

**Факултет инжењерских наука
Универзитета у Крагујевцу**



Назив студијског програма: Машинско инжењерство

Ниво студија: Основне академске студије

Модул: Производно машинство

Предмет: Машине алатке

Број индекса: 79/2014

Милош М. Бакић

**Програмирање CNC машина са
примерима за HASS глодалицу
завршни рад**

Комисија за преглед и одбрану:

1. Проф. др Богдан Недић - ментор
2. _____
3. _____

Датум одбране: _____

Оцена: _____

У оквиру овог завршног рада студент треба да изврши прикупљање и систематизацију података о CNC технологијама и основама CNC програмирања машина алатки. Потребно је описати врсте програмирања, координатне системе код CNC машина, карактеристичне тачке и резне и стезне алате. У посебним поглављима дати основне информације о CAD/CAM/CAE техникама и за управљачку јединицу HAAS описати начин програмирања и структуру NC кода за обраду глодањем.

Препоручена литература:

1. Богдан Недић, *Програмирање CNC стругова-управљачка јединица FANUC*-скрипта, Машински факултет, Крагујевац, 2006.
2. Богдан Недић, Миодраг Лазић, *Производне технологије*, Обрада метала резањем, Машински факултет, Крагујевац, 2007.
3. Горан Девеџић, *CAD/CAM технологије*, Машински факултет, Крагујевац, 2009.
4. HAAS AUTOMATION INC: „Mill Operation“, 2006.

Крагујевац, 03.09.2017.

ментор:

др Богдан Недић, професор

Резиме

У оквиру овог завршног рада анализиран је појам CNC машине, дате су њене карактеристике и описан процес програмирања уопштено али и процес програмирања и специјално код управљачке јединице HAAS CNC глодалице. У склопу програмирања описане су карактеристике координатних система код CNC машина заједно са дефинисањем тачака обрадног система. Такође су описани и алати и стезни прибори код ЦНЦ машина као и неке основе CAD/CAM/CAE.

Summary

Within this final paper the CNC machine concept has been analyzed, its characteristics are described and the programming process described in general, but also the especially programming process with the HAAS CNC milling control unit. The programming curriculum describes the characteristics of the coordinate systems in CNC machines together with defining the points of the processing system. Tools and clamping accessories for CNC machines as well as some basics CAD / CAM / CAE are also described.

САДРЖАЈ РАДА:

Увод	1
1. CNC технологија и CNC машине	3
2. Програмирање CNC машина	6
2.1. Врсте програмирања NC и CNC машина алатки	11
2.2. Координатни системи код CNC	13
2.3. Дефинисање тачака обрадног система	18
3. Алати и стезни прибори код CNC машина	21
4. Основи CAD/CAM/CAE	27
5. Основе програмирања код управљачке јединице HAAS	33
Закључак	53

Увод

Машинска обрада метала постаје актуелна у време индустријске револуције и у Енглеској се 1775. год. појављује прва машина која се користла за обраду цилиндара парних машина. Иноватор је био Џон Вилкинсон (John Wilkinson). Нешто касније, године 1818., Ели Витни (Eli Withney) израђује глодалицу у Америци. Иновација је коришћена за израду пушака за потребе државе. Накнадно је основа Витнијеве машине од хоризонталне постала вертикална и тако је било могуће померати и обрађивати материјал у X, Y и Z осама. Године 1952. Џон Парсонс (John Parsons) приказује прву NC (Numerical Control) глодалицу. Он је поставио серво моторе NC технологија односно прва НЦ глодалица.

Основни захтеви савременог тржишта, који у основи усмеравају производне и организационе активности, везани су за висок квалитет производа, скраћено време од идеје до реализације, ниске цене, производњу у серијама прилагођеним потребама тржишта, велики асортиман производа и сл. Да би томе одговорили, савремени производни системи треба да поседују високу конкурентску способност која им може омогућити да адекватно одговоре на постављене захтеве и изборе се са све већом конкуренцијом. Неке од карактеристика, које у том смислу треба да поседују савремени производни системи односе се на: ефикасност, флексибилност, аутоматизацију, постојан квалитет, рачунарски интегрисане активности итд.

Нумерички системи управљања су изменили концепцију израде алатних машина тако да су добијене машине високе производности. Смањењу командног времена за око 50% и повећање удела активног времена израде предходио је читав низ технолошко-организационих мера и концепција, које омогућавају висок степен искоришћења расположивог фонда обраде на машини. Те концепције омогућују смањење допунских и припремних времена скоро до њиховог елиминисања. Створени су нови системи резних алата, држача алата и уређаја за предходно подешавање комплекта алата изван машине.

Увод у специфичности CNC програмирања, дат је у првом поглављу, где се помиње основни историјски развој CNC глодалица, објашњене су потребе увођења и константног повећања степена аутоматизованости ових машина. У овом делу су наведени разлози и потребе увођења ових машина у употребу, као и кратак резиме целог рада.

У оквиру првог поглавља описане су CNC технологије и машине и показане најчешће примене ових машина у индустрији као и кратак осврт на историјски развој. Осим тога, дат је и опис значења управљашких јединица као И начин на који они раде.

У другом поглављу детаљно је описан начин програмирања CNC машина. Дата је структура реченице и описана су значења G функција и M команди. Осим тога, у овом поглављу је описан и начин програмирања и то: ручно, аутоматско и полуаутоматско. Такође, дефинисани су и координатни системи код CNC машина дефинисање тачака обрадног система.

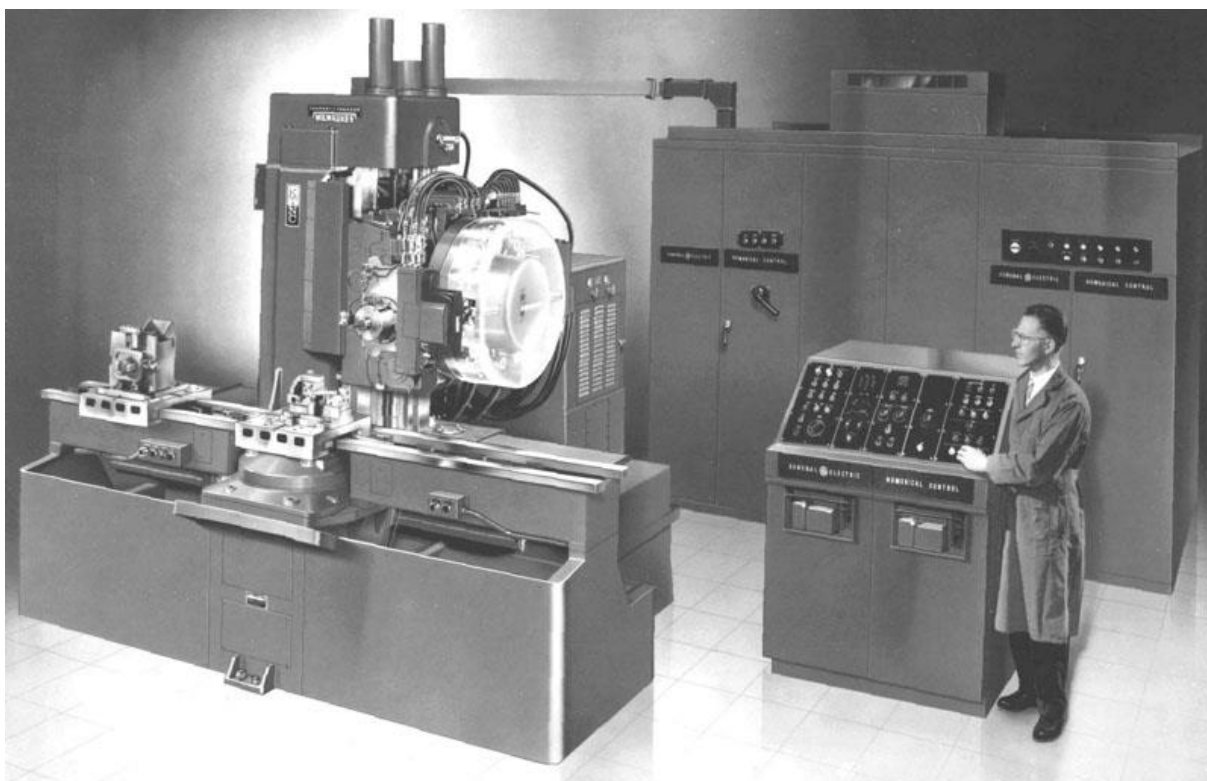
Треће поглавље описује алате и стезне приборе код CNC машина, углавном фокусирајући се на поделу алата И његову примену. Дата је и кратка подела магацина алата у које се смештају ти алати као и материјали од којих се праве алати.

Код четвртог поглавља долазимо до описивања основа CAD/CAM/CAE И приказано је на чему се заснива рад ПЛИМ система, укратко је описан и CAD и CAM и CAE систем и показане су предности њихове примене као и узајамна веза између ових система.

У петом поглављу се говори о основама програмирања код управљачких јединица HAAS али такође постоји и детаљан опис сваке G функције појединачно као и M команди такође уз опис главних и помоћних функција управљачке јединице.

1. CNC технологија и CNC машине

CNC је скраћеница изведена из енглеског језика (Computer Numerical Control) и означава компјутерско нумеричко управљање. Она је опште прихваћена у машинству и означава машине контролисане од стране рачунара, односно компјутера. Рачунар контролише и управља радом машине "читајући" инструкције у облику кодова. Технологија нумерички управљаних машина алатки (NUMA)¹, какву данас познајемо, појавила се средином XX века у Сједињеним Америчким Државама (слика 1.1).



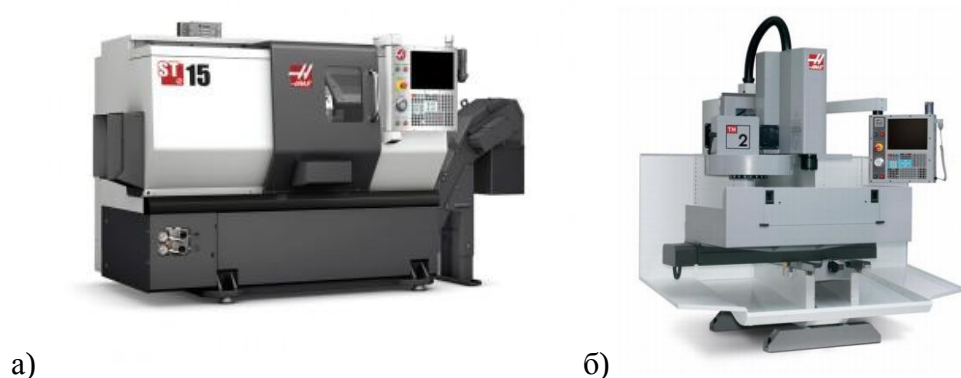
Слика 1.1. Прва NC машина развијена на *Massachusetts Institute of Tehnology* (MIT) [11]

Технологија CNC машина, у данашњој индустрији, има широку примену. Могло би се рећи да се CNC машине данас (слика 1.2. а) и б)) користе у свим производним делатностима. Због своје поузданости и прецизности CNC технологија је постала стандардна и незаменљива.

Најчешће области примене CNC машина:

- | | |
|-------------------|---------------------|
| • обрада дрвета | • израда алата |
| • обрада метала | • моделирање |
| • обрада пластике | • хоби |
| • гравирање | • наставна средства |

¹ У домаћој стручној терминологији користи се скраћеница NUMA за енглеску NC ("Numerical Control"), као и KNUMA за компјутерски управљане машине алатке, односно CNC ("Computer Numerical Control").



Слика 1.2. Савремени типови а) CNC струга; б) CNC глодалице [8]

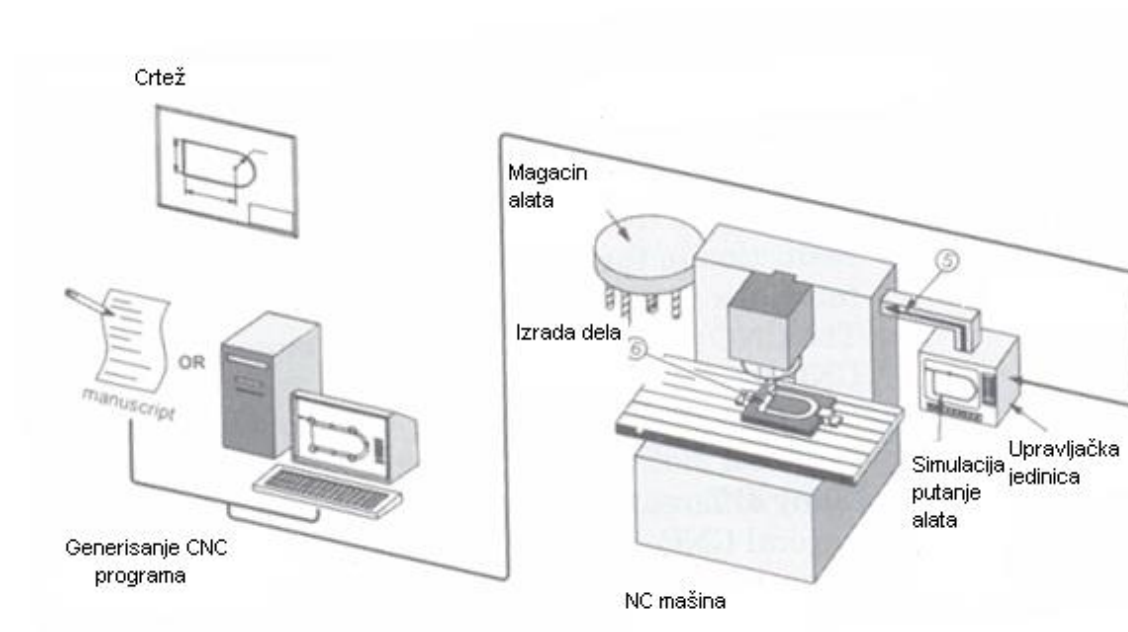
Управљање NC машинама алаткама одвија се путем рачунарског програма унетог у управљачку јединицу машина. Програм је скуп шифованих геометријско-технолошко-функционалних наредби којима се путем различитих физичких медија (папирна трака, касета, дискета) дају управљачкој јединици нумерички управљане машине унапријед замишљене радње.

Прве управљачке јединице биле су без компјутера и носиле су назив NC управљачке јединице (Numerical Control), а будући да се програм састојао од бројака и слова, отуда назив Нумеричко управљање. Првобитне верзије NC машина захтевале су унос програма преко бушене траке. Наиме, инжењери су писали програме помоћу рачунара, пребацивали их на папирне траке уз помоћ тзв. бушача траке, а затим носили до машине и учитавали их у управљачку јединицу помоћу читача траке. Временом, дошло је до развоја NC технологије, а тиме и нових системе управљања.

Компјутерски нумерички управљаним машинама алаткама, CNC машинама, управља се помоћу рачунара, односно компјутеризоване управљачке јединице на самој машини, односно, данашње управљачке јединице грађене су на принципу кориштења микропроцесора, тј. малог електроничког рачунара које се може програмирати и тиме остварити процес нумеричког управљања. Због тога се такве управљачке јединице зову CNC (Computer Numerical Control) управљачке јединице. Овиме је учињен велики напредак у ефикасној припреми, организацији и извођењу производних операција.

Како управљачка јединица садржи у себи рачунар, програми се могу меморисати, модификовати и дограђивати, а резултати таквих интервенција могу се одмах симулирати и проверити, пре него што производња почне.

Програмирање CNC машине алатке изводи се помоћу рачунара, а у управљачку јединицу се преноси путем оптичких дискова, USB мемориских уређаја и путем рачунарске мреже. Како управљачке јединице поседују сопствену тастатуру и екран, програмирање је могуће извршити и директно на CNC машину (слика 1.3).

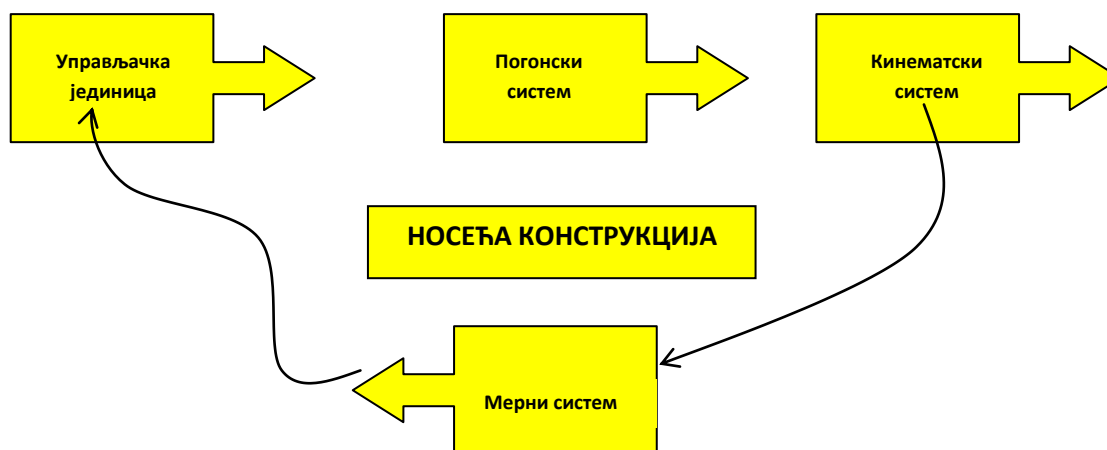


Слика 1.3. Компоненте савремених CNC система [1]

2. Програмирање CNC машина

Да би се говорило о програмирању CNC машина мора се добро познавати какав систем представља CNC машина, каква је њена структура (слика 2.1.). CNC машина представља систем састављен од четири подсистема: управљачког, погонског, кинематског и мерног.

- **Управљачки систем** врши задавање основних инструкција кретања и осталих потребних информација неопходних за остваривање нумерички управљане обраде. Он може да коригује стварно кретање и усклади га са жељеним уважавајући сигнал повратне спреге.
- **Погонски систем** обезбеђује потребну енергију за кретање кинематског система. У практичној употреби су у улози погонских система најчешће електромотори наизменичне и једносмерне струје, али и хидромотори.
- **Кинематски систем** обезбеђује остваривање функције кретања, али и претварање једног облика кретања (нпр. кружно кретање) у други (нпр. праволинијско кретање). У улози кинематских система најчешће се срећу различити облици редуктора.
- **Мерни (сензорни) систем** обезбеђује повратну информацију о извршеном кретању или о неком другом параметру у функцији од примењеног начина управљања.



Слика 2.1. Структура CNC машине [2]

Програмирање обрадних процеса, на нумерички управљаним обрадним системима, обухвата низ активности на системизацији обрадних информација, њиховом исписивању одређеним редоследом и кодом према правилима програмског језика у форми управљачког програма. Преко управљачког програма нумерички управљана машина добија, на одређени начин, кодиране све потребне информације за аутоматску обраду неког елемента. То су информације о потребним кретањима (главним и помоћним), информације за укључивање и искључивање извршних органа машине, почетак и завршетак програма, информације за аутоматску измену алата, податке о режимима обраде и др.

За израду програма потребне су информације о одређеном типу машине, алатима и уређајима, материјалима, параметрима обраде, разним препорукама и слично. Ове информације се систематизују у облику банке података и програмер их по потреби користи.

Без обзира о ком облику програмирања се ради, кодиране информације за аутоматску обраду обрађују се у управљачкој јединици и према степену приоритета саопштавају извршним органима машине алатке, на тај начин се остварује управљање процесом обраде. Стандардом ДИН 66025 дефинисан је поступак формирања програма, било да је реч о ручном или DNC уносу програма. Сваки програм мора имати свој назив у следећем формату: Оxxxxхх, где је О словни симбол, а хxxxxхх су цифре. У основи, структуру програма чине програмски блокови.

Програм је сачињен од реченица-блокова једна реченица садржи све податке неопходне за спровођење једног захвата. Оне могу бити са променљивим бројем знакова. Свака реченица се састоји од више речи, а свака реч има одређено значење. Програмска реч је основни носилац информација. Програмска реч представља комбинацију слова, знакова и цифара.

Синтаксу NC програма чини скуп основних знакова (мала и велика слова и бројеви) и скуп специјалних знакова

(%,(),[],<,>,,/*,+,-,’,’,_?,!,:,&,Лф, Таб,Спаце, итд.).

Блок садржи више речи којима се реализују одговарајуће акције. Сваки блок завршава се ознаком ЕОВ (;).

Речи су у NC програму дефинисане одговарајућом адресом и бројчаном вредношћу која садржи децималну тачку и одговарајући предзнак (+ или -). Речи којима отпочиње нови блок (Н10, Н20, итд.) нису неопходне, али предлаже се њихово писање ради прегледности структуре блока и читавог програма. Редослед речи у реченици (блоку) је прописан одговарајућим стандардом. Речи могу имати модални или периодични начин дејства.

Модална реч остаје меморисана све док се не избрише или не замени другом. Речи са периодичним дејством делују само у блоку у ком су програмиране, што значи да се по потреби морају поново програмирати.

Адресе су променљиви или фиксни идентификатори за осе (X, Y и Z), брзину вретена (S), корак (F), радијус (R), скупове функција (G, M, итд.). Дефинисане су стандардима (табела 1) и увек се налазе на почетку речи.

Табела 1 : Елементи структуре програма

N	Број блока (редни бројеви)
G	Функција инструкције померања, услова пута и информација о путу представља геом.део програма
X,Y,Z	Кординате, дефинишу главне осе усвојеног координатног система

I,J,K	Адресе, помоћни параметри за кружну интерполацију
S	Адреса, за дефинисање броја обртаја
F	Адреса за дефинисање помоћног кретања
T	Адреса за дефинисање броја алата
M	Адреса за дефинисање помоћних функција

Структура програма састоји се од :

- ❖ **Броја програма**
- ❖ **Уводних функција**
- ❖ **Програмских целина** - зависно од програмских корака (операција)
- ❖ **Завршетка програма**

Уводне функције су наредбе које важе за цело време извршавања програма. Главне функције или функције услова кретања означавају се словним симболом **G** и двоцифреним бројем.

Функције су дефинисане одговарајућим упуством за руковање одређеном машином. Како постоји разлика између појединих управљачких јединица, тако постоји и разлика у значењу главних функција. Најчешће су то наредбе²:

- **G70** мерни систем у инчима или **G71** мерни систем у милиметрима
- **G90** апсолутни мерни систем или **G91** инкрементни мерни систем
- **G54 – G57** одређене нулте тачке

Системски је одређено да су поставне вредности наредби **G90** и **G71**.

Програмске целине су наредбе појединих делова програма које су потребне да се с неким алатом обради предвиђени део издатка.

Завршетак програма се означава наредбом **M30**.

Основне наредбе код програмирања су:

За главне функције – G функције

G0 Брзи ход

G1 Радни ход

G2 Кружна интерполација у смеру казаљке на сату

² Примери се односе на CNC стругове, пример MILL стругова

- G3** Кружна интерполација у смеру супротном казаљци на сату
- G4** Време застоја
- G9** Кружна интерполација кроз тачку
- G17** Избор радне површине - XY
- G18** Избор радне површине - XZ
- G19** Избор радне површине - YZ
- G25** Минимално програмирани радни простор/број окретаја радног вретена
- G26** Максимално програмирани радни простор/ број окретаја радног вретена
- G33** Нарезивање навоја са константним кораком
- G40** Искључење компензације радијуса алата
- G41** Лева компензација радијуса алата
- G42** Десна компензација радијуса алата
- G53** Искључење помака нулте тачке
- G54-G57** Постављање – помак нулте тачке
- G63** Урезивање навоја без синхронизације
- G64** Мод израде контуре
- G70** Мерни систем у инчима
- G71** Мерни систем у милиметрима
- G90** Апсолутни мерни систем
- G91** Инкрементални мерни систем
- G94** Посмак у мм/мин (инчх/мин)
- G95** Посмак у мм/о (инчх/о)
- G96** Константна брзина резања
- G97** Константна брзина резања искључена
- G110** Поларна координата - пол постављен у задњој тачки у коју је стигао алат
- G111** Поларна координата – пол постављен у тачку W ?
- G112** Поларна координата – пол постављен релативно у односу на задњи пол
- G147** Прилаз алата према предмету праволинијски
- G148** Одмицање алата од предмета праволинијски
- G247** Прилаз алата према предмету са радијусом од четвртине кружнице
- G248** Одмицање алата од предмета са радијусом од четвртине кружнице
- G347** Прилаз алата предмету са радијусом од пола кружнице
- G348** Одмицање алата од предмета са радијусом од пола кружнице
- G450/G451** Прилажење и одмицање алата око контурне тачке

Помоћне функције – М функције

M0 Програмирано заустављање/стоп

M1 Оптимални стоп

M2 Крај програма

M2=3 Ротација алата десно

M2=4 Ротација алата лијево

M2=5 Искључена ротација алата

M3 Ротација вретена удесно (у правцу казаљке на сату)

M4 Ротација вретена у лијево (у правцу супротном казаљци на сату)

M5 Заустављање вретена

M6 Измена алата – ротација револверске главе

M8 Укључење расхладног средства

M9 Искључење расхладног средства

M17 Крај потпрограма

M20 Помицање коњића уназад

M21 Помицање коњића напред

M25 Отварање чељуститезне главе

M26 Затварање чељуститезне главе

M30 Крај програма

Циклуси

ЦИКЛУСИ БУШЕЊА – Drilling cycles

Cycle 81 Drilling ,Centering – Обично бушење

Cycle 82 Drilling, Counterboring – Бушење са застојем

Cycle 83 Deep hole drilling – Дубоко бушење

Cycle 83 E Дубоко бушење без избора равнине бушења са програмираним смером

Cycle 84 Rigid tapping – Урезивање навоја – само за TURN 155

Cycle84 E Урезивање навоја без избора равнине са програмираним смером

Cycle 840 Урезивање са компензацијом стезне главе

Cycle 85 Boring 1 – бушење бушачком мотком

Cycle 86 Boring 2

Cycle 87 Boring 3

Cycle 88 Boring 4

Cycle 89 Boring 5

ЦИКЛУСИ ЗА СТРУГАЊЕ – Turning cycles

Cycle 93 Grooving cycle – циклус израде дзеп

Cycle 94 Undercut cycle – циклус резања

Cycle 95 Stock removal cycle – циклус контурног стругања

Cycle 96 Thread undercut cycle – циклус подрезивања за израду навоја

Cycle 97 External thread – циклус израде спољашњег и унутрашњег навоја

Cycle 98 Chaining treads – циклус повезивања навоја

2.1. Врсте програмирања NC и CNC машина алатки

Програм се може написати – израдити:

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

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

При ручном програмирању полази се од радионичког цртежа. Програмер (технолог) на основу радионичког цртежа и цртежа полуфабриката дефинише план обраде. Из плана обраде произилазе радно место или машина, потребне операције, њихов редослед, бројеви обрта, помоћна кретања, операције у којима треба извршити замену алата или извршити укључивање и искључивање SHP, итд.

На основу података о машини и стезном прибору и плана обраде дефинише се план стезања. Он обухвата информације о положају предмета обраде, координатних оса, димензијама предмета обраде и стезног прибора, те дефинише начин стезања.

План стезања омогућује брже постављање предмета обраде на машину, олакшава програмирање и омогућује израду спецификације стезних алата. На основу плана стезања, информација о алату и режиму обраде дефинише се план алата, који садржи информације о врсти алата, пречнику алата, броју зуба алата, димензијама алата, дрзачу алата, растојању између врха алата и референтне равни радног вретена, операцијама у којима се алат користи, итд.

На основу података о машини, прибору, алату и режиму обраде, постпроцес попуњава технолошки програмски лист. Кодирањем овог листа добија се изворни програм. Помоћу бушача траке добија се изворни програм на бушеној траци, који садржи информације померања и информације укључивања.

Недостаци ручног програмирања су:

- није погодно за делове сложене геометрије,
- оптимизација процеса обраде зависи од искуства и обучености програмера, и

- тешко спроводјење измена.

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

Ово програмирање се делимично остварује помоћу рачунара. Програмер пише симбол у симболичном језику 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 геометријских облика.

Да би се изворни програм написан у симболичком језику обрадио у рачунару, потребно је да рачунар поседује одговарајући програм за преводјење 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 – ЦЛ Филе (*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 управљањем машином. Прилагодјавање ових података одредјеном типу машине и управљачке јединице обавља посебан програм, који је смештен у меморији рачунара, а назива се постпроцесор. Излаз из постпроцесора је програм који управља НЦ машином. Он се може штампати и пренети на носач информација, како би се добио писани извештај за организатора производње.

На филозофији АПТ (*Automatic Program Tools*), првог програмског језика насталог у CAD, се темељи данашње аутоматско програмирање, односно програмирање CNC машина применом CAD/CAM концепата.

До данас је развијено више од сто проблемски орјентисаних језика, а ИСО комитет је препоручио само:

- **APT** (САД)
- **EXAPT** (НЕМАЧКА)
- **NEL-NC** (ЕНГЛЕСКА)
- **IFAPT** (ФРАНЦУСКА)

Од наведених језика једини **EXAPT** обрађује геометријске и технолошке информације. Такав вид програмирања назива се полуаутоматски вид програмирања.

При ручном програмирању обавља се низ рутинских послова који су најчешће узрок грешке у програму. Због тога се јавила тежња да се један део рутинских активности програмера пренесе на рачунар.

Коришћењем релативно једноставних језика, са синтаксом блиском човеку, повећава се прегледност програма, смањује време и трошкови програмирања, омогућује брза измена програма, врши редукција информација, итд. Коришћење рачунара је услов за обраду **3D** – предмета обраде сложеног профила.

Аутоматско програмирање се примењује за поступке технолшке разраде сложене геометрије попут сложених **2D** контура и запреминских модела предмета. Развојем **hardware**-а и **software**-а омогућен је и 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** програми попут **AUTODESK INVENTOR**-а, **CATIA**-е, **PROENGINEER**-а, **SOLIDWORKS**-а, **MASTERCAM**-а, **ARTCAM**-а, **SOLIDCAM**-а, **EDGECAM**-а, **FEATURECAM**-а, **VX-CADCAM**-а, **SURFCAM**-а, **UNIGRAPHIC NX**-а, **VISUALMILL**-а, **VISUALTURN**-а...

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 садржаних у базама програмских пакета – 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 **hardware**-а и **software**-а,
- програм не генерише увек најкраћу- оптималну путању алата, па самим тим је главно време израде делова дужи, и
- велика дужина програма.

2.2. Координатни системи код CNC

За дефинисање узајамних положаја алата и предмета обраде најчешће се примењује Декартов правоугли координатни систем (слика 2.2.). Осе овог система су осе трансформације, а око њих се дефинишу обртна кретања. Међусобни положај алата и предмета обраде у основи се дефинише координатним системом машине и координатним системом предмета обраде.

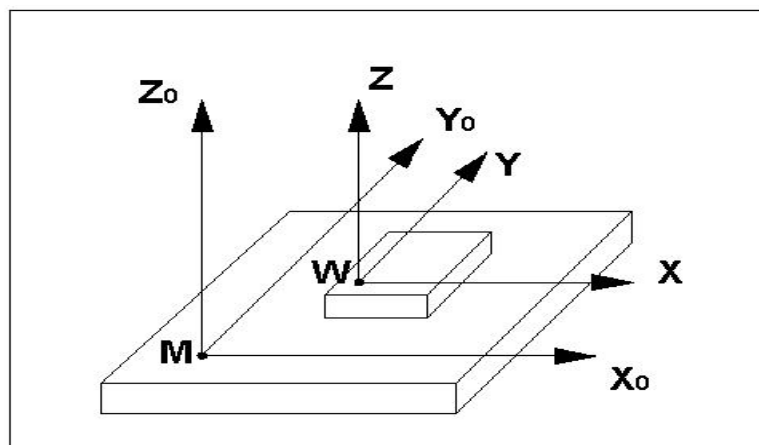
За координатни систем машине је преко референтне и нулте тачке машине везан положај алата, док се преко координатног система предмета обраде дефинише геометрија коју је потребно постићи обрадом. Координатни системи машине за тродимензионалну обраду се најчешће постављају у левом доњем углу машине како би координате увек биле позитивне.

M – нулта тачка машине

W – нулта тачка предмета обраде

X_0, Y_0, Z_0 -координатни систем машине,

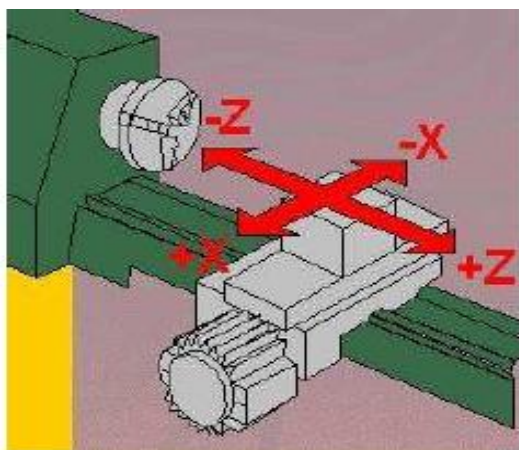
X, Y, Z - координатни систем предмета обраде



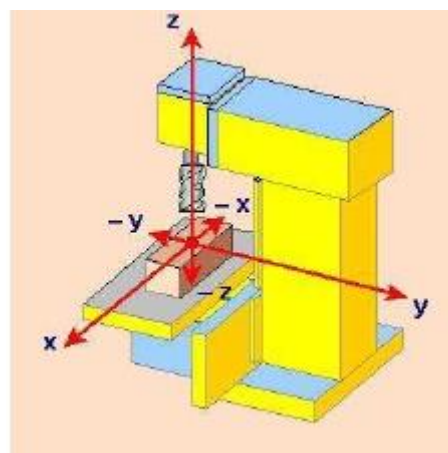
Слика 2.2. Координатни системи машине и предмета обраде

Познавање радног простора CNC машина је неопходан предуслов за њихово програмирање и подешавање. Појам простора треба схватити условно. Велики број нумерички управљаних машина поседује само две слободе кретања алата, у односу на обрадак, па се простор код ових машина своди на раван.

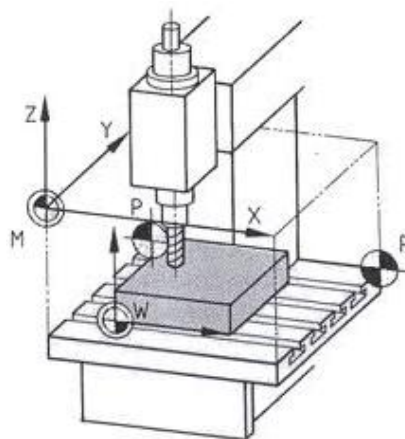
За потпуно дефинисање радног простора CNC машина потребно је знати број оса, њихов међусобни положај, дужине ходова у правцу сваке од оса као и ограничења која се могу наћи у тако дефинисаном простору. Број и врста оса зависи од машине (слика 2.3. и 2.4.), позитивни смер Z осе је од радног комада ка алату или, у случају струга, од главног вретена ка подупирачу. X оса је главна оса, лежи у равни позиционирања радног комада и хоризонтална је где год је то могуће извести. Ако има и других координатних оса, које су паралелне са X, Y и Z осама, означавају се са U, V и W. Са A, B и C идентификују се ротације око X, Y и Z осе. Конвенцијом је усвојено да је позитиван смер ротације у супротном смеру кретања казаљке на сату.



Слика 2.3. Координатни систем за TURN 55 [2]



Слика 2.4. Координатни систем за MILL 55 [2]

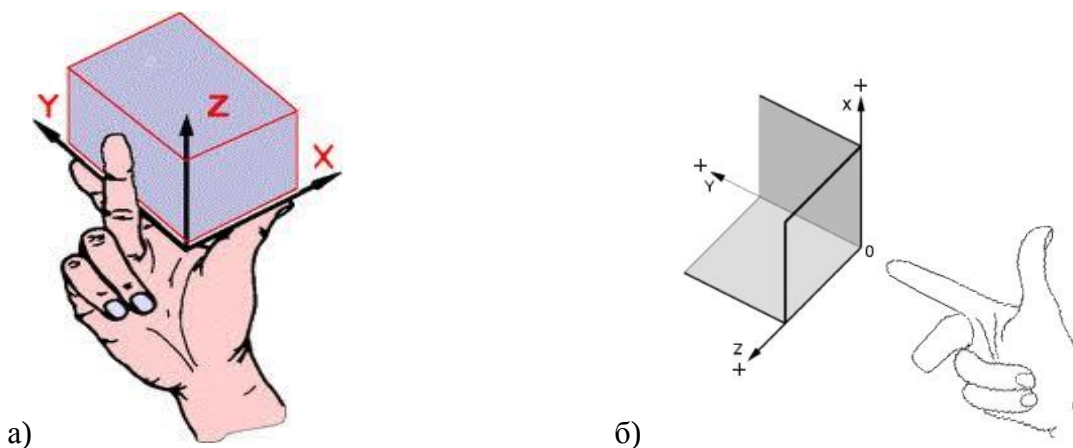


Слика 2.5. Означавање оса [2]

У току обраде, зависно од врсте операције, кретање изводи алат или радни комад. Ако се креће алат, тада се позитиван смер кретања подудара са позитивним смером одговарајуће осе (+X, +Y или +Z).

Међутим, ако се креће радни комад, позитиван смер је супротан од смера осе и означава се као +X', +Y' итд. У првом случају се користи термин "координатни систем радног комада", а у другом случају "координатни систем машине".

Одређивање позитивног правца координатног система следи положај прстију десне руке (слике 2.6. а) и б)), односно, палац показује у позитивном смјеру X осу, кажипрст у позитивном смеру Y осу, док средњи прст показује позитивни смер Z осе.

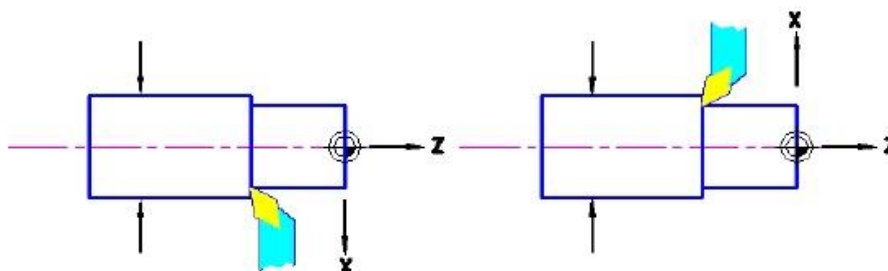


Слика 2.6.. а) и б). Одређивање правца и смера координатних оса [2]

Нумерички управљани стругови, као машине са два степена слободе кретања алата, у односу на обрадак, имају у принципу две осе па је њихов радни простор сведен на раван. Оса X код стругова је управна на осу ротације обратка. Ова оса, будући да дефинише пречник, узима увек два пута увећане вредности.

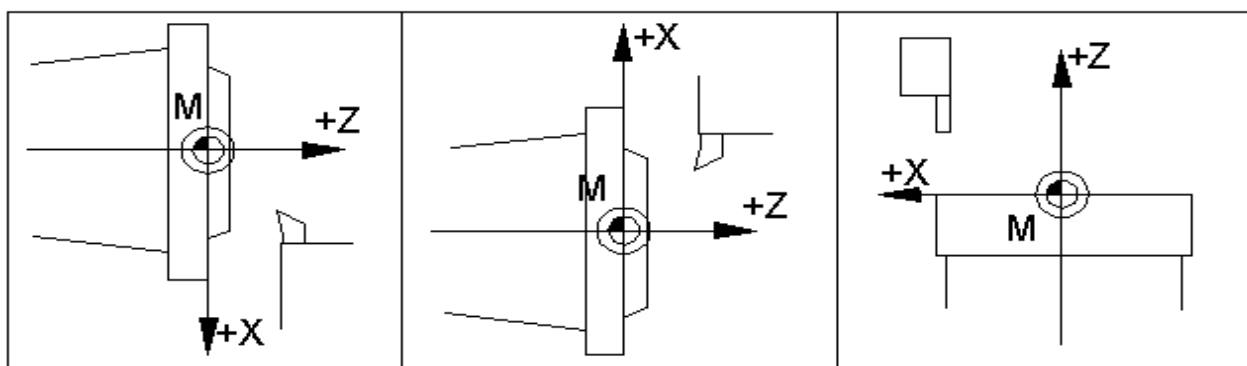
Позитивна, X оса може бити постављена у једном или другом смеру, што зависи од положаја алата односно револверске главе у односу на израдак (слика 2.7.). Координате са

негативним предзнаком (-x, -y) означавају кретање алата према радном предмету, а позитивни предзнак значи одмицање алата од радног предмета.



Слика 2.7. Координатни систем струга [2]

Код стругова са хоризонталном осом ротације, код којих је носач алата смештен са предње стране, осе су оријентисане као што је приказано на слици 2.12 а).



а)

б)

ц)

Слика 2.8. Оријентација оса NC стругова када је носач алата са предње стране [2]

Слика 2.9. Оријентација оса NC стругова када је носач алата са задње стране [2]

Слика 2.10. Оријентација оса NC стругова са вертикалном осом ротације обратка [2]

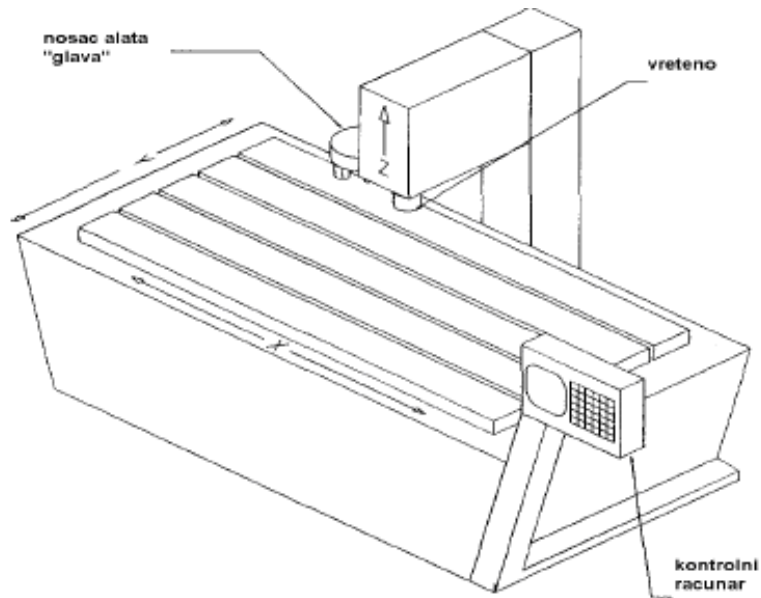
Код свих NC стругова оса Z се поклапа са осом ротације обратка, а смер се поклапа са порастом дужине обратка. Велики број NC стругова поседује носач алата са задње стране. Код оваквих концепција машине имамо две могућности при оријентацији осе X. Правило је да оса X у овом случају има негативан предзнак, но постоје машине код којих, како показује слика 2.9, положај и смер осе Z остаје непромењен. Код великих нумерички управљаних стругова, оса ротације обратка је вертикална. Код оваквих машина оса Z има вертикалан правац са смером на горе.

Позитиван смер X осе је најчешће окренут на ону страну на којој се налази носач алата. Зато код овако конципираних машина долази до одступања од правила десно оријентисаног координатног система (слика 2.10)).

Поред претходно наведених двоосних машина (стругова), постоје и троосне и вишеосне нумеричке машине. Троосне машине (слика 2.13.) се најчешће

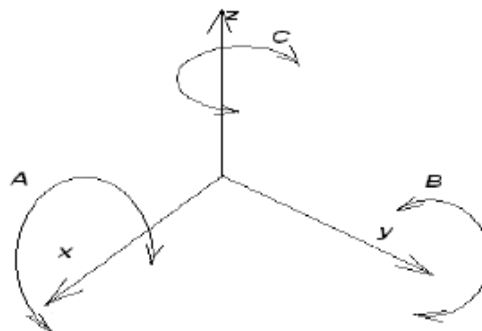
употребљавају за једноставне делове. У зависности од положаја осе обртања, могу бити вертикалне и хоризонталне.

Вертикалне имају осу обртања у правцу Z осе, док X оса најчешће представља дужину радног стола, а Y оса прати кретање стола напред и назад. Уобичајено је да се неколико алата налази у „глави“ односно носачу алата. Тако да је брза замена алата у току обрадног процеса веома једноставна. У зависности од типа ових машина зависи и CNC програм који се пише и који се бира пре почетка обраде припремка.



Слика 2.11. Троосна машина [2]

Код вишеосних машина поред окретања око једне осе постоји у зависности од машине и окретање око више оса. На слици се види да се окретање може обављати око све три осе, а поред тога постоји и померање у правцима оса. Најчешће заступљена вишеосна машина је петоосна машина (слика 2.12), која поред померања у правцима X,Y,Z има и окретање у правцима A и B.



Слика 2.12. Осе код вишеосне машине [2]

2.3. Дефинисање тачака обрадног система

За тачан опис геометријских информација у координатном систему потребно је дефинисати карактеристичне тачке обрадног система. Дефинисању се приступа после дефинисања координатног система. Неке од могућих карактеристичних тачака обрадног система су:

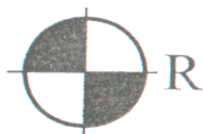
1. Нулта тачка машине,
2. Референтна тачка алата (носача и држача алата),
3. Нулта тачка предмета обраде,
4. Нулта тачка подешавања,
5. Стартна и завршна тачка,
6. Тачка измене алата.

Карактеристичне тачке омогућавају дефинисање положаја елемената обрадног система потребних за програмирање кретања у процесу обраде.

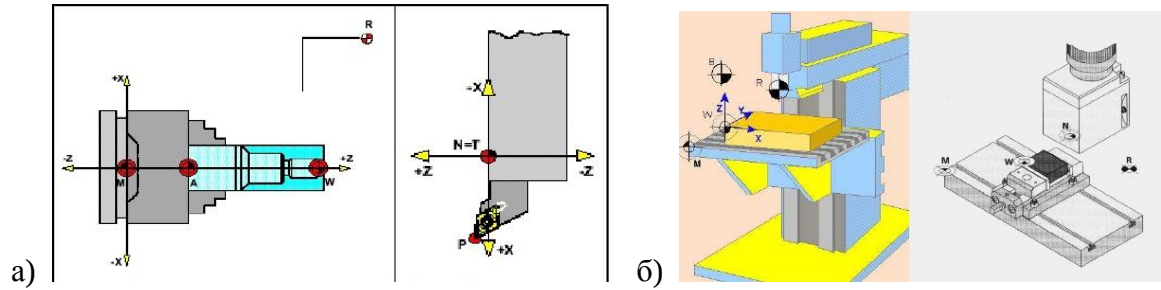
Једна од битних карактеристика машине алатке је радни простор. То је геометријско место свих тачака у којима се може наћи алат, а у оквиру кога се врши обрада. Стварни радни простор условљен је положајем алата и његовим димензијама и у њему могу наћи нешто више карактеристичних тачака.



Машинска нулта тачка је почетак координатног система, односно машине. Њен положај код стругова и брусилица за округло брушење је сталан и не може се мењати, па се због тога налази на некој чврстој површини. Готово редовно ова тачка се налази на оси обртања обратка, на завршетку радног вретена. На сликама 2.12. а), б) и ц) је приказан положај машинске нулте тачке код различитих типова нумерички управљаних стругова. Обележава се великим словом М. Одређена је од стране произвођача CNC машине и од ње се прорачунавају сви помаци алата.



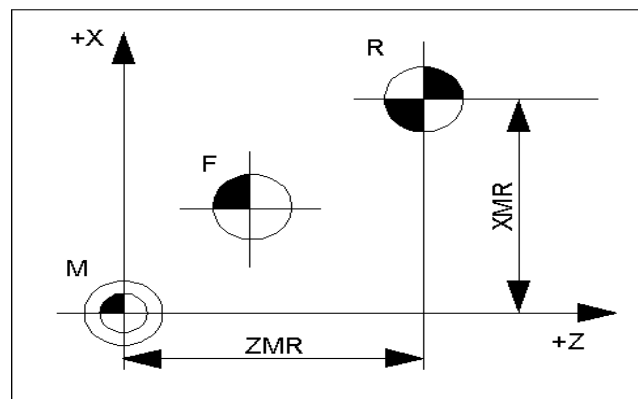
Референтна тачка носача алата је тачка дефинисана на носачу алата у односу на коју се могу одредити сви положаји носача алата у координатном систему машине. Задаје је програмер. Најчешће се означавају словима F или T. Референтна тачка је битна код машина код којих се кретање врха алата врши у једној равни. Ту се пре свега мисли на нумерички управљане стругове и на неке типове нумерички управљаних брусилица. Референтна тачка се обавезно налази на носачу алата (слика 2.13. а)-код струга код глодалице-б)), односно на покретном делу машине, за разлику од машинске нулте тачке.



Слика 2.13. Референтна и остале карактеристичне тачке код а) струга и б) глодалице [3]

Референтна тачка има значење само онда када се посматра њена удаљеност од машинске нулте тачке. Удаљеност референтне тачке у правцу X осе од машинске нулте тачке означава се као XMR, а у правцу Z осе ZMR (слика 2.14.).

На почетку рада са машином алат се мора довести у R тачку. Може се рећи да ова тачка представља технолошку замену за нулту тачку машине, за оне машине алатке које не поседују мерни систем.



Слика 2.14. Удаљеност референтне тачке од машинске нулте тачке у правцу X и Z осе [3]



Место предмета обраде на коме се дефинише координатни почетак је **нулта тачка предмета обраде W**. Она се назива и програмска нулта тачка.

Нулта тачка предмета обраде је основна тачка за основне коте при апсолутном програмирању односно полазна тачка за коте у низу код инкременталног програмирања. Она је од великог значаја, одређује је програмер и у принципу може бити постављена на било којем месту предмета обраде.

Међутим, из практичних разлога је препоручљиво да се нулта тачка постави тако да: коте наведене у цртежу предмета обраде требају се што једноставније прерачунати у координатне вредности, у равни обраде требало би проналазити само

позитивне координатне вредности, и по могућству требало би што мање мењати предзнак.



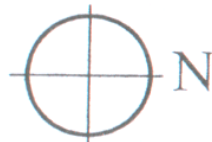
Поред наведених карактеристичних тачака неопходно је дефинисати и **стартну тачку програма В** или **нулту тачку алата**. Тачка В је дефинисана координатама X_b , Y_b и Z_b које представљају положај тачке В у односу на тачку W. Алат се у стартну тачку В доводи у ручном моду на основу података који су дати у плану обраде. Ова тачка се најчешће одређује тако да буде нешто помакнута од десног краја обрадка у позитивном смеру X, Y и Z осе. Теоретски она је врх алата. Од ове тачке алат почиње са обрадом и у њој се врши замена алата. Не мора бити обавезно дефинисана.



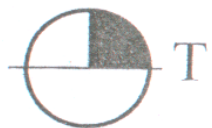
Референтна тачка обратка, А – повезује геометрију стезног прибора и геометрију обратка.



Референтна тачка носача алата, F – тачка на носачу алата.



Референтна тачка преднамештања алата, N—фиксна тачка на носачу,алата,од које се мере корекције дужине алата.



Референтна тачка држача алата, Т – фиксна тачка на носачу алата.

3. Алати и стезни прибори код CNC машина

Алати

Код CNC машина, опремање са различитим алатима је од битне важности за квалитетну израду. Алати су смештени у револверску главу према редоследу израде (слика 3.1.).



Слика 3.1. Пример магацина алата код CNC машина [9]

Резни алати су дефинисани стандардима као **стандардни резни алати**, при чему су утврђени: облици, димензије, намена и технички захтеви.

У масовној и вишесеријској производњи користе се тзв. **специјални резни алати**, специјално пројектовани и израђени за конкретне услове обраде и конкретну производну опрему.

Општа подела резних алата је на **ручне** и **машинске**.

Подела машинских алата се изводи према врсти обраде, материјалу предмета обраде, врсти алатног материјала, броју резних ивица, облику алата и положају површина обраде, типу алата, начину постављања алата итд.

Према **врсти обраде** – резни алати за: стругање, бушење, проширивање и развртање, глодање, рендисање, брушење и глачање, провлачење, израду зупчаника, ожлебљених вратила, навоја и сл.

Према **врсти материјала предмета обраде** – резни алати за обраду: метала, дрвета, пластичних маса, неметала.

Према **врсти алатног материјала** – алати од алатног челика, брзорезног челика, тврдих материјала, керамичких материјала, дијамантски алати, алати од супертврдих материјала.

Према **броју резних ивица** разликују се **једносечни** (ножеви за рендисање, стругање, бушење, резање навоја и сл.), **двосечни** (спиралне и равне бургије), **вишесечни** (проширивачи, развртачи, упуштачи, глодала, урезници), **многосечни алати** (алати за брушење – тоцила).

Према **облику алата** – положају обрађиваних површина - алати за обраду спољашњих површина, израду отвора, израду навоја, ожљебљених вратила и израду зупчаника.

Према **типу алата израђени изједна** (интегрални алати), са уметнутим зубима, алати са лемљеним и механички причвршћеним плочицама.

Према **начину постављања на машину** – алати са дршком и насадни алати.

Најважније карактеристике резних алата су:

- геометријски облик одредјен поступком обраде
- резна геометрија – основна и геометрија специфична за поједине алате
- материјал алата

За обраду на **NC** и **CNC** струговима користе се стандардни алати са механички причвршћеним плочицама од тврдог метала, резне керамике, веома тврдих алатних материјала (попут елбора, борозана...) (слика 3.2).

Алати за обраду стругањем се бирају у зависности од снаге машине. За спољашњу обраду стругањем највећег броја радних комада користе се:

- ножеве за попречну обраду са плочицом од тврдог метала у облику троугла, четвороугла и других облика,
- ножеве за спољашњу уздужну обраду са плочицом од тврдог метала која може бити у облику, троугла четвороугла, круга и других облика,
- ножеве за одсецање од брзорезног челика, или са плочицом од тврдог метала,
- ножеве за спољашње усецање,
- фазонски ножеве са плочицом од тврдог метала различитог облика, и
- ножеве за навој са специјалном плочицом од тврдог метала, која одговара профилу навоја.

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

- завојне бургије,
- ножеве за грубо и завршно проширивање отвора,
- ножеве за унутрашње усецање, и
- ножеве за урезивање навоја



Слика 3.2. Стругарски ножеви са механички причвршћеним плочицама [9]

За обраду на **NC** и **CNC** глодалицама користе се вишесечни глодачки алати са плочицама од тврдог метала и алати израђени од брзорезног челика, уз примену редуцер чаура, или одговарајућих прихватних прибора. У ове алате спадају (слика 3.3.):

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



Слика 3.3. Алати за израду отвора и рупа [4]

За обраду на **NC** и **CNC** глодалицама користе се стандардни алати са механички причвршћеним плочицама од тврдог метала, резне керамике, веома тврдых алатних материјала (попут елбора, борозана...) (слика 3.4.).



Слика 3.4. Глодала са уметнутим резним елементима [4]

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

На **NC** и **CNC** машинама алаткама алати се смештају у :

- **брзоизменљиве носаче алата** (мора се имати онолико носача алата, колико је потребно алата за обраду. У сваки носач се поставља одговарајући алат и унапред се врши његово подешавање – корекција),

- *револвер главе* (резни алати се не измењују, већ се само индексирају – заокрећу, да би се довели у радну позицију. Притом треба пазити да се одговарајући алат постави у предвидјену – индексiranу локацију на револверској глави. Алати за стругање се постављају радијално у односу на револверску главу, а алати за бушење и проширивање су управни на њу),
- *карусел магацине алата,*
- *добошасте магацине алата, и*
- *тракасте магацине алата.*

Магацини алата обрадних система са **NC** и **CNC** управљањем опремљени су систем алатима, који омогућавају аутоматску измену алата. Систем алати се састоје из основне чауре, редуцир чауре, наставка, држача алата и стандардног алата.

Данас се за израду резних алата најчешће користе:

- *брзорезни челик, и*
- *тврди метал.*

Брзорезни челик се претежно примењује за израду алата за бушење, стругање, глодање, рендисање, провлачење и сл., алата који претежно раде у условима прекидног резања. Ови алати морају имати високу отпорност на трошење и добру жилавост, али исто тако држати оштрицу и при повишеним температурама, што гарантује високу трајност алата и неометан рад и код највећих серија. **Брзорезни челици** представљају најважнији и најчешће примењивани високолегирани алатни челик са већим садржајем легирајућих елемената, пре свих: хрома, волфрама, молибдена, ванадијума и кобалта. Варирањем садржаја легирајућих елемената мењају се тврдоћа и отпорност на хабање, жилавост и отпорност на ударна – динамичка оптерећења, отпорност на повишеним температурама.

Брзорезни челици са повећаним садржајем волфрама су **класични брзорезни челици**. Брзорезни челици повећане постојаности на високим температурама садрже већи проценат ванадијума, а брзорезни челици високе отпорности на повишеним температурама садрже већи проценат молибдена, ванадијума и кобалта. То су **супер брзорезни челици**.

Брзорезни челици се користе практично за израду свих алата за обраду отвора (бургија, проширивача, развртача...), израду навоја, глодала (интегралних глодала мањих димензија), ножева за рендисање, провлакача, алата за израду зупчаника...

У савременим производним условима користе се и две нове технологије побољшања квалитета алата од брзорезног челика и то технологије:

- металургије праха, и
- наношења превлака.

Тврди метали се користе за израду стругарских ножева, чеоних глодала и сл., алата који претежно раде у условима непрекидног резања.

Тврди метали су физичко – металуршка смеша тврдих и жилавих компоненти – везивног материјала. Варирањем садржаја основног и везивног материјала прилагодјавају се тврдоћа и жилавост тврдих метала широком подручју примене.

Тврде метале одликује висока постојаност и тврдоћа на повишеним температурама (и до 1250 С), што обезбедјује повећање брзине резања и производности. Медјутим, мања жилавост доводи до смањења отпорности на ударна – динамичка оптерећења.

Стезни прибори

Стезни алат служи за стезање (фиксирање) предмета за разне потребе, углавном да би се предмети могли обрађивати на другим алатима или на машинама. Ту можемо убројити стезне главе на разним машинама као што су стругови, глодалице, бушилице итд. Исто ту спадају ручне столарске стеге, браварски шкрипови, грип кљешта...(слика 3.5.).

Посебан део су специјални стезни алати, израђени за један производ (предмет обраде). Специјални алати имају оправдање најчешће код серијске производње као средство за убризгавање процеса или олакшавање рада. Али понекад се израђују и због немогућности да се нешто уради без њих.



Слика 3.5. Стезни алати [10]

4. Основи CAD/CAM/CAE

Развојем концепта нумеричких машина, компјутерски управљаних, формирају се машински системи код којих се човек у потпуности или делимично ослобађа трошења енергије, сложених активности управљања, позиционирања алата, ручног вођења алата по комплексној контури, прелаза са једне на другу контуру, и других уобичајених радњи, активностима које су аутоматизоване. Мере које омогућају да се сваки процес са одређеним операцијама реализује самостално, уз циклично понављање, одређују степен аутоматизације алатне машине.

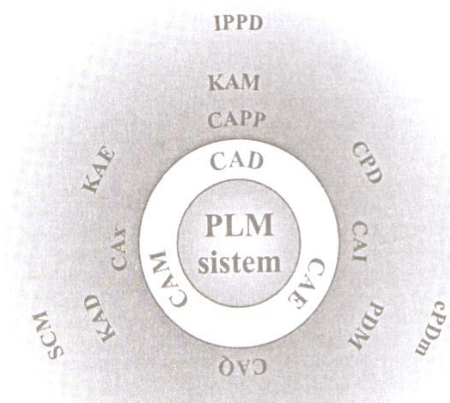
Савремени развој производа и процеса подразумева примену разних софтверских алата и технологија. Међу њима алати и технологије за аутоматизацију пројектовања, анализе, тестирања и израде производа заузимају кључно место. Ови софтверски алати и технологије данас се описују скраћеницом PLM систем (енгл. **“Product Lifecycle Management system”**, систем за управљање животним циклусом производа), који означава свеукупност алата и технологија за аутоматизацију пројектовања машинских конструкција и њихову израду. PLM стратегијом и софтверским системима, створена је основа за увид и праћење информација и података о производу и процесима, али и шире и конзистентно коришћење инжењерских производних и пословних знања током читавог животног циклуса производа.

Окосницу PLM система чини интеграција софтверских алата који се везују за поједине фазе развојног циклуса (слика 4.1.) :

- пројектовања помоћу рачунара (енгл. **“Computer Aided Design – CAD”**)
- рачунаром подржану производњу (енгл. **“Computer Aided Manufacturing – CAM”**)
- рачунаром подржан инжењеринг (енгл. **“Computer Aided Engineering – CAE”**)

Системи за пројектовање помоћу рачунара или CAD системи представљају скуп софтверских алата и технологија који инжењерима пружа низ погодности током рада на развоју конструкције производа.

Те се погодности огледају у аутоматском изводјењу конструкторских операција, као што су исцртавање линија, формирање тела, модификације, рад са базама стандарних елемената, размена цртежа и просторних модела и сл.



Слика 4.1. Софтверски алати, концепти и стратегије PLM система [3]

Данашњи CAD системи за пројектовање машинских конструкција махом су засновани на тродимензијалном (3D) моделирању, пружајући конструкторима пуну природност и флексибилност у раду. Ефективне примене ових система огледају се, пре свега, у повећању ефикасности, креативности и квалитета.

Срж њихове примене чини такозвани модел производа, односно рачунарска представа стварног производа. Активности из фазе

конструисања односе се на креирање облика, димензија, толеранција, физичких особина, склопова, анализе цртежа и техничке документације.

Стога CAD процеси и алати обједињавају три дисциплине, геометријско моделирање - рачунарску графику и конструисање. Активности производне фазе пројектовања производа подразумевају планирање технологије обраде и израде, програмирање нумерички управљаних машина алатки, пројектовање алата, мерење и контролу управљање производном транспортном и другом опремом.

Рад PLM система заснива се на:

- креирању модела,
- примени моделских форми,
- параметарском дефинисању моделских форми и модела,
- примени релација,
- примена односа “родитељ – дете”,
- асоцијативност модела, и
- визуелној комуникацији.

Код савремених начина пројектовања помоћу рачунара полази се од равanske (дводимензионалне, 2D) пројекције основног тродимензионалног облика производа који се моделира. У даљем поступку стварања модела додају се остали геометријско технолошки ентитети којима се постиже крајња форма производа.

Савремени CAD програмски пакети поседују посебне модуле за скицирање основних идеја конструктора, који се током рада могу лако мењати и дорађивати. Суштина приступа и поступака развоја производа и процеса помоћу рачунара огледа се у стварању модела. У различитим фазама развоја модел има различито специфично значење.

Модел је рачунарска представа (репрезентација) реалног производа или процеса. Са друге стране, свака фаза развоја производа и процеса има своје специфичности које на посебан начин истичу особености модела који током њих настаје. Основни модел који се користи током свих фаза развоја производа и процеса и шире током животног циклуса производа је геометријски модел.

Геометријски модел је рачунарска представа геометријских, димензионих и тополошких карактеристика производа.

CAD системи који омогућавају запреминско моделирање суштински се разликују од система за цртање. Код цртања конструктор је од самог почетка стварања конструкције усредсређен на постовање исправних димензија, немајући притом, потпуни увод у њену просторну представу. За разлику од цртања, моделирање се заснива на формирању, стварању коначног облика конструкције од тзв “чврстих запремина материјала”. Сам геометријски модел настаје од елементарних геометријских тела и ентитета, односно од тзв. геометријских форми. Заправо, геометријске форме (ГФ) формирају поједине делове конструкције тј. машинске елементе (МЕ). Њиховим спајањем у мање целине – подсклопове (ПС) или у целе производе, склопове (С) – настаје коначни облик конструкције. Тако креиран модел назива се виртуелни модел или дигитални производ. Сем тога данас је далеко

сврхисходније и ефикасније користити предности Интернет технологија и тзв. електронске документације или електронских цртежа, за све врсте инжењерског комуницирања између различитих развојних тимова.

Треба напоменути да технички цртежи, генерисани на овај начин, поред неопходних пројекција, погледа, пресека, детаља, димензионих и других карактеристика садрже и најчешће и просторни приказ конструкције. Тиме се олакшава “читање” цртежа, а кориснику пружа јаснија представа о производу.

Када се заврши развој конструкције појединачних делова и склопова производа, у смислу детаљне разраде, анализе и оптимизације геометрије и физичких особина, приступа се њиховој изради. Другим речима, потребно је дефинисати процес трансформације од апстрактне (електронске) форме модела ка физичкој форми готовог производа.

С обзиром да, по природи ствари, у животном циклусу производа израда представља једну од кључних фаза, од великог је значаја обезбедити услове за претходну проверу свих релевантних аспеката производње. Тиме се могућност појаве некавалитетних производа, неповољних токова материјала, повреда при раду и сличних проблема, своди на најмању меру. То, даље, резултира скраћењу времена од идеје до појаве производа на тржишту, смањењу или потпуном изостајању измена током реалне производње, значајном редуковању парцијалних и укупних трошкова, итд.

У светлу рачунарске подршке и интеграције релевантних производних функција и активности за ову намену користе се САМ системи, односно програмски системи за рачунаром подржану производњу. САМ системи имају широко значење, с обзиром да, у општем случају, покривају велики број функција и активности које припадају различитим областима производних система. САМ системи представљају програмске алате који подржавају интензивну употребу рачунара за планирање и пројектовање производних и технолошких процеса такође и операција и управљање производњом, односно производним процесима. Имајући у виду савремене начине развоја производа и пратећих процеса, може се рећи да САМ системи чине логичан наставак САД система. Стога се данас ови системи све ређе срећу као независни, већ као интегрисани подсистеми шире класе САД/САМ или РЛМ система. Као такви поседују велику робустност и поузданост, а пружају значајне предности и у погледу асоцијативности са осталим моделима развијеним у оквиру истог РЛМ система.

Међутим, и у случајевима примене различитих САМ система њихови произвођачи настоје да обезбеде добре могућности повезивања са интегралним системима за развој производа и процеса. Тиме омогућавају колаборативни рад развојних тимова који користе различите програмске системе, тј. развој конструкција базирају на различитим програмским платформама. Из свега произилази да се велики број разнородних производних функција и активности може аутоматизовати применом САМ система. Ту потребу потенцира концепт конкурентног инжењерства.

Његовом применом принципи савремених производних система везаних за планирање производње и пројектовање технологије израде производа добијају посебну димензију. Основу за дефинисање технолошког (као производни систем у

уже смислу) и производног модела производа представља геометријски (CAD) модел.

Стога између њих постоји веома тесна веза, која је, уз то, и асоцијативног типа, поготову када се ради о PLM системима. САМ системи подржавају производне функције индиректно (пасивно) и директно (активно). У оквиру прве категорије нема директне везе између рачунара на коме се одвијају CAD/CAM активности и производних процеса.

Зато се информације и подаци неопходни за планирање и управљање производним процесима обезбеђују ван производних погона, да би се у каснијем поступку проследили одговарајућим радним местима.

Активна примена САМ система подразумева директну везу између CAD/CAM радних станица и производних процеса. Пасивна примена САМ система за потребе планирања производно-технолошких процеса, укључује следеће софтверске системе

- пројектовање технолошких поступака помоћу рачунара (CAPP системи),
- аутоматско генерисање програма за нумерички управљане машине алатке (енгл. "Computer Assisted NC Part Programming"),
- базе података о обрадивости (енгл. "Computerised Machinability Data Systems"),
- системи за стандардизацију и нормирање (енгл. "Development of Work Standards"),
- одређивање или процена економичности (енгл. "Cost Estimating"),
- планирање производње и потреба/залиха (енгл. "Production and Inventory Planning"),
- балансирање производних токова (енгл. "Computer Aided Line Balancing").

Овакав распон функција и активности из домена планирања производње које покривају наведене апликације далеко је шири од оних које се најчешће срећу у оквиру једног програмског пакета. Највећи број CAD/CAM система покрива ужи спектар функција, док тек поједини PLM системи имају могућности и карактеристике неопходне за извршавање функција које припадају.

Пројектовање технолошких поступака помоћу рачунара (CAPP системи) подразумева (полу)аутоматско препознавање радних комада, односно геометријских модела производа, пре свега у технолошком смислу и спрезање геометријских и технолошких карактеристика параметрима обрадног система.

Ови системи омогућавају (полу)аутоматско генерисање технолошког поступка, са свим неопходним елементима, параметрима и вредностима.

Аутоматско генерисање програма за нумерички управљане машине алатке односи се на генерисање управљачких инструкција које, у виду програма, одражавају технолошки поступак који је могуће извести на рачунаром управљаним машинама алаткама.

Базе података о обрадљивости неопходне су за брзо, ефикасно и поуздано (полу)аутоматско одређивање режима обраде. Већина CAD/CAM система даје, у основи, само опште препоруке, које не морају увек бити довољно добре за реалну примену у датом окружењу. Укључивањем искуствених и других података, уз примену одговарајуће базе знања и механизма закључивања (које се могу доградити применом моделских форми знања), могуће је аутоматски извршити избор одговарајућих параметара обраде.

Стандардизација и нормирање подразумева аутоматско препознавање, дефинисање и прорачунских параметара који утичу на постављање (локалних) стандарда за израду производа, као и одређивање временских параметара и показатеља који су од битне важности за управљање процесом израде и производним процесима, уопште.

Уз то, пружају могућност креирања тзв. електронских каталога (е-каталога) производа и параметара процеса, што значајно утиче на подизање нивоа продуктивности и квалитета пројектовања.

Одређивање економичности има за циљ одређивање најповољније алтернативе производа још током његове концептуализације и разраде. У прорачуне економичности укључују се разни параметри везани за (директне) трошкове материјала, енергије, информација, уложеног рада и остале производне трошкове. Велику помоћ, при томе, пружају информације и подаци који се генеришу у оквиру техничке документације о моделу производа, односно самом производу, а садржани су у заједничкој бази података (којом управља програмско језгро CAD/CAM, тј. PLM система).

Праћење и управљање производним процесима усмерено је ка надзору и контроли производне опреме и процеса. То се односи на трансфер линије, монтажне системе, нумерички управљане машине алатке, роботске системе, системе за руковање материјалом и флексибилне производне системе.

Управљање квалитетом обједињава мноштво метода и техника за постизање оптималног квалитета производа. То је процес којим се обезбедује коначна, односно укупна прихватљивост производа. Укључује све врсте контрола, као и процедура које се користе у производњи у циљу задовољења, праћења и одржавања захтеваног нивоа квалитета производа.

CAM системи или модули представљају, као што је већ наведено, логични наставак САД система. У оквиру CAD/CAM или PLM система релевантне функције и активности су аутоматизоване. Аутоматизација свих функција захтева надградњу стандардних модула уграђивањем тз. корпоративног знања.

CAM системи имају могућност за аутоматско генерисање припремка на основу геометријског модела производа.

Ова функција заснива се на тзв. логици додатака за обраду, односно логици стандардних димензија материјала. Користећи габаритне димензије геометријског модела CAM систем генерише допунски модел, тј. модел припремка и придружује га производно-технолошком моделу. Наравно, аутоматско генерисање припремка није увек могуће, или није увек пожељно, па је кориснику остављена

могућност директне интервенције и креирања припремка по својим преференцама

Генерисање и оптимизација путање алата је функција САМ система која се најчешће изводи у оквиру технолошког планирања. Међутим, има производних ситуација које захтевају накнадну проверу путања алата и њихову евентуалну корекцију и регенерацију. Оне се углавном спроводе приликом израде сложенијих производа, када су путање алата ограничене, не само конфигурацијом производа, већ и конфигурацијом машина, опреме и радне околине. Тада је потребно обезбедити одговарајућу приступачност алата површинама и/или елементима на које делује, без колизије са окружењем. Дакле, поред радних путања, директно повезаних са израдом производа, треба исправно генерисати и помоћне путање којима су дефинисани начини прилаза алата, брзи и слободни и сл.

Креирање база података и дигиталних каталога машина, опреме, алата, прибора, режима рада и других битних елемената производног процеса од виталног је значаја за брзо и ефикасно моделирање и симулацију производње. САМ системи поседују посебне модуле за ту намену.

Прорачун времена израде изводи се аутоматски на основу осталих производно-технолошких параметара, узимајући у обзир величину и конфигурацију производа.

У општем случају, време израде, поред главног времена, укључује сва припремна, помоћна и завршна времена, како обрадног подсистема, тако и монтажног, транспортног и других подсистема производног система.

Генерисање NC програма, којима се врши рачунарско управљање производном опремом, у потпуности је аутоматизовано. То се изводи посебним функцијама САМ система, на основу геометријског и технолошког модела.

5. Основе програмирања код управљачке јединице HAAS

Основе програмирања управљачке јединице заснива се на ручном програмирању оператера. Једна од главних основа коришћења оваквих нумеричких машина своди се на програмирање у G – коду. При ручном програмирању пише се и добија изворни програм који се може пренети на бушену траку. Изворни програм садржи све информације потребне за процес обраде. Свака елементарна операција је дефинисана преко реченица. Више реченица чине блок који представља одређени захват на машини алатки. Свака информација у оквиру реченице даје се преко речи. Реч се састоји из адресе и припадајућег броја са опционим предзнаком. Адресе су словни симболи који представљају одређену функцију и увек се налазе на почетку речи. Редослед речи у реченици је прописан. Речи могу имати модални или периодични начин дејства. Модална реч остаје меморисана све док се не избрише или не замени другом. Речи са периодичним дејством делују само у реченици у којој су програмиране, што значи да, по потреби, мора поново да се програмирају.

Адресе и кодне ознаке према ISO препорукама објашњавају се на следећи начин:

N → Број реченице и представља редни број. Неке управљачке јединице имају уређај за тражење реченица и допуштају произвољан редослед писања реченица.

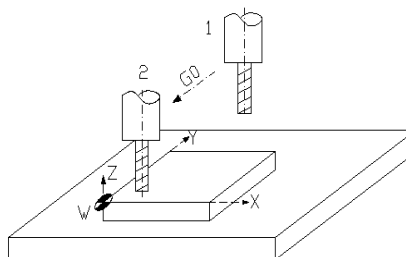
X, Y, Z → Координате. Ове адресе дефинишу главне осе усвојеног координатног система за путање кретања и дају информације о кретању.

G → Функција инструкције померања, услова пута и информација о путу представља геометријски део програма. Услови пута одређени су адресом G и двоцифреним бројем. Ова функција даје информације о начину кретања.

Карактеристике појединих G- функција

G0 – Брзи ход, позиционирање

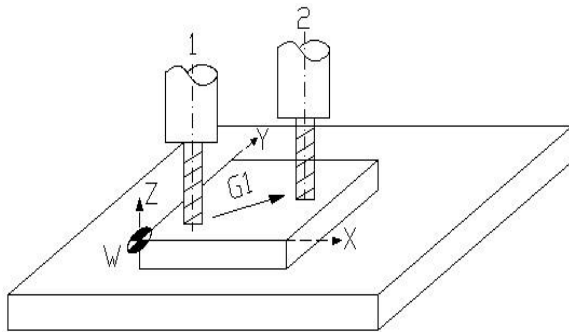
Позиционирање је кретање у брзом ходу (м/мин) од тренутне позиције до програмиране позиције. Програмира се са условом пута G0 и крајњом позицијом алата X, Y, Z. Ова крајња позиција може бити програмирана у апсолутним координатама (у односу на координатни почетак) или инкременталним мерама (у односу на предходну позицију). Кретање по X, Y и Z осе од једне до друге тачке контролисано је линеарним интерполатором. Преваљени пут је правац и све три осе достижу истовремено крајњу позицију.



Слика 3.1. Брзи ход [5]

G1 – Линеарна интерполација

Кретање са програмираним посмаком. Алат се креће по правој линији одређеном брзином до програмиране тачке. Све осе достижу истовремено крајњу тачку. Програмира се са условом пута G1, крајњом позицијом алата X, Y, Z и величином F која представља брзину помоћног кретања или посмак.



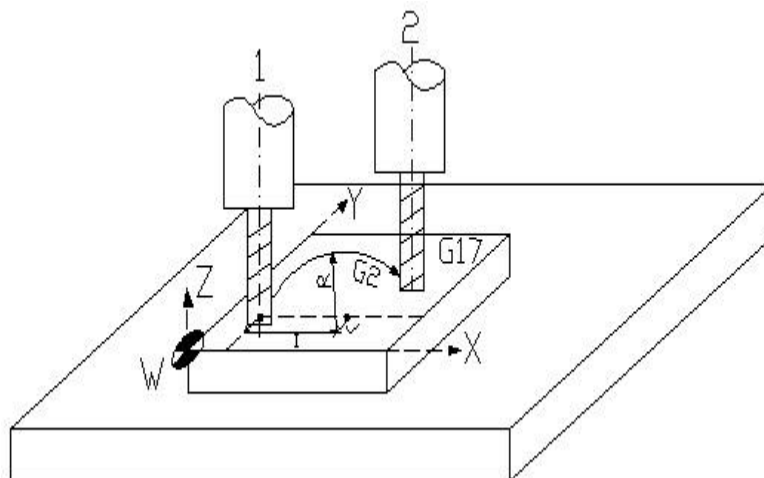
G1 X50. Y60. Z373. F80

X, Y, Z – координате тачке која се достиже

F–брзина кретања алата–посмак (мм/мин)

Слика 3.2. Линеарна интерполација [4]

G2 – Кружна интерполација (у смеру казаљке на сату)



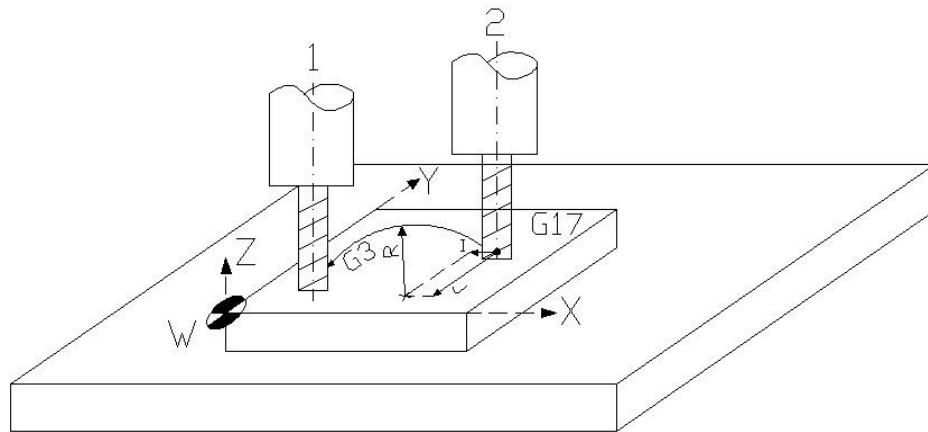
Слика 3.3. Кружна интерполација [4]

Кретање са програмираним посмаком. Алат се креће од почетне тачке по једном кружном луку одређеном брзином до крајње тачке. Кретање се изводи у смеру казаљке на сату. Програмира се са условом пута G2, крајњом позицијом алата X, Y, Z, радијусом кружног лука R или положајем центра кружног лука I, J, K и величином F која представља брзину помоћног кретања или посмак. Врло је важна чињеница у којој равни се изводи кружна интерполација (XY, XZ или YZ). По укључивању машине важи наредба G17 (раван XY), тако да је не морамо наглашавати ако се обрада изводи у равни XY.

У колико се обрада врши у некој од две преостале равни (XZ или YZ), потребно је у реченици са G2 дати и радну раван (G18 или G19). Постоје две могућности да се програмира кретање по кружници. Прва је да се да полупречник кружног лука R по којем се креће алат. У том случају нулта тачка мора бити у центру кружнице. Друга могућност, и уједно најсигурнија, је да се дају растојања почетне

тачке кретања алата од центра кружнице I, J, K. У овом случају кретање је независно од нулте тачке. Предзнаци растојања I, J, K су врло битни и одређују се смером оса по којима их меримо, а у правцу почетне тачке кретања ка центру

G3 – Кружна интерполација (у супротном смеру казаљке на сату)

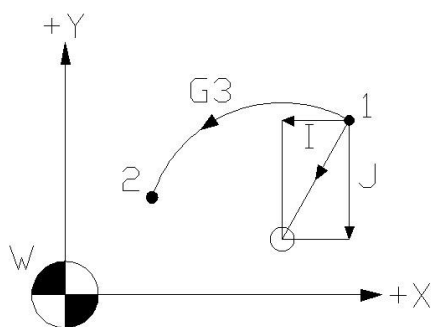


Слика 3.5. Кружна интерполација [6]

Кретање са програмираним посмаком. Алат се креће од почетне тачке по једном кружном луку одређеном брзином до крајње тачке. Кретање се изводи у смеру супротном казаљке на сату. Програмира се са условом пута G3, крајњом позицијом алата X, Y, Z, радијусом кружног лука R или положајем центра кружног лука I, J, K и величином F која представља брзину помоћног кретања или посмак.

Врло је важна чињеница у којој равни се изводи кружна интерполација (XY, XZ или YZ). По укључивању машине важи наредба G17 (раван XY), тако да је не морамо наглашавати ако се обрада изводи у равни XY. У колико се обрада врши у некој од две преостале равни (XZ или YZ), потребно је у реченици са G2 дати и радну раван (G18 или G19). Постоје две могућности да се програмира кретање по кружници. Прва је да се да полупречник кружног лука R по којем се креће алат. У том случају нулта тачка мора бити у центру кружнице.

Друга могућност, и уједно најсигурнија, је да се дају растојања почетне тачке кретања алата од центра кружнице I, J, K. У овом случају кретање је независно од нулте тачке. Предзнаци растојања I, J, K су врло битни и одређују се смером оса по којима их меримо, а у правцу почетне тачке кретања ка центру кружнице.



Слика 3.6. Функција G3 [6]

G3 X50. Y60. R20. F80

X, Y, Z – координате тачке која се достиже

R – полупречник кружне путање (мм)

F – брзина кретања алата – посмак (мм/мин)

G3 X50. Y60. I20. J30. F80

X, Y, Z – координате тачке која се достиже

I – растојање почетне тачке кретања и центра кружнице мерено по X-оси

J – растојање почетне тачке кретања и центра кружнице мерено по Y-оси

K – растојање почетне тачке кретања и центра кружнице мерено по Z-оси

F – брзина кретања алата – посмак (мм/мин)

G4 – Време задржавања

G4 P200

R – време чекања (s)

Програмира се условом G4. Параметром P дефинише се време задржавања алата у месту, у секундама. Најчешће се користи код промене смера обртања главног вретена у току обраде (урезивање навоја машинском урезницом).

G9 – Тачно заустављање

Програмира се условом G9. Функција није модална и не преноси се у наредне блокове. Користи се за тачно заустављање пре неке обраде. Брзи и радни ходови се заустављају у програмирану позицију када долази и до заустављања главног вретена. Прва следећа наредба се нормално извршава. Коришћење ове наредбе може изазвати неке од нежељених последица ако је алат у материјалу.

G10 – Програмско задавање коректуре алата и нулте тачке

Функцијом G10 можемо пре или у току радног програма сетовати нулте тачке и параметре алата. Треба обратити

- L – одабир дужине и пречника алата, корекција (трошење) дужине и пречника алата, или координатног почетка (нулте тачке);
- P – одабир редног броја алата или нулте тачке;
- R – вредност офсета за дужину и пречник алата;

- X – померање нулте тачке по X-оси;
- Y – померање нулте тачке по Y-оси;
- Z – померање нулте тачке по Z-оси;
- A – померање нулте тачке по A-оси (опционо).

Да би се исправно дефинисала наредба G10, потребно је придржавати се појединих правила за параметре:

- L2 – постављање нулте тачке за G52 и G54-G59;
- L10 – за дужину алата (X код);
- L1 или L11 – за коректуру дужине (трошење, X код);
- L12 – за пречник алата (D код);
- L13 – за коректуру пречника (трошење, D код);
- L20 – постављање нулте тачке за G110-G129.

Параметар P се користи за додељивање вредности офсетима:

- P1-P100 – користити за референце офсета кодова X или D L10-L13;
- P0 – G52 референце координатног система L2;
- P1-P6 – G54-G59 референце координатних система L2;
- P1-P20 – G110-G129 референце координатних система L20.

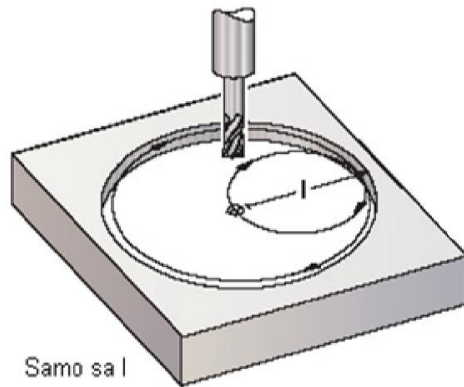
Величине R, X, Y, Z и A могу се задавати апсолутно или инкрементално у зависности у ком смо систему мерења (G90/G91).

- G10 L2 P1 G91 X6. (померање нулте тачке G54 по X-оси за 6 мм)
- G10 L20 P2 G90 X10. Y8. (сетовање нулте тачке G111 на X10. и Y8. мм)
- G10 L10 G90 P5 Z-20. (сетовање дужине алата бр.5 за 20 мм)
- G10 L12 G90 P5 R3. (сетовање пречника алата бр.5 за 3 мм)

G12, G13 – Кружно глодање џепова (CW, CCW)

Наредбе G12 И G13 врше глодање кружних џепова кружном интерполацијом. Подразумевана раван глодања је раван XY (G17). Разлика је једино у смеру обраде (CW или CCW). Када се у програму наводи пречник алата D, не треба давати компензацију пречника са G41 или G42. У колико се у програму не наведе параметар D, машина ће радити са подацима из офсета машине и тада се подразумева да је D=0.

Алат се мора позиционирати у средиште џепа који се обрађује. Када је почетни радијус I заправо и последњи, не треба давати параметре K и Q.



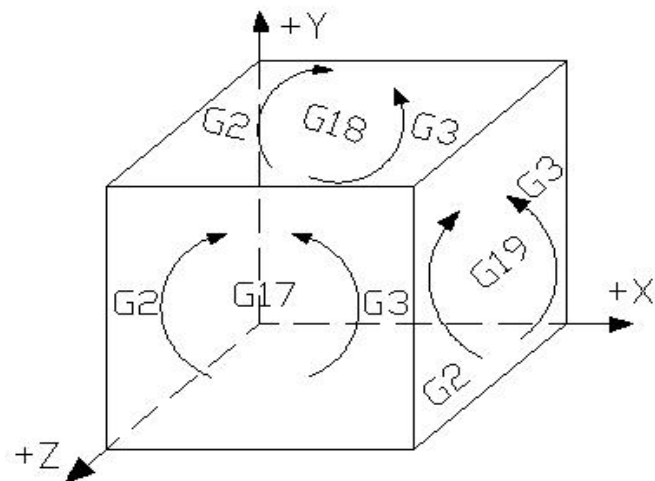
Слика 3.7. Кружно глодање цепа [6]

- D – пречник или радијус алата;
- I – радијус првог круга (или задњег ако нема K);
- K – радијус последњег круга (ако се зада);
- L – петља за понављање циклуса на другим дубинама;
- Q – инкремент радијуса (мора се дати уз K);
- F – корак алата (посмак) (мм/мин);
- Z – дубина глодања или инкремент ако се даје са L (мм).

G17, G18, G19 – Избор равни обраде XY, XZ, YZ

Наредбе G17, G18 и G19 користе се за назначаване радне равни при кружном кретању. Функције G17 (XY), G18 (XZ) и G19 (YZ) су модалне и поништавају се променом избора равни. По укључивању машине активна је раван XY (G17). Компензација радијуса алата G41 и G42 активна је само у XY (G17) равни. Хеликоидно кретање је могуће остварити са G2 и G3 програмирањем линеарне осе која није саставна оса тренутне равни.

Формат записа функција G17, G18 и G19 је: G17 G2 X15. Y20. R12.



Слика 3.8. Могуће равни обраде [6]

G20 – Програмирање у инчном систему мера

Функцијом G20 омогућавамо програмирање у инчном систему мера. Јединица мере се регулише сетингом 9.

G21 – Програмирање у метричком систему мера

Функцијом G21 омогућавамо програмирање у метричком систему мера. Јединица мере се регулише сетингом 9.

G28 – Одлазак у машинску референтну тачку

Наредба G28 се користи за повратак свих оса у машинску референтну тачку. Ако се осе X, Z, Y или W дају посебним блоком, само те осе које су дате враћају се у маш. реф. тачку. Ако осама задамо неку другу позицију од текуће, оне ће достићи задану. У колико кретања задајемо инкременталним координатама Y и W, машинска реф. тачка ће бити достигнута наредбом G28 Y0 W0, у колико та тачка није другачије дефинисана. Другачије ће бити дефинисана ако у регистар функције G29 унесемо позицију наше референтне тачке коју ће наредба G28 читати. Треба знати да наредба G28 игнорише корекцију дужине алата.

G29 – Повратак у референтну тачку

Функцијом G29 померамо осе у референтну тачку коју смо ми одредили. Померање се одвија у текућем координатном систему.

G31 – Функција прескока

Наредба G31 проузрокује линеарно кретање кораком у специфицирану тачку по X, Y, Z и A осима. Ово није модална функција и важи само до извршења. Кретање траје све док се не достигне задана тачка или тачка за прескок. Тачка за прескок је сигнал неког уређаја (сензора) који нас упозорава да смо досегли коначну тачку. Машина нас упозорава звучним сигналом. Може имати употребу код уређаја за мерење комада и алата и сл. Са функцијама M78 и M79 контролишемо алармни сигнал.

- F – корак (мм/мин);
- X – вредност координате тачке по X-оси (мм);
- Y – вредност координате тачке по Y-оси (мм);
- Z – вредност координате тачке по Z-оси (мм);
- A – вредност координате тачке по A-оси (мм);

G37 – Аутоматско мерење дужине алата

Наредбе G35 и G37 нису модалне функције. Линеарним кретањем, с обзиром на задану Z-величину, алат се креће ка уређају за мерење све док се не огласи “скип” сигнал или се не достигне коначна Z мера. Параметар X не сме бити једнак нули, а наредба G43 или G44 мора бити активна, као и задана вредност Z. Нису дозвољене вредности за X, Y или A. Када се кретање алата заврши, задана и остварена вредност Z координате формирају адресу X (корекција дужине алата). Резултат мерења је тај да би следеће кретање по Z-оси функцијом G37 послао алат у тачку која је записана као “скип” сигнал.

- F – корак (мм/мин);
- D – број офсета у којем се налази пречник алата (G35);
- X – број офсета у којем се налази дужина алата (G37);
- Z – захтевана вредност дужине по Z-оси (мм);

Координатни систем G54-G59 и G110-G129 као и вредност X адресе могу се дати у истом или у предходном блоку.

Функција за аутоматско мерење пречника алата употребљава се тако да се алат примиче са две стране ка сонди. Прва тачка достиже се командом G31 користећи M75, а друга командом G35. Растојање између те две тачке јесте пречник

алата који се смешта у одговарајућу адресу D. Вредност адресе D при мерењу не сме бити једнака 0. Сетингом 63 редукујемо ширину уређаја за мерење.

G36 – Аутоматско мерење нулте тачке

Није модална функција. Проузрокује линеарно кретање по осама X, Y и Z или оси A све док се не достигне сигнал прескакања (“скип”) или се не достигну задане позиције. Компензација алата не сме бити активна код извршавања ове наредбе. Са M78 или M79 можемо активирати сигнале за достизање захтеване тачке. Положај уређаја за мерење задаје се сетинзима од 59 до 62. Са G36 координатни почетак се налази у тачки која је додирнута сондом. Функцијом G136 постављамо координатни почетак у центар линије повучене између две мерене тачке уз активирање M75.

- F – корак (мм/мин);
- I – растојање по X-оси (мм);
- J – растојање по Y-оси (мм);
- Z – растојање по Z-оси (мм);
- X – позиција по X-оси (мм);
- Y – позиција по Y-оси (мм);
- Z – позиција по Z-оси (мм);
- A – позиција по A-оси (мм);

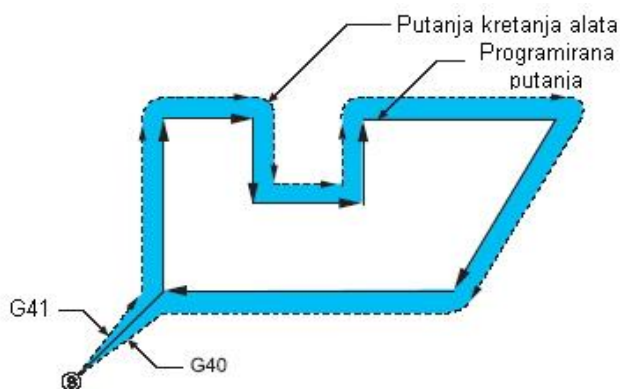
G40 – Поништавање коректуре пречника алата

Функцијом G40 поништавамо актуелну компензацију алата G41 или G42. Такође, програмирањем адресе D0 укидамо компензације. То је модална функција и важи све док је не променимо са G41 или G42.

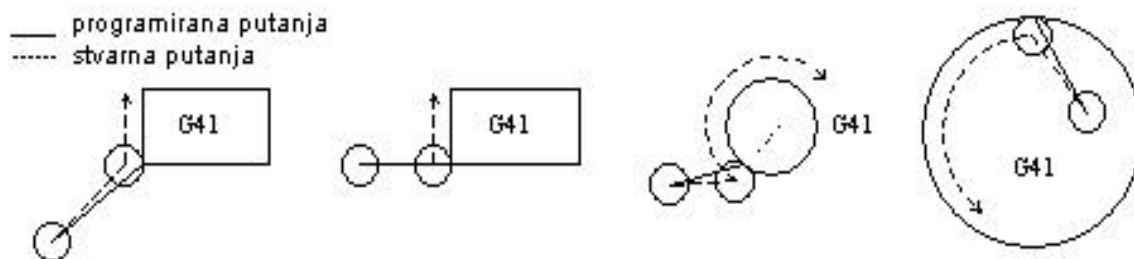
G41 – Корекција пречника алата (2D) – лева

Наредба G41 је модална функција и важи до укидања са G40 или промене са G42. Важи само у једној равни (2D). При коришћењу чита вредност адресе D из офсета меморије машине, а употребом негативне вредности за D понаша се као G42.

Компензација пречника се најлакше користи посматрањем кретања алата. Ако се поставимо у његов положај и крећемо се датом путањом обраде, алат нам се налази са леве стране у односу на материјал. Компензација се може укључити само у оквиру линеарног кретања G0 или G1.



Слика 3.9. Корекција пречника алата – лева [6]



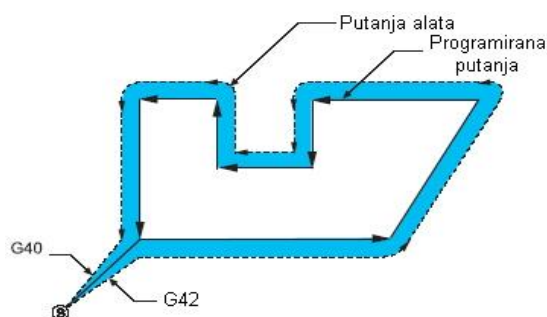
Слика 3.10. Примена корекције алата - G41 [6]

G42 – Корекција пречника алата (2D) – десна

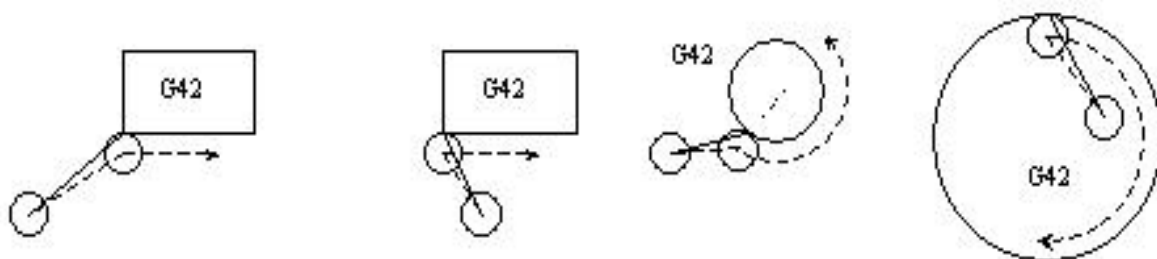
Наредба G42 је модална функција и важи до укидања са G40 или промене са G41. Важи само у једној равни (2D). При коришћењу чита вредност адресе D из офсета меморије машине, а стављањем негативне вредности за D понаша се као G41.

Компензација пречника се најлакше користи посматрањем кретања алата. Ако се поставимо у његов положај и крећемо се датом путањом обраде, алат нам се налази са десне стране у односу на материјал.

Компензација се може укључити само у оквиру линеарног кретања G0 или G1.



Слика 3.11. Корекција пречника алата – десна [6]



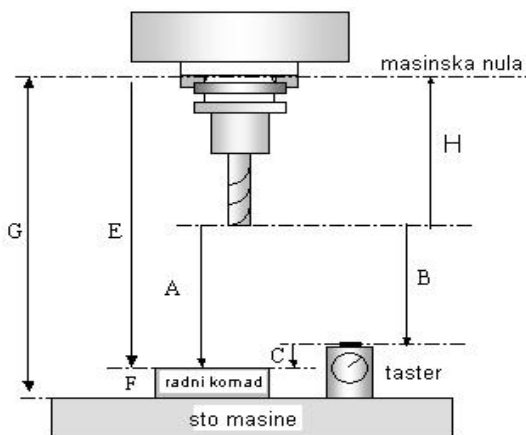
Слика 3.12. Примена корекције алата - G42 [6]

G43 – Компензација дужине алата – позитивна

Наредба G43 је модална функција и важи за један алат до укидања са G49 или промене на G44. При коришћењу чита вредност корекције из адресе X која се налази у офсету меморије машине.

Нулта тачка машине налази се на челу главног вретена. Да би машина знала колика је дужина од њене нулте тачке до краја алата морамо јој правилно унети ту вредност у адресу X. То се чини или ручним мерењем или уређајима са сензорским тастером на самој машини.

Ако се користи тастер на машини “Tool Offset Measure” за урачунавање корекције у односу на површину радног комада, онда не треба у програму радити са G43.



Слика 3.13. Компензација алата [4]

G43 X1 35. – запис функције G43. Алат ће брзим ходом (подразумева се) доћи на стартну позицију 5 мм изнад комада у оквиру нашег координатног система (нулте тачке).

G44 – Компензација дужине алата – негативна

G44 наредба исте намене као G43 само што је компензација дужине алата супротног смера.

G49 – Поништавање компензација дужине алата

Овом функцијом поништавамо наредбе G43 и G44. Такође, давањем адресе X0 поништавају се коректуре дужине.

G50 – Поништавање функције G51

Функција G50 је модална и важи до активирања команде G51. Том наредбом поништавамо функцију G51 за све осе.

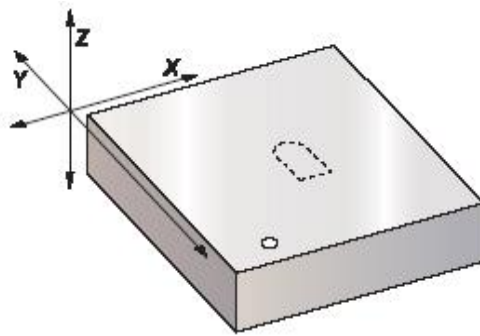
G51 – Скалирање

Функција G51 је модална и важи до поништавања са G50. Приликом скалирања све координате алата X, Y, Z, I, J, K, R биће кориговане за фактор скалирања П и офсетоване у односу на центар скалирања.

Сетинг 71 је сетинг за фактор скалирања, тако да се при раду без наредбе G51 машина руководи њиме. У том случају мора бити сетована вредност 1.

- X – центар скалирања за X-осу;
- Y – центар скалирања за Y-осу;
- Z – центар скалирања за Z-осу;
- P – фактор скалирања за све осе.

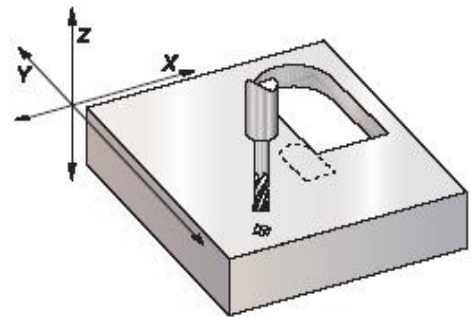
Компензацију пречника и дужине алата не употребљавати код скалирања. Код затворених циклуса, скалирање не утиче на кретања по Z оси у смислу промене сигурносног одстојања изнад радног комада.



```
O00001
F20.          C700          M3
G0            X20.          Y20.
G1            X40.          Y40.
G3            X20.          R10.
G1            Y20.
G0            X0            Y0
M99
```

Слика 3.14. Програм за опис контуре [6]

```
O00010
G55
G0   G90   X0   Y0   Z0
M98
G51
M30
P1
P2.
```



G52 – Постављање локалног координатног система - FANUC

Овом функцијом поставља се радни координатни систем, нулта тачка тамо где је задамо у односу на тренутно активни координатни систем. G52 није модална функција и остаје активна док не притиснемо RESET или окончамо програм. Такође се гаси функцијом M30, давањем G52 X0 Y0 Z0 или са G92 командом.

G52 – Постављање локалног координатног система - HAAS

За HAAS управљање важи исти случај као и за FANUC изузев ако је прекинемо гашењем машине, ресетовањем програма или активирањем наредбе M30.

G53 – Опозив текућег координатног система

Наредба G53 тренутно поништава текући координатни систем (нулту тачку) и прелази на машински координатни систем. Пошто није модална функција, по извршењу датог блока машина се враћа на првобитно дати радни координатни систем

G54-G59 – Нулта тачка од 1 - 6

Ове функције представљају меморисане позиције корисничких координатних система које можемо позивати по потреби. Модалне су функције и активне су све док их не заменимо другом из исте групе. Једноставним уписивањем позиције тачке у офсет меморије машине постају расположиве за коришћење. Коришћење различитих нултих тачака у оквиру једног програма има веома битну улогу код

машина са могућношћу аутоматске измене алата, код више радних делова на палети, а посебно код машина са обртним столовима (А и Б осе).

G60 – Позиционирање увек из истог смера

Наредба G60 служи за давање позиционирања увек из истог смера и то позитивног. То није модална функција и не важи за наредне блокове. Код старијих система управљања коришћена је за регулисање “бацкласх”-а, тј. зазора односно повратних брзих ходова. Не препоручује се за коришћење код HAAS управљања. Сетингом 35 можемо контролисати осна растојања при једносмерном позиционирању

G61 – Тачно заустављање

Користи се за тачно заустављање, модална је функција и важи у наредним блоковима. Брзи и радни ходови успоравају све док се не достигне позиција наредног кретања. У том случају осе ће се кретати спорије, а наставак кретања алата се неће десити.

G64 – Укидање функције G61

Функција G64 поништава наредбу G61 и машина прелази на нормалан рад. Она је модална и важи до поновног активирања G61 наредбе.

G65 – Позивање макро подпрограма

G65 је команда која позива субрутине са способношћу додавања одређених аргумената. Формат приликом позивања је следећи: (Nxxxxx) G65 Pxxxxx (Lxxxxx) (аргумент). Адресе у заградама могу се стављати по потреби. Са Р је обележен број субрутине који се позива као макро програм.

На пример:

- G65 P1000 (позивање субрутине као макро функције)
- M30 (програм стоп)
- O1000 (макро субрутина)
- (програм)
- M99 (повратак из макро субрутине)
- Са Л се даје број понављања макро субрутине.

G68 – Ротација

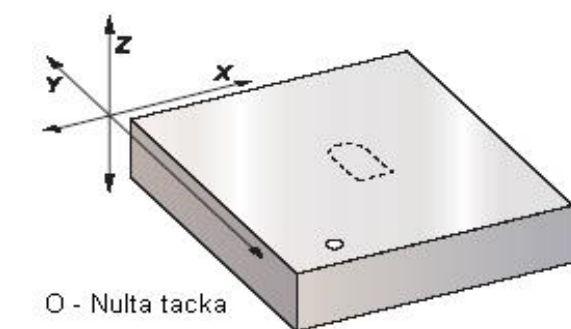
Функција G68 је модална и важи до поништавања са G69. Ако се ротација врши у равни G17, тада су осе A=X и B=Y. Позитивна ротација (позитивни угао) је таква да се изводи супротно смеру казаљке на сату.

У колико се у G68 реченици не наведе угао ротације R, тада се вредност узима из сетинга 72. Подразумевана вредност у сетингу 72 је 0.

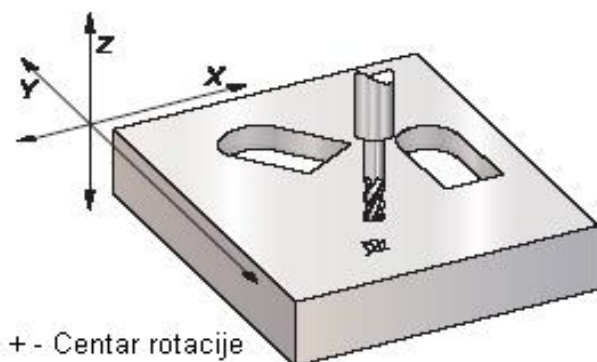
У моду G90 (апсолутно програмирање) угао ротације узима вредност дато са Р. Када се сетинг 73 (G68 инкрементално) сетује на “ОН”, тада се вредност ротације може мењати инкрементално при сваком следећем позиву функције.

- А – центар ротације за прву осу актуелне равни обраде;
- В – центар ротације за другу осу актуелне равни обраде;
- R – угао ротације у степенима (-360 до 360);

- G17, G18, G19 – актуелна раван ротације. Актуелна је текућа ако се не наведе (G17)(G18)(G19) G68 A... B... R... - формат записа функције



```
O00001
F20. S700 M3
G0 X20. Y20.
G1 X40.
Y40.
G3 X20. R10.
G1 Y20.
G0 X0 Y0
M99
```

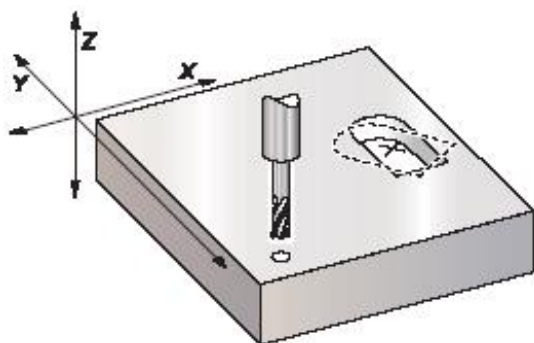


G68 R60.

```
O00010
G55
G0 G90 X0 Y0 Z0
M98 P1
G90 G0 X0 Y0
```

```
M98 P1
G69 G90 G0 X0 Y0 M30
```

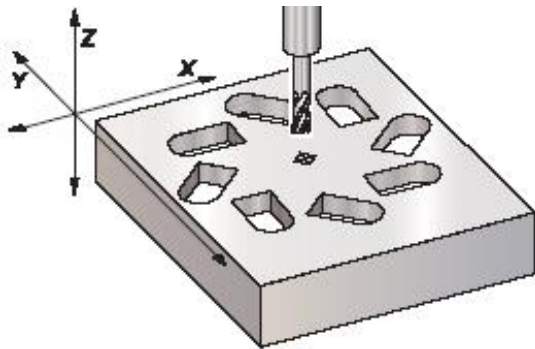
Слика 3.17. Центар ротације у нултој тачки [6]



```
O00010
G55
G0 G90 X0 Y0 Z0
M98 P1
G90 G0 X0 Y0 Z0
G68 X30. Y30. R60.
```

```
M98 P1
G69 G90 G0 X0 Y0
M30
```

Слика 3.18. Центар ротације у центру контуре [6]



```
O00010
G55
G0 G90 X0 Y0 Z0
M98 P1 L8
M30
O00001
G91 G68 R45.
G90 M98 P1
G90 G0 X0 Y0
M99
```

Слика 3.19. Центар ротације у нултој тачки

G69 – Поништавање G68

Наредба G69 врши поништавање функције ротације G68 коришћене у било ком делу програма.

G70 – Обрада отвора по кругу

Функција G70 није модална. Мора бити коришћена у оквиру неког од затворених циклуса G73-G77 или G81-G89. Алат мора бити позициониран у центар круга по коме бушимо рупе и то пре или у оквиру блока G70.

G71 – Обрада отвора по кружном луку

Функција G71 није модална. Мора бити коришћена у оквиру неког од затворених циклуса G73-G77 или G81-G89. Алат мора бити позициониран у центар круга по коме бушимо рупе и то пре или у оквиру блока G71. Једина разлика у односу на G70 је та што нисмо ограничени на пун круг.

G72 – Обрада отвора по правцу

Функција G72 није модална. Мора бити коришћена у оквиру неког од затворених циклуса G73-G77 или G81-G89.

- I – Растојање између рупа (мм);
- J – Угао нагиба правца (CCW) (о);
- L – Број рупа

I, J, K →Адресе. Помоћни параметри за кружну интерполацију, при чему параметар I одговара X-оси, J Y-оси и K Z-оси. Представљају растојања од почетне тачке интерполације до центра кружне линије мерено у правцу одговарајуће осе. Предзнак + је ако је то растојање мерено у + смеру одговарајуће осе, минус је супротан смер.

S→Адреса за дефинисање броја обртаја. Зависно од врсте управљачке јединице и од тога да ли машина поседује преносник са континуалном променом броја обртаја или не, постоји могућност задавања броја обртаја директно у о/мин. На пример за n = 1120 о/мин следи да је S1120.

F → Адреса за дефинисање помоћног кретања, посмака у мм/мин. На пример F100 - представља брзину помоћног кретања од 100 мм/мин.

T → Адреса за дефинисање броја алата. Наредба има словни симбол и два, три или четири цифарска места. Овом наредбом се дефинише број алата као и број припадајућег пара коректурних прекидача. Тако на пример T0202 значи позив алата број 2 и коректурног пара број 2, или T0203 позив алата број 2 и позив коректурних прекидача број 3, а ако је T0200 значи брисање коректуре 2 или 3. Укључивање и искључивање коректуре врши се ван захвата алата. Код неких машина алатки за уписивање коректуре користе се друге адресе, док наредба за позив алата остаје иста - T.

M → Адреса за дефинисање помоћних или додатних функција: укључивање и искључивање главног вретена, измена алата, означавање краја блока и друго.

ОПИС M - ФУНКЦИЈА

M0 – Програм стоп

M0 код се користи за заустављање програма. Такође зауставља обртање вретена, хлађење и интерполацију блокова који се обрађују унапред (G103). Са поновним стартовањем (дугме “Cycle start”), програм се наставља од следећег блока.

M1 – Опциони програм стоп

M1 код се користи за заустављање програма. Потпуно је исти као и M0 осим што је потребно активирати дугме са контролног панела “Опционал стоп”, тако да када машина наиђе на M1 – стаје. Са поновним стартовањем (дугме “Cycle start”), програм се наставља од следећег блока.

M2 – Крај програма

M2 код се користи за заустављање програма. Исто као и M0, само што недозвољава наставак програма. Програм се мора ресетовати, иначе се неће вратити на почетак. У том случају ради као код M30.

M3 – Вретено напред – CW

M3 служи за давање смера обртања главног вретена. Смер обртања је у смеру казаљке на сату.

M4 – Вретено напред – CCW

M4 служи за давање смера обртања главног вретена. Смер обртања је супротан смеру казаљке на сату.

M5 – Вретено стоп

M5 служи за заустављање главног вретена. Блок се одлаже док је бр. обртаја испод 10 о/мин.

M6 – Измена алата

Помоћном функцијом M6 започињемо измену алата. Уколико се главно вретено обрће, биће заустављено. Z-оса аутоматски ће се померити ка машинској нултој тачки, а алат ће се заменити оним који смо задали командом Txx. Алат Txx мора бити задат у истом или предходном блоку у односу на M6. Измена захтева поновно задавање броја обртаја вретена Sxxxx.

M8 – Расхладно средство укључено

Помоћном функцијом M8 стартујемо расхладно средство. Обично се даје непосредно пре почетка радног хода.

M9 – Расхладно средство искључено

Помоћном функцијом M9 гасимо расхладно средство. Обично се даје непосредно после последњег радног хода.

M10 – Активирање кочнице за четврту осу

Код M10 користи се за активирање кочнице за четврту осу. Кочница се нормално активира, тако да M10 користимо само када је M11 коришћено за деблокирање кочнице. M11 активира релеј који деблокира кочење. M10 деактивира тај релеј, укључујући кочницу.

M11 – Деблокирање кочнице за четврту осу

Видети M10.

M12 – Активирање кочнице за пету осу

Код M12 користи се за активирање кочнице за пету осу. Кочница се нормално активира, тако да M10 користимо само када је M13 коришћено за деблокирање кочнице. M13 активира релеј који деблокира кочење. M12 деактивира тај релеј, укључујући кочницу.

M13 – Деблокирање кочнице за пету осу

Видети M12.

M16 – Измена алата (исто као и M6)

Помоћном функцијом M16 започињемо измену алата. У HAAS управљању ова функција ради потпуно исто као и M6

M17 – Отпуштање изменљве палете и отварање врата за палете

Само за машине са овом опцијом.

M18 – Стезање изменљве палете и затварање врата за палете

Само за машине са овом опцијом.

M19 – Оријентација вретена (опцијски)

Функција M19 се користи за оријентацију главног вретена у фиксну позицију. Вредност P може бити дата опционо када желимо да вретено буде оријентисано на посебан (цео) угао у степенима. На пример M19 P180. Параметром P можемо давати децималне вредности углова (до 4 децимале). Остварен ће бити онај угао који дозвољава серво систем (мерни систем) својом резолуцијом. На пример M19 R132.6534.

M21-M28 – Опционе корисничке M функције

Кодови од M21 до M28 су опцијски за кориснички интерфејс. Они активирају један од релеја (види параметар 352), чекају на сигнал, реализују релеј и чекају на сигнал за прекид. Дугме RESET обуставља било какву операцију са овим M функцијама.

M30 – Крај програма са повратком на почетак

Користи се за заустављање програма. Такође зауставља вретено и гаси хлађење. Курсор се враћа на почетак програма који је спреман за поновно стартовање. М30 поништава и коректуру дужине алата.

М31 – Избацивач струготине напред

Стартовање мотора избацивача струготине у смеру за избацивање. Конвејер неће стартовати ако су врата машине отворена. То се може регулисати сетовањем бита 17 параметра 209.

М33 – Избацивач струготине стоп

Зауставља кретање конвејера струготине.

М34 – Позиција расхладне цевке на доле, пораст

Функција М34 помера расхладну цев за један положај више (инкремент), рачунајући од стартне позиције. Стартна позиција је проглашена за нулу. Ако је текућа стартна позиција сетована на број 5 и М34 стартовано, онда ће се цевка померити на позицију 6.

М35 – Позиција расхладне цевке на горе, смањење

Функција М35 помера расхладну цев за један положај мање (декремент), рачунајући од стартне позиције. Стартна позиција је проглашена за нулу. Ако је текућа стартна позиција сетована на број 5 и М34 стартовано, онда ће се цевка померити на позицију 4.

М36 – Палета делова спремна

Користи се само за хоризонтално глодање. Овај М-код захтева тастер “ПАРТ РЕАДУ” на командној табли.

М39 – Обртање магацина алата

Функција М39 користи се за ротирање магацина алата без извршавања измене алата. жељено место у магацину Тн мора бити програмирано пре кода М39.

М41 – Степен преноса – нижи

Користи се за одабир нижег степена преноса. Вретено стаје када се мења област брзина. Функционише само у случају када је машина са зупчастим преносом.

М42 – Степен преноса – виши

Користи се за одабир вишег степена преноса. Вретено стаје када се мења област брзина. Функционише само у случају када је машина са зупчастим преносом.

М50 – Измена палета

То је сигнал за позивање програма и извршење секвенце измене палета.

М51-М58 – Опцијске корисничке М функције - активне

Од М51 до М58 су кориснички кодови за опцијски интерфејс. Њиховим активирањем активирају се неки од релеја (видети параметар 352) и остају активни. Кодови постају неактивни задавањем М61-М68 или притиском на ресет.

М59 – Давање излазног релеја

Овај код директно укључује дискретни излазни релеј. Запис функције M59 је M59 Пнн, где “нн” представља број активираних релеја. Излазни релеји могу бити од 1100 до 1155. На пример, M59 P1103 даје сигнал #1103 = 1. За гашење релеја користити M69.

M61-M68 – Опцијске корисничке M функције - неактивне

Од M61 до M68 су кориснички кодови за опцијски интерфејс. Њиховим активирањем гасе се неки од релеја (видети параметар 352).

M69 – Затварање излазног релеја

Овај код директно искључује дискретни излазни релеј. Запис функције M69 је M69 Пнн, где “нн” представља број деактивираних релеја. Излазни релеји могу бити од 1100 до 1155. На пример, M59 P1103 даје сигнал #1103 = 0. За гашење релеја користити M59.

M75 – Давање референтне тачке за G35 или G136 функцију

M75 се користи за сетовање референтне тачке за функције G35 и G136. Мора се користити после кретања које је прекинуто функцијом прескока.

M76 – Гашење дисплеја

Користи се за гашење обнављања приказа на екрану.

M77 – Активирање дисплеја

Користи се за активирање обнављања приказа на екрану. Функционише само у случају када је активан код M76.

M78 – Активирање аларма ако је нађен сигнал прескакања

Код M78 има улогу при употреби функције прескакања (G31, G36 и G37). Користи се да генерише аларм у колико програмирана функција прескакања да сигнал прескакања, обично када је сигнал неочекиван и може навестити удар алата при мерењу. Може се дати како у самом блоку са функцијом прескакања, тако и у било ком наредном блоку.

M79 – Активирање аларма ако није нађен сигнал прескакања

Код M79 има улогу при употреби функције прескакања (G31, G36 и G37). Генерише аларм када програмирана функција прескакања није дала очекивани сигнал. Користи се када систем за мерење није дао сигнал при позиционирању због грешке. Може се дати како у самом блоку са функцијом прескакања, тако и у било ком наредном блоку.

M80/M81 – Аутоматска врата отворена / затворена

Ови кодови контролишу аутоматска врата, тј. њихово отварање и затварање. M80 је отварање, а M81 затварање аутоматских врата. Setting 51 Door Hold Override) мора бити сетован на ON, параметар 57 бит 31 (Door Stop DS) на 0 и setting 131 (Auto Door) на ON.

M82 – Алат отпуштен

Функција 82 користи се за реализовање отпуштања алата из вретена. Овај код није неопходан за реализацију отпуштања алата јер код магацина, машина то ради

аутоматски, за машине без магацина радник може користити тастер TOOL RELEASE који се налази на машини. Не препоручује се за коришћење.

M83/M84 – Аутоматски ваздушни пиштољ укључен / искључен

M83 активира ваздушни пиштољ. Уз код M83 морамо дати параметар P који представља време у милисекундама. На пример: M83 Пннн говори нам да ћемо имати активира ваздушни пиштољ ннн милисекунди који се деактивира после истека тог времена.

M86 – Стезање алата

Функција 86 користи се за реализовање стежања алата у вретено. Овај код није неопходан за реализацију стежања алата јер код магацина, машина то ради аутоматски, за машине без магацина радник може користити тастер TOOL RELEASE који се налази на машини. Не препоручује се за коришћење.

M88 – Укључивање хлађења кроз вретено

Служи за стартовање опције хлађења кроз вретено. Када је позвана, функција M88 доводи до заустављања вретена, активирања пумпе и поновног стартовања вретена.

M89 – Искључивање хлађења кроз вретено

Служи за поништавање опције хлађења кроз вретено. Када је позвана, функција M89 доводи до заустављања вретена, искључивања пумпе и поновног стартовања вретена.

M97 – Позивање локалног подпрограма

M97 се користи за позивање локалне субрутине која је смештена под редним бројем Н у истом програму из које се и позива. Са Пнннн прелази се на линију Ннннн главног програма која је почетак субрутине. Користи се за једноставне субрутине које не захтевају компликоване посебне програме. Са L можемо задати број поновних позивања субрутине. Кодом M99 морамо назначити повратак из подпрограма.

M98 – Позивање подпрограма

Овај код се користи за позивање подпрограма. Параметром Пнннн назначавмо број програма који се позива и мора бити у истом блоку са M97. Подпрограма под бројем Онннн, мора такође бити већ унешен у меморију машине и мора се завршавати кодом M99 ради повратка у главни програм по његовом извршењу.

Параметар L може бити стављен у линију

- M98 како би назначили број понављања петље пре него што се пређе у следећи блок.
- O0001 (број главног програма)
- M98 P100 L4 (позивање подпрограма, број подпрограма, петља 4 пута)
- M30 (крај програма)
- O0100 (број подпрограма)
-
- M99 (повратак у главни програм)

M99 – Повратак из подпрограма или петље

Овом помоћном функцијом се враћамо у главни програм из подпрограма или макроа. Ако са M99 дамо параметар Пnnnn, нећемо имати повратак у главни програм на први следећи блок већ на линију Nnnnn специфицирану у параметру P

L → Адреса за дефинисање "скока", на пример, корака при пробијању, померање пробојца за исту величину корака у правцу кретања једне управљане осе.

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 променљивим бројем знакова. Свака реченица састоји се 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 речи. Програмска реч представља комбинацију слова, знакова и цифара.

На пример, реченица може бити написана у слободном формату, са варијабилном дужином речи и има облик: N5 G01 X85 Y42,5 F80.

Главне функције

Главне функције или функције услова кретања означавају се словним симболом G и двоцифреним бројем. Функције су дефинисане одговарајућим упутством за руковање одређеном машином. Како постоји разлика између појединих управљачких јединица, тако постоји и разлика у значењу главних функција. Главне функције по намени могу бити:

- Функције за дефинисање система програмирања (апсолутни - инкрементални),
- Функције за успостављање начина кретања, брзи корак, интерполација, резање навоја и друго,
- Функције за дефинисање корекције алата, корекције полупречника алата, корекције дужине алата,
- Функције за дефинисање стандардних циклуса при обради бушењем или обради стругањем и друго. Дефинишу су адресом, словним симболом G и двоцифреним бројем.

Помоћне функције

Ове функције искључиво служе за давање инструкција машини алатки. Број помоћних функција је различит, што зависи од управљачке јединице, од намене машине алатке, од обима помоћних инструкција, додатних уређаја и слично.

Дефинисане су, као и главне функције, адресом, словним симболом M и двоцифреним бројем. Деле се на:

- Функције заустављања,
- Функције укључивања и искључивања,
- Функције за измену и корекцију алата,
- Остале помоћне функције као и
- Функције за крај управљачког програма.

Закључак

Изучавања и детаљног приказа коришћења нумерички управљаних машина, њиховог програмирања и рада може се закључити да су управо ове машине темељ сваке квалитетне и прецизне производње, па тако и индустрије прераде и свих врста обрада. Да је то тако показује пример да свако савремено друштво у програмирању нумерички управљаних машина види једну од главних основа садашњег и будућег технолошког и економског развоја, због чега је велики интерес сваке земље да модернизује постојеће технологије и да отвори развојне процесе за примену нових и високих технологија, управо применом програмирања нумерички управљаних машина.

Значај програмирања нумерички управљаних машина и технологије најбоље се може схватити из дуго година познатог мишљења да су квалитет, прецизност, тачност, штедња енергија и сировине кључни фактори у развоју једне производње, која користи нумерички управљане машине и њима поуздано управља. Такође је доказано је да напредак и развој овакве врсте технологија значајан у свим гранама које се могу ослонити на ову врсту машина. Самим тим поред наведених многих фактора, данас најзначајнији фактор је и стално усавршавање знања и технологија које су уско везане са програмирањем нумерички управљаних машина.

Може се, такође, закључити да је рад са нумерички управљаним машинама комплексан посао који захтева одређено знање и праксу. Познавање кодова програмског језика је обавезно иако софтверски алати покушавају да поједноставе све ставке везане за њих. Да би се креирао добар дизајн и да би се добио производ онакав какав је и замишљен да буде, потребно је знати и разумети основе нацртне геометрије.

На самом крају треба напоменути да се поред традиционалних технологија, које се користе у обради делова, све више примењују и савремене технологије којим ће у будућности бити обрађивани елементи и делови у тродимензионалној форми.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Богдан Недић, *Програмирање CNC стругова-управљачка јединица FANUC*-скрипта, Машински факултет, Крагујевац, 2006.
2. Богдан Недић, Миодраг Лазић, *Производне технологије*, Обрада метала резањем, Машински факултет, Крагујевац, 2007.
3. Горан Девеџић, *CAD/CAM технологије*, Машински факултет, Крагујевац, 2009.
4. Вукашин Братић, Александар Јовановић, *Инжењерски приручник за ручно програмирање NC и CNC машина алатки*, Техничка школа, Смедерево, 2008.
5. Здравко Блажевић, *Програмирање CNC токарилице и глодалице*, скрипта, Вировитица, 2004.
6. HAAS AUTOMATION INC: „Mill Operation“, 2006.
7. <http://struganje.rs/2017/09/15/haas-st10y/>, Септембар 2017
8. <http://www.risstroj.hr/Produkti/CNC-strojevi/CNCstoj-OptiF100TC-CNC.htm>, Септембар 2017
9. <http://www.feropan.co.rs/>, Септембар 2017
10. <http://www.trgostal-lubenjak.hr/strojevi.php?s=alati&grupa=30>, Септембар 2017
11. <http://s3.cnccookbook.com/CCNCMachine.htm>, Септембар 2017

Корисне интернет адресе:

<http://www.scribd.com/doc/54540951/CNC-Masine>, Септембар 2017

www.tehnickasd.edu.rs/, Септембар 2017