

Универзитет у Крагујевцу
Факултет инжењерских наука



Назив студијског програма: Производно машинско инжењерство

Ниво студија: Основне академске студије

Модул: Производно машинско инжењерство

Предмет: Машине алатке

Број индекса: 724/2011

Младен, Д. Обрадовић
Елементи програмирања CNC машина
Завршни рад

Комисија за преглед и одбрану:

1. Титула, име и презиме ментора - ментор
2. _____
3. _____

Датум одбране: _____

Оцена: _____

У оквиру завршног рада кандидат треба да изврши систематизацију података везаних за основне карактеристике, типове, програмирање и погон **CNC** машина. Посебно анализирати врсте програмирања **CNC** машина. Потребно је да се кандидат детаљно упозна са технолошком припремом за програмирање **CNC** машина и писањем и разрадом **NC** програма. На крају рада приказати пример ручно написаног програма за израду дела на **CNC** глодалици користећи "Mach3 mill" програм за управљање **CNC** машинама.

Препоручена литература:

[1] Ковачевић, П., Нумерички управљане машине алатке и њихово програмирање, Научна књига, Београд, 1987.

[2] Поповић, Н., Програмирање нумеричких управљаних машина, Завод за уџбенике и наставна средства, Београд, 2006.

[3] Мечанин, В., Програмирање обрадних процеса на ЦНЦ – машинама, Машински факултет у Краљеву, Краљево, 1997.

...

Крагујевац, мај 2012.

Ментор:

Проф. др Богдан Недић

УНИВЕРЗИТЕТ У КРАГУЈЕВЦУ

ФАКУЛТЕТ ИНЖЕЊЕРСКИХ НАУКА У КРАГУЈЕВЦУ

Катедра за: ПРОИЗВОДНО МАШИНСТВО

Предмет: **Машине алатке**

ЗАВРШНИ РАД

са темом:

ЕЛЕМЕНТИ ПРОГРАМИРАЊА CNC МАШИНА

Кандидат: Обрадовић Младен, број индекса 724/2011.

У оквиру завршног рада кандидат треба да изврши систематизацију података везаних за основне карактеристике, типове, програмирање и погон **CNC** машина. Посебно анализирати врсте програмирања **CNC** машина. Потребно је да се кандидат детаљно упозна са технолошком припремом за програмирање **CNC** машина и писањем и разрадом **NC** програма. На крају рада приказати пример ручно написаног програма за израду дела на **CNC** глодалици користећи "Mach3 mill" програм за управљање **CNC** машинама.

Дипломски рада треба да садржи следеће целине:

1. **CNC** машине алатке,
2. Врсте програмирања **CNC** машина алатки
3. Технолошка припрема за програмирање **CNC** машина
4. Писање **CNC** програма
5. Пример **CNC** програма
6. Закључак,
7. Литература.

Шеф катедре:

Проф. др Милентије Стефановић

Ментор:

Проф. др Богдан Недић

Крагујевац, мај, 2012. год.

ЕЛЕМЕНТИ ПРОГРАМИРАЊА CNC МАШИНА

ELEMENTS OF PROGRAMMING CNC MACHINE

Резиме: У оквиру завршног рада извршена је систематизација података везаних за основне карактеристике, типове, програмирање и погон CNC машина. Посебно су анализиране врсте програмирања CNC машина: ручно, аутоматско и полуаутоматско програмирање. Детаљно је описана технолошка припрема за програмирање CNC машина и писање и разрада NC програма. На крају рада приказан је пример ручно написаног програма за израду дела на CNC глодалици користећи "Mach3 mill" програм за управљање CNC машинама. Дат је цртеж дела, операциони лист, план стезања, план алата, план резања и програмски лист за приказани пример.

Кључне речи: CNC машина, програмирање, NC програм, CNC глодалица

Summary: In the final work was done systematization of data related to basic characteristics, types, operation and programming of CNC machines. Also analyzes the types of programming CNC machines: manual, automatic and semi-automatic programming. A detailed description of technological preparation for programming CNC machines and writing and development of NC programs. Finally, an example of hand-written program for the development of the CNC milling machine using the "Mach3 mill" program for the management of CNC machines. Given a part drawing, operating list, clamping plan, plan tools, cutting plan and program for the list shows an example.

Keywords: CNC machines, programming, NC program, CNC milling machine

Садржај

Увод	3
1. CNC машине алатке	8
1.1. Типови CNC машина алатки	9
1.2. Програмирање CNC машина алатки	12
1.3. Појам програма, структура програма, блокови и програмске речи	15
1.4. Главне и помоћне функције код програмирања	16
1. 5. Програмске апликације намењене CAD-у	20
1. 6. Погон CNC машина алатки	23
2. Врсте програмирања CNC машина алатки	25
2.1. Ручно програмирање CNC машине алатки	26
2.1.1. Структура програма	28
2.1.2. Координатни систем	30
2.1.3. Карактеристичне тачке обрадног система	32
2.2. Аутоматско програмирање CNC машина применом CAD/CAM концепта	34
2.3. Полуаутоматско програмирање CNC машина алатки	36
2.3.1. АРТ- систем за машинско програмирање	39
2.3.2. EXAPT – програмски систем	40
3. Технолошка припрема за програмирање CNC машина алатки	41
3.1. Технолошко прилагођавање радионичног цртежа	42
3.2. Избор припремке.....	42
3.3. Пројектовање обрадног процеса за CNC машине	43
3.4. Формирање плана обраде.....	44
3.5. Израда плана стезања	44
3.6. Пројектовање технолошког процеса.....	45
3.7. Формирање плана алата	46
3.8. Израда плана алата.....	46
3.9. Прорачун режима резања	48
3.10. Пројектовање путање алата – израда плана резања	49
3.11. Писање и разрада програма	50

4. Примери ручног програмирања CNC глодалица са управљачким програмом Mach3 mill	51
Закључак	69
Литература	70

Увод

Модерни обрадни системи и индустријски роботи представљају флексибилне машинске производне системе, који користе рачунаре као интегрални део сопственог система управљања.

До достизања данашњег нивоа флексибилне аутоматизације прошло се кроз низ фаза, попут [Братић, В., Јовановић, А., 2007.]:

- Конструкције једноставних производних машина и механизма – у XVIII веку, током индустријске револуције,
- Конструкције трансвер-линија и механизма са крутом механизацијом намењених масовној производњи,
- Израда машина за копирање код којих се копирних шиљак кретао по шаблону и симултано преносио управљачки сигнал на сервопокретач, и израде машина са једноставним аутоматским управљањем (као што су машине са програмском плочом) за извођење операција фиксног редоследа,
- Увођења нумеричког управљања (NC – Numerical Control) 50-их година XX века, које је базирано на принципима рада дигиталног рачунара – на бинарној логици,
- Конструкције првог индустријског робота – који је настао половином XX века, али није нашао широку примену све до краја истог века,
- Увођења рачунарског нумеричког управљања (CNC - Computer Numerical Control) које се појавило 70-их година прошлог века,
- Развој рачунара почетком 70-их година XX века, који је омогућио увођење CAD/CAM концепта савремене машинске производње (CAD – Computer Aided Desing; CAM – Computer Aided Manufacturing)
- Пуштања у рад првих аутоматизованих фабрика – 80-их година XX века.

Почетак XXI века је праћен рапидним информационо-технолошким развојем. Правац аутоматизације у будућности опредељује развитак нано технологије. Нано технологија се једним делом бави технологијама израде техничких средстава и рачунарске технике на бази угљеничних влакана са димензијама реда величине 1nm (1 нанометра).

Аутоматизација малосеријске и средњесеријске производње данас се успешно изводи са нумерички управљаним машинама које због своје флексибилности (прилагодивости на измене) имају одређене предности, али и недостатке.

Предности NC и CNC обрадних система су:

- потпуна флексибилност – због могућности остваривања сложеног кретања извршних органа машине, NC и CNC машине остварују могућност израде делова комплексне геометрије и прост начин архивирања технолошких података, као и могућност реализације брзих измена у технологији,
- висока тачност обраде,
- краће време израде,
- могућност обраде делова сложене геометрије,
- краће време потребно за подешавање машине,
- смањење потребе за висококвалификованим оператером и сл.

Главни недостаци NC и CNC обрадних система су:

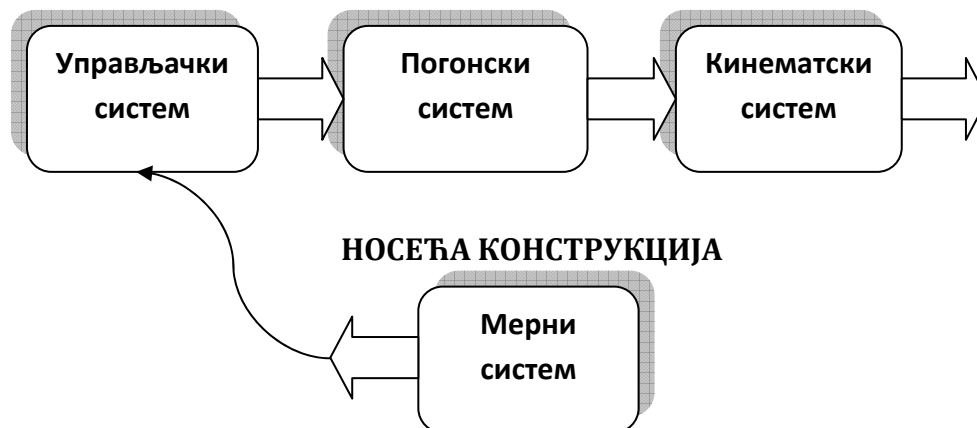
- релативно висока цена,
- комплексније одржавање,
- потреба за висококвалификованим технологом и сл.

Структура CNC обрадних система

Основни део сваког CNC обрадног система чине:

- **машина алатка** (кинематски, преносно - претварачки систем),
- **погонски систем** (електромотори – извори снаге и обртног момента),
- **управљачки систем** (код савремених CNC машина управљачки систем је софтверског типа састоји се из рачунара, програма за управљање и додатне електронске опреме потребне за спровођење управљачког сигнала, а код NC машина управљачки систем је хардверског типа), и
- **мерни систем** (систем објекта са заједничким задатком обезбеђивања повратне информације управљачкој јединици о пређеном путу извршног органа машине - овај систем не поседује све NC и CNC машине алатке).

Приказ основних структурних елемената CNC машина алатки дат је на слици 1. [Братић, В., Јовановић, А., 2007.] Са ове слике могу се видети релације, које повезују поменуте структурне елементе.



Слика 1. Структура CNC машина алатки [Братић, В., Јовановић, А., 2007.]

Управљачка јединица учитава и декодира програм дела, доставља наредбе управљачким петљама за кретање по осама машине и за управљање помоћним операцијама машини.

Кретањем се на CNC машинама управља помоћу управљачког система, управљачке јединице и електронског система за спровођење сигнала, другим речима, управљачки систем представља скуп међусобно повезаних подсистема, који изводе задатке оператера конвенцијалних 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.

Код CNC машина алатки најчешће су све осе кретања опремљене погонском јединицом, која може бити електромотор једносмерне и наизменичне струје, хидраулични или електрокорачни мотор. Избор погонске јединице углавном зависи од снаге машине и захтеване тачности.

Израду програма за CNC машину изводи програмер – технолог. Програмер мора познавати принципе функционисања машине алатке, геометрију и карактеристике материјала алата, принципе пројектовања стезних прибора и друге законитости технологије машинске обраде.

Програмер - технолог исписује програм за израду дела (поп. NC код) на носачу информација, NC 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 обради извођење помоћне функције. Блок садржи у кодираном облику све неопходне информације за извршење захвата, попут дужине обраде, брзине резања, итд.

Информације о димензијама (дужини, ширини, полупречницима заобљења, пречницима кругова и сл.) и облику контуре (која се може састојити од правих и кривих линија) узимају се са радионичког цртежа. Димензије се дају одвојено за сваку осу кретања (X, Y, Z). Брзина резања, корак и помоћне функције (укључивање или искључивање средства за хлађење и подмазивање, смер обртања главног вретена, стезање итд.) програмирају се зависно од захтевног квалитета површине, захтевних толеранција и на основу утицаја осталих параметра обраде и параметара захтеваних конструкцијском документацијом.

Кратак осврт на садржај рада

Почетак 21. века је праћен рапидним информационо-технолошким развојем. Правац аутоматизације у будућности опредељује развитак нано технологије. Аутоматизација малосеријске и средњесеријске производње данас се успешно изводи са нумеричким управљаним машинама које због своје флексибилности имају одређене предности, али и недостатке. Важан корак у развоју филозофије нумеричког управљања машинама алаткама учињен је почетком 70-тих година увођењем рачунара управљачке јединице NC система. Ово је допринело развоју директног нумеричког управљања и нумеричког управљања помоћу рачунара. Један од циљева увођења CNC – система је замена што је могуће више конвенционалног NC – хардвера са софтвером уз упрошћавање преосталог хардвера. Софтвер CNC – система садржи 3 главна програма: програм дела, сервисни програм и управљачки програм.

Основни представници CNC- машина алатки су обрадни центри, који обухватају све врсте стругова и глодалица. Програмирање обрадних процеса на компјутерски управљачким алатним машинама подразумева низ активности на систематизацији обрадних информација на њиховом исписивању одређеним редоследом и кодом уз поштовање правила програмског језика, на проширењу информација на одговарајући носач и на њиховом потхрањивању у меморију управљачког система

Конституисање машинских елемената потсклопова, склопова, агрегата и машина у целисти, у савременој машинској пракси, врши се уз помоћ програмских апликација намењене CAD-у. Најчешће области примене CNC машина су: обрада метала, обрада дрвета, обрада пластике, израда алата, моделирање, наставна средства. Код нумерички управљаних машина алатки постоје три главне групе елемената: управљачки елементи и електроника, електрични погони, механички елементи (столови, клизачи, носачи алата...). Основна улога погона је да изазове такво кретање управљаних делова машине алтке које ће бити што ближе жељеном кретању које одговара командама CNC система.

За извођење сваког захвата обраде на CNC машини алатки потребно је дефинисати програм израде/дела који садржи: информације о димензијама, геометрији радног предмета и информације о технологији. Програм се може израдити ручно, аутоматски и полуаутоматски.

Обим рада и улога технолога расте у CNC технологији. Ефективно коришћење CNC - машина алатки одређено је избором делова предвиђених за обраду, тј. њиховим конструкцијским особинама и обради делова који имају сложену унутрашњу и спољашњу површину, велики број различитих отвора, повећане захтеве за тачност обраде и међусобна растојања. Пре него што се унесе CNC – програм дела у управљачку јединицу потребно је извести многе припреме активности. Уз све активности спада и процедура подешавања машине, при чему су све активности дефинисане такозваном листу за подешавање. Поред писања и разраде програма имамо припрему машине за рад, усмереше алата и програм дела.

Савремено тежиште потребе и људског друштва доведиће до све веће потребе CNC машина у будућности. Њихова прецизност, велики обим производње и брзина обраде постаће незаменљива и у скорој будућности неопходна. Може се закључити да се у нашој земљи оне још увек недовољно користе док у свету оне су незамењиви део савремене производње.

1. CNC машине алатке

Важан корак у развоју филозофије нумеричког управљања машинама алаткама учињен је почетком седамдесетих година увођењем рачунара уместо управљачке јединице NC система. Ово је допринело развоју дирекног нумеричког управљања (DNC – Direkt Numarical Control) и нумеричког управљања помоћу рачунара (CNC – Computer Numerical Control). Код DNC система неколико NC- машина алатки се дирекно управља преко централног рачунара. Од ова два типа управљања рачунаром CNC управљање је нешто већу примену углавном због веће флексибилности и у последње време због јефтиних мини и микрорачунара.

Један од циљева увођења CNC - система је замена што је могуће више конвенционалног NC - хадвера са софтвером уз упрошћавање преосталог хадвера. Минимум хадвера који остаје у управљачкој јединици мора садржати сервопојачивач, сензоре и интерфејсе.

Софтвер CNC- система садржи најмање три главна програма:

- **Програм дела,**
- **Сервисни програм,**
- **Управљачки програм.**

Програм дела садржи опис геометрије радног комада и услове обраде као што су број обртаја и посмак. Димензије у програму дела су изражене у јединицама које одговарају резолуцији позиције за сваку осу кретања. Сервисни програм се користи за проверу, допуну и кориговање програма дела. Управљачки програм прихвата програм дела као улаз за добијање сигнала за управљање кретањем по осама.

1.1. Типови CNC машина алатки

Основни представници CNC-машина алатки су обрадни центри, који обухватају све врсте CNC стругова и глодалица. Врло често ови типови CNC машина алатки су опремљени са аутоматским измењивачем алата и системом за аутоматско одвођење струготине из зоне резања.

Недавно развијени стругарски центри (слика 2. и 3.) омогућавају извођење операције бушења, обезбеђују обртно кретање алата у револверској глави, при чему радни комад мирује. Ово је било и основа за развој новог CNC – обрадног центра за глодање и стругање. Спољашњи изглед је као и изглед стругарског центра, при чему је ова машина опремљена са два посебна програмирана клизача, који се налазе на косим вођицама. Оба клизача носе револверске главе, при чему горња револверска глава има уређај за остварење обртног кретања алата, тиме је омогућено извођење операција глодања и бушења. Такође се горња револверска глава може радијално кретати. Оба клизача се могу симултано користити. Конфигурација обрадног центра за глодање и стругање приказана је на слици.



Слика 2. CNC струг са управљачком јединицом



Слика 3. CNC глодалца са вертикалним обрадним центром



Слика 4. CNC глодалица са хоризонталним обрадним центром

Већина CNC - обрадних центра (слика 3. и 4.) је опремљена уређајима за аутоматску измену алата, што значи да се алати могу бирати и мењати под контролом програма дела. Аутоматска измена алата води ка повећању продуктивности и обезбеђује услове за машинску обраду без присуства оператера. CNC – машине, алатке углавном се користе за стругање али потражња савременог тржишта у машинској индустрији довела је до производње и нумеричких управљаних преса, машина за сечење метала (плазма сечење, сечење воденим млазом, гасно сечење), као и сечење ласером (слика 5.). Карактеристике као и димензије ових машина зависе од машине до машине, као и од њихове намене.



Слика 5. CNC машина за сечење

1.2. Програмирање CNC машина алатки

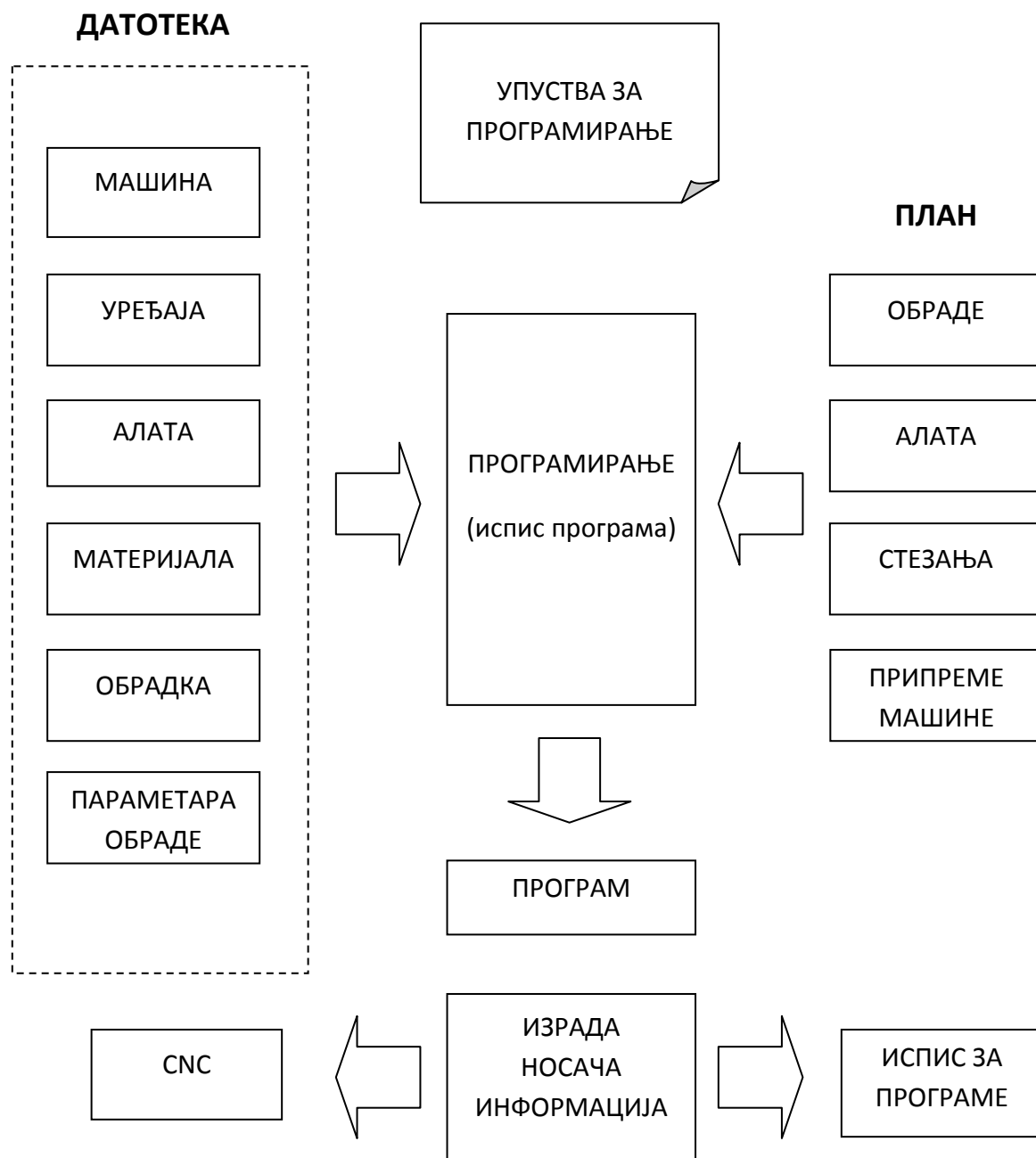
Програмирање обрадних процеса на компјутерски управљаним алатним машинама подразумева низ активности на систематизацији обрадних информација на њиховом исписивању одређеним редоследом и кодом уз поштовање правила програмског језика, на проширењу информација на одговарајући носач и на њиховом потхрањивању 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 и искључивањима извршних делова машине, почетку и заустављању програма, аутоматској измени алата и обратка и итд.

У меморију 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 обавити обучени стручњаци – програмери. То су обично инжењери који поред проучавања 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, као и информације о CNC машинама.

Приликом програмирања веома је важно изабрати оптималну опцију јер постоји више начина на који се може обрадити неки део. Ради очувања задате постојаности алата мора се одабрати поступак са мањим бројем операција али са друге стране мора се водити рачуна о тачности радног комада.



Слика 6. Основни принцип програмирања обрадних процеса на CNC машинама
[Ковачевић, Р., 1987.]

За дефинисање узајамних положаја алата и предмета обраде најчешће се примењује Декартов правоугли координатни систем. После овог система су осе трансляције, око којих се дефинишу обртна кретања. Међусобни положај алата и предмета који се обрађује у основи се дефинише координатним системом предмета.

За координатни систем машине је преко референтне и нулте тачке машине везан положај алата, док се преко координатног система предмета дефинише геометрија коју је потребно обрадом постићи. Веома је важно дефинисати координатни систем пре почетка самог програмирања.

Уколико се при програмирању координатне тачке дефинишу у односу на непокретни (фиксни) координатни систем ради се о апсолутном координатном систему.

Код релативног (инкременталног) координатног система наредне тачке се дефинишу у односу на претходну тачку.

Оба начина програмирања имају предности и недостатке, уз напомену да апсолутни координатни систем има већу примену у пракси, мању могућност грешке у току читања програма и лакоћу поимања, док је примена релативног координатног система код подпрограма незамењива.

Управљачке јединице су оспособљене за препознавање начина програмирања, система мера, система кодирања, као и аутоматских трансформација координатних система.

1.3. Појам програма, структура програма, блокови и програмске речи

Програм представља скуп инструкција у обрадном систему, уређених по редоследу операција и захвата, за извршење процеса обраде. Састављање програма назива се програмирање. Елементи програма и њихов ток су стандардизовани.

Програм је сачињен од реченица – блокова. Једна реченица садржи све податке неопходне за спровођење једног радног захвата. Програмске реченице могу бити програмиране са промењивим 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. У сваком програму се помоћу адреса дефинишу информације о померањима технолошке информације и помоћне функције. Адресе које препознаје управљачка јединица су[Ковачевић,Р., 1987.]:

- **N** адреса – за означавање броја блока,
- **G** адреса - за дефинисање услова кретања, врсте интерполације, показивања циклуса обраде,
- **X, Y, Z** адреса – за дефинисање путања кретања,
- **F** адреса – за дефинисање помоћног кретања које може бити у mm/мин или mm/o,
- **M** адреса – за дефинисање помоћних или додатних функција као што су укључивање и искључивање главног вретена, замена алата, означавање краја блока,
- **D** адреса – за дефинисање радијуса глодала,
- **S** адреса – за дефинисање броја обртаја вретена у о/мин,
- **T** адреса – за дефинисање или позивање алата и магацина алата,
- **I, J, K** адреса – помоћни параметри за кружну инерпулацију.

Треба нагласити да је дефинисање адреса уско повезано са системом кодирања, а управљачке јединице су оспособљене за рад у ISO и EIA систему кодирања.

1.4. Главне и помоћне функције код програмирања

Главне функције

Главне функције које се означавају са **G** дефинишу услове кретања, односно услове пута. Оне са информацијом пута означавају геометријски део програма. Дефинисане су адресом **G** и двоцифреним бројем. Дозвољено је да се у једном програмском блоку - реченици нађе само једна **G** – функција.

Модалне функције

Модалне функције су оне које важе кроз више блокова, све док се не укину неком функцијом из исте класе. То убрзава програмирање јер се дозвољава прескакање писања функција и координата које су у предходним блоковима дате, а нису укинута неком функцијом из своје класе.

Функције чије значење вреди само унутар једног блока нису модалне, то су помоћне функције и **G** - функције из модалне класе 0. У прегледу **G** - функција, поред значења одређене функције, дата је и припадност модалној класи.

G – функције активне при укључивању машине

G00 – брзи ход, позиционирање;

G17 – актуелна раван обраде је раван XY;

G21 – програмирање у метричком систему мера;

G40 – поништавање компензације пречника алата (G41, G42);

G49 – поништавање компензације дужине алата (G43, G44);

G54 – нулта тачка (прва у низу);

G64 – поништавање тачног заустављања (G61);

G80 – поништавање циклуса;

G90 – апсолутно програмирање (апсолутни мерни систем);

G94 – брзина помоћног кретања у mm/min;

G98 – повратак алата у иницијалну тачку циклуса.

Елементи програмирања CNC машина
- Завршни рад -

Табела 1. Преглед функција са одговарајућим значењем [Мечанин, В., 1997.]

Редни број	Реци G функције	Значење речи
1.	G00	Брзо позиционирање (ход)
2.	G01	Линеарна интерполација
3.	G02	Кружна интерполација (CLW)
4.	G03	Кружна интерполација (CCLW)
5.	G04	Време задржавања
6.	G09	Тачно заустављање
7.	G10	Програмско задавање коректуре алата и н.т.
8.	G12	Кружно глодање џепова (CW)
9.	G13	Кружно глодање џепова (CCW)
10.	G17	Избор равни обраде XY
11.	G18	Избор равни обраде XZ
12.	G19	Избор равни обраде YZ
13.	G20	Програмирање у инчном систему
14.	G21	Програмирање у метричком систему
15.	G28	Одлазак у референтну тачку
16.	G29	Међуположај пре референтне тачке
17.	G31	Функција прескока
18.	G35	Аутоматско мерење пречника алата
19.	G36	Аутоматско мерење нулте тачке
20.	G37	Аутоматско мерење дужине алата
21.	G40	Поништавање коректуре пречника алата
22.	G41	Корекција дужине алата – лева
23.	G42	Корекција пречника алата – десна
24.	G43	Компензација дужине алата – позитивна
25.	G44	Компензација дужине алата – негативна
26.	G47	Гравирање
27.	G49	Поништавање функција G43 и G44
28.	G50	Поништавање функције G51
29.	G51	Скалирање
30.	G52	Постављање координатног система
31.	G53	Опозив текућег координатног система
32.	G54	1. нулта тачка
33.	G55	2. нулта тачка
34.	G56	3. нулта тачка
35.	G57	4. нулта тачка
36.	G58	5. нулта тачка
37.	G59	6. нулта тачка
38.	G60	Позиционирање увек из истог смера
39.	G61	Тачно заустављање
40.	G64	Укидање функције G61
41.	G65	Позив макро потпрограма
42.	G68	Ротација
43.	G69	Поништавање G68
44.	G70	Обрада отвора по кругу
45.	G71	Обрада отвора по кружном луку

*Елементи програмирања CNC машина
- Завршни рад -*

46.	G72	Обрада отвора по правцу
47.	G73	Дубоко бушење
48.	G74	Урезивање навоја – леви навој
49.	G76	Фино разбушивање борштанглом
50.	G77	Разбушивање борштанглом од дна рупе
51.	G80	Поништавање затворених циклуса
52.	G81	Циклус бушења
53.	G82	Циклус бушења са заустављањем
54.	G83	Циклус бушења са прекидима
55.	G84	Циклус урезивања навоја - десни
56.	G85	Циклус разбушивања, развртања
57.	G86	Циклус разбушивања са заустављањем
58.	G87	Циклус разбушивања са ручним повратком
59.	G88	Циклус разбушивања са чекањем и р. повра.
60.	G89	Циклус разбушивања са чекањем
61.	G90	Програмирање у апсолутним координатама
62.	G91	Програмирање у инкременталним координ.
63.	G92	Задавање радног координатног система
64.	G93	Задавање радног координатног система
65.	G94	Помоћно кретање дато као померај у мину
66.	G98	Повратак алата у стартну тачку циклуса
67.	G99	Повратак алата у референтну тачку циклуса
68.	G100	Поништавање функције пресликавање око осе
69.	G101	Активирање функције пресликавања око осе
70.	G102	Програмирање излаза RS- 232
71.	G103	Лимитирање блокова гледаних унапред
72.	G110	7.Нулта тачка
до	до	
91.	G129	26.Нулта тачка
92.	G150	Опште решење глодања џепова
93.	G154	Координатни систем
94.	G187	Контрола тачности обраде углова

Помоћне функције

Поред главних G – функција, које дефинишу услове кретања, постоји и група помоћних M - функција, које искључиво служе за давање инструкција алатној машини. Треба нагласити да је број помоћних функција различит од једног до другог управљачког система. Зависи од врсте и од намене алатне машине, обима помоћних инструкција, додатних уређаја на алатној машини и слично.

Табела 2. Преглед помоћних M - функција са одговарајућим значајем
[Мечанин, В., 1997.]

Редни број	Речи M функције	Значење речи
1.	M00	Обавезан прекид програма
2.	M01	Опциони прекид програма
3.	M02	Крај програма и заустављање машине
4.	M03	Обртање вретена у негативном математичком смеру

Елементи програмирања CNC машина
- Завршни рад -

5.	M04	Обртање вретена у позитивном математичком смеру
6.	M05	Заустављање вретена
7.	M06	Измена алата
8.	M07	Укључивање SHP средстава у млазу
9.	M08	Укључивања SHP средстава у спреју
10.	M09	Искључивање SHP средстава
11.	M10	Активирање кочнице за четврту осу
12.	M11	Деблокирање кочнице за четврту осу
13.	M12	Активирање очнице за пету осу
14.	M13	Деблокирање кочнице за пету осу
15.	M16	Измена алата (опциона)
16.	M17	Отпуштање изменљиве палете и отварање врата за палете
17.	M18	Стезање изменљиве палете и затварање врата за палете
18.	M19	Оријентација вретена
19.	M21- M28	Опционе кориснички дефинисане М речи
20.	M30	Крај програма са повратком на почетак
21.	M31	Активирање система за одвођење струготине
22.	M33	Деактивирање система за одвођење струготине
23.	M34	Померање расхладне цеви на горе
24.	M35	Померање расхладне цеви на доле
25.	M36	Спремност палете делова
26.	M39	Обртање магацине алата
27.	M41	Нижи степен преноса
28.	M42	Виши степен преноса
29.	M50	Измена палете
30.	M51- M58	Активне кориснички дефинисане М речи
31.	M59	Директно укључење дискретног излазног релеја
32.	M61- M68	Неактивне кориснички дефинисане М речи
33.	M69	Затварање излазног релеја
34.	M75	Давање референтне тачке
35.	M76	Гашење дисплеја
36.	M77	Активирање дисплеја
37.	M78	Активирање аларма у случају сигнала прескакања
38.	M79	Активирање аларма у случају да не постоји сигнал пр.
39.	M80/M81	Аутоматска врата отворена\затворена
40.	M82	Алат отпуштен
41.	M83/M84	Аутоматски ваздушни пиштољ укључен-искључен
42.	M86	Стезање алата
43.	M88	Укључивање хлађења кроз вретено
44.	M89	Искључивање хлађења кроз вретено
45.	M96	Скок ако нема улаза сигнала
46.	M97	Позивање локалног потпрограма
47.	M98	Позивање потпрограма
48.	M99	Повратак из потпрограма или петље
49.	M109	Узајамни или кориснички улазни сигнал

1.5. Програмске апликације намењене CAD-у

Конструисање машинских елемената потсклопова, склопова, агрегата, и машина у целисти, у савременај машинској пракси, врши се уз помоћ програмских апликација намењене CAD-у. Најчешће коришћени апликативни софтвери, ове, али и шире намене су: Autodesk Inventor, Autodesk Mechanical Desktop, AutoCAD и AutoCAD Mechanical, SolidVorch, SolidEdge, CATIA, ProEngineer, Rhinoceros, Maya и др.

Према принципу конструисања, можемо претходно наведене програме сврстати у две основне групе. У прву, и по датуму настанка, нешто старију групу CAD-апликативних софтера можемо уврстати оне који су примарно оријентисани ка дводимензионалном цртању (AutoCAD), и уз чију помоћ је велико олакшана разрада машинске конструкције документације за делове и склопове делова, који се одликују веома сложеним структурним и геометријским конфигурацијама. Ова група програма је секундарно оријентисана ка изради и дизајну тродимензионалних, аксонометријских слика машинских делова, али се у овој намени, они ређе користе. У савременој машинској пракси ова група програма омогућује најефективнији процес конструкције машинских техничких цртежа у ортогоналном расклопу, а карактерише их и велики број корисника који су овладали основним знањима потребних за рад у овим апликацијама.

Друга група CAD - апликативних софтера је новијег датума, намењена је тродимензионалном моделирању и склапању машинских делова, а све више се приближава CAE – концепту. Ова група програма се одликује потпуним окретањем ка кориснику (у погледу олакшаног и брзог учења софтверског окружења намењене апликације), ефикасном реализацијом процеса дизајна и конструкције, као и олакшаним начином сагледавања процеса монтаже машинског производа. У овој групи програма можемо начелно дефинисати неколико напреднијих носиоца, програме, Solid Worka, CATIA, Pro Engineer.

Ова три програма уводе CAE – принцип, односно принцип употребе рачунара у инжењерингу. У свом програмском окружењу они укључују опције анализе параметара стања датог конструктивног решења, уважавајући разна инжењерска становишта. Конструисање у окружењу било којег од ова три програма, своди се на цртање затворене дводимензионалне контуре сегмента машинског дела одговарајућој равни, и самим тим креирања површи која је омеђена том контуром. Поступак конструисања, даље, подразумева манипулацију датом површином, њену ротацију, транслацију и кретање по задатим, или програмски дефинисаним криволинијским и праволинијским путањама, што има за циљ добијање запреминског, параметарског модела тела у простору.

Ови програми су приоритетно настали у намени моделирања и склапања машинских делова, али су њихове могућности проширене, и данас се веома ефикасно користе за израду конструкцијске документације, односно за израду техничких цртежа машинских делова у ортогоналном расклопу.

Из претходних дефиниција и исказа, може се сагледати комплексност појма рачунарског моделирања, цртања и дизајнирања уз помоћ рачунара. Овај појам се мора разматрати у свету потребе савремене индустрије да ефикасно, економично и квалитетно реализује свој основни задатак, производњу друштвено и тржишно потребног производа, који пре свега мора да задовољи потребе потенцијалног купца. Наведен циљ никако не може бити остварен без рапидног повећања технолошких нивоа, средстава за рад и све већег удела, и „асистенције“ рачунара у основним сегментима људског рада. Ако говоримо о машинству, прва и основна фаза у реализацији сваког новог производа је његова конструкција.

Увођењем CAD система, рационализује се рад у почетној фази производног процеса, фази конструисања производа, и самим тим оставља додатно расположиво време за остале сегменте у процесу, што директно утиче на повећање нивоа квалитета производа, али и процеса у целини.

Разрада технологије обраде машинских делова уз помоћ рачунара, и све већа „асистенција“ рачунара у производњи САМ, се у окружењу савремене машинске индустрије не може замислити без корелације са одговарајућим CAD програмом, односно са одговарајућим, CAD системом. У материјалним технолошким системима нижег степена развијености, технолошке информације директно проистичу из геометријских информација и конструкционих захтева прописаних конструкционом документацијом. Технолошка разрада за материјалне технолошке системе овог типа састоји се из разраде технолошког поступка на његове саставне, елементарне, и хијерархијски простије делове, односно на поступке обраде, операције, захвате и пролазе, њихово сликовито представљање, али и из прорачуна режима обраде, прорачуна економије обраде, и дефинисања осталих технолошких показатеља који опредељују процес обраде, а самим тим и комплетан технолошки и производни процес.

У савременим производним и технолошким системима непобитно је задржан исти принцип, уз повећање, рационализације рада у фази израде производа, увођењем савремених система управљања, али и савремених мерно – контролних система. Савремене машине алатке су нумерички управљање велике снаге и производности, оптималне крутости и са великим степеном флексибилности, у погледу ширине асортимана производа различитих геометријских конфигурација, који се могу изградити на њима.

Нумерички управљање машине користе програм који је састављен од низа алфа – нумеричких симбола. Овај програм управљачка јединица прослеђује у погодном облику погонском систему машине алатке, и на тај начин задаје команде кретања извршним органима преносника кретања дате машине.

У концепту развоја нумерички управљаних машина (NC – машина), и програма за аутоматско генерисање управљачког програма, све више се тежи интеграцији CAD и CAM концепта у једном програмском решењу. То практично значи да један програм служи и за конструисање, и за технолошку разраду датог конструкцијског решења. Програм CATIA и ProEngineer имају ове особине, јер у свом програмском окружењу не обједињују само CAD, CAM и CAE концепт, већ се слободно може рећи да обједињују све ове концепте и на тај начин дефиниши и интегришу CIM концепт, који представља највишу лествицу у ступњу развоја процеса имплементације рачунара у основне сегменте инжењерског деловања у производне процесе, уз помоћ рачунара.

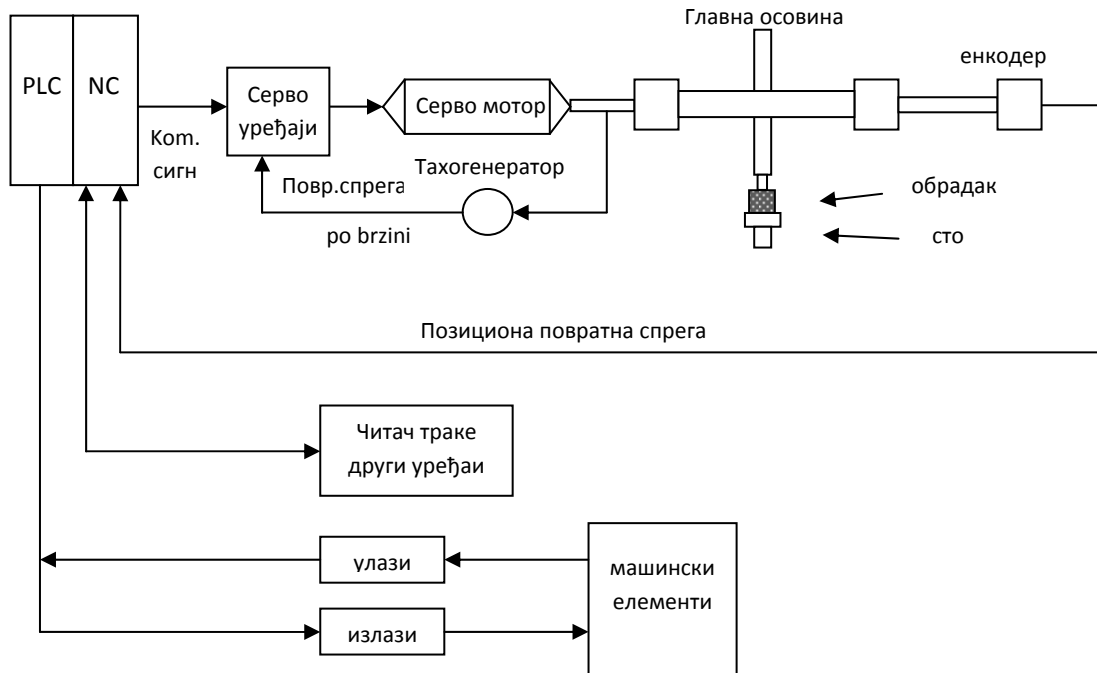
У садашњој пракси се за технолошку разраду геометријских информација добијених из одговарајућих CAT програма и система, и за израду NC – кода користе програми MasterCAM, EdgeCAM, FeatureCAM, VX – CAD/CAM, ArtCAM, I – DEAS, CATIA, ProEngineer, SOLIDCAM и други. Ови програми изискују увоз геометријских информација о моделу машинског дела из одговарајућег CAD програма, у одговарајућем формату докумената. Најчешће коришћени формати докумената за размену информација о геометрији дела између одговарајућих CAD и CAM програма су IGES, STL, DXF, STEP, Parasolid и други.

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

Најчешће области примене CNC машина су:

- обрада метала,
- обрада дрвета,
- обрада пластике,
- израда алата,
- моделирање,
- наставна средства и др.

1.6. Погон CNC машина алатки



Слика 7. Шематски приказ CNC машине алатке

Код нумеричких управљаних машина алатки постоје три главне групе елемената:

- Управљачки елементи и електроника,
- Електрични погони (електромеханички погон) и
- Механички елементи (столови, клизачи, носачи алата и друго).

Основна улога погона је да изазове такво кретање управљаних делова машине алатке које ће бити што ближе жељеном кретању које одговара командама CNC система. Погонски системи имају и својеврсну улогу претварача једног вида енергије у други на пример (електрична у механичку енергију).

Погонски систем уједно представља везу између друге две главне групе елемената нумерички управљане машине алатке. Наиме, он повезује механичке елементе машина са управљачком јединицом.

Разликује се неколико могућих комбинација погонских система који се могу користити код нумерички управљаних машина и то су:

- електрични,
- електромеханички,
- хидраулички,
- пнеуматски,
- хидропнеуматски,
- електрохидраулични.

Основни представник електричних погонских система су електромотори који се још називају извршним органима. Користе се разне врсте мотора. Најзаступљенији мотори код нумерички управљаних машина алатки су:

- DC мотори или мотори једносмерне струје,
- AC мотори или мотори наизменичне струје,
- Степ мотори или корачни мотори,
- Линеарни мотори (за специјалне намене).

При томе треба имати у виду да се степ мотори и линеарни мотори користе код система управљања без повратне спреге. Наравно кад се говори о AC и DC моторима познато је да они имају велики број различитих типова и варијанти.

2. Врсте програмирања CNC машина алатки

За извођење сваког захвата обраде на CNC машини алатки потребно је дефинисати програм израде дела који садржи:

- информације о димензијама– геометрији радног предмета (координатама),
- информације о технологији (броју обртаја, брзини помоћног кретања, алатима, и сл.).

Геометријске информације дефинишу се на основу:

- склопног цртежа,
- радионичних цртежа.

Технолошке информације дефинишу се на основу:

- података из технолошких приручника,
- упутства за експлоатацију CNC машина.

Програм се може написати – израдити:

- **ручно** – без помоћи рачунара,
- **аутоматски** – уважавањем CAD/CAM концепта машинске производње, користећи рачунар и CAD/CAM програмске пакете.
- **полуаутоматски** – користећи рачунар и специјализоване програмске језике.

2.1. Ручно програмирање CNC машине алатки

Ручно програмирање је најстарији и технолошки најнижи ниво програмирања CNC машина. Примењује се у технолошкој разради обраде делова једноставне геометрије, и у случају малог удела CNC машина у машинском парку матичног производног система.

Програмер – технолог писањем изворног програма израде дела води алат од тачке до тачке по контури обраде, водећи рачуна о технолошким параметрима: обрадивости материјала обратка, карактеристикама резних алата, оптималности режима обраде, итд.

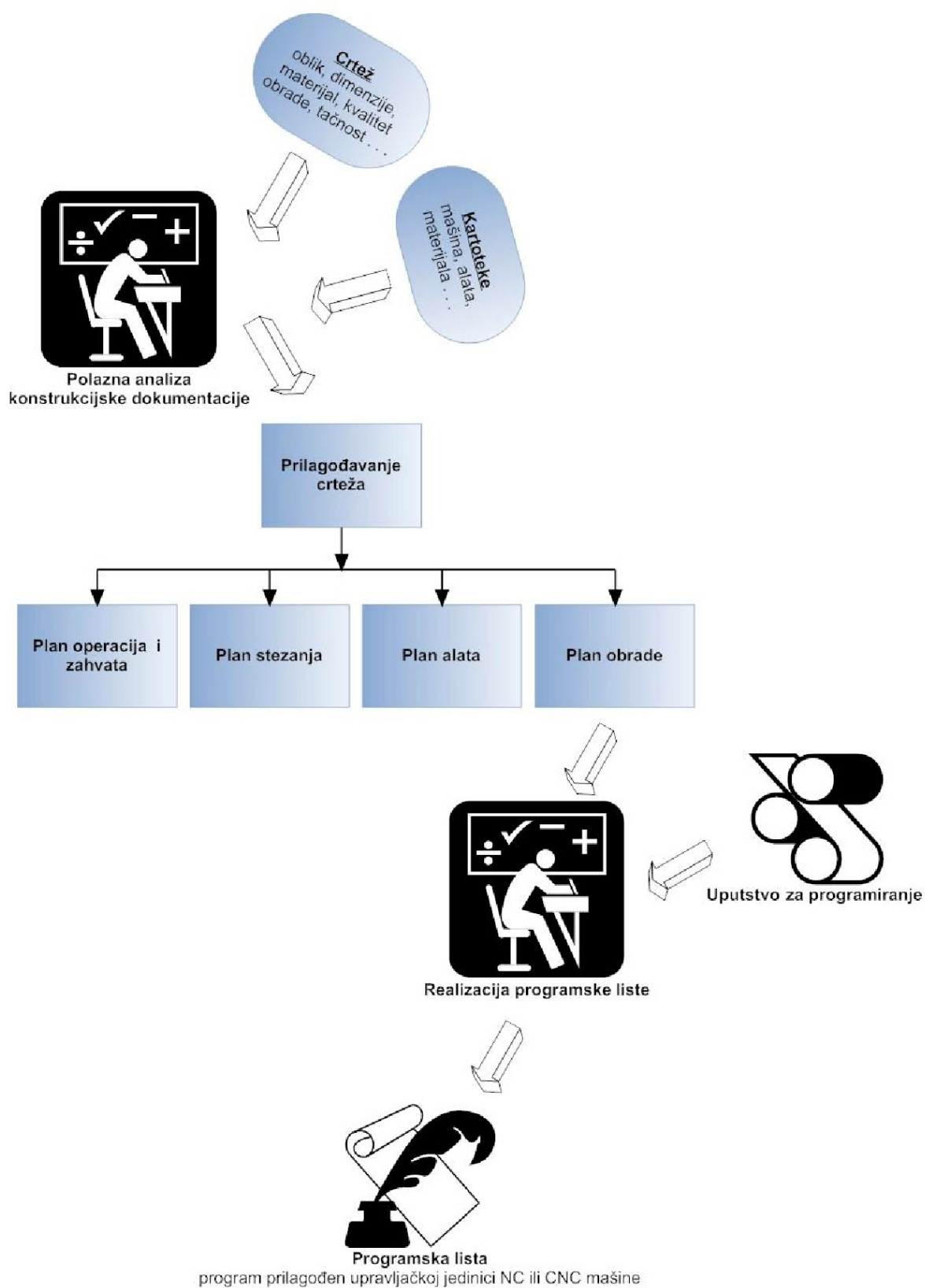
Активности ручне израде програма за CNC машине су [Братић, В., Јовановић, А., 2007.]:

- анализа радионичног цртежа,
- прилагођавање радионичног цртежа у поступку ручног програмирања,
- одређивање нулте тачке обратка и скицирање координатног система,
- дефинисање редоследа операција и захвата, сагледавање могућности коришћења циклусних функција и потпрограма у циљу скраћења програма,
- одређивање карактеристичних тачака на обратку, која су основ за кретања алата, дефинисање тачака за измену алата,
- писање програма у складу са захтеваном структуром програма и програмских реченица,
- провера исправности програма симулацијом обраде на пулту машине,
- израда и провера првог комада.

Недостаци ручног програмирања су:

- није погодно за делове сложене геометрије,
- оптимизација процеса обраде зависи од искуства и обучености програмера,
- тешко спровођење измене (посебно у програмима са већи бројем реченица – блокова).

Шематски приказ тока информација за ручно програмирање дат је на слици 8 [Братић, В., Јовановић, А., 2007.].

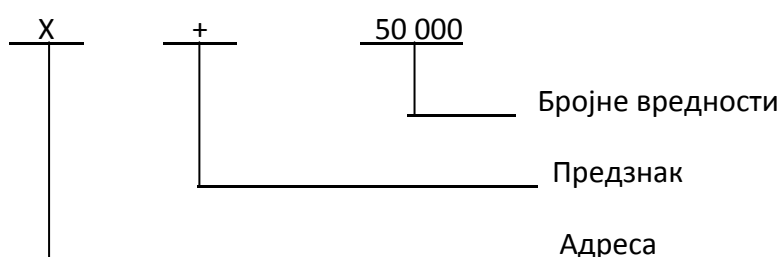


Слика 8. Шематски приказ поступка ручног програмирања

2.1.1. Структура програма

Програм представља скуп инструкција обрадном систему уређених по редоследу захтева са циљем извршавања процеса обраде. Он се састоји од програмских речи и реченица.

Програмска реченица састављена је од програмских речи. Програмска реченица је основни носилац информација и при програмирању тачно одређени облик писања, величину, дужину и садржај.



Овако написана програмска реч представља инструкцију управљачког система алатне машине за померање алата у позитивном смеру X осе за одређену бројну вредност. Програмске реченице садрже услове пута, информације пута и помоћне функције.

<u>N 10</u>	<u>G 00</u>	<u>H 5000</u>	<u>T 1</u>	<u>S 8</u>	<u>M 03</u>	<u>LF</u>
број реченице	начин кретања	брзина кретања	број алата	број обртаја	помоћна функција	крај реченице

Програмске реченице се могу програмирати са промењивим бројем знакова до максимално сто знакова. Оне могу бити израђене на бази фиксне и промењиве дужине речи.

Реченица са фиксном дужином речи, на пример, има облик:

N0010 G00 X00005000 T01 S08 M03 LF

Иста реченица са промењивом дужином речи гласи:

N10 G0 IX5000 T1 S8 M03 LF

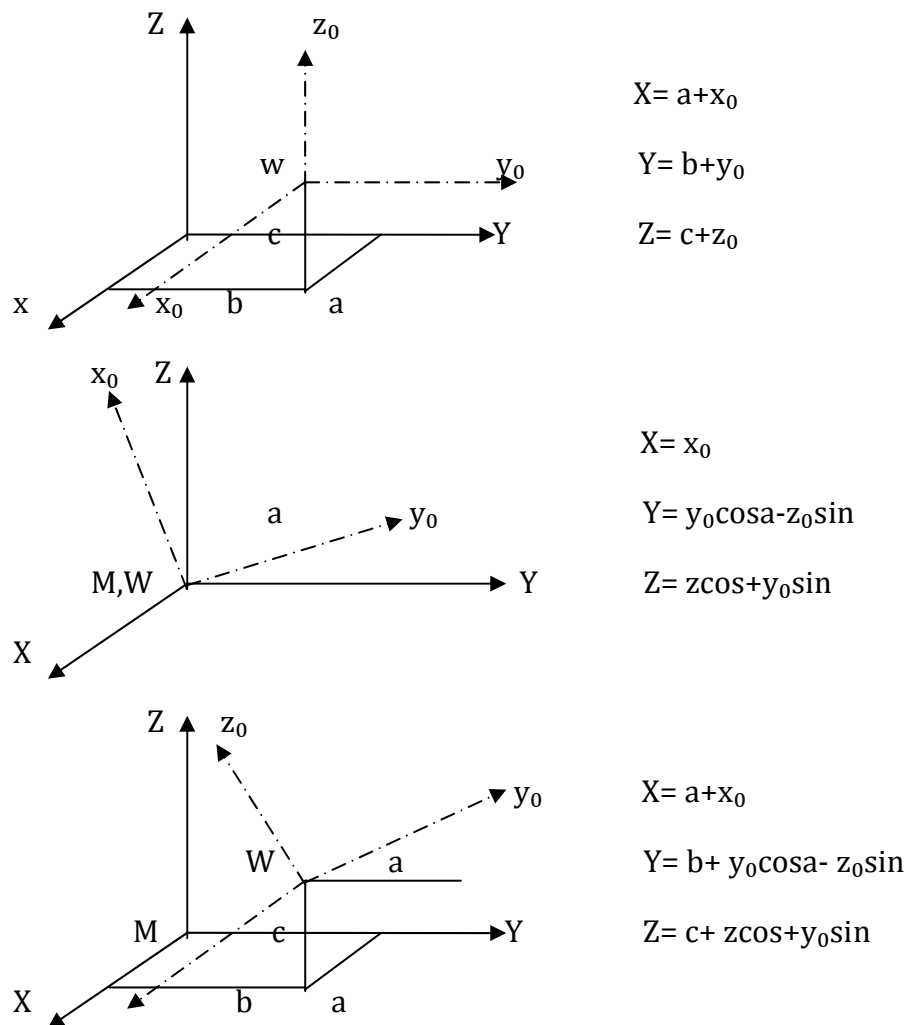
Прва реч реченице је број програмске реченице. Носи ознаку N (ISO) или N (EIA) и може узети вредност од 1 до 9999. Број реченице се програмира само једном у реченици и у редоследу који расте. Програмске реченице се програмирају у интервалу 2,5 или 10 што омогућава увођење у програм додатних реченица. У табели 3. дати су примери исписа неких програмских речи при програмирању.

Табела 3. Примери исписа програмских речи [Вучко, М.,1997.]

Назив програмске речи	Значење	Пример исписа
Број, ставка	<u>N</u> <u>0000</u> Број речи Адреса речи	N120, N130,...
Главна функција	<u>N</u> <u>00</u> Број функције Адреса	G00, G01, G02,... ... G33,..., G91
Помоћна функција	<u>N</u> <u>00</u> Број помоћне функције Адреса	M00, M01, M02,...,M08,..., M60,...
Координате тачака у правцу оса X, Y i Z	X ± 0000000 Y ± 0000000 <u>Z ± 0000000</u> Положај крајње тачке Предзнак Адреса	X + 40 000 Y + 20 000 Z + 15 000
Обртање око координатних оса X, Y, Z.	A ± 0000000 B ± 0000000 <u>C ± 0000000</u> Положај крајње тачке Предзнак Адреса	A + 250 000 B + 350 000 C - 350 000
Интерполациони параметар при кружној интерплоацији	I ± 0000000 J ± 0000000 <u>K ± 0000000</u> Положај круга Предзнак Адреса	I + 40 000 J + 40 000 K + 45 000
Брзина помоћног кретања	<u>F</u> <u>0000</u> Брзина помо. кретања Адреса	F 4 500
Број обртаја главног вретена	<u>S</u> <u>0000</u> Број обртаја об/min Адреса	S 530
Број алата	<u>T</u> <u>00</u> Број алата Адреса	T01,..., T35,...

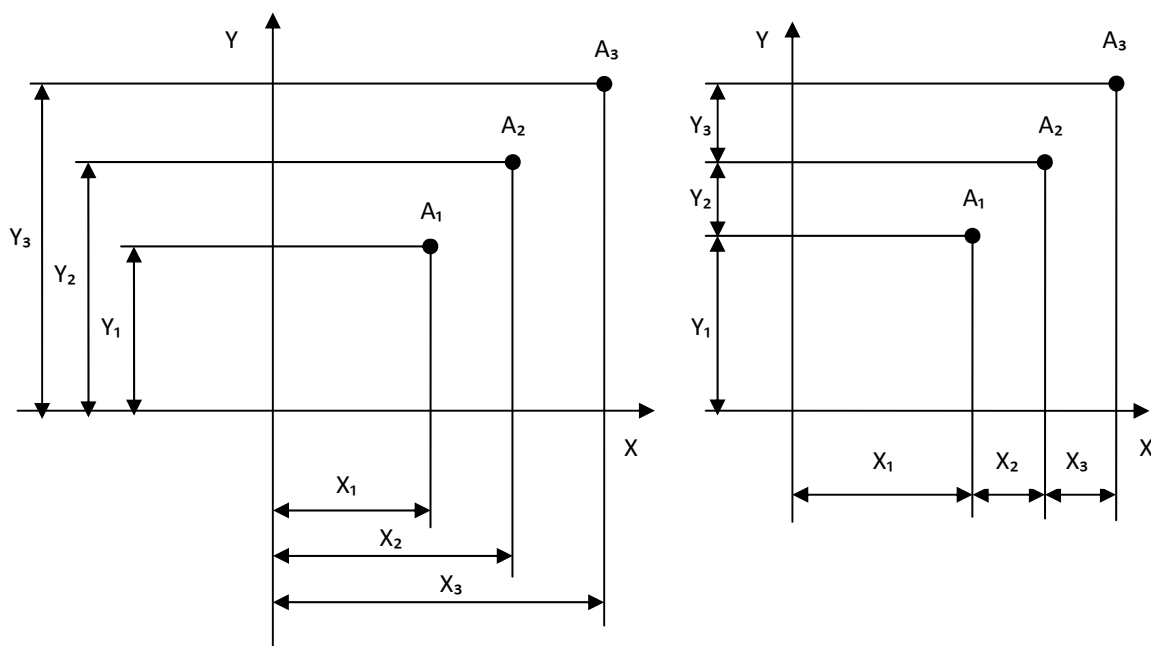
2.1.2. Координатни систем

За дефинисање узајамних положаја алата и предмета који се обрађују, употребљавају се координатни системи. Најчешће се примењу правоугли и поларни координатни системи. Узајамни положај алата предмета дефинишу се у основи са два координатна система, координатним системом машине и координатним системом предмета. За координатни систем машине преко референтне и нулте тачке машине везан је положај алата, док се преко координатног система предмета дефинише геометрија коју треба обрадом постићи. У обрадном процесу као последица промене узајамних положаја алата и радног предмета, одвија се трансформација једног координатног система у односу на други. На слици 9. приказане су основне трансформације координатног система за транслацију, ротацију и комбиновано кретање.



Слика 9. Основне трансформације координатног система [Вучко, М., 1997.]

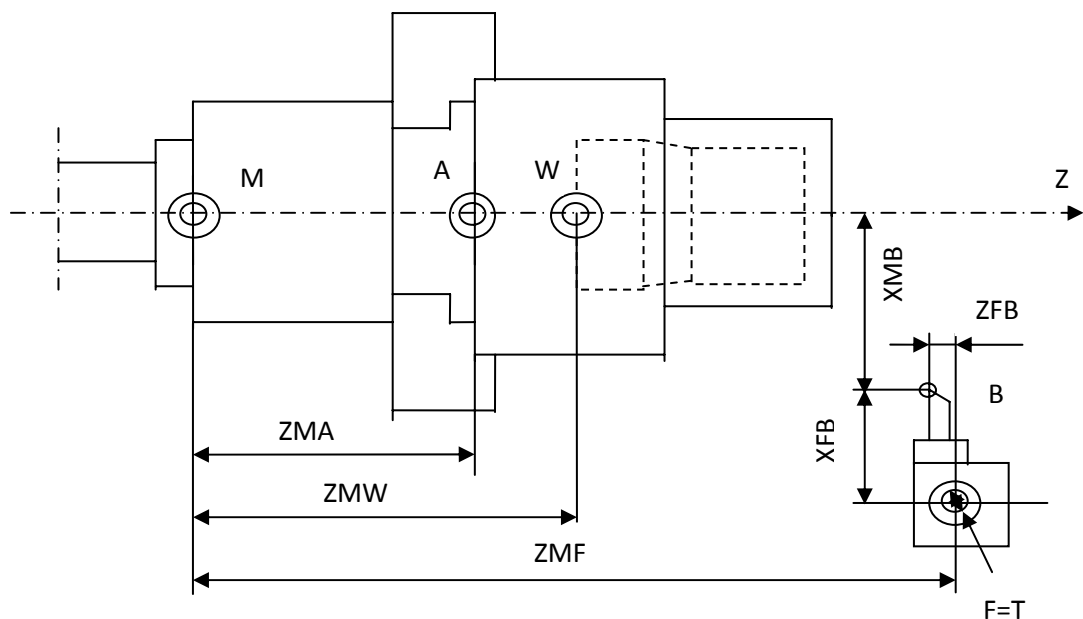
Програмирање обрадног процеса се изводи у координатном систему програма након чега се врши усагашавање овог система за координатним системом машине. При програмирању димензије обратка се могу узети за координатни систем у апсолутном или релативном (инкременталном) облику, те тако настају два облика програмирања, апсолутно и инкрементално слика 10.



Слика 10. Апсолутно и инкрементално програмирање координатних тачака
[Мечанин, В., 1997.]

2.1.3. Карактеристичне тачке обрадног система

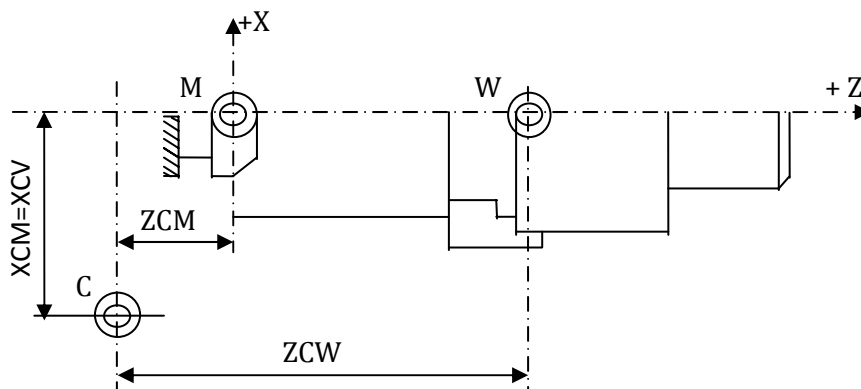
При програмирању обрадног процеса, поред дефинисања координатних система потребно је дефинисати карактеристичне тачке елемената координатног система. То су нулте тачке машине и радног предмета, референтне тачке алата, носача и другог алата, нулте тачке подешавања, стартне и завршне тачке, и др. Преко карактеристичних тачака изражавају се међузависност положаја елемената обрадног система потребних за програмирање кретања у обрадном процесу. Нулта тачка машине је тачка које представља центар координатног система машине. Она је инваријабилно фиксирана и не може се померати. Нулта тачка машине обележава се са 1 и знаком као на слици 11. Без обзира на непокретљивост нулте тачке машине помоћу трансформације координата, координатни систем се може довести у било коју позицију.



Слика 11. Карактеристичне тачке обрадног система при обради на стругу
[Мечанин, В., 1997.]

Нулта тачка радног предмета W је центар његовог координатног система. Ту тачку у програмирању програмер програмира произвољно, али се она најчешће налази у пресеку осе ротације са референтном рубном линијом хоризонталних мера обратка. При томе обележавање оса и осних праваца мора се подударати са координатним системом машина. То значи да се позитивна X оса усаглашава према машини на којој се врши обрада.

Гранична тачка А је тачка у којој гранична раван пресеца осу стругања. Она представља равнину у којој се врши стезање радног предмета. Референтна тачка носача алата F је дефинисана тачка на носачу алата и помоћу ње се могу одредити сви положаји у координатном систему машине. Референтна тачка држача алата T налази се у равни носача алата и најчешће се поклапа са референтном тачком носача алата ($F = T$). Референтна тачка алата H је тачка у којој се врши постављање алата у држач. Нулта тачка управљачког програма C је тачка која код апсолутног програмирања представља центар управљачког координатног система. Удаљеност нулте тачке програма у односу на нулту тачку машине изражена је са XCM и ZCM, а у односу на нулту тачку радног предмета (W) са XCW и ZCW, како је приказано на слици 12.



Слика 12. Нулте тачке програма, машине и предмета [Мечанин, В., 1997.]

2.2. Аутоматско програмирање CNC машина применом CAD/CAM концепта

Овај начин програмирања се примењује за поступке технолошке разраде сложене геометрије попут сложених 2D контура и запреминских модела предмета. Развојем (hardwer-а i software- а) омогућен је даљи развој аутоматског управљања и различитих изведби комплексних конструкција NC и CNC машина. Данас се у улози носиоца овог вида програмирања користе CAD, CAM и CAE (енгл. CAE - Computer Aided Engineering) програми попут AUTODESK INVENTOR-а, PROENGINEER-а, SOLIDWORKS-а, MASTERCAM-а, ARTCAM -а, CORELDRAW-а, CATIA - е, UNIGRAPHIC NX-а, SOLICAM-а, VISUAL-MILL-а, VISUAL TURN-а, EDGE CAM-а, FEATURECAM-а, VX – CAD/CAM-а, SURFCAM- а и сл.

Предности овог вида програмирања су:

- скраћује се време потребно за израду програма,
- смањује се могућност појаве грешке при дефинисању геометрије (технолог - програмер не дефинише геометрију, већ је преузима у електронској форми од конструктора),
- омогућује се коришћење база података о алатима, препорученим режимима обраде, као и преузимање карактеристика материјала задржаних у базама програмских пакета а они се по потреби могу мењати, а сам програм може да нам сугерише њихов избор.
- постоји могућност верификације и симулације програма на рачунару.

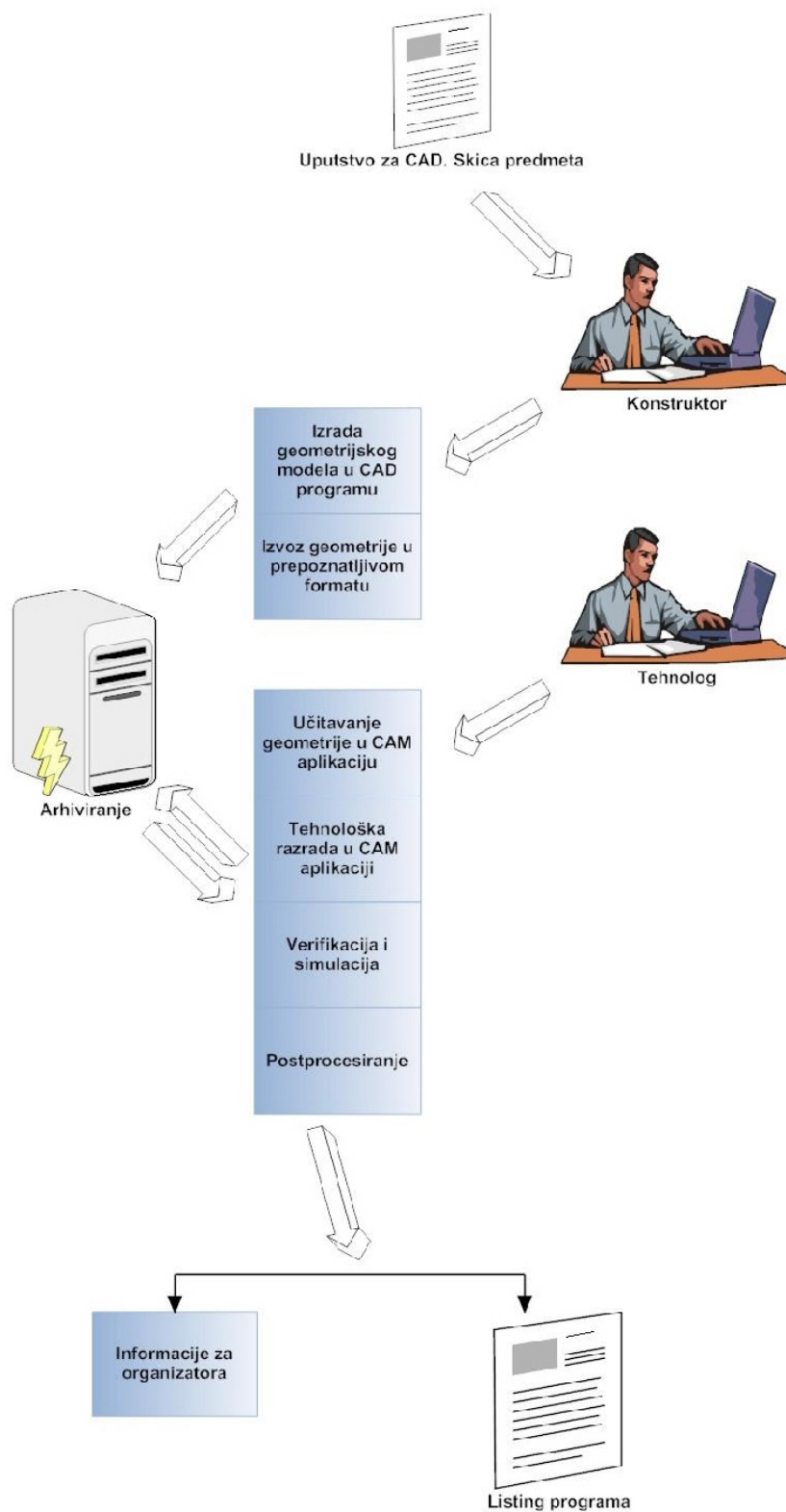
Недостаци овог вида програмирања су:

- висока цена hardwer-а i software- а
- програм не генерише увек најкраћу – оптималну путању алта, а самим тим је главно време израде делова дуже,
- велика дужина програма.

Активности аутоматског – CAD/CAM програмирања су:

- формирање математичког модела радног предмета уз помоћ CADsoftware-а
- преношење математичког модела радног предмета из CAD у CAM програм
- дефинисање путање алата уз избор технолошких параметра,
- симулација процеса обраде, уз могућност исправки у појединим секвенцама,
- слање програма машини и формирање техничке документације,
- израда и провера првог комада.

Шематски ток информација за CAD/CAM програмирање дат је на слици 13.



Слика 13. Шематски приказ поступка аутоматског програмирања
[Братић, В., Јовановић, А., 2007.]

2.3. Полуаутоматско програмирање CNC машина алатки

Полуаутоматско програмирање се примењује за поступке технолошке разраде сложене 2D геометрије машинских делова, а нешто ређе за поступке технолошке разраде 3D геометрије модела.

Ово програмирање се делимично остварује помоћу рачунара. Програмер пише програм у симболичком језику (који је настао од енглеске речи, који описују кинематске наредбе и наредбе технолошког типа) водећи рачуна о синтакси. Задатак програмера је да опише геометрију радног предмета, дефинише алат, брзину главног и помоћног кретања, а затим да опише кретање по описаној путањи.

Облици симболичких програмских језика садрже преко 3000 речи и знакова, што им омогућује технолошку разраду најкомпликованијих облика.

Да би се изборни програм написан о симболичком језику обрадио у рачунару, потребно је да рачунар поседује одговарајући програм за превођење инструкција са симболичког (вишег) програмског језика на машински (нижи) језик. Овај програм се назива процесор. Сваки симболички програмски језик има свој процесор. Резултати излаза из процесора су подаци који се смештају у посебан фајл – CL File (Cutter Location File – документ који чува чворне тачке ходографа теоријске тачке алата у математички дефинисаном обрадном простору).

Ови подаци су општег типа и не могу се користити за управљање машином. Прилагођавање ових података одређеном типу машине и управљачке јединице обавља посебан програм, који је смештен у меморији рачунара, а назива се пост процесор. Излаз из пост процесора је програм који управља NC машином. Он се може штампати и пренети на носач информација, како би се добио писани извештај за организатора производње.

Предности полуаутоматског програмирања су:

- погодно је за технолошку разраду сложених профила,
- користе се релативно једноставни симболички програмски језици,
- синтакса тих програмских језика је блиска човеку,
- програм је прегледнији и знатно краћи,
- постоји могућност брзе измене програма,
- исти програмски језик примењив је за већи број NC машина.

Активности полуаутоматског програмирања су:

- анализа радионичког цртежа и његовог технолошког прилагођавања,
- одређивање нулте тачке обратка и скицирање координатног система,
- дефинисање свих геометријских елемената на цртежу,
- избор машине,
- избор прибора и алата,
- одређивање брзине главног и помоћног кретања,
- писање изворног програма у складу са његовом синтаксом,
- провера програма симулацијом и уношење исправки.
- постпроцесирање програма за изабрану машину и управљачку јединицу,
- преношење управљачког програма на носач информација,
- провера програма на машини и евентуалне исправке,
- израда и провера првог комада.

АТР (Automatically Programmed Tools) то је први програмски језик је настао у Америци 50-тих година 20. века заједничким напорима америчке ваздухопловне индустрије и института за технологију у Масачусетсу [Братић, В., Јовановић, А., 2007.].

На његовој филозофији се темељи данашње аутоматско програмирање, односно програмирање CNC машина применом CAD/CAM концепта.

До данас је развијено више од сто програмски оријентисаних језика, а ISO комитет је препоручио само:

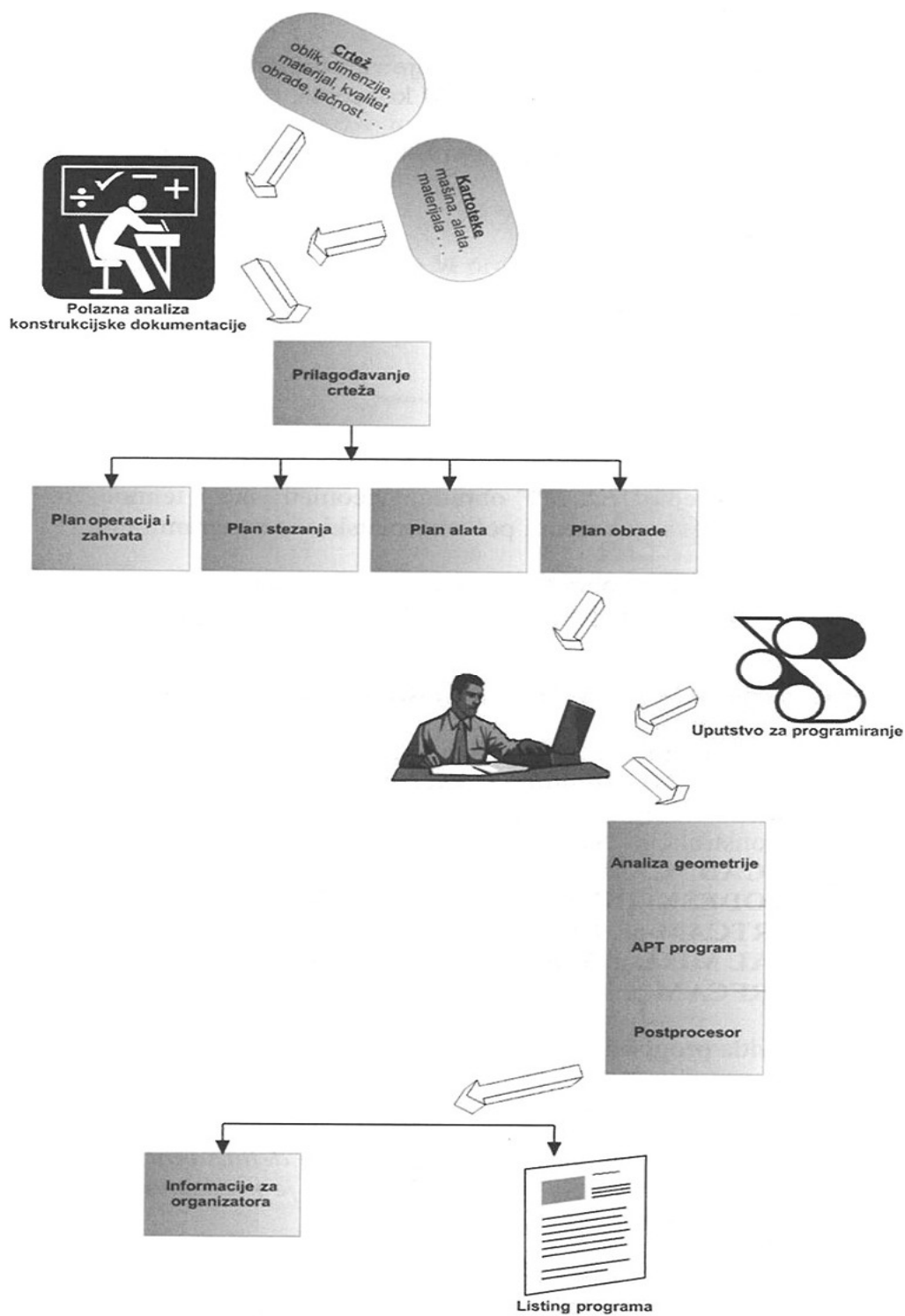
- АРТ (САД)
- ЕХАРТ (НЕМАЧКА)
- NEL – NC (ЕНГЛЕСКА)
- IFART (ФРАНЦУСКА)

Од наведених језика једини ЕХАРТ одређује геометријске и технолошке информације.

Такав вид програмирања назива се потпуни полуаутоматски вид програмирања.

Сви остали симболички језици обрађују само геометријске и кинематске информације и такав вид програмирања назива се непотпуни полуаутоматски вид програмирања.

Шематски приказ тока информација за полуаутоматско програмирање дато је на слици 14.



Слика 14. Шематски приказ поступка полуаутоматског програмирања
[Братић, В., Јовановић, А., 2007.]

2.3.1. АРТ- систем за машинско програмирање

АРТ језик је први развијени језик за машинско програмирање NC и CNC машина. У своме развоју доживео је четири верзије. Без обзира што је то први језик за аутоматско програмирање и да је инициран програмирањем само геометријских информација у домену управљања геометријским информацијама, он је до данас не превазиђен.

Четврта верзија (АРТ IV) има неке помаке у погледу могућности програмирања само специфичних технолошких информација. Генерално гледано немогућност програмирања технологије је једини, али врло битан недостатак овог система.

Геометријски процесор АРТсистема концепиран је на модуларном принципу, уз могућност обраде геометријских најсложенијих облика. Програм написан у АРТ језику представља улаз у рачунар и описује геометрију предмета обраде дефинисану цртежом. После обраде геометријски процесор информације шаље у пост процесор, чији је задатак њихово прилагођавање одређеном типу управљачког система и преношење истих на носач информације.

Елементи АРТ језика су знаци, слова, бројеви, геометријски симболи и инструкције. На основу ових елемената дефинишу се аритметика, геометрија, кинематика и остали елементи АРТ језика.

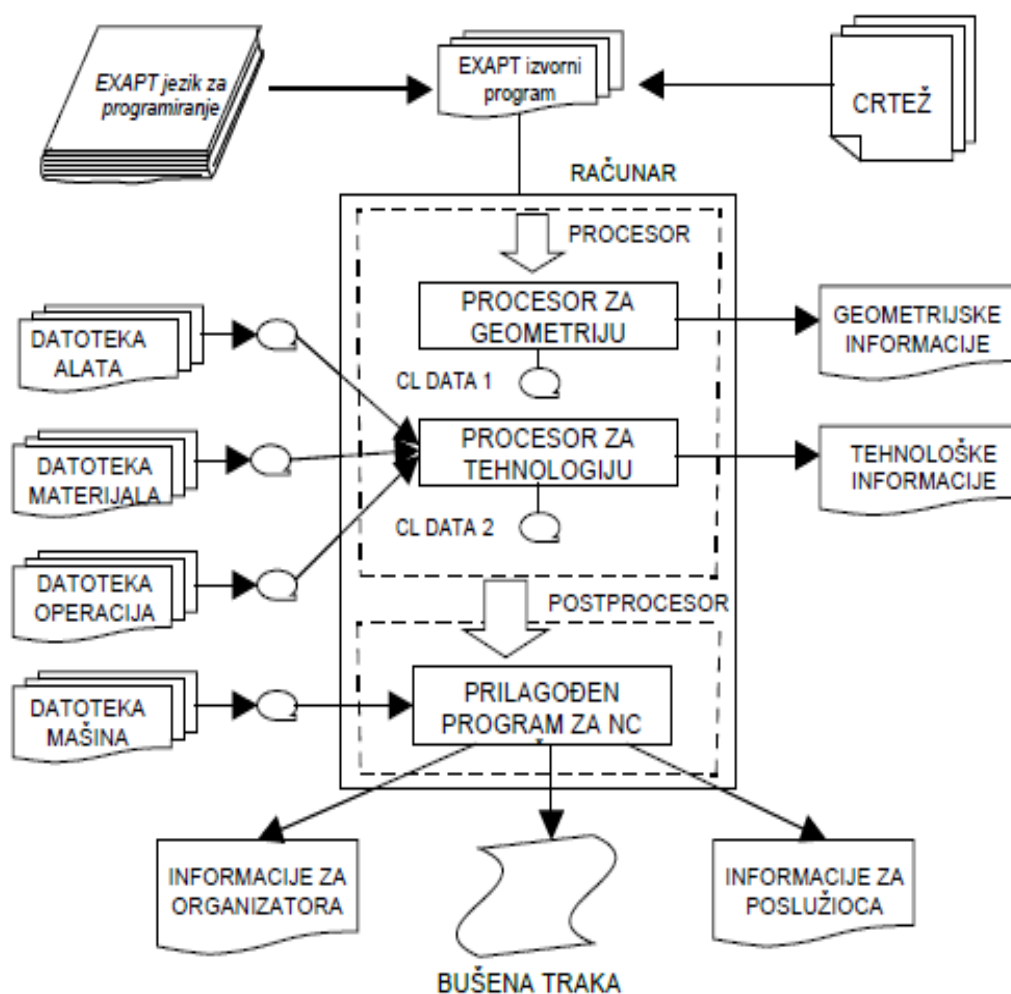
АРИТМЕТИКУ АРТ језика чине: скалари, аритметички оператори, аритметички излази и аритметичке функције. Скалари су уведени да би се разликовали од бројева и вектора. Имају своју бројну вредност са пречником, али без дефинисаног смера. У аритметичке оператере убрајају се оператори сабирања (+), одузимања (-), множење (*), дељење (/), степеновање (**). Аритметичким изразима се реализује програмирање одређених израчунавања као на пример: путање кретања алата при обради.

Што се тиче функција АРТ – језик се састоји од групе програма од 15 функција у аритметичком делу. Геометрија АРТ-а служи за дефинисање различитих геометријских облика обратка. Располаже са 17 различитих геометријских типова за описивање готово свих геометријских облика.

Поједини елементи и форме АРТ геометрије дефинисане су на више начина: Тако је на пример тачка дефинисана на 11 начина: као што су дефинисане тачке координатном систему у пресеку две праве, праве и круга итд.

2.3.2. EXAPT – програмски систем

EXAPT (Ekstented Subset of APT) – језик је развијен у Немачкој крајем 60-тих година, на основама APT језика са додатним елементима за обраду технолошких информација. Скраћеница је могућности од APT језика у погледу управљања геометријским информацијама јер обухвата двоипо димензионалне предмете. У ранијем периоду постојале су три верзије овог језика и то: EXAPT 1 (за бушење), EXAPT 2 (за стругање) и EXAPT (за глодање), али данас постоји јединствени програмски систем за програмирање геометријских и технолошких информација за наведене поступке обраде.



Слика 15. Програмирање у EXAPT – и [Ковачевић, Р., 1987.]

3. Технолошка припрема за програмирање CNC машина алатки

Обим рада и улога технолога расте у CNC технологији. Основни проблеми везани за израду радних комада не решавају се за време обраде, него при изради програма, дакле, знатно пре почетка обраде. Повећава се одговорност технолога за тачност и оптималност пројектованог технолошког процеса.

Ефективно коришћење CNC-машина алатки одређено је, углавном, избором делова предвиђених за обраду, тј. њиховим конструкцијским особинама и обради делова који имају сложену унутрашњу и спољашњу површину, велики број различитих отвора, повећане захтеве за тачност обраде и међусобна растојања итд.

На пример, за ефективно коришћење обрадних центара изабрани призматични делови морају потпуно конструкцијски одговарати одређеном технологичношћу. За повећање продуктивности рада при обради CNC-машина делови се бирају на основу следећих конструкцијско-технолошких карактеристика материјала и облика припремка, габаритних димензија, сожености конфигурација, постојања криволинијских површина, броја комада у серији, постојања навоја, начина стезања припремка, могућности израде групних прибора, захтевање димензионалне тачности и квалитета обраде, тешкоћа око израде програма, итд.

Највећи економски ефекти код примене CNC машина алатки у средњесеријској и малосеријској производњи добијају се при технолошким условима и то:

- Неопходно је да се обрађене површине радног комада концентрисане на четири стране и да је при том обезбеди безбедно извођење технолошких операција. На остале две стране треба да се налази минимални број обрађених површина.
- Технологичност радних комада, који се обрађују на CNC - машинама алаткама, оцењује се с обзиром на саму обраду коју треба извести са захтевом тачношћу, високом производношћу и ниском ценом, као и с обзиром на погодност за програмирање.
- Радни комади морају имати довољну крутост да би се у процесу обраде избегла појава еластичних деформација.

3.1. Технолошко прилагођавање радионичног цртежа

Радионички цртеж је потребно прилагодити захтевима CNC машине алатке. Пре свега је неопходно извести правилно котирање и постављање пројекција које одговарају положају радног комада на радном столу машине у току процеса обраде. На цртежу треба извршити котирање зависно од мерног система машине, тј. релативним (инкременталним) или апсолутним мерама. Ако цртеж који долази из конструкцијског бироа испуњава ове захтеве, тада је технологу олакшано програмирање. Пошто се у процесу конструисања, углавном не зна на којој ће се машини обрађивати радни комади, нормално је извршити котирање у апсолутним координатама, јер је на основу таквог цртежа једноставније изразити програм и за машине које су опремљене релативним мерним системом.

3.2. Избор припремка

Припремак за обраду на CNC машинама алаткама бира се по истим критеријумима као и при обради на конвенционалним машинама. С обзиром на високу тачност обраде на CNC машинама алаткама, постоји могућност знатног смањења додатка за механичку обраду. Ако се CNC- машина користи за међуоперације за њу се припремак обрађује у претходној операцији на конвенционалној машини.

Мора се напоменути да ове машине могу израђивати комаде веома високе геометријске сложености па се и ова чињеница мора узимати у обзир приликом избора припремка. У најчешћем случају то су шипкасти комади ако је обрада на стругу, а у обзир долази широка палета материјала, а они се бирају на основу захтева који тај машински део треба да задовољи.

3.3. Пројектовање обрадног процеса за CNC машине алатке

За разраду обрадног процеса CNC машина алатки користе се:

- радионички цртежи,
- цртежи припремка,
- 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:

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

Разрада обрадног процеса за CNC машине алатке састоји се из низа активности:

- формирање плана обраде, (плана операције и захвата),
- израда плана стезања,
- израда плана алата,
- прорачун резима резања,
- пројектовања путање алата,
- писања програма.

3.4. Формирање плана обраде

Формирање плана обраде почиње детаљном анализом радионичког цртежа, при чему се констатују захтеви за обраду на основу којих се утврђује уколико се стезања мора извршити обрадом радног комада. На основу потребног броја стезања радног комада током обраде одређују се и обележавају базне површине, односно формира се план стезања радног комада. Потом се прилази изради плана обраде за поједине положаје стезања, водећи рачуна о свим специфичностима система нумеричког управљања који је састојни део машине за коју се припрема програм рада.

План обраде мора бити врло детаљан, тј. треба да обухвати све делатности које се морају обавити на машини у току обраде радног комада.

О општем случају план обраде обухвата:

- опис радног места,
- списак операција,
- списак захвата,
- бројеве обртаја,
- вредност помака,
- измену алата,
- средство за хлађење и подмазивање и сл.

Сви ови подаци уносе се у план операција и захвата оним редоследом, како 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:

- постављања координатног система обратка,
- избору карактеристичних тачака,
- уносу свих потребних кота,
- приказу ослоних површина прибора и уређаја за стезање и сл.

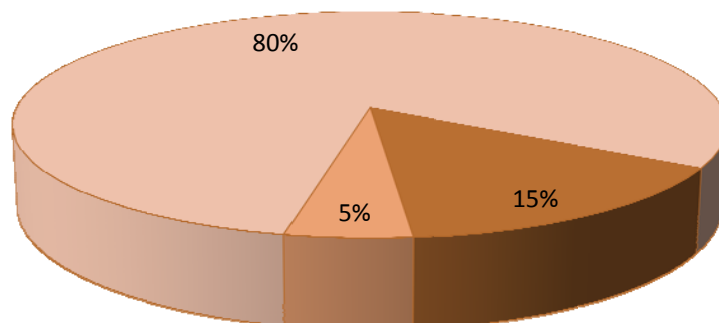
3.6. Пројектовање технолошког процеса

Један од најсложенијих задатака који се решава при пројектовању технолошког процеса је одређивање редоследа обраде. Од технолога-програмера захтева се: познавање технолошких могућности CNC - машине алатке, специфичности конструкције радног комада, специфичности различитих технолошких поступака обраде и посебних захтева који се појављују услед специфичности обраде на CNC - машинама алаткама. При томе треба знатно користити искуствене податке добијене при обради сличних делова на класичним машинама.

При разради технолошког процеса користи се цртеж радног комада, цртежи припремка, карте машина, стандарди, каталози специјалног и стандардног резног, мерног и помоћног алата и опреме, нормативе режима резања и норме времена, типични технолошки процес итд. Разрада технолошког процеса састоји се из одређивања редоследа операција и захвата, одређивања режима резања, формирања листе потребног резног, мерног и помоћног алата и уређаја итд.

У оквиру пројектовања технолошког процеса за CNC -машине неопходно је, поред технолошког прилагођавања радионичког цртежа формирати план обраде, план стезања и план алата.

1. Обрада метала 80%, 2. Подешавање и контрола 15%, 3. Друго 5%



Слика 16. Типично расположиво време употребом мерних система

3.7. Формирање плана алата

Алат и радни комад су у току обраде у захвату, при чему кретање алата и радних органа машине дефинишу геометријски облик и димензије радног комада. Нумерички управљане алатне машине имају одговарајући координатни систем у односу на који су дефинисани положаји радних органа машине. Пошто се у односу на почетак координатног система машине дефинише положај радног комада и радних органа машине, то се потпуно димензионо дефинисање алата поставља као предуслов за добијање цртежом трајног геометријског облика и димензије радног комада. Димензионо дефинисање алата представља прецизно одређивање положаја врха сечива у односу на референтне тачке алата.

Код машина са нумеричким управљањем неопходно је предходно извести подешавање алата. На CNC -машину истовремено се допрема припремак, носилац информација и предходно подешен алат за комплетну обраду предвиђену програмом обраде. Сви алати који се користе у току обраде се уносе у посебни образац који се назива план алата. У план алата се уносе важнији подаци о одговарајућој машини и радном комаду. На основу плана алата приступа се припреми алата, тј. подешавању ван машине на специјалном уређају за подешавање алата.

3.8. Израда плана алата

За обраду на CNC струговима и CNC глодалицама користе се стандардни алати са механички причвршћеним плочама од тврдог метала, резне керамике, веома тврдих алатних метала (попут елбора, борозана...). 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,
- 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 условљени 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.

За обраду на CNC глодалицама користе се вишесечни глодачки алати са плочицама од тврдог метала и алати израђени од брзорезног челика, уз примену редуцир чаура, или одговарајућих прихватних прибора. У ове алате спадају:

- све врсте глодала (обимна, чеона и вретенаста глодала),
- завојне бургије,
- глодачке главе,
- ексцентар главе,
- забушивачи,
- упуштачи
- развртачи,
- главе за резање навоја и сл.

У свакодневној пракси постоји врло мали број делова, чији се облик не може остварити применом алата из наведене листе.

На CNC машинама алаткама алати се смештају у:

- брзоизмењиве носаче алата,
- револвер главе,
- карусел магацине алата,
- добошасте магацине алата,
- тракасте магацине алата и сл.

Магацини алата обрадних система са CNC управљањем опремљени су "систем алатима", који омогућавају аутоматску измену алата.

3.9. Прорачун режима резања

У пракси се примењују три начина избора режима резања и то:

- аналитички,
- табеларни и
- графички.

Аналитички метод представља основу табеларног и графичког метода. Избор режима резања треба почети са усвајањем одређене дубине резања, јер дубина резања у односу на друге параметре режима резања мање утиче на постојаност режима алата. Обично се усваја дубина резања која обезбеђује скидање додатка за обраду са најмањим бројем пролаза. Број пролаза зависи од траженог квалитета, тачности обраде и крутости система машина, алата, радног комада и помоћног прибора. Следећи корак је одређивање вредности посмака. При томе се као меродаван помак узима максимално дозвољена вредност из технолошко допуштених граница. Затим се одређује највећа вредност брзине помоћног кретања (производ посмака и броја обртаја).

Као квалитативни критеријум за оптимални режим резања на CNC – машинама алаткама може бити узета постојаност алата. Тада прорачун оптималне постојаности алата треба извести пре одређивања посмака и брзине резања. Имајући ово у виду, прорачун режима резања за CNC машине алатке треба извести следећим редоследом:

- изабрати дубину резања,
- прорачунати оптималну постојаност алата,
- прорачунати допуштену вредност посмака, узимајући у обзир сва ограничења,
- прорачунати број обртаја (на основу препоручене брзине резања).

3.10. 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, а код вретенастог глодала и бургије пресек чеоне површине и осе ротације глодала. Да би у програму израде радног комада унели наредбе за померање радних органа машине, елементи контуре по којој се креће алат морају бити једнозначно одређени. То се ради тако што у изабраном координатном систему одређују координате чворних тачака контуре. Контуру радних предмета чине праве линије, кружни лукови и криве другог и вишег реда. Одређени геометријски елементи се спајају, тангирају или пресецају, а пресечне тачке се називају чворним тачкама.

У циљу добијања тачних димензија предмета обраде мора се узети у обзир чињеница да стругарски нож поседује радијус заобљења врха. При обради неке контуре тачка додира алата и обратка помера се по радијусу заобљења врха ножа, па је потребно извршити корекцију профила. Пошто је радијус алата (радијус врха стругарског ножа, или пречник глодала) у току обраде константан тада путања центра радијуса алата преставља еквидистанту (офсет) контуре радног предмета. 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 до радног комада.

3.11. Писање и разрада програма

Пре него што се унесе CNC – програм дела у управљачку јединицу потребно је извести многе припреме активности. Уз све активности спада и процедура подешавања машине, при чему су све активности дефинисане такозваном листом за подешавање. Листа за подешавање, између осталих информација садржи и списак потребних алата. Алати се постављају у њихове држаче и подешавају се помоћу оптичких уређаја. Идентификација алата се изводи или преко хода алата или хода позиције алата. Међутим, на кружним магацинима кодиране су локације алата. Пре почетка машина алата се пуни одговарајућим алатима. Припрема држача и стезача радног комада представља, такође, део процедуре подешавања.

Код CNC – машина алатки, које нису опремљене апсолутним мерним системима, после операције подешавања, померају се клизачи машине до њене нулте тачке ради усаглашавања мерног и управљачког система. Пре стартовања CNC – програма оператер помера клизаче машине ка програмској нултој тачки коју је одредио програмер.

Препоручљиво је да се на почетку провери програм, уз повећану брзину помоћног кретања без радног комада на машини. Да би се извела контрола тачности радног комада мора се прекинути процес обраде у одређеним фазама. Прекид програма се може извести ручно или, ако се планира контролисање сваког радног комада може бити уграђен у CNC – програм. Ако радни комад није обрађен, са траженом толеранцијом неопходно је извршити корекцију програма. Кад је завршено испитивање програма израђује се нова коригована бушена трака. Управљачка јединица која има интегрисани бушач траке може произвести кориговану траку.

У случају отказа алата оператер мора прекинути аутоматско извођење обраде. После замене алата или окретања, програм се поново стартује од првог главног блока пре прекида, тј блока који садржи све подесне наредбе, као на пример и наредбу „укључити вретено“.

4. Пример ручног програмирања CNC глодалица са управљачким програмом „MACH3 MILL“

Ручно пројектовање технологије и програмирање обраде на CNC глодалицама са управљачким програмом MACH3 MILL дато је у примеру комплетне израде технолошке документације на радни предмет приказан на радионичком цртежу 1. Геометријским обликом и величином серије у потпуности одговара карактеристикама обраде на CNC машинама.

Избор припремке: Радни део се израђује од материјала димензија 100x50x20. Припремци су предходно обрађени на универзалној глодалици.

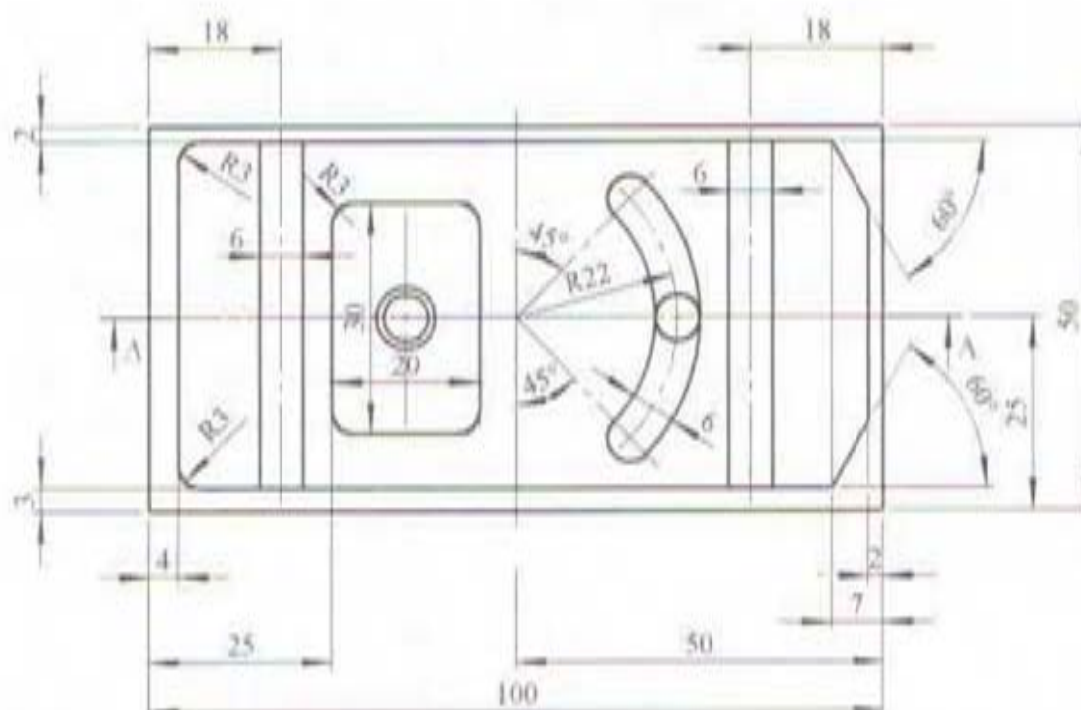
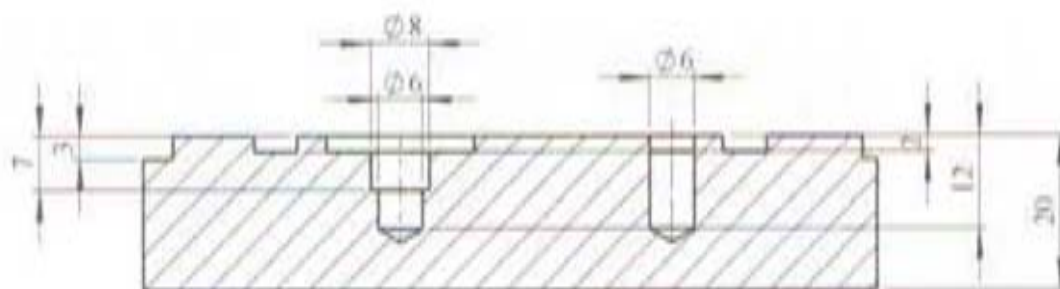
Начин стезања и број операција: део се израђује са једним стезањем, у једној операцији.

Постављање координатног система предмета обраде: Постављање нулте тачке обратка W врши се задавањем функције G54. У примеру је дат изглед подесеног дијалог прозора Offsets намењеног постављању нулте тачке обратка W и изглед табеле премештања координатног система Work Offsets. Треба напоменути да је функција G54 иницијална тј. Не треба је наводити у програму јер се сва програмирана кретања алата одвијају у координатном систему обратка који је дефинисан нултом тачком обратка W. Ако се у програму врши накнадно премештање координатног система помоћу функција G55÷G59, онда се ове функције морају навести у програму. Програм треба завршити програмирањем функције G54 да би управљачка јединица била спремна за обраду наредног дела.

Избор и подешавање алата: код сваке промене и новог постављања алата, вредности би биле другачије, одређивање дужине алата изводи се у односу на референтни алат јер управљачки програм MACH3 MILL познаје позитивну и негативну корекцију дужине алата.

Израда програма: при пројектовању технологије није вођено рачуна о оптимизацији процеса обраде, већ је превасходни циљ био упознавање са принципима ручног пројектовања технологије и принципа ручног програмирања CNC машина.

У програму за израду дела коришћени су програми који су добијени преко Wizards-а (чаробњака) садржаних у управљачком програму. За све програме у оквиру примера дате су слике подешених дијалог прозора Wizards- а као и припадајући NC кодови. У првом блоку се у оквиру адресе 0 додељује број потпрограма а у напомени име програма. У последњем блоку се мора програмирати функција M99 која обезбеђује повратак у главни програм.

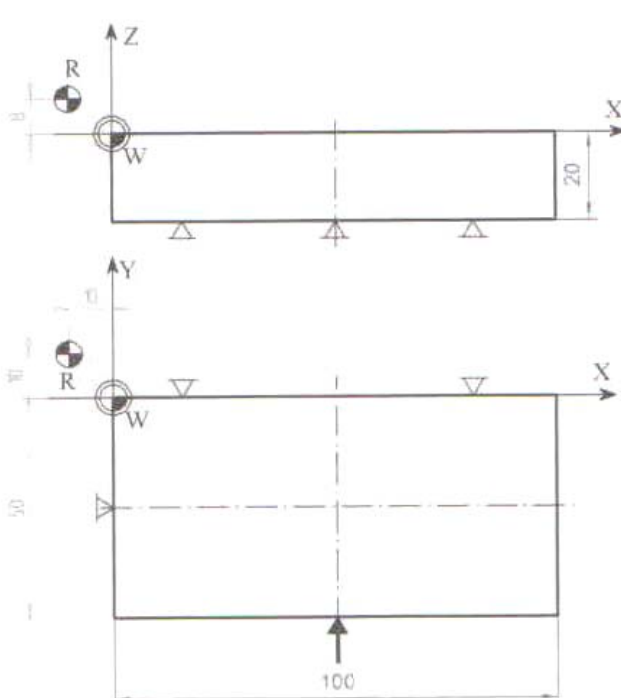


Tolerancije slobodnih mera:				Površinska hrapavost:				Površinska zaštita:			
Materijal: PLASTIKA								Termička obrada:			
								Masa:		Razmera: 1:1	
				Datum				Naziv: KLIZAČ			
				Obrad.							
				Stand.							
				Odobr.							
								Oznaka:		List:	
								Izv. pod.		Zamena za:	
St. l.		Izmene		Datum		Ime					

Елементи програмирања CNC машина
- Завршни рад -

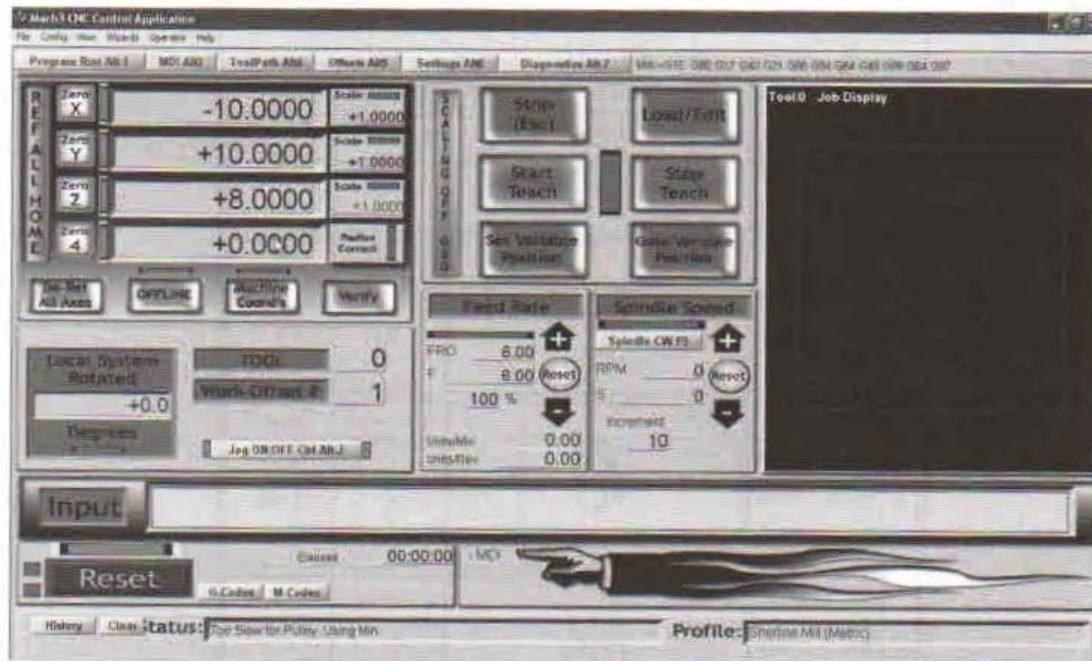
Организација	ОПЕРАЦИЈСКИ ЛИСТ		Карактеристичне тачке	Машине		M	
		Обратка			W		
Назив дела: КЛИЗАЧ	МАТЕРИЈАЛ: ПЛАСТИКА	Референтна			R		
		Почетна			B		
Машина:	CNC глодалица						
Операција- захват бр.	Назив операције -захвата	Алат и прибор	Режими обраде		Додатак за обраду	Број пролаза	Главно вретено
			n, min	s, mm/min	δ, min	i, min	tg, min
1	Обрада глодањем и брушењем						
1.1	Израда попречних канала	Вретенасто чеоно глодало Ø6	1200	80	2	2	
1.2	Израда џепа	Вретенасто чеоно глодало Ø6	1200	60	2	2	
1.3	Израда лучног жлеба	Вретенасто чеоно глодало Ø6	800	50	2	2	
1.4	Забушивање	Забушивач Ø3	1200	80	3	1	
1.5	Бушена рупа Ø6	Завојна бургија Ø6	1200	80	6	1	
1.6	Проширивање на Ø8	Вретенасто чеоно глодало Ø8	1000	80	8	1	
1.7	Израда контуре	Вретенасто чеоно глодало Ø8	1000	60	3	3	
Напомена:						Лист:1	
						Листова: 1	
Израдио: Младен Обрадовић			Датум:				

*Елементи програмирања CNC машина
- Завршни рад -*

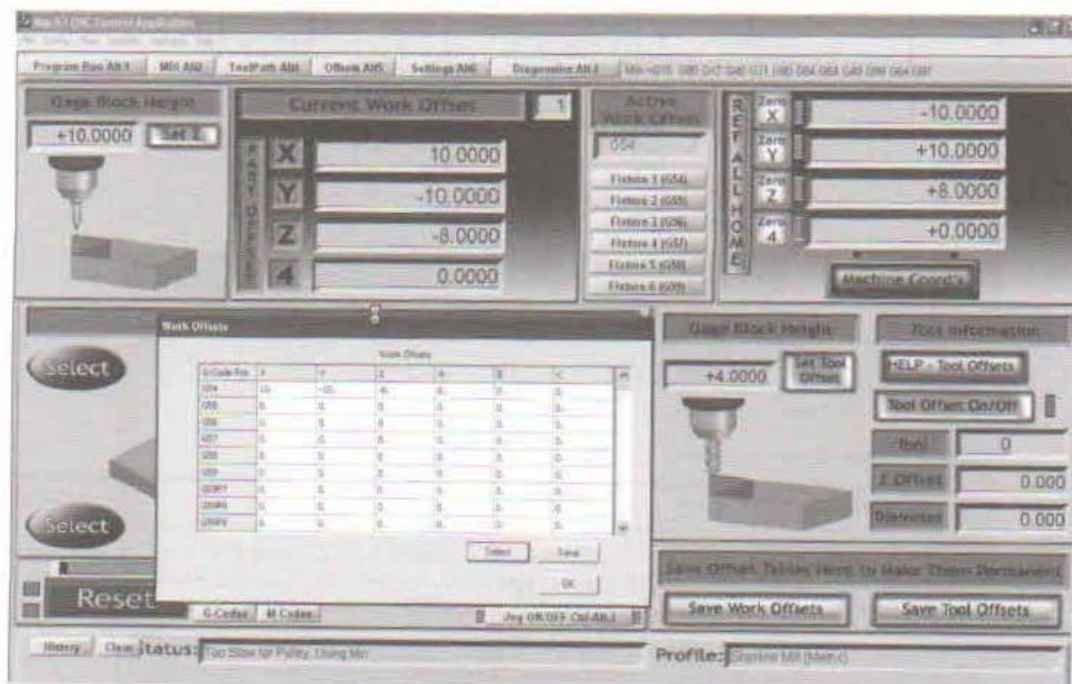
Организација	ПЛАН СТЕЗАЊА		Карактеристичне тачке	Машине		M	
				Обратка		W	
				Референтна		R	
				Почетна		B	
Назив дела: КЛИЗАЧ	МАТЕРИЈАЛ: ПЛАСТИКА						
Машина:	CNC глодалица						
Припремак	Материјал:	Димензије:	Напомена:				
	ПЛАСТИКА						
Стезни прибор	Назив:	ознака	ОПЕРАЦИЈА бр. 1				
	Стега са паралелним чељустима						
Скица плана стежања са координатним системом обратка и карактеристичним тачкама 							
Напомена: Постављање нулте тачке обратка W врши се програмирањем G функције: G54 (уносом Work Offset-а : X10 Y10 Z8). Раван измене алата Safe Z је на z= 150 mm подешавање се врши у дијалог прозору Settings						Лист:1	
Листова: 1							
Израдио: Младен Обрадовић			Датум:				

*Елементи програмирања CNC машина
- Завршни рад -*

Изглед дијалог прозора MDI мода са унешеним параметрима за заузимање нулте тачке обратка W и стартне тачке обраде B, и изглед дијалог прозора Offsets са отвореном табелом Work Offsets (табелом премештања координатног система) приказано је на слици 16. И 17.



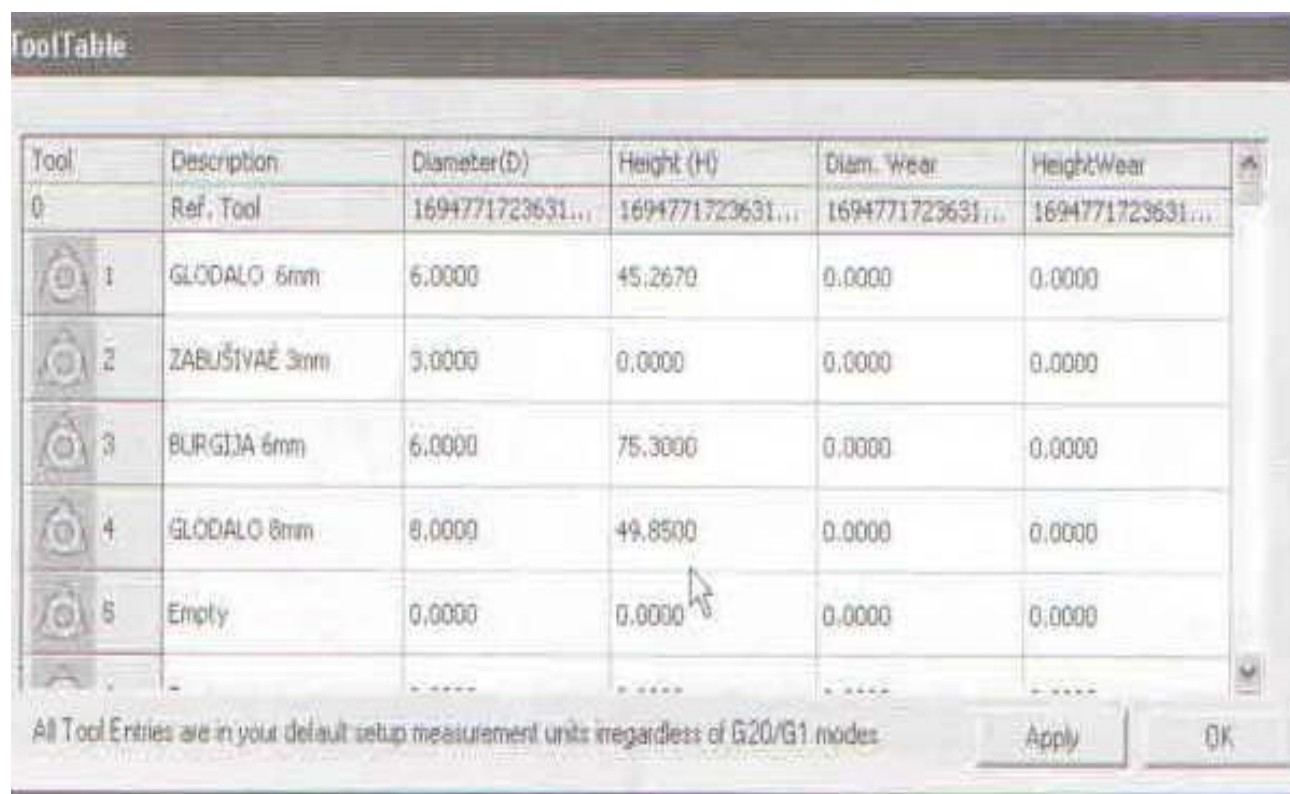
Слика16. Дијалог прозор MDI мода са унешеним положајем стартне тачке алата



Слика 17. Изглед дијалог прозора Offsets са отвореном таблицом Work Offsets.

Елементи програмирања CNC машина
- Завршни рад -

Организација	ПЛАН АЛАТА		Карактеристичне тачке	Машине		M
		Обратка			W	
Назив дела: КЛИЗАЧ	МАТЕРИЈАЛ: ПЛАСТИКА	Референтна			R	
		Почетна			B	
Машина: CNC глодалица	Припремак: 100x50x20	Материјал: пластика				
АЛАТ	Назив: Вретенасто чеоно глодало Број: T01 Пречник: 6mm		Корекциони број 1	Висина 45,267		
АЛАТ	Назив: Забушивач Број: T02 Пречник: 3,15mm		Корекциони број 2	Висина 0		
АЛАТ	Назив: Завојна бургија Број: T03 Пречник: 6mm		Корекциони број 3	Висина 75,300		
АЛАТ	Назив: Вретенасто цеоно глодало Број: T04 Пречник: 8mm		Корекциони број 4	Висина 49,850		
Напомена:					Лист:1	
					Листова: 1	
Израдио: Младен Обрадовић			Датум:			



Tool	Description	Diameter(D)	Height (H)	Diam. Wear	HeightWear
0	Ref. Tool	1694771723631...	1694771723631...	1694771723631...	1694771723631...
1	GLDALO 6mm	6.0000	45.2670	0.0000	0.0000
2	ZABUSIYAE 3mm	3.0000	0.0000	0.0000	0.0000
3	BURGIJA 6mm	6.0000	75.3000	0.0000	0.0000
4	GLDALO 8mm	8.0000	49.8500	0.0000	0.0000
5	Empty	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

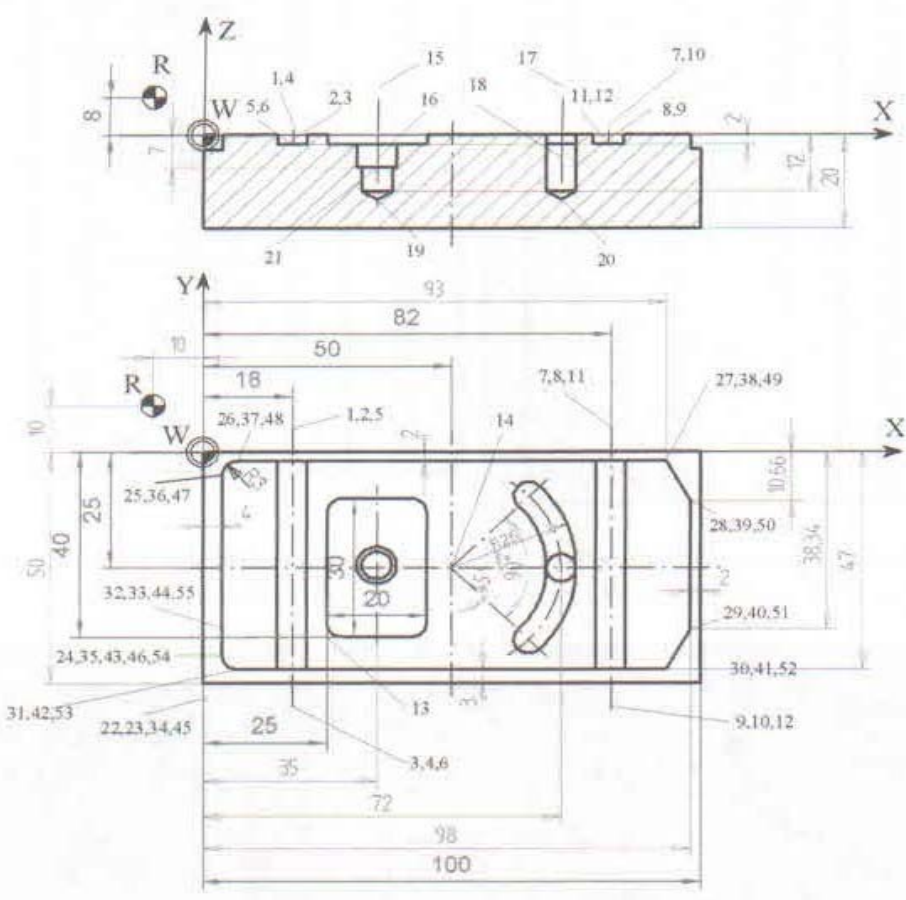
All Tool Entries are in your default setup measurement units regardless of G20/G1 modes.

Apply OK

Слика 18. Табела алата – Tool Table

Елементи програмирања CNC машина
- Завршни рад -

Организација	ПЛАН РЕЗАЊА	Карактеристичне тачке	Машине		M		
			Обратка		W		
Назив дела: КЛИЗАЧ			МАТЕРИЈАЛ: ПЛАСТИКА		Референтна		R
Машина: CNC глодалица					Почетна		B
Припремак: 100x50x20		Материјал: пластика					



Напомена: Постављање нулте тачке обратка W врши се програмирањем G функције: G54 (уносом Work Offset-а : X10 Y10 Z8). Раван измене алата Safe Z је на z= 150 mm подеш. се врши у дијалог прозору Setting		Лист:1
Израдио: Младен Обрадовић		Листова: 1
Датум:		

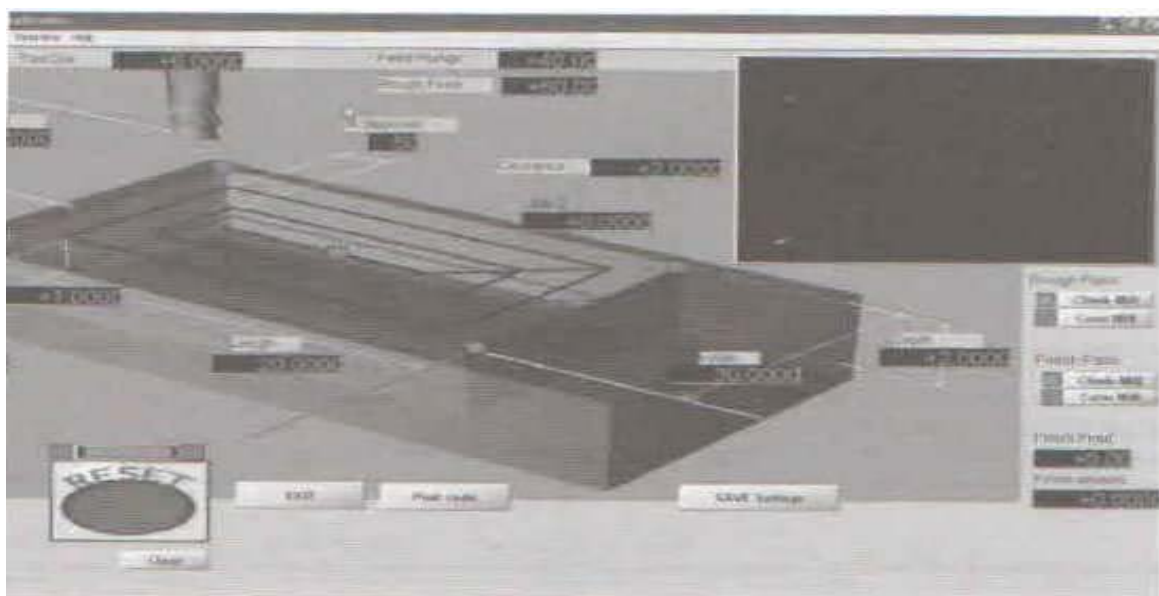
*Елементи програмирања CNC машина
- Завршни рад -*

Табела 4. Координате чворних тачака ходографа алата у процесу обраде

ТАЧКА	X	Y	Z
1	18	5	2
2	18	5	-1
3	18	-55	-2
4	18	-55	-2
5	18	5	-2
6	18	-55	-2
7	82	5	2
8	82	5	-1
9	82	-55	-1
10	82	-55	2
11	82	5	-2
12	82	-55	-2
13	25	40	0
14	50	-25	0
15	35	-25	10
16	35	-25	-5
17	72	-25	10
18	72	-25	-5
19	35	-25	-14
20	72	-25	-14
21	35	-25	-7
22	1	-53	2
23	1	-53	-1
24	4	-44	-1
25	4	-44	-1
26	7	5	-1
27	93	-2	-1
28	93	-10,660	-1

ТАЧКА	X	Y	Z
29	98	-38,340	-1
30	93	-47	-1
31	7	-47	-1
32	4	-38	-1
33	4	-38	-2
34	1	-53	-2
35	4	-44	-2
36	4	-2	-2
37	7	-2	-2
38	93	-10,660	-2
39	98	-38,340	-2
40	93	-47	-2
41	7	-47	-2
42	4	-44	-2
43	4	-47	-2
44	1	-47	-3
45	4	-44	-3
46	4	-38	-3
47	7	-53	-3
48	93	-44	-3
49	98	-5	-3
50	98	-2	-3
51	93	-2	-3
52	7	-10,660	-3
53	7	-38.340	-3
54	4	-44	-3
55	4	-38	-3

Изглед дијалог прозора Wizards-а подешеног за реализацију захвата обраде1.2 приказан је на слици 19. Генерисани NC код овог захвата дат је у табели 5.



Слика 19. Попуњен дијалог прозор Wizards- а за захват 1.2

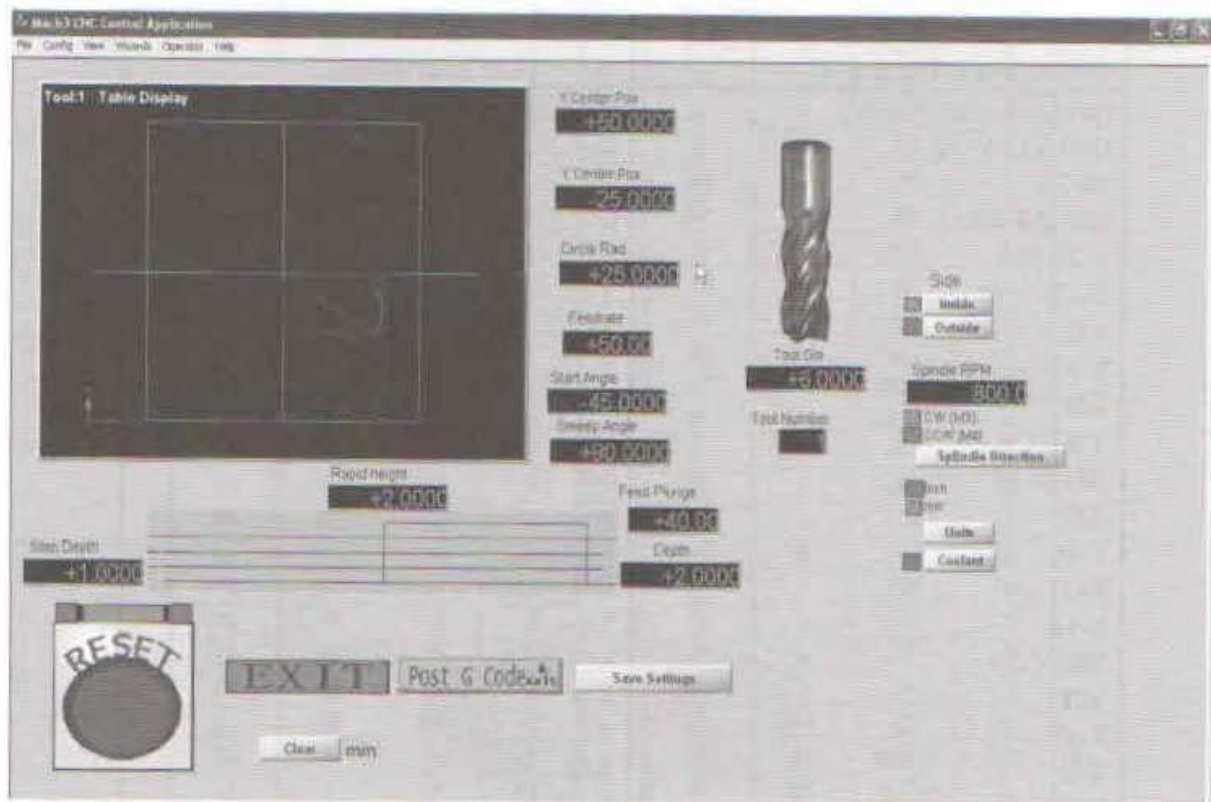
*Елементи програмирања CNC машина
- Завршни рад -*

Табела 5. NC код захвата 1.2 добијен преко Wiizards-a

(Компљутерски израђен програм) NC код захвата 1.2 добијен преко Wiizards-a	(Ручно написан програм)NC код захвата 1.2 написан као потпрограм
(Програм израде џепа) GOO X35 Y-30 GO Z1 G01 Z-1 F40 Y-20 F60 Y-17 X32 Y-33 X38 Y-17 X41 Y-14 X29 Y-36 H41 Z-14 X42 Y-13 X28Y-37 X42 Y-13 G00 Z8 G00 X35 Y-30 GO Z0 GO1 Y-2 F40 Y-20 F60 X38 Y-1 X32 Y-3 X38 Y-17 X41 Y-14 X29 Y-36 X41 Y-14 X42 Y-13 X28 Y-37 X42 Y-13 GOO Z8 GOO Z8 M5 M9 M30	01 (потпрограм бр.1 – израда џепа) GOO X35 Y-30 GO Z1 G01 Z-1 F40 Y-20 F60 Y-17 X32 Y-33 X38 Y-17 X41 Y-14 X29 Y-36 H41 Z-14 X42 Y-13 X28Y-37 X42 Y-13 G00 Z8 G00 X35 Y-30 GO Z0 GO1 Y-2 F40 Y-20 F60 X38 Y-1 X32 Y-3 X38 Y-17 X41 Y-14 X29 Y-36 X41 Y-14 X42 Y-13 X28 Y-37 X42 Y-13 GOO Z8 GOO Z8 M99

*Елементи програмирања CNC машина
- Завршни рад -*

Изглед дијалог прозора Wizards-а подешеног за реализацију захвата обраде 1.3 приказан је на слици 20. Генерисани NC код овог захвата дат је у табели 6.



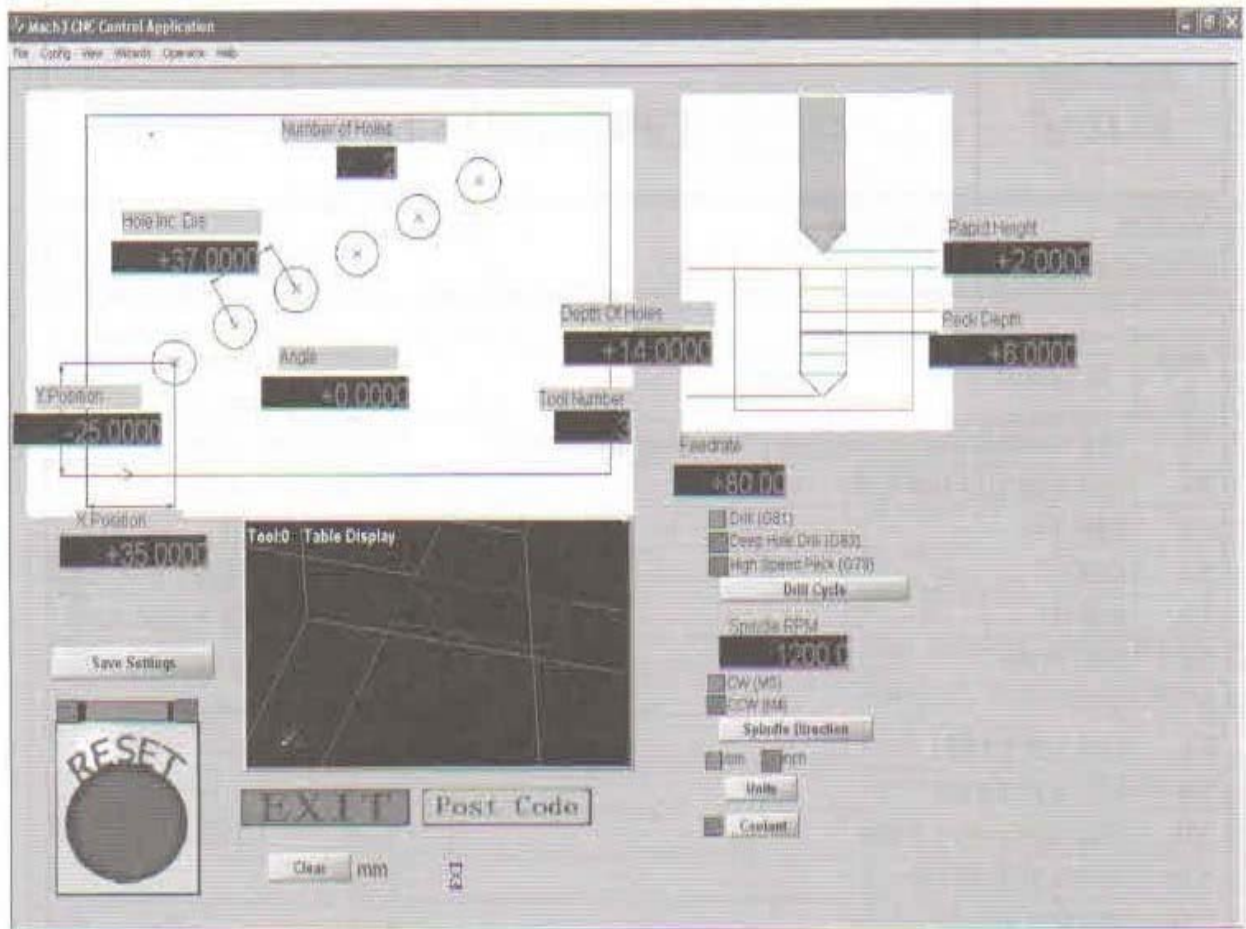
Слика 20. Попуњен дијалог прозор Wizards- а за захват 1.3

Табела 6. NC код захвата 1.3. добијен преко Wiizards-а

NC код захвата 1.3 обијен преко Wiizards-а	NC код захвата 1.3 написан као потпрограма
(Програм израде лучног жлеба) G0 G49 G40 G17 G80 G50 G90 M6 T1 (TOOL DIA. 6) G21 mm M03 S800 G64 G00 G43 H1 Z2 X65.5563 Y-40.5563 G01 Z-1 F40 G3 X65.5563 Y-9.4437 I50 J-25 F50 G00 Z2 X65.5563 Y-40.5563 G01 Z-2 F40 G3 X65.5563 Y-9.4437 I50 J-25 F50 G00 Z2 M5 M9 M30	O2 (потпрограма бр. 2 израде лучног жлеба) G0 G49 G40 G17 G80 G50 G90 G21 mm M03 S800 G64 G00 G43 H1 Z2 X65.5563 Y-40.5563 G01 Z-1 F40 G3 X65.5563 Y-9.4437 I50 J-25 F50 G00 Z2 X65.5563 Y-40.5563 G01 Z-2 F40 G3 X65.5563 Y-9.4437 I50 J-25 F50 G00 Z2

*Елементи програмирања CNC машина
- Завршни рад -*

Изглед дијалог прозора Wizards-а подешеног за реализацију захвата обраде 1.5 приказан је на слици 21. Генерисани NC код овог захвата дат је у табели 7.



Слика 21. Попуњен дијалог прозор Wizards- а за захват 1.5

Табела NC код захвата 1.5 добијен преко Wizards-а

NC код захвата 1.5 добијен преко Wizards-а	NC код захвата 1.5 написан као потпрограма
(програма бушења рупа O6) G0 G49 G40 G17 G80 G50 G90 M6 T3 G21 mm M03 S1200 G90 G00 G43 H3 Z2 G81 X35 Y-25 Z-14 R2 F80 G91X37 Y0 L1 G80 M5 M9 G90 M30	O3 (потпрограма бр. 3 – бушење рупа) O6) G0 G49 G40 G17 G80 G50 G90 G21 mm M03 S1200 G90 G00 G43 H3 Z2 G81 X35 Y-25 Z-14 R2 F80 G91X37 Y0 L1 G80 M99

Елементи програмирања CNC машина
- Завршни рад -

организација	ПРОГРАМСКИ ЛИСТ	
Назив дела: КЛИЗАЧ	ОПЕРАЦИЈА бр.1	
Машина: CNC глодалица	Припремак: 100x50x20	Материјал: ПЛАСТИКА
Блок Бр.	Блок	Ходограф (напомена)
N1	% обрада клизача глодањем и бушењем, операција 1	Почетак програма
N2	G49 G40 G17 G80 G90	Уводне функције
N3	M06 T01	Позив алата T01
N4	G21	Мултиметарске мере
N5	G43 H1	Позив корекције дужине алата
N6	M03 S1200	Укључивање главног вретена
N7	M08	Укључи. расладног средства
N8	G00 X18 Y5 Z2	P~1
N9	G01 X18 Y-55 Z-1	1~2
N10	G00 X18 Y-55 Z-1 F80	2~3
N11	G00 X18 Y-55 Z2	3~4
N12	G00 X18 Y5 Z2	4~1
N13	G00 X18 Y5 Z-2	1~5
N14	G00 X18 Y-55 Z-2 F80	5~6
N15	G00 X18 Y-55 Z2	6~4
N16	G00 X82 Y5 Z2	4~7
N17	G00 X82 Z5 Z-1	7~8
N18	G01 X82 Y-55 Z-1 F80	8~9
N19	G00 X82 Y-55 Z2	9~10
N20	G00 X82 Y5 Z2	10~7
N21	G00 X82 Y5Z-2	7~11
N22	G01 X82 Y-55 Z-2 F80	11~12
N23	G00 X82 Y-55 Z2	12~10
N24	M98 P1 L1	Позив потпрограма 1
N25	M98 P2 L1	Позив потпрограма 2
N26	M05	Искљ. главног вретена
N27	G49	Искљ.корекције дужине алата
Напомена: Постављање нулте тачке обратка W врши се програмирањем G функције: G54 (уносом Work Offset-а : X10 Y10 Z8). Раван измене алата Safe Z је на z= 150 mm подеш. се врши у дијалог прозору Setting		Лист: 1 Листова: 6
Израдио: Младен Обрадовић		Датум:

Елементи програмирања CNC машина
- Завршни рад -

организација	ПРОГРАМСКИ ЛИСТ	
Назив дела: КЛИЗАЧ	ОПЕРАЦИЈА бр.1	
Машина: CNC глодалица	Припремак: 100x50x20	Материјал: ПЛАСТИКА
Блок Бр.	Блок	Ходограф (напомена)
N28	M06 T2	Позив алата T02
N29	G43 H2	Позив корекције дужине алат
N30	M03 S1200	Укљу. главног вретена
N31	G00 X35 Y25 Z10	Сафе Z~15
N32	G81 X35 Y25 Z5 R2 L1 F80	15~16~15
N33	G00 X72 Y25 Z10	15~17
N34	G81 X72 Y25 Z5 R2 L1 F80	17~18~17
N35	G49	Укљу. корекције дужине алат
N36	M05	Заустављање главног вретена
N37	M06 T03	Позив алата T03
N38	G43 H3	Позив корекц.дужине алата
N39	M98 P3L1	Позив потпрограма алата 3
N40	M05	Заустављање главног вретена
N41	G49	Искљу.корекције дужине ала.
N42	M06 T4	Позив алата T04
N43	G43 H4	Позив корекције дужине ала.
N44	M03 S1200	Укључ.главног вретена
N45	G00 X35 Y25 Z10	Сафе Z~15
N46	G81 X35 Y25 Z7 R2 F80	15~21~15
N47	G00 X1 Y53 Z2	15~22
N48	G01 X1 Y53 Z1 F60	22~23
N49	G41 D4	Позив корекц.дужине алата
N50	G01 X4 Y44 Z1 F60	23~24
N51	G01 X4 Y5 Z1 F60	24~25
N52	G02 X7 Y2 Z1 R3 F60	25~26
N53	G01 X93 Y2 ZQ F60	26~27
N54	G01 X98 Y10.660 Z1 F60	27~28
Напомена: Постављање нулте тачке обратка W врши се програмирањем G функције: G54 (уносом Work Offset-а : X10 Y10 Z8). Раван измене алата Safe Z је на z= 150 mm подеш. се врши у дијалог прозору Setting		Лист: 2 Листова: 6
Израдио: Младен Обрадовић		Датум:

Елементи програмирања CNC машина
- Завршни рад -

организација	ПРОГРАМСКИ ЛИСТ	
Назив дела: КЛИЗАЧ	ОПЕРАЦИЈА бр.1	
Машина: CNC глодалица	Припремак: 100x50x20	Материјал: ПЛАСТИКА
Блок Бр.	Блок	Ходограф (напомена)
N55	G01 X98 Y38,340 Z1 F60	28~29
N56	G01 X93 Y47 Z1 F60	29~30
N57	G01 X93 Y47 Z1	30~31
N58	G01 X93 Y47 Y2 F60	31~32
N59	G01 X7 Y47 Z1 F60	32~31
N60	G02 Y4 X44Z1 R3 F60	31~24
N61	G01 X4 Y38 Z1 F60	24~32
N62	G00X4 Y38 Z72	32~33
N63	G40	Искљ.корек.полупреч.алата
N64	G00 X1 Y53 Z2	33~22
N65	G01 X1 Y53 Z2	22~34
N66	G41 D4	Позив корекције полуп. алата
N67	G01 X4 Y44 Z2 F60	34~35
N68	G01 X4 Y5 Z2 F60	35~36
N69	G02 X7 Y2 Z2 R3 F60	36~37
N70	G01 X93 Y2 Z2 F60	37~38
N71	G01 X98 Y10,660 Z2 F60	38~39
N72	G01 X98 Y38,340 Z2 F60	39~40
N73	G01 X93 Y47 Z2 F60	40~41
N74	G01 X7 Y47 Z2 F60	41~42
N75	G02 X4 Y44 Z2 R3 F60	42~43
N76	G01 X4 Y38 Z2 F60	43~44
N77	G00X4 Y38 Z2	44~33
N78	G40	Искљ.корек.полупреч.алата
N79	G00 X1 Y53 Z3	33~22
N80	G01X1 Y53 Z3	22~45
N81	G41 D4	Позив корек. Полупреч.алата
Напомена: Постављање нулте тачке обратка W врши се програмирањем G функције: G54 (уносом Work Offset-а : X10 Y10 Z8). Раван измене алата Safe Z је на z= 150 mm подеш. се врши у дијалог прозору Setting		Лист: 3 Листова: 6
Израдио: Младен Обрадовић		Датум:

Елементи програмирања CNC машина
- Завршни рад -

организација	ПРОГРАМСКИ ЛИСТ	
Назив дела: КЛИЗАЧ	ОПЕРАЦИЈА бр.1	
Машина: CNC глодалица	Припремак: 100x50x20	Материјал: ПЛАСТИКА
Блок Бр.	Блок	Ходограф (напомена)
N82	G01 X4 Y44 Z3 F60	45~46
N83	G01X4 Y5 Z3 F60	46~47
N84	G02X7 Y2 Z3 R3 F60	47~48
N85	G01X93 Y2 Z3 F60	48~49
N86	G01X98 Y10, 660 Z3 F60	49~50
N87	G01 X98 Y38,340 Z3 F60	51~52
N88	G01X93 Y47 Z3 F60	52~53
N89	G01X7Y47 Z3 F60	53~54
N90	G02 X4 Y44 Z3 R3 F60	54~55
N91	G01X4 Y38 Z3 F60	55~32
N92	G00 X4 Y38 Z2	32~33
N93	G00 X10 Y10 Z8	33~R
N94	G40	Искљ. корек.полупреч. алата
N95	G49	Искљ.корекц.дужине алата
N95	M05	Заустављање главн.вретена
N97	M09	Искљ.расхладног средства
N98	M30	Крај и премотавање
N99	%	Крај програма
	01(порпрограм бр.1 –израда џепа) G00 X35 Y-30 G0 Z1 G01 Z-1 F40 Y20 F60 Y17 X32 Y-33	NC код добијен преко Wizards-a
Напомена: Постављање нулте тачке обратка W врши се програмирањем G функције: G54 (уносом Work Offset-a : X10 Y10 Z8). Раван измене алата Safe Z је на z= 150 mm подеш. се врши у дијалог прозору Setting		Лист: 4 Листова: 6
Израдио: Младен Обрадовић		Датум:

Елементи програмирања CNC машина
- Завршни рад -

организација	ПРОГРАМСКИ ЛИСТ		
Назив дела: КЛИЗАЧ	ОПЕРАЦИЈА бр.1		
Машина: CNC глодалица	Припремак: 100x50x20	Материјал: ПЛАСТИКА	
Блок Бр.	Блок	Ходограф (напомена)	
	X38 Z-17 X41 Y-14 X29 Y-36 X41 Y-14 X42 Y-13 X28 Y-37 X42 Y-13 G00 Z8 G00 X35 Y-30 G0 Z0 G01 Z-2 F40 Y-20 F60 X38 Y-17 X32 Y-33 X41 Y-14 X42 Y-13 X28 Y-37 G00 Z8 G00 Z8 M99	NC код добијен преко Wizards-a	
Напомена: Постављање нулте тачке обратка W врши се програмирањем G функције: G54 (уносом Work Offset-a : X10 Y10 Z8). Раван измене алата Safe Z је на z= 150 mm подеш. се врши у дијалог прозору Setting			Лист:5 Листова: 6
Израдио: Младен Обрадовић		Датум:	

Елементи програмирања CNC машина
- Завршни рад -

организација	ПРОГРАМСКИ ЛИСТ		
Назив дела: КЛИЗАЧ	ОПЕРАЦИЈА бр.1		
Машина: CNC глодалица	Припремак: 100x50x20	Материјал: ПЛАСТИКА	
Блок Бр.	Блок	Ходограф (напомена)	
	02 (потпрограма бр.2- изеада лучног жлеба) G0 G49 G40 G17 G80 G50 G90 G21(mm) M03 S800 G64 G00 G43 H1 Z2 H65.5563 Z-40.5563 G01 Z-1 F40 G3 X65.5563 Y-9.4437 I50 J25 F50 G00 Z2 H65.5563 Z-40.5563 G01 Z-2 F40 G3 X65.5563 Y-9.4437 I50 J25 F50 G00 Z2 M99	NC код добијен преко Wizards-a	
	03 (потпрограма бр. 3 – бушење рупа) G0 G49 G40 G17 G80 G50 G90 G21 (mm) M03 S1200 G90 G00 G43 H3 Z2 G81 X35 Z-25 Z-14 R2 F80 G91 X37 Y0 L1 G80 G90 M99	NC код добијен преко Wizards-a	
Напомена: Постављање нулте тачке обратка W врши се програмирањем G функције: G54 (уносом Work Offset-a : X10 Y10 Z8). Раван измене алата Safe Z је на z= 150 mm подеш. се врши у дијалог прозору Setting			Лист:6
Израдио: Младен Обрадовић			Датум:

Закључак

Увођењем рачунара уместо управљачке јединице NC система допринело је развоју директног нумеричког управљања и нумеричког управљања помоћу рачунара – CNC.

Савремено тржиште и потребе људског друштва довеле су до све веће потребе CNC машина. Њихова прецизност, велики обим производње и брзина обраде постаје незамењива и неопходна. Технологија CNC машина, у данашњој индустрији има широку примену. CNC машине се данас користе у свим производним делатностима, а CNC технологија је постала стандардна и незамењива због своје поузданости и прецизности.

Може се закључити да се у нашој земљи оне још увек недовољно користе док у свету оне су незамењиви део савремене производње. Бавећи се овом тематиком већ неколико месеци дошло се до закључка да су за управљање овим машинама потребни стручњаци тј. они који поседују широк спектар знања од машинске обраде, машинских материјала, и наравно обрадних система јер у овој науци долази до спајања претходно наведених програма у једну целину. Неизбежно је рећи да је и без практичног дела немогуће радити. CNC - програмерима је потребан осмомесечна обука да би савладали основна знања о програмирању ових машина.

Циљ овог рада је био представљање елемената програмирања на CNC машинама, врсте и начина програмирања CNC машина. Да би се боље разумео теоријски део на крају је дат пример. Ова тема нам указује на значај и предности које пружају CNC машине.

Литература

1. Ковачевић, Р.: *Нумерички управљане машине алатке и њихово програмирање*, Научна књига, Београд, 1987.
2. Поповић, Н.: *Програмирање нумерички управљаних машина*, Завод за уџбенике и наставна средства, Београд, 2006.
3. Мечанин, В.: *Програмирање обрадних процеса на ЦНЦ – машинама*, Машински факултет у Краљеву, Краљево, 1997.
4. Кршљак, Б., Чоловић, М.: *Алати и прибори*, Научна књига, Београд, 1997.
5. Братић, В., Јовановић, А.: *Инжењерски приручник за ручно програмирање CNC машина алатки*, 2007.
6. www.google.rs