

Факултет инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу

Ђорђе М. Нешковић

**Дигитализација режима обраде при обради
стругањем у PLM систему CATIA**

Завршни рад

Крагујевац, 2016.



Назив студијског програма: Машинско инжењерство

Ниво студија: Основне академске студије

Модул: Производно машинство

Предмет: CAD/CAM/CAE 1

Број индекса: 50/2013

Ђорђе М. Нешковић

**Дигитализација режима обраде при обради стругањем у PLM
систему CATIA**

Завршни рад

Комисија за преглед и одбрану:

1. Проф. др Горан Девеџић-ментор
2. Проф. др _____
3. Проф. др _____

Датум одбране: _____

Оцена: _____

Резиме:

У раду је приказан поступак 3Д запреминског моделирања производа у PLM систему CATIA V5. То подразумева, између осталог, креирање адекватног скелетног модела, избор и компоновање моделских форми у коначни модел и дефинисање параметара производа. На основу креираног CAD модела приступљено је креирању технолошког (CAM) модела и пратећег технолошког поступка обраде, са детаљном дигитализацијом режима обраде за ротационе делове. По извршеној симулацији и постпроцесирању извршена је модификација и прилагођавање NC кода за управљачкој јединици *FANUC* за машину алатку HAAS ST30. Провера и верификација развијених модела и поступка извршена је у предузећу „Милановић инжењеринг д.о.о.“

Кључне речи: PLM систем, CATIA, технолошки поступак обраде, дигитализација режима обраде, ротациони делови, NC код

Abstract:

In this paper the process of 3D solid modeling of a product in PLM system CATIA V5 has been shown. That includes, among other procedures, creating of adequate skeleton model, choosing and using modeling features into the shape of the final model, and defining the parameters of the product. The technological (CAM) model and the following technical processing procedure, with detailed digitalization of the process regime for rotational parts has been created, based on the created CAD model. After the simulation and post-processing has been finished, modifications and adjustments to the NC code were done for the control unit *FANUC* of machining tool HAAS ST30. Checks and verification of the developed models, and the process itself was conducted in “Milanović inženjering D.O.O.”

Key words: PLM system, CATIA, technological processing procedure, digitalization of process regimes, rotational parts, 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] Hoffmann M., Hack O., Eickenberg S.: “CAD/CAM mit CATIA V5 – NC-Programmierung, Postprocssing, Simulation“, Carl Hanser, 2005. ISBN: 3-446-22959-0

[4] Ćuković S., Devedžić G., Pankratz F., Ghionea I., Subburaj K.: “PRAKTIKUM ZA CAD/CAM – Augmented Reality -”, Univerzitet u Kragujevcu, Fakultet inženjerskih nauka, Centar za integrisan razvoj proizvoda i procesa i inteligentne sisteme - CIRPIS, Kragujevac, ISBN 978-86-6335-020-5, 2015.

[5] Smid P.: “CNC Programming Handbook”, Industrial Press, Inc., 2002.

Крагујевац, 2016. год.

Ментор:
Проф. др Горан Девеџић

Садржај:

1.	Увод	5
2.	Процес моделирања ротационих делова	8
2.1	Моделирање предмета обраде.....	8
2.2	Креирање 3Д модела предмета обраде.....	9
2.2.1	Активирање модула за креирање модела.....	9
2.2.2	Креирање моделске форме Shaft. 1	9
2.2.3	Креирање моделске форме Hole.1	11
2.2.4	Креирање моделске форме Groove. 1	12
2.2.5	Креирање завојнице Helix. 1 метричког навоја	14
2.2.6	Постављање равни управне на завојницу	17
2.2.7	Креирање моделске форме Slot.1	17
2.2.8	Обарање ивице предмета обраде	18
2.3	Креирање 3Д модела припремка.....	20
2.3.1	Активирање модула за креирање модела.....	20
2.3.2	Параметризација предмета обраде	20
2.3.3	Креирање моделске форме Shaft. 1	21
2.4	Креирање склопа за прву технолошку операцију	23
2.4.1	Увођење модела предмета обраде	23
2.4.2	Фиксирање модела	23
2.4.3	Увођење модела припремка	23
2.4.4	Увођење ограничења.....	24
2.4.5	Повезивање параметара стезне главе и склопа	25
3.	Дефинисање процеса обраде ротационих делова.....	29
3.1	Режими обраде у обради стругањем.....	29
3.2	Корак у обради стругањем	30
3.3	Брзина резања у обради стругањем	30
4.	Дефинисање технолошког модела	32
4.1	Дефинисати основних параметре за прву технолошку операцију	33
4.2	Дефинисање захвата и режима обраде за прву технолошку операцију.....	37
4.2.1	Rough Turning	37
4.2.2	Параметризација режима обраде при грубој/финој уздужној обради	41
4.2.3	Profile Finish Turning	47
4.2.4	Thread turning	49

4.2.5	Spot Drilling	51
4.2.6	Drilling	53
4.2.7	Internal Rought Turning	53
4.3	Дефинисање технолошког модела за другу технолошку операцију	56
4.4	Groove Turning Operation	57
5.	Генерисање NC кода	60
6.	Реализација генерисаног кода у реалним условима	63
6.1	Карактеристике CNC машине	63
6.2	Карактеристике материјала	63
6.3	Трансфер NC кода на управљачку јединицу машине	64
7.	Табеле препоручених параметара	67
8.	Закључак.....	70
9.	Литература	71



1. Увод

Глобализација савременог тржишта захтева производњу све сложенијих производа, са великим бројем варијанти пројектних решења, све у циљу прилагођавања специфичним захтевима крајњег купца. КонкурENCIЈА на светском тржишту, посебно изражена у машиноградњи, ваздухопловној индустрији, индустрији моторних возила, електронској и сличним индустријама захтева стално повећање квалитета производа, смањење цене, смањење времена изласка производа на тржиште и флексибилну производњу.

Посматрано са техничко технолошког аспекта, услов опстанка на тржишту је стално увођење нових технологија као што су: програмабилна и флексибилна аутоматизација, компјутерски интегрисана производња и нови концепти као што су агилни производни системи, интелигентни производни системи и сл. У области пројектовања нових производа и технологија примена компјутера кроз увођење система као што су CAD, CAM, CAE и интеграција кроз конкурентно инжењерство у пројектовању је императив у одржавању конкурентног положаја на тржишту.

Савремени CAD/CAM системи пружају широк избор различитих приступа у пројектовању производа и технологија. Могући алтернативни приступи су: експлицитно, параметарско, варијантно и моделирање на бази типских облика. Не улазећи у све карактеристике наведених приступа, наводи се да је експлицитно моделирање¹ стандардно присутно код свих CAD/CAM система и има основни недостатак да је релативно нефлексибилно, посебно ако се ради о производима који у основи имају геометријскотехнолошку сличност и могућност формирања по том основу фамилија сличних делова.

Параметарско моделирање има могућност контроле модела параметарски дефинисаним „водећим” димензијама као и увођећи недимензиона геометријска и друга ограничења и релације (паралелност, управност и сл.). Параметар као информација која у потпуности одређује модел, се протеже кроз све нивое система, и савремени CAD/CAM системи имају двосмерну асоцијативност (измена параметра на неком нивоу - моделу изазива промену на свим осталим нивоима – моделима).

Код савремених CAD/CAM система асоцијативност је уведена и између различитих компоненти система (на пример CAD и CAM модула) на бази јединствене структуре података која обезбеђује повезаност параметарски дефинисане геометрије са генерисаном путањом алата. Променом вредности параметара који дефинишу геометрију, аутоматски се мења и путања алата, што значи да се на овај начин може остварити брза измена CNC програма за делове који су геометријски и технолошки слични или за нове варијанте производа. На основу референтног модела, представника групе, реализују се експлицитни модели појединих чланове групе променом вредности параметара модела.[9]

¹ Експлицитно моделирање – процес проналажења формуле која описује зависности између одређених променљивих димензија



Прикупљање информација о делу подразумева повезивање САМ програма са програмом за геометријско моделирање. Без обзира у ком програму се врши геометријско моделирање, при димензионисању и постављању релација карактеристичних облика у оквиру модела, неопходно је водити рачуна о томе у ком контексту ће касније тај модел бити коришћен. Цртеж дела или подаци о делу из САД датотеке, представљају улазне информације у систем, који садржи информације о облику дела и његовим димензијама, податке о толеранцијама, квалитету обрађених површина као и специјалне технолошке карактеристике. Поред форме моделираног дела прикупљање информација о делу садржи и анализу осталих података у складу са постојећим техничким, технолошким, производним и другим условима. Усвајање параметара обраде подразумева тип обраде као и избор машине са сетом алата и одговарајућим помоћним прибором. Потребно је одредити да ли се део обрађује на глодалици или стругу, чиме се дефинише поступак обраде глодањем или стругањем. Правилан избор редоследа, величине, дужине међусобног захвата алата и предмета одлучују о крајњим показатељима једног поступка обраде. Избор сета алата бирамо из расположиве базе података, као и одговарајући NC контролер који је одговоран за поступак постпроцесирања и израду нумеричког кода на усвојеној машини. Када се одредимо за материјал обратка следи дефинисање припремка, у зависности од функције дела. Додаци за обраду, односно дубина резања, најчешће су условљени функционалним карактеристикама дела и врстом обраде, тако да се она најчешће усваја на основу општих података о условима обраде. За сваку површину у зависности од називног, номиналног пречника и укупне дужине изратка, бира се потребан додатак. Коначне мере припремка се добијају када се на мере готовог дела додају одговарајући додаци.

Аутоматизација малосеријске и серијске производње као доминирајућег вида у металопрађивачкој индустрији, успешно се изводи применом нумерички управљаних машина алатки. Оне се одликују повећаном продуктивношћу и тачношћу. Њихова примена подиже металопрађивачку индустрију 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,
- обрада делова сложенијих профила који се тешко могу остварити 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 оператером машине алатке,
- оператер 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.



2.2 Креирање 3Д модела предмета обраде

2.2.1 Активирање модула за креирање модела

- 1) Изабрати **Start** → **Mechanical Design** → **Part Design**.
- 2) У поље **Enter part name** прозора **[New Part]** уписати **Predmet obrade**.

2.2.2 Креирање моделске форме Shaft. 1

1) Селектовати **zx plane** па затим активирати команду **Sketch** , којом се прелази у модул за скицирање. (Сл. 2.2.2.1.)

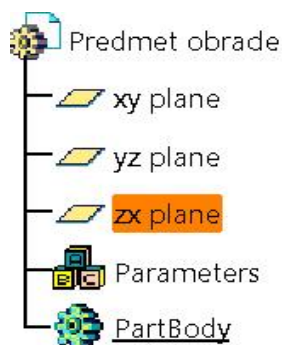
2) Активирати команду **Axis** , и скицирати осну линију која пролази кроз координатни почетак.

3) Активирати команду **Profile**  и извршити скицирање профила (Сл. 2.2.2.2.).

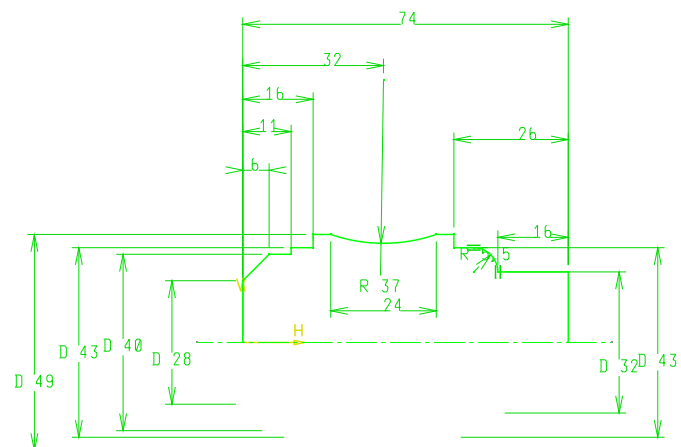
4) Активирањем команде **Constraint**  уводе се димензиона ограничења скице, као на приказаној скици (Сл. 2.2.2.2.).

Димензионо ограничење пречника дела уводи се командом **Constraint** , обележавањем одговарајуће линије од које се врши димензионисање пречника и осе дела, десним кликом и активирањем опције **Radius/Diameter**.

Промена димензионих вредности врши се дуплим кликом на дату коту и уношењем одговарајућих димензија.



Слика 2.2.2.1. Избор равни за скицирање



Слика 2.2.2.2. Скица ротационе моделске форме



Напомена:

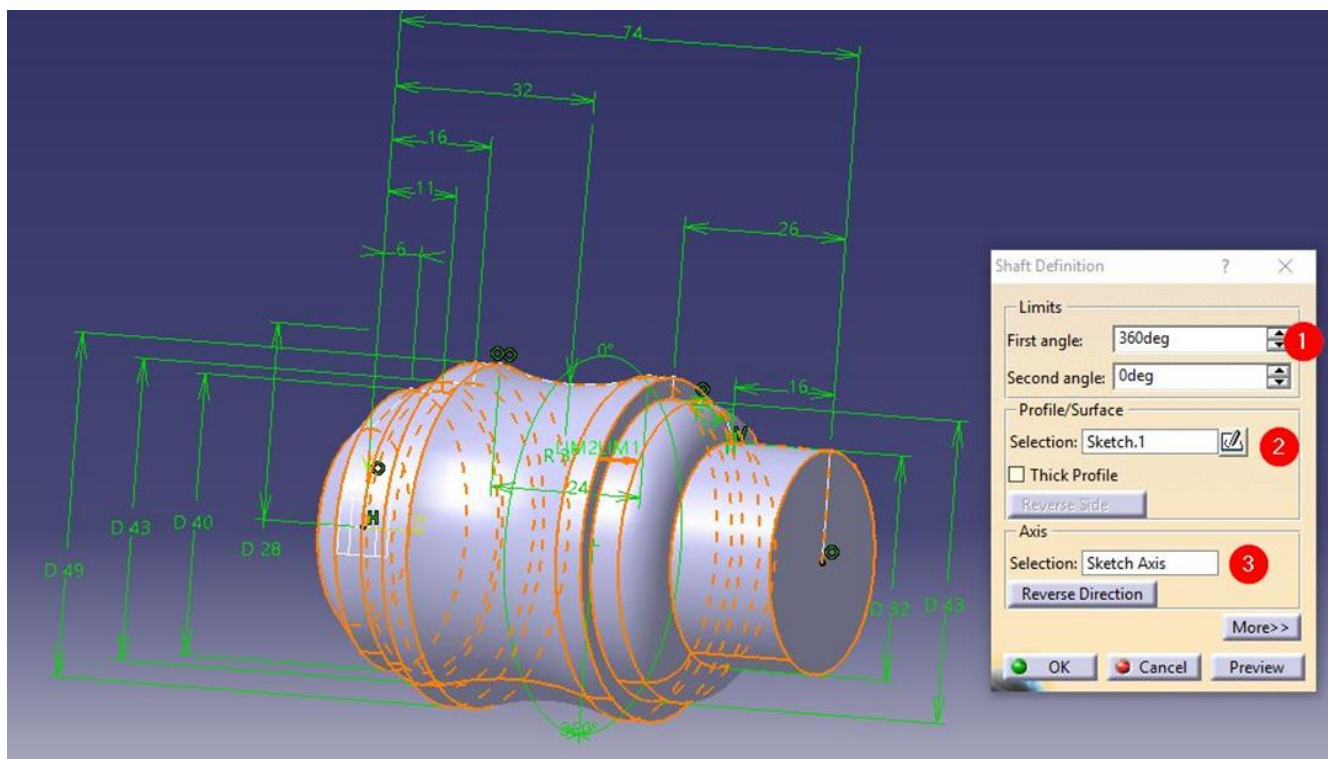
Да би скица била валидна, мора бити потпуно димензионо и геометријски ограничена. На геометријска ограничења односе се паралелност, управност, колинеарност, тангентност, концентричност, симетричност, коинцидентност. Скица је валидна када је цела контура скице позеленела.

5) За излазак из модула за скицање изабрати команду **Exit workbench** .

6) Активирањем команде **Shaft**  отвара се прозор **Shaft definition** (Сл. 2.2.2.3.). Он служи за дефинисање параметара потребних за креирање моделске форме.

Напомена:

Да би команда **Shaft** исправно радила потребно је да скица буде потпуно затворена или затворена осом око које ће се вршити ротација



Слика 2.2.2.3. Дефинисање моделске форме Shaft.1

Поље 1 дефинише угао ротације.

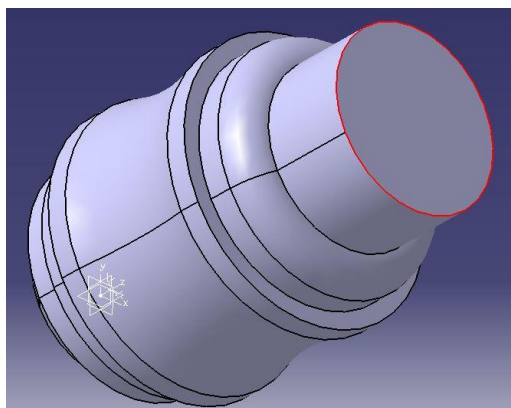
Поље 2 дефинише скицу профила који се ротира.

Поље 3 дефинише осу ротације око које се ротира скица профила.



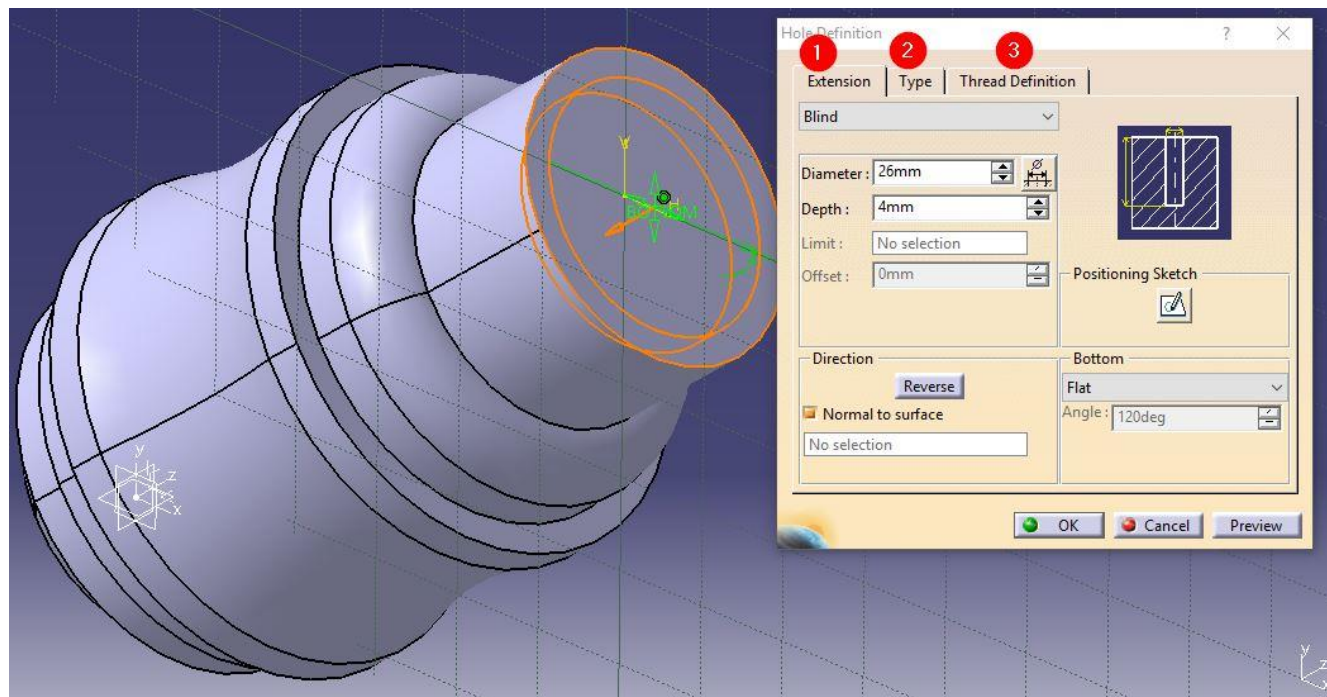
2.2.3 Креирање моделске форме *Hole.1*

1) Обележавањем кружне ивице, пре активирања опције **Hole** (Сл. 2.2.3.1.), врши се аутоматско позиционирање центра отвора у центар дела.



Слика 2.2.3.1. Селектовање кружне ивице

2) Активирати команду **Hole** , а затим обележити површину на којој се врши бушење отвора. Отвориће се прозор **Hole definition** који служи за подешавање параметара потребних за извршење моделске форме **Hole**. (Сл. 2.2.3.2.).



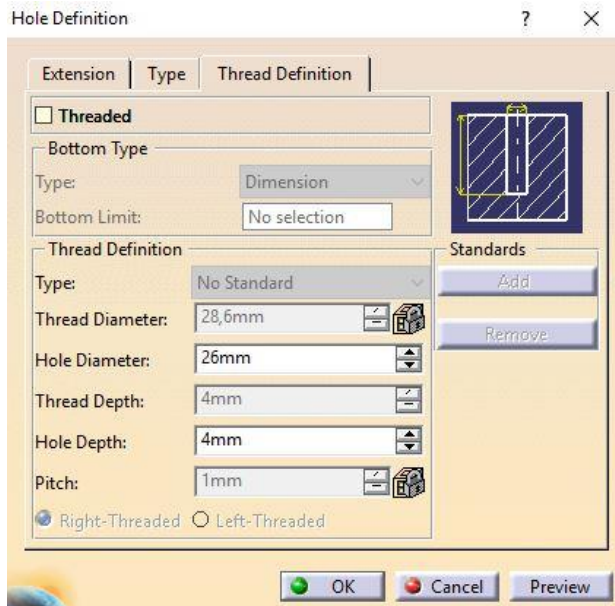
Слика 2.2.3.2. Дефинисање моделске форме *Hole.1*

У пољу 1 картица **Extension**, врши се подешавање параметара као што су пречник отвора, дубина, смер бушења и облик дна отвора.



У пољу 2 картица **Type** бира се облик отвора (**Simple, Tapered, Counterbored, Countersunk, Counterdrilled**), као и њихови параметри за сваки тип отвора.

У оквиру **Thread Definition** врши се подешавање параметара навоја (тип навоја, корак, дужина навоја) (Сл. 2.2.3.3.).

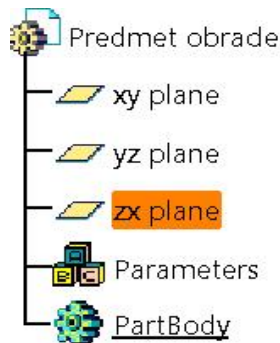


Слика 2.2.3.3. Подешавање параметара навоја

2.2.4 Креирање моделске форме Groove. 1

Опција **Groove. 1**  ротациона моделска форма која одузима део материјала који се формира ротирањем скице.

1) Селектовати **zx plane** па затим активирати команду Sketch , којом се прелази у модул за скицирање. (Сл. 2.2.4.1.).



Слика 2.2.4.1.. Избор равни за скицирање



2) Активирати команду **Axis** , и скицирати осну линију која пролази кроз координатни почетак.

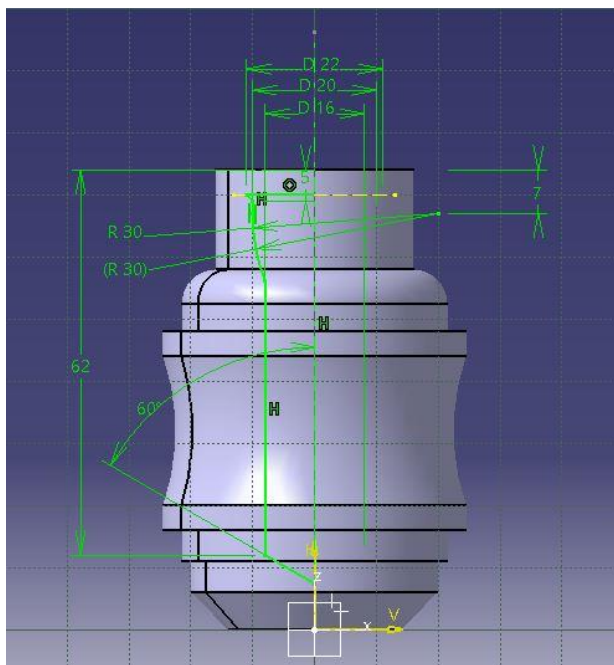
3) Активирати команду **Profile** , и извршити скицирање профила (Сл. 2.2.4.2.).

4) Активирањем команде **Constraint** , уводе се димензиона ограничења скице, као на приказаној скици (Сл. 2.2.4.2.).

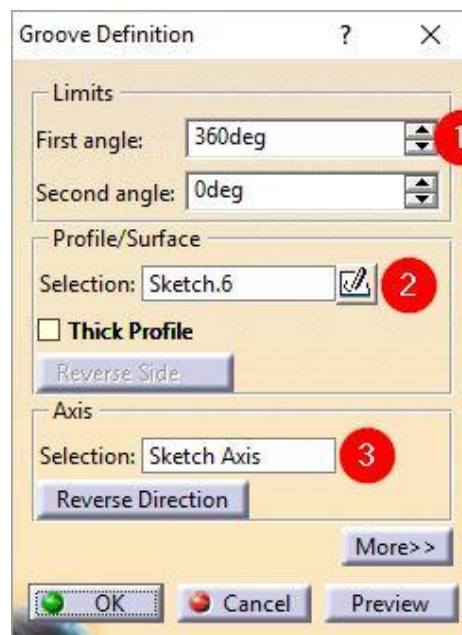
Димензионо ограничење пречника дела уводи се командом **Constraint** , обележавањем одговарајуће линије од које се врши димензионисање пречника и осе дела, десним кликом и активирањем опције **Radius/Diameter**.

5) За излазак из модула за скицирање изабрати команду **Exit workbench** .

6) Активирањем команде **Groove** , отвара се прозор **Groove definition** (Сл. 2.2.4.3.). Он служи за дефинисање параметара потребних за креирање моделске форме.



Слика 2.2.4.2. Скица ротационе моделске форме

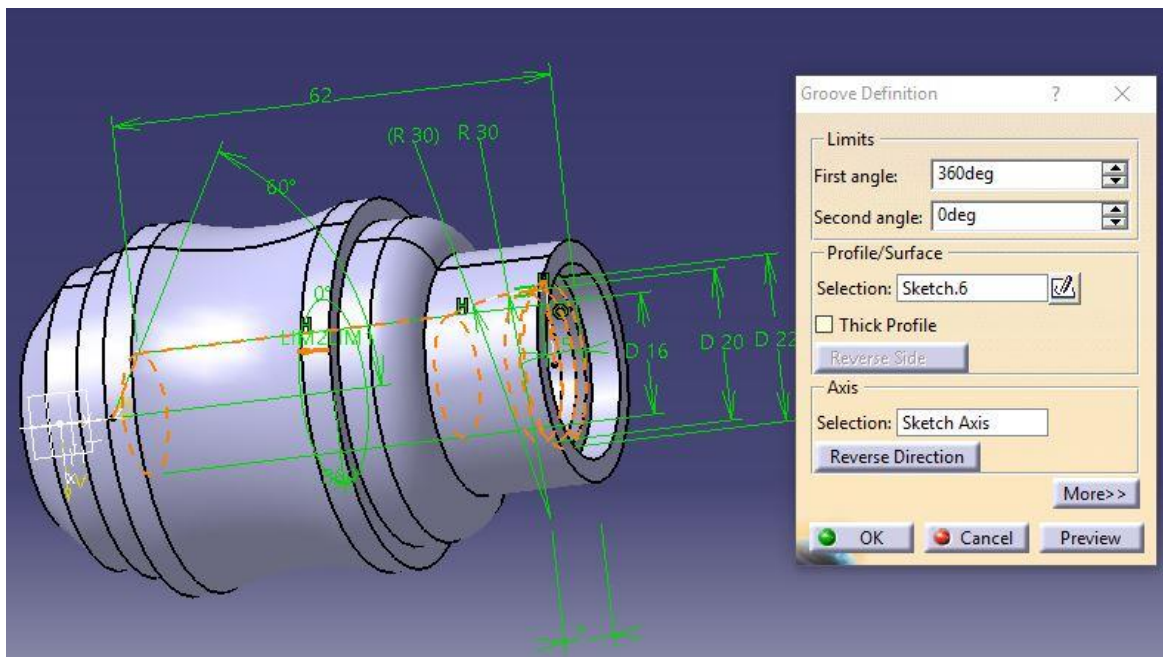


Слика 2.2.4.3. Подешавање параметара

У пољу 1 дефинише се угао ротације.

У пољу 2 се дефинише скица профила који се ротира.

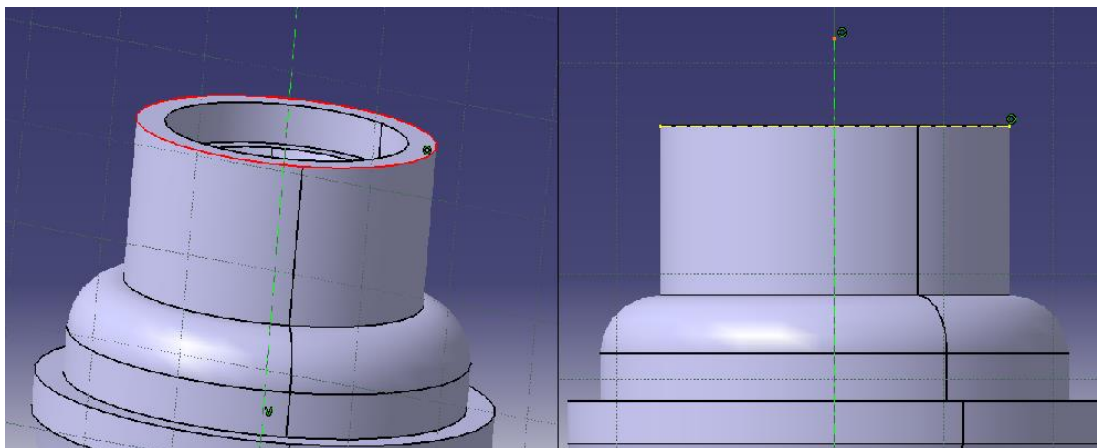
У пољу 3 се дефинише оса ротације око се ротира скица профила.



Слика 2.2.4.4. Моделска форма унутрашњег жљеба

2.2.5 Креирање завојнице *Helix. 1* метричког навоја

- 1) Селектовати **zy plane** па затим активирати команду **Sketch** , којом се прелази у модул за скицирање.
- 2) Активирати команду **Axis** , и скицирати осну линију која пролази кроз координатни почетак.
- 3) Пројектовати кружну ивицу на раван скицирања помоћу опције **Project 3D Elements**  као на слици 2.2.5.1.

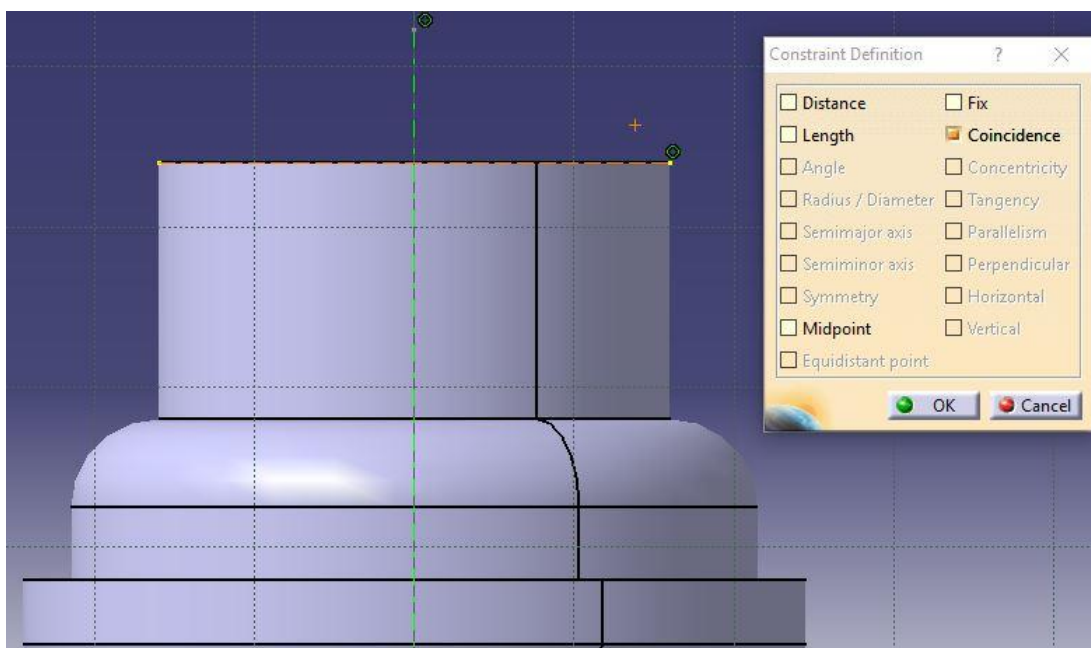


Слика 2.2.5.1. Пројектовање кружне ивице на раван скицирања

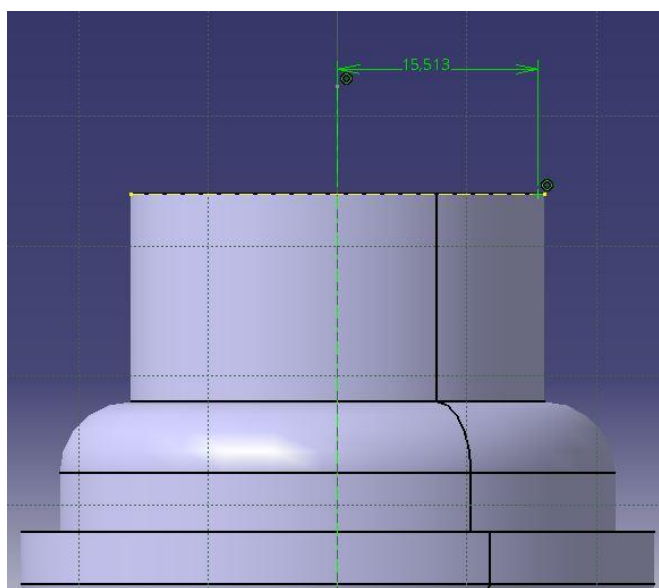


4) Следећи корак је скицирати тачку на позицију одакле креће да се израђује навој. Тачку и пројектовану ивицу треба спојити уз помоћ команде **Constraints Defined in Dialog Box**  као на слици 2.2.5.2.

Селектовати пројектовану линију и скицирану тачку, активирати команду **Constraints Defined in Dialog Box**  и у отвореном прозору селектовати опцију **Coincidence**. Следеће ограничење је које се уводи је **Constraint**  као на слици 2.2.5.3.



Слика 2.2.5.2. Увођење ограничења између пројектоване линије и тачке

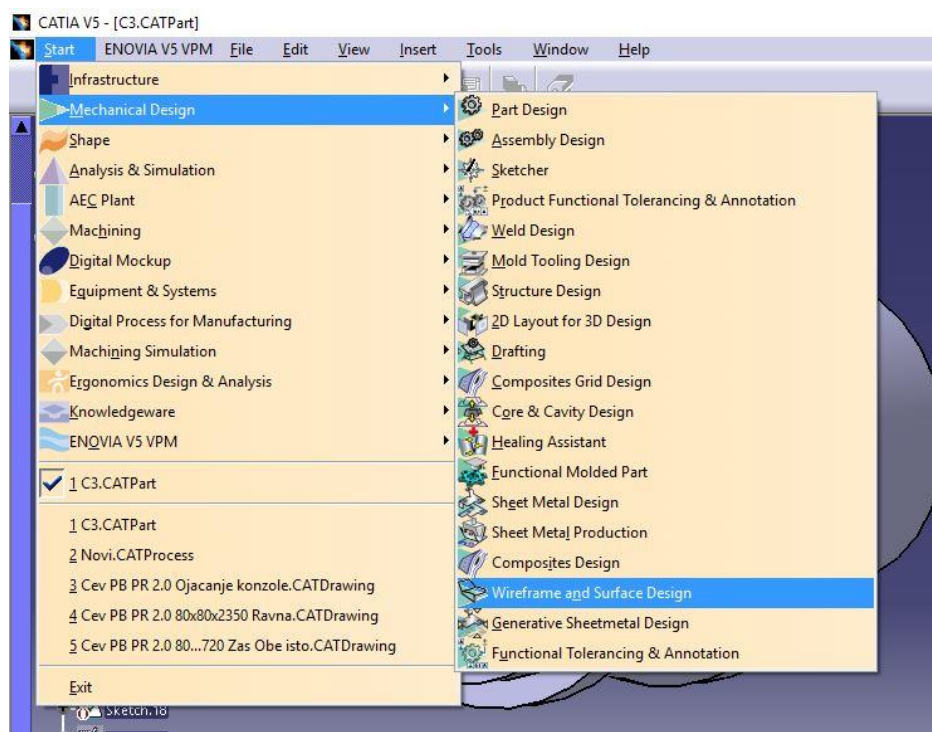


Слика 2.2.5.3. Увођење димензионих ограничења



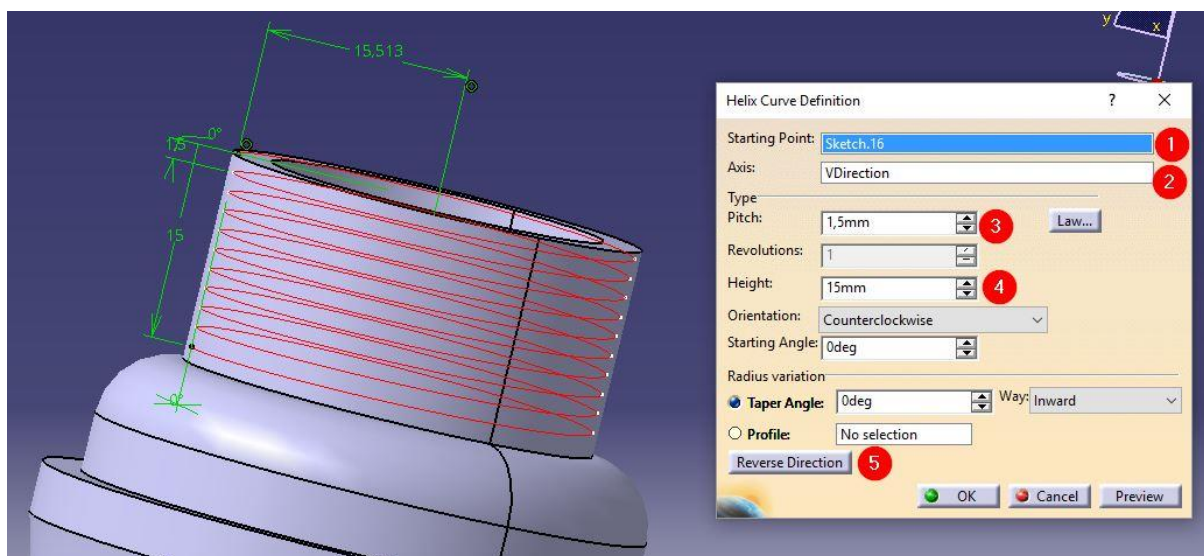
5) Наредни корак је креирање завојнице. За креирање завојнице мора се изаћи из модула **Part**. (Сл. 2.2.5.4.). Изабрати:

Start → Mechanical Design → Wireframe and Surface Design



Слика 2.2.5.4. Избор другог модула

У овом модулу изабрати опцију **Helix**  из палете **Wireframe**. Отвара се прозор где се подешавају параметри везани за спиралу. (Сл. 2.2.5.5.)



Слика 2.2.5.5. Увођење димензионих ограничења



Параметри који се подешавају у приказаном прозору:

Поље 1: Полазна тачка завојнице (тачка која је претходно позиционирана);

Поље 2: Оса око које се врши ротација;

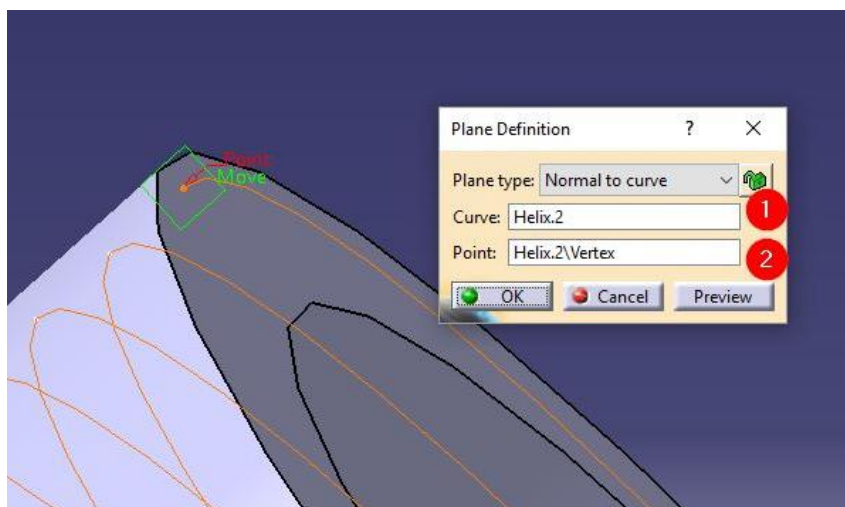
Поље 3: Корак завојнице;

Поље 4: Дужина завојнице;

Поље 5: Промена смера завојнице.

2.2.6 Постављање равни управне на завојницу

Активирати команду **Plane**  и у пољу **Plane type** изабрати **Normal to curve**. У пољу 1 селекује се завојница, а у пољу 2 селекује се тачка која се налази на почетку завојнице. (Сл. 2.2.6.1.)



Слика 2.2.6.1. Увођење димензионих ограничења

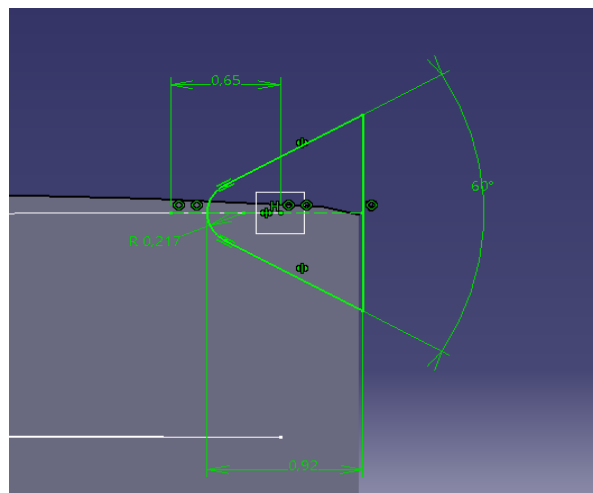
2.2.7 Креирање моделске форме Slot.1

1) Селектовати креирану раван, која се налази на моделу па затим активирати команду **Sketch** , којом се прелази у модула за скицирање. (Сл. 2.2.6.1.).

2) Активирати команду **Profile**  и извршити скицирање профила (Сл. 2.2.7.1.).

3) Активирањем команде **Constraint**  уводе се димензиона ограничења скице, као на приказаној скици (Сл. 2.2.7.1.).

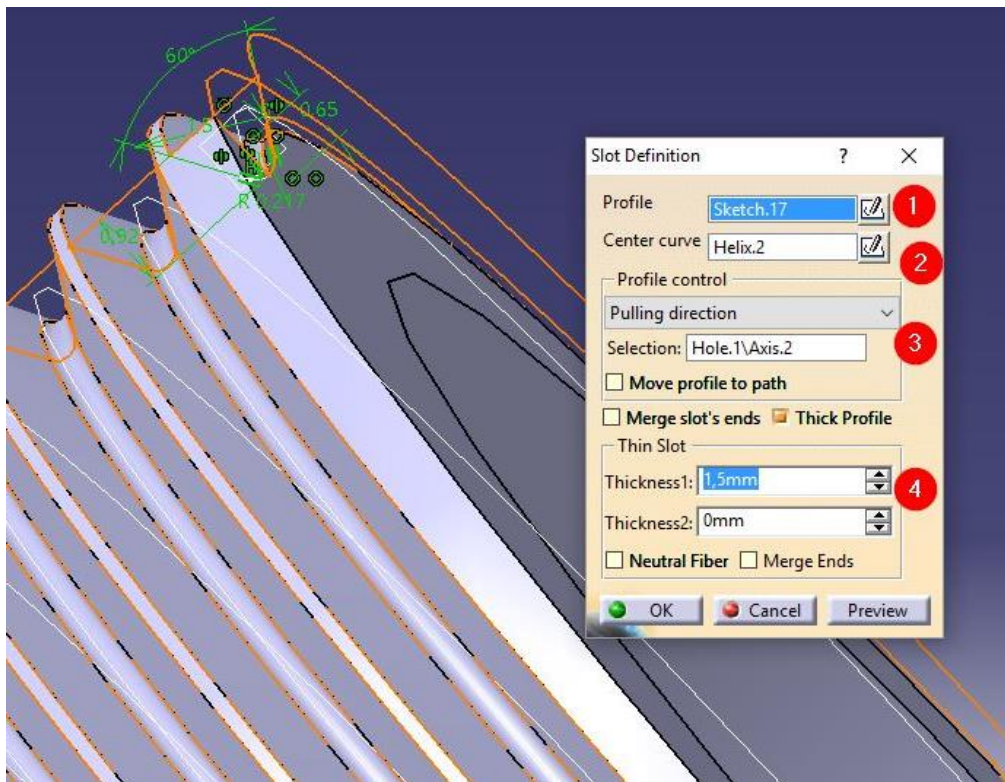
4) Изабрати команду за излазак из модула за скицирање **Exit workbench** .



Слика 2.2.7.1. Скица профила моделске форме Slot.1



5) Активирањем команде **Slot**  отвара се прозор **Slot definition** (Сл. 2.2.7.2.). Он служи за дефинисање параметара потребних за креирање моделске форме **Slot**.



Слика 2.2.7.2. Подешавање параметара моделске форме Slot.1

Поље 1: Селектује се скица профила претходно креирана.

Поље 2: Селектује се завојница.

Поље 3: У падајућем менију бира се **Pulling direction** и у пољу **Selection** селектује се оса предмета обраде.

Поље 4: Корак завојнице

2.2.8 Обарање ивице предмета обраде

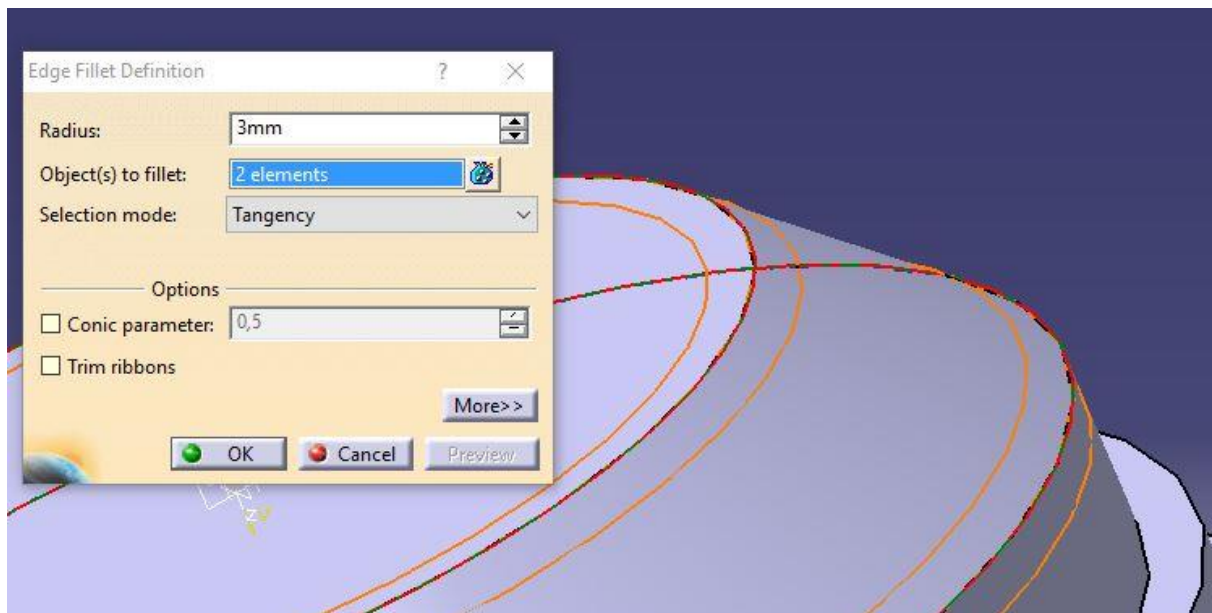
Активирати команду **Edge file**  и извршити селектовање ивица које треба да се заобле и у отвореном прозору унети радијус заобљења у поље **Radius**. (Сл. 2.2.8.1.)

Активирати команду **Chamfer**  и извршити селектовање ивица које треба да се оборе и у отвореном прозору унети следеће параметре (Сл. 2.2.8.2.):

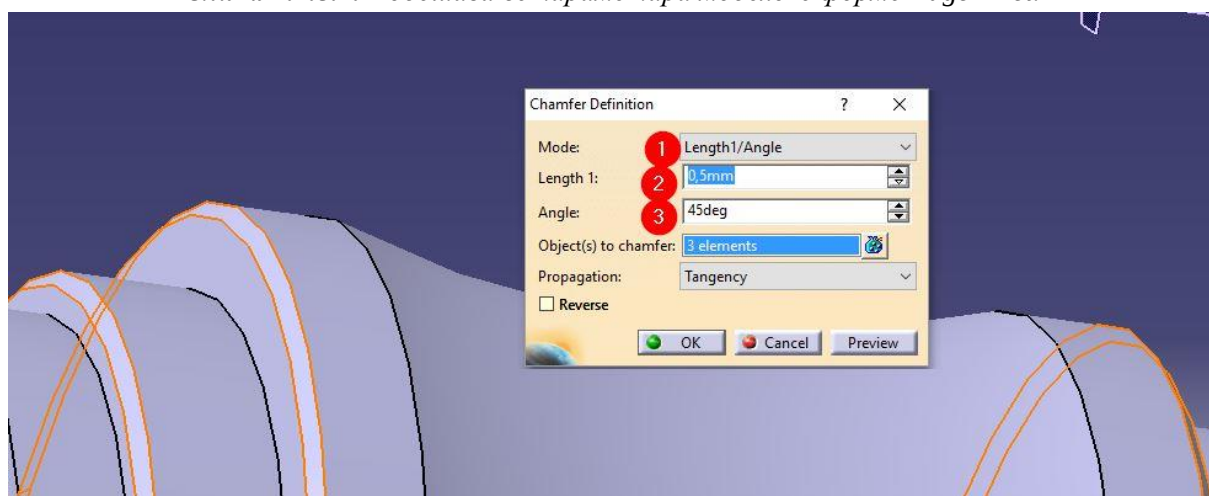
Поље 1: Бира се тип обарања ивице, у овом случају **Lenght1/Angle**

Поље 2 : Дужина закошене ивице,

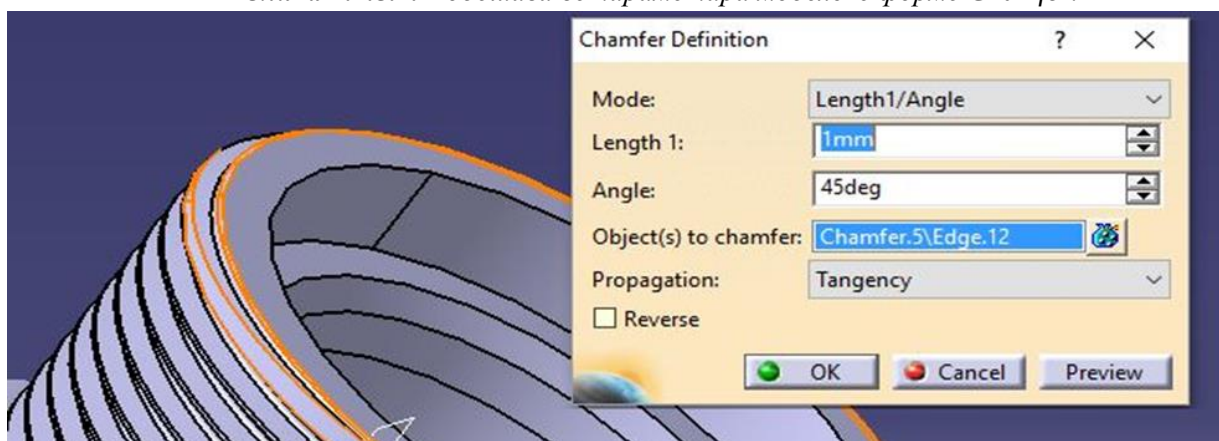
Поље 3: Угао закошења.



Слика 2.2.8.1. Подешавање параметара моделске форме Edge Fillet.1



Слика 2.2.8.2. Подешавање параметара моделске форме Chamfer.1



Слика 2.2.8.3. Подешавање параметара моделске форме Chamfer.2



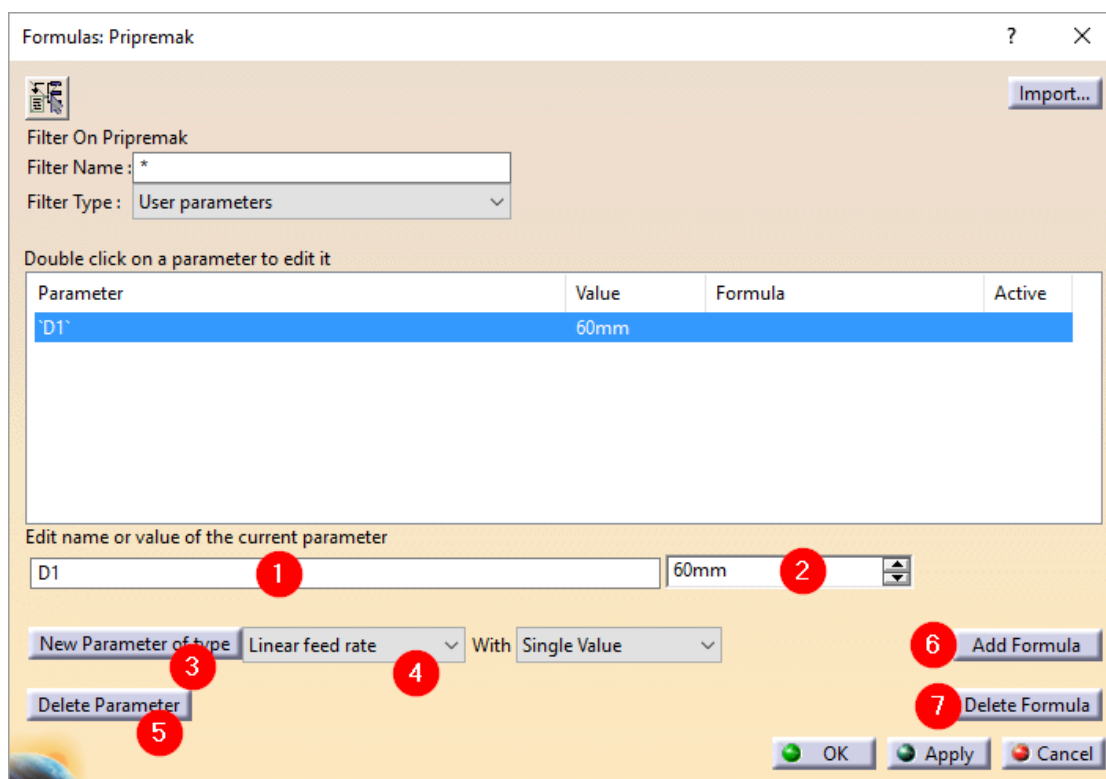
2.3 Креирање 3Д модела припремка

2.3.1 Активирање модула за креирање модела

- 1) Изабрати **Start** → **Mechanical Design** → **Part Design**.
- 2) У поље **Enter part name** прозора [New Part] уписати **Pripremak**.

2.3.2 Параметризација предмета обраде

Активирати команду за креирање формула и параметара **Formula** .



Слика 2.3.2.1. Прозор за креирање формула параметара

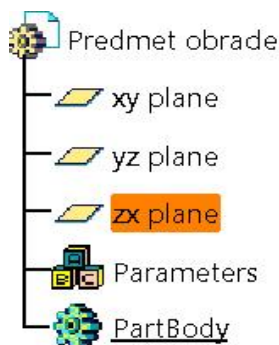
Прво што треба је изабрати одговарајући тип параметара који је понуђен у падајућем менију: **Real, Integer, String, Boolean, Length, Angle, Time, Mass, Volume, Density, Area, Energy, Acceleration**. Командом **New Parameter of type** (поље 3) врши се креирање новог параметра.

У пољу 1 се уписује име параметра док се у пољу 2 врши уписивање иницијалне вредности. Помоћу опција **Add Formula** (поље 6) и **Delete Formula** (поље 7) врши се додавање и брисање формула. Опцијом **Delete Parameter** врши се брисање параметара (Сл. 2.3.2.1.).



2.3.3 Креирање моделске форме Shaft. 1

1) Селектовати **zx plane** па затим активирати команду **Sketch** , којом се прелази у модул за скицирање. (Сл. 2.3.3.1.)

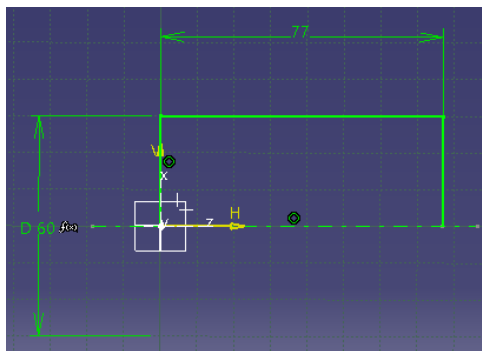


Слика 2.3.3.1. Избор равни за скицирање

2) Активирати команду **Axis** , и скицирати осну линију која пролази кроз координатни почетак.

3) Активирати команду **Profile** , и извршити скицирање профила (Сл. 2.3.3.2.).

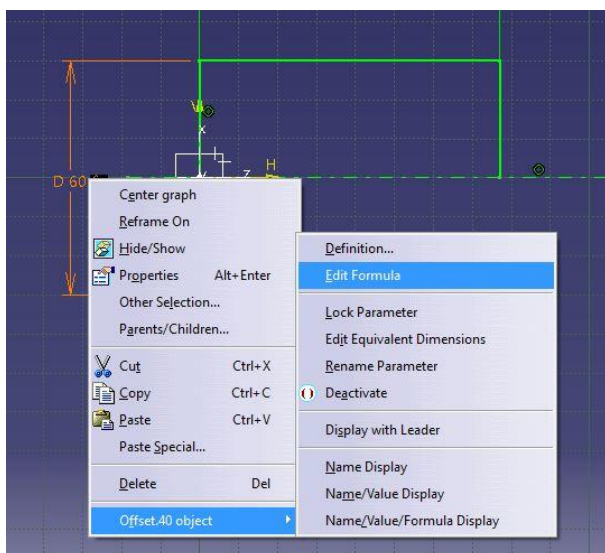
4) Активирањем команде **Constraint** , уводе се димензиона ограничења скице, као на приказаној скици (Сл. 2.3.3.2.).



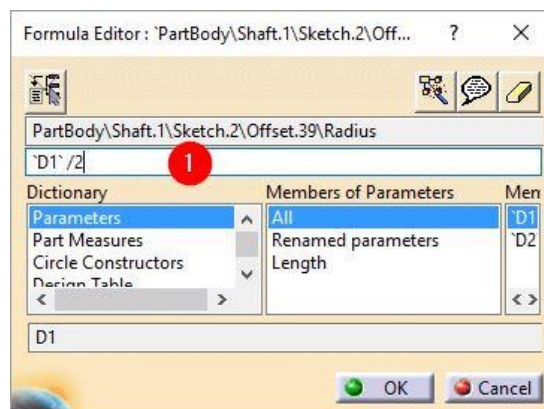
Слика 2.3.3.2. Скица ротационе моделске форме

Димензионо ограничење пречника дела уводи се командом **Constraint** , обележавањем одговарајуће линије од које се врши димензионисање пречника и осе дела, десним кликом и активирањем опције **Radius/Diameter**.

Увођење формула и параметара у димензиона ограничења врши се десним кликом миша на предходно добијено димензионо ограничење, даљим отаварањем прозора у оквиру **Offset object** → **Edit formula** (Сл. 2.3.3.3). Одговарајући параметри се у формулу уводе кликом на параметар у стаблу модела. Поред ограничења у које је уведен неки параметар налази се ознака функције $f(x)$.



Слика 2.3.3.3. Увођење параметара у димензиона ограничења

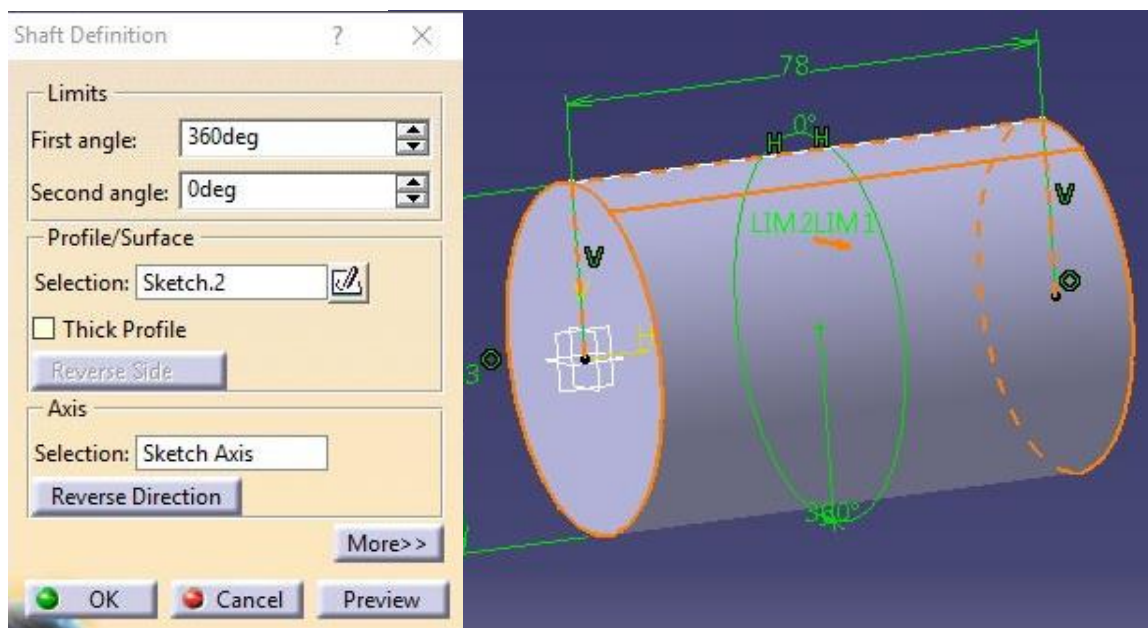


Слика 2.3.3.4. Уношење параметара

Када се параметризују пречници и када су вредности параметра дати као пречник, тада се параметар дели са 2 како би се добио полупречник (Сл. 2.3.3.4.-Поље 1).

5) За излазак из модула за скицарање изабрати команду **Exit workbench** .

6) Активирањем команде **Shaft**  отвара се прозор **Shaft definition** (Сл. 2.3.3.5.). Он служи за дефинисање параметара потребних за креирање моделске форме.

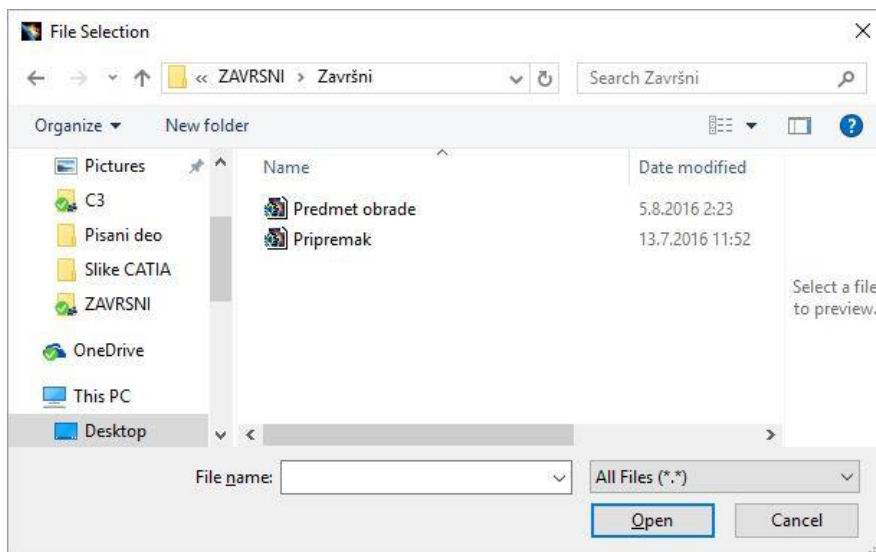


Слика 2.3.3.5. Извршена ротациона моделска форма



2.4 Креирање склопа за прву технолошку операцију

- 1) Изабрати: **Start** → **Mechanical Design** → **Assembly Design**.
- 2) Десни клик на **Product.1** који се налази у стаблу → **Properties** → **Product** → **Part Name** - унети име подскопа **Sklop**.



Слика 2.4.1. File Selection

2.4.1 Увођење модела предмета обраде

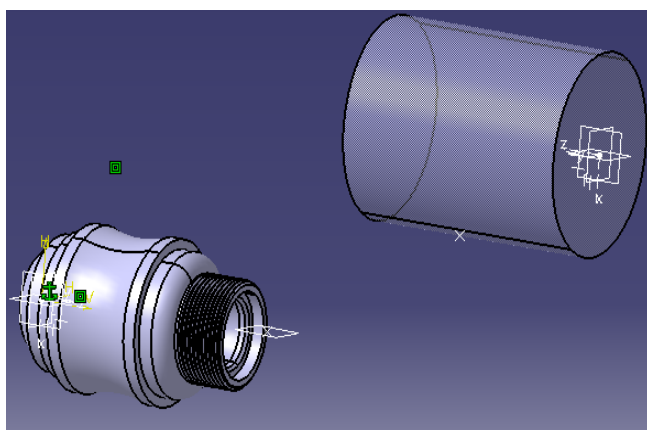
- 1) Обележити **Скlop** у стаблу модела.
- 2) Активирати команду **Existing Component**  отвориће се прозор **File Selection** у којем се бира одговарајући модели [**Predmet obrade**] (Сл. 2.4.1.).
- 3) Модели који се увозе приказују се у стаблу.

2.4.2 Фиксирање модела

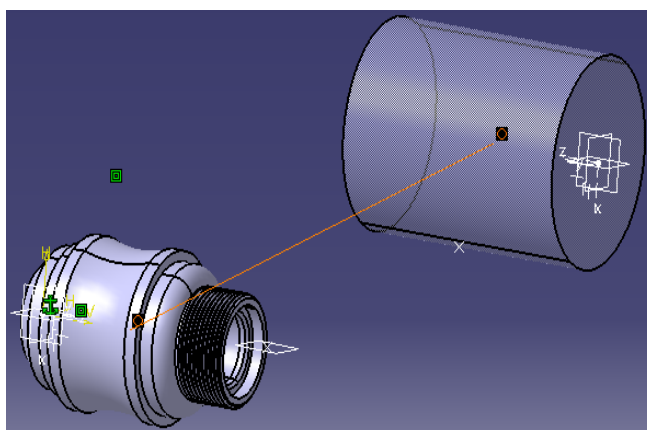
Након увођења првог модела [**Predmet obrade**] прво ограничење које се уводи је фиксирање предмета. Активирати команду **Fix Component**  а затим кликнути на модел или на назив модела у стаблу.

2.4.3 Увођење модела припремке

- 1) Обележити **Скlop** у стаблу модела.
- 2) Активирати команду **Existing Component**  отвориће се прозор **File Selection** у којем се бира одговарајући модел [**Pripremak**] (Сл.2.4.3.1.).



Слика 2.4.3.1. Увезени модели



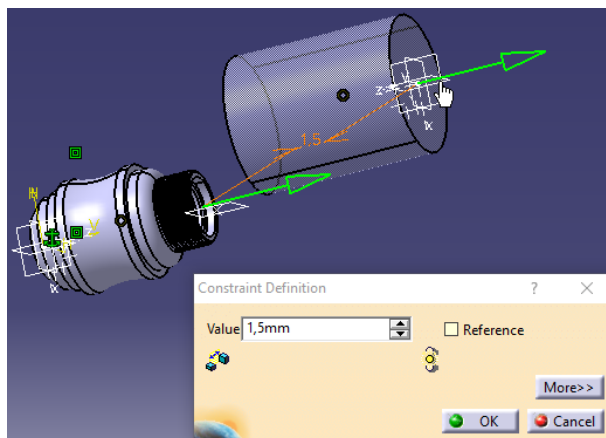
Слика 2.4.3.2. Увођење ограничења

2.4.4 Увођење ограничења

- 1) Командом **Manipulation**  врше се потребна померања модела.
- 2) Активирати команду **Coincidence Coinstraint** , којом се задаје ограничење саосности (Сл. 2.4.3.2). Обележити осе модела које треба се поклапају.
- 3) Активирати команду **Update**  којом се успостављају постављена ограничења.
- 4) Активирањем команде **Offset Coinstraint**  отвара се прозор **Offset Properties**, у коме се задају димензиона ограничење (Сл. 2.4.4.1.). Обележити стране модела на односу којих се дају димензиона ограничења.

Напомена:

Команда **Update**  се може користити након сваког корака или на крају када се задају сва ограничења. Уводе се три ограничења, којима ће се уклонити сви степени слободе модела.



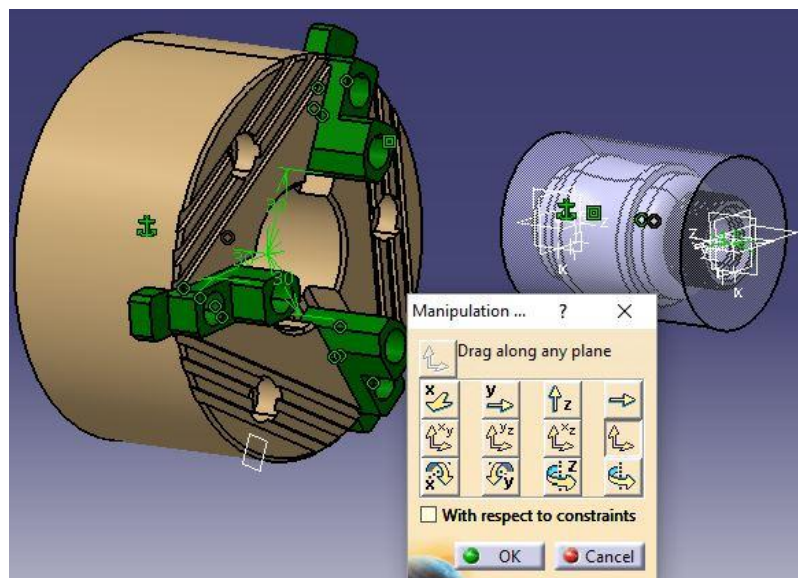
Слика 2.4.4.1.. Увођење ограничења



2.4.5 Повезивање параметара стезне главе и склопа

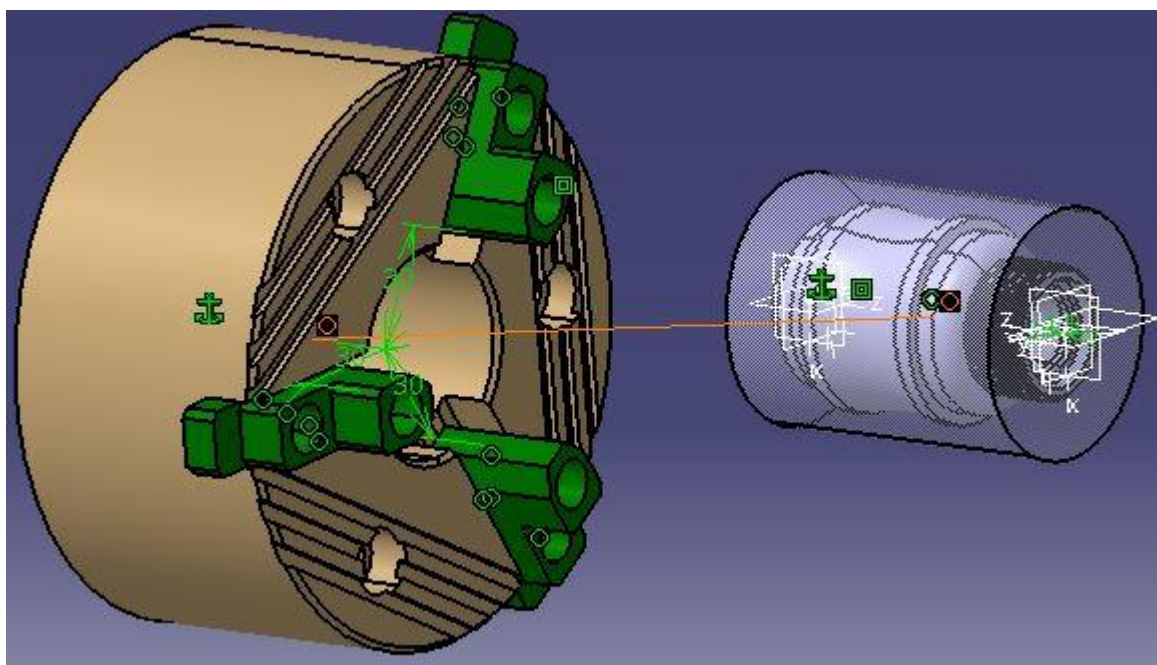
Увожење подсклопа стезне главе изводи се на исти начин као и увожење првог модела.

Командом **Manipulation**  врши се померање елемената склопа и довођење у одговарајући положај (Сл. 2.4.5.1).



Слика 2.4.5.1. Померање модела

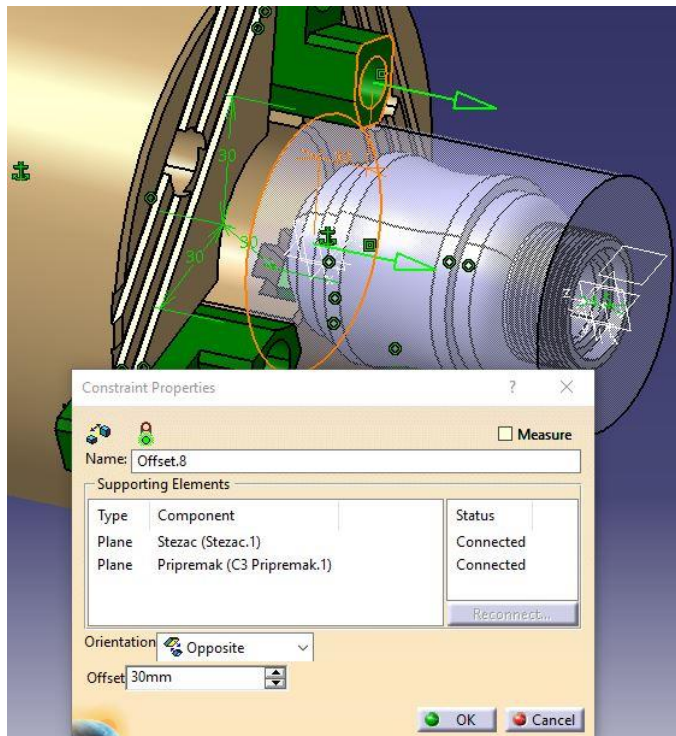
Командом **Coincidence Coinstraint**  се врши поклапање оса склопова (Сл. 2.4.5.2.).



Слика 2.4.5.2. Увођење ограничења саосности

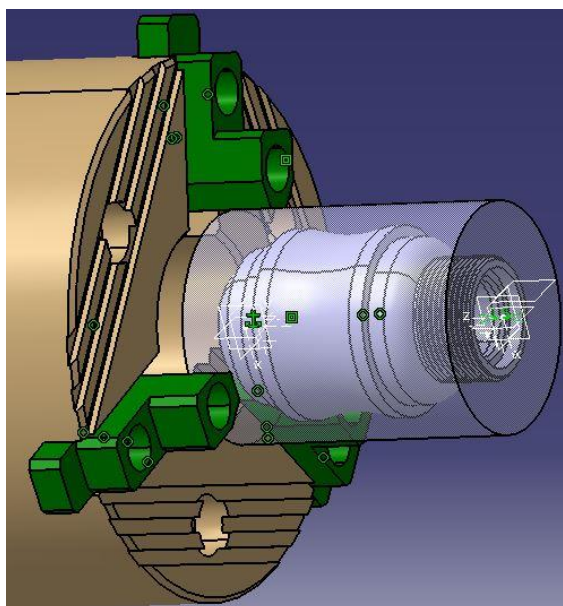


Командом **Offset Coinstraint**  се задају димензиона ограничења између површина. Активирањем ове команде отвара се прозор **Constraint Properties**, у коме се задају димензиона ограничење (Сл. 2.4.5.3.).



Слика 2.4.5.3. Увођење димензионих ограничења

Активирањем команде **Update**  успостављају се постављена ограничења (Сл. 2.4.5.4.).



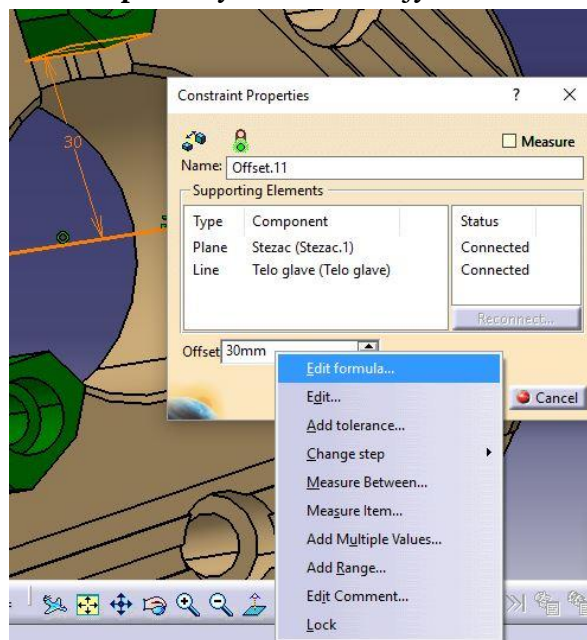
Слика 2.4.5.4. Склоп након ажурирања



Да би се остварило стезање припремка потребно је параметризовати стезну главну на основу параметара који су задати моделу припремка. Параметризовање се врши на следећим корацима:

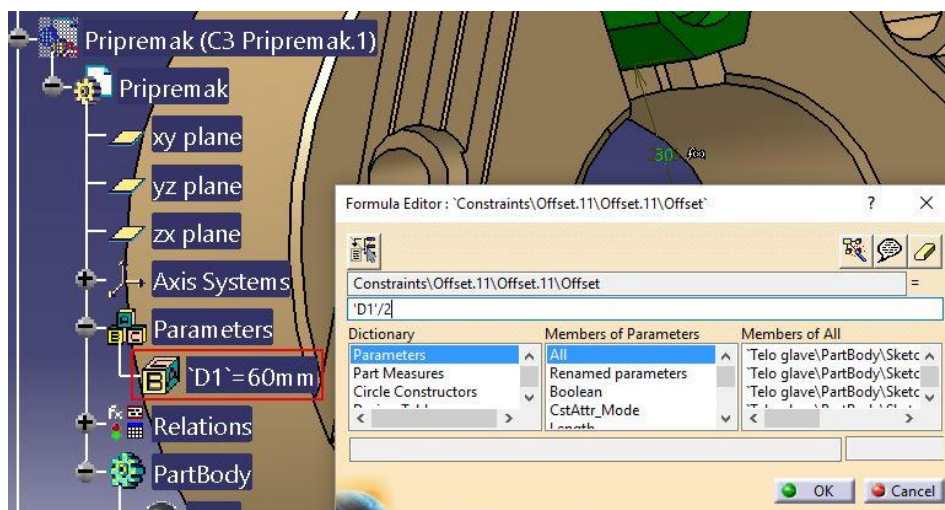
Корак 1: Дупли клик на име подсклопа стезне главе на стаблу модела, на тај начин се активира тај подсклоп.

Корак 2: Активирати команду **Offset Coinstraint**  затим се обележе површина и оса, затим се отвара прозор **Constraint Properties** у коме се задају димензиона ограничење (Сл. 2.4.5.5).



Слика 2.4.5.5. Увођење параметара стезне главе

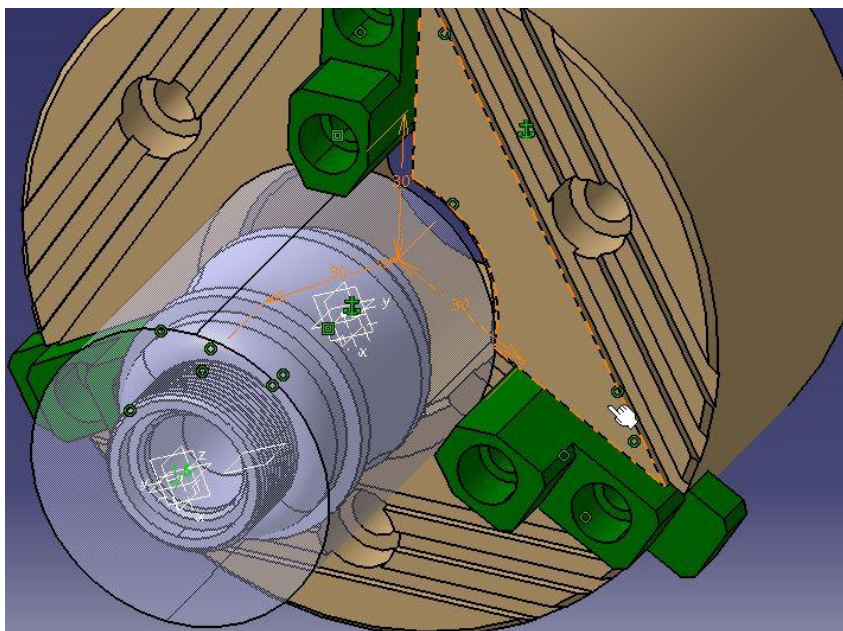
Одговарајући параметри се у формулу уводе кликом на параметар у стаблу модела. Када се параметризују пречници тада се вредности деле са два како би се добио полупречник (Сл. 2.4.5.6.). Поступак је исти за све стезне чељусти стезне главе.



Слика 2.4.5.6. Избор параметара



Дупли клик на име склопа на стаблу модела, активира се главни склоп. Активирањем команде **Update**  успостављају се постављена ограничења (Сл. 2.4.5.7).



Слика 2.4.5.7. Склопа за прву технолошку операцију



3. Дефинисање процеса обраде ротационих делова

Процес обраде скидањем струготине остварује се релативним кретањем алата у односу на обрадак при чему параметри тог кретања представљају елементе режима обраде. Величине режима обраде зависе од могућности одабране машине, захтеваног квалитета обраде, материјала обрадка и алата. Основни карактеристични елементи режима обраде су брзина резања, дубина резања и корак.

3.1 Режими обраде у обради стругањем

Режим обраде у обради стругањем је одређен брзином резања (1):

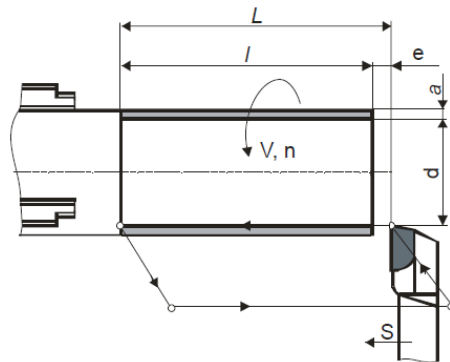
$$V = \frac{D \cdot \pi \cdot n}{1000} \approx \frac{D \cdot n}{320}, [m/min] \dots \dots \dots (1)$$

односно бројем обрта предмета обраде (2):

$$n = \frac{1000 \cdot V}{D \cdot \pi} \approx \frac{320 \cdot V}{D}, [o/min] \dots \dots \dots (2)$$

и кораком: $S, mm/o$ – померање алата за један обрт предмета обраде, а ређе и брзином помоћног кретања (3):

$$V = n \cdot S, mm/min \dots \dots \dots (3)$$



Слика 3.1. Основни елементи прорачуна главног времена обраде

На основу параметара режима обраде дефинише се и главно време обраде (4):

$$t_g = i \cdot \frac{L}{n \cdot S}, [min] \dots \dots \dots (4)$$



где су, поред познатих величина:

$i = \delta / (2 \cdot a)$ - број пролаза;

a , [mm] - дубина резања;

$L = l + e$, [mm] - ход алата;

l , [mm] - дужина обраде;

$e = 2-5$ mm - прилаз алата.

3.2 Корак у обради стругањем

Избор корака у обради стругањем обухвата:

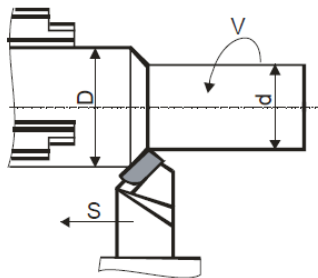
- проучавање производне операције,
- избор препоручене вредности корак и
- проверу и коначни избор корака.

Провера корака се изводи применом четири критеријума и то обзиром на:

- отпорност дршке стругарског ножа,
- услове настанка струготине,
- квалитет обрађене површине и
- стабилност предмета обраде.

3.3 Брзина резања у обради стругањем

Брзина резања (5) у обради стругањем представља обимну брзину предмета обраде. Дефинисана је за максималну вредност пречника обраде D (Сл. 3.3.1.):



$$V = \frac{D \cdot \pi \cdot n}{1000} \approx \frac{D \cdot n}{320}, [m/min] \dots \dots \dots (5)$$

Слика 3.3.1. Геометрија обраде у обради стругањем

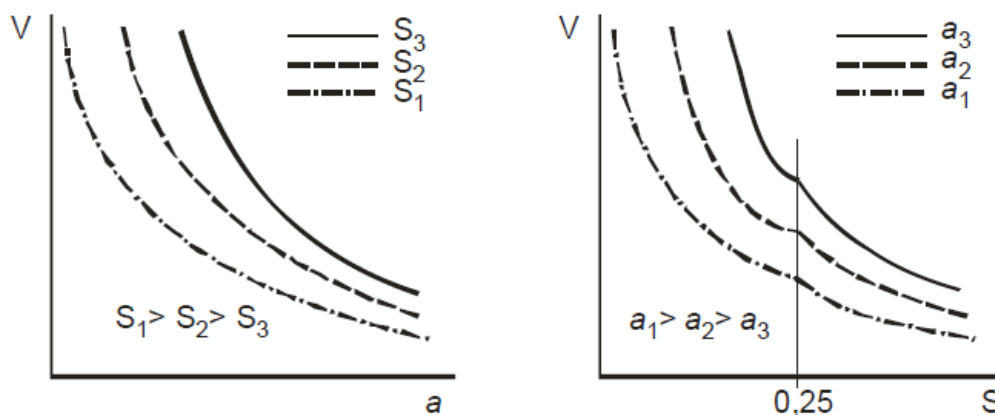
Избор брзине резања се остварује на бази препоруке (приближан избор) или прорачуна. Приближан избор брзине резања се изводи на основу препорука произвођача алата или литературних података (погледати приложене табеле у поглављу 7.) датих у зависности од врсте



материјала предмета обраде и алата и других параметара обраде (дубине резања, корака), резне геометрије алата и сл.

Прорачун (провера) брзине резања се изводи с обзиром на искоришћење постојаности алата и снаге машине.

Утицај дубине резања на брзину резања је једнозначан (Сл. 3.3.2.), јер са порастом дубине резања вредност брзине резања опада.



Слика 3.3.2. Утицај дубине резања и корака на брзину резања

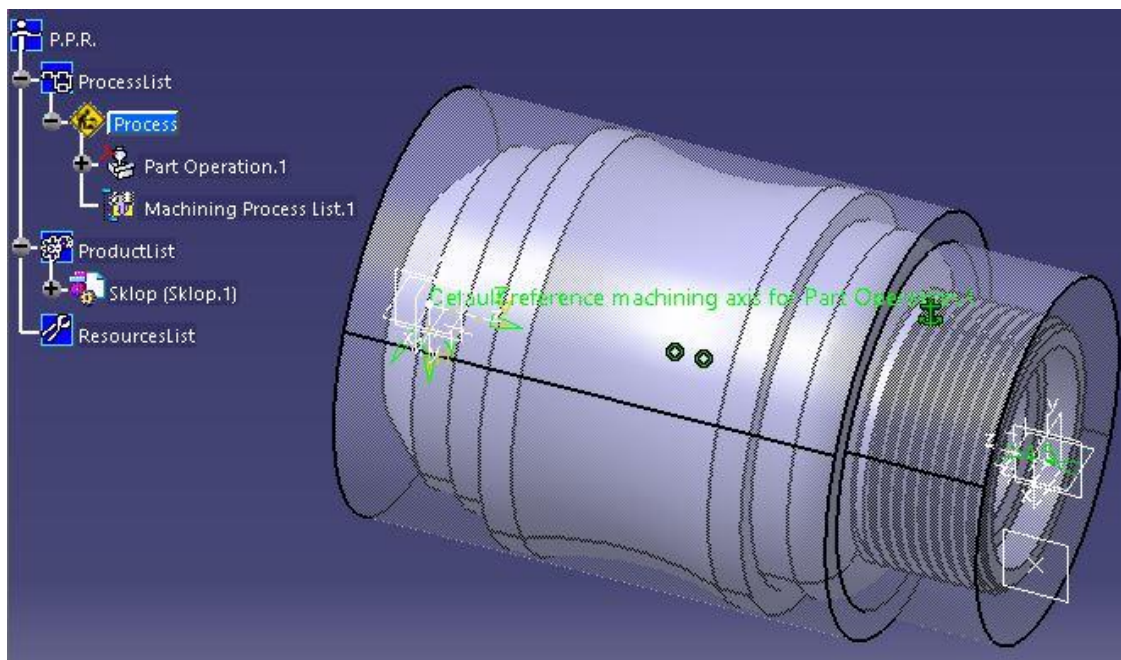
Зависност брзине резања и корака је дисконтинуалне природе, са једним или више дисконтинуитета. Са порастом корака вредност брзине резања опада.

Са порастом постојаности алата и тврдоће материјала предмета обраде вредност брзине резања опада. То значи да се тврђи материјали могу обрађивати при мањим вредностима брзине резања и да се већа постојаност алата обезбеђује смањењем брзине резања.



4. Дефинисање технолошког модела

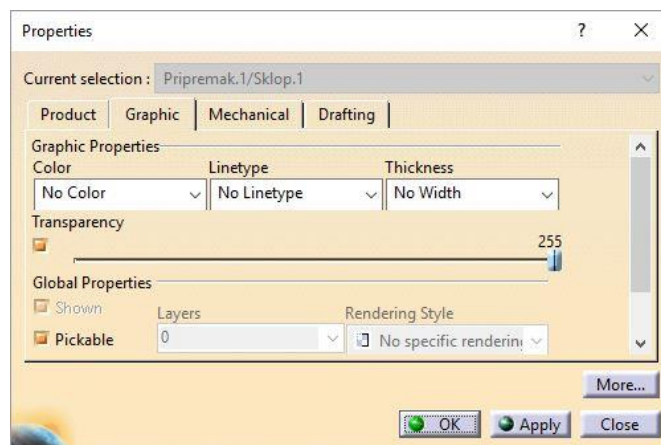
Када је завршено склапање модела, отворити **Start**→**Machining**→**Lathe Machining**, чиме се покреће модул за дефинисање процеса обраде ротационих делова.



Слика 4.1. Радно окружење модула *Lathe Machining*

Напомена:

Подешавање видљивости модела припремка као на слици 4.1 се врши десним кликом на *Pripremak* у стаблу модела изабрати опцију *Properties* и у кратици *Graphic* клизач *Transparency* померити у крајњи десни положај (Сл. 4.2.).

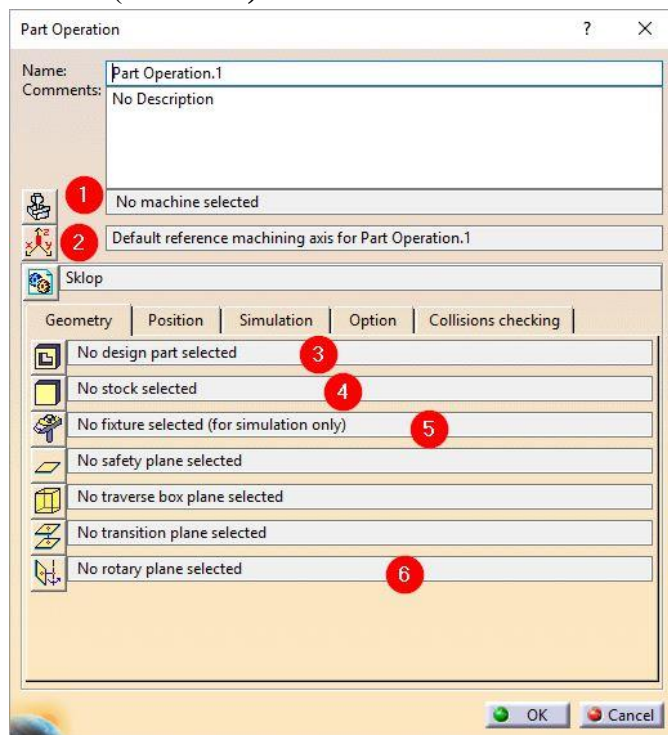


Слика 4.2. Подешавање видљивости модела припремка

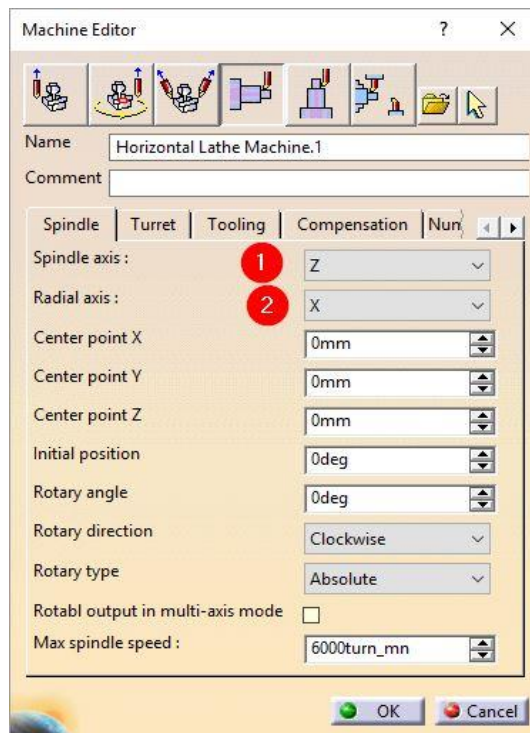


4.1 Дефинисати основних параметре за прву технолошку операцију

Дупли клик на **Part Operation.1** у стаблу **P.P.R.** након чега ће се отворити прозор **Part Operation** (Сл. 4.1.1.).



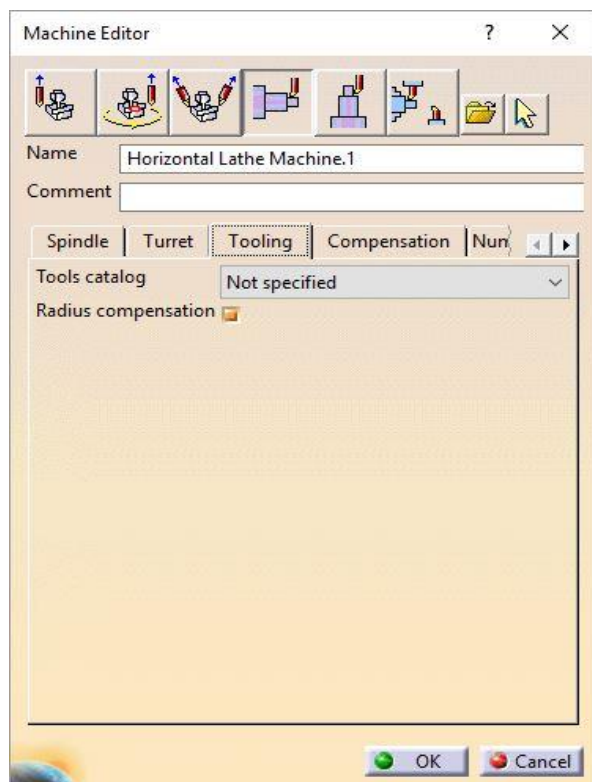
Слика 4.1.1. Прозор Part Operation



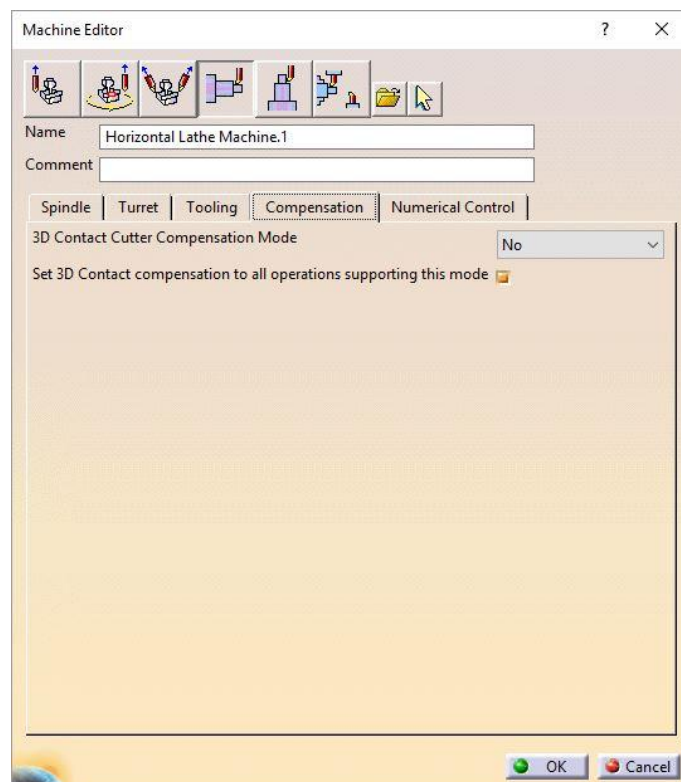
Слика 4.1.2. Избор машине и радних оса

Кликом на иконицу **Machine**  (Сл. 4.1.1.) отвара се прозор у коме се бира машина на којој се обрађује предмет обраде, одређују радне осе, смер обртања стезне главе. Као тип машине одабрати **Horizontal Lathe Machine.1** . Најчешће се за ротирајућу осу (поље 1) бира **Z**, а за попречну (поље 2) бира **X** (Сл. 4.1.2.).

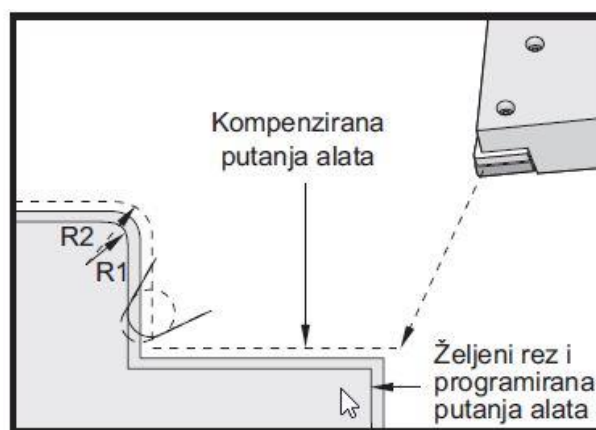
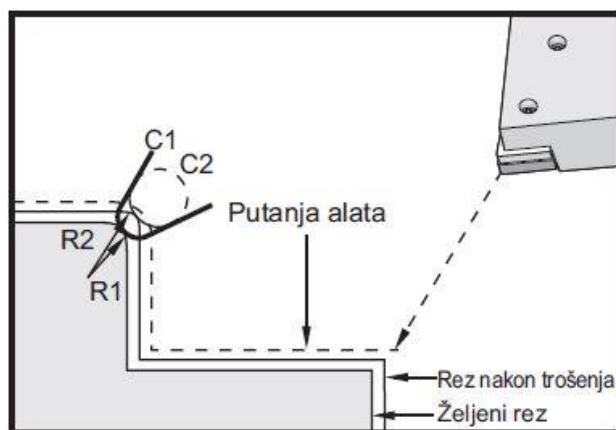
У картици **Tooling** потребно је чекирати команду **Radius compensation** (Сл. 4.1.3а) и у картици **Compensation** (Сл. 4.1.3б) потребно је чекирати **Set 3D compensation to all operations supporting this mode**. Компензација радијуса подразумева примену функција G41, G42 и G40 за њихово деактивирање. Активирањем ових функција, координате кретања алата не дефинишемо у односу на центар алата, већ у програму задајемо контуру коју треба добити са корекцијом алата, а управљачка јединица сама прорачунава путању кретања алата. На тај начин је програм функционалан и након преоштравања алата (промене пречника) (Сл. 4.1.4.).



Слика 4.1.3а. Укључивање компензације



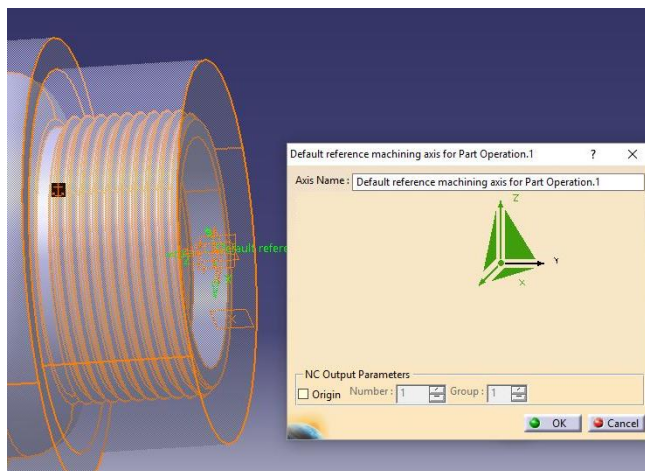
Слика 4.1.3б. Укључивање компензације



Слика 4.1.4. Компензација алата

Кликом на икону **Reference machining axis system**  (Сл 4.1.1.) отвара се прозор где се дефинише референтни координатни систем обраде.

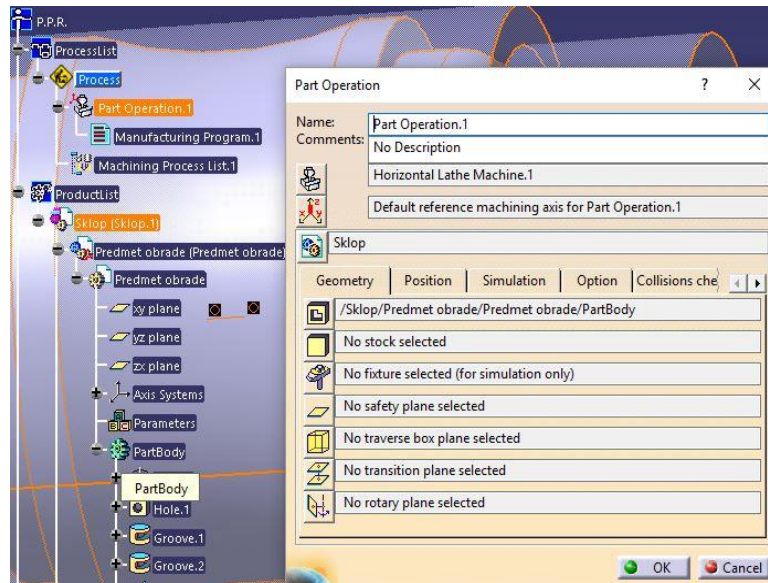
У прозору **Default reference machining axis for Part Operation.1** селекувати тачку центра координатног система, а након тога селекувати тачку центра координатног система предмета обраде. Ову тачку још називамо и нултом тачком предмета обраде (Сл. 4.1.5.).



Слика 4.1.5. Одређивање нулте тачке

Кликнути на иконицу **Design part for simulation**  (Сл 4.1.1 (3)), након чега означимо модел предмета обраде. Означавање модела предмета обраде се врши: у стаблу модела (Сл. 4.1.6.) селектовати **Product List** → **Sklop** → **Predmet obrade** → **PartBody**.

Исту процедуру поновити и за иконицу **Stock**  (Сл 4.1.1. (4)). У стаблу модела селектовати **Product List** → **Sklop** → **Припремак** → **PartBody**.



Слика 4.1.6. Одређивање предмета обраде

Опцијом **Fixtures for simulation**  (Сл. 4.1.1. (5)) се врши означавање стезне главе предмета обраде. Сваки елемент стезне главе се мора посебно селектовати по истом поступку као и предмет обраде и припремак.

1) **Product List** → **Sklop** → **Stezna glava** → **Part Body**.

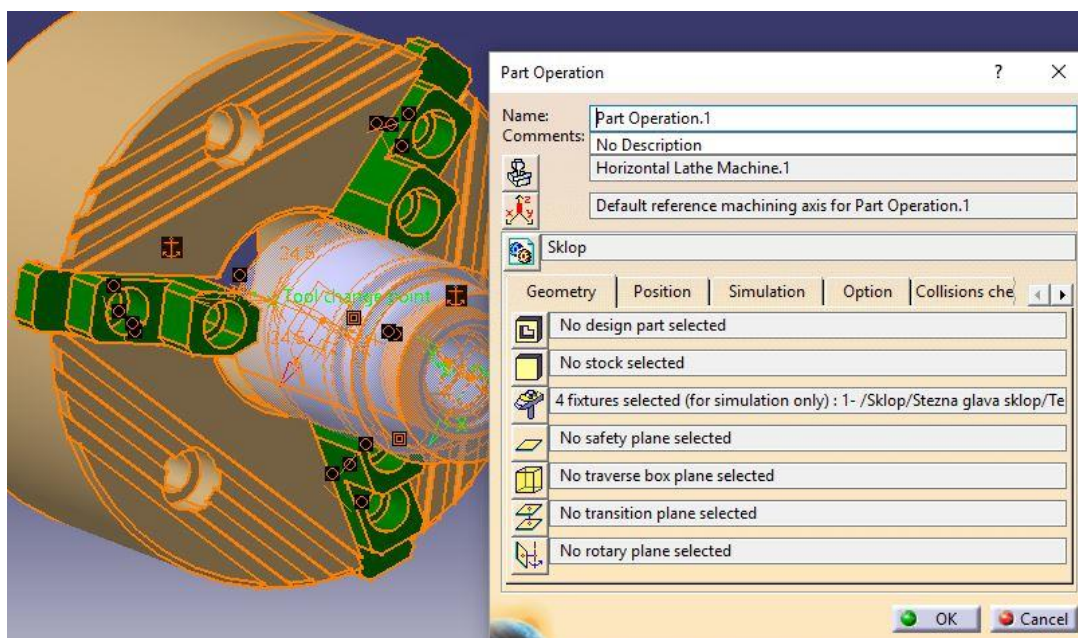


2) *Product List* → *Sklop* → *Stezač* → *Part Body*.

3) *Product List* → *Sklop* → *Stezač* → *Part Body*.

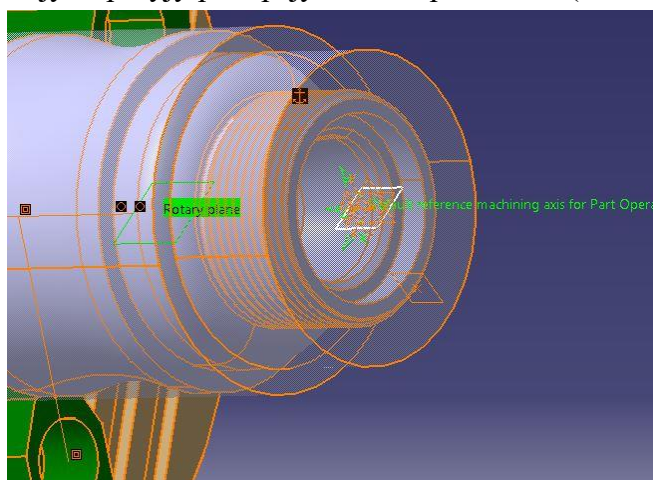
4) *Product List* → *Sklop* → *Stezač* → *Part Body*.

Део обрадног система кога чине стезна глава и радни комад омогућава да се креира техноошки модел који обједињује путање алата без колизије са радним окружењем. Стезна глава се увози у склоп као и остали елементи и доводи се у положај тако да је предмет обраде стегнут у стезним чељустима. (Сл. 4.1.7.)



Слика 4.1.7. Стезна глава

Опцијом **Rotary planes**  се означава ротирајућа раван у овом случају **zx** раван, која се мора поклапати са равни коју образују ротирајућа и попречна оса (Сл. 4.1.8.).



Слика 4.1.8. Ротирајућа раван



4.2 Дефинисање захвата и режима обраде за прву технолошку операцију

4.2.1 Rough Turning

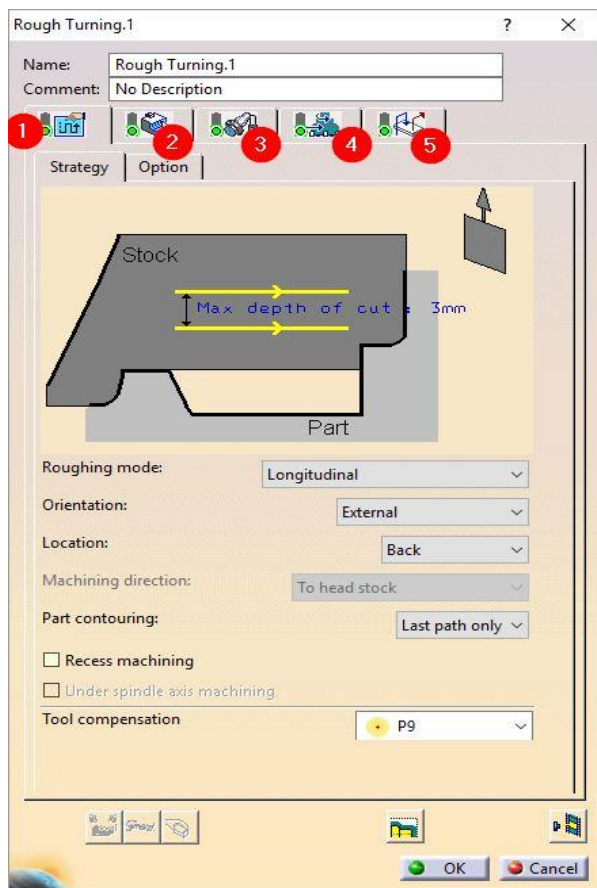
Изабрати команду **Rough Turning** , а затим у стаблу модела **Manufacturing Program.1**.
P.P.R→Process List→Process→Part Operation 1→Manufacturing Program.1

Напомена:

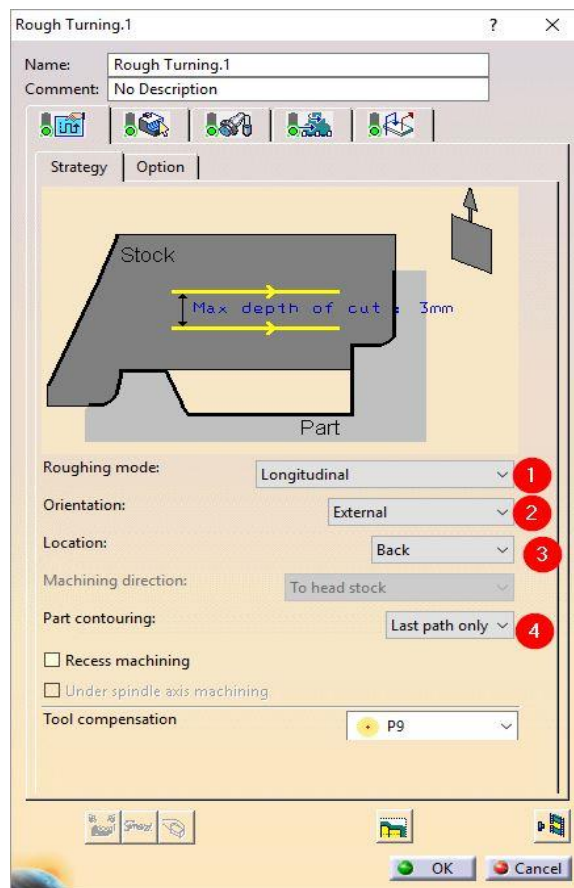
Пре сваког новог захвата потребно је селектовати последњи захват у стаблу модела.

Први захват у првој технолошкој операцији је уздужна и попречна груба обрада која се врши помоћу **Rough Turning** . Покретањем овог захвата отвара се прозор **Rough Turning** (Сл. 4.2.1.1.). У картицама са означеним бројевима се подешавају следећи параметри: кретање алата, врста обраде (2), режими обраде, подешавање алата, почетне и крајње тачке алата (Сл. 4.2.1.2.).

У првој картици се подешава дубина резања, кретање алата (1), врста обраде (2), прилаз алата (3), праћење контуре при кретању алата (4) (Сл. 4.2.1.2.).



Слика 4.2.1.1. Rough Turning



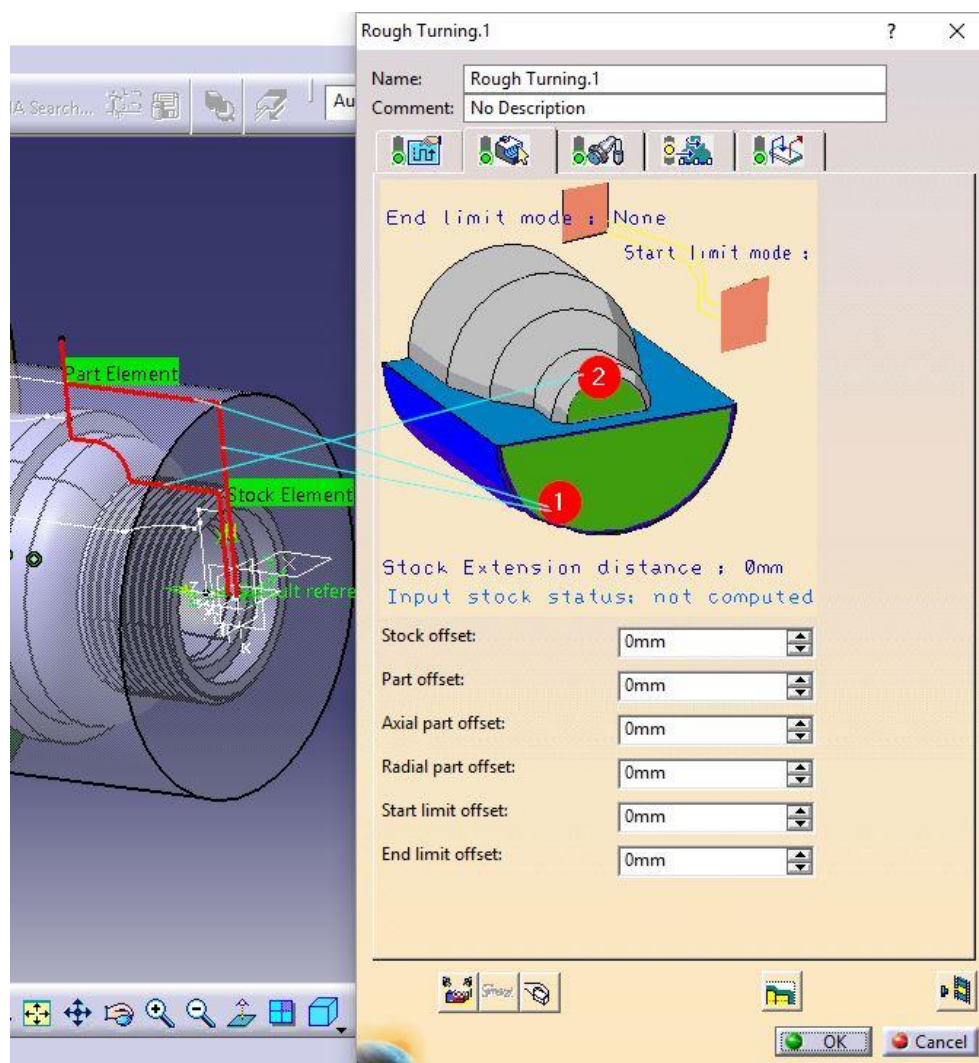
Слика 4.2.1.2. Подешавање кретања алата



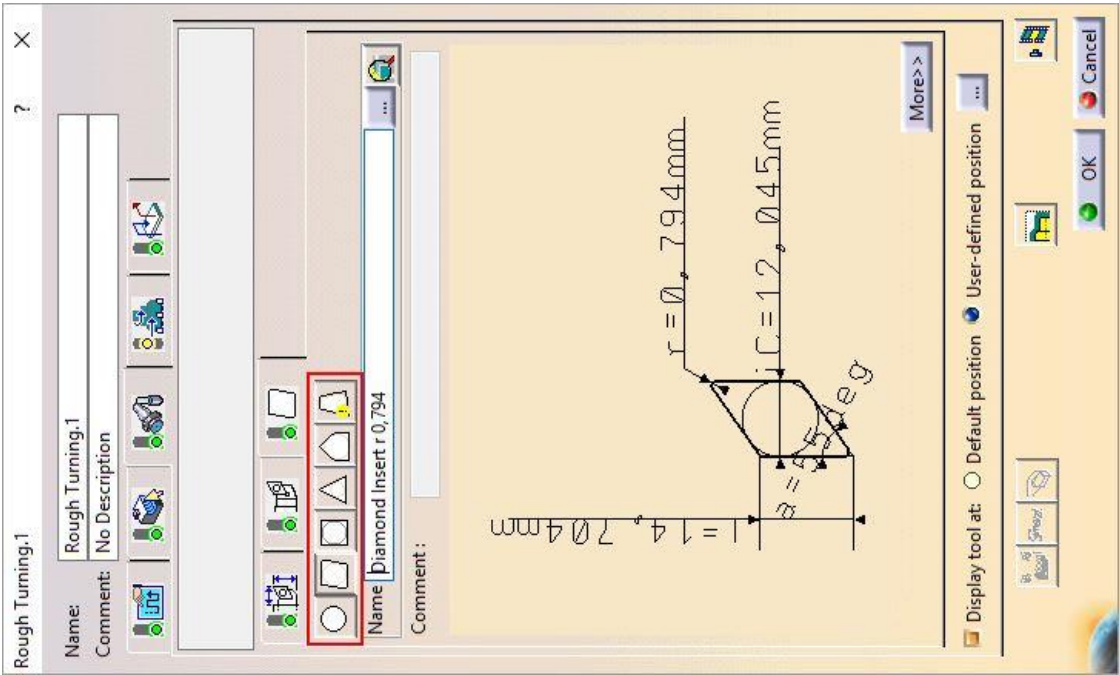
За спољашњу обраду у првој картици  потребно је изабрати у пољу **Orientation** у падајућем менију **External**

У другој картици се врши подешавање контуре предмета обраде и контуре припремка (Сл. 4.2.1.3.).

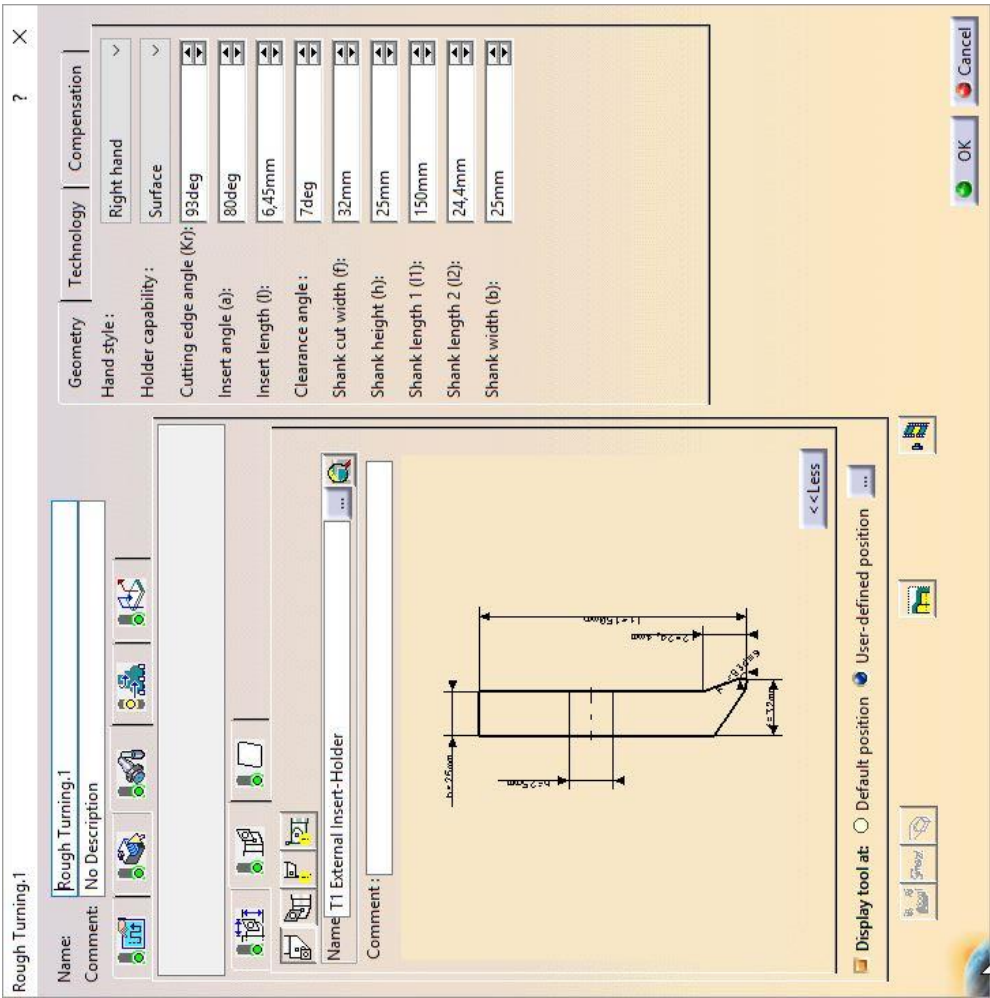
У картици број 3 са слика 4.2.1.4. и 4.2.1.5 се врши подешавање карактеристика алата. Подешавање алата може бити на основу каталога алата или бирати из креиране базе података. Карактеристике које се подешавају су нападни угао K_r , дужина ножа l_1 , димензије и облик дршке b и h , дужина врха ножа l_2 , ширина врха ножа f . У истој картици се подешају и карактеристике резних плочица. На слици 4.2.1.5. у црвеном правоугаонику се бирају облици плочица, а у прозору испод се подешавају оквирне димензије плочица. Карактеристике које се налазе у даљим подешавањима алата су преузете из SADVIK Catalog Tools 2012.



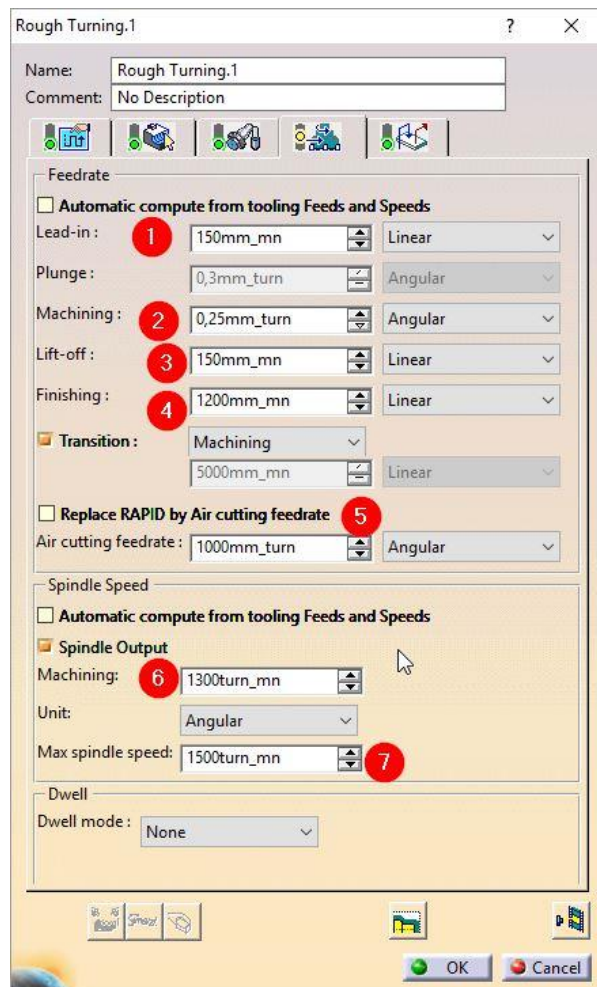
Слика 4.2.1.3. Подешавање контуре предмета обраде и припремка



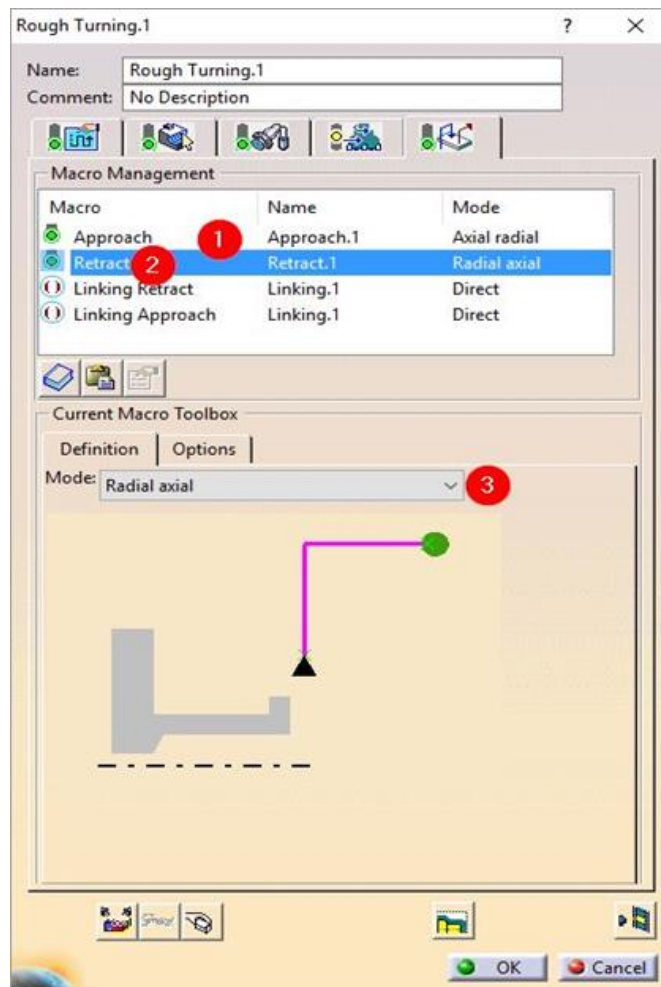
Слика 4.2.1.5. Подешавање карактеристика плоче



Слика 4.2.1.4. Подешавање карактеристика ножа



Слика 4.2.1.6. Подешавање режима обраде



Слика 4.2.1.7. Подешавање безбедносних тачака

Картица број 4 (Сл. 4.2.1.6.) служи за подешавање режима обраде који су претходно прорачунати и на основу искуства усвојени. Прво треба очекирати аутоматско израчунавање режима обраде за прозор **Feedrate** и **Spindle Speed**. У свим падајућим менијима подесити да буде **Linear** сем последњег у ком треба да буде **Angular**.

У пољима **Lead-in** (1) се уноси брзина прилаза ножа припремку, **Lift-off** (3) се уноси брзина којом нож одлази од припремка. Док се у пољима **Machining** (2) уноси вредност посмака или брзине помоћног кретања која се може изабрати у падајућем менију, а у поље **Finishing** (4) се уноси брзина којом се завршава задњи пролаз. Поље број 5 служи за подешавање броја обртаја стезне главе док је нож у ваздуху, тј. док се не врши резање. У поља 6 и 7 се уносе вредности брзине и максималне брзине радног вретена.

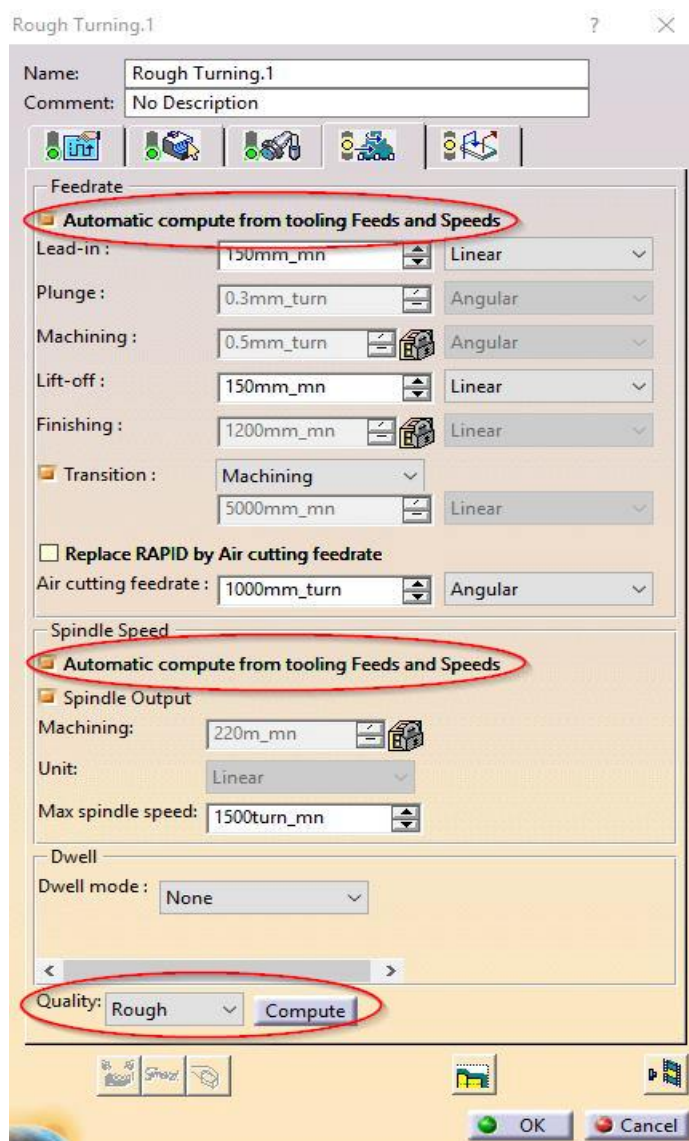
Картица број 5 (Сл.4.2.2.7.) служи за активирање опција **Approach** (1) и **Retract** (2) које се односе на почетну и крајњу тачку одакле полази и долази глава са алатима када се врши измена алата. Да би се активирале ове опције потребно је из контекстуалног менија, који се отвара притиском на десни тастер миша, изабрати команду **Activate**. Жељена тачка се бира тако што се кликне на крстић у кружићу на слици и изабере тачка која се претходно мора креирати у моделу



предмета обраде. Кружић након изабране тачке позелени. У пољу **Mode** (3) се бира путања носеће главе.

4.2.2 Параметризација режима обраде при грубој/финој уздужној обради

Како се не би сваки пут прорачунавали режими обраде, потребно је параметризовати режими обраде у картици за избор алата. Чекирањем опције **Automatic compute from tooling Feeds and Speeds** и у падајућем менију **Quality** изабрати опцију **Rough** параметри који су задати у карактеристицама плочице се аутоматски повезују са параметрима у пољима **Feedrate** и **Spindle Speed** на слици 4.2.1.7. На потпуно исти начин се врши и параметризација за фину обраду само што се уместо опције **Rough** бира опција **Finish** падајућем менију **Quality**.

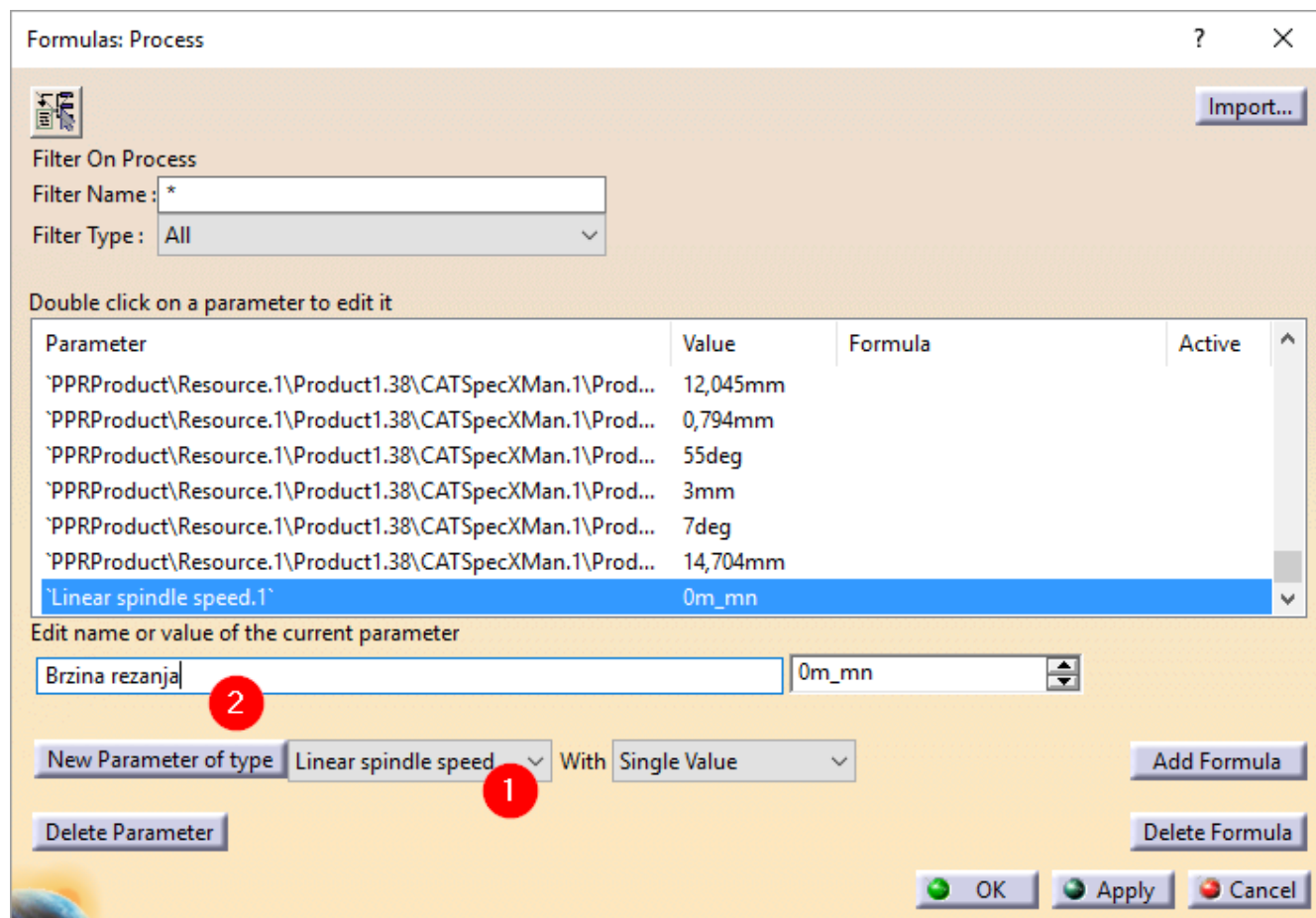


Слика 4.2.2.1. Подешавање аутоматског прорачуна



Да би се извршила параметризација режима обраде резне плочице потребно је креирати три параметра који се поклапају димензијски са параметрима који се подешавају. Параметри који се креирају су **Dubina rezanja**, **Korak** и **Brzina rezanja**.

Активирати команду за креирање формула и параметара **Formula**  након чега ће се отворити прозор за креирање нових параметара. (Сл. 4.2.2.2.)

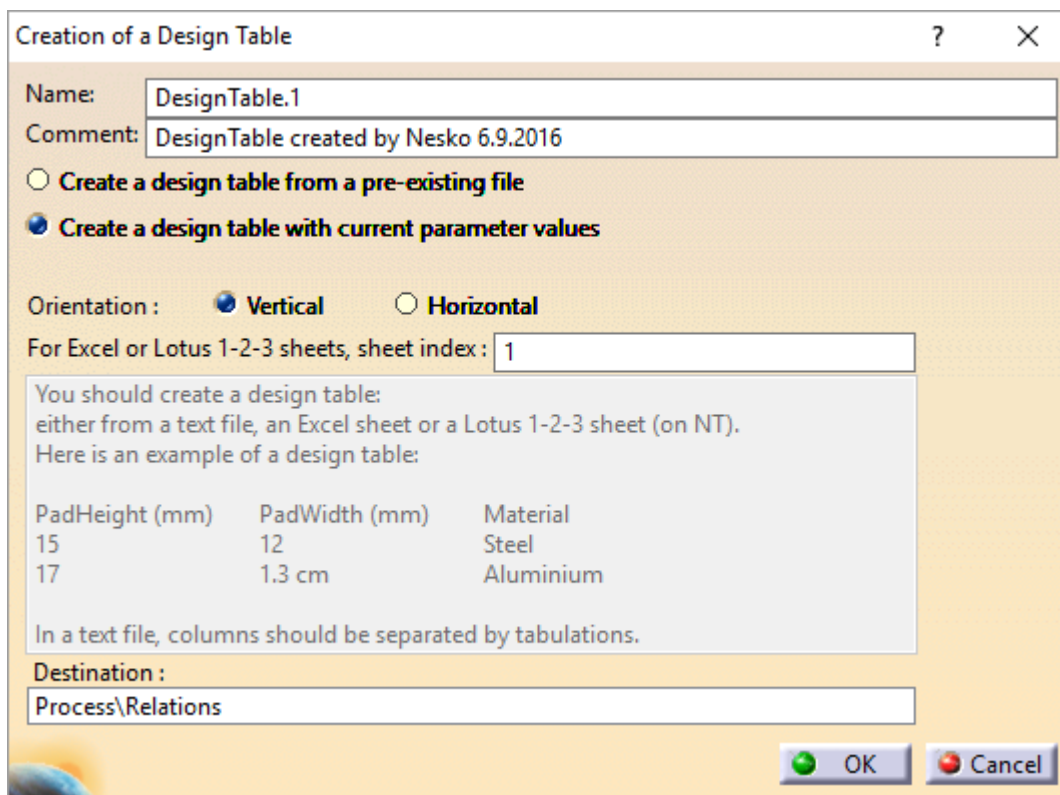


Слика 4.2.2.2 Креирање параметара

Први корак у креирању новог параметра је одређивање типа параметра. За параметар **Brzina rezanja** потребно је одабрати **Linear spindle speed**, за **Korak** одабрати **Linear feed rate**, а за **Dubina rezanja** одабрати **Lenght**.

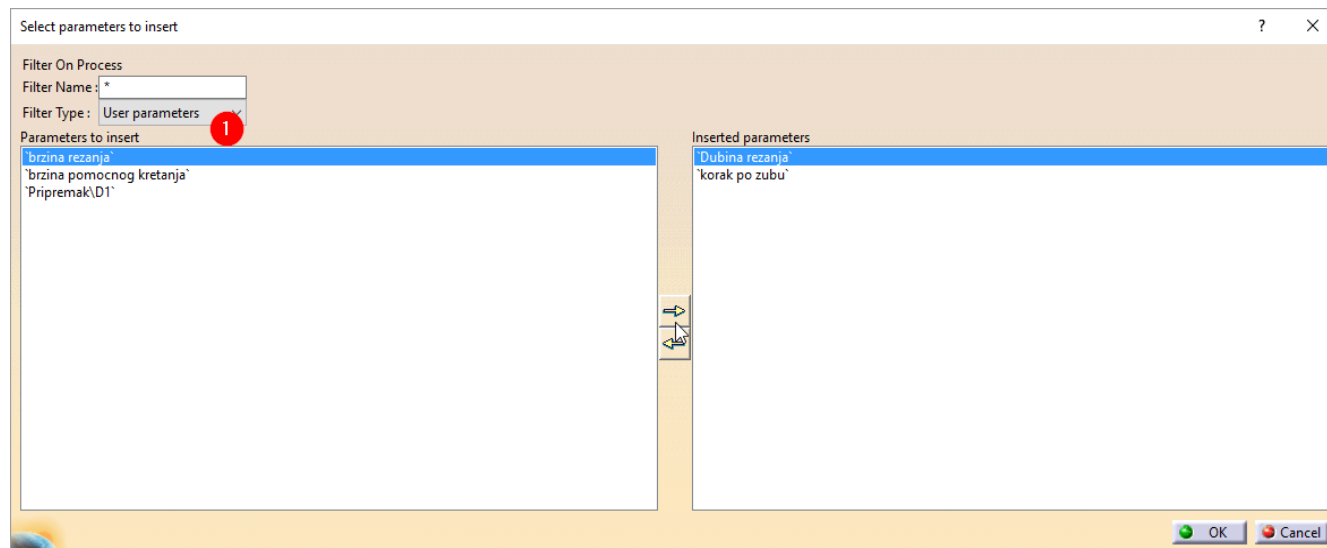
Наредни корак је креирање параметра преко опције **New Parameter of type**, након креирања потребно је задати име параметру и потврдити га опцијом **Apply**. Када се заврши креирање параметара потврдити са опцијом **OK**.

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



Слика 4.2.1.3. Креирање табеле параметара

У отвореном прозору као на слици 4.2.2.3. потребно је чекирати опције **Create a desing table with current parameter values** и **Vertical**. Потврдом на **OK** отвара се прозор (Сл. 4.2.2.4.) у коме је потребно у падајућем менију одабрати **User parameters** (Сл. 4.2.2.4. поље 1) и креиране параметре пребацити на десну страну уз помоћ стрелице на десно. Редослед којим се пребацују параметри биће редослед у табели која се креира.



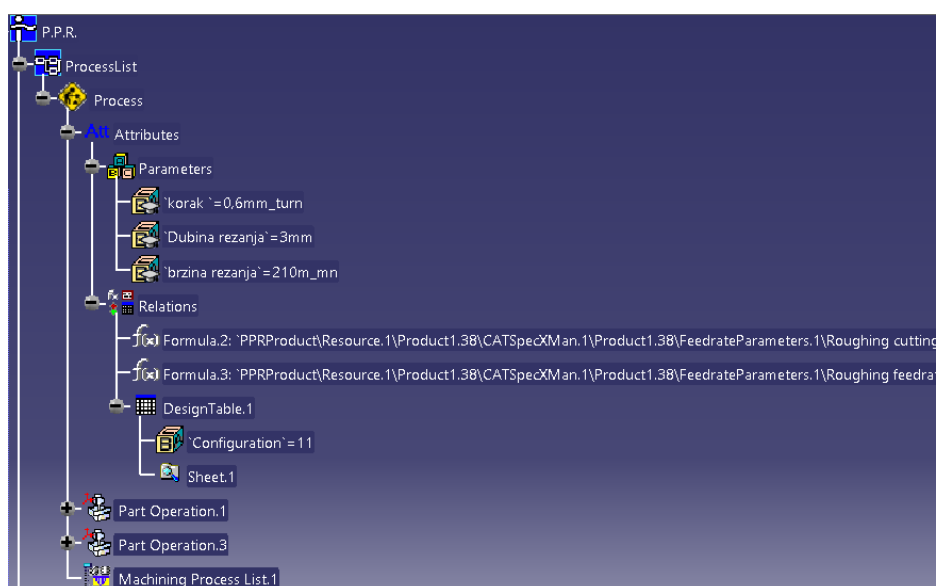
Слика 4.2.2.4. Пребацивање параметара



Потврдом на **OK** отвара се табела коју је потребно попунити са одговарајућим вредностима за одговарајуће параметре (Сл. 4.2.2.5.). Када се заврши попуњавање табеле потребно је сачувати табелу у истом фолдеру где су и остали фајлови. Креирани параметри су приказани у стаблу процеса (Сл. 4.2.2.6.).

	A	B	C	D	E
1	`Dubina re`korak `(n`brzina rezanja` (m_mn)				
2	1	0,6	220		
3	1	0,6	200		
4	1	0,6	210		
5	1	0,6	190		
6	2	0,6	220		
7	2	0,6	200		
8	2	0,6	210		
9	2	0,6	190		
10	3	0,6	220		
11	3	0,6	200		
12	3	0,6	210		
13	3	0,6	190		
14	4	0,6	220		
15	4	0,6	200		
16	4	0,6	210		
17	5	0,6	220		
18	5	0,6	200		
19	5	0,6	210		
20					

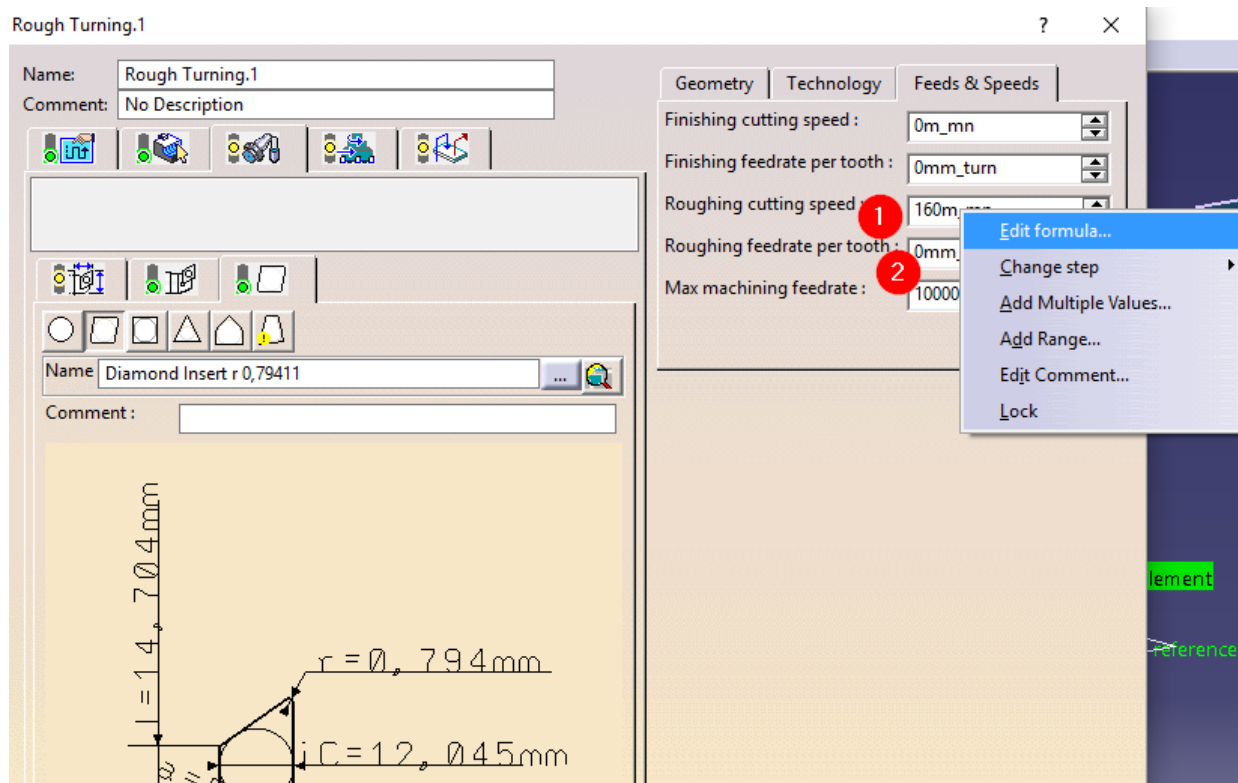
Слика 4.2.2.5. Креирање табеле вредности параметара



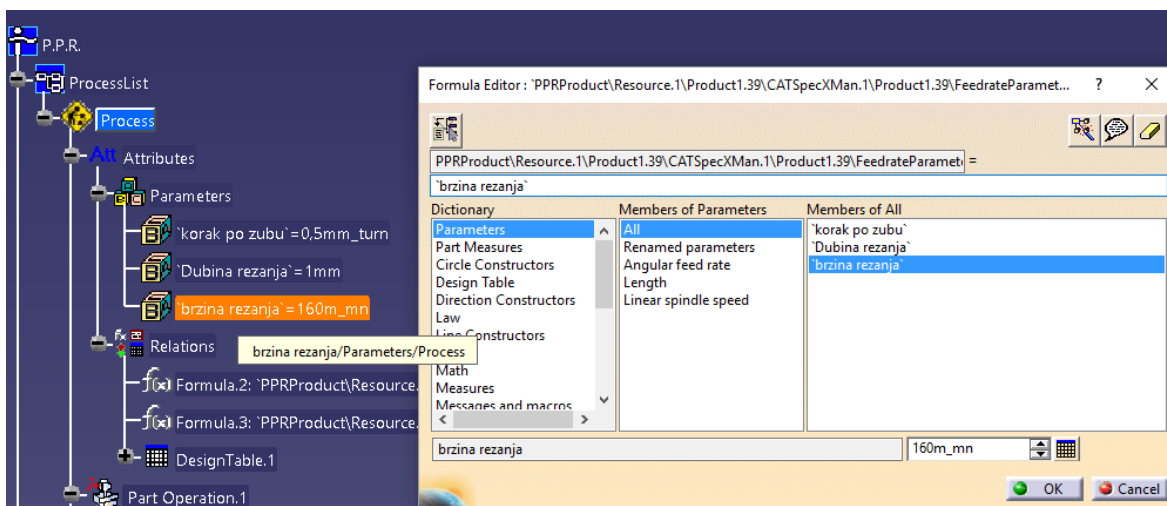
Слика 4.2.2.6. Параметри у стаблу модела



Сада је потребно повезати креиране параметре са параметрима резних плочица. Повезивање параметара се врши када се отвори картица **More** у подешавању резне плочице. 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. 4.2.2.7. и Сл. 4.2.2.8.). На слици 4.2.2.7 у пољу 1 се повезује параметар за брзину резања а у пољу 2 се повезује параметар за корак.



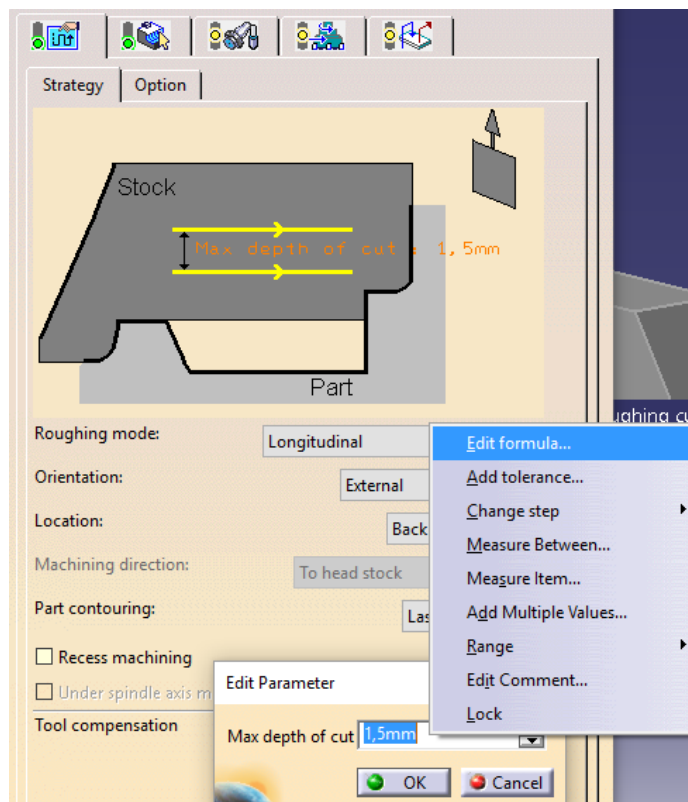
Слика 4.2.2.7. Повезивање параметара



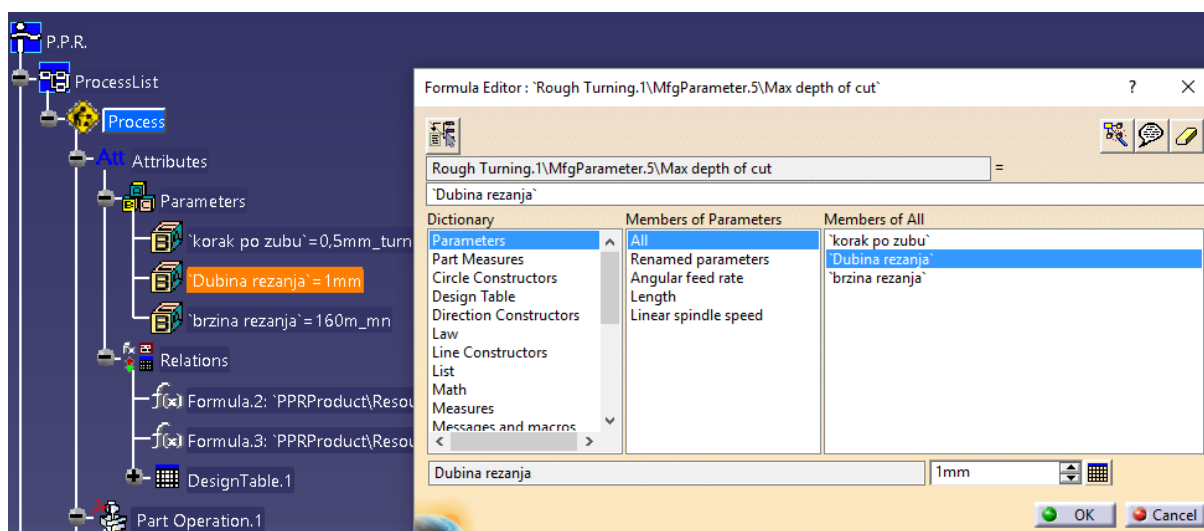
Слика 4.2.2.8. Бирање параметара



Параметар дубине резања се подешава у првој картици. Када се отвори опција за подешавање вредности дубине резања, у пољу где се уноси вредност дубине резања, на исти начин се врши повезивање параметара као и код плочице само што се сада бира параметар за дубину резања (Сл. 4.2.2.9. и Сл. 4.2.2.10.). Мењање вредности параметара се врши дуплим кликом и уношењем жељене вредности из табеле.



Слика 4.2.2.9. Повезивање параметара



Слика 4.2.2.10. Бирање параметара

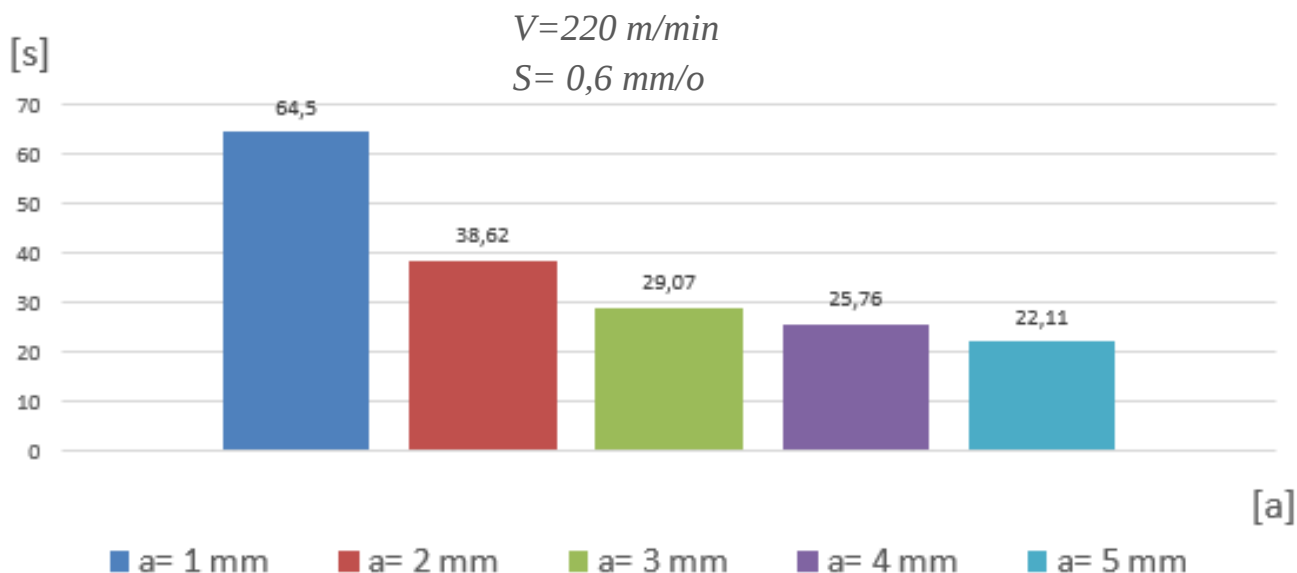


График 4.2.2.1. Зависност главног времена обраде од дубине резања

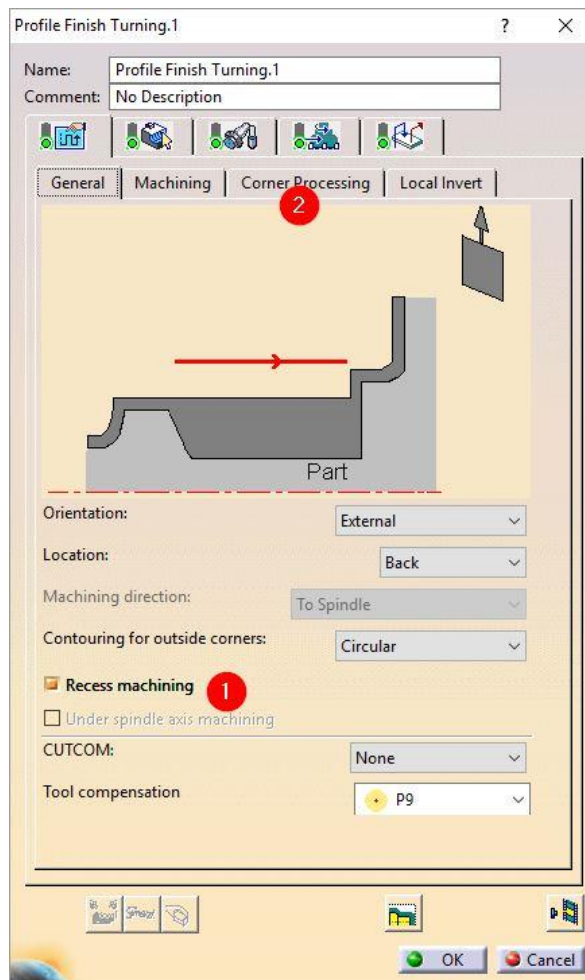
4.2.3 Profile Finish Turning

Наредни захват је уздужна фина обрада која се врши помоћу **Profile Finish Turning** . Покретањем ове операције отвара се прозор **Profile Finish Turning** (Сл. 4.2.3.1). Пошто се ради о финој обради мора се чекирати **Recess machining** (1) (Сл. 4.2.3.1.).

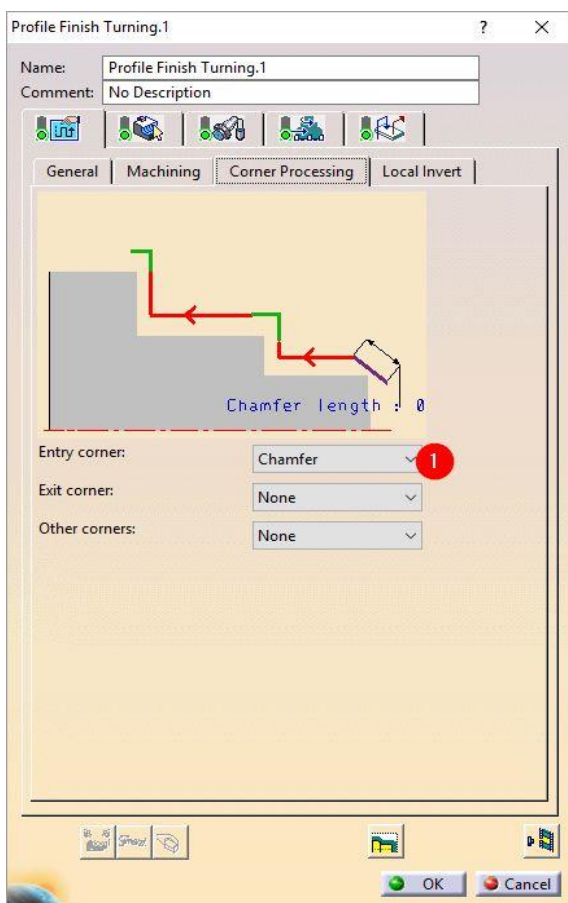
У првој картици се подешава, врста обраде, прилаз алата, праћење контуре при кретању алата.

За фину спољашњу обраду у првој картици  потребно је изабрати у пољу **Orientation** у падајућем менију **External**.

Следеће што се мора подесити је **Corner Processing** (2). У овој картици се подешавају ивице и углови код прелаза са једног пречника на други. (Сл. 4.2.3.3.)



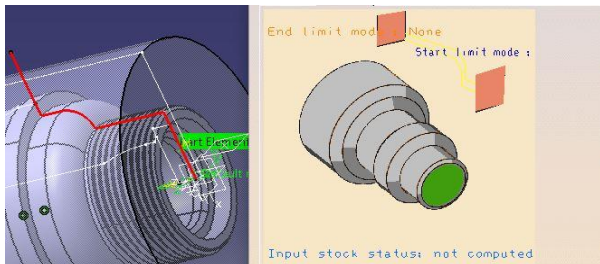
Слика 4.2.3.1. Подешавање фина обраде



Слика 4.2.3.3. Подешавање прелаза

У пољу **Entry corner** (1) бирамо **Chamfer** а кликом на **Chamfer length** отвара се прозор у коме се уноси дужина оборене ивице. (Сл. 4.2.3.3.)

Друга картица  подешава се као и у претходној операцији контура предмета обраде.



Слика 4.2.3.4. Подешавање контуре за фину обраду

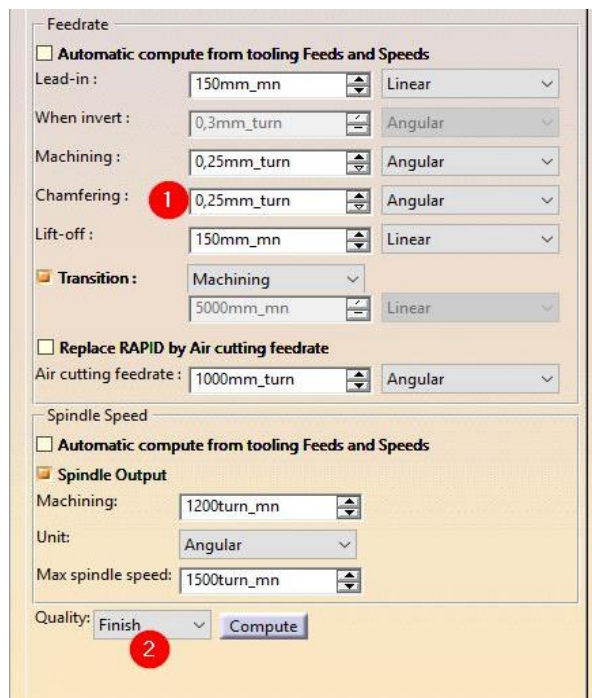
Када се ради о финој обради само се подешава контура предмета обраде.

Следеће што се подешава су карактеристике алата у истој картици као и у претходној технолошкој операцији. За фину обраду остаје исти алат од претходне операције.

У картици за подешавање режима обраде  (Сл. 4.2.3.5.) има малих разлика у виду што се још подешавају корак за обарање ивица (1) и квалитет обрађене површине (2).

Корак за обарање ивица је исти као приликом обраде. Квалитет обрађене површине се бира тако што се у падајућем менију изабере **Finish** чиме се означава да нема накнадне обраде.

У последњој картици  све се исто подешава са тим што се сада не морају креирати нове тачке, већ се могу искористити постојеће тачке.



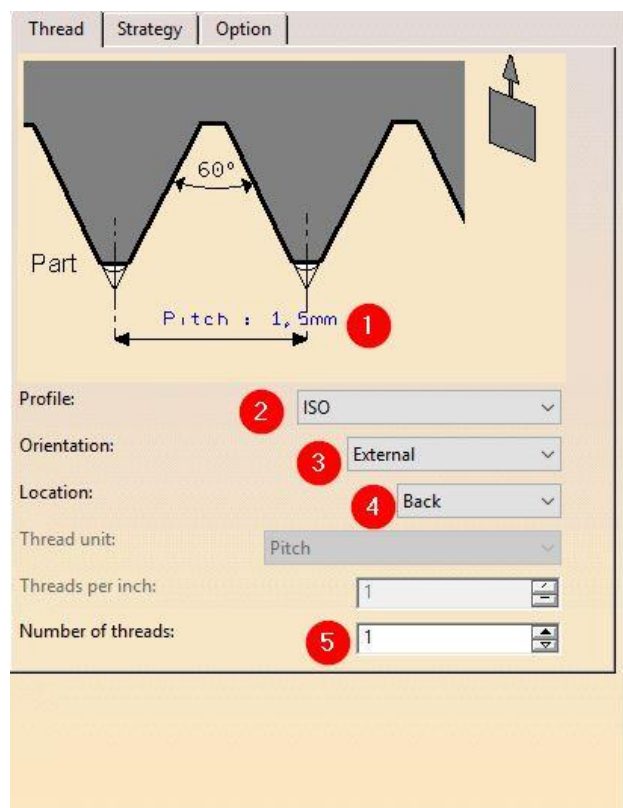
Слика 4.2.3.5. Подешавање режима обраде за фину обраду



4.2.4 Thread turning

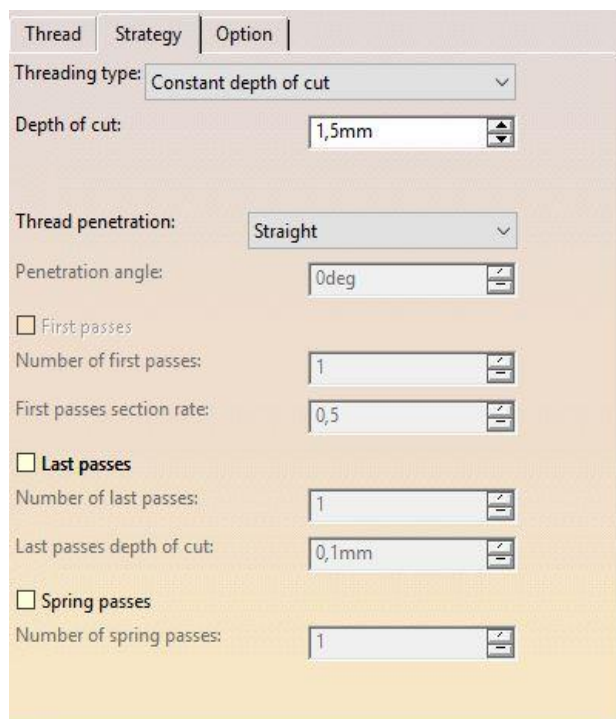
Следећи захват је израда навоја који се врши помоћу **Thread Turning**. Покретањем ове операције отвара се прозор **Thread Turning** (Сл. 4.2.4.1.) за подешавања у првој картици **Thread** потребно је подесити корак навоја (1), врсту навоја (2), у падајућем менију **External** (3), за положај на изабрати **Back** (4) и број навоја (5) (Сл. 4.2.4.1.).

У картици **Strategy** се подешава дубина резања навоја у пољу **Depth of cut** и остале карактеристике ако навој није стандардан (Сл. 4.2.4.2.).

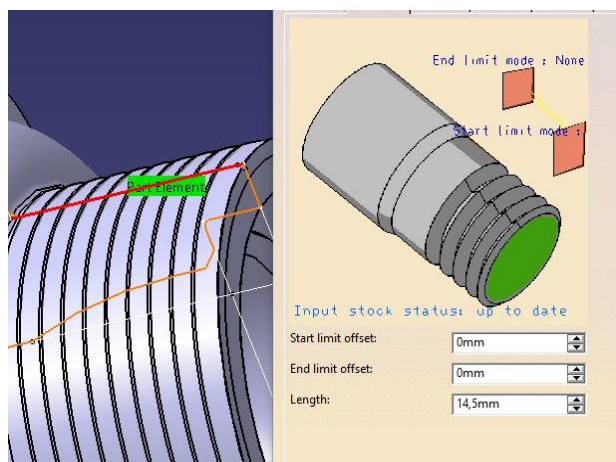


Слика 4.2.4.1. Подешавање навоја

У другој картици **Strategy** се подешава контура по којој се врши резање навоја. За контуру по



Слика 4.2.4.2. Подешавање карактеристика навоја



Слика 4.2.4.3. Подешавање контуре

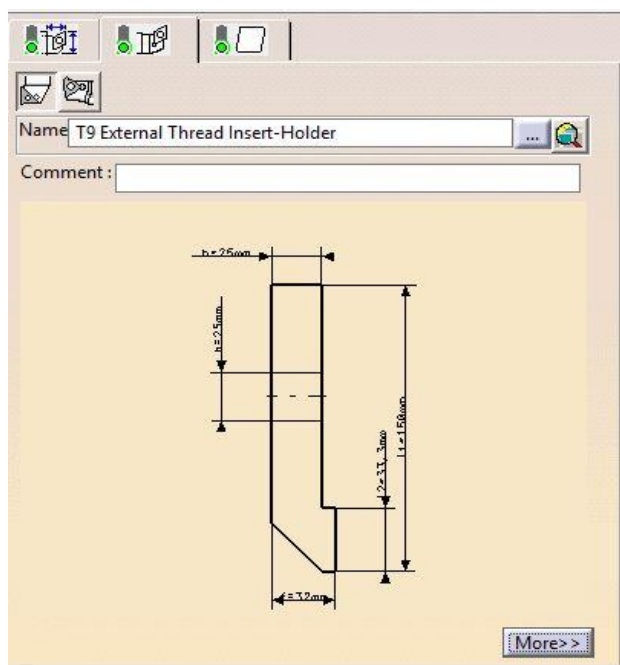
којој се врши резање навоја потребно је пројектовати ивицу предмета.

У пољу **Length** унети вредност дужине навоја (Сл. 4.2.4.3.).

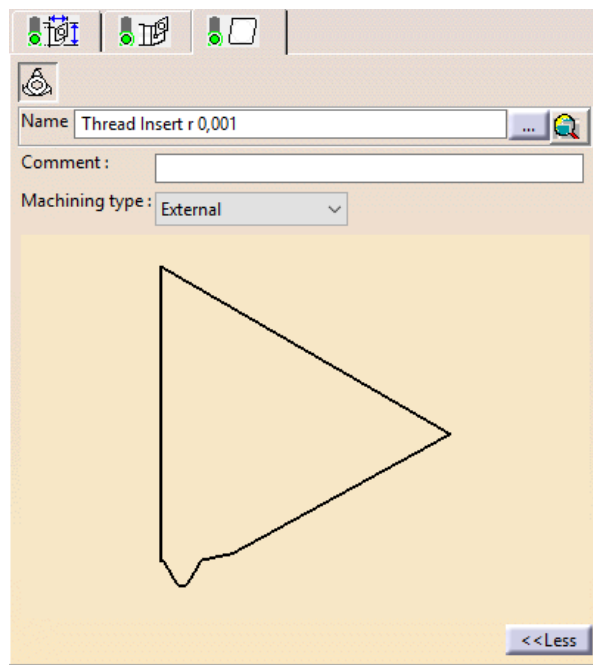


У картици се врши подешавање карактеристика алата. Опцијом се врши одабир алата за спољашњу обраду (Сл. 4.2.4.4.). Подешавање алата се врши као и у претходним захватима. У картици се подешају карактеристике резне плочице (Сл. 4.2.4.5. и Сл. 4.2.4.6.).

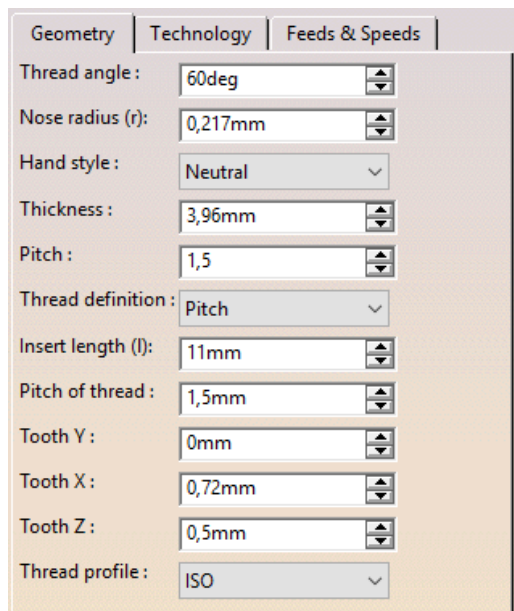
У картици за подешавање режима обраде се подешава само број обртаја радног вретена при резању навоја (1), максимална брзина резања (2) и чекирањем опције **Transition** се укључују брзи ход за прилаз припремку (Сл. 4.2.4.7.).



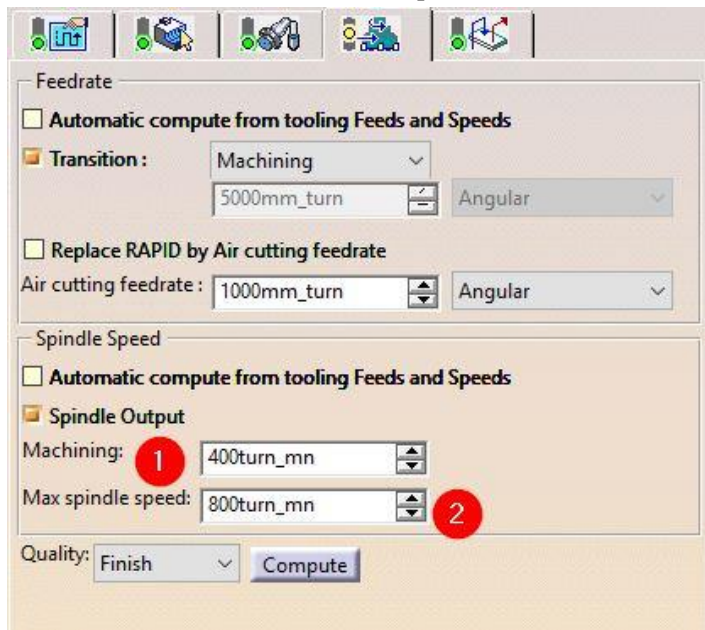
Слика 4.2.4.4. Подешавање алата



Слика 4.2.4.5. Изглед резне плочице



Слика 4.2.4.6. Подешавање резне плочице



Слика 4.2.4.7. Подешавање режима обраде



4.2.5 Spot Drilling

Наредни захват који се изводи је забушивање. Забушивање се врши помоћу опције **Spot drilling** . Покретањем ове опције отвара се стандардни прозор као и у претходним операцијама.

У првој картици се врши подешавање избора забушивања (2), прилаз алата (1), дубина забушивања (4) и тип дубине (3) (Сл. 4.2.5.1.).

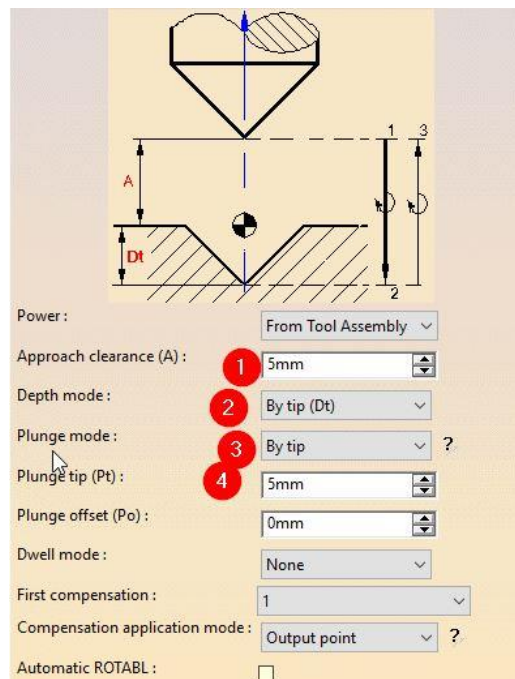
У картици за подешавање избора контуре потребно је означити чеону површину од које креће забушивање и тачку (1) кроз коју пролази оса забушивања. (Сл. 4.2.5.2.)

Подешавање алата се обавља исто као и у претходним захватима у картици (Сл. 4.2.5.4.).

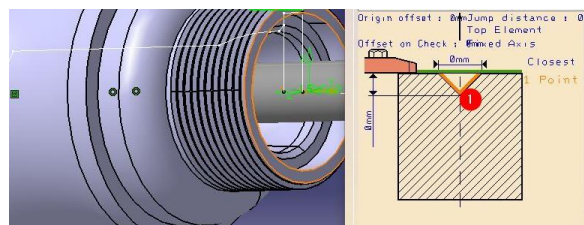
Карактеристике алата тј. забушивача су преузете из SADVIK Catalog Tools 2012. У карактеристикама алата подешава се номинални пречник алата (1), укупна дужина алата (2), резна дужина алата (3), пречник дршке алата (4) и резни угао врха алата (5) (Сл. 4.2.5.3.).

У картици за подешавање режима обраде се подешавају брзина доласка (1) и одласка (4) алата, забушивање (2), посмак (3), брзи ход (5), брзина обртања (6) и максимална брзина обртања (7) (Сл. 4.2.4.5.).

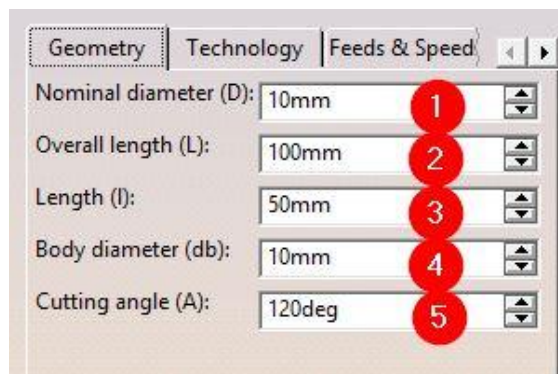
Подешавање безбедносних тачака је исто као и у претходним операцијама.



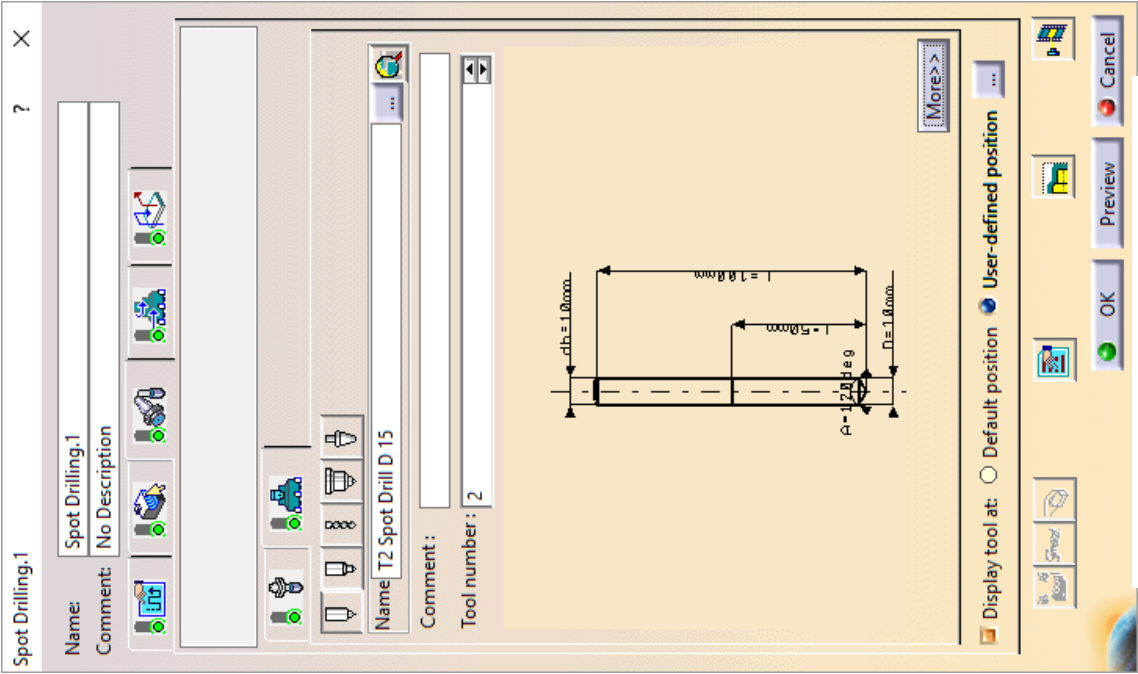
Слика 4.2.5.1. Подешавање типа забушивања



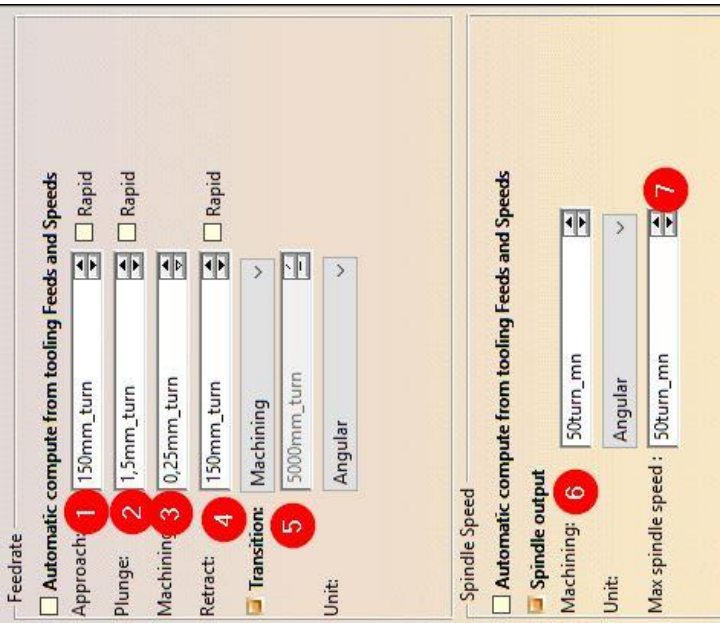
Слика 4.2.5.2. Подешавање контура



Слика 4.2.5.3. Подешавање карактеристика алата



Слика 4.2.5.4. Подешавање карактеристика алата



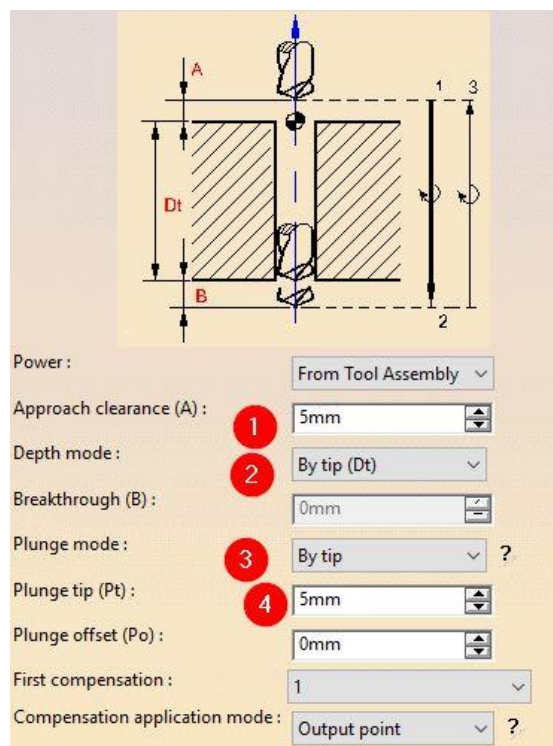
Слика 4.2.5.5. Подешавање режима обраде



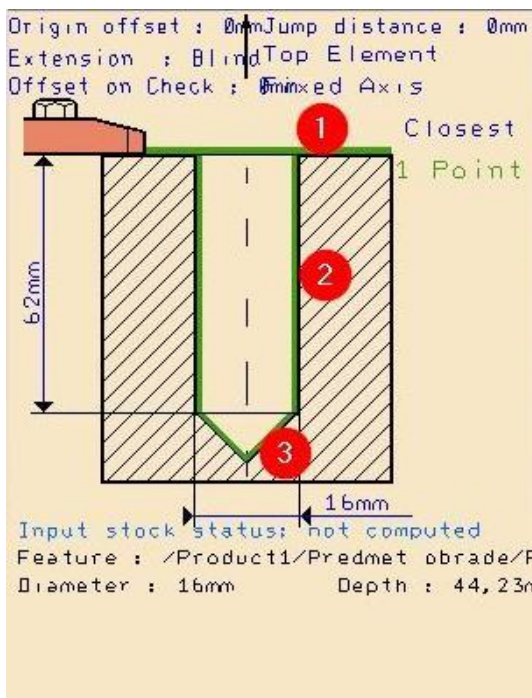
4.2.6 Drilling

Следећи захват је **Drilling**  служи за бушење отвора. У картици  се врши подешавање избора бушења (2), прилаз алата (1), дубина бушења у једном ходу (4) и излаз алата (3) (Сл. 4.2.6.1).

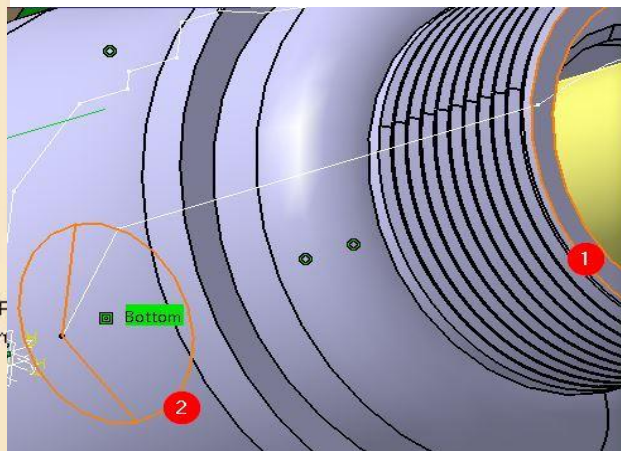
За подешавање контуре у другој картици  потребно је означити чеону површину од које креће бушење и почетак отвора и крај отвора (Сл. 4.2.6.2). Подешавање осталих параметара у осталим картицама је детаљно објашњено у претходној тачки 4.2.4.



Слика 4.2.6.1. Подешавање типа бушења



Слика 4.2.6.2. Подешавање контуре



4.2.7 Internal Rough Turning

Последњи захват за прву технолошку операцију је унутрашња обрада која се врши

помоћу **Rough Turning** . Покретањем ове операције отвара се прозор **Rough Turning** (Сл. 4.2.7.1.).

Разлика између унутрашње и спољашње обраде која је претходно објашњена у



првом захвату је само у алату и приласку алата. Остала подешавања која су иста.

За унутрашњу обраду у првој картици

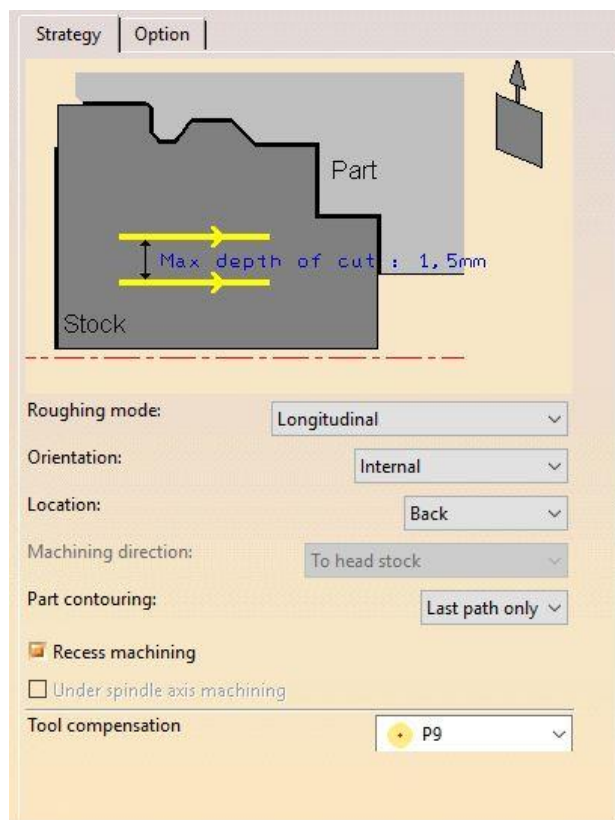


потребно је изабрати у пољу **Orientation** у падајућем менију **Internal**. Потребно је још чекирати и опцију **Recess machining** (Сл. 4.2.7.1.)

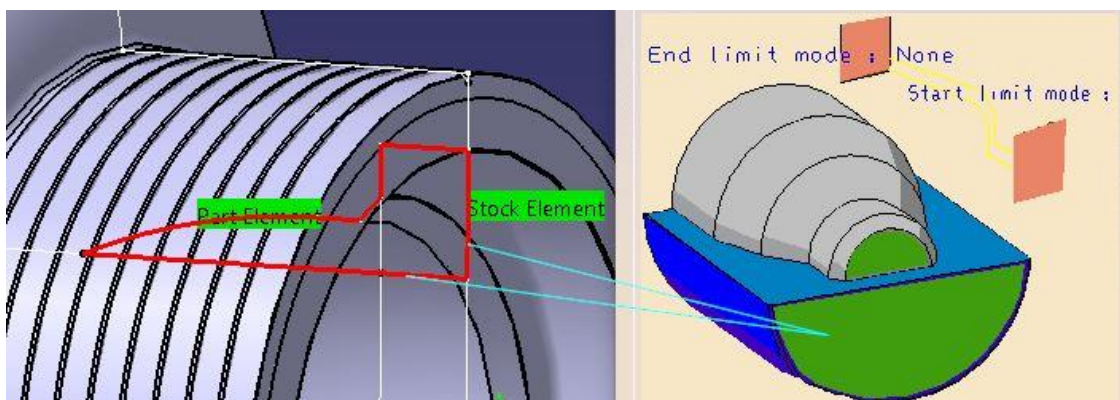
У картици



за подешавање контуре предмета обраде и припремка потребно је посебно обратити пажњу. Када се подешава контура припремка и контура предмета обраде потребно је да контура буде затворена како би унутрашња обрада у потпуности била исправно одрађена (Сл. 4.2.7.2.).



Слика 4.2.7.1. Подешавање унутрашње обраде



Слика 4.2.7.2. Подешавање контуре

У картици



у поткартици се врши подешавање карактеристика алата. Опцијом се врши одабир алата за унутрашњу обраду. Подешавање алата може бити на основу каталога алата или бирати из већ креиране базе података и код алата за спољашњу обраду.

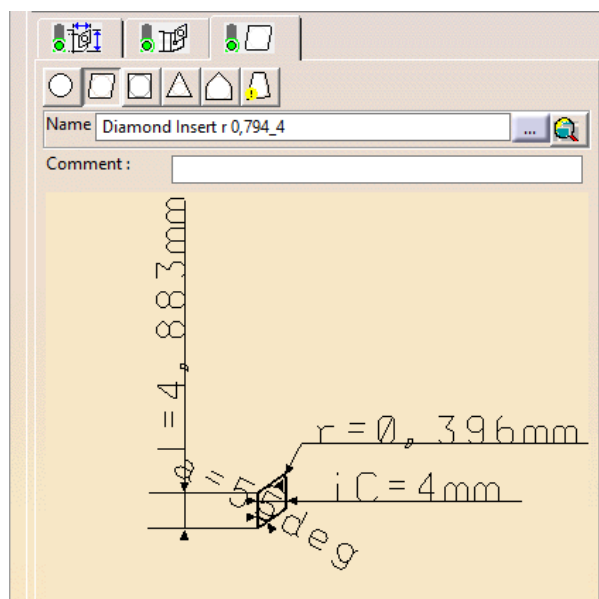
Карактеристике које се подешавају су нападни угао K_r , дужина ножа l_1 , димензије и облик дршке b и h , дужина врха ножа l_2 , ширина врха ножа f . У картици се



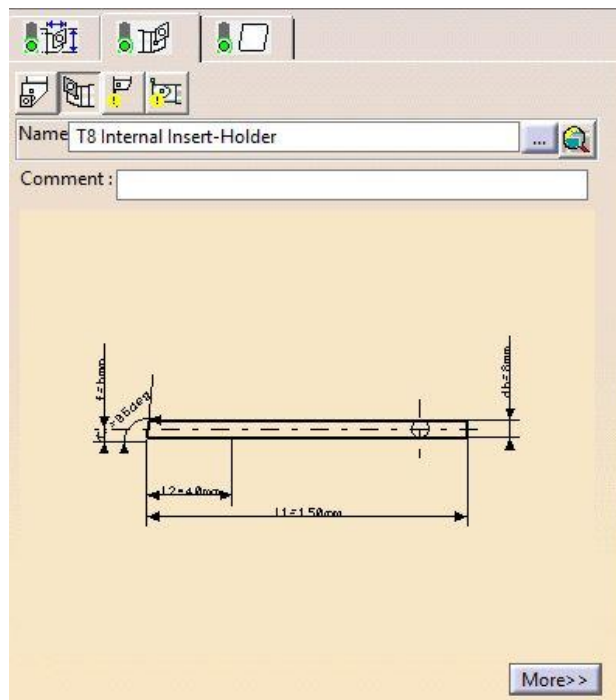
подешавају карактеристике резних плочица (Сл. 4.2.7.3. и Сл. 4.2.7.4.).

Режими обраде се подешавају потпуно исто као и у првом захвату где је детаљно објашњено.

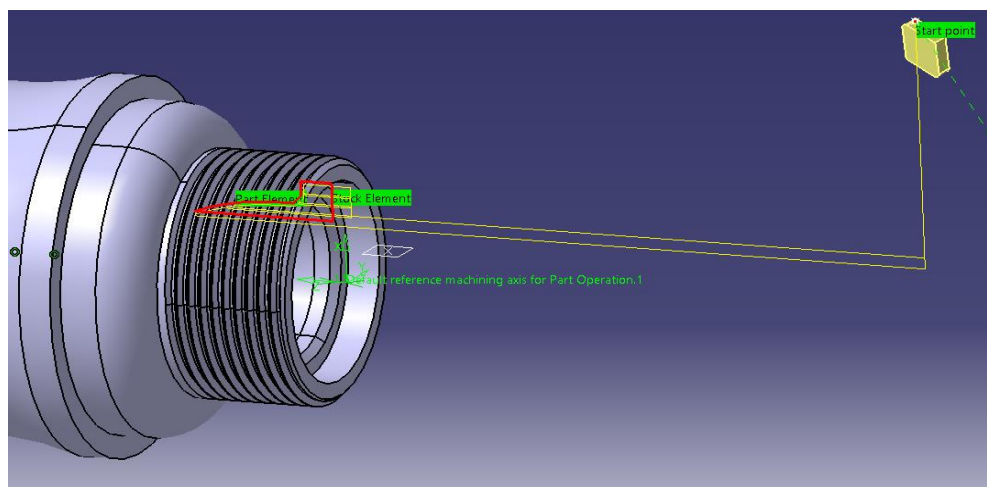
Подешавање безбедносних тачака о месту измене алата је исто као и у претходним операцијама где је већ објашњено (Сл. 4.2.7.5.).



Слика 4.2.7.3. Подешавање резних плочица



Слика 4.2.7.4. Одабир алата за унутрашњу обраду

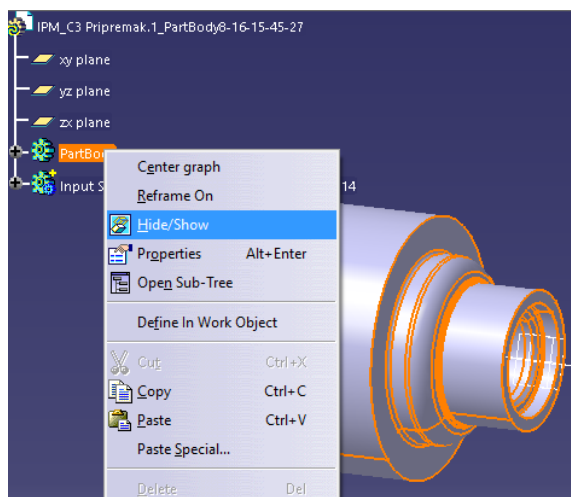


Слика 4.2.7.5. Симулација кретања резне плочице



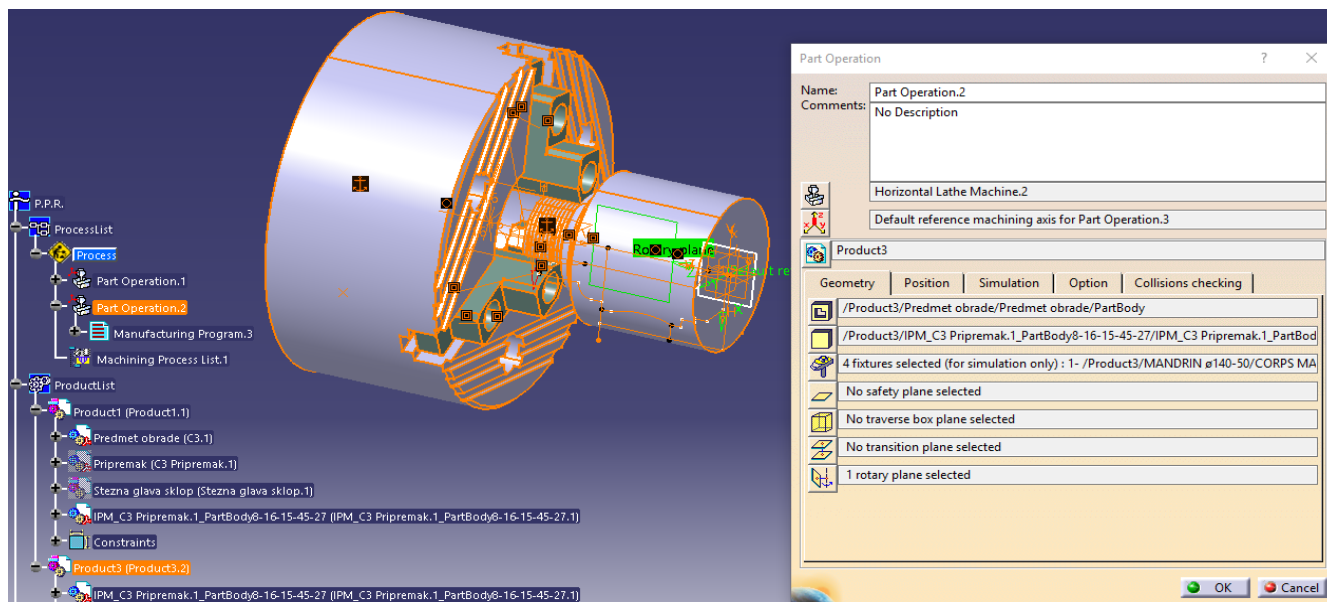
4.3 Дефинисање технолошког модела за другу технолошку операцију

У прозору последњег захвата опцијом **Update input stock**  се врши генерисање новог припремка након извршеног последњег захвата. Потребно је у фолдеру где су сачувани сви фајлови, отворити нови генерисани модел и десним кликом на **Part Body** новог модела и кликнути опцију **Hide/Show** како би приказали нови генерисани модел, јер је моделу била искључена видљивост (Сл. 4.3.1.).



Слика 4.3.1. Нови технолошки модел.

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 стезне главе као на слици 4.3.2.



Слика 4.3.2. Нови склоп



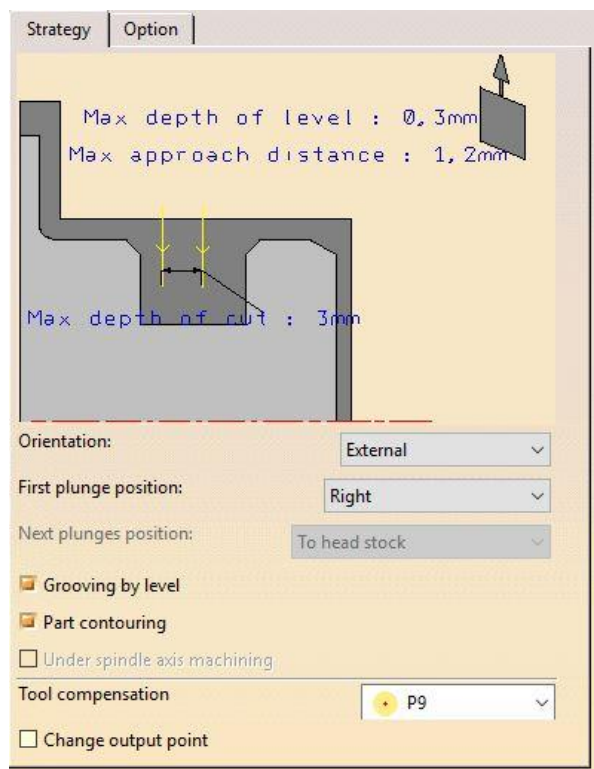
Када је завршено склапање новог склопа, потребно је креирати нови **Part Operation** и **Manufacturing Program**. Нови **Part Operation** се покреће селектовањем **Part Operation.1** и кликом на иконицу  **Part Operation**. Нови **Manufacturing Program** кликом на иконицу  **Manufacturing Program**.

Сва подешавања везана за **Part Operation** су објашњена на почетку ове тачке. Подешавање безбедносних тачака о месту измене алата је исто као и у претходним операцијама где је већ објашњено.

Груба обрада ће се извршити помоћу опције **Rough Turning** , а након грубе обраде следи захват профилног резања који се обавља уз помоћ опције **Groove Turning Operation** .

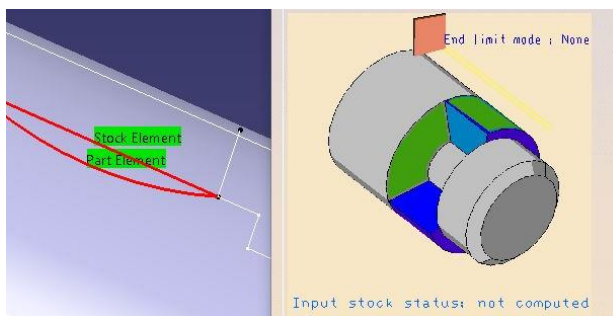
4.4 Groove Turning Operation

За профилну обраду у првој картици  потребно је изабрати у пољу **Orientation** у падајућем менију **External**. Потребно је још чекирати и опцију **Part contouring** (Сл. 4.4.1.).



Слика 4.4.1. Подешавање контуре

У картици  за подешавање контуре предмета обраде и припремка потребно је посебно обратити пажњу као и код унутрашње обраде да контура буде затворена како би профилна обрада у потпуности била исправно одрађена (Сл. 4.4.2.).



Слика 4.4.2. Подешавање профилне обраде

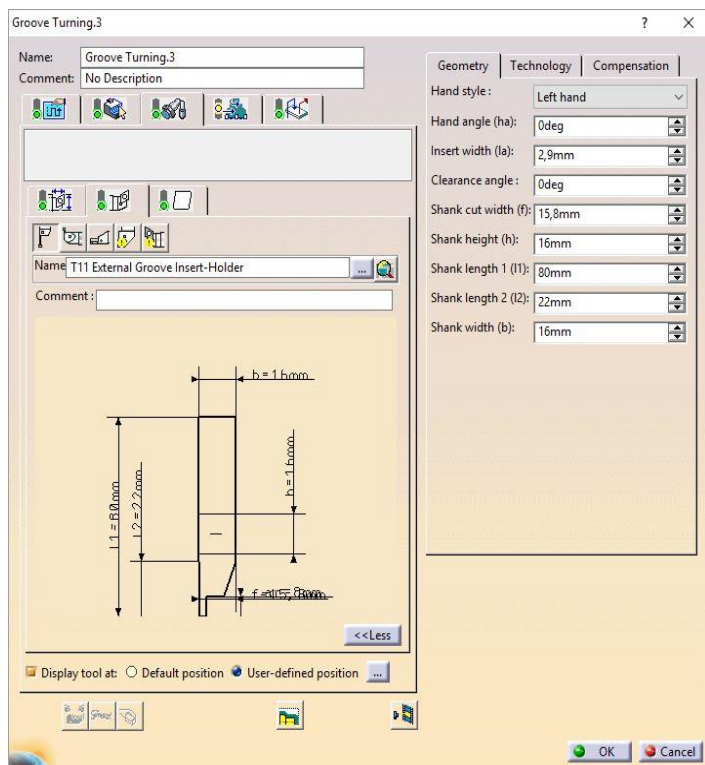


У картици и поткартици се врши подешавање карактеристика алата. Опцијом се врши одабир алата за профилну обраду. Подешавање алата може бити оквирно или на основу каталога алата као и код алата за спољашњу обраду.

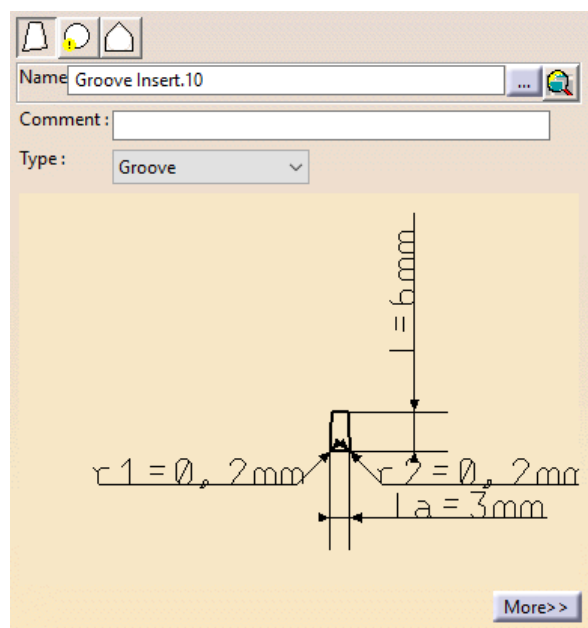
У картици се подешају све карактеристике резних плочица као што су висина, нападни углови, итд (Сл. 4.4.4. и 4.4.5.).

Режими обраде се подешавају потпуно исто као и у првој технолошкој операцији где је детаљно објашњено.

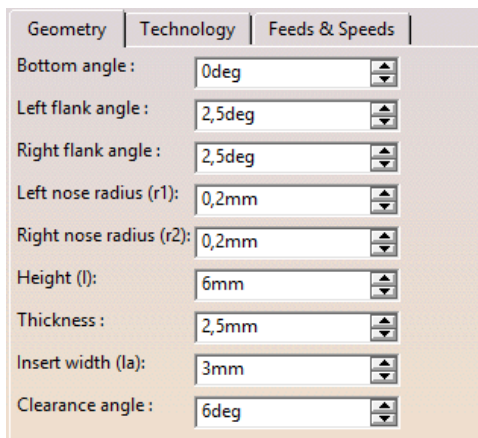
Подешавање безбедносних тачака алата је исто као и у претходним операцијама где је већ објашњено.



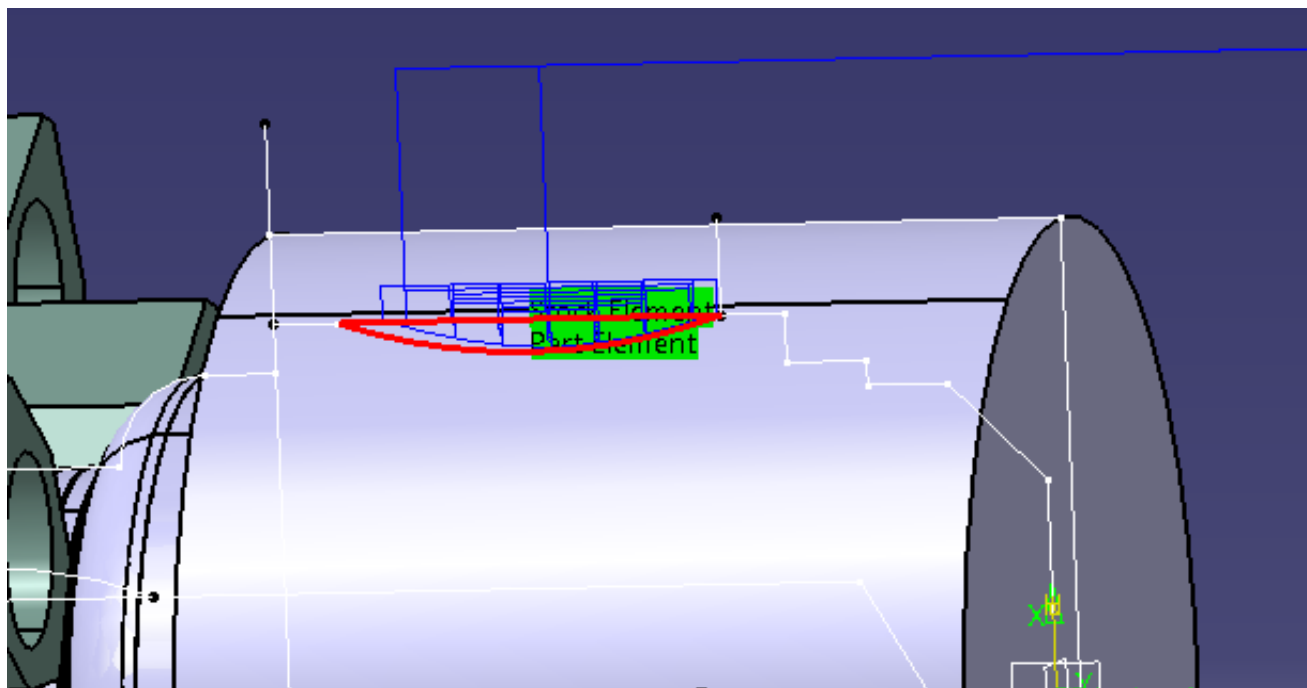
Слика 4.4.4. Одабир профилног алата



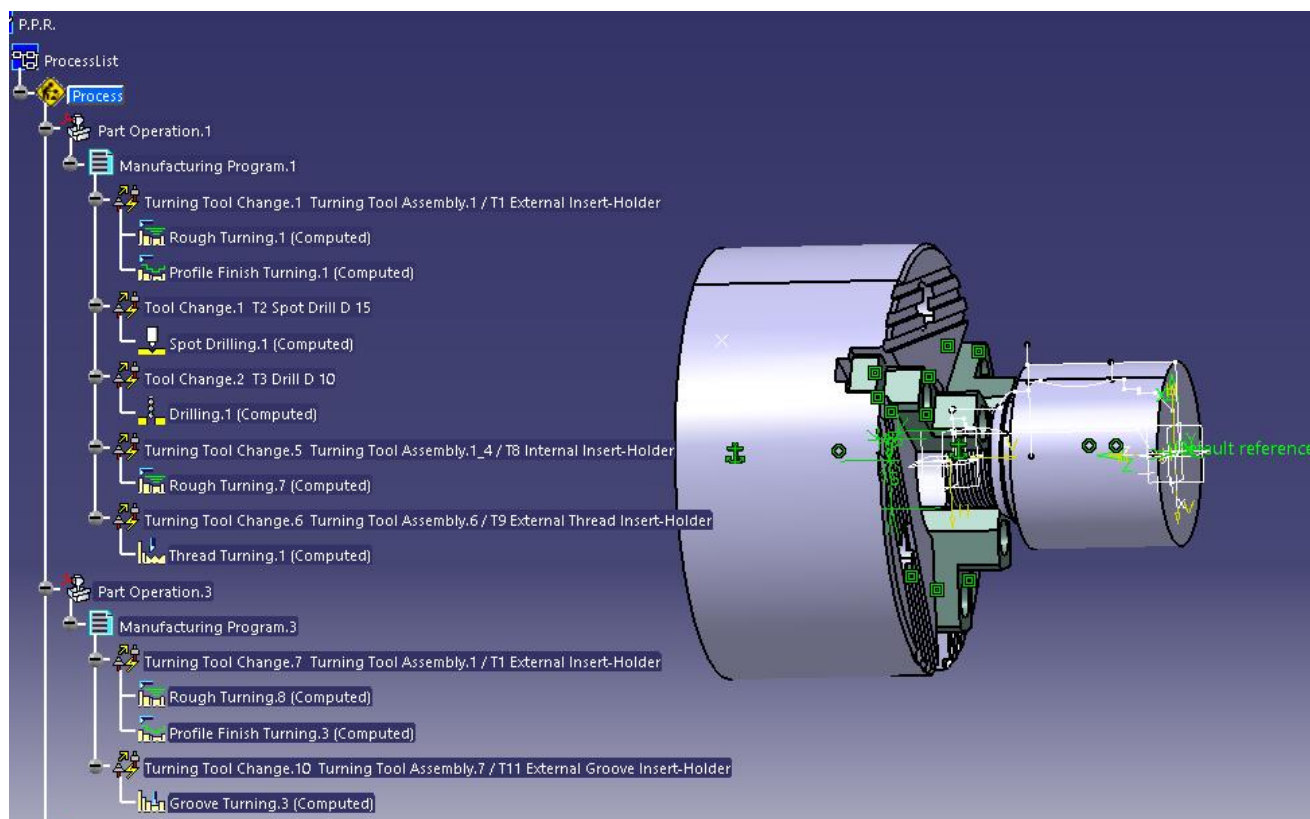
Слика 4.4.3. Одабир профилног алата



Слика 4.4.5. Одабир профилног алата



Слика 4.4.6. Путања алата у последњем захвату



Слика 4.4.7. Укупни технолошки модел



5. Генерисање NC кода

Пре него што се изврши генерисање NC кода, потребно је извршити подешавање постпроцесора.

I корак:

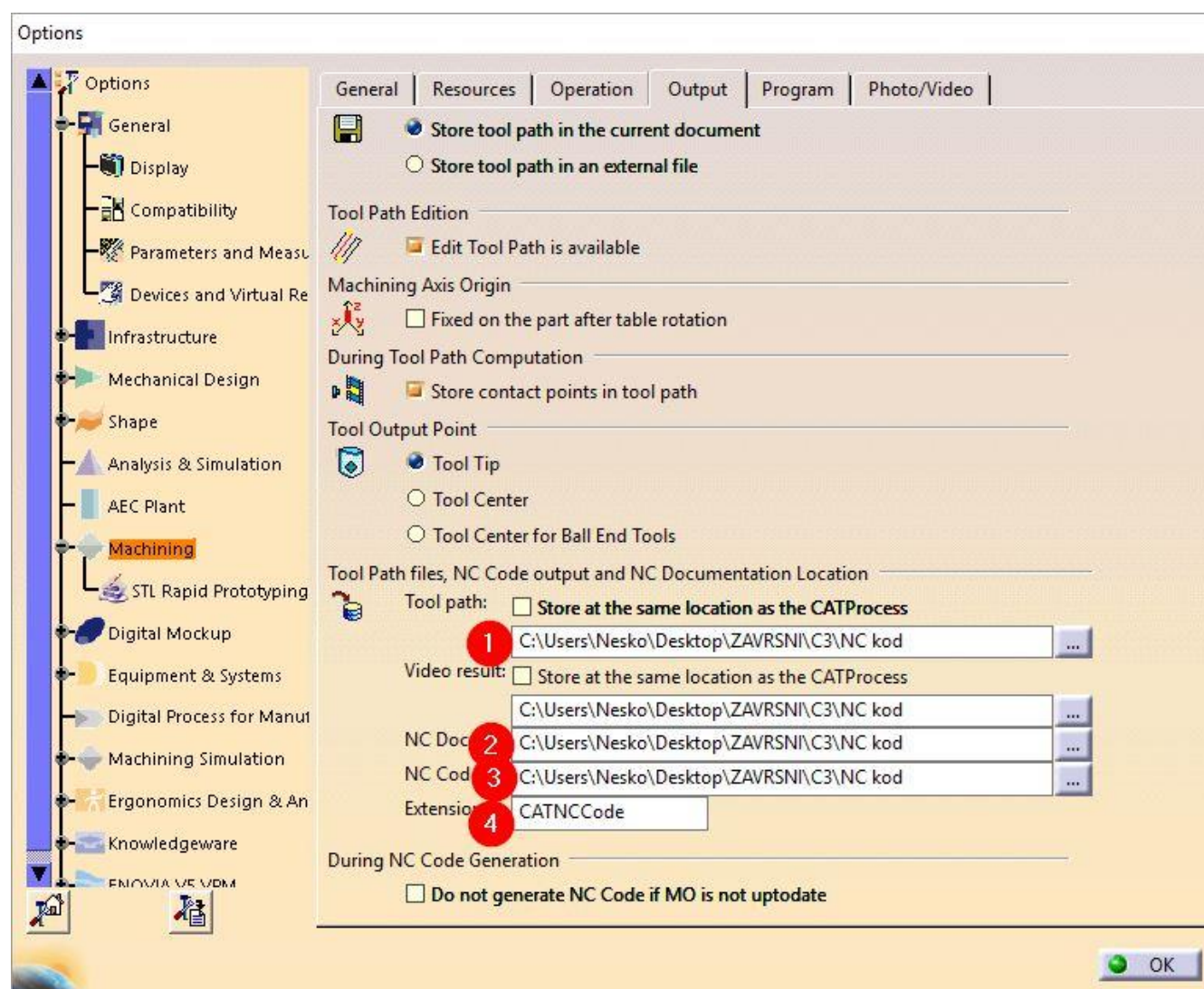
Tools → **Options** → **Machining** → **Output**

II корак: Као постпроцесор изабрати IMS®

III корак: 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\Nesko\Desktop\ZAVRSNI\C3\NC kod
- **NC Doc:** C:\Users\Nesko\Desktop\ZAVRSNI\C3\NC kod,
- **NC Code:** C:\Users\Nesko\Desktop\ZAVRSNI\C3\NC kod

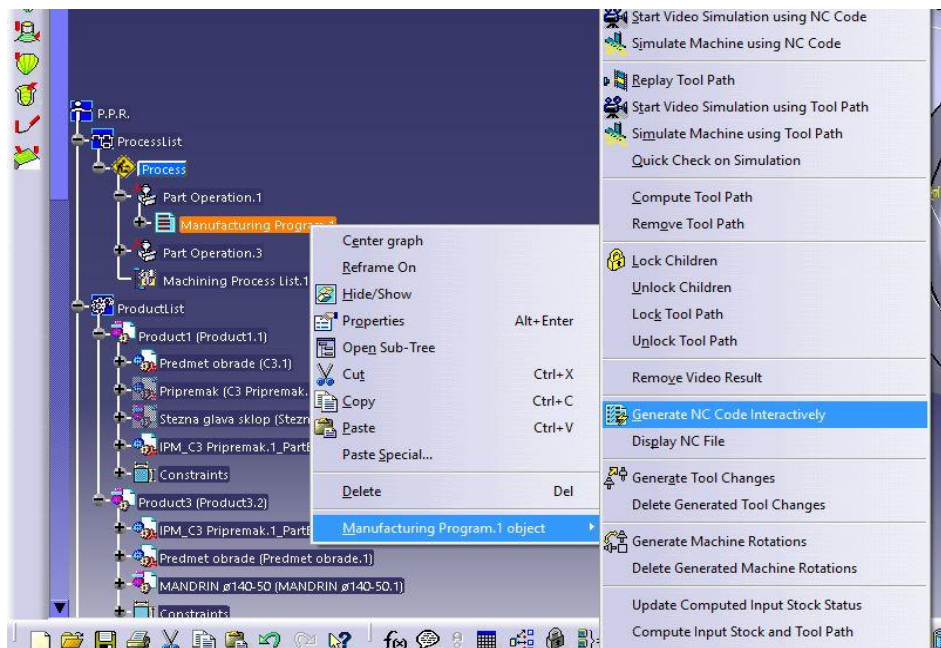
IV корак: У пољу **Extension** треба да буде уписана екстензија **CATNCCode**.



Слика 5.1. Подешавање постпроцесора



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. 5.2).



Слика 5.2. Генерисање NC кода

У картици **In/Out**, прозора **Generate Output Interactively**, изабрати **NC Code** у пољу **NC data type** (Сл. 5.3).

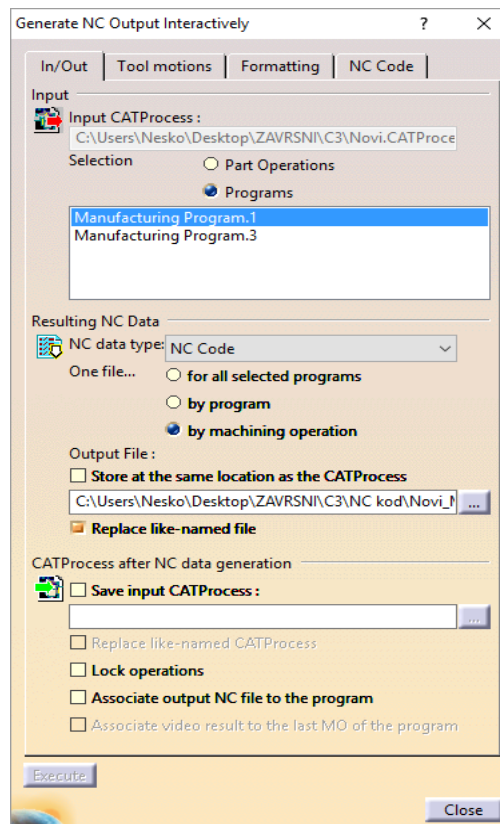
У пољу **Output File** унети локацију за смештај фајлова, нпр:

`C:\Users\Nesko\Desktop\ZAVRSNI\C3\NC kod`

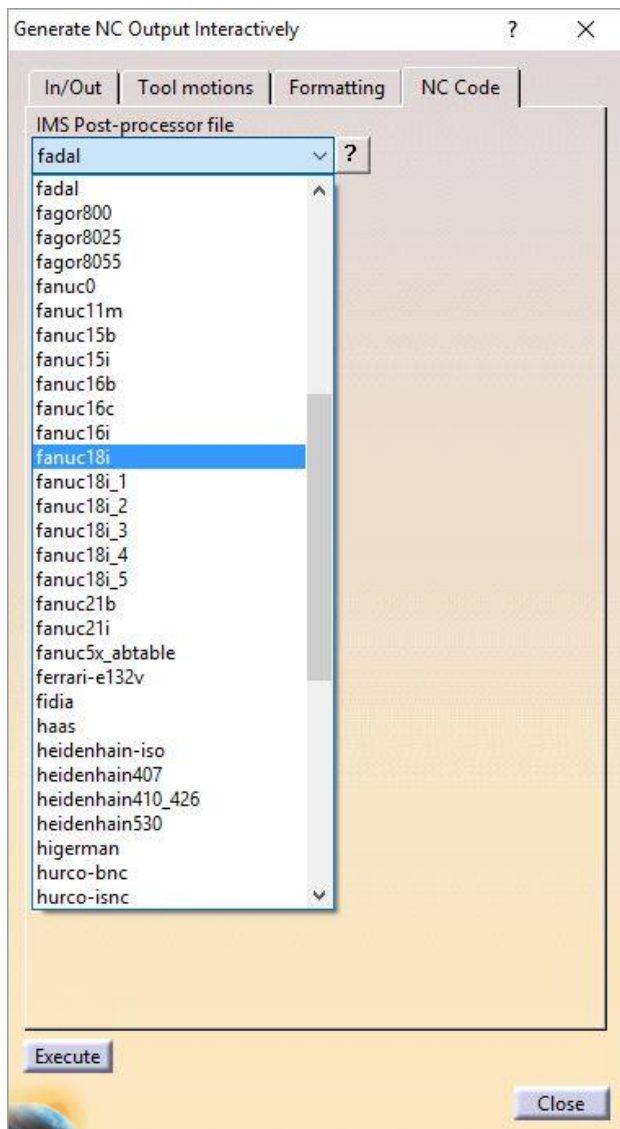
У картици **NC Code** изабрати врсту постпроцесора **Fanuc_18i.pp** (Сл. 5.4)

Селектовати опцију **by machining operation**, затим активирањем команде **Execute** врши се генерисање NC програма.

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 5.3. Подешавање генерисање NC кода

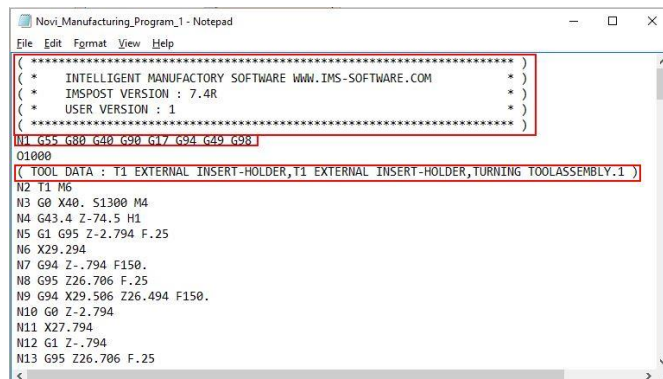


Слика 5.4. Одабир постпроцесора машине

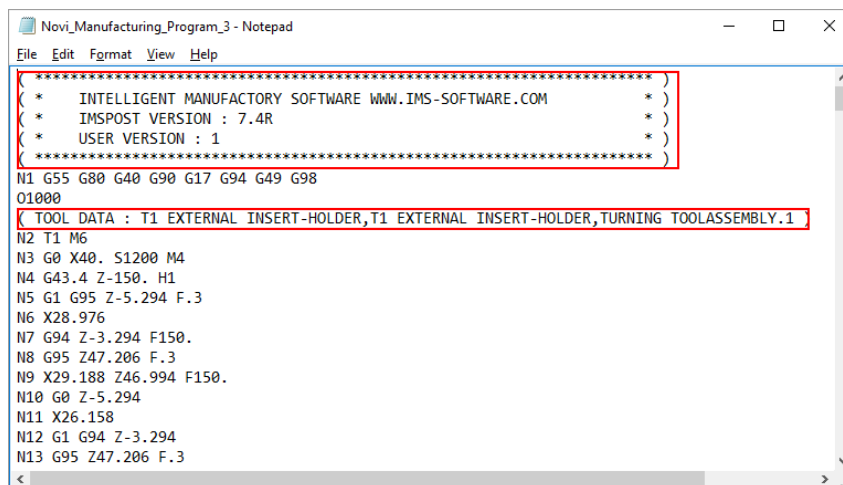
На потпуно исти начин се врши генерисање кода и за друго стезање тј. **Part Operation 2**. Пре него што се програм пренесе у меморију машине, потребно је извршити корекције програма.

Корекције које се морају извршити су брисање коментара (црвени правоугаоник слике 6.5 и 6.6.) које додаје програм и кориговање линија програма како не би дошло до нежељеног начина рада.

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



Слика 5.5. Кориговање програма за прву технолошку операцију



Слика 5.6. Кориговање програма за другу технолошку операцију



6. Реализација генерисаног кода у реалним условима

Тестирање кода извршено је у предузећу „Милановић инжењеринг д.о.о.“ у периоду од 15.-18. јула 2016. године.

6.1 Карактеристике CNC машине

Машина на којој се изводи обрада резањем је **HAAS ST30**. Управљачка јединица машине **Fanuc**.

Карактеристике машине су следеће:

Величина стезне главе: 254 mm

Максимални дужина резања: 660 mm

Број алата у магацину: 12

Кретање по x оси: 318 mm

Максимални број обртаја: 3400 o/min

Снага мотора: 22.4 kW



Слика 6.1.1. HAAS ST30

6.2 Карактеристике материјала

Материјал припремка је Š0361, добијен је одсецањем полуфабриката димензија $\varnothing 60 \times 6000$ mm. Како се сечењем на машинској тестери не могу добити тачне димензије припремка потребно



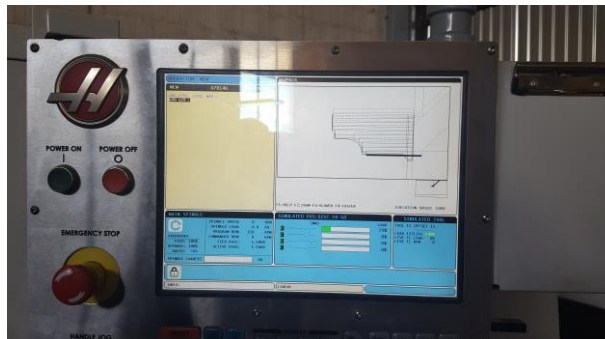
је извршити равнање базних страница на универзалном стругу и дорада на захтевану меру припремка $\varnothing 60 \times 80$.

6.3 Трансфер NC кода на управљачку јединицу машине

Исправка кода може да се врши на рачунару или директно на управљачкој јединици. Кориговање NC кода се још може вршити у одговарајућим симулаторима. На слици 6.3.1 је приказано како оператер исправља потребне линије кода које су означене на сликама 6.5 и 6.6.

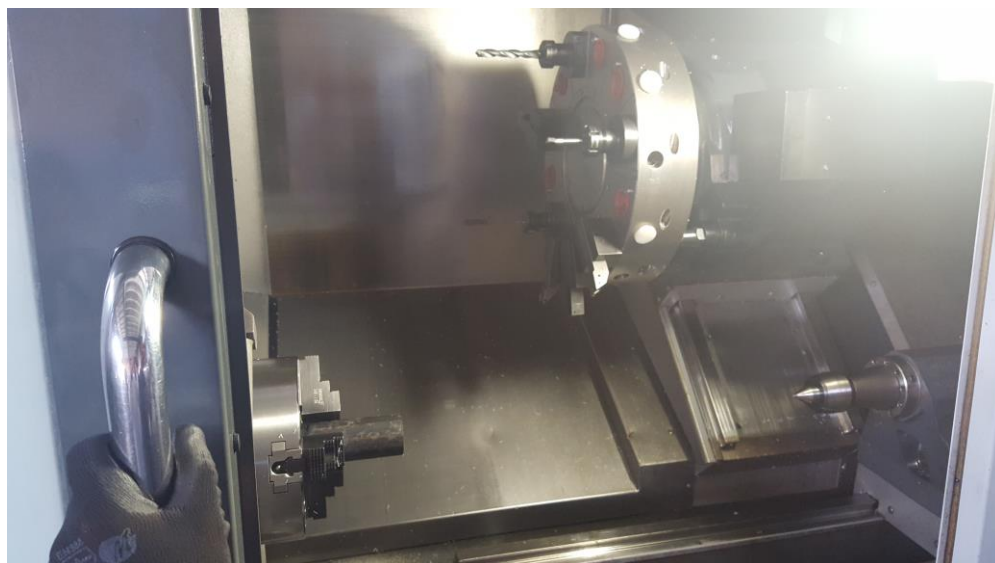


Слика 6.3.1. Подешавање програма за управљачку јединицу

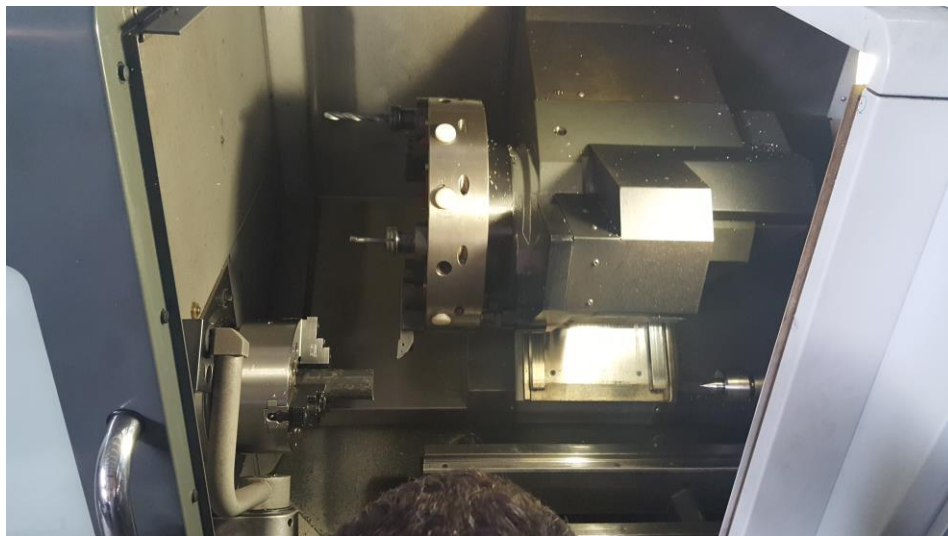


Слика 6.3.2. Симулирање унетог програма

На слици 6.3.2 је приказана симулација кода након исправке појединих редова, а потом је извршено постављање припремка и потребних алата за израду предмета обраде (Сл 6.3.3.).



Слика 6.3.3. Постављање припремка у стезну главу



Слика 6.3.4. Одређивање нулте тачке

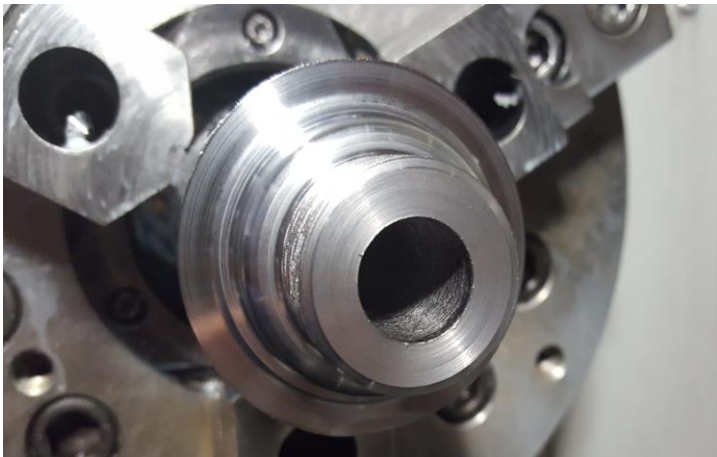


Слика 6.3.4. Груба и фина обрада (први захват)



Слика 6.3.5. Израда навоја и забушивање

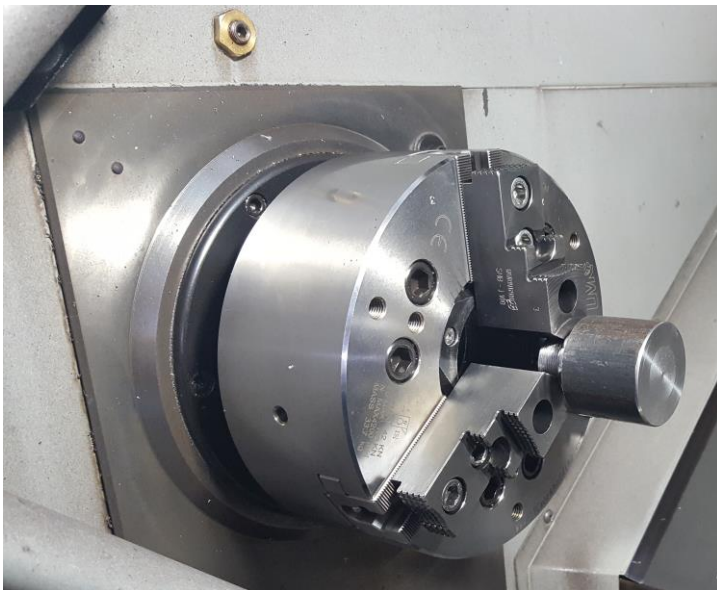
На сликама 6.3.4 и 6.3.5 приказани су обраци након првог и другог захвата, где су извршене следеће операције: груба обрада, фина обрада, нарезивање навоја и забушивање.



Слика 6.3.6. Четврти захват (бушење)

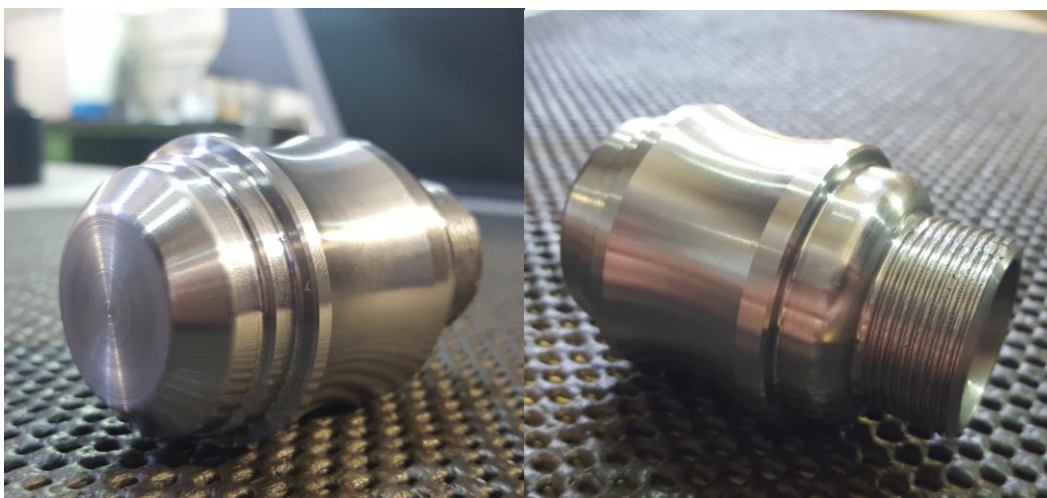


Слика 6.3.7. Унутрашња обрада



Слика 6.3.8. Друга технолошка операција

На сликама 6.3.6 и 6.3.7 приказани су обратки након бушења и унутрашње обраде, док је на слици 6.3.8 приказан обрадак спреман за другу технолошку операцију. На слици 6.3.9 је приказан готов предмет обраде након друге технолошке операције.



Слика 6.3.9. Готов део



7. Табеле препоручених параметара

Табела 1. Додаци за попречну обраду стругањем

Додатак за обраду	Пречник D , [mm]	Номинални пречник D , [mm]				
		до 18	18-50	50-120	120-260	преко 260
Додатак за грубу обраду стругањем δ_{1p} [mm]	до 18	0.9	1.0	1.1		
	18-50	1.1	1.2	1.3	1.5	
	50-120	1.4	1.5	1.6	1.8	1.9
	120-260	1.8	1.9	2.0	2.1	2.3
	260-500	2.4	2.5	2.6	2.7	2.9
	преко 500	2.7	2.8	2.9	3.0	3.2
Додатак за фину обраду стругањем δ_{2p} [mm]	до 18	0.6	0.7	0.8		
	18-50	0.7	0.8	0.9	0.9	
	50-120	0.9	0.9	1.0	1.0	1.1
	120-260	1.0	1.1	1.1	1.2	1.3
	260-500	1.2	1.3	1.3	1.4	1.5
	преко 500	1.4	1.4	1.5	1.5	1.6
Одсецање	Ширина ножа B [mm]	2	4	5	7	8-11

Табела 2. Препоручене вредности за грубу попречну обраду стругањем

Дубина резања a [mm]	2	3	4	5
Корак S [mm/o]	0.4-1.0	0.35-0.6	0.3-0.5	0.3-0.4

Табела 3. Препоручене вредности корака S [mm/o] за завршну попречну обраду стругањем

Врста обраде	Пречник редмета обраде D , [mm]				
	до 30	30-60	60-100	100-150	150-300
завршна	0.15-0.20	0.2-0.5	0.3-0.4	0.35-0.50	0.4-0.7
фина	0.08-0.15	0.15-0.25	0.25-0.35	0.3-0.4	0.35-0.50

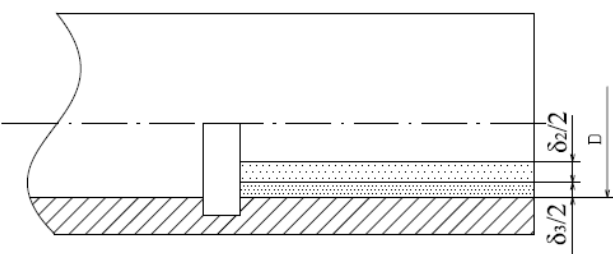
**Табела 4.** Додаци за фину спољашњу обраду стругањем δ_2 [mm]

Пречник D , [mm]	Дужина предмета обраде L , [mm]						
	до 100	100-250	250-400	400-630	630-1000	1000-1600	1600-2500
до 10	0.7	0.8	0.8	0.9			
10-18	0.7	0.8	0.9	1.0	1.1		
18-30	0.8	0.9	0.9	1.0	1.2	1.5	
30-50	0.9	0.9	1.0	1.1	1.3	1.5	1.9
50-80	1.0	1.0	1.1	1.2	1.4	1.6	2
80-120	1.1	1.1	1.2	1.3	1.5	1.7	2.1
120-180	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.8	2.2
180-260	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.9	2.3
260-360	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	2	2.4
360-500	1.5	1.5	1.6	1.7	1.9	2.1	2.5

Табела 5. Препоручене вредности корака за грубо стругање алатима од БЧ и ТМ за челик и челични лив

Пречник D , [mm]	Корак S [mm/o] за дубину резања a , [mm]				
	до 3	3-5	5-8	8-12	преко 12
до 20	0.3-0.4				
20-40	0.4	0.3-0.4			
40-60	0.5-0.9	0.4-0.8	0.3-0.7		
60-100	0.6-1.2	0.5-1.1	0.5-0.9	0.4-0.8	
100-200	0.8-1.3	0.7-1.2	0.6-1.0	0.5-0.9	
200-400	1.1-1.4	1.0-1.3	0.7-1.2	0.6-1.2	0.4-1.1
400-600	1.2-1.5	1.0-1.4	0.8-1.3	0.6-1.3	0.4-1.2

Табела 6. Додаци за фину унутрашњу обраду стругањем δ_2 [mm]

						
Пречник D , [mm]	Дужина предмета обраде L , [mm]					
	до 63	63-100	100-160	160-250	250-400	400-630
до 10	0.9					
10-18	1.0	1.0				
18-30	1.1	1.1	1.1			
30-50	1.1	1.2	1.2	1.2		
50-80	1.2	1.2	1.3	1.3	1.4	
80-120	1.3	1.3	1.3	1.4	1.5	1.6
120-180	1.4	1.4	1.5	1.5	1.6	1.7
180-260	1.5	1.5	1.6	1.6	1.7	1.8
260-360	1.6	1.6	1.7	1.7	1.8	1.9

Табела 7. Препоручене вредности корака за грубо стругање алатима од БЧ и ТМ за челик и челични лив

Пречник D , [mm]	Корак S [mm/о] за дубину резања a , [mm]				
	до 3	3-5	5-8	8-12	преко 12
до 20	0.3-0.4				
20-40	0.4	0.3-0.4			
40-60	0.5-0.9	0.4-0.8	0.3-0.7		
60-100	0.6-1.2	0.5-1.1	0.5-0.9	0.4-0.8	
100-200	0.8-1.3	0.7-1.2	0.6-1.0	0.5-0.9	
200-400	1.1-1.4	1.0-1.3	0.7-1.2	0.6-1.2	0.4-1.1
400-600	1.2-1.5	1.0-1.4	0.8-1.3	0.6-1.3	0.4-1.2

Табела 8. Препоручене вредности корака за завршно стругање алатима од БЧ и ТМ

Класа храпавости	Материјал предмета обраде	Радијус врха ножа r , [mm]			
		$r=0.5$	$r=1$	$r=1.5$	$r=2$
N8	Челик	0.20-0.30	0.30-0.45	0.35-0.50	
	Сиви лив и обојени материјали	0.15-0.25	0.20-0.40	0.30-0.50	0.35-0.50
N7	Челик	0.11-0.18	0.14-0.24	0.16-0.28	0.18-0.32
	Сиви лив и обојени материјали	0.10-0.15	0.12-0.20	0.15-0.30	0.20-0.35



8. Закључак

Примена савремених CAD/CAM система инжењерима пружа значајно олакшање у процесу 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.

Ефикасна машинска обрада данашњице захтева потпуно нов приступ у пројектовању технологије обраде која треба да омогући међусобну спрегу свих технолошких параметара обраде, као што су пре свега брзина резања и брзина помоћног кретања у зависности од материјала обрада, карактеристика машине и алата и тренутне запремине материјала која се уклања из зоне обраде. Контролом физичких величина које се јављају као последица међусобног дејства алата на обрадак приликом резања могуће је остварити знатно оштрије режиме обраде у односу на постојеће технологије обраде високим брзинама резања и тако остварити значајно повећање продуктивности. Овакав приступ машинској обради захтева интелигенцију CAM софтвера да доноси одлуке у реалном времену и оптимизује путање алата у циљу одржавања константе силе резања током целокупног процеса обраде. На овај начин у великој мери продужавамо век трајања резног алата, а уједно добијамо и бољи квалитет обрађене површине.

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 производа. Треба нагласити да савремене машине имају могућности рада у више оса (уобичајено 4 или 5).

Све нас ово упућује на сарадњу односно тимски рад, који је кључан за све фазе развоја и израде производа.



9. Литература

- [1] Devedžić G.: “CAD/CAM tehnologije”, Mašinski fakultet u Kragujevcu, CIRPIS centar, Kragujevac, 2009.
- [2] Недић, Б., Лазић, М., Производне технологије, Обрада метала резањем, скрипта, Машински факултет, Крагујевац, 2007.
- [3] Лазић, М., Недић, Б., Митровић, С. , Технологија обраде метала резањем, избор режима обраде, Машински факултет, Крагујевац, 2002.
- [4] Zeid I.: “Mastering CAD/CAM”, McGraw Hill, New York, NY, USA, 2005.
- [5] Hoffmann M., Hack O., Eickenberg S.: “CAD/CAM mit CATIA V5 – NC-Programmierung, Postprocssing, Simulation“, Carl Hanser, 2005. ISBN: 3-446-22959-0
- [6] Ćuković S., Devedžić G., Pankratz F., Ghionea I., Subburaj K.: “PRAKTIKUM ZA CAD/CAM – Augmented Reality -”, Univerzitet u Kragujevcu, Fakultet inženjerskih nauka, Centar za integrisan razvoj proizvoda i procesa i inteligentne sisteme - CIRPIS, Kragujevac, ISBN 978-86-6335-020-5, 2015.
- [7] Smid P.: “CNC Programming Handbook”, Industrial Press, Inc., 2002.
- [8] Девеџић Горан, Ћуковић Саша, Петровић Сузана, Максић Јелена: “3Д 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
- [9] http://solfins.com/download/DIPLOMSKI%20RAD_GD.pdf (26.07.2016.год.)