

Факултет инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу



Назив студијског програма: Машинско инжењерство

Ниво студија: Основне академске студије

Модул: Производно машинство

Предмет: Машине алатке

Број индекса: 37/2014

Александра З. Васић

***CNC Coto* машине за обраду плочастих
материјала**

завршни рад

Комисија за преглед и одбрану:

1. **др Богдан Недић, ред. проф. -- ментор**

2. _____

3. _____

Датум одбране: _____

Оцена: _____

Резиме:

У почетку рада приказане су основе CNC машине, историјски развој и њене основне карактеристике. Такође, дати су општи појмови управљачке јединице као и основе програмирања. У наставку рада приказан је опис CNC Сомо машине за обраду плочастих материјала, њене основне карактеристике као и њено програмирање. На крају рада дат је пример једног рекламног производа који је обрађен на CNC Сомо машини.

Кључне речи: CNC, машине, CNC Сомо машине, програмирање, плочасти материјали.

Abstract:

At the beginning of the paper are presented the basics of CNC machines, historical development and its basic characteristics. Also, general terms of the control unit as well as the basics of programming are given. The following is a description of the CNC Como machine for the processing of plate materials, its basic characteristics and its programming. At the end of the work is given an example of one advertising product that is processed on the CNC Como machine.

Key words: CNC, machines, CNC Como machines, programming, sheet materials.

У оквиру овог завршног рада кандидат треба да:

- Да основе CNC машине, њен историјски развој и карактеристике.
- Опише управљачку јединицу
- Прикаже програмирање на CNC машини
- Да детаљан опис CNC Сомо машине за обраду плочастих материјала
- Да пример обраде на CNC Сомо машини

Препоручена литература:

- [1] Горан Девеџић: „CAD/CAM технологије“, Машински факултет у Крагујевцу, Крагујевац 2009.
- [2] Богдан Недић: Наставни материјал, Машински факултет Крагујевац, Крагујевац 2008.
- [3] Здравко Блажевић: „Програмирање CNC струга и глодалице“, у Вировитици 2004.
- [4] Документација Сомо предузећа, Јагодина

Крагујевац, септембар 2018.

ментор:

Проф. др Богдан Недић

Садржај:

1. Увод.....	4
2. CNC машине.....	6
2.1 Историја и развој CNC машине.....	6
2.2 Карактеристике CNC машине	9
3. Управљачке јединице.....	12
4. Програмирање CNC машине.....	18
4.1 План обраде.....	20
4.3 Координатни систем.....	21
4.4 Референтне тачке	22
4.5 Мерни системи.....	23
4.6 Избор припремака.....	23
4.7 Израда плана алата	24
4.9 Потпрограм	26
5. Опис CNC Сомо машине за обраду плочастих материјала	27
5.1 Рутер машине	27
5.2 Карактеристике CNC Сомо машине	33
5.3 Програмирање CNC Сомо машине	38
6. Пример обраде Chanel рекламног производа на CNC Сомо машини	40
7.Закључак.....	45
8.Литература:	46

1. Увод

СОМО је по имену и датуму оснивања веома млада фирма (основана 2005. године), али њени почеци производње намештаја датирају из 1995. године. Тада је то била мала радионица за израду намештаја по наруџбини а сада, *СОМО* је мала фабрика опремљена високо продуктивним *CNC* машинама за обраду плочастих материјала. Фирма се налази у индустријској зони у Јагодини и смештена је у сопственим објектима укупне површине 6.000м², тренутно запошљава 90 радника.

По угледу на реномиране светске произвођаче овакве врсте намештаја, у фирми је усвојен савремен систем пословања и уложени су максимални напори да наши производи задовоље све потребне карактеристике, а пре свега квалитет, функционалност и дизајн. У циљу постизања повољне цене производа и подизања квалитета на највиши могући ниво у овој фирми се прате сви светски технолошки трендови, тако да њихови производи веома брзо проналазе пут до купаца.

- серијска производња намештаја од плочастих материјала
- дизајн и опремање ентеријера и производња намештаја по наруџбини
- дизајн и уређење сајамских поставки

Да би се што више приближили купцима, који у серијском програму не пронађу елементе по свом укусу и који немају конкретну идеју, запослени у студију за дизајн и пројектовање помоћи ће им да свој простор уредите најбоље могуће. *СОМО* Студио је опремљен савременом компјутерском опремом а запослени у овом одељењу су школовани и креативни кадрови. Основни задаци запослених у студију су дизајн и пројектовање намештаја и дизајн ентеријера, а поред тога доста пажње је усмерено на контролу процеса производње, контролу квалитета готових производа као и комуникацију са тржиштем.

СОМО већ три године за редом успешно учествује на сајмовима намештаја у Београду, Бања Луци, Сарајеву и Скопју. У плану је учешће на сајмовима и у осталим земљама окружења.



Слика 1: CNC машина COMO

У оквиру овог завршног рада у другом поглављу је приказан историјски развој *CNC* машине као и њене основне карактеристике, предности и недостаци.

У трећем поглављу описане су основне карактеристике управљачке јединице.

У четвртом поглављу је описано програмирање *CNC* машине, карактеристичне тачке машине, преглед уводних, основних и помоћних функција.

У петом поглављу је дат опис *CNC Como* машине за обраду плочастих материјала.

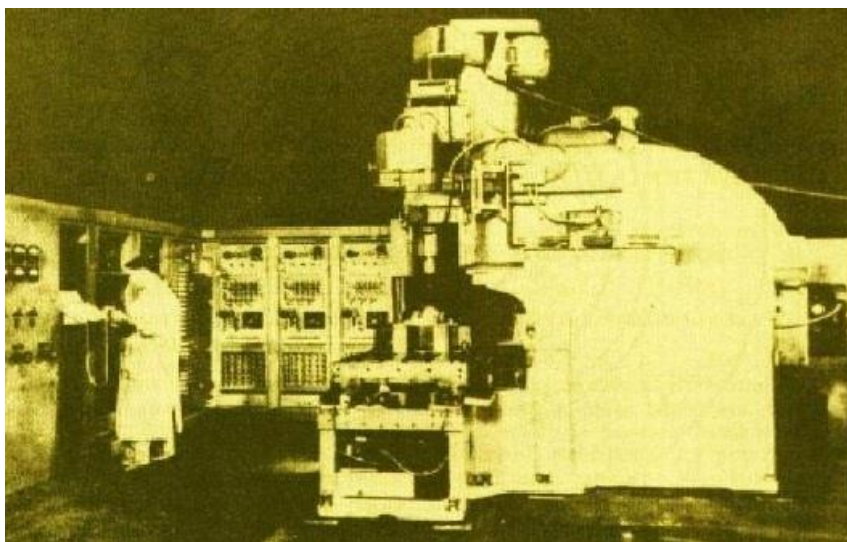
У шестом поглављу је приказан један опис и пример обраде на *CNC Como* машини.

На крају рада дат је закључак и литература.

2. CNC машине

2.1 Историја и развој CNC машине

Машинска обрада метала постаје актуелна у време индустријске револуције и у Енглеској се 1775. год. појављује прва машина која се користила за обраду цилиндара парних машина. Инветор је био Џон Вилкинсон (John Wilkinson). Нешто касније, године 1818., Ели Витни (Eli Whitney) израђује глодалицу у Америци. Иновација је коришћена за израду пушака за потребе државе. Прва алатна нумеричка машина је направљена у Америци почетком 50-тих година уз помоћ научника МИТ-а (Massachusetts Institut of Technology). Оно што је било ново то је увођење електронског управљања помоћу тзв. управљачке јединице у коју се програм уносио преко бушене папирне траке. Управљачка јединица је тада била већа него што је сама машина.



Слика 2.1: Прва NC машина

После неког времена осовина Витнијеве машине је од хоризонталне постала вертикална и тако је било могуће померати и обрађивати материјал у X, Y и Z осама. Године 1952. Џон Парсонс приказује прву NC (Numeric Control) глодалицу. Он је поставио серво моторе на X и Y осу, контролисане путем компјутера који је читао бушене картице. Тако је рођена NC технологија односно прва NC глодалица.

NC машине се у почетку нису толико користиле, све до почетка 1960-тих. Оно што је утицало на њихов развој је чињеница да је у то време настала изражена потреба за производњом све софистициранијих производа у већим серијама, уз истовремено одржив висок квалитет. Нова машина је била увођење електричног прављања помоћу тзв. **УПРАВЉАЧКЕ ЈЕДИНИЦЕ** у коју се програм уносио преко бушене папирне траке. Инжењери су писали програме помоћу рачунара, пребацивали их на папирне траке уз помоћ тзв. бушача траке, а затим носили до машине и читавали их у управљачку јединицу помоћу читача траке. Поред свега доброг што је донело у индустријској пракси, јављали су се и бројни проблеми. Међу њима су и велика оштећења бушене траке, отежано чување и складиштење, немогућност провере исправности програма пре пуштања у рад, итд. У односу на конвенционалне машине значајна је промена била увођење засебних истосмерних мотора за погон главног вретена и супорта.

CNC (Computer Numerical Control) технологија се сваке године развија и при томе се јављају нова унапређења. Ово важи како за софтверски тако и за хардверски део. Некада, ова технологија је била доступна само неким великим компанијама, али данас је доступна скоро свима, јер се хиљаде машина заснива на CNC технологији. CNC у преводу значи компјутерско нумеричко управљање машинама, тј програмирање машина као што су глодалице, стругови, обрадни центри помоћу рачунара. CNC машине су данас све више присутни у индустрији. Самим тим расте и потреба за запошљавање стручних лица, који су примерено и стручно оспособљене програмирати обраду одвајањем. Образовање за програмирање CNC стројева обављају средње школе и високошколске установе.

CNC машине (computer numerical control) су машине контролисане помоћу компјутера односно одговарајућег рачунарског програма. Састоје се од машине (глодалица, струг, рутер), одговарајућег мотора, драјвера, РС рачунара и софтверског пакета. Област њихове примене је веома широка. Могу се користити за обраду дрвета, метала, пластике, камена, стакла, гравирање, израду алата, моделирање.

Компјутерски управљани стругови су најчешће примењиване алатне машине у индустрији обради метала резањем и, као такви, сврставају се у машине за основне обраде. На основу података, године 1980. од укупно произведених алатних машина са компјутерским управљањем 45% су били CNC стругови.

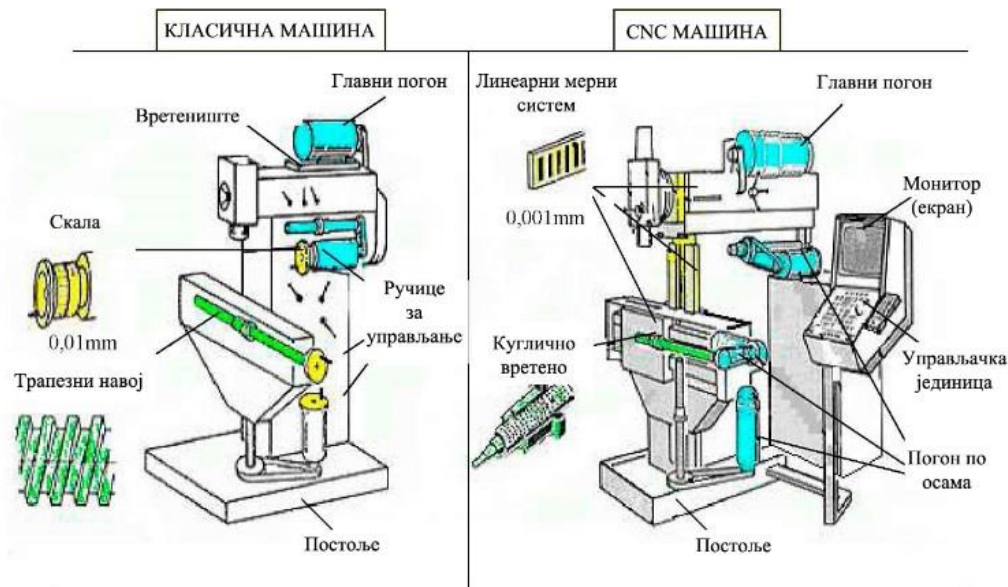
Прве управљачке јединице биле су без компјутера и називале су се NC управљачке јединице (Numerical Control), а будући да се програм састојао од бројева и слова, па због тога и носе назив Нумеричко управљање. Данашње управљачке јединице прављене су на принципу коришћења микропроцесора тј. малог електричног рачунара који може програмирати и тиме остварити процес нумеричког управљања. Због тога се такве управљачке јединице зову CNC (Computer Numerical Control) управљачке јединице.

Показало се да велике серије нису проблем, али пад или нестабилност квалитета јесте (томе су у највећој мери доприносили људски фактори). Мањи утицај људи на извођење производних операција могао се остварити једино подизањем нивоа аутоматизације, а у том периоду је примена рачунара у те сврхе све више узимала маха.

Развојем NC машина постигнути су основни циљеви:

- повећање продуктивности,
- подизање нивоа квалитета и тачности делова,

Микропроцесор у свакој машини чита програм, написан у Г-коду, који креира корисник и изводи задате операције. Персонални компјутери се користе за дизајн делова и писање програма. Програми се пишу мануалним укуцавањем Г-кода или коришћењем САМ софтвера (Computer Aided Manufacturing)



Слика 2.2: Разлика између класичне и CNC машине

Као што се на слици види основне разлике између ових машина су у следећем:

- Погон машине - код класичних машина ради се о заједничком погону тј. Један мотор погони и главно вретено и остала кретања радног стола, док код CNC машина постоји један главни мотор за погон главног вретена, а померања по осама остварују посебни истосмерни мотори
- Управљање машином - изводи се код класичних машина ручно или машински преко ручица за управљање док CNC машине имају управљачку јединицу (тастатура и екран) и раде аутоматски преко програма
- Мерни састав машине - састоји се од скале са нонијусом (класична машина) или прецизнијег линеарног система мерења (CNC машина).
- Помак радног стола - остварује се трапезним навојем или кугличним навојним вретеном (CNC машина).

Ниво и управљања:

- управљање по тачки (истовремено кретање само по једној оси - нпр. Операција бушења)
- управљање по кривој у равни (истовремено кретање по два осе)
- управљање по просторној кривој (истовремено кретање по најмање 3 осе -нпр Просторно закривљене плоча - нпр. Лопатице турбине)

2.2 Карактеристике CNC машине

Под појмом CNC технологија подразумева се начин на који CNC машина ради тј. шта је све потребно да би машина у потпуности задовољавала своју улогу у производном процесу. За разумевање рада на CNC машини потребно је знати и неке њихове главне карактеристике, неопходне како би се схватио један CNC обрадни центар.

CNC систем – систем рачунарског нумеричког управљања који поседују управљачки систем базиран на software-у, а представљају системе са флексибилном логиком. То практично значи да се програм може изменити у току његове реализације, ако за то постоји потреба. Овакав режим рада алатних машина је условљен развојем микроелектронике и рачунарства, почевши од 70-их година 20. века.

CNC машине алатке – машине које се састоје из погонског, кинематског, управљачког, мерног система и носеће структуре, а које представљају усавршене конструкције конвенционалних машина алатки, јер обављају елементарне операције машинске обраде резањем, попут конвенционалних машина

Најосновније карактеристике CNC машина:

- могућност обраде најсложенијих машинских делова,
- висока продуктивност,
- велика брзина рада због повећаних режима рада,
- робуснија конструкција машине,
- боље вођење (нпр. Куглично навојно вретено), што резултује већом прецизношћу (0.001мм)
- обилно подмазивање и хлађење алата (до 100 л/мин и више) чиме се продужује век трајања алата
- кориштење најквалитетнијих алата

На CNC струговима могу се вршити обраде:

- Стругањем,
- бушењем,
- резањем навоја и
- развртањем.

CNC обрадни центри су много бољи али и популарнији од бушила и глодалица углавном због своје флексибилности. Њихова главна предност је у томе што имају могућност да неколико скупова различитих операција да се изврше уз само једно учвршћивање обратка у машину без мукотрпних измена и подешавања. Флексибилност је повећана аутоматским мењањем алата, минималним празним ходом, ротацијским покретима код додатних оса и низом других могућности. CNC обрадни центри могу бити опремљени са посебним програмом који контролише брзину и количину одвајања струготине, животни век резног алата, минималним празним ходом и друга унапређења у производњи. CNC машине могу бити састављене са другим слично опремљеним машинама у флексибилну обрадну целину. Таква целина може много више урадити него једна засебна машина. Скуп од 20 или 30 машина назива се Флексибилни обрадни систем. Ови системи могу одрадити стотине различитих делова у исто време, са мало људске интервенције. Такви системи врло су ретки и могу се рентабилно користити у изузетно великим индустријским погонима, међутим добро конципирана решења CNC обрадних центара са појединачном обрадом (комади се обрађују један по један) могу производити више различитих производа са готово неограниченим бројем различитих елемената уз аутоматски приказ у положају обраде.

➤ Предности CNC машина

1. Прилагодљивост (Машина може израђивати већу или мању серију производа или само један производ, а након тога се једноставно учита други програм и израђује се други производ.)
2. Могућност израде врло сложеног облика (Израда тродимензионалних сложених облика на класичним стројевима је скупа, а понекад и немогућа. Употреба CNC строја омогућује израду, а тиме и конструирање и таквих сложених облика и производа које прије није било економично производити.)
3. Тачност и поновљивост (Помоћу CNC строја могуће је произвести велику количину (1 00, 1 000 или више) потпуно једнаких производа ођедном или повремено. Разлике које могу настати међу производима обично су занемариве, а настају због трошења алата и делова машине. На класичним машинама то није могуће. Дио производа чак неће задовољити ни потребну квалитету.)
4. Смањење или потпуно уклањање трошкова складиштења (Да би задржали своју функцију, машине је потребно редовито одржавати. Након одређеног времена поједине делове је потребно заменити. Те делове мора осигурати

произвођач машине. Ако делове израђује на класичним машинама, произвођач их мора произвести и ускладиштити како би их након пет или више година доставио купцу. Држање докнадних делова на складишту чини трошак. Неки од тих делова се никад и не испоручује купцу јер се дизајн машине у међувремену промени па делови постану застарели.)

5. Смањење припремно-завршних времена и трошка израде (При употреби класичних машина често су потребне специјалне направе за позиционирање предмета те шаблоне за вођење алата по контури. Израда направи је трошак, а време до почетка производње производа продужује се за време израде направи. За CNC машине то није потребно јер се алат води микропроцесором по било којој сложеној путањи.)
6. Мали захтеви за вештинама оператера (Оператери CNC машине требају знати поставити предмет у машину, поставити, измерити и изменити одговарајуће алате те се користити одговарајућим CNC програмом. То су углавном мањи захтеви за вештине и знања него што их треба имати оператер на класичним машинама који треба знати водити извршавање појединачних операција обраде.)
7. Једноставнији алати (На CNC машинама алати су стандардизирани те обично нема потребе за употребом специјалних алата или ручно израђених.)
8. Стварање услова за тачну реализацију планова производње и повећање продуктивности (Применом CNC машина за израду већих серија могуће је врло прецизно планирање производње, резултат су пуно мањи губитци производног времена, а тиме и већа продуктивност израде.)
9. Смањење времена потребног за контролу тачности.

➤ **Недостаци CNC машина**

1. Потреба програмирања CNC машине (Програмери су високо образовани појединци који морају имати специјалистичка знања из више подручја. Таквих појединаца нема много па су врло добро плаћени.)
2. Високи трошкови одржавања (CNC машине су врло сложена. Машина се мора редовно одржавати како би задржао своје предности, а посебно тачност. За одржавање су потребна знања из електронике... Због тога и то особље мора бити добро плаћено.)
3. Неисплативост израде једноставних предмета (Предмете једноставне геометрије у појединачној производњи или малим серијама често је јефтиније и брже изградити на класичној машини у траженом квалитету. За њих није потребно писати програм, тестирати га и тек онда израђивати производ.)

3. Управљачке јединице

Управљачка јединица је најважнији али и најсложенији део нумерички управљане машине, заједно са погонским и мерним системом управља процесом обраде. Осим нивоом управљања и различитим могућностима с' обзиром на то који су могући носиоци информација, управљачка јединица се карактеришу и :

- бројем управљивих оса,
- обликом управљања,
- софтерским функцијама.

Кретањем се на **CNC** машинама управља помоћу управљачког система – управљачке јединице и електронског система за спровођење сигнала. Управљачка јединица читава и декодира програм дела, доставља наредбе управљачким петљама за кретање по осама машине и за управљање помоћним операцијама на машини. Управљачки систем представља скуп међусобно повезаних подсистема, који изводе задатке оператера конвенционалних машина алатки.

Управљачке јединице се разликују према облику управљања који подржавају:

- координатно управљање,
- линијско управљање,
- контурно управљање.

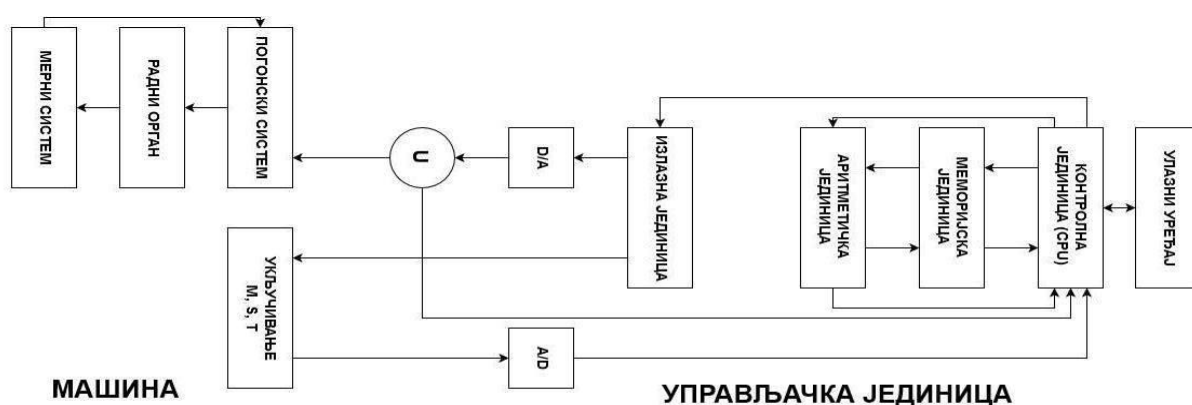
Координатно управљање се примењује при обради бушењем, тачкастом заваривању и слично, јер није битно којим путем ће алат стићи у жељену позицију. Карактеристично је за овај начин програмирања је што алат при промени позиције тачке није у захвату са материјалом.

Линијско управљање примењује се при обради стругањем или глодањем једноставних радних предмета за чију обраду је довољно кретање алата само паралелно са координатим системом.

Према методи програмирања они могу бити:

- системи са апсолутним програмирањем
- системи са инкременталним програмирањем.

Управљачка јединица нумерички управљане машине састоји се од низа електронских компонената које раде на дигиталном принципу. По својој структури и функцијама врло је слична било ком другом рачунару. Задатак рачунара је да чита програм, сачува, обради и изда информације. Сличне задатке има и управљачка јединица, па се може рећи да је и ово рачунар али специјалне намене.



Слика 3: Активности управљачке јединице

Контролна јединица (централни процесор) управљачке јединице је њен најважнији део, који управља радом свих осталих делова. Подаци (програм) се уносе у управљачку јединицу преко различитих уређаја за уношење програма, а исправност уноса контролише контролна јединица.

Аритметичка јединица обрађује податке и враћа их контролној јединици да би их она проследила излазној јединици. У излазну јединицу доспевају дигиталне информације где добијају значење наредби (сигнал) који даље могу бити захтеване у дигиталном или аналогном облику.

Управљачка јединица се састоји из неколико основних модула

- управљачког,
- модула за геометрију,
- модула за регулацију,
- модула за комуникацију и слично.

Компјутер омогућава аутоматско одвијање свих функција у обрадним процесима, при чему се активности везане за технолошки процес морају реализовати ван обрадних система или машина у технолошкој припреми.

Садржај и реализација одређених етапа технолошке припреме за програмирање **CNC** машина у много чему имају сличности са разрадом технолошког поступка на конвенционалним машинама. Независно од облика програмирања, **CNC** машина податке прихвата у кодираном облику и на основу таквих информација обавља аутоматску обраду неког елемента. Информације се односе на главна и помоћна кретања, укључивања и искључивања извршних уређаја машине, стартовање и заустављање програма, измене алата и обратка, итд. То значи да проблеме везане за обраду предмета треба решавати пре почетка обраде.

Да би производни процес код **CNC** обраде функционисао потребно је пет основних елемената:

- Дизајн
- CAD
- CAM
- Контрола
- Обрада

Дизајн

Да би смо почели са **CNC** пројектовањем морамо имати план израде. Нека од важних питања на која морамо одговорити су:

1. Којих димензија ће бити наш производ?
2. Од каквог материјала ће бити израђен?
3. Ко је купац?
4. За шта ће бити коришћен?

Уколико хоћемо на **CNC** машини урадити неки облик или контуру на основу фотографије или дизајнерског цртежа, онда тај цртеж морамо променити у векторску слику помоћу разних програма или на основу цртежа (скице) помоћу CAD апликација израдити конструкцију.

CAD (Computer Aided Design or Drafting)

CAD је развијен у раним 60-им година. Људи користе CAD сваки дан за конструисање готово свих врста производа. Уопштено конструктори користе CAD за цртање производа из тих цртежа затим се израђује производ. Цртеж је слика дела или склопа која укључује димензије и облике делова потребних за израду неког производа. CAD

омогућује графичко дефинисање облика независно о његовом тренутном приказу тј. погледу.

CAD системи могу се поделити у две групе:

- 2D пакети
- 3D пакети

Већина програмских пакета се креће у 3D пакету. Користећи 3D инжењер може направити модел производа, тада се тај модел може прегледати не би ли се открили било какви недостаци, пре него производ крене у производњу. CAD се корист за инжењеринг моделе или приказ компонената производа на цртежу. Типови CAD-а које можемо користити:

a) 2D CAD

2D CAD се најчешће употребљава за цртање само по X и Y оси. Такве конструкције су састављене од линија, кругова, кривуља итд. Нема „дубине“ само је спољашња линија видљива.

b) 2.5 CAD

Сличан је 2D CAD осим што је цртеж (конструкција) призматичан што значи да постоји „дубина“.

c) 3D CAD

3D CAD је на врху CAD софтверских пакета. Цртање се изводи по X, Y и Z равни. Конструкције су састављене од линија, кругова, кривуља итд., али могу укључивати пирамиде, коцке итд. Постоји дубина код конструисања па се направљени елемент може окретати 360 степени око оса. Конструкција производа је тачан опис онога што би добили када бих се произвео.

CAD апликације темељ су за многе данашње врло сложене апликације које се осим за конструисање могу користити и за дизајнирање. Таквим апликацијама је омогућено конструисање појединих производа директно из дизајнерског решења, али већ утврђена конструкција може бити подлога за дизајнерско решење.

CAM (Computer Aided Machining, Computer Aided Manufacturing, Computer Aided Maneuvers)

Следећи корак у модерној производњи је коришћење CAM-а. CAM се може схватити као контрола покрета машине помоћу рачунара тј. скуп програмских наредби који се назива G-код. Тако написан програм за рад машине одређује машину где, када и како да се изврши кретање. CAM је врста самосталне апликације којом се израђује програм неопходан за рад на CNC машини. Код коришћења CAM потребно је знати:

- Тип CNC машине на којој се врши обрада,
- врста радног алата,
- димензије обрадка,
- могућност обраде материјала (нпр. брзину обраде).

Да би направили програм за контролисање кретања CNC машине потребно је унети наведене податке. Производња са CAM системом код CNC машина се користи да би се поједноставио сам процес производње и да би се производном систему повећала ефикасност. CAM систем би требао бити конципиран тако да CNC програмер може само на CAD цртежу одредити машинске операције, а CAM апликација након тога прави програм за CNC машину.

Постоји много различитих типова CAM програма. Најчешће се према типу CNC машине одабира CAM програм. Најчешћи CAM програми су:

- 2D CAM
- 2.5D CAM
- 3D CAM
- 4 Осни CAM
- 5 Осни CAM

Кориштење CAM програма најчешће се спроводе тачно одређеним редоследом операција:

- Дефинисати материјал (уколико софтвер омогућује),
- дефинисати величину материјала (обратка),
- дефинисати координате или путање обраде,
- дефинисати алат,
- дефинисати брзину и дубину обраде,
- симулирати обраду.

Након што су спроведени сви исписани кораци следи учитавање програма у CNC машину. Да би се повећала ефикасност машинског програмирања и избегли неки недостаци, истражене су могућности повезивања CAD система са CNC програмирањем. Најновији CNC управљачки системи машина алатки омогућавају графичку симулацију радних операција директно на машину.

Најнепожељнији начин уношења програма је ручно уношење помоћу тастатуре управљачке јединице. Програм написан на програмском листу уноси се карактер по карактер у меморију управљачке јединице. Када је програм кратак овај начин уношења се може прихватити, када је програм дугачак, ручно уношење програма изискује више времена, што може да проузрокује знатан губитак времена.

Без обзира на овај велики недостатак, све управљачке јединице имају алфа нумеричку тастатуру помоћу које се, поред осталог може унети краћи програм.

Бољи начин уношења програма је учитавање програма са носиоца информација. У зависности од тога којим уређајем за читање програма располаже управљачка јединица, програм се може учитати са бушене траке, помоћу оптичког читача или са магнетне траке помоћу одређеног читача. Уношење програма помоћу носиоца информација такође има низ недостатака. Први недостатак је неопходност поседовања уређаја за израду носиоца информација. Други недостатак је непоуздано чување података на магнетном медију, поготово у радионичким условима.

Бушена трака такође има своје недостатке, а то је пре свега њена недовољна трајност, немогућност исправке програма и ограничена дужина програма због ограничене дужине траке.

Свакако најбољи начин (најбржи и најпоузданији) уношења програма у управљачку јединицу директно преношењем програма са рачунара са ког је програм рађен, било да је у питању DNC начин рада, било само трансфером програма преко RS 232 индустријског стандарда за комуникације.

4. Програмирање CNC машине

Програмирање обрадних процеса на компјутерски управљаним алатним машинама подразумева низ активности на систематизацији обрадних информација, на њиховом исписивању одређеном редоследом и кодом уз поштовање правила програмског језика, на преношењу информација на одговарајући носач и на њиховом потхрањивању у меморију управљачког система. Независно од начина програмирања, CNC машина прихвата податке у кодираном облику и на тај начин реализује аутоматску обраду неког дела. Информације обухватају инструкције о потребним кретањима, укључивањима извршних делова машине, почетку и заустављању програма, аутоматској измени алата и обратка итд.

Програмирање је поступак писања програма према унапред дефинисаној технологији, а може се обавити ручно или помоћу рачунара.

➤ Ручно програмирање

Одвија применом расположивог програмског језика, који најчешће подлеже ISO стандарду, или APT (“Automatically Programmed Tools”) језиком, развијеним на МИТ-у.

У случају ручног улаза података, програм ручно преко тастатуре уноси програм директно у меморију управљачке јединице.

Недостатци ручног програмирања огледају се у:

- дужини времена потребног за израду програма, нарочито предмета сложеније конфигурације,
- квалитету и резултату који углавном зависи од програмера,
- тешком спровођењу исправке програма,
- веома тешком спровођењу измене програма у случају измене радионичког цртежа.

Имајући у виду недостатке ручног програмирања, али и развој рачунарске опреме, јавила се потреба за аутоматизацијом и овог поступка. Применом рачунара и одговарајућег софтвера програмер се ослобађа рутинских операција

➤ Полуавтоматско програмирање

Програмирање помоћу рачунара, где се аутоматски обрађују само геометријске информације, назива се полуавтоматско или полумашинско програмирање.

Задатак програмера је да опише геометрију радног предмета, дефинише алат, брзину главног и помоћног кретања, а затим кретање по описаној геометрији.

➤ Аутоматско програмирање

Развој HARDWARE-а и SOFTWARE-а и то пре свега у области компјутерске графике, на рачунарима омогућио је даљи развој аутоматског програмирања. Од осамдесетих година прошлог века па до данас у ту сврху користе се CAD-CAM системи. Битна предност оваквог система огледа се у краћем времену потребном за израду програма и смањењу могућности грешке при дефинисању геометрије. Ово је резултат чињенице да програмер више не дефинише геометрију радног комада већ је преузима у електронском облику од конструктора.

Активности CAD-CAM програмирања:

- дефинисање дводимензионалног или моделирање тродимензионалног радног предмета помоћу CAD система или преузимање готовог модела са другог рачунара у DXF, IGES, STEP, CAT или неком другом формату,
- преузимање математичког модела радног предмета из CAD у CAM систем,
- дефинисање путање алата,
- избор и дефинисање параметара алата и избор режима обраде,
- избор методе резања,
- симулација и кретање алата, ради провере коришћењем програма за визуелизацију,
- исправка, брисање појединих секвенци,
- постпроцесирање,
- пренос програма у управљачку јединицу машине,
- провера програма на машини и исправка уколико је то неопходно,
- израда и провера првог комада.

Недостатци:

- висока цена CAD-CAM система,
- велика дужина програма добијених при обради сложених површина,
- главно време израде .

Програмирање подразумева израду следеће документације:

- операцијски лист – садржи редослед операција радног предмета са потребним режимима рада и временима израде
- план алата за радни предмет – садржи попис свих коришћених алата за обраду према редоследу коришћења, потребне мере, стандарде режиме и корекције
- план стезања – обухвата основне габарите радног простора, положај радног предмета на машини, тачке ослањања предмета и место стезања те положај нулте тачке
- план резања – је главни документ за испис програма на којем су видљиве путање кретања алата за сваку операцију. Прати се пут кретања врха алата за од почетка до краја обраде.

4.1 План обраде

План операција и захвата (план обраде) започиње детаљном анализом радионичког цртежа, при чему се на основу захтева за обраду утврђује у колико се стезања мора извршити обрада радног комада. На основу плана операција израђује се план стезања, а затим се приступа изради плана алата и плана резања за сваку операцију.

План алата за радни предмет садржи попис свих коришћених алата за обраду према редоследу коришћења, потребне мере, стандардне режиме и корекције.

Писање програма или краће ПРОГРАМ је задњи и најважнији документ у којем се уносе наредбе за управљање машине. Пре пуштања програма у рад на машини се врши верификација пројектоване путање алата, исцртавањем на плотеру или приказивањем на екрану рачунара, у циљу идентификације и отклањање евентуалних грешака и пропуста.

План обраде обухвата:

- Списак радног места (машине),
- списак операција,
- списак захвата,
- бројева обртаја,
- вредност помака,
- измену алата,
- анализу могућности примене и карактеристике средства за хлађење и подмазивање и сл.

4.2 План стезања

При писању управљачког програма за машину програмер – технолог посматра кретање алата у координатном систему обратка. Зато при изради плана стезања треба посветити посебну пажњу:

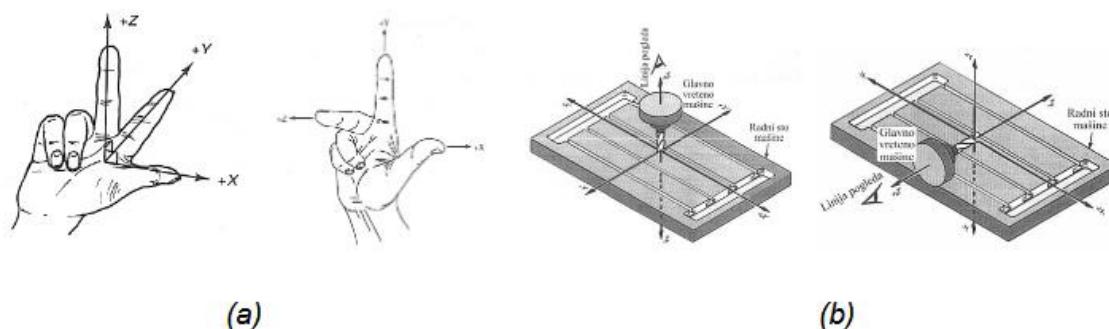
- Постављању координатног система обратка,
- Избору карактеристичних тачака,
- Уносу свих потребних кота,
- Приказу ослоних површина прибора и уређаја за стезање и сл.

4.3 Координатни систем

Код CNC struga координатни систем је двоосни. Позитивна оса X може бити постављена у једном или другом смеру што зависи о положају алата односно револверске главе у односу на предмет обраде. Координате са негативним предзнаком ($-x$, $-y$) означавају кретање алата према радном предмету, а позитивни предзнак значи одмицање алата од радног предмета. Код CNC глодалица координатни систем је троосни X, Y, Z

- Правило десне руке

Одређивање позитивног правца координатног система следи 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 4.1: а) Правило десне руке б) Вертикална и хоризонтална машина

4.4 Референтне тачке

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

- М – Нулта тачка машине - Фиксна тачка чија се позиција не може мењати. Одређена је од стране произвођача CNC машина.
- R – Референтна тачка - Тачка у радном подручју машине која је детерминирана са крајњим прекидачима. Служи за калибрирање мерног система и у почетку рада са машином морамо довести алат у тачку R.
- W – Нулта тачка предмета обраде – Тачка на предмету обраде чији положај дефинише програмер. Ова тачка је најбитнија за математичко описивање кретање алата у односу на предмет обраде.
- В – Контролна тачка алата - Од ове тачке алат почиње са обрадом и у њој се врши измена алата. Не мора бити неопходно дефинисана.

➤ Поступак дефинисања позиције нулте тачке комада

Довести алат изнад неке карактеристичне тачке на радном комаду коју ћемо прогласити за нулту тачку. Уношење координата у табелу нултих тачака може се вршити и ручно. Курсор довести на поље које желимо да изменимо, а тастером Ф1 уносимо жељену вредност. Уколико користимо тастер ЕНТЕР тада се врши апсолутно сабирање постојеће вредности у табели са новим податком. Поступак дефинисања нулте тачке код глодалица:

1. Поставити радни комад у стегу и фиксирати га
2. У вретено ставити алат са оштрим врхом
3. Одабрати режим ручног кретања и команду са ручног тачкића (А).

4. Одабрати брзину 0.1 /100 (Б).
5. Одабрати Z осу
6. Помоћу ручног точића доћи изнад комада на око 3 мм.
7. Одабрати брзину 0.001 /1. – најмању брзину
8. Помоћу ручног точића довести Z осу на 0.5 мм изнад комада
9. Користећи тастере за избор оса и ручни точић довести врх алата тачно изнад жељене позиције
10. Притиснути тастер за избор Offset дисплеја .
11. Притиснути тастер Page up више пута док на екрану не добијемо слику са нултим тачкама
12. Курсор довести на нулту тачку Г 54 колоне Х.
13. Притиснуту тастер Part zero set да би унели Х координату.

4.5 Мерни системи

За позиционирање алата дуж путање, у датом координатном систему, примењују се три мерна система:

1. апсолутни,
2. инкрементални, и
3. комбиновани

➤ Апсолутни мерни систем

Има једну фиксну нулту тачку (W), а координате појединих тачака значе удаљеност тих тачака од исходишта по вредности и предзнаку.

➤ Инкрементални

Координате следеће тачке се изражавају у односу на претходну где се налази координатни систем. Координатни систем је дакле променљив и налази се у почетној тачки одакле креће гигање.

4.6 Избор припремака

Припремак за обраду на CNC алатним машинама бира се по истим критеријумима као и за конвенционалне машине. С обзиром на високу тачност обраде на CNC машинама

постоји могућност знатног смањења додатка за обраду, као и могућност захтевања претходне обраде припремка на конвенционалним машинама.

За разраду обрадног процеса CNC машина алатки користе се:

- Радионички цртежи,
- цртежи припремка,
- карте машина и упутства за коришћење управљачког система,
- каталози специјалног и стандардног резног, стезног и мерног прибора,
- нормативи режима резања,
- нормативи времена,
- стандарди и сл.

Технолог програмер мора да познаје:

- Специфичност конструкције радног комада,
- специфичности различитих технолошких поступака,
- специфичности и могућности обраде на CNC машинама алаткама,
- Специфичности обраде сличних делова на конвенционалним машинама и сл.

4.7 Израда плана алата

За обраду на CNC струговима користе се стандардни алати са механички причвршћеним плочицама од тврдог метала, резне керамике, веома тврдих алатних материјала. Алати за спољашњу грубу обраду стругањем се бирају у зависности од снаге машина спољашњу обраду стругањем, највећег броја радних комада, користе се:

- Ножеви за попречну обраду са плочицом од тврдог метала у облику троугла, четвороугла и других облика,
- ножеви за спољашњу уздужну обраду са плочицом од тврдог метала, која може бити облика троугла, четвороугла, круга и других облика,
- фазонски ножеви са плочицом од тврдог метала,
- ножеви за спољашње усецање,
- ножеви за навој са специјалном плочицом од тврдог метала, која одговара профили навоја и сл.

Алати за унутрашњу обраду стругањем су углавном условњени обликом радног комада. У ове алате спадају:

- Завојне бургије,
- ножеви за грубо и завршно проширивање отвора,
- ножеви за унутрашње усецање,
- ножеви за урезивање навоја и сл.

4.8 G и M код

➤ G-Кодови

Г-код (G-code) се најчешће користи за контролу обрадних операција машине. То је скуп функција које врше померање алата и-или објекта, промену брзине, и бушење-глодање-варење или друге операције, већ у зависности од машине. Није потпуно стандардизован, већ сваки произвођач обично додаје неке команде специфичне за своје производе. О томе треба водити рачуна при кориштењу програма с једне машине на другој.

Стандард који се углавном прати у САД је RS274D, а у Европи често DIN 66025 или ISO 6983.

Пример Г-кода, који ствара цилиндрични објект дужине једног инча, на CNC стругу. Са N су означене линије програма, а повремене M команде служе за контролу саме машине.

G-reč	Značenje	G-reč	Značenje
G00	Brzi hod od tačke do tačke	G20	Podaci u inčima
G01	Linearna interpolacija	G21	Podaci u milimetrima
G02	Kružna interpolacija u negativnom smeru	G28	Predi u referentnu tačku
G03	Kružna interpolacija u pozitivnom smeru	G90	Apsolutni merni sistem
G04	Stajanje, čekanje prilikom izvršavanja programa	G91	Inkrementalni merni sistem
G10	Korekcija alata	G94	Pomoćno kretanje u mm/min (glodanje i bušenje)
G17	Obrada u XY ravni	G95	Pomoćno kretanje u mm/o (glodanje i bušenje)
G18	Obrada u XZ ravni	G98	Pomoćno kretanje u mm/min (struganje)
G19	Obrada u YZ ravni	G99	Pomoćno kretanje u mm/o (struganje)

Слика 4.2: Најчешће коришћене функције Г кода

➤ М-кодови

Контролишу читаву машину, и функције као старт, стоп, укључивање течности за хлађење и тако даље.

G-reč	Značenje	G-reč	Značenje
M00	Obavezan prekid programa	M10	Automatsko stezanje pomoćnog pribora
M02	Kraj programa i zaustavljanje mašine	M11	Automatsko otpuštanje pomoćnog pribora
M03	Negativan smer glavnog vretena	M13	Uključivanje glavnog vretena u negativnom smeru i SHP-a
M04	Pozitivan smer glavnog vretena	M14	Uključivanje glavnog vretena u pozitivnom smeru i SHP-a
M05	Zaustavljanje vretena	M17	Isključivanje glavnog vretena i SHP-a
M06	Izmena alata	M19	Isključivanje glavnog vretena u zadatoj orijentaciji
M07	Uključivanje SHP u mlazu	M30	Kraj programa i resetovanje na početak
M08	Uključivanje SHP u spreju	M98	Poziv programa
M09	Isključivanje SHP	M99	Kraj potprograma

Слика 4.3: Најчешће коришћене функције М кода

4.9 Потпрограм

Потпрограми су делови главног програма који се морају више пута поновити. Уколико имамо на предмету обраде више једнаких операција потпрограмом се испрограмира једна операција и по потреби се позове више пута углавном програму. На тај начин убрзава се програмирање јер се потпрограм пише само једном а можемо га применити по вољи више пута не само на једном предмету обраде већ и на другим деловима. Потпрограми се пишу у посебним блоковима (Programs / Subprograms) и имају своја имена, по којима се позива, а такође и број извршења потпрограма (P). Пишу се инкрементално а, завршавају са функцијом **M17**.

5. Опис *CNC Сомо* машине за обраду плочастих материјала

CNC машина је рачунаром контролисана машина за сечење различитих материјала дуж путање или 3D облика генерисаним од стране софтвера. Шпингла (вретено) држи алат и помера га дуж X, Y и Z осе пратећи путању. Код машина са 3 осе алат увек стоји вертикално па поткопавања и подсецања нису могућа.

5.1 Рутер машине

CNC рутер је компјутерски контролисана машина за сечење. Уместо ручне контроле кретања алата, помоћу рутера се обезбеђује контрола преко компјутера. То је компјутерски контролисана машина за сечење тврдых материјала, али и за сечење дрва, композита, алуминијума, челика и пластике. Већина CNC рутера се састоје из неколико посебних делова: CNC контролер, један или више вретена, серво мотор, корачни мотор, серво појачала, АЦ регулатори, линерана вођења. Поред тога CNC рутеру могу имати и вакум пумпе са решетком радне плоче да држи делове за сечење.

Дрвени рутери разликују се од рутера у обради метала, они се не могу подвргнути истим снагама оптерећења и вибрацији. CNC рутери су прво користила ваздухопловној индустрији. До раних 1980-их, CNC технологија је коришћена у многим врстама машине у секундарној дрвној индустрији.

Делови CNC Рутера:

1. CNC контролер
2. Радни сто
3. Кретање
4. Погонски систем
5. Вретена
6. Врсте алата
7. Постављање алата
8. Параметри сечења

1. CNC контролер је мозак CNC машина . Термин контролер обично се не односи само на компјутер, већ и на све електронске и електричне уређаје који омогућавају рад машине .

Постоје две врсте контролера доступних на машинама данас: Гарнитурни контролери и отворена архитектура, лични рачунар (РС).

Неки произвођачи тврде да тражена сигурност и поузданост CNC машина могу бити поуздани само кроз доказе власника технологије. Са друге стране процесори су велике брзине, тако да је данас рачунаром омогућено више сложена израчунавања кретања у реалном времену и простору, што доводи до равномернијих машина, боље распоређених делова, правилних покретима и веће брзине обраде.

2. Радни сто - Многи типови столова су доступни данас. Разликују се у зависности д врсте посла који се обавља и метода рада која се сматра да се користи.

Врсте радних столова:

1. Равни сто,
2. Т – сто,
3. Под и шина,
4. Универзални вакум и
5. Универзални сто.

3. Кретање

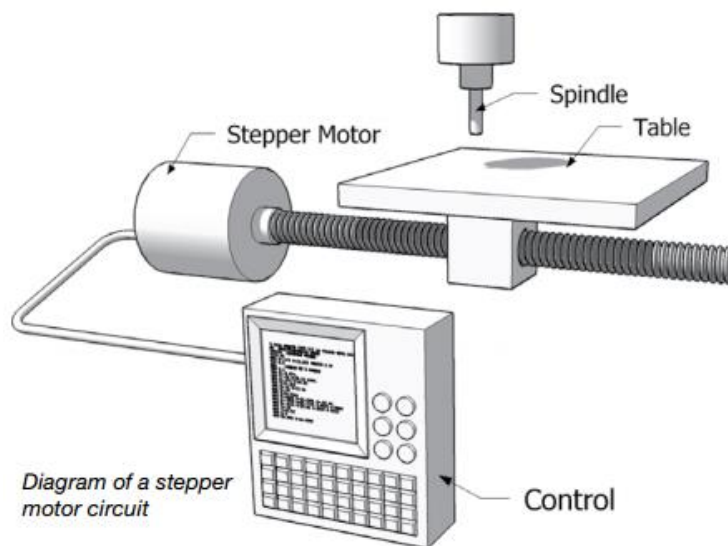
Кретање се дефинише као континуирана промена у положају тела (Сечење алат) у односу на референтну тачку (дела), у одређеном референтном оквиру. Референтни оквир је перспектива из које се посматра простор.

Конкретно, у физици, пружа скуп оса од којих посматрач може да мери положај и кретање свих тачака у систему, као и оријентацију објеката у њему. Ово је важно за CNC машине, јер сваки покрет мора бити измерен и израчунат.

4. Погонски систем – То су уређаји који обезбеђују кретање машине. Постоје три различита система за погон CNC рутера:

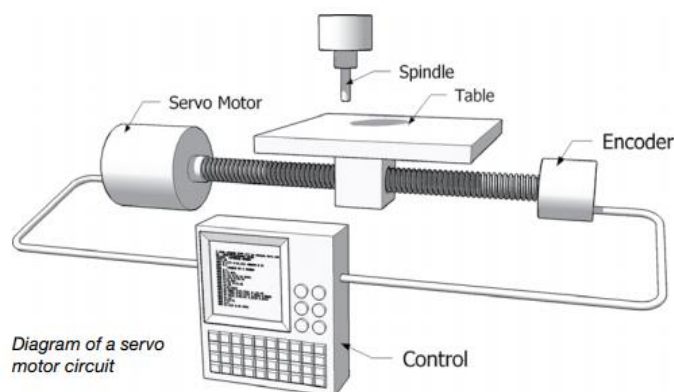
- а) Корачни мотори,
- б) ДЦ серво погони и
- ц) АЦ Серво регулатори .

Корачни мотори раде у отвореном окружењу, када се врши рад, није омогућено да се примају повратне информације. Ово може негативно да утиче на тачност делова. Такође је тешко наћи корачне моторе који нуде и високе брзине и обртни моменат.



Слика 5.1: Корачни мотор CNC рутер

Серво мотор ради у затвореном окружењу и упарен је са енкодером што обезбеђује појачане повратне информације, чиме константно исправља своју позицију на машини. Поседују већу прецизност, већу снагу и мање су бучни, док им је једини недостатак цена, јер су знатно скупљи од корачних мотора.

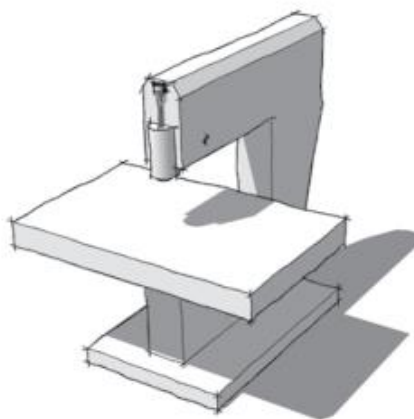


Слика 5.2: Серво мотор CNC рутер

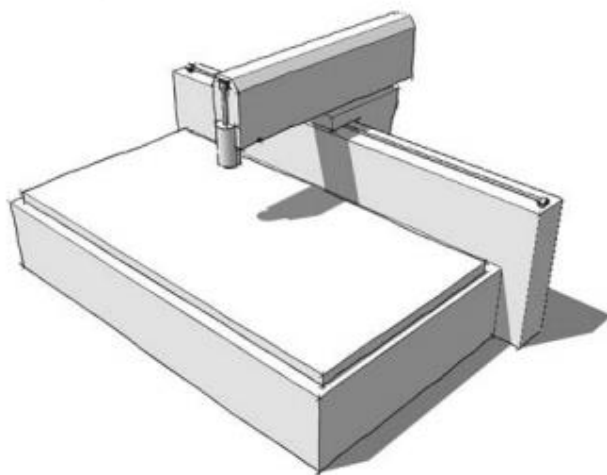
5. Постављање алата – Алат је један елемент која има највећи утицај на квалитет сечења и брзину резања. Резни алат обично се раде у три различита материјала: брзи челик, карбид и дијамант. Брзи челик HSS је најоштрији од тих материјала, а и најјефтинији.

Конфигурација рутера:

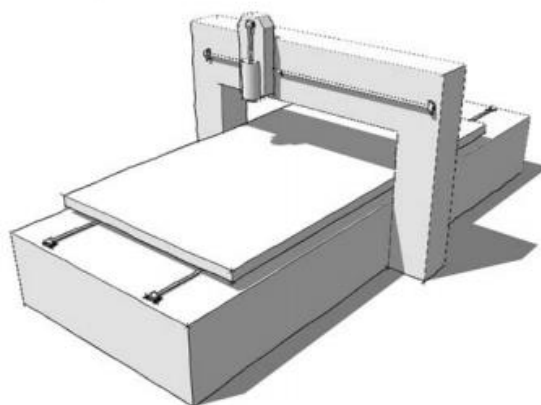
1. X – Y сто рутера
2. Конзола рутера
3. Покретни сто рутера
4. Покретно постоље рутера
5. Клатно рутера
6. 5 – осни CNC рутер
7. Индустијски робот



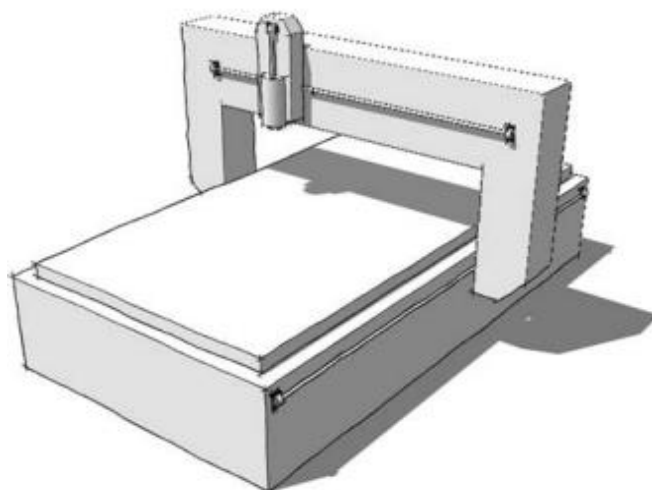
Слика 5.3: X-Y Сто рутера



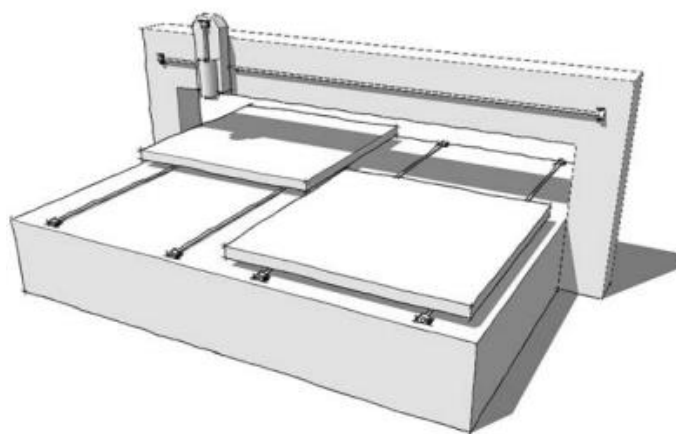
Слика 5.4: Контролна рука рутера



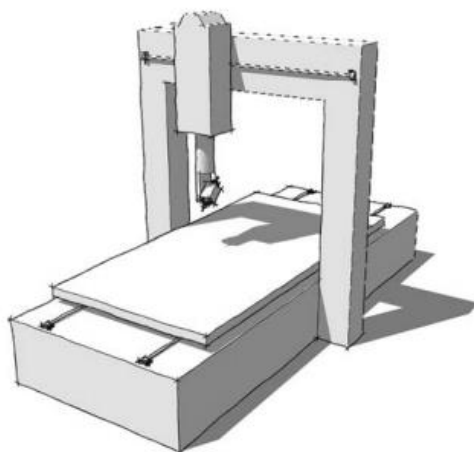
Слика 5.5: Покретни сто рутера



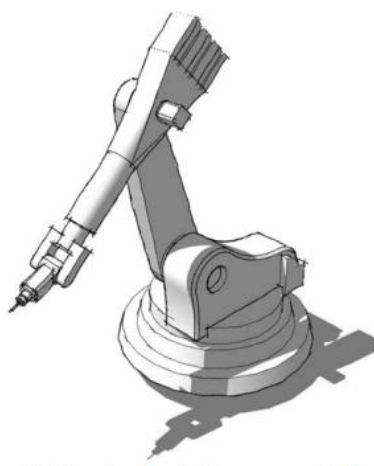
Слика 5.6 Покретно постоље рутера



Слика 5.7: Клатно или дупли сто рутера



Слика 5.8: 5-осни сто рутера



Слика 5.9: Индустијски робот

5.2 Карактеристике CNC Сомо машине



Слика 5.8: CNC Сомо машина

1. CNC рутер
2. Систем за хлађење ваздуха
3. Систем вакумског стола
4. 4.5kw вретена
5. Систем за сакупљање прашине
6. Један рачунар

Калуп	ZX-1325MB1
Вретено	4.5kw ваздушно хлађење
Мотор	High subdivision stepper motor
Систем хлађења	Хлађење ваздуха
Радна површина	1300*2500*200mm
Димензије	3200*2200*1900mm
Нето тежина	1000kgs
Волтажа	380V 50HZ

Табела 1: Основне карактеристике CNC Сомо машине

CNC машина може да ради на два различита начина:

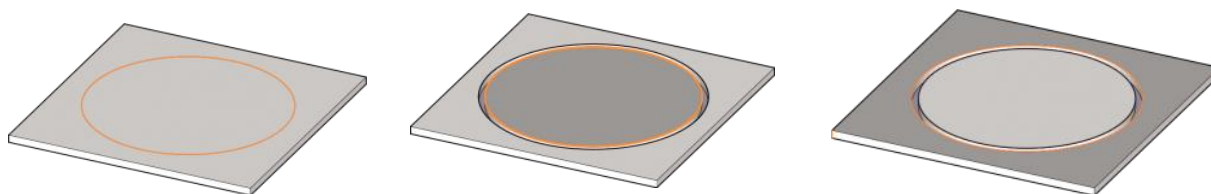
1. 2D сечење
2. 3D сечење

➤ 2D сечење

(цртежима: dxf, dwg, ai, cdr, eps...)

Сече путањом кроз материјал или са задатом дужином (у овом случају дубина мора бити дефинисана у цртежу).

– Профилисање: алат прати линију са једне или друге стране континуирано до затварања облика. Ширина реза зависи од алата који се користи.



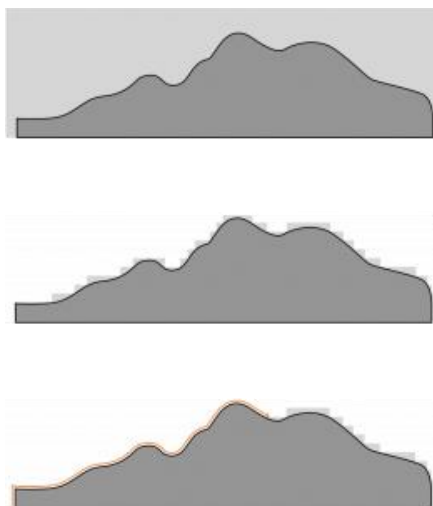
Слика 5.9: 2D сечење

➤ 3D сечење

(цртежима: sldprt, stl...)

Сече путањом кроз материјал или са задатом дужином (у овом случају дубина мора бити дефинисана у цртежу).

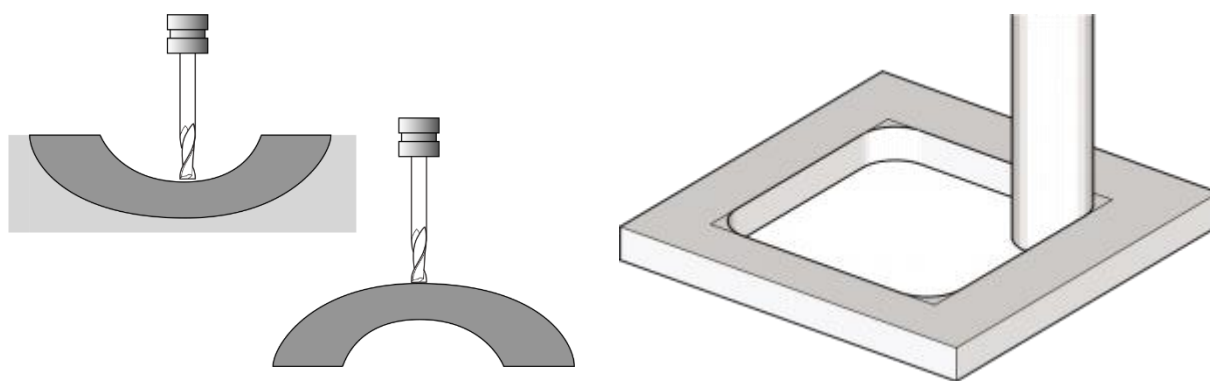
- Профилисање: алат прати линију са једне или друге стране континуирано до затварања облика. Ширина реза зависи од алата који се користи.



Слика 5.10: 3D сечење

Окретање модела

Са алатом у вертикалном положају поткопавања нису могућа. Међутим, у неким случајевима модел може да се окрене на другу страну под условом да има стабилност на страни на којој лежи. У овом поступку је изузетно важно да се модел правилно центрира.



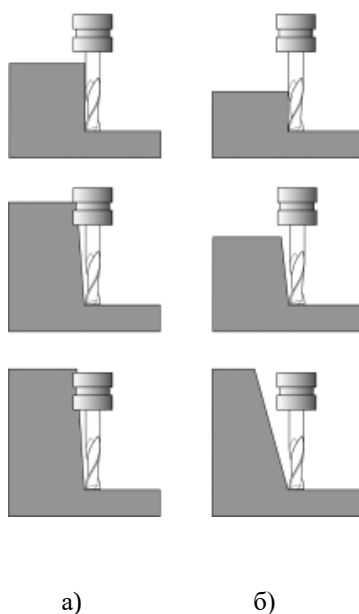
Слика 5.11: Окретање модела

➤ Ограничења

Алати имају кружни пресек, то значи да унутрашњи углови, гледано одозго, су увек заобљени, само се радијус мења. Вертикални зидови могу бити као високи као и висина резаног дела алата, а не као и сам алат. Ако је зид нагнут, али не и вертикалан, може бити висок као и алат. Ако геометрија модела омогућује простор за шпинглу, рез може бити и дубљи од самог алата.

– укопавање: алат уклања сав материјал унутар контура, до одређене дубине.

Путања алата за укопавање креће се само у оквиру затворених облика, све линије морају бити спојене и без преклапања. Приликом сечења више комада у једној табли материјала, морате дозволити простор за алат. Ако је материјал дебљи алат је већи. Ако комада има много и мали су, морају бити постављени на таблу тако да су сви повезани са оквиrom, како би се оставило мали део неодрезан, који их држи у положају

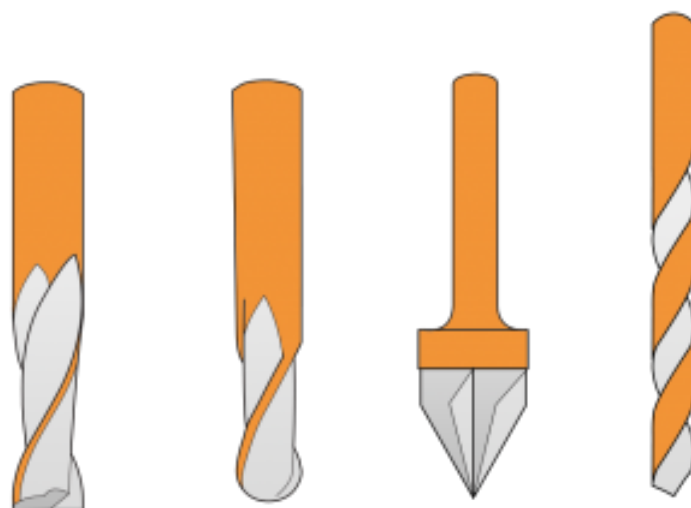


Слика 5.12 а) Исправно б) Неисправно

➤ Алати

Алати који се користе за сечење су разноврсни. Најчешће се користе:

1. глодало, са равном ивицом се углавном користи за грубу обраду, и за изравнавање равних хоризонталних површина и правих углова;
2. лоптасто глодало, са заобљеном ивицом, углавном се користи за завршницу глатке површине;
3. глодало за гравирање, користи се за гравирање и извлачење ивица;
4. бургија, за израду отвора.



Слика 5.13:

1.

2.

3.

4.

➤ Материјали

У неким случајевима, може бити корисно да се има резервни материјал за тестирање пре сечења модела.

МДФ је веома добар за 2D сечење, врло је раван. Сечене ивице ће имати мекани завршна обрада није погодан за финих детаља.

Шперплоча је веома добра за 2D сечење. Може се користити и за 3D сечење, дајући занимљив резултат.

Пуно дрво је веома добро за 3D резање. Дрво са малом тежином је боље за моделе са финијим детаљима.

Медијапан (пластика/дрво материјал) је савршен за мале (скупе) моделе и детаљно 3D сечење.

Стиропор је добар за велике димензије модела са мање детаља.

Клирит даје одличан резултат, али и даље захтева пуно мокрог шмирглања и полирања да би се добио поново чист рез.

Алуминијум може бити резан 3D или гравиран, али не и просечен.



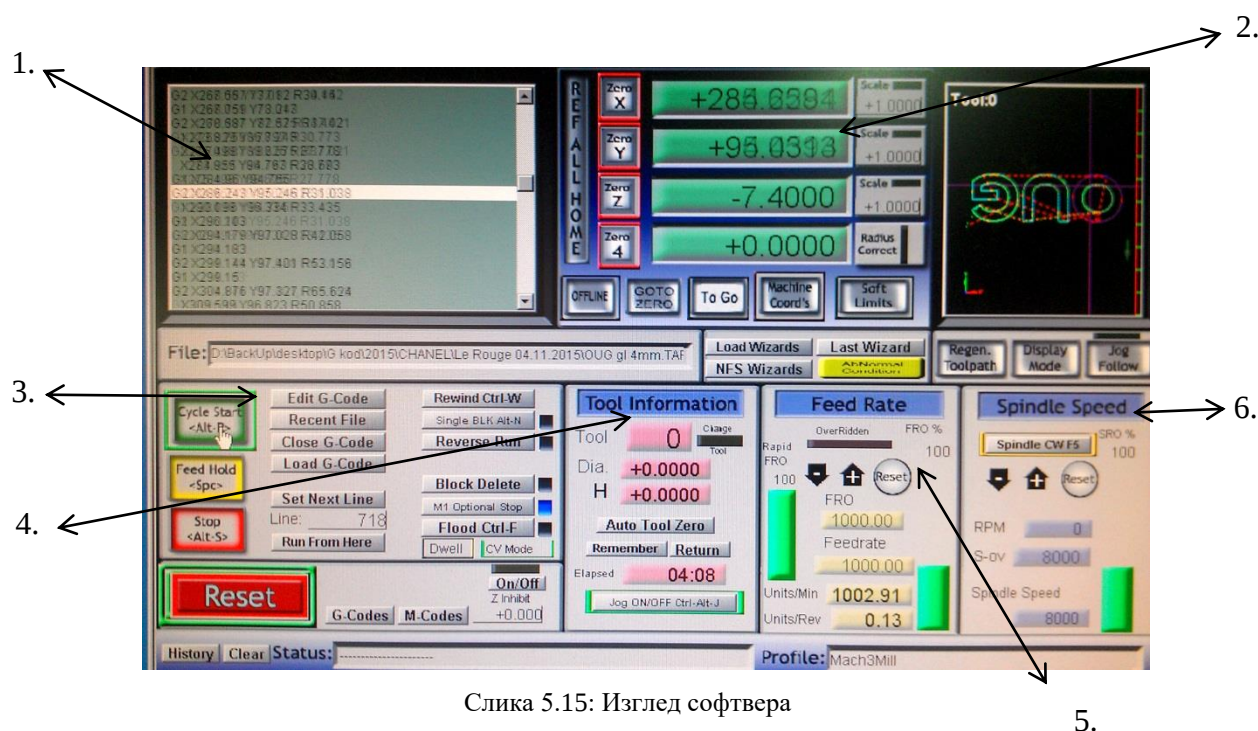
Слика 5.14: Обрада на CNC Somo машини

5.3 Програмирање CNC Somo машине

Свака CNC машина садржи у себи софтвер уз помоћ кога се врши програмирање кретање алата. У овом случају, Somo CNC машина користи mach 3. Неке од могућности Mach 3:

- Управљање у 6 смерова
- контрола броја окретаја
- мануални пулс генератор
- видео дисплеј машине
- могућност "Touch screen" (управљање на додир екрана)

У овом софтверу се уносе координате дуж x , y , z осе кретања алата, као и дефинисање брзине кретања вретена који носи алат. Једна од карактеристика CNC машина је број управљаних оса. Свака оса представља једно независно помоћно кретање, трансляторно у правцу координатних оса или обртно око њих. За дефинисање узајамног положаја алата и предмета обраде најчешће се примењује Декартов координатни систем X , Y , Z . Смерови кретања алата одређује се на основу правила три прста десне руке. Осим дефинисања алата врши се и дефинисање радне тачке радног стола на којем се налази обрадак.



Слика 5.15: Изглед софтвера

1. Монитор који приказује код
2. Позиционирање алата
3. Део за покретање и заустављање рада машине
4. Подешавање информација о алату
5. Подешавање брзине напајања
6. Подешавање брзине вретена

Обрадак се поставља на радни сто и при томе радни сто има дефинисану своју нулту тачку. Радни сто се може кретати или мировати. Софтверски се дефинишу и који се алат користи. Алати су дефинисани помоћу шифри T00, T01, T02...Програмирање рада CNC машина се врши помоћу г кода, тј ручно уношење наредби помоћу рачунара у машину.

Mach 3 има могућност генерисања PWM (engl. Pulse-width modulation) сигнала. PWM или импулсно-ширинска модулација представља начин управљања код кога се учестаност управљачког сигнала не мења. Оно што се мења је однос сигнал/пауза, одн. мења се ширина сигнала. Ако се на TTL излазу на коме се добија PWM сигнал постави одговарајући филтер, онда ће се на излазу из овог филтра добити аналогни сигнал. Напонски ниво аналогног сигнала зависи од односа сигнал/пауза. Ако је ширина сигнала рецимо 10%, а ширина паузе 90%, напон на аналогном излазу ће бити 10% од максималног напона. Овај аналогни сигнал је могуће употребити као управљачки сигнал за регулацију броја обртаја главног вретена (Spindle).

6. Пример обраде Chanel рекламног производа на CNC Coto машини

Сото има широки производни програм, бави се производњом кухиња, дневних соба, спаваћих соба, дечијих соба, купатила, уређење ентеријера... У овом делу дат је пример обраде рекламног производа Chanel.

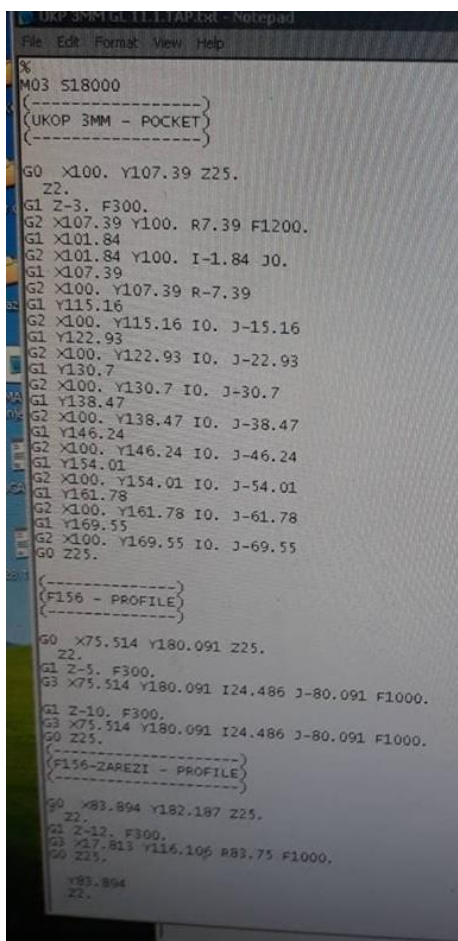
1. Дизајн:

Да би смо почели са CNC обрадом морамо имати детаљан план обраде. Основна питања на које се мора одговорити је:

1. Којих димензија ће бити производ?
2. Од ког материјала ће бити производ?
3. Ко је купац?
4. За шта ће бити коришћен?

2. Програм:

За писање програма којим ће се водити CNC Сото машина користи се Solidworks. Овај програм користи се за скицирање производа и из тих нацрта се израђује производ. У овом случају након израде програма добијамо програм којим се одређује тип активности које ће машина провести.



```
UKP 3MM G111.TAP.DST - Notepad
File Edit Format View Help
%
M03 S18000
(-----)
(UKOP 3MM - POCKET)
(-----)

G0 X100. Y107.39 Z25.
Z2.
G1 Z-3. F300.
G2 X107.39 Y100. R7.39 F1200.
G1 X101.84
G2 X101.84 Y100. I-1.84 J0.
G1 X107.39
G2 X100. Y107.39 R-7.39
G1 Y115.16
G2 X100. Y115.16 I0. J-15.16
G1 Y122.93
G2 X100. Y122.93 I0. J-22.93
G1 Y130.7
G2 X100. Y130.7 I0. J-30.7
G1 Y138.47
G2 X100. Y138.47 I0. J-38.47
G1 Y146.24
G2 X100. Y146.24 I0. J-46.24
G1 Y154.01
G2 X100. Y154.01 I0. J-54.01
G1 Y161.78
G2 X100. Y161.78 I0. J-61.78
G1 Y169.55
G2 X100. Y169.55 I0. J-69.55
G0 Z25.

(-----)
(F156 - PROFILE)
(-----)

G0 X75.514 Y180.091 Z25.
Z2.
G1 Z-5. F300.
G3 X75.514 Y180.091 I24.486 J-80.091 F1000.
G1 Z-10. F300.
G3 X75.514 Y180.091 I24.486 J-80.091 F1000.
G0 Z25.

(-----)
(F156-ZAREZI - PROFILE)
(-----)

G0 X83.894 Y182.187 Z25.
Z2.
G1 Z-12. F300.
G3 X17.813 Y116.106 R83.75 F1000.
G0 Z25.

Y83.894
Z2.
```

Слика 6.1: Код

3.Материјал:

У случају овог Chanel рекламног производа користи се медијан.



Слика 6.2: Материјал пре обраде

4.Бушење

Прва обрада која се врши у овом случају је бушење. Бушење се врши бургијом за израду отвора.



Слика 6.3: Бушење

5. Укопавање

Следећа обрада је укопавање, врши се глодалом. Унутрашњи радијус је $\phi 150$, док је спољашњи $\phi 156$.



Слика 6.4: Укопавање

6. Просецање

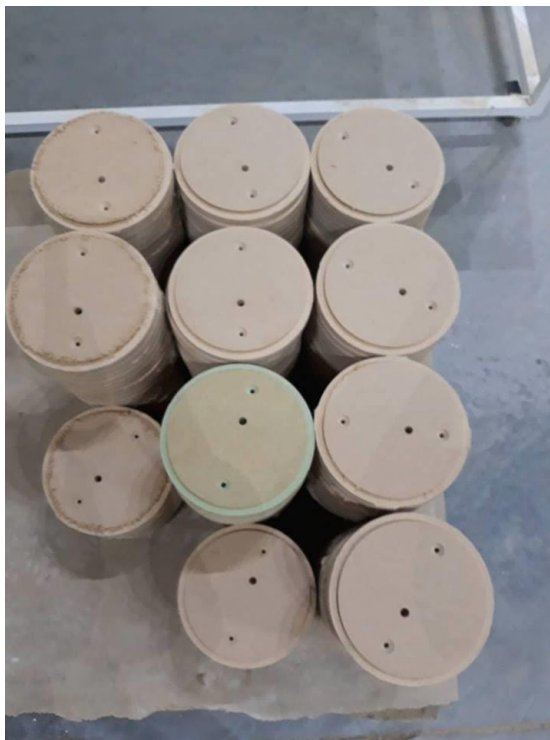
Следећи корак који се врши приликом обраде је просецање, такође се користи глодало. Код њега је $\phi 140$.



Слика 6.6: Просецање

7. Шмирглање

Сада када смо добили изглед производа, шаље се на шмирглање како би се обавили завршни радови.



Слика 6.7: Шмирглање

8. Фарбање

Завршни корак је фарбање. Са тим кораком добијамо готов производ.



Слика 6.8: Фарбање

7.Закључак

У склопу завршног рада дат је историјски развој CNC машине као и њене основне карактеристике. Опис управљачке јединице као и програмирање. CNC машине су кроз историју прошли дуг развојни пут, који ни данас није завршен. Константне модификације и иновације одржавају константну велику примену ових машина. У данашње време машинска индустрија је незамислива без модерних CNC машина. CNC *Сото* машине су такође веома примењиве и све се више користе у производњи. Користе се широки производни програм, бави се производњом кухиња, дневних соба, спаваћих соба, дечијих соба, купатила, уређење ентеријера... Такође, ова машина може да ради на два различита начина: 2Д и 3Д сечење. Могу се користити разни материјали, као и алати који могу бити разноврсни.

Што се тиче обраде на CNC *Сото* машини, подразумева исти поступак као и на свакој CNC машини што узима у обзир писање програма на основу ког ће се водити машина, затим детаљну обраду што узима у обзир избор материјала, бушење, уклањање, просецање, шмирглање а затим и фарбање и добијање завршног производа. Предност ових машина је прилагодљивост, могућност израде веома сложеног облика, тачност и поновљивост, смањење или потпуно уклањање трошкова складиштења, мали захтеви за вештинама оператера, једноставнији алати и смањење времена потребног за контролу квалитета. Ова машина је веома практична и задовољава све потребе које једно предузеће може да има. На самом крају овог завршног рада дат је и један пример обраде на овој машини.

8. Литература:

- [5] Горан Деведић: „CAD/CAM технологије“, Машински факултет у Крагујевцу, Крагујевац 2009.
- [6] Богдан Недић: Наставни материјал, Машински факултет Крагујевац, Крагујевац 2008.
- [7] Здравко Блажевић: „Програмирање CNC струга и глодалице“, у Вировитици 2004.
- [8] Документација Сомо предузећа, Јагодина
- [9] www.moodle.mfkg.rs, *Машине алатке* (приступљено 25.09.2018)
- [10] <https://www.scribd.com/doc/24369438/Programiranje-Cnc-Strugova-i-Glodalica> (Приступљено 25.09.2018)
- [11] <http://www.como.rs/> (Приступљено 6.10.2018)
- [12] <https://www.teximp.com/> (Приступљено 27.09.2018)
- [13] <http://mehatronika.blogspot.com/2012/12/cnc-masine-i-programiranje.html> (Приступљено 5.10.2018)
- [14] <https://www.scribd.com/document/128819592/Osnove-Programiranja-NC-CNC-Strugova> (Приступљено 27.09.2018)
- [15] <https://www.google.rs/imghp> (Приступљено 15.09.2018)