

**Факултет инжењерских наука Универзитета у
Крагујевцу**



**Назив студијског програма: Машинско инжењерство
Ниво студија: Основне академске студије
Модул: Индустријски инжењеринг
Предмет: Производни системи
Број индекса: 109/2012**

Александар Ђоновић

**Израда кружног прстена на CNC
машини**

Завршни рад

**Комисија за преглед и
одбрану:**

1. Проф. Др. Миладин Стефановић -
ментор

2. _____

3. _____

Датум одбране: _____

Оцена: _____

Садржај

1.	Увод	5
2.	Историјски развој и карактеристике CNC машина	6
3.	Основе програмирања CNC машина.....	9
3.1.	Ручно програмирање.....	9
3.2.	Програмирање помоћу рачунара	11
4.	Координатни систем и карактеристичне тачке машине	13
5.	Практична реализација	15
6.	Закључак	34
7.	Литература	35

У оквиру овог завршног рада кандидат треба да представи основне карактеристике CNC машина, као и програмирање CNC машина. Кандидат треба да презентује пример програмирања на датом предмету.

Препоручена литература:

[1] Computer Numerical Control (CNC), *Industrial Centre, The Hong Kong Polytechnic University* 2009.

[2] Krar S., Gill A. (2012): Computer Numerical Controls Programming Basics, Industrial Press Inc. New York City

[3] Nanfara F., Ucello T., Murky D. (2002): The CNC Workshop

Крагујевац, 2016.

Ментор: **Проф. Др. Миладин Стефановић**

1. Увод

Током последње деценије у области производног инжењерства десиле су се веома значајне и могло би се рећи драматичне промене. Један од најважнијих праваца ових промена условљен је развојем машина са аспекта аутоматизације увођењем информационих технологија у овој области. Развоји дисциплина, као што су роботика, *CAD/CAM* (Computer Aided Design/Computer Aided Manufacturing, рачуарски подржано пројектовање производа/производних система), *CIM* (Computer Integrated Manufacturing, рачунаром интегрисана производња), допринели су да процеси машинске обраде и производње буду у великој мери како прецизнији и поузданији тако и олакшани и оптимизовани.

Функционисање савремене индустрије је незамисливо без модерних CNC (computer numerical control) машина [1]. Модерне машине овог типа функционишу по истом принципу као и старе ручно контролисане машине, при чему је најбитнија разлика додаток контролне јединице и серво мотора на све осовине. Контролна јединица прорачунава координате, путање кретања сваке осовине и контролише серво моторе који померају алат или спрегнути материјал предмета обраде.

Кроз практичну реализацију у оквиру завршног рада на CNC машини *DOOSAN TT 1800* израђен је дистанцер кружног прстена који своју примену има у аутомобилској индустрији.

2. Историјски развој и карактеристике CNC машина

Први видови машинске обраде метала [2] јављају се у време индустријске револуције. У Енглеској се 1755. год појавила прва машина која је своју функцију пронашла у обради цилиндара парних машина. Творац ове машине је био Џон Вилкинсон.

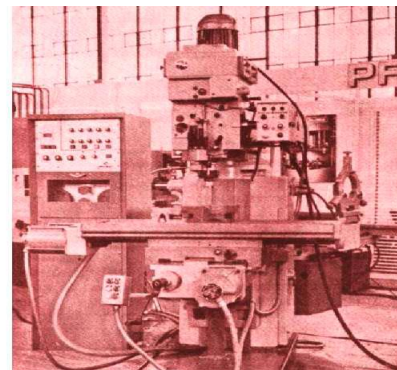
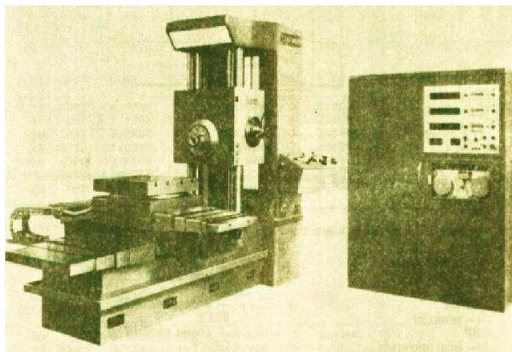
Почетком 19-ог века Ели Витни израђује прву глодалицу у Америци 1818. године, која је коришћена за израду пушака које је користила Америчка војска. Свој даљи развој CNC машина доживљава 1952. године када Џон Парсон приказује своју прву NC (Numeric Control) глодалицу. Осовина Витнијеве хоризонталне машине постаје вертикална што омогућава могуће померање и обрађивање материјала у 3 осе. У хоризонталној равни постављени су серво мотори који су се контролисали путем компјутера који је читао бушене картице као на слици 1. Тада је настала NC технологија односно прва NC глодалица.



Слика 1. Информационе траке

(izvor: https://en.wikipedia.org/wiki/Computer-aided_manufacturing)

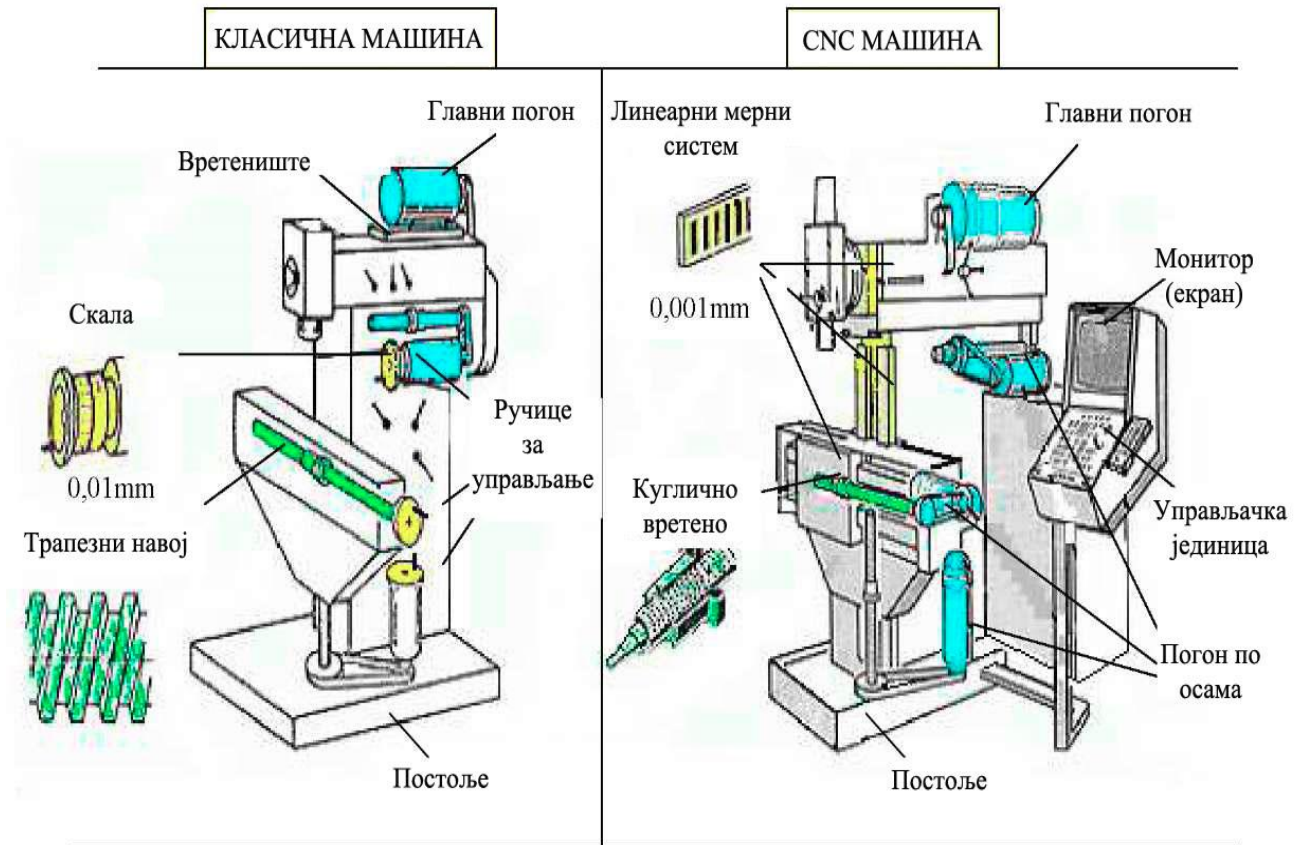
Основа нумеричког управљања машином (слика 2) је управљање уз помоћ унапред дефинисаног програма. Програм се састоји из низа шифрованих функционалних наредби које се путем различитих медијума (папирних трака, касета, дискета) задају управљачкој јединици која нумеричким управљањем машине ради унапред задате радње.



Слика 2. Примери првих глодалица

(izvor: https://en.wikipedia.org/wiki/Computer-aided_manufacturing)

Данашње управљачке јединице грађене су на принципу коришћења микрочипова који садржи програм на основу којег се остварује процес нумеричког управљања. Због тога се такве управљачке јединице зову *CNC* (Computer Numerical Control) управљачке јединице.



Слика 3. Разлике између класичних и CNC машина[2]

Основне разлике између класичних и CNC машина (слика 3) су:

- Погон код CNC машина чини главни мотор који покреће главно вретено, а померања по осама остварују посебни мотори, док код класичних машина имамо један мотор који врши и главно кретање вретена и остала кретања радног стола
- Управљање код CNC машина је аутоматизовано, док се код класичних машина управљање изводи ручно или путем ручице
- Мерни састав машине се код CNC састоји од линеарног система мерења, док се код класичних машина састоји од скале са нонијусом.
- Механизми за померање радног стола



Слика 4. Примена CNC машина
(izvor: <http://www.visual-factories.com>)

Данас је област примене CNC машина јако велика (слика 4.), користе се за:

- Обраду дрвета
- Обраду метала
- Обраду пластике
- Гравирање
- Израду алата
- Моделирање
- Хоби
- Наставна средства

Најсавременије CNC машине се налазе у оквиру центара за масовну производњу, из разлога могућности обраде великог броја сложених машинских делова у јединици времена. Поред високе продуктивности, успостављен је и одличан квалитет обрађених делова у виду високог степена тачности израде истих. Велика предност ових машина је што омогућавају комплетну обраду радног предмета кроз аутоматизован процес. Он се огледа како у измени алата захваљујући различитим врстама роботских глава тако и у обилном подмазивању и хлађењу алата чиме се додатно повећавају продуктивност, могућност дужег рада и радног века саме машине. Радни алат има могућност померања у више праваца и смерова (код специјалних и до 5 праваца) тако да су доступне обраде делова веома сложених геометријских карактеристика. Најновија достигнућа ових машина налазе се у потпуно аутоматизованим фабрикама које имају популарни назив ”фабрике без људи”, где је сам процес обраде на највишем могућем нивоу.

3. Основе програмирања CNC машина

Програмирање је поступак писања програма према унапред дефинисаној технологији и у зависности од предмета поступка може се обављати ручно или помоћу рачунара.

3.1. Ручно програмирање

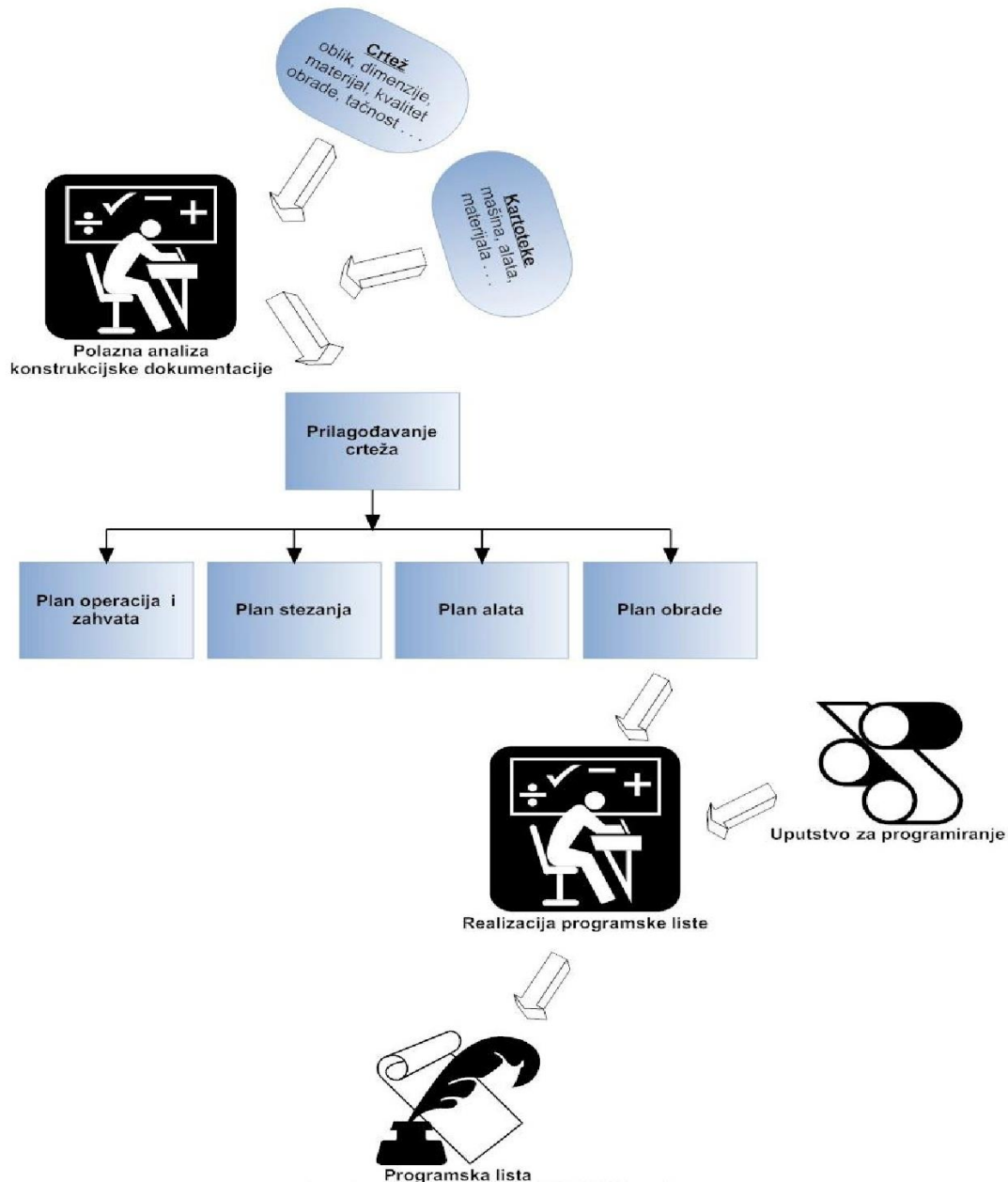
Ручно програмирање дела на NC и CNC машинама [3] представља писање програма од стране технолога ручно тј. пише се сваки ред програма према дефинисаној технологији као на слици 5. Програм у одговарајућем облику садржи све неопходне положаје покретних елемената машине са припадајућим брзинама кретања, бројем обртаја уз дефинисане помоћне функције (подпрограме) попут наредби укључивања/искључивања средства за хлађење и подмазивање, наредби промене смера обртања главног алата са прецизно дефинисаним бројем обртаја, наредби промене самог алата, заустављање програма, паузе и сл.

Поступак ручног програмирања зависи од карактеристика управљачке јединице и карактеристика алата машине. Тако се код CNC машина алата истих карактеристика са управљачком једицом и управљачким програмом различитих произвођача не може очекивати исти облик програма неопходног за управљање том машином. Најчешћи разлог томе је у самом избору стандарда и његовом усаглашеношћу са истим при чему су највише у употреби процедуре програмирања према ISO и DIN стандардима.



Слика 5. Ручно програмирање CNC машина
(izvor: <https://www.cncci.com>)

Ручно програмиње, чији је поступак приказан на слици 6. представља најстари и технолошки најнижи ниво програмирања ових машина па се најчешће примењује у технолошкој изради обраде делова једноставне геометрије. Програмер-технолог писањем програма израде дела води алат од тачке до тачке по контури обраде, водећи рачуна о технолошким параметрима: обрадивости материјала предмета обраде, карактеристикама разних алата, оптималности режима обраде итд.



Слика 6. Поступак ручног програмирања[3]

3.2. Програмирање помоћу рачунара

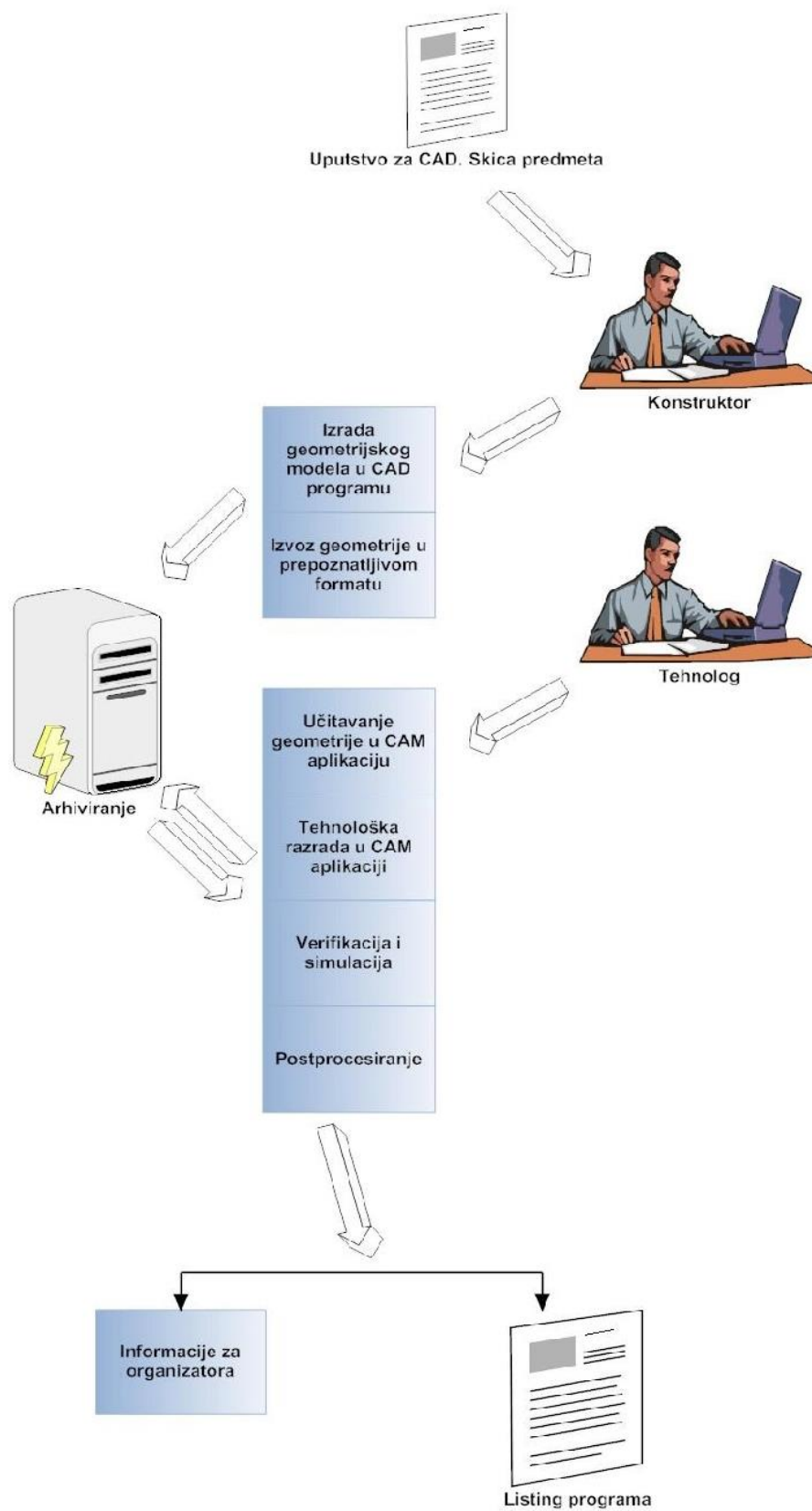
Овај начин програмирања примењује се за поступке технолошке израде сложенијих геометријских као и различитих запреминских предмета. Програмирање помоћу рачунара [3] се врши захваљујући посебним софтверима за програмирање као што су *MASTERCAM*, *CATIA*, *SOLIDCAM* и др. Уз помоћу ових програма се бирају параметри као што су: димензија припремака, пут алата, избор алата, режим рада итд. Такође је могућа и симулација самог програма као и исписивање резултата у унапред изабраним управљачким јединицама. Све ове могућности су велика предност овог начина програмирања, јер се трошкови као и време самог поступка знатно смањују, па је и израда делова знатно бржа.

За програмирање помоћу рачунара (слика 7,8.) потребна је следећа документација:

- **Операциони лист** који садржи редоследе операција предмета обраде са потребним режимима рада и временским периодима обрада
- **План алата** за предмет обраде који садржи списак свих алата по редоследу који се користи у обради, посебне мере, стандарде и корекције
- **План стезања** који обухвата основне информације о радном простору, положају самог предмета обраде на машини, тачке на које се ослања предмет, као и место стезања и полажај нулте/референтне тачке
- **План резања** је главни документ за исписивање програма јер се на њему виде све путање кретања алата за сваку операцију, прати се пут кретања врха алата од почетка до самог краја обраде
- **Писање програма/програмски лист** је најважнији документ који се ради на крају и по њему се уносе наредбе за управљање машином



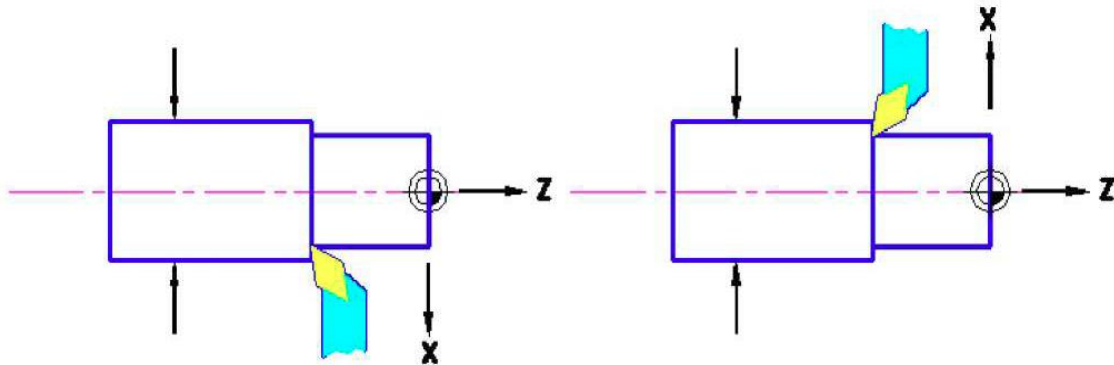
Слика 7. Програмирање помоћу рачунара
(izvor: <https://www.cncci.com>)



Слика 8. Поступак програмирања помоћу рачунара [3]

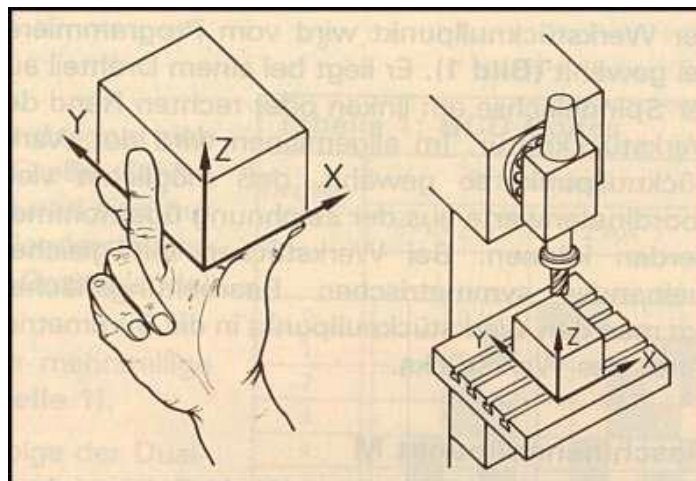
4. Координатни систем и карактеристичне тачке машине

Код CNC глодалица координатни систем [4][5] је двоосни, тј. у оси обратка налази се оса Z , а управно на осу обратка оса X . Позитивна оса X може бити постављена у једном или другом смеру што зависи од положаја алата, односно главе алата у односу на израдак (слика 9). Координате са негативним предзнаком ($-X$, $-Y$) означају кретање алата према радном предмету, а позитивни предзнак значи одмицање алата од радног предмета. Код CNC глодалица координатни систем је троосни X , Y , Z . Такође можемо напоменути да се овај смер може променити на једноставан начин тако што се у самом процесу програмирања уведе негативни предзнак.



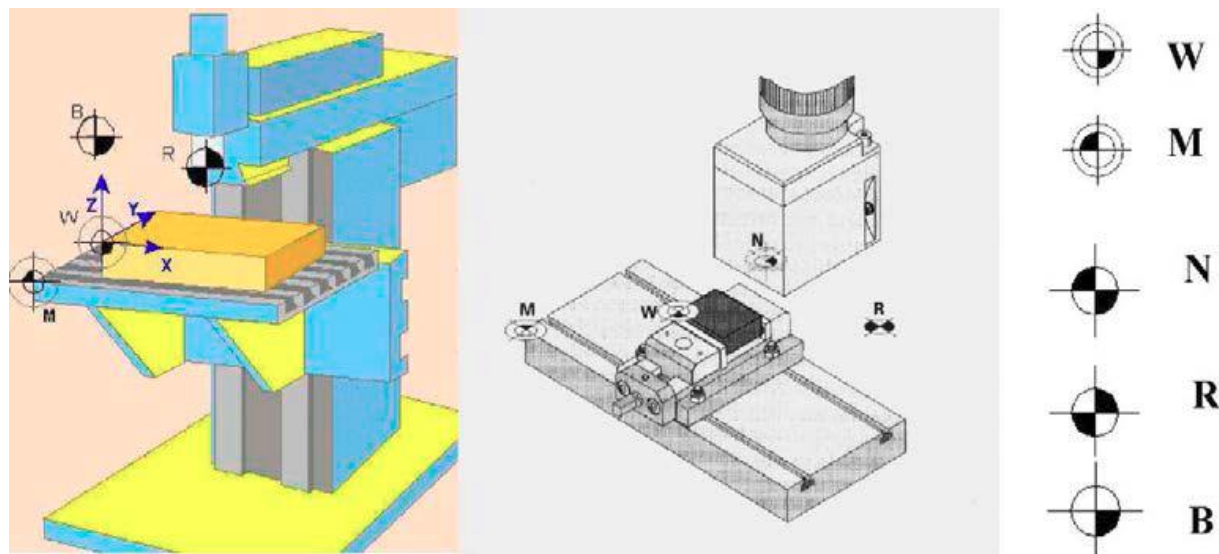
Слика 9. Координатни систем главе алата[4]

Одређивање позитивног смера координатног система одређује положај прстију десне руке, односно палац показује у позитивном смеру осе X , кажипрст у позитивном смеру осе Y , док средњи прст показује позитивни смер осе Z (слика 10).



Слика 10. Правило десне руке[4]

Код програмирања CNC машина потребно је познавати одређене референтне, односно нулте тачке које дефинишу координатни систем и сам алат приказане на слици 11.



Слика 11. Референтне тачке CNC машине
(izvor: <http://ecmweb.com/>)

- **W – Нулта тачка обрадка (Workpiece zero point)**

Тачка везана за израдак. Слободно се мења према потребама конструкције или израде. У овој тачки је почетак координатног система које је пребачено из тачке M и она представља полазну основу за програмирање.

- **M – Нулта тачка машине (Machine zero point)**

Позиција ове тачке се не може мењати. Одређена је од стране произвођача машине. Ова тачка је почетак координатног система и од ње се прорачунавају сви помаци алата.

- **N – Референтна тачка алата (Tool mount reference point)**

Почетна тачка од које се мере сви алати. Лежи на оси држача алата, одређена је од стране произвођача и не може се мењати.

- **R – Референтна тачка (Reference point)**

Тачка у радном подручју машине која је детерминисана са крајњим прекидачима. Служи за калибрисање мерног система и у почетку рада са машином морамо довести алат у тачку R.

- **B – Почетна тачка алата (Begin point)**

Од ове тачке алат почиње са обрадом и у њој се врши измена алата. Није неопходно да буде дефинисана.

5. Практична реализација

У оквиру завршног рада извршена је практична реализација на *CNC* машини *DOOSAN TT 1800* (слика 12) у компанији “*PM Technik*” из Свилајнца где је израђен дистанцер кружног прстена. Поред саме израде обратка, коришћене су методе и процедуре у серијској производњи према *DIN* стандардима [6].

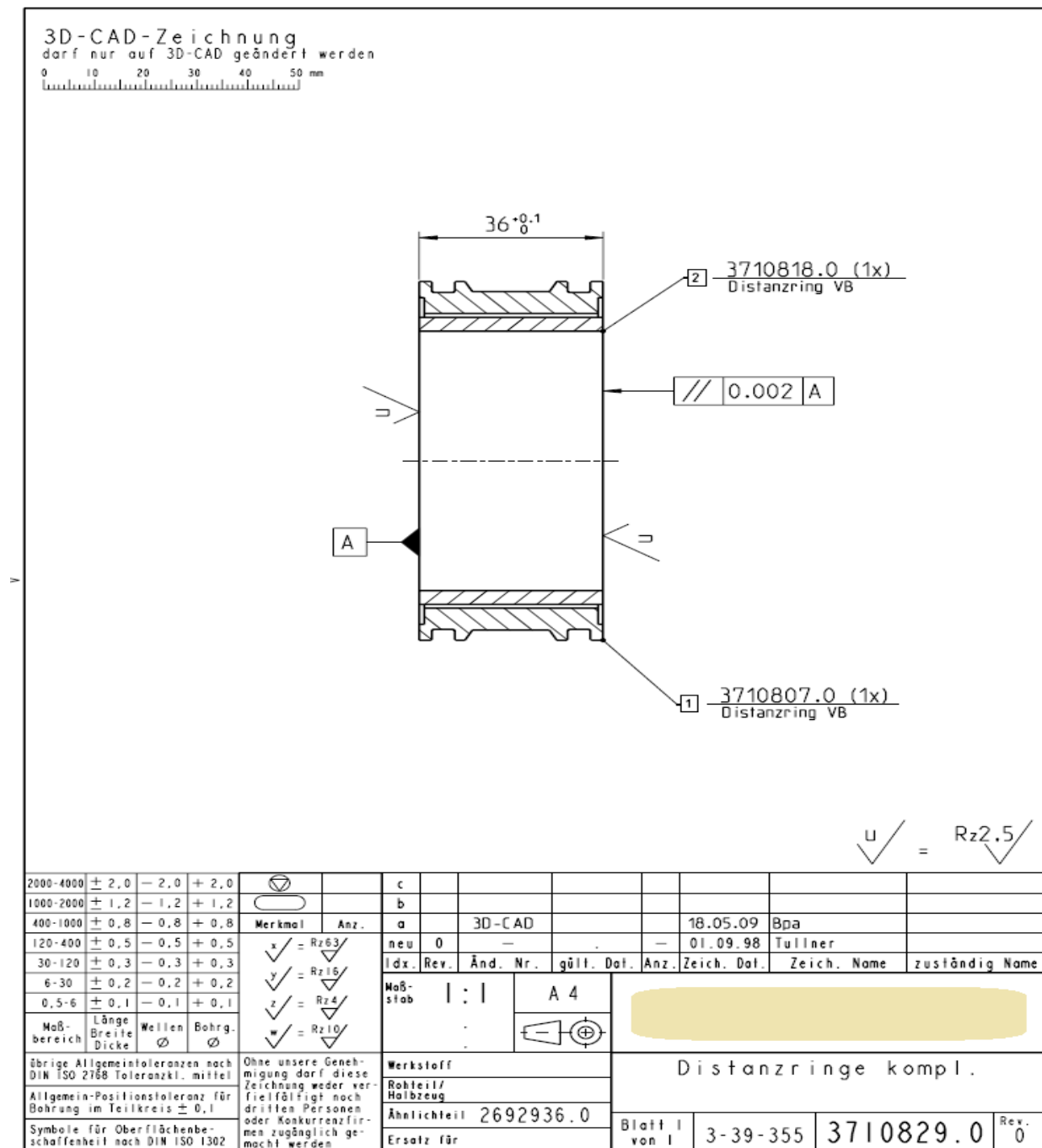


Слика 12. *CNC* машина *DOOSAN TT 1800*

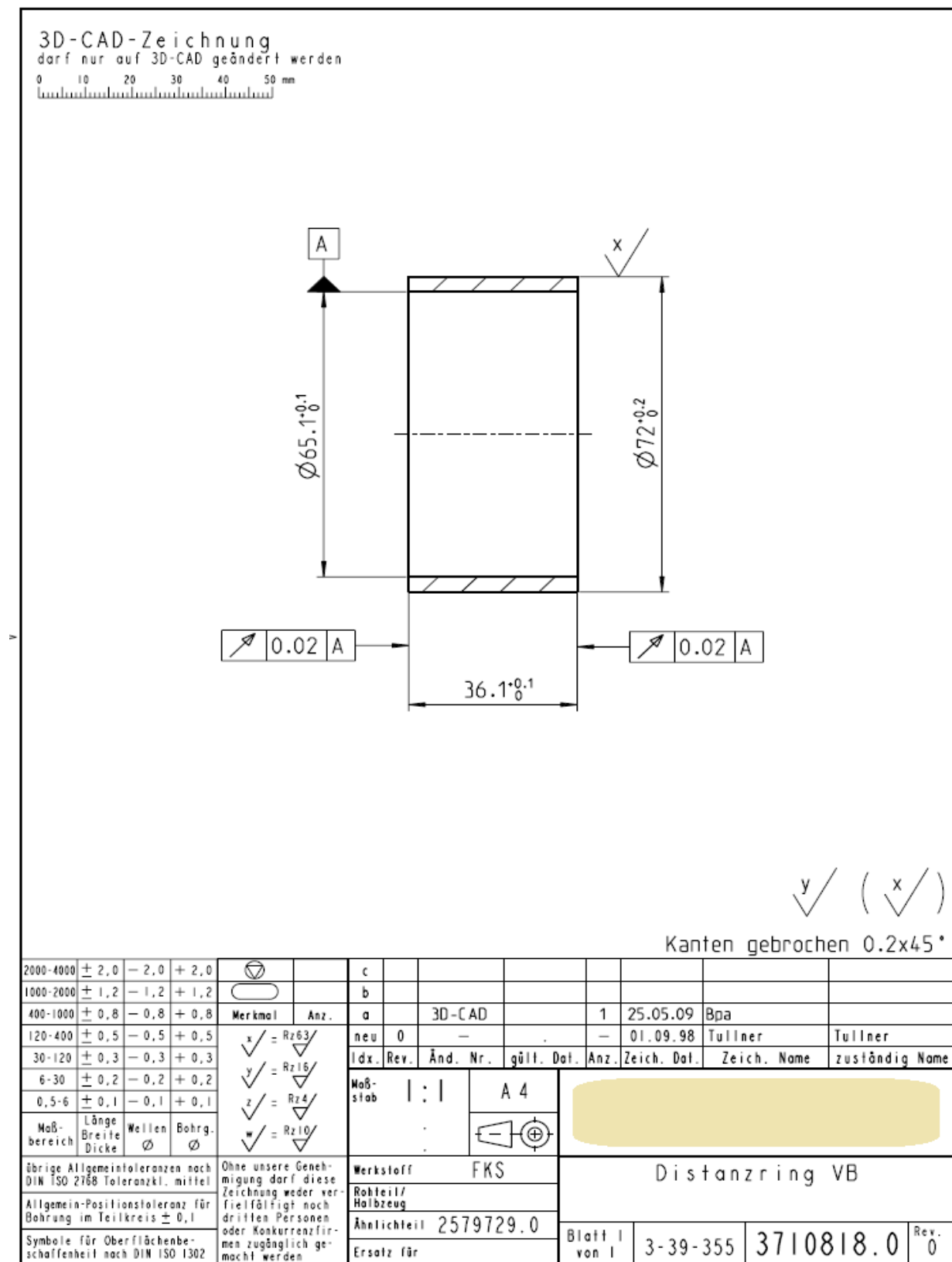
Сам поступак практичног рада ћемо представити у следећим корацима:

1. Израда техничке документације машинског дела

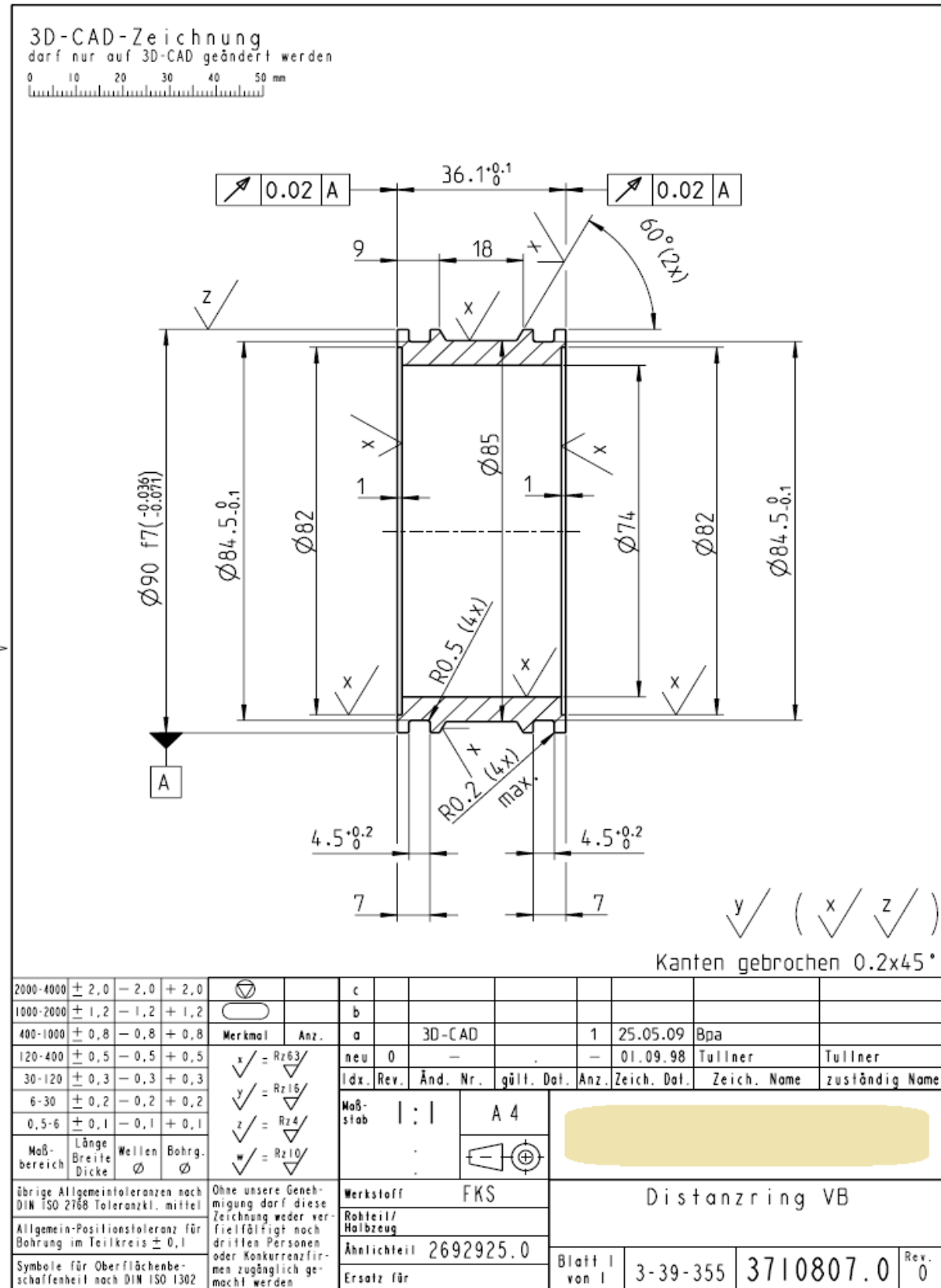
Коришћењем програмског пакета *MASTERCAM* урађен је 3D модел дела који је било потребно направити, а затим и техничка документација сваког појединачно која ја приказана на сликама 13,14,15.



Слика 13. Техничка документација за први обрадак



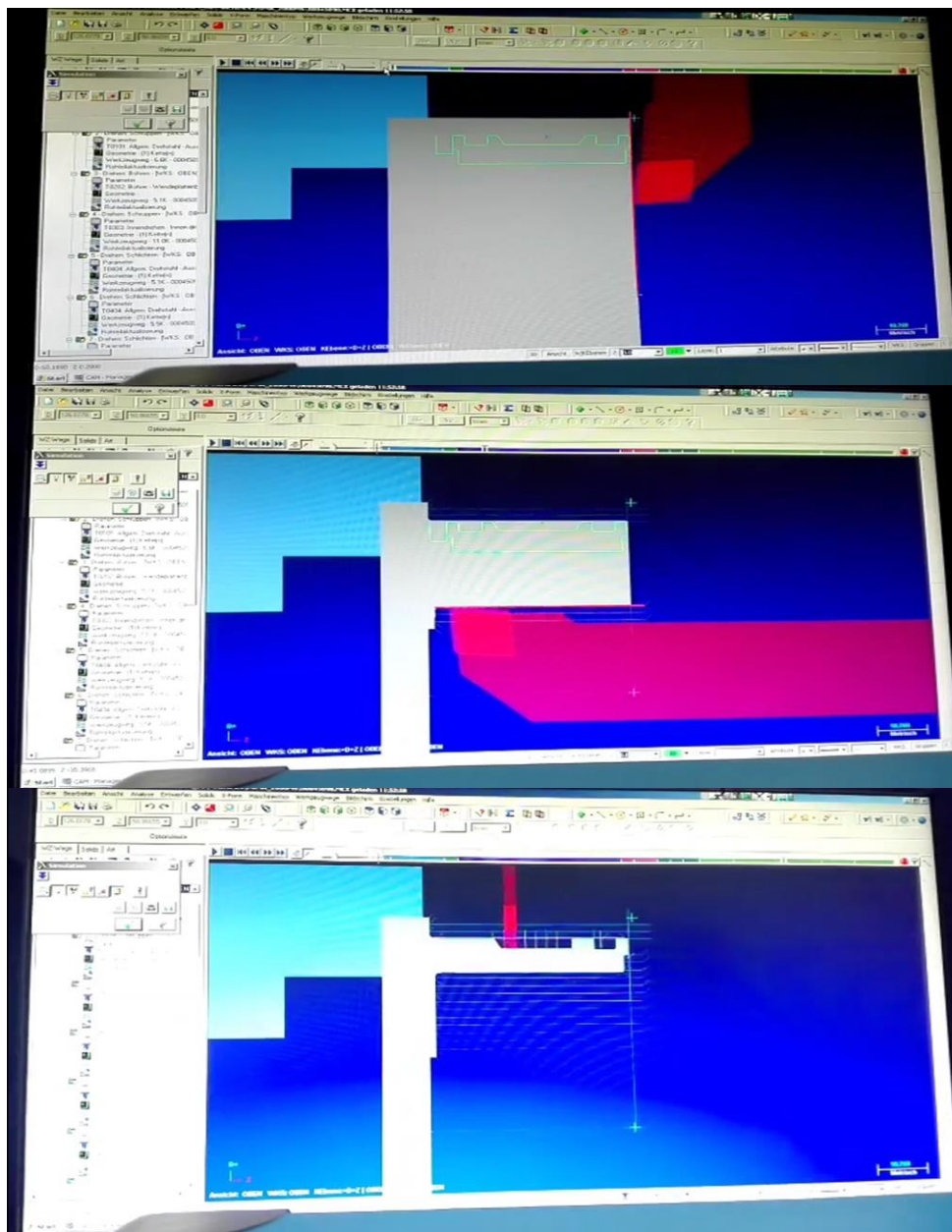
Слика 14. Техничка документација за други обрадак



Слика 15. Техничка документација за склоп

2. Покретање симулације рада машине

Из разлога уштете материјала, корекције параметара и провере самог програмског кода покренута је симулација рада машине (слика 16.) у коришћеном програмском пакету. Према тачним инструкцијама и програмерском коду симулација је пуштена у рад не би ли се посматрале главне карактеристике процеса израде. Са посебним фокусом на овај корак, као један од битнијих у методологији производње, вршене су одређене промене вредности параметра не би ли се добио што квалитетнији машински део.



Слика 16. Симулација рада CNC машине

3. Писање програмског кода

Након успешно обављене симулације и провере свих параметара долазимо до писања програма у софтверу *MASTERCAM*.

Код за први обрадак:

```
%
O0001 ({DISTANZRING})
(ZCH-NR    - {3710807})
(OP-NAME   - {1.OP})
(PROGRAMMIERER- {PROGRAMER})
(DATUM 17-10-16 ZEIT 12:12 )
(*****)
```

```
G50 S1500
G53 B0
```

```
N1
M62
G54 G40 G18
G28 U0
G28 W0
G50 S1500
T0101 (SPOLJNA GRUBA CNMG R0.8 )
G96 G99 G18 S150 M03
M24
M8
G0 Z0.2
X104.
G0 X104. Z0.2
G1 X-1.6 F0.2
G0 Z2.2
X96.631
Z4.9
G1 Z2.9
Z-39.839
X100.
X102.828 Z-38.425
G0 Z4.9
X93.262
G1 Z2.9
Z-39.839
X97.031
X99.859 Z-38.425
G0 Z4.9
X89.893
G1 Z2.9
```

Z-0.364
 G3 X90.349 Z-1. R1.
 G1 Z-3.
 Z-8.
 Z-9.95
 Z-27.95
 Z-29.75
 Z-34.75
 Z-36.75
 Z-39.839
 X93.662
 X96.49 Z-38.425
 M9
 M25
 G28 U0
 G28 W0
 M1

(*****)

N2
 M62
 G54 G40 G18
 G28 U0
 G28 W0
 G50 S800
 T0202 (BURGIJA SA PLOCICAMA D48)
 G97 G99 G18 S800 M03
 M24
 G0 Z5.2
 X0.
 Z2.2
 G1 Z-40. F0.5
 G0 Z5.2
 M9
 M25
 G28 U0
 G28 W0
 M1

(*****)

N3
 M62
 G54 G40 G18
 G28 U0
 G28 W0
 G50 S1500
 T0303 (UNUTRASNJA GRUBA SDUCR R08)
 G96 G99 G18 S150 M03
 M24
 M8

G0 Z4.314
X40.525
G0 X40.525
G1 X37.697 Z2.9 F0.2
Z-38.778
X34.
X31.172 Z-37.364
G0 Z4.314
X44.222
G1 X41.393 Z2.9
Z-38.778
X37.297
X34.468 Z-37.364
G0 Z4.314
X47.918
G1 X45.09 Z2.9
Z-38.778
X40.993
X38.165 Z-37.364
G0 Z4.314
X51.615
G1 X48.787 Z2.9
Z-38.778
X44.69
X41.862 Z-37.364
G0 Z4.314
X55.312
G1 X52.483 Z2.9
Z-38.778
X48.387
X45.558 Z-37.364
G0 Z4.314
X59.008
G1 X56.18 Z2.9
Z-38.778
X52.083
X49.255 Z-37.364
G0 Z4.314
X62.705
G1 X59.877 Z2.9
Z-38.778
X55.78
X52.951 Z-37.364
G0 Z4.314
X66.402
G1 X63.573 Z2.9
Z-38.778
X59.477
X56.648 Z-37.364
G0 Z4.314
X70.098
G1 X67.27 Z2.9

Z-38.778
 X63.173
 X60.345 Z-37.364
 G0 Z4.314
 X73.795
 G1 X70.966 Z2.9
 Z-38.778
 X66.87
 X64.041 Z-37.364
 G0 Z4.314
 X77.492
 G1 X74.663 Z2.9
 Z-1.056
 G2 X74.586 Z-1.093 R1.
 G1 X74.186 Z-1.293
 G2 X73.6 Z-2. R1.
 G1 Z-35.75
 Z-38.778
 X70.566
 X67.738 Z-37.364
 G0 Z4.314
 X81.188
 G1 X78.36 Z2.9
 Z-0.8
 X76.
 G2 X74.586 Z-1.093 R1.
 G1 X74.263 Z-1.254
 X71.435 Z0.16
 G0 Z4.314
 X84.885
 G1 X82.056 Z2.9
 Z-0.364
 G2 X81.64 Z-0.8 R1.
 G1 X77.96
 X75.131 Z0.614
 G0 Z1.45
 M9
 M25
 G28 U0
 G28 W0
 M1

(*****)

N4
 M62
 G54 G40 G18
 G28 U0
 G28 W0
 G50 S1500
 T0404 (SPOLJNA FINA R0.4)
 G96 G99 G18 S150 M03

M24
 M8
 G0 Z-1.731
 X92.543
 G0 X92.543
 G1 X89.715 Z-0.317 F0.1
 X89.315 Z-0.117
 G2 X88.749 Z0. R0.4
 G1 X80.4
 X83.228 Z1.414
 G0 X89.949
 Z1.8
 G1 Z-0.2
 Z-2.6
 Z-7.6
 Z-9.55
 Z-27.55
 Z-29.35
 Z-34.35
 Z-36.35
 Z-38.271
 X92.777 Z-36.857
 M9
 M25
 G28 U0
 G28 W0
 M1

(*****)

N5
 M62
 G54 G40 G18
 G28 U0
 G28 W0
 G50 S1500
 T0505 (UNUTRASNJA FINA SDUCR R0.4)
 G96 G99 G18 S150 M03
 M24
 M8
 G0 Z1.297
 X85.463
 G0 X85.463
 G1 X82.634 Z-0.117 F0.1
 X82.234 Z-0.317
 G2 X82. Z-0.6 R0.4
 G1 Z-1.
 X79.172 Z0.414
 G0 X71.406
 Z-2.731
 G1 X74.234 Z-1.317
 X74.634 Z-1.117

G3 X75.2 Z-1. R0.4
 G1 X82.
 X79.172 Z0.414
 G0 X77.463
 Z0.297
 G1 X74.634 Z-1.117
 X74.234 Z-1.317
 G2 X74. Z-1.6 R0.4
 G1 Z-37.95
 X71.172 Z-36.536
 G0 Z1.25
 M9
 M25
 G28 U0
 G28 W0
 M1

(*****)

N6
 M62
 G54 G40 G18
 G28 U0
 G28 W0
 G50 S800
 T0606 (SPOLJNE UKOPAVANJE 3mm)
 G96 G99 G18 S80 M03
 M24
 M8
 G0 Z-5.5
 X93.949
 G0 X93.949
 G1 X85.41 F0.08
 G0 X93.949
 Z-6.9
 G1 X85.41
 X85.818 Z-6.696
 G0 X93.949
 Z-3.766
 X92.777
 G1 X89.949 Z-5.18
 G3 X89.509 Z-5.4 R0.22
 G1 X85.41
 G2 X84.45 Z-5.88 R0.48
 G1 Z-6.52
 G2 X85.41 Z-7. R0.48
 G1 X89.509
 G3 X89.949 Z-7.22 R0.22
 G0 X92.777
 X93.949
 Z-20.709
 G1 X85.2

G0 X93.949
Z-18.591
G1 X85.2
X85.624 Z-18.802
G0 X93.949
Z-22.828
G1 X85.2
X85.624 Z-22.616
G0 X93.949
Z-16.472
G1 X85.2
X85.624 Z-16.684
G0 X93.949
Z-24.947
G1 X85.2
X85.624 Z-24.735
G0 X93.949
Z-14.353
G1 X85.2
X85.624 Z-14.565
G0 X93.949
X92.984
Z-27.243
G3 X89.949 Z-27.043 R2.
G1 X85.2 Z-25.672
Z-24.947
X85.624 Z-24.735
G0 X93.949
X92.984
Z-12.057
G2 X89.949 Z-12.257 R2.
G1 X85.2 Z-13.628
Z-14.353
X85.624 Z-14.565
G0 X93.949
Z-10.733
X92.757
G1 X89.929 Z-12.147
X85. Z-13.57
Z-25.726
X85.3 Z-25.576
G0 X92.757
Z-28.567
G1 X89.929 Z-27.153
X85.041 Z-25.742
X85.341 Z-25.592
G0 X92.757
X93.949
Z-32.25
G1 X85.41
G0 X93.949
Z-33.65

G1 X85.41
X85.818 Z-33.446
G0 X93.949
Z-30.516
X92.777
G1 X89.949 Z-31.93
G3 X89.509 Z-32.15 R0.22
G1 X85.41
G2 X84.45 Z-32.63 R0.48
G1 Z-33.27
G2 X85.41 Z-33.75 R0.48
G1 X89.509
G3 X89.949 Z-33.97 R0.22
G0 X92.777
X93.949
Z-39.25
G1 X79.735
G0 X93.949
Z-39.389
G1 X79.735
X79.81 Z-39.352
G0 X93.949
Z-38.944
X93.937
G1 X89.937
X89.537 Z-39.144
X89.509 Z-39.15
X82.36
X79.535
Z-39.489
X79.835 Z-39.339
G0 X93.949
Z-39.489
G1 X89.949
X79.535
X79.835 Z-39.339
G0 X93.937
M9
M25
G28 U0
G28 W0
M1

M30
%

Код за други обрадак:

```
%
O0002 ({DISTANZRING})
(KANAL OBEN)
(ZCH-NR    - {3710818})
(OP-NAME    - {1.OP})
(PROGRAMMIERER- {PROGRAMER})
(DATUM 17-10-16 ZEIT 12:23 )
(*****)
```

G50 S1500

G53 B0

N1

M62

G54 G40 G18

G28 U0 V0

G28 W0

G50 S1500

T0101 (SPOLJNA GRUBA CNMG R0.8)

G96 G99 G18 S150 M03

M24

M8

G0 Z0.2

X79.

G0 X79. Z0.2

G1 X-1.6 F0.1

G0 Z2.2

X72.044

Z4.9

G1 Z2.9 F0.25

Z-0.364

G3 X72.5 Z-1. R1.

G1 Z-36.75

Z-38.778

X75.

X77.828 Z-37.364

M9

M25

G28 U0 V0

G28 W0

M1

(*****)

N2

M62

G54 G40 G18

G28 U0 V0

G28 W0
 G50 S600
 T0202 (BURGIJA SA PLOCICAMA D48)
 G97 G99 G18 S600 M03
 M24
 M8
 G0 Z5.2
 X0.
 Z2.2
 G1 Z-42. F0.12
 G0 Z5.2
 M9
 M16
 M25
 G28 U0 V0
 G28 W0
 M1

(*****)

N3
 M62
 G54 G40 G18
 G28 U0 V0
 G28 W0
 G50 S1500
 T0303 (UNUTRASNJA GRUBA SDUCR R0.8)
 G96 G99 G18 S150 M03
 M24
 M8
 G0 Z4.314
 X40.729
 G0 X40.729
 G1 X37.901 Z2.9 F0.2
 Z-38.75
 X34.
 X31.172 Z-37.336
 G0 Z4.314
 X44.63
 G1 X41.802 Z2.9
 Z-38.75
 X37.501
 X34.672 Z-37.336
 G0 Z4.314
 X48.531
 G1 X45.702 Z2.9
 Z-38.75
 X41.402
 X38.573 Z-37.336
 G0 Z4.314
 X52.432
 G1 X49.603 Z2.9

Z-38.75
 X45.302
 X42.474 Z-37.336
 G0 Z4.314
 X56.332
 G1 X53.504 Z2.9
 Z-38.75
 X49.203
 X46.375 Z-37.336
 G0 Z4.314
 X60.233
 G1 X57.405 Z2.9
 Z-38.75
 X53.104
 X50.276 Z-37.336
 G0 Z4.314
 X64.134
 G1 X61.306 Z2.9
 Z-38.75
 X57.005
 X54.176 Z-37.336
 G0 Z4.314
 X68.035
 G1 X65.206 Z2.9
 Z-0.364
 G2 X64.75 Z-1. R1.
 G1 Z-38.75
 X60.906
 X58.077 Z-37.336
 G0 Z1.45
 M9
 M16
 M25
 G28 U0 V0
 G28 W0
 M1

(*****)

N5
 M62
 G54 G40 G18
 G28 U0 V0
 G28 W0
 G50 S1500
 T0505 (SPOLJNA FINA R0.4)
 G96 G99 G18 S150 M03
 M24
 M8
 G0 Z-1.731
 X74.694
 G0 X74.694

G1 X71.866 Z-0.317 F0.1
 X71.466 Z-0.117
 G2 X70.9 Z0. R0.4
 G1 X61.55
 X64.378 Z1.414
 G0 X72.1
 Z1.8
 G1 Z-0.2
 Z-37.95
 X74.928 Z-36.536
 M9
 M16
 M25
 G28 U0 V0
 G28 W0
 M1

(*****)

N6
 M62
 G54 G40 G18
 G28 U0 V0
 G28 W0
 G50 S1500
 T0606 (UNUTRASNJA FINA SDUCR R0.4)
 G96 G99 G18 S150 M03
 M24
 M8
 M7
 G0 Z1.297
 X68.613
 G0 X68.613
 G1 X65.784 Z-0.117 F0.1
 X65.384 Z-0.317
 G2 X65.15 Z-0.6 R0.4
 G1 Z-37.95
 X62.322 Z-36.536
 G0 Z1.25
 M9
 M16
 M25
 G28 U0 V0
 G28 W0
 M1

(*****)

N4
 M62
 G54 G40 G18
 G28 U0 V0

G28 W0
 G50 S1000
 T0404 (SPOLJNE UKOPAVANJE 3mm)
 G96 G99 G18 S100 M03
 M24
 M8
 G0 Z-38.7
 X84.003
 G0 X84.003
 G1 X65.65 F0.08
 G0 X84.003
 Z-39.979
 G1 X65.65
 X65.961 Z-39.824
 G0 X84.003
 Z-38.391
 X75.983
 G1 X71.983
 X71.583 Z-38.591
 G3 X71.3 Z-38.65 R0.2
 G1 X65.55
 Z-39.529
 X65.8 Z-39.654
 G0 X84.003
 Z-40.029
 G1 X80.003
 X65.55
 Z-39.529
 X65.8 Z-39.404
 G0 X75.983
 Z-38.65
 X73.55
 G1 X69.55 F0.1
 X-0.4
 X3.6
 G0 X69.55
 X74.7
 M9
 M16
 M25
 G28 U0 V0
 G28 W0
 M1

M30
 %

4. Провера израђеног дела

Финални део реализације завршног рада представљен је на слици 17.



Слика 17. Добијени обрадак кружног пристена

6. Закључак

Израда различитих обрадака уз помоћ CNC машина имају примену и широко се користе како у различитим врстама истраживања тако и у мноштву грана производне индустрије и серијске производње. Дугорочна испитивања, константна унапређења и оптимизације ове гране инжењерства допринеле су постојању данашњих савремених погона. Усавршени су производни процеси, знатно повећала тачност израде једноставних али и сложенијих геометријских модела и формирање различите комерцијалне платформе за обуку стручног кадра и младих истраживача.

Кроз израду завршног рада описане су карактеристике и вршено упоређивање рада класичних и CNC машина при чему се јасно увидео напредак у овој грани. Детаљно су анализирани принципи функционисања и начина програмирања истих са освртом на савременије методе.

Поред теоретског дела у оквиру рада је спроведена практична реализација у компанији “*PM Technik*” где је урађен физички модел обрадка, при чему су научени фундаменти функционисања самог производног процеса. Такође, користећи се адекватним софтверима имплементиране су и методе из области животног циклуса производа.

7. Литература

- [1] Computer Numerical Control (CNC), *Industrial Centre, The Hong Kong Polytechnic University* 2009.
- [2] Krar S., Gill A. (2012): Computer Numerical Controls Programming Basics, Industrial Press Inc. New York City
- [3] Nanfara F., Ucello T., Murky D. (2002): The CNC Workshop
- [4] [https://en.wikipedia.org/wiki/Milling_\(machining\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Milling_(machining)) приступљено 25.10.2016.
- [5] Smid P. (2012): CNC Programming Techniques, Industrila Press Inc. New York
- [6] Техничка документација тренутне производње компаније ‘*PM Tecnick*’ ажурирана 10.15.2016.