

Факултет инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу

Стефан М. Лазаревић

**Симулација обраде стругањем у PLM систему
CATIA - NC кôд за обраду ротационих делова**

Завршни рад

Крагујевац, 2016.



Назив студијског програма: Машинско инжењерство

Ниво студија: Основне академске студије

Модул: Производно машинство

Предмет: CAD/CAM/CAE 1

Број индекса: 40/2013

Стефан М. Лазаревић

**Симулација обраде стругањем у PLM систему CATIA - NC
кôд за обраду ротационих делова**

Завршни рад

Комисија за преглед и одбрану:

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

Датум одбране: _____

Оцена: _____

Резиме: CAD/CAM технологије представљају основу у савременом развоју производа и процеса и инжењеру пружају значајно олакшање у њиховом моделирању. У раду је приказан поступак 3D запреминског моделирања производа у PLM систему CATIA V5. То подразумева, између осталог, креирање адекватног модела и склопа. На основу креираног CAD модела приступа се изради технолошког поступка обраде ротационих делова (CAM модел). По извршеној симулацији и постпроцесирању извршена је модификација и прилагођавање NC кода за управљачкоу јединицу FANUC на машини алатки HAAS ST30 и извршена је детаљна анализа карактеристичних делова NC кода. Провера и верификација развијених модела и поступка као и израда самог дела извршена је у предузећу „Милановић инжењеринг д.о.о.“

Кључне речи: PLM систем, CATIA, CAD/CAM технологије, технолошки поступак обраде, ротациони делови, NC код.

Abstract: CAD/CAM technologies represent a base in the modern development of products and processes, and provide engineers with a significant relief in their modeling. A process of 3D volume modeling of a product in PLM system CATIA V5 has been presented in this paper. Between other things that means creating an adequate model and assembly. Based on the created CAD model, making the technological process of making rotational parts (CAM model) has been approached. After the simulation and post-processing have been completed, modifications and adjustments of the NC code for control unit FANUC on a machine tool HAAS ST30 have been made, and detailed analysis of characteristic parts of NC code was done. Check and verification of developed models and processes, as well as manufacturing of the part itself has been done in „Милановић инжењеринг д.о.о.“ (Milanović engineering).

Key words: PLM system, CATIA, CAM technologies, technological processing procedure, 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, Postprocessing, 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.

Садржај:

1.	Увод.....	1
1.1	CAD технологија	3
1.2	CAM технологије.....	4
1.3	CNC технологије	6
2.	Процес моделирања ротационих делова	10
2.1	Креирање 3D модела предмета обраде.....	11
2.1.1	Активирање модула за креирање 3D модела	11
2.1.2	Креирање моделске форме <i>Shaft. 1</i>	11
2.1.3	Креирање моделске форме <i>Groove. 1</i>	12
2.1.4	Креирање моделске форме <i>Chamfer. 1</i>	14
2.1.5	Креирање скице почетне тачке завојнице	14
2.1.6	Креирање завјнице <i>Helix. 1</i>	15
2.1.7	Постављање равни управне на завојницу (<i>Plane.3</i>).....	15
2.1.8	Креирање моделске форме <i>Slot.1</i>	16
2.2	Креирање 3D модела припремка.....	16
2.2.1	Активирање модула за креирање 3D модела	17
2.2.2	Креирање формула и параметара	17
2.2.3	Креирање моделске форме <i>Shaft. 2</i>	18
3.	Процес моделирања прве технолошке операције.....	21
3.1	Креирање склопа за прву технолошку операцију	21
3.2	Дефинисање технолошког модела за прву технолошку операцију	27
3.2.1	Дефинисање основних параметра.....	27
3.2.2	Чедна обрада (<i>Rough Turning</i>)	31
3.2.3	Груба уздужна обрада (<i>Rough Turning</i>)	36
3.2.4	Фина обрада (<i>Profile Finish Turning</i>)	38
3.2.5	Израда навоја (<i>Thread turning</i>)	40
3.2.6	Забушивање (<i>Spot Drilling</i>)	44
3.2.7	Бушење (<i>Drilling</i>).....	47
3.2.8	Унутрашња груба обрада (<i>Internal Rought Turning</i>)	49
3.2.9	Унутрашња фина обрада (<i>Internal Profile Finish Turning</i>)	51
4.	Процес моделирања друге технолошке операције	53
4.1	Креирање склопа за другу технолошку операцију.....	53
4.2	Дефинисање технолошког модела за друго стезање.....	54
4.2.1	Дефинисање основних параметра	54
4.2.2	Чедна обрада (<i>Rough Turning</i>)	55
4.2.3	Груба уздужна обрада (<i>Rough Turning</i>)	56
4.2.4	Фина уздужна обрада (<i>Profile Finish Turning</i>).....	57
5.	NC кôд.....	59
5.1	Генерисање NC кôда	59
5.2	Анализа NC кôда	62
5.3	Генерисање технолошке документације	63
6.	Реализација генерисаног кода у реалним условима	68
7.	Закључак.....	71
8.	Литература	72

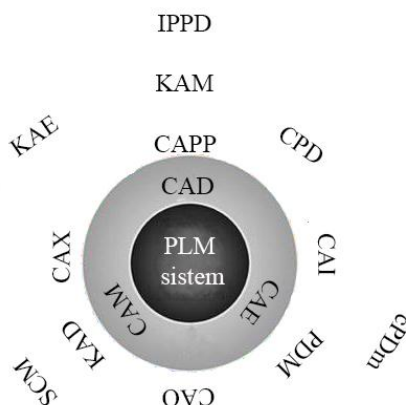
1. Увод

Савремен развој производа подразумева, између осталог, примену разних софтверских алата и технологија, међу којима алати и технологије за аутоматизацију пројектовања, анализе, тестирања и израде производа, заузимају кључно место. Ови софтверски алати и технологије се описују скраћеницом PLM системи (енгл. „Product Lifecycle Management“ односно систем за управљањем животним циклусом производа) која означава свеукупност алата и технологија за аутоматизацију пројектовања машинских конструкција и њихову израду.

Основу PLM система чини интеграција софтверских алата који се везују за поједине фазе развојног циклуса (слика 1.1):

- CAD (енгл. „Computer Aided Design“) - Пројектовање помоћу рачунара,
- CAM (енгл. „Computer Aided Manufacturing“) - Рачунаром подржана производња,
- CAE (енгл. „Computer Aided Engineering“) - Рачунаром подржан инжењеринг,

или скраћеницом CAD, CAM, CAE. Са друге стране, рачунаром подржан инжењеринг, и ако јасно дефинисана научно-техничка дисциплина, често се сматра за један од етапа у пројектовању производа, па се стога софтверски системи који обједињују наведене технологије и алате уобичајно називамо CAD/CAM системи.



Слика 1.1: Софтверски алати, концепти и стратегије PLM система

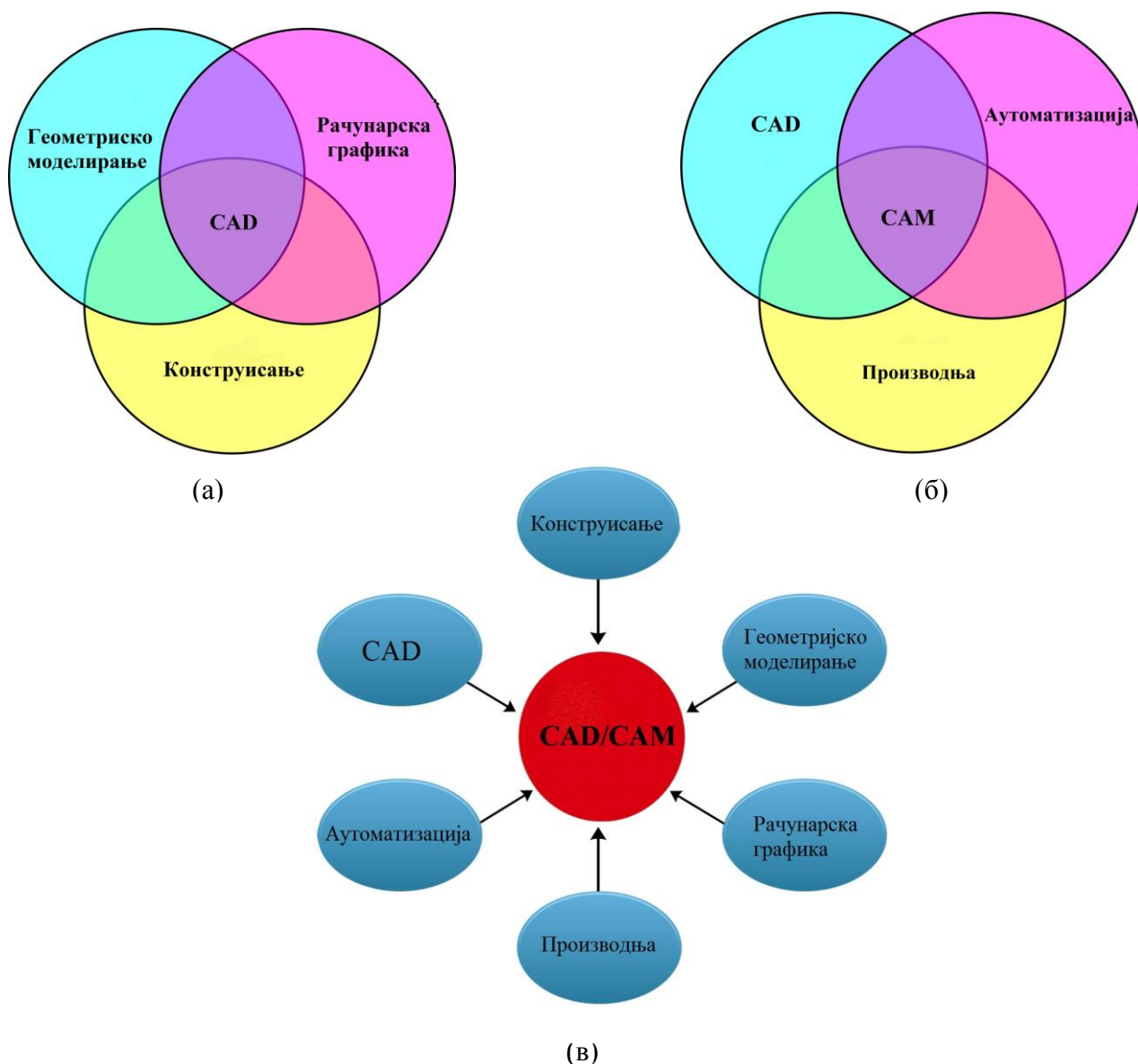
Системи за пројектовање помоћу рачунара или CAD системи представљају скуп софтверских алата и технологија који инжењерима пружа низ погодности током рада на развоју конструкције производа. Погодности се огледају у аутоматизацији извођења конструктивних операција, као што су исцртавање линија, формирање тела модификација, рад са базама стандардних елемената, размена цртежа и сл.

Пре започињања развоја технологије израде производа или паралелно са тим активностима, упутно је извршити неопходне анализе симулације понашања производа у експлоатационим условима. За то се користе системи за рачунаром подржан инжењеринг или CAE системи. Они се састоје из низа софтверских алата за анализе и симулације физичких карактеристика будућег производа.

Када се заврши развој конструкције производа неопходно је приступити његовој производњи. У светлу рачунарске подршке и интеграције релативних производних функција и активности, за ову намену користе се CAM системи, односно софтверски системи за

рачунаром подржану производњу. Најчешћа област примене ових система јесте пројектовање и симулација обрадног поступка и генерисање програма за нумерички управљане машине алатке.

CAD/CAM технологије представљају део укупне подршке процесима конструисања и производње. Активности из фазе конструисања односе се на креирање облика, димензија, толеранција, физичких особина, склопова, анализе, цртежа и техничке документације. Стога CAD процеси и алати обједињују три дисциплине: параметарско моделирање, рачунарску графику и конструисање (слика 1.2а). Са друге стране CAM процеси и алати директно су везани за CAD modele, али обједињавају и производне дисциплине, као и дисциплине аутоматизације (слика 1.2б). Све ово наводи на закључак да CAD/CAM технологије представљају својеврсни интегратор за већи број научно-техничко-технолошки дисциплине (слика 1.2в)



Слика 1.2: Дисциплине CAD/CAM технологије
(а) CAD дисциплине (б) CAM дисциплине
(в) CAD/CAM систем као интегратор

1.1 CAD технологија

Прва генерација производа за аутоматизацију пројектовања у машинству подразумевала је системе за 2D цртање. Ови системи су значајно допринели аутоматизацији поступка производње и дали смернице за даљи развој. Потреба за просторним приказивањем употпунила је друга генерација која је омогућила стварање 3D жичаних модела. Трећа генерација доноси знатно виши продор у овој области увођењем 3D запреминског моделирања. CAD системи треће генерације моделе су креирали комбинацијом једноставних, граничних и стандардизованих облика који се називају примитиви. Комбинацијом примитива постиже се креирање сложених 3D модела. Четврта генерација донела је револуционарни помак увођењем геометриско-техничко-технолошких примитива, односно моделских форми (енгл. „features“). Њима је омогућено асоцијативно и параметарско конструисање. Нови концепт у оквиру аутоматизације пројектовања производа, који је креиран за потребе испуњавања нових и сложених задатака савременог тржишта назива се бихејвиористичко моделирање и представља пету генерацију производа за аутоматизацију пројектовања у машинству.

CAD системи представљају скуп софтверских алата и технологија које инжењерима пружају низ погодности, као што су исцртавање линија, формирање тела, модификације, рад са базама стандардних елемената, размена цртежа и просторних модела, тако да им је олакшан рад на развоју конструкција и производа.

Примена савремених CAD система подразумева стварање 3D геометријских модела¹ производа применом моделских форми². Карактеристике моделских форми и читавог модела су параметарски описане, што доприноси високом нивоу флексибилности током развоја производа и његове даље употребе.

Моделирање делова применом моделских форми представља најраспрострањенију CAD технологију. Моделирање сложених модела постиже се применом моделских форми на релативно лак интуитиван начин. Без обзира на сложеност геометрије машинског дела и категорије конструкције којој припада (стандардни машински елементи, специјални машински елементи, ливени и ковани облици, делови од лима, итд.), поступак моделирања имаће мање или више универзалан ток. Моделирање се у основи састоји од следећих корака:

1. формирање скице;
2. креирање моделских форми; и
3. компоновање моделских форми у део.

Кораци су међусобно повезани, како у смислу процедуре моделирања, тако и у погледу асоцијативности (склапања појединачних модела у један склоп).

Процес моделирања започиње дефинисањем базне моделске форме, која је неопходна за даљи ток моделирања. Свака наредна моделска форма у вези је са неком претходном па се између њих успостављају везе којима се дефинишу њихови односи. Међусобна зависност геометријских моделских форми може бити:

- „родитељ-дете“;
- Геометриска;
- Димензиона.

¹Модел је рачунарска репрезентација реалног производа или процеса.

²Моделска форма је елементарни геометријски, инжењерски, технолошки и производни облик и карактеристика, односно особина објекта који се моделира од којих је сачињен и који га одликује.

1.2 CAM технологије

По завршетку развоја модела појединачних делова и склопова производа, у смислу детаљне разраде, анализе и оптимизације геометрије и физичких особина, приступа се њиховој изради. Потребно је дефинисати процесе развоја од нестварне (електронске) форме модела ка физичкој форми готовог производа. У животном циклусу производа израда представља једну од кључних фаза, од великог је значаја обезбедити услове за претходну проверу свих релативних аспеката производње. Тиме се могућност појаве некавалитетних производа, неповољних токова материјала, повреда при раду и сличних проблема своди на минимум. То утиче на скраћење времена од идеје до пласирања производа на тржишту, смањењу или потпуном изостајању измена током производње, значајно редуковање трошкова, итд.

За ову намену користе се САМ системи, односно програмски системи за рачунаром подржану производњу. С обзиром да покривају велики број функција и активности које припадају различитим областима производних система, техника и технологија. Генерално, САМ системи представљају програмске алате који подразумевају интензивну употребу рачунара за планирање и пројектовање производних и технолошких процеса и операција и управљање производњом, односно производним процесима. Имајући у виду савремене начине развоја производа, онда се може рећи да САМ системи чине логичан наставак САД система. Из тог разлога се данас ови системи све ређе срећу као независни већ као обједињени системи САД/САМ или PLM системи. Као такви, пружају велику поузданост и имају значајну предност у погледу асоцијативности са осталим моделима развијених у оквиру истог PLM система. Међутим, и у случајевима примене различитих САМ система њихови произвођачи теже да обезбеде добре могућности повезивања са интегралним системима за развој производа и процеса. Тиме омогућавају тимски рад стручњака који користе различите програмске системе.

Из свега произилази да се велики број разнородних производних функција и активности могу аутоматизовати применом САМ система. Применом савремених принципа производних система везаних за планирање производње и технологије израде производа добијају посебну димензију.

Основа за дефинисање технолошког модела производа представља геометриски (САД) модел. Због тога између њих постоји веома тесна веза, која је уз то и асоцијативног типа, поготово када се ради о PLM системима.

Према производној функцији и активностима које покрива САМ систем може се поделити у две основне категорије:

- планирање производње;
- управљање производњом.

САМ системи подржавају производне функције индиректно и директно. У оквиру прве категорије нема директне везе између рачунара на коме се обављају САД/САМ активности и производних процеса. Зато се информације и подаци потребне за планирање и управљање производним процесом обезбеђују ван производног погона, да би се касније проследиле одговарајућим радним местима. Активна примена САМ система, подразумева директну везу између САД/САМ радних станица и производних процеса. Пасивна примена САМ система за планирање производно-технолошких процеса укључује следеће софтверске системе:

- пројектовање технолошких поступака помоћу рачунара (CAPP системи),
- аутоматско генерисање програма за нумерички управљане машине алатке,
- базе података о обрадљивости,
- системи за стандардизацију и нормирање,
- одређивање или процена економицности,
- планирање процеса производње и потреба/залиха,
- балансирање производних токова.

Велики број САМ система оријентисани су ка извршавању функција и активности које спадају у категорију пројектовања технолошких поступака. Ови САМ системи припадају ужој области примене која се односи на:

- пројектовање технолошких поступака помоћу рачунара (CAPP системи);
- аутоматско генерисање програма за нумерички управљане машине алатке;
- базе података о управљивости.

Основу активне примене САМ система чине функције и активности везане за:

- праћење и управљање производним процесима;
- управљању обрадним и израдним процесима.

САМ системи или модули представљају логични наставак САД система или модула. У оквиру САД/САМ система или PLM система релативне функције и активности су аутоматизоване, што захтева надградњу стандардних модула уграђивањем такозваног корпоративног знања. Основна функције САМ система везане су за планирање производно-технолошких процеса (слика 1.4)



Слика 1.4: Основне функције пасивних САМ система

1.3 CNC технологије

Технологије нумеричког управљања машина алатки (NUMA) какву данас познајемо, појавила се средином XX века. Прва NC машина алатка развијена је на Massachusetts Institute of Technology (MIT) 1952 год. (слика 1.5). Производња NC машина није била обимна све до почетка 60-их. Мотив за развој оваквих машина алатки, лежао је у чињеници да је у то време настала изражена потреба за производњом све софистицираних производа у већим серијама, уз истовремено одржање високог квалитета. Показало се да велике серије нису проблем, али нестабилност квалитета јесте, на шта су у највећој мери утицали људски фактори. Мањи утицај људског фактора на производне операције се могао постићи само подизањем нивоа аутоматизације. Развојем NC машина постизали су се основни циљеви: повећање продуктивности, подизање нивоа квалитета и тачност делова, снижење и стабилизација производних трошкова и извођење сложених обрадних и производних задатака.



Слика 1.5: Прва NC машина алатка

Управљање NC машинама алаткама одвијало се путем рачунарског програма унесеног у управљачку јединицу машине (слика 1.6). Прва верзија NC машина захтевале су унос програма путем бушених трака. Инжињери су писали програме помоћу рачунара, пребацивали их на папирне траке уз помоћ бушача траке, а затим носили до машине и уччитавали их у управљачку јединицу помоћу читача траке.



Слика 1.6: Компоненте класичних NC система

Даљи развој NC технологија донео је нове генерације машина али и нове системе управљања. Компјутерски нумерички управљање машине алатке или CNC машине, управљају се помоћу рачунара односно компјутеризованих управљачких јединица на самој машини (слика 1.7). С обзиром да управљачка јединица садржи у себи рачунар, програми се могу меморисати, модификовати и дограђивати, а резултати таквих интервенција могу се одмах симулирати и проверити пре почетка производње. Програмирање CNC машина се изводи помоћу рачунара, а управљачка јединица се преноси преко дискета, оптичких дискова USB меморија и путем рачунарских мрежа. Пошто управљачка јединица поседује сопствену тастатуру и екран, програмирање је могуће извести и директно на CNC машини.



Слика 1.7: Компоненте савременог CNC система

CNC програмирање у оптем случају подразумева: одређивање путање алата, режиме резања и преводјење плана обраде у списак инструкција разумљиво управљачкој јединици машине.

Сваки CNC програм састављен је од скупа команди, које се редом извршавају, а дефинишу поступак обраде дела. Команде се записују у формату разумљивом за управљачку јединицу машине, тако да их она може препознати, интерпретирати и извршити. При томе, команде и цео програм морају бити сагласни са могућностима и карактеристикама CNC машине.

Структуру програма чине следећи елементи:

- алфа-нумерички знаци;
- речи;
- блокови;
- потпрограми.

Алфа-нумерички знаци су најмање структурни елементи и имају своје значење, а то су:

- цифре;
- слова;
- симболи.

Цифре се користе за означавање целобројних вредности или реалних бројева, а могу имати позитивне и негативне вредности. Значење бројева се односи на вредности координата, брзина, бројеве алата и блокова, ознаке команди, итд.

У CNC програмирању се не користе сва слова енглеског алфабета, али се то теоретски може учинити. Словима се означавају команде, координатне осе, компонују ознаке блокова и функција и сл.

Симболи који се највише користе су: -, +, (,), %, /. У зависности од управљачке јединице у употреби могу бити и још неки други.

Програмске речи састављене су од алфа-нумеричких знакова, а представљају инструкције управљачког система. Уобичајно почињу великим словом, после чега следи неки други знак који допуњава команду, означава вредност и др. Речи могу бити позиција оса, корак, брзина, команда, итд. Нпр: X-20, G01, F50.0, S1500, N80, T05, M30...

За разлику од речи које се односе на посебне инструкције, блок је структуран елемент који садржи већи број инструкција. Програм се састоји од ткозваних. програмских линија унетих тако да имају логичан редослед. Оне обједињавају више инструкција које заједно чине програмску структуру са једним и функционалним значењем. Таква програмска линија се назива блок. Тако блок са ознаком N21 G90 G00 X90,5 Y48,0 говори да алат треба применом апсолутне координате (G90) позиционирати брзим ходом (G00) у тачку са координатама X90,5 Y48,0.

Скупови инструкција које се понављају више пута могу се записати као посебна програмска структура и позивати у оквиру главног програма по потреби. Такви скупови инструкција чине програм.

Програмски језици ниског нивоа који омогућавају такво програмирање користе речи и блокове засноване на синтакси и семантици ткзвани G- кода и M- кода. У овим програмским језицима постоје следеће главне категорије речи:

- N – реч, означава програмску линију (блок);
- G – реч, функције које одређује шта треба урадити над геометријом која следи иза те функције;
- X,Y,Z – ознаке координата тачака које се односе на геометрију G-функције;
- F – реч, означава корак обраде;
- S – реч, означава број обртаја главног вратила;
- T – реч, односи се на избор алата из скупа расположивих;
- M – реч, означава функцију везане за машину алатку (управљање, корекционе...);
- EOB симбол (енгл. „Enf of Block“), симбол који се дефинише крај CNC програма.

G и M речи су најважнији у сваком CNC програму. G-речи припремају управљачку јединицу за извршавање инструкција које су садржане у програмском блоку. Блок може садржати више G-речи да би се извела исправна припрема управљачке јединице за акцију над геометријским подацима који следе. У табели 1.1 приказане су најчешће коришћене G-функције.

M-речи се користе за означавање помоћних функција везаних за машину алатку. То могу бити покретање или заустављање главног вретена, смер окретања главног вретена, укључивање и искључивање средства за хлађење и подмазивање и сл. У табели 1.2 приказане су неке од типичних M-функција.

Табела 1.1: Најчешће коришћене функције G-кода.

G-реч	Значење	G-реч	Значење
G00	Брзи ход од тачке до тачке	G20	Подаци у инчима
G01	Линеарна интерполација	G21	Подаци у милиметрима
G02	Кружна интерполација у негативном смеру	G28	Пређи у референтну тачку
G03	Кружна интерполација у позитивном смеру	G90	Апсолутни мерни систем
G04	Стајање, чекање приликом извршавање програма	G91	Инкрементални мерни систем
G10	Корекција алата	G94	Помоћно кретање у mm/min (глодање и брушење)
G17	Обрада у XY равни	G95	Помоћно кретање у mm/o (глодање и брушење)
G18	Обрада у XZ равни	G98	Помоћно кретање у mm/min (стругање)
G19	Обрада у YZ равни	G99	Помоћно кретање у mm/min (стругање)

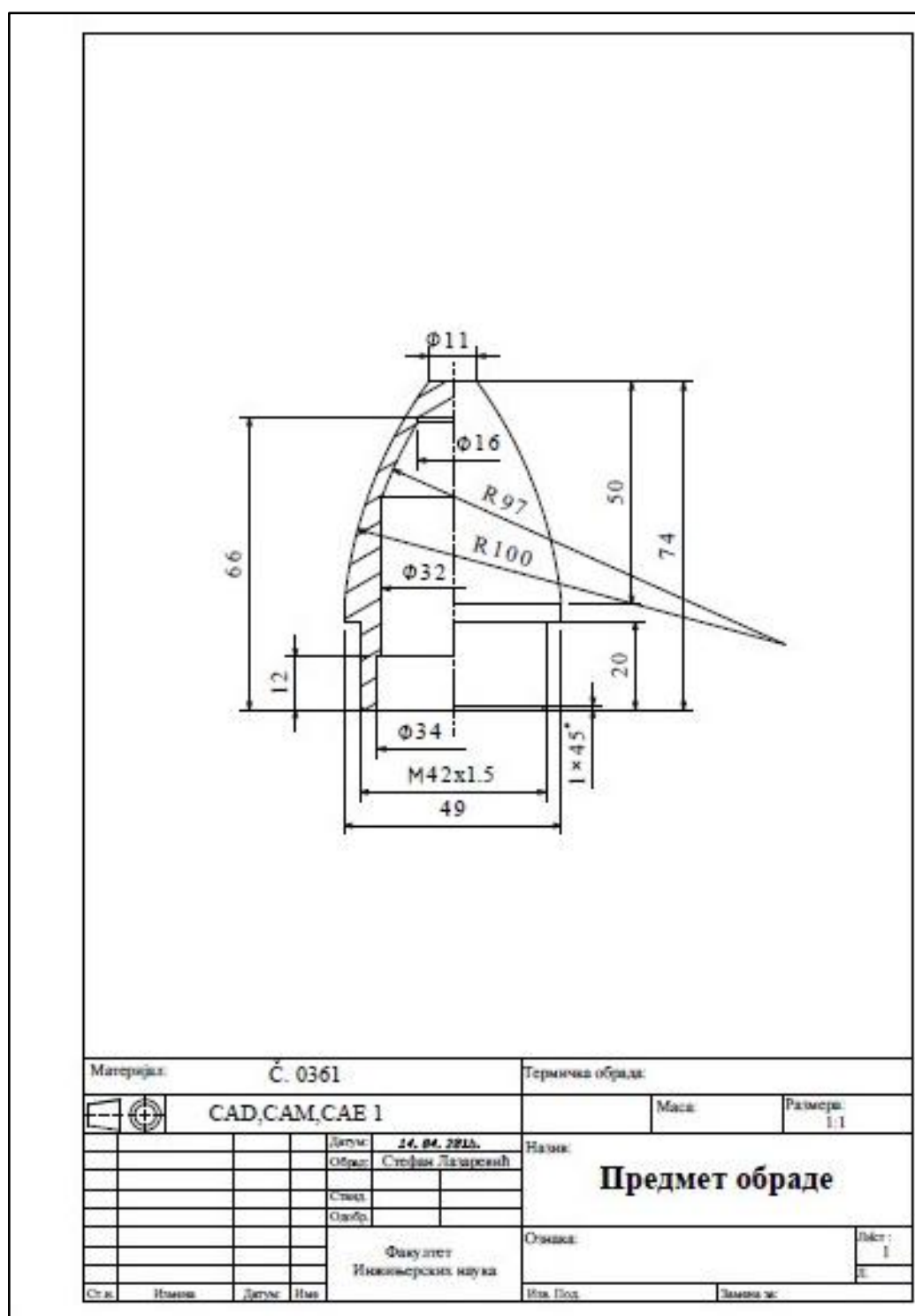
Табела 1.2: Најчешће коришћене функције M-кода.

G-реч	Значење	G-реч	Значење
M00	Обавезан прекид програма	M10	Аутоматско стезање помоћног прибора
M02	Крај програма и заустављање машине	M11	Аутоматско отпуштање помоћног прибора
M03	Позитиван смер главног вретена	M13	Укључивање главног вретена у негативном смеру и СХП-а
M04	Негативан смер главног вретена	M14	Укључивање главног вретена у позитивном смеру и СХП-а
M05	Заустављање вретена	M17	Искључивање главног вретена и СХП-а
M06	Измена алата	M19	Искључивање главног вретена у задатој оријентацији
M07	Укључивање СХП у млазу	M30	Крај програма и ресетовање на почетак
M08	Укључивање СХП у спреју	M98	Позив потпрограма
M09	Искључивање СХП	M99	Крај потпрограма

2. Процес моделирања ротационих делова

Моделирање производа, као и управљање производним процесом, биће изведено у програмском пакету CATIA V5 (Computer Aided Three-dimensional Interactive Application).

Као пример ћемо узети реалан индустријски део (слика 2.1), који је прилагођен технологији обраде стругањем у 3D подручју.



Слика 2.1: Технички цртеж

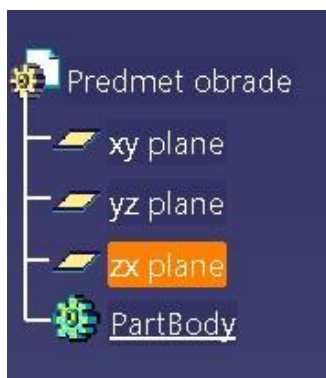
2.1 Креирање 3D модела предмета обраде

2.1.1 Активирање модула за креирање 3D модела

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

2.1.2 Креирање моделске форме *Shaft. 1*

1. Селектовати **zx plane** (слика 2.1.1) па затим активирати команду **Sketch** , којом се прелази у модул за скицирање.

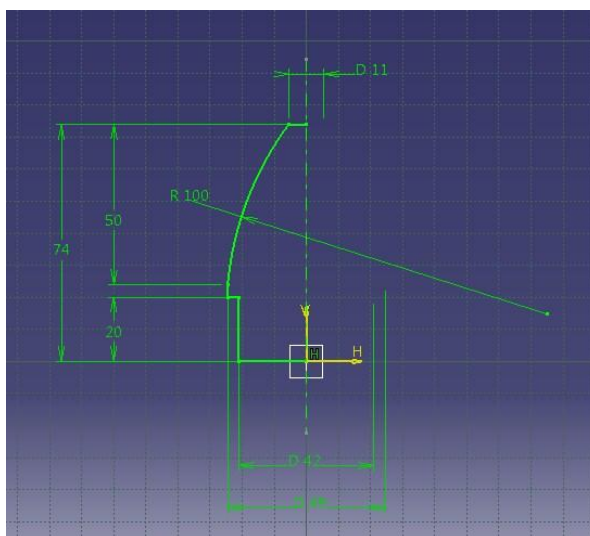


Слика 2.1.1: Избор координатне равни

2. По уласку у модул за скицирање активирати команду **Axis** , и скицирати вертикалну помоћну линију која пролази кроз координатни почетак и представља осу ротације.

3. Затим активирањем команде **Profile** , извршити скицирање профила (слика 2.1.2)

4. Активирањем команде **Constraint** , уведе се димензиона ограничења скице (слика 2.1.2). Димензионисање пречника дела применом ове команде изводи се обележавањем одговарајуће линије од које се врши задавање пречника и осе дела а затим десни клик и активирамо команду **Radius/Diameter**.



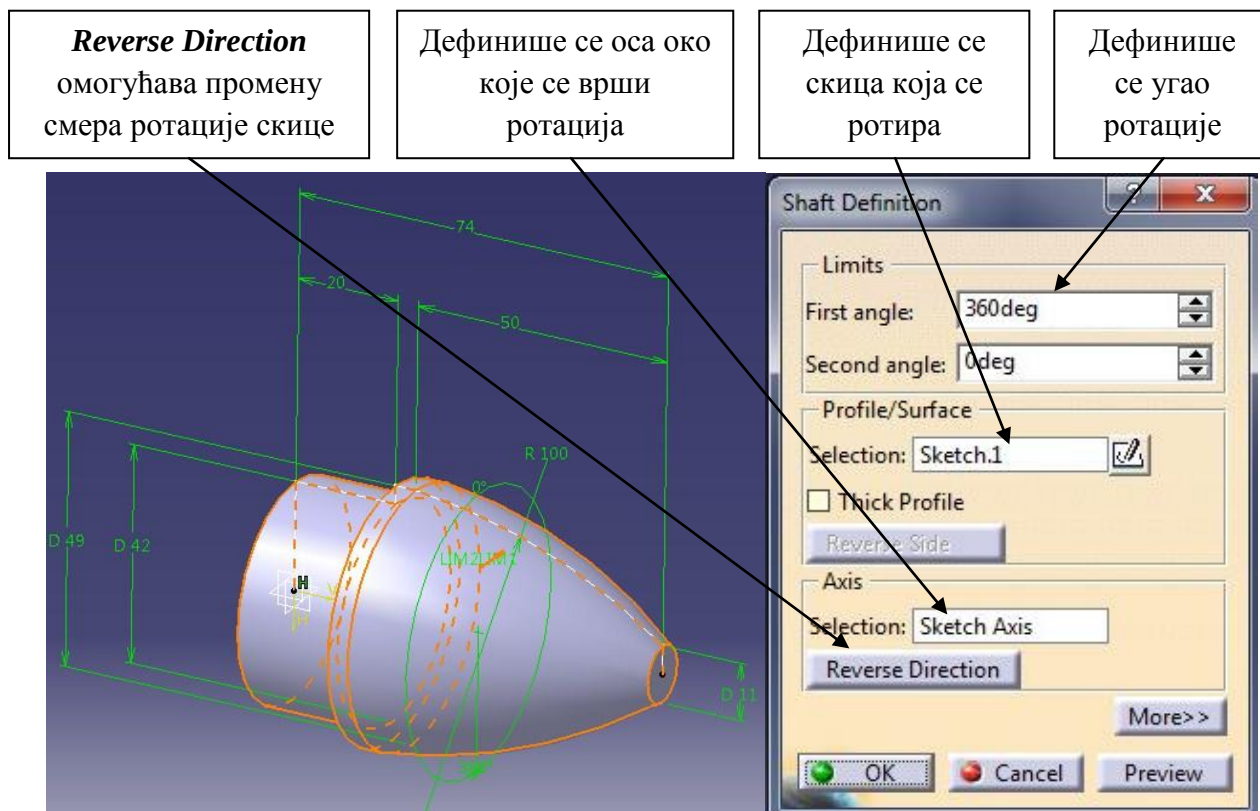
Слика 2.1.2: Скица моделске форме *Shaft. 1*

Поред димензиских ограничења скици се задају и геометриска ограничења као што су паралелност, управност, колинеарност, тангентност, концентричност, симетричност, коинцидентност која се задају применом команде **Constraints Defined in Dialog Box** .

Да би скица била валидна мора бити потпуно димензионо и геометриски ограничена. Таква скица је потпуно зелена.

5. Након завршетка скицирања излази се из модула за скицирање помоћу команде **Exit workbench** .

6. Активирањем команде **Shaft**  врши се ротација скице око вертикалне осе и на тај начин дефинише се трећа димензија. Активирањем ове опције отвара се прозор **Shaft definition** у којем се дефинишу потребни параметри за креирање моделске форме (слика 2.1.3). Да би команда **Shaft** исправно радила потребно је да скица буде потпуно затворена или затворена осом око које ће се вршити ротација.



Слика 2.1.3: Дефинисање моделске форме *Shaft.1*

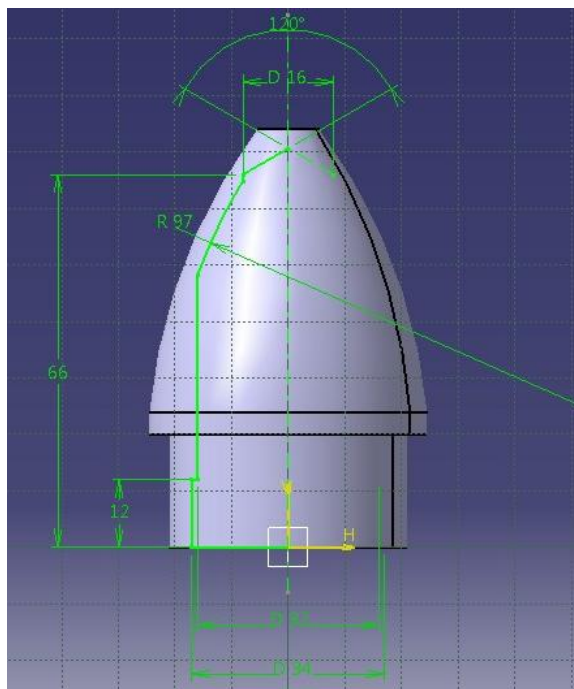
2.1.3 Креирање моделске форме *Groove. 1*

1. Селектовати zx plane (слика 2.1.1) па затим активирати команду **Sketch** , којом се прелази у модул за скицирање.

2. По уласку у модул за скицирање активирати команду **Axis** , и скицирати вертикалну помоћну линију која пролази кроз координатни почетак и представља осу ротације.

3. Затим активирањем команде **Profile** , извршити скицирање профила (слика 2.1.4)

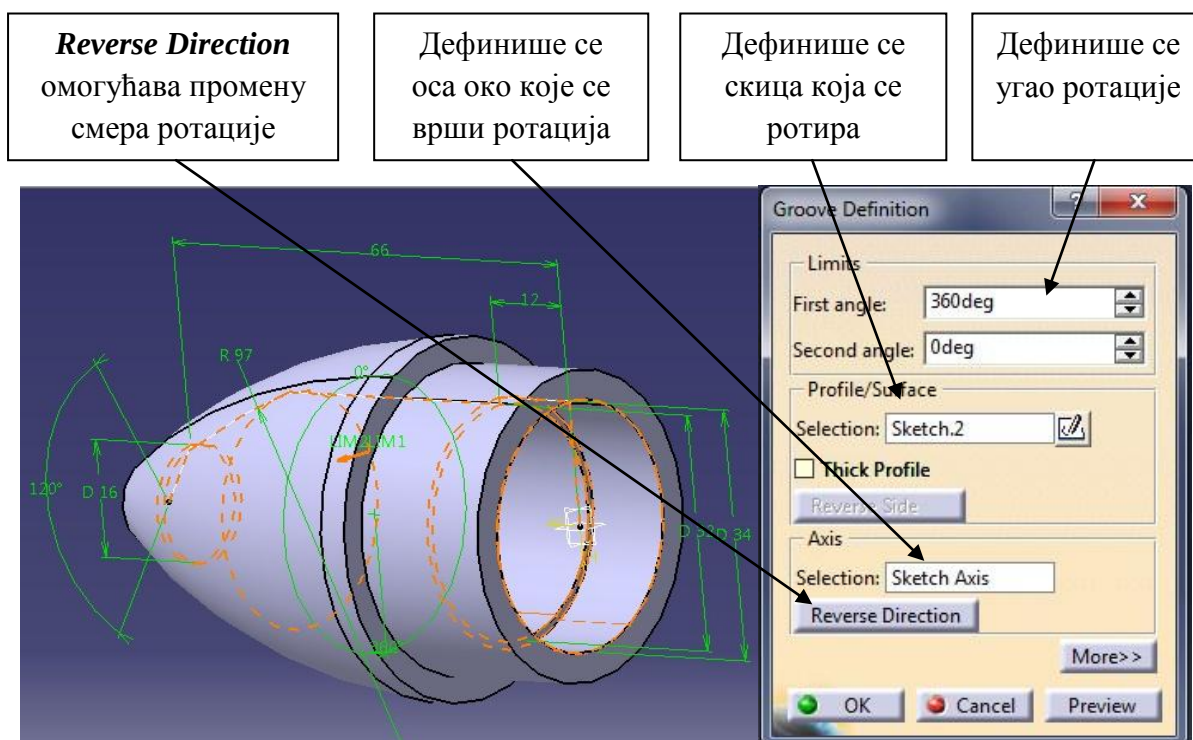
4. Активирањем команде **Constraint**  уводе се димензиона ограничења скице (слика 2.1.4).



Слика 2.1.4: Скица моделске форме **Groove. 1**

5. Након завршетка скицирања излази се из модула за скицирање помоћу команде **Exit workbench** .

6. Активирањем команде **Groove**  врши се одузимање материјала ротацијом скице око вертикалне осе. Активирањем ове опције отвара се прозор **Groove definition** у којем се дефинишу потребни параметри за креирање моделске форме (слика 2.1.5).

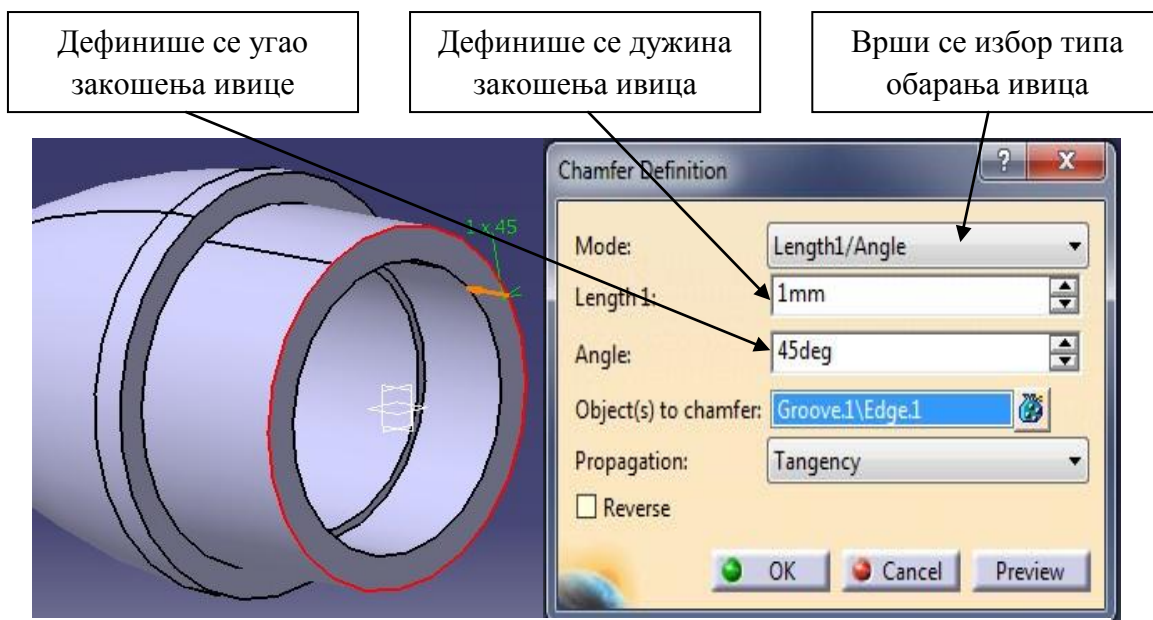


Слика 2.1.5: Дефинисање моделске форме **Groove. 1**

2.1.4 Креирање моделске форме *Chamfer. 1*

1. Обележити ивицу на којој ће се вршити обарање а затим активирати команду

Chamfer . Активирањем ове опције отвара се прозор **Chamfer definition** у којем се дефинишу потребни параметри за креирање моделске форме (слика 2.1.6).



Слика 2.1.6: Дефинисање моделске форме *Chamfer. 1*

2.1.5 Креирање скице почетне тачке завојнице

1. Селектовати zx plane (слика 2.1.1) па затим активирати команду **Sketch** , којом се прелази у модул за скицирање.

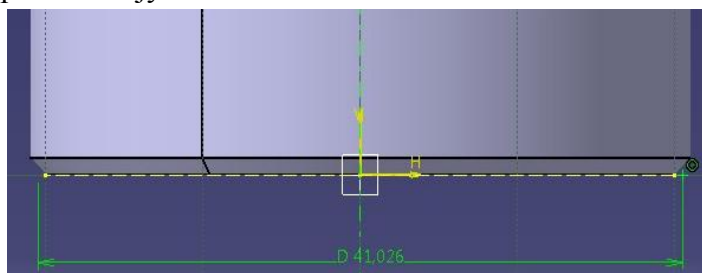
2. По уласку у модул за скицирање активирати команду **Axis** , и скицирати вертикалну помоћну линију која пролази кроз координатни почетак и представља осу ротације.

3. Активирати команду **Construktion/Standard Elements**  (након завршетка пројектовања ову команду деактивирати), даље је потребно пројектовати кружну ивицу

стабла завојнице на раван скицирања применом команде **Project 3D Elements**  (слика 2.1.7).

4. Применом команде **Point by Clicking**  креира се тачка тако да се поклапа са пројектованом ивицом (слика 2.1.7).

5. Затим селектовати креирану тачку и осу, активирати опцију **Constraints Defined in Dialog Box**  и изабрати опцију **Radius/Diameter**.



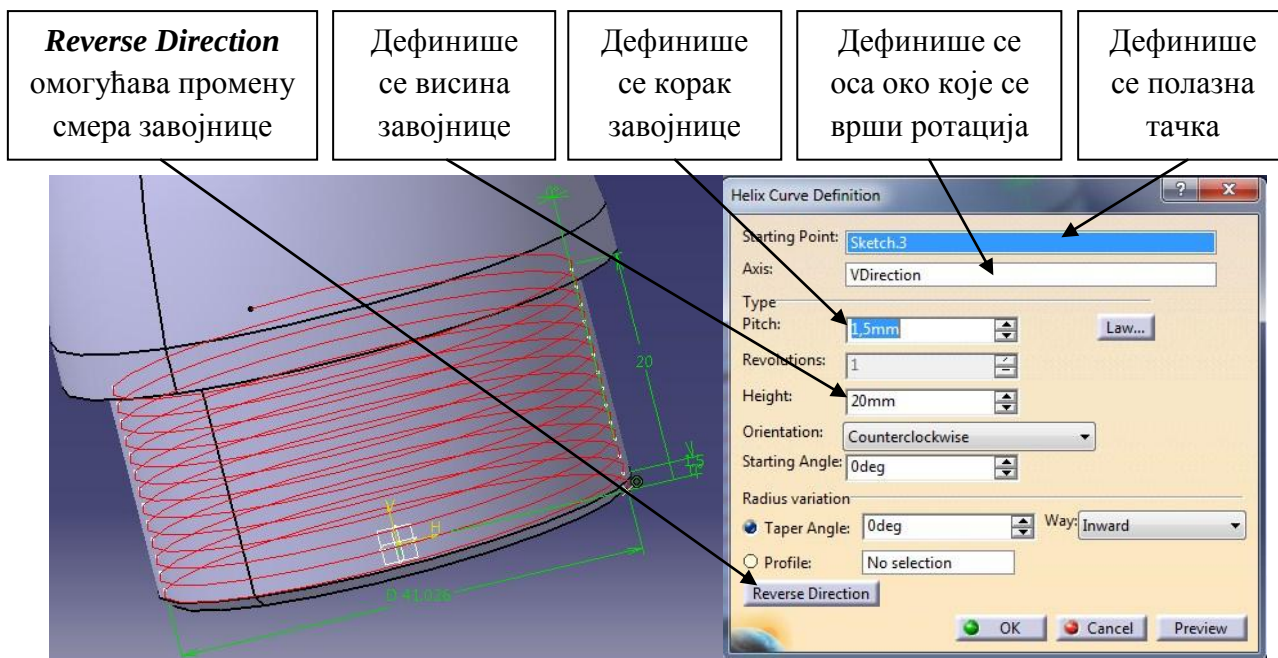
Слика 2.1.7: Креирање почетне тачке завојнице

6. Излази се из модула за скицирање помоћу команде **Exit workbench** .

2.1.6 Креирање завјнице Helix. 1

1. Прелазимо из модула за **Part Design** у модул за **Wireframe and Surface Design** на следећи начин: **Start** → **Mechanical Design** → **Wireframe and Surface Design**

2. Након уласка у овај модул бира се команда **Helix** . Активирањем ове команде отвара се прозор **Helix Curve definition** у којем се дефинише потребни параметри за креирање завојнице (слика 2.1.8).

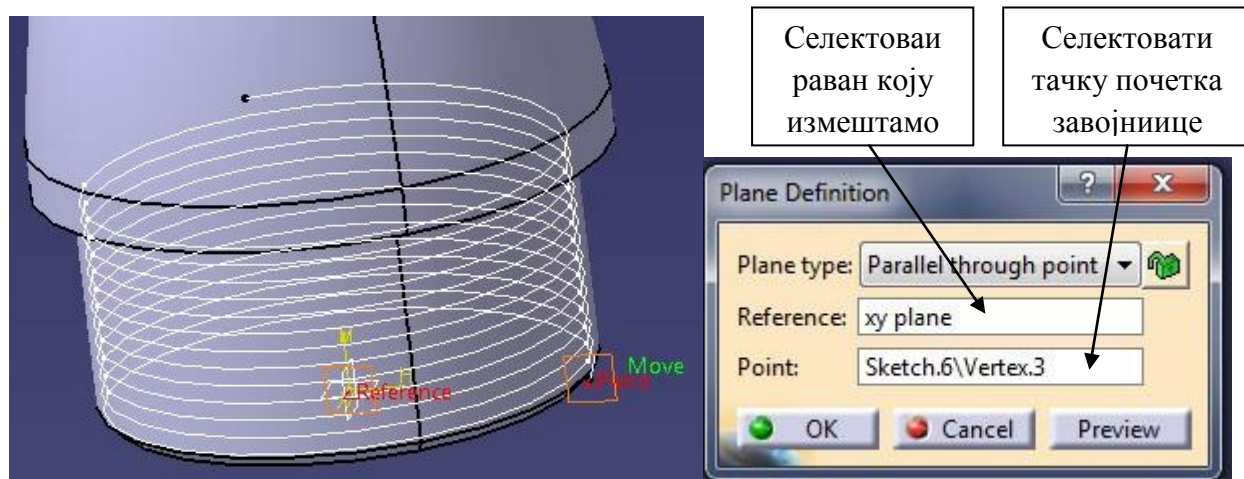


Слика 2.1.8: Дефинисање завојнице

2.1.7 Постављање равни управне на завојницу (Plane.3)

1. Прелазимо из модула за **Wireframe and Surface Design Part Design** у модул за **Part Design** на следећи начин: **Start** → **Mechanical Design** → **Part Design**

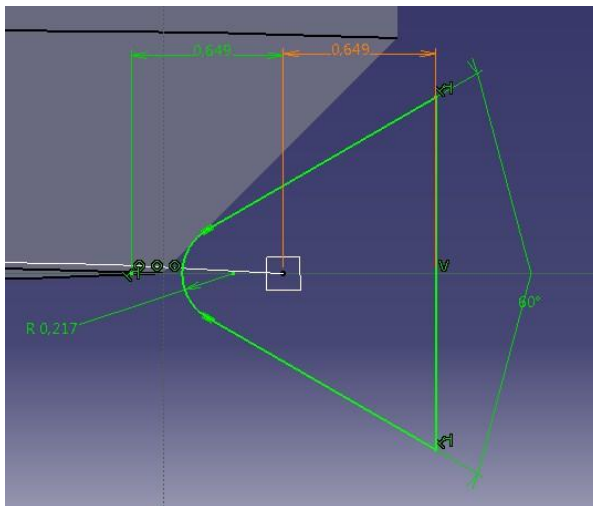
2. Активирати команду **Plane** , отвара се прозор **Plane definition** и у пољу **Plane type** из падајућег менија изабрати **Normal to curve** (Слика 2.1.9).



Слика 2.1.9: Приказ измештања равни

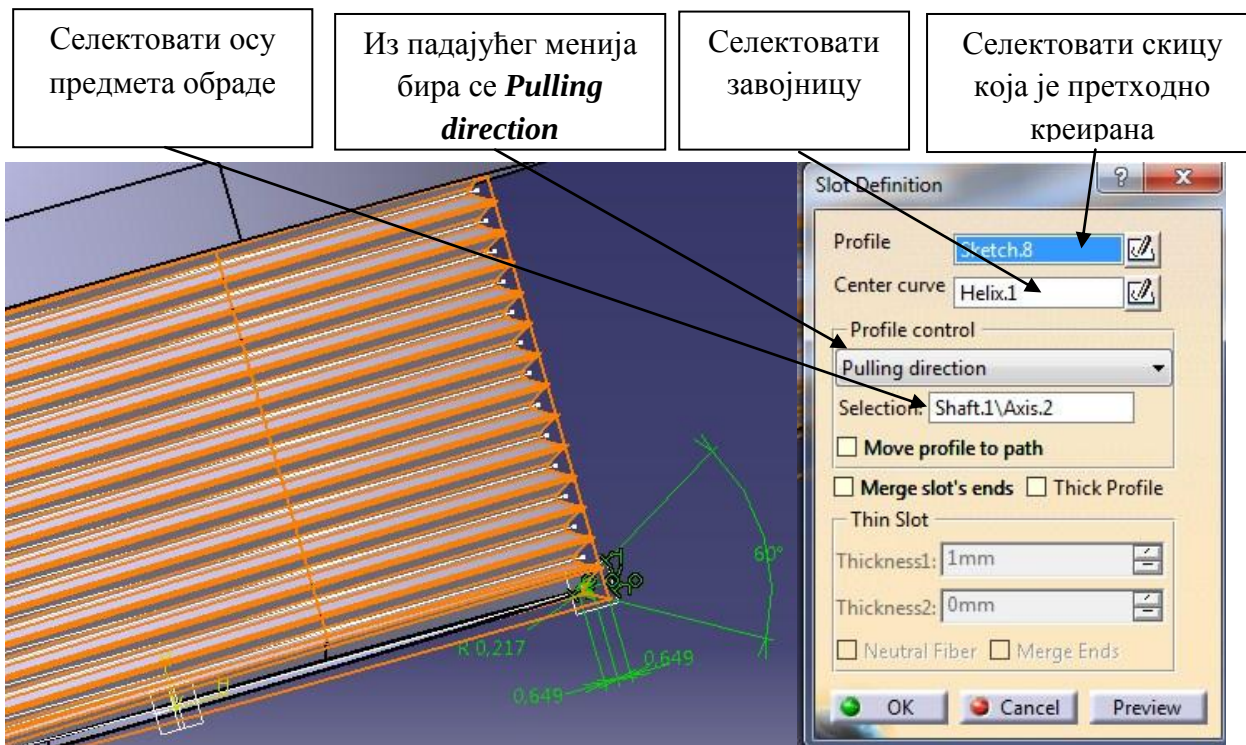
2.1.8 Креирање моделске форме *Slot.1*

1. Селектовати креирану раван па затим активирати команду **Sketch** , којом се прелази у модул за скицирање.
2. Активирањем команде **Profile** , извршити скицирање профила (слика 2.1.10).
3. Активирањем команде **Constraint** , уводе се димензиона ограничења скице (слика 2.1.10).
4. Из модула за скицирање изаћи помоћу команде **Exit workbench** .



Слика 2.1.10: Скица профила моделске форме *Slot.1*

5. Активирањем команде **Slot**  отвара се прозор **Slot definition** у којем се дефинишу потребни параметри за креирање моделске форме (слика 2.1.11).



Слика 2.1.5: Дефинисање моделске форме *Slot.1*

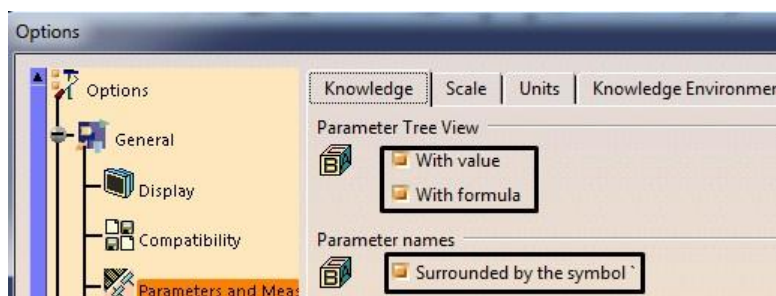
2.2.1 Активирање модула за креирање 3D модела

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

2.2.2 Креирање формула и параметара

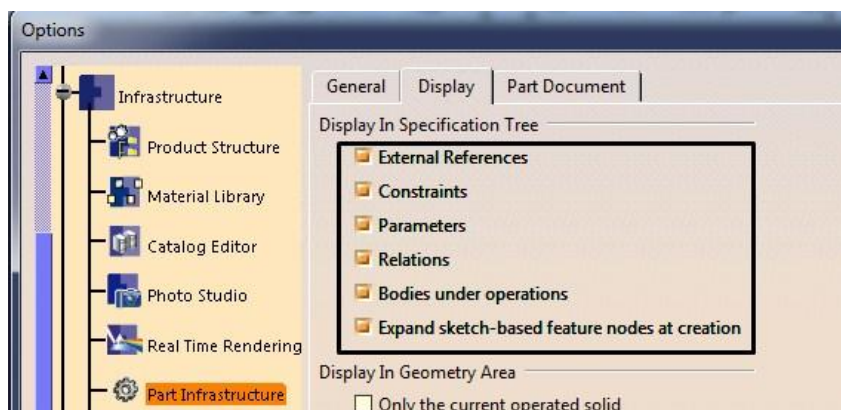
1. Подесити видљивост параметара у стаблу модела на следећи начин:

Tools→**Options**→**General**→**Parameters and Measure**→**Knowledge** и чекирати уоквирене опције (слика 2.2.1).



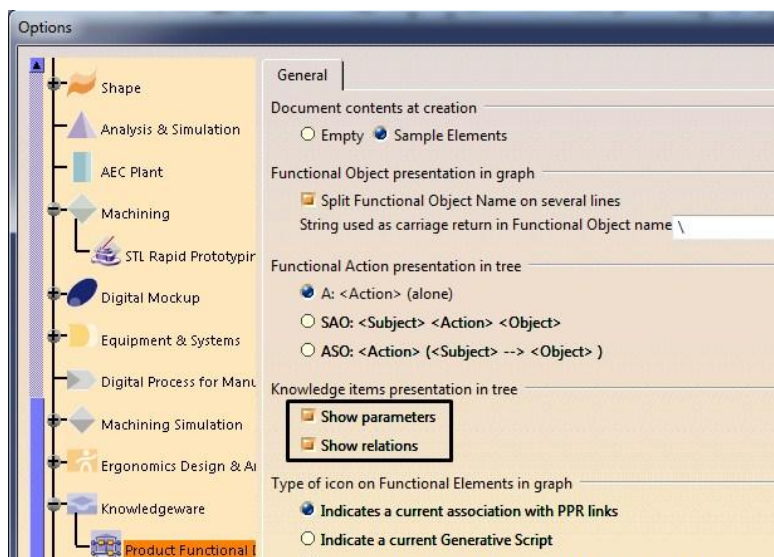
Слика 2.2.1: Подешавање видљивости параметара

Tools→**Options**→**Infrastructure**→**Part Infrastructure**→**Display**, и чекирати уоквирене опције (слика 2.2.2).



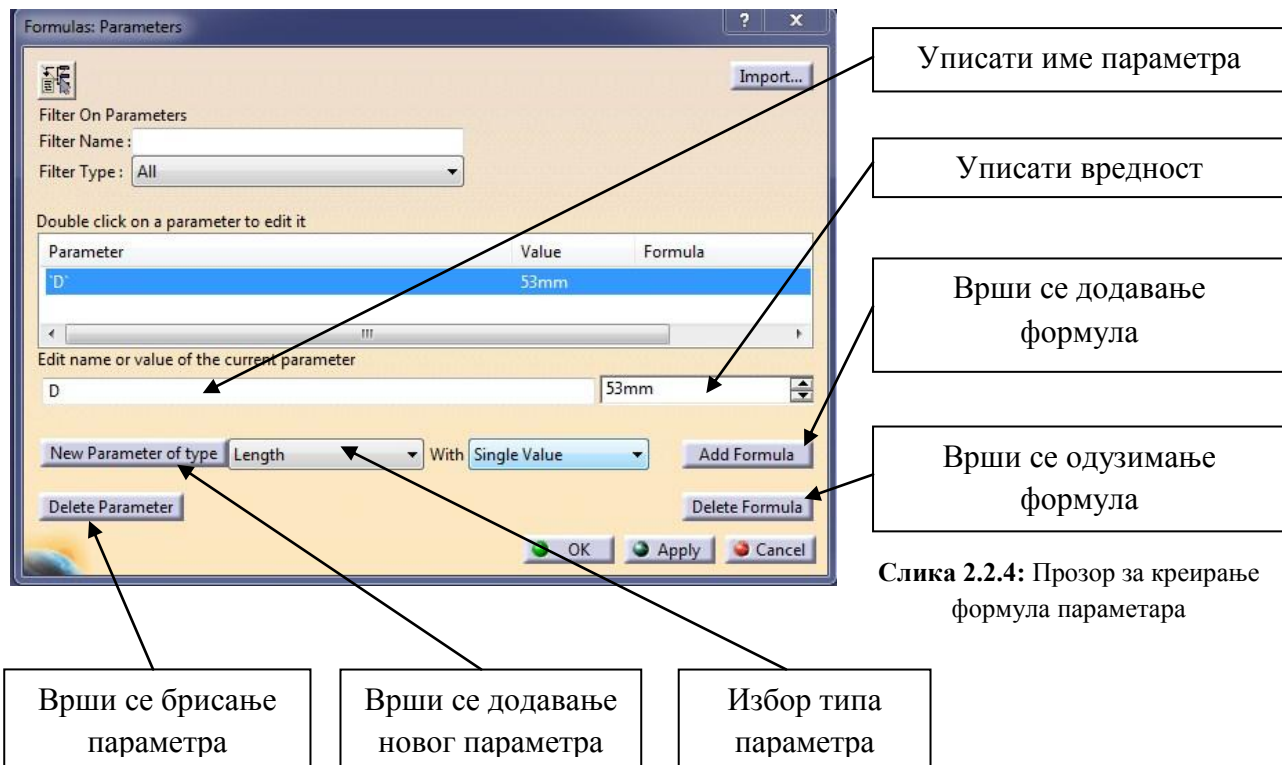
Слика 2.2.2: Подешавање видљивости параметара

Tools→**Options**→**Knowledgeware**→**Product Functional Definition**→**General**, и чекирати уоквирене опције (слика 2.2.3).



Слика 2.2.3: Подешавање видљивости параметар

2. Затим активирати команду за креирање формула и параметара **Formula** . Отвара се прозор за креирање корисничких параметара (слика 2.2.4) где пре свега из падајућег менија бирамо један од могућих типова параметара и командом **New Parameter of type** се креира параметар.



Слика 2.2.4: Прозор за креирање формула параметара

2.2.3 Креирање моделске форме Shaft. 2

1. Селектовати *yz plane* (слика 2.2.5) а затим активирати команду **Sketch** , којом се прелази у модул за скицирање.



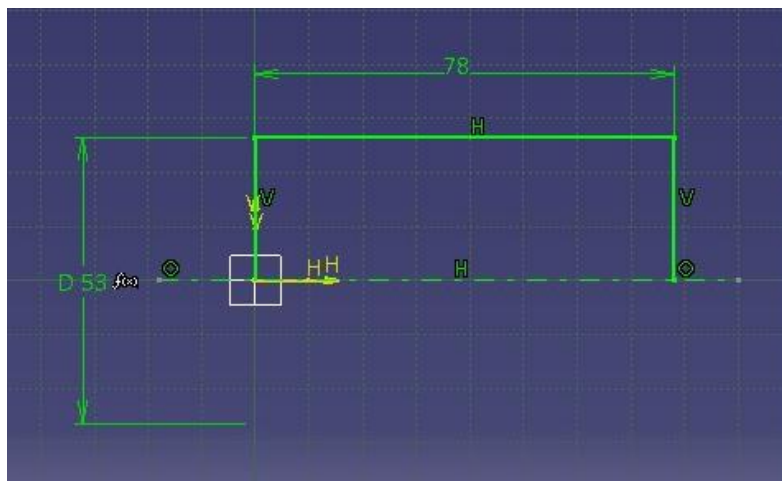
Слика 2.2.5: Избор координатне равни

2. По уласку у модул за скицирање активирати команду **Axis** , и скицирати вертикалну помоћну линију која пролази кроз координатни почетак и представља осу ротације.

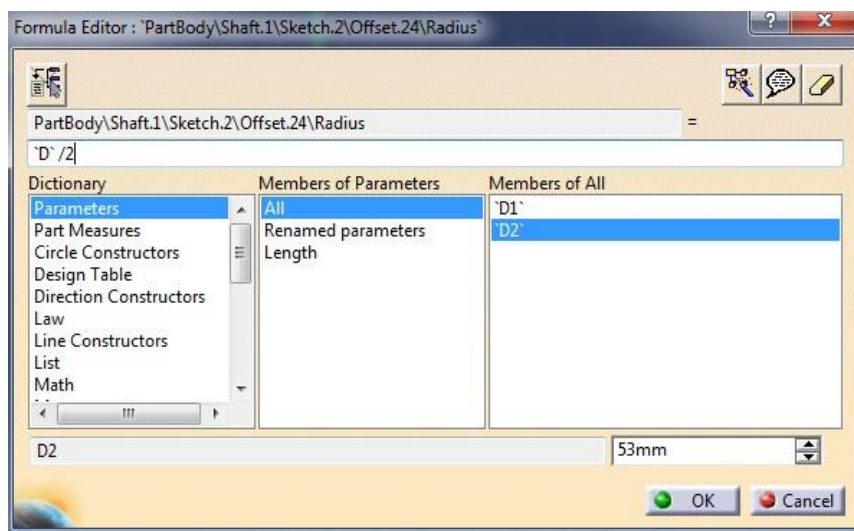
3. Затим активирањем команде **Profile** , извршити скицирање профила (слика 2.2.6).

4. Активирањем команде **Constraint** , уводе се димензиона ограничења скице (слика 2.2.6). Димензионисање пречника дела применом ове команде изводи се обележавањем одговарајуће линије од које се врши задавање пречника и осе дела а затим десни клик и активирамо команду **Radius/Diameter**.

Увођење формула и параметара у димензиона ограничења врши се десним кликом миша на предходно добијено димензионо ограничење, даљим отавањем прозора у оквиру **Offset object** → **Edit formula**. 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 (слика 2.2.7).



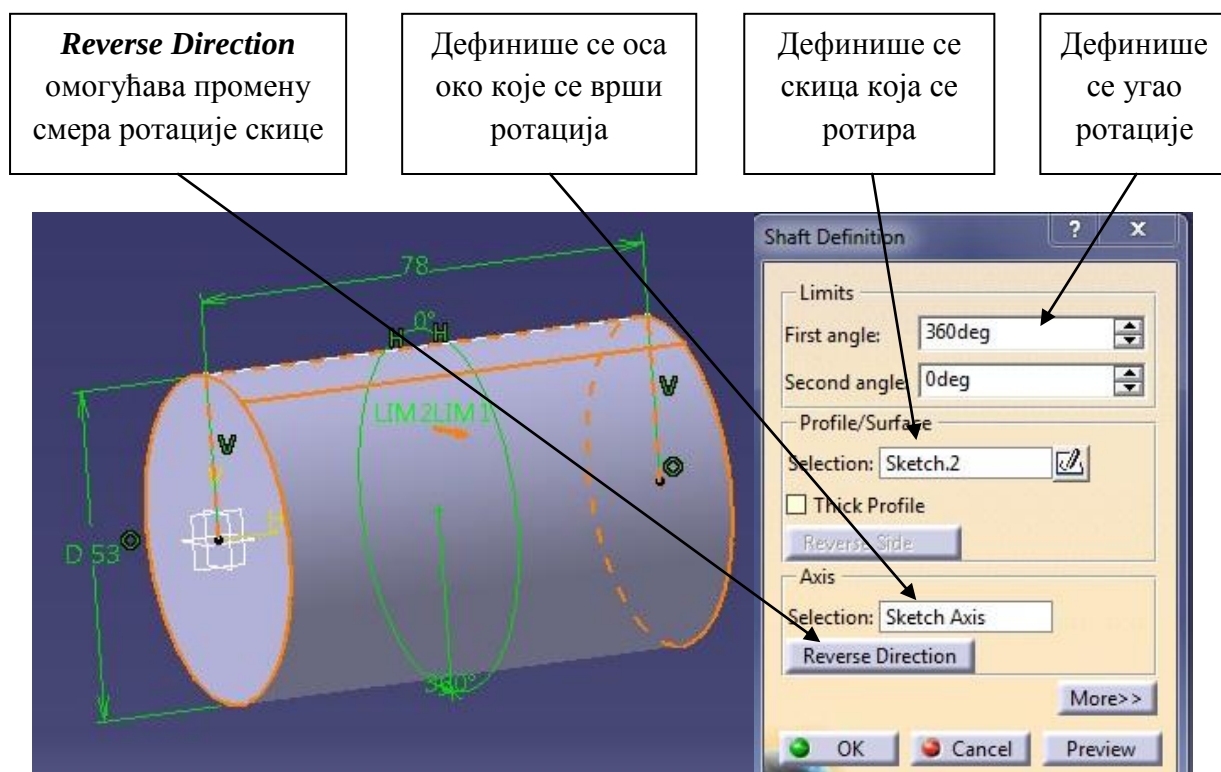
Слика 2.2.6: Скица моделске форме Shaft. 1



Слика 2.2.7: Уношење параметара пречника

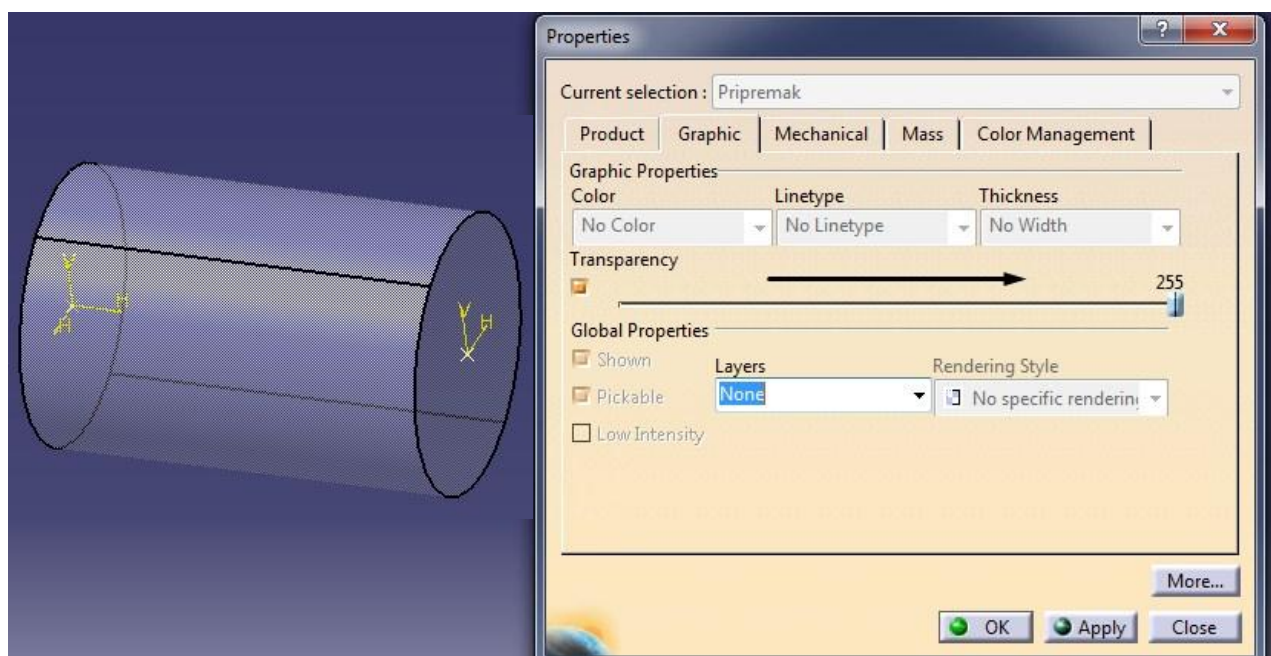
5. Након завршетка скицирања излази се из модула за скицирање помоћу команде **Exit workbench** .

6. Активирањем команде **Shaft**  врши се ротација скице око вертикалне осе и на тај начин се дефинише трећа димензија. Активирањем ове опције отвара се прозор **Shaft definition** у којем дефинишемо потребне параметре за креирање моделске форме (слика 2.2.8).



Слика 2.2.8: Дефинисање моделске форме *Shaft.2*

7. Због лакшег даљег спровођења активности моделирња врши се подешавање видљивости модела припремка на следећи начин: десним кликом на *Pripremak* у стаблу модела, изабрати опцију **Properties** и у кратици **Graphic** клизач **Transparency** померити у крајњи десни положај (слика 2. 2.9).



Слика 2.2.9: Подешавање видљивости припремка

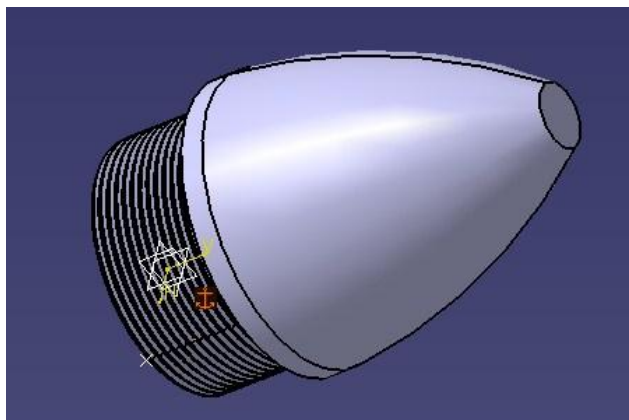
3. Процес моделирања прве технолошке операције

3.1 Креирање склопа за прву технолошку операцију

1. Изабрати **Start** → **Mechanical Design** → **Assembly Design**.
2. Десни клик на назив стабла склопа (**Product.1**) → **Properties** → **Product** → **Part Name** → унети жељено име (под)склопа (**Podsklop**)
3. Увођење првог модела склопа (базног модела) се изводи тако што се обележи име

склопа из стабла модела, а затим активирати команду **Existing Component** . Активирањем ове команде отвара се прозор **File Selection** у којем се бирају жељени модели (**Predmet obrade**).

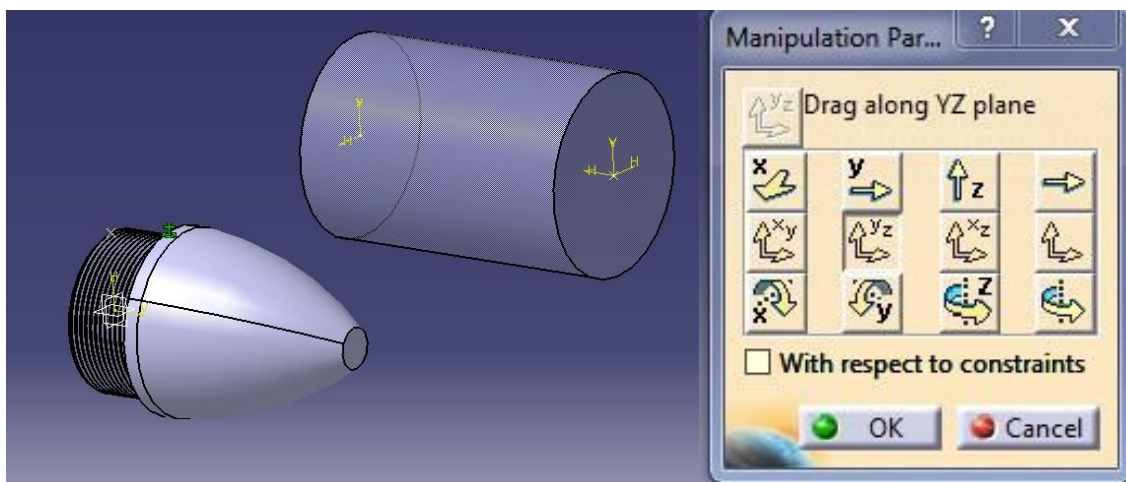
4. Након увођења првог модела склопа активирати команду **Fix Component**  и обележити модел (предмет обраде) у стаблу. На тај нач се врши поклапање равни модела са равнима текућег координатног система и тако спречавају померања за време ажурирања склопа (слика 3.1.1).



Слика 3.1.1: Фиксирање првог модела

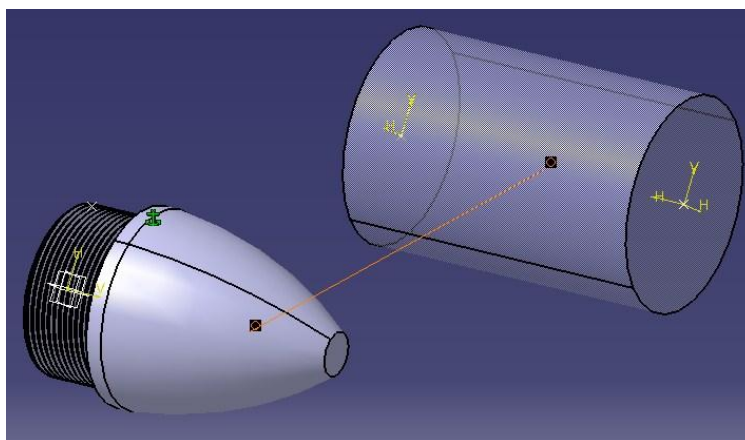
5. Увођење другог модела склопа (**Pripremak**) изводи се на исти начин као и увођење првог модела (**Predmet obrade**).

6. Помоћу команде **Manipulation**  врши се померање модела (слика 3.1.2).



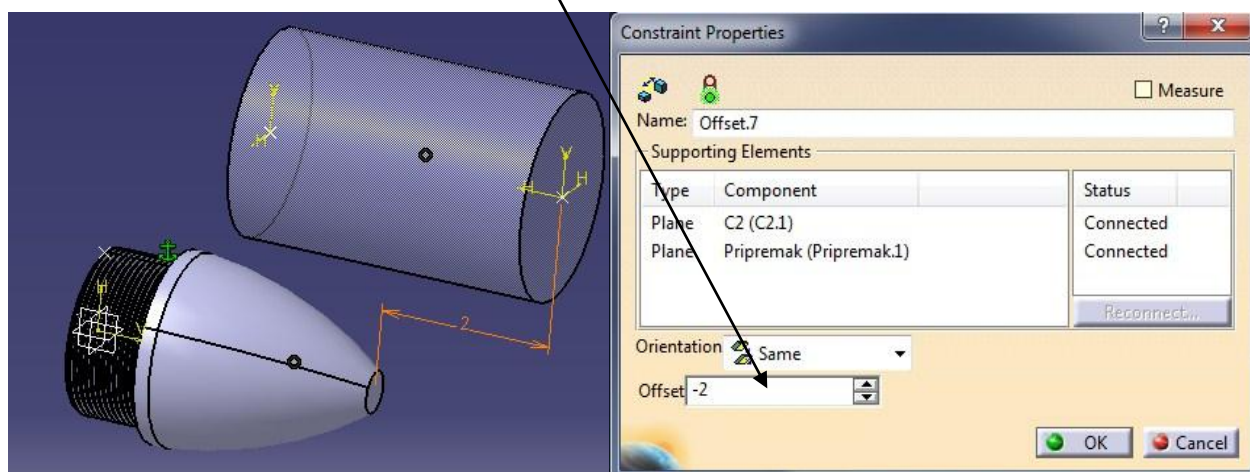
Слика 3.1.2: Померање модела

7. Активирати команду **Coincidence Coinstraint** , затим обележити осе модела које треба поклопити. На овај начин задаје се ограничење подударности (слика 3.1.3).



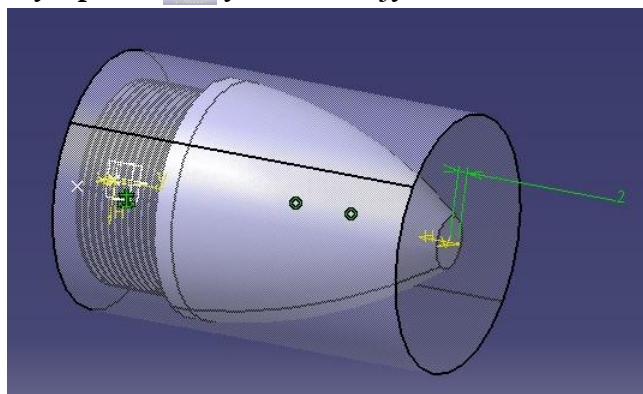
Слика 3.1.3: Увођење ограничења саосности

8. Покренути команду **Offset Coinstraint** , а затим обележити чеоне површине између којих се задаје ограничење. У отвореном прозору **Constraint Properties** задати димензиона ограничења (слика 3.1.4).



Слика 3.1.4: Увођење димензионих ограничења

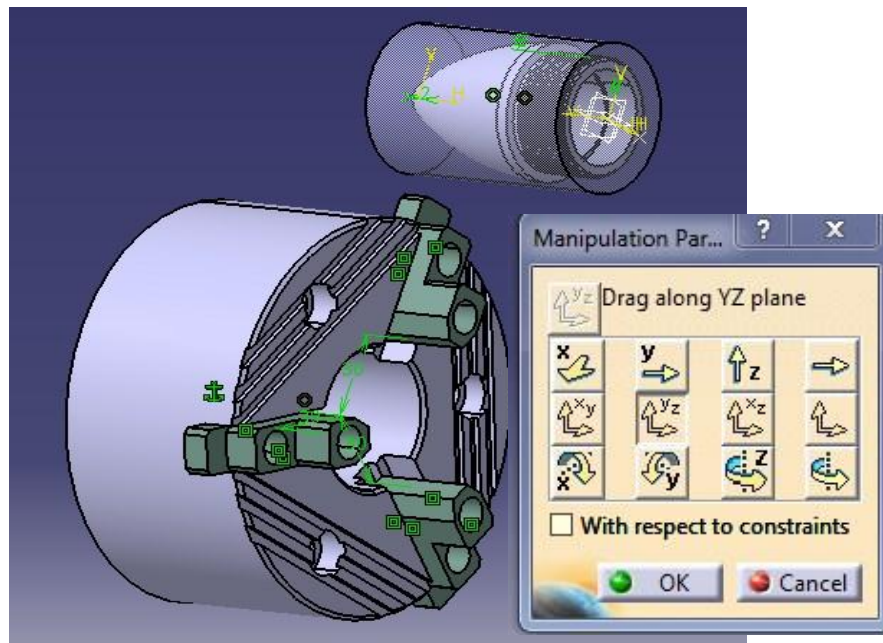
9. Активирати команду **Update**  успостављају се постављена ограничења (слика 3.1.5).



Слика 3.1.5: Подсклоп

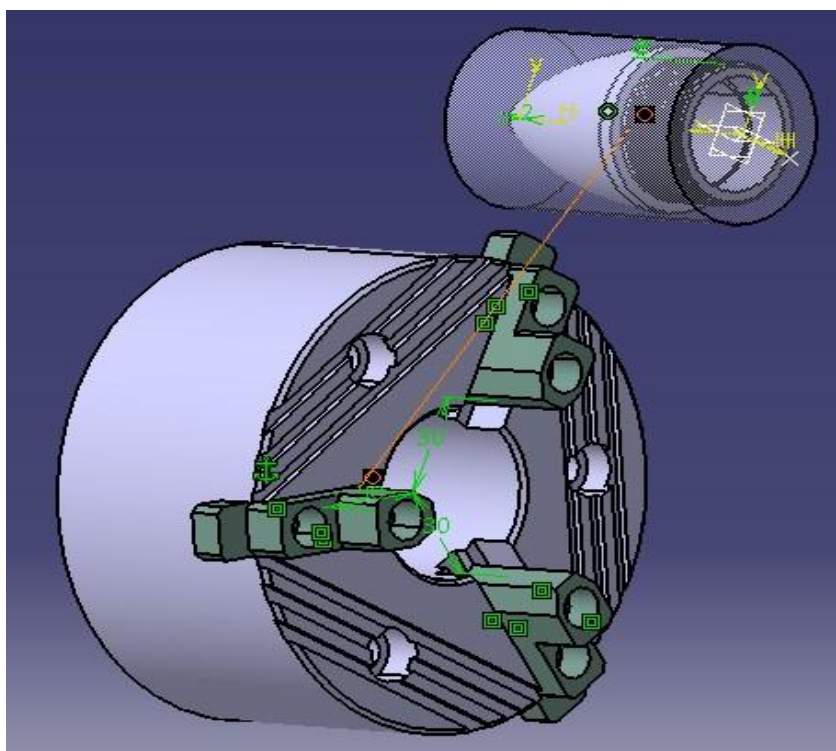
10. Увођење подскопа стезне главе изводи се на исти начин као и увођење првог модела.

11. Помоћу команде **Manipulation**  врши се померање елемената склопа и довођење у одговарајући положај (слика 3.1.7).



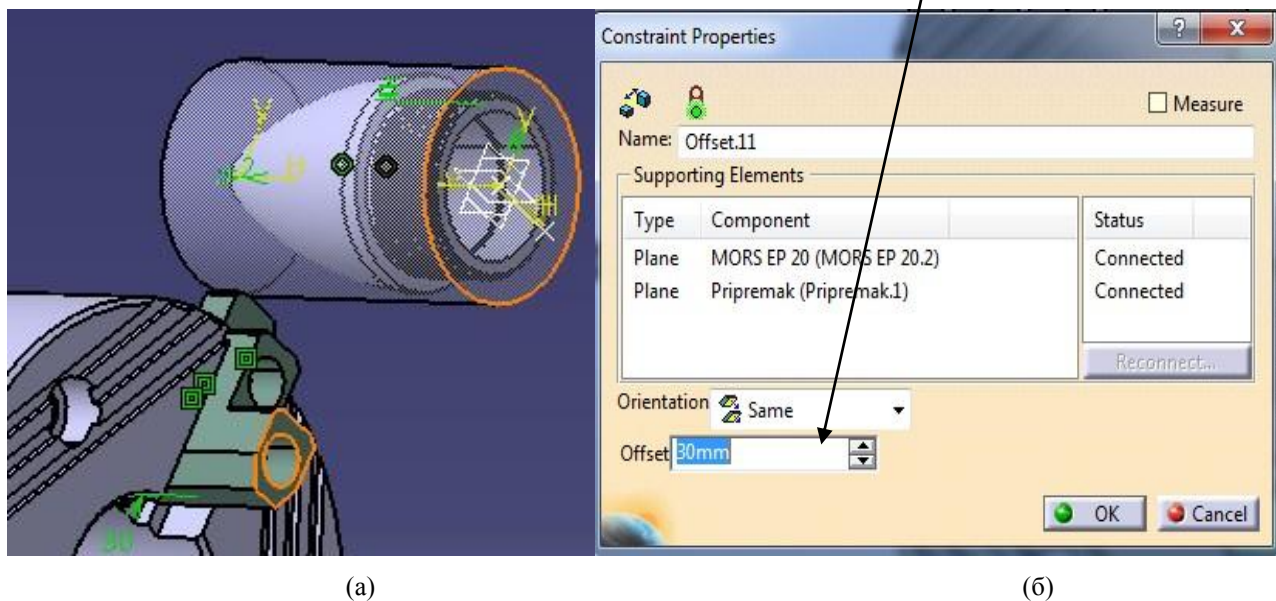
Слика 3.1.7: Померање модела

12. Активирати команду **Coincidence Coinstraint** , затим обележити осе које треба поклопити (слика 3.1.8).



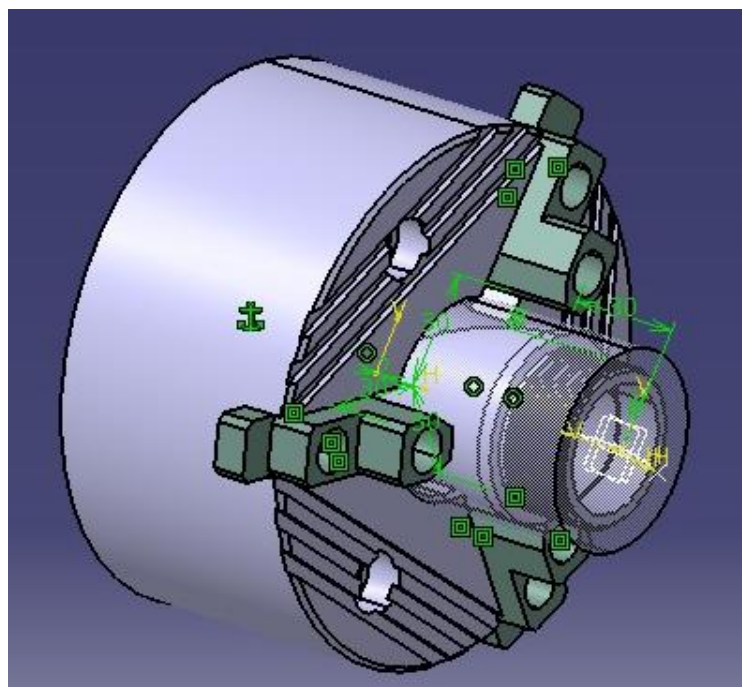
Слика 3.1.8: Увођење ограничења саосности

13. Активирањем команде **Offset Coinstraint**  затим се обележе површине као на слици 3.1.9 (а) између којих се задаје ограничење а затим се отвара прозор **Constraint Properties**, у коме се задају димензиона ограничења (слика 3.1.9 б).



Слика 3.1.9: Увођење димензионих ограничења

14. Активирати команду **Update**  успостављају се постављена ограничења (слика 3.1.10).

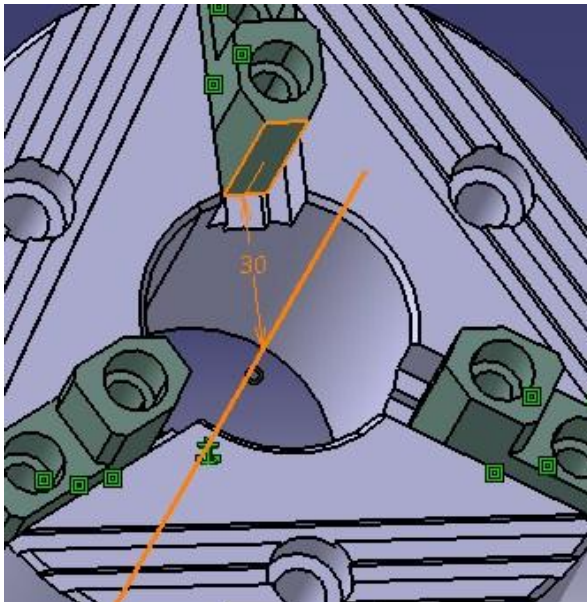


Слика 3.1.10: Склоп након ажурирања

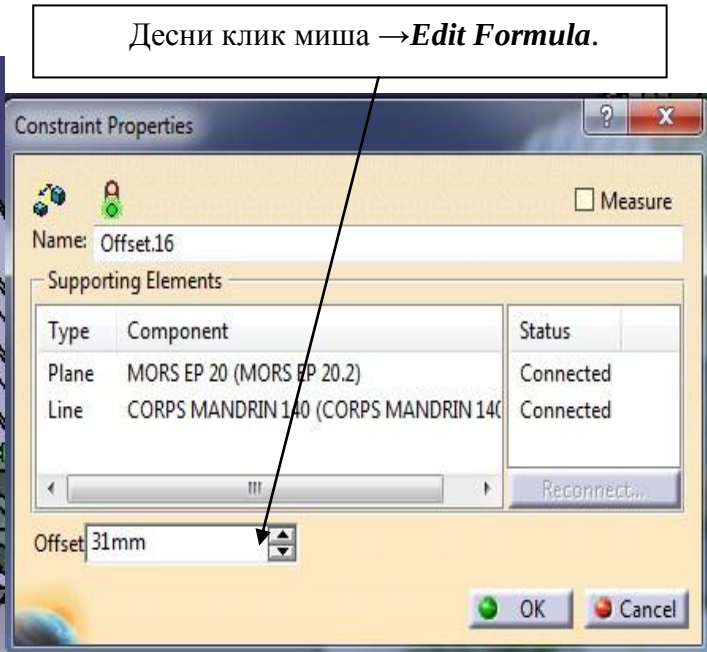
Да би се остварило стезање, тј. контакт између стезних чељусти и модела припремка потребно је параметризовати стезну главну на основу параметара који су задати моделу припремка.

1. Дупли клик на име подскопа стезне главе на стаблу модела, на тај начин се активира тај подскоп.

2. Активирати команду **Offset Coinstraint** , а затим обележити површину и осу као на слици 3.1.11. Након тога се отвара прозор **Constraint Properties** у коме се задају димензиона ограничење (слика 3.1.12).

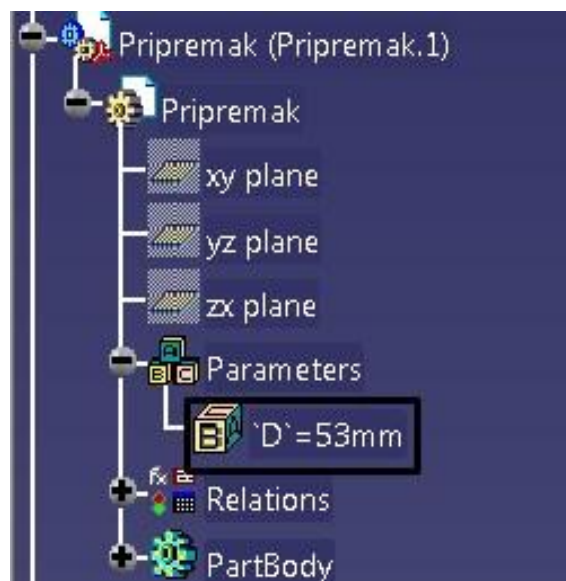


Слика 3.1.11: Површина и оса коју треба обележити

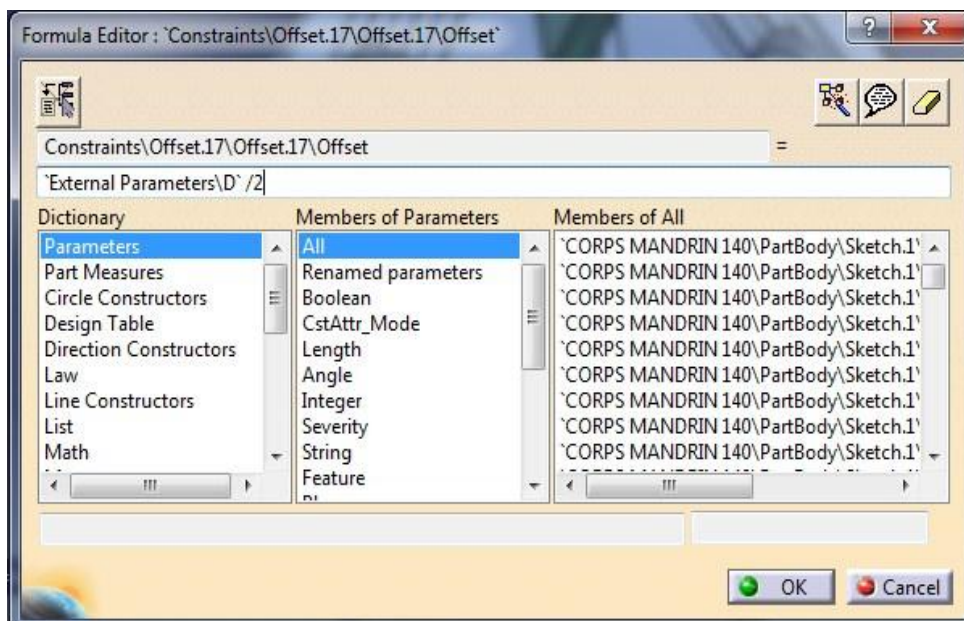


Слика 3.1.12: Приказ прозора **Constraint Properties**

Одговарајући параметри се у формулу уводе кликом на параметар у стаблу модела слика 3.1.13. Када се параметризују пречници, вредности се деле са два како би се добио полупречник (слика 3.1.14). Поступак се поново изводи исто за сваку чељуст стезне гаве



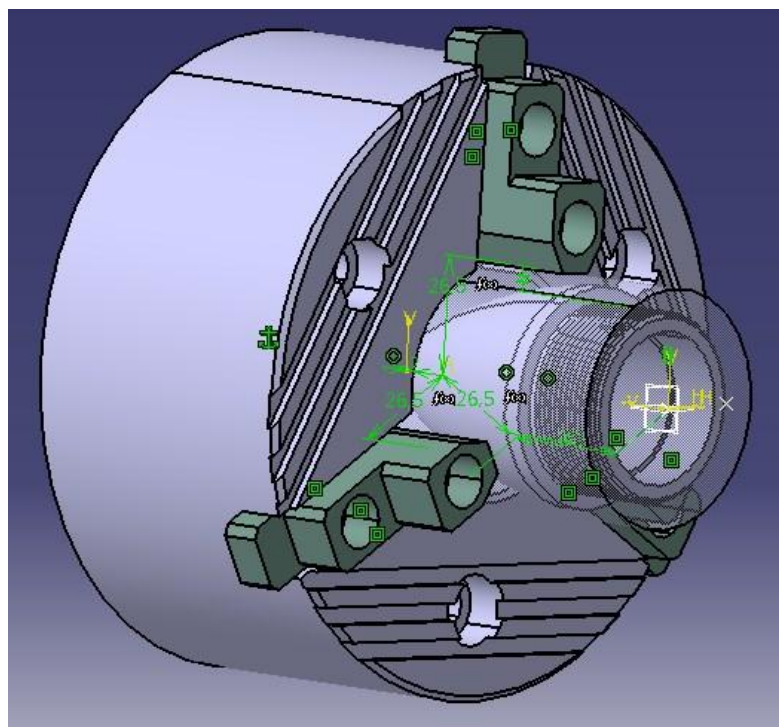
Слика 3.1.13: Приказ параметра у стаблу модела



Слика 3.1.14: Уношење параметара пречника

3. Дупли клик на име склопа на стаблу модела, активира се главни склоп.

4. Активирати команду **Update**  успостављају се постављена ограничења (слика 3.1.14).

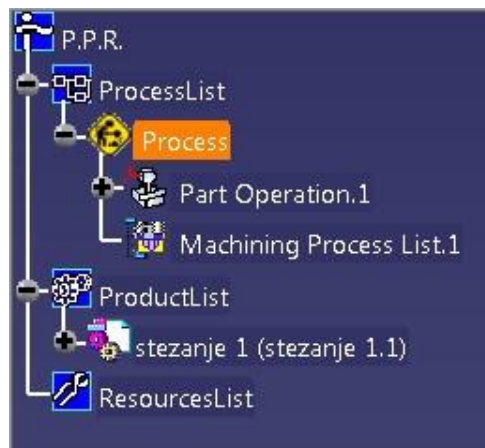


Слика 3.1.14: Склопа за прву технолошку операцију

Напомена: Стезна глава за процес моделирања технолошког поступка обраде ротационих делова сама по себи није толико битна, примењује се ради визуелног ефекта при симулацији.

3.2 Дефинисање технолошког модела за прву технолошку операцију

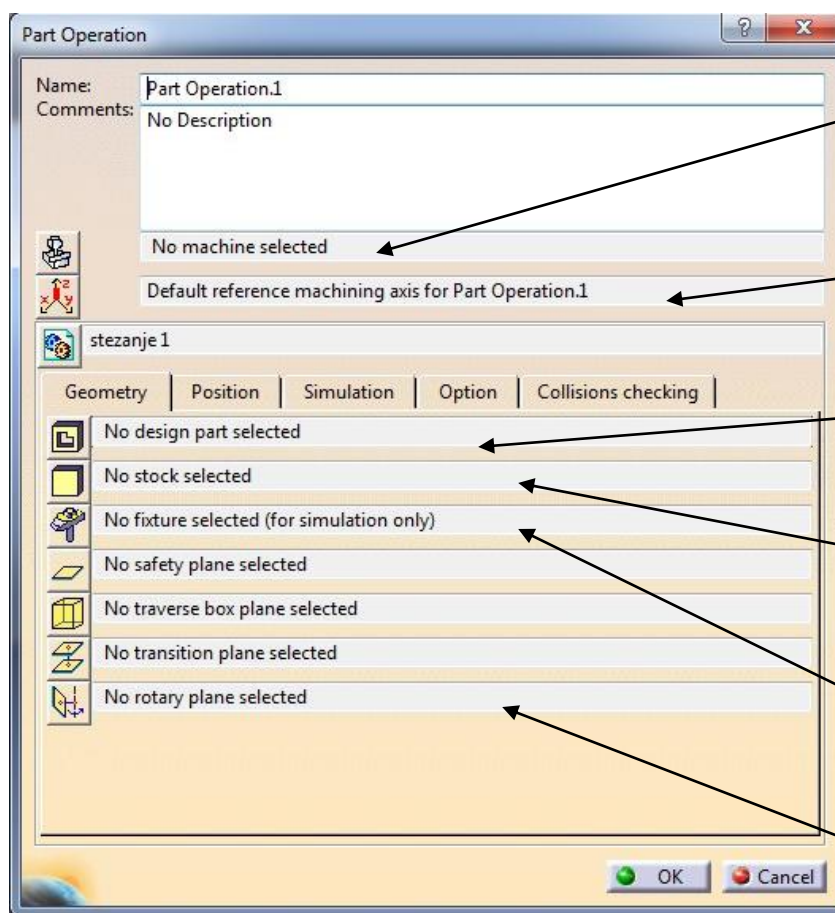
Након израде склопа, покренути мдул за дефинисање технолошког процеса обраде ротационих делова (слика 3.2.1) **Start**→ **Machining**→ **Lathe Machining**.



Слика 3.2.1: Стабло модела *Lathe Machining*

3.2.1 Дефинисање основних параметра

1. Дупли леви клик на **Part Operation.1** у стаблу **P.P.R.** након чега ће се отворити прозор **Part Operation** (слика 3.2.2).



Дефинише се машина
на којој се изводи
обрада

Дефинише референтни
координатни систем

Дефинише се модел
предмета обраде

Дефинише се модел
припремка

Дефинише се модел
стезног прибора

Дефинише се
ротирајућа равна

Слика 3.2.2: Прозор *Part Operation*

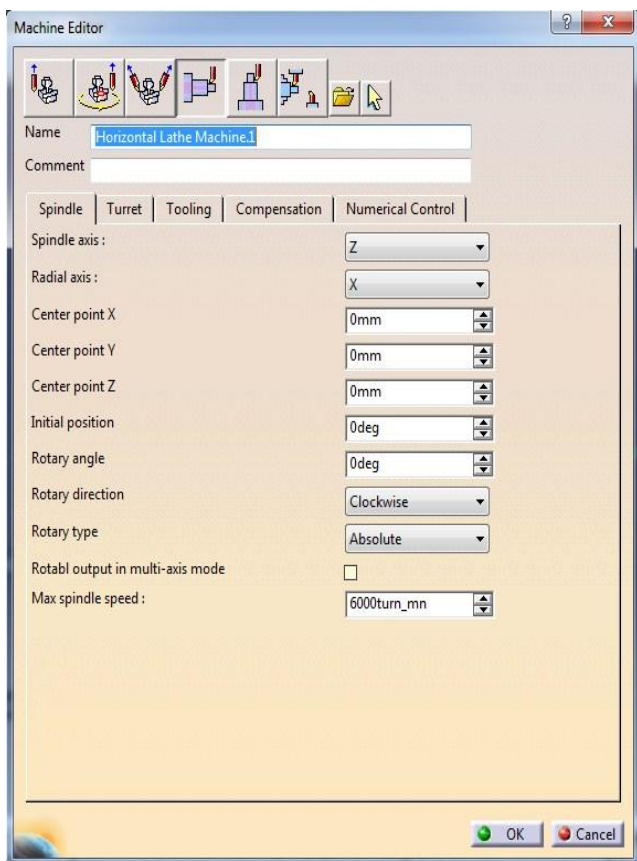


2. Активирањем иконице **Machine** отвара се прозор **Machine Editor** (слика 3.2.3). У њему се врши избор типа машине на којој се изводи израда ротационих делова, дефинишу се радне осе.

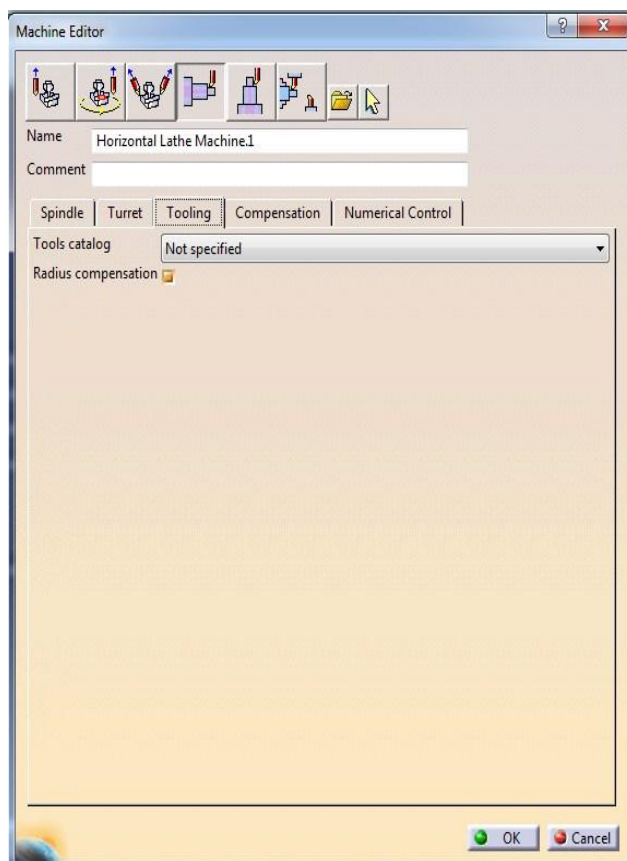


Одабрати **Horizontal Lathe Machine.1**, за ротирајућу осу (**Spindle axis**) одабрати осу **Z** јер је то хоризонтална оса струга, а за радијалну осу (**Radial axis**) одабрати осу **X**.

У картици **Tooling**, чекирати опцију **Radius compensation** (слика 3.2.4) на тај начин се координате кретања алата дефинишу у односу на контуру коју треба обрадити а не у односу на центар алата.



Слика 3.2.3: Избор машине и дефинисање оса

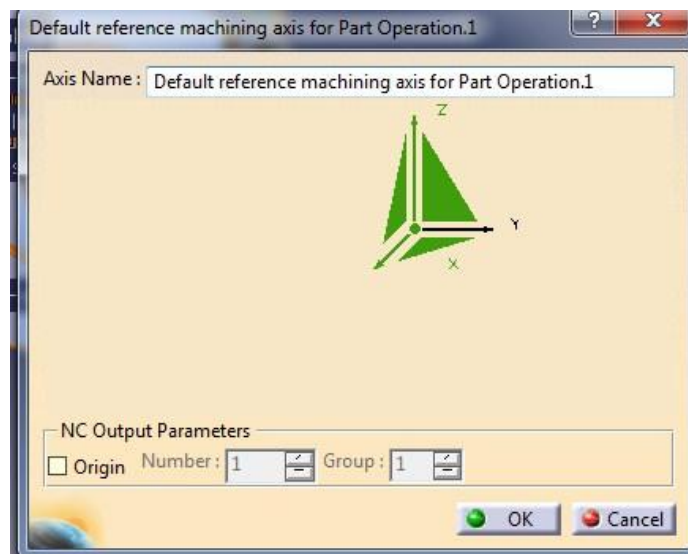


Слика 3.2.4: Активирање компензације



3. Активирањем команде **Reference machining axis system** отвара се прозор **Default reference machining axis for Part Operation.1** (слика 3.2.5) где се дефинише референтни координатни систем. Селектовати тачку центра координатног система, а затим селектовати тачку центра координатног система предмета обраде.

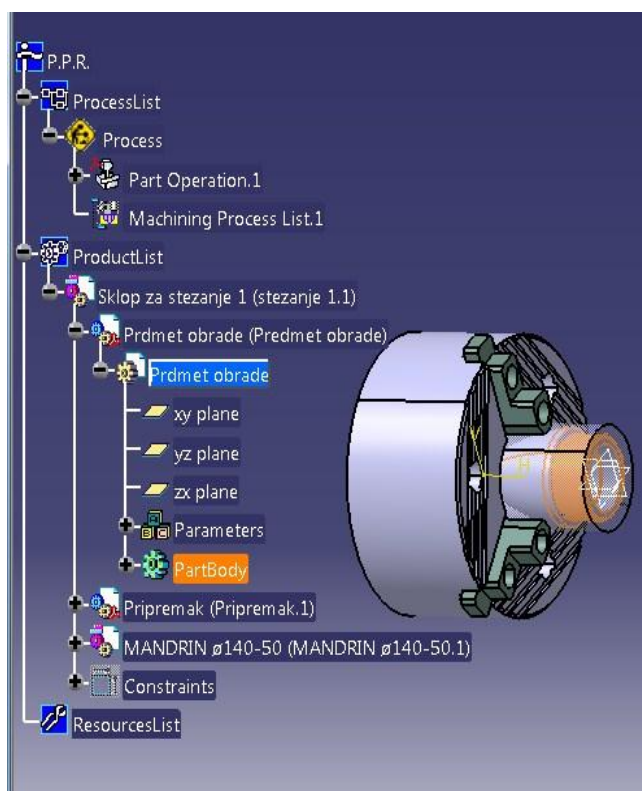
Напомена: Оса **Z** мора да има смер од стезне главе и правац осе предмета обраде, док оса **X** мора бити у равни у којој су израђене скице модела.



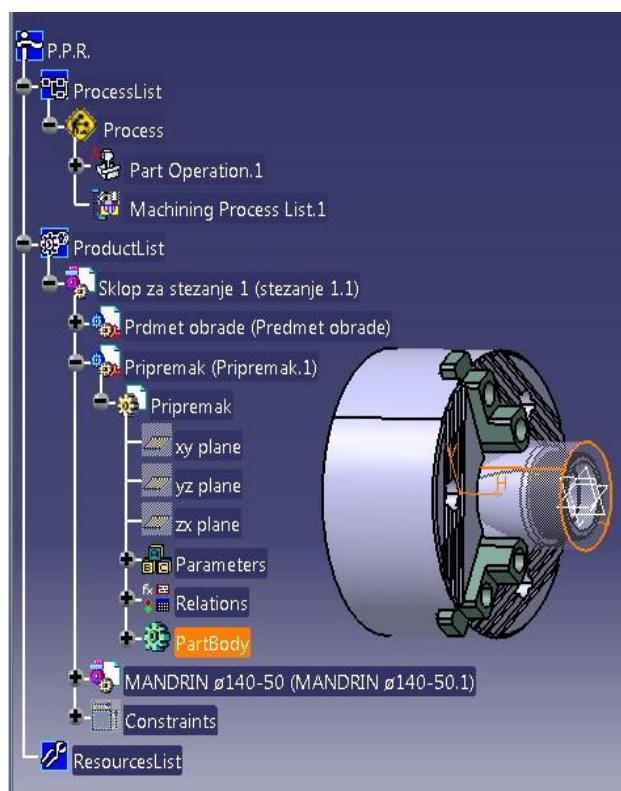
Слика 3.2.5: Дефинисање референтног координатног система

4. Активирати команду **Design part for simulation** , затим обележити **PartBody** модел предмета обраде у стаблу модела (слика 3.2.6).

5. Активирати команду **Stock** , затим обележити **PartBody** модел припремка у стаблу модела (слика 3.2.7).

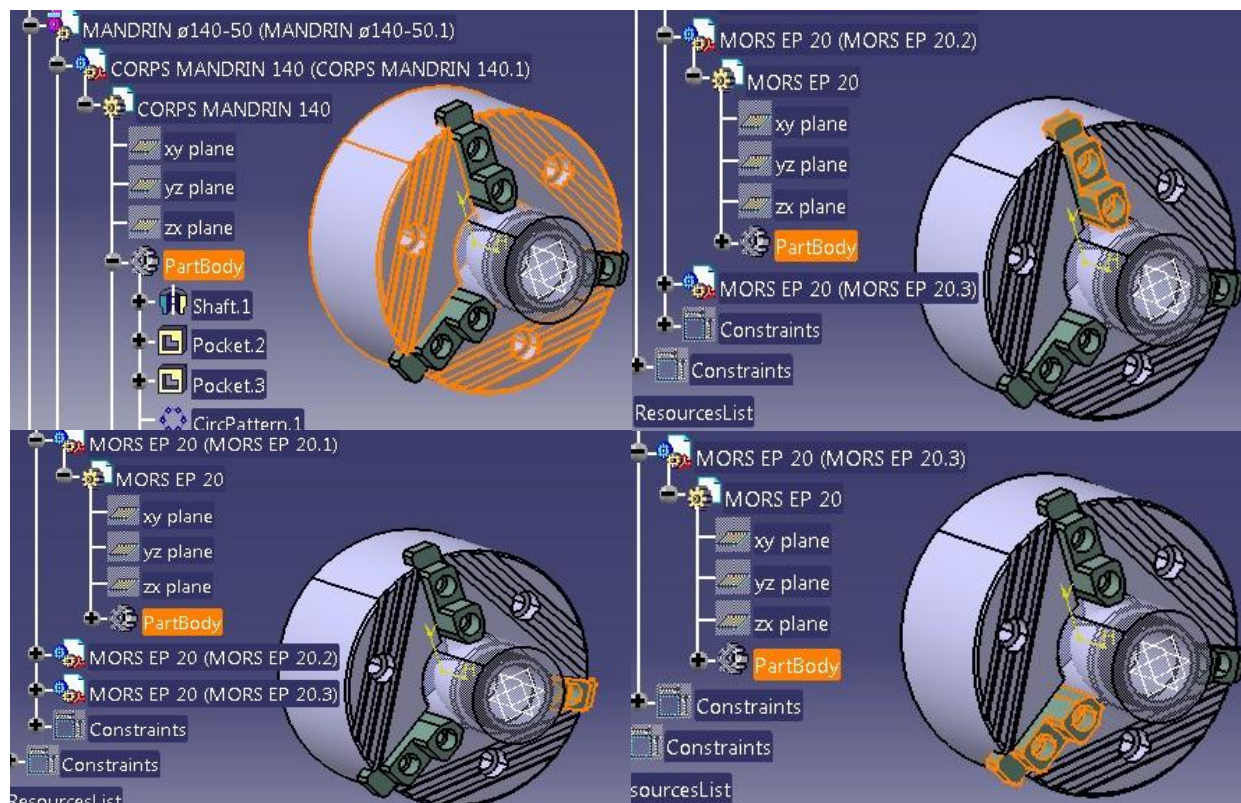


Слика 3.2.6: Дефинисање предмета обраде



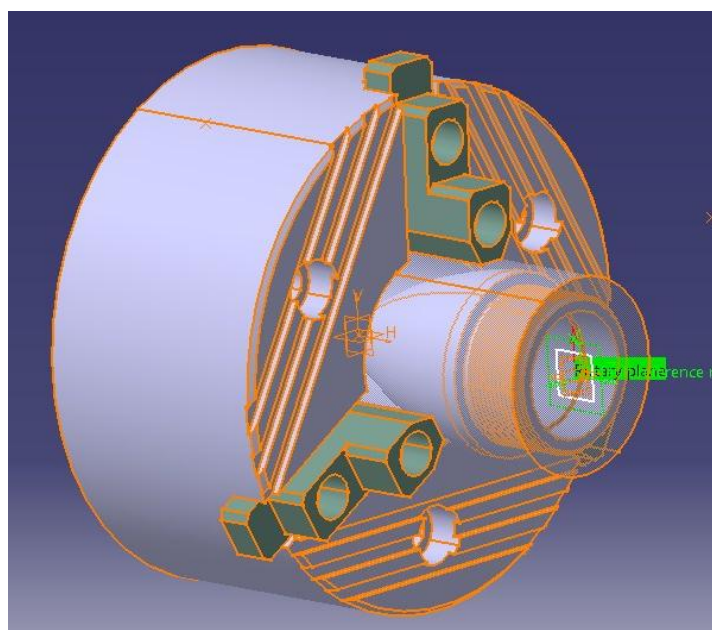
Слика 3.2.7: Дефинисање припремка

6. Активирати команду **Fixtures for simulation** , затим обележити **PartBody** сваког елемента склопа стезне главе у стаблу модела (слика 3.2.8). Напомена: сваки елемент склопа стезне главе убацује се посебно.



Слика 3.2.8: Дефинисање елемената стезне главе

7. Активирање команде **Rotary planes** , затим означити раван ZX, која у овом случају представља ротирајућу раван (слика 3.2.9).

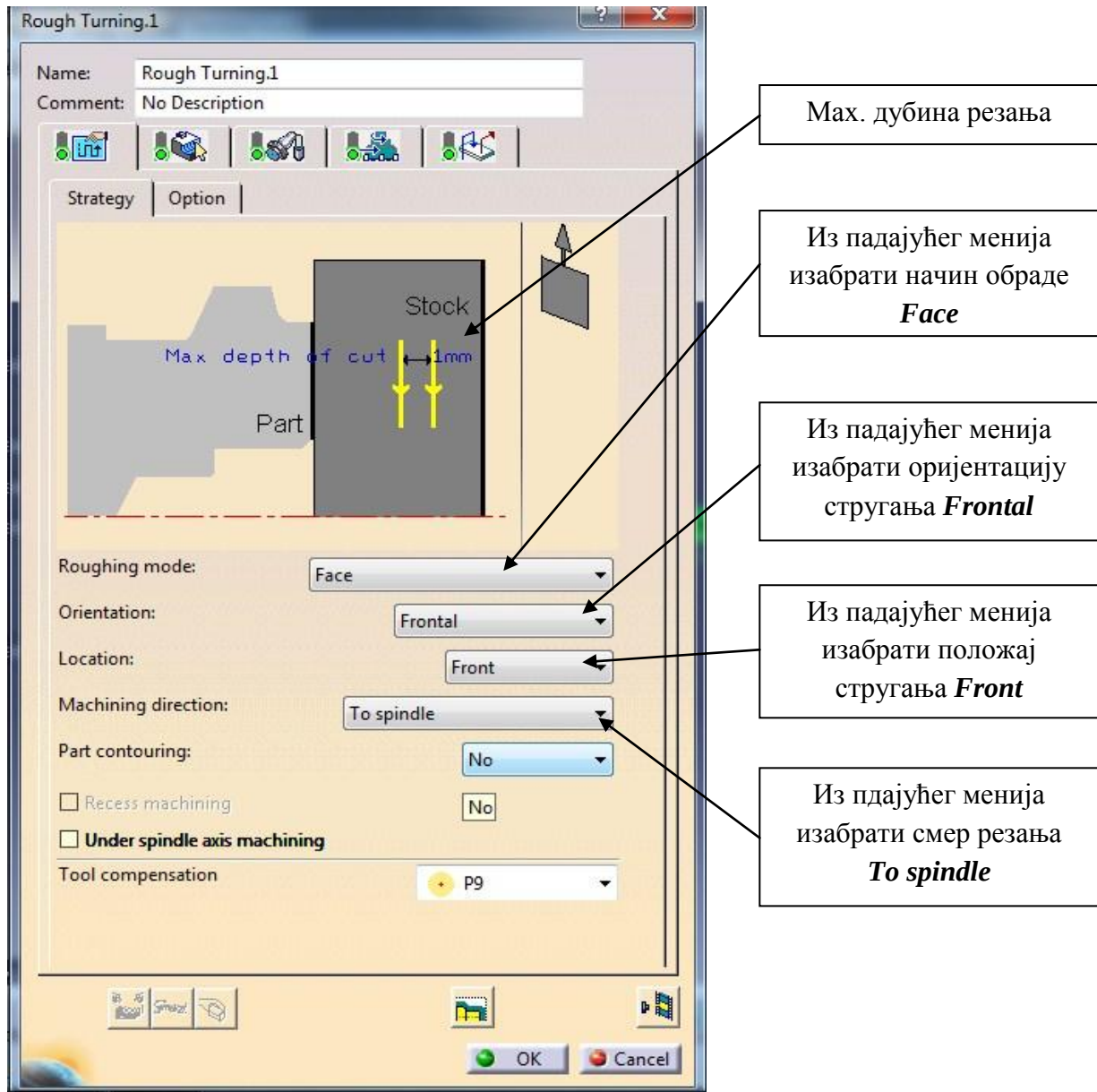


Слика 3.2.9: Избор ротирајуће равни

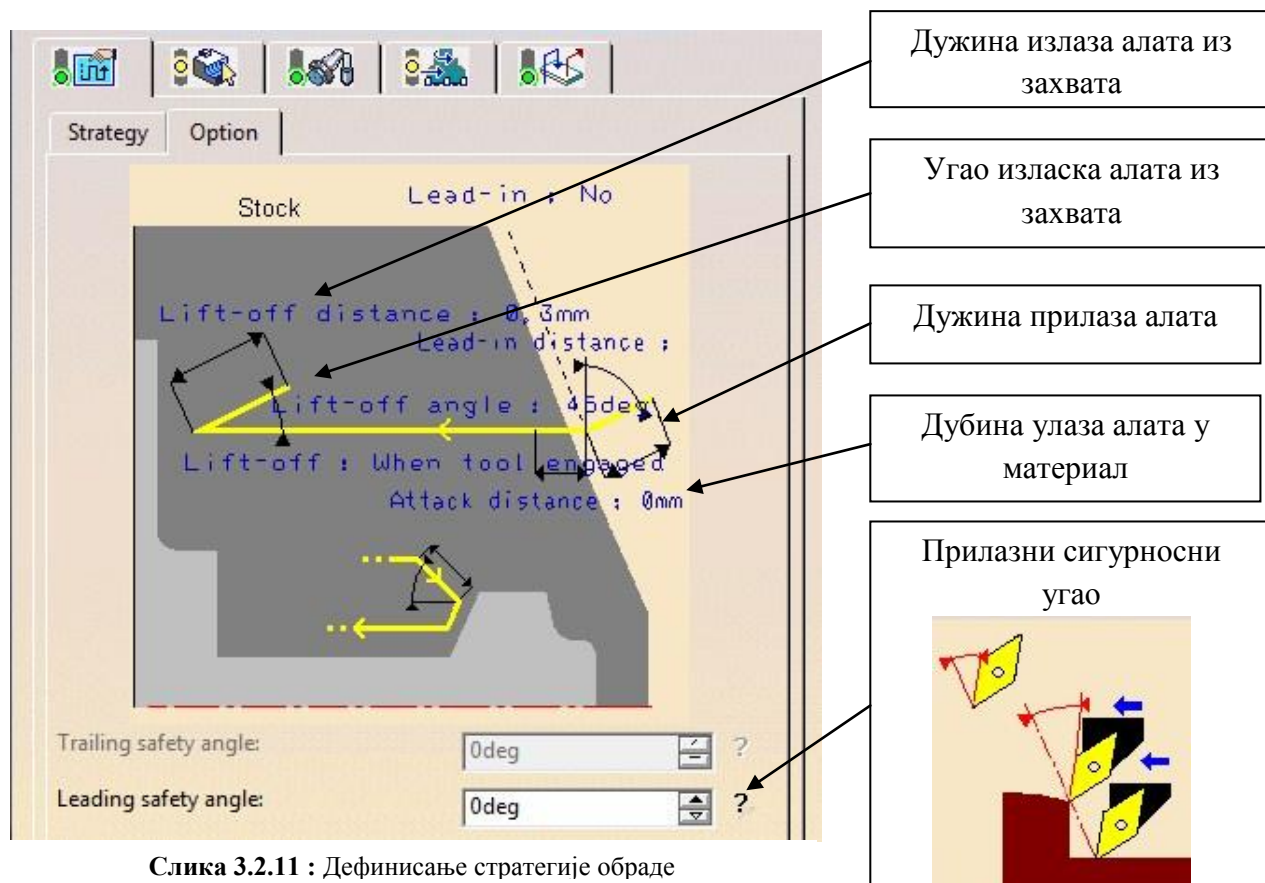
3.2.2 Чеона обрада (*Rough Turning*)

Активирати команду **Rough Turning**  па затим **P.P.R** → **Process List** → **Process** → **Part Operation 1** → **Manufacturing Program. 1**. Активирањем ове опције отвара се прозор **Rough Turning.1** који има 5 картица у којима се: дефинисање стратегије обраде, дефинисање равни које се обрађују, подешавање носача алата и плочице, режими обраде, прилаз и повлачње алата.

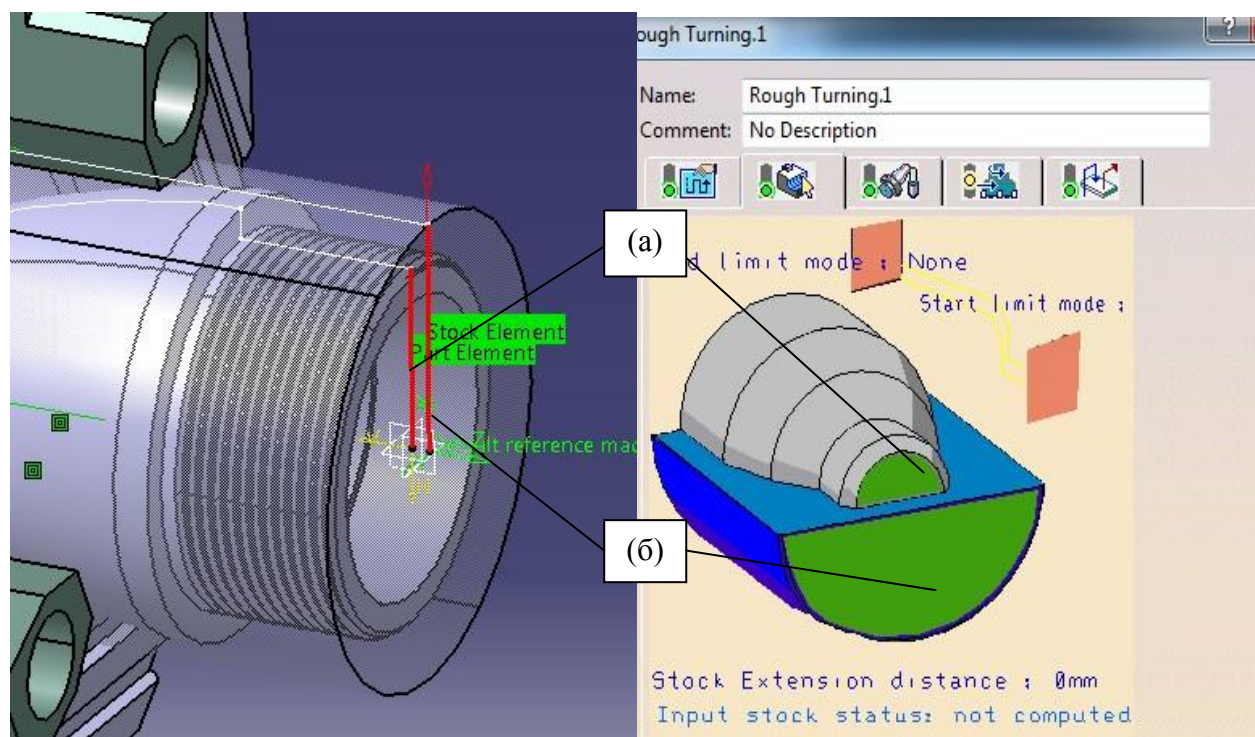
1. У првој картици  се врши подешавање стратегија обраде. Ова картица се састоји од две подкартице: **Strategy** (слика 3.2.10) и **Options** (слика 3.2.11).



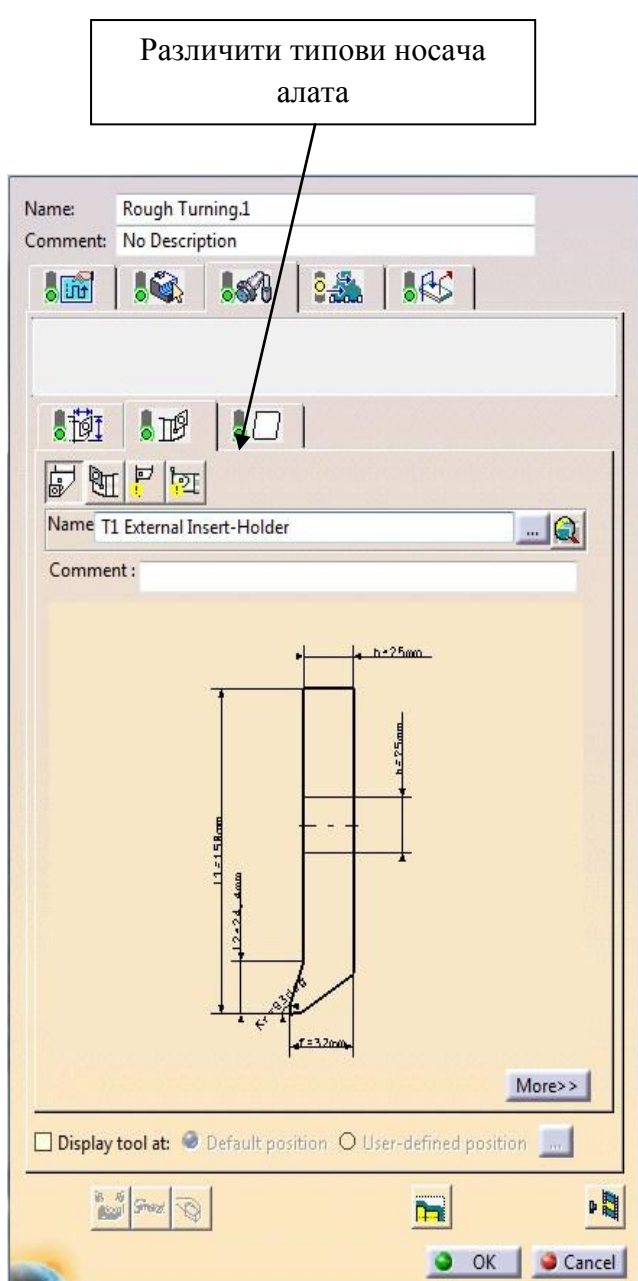
Слика 3.2.10: Дефинисање стратегије обраде



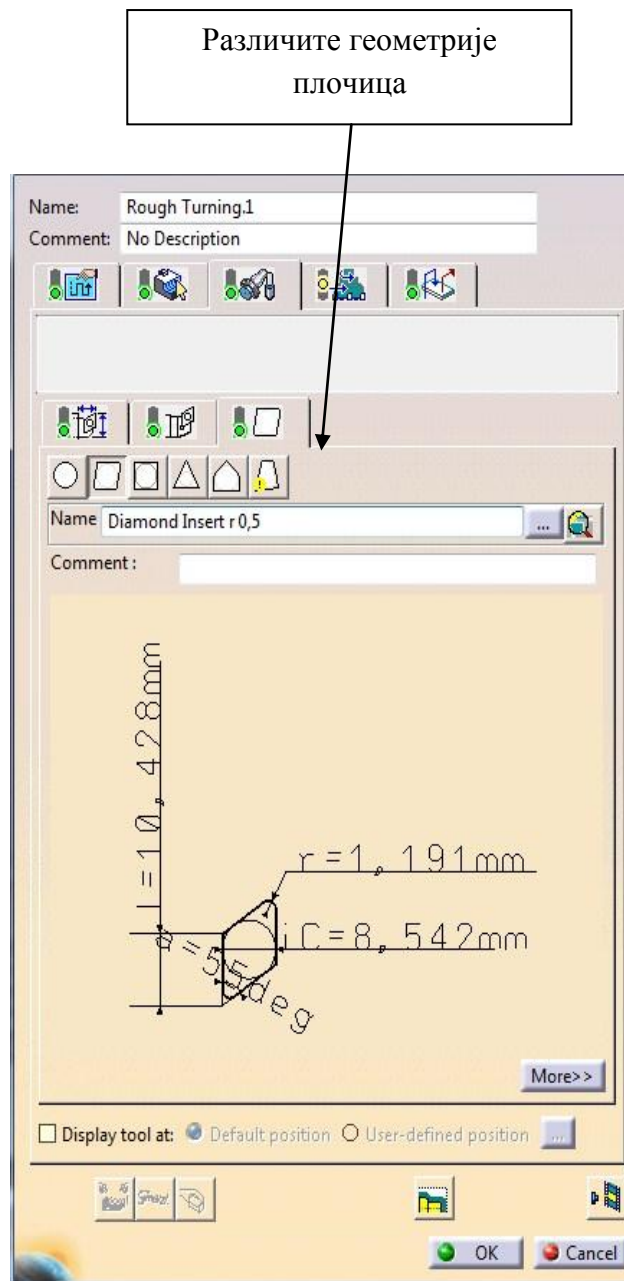
2. У другој картици  дефинишу се равни које се обрађују (слика 3.2.12).



3. У трећој картици  се подешавају димензије носача алата (слика 3.2.13) и резних плочица (слика 3.2.14) на основу каталога произвођача. Димензије носача алата као и димензије резних плочица које су коришћена у даљим подешавањима преузета су из SADVIK Catalog Tools 2012. Преко команде **More** отвара се прозор са детаљним подешавањима носача алата и резних плочица.

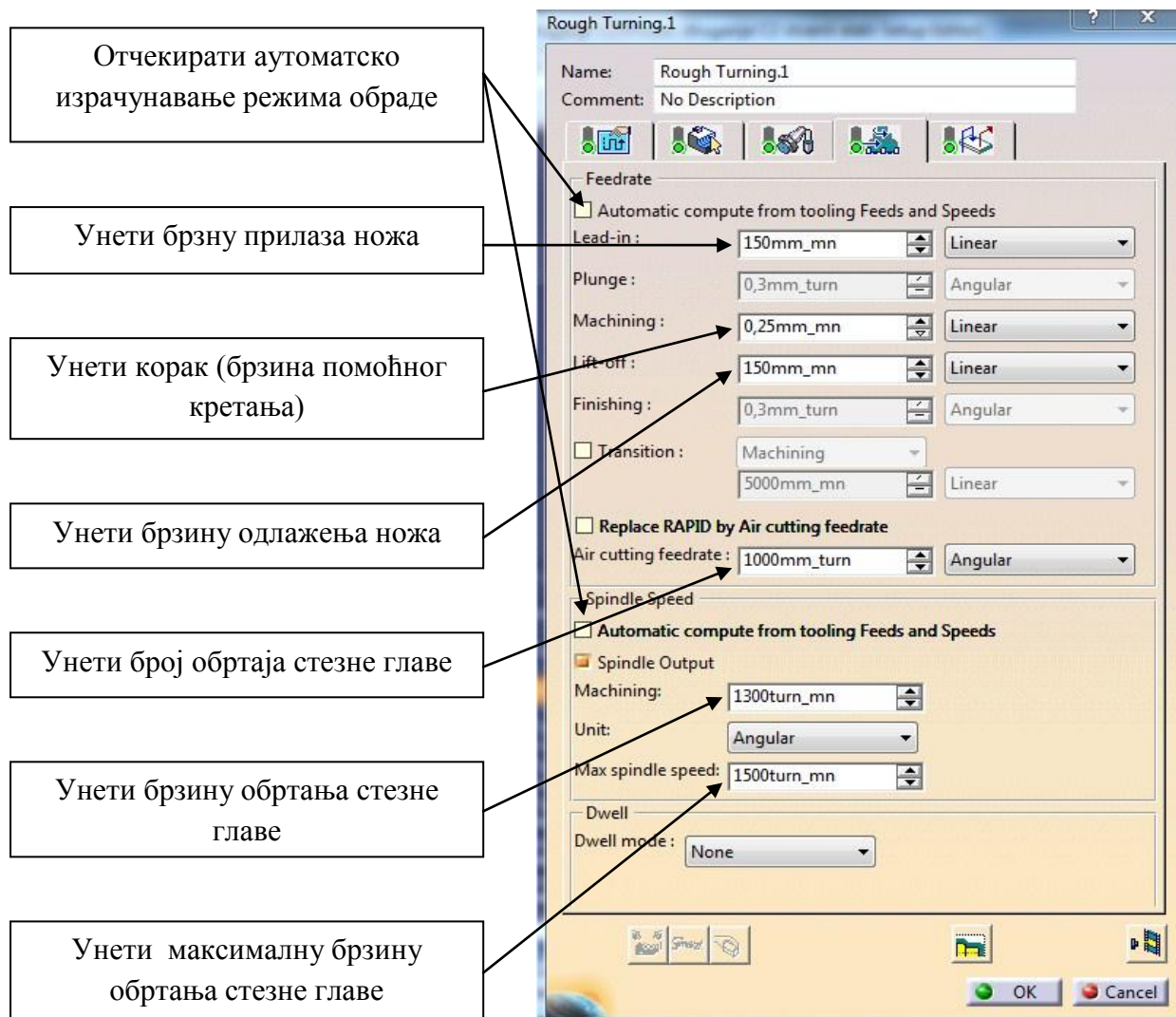


Слика 3.2.13: Димензионисање носача алата

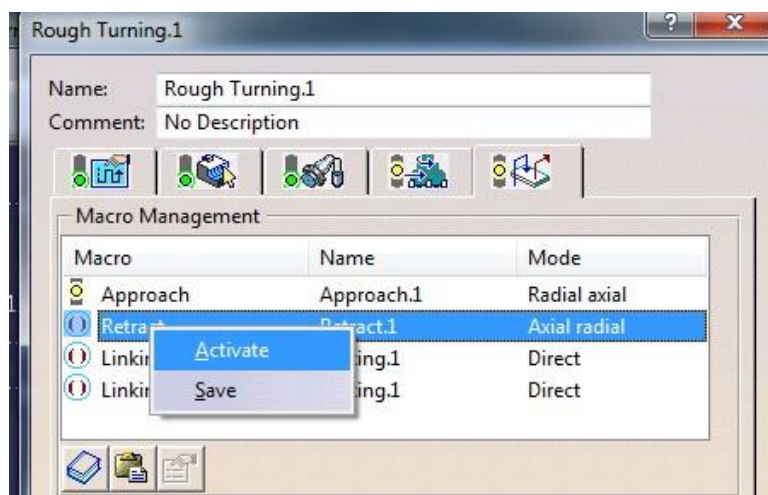


Сликаа 3.2.14 : Димензионисање резних плочица

4. У четвртој картици  се подешавају режими обраде (слика 3.2.15) који су претходно прорачунати на основу материјала који се обрађује и карактеристика машине и усвојени на основу искуства.

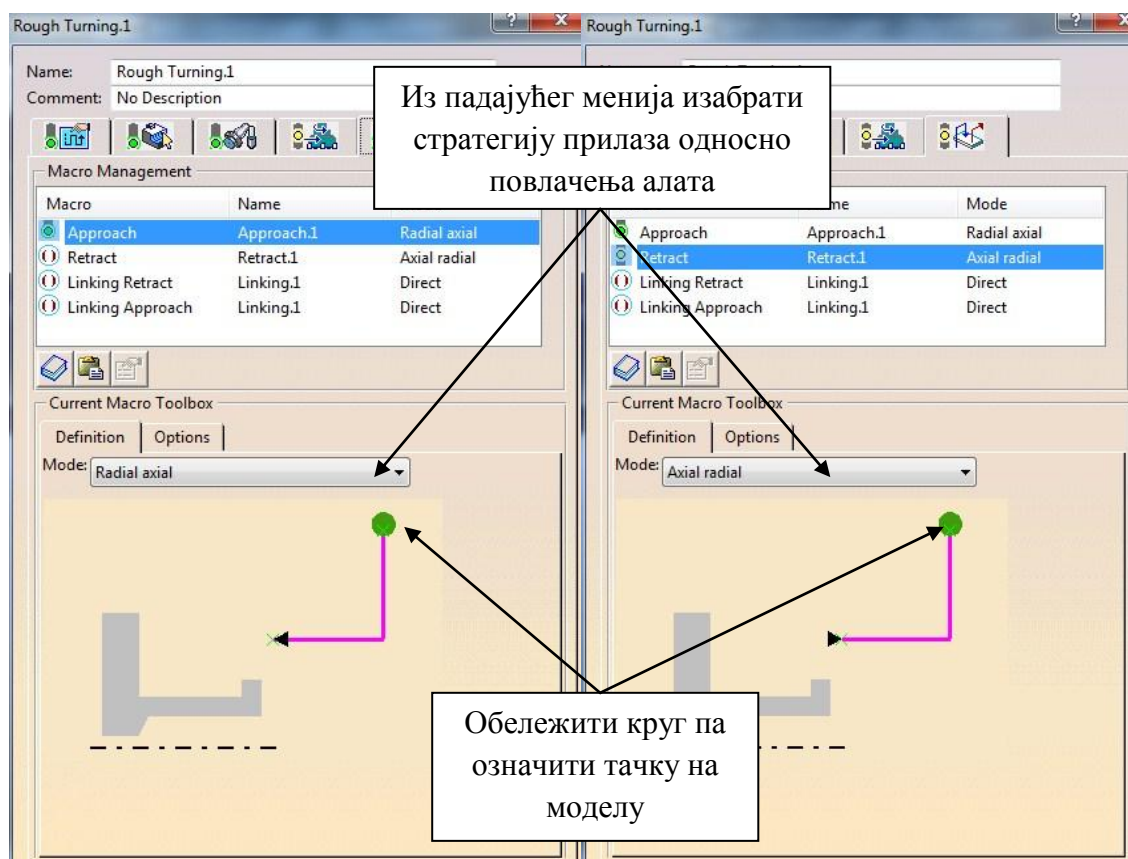


Слика 3.2.15: Подешавање режима обраде



Слика 3.2.16: Активирање *Approach* и *Retract*

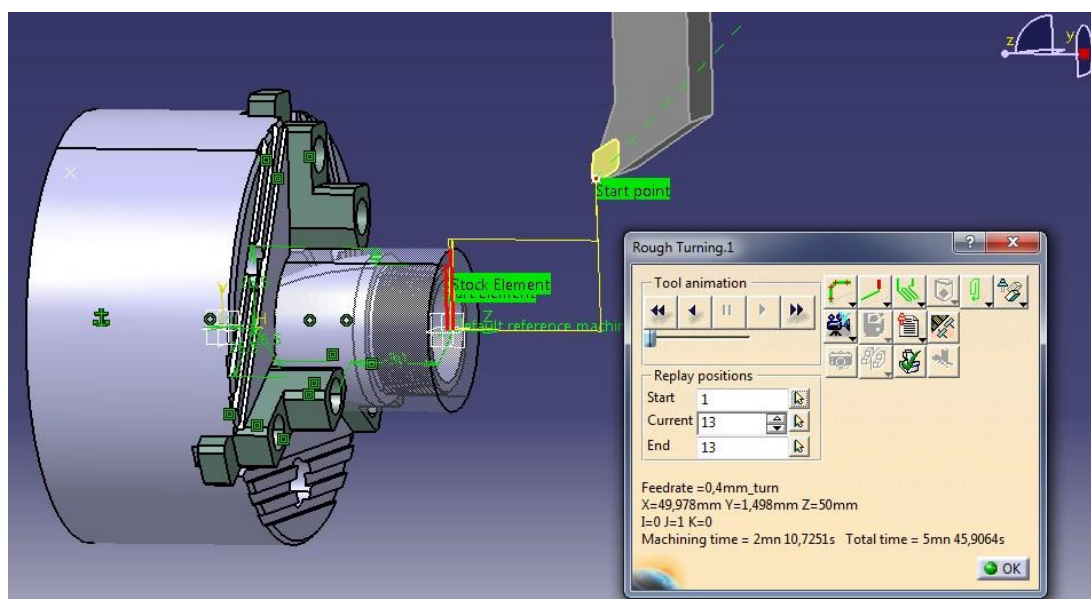
5. У петој картици  се подешава прилаз и повлачење алата тј. дефинише се тачка из које креће алат и у коју се алат враћа по завршетку операције (слика 3.2.17). Активирање команде **Approach** се изводи: десни клик на команду → **Activate** на исти начин се активира и команда **Retract** (слика 3.2.16).



Слика 3.2.17: Дефинисање почетне и крајне тачке као и стратегије прилаза и повлачења алата

Напомена: Подешавања стратегије прилаза и повлачења алата као и дефинисање тачке у којој се врши измена алата су иста за све следеће операције

6. Након дефинисања свих потребних параметара захвата, активирањем команде **Tool Path Replay**  могуће је извршити симулацију обраде дела (слика 3.2.18).



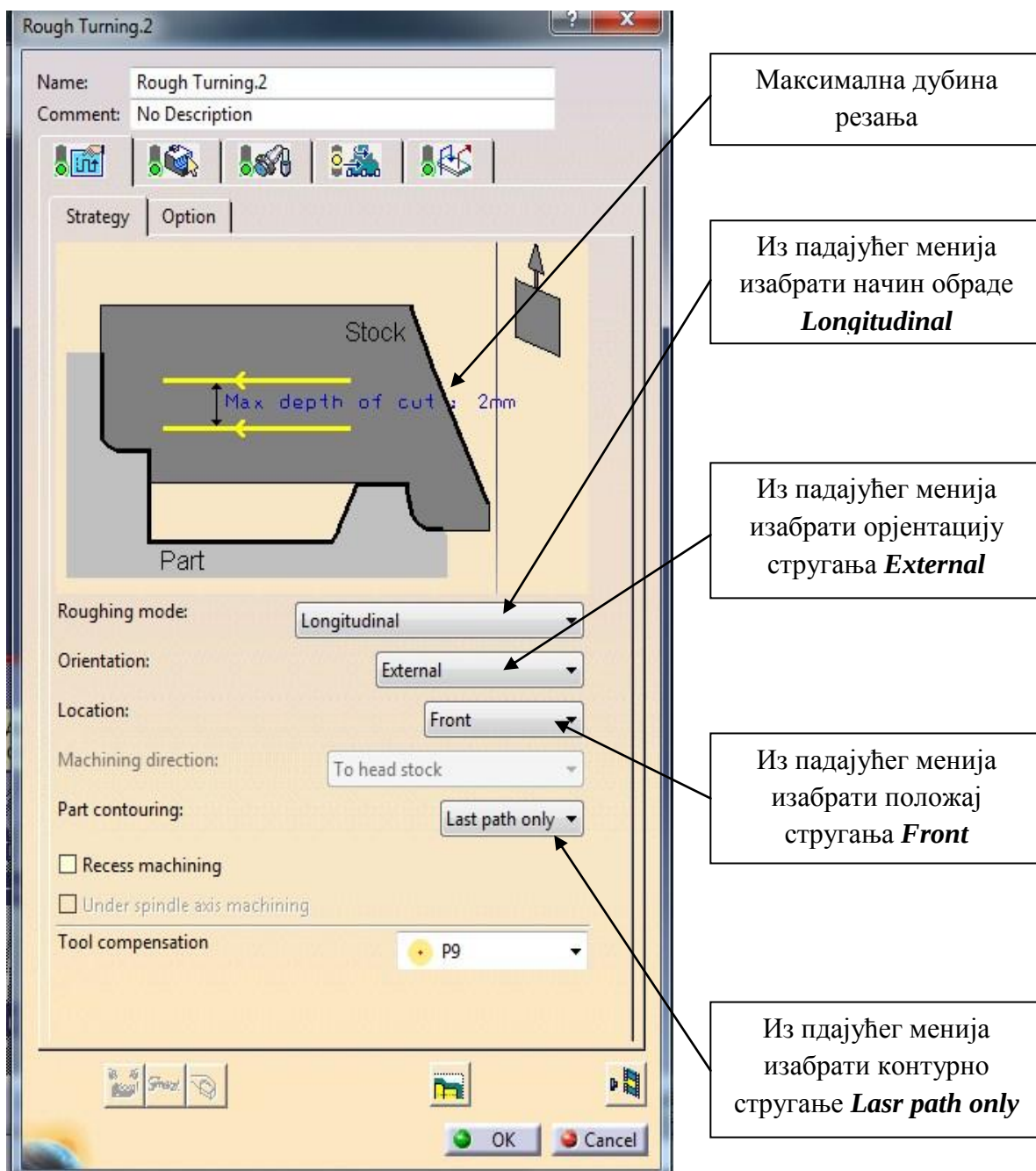
Слика 3.2.18: Симулација чеоне обраде

Напомена: Пре активирања сваког следећег захвата неопходно је у стаблу модела обележити претходни захват.

3.2.3 Груба уздужна обрада (*Rough Turning*)

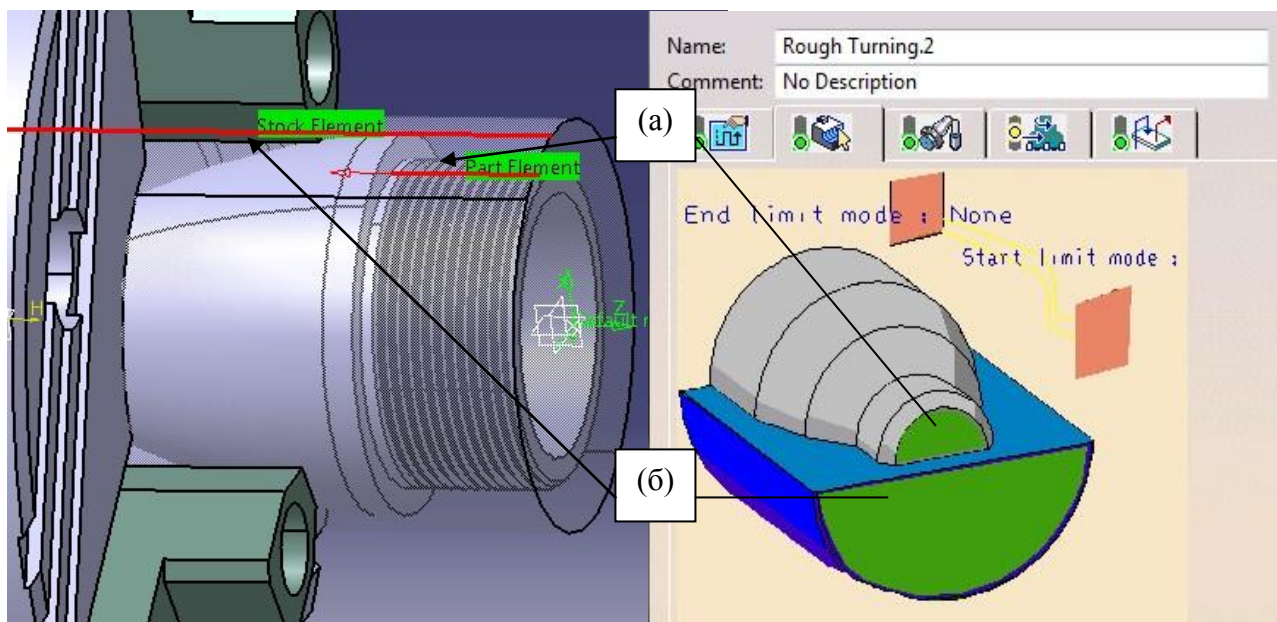
Покретњем команду **Rough Turning**  отвара се прозор **Rough Turning.2** који има 5 картица.

1. У првој картици  врши се подешавање стратегија обраде, ова картица се састоји од две под картице **Strategy** (слика 3.2.19) и под картице **Options** која је дефинисана у претходној тачки.



Слика 3.2.19: Дефинисање стратегије обраде

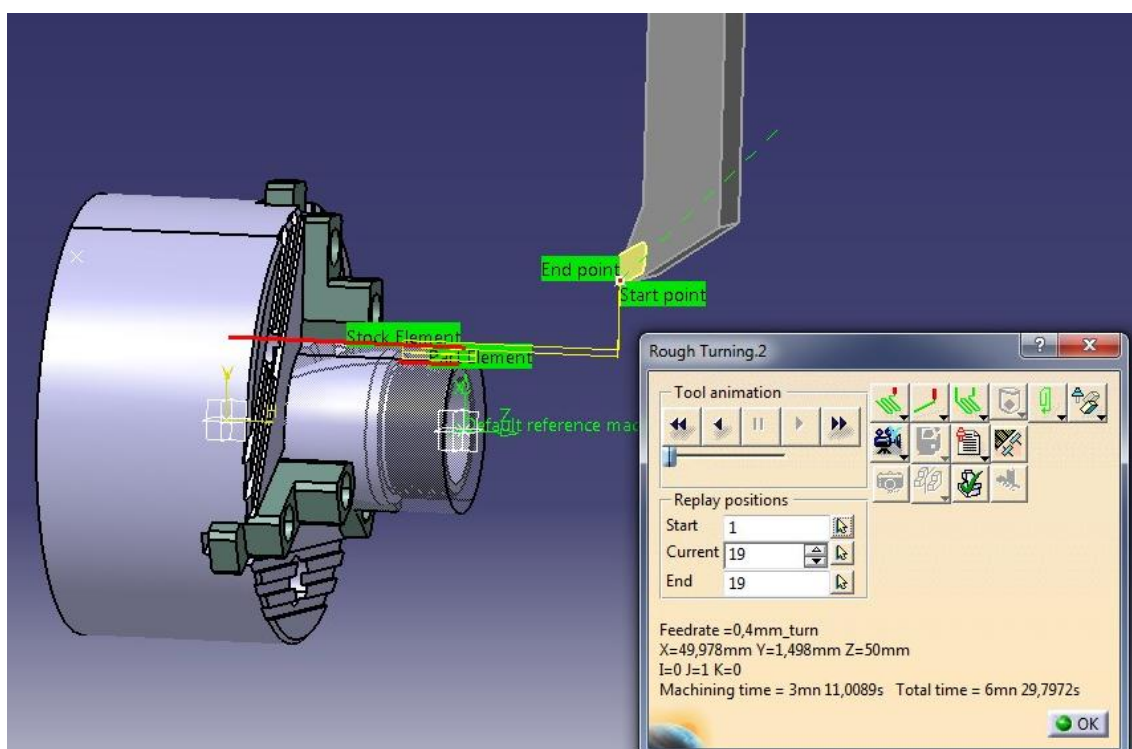
2. У другој картици  дефинишу се равни које се обрађују (слика 3.2.20).



Слика 3.2.20: Дефинисање контура која се обрађује

Подешавања треће и четврте картице су иста као у претходној операцији (која су приказана у тачки 3.2.2) јер се за ову обраду користе исти алати и реч је о грубој обради. Самим ти режими обраде су исти.

3. Након дефинисања свих потребних параметара захвата, активирањем команде **Tool Path Replay**  могуће је извршити симулацију обраде дела (слика 3.2.21).

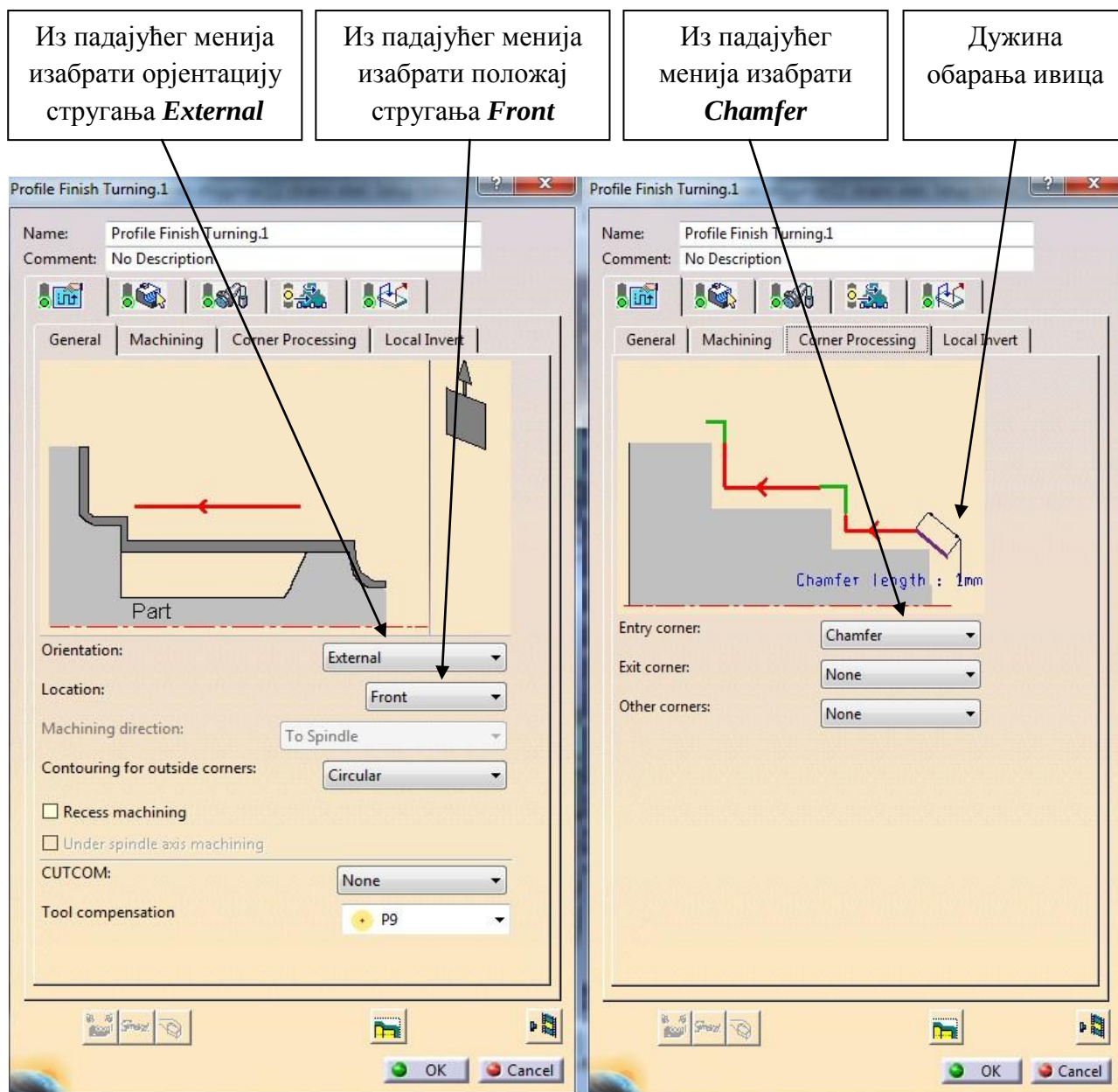


Слика 3.2.21: Симулација грубе уздужне обраде

3.2.4 Фина обрада (*Profile Finish Turning*)

Активирати команду **Profile Finish Turning**  отвара се прозор **Profile Finish Turning.1** који има 5 картица.

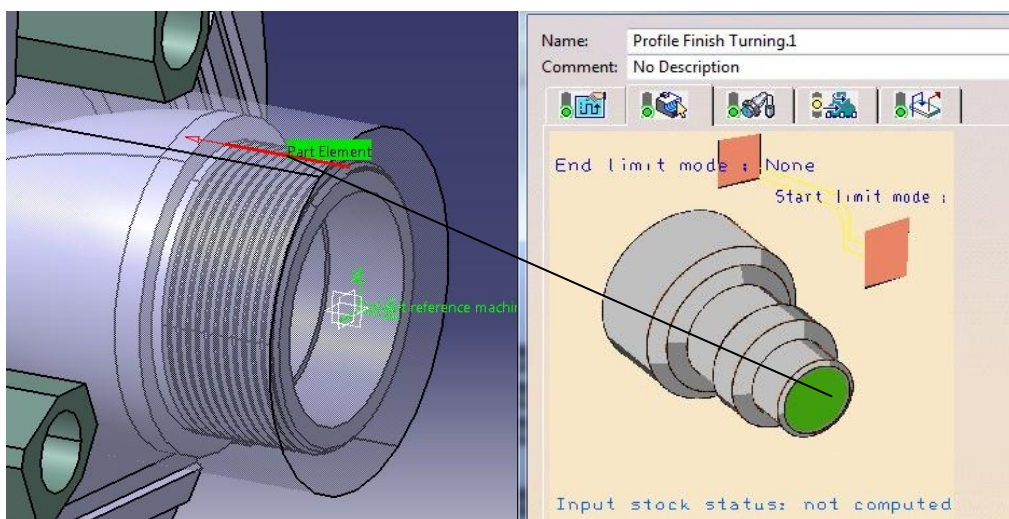
1. У првој картици  врши се подешавање стратегија обраде у оквиру под картице **General** (слика 3.2.22) и под картице **Corner processing** (слика 3.2.23).



Слика 3.2.22: Дефинисање стратегије обраде

Слика 3.2.23: Подешавање прелаза са једног пречника на други

2. У другој картици  дефинишу се равни које се обрађују (слика 3.2.24).



Слика 3.2.24: Дефинисање контура која се обрађује

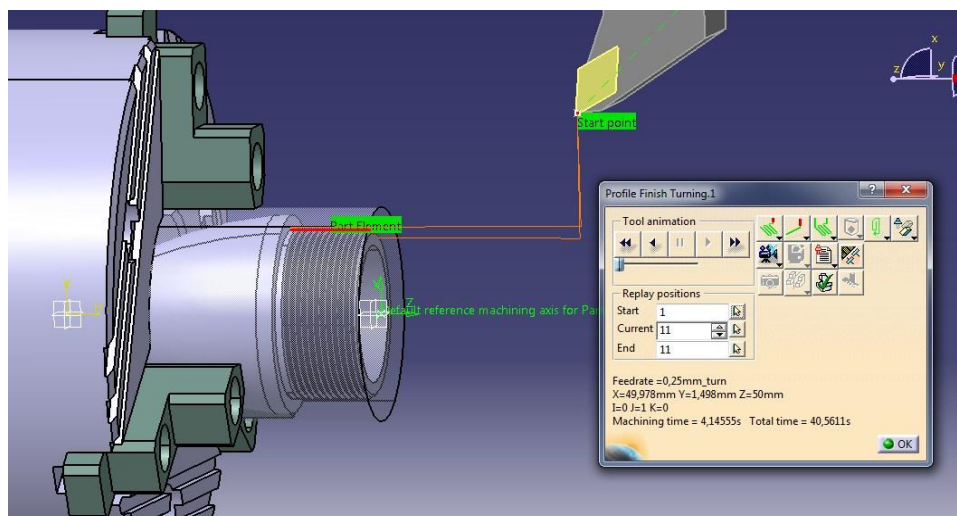
3. У трећој картици  се подешавају димензије носач алата и резних плочица као и код грубе обраде, с тим што се уносе димензије алата за фину обраду на основу каталога произвођача. Димензије носача алата, као и димензије резних плочица које су коришћена у даљим подешавањима, преузета су из SADVIK Catalog Tools 2012.

4. У четвртој картици  подешавају се режими за фину обраде који су приказани на слици 3.2.25.

	Отчекирати аутоматско израчунавање режима обраде
	Унети вредност брзана прилаза ножа
	Унети вредност корака (брзину помоћног кретања)
	Унети вредност корака за обарање ивица
	Унети вредност брзине одлажења ножа
	Унети број обртаја стезне главе
	Унети вредност брзине обртања стезне главе
	Унети максималну брзину обртаја стезне главе
	Из падајућег менија изабрати врсту обраде Finish

Слика 3.2.25: Подешавање режима за фину обраду

5. Након дефинисања свих потребних параметара захвата, активирањем команде **Tool Path Replay**  могуће је извршити симулацију обраде дела (слика 3.2.26).

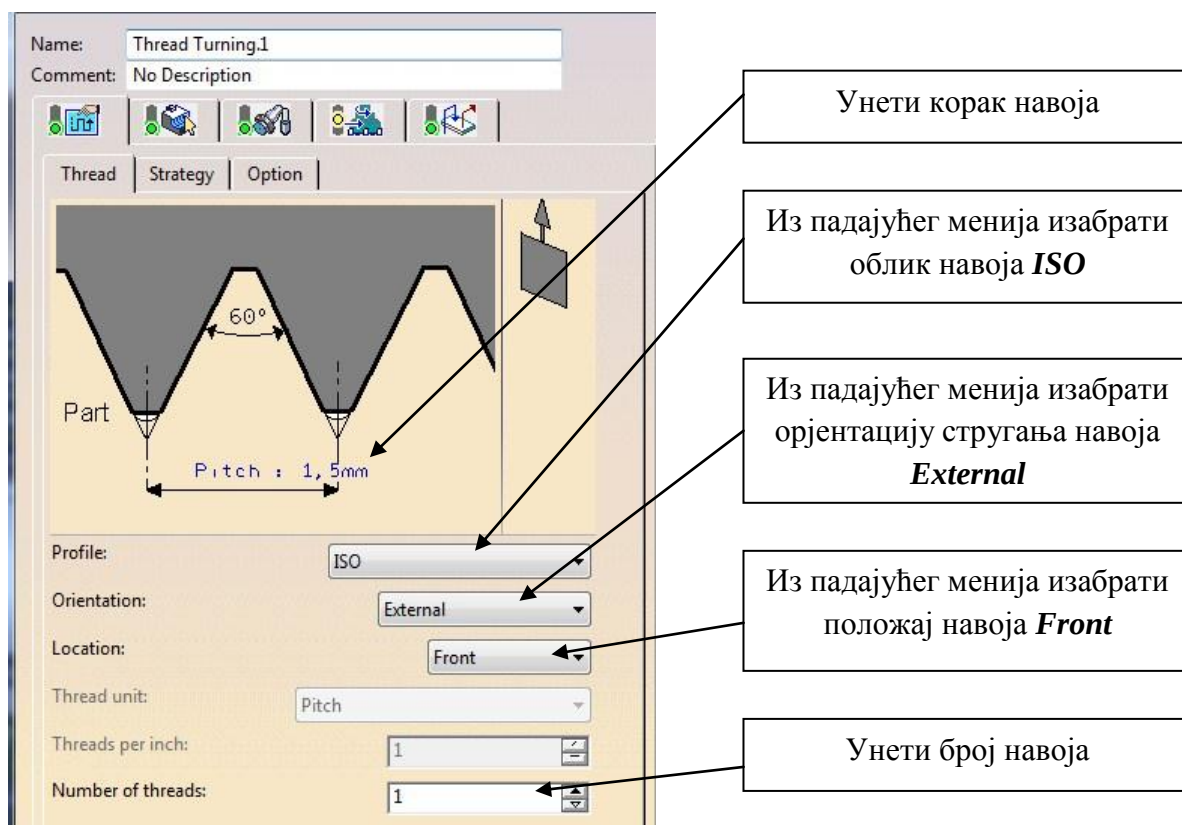


Слика 3.2.36: Симулација фине обраде

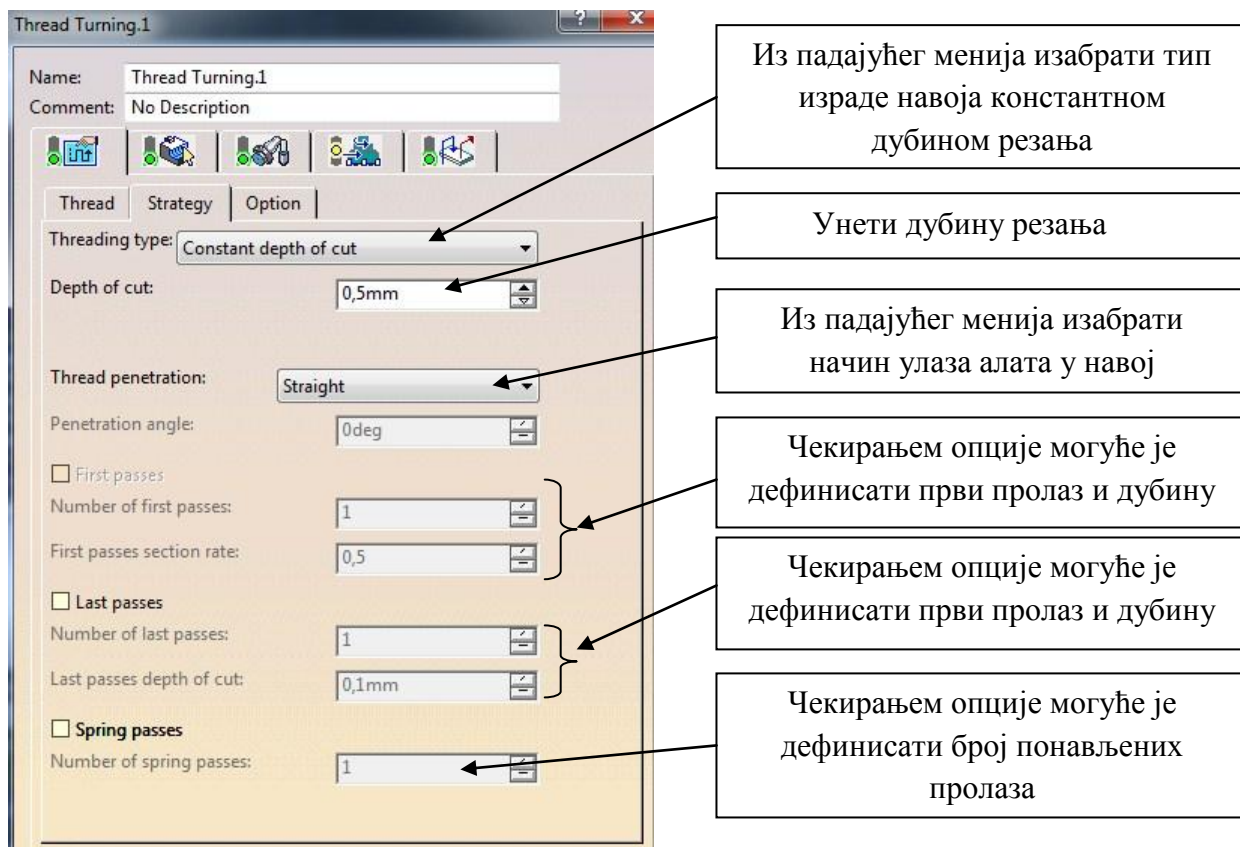
3.2.5 Израда навоја (Thread turning)

Покретањем команду **Thread turning**  отвара се прозор **Thread turning.1** који има 5 картица .

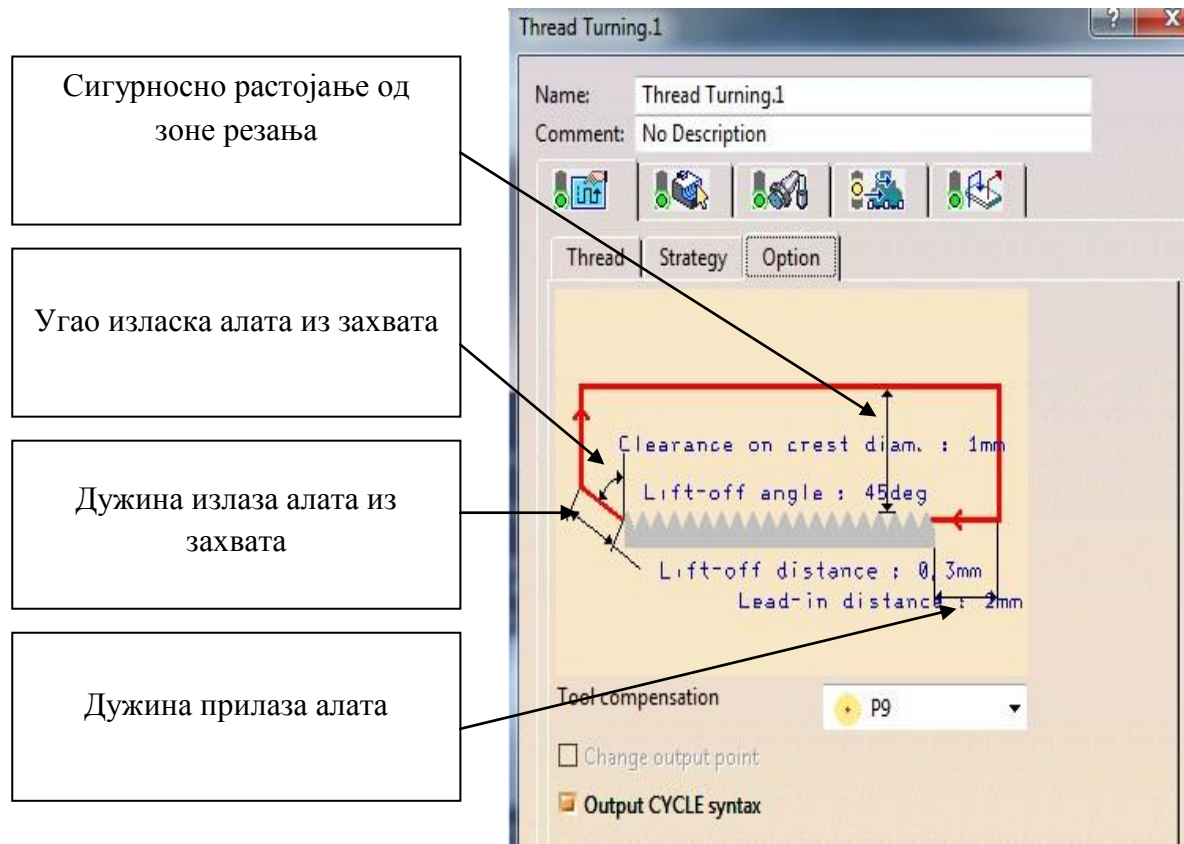
1. У првој картици  се подешава врсте и броја навоја. Она има три под картице: **Thread** у којој се подешава навој (слика 3.2.37), **Strategy** у којој се подешава начин израде навоја (слика 3.2.38) и **Option** у којој се подешава стратегија кретања алата (слика 3.2.39) .



Слика 3.2.37: Подешавање навоја

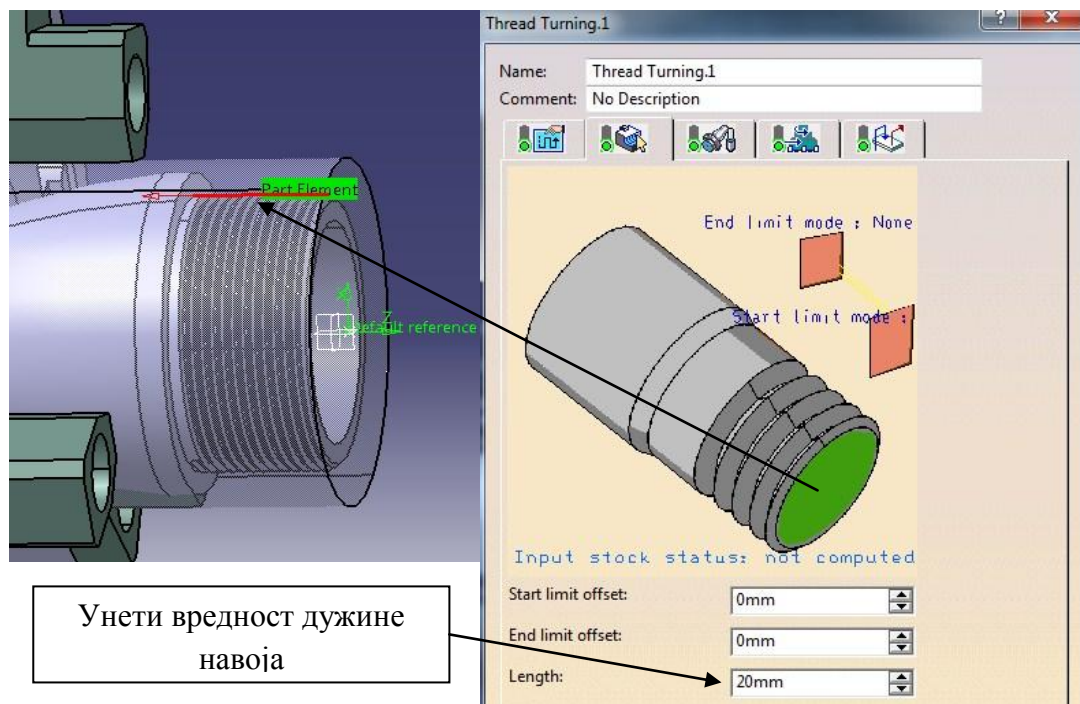


Слика 3.2.38: Подешавање начина израде навоја



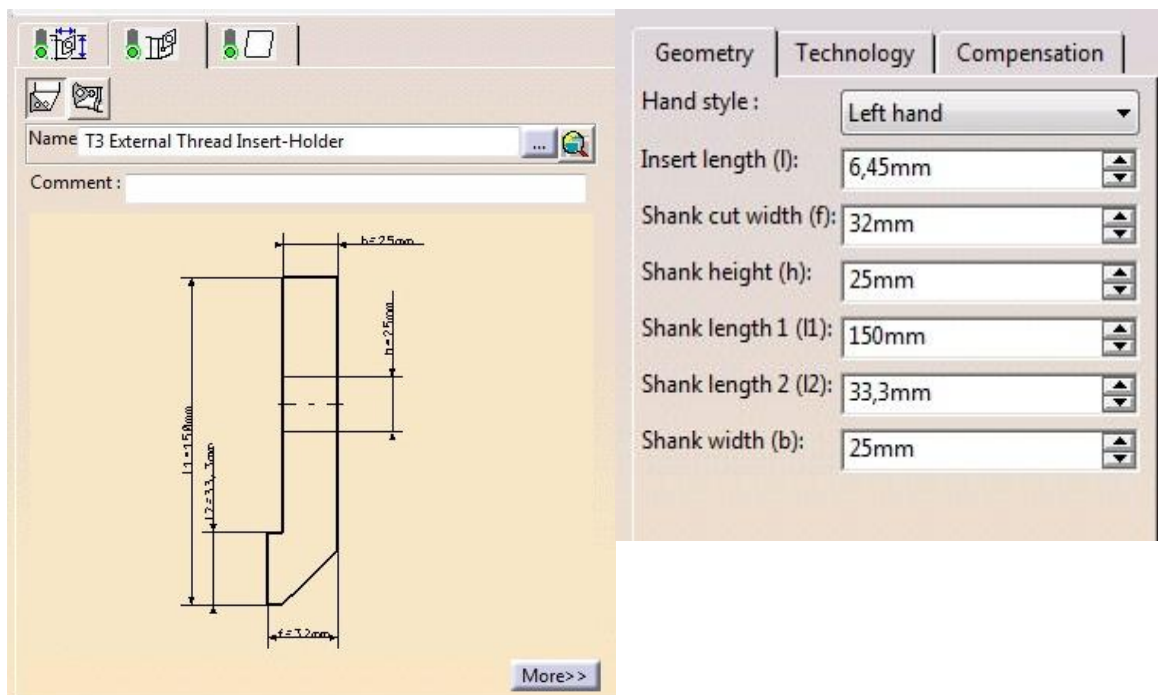
Слика 3.2.39: Дефинисање стратегије обраде

2. У другој картици  дефинишу се равни које се обрађују (слика 3.2.40).

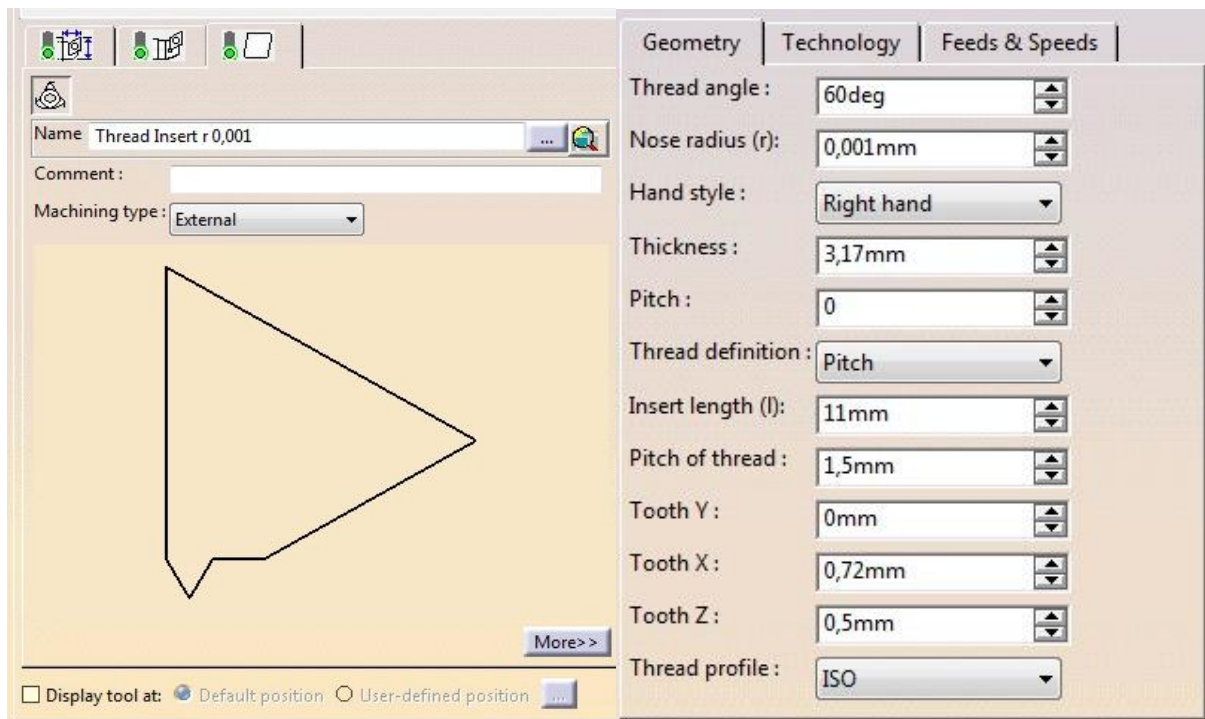


Слика 3.2.40 : Подешавање контуре навоја

3. У трећој картици  се врши подешавање карактеристика носача алата (слика 3.2.41) и резне плочице за израду навоја (слика 3.2.42). Димензије алата су преузете из SADVIK Catalog Tools 2012.

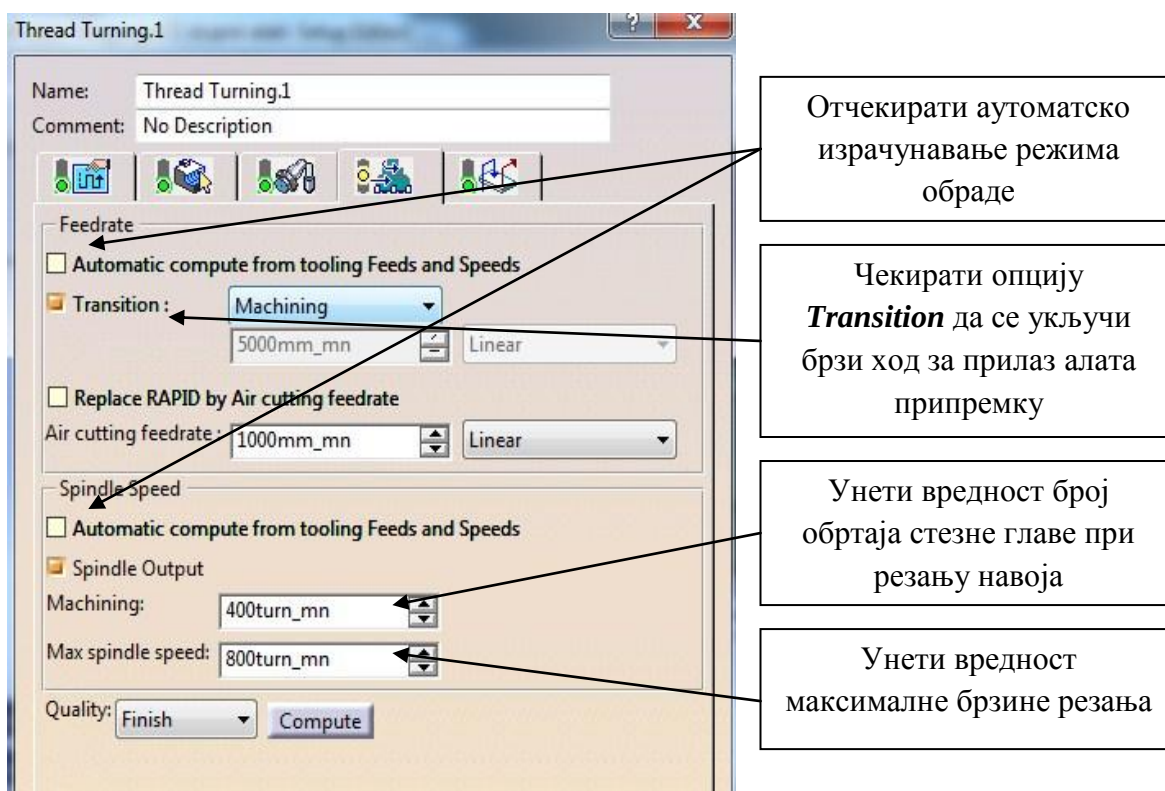


Слика 3.2.41: Димензионисање носача алата



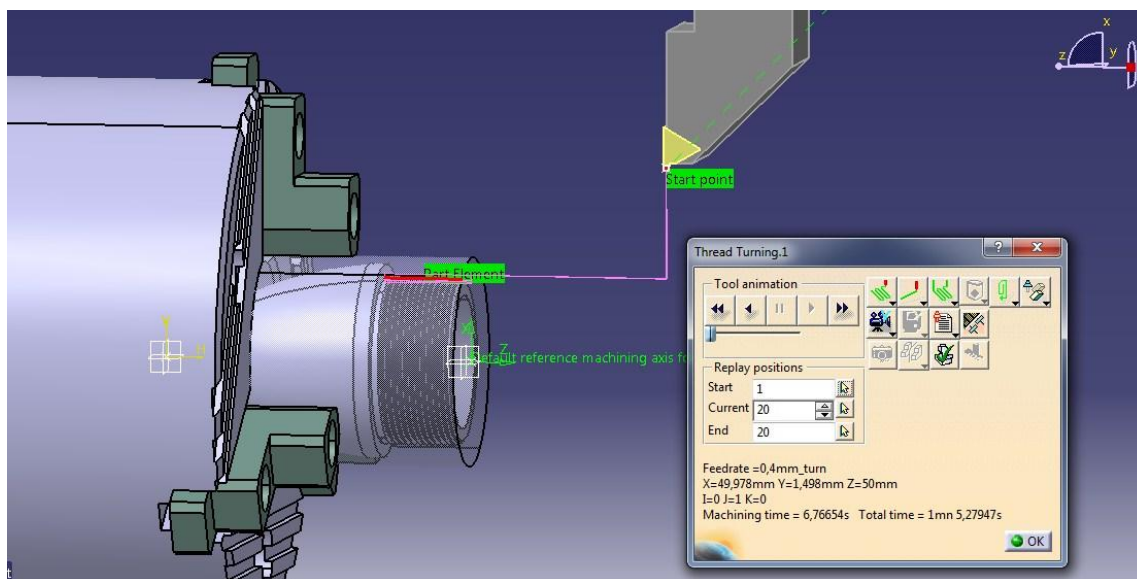
Слика 3.2.42: Димензионисање резних плочица

4. У четвртој картици  се подешавају режими обраде за израду навоја (слика 3.2.43).



Слика 3.2.43: Подешавање режима обраде за израду навоја

5. Након дефинисања свих потребних параметара захвата, активирањем команде **Tool Path Replay**  могуће је извршити симулацију израде навоја (слика 3.2.44).

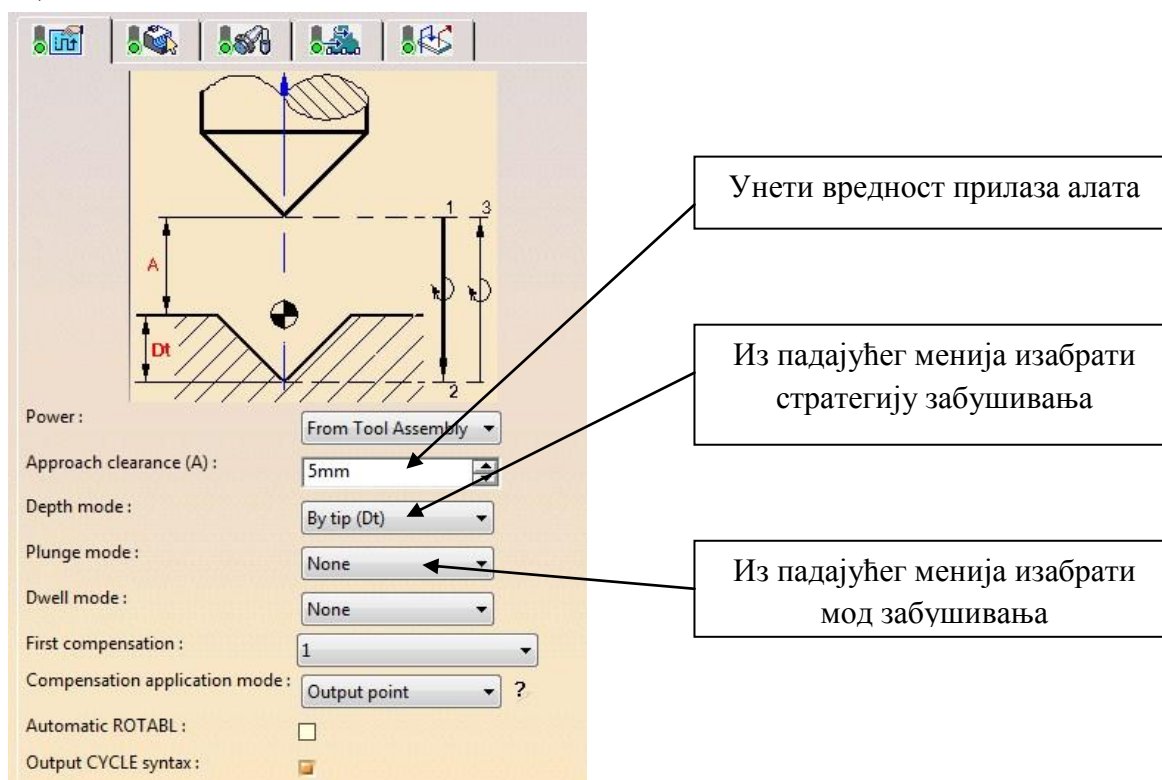


Слика 3.2.44: Симулација израде навоја

3.2.6 Забушивање (*Spot Drilling*)

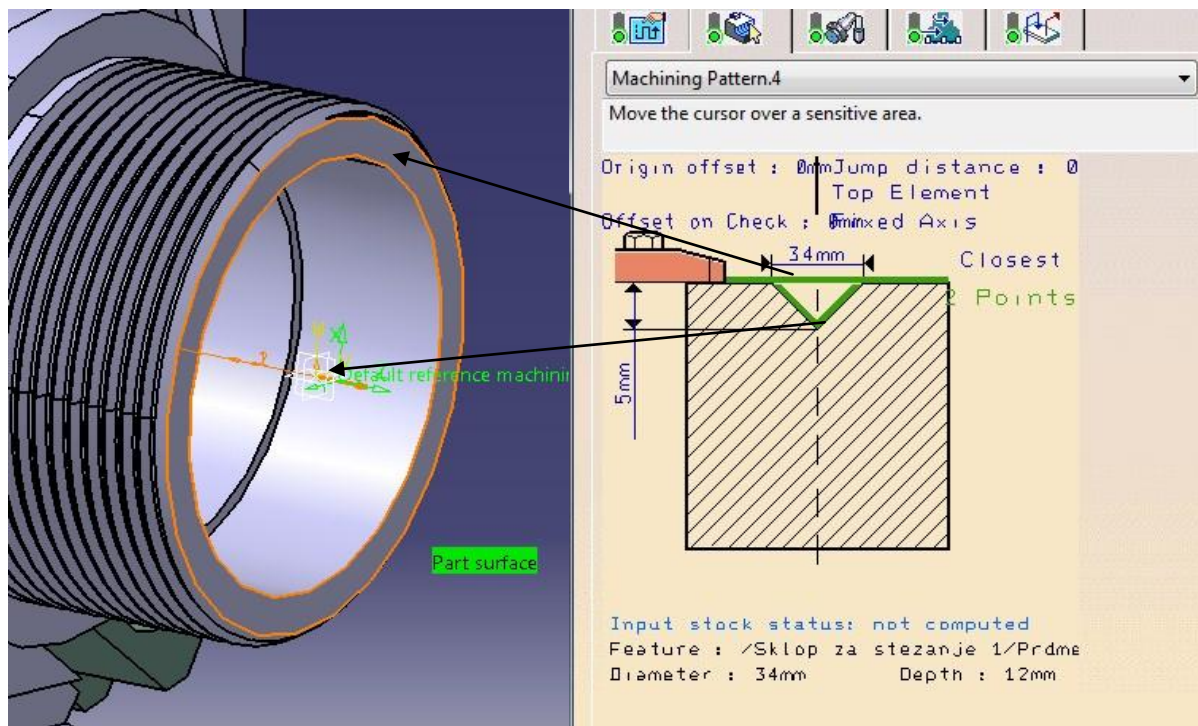
Активирати команду **Spot Drilling**  отвара се прозор **Spot Drilling Turning.4** који има 5 картица.

1. У првој картици  врши се дефинисање стратегија обраде забушивања (слика 3.2.45).



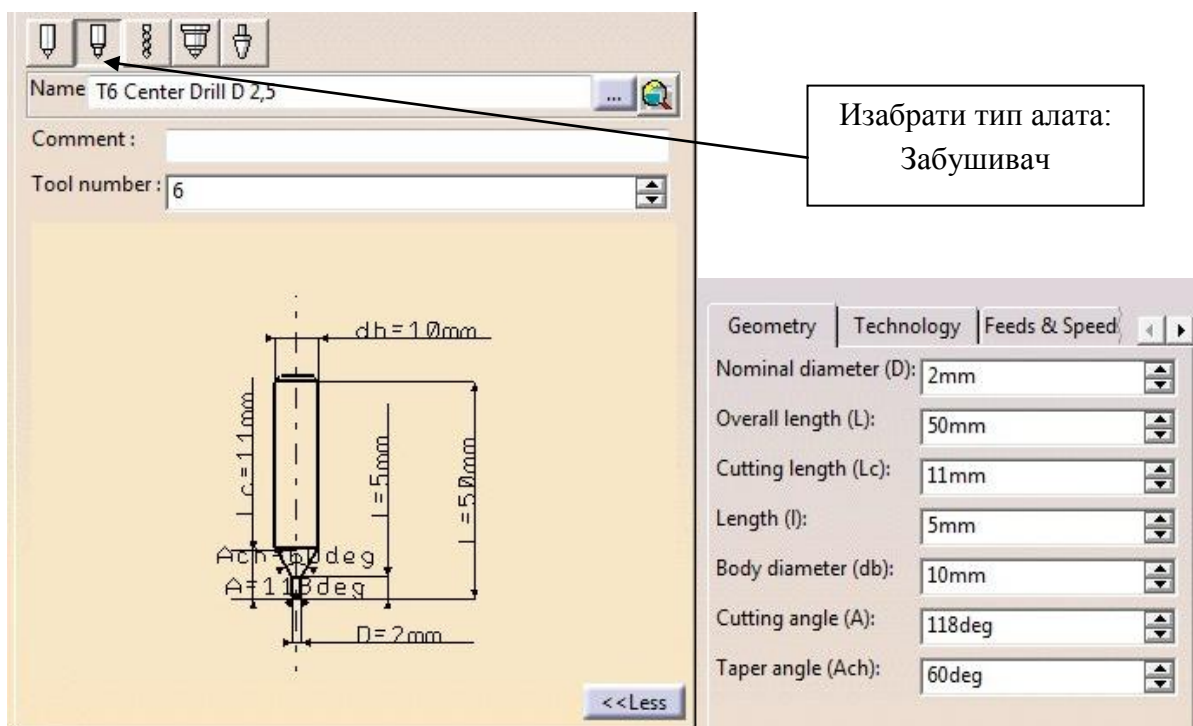
Слика 3.2.45: Подешавање забушивања

2. У другој картици  се дефинишу равни које се обрађују (слика 3.2.46). Због лакшег дефинисања равни које се обрађују потребно је искључити видљивост предмета обраде на следећи начин: **P.P.R**→ **ProductList**→ **Sklop za stezanje 1**→ **Pripremak**→ **Part Body**→ десни клик миша→ **Hide/Show**.



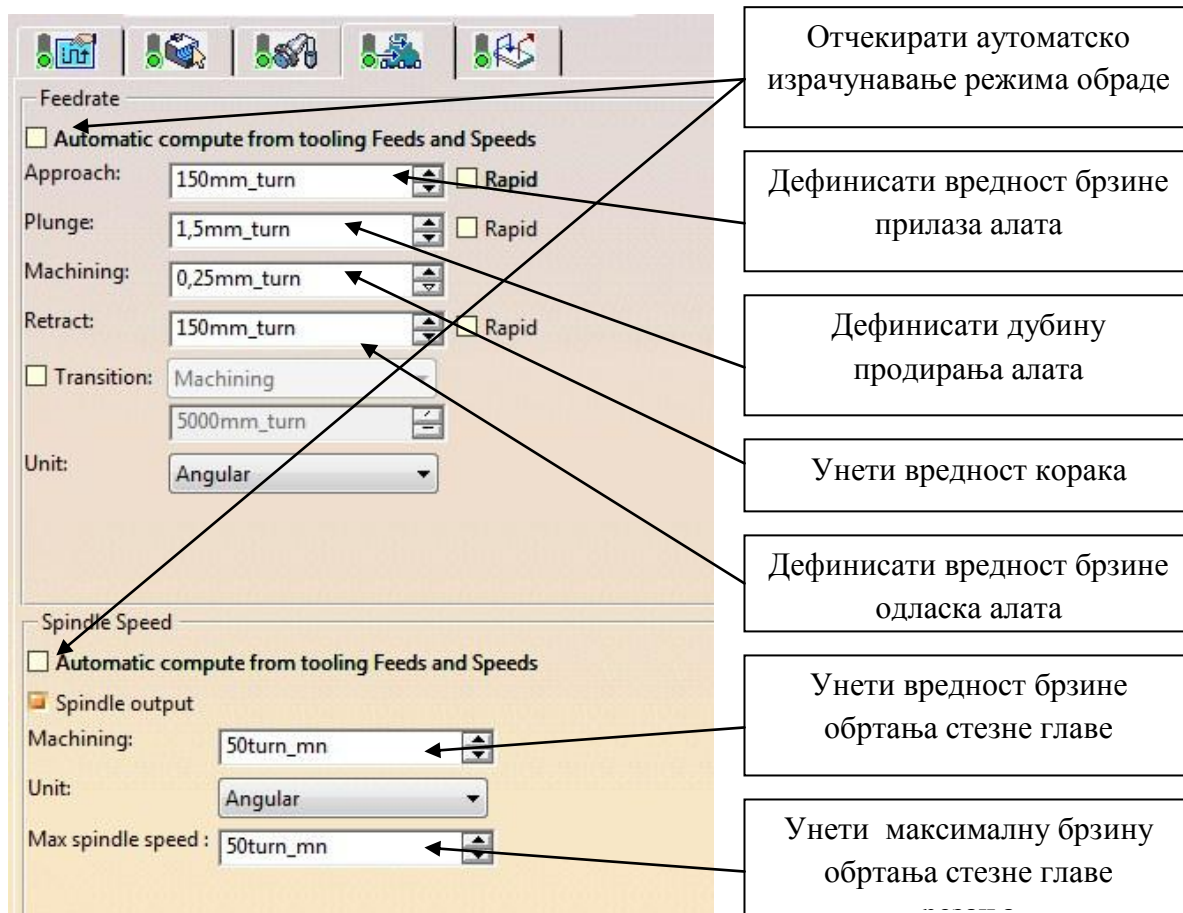
Слика 3.2.46: Дефинисање контура која се обрађује

3. У трећој картици  се врши подешавање забушивача (слика 3.2.47). Димензије алата су преузете из SADVIK Catalog Tools 2012.



Слика 3.2.47: Димензионисање забушивача

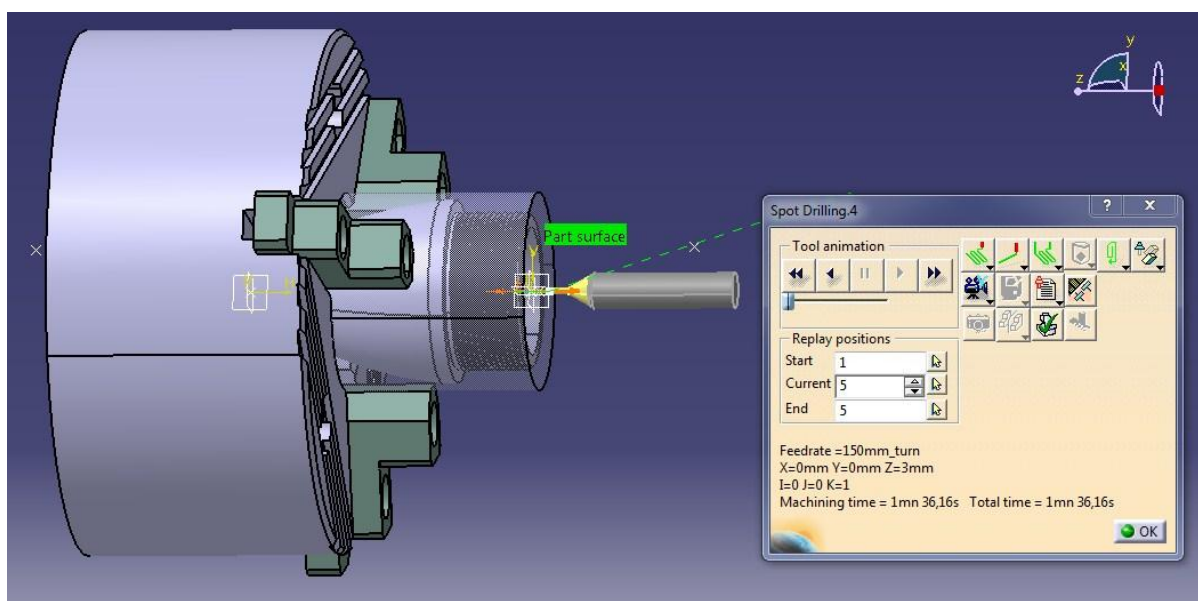
4. У четвртој картици  се подешавају режими обраде за забушивање (слика 3.2.48).



Слика 3.2.48: Подешавање режима обраде за израду навоја

5. Након дефинисања свих потребних параметара захвата, активирањем команде **Tool**

Path Replay  могуће је извршити симулацију забушивања (слика 3.2.44).

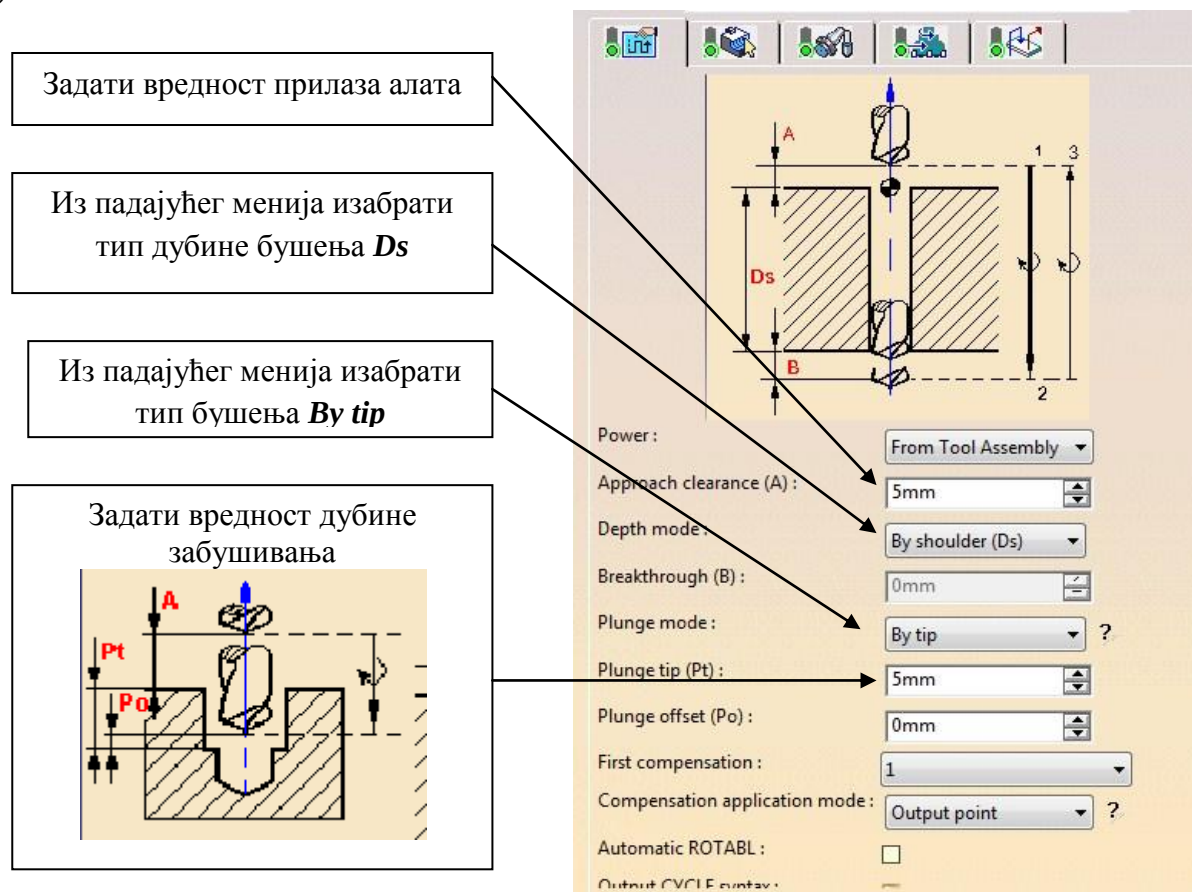


Слика 3.2.49: Симулација забушивања

3.2.7 Бушење (Drilling)

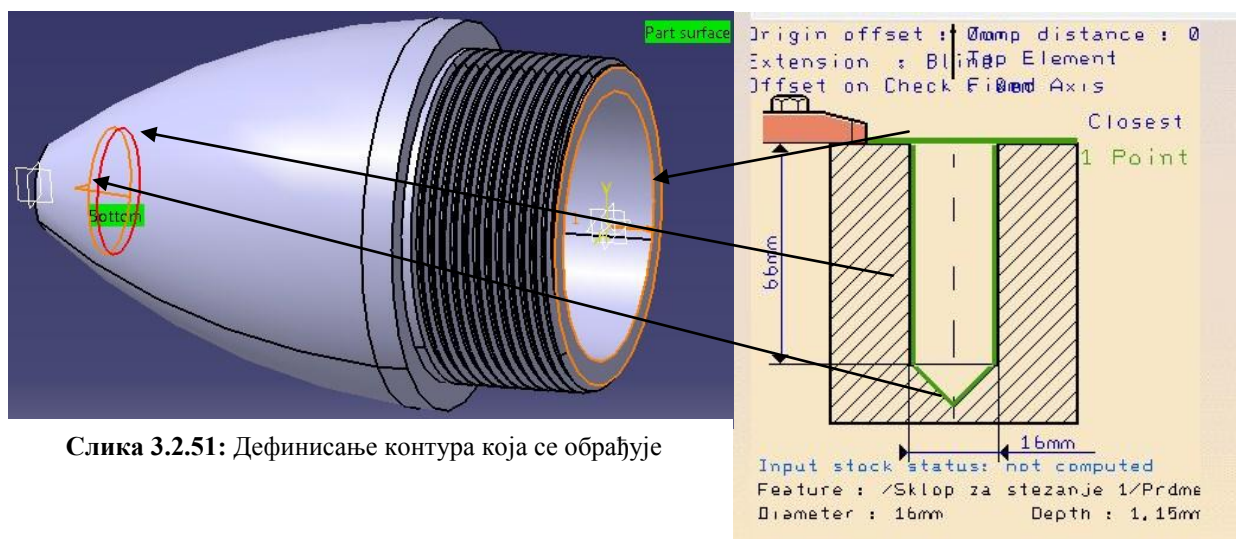
Покретањем команду **Drilling**  отвара се прозор **Drilling .1** који има 5 картица.

1. У првој картици  врши се дефинисање стратегија обраде бушавања (слика 3.2.50).



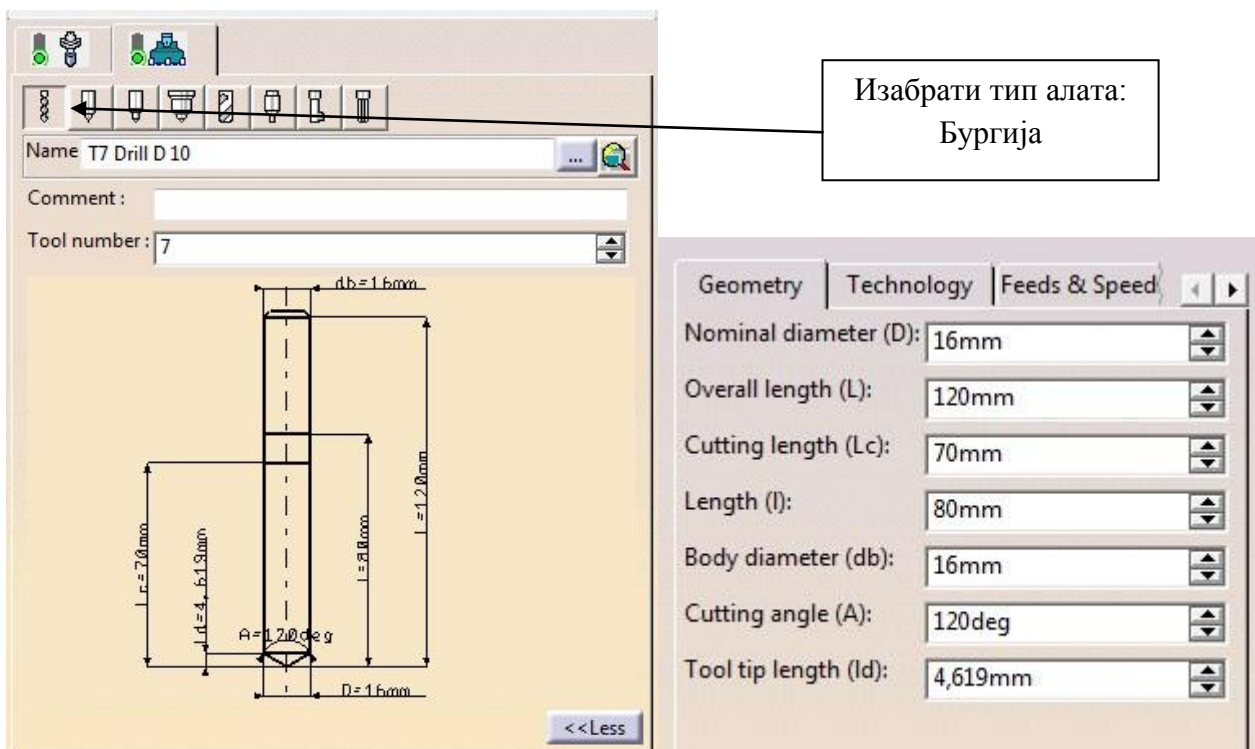
Слика 3.2.50: Подешавање бушења

2. У другој картици  дефинишу се равни које се обрађују (слика 3.2.51).



Слика 3.2.51: Дефинисање контура која се обрађује

3. У трећој картици  се врши подешавање бургије (слика 3.2.52). Димензије алата су преузете из SADVIK Catalog Tools 2012.

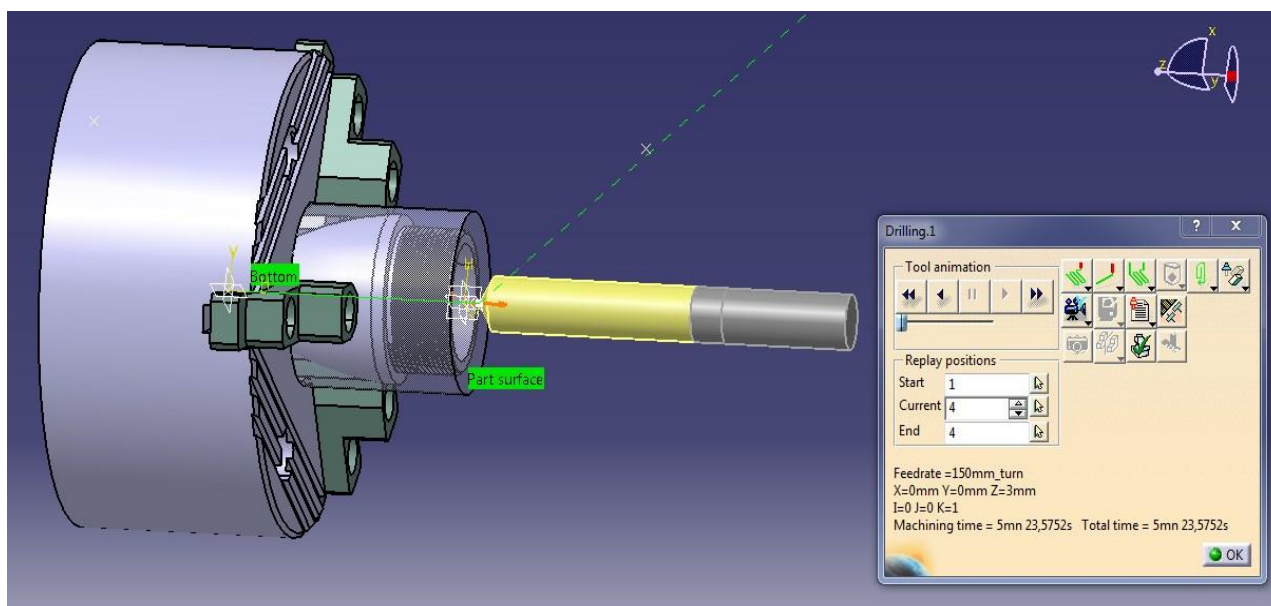


Слика 3.2.52: Димензионисање бургије

4. Подешавање четврте картице тј. режима обраде објашњено је у претходном захвату.

5. Након дефинисања свих потребних параметара захвата, активирањем команде **Tool**

Path Replay  могуће је извршити симулацију бушења (слика 3.2.53).

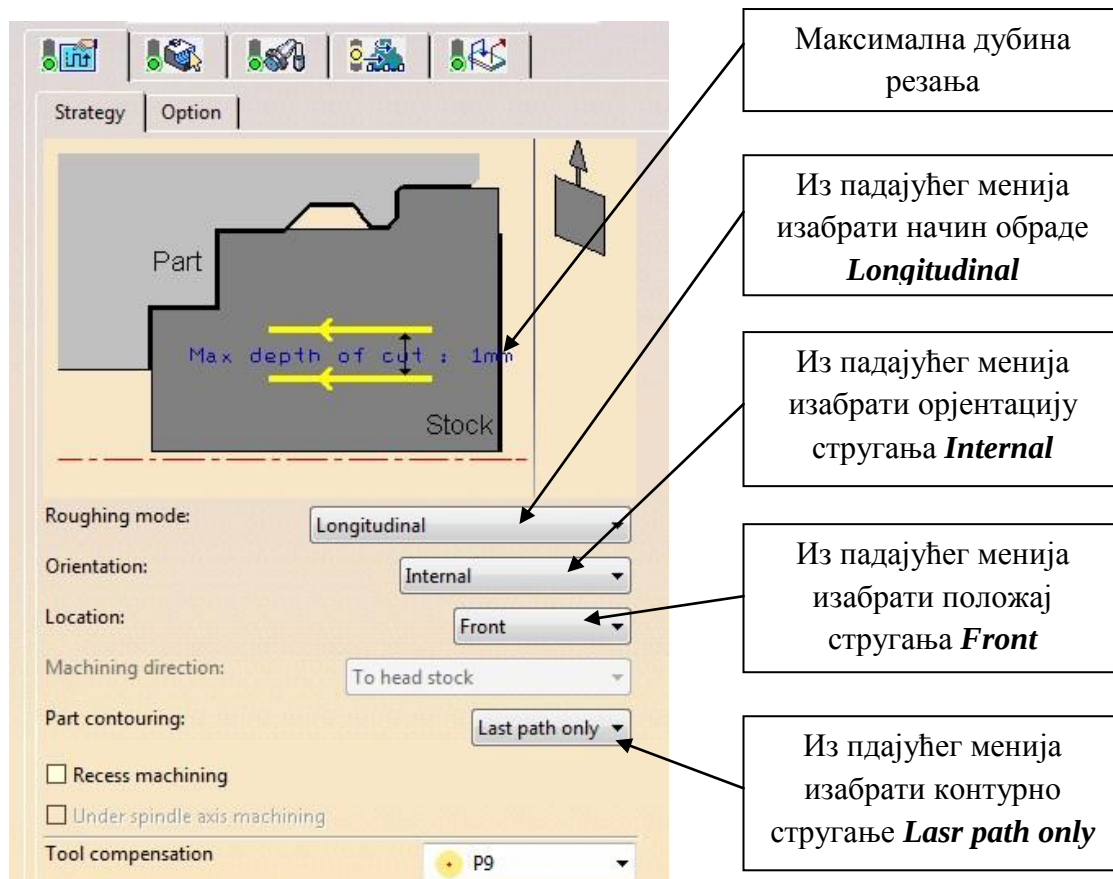


Слика 3.2.53: Симулација бушења

3.2.8 Унутрашња груба обрада (*Internal Rough Turning*)

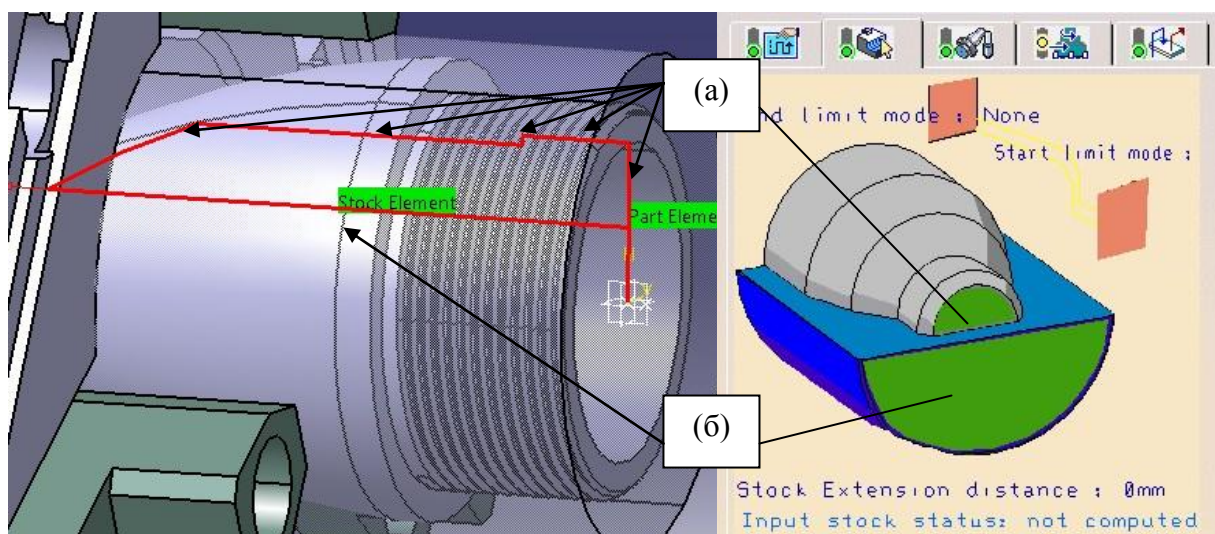
Активирати команду **Rough Turning**  отвара се прозор **Rough Turning.4** који има 5 картица.

1. У првој картици  врши се дефинисање стратегија обраде (слика 3.2.54).



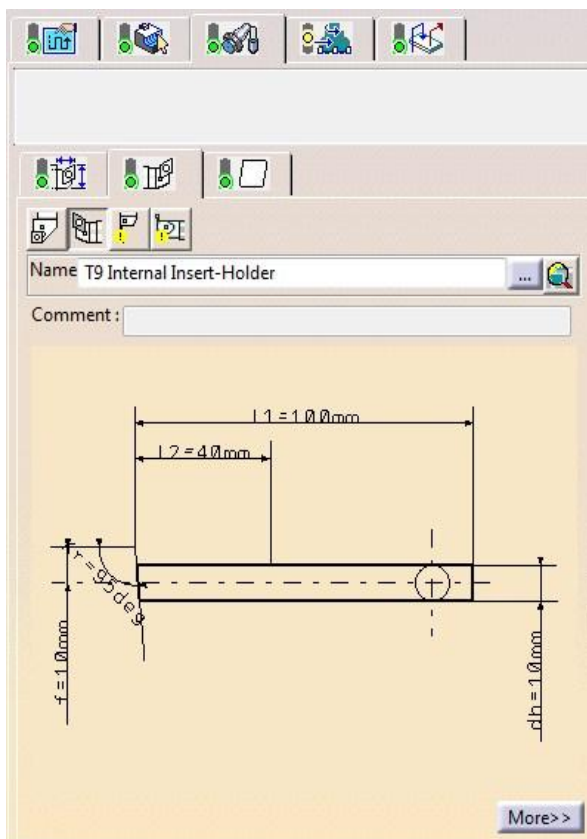
Слика 3.2.54: Дефинисање стратегије обраде

2. У другој картици  се дефинишу равни које се обрађују (слика 3.2.51)

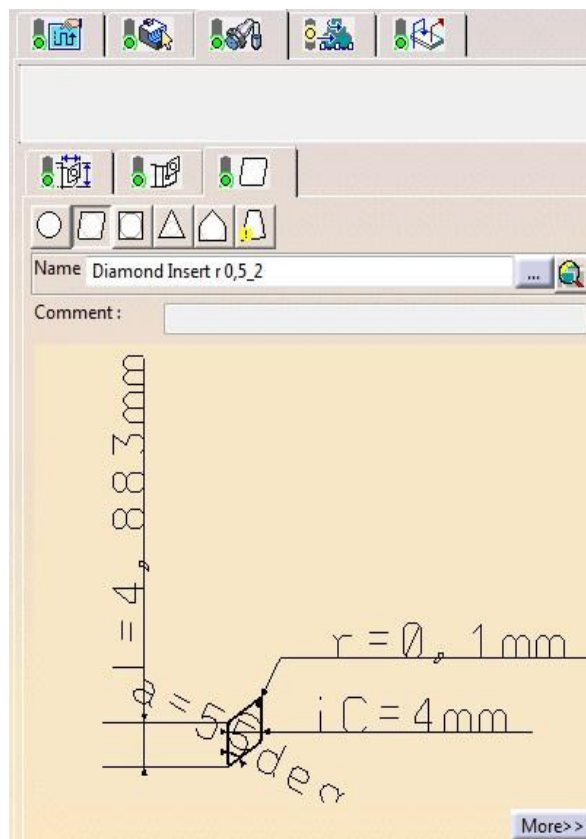


Слика 3.2.55: Дефинисање контура која се обрађује

3. У трећој картици  се врши димензионисање носача алата (слика 3.2.56) и резне плочице (слика 3.2.57). Димензије алата су преузете из SADVIK Catalog Tools 2012.



Слика 3.2.56: Димензионисање носача алата

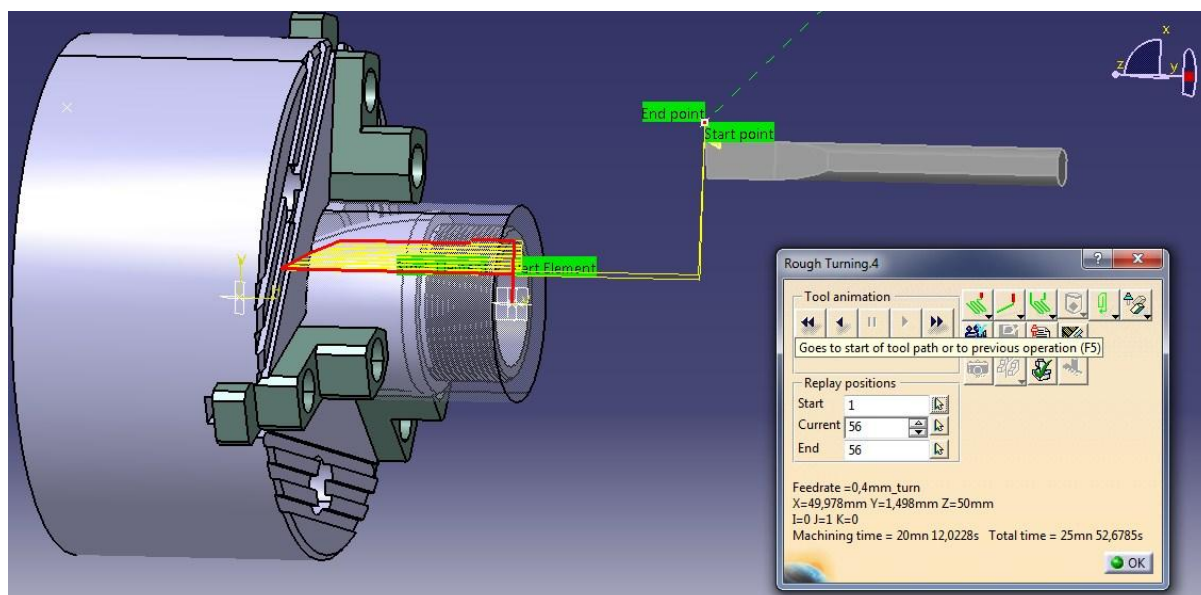


Слика 3.2.56: Димензионисање резне плочице

4. Подешавање четврте картице тј. режима обраде објашњено је у тачки 3.2.2.

5. Након дефинисања свих потребних параметара захвата, активирањем команде **Tool**

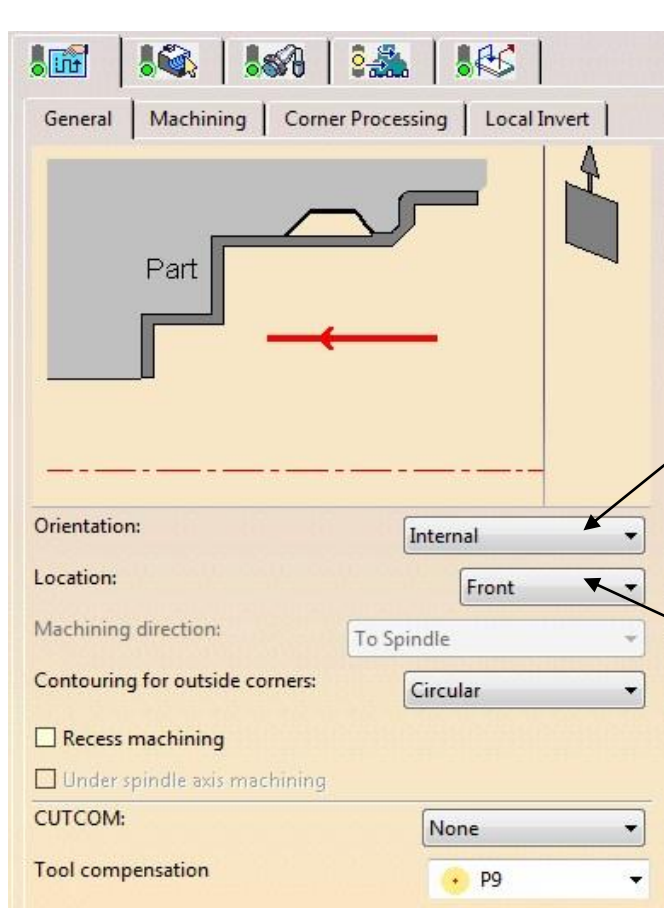
Path Replay  могуће је извршити симулацију грубе унутрашње обраде (слика 3.2.58).



Слика 3.2.58: Симулација грубе унутрашње обраде

3.2.9 Унутрашња фина обрада (Internal Profile Finish Turning)

Покретањем команду **Profile Finish Turning**  отвара се прозор **Profile Finish Turning.2** који има 5 картица.



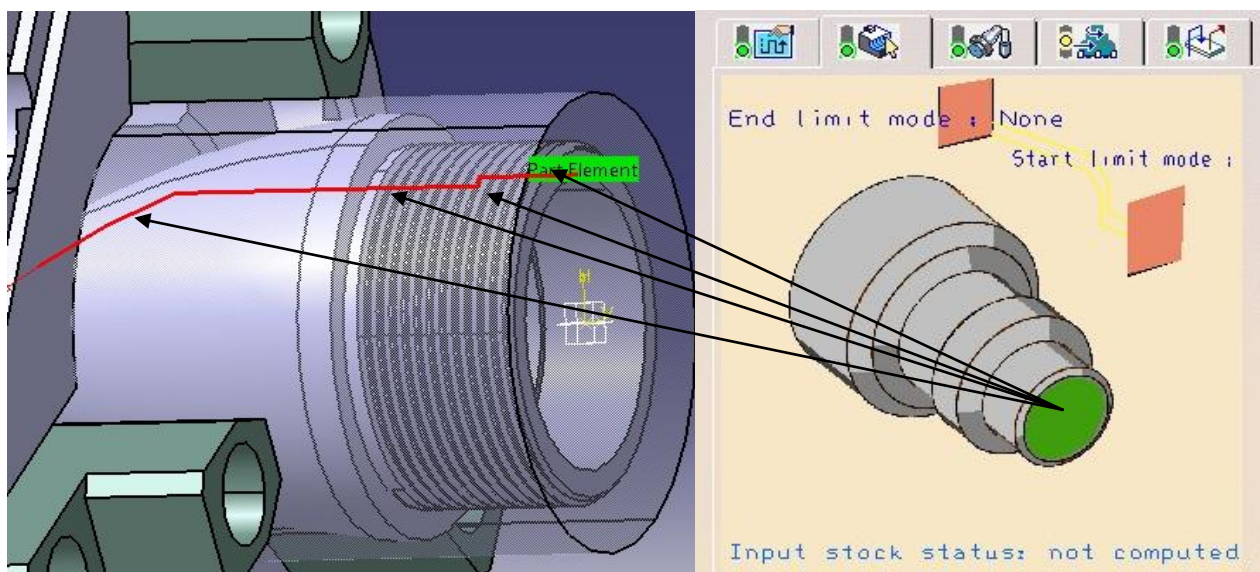
1. У првој картици  врши се дефинисање стратегија обраде (слика 3.2.59).

Из падајућег менија изабрати орјентацију стругања **Internal**

Из падајућег менија изабрати положај стругања **Front**

Слика 3.2.59: Дефинисање стратегије обраде

2. У другој картици  се дефинишу равни које се обрађују (слика 3.2.60)

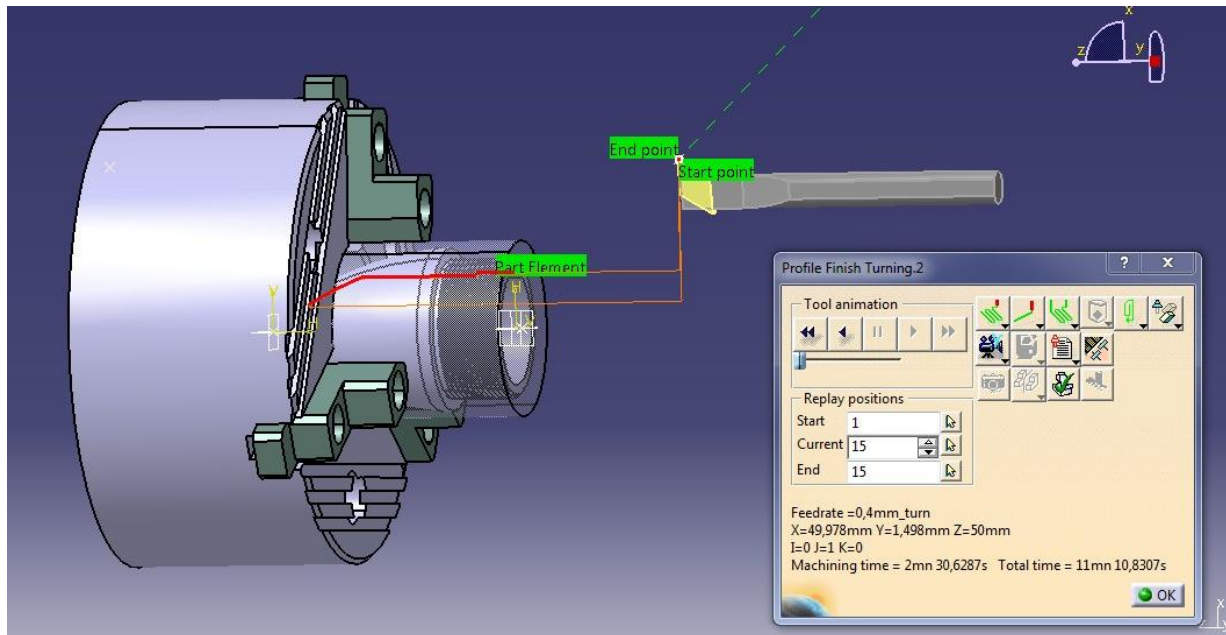


Слика 3.2.60: Дефинисање контура која се обрађује

3. У трећој картици  се врше подешавања димензије носача алата и резних плочица као и код грубе обраде с тим сто се уносе димензије алата за фину обраду на основу каталога произвођача. Димензије носача алата као и димензије резних плочица које су коришћена у даљим подешавањима преузета су из SADVIK Catalog Tools 2012.

4. Подешавање четврте картице тј. режима обраде објашњено је у тачки 3.2.4.

5. Након дефинисања свих потребних параметара захвата, активирањем команде **Tool Path Replay**  могуће је извршити симулацију fine унутрашње обраде (слика 3.2.61).



Слика 3.2.61: Симулација fine унутрашње обраде



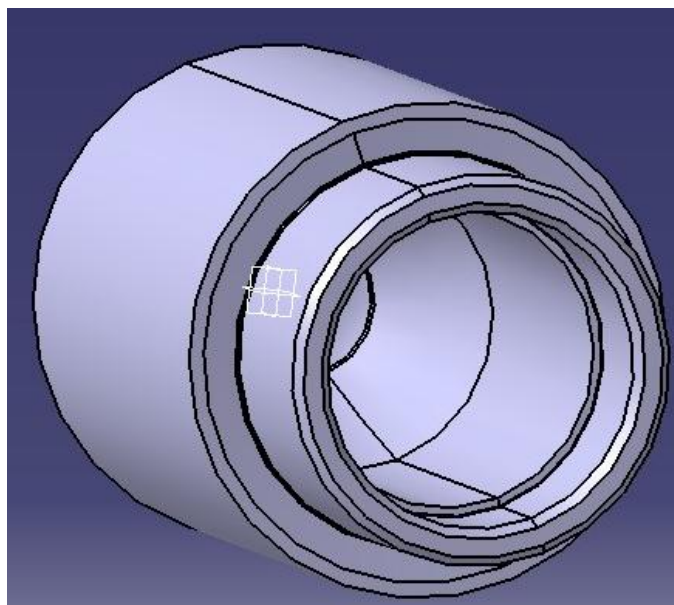
Слика 3.2.62: Списак захвата за прву технолошку операцију

4. Процес моделирања друге технолошке операције

4.1 Креирање склопа за другу технолошку операцију

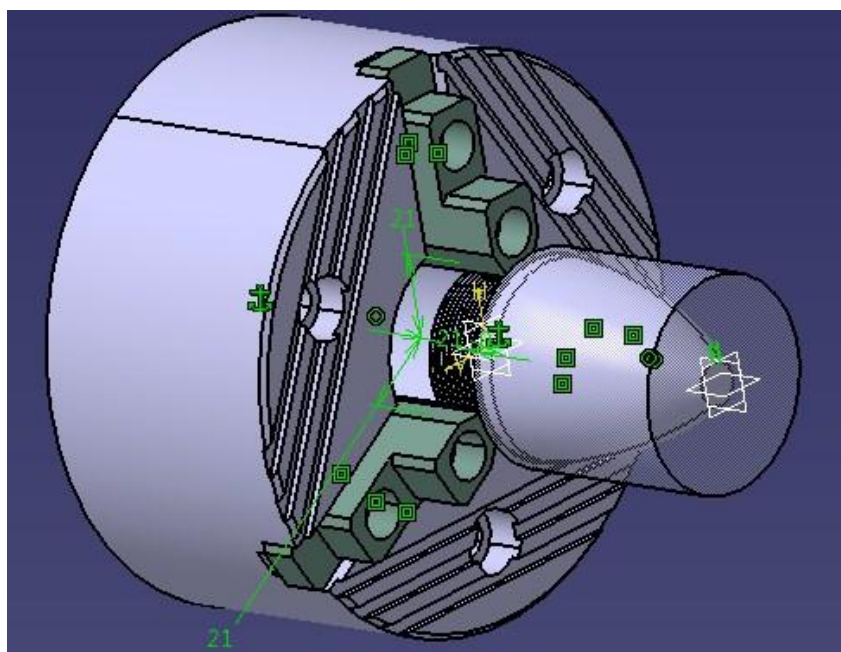
У прозору последњег захвата за прве технолошке операције активирањем команде

Update input stock  врши се генерисање припремака по завршетку прве технолошке операције.



Слика 4.1.1: Припремак након извршене прве технолошке операције

Да би се спровела друга технолошка операција потребно је изврши измену стезања, тј. мора се формирати нови склоп. Поступак креирања склопа је исти као и за прву технолошку операцију, с том разликом сто се за другу технолошку операцију користи нови припремак и врши се стезање по навоју (слика 4.1.2).



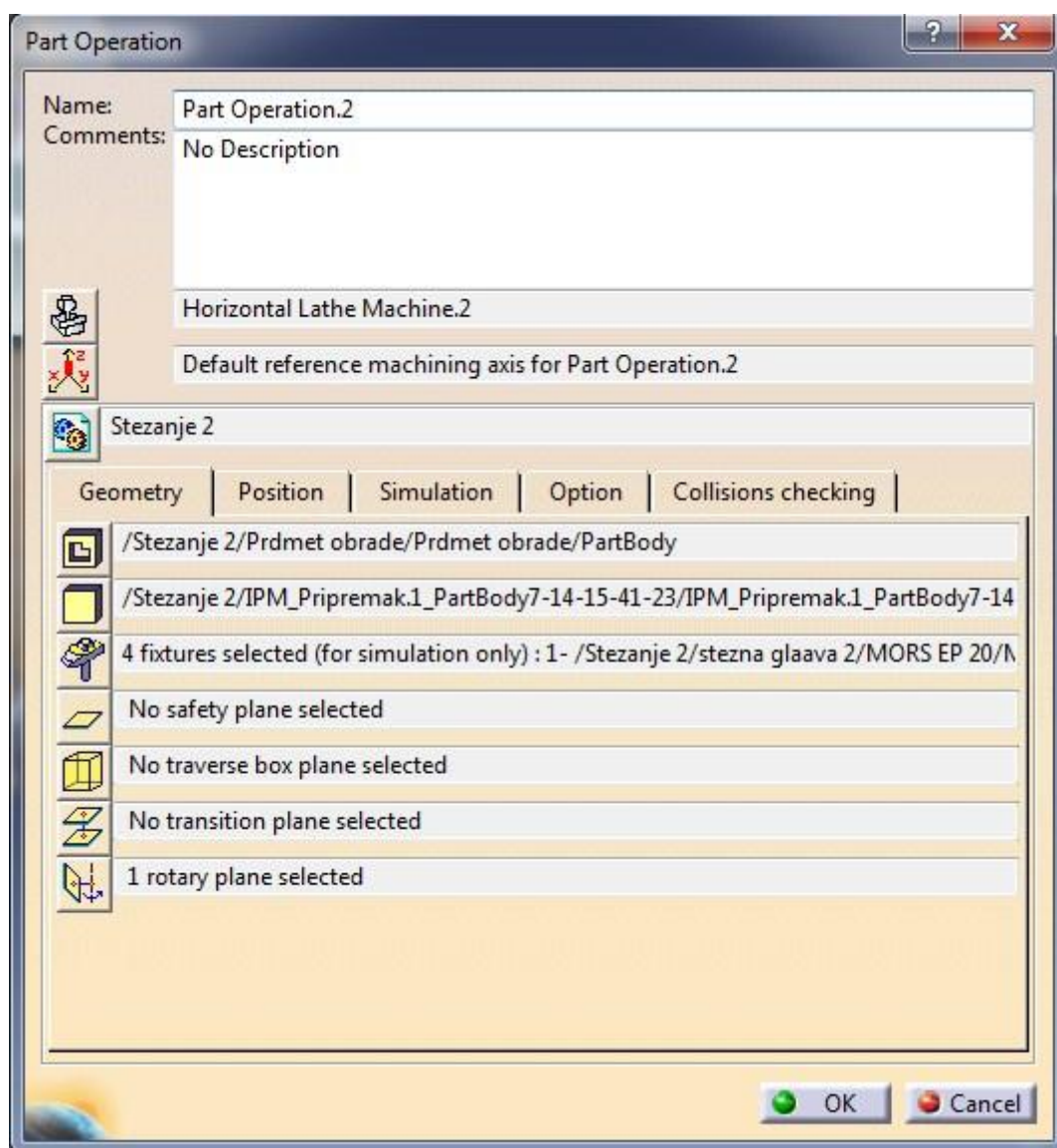
Слика 4.1.2: Склоп за другу технолошку операцију

4.2 Дефинисање технолошког модела за друго стезање

За дефинисање технолошког модела за другу технолошку операцију потребно је креирати нови **Part Operation** тако што се обележи **Part Operation.1** а затим активира команда  **Part Operation**, и потребно је креирати нови **Manufacturing Program** активирањем коанде  **Manufacturing Program**.

4.2.1 Дефинисање основних параметара

1. Дупли леви клик на **Part Operation.2** у стаблу **P.P.R.** након чега ће се отворити прозор **Part Operation** (слика 4.2.1). Сва подешавања везана за **Part Operation** су објашњена у тачки 3.2.1.

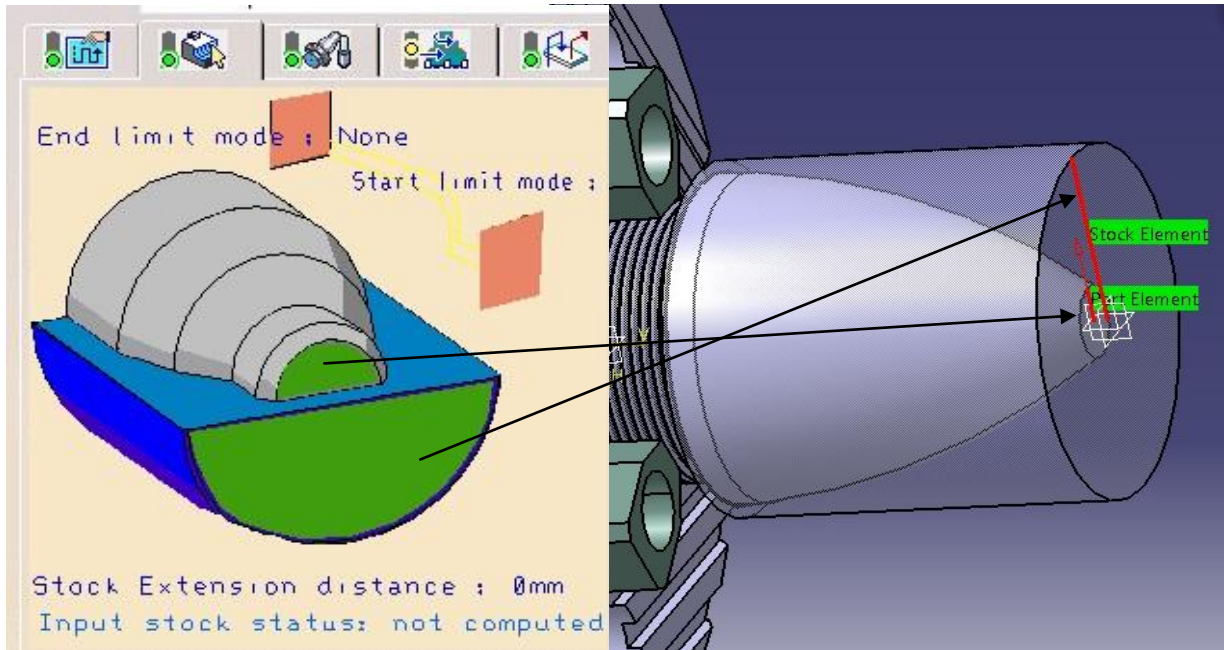


Слика 4.2.1: Подешавање **Part Operation.2**

4.2.2 Чеона обрада (Rough Turning)

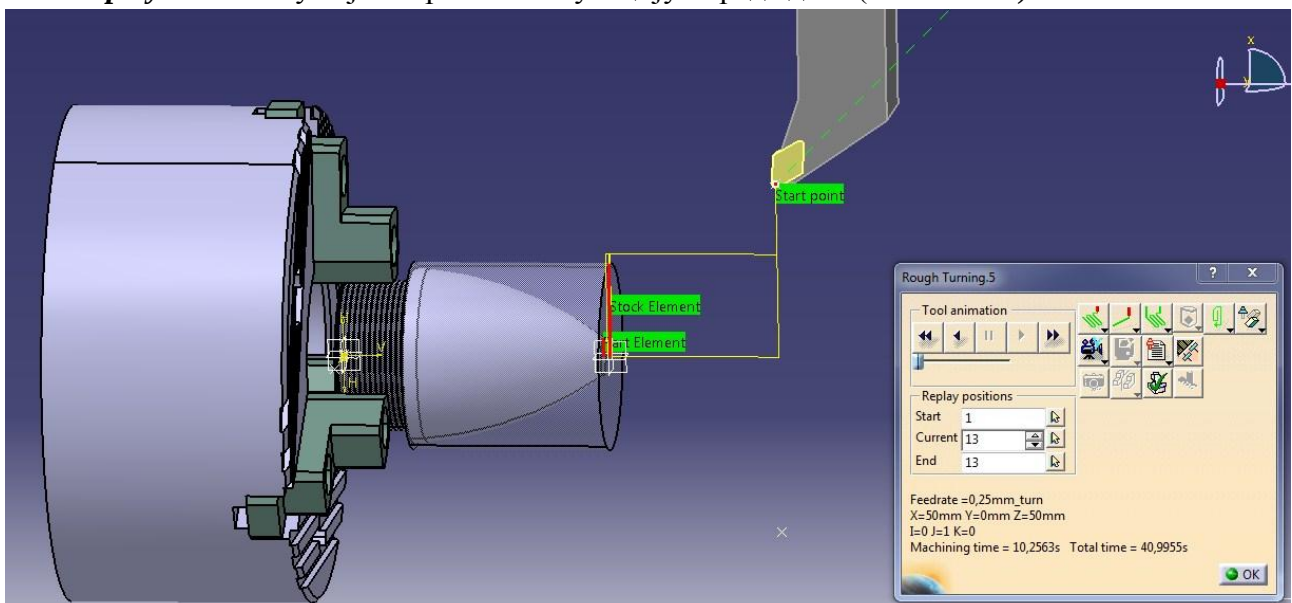
1. Активирати команду **Rough Turning**  па затим **P.P.R** → **Process List** → **Process** → **Part Operation 2** → **Manufacturing Program**. 2. Активирањем ове опције отвара се прозор **Rough Turning.5** који има 5 картица.

У другој картици  се дефинишу равни које се обрађују (слика 4.2.1). Подешавање осталих картица се изводи на исти начин као у тачки 3.2.2.



Слика 4.2.1: Дефинисање контура која се обрађује

Након дефинисања свих потребних параметара захвата, активирањем команде **Tool Path Replay**  могуће је извршити симулацију обраде дела (слика 4.2.2).

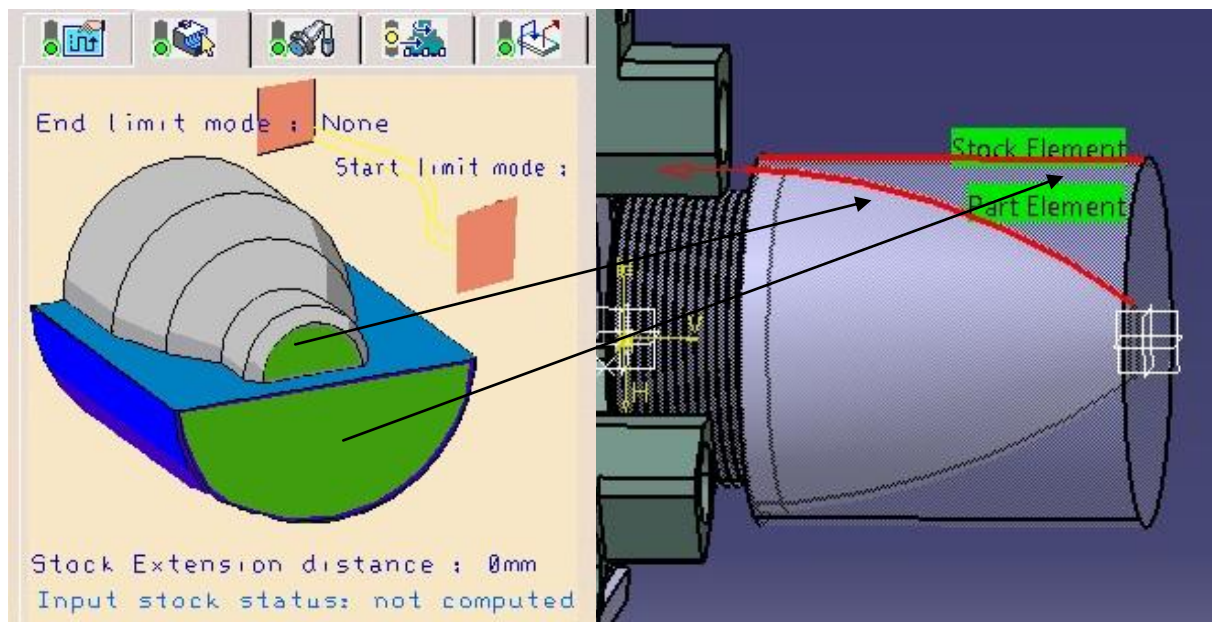


Слика 4.2.2: Симулација чеоне обраде

4.2.3 Груба уздужна обрада (Rough Turning)

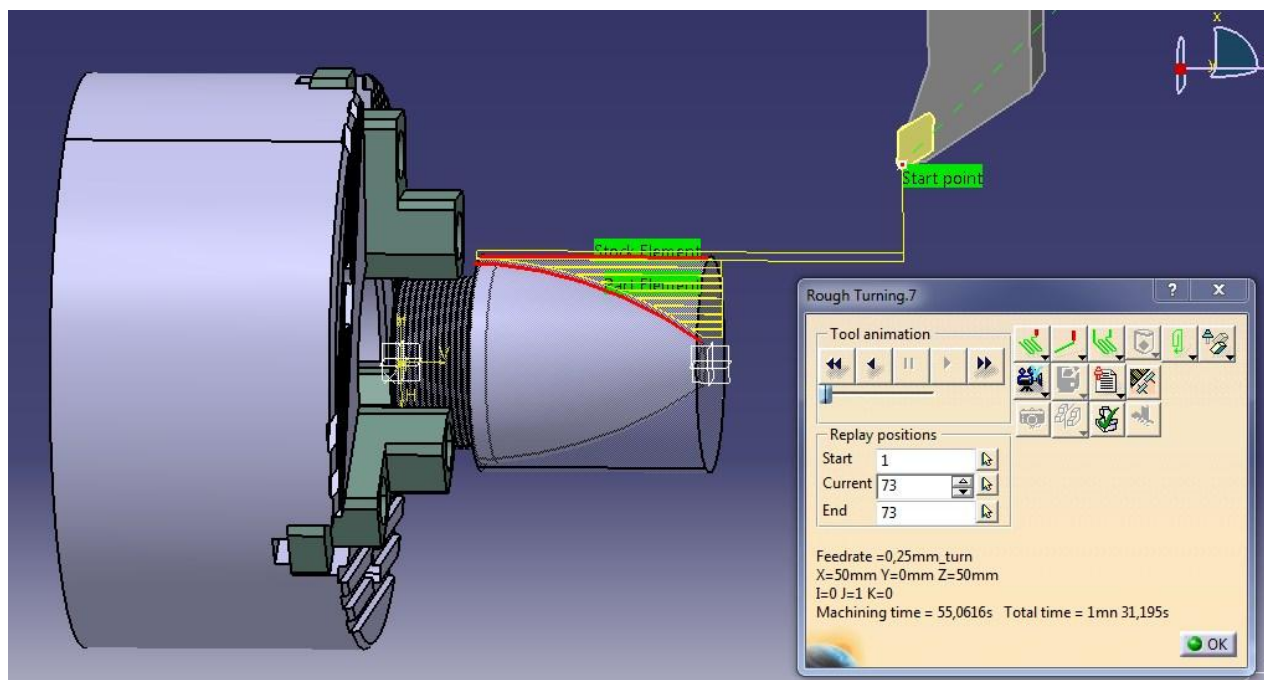
Покретањем команде **Rough Turning**  отвара се прозор **Rough Turning.7** који има 5 картица.

У другој картици  дефинишу равни које се обрађују (слика 4.2.3). Подешавање осталих картица се изводи на исти начин као у тачки 3.2.3.



Слика 4.2.3: Дефинисање контура која се обрађује

Након дефинисања свих потребних параметара захвата, активирањем команде **Tool Path Replay**  могуће је извршити симулацију обраде дела (слика 4.2.4).

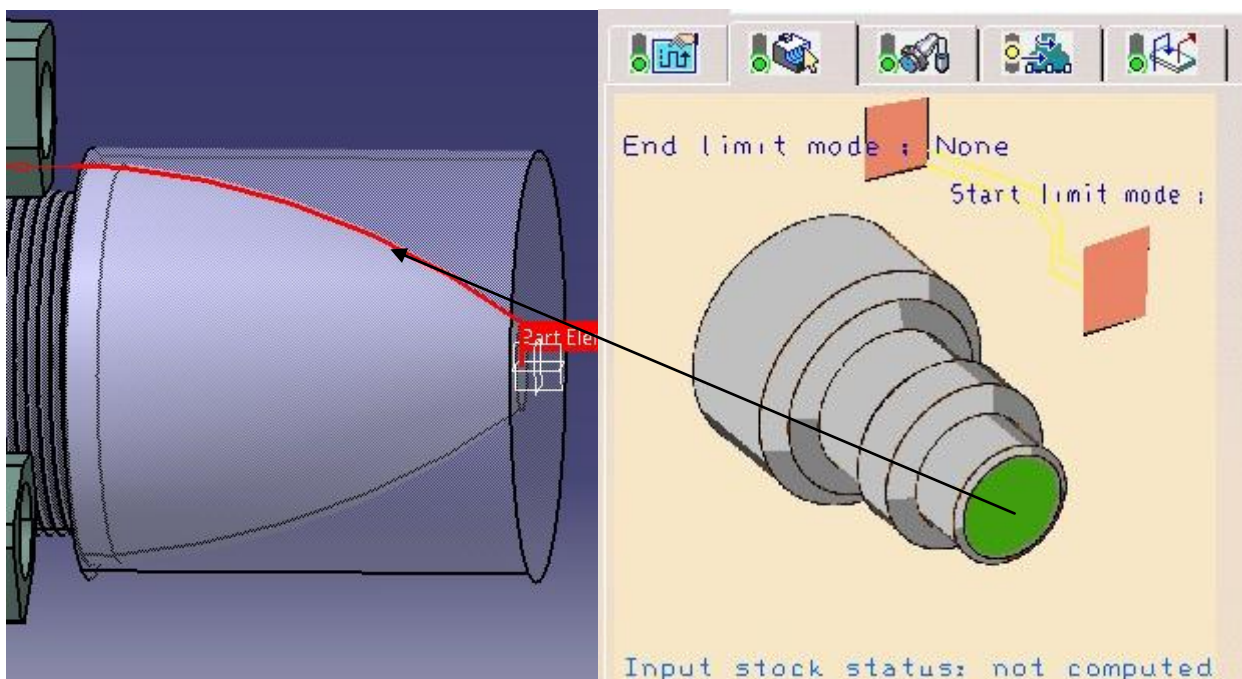


Слика 4.2.4: Симулација грубе уздужне обраде

4.2.4 Фина уздужна обрада (Profile Finish Turning)

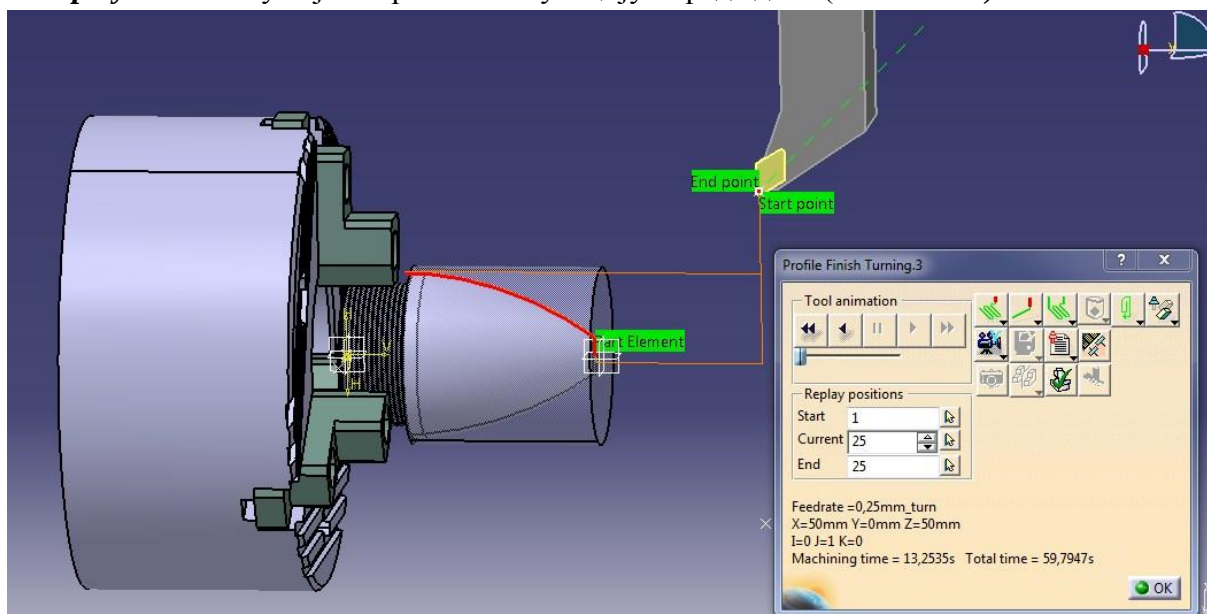
Активирати команду **Profile Finish Turning**  отвара се прозор **Profile Finish Turning.3** који има 5 картица.

У другој картици  дефинишу се равни које се обрађују (слика 4.2.5). Подешавање осталих картица се изводи на исти начин као у тачки 3.2.4.

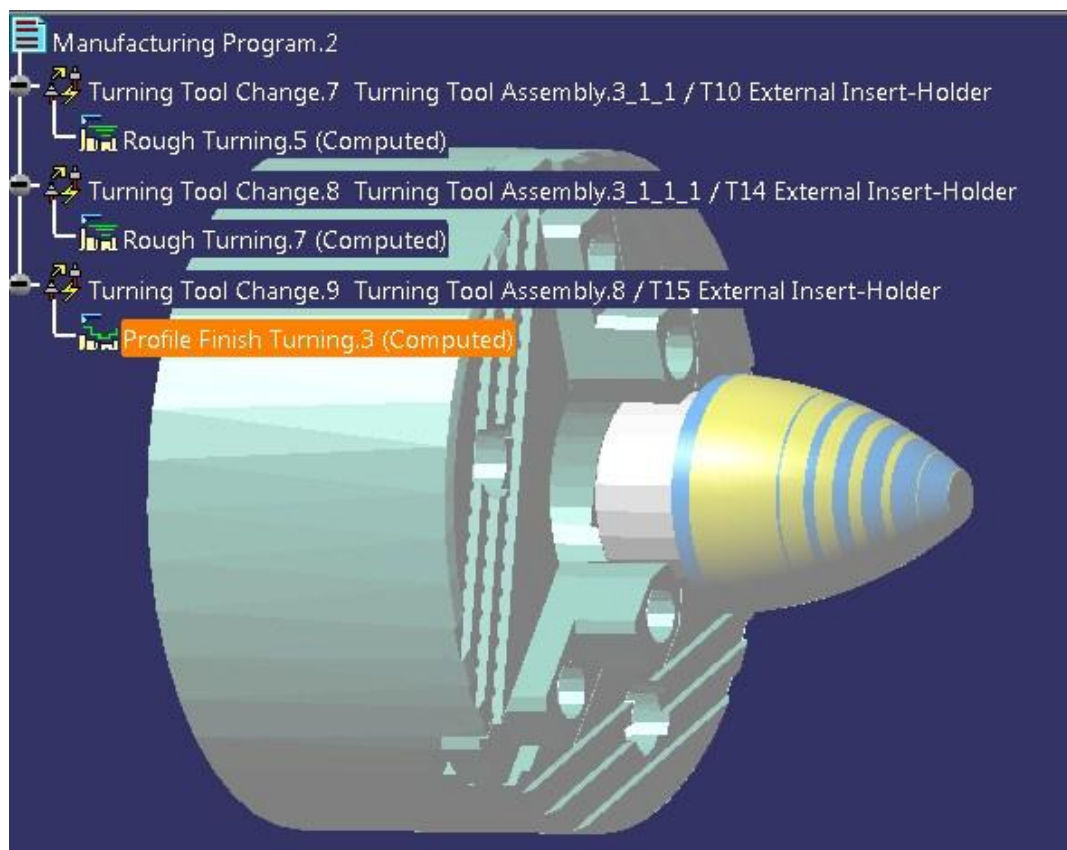


Слика 4.2.5: Дефинисање контура која се обрађује

Након дефинисања свих потребних параметара захвата, активирањем команде **Tool Path Replay**  могуће је извршити симулацију обраде дела (слика 4.2.6).



Слика 4.2.6: Симулација fine уздужне обраде

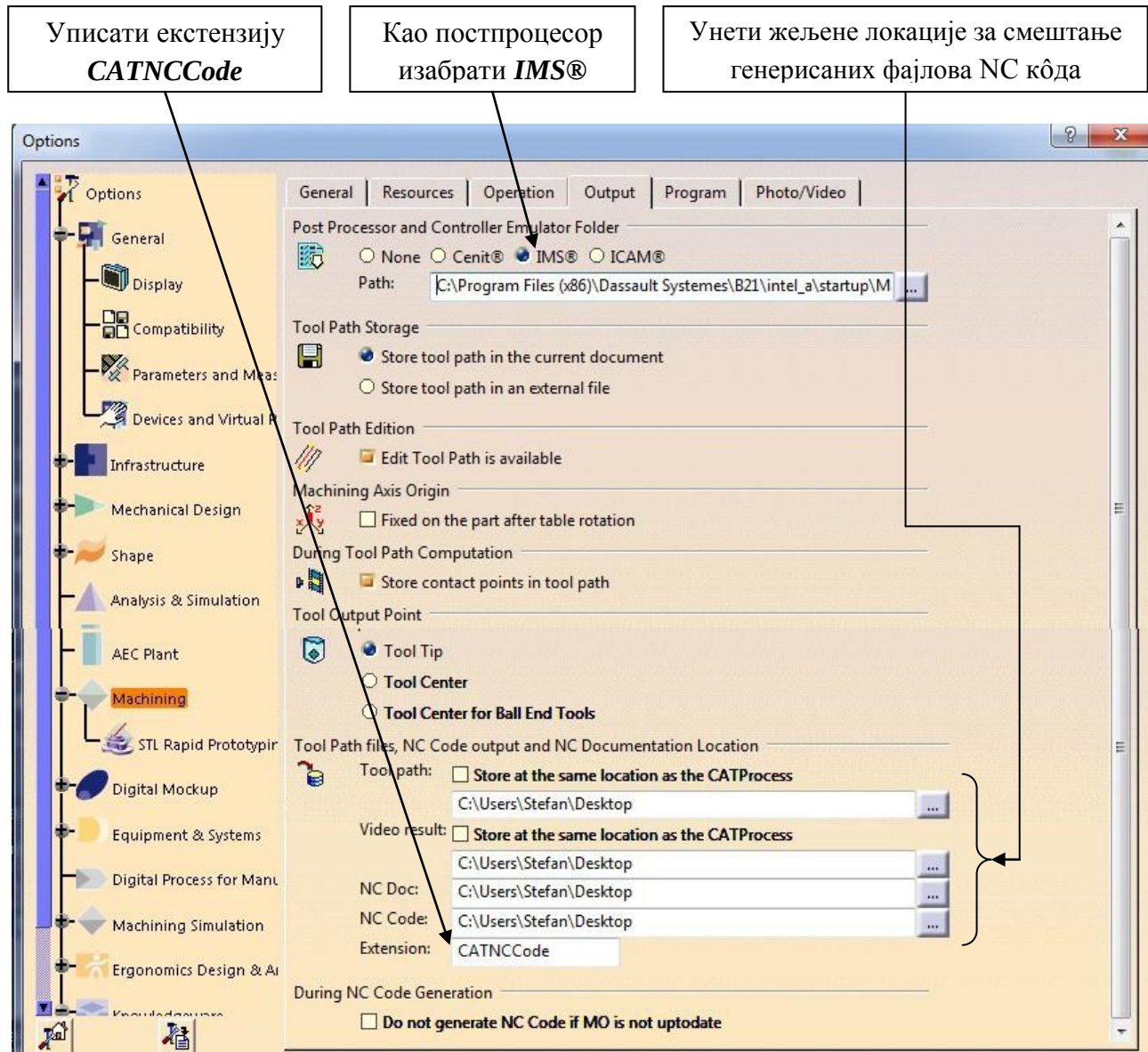


Слика 4.2.7: Списак захвата за другу технолошку операцију

5. NC код

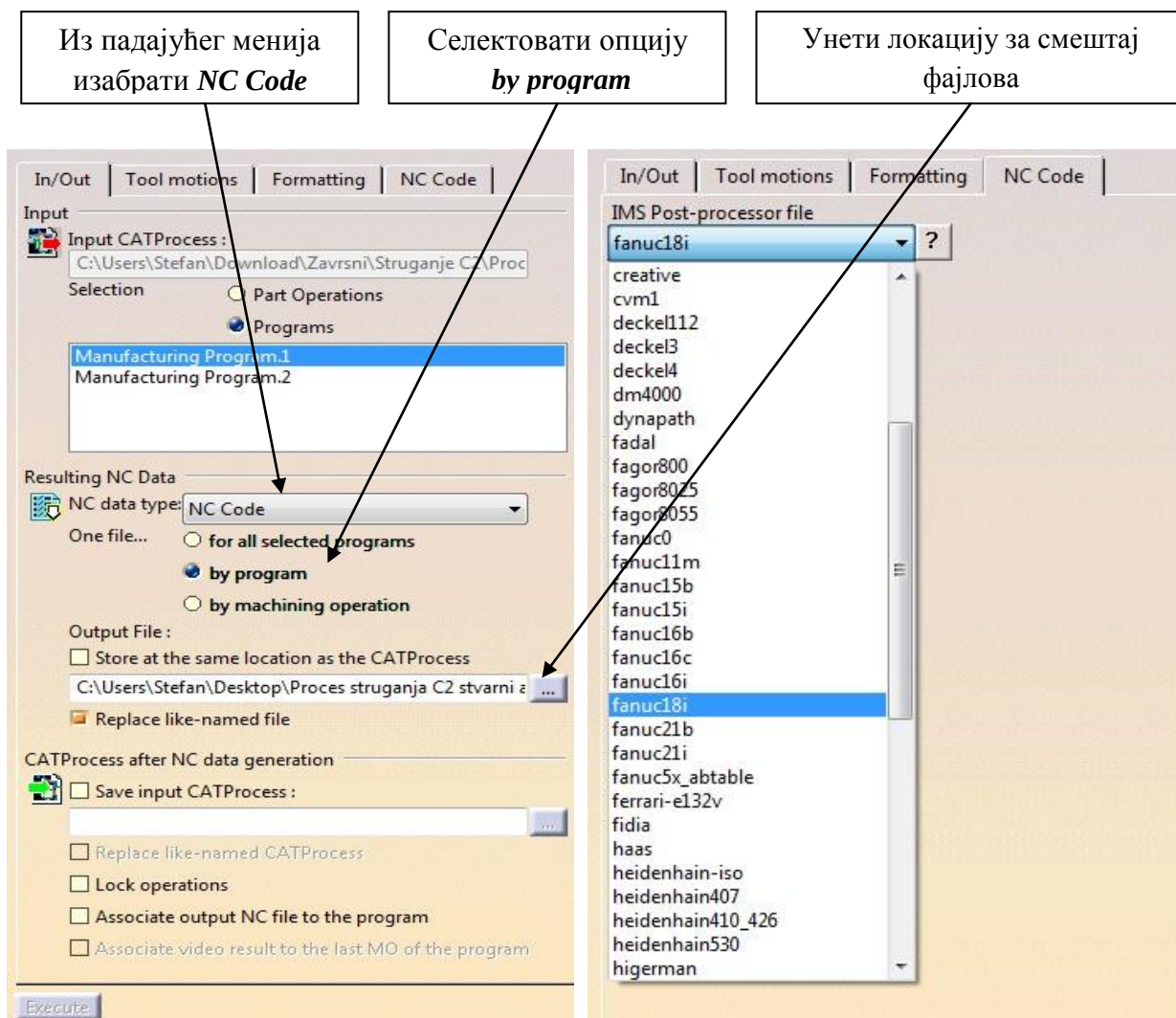
5.1 Генерисање NC кода

Пре него што се генерише NC код потребно је извршити подешавање постпроцесора на следећи начин: **Tools** → **Options...** → **Machining** → **Output** (слика 5.1)



Слика 5.1: Подешавање постпроцесора

Да би генерисали NC код из PPR стабла модела, десним кликом миша одабрати дефинисани програм **Manufacturing Program.1**, у контекстуалном менију изабрати опцију **Manufacturing Program.1 Object** а затим одабрати **Generate NC Code Interactively**. Затим у картици **In/Out**, прозора **Generate Output Interactively**, извршити подешавање NC кода (слика 5.2)



У картици **NC Code** врши се избор постпроцесора у овом случају **Fanuc_18i.pp** (слика 5.3). Активирањем команде **Execute** врши се генерисање NC документације. Селектовати опцију **by machining operation**, затим поновити опцију **Execute** врши се генерисање NC документације за сваки захват појединачно.

На овај начин је извршено генерисање NC кода који најближе одговара управљачкој јединици машине која се користи (слика 5.4). На потпуно исти начин се врши генерисање кода и за другу технолошку операцију тј. **Part Operation 2** (слика 5.5) .

Пре него што се програм пренесе у меморију управљачке јединице машине, потребно је извршити корекцију програма као што је: брисање коментара као и кориговање линија програма како не би дошло до хаварије приликом саме обраде.

```

( ***** )
( * INTELLIGENT MANUFACTORY SOFTWARE WWW.IMS-SOFTWARE.COM * )
( * IMSPPOST VERSION : 7.4R * )
( * USER VERSION : 1 * )
( ***** )
N1 G55 G80 G40 G90 G17 G94 G49 G98
O1000
( TOOL DATA : T1 EXTERNAL INSERT-HOLDER,T1 EXTERNAL INSERT-HOLDER,TURNING TOOLASSEMBLY.1 )
N2 T1 M6
N3 G0 X49.978 Y1.498 S70 M4
N4 G43.4 Z50. H1
N5 X29.679
N6 Y0
N7 Z.191
N8 G1 G95 X27.679 F.3
N9 X0 F.4
N10 X.212 Z.403 F.8
N11 G0 X29.679
N12 Z-.809
N13 G1 X27.679 F.3
N14 X0 F.4
N15 X.212 Z-.597 F.8
N16 Z50. F.4
N17 X49.978 Y1.498
( TOOL DATA : T12 EXTERNAL INSERT-HOLDER,T12 EXTERNAL INSERT-HOLDER,TURNING TOOL ASSEMBLY.1_1 )
N18 G0 X25.846
N19 Y0
N20 Z3.191
N21 G1 Z1.191 F.3
N22 Z-20.809 F.4
N23 X26.058 Z-20.597 F.8
N24 G0 Z3.191
N25 X24.014
N26 G1 Z1.191 F.3
N27 Z-20.809 F.4
N28 X24.226 Z-20.597 F.8
N29 G0 Z3.191
N30 X22.181
N31 G1 Z1.191 F.3
N32 Z-20.809
N33 X27.679
N34 X27.891 Z-20.597 F.8
N35 Z50. F.4
N36 X49.978 Y1.498

```

Слика 5.4: Приказ дела NC кода за прву технолошку операцију

```

( ***** )
( * INTELLIGENT MANUFACTORY SOFTWARE WWW.IMS-SOFTWARE.COM * )
( * IMSPPOST VERSION : 7.4R * )
( * USER VERSION : 1 * )
( ***** )
N1 G55 G80 G40 G90 G17 G94 G49 G98
O1000
( TOOL DATA : T1 )
N2 T1 M6
N3 G0 X50. S1300 M4
N4 G43.4 Z50. H1
N5 G1 G95 X29.691 F.25
N6 Z2.191
N7 X27.691 F150.
N8 X0 F.25
N9 X.212 Z2.403 F150.
N10 G0 X29.691
N11 Z1.191
N12 G1 X27.691
N13 X0 F.25
N14 X.212 Z1.403 F150.
N15 Z50. F.25
N16 X50.
( TOOL DATA : T14 EXTERNAL INSERT-HOLDER,T14 EXTERNAL INSERT-HOLDER,TURNING TOOL ASSEMBLY.3_1_1_1 )
N17 X25.782
N18 Z5.191
N19 Z3.191 F150.
N20 Z-54.809 F.25
N21 X25.994 Z-54.597 F150.
N22 G0 Z5.191
N23 X23.872
N24 G1 Z3.191
N25 Z-38.032 F.25
N26 X24.085 Z-37.82 F150.
N27 G0 Z5.191
N28 X21.963
N29 G1 Z3.191
N30 Z-30.532 F.25
N31 X22.175 Z-30.32 F150.
N32 G0 Z5.191
N33 X20.054
N34 G1 Z3.191
N35 Z-24.727 F.25

```

Слика 5.5: Приказ дела NC кода за другу технолошку операцију

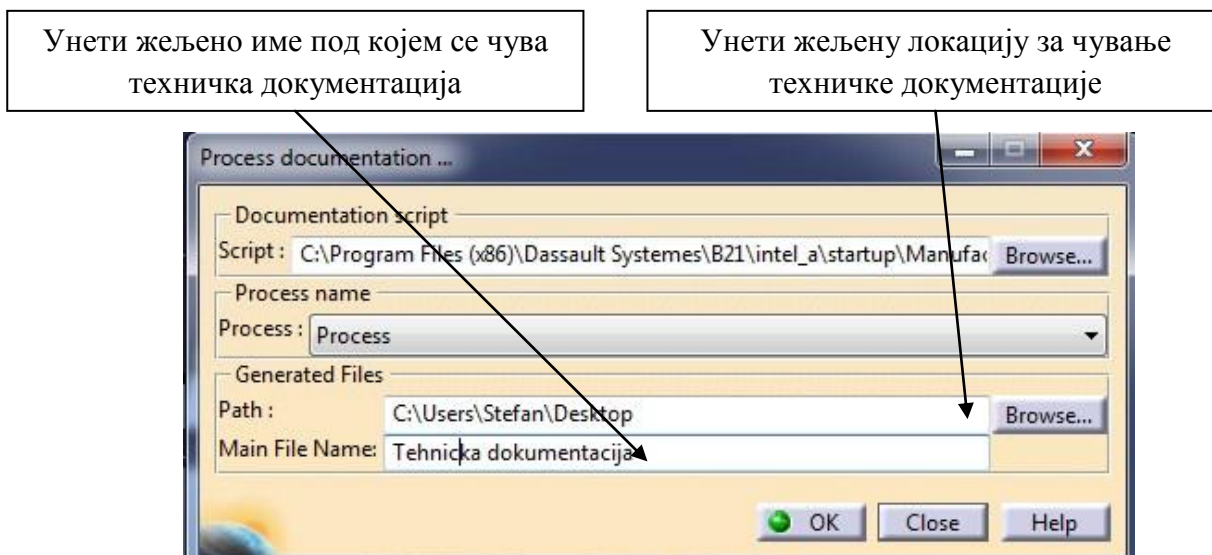
5.2 Анализа NC кода

Као што је већ напоменуто програм се састоји од ткозованих програмских линија унетих тако да имају логичан редослед. Значење тих линија детаљно ће бити објашњено на деловима NC кода прве и друге технолошке операције.

N2 T1 M6	- Врши се избор алата (стругарски нож);	
N3 G0 X49.978 Y1.498 S70 M4	- Позиционирати брзим ходом алат на задате координате и укључити вретено ;	
N4 G42 Z50. H1	- Коректура радиуса алата;	
N5 X29.679	}	- Померити алата у тачку са задатим координатама;
N6 Y0		
N7 Z.191		
N8 G1 G95 X27.679 F.3	-G1 укључује радни ход алата, G95 унос посмака у mm/obrt, F задаје се корака;	
N9 X0 F.4	- Корак алата;	
N10 X.212 Z.403 F.8	- Корак алата;	
N11 G0 X29.679	- Позиционирати брзим ходом алат на задате координате;	
N12 Z-.809	- Померање алата по Z оси;	
N13 G1 X27.679 F.3	- Померање алата;	
N14 X0 F.4	- Померање алата у нулу и укључивање посмака;	
N15 X.212 Z-.597 F.8	- Померање алата и задавање посмака;	
N16 Z50. F.4	- Померање алата и задавање посмака;	
N17 X49.978 Y1.498	- Позиционирање алата на задате координате.	
N46 T4 M6	- Врши се измена алата (нож за израду навоја);	
N47 G0 Z50. S400 M3	- Позиционирати брзим ходом алат на задате координате и укључити вретено;	
N48 G1 X21.992 F.4	- Укључује се радни ход алата и задаје се корак ;	
N49 G42 Y0 Z0 H4	- Коректура радуса и дужине алата	
N50 G1 Z50. F0	- Укључује се радни ход алата и задаје се корак ;	
N51 X49.978 Y1.498	- Померање алата;	
N520 T6 M6	- Врши се измена алата (забушивач);	
N530 G0 G42 X0 Y0 H6 S50 M3	- Позиционирати брзим ходом алат на задате координате, коректура радуса алата, укључивање главног вретена, задавање броја обртаја; M3- вретено напред;	
N54 Z3	- Померање алата по Z оси;	
N55 G17	- Избор равни (XY)	
N56 T7 M6	- Врши се измена алата (бургија);	
N57 G0 G42 Z3. H7 S50 M3	- Позиционирати брзим ходом алат на задате координате, коректура радуса алата, укључивање главног вретена, задавање броја обртаја; M3- вретено напред;	
N104 T1 M6	- Врши се измена алата (нож за унутрашњу фину обраду);	
N105 G0 X16.892 S70 M4	- Позиционирати брзим ходом алат на задате координате и укључити вретено	
N106 G42 Z0 H1	- Коректура радиуса алата;	
N107 G1 G95 Z-2. F.3	- Укључује се радни ход алата, и задаје се корак ;	
N108 Z-13.9 F.4	- Померање алата и задавање посмака;	
N109 X15.993	- Померање алата по Z оси;	
N100 G2 G18 X15.893 Z-14. I0 K-.1	- Кружна интерпуација у смеру од казаљке на сату;	
N111 G1 Z-50.141	- Позиционирати брзим ходом алат на задате координате;	
N112 G3 X7.911 Z-66.799 I-90.997 K33.362	- Кружна интерпуација у супротном смеру од казаљке на сату;	
N113 G1 X7.62 Z-66.871 F.8	- Позиционирати брзим ходом алат на задате координате и задаје се корак;	
N114 M30	- Крај програма;	
%		

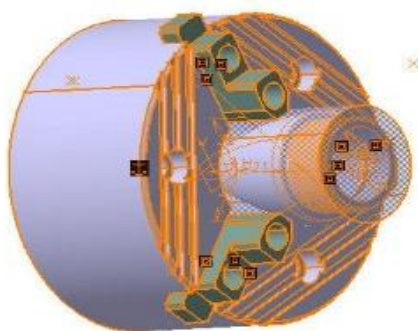
5.3 Генерисање технолошке документације

Генерисање технолошке документације изводи се активирањем команде **Generate Documentation** . Активирањем ове команде отвара се прозор **Process documentation ...** којем се врши подешавање чувања техничке документације (слика 5.3.1).



Слика 5.3.1: Подешавање чувања техничке документације

CATIA V5. генерише документ у HTML формату који се отвара помоћу претраживача (слика 5.3.2). У оваквом формату документација је читљива на сваком рачунару, има јасну визуализацију, лако се размењује и чува. Генерисана документација садржи податке о CNC машини (слика 5.3.3), листу алата (слика 5.3.4) са њиховим карактеристикама (слика 5.3.5, слика 5.3.6, слика 5.3.7), листа операција (слика 5.3.8) са њиховим подацима (слика 5.2.0).



Created : 16.9.2016

Contents :

- [Part Operation : Part Operation.1](#)
 - Manufacturing Program.1
- [Part Operation : Part Operation.2](#)
 - Manufacturing Program.2

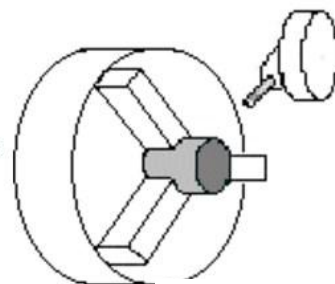
Слика 5.3.2: Технолошка документација

Machine : Horizontal Lathe Machine.1

Numerical control attributes

Axial/Radial movement	false
MFG_SPLIT_CIRCLE_STRAT	No split
Helical Interpolation	false
Rapid feedrate	60000mm_mn
Post Processor words table	CENT_LATHE.pptable
Home point strategy	FROM
NC data format	Point (X,Y,Z)
NC data type	APT
Max machining feedrate	100000mm_mn
Min interpol. radius	0.01mm
Min discretization step	1e-004mm
Min discretization angle	0.1deg
2D circular interpol.	true
3D circular interpol.	false
3D linear interpol.	true
Max interpol. radius	5000mm

Type : Horizontal Lathe Machine



Rotary table attributes

Center point Y	0mm
Center point X	0mm
Initial position	0deg
Radial axis :	X
Spindle axis :	Z
Rotary direction	Clockwise
Rotary type	Absolute
Center point Z	0mm
Rotary angle	0deg
Rotabl output in multi-axis mode	false
Max spindle speed :	6000turn_mn

Spindle attributes

Home point X	0mm
Home point Y	0mm
Home point Z	100mm
Orientation K	1
Orientation J	0
Orientation I	0

Tool change attributes

Tool change point X	0mm
Tool change point Y	0mm
Tool change point Z	100mm
Radius compensation	false

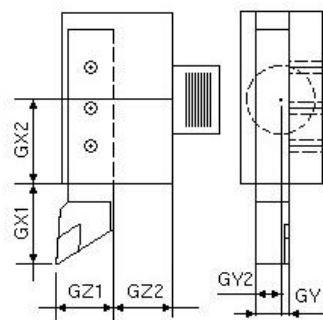
Слика5.3.3: Подаци о CNC машини

Tool List

Assembly 1 : Turning Tool Assembly.3_1		Type : Turning Tool Assembly Tool : T9 Internal Insert-Holder Insert : Diamond Insert r 0.5_2
Tool 1 : T1 External Insert-Holder		Type : External Insert-Holder
Tool 6 : T6 Center Drill D 2,5		Type : Center Drill Diameter : 2
Tool 7 : T7 Drill D 10		Type : Drill Diameter : 16

Слика 5.3.4: Листа алата

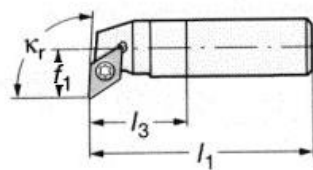
Name	Turning Tool Assembly.3_1
Tool number	1
Tool inverted	false
Set X	0mm
Set Y	0mm
Set Z	0mm
Setup angle	0deg
Turret Number	1
Power	Powered
Number of components	3
Pref. output point 1	None
Pref. output point 2	None
Pref. output point 3	None



Type : Turning Tool Assembly

T9 Internal Insert-Holder

Name	T9 Internal Insert-Holder
Tool number	9
Description code	Codification not used
Body diameter	10mm
Bar cut radius	10mm
Hand style	Left hand
Insert angle	0deg
Cutting edge angle	95deg
Clearance angle	5deg
Insert length	16mm
Bar length 1	100mm
Bar length 2	40mm
Shank cut width	0mm
Max life time	0s
Max machining length	0mm
Min diameter	0mm
Max recessing depth	1000mm
Max boring depth	1000mm
Trailing angle	90deg
Leading angle	90deg

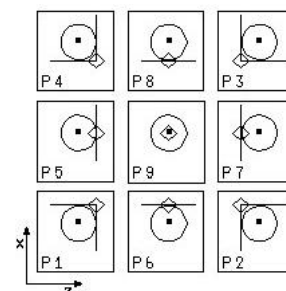


Type : Internal Insert-Holder

Слика 5.3.5: Карактеристикама носача алата

Tool Compensation

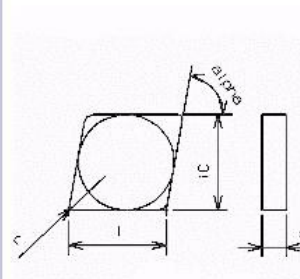
Compensation Type	Corrector Number	Length Number	Tool Diameter
P9	9	9	0



Слика5.3.6: Компезација алата

Diamond Insert r 0,5_2

Name	Diamond Insert r 0,5_2
Description code	Codification not used
Inscribed diameter	4mm
Nose radius	0,1mm
Insert angle	55deg
Thickness	3mm
Clearance angle	7deg
Insert length	4,883mm
Life time	0s
Machining quality	Either
Material	Other
Old Attribute Finishing cutting speed	0mm_mn
Descaling depth of cut (internal parameter)	0mm
Roughing cutting speed	0m_mn
Roughing feedrate per tooth	0mm_turn
Descaling speed (internal parameter)	0mm_mn
Old Attribute Roughing cutting speed	0mm_mn
Finishing cutting speed	0m_mn
Descaling feedrate (internal parameter)	0mm_turn
Roughing depth of cut (internal parameter)	0mm
Descaling speed (internal parameter)	0m_mn
Max machining feedrate	100000mm_mn
Finishing feedrate per tooth	0mm_turn

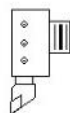


Type : Diamond Insert

Слика 5.3.7: Карактеристике резних плочица

Manufacturing Program.1

Turning Tool Change.1
Type : ToolChangeLathe



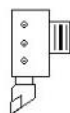
Assembly : Turning Tool Assembly.1 (Turning Tool Assembly)
Tool : T1 External Insert-Holder (External Insert-Holder)

Rough Turning.1
Type : Rough Turning



Assembly : Turning Tool Assembly.1 (Turning Tool Assembly)
Tool : T1 External Insert-Holder (External Insert-Holder)
Insert : Diamond Insert r 0.5 (Diamond Insert)

Turning Tool Change.2
Type : ToolChangeLathe



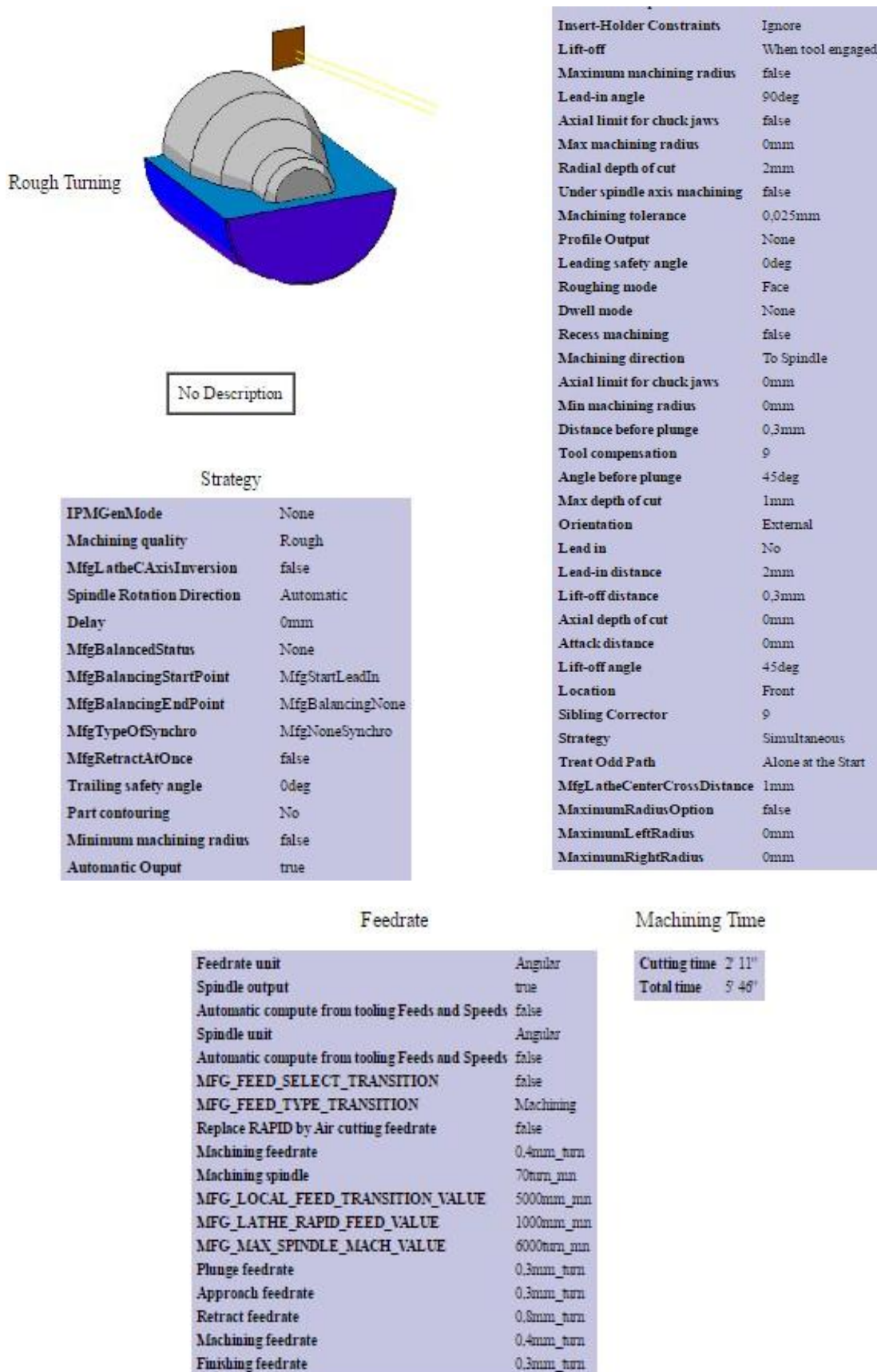
Assembly : Turning Tool Assembly.1.1 (Turning Tool Assembly)
Tool : T12 External Insert-Holder (External Insert-Holder)

Rough Turning.2
Type : Rough Turning



Assembly : Turning Tool Assembly.1.1 (Turning Tool Assembly)
Tool : T12 External Insert-Holder (External Insert-Holder)
Insert : Diamond Insert r 0.5_1 (Diamond Insert)

Слика 5.3.8: Листа операција



Слика 5.3.9: Подаци о операцији

6. Реализација генерисаног кода у реалним условима

Тестирање NC кода извршено је у д.о.о. Милановић инжењеринг у периоду од 15.-18. јула 2016. године. Машина на којој се изводи обрада резањем ротационих делова је **HAAS ST30** (слика 6.1). Управљачка јединица машине је **Fanuc**. Снага мотора машине је 22.4 kW, максимални број обртаја 3400 *o/min*, максималан број алата у магацину је 12, ход по x оси 318 mm.

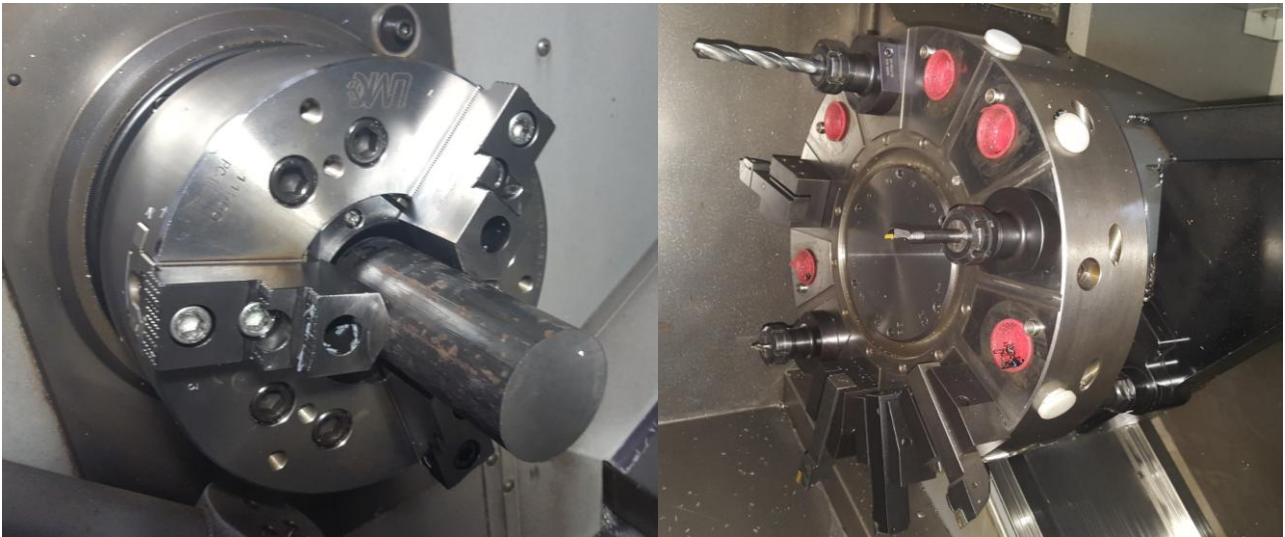


Слика 6.1: HAAS ST30

Пре него што се спроведе процес обраде дела потребно је извршити корекцију NC кода као и припрему машине за спровођење технолошких операција. Корекција кода може да се изводи на рачунару или директно на управљачкој јединици машине (слика 6.2). У активности припреме машине спадају постављање припремка и потребних алата за израду предмета обраде (слика 6.3).

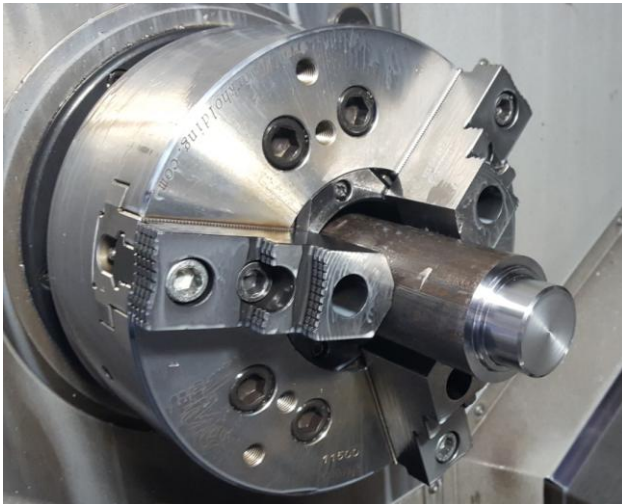


Слика 6.2: Корекција NC кода на управљачкој јединици

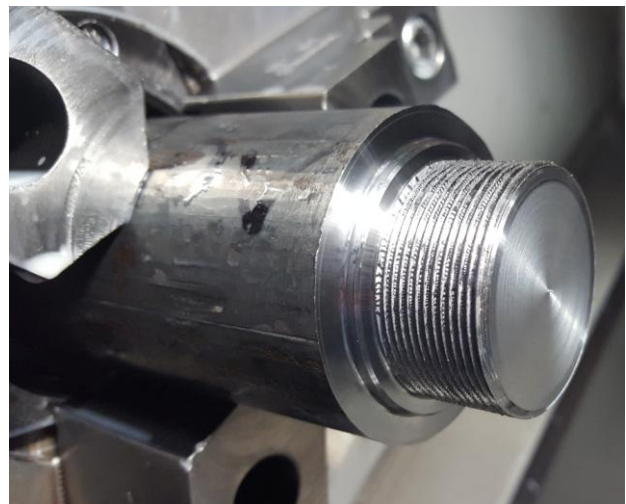


Слика 6.3: Припрема машине за спровођење технолошких операција

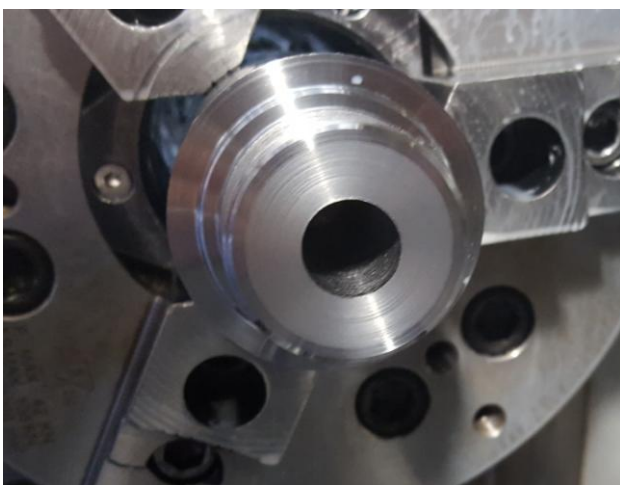
На сликама од 6.4 до 6.7 приказани су захвати за прву технолошку операцију.



Слика 6.4: Део након грубе и фине обраде



Слика 6.5: Израда навоја

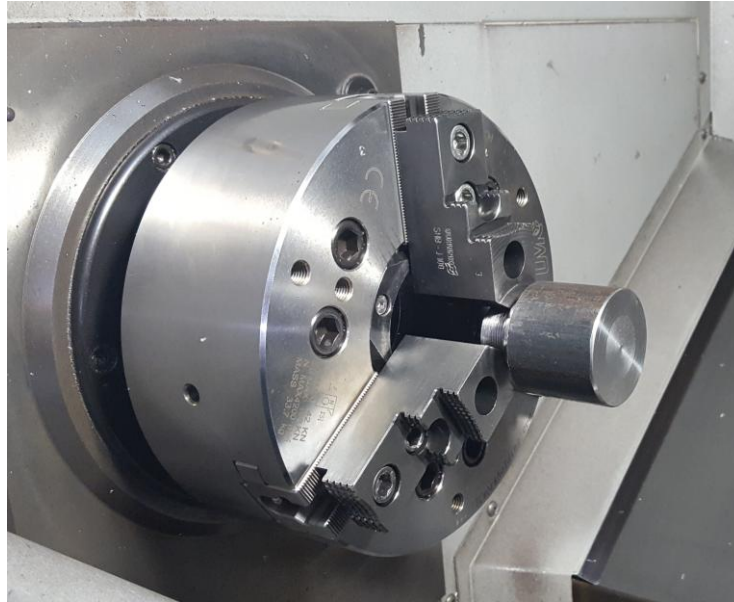


Слика 6.6: Део након извршеног бушења



Слика 6.7: Део након унутрашње обраде

По завршетку прве технолошке операције потребно је извршити окретање предмета обраде и поновно извршити стезање. Пошто се стезање изводи по навоју потребно је смањити притисак стезних чељусти. На слици 6.8 приказан је постављен припремак за другу технолошку операцију.



Слика 6.8: Друга технолошка операција

На слици 6.9 приказан је готов део након извршене прве и друге технолошке операције.



Слика 6.9: Готов део

7. Закључак

Увођењем CAD система, рационализује се рад у почетној фази производног процеса, фази конструисања производа, и самим тим оставља додатно расположиво време за остале сегменте у процесу, што директно утиче на повећање нивоа квалитета производа, али и процеса у целини. Разрада технологије обраде машинских делова уз помоћ рачунара, и све већа „асистенција“ рачунара у производњи CAM, се у окружењу савремене машинске индустрије не може замислити без корелације са одговарајућим CAD програмом, односно са одговарајућим CAD системом. Веза CAD -а и CAM-а се односи на аутоматизацију процеса пројектовања технолошких процеса CAPP. На овај начин функција пројектовања технолошких процеса затвара интеракцију између пројектовања производа и пројектовања технологије. Примена CAD/CAM система даје бројне предности корисницима, тако да се данас практично не поставља питање да ли их треба користити већ која су оптимилана решења за конкретну производњу или развојну фирму. Коришћењем CAD/CAM технологија знатно се олакшава израда било ког машинског дела, па и ротационих делова.

У раду је представљена методологија примене CAD/CAM технологија у пројектовању технолошког процеса израде ротационих делова. Детаљно је описан поступак моделирања предмета обраде и припремка са његовом параметризацијом. Препоручује се да се прво моделске форме додају а затим одузимају, јер се на тај начин ток моделирање изводи као реална израда дела. Детаљно је описан поступак израде склопа као и параметризација стезне главе. Код креирања склопа се препоручује се почне од базног дела склопа, односно оног дела на који се додају остали елементи склапа. Описан је и поступак израде технолошког модела обраде ротационих делова као и генерисање NC кода и технолошке документације. Описана је и анализа карактеристичних делова NC кода. Приказано је и тестирање NC кода у фирми д.о.о. Милановић инжењеринг као и поступак израде дела у реалним условима.

8. 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.
- [6] Девеџић Г., Ћуковић С, Максић Ј., Петровић С.: “3D моделирање производа – методичка збирка задатака”, Машински факултет у Крагујевцу, ЦИРПИС центар, Крагујевац, 2009.
- [7] http://www.sandvik.coromant.com/en-gb/products/T-Max_P/pages/default.aspx
- [8] Дпл. инг. Иво Сладе „CNC стругање“, Прва техничка школа Тесла у Загребу; 2003.
- [9] Недић, Б., Лазић, М., Производне технологије, Обрада метала резањем, скрипта, Машински факултет, Крагујевац, 2007.