAD/CAM tehnologije" Mašinski fakultet u Kragujevcu, CIRPIS centar, Kragujevac, 2009.
 - 2) Zeid I.: "Mastering CAD/CAM", McGraw Hill, New York. NY, USA, 2005.
 - 3) Smid P.: "CNC Programming Handbook", Industrial Press, Inc, 2002.
 - 4) Девеџић Горан, Ђуковић Саша, Петровић Сузана, Максић Јелена: "ЗД МОДЕЛИРАЊЕ ПРОИЗВОДА – методичка збирка задатака", Друго издање, Факултет инжењерских наука, Универзитет у Крагујевцу, Центар за интегрисан развој производа и процеса и интелигентне системе - ЦИРПИС, Крагујевац, ISBN 978-86-6335-023-6, 2016
 - 5) Лазић, М., Недић, Б., Митровић, С. , Технологија обраде метала резањем, избор режима обраде, Машински факултет, Крагујевац, 2002.
 - 6) *M. Hoffmann, O.Hack, S. Eickenberg: CAD/CAM mit CATIA V5; 2005.*
 - 7) *SIEMENS; Short Guide Programming; SINUMERIK 840D/840Di, SINUMERIK 810D/FM-NC ; 10.2000 Edition*
 - 8) Славковић Р., Милићевић И.: *Програмско управљање машинама*, Технички факултет Чачак, Чачак, 2010.
- [9] <http://www.ftn.kg.ac.rs/download/SIR/SIR%20Mirko%20Maksimovic.pdf>