

**Факултет инжењерских наука
Универзитета у Крагујевцу**



Назив студијског програма: Машинско инжењерство

Ниво студија: Основне академске студије

Модул: Производно машинско

Предмет: Машине алатке

Број индекса: 178/2007

Олег В. Јуришевић

Технолошка припрема, програмирање CNC- машина

Завршни рад

Комисија за преглед и одбрану:

1. **Др Богдан Недић- ментор**
2. _____
3. _____

Датум одбране: _____

Оцена: _____

Задатак завршног рада:

У оквиру завршног рада потребно је да се кандидат упозна са основним карактеристикама CNC машина, основама програмирања CNC машина у обради стругањем и да систематизује и прикаже податке везане за технолошку припрему за програмирање. Посебан део рада треба да садржи већи број примера програма за израду делова на CNC сртуговима са свом пратећом технолошком документацијом. На крају рада дати пример симулације обраде једног дела.

Препоручена литература:

1. Здравко Блажевић, “Ручно програмирање машина алатки“, скрипта, Вировитица, септембар 2004.
2. Зоран М. Милојевић, “Приручник из CNC програмирања - стругање“, Завод за издавање уџбеника, 2002, Београд
3. Ковачевић Р., “Нумерички управљане машине алатке и њихово програмирање“, Машински Факултет Београд, 1987.

Крагујевац

Ментор

Др Богдан Недић

Изјављујем да сам овај завршни рад урадио самостално, служећи се стеченим знањем и искуством као и наведеном литературом.

**Број индекса Име и презиме
178/2007 Олег Јуришевић**

Sadržaj:

1.Увод	2
1.1 Кратак садржај рада:	8
2.Карактеристе CNC машина	9
2.1 Основне информације	9
2.2 Предности CNC – машина	10
2.3 Основни појмови нумеричког управљања машинама алаткама.	11
3.Програмирање – Принципи и начела	14
4.Функције појединих адреса	16
4.1 G-Функције	16
4.2 Списак G- функција	12
4.3 M-функције	18
4.4 Списак M-функција	20
4.5 Радни координатни систем	21
4.6 Тастатура управљачке јединице и укључивање машине	22
5. Технолошка припрема за програмирање CNC- машина	25
5.1 Одређивање наменклатуре делова који се препоручују за обраду на NC машинама алаткама.	26
5.2 Технолошко прилагођавање радионичког цртежа	27
5.3 Начин приказивања радионичког цртежа	27
5.4 Избор припремка	29
5.5 Пројектовање технолошког процеса	29
5.6 Формирање плана обраде	30
5.7 Формирање плана стезања	31
5.8 Формирање плана алата	31
5.9 Прорачун режима резања	32
6. Примери са технолошким докуметацијама.	34
6.1 Пример 1	34
6.2 Пример 2	42
6.3 Пример 3	50
6.4 Пример 4	59
7. Пример аутоматског програмирања НУ- машина, са технолошком документацијом (симулација обраде).	67
8. Закључак	77

Резиме

У овом раду ће бити разматрани неки од основних аспеката технолошке припреме као и програмирања CNC- машина. CNC (Computer Numerical Controlled) технологија се сваке године развија и при томе се јављају нова унапређења. Ово важи како за софтверски тако и за хардверски део. Ова технологија је некад била доступна великим компанијама, али данас је доступна скоро свима, јер се хиљаде машина заснива на CNC технологији. CNC у преводу значи компјутерско нумеричко управљање машинама, тј програмирање машина као сто су глодалице, стругиви, обрадни центри помоћу рачунара.

Кључне речи: CNC, технологија, прграмирање.

Abstract

This work will be considered for some of the basic technical aspects of preparation and programming of CNC machines. CNC (Computer Numerical Controlled) technology is evolving every year and when it occurs the new enhancements. This applies to both the software and the hardware part. This technology was once available to large companies, but today it is available to almost everyone, as thousands of machines based on CNC technology. CNC translates as computer numerical control machines, or programming machines such as milling machines, turning machines, machining centers using computers.

Keywords: CNC, technology, programming.

1. УВОД

Савремено тржиште и његова глобализација поставља захтеве за све сложенијим производима и великим бројем различитих варијанти пројектних решења, а све то како би се задовољили специфични захтеви крајњег купца. Конкуренција на глобалном светском тржишту посебно је изражена у машиноградњи, аероиндустрији, аутоиндустрији, електронској и осталим индустријама при чему се као један од приоритета поставља захтев за сталним повећањем квалитета производа, уз необилазан притисак смањењем цене, као и скраћењем времена потребног за излазак производа на тржиште, што је немогуће остварити без флексибилних производних система (FPS).

Са техничко-технолошког аспекта, опстанак на тржишту условљен је сталним увођењем нових технологија као што су програмабилна и флексибилна аутоматизација, рачунарски интегрисана производња (CIM-Computer Integrated Manufacturing) и нови концепти као што су холонички производни системи (HSM- Holonic Manufacturing systems), агилни производни системи (AMS-Agile Manufacturing systems), интелигентни производни системи (IMS-Intelligent Manufacturing Systems) и сл. У области пројектовања и израде нових производа и технологија примена рачунара кроз увођење система као што су рачунарски подржано пројектовање (CAD- Computer Aided Design), рачунарски подржана производња (CAM – Computer Aided Manufacturing) и других сличних система и њихова интеграција кроз CIM, је императив у одржавању конкурентног положаја на тржишту.

Од своје појаве раних 60-их прошлог века до данас CAD/CAM технологије си имале и имају неизмерен утицај на развој производа. Око 75% производних компанија у САД и преко 80% компанија у Немачкој, која се сматра једном од водећих економских сила у једињене Европе, користе имплементиране CAD/CAM технологије. Као резултат овог утицаја, CAD/CAM технологије се сматрају највећим инжењерским достигнућем у 20. Веку, а сигурно је да ће се њихов развој наставити у будућности.

Примена рачунара данас је присутна код пројектовања производа, инжењерских прорачуна анализа, пројектовања технолошког процеса (CAAP- Computer Aided Process Planning), управљања информацијама (EDM- Engineering Data Management, PDM- Product Data Management). Уопште, комплетна производња је интегрисана и подржана рачунаром. Наиме, у развијеним земљама је незамисливо вратити се на начин производње од пре само неколико година.

Развој нових средстава, како софтверских и хардверских, тако и робота, као и њихово усавршавање, има за циљ да се смањи директно ангажовања човека у процесима рада.

Њиховом применом у процесу произвође ослобађа се људска снага као извор енергије и човек као извршилац одређеног рада, а улогу извора енергије и непосредног извршиоца рада преузима машина.

Развијајући помоћна средства, човек развија и њихове системе управљања. Системи управљања треба да га замене у управљању механизмима и машинама. Машине и процеси израде се тако аутоматизују, чиме се мења улога човека у процесу производње. Човек од извршиоца постаје организатор и контролор радног процеса. Све ово омогућују одређени системи управљања машинама. Тиме се остварују процеси и израде делова са унапред задатим операцијама, без учешћа човека. Човек неуправља свим покретима, свим радњама, него као организатор рада задаје машини одређени програм рада који она самостално обавља. Мере које омогућују да се неки процес са одређеним операцијама реализује самостално, без учешћа човека, а који се може понављати и више пута, одређују степен аутоматизованости машина.

Однос броја аутоматизованих функција машине и укупног броја функција машине одређује степен аутоматизованости машине. Према томе се врши груба подела аутоматизованости машине на следећи начин:

- основни или први ниво аутоматизованости машине је извршавање задатих информација (механички аутомати, машине са контактним убадањем као и машине са копирним системом управљања);

- средњи или други ниво је преношење и извршавање задатих информација (нумерички управљане машине које поред извршавања и преносе одређене информације);

- виши или трећи ниво је стварање, преношење и извршавање информација (нумерички управљане машине које имају потпуно или делимично управљање у спрези са рачунаром).

Управљање алатном машином која је потпуно или делимично у спрези са рачунаром помоћу унапред припремљеног програма познато је као рачунарско нумеричко управљање (CNC – Computer Numerical Control). Класичне, стандардне или конвенционалне машине алатке, које су допуњене специјалним моторима, сензорима и управљачким јединицама представљају нумерички управљане машине алатке (NUMA).

Иако је постигнут веома висок ниво примене информатичких технологија у производним процесима када су у питању пројектовање производа и инжењерски прорачуни и анализе, у области пројектовања CNC технологија, квалитет NC програма још увек зависи у великој мери од знања и искуства инжењера. Путања алата се при обради просторно сложених површина аутоматски генерише применом CAD/CAM система. Међутим, за правилан избор врста обраде, редоследа операција, алата и режима обраде још увек је одговоран инжењер, у односу на оно што му нуде савремени

програми.Сама структура NC програма захтева да се технолошки параметри дефинишу по одређеном редоследу, а да се показатељи технолошког процеса (укупно време обраде, степен искоришћења обрадних центара, искоришћење задате постојаности алата, количина алата, итд.) сагледају тек на крају израде програма.

1.1 Кратак садржај рада:

1. Увод у CNC технологију и основне информације о нумерички управљаним машинама алаткама.
2. Карактеристике CNC машина, њихови предности и недостаци, као и разлике између истих.
3. У овом поглављу су представљене принципи и начела програмирања нумерички управљаних машина алатки.
4. Преглед функција појединих адреса, главне и помоћне функције. Такође су приказани основни појмови као што су радни координатни систем машине, карактеристичне тачке, физички изглед и тастатура управљачке јединице.
5. Припрема технолошке документације потребне за програмирање CNC- машина. Избор припремка, планирање технолошког процеса и формирање плана обраде.
6. Четири примера из ручног програмирања CNC стругова са технолошким документацијама.
7. Пример аутоматског програмирања НУ- машина, са технолошком документацијом (симулација обраде). Као software за моделирање радног комада и симулације истог је коришћен Catia v5. Приказан је процес обраде по корацима и G- код генерисан software-ом.

2. КАРАКТЕРИСТИКЕ CNC МАШИНА

2.1 Основне информације

У класичним обрадним системима човек непосредно управља кретањима радних органа машине алатке, а самим тим директно утиче на резултат обраде, пре свега тачност радног предмета. Када се за производњу машинских делова користе **CNC** машине (**Computer Numerical Control**), компјутер управља кретањем радних органа машине. Управља се правцем, смером, величином и брзином померања.



Слика 1: Управљачка јединица-машина. [5]

Програм за израду радног предмета је уčitан у компјутер машине (управљачку јединицу) и одатле се извршава. На слици 1 приказана је структура CNC машине – струг CNC технологија је била једна од главних покретача развоја производње у последњих 100 година (повећање квалитета и смањење производних трошкова). Када, како и зашто је произведена прва машина управљања компјутером? За време другог светског рата било је потребно произвести повећану количину одређених производа уз задовољавајући квалитет помоћу приучене радне снаге. Повећањем количине квалитет се смањивао због утицаја људског фактора који је на то утицао. Америчко ратно ваздухопловство тражило је начин да реши овај проблем.

Постављени су следећи циљеви:

- Повећање обима производње веома компликованих делова у авио индустрији;

-
- Побољшање квалитета и тачности произведених делова;
 - Стабилизовање цена производње.

Као резултат ратних напора, 1951. године, ангажована је лабораторија Massachusetts Institute of Technology (MIT) да развије машину алатку која ће испунити задате захтеве. У исто време MIT је такође радио на развоју компјутера под именом Whirlwind. Последица је била да је MIT дириговао укупан даљи развој CNC.

У току 1952. год. конструисана је прва нумерички управљана машина.

2.2 Предности недостаци CNC – машина.

Основне предности:

- Могућност обраде најсложенијих машинских делова,
- Висока продуктивност,
- Велика брзина рада због повећаних режима рада,
- Робуснија конструкција машине,
- Боље вођење (нпр. Куглично навојно вретено) што резултује већу прецизност,
- Обилно подмазивање и хлађење алата (до 100 l/min и више) чиме се продужује радни век алата,
- Коришћење најквалитетнијих алата са разним оштрицама од тврдых метала и керамике.

Недостаци примене су:

- Обавезно планирање рада до детаља, као код сваке аутоматизоване производње,
- Велики инвестициони трошкови повећавају трошкове машинског сата,
- Поузданост нумерички управљане у односу на конвенционалну машину алатку може бити нижа,
- Већи ефекти се остварују у аутоматизацији великосеријске производње и тако даље.

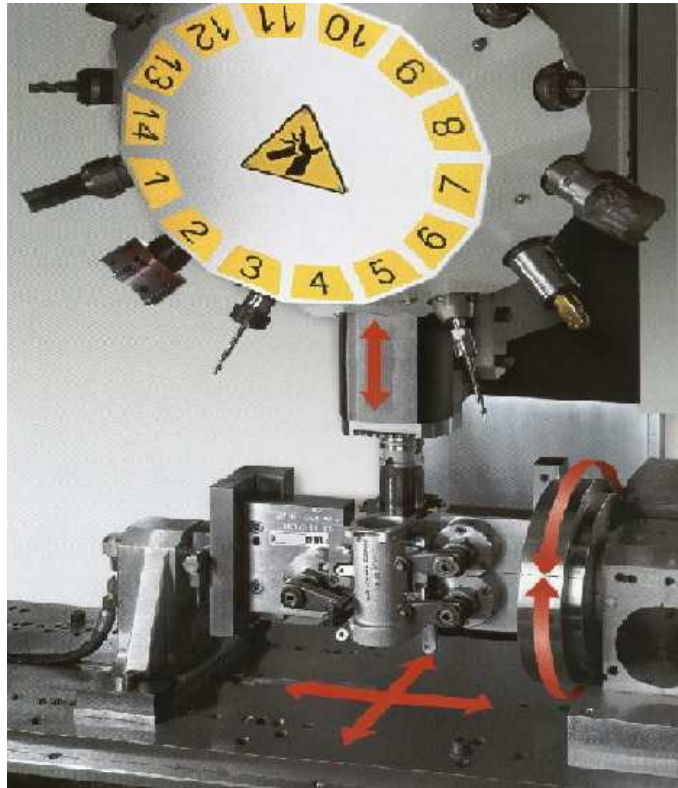
Упоредна анализа коришћења машина показује да једна нумерички управљана машина замењује 3 до 8 конвенционалних машина алатки, што омогућује смањење опреме, производног простора, радне снаге и друго. Продуктивност се повећава до 50%, тачност израде делова повећава се 2 до 3 пута, а број и цена накнадних операција смањује се 4 до 8 пута. Временски степен искоришћења нумерички управљане машине треба да је велики, јер се нумерички управљана машина алатка већ после 5 година сматра застарелом. На скраћивање века трајања машине утиче и стална појава новијих, савременијих типова машина алатки.

Најновије машине су тзв. *Обрадни центри* који обрађују радне предмете веома сложене геометрије са високим степеном тачности. Ове машине омогућавају комплетну обрадеу

радног предмета уз аутоматску измену алата (магазин са механичком руком за измену алата). Радни предмет има могућност заокретања и померања у више смерова.

Повезивање више CNC машина сачињавају тзв. *Флексибилни обрадни центар* – садржи неколико обрадних центара повезаних системом транспорта.

Најновије достигнуће је повезивање низа флексибилних обрадних центара које обслужују роботи. Такво повезивање би се могло назвати машинским парком без људи, који постиже највећи степен аутоматизације а самим тим и највећу продуктивност.



Слика 1.1: Обрадни центар “Stama MC 014” са револвер главом. [1]

2.3 Основни појмови нумеричког управљања машинама алаткама.

Излазне карактеристике код стандардних, конвенционалних машина алатки уско су везане за способност послужоца машине који их ручно управља. Ручно управљање није врста обраде, већ скуп акција током времена с намером да се остваре циљеви процеса обраде. Према томе и нумеричко управљање не представља врсту обраде, већ специјални цонцепт управљања машином. Машина алатка као обрадни систем остварује ток процеса обраде

према унапред припремљеном програму. Програм представља скуп радних инструкција (геометријских и технолошких), формира се најчешће ван машине алатке, а саопштава се управљачкој јединици на погодан начин. Радне информације представљене су бројним вредностима и то су инструкције у облику бројева са фиксном логиком. У почетку развоја ових машина управљачка јединица је била базирана на хардверу, тј. Њене функције управљања биле су уграђене у хардвер управљачке јединице. Програми су комплетни учитавани у управљачку јединицу и извршавани из њене меморије. Флексибилност је била ограничена и није постојала могућност промене програма у току саме реализације.

Скраћеница за такве машине алатке је НУ (нумеричко управљање) или NC- (Numerical Control). CNC (Computer Numerical Control) системи су уведени почетком седамдесетих година и користе мини и микро рачунаре за управљање машинама, елиминишући хардверска кола у управљачком ормару и базирају се на уграђеном софтверу. Преласком од чврсто ожичених NC-система ка системима базираним на софтверу (CNC) повећава се флексибилност саме машине. Подела обрадних система може се извршити на више начина, једна од подела прихвата се и као груписање машина алатки. Конвенционалне (стандардне, класичне, универзалне) машине алатке имају примену у појединачној и малосеријској производњи. Прилагођавају се различитим захтевима. Користе стандардне резне алате и приборе. Излазна карактеристика производа зависи од способности послуживоца. Аутомати могу бити са једним или више вретена. Примена им је у серијској и великосеријској производњи за обраду дискастих и шипкастих комада. Операције се изводе по циклусу којије унапред строго утврђен. Довод и одвод материјала је аутоматизован. Маachine алатке са аутоматским транспортом имају примену у серијској и великосеријској производњи. То су конвенционалне машине, прилагођене одређеним операцијама и аутоматском транспорту обратка, од машине до машине алатке. Попуњавају простор између конвенционалних до специјалних машина алатки.

Специјалне машине налазе своју примену у великосеријској и масовној производњи за одређене операције.

Трансфер линије су обрадни системи са највишим степеном аутоматизованости. Примена им је у масовној производњи. Пројектују се и као специјалне машине, при чему свака за себе представља једну станицу. Све су повезане аутоматским транспортом, припремак на улазу, израдак на излазу.

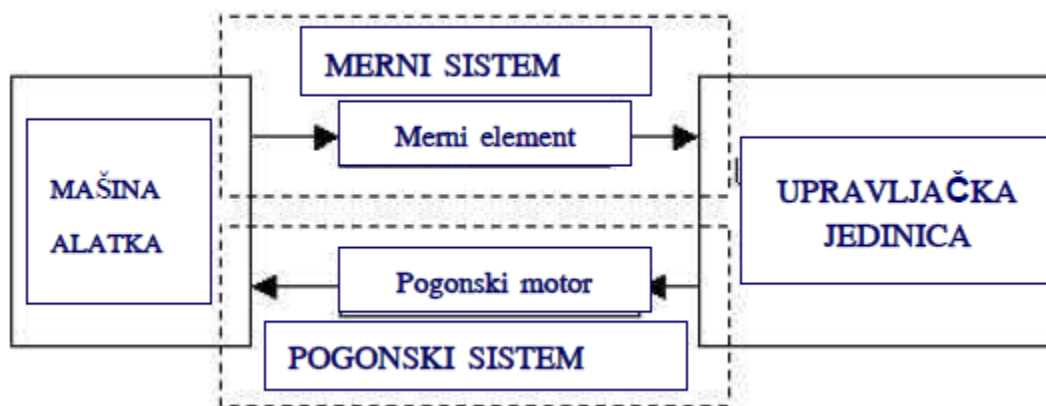
Нумерички управљане машине алатке –**НУМА** имају примену у појединачној,

малосеријској и серијској производњи. У овим серијама омогућују рационалну и аутоматизовану производњу. Подносе честе промене управљачког програма обраде. Обрадни центри су нумерички управљане машине алатке са аутоматском изменом алата за комплетну обраду сложенијих израдака у малосеријској и серијској производњи. Флексибилни технолошки системи су две или више нумерички управљане машине алатке, односно два или више обрадна центра са аутоматским транспортом обратка, а управљање је брже преко рачунара. Из већ реченог долази се до закључка: аутоматизовање обликовања материјала у великосеријској и масовној производњи остварује се специјалним машинама и трансфер линијама. За малосеријску и серијску производњу у примени су нумерички управљане машине алатке, обрадни центри и флексибилни технолошки системи.

3. ПРОГРАМИРАЊЕ - ПРИНЦИПИ И НАЧЕЛА.

Структура НУ - Система

Нумеричко програмско управљање машинама је управљања по програму алфа-нумерчком коду, који садржи низ команди записаних у одређеном језику ради обезбеђења предвиђене функције радних органа машине.



Слика 2: Структура НУ- Система [4]

У зависности од броја координатних оса, NU- системи могу бити 2, 2.5, 3, 3.5, 4, 4.5, 5 и више осни.

Хијерархијски посматрано постоје следеће основне врсте управљања:

- Конвенционално NC (Numerical Control)
- Компјутеризовано CNC (Computer Numerical Control)
- Директно (Direct Numerical Control)

Програмирање представља припрему и састављање програма управљања (процес програмирања), који се у облику низа команди преноси на управљачку јединицу машине (ручним уносом, преко дискете, USB flash меморије, бушене траке и тд.)

Низом команди у програму дефинишу се геометријски, технолошки и помоћни услови који су потребни да би се добио квалитет и облик радног дела.

Програмирање се изводи у ИСО систему-систем кодирања за бројке, слова и ознаке.

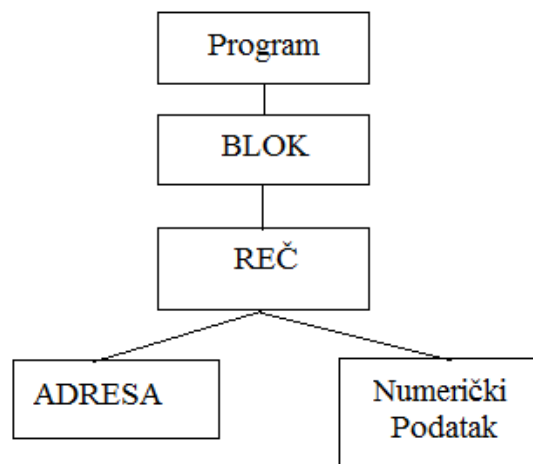
Сваки програм састоји се из низа наредби, односно блокова у којима се налазе речи, а речи се састоје од адресе и нумеричког податка.

Осим адреса и нумеричких знакова користе се и разни други знаци- %, / , (), ;

Адресе су уствари команде (ФУНКЦИЈЕ) и означавају се са словом G,S,F,M,T,D.

Најважније подаци који су потребни за израду програма су :

- стезање обрата;
- редослед захвата и операција;
- алати за обраду;
- технолошки подаци
- димензије издатка.



Слика 3: Принцип програмирања [4]

Да би се одредила кретања алата, на машину (обрадак) се поставља замишљени координатни систем. Његов центар се поставља по потреби, зависно од начина обраде и толеранција. Смерови оса одређени су интернационалним стандардом, као што је ISO/R 841 или DIN 66217. Жељени помаци алата тада су одређени као тачке унутар тог координатног система и морају се подударати са димензијама издатка. Свако појединачно кретање алата мора се написати као посебна инструкција управљања, заједно са припадајућим технолошким подацима (бр. обртаја вретена, смер обртања, корак...).

Зависно од начина и места где се прави програм, разликује се ручно и машинско програмирање. Ручно програмирање обично се ради ван машине, а накнадно уноси програм у меморију укуцавањем са тастатуре управљачке јединице (може се ручно програмирати и директно на машини). Машинско програмирање ради се на рачунару уз помоћ CAD/CAM софтвера, а програм такође накнадно уноси у меморију машине. Екстерно уношење програма на машину врши се са рачунара, остваривањем стандардне комуникације RS232(серијски порт), или што је случај код новијих машина, уношењем преко USB порта који се налази на самој машини.

4. ФУНКЦИЈЕ ПОЈЕДИНИХ АДРЕСА И ОСНОВНИ ПОЈМОВИ

4.1 G - функције

G-функције, или како се називају, услови пута, одређују кретање алата током обраде. Пуна адреса G-функције обележава се са Gx, где x представља неки број који дефинише дату функцију (адресу).

На пример : G1, G28, G110 и тд.

G функције се деле на функције једноставног кретања и функције сложеног кретања или тзв. "циклусе". Једноставне функције су оне помоћу којих машина изводи једно или операцију –линеарно, кружно кретање, чекање у месту, одлазак у референтну тачку итд. Сложене G-функције су оне помоћи којих машина извршава низ кретања и радњи у оквиру једне области. –циклус дубоког бушења, циклус обраде жљебова, циклус урезивања навоја, итд. Да би машина извршавала оно што ми хоћемо, уз одређену G-функцију морају стајати и атрибути који одређују позиције алата или неку другу радњу, зависно од врсте G-функције.

G01 X100 Z100 ; G04 P5 ; G42 X20;

4.2 Списак G - Функција

Функција	Значење
G00	Брзи ход, позиционирање;
G01	Линеарна интерполација;
G02	Кружна интерполација у смеру казаљке на сату;
G03	Кружна интерполација у смеру супротном кретању казаљке на сату;
G04	Време чекања (S)
G17	Избор равни обраде XY;
G18	Избор равни обраде XZ;
G19	Избор равни обраде YZ;
G20	Програмирање у инчном систему мера;
G21	Програмирање у метричком систему мера;

G28	Одлазак у машинску референтну тачку;
G29	Одлазак у референтну тачку;
G32	Резање навоја;
G40	Поништавање корекције радијуса алата;
G41	Корекција радијуса алата-лева;
G42	Корекција радијуса алата-десна;
G50	Померање нулте тачке/Ограничавање броја обртаја у раду;
G51	Поништавање G50(YASNAC)
G52	Постављање координатног система (FANUC);
G53	Опозив текућег координатног система;
G54-G59	Нулте тачке од бр.1 до бр.6
G70	Циклус финог стругања
G71	Циклус аксијалног стругања из пуног материјала
G72	Циклус радијалног стругања из пуног материјала
G73	Циклус контурног стругања припремка
G74	Аксијално урезивање жљебова
G75	Радијално урезивање жљебова
G76	Циклус аутоматског резања навоја из н пролаза
G80	Поништавање затворених циклуса
G81	Циклус бушења
G82	Циклус бушења са чекањем на дну рупе
G83	Циклус бушења са извлачењем струготине
G84	Циклус урезивања навоја –десни навој
G85	Циклус разбушивања, развртања са повратним радним ходом;
G86	Циклус разбушивања, развртања са заустављањем вретена
G87	Циклус разбушивања, развртања са ручним повратком
G88	Циклус разбушивања, развртања са чекањем и ручним повратком;
G89	Циклус разбушивања, развртања са чекањем на дну рупе
G90	Циклус уздужног стругања (Спољашње и унутрашње)
G92	Циклус резанај навоја
G94	циклус радијалног стругања
G96	Активна константна брзина резања
G97	Активан константни број обртаја

G98	Брзина помоћног кретања (корак) у mm/min
G99	Брзина помоћног кретања (корак) у mm/o
G100	Гашење пресликавања око осе
G101	Пресликавање око осе
G102	Програмирање излаза координата на RS-232 порт
G103	Лимитирање блокова читаних унапред
G110-G129	Нулте тачке од бр.7 до бр.26
G154	координатни системи (Нулте тачке) P1-P99
G184	Циклус урезивања навоја –леви навој
G187	Контрола тачности обраде углова
G200	Измена алата у току брзог хода.

4.3 M - функције

M- функције су помоћне функције помоћу којих се остварају разне помоћне радње машине.

Могу се поделити на следеће групе:

- помоћне функције за дефинисање различитих врста заустављања (STOP команде)
- помоћне функције главног вретена
- помоћне функције за дефинисање подручја броја обртаја
- помоћне функције за управљање расхладним средством
- помоћне функције за измену алата
- остале, по потреби дефинисане помоћне функције.

T - Адреса

T - адреса служи за меморисање, односно позивање одређеног алата. На пример , T03 значи да смо позвали алат који је меморисан под редним бројем 3.

F - Адреса

F-адреса служи за дефинисање (задавање) корака. Ако се другачије не сетује, машини се задаје корак у mm/o.

S - Адреса

S - адреса служи за дефинисање (задавање) броја главног вретена. Број обртаја се задаје у o/min.

N - Адреса

N - адреса служи за обележавање редног броја блока. На пример, N100 G00 X100, говори намд а се кретање са G00 X100 налази под редним бројем блока (реда) 100. Бројеви блокова се не морају уносити у програм, али су некада јако корисни, поготово код великих програма, јер се помоћу њих може брже пронаћи неки блок у програму.

X, Y, Z – Адресе

Адресе које дефинишу помаке алтата у смеру тих оса.

I,J,K,R,Q – Адресе

Адресе које дефинишу додатне параметре при дефинисању кружне интерполације разбих циклуса

O - Adresa

Адреса која уз додатних 5 бројева дефинише број програма (назив програма). На пример, O 00010 представља програм који је меморисан у машини под редним бројем 00010. Обавезан на почетку сваког програма!

P - адреса

Адреса која уз додатних 5 бројева дефинише број подпрограма. Ракође, има функцију и адресе у који се смешта време чекања, односно време мировања у току обраде. На пример, G4 P100. Говори да ће алат наредних сто секунди мировати тамо где је предходно затечен.

L -Адреса

Адреса која служи за давање броја понављања циклуса,а такође и подпрограма.

4.4 Списак М - функција.

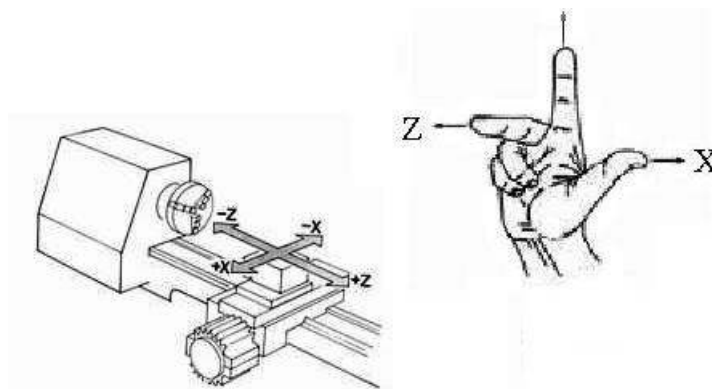
Ознака	Значење
M00	заустављање програма
M02	крај програма
M03	смер кретања главног радног вретена у десно
M04	смер кретања главног радног вретена у лево
M05	заустављање програма
M08	укључивање средства за хлађење
M09	искључивање средства за хлађење
M17	крај потпрограма
M19	позиционирање радног вретена
M22	програмско померање пиноле напред
M23	програмско померање пиноле назад - враћање
M24	програмско померање коњића (програмира се увек заједно са величином хода коњића - C...)
M30	крај програма
M33	укључивање програма гоњеног алата
M35	искључивање програма гоњеног алата
M41	I степен преноса редуктора (број обртаја од 25 до 2500 <i>о/мин</i>)
M42	II степен преноса редуктора (број обртаја од 50 до 5000 <i>о/мин</i>)
M68	стезање радног предмета
M69	отпуштање радног предмета

4.5 Радни координатни систем

Једна од карактеристика CNC машина је број управљаних оса. Свака оса представља једно независно помоћно кретање, транслаторно у правцу координатних оса или обртно око њих. За дефинисање узајамног положаја алата и предмета обраде најчешће се примењује

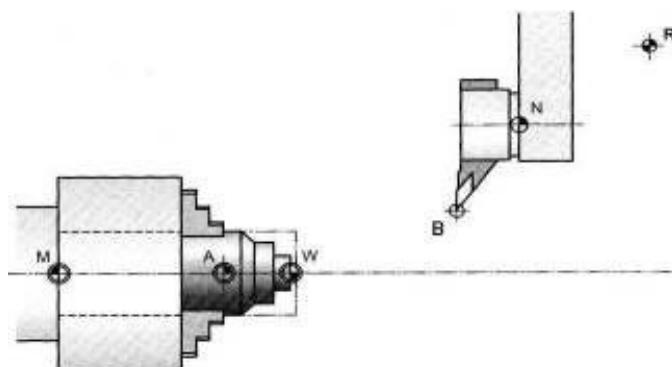
Декартов правоугли координатни систем X,Y,Z. Правци и смерови кретања одређују се на основу правила три прста десне руке. Z оса је увек у правцу главног вретена, а њен негативан смер увек је усмерен ка материјалу.

На слици 4 приказана је оријентација оса на стругу. За обраду стругањем користе се два помоћна кретања (уздужно и попречно), то су две управљане осе на CNC стругу (X,Z)



Слика 4: Координатни систем струга. [5]

Да би дефинисали радни простор машине потребно је да знамо карактеристичне тачке..



Слика 5: Положај карактеристичних тачака код CNC струга. [5]

R - референтна тачка машине дефинисана је њеном конструкцијом, представља граничну тачку радног простора и помоћу ње се успоставља мерни систем машине.

После укључивања, пре било каквог рада на машини, неопходно је учитавање референтне тачке.

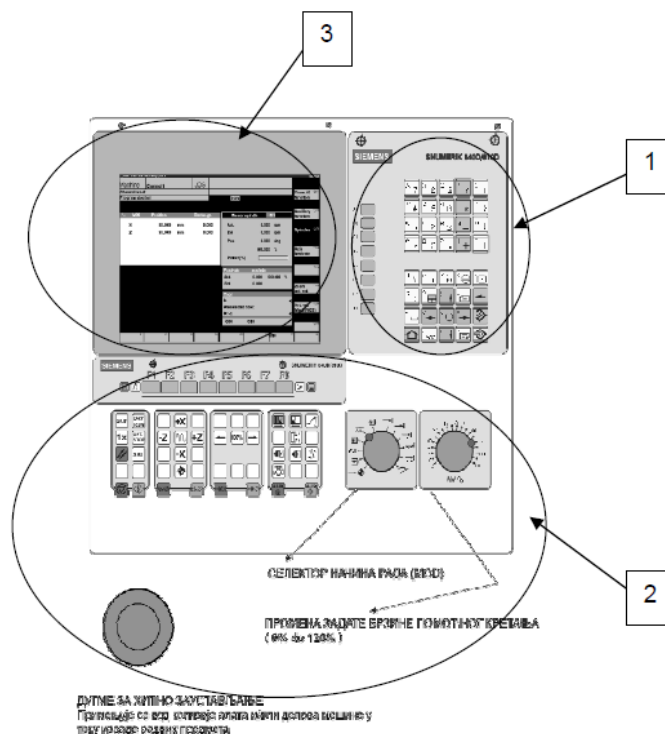
- М – нулта тачка машине је такође дефинисана конструкцијом машине и представља почетак координатног система машине. Да би се поједноставило програмирање ова тачка се обично трансформацијом координатног система пребацује на повољнију позицију.

- W – је нулта тачка обратка коју бира технолог програмер и поставља је на обратку у најповољнијој позицији за програмирање.

- В – је стартна тачка алата, тачка из које алат почиње обраду у програмском моду. Бира је технолог програмер, алат се у ручном моду обично доводи у ову тачку пре почетка обраде.

4.6 Тастатура управљачке јединице и укључивање машине.

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



Слика 6: Управљачка јединица машине (EMCO TURN). [5]

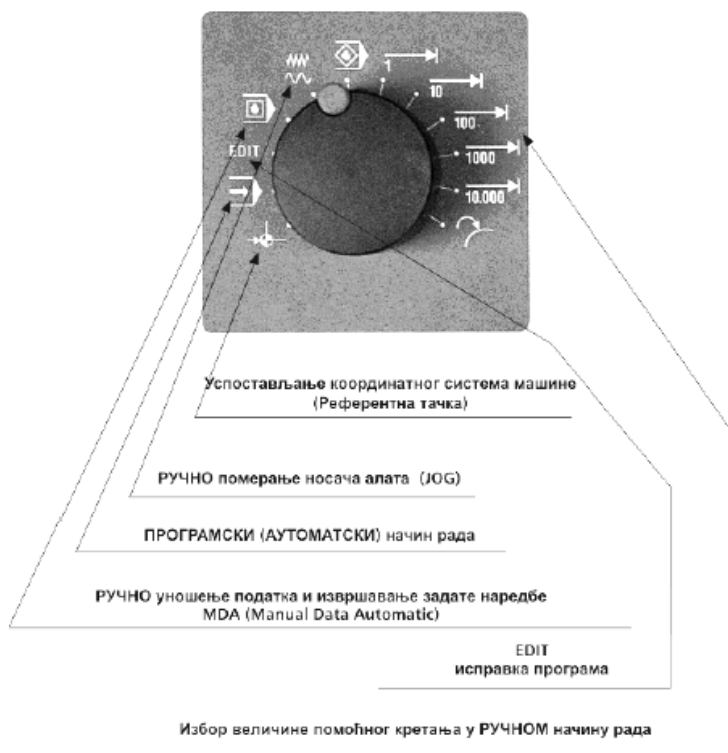
Управљачке јединице различитих произвођача на први поглед могу изгледати различито, али све се обично састоји из три целине и то:

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

Одабиром положаја преклопника селектора начина рада (слика 7) дефинише се начин рада машине. Постоје три основна начина рада и то:

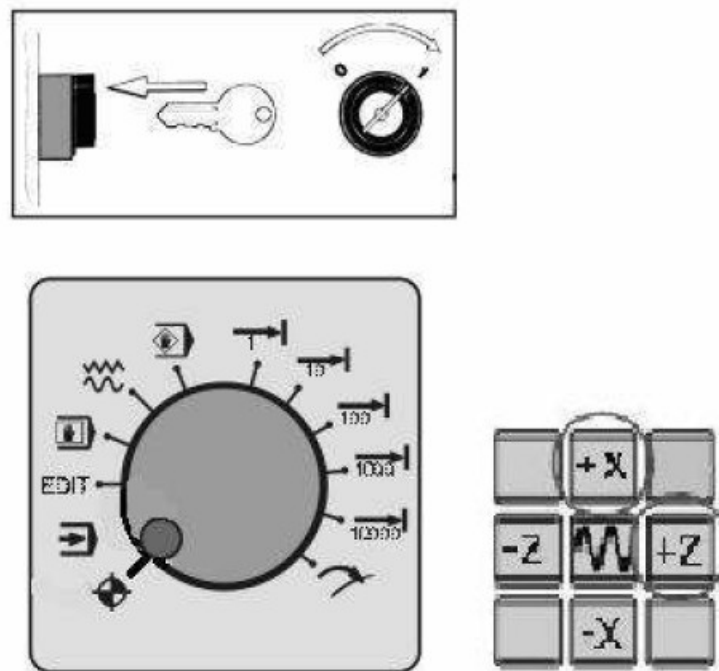
- Ручно померање носача (држача) алата,
- Програмски (аутоматски) рад и
- Уношење и извршавање наредбе (MDA)

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



Слика 7: Селектор начина рада. (Машина EMCO Compact 5 CNC) [5]

Разлика управљачке јединице струга и глодалице споља гледано углавном није велика. Основна разлика је у броју управљаних оса. Поред оса X и Z, на глодалици увек постоји бар још оса Y.



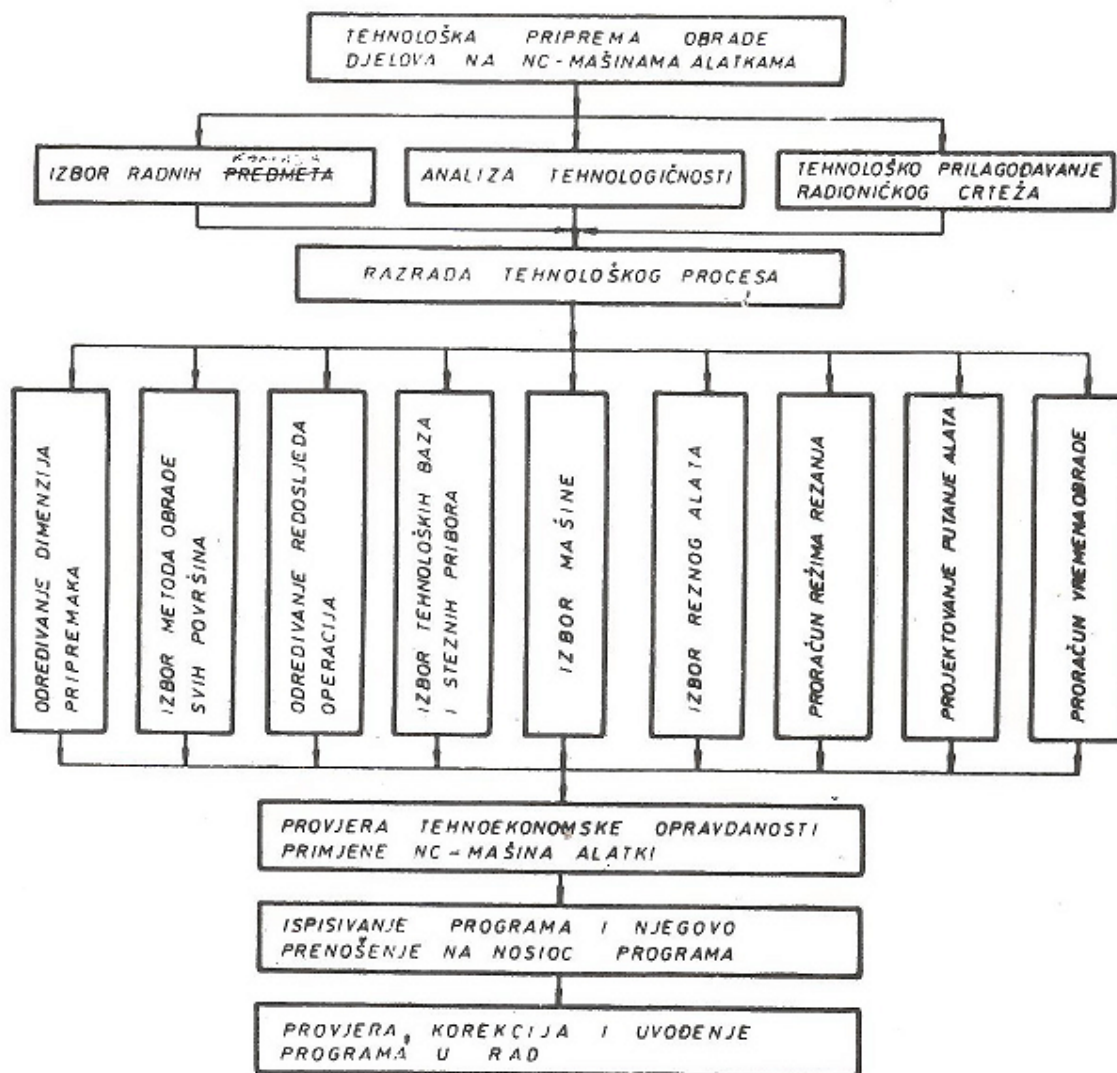
Слика 8: Селектор начина рада са кључем за укључивање напајања. [5]

Следећи корак је учитавање референтне тачке (R), како би се успоставио мерни систем. За ову акцију потребно је селектор начина рада (MOD) поставити у позицију као на слици 8. Притиском на дугме за ручно померање у правцу X осе, а затим Z, машина се наводи на референтну тачку.

За довођење алата ручно, у неку жељену позицију, на селектор начина рада (MOD) поставимо величину померања помоћног кретања. Затим у зависности од тога у ком правцу и смеру желимо да ручно извршимо кретање, притиснемо једно од четири дугмета (+X, -X, +Z, -Z).

5. ТЕХНОЛОШКА ПРИПРЕМА ЗА ПРОГРАМИРАЊЕ CNC МАШИНА.

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



Слика 9: Ток и садржај технолошке припреме за обраду на нумерички управљаним машинама алаткама. [6]

Имајући у виду високу цену NC – машина и релативно отежану припрему за програмирање, посебну пажњу треба посветити наменклатури делова који ће се обрађивати на овим машинама, затим, дефинисању редоследа опетација и захвата, избору режима резања, избору алата и тако даље.

Ток и садржај технолошке припреме за обраду делова на NC – алатним машинама приказан је на слици ...

Садржај и методика извођења одређених етапа технолошке припреме за програмирање NC- машина има доста заједничког са разрадом технолошког процеса обраде на конвенционалним машинама. Затосе даље наводе само делатности везане за специфичност NC – машина.

5.1 Одређивање наменклатуре делова који се препоручују за обраду на NC- машинама алаткама.

Ефективно коришћење NC - машина алатки дређено је, углавном, избором делова предвиђених за обраду, тј. њиховим њиховим конструкцијским особинама и технологичношћу.

За повећање продуктивности рада при обради на NC - машинама делови се бирају на основу следећих конструкцијско-технолошких карактеристика. Материјала и облика припрема, габаритних димензија, сложености конфигурације, постојања криволинијских површина, броја комада у серији, постојања навоја, начина стезања припрема, могућности израде групних прибора, захтеване димензионе тачности и квалитета обраде, тешкоћа око израде програма, итд.

Највећи економски ефекти код припреме NC - машина алатки у средњесеријској и малосеријској производњи добијају се при обради делова који имају сложену унутрашњу и спољашњу површину, велики број различитих отвора, повећане захтеве за тачност обраде и међусобна растојања итд. На пример, за ефикасно коришћење обрадних центара изабрани призматични делови морају потпуно конструкцијски одговарати одређеним технолошким условима и то:

1. Неопходно је да су обрађиване површине радног комада аконцентрисане на четири стране и да при томе обезбеђено извођење операција. На остале две стране треба да се налази минимални број обрађених површина (користе се као технолошке базе) или се уопште не обрађују.
2. Шема стезања радног комада треба да буде таква да нема сметње у процесу обраде и да се не појављују моменти савијања при стезању.
3. Радни комади морају имати довољну крутост да бисе у току процеса избегла појава еластичних деформација, итд.

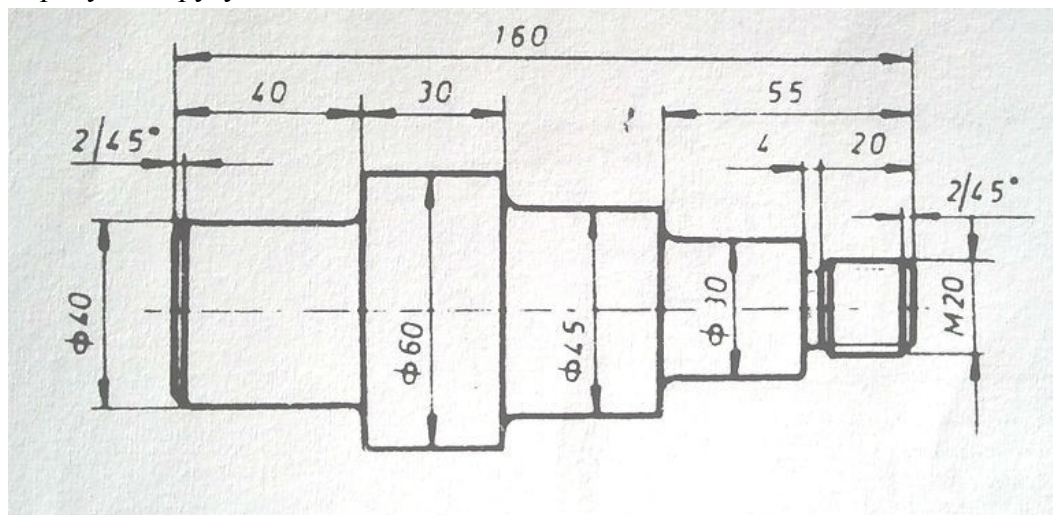
Технологичност радних комада, који се обрађују на NC- машинама алаткама, оцењује се сабзиром на саму обраду коју треба извести са захтеваном тачношћу и ниском ценом, као и са обзиром на погодност за програмирање.

5.2 Технолошко прилагођавање радионичког цртежа.

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

5.3 Начин приказвања димензија радионичког цртежа.

На слици је приказан пример конвенционалног котирања ротационог дела намењеног за обраду на стругу.



Слика 10: конвенционално котирање радног комада. [6]

Полазећи од оваквог котирања, програмер-технолог мора при програмирању извести обилна прерачунавања која могу утицати на појаву грешака. Да би се избегло прерачунавање координата, а зависно од тога да ли се мере у систем управљања уносе апсолутно или инкрементално, у употреби су два начина котирања, и то :

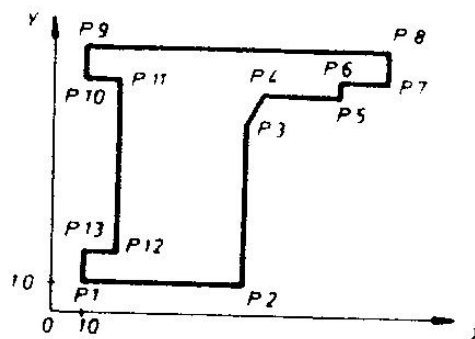
- А) паралелно
- Б) редно

Први начин котирања користи се при ручном програмирања са апсолутним уношењем мере у систем управљања. За дати радни комад на слици приказано је паралелно котирање при чему се за координатни почетак радног комада усваја пресек ослоне равни у стезном прибору и осе ротације радног комада. Редно котирање се користи када се у систем управљања уносе инкременталне мере, тј. разлика координата у односу на претходну позицију.

Чест је случај, нарочито ако се ради о сложеном радном комаду да се на цртежу не уносе координате, већ се, за програмера важније димензије, приказују табеларно. За дати облик радног комада приказаног на слици, табеларно су дае апсолутне и инкременталне мере у односу на усвојени координатни систем.

Тачка	Апсолутне мере		Инкременталне мере	
	X	Y	X	Y
P1	10	10	10	10
P2	60	10	50	0
P3	60	60	0	50
P4	65	70	5	10
P5	90	70	25	0
P6	90	75	0	5
P7	105	75	15	0
P8	105	85	0	10
P9	10	85	-95	0
P10	10	75	0	-10
P11	20	75	10	0
P12	20	20	0	-55
P13	10	20	-10	0

Табеларни приказ апсолутних и инкременталних мера за пример са слике 10.1



Слика 10.1: Симболично представљање радног комада за машинско програмирање (APT). [6]

Специјално за машинско програмирање, опис геометрије радног комада даје се са симболима, где је Р-тачка (point), L-линија (line), PL- равна (plane) и С-круг (circle). Симболи су дефинисани за дати пример у табели.

Овакав вид приказивања радних комада налази примену авиоградњи, бродоградњи и аутомобилској индустрији за израду каросерија, где се геометријски подаци узимају са модела или потичу директно из прорачуна.

*Слика Паралелно котирање

*Слика редно котирање

*Слика Симболично представљање радног комада за машинско програмирање АРТ

*Табела Табеларно дефинисање симбола

5.4 Избор припремка

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

5.5 Пројектовање технолошког процеса

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

При разради технолошког процеса користити се цртеж радног комада, цртеж припремка, кара машине, стандарди, каталози специјалног и стандардног резног времена, типични технолошки процеси, итд.

Расзрада технолошког процеса састоји се из одређивања редоследа операција и захвата, одређивања режима резање, формирања листе потребног резног, мерног и помоћног алата и уређаја итд.

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

5.6 Формирање плана обраде

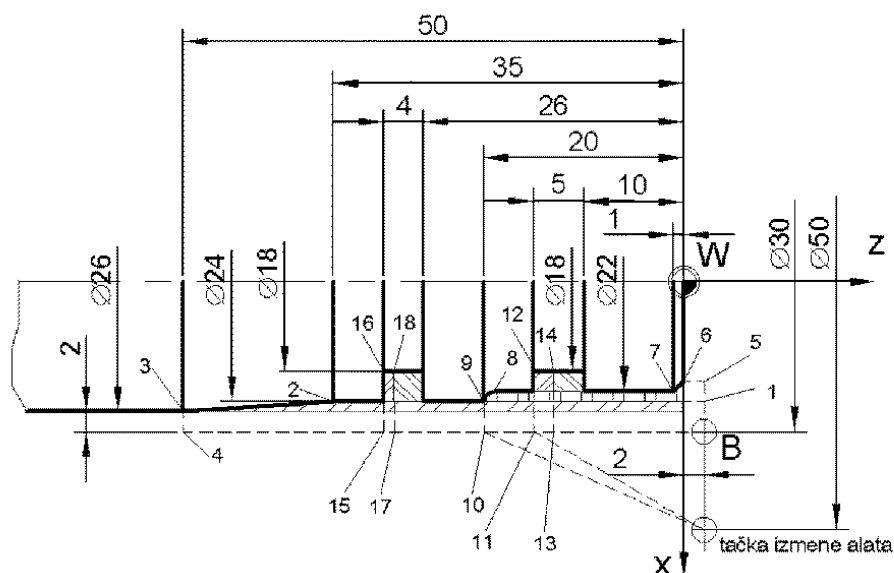
Формирање плана обраде почиње детаљнијом анализом радионичког цртежа, при чему се констатују захтеви за обраду на основу којих се утврђује у колико стезања се мора извршити обрада радног комада.

На основу потребног броја стезања радног комада током обраде одређују се и обележавају базне површине, односно формира се план стезања радног комада. Потом се прилази изради плана обраде за поједине положаје стезања, водећи рачуна о свим специфичностима система нумеричког управљања који је саставни део машине за коју се припрема програм рада.

План обраде мора бити врло детаљан, тј. треба да обухвати све делаатности који се морају обавити на машини у току обраде радног комада. У општем случају план обраде обухвата:

- радно место,
- списак операција,
- редослед захвата,
- бројеве обртаја,
- измену алата,
- средство за хлађење и др.

Сви ови подаци се уносе посебно у план обраде оним редом како следи ток обраде на машини, чиме се олакшава исписивање програмског листа.

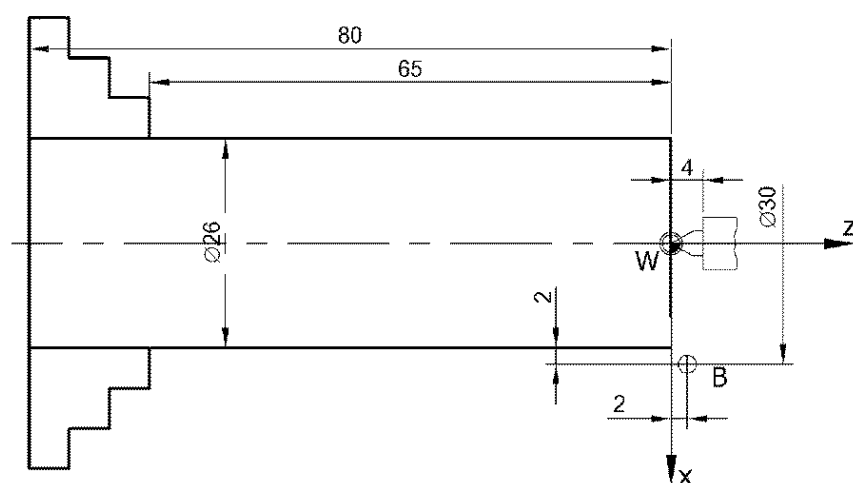


Слика 11: Пример изгледа радног комада кроз план обраде.

5.7 Формирање плана стезања

Када се приступи изради плана обраде, утврђује се у које све положаје треба поставити радни комад, при обради.

Сви ти положаји радног комада у односу на алат приказују се одговарајућим скицама, које се називају плановима стезања. На свим плановима стезања мора се једнозначно одредити положај радног комада, обележити координатне осе, унети неопходне мере и приказати уређај за стезање са ослоним површинама.



Слика 12: Скица плана стезања са обратком и карактеристичним тачкама.

5.8 Формирање плана алата.

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

Код машина са нумеричким управљањем неопходно је претходно извести подешавање алата. На NC- машину истовремено се допрема примерак носилац информација (бушена

трака, USB Flash i sl.) и претходно подешен алат за комплетну обраду предвиђену програмом обраде. Сви алати који се користе у току обраде уносе се у посебни образац који се назива план алата. У план алатесе уносе важнији подаци о одговарајућој машини и радном комаду. На основу плана алата присту се припреми алата, тј. поедешавању ван машине на специјалном уређају за подешавање алата.

Бр.Алата	Назив	Ознака	Скица алата	Корекције		Примедба
				X	Z	
1.	Десни стругарски нож	No. SDJCR 1210 D07		00	00	T00
2.	Нож за усецање	No. L150.15.15.1212- 3/M0		...		T02

Слика 13: Пример плана алата са скицама резних алата.

5.9 Прорачун режима резања

У пракси се примењују три начина избора режима резања:

Аналитички, табеларни и графички.

Аналитички метод представља основу табеларног и графичког метода.

Избор режима резања треба почети са усвајањем одређене дубине резања, јер дубина резања у дносу на друге параметре режиме резања мање утиче на постојаност алата. Обично се усваја дубина резања, која о обезбеђује скидање додатка за обраду са најмањим бројем пролаза. Број пролаза зависи од траженог квалитета, тачности обраде, и крутости система машина- алат- радни комад- помоћни прибор. Следећи корак је одређивање вредности помака(корака). При томе се као меродаван корак узима максимална дозвољена вредност из технолошко допуштених граница. Затим се одређује највечћа вредност брзине помоћног кретања (производ корака и броја обртаја).

Као квалитетативни критеријум за оптимални режим резања, на NC машинама алаткама може бити узета постојаност алата. Тада прорачун оптималне постојаности алата треба извести пре одређивања корака и брзина резања. Имајући ово у виду, прорачун режима резања за НЦ- машине алатке треба извести следећим редоследом:

1. Изабрати дубину резања;
2. Прорачунати оптималну постојност алата;

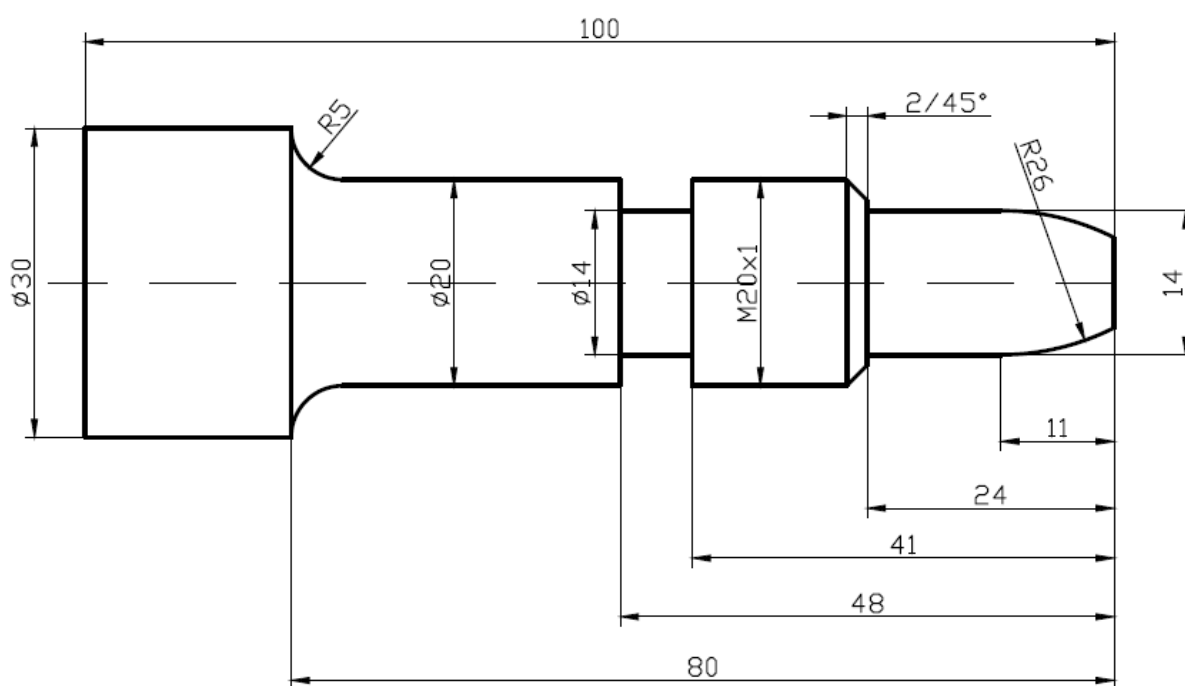
-
3. Прорачунати допуштену вредност корака, узимајући у обзир сва ограничења;
 4. Прорачунати број обртаја (брзину резања).

Испитивања статичких података о узроку грешке у програму показују да око 50% грешака припада неправилном одређивању режима резања. После обраде и контроле, пробног радног комада по правилу се у програм уносе измењене вредности режима резања. Што повлачи за собом поновно преписивање програма.

Код машина опремљених адаптивним системом аутоматског регулисања корака у функцији од оптерећења алата упрошћава се прорачун режима резања. Као резултат примене аутоматског регулисања корака, имамо повећање постојаности алата, а с тим и тачности обраде.

6. ПРИМЕРИ СА ТЕХНОЛОШКИМ ДОКУМЕНТАЦИЈАМА.

6.1 Пример 1.

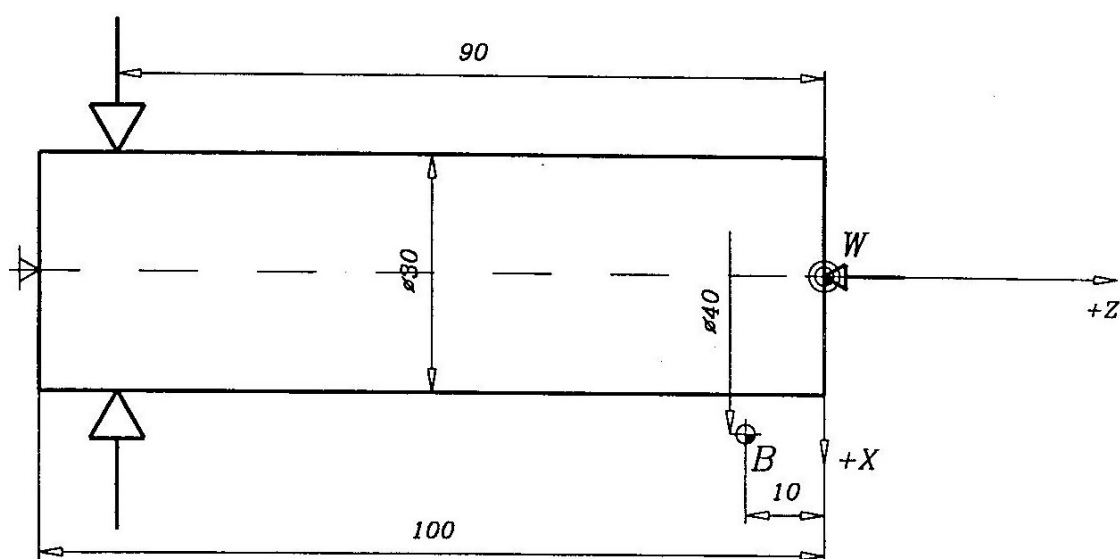




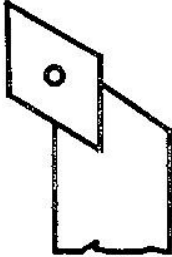
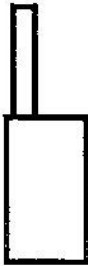
Операциони лист

Број	Назив операције(за хвата)	План			Материјал		Машина, алат и прибор	Режим обраде		Мм	Бр. про л
		Ст.	Обр.	Ал .	Озн.	Стање		n	S	Мм	Бр. пр.
10	Стругање	1	1	1			Струг EMCO COMPACT 5 CNC				
10.01	Поставити део и стегнути	1	1	1			Стезна глава и шиљак				
10.02	Уздужна обрада на Ø20	1	1	1			ДСН	600	100	1	5
10.03	Уздужна обрада на Ø14	1	1	1			ДСН	600	100	1	3
10.04	Израда радијуса R26	1	1	1			ДСН	600	100	1	3
10.05	Обарање ивице 2/45°	1	1	1			ДСН	600	100	0	2
10.06	Израда радијуса R5	1	1	1			ДСН	600	80	1	7
10.07	Израда канала са Ø20 на Ø14	1	1	1			НЗУ	400	20	1	3
10.08	Израда навоја M20x1	1	1	1			НЗН	200	100	0.1	10
10.09	Отпуштање и скидање дела										
20.	Завршна контрола						Помично кљунасто мерило.				

План стезања



План Алата

Бр.Алата	Назив	Ознака	Скица алата	Корекције		Примедба
				X	Z	
1.	Десни стругарски нож	No. SDJCR 1210 D07		00	00	T00
2.	Нож за усецање	No. L150.15.15.1212- 3/M0		...		T02
3.	Нож за наво	No. NL 1210-2 RH max. korak 1,5 mm		...	...	T02

Карактеристичне тачке.

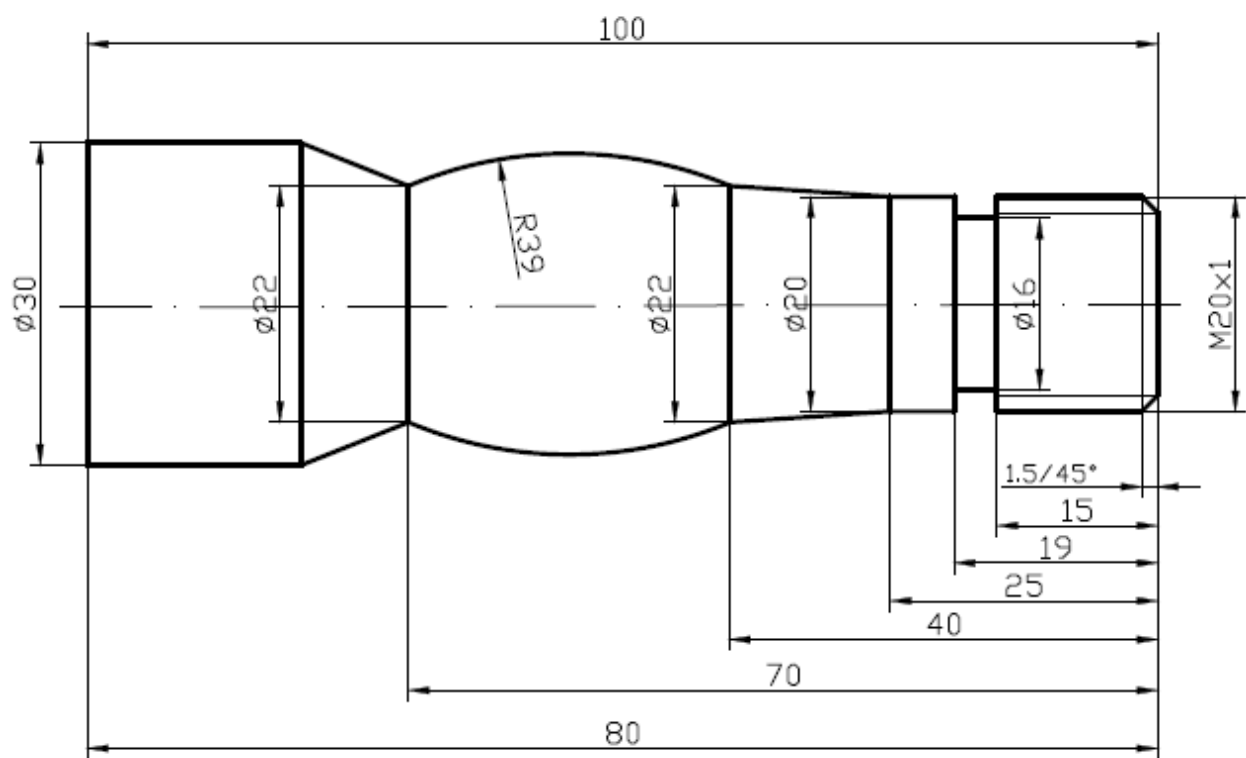
T	X	Z
B	40	-10
1	30	1
2	20	-75
3	20	1
4	14	-24
5	12	1
6	12	0
7	14	-6
8	10	0
9	9.12	0
10	14	-11
11	18	-23
12	18	-24
13	20	-26
14	16	-24
15	28	-75
16	28	-75
17	30	-80
18	26	-75
19	24	-75
20	22	-75
21	24	-79
22	40	-41
23	22	-44
24	14	-48
25	20.2	-23
26	18.28	-42

Програмски лист

N	G (M)	X (И)	Y (J)	Z (K)	F (T)	H	Примедба
00	M98						Зазор
01	92	40000		-1000			Б
02	M06	00		00	T00		ДСН
03	M03						Укл.вретена
04	00	3000		100			1
05	84	2000		-7500	100	50	1->2->1
06	00	2000		100			3
07	84	1400		-2400	100	50	3->4->3
08	00	1200		100			5
09	01	1200		00	100		6
10	01	1400		-600	100		7
11	00	1200		00			6
12	00	1000		00			8
13	01	1400		-600	100		7
14	00	1000		00			8
15	01	912		00	100		9
16	03	1400		-1100	80		10
17	M99	I2356		K1100			
18	00	1800		-2300			11
19	01	1800		-2400	100		12
20	01	2000		-2600	100		13
21	00	1800		-2400			12
22	01	1600		-2400	100		14
23	01	2000		-2600	100		13
24	00	2800		-7400			15
25	01	2800		-7500	100		16
26	01	3000		-8000	100		17
27	00	2800		-7500			16
28	00	2600		-7500			18
29	01	3000		-8000	100		17
30	00	2600		-7500			18
31	00	2400		-7500			19
32	01	3000		-8000			17
33	00	2400		-7500			19
34	00	2200		-7500			20

35	01	3000		-8000	100		17
36	00	2200		-7500			20
37	01	2000		-7500	100		2
38	01	3000		-8000	100		17
39	01	2000		-7500	100		2
40	01	2400		-7900	100		21
41	01	3000		-8000	100		17
42	01	2000		-4100	100		2
43	02	3000		-8000	80		17
44	00	4000		-4100			22
45	M05						Иск.вретена
46	M06	-285		1188	T02		НЗС
47	M03						Уклъ.вр.
48	00	2200		-4100			23
49	M00						n=400o/мин
50	86	1400		-4800	20	300	23->24->23
51	00	4000		-1000			В
52	M05						Иск.врет.
54	M06	74		-415	T02		НЗН
55	00	2020		-2300			25
56	M00						n=200o/мин
57	78	1828		-4200			25->26->25
58	00	4000		-1000			В
59	M05						Иск.врет.
60	M06	00		00	T00		ДСН
61	M30						Крај

6.2 Пример 2.





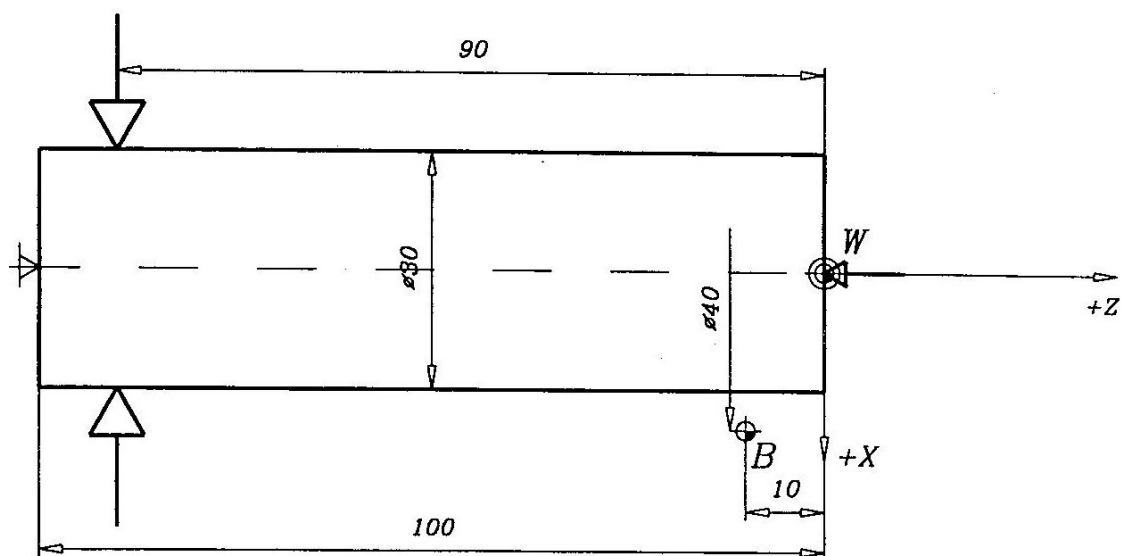
Карактеристичне тачке

T	X	Z
B	40	-10
1	30	1
2	28	-70
3	28	1
4	22	-40
5	22	1
6	20	-25
7	18	1
8	18	0
9	20	-1.5
10	17	0
11	22	-24
12	26	-40
13	28	-47
14	26	-63
15	24	-70
16	24	-40
17	22	-70
18	22	-70
19	28	-55
20	30	-80
21	22	-15
22	16	-19
23	20.2	1
24	18.28	-16

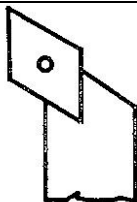
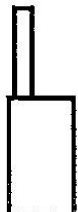
Операциони лист

Број	Назив операције(за хвата)	План			Материјал		Машина, алат и прибор	Режим обраде		Мм	Бр. пр.
		Ст	Об.	А.	Озн.	Ст.		n	s		
10	Стругање	1	1	1			Струг EMCO COMPACT 5 CNC				
10.01	Поставити део и стегнути	1	1	1			Стезна глава и шиљак				
10.02	Уздужна обрада на Ø28	1	1	1			ДСН	600	100	1	1
10.03	Уздужна обрада на Ø22	1	1	1			ДСН	600	100	1	3
10.04	Уздужна обрада на Ø20	1	1	1			ДСН	600	100	1	1
10.05	Обарање ивице 1.5/45°	1	1	1			ДСН	600	100	0	2
10.06	Израда конуса са Ø20 на Ø22	1	1	1			ДСН	600	100	1	1
10.07	Израда радијуса R39	1	1	1			ДСН	600	80	1	4
10.08	Израда конуса са Ø22 на Ø30	1	1	1			ДСН	600	100	1	4
10.09	Израда канала са Ø20 на Ø16	1	1	1			НЗУ	400	20	1	2
10.10	Израда навоја M20x1	1	1	1			НЗН	200	100	0.1	10
10.11	Отпуштање и скидање дела	1	1	1							
20.	Завршна контрола						Помично кљунасто мерило				

План стезања



План алата

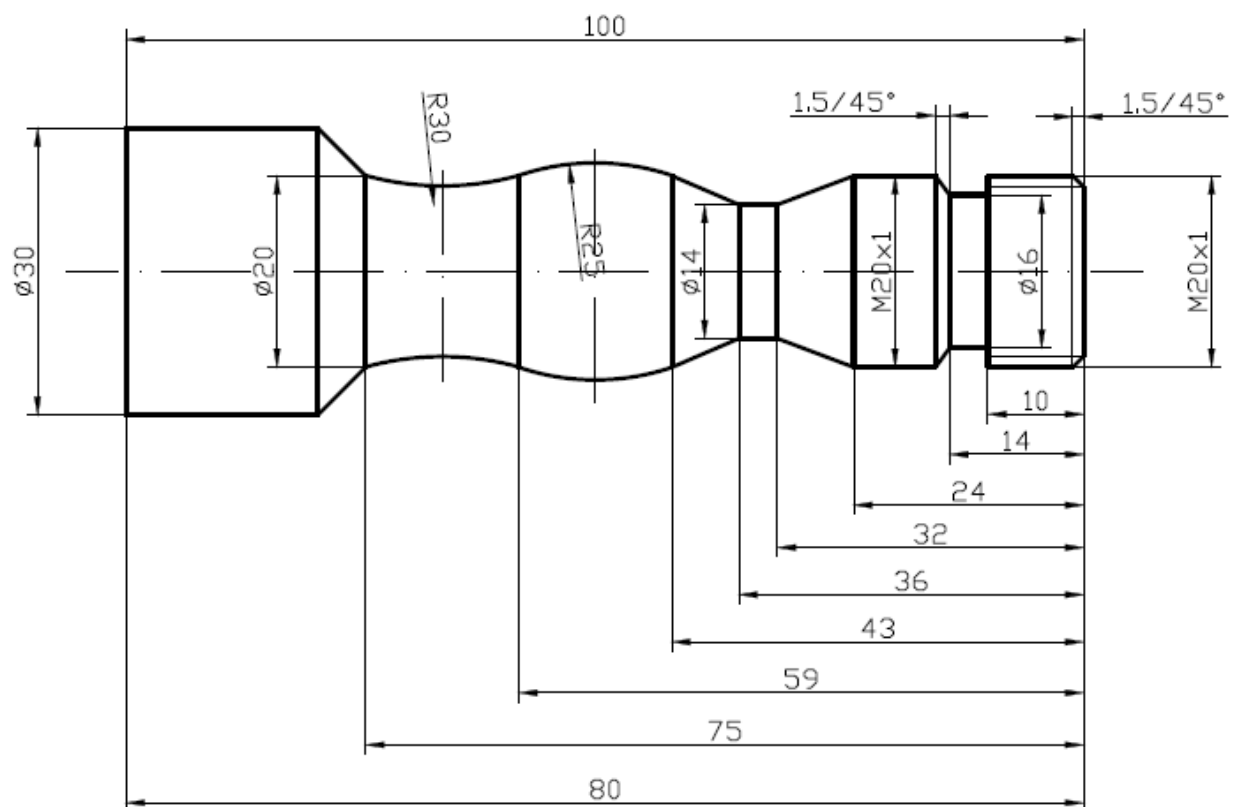
	Назив	Ознака	Скица алата	Корекције		Примедба
				X	Z	
1.	Десни стругарски нож	No. SDJCR 1210 D07		00	00	T00
2.	Нож за усецање	No. L150.15.15.1212- 3/M0		...	...	T02
3.	Нож за навој	No. NL 1210-2 RH max. korak 1,5 mm		...	...	T04

Програмски лист

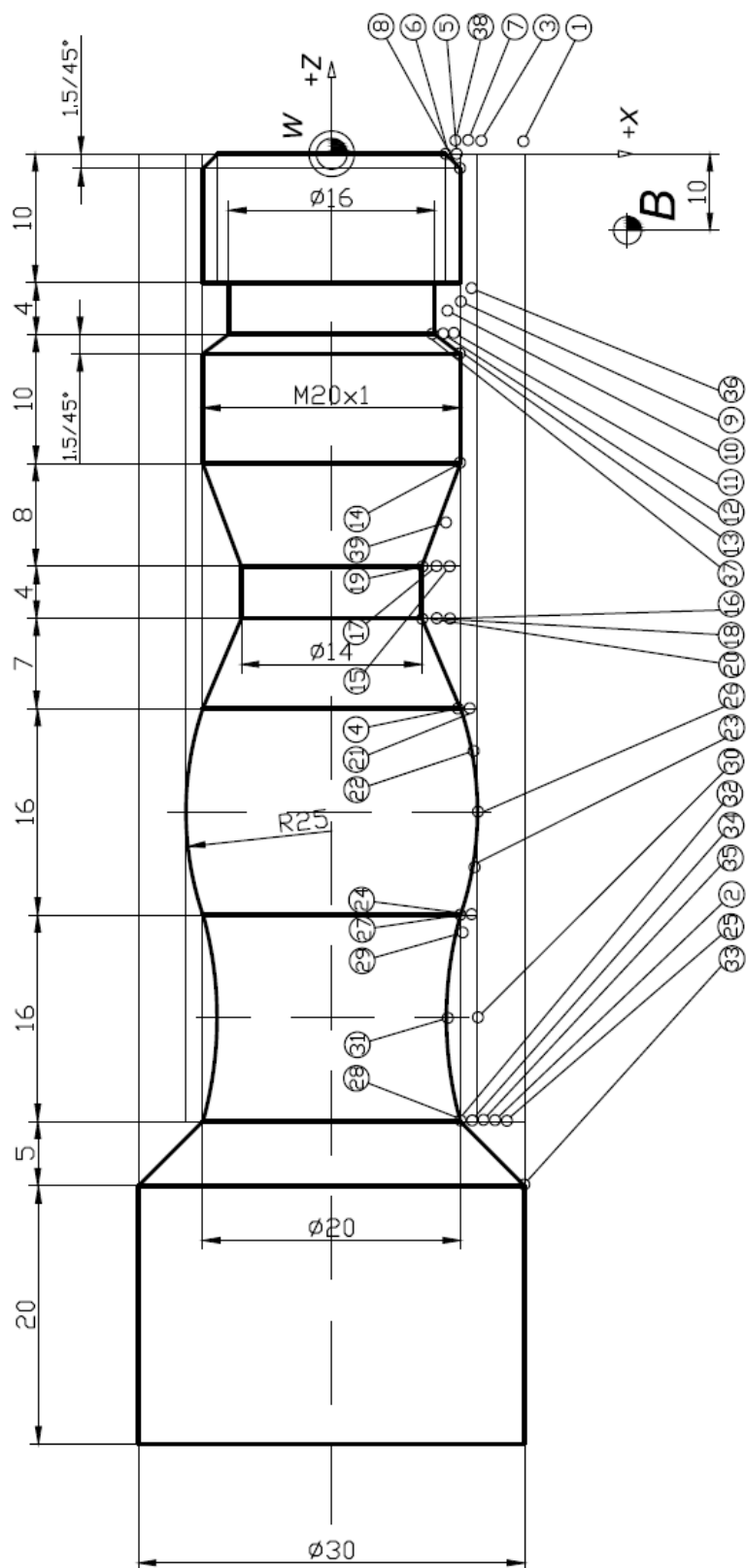
Н	G (M)	X (I)	Y (J)	Z (K)	F (T)	Н	Примедба
00	M98	...	...				Зазор
01	92	4000		-1000			Б
02	M06	00		00	T00		ДСН
03	M03						Укљ.Вр.
04	00	3000		100			1
05	84	2800		-7000	100	50	1->2->3
06	00	2800		100			3
07	84	2200		-4000	100	50	3->4->3
08	00	2200		100			5
09	84	2000		-2500	100	50	5->6->5
10	00	1800		100			7
11	01	1800		00	100		8
12	01	2000		-150	100		9
13	00	1800		00			8
14	01	1700		00	100		10
15	01	2000		-150	100		9
16	01	2200		-2400	100		11
17	01	2000		-2500	100		6
18	01	2200		-4000	100		4
19	01	2600		-4000	100		12
20	01	2800		-4800	100		13
21	01	2800		-6000	100		14
22	01	2600		-7000	100		15
23	01	2400		-7000	100		16
24	01	2800		-6000	100		14
25	01	2800		-4800	100		13
26	01	2400		-4000	100		17
27	01	2200		-4000	100		4
28	01	2800		-4600	100		18
29	01	2800		-6400	100		19
30	01	2200		-7000	100		20
31	01	2800		-6400	100		19

32	00	2800		-4600			18
33	00	2200		-4000			4
34	03	2800		-5500	80		22
35	M99	I3600		K1500			
36	03	2200		-7000	80		20
37	M99	I3900		K00			
38	01	2800		-7000			2
39	01	3000		-8000	100		21
40	01	2600		-7000	100		15
41	01	2400		-7000	100		16
42	01	3000		-8000	100		21
43	00	2400		-7000			16
44	01	2200		-7000	100		20
45	01	3000		-8000	100		21
46	00	4000		-1000			Б
47	M05						Искл.вр.
48	M06	-285		1188	T02		НЗУ
49	M03						Укл.Вр.
50	00	2200		-1500			23
51	M00						n=400o/мин
52	86	1600		-1900	20	300	23->24->23
53	00	4000		-1000			Б
54	M05						Иск.вр.
55	M06	74		-415	T02		НЗН
56	M03						Иск.вр.
57	00	2020		100			25
58	M00						n=200o/мин
59	78	1828		-1600	K100	10	25->26->25
60	00	4000		-1000			Б
61	M05						Иск.вр.
62	M06	00		00	T02		ДСН
63	M30						*крај

6.3 Пример 3.



План обраде



Карактеристичне тачке

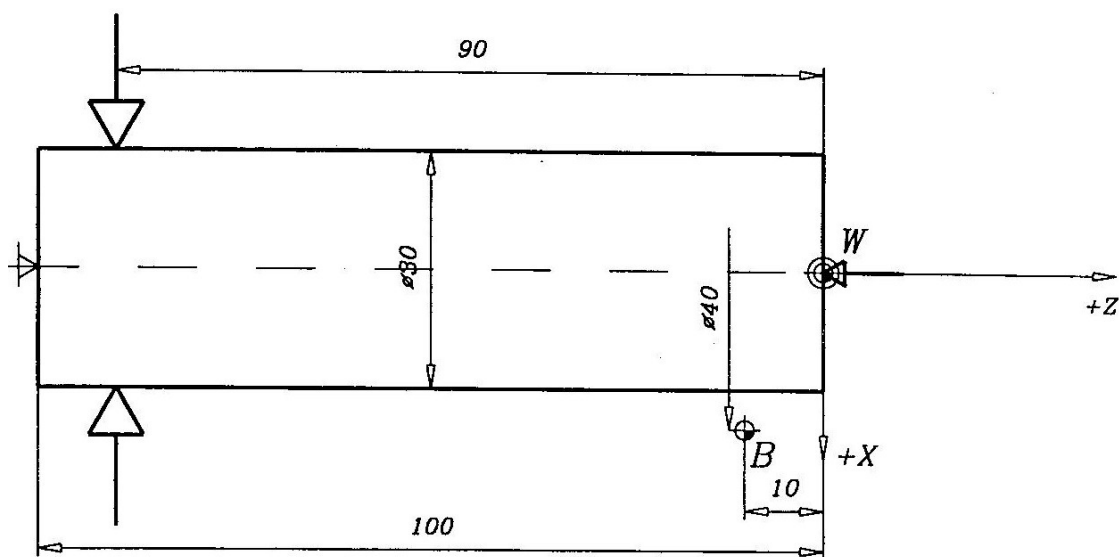
T	X	З
B	40	-10
1	30	1
2	22.63	-75
3	22.63	1
4	20	-43
5	18	1
6	18	0
7	20	-1.5
8	17	0
9	20	-12
10	18	-13
11	18	-14
12	20	-15.5
13	17	-14
14	20	-24
15	18	-32
16	18	-36
17	16	-32
18	16	-32
19	14	-32

T	X	З
20	14	-36
21	20.63	-43
22	22.63	-47
23	22.63	-55
24	20.63	-59
25	20.63	-75
26	22.63	-51
27	20	-59
28	20	-75
29	20	-60
30	18	-67
31	17.83	-67
32	28	-75
33	30	-80
34	26	-75
35	24	-75
36	22.63	-10
37	16	-14
38	20.2	1
39	18.28	-30

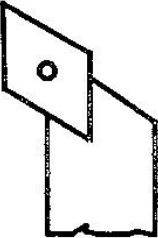
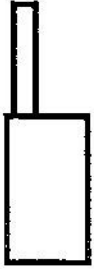
Операциони лист

Број	Назив операције(захвата)	План			Материјал		Машина алат и прибор	Режим обrade		М м	Бр. про л
		С т.	Обр .	А л.	Озн.	Стање					
10.	Стругање	1	1	1			EMCO COMPACT 5 CNC				
10.01	Поставити део И стегнути	1	1	1			Стезна глава И шилјак				
10.02	Уздужна обрада на Ø22.63	1	1	1			ДСН	600	100	1	4
10.03	Уздужна обрада на Ø20	1	1	1			ДСН	600	100	1	2
10.04	Обрада ивице 1.5/45°	1	1	1			ДСН	600	100	1	2
10.05	Обарање ивице 1.5/45°	1	1	1			ДСН	600	100	1	2
10.06	Израда конуса И цилиндра	1	1	1			ДСН	600	100	1	3
10.07	Израда радијуса R25	1	1	1			ДСН	600	100	1	2
10.08	Израда цилиндра	1	1	1			ДСН	600	100	1	2
10.09	Израда радијуса R30	1	1	1			ДСН	600	100	1	2
10.10	Израда конуса 5/45°	1	1	1			ДСН	600	100	1	6
10.11	Израда канала	1	1	1			НЗУ	400	20	1	2
10.12	Израда навоја M20x1	1	1	1			НЗН	200	100	0,1	10
10.13	Отпуштање И скидање дела	1	1	1							
20.	Завршна контрола						Пом. кљ. Мерило				

План стезања



План алата

Бр.Алата	Назив	Ознака	Скица алата	Корекције		Примедба
				X	3	
1.	Десни стругарски нож	No. SDJCR 1210 D07		00	00	T00
2.	Нож за усецање	No. L150.15.15.1212- 3/M0		...	...	T02
3.	Нож за навој	No. NL 1210-2 RH max. korak 1,5 mm		...	...	T02

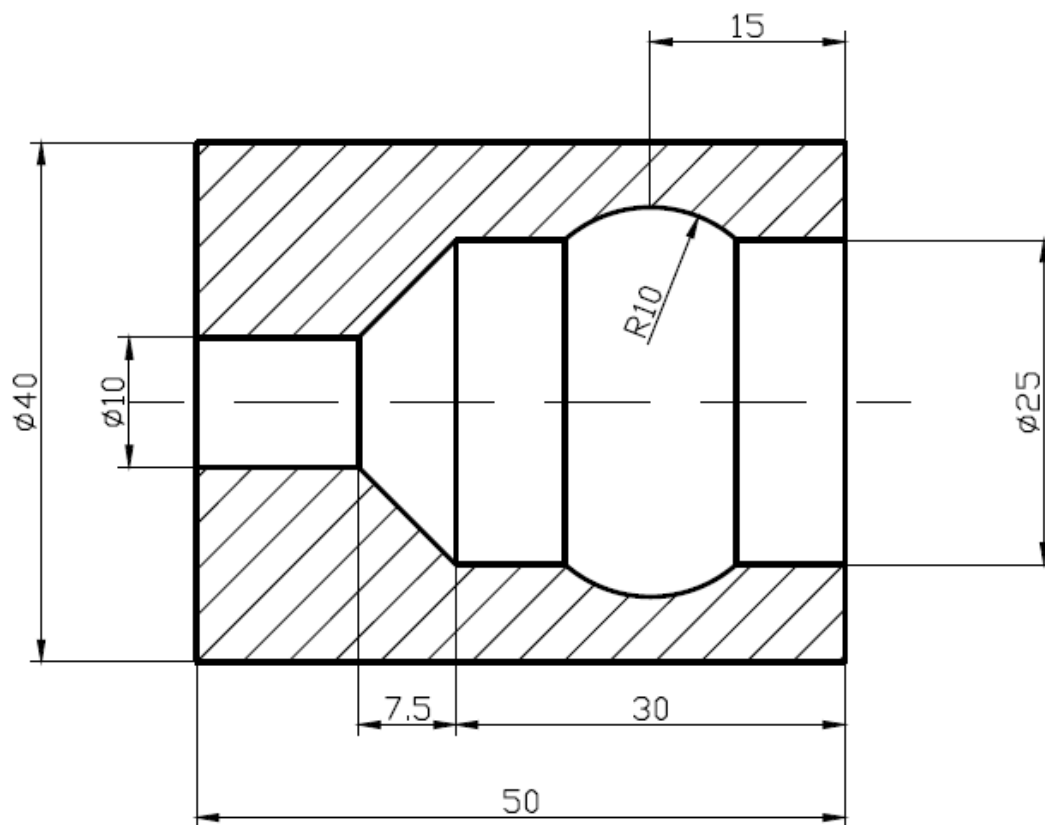
Програмски лист 1

N	G (M)	X (I)	Y (J)	Z (K)	F (T)	H	Примедба
00	M98	...		...			Зазор
01	92	4000		-1000			В
02	M06	00		00	T00		ДСН
03	M03						Укл.вр.
04	00	3000		100			1
05	84	2262		-7500	100	50	1->2->1
06	00	2262		100			3
07	84	2000		-4300	100	50	3->4->3
08	00	1800		100			5
09	01	1800		00	100		6
10	01	2000		-150	100		7
11	00	1800		00			6
12	01	1700		00	100		8
13	01	2000		-150	100		7
14	00	2000		-1200			9
15	01	1800		-1300	100		10
16	01	1800		-1400	100		11
17	01	2000		-1550	100		12
18	01	1800		-1400	100		11
19	01	1700		-1400	100		13
20	01	2000		-2400	100		12
21	01	2000		-3200	100		14
22	01	1800		-3600	100		15
23	01	1800		-3600	100		16
24	01	2000		-4300	100		4
25	00	2000		-2400			14
26	01	1600		-3200	100		17
27	01	1600		-3600	100		18
28	01	2000		-4300	100		4
29	00	2000		-2400			14
30	01	1400		-3200	100		19
31	01	1400		-3600	100		20
32	01	2000		-4300	100		4
33	00	2063		-4300			21
34	01	2263		-4700	100		22
35	00	2263		-5500			23
36	01	2063		-5900	100		24

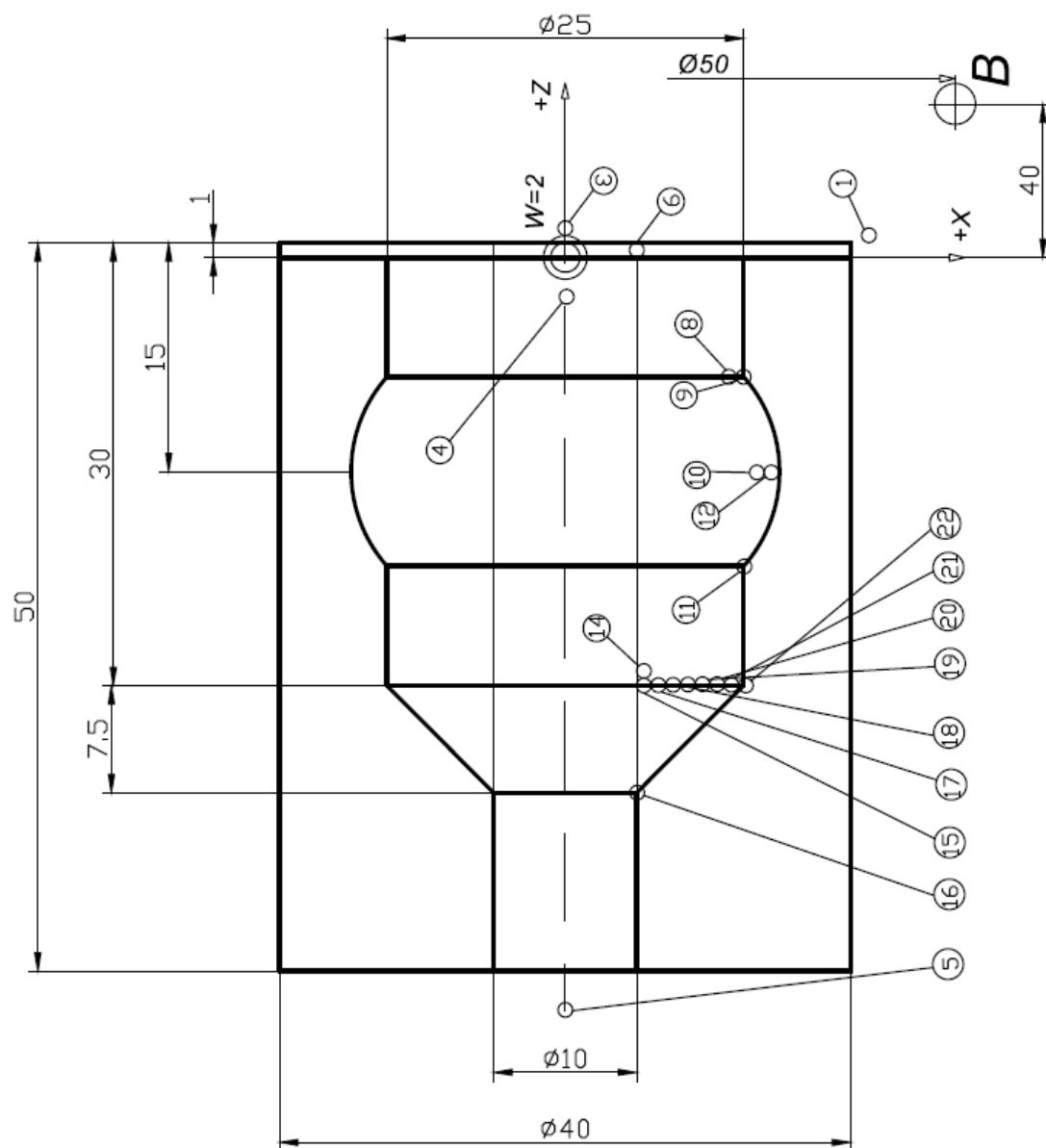
37	01	2063		-7500	100		25
38	00	2263		-7500			2
39	00	2263		-4700			22
40	00	2063		-4300			21
41	01	2000		-4300	100		4
42	03	2262		-5100	80		26
43	M99	I2368		K800			
44	03	2000		-5900	80		27
45	M99	I2500		K00			
46	01	2000		-7500	100		28
47	00	2000		-6000	100		29
48	01	2000		-5900	100		27
49	01	1800		-6700	100		30
50	01	2000		-7500	100		28
51	00	2000		-6000			29
52	01	2000		-5900	100		27
53	02	1782		-6700	80		31
54	M99	I2890		K800			
55	02	2000		-7500	80		28
56	M99	I3000		K00			
57	00	2800		-7500			32
58	01	3000		-8000	100		33
59	01	2800		-7500	100		32
60	00	2600		-7500			34
61	01	3000		-8000	100		33
62	00	2600		-7500			34
63	00	2400		-7500			35
64	01	3000		-8000	100		33
65	00	2400		-7500			35
66	00	2262		-7500			2
67	01	3000		-8000	100		33
68	00	2262		-7500			2
69	00	2062		-7500			25
70	01	3000		-8000	100		33
71	00	2062		-7500			25
72	01	2000		-7500	100		28
73	01	3000		-8000	100		33
74	00	4000		-1000			Б
75	M05						Искљ.вр.
76	M06	-285		1188	T02		НЗУ
77	M03						Укљ.вр.
78	00	2262		-1000			36

79	M00						n=400o/мин
80	86	1600		-1400	20	300	36->37->36
81	00	4000		1000			В
82	M05						Искљ.вр.
83	M06	74		-415	T02		НЗН
84	M03						Укљ.вр.
85	00	2020		100			38
86	M00						n=200o/мин
87	78	1828		-3000	K100	10	38->39->38
88	00	4000		-1000			В
89	M05						Искљ.вр.
90	M06	00		00	T02		ДСН
91							*крај

6.4 Пример 4.



План обраде



Карактеристичне тачке

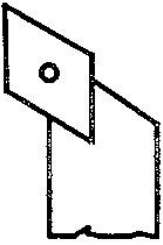
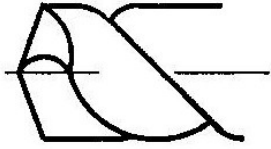
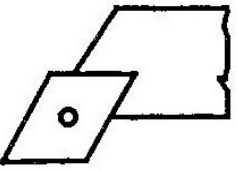
T	X	Z
B	50	40
1	42	1
2	00	00
3	00	0.5
4	00	-6
5	0	-54
6	10	0.5
7	25	-30
8	23	-9
9	25	-9
10	27	-15
11	25	-21
12	29	-15
13	12	-21
14	12	-29
15	12	-30
16	10	37.5
17	14	-30
18	16	-30
19	18	-30
20	20	-30
21	22	-30
22	24	-30

Операциони лист

	Назив операције(захвата)	План			Материјал		Машина, ал ат и прибор	Режим обrade		Мм	Бр. пр.
		Ст.	Обр.	Ал.	Озн.	Ст.		n	s		
10.	Стругање	1	1	1			Струг EMCO COMPACT 5 CNC				
10.01	Поставити део и стегнути	1	1	1			Стезна глава и шиљак				
10.02	Чеона обрада l=50	1	1	1			Стезна глава и шиљак	400	100	1	1
10.03	Забушивање	1	1	1			Забушивач	1200	50	3	1
10.04	Бушење Ø10	1	1	1			Завојна бургија	1200	50	10	1
10.05	Унутрашња обрада	1	1	1			Нож за ун.обр.	600	100	1	8
10.06	Израда радијуса R10	1	1	1			Нож за ун.обр.	600	80	1	6
10.07	Израда конуса	1	1	1			Нож за ун.обр.	600	100	1	9
10.08	Отпуштање и скидање дела										
20.00	Завршна контрола						Помично кљунасто мерило				



План алата

Бр.Алата	Назив	Ознака	Скица алата	Корекције		Примедба
				X	Z	
1.	Десни стругарски нож No. SDJCR 1210 D07	ДСН		00	00	T00
2.	Забушивач A8, DIN 333 ø6,8 mm	ЗАБ		...	...	T01
3.	Завојна бургија ø10	БУРГ		...	...	T02
4.	Нож за унутрашњу обраду No. SDVCR 07 S10D ø10 x 60 mm	НЗУО		...	...	T03

Програмски лист

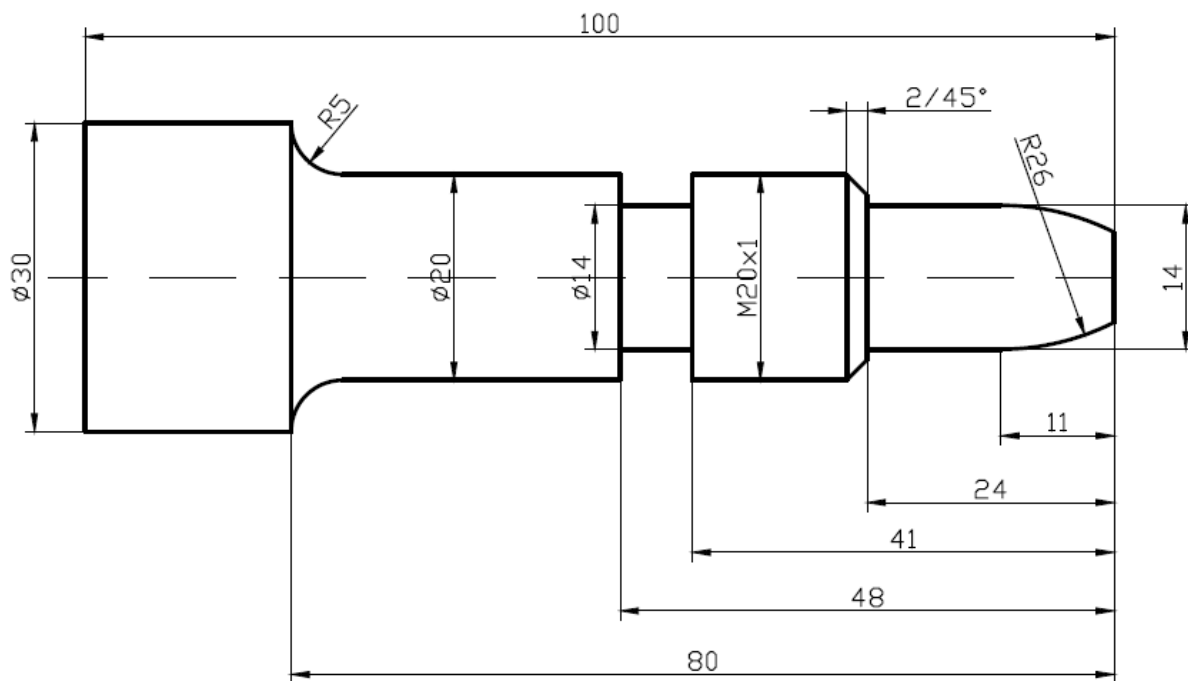
N	G (M)	X (I)	Y (J)	Z (K)	F (T)	H	Примедба
00	M98	...		...			Зазор
01	92	5000		4000			В
02	M06	00		00	T00		ДСН
03	M03						Укљ.вр.
04	00	4200		100			1
05	88	00		00	100	50	1->2->1
06	00	5000		4000			В
07	M05						Искљ.вр.
08	M06	00		00	T01		Забушивач
09	M03						Укл.вр.
10	00	00		50			3
11	82	00		-600			3->4->3
12	00	5000		4000			Б
13	M05						Искл.вр.
14	M06	00		00	T02		Зав.бургија
15	M03						Укл.вр.
16	00	00		50			В->3
17	83	00		-5400			3->5->3
18	00	5000		4000			5
19	M05						Иск.вр.
20	M06	00		00	T03		ДСН
21	M03						Укљ.вр.
22	00	1000		50			В
23	84	-2500		-2000	100	50	6->7->6
24	00	2300		-900			8
25	01	2500		-900	100		9
26	01	2700		-1500	100		10
27	01	2500		-2100	100		11
28	01	2900		-1500	100		12
29	01	2500		-900	100		9
30	03	2900		-1500	80		12
31	M99	I800		K600			
32	03	2500		-2100	80		11
33	M99	I1000		K00			

34	00	1200		-2100			13
35	00	1200		-2900			14
36	01	1200		-3000	100		15
37	01	1000		-3750	100		16
38	01	1400		-3000	100		17
39	01	1600		-3000	100		18
40	01	1000		3750	100		16
41	01	1800		-3000	100		19
42	01	2000		-3000	100		20
43	01	1000		-3750	100		16
44	01	2200		-3000	100		21
45	01	2400		-3000	100		22
46	01	1000		-3750	100		16
47	01	2500		-3000	100		7
48	01	1000		-3750	100		16
49	00	00		50			3
50	00	5000		4000			В
51	M05						Иск.вр.
52	M06	00		00	T03		ДСН
54	M30						Крај
55							
56							
57							
58							
59							
60							
61							

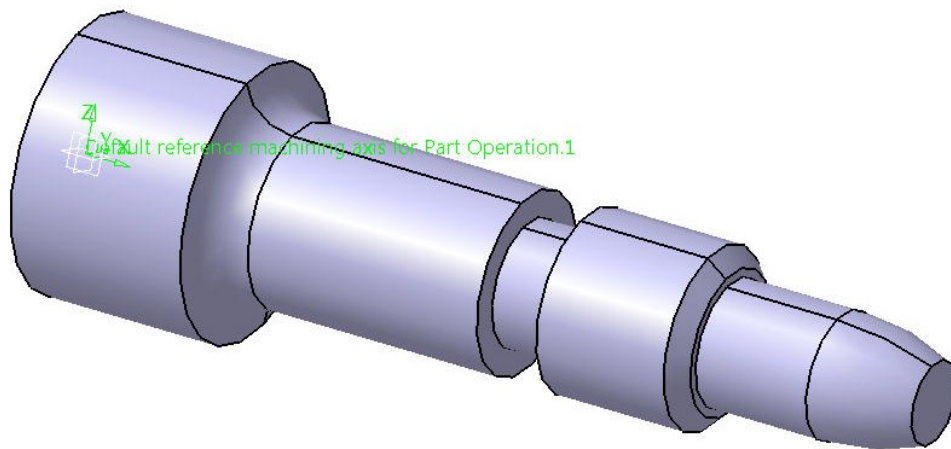
[2]

7. Пример аутоматског програмирања НУ- машина, са технолошком документацијом (симулација обраде).

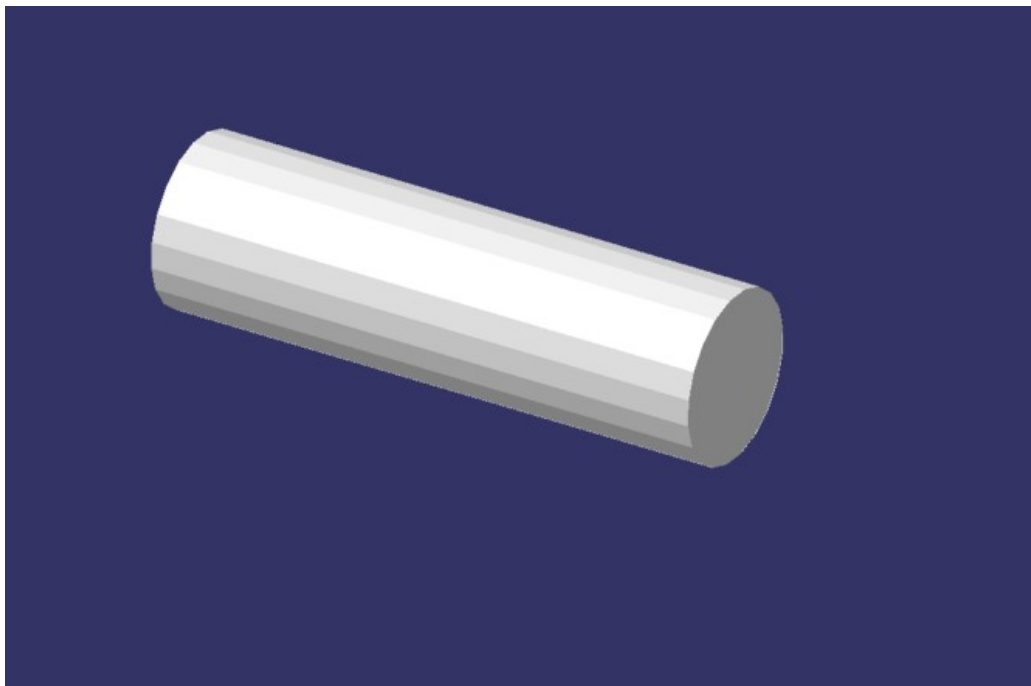
Пример 1



Да би се приступило симулацији машинске обраде на стругу, пре свега потребно је одрадити 3D модел радног комада, као и припремка који ћемо користити при обради.

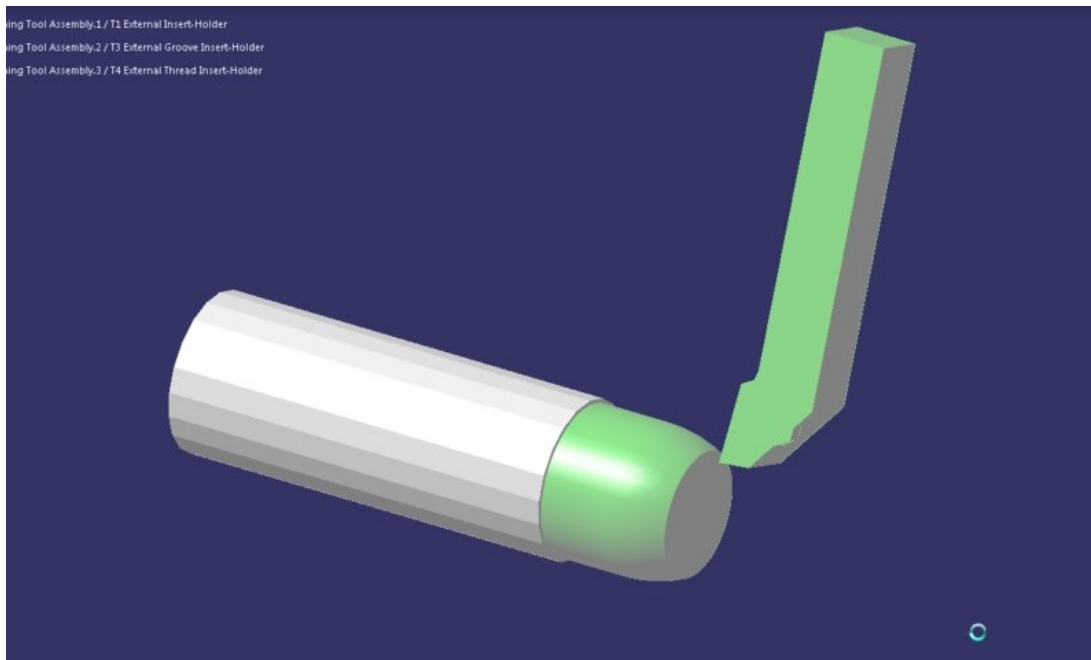


Слика 14: 3D модел примера 1, одрађен у software-у Catia v5r20

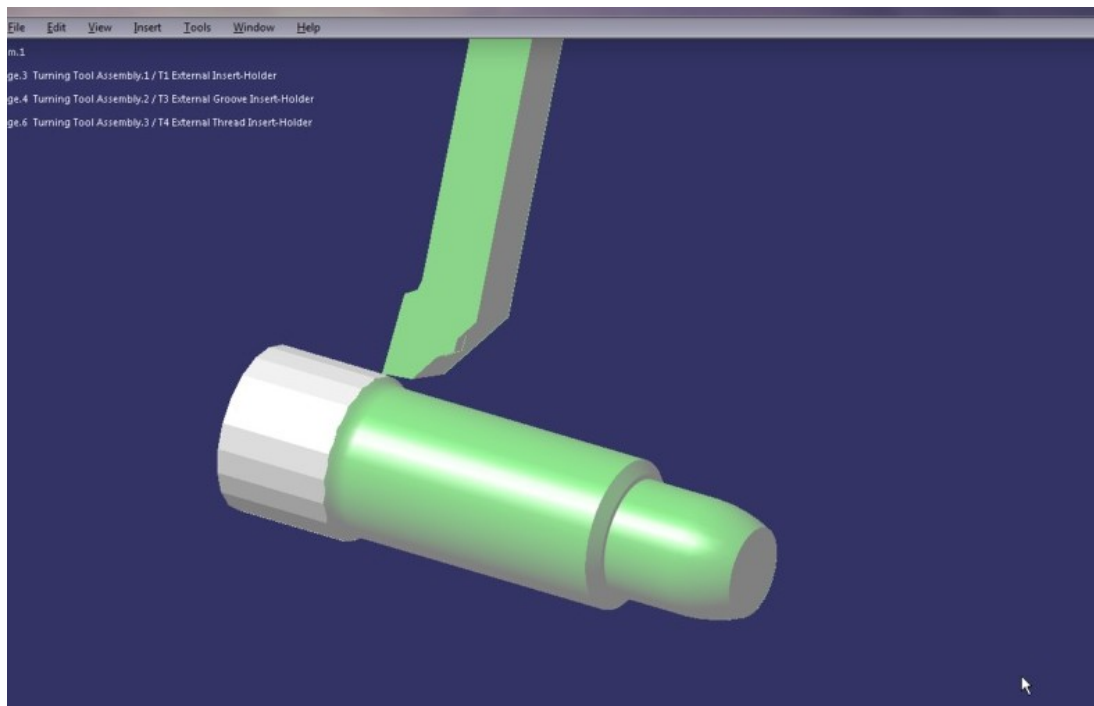


Слика 15: припремак $\varnothing 30 \times 100\text{mm}$.

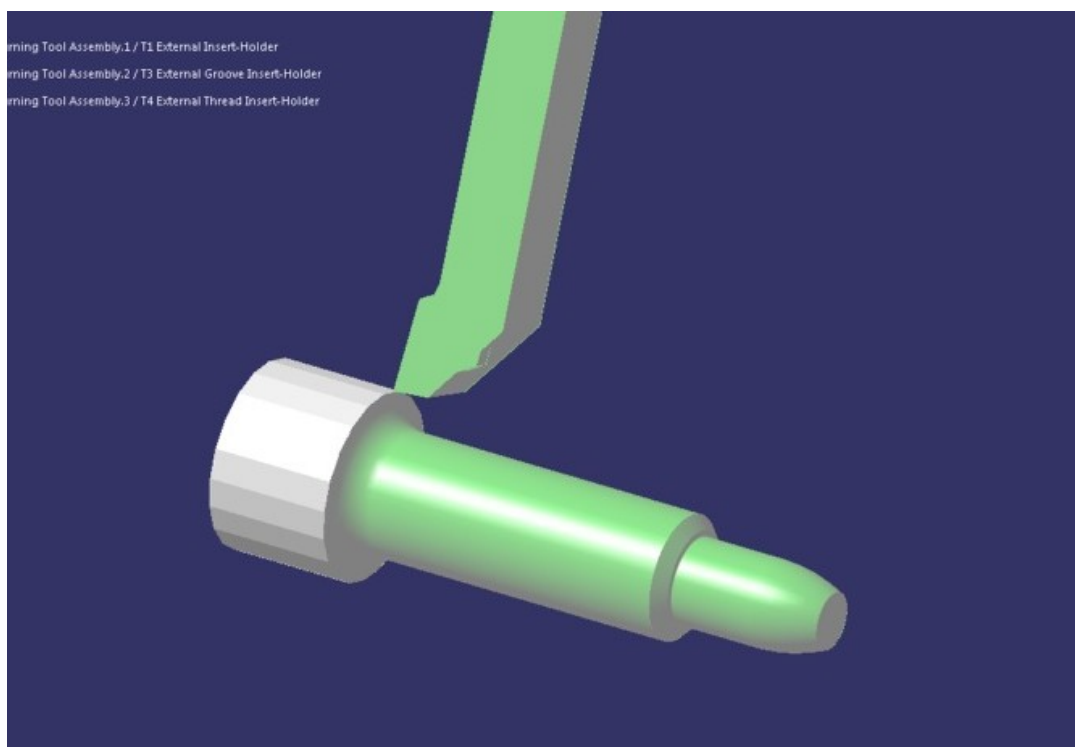
Након припреме модела радног комада и припремка, следује подешавање режима резања, након чега се прилази на симулацију:



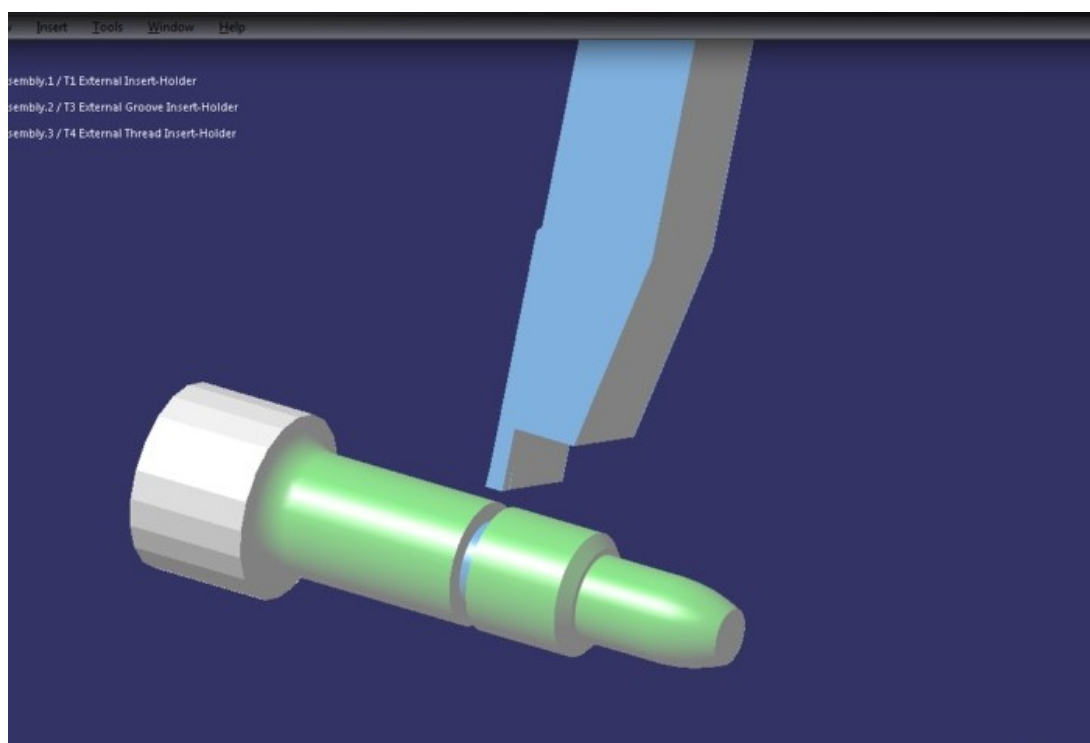
Слика 16: Корак 1- контурно стругање (први пролаз).



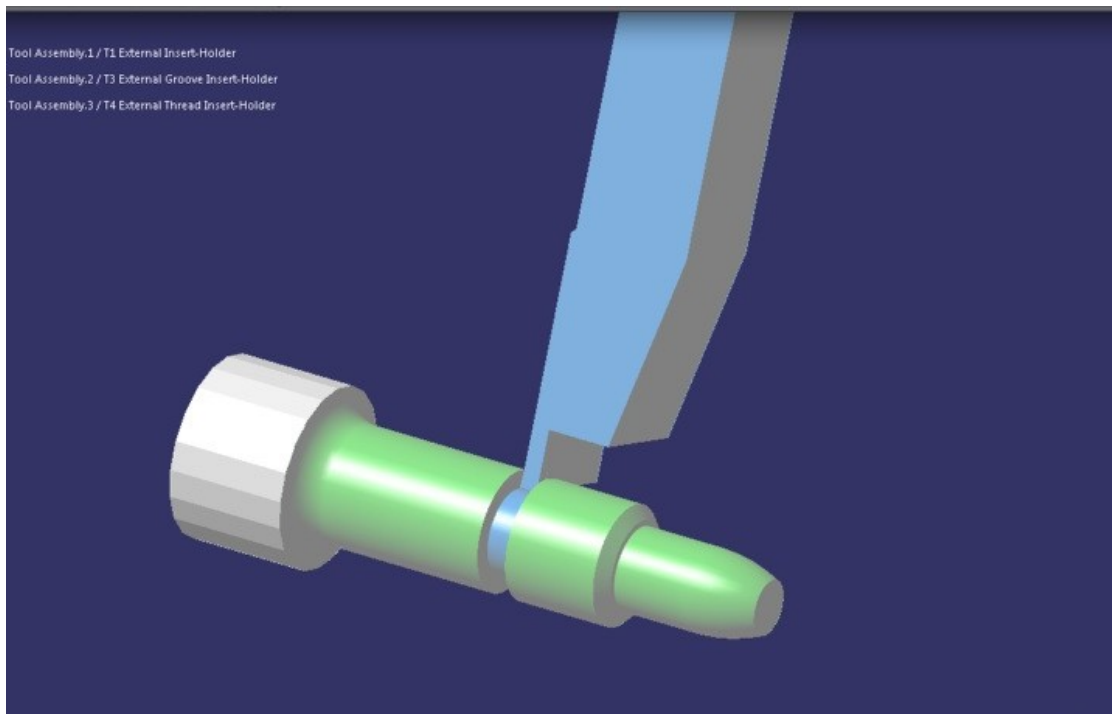
Слика 17: Корак 2- контурно стругање (други пролаз)



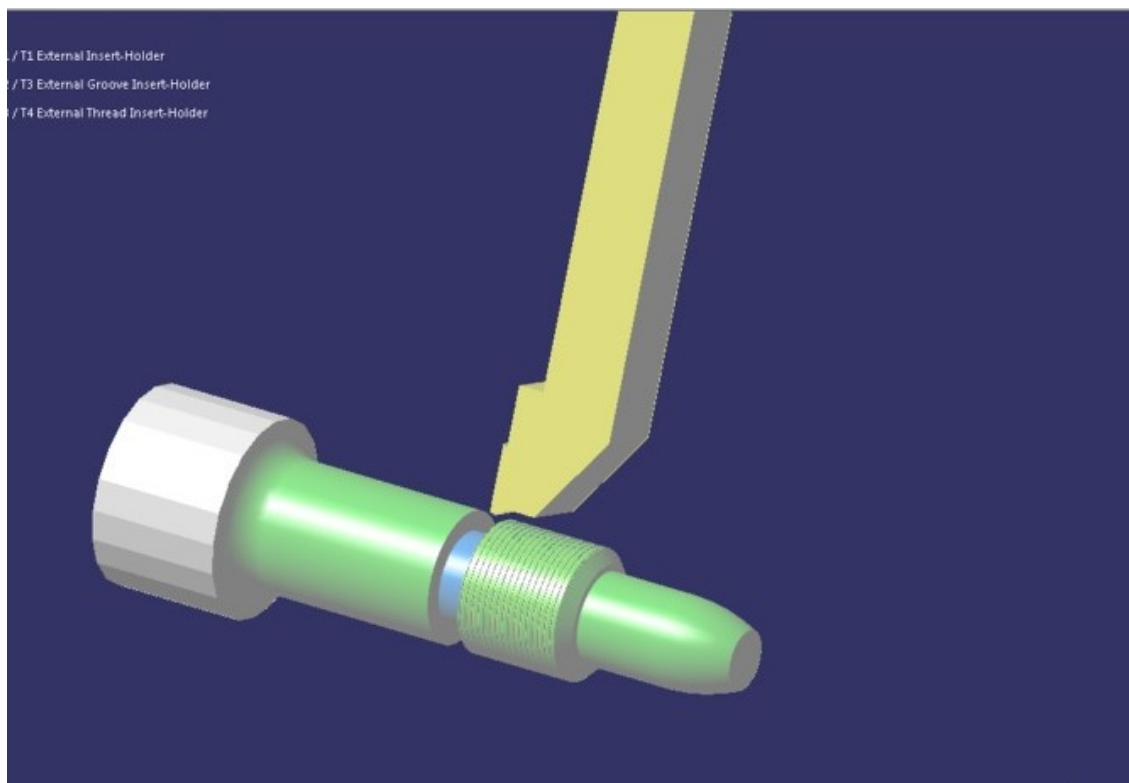
Слика18: Корак 3- контурно стругање (трећи пролаз)



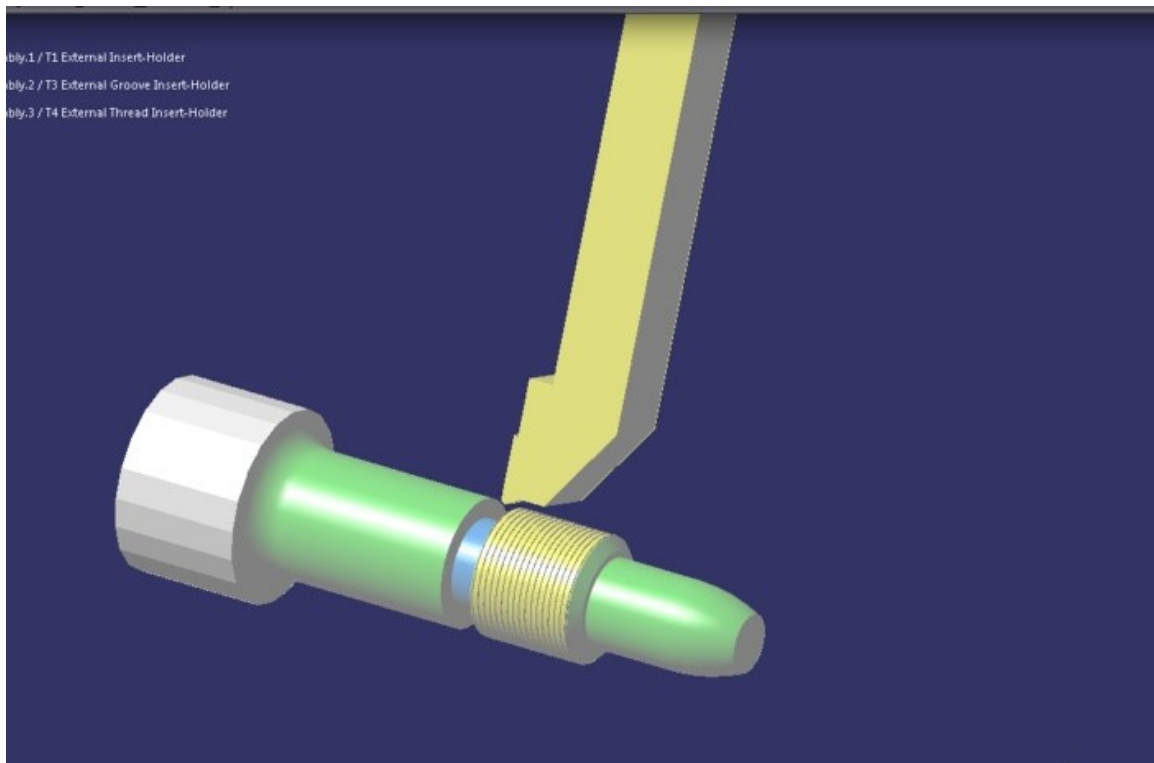
Слика 19: Корак 4- Усецање канала (први пролаз)



Слика 20: Корак 5- Усецање канала (други пролаз)



Слика 21: Корак 6- Резање навоја (први пролаз)



Слика 22: Корак 7- Резање навоја (други пролаз)

Programski list

(G- kod generisan software- om)

```
=====
;
;==== cPost Standard PP for SINUMERIK 840 D   ===
;
;=====
N10 G0 G90 G40
N20 ;===== TOOL CHANGE =====
N30 ; DESC :
N40 ;=====
N50 T1 M06
N60 D1
N70 G0 G90 G40 G17
N80 F0 S0
N90 G64 SOFT
N100 S70 M4
N110 G1 X102.1 Y0 Z13.658 F0 G95
N120 X100.1
N130 X100.022
N140 G3 X89 Y26.1 I-11.022 J0
N150 G3 X62.9 Y0 I0 J-26.1
N160 G3 X89 Y-26.1 I26.1 J0
N170 G3 X115.1 Y0 I0 J26.1
N180 G3 X96.155 Y0 I-26.1 J0
N190 G1 X95.866 Z15.181 F1
N200 G0 X102.1
N210 G0 Z11.858
N220 G1 X100.1 F0
N230 X100.022
N240 G3 X89 Y26.1 I-11.022 J0
N250 G3 X62.9 Y0 I0 J-26.1
N260 G3 X89 Y-26.1 I26.1 J0
N270 G3 X115.1 Y0 I0 J26.1
N280 G3 X89 Y0 I-26.1 J0
N290 G1 X76.1 Z14.3
N300 Z15.1
N310 Z15.241 F1
N320 X75.971 Z15.371
N330 G0 X102.1
N340 G0 Z10.058
```

N350 G1 X100.1 F0
N360 X100.022
N370 G3 X89 Y26.1 I-11.022 J0
N380 G3 X62.9 Y0 I0 J-26.1
N390 G3 X89 Y-26.1 I26.1 J0
N400 G3 X115.1 Y0 I0 J26.1
N410 G3 X89 Y0 I-26.1 J0
N420 G1 X76.1 Z12.5
N430 Z13.441
N440 X74.441 Z15.1
N450 X74.229 Z15.312 F1
N460 G0 X102.1
N470 G0 Z8.258
N480 G1 X100.1 F0
N490 X100.022
N500 G3 X89 Y26.1 I-11.022 J0
N510 G3 X62.9 Y0 I0 J-26.1
N520 G3 X89 Y-26.1 I26.1 J0
N530 G3 X115.1 Y0 I0 J26.1
N540 G3 X89 Y0 I-26.1 J0
N550 G1 X76.1 Z10.7
N560 Z11.641
N570 X74.041 Z13.7
N580 X25
N590 G3 X21.571 Y0 I0 J0
N600 G1 X21.363 Z15.316 F1
N610 G0 X102.1
N620 G0 Z6.458
N630 G1 X100.1 F0
N640 X100.022
N650 G3 X89 Y26.1 I-11.022 J0
N660 G3 X62.9 Y0 I0 J-26.1
N670 G3 X89 Y-26.1 I26.1 J0
N680 G3 X115.1 Y0 I0 J26.1
N690 G3 X89 Y0 I-26.1 J0
N700 G1 X76.1 Z8.9
N710 Z9.841
N720 X74.041 Z11.9
N730 X25
N740 G3 X20.404 Y0 I0 J0

N750 G1 X20.309 Z15.384 F1
N760 G0 X102.1
N770 G0 Z4.658
N780 G1 X100.1 F0
N790 X100.022
N800 G3 X89 Y26.1 I-11.022 J0
N810 G3 X62.9 Y0 I0 J-26.1
N820 G3 X89 Y-26.1 I26.1 J0
N830 G3 X115.1 Y0 I0 J26.1
N840 G3 X89 Y0 I-26.1 J0
N850 G1 X76.1 Z7.1
N860 Z8.041
N870 X74.041 Z10.1
N880 X25
N890 G3 X20.1 Y0 I0 J0
N900 G1 Z15.1
N910 X20.312 Z15.312 F1
N920 ;===== TOOL CHANGE =====
N930 ; DESC :
N940 ;=====

N950 T2 M06
N960 D2
N970 G0 G90 G40 G17
N980 G95 F1 S70 M4
N990 G64 SOFT
N1000 G1 X55.1 Y0 Z12.1 F0
N1010 Z10.1
N1020 Z7.1
N1030 Z12.1 F1
N1040 G0 X53.1
N1050 G1 Z10.1 F0
N1060 Z7.1
N1070 X53.312 Z7.312 F1
N1080 G0 Z12.1
N1090 ;===== TOOL CHANGE =====
N1100 ; DESC :
N1110 ;=====

N1120 T3 M06
N1130 D3
N1140 G0 G90 G40 G17

N1150 G95 F1 S70 M4

N1160 G64 SOFT

N1170 M5 M9

N1180 M30

8. ЗАКЉУЧАК.

У овом раду дати су основни подаци потребни за програмирање CNC машина. Дата су основна упутства како приступити проблематици и шта све мора да се зна, да би се успешно написао неки програм као и одрадио део на машини.

Као што се може видети то није лак задатак и морају се познавати многе функције и појмови, а нарочито саму машину и њене могућности, јер на основу машине се бирају правилни и препоручени режими рада, што је јакo битно како би сачували сам алат и добили тражени квалитет обраде.

Посебну пажњу треба посветити правилном избору алата и изради квалитетног плана обраде, јер је данас уштеда времена је темељни показатељ продуктивности. Ниједан програм није довољно добар, да неби могао бити још бољи.

За рад на машини може се прећи тек када се заврши симулација, поправе евентуалне грешке, измерили алати и положај нулте тачке како би се изабрали проверени режими рада, јер је то гаранција да се неће оштетити машина и алат.

За успешан рад потребно је потпуно разумевање документације!

Literatura:

- [1] - Здравко Блажевић “Ручно програмирање машина алатки“- скрипта. У Вировитици, септембар 2004.
- [2] - Зоран М. Милојевић “Приручник из CNC програмирања - стругање”-, завод за уџбенике. 2002 Beograd
- [3] -- В.Братић, А.Јовановић, В.Бугариновић “Основе програмирања NC и CNC стругова”
<http://drugasansa.rs>
<http://drugasansa.rs/wp-content/uploads/2011/05/Obuka-za-rukovaoca-CNC-masinama.pdf>
- [4] - “Курс програмирања за јединицу HAAS- CNC стругање”- online презентација
<http://www.scribd.com/doc/130237178/CNCstruganjeHAAS>
- [5] - “Обука за руковаоца CNC машинама – приручник за полазника “ – пројекат „Друга шанса“ Развој система функционалног основног образовања за одрасл их у Србији 2011 до 2013 године.
- [6] Р.Ковачевић, -“Нумерички управљане машине алатке и њихово програмирање“ – Машински Факултет Београд 1987.