

Факултет инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу



Назив струковног програма: Машинско инжењерство

Ниво студија: Мастер академске студије

Модул: Производно машинство

Предмет: Савремени обрадни системи

Број индекса: 342/2015

Никола С. Ђорђевић

**Карактеристике обрадног система Micron VCE 800Pro и његово програмирање
Мастер рад**

Комисија за преглед и одбрану:

1.Проф. др Богдан Недић – ментор

2._____

3._____

Датум одбране:_____

Оцена:_____

У оквиру овог мастер рада кандидат треба да опише карактеристике обрадног центра Micron VCE 800Pro. Програмирање управљачке јединице Heidenhain, дати основне адресе које се користе и описати контролне тастере на њој. За експеримент узети конкретан пример, на коме би требало описати моделирање отковка и израду гравуре у горњем и доњем алату ковањем, у софтверском пакету Catia V5R20.

Препоручена литература:

- [1] Радован Ковачевић; Нумерички управљене машине алатке и њихово програмирање; Научна књига; Београд; 1987.
- [2] Здравко Блажевић; Програмирање ЦНЦ Токарлице и Глодалице; Витровци; 2004.
- [3] Упутство за програмирање (Водич) Heidenhain iTNC530 – Текстуално објашњење.

Крагујевац, 2017.

Ментор:
др Богдан Недић

Резиме

У овом раду дате су карактеристике обрадног центра Micron VCE 800Pro, његове техничке, конструкционе и механичке карактеристике. Описани су његови главни делови, па је у том погледу управљачка јединица Heidenhain iTNC530 добила велику улогу у опису. Дате су препоруке за програмирање управљачке јединице, његова електроника Simens и описан његов интерфејс. На практичном примеру из предузећа Ковачница д.о.о урађен је један пример на коме је показано писање програма у софтверу CATIA V5 R20 који је на основу тога унесен у управљачку јединицу.

Кључне речи: Обрадни центар, Управљачка јединица Heidenhain iTNC530, ПЛЦ (Programabile Logic Controller) – Програмабилни логички контролер, Интерфејс, Програмирање, Програм, CATIA V5.

Summary

This work show in behavior machining center Micron VCE 800 Pro, his tehcnical, constructional and mechanical feature. Specification his main part, but in fact control unit Heidenhain iTNC530 but great expancive. Get recommand for programming control unit, her electronical Simens end definition his interface. On practical exsamp in factory Kovacnica was being succsesfull one exsamp on these is show whritting program in software CATIA V5R20 on elementary is export in control unit.

Key word: Machining center, Control unit Heidenhain iTNC530, PLC (Programabile Logic Controller), Interface, Programming, Program, CATIA V5.

РЕЗИМЕ
САДРЖАЈ

УВОД У ЦНЦ ТЕХНОЛОГИЈУ

1.	КАРАКТЕРИСТИКА ЦНЦ МАШИНА	7 - 18
1.1	Структура ЦНЦ машине	7
1.2	Конвенцијална, НЦ и ЦНЦ машина	9
1.2.1	<i>Разлика између конвенцијалне и ЦНЦ машине</i>	9
1.2.2	<i>Разлика између НЦ и ЦНЦ машине</i>	10
1.2.3	<i>Координатни систем струга и глодалице</i>	10
1.3	Обрадни центар	11
1.4	Основи програмирања ЦНЦ машине	12
1.4.1	<i>Структура програма дела</i>	15
1.4.2	<i>Координатни систем ЦНЦ машине</i>	17
1.4.3	<i>Припрема ЦНЦ машине за рад</i>	18
2.	ПРИНЦИП РАДА ОБРАДНОГ ЦЕНТРА Micron VCE 800Pro	19 - 65
2.1	Приказ обрадног центра и његових делова	19
2.2	Техничке карактеристике машине и режим обраде	20
2.3	Опис система	23
2.4	Управљачка јединица Heidenhain	29
2.4.1	<i>Историјски развој компаније Heidenhain</i>	29
2.4.2	<i>Развој управљачке јединице Heidenhain по годинама производње</i>	31
2.4.3	<i>Управљачка јединица Heidenhain iTNC 530</i>	31
2.4.4	<i>Опис команди (тастера) са контролне табле Heidenhain iTNC 530</i>	36
2.4.4.1	<i>Начин (мод) рада</i>	41
2.4.4.2	<i>Ручни начин (мод) и електронски точкић - handwheel</i>	41
2.4.4.3	<i>Позиционирање са ручним уносом података (MDI)</i>	41
2.4.4.4	<i>Извођење програма – блок по блок, комплетног програма</i>	41
2.4.4.5	<i>Програмирање и исправљање</i>	42
2.4.4.6	<i>Тестирање (симулација) програма</i>	42
2.4.5	<i>ISO програмирање</i>	42
2.4.5.1	<i>Организација ЦНЦ програма у Heidenhain-вом конвенцијалном формату</i>	43
2.4.5.2	<i>Дефинисање припремка и карактеристичне тачке</i>	44
2.4.5.3	<i>Отворити нов програм обраде</i>	45
2.4.5.4	<i>Правоугле координате апсолутне и инкременталне</i>	46
2.4.5.5	<i>Правоугла референтна оса</i>	47
2.4.5.6	<i>Поларне координате</i>	48
2.4.5.7	<i>Центар круга и пол: CC</i>	49
2.4.5.8	<i>Циклус</i>	49
2.4.5.9	<i>Програмирање контурног кретања алата</i>	52
2.4.6	<i>Списак адреса и функцијских знакова (HEIDENHAIN iTNC530)</i>	55
2.5	Пример програма дела	64
3.	ПРИМЕР МОДЕЛИРАЊА ОТКОВКА И ГРАВУРЕ У КОВАЧКИМ АЛАТИМА	66 – 80
3.1	3Д модел отковка	66
3.2	Израда гравуре у горњем и доњем калупу	74
4.	ГЕНЕРИСАЊЕ НЦ ПРОГРАМА ЗА ДОЊИ КОВАЧКИ АЛАТ	81 – 95
5.	ЗАКЉУЧАК	96
6.	ЛИТЕРАТУРА	97

УВОД У ЦНЦ ТЕХНОЛОГИЈУ

У 21 веку, цео свет је сагласан са чињеницом да се тржиште аутоматизује.

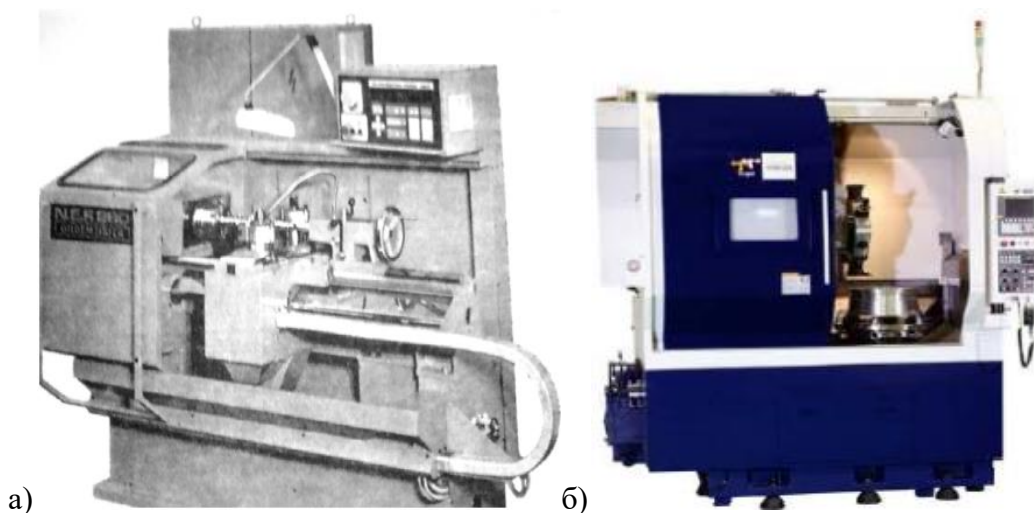
Да би производња била успешна потребна је конкурентност и продуктивност.

Без продуктивности, пословање се не може замислити. Успешно пословање доводи до раста аутоматизације у привреди, па се побољшава квалитет израде производа. Ово узрокује на смањењу уштеди времена у изради производа.

Велики број научника и инжењера утицали су на напредак технологије дејством савремених Dassault Systems апликација и софтвера, а посебно се ово односи у области технологије обраде материјала и конструисања машинских делова и постројења. У том смислу електроника, мехатроника и пнеуматика је постала доминантан фактор ЦНЦ технологије. Уведен је систем у циљу побољшавања продуктивности међу којима су обрадни центри, а ЦНЦ и НЦ¹ машине су уведене да би се смањило време израде.

Велику улогу имају ЦНЦ машине и обрадни центри.

Основна разлика данашње технологије и технологије крајем прошлог века је у уређају за уношење података као и у томе што се и данас користе ЦНЦ и конвенцијалне машине, на слици 1 приказани су хоризонтални стругарски обрадни центри.



Слика 1 – а) Нумеричко управљани струг, б) ЦНЦ хоризонтални струг.

У првом поглављу дате су основне карактеристике ЦНЦ машина (ово се односи на подсистем машине), затим разлике између конвенцијалних и ЦНЦ машина, основни појмови обрадних центара, основна разлика између глодалице и струга. У овом поглављу је описана и структура програма дела, ручно, машинско и програмирање помоћу САД система (софтверима), осим тога приказан је и начин постављања координатног система.

У другом поглављу је приказан обрадни центар Micron VCE 800Pro и његови основни делови. У табелама су дате препоруке за режим обраде и техничко - конструктивне карактеристике главних делова (радни простор, алат и радно вретено, магацин алата и радни сто) машине.

¹ НЦ машине су превазиђене и у овом раду се такав назив неће употребити.

Детаљно је описано радно вретено алата, расхладни систем за хлађење и мерне инкременталне летве, као и систем (мат) бенд сита. Детаљно је разрађен опис делова обрадног центра и стављен велики акценат на управљачку јединицу Heidenhain iTNC530 због њене области примене. Када је реч о управљачкој јединици поред историјата и године производње, приказане су и електро шеме, основни појам ПЛЦ-а и приказана комплетна пнеуматска шема управљања и његови делови. Дато је програмирање, описане координате (поларне и релативне), списак значења команди са тастатуре и описане софтверске функције, списак адреса и функцијских знакова. Описани су начини рада (модови) као и ISO програмирање са карактеристичним тачкама и значење циклуса и команди за контурно програмирање кретања алата. На крају овог поглавља приказани су примери програмирања.

У трећем поглављу је приказан пример моделирања отковка и гравуре у алату за ковање у програмском пакету CATIA V5 где су дата правила којих се мора придржавати инжењер.

У четвртом поглављу приказане су стратегије, избор параметра режима резања на основу којих се добија НЦ програм, и он је објашњен кроз десетак реченица (блокова).

На крају рада дат је закључак и преглед коришћене литературе.

1. КАРАКТЕРИСТИКЕ ЦНЦ МАШИНА

Код конвенцијалне алатне машине излазне карактеристике предмета обраде у великој мери зависи од способности радника. НЦ² алатна машина је конципирана тако да делимично или потпуно искључује утицај радника на излазне карактеристике предмета обраде. На одређеном носиоцу налази се информација којим се дефинише обрада на НЦ алатној машини. Ове информације су уређене према одређеним плановима у блокове који чине програм.

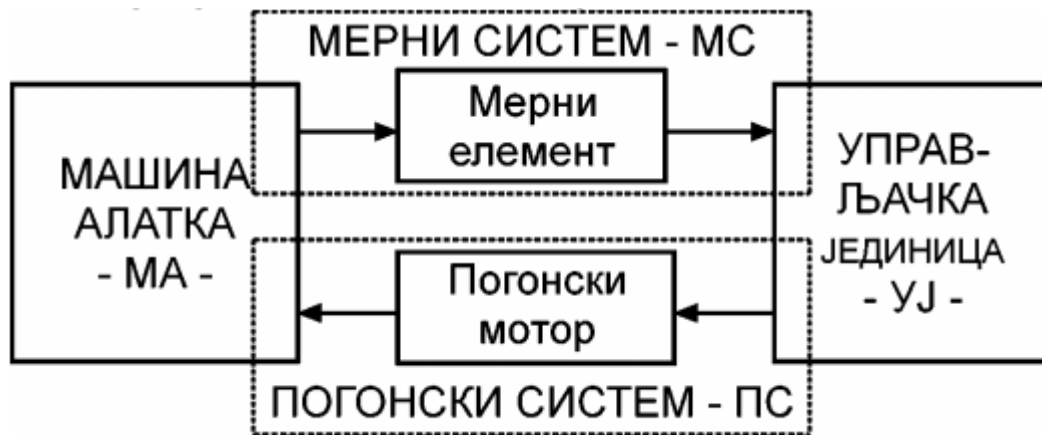
У конструктивном погледу НЦ и ЦНЦ алатне машине су веома сличне, а у свим осталим аспектима се разликују. Карактеристике ЦНЦ алатних машина биће објашњене у структури ЦНЦ алатне машине [1].

1.1. Структура ЦНЦ машине

Управљање машином алатком помоћу припремљеног програма зове се ЦНЦ управљање. ЦНЦ³ алатна машина састоји се из следећих подсистема:

- алатне машине,
- погонског система,
- мерног система и
- управљачке јединице.

На слици 2 представљен је шематски приказ структуре ЦНЦ алатне машине.



Слика 2 – Структура ЦНЦ алатне машине [1].

² НЦ (Numerical Control) – Нумеричко управљање.

³ ЦНЦ (Computer Numerical Control) – Компјутерско нумеричко управљање.

Управљачка јединица учитава и декодира програм дела, доставља декодиране наредбе управљачким петљама за кретање по осама машине и за управљање операцијама на машини. Један од циљева увођења ЦНЦ машина је замена великог броја конвенцијалних класичних и НЦ машина са софтвером за упрошћавање преосталог хардвера.

Управљачка јединица ЦНЦ машине се састоји од:

- сервопојачавача (програм дела),
- сензора (сервисни програм) и
- интерфејса (управљачки програм).

Програм дела садржи опис геометрије радног комада и услове обраде (број обртаја и посмак).

Сервисни програм се користи за проверу, допуну и кориговање програма дела. Управљачки програм прихвата програм дела као улаз за добијање сигнала за управљање кретањем по осама. Управљачки програм изводи интерполацију, управљање посмаком, успорење, убрзање итд. Главни подпрограм у управљачком програму је интерполатор који координира кретање дуж осе машине ради генерисања захтеване путање алата.

Путања алата је обично комбинација линеарних и кружних сегмената, па управљачки програм садржи потпрограме за линеарну и кружну интерполацију [1].

Погонски систем има задатак да реализује програмом дате инструкције. Основни параметри за избор погонског система су захтевана снага за извођење процеса обраде, расположиви избор снаге и захтевана динамичка карактеристика система.

За погон ЦНЦ машине алатке користи се мотор једносмерне струје⁴ код великог броја типова ЦНЦ машина, док се мотори наизменичне струје⁵ ређе користе.

Хирдаулични мотори су готово изостављени, а корачни мотори су намењени за мерни систем, слабије су снаге и конкретно се уграђују на мерним летвама и код инкременталних давача за помоћно кретање.

Мерни систем дефинише простор координатног система на столу машине. Према врсти позиционирања делимо га на:

- системе за апсолутно мерење,
- системе за инкрементално мерење,
- циклично - апсолутно и
- комбиновано.

Углавном се користи инкременталан мерни систем, а ређе апсолутни. Од инкременталних мерних система користе се мерне стаклене летве углавном, а ређе давач енкодер (линеарни и ласерски).

Број импулса представља пређени пут по оси, при чему сваком импулсу одговара померање по оси од једног инкремента, а фреквенција импулса пропорцијална је брзини кретања.

Нумерички управљане алатне машине се изводе са:

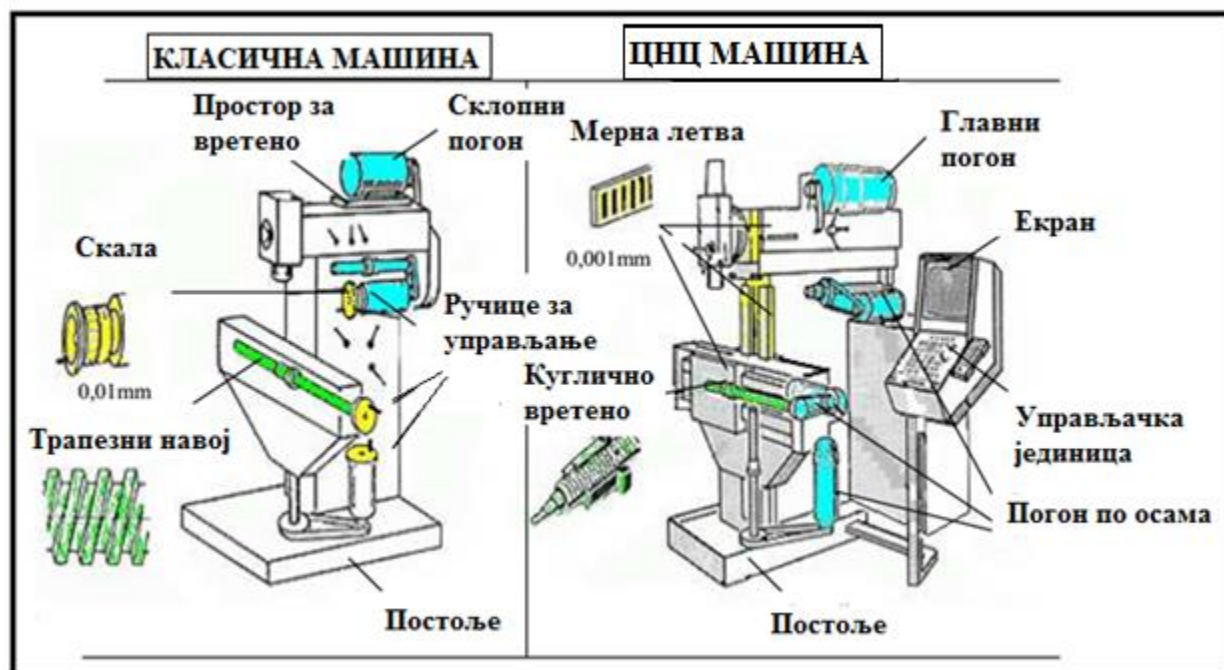
- тачкастим,
- праволинијским и
- контурним системом управљања [1].

⁴ Мотор једносмерне струје је DC – Direct current.

⁵ Мотор наизменичне струје је AC – Alternate current.

1.2. Конвенцијална, НЦ и ЦНЦ машина

1.2.1. Разлика између конвенцијалне и ЦНЦ машине



Слика 3 – Основна разлика између ЦНЦ и класичних машина алатки [3].

На слици 3 приказане су разлике конвенцијалне и ЦНЦ машине. Основна разлика између класичних и ЦНЦ машина алатки су:

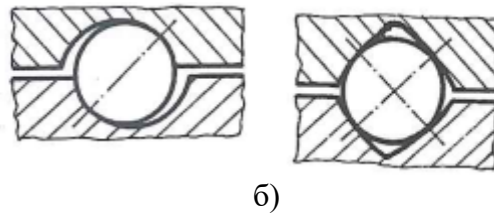
- Погонски систем код класичних машина се састоји из више мотора (један мотор погони главно вретено, а други покреће радни сто), док код ЦНЦ машина један мотор погони главно вретено, а кретање по оси се остварује преко инкременталног система;
- Управљање машине: код класичне машине је ручно (преко ручица), а ЦНЦ машина има управљачку јединицу која ради преко постпроцесора,
- Мерни систем: код класичне машине читава се са скале, док ЦНЦ машина има инкременталну летву и енкодер и
- Кретање радног стола: код класичне машине се остварује трапезним навојем, док код ЦНЦ машине је то куглично навојно вретено.

Још једна битна разлика која утиче на развој ЦНЦ машине је и завојно радно вретено алата. Конструкцијски облик завојног вретена код већине класичних машина није погодан за ЦНЦ машину из следећих разлога:

- имају мали коефицијент искоришћења снаге и
- велики празан ход услед прекомерног зазора.

Ова врста завојних вретена користи се за релативно мале кружне брзине, не обезбеђују тачност и поновљивост који се захтева код ЦНЦ машина. Завојно вретено класичног облика је замењено код ЦНЦ машина са завојним вretenом са рециркулациони куглицама, па је код ове врсте вретена замењено трење клизања са трењем котрљања.

На слици 4 приказано је завојно вретено које се састоји од прецизно измењивог завојног жлеба чији геометријски облик може бити: полукруг или готички лук [3].



Слика 4 – Геометријски облик завојног жлеба: а) полукружни, б) готички лук [1].

1.2.2. Разлика између НЦ и ЦНЦ машине

У погледу конструкције нема битне разлике, али у управљању и вођењу резног алата направљен је знатан напредак.

-Прва и главна разлика је мерни систем. Зависно од концепције машине мерни систем код ЦНЦ глодалице може бити пројектован тако да се радни сто машине креће лево - десно, напред - назад; а вретено горе - доле. Код НЦ глодалице вретено се креће напред - назад, а радни сто горе - доле, лево - десно.

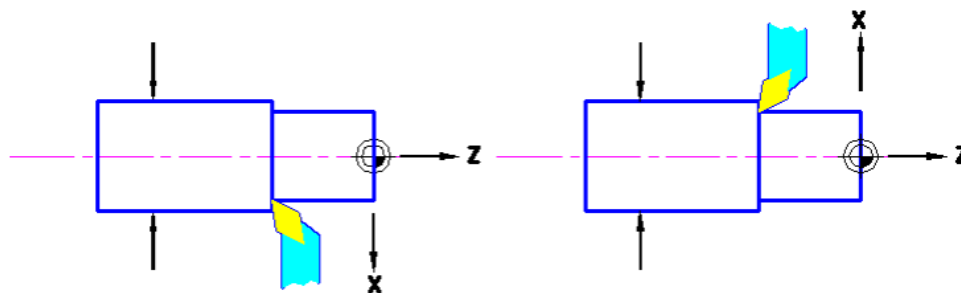
-Друга и неприметна разлика је у самом софтверу управљачке јединице. Код ЦНЦ машине управљачка јединица има програм за проверавање (симулацију програма), а код НЦ машине управљачка јединица нема симулатор [3].

1.2.3. Координатни систем струга и глодалице

Координатни систем код ЦНЦ стругова је двоосни. У оси изратка налази се оса Z , а управно на осу обратка је оса X .

Позитивна оса X може бити постављена у оба смера што зависи од положаја алата односно револверске главе у односу на израдак.

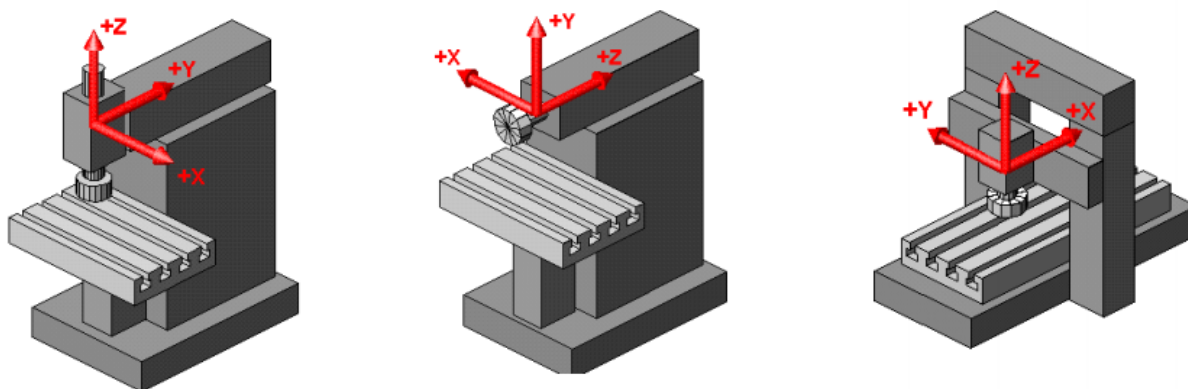
Координате са негативним предзнаком ($-X$, $-Y$) означавају кретање алата према радном предмету, а позитивни предзнак значи одмицање алата од радног предмета. Алат се увек креће у предмету или у смеру предмета ако је координата негативна, јер уколико узнемо у обзир да програмер случајно заборави негативан предзнак, алат се неће сударити са предметом обраде него ће се одмицати. На слици 5 приказан је координатни систем резног алата на стругу.



Слика 5 - Координатни систем струга [3].

Код ЦНЦ глодалице координатни систем је троосни X, Y, Z. За разлику од струга код глодалице, координате са позитивним предзнаком значи да се алат креће у предмет обраде односно у смеру кретања радног комада.

За одређивање позитивног правца координатног система користи се правило десне руке, палац показује позитиван смер осе X, кажипрст у позитивном смеру осе Y, а средњи прст показује позитиван смер осе Z. На слици 6 приказан је координатни систем код глодалице.



Слика 6 – Координатни систем глодалице [3].

Z оса је паралелна са осом главног вретена машине. Позитиван смер Z осе је од радног комада ка алату, код струга је од стезне главе ка револверској глави. X оса је главна оса и лежи у равни позиционирања радног комада и хоризонтална је где је то могуће извести.

1.3. Обрадни центар

Обрадни центар је основни представник ЦНЦ машина алатке, који обухвата све врсте ЦНЦ струга и глодалице. Овај тип ЦНЦ машине алатке има уређај за аутоматску измену алата, магацин алата и уређај за аутоматско одвођење струготине из зоне резања.

ЦНЦ машина је основни елемент флексибилног технолошког система или ћелије.

Спољашњи изглед ЦНЦ обрадних центра за глодање је као и изглед стругарског центра, при чему је ова машина опремљена са два посебно програмирана клизача, који се налазе на косим вођицама. Оба клизача носе револверске главе, при чему горња револверска глава има уређај за остваривање обртног кретања алата, чиме је омогућено извођење операције глодања и бушења, а горња револверска глава се може радијално окретати. Оба клизача се могу симултано користити.

Већина ЦНЦ обрадних центара је опремљена уређајима за аутоматску измену алата, што значи да се алати могу бирати и мењати под контролом програма дела. Аутоматска измена алата води ка повећавању продуктивности и обезбеђују услове за машинску обраду без присуства оператора [1].

Алат се аутоматски поставља у магацину алата, који представља обртно складиште интегрисано са машином алатком.

За идентификовање алата у магацину алата потребно је нумерисати позиције алата па се користе кодни кључеви.

При измени алата магацин алата се претражује алат по алат уз коришћење одговарајућег уређаја за дешифровање кодова што доводи до губитка великог времена. Да би се елиминисао овај недостатак у употреби је систем код кога су алати постављени у тачно нумерисаним позицијама у магацину алата. Магацини алата могу бити различитог облика карусола, добоша итд. Уколико се захтева више резних алата него што је потребно сместити у магацину алата, у тим случајевима потребно је изменити магацин алата преко робота. Алати се индексирају да би се довели у радној позицији, па при томе програмер дела мора водити рачуна да се алат мора поставити у предвиђеној позицији на револверској глави. Пре него што се изврши индексирање, клизач помера револверску главу у референтну тачку чиме се избегава колизија⁶ алата и радног предмета. На слици 7 приказан је један обрадни центар [1].



Слика 7 – Обрадни центри: а) вертикалан, б) хоризонталан.

1.4. Основи програмирања ЦНЦ машине

ЦНЦ управљачки програм може се реализовати:

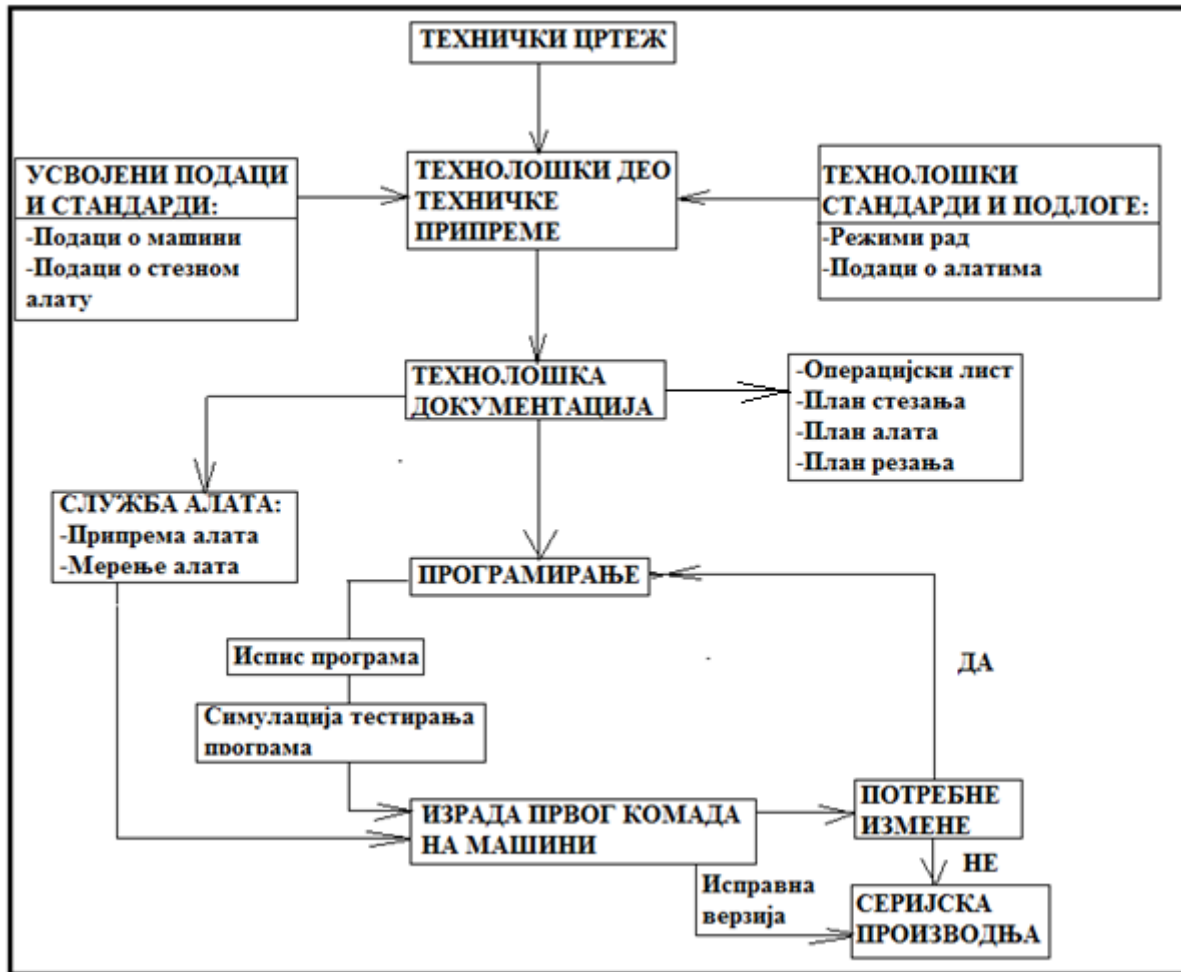
- ручним програмирањем,
- машинским програмирањем,
- графичком симулацијом процеса обраде на ЦНЦ машинама алаткама и
- програмирањем помоћу CAD система.

Програмер се мора придржавати три фаза у току израде програма:

- дефинисање облика радног комада,
- процесирање и
- постпроцесирање [1].

Ручно програмирање подразумева исписивање програма од стране технолога – ручно, према дефинисаној технологији. На слици 8 приказана је шема ручног програмирања.

⁶ Колизија су сва неопходна ограничења везана за путању алата.



Слика 8 - Шема ручног програмирања [1].

Процес израде делова на ЦНЦ машини, како се може видети на претходној слици састоји се од:

- разраде технологије и утврђивање редоследа захвата, алата и режима рада,
- припреме алата,
- програмирање,
- припрема машине,
- израда првог комада у серији и
- серијска производња.

Зависно од степена аутоматизованости пројектовања технолошког процеса за НЦ машине разликује се полумашинско и машинско програмирање.

Полумашинско програмирање се остварује помоћу минирачунара при чему обрада геометријских информација се аутоматски изводи, док је обрада технолошких информација полуаутоматска, јер рачунар не обезбеђује аутоматски избор параметра режима резања [1].

При машинском програмирању смањује се потребан број наредби и међурачунања у односу на ручно програмирање, што повећава тачност и смањује време нарочито када су у питању сложенији радни комади. Недостатак овог начина програмирања састоји се у не могућности контроле исправности рада у току програмирања.

Програмирање помоћу CAD система – овај начин програмирања подразумева аутоматско програмирање самог рачунара на основу изабраног параметра програмирања, као што су: CATIA V5, PRO ENGINEER, MASTERCAM, 3D SOLIDWORK, SOLIDCAM итд. Овде се знатно скраћује време и смањују трошкови израде, па је бржа израда комада на машини. И овде је могућа симулација и испис програма према управљачкој јединици.

Дефинисање облика радног комада – користећи радионички цртеж програмер дефинише захтеван облик радног комада помоћу дискретних геометријских елемената, тј. облик се разлаже и дефинише тачкама, линијама, круговима, растојањима и смеровима [1].

Процесирање – дефинисање облика радног комада формирају улазну датотеку чија се даља обрада састоји из два дела:

1 - Проверава се тачност улазне датотеке, и ако се дође до грешке формира се датотека грешака,

2 - После кориговања евентуалне грешке у улазној датотеци се уноси информација која се односи на величину алата, редослед обраде итд., након тога се геометријске дефиниције конвертују у податке потребне за обраду дела, изузимајући податке које се односе на саму машину.

Ови подаци формирају излазну датотеку која се зове CLDATA⁷. Ова датотека садржи димензиони опис путање алата у односу на специфицирану тачку.

Постпроцесирање – постпроцесор је програм рачунара који преводи садржај излазне датотеке CLDATA у облик који одговара усвојеној комбинацији машина алатка – систем управљања. Ова фаза се односи на редослед уношења G и M кодова и других информација који се односе на машину.

⁷ CLDATA (Cutter Location Data) – Подаци о положају алата.

1.4.1. Структура програма дела

Програм представља запис наредби који треба да изведе машина алатка са циљем да се добије радни комад претходно дефинисане контуре. Програм садржи потребне тражене положаје покретних елемената машине са припадајућом брзином кретања, бројем обртаја вретена уз уношења помоћних функција, као на пример укључи или искључи средство за хлађење итд.

Програмирање подразумева израду следеће документације:

1. план обраде (режим резања),
2. план стезања,
3. план алата (пројектовања путање алата) и
4. програмски лист [5].

План обраде – формирање овог плана почиње детаљном анализом радионичког цртежа при чему се констатују захтеви за обраду на основу којих се утврђује колико се пута стезање мора утврдити за обраду радног комада. На основу потребног броја стезања радног комада током обраде одређују се и обележавају базне површине (формира се план стезања радног комада). Онда се изводи план обраде за поједине положаје стезања.

У општем случају план обраде обухвата:

- радно место,
- списак операција,
- редослед захвата,
- бројеве операција,
- вредности посмака,
- измену алата,
- средство за хлађење и др.

-Избор режима обраде треба почети са усвајањем одређене дубине резања, јер дубина резања у односу на остале параметре режима обраде мање утиче на постојаност алата. Обично се усваја дубина резања зависно од скидања додатка за обраду са мањим бројем пролаза, а број пролаза зависи од траженог квалитета, тачности обраде и крутости система машина – алат - радни комад - помоћни прибор.

-Следећи корак је одређивање посмака, онда се одређује највећа вредност брзине помоћног кретања (производ посмака и броја обртаја).

-Као меродавни критеријум за одређивање режима рада код ЦНЦ машина алатки је узета постојаност алата. За прорачун постојаности треба следеће урадити:

- изабрати дубину резања,
- прорачун оптималне постојаности алата,
- прорачун допуштене вредности посмака узимајући у обзир сва ограничења и
- прорачун броја обртаја (брзина резања).

План стезања – када се приступи изради плана обраде, утврђује се у које се све положаје треба поставити радни комад при обради. Сви ти положаји радног комада у односу на алат показују се одговарајућим скицама који се називају плановима стезања.

Ови планови служе за приказ:

- положаја радног комада,
- обележавање координатних оса,
- уношење потребних мера и
- уређај за стезање са ослоним површинама [5].

План алата – алат и радни комад су у току обраде у захвату, при чему кретање алата и радних органа машине дефинишу геометријски облик као и димензије радног комада. Нумерички управљане алатне машине имају одговарајући координатни систем које дефинишу положаје радних органа машине. Димензионо дефинисање алата представља прецизно одређивање положаја врха алата у односу на референтне тачке држача алата. Сви алати који се користе у току обраде уносе се у посебан образац који се назива план алата.

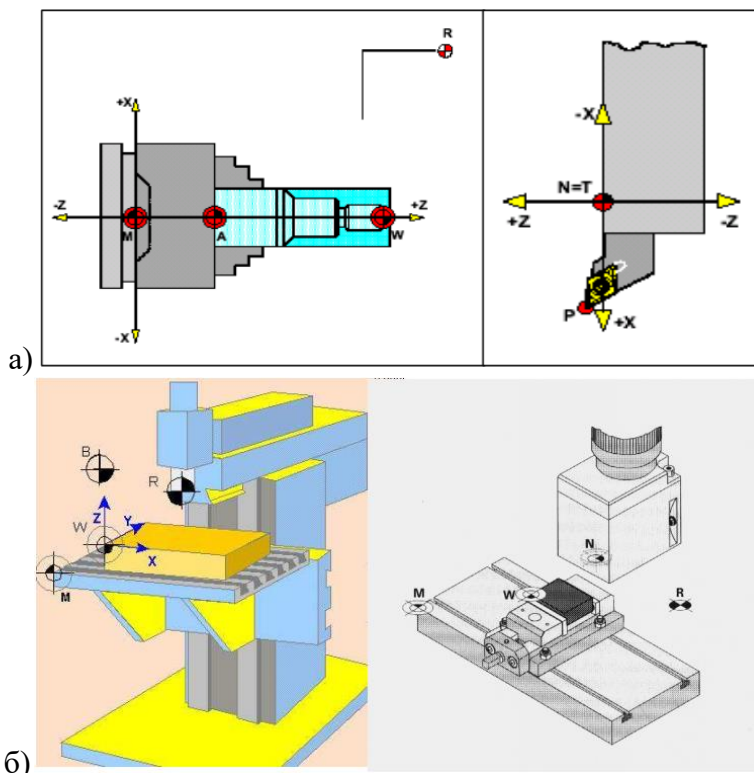
Програмер програмира путању врха алата односно средишта радијуса врха алата. Ако се предпостави да је радијус врха алата током обраде контуре радног комада константан, тада путања центра радијуса врха алата при контурној обради представља еквидистанту контуре радног комада. У програму обраде радног комада описује се еквидистанта која је састављена из геометријских елемената⁸. При пројектовању путање алата треба узети у обзир карактеристике примицања и одмицања. Обично се прилаз алата обрађиваној површини изводи брзим ходом. На растојању између врха резног алата и радног комада од око 2 до 10 mm кретање алата се изводи радним посмаком који обезбеђује лаган улаз алата у захват са радним комадом. Исто се дешава и при излазу алата из захвата са радним комадом. У том случају се посмак замењује брзим одмицањем када се алат удаљи од радног комада од 2 mm [5].

⁸Геометријски елементи могу бити одсечци правих, лукови круга и криве другог и вишег реда.

1.4.2. Координатни систем ЦНЦ машине

На основу два координатна система, дефинише се узајамни положај алата и предмета обраде и могу бити:

- координатни систем машине и
- координатни систем предмета обраде (као што је приказано на слици 9).



Слика 9 - Координатни систем и карактеристичне тачке: а) струг, б) глодалица [2].

Број и врсте осе зависи од машине. Користи се десно орјентисани правоугли координатни систем са осама X, Y и Z и поклапа се са главним клизачима на машини. Програмер увек претпоставља да ће се алат кретати у односу на предмет обраде [2].

У току обраде зависно од врсте операције, кретање изводи алат или радни комад.

Ако се креће алат, тада се позитиван смер кретања подудара са позитивним смером кретања одговарајуће осе +X, +Y или +Z. Уколико се креће радни комад позитиван смер је супротан од смера оса алата и означава се са +x', +y'. Према томе у првом случају ради се о координатном систему радног комада, а у другом случају је у питању координатни систем машине [2].

1.4.3. Припрема машине за рад

Пре него што се унесе ЦНЦ програм у управљачкој јединици, треба извести многе припремне активности.

У ове активности спада и процедура подешавања машине при чему су ове активности дефинисане тзв. листом за подешавање. Листа за подешавање између осталих садржи и списак алата. Алати су постављени у њихове држаче и подешавају се помоћу оптичких уређаја. Идентификација алата се изводи или преко кода алата или преко кода позиције алата.

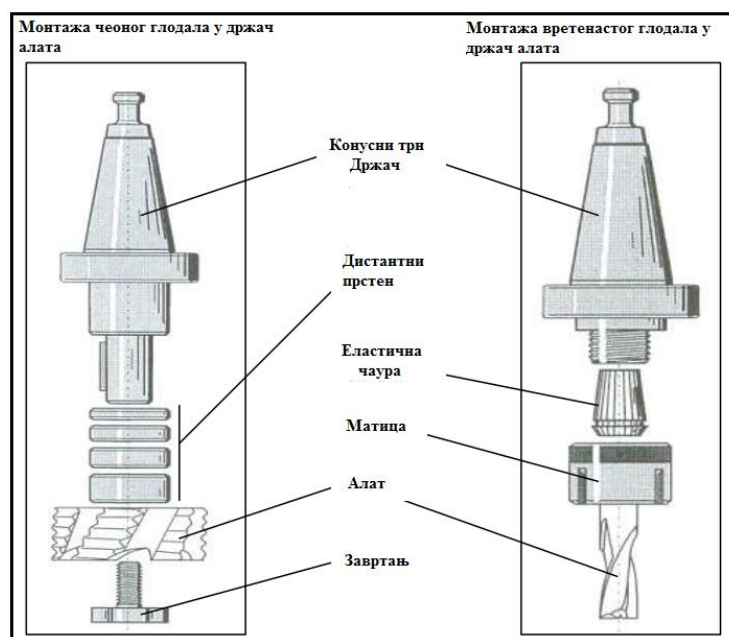
У старијим конструкцијама (НЦ машини алатки) са тракастим транспортером као магацином алата кодиран је носач алата. На кружним магацинима кодиране су локације алата. Пре почетка рада магацин алата се пуни одговарајућим алатима.

Припрема држача и стезача радног комада представља део процедуре подешавања.

Код ЦНЦ машине алатке које нису опремљене апсолутним мерним системом, после операције подешавања померају се клизачи машине до њене нулте тачке ради усаглашавања мерног и управљачког система.

Пре стартовања ЦНЦ програма оператер помера клизаче машине ка програмској нултој тачки коју је одредио програмер. Да би се избегла контрола тачности радног комада мора се прекинути процес обраде у одређеним фазама. Прекид програма се може извести ручно или ако се планира контролисање сваког радног комада и може бити уграђен у ЦНЦ програм. Ако радни комад није обрађен са траженом толеранцијом потребно је извршити корекцију програма.

У случају отказа алата, оператер мора прекинути аутоматско извођење обраде. После замене алата или окретања изменљиве плочице од тврдог метала, програм се поново стартује од првог главног блока пре прекида тј. блока који садржи све почетне наредбе као на пример наредба укључи - искључи. На слици 10 је приказана монтажа алата у држач алата [1].

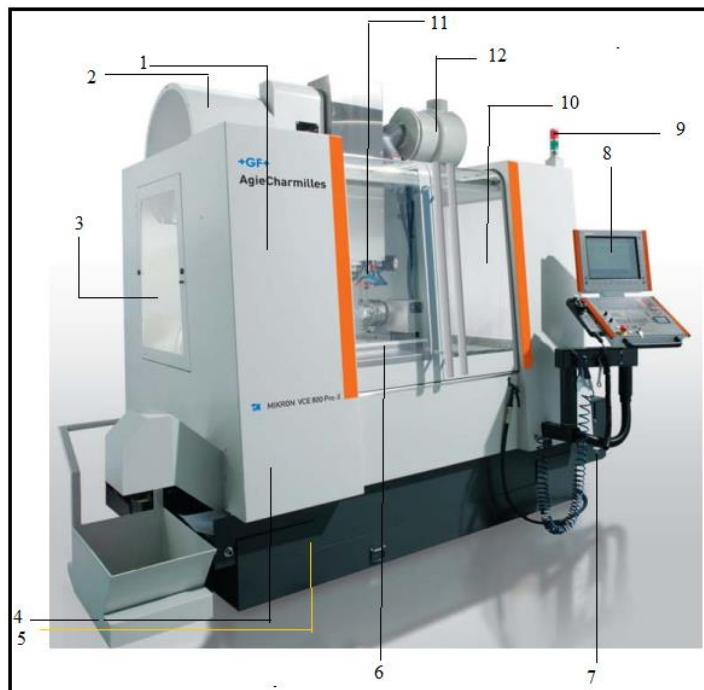


Слика 10 – Монтажа глодала у држач алата [1].

2. ПРИНЦИП РАДА ОБРАДНОГ ЦЕНТРА MICRON VCE 800PRO

2.1. Приказ обрадног центра и његових делова

Micron VCE 800Pro је вертикални глодачки обрадни центар и обухвата велики програм тестирања. У понуди је велики асортиман обрадних центара и можемо их индивидуално изабрати за своје потребе, уз одговарајућу величину машине и ради постизања високих перформанси обраде под економским условима. На слици 11 приказан је обрадни центар Micron VCE 800Pro [6].



Слика 11 – Обрадни центар Micron VCE 800Pro.

Делови обрадног центра Micron VCE 800Pro су:

- 1 - двоструки пријемник за алате који мења и вретена,
- 2 - магацин алата ван радног подручја,
- 3 - посматрање машинске обраде са 3 стране,
- 4 - простор за одлагање струготине стандардно (предвиђено за обрадне центре Micron VCE од 600 до 1400Pro),
- 5 - резервоар расхладне течности који може да буде уграђен и са спољне стране за чишћење машине,
- 6 - повезивање пиштоља компримованог ваздуха за стезање нулте тачке система,
- 7 - уграђен филтер без додатних просторних захтева (Micron VCE 600 - 1000Pro),
- 8 - User Friendly Heidenhain iTNC530 контролни систем са Smart.NC системом,
- 9 - приказивање стања рада,
- 10 - осветљавање радне површине са обе стране,
- 11 - хлађење алата притиском до 42 бара и
- 12 - резервоар са уљем.

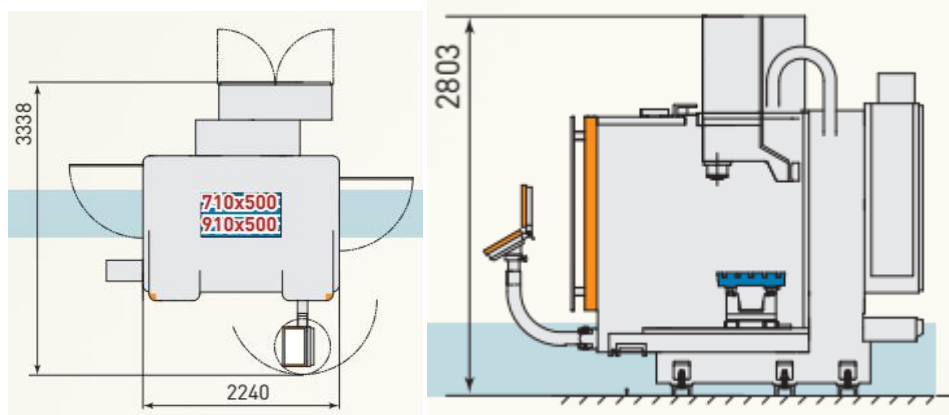
2.2. Техничке карактеристике машине и режим обраде

Подаци за овај обрадни центар који су неопходни за генерисање ЦНЦ кода дати су у табелама од 1 до 9 и у потпуности га конструкционо и димензионо дефинишу.

Техничке карактеристике

Табела 1 - Радни простор машине.

Дужина X (mm)	800
Ширина Y (mm)	500
Висина Z (mm)	540
Примицање (mm)	690



Табела 2 - Алат и радно вретено алата.

Обртни момент вретена (Nm)	149
Максимална брзина (rpm ⁹)	10 000
Монтирање алата	ISO-B40
Број обртаја радног вретена (rpm)	14 000 ISO-B40 16 000 ISO-B40/HSK-A63

Табела 3 – Радни посмак.

X, Y (m/min)	40
Z (m/min)	40

⁹ rpm (Rotation per minute) - Број обртаја у минути (о/мин).

Табела 4 - Магацин алата.

Простор магацина	24/40 ISO-B40
Тип мењача алата	Бочно монтиран
Максимална дужина алата (mm)	305
Максимални пречник алата (mm)	77-115

Табела 5 - Радни сто.

Површина радне табле (mm)	910x500
Максимална тежина табле (kg)	1100
Број Т – пролаза	5
Простор Т - пролаза (mm)	100
Димензија Т - пролаза (mm)	18 ^{+0,006/-0,024}

Табела 6 – Остали подаци.

Управљачка јединица	Heidenhain iTNC530
Запремина резервоара расхладне течности (l)	300
Тежина машине (kg)	5000
Снага на главном радном вратилу мотора (kW)	16

Режим обраде

Режим обраде у обради глодањем одређен је брзином резања:

$$v = \frac{D \cdot \pi \cdot n}{1000} \approx \frac{D \cdot \pi}{320} \cdot \frac{m}{min}$$

$$\text{односно бројем обртаја алата: } n = \frac{1000 \cdot v}{D \cdot \pi} \approx \frac{320 \cdot v}{D}; \frac{o}{min}$$

$$\text{и брзином помоћног кретања: } v_p = n \cdot S = n \cdot S_1 \cdot z; \frac{mm}{min}$$

$$\text{Главно време обраде је: } t_g = i \cdot \frac{L}{n \cdot S}$$

Где су:

- корак по зубу $S_1(mm/z)$,
- додатак за обраду $\delta(mm)$,
- дубина резања $a(mm)$,
- дужина обраде $l(mm)$ и
- излаз алата $l_1(mm)$.

Табела 7 – Подаци који се односе на изразе изнад.

Број пролаза	$i=\delta/a$
Ход алата (mm)	$L=l+e+l_1$
Прилаз алата (mm)	$e=2-5$

Режим обраде у обради бушењем је одређен брзином резања, бројем обртаја, кораком, а ређе и брзином помоћног кретања.

$$\text{Брзина резања: } v = \frac{D \cdot \pi \cdot n}{1000} \approx \frac{D \cdot n}{320}; \frac{m}{\text{min}}$$

$$\text{Број обртаја: } n = \frac{1000 \cdot v}{D \cdot \pi} = \frac{320 \cdot v}{D}; \frac{o}{\text{min}}$$

Корак S (mm/o)

$$\text{Брзина помоћног кретања: } v_p = n \cdot S; (\text{mm/min})$$

Корак и брзина резања се узима преко препорука произвођача материјала предмета обраде. У табели 8 и 9 приказани су подаци који су неопходни и који се морају испоштовати за процесирање [7].

Табела 8 – Подаци неопходни за режим обраде.

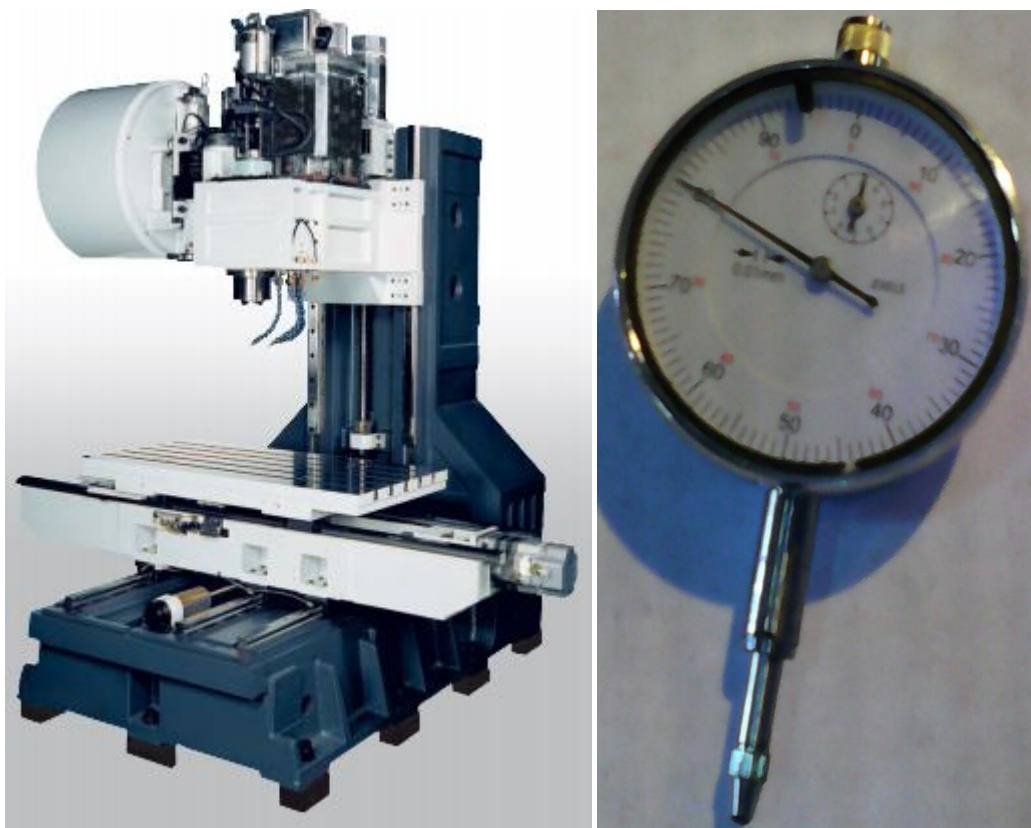
Глава глодала	Пет сечива
Број обртаја (rpm)	10 000
НМ tool	Flat face mill 45°
Пречник алата (mm)	63
Брзина резања (m/min)	160
Брзина (rpm)	809
Посмак (mm/min)	809
Дубина уроњења (mm)	5,5
Ширина уроњења (mm)	63
Запремина струготине (cm ³ /min)	281
Терет вретена %	120

Табела 9 – Остали подаци.

Пречник алата (mm)	Ø38
Број обртаја (rpm)	10 000
Брзина резања (m/min)	220
Брзина (rpm)	1843
Посмак (mm/min)	221
Терет вретена (%)	20

2.3. Опис система

Висока конструкција од ливеног гвожђа издвојена је због одличне карактеристике апсорпција са високом стабилношћу и крутошћу, чак и под пуним оптерећењем и сталним радом. Резултат је стабилан процес глодања који обезбеђује трајан квалитет толеранције радног предмета [6]. На сликама од 12 до 19 приказани су делови обрадног центра.

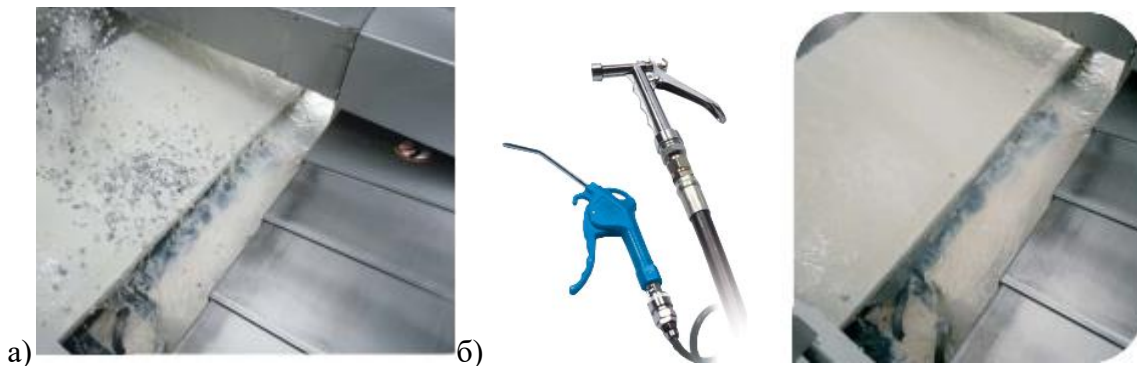


Слика 12 – Обрадни центар без оклопа и компаратер [6].

Спирални транспортер

Спирални транспортер аутоматски уклања чипове¹⁰ (слика 13 под а). На овај начин се контролише оптерећење, и иако се преоптерећује јавља се циклус деблокирања. Масивни телескопски поклопци израђени су од челичног лима и потпуно штите кретање у 2 линеарне осе од прљавштина и чипова. Дизајн кабине спречава чипове да се нагомилавају [6].

Кабловски зидни уређаји¹¹ (слика 13 под б) осим транспортера, и они служе за испирање и одводњу чипова који је уграђен са спољне стране транспортне траке.



Слика 13 – а) Спирални транспортер, б) Лево је приказан пиштољ, а десно транспортна трака [6].

Радни сто

Сваки сто је опремљен са пнеуматским прикључком за ваздух на нулту тачку система [8]. Позивање четврте осе је постављено на Micron VCE у електричном ормарићу и активира се преко управљачког система преко параметра. За обраду средњих и већих радних предмета, тачно раздвајање главе је право решење на Micron VCE. Мали асортиман поузданих производа допуњује вертикалну машинску обраду у обрадном центру са важном четвртом осом [8].



Слика 14 – Радни сто са мерном летвом [8].

¹⁰ Чипови су у овом случају струготине.

¹¹ У ове уређаје спадају пиштољи са компримованим ваздухом.

Радно вретено алата

Радна вретена су робусног облика и увек имају довољно снаге за све уобичајне машинске радове. За бушење потребна је највећа перформанса и снага савремених алата и може се у потпуности искористити. Вретена за универзалну обраду¹², имају такође високе обртне моменте од 96 до 200 Nm¹³, а за издржљивост препоручљиво је користити кугличне лежајеве [6].



Слика 15 – Радно вретено алата.

Широко подржана и снажно конструисана глава вретена омогућава процес глодања или бушења са високом снагом на 3 осе. Затворен унутрашњи систем расхладног средства се стабилизује и контролише температурама главе вретена. Активни систем за хлађење вретена има додатно позитивно дејство на кугличне лежајеве, издржљивост и продужетак вретена. Важан предуслов за прецизност радног предмета је двоструки кружни вијак.

Инструкције за чишћење вретена алата су:

- очистити вретено алата помоћу средства за учвршћивање конуса и
- убацити конусни чистач у осовину вретена и окренути га 2 до 3 пута.

Инструкције за проверавање колутних чаура су:

- ручно причвршћивање алата у вретено алата,
- приликом стезања, водити рачуна о томе да греде за колуте исправно функционишу, па се алат не нагиње и
- алат мора да буде апсолутно концентричан [6].

¹² Стандардно са опцијом 6 000, 10 000, 14 000 и 16 000 min⁻¹ као што је приказано у табели 2.

¹³ Мотор вретена омогућава велики обртни момент и мале брзине са високом снагом.

Расхладни систем за хлађење

Хлађење се води под високим притиском кроз радно вретено директно до резних ивица.

Предности су:

- веће брзине резања,
- бушење без буке,
- слепа рупа – глодање и
- проширивање алата (опционо) [6].

Поред мобилног резервоара са расхладним средством, расхладни систем има и бенд (мат) филтер, 2 реверзибилне филтерске кертриџе за непрекидну употребу у производњи. Хлађење је увек осигурано прстеном за прскање. У циљу одржавања расхладног система, спроводе се послови по следећим инструкцијама:

- хлади се глава радног вретена,
- чишћење великог резервоара за хлађење, јер се извлаче ваљци,
- ручни и ваздушни пиштољи и
- млазнице за хлађење и за пражњење на глави вретена.

Довољна заштита и одржавање система за хлађење мазивом и дуги век трајања водонепропусних емулзија обезбеђује константне услове рада који чине јединствен квалитет производње¹⁴.

Визуелно се проверавају следеће компоненте за цурење:

- чишћење пиштоља,
- повезивање црева,
- проверавају се слободне казаљке на компартеру,
- замењују неисправни делови,
- млазница за хлађење,
- прстен за прскање,
- бочно испирање,
- проверити да ли су инсталиране и истакнуте млазнице за хлађење,
- да ли обезбеђују довољан млаз, као и да се скину и очисте млазнице [6].

Запремина одвојеног уља у великој мери зависи од начина наплате машине. Интервали одржавања се могу значајно разликовати, због тога је обавезно редовно проверавање количине уља како би утврдили интервал чишћења. Проверава се ниво резервоара за уље, потребно је испразнити и очистити резервоар за уље, затим одговарајуће уље правилно одложити у складу са прописима.

¹⁴ Не смеју се користити адитиви као што су бактериоциди, инхибитори, рђе итд.



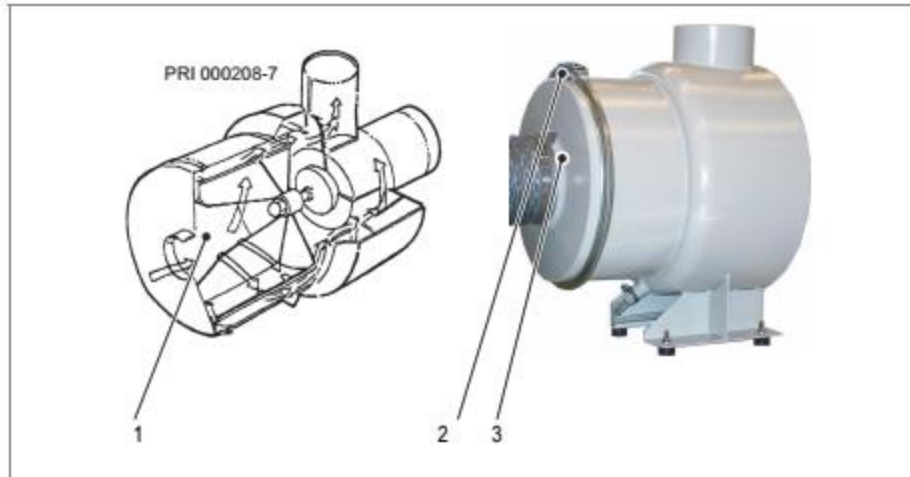
Слика 16 – Резервоар за уље:
 1 - Конструкција резервоара,
 2 - Сита у резервоарима [6].

Провера нивоа мазива за хлађење зависи од тога како је систем опремљен. Проверава се ниво расхладне течности док је заустављена машина и хлађење укључено, па резервоар за хлађење мора да буде пун у сваком тренутку. Хлађење у резервоару са расхладним флуидом се филтрира кроз систем сита. Задатак сита је да се морају редовно чистити од чипова и других загађивача и то зависи од врсте машине. Ако не може да се реши проблем када га решава један човек потребно је информисати надлежну особу тј. сервисера обрадног центра.



Слика 17 – Интегрисани филтер са ваљком магацина:
 1 - Ваљак магацина са поклопцем,
 2 - Сензор ваљка и
 3 - Ваљак папира.

Интервали одржавања зависи од оптерећења филтера. Они могу да варирају између једне седмице и 6 месеци. Према томе, проверава се ниво контаминације током првих недеља и месеци како би се одредио интервал чишћења [6].



Слика 18 – Мотор за екстракцију уља:

- 1 – Бенд (мат) филтер у сито бубња,
- 2 - Заптивач и
- 3 – Бенд (мат) филм у поклопцу [6].

Мењач алата

За измену алата уграђује се грипел са двоструком руком који омогућује брже промене алата. Сви алати су оптимално заштићени од измене алата који се окреће у радном простору. Осим тога, ова конструкција омогућава и обраду високих делова [6].



Слика 19 – Аутоматски измењивач алата.

За руковање са мењачем алата препоручује се опрез:

- носити заштитне рукавице,
- алати, чипови имају оштре ивице реза и
- не додиривати никад алат и чипове голим рукама [6].

2.4. Управљачка јединица Heidenhain

Управљачки систем Heidenhain се може брзо савладати. Контролни систем има много функција које повећавају ефикасност, међу којима су програм слободне контуре, калкулатор, организација ЦНЦ програма и графичка подршка током циклуса.

Алтернативни начин рада smart.NC чине програмирање лакшим, а улази су приказани графичким помоћним сликама. Управљачки систем је повезан са РС рачунарима, екстерне програмске станице и мреже преко Ethernet интерфејса. Контролна табла има USB интерфејс за складиштење података [6]. На слици 20 приказан је USB интерфејс за складиштење података.



Слика 20 - USB интерфејс за складиштење података [8].

Електроника интерфејса (Simens) из компаније Heidenhain прилагођава сигнале енкодера до интерфејса. Ова електроника може директно процесирати излазне сигнале са Heidenhain енкодера или ако је потребна додатна интерполација сигнала. Електроника интерфејса Heidenhain са различитим механичким дизајном доступна је код сервисера Simens провајдера. На слици 21 приказани су прикључци каблова који повезују USB интерфејс са Ethernet интерфејсом [8].



Слика 21 – Прикључци на кабловима [8].

2.4.1. Историјски развој компаније Heidenhain

Фабрика Heidenhain је почела са радом као фабрика гравирања 1889 године са седиштем у Берлину, њен оснивач је Wilhem Heidenhain. Ова фабрика производи калупе, угломере и мерне инструменте.

1928 године Heidenhain је измислио процес оловно – сулфидног копирања, да направи тачне копије оригиналне решетке на металној површини за индустријску употребу.

Након што је компанија уништена у Другом светском рату 1948 године, DR. Johanes Heidenhain је основано компанију под истим именом у Траунреут-у од стране Wilhelm-a Heidenhain-a. Први производи су били поново угломери и прецизни линеарни инструменти за трговину на мало.

Оптички позициони мерни системи за алатне машине су убрзо додати у производни програм. Почетком 60-тих година дошло је до транзиције линеарних и угаоних енкодера са фотоелектричним скенирањем. Овакав развој догађаја омогућио је први пут да се аутоматизују многе машине и системи у прерађивачкој индустрији. На слици 22 приказана је управљачка јединица са електричним орманом.



Слика 22 – Управљачка јединица Heidenhain iTNC530.

DR. Johannes HEIDENHAIN компанија данас развија и производи линеарне и обртне енкодере, угаоне енкодере, дигиталне читаче и управљачке јединице HEIDENHAIN. Производи се примарно користе код машина алатки са високом прецизношћу, као и у погонима за производњу и прераду електронских компоненти.

1952 године основан је Диадур процес за додавање оптичких уређаја за мерење положаја алатних машина. 1968 године Heidenhain је направио своје прве дигиталне читаче. Прва бројна контрола Heidenhain-а покренута је 1976 године.

1987 године уведена је линеарна серија енкодера која ради на принципу интерференције светлости. Допуштено је да мерења буду фина као један нанометар.

Према подацима из компаније Heidenhain, 2006 године компанија је имала регионалне продајне локације у 43 замахља и запослила је око 7 000 људи, од којих је 2 600 радило у главном објекту у Траунреуту, Немачка. До краја 2006 године компанија је произвела око 10,5 милиона линеарних или угаоних енкодера, 420 000 положаја дисплеја и скоро 200 000 ЦНЦ контролера.

2.4.2. *Развој управљачке јединице Heidenhain по годинама производње*

- HEIDENHAIN 5041 нумеричка позиција за дисплеј 1976 године.
- TNC 110 и 120 нумеричко позиционирање контроле путање за 3 осе 1979 године.
- TNC 130 и TNC 135 нумеричко праволинијска контрола резања 1981 године.
- TNC 145 нумеричка контрола путање за 3 осе 1984 године.
- NC 155 нумеричка контрола путање за 4 осе са графичком симулацијом радних предмета обраде 1996 године.
- TNC 426 контрола обликовања са дигиталном контролом путање за погон са 5 оса 2004 године.
- iTNC 530 контрола обликовања у алтернативним smart.NC радним режимима 2007 године.
- TNC 620 контрола обликовања са HSCI, са серијским интерфејс контролером 2011 године.
- TNC 640 контрола обликовања у комбинацији за глодалице и обртне операције 2012 године.

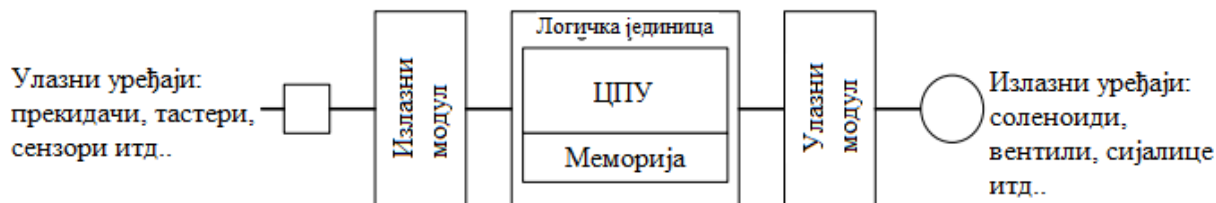
2.4.3. *Управљачка јединица Heidenhain iTNC 530*

iTNC 530 је разноврсна управљачка јединица која је производно орјентисана, намењена за глодање, бушење и разбушивање, као и за обраду на обрадним центрима. Ова управљачка јединица карактерише оптимизована серво контрола, кратко време обраде блока инструкција и посебне контролне стратегије. Заједно са јединственим дигиталним дизајном и интегрисаном дигиталном контролом серво погона, укључујући претвараче, омогућује да се достигну веома високе брзине обраде и најбоља могућа прецизност контура посебно када се обрађују 2Д или 3Д површине. DCM динамичка контрола колизије на iTNC 530 циклично прати радни простор машине за могуће колизије са компонентама машине и опреме за стезање. Са AFC адаптивном контролом брзина кретања, iTNC регулише брзине кретања аутоматски зависно само од снаге одговарајућег главног вретена и других параметра обраде. Ово оптимизује машинско време, подржава функцију надгледања алата и смањује хабање машине.

Основна карактеристика је једноставност при руковању која се заснива на оперативном систему Windows 2000. Процесор који служи за извршавање апликација је Intel Pentium и он нема функцију управљања машином, већ се за то користи посебан процесор¹⁵.

На слици 23 је приказана основна шема управљачког ормана која објашњава електронику управљачке јединице iTNC 530. На основу ове чињенице биће разјашњен комплетан принцип рада управљачке јединице [2].

¹⁵ ПЛЦ (Programable Logic Controller) – Програмабилно логички контролер.

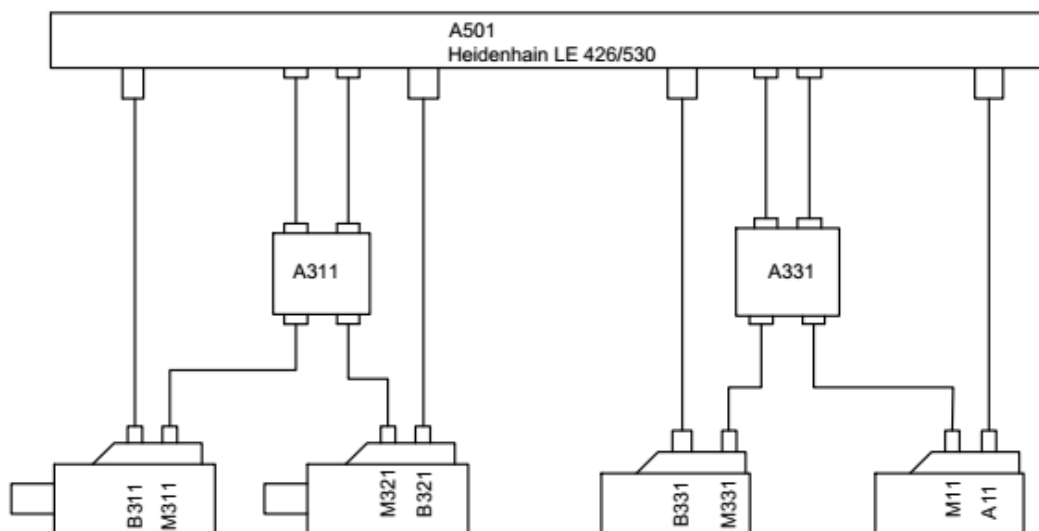


Слика 24 – Основни елементи програмабилног логичког контролера.

На слици 23 елементи означени са K су контактори (релеји), а са Q су осигурачи. У склопу ПЛЦ-а смештени су сервопојачавачи (A590, A331, A311, A212 и A250). Сваки серво појачавач повезан је са мотором за управљање по осама.

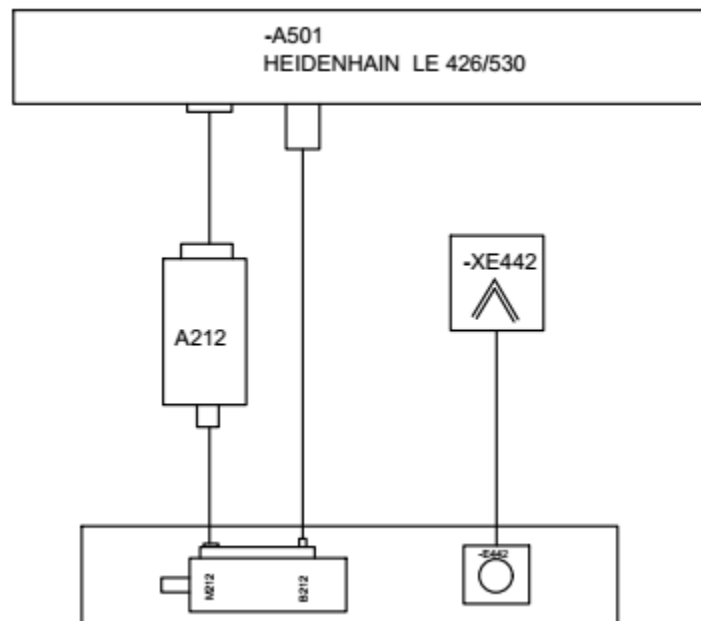
На слици 25 приказано је управљање кретањем по осама X, Y и Z. Сервопојачавач A311 повезан је са мотором M311, B311 за кретање по X оси и тахогенератором B321 и M321 за кретање по Y оси, а сервопојачавач A331 са моторима B331, M331 за кретање по z оси и M11 и A11 за ротационо кретање.

Тахогенератор је смештен на погонском систему и обезбеђује повратну везу брзине, ово значи да ако је управљачком јединицом задато да се мотор брзим ходом креће он има задатак да га успори и супротно, другим речима је то регулатор брзине кретања.

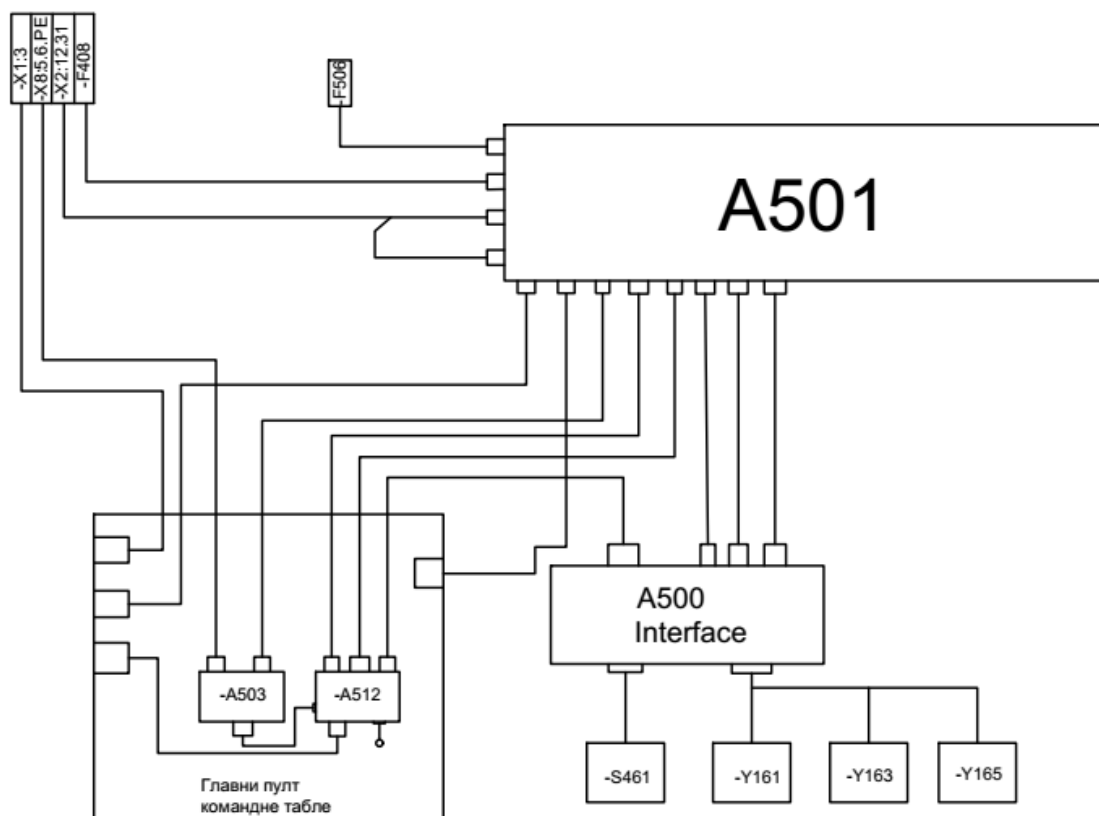


Слика 25 – Управљање кретањем по X, Y и Z оси.

Слика 26 приказује повезаност сервопојачавача A212 са енкодером, а на слици 27 је приказан интерфејс A500 који се налази између командних елемената и ПЛЦ-а.

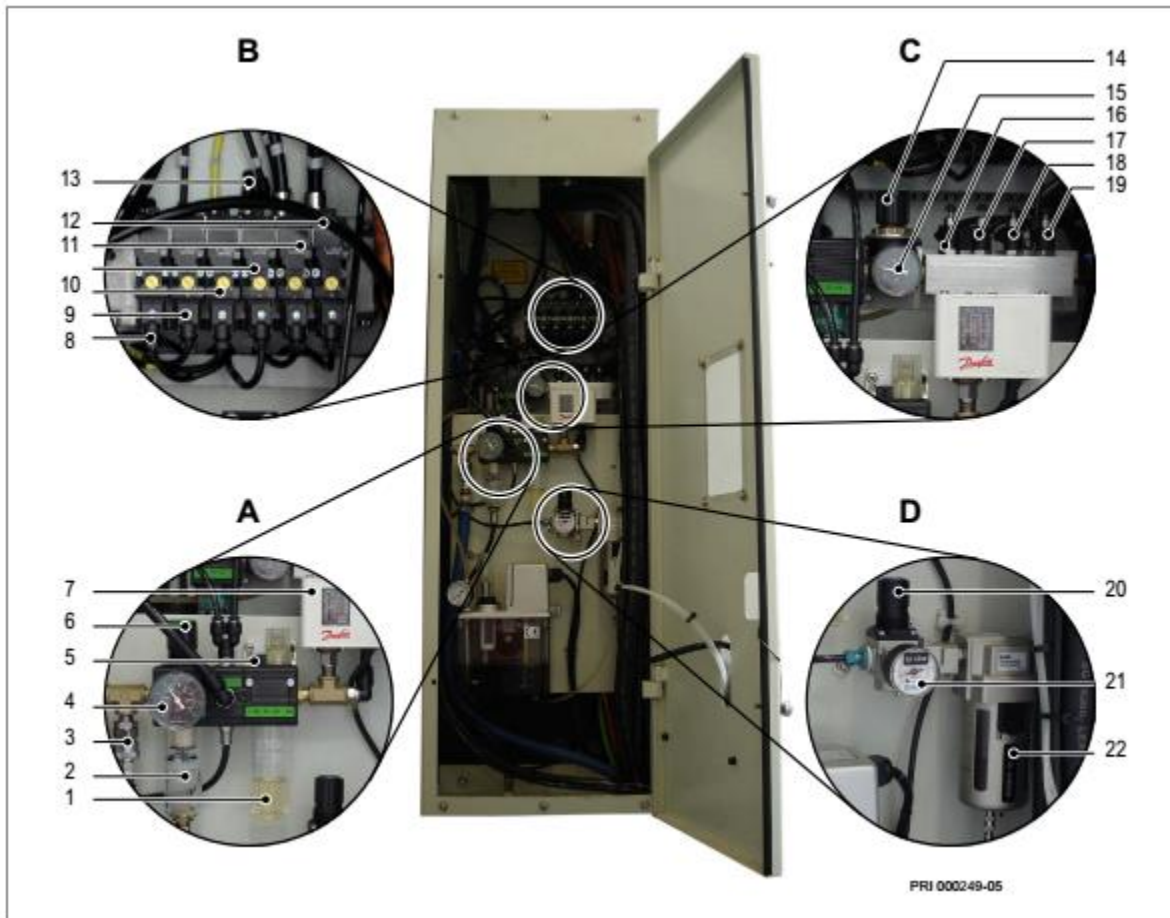


Слика 26 – Сервопојачавач A212.



Слика 27 – Интерфејс ПЛЦ-а.

На слици 28 је приказана пнеуматска шема управљања обрадног центра, која је подељена на четири главна дела, а то су: главна јединица, блок вентила, ваздушна баријера и веза са 4-том осом. У принципу ова слика се заснива на шему са слике 23, тако да ће у тексту испод следеће слике бити наведени само главни делови са слике 28.



Слика 28 – Пнеуматска шема.

Систем се састоји од 4 главна дела, а то су:

А - управљачка јединица:

- 1 - резервоар за нафту пнеуматског подмазивања,
- 2 - мали филтер,
- 3 - главна веза,
- 4 - индикатор главног притиска,
- 5 - уље за пуњење пнеуматског подмазивања,
- 6 - главни регулатор притиска,
- 7 - прекидач за надзор притиска,

В - блок вентила:

- 8 - линейарни мерни вентил за ваздушне преграде,
- 9 - програмабилни вентил за хлађење ваздуха,
- 10 - ласерски вентил за испуштање алата,
- 11 - вентил за вретено алата (за ослањање вијка),
- 12 - цепни вентил магацина за измену алата,
- 13 - ручни вентил ваздушног вретена алата,

С - ваздушна баријера:

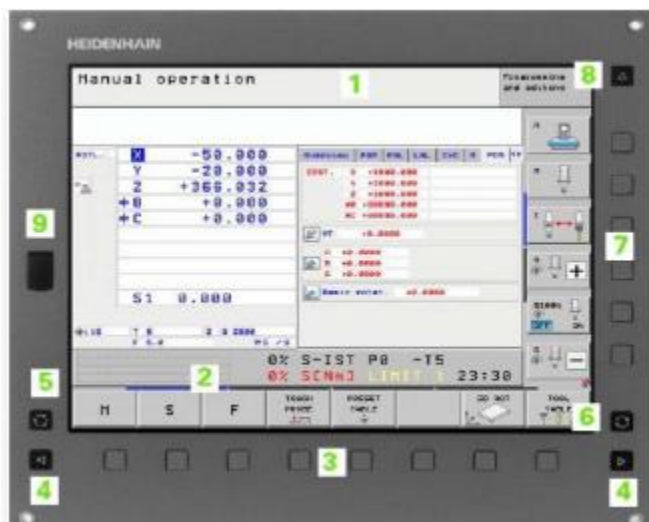
- 14 - контролер притиска ваздушне баријере,
- 15 - индикатор притиска ваздушне баријере,
- 16 - линейарна мерна скала ручни вентил (X оса),
- 17 - ручни вентил мерне скале (Y оса),
- 18 - линейарна мерна скала ручни вентил (Z оса),
- 19 - ручни вентил осовине 4-та оса (подељена глава¹⁶),

D - веза са четвртном осом:

- 20 - регулатор притиска,
- 21 - индикатор притиска осовине и
- 22 - резервоар за уље.

2.4.4. *Опис команди (тастера) са контролне табле HEIDENHAIN iTNC530*

На слици 29 дат је приказ екрана, а на слици 30 тастатура Heidenhain iTNC530 управљачке јединице.



Слика 29 – Екран управљачке јединице iTNC530.

¹⁶ 4 - та оса служи за ротационо кретање главе радног вретена са резним алатом.

1. Заглавље - Када је TNC укључен у заглављу екрана је приказан изабрани MOD: машински MOD је приказан на левој, а MOD за програмирање на десној страни заглавља.
2. Софтверске картице
3. Тастери за селектовање софтверских картица (2)
4. Стрелице за померање софтверских картица
5. Подешавање изгледа екрана
6. Тастер за брзи прелазак из машинског мода у мод за програмирање
7. Тастери за селектовање софтверских картица 8
8. Софтверске картице које постављају произвођачи машине
9. USB прикључак



Слика 30 – Тастатура управљачке јединице.

1. Алфанумеричка тастатура за унос текста, имена фајлова и за ISO програмирање
2. Додатни тастери за Windows операције
 - одабир или брисање програма и датотека (file-ова), трансфер спољних података
 - дигитрон
 - MOD функције
 - HELP функције
3. Машински оперативни MOD-ови
4. Програмски MOD-ови
5. Тастери за програмирање
6. SMART.NC навигациони тастери
7. Нумерички унос података и бирање радне осе
8. Стрелице за директно позиционирање на блокове, циклусе и параметарске функције
9. Touchpad: (екран осетљив на додир, може да се користи као PC миш код лап топ рачунара).

У табелама од 10 до 16 приказани су тастери за циклусе, управљање програмом, дефинисање алата, одабир радних модова, позиционирање на блокове и исправљање и унос координата и бројева.

Табела 10 – Тастери за циклусе, подпрограме и понављање програмске секције.

CYCL DEF	CYCL CALL	Дефинисање и позив циклуса
LBL SET	LBL CALL	Постављање и позив циклуса и понављање програмске секције
STOP		Унос програмског СТОПА у програм
TOUCH PROBE		Унос функције Touch Probe у програм

Табела 11 – Функције алата.

TOOL DEF	Дефинисање дужине алата или радијуса алата
TOOL CALL	Позивање алата

Табела 12 – Управљање програмом.

PGM MGT	Одабир или брисање програма или датотека
PGM CALL	Позивање програма у програму
MOD	Одабир функције MOD
HELP	Приказивање текста, помоћи или порука о НЦ грешкама
CALC	Дигитрон
ERR	Приказивање текста о НЦ грешкама

Табела 13 – Одабир радних модова машине.

	Ручно управљање
	Електронски ручни точкић
	Позиционирање ручним уносом података (MDI)
	Извршење програма блок по блок
	Пуно извршење програма

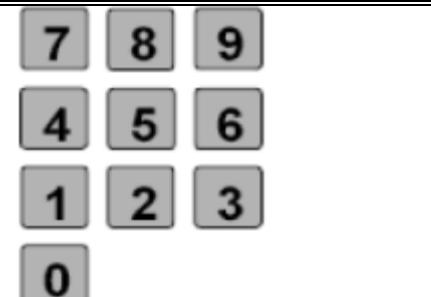
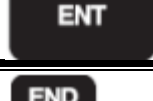
Табела 14 – Одабир програмских радних модова.

	Програмирање и исправљање програма
	Симулација програма

Табела 15 – Померање ознака, директно позиционирање на блокове, циклуси и параметарске функције.

	Померање ознака
	Директно позиционирање на блокове, циклусе и параметарске функције

Табела 16 – Унос и исправљање координата и бројева.

	Одабир радне осе
	Бројеви
	Децимални зарез
	Предзнак
	Улаз у поларне координате
	Инкременталне димензије
	Q параметри
	Хватање тренутне позиције алата
	Прескакање питања из дијалога и брисање речи
	Потврда уноса и наставак дијалога
	Крај блока
	Брисање програмске секције
	Брисање програмске реченице

2.4.4.1. *Начин (мод) рада*

Овде је реч о оперативним, машинским и ручним модовима.

Оперативни модови Heidenhain iTNC530 су подељени у пет машинских и два програмских модова:

-Машински мод:

- ручно управљање,
- електронски точкић (Hand wheel),
- позиционирање са ручним уносом података (MDI),
- извођење програма - блок по блок (Single block) и
- извођење програма – комплетно.

-Програмски мод:

- програмирање и исправљање,
- тестирање.

2.4.4.2. *Ручни начин (мод) и електронски точкић – hand wheel*



Ручни начин рада (мод) је потребан за постављање алата. Такође се могу позиционирати машинске осе и одредити нулте тачке. Рад са модом електрични точкић - hand wheel се не може користити.

2.4.4.3. *Позиционирање са ручним уносом података (MDI)*



Овај начин рада омогућује програмирање једноставнијих кретања алата као нпр. чеоно глодање, позиционирање, ...

2.4.4.4. *Извођење програма – блок по блок, комплетног програма*



Код комплетног извођења програма, TNC извршава програм до његове задње наредбе, до програмског заустављања или ручног прекида. Могуће је наставити извођење програма након прекида.

Код извођења програма ред по ред (блок по блок), посебно се покреће сваки блок притискивањем на тастер СТАРТ [4].

2.4.4.5. *Програмирање и исправљање*



У програмском начину рада пишу се програми. Могућност програмирања „у слободној контури“, помоћу различитих циклуса и Q параметара помаже у процесу програмирања и пружа додатне могућности. Могућност графичког програмирања показује поједине коракe. Такође се може употребити додатни прозор (екран) за цртање програма.

2.4.4.6. *Тестирање (симулација) програма*



У тестирању, TNC симулира програм и програмске секције, како би проверио геометријску компатибилност, недостатке или погрешне податке у програму или колизију са радним простором. Симулација је графички подржана кроз неколико начина приказивања [4].

2.4.5. *ISO програмирање*

Програм се састоји из мноштва реченица (блокова), који појединачно дефинишу одређени захват на машини. Свака информација у оквиру реченице даје се преко речи. Реч се састоји из адресе и припадајућег броја са предзнаком. Адресе су слова које представљају одређену функцију и увек се налазе на почетку речи. Редослед речи у реченици је прописан. У наредном излагању биће приказан пример једне реченице у програму и значење, а након тога биће разјашњене основне функције (G, M, и R или Q).

N30 G99 T1 L+0 R+10 где је N30 број реченице 30, G99 дефинисање алата са дужином и радијусом, T1 број алата 1, L+0 без нумеричког назива и R+10 алат са радијусом 10.

G функције су главне функције које одређују кинематику и геометрију обраде.

У G функције спадају:

- линеарна и кружна интерполација,
- offset,
- избор система мера и
- апсолутни и релативни унос координата и тд [4].

M функције су додатне функције које одређују технолошку и управљачко извршну страну програмирања ЦНЦ обраде.

У M функције спадају:

- укључивање обртања главног вретена,
- програмска пауза,
- стоп,
- премотавање програма,
- укључивање средства за хлађење и подмазивање,
- позив за измену алата и тд.

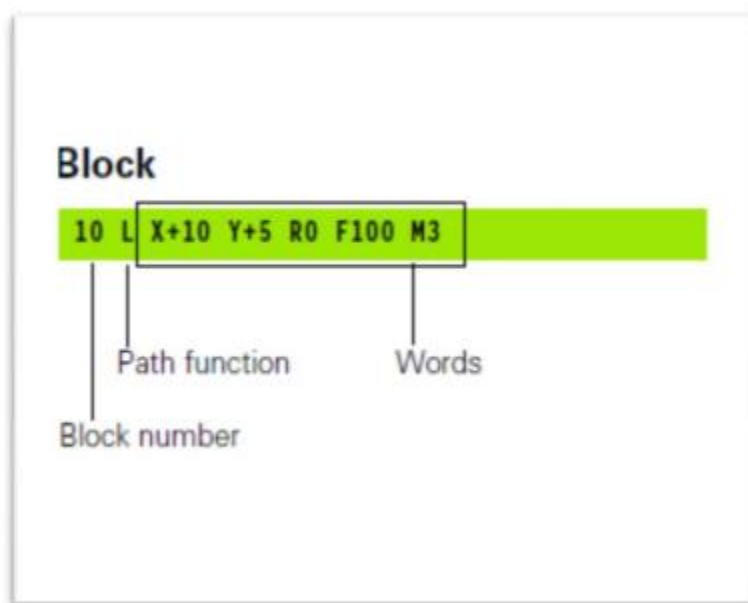
За детаљније познавање G и M функције програмер мора да користи упутства за програмирање од стране произвођача система управљања.

R (Q) функције је референтна равна која је намењен за циклус бушења. То је координата на референтној равни на којој се остварује прелазак са брзог хода на радни посмак [4].

2.4.5.1. Организација ЦНЦ програма у Heidenhain-вом конвенцијалном формату

Програм се састоји из више програмских блокова као што је приказано на слици 31. Елементи блока су:

- број блока,
- главна функција и
- програмске речи.



Слика 31 - Изглед програмске реченице.

Први блок програма је BEGIN PGM, име програма и активна мерна јединица.

Следећи блокови садрже информације о:

- припремку,
- дефинисању и позивању алата,
- одређивању брзине обртања и посмака и
- кретање по контури, подпрограме и циклусе.

Последњи блок END PGM садржи име програма и активну мерну јединицу [4].

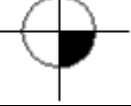
2.4.5.2. Дефинисање припремка и карактеристичне тачке

На почетку програмирања мора се дефинисати квадар (припремак) и карактеристичне тачке (табела 17). Овај податак је потребан TNC-у за графичку симулацију програма као што је приказано на слици 32. Странице припремка су паралелне са осама x, y и z и не смеју бити дуже од 100 000 mm.

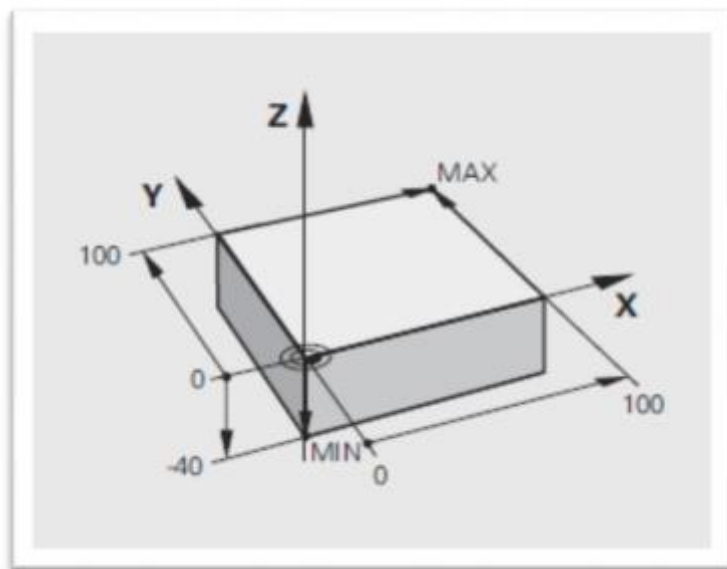
Припремак је дефинисан са два врха:

- MIN – тачка: најмање x, y и z димензије припремка – у апсолутним вредностима и
- MAX – тачка: највеће x, y и z димензије припремка – у апсолутним и инкременталним вредностима.

Табела 17 – Карактеристичне тачке¹⁷.

Симбол	Ознака и назив	Значење
	M (Machine zero point) Нулта тачка машине	Положај ове тачке се не може мењати, дефинисана је од стране произвођача ЦНЦ машине и од ње почињу сва прорачунавања кретања алата.
	R (Reference point) Тачка у радном подручју машине	Служи за калибрирање мерног система и у почетку рада машине, алат морамо довести у тачку R.
	N (Tool mount reference point) Референтна тачка алата	Почетна тачка од које се мере сви алати, лежи на оси држача алата, одређена је од стране произвођача и не може се мењати
	W (Workpiece zero point) Нулта тачка предмета обраде	Тачка која је везана за обрадак и мења се према потребама конструкције или израде.
	B (Begin point) Почетна тачка алата	Од ове тачке алат почиње са обрадом и у њој се врши измена алата.

¹⁷ Карактеристичне тачке зависе од произвођача управљачке јединице Heidenhain iTNC530.



Слика 32 – Дефинисање припремка [4].

2.4.5.3. Отворити нов програм обраде

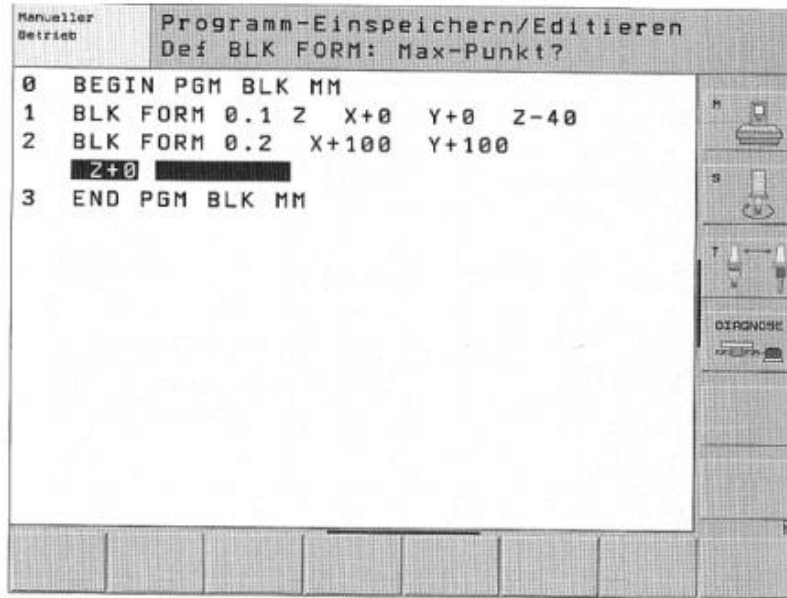
На основу наслова из овог дела, инструкције за отварање могу бити следећи:

- изабрати дугме ,
- изабрати знак који треба да је меморисан у програму,
- дати нови назив програма са тастером ENT (као што је приказано на слици 33),
- изабрати јединице мере: притиснути софтверско дугме MM или INCH. TNC мења програм на екрану и отвара дијалог за дефинисање BLK – FORM (необрађени комад),
- задати осе вретена,
- задати једну за другом X, Y, Z координате и
- задати једну за другом MAX – тачку.

Пример:

1 BLK FORM 0,1 Z X+= Z-50

2 BLK FORM 0,2 X+100 Y+100 Z+0

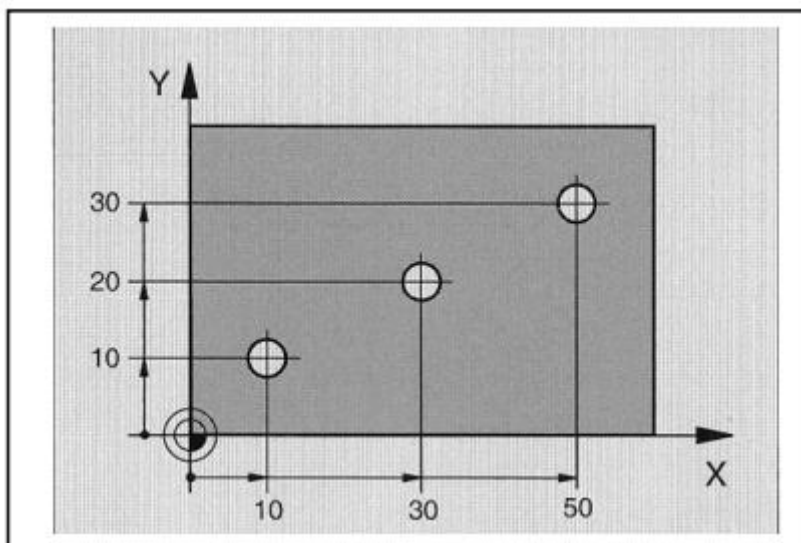


Слика 33 – Отварање новог програма [4].

2.4.5.4. *Правоугле координате апсолутне и инкременталне*

Мерни подаци се односе на актуелну нулту тачку. Алат се креће према апсолутним координатама као што је приказано на слици 34. Путања кретања алата се задаје од нулте тачке.

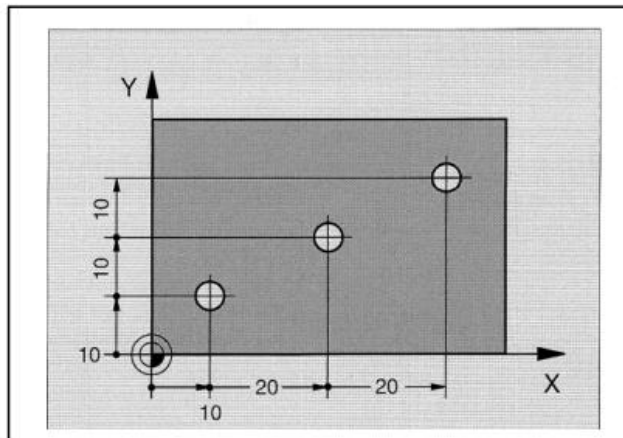
У једној ЦНЦ реченици програмирају се осе, за праволинијско кретање се програмира у 5 оса по избору, док код кружног кретања се програмирају 2 линеарне осе у једној равни, 3 линеарне осе са циклусом 19 (Раван која се обрађује).



Слика 34 – Апсолутне правоугле координате.

Инкременталне правоугле координате

Мерни подаци се односе на поледњу програмирану позицију алата, па се креће према инкременталним подацима.

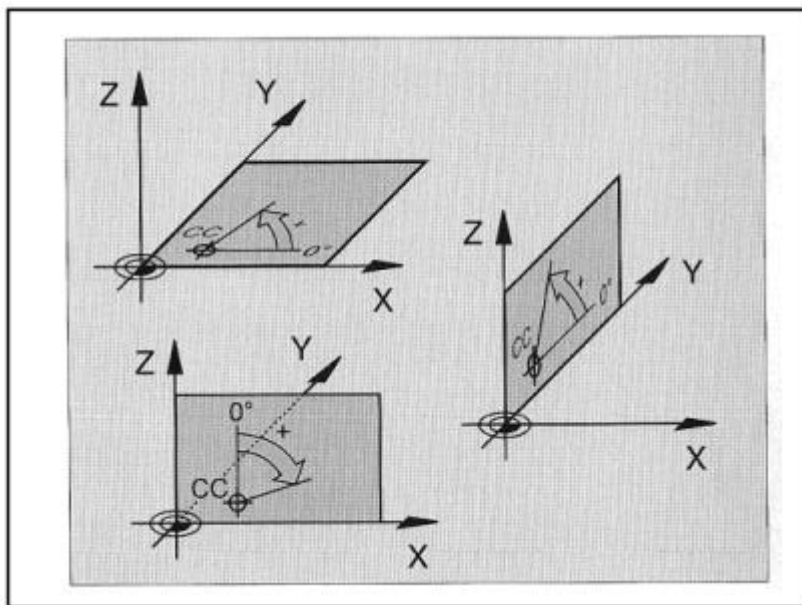


Слика 35 – Инкременталне правоугле координате.

2.4.5.5. *Правоугла референтна оса*

Као угао између поларних координата РА и угао обртања ROT односи се на референтну осу (приказано на слици 36).

Радна површина	Референтна оса и O^0 - правац
X/Y	+X
Y/Z	+Y
Z/X	+Z

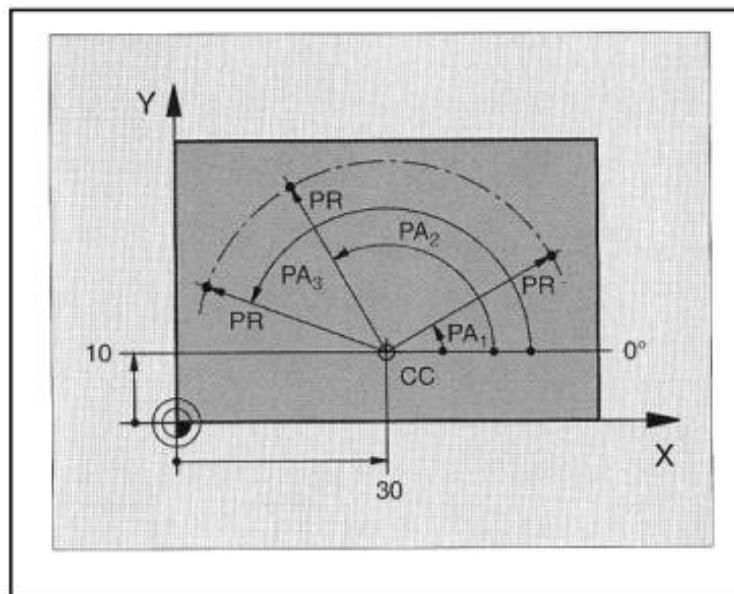


Слика 36 – Угао постављања референтне осе.

2.4.5.6. *Поларне координате*

Мерни подаци у поларним координатама односе се на пол CC као што је приказано на слици 37. Позиција се у радној површини утврђује на следећи начин:

- радијус поларне координате PR = размак позиције од пола CC и
- угао поларне координате PA = угао између референтне осе и дужи $CC - PR$.



Слика 37 – Поларне координате кретања алата.

Инкрементални мерни параметри у поларним координатама односе се на последњу програмирану позицију.

Програмирање поларних координата:

- мењати функцију путање,
- притиснути P - тастер и
- одговорити на дијалог питање.

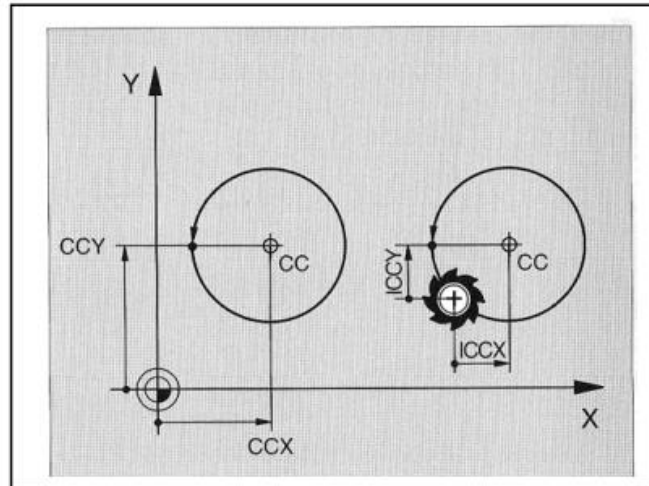


2.4.5.7. *Центар круга и пол: CC*

Центар круга CC је задат да би се програмирала кружна путања са функцијом C као што је приказано на слици 38.

CC се, с друге стране користи и као пол за мерне податке код поларних координата.

CC се поставља са правоуглим координатама. Апсолутно постављен центар круга или пол CC односи се увек на тренутно активну нулту тачку. Инкрементално постављен центар круга или пол CC односи се увек на последњу позицију алата.



Слика 38 – Центар круга и пол.

2.4.5.8. *Циклус*

Циклус је низ унапред одређених радњи који ће машина обавити аутоматски. Након задавања потребних параметара, рачунар ће сам одредити оптималну путању алата. Тако одређени и прорачунати циклус је у меморији рачунара и постепено се извршава.

Фиксни (непроменљиви) циклуси са бројевима 200 и више, користе Q параметре као преносне параметре¹⁸.

Да би се у програм убацио било који циклус, потребно је претходно испрограмирати следеће:

- BLK FORM (димензије припремка),
- позив алата,
- смер ротације алата,
- сигурносно растојање и
- посмак.



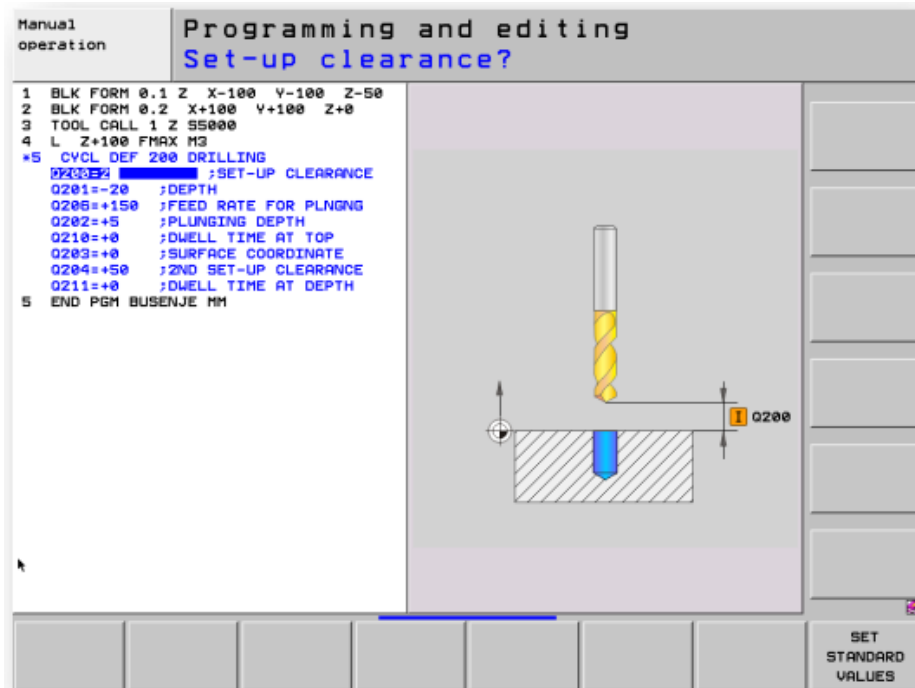
Циклус се убацује у програм функцијским тастером где се отвара палета софтверских тастера за бирање жељене групе циклуса чије је значење приказано у табели 18.

¹⁸ У тачки 2.4.6 је дат списак тих функција са значењем циклуса.

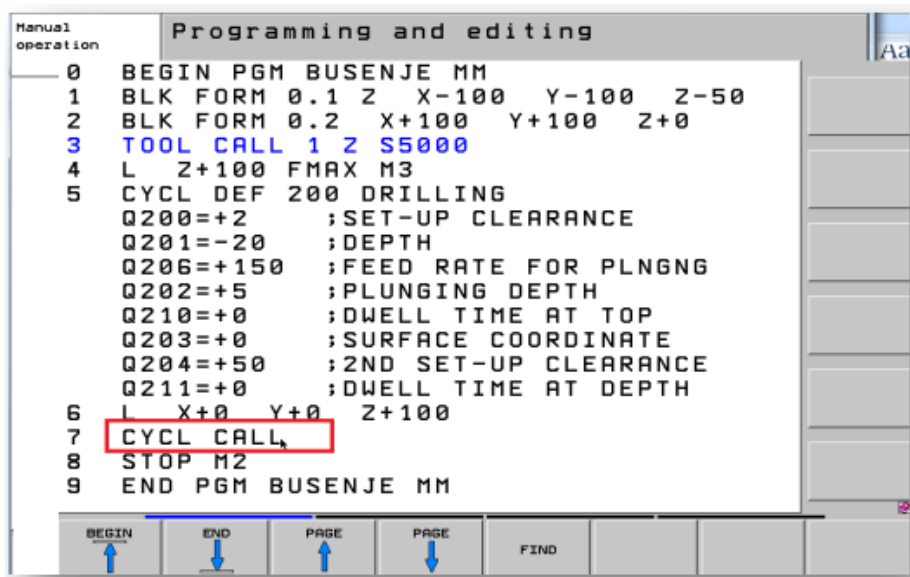
DRILLING/ THREAD	POCKETS/ STUDS/ SLOTS	COORD. TRANSF.	SL CYCLES	PATTERN	MULTIPASS MILLING	SPECIAL CYCLES	END
---------------------	-----------------------------	-------------------	--------------	---------	----------------------	-------------------	-----

Табела 18 – Софтверски тастери циклуса.

Циклус	Тастер
БУШЕЊЕ/НАВОЈИ Циклуси за бушење, разбушивање, развртање, урезивање и глодање навоја.	DRILLING/ THREAD
ЦЕПОВИ/ ОСТРВА/ ЖЛЕБОВИ Циклуси за глодање цепова, острва и жлебови.	POCKETS/ STUDS/ SLOTS
PATTERN Циклуси за обраду шаблона рупа.	PATTERN
SL-Циклуси Циклуси за комплексне контуре.	SL II
ГЛОДАЊЕ СА ВИШЕ ПРОЛАЗА Циклуси за глодање са више пролаза.	MULTIPASS MILLING
COORDINATE TRANSFER Циклуси за премештање координата.	COORD. TRANSF.
СПЕЦИЈАЛНИ ЦИКЛУСИ Време чекања, позиви програма, ...	SPECIAL CYCLES



Слика 39 – Прозор за унос параметра циклуса.



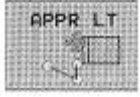
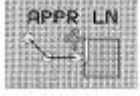
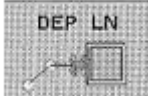
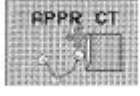
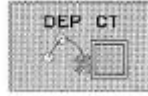
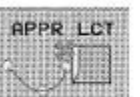
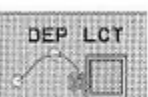
Слика 40 – Приказ позивања циклуса.

2.4.5.9. Програмирање контурног кретања алата

При контурном програмирању кретања алата треба повести рачуна о помоћној тачки P_H , првој тачки контуре P_A и крајњој тачки контуре P_E и крајња тачка P_N . Помоћна тачка P_H лежи ван контуре и прорачунава се у TNC¹⁹. Прва тачка контуре P_A и крајња тачка контуре P_E – програмира се у APPR реченици²⁰. Последња тачка контуре се програмира према наученом. Крајња тачка P_N лежи ван контуре и добија се са DEP реченицом²¹. P_N се наводи аутоматски са R0.

Активирањем команде ²² отварамо дијалог са следећим софтверским функцијама који се налазе у табели 19.

Табела 19 – Функција путање при примицању и одмицању.

Софтверски тастер	Значење
 	Права са тангенцијалним спојем
 	Вертикална права са тачком контуре
 	Кружна путања са тангенцијалним спојем
 	Део праве са тангенцијалним кружним прелазом уз контуру

За програмирање путање алата битно је имати у виду да се алат креће, а радни комад да стоји. Циљне позиције могу да се задају у правоуглим или поларним координатама, како апсолутно и инкрементално тако и мешовито или апсолутно и инкрементално.

¹⁹ TNC поступа са радним комадом од стартне тачке ка помоћној тачки по последњем програмираном померању, зависно од подешеног мерног система.

²⁰ APPR реченица потиче од енглеске речи approach и значи примаћи се.

²¹ DEP реченица потиче од енглеске речи depart и значи напустити.

²² Коректура радијуса програмира се у APPR реченици. DEP реченице стављају коректуру радијуса R0.

Потпуна реченица позиционирања садржи следеће податке:

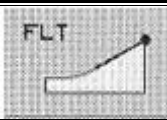
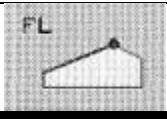
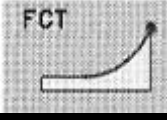
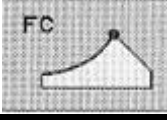
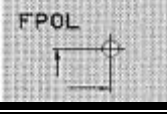
- функцију путање,
- координате елемената контуре – крајњу тачку (циљну позицију),
- коректуру радијуса RR/RL/R0,
- померање F и
- додатне функције M.

Табела 20 – Функцијски тастери за програмирање.

	Прилаз контуре, одмицање од контуре
	Слободно програмирање контуре
	Праволинијско кретање
	Центар кружнице
	Кружница са центром
	Кружница са радијусом
	Кружница са тангенцијалним спојем
	Закошење
	Заобљење

Активирањем команде , на располагању су следеће софтверске функције у табели 21.

Табела 21 – Слободно програмирање контуре.

Софтверско дугме	FK-елемент
	Права са тангенцијалним спојем
	Права без тангенцијалног споја
	Кружни лук са тангенцијалним спојем
	Кружни лук без тангенцијалног споја
	Пол за FK - програмирање

2.4.6. Списак адреса и функцијских знакова (Heidenhain iTNC530)

У табели 22 приказан је списак адресе, а у табели од 23 до 41 приказан је списак функцијских знакова Heidenhain iTNC530.

Табела 22 - Списак адресе.

%	Почетак програма
A	Заокрет осе око x осе
B	Заокрет осе око y осе
C	Заокрет осе око z осе
D	Q параметри (дефинисање функција)
E (M112)	Толеранција за кружна заобљења
F	Померања у mm/min код позиционирања реченицом
F (G04)	Задршке у секундама
F (G72)	Мерни фактор
G	G функције
H	Поларне координате (угао)
H (G73)	Угао обртања
I	x координата круга центар/пол
J	y координата круга центар/пол
K	z координата круга центар/пол
L (G98)	Нумерички назив постављен код G98
L	Скочити до неког нумеричког назива
L (G99)	Дужина алата
M	Додатне функције
N	Број реченице
P	Циклус (параметар код обраде циклуса)
P	Вредност или Q параметар, код Q параметар дефиниције
Q	Параметар (држач површине), прорачун
*	Крај реченице
R (G10, G11, G12, G13, G15, G16)	Поларне координате радијуса
R (G02, G03, G05)	Радијус круга
R (G25, G26, G27)	Радијус заобљења
R (G24)	Дужина ивице
R (G99)	Радијус алата

S	Број обртаја вретена у o/min
S (G36)	Угао вретена (орјентисање)
T (G99)	Број алата
T	Позивање алата
T (G51)	Позивање следећег алата
U	Паралелне осе са x осом
V	Паралелне осе са y осом
W	Паралелне осе са z осом
X	Информације о путу на x оси
Y	Информације о путу на y оси
Z	Информације о путу на z оси

Списак функцијских знакова²³

Табела 23 - Програмирање кретањем алата са правоуглим координатама.

G00	<i>Праволинијско кретање у брзом ходу</i>
G01	<i>Праволинијско кретање</i>
G02	<i>Кружно кретање у смеру казаљке на сату</i>
G03	<i>Кружно кретање у смеру супротном казаљке на сату</i>
G05	<i>Кружно кретање без задатог смера обртања</i>
G06	<i>Кружно кретање са тангенцијалним прикључком</i>
G07*	<i>Реченица за позиционирање паралелних оса</i>

Табела 24 - Програмирање кретањем алата са поларним координатама.

G10	<i>Праволинијско кретање у брзом ходу</i>
G11	<i>Праволинијско кретање</i>
G12	<i>Кружно кретање у смеру казаљке на сату</i>
G13	<i>Кружно кретање у смеру супротном казаљке на сату</i>
G15	<i>Кружно кретање без задатог смера обртања</i>
G16	<i>Кружно кретање са тангенцијалним прикључком</i>

Табела 25 - Обрада равни постављања.

G17	<i>Раван x/y, оса алата z</i>
G18	<i>Раван z/x, оса алата y</i>
G19	<i>Раван y/z, оса алата x</i>

²³ Функције са * су функције које делују на реченички начин.

Табела 26 - Ивице, заобљења, контуре примицање/одмицање.

G24*	<i>Ивице са ивичном дужином R</i>
G25*	<i>Углови заобљења са радијусом R</i>
G26*	<i>Контура тангенцијални прелаз на круг са радијусом R</i>
G27*	<i>Контура тангенцијално напуштање на круг са радијусом R</i>

Табела 27 - Алат (коректура радијуса).

G99*	<i>Дефиниција алата у програму са дужином L и радијусом R</i>
G40	<i>Без контуре радијуса</i>
G41	<i>Алат, коректура радијуса лево од контуре</i>
G42	<i>Алат, коректура радијуса десно од контуре</i>
G43	<i>Осна паралела коректура радијуса, поступак продужити</i>
G44	<i>Осна паралела коректура радијуса, поступак скратити</i>

Табела 28 - Мерни параметри.

G90	<i>Апсолутни мерни параметри</i>
G91	<i>Инкрементални (релативни) мерни параметри</i>

Табела 29 - Мерне јединице – постављање (почетак програма).

G70	<i>Мерна јединица $in\check{s}$</i>
G71	<i>Мерна јединица mm</i>

Табела 30 - Дефиниција необрађеног комада на графику.

G30	<i>Поставити раван, мин – тачку координата</i>
G31	<i>Мерни параметри (са G90, G91), макс – тачку координата</i>

Табела 31 - Посебне G функције.

G29	<i>Последњу позицију преузети као пол</i>
G38	<i>Зауставити ток програма</i>
G51*	<i>Позвати следећи број алата²⁴</i>
G98*	<i>Поставити нумерички назив</i>

²⁴ Само код централне меморије алата.

Табела 32 - Циклуси бушења.

G240	<i>Центрирање</i>
G200	<i>Бушење</i>
G201	<i>Стругање</i>
G202	<i>Обрада унутрашње површине</i>
G203	<i>Универзално бушење</i>
G208	<i>Бушење глодањем</i>
G206	<i>Урезивање навоја ново</i>
G207	<i>Урезивање навоја GS (регулисано вретено) ново</i>
G209	<i>Бушење навоја дробљењем опиљака</i>
G263	<i>Глодање навоја са упуштањем</i>
G264	<i>Бушење навоја глодањем</i>
G265	<i>Пужно бушење навоја глодањем</i>
G267	<i>Нарезивање навоја глодањем</i>
G262	<i>Урезивање навоја глодањем</i>

Табела 33 - Изрези, отвори и жлебови.

G251	<i>Правоугли изрез комплет</i>
G252	<i>Кружни изрез комплет</i>
G253	<i>Жлеб комплет</i>
G254	<i>Округли жлеб комплет</i>
G212	<i>Изрез глачање</i>
G213	<i>Отвор глачање</i>
G214	<i>Кружни изрез глачање</i>
G215	<i>Кружни отвор глачање</i>
G210	<i>Осцилаторни жлеб</i>
G210	<i>Округли нут</i>

Табела 34 - Тачкасти шаблон.

G220	<i>Тачкасти шаблон на кругу</i>
G221	<i>Тачкасти шаблон на линији</i>

Табела 35 - SL - циклуси групе II.

G37	<i>Поставити подпрограма контуре</i>
G120	<i>Контура датотека</i>
G121	<i>Предбушење</i>
G122	<i>Чишћење</i>
G123	<i>Глачање дна</i>
G124	<i>Глачање страна</i>
G125	<i>Контур потез</i>
G127	<i>Цилиндарска кошуљица²⁵</i>
G128	<i>Цилиндарска кошуљица глодање жлебова</i>
G129	<i>Цилиндарска кошуљица глодање ламела</i>
G139	<i>Цилиндарска кошуљица глодање контуре</i>

Табела 36 - Израда редова.

G60	<i>3D датотека обрадити</i>
G230	<i>Израда редова</i>
G231	<i>Регуларна равнина</i>
G232	<i>Глодање равних површина</i>

Табела 37 - Циклуси за прорачун координата.

G53	<i>Нулта тачка померање према табели</i>
G54	<i>Нулта тачка директно задато померање</i>
G247	<i>Односна тачка</i>
G28	<i>Огледало контуре</i>
G73	<i>Окретње координатног система</i>
G72	<i>Мерни фактор, контура смањити / повећати</i>
G80	<i>Обрада равни²⁶</i>

Табела 38 - Посебни циклуси.

G04*	<i>Време задршке</i>
G36	<i>Орјентација осе</i>
G39	<i>Програм декларације циклуса</i>
G79*	<i>Позивање циклуса</i>
G62	<i>Толеранција²⁷</i>

²⁵ G127, G128, G129, G139 су софтверске опције.

²⁶ G80 је софтверска опција.

²⁷ G62 је софтверска опција.

Табела 39 - Систем тастатуре циклуси.

G55*	<i>Мерење координата</i>
G400*	<i>Основно стругање 2 тачке</i>
G401*	<i>Основно стругање 2 бушења</i>
G402*	<i>Основно стругање 2 отвора</i>
G403*	<i>Основно стругање преко округлог стола</i>
G404*	<i>Постављање основног стругања</i>
G405*	<i>Основно стругање преко округлог стола, бушење централне тачке</i>
G410*	<i>Односна тачка центар правоуглог изреза</i>
G411*	<i>Односна тачка центар правоуглог отвора</i>
G412*	<i>Односна тачка центар бушења</i>
G413*	<i>Односна тачка центар кружног отвора</i>
G414*	<i>Односна тачка спољни угао</i>
G415*	<i>Односна тачка унутрашњи угао</i>
G416*	<i>Односна тачка центар кружне рупе</i>
G417*	<i>Односна тачка оса система тастера</i>
G418*	<i>Односна тачка центар 4 бушотине</i>
G419*	<i>Односна тачка појединачне осе</i>
G420*	<i>Мере угла</i>
G421*	<i>Мере бушења</i>
G422*	<i>Мере кружног отвора</i>
G423*	<i>Мере правоуглог изреза</i>
G424*	<i>Мере правоуглог отвора</i>
G425*	<i>Мере жлеба унутра</i>
G426*	<i>Мере ламеле споља</i>
G427*	<i>Мере координата по жељи</i>
G430*	<i>Мере кружних рупа</i>
G431*	<i>Мере равни</i>
G440*	<i>Топлотна компензација</i>
G480*	<i>ТТ калибрање</i>
G481*	<i>Алат, мерење дужине</i>
G482*	<i>Алат, мерење радијуса</i>
G483*	<i>Алат, мерење дужине и радијуса</i>

Табела 40 - М функције (Додатне функције).

M00	<i>Заустављање програма, емулзија</i>
M01	<i>Заустављање програмског тока</i>
M02	<i>Завршетак програма, прекид емулзије</i>
M03	<i>Укључивање вретена у смеру казаљке на сату</i>
M04	<i>Укључивање вретена у смеру супротном казаљке на сату</i>
M05	<i>Заустављање вретена</i>
M06	<i>Промена алата</i>
M08	<i>Укључено средство за хлађење и подмазивање</i>
M09	<i>Искључено средство за хлађење и подмазивање</i>
M13	<i>Укључено вретено у смеру казаљке на сату, укључено средство за хлађење и подмазивање</i>
M14	<i>Укључено вретено у смеру супротном казаљке на сату, укључено средство за хлађење и подмазивање</i>
M30	<i>Исте функције као и код M02</i>
M89	<i>Слободни додаци функције²⁸</i>
M90	<i>Константна брзина на угловима²⁹</i>
M91	<i>У реченици за позиционирање: координате се повлаче од нулте тачке</i>
M92	<i>Координате се повлаче из позиције коју је установио произвођач</i>
M93	<i>Резервисано</i>
M94	<i>Показивач осе обртања редукован на вредност испод 360 степени</i>
M95	<i>Резервисано</i>
M96	<i>Резервисано</i>
M97	<i>Мали степен контура обрадити</i>
M98	<i>Крај контуре путање</i>
M99	<i>Циклус позив, делује на реченички начин</i>
M101	<i>Аутоматска промена алата, након истека времена стајања</i>
M102	<i>M101 поставити назад</i>
M103	<i>Померање при потапању редуковати на фактор F</i>
M104	<i>Последњу постављену односну тачку поново активирати</i>
M105	<i>Обраду провести са другим кв – фактором</i>
M106	<i>Обраду провести са првим кв – фактором</i>
M108	<i>M107 поставити назад</i>
M109	<i>Константна брзина на резу алата код равнања³⁰</i>
M110	<i>Константна брзина на резу алата код равнања³¹</i>

²⁸ M89 зависи од параметра машине.

²⁹ M90 делује само у вучном стању.

³⁰ M109 померање – подизање и редуковање.

M111	<i>M109/M110 поставити назад</i>
M114	<i>Аутоматска корекција машинске геометрије при раду са обртном осом³²</i>
M115	<i>M114 поставити назад</i>
M116	<i>Померање осе угла у mm/min</i>
M117	<i>M116 поставити назад</i>
M120	<i>Коригована позиција пречника за време тока програма</i>
M124	<i>Тачка при обради некориговане реченице праве не узима се у обзир</i>
M128	<i>Позиција врха алата при позиционирању обртне осе сачувана TSPM</i>
M129	<i>M128 поставити назад</i>
M130	<i>У реченици позиционирања: тачка се повлачи из неокренутог координатног система</i>
M134	<i>Прецизно заустављање при позиционирању са обртном осом</i>
M135	<i>M134 поставити назад</i>
M136	<i>Померање F у милиметрима по обрту вретена</i>
M137	<i>Померање F у милиметрима у минути</i>
M138	<i>Избор обртне осе за M114, M128 и циклуса обраде равни</i>
M140	<i>Враћање од контуре у оси алата – правац</i>
M141	<i>Тастер – систем - надзор задржати</i>
M142	<i>Модалне програмске информације поништити</i>
M143	<i>Основно обртање поништити</i>
M144	<i>Узети у обзир машинску проблематику у JESTE/ТРЕБА позицијама на крају реченице</i>
M145	<i>M144 поставити назад</i>
M148	<i>Алат се аутоматски при НЦ стоп подиже од контуре</i>
M149	<i>M128 поставити назад</i>
M150	<i>Пријава грешке, крајњи прекидач притиснути на доле</i>
M200	<i>Додатна функција за ласерско машинско резање</i>

³¹ M110 само померање редуковано.

³² M114, M116 и M144 су софтверске опције.

Табела 41 - Q параметри функција.

Q00	<i>Вредност назначити директно</i>
Q01	<i>Сума две вредности израчунати и назначити</i>
Q02	<i>Разлика две вредности израчунати и назначити</i>
Q03	<i>Производ две вредности израчунати и назначити</i>
Q04	<i>Количник две вредност израчунати и назначити</i>
Q05	<i>Корен броја израчунати и назначити</i>
Q06	<i>Синус угла у степенима израчунати и назначити</i>
Q07	<i>Косинус угла у степенима израчунати и назначити</i>
Q08	<i>Корен из суме квадрата два броја извући и назначити</i>
Q09	<i>Ако је изједначено извући и назначити</i>
Q10	<i>Ако није изједначено извући и назначити</i>
Q11	<i>Ако је веће, скок на нумерички назив</i>
Q12	<i>Ако је мање, скок на нумерички назив</i>
Q13	<i>Угао са тангентом из две стране или синусом и косинусом из угла установити и назначити</i>
Q14	<i>Текст задати на екрану</i>
Q15	<i>Текст и параметре садржаја задржати преко датотеке подељено</i>
Q19	<i>Бројчане вредности или Q параметре пренети на ПЛЦ.</i>

2.5. Пример програма дела

Пример 1: Програм писан у ISO формату

%CIRCULAR G71*

N10 G30 G17 X+0 Y+0 Z-20

(Дефинисање припремка за графичку симулацију)

N20 G31 G90 X+100 Y+100 Z+0

*N30 G99 T1 L+0 R+10

(Дефинише алат у програму)

N40 T1 G17 S4000

(Позива алат у осу вретена чија је брзина S)

N50 G00 G40 G90 Z+250

(Одмиче алат у оси вретена при брзом ходу)

N60 X-10 Y-10

(Предпозicionирање алата)

N70 G01 Z-5 F1000 M3

(Померање на радну дубину при F=1 000 mm/min)

N80 G01 G41 X+5 Y+5 F300 G41
радијуса)

(Прилаз контури у тачки 1, активирање комплетног

N90 G26 R5 F150

(Тангенцијални прилаз)

N100 Y+85

(Тачка 2: прва права линија до угла 2)

N110 G25 R10

(Радијус R=10 mm, брзина помоћног кретања: 150 mm/min)

N120 X+30

(Померање до тачке 3: почетна тачка лука)

N130 G02 X+70 Y+95 R+30
радијус 30mm)

(Померање до тачке 4: крајња тачка лука са G02,

N140 G01 X+95

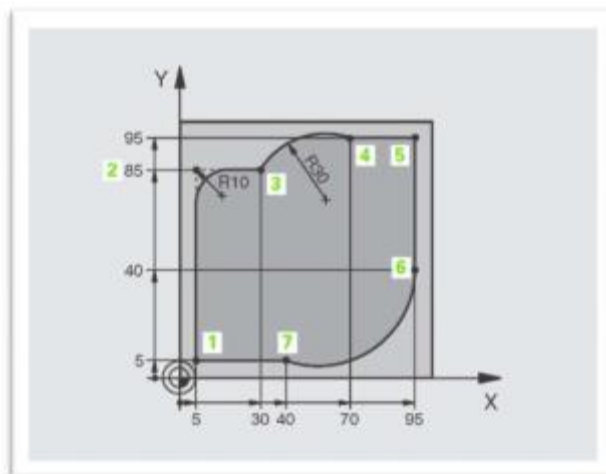
(Померање до тачке 5)

N150 Y+40

(Померање до тачке 6)

N160 G06 X+40 Y+5
тангирањем).

(Померање до тачке 7: крајња тачка кружног лука, радијус са



Слика 41 – Део за чију израду је програм написан (ISO).

Пример 2: Програм писан језиком који је карактеристичан искључиво за Heidenhain

```
0 BEGIN PGM CIRCULAR MM
1 BKL FORM 0,1 Z X0 Y0 Z-20
2 BKL FORM 0,2 Z X100 Y100 Z-0

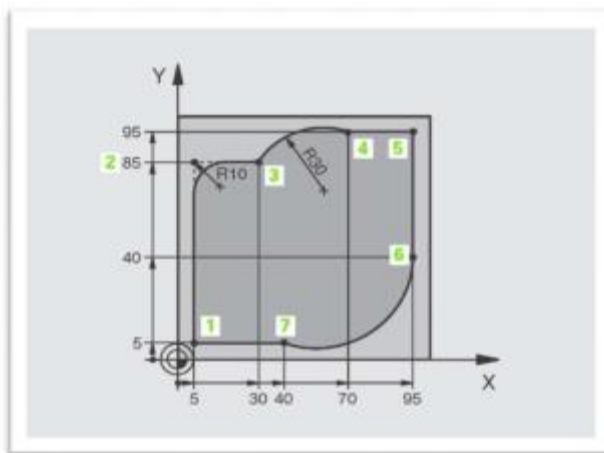
3 TOOL DEF 1 L 0 R+10
4 TOOL CALL 1 Z S4000

5 L Z+250 R0 FMAX
6 L X-10 Y-10 R0 FMAX

7 L Z-5 R0 F1000 M3
8 APPR LCT X+5 Y+5 R5 RL F300
9 L X+5 Y+85

10 RND R10 F150
11 L X+30 Y+85
12 CR X+70 Y+95 R+30 DR

13 L X+95
14 L X+95 Y+40
15 CT X+40 Y+5
```



Слика 42 - Део за чију израду је програм написан (HEIDENHAIN).

3. ПРИМЕР МОДЕЛИРАЊА ОТКОВКА И ГРАВУРЕ ПО КОВАЧКИМ АЛАТИМА

Принцип програмирања у CAD-CAM саставима се може описати на следећи начин:

-на основу модела комада који се обрађује и задавањем технологије обраде и путање алата, софтвер ће сам генерисати изведбени код програма за одређену управљачку јединицу.

Данас постоји велики број програмских CAD-CAM алата од којих су најзначајнији CATIA, Pro Engineer, 3D SOLIDWORKS, Solid Edge, MasterCam, Unigraphics, AutoCAD, Microstation итд.

Израда конкретног примера обављена је у програмском софтверу CATIA V5, а као пример моделирања узет је отковак чаше осовине мотора од камиона.

Пре свега при моделирању у CATIA – треба поћи од израде конструкције отковка, да би се на крају добиле гравуре горњег и доњег алата³³. За процесирање користе се четири главна окружења, а то су:

- Surface machining - окружење за обраду површина,
- Lathe machining – модул за стругање,
- Prismatic machining – модул за глодање и
- Advanced machining – модул за напредну обраду.

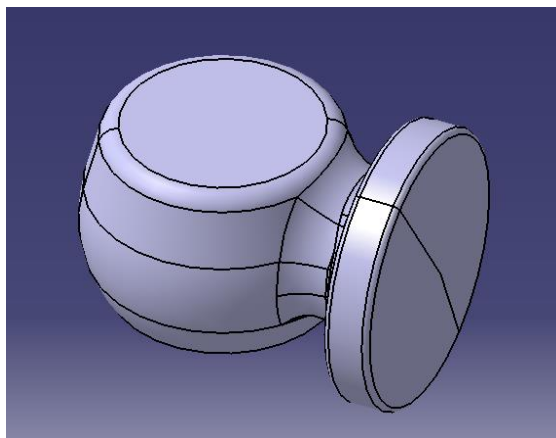
Овај део рада се дели на два дела на моделирање (израда) отковка 3Д модела и на израду гравуре на горњем и доњем калупу. На крају овог дела биће приказани поменути ковачки алати.

3.1. 3Д модел отковка

Пре него што почнем са моделирањем отковка, потребно је да реализујем могућност и ефикасност израде отковка, пре свега треба се придржавати правила QMS квалитета који прописује колики је радијус ивице и шта ако је на скици није означена ивица за заобљавање.

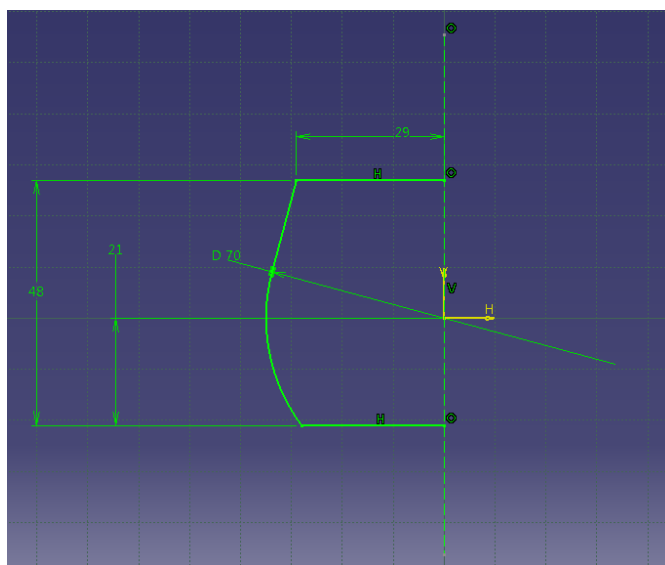
При моделирању отковка и било ког другог радног предмета треба поштовати редослед израде, то се не односи само на CATIA већ и на остале софтверске програме. На следећој слици је приказан 3Д модел отковка.

³³ CATIA је софтверски пакет на коме је омогућено писање кодова и то на тај начин тако што се прво израђују гравуре по калупима па се онда на основу тога пише програм.

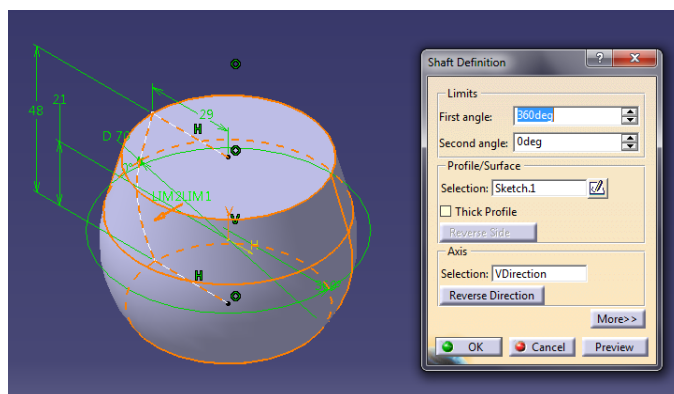


Слика 43 – 3Д модел отковка.

Са моделирањем се почиње израдом спољашње контуре на слици 44 приказана је скица, а на слици 45 операција извођења. Операција која се користи за ово је Shaft која ротира скицу за 360° .

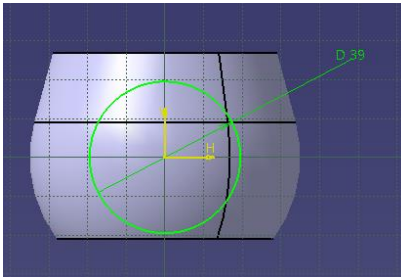


Слика 44 – Sketch 1.

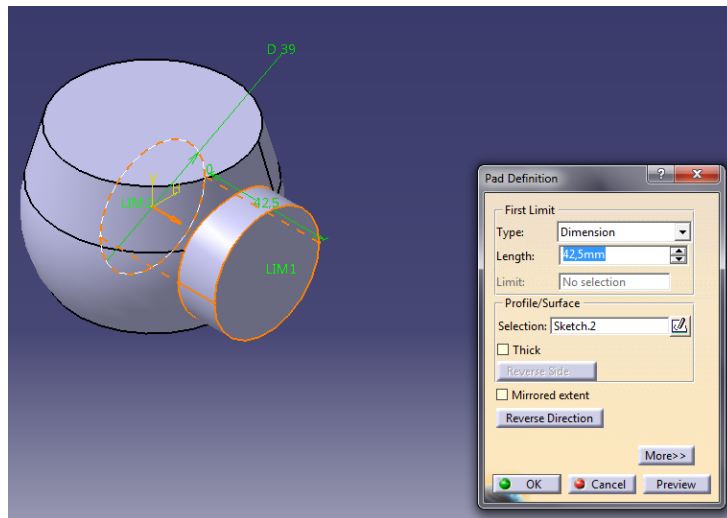


Слика 45 – Операција Shaft 1.

Након овога урадио сам врат отковка у новој равни операцијом Pad са дужином од координатног почетка у правцу Y осе од 42,5 mm. На слици 46 приказана је скица, а на 47 операција Pad.

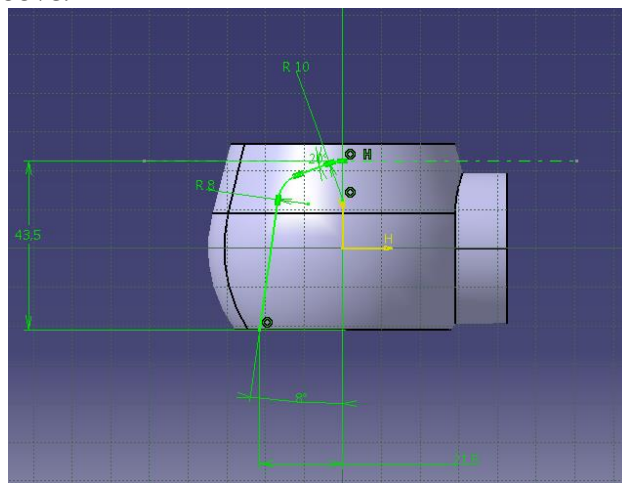


Слика 46 - Sketch 2.

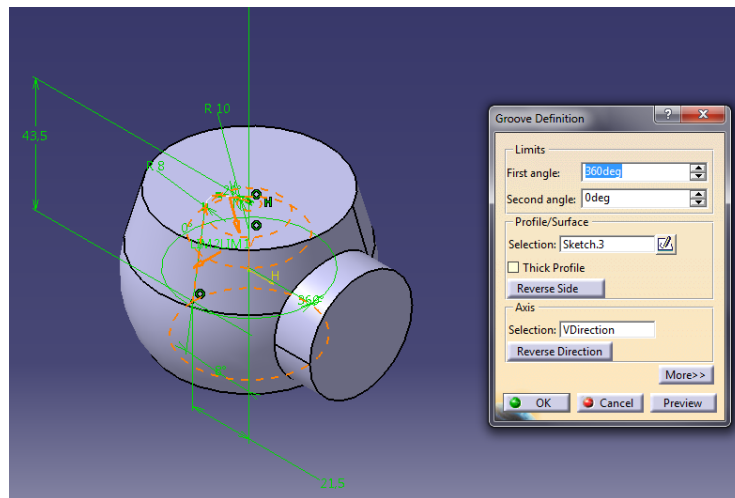


Слика 47 – Операција Pad 1.

Следећи корак је израда шупљине операцијом Groove. На слици 48 приказан је скеч, а на слици 49 операција Groove.

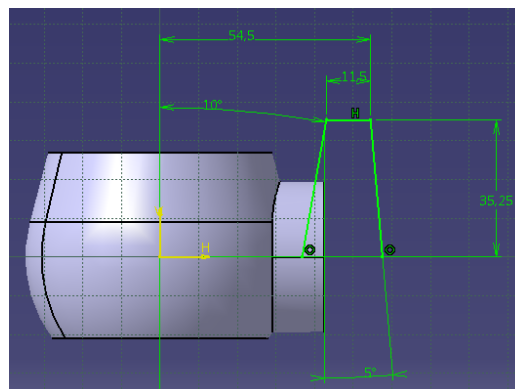


Слика 48 – Sketch 3.

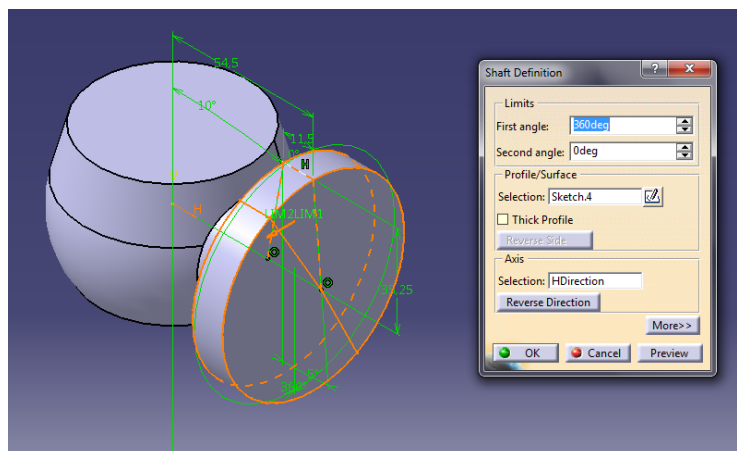


Слика 49 – Groove 1.

Затим правим задњи део тако што извршавам команду ротирања. На слици 50 је скеч, а на слици 51 је операција Shaft.

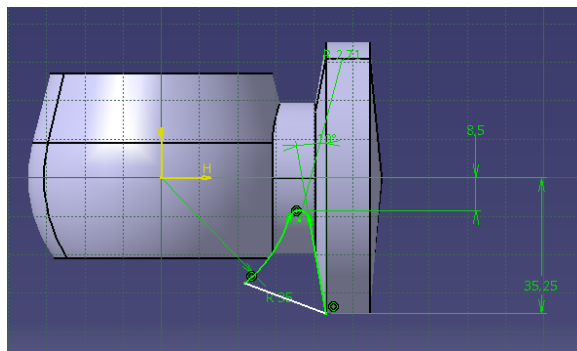


Слика 50 – Sketch 4.

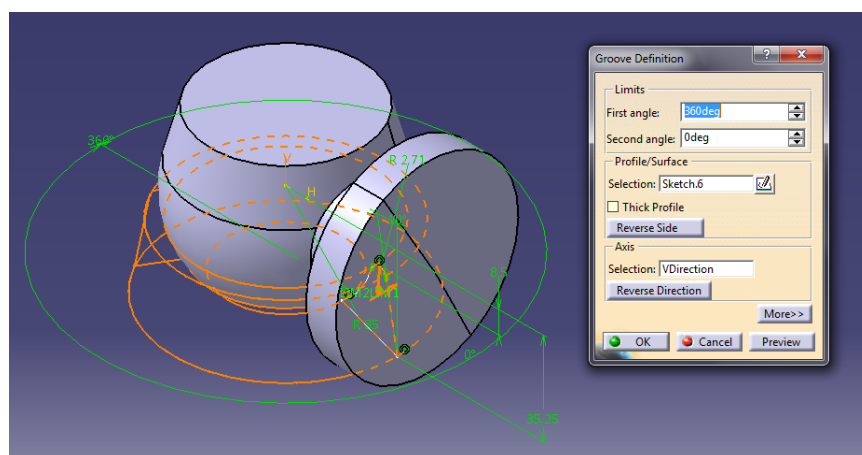


Слика 51 – Shaft 2.

На слици 53 је приказана операција подрезивања на дну модела, ради се о операцији Groove 2.

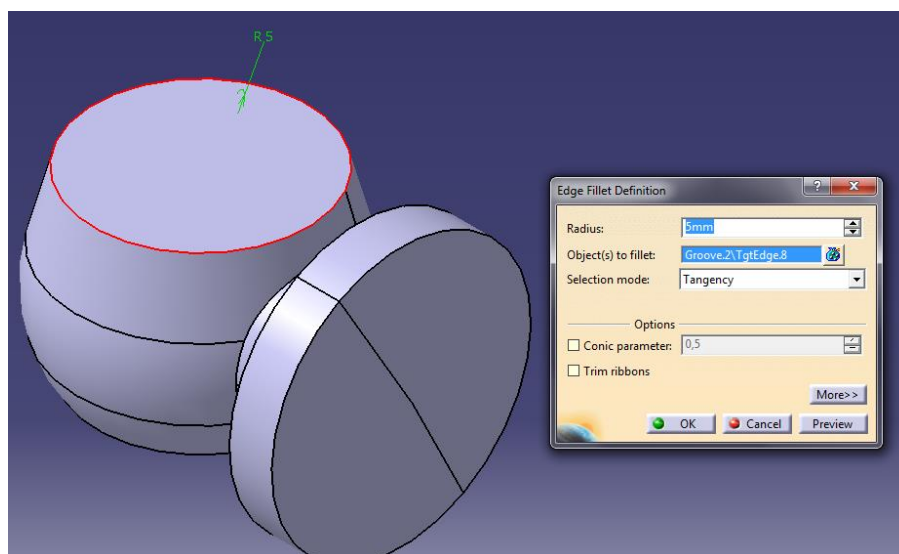


Слика 52 – Sketch 6.

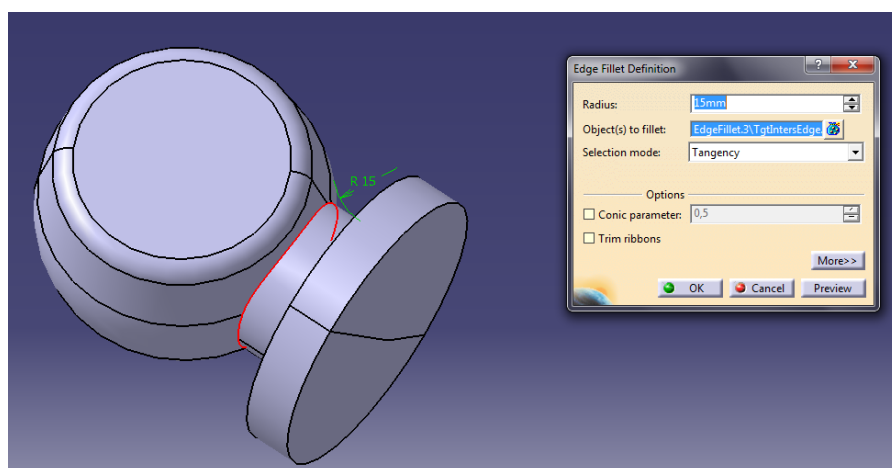


Слика 53 – Groove 2.

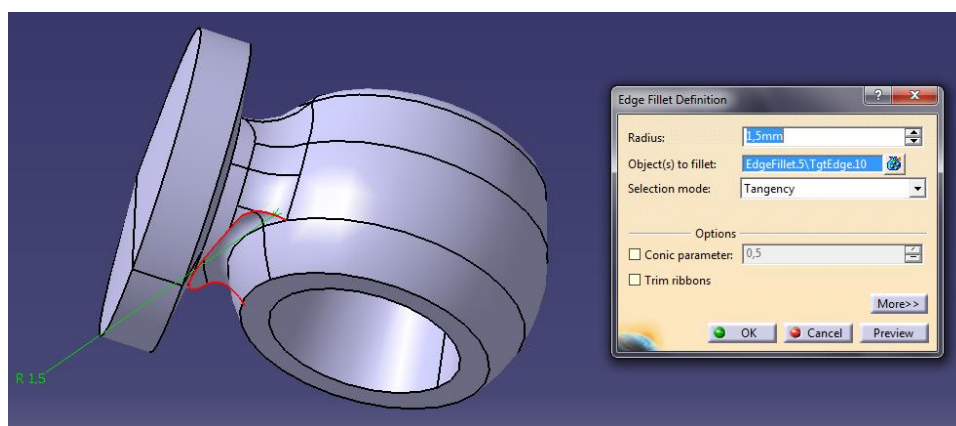
На крају се заобљавају ивице операцијом Edge fillet како је то прописано сертификатом менаџмента квалитетом. На сликама од 54 до 59 приказане су операције заобљавања ивица Edge fillet.



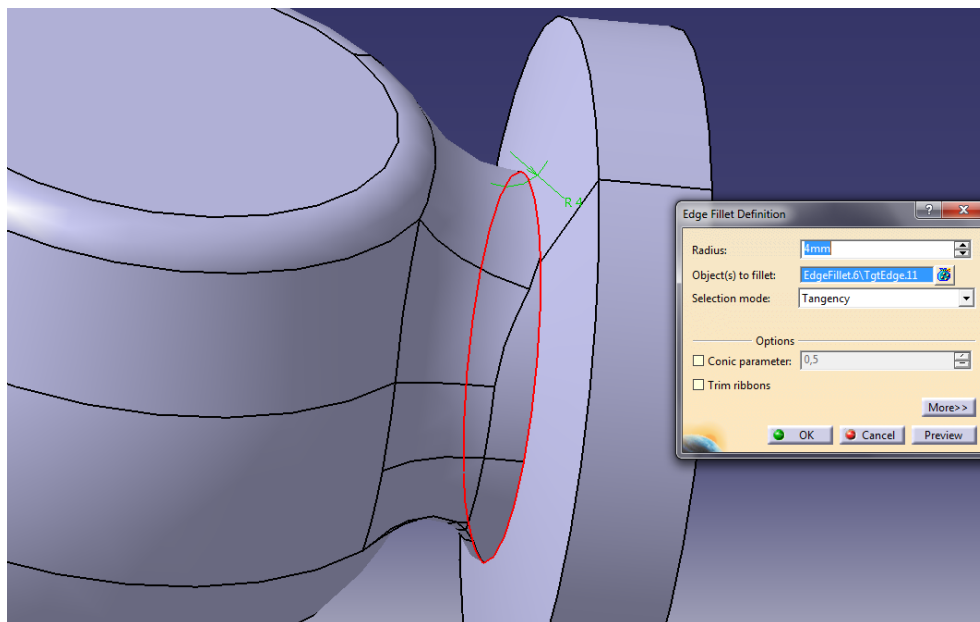
Слика 54 – Edge fillet 3.



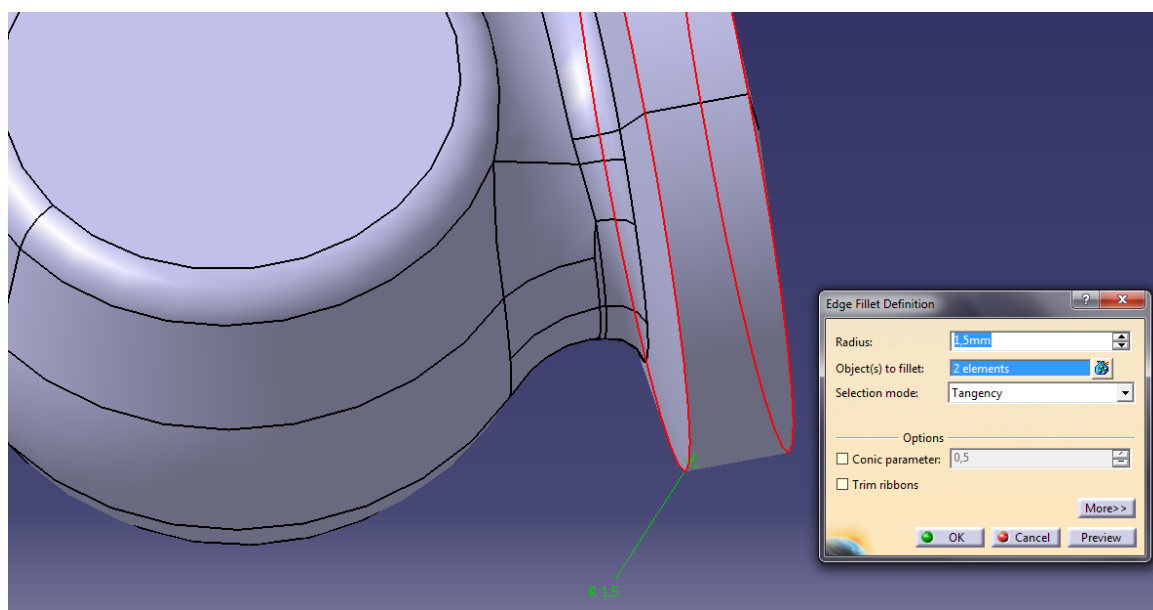
Слика 55 - Edge fillet 5.



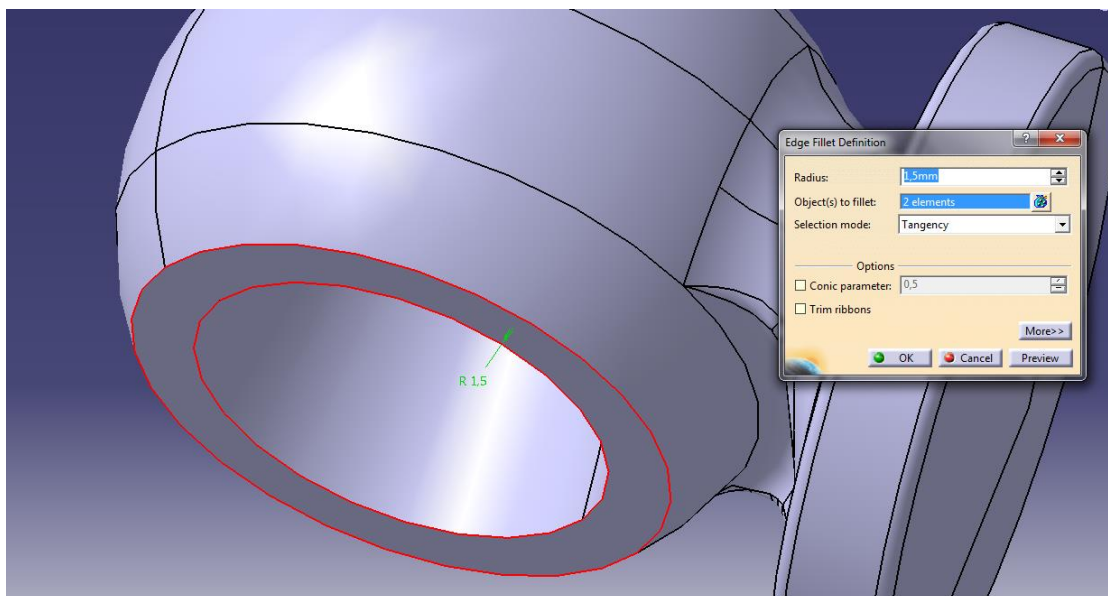
Слика 56 - Edge fillet 6.



Слика 57 - Edge fillet 7.

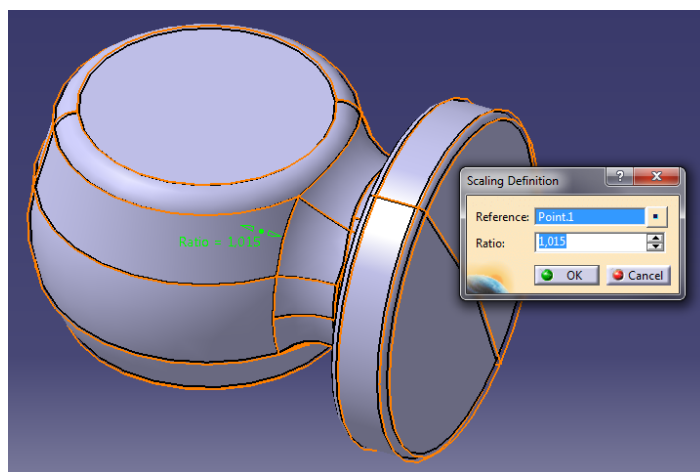


Слика 58 - Edge fillet 8.



Слика 59 - Edge fillet 9.

Пошто се ураде заобљења треба урадити скалирање, где је потребно скалирати тачку и унети коефицијент скупљања за 1,5%. На слици 60 приказан је прозор отворен у овој операцији.



Слика 60 – Scaling 1.

3.2. Израда гравуре у горњем и доњем калупу

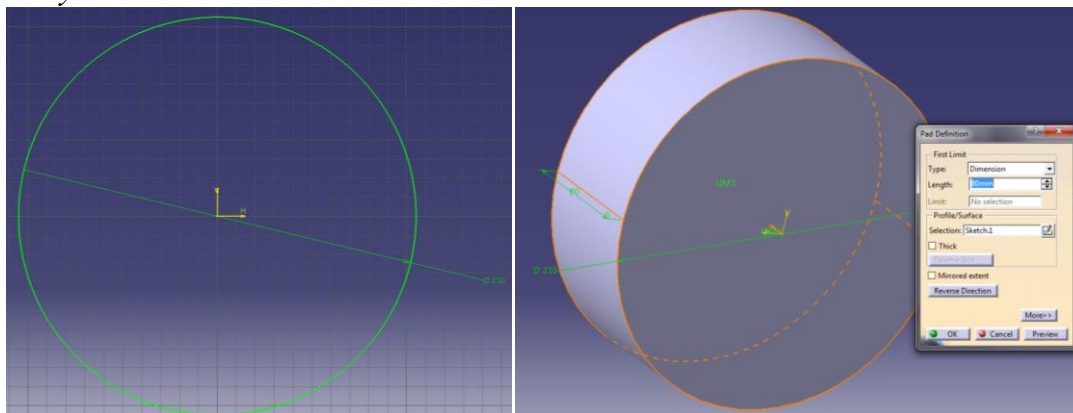
Након завршетка моделирања отковка приступам изради склопа алата, на коме се од отковка одузима материјал, па се на основу тога добијају гравуре у алатима.

Први корак је израда калупа слика 61 и 64, затим следи израда жлеба за носаче алата на чекићу³⁴ слике 62 и 66.

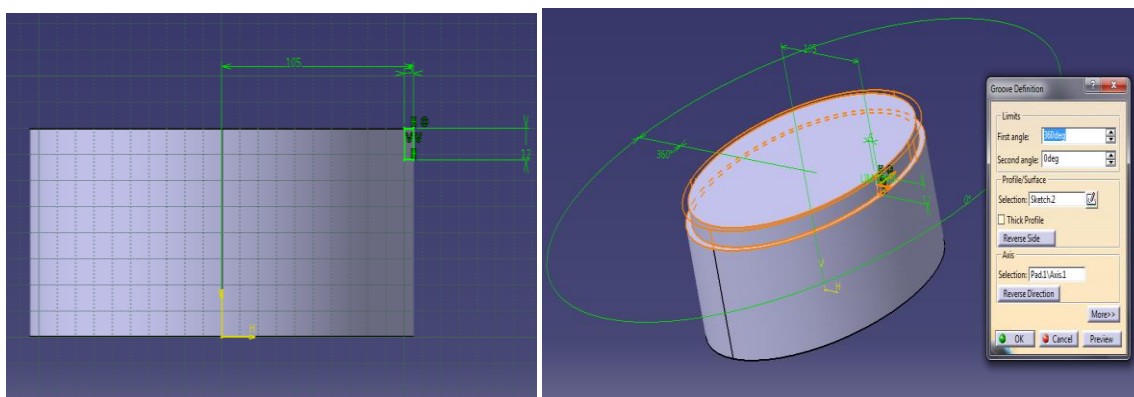
Затим следи одузимање маретијала отковком од горњег и доњег алата операцијом Assembly feature remove (слика 68), након тога се на горњем алату ради венац слике 71, 72 и 73 и заобљавање ивице канала за вишак материјала према сертификату квалитета стандардом ISO 9001:2008 који прописује безбедност на раду у посебним или екстремним условима слике 74, 75, 76 и 77. Након тога следи уклањање уметка (слика 70), брушење површине алата на 1 mm (слика 78) и израда трна у алату који је потребно уклонити касније слика 65.

Након свега на крају потребно је оборити ивице жлебова за носаче алата на 2mm x 45° ови сви радови спадају у заврше послове³⁵ и раде се након завршетка гравуре (слика 63 и 67). На слици од 61 до 78 приказан је процес добијања гравуре у алатима, а на слици 79 је приказан изглед горњег и доњег алата.

Горњи калуп



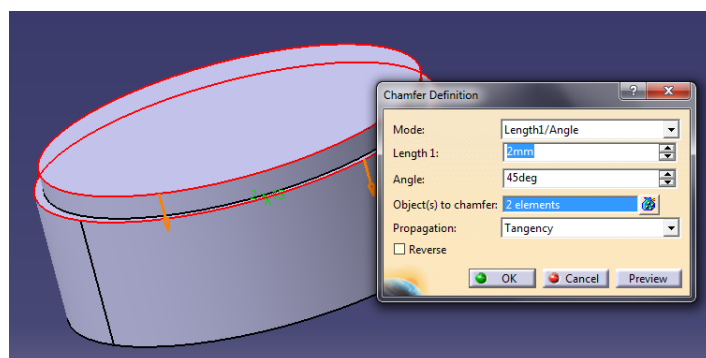
Слика 61 – Операција Pad 1.



Слика 62 – Groove 1.

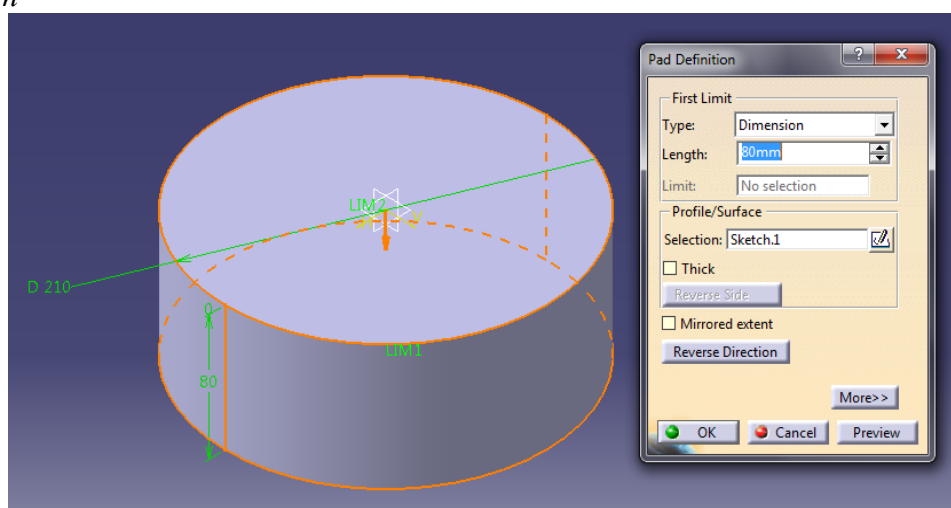
³⁴ Ово се односи и на горњи и на доњи алат.

³⁵ Ово важи за све ивице жлебова.

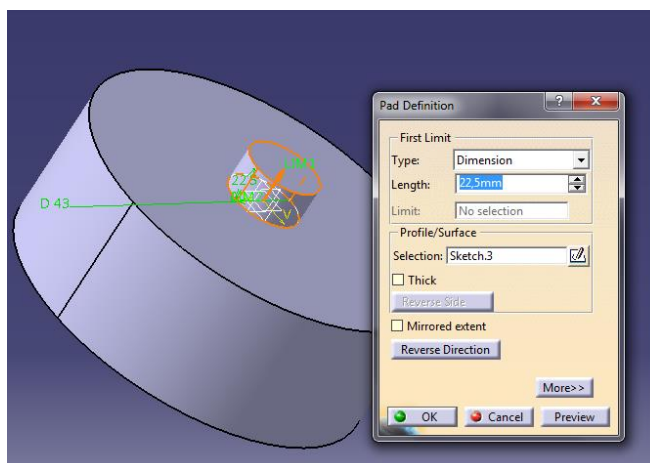


Слика 63 – Операција Chamfer 1.

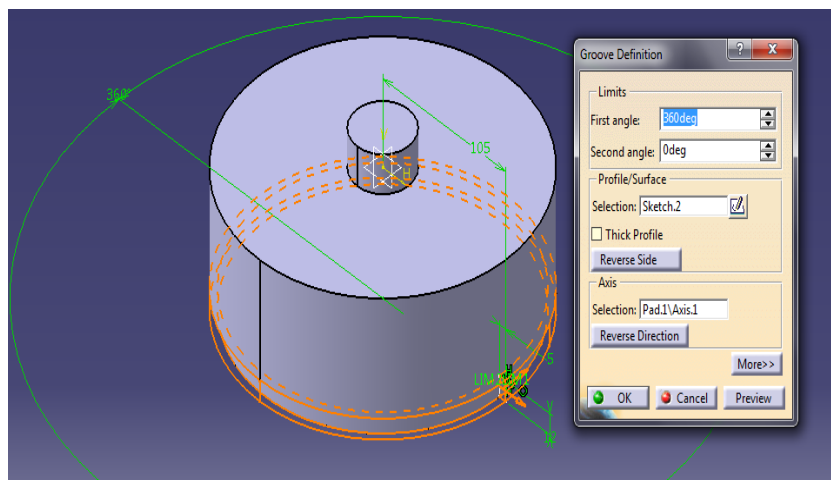
Доњи калуп



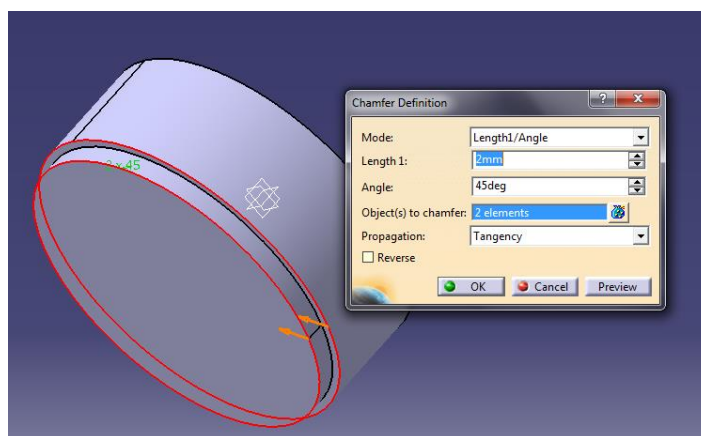
Слика 64 – Операција Pad 1.



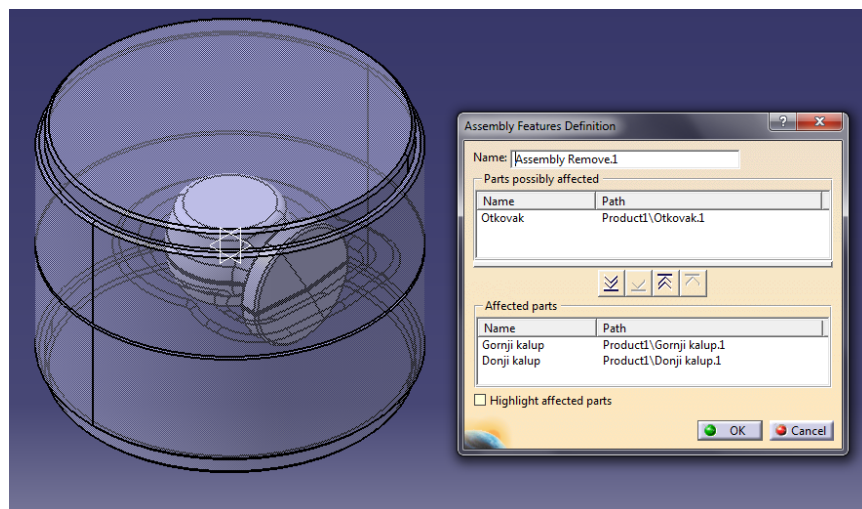
Слика 65 - Операција Pad 2.



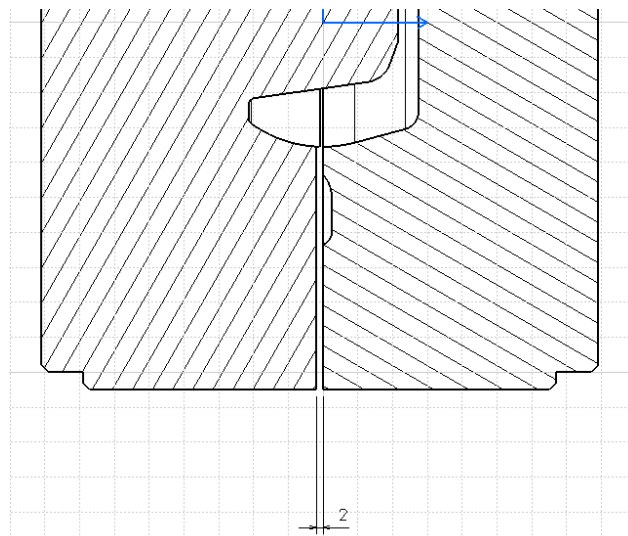
Слика 66 – Операција Groove 1.



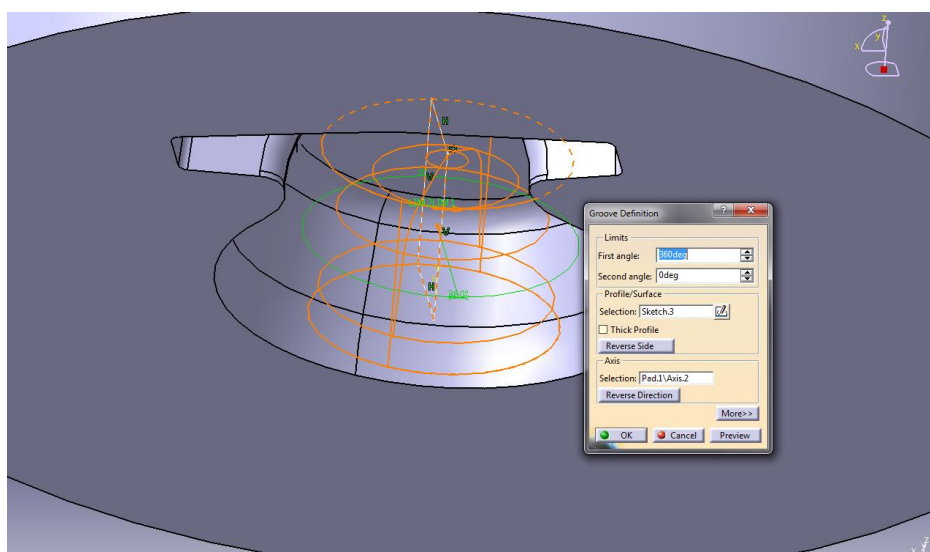
Слика 67 – Операција Chamfer 1.



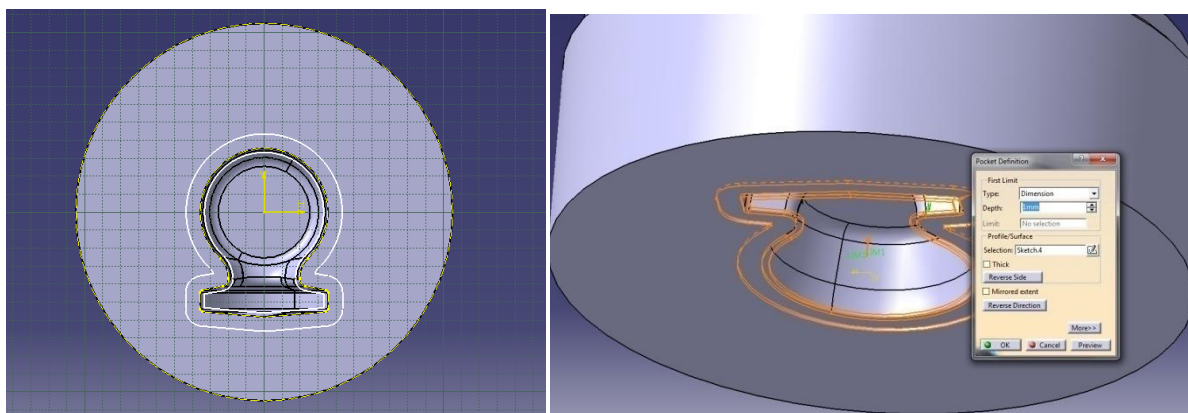
Слика 68 – Assembly features remove.



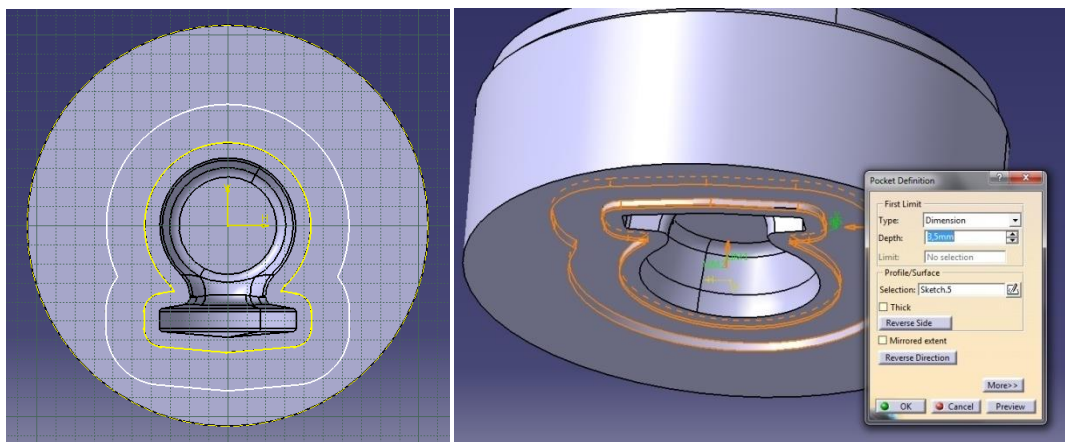
Слика 69 – Позиционирање алата у Drafting-у.



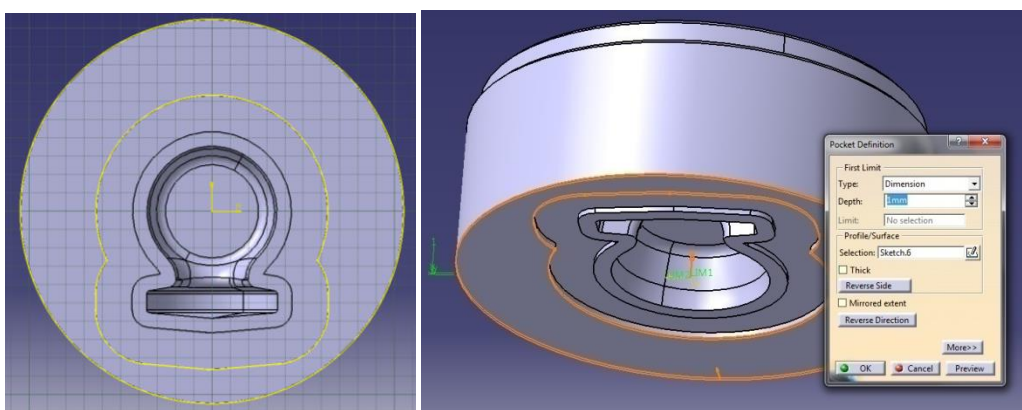
Слика 70 – Операција Groove 2.



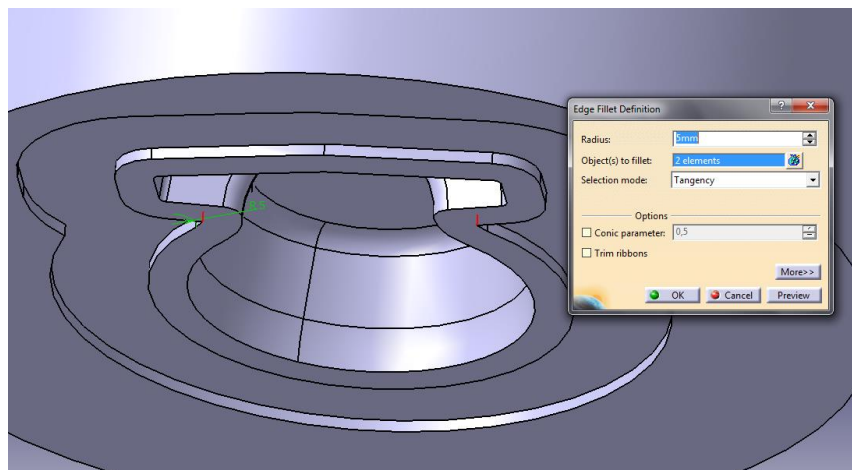
Слика 71 – Операција Pocket 1.



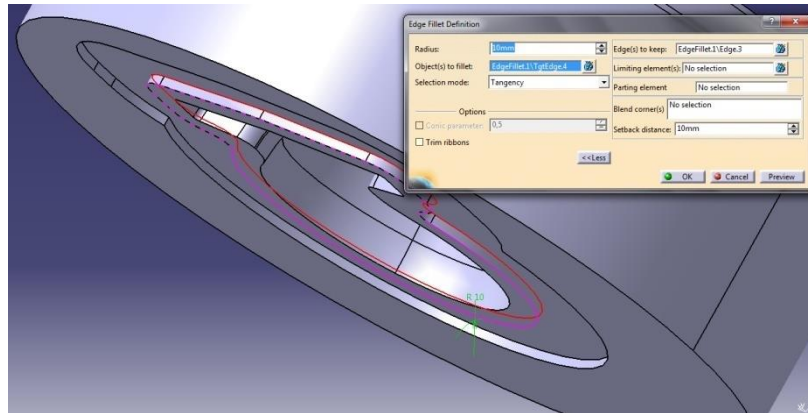
Слика 72 – Израда канала за вишак.



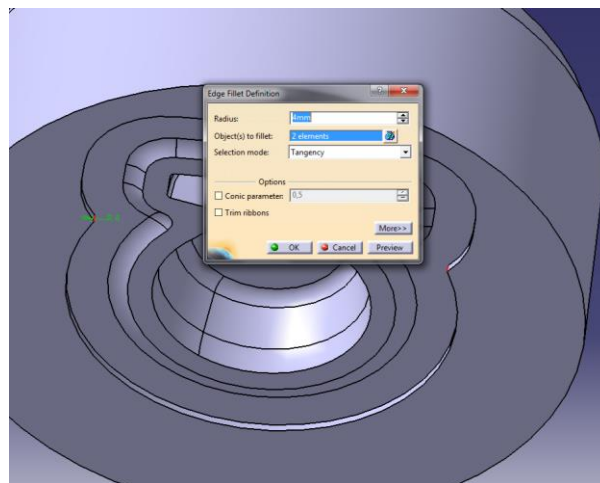
Слика 73 – Операција Pocket 2.



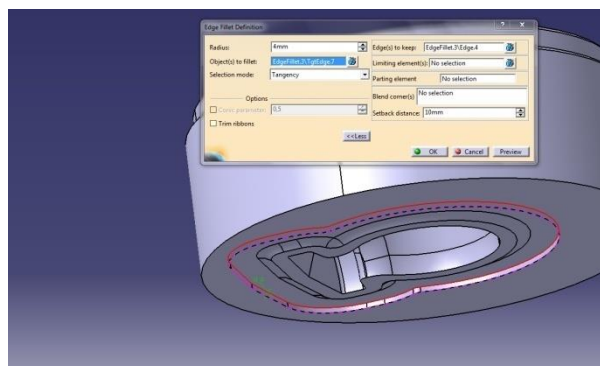
Слика 74 – Операција Edge fillet 1.



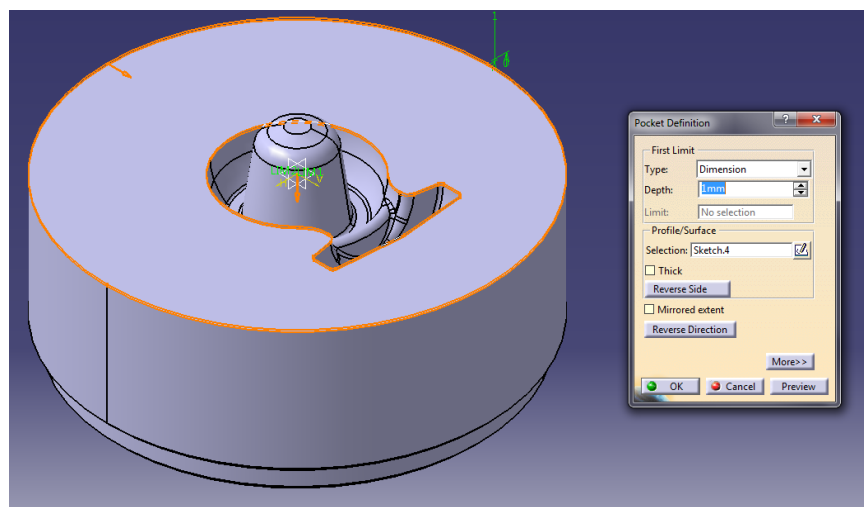
Слика 75 - Операција Edge fillet 2.



Слика 76 - Операција Edge fillet 3.

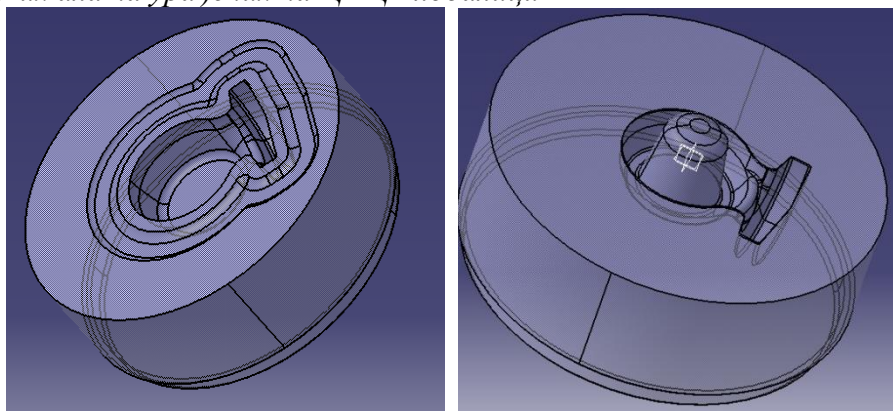


Слика 77 - Операција Edge fillet 4.



Слика 78 – Операција Pocket 1.

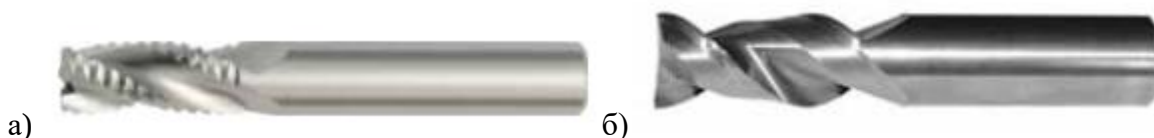
Изглед ковачких алата урађених на ЦНЦ Глодалици



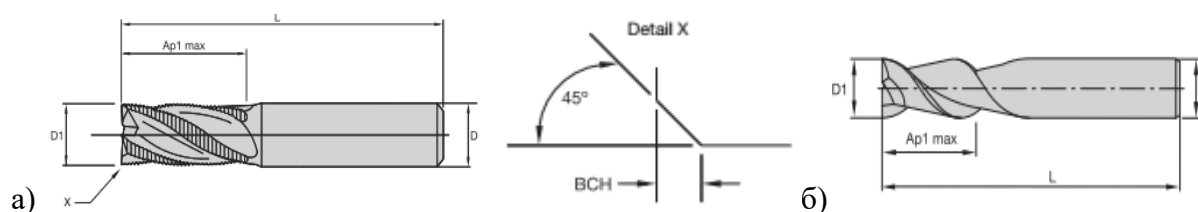
Слика 79 – а) Горњи алат, б) Доњи алат.

4. ГЕНЕРИСАЊЕ НЦ ПРОГРАМА ЗА ДОЊИ КОВАЧКИ АЛАТ

На основу претходног поглавља, узети пример доњи калуп за опис програма. Пре генерисања НЦ програма за пример приказан на слици 79 под б, потребно је да се изврше припремни радови на машини, а то је припрема резних алата (глодала). На слици 80 приказани су алати, који се користе за грубу обраду под а и за фину обраду под б, а њихова геометрија је на слици 81. Алати су изабрани у каталогу произвођача Фридро доо Крагујевац.



Слика 80 – Изабрани алати.

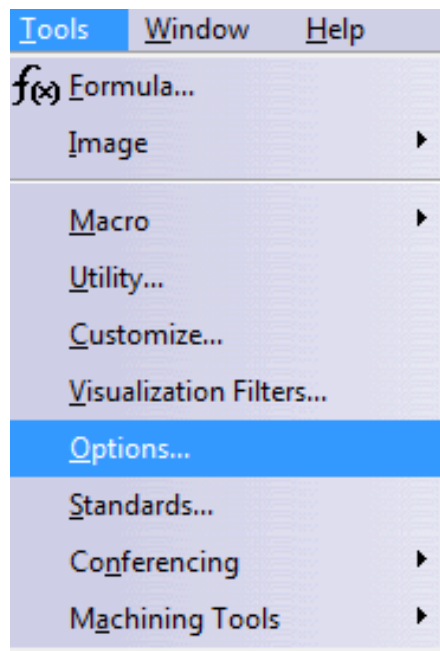


Слика 81 – Геометрија изабраног алата.

Претходно поменути алати су од нежелезних легура и изабрани су на основу материјала предмета обраде чији је материјал Х38CrMoV51 тако да се ради о алату на коме је извршена термичка обрада побољшавања која доводи до смањења количине угљеника у материјалу да неби пукао на чекићу када се врши ковање.

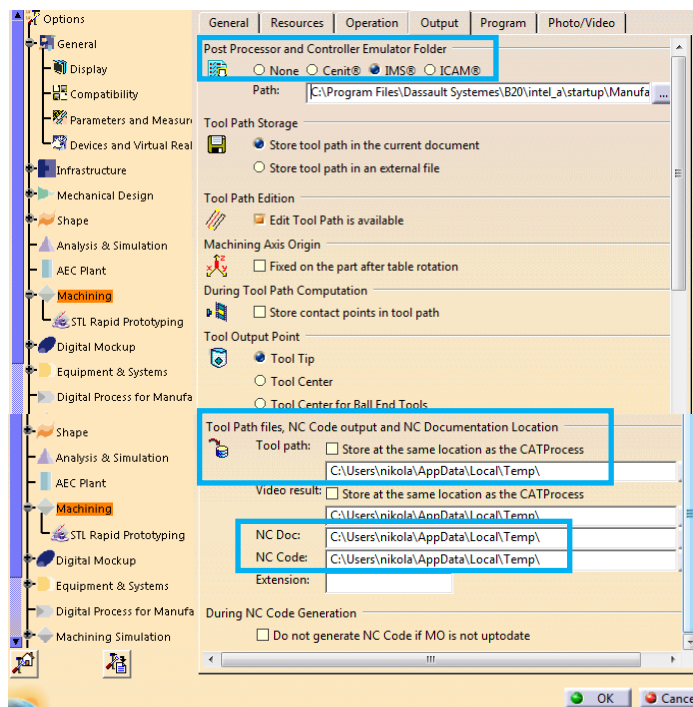
Постоји претходна и завршна обрада гравуре. У претходној обради су радијуси и димензије отковка мали, а у завршној су већи, па је претходна гравура дефинисана са мањим димензијама, а завршна са већим димензијама и радијусима. Претходна и завршна гравура се ради на једном радионичком цртежу и у том смислу НЦ програм се ради посебно за претходну, а посебно за завршну обраду. У овом случају на слици 79 под б урађен је програм за завршну гравуру, а трн који се налази у алату се посебно израђује на обичном стругу на тачну меру, па се као такав обрађен убацује у загрејан алат у тачно дефинисаном положају.

На основу претходних напомена потребно је подесити параметре у Catia V5R20 до тих параметара стиже се следећим путем клик на Tools – Options (слика 82).



Слика 82 – Падајући мени.

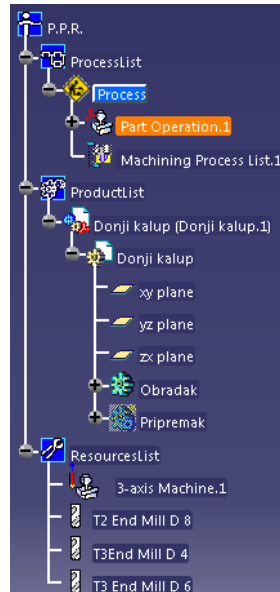
Избором приказаног дугмета на падајућем менију са слике 82 отвара се следећи прозор у коме треба подесити постпроцесор, и путању на којој треба снимити фајл процеса и фајл НЦ програма дела и тај прозор је приказан на слици 83.



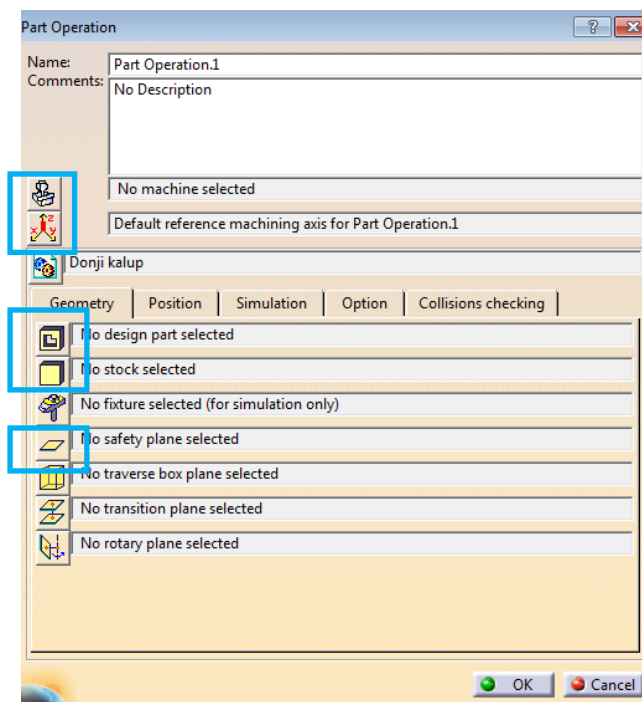
Слика 83 – Подешавање постпроцесора, путању фајла за процес и НЦ код.

Плавам бојом су уоквирена поља која се обавезно подешавају, а остале параметре не треба дирати.

Други корак у припреми генерисања НЦ програма дела је отварање прозора Part Operation, а то се ради на једноставан начин двокликом на грану Part Operation из стабла процеса обраде појављује се прозор на слици 85, а стабло процеса обраде је приказано на слици 84. У табели 42 приказан је списак операција, времена израде са димензијама и врстом резних алата, а на слици 88 је приказана палета са технолошким операцијама, па ће бити дат приказ значења тих операција.

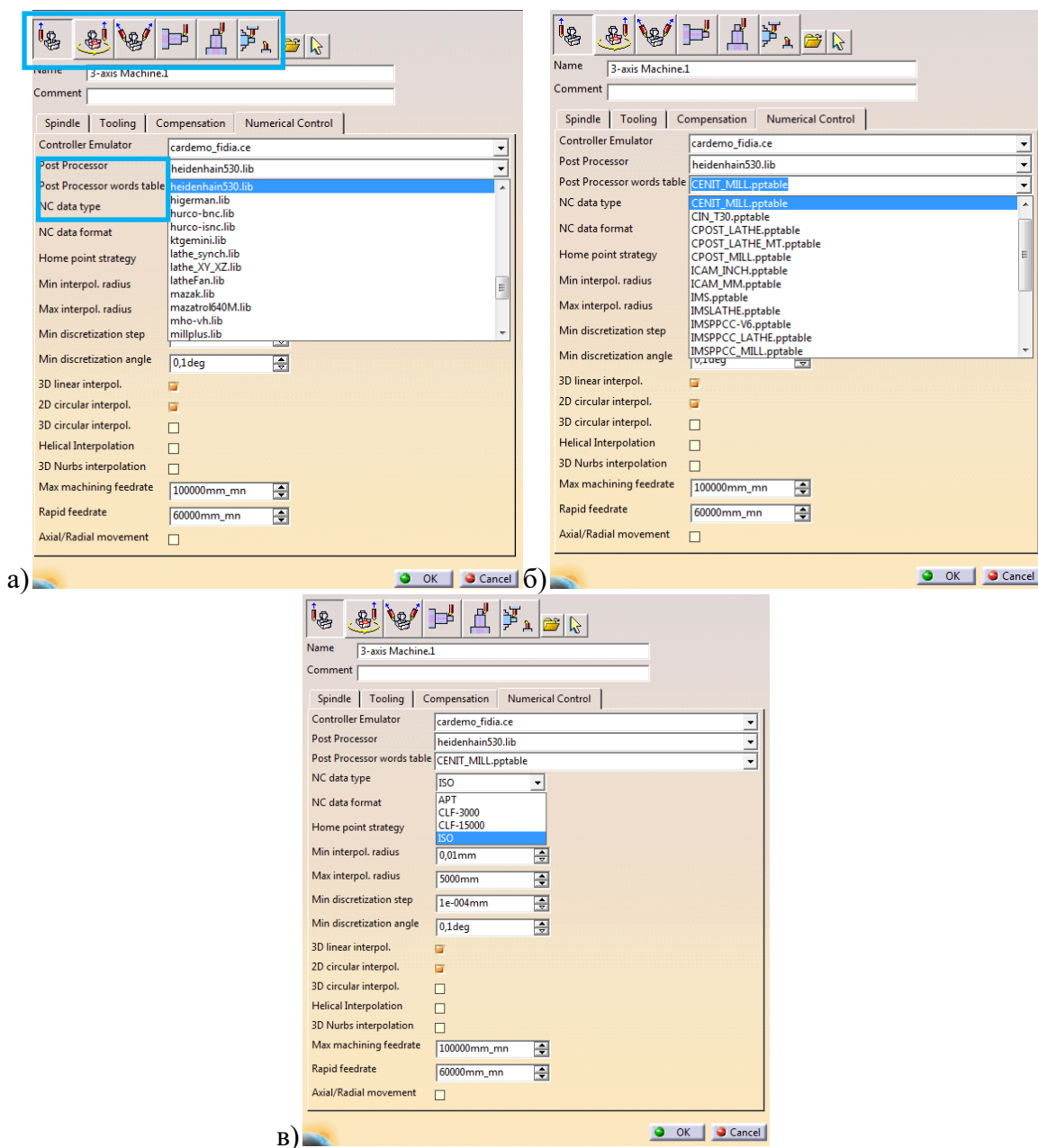


Слика 84 – Стабло процеса обраде.

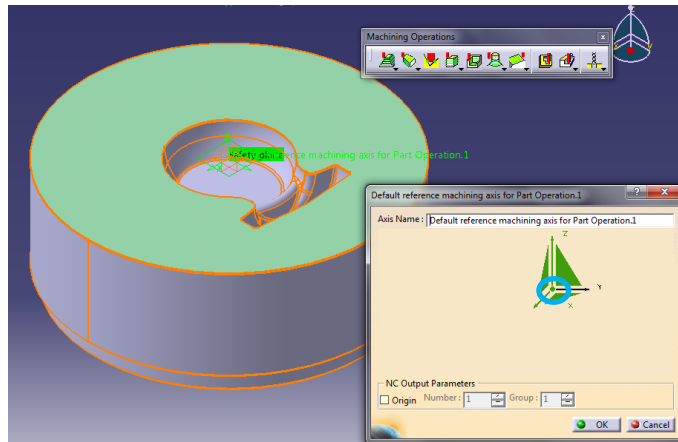


Слика 85 – Прозор за подешавање машине, позиционирање предмета обраде и намештање алата.

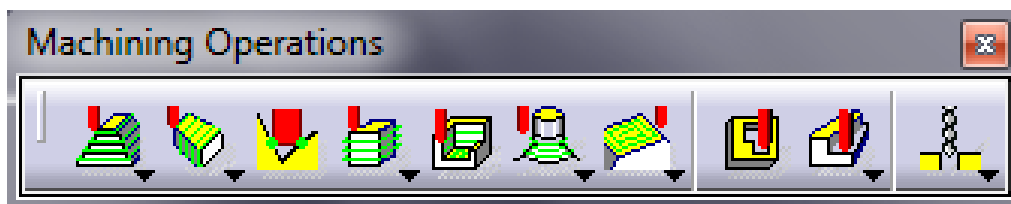
Параметри који су обележени је потребно подесити. Прво дугме са горњег дела слике 85 служи за подешавање машине (слика 86 под а, б, в), друго за подешавање координатног система на предмету обраде (слика 87), треће дугме је за подешавање обратка, четврто за припремак, а пето и уједно задње које треба подесити је безбедносна раван. Остало треба оставити како јесте на овом прозору. Задња три дугмета се подешавају у складу са искуством инжењера.



Слика 86 – Подешавање машине.



Слика 87 – Подешавање координатног система радног предмета.



Слика 88 – Палета технолошких операција.

Списак операција са слике 88 су:

- Roughing (Груба обрада површине по хоризонталним паралелним равнима),
- Sweeping (Полузавршна и завршна обрада у вертикалним равнима),
- Pencil (Операција уклањања материјала из претходне операције),
- Z-Level (Завршна обрада, дораде површина у вертикалним и хоризонталним равнима, спољашњих делова и цепова),
- Advanced Finished (Напредна операција завршне обраде),
- Contur driven (Операција обраде делова сложених површина који користи контуру као линију водиље),
- Spiral Milling (Завршна обрада хоризонталних површина),
- Pocketing (Обрада цепова),
- Profile Contouring (Операција контурног глодања) и
- Drill (Избор типа и димензије бургије)

Испод сваке иконице постоји мала црна стрелица за избор подоперације и то је присутно само код следећих операција обраде Roughing, Sweeping, Z-Level, Contur driven, Spiral Milling и Profile Contouring. За познавање већине подоперација као и операција обраде потребно је велико радно искуство у коришћењу овог окружења.

Табела 42 – Списак коришћених технолошких операција.

Технолошка операција обраде		Резни алат	
Врста операције	Време израде	Врста алата	Димензије
Обрада површина по вертикалним равнима (Sweep – roughing)	55 мин. 31,2848 сек.	Чеоно глодало	Ø8X63 mm
Обрада површине по хоризонталној равнима (Roughing)	44 мин. 25,2031 сек.	Чеоно глодало	Ø8X63 mm
Фина обрада ивица (Pencil)	21 мин. 53,0421 сек.	Алуминијумско чеоно глодало	Ø6X76 mm
Фина обрада - Дорада бочних површина (Z - Level)	3 мин. 40,1211 сек.	Алуминијумско чеоно глодало	Ø6X76 mm
Завршна обрада хоризонталних површина (Spiral Milling)	53 мин. 11,6664 сек.	Алуминијумско чеоно глодало	Ø6X76 mm

У наредном излагању, да би дошли до НЦ програма дела, биће описане операције из табеле 42.

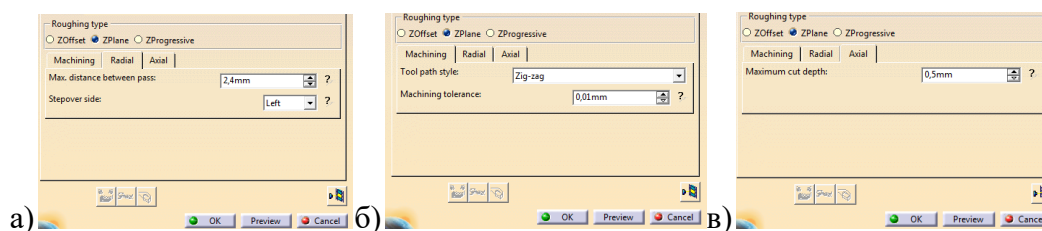
Кликом на прву операцију из табеле, у палети операција појављује се прозор који поседује четири картице, ово поседује свака операција из палете са слике 88.

Операција 1 - Обрада површина по вертикалним равнима (Sweep – roughing)

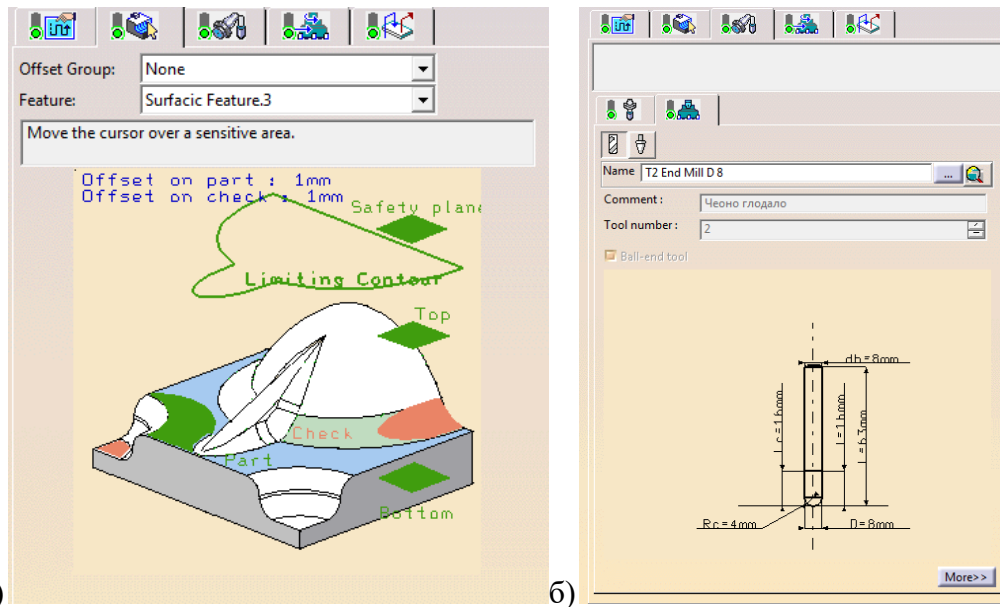


Слика 89 – Картице за подешавање режима обраде.

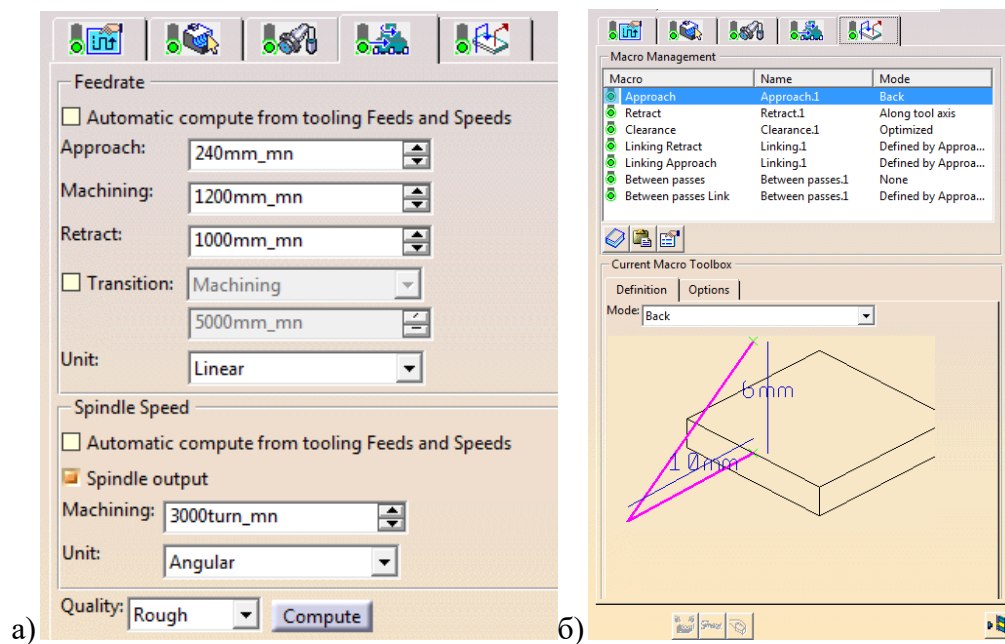
Прва картица служи за подешавање стратегије резања, друга за подешавање путање алата, трећа за подешавање врсте, димензије и облика алата, а четврта за режим обраде. На слици 90 под а, б и в су приказане стратегије са прве картице, на слици 90 под а друга картица, а под б трећа, а четврта на слици 92.



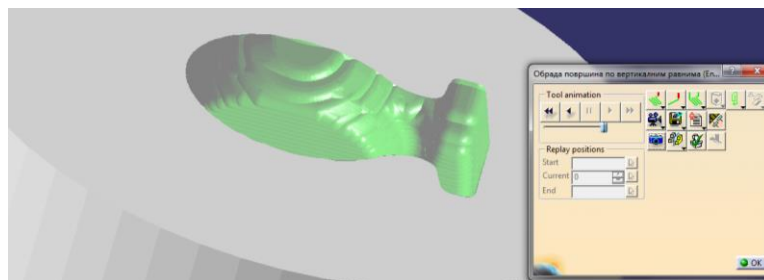
Слика 90 – Стратегија технолошке операције: а) радијални параметри, б) обраде, в) аксијални параметри.



а) Подешавање путање алата, б) Димензије врста и облика алата.



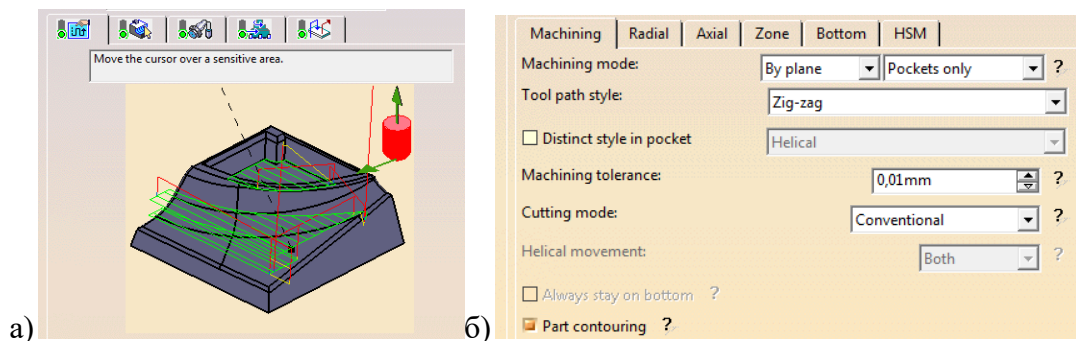
а) Режим обраде, б) Примицање алата радном предмету.



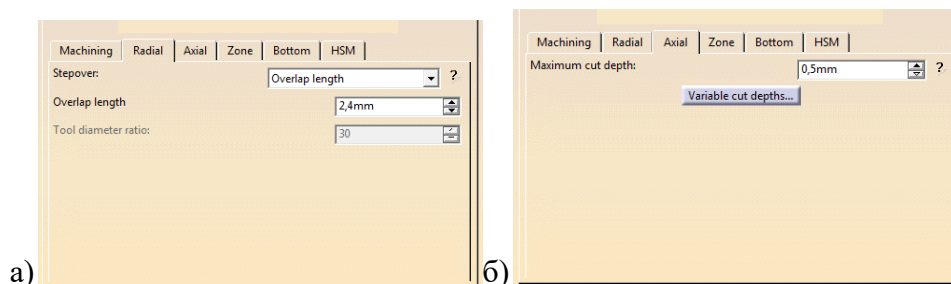
Слика 93 – Изглед радног предмета након завршене операције.

Операција 2 - Обрада површине по хоризонталној равни (Roughing)

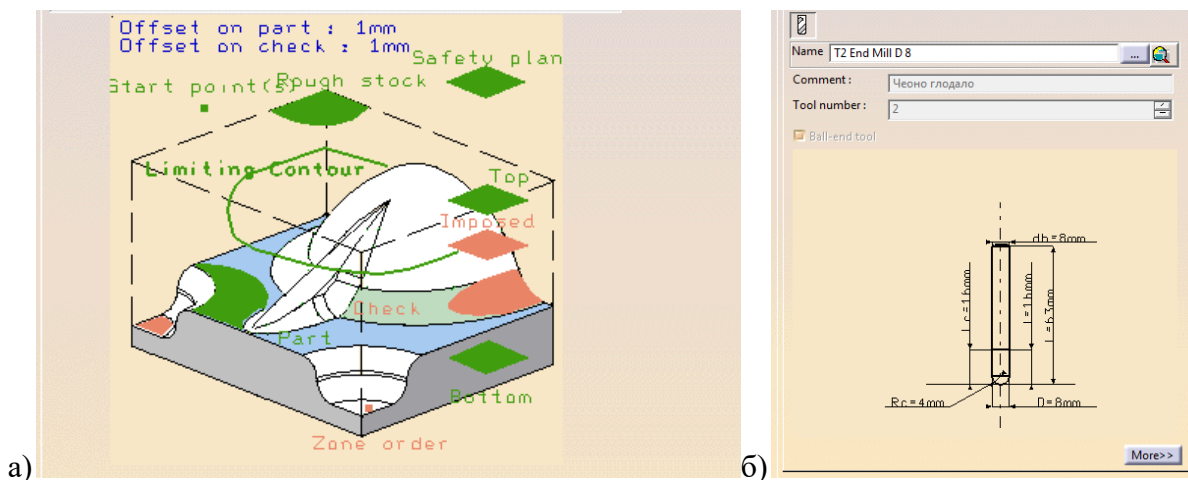
На слици 94 приказана је стратегија кретања алата под а, а под б је режим обраде, приказане су аксијалне и радијалне стратегије на слици 95. Слика 96 фигурише путању кретања алата, а под б врсту, облик и димензију алата.



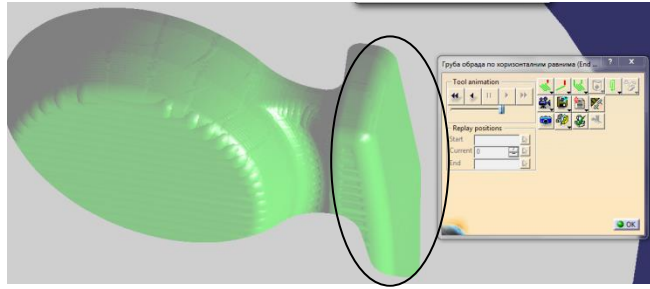
Слика 94 – а) Подешавање правца кретања алата, б) Стратегија режима обраде.



Слика 95 – Стратегије: а) Радијалне б) Аксијалне.



Слика 96 – а) Путања кретања алата, б) Подешавање облика резног алата.

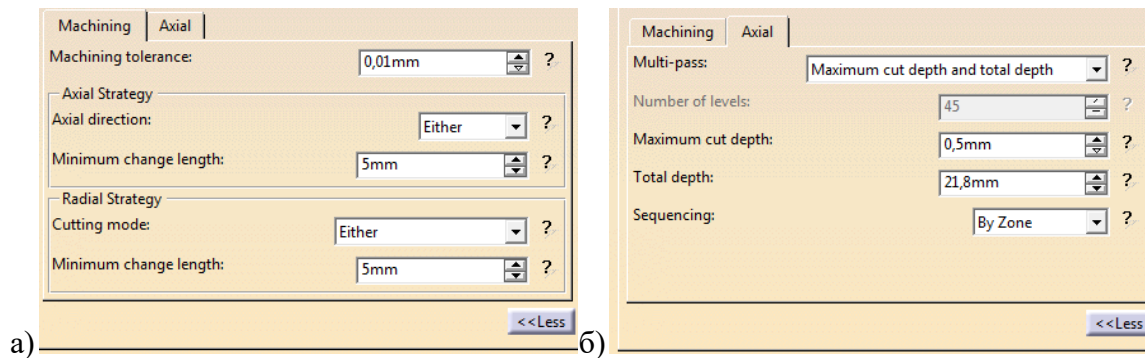


Слика 97 – Приказ предмета обраде после завршене друге операције.

Картица за режим обраде је иста као за прву операцију и попуњава се исто као и за прву операцију. На основу изгледа контуре гравуре у алату за ковање закључујем да је потребно извршити фину обраду ивица да би се уклонили оштри рисеви, затим уклонити трагове са вертикалних површина као и са хоризонталних и на основу тога радни предмет је на меру урађен. Део који је означен на слици треба обрадити на ЦНЦ стругу, јер је у питању цилиндрични део који не може на глодалици да се уради, па ће овај део бити обрађен на одређеној дубини.

Операција 3 - Фина обрада ивица (Pencil)

На слици 98 под а је приказана стратегија режима обраде, а под б стратегија аксијалног корака. На слици под б могуће је изабрати три опције, који при избору нуди два поља за подешавање. На слици су приказани број нивоа, максимална дубина резања и укупна дубина резања. Подешавањем два поља, софтвер аутоматски прорачунава трећи параметар. У овом случају су максимална дубина резања и укупна дубина резања, а трећи параметар је број пролаза који у овом случају рачуна САТИА. У прозору под а подешава се толеранција обраде и мод резања.

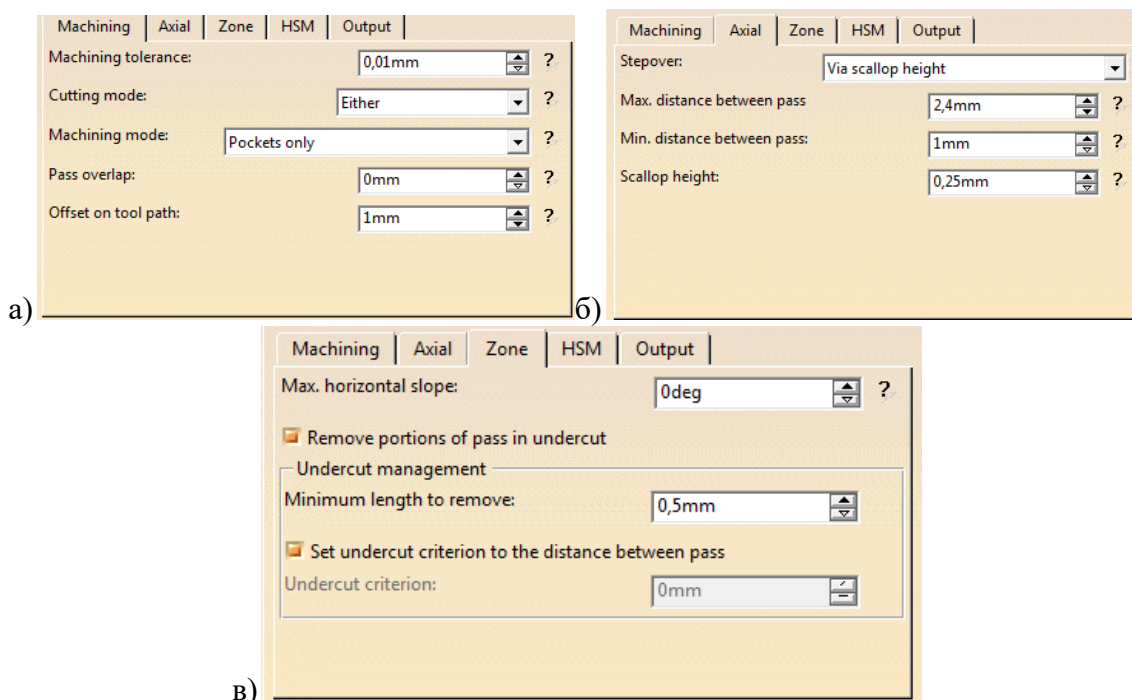


Слика 98 – Стратегија: а) обраде, б) корака.

На слици 99 под а се подешава путања кретања алата, под б димензија и врста алата, под в режим обраде и под г тип примицања алата.

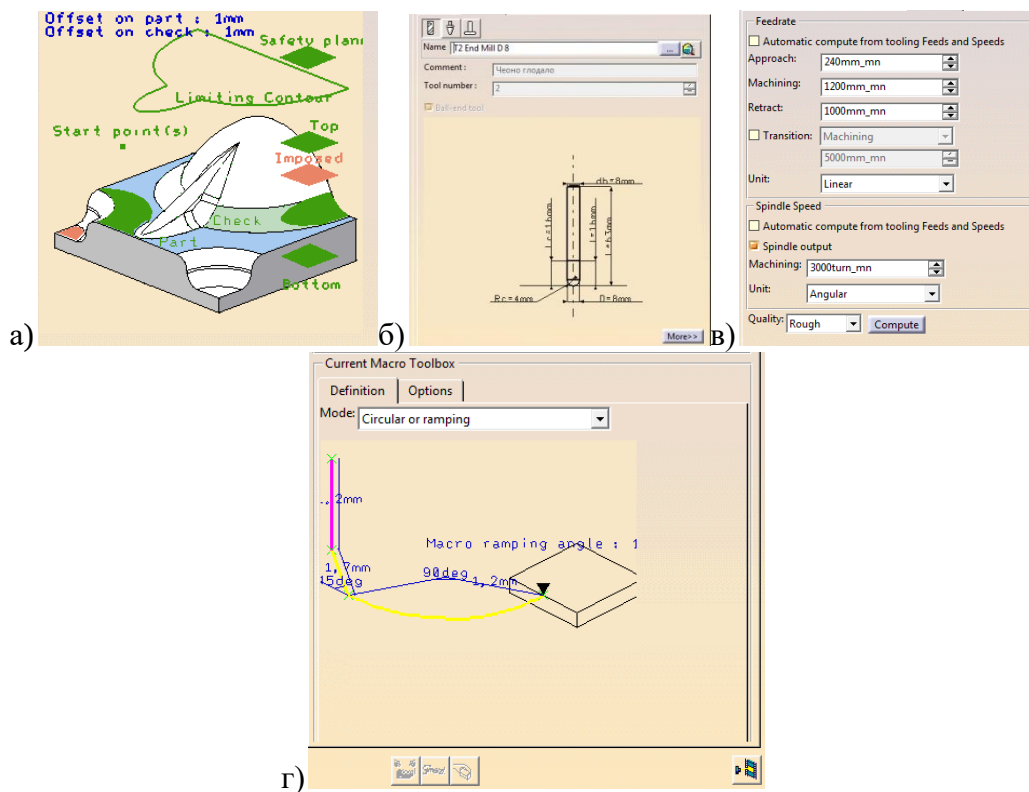
Операција 4 - Фина обрада - Дорада бочних површина (Z - Level)

Ова операција је употребљена за уклањање трагова глодала из претходне операције са бочних површина. На слици 101 приказане су стратегије обраде, аксијалних параметара обраде и зонирање параметра обраде. На слици под г подешавају се зоне резања, активирањем прве опције врши се уклањање материјала током подрезивања, активирањем друге опције врши се аутоматско подрезивање. На слици под а подешава се мод обраде, резања и толеранција, а под б се подешава преклоп алата и максимална висина неравнине коју подешава оператер и коју не подешава програмер.

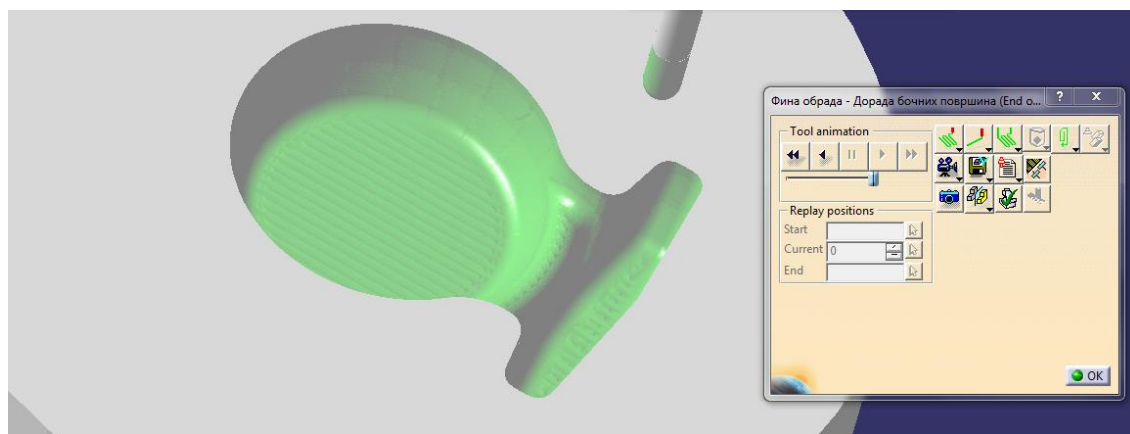


Слика 101 – Стратегије: а) Обраде, б) Аксијалних параметра корака и в) Подешавање зоне предмета обраде.

На слици 102 под а подешава се путања алата, под б облик, димензија и тип алата, под в режим обраде, а под г тип примицања алата радном предмету.



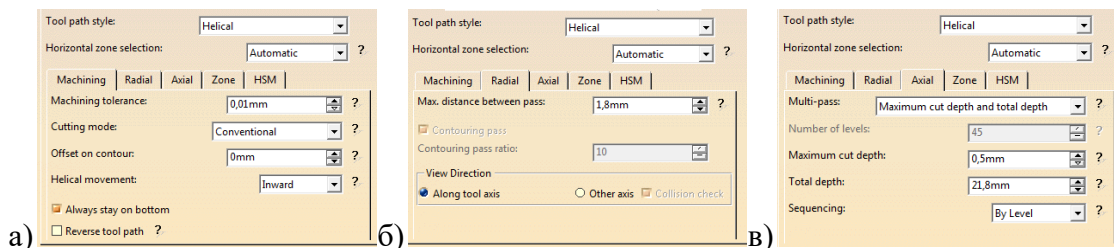
Слика 102 – а) Путања кретања алата, б) Облик и димензија алата, в) Режим обраде и г) Тип примицања алата радном предмету.



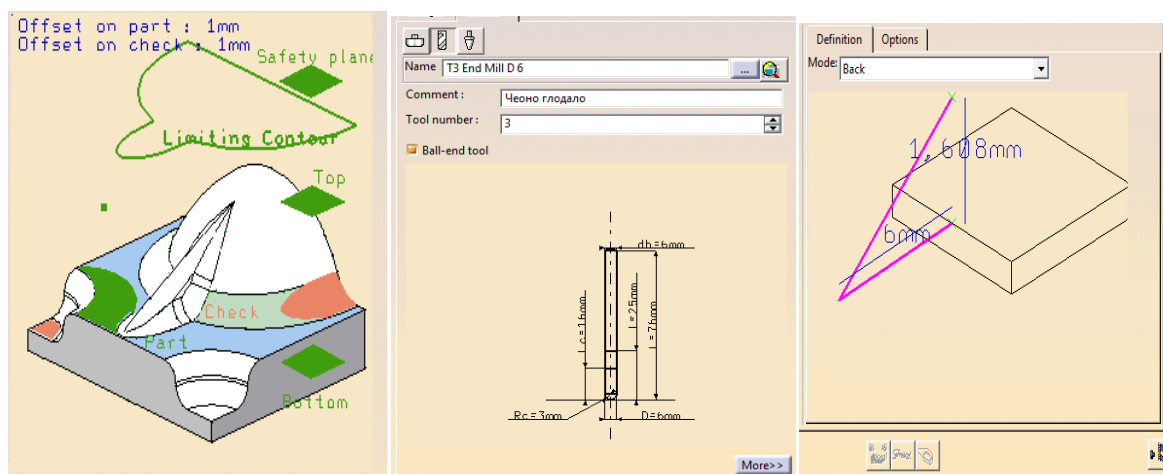
Слика 103 – Изглед радног предмета после четврте операције.

Операција 5 - Завршна обрада хоризонталних површина (Spiral Milling)

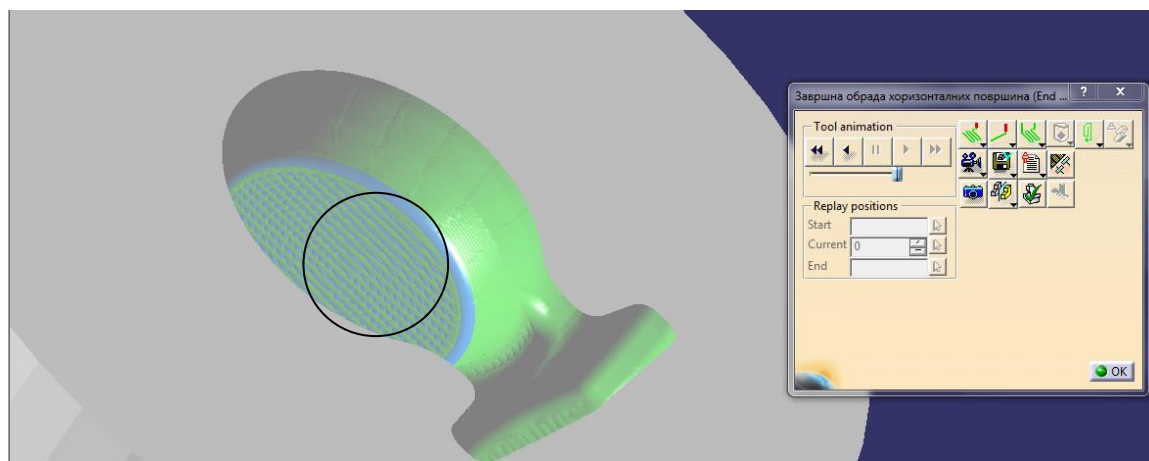
У овој операцији обрађује се хоризонтална површина у гравури где се скида траг глодала са претходне обраде. На слици 104 су приказане стратегије, на слици 105 приказано је дефинисање алата, а на слици 106 изглед површине гравуре после ове операције.



Слика 104 – Стратегије: а) обраде, б) радијалних и в) аксијалних параметара.

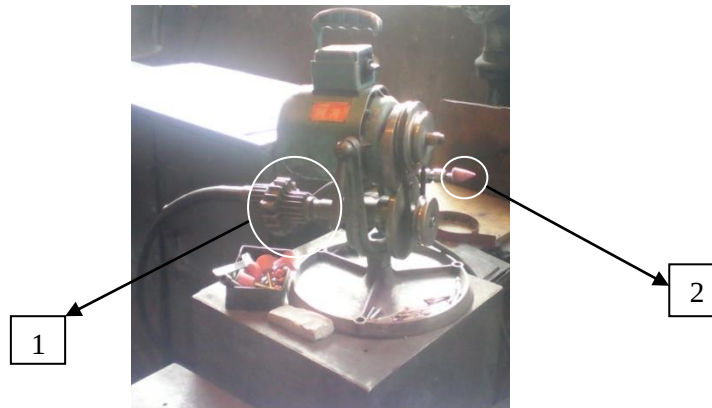


Слика 105 – а) Путања кретања алата, б) Облик и врста алата и в) Тип примицања.



Слика 106 – Приказ предмета обраде након скидања са машине.

Површина означена на слици 106 је плавкаста и то значи да је скинут вишак материјала са радног предмета из претходне операције. Овај радни предмет иде на ЦНЦ струг па после тога на машину приказану на слици 107. Ова машина се назива брусилаца (ротофера) и уклања трагове глодала (рисеве) тако да се добија ковачки алат високог квалитета.



Слика 107 – Брусилаца.

Као што се види са слике 107 брусилаца се састоји из два главна дела, а то су:

- 1- Редуцир који има задатак да повећава брзину ротационог кретања брусног профила и
- 2- Брусни профил.

На слици 108 приказан је НЦ програм чије су реченице објашњене одмах испод слике, а у табели 43 и 44 приказане су димензије изабраних алата.

```
% G71*
N10 G30 G17 X+0 Y+0 Z-40*
N20 G31 G90 X+200 Y+200 Z+0*
N30 T1 G90 G17*
N40 S3000 M03*
N50 M08*
N60 G01 X+54.588 Y-21.51 Z+5. F1500*
N70 Z+1.*
N80 Y-22.491 Z+.827 F240*
N90 X+51.588 Y-26.491 Z-.055*
N100 Y-27.883 Z-.3*
N110 Y-26.491 F1200*
N120 X+54.588 Y-22.491*
N130 X+54.589 Y-6.648*
N140 X+54.292 Y-8.74*
N150 X+53.919 Y-10.809*
N160 X+53.468 Y-12.854*
N170 X+52.941 Y-14.879*
N180 X+52.336 Y-16.883*
N190 X+51.653 Y-18.867*
N200 X+50.892 Y-20.834*
```

Слика 108 – НЦ код.

Као што може да се види на слици 108, црвеном бојом је уоквирен елемент програма дела који ћу објаснити у наредних 15-ест реченица у програму, и имају следеће значење:

- Почетак програма у јединици mm,
- Прва реченица постављање равни са минималном тачком координате раван x/y, оса алата z,
- Друга реченица апсолутни мерни параметри максимална тачка координате,
- Трећа реченица алат 1 апсолутни мерни параметри раван x/y, оса алата z,
- Четврта реченица број обртаја 3000 o/min укључивање вретена у смеру казаљке на сату,
- Пета реченица укључено средство за хлађење и подмазивање,
- Шеста реченица праволинијско кретање по поларним координатама и посмак на 1500 mm/min,
- Седма реченица кретање алата на +1,
- Осма реченица задавање координата по у и z и радни посмак на 240 mm/min,
- Девета реченица померања,
- Десета реченица померање по у и z,
- Једанаеста реченица кретање по у и посмак 1200 mm/min,
- 12-та, 13-та, 14 –та и 15-та реченица кретање по х и у оси итд...

Табела 43 – Избор алата из каталога.

Материјали	Р	М	К	Н	С	Н
Значење ознака за маретијале	Челик и легура челика	Нерђајући челик	Ливено гвожђе	Нежелезна легура	Висока тврдоћа легуре титанијума	Јак материјал
Легирајући елементи	0 1 2 3 4 5 6	1 2 3	1 2 3	1 2 3 4 5 6	1 2 3 4	1 2 3 4
Груба обрада	/	/	/	4909, 4979	/	/
Фина обрада	/	/	/	AluSurf 5102, 5103	/	/

Табела 44 – Димензија и врста резног алата.

Врста глодала	Димензије алата				
	Ø	Ø	Максимална резна дужина алата	Дужина алата	ВСН
Чеоно глодало	8	8	16	63	0,06
Чеоно глодало	6	6	25	76	/

5. ЗАКЉУЧАК

Детаљном анализом овог рада, закључујем да рад треба да се односи на концепцију програмирања и карактеристике обрадног центра, и требало би да буде јасно да се ради о опису машине и управљачког система. Чињеница да компанија Солфинс, Dassault system - мом развија и унапређује своје софтвере за израду производа на тржишту, у том смислу треба повезати знање из области израде производа. Да би се разумело програмирање дате су Г и М функције које су набројане и детаљно описане. Да би се боље разумео теоријски део на крају је дат пример који је детаљно описан.

Аутоматизацијом програмирања могуће је остварити квалитативно и квантитативно виши ниво израде програма за ЦНЦ машине алатке, нарочито када се ради о већем броју програма и компликованој геометрији радног комада. Дакле, основни циљ ЦНЦ машине је постићи флексибилност производње, и то:

- серијском производњом и изградити велику серију комада,
- изградити велику серију комада сложених облика контуре и
- из једног стезања урадити комад сложених облика.

До сада су многобројни институти, произвођачи машина алатки и рачунара развили преко сто програмских језика, од којих су најчешће били у примени: AUTOPIT, AUTOPROGRAMER, EXAPT, COMPACT II, EASYPROG, ELAN, NEL, MINIAPT, TELEAPT, GTL (Geometrical Tehnological Language - Геометријско технолошки језик) итд. Први програмски језик за аутоматско програмирање нумерички управљаних машина алатки је АРТ (Automaticaly Programmed Tools) са карактеристиком да омогући обраду само геометријских информација. АРТ је тродимензијални систем који се може користити за програмирање израде радних комада на машинама алаткама по пет оса.

Основна разлика између обрадног центра и ЦНЦ машине утврђена је у самом раду, па се може рећи да су обрадни центри сложене конструкције и да омогућавају кретање у три и четири оса са могућношћу надоградње и више оса на машини, а ЦНЦ машине као што и сам назив каже да се ради о рачунарском нумеричком управљачу дакле ради се о управљању ЦНЦ система. Једном речју када се каже обрадни центар ради се о целокупној целини, а са ЦНЦ-ом мисли се на управљање системом.

Описана је целокупна концепција вертикалног глодачког обрадног центара Micron VCE 800Pro и његови делови при чему је веома значајан део машине електроника управљачке јединице Heidenhain iTNC530. Да је реч о одржавању ових машина тешко би неко помислио, детаљном анализом документације за овај обрадни центар дошао сам до података да је са аспекта компатибилности потребно сервисирање ових машина и да то зависи од сервисерских инструкција. У проучавању ове документације, почетнику су потребни ментори који добро познају смернице и инструкције из сектора за одржавање машине. Подршку за претходно написано добио сам од људи који професијално обављају ове послове из фабрике Застава Ковачница Крагујевац ДОО. Фабрика се бави израдом отковака, како за војну и пољопривредну индустрију за домаће тржиште, тако и за инострано тржиште.

6. ЛИТЕРАТУРА

- [1] Радован Ковачевић; Нумерички управљене машине алатке и њихово програмирање; Научна књига; Београд; 1987.
- [2] Петровић С. Бранислав; Програмирање управљачке јединице Heidenhain; Завршни рад; Факултет инжењерских наука Крагујевац; Универзитет Крагујевац; Крагујевац; 2013.
- [3] Здравко Блажевић; Програмирање ЦНЦ Токарлице и Глодалице; Витровци; 2004.
- [4] Упутство за програмирање (Водич) Heidenhain iTNC530 – Текстуално објашњење.
- [5] Вукашин Братић, Александар Јовановић и Владан Бугариновић; презентација: Програмирање ЦНЦ машина; Техничар за компијутерско управљање 4-та година.
- [6] GF Machining Solution; Micron VCE Pro; Брошура обрадног центра.
- [7] Миодраг Лазић, Богдан Недић, Слободан Митровић; Технологија обраде резањем; Машински факултет Крагујевац; Универзитет у Крагујевцу; југословенско друштво за трибологију; 2002.
- [8] Heidenhain (Exposed Linear Encoders); Април 2016.