

Факултет инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу



Назив студијског програма: Машинско инжењерство

Ниво студија: Основне академске студије

Модул: Производно машинство

Предмет: Машине алатке

Број индекса: 3/2010

Миланка М. Кутлешић

Израда делова на CNC стругу EMCO WinNC

завршни рад

Комисија за преглед и одбрану:

1. Проф. др Богдан Недић

2. _____

3. _____

Датум одбране: _____

Оцена: _____

У оквиру завршног рада кандидат треба да изврши прикупљање и систематизацију података о CNC машини за обраду стругањем и њеном програмирању. Посебну пажњу посветити опису координатног система машине, дефинисању карактеристичних тачака обрадног система и програмирању. У посебном делу рада дати систематизацију података о карактеристици CNC машине у обради стругањем. На крају рада дати пример и извршити ручно и аутоматско генерисање путање алата код обраде на CNC стругу.

Препоручена литература:

1. Љиљана Брашован, Никола Брашован и Милован Чобанов: „Основна обука програмирања и руковања за Emco Concept Turn 55 Emco WinNC32 (Sinumerik 840 D)“, Машинска школа Панчево, Панчево ЦЕНТАР ЗА НОВЕ ТЕХНОЛОГИЈЕ.
2. Горан Деведић: „CAD/CAM технологије“, Машински факултет у Крагујевцу, Крагујевац 2009.
3. Надежда Поповић: „Програмирање нумерички управљаних машина“, завод за школство – Подгорица, Подгорица 1993.
4. Богдан Недић: Наставни материјал, Машински факултет Крагујевац, Крагујевац 2008

Ментор:

Проф. др Богдан Недић

Резиме:

У раду је извршено прикупљање и систематизација података о CNC машини за обраду стругањем. Представљена је машина на којој се врши израда предмета обраде, различитих димензија и облика. Такође, је описано програмирање на машини у обради стругањем. Приказани су неки од циклуса који се користе при обради као и карактеристичне тачке обрадног система машине и координатни систем машине. На крају дат је пример ручног и аутоматског генерисања путање алата код обраде на CNC стругу.

Кључне речи:

Координатни систем, карактеристичне тачке, програмирање, управљачка јединица, циклуси.

Summary:

In work is executed the collection and systematization of data about CNC machines for processing scraping. Machines is presented on whom is perform production objects in different forms and dimension. Is also described programming on machines in processing of scraping. They are shown some of the cycle that they are used in processing, as characteristic points processing system machine and coordinate system of machin. At the end of the work is given an example of manual and automatic generating paths for tools processing on CNC lathe.

Keywords:

Coordinate system, characteristic points, programming, control unit, cycle.

САДРЖАЈ

1. УВОДНА РАЗМАТРАЊА	3
2. ОСНОВЕ CNC ТЕХНОЛОГИЈА	7
3. CNC УПРАВЉАЊЕ И ПРОГРАМИРАЊЕ CNC МАШИНА У ОБРАДИ СТРУГАЊЕМ	17
3.1. Ручно програмирање	19
3.2. Полуаутоматско програмирање	21
3.3. Аутоматско програмирање	21
3.4. Формирање плана обраде	23
3.5. Израда плана стезања	24
3.6. Избор припремка	25
3.7. Израда плана алата	27
3.8. Пројектовање путање алата – израда плана резања	28
3.9. Карактеристичне тачке	29
3.10. Синтакса програма	31
3.11. Врсте речи – адресе	31
3.12. Структура програма	32
3.13. Број програма	32
3.14. Уводне функције	32
3.15. Програмске целине	33
3.16. Крај програма	33
3.17. Преглед основних G функција	33
3.18. Преглед основних M функција	34
3.19. Преглед циклуса (Cycle)	35
3.20. G90 – G91 апсолутно и инкрементално програмирање	43
3.21. G54 – G57 постављене нулте тачке обратка	44
3.22. NC оквирни системи (FRAMES)	44
3.23. TRANS – транслаторно померање координатног система	45
3.24. G0 Позиционирање брзим ходом	46
3.25. G1 Линеарна интерполација	46
3.26. Уметање закошења (chamfer) и заобљења (filet)	47

3.27.	G2, G3, CIP Кружна интерполација.....	48
3.28.	Програмирање кружног лука ако је позната почетна тачка, крајња тачка, и центар круга.....	49
3.29.	Програмирање кружног лука ако је позната почетна тачка, крајња тачка, и радијус круга.....	49
3.30.	Програмирање кружног лука ако је позната почетна тачка, крајња тачка, и угао кружног лука.....	50
3.31.	Програмирање кружног лука помоћу поларних координата	51
3.32.	Програмирање кружног лука помоћу стартне тачке, међу тачке и крајње тачке (подржано само кретање у смеру казаљке на сату)	52
3.33.	Програмирање помоћних функција	53
3.34.	Функција алата у програму	55
3.35.	Потпрограм	57
3.36.	Провера програма	58
3.37.	Визуализација процеса обраде.....	59
4.	CNC СТРУГ EMCO WinNC.....	63
4.1.	Погон струга	64
4.2.	Алати и прибори који се користе на машини	65
4.3.	Карактеристике управљачке јединице.....	69
4.4.	Тастатура управљачке јединице	72
4.5.	РС тастатура NC машине	73
4.6.	Употреба миша	75
4.7.	Координатни системи CNC струга	76
4.8.	Програм EMCO WinNC SINUMERIK 840D.....	77
4.9.	Радни прозор SINUMERIK 840D	79
4.10.	Мере заштите на раду.....	80
4.11.	Најчешћи узроци несрећних случајева у машинској радионици	81
5.	ПРИМЕР ОБРАДЕ НА CNC СТРУГУ	84
5.1.	Алати при изради комада на CNC стругу.....	89
5.2.	Одрађен предмет обраде у Catia V5 програму	90
6.	Закључак	101
7.	Литература	102

1. УВОДНА РАЗМАТРАЊА

Први стругови били су познати још у доба антике. Могуће да су већ у 2. миленијуму п. н. е. постојали стругови за обрађивање дрва и друге потребе. Први радови струга пронађени су у 7. веку п. н. е. у Корнето и Италији. По грчкој митологији струг је измислио легендарни Дедал, отац Икара. У једном египатском гробљу из 4. века п. н. е. нађене су прве слике једног струга. Ротација струга добијена је тиме што је један вукао по једном копонцу, док је други обрађивао комад са алатком. Овакав концепт струга остао је мање више до средњег века. У 13. веку конопац за ротацију струга био је везан за једну даску, слично педали, тако да је радник, који је обрађивао, са кораком на даску сам стварао ротацију струга.

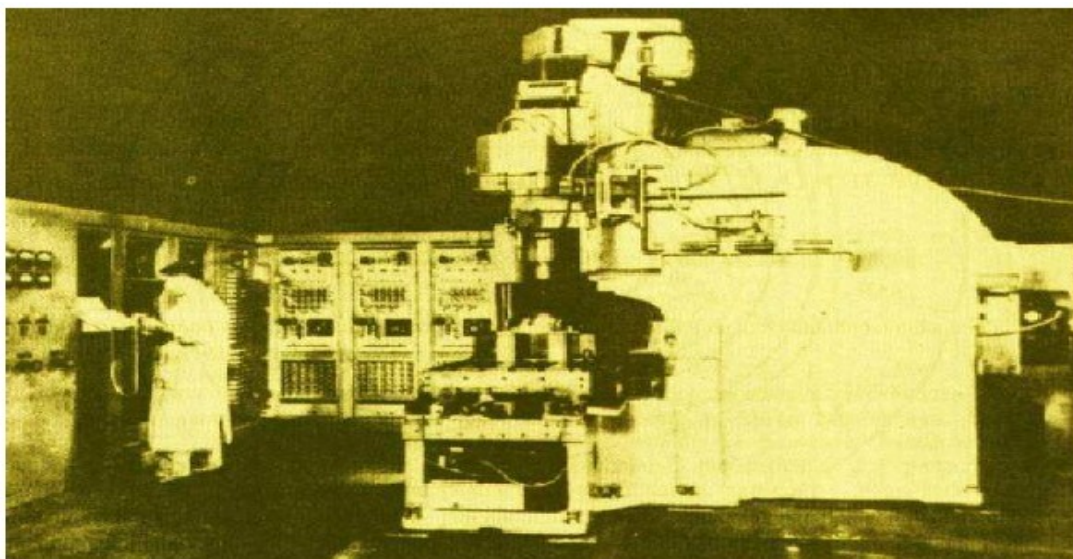
Леонардо да Винчи је такође измислио један струг. Новина је била један котур преко којег је ишао конопац и тако омогућивао једну константу ротацију струга. Из 1480 потичу и прве слике једног струга са подршком.

Први стругови са механичком подршком настали су средином 18. века у Великој Британији. Стругови су тада били углавном од метала и имали су скоро све карактеристике модерног струга. Први стругови способни за машинство, дакле за обрађивање метала, настале су вероватно у Сједињеним Америчким Државама крајем 18. века. Ово је доба почетка индустријализације.

Најзад настао је модерни конвенционални струг почетком 19. века (Хенру Маудслау). Први такви стругови стижу на пример у Немачку око 1810. Стругови су се кроз 19. век даље развијали, да би почетком 1950-их у САД настао први струг са NU-вођењем, тј. пола компјутизирани. У 1970-ој, такође у САД, настају такозвани CNC-стругови, сад комплетно компјутеризирани. То значи да радник више не ради класичне радове са стругом, него их контролише са компјутером.

Основни мотив за развој оваквих машина алатки лежао је у чињеници да је у то време настала изражена потреба за производњом све софистициранијих производа у већим серијама, уз истовремено одржив висок квалитет. Развојем NC машина постигнути су основни циљеви: повећање продуктивности, подизање нивоа квалитета и тачности делова, снижење и стабилизација производних трошкова и извођење сложених обрадних и производних задатака, као и операција које на други начин нису изводљиве. Нова машина је била увођење ~електричног~ управљања 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 учитавали их у управљачку јединицу помоћу читача траке. Без обзира што су рачунари и нумеричка технологија донели многе бољитке 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. Тадашња управљачка јединица је била већа од саме машине. У односу на конвенционалне машине значајна је промена била увођење засебних истосмерних мотора за погон главног вретена и супорта.



Слика 1. Прва NC машина [2]

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.

Основе нумеричког управљања поставио је 1947.год. Јохн Парсонс. Употребом бушене траке управљао је позицијом алата при изради лопатица хеликоптерског пропелера. Основа нумеричког управљања је, управљање машином помоћу унапред дефинисаног програма.

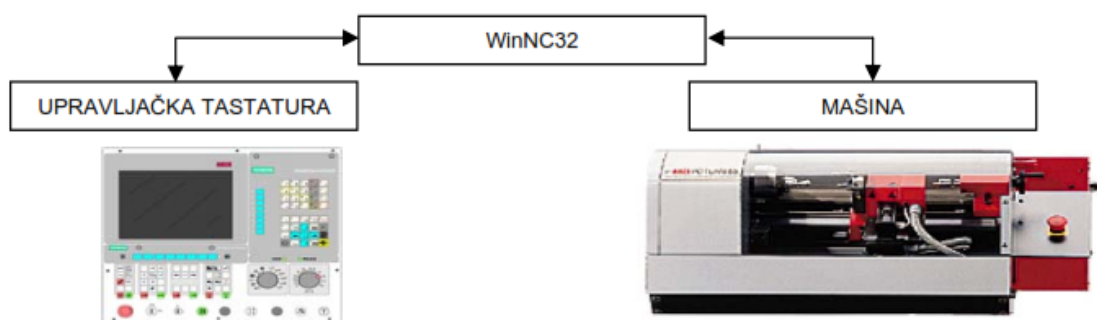
Прве управљачке јединице биле су без компјутера и називале су се **NC** управљачке јединице (Numerical Control), а будући да се програм састојао од бројева и слова, па због тога и носе назив Нумеричко управљање. Данашње управљачке јединице прављене су на принципу коришћења микропроцесора тј. малог електричног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

NC технологија је била једна од главних покретача развоја производње у последњих 50 година. То није резултирало само развојем нових технологија у високо продуктованим областима, већ је такође помогла да се повећа квалитет и смање производни трошкови. Идеја аутоматизације производње је развијена од индустријске револуције, али тада је ручни рад био исплативији од развоја и употребе нових машина. Сем тога да би се ове идеје оствариле био је потребан одређен технички ниво. Тек за време 2. светског рата стекли су се сви услови. Било је потребно постићи супериоран квалитет али и количину. Повећањем количине одређених производа квалитет се смањивао због утицаја људског фактора који је на то утицао. Америчко ратно ваздухопловство тражило је начин да се реши овај проблем. Постављени су следећи циљеви:

- Повећање производње,
- побољшање квалитета и тачности произведених делова,
- стабилизовање цена производње,
- могућност израде веома компликованих делова.

Као резултат ратних напора, 1951. године, ангазована је лабораторија за серво механизме Massachusetts Institute of Technology (MIT) да развије серво систем за машину алатку. У исто време MIT је такође радио на развоју компјутера под именом Whirlwind. Последица је била да је MIT дириговао укупан даљи развој пројеката NC.

У току шездесетих година, NC концепт постао је широко прихваћен и доступан. Како се за управљање ових машина користе алфанумерички карактери, оригинални стари назив дат је овој технологији, још увек је често у употреби, NC (Numerical Control = нумерички управљане машине). Већина ових машина, као носилац информација – програма, користила је кодирану бушену траку. Машина је помоћу траке могла да понови производњу истог дела онолико пута колико је то било потребно. Даљим развојем, пре свега у области компјутерске технологије, постигнут је напредак и представљена је нова генерација машина, CNC машине (Computerized Numerical Control = компјутеризована нумерички управљана машина), где се за управљање машином алатком користи компјутер, чиме се елиминише гломазна и не поуздана папирна трака. Програм се смешта у меморију компјутера, одакле се извршава, онолико пута колико је то потребно.



Слика 2. Машина EMCО WinNc и управљачка јединица [1]

У оквиру овог рада, у другом поглављу су приказане неке од основних карактеристика и подела CNC система.

У трећем поглављу је описано управљање и програмирање CNC машине у обради стругањем, карактеристичне тачке машине, преглед уводних, основних и помоћних функција, као и циклуса.

У четвртом поглављу су дате информације о CNC машини EMCО WinNC и њеном програму EMCО WinNC SINUMERIK 840D, информације о алатима и приборима који се користе на машини и карактеристике управљачке јединице.

У петом поглављу је извршено пројектовање самог дела, пример обрађен на машини и Catia V5 програму, као и одговарајући алати коришћени при изради радног предмета, 2D симулације, операције и захвати радног предмета.

На крају рада дат је закључак, и поглед коришћене литературе.

2. ОСНОВЕ CNC ТЕХНОЛОГИЈА

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.

Computer Numerical Control (CNC) је процес производње машинских делова на машинама код којих компјутер управља кретањем радних органа машине. Управља се правцем, смером величином и брзином померања. Програм за израду радног предмета је учитан у компјутер машине (управљачку јединицу) и одатле се извршава.

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.

Предности CNC стругова, као и других машина са CNC управљањем, јесу:

- Аутоматско управљање геометријским и технолошким информацијама,
- краће време обраде,
- висок ниво димензионалне тачности и
- висок степен економичности примене.

На CNC струговима могу се вршити обраде:

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

Карактеристике CNC машина:

- Могућност обраде најсложенијих машинских делова,
- висока продуктивност,
- велика брзина рада због повећаних режима обраде,
- боље вођење, што доводи до веће прецизности,

- обимно подмазивање и хлађење алата чиме се продужује век трајања алата,
- коришћење најквалитетнијих алата са резним оштрицама од тврдих метала и керамике.

CNC обрадни центри су много бољи али и популарнији од бушилица 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. Ограничења свакако постоје у облику димензијске ограничености величине појединих обрадака или немогућност аутоматске обраде посебно захтевних елемената производа које није могуће једноставно учврстити без, на пример, коришћења роботске руке. Идејна решења компјутерских управљаних стругова могу бити различита у зависности од намене, димензија, броја вретена носача алата, носећих структура, као и управљачких и мерних система. У суштини су конципиране као двоосне машине са контурним компјутерским управљањем. Поседују један или два носача алата са различитом просторном диспозицијом и орјентацијом према главном вретену. Број алата у носачу алата је променљив и зависи од типа машине.

Табела 1. Упоредивање неких карактеристика конвенционалне и CNC технологије [3]

Карактеристика	Конвенционална технологија	CNC Технологија
Извођење више операција на на једној машини	Појединачно извођење сваке операције са <u>вишекратном</u> припремом машине	Обједињавање више операција једне машине и обједињавање операција са више машина уз само једну припрему CNCмашине
Припрема посла	За време припреме машина не може производити	Припрема се обавља у <u>уреду</u> тако да машина може истовремено производити друге производе
- Прва обрада	Израда шаблона и подешавање машине	Пробно пуштање програма
- Поновљена обрада	Комплетно подешавање	Само позивање програма
Потребни цртежи	Потребни су димензиони цртежи или скице	За CNC машину често није потребан цртеж на папиру
Потребан радни простор	Потребан је радни простор за сваку машину са припадајућим манипулативним простором за сваку од њих	Само простор за једну машину са припадајућим манипулативним простором
Број радника / трајање обраде	Већи број радника или дуго трајање обраде уз мањи број радника	Најчешће само један радник уз кратко трајање обраде
Обученост радника	Столарска знања	Столарска знања општа и специјалистичка информатичка обученост
Потребна подршка од произвођача машине	Довољна је углавном на бази добаве само специјалних резервних делова	Трајна је зависност о сервису произвођача машине
Инвестицијска улагања	Више јефтиних машина, јефтино одржавање и јефтини резервни делови, скупљи радни простор	Скуп машина, додатно треба <u>уредски</u> компјутер, скуп специјалистички програми, захтевана обука радника, скупље одржавање машине

Кретањем се на CNC машинама управља помоћу управљачког система – управљачке јединице и електронског система за спровођење сигнала. Управљачка јединица учитава 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.

Управљачки систем има способност да анализира податке добијене од мерног система, доноси логичке одлуке, комуницира и покреће механичке уређаје и складишти информације у неком од облика трајних меморија. Израду програма за CNC машину изводи програмер – технолог. Програмер мора познавати принципе функционисања машине алатке, геометрију и карактеристику материјала алата, принципе пројектовања стезних прибора и друге законитости технологије машинске обраде. Програмер – технолог исписује програм за израду дела на носачу информација. CNC код чине блокови информација. Сваки блок садржи алфанумеричке податке, неопходне за извршење захвата (пролаза или помоћне функције) на радном комаду. Управљачка јединица учитава нови блок сваки пут када се заврши кретање алата, или одради извођење помоћне функције. Блок садржи у кодираном облику све неопходне информације за извршење захвата, попут дужине обраде, брзине резања, итд. Информације о димензијама о облику контуре узимају се са радионичког цртежа. Димензије се дају одвојено за сваку осу кретања. Брзина резања, корак и помоћне функције програмирају се зависно од захтеваног квалитета површине, захтеваних толеранција и на основу утицаја осталих параметара обраде и параметара захтеваних конструкцијском документацијом. CNC системи се деле према различитих критеријума.

Према врсти програмирања на:

- системи са координатним управљањем,
- системи са линиским управљањем и
- системи са контурним управљањем.

Према нивоу управљања ови системи могу се поделити на:

- систем са нумеричким NC управљањем,
- систем са компјутерским CNC управљањем,
- директно управљиви CNC системи,
- системи са адаптивним управљањем,
- флексибилне технолошке ћелије,
- флексибилни обрадни системи,
- флексибилни производни системи.

Према методи програмирања они могу бити:

- системи са апсолутним програмирањем и
- системи са инкременталним програмирањем.

Код конвенционалних обрадних система у процесу управљања водећу улогу има човек. За разлику од њих, код КЈ обрадних система све управљачке акције у процесу обраде реализују се посредством и под контролом управљачког система.

NC системи поседују управљачке јединице без уграђене меморије и представљају класичне системе са фиксном логиком. Код ових система је ограничена флексибилност и нису могуће корекције у току реализације програма. CNC системи су уствари NC системи са компјутерским управљањем. Под DNC системима подразумевају се системи код којих је рачунар преузео информације које класични NC систем није могао да обухвати, уз могућност да рачунар директно управља групом NC машина. DNC системи имају бројне предности у односу на NC системе од којих су најбитније:

- поузданији рад при експлоатацији,
- повећање продуктивности,
- већи број обухваћених информација,
- управљање групом машина уз коришћење великих могућности процесних рачунара и тд.

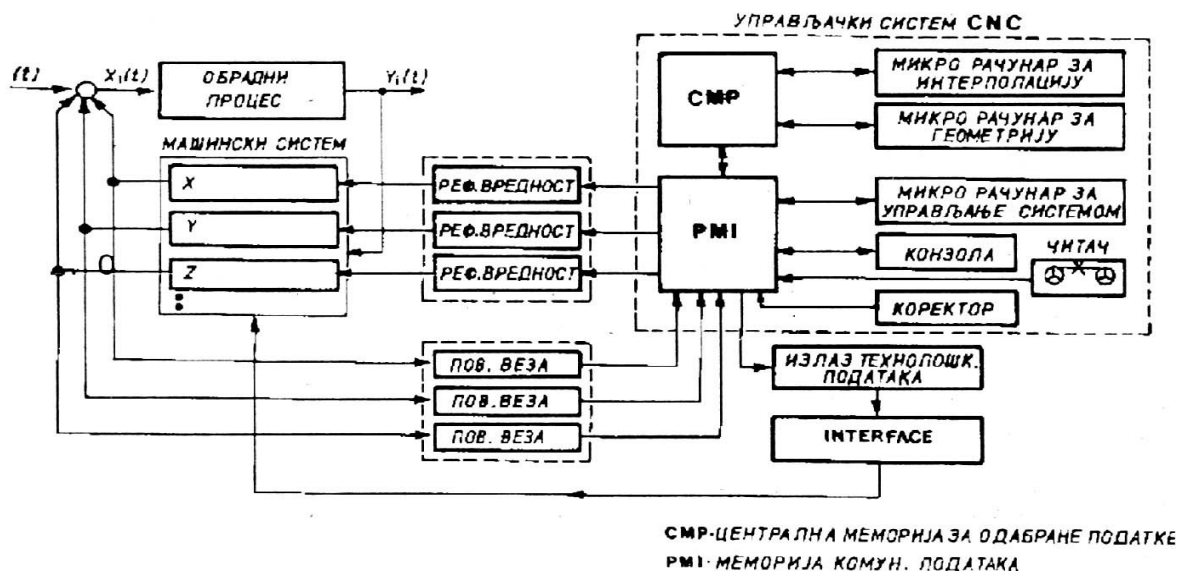
Евидентна је разлика између класичних и компјутерски управљаних обрадних система, која се огледа у:

- принципима управљања,
- нивоу аутоматизације,
- елементима који их генеришу,
- конструктивним карактеристикама и
- економским ефектима.

Оно што одликује компјутерски управљане обрадне системе јесте висок степен аутоматизације, при чему рачунар управља:

- допремом материјала или припремка,
- кретањем алата у току обрадног процеса,
- аутоматском изменом алата и обратка,
- функцијама машина и уређаја,
- токовима информација и
- отпремом обрадака.

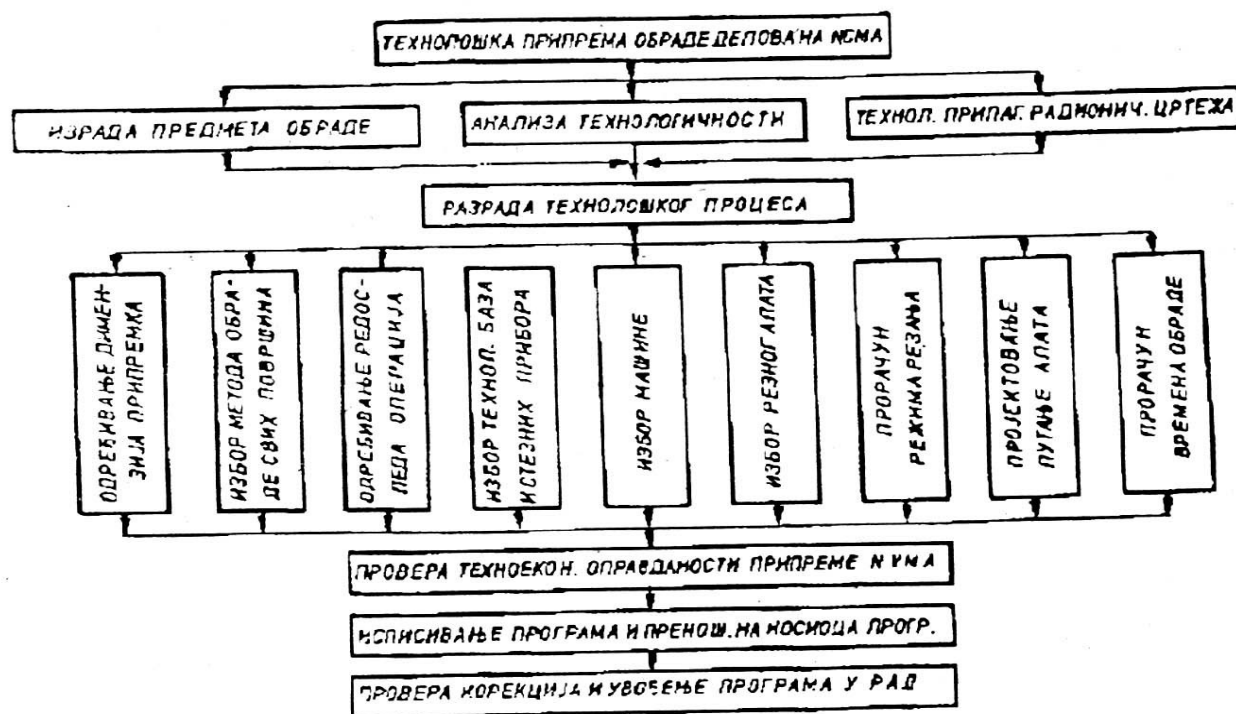
Анализирајући структурну изградњу обрадног система са CNC управљањем, слика 3, уочава се водећа улога рачунара у управљачком систему.



Слика 3. Анализа структурне изградње обрадног система са CNC управљањем [3]

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.

Ток и садржај технолошке припреме за обраду делова на CNC алатним машинама приказани су на слици 4.



Слика 4. Ток и садржај технолошке припреме за обраду делова на CNC алатним машинама [3]

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. Векторска слика одређена је геометријски као линија између две тачке, а темељ је CAD апликација где се код ње увећањем или смањењем слике не губи резолуција.

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 САМ-а. САМ 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. САМ је врста самосталне апликације којом се израђује програм неопходан за рад на CNC машини. Код коришћења САМ 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 САМ системом код CNC машина се користи да би се поједноставио сам процес производње и да би се производном систему повећала ефикасност. САМ систем би требао бити конципиран тако да CNC програмер може само на CAD цртежу одредити машинске операције, а САМ апликација након тога прави програм за CNC машину. Тако урађен програм ипак не садржи све параметре обраде већ само основне приказе путање алата, док су важни параметри обраде преддефинисани у PLC управљачким склоповима. Са тим је производња или управљање машинама олакшано, али је притом створена специјализација CNC мшина због разлике између параметара обраде различитих материјала.

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

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

Кориштење САМ 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. До графичког представљања предмета обраде долази се компоновањем основних геометријских елемената којима располаже програмски систем. Димензионисање се обавља путем тастатуре. Технолошки подаци и подаци квалитета обраде површине уносе се у алфанумеричком дијалогу. Повезивање CNC програма са CAD системима може се обавити на следећа два начина. Први начин је за случај примене рачунара у пројектовању производа који је претходио примени рачунара у пројектовању технологије за CNC машине алатке. Други модул повезивања CAD система са CNC програмирањем пружа могућност описивања предмета обраде у облику CNC управљачких информација формата:

- Геометријски оријентисаног програмског језика,
- CLDATA,
- CNC управљачких наредби.

Данас се већ увелико програмирају обрадни процеси на овај начин. Уградњом постпроцесора у CAD систем створена је могућност директног добијања CNC управљачких кодова за машину алатку из CAD система. CAD систем пружа могућност графичке провере путање алата и провере на колизију.

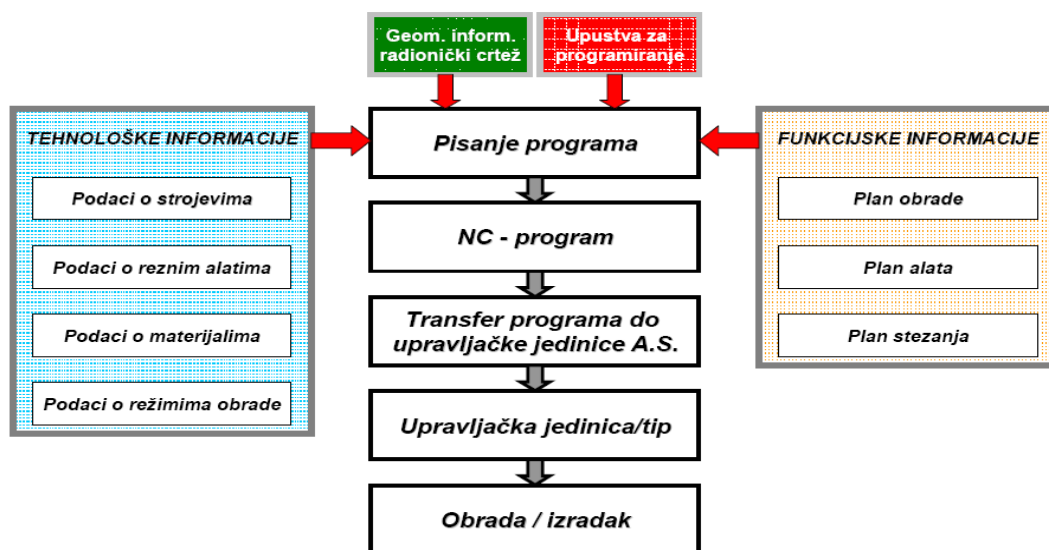
3. CNC УПРАВЉАЊЕ И ПРОГРАМИРАЊЕ CNC МАШИНА У ОБРАДИ СТРУГАЊЕМ

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. У меморији управљачког система све неопходне информације се систематизују и уносе у кодираном облику. Овако потхрањене информације управљачки систем, саопштава према степену приоритета, извршним деловима машине, управљајући тако процесом обраде. Програмирање је врло комплексан посао и њиме се могу бавити обучени стручњаци – програмери. То су обично инжењери који, поред познавања програмских језика, морају поседовати знања из области технологије обраде, затим о карактеристикама CNC машина основама оптимизације обрадних процеса и слично. Основни извори информација при програмирању су:

- Технолошки цртеж обратка,
- технолошки поступак операцијских захвата,
- скуп технолошких информација о: CNC машинама, алатима и параметрима обраде.

За извођење сваког захтева на CNC машини потребно је дефинисати програм који садржи одређене информације о димензијама (координатама) радног предмета и о технологији (броју обртаја, брзини помоћног кретања, алатима). Подаци за дефинисање појединих информација у програму црпе се из одговарајућих извора. Тако се:

- геометријске информације дефинишу на осову података које се налазе на радионичком цртежу,
- технолошке информације дефинишу на основу података који се налазе у разним технолошким приручницима, упуштима за експлоатацију CNC машина.



Слика 5. Упутства за програмирање [1]

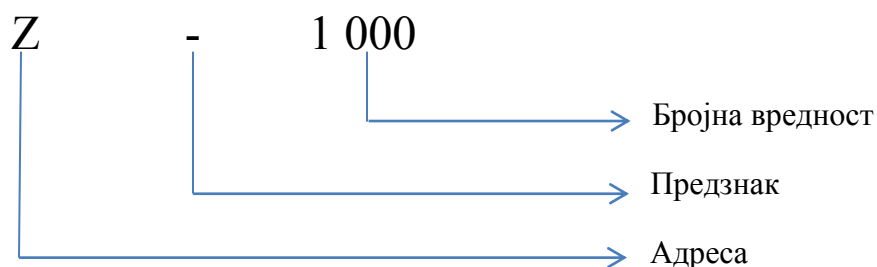
Код нумеричког управљања машина или NC – система, све информације за обраду радног предмета добијају се у виду бројних и словних и других симбола. За сваки тип машине алатке, стандардом су прописани положај, оријентација и ознака оса правоуглог координатног система.

Процес израде делова на CNC машини састоји се од следећих активности:

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

У општем случају, CNC програмирање подразумева одређивање путање алата, режиме резања и превођење плана обраде у списак инструкција разумљивих управљачкој јединици машине. **Путања алата** је скуп линија и тачака дуж којих се алат креће и у којима се посебно позиционира, али се извршава нека функција машине, од свог базног положаја у радном простору машине, па током активне обраде дела, све до поновног враћања у базни положај. Алат се дуж активног (обрадног) дела путање најчешће креће у више пролаза. **Пролаз** представља један циклус кретања алата по путањи. По завршетку једног пролаза алат се помера бочно у односу на путању, ка радном комаду, за величину додатка за обраду и изводи наредни пролаз. Тај поступак се понавља у оном броју пролаза који обезбеђује уклањање материјала са припремка предвиђеног текућим захватом или операцијом. Путања, поред линије, може и да садржи и скуп

карактеристичних тачака у којима се врши промена смера кретања, промена режима обраде, укључивање и искључивање средстава за хлађење и подмазивање, измена алата и сл. Сваки захват и операција имају свој скуп путања. Одређивање путање алата значи одређивање потпуног скупа путања и броја пролаза потребних за извођење обраде над радним комадом. Програм представља скуп инструкција у обрадном систему, урађених по редоследу операција и захвата, за извршење процеса обраде. Састављање програма назива се програмирање. Већина набројаних активности постоји и код класичних алатних машина, али оно што је посебно за CNC машине јесте ПРОГРАМИРАЊЕ. **Програмирање је** поступак писања програма према унапред дефинисаној технологији, а може се урадити ручно или помоћу рачунара. Оно представља само један од сегмената обраде везаних за NC – алатне машине, али је врло значајно јер од њега зависе карактеристике предмета обраде, као што су квалитет обраде, тачност, производност, итд. Задатак програмера је да опише геометрију радног предмета, дефинише алат, брзину главног и помоћног кретања, а затим кретање по описаној геометрији. Програм је сачињен од реченица – блокова. Једна реченица садржи све податке неопходне за спровођење једног радног захвата. Програмске реченице могу бити програмиране са променљивим бројем знакова. Свака реченица се састоји од више речи, а свака реч има одређено значење. Програмска реч је основни носилац информација. У програмирању су тачно дефинисани облик писања, дужина и садржај. Програмска реч представља комбинацију слова, знакова и цифара.



Разликују се три врсте програмирања:

- Ручно програмирање, без помоћи рачунара,
- полуаутоматско програмирање, када за израду програма користимо рачунар и специјализоване програме,
- аутоматско програмирање.

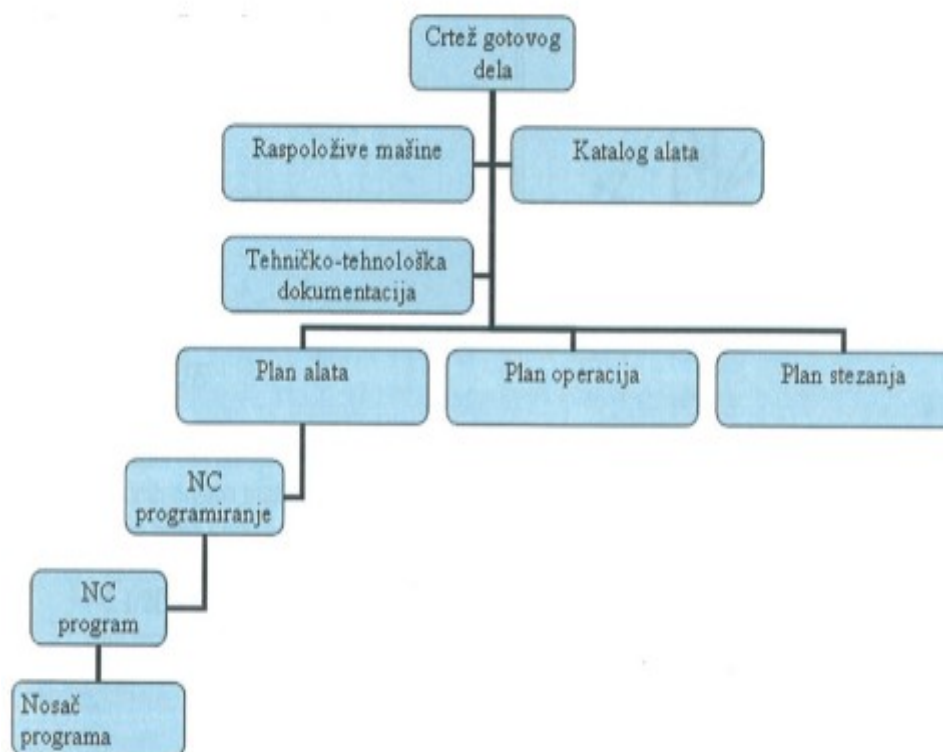
3.1. Ручно програмирање

Обично се примењује у првој фази коришћења NC – алатних машина и када је геометрија предмета обраде релативно једноставнија, величина серије релативно велика, нешто стабилнији програм производње. Оно обухвата следеће активности:

- Дефинисање захтева и операција,
- превођење геометријских информација са цртежа на програмски лист,
- уређење информација у програмском листу у одговарајуће блокове,

- кодирање,
- преношење програма.

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



Слика 6. Поступак ручног програмирања [3]

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.

До данас је развијено више од сто проблемски орјентисаних језика, али ради њиховог смањења и стандардизације ISO комитет је препоручио само четири: APT (USA), EXAPT (NEMACKA), NEL-NC (VELIKA BRITANIJA) i IFAPT (FRANCUSKA).

3.2. Полуаутоматско програмирање

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

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

У односу на ручно порграмирање, програмер је овде ослобођен прорачунавања карактеристичних тачака, што му знатно олакшава рад. Међутим програмер је и даље оптерећен тумачењем радионичког цртежа и његовим превођењем у складу са синтаксом.

Остварује се применом рачунара који растеређује програмера од једног броја рутинских операција. Рачунар обично врши прерачунавање координата из једног координатног система у други, одређује путању једне карактеристичне тачке алата, врши обраду дела геометријских информација, итд.

3.3. 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 геомтрије. Ово је резултат чињенице да програмер више не дефинише геометрију радног комада већ је преузима у електронском облику од конструктора. До данас у свету постоји велики број таквих система IDEAS, Pro/ENGINEER, CATIA, UGS NX итд.

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:

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

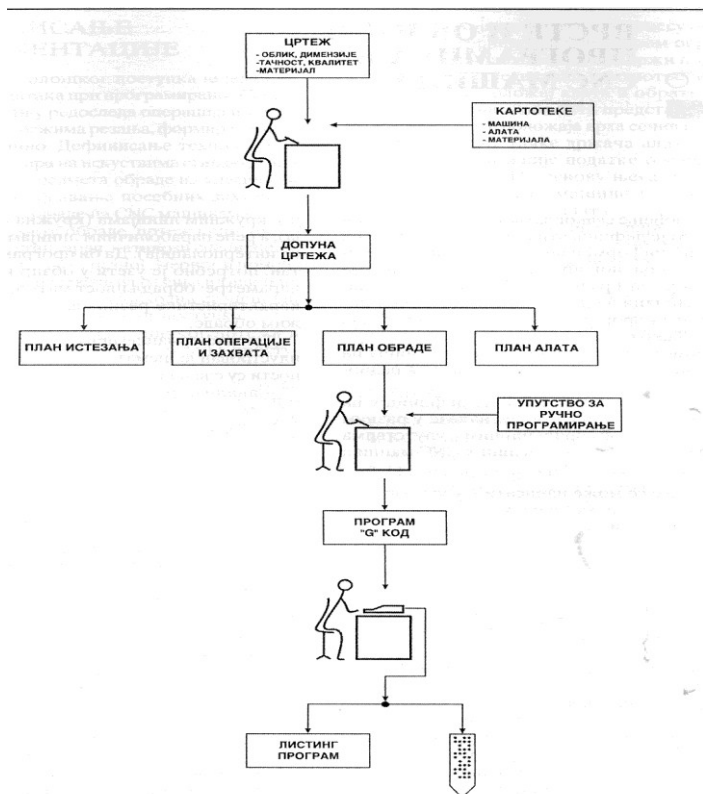
При аутоматском програмирању програмер се у највећој могућој мери ослобађа рутинских активности. Он треба да дефинише димензије полуфабриката и предмета обраде, као и основне податке о алату, материјалу и врсти обраде. Предности аутоматског програмирања су:

- Користе се релативно једноставни програмски језици,
- синтакса програмских језика је блиска човеку,
- програм је прегледнији и знатно краћи,
- обично је мањи број грешака у програму,
- постоји могућност брже измене програма,
- исти програмски језик применљив је за већи број NC – алатних машина,
- управљањем машином.

Разрађени програм уноси се у програмски лист.

Предности оваквог начина програмирања:

- велика уштеда у времену при програмском описивању обратка (нема прорачунавања карактеристичних тачки - путање алата),
- језик који се користи је једноставан, симболички састављен од појмова и термина блиских технологији обраде, па се при учењу брзо савладавају,
- на минимум се смањују могуће грешке. Може се рећи да је однос 1:100 када су у питању грешке настале при аутоматском и ручном програмирању,
- могућа је симулација кретања алата, а самим тим кориговање рада машине.



Слика 7. Поступак аутоматског управљања

Програмирање подразумева израду следеће документације:

- Формирања плана обраде (плана операција и захвата),
- израде плана стезања,
- израде плана алата,
- прорачуна режима резања,
- пројектовања путање алата,
- писање програма.

3.4. Формирање плана 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. У интегрисаном CAD/CAM окружењу симулација кретања алата, генерисање, верификација и пост-процесирање програма изводе се у оквиру истог CNC модула. Богата визуелизација пружа додатне погодности, као што су, приказивање целог обрадног система, укључујући машину, стезни прибор, припремак, алате и др., анализу приступачности локација за обраду, идентификацију колизије елемената обрадног система

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.

Сви ови подаци уносе се у план операција и захвата оним редоследом, који следи ток обраде на машини, чиме се олакшава исписивање програмског листа.

3.5. Израда плана 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.

3.6. Избор припремка

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:

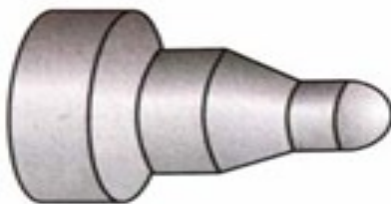
- Радионички цртежи,
- цртежи припремка,
- карте машина и упутства за коришћење управљачког система,
- каталози специјалног и стандардног резног, стезног и мерног прибора,
- нормативи режима резања,
- нормативи времена,
- стандарди и сл.

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.

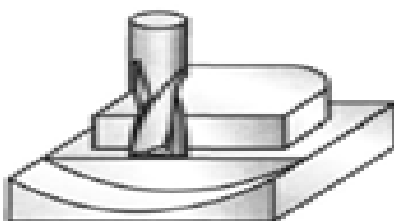
Управљање у ширем смислу речи је процес задавања управљачке функције објекту управљања, којом управљачки систем врши функцију трансформације жељене вредности улаза у излаз, а да притом може, или не мора да оствари повратну везу информација о дејству поремећаја на објекат управљања и сам процес. Код конвенцијалних обрадних система у процесу управљања човек има водећу улогу. Код рачунаром управљаних обрадних система управљање се реализује посредством и под контролом управљачке јединице – управљачког система, који се састоји од рачунара и електронског подсистема, чији је основни циљ спровођење сигнала до погонског система, али обезбеђивање повратног сигнала од мерног система до управљачке јединице. Начин саопштавања информација обрадном систему директно опредељује начин управљања. На начин управљања утиче сложеност кинематске структуре обрадног система и остале карактеристике производног процеса. Број управљаних оса представља потребан број независних али синхронизованих померања (помоћног кретања) радних органа машине. Према броју управљивих оса, обрада машинских делова се своди на:

2D –дводимензионална обрада, синхронизовано померање два помоћна кретања



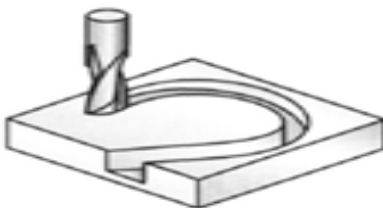
Слика 8. 2D – дводимензионална обрада [5]

- 2 1/2D -тродимензионална обрада, постоје три независна померања, али синхронизовано - истовремено померање је могуће само за два помоћна кретања.



Слика 9. 2 1/2D - тродимензионална обрада [5]

- 3D–тродимензионална обрада, синхронизовано померање три помоћна кретања



Слика 10. 3D – тродимензионална обрада [5]

3.7. 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 машине. За 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 профилу 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.

На NC и CNC машинама алаткама алати се смештају у:

- Брзо изменљиве носаче алата (мора се имати онолико носача алата, колико је потребно алата за обраду. У сваки носач се поставља одговарајући алат и унапред се врши његово подешавање - корекција),
- револвер глава (резни алати се не измењују, већ се само индексирају – заокрећу, да би се довели у радну позицију. Алати за стругање се постављају радијално у односу на револверску главу, а алати за бушење и проширивање су управни на њу),
- карусел магацине алата,
- добашасте магацине алате,
- тракасте магацине алате и сл.

Магацини алата обрадних система са NC и CNC управљањем опремљени су „систем алатима“, који омогућавају аутоматску измену алата. „Систем алата“ се састоје из основне чауре, редуцир чауре, наставака, држача алата и стандардног алата. Основне чауре се аутоматски постављају у конус радног вретена машине или у магацин алата, и као носећи део прихватају остале делове алата и сам алат.

„Систем алати“ обезбеђују:

- Оптималан број елемената,
- ефикасан начин кодирања,
- Брзу и лаку измену алата.

3.8. Пројектовање путање алата – израда плана резања

Технолог – програмер програмира путању одабране тачке на алату по контури обратка. Код стругарског ножа та тачка је врх ножа, или центар радијуса врха ножа. При обради неке контуре, тачка додиралца алата и обратка помера се по радијусу заобљења врха ножа, па је потребно извршити корекцију профила. Корекција профила алата најчешће се не врши у технолошкој разради грубе обраде стругањем, јер се код ње не захтева висока тачност. Да би технолог – програмер добио тачне димензије предмета обраде, мора програмирати путању средишта радијуса алата по еквидистанти контуре радног предмета. При пројектовању путање алата неопходно је узети у обзир начин примицања и одмицања алата од радног комада. Примицање алата површини предмета изводи се брзим ходом до удаљености од 2-10 мм.

Са ове удаљености кретање алата се изводи радним посмаком, који обезбеђује лаган улазак алата у захват са радним комадом. Поступак одмицања алата је сличан поступку примицања алата, са разликом што се радни ход замењује брзим ходом, када се алат одмакне од радног предмета на удаљености од најмање 2мм.

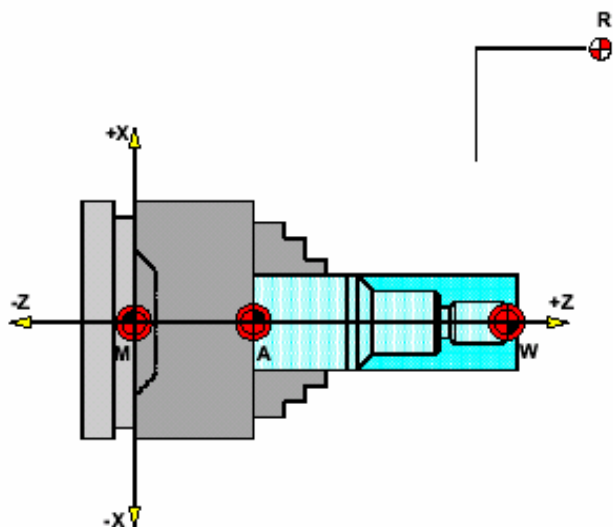
У процесу програмирања машина са нумеричким управљањем постоје два система мерења, и то:

- Апсолутни и
- инкрементални.

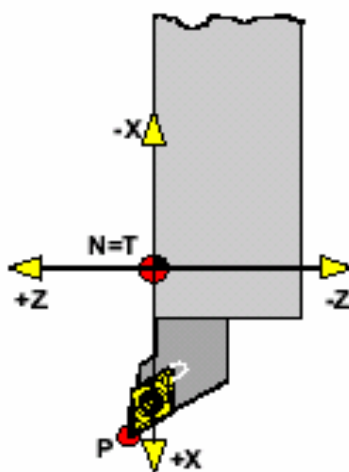
Апсолутни систем мерења Карактеристика овог система је да се сва мерења врше у односу на једну унапред утврђену тачку, а то је најчешће нулта тачка предмета обраде.

Инкрементални систем мерења је систем при коме се мерење врши од тачке до тачке, односно, положај неке тачке се увек дефинише у односу на претходну тачку. Оба мерна система могу да се користе као и њихова комбинација, чешће се користи апсолутни мерни систем због мање могућности грешке.

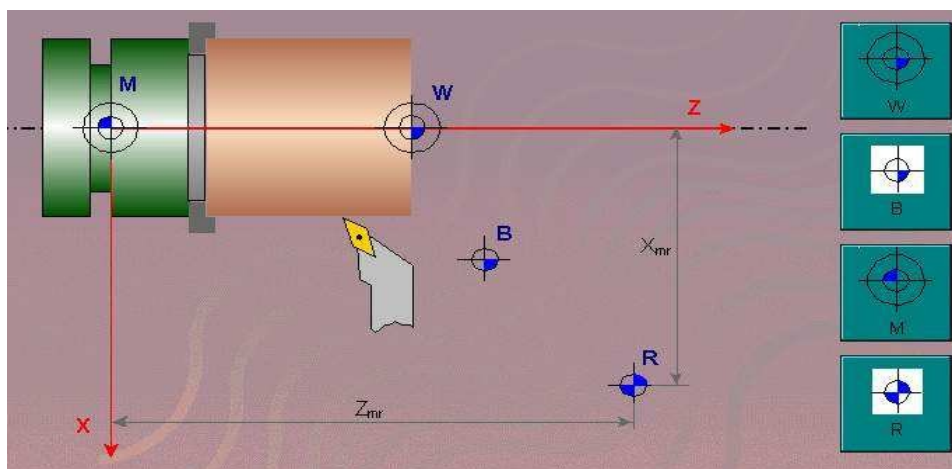
3.9. Карактеристичне тачке



Слика 11. Карактеристичне тачке на радном предмету [1]



Слика 12. Карактеристичне тачке на алату [1]



Слика 13. Карактеристичне тачке [1]



Нула машине (Machine zero point) Позиција ове тачке се не може мењати. Одређена је од стране произвођача NC машине. Она је исходиште координатног система.



Нула радног предмета (Workpiece zero point) Тачка везана за обрадак. Слободно се мења према потребама конструкције или израде.



Референтна тачка алата (Tool mount reference point) - Почетна тачка од које се мере сви алати. Лежи у оси држача алата. Одређена је од стране произвођача и не може се мењати.



Референтна тачка (Reference point) - Тачка у радном подручју машине, одређена је крајњим прекидачима. Позиција се пријављује контролном уређају када се клизачи приближе тачки.



Постављена нулта тачка (Settable point) - Одабрана тачка на стезном прибору у односу на коју се одређује нулта тачка обратка.



Тачка врха алата.

3.10. Синтакса програма

Свака програмска реч остаје да важи толико дуго док је не заменимо новом.

- Свака програмска реченица мора бити у свом реду.
- После изабране главне функције следе, по потреби, речи допунских параметара управљања, једна иза друге, увек одвојене најмање једним празним местом.
- Дозвољено је писање коментара који се одвајају знаком ; (тачка-зарез).

3.11. Врсте речи – адресе

У сваком програму се помоћу адреса дефинишу информације о померањима, технолошке информације и помоћне функције. Адресе које препознаје управљачка јединица су следеће:

- AP - поларни угао,
- AR - угао кружног лука,
- CR - радијус круга,
- D - селектовање компензације алата,
- F - брзина помоћног кретања, мм/мин или мм/о,
- G - главне функције,
- I - подаци потребни при кружној интерполациј,
- II - подаци потребни при кружној интерполациј,
- K - подаци потребни при кружној интерполациј,
- K1 - подаци потребни при кружној интерполациј,
- L - позив потпрограма,
- M - помоћне функције,
- N - број блока,
- P - број понављања потпрограма,
- RP - поларни радијус,
- S - број обртаја, о/мин,
- T - број алата,
- X, Z – величине кретања,
- / - прескочи блок,

Програм сачињавају реченице – блокови, а реченице представљају скуп речи. Формат блока, односно реченице може бити дефинисан на бази фиксне и променљиве дужине речи. Ако се врши кретање у правцу Z осе, тада је X координата константна и мора се писати у свим блоковима са одговарајућим предзнаком. На пример, ако један блок садржи

56 карактера, и сваки следећи блок мора да садржи 56 карактера. У блоковима се променљивом дужином речи варијабилна дужина блока зависи од броја карактера у њему.

3.12. Структура програма

Програм се састоји од:

- Броја програма,
- уводних функција,
- програмских целина,
- завршетка програма.

3.13. Број програма

Главни програм може имати број нпр. %100. Сврха је да се идентични програми, који се често користе, могу запамтити као подрутине (потпрограми). Као такви могу бити позивани и извршавани колико је то потребно. Овим се поједностављује програмирање. **G** функције по својој намени могу бити:

- Функције за дефинисање димензија програмирања,
- функције за успостављање веза између координатног система машине и предмета обраде,
- функције за дефинисање начина кретања,
- функције за дефинисање мода помака и
- остале функције.

3.14. Уводне функције

То су наредбе које важе за све време извршавања програма. Најчешће су то наредбе:

G70 мерни систем у инчима или **G71** мерни систем у милиметрима,

G90 апсолутни мерни систем или **G91** инкрементални мерни систем,

G54 – G57 одређивање нулте тачке.

Системски је одређено (подразумева се) да су постављене наредбе **G90** и **G71**.

3.15. Програмске целине

Програмским целинама сматрају се наредбе појединих делова програма које су потребне да се са неким алатом обради предвиђени део обратка.

3.16. Крај програма

Наредба **M30** означава завршетак главног програма.

3.17. Преглед основних G функција

G0 - Позиционирање брзим ходом,

G1 - Радни ход – линеарна интерполација,

G2 - Радни ход – кружна интерполација супротно од смера казаљке,

G3 - Радни ход – кружна интерполација у смеру казаљке,

CIP - Радни ход – кружна интерполација кроз три тачке,

G4 - Задржавање алата,

G17 - Избор радне равни XY,

G18 - Избор радне равни XZ,

G19 - Избор радне равни YZ ,

G25 – Позив потпрограма,

G33 – Резање навоја,

G53 - Искључење постављене нулте тачке обратка за један блок,

G54-G57 - Постављене нулте тачке обратка,

G70 - Програмирање у инчима,

G71 - Програмирање у милиметрима,

G78 – Циклус обраде навоја,

G81 – Циклус бушења,

G82 – Циклус бушења са временом задржавања алата,

G83 – Циклус бушења дубоких рупа,

G84 – Циклус уздужне обраде,

G90 - Програмирање у апсолутним вредностима,

G91 - Програмирање у инкременталним вредностима,

G94 - Корак у мм/мин (обично код глодања),

G95 Корак мм/о (обично код стругања),

G96 - Константна брзина резања укључена,

G97 -Константна брзина резања искључена,

G110 - Положај пола у односу на последње програмиран положај алата,

G111 - Положај пола у односу на нулу радног предмета,

G112 - Положај пола у односу на последње важећи пол.

Поред главних (**G**) функција, које дефинишу услове кретања, постоји и група помоћних функција (**M**), које искључиво служе за давање инструкција алатној машини. Помоћне функције се деле на:

- Функције заустављања и функције краја програма или потпрограма,
- функције укључивања и искључивања,
- функцију за измену и корекцију алата,
- функције излаза укључивања и
- остале функције.

3.18. Преглед основних М функција

M0 - Програмско заустављање,

M1 - Опционално заустављање,

M2 - Крај главног програма,

M3 - Укључивање главног вретена у смеру казаљке,

M4 - Укључивање главног вретена супротно од смера казальке ,

M5 - Искључивање главног вретена,

M6 – Измена и корекција алата,

M7 – Укључивање расхладног средства слабијег интензитета,

M8 – Интензивно хлађење,

M9 – Искључивање хлађења,

M17 - Крај потпрограма,

M20 – Одмицање шиљка,

M21 – Примицање шиљка,

M25 – Отварање стезног прибора,

M26 – Затварање стезног прибора,

M30 - Крај програма,

M71 – Укључивање дувалке,

M72 – Искључивање дувалке.

3.19. Преглед циклуса (Cycle)

Циклуси су програмске целине које се могу често понављати. Циклуси могу бити стандардни и кориснички, а кориснички се могу израдити у зависности од потребе посла. Употребом циклуса скраћује се време програмирања. Стандардни циклуси су следећи:

Cycle 93 – Grooving cycle – циклус за израду жлебова,

Cycle 94 – Undercut cycle – циклус за израду удубљења у складу са DIN 509, облика Е и F пречника већег од 3мм,

Cycle 95 – Stock removal cycle – циклус за скидање материјала у више пролаза,

Cycle 96 – Thread undercut cycle – циклус за израду удубљења у складу са DIN 76, облика А, В, С и D за израду метричког навоја од M3 до M68,

Cycle 97 – External thread – циклус резања навоја,

Cycle 98 – Chaining of threads – циклус резања низа навоја,

Cycle 81 - Drilling ,Centering – циклус за бушење рупа,

Cycle 82 – Drilling, Counterboring – циклус за бушење рупа са временом чекања на дну рупе,

Cycle 83 – Deep hole drilling – циклус за дубоко бушење рупа,

Cycle 83 E – циклус за бушење рупа EMCO,

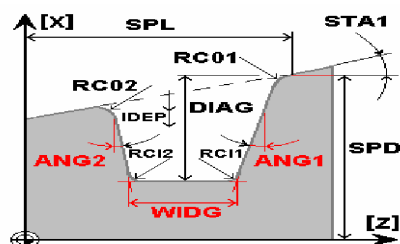
Cycle 84 E – циклус за урезивање навоја,

Cycle 85 – Cycle 89 – циклуси разбушивања.

GROOVE - CYCLE 93 - циклус израде жлебова

Могуће је на стругу урадити жлеб приказан на слици 14. Опис циклуса даје се у прегледној табели која садржи назив циклуса и све његове параметре.

Cycle params: CYCLE93		
Start. point	SPD	0.
Start. point	SPL	0.
Width	WIDG	0.
Groove depth	DIAG	0.
Angle	STA1	0.
Flank angle 1	ANG1	0.
Flank angle 2	ANG2	0.
Rad./chamfer	RCO1	0.
Rad./chamfer	RCO2	0.
Rad./chamfer	RCI1	0.
Rad./chamfer	RCI2	0.
Fin. allow.	FAL1	0.
Fin. allow.	FAL2	0.
Infeed depth	IDEPL	0.
Dwell time	DTB	0.
Operation	VARI	5

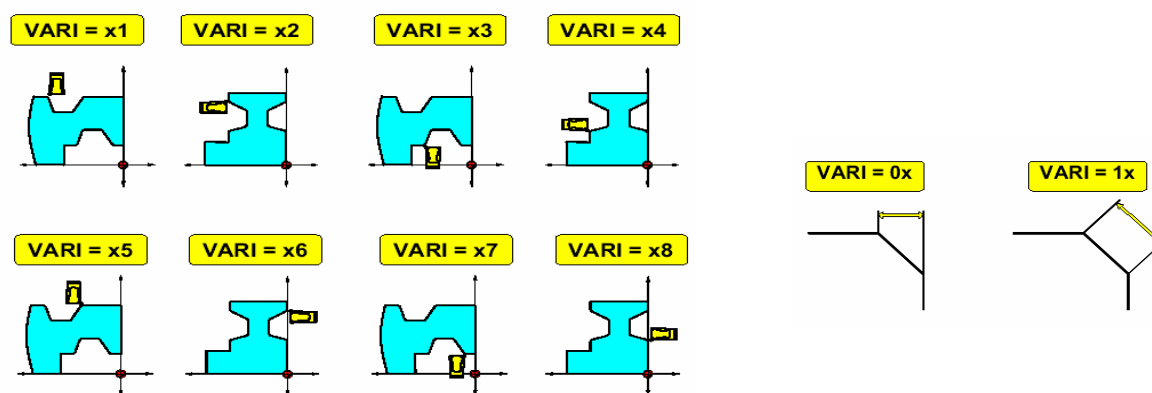


Слика 14. Опис циклус [5]

Слика 15. Жлеб за циклус [5]

Start. Point	SPD – почетна позиција по X оси (без предзнака)
Start. Point	SPL – почетна позиција по Z оси (без предзнака)
Width	WIDG – ширина жлеба на дну
Groove depth	DIAG – дубина жлеба релативно од почетне позиције (без предзнака)
Angle	STA1– угао конуса између осе ротације и контуре обратка
Flank angle 1	ANG1 – бочни угао на страни стартне позиције (без предзнака)
Flank angle 2	ANG2 – бочни угао на супротној страни (без предзнака)
Rad./ chamfer	RCO1 – радијус +/- закошење спољашњег угла на страни стартне тачке

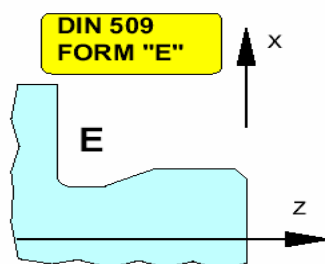
Rad./ chamfer	RCO2 – радијус +/- закошење спољашњег угла на супротној страни
Rad. / chamfer	RCI1 – радијус / закошење унутрашњег угла на страни стартне тачке
Rad./ chamfer	RCI1 – радијус+ / закошење унутрашњег угла на супротној страни
Fin. allow	FAL1 – додатак за обраду код израде дна жлеба
Fin. allow	FAL2 – додатак за обраду код израде бокова жлеба
Infeed depth	IDEPL – максимална дебљина резања у једном пролазу
Dwell time	DTB – време чекања
Operation	VARI – варијанте израде жлеба, комбинације од 1 до 18 као на слици 15.



Слика 16. Варијанте израде жлеба [5]

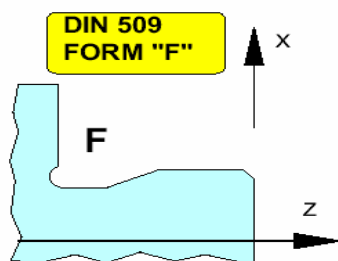
Cycle 94 – Undercut cycle – циклус за израду удубљења у складу са DIN 509, облика E и F пречника већег од 3мм

Према DIN 509 форма E се користи код само једне обрађене површине.



Слика 17. Циклус за израду удубљења у складу са DIN 509, облика E [5]

Форма F се користи када су обрађене две површине.



Слика 18. Циклус за израду удубљења у складу са DIN 509, облика F [5]

Опис циклуса даје се у прегледној табели која садржи назив циклуса и све његове параметре.

Cycle params: CYCLE94		
Start. point	SPD	18.
Start. point	SPL	-70.
Form	FORM	☒ E

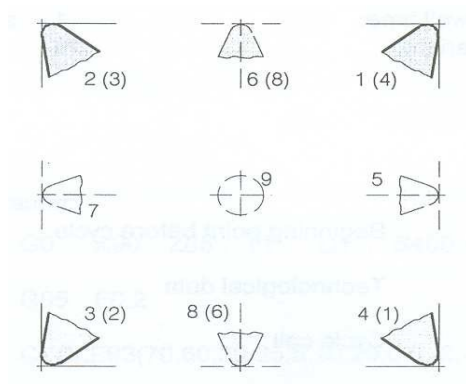
Слика 19. Опис циклуса [5]

Start. Point SPD - почетна позиција по X оси (без предзнака)

Start. Point SPL - почетна позиција по Z оси (без предзнака)

Form FORM – ширина жлеба на дну

Код израде удубљења смеју се користити само алати са позицијама 1,2,3,4.



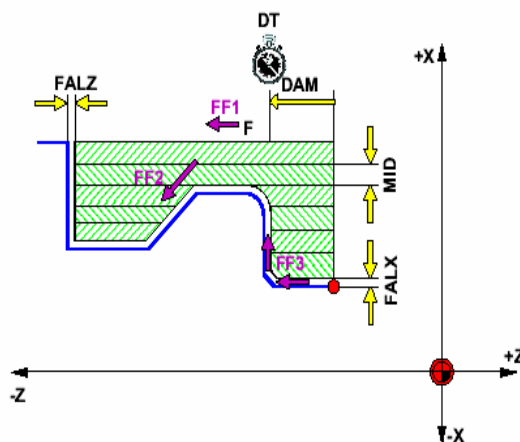
Слика 20. Алати са позицијама [5]

Cycle 95 – Stock removal cycle – циклус за скидање материјала у више пролаза

Ово је врло користан и често коришћен циклус за аутоматско скидање слојева материјала где машина сама, на основи задатих параметара, скида слојеве материјала до задате контуре која се посебно пише и као потпрограма. Контуру је могуће нацртати и у Free Contour modu и спремити међу потпрограме.

Опис циклуса даје се у прегледној табели која садржи назив циклуса и све његове параметре.

Cycle params: CYCLE95		
Name	NPP	
Infeed depth	MID	0.
Fin. allow.	FALZ	0.
Fin. allow.	FALX	0.
Fin. allow.	FAL	0.
Feed roughing	FF1	0.001
Feed plunging	FF2	0.001
Feed finish	FF3	0.001
Operation	VARI ☒	9
Dwell time	DT	0.
Path length	DAM	0.
Retract. path	_VRT	0.



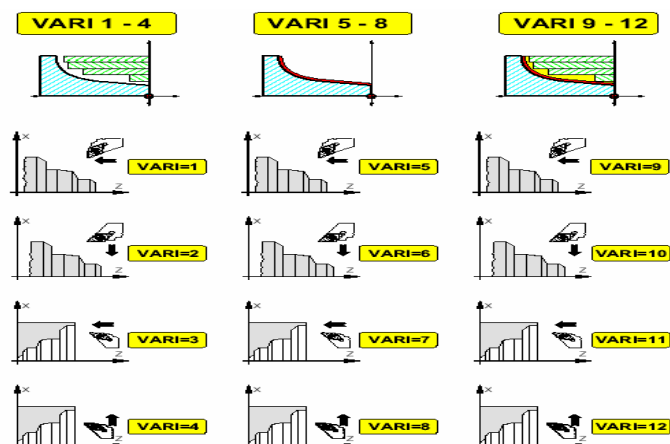
Слика 21. Опис циклуса [5]

Слика 22. Цртање контуре у Free Contour modu [5]

Name	NPP – назив потпрограма у коме је дефинисана контура
Infeed depth	MID – максимална дубина резања (по пречнику)
Fin. Allow	FALZ – дубина резања у завршном пролазу по Z оси
Fin. allow	FALX – дубина резања у завршном пролазу по X оси
Fin. allow	FAL – дубина резања у завршном пролазу паралелна са контуром
Feed roughing	FF1 – брзина помоћног кретања при грубој обради
Feed roughing	FF2 – брзина помоћног кретања при продирању
Feed roughing	FF3 – брзина помоћног кретања при финој обради
Operation	VARI – варијанта рада 1 – 12, према слици 22.
Dwell time	DT – време застоја после сваког пролаза

Path length DAM –пут после којег ће се при грубој обради рез прекинути и због ломљења струготине

Retract. path VRT – одмицање у повратном ходу



Слика 23. Варијанта рада 1 – 12 [5]

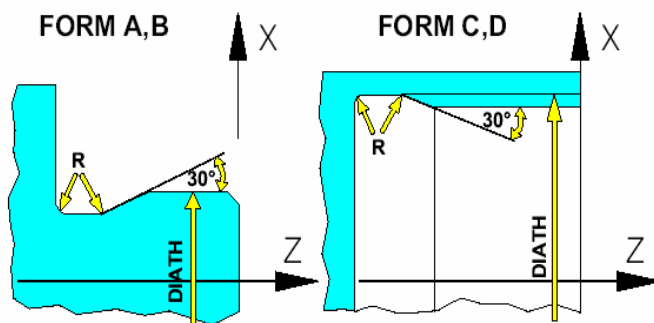
Cycle 96 – Thread undercut cycle – циклус за израду удубљења у складу са DIN 76, облика А, В, С и D за израду метричког навоја од M3 до M68

A – спољашњи навој

B – спољашњи навој краће верзије

C – унутрашњи навој

D – унутрашњи навој краће верзије



Слика 24. Форма А, В за спољашњи навој, а Форма С, D за унутрашњи навој [5]

Опис циклуса даје се у прегледној табели која садржи назив циклуса и све његове параметре.

Cycle params: CYCLE96		
Nominal diam.	DIATH	0.
Start. point	SPL	0.
Form	FORM ☒	A

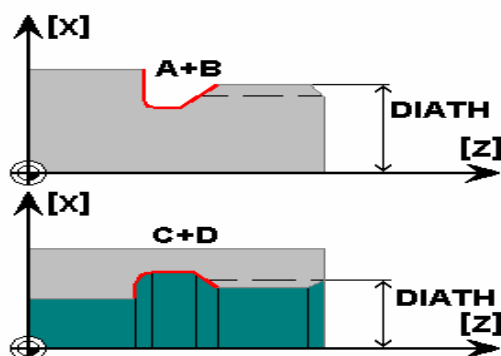
Слика 25. Опис циклуса [5]

Start. Point DIATH – номинални пречник навоја

Start. Point SPL – почетна позиција по Z оси

Form FORM – форма, облик удубљења

Код израде удубљења могу се користити само алати с позицијама 1,2,3,4. У бази подака мора бити уписан и угао чишћења 30° , за одабрани алат.



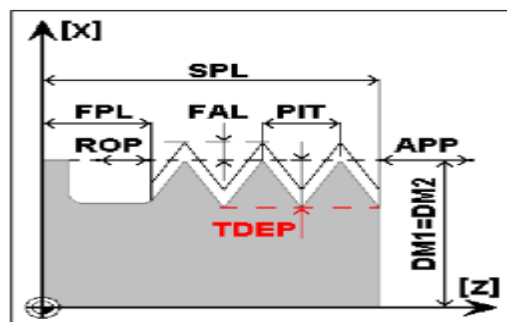
Слика 26. Циклус за израду удубљења, облика А, В, С и D [5]

Cycle 97 – External thread – циклус резања навоја

Овим циклусом могу се нарезивати спољашњи и унутрашњи навоји константног корака. Могу се нарезивати једноструки и вишеструки навој. Леви и десни навој одређују се смером обртања главног вретена SUPPORT, THREND, THREND CUTTING. Ако је дефинисан корак навоја тада се дефинише пречник и обрнуто. Ако се зада номинални пречник, корак навоја се не дефинише, навој ће бити нарезан стандардним кораком.

Позивом циклуса 97 за израду навоја отвара се табела циклуса са његовим параметрима (слика 26).

Cycle params: CYCLE97		
Thread lead	PIT	0.
Thread size	MPIT ☒	0.
Start. point	SPL	0.
End point	FPL	0.
Diameter 1	DM1	0.
Diameter 2	DM2	0.
Runin path	APP	0.
Runout path	ROP	0.
Thread depth	TDEP	0.
Fin. allow.	FAL	0.
Infeed angle	IANG	-180.
Start pt.off	NSP	0.
Cuts	NRC	1
Noncuts	NID	1
Operation	VARI ☒	1
No.of threads	NUMTI	1



Слика 27. Опис циклуса [5]

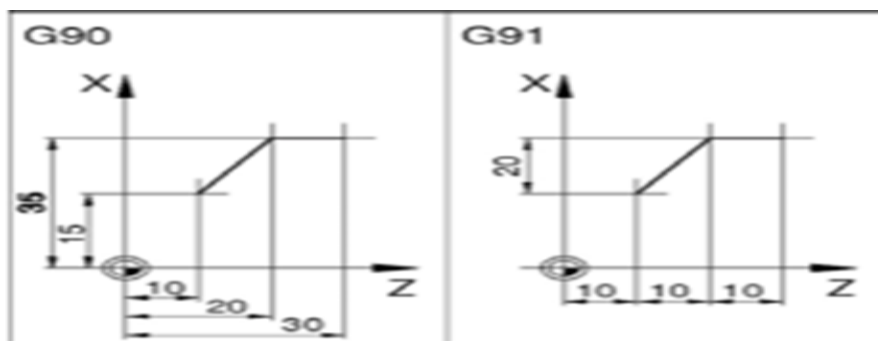
Слика 28. Приказ циклуса резања навоја [5]

Thread lead	PIT – корак навоја у мм
Thread size	MPIT – нормални пречник навоја
Start point	SPL – почетна позиција (по Z оси)
End point	FPL – крајња позиција (по Z оси)
Diameter 1	DM1 – пречник навоја на почетној позицији (код SPL)
Diameter 2	DM2 – пречник навоја на крајња позиција (код FPL)
Runing path	APP – пут примицања алата (без предзнака)
Runout path	ROP – пут одмицања алата (без предзнака)
Thread depth	TDEP – дубина навоја (без предзнака)
Fin. allow.	FAL – дубина резања завршне обраде
Infeed angle	IANG – угао обраде навоја по кораку
Start pt. offs	NSP – почетна тачка првог навоја
Cuts	NRC – број пролаза ножа по навоју
Noncuts	NID – број празних пролаза ножа по навоју
Operation	VARI – начин нарезивања
No. Of threads	NUMTI – број навоја

3.20. G90 – G91 апсолутно и инкрементално програмирање

G90 - апсолутно програмирање, у адресама X и Z су координате циљних тачака у координатном систему радног предмета. **G91** - инкрементално програмирање у адресама X и Z су вредности за колико треба извршити померање у односу на претходну тачку.

Струг **EMCO TURN 55** поседује мерни систем, тако да се после укључења машине и иницијализације мерног система (очитавања референтне тачке) тачно зна где се у радном простору машине, налази носач алата. Због тога, код ове машине, функција **G90** се подразумева, њу није неопходно наглашавати на почетку програма. Када желимо да користимо функцију **G91** морамо је назначити. Ове функције се могу по потреби смењивати у програму, а пошто су модалне, важиће све док се не замене. У оквиру једног блока појединачна оса може бити програмирана апсолутно или инкрементално без посебног уношења **G90/G91**



Слика 29. Апсолутно и инкрементално програмирање [5]

Пример:

```
N   G90
N... G0  X40  Z=IC(20)
```

У горњем примеру Z вредност је дата инкрементално, и ако је активно апсолутно програмирање.

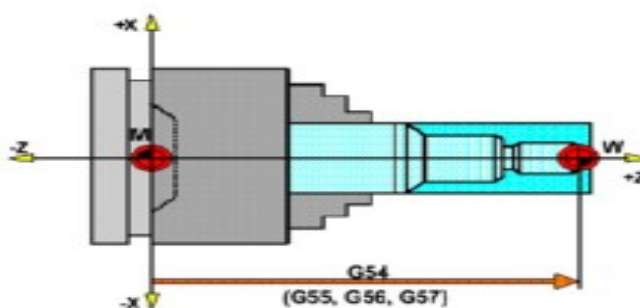
```
N... G91
N... G0  X40  Z=AC(10)
```

У овом примеру, само Z вредност је задата апсолутно, а актуелно је инкрементално програмирање.

3.21. G54 – G57 постављене нулте тачке обратка

Код **EMCO Concept TURN 55** стругова нулта тачка машине, тачка (M) лежи у оси ротације базе стезне главе. Ова тачка је фабрички одређена конструкцијом машине и немогуће је мењати. Како ова тачка није погодна као почетна тачка рада, координатни систем је могуће променити и поставити га у другу, повољнију тачку у радном простору NCмашине.

Формат: N1 G54



Слика 30. Поставље нулте тачке обратка [1]

Када се, у параметрима машине, одреди нови координатни систем, та ће се вредност придодати нултој тачки машине позивом наредбе G54, па ће се нулта тачка преместити из позиције M (машинске нулте тачке) у W (нулту тачку обратка). Ако се ова функција користи за премештање M у W, тада ће се сваки пут мењати вредност у менију.

3.22. NC оквирни системи (FRAMES)

Група наредби NC FRAMES мењају актуелан координатни систем. Оквир представља аритметичко правило за трансформацију једног координатног система у други. У оквирном систему могуће је изводити следеће трансформације појединачно или у комбинацији:

- Транслирање,
- ротирање, тема напредног семинара,
- пресликавање, тема напредног семинара,
- промена размере (скалирање), тема напредног семинара .

3.23. TRANS – транслаторно померање координатног система

Овом наредбом омогућено је програмско премештање координатног система радног предмета на жељено место.

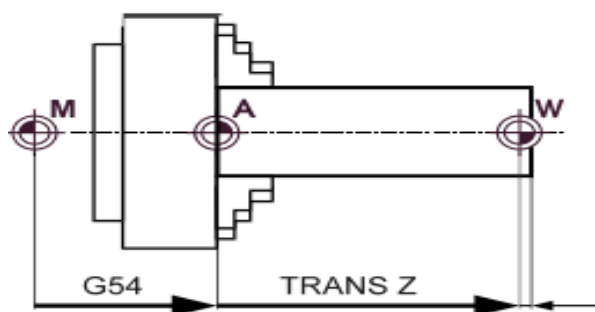
Формат:

N... G54

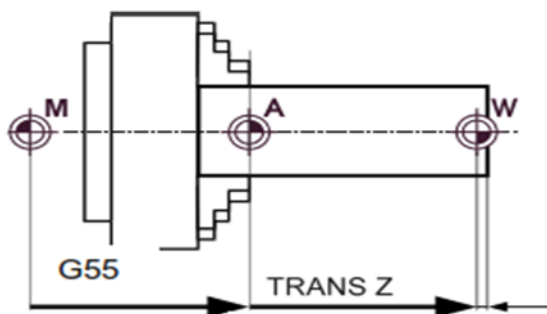
N... TRANS Z...

G54 дефинисано у параметрима машине, не мења се све док се не промени стезни прибор. Z величина померања од тачке A до тачке W, зависи од дужине припремке.

Наредбом **G54** обично премештамо нулу машине **M** у привремену нулту тачку **A**, то је одабрана тачка, на стезном прибору, којој можемо прићи мерном прибором. Затим, у зависности од дужине припремке, наредбом **TRANS** транслаторно премештамо координатни систем у нулту тачку обратка **W**. У параметрима машине може истовремено бити постављено више (**G54-G57**) привремених нултих тачака **A**, актуелна ће бити она која се позове у програму.



Слика 31. Транслаторно померање координатног система наредбом G54 [1]



Слика 32. Транслаторно померање координатног система наредбом G55 [1]

3.24. G0 Позиционирање брзим ходом

G0 - кретање брзим ходом (правоугли координатни систем)

Формат: N... G0 X... Z...

X и Z координате циљне тачке, у апсолутном систему, или растојања од претходне тачке у инкременталном систему.

G0 - кретање брзим ходом (поларни координатни систем)

Формат: N... G0 AP... RP...

AP - дефинисање крајње тачке, поларни угао

RP - поларни радијус

Док је актуелна функција **G0** брзина помоћног кретања ће бити 2000 мм/мин (параметар машине).

3.25. G1 Линеарна интерполација

G1 - линеарно кретање у радном ходу (правоугли координатни систем)

Формат: N... G1 X... Z... F...

X и **Z** - Координате циљне тачке, у апсолутном систему, или растојања од претходне тачке у инкременталном систему.

F - Брзина радног хода, креће се у распону 0 – 2000 мм/мин

G1 - линеарно кретање у радном ходу (поларни координатни систем)

Формат: N... G1 AP... RR... F...

AR - дефинисање крајње тачке (E), поларни угао

RR-поларни радијус

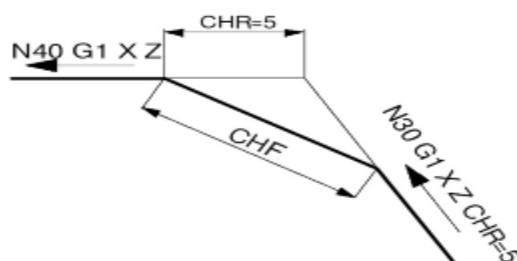
F - Брзина радног хода, креће се у распону 0 – 2000 мм/мин

3.26. Уметање закошења (chamfer) и заобљења (filet)

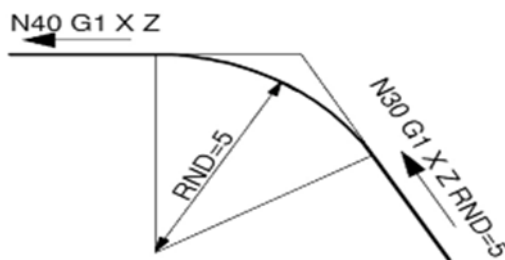
Закошење или заобљење ће бити уметнуто на контури између две линије, линије и круга (у било којој комбинацији). Закошење ће бити уметнуто после блока у ком је програмирано, увек је у равни G17, и симетрично у односу на угао. Заобљење ће бити уметнуто после блока у ком је програмирано, и увек је у равни G17. Уметнути радијус ће бити тангентан на контуру

Формат: N... G... X... Z... CHF=...

X и Z Координате циљне тачке, у апсолутном систему, или растојања од претходне тачке у инкременталном систему.



Слика 33. Уметање закошења (chamfer) [5]



Слика 34. Уметање заобљења (filet) [1]

CHF - дужина закошења мерена по контури

N... G... X... Z..... CFR=...

CHR - дужина закошења мерено у правцу оса

N... G... X... Z..... RND=...

RND радијус заобљења.

Пример закошење:

N30 G1 X... Z... CHR=5

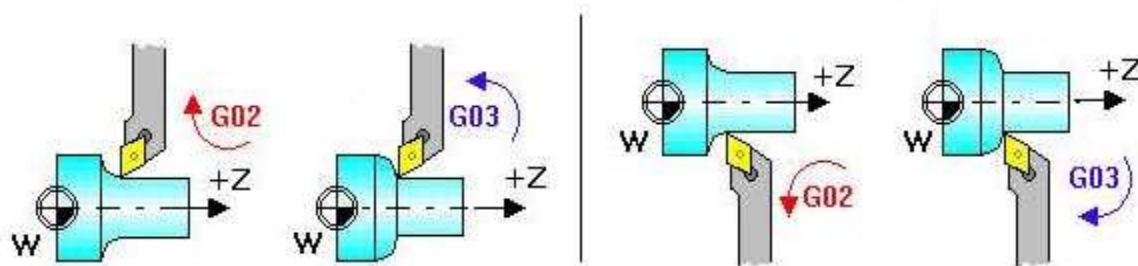
N40 G1 X.. Z...

Пример заобљење:

N30 G1 X... Z... RND=5

N40 G1 X.. Z...

3.27. G2, G3, CIP Кружна интерполација



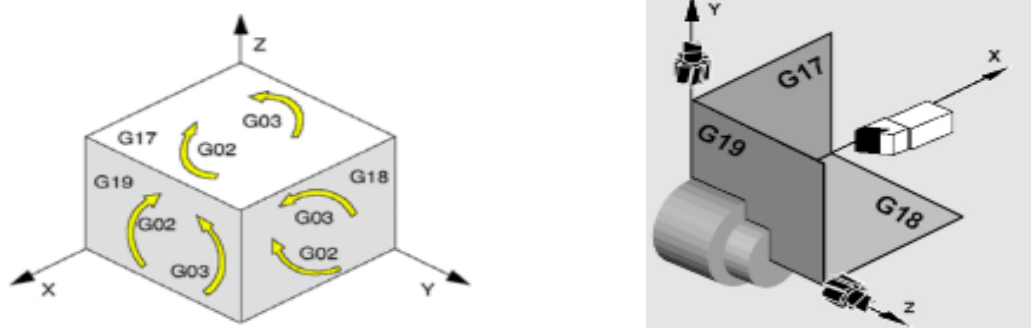
Слика 35. G2 и G3 кружна интерполација [1]

G2 - кретање по кругу у смеру кретања казаљке сата

G3 - кретање по кругу супротно смеру кретања казаљке сата

CIP - кретање по кругу кроз три тачке (CIRCLE through Points)

На слици 36. су приказана кретање по кругу у различитим равнинама.



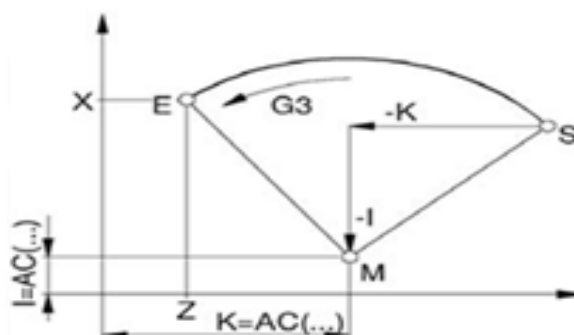
Слика 36. Кретање по кругу у различитим равнинама [1]

3.28. Програмирање кружног лука ако је позната почетна тачка, крајња тачка, и центар круга

Формат: N... G2/3 X... Z... I... K...

N... G2/3 X... Z.. I=AC(..) K=AC(..)

X,Z - Координате крајње тачке (E), у апсолутном мерном систему или растојање од почетне тачке (S) до крајње тачке (E) у инкременталном мерном систему.



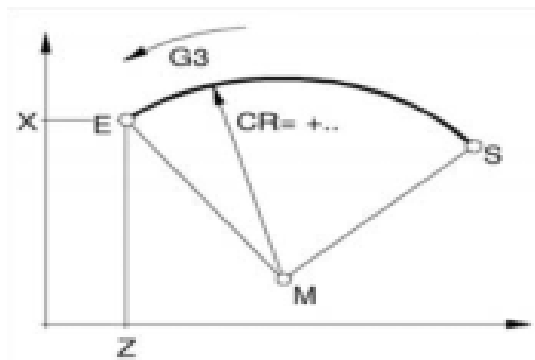
Слика 37. Програмирање кружног лука ако је позната почетна тачка, крајња тачка, и центар круга [1]

Центар круга, тачка М, програмира се инкрементално као растојање од почетне тачке S до центра круга (тачка М) у правцу оса X,Z (I,K), водећи рачуна о предзнаку. Центар круга је могуће дефинисати и у односу на нулту тачку радног предмета, тада је I=AC(...) пречник који описује центар круга, K=AC(...) растојање центра круга до нулте тачке радног предмета, водећи рачуна о предзнаку.

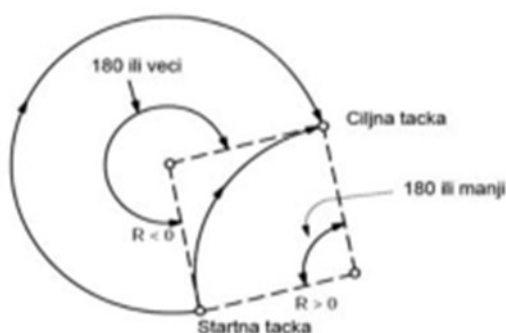
3.29. Програмирање кружног лука ако је позната почетна тачка, крајња тачка, и радијус круга

Формат: N... G2/3 X... Z... CR=±...

X,Z - Координате крајње тачке (E) у апсолутном мерном систему или растојање од почетне тачке (S) до крајње тачке (E) у инкременталном мерном систему.



Слика 38. Програмирање кружног лука ако је позната почетна тачка, крајња тачка, и радијус круга [1]



Слика 39. Програмирање кружног лука ако је позната почетна тачка, крајња тачка, и радијус круга [1]

$CR=\pm$ Радијус круга. Знак + дефинише кружни лук мањи или једнак 180° док знак - дефинише кружни лук већи од 180° . Овом наредбом се **неможе** програмирати пун круг.

3.30. Програмирање кружног лука ако је позната почетна тачка, крајња тачка, и угао кружног лука

Формат:

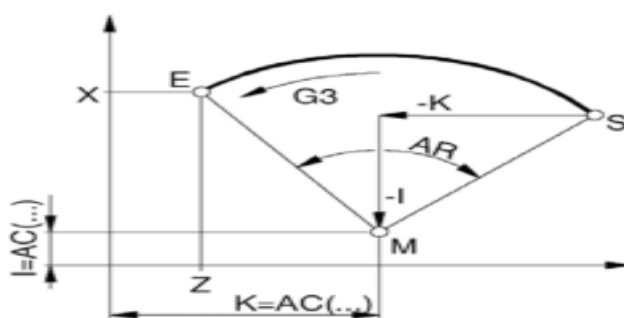
N... G2/3 X... Z... AR=...

N... G2/3 I... K... AR=...

X,Z - Координате крајње тачке (E),

I,K - дефинисање положаја центра круга

AR - угао, мора бити мањи од 360° тј. **немогуће** је програмирати пун круг.



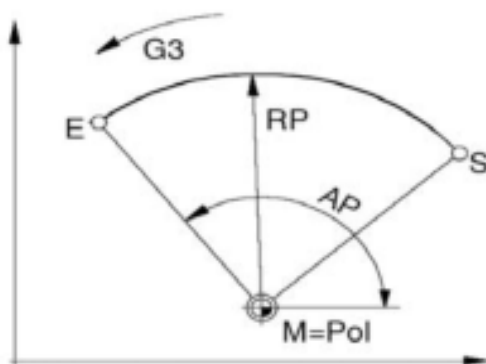
Слика 40. Програмирање кружног лука ако је позната почетна тачка, крајња тачка, и угао кружног лука [1]

3.31. Програмирање кружног лука помоћу поларних координата

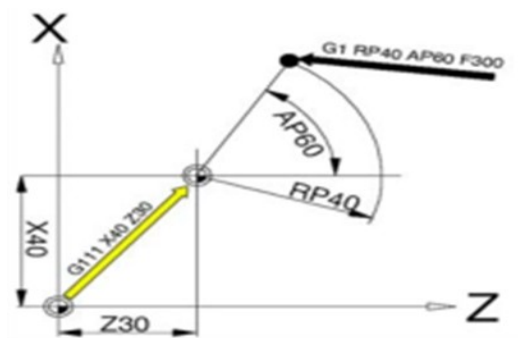
Формат: N... G2/3 AR=... RR=...

AR - дефинисање крајње тачке (E), поларни угао

RR - поларни радијус (радијус круга)



Слика 41. Програмирање кружног лука помоћу поларних координата [1]



Слика 42. Дефинисање положаја пола тачка М, функцијом G110 - G112 [1]

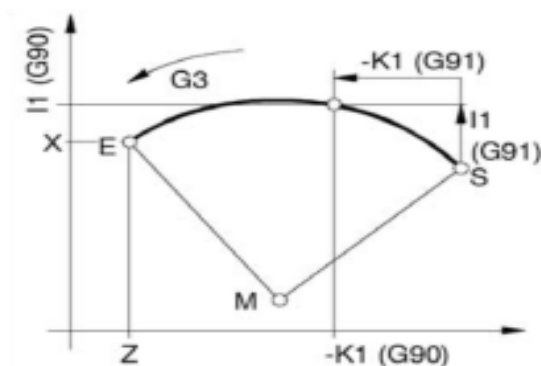
Пре ове функције неопходно је дефинисати положај пола тачка М, функцијом G110 - G112

G110 - Пол је дефинисан у односу на програмирану тачку кретања - последњу тачку

G111 - Пол је дефинисан у односу на актуелан координатни систем радног предмета

G112 - Пол је дефинисан у односу на тренутно актуелан пол

3.32. Програмирање кружног лука помоћу стартне тачке, међу тачке и крајње тачке (подржано само кретање у смеру казаљке на сату)



Слика 43. Програмирање кружног лука помоћу стартне тачке, међу тачке и крајње тачке [1]

Формат: N... CIP X... Z... I1=... K1=...

X,Z - Координате крајње тачке (E),

I1,K1 - дефинисање положаја међутачке.

3.33. Програмирање помоћних функција

M0 Програмирано заустављање извршења програма

Програмира се када је из било ког разлога (престезање, мерење, чишћење...) потребно предвидети заустављање извршења програма. Ова наредба зауставља главно, помоћно кретање и хлађење ако постоји. Врата је могуће отворити без поништавања аларма. Извршење програма се наставља притиском на дугме **NC START**.
Формат: N... M0

M1 Условно програмирано заустављање извршења програма

Ради као функција **M0** али само онда када је дугме **OPT.STOP** на машинској тастатури притиснуто.
Формат: N... M1

M2 Крај главног програма

Ради слично као функција **M30**

M30 Крај главног програма

Овом наредбом означавамо крај програма, сва кретања се заустављају, а програм се враћа на почетак, спреман да се поново изврши. Ако је дефинисан бројач радних предмета, он ће се повећати за 1.

Формат: N... M30

M3 Укључивање главног вретена у смеру казаљке на сату

Ово је најчешће коришћен смер обртања, када је носач алата **испред** главног вретена.

Формат: N... G95 S1000 M3 F0.08

S - број обртаја о/мин

F - брзина помоћног кретања мм/о или

број обртаја главног вретена ће бити толики да обезбеди програмирану константну брзину резања дефинисану у **S** адреси.

Формат: N... G96 S150 M3 F0.08

S - брзина резања м/мин

F - брзина помоћног кретања у мм/о

M4 Укључивање главног вретена супротно од смера казаљке часовника

Ово је најчешће коришћен смер обртаја када је носач алата **иза** главног вретена.

Формат: N... G95 S1000 M4 F0.08

или за случај када са ради са константном брзином резања

N... G96 S150 M4 F0.08

M5 Искључивање главног вретена

Главно вретено се зауставља, за наставак рада потребно га је поново укључити функцијама **M3** или **M4**. Крај програма (M30) аутоматски зауставља главно вретено.

Формат: N... M5

Функције излаза укључивања

Код стандардних нумерички управљаних машина главно и помоћно кретање је аутоматизовано, док се постављање и скидање радног предмета, а често и измена алата, обавља ручно. Машине вишег нивоа аутоматизације, опремљене су додатним елементима за аутоматизацију. То су углавном пнеуматске компоненте којима се такође може управљати из програма. На стругу **Emco Concept Turn 55** потребна је следећа додатна опрема:

- аутоматска врата – пнеуматско отварање,
- аутоматски коњиц,
- пнеуматска стезна глава,
- дуваљка - пнеуматско чишћење стезног прибора
- DNC интерфејс.

Наведени прибори активирају се из програма позивом одговарајуће **M** функције.

M20 одмицање шиљка,

M21 примицање шиљка,

M25 отварање стезног прибора,

M26 затварање стезног прибора,

M71 укључивање дуваљке (чишћење стезног прибора),

M72 искључивање дуваљке.

3.34. Функција алата у програму

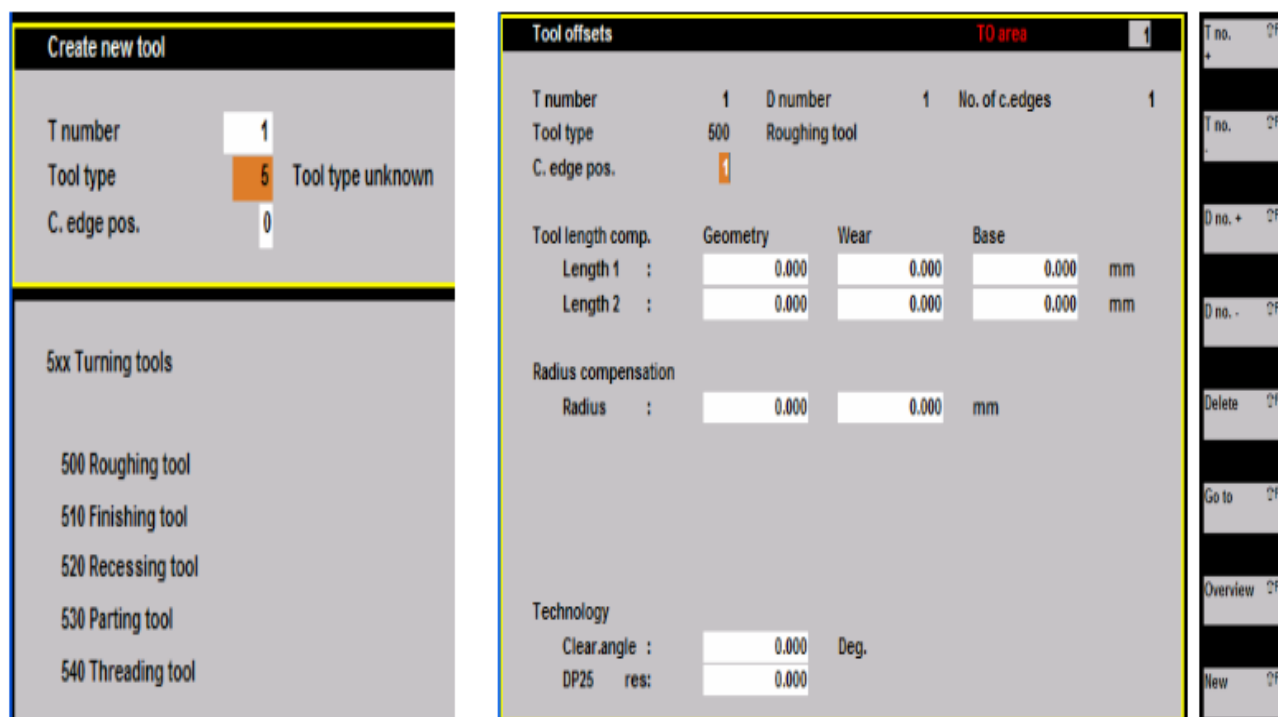
Позив алата, измена алата, дефинисање алата, корекција полупречника, корекција дужине алата...

Формат: N... T1 D1

T1 - број алата у револвер глави (од 1 до 8). Парни бројеви означавају алате за спољашњу обраду, а непарни алате за унутрашњу обраду,

D1 - корекциони број алата је број регистра у ком су смештени подаци о алату.

Алат који се позива у програм, мора бити дефинисан у менију **PARAMETAR** притиском на вертикалну функцијску типку <F8> New.



Слика 44. Приказ призора при избору алата на машини [1]

У прозору се појављују две опције:

New tool edge <F3> - нова оштрица алата

New tool <F4> - нови алат

No. of c.edges – број оштрице

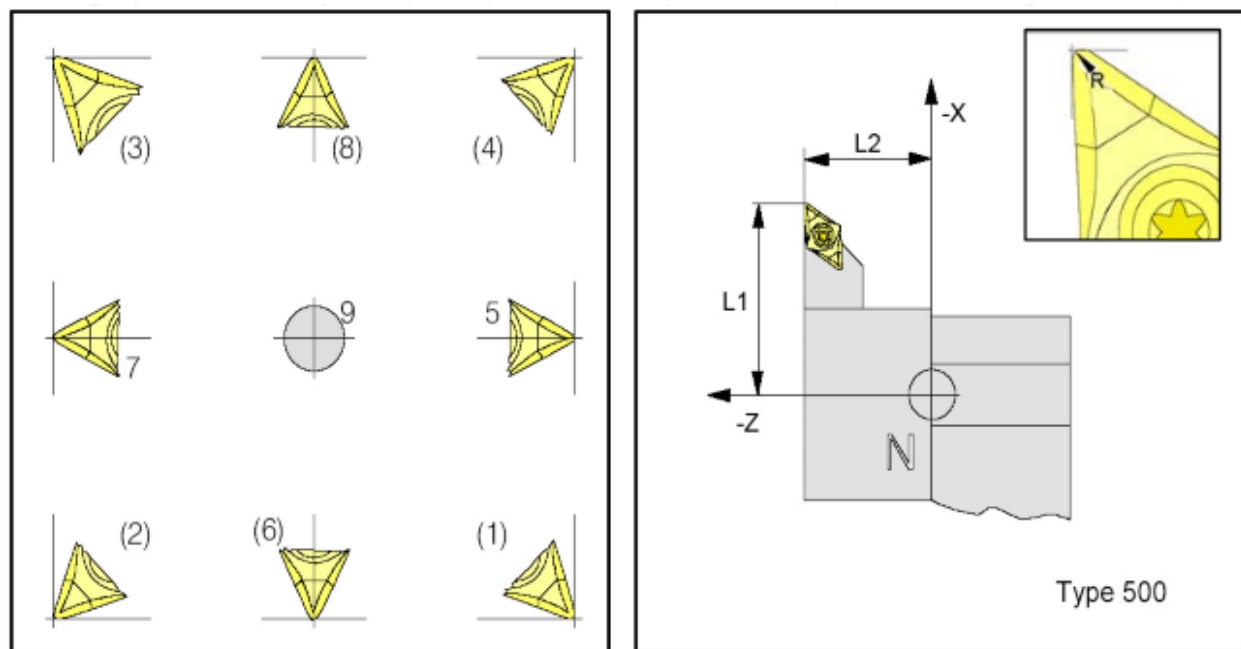
Tool type – тип алата

- **1XX Milling tools** – алати за глодање
- **2XX Drilling tools** – алати за бушење
- **4XX Milling tools** – алати за брушење
- **5XX Turning tools** – алати за стругање
- **7XX Special tools** – специјални алати

Сваки тип алата (Tool type) нуди нови прозор с одређеним алатима, тако избором групе 5XX следи прозор за избор стругарског алата

- 500 Алати за грубо стругање
- 510 Алати за завршне обраде
- 520 Алати за унутрашње стругање
- 530 Алати за резање
- 540 Алати за израду навоја

Cuter. edge position. - уписати позиција ножа 1- 9 према слици (за десни стругарски нож позиција је 3)



Слика 45. Приказ позиција алата [1]

Tool length comp. – компензација дужине алата (корекције L1 и L2), добија се мерењем оптичким уређајем.

Geometry – димензије радног дела алата

Wear – девијација од геометријске вредности

Base – димензије држача алата

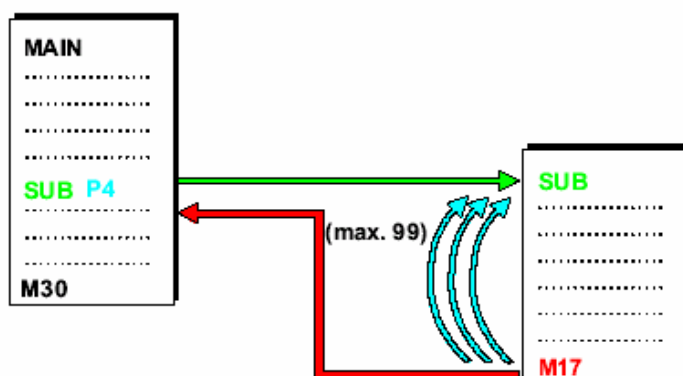
Збир вредности **geometry, wear i base** је укупна вредност корекције

Radius compensation – компензација радијуса алата

Radius – радијус алата (R) је дефинисана каталогом произвођача алата.

3.35. 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 у главном 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**.



Слика 46. Позивање потпрограма [5]

```

N140 G0 X10 Y10F
N150 PERO P5F
  
```

У 150-тој наредби на позицији X10, Y10 позван је потпрограм PERO који ће се извршити 5 пута (P5). Користећи наредбу P сваки потпрограм се може извршити више пута (максимално 99 пута). [5]

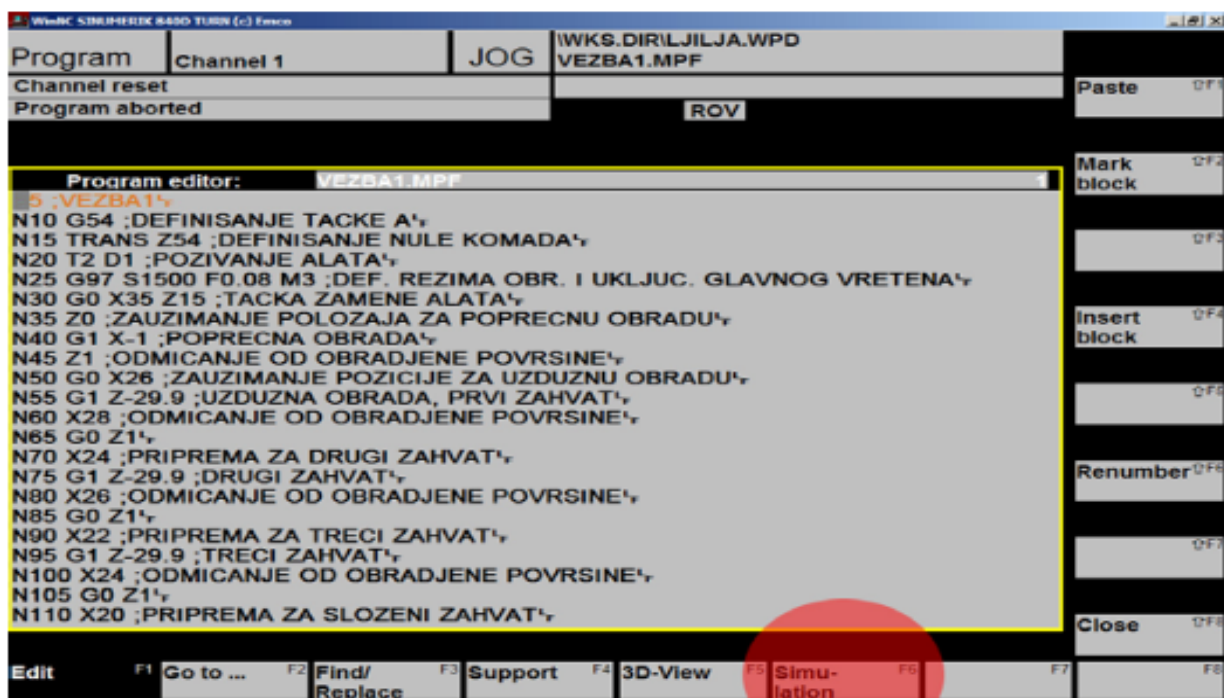
3.36. Провера програма

Пре почетка израде радног предмета програм се може проверити на два начина:

- SIMULATION симулацијом (исцртава се пут врха алата)
- 3D-View тродимензионална визуализација процеса обраде

Провера програма симулацијом

По завршетку уношења програма, избором SIMULATION на хоризонталној функцијској тастатури, а затим START, започиње континуално исцртавање путање алата, све док не наиђе на грешку или крај програма. Ако постоји грешка, избором RESET, а затим EDIT враћа се у програм како би се грешка отклонила. Да би се симулација боље пратила, почетка симулације може се одабрати SINGL BLOCK,



Слика 47. Прозор провере програма [1]



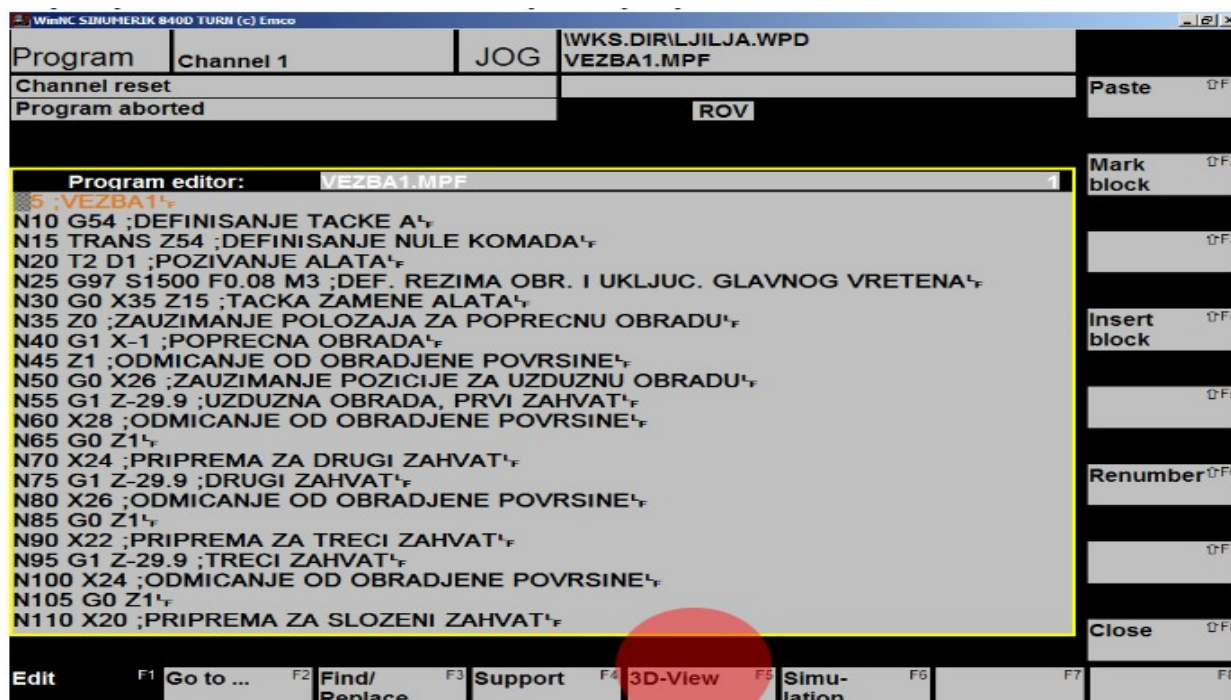
Слика 48. Прозор провере програма симулацијом [1]

сада се програм извршава блок по блок притиском на дугме START. Вертикална функцијска, дугмад служе за зумирање појединих зона обраде. Курсор стрелицама се помера жути крстић у зону обраде коју желимо да зумирамо. Овај начин провере програма је веома поуздан што се тиче геометрије, али треба имати у виду да су то само исцртане линије врха алата, значи није поверена колизија алата, обратка и стезног прибора.

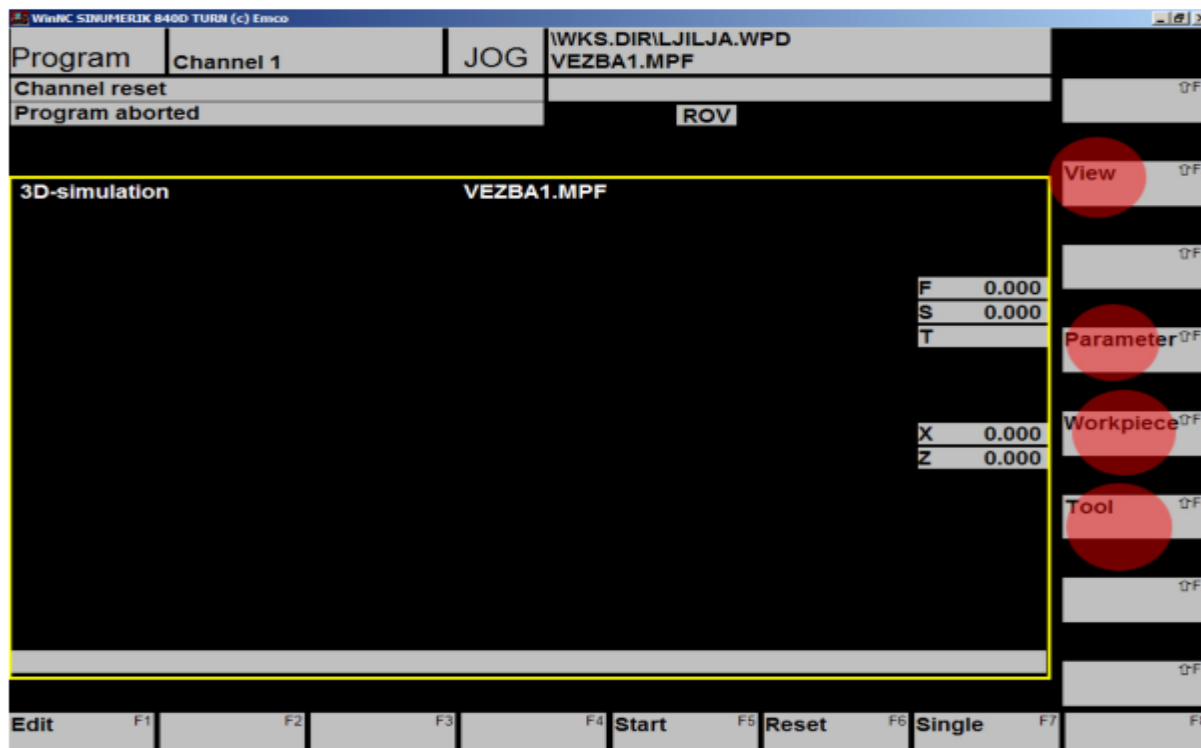
3.37. Визуализација процеса обраде

Треба имати у виду да 3D-View није неопходни модул програма WinNC, већ се опционално инсталира. Ако је инсталиран појавиће се на хоризонталној функцијској тастатури. Активирањем 3D-View отвара се прозор у ком, је пре укључивања, потребно урадити подешавања.

Подешавања која треба урадити су на вертикалној функцијској тастатури.

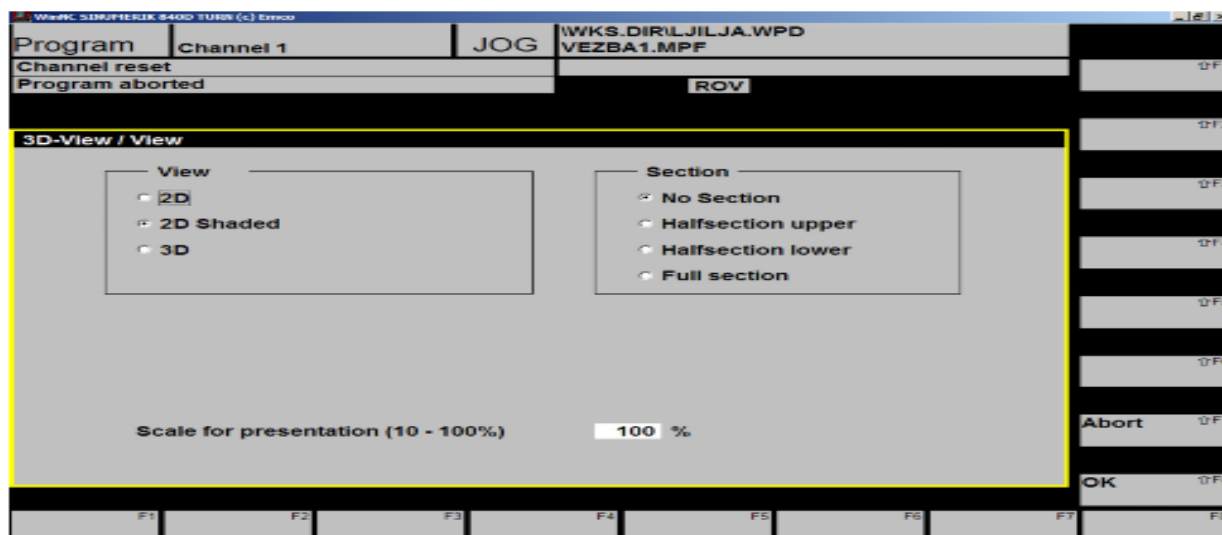


Слика 49. Визуализација процеса обраде командом 3D-View [1]



Слика 50. Подешавања која треба урадити [1]

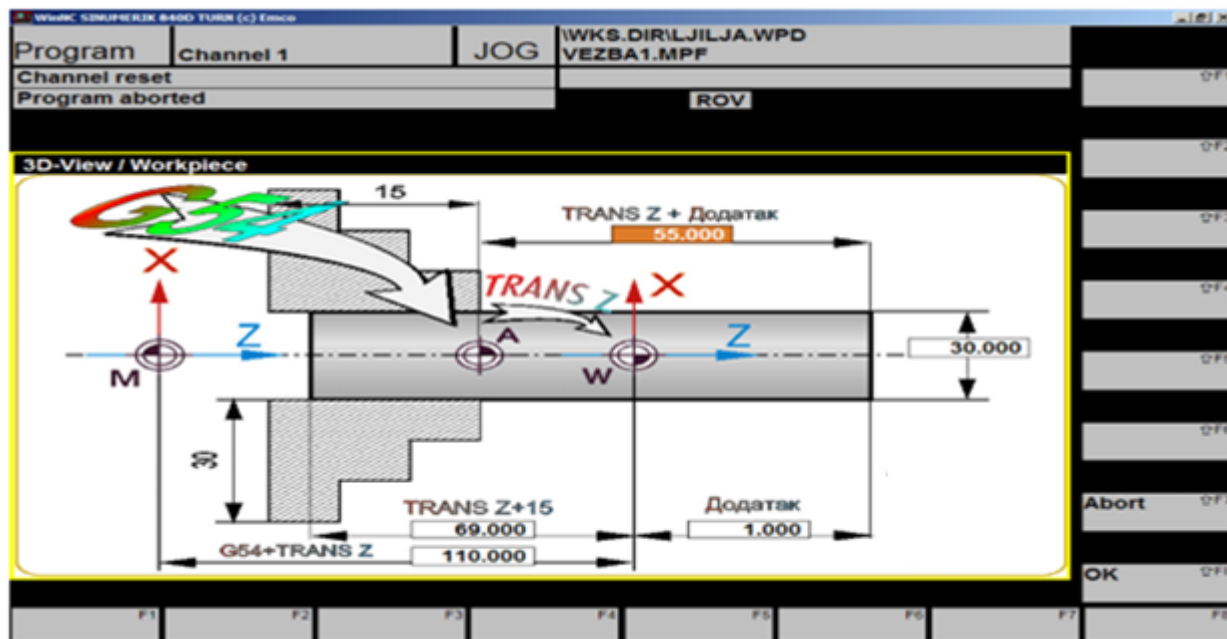
View - поставља се 2D shade, пресек по жељи, и брзина симулације због бољег праћења симулације



Слика 51. Прозор за View подешавања [1]

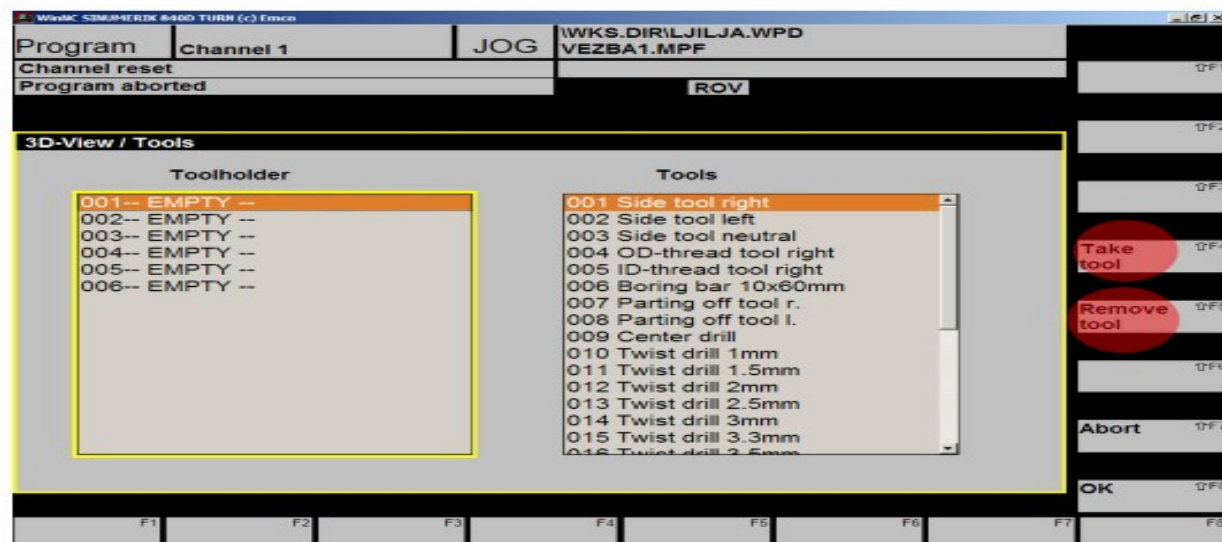
Parameter – поставља се стезни прибор и коњиц, тражи детектовање колизије, начин приказивања алата...

Workpiece – пажљиво попунити сва тражена поља као на слици 52.



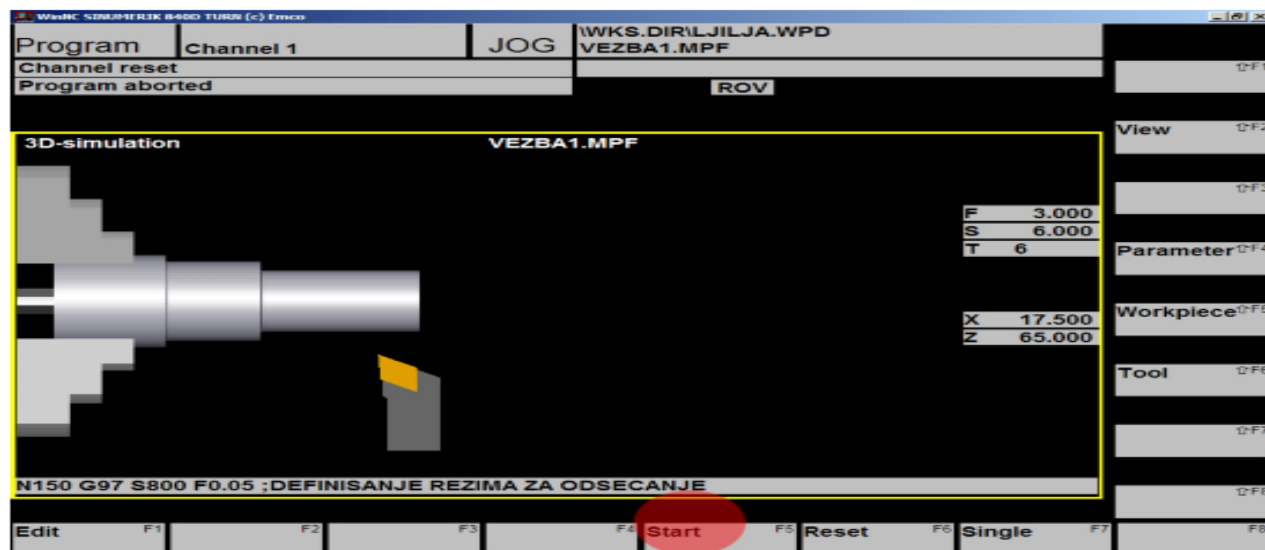
Слика 52. Подешавање стезања радног предмета [1]

Tool – Селектовати алат, нпр., десни (side tool right), а затим у прозору Toolholder број места у револвер глави, рецимо 002, а затим TAKE TOOL. Ако је потребно уклонити alt који је постављен у револвер глави, потребно га је селектовати, а затим REMOVE TOOL.



Слика 53. Избор одговарајућих алата [1]

Када су сва подешавања урађена **START** покреће виртуални процес обраде.



Слика 54. Покретање програма [1]

По завршетку процеса обраде EDIT враћа програм у прозор где се програм може мењати или затворити.

4. CNC СТРУГ EMCO WinNC

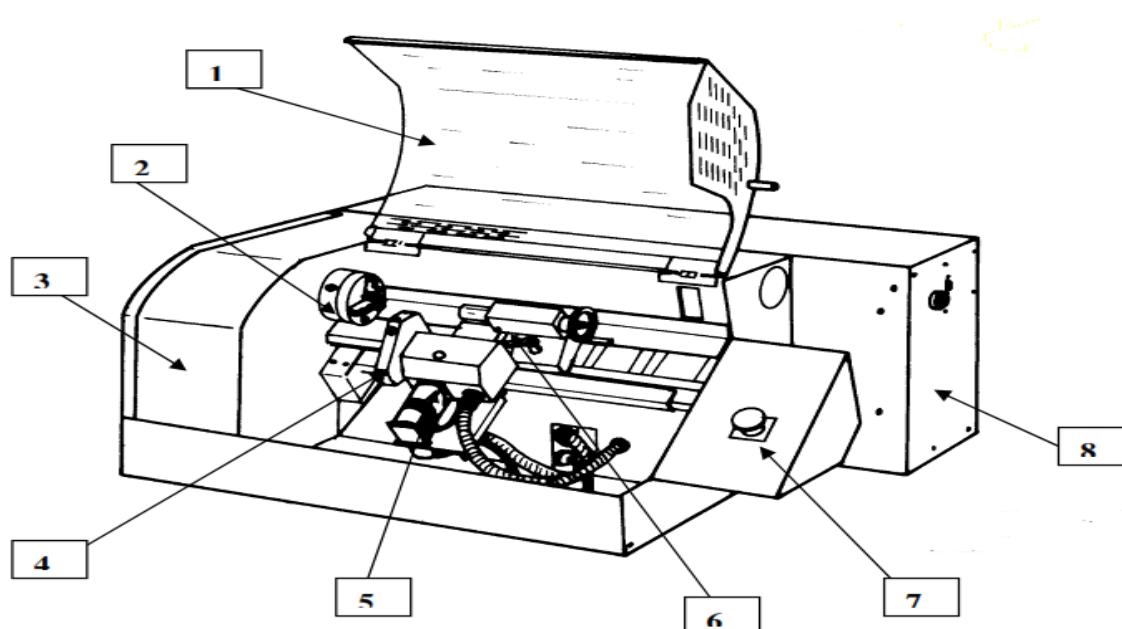
Струг је машина за обраду материјала скидањем струготине (или обрада материјала резањем) на којој се обрађују радни предмети кружног попречног пресека. Стругови за дрво су слабији од стругова за метал и на неким моделима је могуће обрађивати предмет и длетом из руке. Бољи стругови могу имати копирајући механизам, механизам за прављење навоја, а најсавременији су програмабилни стругови (CNC, односно NU стругови), на којима је могуће програмирати жељени облик радног предмета кога ће потом сами направити.

Ово је двоосна нумерички управљана машина са главним обртним кретањем које врши стезна глава са обратком стегнутим у њој и два помоћна кретања која врши алат постављен у револверској глави са осам места, по четири за спољашњу и унутрашњу обраду.



- Максималан број оброта $n = 120 - 4000$ о/мин са два опсега.
- Брзина помоћног кретања је $0 - 2000$ мм/мин.
- Инкремент померања по осама је 0.001 мм.
- Максимално кретање по X оси 48 мм
- Максимално кретање по Z оси 236 мм,
- Машина може бити опремљена елементима аутоматизације

Слика 55. CNC струг



Слика 56. Приказ основних елемената CNC струга [1]

- 1- Заштитни поклопац машине,
- 2- Стезна глава,
- 3- Главни погон,
- 4- Носач алата – револверска глава,
- 5- Истосмерни мотор,
- 6- Коњић,
- 7- Сигурносна склопка,
- 8- Електрични део машине

4.1. Погон струга

Најпримитивнији стругови су на ножни погон. На осовину кога се окреће је намотана гума, а радник притиском педале окреће осовину у једном правцу. Покретањем осовине гума се затеже и када се попусти педала осовина се креће у супротном правцу тј. у нулти положај. Такви "ножни стругови" и данас постоје по неким забаченим селима, а на њима се праве кутије за чување сира, сланици и слично, тј. све оно што се кружним кратњем може обрадити. Интересантно је да су ти стругови увек од дрвета.

Следећи начин покретања струга је био Систем централне осовине. Данас стругови имају свој погонски електромотор. Димензије стругова варирају од оних који праве делове за часовнике па до оних који праве погонске осовине за бродове.

Да би се остварио процес резања неопходна су два кретања, и то:

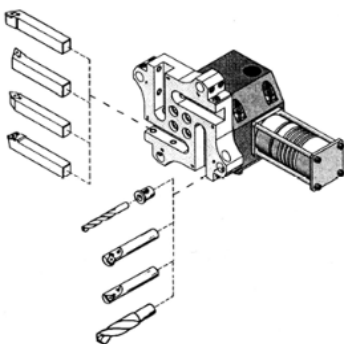
- **Главно кретање**, које при стругању, па и код NU стругова ово кретање је обртно и изводи га предмет обраде. Промена броја обртаја је комбинована, што подразумева комбинацију степенасте и континуалне промене, а у ту сврху обично се користе мотори једносмерне струје.
- **Помоћно кретање**, које обавља алат, и то у правцу уздужне осе струга, као и нормално на ту осу.

4.2. Алати и прибори који се користе на машини



Основни прибор за стезање обратка је трочељусна стезна глава (слика 57). По потреби уместо ове стезне главе може се поставити и стезна глава са еластичном чауром.

Слика 57. Трочељусна стезна глава [1]



За стезање алата користи се револвер глава (слика 58) са 8 места (по четири места за алате за спољашњу и унутрашњу обраду).

Слика 58. Револвер глава [1]



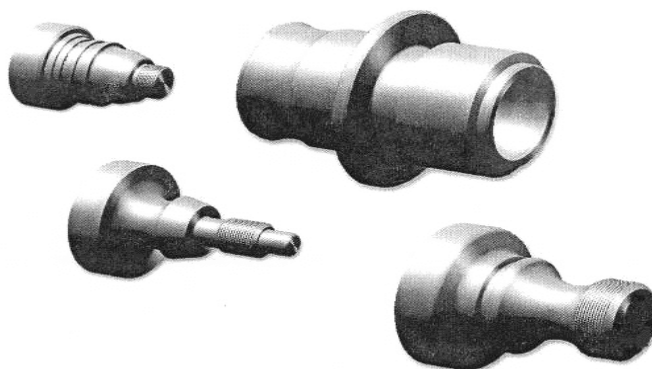
За преднамештање алата на машини користи се оптички уређај – микроскоп (слика 59).

Слика 59. Микроскоп [1]

На стругу се могу обрађивати спољашње и унутрашње површине и то:

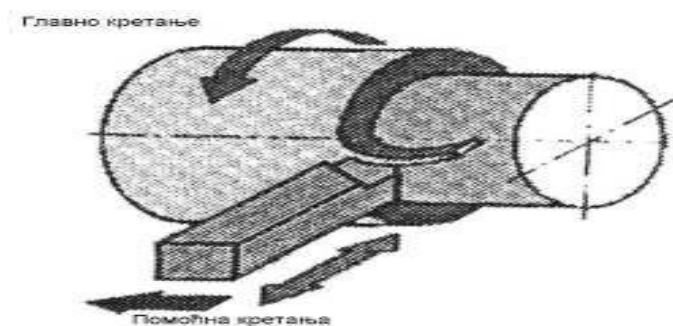
- цилиндричне,
- коничне и профилне,
- резати навој,
- упоавати жљебови,
- осецати и поравнавати радни предмети.

Радни предмети обрађени на стругу приказани су на слици 60.



Слика 60. Радни предмети обрађени на стругу [1]

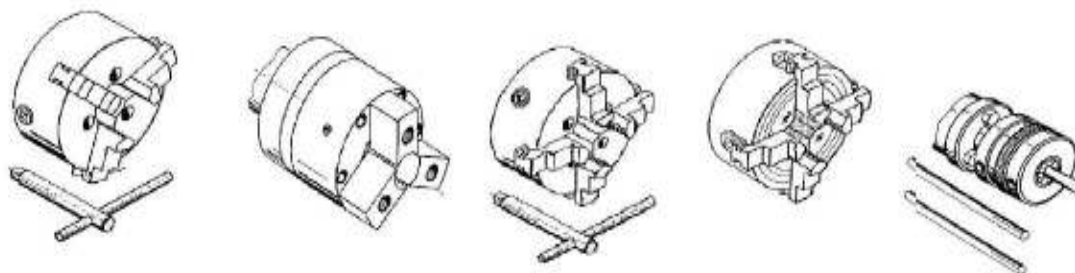
При обради стругањем припремак је стегнут у стезној глави струга и изводи главно обртно кретање. Алат је стегнут помоћу држача на носач алата и изводи помоћна праволинијска кретања (слика 61).



Слика 61. Кретање алата [4]

За центрирање, и стезање радног предмета при обради стругањем најчешће се користе следећи стезни прибори (слика 62):

- стезне главе,
- еластичне чауре.



Слика 62. Стезни прибори [1]

Стезне главе се учвршћују на радно вретено навојем или са завртњима. Могу бити са:

- две чељусти за стезање плоснатих делова и цеви,
- са три чељусти за стезање делова кружног пресека и
- са четири чељусти за стезање квадратних профилних и тежих округлих делова.

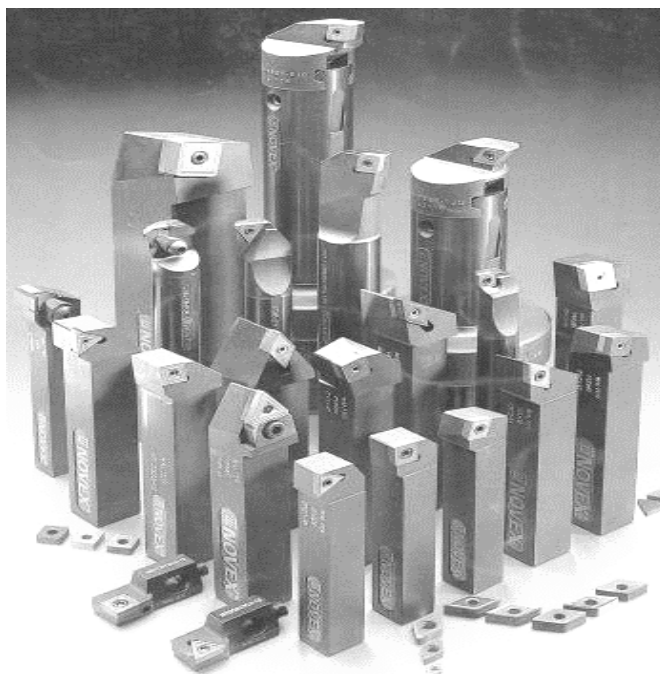
Радни предмет се стеже чеоном или степенастом страном стезних чељусти. Стезање се изводи ручно, пнеуматски и хидраулично. Постављање и стезање радног предмета зависи од пречника припремка, укупне дужине и дужине елемената који се обрађују. Припремак се поставља у стезну главу и стегне конзолно и са подупирачем. Пре постављања припремка, чељусти стезне главе се обришу. Између чељусти се постави припремак. Кључ се постави у стезну главу. Окретањем кључа у смеру казаљке на сату систем зупчаника се окреће, приближавајући чељусти ка центру главе, при чему долази до центрирања и истовременог стезања припремка. Чауре већег пречника могу се стезати са унутрашње стране степенастим деловима чељусти. Алат у процесу обраде стругањем зове се стругарски нож. Служи да дејством силе на обрадак уз помоћ кретања врши сечење – резање слоја материјала са предмета обраде. У зависности од врсте стругарске обраде постоје и различити стругарски ножеви. Алат је у процесу резања веома оптерећен. Зато материјал за израду алата мора имати одређене карактеристике. Алат мора имати:

- довољну тврдоћу,
- довољну жилавост и
- отпорност на хабање и на повишеним температурама.

Овакве карактеристике имају:

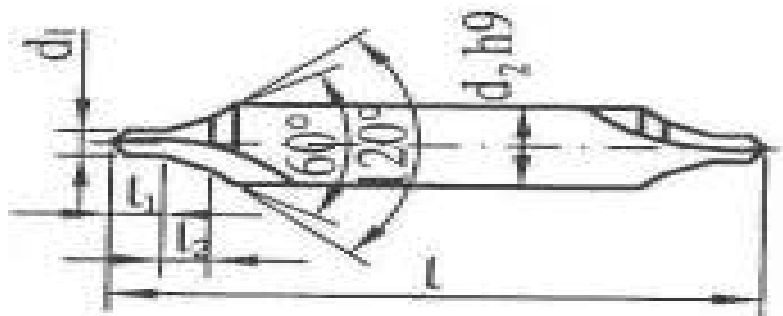
- високолегирани алатни челици,
- тврди метали (синтероване легуре),
- керамички материјали,
- вештачки дијамант.

Данас се све више користе алати са плочицама од тврдог метала или керамике, овакви алати задовољавају све постављене услове. На слици 63 су приказани различити стругарски ножеви са изменљивим плочицама од тврдог метала.



Слика 63. Различити стругарски ножеви са изменљивим плочицама од тврдог метала. [4]

За забушивање рупа на стругу користе се забушивачи (слика 64).



Слика 64. Забушивач [4]

А за бушење рупа и отвора користе се завојне бургије (слика 65).



Слика 66. Завојна бургија [4]

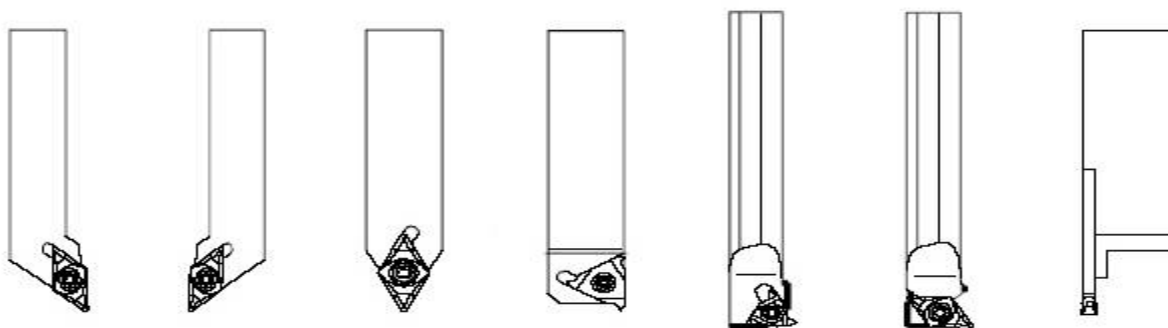
Резни алати се постављају у револверску главу и могу бити за:

спољашњу обраду:

- десни, леви, неутрални, за резање навоја и за одсецање у усецање

унутрашњу обраду,

- нож за проширивање, нож за унутрашњи навој,
- забушивачи, завојне бургије проширивачи и урезници



Слика 67. Резни алати [1]

4.3. Карактеристике 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 собзиром на то који су могући носиоци информација, управљачка јединица се карактеришу и :

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

Управљачке јединице се разликују према облику управљања који подржавају:

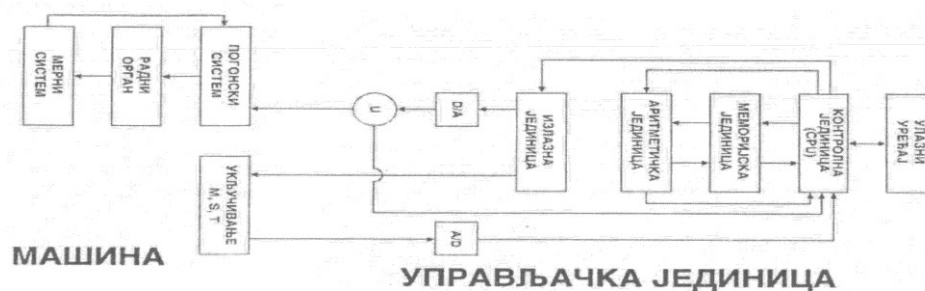
- координатно управљање,
- линијско управљање,
- контурно управљање.

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.

Очигледно је да су предходна два начина управљања врло једноставна, али да нису довољна за обраду сложених контура радног предмета. Због тога се уводи **контурно управљање**, као најсложенији начин управљања при којем управљачка јединица обезбеђује кретање алата у правцу више оса истовремено. Кретање које треба остварити може бити у правцу линије, круга или параболе, па говоримо и линеарној кружној или параболичној интерполацији. Данас углавном све управљачке јединице подржавају контурно управљање.

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 68. Активности управљачке јединице [3]

Контролна јединца (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. Исправно унети подаци у дигиталном облику се меморишу у меморијској јединици која их чува за касније коришћење.

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. Наредбе за различита укључивања и искључивања су у дигиталном облику и са њима је релативно једноставно управљати. Када се наредба изврши, рецимо алат је замењен, сигнал се враћа у управљачку јединицу и рад се наставља. Наредбе кретања су по својој природи аналогне па их је потребно претворити из дигиталног у аналогни облик такозваним D/A конверторима. Аналогни сигнал се упућује ка погонском систему како би се извршило кретање. Повратном спрегом, са мерног система, добијена аналогна вредност доспева у упоређивач, где се пореди задата са оствареном вредношћу. Све док остварена вредност не постаје једнака задатој, кретање се наставља. Када је кретање завршено, сигнал ће се претворити у дигитални облик у такозваним A/D конвертерима пре него што се врати контролној јединици на упоређивање задате са оствареном вредношћу. Процес се понавља учитавањем нових података с улазних уређаја или из меморијске јединице. Управљачка јединца се састоји из неколико основних модула

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

На новим генерацијама управљачких јединица, базираним на персоналном рачунару, поједини модули замењени су програмским рашењима, што је још више поједноставило и појефтинило прилагођавање управљачке јединице различитим машинама. Основни задатак управљачке јединице је да управља радом органа машине (путањом без обзира ко врши кретање и машинским функцијама - укључивањем). Да би могла да оствари задатак, неопходан јој је програм. Као што је већ речено раније програм може бити написан ручно или генерисан из неког САМ пакета. Без обзира на начин добијања програма, он се мора на неки начин унети у управљачку јединицу, како би га она обрадила и проследила машини. У зависности од расположиве опреме програм се може унети у управљачку јединицу на три начина.

- ручно,
- помоћу носиоца информација и
- директно са рачунара.

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. Елиминацијом посредника (носиоца информација) елиминисани су и сви потенцијални проблеми и недостаци. По учитавању програма у управљачку јединицу, започиње се унутрашња обрада података, чије ће резултат бити реализовање пројектног процеса обраде.

4.4. Тастатура управљачке јединице

Оно што руковаоц CNC машине мора да прихвати од самог почетка коришћења ових машина је да „сама“ машина не може урадити ништа, она само извршава наредбе које је добила из програма или са тастатуре. Руковаоц CNC машине мора бити увек сигуран да ће машина одрадити баш оно што је он желео. Изузетно је важно да руковалац CNC машином свесно притиска дугмад на управљачкој јединици. Није дозвољено никакво експериментисање и импровизовање „...да стиснем па да видим шта ће бити.“ (слика 69). Део CNC машине помоћу ког руковаоц комуницира са машином, зове се **управљачка јединица** (слика 70).



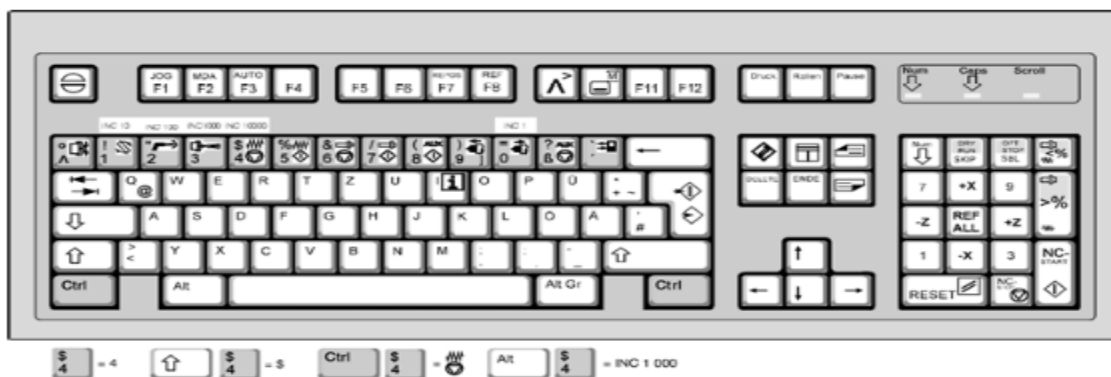
Слика 69. Експериментисање и импровизовање [1] Слика 70. Управљачка јединица [1]

Управљачке јединице различитих произвођача на први поглед могу изгледати различито, али све се обично састоји из три целине и то:

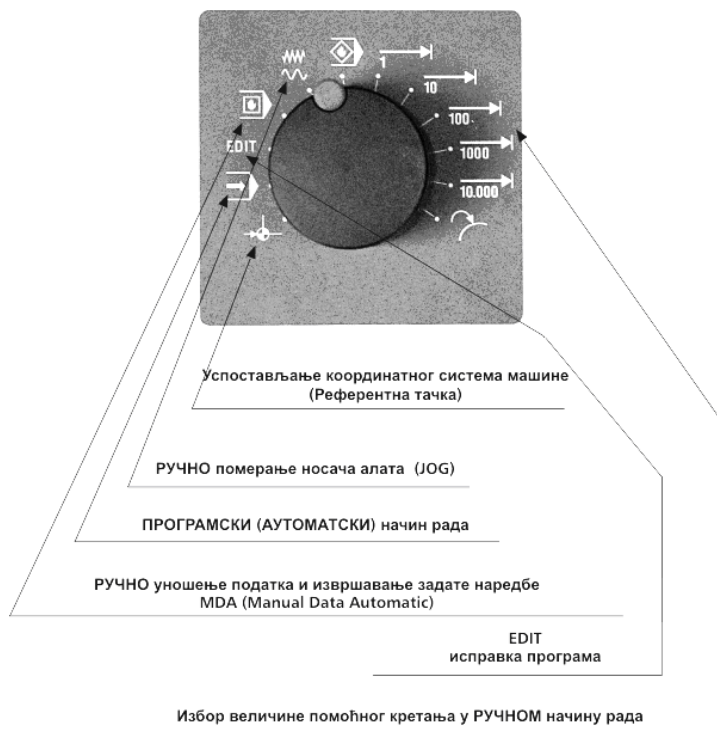
1. Алфа-нумеричког дела - за унос и корекцију програма,
2. машинског дела - за непосредно руковање машином као што је селектор начина рада, стартовање и заустављање извршења програма, стартовање и заустављање обртања главног вретена итд. и
3. екрана - за приказ програма и различитих подешавања.

4.5. РС тастатура NC машине

Осим тастатуре EMCO NC машине, за израду програма је могуће коришћење стандардне тастатуре за РС. Распоред типки приказан је на слици 71.

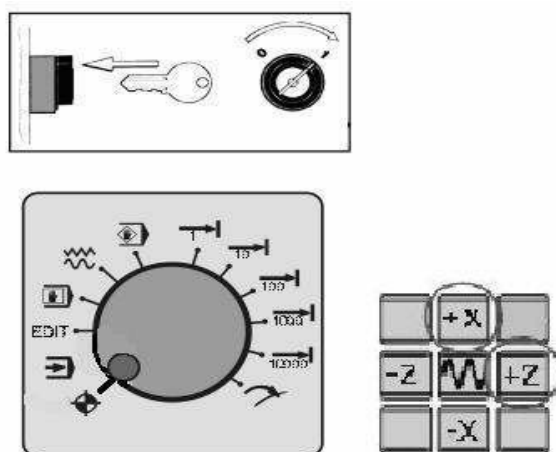


Слика 71. РС тастатура NC машине [1]



Слика 72. Преклопник начина рада [6]

Да би могли да извршимо померање радних органа машине, потребно је укључити је на електрично напајање. Кључ се постави у отвор и затим окрене у позицију 1, као на слици 73.



Слика 73. Укључивање машине [6]

Следећи корак је учитавање референтне тачке (R), како би се успоставио мерни систем. За ову акцију потребно је селектор начина рада (MOD) поставити у позицију као на слици 72. Притиском на дугме за ручно померање у правцу X осе, а затим Z, машина се наводи на референтну тачку. За довођење алата ручно, у неку жељену позицију, на селектор начина рада (MOD) поставимо величину померања помоћног кретања. Затим у зависности од тога у ком правцу и смеру желимо да ручно извршимо кретање, притиснемо једно од четири дугмета (+X, -X, +Z, -Z).

4.6. Употреба миша

За време рада у WIN NC 32 програму може се користити и миш. По позиционирању миша једноструким или двоструким «кликом» леве типке позове се потребна наредба.

Клик левом типком значи:

- прозор у менију је активан,
- постављање курсора на одабрано поље,
- промена директоријума,
- притисак на хоризонталне или вертикалне функцијске типке,
- отварање одабране листе,
- активирање / деактивирање прекидача.

Двоклик левом типком значи:

- отварање директоријума,
- избор листа,
- унос вредности.

Клик десном типком значи:

- Приказ радних подручја.

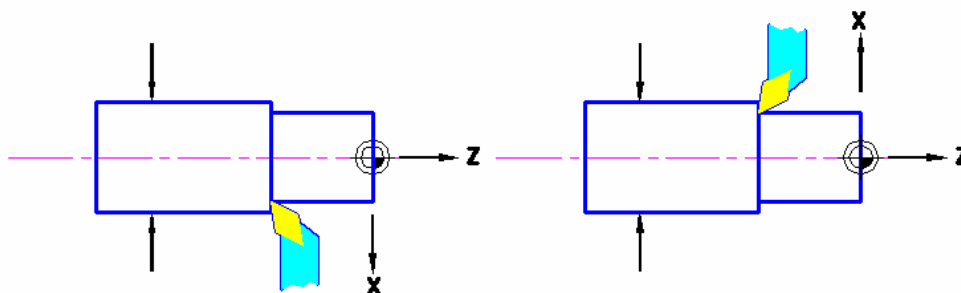
Одабиром положаја преклопника селектора начина рада дефинише се начин рада машине. Постоје три основна начина рада и то:

- Ручно померање носача (држача) алата,
- програмски (аутоматски) рад и
- уношење и извршавање наредбе (MDA).

Ако је одабрано ручно померање носача алата, треба подесити величину померања помоћног кретања. Величине уписане на селектору начина рада на овом типу управљачке јединице дате су у микрометрима ($1\mu\text{m}=0.001\text{ mm}$).

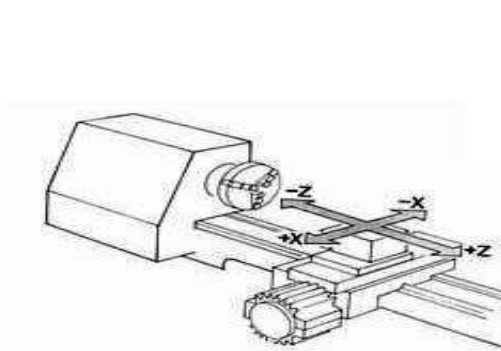
4.7. Координатни системи CNC струга

Једна од карактеристика CNC машина је број управљаних оса. Свака оса представља једно независно помоћно кретање, транслаторно у правцу координатних оса или обртно око њих. За дефинисање узајамног положаја алата и предмета обраде најчешће се примењује Декартов правоугли координатни систем X, Y, Z. Правци и смерови кретања одређују се на основу правила три прста десне руке. Z оса је увек у правцу главног вретена, а њен негативан смер увек је усмерен ка материјалу (слика 74).

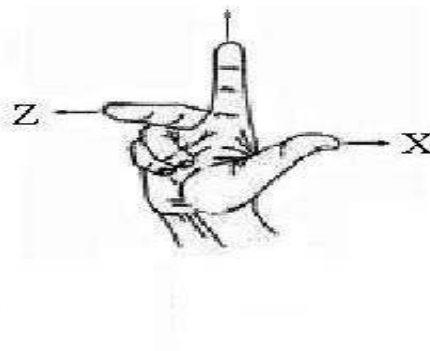


Слика 74. Позитиван и негативан смер оса [6]

На слици 75 приказана је оријентација оса на стругу. За обраду стругањем користе се два помоћна кретања (уздужно и попречно), то су две управљане осе на CNC стругу (X, Z)



Слика 75. Смер оса носача алата [6]



Слика 76. Правила три прста десне руке [2]

Заједничке особине свих врста стругова лежи у томе што се предмет окреће, а нож врши само кретање померања. Остали услови рада као што су: начин учвршћивања предмета и његово помицање, број ножева употребљених итсовремено у раду, њихово учвршћивање, начин погона њиховог померања итд.

4.8. Програм EMCO WinNC SINUMERIK 840D

У програму **WinNC**, Windows оријентисан, са модерним корисничким интерфејсом, базираном на индустријској управљачкој јединици SIMENS 810D и 840D, омогућава:

- програмирање линеарне, кружне, спиралне интерполације и израде навоја (DIN 66025),
- израду програма без ограничења дужине, једино ограничење је величина хард диска,
- уношење напомена у програму,
- програмирање потпрограма,
- програмирање великог броја стандардних циклуса,
- регистар алата,
- проверу програма, графичка симулација програма са аутоматским зумом,
- детаљну дијагностику грешака у програму и раду машине.

Покретање EMCO WINNC32 програмског пакета из windowsa могуће је преко иконе WINNC32 са Desktopa или помоћу Task bara или Start menu-a.

Покретањем програма отвара се прозор, слика 77, који омогућује бирање између програма:

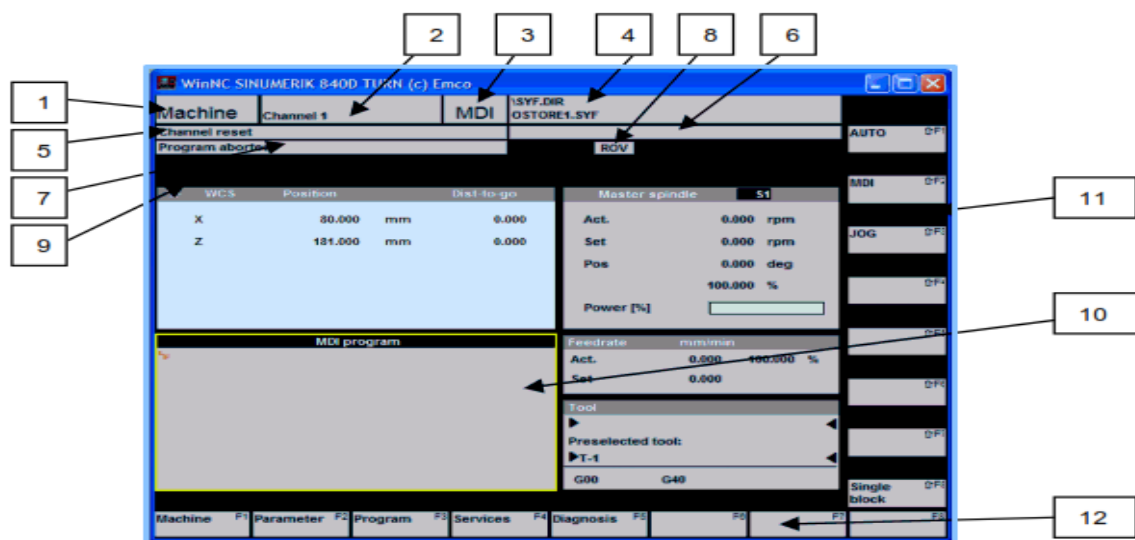
- **Sinumerik 840D Turn** - стругања или
- **Sinumerik - 840D Mill** – глодања.



Слика 77. Програм EMCO WinNC SINUMERIK 840D

Избором **Sinumerik 840D Turn** отвара се основни прозор за стругање (слика 78). Овим прозором и његовим функцијама могуће је управљати **EMCO** и свим другим машинама са **Sinumerik 840D** управљачким јединицама.

Основни програм Sinumerik 840D TURN је подељен у неколико целина:



Слика 78. Основни прозор за стругање [6]

1. Приказ активног радног подручја
2. Приказ активног канала
3. Приказ начина рада
4. Име и путања одабраног програма
5. Статус канала
6. Поруче канала
7. Статус програма
8. Дисплај статуса канала
9. Аларм са кодом поруке
10. Радни прозори
11. Вертикалне функцијске типке
12. Хоризонталне функцијске типке – основни мени

4.9. Радни прозор SINUMERIK 840D

Радни прозор је подељен у више целина и зависи од начина рада у којем се тренутно налази. Постоје три начина рада **JOG**, **MDA** и **AUTO**.

WCS	Position	Dist-to-go	Master spindle	S1
X	80.000 mm	0.000	Act.	0.000 rpm
Z	181.000 mm	0.000	Set	0.000 rpm
			Pos	0.000 deg
				100.000 %
			Power [%]	
MDI program			Feedrate	mm/min
			Act.	0.000 100.000 %
			Set	0.000
			Tool	
			Preselected tool:	
			T-1	
			G00	G40

Слика 79. Радни прозор SINUMERIK 840D [6]

JOG – употребљава се за ручне операције, код **set-up** постављања NC машине.

MDA – (Manual Data Automatic) полуаутоматски начин рада у којем се програмира и ради **блок по блок**.

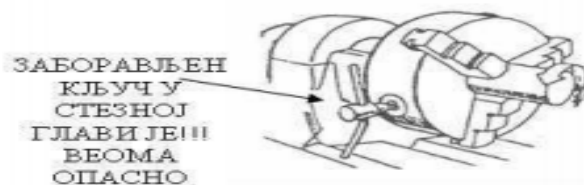
AUTO – аутоматски начин рада у којем се бирају готови програми, покрећу, коригирају и заустављају.

Начини рада могу се бирати помоћу миша, тастатуре, функцијских типки или преклопника начина рада.

4.10. Мере заштите на раду

Пре укључивања у процес рада неопходно је информисати се о опасностима на послу. Опасност је околност или стање које може да угрози здравље или изазове повреду радника. Сваки учесник у процесу рада треба да се упозна са правилником о заштити на раду и последицама које могу настати услед непридржавања датих упутстава. У машинској радионици, свака машина или алат, представља потенцијалну опасност. Међутим, ако су учесници у процесу рада информисани о опасних зона, појачаном пажњом, опасности се умањују. Под опасном зоном подразумева се одређено место или простор где може доћи до повреде. У машинским радионицама препозната су следећа места као опасне зоне:

- Покретни делова машина као што су: зупчаници, ременице, осовине, ваљци, лежајеви, спојнице, разне врсте ексцентара, замајци и др. представљају опасну зону због могућег захватања појединих делова тела или одеће.
- Опасност је још већа ако ротирајући делови, носе на себи разне врсте завртања, навртки, и сл. Ротирајући елементи могу да буду са испустом или удубљењем, као и са оштрим завршетком, што још више повећава опасност. Као типичан представник елемената са испустом и удубљењем може се навести стезна глава код струга.
- Пре укључивања машине треба извући кључ из стезне главе (слика 80), уклонити све са машине, проверити положај ножа и командних ручица и окружити стезну главу машине штитником.



Слика 80. Кључ у стезној глави, за време рада машине

- Машине код којих алат има транслаторно кретање могу да представљају извор повреда у виду укљештења (слика 81), између покретног и непокретног дела, удара, посекотина, одсецања, прелома итд.



Слика 81. Укљештење радника

- Кретањем ван транспортних стаза и радног простора око машине улази се у опасну зону.
- При обради резањем долази до одвајања честица материјала или парчади изломљеног алата. Ове опасности су утолико веће ако се ради о материјалима или деловима који имају шиљасте или оштре делове или крајеве.
- У већини добро опремљених машинских радионица, могу се видети и разни типови дизалица, које нарочито повећавају површину опасне зоне. Њихова потенцијална опасност прети и у моментима када није у радном процесу, неосигуране куке и ужад, могу имати за последицу неконтролисано кретање појединих делова дизалице.

4.11. Најчешћи узроци несрећних случајева у машинској радионици

Најчешће последице несреће на раду у машинским радионицама су: посекотине, падови, пригњечења, истегнућа, удари електричне струје итд. А узроци су следећи:

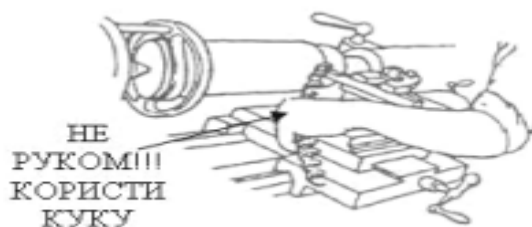
- директан контакт са покретним деловима машине и алата,
- удар делова распрснутог алата,
- удар дела одрезаног материјала,
- механички неисправна машина,
- неисправне електричне инсталације,
- неисправан радни поступак,
- непостојање уређаја за заштиту на машини,
- недовољно познавање оруђа за рад од стране радника,
- потцењивање опасности од стране радника,
- у производним просторијама не сме се јести, пити и пушити,
- коришћење неисправне заштитне одеће и обуће,

- непримењивање заштитне одеће и обуће, посебно водити рачуна о томе да радно одело мора бити закопчано са стегнутим рукавима око чланака (слика 82).



Слика 82. Несрећни случај са рукавима

Док машина ради, не сме се поправљати, мерити помичним мерилом или контролисати шаблоном. Док машина ради струготину никада не уклањати руком већ куком (слика 83)



Слика 83. Чишћење машине руком у току рада

Ово су неки од услова заштите на раду у машинској радоници. Међутим, и најбољи прописи нису довољни уколико о заштити на раду не брине сваки учесник у производњи.

За поуздан рад CNC машине изузетно је важна детаљна припрема процеса обаде. Припрему обављају високо квалификовани радници, а састоји се од израде детаљне технолошке документације. Пре стартовања извршавања програма-процеса обраде, неопходно је да рукавац CNC машине:

- проучи техничко технолошку документацију,
- постави алате према плану стезања алата,
- постави припремак према плану стезања припремака.

Руковање било којом машином па тако и CNC машином може бити опасно за особу која надгледа одређени обрадни процес односно оператера. Произвођачи CNC машина настоје минимизирати ризике опасности разним конструкцијским решењима саме машин или

додатним надоградњама у близини машина (разне преграде, ласерске зраке, кабине...). Обзиром на положај оператора CNC обраду можемо поделити на:

- CNC обрада у отвореном простору (слика 84),
- CNC обрада у затвореном простору (слика 85).



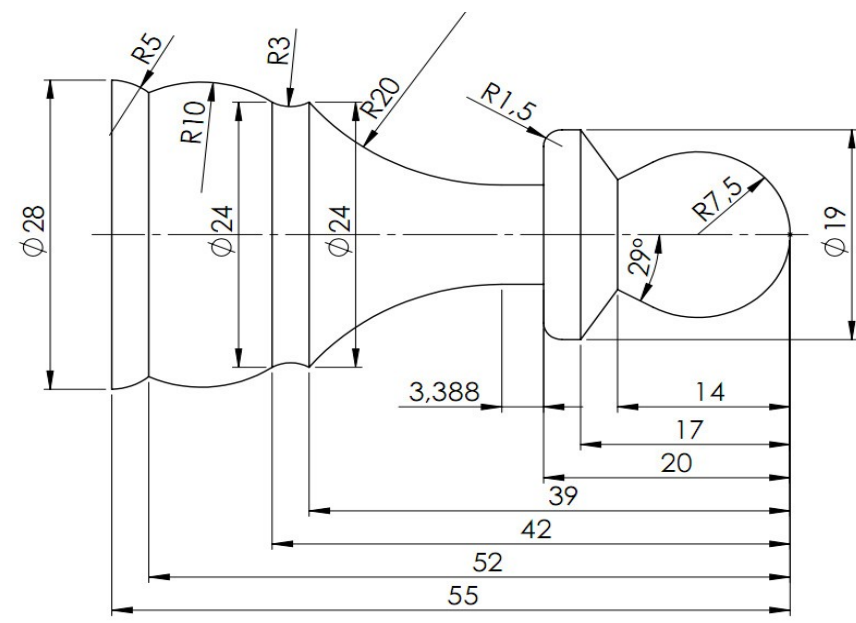
Слика 84.



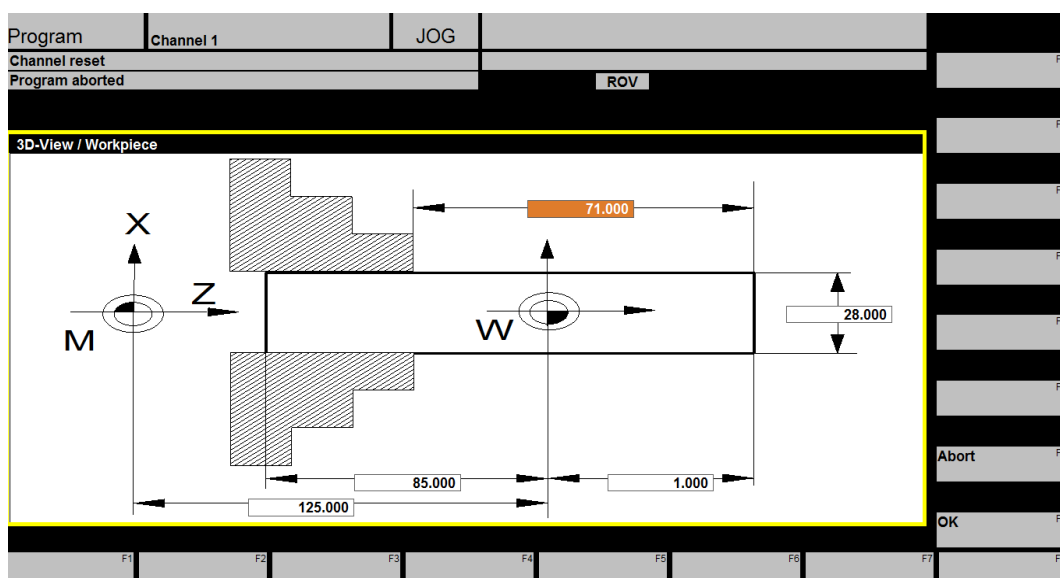
Слика 85.

Као што се види, на слици 84, код CNC обраде на отвореном простору оператор може бити физички у контакту са самим обратком, но за време рада машине мора се удаљити на одређену удаљеност, зависно о сигурносним спецификацијама машине. Најчешће се испред радног стола налази сигурносни тепих осетљив на додир који онемогућава приближавање машини или делу машине за време обраде. Неке машине као такву врсту заштите не прилажења машини користе ласерске зраке, и уколико се она за време рада машине прекине, привремено се зауставља рад машине. Предност кориштења тепиха је у више зонској обради при чему је до једног дела машине за време обраде омогућен приступ како би се могли учврстити обрадци. Код CNC обраде у затвореном простору (сл. 85), оператор је физички одвојен за време рада машине, обично клизним вратима с великим прозором. Тиме је оператору обезбеђена потпуна сигурност.

5. ПРИМЕР ОБРАДЕ НА CNC СТРУГУ



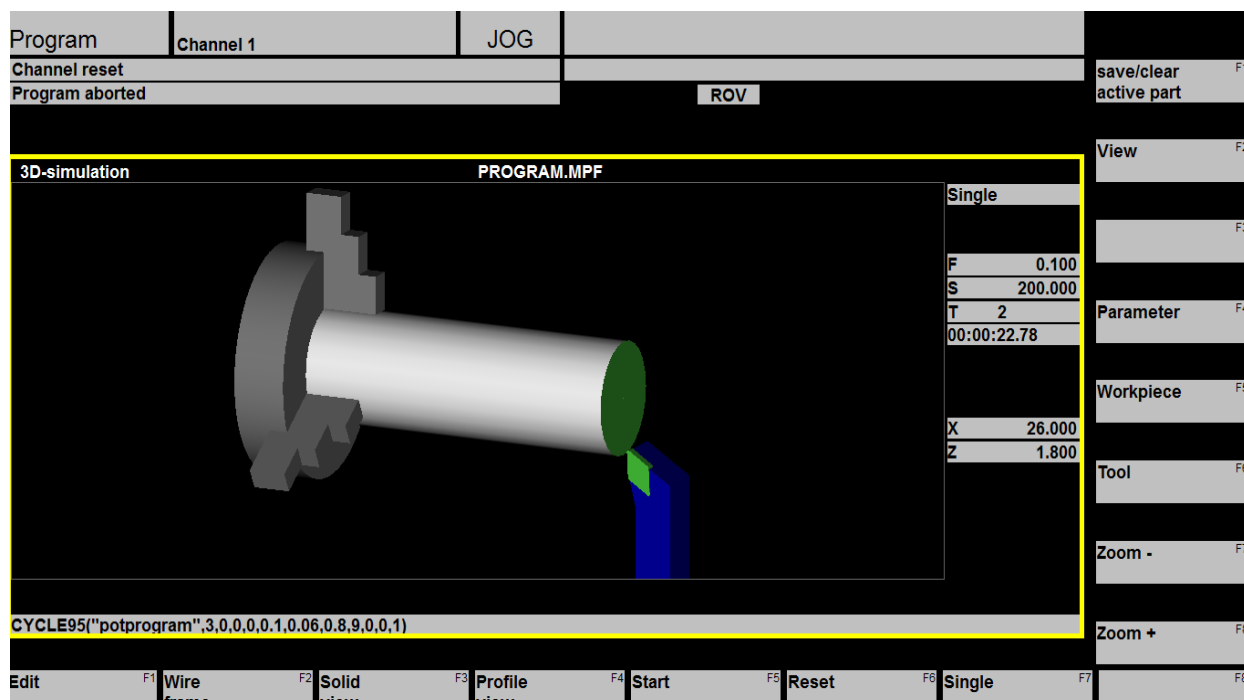
Слика 86. Цртеж предмета обраде



Слика 87. Постављање припремка на машину

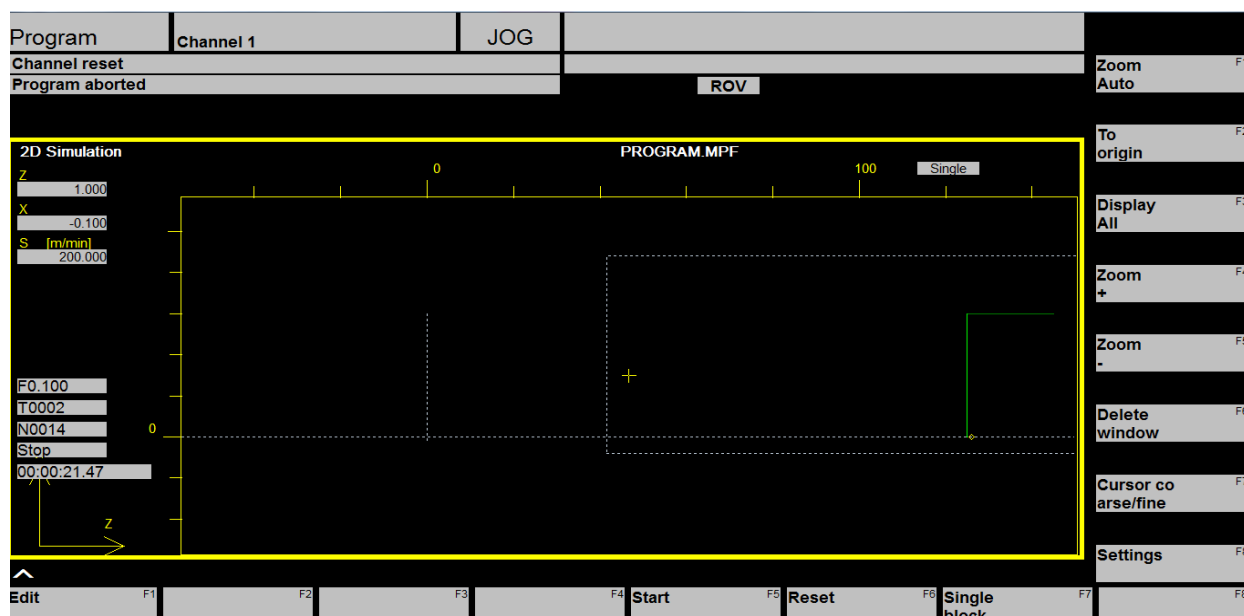
Операције и захвати радног дела

10.1. Чеона обрада, десним стругарским ножем.

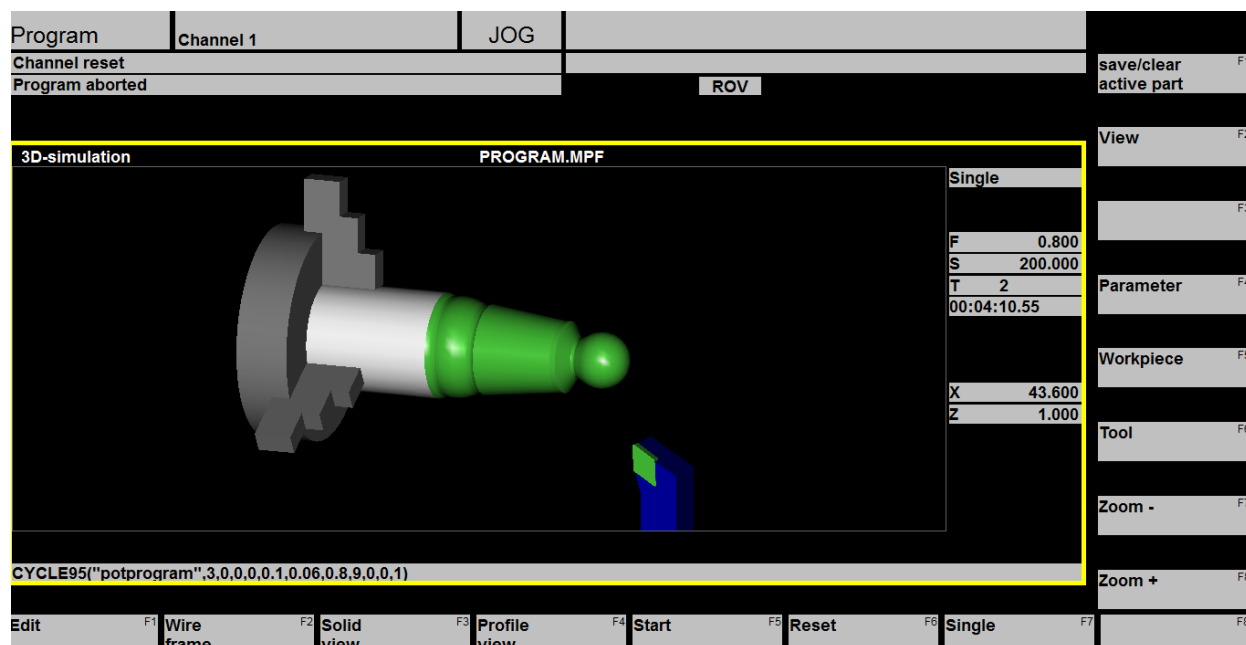


Слика 88. Чеона обрада

2D симулација чеоне обраде



Слика 89. 2D симулација чеоне обраде

10.2. Грубо и фино уздужно стругање, десним стругарским ножем, на $L=55\text{mm}$ 

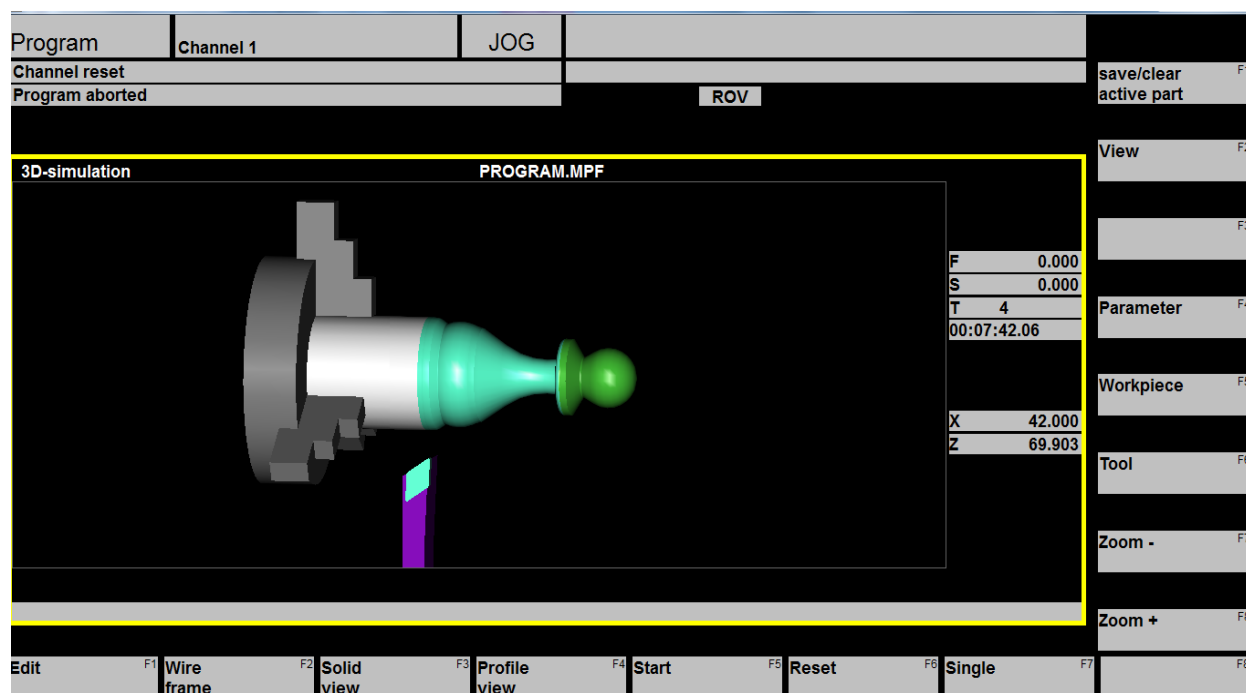
Слика 90. Грубо и фино уздужно стругање

2D симулација обраде контуре



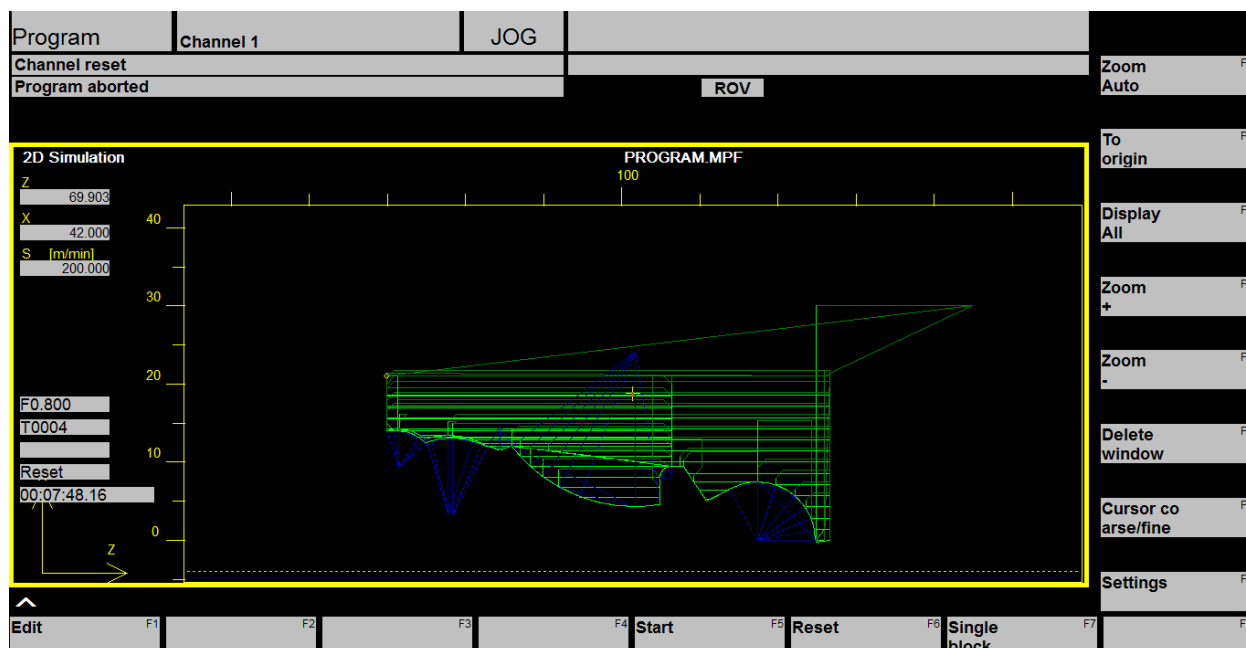
Слика 91. 2D симулација обраде контуре

10.3. Грубо и фино уздужно стругање, левим стругарским ножем.



Слика 92. Грубо и фино уздужно стругање

2D симулација обраде контуре



Слика 93. 2D симулација обраде контуре

Програм првог стезања

G54

TRANS Z70

G96 S200 F0.1 M3

T2 D1

G0 X60 Z20

G0 X60 Z0

G1 X-0.1 Z0

G1 X-0.1 Z1

CYCLE95("potprogram",3,0,0,0,0.1,0.06,0.8,9,0,0,1)

G0 X60 Z20

T4 D1

G0 X60 Z20

CYCLE95("potprogram2",3,0,0,0,0.1,0.06,0.8,9,0,0,1)

M30

ПОТПРОГРАМ 1 (POTPROGRAM)

G90

G1 X0 Z0

G3 X13.162 Z-11.098 CR=7.5

G1 X9.944 Z-14

G1 X19 Z-17

G1 X19 Z-18.5

G1 X24 Z-39

G2 X24 Z-42 CR=3

G3 X26 Z-50 CR=10

G3 X28 Z-55 CR=5

G1 X40 Z-55

M17

ПОТПРОГРАМ 2 (POTPROGRAM2)

G90

G1 X24 Z-39

G3 X9 Z-20 CR=20

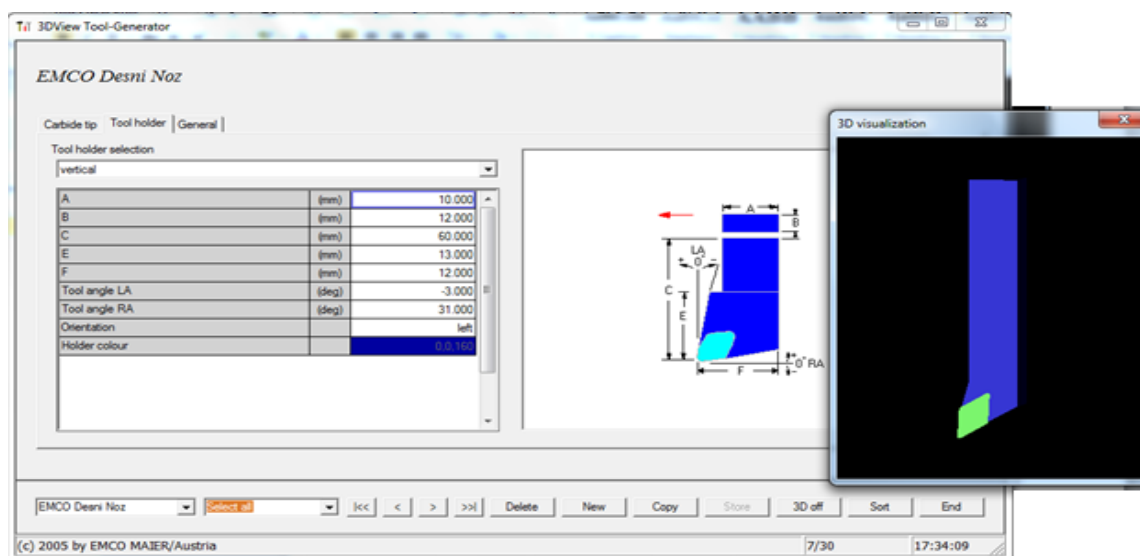
G1 X16 Z-20

G2 X19 Z-18.5 CR=1.5

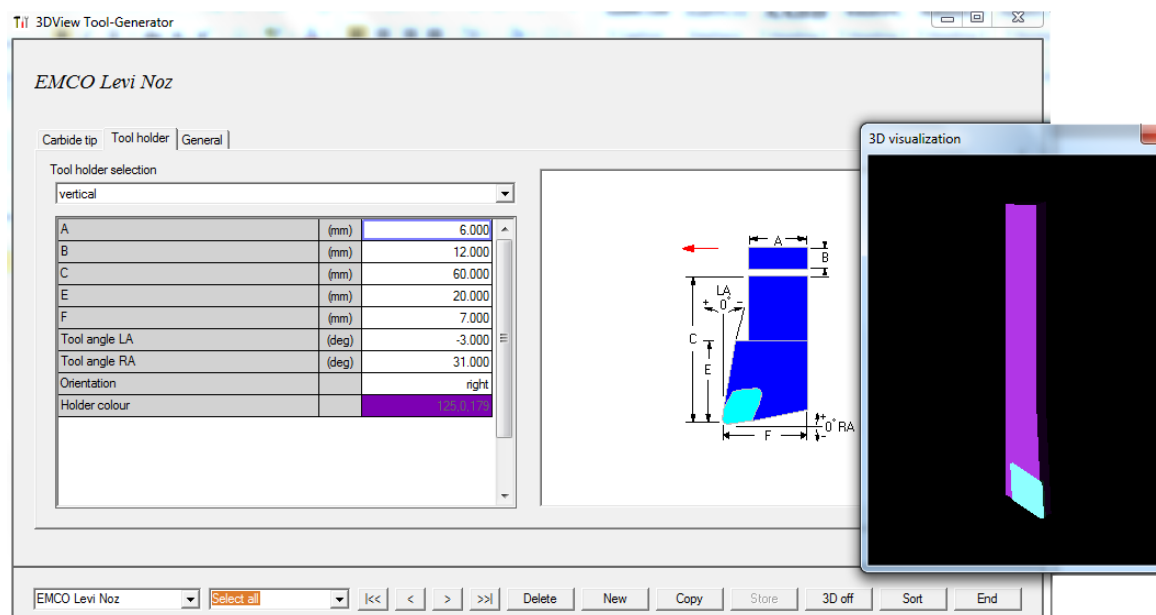
G1 X40 Z-18.5

M17

5.1. Алати при изради комада на CNC стругу



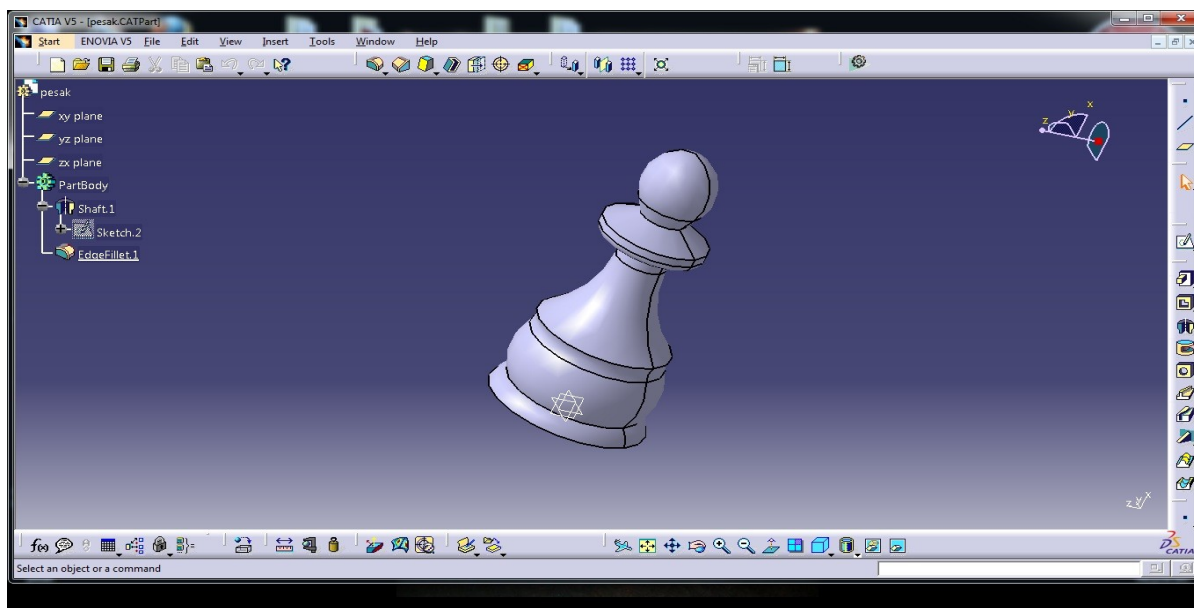
Слика 94. Десни нож за спољашњу обраду



Слика 95. Леви нож за спољашњу обраду

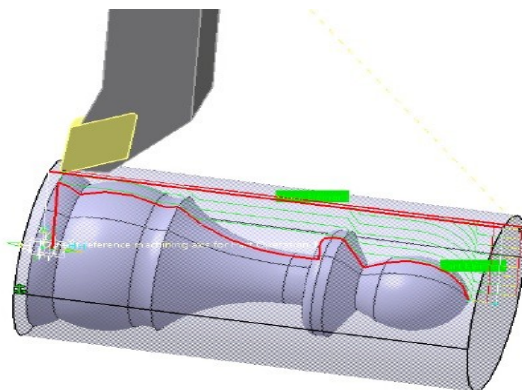
5.2. Одрађен предмет обраде у Catia V5 програму

Приказ радног предмета одрађеног у Catia V5 програму

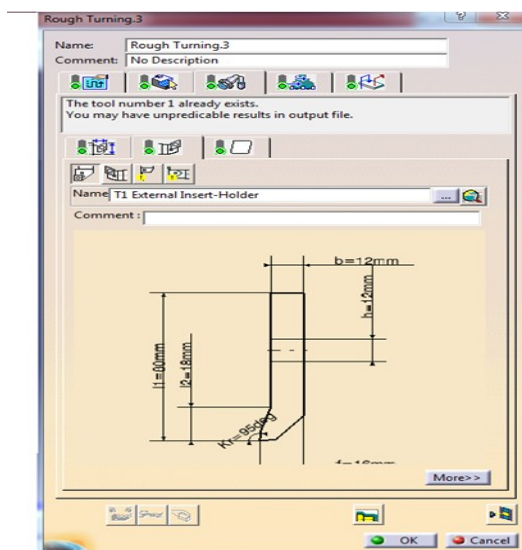


Слика 96. Радни предмет одрађен у Catia V5 програму

Уздужна груба обрада радног предмета, десним стругарским ножем.



Слика 97. Обрада контуре

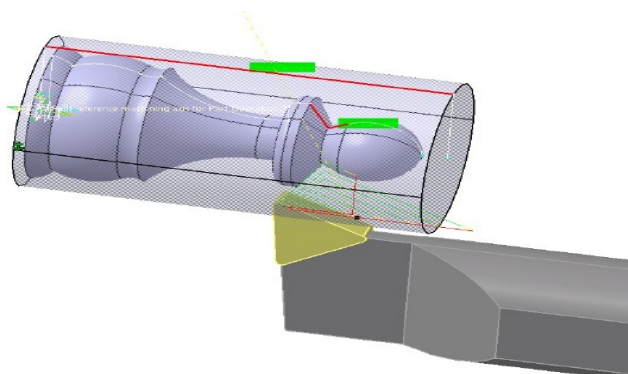


Слика 98. Десни стругарски ноже

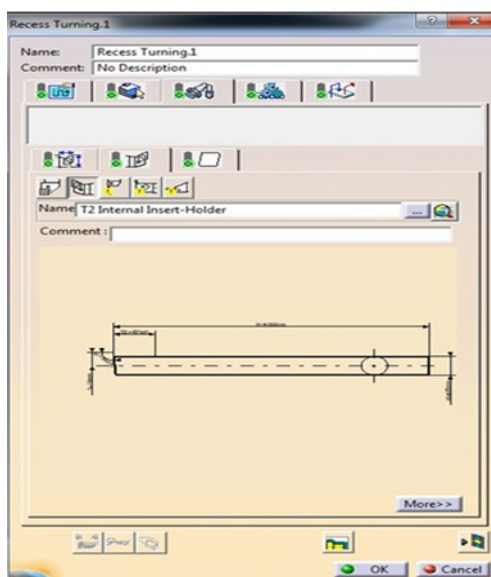


Слика 99. Приказ одрађене контуре радног предмета, после грубе уздужне обраде

Обрада конуса, десним стругарским ножем



Слика 100. Обрада конуса

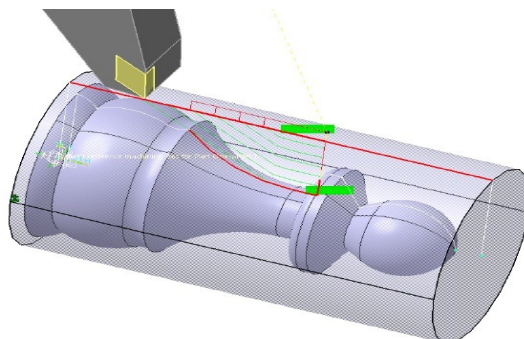


Слика 101. Десни стругарски нож

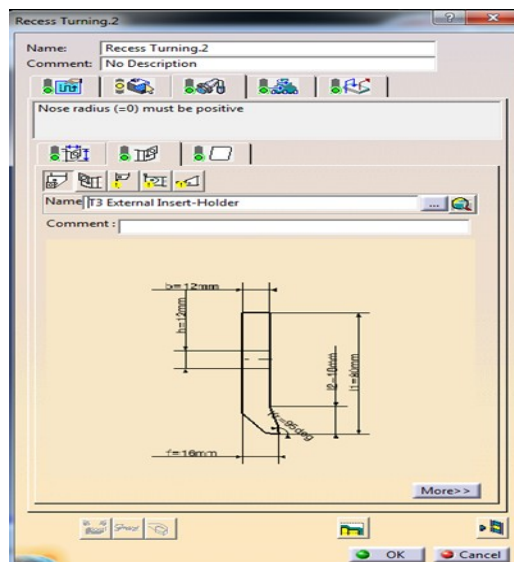


Слика 102. Приказ одрађеног конуса на предмету обраде

Обрада контуре радног предмета, левим стругарским ножем.



Слика 103. Обрада контуре

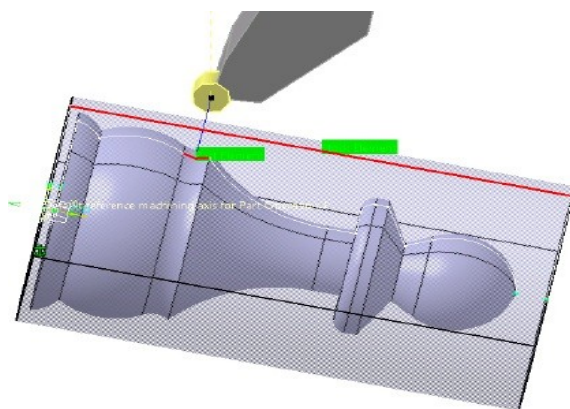


Слика 104. Леви стругарски нож

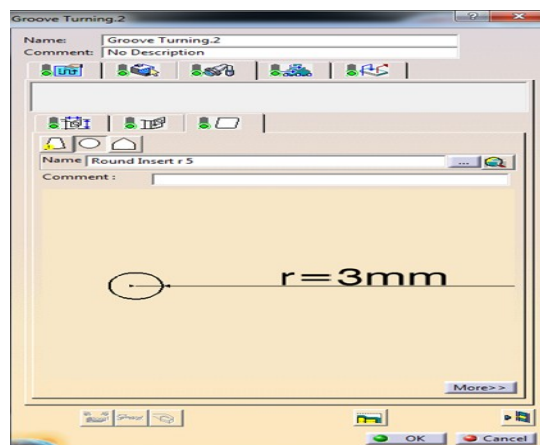


Слика 105. Приказ одрађене контуре предмета обраде

Обрада радијуса R=3



Слика 106. Обрада радијуса

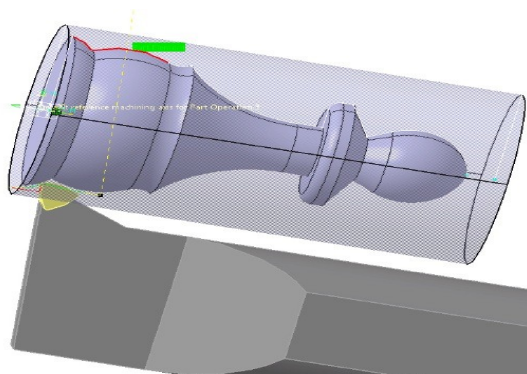


Слика 107. Нож за спољашњу обраду са плочицом у облику круга

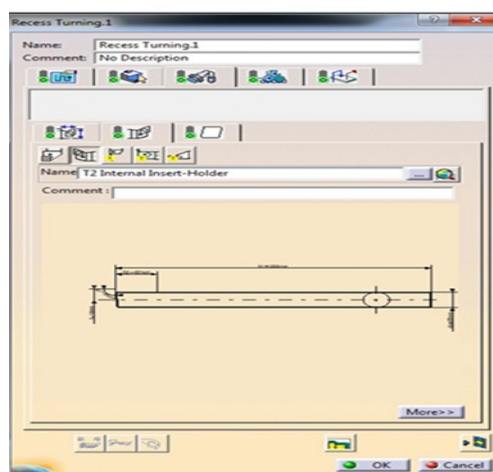


Слика 108. Приказ одрађеног радијуса предмета обраде

Обрада сложене контуре радног предмета, десним стругарским ножем.



Слика 109. Обрада сложене контуре радног предмета

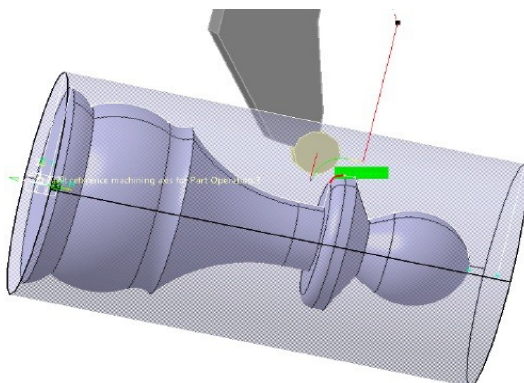


Слика 110. Десни стругарски нож

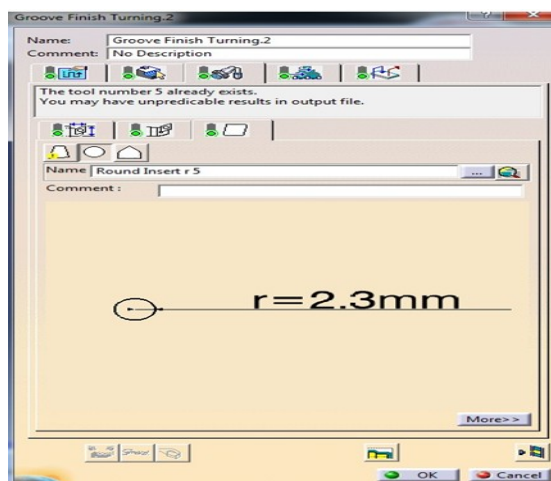


Слика 111. Приказ предмета обраде након одрађене сложене контуре

Обрада радијуса $R=1,5$



Слика 112. Обрада радијуса

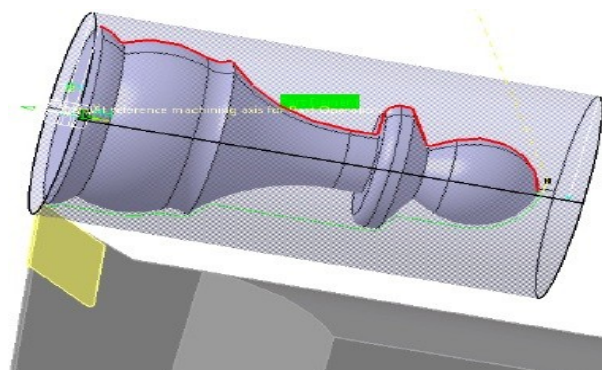


Слика 113. Нож за спољашњу обраду са плочицом у облику круга

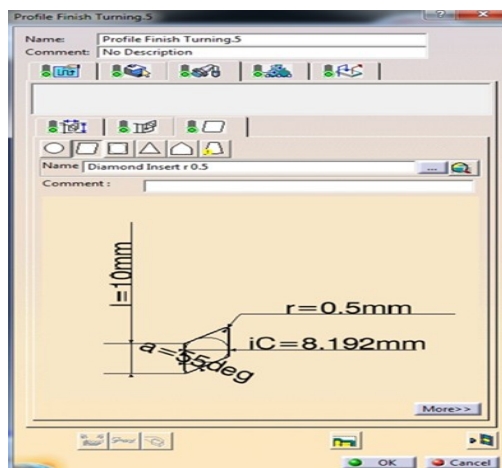


Слика 114. Приказ предмета обраде након одрађеног радијуса

Фина уздужна обрада контуре, десним стругарским ножем



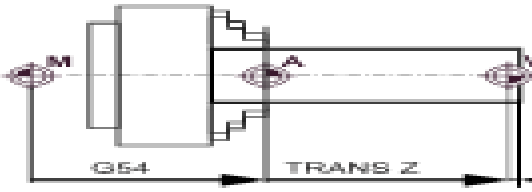
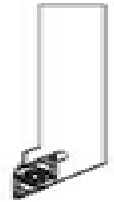
Слика 115. Фина уздужна обрада контуре



Слика 116. Нож за спољашњу обраду са плочицом у облику четвороугла



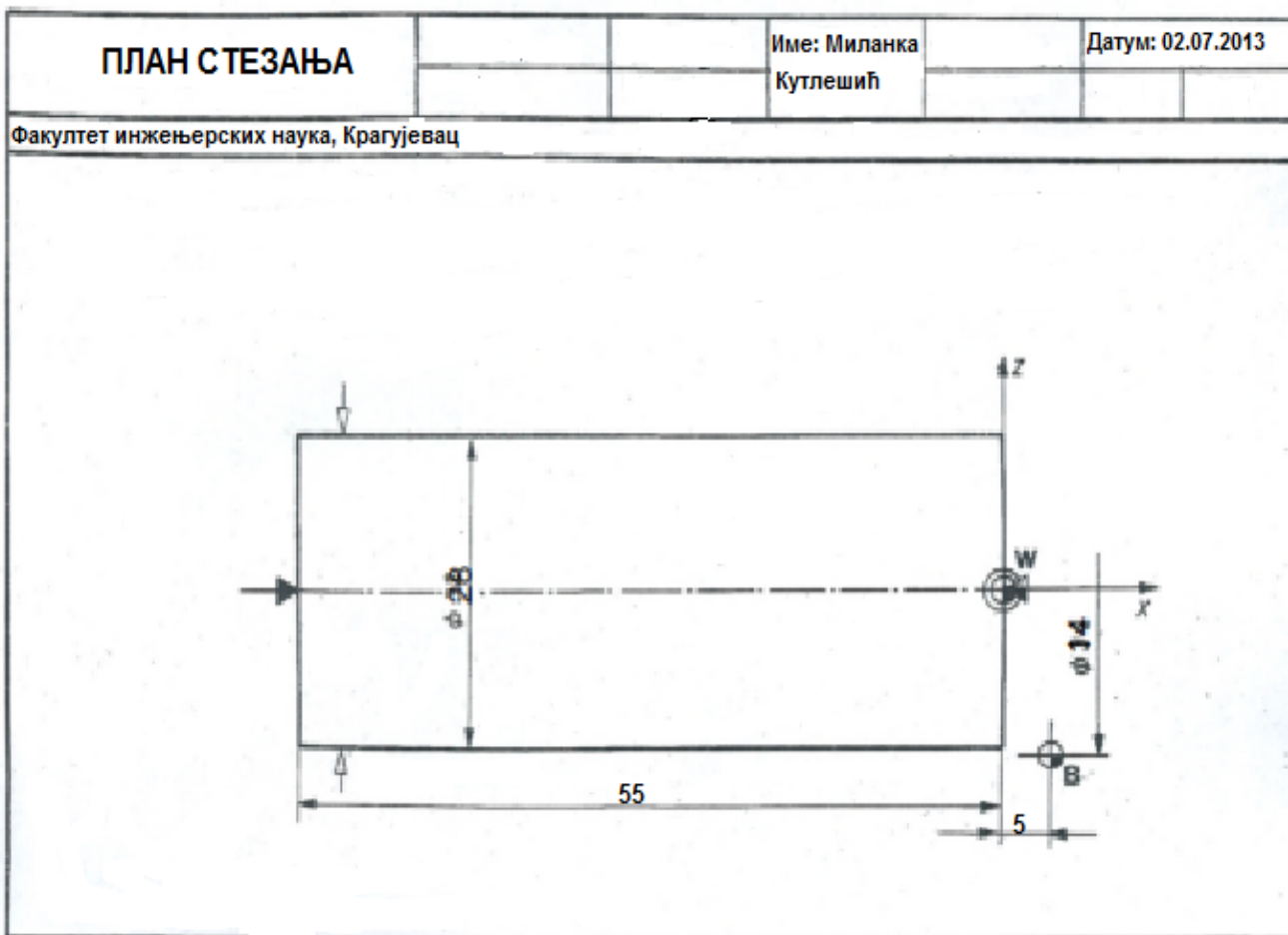
Слика 117. Приказ предмета обраде након фине обраде контуре радног пред

ЛИСТА ПОДЕШАВАЊА				
Назив дела: Шаховска фигура-пешак		Број дела:		
Машина				
Припремач	Ознака	Димензије	Напомена	
Стези и прибор	Тип	Нула комада		
	Ознака			
Алати	Име алата:		Име алата: десни стругарики нош	
	T2 	Адреса офронта: O	T 	Адреса офронта: O
		Офронт X		Офронт X
		Офронт Z		Офронт Z
		Радијус алата		Радијус алата
		Позиција алата		Позиција алата
		Брзина реза		Брзина реза
		Корек		Корек
	Ознака плочице:		Ознака плочице:	
	Име алата:		Име алата: нош за набој	
	T4 	Адреса офронта: O	T 	Адреса офронта: O
		Офронт X		Офронт X
Офронт Z		Офронт Z		
Радијус алата		Радијус алата		
Позиција алата		Позиција алата		
Брзина реза		Брзина реза		
Корек		Корек		
Ознака плочице:		Ознака плочице:		
Име алата:		Име алата: нош за одрецање		
T 	Адреса офронта: O	T 	Адреса офронта: O	
	Офронт X		Офронт X	
	Офронт Z		Офронт Z	
	Радијус алата		Радијус алата	

Слика 118. Листа подешавања алата и прибора

[illegible]

Слика 119. План алата



Слика 120. План стезања радног предмета на машини

6. Закључак

Технологија CNC машина, у данашњој индустрији, има широку примену. Могло би се рећи да се CNC машине данас користе у свим производним делатностима. Од „HOBBY“ машина па до захтевних обрадних центара, CNC технологија је постала стандардна и незаменљива због своје поузданости и прецизности.

Најчешће области примене CNC машине: обрада дрвета, обрада метала, обрада пластике, гравирање, израда алата, моделирање, хоби, наставна средства ...

Технологија се све више развија. CNC машине, иначе, представљају светску будућност и нешто што ће човеку олакшати сам живот и рад.

Програм израде дела на CNC машини алатки представља запис наредби које она треба да изведе да би се добио радни предмет дефинисане геометрије. Програм у одговарајућем облику садржи све неопходне положаје покретних елемената машине попут наредби укључивања (искључивања), средстава за хлађење и подмазивање, наредби промене смера обртања главног вретена са прецизно дефинисаним бројем обртаја, наредби промене алата, заустављање програма, програмске паузе и сл.

7. Литература

- [1] Љиљана Брашован, Никола Брашован и Милован Чобанов: „Основна обука програмирања и руковања за Emco Concept Turn 55 Emco WinNC32 (Sinumerik 840 D)“, Машинска школа Панчево, Панчево ЦЕНТАР ЗА НОВЕ ТЕХНОЛОГИЈЕ.
- [2] Горан Девеџић: „CAD/CAM технологије“, Машински факултет у Крагујевцу, Крагујевац 2009.
- [3] Надежда Поповић: „Програмирање нумерички управљаних машина“, завод за школство – Подгорица, Подгорица 1993.
- [4] Богдан Недић: Наставни материјал, Машински факултет Крагујевац, Крагујевац 2008.
- [5] Здравко Блажевић: „Програмирање CNC струга и глодалице“, у Вировитици 2004.
- [6] Ivo Slade – CNC struganje EMCO PC TURN, скрипта.
- [7] <http://www.scribd.com/doc/71407439/Osnove-Programiranja-NC-CNC-Strugova>
- [8] http://cent.mas.bg.ac.rs/nastava/ma_bsc/pdf/lv_4_1.pdf
- [9] <http://mehatronika.blogspot.com/2012/12/cnc-masine-i-programiranje.html>
- [10] <http://drugasansa.rs/wp-content/uploads/2011/05/Obuka-za-rukovaoca-CNC-masinama.pdf>