

Факултет инжењерских наука

Универзитета у Крагујевцу



Назив студијског програма: Машинско инжењерство

Ниво студија: Основне академске студије

Модул: Производно машинство

Предмет: Машине алатке

Број индекса: 108/2008

Зоран С. Филиповић

**Примена савремених софтвера за програмирање
CNC машина алатки**

Завршни рад

Комисија за преглед и одбрану:

1. Проф. др Богдан Недић- ментор

2. _____

3. _____

Датум одбране: _____

Оцена: _____

У оквиру завршног рада кандидат треба да изврши прикупљање и систематизацију података везаних за технологију обраде стругањем са свим битним елементима процеса, да прикаже основне карактеристике машина у обради стругањем и основе програмирања CNC машина. У оквиру рада потребно је да се кандидат упозна са могућностима програма FeatureCAM, опише начин коришћења и прикаже одговарајуће примере.

Препоручена литература:

- Недић Б, "Савремени обрадни системи", скрипта, Машински факултет Крагујевац, Крагујевац.
- Недић Б., Лазић Миодраг: "Обрада метала резањем", Машински факултет Крагујевац, Крагујевац 2007.
- Тадић Б.: "Алати и прибори", скрипта, Машински факултет Крагујевац, Крагујевац 2008

Крагујевац,
30.10.2012.

Резиме

У оквиру завршног рада извршено је прикупљање и систематизација података везаних за технологију обраде стругањем са свим битним елементима процеса, приказане су основне карактеристике машина у обради стругањем и основе програмирања CNC машина. Посебан део рада се односи на примену и могућности програма FeatureCAM за израду NC програма за CNC машину, описан је начин коришћења и приказани су одговарајући примери.

Кључне речи: стругање, CNC машине, FeatureCAM, NC програм

Abstract

Concept of this master work is database for technology of turning which was collected and sistemated, with all key elements of this process, characteristics of turning machines and basic concept of programming CNC machines. Singular part of this master work is based on using FeatureCAM program for creating NC cod for CNC machine, using of FeatureCAM and some examples were show too.

Key words: turning, CNC machines, FeatureCAM, NC program

Садржај

1. Увод.....	1
2. Обрада метала резањем	3
2.1 Поступци обраде метала резањем	3
2.2 Основи процеса резања.....	5
2.3 Основна кретања алата и предмета обраде.....	7
2.4 Обрадни процеси.....	8
2.5 Структура времена обраде	11
3. Обрада стругањем	13
3.1 Режим обраде у обради стругањем.....	15
3.2 Алати за стругање	21
4. Типови CNC - машина алатки.....	29
4.1 Машине алатке	29
4.2 Обрадни центри.....	30
4.3 Нумерички управљани стругови	33
4.3.1 NC стругови са директним програмирањем.....	33
4.3.2 NC чеони стругови.....	35
4.3.3 NC универзални стругови	38
4.3.4 Дугослужни NC стругови.....	40
4.3.5 NC стругови са четири осе.....	41
5. CAD/CAM систем	43
5.1 NC програм	45
6. FeatureCAM 2011.....	50
6.1 Основи програмирања у FeatureCAM-у	51
7. Примери	69
8. Закључак	75
9. Литература	76

1. Увод

Обрада материјала је промена облика, димензија или својстава материјала ради даље употребе. Може се поделити на ручну и машинску обраду. Машинска обрада се обавља на алатној машини са унапред одређеним алатима, како би се у што краћем времену добио производ задовољавајућег квалитета. Алатне машине су машине на којима човек у производном процесу управља алатом. Основни задатак алатних машина је замена људског рада уз повећање тачности, продуктивности, економичности. Најчешће се разврставају на поступке: претходне (грубе обраде) и завршне (фине обраде). Поступци претходне обраде (стругање, бушење, глодање, рендисање...) имају првенствени циљ да уклоне што већу количину материјала. Поступцима завршне обраде (развртање, провлачење, брушење, хоновање, леповање ...) се остварује захтевани квалитет обраде (тачност и квалитет обрађене површине).

Поступци машинске обраде одвајањем материјала могу се поделити на неколико начина, а сваки од њих у неколико подгрупа. Обрада метала стругањем као једна од најшире распрострањених обрада, али уједно и једна од најзахтевнијих и компликованијих врста обраде, због самог процеса резања и због компликованости израде машина за ову обраду, при којој алат изводи помоћно кретање, а радни сто са предметом обраде главно ротационо кретање. Данашње нумеричке машине користе CNC (*Computer Numeric Control*) управљање којим се преко микропроцесора који чита програм написан у NC коду управља машином. За писање кода користи се персонални рачунар којим се помоћу разних софтвера дизајнирају делови, а затим израђују програми за исте.

Предмет овог рада је израда NC кода за CNC струг у софтверу FeatureCAM. Посебна пажња посвећена је самом раду у FeatureCAM-у као и основним облицима обраде на CNC стругу, чији су примери дати на крају.

Увод и специфичности обраде метала резањем дати су у првом и другом поглављу, подела основних операција и алата, као и основне препоруке у вези са избором ножа и геометријом алата.

У трећој глави детаљно је описан сам поступак стругања, препоручени режими који директно утичу на сам квалитет добијеног дела, као и цену готовог дела.

Програмирање CNC машина и њихова повезаност са CAD/CAM системима објашњена је у четвртом поглављу, као и NC програм чији је садржај детаљно обрађен и дат списак основних функција које сачињавају програм.

Карактеристике, захтеви и опис софтвера FeatureCAM-а дат је у петом поглављу, корак по корак описан је интерфејс софтвера са акцентом на корисне опције које поседује, пре свега на опције које га разликују од осталих сродних софтвера. Једноставни примери процеса стругања дати су у овом поглављу: чеона, уздужна унутрашње-спољашња обрада стругањем. На крају је дато неколико сложенијих примера, приказ њихових модела урађених помоћу софтвера Catia V5 и приказ симулације обраде у FeatureCAM-у.

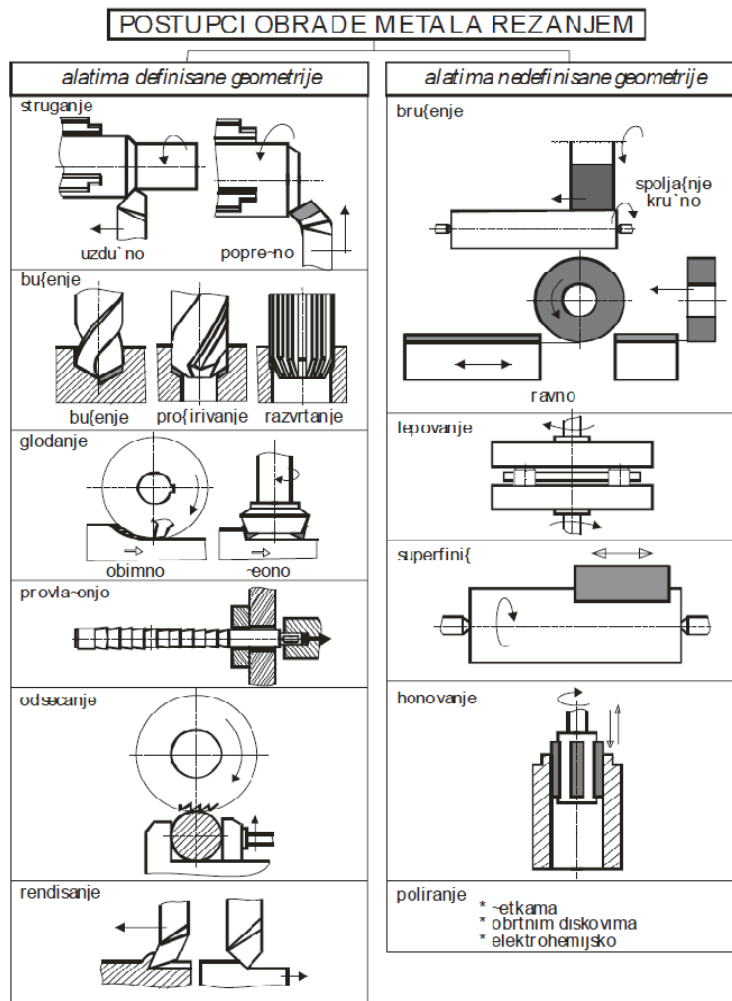
На крају рада дат је закључак и преглед коришћене литературе.

2. Обрада метала резањем

2.1 Поступци обраде метала резањем

Поступци обраде метала резањем су поступци обликовања (промене облика, димензија, храпавости обрађене површине и карактеристика површинског слоја) уклањањем вишка материјала механичким дејством резног алата на предмет обраде (слика 2.1). Најчешће се разврставају на поступке:

- претходне – грубе обраде и
- завршне – фине обраде



Слика 2.1 Поступци обраде метала резањем [1]

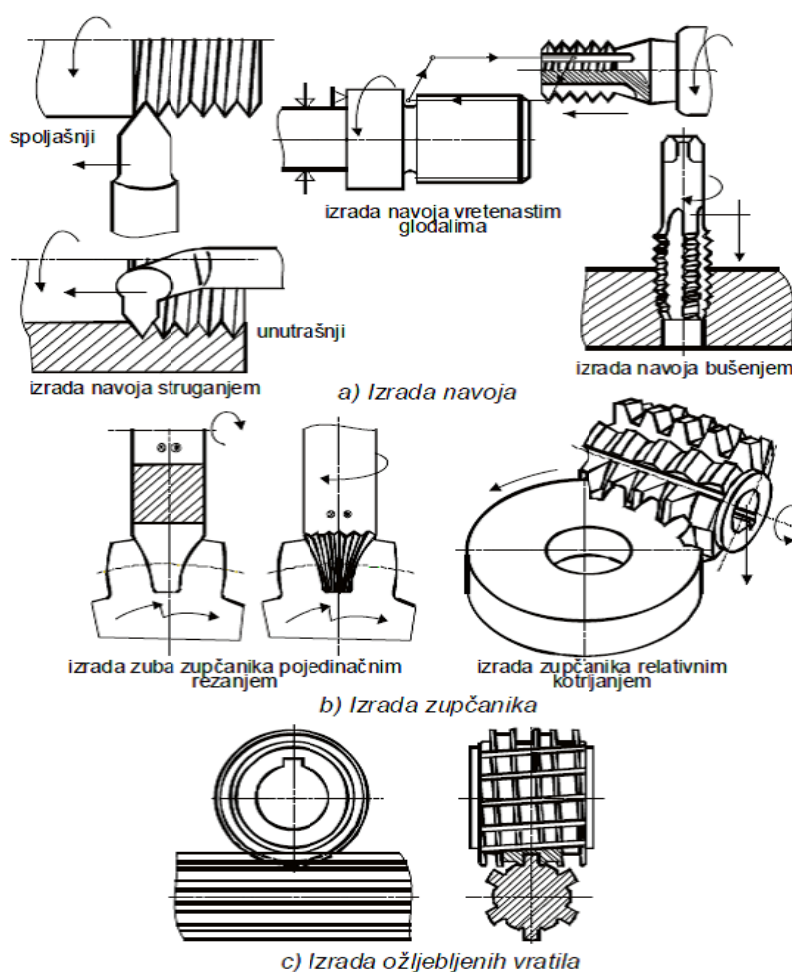
Поступци претходне обраде (стругање, бушење, глодање, рендисање ...) имају, првенствени, циљ да уклоне што већу количину материјала.

Поступцима завршне обраде (развртање, провлачење, брушење, хоновање, леповање ...) се остварује захтевани квалитет обраде (тачност и квалитет обрађене површине).

Основни поступци ОМР су: стругање, бушење, глодање, тестерисање (одсецање), рендисање, провлачење, брушење и глачање (леповање, суперфиниш, хоновање и полирање).

Поступци ОМР се разврстају и према облику обрађиваног дела на поступке :

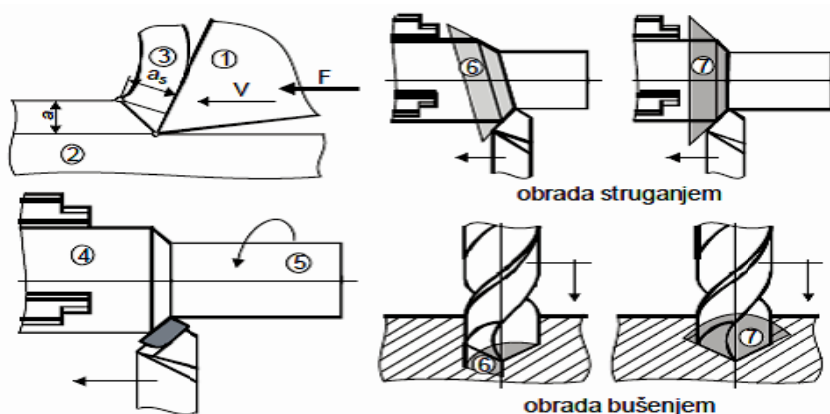
- обраде ротационих делова (осовине, вратила ...)
- обраде призматичних површина (кућишта, блокови мотора ...)
- израде навоја (спољашњег, унутрашњег ...)
- израде зупчаника (цилиндричних, коничних ...)
- израде ожљебљених вратила



Слика 2.2 Поступци израде навоја, зупчаника и ожљебљених вратила [1]

2.2 Основи процеса резања

Процес резања настаје продирањем резног клина алата (1), брзином v , у материјал предмета обраде (2), слика 2.3. Продирањем резног клина алата, под дејством спољашње силе (силе резања F), долази до претварања вишка материјала дебљине a (дубина резања) у струготину (3) дебљине a_s .



Слика 2.3 Основи процеса резања [1]

У процесу резања се уочавају три основне површине:

- Обрађивана површина (4),
- Обрађена површина (5) и
- Површина резања (6)

Обрађивана површина је површина која претходи обради и налази се испред резног клина. То је површина која се потпуно или делимично уклања у процесу резања.

Обрађена површина је површина настала као резултат процеса резања. Налази се иза резног клина и карактерише је тачност облика и диманзија, површинска храпавост и величина и особине површинског слоја.

Површина резања је површина предмета обраде која се налази у директном контакту са резним алатом. То је површина коју образује резна ивица алата у току резултујућег кретања.

Две групе основних параметара обраде су:

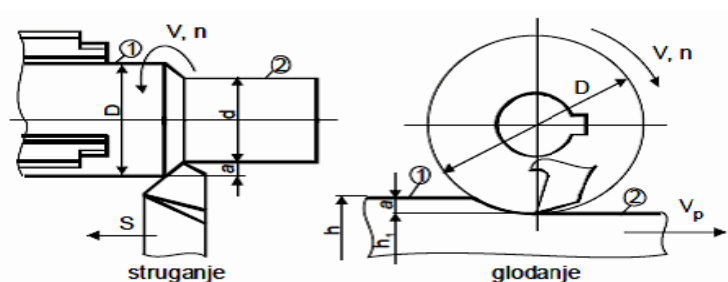
- Технолошки параметри обраде и
- Геометријски параметри обраде

Технолошки параметри обраде (слика 2.4) су:

a , mm - дубина резања,

s , mm/o - корак или v_p , mm/min - брзина помоћног кретања и

v , m/min - брзина резања или n , o/min - број обрта.



Слика 1.4 Технолошки параметри обраде у обради стругањем и глодањем [1]

Дубина резања a , mm је вредност дебљине слоја материјала који се уклања у процесу резања, одређена растојањем обрађиване (1) и обрађене површине (2):

$$a = \frac{D-d}{2}, \text{ mm, при обради ротационих делова и}$$

$$a = h - h_l, \text{ mm, при обради призматичних делова .}$$

Корак (посмак) s , mm/o је померање алата или предмета обраде у правцу помоћног кретања за један обрт алата или предмета обраде, за један зуб алата s_l , mm/z (глодање), за један дупли ход алата или предмета обраде s , mm/dh (рендисање) или један ход алата s , mm/hod (равно брушење).

Брзина помоћног кретања v_p , mm/min је померање алата или предмета обраде у јединици времена.

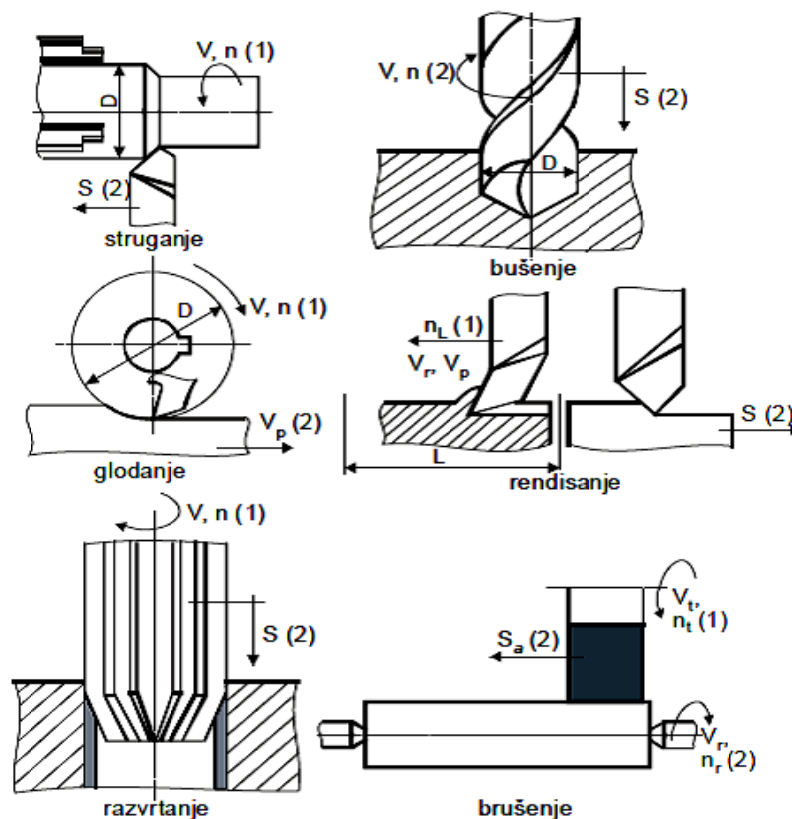
Брзина резања v , m/min или v , m/s (брушење) је пређени пут главне резне ивице алата у јединици времена.

Основни геометријски параметри обраде су:

- ширина резног слоја b ,
- дебљина резног слоја h и
- површина попречног пресека резног слоја A .

2.3 Основна кретања алата и предмета обраде

Да би се процес резања остварио неопходно је да постоје релативна кретања алата и предмета обраде. На машинама за обраду метала резањем се реализују основна и допунска кретања (слика 2.5). Основна кретања се изводе у току процеса обраде, а допунска на почетку и крају процеса обраде или у прекидима. Основна кретања се деле на: главна и помоћна.



Слика 2.5 Главна (1) и помоћна кретања (2, 3) у обради метала резањем [1]

Главна кретања (кретање 1, слика 1.9) су кретања која омогућавају стварање труготине и настанак процеса резања. Дефинисана су:

- брзином резања - v , m/min или m/s (обрада брушењем),
- бројем обрта $n = \frac{1000 \cdot V}{D \cdot \pi}$, o/min
- бројем дуплих ходова nL , dh/min (рендисање) или ходова nL , hod/min (равно брушење):

$$n_L = \frac{1000 \cdot V}{L}, \text{ dh/min (hod/min)}$$

где су, поред познатих величина: D , mm - пречник предмета обраде или алата и L , mm - дужина хода алата или предмета обраде у правцу главног кретања.

Помоћна кретања (кретања 2 и 3) обезбеђују наставак процеса резања. Дефинисана су:

- кораком - s , mm/o; mm/dh; mm/hod,
- кораком по зубу s_1 , mm/z: $s_1 = s / Z$ или
- брзином помоћног кретања - s_p , mm/min: $v_p = n \cdot S$, mm/min где је, поред познатих величина,

Z - број зуба алата.

Главна и помоћна кретања могу бити: обртна и/или праволинијска, а изводе их: резни алат, предмет обраде или резни алат и предмет обраде.

Допунска кретања су кретања којима се алат и предмет обраде доводе у тачан међусобни положај (примицање, одмицање или подешавање положаја алата и сл.).

2.4 Обрадни процеси

Обрадни процеси се састоје од:

- процеса обраде (директних или ефективних процеса) и
- помоћних или допунских процеса.

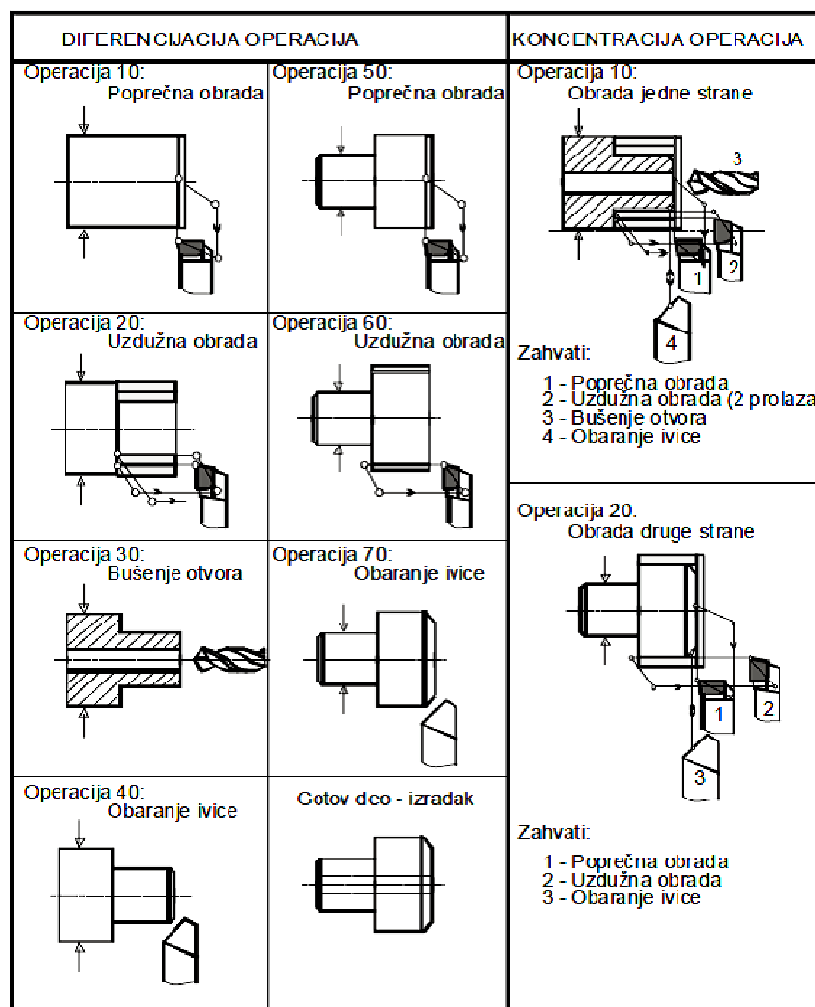
Процеси обраде су процеси директне трансформације предмета обраде у готов производ или полупроизвод за даљу обраду (стругање, бушење, глодање...).

Помоћни процеси омогућавају извођење процеса обраде (позиционирање и стезање алата и предмета обраде, одлагање предмета обраде, укључивање и искључивање машине...).

Технолошки или обрадни процес (процес израде делова или производа) се реализује кроз технолошке поступке обраде. Технолошки поступак је скуп свих обрада на предмету обраде у току израде на одговарајућим машинама, уз примену резног, стезног и мерног алата. Елементи технолошког поступка су технолошке операције или једноставно операције.

Операција је обрада припремка на једној машини (једном радном месту) уз једну припрему машине. Број операција је број припрема или број машина (када се операција

поклапа са обрадним процесом) или број позиција обраде. Два основна принципа пројектовања технолошких процеса (слика 2.1) су са: диференцијацијом и концентрацијом операција.



Слика 2.6 Диференцијација и концентрација операција, подела операција на захвате и пролазе [1]

Диференцијација операција подразумева технолошки процес производње код кога су производне операције сведене на најједноставније елементе (захвате).

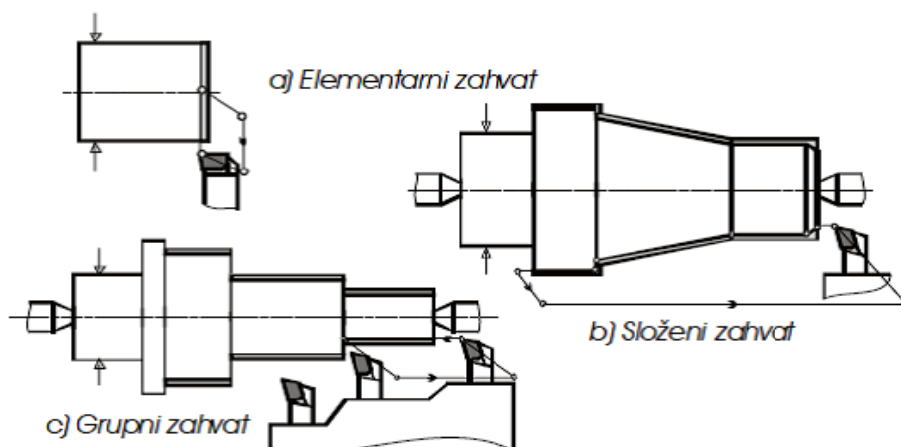
Концентрација операција је обједињавање неколико различитих обрада (захвата) на једној машини и у исто време. У оквиру једне операције може да постоји више подоперација.

Подоперација представља један положај предмета обраде у односу на машину и стезни алат или прибор. Свака операција односно подоперација се састоји од захвата и пролаза.

Захват је процес истовремене обраде једне или више површина предмета обраде коришћењем једног или више алата, без промене режима обраде. Разликује се

елементарни, сложени и групни захват. Елементарни захват је обрада једне површине једним алатом. Сложени захват (слика 2.2.а) је процес обликовања сложене површине једним алатом (копирањем или на НУ машинама). Групни захват (слика 2.2.б) чини процес истовремене обраде више површина већим бројем алата.

Пролаз (слика 2.7) је део захвата у коме се један слој материјала уклања једним алатом. Последњим пролазом завршава се захват и процес обликовања и обраде посматране површине.



Слика 2.7 Сложени (обрада копирањем) и групни захват (обрада вишесечним алатом) [1]

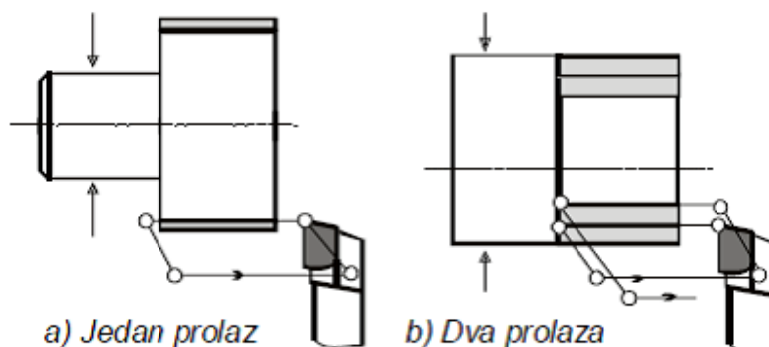
Сви делови се обрађују на већем броју обрадних система или једном обрадном систем са већим бројем обрадних јединица. Савремени обрадни системи намењени серијској и масовној производњи пројектовани су и изграђени тако да изврше потпуну обраду предмета одређеног облика. Укупно време обраде серије од Z комада је

$$T_u = T_{pz} + Z \cdot t_k$$

где су:

T_{pz} , min - припремно - завршног време за серију и

t_k , min - коадно време (време обраде по коаду).



Слика 2.8 Пролази у обради стругањем [1]

2.5 Структура времена обраде

Припремно - завршно време је време потребно за проучавање технолошке документације, припрему обрадног система (машине, алата и прибора и сл.) и распремање обрадног система (одлагање прибора, алата, чишћење и подмазивање машине и сл.) након завршетка израде серије од Z - комада.

Број комада у серији обухвата број комада који се изради у току једне или више смена, једне или више недеља/месеци.

Комадно време или време обраде по комаду се састоји од основног редоследног (тор) и изгубљеног времена (t_i). Изгубљено време обухвата временске губитке у процесу производње (организационо-технички и други разлози), док се основно редоследно време састоји од основног времена (t_o) и међувремена (t_m), условљеног технолошким разлозима (прелаз са једне на другу технолошку операцију). Основно време обухвата главно време обраде (t_g) и помоћно време (t_p).

Комадно време је време извођењ једне производне операције се може приказати релацијом облика:

$$t_k = t_{pz} + t_p + t_g + t_d, \text{ min}$$

у којој су: t_{pz} - припремно завршно време ($t_{pz} = T_{pz} / Z$), t_p - помоћно време, t_g – време ефективног резања (главно време обраде) и t_d - додатно време.

Помоћно време је време које се троши за реализацију помоћних активности и кретања у процесу обраде као што су: постављање и стезање предмета обраде, празни ходови, отпуштање и скидање предмета обраде и сл. Снима се и одређује методама студије рада и времена.

Додатно време је време које се троши на кратке одморе и друге потребе радника. Одређује се најчешће у функцији помоћног и главног времена:

$$t_d = \frac{p_1}{100} \cdot (t_g + t_p), \text{ min}$$

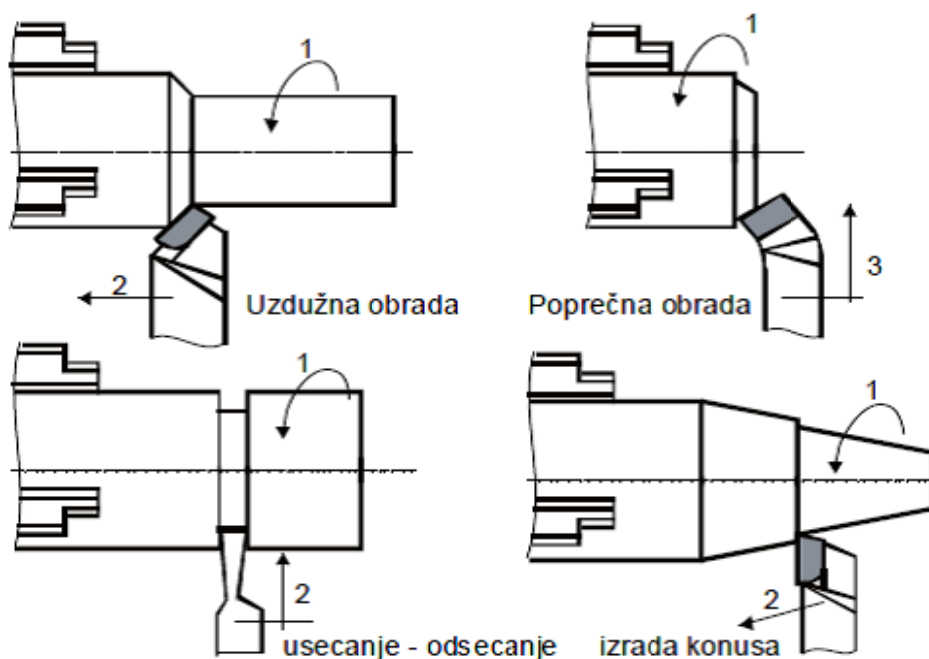
Главно време или време ефективног резања је време које се троши на директно обликовање предмета обраде (време контакта алата и предмета обраде). Дефинисано је релацијама

- за машине са главним обртним кретањем $t_g = i \cdot \frac{L}{n \cdot s}, \text{ min}$
- и за машине са главним праволинијским кретањем: $t_g = i \cdot \frac{B}{n_L \cdot s}, \text{ min}$

У изразима су: i - број пролаза; L , mm - радни ход алата и B , mm - ширина обраде.

3. Обрада стругањем

Обрада стругањем је поступак обраде првенствено ротационих делова (вијака, навртки, осовина, вратила, чаура, ременица, ...). Остварује се тако што предмет обраде изводи главно обртно кретање, а алат помоћно праволинијско кретање (слика 3.1). Релативна кретања алата и предмета обраде условљавају и врсту производне операције у обради стругањем (уздужна и попречна обрада, израда конуса и сл.). [1]



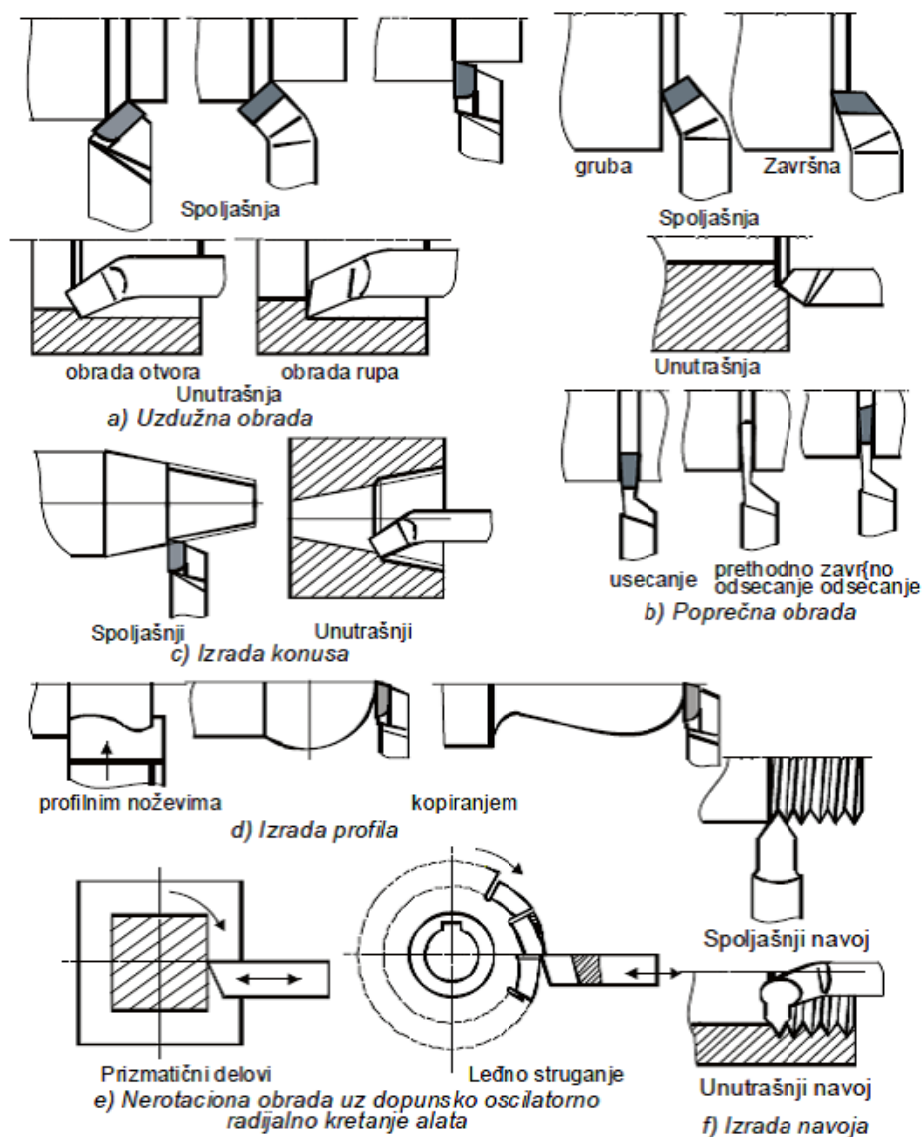
Сл.3.1 Основна кретања алата и предмета обраде у обради стругањем [1]

Главно кретање (1) је дефинисано брзином резања (V , m/min) - бројем обрта предмета обраде (n , o/min). Помоћно кретање (2) је одређено кораком (S , mm/o - аксијално померање алата за један обрт предмета обраде) и брзином помоћног кретања (V_p , mm/min).

Обрадом стругањем (слика 5.2) се реализује велики број операција као што су:

- уздужна обрада (спољашња и унутрашња - а),
- попречна обрада (спољашња и унутрашња, усецање, претходно и завршно одсецање - б),
- израда конуса (спољашњег и унутрашњег - с),
- израда профила (профилним алатом и копирањем - д),

- неротационо стругање (призматичних делова и леђно стругање - е),
- израда навоја (спољашњег и унутрашњег - ф),
- израда и обрада отвора и рупа итд.



Слика 3.2 Производне операције у обради стругањем [1]

3.1 Поступци обраде у обради стругањем и путања алата

Режим обраде у обради стругањем је одређен брзином резања:

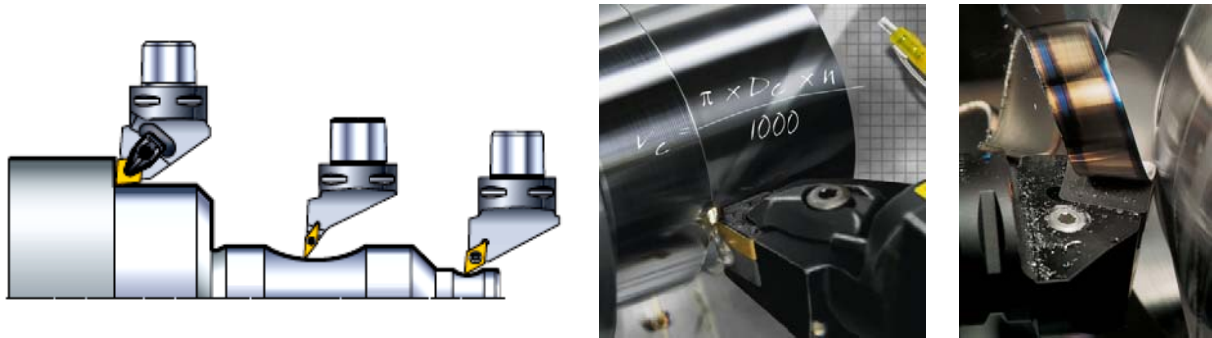
$$V = \frac{D \cdot \pi \cdot n}{1000} \approx \frac{D \cdot n}{320}, \text{ m/min}$$

односно бројем обрта предмета обраде:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{D \cdot \pi} \approx \frac{320 \cdot V}{D}, \text{ o/min}$$

кораком: S , mm/o - померањем алата за један обрт предмета обраде, а ређе и брзином помоћног кретања:

$$V_p = n \cdot s, \text{ mm/min}$$



Слика 3.3 Спољашње стругање [1]

- Спољашње стругање на пролаз

$$t_g = \frac{L}{n \cdot s} i = \frac{l + l_1 + l_2}{n \cdot s} i \text{ s (min)}$$

$L = l + l_1 + l_2$ mm - дужина пута алата

l – дужина обађиване површине mm

$$l_1 = \frac{\alpha}{\tan \alpha} + (0.5 \div 2) \text{ mm} - \text{улаз}$$

α – дубина струготине mm α – угао постављања

$$l_2 = (1 \div 5) \text{ mm} \text{ излаз}$$

$$n = \frac{1000 v}{D \cdot \pi} S^{-1} - \text{број обртаја}$$

v – брзина резања m/s

D – обрађивани пречник mm

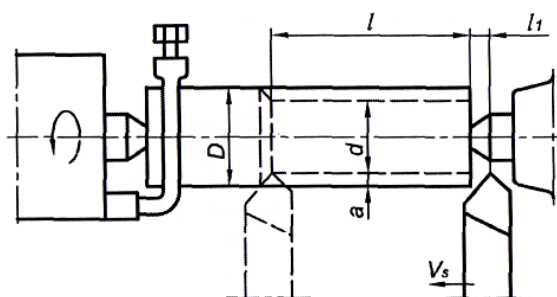
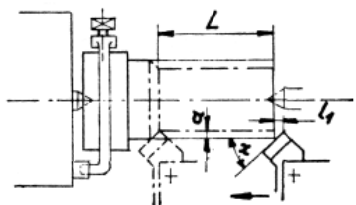
s – помак mm/o

$$i = \frac{d_o}{\alpha} - \text{број пролаза}$$

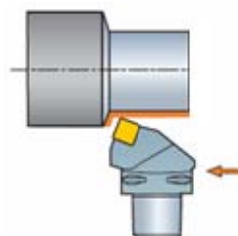
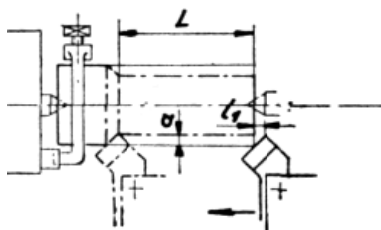
d_o – додатак за скидање mm



- Спољашње стругање до степенице



- Спољашње стругање до стругарског срца



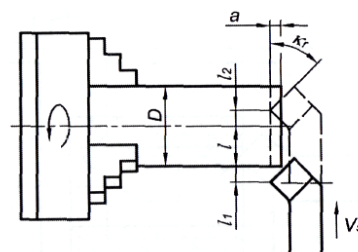
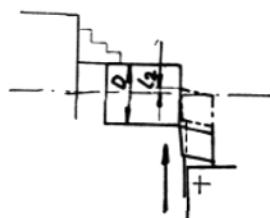
- Поравнавање чела пуног профила

$$l = \frac{D}{2} mm$$

$$l_1 = 0 + (0.5 \div 2) mm$$

$$l_2 = (0.5 \div 2) mm$$

$$i = 1$$



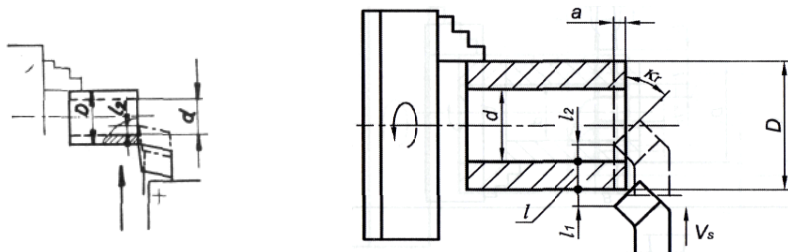
- Поравнавање чела цеви

$$l = \frac{D-d}{2} \text{ mm}$$

$$l_1 = 0 + (0.5 \div 2) \text{ mm}$$

$$l_2 = (0.5 \div 2) \text{ mm}$$

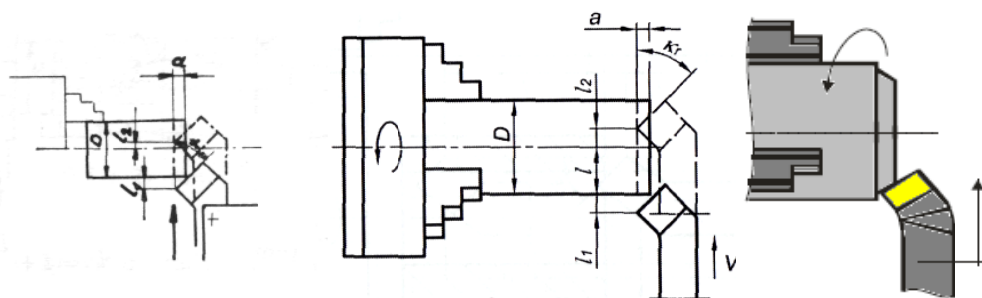
$$i = 1$$



- Попречно стругање пуног профила

$$l = \frac{D}{2} \text{ mm}$$

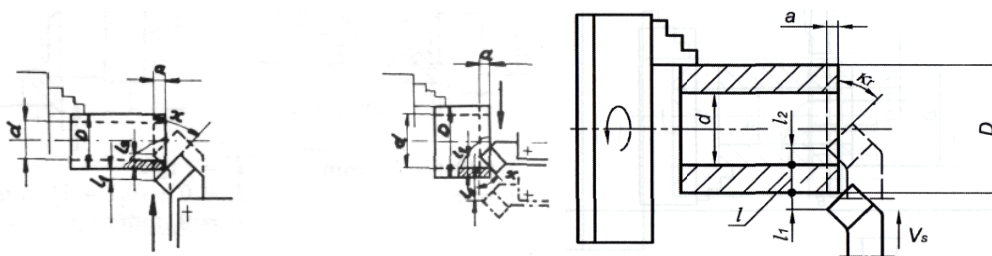
$$l_2 = (0.5 \div 2) \text{ mm}$$



- Попречно стругање цеви

$$l = \frac{D-d}{2} \text{ mm}$$

$$l_2 = (0.5 \div 2) \text{ mm}$$



- Резање жлеба

$$i = 1$$

$$l = \frac{D-d}{2} \text{ mm}$$

$$l_1 = 0 + (0.5 \div 2) \text{ mm}$$

$$l_2 = 0 \text{ mm}$$



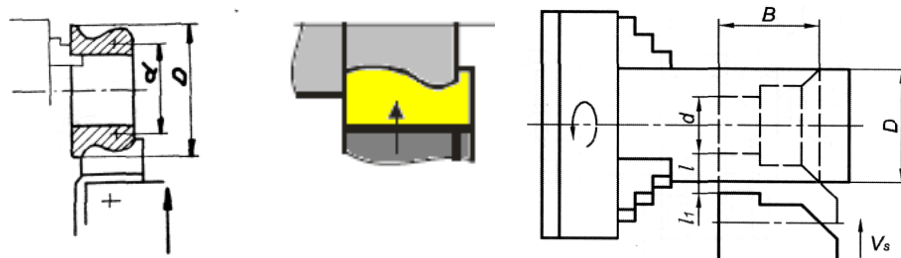
- Стругање са профлним ножем

$$i = 1$$

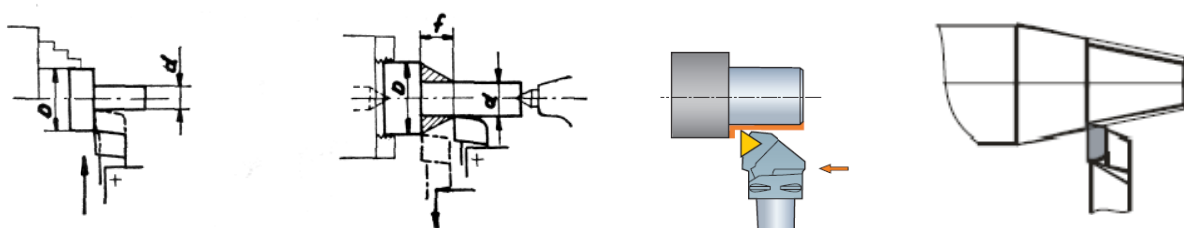
$$l = \frac{D-d}{2} \text{ mm}$$

$$l_1 = 0 + (0.5 \div 2) \text{ mm}$$

$$l_2 = 0 \text{ mm}$$



- Израда конуса



$$l = \frac{D-d}{2} \text{ mm}$$

$$l_1 = 0 + (0.5 \div 2) \text{ mm}$$

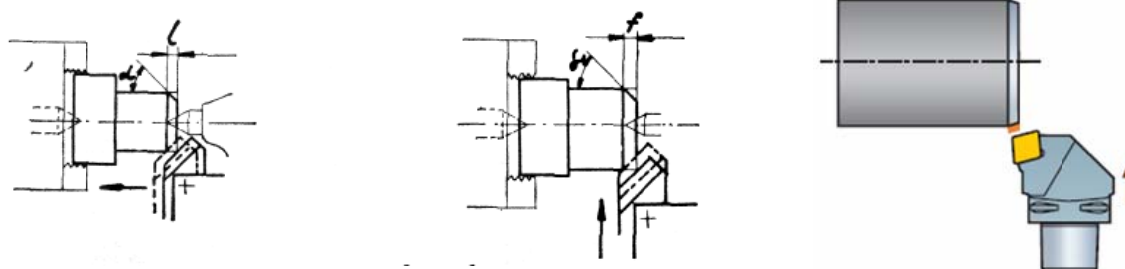
$$l_2 = 0 \text{ mm}$$

$$l = f + \frac{D-d}{2} \text{ mm}$$

$$l_1 = 0 + (0.5 \div 2) \text{ mm}$$

$$l_2 = (1 \div 2) \text{ mm}$$

- Обарање ивица

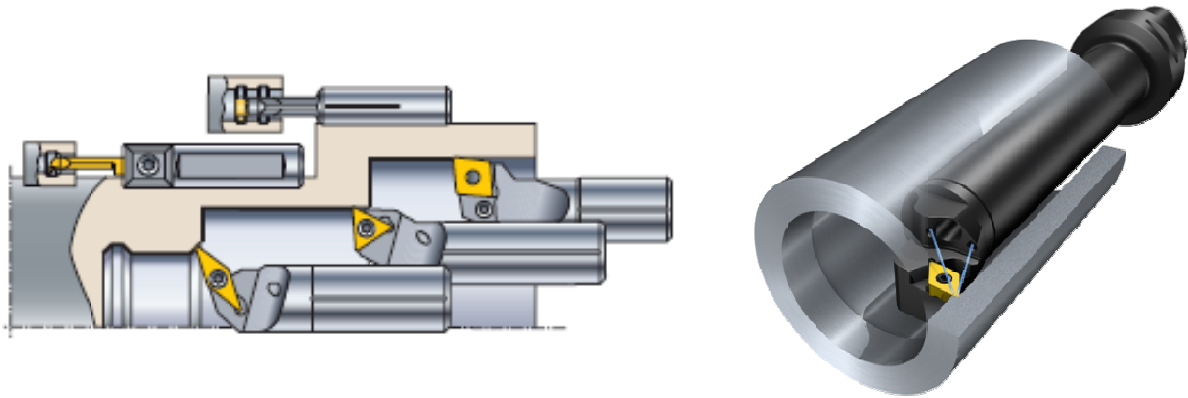


$$l_1 = 0 + (0.1 \div 1), \text{ mm}$$

$$l_2 = 0, \text{ mm}$$

$$l = f \cdot \tan \alpha$$

$$l_1 = 0 + (0.1 \div 1), \text{ mm} , l_2 = 0 \text{ mm}$$



Слика 3.4 Унутрашње стругање [1]

- Унутрашње стругање на пролаз

$$t_g = \frac{L}{n \cdot s} i = \frac{l + l_1 + l_2}{n \cdot s} i \quad s \text{ (min)}$$

$L = l + l_1 + l_2$ mm - дужина пута алата

l – дужина обрађене површине mm

$$l_1 = \frac{\alpha}{\tan \chi} + (0.5 \div 2) \text{ mm} - \text{улаз}$$

a — дубина струготине mm , χ – угао постављања [°]

$l_2 = (1 \div 5) \text{ mm}$ - излаз

$$n = \frac{1000v}{D\pi} [o / \text{min}] - \text{број обртаја}$$

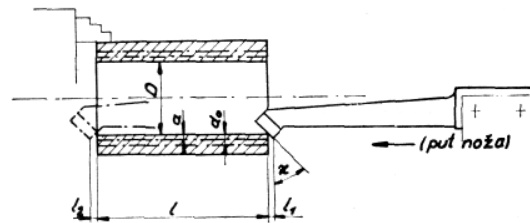
v – брзина резања [m / min]

D – обрађени пречник mm

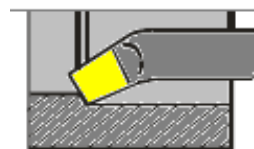
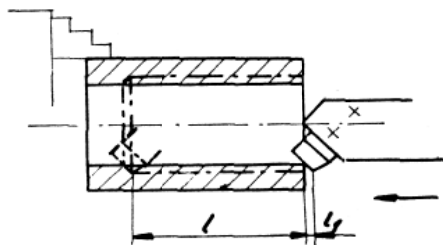
s – посмак mm/o

$$i = \frac{d_o}{\alpha} - \text{број пролаза}$$

d_o – додатак за обраду mm



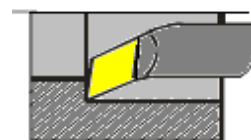
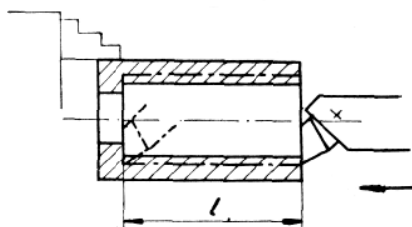
- Унутрашње стругање до степенице



- Унутрашње стругање до степенице ($\chi = 90^\circ$)

$$l_1 = 0 + (0.5 \div 2) \text{ mm}$$

$$l_2 = 0 \text{ mm}$$



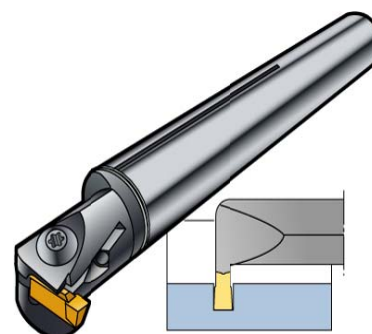
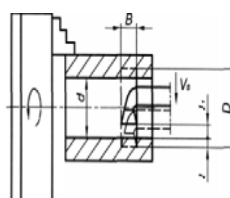
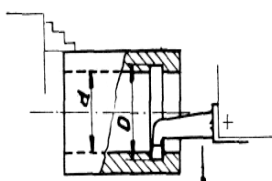
- Стругање унутрашњих жлебова

$$l = \frac{D-d}{2} \text{ mm}$$

$$l_1 = 0 + (0.5 \div 2) \text{ mm}$$

$$l_2 = 0 \text{ mm}$$

$$i = 1$$



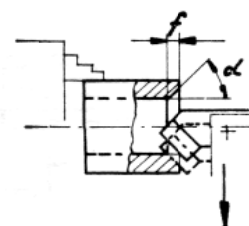
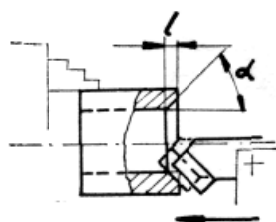
- Обарање унутрашњих ивица

$$l_1 = 0 + (0.1 \div 1) \text{ mm}$$

$$l = f \cdot \tan \alpha$$

$$l_2 = 0 \text{ mm}$$

$$l_1 = 0 + (0.1 \div 1) \text{ mm}$$

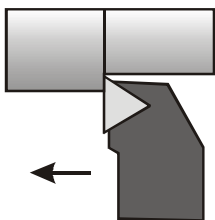
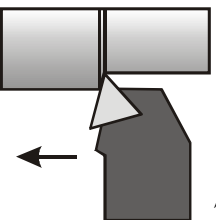
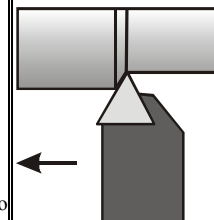
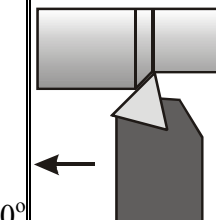
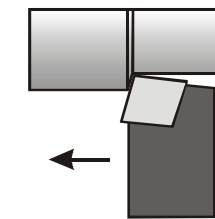
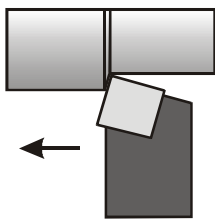
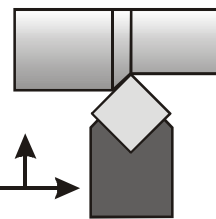
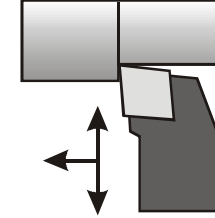
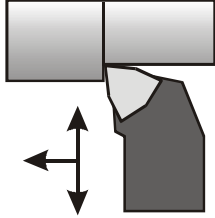
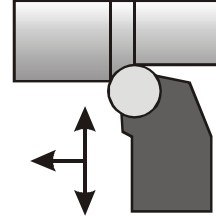


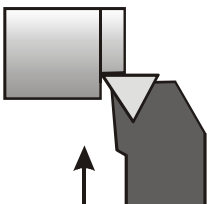
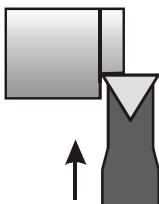
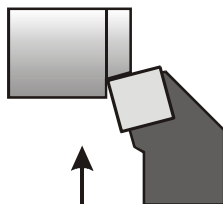
3.2 Алати за обраду стругањем

У табелама 3.1 и 3.2 приказани су стругарски ножеви са изменљивим (окретним) плочицама намењени уздужној и попречној обраду стругањем спољашњих површина, при чему су подебљаним ознакама приказани најчешће коришћени стругарски ножеви. [1]

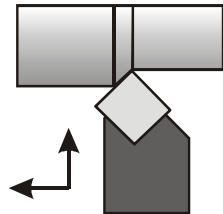
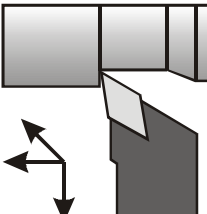
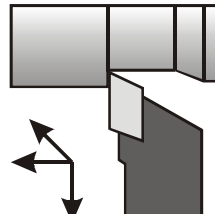
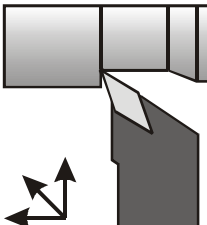
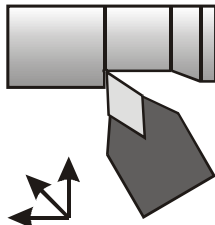
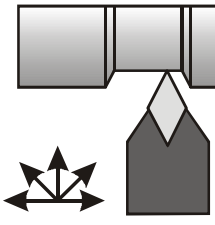
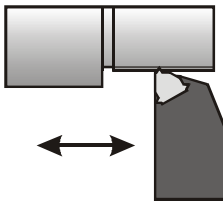
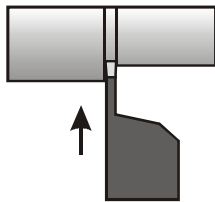
У табели 3.3 приказани су најчешће коришћени стругарски ножеви са изменљивим (окретним) плочицама за обраду унутрашњих површина. [1]

Табела 3.1: Најчешће коришћени стругарски ножеви са изменљивим плочицама [1]

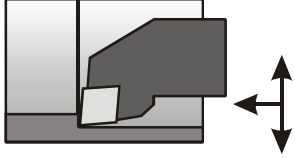
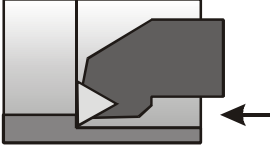
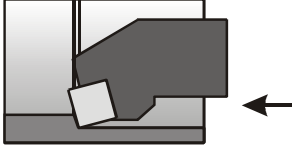
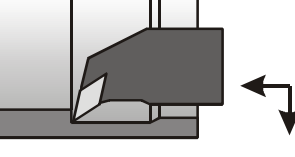
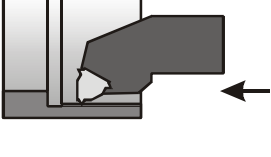
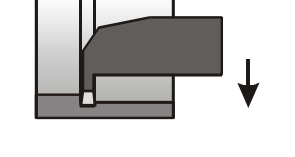
 90° PTGPR CTJNR CTGNR PTJNR STGCR MTJNR	 75° CTBPR	 60° PTTNR CTTPR STTCR	 45° PTDNR CTDPR CTDCR
 75° PCBNR PCNRN CCBNR	 75° PSBNR PSNRN CSBPR CSNRN SSBCR	 45° PSDNN SSDCN CSDNN	
 95° PCLNR SCLCR CCLNR	 95° MWLNR	 95° PRGNR	

 PTFNR STFCR CTFPR	 CTCPN	 PSKNR SSKCR CSKNR
---	--	---

Табела 3.2: Најчешће коришћени стругарски ножеви са изменљивим плочицама [1]

 PSSNR CSDCR SSDNR MSSCR	 PDJNR SVJNR SDJCR CDJNR	 CKJNR
 MVQNR MDQNR	 PDNNR	 MDNNN MNVNN SVVCN
 SER	 TTER	

Табела 3.3: Најчешће коришћени стругарски ножеви са изменљивим плочицама

 S-PCLNR S-SCLCR S-PDUNR	 S-PFFPR S-CTFCR	 S-CSKPR S-SSKCR S-PSKNR
 S-SVQBR S-SDQCR	 SIR	 TTIR

У табелама 3.4 и 3.5 су приказани начини означавања изменљивих окретних плочица од тврдог метала и носача за стругарске ножеве. Приликом избора резне плочице мора се водити рачуна о материјалу предмета обраде, геометрији обраде и квалитету обрађене по-вршине.

Као што се из табела 3.1 и 3.2 може видети најзаступљеније су троугаоне, квадратне и ромбоидне плочице са негативном геометријом ($\alpha=0^\circ$, ознака N) и са позитивном геометријом ($\alpha=11^\circ$, са ознаком P). Најчешће коришћена дебелина резне плочице је 3 и 4 мм, а радијус врха плочице 0,8 ; 1,2 и 1,6. Дужина резне ивице плочица је различита за различите облике плочица (табела 3.6).

Табела 3.4: ISO систем означавања окретних плочица за стругарске ножеве [1]

1. OBLIK OKRETNE PLOČICE

H

C

L

O

D

A

P

E

B

R

M

K

S

V

T

2. LEDNI UGAO

3° A

5° B

7° C

15° D

20° E

25° F

30° G

0° N

11° P

5. 6. DUŽINA REZNE IVICE

H

L

O

A B K

P

C D E H V

R

S

T

7. 8. DEBLJINA PLOČICE

9. 10. RADIJUS VRHA

oznaka	r, mm
00	okrug
00	ošt. vrh
02	0,2
04	0,4
03	3,18
08	0,8
04	4,76
12	1,2
06	6,35
16	1,6
07	7,94
24	2,4
09	9,52
32	3,2
11	11,11
40	4,0

S

P

G

R

12

04

08

E

R

1

2

3

4

5 6

7 8

9 10

11

12

3. TOLERANCIJE

Klasa	Tolerancija, mm			d, mm	T za m		T za d	
	m	s	d		klasa N	klasa U	kl. J, K, L, M	klasa U
A	±0,005	±0,025	±0,025					
B	±0,005	±0,025	±0,013	6,35	±0,08	±0,13	±0,03	±0,08
C	±0,013	±0,025	±0,025	9,52	±0,08	±0,13	±0,03	±0,08
H	±0,013	±0,025	±0,13	2,7	±0,13	±0,20	±0,03	±0,13
E	±0,025	±0,025	±0,025	5,66	±0,15	±0,27	±0,10	±0,18
G	±0,025	±0,13	±0,025	9,05	±0,15	±0,27	±0,10	±0,18
J	±0,005¹	±0,025	od ±0,05¹ do ±0,13¹	25,4	±0,18	±0,38	±0,13	±0,25
K	±0,013¹	±0,025	od ±0,05¹ do ±0,13¹	T - tolerancija mere				
L	±0,025¹	±0,025	od ±0,05¹ do ±0,13¹					
M	od ±0,08² do ±0,18²	±0,13	od ±0,05³ do ±0,13³					
U	od ±0,12² do ±0,38²	±0,13	od ±0,08² do ±0,25²					

¹ Odnosi se na pločice sa brušenom ravnom fazetom

² Tolerancije zavise od veličine pločice i date su u gornjoj tabeli

4. VRSTA LOMAČA I NAČIN PRITEZANJA

A

F

G

M

N

R

X

specijalni oblik

11. OBLIK REZNE IVICE

F

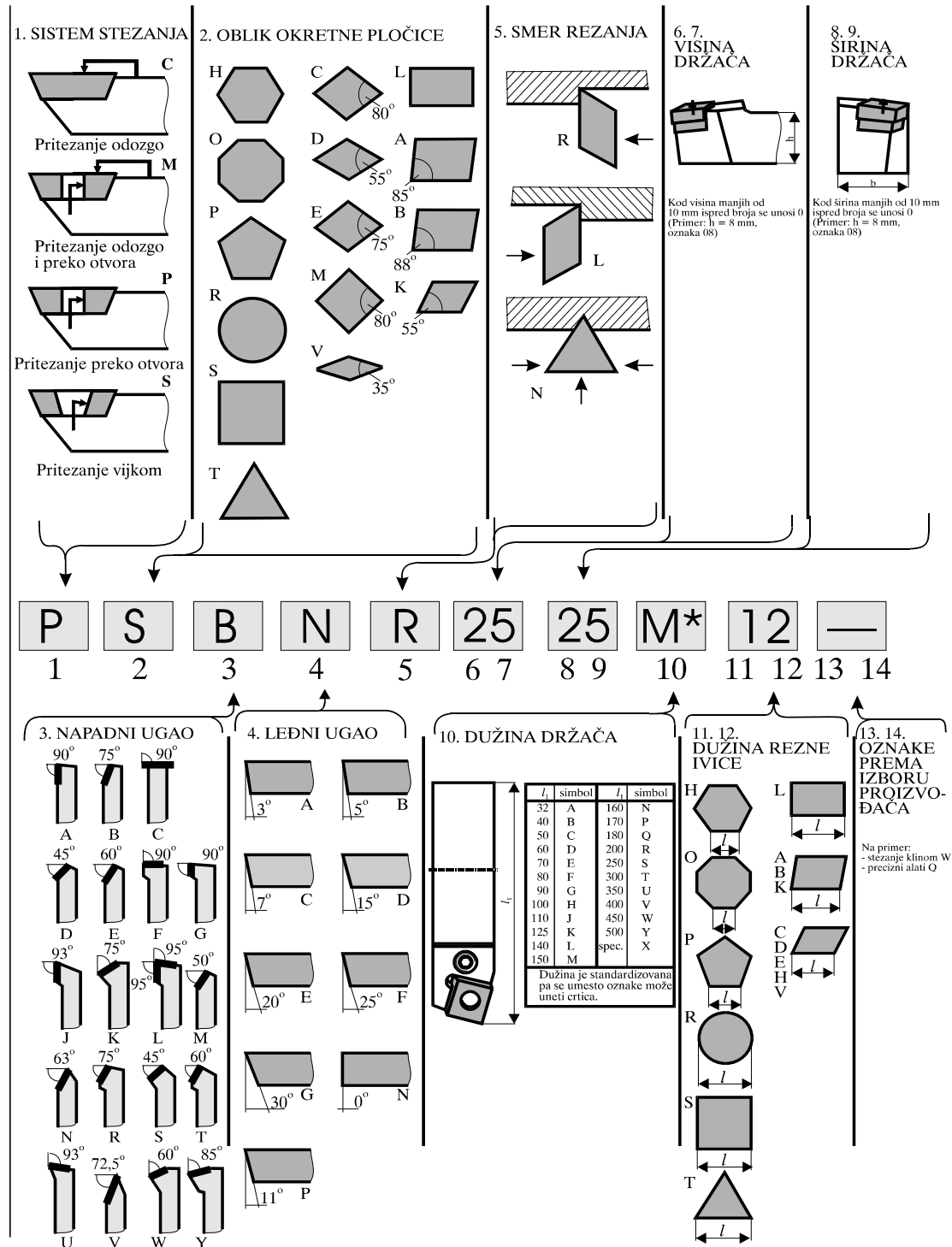
E

T

S

12. SMER REZANJA

Табела 3.5: ISO систем означавања носача резних плочица за спољашњу обраду [1]



У зависности од димензија предмета обраде, режима обраде, на првом месту од дубине резања, бирају се димензије попречног пресека тела ножа. У највећем броју случајева су то: 16 x 16, 20 x 20, 25 x 25 и 32 x 32. Код ножева за попречну обраду често се бира нож са димензијама попречног пресека дршке 20 x 25 и 25 x 32.

Најчешће коришћени систем стезања резних плочица је систем стезања полугом "П" код грубе обраде (ређе "М") и систем стезања "П" и "Ц" код fine обраде (ређе "С"). Ду-жина стругарског ножа зависи од димензија попречног пресека дршке и за претходне димензије је 150 мм (са ознаком "М"). Код универзалних машина и у највећем броју случајева бира се деснорезни нож.

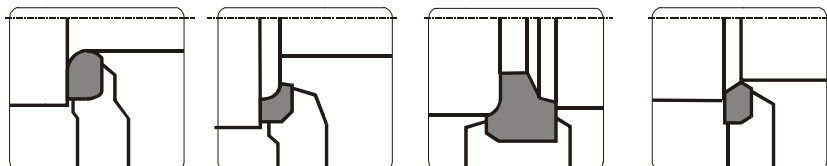
Нападни угао је одређен геометријом предмета обраде и најчешће је 90°, 45°, 60°, с тим да може имати и друге вредности. У тим случајевима се најчешће користи стругарски нож са нападним углом 90° или 45° стим да се заокреће носаг алата за потребни угао.

Табела 3.6: Најчешће коришћене резне плочице од тврдог метала [1]

	Облици плочице		Димензије плочице
Троугаоне плочице	TNMG	TPMRTNMA TPGR	110304 160408
	TNMM	TPUN TPGN TCMT	160412
	TCGR	TCMW TNGA TNGN	220412
Квадратне плочице	SNMM	SPMR SNMG SPGR	090304 120408
	SNMA	SPUN SCMT SPGN	120412
	SCMW		190612
Ромбoidне плочице	CNMM	CCMT CNMG CCMW	090304 120408
	CNMA	CNGA CNGN	120412
	DNMM	DCMTDNMG DCMW	160608
	DNMA	DNGA DNGN	150408
	VNMG	VCMW VCGX	160408
	KNUX		160410
Округле плочице	RNMG RNGN	RCMT RCGX RNGA	120400
Облик плочице	W WNMG		080408

Најчешће коришћени стругарски ножеви са лемљеном плочицом и систем њиховог означавања приказани су у табели 3.7.

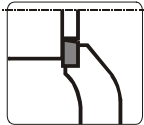
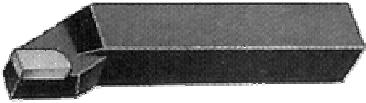
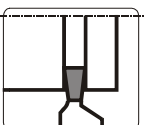
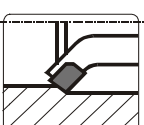
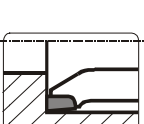
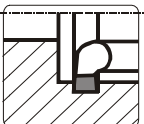
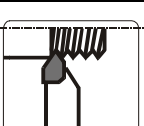
Поред ножева приказаних у табели 3.7, за израду специјалних профила на предмету обраде користе се и профилни ножеви различитих облика приказани на слици 3.1.



Слика 3.1. Специјални профилни ножеви са лемљеним плочицама од ТМ [1]

Табела 3.7: Најчешће коришћени стругарски ножеви са лемљеним плочицама од ТМ [1]

		Pravi nož za grubu obradu JUSK.C1.051 DIN4971 ISO 1
		Savijeni nož za grubu obradu JUSK.C1.052 DIN4972 ISO 2
		Savijeni nož za završnu obradu JUSK.C1.053 DIN4978 ISO 3
		Pravi nož za završnu obradu JUSK.C1.054 DIN4976 ISO 4
		Nož za završnu poprečnu obradu JUSK.C1.055 DIN4977 ISO 5

		Nož za poprečnu obradu JUSK.C1.056 DIN4980 ISO 6
		Nož za odsecanje i usecanje JUSK.C1.057 DIN4981 ISO 7
		Nož za obradu prolaznih otvora JUSK.C1.058 DIN4983 ISO 8
		Nož za obradu neprolaznih otvora JUSK.C1.059 DIN4984 ISO 9
		Nož za unutrašnje usecanje JUS K.C1.062
		Nož za unutrašnji navoj JUS K.C1.064
		Nož za spoljašnji navoj JUS K.C1.063

4. CNC - машине алатке

4.1 МаACHINE алатке

МаACHINE алатке (eng. Machine Tools) су технички системи који посредством одговарајућег алата, уз неопходна кретања извршног органа, служе за обликовање обрадака различитим поступцима обраде. Обликовање обрадака може бити изведено скидањем струготине – резањем, без скидања струготине – пластичним деформисањем и ливењем или неким од неконвенционалних поступака обраде. Да би се одвијао обрадни процес на машинама алаткама, неопходна су кретања алата у односу на обрадак или обратка у односу на алат. Управљање кретања може бити изведено на различите начине, али је највише код машина алатки заступљено ручно, механичко и програмабилно управљање.

CNC машине алатке представљају нову генерацију NC машина алатки са значајним побољшањем системског софтвера хардверских перформанси рачунарско управљачког система, са апликативним софтвером прилагођеним потребама пројектаната NC технологије. Данас су све машине алатке које се производе са програмабилним управљањем кретањима алата, уствари CNC машине алатке.

Стални развој рачунарских и комуникационих система за индустријску примену, омогућио је и развој DNC система (Distributed Numeric Control) машина алатки. DNC системи су омогућили да се NC програми могу писати у технолошким бироима на рачунарима – радним станицама, који су локацијски одвојени од машина алатки, а путем рачунарске мреже могу се дистрибуирати уз помоћ мрежних протокола NC - управљачким системима машина алатки у производном погону.

Постоје основни и допунски услови које треба да испуни свака CNC машина алатка. Основни услови подразумевају, да CNC машина мора остварити првенствено одговарајућу тачност обраде и квалитет обрађене површине, а при том остварити висок ниво продуктивности и економичности. Допунски услови обухватају већи спектар функционалних карактеристика CNC машина алатки, па се наводе само најважније:

- Велике брзине резања, са алатима велике постојаности којима треба остварити високу површинску производност,
- “Тешка“ обрада – обрада са великим попречним пресеком струготине или обрада тешко обрадивих материјала са великом снагом резања, када треба остварити високу запреминску производност,
- Велика погонска снага – одређена на шири интервал вредности елемената режима обраде,
- Велика крутост (статичка и динамичка) машинског система, која обезбеђује високу производност и тачност при великим брзинама резања,

- Велики степен механизације и аутоматизације у манипулационим процесима измене алата и обрадака,

- Измењивост модула и функционалних склопова.

Машине алатке са CNC управљањем, као и конвенционалне машине алатке се изводе за одређену методу обраде (стругови за операције стругања, глодалице за операције глодања, а бушилице за операције бушења). Према облику главног кретања, могу бити:

- CNC машине алатке са главним обртним кретањем – непрекидно кретање (стругови, бушилице, глодалице) и

- CNC машине алатке са главним праволинијским кретањем – прекидно кретање као радни и повратни ход (рендисаљке, провлакачице, машинске тестере).

Према производној намени CNC машине алатке могу бити универзалне, специјалне и прецизне машине алатке. Могу се изводити као агрегатне машине – у комбинацији више агрегатних јединица уз већи степен аутоматизације, као једностаничне или вишестаничне машине, једновретене или вишевретене машине алатке. Према макрогеометрији обрађене површине CNC машине алатке могу бити за равне и уздужно профилисане површине (рендисаљке, глодалице, провлакачице, брусилце за равно брзшење), за цилиндрично и радијално профилисане површине (стругови, бушилице, глодалице, брусилце за округло брушење) и за криволинијске нецилиндричне површине – просторно сложене површине (специјални стругови, глодалице, специјалне машине). Ако се посматра микрогеометрија обрађене површине, CNC машине алатке могу бити изведене за грубу и нормалну обраду или као машине алатке за фину и високо прецизну обраду.

Машине алатке са CNC управљањем се примењују за израду обрадака са просторно сложеним површинама, високог квалитета обрађене површине, са већим степеном тачности мера и геометријских облика у појединачној или малосеријској производњи. Поред свега, CNC машине алатке имају послуживоца – оператера, који обавља измену алата, постављање и измену обрадака, праћење процеса обраде, контролу извршења NC програма и дијагностику стања обрадног процеса на CNC управљачком систему.

Основни представници CNC – машина алатки су обрадни центри, који обухватају све врсте CNC – глодалица и стругарски центри. Врло често ови типови CNC – машина алатки су опремљени са аутоматским измењивачем алата и системом за аутоматско одвођење струготине из зоне резања. CNC – машине су основни елементи флексибилне технолошке ћелије или флексибилног технолошког система.

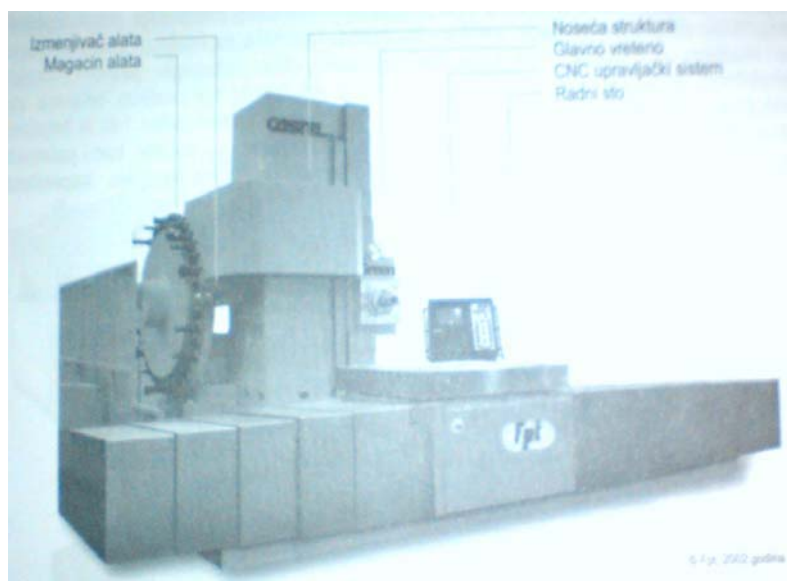
4.2 Обрадни центри

Обрадни центри (eng. Machining Centers) су машине алатке са CNC управљањем, које имају у свом машинском систему магацин алата са аутоматским измењивачем и систем за

аутоматско одвођење струготине из зоне резања. Могу се користити у индустрији прераде метала као и друге CNC машине алатке у виду аутономних обрадних система. Уколико обрадни центри имају и систем за аутоматску измену обрадака (систем за аутоматску измену палета), могу се интегрисати у флексибилни технолошки систем (ФТС). С обзиром да се на обрадним центрима одвија процес резања, они су основни модули за конфигурисање флексибилног технолошког система.

Обрадни центри могу бити у зависности од правца осе главног вретена – хоризонтални или вертикални, у зависности од броја главних вретена – једновретени или вишевретени, могу бити са стандардним системом алата или са главама за вишеосну обраду и са низом додатних модула и технолошких функција за различите врсте обраде.

Недавно развијени стругарски центри омогућавају извођење операције бушења, обезбеђујући обртно кретање алата у револверској глави, при чему радни комад мирује. Ово је била и основа за развој новог CNC – центра за глодање и стругање. Спољашњи изглед је као и изглед стругатског центра, при чему је ова машина опремљена са два посебна програмирана клизача, која се налазе на косим вођицама. Оба клизача носе револверске главе, при чему горња револверска глава има уређај за остварење обртног кретања алата, чиме је омогућено извођење операција глодања и бушења. Такође се горња револверска глава може радијално кретати. Оба клизача се могу симултано користити.



Слика 4.1: хоризонтални обрадни центар [3]

Већина CNC - обрадних центара је опремљена уређајима за аутоматску измену алата, што значи да се алати могу бирати иммењати под контролом програма дела. Аутоматска измена алата води ка повећању продуктивности и обезбеђују услове за машинску обраду без присуства оператора.

Алати се, које је претходно идентификовао програмер дела, смештају аутоматски у магацин алата, који представља обртно складиште интегрисано са машином алатком. За аутоматско идентификовање алата у магацину алата могу се користити различите технике, као нпр. кодни прстенови, кодни кључ или нумерисање позиције алата. Идентификација алата преко кодних прстенова, који се могу мењати ради формирања нових кодова, или преко кодног кључа, допушта произвољан распоред алата у магацину. Међутим, при измени алата магацин алата се претражује алат по алат, уз коришћење одговарајућег уређаја за дешифровање кодова, што изазива прилично велики временски губитак. Да би се елиминисао овај недостатак чешће је у употреби систем код којег се алати постављају у тачно нумерисаним позицијама у магацин алата. Нпр. захтев за измену алата са бројем 3 значи: измени алат из вретена са алатом који се налази на позицији 3. програмер дела мора да једнозначно идентификује алат у облику броја алата. У магацин алата се може сместити између 20 и 160 алата, зависно од типа машине алатке. Магацини могу бити различитог облика, као нпр. у облику карусела, ланца, добоша, итд.

У случају флексибилних технолошких ћелија и система, пројектованих за извођење операције без присуства оператера, често се захтева више резних алата него што се може сместити у магацин алата. У таквим случајевима комплетан магацин алата се може заменити, при чему се ова измена може остварити помоћу робота.

Код CNC – стругарских обрадних центара обично се користе обртне револверске главе јер се већина стругарских операција може извести на неколико алата. Резни алати се не измењују, већ се само индексирају (заокрећу) да би се довели у радну позицију. При постављању алата у револверску главу мора се водити рачуна да се алат, који је идентификовао програмер дела, постави у предвиђену локацију на револверској глави. Пре него што се изврши индексирање, клизач помера револверску главу у референтну тачку чиме се избегава колизија између алата и радног комада. Алати за стругање су обично постављени радијално у односу на револверску главу, а алати за бушење и проширивање су управни на њу.

Међутим, повећани захтеви за мање серије различитих производа, као и могућност коришћења обртних алата на стругарским центрима, утицали су на повећање броја потребних алата, а тиме и на потребу за њиховомаутоматском изменом. Аутоматски измењивачи алата за стругарске центре су по конструкционом концепту слични аутоматским измењивачима алата за обрадне центре.

Главни напредак у пројектовању стругарских центара огледа се у могућности обртања алата смештених у револверској глави. Обртни алати допуштају стругарским центрима да функционишу као универзални струг и универзална глодалица. Наиме, на машинама са оваквом карактеристиком могуће је извести, при једном стезању, аксијално и радијално бушење, проширивање, развртање, глодање, као и низ других секундарних операција.

Једна од таквих машина је АТЦ обрадни центар, Мозак корпорације, која уместо револверских глава има магацин алата са 16 позиција и аутоматски измењивач алата.

4.3 Нумерички управљани стругови

Стругови су најбројнија врста машина код машина за обраду метала резањем, тако је и било и пре појаве нумерички управљаних машина, а исто је стање и данас. Они су у оба случаја намењени за обраду ротационо симетричних комада. Сврха је остала иста али начин на који се то обавља се знатно променио. Захваљујући нумеричком управљању:

- стругови су постали ефикаснији, бржи и универзалнији и
- појавили су се и неки нови типови или групе стругова до тада незамисливих.

Нумерички управљани стругови имају више карактеристичних особина.

- Брзина помоћног кретања и број обртаја главног вретена се мењају континуално, регулисањем броја обртаја мотора једносмерне струје. Величина посмака се задаје једноставно и брзо преко тастатуре.

- Погон помоћног кретања и мерни систем чине једно јединство. Кориговање димензија се врши брзо и лако преко тастатуре.

- Обрада конуса се врши на исти начин као и обрада цилиндричних површина, зато нису потребни никакви додатни прибори.

- Обрада контура се такође обавља као и обрада цилиндричних површина. Такође нису потребни додатни прибори ни алати.

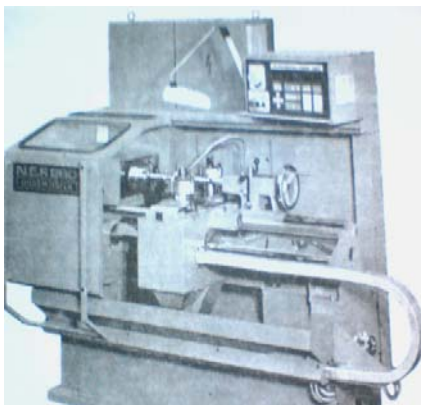
- Израда навоја не захтева додатне приборе, обрада се врши аутоматски те не захтева веће напрезање радника.

- Понављање серије не захтева тако дуго време подешавања машине. Зависно од врсте машине и начина на који је организована производња, време за припрему поновљене серије се може практично елиминисати.

- За обраду истоветних делова нумеричке машине захтевају знатно мањи асортиман алата.

4.3.1 NC стругови са директним програмирањем

Типични представници ове врсте нумерички управљаних стругова су стругови серије Н.Е.Ф фирме "GILDEMEISTER". На слици 3. је општи изглед нумерички управљаног струга N.E.F.280.



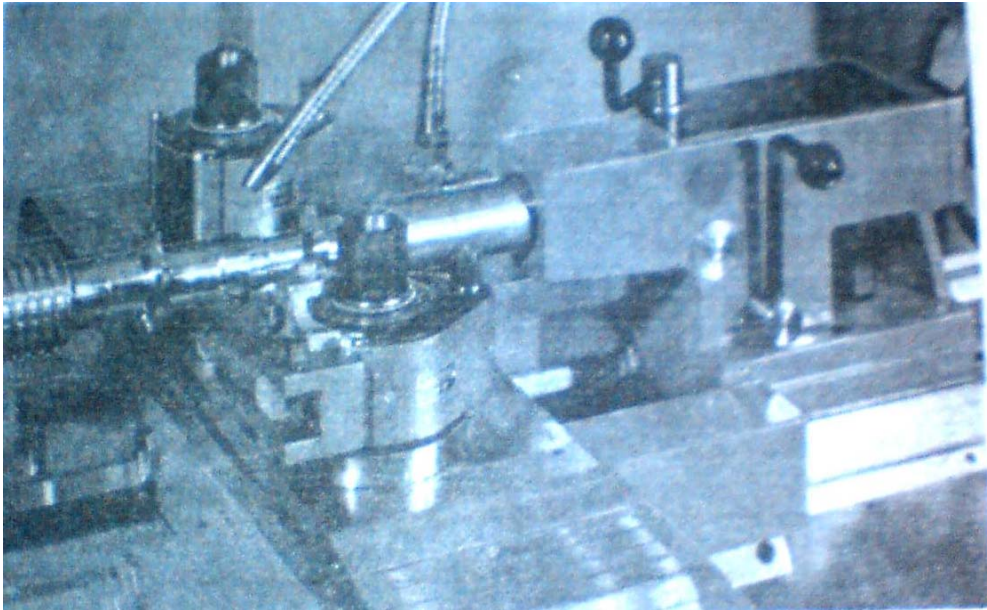
Слика 4.2: Нумерички струг са управљачком јединицом за директно програмирање ("GILDEMEISTER" N.E.F.280) [3]

Основни технички подаци машине су:

- Максималан пречник изнад клизних вођица.....280 mm
- Максималан пречник изнад уздужног носача.....110 mm
- Распон између шиљака.....750 mm
- Снага главног мотора.....5.5 Kw
- Расположиви опсег бројева обртаја.....71 ÷ 3550 min⁻¹

Као и већина мањих нумеричких машина N.E.F.280 има хоризонталне клизне површине, што значи да је машина намењена за обраду малим силама резања. Оквирно су: посмаци до 0.2 мм/обр. , брзине резања до 100 м/мин и дубине резања до 3 мм.

На слици 4.3 је приказан радни простор нумерички управљаног струга N.E.F.280. машина је снабдевена са два носача алата. Може се уградити револвер – глава са четири положаја, у том случају избор жељеног алата се врши аутоматски. Предност оваквих носача је у томе што број потребних алата за једну операцију практично ничим није ограничен. Машина има и коњић те се успешно обрађују и вретенасти облици.



Слика 4.3: Радни простор N.E.F.280 [3]

Ове машине обично не поседују референтну тачку. У том случају се подешавање врши за сваку поновљену серију. Предходно подешавање алата на оптичком уређају се не може применити.

Обука кадрова, на овим машинама, је веома брза. Овоме највише доприноси оригинална концепција управљачке јединице и командне табле.

4.3.2 NC чеони стругови

Чеони стругови су намењени за обраду ротационо симетричних обрадака чија дужина, оквирно узето, не прелази 2 до 3 пречника. Обрада дужих обрадака доводи до смањења стабилности, због тога што чеони стругови не могу имати коњић.

Нумерички управљани чеони стругови се јављају у две основне варијанте: стругови са хоризонталном осом обртања главног вретена и стругови са вертикалном осом обртања главног вретена. Стругови са вертикалном осом ротације су углавном намењени обради делова већих димензија.

Типични представник нумерички управљаних чеоних стругова са хоризонталном осом обртања радног вретена је TAP – A.130 – CNC швајцарске фирме “TAREX“. Основни технички подаци су:

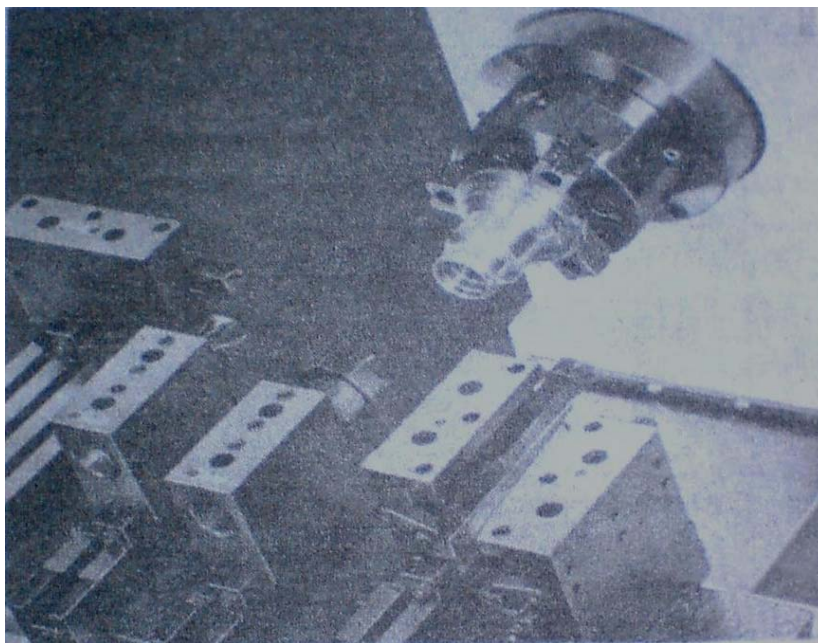
- Максимални пречник изнад клизних вођица.....200 mm
- Максимални пречник преко уздужног клизача120 mm
- Снага главног мотора7.7 Kw
- Ход у правцу 3 осе200 mm
- Расположиви дијапазон броја обртаја200 – 4500 min⁻¹

За овај струг је карактеристично да обрадак, поред главног кретања, врши и помоћно кретање у правцу 3 осе, заједно са радним вретеном. Ово решење омогућава надпросечну тачност машине, повећан квалитет обрађене површине и могућност примене величине серије у распону од неколико комада до неколико стотина.

Овде је вретено у ствари нагнуто, у односу на хоризонталну раван, под углом од 20 степени. Нагињање је извршено из следећих разлога:

- смањен замор послужеоца због повећане прегледности радног простора,
- олакшан приступ обратку приликом повремених контрола димензија и
- олакшан преглед и промена измењивих плочица на резним алатима.

На слици 4.4 је приказан радни простор чеоног струга за време рада.



Слика 4.4: Радни простор чеоног струга TAR.A.130.CNC [3]

Клизач врши кретање само у једном правцу, правцу Х осе. Држачи алата се монтирају паралелно оси ротације главног вретена. На тај начин се, без повећане могућности

колизије, на релативно малом простору може сместити 12 држача алата. Сви алати се употребљавају уз коришћење само два типа држача: држач за алате са призматичном дршком и држач за алате са цилиндричном и коничном дршком.

Овакви држачи алата омогућавају прецизно подешавање положаја врха алата дуж 3 осе. Подешавање дуж X осе је могуће само када су алати постављени попречно, тада изостаје могућност подешавања врха алата дуж 3 осе.

Повећање прецизности је постигнуто елиминацијом зупчастих преносника. Користе се само преносници са назубљеним каишевима, што омогућава мали ниво буке у току рада.

Хидраулички систем поседује резервоар запремине 100 литара. Ово уље се користи за подмазивање свих клизних површина машина, пумпом која се активира аутоматским импулсима.

Све клизне вођице ове машине су каљене, брушене и вијцима причвршћене за постоље машине.

Главни правац развоја чеоних стругова са вертикалном осом ротације, главног вретена, захваљујући нумеричком управљању, је био усмерен на смањење времена потребног за намештање и скидање обратка и преклапању машинских времена или машинског времена са помоћним машинским временом.

Посебна погодност ове концепције долази до изражаја код обраде масивних обрадака. Радијално – аксијални лежај главног вретена је равномерно оптерећен, услед тежине обратка, по целој носећој конструкцији, што код хоризонтално постављених радних вретена није случај.

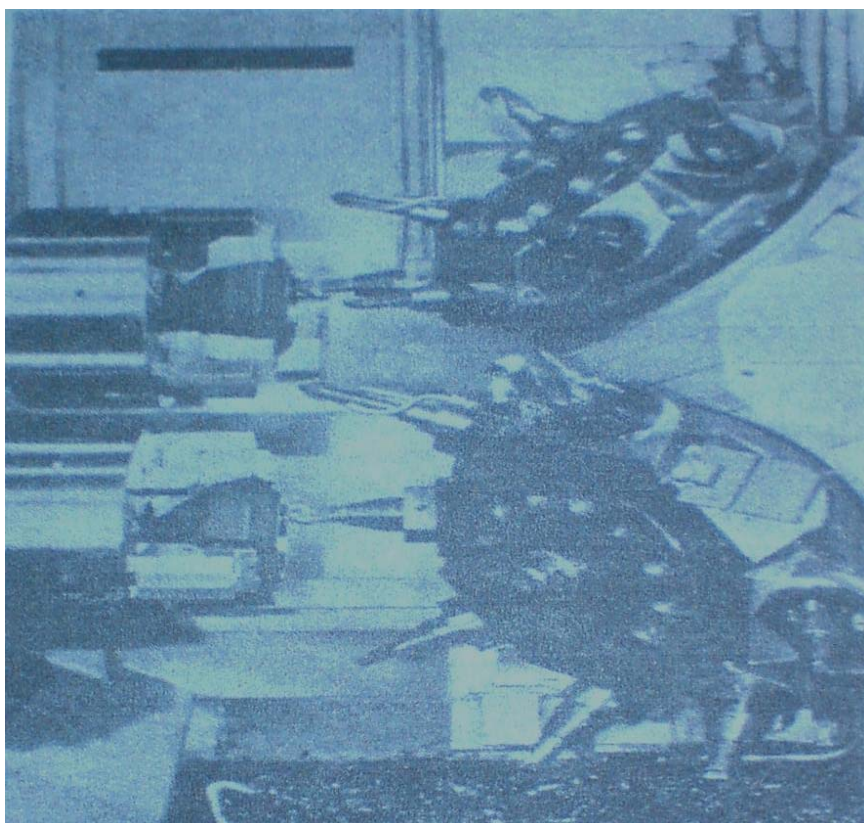
Вертикални струг ДВ62 – CNC нумеричке фирме “HESSAPP “ поседује два радна вретена, док је носач алата јединствен. Обрада се врши непрекидно. По завршетку обраде на једном вретену, носач алата “прескаче“ на друго вретено где се већ налази припремљени други обрадак.

Симетрично постављена радна вретена повољно утичу на смер топлотних деформација, што повећава тачност машине. Велики радни простор смањује могућност колизије. Клизне вођице машине су каљене и вијцима причвршћене за постоље машине. Клизне вођице покретних елемената су од пластике армиране бронзом.

Успешно преклапање машинских времена остварује се на вертикалном CNC стругу фирме “MARTIN“. Ова машина поседује два независно управљана носача алата од којих сваки за себе обавља обраду у исто време. За управљање оваквом машином потребна је управљачка јединица 2x2 управљане осе. Оваква концепција омогућава рационалну и брзу обраду.

Нумерички управљани карусел стругови, који такође спадају у ову групу, имају знатно веће димензије од овде наведених. Пречник обраде код таквих стругова се креће и до неколико метара. Ове машине су иначе веома велике.

На слици 4.5 је приказан радни простор двовретеног чеоног аутомата, нумерички управљаног, фирме “HEYLIGENSTAEDT “. Радна вретена су постављена хоризонтално, а машина поседује јединствен носач алата са две револвер – главе. Предност ове машине у односу на машину са два независна клизача је у томе што се овде примењује класична управљачка јединица са управљане осе. Захваљујући томе машина је знатно јефтинија и програмирање је знатно олакшано.



Слика 4.5: Радни простор машине за паралелну обраду на два радна вретена [3]

Истрошеност алата на оба носача алата никад није иста, зато ове машине морају да поседују могућност независног померања сваке од револвер глава у правцу обе осе, за мале вредности, колико обично износе вредности коректура услед хабања алата.

Свака од револвер – глава носи осам алата, тако да се са успехом могу обрађивати делови сложеније конфигурације.

4.3.3 NC универзални стругови

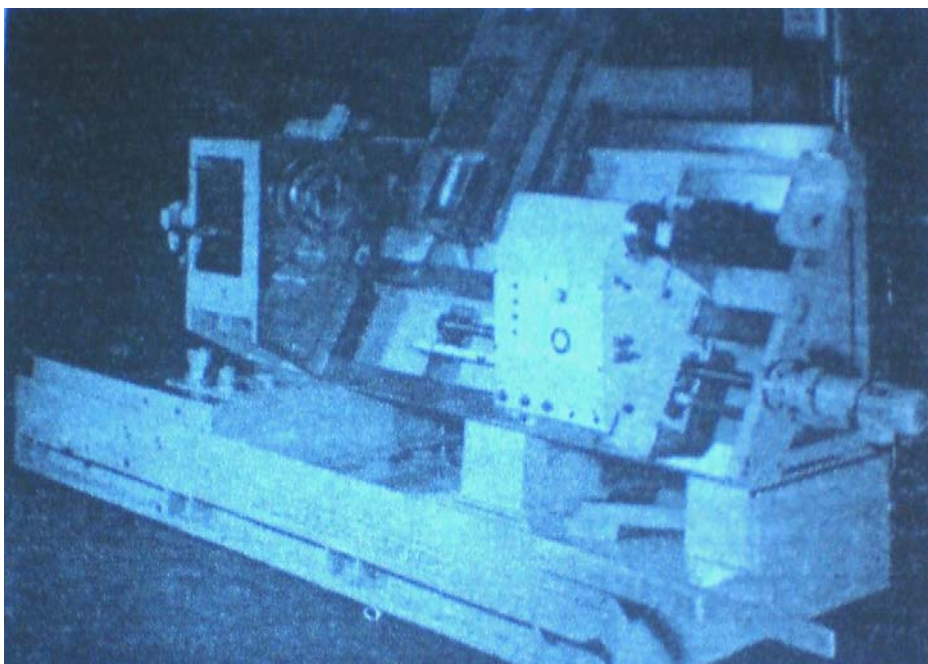
За разлику од познатих универзалних стругова, нумерички управљани универзални стругови имају другачије конципирано постоље. Постоље се по правилу лије из једног

дела. Шупљине у постољу се користе за смештај уља за подмазивање и средства за хлађење.

Клизне вођице су смештене у равни која је закошена у односу на хоризонталу за 60 степени. Овај део постоља је троугластог пресека, чија је унутрашњост издељена на већи број комора. На тај начин је постигнута већа крутост, што је од пресудног значаја код нумерички управљаних машина. Клизне вођице се обавезно кале и брусе. Велика ширина клизних вођица и њихов кос положај омогућава готово идеалан пријем сила у процесу резања. Силу резања прихвата доња ивица спољашње клизне вођице. Да би се избегла колизија, попречни клизач се креће уздуж машине изнад коњића и линете. Због тога постоји два пара уздужних клизних вођица.

Мотор за главно кретање је углавном мотор једносмерне струје, који се смешта на постоље машине ван вретеништа.

Везу између излазног вратила мотора и улазног вратила вретеништа остварују клинасти каишеви.



Слика 4.6: Универзални нумерички управљани струг [3]

Коњић се води по доњем пару клизних вођица, и према томе стоји у истој равни са вретеништем. Његово покретање се врши ручно, електромотором преко тастера или програмски. За обратке вретенастог облика и повећане виткости, и ако постоји захтев за израду навоја или толерисаних мера, користе се подупирачи. Они повећавају крутост обратка. Ови подупирачи (линете) могу бити:

- мирујуће и покретане мотором и

- са отварањем и затварањем преко тастатуре или програма.

Стезање и отпуштање се врши хидраулички. Као носач алата се често користи револвер – глава. Она код овог типа машине има следеће недостатке:

- ограничен број алата у једном стезању и
- повећана опасност колизије.

За обраду сложенијих делова и чешћу измену асортимана, далеко погодније решење је магацин алата. Његовим управљањем се врши директно из програма, аутоматски. Редослед алата у магацину није битан. Машина “препознаје” тражени алат преко плочице са зарезима, који представља број алата у бинарном облику.

Могућност колизије је веома смањена јер у радном простору машине се налази само један алат. Код машина са магацином алата увек се мора испланирати и програмирати један алат. Код машина са магацином алата увек се мора испланирати и програмирати један алат унапред, тако да при наредби за измену, жељени алат из магацина буде извађен, а празно место алата који се мења буде стављено испод механизма за измену.

4.3.4 Дугослужни НС стругови

За израду витких машинских делова, релативно малих димензија, користе се нумерички управљани стругови, чија конструкција омогућава да се било која обрада одвија близу места на коме је обрада укљештен.

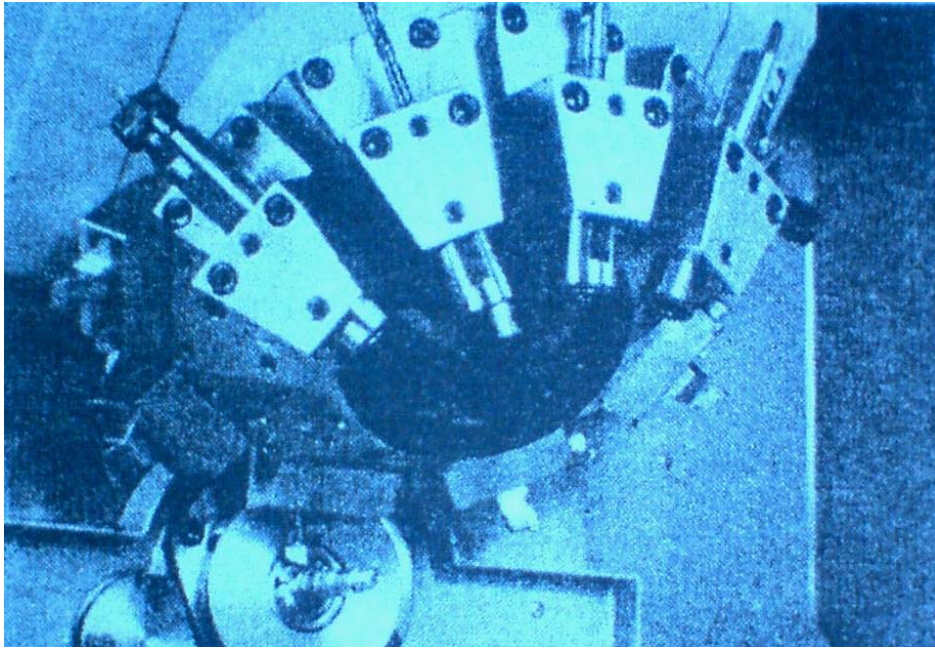
Овде ће бити речи о нумерички управљаном дугостружном стругу ЦИНЦОМ Ф – 25 јапанске фирме “CITIZEN”. Машина је опремљена уређајем за дотур материјала, за случај да као полазни материјал користимо вучену шипку.

Револвер – глава је смештена на вертикалне клизне вођице. Алат, тј. револвер – глава, врши кретање искључиво у правцу осе приликом обраде врши обрадак који истовремено и ротира.

Основни технички подаци приказаног струга су следећи:

- Максимални пречник обратка25 mm
- Максимална дужина обратка230 mm
- Број обртаја200 ÷ 7000 min⁻¹
- Снага главног мотора3.7 Kw

На слици 4.7 је приказана специфична концепција револвер – главе код ових машина.



Слика 4.7: Револвер – глава дугостружног нумерички управљаног струга [3]

Револвер – глава, као што се види, се састоји из две изломљене коничне површине. Алати за спољашњу обраду, заједно са својим држачима, се монтирају на унутрашње површине, док се алати намењени за унутрашњу обраду, заједно са својим држачима, монтирају са спољашње површине.

4.3.5 NC стругови са четири осе

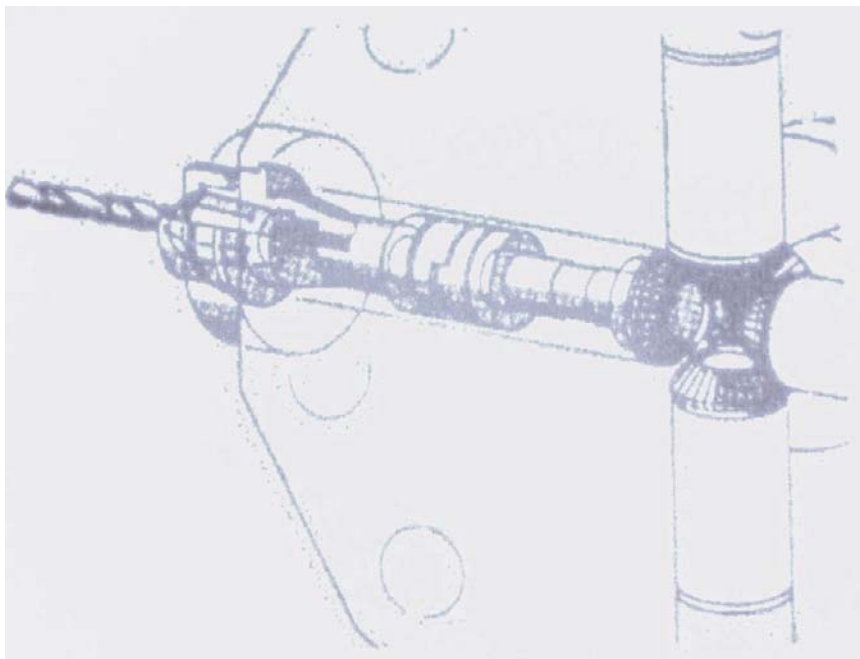
Нумерички управљани стругови са четири осе су настали као резултат потребе да се што више захвата обави у једном стезању. Ове машине омогућавају добијање потпуно готовог обратка, при једном стезању, који на себи има површине које нису ротационо симетричне.

Овакве машине су веома скупе и примењују се само када ће њихове могућности бити до краја искоришћене.

У радном простору машине налазе се две револвер – главе, свака за по осам места за носаче алата. Обе револвер – главе крећу се потпуно независно једна од друге, свака у правцу две осе. Једна оса је паралелна оси ротације обратка, док је друга управна. Будући да се кретањима независно управља, алати обе револвер – главе могу да раде истовремено. На тај начин, и при обради ротационо симетричних комада, овакви стругови имају много већу продуктивност него стругови са две управљане осе.

На четири места, од укупно осам, колико има свака од револвер – глава, могуће је обезбедити сопствену ротацију.

На слици 4.8 је приказан систем за ротацију алата смештених у револвер – глави.



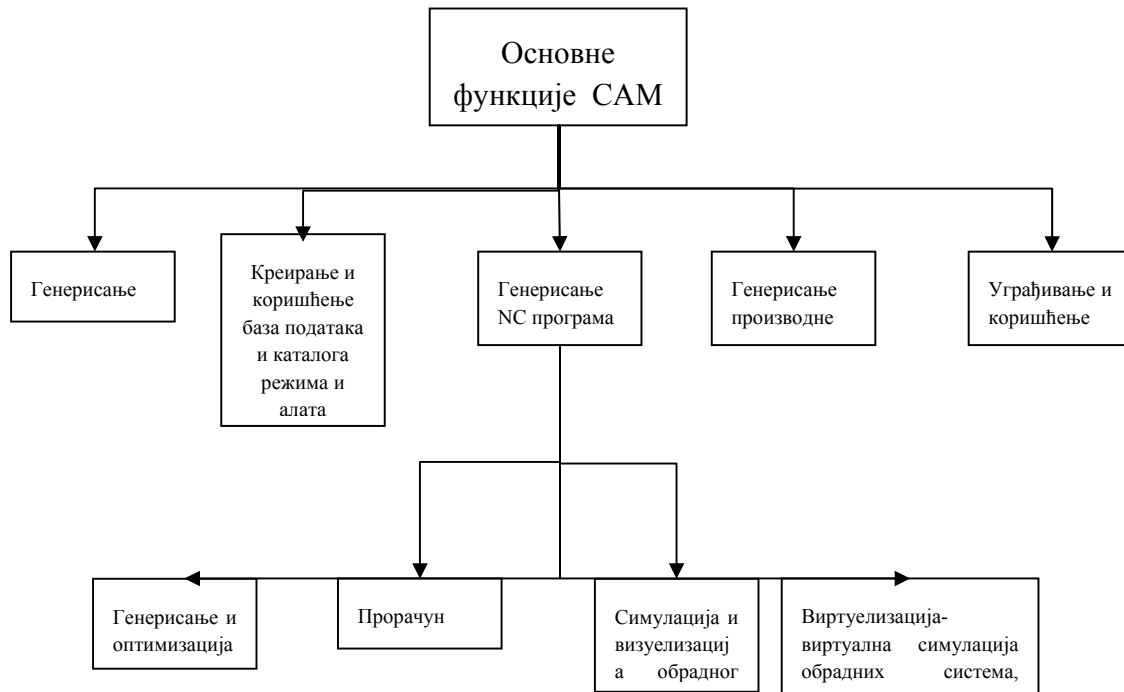
Слика 4.8: Механизам за ротацију алата у револвер – глави [3]

За израду радијалних рупа и отвора користе се ротациони алати са попречно постављене револвер – главе. За обраду оснопаралелних рупа и отвора користи се друга револвер – глава.

5. CAD/CAM систем

Савремен развој производа и производње један је од најважнијих предуслова успеха и опстанка на светском тржишту. То подразумева, између осталог, примену разних софтверских алата и технологија, међу којима су алати и технологије за аутоматизацију пројектовања, анализе, тестирања и израде производа који заузимају кључно место. Ови софтверски алати и технологије данас се описују скраћеницом PLM систем (engl. "Product Lifecycle Management system", систем за управљање животним циклусом производа), која означава свеукупност алата и технологија за аутоматизацију пројектовања машинских конструкција и њихову израду. Примена савремених CAD система, независно или у оквиру PLM система, подразумева стварање 3D геометријског модела производа применом моделских форми. Карактеристике моделских форми и читавог модела су параметарски описане, што доприноси високом нивоу флексибилности током развоја производа и његове даље употребе. Приказивање, односно визуелизација, геометријских модела на екрану рачунара може се извести на више начина. Који ће се од начина изабрати зависи од врсте и сложености производа и потреба конструктора. За време развоја производа стално се јавља потреба за различитим начинима приказивања, како у циљу провера и контрола геометрије производа, тако и због олакшавања појединих поступака конструисања. Због тога модерни CAD/ CAM системи поседују функције које кориснику омогућавају веома лак и брз прелазак са једне на неку другу врсту модела. 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. За ову намену користе се CAM системи, односно програмски системи за рачунаром подржану производњу. CAM системи имају широко значење, с обзиром да, у општем случају, покривају велики број функција и активности које припадају различитим областима производних система, техника и технологија. Генерално, CAM системи представљају програмске алате који подржавају интензивну употребу рачунара за планирање и пројектовање производних и технолошких процеса и операција и управљање производњом, односно производним процесима. 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. Аутоматско генерисање припремка није увек могуће, или није увек пожељно, па је кориснику остављена могућност директне интервенције и креирања припремка по својим преференцама. [5]

Основне функције САМ система везане су за планирање производних технолошких процеса. Међу њима су:



Слика 5.1 Основне функције САМ система [5]

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 елементима на које делује, без колизије са окружењем. Дакле, поред радних путања, директно повезаних са изградом 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.

Генерисање производне документације у савременим САМ системима односи се, пре свега, на формирање документације у електронском облику погодном за размену између различитих учесника у развоју производа. Како се данас комуникација ове врсте изводи у интернет окружењу то се генерисање производне документације односи на аутоматско креирање (хипер текст) документа у HTML формату. Тако, на пример, за операцију глодања неког призматичног машинског елемента генерише се документ који садржи све релевантне податке о тој операцији. У општем случају, CNC програмирање помоћу САМ система подразумева одређивање путање алата, режима резања и превођење плана обраде у списак инструкција разумљивих управљачкој јединици машине. Путања алата је скуп линија и тачака дуж којих се алат креће и у којима се посебно позиционира, или се извршава нека функција машине, од свог базног ("паркирног") положаја у радном простору машине, па током активне обраде дела, све до поновног враћања у базни положај. Алат се дуж активног (обрадног) дела путање најчешће креће у више пролаза. Пролаз представља један циклус кретања алата по путањи. По завршетку једног пролаза алат се помера бочно у односу на путању, ка радном комаду, за величину додатка за обраду и изводи наредни пролаз. Тај поступак се понавља у оном броју пролаза који обезбеђује уклањање свог материјала са припремка предвиђеног текућим захватом или операцијом. Путања, поред линија, може садржати и скуп карактеристичних тачака у којима се врши промена смера кретања, промена режима обраде, укључивање или искључивање средстава за хлађење и подмазивање, измена алата и сл.

5.1 NC програм

NC 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. 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.

G→Функција инструкције померања, услова пута и информација о путу представља геометријски део програма. Услови пута одређени су адресом G и двоцифреним бројем.

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

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 алатка 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 100mm/min.

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.

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

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.

Функције се стандардизоване и дат је преглед основних G и M функција:

Табела 5.1 G-функције [4]

G функције		
Редни број	Речи G функције	Значење речи
1.	G0	Брзо позиционирање (ход)
2.	G1	Линеарна интерполација

Факултет инжењерских наука

3.	G2	Кружна интерполација
4.	G3	Кружна интерполација
5.	G4	Време задржавања
6.	G9	Тачно заустављање
7.	G10	Програмско задавање коректуре алата
8.	G12	Кружно глодање цепова
9.	G13	Кружно глодање цепова
10.	G17	Избор равни обраде XY
11.	G18	Избор равни обраде XZ
12.	G19	Избор равни обраде YZ
13.	G20	Програмирање у инчном систему
14.	G21	Програмирање у метричком систему
15.	G28	Одлазак у референтну тачку
16.	G29	Међуположај пре референтне тачке
17.	G31	Функција прескока
18.	G35	Аутоматско мерење пречника алата
19.	G36	Аутоматско мерење нулте тачке
20.	G37	Аутоматско мерење дужине алата
21.	G40	Поништавање коректуре пречника алата
22.	G41	Корекција дужине алата - лева
23.	G42	Корекција пречника алата - десна
24.	G43	Компензација дужине алата - позитивна
25.	G44	Компензација дужине алата - негативна
26.	G47	Гравирање
27.	G49	Поништавање функција G43 и G44
28.	G50	Поништавање функције G51
29.	G51	Скалирање
30.	G52	Постављање координатног система
31.	G53	Опозив текућег координатног система
32.	G54	1. нулта тачка
33.	G55	2. нулта тачка
34.	G56	3. нулта тачка
35.	G57	4. нулта тачка
36.	G58	5. нулта тачка
37.	G59	6. нулта тачка
38.	G60	Позиционирање увек из истог смера
39.	G61	Тачно заустављање
40.	G64	Укидање функције G61
41.	G65	Позив макро потпрограма
42.	G68	Ротација
43.	G69	Поништавање G68
44.	G70	Обрада отвора по кругу

Факултет инжењерских наука

45.	G71	Обрада отвора по кружном луку
46.	G72	Обрада отвора по правцу
47.	G73	Дубоко бушење
48.	G74	Урезивање навоја - леви навоји
49.	G76	Фино разбушивање
50.	G77	Разбушивање од дна рупе
51.	G80	Поништавање затворених циклуса
52.	G81	Циклус бушења
53.	G82	Циклус бушења са заустављањем
54.	G83	Циклус бушења са прекидима
55.	G84	Циклус урезивања навоја - десни
56.	G85	Циклус разбушивања, развртања
57.	G86	Циклус разбушивања са заустављањем
58.	G87	Циклус разбушивања са ручним повратком
59.	G88	Циклус разбушивања са чекањем
60.	G89	Циклус разбушивања са чекањем
61.	G90	Програмирање у апсолутним координатама
62.	G91	Програмирање у инкременталном координатном с.
63.	G92	Задавање радног координатног система
64.	G93	Задавање радног координатног система
65.	G94	Помоћно кретање дато као померај у минути
66.	G98	Повратак алата у стартну тачку циклуса
67.	G99	Повратак алата у референтну тачку циклуса
68.	G100	Поништавање функције пресликавања око осе
69.	G101	Активирање функције пресликавања око осе
70.	G102	Програмирање излаза RS- 232
71.	G103	Лимитирање блокова гледаних унапред
72.	G110	7.Нулта тачка
73.	G111	8.Нулта тачка
74.	G112	9.Нулта тачка
75.	G113	10.Нултатачка
76.	G114	11.Нулта тачка
77.	G115	12.Нултатачка
78.	G116	13.Нултатачка
79.	G117	14.Нулта тачка
80.	G118	15.Нултатачка
81.	G119	16.Нултатачка
82.	G120	17.Нулта тачка
83.	G121	18.Нултатачка
84.	G122	19.Нултатачка
85.	G123	20.Нулта тачка
86.	G124	21.Нултатачка

Факултет инжењерских наука

87.	G125	22.Нулта тачка
88.	G126	23.Нулта тачка
89.	G127	24.Нулта тачка
90.	G128	25.Нулта тачка
91.	G129	26.Нулта тачка
92.	G150	Опште решење глодања цепова
93.	G154	Координатни систем
94.	G187	Контрола тачности обраде углова

Табела 5.2 М-функције [4]

М функције		
Редни Број	Речи М функције	Значење речи
1.	M0	Обавезан прекид програма
2.	M1	Опциони прекид програма
3.	M2	Крај програма и заустављање машине
4.	M3	Обртање вретена у негативном математичком смеру
5.	M4	Обртање вретена у позитивном математичком смеру
6.	M5	Заустављање вретена
7.	M6	Измена алата
8.	M7	Укључивање СХП средстава у млазу
9.	M8	Укључивања СХП средстава у спреју
10.	M9	Искључивање СХП средстава
11.	M10	Активирање кочнице за четврту осу
12.	M11	Деблокирање кочнице за четврту осу
13.	M12	Активирање очнице за пету осу
14.	M13	Деблокирање кочнице за пету осу
15.	M16	Измена алата (опциона)
16.	M17	Отпуштање изменљиве палете и отварање врата за пале.
17.	M18	Стезање изменљиве палете и затварање врата за палете
18.	M19	Оријентација вретена
19.	M21-M28	Опционе кориснички дефинисане М речи
20.	M30	Крај програма са повратком на почетак
21.	M31	Активирање система за одвођење струготине
22.	M33	Деактивирање система за одвођење струготине
23.	M34	Померање расхладне цеви на горе
24.	M35	Померање расхладне цеви на доле
25.	M36	Спремност палете делова
26.	M39	Обртање магацина алата
27.	M41	Нижи степен преноса
28.	M42	Виши степен преноса
29.	M50	Измена палете

Факултет инжењерских наука

30.	M51-M58	Активне кориснички дефинисане М речи
31.	M59	Директно укључење дискретног излазног релеја
32.	M61-M68	Неактивне кориснички дефинисане М речи
33.	M69	Затварање излазног релеја
34.	M75	Давање референтне тачке
35.	M76	Гашење дисплеја
36.	M77	Активирање дисплеја
37.	M78	Активирање аларма у случају сигнала прескакања
38.	M79	Активирање аларма у случају да не постоји сигнал прес.
39.	M80/M81	Аутоматска врата отворена\затворена
40.	M82	Алат отпуштен
41.	M83/M84	Аутоматски ваздушни пиштољ укључен-искључен
42.	M86	Стезање алата
43.	M88	Укључивање хлађења кроз вретено
44.	M89	Искључивање хлађења кроз вретено
45.	M96	Скок ако нема улаза сигнала
46.	M97	Позивање локалног потпрограма
47.	M98	Позивање потпрограма
48.	M99	Повратак из потпрограма или петље
49.	M109	Узајамни или кориснички улазни сигнал

6. FeatureCAM 2011

Један од CAM софтвера намењен за добијање NC кода је *FeatureCAM 2011* производ фирме *Delcam USA*.

Главни задаци које овај софтвер обезбеђује приликом генерисања NC кода су :

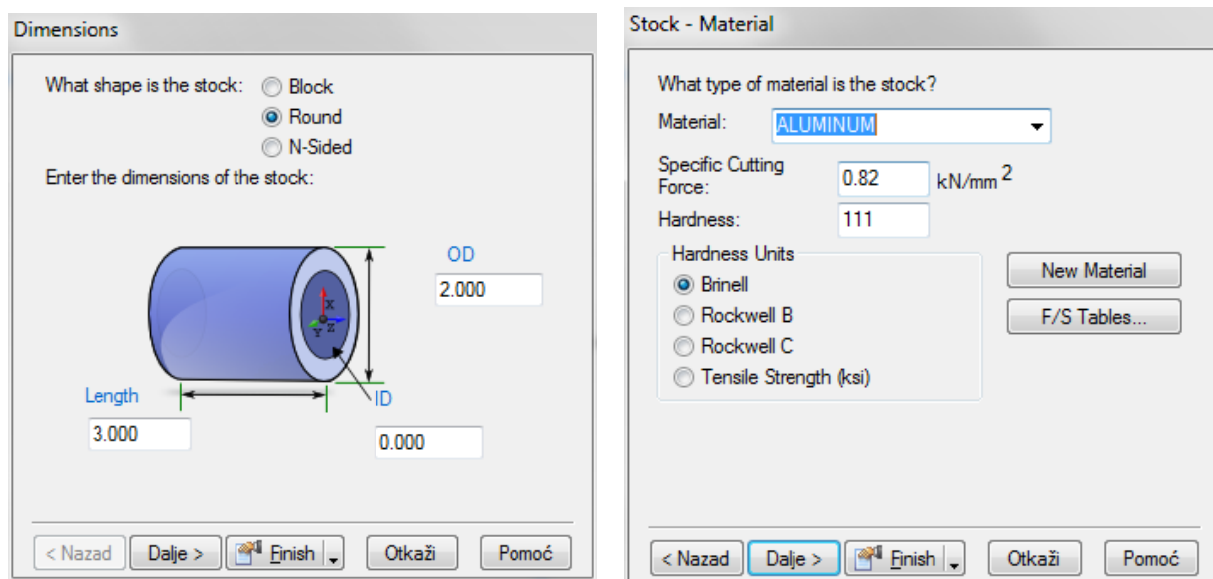
- Одређивање облика почетног комада,
- Дефинисање операција на деловима при генерисања NC кода,
- Дефинисање услова генерисања NC кода при обрадном процесу,
- Визуелизација одстрањивања вишка материјала, приказ обрадног процеса,
- Модификовање геометрије и поправљање операција генерисања NC кода,
- Генерисање NC кода за машине.

Програм поседује модуле за 2.5D и 3D глодање на тро-осним машинама, моделирање пуних облика, аутоматско препознавање облика (feature-a) на 3D моделима, обраду на 2D струговима, 2D и 4D обраду на ерозиматима... Основна предност је што се за процесе аутоматски врши одабир операција, алата, стратегија, брзина, корака, путања и на крају NC кода. Могуће је коришћење модела из других софтвера (*AUTODESK INVENTOR*, *PROENGINEER*, *SOLIDWORKS*, *ARTCAM*, *MASTERCAM*, *CATIA*), у *iges*, *step*, *stl* формату или у форматима CAD програма *CATIA (catpart)* , *PROENGINEER (prt)*, *SOLIDWORKS (sldprt, sldasm)*, *AUTOCAD (dwg, dxf)*, *AUTODESK INVENTOR (ipt, iam)* итд.

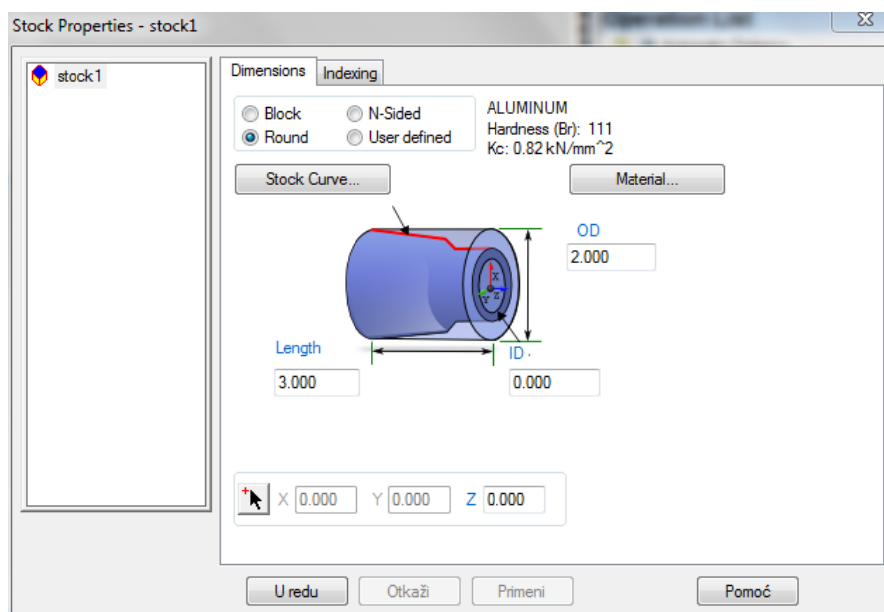
6.1 Основи програмирања у FeatureCAM-у

При покретању програма добија се опција избора између метричког и инчног система мера, у зависности које се стандарди користе и за које се тржиште ради врши се избор, најчешће је у примени метрички систем мера. Такође при покретању програма може се бирати између опција која врста обраде се примењује : обрада стругањем, обрада глодањем, обраду на ерозимату, симулацију машине или др.

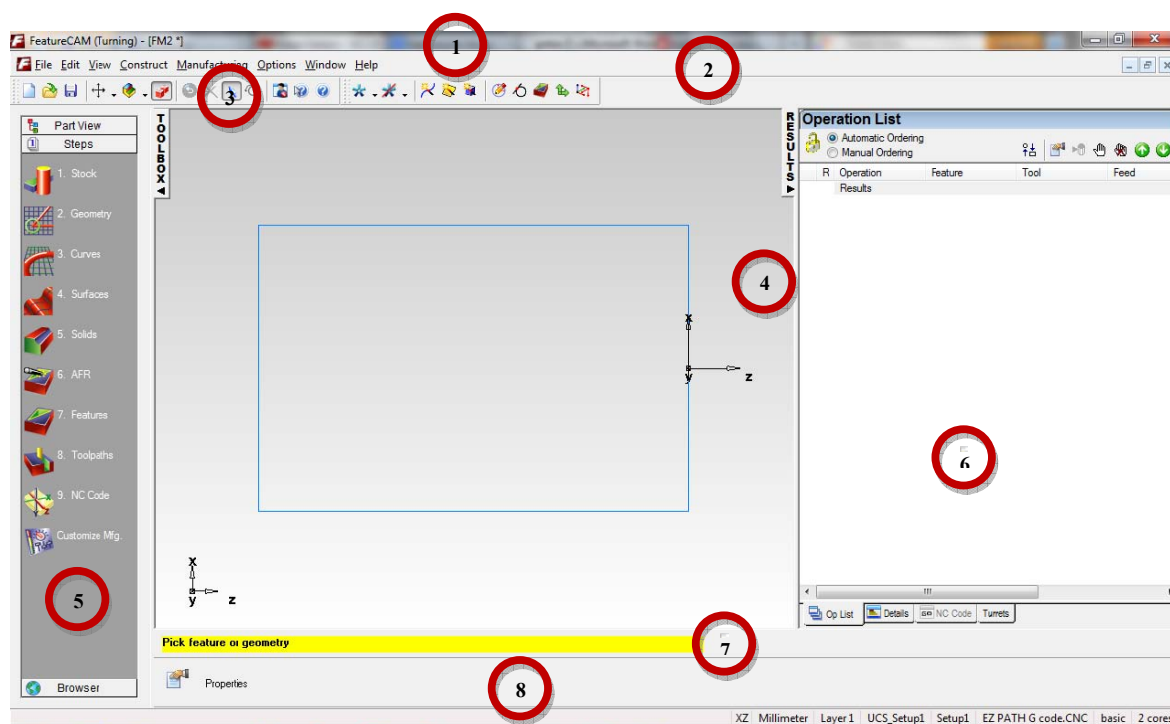
У оквиру овог рада биће обрађена и коришћена обрада стругањем. Након избора мерног система врши се избор димензија облика припремка, материјала припремка (сам програм поседује базу података са материјалима и особинама материјала које су битне за обраду), избор броја оса и положај нулте тачке координатног система.. Када се изврши избор параметара програм покреће радни и главни прозор (слике 6.1. и 6.2.).



Слика 6.1. Избор припремка облик, димензије и материјал [6]

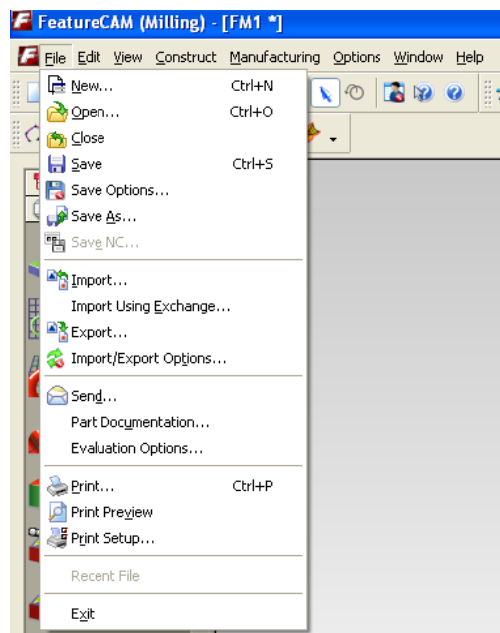


Слика 6.2 Додатна подешавања припремка [6]



Слика 6.3. Изглед радног простора Feature CAM-а [6]

1.Title bar 2. Menu bar 3. Toolbar 4. Графички прозор 5. Палета са steps panel-ом, part view panel-ом и browser-ом 6. Прозор са резултатима 7. Помоћна палета 8. Feature/Geometry Edit bar



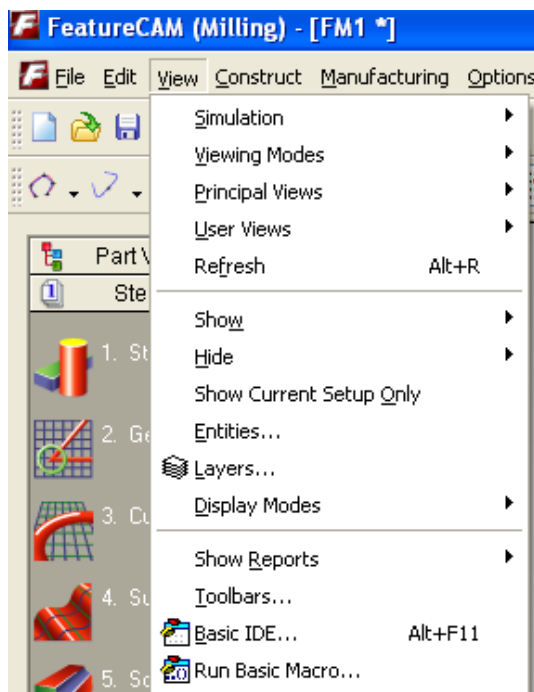
File падајући мени садржи опције за отварање новог радног листа(*New*), отварање већ постојећих (*Open*), затварање тренутног (*Close*), чување (*Save i Save es*), убацивање података и модела(*Import*), слање(*Send*) и штампање (*Print, Print preview*)

Слика 6.4 Menu bar/File [6]



Edit падајући мени садржи опције *undo*, *redo*, *cut*, *copy*, *paste*, *delete*, *find*, *replace*, за селектовање (*select mode*, *select all*, *unselect all*, *select circles*, *select by color*), *rename*, *transform*..

Слика 6.5 *Menu bar/ Edit* [6]



View падајући мени садржи опцију за приказ симулације (*simulation*) (3D ,2D, фину и грубу обраду, покретање и паузирање обраде, појединачне обраде итд), приказ модела (*viewing models*) (окретање око оса, окретање око пола, увећање, умањење...) , предефинисани погледи (*principal views*) (одозго, одоздо, слева, сдесна, изометриски), погледе које дефинише корисник (*users views*), опције за *Refres*, сакривање и приказивање сакривених делова (*show*, *hide*), приказ лејера (*layers*), различит приказ модела (*display models*) (осенчен, неосенчен...), приказ резултата (*show reports*) (операцијски лист, детаље операције)...

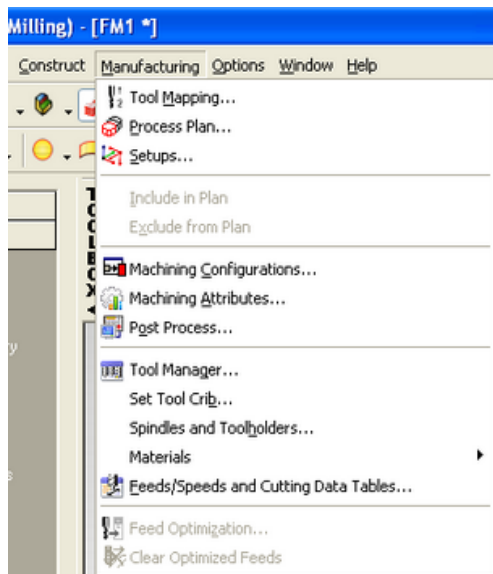
Слика 6.6. *Menu bar/View* [6]



Construct падајући мени садржи опције за конструисање тачке, линије, круга, филет (*fillet*), лукова (*arc*), криви (*curve*), површина (*surface*) (проширивњем, обртањем, по линији, ваљке итд,) пуних облика (*solid*) (извлачењем, обртањем, извлачење по линији итд), котирање (*dimension*), измену геометрије (*edit*), копирање облика по одређеним правилима (*pattern and group*), аутоматско препознавање облика (*automatic feature recognition*)

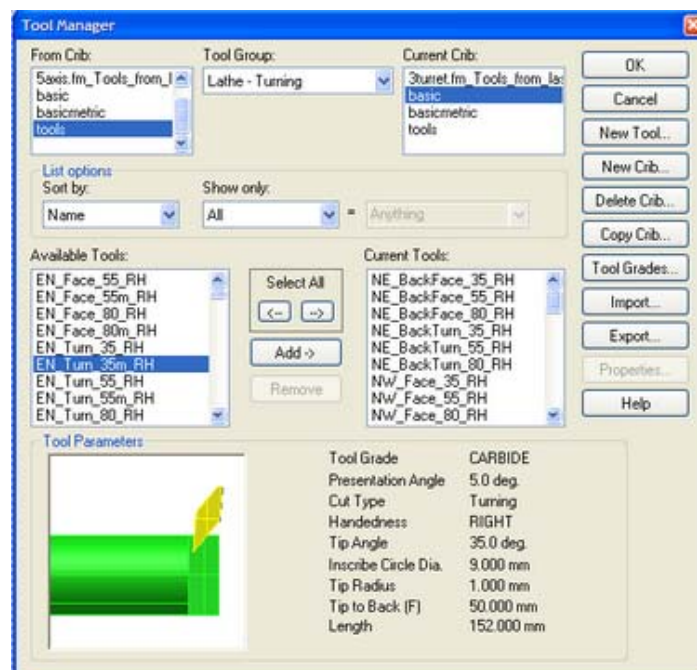
Слика 6.7 *Menu bar/Construct* [6]

Као што је наведено могуће је користити моделе из различитих CAD програма, па је препоручљивије моделирати у њима, а *FeatureCAM* користити за израду самог NC кода, чему је првенствено и намењен, дакле користити опцију *automatic feature recognition* када је год могуће, убрзава и олакшава операције.

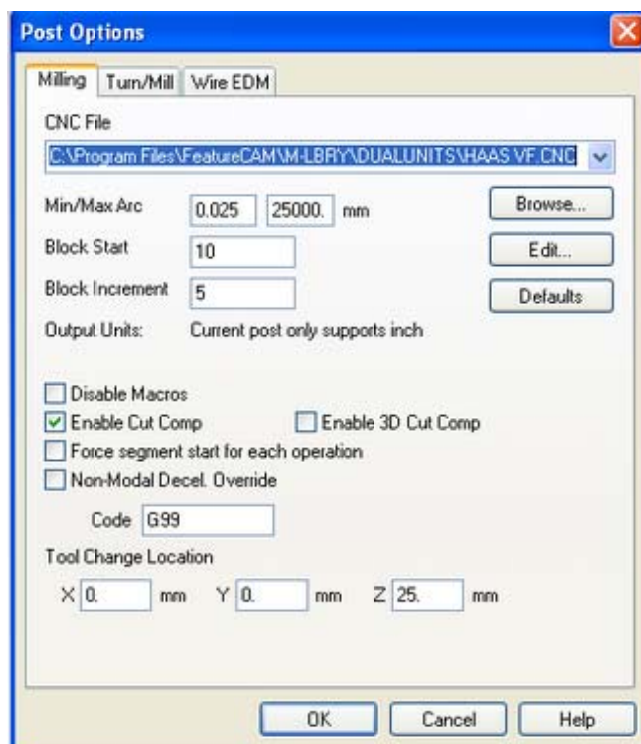


Manufacturing падајући мени садржи подешавања везана за листу процеса и њене измене (*process plan*), палету алата (*tool manager*), палету држача алата (*spindlers and toolholders*), подешавање машине (*machining configuration*) и избор пост процесора (*post process*), измене везане за материјал, брзине и помаке (*feeds/speeds*) који уједно највише и зависе од материјала

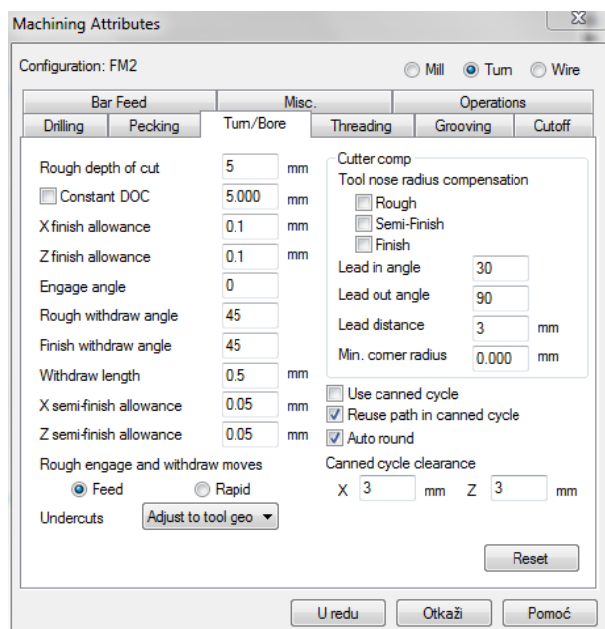
Слика 6.8 Menu bar/Manufacturing [6]



Слика 6.9 Прозор са подешавањима и избором алата [6]

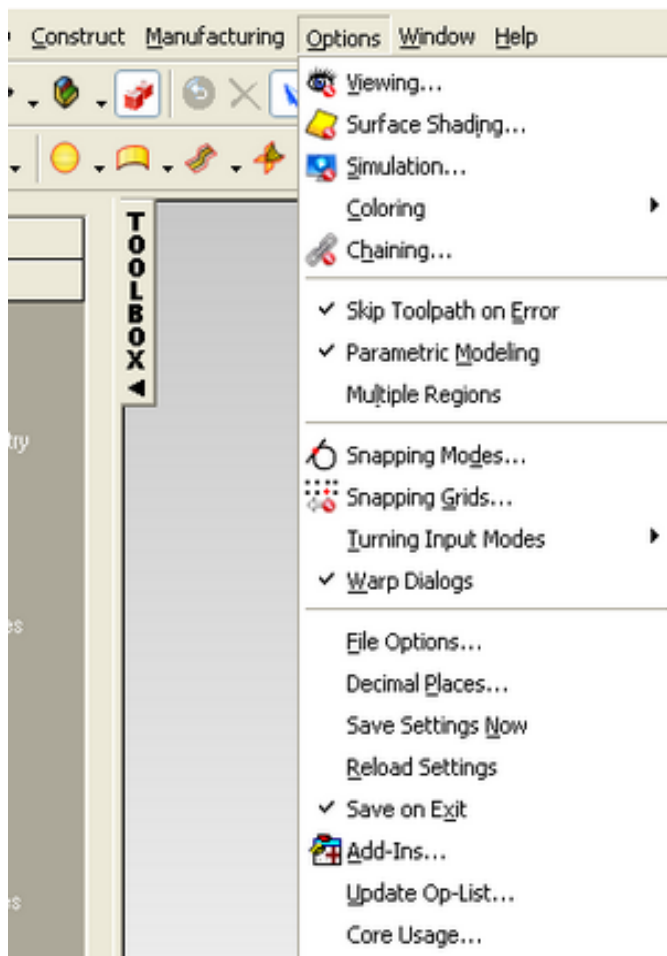


Слика 6.10 Подешавања и избор пост процесора [6]



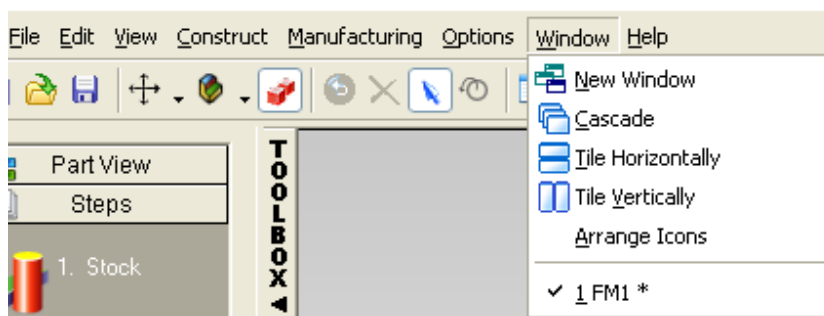
Подешавања при различитим операцијама: уздужно, попречно стругање... избор различитих стратегија при операцијама, измене ради скраћења укупног времена, различит избор прилаза и помераја, толеранције...

Слика 6.11 Подешавање обраде [6]



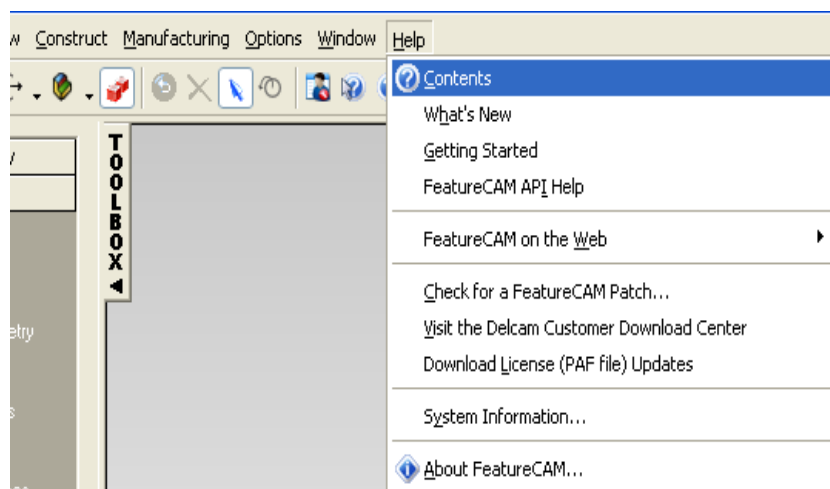
Options падајући мени садржи подешавања око изгледа модела (видљивости линија, углова...) подешавање тастера на мишу (*Viewing*), подешавање сенке и светлости на моделу у зависности од дубине и начина сечења (*surface shading*), подешавања око симулације процеса (*simulation*), подешавање обојености (*coloring*), избор приказа спојева на моделима и на мрежи (*snapping models and grids*), могућност чувања (*save settings now*), учитавања подешавања (*reload*), приказ искоришћености процесора рачунара (*core usage*), опције и особине тренутног фајла (*file options*)...

Слика 6.12 Menu bar/Options [6]



Window падајући мени даје могућност различитог приказа главног прозора програма.

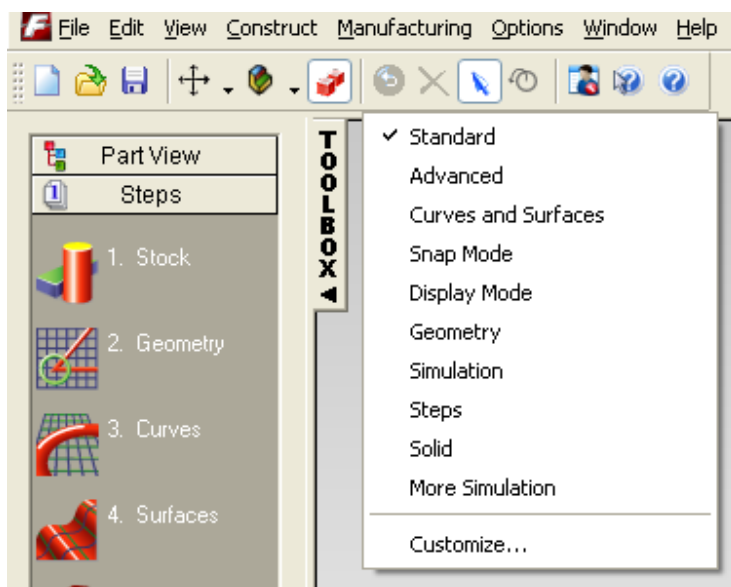
Слика 6.13 Menu bar/Window [6]



Help падајући мени пружа могућност помоћи при коришћењу програма, садржи корисне туторијале и могућност *on-line* помоћи.

Слика 6.14. Menu bar/Help [6]

Toolbar алати се могу покренути избором у падајућем менију *View* или десним кликом на део радног простора који је предвиђен за *toolbars*.



Слика 6.15. Избор toolbars падајућег менија [6]



Standard toolbar садржи најосновније иконице које се користе, *new*, *open*, *save*, *pan*, *isometric view*, *undo*...

Слика 6.16



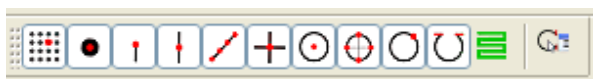
Advanced toolbar омогућава брз приступ опцијама за сакривање и приказивање геометрија модела, чаробњака за површи, криве, пуне предмете, пречицу до креирања *feature*-а

Слика 6.17



Curves and surfaces toolbar садржи основне могућности око креирања кривих и површина

Слика 6.18



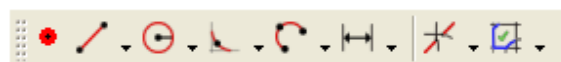
Snap Mode toolbar дозвољава избор различитог начина качења курсора миша за модел

Слика 6.19



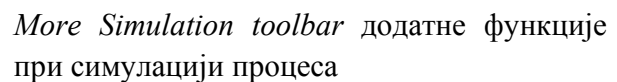
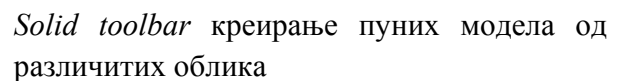
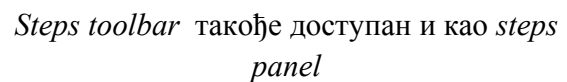
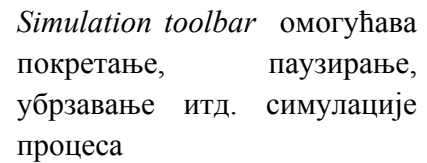
Display Mode toolbar омогућава различите начине приказа модела

Слика 6.20

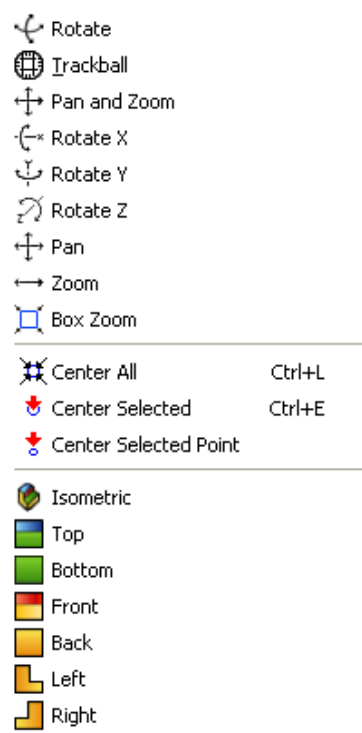


Geometry toolbar омогућава брзо креирање неких од геометријских облика

Слика 6.21



0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47 48 49 50 51 52 53 54 55 56 57 58 59 60 61 62 63 64 65 66 67 68 69 70 71 72 73 74 75 76 77 78 79 80 81 82 83 84 85 86 87 88 89 90 91 92 93 94 95 96 97 98 99



Слика 6.26. Помоћни падајући мени у графичком прозору [6]

Прозор са резултатима садржи:

Operation list tab садржи све производне операције везане за део, сваки ред везан је за одређену операцију која је везана за посебан *feature*, такође приказан је и алат који се користи при тој операцији. Када се нека операција симулира поред исте стоји жута стрелица, уколико је потребно извршити измене на операцији потребно је користити дупли леви клик на ред операције, уколико програм примети грешке при производњи појави се мали жути узвичник и решење за настали проблем.

Manufacturing details tab састоји се из два дела:

Operations list садржи начин резања, дубину резања, алат, брзину, помаке и време за операцију.

Tool list даје потпуне информације о алатима који су коришћени.

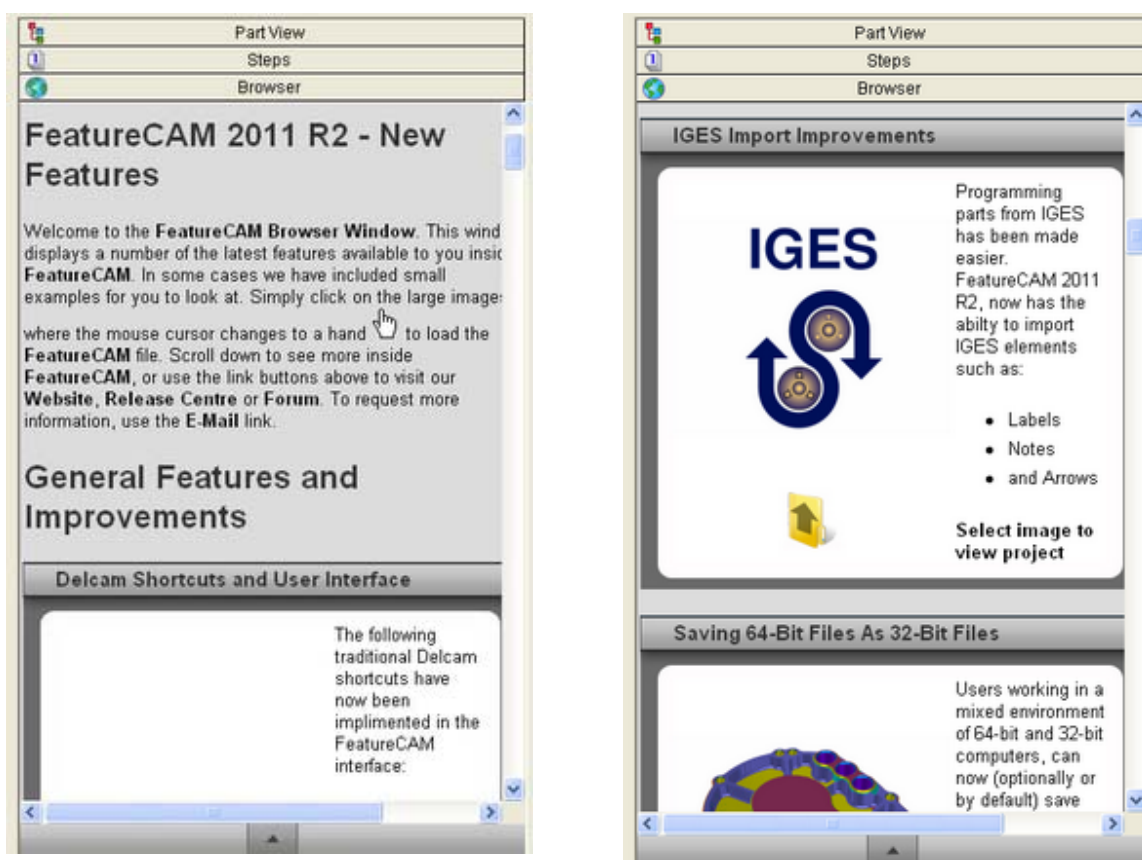
NC code tab садржи NC код који се добија након формирања путања алата.

Помоћна палета приказује след рада којим би требало ићи корак по корак.

Feature/Geometry edit bar омогућује корекцију геометрије или помоћ при креирању нове.

Status bar се налази на дну екрана и садржи податке о тренутним координатама геометрије, координате курсора, мерне јединице, податке о пост процесору, као и информације о симулацији када траје.

Browser садржи најновије *feature-e* који се могу *download*-ати са интернета или већ постоје и могу се учитати и преко њих видети најновије могућности програма.



Слика 6.27. Browser [6]

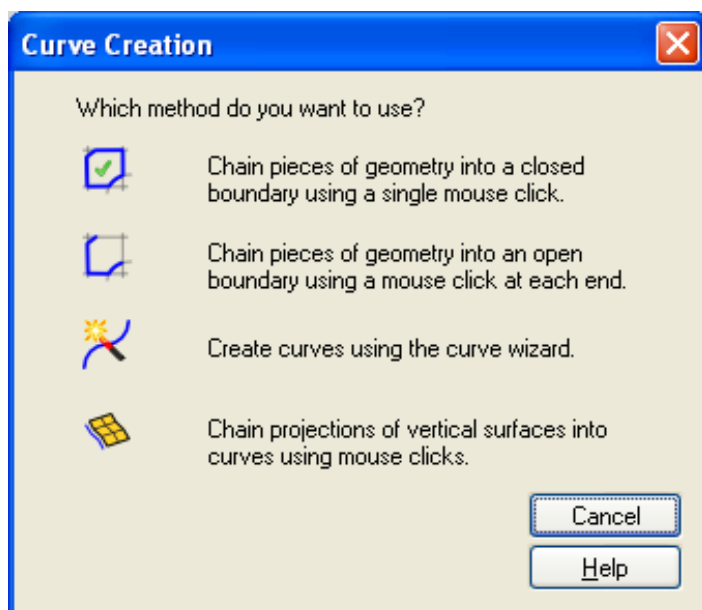
Steps panel садржи опције преко којих би требало добити програме за моделе, лево је дат хијерархиски редослед креирања програма уколико се не користи неки други CAD програм. Уколико се користи могуће је употребити аутоматско препознавање облика (AFR), а затим опцију преко које се креирају разни облици путања у зависности од тога

који је *feature* селектован и на крају креирање кода. Овим редоследом је панел креиран у програму.



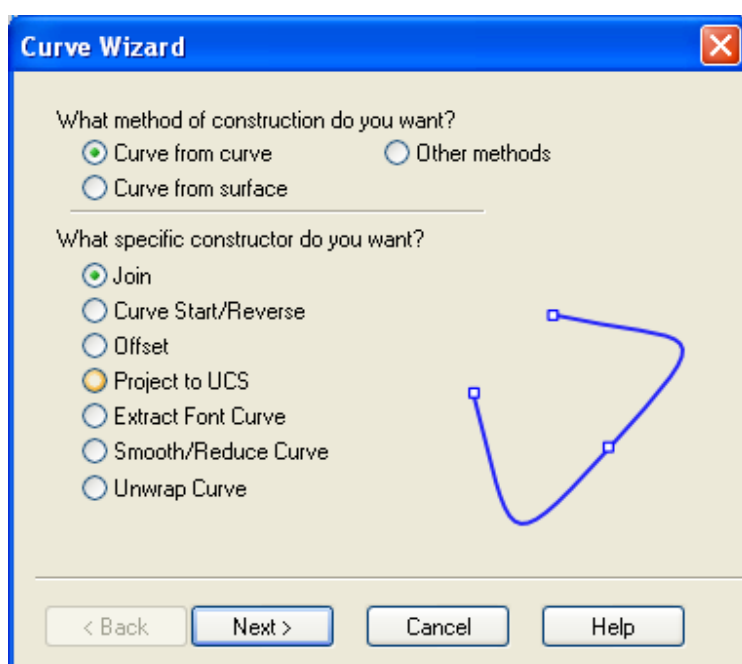
Слика 6.28. Steps panel [6]

1. *Stock* (припремак), креирање и опис је претходно описан, у steps panel-у је могуће накнадно креирање или исправке на постојећем.
2. *Geometry constructors* омогућава креирање основних геометриско конструктивних елемената који су потребни да даље креирање feature-a.
3. *Curves* опција омогућује креирање feature-a помоћу кривих.



- Креирање затворених кривих,
- Креирање отворених кривих од почетне до крајње тачке,
- wizard* за креирање кривих корак по корак,
- Креирање кривих од ланаца вертикалних површи.

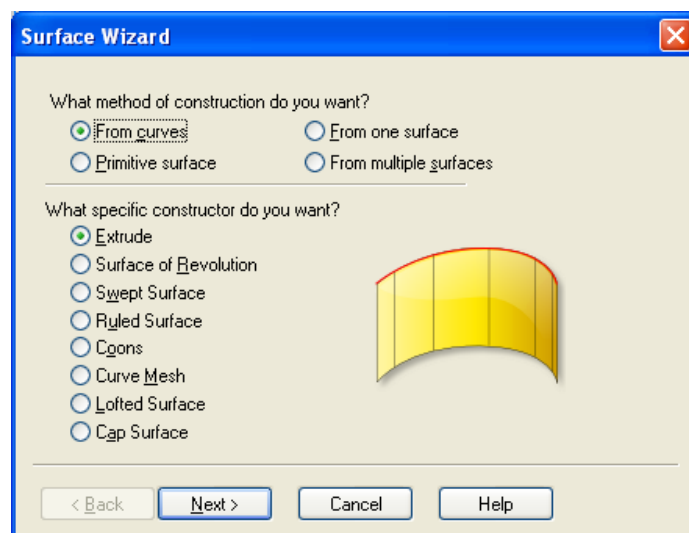
Слика 6.29. Curve creation [6]



- Различите могућности креирања кривих помоћу опције *wizard* који олакшава и корак по корак нас води кроз креирање

Слика 6.30 Curve wizard [6]

4. *Surfaces* опција омогућава креирање модела који се касније обрађују 3D поступком, 3D модели настају од површи које се различитим поступцима конструишу у тела.



Слика 6.31. Креирање површина [6]

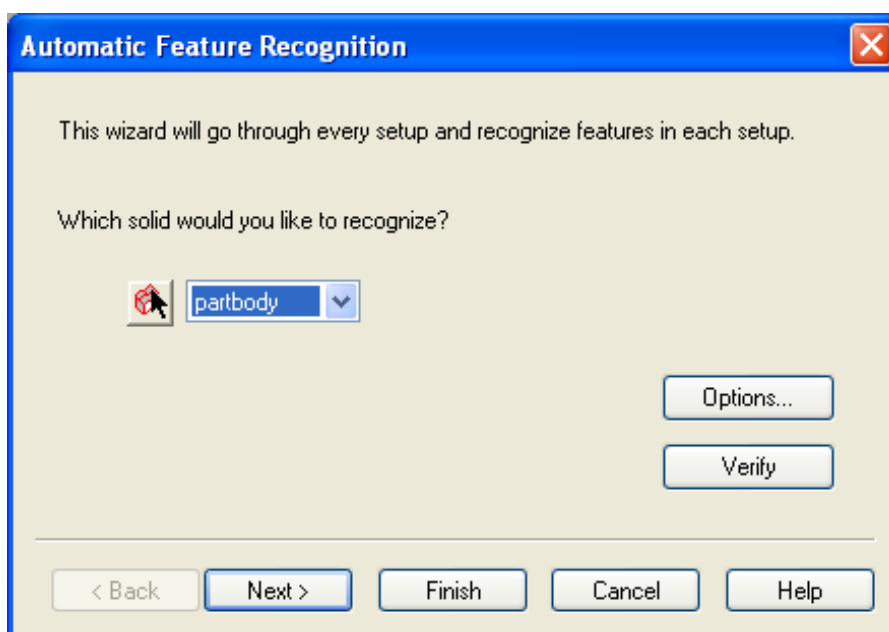
5. *Solids* опција служи за креирање пуних тела од неких геометриских облика криви, линија, кружница, паралелопипеда. Поступцима извлачења, обртања, извлачења по кривој, прављења цепова, рупа итд...



Слика 6.32. Креирање пуних облика [6]

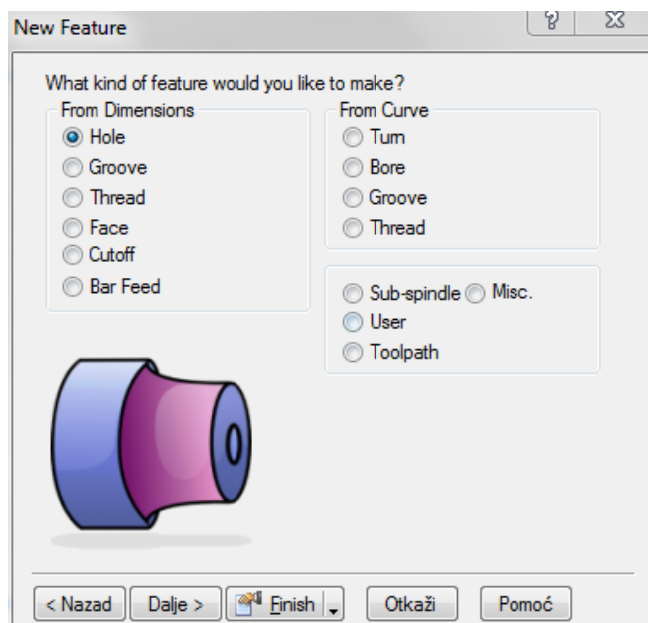
Дакле могуће је моделирање пуних 3D модела помоћу претходно наведених функција, али је ипак препоручљивије моделирати у неком од програма намењеним за те функције.

Automatic Feature Recognition (AFR) је једноставна, поуздана, брза и битна опција коју програм поседује нарочито у процесима високе производње, рачунар сам препознаје облике на моделу и по жељи корисника може аутоматски понудити и начин производње (алате, брзине, путање...), постоје случајеви када ова опција није најпоузданија па је потребно мењати или самостално бирати начин производње. Програм може препознати следеће облике *holes, slots, bosses, pockets, sides, faces*. Битно је истаћи да се при препознавању отвора може подесити распон пречника отвора између којих би било потребно тражити отворе и да се неравна дна упушта не препознају и да би упусте које је препознао требало уклонити и накнадно их обрадити преко опције *Features*. AFR такође не препознаје ни површи па се и оне накнадно препознају преко опција у *Features-u*.



Слика 6.33. AFR [6]

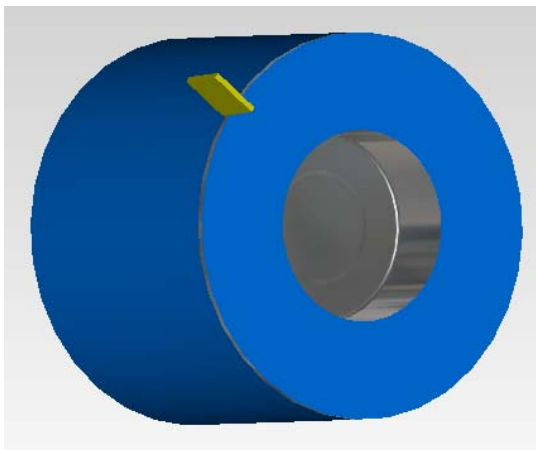
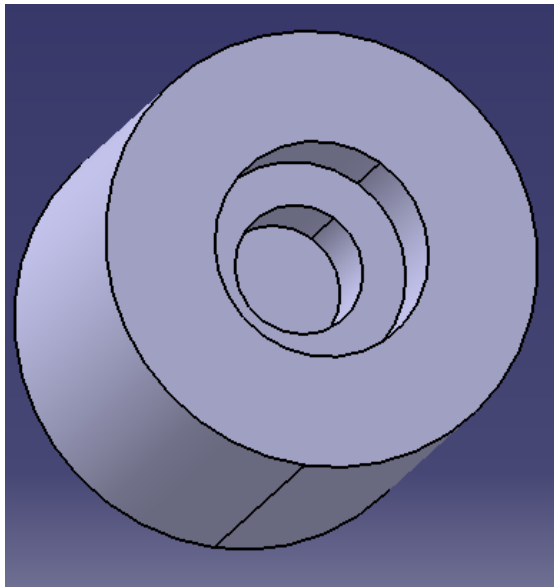
Уколико је потребно корак по корак самостално извршити машинирање, може се то урадити преко опције *Features у steps panel* –у. Различитим стратегијама за грубо и завршно глодање код свих обрада се може добити висок квалитет обрађених површина што је и циљ при обради на CNC машинама. Код стругања програм сам одабира алате, брзине и помаке који се наравно могу мењати и прилагођавати, нарочито ради скраћивања укупног времена, пре свега корекцијом у празном ходу се може добити мање време.



Стругање : *hole, groove, thread, face, cutoff, bar feed*

Слика 6.34 Главни прозор *Features-a* [6]

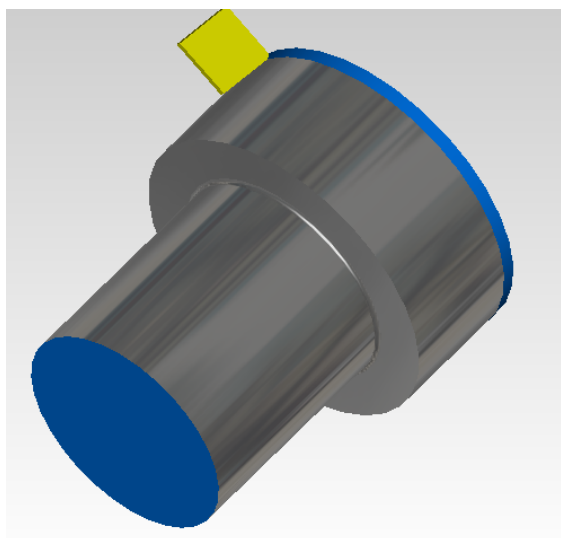
7. Примери



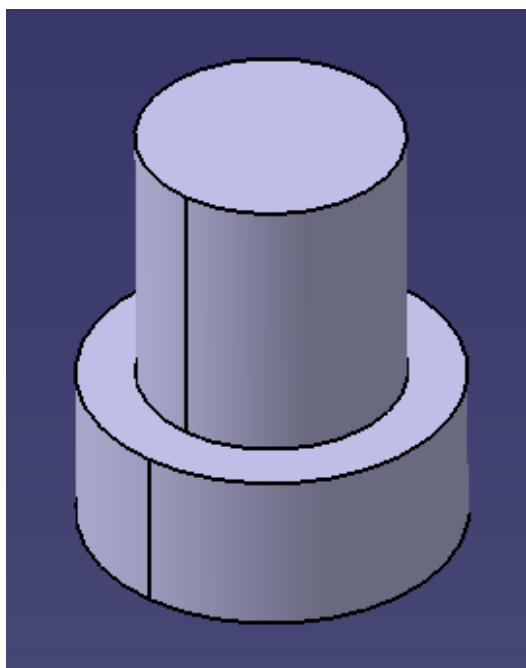
Пример 1

Унутрашња обрада

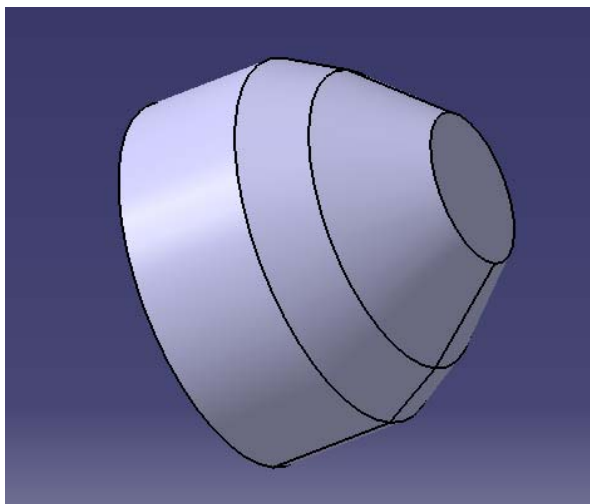
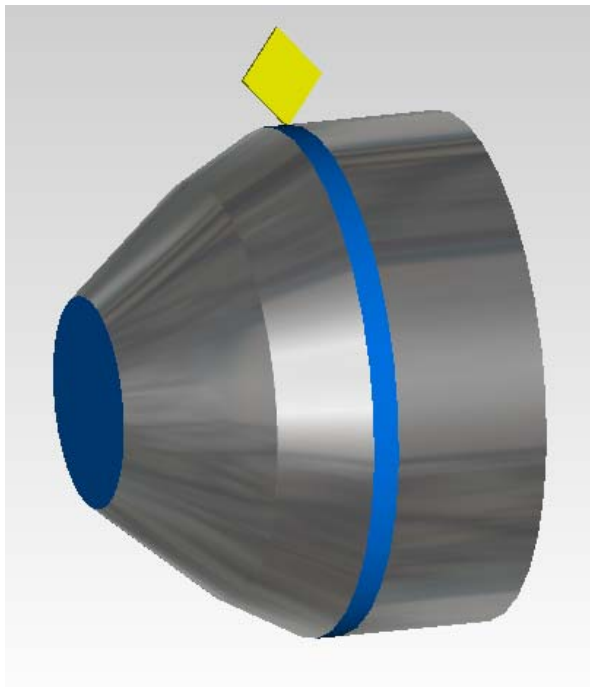
```
N10 T1/01/ M6 ' CHANGE TO TOOL # 1
N15 S1000 M4 ' SET RPM TO 1000
N20 G0 X0.392 Z0.1181
N25 M8
N30 G1 X0.392 Z-0.7835 F0.015
N35 G1 X0. Z-0.7835 F0.015
N40 G1 X-0.0278 Z-0.7695 F0.015
N45 G0 X-0.0278 Z0.1181
N50 G1 X0.7839 Z0.1181 F0.015
N55 G1 X0.7839 Z-0.7835 F0.015
N60 G1 X0.392 Z-0.7835 F0.015
N65 G1 X0.3641 Z-0.7695 F0.015
N70 G0 X0.3641 Z0.1181
N75 G1 X1.1759 Z0.1181 F0.015
N80 G1 X1.1759 Z-0.7835 F0.015
N85 G1 X0.7839 Z-0.7835 F0.015
N90 G1 X0.7561 Z-0.7695 F0.015
N95 G0 X0.7561 Z0.1181
N100 G1 X1.5679 Z0.1181 F0.015
N105 G1 X1.5679 Z-0.7835 F0.015
N110 G1 X1.1759 Z-0.7835 F0.015
N115 G1 X1.1481 Z-0.7695 F0.015
N120 G0 X1.1481 Z0.1181
N125 G1 X1.9599 Z0.1181 F0.015
N130 G1 X1.9599 Z-0.7835 F0.015
N135 G1 X1.5679 Z-0.7835 F0.015
N140 G1 X1.54 Z-0.7695 F0.015
N145 G0 X1.54 Z0.1181
N150 G0 X1.54 Z0.1181 T1/01/
N155 S1000 M4 ' SET RPM TO 1000
N160 G0 X1.9677 Z0.1181
N165 G1 X1.9677 Z-0.7874 F0.006
N170 G1 X1.2598 Z-0.7874 F0.006
N175 G1 X1.0371 Z-0.676 F0.006
N180 G0 X0.9449 Z-0.676
N185 G0 X0.9449 Z0.0787
N190 G0 X9.8425 Z4.9213 T2/02/ ' CHANGE TO
TOOL # 2
N195 S1000 M4 ' SET RPM TO 1000
N200 G0 X3.9796 Z0.1181
N205 G1 X3.9796 Z-3.189 F0.006
N210 G1 X4.2023 Z-3.0776 F0.006
N215 G0 X4.2158 Z-3.0776
N220 G0 X9.8425 Z4.9213
N225 M02
```



```
N10 T1/01/ M6 ' CHANGE TO TOOL # 1
N15 S1000 M4 ' SET RPM TO 1000
N20 G0 X3.1605 Z0.0039
N25 M8
N30 G1 X-0.0787 Z0.0039 F0.015
N35 G1 X-0.0787 Z0.0197 F0.015
N40 G1 X-0.0509 Z0.0336 F0.015
N45 G0 X-0.0509 Z0.1181
N50 G0 X3.2392 Z0.1181 T1/01/
N55 S1000 M4 'SET RPM TO 1000
N60 G0 X3.2392 Z0.
N65 G1 X-0.0787 Z0. F0.006
N70 G1 X0.144 Z0.1114 F0.006
N75 G0 X3.1605 Z0.1114 T1/01/
N80 S1000 M4 'SET RPM TO 1000
N85 G0 X3.2392 Z0.1181
N90 G0 X2.6992 Z0.1181
N95 G1 X2.6992 Z-2.1832 F0.015
N100 G1 X2.9243 Z-2.1832 F0.015
N105 G2 X3.003 Z-2.2084 I2.9243 K-2.2265
N110 G1 X3.0309 Z-2.1945 F0.015
N115 G0 X3.0309 Z0.1181
N120 G1 X2.3954 Z0.1181 F0.015
N125 G1 X2.3954 Z-2.1832 F0.015
N130 G1 X2.6992 Z-2.1832 F0.015
N135 G1 X2.727 Z-2.1692 F0.015
N140 G0 X2.727 Z0.1181
N145 G1 X2.0916 Z0.1181 F0.015
N150 G1 X2.0916 Z-2.1832 F0.015
N155 G1 X2.3954 Z-2.1832 F0.015
N160 G1 X2.4232 Z-2.1692 F0.015
N165 G0 X2.4232 Z0.1181
N170 G0 X2.0837 Z0.1181 T1/01/
N175 S1000 M4 'SET RPM TO 1000
N180 G1 X2.0837 Z-2.1871 F0.006
N185 G1 X2.9243 Z-2.1871 F0.006
N190 G2 X3.003 Z-2.2265 I2.9243 K-2.2265
N195 G1 X3.003 Z-3.5265 F0.006
N200 G1 X3.2257 Z-3.4151 F0.006
N205 G0 X3.2392 Z-3.4151
N210 G0 X9.8425 Z4.9213
N215 M02
```



Пример 2
Спољашња обрада



Пример 3

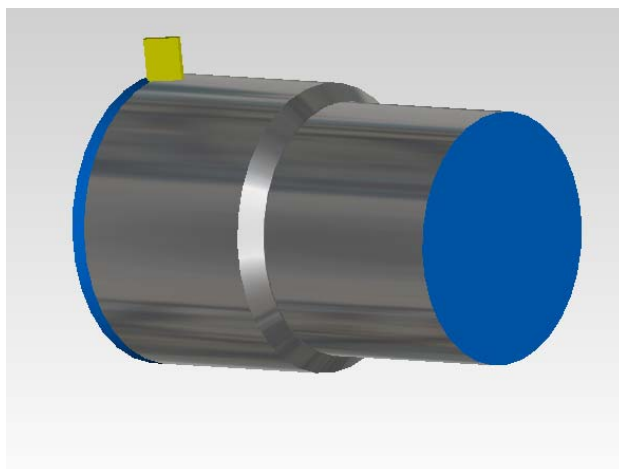
Спољашња обрада конуса

```

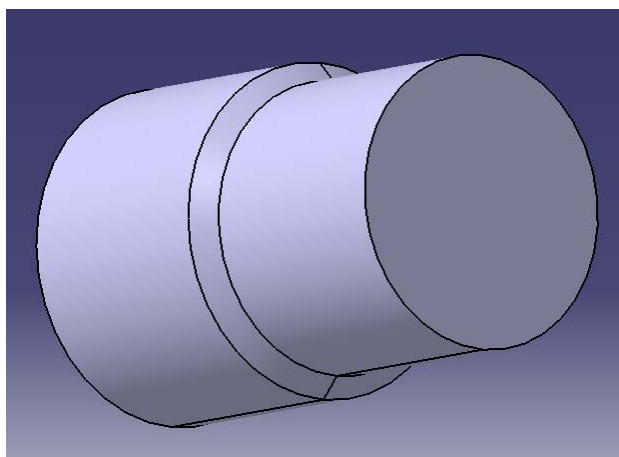
N10 T1/01/ M6 ' CHANGE TO TOOL # 1
N15 S1000 M4 ' SET RPM TO 1000
N20 G0 X4.8765 Z0.0039
N25 M8
N30 G1 X-0.0787 Z0.0039 F0.015
N35 G1 X-0.0787 Z0.0197 F0.015
N40 G1 X-0.0509 Z0.0336 F0.015
N45 G0 X-0.0509 Z0.1181
N50 G0 X4.9552 Z0.1181 T1/01/
N55 S1000 M4 'SET RPM TO 1000
N60 G0 X4.9552 Z0.
N65 G1 X-0.0787 Z0. F0.006
N70 G1 X0.144 Z0.1114 F0.006
N75 G0 X9.8425 Z4.9213 T2/02/ ' CHANGE TO
TOOL # 2
N80 S1000 M4 ' SET RPM TO 1000
N85 G0 X4.9552 Z-1.6851
N90 G1 X4.719 Z-1.6851 F0.015
N95 G2 X4.7165 Z-1.6876 I4.6403 K-1.6671
N100 G1 X4.3728 Z-2.0062 F0.015
N105 G1 X4.3728 Z-3.6522 F0.015
N110 G1 X4.719 Z-3.6522 F0.015
N115 G1 X4.7469 Z-3.6383 F0.015
N120 G0 X4.7469 Z-2.0062
N125 G1 X4.3728 Z-2.0062 F0.015
N130 G1 X4.0266 Z-2.3271 F0.015
N135 G1 X4.0266 Z-3.6522 F0.015
N140 G1 X4.3728 Z-3.6522 F0.015
N145 G1 X4.4007 Z-3.6383 F0.015
N150 G0 X4.4007 Z-2.3271
N155 G1 X4.0266 Z-2.3271 F0.015
N160 G1 X3.8585 Z-2.483 F0.015
N165 G2 X3.8493 Z-2.4898 I3.7823 K-2.4624
N170 G1 X3.6804 Z-2.5931 F0.015
N175 G1 X3.6804 Z-3.6522 F0.015
N180 G1 X4.0266 Z-3.6522 F0.015
N185 G1 X4.0545 Z-3.6383 F0.015
N190 G0 X4.0545 Z-2.5931
N195 G1 X3.6804 Z-2.5931 F0.015
N200 G1 X3.3342 Z-2.8049 F0.015
N205 G1 X3.3342 Z-3.6522 F0.015
N210 G1 X3.6804 Z-3.6522 F0.015
N215 G1 X3.7083 Z-3.6383 F0.015
N220 G0 X3.7083 Z-2.8049
N225 G1 X3.3342 Z-2.8049 F0.015
N230 G1 X2.9881 Z-3.0167 F0.015
N235 G1 X2.9881 Z-3.6522 F0.015
N240 G1 X3.3342 Z-3.6522 F0.015
N245 G1 X3.3621 Z-3.6383 F0.015
N250 G0 X3.3621 Z-3.0167

```

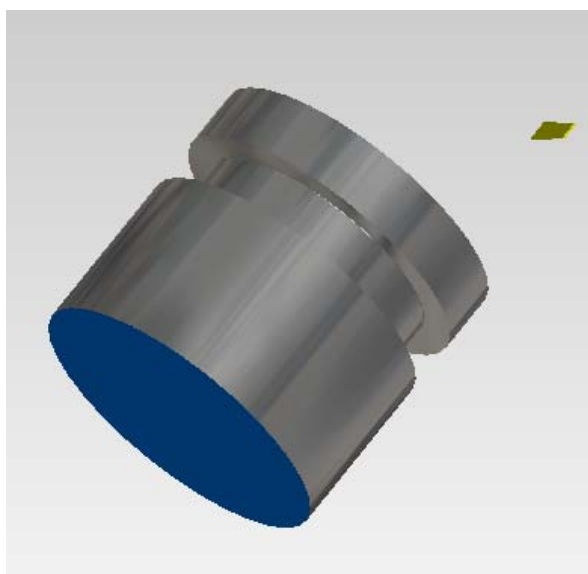
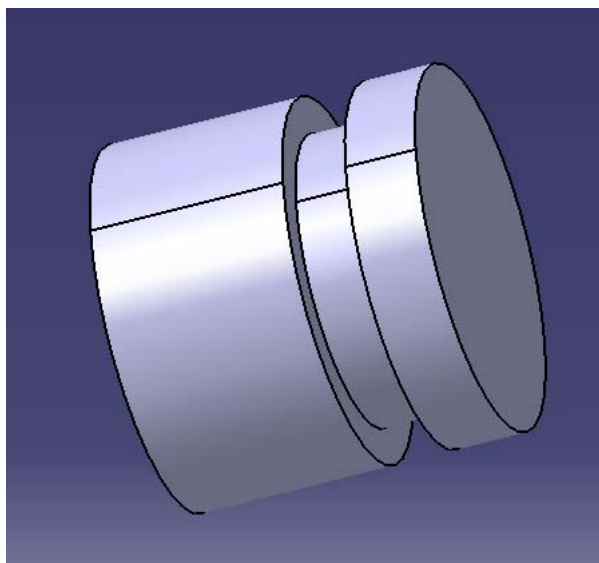
....



```
N10 T1/01/ M6 ' CHANGE TO TOOL # 1
N15 S1000 M4 ' SET RPM TO 1000
N20 G0 X4.0491 Z0.0039
N25 M8
N30 G1 X-0.0787 Z0.0039 F0.015
N35 G1 X-0.0787 Z0.0197 F0.015
N40 G1 X-0.0509 Z0.0336 F0.015
N45 G0 X-0.0509 Z0.1181
N50 G0 X4.1279 Z0.1181 T1/01/
N55 S1000 M4 'SET RPM TO 1000
N60 G0 X4.1279 Z0.
N65 G1 X-0.0787 Z0. F0.006
N70 G1 X0.144 Z0.1114 F0.006
N75 G0 X4.0491 Z0.1114 T1/01/
N80 S1000 M4 'SET RPM TO 1000
N85 G0 X4.1279 Z0.1181
N90 G0 X3.6505 Z0.1181
N95 G1 X3.6505 Z-2.8674 F0.015
N100 G1 X3.8751 Z-2.9833 F0.015
N105 G2 X3.8917 Z-2.9954 I3.8129 K-3.0134
N110 G1 X3.9195 Z-2.9814 F0.015
N115 G0 X3.9195 Z0.1181
N120 G1 X3.4092 Z0.1181 F0.015
N125 G1 X3.4092 Z-2.7431 F0.015
N130 G1 X3.6505 Z-2.8674 F0.015
N135 G1 X3.6783 Z-2.8535 F0.015
N140 G0 X3.6783 Z0.1181
N145 G0 X3.4014 Z0.1181 T1/01/
N150 S1000 M4 'SET RPM TO 1000
N155 G1 X3.4014 Z-2.7447 F0.006
N160 G1 X3.8694 Z-2.986 F0.006
N165 G2 X3.8917 Z-3.0134 I3.8129 K-3.0134
F0.0018
N170 G1 X3.8917 Z-5.8429 F0.006
N175 G1 X4.1144 Z-5.7315 F0.006
N180 G0 X4.1279 Z-5.7315
N185 G0 X9.8425 Z4.9213
N190 M02
```

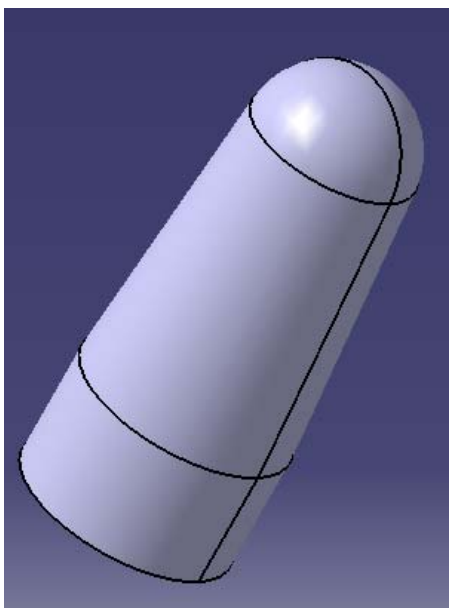


Пример 4



Пример 5
Израда жљеба

```
N10 T1/01/ M6 ' CHANGE TO TOOL # 1
N15 S1000 M4 ' SET RPM TO 1000
N20 G0 X3.5282 Z0.0039
N25 M8
N30 G1 X-0.0787 Z0.0039 F0.015
N35 G1 X-0.0787 Z0.0197 F0.015
N40 G1 X-0.0509 Z0.0336 F0.015
N45 G0 X-0.0509 Z0.1181
N50 G0 X3.6069 Z0.1181 T1/01/
N55 S1000 M4 'SET RPM TO 1000
N60 G0 X3.6069 Z0.
N65 G1 X-0.0787 Z0. F0.006
N70 G1 X0.144 Z0.1114 F0.006
N75 G0 X3.3707 Z0.1181 T1/01/
N80 S1000 M4 'SET RPM TO 1000
N85 G1 X3.3707 Z-3.1135 F0.006
N90 G1 X3.5934 Z-3.0022 F0.006
N95 G0 X3.6069 Z-3.0022
N100 G0 X9.8425 Z4.9213 T2/02/ ' CHANGE TO
TOOL # 2
N105 S1000 M4 ' SET RPM TO 1000
N110 G0 X3.6069 Z-0.9037
N115 G1 X2.7045 Z-0.9037 F0.015
N120 G0 X3.6069 Z-0.9037
N125 G0 X3.6069 Z-1.0927
N130 G1 X2.7045 Z-1.0927 F0.015
N135 G0 X3.6069 Z-1.0927
N140 G0 X3.6069 Z-1.2502
N145 G1 X2.7045 Z-1.2502 F0.015
N150 G0 X3.6069 Z-1.2502
N155 G0 X3.6069 Z-1.2541 T2/02/
N160 S1000 M4 'SET RPM TO 1000
N165 G1 X2.6966 Z-1.2541 F0.006
N170 G0 X3.6069 Z-1.2541
N175 G0 X3.6069 Z-0.8998
N180 G1 X2.6966 Z-0.8998 F0.006
N185 G1 X2.6966 Z-1.2541 F0.006
N190 G0 X3.6069 Z-1.2541
N195 G0 X9.8425 Z4.9213
N200 M02
```



Пример 6
Израда епрувете

```

N10 T1/01/ M6 ' CHANGE TO TOOL # 1
N15 S1000 M4 ' SET RPM TO 1000
N20 G0 X4.3026 Z0.0039
N25 M8
N30 G1 X-0.0787 Z0.0039 F0.015
N35 G1 X-0.0787 Z0.0197 F0.015
N40 G1 X-0.0509 Z0.0336 F0.015
N45 G0 X-0.0509 Z0.1181
N50 G0 X4.3813 Z0.1181 T1/01/
N55 S1000 M4 'SET RPM TO 1000
N60 G0 X4.3813 Z0.
N65 G1 X-0.0787 Z0. F0.006
N70 G1 X0.144 Z0.1114 F0.006
N75 G0 X4.3026 Z0.1114 T1/01/
N80 S1000 M4 'SET RPM TO 1000
N85 G0 X4.3813 Z0.1614
N90 G0 X3.7614 Z0.1614
N95 G1 X3.7614 Z-4.7351 F0.015
N100 G1 X4.1451 Z-7.1794 F0.015
N105 G1 X4.173 Z-7.1655 F0.015
N110 G0 X4.173 Z0.1614
N115 G1 X3.3776 Z0.1614 F0.015
N120 G1 X3.3776 Z-2.2907 F0.015
N125 G1 X3.7614 Z-4.7351 F0.015
N130 G1 X3.7892 Z-4.7211 F0.015
N135 G0 X3.7892 Z0.1614
N140 G1 X2.9938 Z0.1614 F0.015
N145 G1 X2.9938 Z-1.0094 F0.015
N150 G2 X3.2607 Z-1.5465 I-0.0931 K-1.6781
N155 G1 X3.3776 Z-2.2907 F0.015
N160 G1 X3.4054 Z-2.2768 F0.015
N165 G0 X3.4054 Z0.1614
N170 G1 X2.61 Z0.1614 F0.015
N175 G1 X2.61 Z-0.6768 F0.015
N180 G2 X2.9938 Z-1.0094 I-0.0931 K-1.6781
N185 G1 X3.0216 Z-0.9955 F0.015
N190 G0 X3.0216 Z0.1614
N195 G1 X2.2263 Z0.1614 F0.015
N200 G1 X2.2263 Z-0.4597 F0.015
N205 G2 X2.61 Z-0.6768 I-0.0931 K-1.6781
N210 G1 X2.6379 Z-0.6629 F0.015
N215 G0 X2.6379 Z0.1614
N220 G1 X1.8425 Z0.1614 F0.015
N225 G1 X1.8425 Z-0.3023 F0.015
N230 G2 X2.2263 Z-0.4597 I-0.0931 K-1.6781
N235 G1 X2.2541 Z-0.4458 F0.015
N240 G0 X2.2541 Z0.1614
N245 G1 X1.4587 Z0.1614 F0.015

```

...

8. Закључак

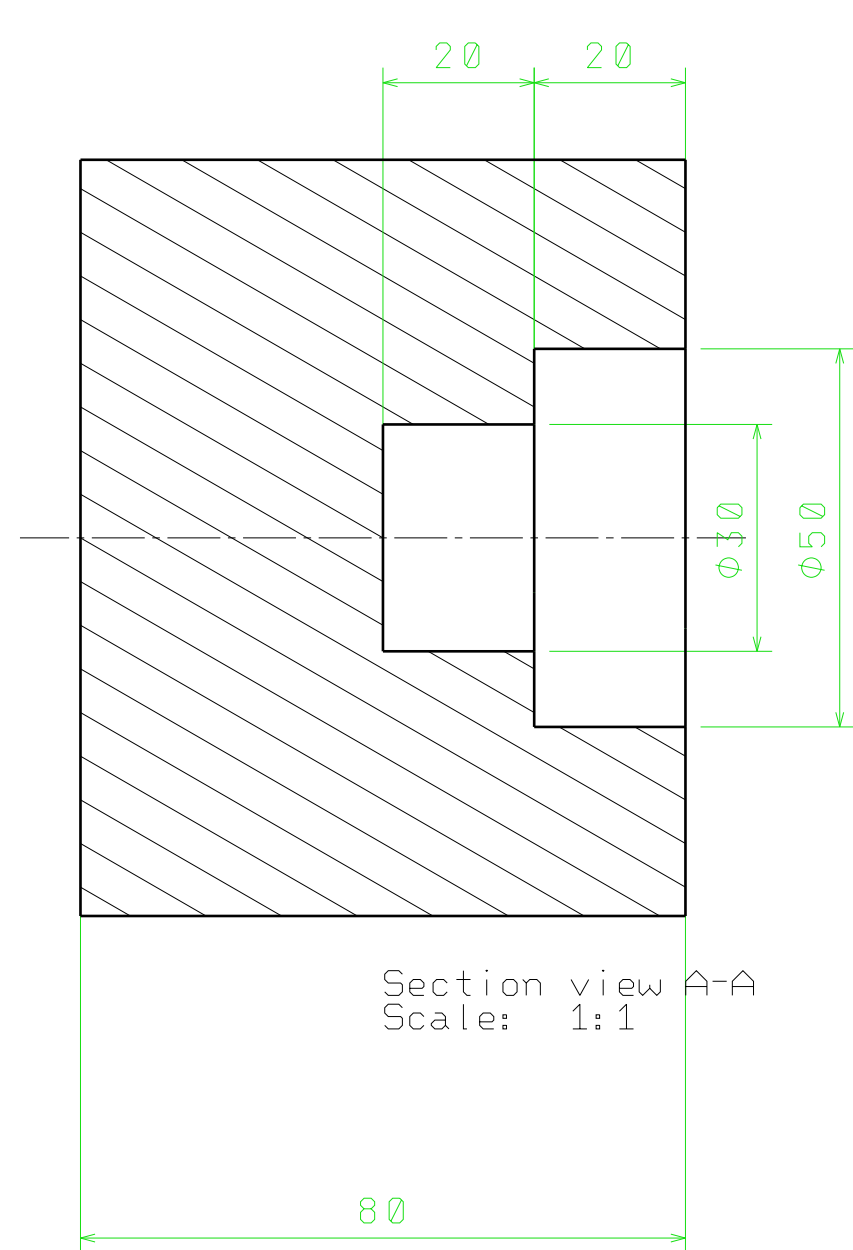
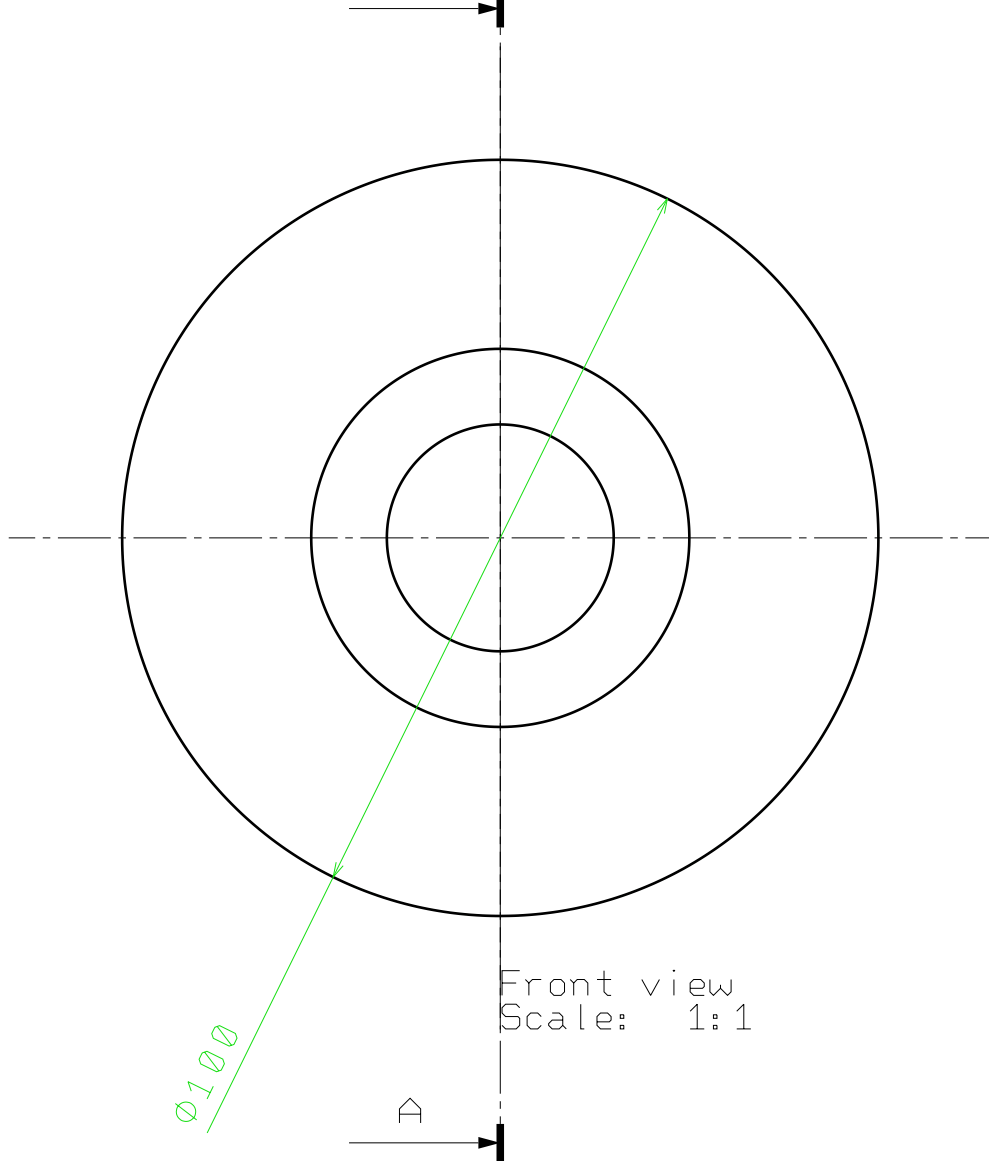
Обрада метала резањем има широку област примене, било коју од врста обрада да посматрамо и предсавља стуб производних система. Алати и машине се континуално усавршавају и допуњавају, за алате се уводе нови материјали и нове геометрије резних ивица који ће допринети квалитетнијој обради, већој стабилности машине, већој постојаности, а машине се усавршавају новим управљачким системима који омогућују већу прецизност и већу аутоматизацију. Уз потребу за већом аутоматизацијом долази потреба за новим софтверима лакшим за употребу али и употпуњенијим и независнијим од коришћења додатних софтвера.

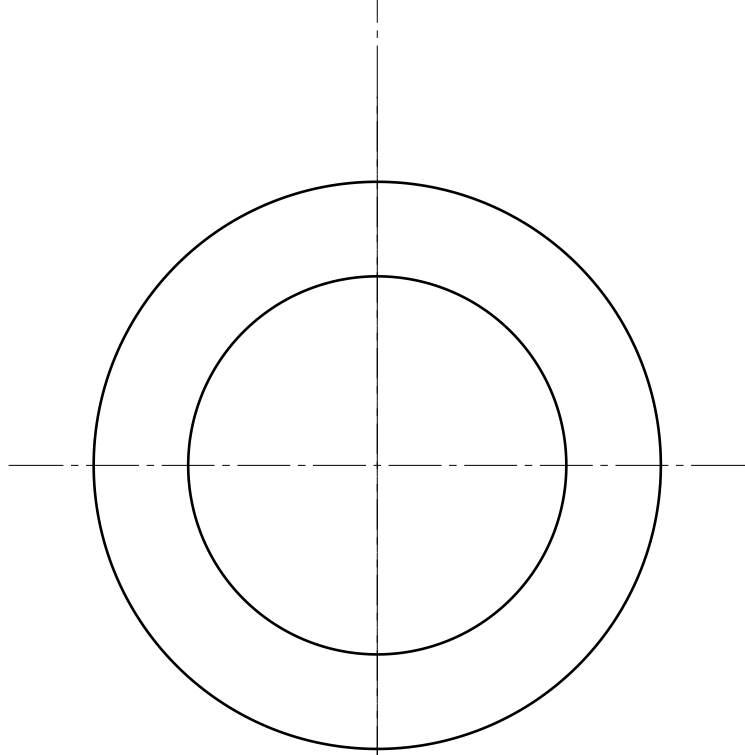
Уз овај рад се може приступити изради програма за нумеричке машине уз CAD/CAM софтвер FeatureCAM. Сам принцип рада програма је објашњен на најједноставнији начин како би се у њему стекли основни кораци: коришћење модела из других софтвера, одређивање основних карактеристика процеса резања (материјал, алате, брзине, машину..), препознавање различитих облика на моделима, добијања крајњег жељеног резултата NC koda итд. Уз рад су дати примери везани за процес стругања, најосновнији примери који су основа за све компликованије операције, такође су дате препоруке везане за избор алата у обради стругањем као и редослед на који би требало бити креирана техничка документација за неку операцију. Указано је на то да програм сам усваја брзине и помаке на основу унетих параметара и да се у оквиру програма може посматрати 3D симулација резања припремка што може бити корисно, јер се могу уочити грешке, што некада при изради NC кода није било могуће.

Ако се узме у обзир тренд пораста коришћења CNC машина у последњој деценији може се закључити да ће у инжењерству бити готово немогуће функционисати без познавања оваквог или неког од сличних софтвера и да ће степен коришћења и развоја ових софтвера бити све већи и већи, као и степен коришћења аутоматизованих машина.

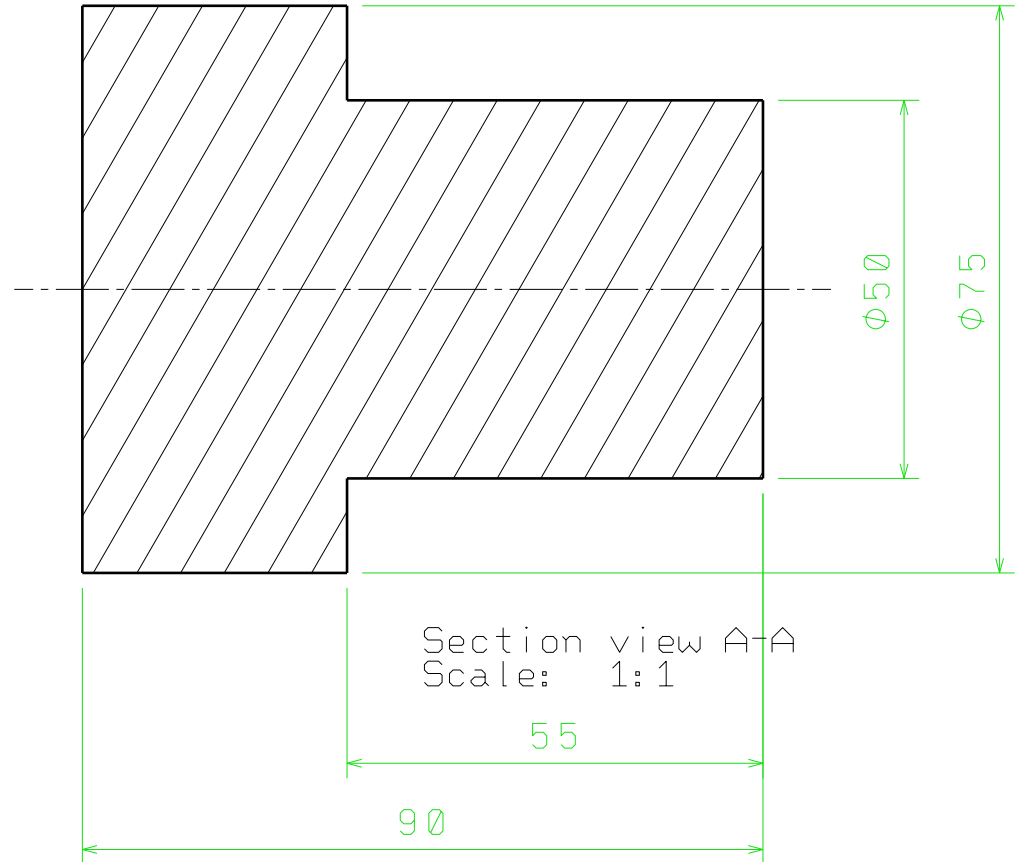
9. Литература

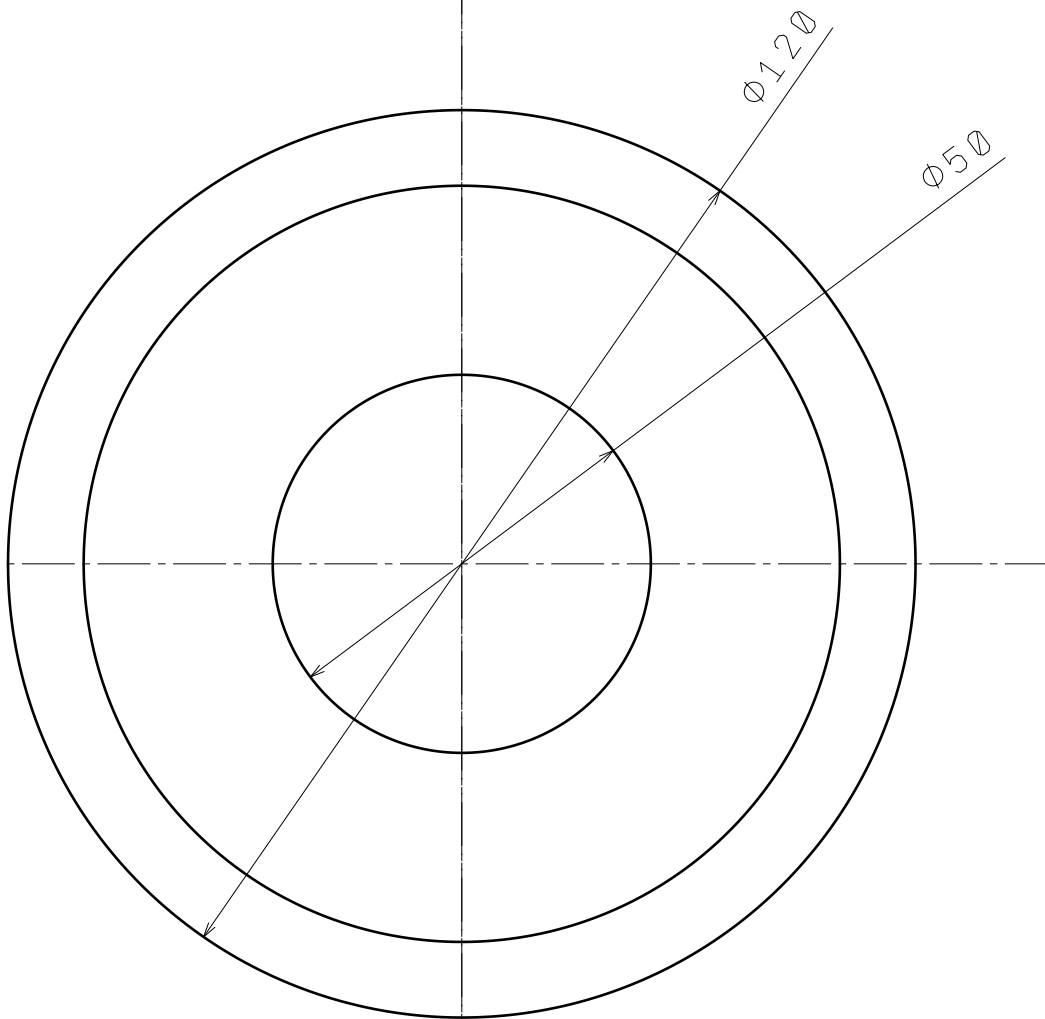
- 1) Недић Б., Лазић Миодраг: “Обрада метала резањем“, Машински факултет Крагујевац, Крагујевац 2007.
- 2) Тадић Б.: “Алати и прибори“, скрипта, Машински факултет Крагујевац, Крагујевац 2008
- 3) Недић Б, “Savremeni obradni sistemi“ Машински факултет Крагујевац, Крагујевац,
- 4) Блажевић З.: “Програмирање CNC струга и глодалице“, Вировитица, 2004.
- 5) Недић Б., : “Програмирање CNC струга, управљачка јединица FANUC “, Машински факултет Крагујевац, Крагујевац 2006
- 6) www.delcam.com - CAD CAM Software Solutions - Delcam



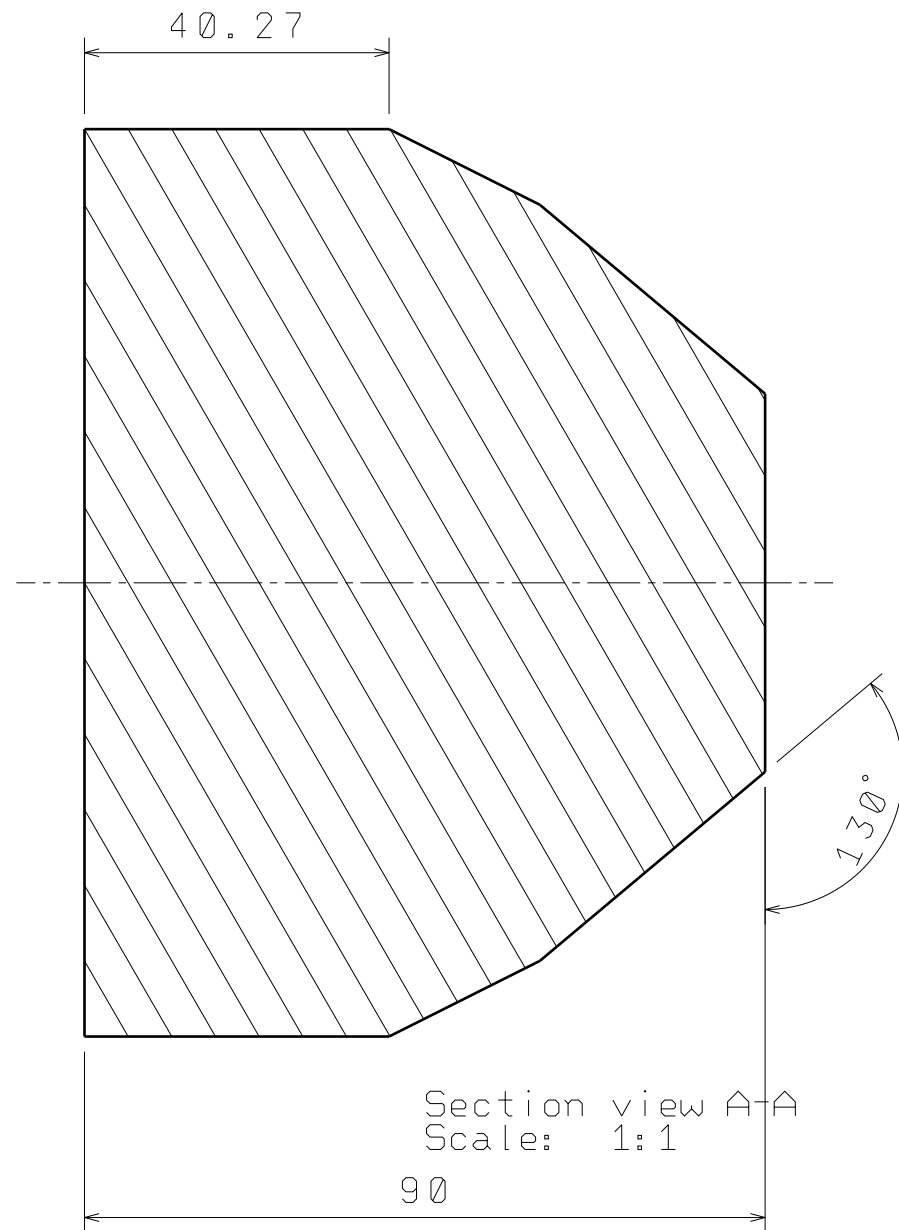


Front view
Scale: 1:1

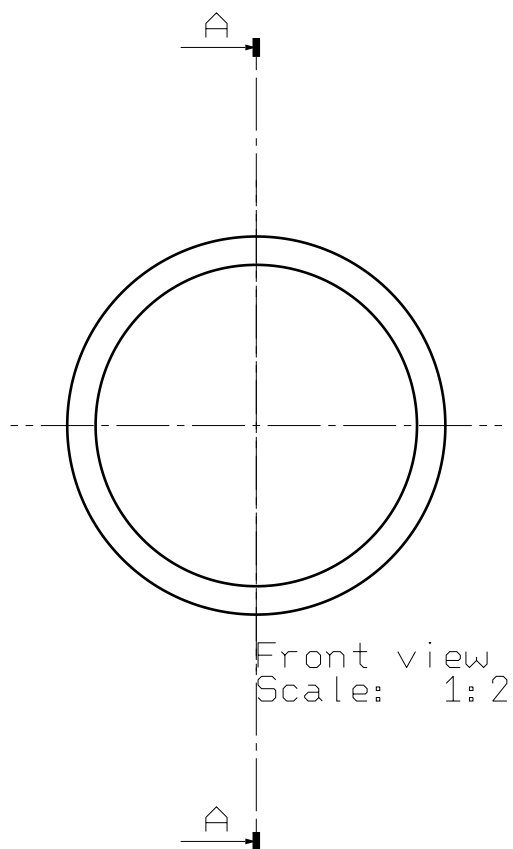




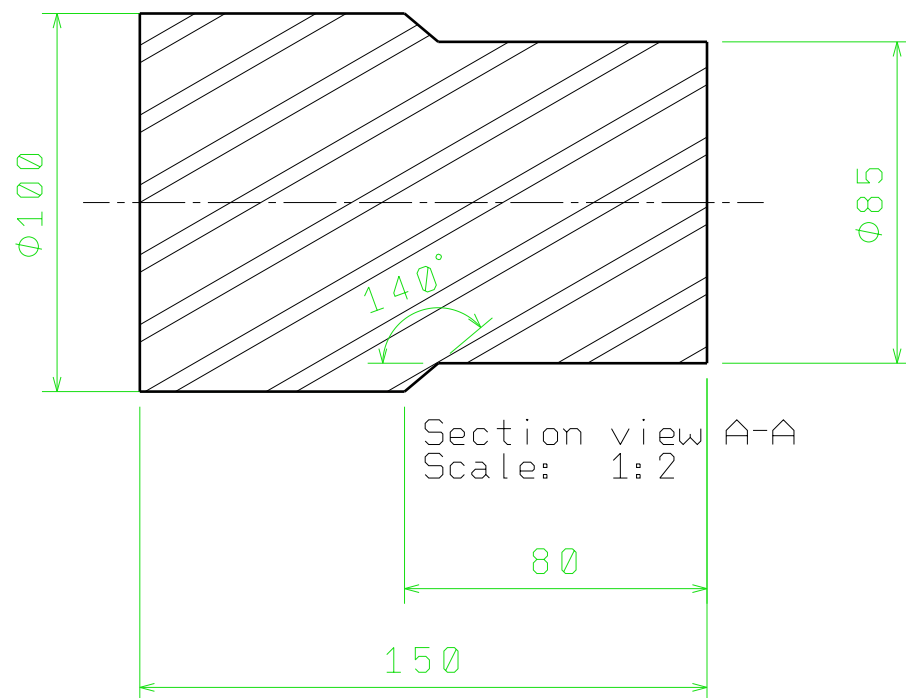
Front view
Scale: 1:1



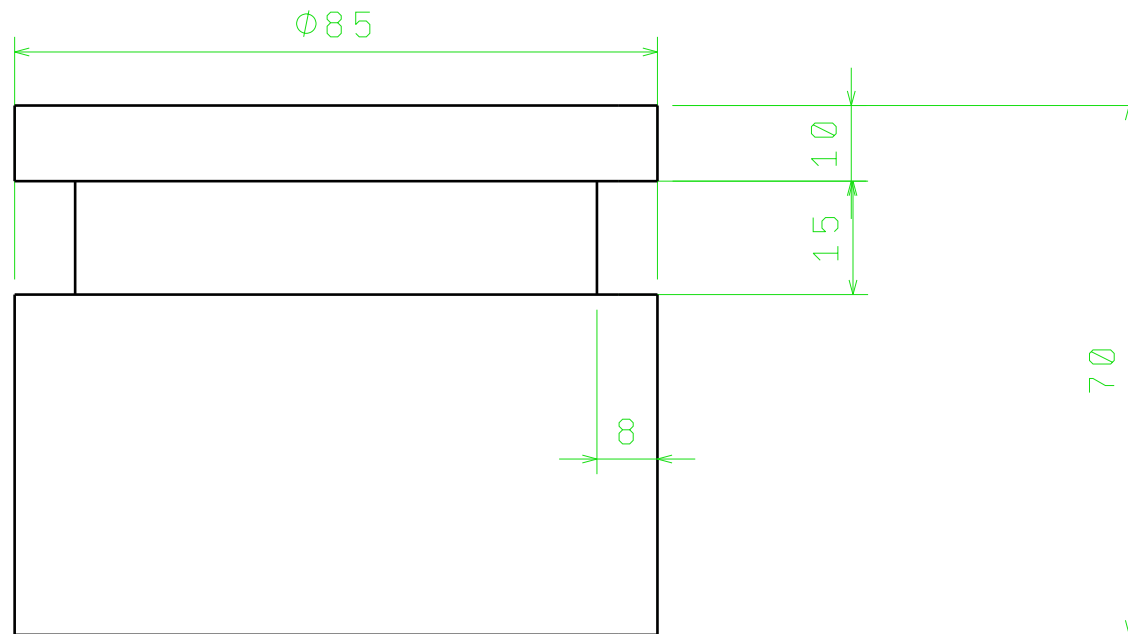
Section view A-A
Scale: 1:1



Front view
Scale: 1:2



Section view A-A
Scale: 1:2



Front view
Scale: 1:1

