

Факултет инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу



Назив студијског програма: Машинско инжењерство

Ниво студија: Мастер академске студије

Модул: Производно машинство

Предмет: Савремени обрадни системи

Број индекса: 312/2016

Ђорђе М. Нешковић

Технологија обраде цеви споне на CNC машинама

мастер рад

Комисија за преглед и одбрану:

1. Проф. др Богдан Недић - ментор

2. _____

3. _____

Датум одбране: _____

Оцена: _____

УНИВЕРЗИТЕТ У КРАГУЈЕВЦУ
ФАКУЛТЕТ ИНЖЕЊЕРСКИХ НАУКА
Катедра за: ПРОИЗВОДНО МАШИНСТВО
Предмет: Савремени обрадни системи

МАСТЕР РАД

са темом:

ТЕХНОЛОГИЈА ОБРАДЕ ЦЕВИ СПОНЕ НА CNC МАШИНАМА

За кандидата: Нешковић Ђорђе, број индекса: 312/2016

У оквиру мастер рада кандидат треба да размотри проблематику поступака обраде резања цеви на CNC машинама, елементе опреме и карактеристике машина и примере примене. У посебном делу рада потребно је описати машину Doosan PUMA 2600Y, која се налази у предузећу Металац Фад, Горњи Милановац. Потребно је извршити израду 3D модела цеви, одабир стезних, резних и контролних алата, израду CNC програма у SolidCam-у као и оптимизацију режима резања. Такође је потребно извршити израду технолошког поступка за резање цеви на CNC машинама. У оквиру овог рада потребно је израдити идејно решење алата за позиционирање цеви у CNC машини којим се решава проблем несаосности цеви са осом стезне главе.

Мастер рад треба да садржи следеће целине:

1. Уводна разматрања
2. CAD/CAM системи
3. Преглед производа са цевима у предузећу Металац Фад и карактеристике машине Doosan PUMA 2600Y
4. 3D моделирање цеви споне у програму SolidWorks 2016
5. Дефинисање технологије резања цеви споне
6. Израда технолошког поступка резања цеви на CNC машинама и CNC програма у SolidCam-у
7. Додатни алат за позиционирање цеви приликом обраде
8. Закључак
9. Литература

ПРЕДМЕТНИ НАСТАВНИК
Проф. др Богдан Недић

Крагујевац, 2018. год.

РЕЗИМЕ

У раду је приказан поступак 3D запреминског моделирања цеви споне у SolidWorks 2016. То подразумева, између осталог, креирање адекватног модела и технологије израде. На основу креираног CAD модела приступа се изради технолошког поступка обраде у SolidCam 2017. По извршеној симулацији и постпроцесирању извршено је генерисање Г кôда за управљачку јединицу Fanuc 0i на машини алатки Doosan PUMA 2600Y и приступа се изради производа.

Кључне речи: CAD/CAM технологије, технолошки поступак обраде, 3D запреминског моделирања и Г кôд.

ABSTRACT

Process of 3D volume modeling of a tie rod pipe in SolidWorks 2016 has been shown in this paper. That includes, among other things, creating an adequate model and production technologies. Creation of the technological production process in SolidCam 2017 was based on the created CAD model. After simulation and post processing were completed, G code for Fanuc 0i control unit on a machine tool Doosan PUMA 2600Y was created, and the creation of the product itself was addressed.

Key words: CAD/CAM technologies, technological production process, 3D volume modeling and G code.

САДРЖАЈ

1.	Уводна разматрања	6
2.	CAD/CAM системи.....	8
3.	Преглед производа са цевима у предузећу Металац Фад и карактеристике машине Doosan PUMA 2600Y	12
3.1.	Преглед производа са цевима.....	12
3.2.	Карактеристике машине.....	14
4.	3D моделирање цеви споне у програму SolidWorks 2016.....	20
4.1.	Креирање моделске форме Boss-Extruded1.....	21
4.2.	Креирање моделске форме Cut-Extrude1	22
4.3.	Обарање ивице предмета обраде	23
4.4.	Креирање моделске форме Cut-Extrude2	24
4.5.	Креирање моделске форме Cut-Extrude3	25
4.6.	Креирање моделске форме Cut-Extrude4	25
5.	Дефинисање технологије резања цеви споне	26
5.1.	Дефинисање 3D модела по редоследу технологији израде	26
5.2.	Израда технолошке документације.....	30
6.	Дефинисање технолошког модела и процеса обраде цеви	35
6.1.	Дефинисање основних параметара процеса обраде за технолошку подоперацију стругања.....	37
6.1.1.	Чеона обрада	37
6.1.2.	Унутрашња обрада.....	41
6.1.3.	Урезивање навоја	42
6.2.	Дефинисање основних параметара процеса обраде за технолошку подоперацију глодања	46
6.2.1.	Израда жлеба.....	46
6.2.2.	Расецање цеви.....	50
6.3.	Генерисање Г-кода	53
7.	Додатни алат за позиционирање цеви приликом обраде	55
8.	Закључак	58
9.	Литература.....	59

1. Уводна разматрања

У оквиру глобалне конкуренције на домаћем и светском тржишту савремена производња је изложена интензивним притисцима за повећањем квалитета, смањењем времена израде, смањењем цене и флексибилним променама производног програма у циљу задовољавања променљивих и све сложенијих захтева купаца. Повећање конкурентности и обезбеђење потребног нивоа квалитета производње, као једног од најважнијих захтева, директно је повезано са увођењем нових технологија. У том смислу CNC обрада резањем је једна од савремених технологија, за којом је веома брзо постала потреба у скоро свим производним машинским индустријама.

Најновије машине су тзв. обрадни центри који обрађују радне предмете веома сложене геометрије са високим степеном тачности. Ове машине омогућавају комплетну обраду радног предмета уз аутоматску измену алата (магацин са механичком руком за измену алата). Радни предмет има могућност закретања и помицања у више смерова.

Развојем концепта нумерички управљаних машина алатки формирају се машински системи код којих се човек ослобађа делимичног трошења енергије, простије активности управљања, позиционирања алата, ручног вођења алата по сложеној контури, прелаза са једне на другу неправилну контуру површине и других активности које су аутоматизоване. Стругарске машине алатке са CNC управљањем, које у свом машинском систему имају магацин алата са аутоматским измењивачем и систем за аутоматско одвођење струготине из зоне резања и аутоматска измена алата води ка повећању продуктивности и обезбеђује услове за машинску обраду без присуства оператера.

Стругови су најбројнија врста машина код машина за обраду метала резањем, тако је било и пре појаве нумерички управљаних машина, а исто је стање и данас. Они су у оба случаја намењени за обраду ротационо симетричних комада [1].

Код CNC стругарских обрадних центара као носач алата обично се користе револверске главе јер се већина стругарских операција може извести на неколико алата. Радни алати се не измењују већ се само индексирају (заокрећу) да би се довели у радну позицију. Алати за стругање су обично постављени радијално у односу на револверску главу, а алати за бушење и проширивање су управни на њу.

Најновији стругарски обрадни центри омогућавају обртање алата смештених у револверској глави. На тај начин на овим обрадним центрима је могуће при једном стезању изводити аксијално и радијално бушење, проширивање, развртање, глодање итд.

Циљ овог рада је упознавање са процесом обраде цеви на CNC машинама, упознавање са CNC машинама, а посебно CNC стругом Doosan Puma 2600Y и израда технологије обраде цеви на поменутој машини у предузећу Металац Фад.

У првом делу рада тј. друга и трећа тачка је извршен је опис CAD/CAM система и приказан је преглед производа са цевима у предузећу Металац Фад, кратак опис и најважније карактеристике машине Doosan Puma 2600Y која се користи за обраду цеви.

Четврто и пето поглавље садрже детаљан опис 3D моделирања цеви споне и принцип моделирања како би се олакшала израда технологије. 3D моделирање и израда технологије биће извршена у софтверском пакету SolidWorks 2016.

Шесто поглавље садржи детаљан опис израда CNC програма у SolidCam-у 2017 и избор одговарајућег алата за обраду цеви на машини Doosan Puma 2600Y.

У седмом поглављу је приказано је идејно решење алата за позиционирање цеви у самој машини чиме се решава проблем несаосности редукованих цеви и дужих нередукованих цеви код којих долази до померања осе цеви у односу на осу стезне главе због дужине цеви која се обрађује.

На крају рада су дати закључци и преглед коришћене литературе.

2. CAD/CAM системи

Развојем рачунарске опреме (хардвера и софтвера) последњих деценија створени су услови и могућности шире примене рачунара у инжењерским процесима: конструисања, пројектовању технологија и процеса обраде, вођењу и управљању производњом и обрадним системима, као и симулацији процеса и решавању техничких проблема са којима је у додиру савремени инжењер.

Почетак развоја CAD/CAM система везује се за 1960. годину, у авионској и аутомобилској моторној индустрији, и то у области 3D површинске конструкције и NC програмирања. Прилагодљиве компјутерске апликације у дизајнирању донеле су предност програмирању и компјутерском софтверу у односу на традиционално инжењерско пројектовање. Током 1980-их година прошлог века долази до значајнијег развоја приметно поузданијих компјутерских програма у области 3D моделирања. Кључни догађаји 1981. су били појава програмских пакета за генерисање поузданог (чврстог) модела машинских делова – Romulus (ShapeData) и Uni-Solid (Unigraphics) и излазак на тржиште тзв. „површинских моделара” као што је CATIA (Dassault Systemes). Компанија Autodesk је основана 1982. год. Она уводи прво 2D, а ускоро и 3D систем моделирања у свој производ „AutoCAD”. Следећа прекретница била је лансирање Pro/Engineer-а на тржиште CAD софтвера, 1988. год., што је наговестило већу употребу функција основних метода моделирања. Pro/Engineer деведесетих година прошлог века постаје лидер у CAD/CAM/CAE апликацијама. Године 1999. Autodesk је преузео Discreet Logic и лансиран је кључни програм намењен машинству Autodesk Inventor.

Године 1995. представљен је SolidWorks као јефтини конкурент CAD програмима као што су Pro/ENGINEER, Uni-Solid и CATIA, и тренутно је један од најпопуларнијих производа на тржишту механичких CAD програма средње класе. Почев од касних 1980-их, развојем доступних CAD програма који су могли да се користе на личним компјутерима, започео је тренд масовног смањивања одељења за пројектовање у мањим компанијама и повећана улагања у развој интелектуалних подручја креаторове вештине. У светлу рачунарске подршке и интеграције релевантних производних функција и активности за машинску обраду било које врсте, а посебно у великосеријској и масовној производњи, користе се CAD/CAM системи, односно програмски системи са рачунарски подржаном производњом. CAD/CAM системи имају широко значење, с обзиром да, у општем случају, покривају велики број функција и активности које припадају различитим областима производних система, техника и технологија. Генерално, CAD/CAM системи представљају програмске алате који подржавају интензивну употребу рачунара за планирање и пројектовање производних и технолошких процеса и операција и управљање производњом, односно производним процесима.

Основа за дефинисање технолошког модела производа представља геометриски (CAD) модел. Због тога између њих постоји веома тесна веза, која је уз то и асоцијативног типа, поготово када се ради о PLM системима. 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 светлу рачунарске подршке и интеграције релативних производних функција и активности за ову

намену користе се САМ системи, односно програмски системи за рачунаром подржану производњу. Најчешћа област примене ових система јесте пројектовање и симулација обрадног поступка и генерисање програма за нумерички управљане машине алатке. САМ системи или модули представљају логични наставак САД система или модула.

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 (САРР 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.

У оквиру САД/САМ система релативне функције и активности су аутоматизоване, што захтева надградњу стандардних модула уграђивањем такозваног корпоративног знања.

Основне функције САД/САМ система везане су за планирање производно-технолошких процеса. Међу њима су:

- израда геометријског модела производа (машинског дела),
- генерисање производне документације,
- дефинисање технологије израде производа,
- генерисање припремка,
- генерисање и оптимизација путања алата,
- креирање и коришћење база података и каталога режима обраде и алата,
- прорачун времена израде,
- генерисање NC програма,
- симулација и визуелизација процеса израде.

Геометријски модел производа представља финални облик који треба постићи након израде, а припремак од кога настаје појединачни машински елемент другачијег је облика. САД/САМ системи имају могућност за аутоматско генерисање припремка на основу геометријског модела производа. Ова функција заснива се на тзв. логици података за обраду, односно логици стандардних димензија материјала. Користећи габаритне димензије геометријског модела САД/САМ систем генерише модел припремка и придружује га производно-технолошком моделу. У неким случајевима припремак поприма величину габаритних димензија модела, а има стандардни облик паралелопипеда (за призматичне моделе) или валка (за ротационе моделе). Аутоматско генерисање припремка није увек могуће, или није увек пожељно, па је кориснику остављена могућност директне интервенције и креирања припремка.

Генерисање производне документације у савременим САД/САМ системима односи се, пре свега, на формирање документације у електронском облику погодном за размену између различитих учесника у развоју производа. Тако, на пример, за израду неког призматичног машинског елемента генерише се документ који садржи све релевантне податке о

том елементу (радионички цртеж, план алата, план обраде, операциони лист и сл.). Како се данас комуникација ове врсте изводи у интернет окружењу, то се генерисање производне документације односи на аутоматско креирање докумената у пригодном формату. То може бити документ у pdf или HTML формату. Ти формати су погодни, не само за размену и прегледање на рачунару корисника већ и за слање путем електронске поште или за штампање.

Дефинисање технологије израде производа је део функција унутар CAD/CAM система којима се сугерише пројектанту оптимална технологија за израду. Овако предложена технологија може бити коришћена као таква, делимично измењена од стране технолога, или одбачена у корист технологије дефинисане на традиционалан начин.

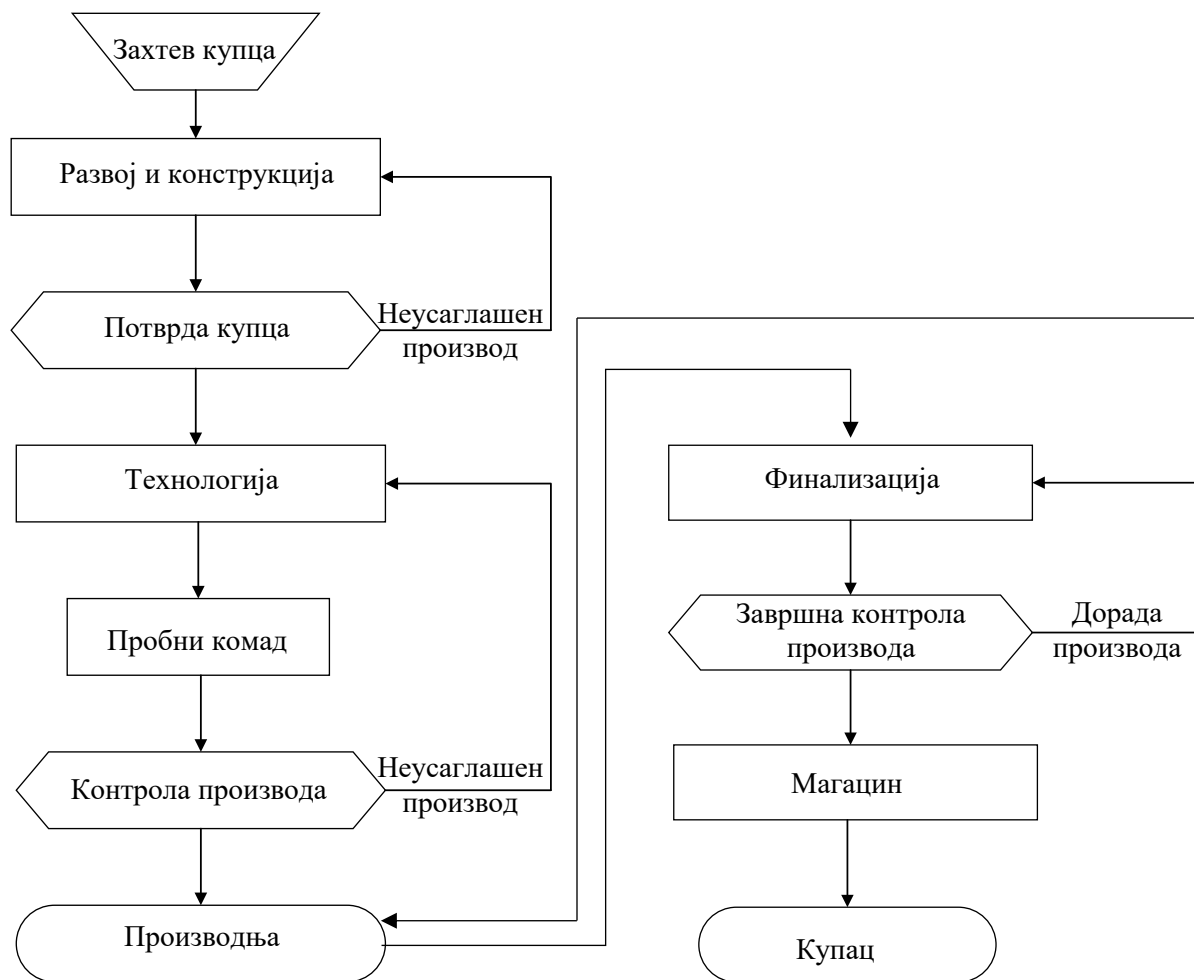
Генерисање и оптимизација путање алата је функција CAD/CAM система која се најчешће изводи у оквиру технолошког планирања. Међутим, има производних ситуација које захтевају накнадну проверу путања алата и њихову евентуалну корекцију и регенерацију. Оне се углавном спроводе приликом израде сложенијих производа, када су путање алата ограничене, не само конфигурацијом производа, већ и конфигурацијом машина, опреме и радне околине.

Креирање и коришћење базе података и дигиталних каталога машина, опреме, алата, прибора, режима рада и других битних елемената производног процеса од виталног је значаја за брзо и ефикасно моделирање и симулацију производње. CAD/CAM системи поседују посебне модуле за ту намену. Прорачун времена израде изводи се аутоматски на основу базних елемената при процесу обраде, узимајући у обзир величину и конфигурацију производа. У општем случају, време израде, поред главног времена, укључује сва припремна, помоћна и завршна времена, како обрадног подсистема, тако и монтажног, транспортног и других подсистема производног система. Пре израде програма за НУМА и пре коначног генерисања производне документације, потребно је извршити симулацију појединачних технолошких процеса, као и читавог производног процеса. CAD/CAM системи поседују веома добре функције за ту намену које кориснику омогућују уочавање неправилности у иницијално креираном производно-технолошком поступку. Циљ је да се евентуалне измене по почетку стварне производње у потпуности избегну, или да се сведу на најмању могућу меру. Током симулације CAD/CAM систем визуелно приказује све релевантне информације, посебно означавајући места могућих проблема и недостатака. Генерисање G-кода, којим се врши рачунарско управљање производном опремом, у потпуности је аутоматизовано. То се изводи посебним функцијама CAD/CAM система, на основу геометријског и технолошког модела. Ово је веома важна функција CAD/CAM система и треба напоменути да се извршни NC програми односе и на другу производну опрему, као што су НУ мерне машине, роботи и транспортна средства.

Развој новог производа у предузећу Металац Фад приказан је на слици 2.2. и започиње се добијањем захтева од купца. Развој и конструкцију CAD модела врше конструктори. По верификацији купца CAD модел се прослеђује технолозима који врше израду технолошког модела на основу ког врше израду CAM програма. По изради CAM програма врши се израда пробног комада. Када контрола верификује пробни комад, следи производња новог производа. Након производње, следи процес финализације где се врши склапање и паковање новог производа који се одатле прослеђује у магацин, а затим испоручује купцу. У току производње радник контролише сваки израђени комад. Контрола врши контролу производа у процесима производње и финализације по узорку.



Слика 2.1. CAD/CAM систем као интегратор [8]



Слика 2.2. Пут од развоја до готовог производа у предузећу Металац Фад

3. Преглед производа са цевима у предузећу Металац Фад и карактеристике машине Doosan PUMA 2600Y

Фабрика аутомобилских делова Металац Фад д.о.о. основана је 1961. године у Горњем Милановцу. Под именом „ФАД“ фабрика је пословала све до септембра 2015. год., када је прешла у власништво компаније Металац а.д., али је бренд ФАД задржан за комплетан портфолио производа. Већ 50 година, негујући традицију пројектовања, производње и продаје делова за вешање и ослањање за све типове моторних возила, Металац ФАД заузима лидерску позицију у Србији и на подручју југоисточне Европе.

3.1. Преглед производа са цевима

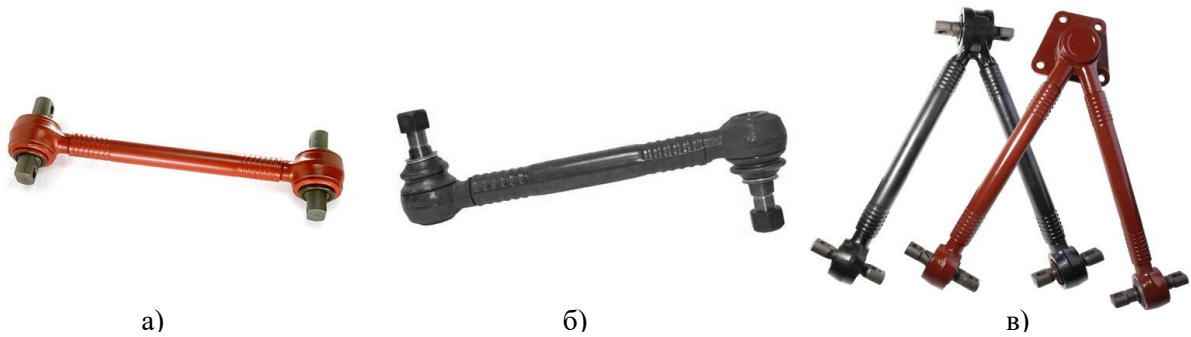
Широк производни програм, са преко 3000 артикала, обухвата скоро све типове возила европских произвођача. Од самог оснивања „Фад“ је био специјализовани произвођач групе сигурносних делова: спона, вођица моста, зглобова вешања, осцилујућих рамена, измењивих подсклопова, већ пола века одговара строгим захтевима аутомобилске индустрије, а на међународном тржишту резервних делова важи за једног од најпоузданијих произвођача. Квалитет ФАД-ових производа потврђују сертификати TS 16949 и ISO 9001 [2].



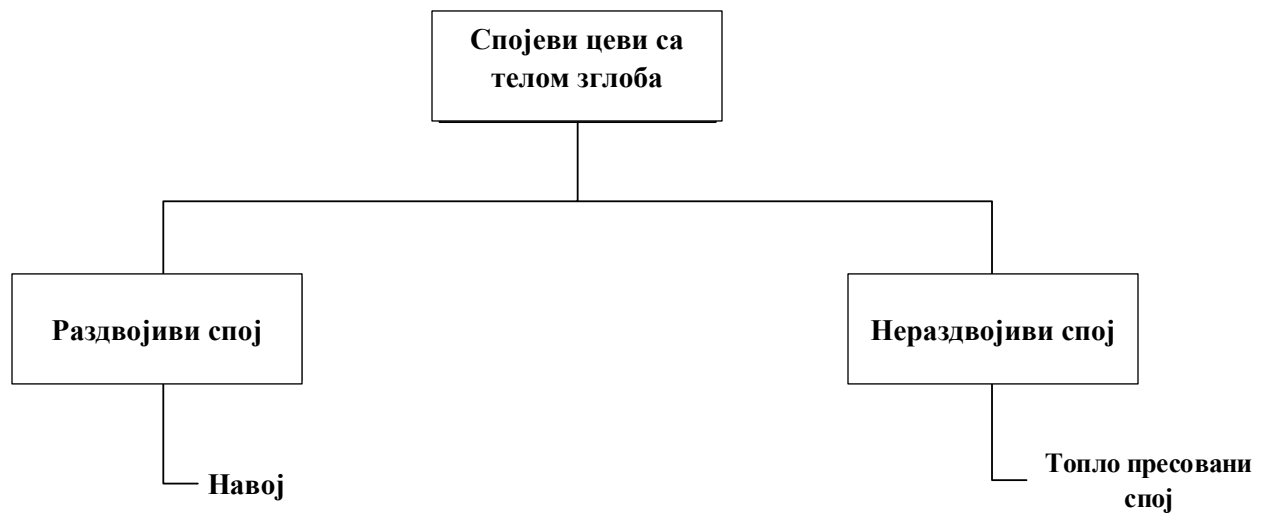
Слика 3.1. Подела производа са цевима



Слика 3.2. Спона управљача (лево) и попречна спона (десно)



Слика 3.3. Упорна спона (а), стабилизатор (б) и V спона (в)



Слика 3.4. Подела производа са цевима по начину спајања



Слика 3.5. Топло пресовани спој



Слика 3.6. Навојни спој

3.2. Карактеристике машине

Машина на којој се изводи обрада цеви спона је Doosan PUMA 2600Y (сл. 3.7). Њене основне карактеристике и подаци о CNC стругу Doosan PUMA 2600Y дати су у табели 1.



Слика 3.7. CNC струг Doosan PUMA 2600Y

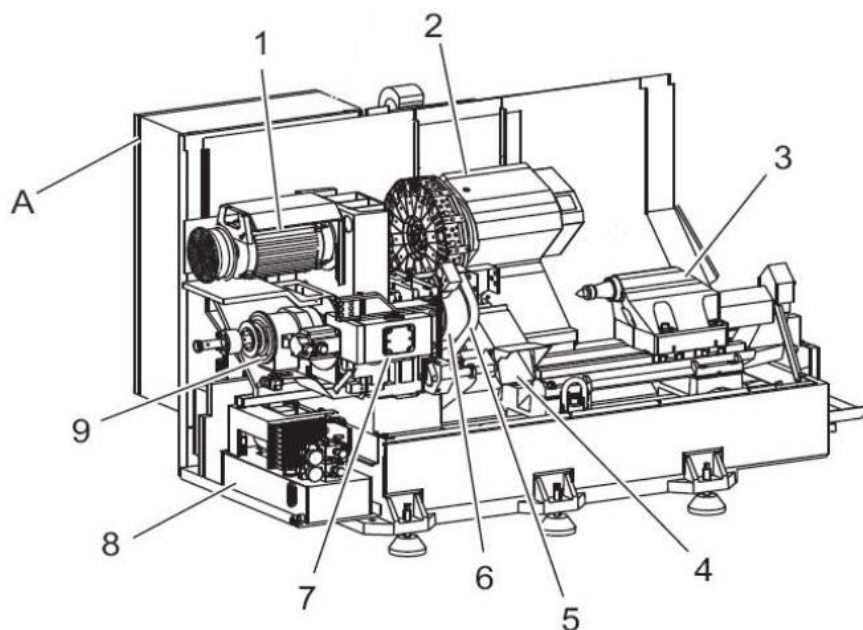
Табела 1. Техничке карактеристике CNC струга Doosan PUMA 2600Y

Радни простор	
Ход по Х оси	260 мм
Ход по Y оси	102 (±51) мм
Ход по Z оси	830 мм
Максимални пречник стезања	376 мм
Максимална радна дужина	760/1280 мм
Главно вретено	
Брзина	3500 o/min
Мин. угао померања вретена (C оса)	0,001°
Магацин алата	
Револвер глава	24 ком
Одабир алата	0,15 s
Брзина ротирајућих алата	5000 o/min
Брзи ход	
Ход по Х оси	30 m/min
Ход по Y оси	10 m/min
Ход по Z оси	30 m/min
Мотори	
Главно вретено	22 kW
Погонско вретено ротирајућих алата	5,5 [7.5] kW
Пумпа за СХП	0,4 kW
Управљачка јединица	
Управљачка јединица - постпроцесор	Fanuc 0i

Основна функција CNC машина је да оствари програмом задате наредбе, а технолошка функција обраде реализује се низом елемената, извршних органа, прибора, алата, итд. Извршне органе техничког система покрећу погонски системи, на основу наредби добијених од управљачке јединице. Повратне информације о постигнутим положајима и текућим позицијама извршних органа управљачкој јединици шаљу мерни системи. Логичан распоред захвата је радни програм који обухвата све геометријске и технолошке информације потребне техничком систему за обављање радног задатка.

Посебним погоном врши се праволинијско померање у X и Y правцу (посредством вођица и претварача обртног у праволинијско кретање). Након завршетка обраде алат са носачем алата се одмиче у X правцу, а револвер глава заузима позицију која је дефинисана последњим блоковима програма. На крају овог општег разматрања треба истаћи и да су избегнути сви ризици од евентуалних повреда радника, низом безбедносних баријера.

Нуспродукти обраде, генерисани резањем, су прашина, дим и струготина, за чије се одвођење из зоне обраде предвиђа коришћење млаза СХП-а под притиском. Средство за хлађење и подмазивање се гравитационо слива у резервоар и пречишћава посредством филтера и решетки.



Слика 3.8. Приказ основе CNC струга [5]

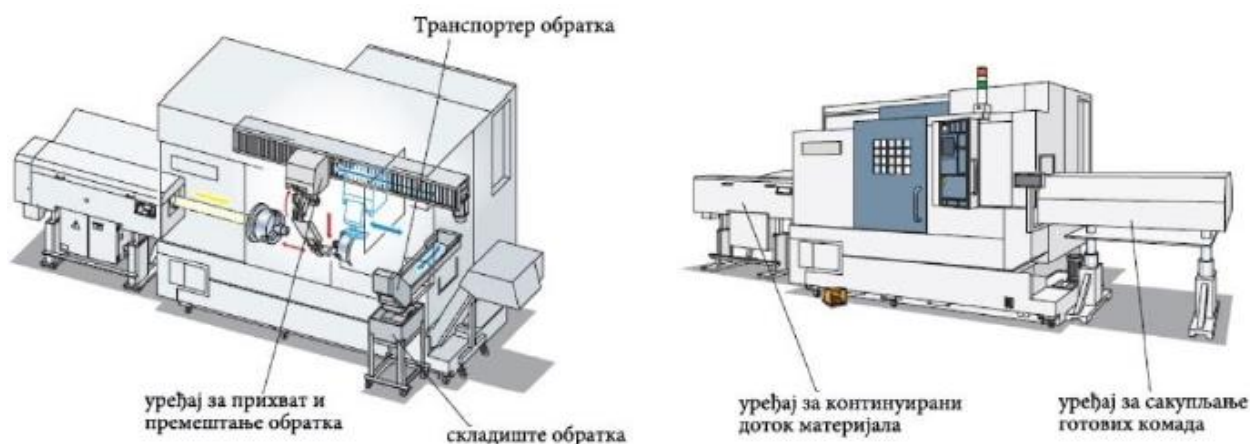
На слици 3.8 је приказан CNC струг, а означене позиције су:

- | | |
|-----------------------------------|------------------------|
| 1. Мотор вретена | 9. Склоп главе вретена |
| 2. Склоп револверске главе алата | A - Управљачки ормарић |
| 3. Коњић | |
| 4. Хватач обрадака | |
| 5. ЛТП крак | |
| 6. Стезна глава | |
| 7. Склоп погона по оси C | |
| 8. Јединица хидрауличног напајања | |

Нумерички управљани стругови имају више карактеристичних особина:

- Брзина помоћног кретања и број обртаја главног времена се мењају континуално, регулисањем броја обртаја мотора једносмерне струје.
- Погон помоћног кретања и мерни систем чине једну целину.
- Обрада конуса се врши на исти начин као и обрада цилиндричних површина, зато нису потребни никакви додатни алати.
- Обрада контура се такође обавља као и обрада цилиндричних површина, такође не постоји потреба за додатним алатом.
- Израда навоја не захтева додатне прибоје, обрада се врши аутоматски.

Могуће је потпуно аутоматизовати машину додавањем система за континуирани доток материјала (периферна опрема), као и уградњу система за сакупљање готових материјала (сл. 3.9) [3].



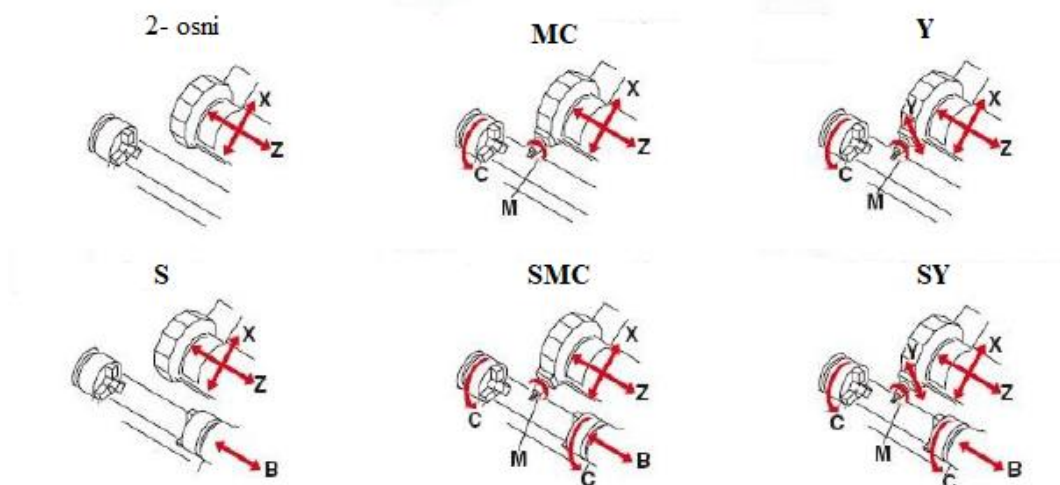
Слика 3.9. Потпуно аутоматизован обрадни центар [3]

За систем континуираног дотока материјала се користи посебно главно вретено са централним отвором за увођење шипке у стезну главу (сл. 3.10.).



Слика 3.10. Главно вретено са отвором [4]

Стругови, према броју оса, могу бити двоосни, или вишеосни. Такође могу бити са и са помоћним вретеном (*sub spindle*) (сл. 3.11.). Код двоосног струга револверска глава има кретање у две осе (X, Z).

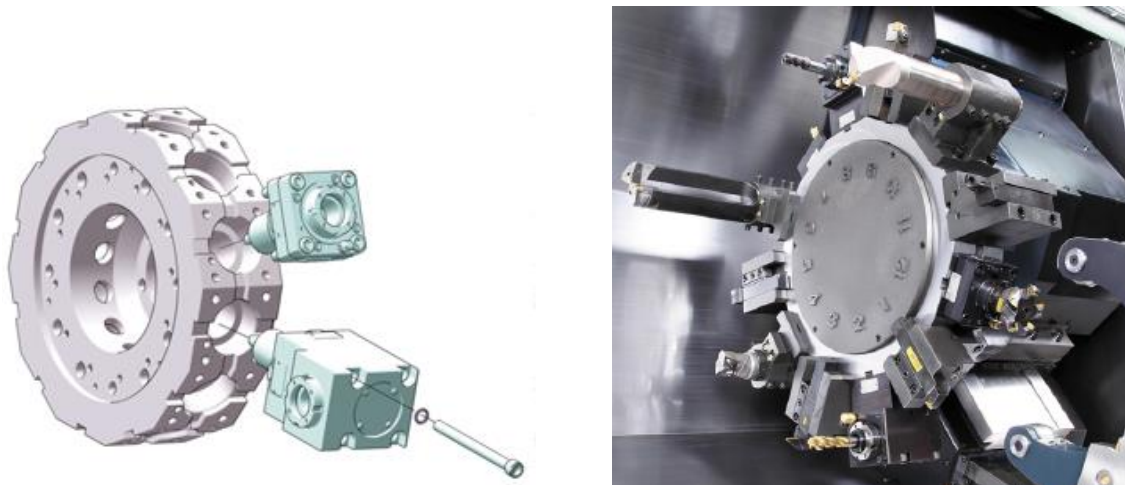


Слика 3.11. Ознаке стругова према осама [5]

Струг са C осом (*C axis control*) подразумева кретање револверске главе у осама X и Z и има контролу над обртним кретањем главног вретена - C осе, односно има прецизну контролу угла (положаја) вретена. Код оваквих стругова је могуће вршити обраду у радијалном правцу (глодање, бушење) са адекватном револверском главом.

Струг са Y осом (*Y axis control*), подразумева C осу вретена, и X, Y, Z осе револверске главе. Такође може да врши обраду у радијалном правцу [5].

Данас, стругарски обрадни центри имају могућност обртања алата смештених у револверској глави (сл. 3.12). Радни алати се не измењују већ се само индексирају (заокрећу) да би се довели у радну позицију. Алати за стругање су обично постављени радијално у



Слика 3.12. Револверска глава CNC струга: 3D модел (лево) и глава са намонтираним алатима у машини [5]

односу на револверску главу, а алати за бушење и проширивање су управни на њу. Са том опцијом омогућава се да се при једном стезању може изводити више операција као што су:

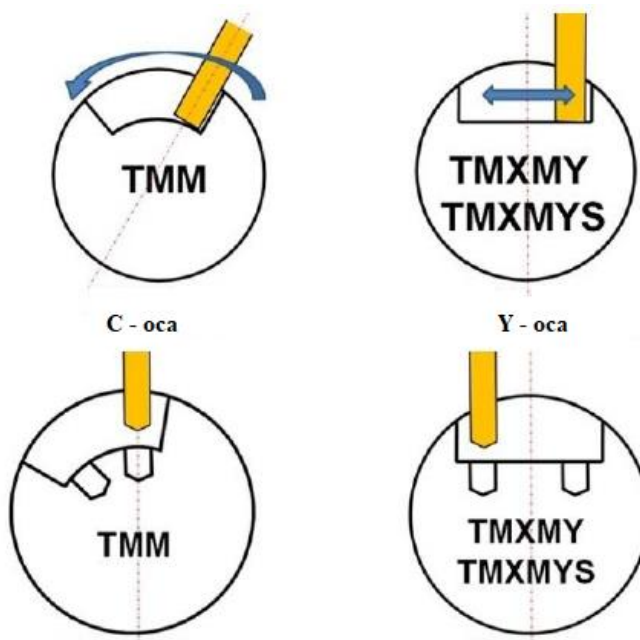
- аксијално и радијално бушење,
- проширивање,
- развртање,
- глодање итд.

На слици 3.13 је приказано радијално бушење помоћу револвер главе, при чему главно вретено мирује.



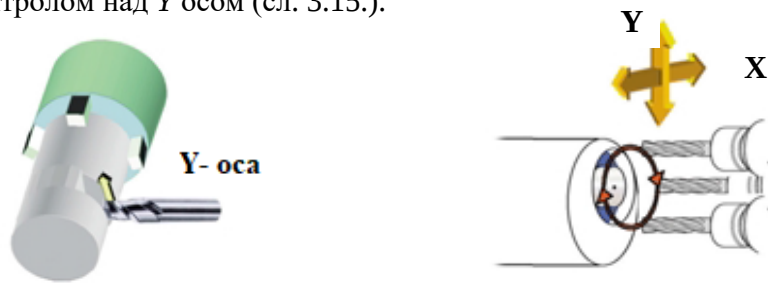
Слика 3.13. Радијално бушење помоћу револвер главе

Практична разлика између стругова са С осом и Y осом је у томе што код CNC стругова са С осом, оса алата за радијалну обраду сече осу главног вретена. Док код стругова са контролом над Y осом, оса алата се мимоилази са С осом главног вретена, што је приказано на слици 3.14 [6].



Слика 3.14. Разлика између стругова са С и Y осом [6]

Копање цепа и бушење отвора чије се осе мимоилазе са осом главног вретена, на *CNC* стругу са контролом над *Y* осом (сл. 3.15.).

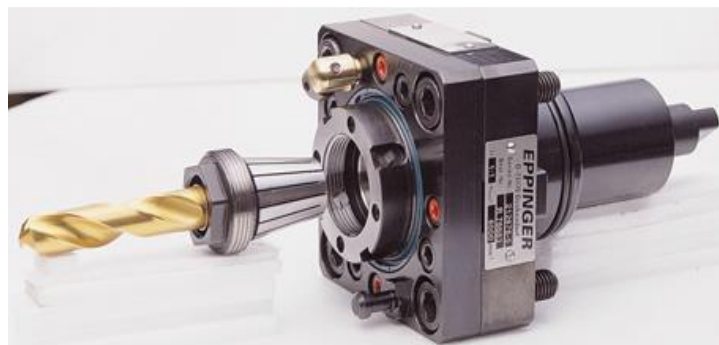


Слика 3.15. Обрада цепа и бушење отвора на стругу са *Y* осом [7]

Најмодернији обрадни системи поседују револвер главе, са посебним уграђеним мотором за директан погон сваког алата посебно. Овакве главе носе назив *BMT* (*Built-in Motor Turret*), патент компаније *DMG Mori Seiki* (сл. 3.16.).



Слика 3.16. *BMT* револверска глава са брзоизменљивим начином стезања [7]

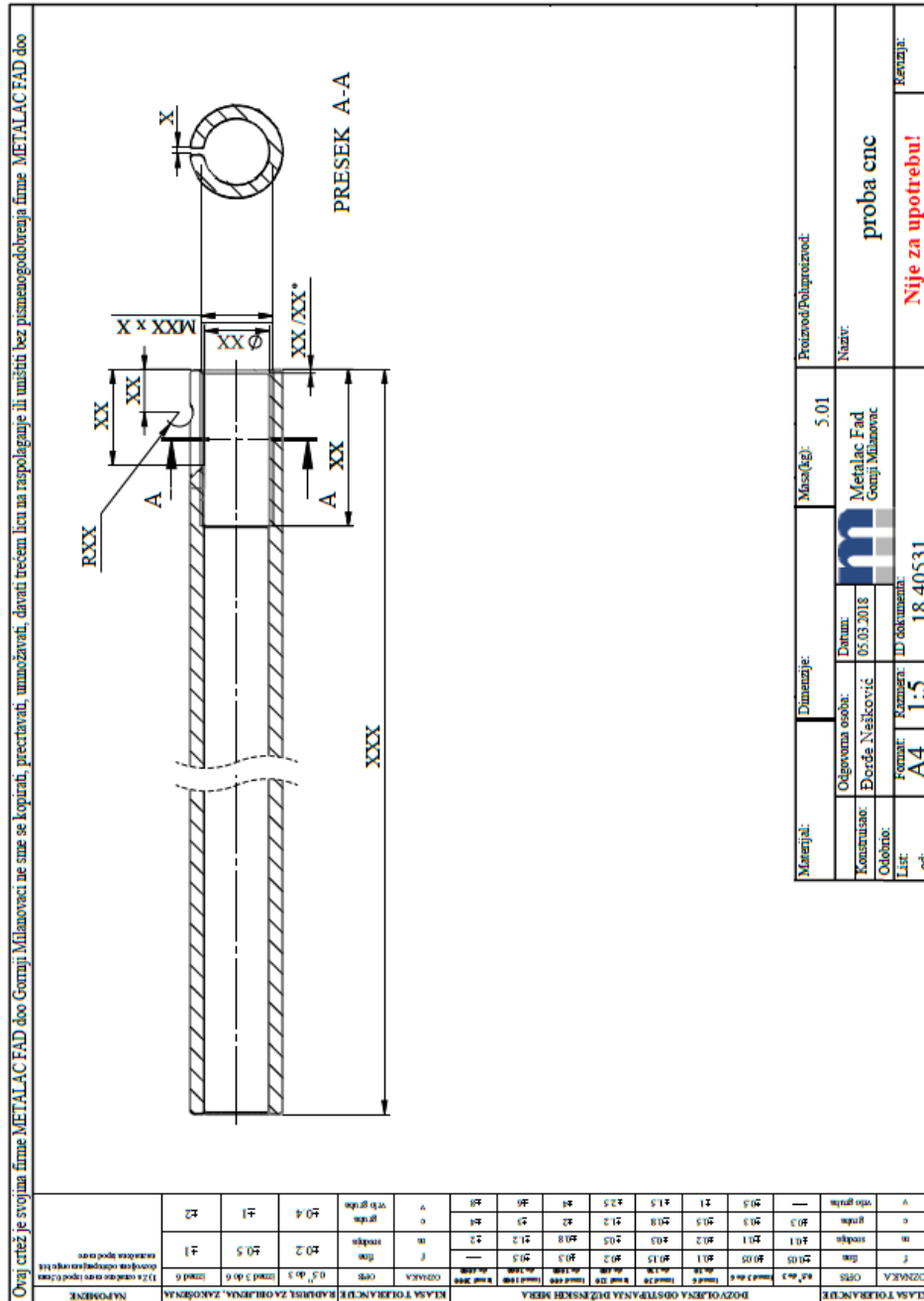


Слика 3.17. Носач алата за *BMT* револверску главу [7]

4. 3D моделирање цеви споне у програму SolidWorks 2016

Моделирање производа, као и управљање производним процесом биће изведено у програмском пакету SolidWorks 2016.

Као пример ћемо узети реалан индустријски део – цев споне (сл. 4.1.), који се израђује путем технологије обраде стругањем на CNC стругарском обрадном центру.



Слика 4.1. Технички цртеж цеви споне

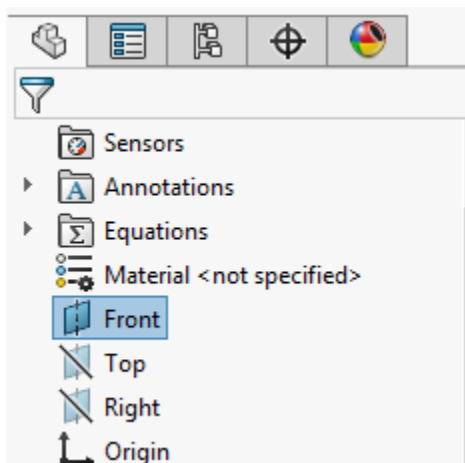
Активирање модула за креирање модела:

Изабрати **File** → **New** → **Part**. Овим поступком одабрали смо модул за креирање 3D модела. У даљем тексту биће објашњено како се креира 3D модела који ће се искористити за израду технологије обраде цеви.

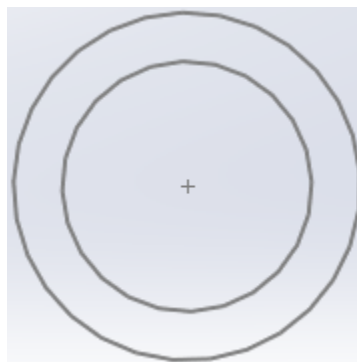
4.1. Креирање моделске форме Boss-Extruded1

- 1) Селектовати **Front plane** па затим активирати команду **Sketch** , којом се прелази у модул за скицирање. (сл. 4.2.)
- 2) Активирати команду **Centerline** , и скицирати осну линију која пролази кроз координатни почетак.
- 3) Активирати команду **Circle**  и извршити скицирање профила (сл. 4.3.).
- 4) Активирањем команде **Smart Dimension**  уводе се димензиона ограничења скице, сва ограничења су уведена када је скица потамнела, тј. променила боју из плаве у црну.

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



Слика 4.2. Избор равни за скицирање

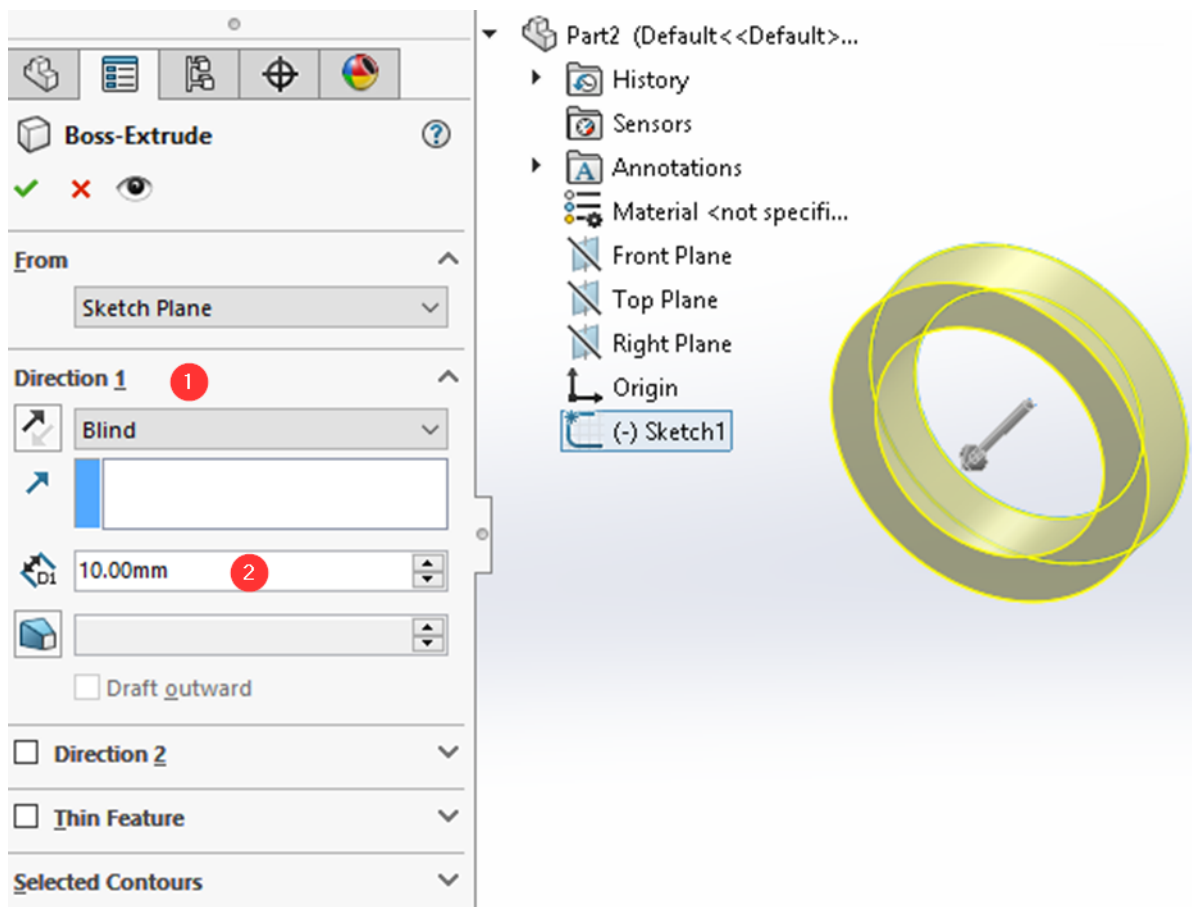


Слика 4.3. Скица

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 поцрнела.

- 5) За излазак из модула за скицирање изабрати команду **Exit Sketch** .
- 6) У прозору **Features** потребно је одабрати команду **Extruded Boss/Base** , након активирања потребно је означити у стаблу модела претходно креирану скицу и након тога отвори се прозор **Boss-Extrude** (сл. 4.4.). Он служи за дефинисање параметара потребних за креирање моделске форме.

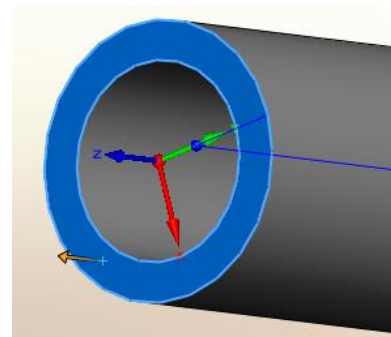


Слика 4.4. Дефинисање моделске форме *Extruded Boss/Base*

- ✓ Поље 1 дефинише смер извлачења.
- ✓ Поље 2 дефинише дужину извлачења.

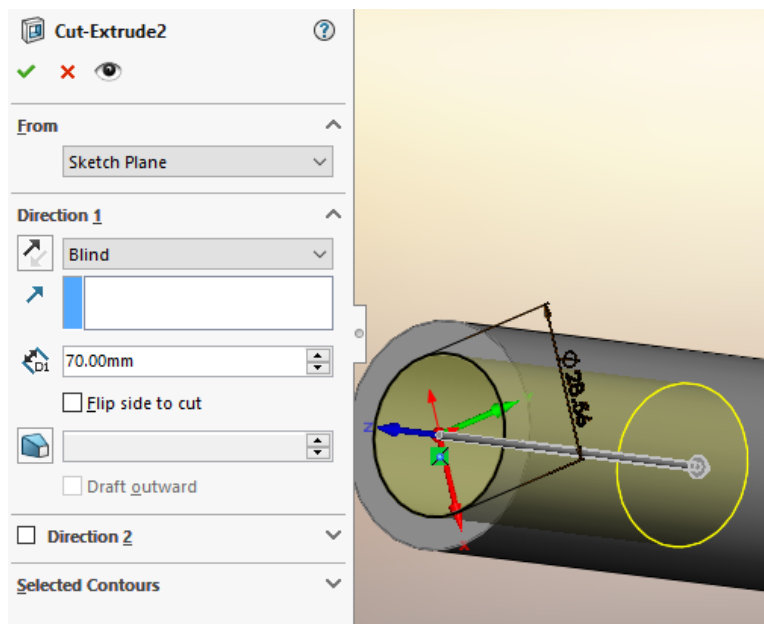
4.2. Креирање моделске форме *Cut-Extrude1*

1) Обележавањем зида цеви, пре активирања опције *Extruded Cut* (сл. 4.5.), врши се одабирање равни у којој ће се скицирати скеч.



Слика 4.5. Одабир равни скицирања

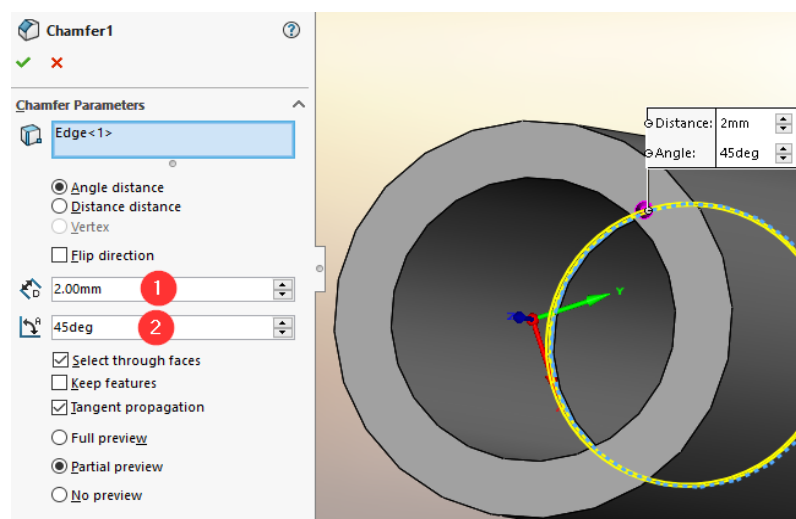
2) Активирањем команде **Extruded Cut**  улази се у раван скицирања где је потребно скицирати кружницу величине пречника рупе припреме за навој. Скицу је потребно потпуно ограничити. Изласком из скеча отвориће се прозор **Cut-Extrude** који служи за подешавање параметара потребних за извршење моделске форме **Extruded Cut** (сл. 4.6.).



Слика 4.6. Дефинисање моделске форме Cut-Extrude1

4.3. Обарање ивице предмета обраде

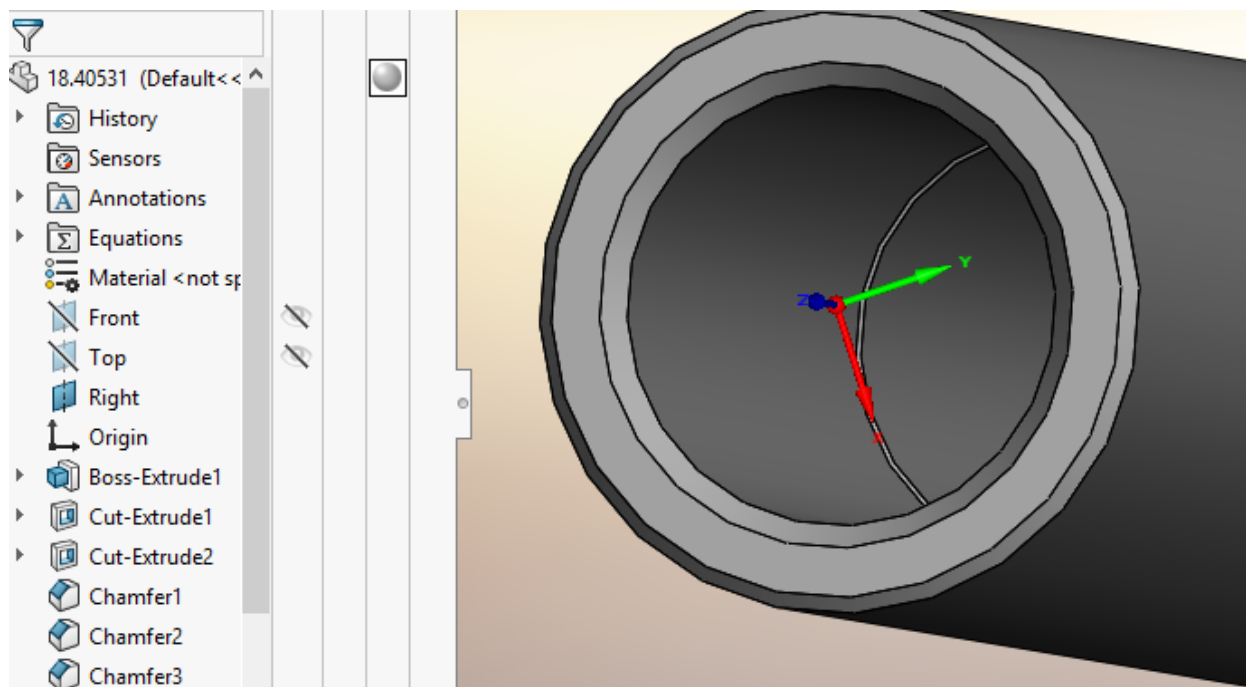
Активирати команду **Chamfer**  и извршити селектовање ивица које треба да се оборе и у отвореном прозору унети следеће параметре (сл. 4.7.):



Слика 4.7. Дефинисање моделске форме Chamfer1

- ✓ Поље 1 : Дужина закошене ивице;
- ✓ Поље 2: Угао закошења.

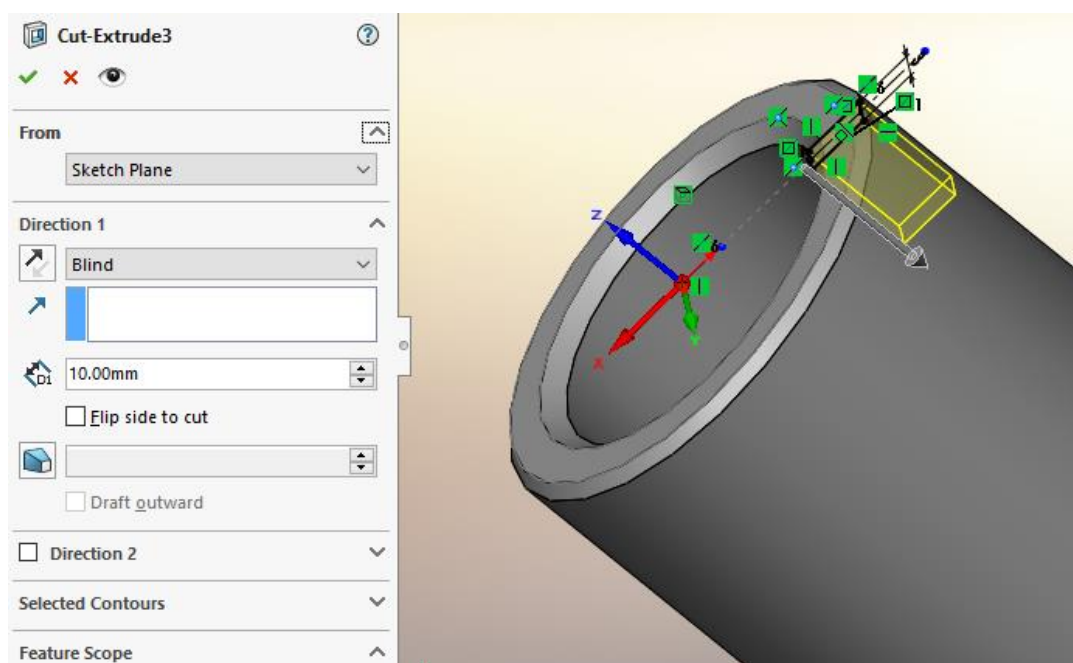
За остала закошења је потребно поновити исти поступак у колико се разликује вредности параметара.



Слика 4.8. Дефинисање осталих моделских форми *Chamfer* на цеви

4.4. Креирање моделске форме Cut-Extrude2

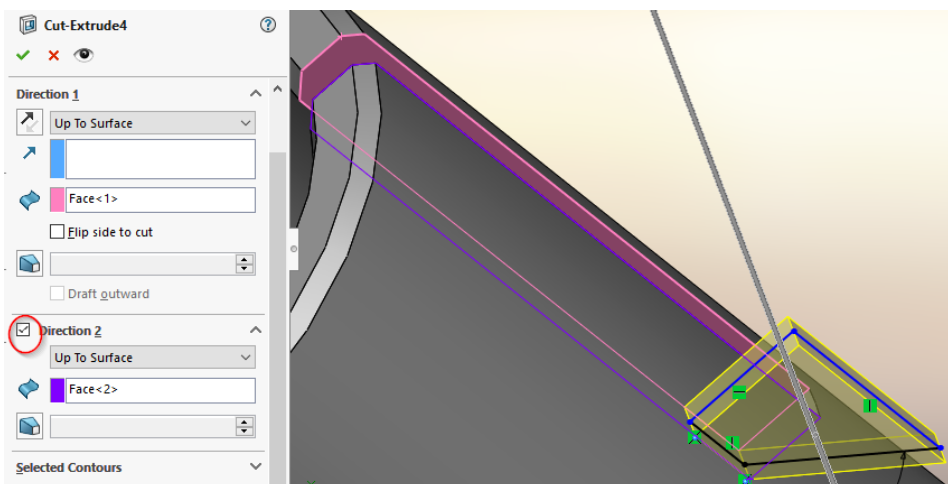
У тачки 4.2 је детаљно објашњено како се креира и подешавају параметри моделске форме *Extruded Cut*. Сада је потребно на идентичан начин креирати моделску форму *Cut-Extrude2* са новим скичем у ком је такође потребно да се скица потпуно ограничи.



Слика 4.9. Дефинисање моделске форме Cut-Extrude2

4.5. Креирање моделске форме Cut-Extrude3

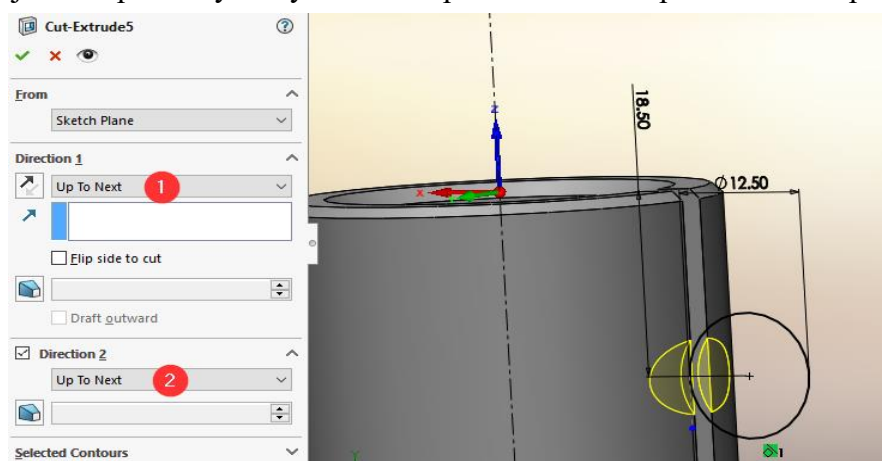
Селектовати **Right plane** па затим активирати команду **Extruded Cut** , којом се прелази у модул за скицирање. У претходним тачкама је објашњено како се врши подешавање моделске форме **Extruded Cut**. Пошто је изабрана раван **Right plane**, она је средиште моделске форме, потребно је у оба правца равномерно извући моделску форму у истој ширини као и претходна моделска форма **Cut-Extrude2**. То се постиже чекирањем опције **Direction 2** и одабиром у падајућем менију **Up to Surface** која и у **Direction 1** такође одабрана (сл. 4.10.).



Слика 4.10. Дефинисање моделске форме Cut-Extrude3

4.6. Креирање моделске форме Cut-Extrude4

Такође и у овом случају је потребно селектовати **Right plane** па затим активирати команду **Extruded Cut** , којом се прелази у модул за скицирање. Након завршеног скицирања, пошто је изабрана раван **Right plane** потребно је у оба правца извући моделску форму равномерно (сл. 4.11.). То се постиже чекирањем опције **Direction 2** и одабиром у падајућем менију **Up to Next** која и у **Direction 1** такође одбрана.



Слика 4.11. Дефинисање моделске форме Cut-Extrude4

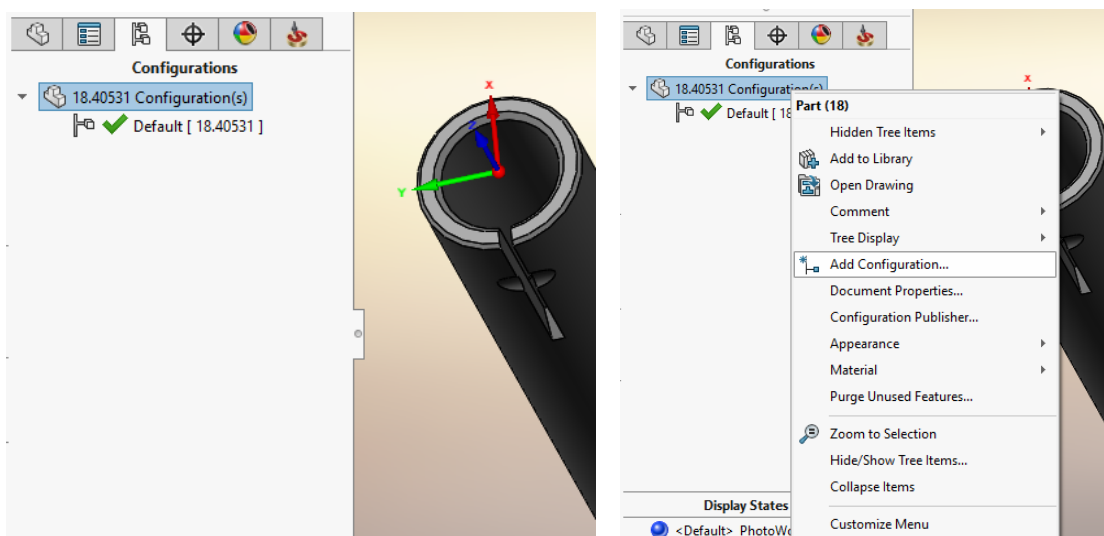
- ✓ Поље 1 : Дужина моделске форме;
- ✓ Поље 2: Дужина моделске форме у супротом смеру.

5. Дефинисање технологије резања цеви споне

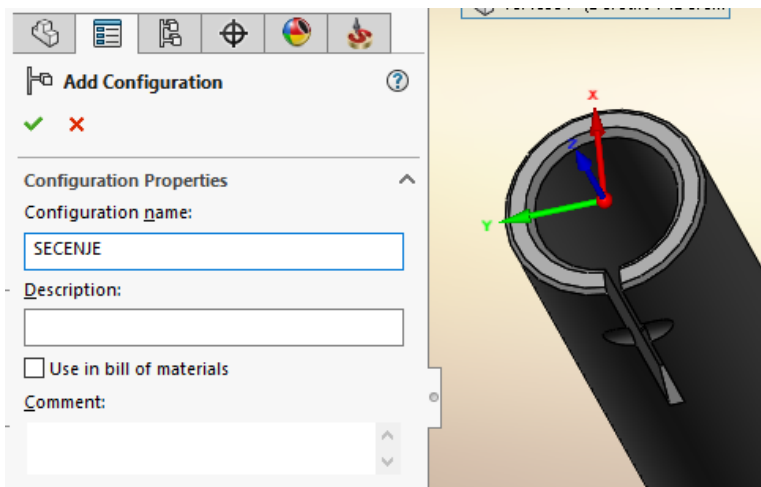
5.1. Дефинисање 3D модела по редоследу технологији израде

Када је 3D модел моделиран по редоследу технологије израде, сада је израда технологије далеко олакшана. Прво је потребно у конфигурационом стаблу направити 3D моделе по операцијама технологије израде цеви. Када је то одрађено израда технолошких цртежа је далеко олакшана јер потребно је само котирати потребне димензије. У даљем тексту је објашњено како се врши израда технологије резања цеви.

По завршеном моделирању потребно је прећи у картицу **Configurations**, и селектovati цео модел као на слици 5.1. Наредни корак је десни клик мишом на селектовани модел и одабрати опцију **Add Configurations**. Затим је потребно унети назив технолошке операције „СЕЧЕЊЕ“ и потврдити кликом на зелени знак тачно (сл. 5.2.).

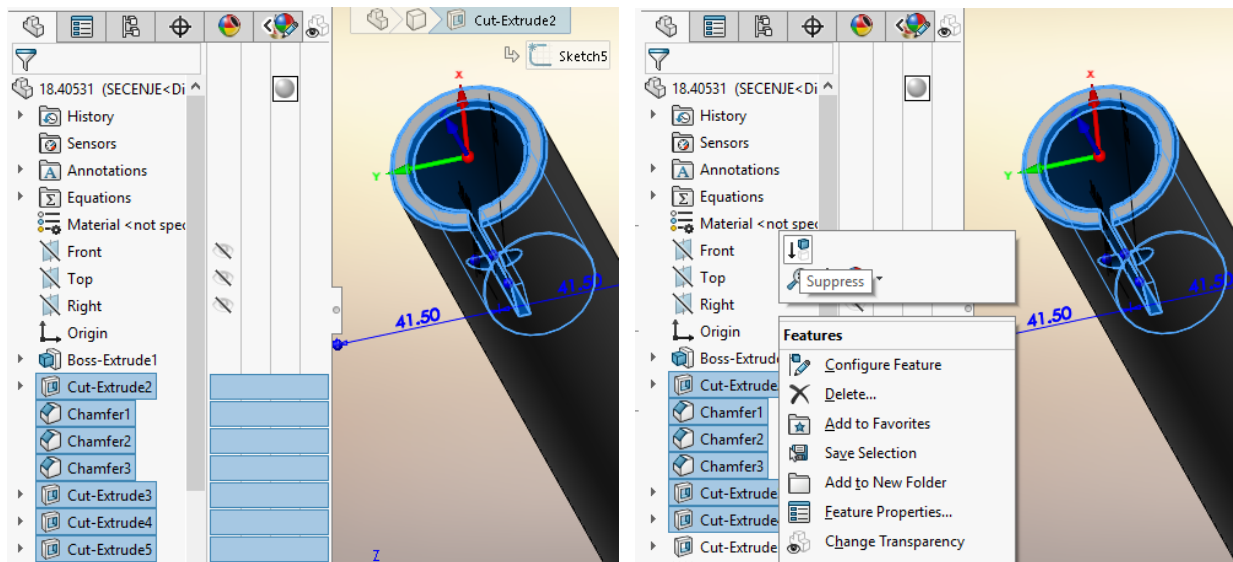


Слика 5.1. Дефинисање нове конфигурације

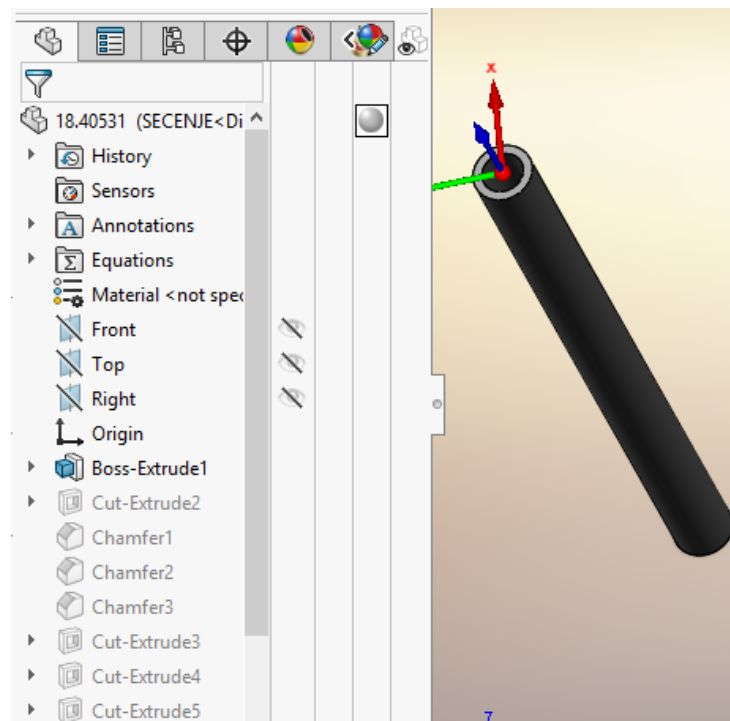


Слика 5.2. Уношење назива технолошке операције

Када су завршена сва подешавања у овој картици потребно је вратити се у прву картицу и селектовати моделске форме као на слици 5.3. Затим је потребно десним кликом миша кликнути на селектоване моделске форме и изабрати опцију **Suppress** ↓.

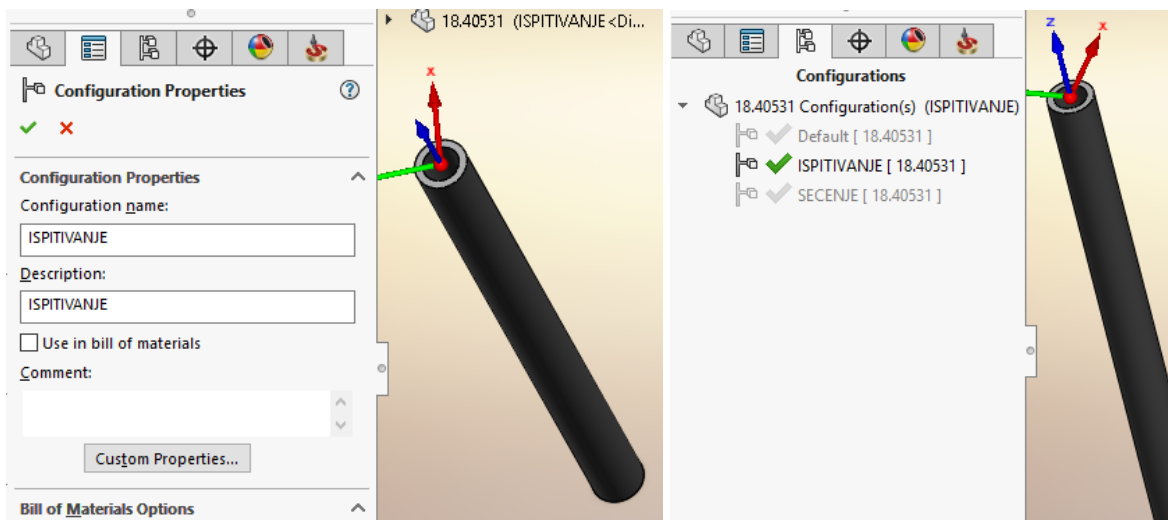


Слика 5.3. Дефинисање технолошке операције „СЕЧЕЊЕ“



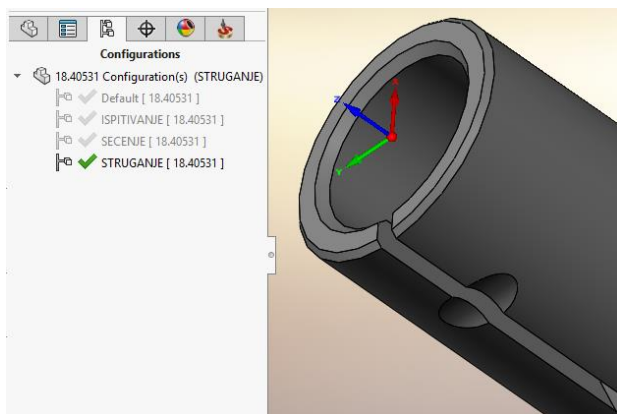
Слика 5.4. Изглед модела након технолошке операције „СЕЧЕЊЕ“

На потпуно исти начин се врши формирање следеће технолошке операције „ИСПИТИВАЊЕ“ (сл. 5.5.) којом се проверава да ли има напрслина или пукотина на цеви. Провера се врши ферофлуksom. Ферофлуks је метода испитивања без разарања за испитивање феромагнетних материјала. У овом случају након ове технолошке операције не долази до промене облика 3D модел јер се врши испитивање без разарања.

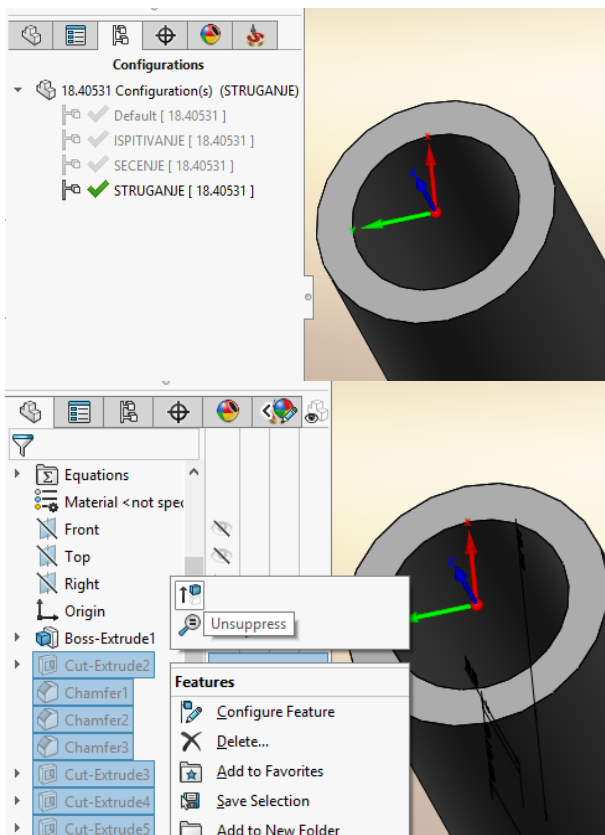


Слика 5.5. Дефинисање технолошке операције „ИСПИТИВАЊЕ“

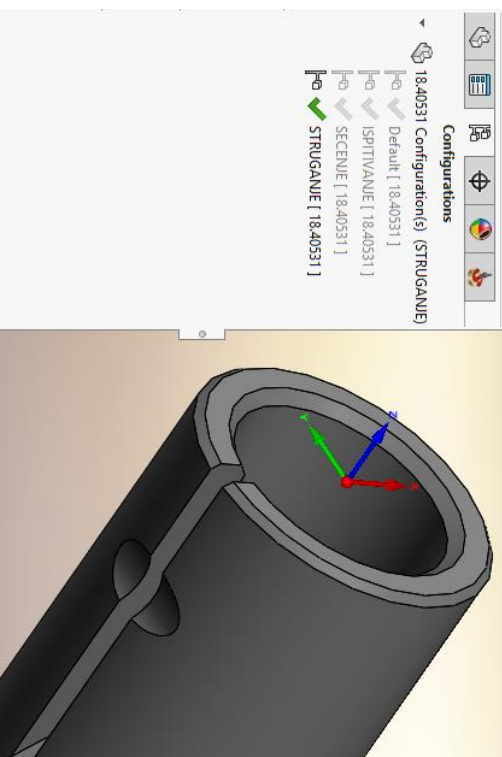
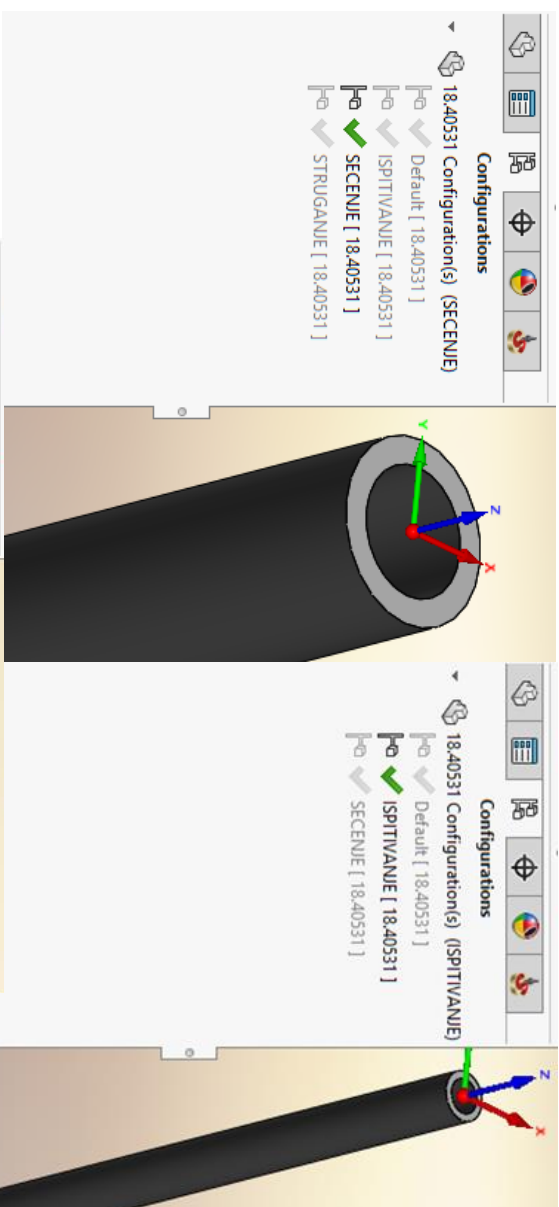
Трећа технолошка операција операција „СТРУГАЊЕ“ се формира на идентичан начин као и претходне две (сл. 5.6.). 3D модел након треће операције је модел који је моделиран и потребно је само повратити све моделске форме које су угашене у првој технолошкој операцији. Враћање моделских форми се врши на идентичан начин као и што су склоњене, уз помоћ опције **Unsuppress** (сл. 5.7.).



Слика 5.6. Дефинисана технолошка операција „СТРУГАЊЕ“



Слика 5.7. Дефинисање технолошке операције „СТРУГАЊЕ“

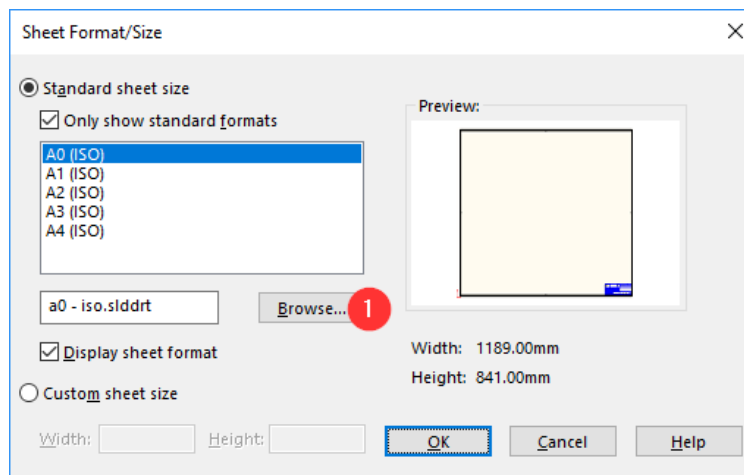


Слика 5.8. Приказ свих дефинисаних технолошких операције

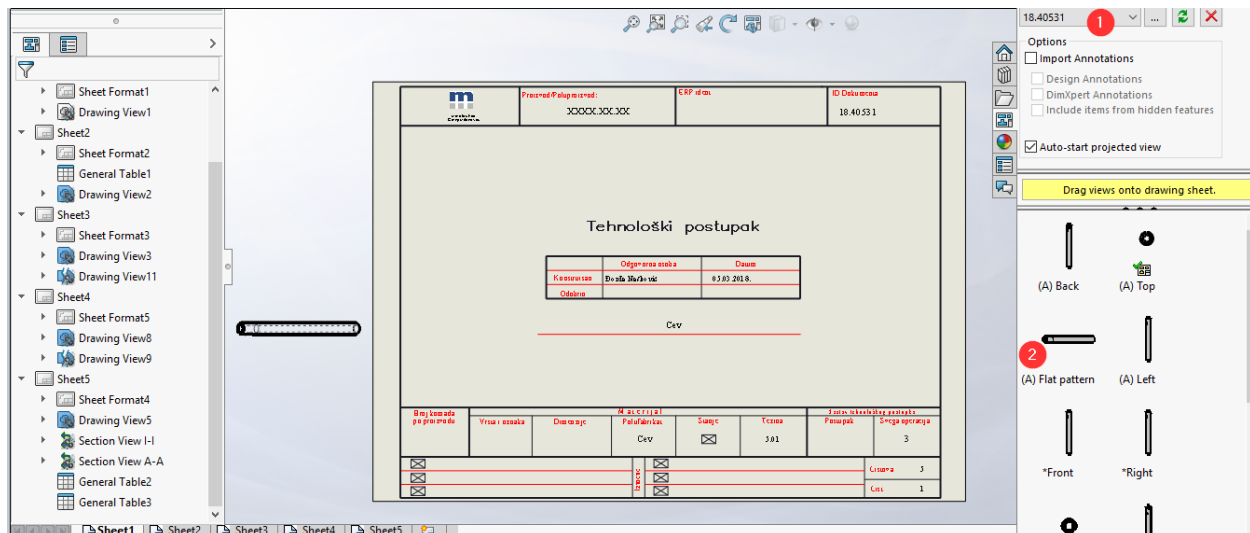
5.2. Израда технолошке документације

На основу дефинисаних 3D модела по операцијама технологије израде сада преостаје да се дефинишу карактеристике технолошких операција. Дефинисање технолошких операција се врши у модулу **Drawing**.

Изабрати **File** → **New** → **Drawing**. За дефинисање карактеристика технолошких операција потребно је имати темплејте. Када је изабран модул **Drawing** сада је потребно убацити одговарајући темплејт. Чим се изабере модул **Drawing** на самом почетку се отвара прозор у ком се врши одабир темплејта. У пољу 1 (сл. 5.9.) је потребно изабрати темплејт за прву страну.



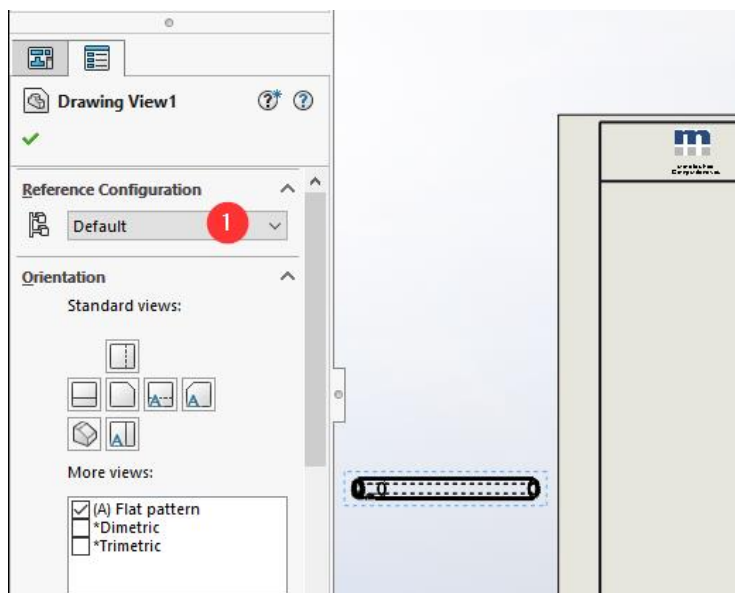
Слика 5.9. Дефинисање темплејта



Слика 5.10. Попуњавање прве стране

У пољу 1 (сл. 5.10.) је потребно пронаћи путању до 3D модела цеви који је претходно израђен. Следећи корак је из поља 2 превући неки од понуђених положаја 3D модела поред темплејта. Попуњавање темплејта ће се аутоматски одрадити када је претходно у 3D моделу

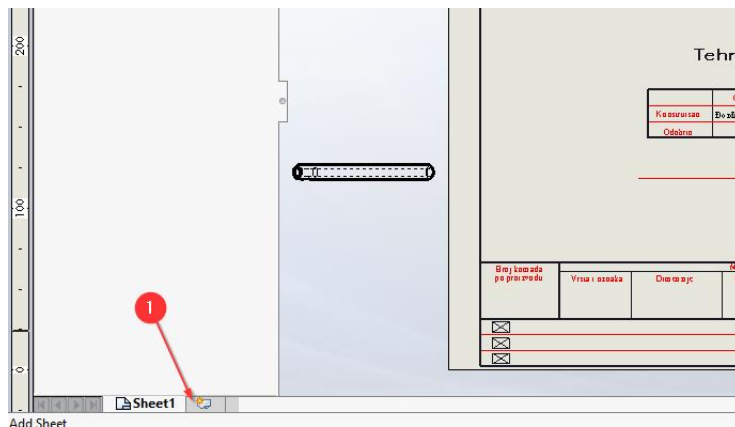
дефинисано како треба. Само је потребно одабрати конфигурацију из низа креираних 3D модела по технолошким операцијама (сл. 5.11.).



Слика 5.11. Дефинисање 3D модела технолошке операције

У пољу 1 (сл. 5.11.) се дефинише конфигурација 3D модела технолошке операције. За прву страну није потребно мењати већ је довољно оставити опцију **Default** која обухвата све моделске форме тј. целокупан 3D модел. Потврђивањем на зелени знак тачно долази до аутоматског попуњавања темплејта детаља као што су: материјал, тежина, назив производа, назив технологије и које конструисао.

За креирање друге стране је потребно креирати нови радни лист. Отварање новог радног листа се врши кликом на опцију **Add Sheet** (поље 1 на слици 5.12.). Аутоматски се отвара прозор за избор новог темплејта. Сада се бира темплејт за другу страну на којој се налази списак технолошких операција са машинама на којима се изводе. Превлачењем 3D модела аутоматски се попуњава темплејт где је потребно оставити опцију **Default**. Нека поља је потребно ручно попунити уз помоћ опције **Note** (сл. 5.13).



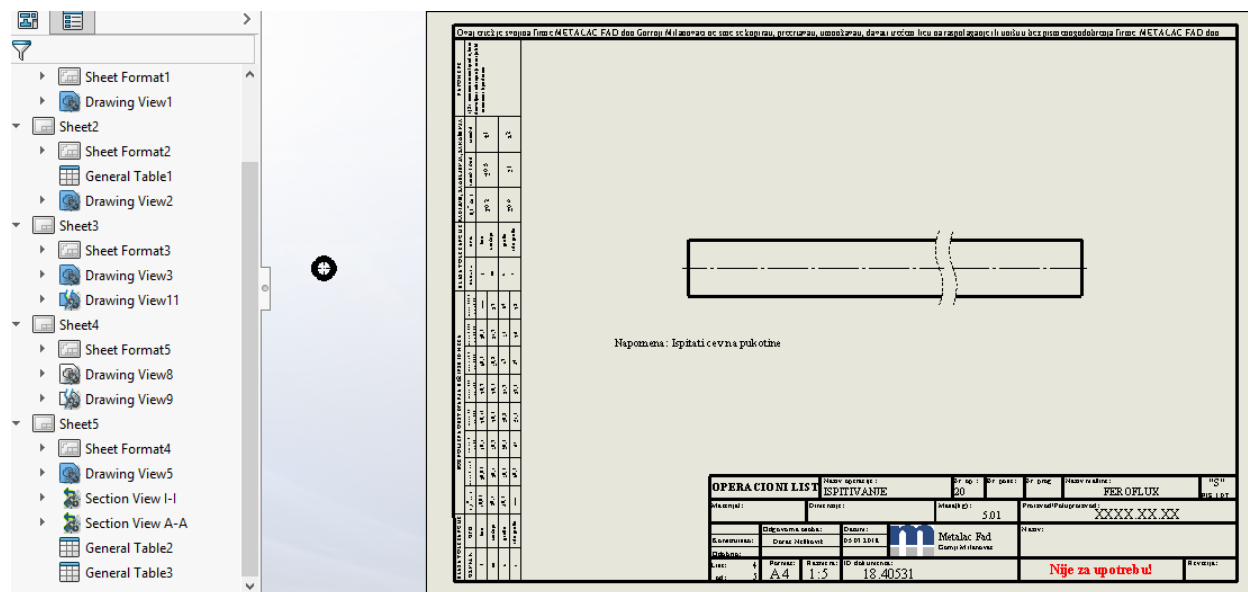
Слика 5.12. Отварање новог радног листа

[illegible]

Отварање трећег радног листа се врши на исти начин као отварање другог радног листа. Убацавање темплејта се врши на идентичан начин као што је претходно објашњено. У пољу 1 (сл. 5.14) се дефинише конфигурација 3D модела технолошке операције. За прву технолошку операцију је потребно одабрати „**SECENJE**“ која обухвата све моделске форме везане за ову технолошку операцију.

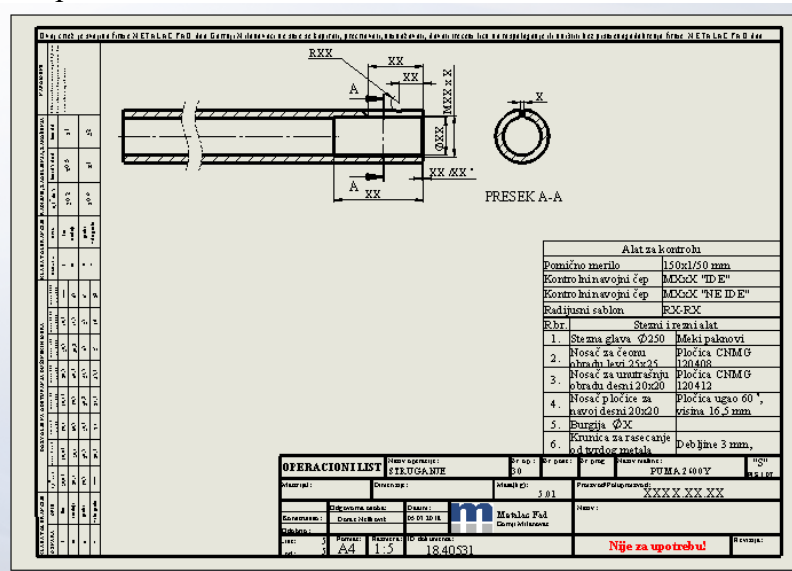
Како би технолошки лист био комплетан потребно је котирати предмет обраде. Предмет обраде треба котирати само са функционалним мерама које је потребно испоштовати у технолошкој операцији која се изводи.

За другу технолошку операцију потребно је отворити нови радни простор на исти начин као и претходно отворене. За дефинисање конфигурације 3D модела за другу технолошку операцију је потребно одабрати „**ISPITIVANJE**“ (сл. 5.15). У другој технолошкој операцији се ради о испитивању цеви на пукотине. Предмет обраде није потребно котирати у овом случају јер се ради о испитивању без разарања.



Слика 5.15. Дефинисање технолошке операције ИСПИТИВАЊЕ

За трећу технолошку операцију је потребно отворити нови радни лист, а темплејт је исти као и за прву и другу технолошку операцију. Дефинисање конфигурације 3D модела за трећу технолошку операцију је потребно одабрати „**STRUĞANJE**“ (сл. 5.16). У трећој технолошкој операцији се ради обради цеви на CNC стругу. Предмет обраде је потребно детаљно котирати у овом случају јер се ради о комплексној обради и ради лашке контроле готовог предмета обраде.



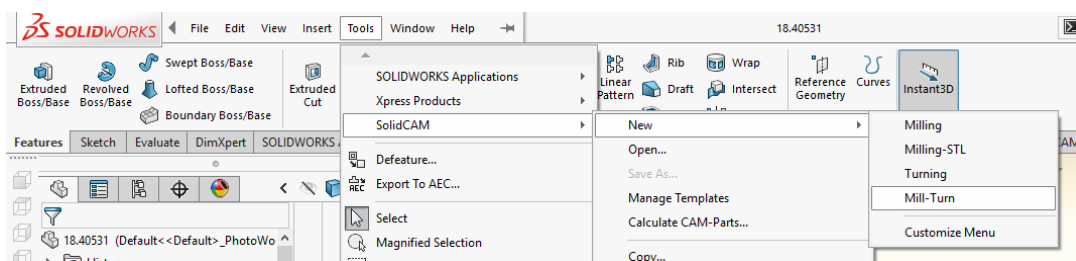
Слика 5.16. Дефинисање технолошке операције СТРУГАЊЕ

У овој технолошкој операцији је потребно додати и табелу са алатима који се користе у обради и алатима за контролу производа. Табела се позиционира у доњем десном углу изнад заглавља. Табела треба да садржи детаљан опис алата који се користи као што је: тип носача плочица, врста плочица са карактеристикама, позицију алата у револвер глави, као и стезни прибор који се користи.

6. Дефинисање технолошког модела и процеса обраде цев

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.

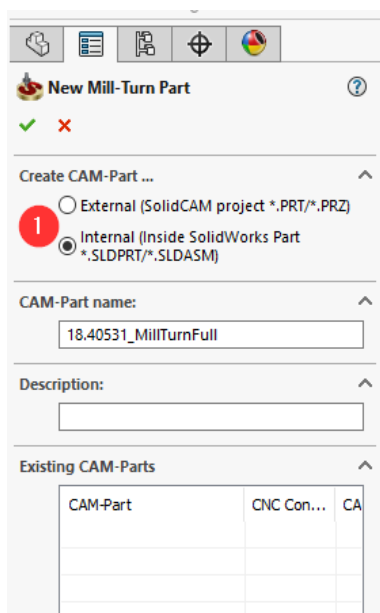
Када је завршена израда 3D модела и технологије израде прелази се на израду процеса стругања у SolidCam 2017, отворити **Tools** → **SolidCAM** → **New** → **Mill-Turn**, чиме се покреће модул за дефинисање процеса обраде ротационих делова са Y-осом (сл. 6.1).



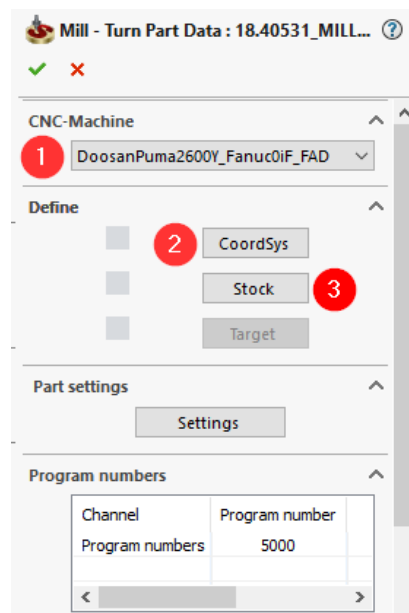
Слика 6.1. Покретање модула за дефинисање процеса стругања у SolidCam 2017

Наредни корак у подешавању параметара је избор чувања података који се формирају при изради процеса стругања. Могуће су две опције (поље 1) избора чувања података а то су сачувати у оквиру фајла 3D модела или направити нови фајл који је повезан са 3D моделом (сл. 6.2).

Када је изабран начин чувања података следи (сл. 6.3) подешавање координатних система (поље 2) и избор параметара машине (поље 1) на којој се изводи обрада.

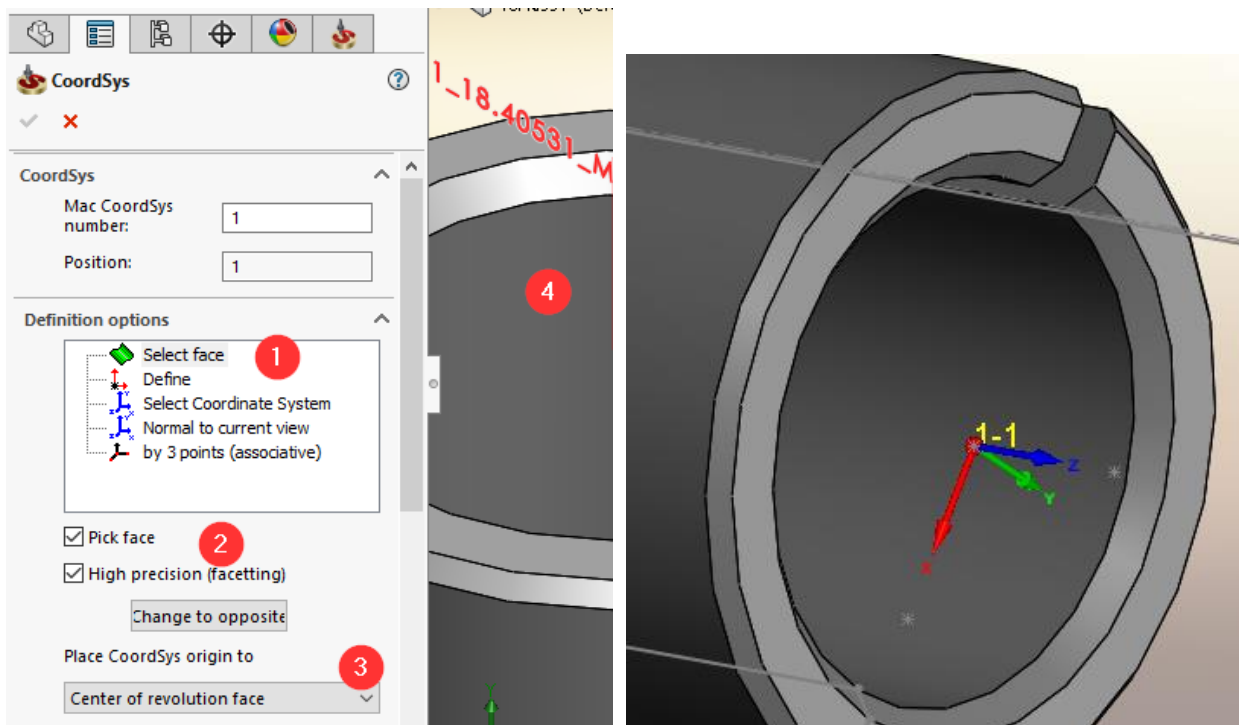


Слика 6.2. Избор начина чувања



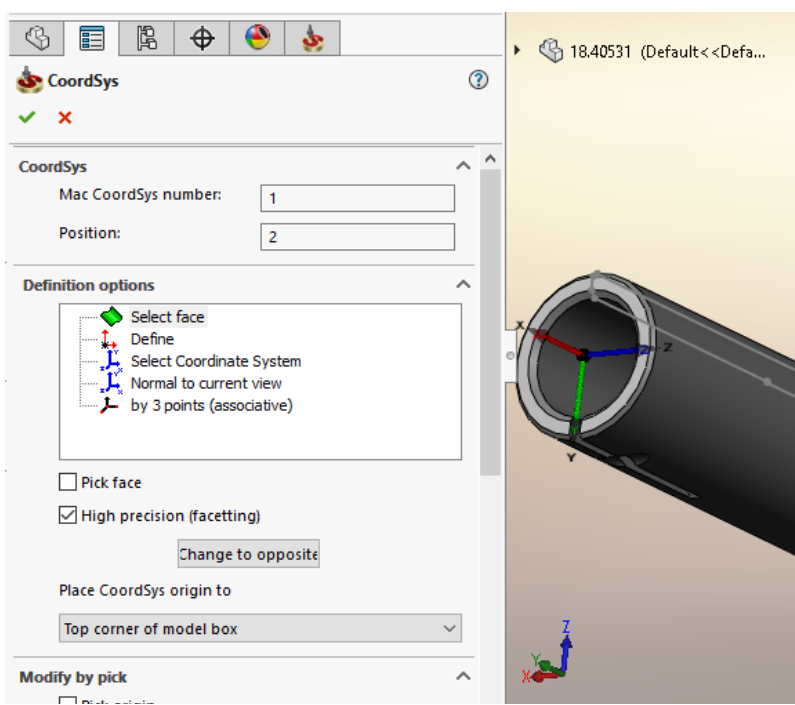
Слика 6.3. Подешавање избора машине и

Када код у процесу обраде има и операција глодања потребно је формирати два независна координатна система. Један (сл. 6.4) за операције стругања са Z-осом која се поклапа са осом стезне главе. Други координатни систем (сл. 6.5) за операције глодања са Z-осом која се поклапа са осом ротирајућих алата тј. са алатима за глодање и расецање цев



Слика 6.4. Подешавање координатног система за стругање

Креирање координатног система могуће извршити на више начина, један од начина је следећи: потребно је у пољу 1 изабрати опцију **Select face** која нам омогућава да креирамо координатни систем у равни површине коју селекујемо. Затим у пољу 2 је потребно означити опције **Pick face** и **High precision** које на омогућавају одабир површина и везивање координатног система за изабрану површину. Затим у пољу 3 се у падајућем менију бира **Center of revolution face**, опција која нам омогућава аутоматско позиционирање координатног система у центар модела када кликнемо на њега (поље 4). За стругање је потребно подесити да координатни систем буде као на слици, тј. да алат врши прилаз обратку по Х-оси. Креирање другог координатног система се врши на исти начин, само је потребно подесити у складу са правилима за глодање (сл. 6.5). Када је завршено са подешавањем



Слика 6.5. Подешавање координатног система за глодање

буде као на слици, тј. да алат врши прилаз обратку по Х-оси. Креирање другог координатног система се врши на исти начин, само је потребно подесити у складу са правилима за глодање (сл. 6.5). Када је завршено са подешавањем

координатног система потребно је подесити припремак. Припремак се може креирати у склопу 3D модела, а може се и креирати аутоматски када се изабере опција **Stock** поље 3 на слици 6.4. По завршеном подешавању припремка прелази се на израду процеса обраде.

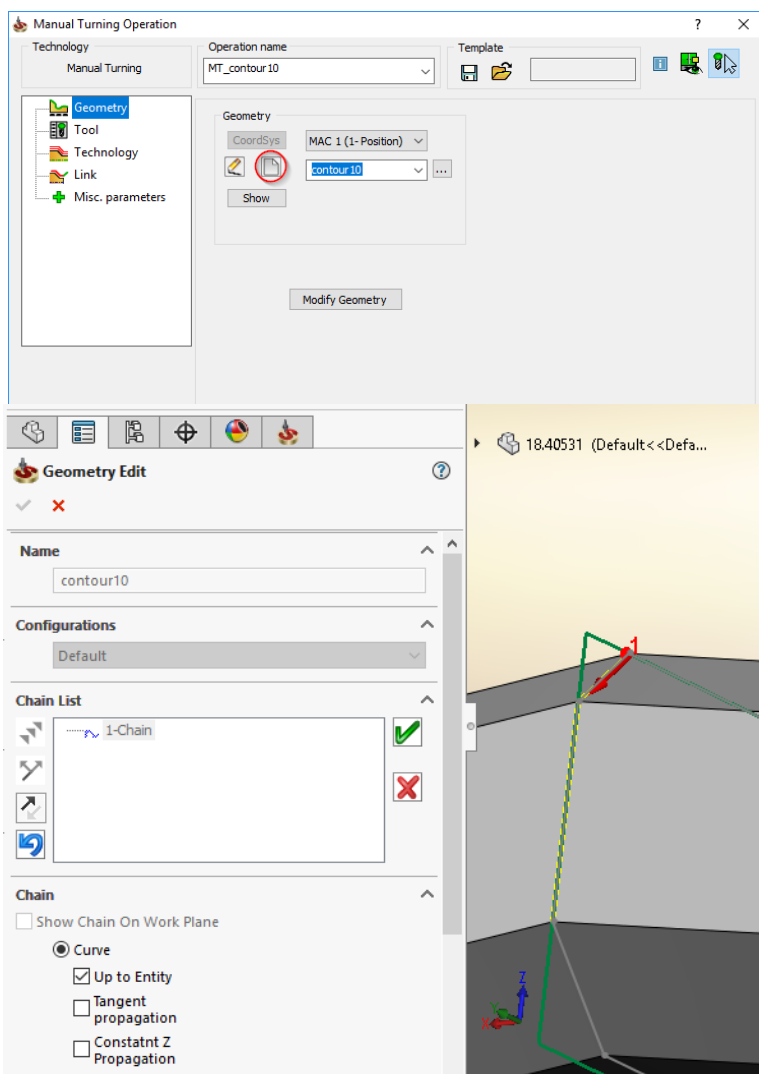
6.1. Дефинисање основних параметара процеса обраде за технолошку подоперацију стругања

6.1.1. Чеона обрада

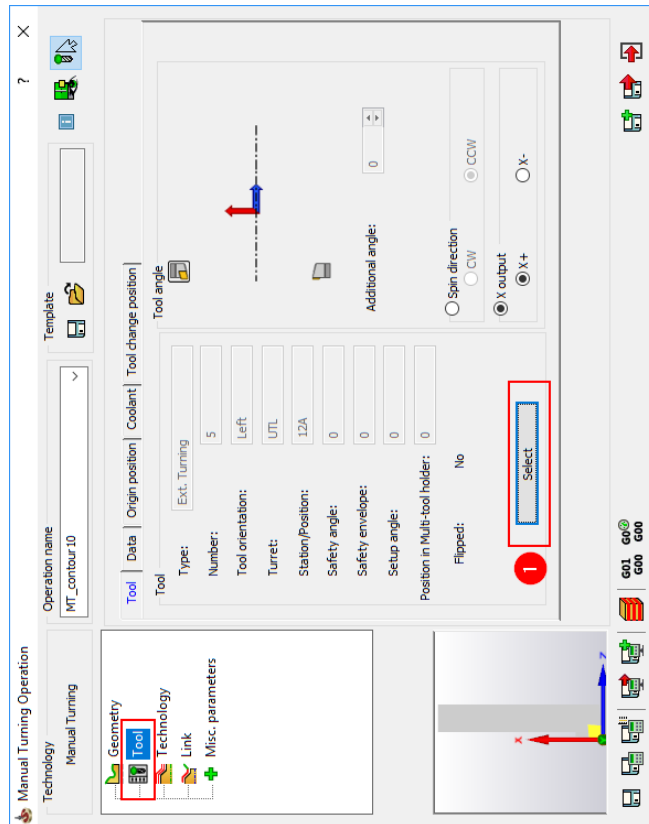
Први захват у првој технолошкој операцији је попречна груба обрада која се врши помоћу **Manual Turning**. Покретањем отвара се прозор **Manual Turning**. У картицама са леве стране се подешавају следећи параметри: кретање алата, врста обраде, режими обраде, подешавање алата, почетне и крајње тачке алата (сл. 6.6).

У првој картици **Geometry** се врши подешавање контуре по којој се креће алат. Формирање контуре се врши помоћу опције **New** (заокружена на сл. 6.6). За контуру је довољно пројектовати ивицу коју је потребно обрадити.

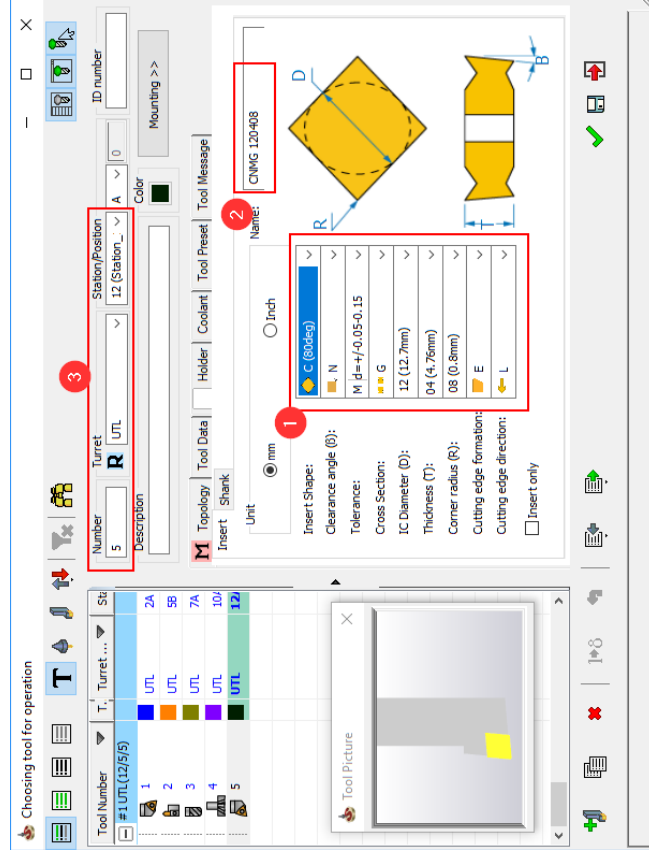
У картици **Tools** слика 6.7 се врши подешавање карактеристика алата. Подешавање алата може бити на основу каталога алата или бирати из креиране базе података. Карактеристике које се подешавају су облик плочице, леђни угао, дужина ножа, димензије и облик плочице, толеранција плочице. У истој картици се подешају и карактеристике носача алата као и тип плочице и њен назив.



Слика 6.6. Подешавање контуре по којој се креће алат

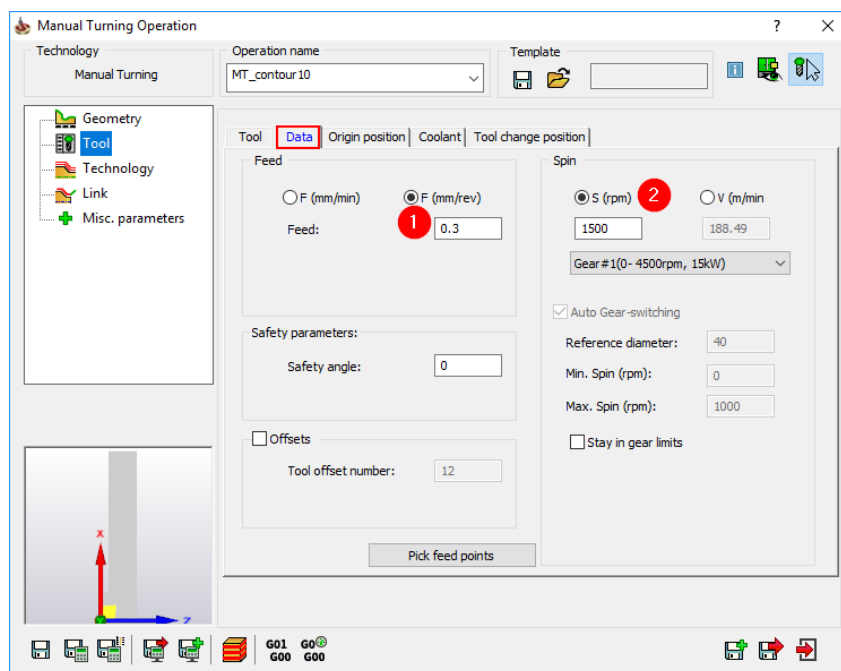


Слика 6.7. Подешавање алата

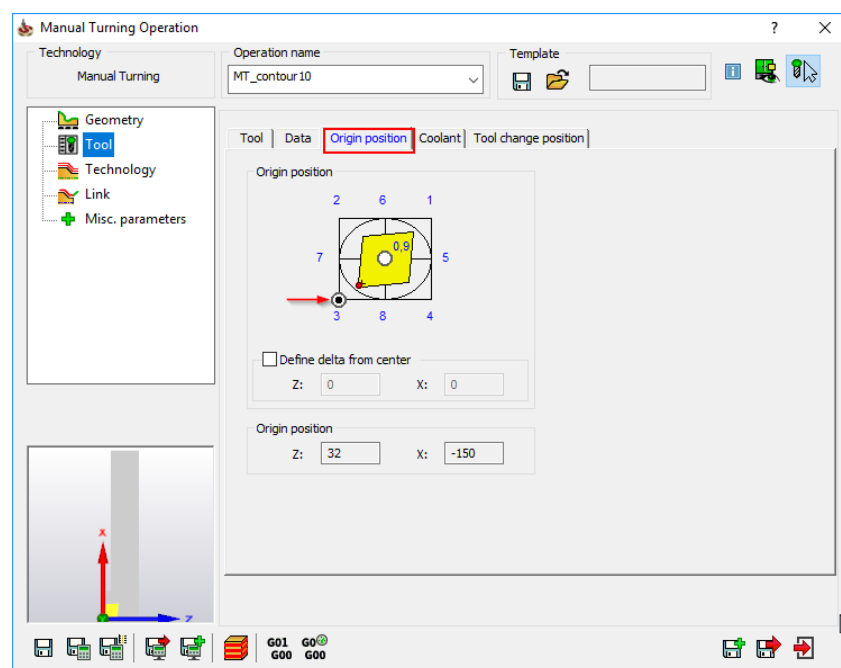


Слика 6.8. Подешавање карактеристика плочице и носача алата

У прозору **Data** (сл. 6.9.) се врши подешавање режима обраде као што је посмак, брзина обртања стезне главе, брзина машине. Вредности параметара се морају ускладити са карактеристиком алата како би се оствариле најбоље перформансе алата. Најчешће се врши усакађивање параметара на основу каталожних препорука алата. У картици **Origin position** се врши подешавање радијуса компензације (сл. 6.10). Док се у картицама **Coolant** и **Tool change position** врши укључивање средства за хлађење и подмазивање и позиција измене алата.

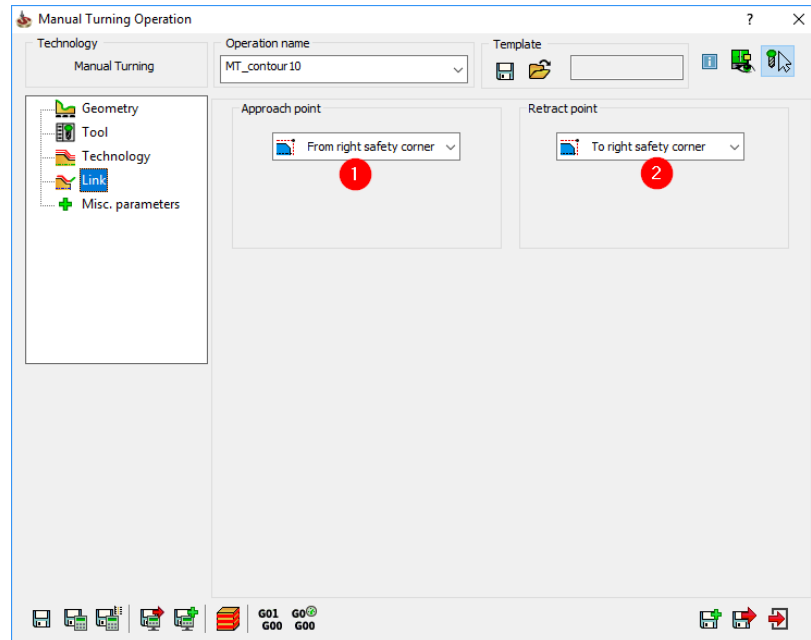


Слика 6.9. Подешавање режима обраде

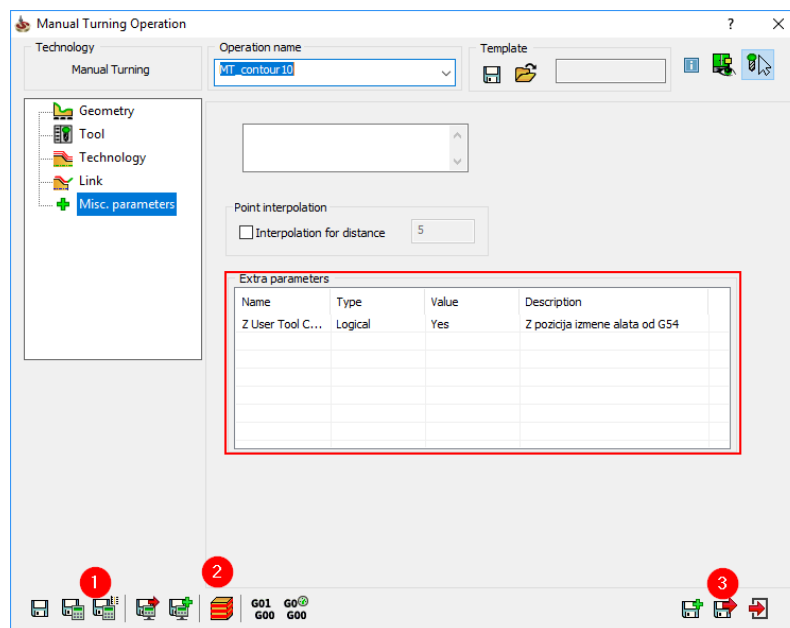


Слика 6.10. Подешавање радијуса компензације

Картица **Link** (сл. 6.11.) служи за активирање опција **Approach point** (1) и **Retract point** (2) које се односе на почетну и крајњу тачку одакле полази и долази глава са алатима. Да би се активирале ове опције потребно је из падајућих менија одабрати жељени начин приласка и извлачења револверске главе.



Слика 6.11. Подешавање безбедносних тачака



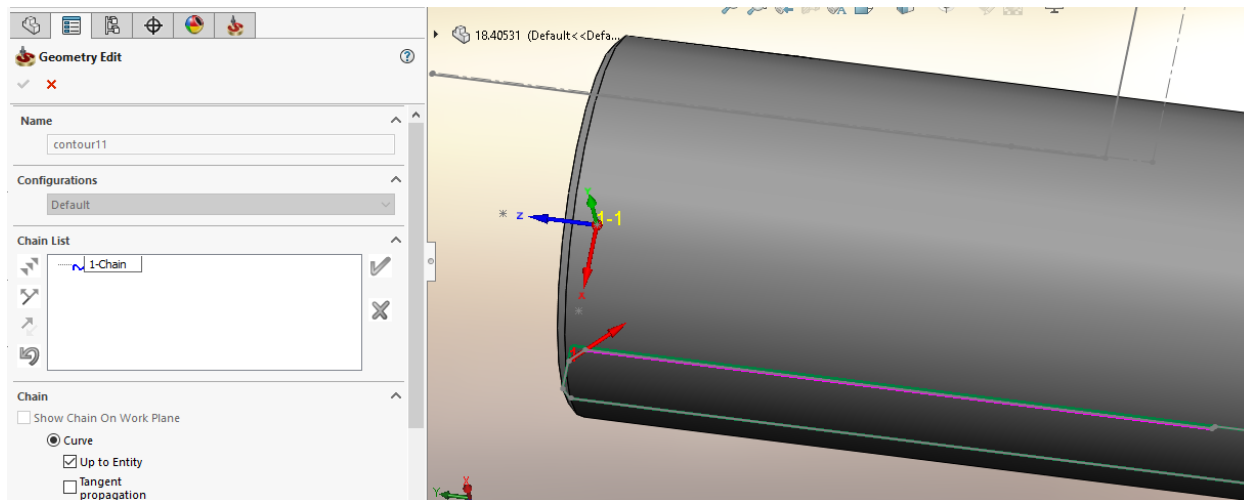
Слика 6.12. Подешавање додатних параметара

У колико има потребе за додатним параметрима да се дефинишу, то се може извршити у картици **Misc. Parameters** (сл. 6.12.). У пољу **Extra parameters** се могу дефинисати потребни параметри и функције. Када су завршена сва подешавања потребно је извршити прорачунавање уз помоћ опције 1, затим је неопходно извршити визуелну симулацију поде-

шених параметара а уједно и проверу уз опцију 2. Ако је симулација успешно изведена потребно је сачувати уз опцију 3.

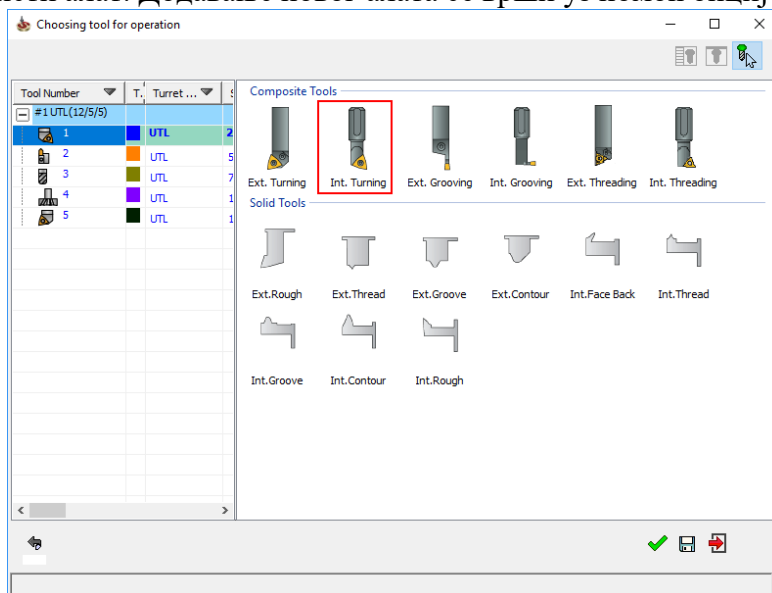
6.1.2. Унутрашња обрада

Наредни захват је унутрашња обрада цеви која се врши помоћу **Manual Turning** . Покретањем ове операције отвара се прозор **Manual Turning** (сл. 6.13.). Овај захват се не разликује много од претходног, све се подешава на исти начин. Разлика је у самом алату и контури која се означава као водиља алата.



Слика 6.13. Подешавање контуре по којој се креће алат

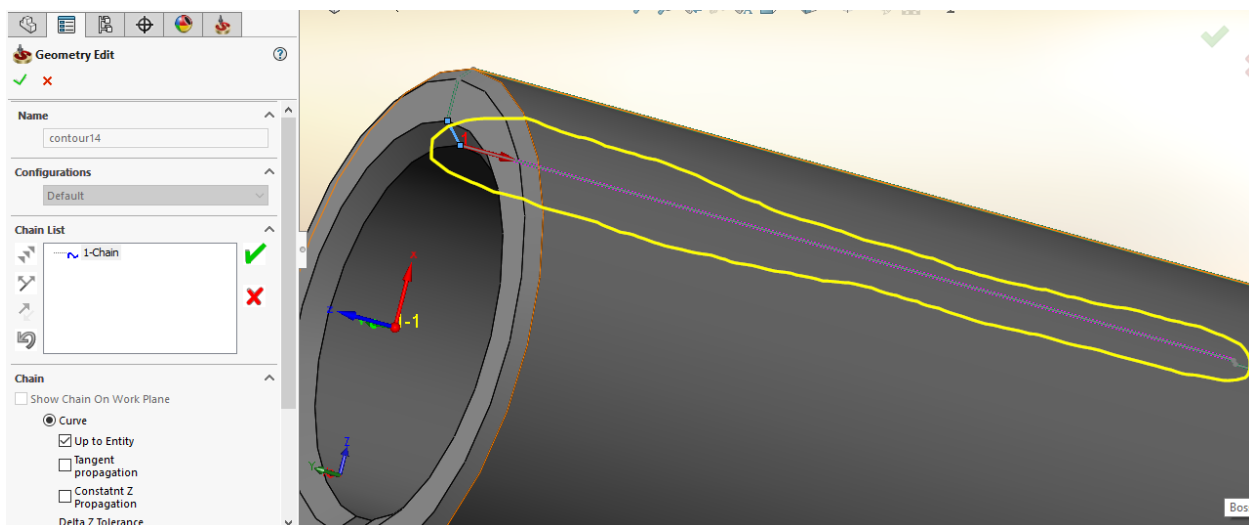
Подешавање алата се изводи на идентичан начин, с тим сада се ради о унутрашњој обради па није могуће користити исти алат. Додавање новог алата се врши уз помоћ опције **Choosing tool** . Потребно је изабрати алат за унутрашњу обраду са плочицом. Када је изабран алат са плочицом потребно је извршити подешавање карактеристика плочица. Све режиме обраде треба ускладити на основу каталošких препорука. Остала подешавања се врше на идентичан начин као и у претходној операцији. Такође је након свих извршених подешавања потребно је урадити прорачунавање и визуелну симулацију.



Слика 6.14. Одабир алата за унутрашњу обраду

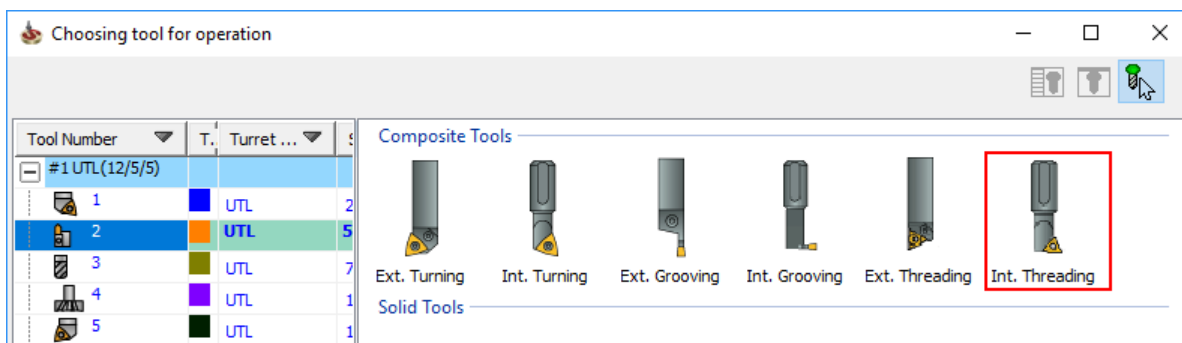
6.1.3. Урезивање навоја

Израда навоја се врши помоћу опције **Threading** . Покретањем ове операције отвара се прозор **Thread Operation** за подешавања у првој картици потребно је подесити контуру (сл. 6.15.) дуж које ће се кретати врх алата приликом израде навоја. Уз помоћ дужине контуре уједно се одређује и дужина навоја. Подшавање контуре се врши као и у претходним захватима у картици **Geometry**.



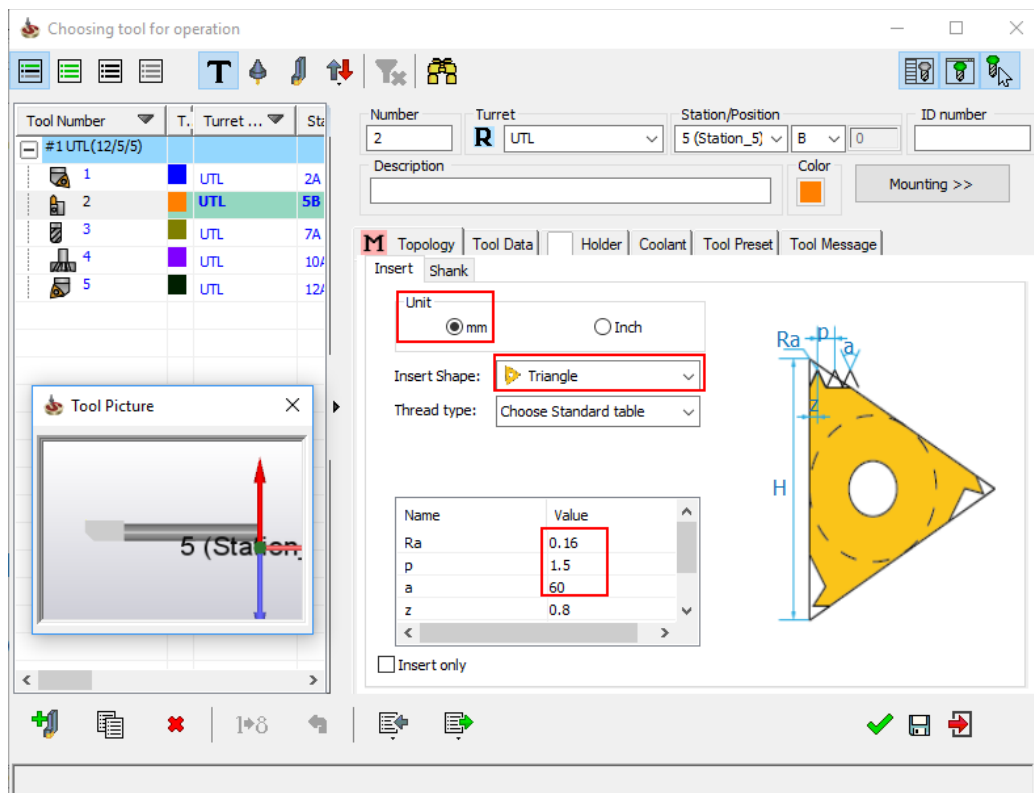
Слика 6.15. Подешавање контуре за израду навоја на предмету обраде

У картици **Tools** (сл. 6.16) се врши одабир и подешавање карактеристика алата за израду навоја. Носач плочице и плочица се бирају на основу карактеристика из каталога у зависности од потреба. Карактеристике које се уносе су корак, угао и мерна јединица. Остале карактеристике као што су висина плочице, број резних ивица зависе од модела плочице и потребно их је унети.

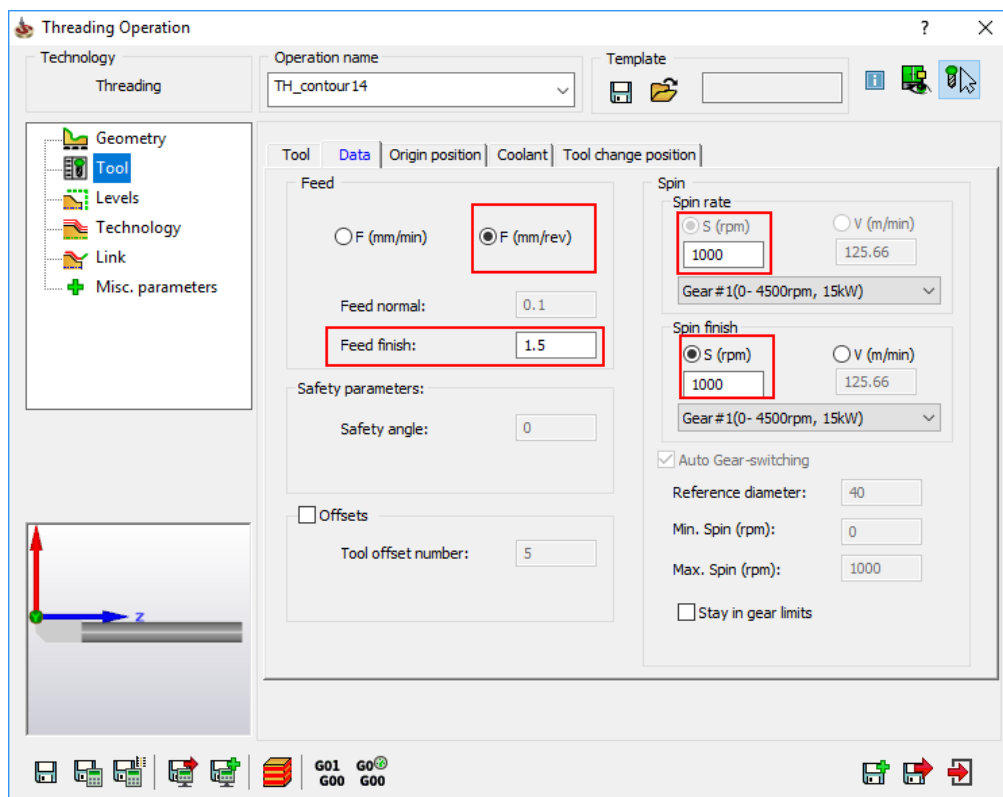


Слика 6.16. Одабир алата за израду навоја

Када је одабран алат, сада је потребно извршити подешавање карактеристика плочице и режима обраде у картици **Data** (сл. 6.18). Као параметри режима обраде уносе се **S** - број обртаја стезне главе, **Feed finish** - посмак.

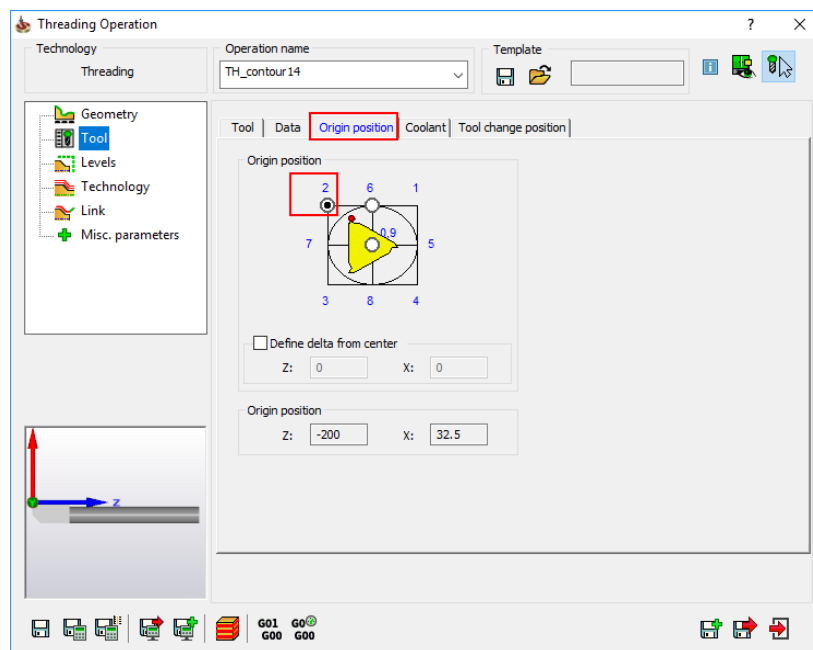


Слика 6.17. Подешавање карактеристика плочице и носача алата

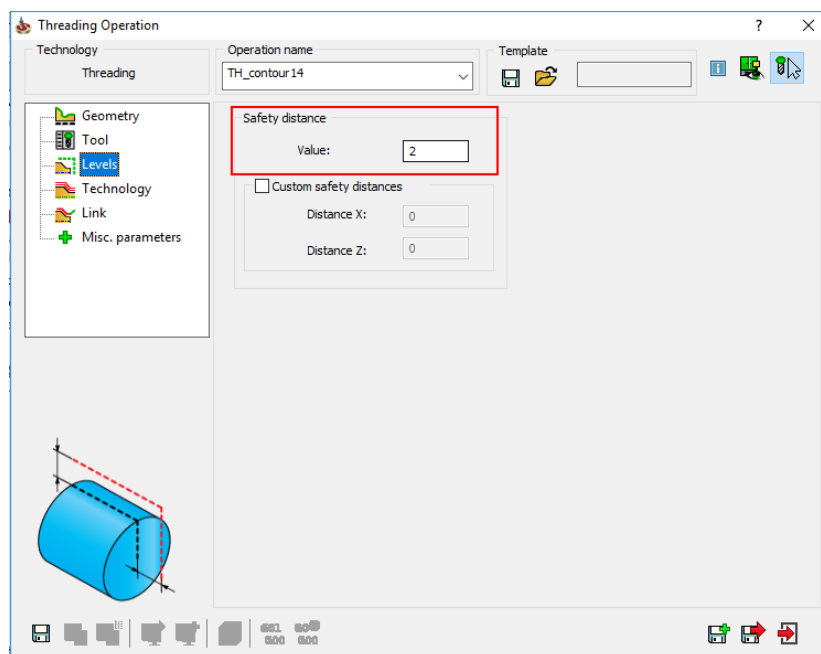


Слика 6.18. Подешавање режима обраде

Радијус компензација (сл. 6.19.) је од великог значаја када се ради израда навоја. У случају истрошености саме плочице ако је прерачунавање приликом умеравања плочице од центра плочице, може доћи до великих одступања прилико израде. А када је радијус компензација на ивици плочице нема прерачунавања и самим тим је смањена могућност грешке. Укључивање средства за хлађење и подмазивање и координате промене алата се врши на идентичан начин као и у претходним захватима. Безбедносно поље у којем алат може да се креће у току обраде се подешава у картици **Levels** (сл. 6.20.).

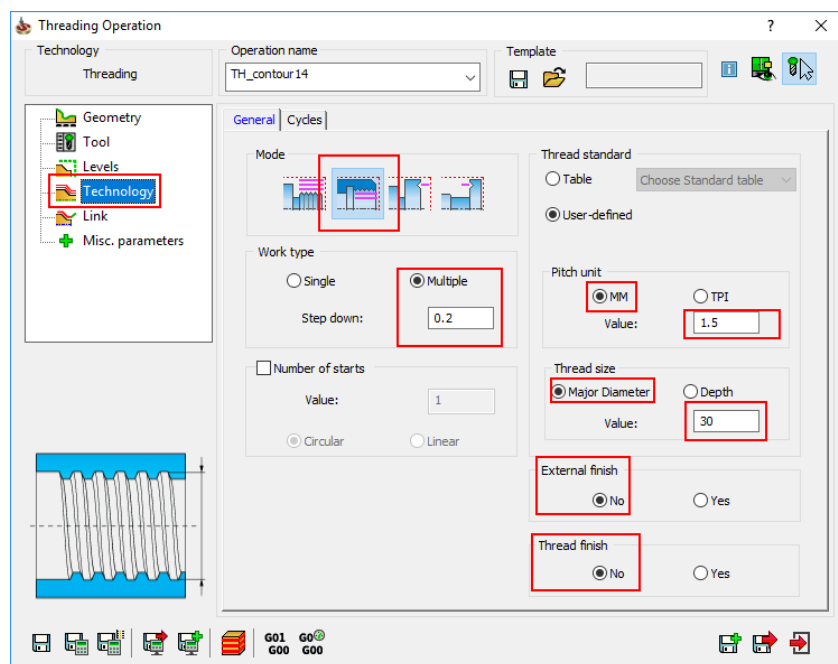


Слика 6.19.. Подешавање радијуса компензације

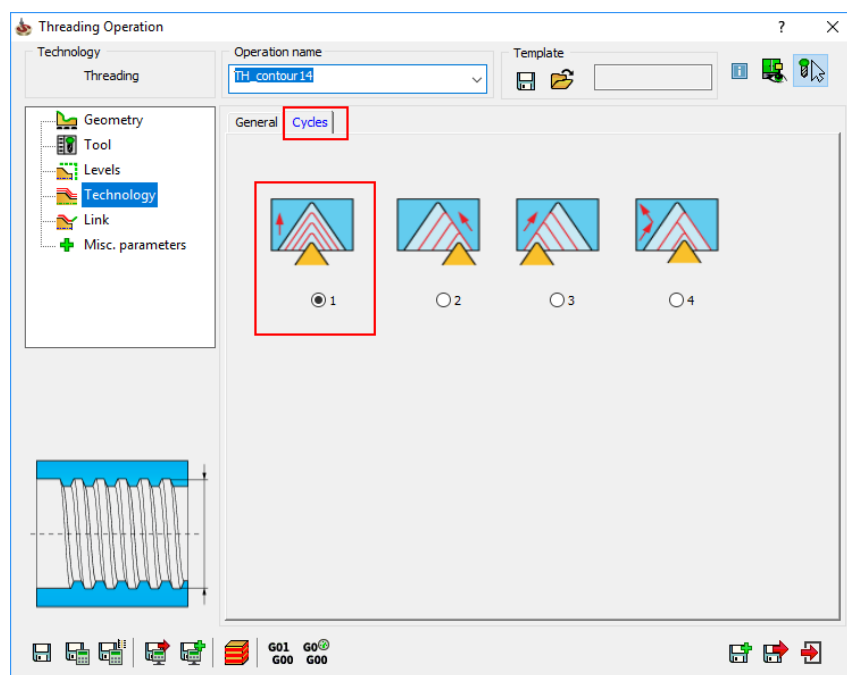


Слика 6.20. Подешавање безбедносног поља

У картици **Technology** се врше подешавања о начину израде навоја и стратегији израде навоја. У картици **General** на слици 6.21. се подешавање колико се скида материјала по пролазу (опција **Step down**), која је мерна јединица и који је корак навоја као и максимални пречник који треба да се добије. У картици **Cycles** на слици 6.22. се бира начин нападања ножа сваког следећег пролаза. Подешавања у картицама **Link** и **Misc. Parameters** су већ објашњена у претходним захватима детаљно. На крају је потребно извршити про-
рачунавање и визуелну симулацију.



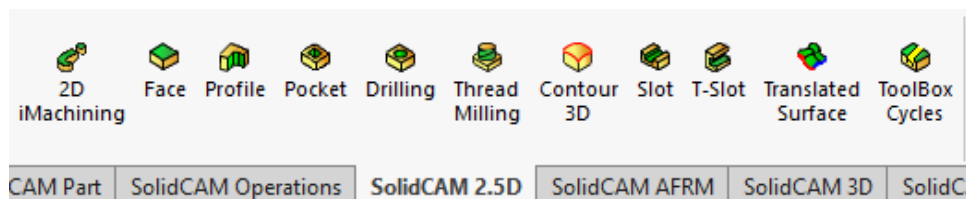
Слика 6.21. Подешавање технологије израде навоја



Слика 6.22. Подешавање технологије израде навоја

6.2. Дефинисање основних параметара процеса обраде за технолошку подоперацију глодања

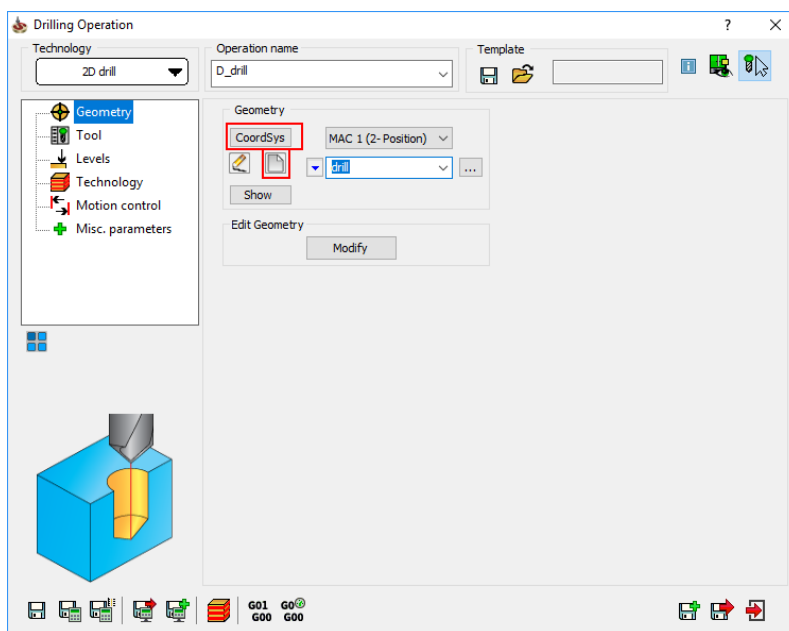
За дефинисање технолошке операције глодања потребно је одабрати картицу за глодање **SolidCAM 2.5D** слика 6.23. Уз помоћ глодања извршиће се захвати израда жлеба и расецање цеви.



Слика 6.23. Изглед картице *SolidCAM 2.5D*

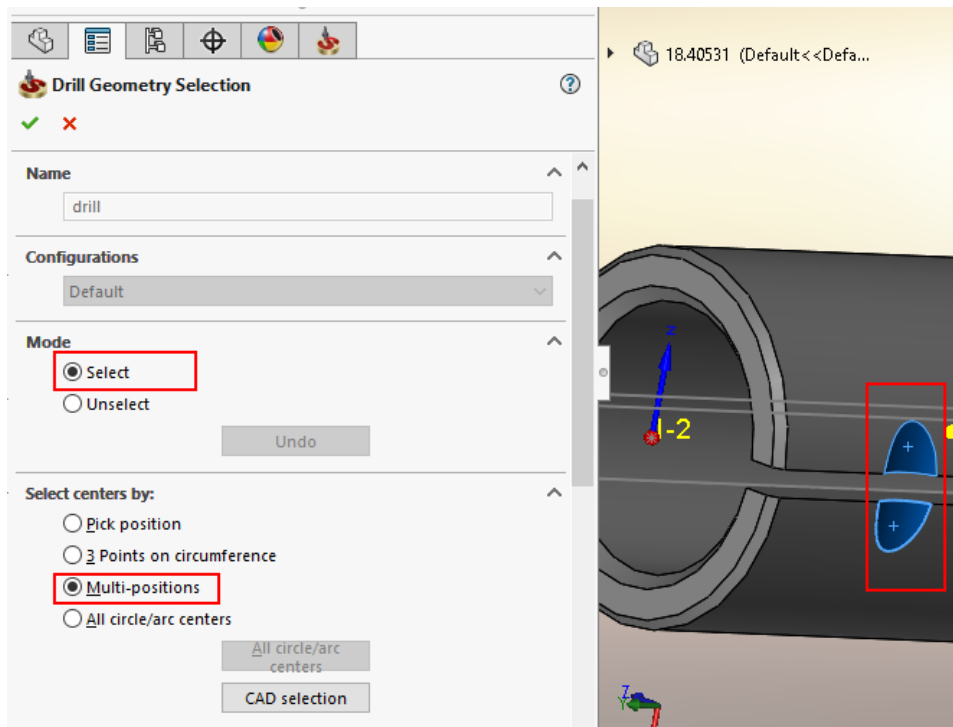
6.2.1. Израда жлеба

Израда жлеба на цеви се врши помоћу опције **Drilling** , алат који се користи за израду жлеба је вретенасто глодало са радијусом. Када се отвори опција **Drilling** у првој картици **Geometry** се врши подешавање координатног система и контуре по којој се креће алат али сада мало на другачији начин. За координатни систем је потребно одабрати коорд. систем креиран за глодање. Подешавање координатног система се може извршити аутоматски самим покретањем опције **Drilling** у колико је све претходно подешено како треба, ако није извршено аутоматски потребно га је ручно одабрати преко опције **CoordSys** Уместо до сада пројектовања линије и означавања линије сада ће се радити преко означавања површине. Формирање контуре се врши помоћу опције **New** и селектовати жељену површину жлеба као на слици 6.24.



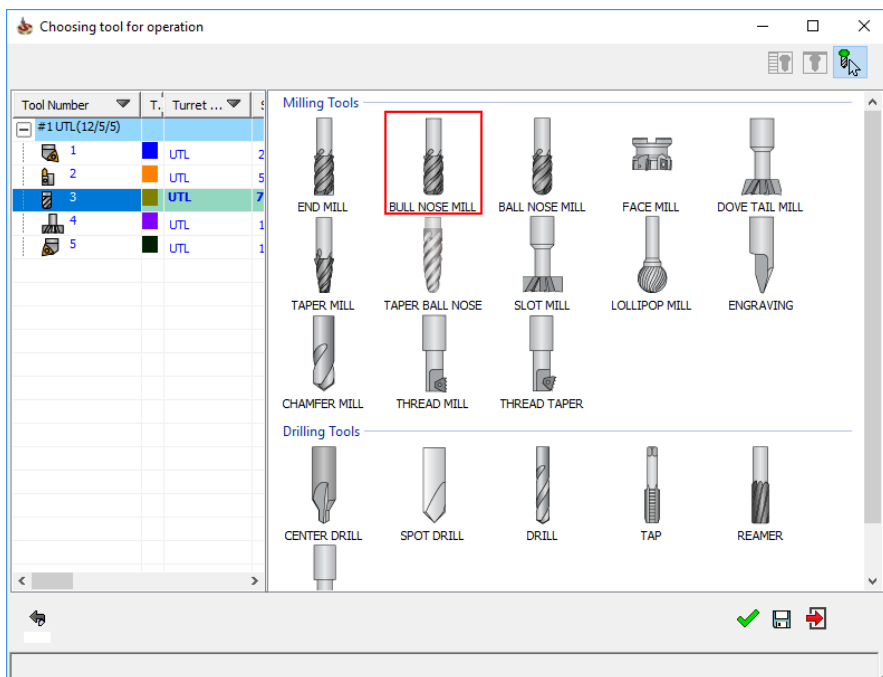
Слика 6.24. Подешавање координатног система и контуре по којој се креће алат

За селектовање контурне површине потребно је извршити подешавање у прозору са леве стране када се отвори опција **New**. Потребно је чекирати опције **Select** и **Multi-positions**. Са опцијом **Multi-positions** омогућава се означавање више површина истовремено као на слици 6.25.



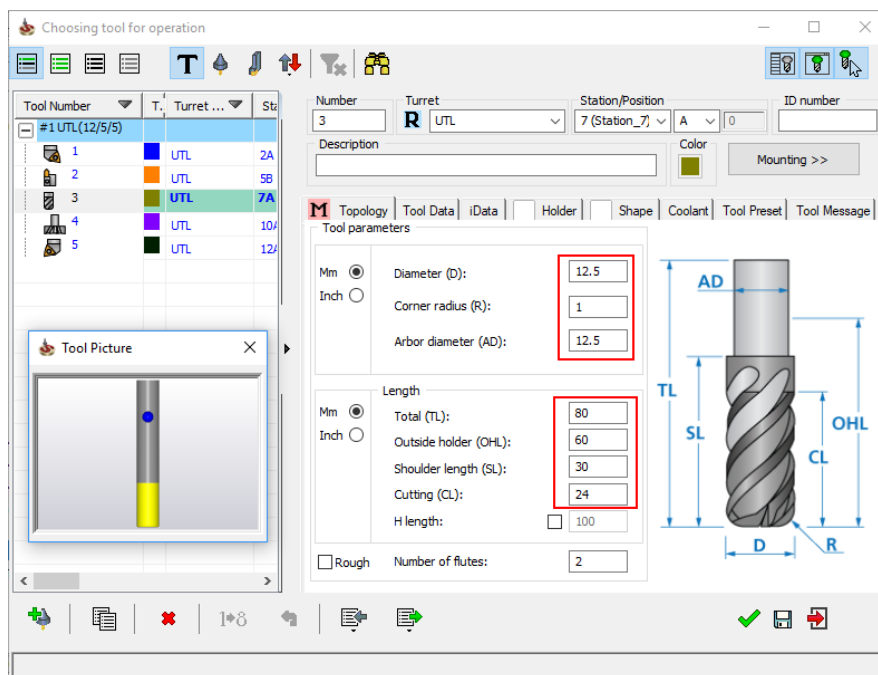
Слика 6.25. Означавање контуре по којој се креће алат

Одабир алата се врши као и до сада у картици **Tools** и уз помоћ опције **Select**. Потребно је одабрати вретенасто глодало са радијусом. Додавање алата се врши на идентичан начин као и код захвата стругањем уз помоћ опције **Choosing tool** и потребно је одабрати **Bull nose mill** слика 6.26. Подешавање карактеристика глодала се врше на основу каталога. Вредности које се подешавају су укупна дужина глодала, радни део глодала, пречник глодала, пречник резног де-



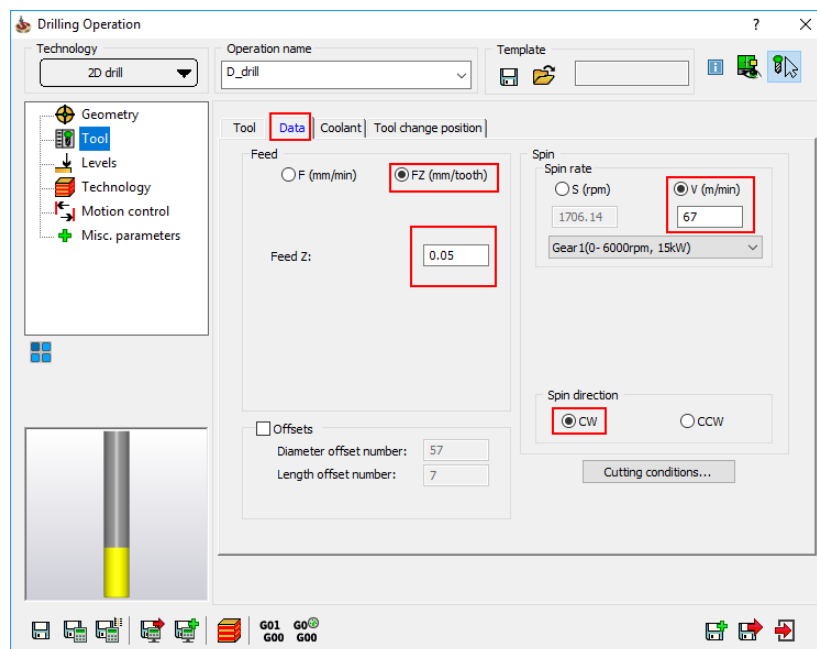
Слика 6.26. Одабир вретенастог глодала

ла глодала, радијус на самом крају глодала као на слици 6.26.



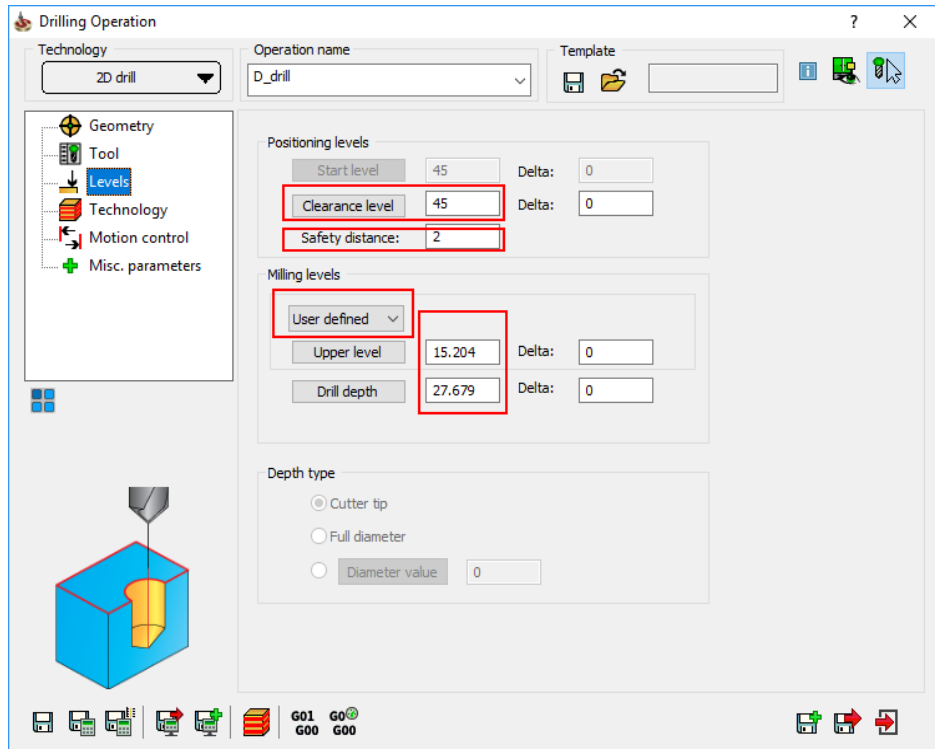
Слика 6.27. Подешавање карактеристика вртенастог глодала

Подешавање режима обраде глодања врши се у картици **Data**. Режији који се подешавају за захват глодања су брзина резања, дебљина резања по зубу и смер окретања глодала као на слици 6.28. Укључивање СХП-а и координате где се врши измена алата се врши на идентичан начин као и код операције стругања.



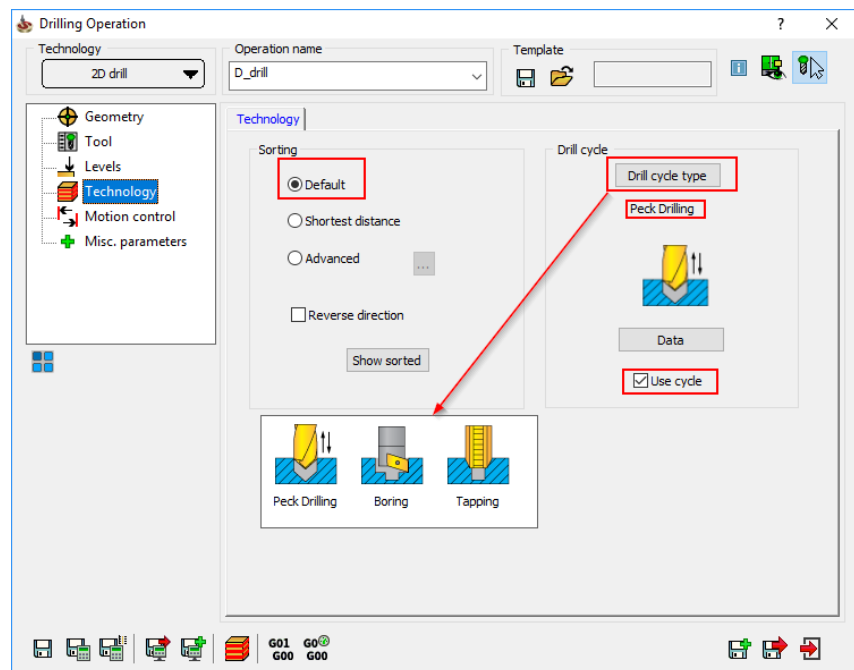
Слика 6.28. Подешавање режима обраде

У картици **Levels** се врши подешавање прилаза и укључивања алата. Опцијом **Clearance level** се дефинише прилаз брзим ходом до одређене удаљености у односу на предмет обраде по Z – оси, док се опцијом **Safety distance** дефинише на којој удаљености по Z – оси од предмета обраде треба да се укључи алат. Опцијом **Milling levels** се врши подешавање координата где почиње обрада и где се завршава, али пошто је подешавање контуре кретања алата било преко површина, програм је аутоматски прерачунао координате.



Слика 6.29. Подешавање прилаза алата

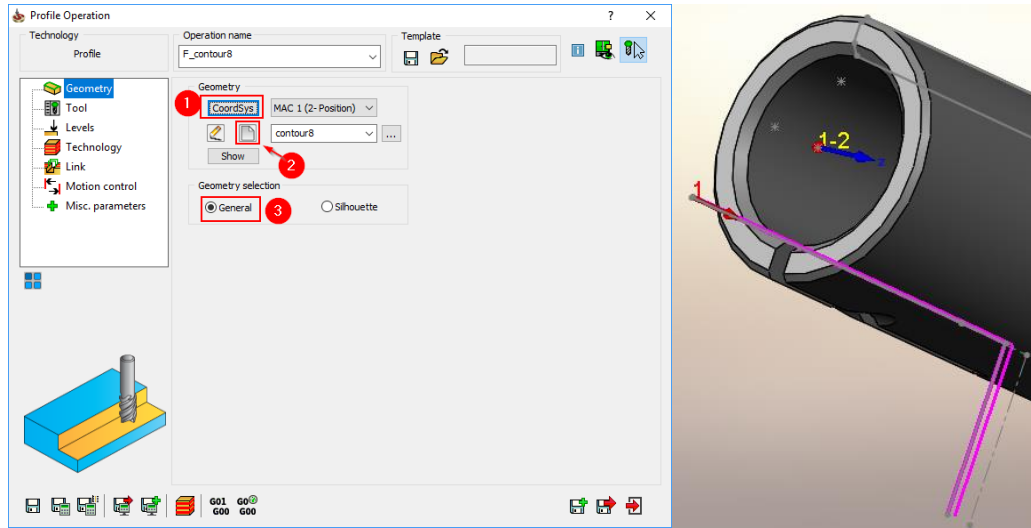
У картици **Technology** се врше подешавања о начину израде жлеба и стратегији израде жлеба. Потребно је чекирати опцију **Default** како би се дозволило да се бира избор начина глодања. У падајућем менију **Drill cycle type** потребно је изабрати **Pick Drilling** чиме се означава да је глодање без претходне припреме. На крају је потребно извршити прорачунавање и визуелну симулацију. У картицама **Motion control** се врши укључивање 4 осе уколико има потребе за тим док је картица **Misc. Parameters** објашњена у преходним тачкама.



Слика 6.30. Подешавање технологије израде жлеба

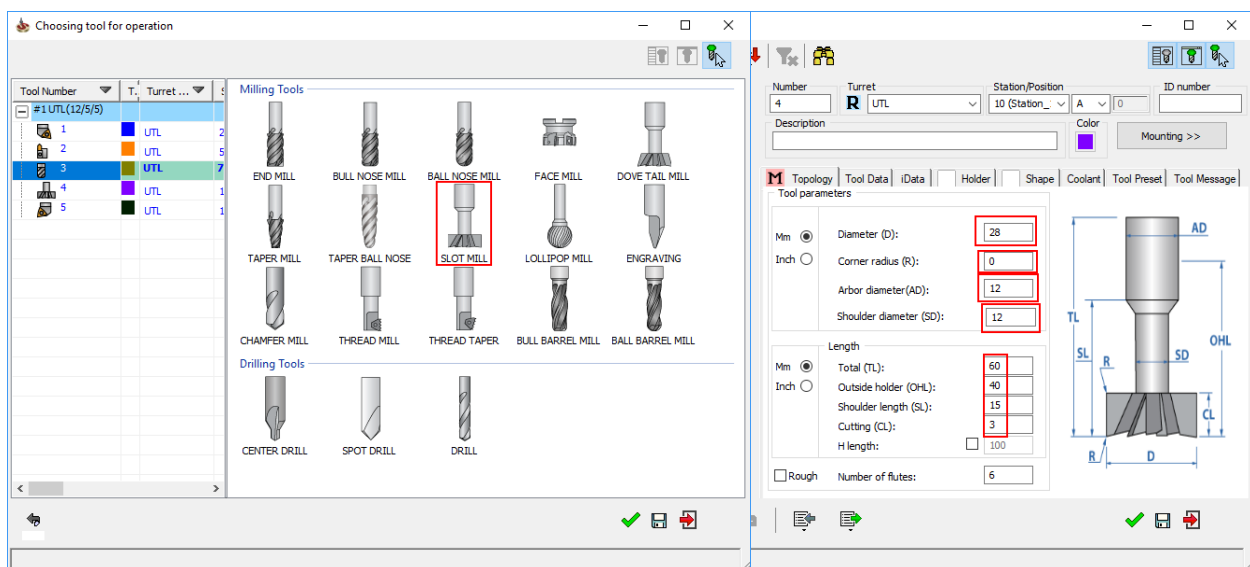
6.2.2. Расецање цеви

Пошто се ради о профилној обради, захват расецања цеви се може извести уз помоћ опције **Profile** . Подешавање контурне линије по којој ће се кретати тестерасто глодало се врши на исти начин као и код претходних захвата. Постоји могућност да је потребно поново потребно селекувати координатни систем. Пошто се ради о профилној обради потребно је дефинисати нешто дужи пут улаза и излаза алата. Довољно је само продужити линије по којој се креће алат.



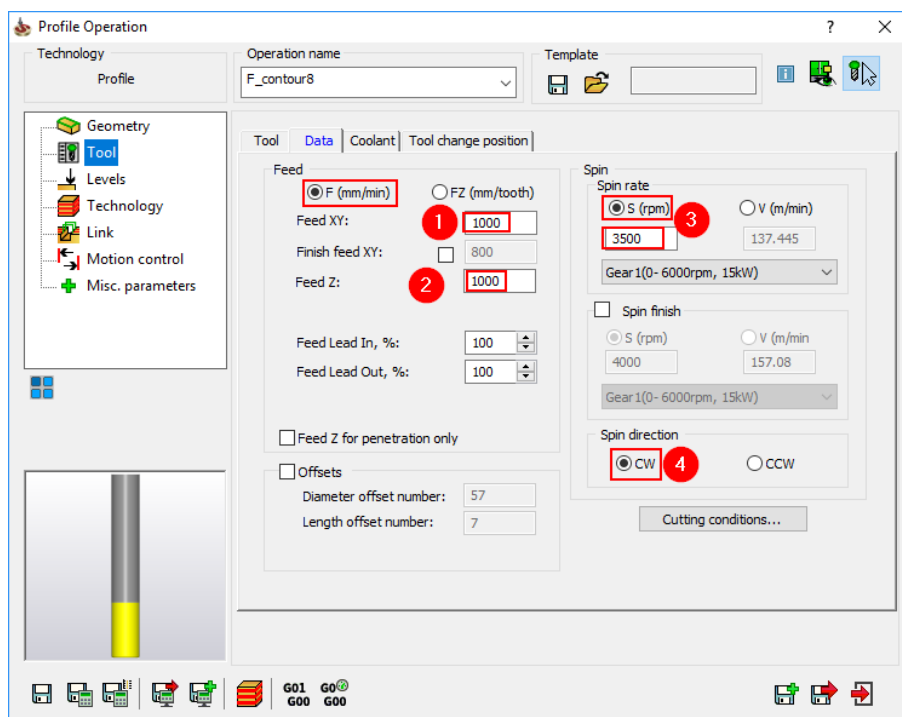
Слика 6.31. Подешавање контуре по којој се креће алат

Избор алата и подешавање се врши у картици **Tools** на идентичан начин као и у претходном захвату. За овај захват потребно је одабрати алат под називом **Slot Mill**. Карактеристике алата које се подешавају су дебљина глодала, радијус на глодалу, пречници дршке и резног дела, висина радног дела.



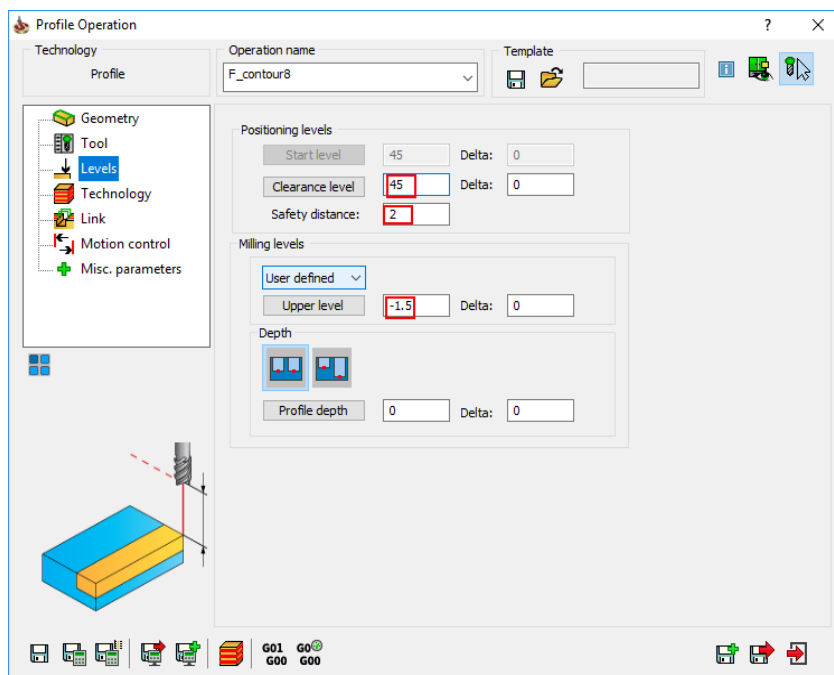
Слика 6.32. Избор (лево) и подешавање (десно) алата за профилну обраду

Режими обраде који се подешавају у картици **Data** су брзина кретања алата у XY равни, брзина кретања алата по Z–оси, број обртаја алата, смер обраћања. Укључивање СХП-а и координате где се врши измена алата се врши на идентичан начин као и код операције стругања.



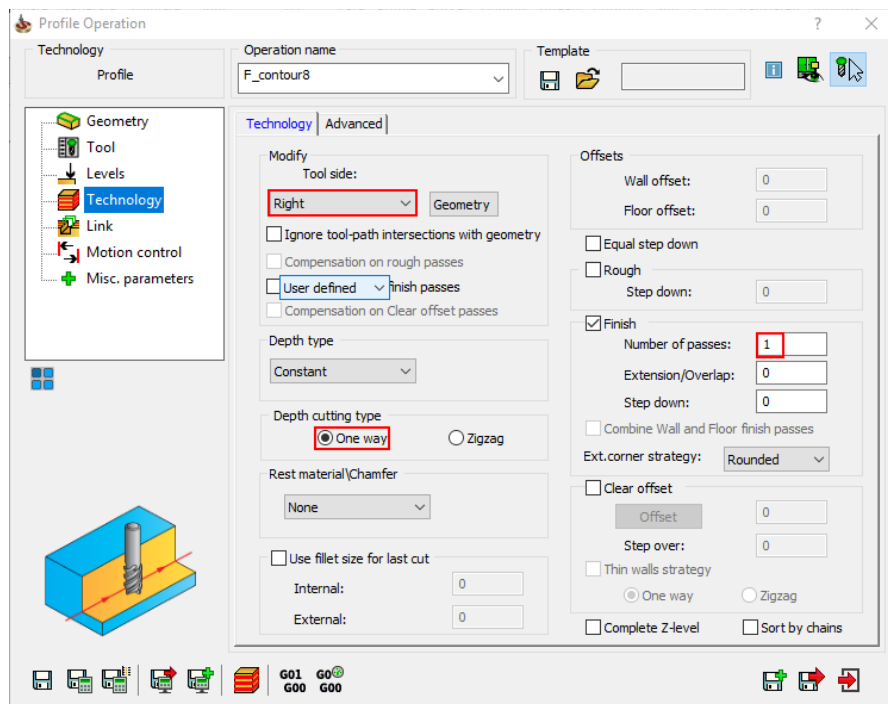
Слика 6.33. Подешавање режима обраде

У картици **Levels** се врши подешавање прилаза и укључивања алата. Опцијом **Clearance level** се дефинише прилаз брзим ходом до одређене удаљености у односу на предмет обраде по Z – оси, док се опцијом **Safety distance** дефинише на којој удаљености по Z – оси од предмета обраде треба да се укључи алат. Пошто је контурна линија која је селектована као водила алата а ивица алата се креће по линији потребно је поделити висину глодала равномерно, како би жлеб био равномерно равномерно распоређен у односу на равн која дели цев на два је-



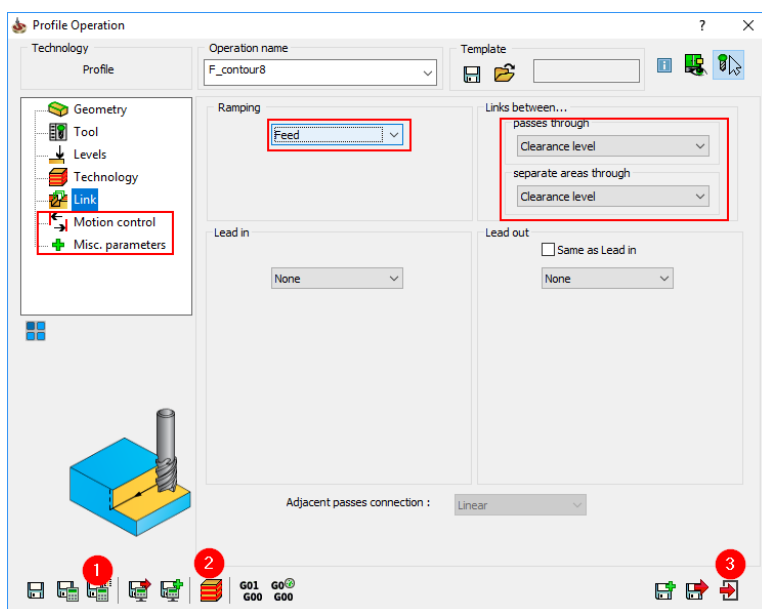
Слика 6.34. Подешавање прилаза алата

днака дела. То омогућава опција **Upper level** која помера ивицу алата у односу на означену водилу. Као и у претходном захвату у картици **Technology** врши се подешавање о начину израде жлеба и стратегији израде жлеба. Подешавања која се вше су страна глодала која врши обраду, начин обраде и број пролаза глодала риликом обраде (сл. 6.35.).



Слика 6.35. Подешавање технологије израде жлеба

Подешавања у картици **Link** обезбеђују улаз и излаз алата приликом обраде из зоне обраде. Пошто се ради о профилној обради потребно је да алат долази и одлази по вертикали. Вертикални прилаз и одлазак алат обезбеђују опција **Clearance level** из прозора **Link between**. У прозору **Ramping** се подешава начин приласка алата, опцијом **Feed** обезбеђује се праволинијски прилаз алата. У картицама **Motion control** се врши укључивање 4 осе уколико има потребе за тим док је картица **Misc. Parameters** објашњена у технолошкој операцији стругања.



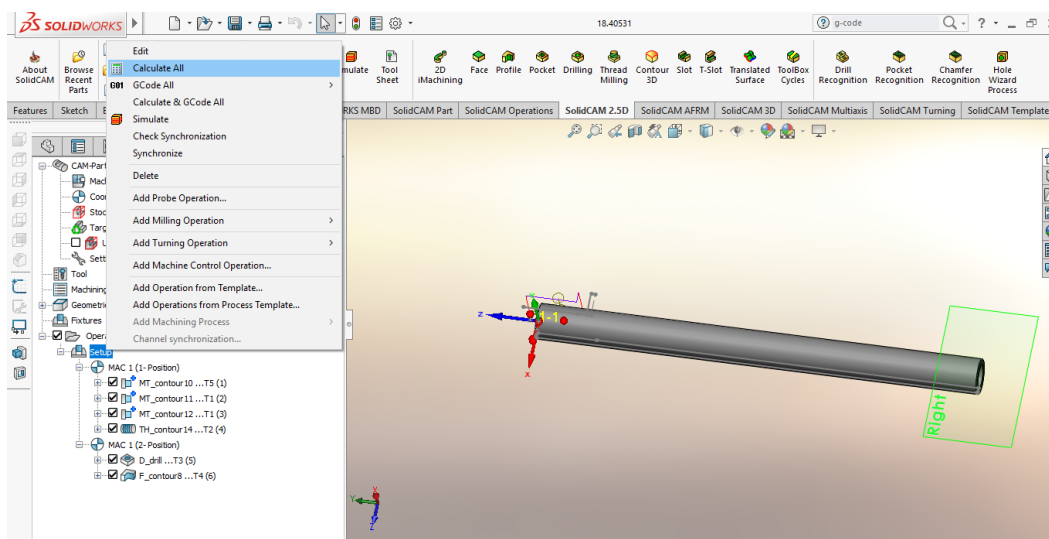
Слика 6.36. Подешавање безбедносних тачака

6.3. Генерисање Г-кода

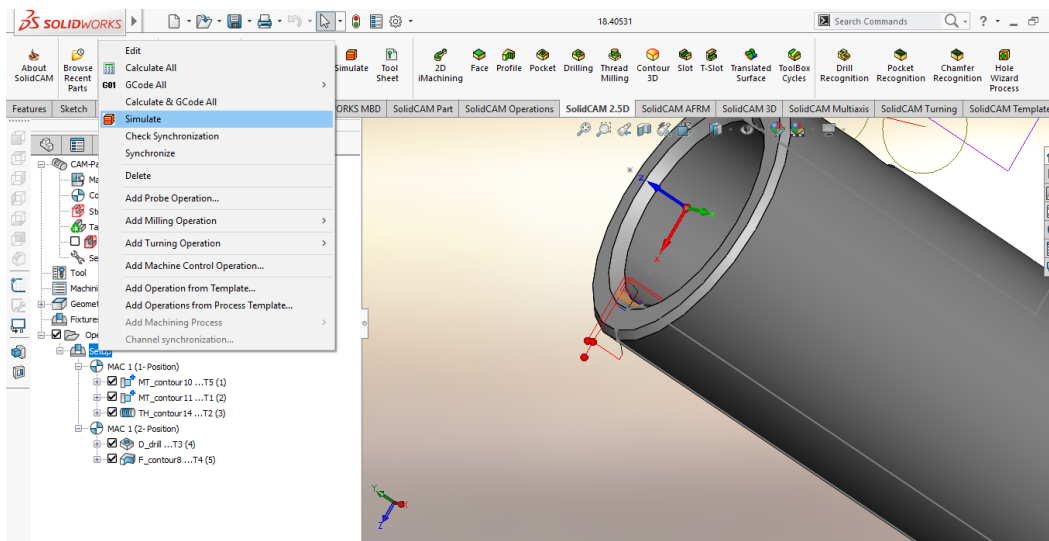
Генерисање Г-кода у SolidCAM-у 2017 се може извршити на два начина. Један од начина је генерисање кода свих технолошких операција у једној целини тј. један програм садржи све технолошке операције. Други начин је генерисање Г-кода појединачно тј. генерисање Г-кода за сваку технолошку операцију посебно. Када би се генерисао код на други начин, тада би се формирало пет програма, али пошто се ради о серијској производњи на рачун уштеде времена генерисање Г-кода се врши на први начин.

Генерисање се врши на начин десним кликом на **Setup** у конфигурационом стаблу:

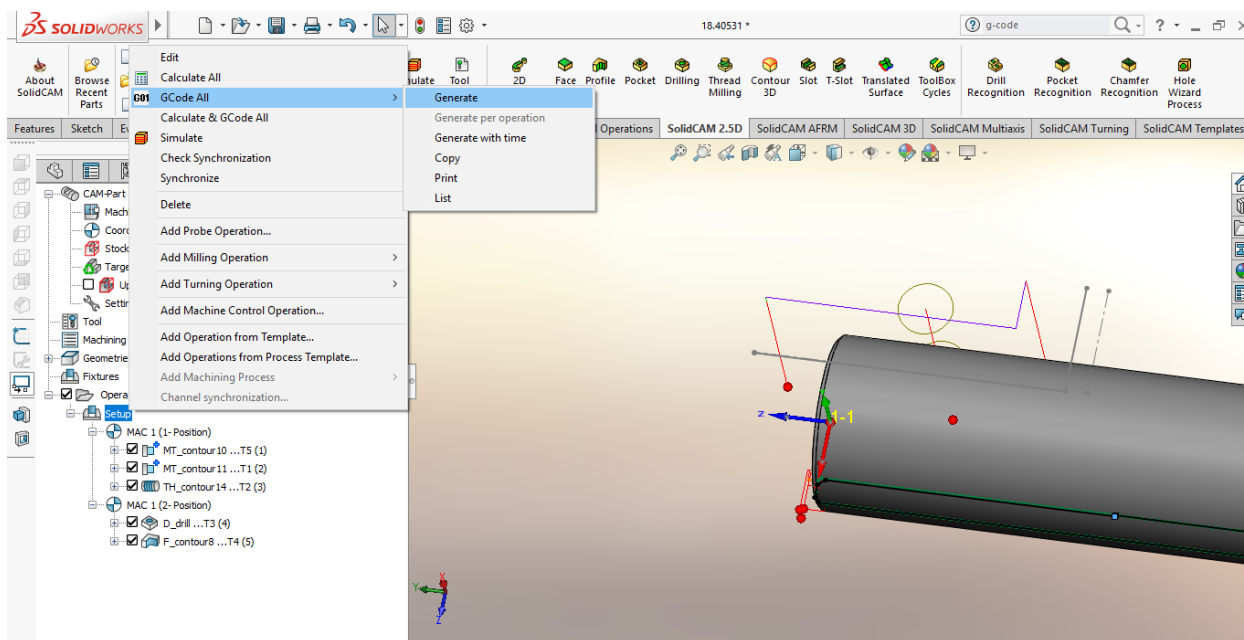
- потребно извршити прорачунавање операција опцијом **Calculate All** слика 6.37;
- затим је потребно је извршити симулацију свих операција заједно опцијом **Simulate** слика 6.38;
- генерисање Г-кода се врши опцијом **GCode All** → **Generate** слика 6.39.



Слика 6.37. Прорачунавање операција



Слика 6.38. Симулација свих операција



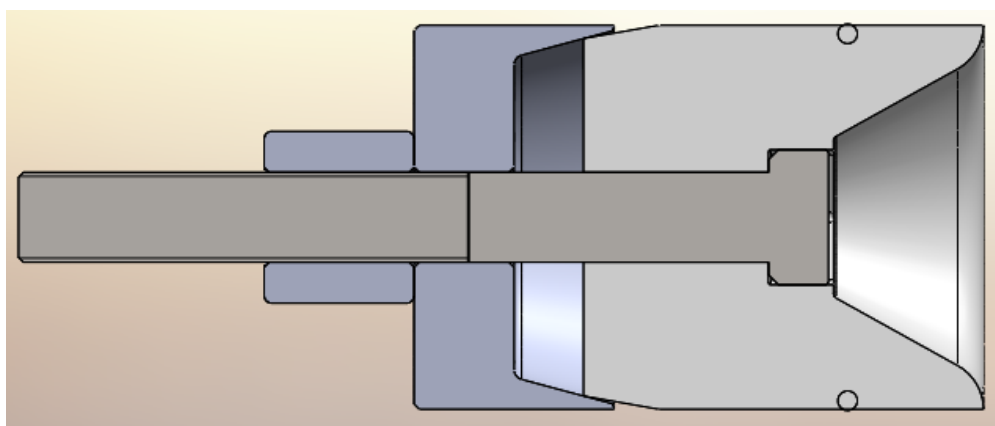
Слика 6.39. Генерисање Г-кода

Када се активира опција **Generate** отвара се прозор за задавање имена програма под којим ће се чувати генерисани Г-код, односно као излазни податак након генерисања је текстуални фајл. Добијени текстуални фајл је могуће обрађивати у свим програмима за обраду текста у колико има потребе за тим. Најчешће нема потребе за додатном обрадом у колико се поседује одговарајући постпроцесор за машину.

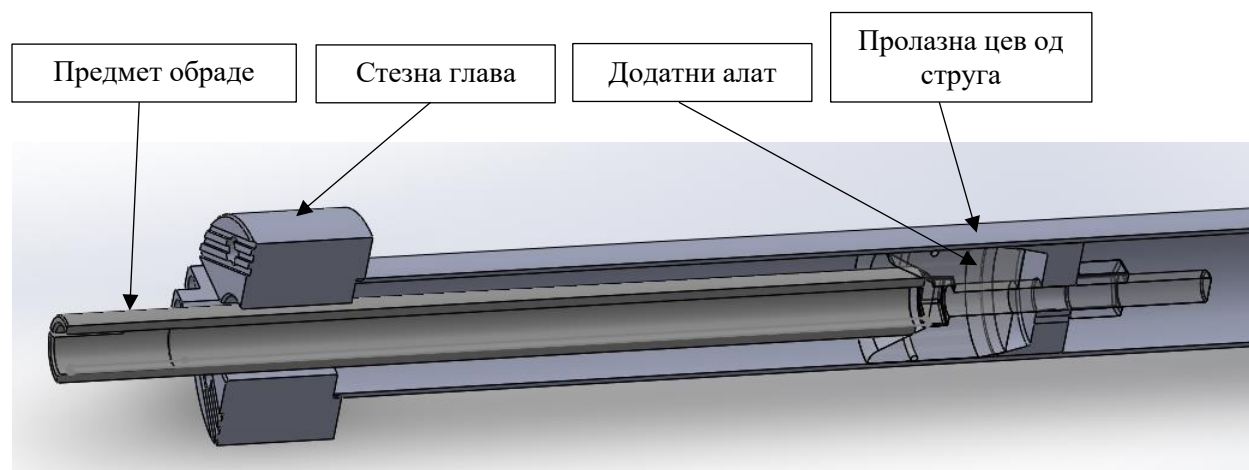
7. Додатни алат за позиционирање цеви приликом обраде

Позиционирање дужих цеви при обради CNC стругом задаје проблем јер долази до несаосности при великим брзинама. При великим брзинама окретања стезне главе долази до одступања саосности цеви са осом стезне главе због дужине препуста иза стезне главе. Одступањем од саосности може доћи до механичких оштећења делова струга и повећаних вибрација које могу утицати на тачност израде. Још један од проблема који се јавља је изливање СХП кроз цев која се обрађује у пролазну цев од CNC машине и кроз пролазну цев ван машине.

Идејно решење алата за позиционирање и центрирање цеви је реализовано у оквиру мастер рада и приказано је на слици 7.1. Приликом стезања уз помоћ овог алата се решава проблем несаосности цеви и стезне главе, а уједно ће служити и за позиционирање цеви. Ограниченим позиционирањем цеви обезбеђује се мање припремно време приликом измене радних комада. Дакле са израдом једног додатног алата смањује се време припреме а уједно се повећава тачност израде и спречава излазак емулзлије ван машине (на алату се налазе заптивна гумица), смањује могућност механичких кварова.



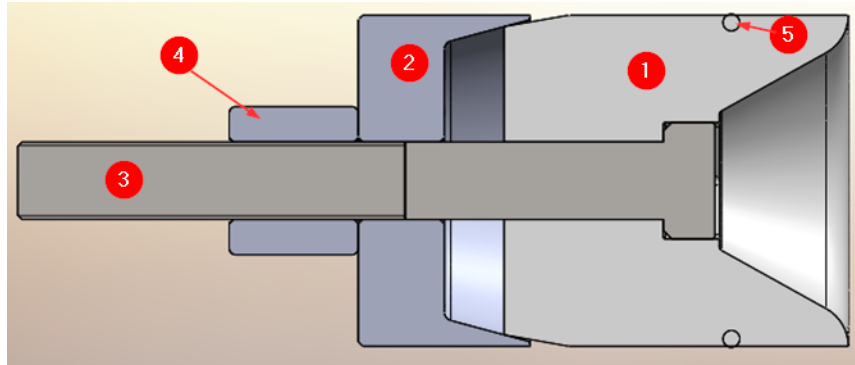
Слика 7.1. Изглед алата за позиционирање



Слика 7.2. Позиција алата у CNC машини

Алат се састоји из четири дела и то су:

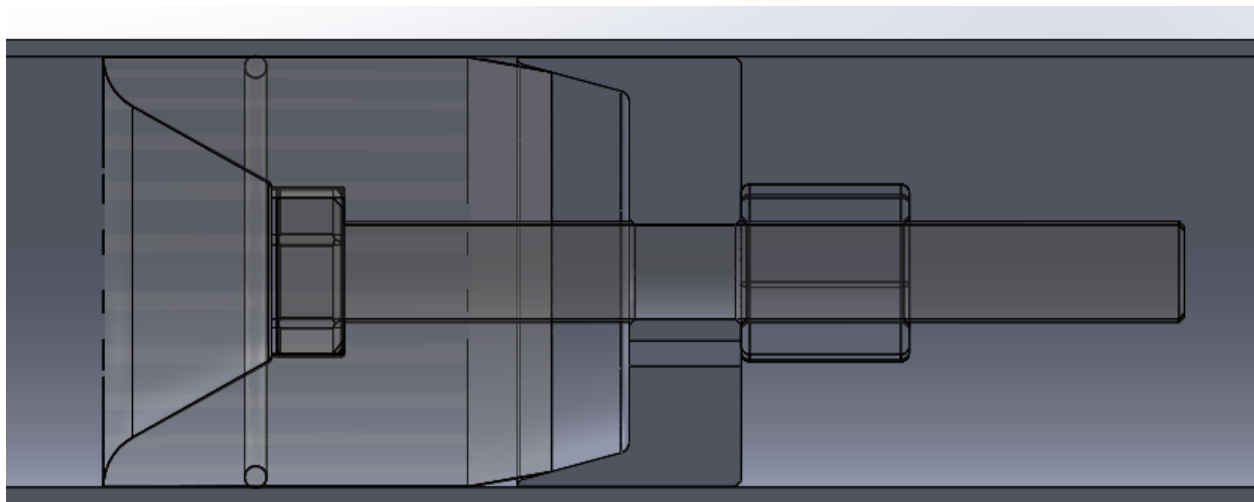
- део за позиционирање цеви (1);
- део за позиционирање самог алата (2);
- вијак (3);
- навртка (4);
- заптивна гумица (5).



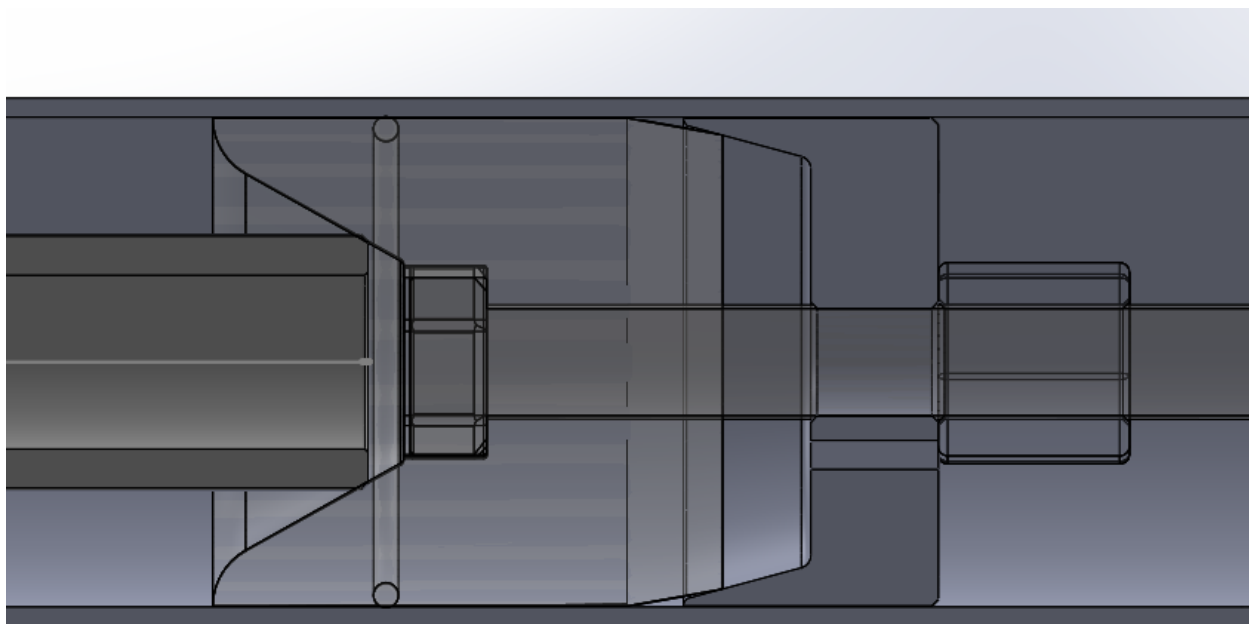
Слика 7.3. Алата за позиционирање

Алат функционише на следећи начин:

Алат се пре почетка обраде подешава у пролазној цеви на одговарајућу позицију. Фиксирање алата се обезбеђује уз помоћ навртке (4) и вијка (3). Завијењем навртке потискује се део 2 који се еластично деформише навлачењем на мали конус дела 1 (сл. 7.3.). Еластичним деформисањем дела 2 долази до чврстог налегања између пролазне цеви и дела 2 што се види на слици 7.4. Ослањање цеви приликом позиционирања и центрирања цеви се врши преко великог конуса дела 1 (сл. 7.5.). Конус обезбеђује да цев увек буде у оси са стезном главом. Гумица (5) спречава изливање СХП-а ван машине кроз пролазну цев на CNC машини.



Слика 7.4. Позиционирање алата



Слика 7.5. Позиционирање цеви у алату

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. CAD/CAM системи пружају широк избор различитих приступа у пројектовању производа и технологија. 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, а технолози употпуњују дефиницију производа у CAM модулима кроз поступке креирања технолошких модела. Све нас ово упућује на сарадњу односно тимски рад, који је кључан за све фазе развоја и израде производа. Примена софтверског пакета је убрзала и олакшала процес производње. Програмирање у CAD/CAM софтерским пакетима нам омогућава визуелни приказ готовог модела и затим чување добијеног формата и слање управљачкој машина са које се читава Г код. CAD/CAM нам омогућава и да симулирамо процес обраде и тако увидимо евентуалне грешке при моделирању.

У току процеса креирања модела потребно је водити рачуна о избору базне моделске форме, пошто је она неопходна за даљи ток моделирања, као и о њеној надоградњи и редоследу додавања других моделских форми. Како је свака моделска форма у вези са претходно креираним формама, између њих се успостављају везе којима се дефинишу њихови односи. Због потреба модификације модела, потребно је водити рачуна о међусобној зависности између формираних моделских форми како би се могао урадити виртуелни технолошки поступак који ће се искористити за израду технолошких цртежа.

У раду је представљена методологија примене CAD/CAM технологија у пројектовању технолошког процеса израде цеви споне. Детаљно је описан поступак моделирања предмета обраде и припремка. 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 предмета обраде у SolidCAM-у 2017. Такође, описан је поступак генерисања Г кода и технолошке документације. У оквиру процеса моделирања технолошког поступка обраде, акценат је усмерен на смањење главног и помоћног времена обраде, као и на економичност при избору алата. Програмирање CNC машина се изводи помоћу рачунара, а програм се преноси на управљачку јединицу преко дискета, оптичких дискова, USB меморија или путем рачунарских мрежа. Управљање CNC машинама врши се помоћу рачунара односно компјутеризованих управљачких јединица на самој машини. С обзиром да управљачка јединица садржи у себи рачунар, генерисани програми се могу меморисати, модификовати и дорађивати, а резултати таквих интервенција могу се одмах симулирати и проверити пре почетка производње. У оквиру овог рада је приказан и алат којим се решава проблем несаосности цеви која се обрађује и стезне главе. Израдом овог алата решава се и проблем дугог припремног времена наредног комада. Уједно, алат служи центрирање цеви и позиционирање, тј. као граничник докле треба цев да се убаци у стезну главу струга. Дакле, улога овог алата је вишеструка, решени су следећи проблеми: несаосности цеви са стезном главом, смањено је припремно време измене радних комада а уједно је и повећана тачност израде цеви смањењем вибрација које је производила несаосност цеви при великим брзинама обртања стезне главе, као и изливање СХП приликом обраде цеви.

9. Литература

- [1] Богдан Недић, CNC обрадни системи, скрипта, Факултет инжењерских наука, Крагујевац
- [2] <http://www.fad.rs/> приступљено 28.04.2018. год.
- [3] <http://mf.unibl.org/upload/documents/Dokumenti/Predmeti/Obradni%20sistemi%20za%20obradu%20rezanjem/Sredanovic%20PREZENTACIJE%20SA%20VJEZBI%20IZ%20OBRADNIH%20SISTEMA%20ZA%20OBRADU%20REZANJEM.pdf> приступљено: 15.05.2018.
- [4] <http://www.colonialtool.com/spindle-design/>, приступљено: 15.05.2018.
- [5] http://www.doosanmachinetools.com/en/product/detail.do?CATEGORY_ID=mten010200PRODUCT_ID=mtenp0120 приступљено: 24.05.2018.
- [6] <http://blog.hurco.com/blog/bid/281989/An-Introduction-to-Mill-Turn-Technology>, приступљено: 22.01.2018.
- [7] <https://kr.dmgmori.com/blob/166046/3b6fed7a5ae400b8d5cdbce2fd52d6d6/pt0uk15-nl-pdf-data.pdf>, приступљено: 22.05.2018.
- [8] Стефан Лазаревић, Симулација обраде стругањем у PLM систему CATIA - NC код за обраду ротационих делова, Завршни рад, Факултет инжењерских наука, Крагујевац 2016. год.
- [9] Градимир Чучковић, SolidWorks и SolidCAM основе, 2017.год
- [10] Sham Tickoo, SolidWorks за машинске инжењере, Calumet, SAD, 2016.год.
- [11] Лазић, М., Недић, Б., Митровић, С. , Технологија обраде метала резањем, избор режима обраде, Машински факултет, Крагујевац, 2002.