

Уводно разматрање

Модерни обрадни системи и индустријски роботи представљају флексибилне машинске производне системе, који користе рачунаре као интегрални део сопственог система управљања.

До достизања данашњег нивоа флексибилне аутоматизације прошло се кроз низ фаза, попут:

- конструкције једноставних производних машина и механизма - у XVIII веку, током индустријске револуције,
- конструкције трансфер-линија и механизма са крутом механизацијом намењених масовној производњи - који су се појавили почетком XX века.
- израде машина за копирање код којих се копирни шиљак кретао по шаблону и симултано преносио управљачки сигнал на сервопокретач, и израде машина са једноставним аутоматским управљањем (као што су машине са програмском плочом за извођење операција фиксног редоследа),
- увођења нумеричког управљања (NC – Numerical control) 50-их година XX века, које је базирано на принципима рада дигиталног рачунара - на бинарној логици,
- конструкције првог индустријског робота - који је настао половином XX века, али није нашао широку примену све до краја истог века,
- увођења рачунарског нумеричког управљања (CNC – Computer Numerical Control) које се појавило 70-их година прошлог века,
- развоја рачунара почетком 70-их година XX века, који је омогућио увођење CAD/CAM концепта савремене CNC машинске производње (CAD – Computer Aided Design; CAM – Computer Aided Manufacturing),
- пуштања у рад првих аутоматизованих фабрика - 80-их година XX века. Предности NC и CNC обрадних система су:
 - потпуна флексибилност - због могућности остваривања сложеног кретања извршних органа машине, NC и CNC машине остварују могућност израде делова комплексне геометрије и прост начин архивирања технолошких података, као и могућност реализације
 - краће време израде,
 - могућност обраде делова сложене геометрије,
 - краће време потребно за подешавање машине,
 - смањење потребе за висококвалификованим оператером и сл.

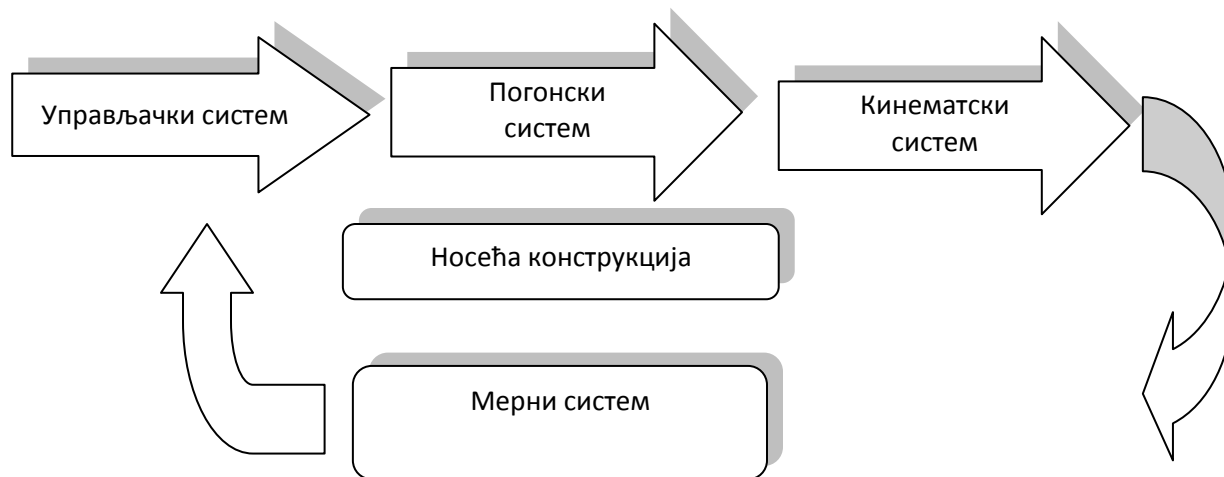
Главни недостаци NC и CNC обрадних система су:

- релативно висока цена, и комплексније одржавање,
- потреба за висококвалификованим технологом и сл.

Основни део сваког NC и CNC обрадног система чине:

- машина алатка (кинематски, преносно - претварачки систем),
- погонски систем (електромотори - извори снаге и обртног момента),
- управљачки систем (код савремених CNC машина управљачки систем је софтверског типа - састоји се из раћунара, програма за управљање и додатне електронске опреме потребне за спровођење управљачког сигнала, а код
- мерни систем (систем објеката са заједничким задатком обезбеђивања повратне информације управљачкој јединици о пређеном путу извршног органа машине - овај систем не поседују све NC и CNC машине алатке). управљачкој јединици о пређеном путу извршног органа машине - овај систем не поседују.

Приказ основних структурних елемената NC и CNC машина алатки дат је на слици 1.1. Са ове слике се могу видети релације, које повезују поменуте структурне елементе.



Слика 1.1 Структура NC и CNC машина алатки

Управљачка јединица учитава и декодира програм дела, доставља наредбе управљачким петљама за кретање по осама машине и за управљање помоћним операцијама на машини.

Кретањем се на NC и CNC машинама управља помоћу управљачког система - управљачке јединице и електронског система за спровођење сигнала. Другим речима, управљачки систем представља скуп међусобно повезаних подсистема, који изводе задатке

оператера конвенционалних машина алатки. Управљачки систем има способност да анализира податке добијене од мерног система, доноси логичке одлуке, комуницира и покреће механичке уредаје и складишти информације у неком од облика трајних меморија.

Код NC и CNC машина алатки најчешће су све осе кретања опремљене погонском јединицом, која може бити електромотор једносмерне струје, хидраулични или електрокорачни мотор. Избор погонске јединице углавном зависи од снаге машине и захтеване тачности.

Израду програма за NC и CNC машину изводи програмер - технолог. Програмер мора познавати принципе функционисања машине алатке, геометрију и карактеристике материјала алата, принципе пројектовања стезних прибора и друге законитости технологије машинске обраде.

Програмер-технолог исписује програм за израду дела (поп. NC код) на носачу информација (бушена трака, магнетни диск и сл.). NC код чине блокови информација. Сваки блок садржи алфанумеричке податке, неопходне за извршење захвата (пролаза, или помоћне функције) на радном комаду. Управљачка јединица учитава нови блок сваки пут када се заврши кретање алата, или одради извођење помоћне функције. Блок садржи у кодираном облику све неопходне информације за извршење захвата, попут дужине обраде, брзине резања, итд.

Информације о димензијама (дужини, ширини, полупречницима заобљења, пречницима кругова и сл.) и облику контуре (која се може састојати од правих и кривих линија) узимају се са радионичког цртежа. Димензије се дају одвојено за сваку осу кретања (X, Y, Z). Брзина резања, корак и помоћне функције (укључивање или искључивање средства за хладење и подмазивање, смер обртања главног вретена, стезање итд.) програмирају се зависно од захтеваног квалитета површине, захтеваних толеранција и на основу утицаја осталих параметара обраде и параметара захтеваних конструкцијском документацијом.

У одељку *1. Моделирање*, описана је суштинска разлика пројектовања и израде модела између ручног и савременог компјутерски подржаног моделирања. Описане су поделе, примене, предности и недостаци CAD/CAM моделирања.

У делу *2. Процесирање*, детаљно је описана примена CAD/CAM система у сврси припреме и програмирања подржаних са NC и CNC управљачким јединицама. Као и сама израда 3D модела у софтверском пакету CATIA.

3.0 Simulacija је детаљно описана у виду симулације самог дела који је претходно урађен. Као и генерисање NC кода потребног за израду стварног готовог дела на машини.

1. Моделирање

1.1 Модел и моделирање

Код савремених начина пројектовања помоћу рачунара полази се од дводимензионалне пројекције тродимензионалног облика производа који се *моделира*. У даљем поступку стварања *модела* додају се преостали геометријско-технолошки додаци потребни за формирање крајње форме производа. Савремени системи за аутоматизацију пројектовања производа и процеса програмски пакети поседују посебне модуле за *скицирање* основних идеја конструктора, с тим што се током рада могу лако мењати и дорађивати, што додатно повећава комфорност и природност при раду. То значи да конструктор није од самог почетка оптерећен димензијама (котама) производа, већ стварањем његовог облика, а тек након тога уводи димензиона и остала функционална ограничења која одликују дати производ.

Овака поступак суштински мења приступ пројектовању кроз[1]:

- Олакшавање извођења (спровођења) активности везаних за стварање модела производа
- Већу флексибилност у раду
- Подизање нивоа креативности
- Подизање нивоа ефективности
- Смањење трошкова развоја производа
- Већу природност при раду
- Примену кључних принципа модерног инжењерства

Дакле, суштина приступа и поступка развоја производа и процеса помоћу рачунара огледа се у стварању модела. У различитим фазама развоја модел има различито специфично значење. Оно је повезано са карактеристикама и потребама активности које се спроводе у циљу стварања готовог производа. У контексту рачунарског пројектовања производа и процеса може се навести следећа дефиниција модела[1]:

Модел је *рачунарска представа реалног производа или процеса*

Ова дефиниција је општег карактера и има за циљ да укаже како на нематеријалну страну модела, тако и на настојање постизања што реалније представе производа или процеса. Тиме се истичу претпоставке везане за увођење система концепата модерног инжењеринга и испуњење свих захтева корисника, у смислу брзе ефикасне реализације пројектата.

Са друге стране, свака фаза развоја производа и процеса има своје специфичности које на посебан начин истичу особине модела који током њих настаје. Основни модел који се користи током свих фаза развоја производа и процеса а и шире, током читавог циклуса производа је *геометријски модел*[1]:

Геометријски модел је рачунарска представа геометријских, димензионих и тополошких карактеристика производа.

Стварањем геометријског модела обезбеђују се услови за низ анализа и провера. Њима се симулирају експлоатационе карактеристике производа, кроз унос реалних ограничења. Тиме се отклањају могућности превиђења недовољно добрих решења, односно постиже се формирање оптималне конструкције, уз задовољење захтева сигурности коришћења производа у реалним условима. Такав модел, настао на основу геометријског модела, назива се *инжењерски модел*[1]:

Инжењерски модел је рачунарска представа кинематских, структурних, термичких и функционалних карактеристика производа.

За симулацију и проверу читаве производње неопходан нам је производни модел који садржи све потребне карактеристике за управљање производном опремом и процесима[1]:

Производни модел је рачунарска представа производних и управљачких карактеристика поступака производње производа.

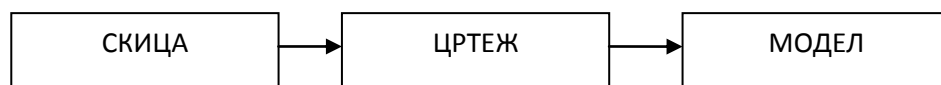
Да би се модел производа настао и/или процес неопходно је испоштовати одговарајуће поступке и процедуре. Они су усмерени ка дефинисању, општих, и специфичних карактеристика модела у појединим фазама развоја. Читав такав процес назива се моделирање и може се дефинисати као[1]:

Моделирање је процес стварања модела кроз дефинисање његових геометријских, димензионих, тополошких, инжењерских, технолошких и производних карактеристика.

1.2 Цртање и моделирање

CAD системи који омогућавају запреминско моделирање разликују се од система за цртање. Код цртања конструктор од самог почетка стварања конструкције је усредсређен на поштовање исправности димензија, при том, он нема потпун увид у њену просторну представу. Можемо рећи да је конструктор оптерећен линијама и котама, што доводи до губитка понекад и производних, технолошких, естетских и других ограничења. У оваквом приступу конструкција се моделира на основу цртежа, односно модел реалног објекта се изводи из цртежа.

Основна карактеристика класичног поступка развоја конструкција – без обзира да ли се тај поступак изводи ручно или уз помоћ одговарајућег CAD пакета – кроз стварање техничких цртежа склопа и свих саставних елемената, садржана је у детаљној и прецизној разради сваког елемента и конструкције у целини, готово од самог почетка, односно рађања идеје.



Слика 1.1 Развој модела од почетне до крајње фазе

Технички цртежи, јасно садрже и низ других информација и података о производу, као што су начин и квалитет обраде (израде), материјал од кога је направљен, итд. и чине тзв. техничко-технолошке карактеристике производа.

Све ово говори да је овако формиран модел производа дводимензионалне природе. Кориснику се, због тога не пружа могућност лаког и брзог разумевања стварног (просторног, тродимензионалног 3D) изгледа производа, нарочито ако се ради о недовољно технички образованој особи. То тим пре што технички цртежи садрже и помоћне линије (котне линије, шрафуре, линије пресека и сл.), ознаке и друге техничке елементе који додатно отежавају разумевање просторног изгледа производа. Технички цртежи, наравно, не искључују примену изометријских погледа, али се они у пракси веома ретко користе. Зато се јаснија представа о просторном изгледу производа стиче тек након његове израде.

Појавом модерних приступа пројектовању производа у CAD програмским пакетима, заснованих на примени концепата и методологија просторног моделирања, наведени проблеми и недостаци су отклоњени. Полазећи од скица, које се такође формирају помоћу рачунара, најпре се генеришу основни просторни геометријски облици, чијом се касније манипулацијом ствара коначни 3D облик производа. Дакле, за разлику од цртања, моделирање се заснива на формирању, стварању коначног облика конструкције од тзв. „чврстих запремина материјала“.

У поступку моделирања геометријски модел представља основу за даљу примену, употребу и манипулације. Сам геометријски модел настаје од елементарних геометријских тела и ентитета, односно од тзв. геометријских форми. Заправо, геометријске форме формирају појединачне делове конструкције, тј. машинске елементе. Њиховим спајањем у мање целине – подсклопове или у целе производе, склопове – настаје коначни облик конструкције. Тако креиран модел назива се *виртуелни* или *дигитални производ*.

Треба приметити да, за разлику од традиционалног приступа, у савременом приступу пројектовања израда класичне техничке и производне документације није неопходна. Она се може, али и не мора, генерисати на основу развијеног модела производа. На пример, у случају интензивне примене машина алатки и директног или дистрибуираног начина управљања производним процесима, класичан технички цртеж није потребан. Поред тога, данас је далеко сврсисходније и ефикасније користити предности Интернет технологија и тзв. електронске документације, за све врсте инжењерског комуницирања између различитих развојних тимова. Треба напоменути да технички цртежи, генерисани на овај начин, поред неопходних пројекција, погледа, пресека, детаља и других карактеристика, садржи најчешће и просторни (изометријски или триметријски) приказ конструкције. Тиме се олакшава „читање“ цртежа, а кориснику пружа јаснију представу о производу.

1.3 Методе моделирања

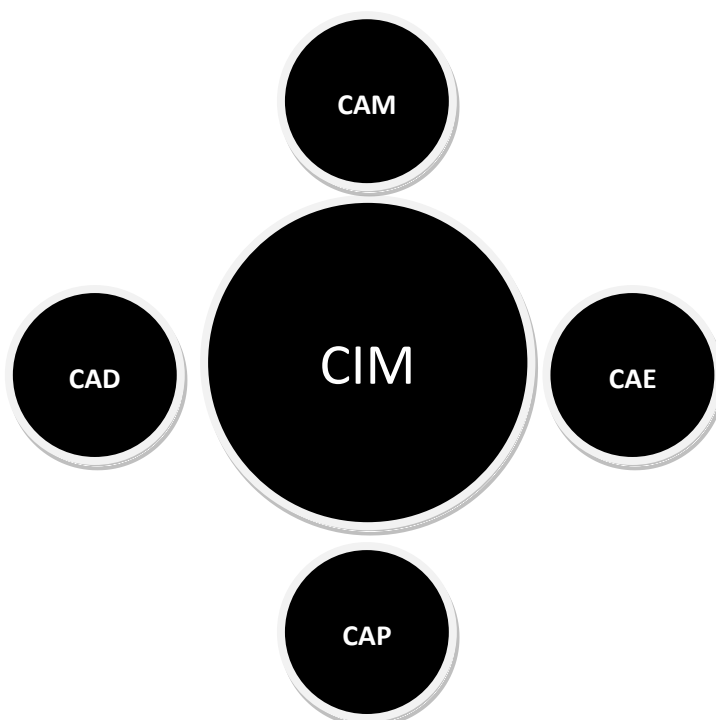
Треба истаћи да се техником моделних материјала не може изучавати утицај генерисања и трансфера топлоте у процесима топле запреминске обраде. За такве анализе најчешће се примењује нумеричко моделирање применом неког од комерцијалних програма

Све наведене методе имају своје предности и недостатке у погледу примене у решавању проблема.

Временом су се неке од њих стопиле у нове, хибридне методе, пружајући истраживачу и кориснику жељене податке о обради и оптимална решења у пројектовању процеса и алата. Тако је настао и нови приступ у пројектовању процеса и алата - физичко и нумеричко моделирање.

Велики напредак последњих година у развоју и примени тзв. "нових Ц - технологија" подржаних рачунарским системима условио је аутоматизацију пројектовања процеса.

У целом систему индустријске производње уводи се читав низ стратегија коришћења рачунара у скоро свим фазама производње (CAD, CAM, CAP, CAE). Комуникација и размена информација из свих ових елемената CIM-система остварује интегрисани систем производње уз рачунарску контролу информација.



Слика 1.2 Подела CIM система[3]

Предности оваквог начина пројектовања процеса алата се огледају у следећем[3]:

- Оваква техника је јефтинија од традиционалног пројектовања "Trial and error" на производној опреми и алатима;
- Модификације на моделима алата су јефтиније и захтевају мање времена од измена на производним алатима;

- Моделирање и симулација обезбеђује мноштво информација о процесу:
 - ✓ деформациона сила,
 - ✓ течење материјала у различитим фазама процеса,
 - ✓ евентуални дефекти,
 - ✓ промене микроструктуре ...
- Неопходне информације се знатно брже добијају, него бројним покушајима на производној опреми.

Циљеви физичког моделирања и нумеричке симулације:

- Одређивање деформационо-напонско-температурних поља у делу и алату
- Смањење неуспелих покушаја у производњи
- Смањење главног времена израде
- Смањење шкарта, побољшањем течења материјала

1.4 Моделске форме

Модел се ствара помоћу моделских форми. Моделске форме се моделу додају кроз низ операција. Неке моделске операције моделу додају, а неке одузимају материјал, док неке моделу додају неку специфичну карактеристику. Слично важи и за елементе и карактеристике инжењерских, технолошких и производних модела, па се може навести следећа дефиниција[1]:

Моделска 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.

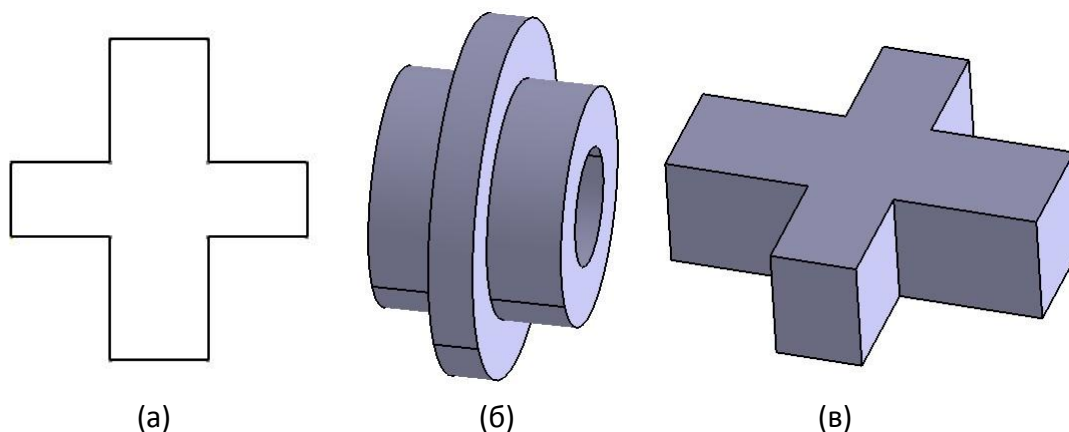
У зависности од врсте модела на који се моделска форма директно односи разликују се следеће основне врсте моделских форми[1]:

- Геометријске моделске форме
- Инжењерске моделске форме
- Технолошке моделске форме
- Производне моделске форме
- Моделске форме знања

Да би се створила моделска форма, ма ког облика, неопходно је претходно креирати скицу њене раванске пројекције. Раванске скице су основа за свако моделирање у простору. Могу се користити за дефинисање профила од којих се праве модели или као референце за друге геометријске информације. Скице се креирају у равни поступком који се назива скицирање. Током формирања скице могу се увести разне врсте ограничења и зависности у којима се иста у потпуности дефинише[1]:

Скица је равански (2D) објекат који представља профил, тј. раванску пројекцију, основног (базног) облика моделске форме, или референтна линија којом је дефинисано правило генерисања моделске форме.

Помоћу једне скице може се добити више моделских форми, како је то илустровано на слици 1.4



Слика 1.4 Моделске форме настале од једне скице: (а) скица, (б) моделска форма добијена ротацијом, (в) моделска форма добијена извлачењем

За дефинисање геометријских моделских форми није увек потребна скица. На пример, кружни отвори, заобљене и оборене ивице, ливачки и ковачки нагиби и сличне моделске форме настају једноставним везивањем на већ формираним моделским формама, уз задавање (додатних) димензионих ограничења (нпр. Величине полупречника заобљења).

Формирање осталих места моделских форми не захтева скицирање, већ дефинисање скупа параметара који их одликују.

Може се закључити да формирање модела производа и процеса применом моделских форми пружа висок ниво флексибилности током моделирања, што може утицати на смањење времена потребног за израду модела.

2. Процесирање

2.1 CAD/CAM програмирање

Тежња да се процес пројектовања делова CAD интегрише са програмирањем обрадних процеса као субјекта CAM, довела је до развоја система чији програмски пакети омогућавају интеграцију процеса пројектовања CAD и програмирања обрадних процеса CAM, до CAD/CAM програмирања. Суштина CAD/CAM програмирања се састоји у томе да се при процесу програмирања интерактивно користе подаци развијени у CAD систему.

Да би то било остварено потребно је извршити повезивање CAD система са неким од система за програмирање обрадних процеса који садржи унутрашњу рачунарску употребу података о радном предмету као подлогу програмирања. У том случају, геометријски и технолошки подаци потребни за програмирање не креирају се у оквиру програмског система (језика) већ се преузимају из CAD система и програмског система.

За програмирање обрадног процеса и израду оперативног програма за обраду неког дела на CNC машини, уз коришћење интерне базе CAD података о геометрији обратка, потребно је:

- Преузимање CAD података о радном предмету
- Планирање обрадног процеса
- Програмирање обраде (испис програма)
- Симулација обрадног процеса

То представљају стандардне процедуре програмирања обрадних процеса уз преузимање података из CAD система. Потребно је повезивањем CAD и програмских система обезбедити следеће функције:

- Прихватање и употреба CAD података о радном предмету који садрже:
- Основне податке
- Геометријске информације
- Технолошке елементе

Интерактивну припрему геометријских и технолошких информација за процес програмирања кроз:

- Геометријску презентацију контуре обратка
- Модификацију геометријских елемената контуре
- Дефинисање упоришних тачака контуре
- Редослед интервенисања алата при обради и слично

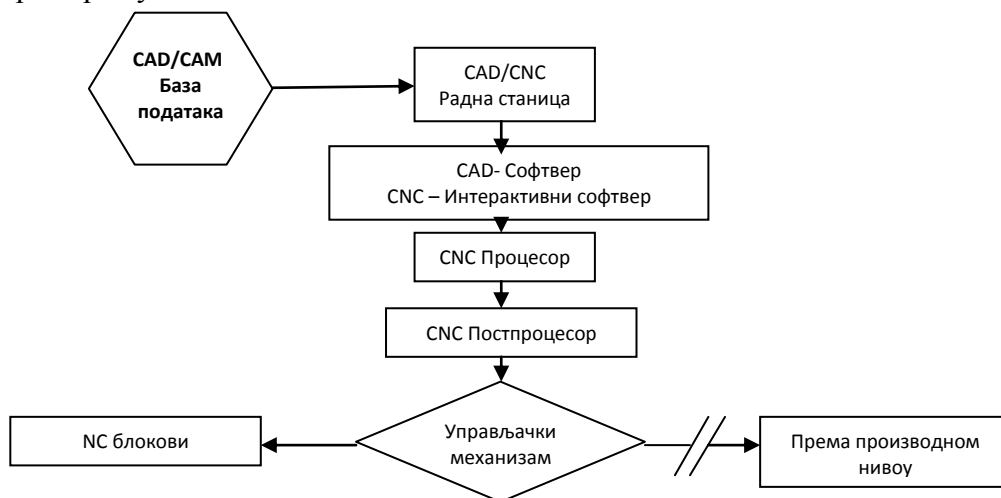
Интерактивно програмирање обрадног процеса, обухватајући[1]:

- Одређени поступак обраде
- Генерисање путање алата
- Дефинисање алата
- Дефинисање параметара обраде
- Дефинисање начина и броја стезања
- Симулацију обрадног процеса

2.2 Генерисање инструкција интерактивним CAD/CAM програмирањем

У CAD делу оперативног система, креирани су и меморисани сви подаци и информације о конструисању обратка. Тако креирани и похрањени подаци у бази података могу се позвати и користити при програмирању уз употребу додатног софтвера за програмирање.

При томе, могућа су два приступа интерактивном програмирању обрадних процеса. У првом приступу, програмирање се одвија у CAD графичкој радној станици при чему је CAD систем проширен додатним програмским софтвером. У другом приступу специјализоване CNC програмске радне станице користе конструктивне податке CAD/CAM базе података при програмирању.



Слика 2.1 Ток информација при интерактивном програмирању[2]

Према току информација, све програмске активности одвијају се на CAD/CNC радним станицама. Са радних станица програмер добија потребну информацију из CAD/CAM базе података која се приказује на екрану. Поноћу уређаја за комуницирање (оловка, миш и слично), програмер описује елементе геометрије контуре и путање алата. CNC софтвер врши све потребне прорачуне за дефинисање путање алата која се приказује на графичком екрану.

При програмирању обрада информација врши се у NC процесору, а постпроцесор врши прилагођавање тако обрађених информација одређеном типу управљачког система CNC машине. Те информације се похрањују у базу података CAD/CAM система и могу се по потреби користити. Резултат интеграције CAD и система за програмирање обрадних процеса, обезбеђена је

економичнија производња делова на компјутерски управљаним машинама јер је обједињен процес пројектовања производа и програмирање обраде.

До сада је развијено више система за интегрално пројектовање производа помоћу рачунара и програмирање обрадних процеса. То су системи фирми које развијају информационе технологије и њихову примену у индустрији.

Продором компанија на тржишту CAD/CAM система, омогућен је напуштање секвенцијалног приступа дизајна заснован на другој генерацији CAD/CAM система и преласку на нове алате који омогућавају промену дизајна у било којој фази развојног процеса. Они представљају системе треће генерације који омогућавају преклапање и паралелност тимског рада у процесу дизајна производа и технологија као редизајна. CAD/CAM системи треће генерације поседују уграђене интелигентне елементе за аутоматско моделирање и дизајнирање са минималним интервенцијама корисника.

2.3 Управљачка јединица СИНУМЕРИК

Управљачка јединица Siemens 840D омогућава управљање до 31 осе или вретена са 10 канала. Заснована је на PC платформи, за до 31 осу/вретено и применљива је за све технологије. Нова PCU (Персонал Компутер Унит) постоји како у варијанти без хард диска (PCU 20), тако и у варијанти са хард диском (PCU 50) и садржи у интегралној форми разне могућности комуникације. Оперативни систем је Windows NT. Управљачка јединица Siemens 840c је предвиђена за решавање сложенијих управљачких задатака који укључују управљање дигиталним и аналогним погонима. То подразумева контролу до 30 оса и 6 вретена, различите врсте интерполација (укључујући и криволинијску интерполацију) и могућности управљана високобрзинским обрадама (предвиђена је контрола вретена од 0,1 до 99000 о/мин).

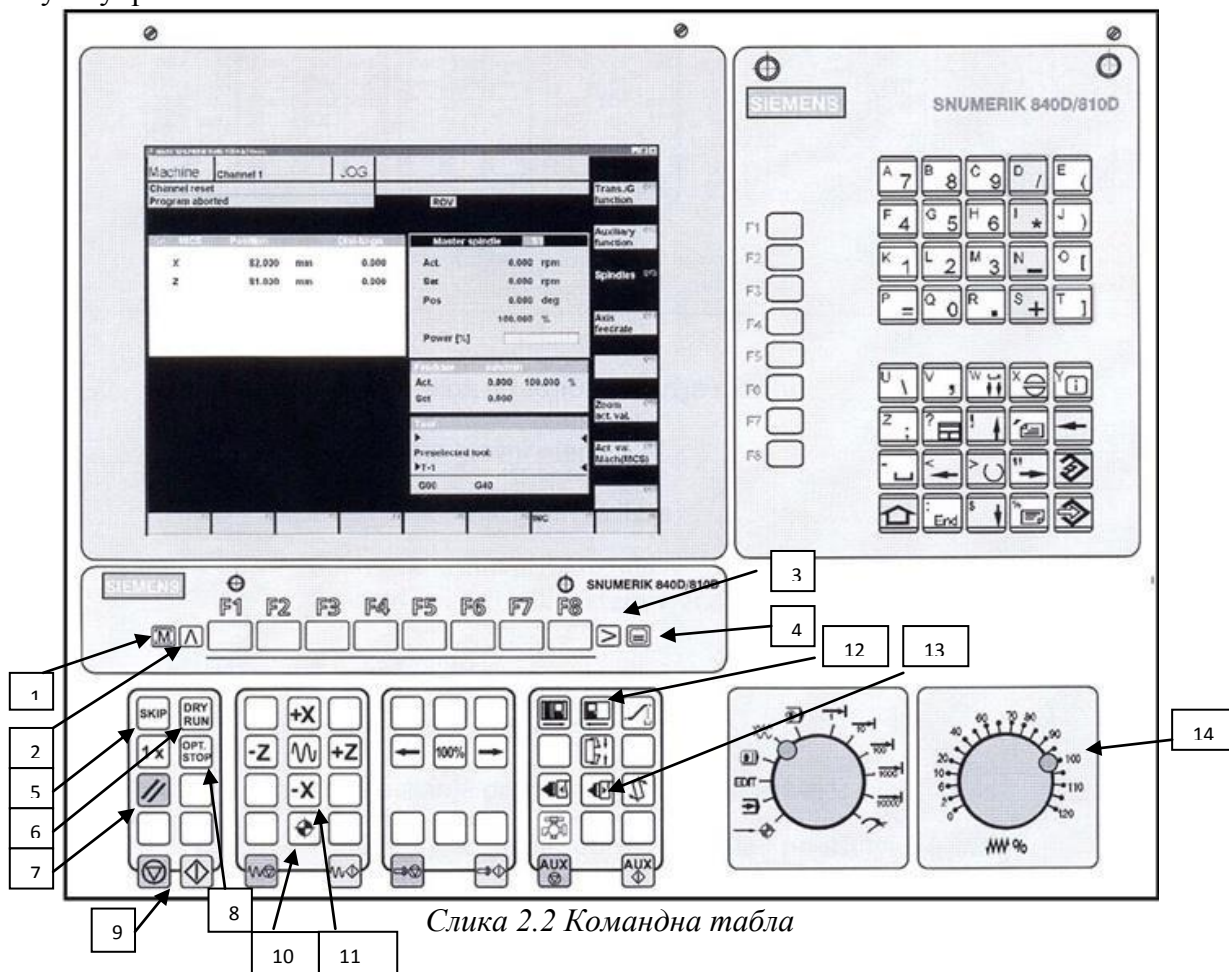
Управљачки системи новије генерације се у комбинацији са новим моделима серво мотора (Simodrive) могу користити за градњу машина алатки које по данашњим критеријумима имају екстремне карактеристике. То подразумева, у теоријском смислу, брзине обраде до 300 m/мин, убрзања до 45 Г и сл. Примена управљачких система Синумерик омогућава кориснику коришћење читавог низа напредних функција од којих су неке укључене у основну конфигурацију система, а неке су дате опционо. Ту спадају:

- 2Д спирална интерполација
- Програмабилно убрзање
- Надзор процеса обраде
- Надзор алата
- Компензација грешке по квадрантима
- Контрола 10 канала и 31 управљану осу / вретена (опционо)
- spline интерполација (опционо)
- компензација дужине алата (опционо)

Код овог произвођача се може приметити присуство већег броја софтверских додатака за саме управљачке јединице, који су уобичајени у конвенционалним PC рачунарима, али се у управљачким системима први пут појављују.

2.4 Контролна табла и тастатура СИНУМЕРИК управљачке јединице

Свака CNC машина се управља помоћу засебног софтвера и управљачке јединице. Софтвер WinNC Sinumerik 840D Turn као и управљачка јединица (тастатура) чине једну јединствену целину потребну за управљање машином.



Слика 2.2 Командна табла

Тастатура служи за уношење као и за уређивање програма. Састоји се од слова, бројева, симбола и тастера за разне функције у вези са обрадом предмета. Тастатура за управљање налази се у доњем делу контролне тастатуре и састоји се из више подгрупа управљачких функција. Опис тастера:

1. Директан скок у главни мени машине
2. Повратак у виши ниво машине
3. Приказ преосталих опција актуелног менија
4. Тастер за промену избора менија
5. Укључивањем ове опције, реченице које садрже косу црту (/) биће прескочене
6. Користи се за тестирање програма у радном простору без обраде материјала
7. РЕСЕТ – овом опцијом се празни меморија управљачке јединице
8. Наиласком на функцију M1(условни стоп програма), управљачка јединица стаје са реализацијом програма
9. Тастери за стартовање и заустављање програма
10. Тастер којим се иницира мерни систем машине (нулта тачка машине)
11. Тастери за померање носача алата (у ручном начину рада)
12. Тастери за отварање и затварање заштитних врата машине

13. Тастери за померање коњића у положај за стезање и отпуштање комада
14. Селектор начина рада са машином (лево) и регулатор брзине помоћног кретања (десно)

CNC струг TCN 410 – 1250

Ово је двоосна нумерички управљана машина са главним обртним кретањем које врши стезна глава са обратком стегнутим у њој и два помоћна кретања која врши алат постављен у револверској глави. Основне спецификације машине:

- Управљачка јединица: Синумерик 808D
- Максималан број обртаја: $n = 150 - 2000 \text{ o/min}$
- Брзина помоћног кретања је: $0 - 6000 \text{ mm/min}$
- Инкремент померања по осама је: 0.001 mm
- Максималан обрадиви пречник: 240 mm
- Максимална дужина припремка: 1250 mm
- Број места у носачу алата: 4
- Снага мотора: $5,5 \text{ kW}$
- Број обртаја мотора: 1500 o/min
- Број могућности различитих бројева обртаја: бесконачно варијабилан
- Димензије струга: $3000 \times 1650 \times 1580 \text{ mm}$
- Маса: 2600 kg

Ова двоосна нумерички вођена машина намењена је за обраду цилиндричних радних предмета, односно на њој је могуће извршити операције унутрашњег и спољашњег стругања, чеону обраду, израду конуса, израду радијуса итд. Такође је могуће вршити израду навоја, жлебова, као и операције бушења. На овој машини могуће је спољашњим стругањем извршити обраду чела, закошења и израду жлеба, све у виду једног циклуса без прекида обраде. Предности овакве машине се јасно могу видети при обради цилиндричних делова комплексније геометрије са неколико различитих пречника и конуса. Одликују је рационалан дизајн, добре перформансе, висока ефикасност, константна тачност при експлоатацији и једноставно и сигурно управљање чиме је овај модел идеалан за рад у условима које поставља модерна индустрија.

Главно вретено добија снагу и обртни момент преко зупчастог каиша од електромотора који уз помоћ инвертерског фреквентивног регулатора омогућава бесконачно варијабилне бројеве обртаја вретена. Погон помоћног кретања, које се састоји из уздужног и попречног, се преноси помоћу корачног или серво мотора и вретена са рецикулационом навртком и обезбеђује кретање у одговарајућим правцима.



Слика 2.3 Струг TCN 410 – 1250

2.5 Програмирање употребом циклуса при стругању

Циклуси су углавном применљиви технолошки потпрограми који се могу користити да се изврши специфични обрадни процес. Ови циклуси су прилагођени индивидуалним задацима подешавањем параметра. Стандардни циклус је дефинисан као потпрограм са именом и листом параметара. Циклус је низ унапред одређених радњи које ће машина обавити аутоматски. Након задавања потребних параметара, рачунар сам одређује путању алата. Тако одређени и прорачунати циклус је у меморији рачунара и постепено се извршава. Фиксни циклуси представљају подпрограме (рутине), које омогућавају поједностављено програмирање кретања алата. Њима се остварују врло сложена кретања, за шта би иначе био потребан велики број блокова. Структура фиксног циклуса је непроменљива, а његов позив се врши уз претходно дефинисање параметара (R__), које он користи у раду.

Format:

N... CYCLE... (параметар1, параметар2,...)

CYCLE – позив одговарајућег циклуса.

(параметар1, параметар2,...) параметри циклуса.

Стандардни циклуси за обраду на стругу су:

- циклуси за обраду стругањем
- циклуси за обраду бушењем
- циклуси за резање навоја

Turning (циклуси за обраду стругањем):

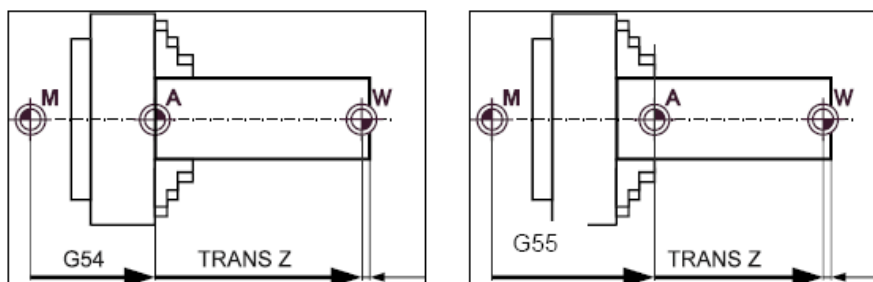
Ова четири циклуса за обраду стругањем, знатно поједностављују и скраћују програмирање уобичајених захвата обраде стругањем (уздужна обрада, чеона обрада и израда жлебова и удубљења).

2.6 NC оквирни системи (Frames)

NC Фрамес је група наредби која мења актуелни координатни систем. Оквир представља аритметичко правило за трансформацију једног координатног система у други. У оквирном систему могуће је изводити следеће трансформације појединачно или у комбинацији.

- Транслирање
- Ротирање
- Пресликавање
- Промена размере (скалирање)

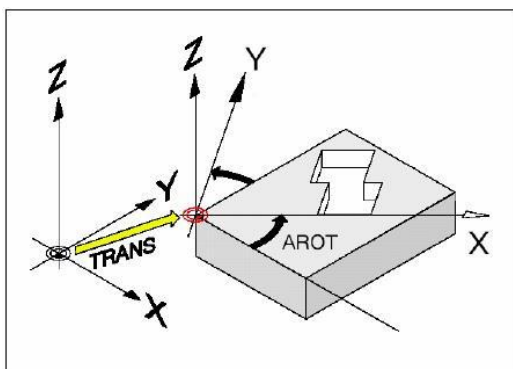
TRANS – представља наредбу за трансляторно померање координатног система. Овом наредбом омогућено је програмско премештање координатног система радног предмета на жељено место.



Слика 2.4 Коришћење наредбе TRANS

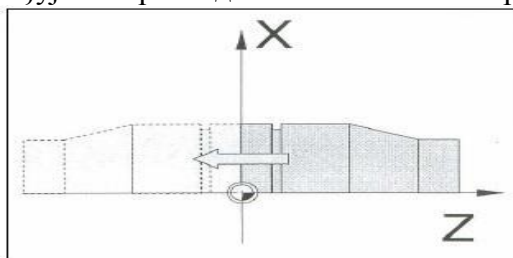
ROT/AROT – Ротациона промена координатног система

ROT/AROT – ротира координате обратка око сваке осе система X и Z или RPL у одабраној радној равни. На овај начин је омогућено програмирање по контурама у координатном систему радног предмета а затим накнадно закретање. X,Z – ротација (у степенима) око изабране осе RPL – Rotation in the plane – ротација у равни, задаје се угао ротације координатног система.



Слика 2.5 Ротациона промена координатног система

MIRROR/AMIRROR – програмирано огледало, омогућује израду радног предмета у огледалу око координатних оси X и Z. X и Z су осе у односу на које се поставља огледало а ознака уз осу, представља растојање од одговарајуће осе. Наредбе G2 и G3 се аутоматски мењају, а исто важи и за G41 и G42. MIRROR без адресе брише све претходно програмиране оквири (ATRANS, ROT/AROT) а наредба AMIRROR се надограђује на претходно постављене оквири.

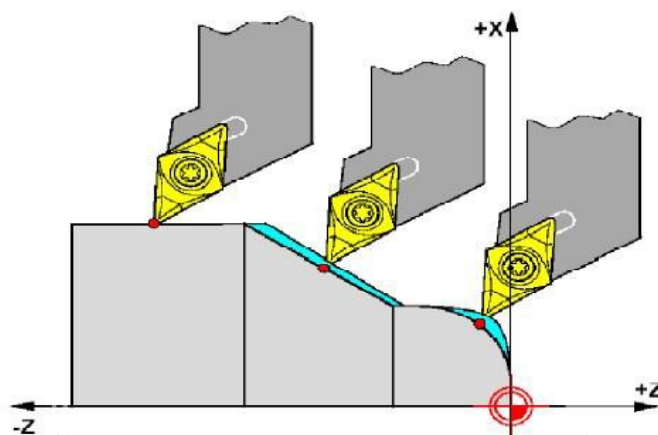


Слика 2.6 Програмабилно огледало MIRROR/AMIRROR

2.7 Компензација алата

При програмирању претпоставља се да је врх оштрице резног алата једна тачка, што то уствари није. Врх резне плочице израђује се с радијусима заобљења који су стандардизовани, нпр. R 0,2 или R 0,4. Плочице се праве са заобљеним врхом оштрице а не са теоретским врхом оштрице алата., односно само програмирање своди се на дефинисање координата пута имагинарног врха оштрице алата. У процесу стругања површина паралелних и управних на осу ротације, вођење имагинарног врха алата (K) доводи до обраде тачно задате контуре без обзира на постојање стварног заобљења врха оштрице алата.

При обради конусних површина појављује се одступање стварне од жељене контуре обратка. При кружном кретању такође је потребно компензовати радијус врха оштрице алата јер стварни врх на заобљењима оставља вишак материјала. Зато је ради коректне обраде ових површина потребно компензовати полупречник врха оштрице алата и изменити координате почетних и коначних тачака кретања алата.



Слика 2.7 Вишак материјала

Да би корекција радијуса алата била успешна потребно је унети податке у датотеку алата (Tooloffset) о величини полупречника R и положају оштрице ножа у односу на координатни систем (Cutter edge position).

2.8 Квалитет обрађене површине

Као инжењери, примењујемо вештину, знање и искуство за производњу естетски најлепше и најпрецизније делове које можемо. Потребно је тежити побољшању при изради делова на захтеве корисника. То се добија на побољшању квалитета израде површина.

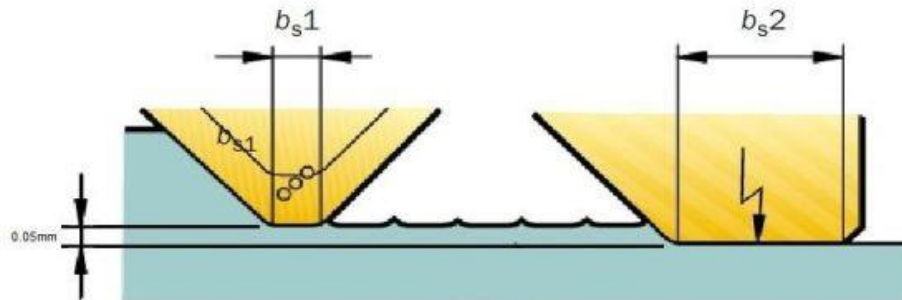
При побољшању квалитета површине морамо кренути од тога да је део који се обрађује осигуран, што значи да не може да дође до померања резног алата или предмета обраде услед вибрације машине. Морамо осигурати то да се алат не користи непотребно дуго да не би дошло до појаве непотребних дефеката. При великим брзинама у процесу, морамо да будемо сигурни да се користи квалитетно уравнотежен алат.

Гледајући на све аспекте, квалитет површине можемо да побољшамо на следеће начине:

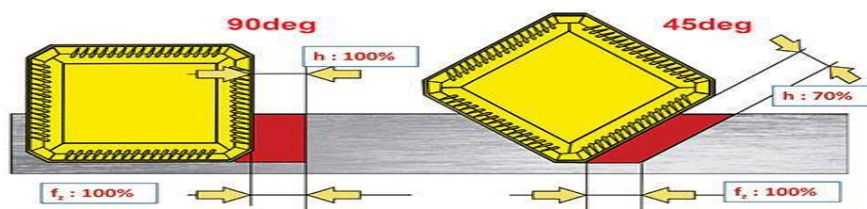
- **Квалитет резних плочица:** Контролисање квалитета резних плочица које се користе за скидање вишка материјала је кључна компонента за добар производ. При самој обради долази до трошења материјала резних плочица. Уколико не водимо рачуна о томе, то може веома утицати на завршну обраду или квалитет површине коју обрађујемо.
- **Иако је употреба ваздуха и расхладне течности добар избор за одвођење струготине,** треба бити опрезан са течностима за хлађење. Хлађење треба избегавати у прекинутим резовима. Постоји могућност да дође до термо пуцања ивица сечења, због повременог грејања и брзог хлађења на резним ивицама.
- **Повећање брзине:** Ово је посебно тачно при коришћењу резних алата од карбида. Повећањем брзине се осигурава да материјал буде у контакту са алатом у краћем

временском периоду што смањује нагомилавање струготине на резни алат која може да изазове лошу завршну површину.

- Побољшање квалитета обрађене површине се постиже и подешавањем угла резне плочице (Слика 2.8 и 2.9)



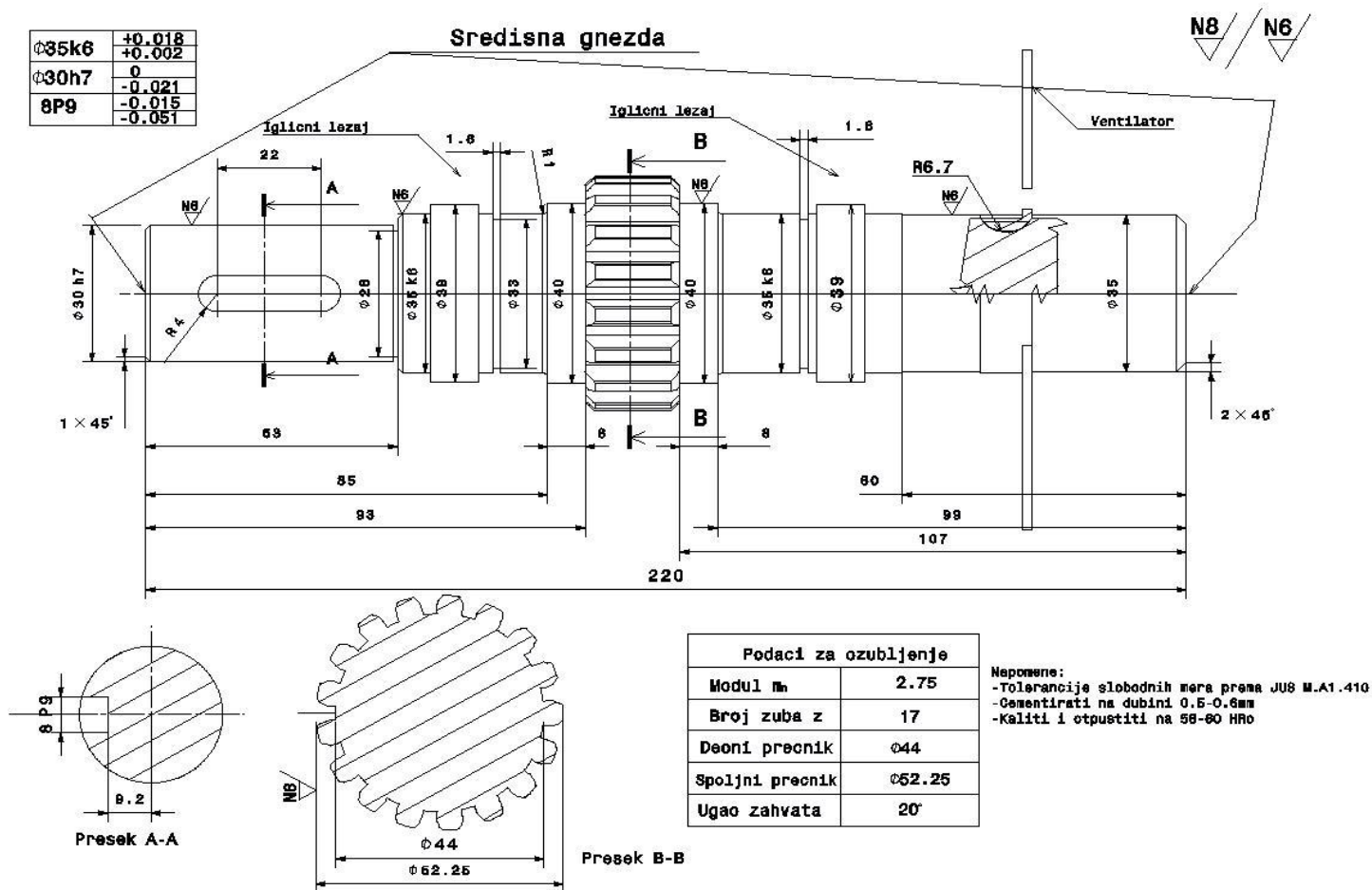
Слика 2.8 Разлика у обради површина при различитим резним алатима



Слика 2.9 Промена угла резне плочице

3. Пример пројектовања вратила са правим зупцима

Детаљан технички цртеж вратила са правим зупцима уз додатак игличастих лежајева и вентилатора.

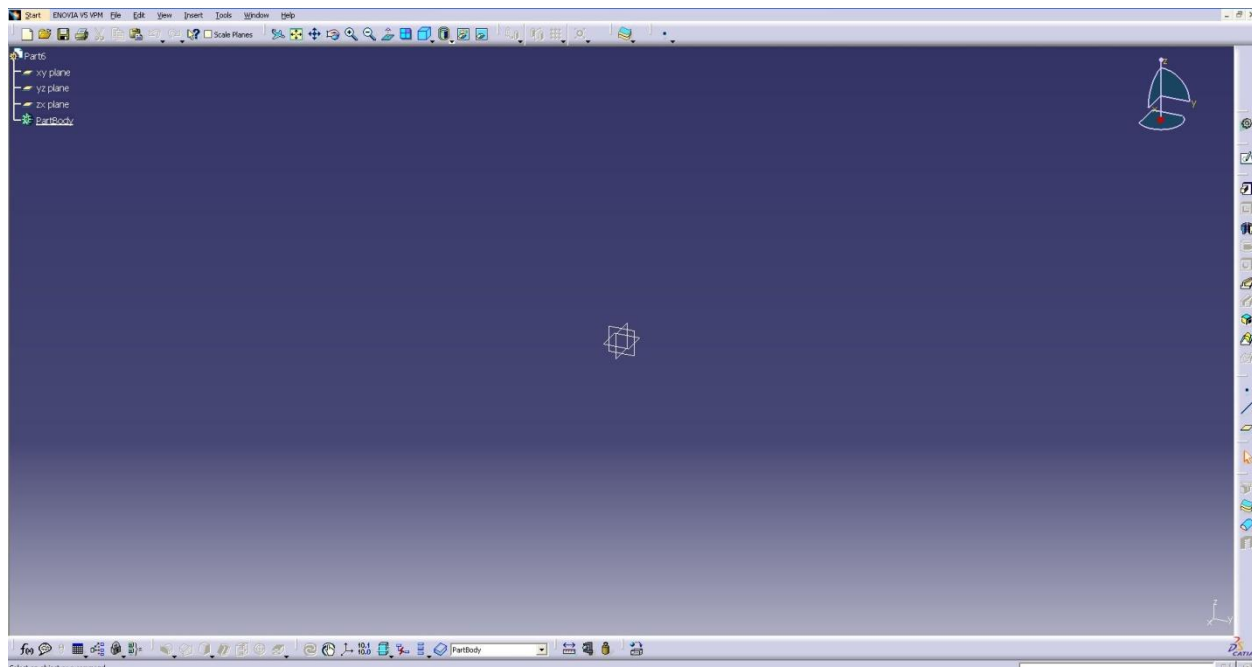


Č.4320	Округли челик 55	4,77		
Врста материјала	Полазни материјал	Маса материјала(кг/ком)	Склоп	Позиција
Конструисао:	Датум	Име и презиме	Потпис:	
Цртао:		Данило Мартаћ		
Ускладио:				
Одобрио:				
Мерило: 1:2	Назив предмета: ВРАТИЛО			Број цртежа: 2.0

Слика 3.1 Технички цртеж вратила

3.1 Моделирање самог дела вратила у САТИА софтверском пакету

Пре саме израде процесирања и покретања симулације, потребно је припремити део који желимо да обрадимо. Уласком у “Part Design” отвара нам се прозор за креирање 3D објекта (Слика 3.2).

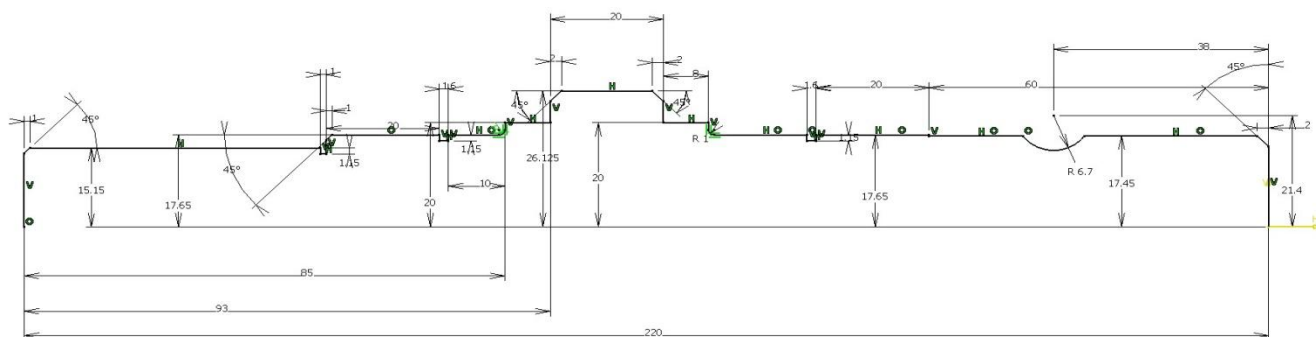
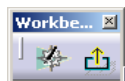


Слика 3.2 Part Design

Пошто код обраде стругањем имамо ХЗ осе (радијална и аксијална), бирамо опцију

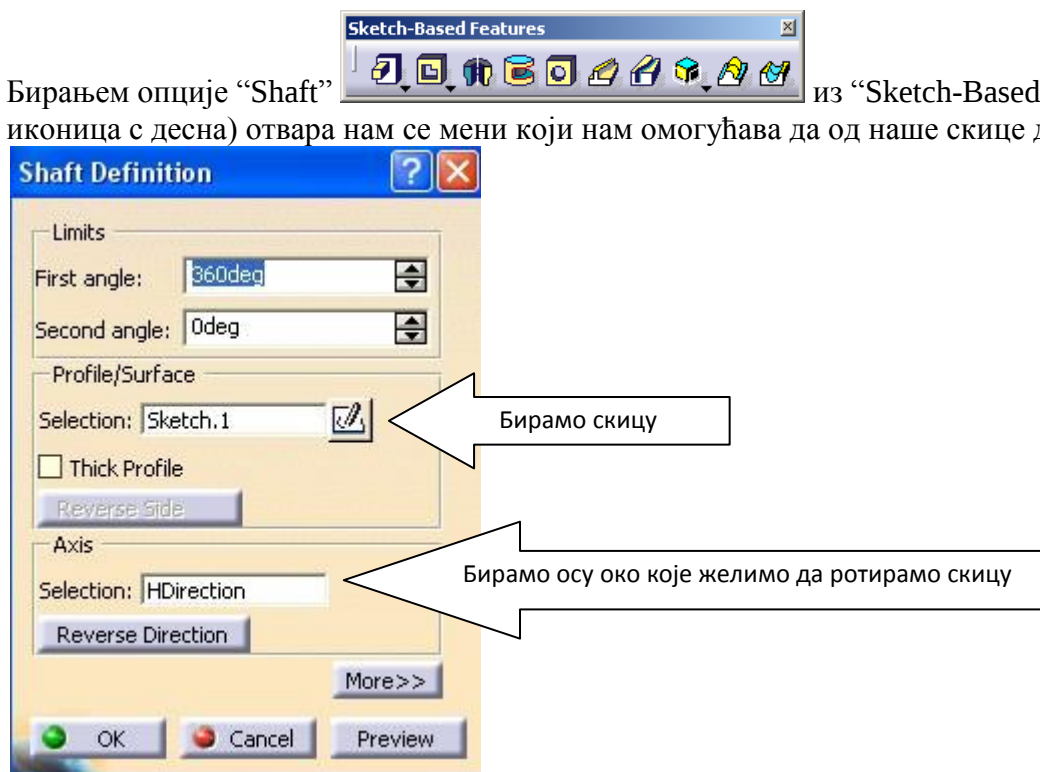
“Sketcher”  и изабирамо ХЗ осу.

Након израде скице са слике 3.3, враћамо се у Part Design бирањем опције Exit workbench

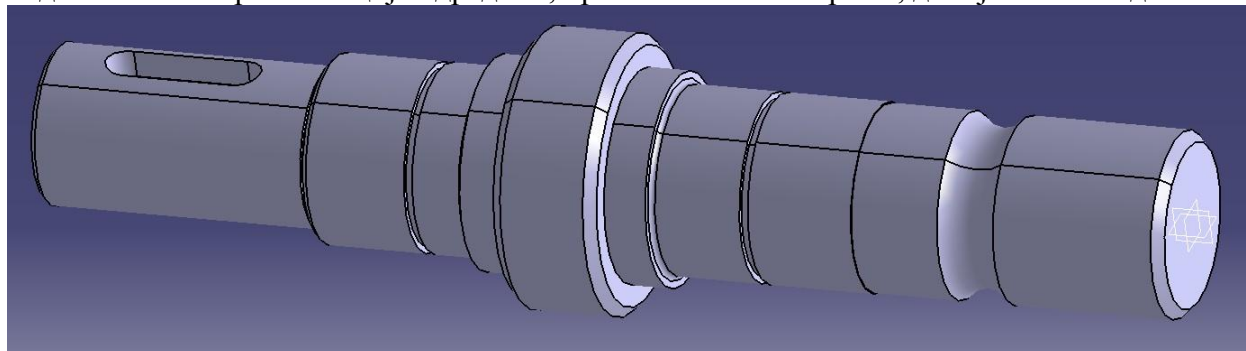


Слика 3.3 Скица дела осовине

Бирањем опције “Shaft” из “Sketch-Based Features” (трећа иконица с десна) отвара нам се мени који нам омогућава да од наше скице добијемо пун материјал.



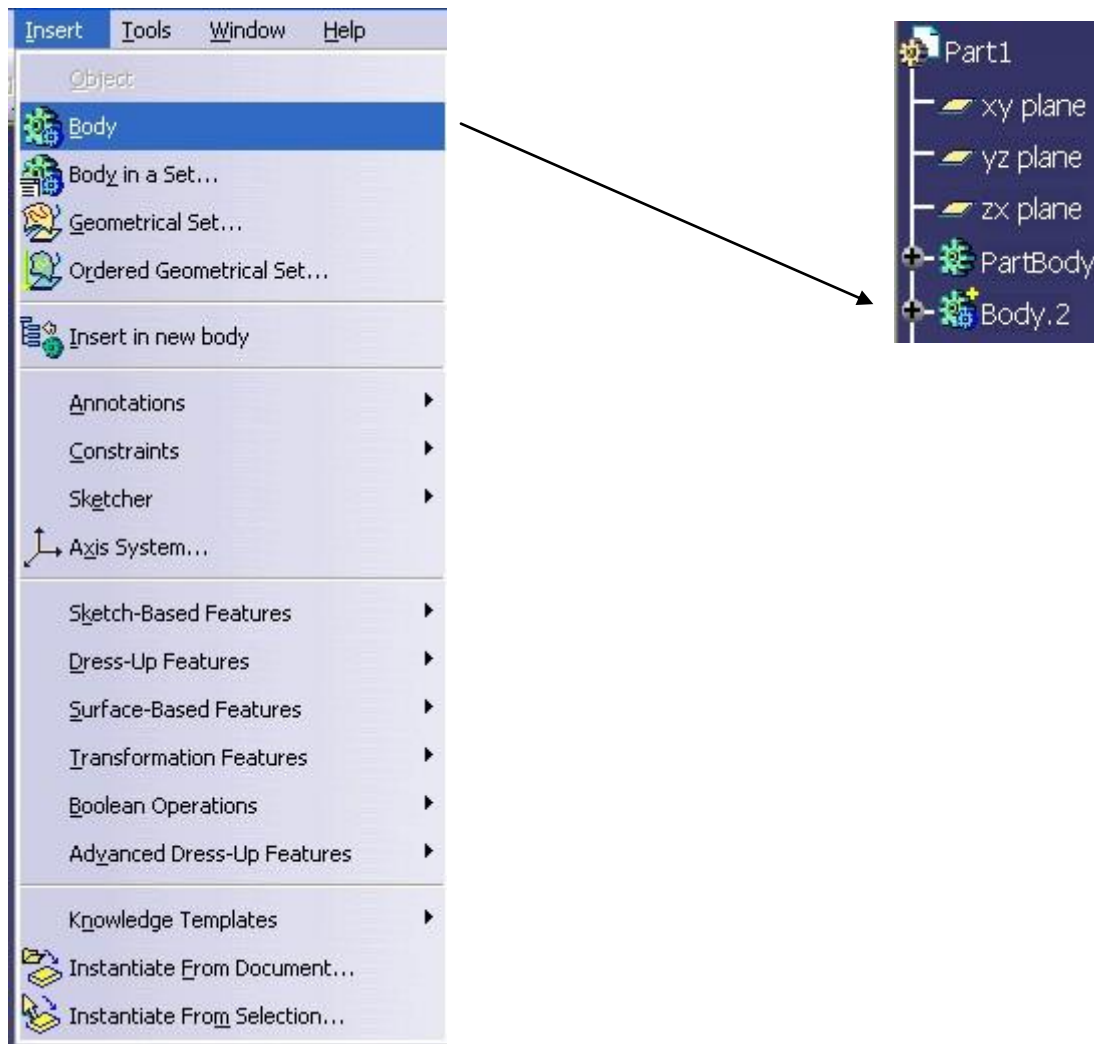
Када смо све потребне опције одрадили, притиском на тастер ОК, добијамо 3D модел са слике 3.4



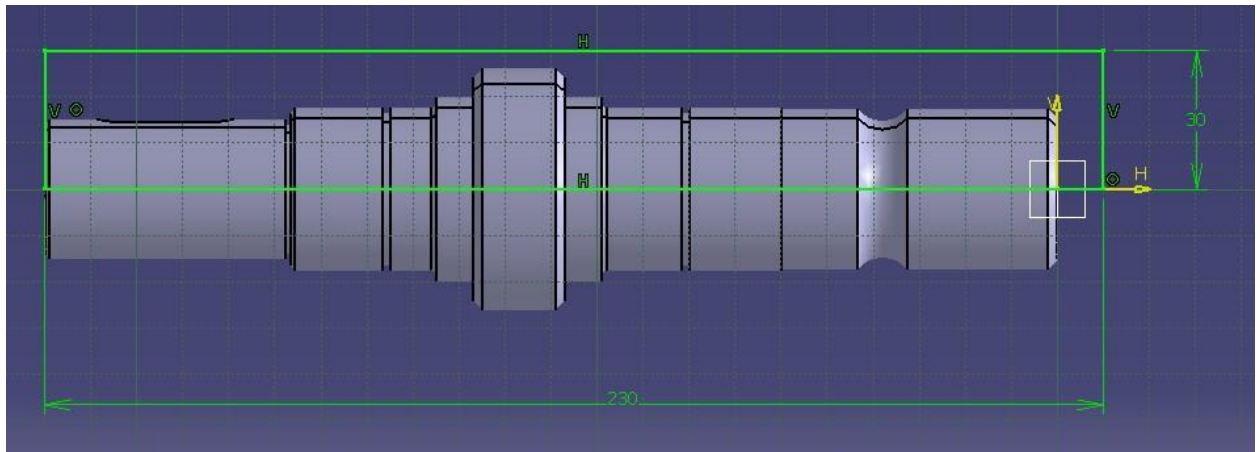
Слика 3.4 3D model vratila

Даље, потребно је да задамо програму полупроизвод тј. део који је потребно обрадити обрадом стругањем да би дошли до жељеног дела, у нашем случају вратила.

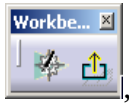
Дакле, избором из падајућег менија “Insert” бирамо опцију “Body”. Тиме нам се отвара нова иконица у којој даље можемо да израдимо жељени припремак.

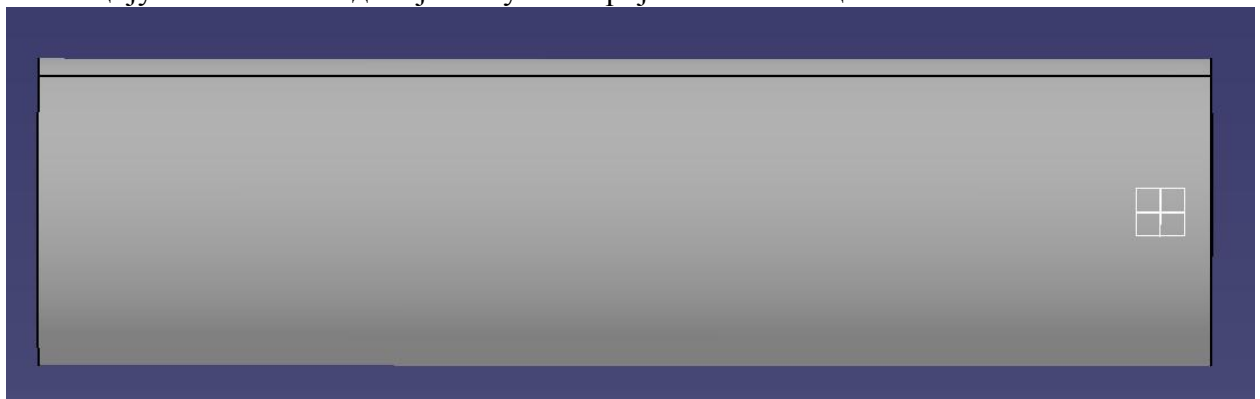


Дупли клик на иконицу Body.2, бирамо XZ и бирамо опцију “Sketch” . Отвара нам се радни простор где скицирамо наш предмет као на слици 3.5. Ширина нашег вратила је 220мм, па с обзиром на то, ширину полупроизвода повећавамо на стварну меру полупроизвода. У нашем случају 230мм.



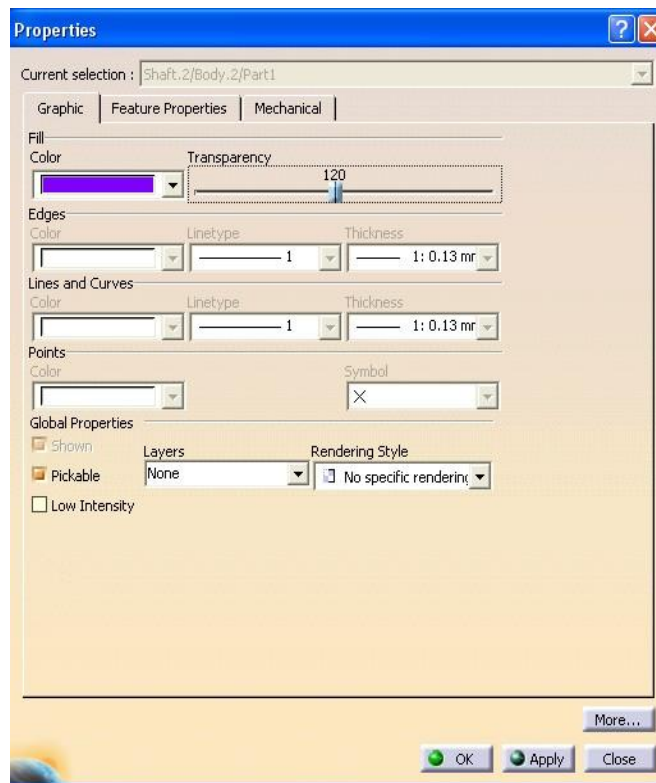
Слика 3.5 Скица са димензијама полупроизвода

Излазимо из простора за скицирање, кликом на иконицу “Exit workbench” , и одабирамо опцију “Shaft”. Тиме добијамо пун материјал као на слици 3.6.

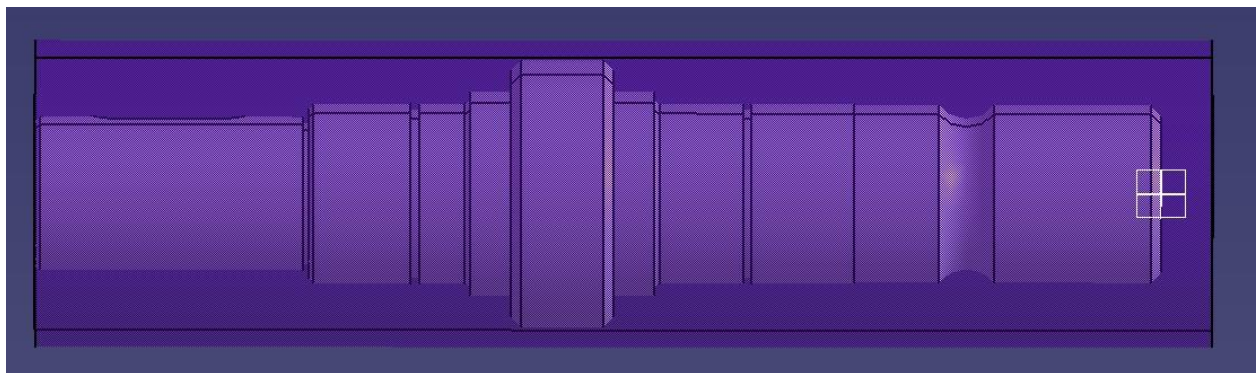


Слика 3.6 Изглед пуног материјала полупроизвода

Да би смо олакшали поглед на оба дела која смо урадили, десним кликом на иконицу “Shaft.2” излази нам падајући мени на којем бирамо опцију “Properties”. Са картице “Graphic” мењамо транспарентност модела на 50% и мењамо боју моделу у жељену боју као на слици 3.7, и тиме добијамо изглед дела као на слици 3.8.

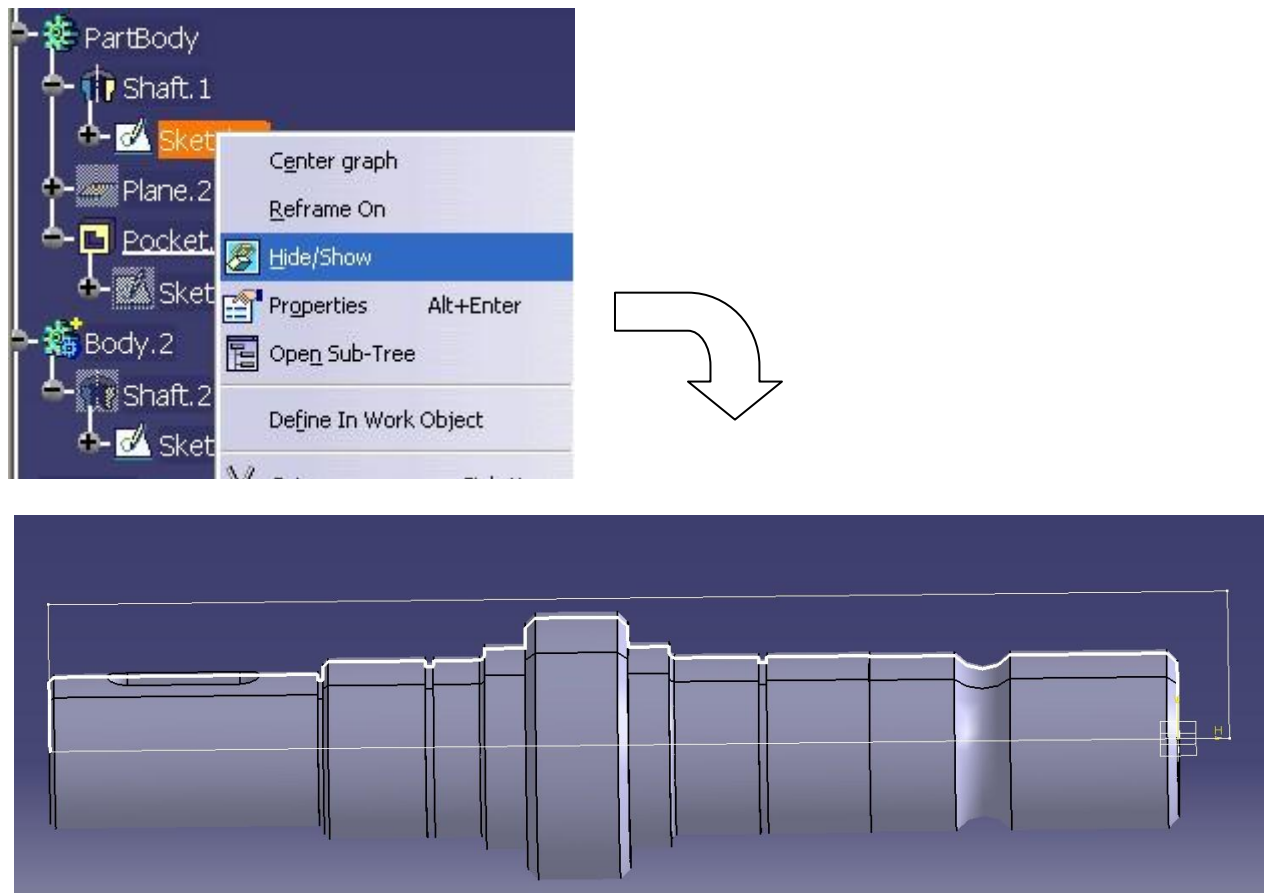


Слика 3.7 Картица “Properties”



Слика 3.8

Да би смо могли да одрадимо машинирање на стругу, потребно је да задамо путању којом би се алат кретао. Десним кликом на на иконицу “Sketch .1” отвара нам се падајући мени на којем бирамо опцију “Hide/Show”. Исто урадимо и за иконицу “Sketch.2” и тиме добијамо путање и полупроизвода и готовог дела, као што је приказано на слици 3.9.

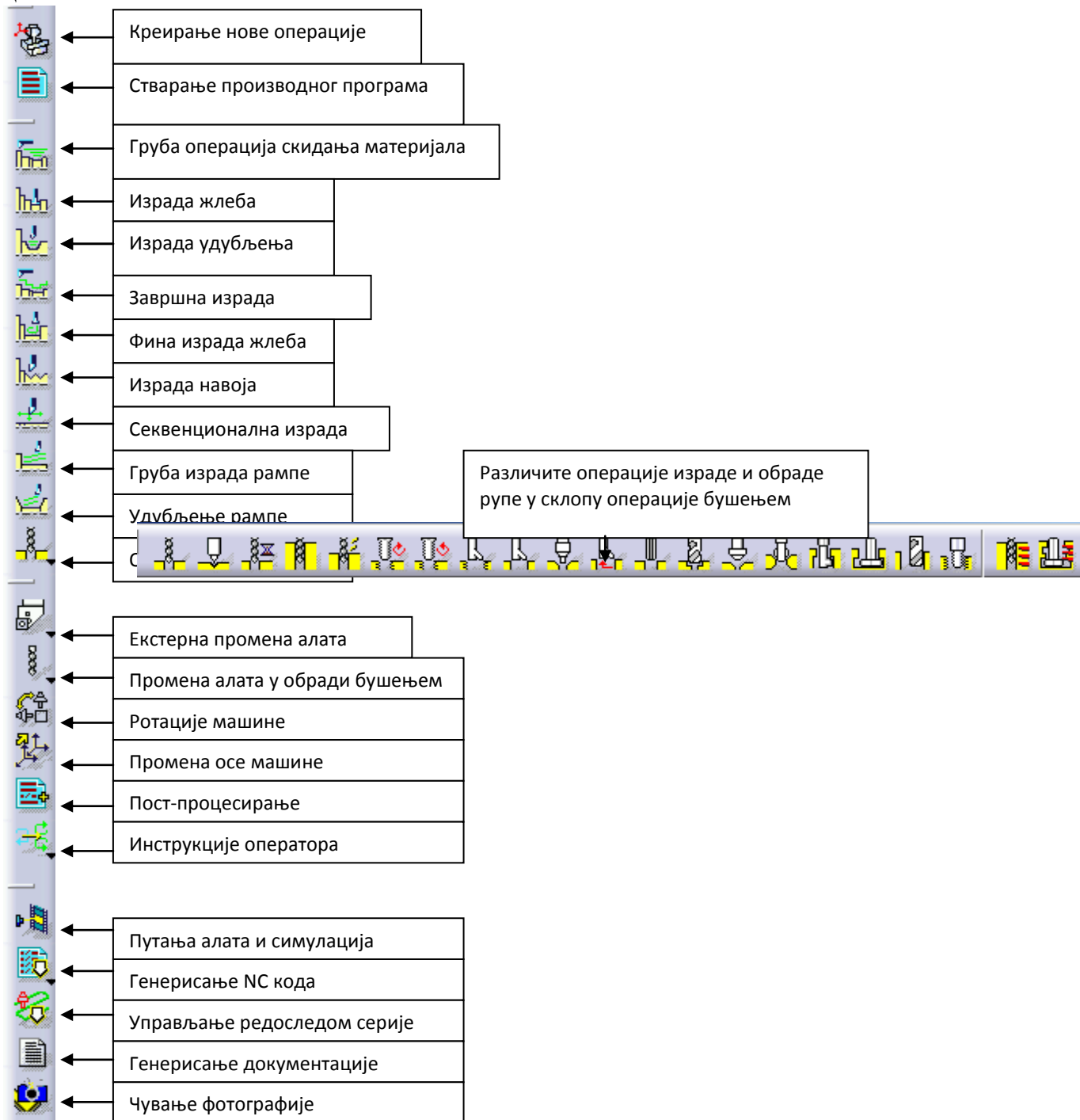


Слика 3.9 Путање полупроизвода и готовог дела

Тиме смо завршили израду припремка за машинирање.

4. Симулација

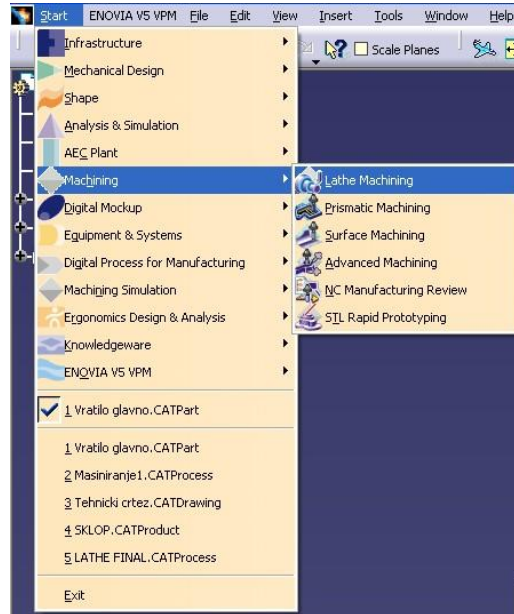
Коришћењем “Lathe Machining” (Машинирање на стругу), је слично као и машинирање на глодалици. Потребно је да се креира део који желимо да обрадимо као и путање уз помоћ којих задајемо кретање алата. Основни интерфејс за коришћење опције обраде стругањем је приказано на слици 4.1:



Слика 4.1 Опције у обради стругањем

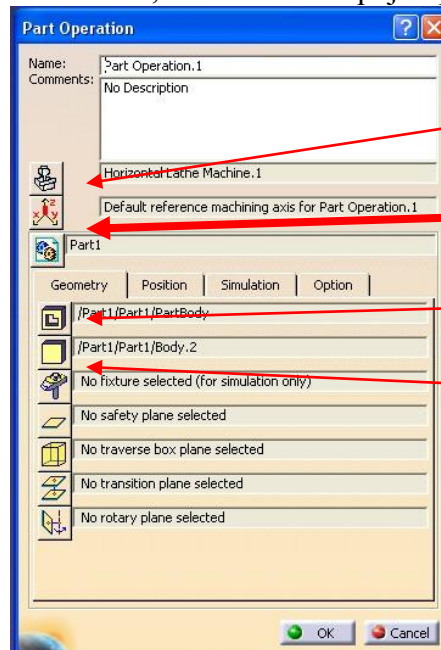
4.1 Креирање машинирања

Након израде готовог дела вратила у “Part design”, прелази се на израду машинирања самог дела. Активирањем опције за машинирање на стругу (Слика 4.2) прелазимо на почетну страну машинирања на стругу.



Слика 4.2 Опција за израду машинирања

Пре самог почетка задавања операција за израду готовог дела, потребно је задати све потребне параметре (пост процесор, оса машине, максимални број обртања итд.)

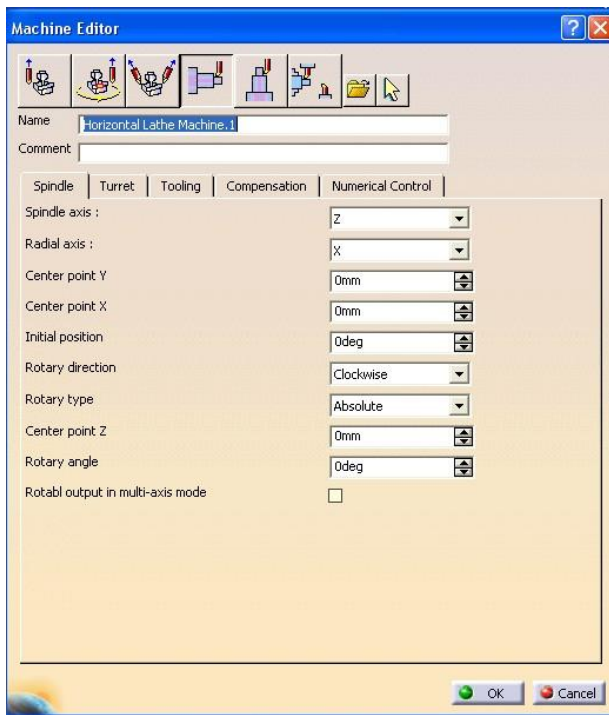


Бирање основних параметара

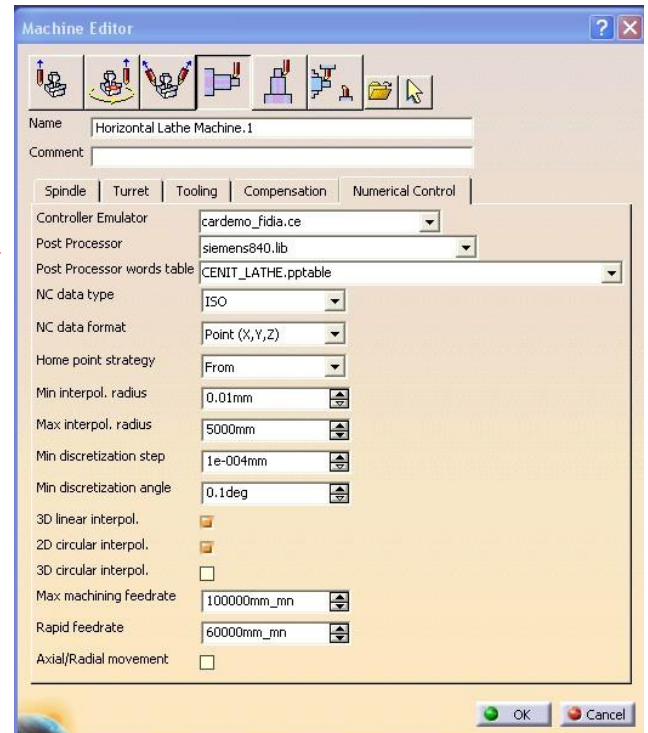
Центрирање осе

Бирање обрађеног дела

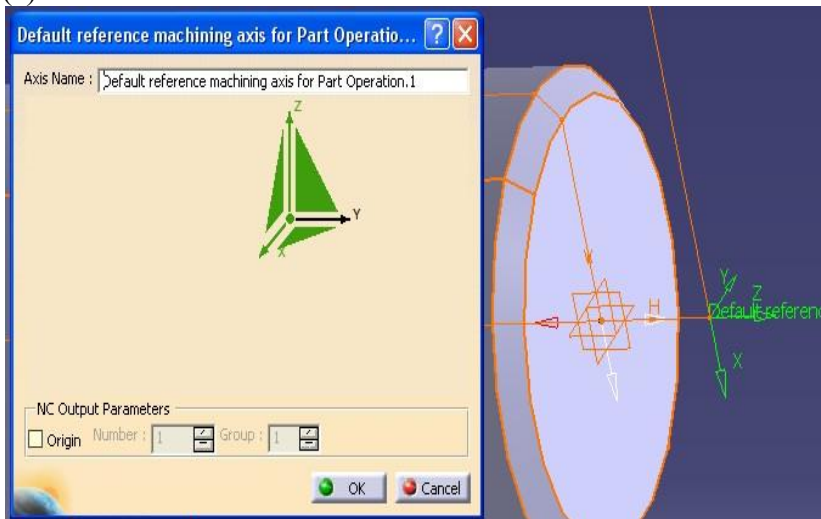
Бирање полупроизвода



(a)



(б)

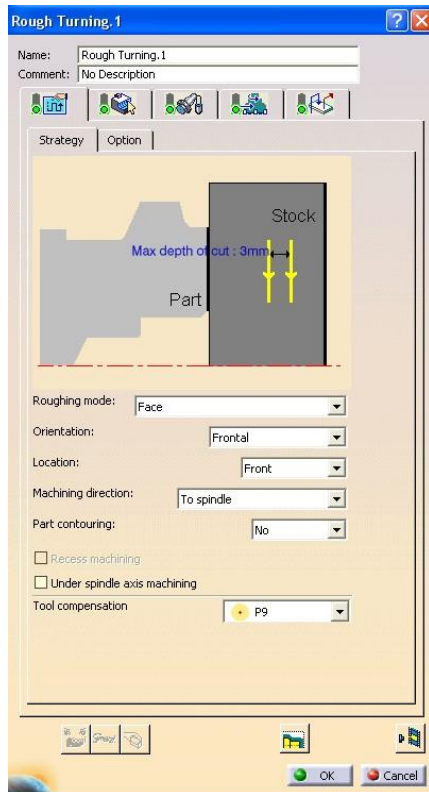


(в)

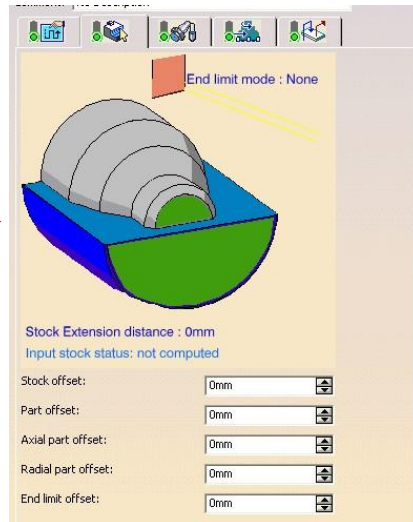
Слика 4.3 (а) Бирање позиција оса, и смер окретања главе струга, (б) Бирање пост процесора, стандарда као и основне параметре машине (мин. и макс. радијус интерполације), (в) Позиционирање координатног система

Након уноса свих основних параметара који су потребни, могу се задати операције у обради стругањем. Прва операција је чеоно поравнање, тј. скраћење дела на жељену дужину (у нашем

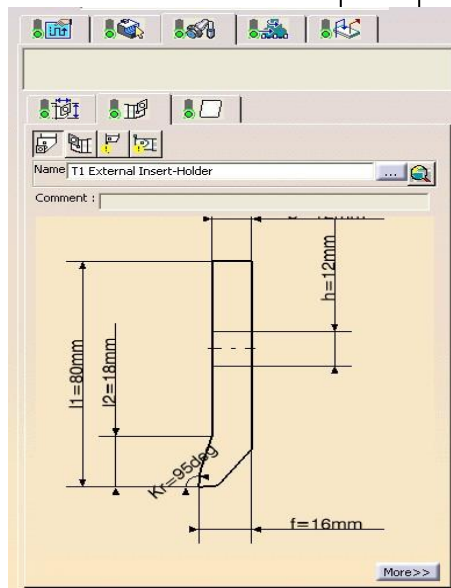
случају са 230мм на 220мм). Бирањем операције “Rough turning”  отвара нам се прозор за уношење нових параметара као што је приказано на слици 4.4:



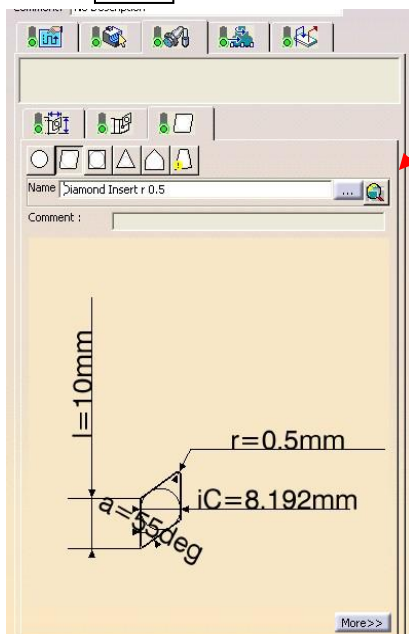
(a)



(6)



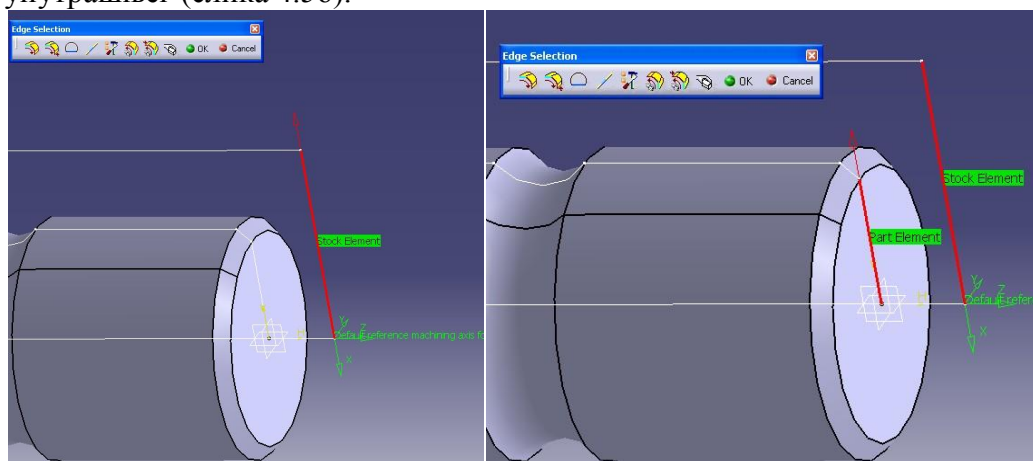
(b)



(r)

Да би задата операција била потпуна, потребно је да задамо путање којом би се алат кретао. Задавање путања се врши бирањем на спољну и унутрашњу површину слике 4.5(б). Спољашњу

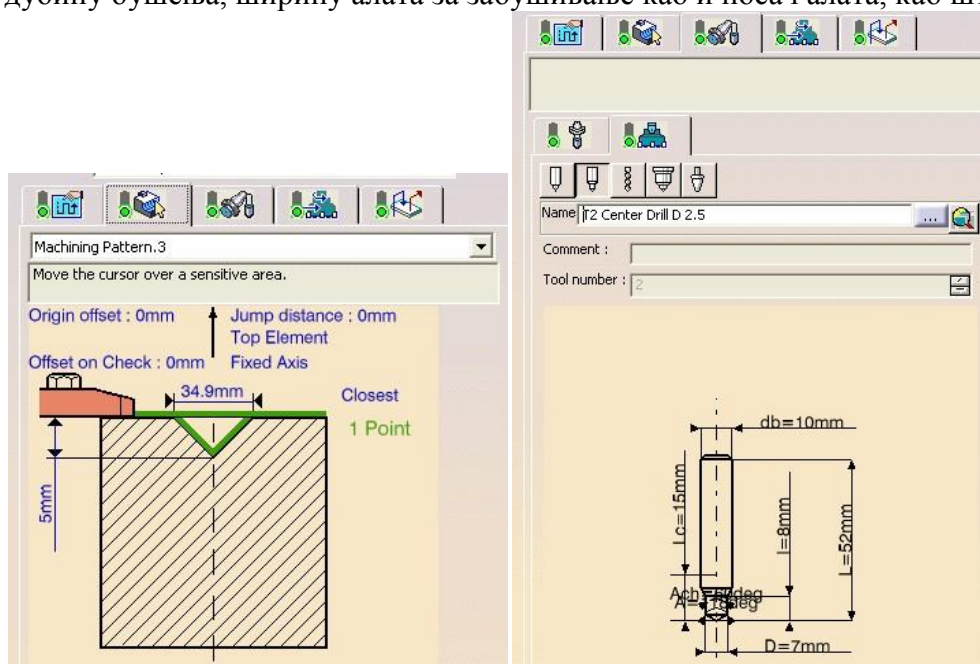
контуру одабирамо као линију нашег полупроизвода (слика 4.5а) а унутрашњу контуру унутрашњег (слика 4.5б).



Слика 4.5 (а)

(б)

Следећа операција коју вршимо је забушивање средишњег гнезда. Одабиром иконице “Spot drilling”  из падајућег менија опције “Drilling”. Отвара нам се нов прозор где бирамо дубину бушења, ширину алата за забушивање као и носач алата, као што је приказано на слици 4.6

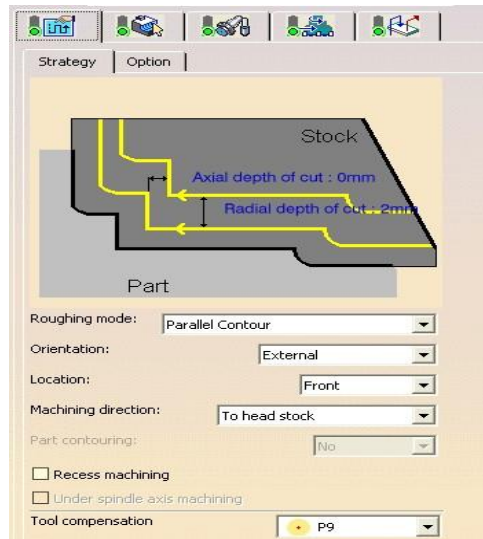


Слика 4.6 Бирање површине(а)

Бирање димензије алата (б)

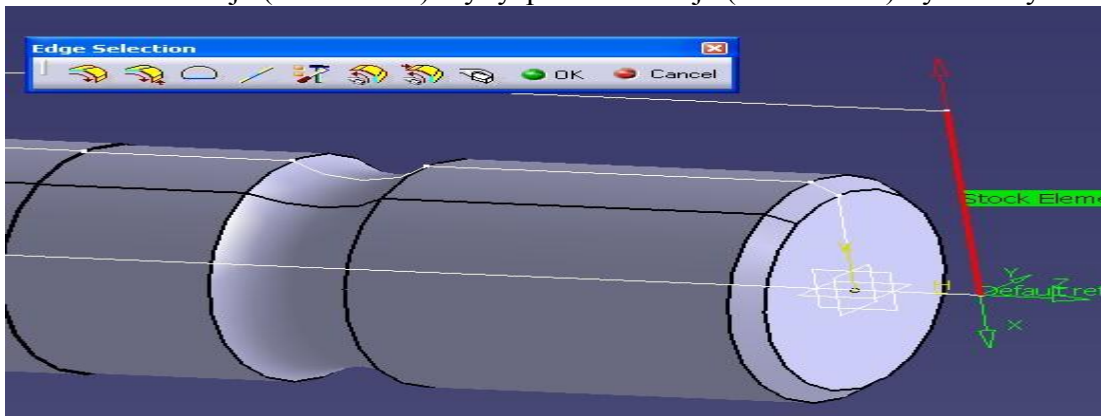
Следећа операција је стругање профила, до жељене димензије. Одабиром на иконицу “Rough

recess” , отвара нам се прозор као у операцији број 1, само што овог пута мењамо параметре приказане као на слици 4.7.

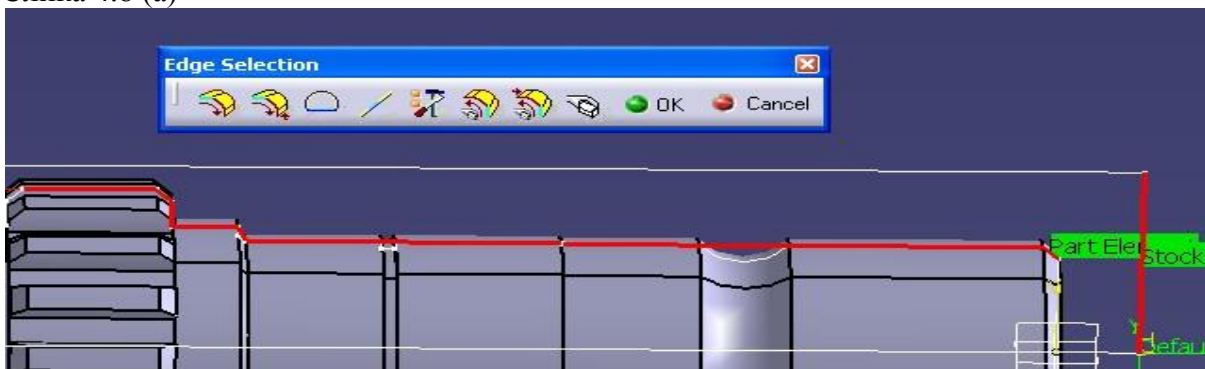


Слика 4.7

Спољашња линија (слика 4.8 а) и унутрашња линија (слика 4.8 б) путање су описане на сликама:

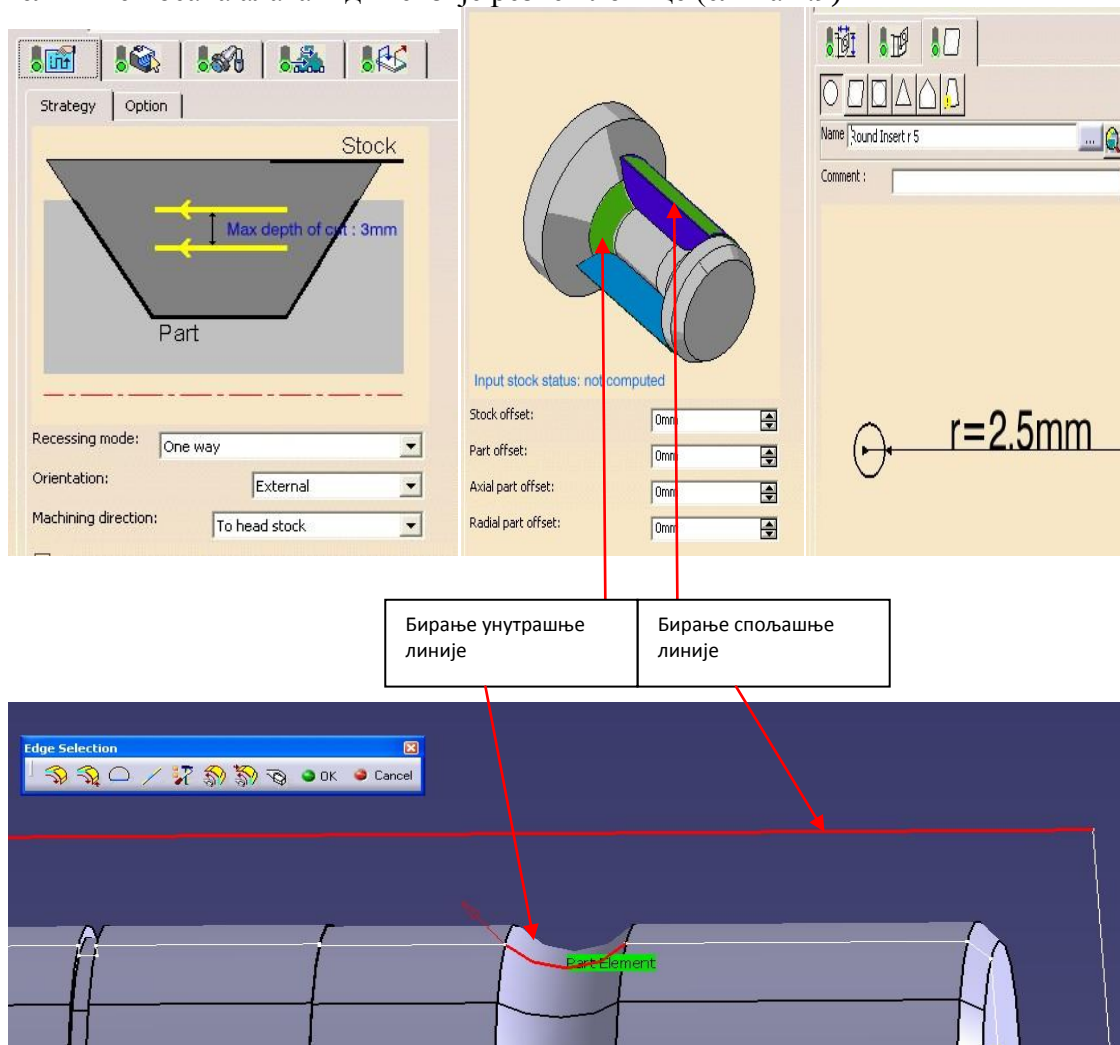


Слика 4.8 (а)



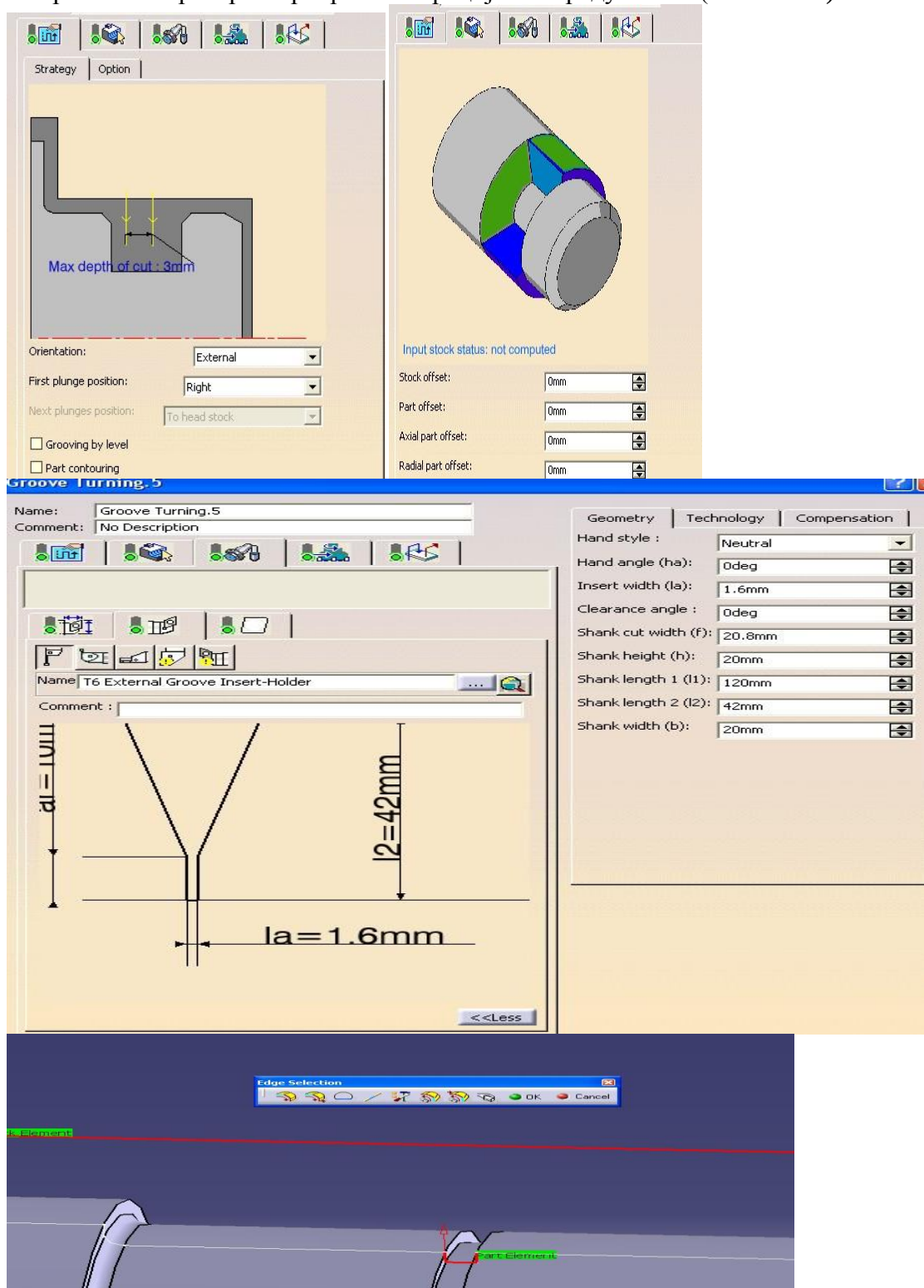
Слика 4.8 (б)

Следећа операција, операција број 4, је израда удубљења полупречника R6.7. Бирањем иконице “Recess turning” , отвара нам се прозор где задајемо линију путање алата као и параметре величине носача алата и димензије резне плочице (слика 4.9)



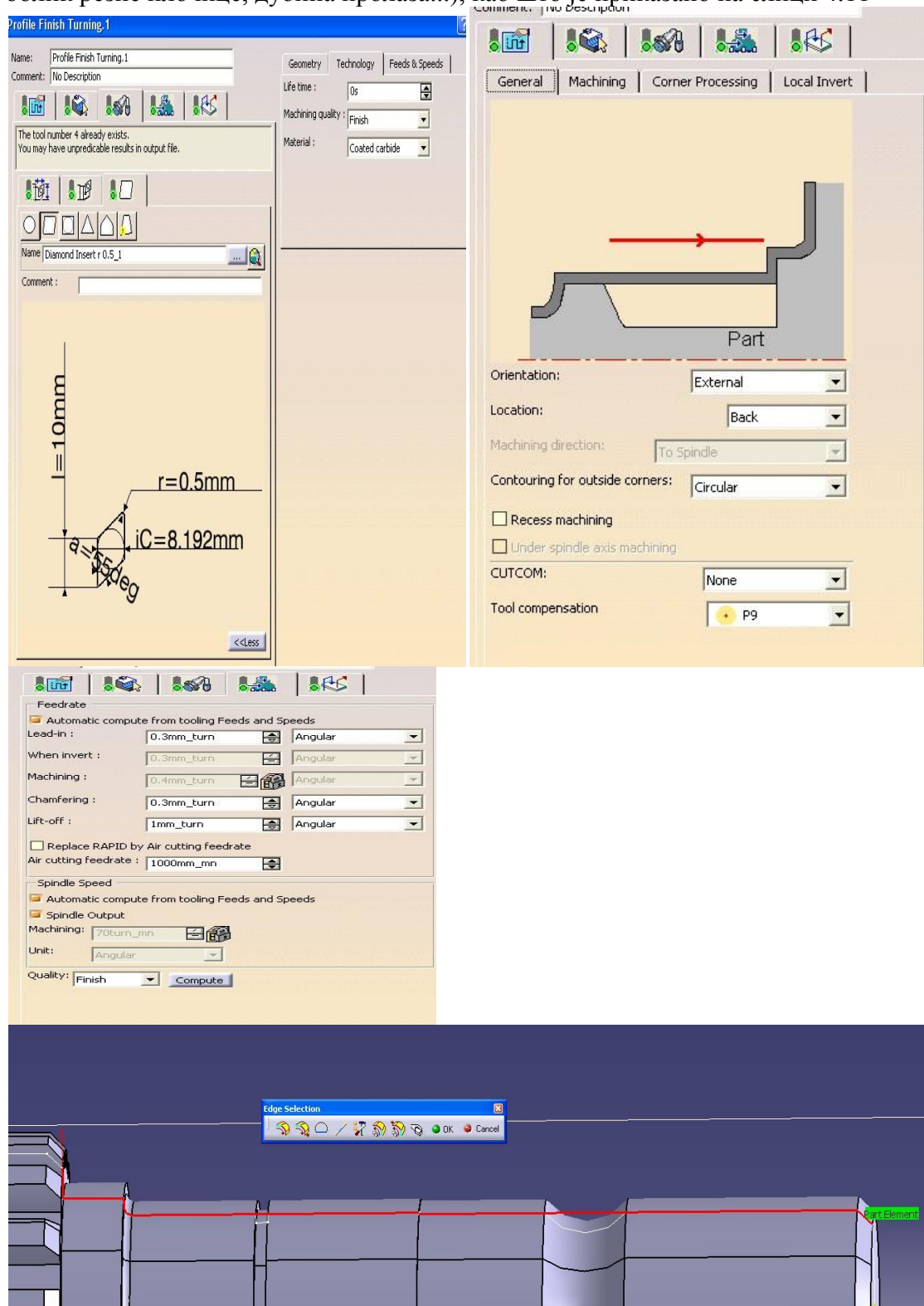
Слика 4.9

Операција број 5, уклањање жлеба, ширине 1.6 мм. Бирањем иконице “Groove turning” , отвара нам се прозор за креирање операције за израду жлеба (слика 4.10)



Слика 4.10

Операција број 6, је операција завршне, тј. фине обраде површине. Одабирањем опције “Profile finish turning” , подешавамо параметре потребне за обраду ове операције (врста резног алата, облик резне плочице, дубина пролаза...), као што је приказано на слици 4.11

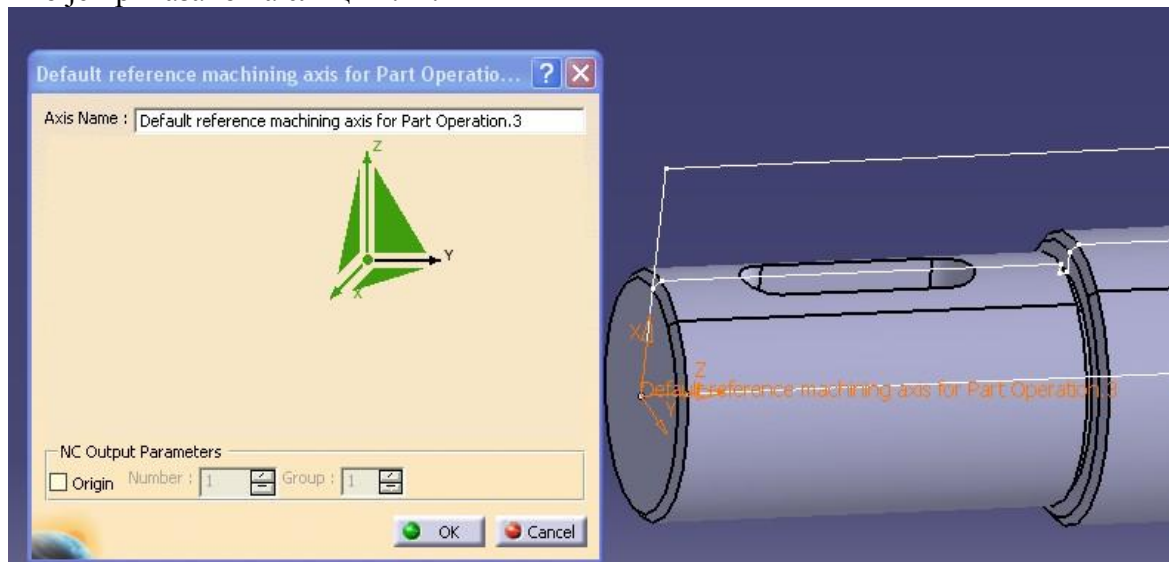


Слика 4.11

Тиме смо завршили обраду стругањем првог дела вратила. Комад је сада потребно ротирати и обрадити другу страну. То се може постићи задавањем команде за ротацију обратка. Одабирамо

иконицу “Part Operation”  и уносимо нове операције потребне за израду преосталог дела обраде вратила. Такође потребно је задати нову осу кретања алата, одабиром на иконицу

“Machining Axis change”  . Постављамо координатни систем на другу страну нашег дела, као што је приказано на слици 4.12.



Слика 4.12 Промена координатног система

Поновним задавањем операција довршавамо вратило:

Операција бр.7: Забушивање вратила

Операција број 8: “Rough turning”, скидање материјала до жељене димензије

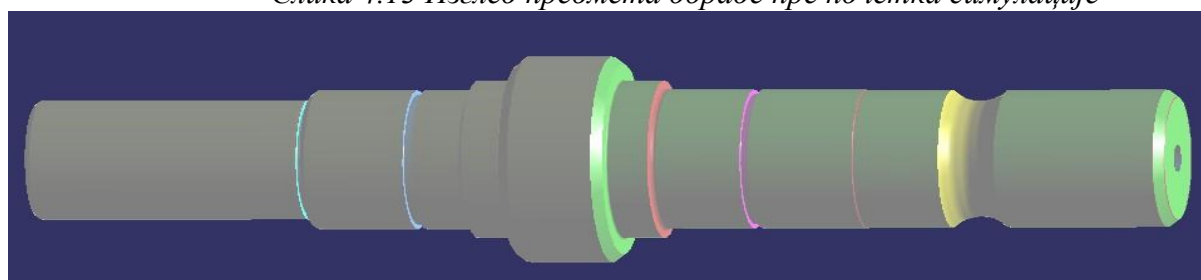
Операција број 9: “Groove turning”, укопавање жлеба

Операција број 10: “Groove turning”, укопавање жлеба

Операција број 11: “Profile finish”, завршна (фина) израда профила.



Слика 4.13 Изглед предмета обраде пре почетка симулације

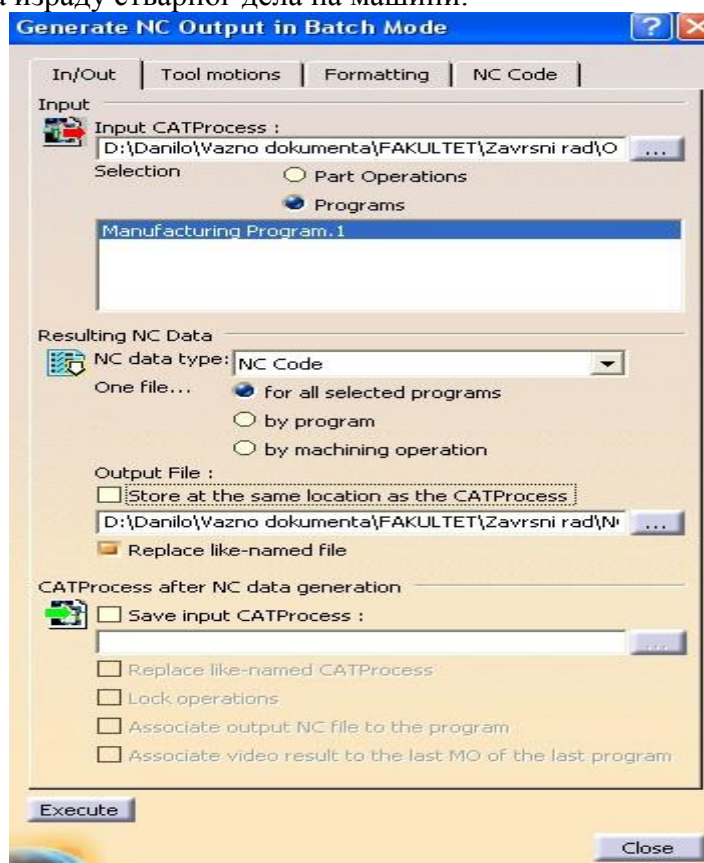


Слика 4.14 Изглед предмета обраде након извршетка симулације

4.2 Креирање NC кода

После завршетка свих операција машинирања потребних за обраду на стругу, можемо да генеришемо NC код за машину, у нашем случају СИНУМЕРИК 840Д.

Одабиром на иконицу “Genereta NC code in Batch mode” , улазимо у картицу за подешавање свих параметара потребних за генерисање NC кода. Након завршетка одабира свих потребних параметара притиском на тастер “Execute”, програм нам генерише код, који даље можемо да искористимо за израду стварног дела на машини.



Слика 4.15 Картица за генерисање NC кода

Изглед почетка и краја генерисаног NC кода:

```

$$ Manufacturing Program.1
$$ 0.00000 0.00000 -1.00000 -10.00000
$$ 0.00000 -1.00000 0.00000 0.00000
$$ -1.00000 0.00000 0.00000 0.00000
PARTNO Part Operation.1
FROM / 100.00000, 0.00000, 100.00000
$$ TOOLCHANGEBEGINNING
CUTTER/ 1.000000
TOOLNO/1,TURN,1,0,9, 0.500000,$
0.000000, 0.000000, 0.400000,MMPR, 70.000000,RPM,$
    
```

```

CCLW,ON, 0.000000,NOTE
TPRINT/T1 External Insert-Holder,T1 External Insert-Holder,Turning Tool$
Assembly.1
LOADTL/1,1,1
$$ TOOLCHANGEEND
SWITCH/9
FEDRAT/ 0.3000,MMPR
SPINDL/ 70.0000,RPM,CCLW
GOTO / 32.50000, 0.00000, -2.00000
GOTO / 30.50000, 0.00000, -2.00000
FEDRAT/ 0.4000,MMPR
GOTO / 0.00000, 0.00000, -2.00000
FEDRAT/ 0.8000,MMPR
GOTO / 0.21213, 0.00000, -1.78787
RAPID
GOTO / 32.50000, 0.00000, -1.78787
RAPID
.....
.....
.....
GOTO / 21.00000, 0.00000, -138.00000
GOTO / 24.12500, 0.00000, -138.00000
AUTOPS
INDIRV/ 1.00000, 0.00000, 0.00000
TLON,GOFWD/ (CIRCLE/ 24.12500, 0.00000, -137.00000,$
1.00000),ON,(LINE/ 24.12500, 0.00000, -137.00000,$
24.83211, 0.00000, -137.70711)
GOTO / 26.83211, 0.00000, -135.70711
AUTOPS
INDIRV/ 0.70711, 0.00000, 0.70711
TLON,GOFWD/ (CIRCLE/ 26.12500, 0.00000, -135.00000,$
1.00000),ON,(LINE/ 26.12500, 0.00000, -135.00000,$
27.12500, 0.00000, -135.00000)
GOTO / 27.12500, 0.00000, -119.00000
FEDRAT/ 1.0000,MMPR
GOTO / 27.33713, 0.00000, -118.78787
FINI

```

Закључак

У овом завршном раду, дају се информације о општем моделирању, процесирању и машинирању симулације вратила, и показана је обрада стругањем подржана рачунарско нумеричким управљањем. Нарочит значај дат је предзнању и познавању сваког детаља у овој обради, као што су правилан избор алата, познавање саме машине и њених могућности, квалитетна израда плана резања, како би имали уштеду, како на времену тако и на материјалу, што је главни показатељ продуктивности и финансијске уштеде.

Квалитет и тачност обраде конвенционалне машине алатке, ограничена је када је потребно израдити велики број идентичних комада јер управљање и вођење алата врши оператер, што зависи од његових вештина и по природи човека оператер не управља машином сваког пута на потпуно идентичан начин. Димензије и квалитет површина варирају. Алат вођен микропроцесором као што је то случај код CNC управљања, обезбеђује услове да сваки израдак у серији буде једнак.

Применом рачунарски подржаног моделирања, процесирања и симулације вратила, не само што олакшавамо процес израде, већ се стиче дојам о свакој операцији у обради, и уколико је то потребно могу се вршити измене на самом делу, без претходног обрађивања.

Моделирање је опис реалног система са свим оним карактеристикама које су релевантне из нашег угла посматрања. Стога и кажемо да моделирање представља упрошћену слику реалног система, те као такав не садржи само објекте и атрибуте реалног система, већ и одређене претпоставке о условима његове валидности.

Симулације се најчешће изводе са циљем да се прикупе одређене информације, чије би добијање путем експеримента над самим реалним системом било непрактично или сувише скупо. Те информације касније се трансформишу у одлуке значајне за управљање реалним системом који је предмет симулационог моделирања. Циљ симулације јесте тај да проучимо понашање система који симулирамо, али и да установимо како би се исти систем понашао када би на њега деловао неки други скуп променљивих околности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Горан Девеџић, „Софтверска решења CAD/CAM система“, Машински факултет у Крагујевцу, Крагујевац, 2004.
2. Славко Арсовски, Милан Перовић, „Флексибилна Аутоматизација“, СИМ Центар, Машински факултет у Крагујевцу, Крагујевац, 1994.
3. Интернет адресе:
 1. <http://moodle.mfkg.rs/mod/resource/view.php?id=2990>
 2. <http://blog.hurco.com/blog/bid/390348/Improving-Workpiece-Surface-Finish>