

# **Факултет инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу**



**Назив студијског програма: Машинско инжењерство**

**Ниво студија: Мастер академске студије**

**Модул: Производно машинство**

**Предмет: Савремени обрадни системи**

**Број индекса: 392/2016**

**Иван В. Попадић**

## **Карактеристике и програмирање петоосних CNC машина**

**Мастер рад**

**Комисија за преглед и одбрану:**

1. Проф. др Богдан Недић - ментор

2. \_\_\_\_\_

3. \_\_\_\_\_

Датум одбране: \_\_\_\_\_

Оцена: \_\_\_\_\_

У оквиру мастер рада потребно је да кандидат изврши прикупљање и систематизацију података о обради на вишеосним CNC машинама. Потребно је детаљно се упознати са петоосним машином у предузећу “MDM Gorenje”. На основу расположивих информација описати делове машине, њене карактеристике и начин програмирања. У посебном делу рада потребно је на једном примеру описати специфичност програмирања петоосне CNC машине.

#### Препоручена литература:

1. Б. Недић, Обједињена литература са предавања
2. Мечанин Вучко, Програмирање обрадних процеса на CNC машинама, Машински факултет, Краљево, 1997.
3. Миладин Стефановић, СИМ системи, Машински факултет, Крагујевац 2006.
4. Горан Деверџић, CAD/CAM технологије, Машински факултет, Крагујевац 2009.

Крагујевац, 2018

Ментор:

Проф. др Богдан Недић

## Резиме

Циљ овог рада је упознавање са технологијом савремених CNC машина са освртом на карактеристике петоосних обрадних системе, као и на начин писања програма. У другом поглављу дат је историјат и развој CNC машина. Разлике између NC/CNC машина, у кратким цртама описана троосна обрада, развој петоосне обраде као и њено упоређивање са троосном обрадом. У трећем поглављу циљ је био описати петоосну обраду са акцентом на примену петоосне обраде, подела, продности недостаци као и опис једне петоосне машине тачније Hermle C-400. У четвртом поглављу описана је управљачка јединица, функције управљачке јединице као и њено програмирање. У петом поглављу описано је писање програма за одређени део који се обрађује на петоосној CNC машини. Тачније описан је целокупан процес од технолошке документације до готовог дела. На крају рада дати су закључци и преглед коришћене литературе.

**Кључне речи:** програмирање, CNC машине, моделирање, рачунарско управљање, технололог, петоосне машине

## Abstract

The aim of this paper is to get acquainted with the technology of modern CNC machines with a look at the characteristics of the five-axis reverse systems, as well as the way the program is written. The second chapter gives the history and development of CNC machines. The difference between the NC / CNC machine, in brief drawings, describes the costly option, the development of the five-axis, and the roll-up heating with the triangular eye. In the third chapter, description of five-axis is given with the emphasis on the application of five-axis models, divisions, sold defects, and the description of a Hermle C-400 machine as well. The fourth chapter describes the control unit, the function of the control unit as well as the new programmings. The fifth chapter describes the writing of a program for a specific part consisting of five-core CNC machines. More precisely, the whole process from the technological documentation to the completion of the work is described. At the end of the work, conclusions and a review of useful literature are given.

**Key words:** programming, CNC machines, modeling, computer control, technologist, five-axis machines

## Садржај:

|                                                           |    |
|-----------------------------------------------------------|----|
| 1. Увод .....                                             | 6  |
| 2. Историјат и развој вишеосних система .....             | 7  |
| 2.1 NC/CNC.....                                           | 8  |
| 2.2 Троосно обрада .....                                  | 11 |
| 2.3 Петоосна обрада .....                                 | 12 |
| 2.4 Разлике између троосне и петоосне обраде .....        | 14 |
| 3. Карактеристике петоосне CNC машине .....               | 17 |
| 3.1 Примена петоосне машине.....                          | 17 |
| 3.2 Врсте петоосних обрадних система .....                | 18 |
| 3.3 Опис петоосне CNC машине HERMLE C-400 .....           | 21 |
| 3.4 Технички подаци C-400.....                            | 21 |
| 3.5 Радни сто.....                                        | 22 |
| 3.6 Аутоматско мењање алата .....                         | 23 |
| 3.7 Мерна глава (умеравање) .....                         | 26 |
| 3.8 Ласерски мерни уређај за CNC машине .....             | 27 |
| 3.9 Расхладна средства .....                              | 28 |
| 3.9.1 Сигурносна врата.....                               | 29 |
| 3.9.2 Пиштољ за чишћење машине.....                       | 29 |
| 4. CNC управљачка јединица.....                           | 30 |
| 4.1 Функције управљачке јединице .....                    | 31 |
| 4.2 Програмирање петоосних CNC машина.....                | 31 |
| 5. Поступак програмирања у DEPOCEM-у .....                | 33 |
| 5.1 Технолошка документација .....                        | 34 |
| 5.2 Писање програма у DEPOCAMу за модел RN 3N-18186 ..... | 35 |
| 6. Закључак .....                                         | 44 |
| 7. Литература.....                                        | 45 |

## 1. Увод

Од почетка човек користи природне ресурсе (сировине и енергију) да искористи своје све веће потребе, развија производне технологије и у скорије време, информације. У настајању да побољша услове живљења открива нове техничко технолошке и друге увиде и усавршава већ постојеће што води до научног технолошког напретка, знајући при томе да ни једно техничко или технолошко решење није данас толико добро, да већ сутра не може бити још боље. Ово је омогућило развој и креирање производа, што је утицало на развој процеса обраде, технологије и технолошких процеса, машинских система и алата.

Први развој машинских машина појавио се 1717. године у Великој Британији. Почетак развоја модерних производних машина почиње 1947. Године у САД-у, када је човек први пут у историји управљао нумеричким машином, до осамдесетих година овог века када настају модерни интелигентни јапански производни системи и фабрике без људи. Индустријска производња доноси капитал и њен развој је узрокован брзим јачањем и развојем машинских система, као и једног од најчешће коришћених и најчешће коришћених процеса обраде делова, раздвајањем честица. Обрада одвајањем честица састоји се од низа различитих поступака код којих се од почетног волумена сировог материјала одваја тј. Одстрањује одређена количина материјала у облику одвојених честица, а све у сврху израде односно формирања готовог коначног издатка. У производном процесу и производном систему, најважнији фактори су материјали ножа, алат за сечење и машинска машина или систем.

Пре су се обрадни машине специјализовали у појединачним процесима: стругање, глодање, бушење итд., Док је један од присутних трендова развоја иде у смеру интегрисања све више различитих обрадних процеса у једној машини, односно систему. Данашњи обрадни глодачки центри имају концентрацију различитих операција обраде у једном стезању, тј. Могу обрађивати обрадак са више страна, а циљ је потпуна обрада издатка на једном обрадном систему и у једном стезању. Још један тренд у развоју савремених машинских система је према висококвалитетним и високотехнолошким машинским системима. Њихова основна карактеристика је да су дизајнирани на модуларан начин, тако да, у и изван сврдла, омогућавају знатно веће брзине главног и помоћног покрета

У пројектовању и производњи алатних машина постављени су високи захтеви за квалитетом обраде, прецизношћу и поузданошћу. Намера и сврха дизајнирања савременог система обраде треба да буде смањивање његове сложености тако да је систем робусан и поуздан и обезбеђује стабилност обраде с минималним трошковима што дуже.

## 2.Историјат и развој вишеосних система

Развој аутоматизације алатних машина почео је око 1800 година када је брегасто вратило први пут покренуло машину крила. То је била прекретница у стварању машинског алата. Године 1825. Thomas Blanchard је прво направио копију летве за производњу војне опреме. Педесет година касније, 1870. године, Christopher M.Spencer је усавршио струг стругова. Међутим, сви такви проналасци у то време били су далеко од нумеричке контроле јер нису могли бити апстрактно програмирани. Није било корелације између машинског процеса и корака обраде, тако да је рад са таквом машином изузетно тежак. Распоређаји раде на различитим шифрованим информацијама које су уведене у многе системе са пуно ручних технологија. Стварна аутоматизација ових машина одвијала се много деценија касније.

Следећа инвестиција у машинске алате била је хидраулика. Увођење хидраулике у машине за брегасте машине, резултирало је појавом аутоматизације помоћу додатних уређаја који користе тестну иглу која би омогућила прелазак на подразумевани шаблон. Оснивачи Francis A. Pratt i Amos Whitney су направили машину "keller" која би могла да копира шаблоне до неколико стопа. Следећи машински алат је представила компанија "General Motors " 1950-их година звана " Record and Playback ". Њихова машина омогућила је снимање алата са којим је искусни радник обрађивао током обраде. Снимањем алата, видео је снимљен тако да га неко други може користити у будућности.

Историјски развој машина приказан у годинама:

- 1650 Холандија - аутоматски системи звона
- 1700 Енглеска - коришћење бушене картице за контролу машина за плетење
- 1800. Развој машине за плетење и плетење које се рукује бушеном траком
- 1863. M. Fourneauk патентирао је првог аутоматског пијанца
- 1870 E. Whitney уводи производњу заменљивих делова (прва употреба стезних уређаја)
- 1940. Увођење хидраулике, пнеуматске у електрични погон за аутоматско управљање машином
- 1945. Mauchli u Eckert патентирао је први дигитални електронски компјутер ENIAC
- Иницијатива 1948. за развој нумеричке контроле машинских алата
- 1952 патент MIT (нумерички контролисана глодалица - бушилица)
- 1952. Америчко ваздухопловство покреће пројекат развоја алатног машине који је способан обрађивати сложене делове (омогућити сигурно замену делова) у ваздухопловној индустрији
- 1957. је прва светска инсталација нумерички контролисаног алата

- 1959 Аутоматски алати за програмирање и програмирање језичког програмирања
- 1959. MIT је оснивач првог језика за програмирање NC машина
- 1960. Настанак директног нумеричког управљања - DNU (Енг. Direct Manual Control)  
Омогућено је директно слање програма из DNC рачунара у управљачк рачунар CNC машине
- 1968. компанија " Kearnei & Tracker " производи први прерађивачки центар
- Изглед 1970-их CNC алатних машина
- Изглед CAD / CAM система из 1980-их, први системи се појављују на Linuk и Мицрософт оперативним системима
- 1990. је велики пад у CNC технологији
- Изглед отворене архитектуре из 1997 (PC Windows)

## 2.1 NC/CNC

Систем управљања машинске јединице омогућава кретање њених осе, као и низ других функција машине (главна регулација погона - главно вретено, промена алата, контрола SHP система ...) користећи нумеричке податке - програмиране инструкције. Управљање се врши помоћу микрорачунара и софтверске подршке .

У NC систему, програм учитава у управљачку јединицу помоћу спољног медијума, а затим врши обраду објекта, који не може променити програм на самој машини. Све неопходне промјене морају се извући изван уређаја и затим поново учитати програм у контролној јединици.

Подаци преко носача информације (трака) улазе у облику сигнала у декодер, где се врши декодирање информација које се затим шаљу преко „меморије“ у интерполатор. Ту се информација представља у виду путање алата. Преко повратне везе мерни сјустав обавља идентификацију положаја алата и заједно са заданим величинама у интерполатору врши се поређење положаја и шаље сигнал за корекцију (ако је потребна).

Цели овај процес се одвија у програмским блоковима (један по један) и брзина извођења

програма зависи искључиво од брзине читача информација. Због тога, а и ради немогућности активног деловања у извршењу програма (корекција), грешке при учитавању програма, итд, довеле су до напуштања концепције NC управљања са фиксном логиком

### Предности NC:

- Флексибилност обраде (сложени облици, висока точност израде, висока продуктивност и квалитета)

Подешавање и рад на машини је једноставно што захтева ниже квалификованог радника, може обављати више послова одједном.

- Могуће подесити више операција одједном, што скраћује време израде
- Програм се може једноставно и брзо опозвати, као и послати нови програм
- Брза израда прототипа

### Недостаци NC:

- Релативно високи почетни трошкови улагања у опрему
- Потребно рачунарско време и трошкови програмирања
- Захтевно одржавање (високо обучен радник)
- Потреба за превентивним одржавањем (трошкови застоја превелики)

У CNC микропроцесорском систему могуће је модификовати програм на самој машини, могуће је извршити одређене модификације и током обраде предмета. Ово обезбеђује велику флексибилност у раду, штеди време, због чега су данас CNC машине широко распрострањене (*Слика 2.1*).

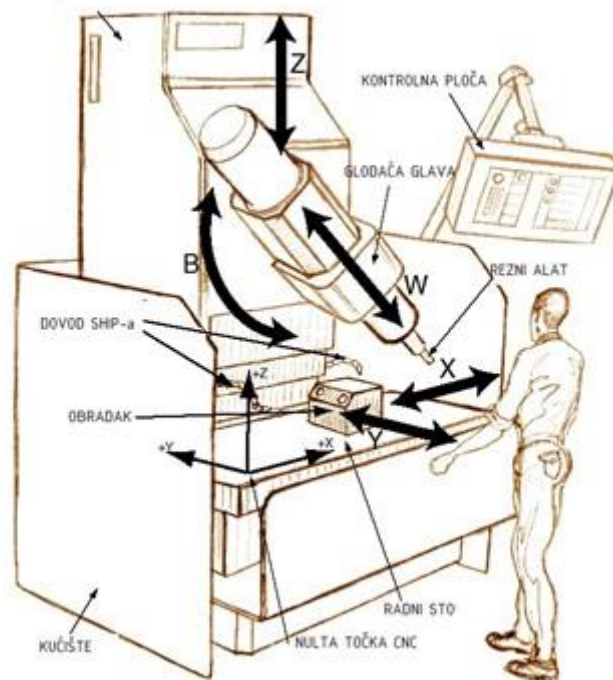
Недостаци NC алатних машина са фиксном логиком, те стални захтеви за већом флексибилношћу управљања, потпомогнут са сталним напретком у електроници, довело је до развоја рачунарског управљања машина (CNC). По појави првих CNC система конвенционални NC системи су постепено застаревали све док нису потпуно престали да се производе. Софтверска конфигурација CNC је нудила бржу и поузданију имплантацију програма, могућност уноса преко тастатуре, РС-232 С комуникацијских уређаја и разних спољних меморија.

Неке од предности CNC управљања су:

- Нумеричка или рачунарска контрола омогућава надзор свих функција које је традиционално обављао "мајстор"
- Нумеричка или рачунарска контрола омогућава високо серијску и масовну производњу производа.
- Рачунарско управљање машином омогућава похрањивање програма, њихово позивање, едитирање и прилагођавање према потребама.
- Рачунарска контрола омогућава дијагностику стања обраде и контролу квалитете производа.

- Сви CNC програми садрже низ секвенцијалних инструкција или кодираних команди којима се управља са свим функцијама машине.

CNC програм може бити писан ручно или уз рачунарску подршку.



Слика 2.1: CNC машина

- Способност управљања сложеним деловима
- Висока продуктивност
- Боље упутство, што резултира прецизнијом обрадом
- Вишеструка обрада попречног пресека у једној стезалки
- Већи степен искоришћења времена



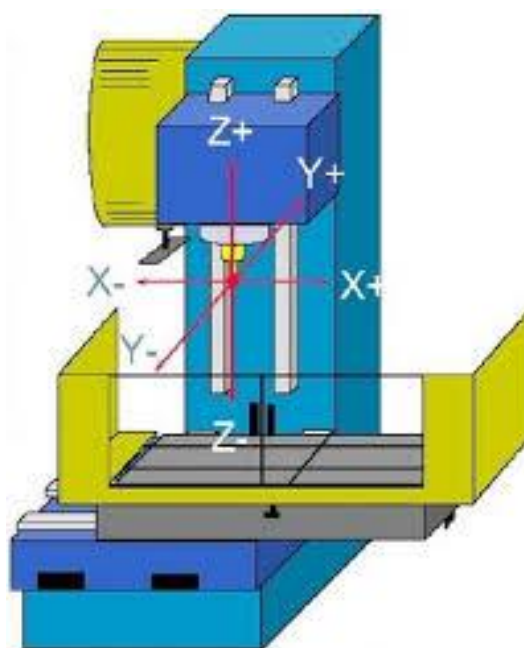
Слика 2.2: Панел за управљање CNC машина

Рачунарско управљачким машинама могуће прецизно изводити и потпуно једнако понављати кретње алата у разним правцима(Слика 2.2). Сваки од ових праваца кретњи назива се "оса". CNC машине обично имају 2 до 5 оси.

Новије машине, обрадни центри, омогућавају обраду објеката комплексне геометрије са високим степеном тачности. Центри за обраду омогућавају потпуну израду са аутоматском променом алата. Радни предмет има могућност ротације и кретања у више праваца. Данас, захваљујући високој флексибилности, односно честој промени производног програма и кратким временским оквирима, центри за обраду су међусобно повезани (повезани са заједничким транспортним системом) и израђују такозвани "флексибилни обрадни центар.

## 2.2 Троосно обрада

Модерна, рачунарска управљачка линија CNC машина за обраду метала (Слика 2.2). CNC обрадни центри захваљујући савременом процесу управљања и широком спектру резног алата у могућности су произвести најкомплицованије металне компоненте те су логистички и информатички опремљени за великосеријску производњу.



Слика 2.3 Приказ оса код троосног глодања

Троосна обрада комплексних делова и сложених тродимензионалних површина. Завршна обрада којом се на оптималан и најбржи начин може добити висок квалит обрађене површине и висока ефикасност код грубе обраде, када је потребно уклонити велику површину материјала.

Налази широку примену у изради сложених калупних плоча за све врсте – од израде електрода, израде прототипа, у авионској и аутомобилској индустрији. Омогућена је потпуну контрола над путањом алата због чега је могуће остварити ненадмашени квалитет обрађене површине [8].

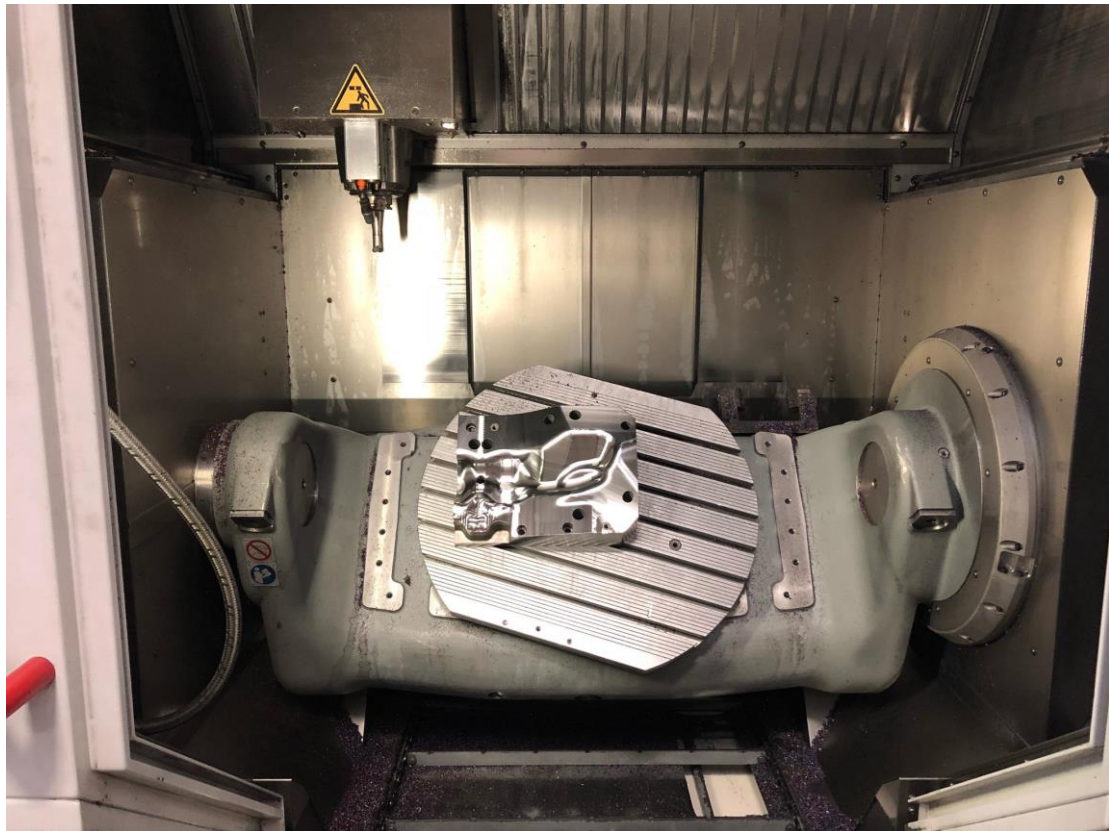


*Слика 2.4: Троосно глодање [8]*

## **2.3 Петоосна обрада**

Прекретница у развоју петоосне обраде била је педесетих година прошлог века, када је прозводна индустрија прва изразила жељу за нечим комплекснијим. Такође се јавила потреба за израду опреме за транспорт, конструкције и остале друге намене. Захтевније и комплексније површине, закривљене и нагнуте под неким углом управо су били нови захтеви који су се јавили на тржишту.

Такве захтевније површине израђивале су се на троосним алатним машинама за глодање, док су преостале две осе мењали алтернативним поступцима, као што су разни специјални алати и направе (Слика 2.5). Разним компанијама било је јасно да је неопходно увести симултану петоосну обраду у своје пословање, највише из финансијских разлога. Увођењем пет оси на тржиште рада, настао је преокрет у развоју машина за глодање с пет симултаних оса померања и припадајућим управљачким јединицама. Врхунац постиже 1958. године када је успостављен први пројекат у U.S. Air Force компанији.



*Слика 2.5: Обрада на петооснјој машини*

#### Симултана петоосна обрада

Да би се обрадили комплексни обратци неправилних површина потребно је мењати релативну оријентацију алата према обратку током целог времена обраде. Релативна оријентација алат-обрадак мења се са сваким кораком, тј. управљачко јединица CNC машине прорачунава путању свих пет оса симултано током процеса обраде.

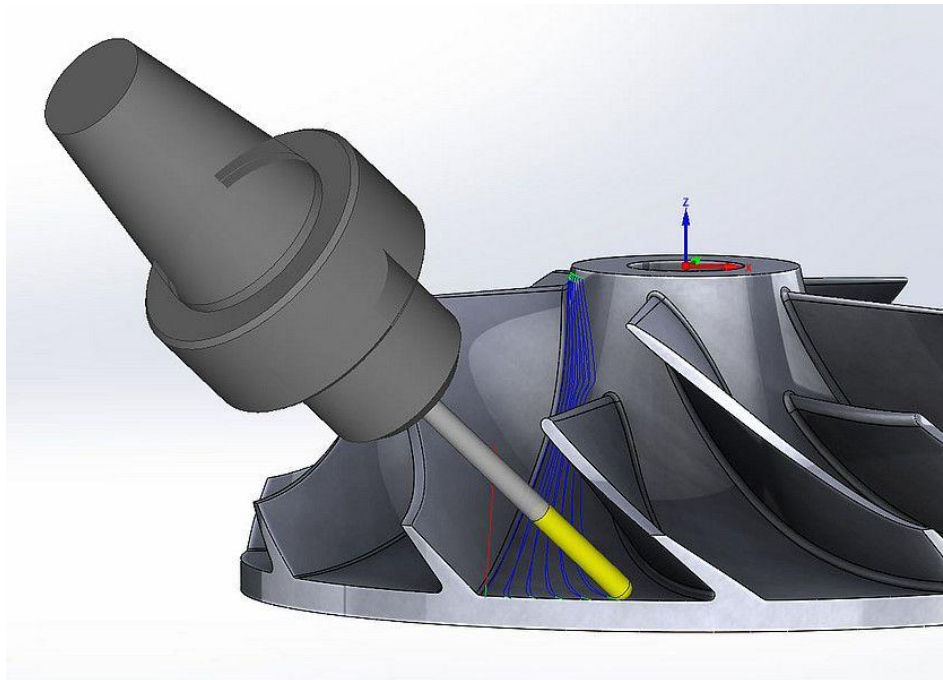
Најзначајнија подручја примене симултане петоосне обраде су у производњи:

- турбинских и комплексних лопатица
- убризгача пумпи за гориво
- алуминијских наплатака за возило
- медицинских протеза и имплантата
- калупа и алата

После 1958, Cincinnati Milling Co. имао је уговор о бисерној вертикалној глодачкој машини која би се састојала од три "контролера". Машина је имала пет оса кретања (x, y, z, a и b). Један од контролера био је одговоран за превођење три осе (x, y, z), док је други био задужен за прву ротациону осу (a), а трећи за другу ротациону осу (b).

Укључивањем машине ,укључен је рачунар који је пратио дубину круне од три осовине превода и два угла нагиба оса ротације. У то време то је био један од најзахтјевнијих задатака. Без NC технологије, овај цео систем би био много тежи за руковање.

Оваква обрада је у великој мери помогла развоју рачунарских и пратећих технологија, као и развоју електронике која је допринела дизајну висококвалитетних и моћних управљачких јединица. Данас можемо пронаћи велики број CAD програма који су све више повезани са САМ програмима, који данас значајно доприносе и олакшавају пут од идеје до готовог производа.



Слика 2.6: Пример путање алата код симултане обраде [12]

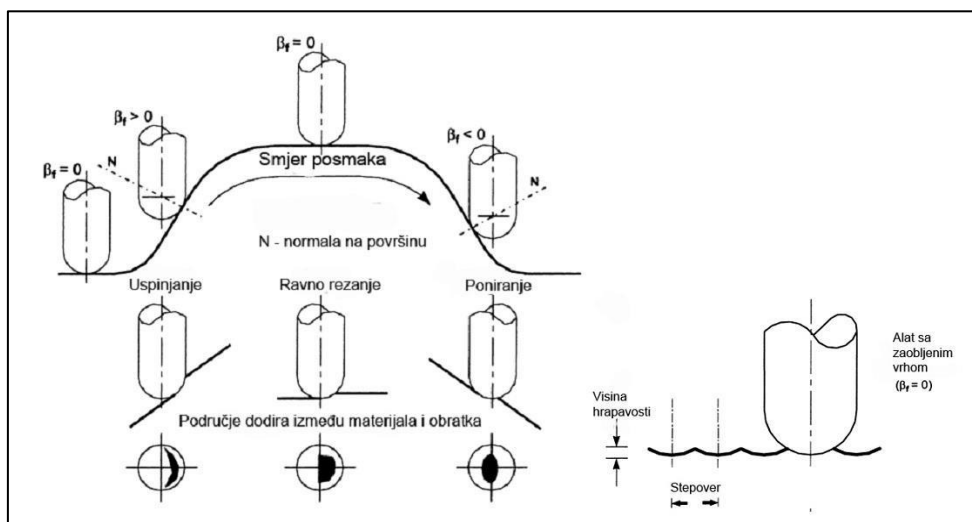
## 2.4 Разлике између троосне и петоосне обраде

У случају обраде компоненти неправилних површина које приликом коришћења троосне обраде захтевају по неколико стезања како би се довеле до жељеног обртка, увођење петоосне обраде на место троосни показује недостижне предности. Предности су још очигледније ако такве компоненте додатно захтевају бушење на површини. У случају троосни обраде неравних површина, на површинама увек остаје додатак за ручну завршну обраду. Пекторијална обрада даје виши квалитет третиране површине. Квалитет површине се добија избором правилног кретања и оријентације алата приликом обраде. Ако су ови параметри правилно подешени, у већини случајева није потребна никаква додатна ручна обрада [11].

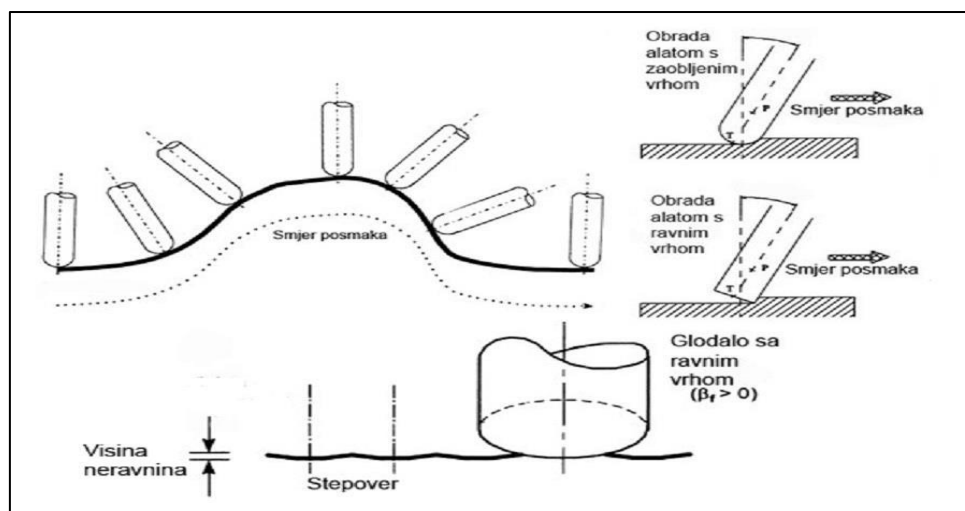
Главна предност алатних машина са више оса је у њиховој флексибилности тј., Могућности позиционирања алата у жељеној тачки на обради. Што машина има више оси кретања то је и већа могућност израде геометријски захтевнијих профила (нпр. Лопатице турбина) .

5 оса на машини за глодање (у поређењу са 3 класичне) могу се постићи на један од следећих начина:

- фиксна ротација и ротација у две осовине алата,
- окретањем осовине алата и додатне осе табле (ротирајући радни предмет),
- Пола фиксне осовине (3 осе) плус две додатне осе добијене ротирањем стола.



Слика 2.7: Путања алата код троосне обраде [11]



Слика 2.8: Путања алата код петоосне обраде [11]

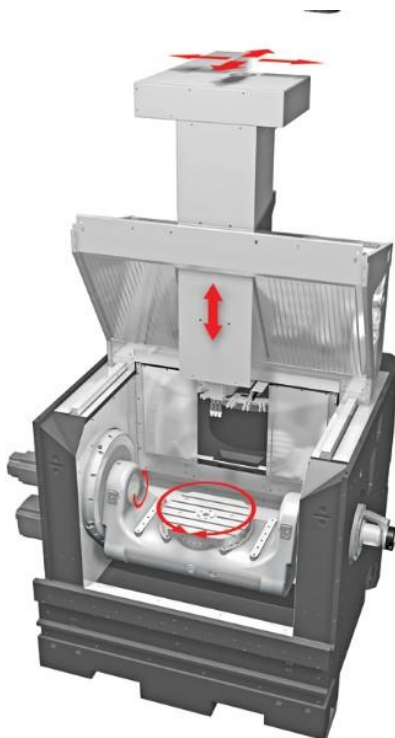
Највећи недостатак примене петоосних машина је то што се због већег броја веза и зглобова између покретних делова машина може појавити смањена крутост. Иако конструктори машина улажу велике напоре за отклањање ових недостатака, код преносних механичких делова појава зазора између компонената је увек присутна.

### 3. Карактеристике петоосне CNC машине

#### 3.1 Примена петоосне машине

Главна предност петоосне обраде је та да се могу обрађивати предмети веома комплексне геометрије. Могу се обрађивати предмети који се неби могли добити другачије него ливењем. Петоосна обрада се примењује због тога да се код комплексних облика предмет може израдити у што мање могућих стезања. Елиминисање додатних стезања смањујемо потребу за изградом односно коришћењем других стезних направа, те се тиме смањује могућност појаве грешке код сваког новог стезања.

Код обраде комплексних облика велика предност је да у већини случајева можемо користити алате са краћом резном оштрицом. Нагибом радног стола или главног вретена зависно од положаја алатне машине можемо са краћим алатом обрађивати површине. На тај начин се могу користити јачи режими обраде, иако се користе јачи режими обраде алат се мање троши те му се продужује век трајања. Такође предност коришћења краћих алата је та да се смањују вибрације које настају приликом обраде те се добија бољи квалитет обрађене површине.



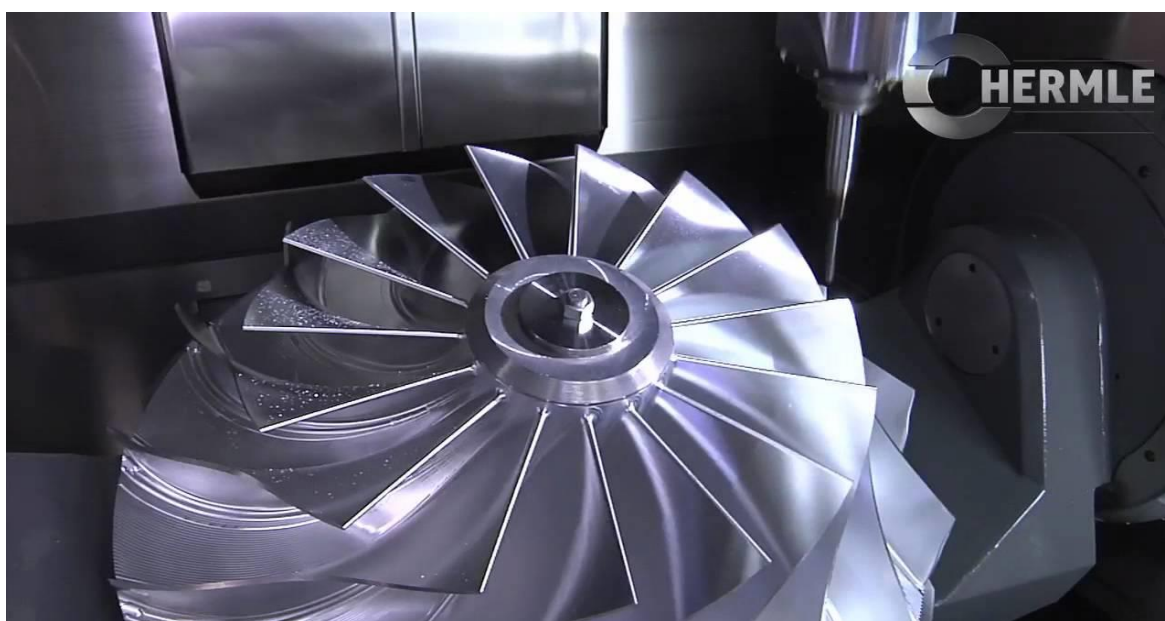
Слика 3.1: Петоосна машина [6]

Петоосна обрада може остварити велике уштеде у времену код бушења косих рупа. Гледано бушење косих рупа и није баш неки захтеван задатак упоређујући се са нпр. глодањем комплексних калупа где се искоришћава пуни потенцијал петоосне обраде (Слика 3.1).

Код троосне обраде за бушење косих рупа за сваку рупу морамо имати ново стезање, док код петоосних стројева можемо избушити косе рупе у једном или два стезања.

Према томе ако имамо неки предмет са пуно косих рупа које имају различите дубине те различите углове на петоосним машинама можемо далеко брже избушити те рупе.

Петоосни алатни машине се у данашње време могу пронаћи у готово свим индустријама. Од неких малих компанија па све до великих компанија. Петоосни машине велику улогу играју у ваздухопловној, медицинској, свемирској индустрији где се тражи јако велика прецизност обраде. У тим индустријама предмети се углавном израђују из једног комада. Петоосни машине се могу пронаћи у индустријама које се баве обрадом: метала, дрва, полимера, и сл.



*Слика 3.2: Израда турбине на петоосној глодалици[6]*

### **3.2 Врсте петоосних обрадних система**

Број оса алатне машине односи се на број степени слободе померања помичних делова алатне машине. [10]

Према транслацијским и ротацијским померању, петоосне алатне машине можемо разврстати на:

- две ротацијске и три транслацијске осе,
- три ротацијске и двије транслацијске осе,
- четири ротацијске и једна транслацијска оса,
- пет ротацијских оса.

Најраспрострањена група је са три транслацијске и две ротацијске осе. Па ћемо због тога даље разматрати само ту групу.

Класификација петоосних алатних машина са три транслацијске и две ротацијске осе према положају на којем се налази ротацијска оса:

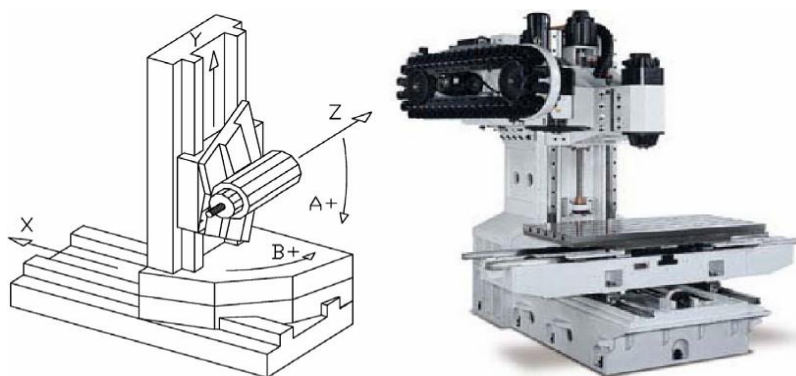
а) две ротацијске осе се налазе на столу (*Слика 3.3*) :

Предности:

- велика точност обраде,
- могућа обрада врло захтевних облика,
- оса алата је паралелна са 3 осе машине што омогућава коришћење једнаких функција обраде као на троосној машини.

Недостаци:

- не могу се обрађивати производи великих димензија,
- због нагиба стола радни простор је често смањен по свим осама (X, Y, Z).



*Слика 3.3: HAAS UMC 750*

б) Обе ротацијске осе се налазе на главном вретену машине (*Слика 3.4*) :

Ово су чести примери где се ротацијске осе секу у једној тачки, што значајно поједностављује обрађивање података [10].

Предности ових машина су:

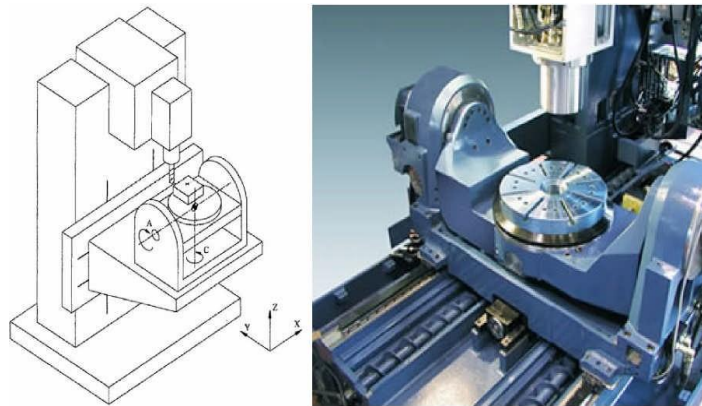
- могућа је обрада великих обрадака;
- вредности X,Y,Z осе машине у NC програму зависи једино о дужине алата. Ово резултира у координатном систему обраде у случају новог стезања може подесити једноставном транслацијом.

Недостаци ових машина су:

- комплексан погон главног вретена;
- смањена крутост из разлога што ротацијска оса вретена ограничава пренос силе. Код брзина преко 5000 о/мин долази до деловања контра момента изазваног жирокопским ефектом;
- кружна интерполација у производно изабраној равни, као и циклуси бушења у производној оријентацији често нису могући;

- промене дужине алата не могу се извести транслацијама координатних система како би се подаци пренели у управљачко јединицу машине, него је потребно поново генерирати NC код.

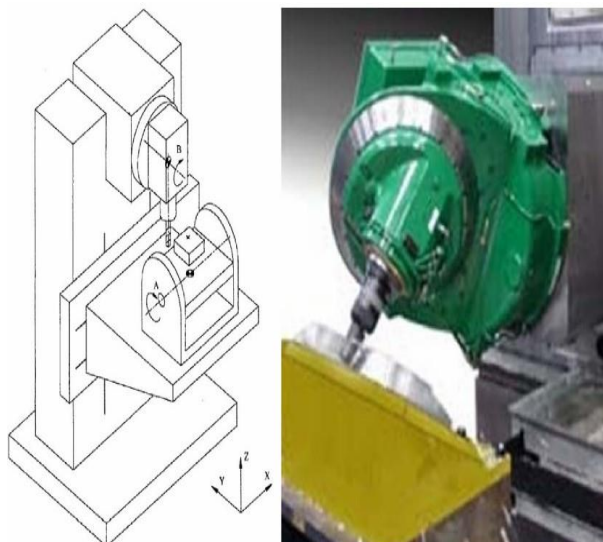
Ове машине се најчешће користе код израде врло великих обрадака као нпр. трупови брода.



*Slika 3.4: Fryer petoosna glodalica[10]*

ц) Једна ротирајућа оса на главном вретену и једна на столу (Слика 3.5):

Иако на овом тржишту постоји велики број машина, они имају недостатке и претходних група и користе се само са малом обрадом. Њихова област примене је скоро иста као код машина са ротирајућим деловима на столу



*Слика 3.5: Концепција обрадне машине са ротациским осама на главном вретену и столу[10]*

### 3.3 Опис петоосне CNC машине HERMLE C-400

HERMLE C-400 је петоосна машина која је нашла велику примену у компанији “Горење”. Користи се за израду делова како просте тако и сложене конструкције (Слика 3.6).



Слика 3.6: Приказ машине HERMLE C-400

### 3.4 Технички подаци C-400

Радни ход: X-Y-Z: 850-700-500 mm

Број обртаја: 15000-18000 rpm

Брзи линијски прелази X-Y-Z: 35 m/min

Линеарно убрзање: 6 m/s

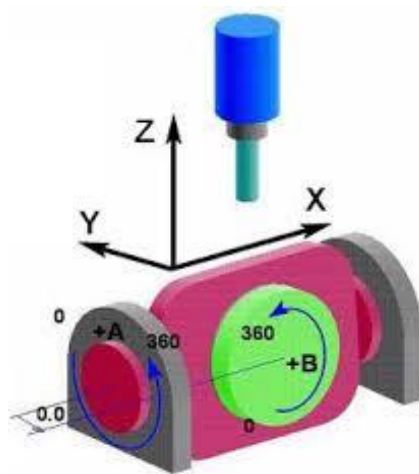
Управљачка јединица: Itpc 530

Димензије стола: 1070x700 mm

Мах. оптерећење стола: 2000 kg [9]

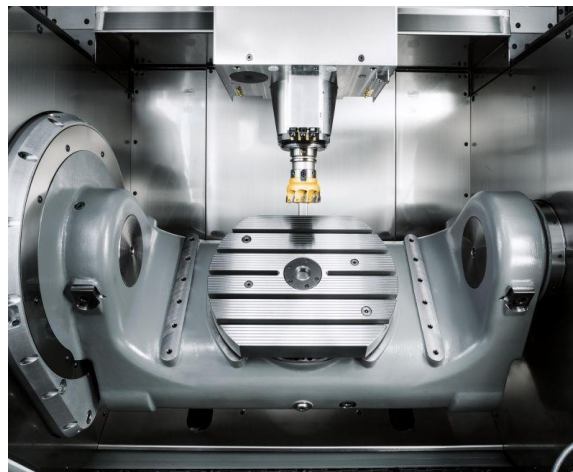
### 3.5 Радни сто

Број степени слободе кретања резног алата тј. број симултано управљаних оса код нумерички управљаних глодалица се креће у распону од 3 до 5. Јасно је да су три осе, осе декартовог координатног система XYZ па у том случају говоримо о 3-осном глодању. Додатне две осе су ротације око координатних оса што укупно даје пет степени слободе кретања од могућих 6, колико их има круто невезано тело (Слика 3.7). Ротација глодала око своје подужне осе, којим алат врши главно обртно кретање и остварује резање материјала, се по овој номенклатури не рачуна у степене слободе кретања. Број обртаја глодала, код савремених алатних машина, се може мењати континуално у великом распону али та промена не утиче на померање резног алата у простору па се стога не рачуна у симултано управљање осе [13].



Слика 3.7 : Приказ радног стола код петоосних машина [13]

5-осна глодалица са двоструко ротирајућим радним столом (Слика 3.8). Машине овог типа имају 3 линеарне декартове осе X Y Z и две ротирајуће осе A, B или C, континуалног или позиционог типа радног стола машине [4].



Слика 3.8: Радни сто HERMLE C-400

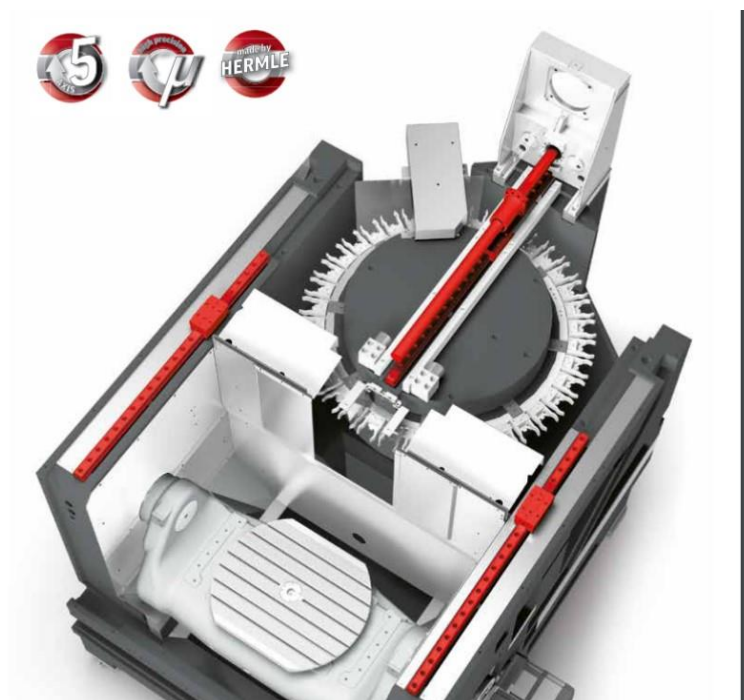
Због свакодневног коришћења машине сто се излаже великим оптерећењима и вибрацијама услед чега се могу пореметити његове мере. Зато је неопходно с времена на време радити калибрацију радног стола, где видимо да ли је сто по прописаним мерама. Алат који се користи за калибрацију (слика 3.9).



Слика 3.9: Алат за калибрисање радног стола

### 3.6 Аутоматско мењање алата

Аутоматска промена алата се односи на промену појединачних алата између складишта алата и вретена (за алате) и обрнуто [4].



Слика 3.1.1: Магазин алата Хермле С-400

Технички подаци о магацину машине Hermle C-400:

Број места у магацину: 36

Дозвољена дужина алата: 300mm

Највећи пречник алата: 125mm

Номинални пречник: 80mm

Дозвољена тежина алата: 8kg

Тежина свих алата у магацину: 152 kg

Промена алата врши се преко управљачке јединице. Кад изаберемо који нам алат највише одговара за дату операцију, машина сама у кратком временском року мења постојећи алат са задатим.

Аутоматском променом алата се постиже :

- концентрација операција, која се може извршити у једној операцији стезања,
- скраћивање времена помоћне обраде,
- аутоматизовани рад алатних машина,
- Флексибилност машинског алата.

Аутоматска промена алата се односи на промену појединачних алата у главном вретену.

Основне претпоставке су:

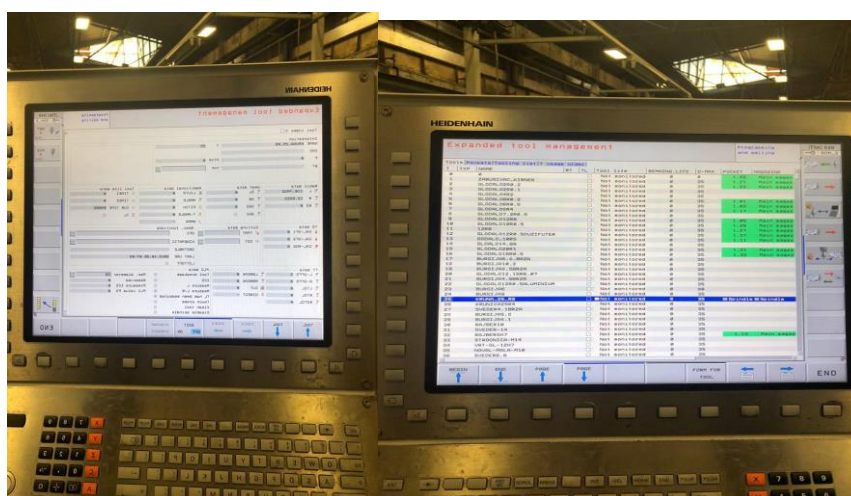
- Адекватни носиоци алата,
- Алатке за кодирање,
- Пре-алатирање алата,
- Адекватно држање за ручицу мењача алата,
- Адекватно стезање алата,
- Манипулатор измењивача алата,
- Кутија за алате и алат,
- Аутоматско стезање држача алата у главном вретену,
- Откривање лома и хабање резног алата,
- Управљачка контрола машинског алата.

Ако су алати смештени у складиште алата по редоследу употребе, аутоматска промена алата се врши у редоследу рада (Слика 3.1.2). Ако су алати смештени насумице једним окретом складишта алата, или једним пролазом читача поред ИС чипа, сензори читају положај и ознаку свих алата и уносе их у управљачку јединицу. Алат се аутоматски користи програмом.



Слика 3.1.2: Магацин алата код машине HERMLE C-400

Код машине Хермле С-400 магацин алата се налази у задњем делу машине. Где постоје мала врата где се врши замена или додаје нови алат . Додавање новог алата или скидање старог остварује се помоћним сигрносним механизмом. Сваки алат који се налази у машини и који се додаје накнадно препознаје управљачка јединица и сортира га у сопствену бази, где се може проверити у каквом је стању алат. Алати освенчени зеленом бојом се налазе у магацину а алати који су свело- сиве боје су празна места (Слика 3.1.3).



Слика 3.1.3: Приказ алата у магацину на управљачкој јединици

Центар за обраду може имати неколико главних алата складишта као и помоћно складиште складишта. Комплет алата садржи алате за проширење броја операција или дупликата алата, количину аутоматске замене алата који се користи или носи у главном магацину алата.



*Слика 3.1.4: Приказ алата из магацина*

### **3.7 Мерна глава (умеравање)**

Ручно подешавање алата, припрема и контрола су радови који одузимају много време и подложни су људским грешкама. Употреба мерних глава отклања претходно подешавање, скупе стезаче и ручно подешавање помоћу мерних сатова (Слика 3.1.5). Програмска опрема за мерење аутоматски компензује дужину и пречник алата, положај радног предмета и грешке у димензијама [7].



*Слика 3.1.5: Алат за умеравање*

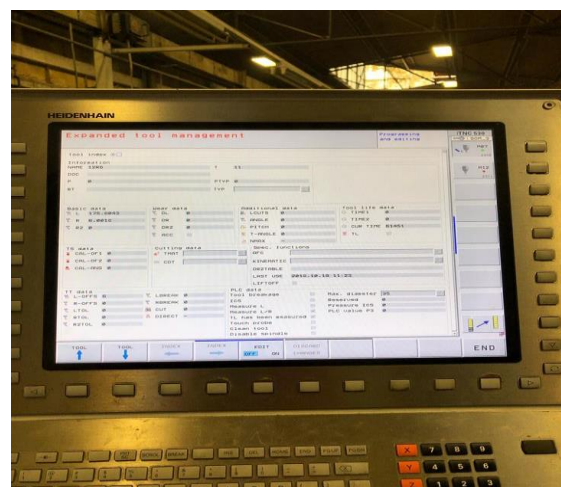
### 3.8 Ласерски мерни уређај за CNC машине

Ласерски мерни уређај користи се за индификацију и октривање грешака на алату у виду оштећења, пукотине,прслина и хабања алата. Омогућава кориснику да лако и прецизно мери дужину алата и провери да ли је оштећен алат [1].



Слика 3.1.6: Ласерски мерни уређај

Ласер је постављен на радном столу машине. Он аутоматски шаље податке о алату управљачкој јединици где се може видети у каквом је стању алат (Слика 3.1.7). То значи ако је алат оштећен или је прекорачио ограничено хабање, он аутоматски постаје означен у систему да алат није за даље коршћење. Потребно је га заменити или изабрати неки од алата који се налазе у групи.



Слика 3.1.7: Испитивање алата и његове карактеристике на управљачкој јединици

Мерни сензор уједно и елиминише потребу ручног додиривања сваког појединачног алата на уређају [2].

Предности мерног сензора:

- смањује се време подешавања
- могућност брзог и прецизног лоцирања
- смањена оштећења радног предмета итд.

### 3.9 Расхладна средства

Расхладна средства могу се поделити у две врсте:

- Хлађење ваздухом (Слика 3.1.8)
- Хлађење мешавином бор-уља и воде (сапуницом Слика 3.1.9)



Слика 3.1.8: Млазница за воду

Поступак хлађења ваздухом заснива се на протоку ваздуха кроз мале жуте цеви који се налазе са свих страна алата [4]. Ваздух се може усмерити да протиче кроз сам алат. Слика 4.3



Слика 3.1.9: Отвори за ваздух

### 3.9.1 Сигурносна врата

Због сигурности радника који ради за машином уграђен је сензор на вратима машине. Ако врата нису затворена машина неће кренути обраду дела све док се врата не затворе. Постоји мануелни режим, где радник може пустити машину у рад иако врата нису затворена уз обавезну примену заштитне опреме (Слика 3.2.1).

У заштитну опрему спадају:

- Рукавице
- Наочаре
- Слушалице



Слика 3.2.1: Сензор на вратима машине

### 3.9.2 Пиштољ за чишћење машине

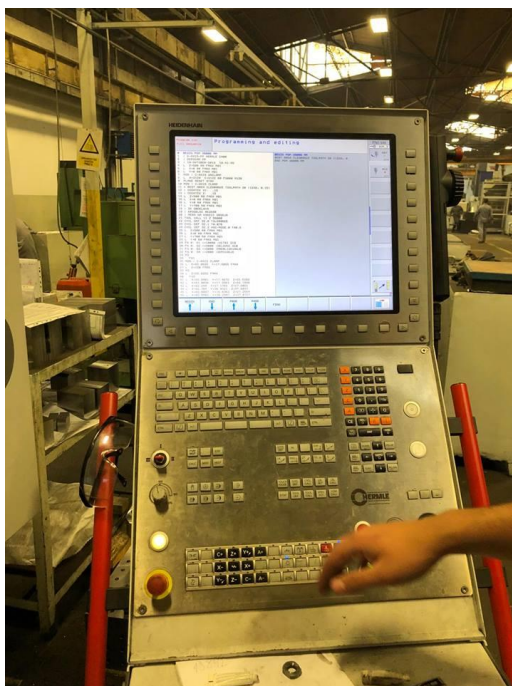
Због ситне струготине која се ствара обрадом површина неког дела и хлађења сапуницом током обраде долази до стварања штених наслага на машини које могу да отежавају процес обраде. Зато је неопходно да се машина очисти с времена на време да не би долазило до већих наслага. За уклањање насталих нечистоћа користи се млазница која се налази у самој машини и која служи само за такве ствари или ти за прање машине. Течност која пролази кор млазницу је иста она са којом хладимо део (Слика 3.2.2).



Слика 3.2.2: Пиштољ за прање машине

## 4.CNC управљачка јединица

Свака CNC машина има управљачку јединицу која се назива MCU (Machine Control Unit) путем које се управља: бројем окретаја алата, путањом алата, брзином обраде, укључивањем / искључивањем расхладног средства. MCU генерише нумеричке податке у форми електричних сигнала моторима што омогућује жељену путању алата. Програмске инструкције се конвертују преко MCU у излазне сигнале којима се врши надзор и управљање свих функцијама машине. Нумеричка или рачунарска контрола омогућује високосеријску и масовну производњу производа [3].



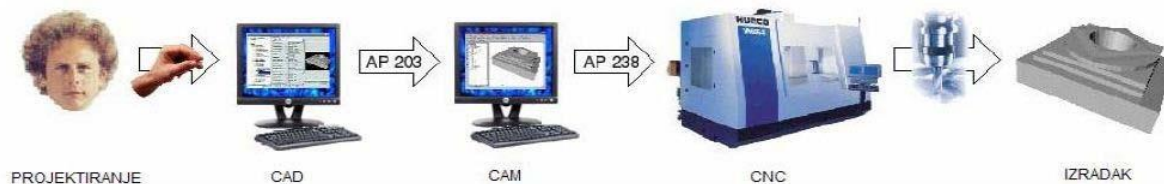
Слика 4.1: Управљачка јединица HEIDENHAIN

Свака CNC машина се управљавља помоћу посебног програма (софтвера) и управљачке јединице. Неки од управљачких јединица су: HEIDENHAIN, EMCO, FANUC, и др. Управљачка јединица састоји се од више управљачких функција које искључиво служе за комуникацију са машином. Софтвер са управљачком јединицом чине јединствену целину којом се врши управљање машином. Управљачка јединица такођер омогућава кориснику измену програма, те се програми могу писати и ручно директно на машини.

Управљачка јединица је компонента процесора (CPU) која усмерава рад процесора. Она контролише комуникацију и координацију између улазно / излазних уређаја. Управљачка јединица чита и интерпретира инструкције и одређује редослед за обраду података [3].

Она усмерава рад других јединица обезбеђивањем временских сигнала и контролних сигнала. Свим ресурсима рачунара управља CU (управљачка јединица). Она усмерава проток података између процесора (CPU) и других уређаја (Слика 4.2).

Управљачка јединица је историјски дефинисана као један посебан део референтног модела Фон Нојманове архитектуре 1946. године. У савременом дизајну рачунара, управљачка јединица је обично интерни део процесора (CPU) са његовом укупном улогом и не промењеним начином рада.



Слика 4.2: Поступак од пројектовања до израде дела

## 4.1 Функције управљачке јединице

Контролна јединица спроводи скуп инструкција процесора. Обавља задатке преузимања, декодирања, управља извршавањем, и најзад, меморише (сачува, складишти) резултате. Контролна јединица може управљати превозињем инструкција (не података) до микро-инструкција и управља распоређивању микро-инструкција између различитих извршних јединица. На неким процесорима, контролна јединица може се даље поделити у друге јединице, као што је јединица за распоређивање за руковање распоређивањем или јединицом за повлачење која се бави резултатима из проточне обраде (енгл. пипелине). Контролна јединица управља главним функцијама процесора.

Контролна јединица је коло које контролише проток података кроз процесор, и координира активностима других јединица унутар ње. На неки начин, то је "мозак у мозгу", пошто она контролише оно што се дешава унутар процесора, што заузврат контролише остатак рачунара. Примери уређаја који захтевају контролну јединицу су процесори и графичке процесорске јединице (ГПУ). Контролна јединица прима спољне инструкције или команде које претвара у низ контролних сигнала које контролна јединица примењује на путању података да имплементира секвенцу од RTL операција.

## 4.2 Програмирање петоосних CNC машина

Код петоосне обраде једини начин програмирања је коришћењем CAD/CAM сустава. Када се модел направи у CAD програму, програм нам омогућује разне начине обраде. Одабиром обраде коју желимо, програм суставу предаје параметре путање алата или CL податке (Енг. Cutter Location). Наведени податци надаље се прилагођавају у постпроцесору за извођење на задатој машини, односно генерира се NC код. Како је сложеност управљања петоосном обрадом велика, CAM систем се састоји од великих количина алгоритама који доводе до генерирања најпогоднијег NC кода (Слика 4.3).



## 5. Поступак програмирања у DEPOCAM-и

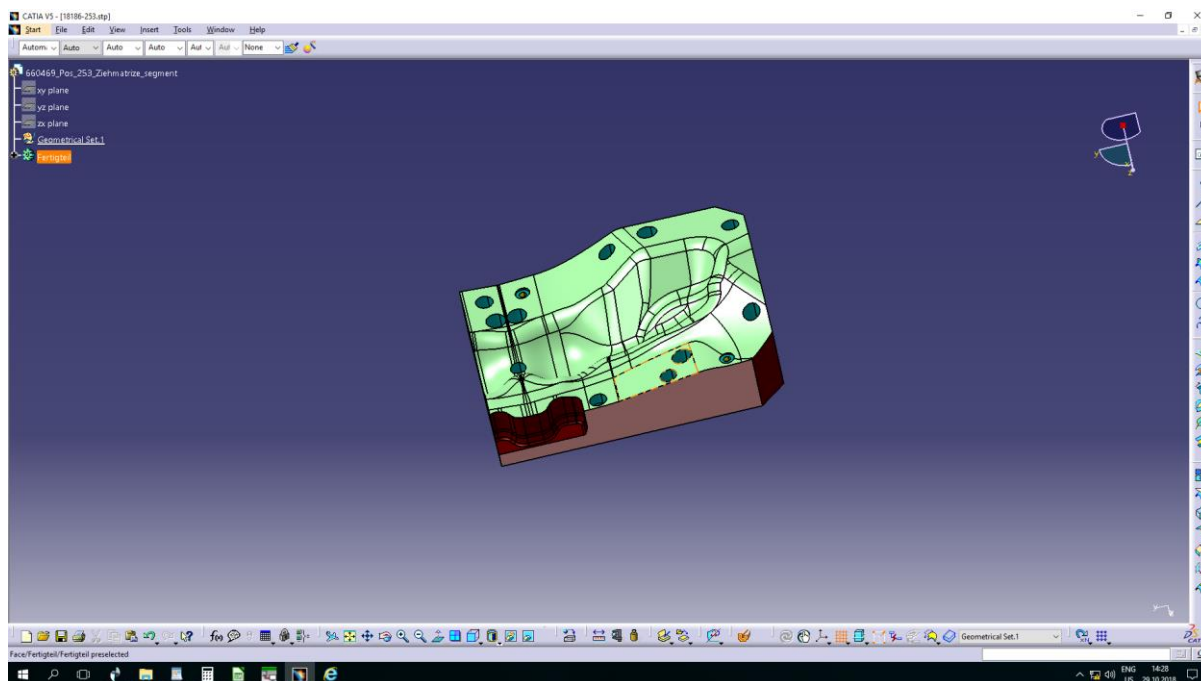
Писање програма за HERMLE C-400 одвија се у програму DEPOCAM. Пре почетка писања програма непходно је да програмер има унапред достављену технолошку документацију на основу које се пише програм или добијање NC кода. Технолошку документацију доставља технолог.

Пре технолога конструктор има за задатак да измоделира модел са цртежа у програму 'Catia'. Након завршетка моделирања модел се шаље технологу. Технолог задаје на коју обраду ће модел ићи као и време предвиђено за завршетак сваке обраде. После направљене технолошке документације она се даље предаје програмеру. Он има за задатак да на основу технолошке документације направи програм за машину на којој ће се вршити обрада.

На следећем примеру (слика 5.0) биће приказан поступак израде модела у компанији 'MDM Gorenje' од технолошке документације до готовог комада.

Поступак обухвата:

- технолошку документацију
- програмирање у DEPOCAM-и
- слање/пренос NC кода управљачкој јединици
- израду модела

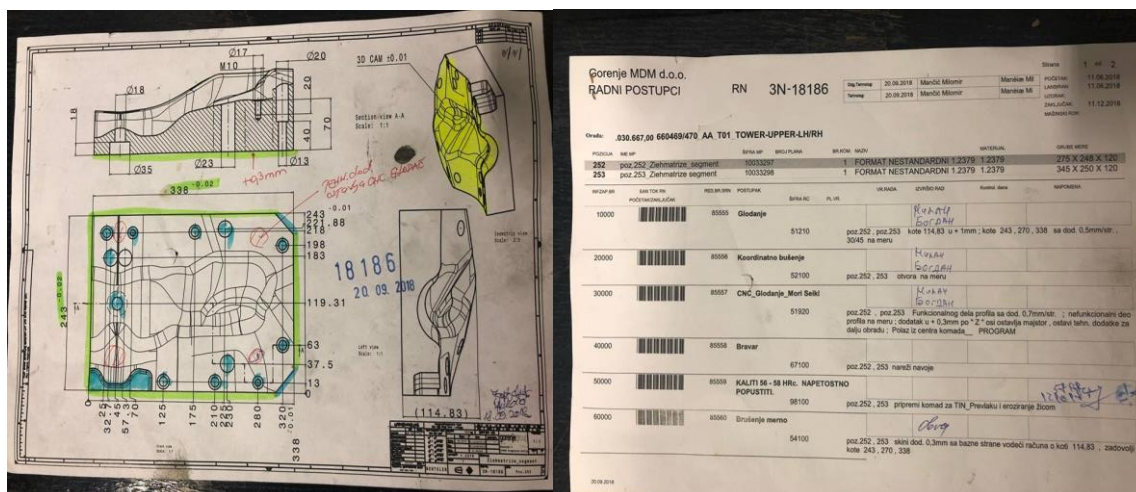


Слика 5.0 :Модел RN 3N-18186

## 5.1 Технолошка документација

Код успешног писања NC програма битно је пре самог писања програма направити технолошку документацију (Слика 5.1). Технолошка документација за CNC машине састоји се од:

1. Техничког цртежа обратка – техничка документација која у свом дводимензионалном приказу показује како изгледа производ, на који га начин обављати, који ће се материјали користити.
2. Плана алата за радни предмет – садржи попис свих коришћених алата за обраду према редоследу коришћења, потребне мере, стандардне режиме и корекције.
3. Плана стезања – обухвата основне габарите радног простора, положај радног предмета на столу, тачке ослањања предмета и места стезања, те положај нулте тачке.
4. Плана резања – то је главни документ за испис програма у којем су видљиве путање кретања алата за сваку операцију. Прати се пут кретања врха алата од почетка обраде па до краја обраде.
5. Редослед операција – операциски лист који садржи редослед операција радног предмета са потребним режимима рада и временом израде.
6. NC код – испис програма је задњи најважнији документ по којем се уносе наредбе за управљање машином. Разрађени програм уноси се у програмски лист [5].



Слика 5.1: Технолошка документација

Тренутни NC програми код петоосних обрада заснивају се на ISO 6983 стандарду, под именом NC код, тј. G код, код којих су померања помичних делова машине, потребна за обраду одређена положајем и посмаком алата у односу на осу машине

## 5.2 Писање програма у DEPOCAMu за модел RN 3N-18186

Кроз неколико главних корака описано је програмирање модела. Неки од основних поступака које треба обавити пре израде програма:

### Складиштење

Када се модел појави на монитору почињемо са бирањем места чувања документа. Да бисмо то урадили изаберемо "Едит" из опадајућег менија "Project Settings". На десној страни новонасталог прозора, изаберемо датотеку (фасциклу) на рачунару где ћемо модел сачувати. Чување у Деру i Trimillu под. Деро → Задаци → Положај и потврдимо са ОК

### Преименовање модела операције граница

На левој страни налази се структурно стабло сачињено од имена програма DEPOCAM ", модела и операција, под условима програма. Ако желимо да променимо ове називе било за операције или моделе које су ротиране или транслаторно померане то можемо урадити тако што ћемо обележити модел рада и десним кликом миша из опадајућег менија изаберемо опцију "Rename".

### Врсте модела

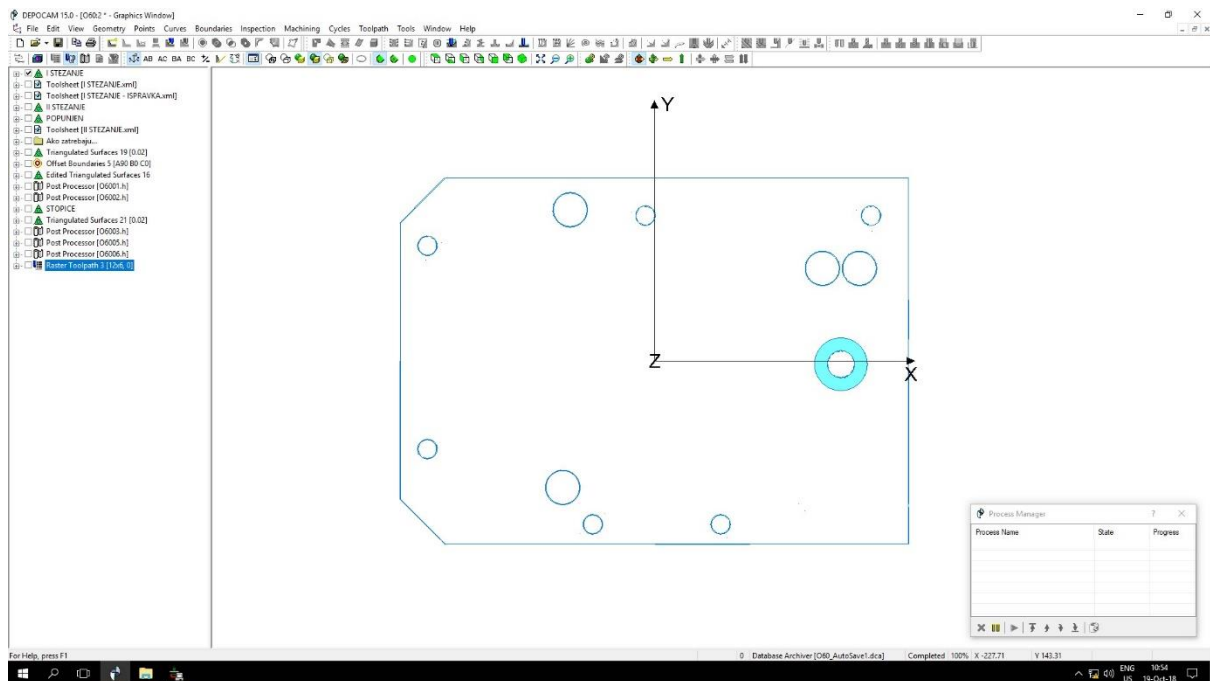
Затворени модели се користе за обраду 3D површина и представљају моделе који немају рупа ни у техничкој документацији ни на техничком моделу.

Отворени модели су модели са рупама и користимо их у случају када бушимо рупе или их правимо глодалом, чувају се у Техничка\_документација опрема се и налази у Нови\_Налози

Свака нова операција одрађена у програму аутоматски се уписује у стабло модела.

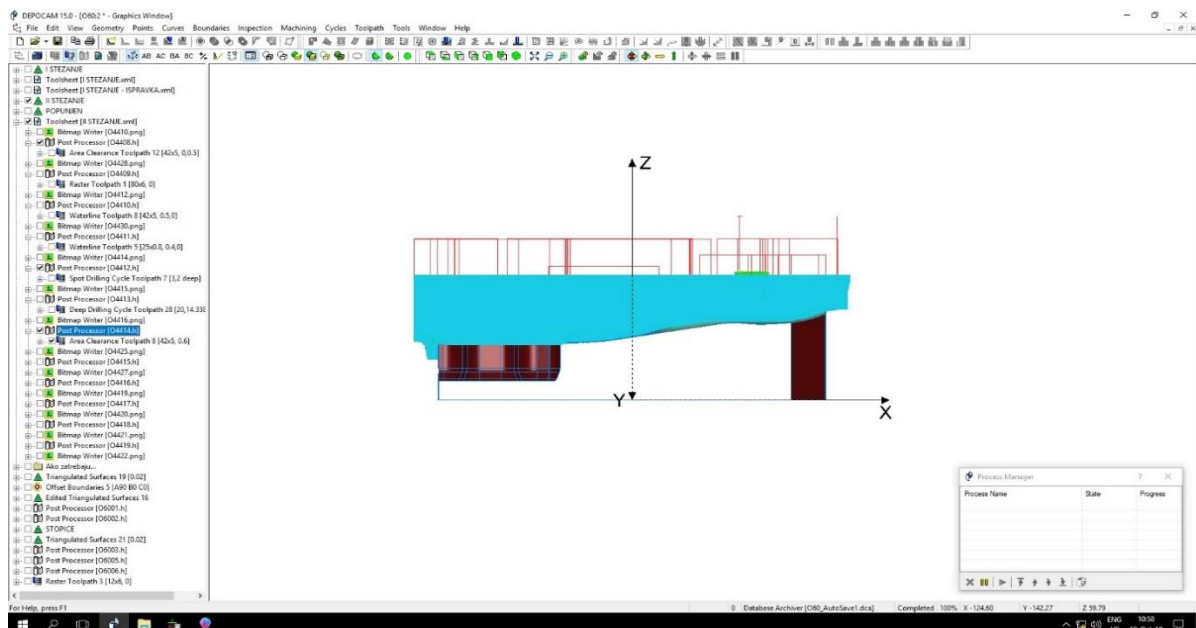
За модел **RN 3N-18186** већ имамо одрађену технолошку документацију приказаној (слика 5.1) .У самом програму са леве стране имамо стабло модела где увек можемо да видимо шта се и за коју операцију радило и који се алат користио при обради. Писање програма кроз неколико главних корака:

Први корак: Јесте преузимање такозваног степ модела који је предходно конструисан у програму САТИА и његово отварање у DEPO-СЕМ-у. Као полазна тачка на моделу бирају се две идентичне, симетричне толерисане рупе (отвори), ако има више таквих бирају се рупе са највећим осним растојањем. Уколико ова није изводљива као полазна тачка бира се средина модела (Слика 5.2).



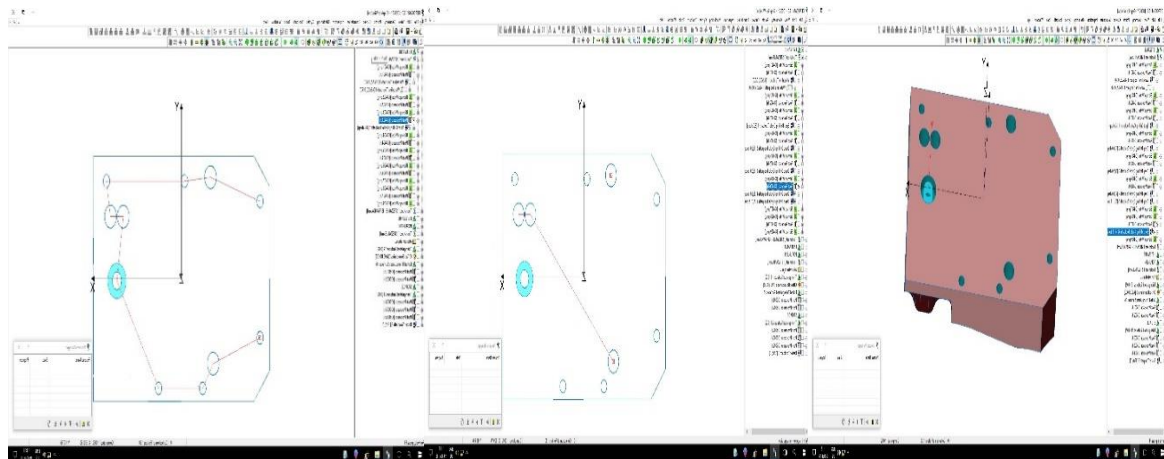
Слика 5.2: Степ модел

Други корак: На слици је приказан поступак скидање бочних страна односно ‘четвртање комада’. Ова операција иначе се ради на глодалици зато што се не може скидање површине одрадити из једне операције на петоосној машини (Слика 5.3).



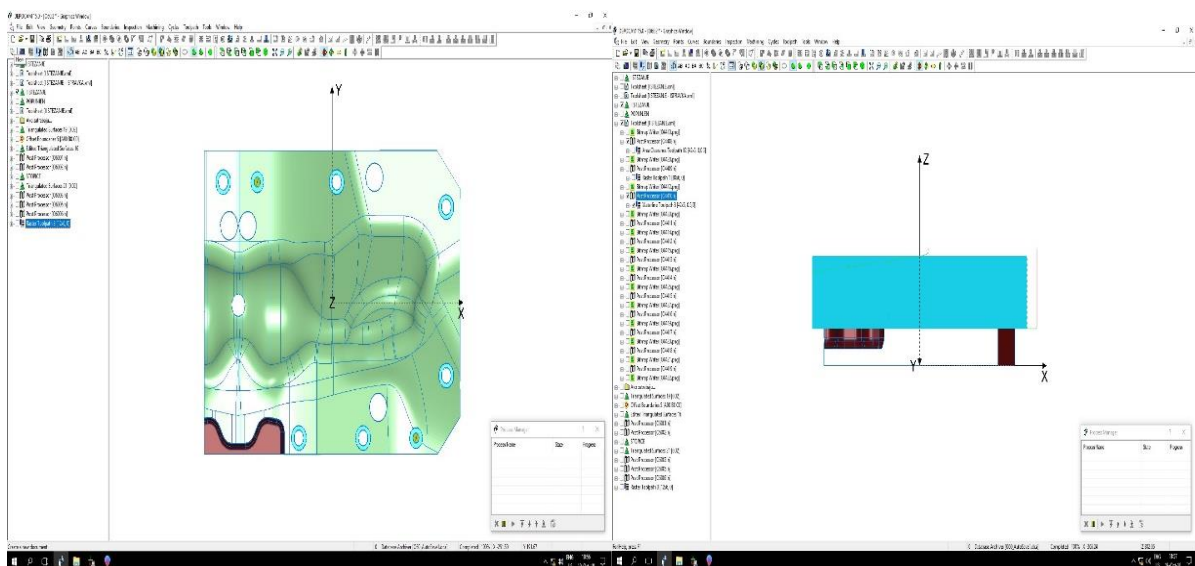
Слика 5.3: Обрада бочних страна комада

Трећи корак: Забушивање,бушење,проширивање рупа. Забушивање се врши пре бушења где алат иде на дубину од 2-3mm. Избором обраде бушење у структурном стаблу развије нам се нова картица у којој се налазле све рупе које је програм пронашао, изаберемо само цилиндричне рупе које желимо или које могу бити избушене са те стране радног комада. Проширивање рупа врши се операцијом глодањем. Прво одређују димензије глодала,уколико је потребно одређује се дубина рупе,то се ради када се праве следе рупе са толеранцијом Н7 (Слика 5.4).



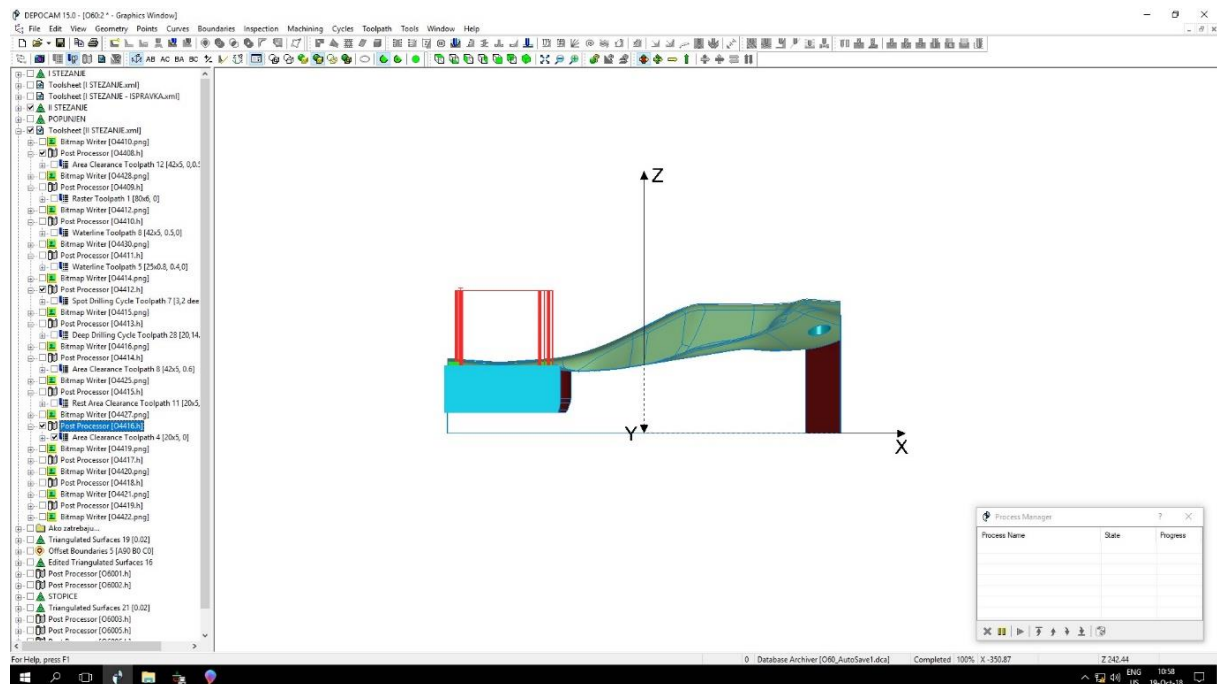
Слика 5.4 Забушивање ,бушење,проширивање рупа

Четврти корак:У овом кораку приказана је друга страна модела где се понавља операција обраде бочне стране комада или четвртање. Са овом операцијом се уједно и завршава комплетна обрада бочних површина (Слика 5.5).



Слика 5.5: Поглед модела одозго и обрада бочних страна одоздо

Пети корак: У петом кораку понављаа се операције забушивања ,бушења рупа само што сад обрађујемо рупе са гроње површине модела (Слика 5.6).



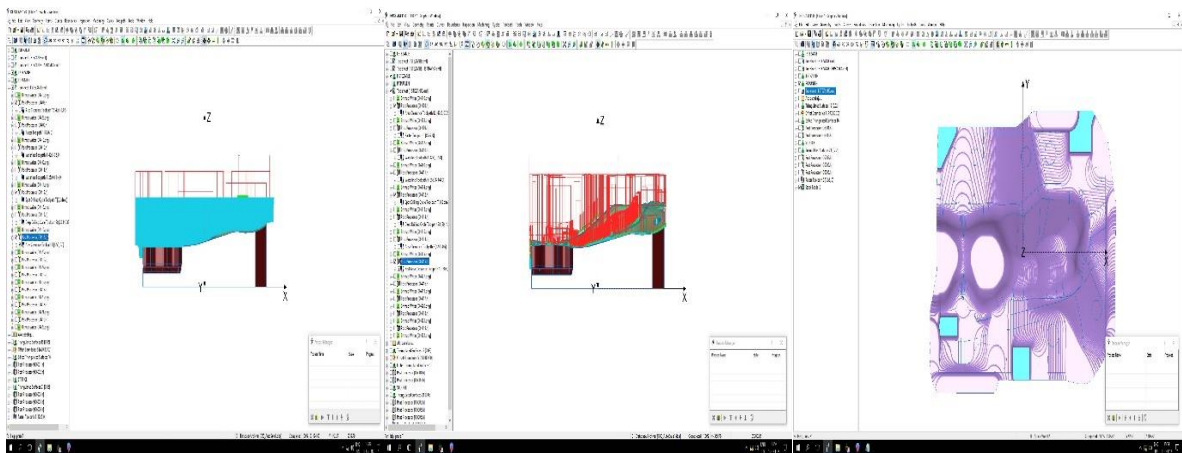
Слика 5.6: Рупе за вођице

Шести корак: У овом кораку имамо прво ослобођење форме, затим смањивање радијуса. Када су референтне равни направљене и спремне, лакше је тој површини одредити почетну тачку. Где је то могуће пустимо додатке које касније можемо обрадити. Додатке обрађујемо код радног комада у другој (финијој) обради као што је брушење, када год је могуће радни комад требамо ротирати, да је горња површина паралелна са радним столом, без обзира на облик.

Додатке одређујемо на месту где је могуће обрадити радни предмет у највећој могућој мери у којој имамо фину обраду, а у што краћем временском периоду. Додаци се одређују модификовањем граница и додавањем површина. Морамо бити опрезни да упишемо тачну висину прикључка, да касније радни комад не би постављали ручно (Слика 5.7).

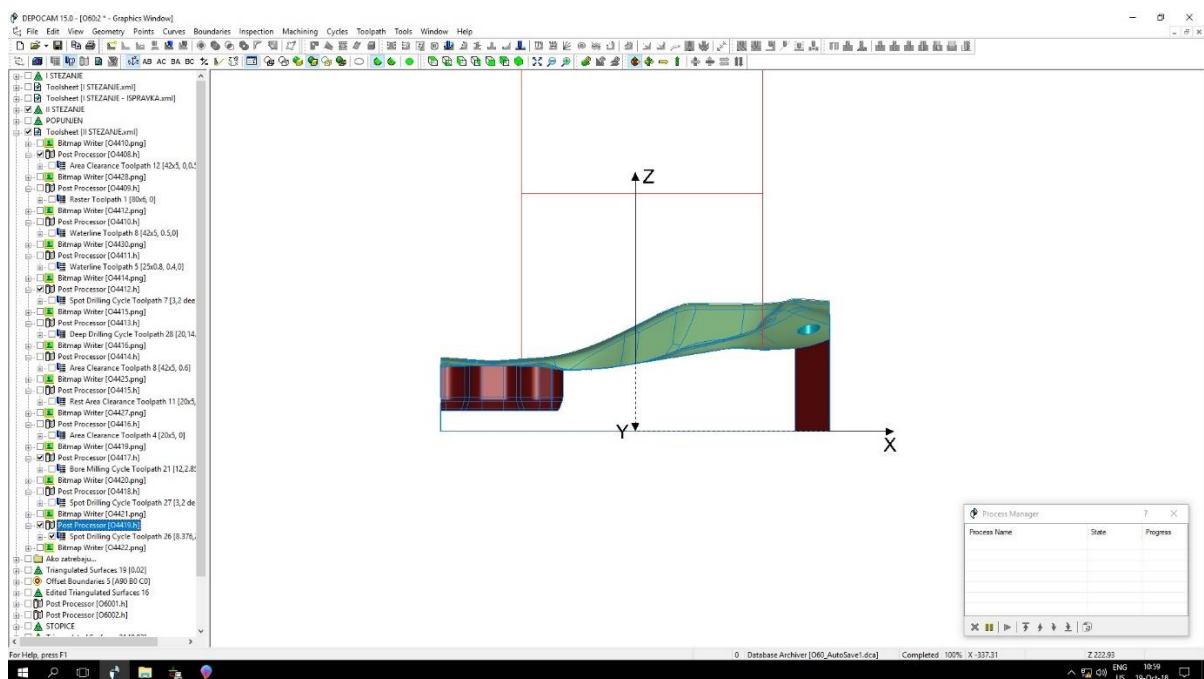
Када смо поставили додатке, почињемо са грубом обрадом. Претпостављамо да је следећи процес обраде обрада додатака. Изаберемо затворени модел, одаберемо површину на њему и направимо границу (можемо користити дно модела). Да би у потпуности обрадили додатке проширујемо малочас добијену границу да визуелно пређе додатак који обрађујемо и идемо на команду 'Area Clearance Passes'. Када смо направили нову границу оффсет-ујемо је за више од полупречника алата, који ће бити коришћен. Затим из стабла изаберемо модел и границу "Silhouette Boundary" и обрађујемо 3D површину командом [14].

Трећа слика у овом кораку нам показује како модел изгледа после грубе обраде.



Слика 5.7: Ослобађање форме и смањивање радиуса

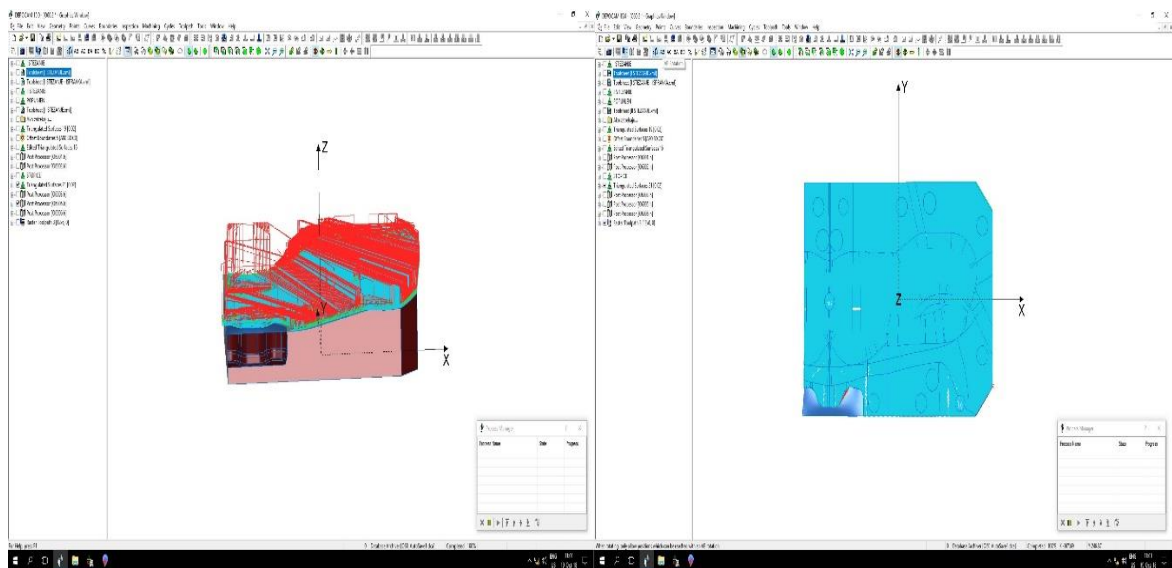
Седми корак: У овој операцији изводи се обрада довођења рупа на меру (чивије на меру). Морамо бити опрезни код одабира пречника алата, да је пречник алата већи од полупречника рупе, када је обрађујемо на меру (Слика 5.8). Међутим ако имамо рупу пре бушења на меру, то није потребно [14].



Слика 5.8: Израда рупа на меру

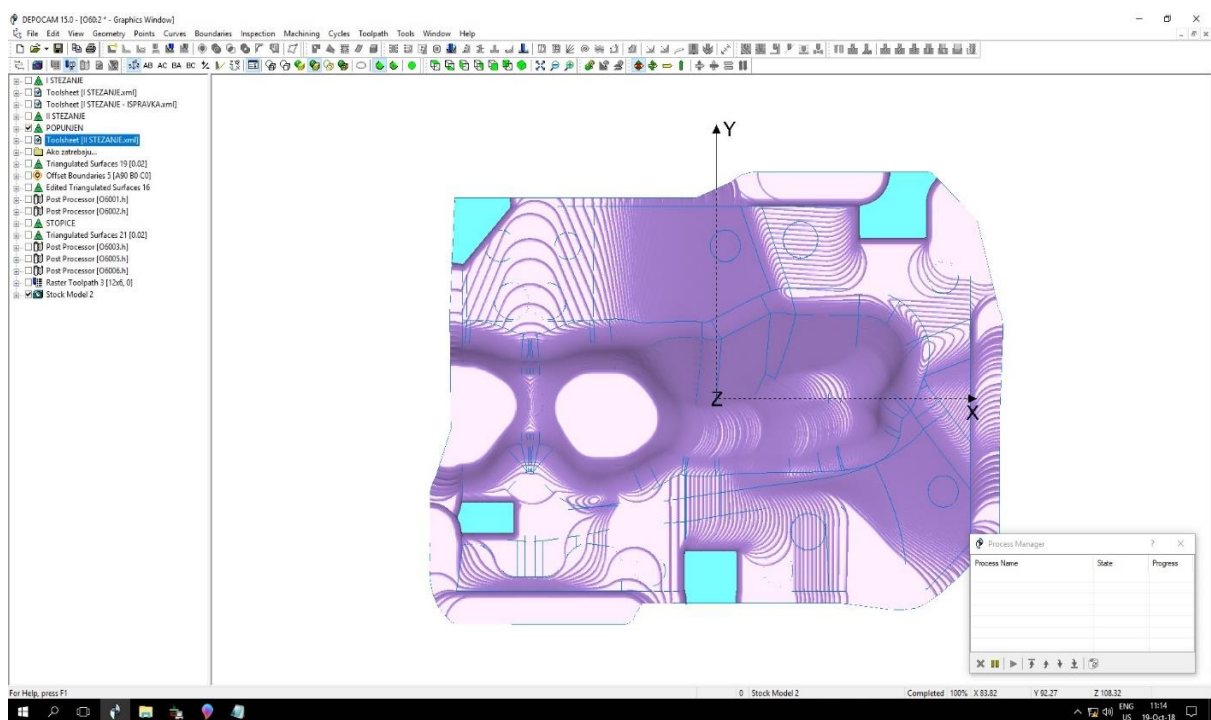
Осми корак: Фина обрада и други приказ fine обраде. Команда "Raster Passes" се употребљава приликом fine 3D обраде, где алат прави један пут по целом моделу, али морамо при задавању граница да pazимо да прецизно задамо параметре "Cutter Contact Areas" (израчуната за 3D облик) команди. Одређујемо обраду (45° за fine обраду или за дуге радне комаде са релативно равним површинама у правцу најдуже стране).

Са командом "Waterline passes" такође можемо уклонити остатке са бочних страна на радном комаду. Процес обраде одређујемо моделом и границом које смо претходно одредили за обраду жлеба (Слика 5.9).

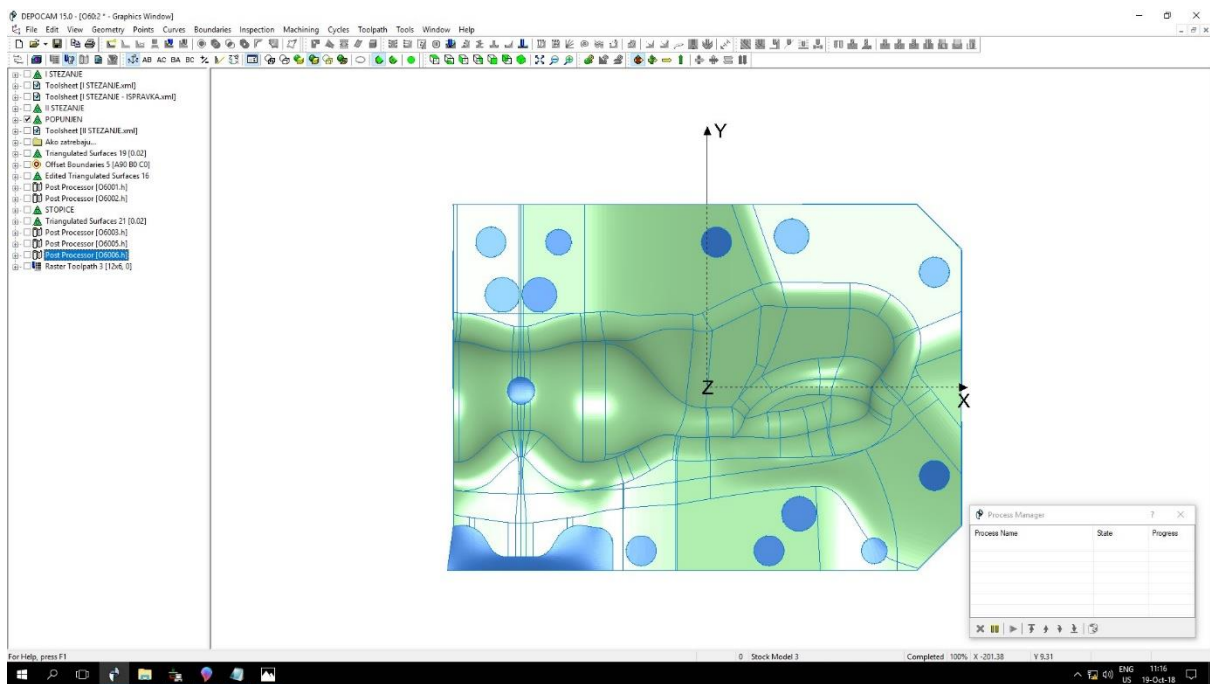


Слика 5.9: Фина обрада

Девети корак: У овом кораку имамо обраду остатка на моделу. Уклањање остатка код фине обраде одређујемо теоријску границу командом "Teoretical Rest Areas" где одређујемо алат којим ћемо уклањати остатке (Слика 5.1.1).



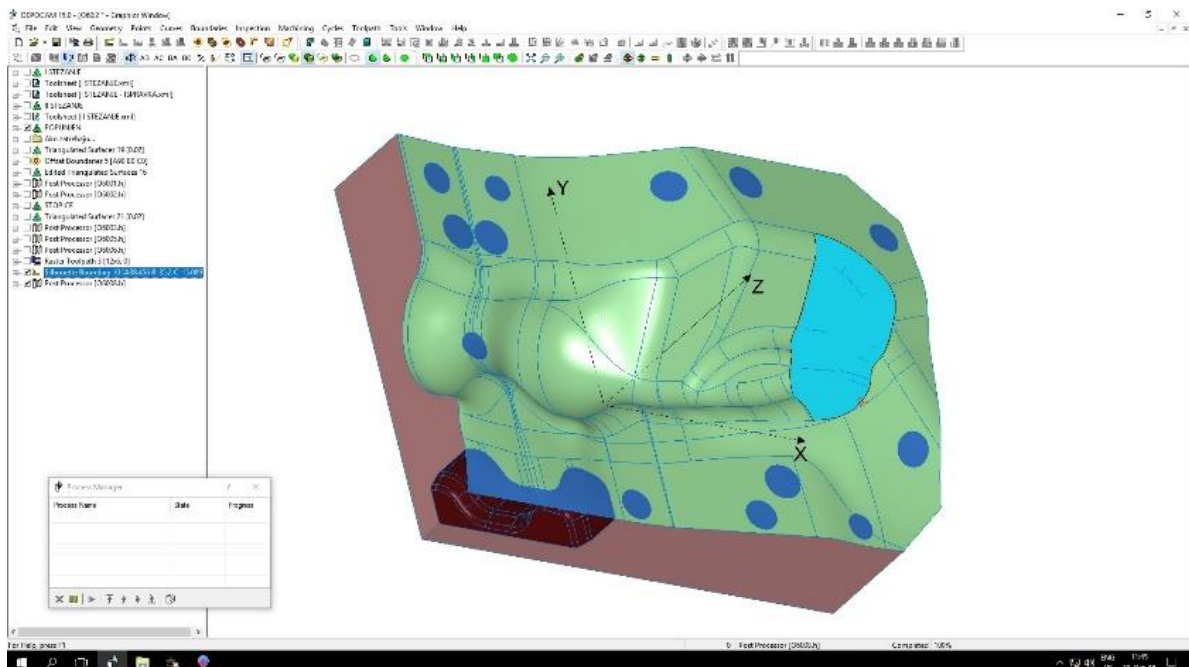
Слика 5.1.1: Скидање вишка материјала



Слика 5.1.2: Завршна обрада

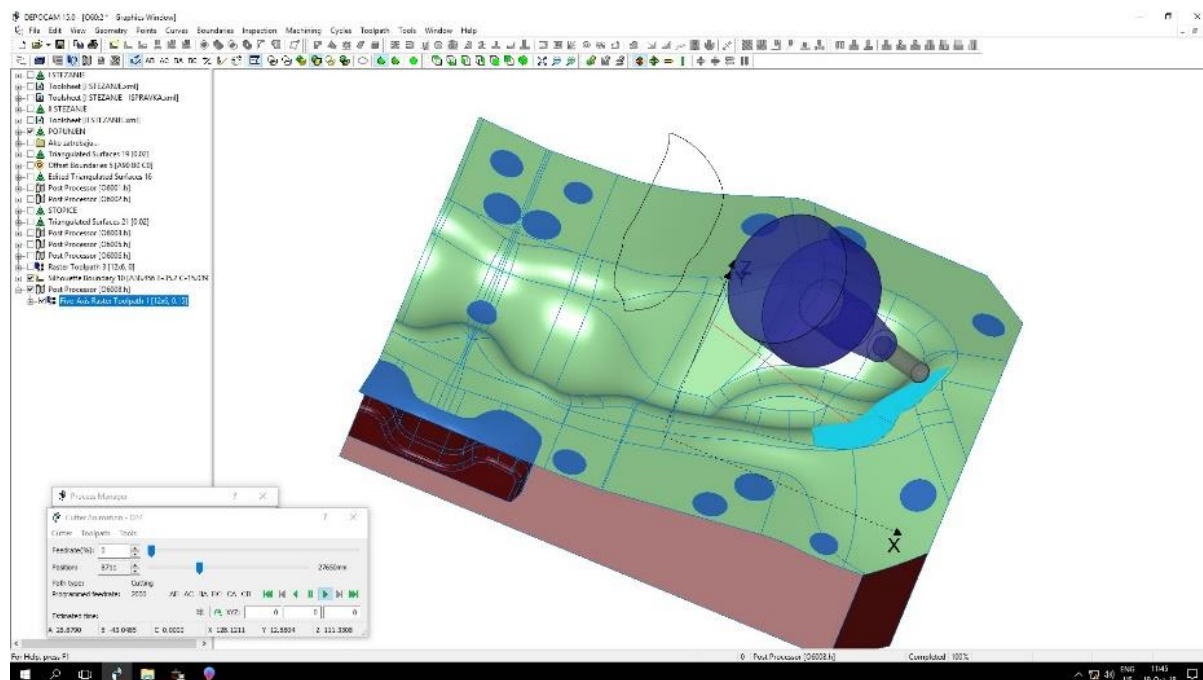
За обраду овог модела користиће се петоосна CNC машина ‘Hermle C-400’. Већина ових операција обрађиваће се са три осе. Пета оса примењује се за површине које се не могу одрадити са три осе а да то буде из једног потеза.

Пример површине на овом моделу где се примењује више од 3 осе (Слика 5.1.3)



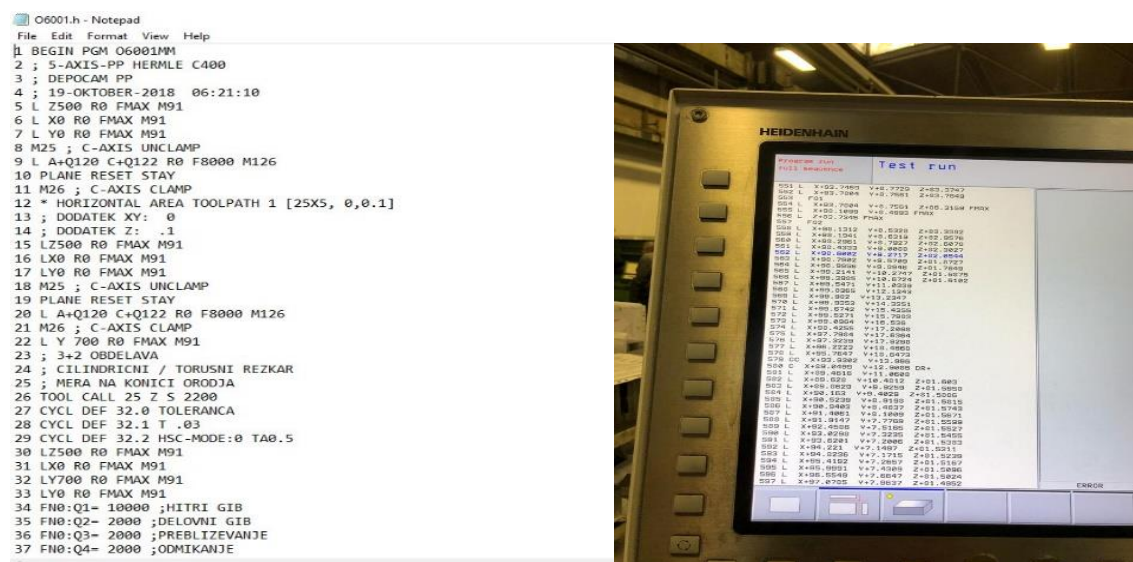
Слика 5.1.3: Обрада површине на фино

Симулација обраде горње површине комада, где се види примена петоосне обраде као и положај алата у односу на комад (Слика 5.1.4).



Слика 5.1.4: Петоосна симулација

Свака од ових операција има свој NC код, помоћу којег се изводе задате операције на машини. Програм се убацује у управљачку јединицу која препознаје симболе из текста и на основу тих симбола обрађује део. Сваки програм одрађен у DEPOCAMу може се отворити и у управљачкој јединици саме машине. NC код се пребацује путем флеша или директно се пошаље ако су машина и рачунар упарени са мрежним каблом.



Слика 5.1.5 NC код

У табlici су приказани потребни подаци и параметри који утичу на трајање операција. Као материјал обратка за овај пример узет је челик. Примењени алати у примеру узети су из базе података стварних алата за сличне операције. За те алате из базе података узети су и препоручени параметри обраде. Након што су операције са овако задатим параметрима програмиране у CAD/CAM систему, добијена су времена трајања појединих операција. У табlici се такође налази назив сваког алата, димензија алата, брзина обраде итд (Слика 5.1.6).

# DEPO CAM

Date: понедељак, 01. oktobar 2016.

| Database name     |                                   | D:\MILAN MATOVIC\18189\253_044.dca |           |                |               |           |           |         |          |                 |                |
|-------------------|-----------------------------------|------------------------------------|-----------|----------------|---------------|-----------|-----------|---------|----------|-----------------|----------------|
| Project prefix    |                                   | 044                                |           |                |               |           |           |         |          |                 |                |
| Project engineer  |                                   | Milan                              |           |                |               |           |           |         |          |                 |                |
| Project directory |                                   | D:\MILAN MATOVIC\18189\253_044     |           |                |               |           |           |         |          |                 |                |
| Project comment   |                                   |                                    |           |                |               |           |           |         |          |                 |                |
| Total part size   |                                   | Min                                | Max       | Min            | Max           | Min       | Max       |         |          |                 |                |
| Motion limits     |                                   | X -100.51                          | Y 100.508 | Z -11.000      | X 100.51      | Y 100.508 | Z -11.000 |         |          |                 |                |
| Op. No.           | Name                              | Strategy                           | Tool No.  | Tool Thickness | Spindle speed | Feedrate  | Coolant   | Min Z   | Tapefile | Toolpath length | Estimated Time |
| 1                 | Waterline Toolpath 1 (0.5 : 0)    | Waterline Toolpath                 | 1 42x 2.5 | 0.5 : 0        | 1300          | 8000      | Off       | -54.997 | Q4401.h  | 167460.184      | 00:27:54       |
| 2                 | Waterline Toolpath 2 (0.4 : 0)    | Waterline Toolpath                 | 1 25x 0.4 | 0.4 : 0        | 2000          | 8000      | Off       | -59.968 | Q4402.h  | 39475.472       | 00:16:25       |
| 3                 | Spot Drilling Cycle 1 (1.32 deep) | Spot Drilling Cycle                | 1 3x 0    | 0              | 1000          | 8000      | Off       | -2      | Q4403.h  | 2028.63         | 00:03:54       |
| 4                 | Deep Drilling Cycle 2 (1.13 deep) | Deep Drilling Cycle                | 1 13x 0   | 0              | 400           | 8000      | Off       | -63.907 | Q4404.h  | 15012.769       | 07:28:57       |
| 5                 | Deep Drilling Cycle 3 (1.18 deep) | Deep Drilling Cycle                | 1 18x 0   | 0              | 300           | 8000      | Off       | -55.409 | Q4405.h  | 1948.817        | 01:26:58       |
| 6                 | Deep Drilling Cycle 4 (1.23 deep) | Deep Drilling Cycle                | 1 23x 0   | 0              | 300           | 8000      | Off       | -86.911 | Q4406.h  | 13096.292       | 10:20:45       |
| 7                 | Deep Drilling Cycle 5 (1.23 deep) | Deep Drilling Cycle                | 1 23x 0   | 0              | 300           | 8000      | Off       | -115    | Q4406.h  | 4890            | 03:54:02       |
| 8                 | Bore Milling                      | Bore Milling                       | 1 16x 0   | 0              | 2500          | 8000      | Off       | -18     | Q4407.h  | 5742.534        | 00:01:52       |

Слика 5.1.6 Табела са алатима за израду дела

Након слања програма управљачкој јединици, машини се задаје програм. Од тог тренутка креће обрада свих задатих површина предвиђених програмом. Када заврши са задатим операцијама добија се готов комад (Слика 5.1.7).



Слика 5.1.7: Пуштање програма у рад

## 6. Закључак

Живимо у времену када је човечанство ушло у раздобље у коме се развијају информатичке и врхунске производне технологије и технике. Информатичке технологије су у производним системима оствариле значајан утицај. Увођењем CNC технологија обраде један је од корака којима се повећава производност, економски резултат и тржишна способност. Израда комплексних површина, потреба за већом флексибилности довеле су до потребе коришћења петоосног обрадног центра. Сложеност програмирања код петоосних обрадних центара решава се коришћењем CAD/CAM програмских пакета. Директна повезаност између обрадне машине и CAD/CAM програмског пакета је постпроцесор. Дакле, како би се обрада на CNC обрадном центру успешно одвијала врло је важно имати добро дефинисан постпроцесор, односно генератор NC кода. Упораба CAD/CAM програмских пакета омогућава краће време конструисања производа, израде цртежа, оптимизације машине и брже израде CNC програма производа сложене геометрије.

Симулације процеса обраде у CAM програмским пакетима омогућују детекцију проблема (колизије) пре него се NC програм сними на CNC обрадни центар. Такве информације стварају производ конкурентним на глобалном тржишту. За успешно постављање параметара потребних за петоосну обраду, потребно је познавати основе рада рачунарских програма и обрадних машина. Код рачунарских програма потребно је познавати начине на које се помоћу програма може пројектовати обрада као и могућности које програм пружа за превођење резултата у податке разумљиве обрадној машини. За одређену машину потребно је познавати његове кинематичке карактеристике, како би се могао поставити план обраде компоненте. Можда је важно закључити да је сам постпроцесор један мали део целог обрадног система. За учинковито коришћење обрадног система, важна је и комуникација између програмера CAD/CAM програмским пакетима с оператерима за CNC машинама, односно важна је добро припремљена документација која приказује све потребне информације за успешно извођење обраде.

## 7. Литература

- [1] <http://metrology.news/laser-tool-measuring-system-cnc-machine-tools>
- [2] <https://www.okuma.com/bridging-the-skills-gap-%E2%80%93-part-7-workpiece-probing-and-tool-setting>
- [3] [https://sr.wikipedia.org/sr-el/Управљачка\\_јединица](https://sr.wikipedia.org/sr-el/Управљачка_јединица)
- [4] [https://www.hermle.de/en/machining\\_centres/models/c\\_400\\_machining\\_centre](https://www.hermle.de/en/machining_centres/models/c_400_machining_centre)
- [5] [http://repozitorij.fsb.hr/1013/1/06\\_07\\_2010\\_Zavrsni.pdf](http://repozitorij.fsb.hr/1013/1/06_07_2010_Zavrsni.pdf)
- [6] <http://www.machiningnews.com/2016/06/hermle-c-250-and-c-400-create-a-unique-series/>
- [7] [https://resources.renishaw.com/sr/details/Bro%C5%BEura:%20Merne%20glave%20za%20obradne%20centre,%20pode%C5%A1avanje%20alata,%20pripremu%20i%20kontrolu\(10034\)](https://resources.renishaw.com/sr/details/Bro%C5%BEura:%20Merne%20glave%20za%20obradne%20centre,%20pode%C5%A1avanje%20alata,%20pripremu%20i%20kontrolu(10034))
- [8] <http://www.karla-maziva.hr/usluga/cnc-troosno-glodanje/>
- [9] HERMLE C-400 упуство машине 'MDM Gorenje' 2016.
- [10] [http://repozitorij.fsb.hr/1784/1/10\\_05\\_2012\\_Vladimir\\_Petrovic\\_DIPLOMSKI\\_RAD.pdf](http://repozitorij.fsb.hr/1784/1/10_05_2012_Vladimir_Petrovic_DIPLOMSKI_RAD.pdf)
- [11] [https://www.fsb.unizg.hr/atlantis/web/sites/fsbonline/newsboard/372/15223/29\\_06\\_2011\\_\\_15223\\_Franic\\_spec\\_21.05.11.pdf](https://www.fsb.unizg.hr/atlantis/web/sites/fsbonline/newsboard/372/15223/29_06_2011__15223_Franic_spec_21.05.11.pdf)
- [12] [http://repozitorij.fsb.hr/1302/1/30\\_03\\_2011\\_diplomski\\_rad\\_kovacevic-1.pdf](http://repozitorij.fsb.hr/1302/1/30_03_2011_diplomski_rad_kovacevic-1.pdf)
- [13] <https://scindeks-clanci.ceon.rs/data/pdf/0040-2176/2014/0040-21761405781Z.pdf>
- [14] Упуство за програмирање у DEPOCEMu, 'MDM Gorenje' 2016
- [15] Б. Недић, Обједињена литература са предавања
- [16] Мечанин Вучко, Програмирање обрадних процеса на CNC машинама, Машински факултет, Краљево, 1997.
- [17] Миладин Стефановић, СИМ системи, Машински факултет, Крагујевац 2006.
- [18] Горан Деверџић, CAD/CAM технологије, Машински факултет, Крагујевац 2009.