

**Факултет инжењерских наука
Универзитета у Крагујевцу**



**Назив студијског програма: Машинско инжењерство
Ниво студија: Основне академске студије
Модул: Производно машинство
Предмет: Производне технологије
Број индекса: 58/2014**

**Наташа Р. Кнежевић
Прорачун главног времена обраде
резањем
Завршни рад**

Комисија за преглед и одбрану: • Др Богдан Недић, проф. - ментор • _____ • _____	Датум одбране: _____ Оцена: _____
---	---



Универзитет у Крагујевцу
Факултет инжењерских наука



Основне студије: **Машинско инжењерство**

Студијско подручје (усмерење): **Производно машинство**

Име и презиме: **Наташа Кнежевић**

Број индекса: **58/2014**

ПРИЈАВА ЗАВРШНОГ РАДА

Тема рада: **Прорачун главног времена обраде резањем**

Задатак: У оквиру завршног рада потребно је да кандидат изврши прикупљање и систематизацију података за технолошким поступцима обраде и израчунавању главног времена обраде. Обухватити што је могуће већи број поступака обраде резањем. Потребно је у посебном делу рада примену *Excel* софтвера креирати могућу апликацију за израчунавање главног времена обраде.

Завршни рад треба да садржи следеће целине:

1. Уводна разматрања,
2. Дефинисање обрадног процеса,
3. Технологије обраде и главно време обраде,
4. Развој апликације за прорачун главног времена обраде
5. Закључци,
6. Литература.

Ментор:

Др Богдан Недић, редовни професор

Крагујевац, 11.02.2021.

Резиме:

Резање се обавља у строго одређеној кинематици релативног кретања између алата и обратка, где се дефинишу основна и допунска кретања. Основна кретања деле се на главна и помоћна кретања. Допунска кретања односе се на подеона, позициона, и друга кретања. Главно кретање одређује брзину резања, а изводе га алат или обрадак и може бити кружно или праволинијско. За свако главно кретање дефинише се мера главног кретања: број обрта или број дуплих ходова. Главно и помоћно кретање у одређеној кинематици кретања алата и обратка дефинишу метод обраде. Један метод обраде може имати само једно главно и једно или више помоћних кретања. Међутим, за сваки метод обраде резањем, као један захват, дефинишу се основни елементи: брзина резања, корак, дубина резања, главно време резања. У оквиру завршног рада је приказан развој апликација, применом софтвера Excel за прорачун главног времена обраде.

Кључне речи : Резање, главно кретање, помоћно кретање, апликација.

Summary:

Cutting is performed in a strictly defined kinematics of the relative movement between the tool and the workpiece, where the basic and additional movements are defined. Basic movements are divided into main and auxiliary movements. Complementary movements refer to division, position, and other movements. The main movement determines the cutting speed, and it is performed by a tool or workpiece and can be circular or rectilinear. For each main movement, a measure of the main movement is defined: the number of turns or the number of double strokes. The main and auxiliary movements in a certain kinematics of tool and workpiece movement define the processing method. One processing method can have only one main and one or more auxiliary movements. However, for each method of cutting, as one operation, the basic elements are defined: cutting speed, step, cutting depth, main cutting time. The development is presented in the final work application, using Excel software to calculate the main processing time.

Key words : Cutting, main movement, auxiliary movements, application.

Садржај

Увод	7
2. Обрадни процеси	13
3. Обрада тестерисањем	17
3.1 Обрада тестерисањем – сечење-	18
3.1.1. Сечење оквирном тестером	18
3.1.2 Сечење кружном тестером	19
4. Обрада рендисањем	21
4.1 Рендисање	22
4.1.1 Рендисање хоризонталних равни	22
4.1.2 Рендисање жлебова у степеница	23
4.1.3 Рендисање вертикалних равни	23
4.2 Вертикално рендисање	23
4.2.1 Вертикално рендисање равних површина	23
4.2.2 Вертикално рендисање кружних површина	24
4.2.3 Вертикално рендисање жлебова	24
5. Обрада стругањем	25
5.1 Обрада стругањем – спољашње-	27
5.1.1 Спољашње стругање	27
5.1.1 Спољашње стругање на пролаз	27
5.1.2 Спољашње стругање до степенице	27
5.1.3 Спољашње стругање до стругарског срца	28
5.1.4 Спољашње стругање до степенице	28
5.1.5 Спољашње стругање са неколико ножева	28
5.1.6 Одсецање пуног профила	28
5.1.7 Одсецање цеви	29
5.1.8 Поравнање чела пуног профила	29
5.1.9 Поравнање чела цеви	29
5.1.10 Попречно стругање пуног профила	30
5.1.11 Попречно стругање цеви	30
5.1.12 Резање жлеба	30
5.1.13 Стругање са профилним ножем	31
5.1.14 Израда конуса	31
5.1.15 Обарање ивица	31
5.2 Обрада стругањем – унутрашње-	32
5.2.1 Унутрашње стругање	32
5.2.2 Унутрашње стругање на пролаз	32
5.2.3 Унутрашње стругање до степенице	33
5.2.4 Стругање унутрашњих жлебова	33
5.2.5 Обарање унутрашњих ивица	33
6. Обрада бушењем	34
6.1 Бушење	35
6.1.1 Вертикално бушење на пролаз у пун материјал	35
6.1.2 Вертикално бушење без излаза у пун материјал	36
6.1.3 Хоризонтално бушење на пролаз у претходно бушен материјал	36
(проширивање бургијом)	36
6.1.4 Хоризонтално бушење без излаза у претходно бушен материјал	36
6.1.5 Забушивање	37

6.2 Упуштање.....	38
6.2.1 Упуштање вертикално на пролаз.....	38
6.2.2 Упуштање без излаза.....	39
6.2. Упуштање конуса	39
6.2.4 Унутрашње - обарање ивица	39
6.2.5 Упуштање за главу завртња	39
6.3. Развртање	40
6.3.1 Развртање на пролаз.....	40
6.3.2 Развртање без излаза	40
6.3.3 Развртање конуса.....	41
7. Обрада провлачењем.....	42
7.1 Провлачење	43
7.1.1 Провлачење отвора.....	43
7.1.2 Провлачење звездастог отвора.....	44
7.1.3 Спољашње провлачење	44
7.1.4 Провлачење жлеба за клин	44
8. Обрада глодањем.....	45
8.1 Хоризонтално глодање	47
8.1.1 Глодање ваљшастим глодалом.....	47
8.1.2 Глодање плочастим глодалом	48
8.1.3 Глодалима у слогу	48
8.1.4 Глодање састављено профилним глодалима	49
8.1.5 Глодање на двовретеној хоризонталној глодалици са два чеона – ваљчаста глодала.....	49
8.2 Вертикално глодање.....	50
8.2.1 Глодање чеона ваљчастим глодалом.....	50
8.2.2 Глодање већих дубина	51
8.2.3 Глодање степенице.....	51
8.2.4 Глодање глодачком главом	52
8.2.5 Глодање вретенастим глодалом.....	52
8.3.1 Глодање облика	53
8.3.2 Копирно глодање.....	53
8.4 Глодање жлебова	54
8.4.1 Вертикало глодање.....	54
8.4.2 Хоризонтално глодање полукружних жлебова	56
8.4.3 Глодање жлебастих осовина	56
9. Обрада брушењем	57
9.1 Спољашње брушење	59
9.1.1 Спољашње кружно брушење између шиљака – аксијално	59
9.1.2 Спољашње кружно брушење међу шиљцима – радијално	60
9.1.3 Спољашње кружно брушење без шиљака на пролаз.....	60
9.1.4 Спољашње кружно брушење без шиљака методом урезивања.....	61
9.1.5 Брушење клинастих вратила – профилисаним брусним точком.....	62
9.1.6 Кружно брушење клинастих вратила не профилисаним брусним тоцилом ..	62
9.1.7 Равно брушење попречним пресеком брусне плоче на системима са округлим столом.....	63
9.1.8 Равно брушење попречним пресеком бруснг точка на системима са правоугаоним системима са правоуглим столом	63
9.1.9 Равно обимно брушење на системима са правоуглим столим.....	64
9.1.10 Равно обимно брушење на системима са округлим столом.....	64

9.2 Унутрашње брушење	65
9.2.1 Унутрашње кружно брушење - аксијално	65
9.3 Брушење озубљења	66
9.3.1 Брушење озубљења профилним тоцилом методом копирања.....	66
9.3.2 Брушење озубљења МАГ методом	67
10. Обрада хоновањем	68
10.1 Главом и брусним сегментима	68
11. Израда навоја	68
11.1 Израда навоја на стругу	68
11.1.1– Израда навоја према навоју обликованим ножем	69
11.1.2 Израда навоја округлом нарезницом	72
11.1.3 Израда навоја нарезном главом	72
11.1.4 Израда навоја навојном бургијом на пролаз.....	72
11.1.5 Израда навоја навојном бургијом у рупу	72
11.2 Израда навоја глодањем.....	73
11.2.1 Израда навоја плочастим навојним глодалом	74
11.2.2 Израда спољашњег и унутрашњег навоја навојним глодалом	74
11.3 Израда навоја брушењем	74
11.3.1 Израда навоја профилним тоцилом	74
12. Израда озубљења	75
12.1 Израда зупчаника са правим зупцима	75
12.1.1 Израде зупчаника модулим глодалом	75
12.1.2 Израда зупчаника помичним одвалним глодалом	75
12.1.3 Израда зупчаника утискивањем.....	76
12.1.4 Израда зупчаника вертикалним рендисањем округлим чешљем	76
12.2 Израда конусних зупчаника	77
12.2.1 Израда конусних зупчаника са равним зупцима	77
12.2.2 Израда конусних зупчаника са спиралним зубима	77
12.3 Израда пужног точка.....	77
12.3.1 Израда пужног точка радијалним посмаком	77
12.3.2 Израда пужног точка аксијалним посмаком.....	78
13. Приказ Excel апликација за прорачун главног времена у процесима обраде резањем	79
14. Закључак.....	85
15. Литература	86

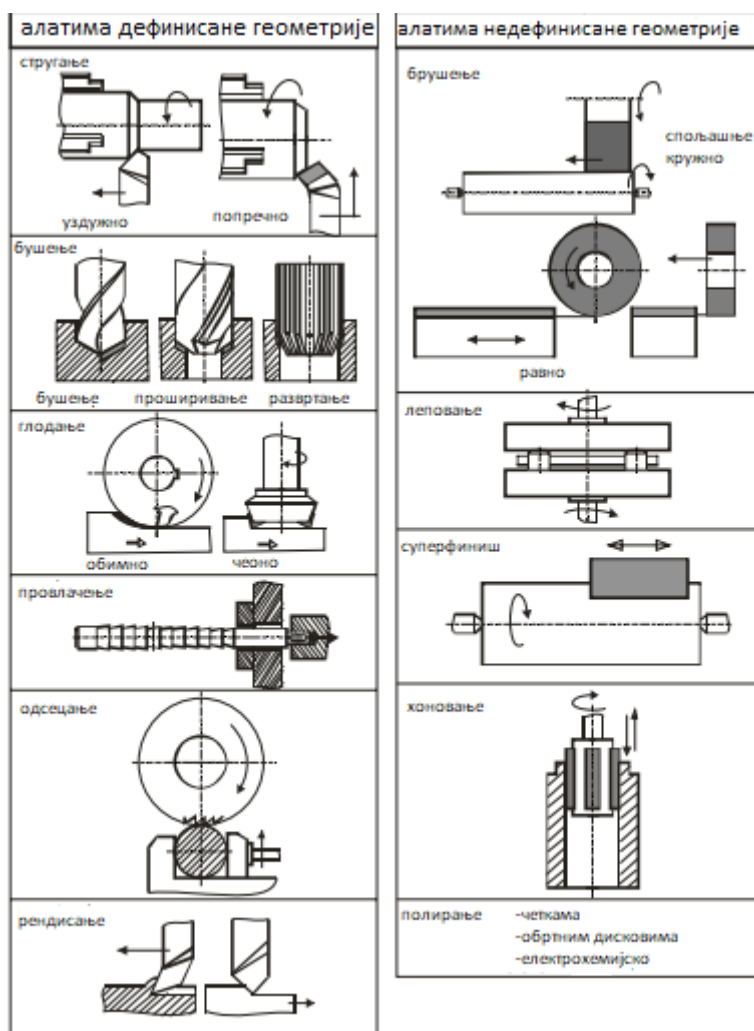
Увод

Поступци и 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 1.1).

Најчешће се разврставају на поступке:

- претходне – грубе обраде и
- завршне – фине обраде [1]



Слика.1.1 Поступци обраде метала резањем [1]

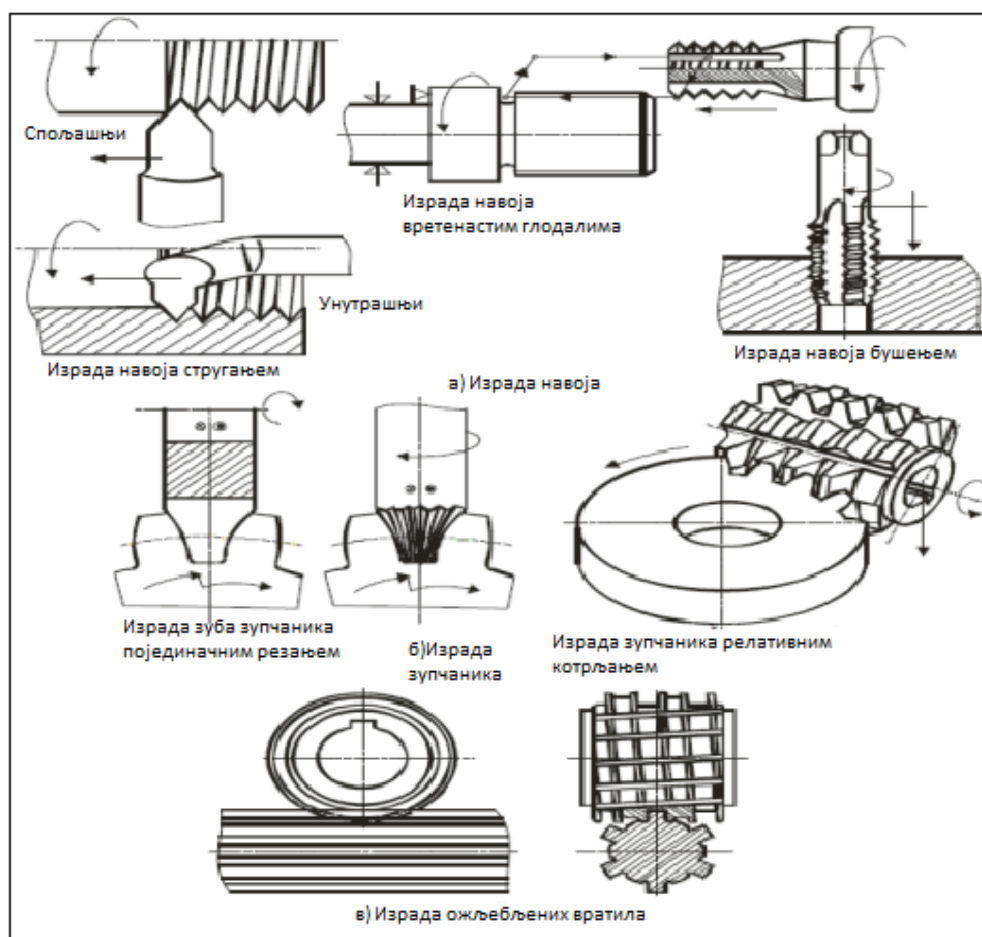
Поступци претходне обраде (стругање, бушење, глодање, рендисање ...) имају, првенствени, циљ да уклоне што већу количину материјала.

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 :

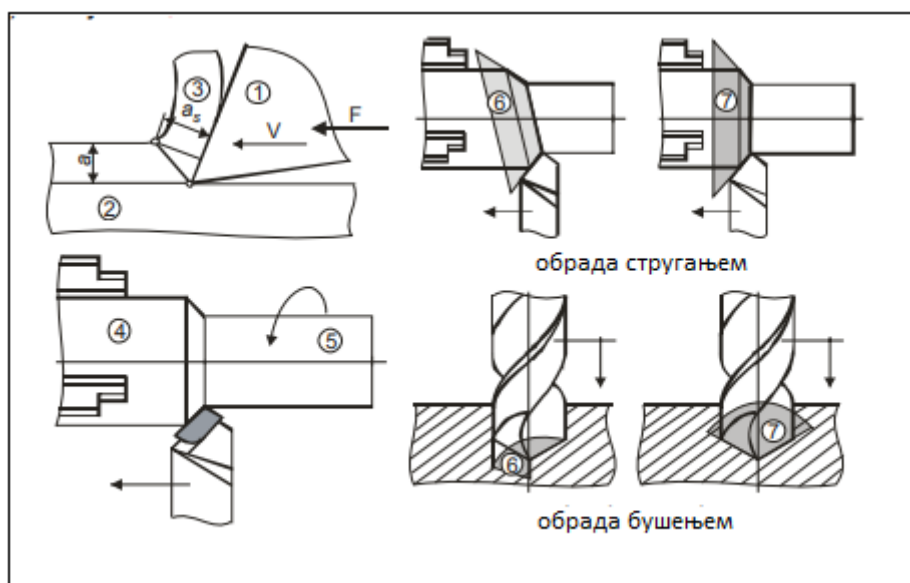
- обраде ротационих делова (*осовине, вратила ...*)
- обраде призматичних површина (*кућишта, блокови мотора ...*)
- израде навоја (*спољашњег, унутрашњег ...*)
- израде зупчаника (*цилиндричних, коничних ...*)
- израде ожљебљених вратила



Слика 1.2 Поступци израде навоја, зупчаника и ожљебљених вратила [1]

Основи процеса резања

Процес резања настаје продирањем резног клина алата (1), брзином v , у материјал предмета обраде (2), (слика 1.6). 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 1.3 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:

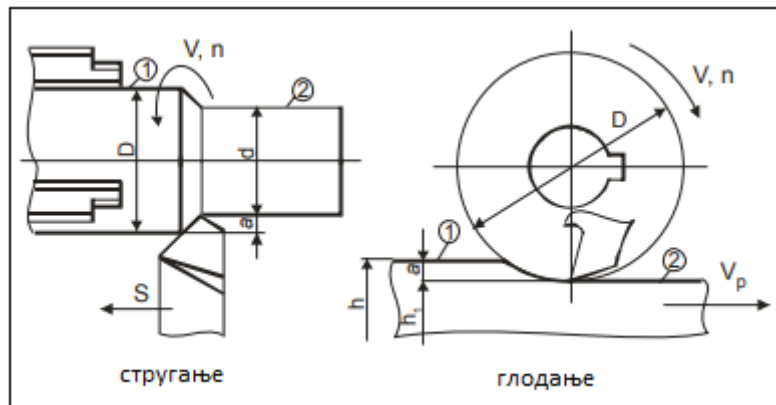
- Технолошки параметри обраде и
- Геометријски параметри обраде

Технолошки параметри обраде (слика 1.4) 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):

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

$$a = h - h_1, \text{ mm, при обради призматичних делова.}$$

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_1 , 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/мин је померање алата или предмета обраде у јединици времена.

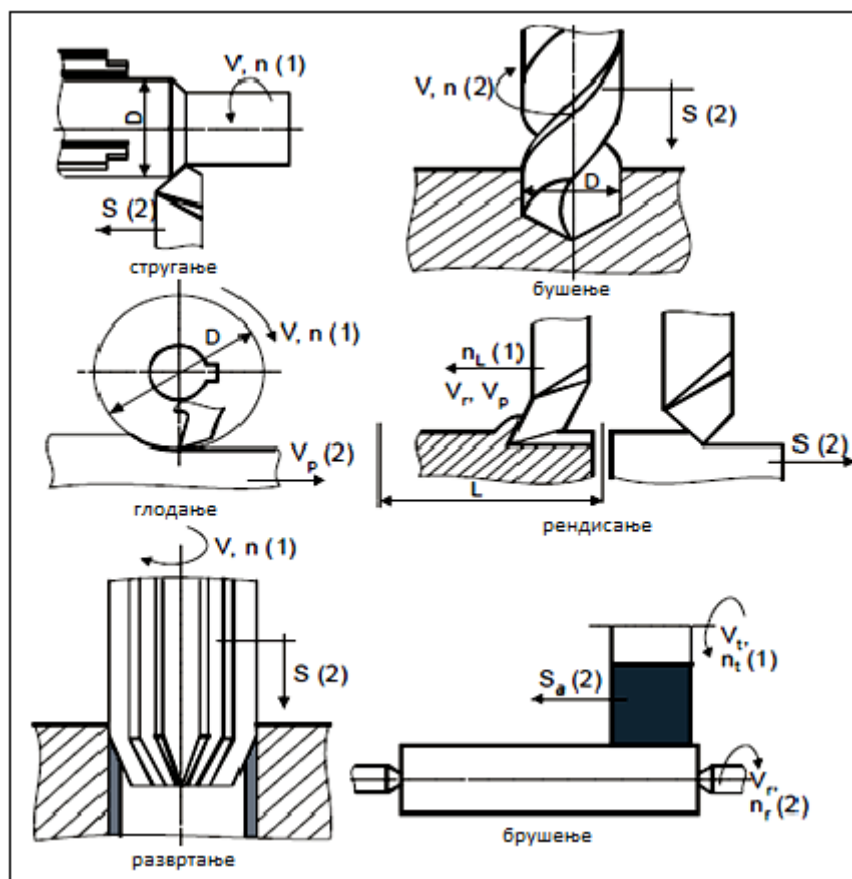
Брзина резања v , m/min или v , m/s (брушење) је пређени пут главне резне ивице алата у јединици времена.

Основни геометријски параметри обраде су :

- Ширина резног слоја, b ,
- Дебљина резног слоја h и
- Површина попречног пресека резног слоја A .

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 1.5). 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 1.5 Главна (1) и помоћна кретања (2, 3) у обради метала резањем [9]

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

Брзином резања - v , m/min ili m/s (обрада брушењем),

Бројем обрта - n $n = \frac{1000 \cdot V}{D \cdot \pi}$, o/min

Бројем дуплих ходова n_L , dh/min (рендисање) или ходова n_L , hod/min (равно брушење):

$n_L = \frac{1000 \cdot V}{L}$, 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, слика 1.5*) 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

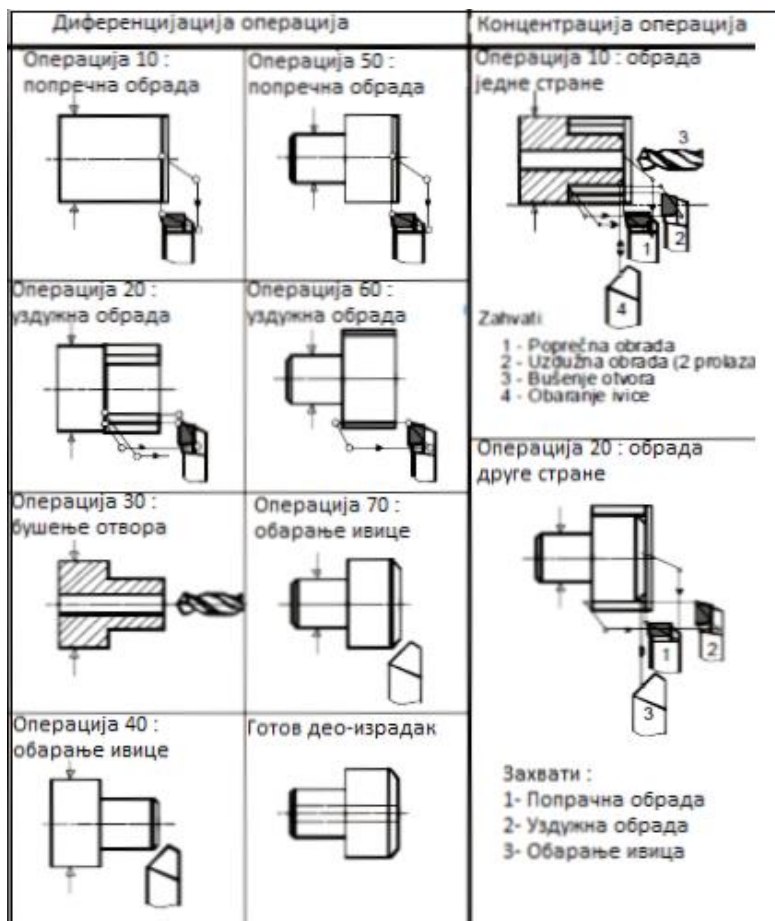
где је, поред познатих величина, Z - број зуба алата.

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. Обрадни процеси

Обрадни процеси се састоје од : процеса обраде и помоћних или допунских процеса.



Слика 2.1 Диференцијација и концентрација операција, подела операција на захвате и пролазе [7]

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.

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*.

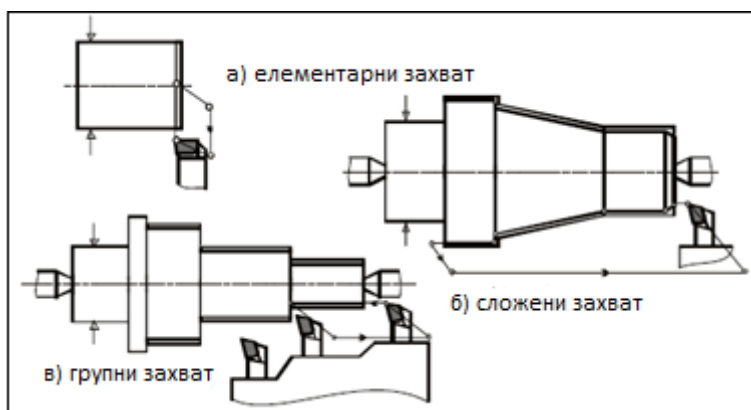
Захват је процес истовремене обраде једне или више површина предмета обраде коришћењем једног или више алата, без промене режима обраде. Разликује се елементарни, сложени и групни захват.

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 2.3) је део захвата у коме се један слој материјала уклања једним алатом. Последњим пролазом завршава се захват и процес обликовања и обраде посматране површине. [7]



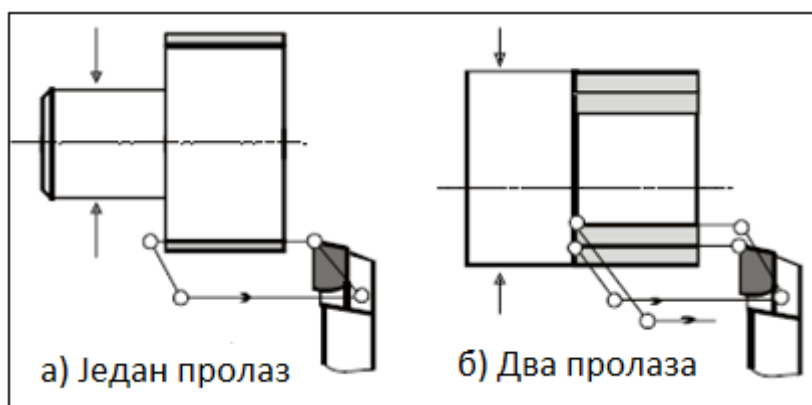
Слика 2.2 Сложени (обрада копирањем) и групни захват (обрада вишесечним алатом)[7]

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 3 комада је : $T_u = T_{pz} + Z \cdot t_k$

Где су :

$T_{pz}, \min$ – припремно- завршног времена за серију и

$t_k, \min$ – командно време (време обраде по комаду)



Слика 2.3 Пролази у обради стругањем [7]

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 3 - 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 (t_o) 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:

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

у којој су: tpz - припремно завршно време ($tpz = T_{pz} / Z$), tp - помоћно време, tg – време ефективног резања (главно време обраде) и td - 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: $t_d = \frac{p_1}{100} \cdot (t_g + t_p), \min$

$$p_1 = (5 \div 20)\%$$

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 : $t_g = i \cdot \frac{L}{n \cdot s}, \min$ и

За машине са праволинијским кретањем : $t_g = i \cdot \frac{B}{n_L \cdot s}, \min$

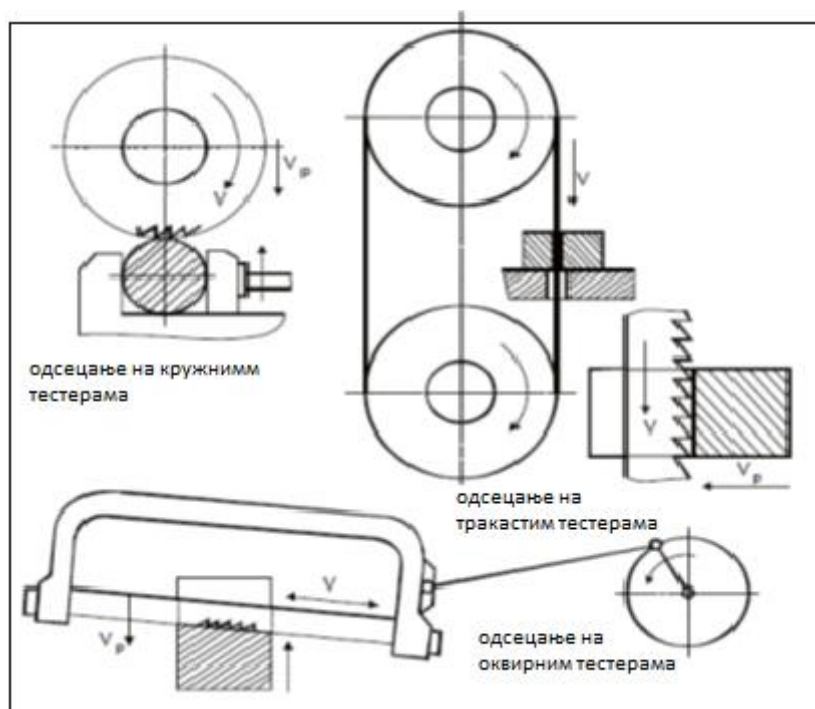
У изразима су: i - број пролаза; L , mm - радни ход алата и B , mm - ширина обраде.[7]

3. Обрада тестерисањем

Производне операције у обради тестерисањем

Обрада тестерисањем (слика 3.1) се користи првенствено за реализацију производних операција одсецања (*сечења*) материјала. Мада се може користити и за извођење операција исецања и усецања. Према основим кретањима алата и предмета обраде, као и типу машине за обраду тестерисањем разликују се поступци обраде са:

- Кружним,
- Тракастим и
- Оквирним тестерама. [10]



Слика 3.1 Основни типови обраде на тестерама [10]

Код обраде на **кружним тестерама** алат изводи главно обртно кретање (брзина резања V , m/min или број обрта тестере n , o/min) и помоћно праволинијско кретање (корак S , mm/o). При обради на **тракастим тестерама** алат изводи главно кретање брзином резања V , m/min , а предмет обраде помоћно праволинијско кретање брзином V_p , mm/min . У обради тестерисањем на **оквирним тестерама** алат изводи главно праволинијско осцилаторно (брзином V , m/min – бројем дуплих ходова nL , dh/min) и помоћно праволинијско кретање брзином V_p , mm/min или кораком S , mm/dh . Основни алати у обради тестерисањем су тестераста глодала (*кружне тестере*), тракасте тестере и тракасти листови.

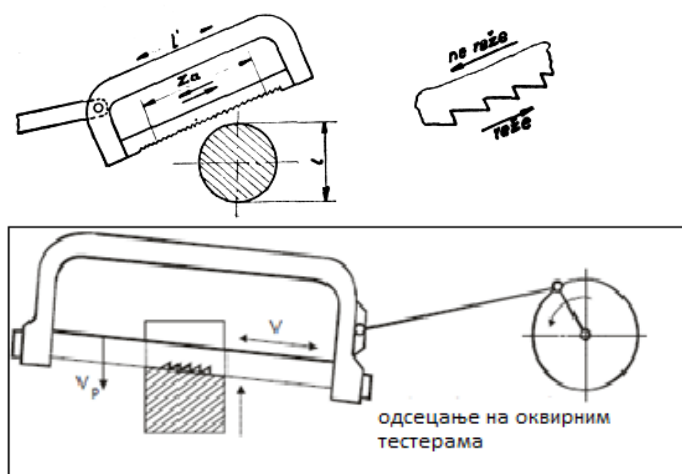


Слика 3.2 Три основна типа алата у обради тестерисањем [10]

Брзина резања у обради тестерисањем је обимна брзина тестере (код *кружних*), брзина праволинијског кретања (код *тракастих*) и брзина осцилаторног кретања (код *оквирних тестера*). Брзина резања се најчешће дефинише на бази препорука датих у проспектној документацији произвођача алата и/или литератури: $V = f(S, b)$, и зависи од корака (S) и ширине резања (b).

3.1 Обрада тестерисањем – сечење- (Главно време или време ефективног резања)

3.1.1. Сечење оквирном тестером



$$t_g - \frac{L}{sn} = \frac{l_1 + l_2 + l}{s}, \quad (\text{min})$$

t_t = технолошко време израде, min

Z_s – дужина листа у захвату

$L = l + l_1 + l_2$ дужина пута алата, *mm*

$l_1 = (0 \div 3)$, *mm* – улаз

$l_2 = (2 \div 5)$, *mm* – излаз

L' – дужина хода, *mm*

s – посмак у *mm* / двоструки ход листов

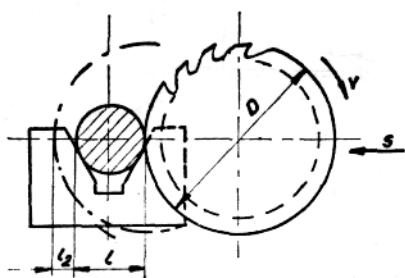
$s' = sn$ – помак *mm/min*

$n = \frac{1000v}{2L'}$ – број двоструких ходова у $s^{-1} (o/min)$

v – брзина резања *m/s*

3.1.2 Сечење кружном тестером

3.1.2.1 Сечење округлих профила



$$t_g = (l + l_1 + l_2) \left(\frac{1}{s_r} + \frac{1}{s_p} \right) s \text{ (min)}$$

t_t — технолошко време израде, *min*

$L = l = l_1 + l_2$ — дужина пута алата, *mm*

$l_1 = (0 \div 2)$ *mm* — улаз

l — дужина обрађене површине, *mm*

l_2 — излаз, *mm*

$s_r = s_z zn$, *mm/min* — радни помак кружне тестере

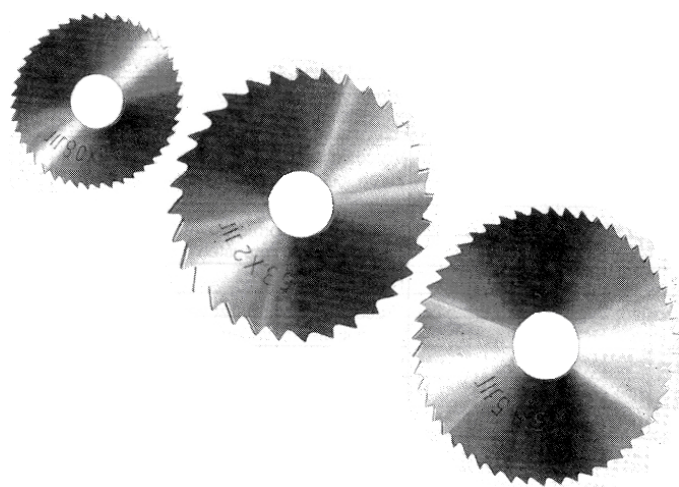
s_z — посмак по једном зубу кружне тестере, *mm/okr.*

Z — број зуби кружне тестере,

$n = \frac{1000v}{Dn}$ — број окретаја кружне тестере $s^{-1} (o/min)$

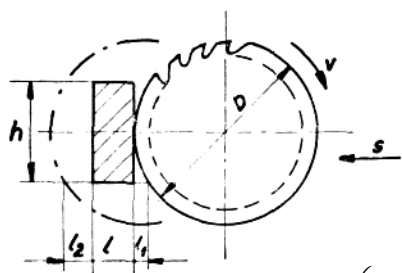
v — брзина резања, *m/s*

s_p — повратни помак кружне тестере, *mm/min.*



D, mm	500	500-1000	> 1000
l_2, mm	3	5	10

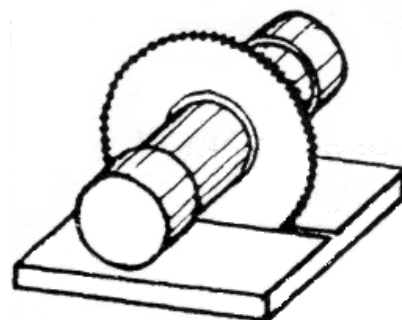
3.1.2.2 Сечење правоугаоних профила



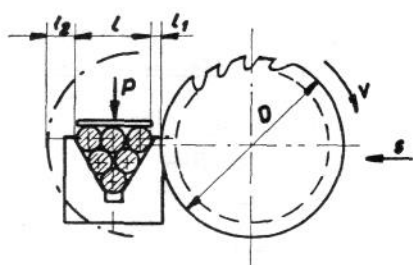
$$t_g = (l + l_1 + l_2) \left(\frac{1}{s_r} + \frac{1}{s_p} \right) s, \text{ (min)}$$

$$l_1 = 0.5(D - \sqrt{D^2 - h^2}), \text{ mm}$$

D, mm	500	500-1000	>1000
l_2, mm	3	5	10



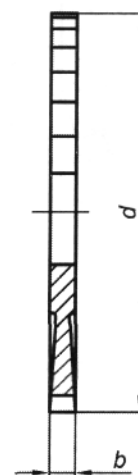
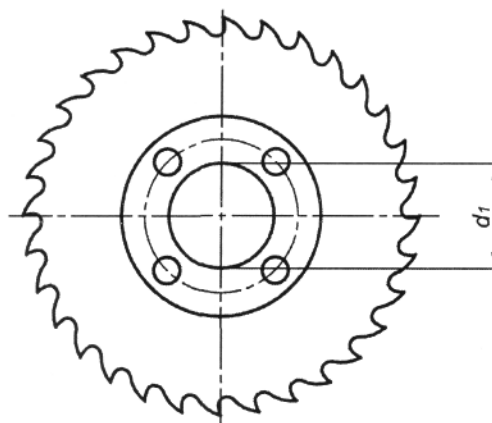
3.1.2.3 Сећење профила у сполу



$$t_g = (l + l_1 + l_2) \cdot \left(\frac{1}{s_r} + \frac{1}{s_p} \right) s \text{ (min)}$$

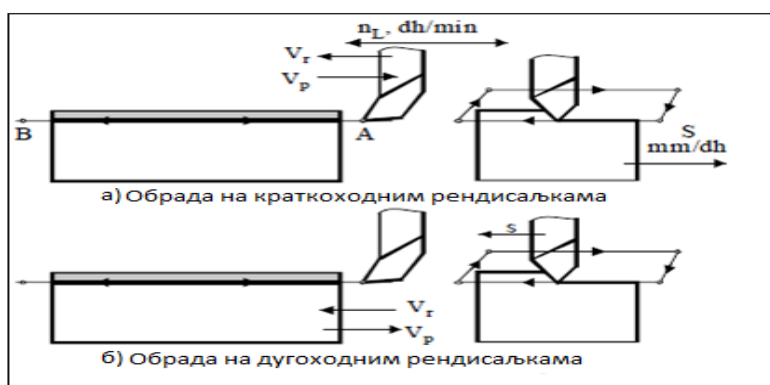
$$l_1 = (0 - 5), \text{ mm}$$

l_2 – исто као под 1.2.



4. Обрада рендисањем

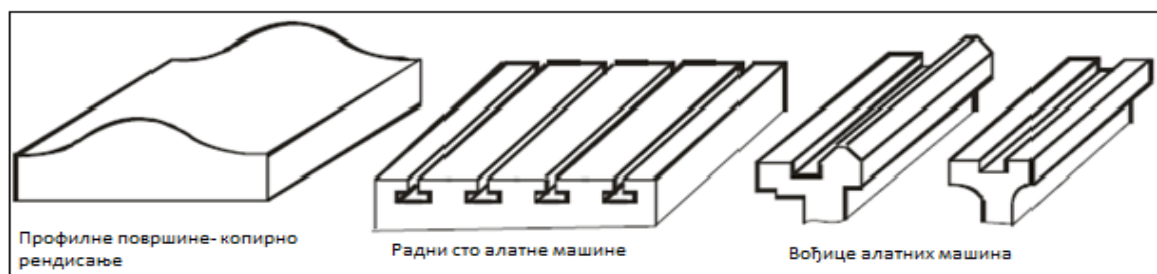
Обрада рендисањем се користи за обраду хоризонталних, вертикалних, нагнутих и профилисаних површина, израду жљебова у главчини и сл. Изводи се на машинама са главним и помоћним праволинијским кретањем. Главно кретање је дефинисано брзином резања ($V_r, m/min$) или бројем дуплих ходова ($nL, dh/min$), а помоћним кораком $S, mm/dh$ (аксијално померање алата или предмета обраде за један дупли ход, након повратног хода). [10]



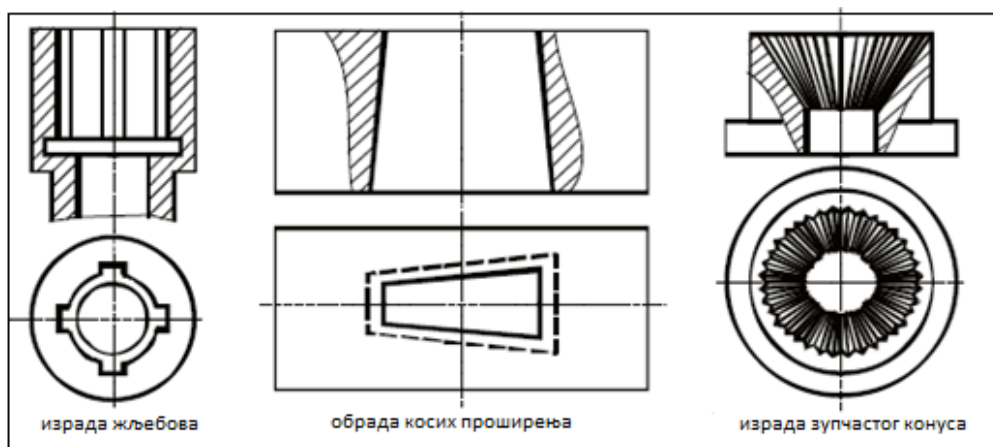
Слика 3.1 Шема обраде рендисањем на краткоходној и дугоходној рендисаљци [10]

У процесу обраде разликују се: радни и повратни ход алата или предмета обраде. Радни ход је ход алата или предмета обраде у току кога се изводи процес обраде (од тачке А до тачке Б), док се у току повратног хода (од тачке Б до тачке А) процес резања не одвија. У зависности од тога да ли алат или предмет обраде изводи главно кретање (слика 4.1) два основна поступка обраде су обрада на:

- краткоходној и
- дугоходној рендисаљци.



Слика 4.2 Производне операције обраде на хоризонталној рендисаљци [1]



Слика 4.3 Производне операције обраде на вертикалној рендисаљци[1]

4.1 Рендисање

(Главно време или време ефективног резања)

4.1.1 Рендисање хоризонталних равни

$$t_g = \frac{l + l_1 + l_2}{sn} \cdot i \text{ s (mm)}$$

$L = l + l_1 + l_2$ — дужина пута алата, mm

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

$l = B$ — ширина обрађиване површине, mm

$l_2 = (2 \div 5), \text{ mm}$ — излаз

a — дубина струготине, mm

s — посмак, mm/okr

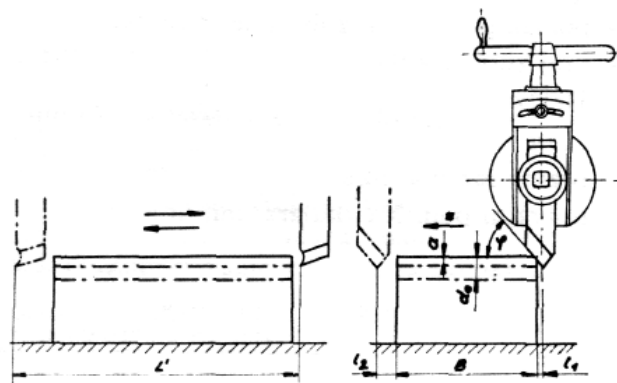
$$i = \frac{d_o}{a} - \text{број пролаза, } a$$

d_o — додатак за скидање, mm

$$n = \frac{1000v}{2L'} - \text{број двоструких ходава у s, (o/min)}$$

v — средња брзина резања, m/s

$L' = l' + P_1 + P_2$ — дужина хода, mm



4.1.2 Рендисање жлебова у степеница

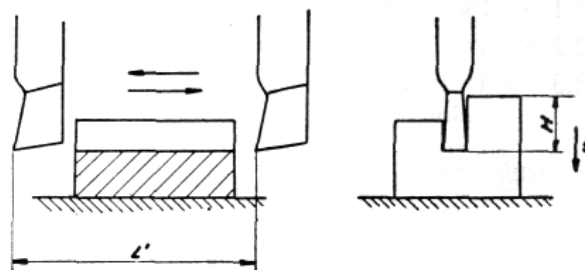
$$l = H, \text{ mm}$$

$$l_1 = 0 + (1 \div 2), \text{ mm}$$

$$l_2 = 0$$

$$s = a$$

$$i = 1$$



4.1.3 Рендисање вертикалних равни

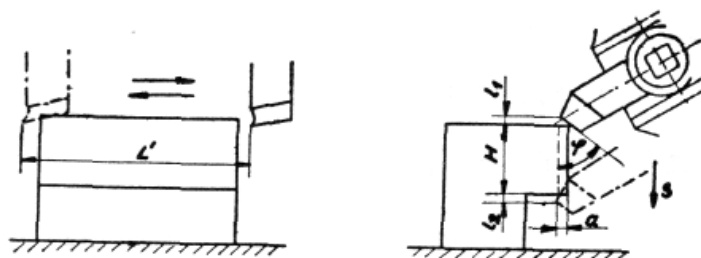
$$l = H, \text{ mm}$$

$$l_1 = \frac{a}{\tan \varphi} + (0.5 \div 2), \text{ mm}$$

$$l_2 = (2 \div 5), \text{ mm}$$

$$a = s$$

$$i = 1$$



4.2 Вертикално рендисање

4.2.1 Вертикално рендисање равних површина

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

L – укупна дужина пута алата, mm

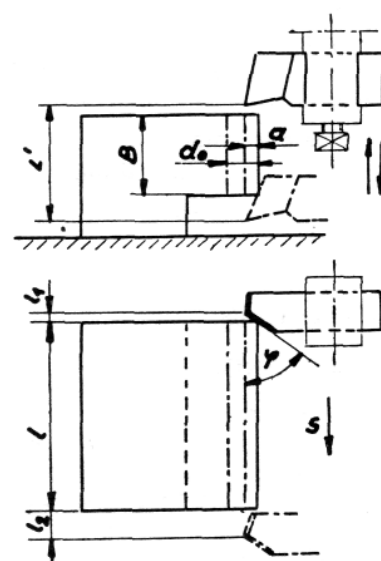
l – дужина обрађиване површине, mm

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

$$l_2 = (1 \div 3), \text{ mm} - \text{излаз}$$

α – дубина струготине, mm

d_o – додатак за скидање, mm



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

s - помак у двоструком ходу, mm

$$n = \frac{1000v}{2L'} - \text{број двоструких ходова у } s^{-1}$$

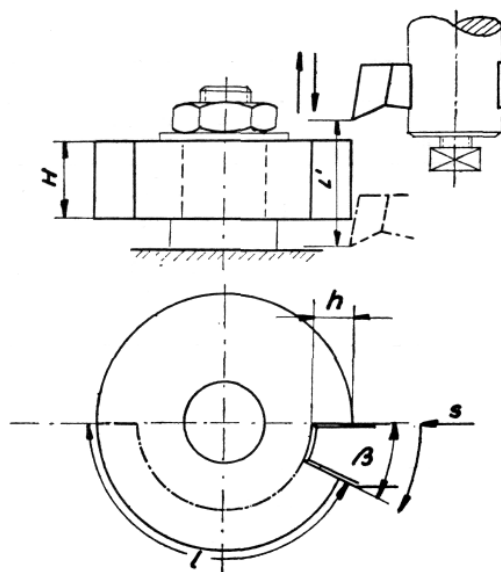
L' – дужина хода, mm

v – средња брзина резаља, m/s

4.2.2 Вертикално рендисање кружних површина

$$l_1 = h \text{ mm}$$

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



4.2.3 Вертикално рендисање жлебова

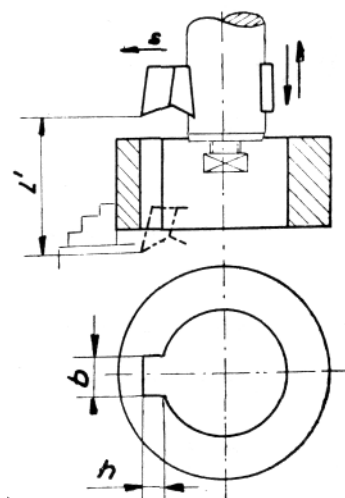
$$l = h, \text{ mm}$$

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

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

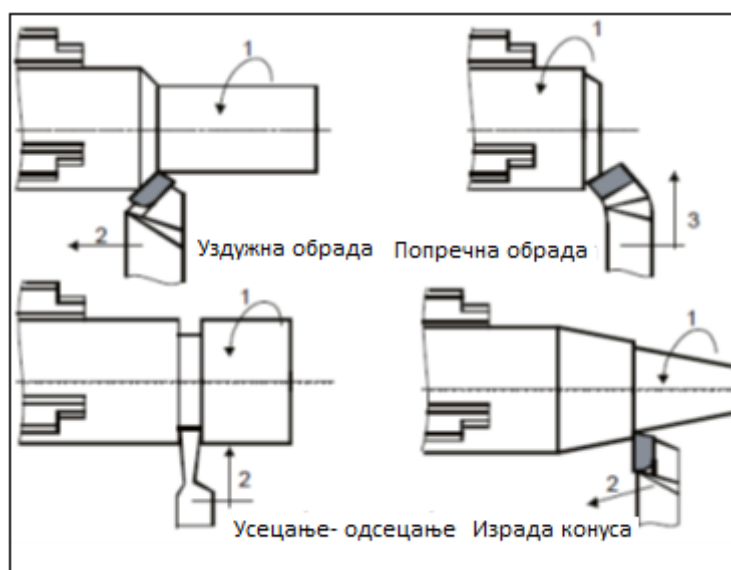
$$\alpha = s$$

$$i = \frac{d_o}{\alpha}$$



5. 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 4.1*). Релативна кретања алата и предмета обраде условљавају и врсту производне операције у обради стругањем (*уздужна и попречна обрада, израда конуса и сл.*). [10]



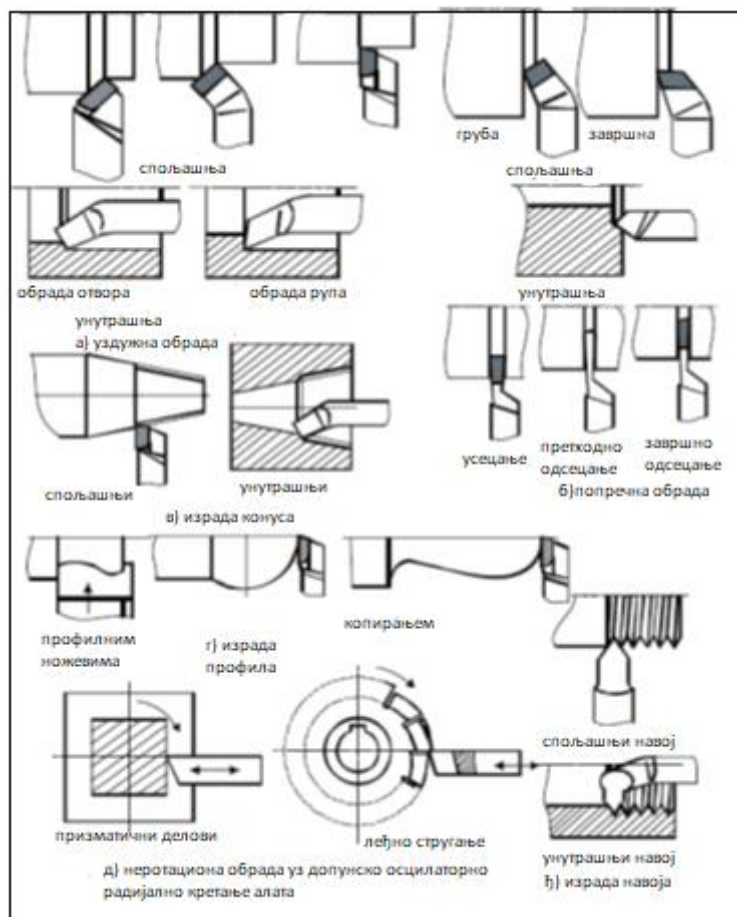
Слика 4.1 Основна кретања алата и предмета обраде у обради стругањем[10]

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 – в),
- **израда профила** (профилним алатом и копирањем – г),
- **неротационо стругање** (призматичних делова и леђно стругање – д),
- **израда навоја** (спољашњег и унутрашњег – ђ),
- **израда и обрада отвора и руна** итд.



Слика 5.2 Производне операције у обради стругањем [10]

РЕЖИМ ОБРАДЕ У ОБРАДИ СТРУГАЊЕМ

Режим обраде у обради стругањем је одређен брзином резања :

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

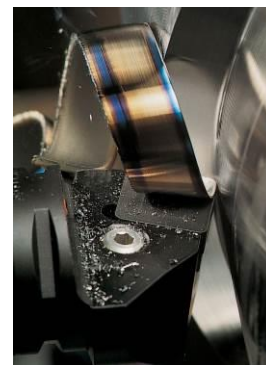
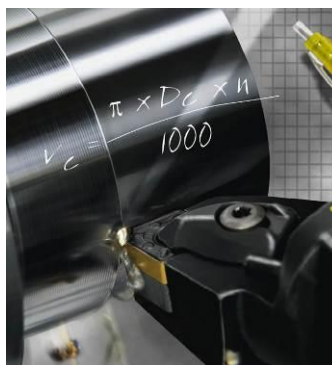
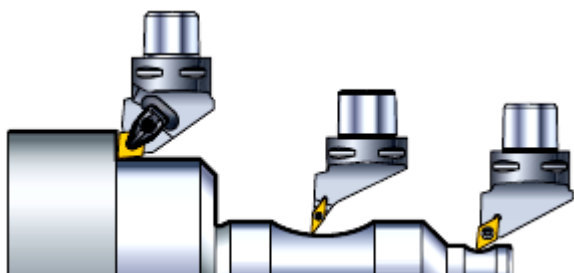
Односно бројем обрта предмета обраде :

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

кораком: S , mm/o – померањем алата за један обрт предмета обраде а ређе и брзином помоћног кретања: $V_p = n \cdot s$, mm/min °

5.1 Обрада стругањем – спољашње-

5.1.1 Спољашње стругање



5.1.1 Spoljašnje struganje na prolaz

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

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

l – дужина обрађиване површине mm

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

α – дубина струготине mm х – угао постављања

$l_2 = (1 \div 5) \text{ mm}$ излаз

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

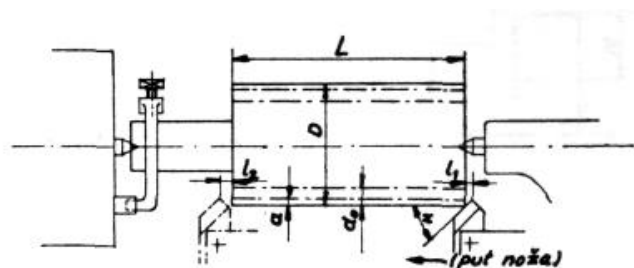
v – брзина резања m/s

D – обрађивани пречник mm

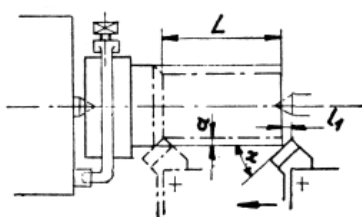
s – посмак mm/o

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

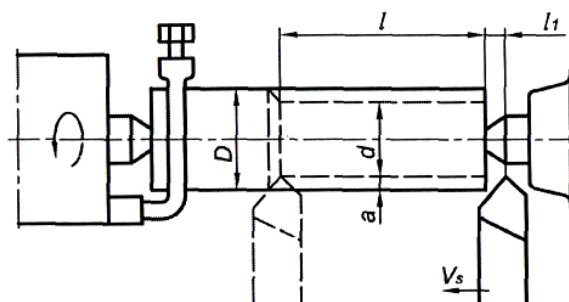
d_o – додатак за скидање, mm



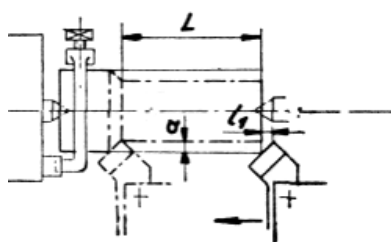
5.1.2 Спољашње стругање до степенице



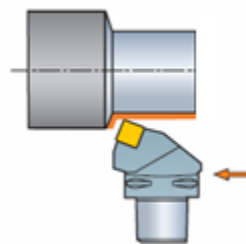
$l_2 = 0, \text{ mm}$



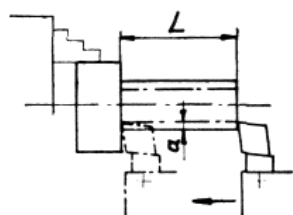
5.1.3 Спољашње стругање до стругарског срца



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



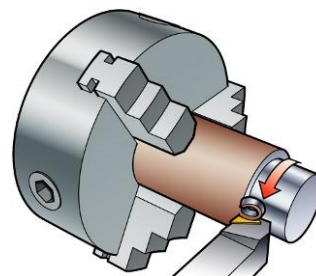
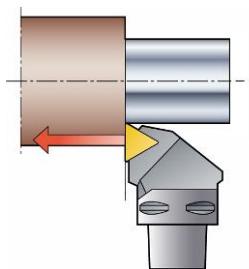
5.1.4 Спољашње стругање до степенице



$$(\chi = 90^\circ)$$

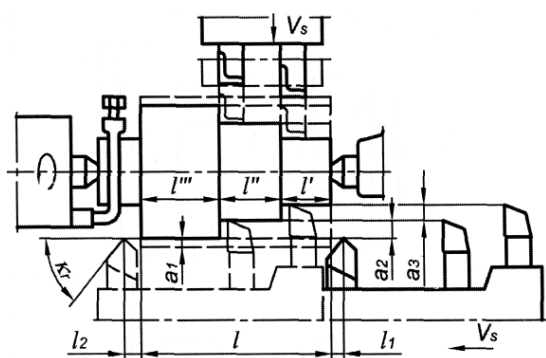
$$l_1 = 0 + (0.5 \div 2) \text{ mm}$$

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

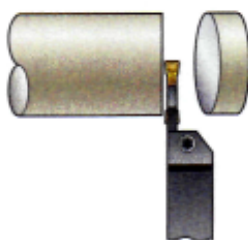
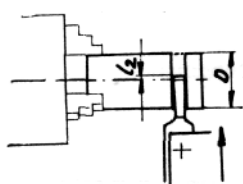


5.1.5 Спољашње стругање са неколик ножева

$$l_2 = 0, \text{ mm}, \text{ јер је } l^x = l + l_1$$



5.1.6 Одсецање пуног профила

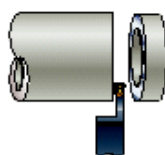


$$l = \frac{D}{2} \text{ mm}$$

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

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

$$i = 1$$



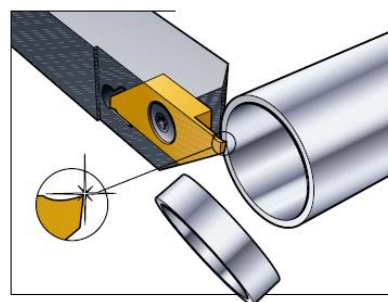
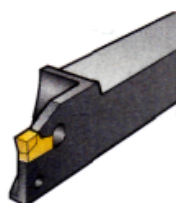
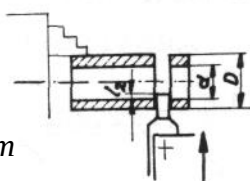
5.1.7 Одсецање цеви

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

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

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

$$i = 1$$



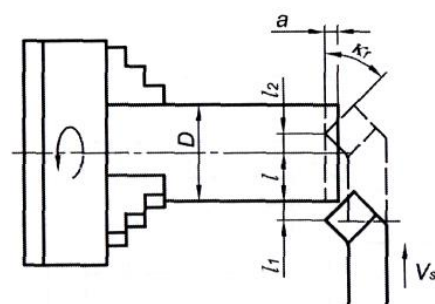
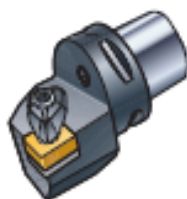
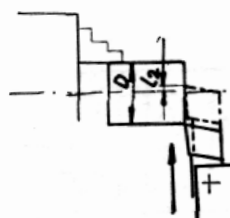
5.1.8 Поравнање чела пуног профила

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

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

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

$$i = 1$$



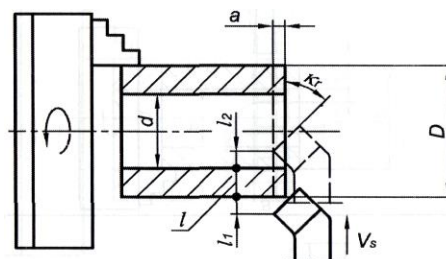
5.1.9 Поравнање чела цеви

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

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

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

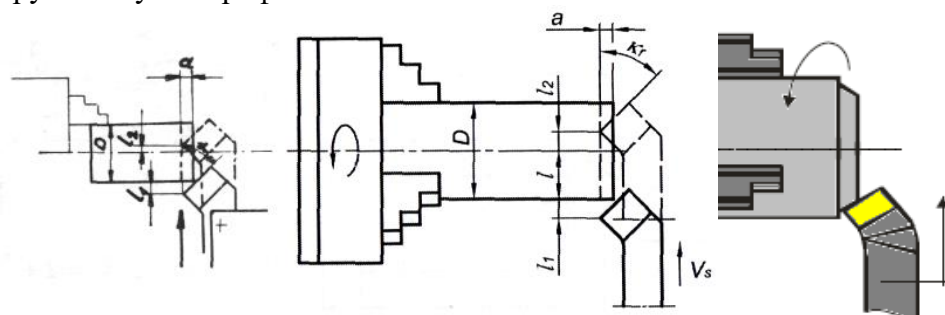
$$i = 1$$



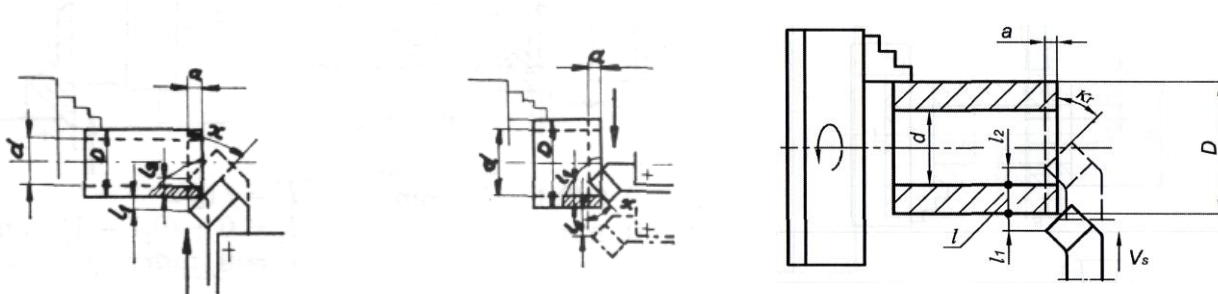
5.1.10 Попречно стругање пуног профила

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

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



5.1.11 Попречно стругање цеви



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

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

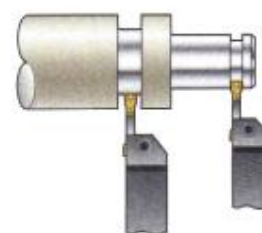
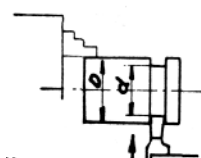
5.1.12 Резање жлеба

$$i = 1$$

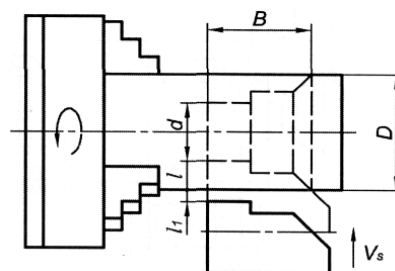
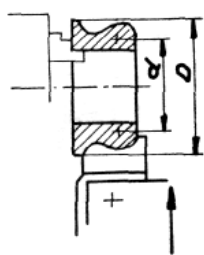
$$l = \frac{D-d}{2} \text{ mm}$$

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

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



5.1.13 Стругање са профилним ножем



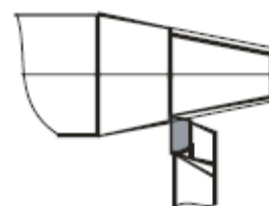
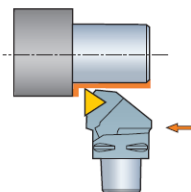
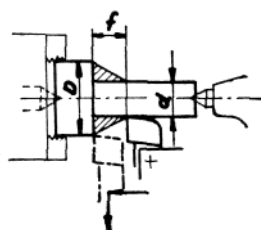
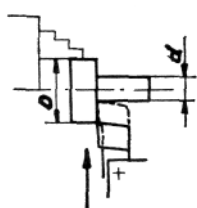
$$i=1$$

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

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

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

5.1.14 Израда конуса



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

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

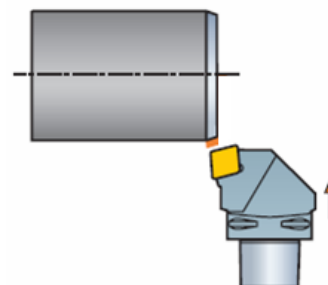
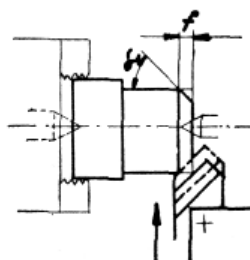
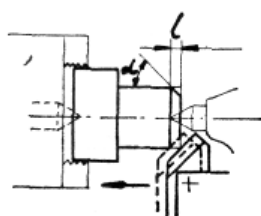
$$l_1 = 0 + (0.5 \div 2) \text{ mm}$$

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

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

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

5.1.15 Обарање ивица



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

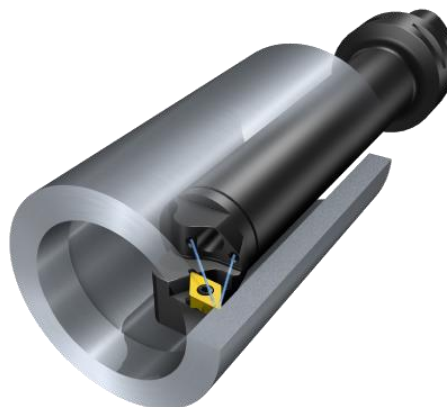
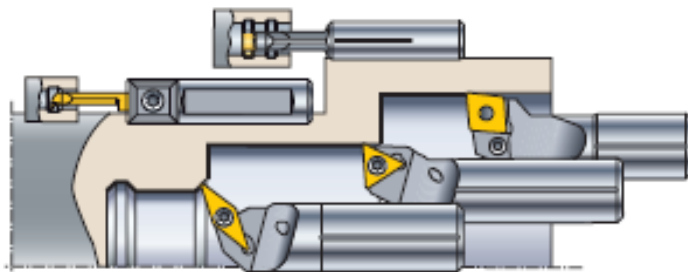
$$l = f \cdot \tan \alpha$$

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

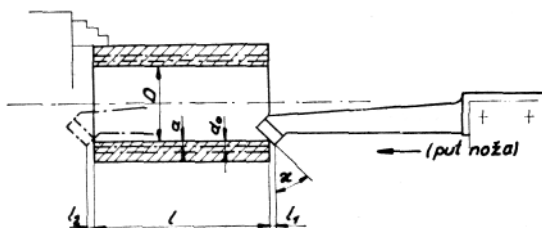
$$l_1 = 0 + (0.1 \div 1), \text{ mm} , l_2 = 0 \text{ mm}$$

5.2 Обрада стругањем – унутрашње- (Главно време или време ефективног резања)

5.2.1 Унутрашње стругање



5.2.2 Унутрашње стругање на пролаз



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

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

l – дужина обрађене површине, mm

$l_1 = \frac{a}{\tan \chi} + (0.5 \div 2)$ mm – улаз

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

$l_2 = (1 \div 5)$ mm - излаз

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

v – брзина резања [m/min]

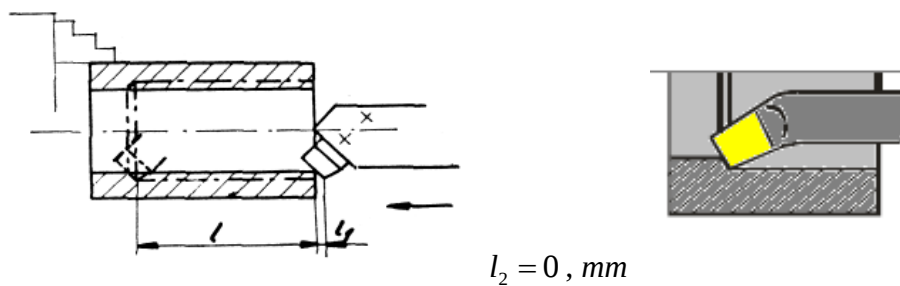
D – обрађени пречник, mm

s – посмак, mm/o

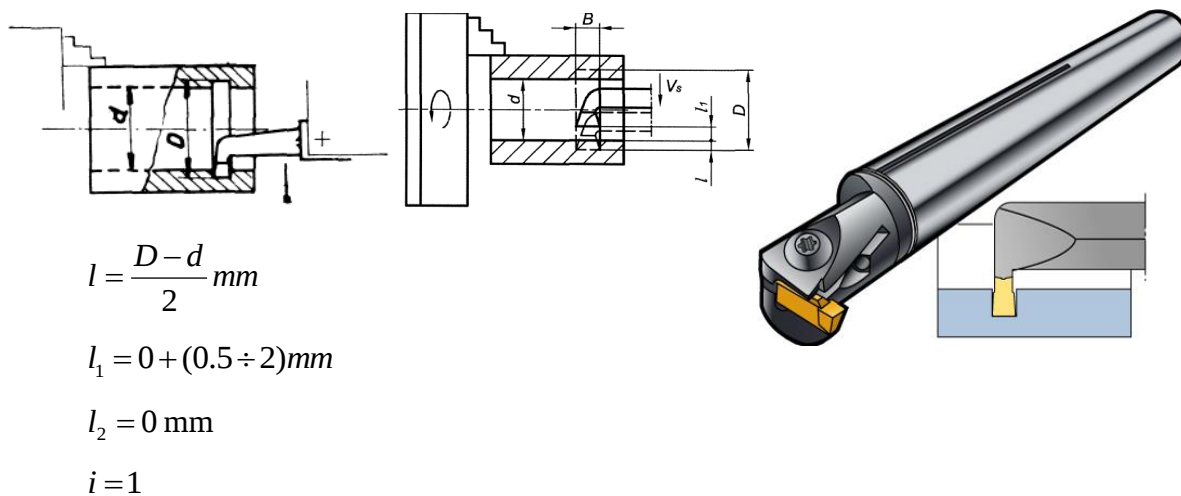
$i = \frac{d_o}{a}$ – број пролаза

d_o – додатак за обраду, mm

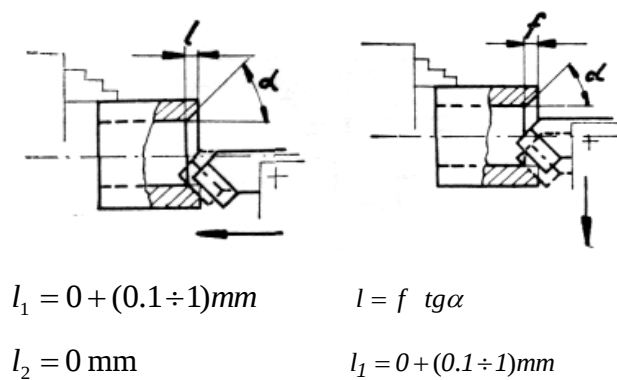
5.2.3 Унутрашње стругање до степенице



5.2.4 Стругање унутрашњих жлебова



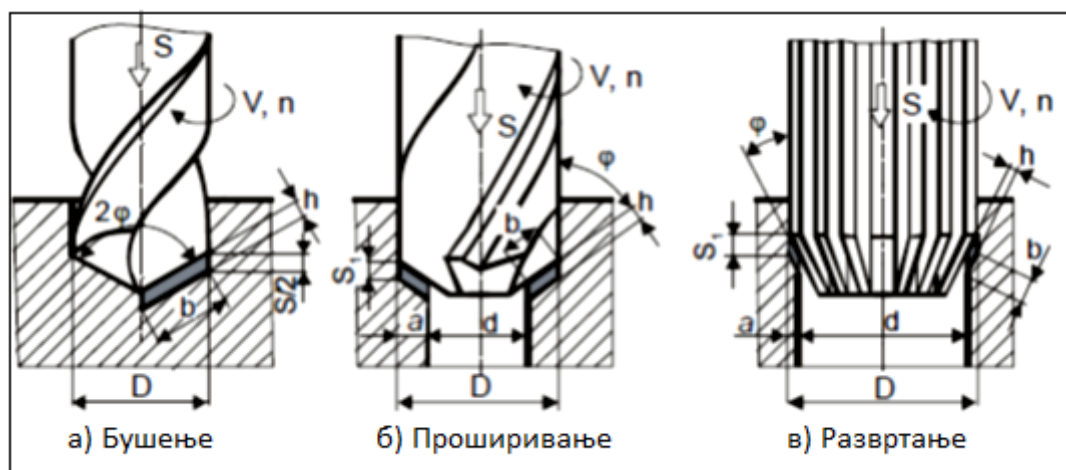
5.2.5 Обарање унутрашњих ивица



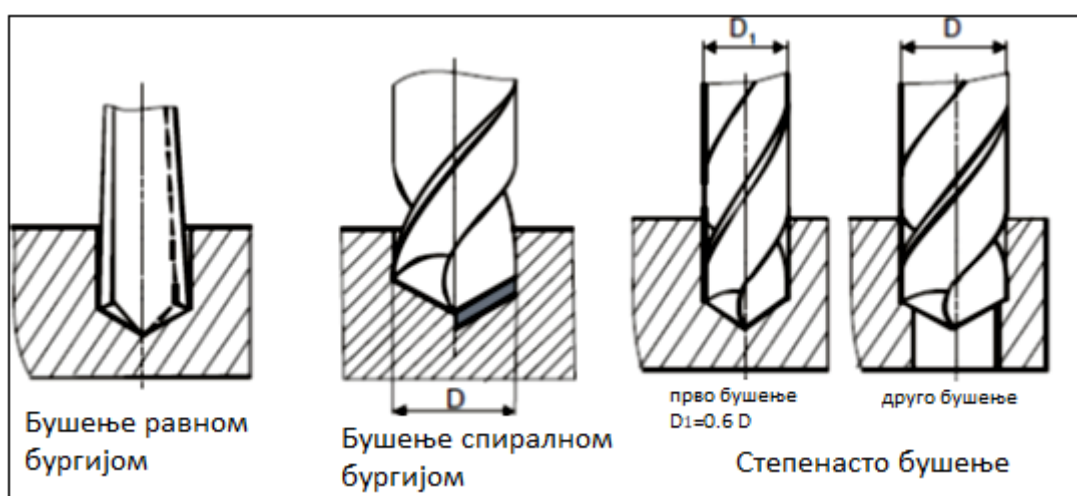
6. Обрада бушењем

Бушење је поступак израде и обраде отвора и рупа. Главно обртно и помоћно праволинијско кретање изводи алат (слика 6.1). Главно кретање је дефинисано брзином резања (V , m/min) или бројем обрта (n , o/min), а помоћно кораком (S , mm/o – аксијалним померањем алата за један обрт алата) или брзином помћног кретања ($V_p = n \cdot S$, mm/min).

Поред основних операција (**бушења, проширивања, упуштања и развртања**) бушењем се могу реализовати и друге операције израде и обраде отвора и рупа као што су: забушивање, бушење дубоких отвора (дубоко бушење) и израда навоја. Бушење отвора и рупа (слика 6.2) се изводи у пуном материјалу једним алатом или, код већих пречника, степенасто у неколико фаза, бургијама различитог пречника. [1]



Слика 6.1. Основна кретања и резни слој у обради бушењем [1]



Слика 6.2 Производне операције бушења [1]

Бушење отвора спирлним бургијама је ефикасно код отвора мање дубине (односа дубине и пречника отвора $l/D \leq 5$). За отворе веће дубине примењује се поступак дубоког бушења, коришћењем бургија за дубоко бушење (*топовске бургије*).

Накнадна и коначна обрада отвора остварује се операцијама проширивања и развртања (*слика 6.4*), које обезбеђују остварење задатих димензија отвора и прописаног квалитета површина.

Режим обраде у обради бушењем

Режим обраде у обради бушењем је одређен брзином резања :

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

Односно бројем обрта алата : $n = \frac{1000 \cdot V}{D \cdot \pi} \approx \frac{320 \cdot V}{D} \text{ , o/min}$

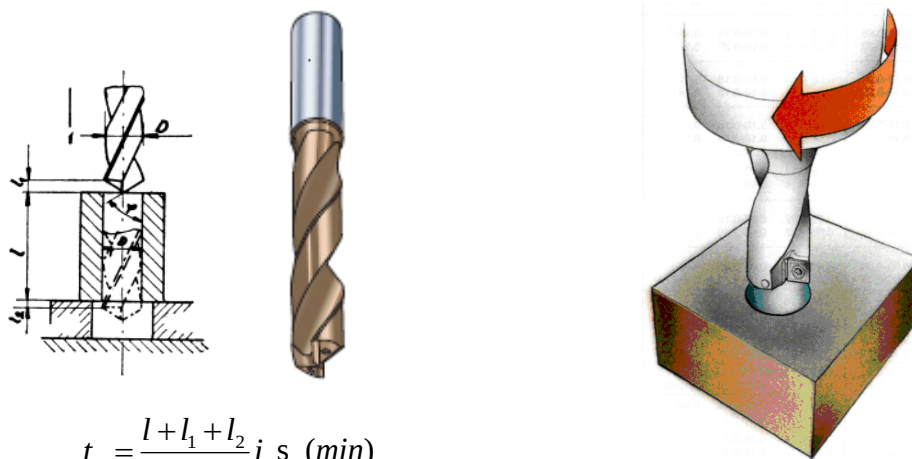
Корак s , *mm/o* – померањем алата за један обрт алата, а ређе и брзином.

Помоћног кретања : $V_p = n \cdot S$, *mm/min*

6.1 Бушење

(Главно време или време ефективног резања)

6.1.1 Вертикално бушење на пролаз у пун материјал



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

l – дужина обрађиване површине, *mm*

$l_1 = \frac{D}{2} \operatorname{ctg} \varphi + (0.5 \div 2)$, *mm* – улаз

D – пречник алата, *mm*

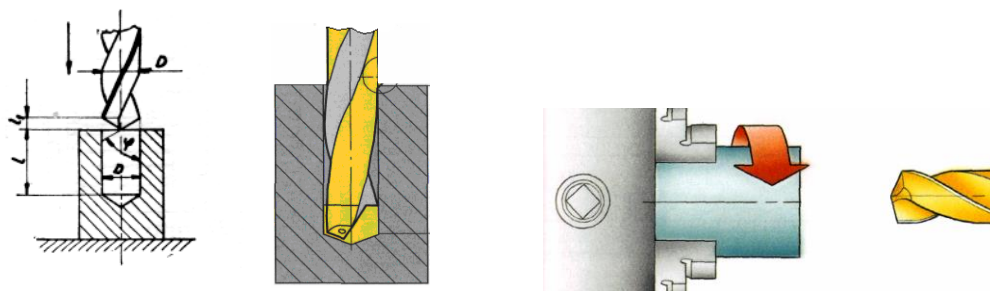
φ – половина угла врха алата, °

$l_2 = (0.5 \div 3) \text{ mm}$ - излаз

s – посмак mm/o $n = \frac{1000 \cdot v}{D \cdot \pi} \text{ s}^{-1}$ - број обртаја алата

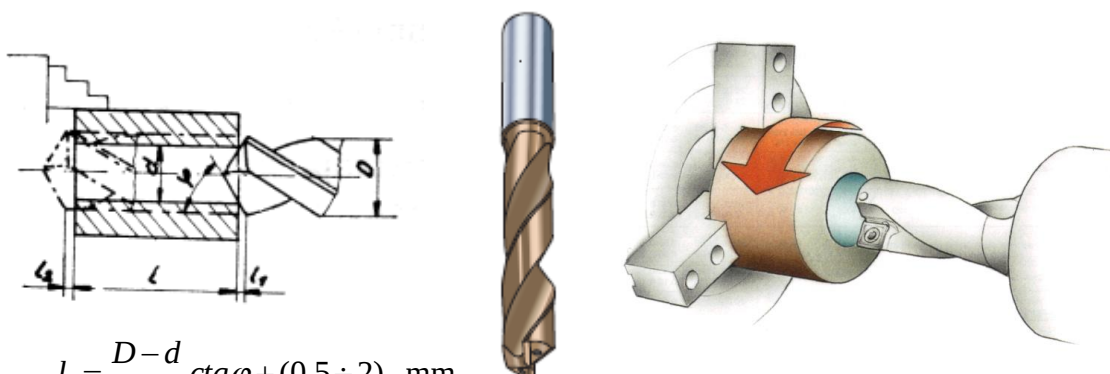
v – брзина кретања, m/s i – број пролаза

6.1.2 Вертикално бушење без излаза у пун материјал



$l_2 = 0 \text{ mm}$ $i = 1$

6.1.3 Хоризонтално бушење на пролаз у претходно бушен материјал (проширивање бургијом)



$$l_1 = \frac{D-d}{2} \text{ctg} \varphi + (0.5 \div 2) \text{ mm}$$

$l_2 = (1 \div 3) \text{ mm}$

$i = 1$

6.1.4 Хоризонтално бушење без излаза у претходно бушен материјал



$$l_1 = \frac{D-d}{2} \operatorname{ctg} \varphi + (0.5 \div 2), \text{ mm}$$

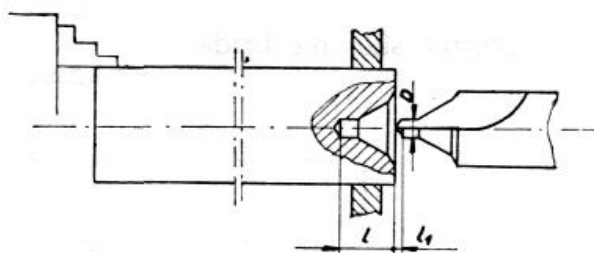
$$l_2 = 0, \text{ mm}$$

d – постојећи пречник отвора, mm

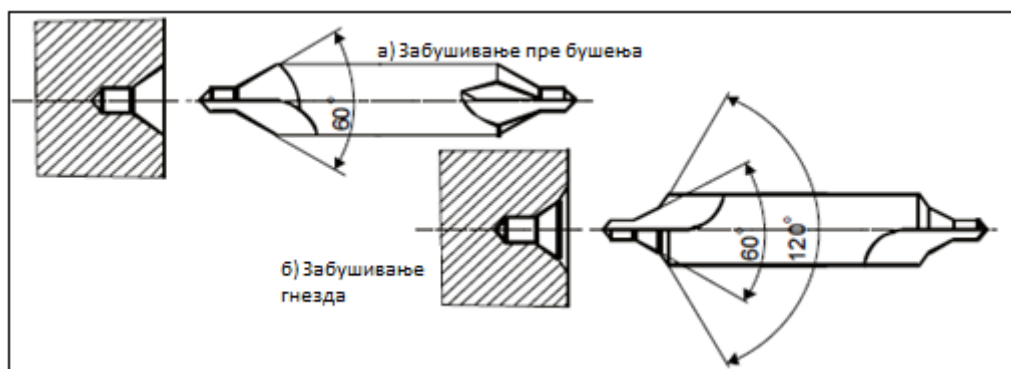
$$i = 1$$

6.1.5 Забушивање

Забушивање пре бушења отвора или гнезда за центрирање (слика 6.6) се користи пре бушења или пре обраде осовина и вратила. Забушивање пре бушења обезбеђује центрирање и правилно вођење спиралне бургије. Изводи се забушивачима са једноструким конусом (слика 6.7.а). Забушивање гнезда за центрирање, на вратилима и осовинама, обезбеђује правилно центрирање и стезање осовина и вратила у обради стругањем и брушењем. [1]



$$l_2 = 0 \text{ mm } i = 1$$

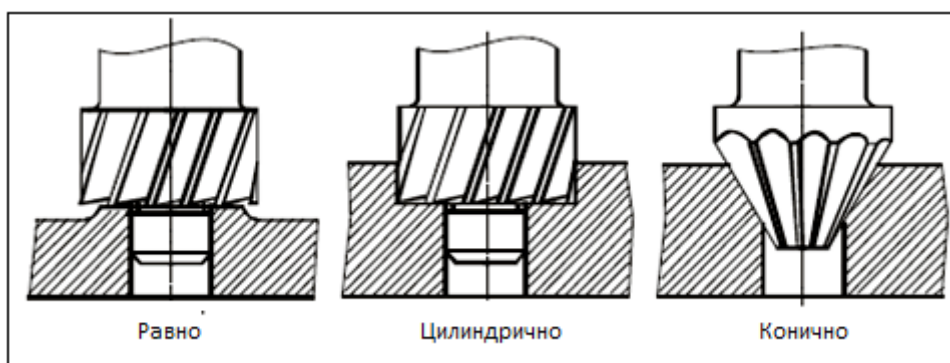


Слика 6.7. Забушивање пре бушења и израда средишњег гнезда облика В [1]

6.2 Упуштање

(Главно време или време ефективног резања)

Обрада крајева отвора се изводи упуштањем (слика 6.5). Све операције упуштања имају за циљ обезбеђење правилног налегања вијака различитог типа (поравнавање чеоне површине и упуштање главе вијака). Равно упуштање се примењује за обраду чеоне површине отвора кроз који пролази вијак са равним седиштем (шестоугаоне главе и сл.), цилиндрично за имбус вијак, а конично за вијак са конусном главом.



Слика 6.8 *Proizvodne operacije upuštanja* [5]

6.2.1 Упуштање вертикално на пролаз

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

l – дужина обрађиване површине, mm

$$l_1 = \frac{D - d}{2} \operatorname{ctg} \varphi + (0.5 \div 2) \text{ mm} - \text{улаз}$$

D – Пречник алата, mm

φ – Половина угла врха упуштача, °

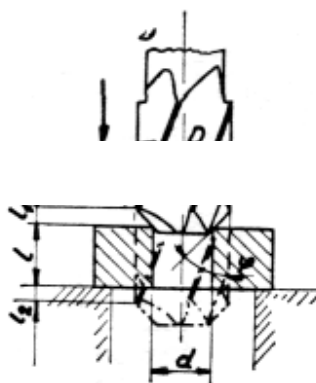
$$l_2 = (0.5 \div 3) \text{ mm} - \text{излаз}$$

s – посмак mm/o

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

v – брзина резања, m/s

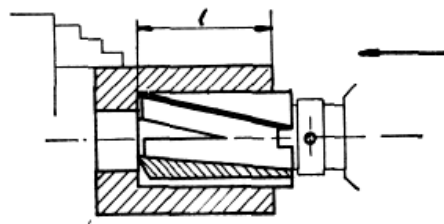
i – број пролаза



6.2.2 Упуштање без излаза

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

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



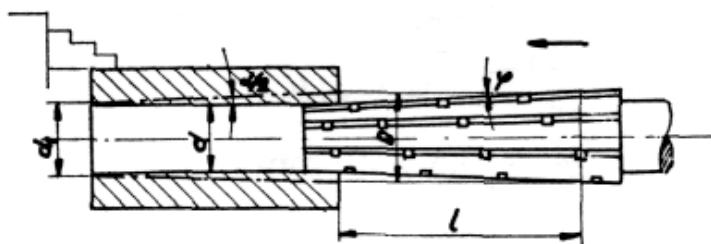
6.2. Упуштање конуса

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

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

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

$$\alpha / 2 = \varphi^\circ$$



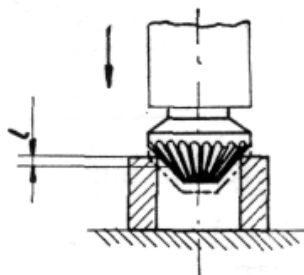
6.2.4 Унутрашње - обарање ивица

l – величина из нацрта, mm

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

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

$$i = 1$$



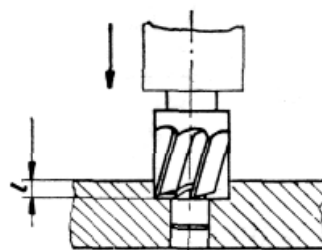
6.2.5 Упуштање за главу завртња

l – дубина упуштања

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

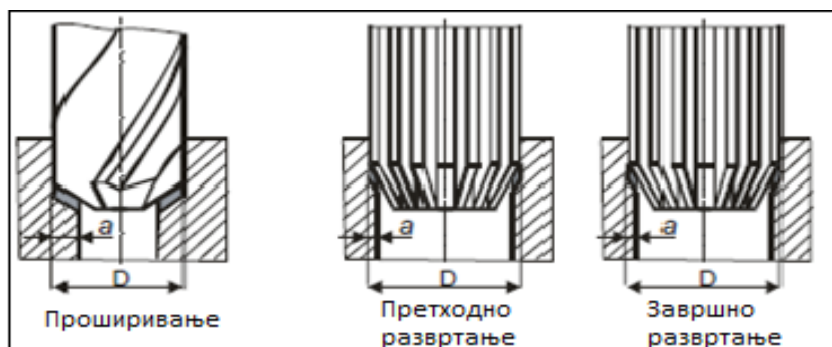
$$l_2 = 0 \text{ mm}$$

$$i = 1$$



6.3. Развртање

(Главно време или време ефективног резања)



Слика 6.9 *Proizvodne operacije proširivanja i razvrtanja* [5]

6.3.1 Развртање на пролаз

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

l – дужина обрађиване површине, mm

$$l_1 = \frac{D - d}{2} \operatorname{ctg} \varphi + (0.5 \div 2) \text{ mm} - \text{улаз}$$

D – пречник развртача, mm

φ – половина угла врха развртача, °

$l_2 = (0.2 \div 5) \text{ mm}$ - излаз

s – посмак, mm/o

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

v – брзина обртања, m/s

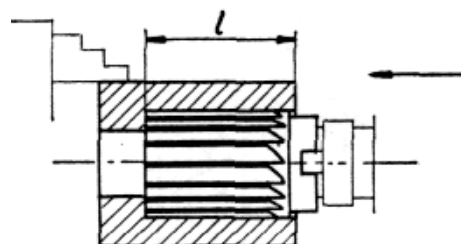
i – број пролаза

6.3.2 Развртање без излаза

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

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

$$i = 1$$

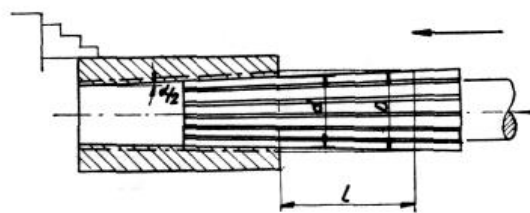


6.3.3 Развртање конуса

$$l = \frac{D - d}{2 \operatorname{tg}(\alpha / 2)} \text{ mm}$$

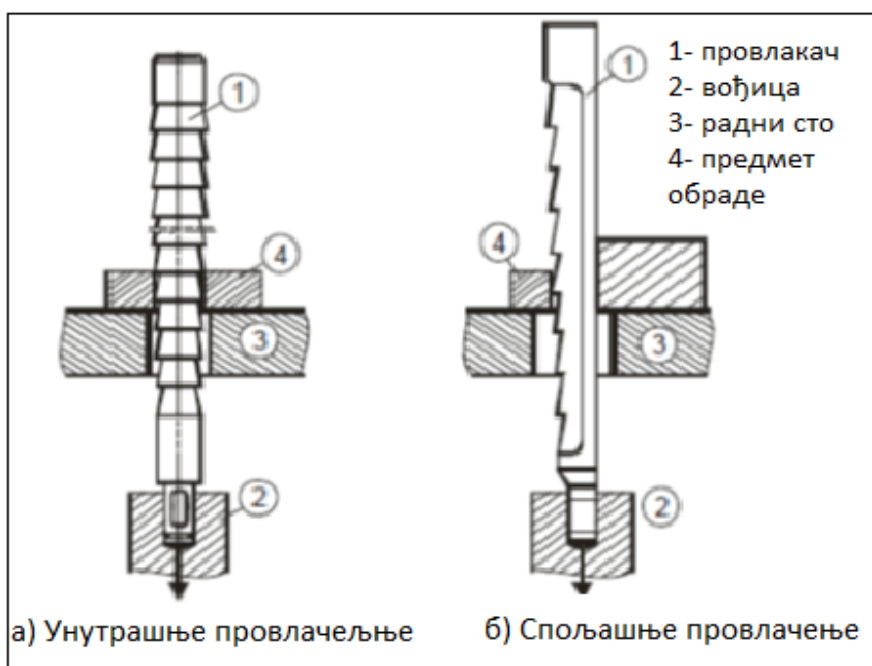
$$l_1 = 0 + (0.5 \div 2) \text{ mm}$$

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



7. Обрада провлачењем

Обрада провлачењем представља савремени поступак обраде метала резањем високе производности, тачности и квалитета обраде. Користи се само у серијској и масовној производњи, јер су алати веома скупи и строго наменски пројектован и израђени.



Слика 7.1 Принципијална шема обраде провлачењем [1]

Процес резања остврује се само једним кретањем и то праволинијским главним кретањем алата-провлакача (слика 7.1). Праволинијским повлачењем алата (1), постављеног у предњи прихватни део (2), обезбеђује се уклањање вишка материјала на предмету обраде захваљујући постепеном повећању димензија алата. Процес резања карактерише :

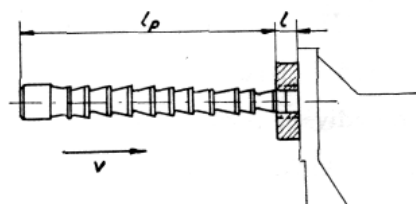
- Постепено резање задатог додатка за обраду у облику посебних слојева мале дебљине и велике ширине ,
- Истовремено резање већим бројем резних елемената алата,
- Не постоји помоћно кретање као самостално кинематско кретање, јер повећање димензија наредног зуба у односу на претходни одређује дебљину слоја материјала (дубину резања по зубу a/z) који уклања резни елемент. Изузетак су производне операције израде завојних жљебова (нпр. код цеви наоружања) када постоји помоћно обртно кретање у складу са кораком завонице, мале брзине

резања 15-18 m/min, а код новијих конструкција машина у обради провлачењем и до 30 m/min и сл.

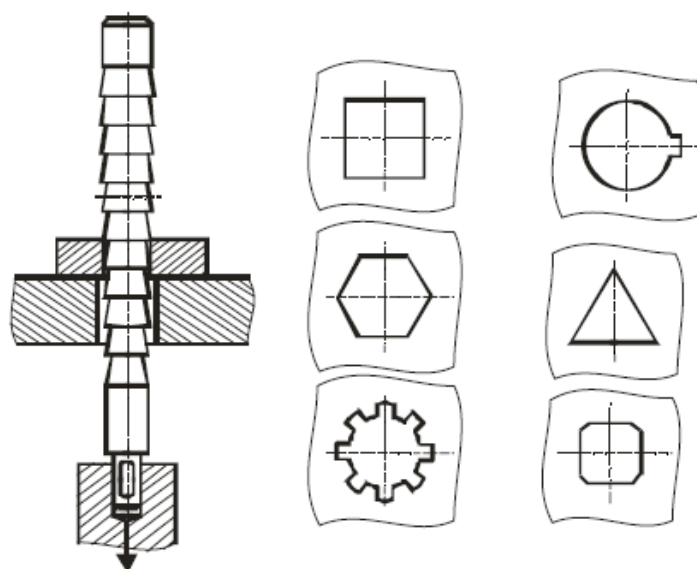
7.1 Провлачење

(Главно време или време ефективног резања)

7.1.1 Провлачење отвора



Хоризонтално провлачење



Слика 7.2 Производне операције провлачење различитог облика отвора

$$t_g = \frac{L}{s \cdot n} i = \frac{L}{v \cdot 1000} i \text{ s (min)}$$

$$L = l_p + l + l_1 + l_2$$

l_p - радна дужина провлакача,

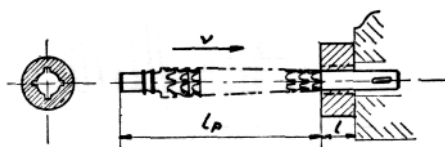
l - дужина обрађиване површине

$$l_1 = 0 \text{ mm}, l_2 = (5 \div 10) \text{ mm}$$

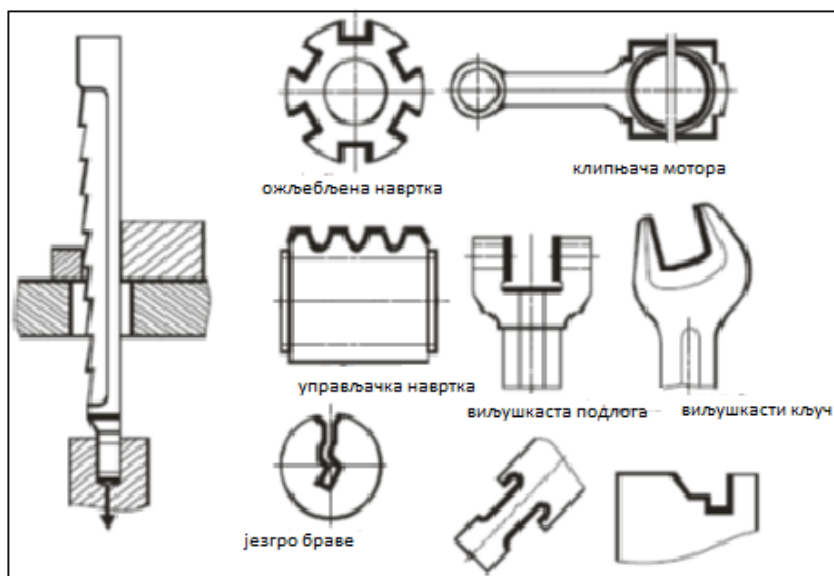
v - брзина провлачења m/s ,

i - прој пролаза(обично $i = 1$)

7.1.2 Провлачење звездастог отвора

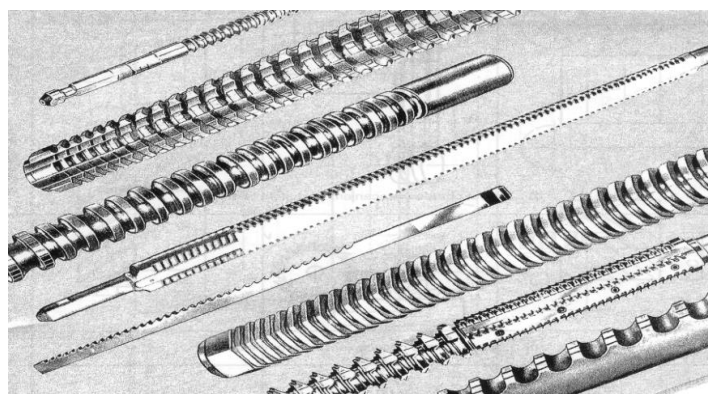
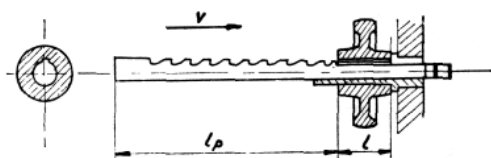


7.1.3 Спољашње провлачење



Слика 7.3 Производне операције спољашњег провлачења

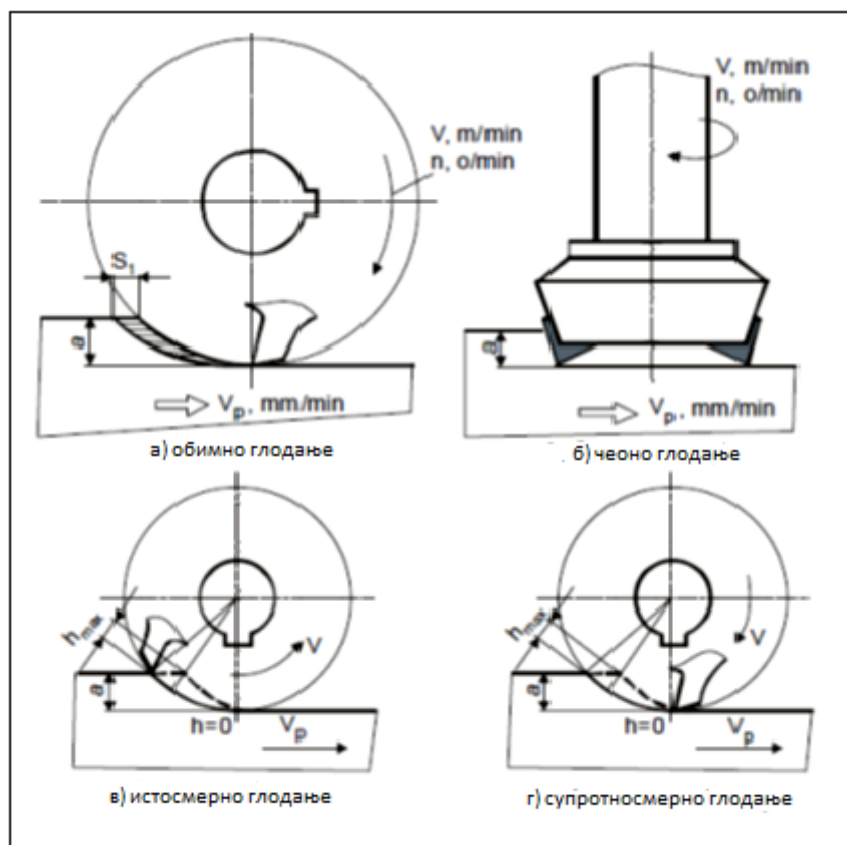
7.1.4 Провлачење жлеба за клин



Слика 7.4 Разне врсте провлакача [1]

8. Обрада глодањем

Обрада глодањем је поступак обраде равних површина, жљебова, профилисаних (фазонских) контура, површина специјалног и сложеног облика. Главно кретање је обртно кретање алата дефинисано брзином резања V , m/min . Помоћно кретање је праволинијско кретање предмета обраде и алата и одређено је брзином помоћног кретања ($V_p = n \cdot S$, mm/min - аксијалним померањем у јединици времена), а може бити дефинисано кораком по зубу (S_1 , mm/z – аксијалним померањем за један зуб алата) и кораком (S , mm/o – аксијалним померањем за један обрт алата). [10]



Слика 8.1 Основни поступци обраде глодањем [10]

Према распореду резних елемената алата (слика 8.1) разликују се два поступка обраде глодањем:

- **обимно глодање и чеоно глодање**,

При чему су зуби глодала за обимно глодање распоређени по обиму цилиндра, а код глодала за чеоно глодање на чеоно страни диска.

Према смеру међусобних кретања алата и предмета обраде разликују се два поступка обраде глодањем (слика 8.1) и то обрада :

- истовременим глодањем и супротносмерним глодањем

Код обраде истовременим глодањем смерови главног и помоћног кретања се поклапају, док код супротносмерног глодања то није случај. Поред тога код истосмерног глодања дебљина струготине се мења од максималне вредности до нуле, а код супротносмерног од нуле до максималне вредности h_{max} .

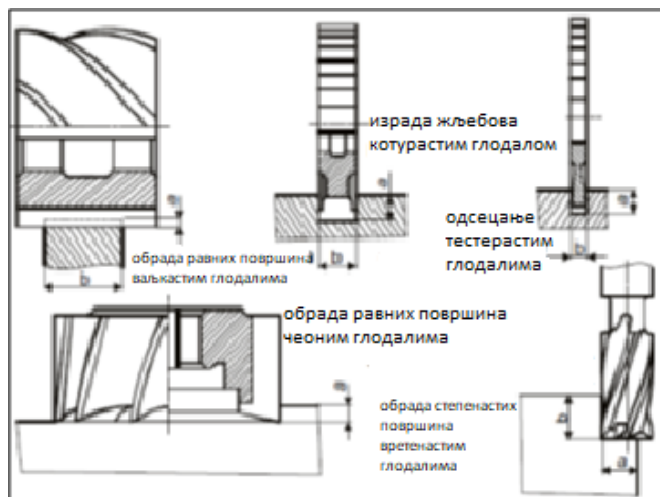
Основне операције у обради глодањем су обрада:

- равних површина,
- криволинијских контура,
- површина специјалног облика, и
- површина сложеног облика .

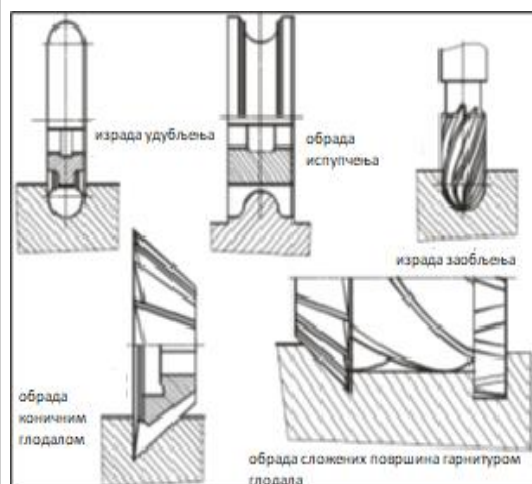
Обрада **равних површина** (слика 8.2) је обрада хоризонталних, вертикалних или нагнутих површина, израда канала и жљебова на равним и цилиндричним површинама (жљебова за клин), усецање и одсецање, обрада степенастих површина и сл.

Обрада **криволинијских контура** (слика 8.3) је обрада профилисаних површина, испупчења, удубљења, заобљења, завојних жљебова, сложених контура и сл.

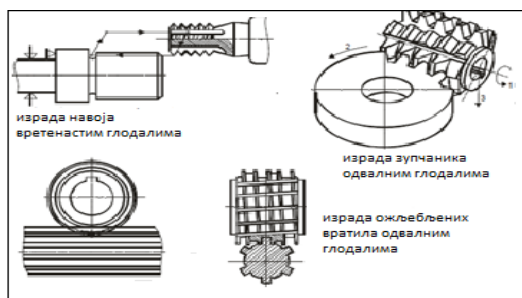
Израда и обрада површина **специјалног облика глодањем** (слика 8.4) је израда Т-жљебова, профила, призми, жљебова у виду "ластиног репа", површина са већим бројем степеница, праволинијских и криволинијских жљебова итд..[10]



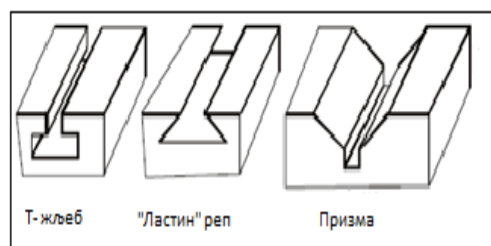
Слика 8.2 Неке производне операције обраде равних површина глодањем[10]



Слика 8.3 Неке производне операције обраде криволинијских контура глодањем[10]



Слика 8.5 Производне операције обраде површина сложеног облика глодањем[10]



Слика 8.4 Производне операције обраде површина специјалног облика глодањем[10]

Режим обраде у обради глодањем

Брзина резања у обради глодањем представља обимну брзину глодала:

$$V = \frac{D \cdot \pi \cdot n}{1000} \approx \frac{D \cdot n}{320} \text{ , m/min где су : } D, \text{ mm} - \text{ пречник глодала и } n, \text{ o/min} - \text{ број обрта глодала.}$$

Брзина помоћног кретања је: $V_p = n \cdot S = n \cdot S_1 \cdot z, \text{ mm/min.}$

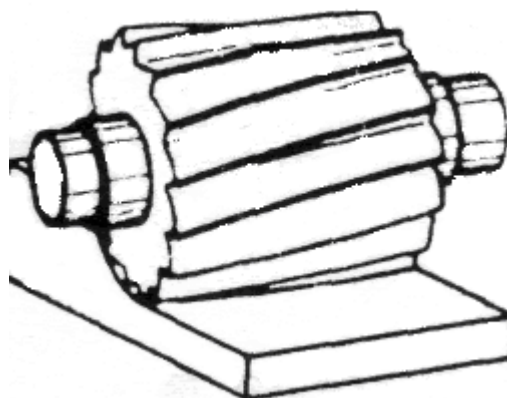
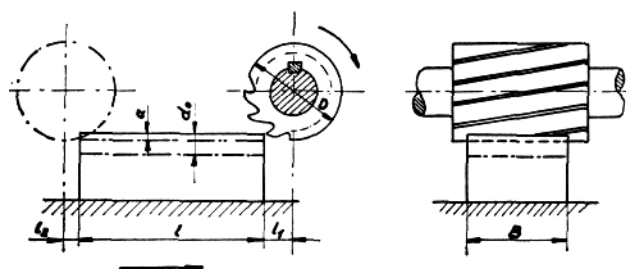
Помоћно кретање се може дефинисати :

- $S_1, \text{ mm/z}$ – кораком по зубу
- $S, \text{ mm/o}$ – кораком по обрту : $S = S_1 \cdot z, \text{ mm/o.}$

8.1 Хоризонтално глодање

(Главно време или време ефективног резања)

8.1.1 Глодање ваљшастим глодалом



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

l - дужина обрађиване површине

$$l_1 = \sqrt{a(D-a)} + (1 \div 2) \text{ mm} - \text{улаз}$$

d_0 - додатак за скидање, mm

D - пречник глодала, mm

$$l_2 = (2 \div 5) \text{ mm} - \text{излаз}$$

$$s' = s \cdot n \text{ mm/min} - \text{помак}$$

s - посмак mm/o

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

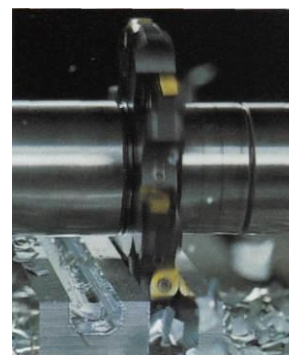
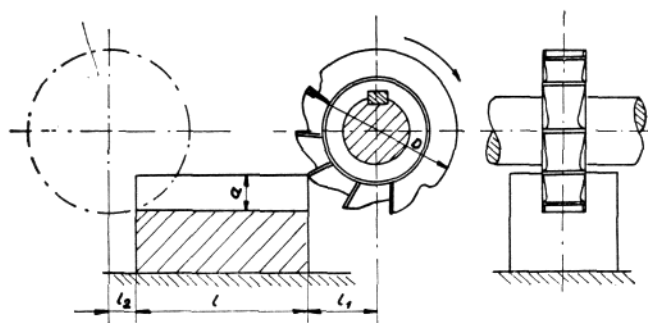
v - брзина резања m/s

$$i = \frac{d_0}{a} - \text{број пролаза}$$

a - дубина резања

B - ширина обрађиване површине

8.1.2 Глодање плочастим глодалом



$$l_1 = \sqrt{a(D-a)} + (1 \div 2) \text{ mm}$$

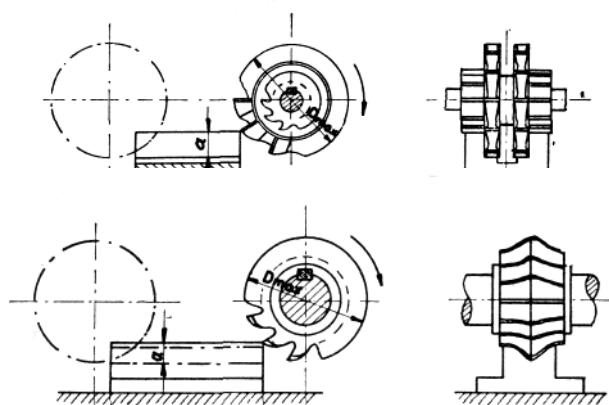
$$l_2 = (2 \div 5) \text{ mm}$$

8.1.3 Глодалима у слогу

$$l_1 = \sqrt{A(D_{\max} - a)} + (1 \div 2) \text{ mm}$$

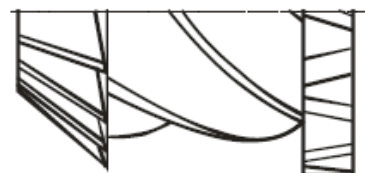
$$l_2 = (2 \div 5) \text{ mm}$$

8.1.4 Глодање састављено профилним глодалима

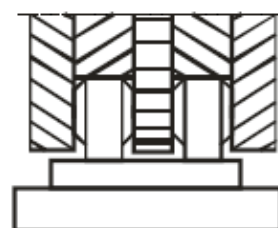


$$l_1 = \sqrt{a(D-a)} + (1 \div 2) \text{ mm}$$

$$l_2 = (2 \div 5) \text{ mm}$$



Гарнитура састављена од
ваљкастог, катурастог и коничног глодала



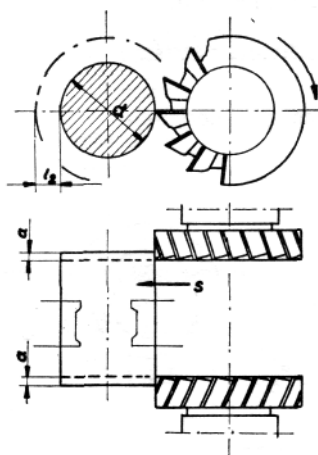
Гарнитура састављена од три
ваљкаста и три катураста глодала

8.1.5 Глодање на двовретеној хоризонталној глодалици са два чеоно – ваљчаста глодала

$$l_1 = 0 + (1 \div 3) \text{ mm}$$

$$l = d$$

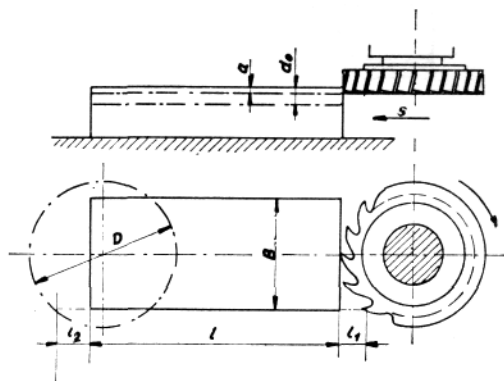
$$l_2 = (2 \div 5) \text{ mm}$$



8.2 Вертикално глодање

(Главно време или време ефективног резања)

8.2.1 Глодање чеоно ваљчастим глодалом



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

l - дужина обрађиване површине

$l_1 = 0.5(D - \sqrt{D^2 - B^2}) + (1 \div 2) \text{ mm}$ - улаз

$l_2 = (2 \div 5) \text{ mm}$ - излаз

B - ширина обрађиване површине

d_0 - додатак за скидање, mm

$s' = s \cdot n \text{ mm/min}$ - помак

s - посмак mm/o

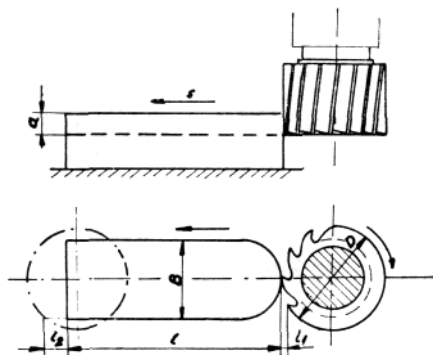
$n = \frac{1000v}{D \cdot \pi} \text{ s}^{-1}$ - број окретања глодала

v - брзине резања m/s

$i = \frac{d_0}{a}$ - број пролаза

a - дубина резања, mm

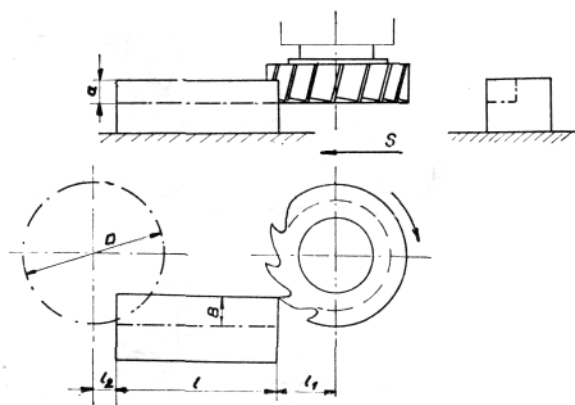
8.2.2 Глодање већих дубина



$$l_1 = 0 + (1 \div 3) \text{ mm}$$

$$l_2 = (2 \div 5) \text{ mm}$$

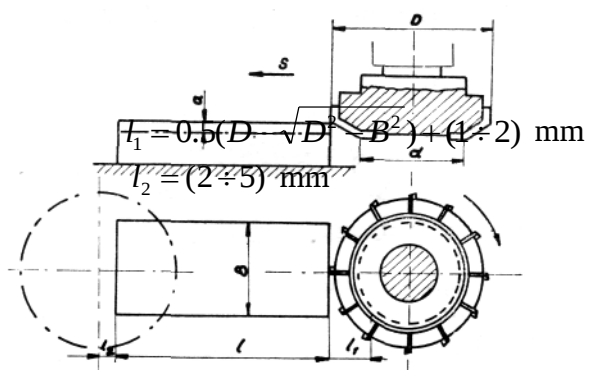
8.2.3 Глодање степенице



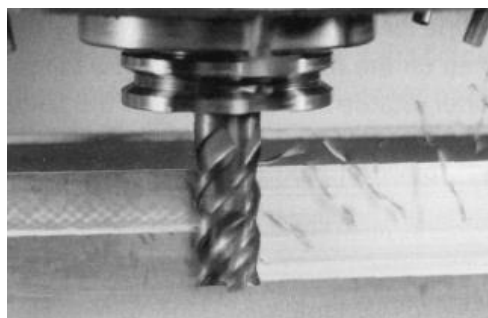
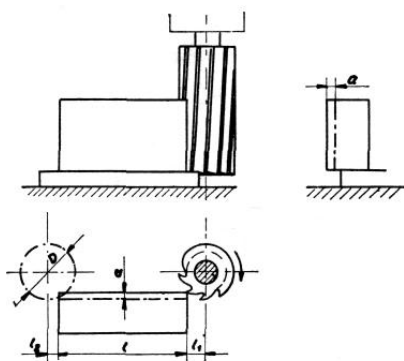
$$l_1 = (\sqrt{B(D-B)} + (1 \div 2) \text{ mm})$$

$$l_2 = (2 \div 5) \text{ m}$$

8.2.4 Глодање глодачком главом

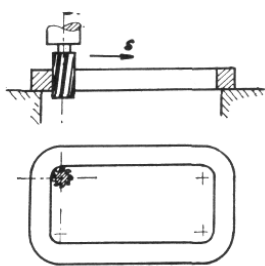


8.2.5 Глодање вретенастим глодалом



$$l_1 = \sqrt{a(D - a)} + (1 \div 2) \text{ mm} \quad l_2 = (2 \div 5) \text{ mm}$$

8.3.1 Глодање облика



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

$$l_1 = a + (1 \div 2) \text{ mm} - \text{ulaz}$$

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

l - дужина обрађиване површине

D - дужина обрађиване површине, mm

d_0 - додатак за скидање, mm

$s' = s \cdot n \text{ mm/min}$ - помак

s - посмак mm/o

$n = \frac{1000v}{D \cdot \pi} \text{ s}^{-1}$ - број окретања глодала

v - брзине резања m/s

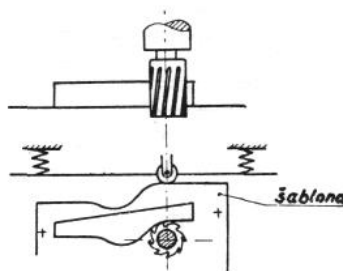
$i = \frac{d_0}{a}$ - број пролаза

a - дубина резања, mm

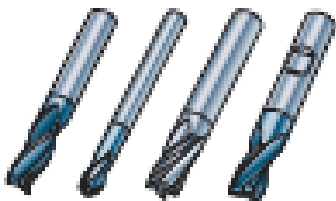
8.3.2 Копирно глодање

$$l_1 = a + (1 \div 2) \text{ mm}$$

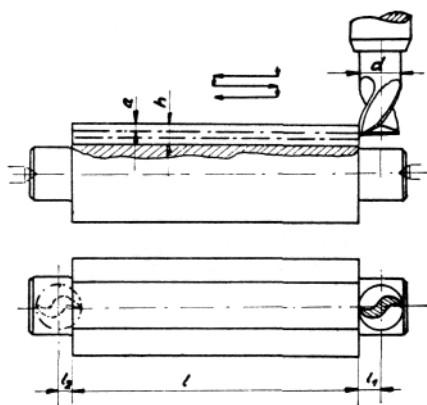
$$l_2 = (1 \div 3) \text{ mm}$$



8.4 Глодање жлебова



8.4.1 Вертикало глодање



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

l - дужина обрађиване површине

$l_1 = 0.5d + (0.5 \div 1) \text{ mm}$ - улаз

$l_2 = (1 \div 2) \text{ mm}$ - излаз

s' - помак - mm/min

s - посмак - mm/o

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

v - брзина резања m/s

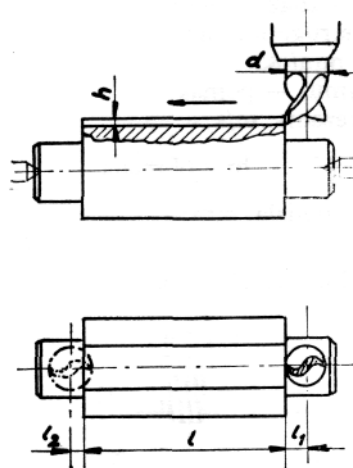
$i = \frac{h}{a}$ - дубина жлеба

a - дубина резања, mm

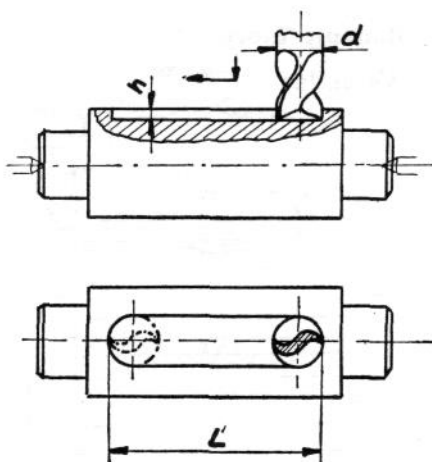
8.4.1.1 Глодање пролазних жлебова

$$l_1 = 0.5d + (0.5 \div 1) \text{ mm}$$

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



8.4.1.2 Глодање непролазних жлебова



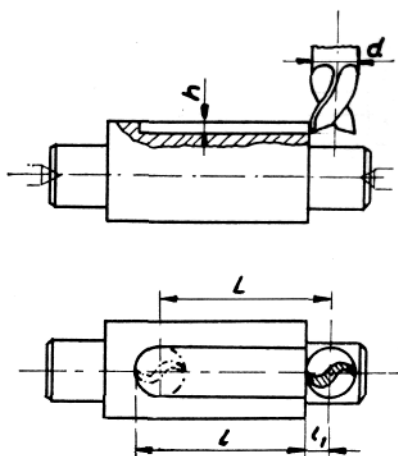
$$l = h + (l' - d)$$

$$l_1 = 0.5d + (0.5 \div 1) \text{ mm}$$

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



8.4.1.3 Глодање жлебова на улазни клин



$$l_1 = 0.5d + (0.5 \div 1) \text{ mm}$$



$$L = l_1 + \left(l - \frac{d}{2} \right) \text{ mm}$$

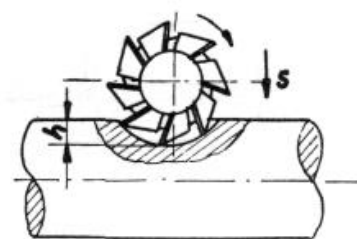
$$l_2 = 0 \text{ mm}$$

8.4.2 Хоризонтално глодање полукружних жлебова

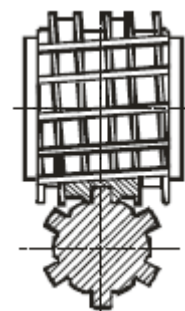
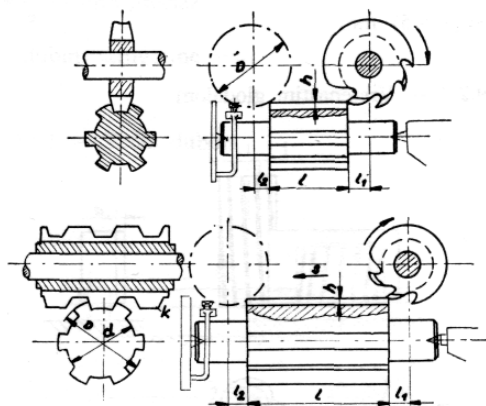
$$l_1 = 0 + (0.5 \div 1) \text{ mm}$$

$$l = h \text{ mm}$$

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



8.4.3 Глодање жлебастих осовина



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

z – број жлебова осовине

s – посмак по окретању израдка mm/o

k – војност глодала

$$l_1 = (1.2 \div 1.3) \sqrt{h(D-h)} \text{ mm}$$

$$l_2 = (2 \div 5) \text{ mm}$$

n – број окретања глодала, s^{-1}

израда ожлебљених вратила
одвалним глодалима

9. Обрада брушењем

Брушење је једна од најзначајнијих производних операција завршне обраде, јер обезбеђује:

- високу тачност мера и
- висок квалитет обрађене површине.

Изводи се након термичке обраде тако да остварује и уклањање грешака насталих услед топлотних деформација при термичкој обради. Распоред главног и помоћног кретања зависи од врсте производне операције и алата.

Главно кретање је обртно кретање алата (*брусне плоче*).

Помоћно кретање је обртно и праволинијско (*код кружног*) или праволинијско кретање предмета обраде (*код равног брушења*).

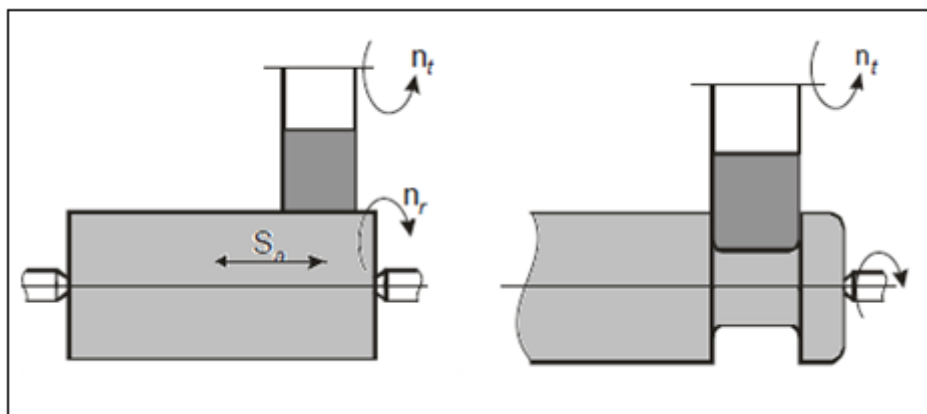
Основне производне операције брушења су производне операције:

- *кружног брушења,*
- *равног брушења,*
- *брушење без шиљака и*
- *брушење сложених површина.*

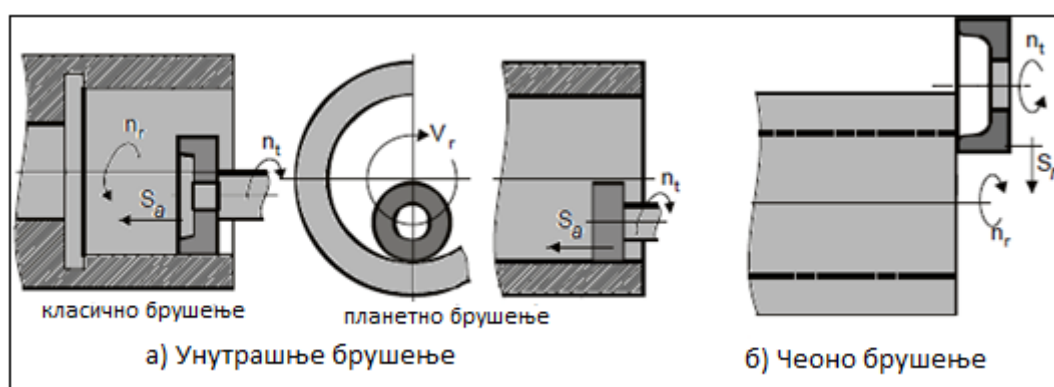
Кружно брушење може бити спољашње, унутрашње и брушење чеоних површина.

Спољашње кружно брушење је брушење спољашњих површина најчешће аксијално непомичним тоцилом (*слика 9.1а*) и спољашње радијално брушење површина (*слика 9.1б*).

Унутрашње брушење (*слика.2а*) се изводи тоцилима са дршком и може бити класично или планетарно. Планетарно брушење се изводи код тешких и великих предмета. Предмети обраде, причвршћени на радни сто, не изводе никаква кретања, док тоцило изводи сва потребна кретања у складу са шемом на слици 9.2а. Чеоно брушење (*слика 9.2.б*) се најчешће остварује лончастим тоцилима. [1]

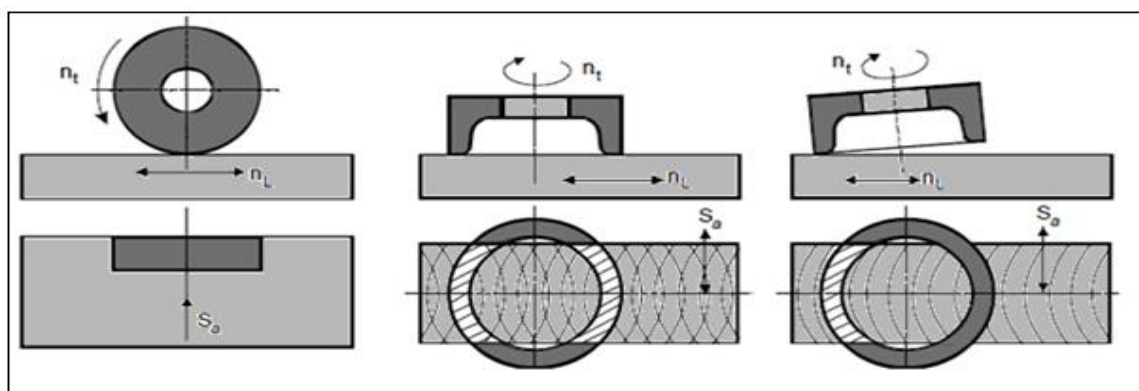


Слика 9.1 Спољашње кружно аксијално и радијално брушење[1]



Слика 9.2 Унутрашње и чеоно брушење[1]

Равно брушење се може извести котурастим тоцилима или лончастим тоцилима (слика 9.3). Равно брушење лончастим тоцилима може бити са: *укрштеним* или *лучним траговима*. Код укрштеног брушења тоцило потпуно належе на обрађивану површину, чиме се тачност обраде повећава, али су топлотна оптерећења тоцила и предмета обраде већа. Лучно брушење обезбеђује мања оптерећења тоцила и предмета обраде, али и мању тачност обраде. Остварује се периферним површинама тоцила.



Слика 9.3 Равно брушење котурастим и лончастим тоцилом [1]

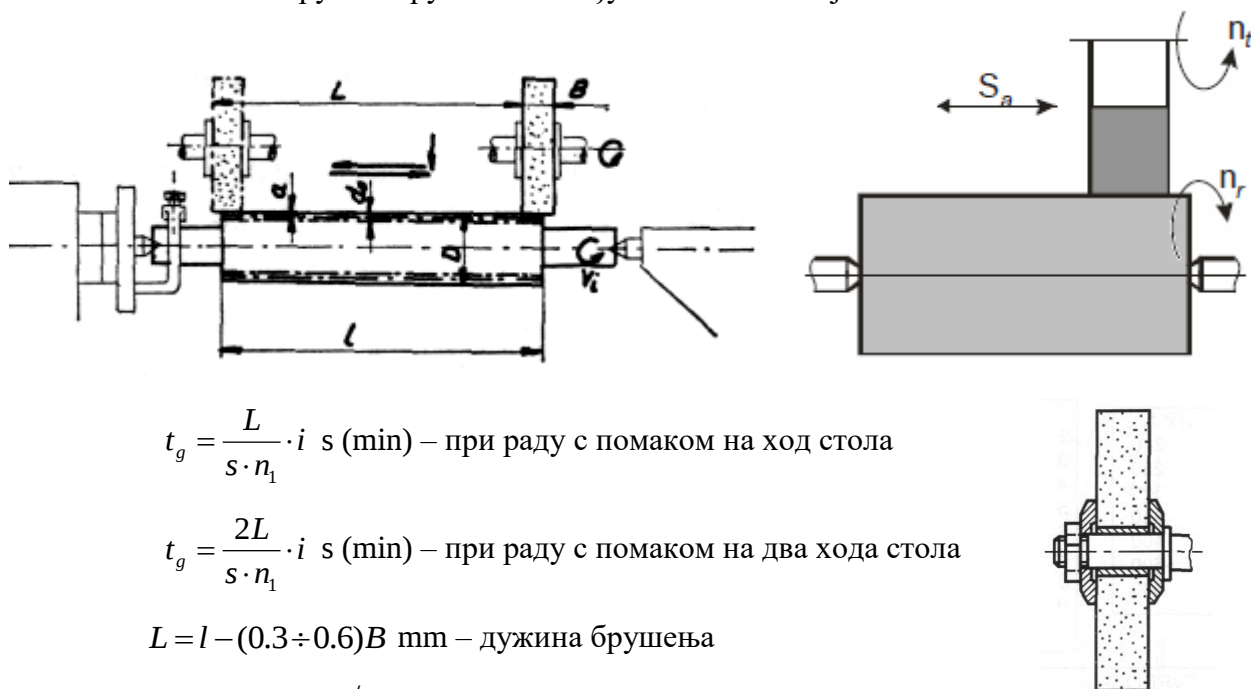
У производне операције **брушења сложених површина** спадају производне операцију завршне обраде (у новије време и израде) навоја, зупчаника, брушења ожљебљених вратила, оштрења алата, сечења материјала и сл.

Најфинија обрада брушењем, површина квалитета N1 - N3, се постиже специјалним поступцима брушења познатим под називом **гlačање**. Поступци спољашег и унутрашњег глачања се разврставају на: леповање, суперфиниш, хоновање и полирање.

9.1 Спољашње брушење

(Главно време илик време ефективног резања)

9.1.1 Спољашње кружно брушење између шиљака – аксијално



$$t_g = \frac{L}{s \cdot n_1} \cdot i \text{ s (min)} - \text{при раду с помаком на ход стола}$$

$$t_g = \frac{2L}{s \cdot n_1} \cdot i \text{ s (min)} - \text{при раду с помаком на два хода стола}$$

$$L = l - (0.3 \div 0.6)B \text{ mm} - \text{дужина брушења}$$

$$s - \text{посмак mm/o}$$

$$n_1 = \frac{1000 \cdot v_1}{D \cdot \pi} \text{ s}^{-1} - \text{број обртаја обратка}$$

$$v_1 - \text{брзина на ободу обратка m/s}$$

$$D - \text{пречник обратка, mm}$$

$$i = \frac{d_0}{a} \cdot k - \text{број пролаза}$$

$$a - \text{дубина резања}$$

$$k = (1.2 \div 1.4) - \text{поправни коефицијент за предбрушивање}$$

$$k = (1.3 \div 1.7) - \text{поправни коефицијент за завршно брушење}$$

$k = (1.3 \div 1.7)$ - поправни коефицијент за завршно брушење

9.1.2 Спољашње кружно брушење међу шиљцима – радијално

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

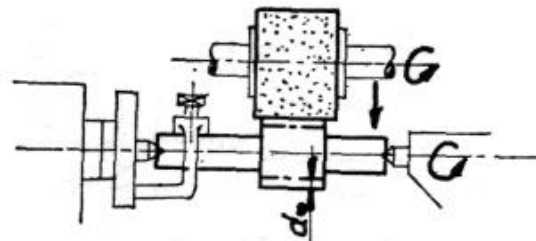
$l_1 = 0$ min улаз брусног кола

$l_2 = 0$ min излаз брусног кола

$k = (1.2 \div 1.3)$ за предбрушење и завршно брушење

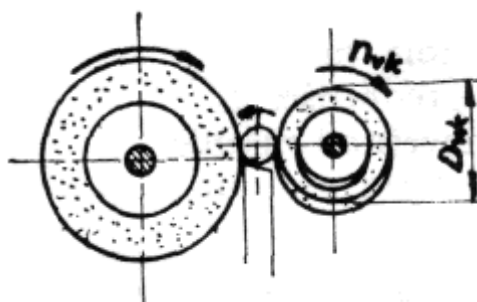
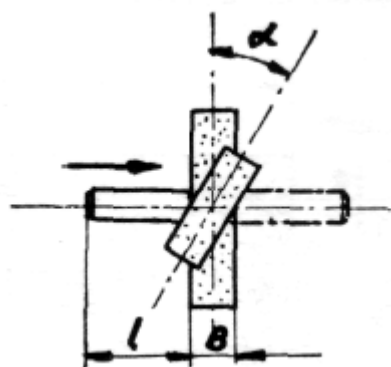
$a = s$ mm/o

$i = 1$



9.1.3 Спољашње кружно брушење без шиљака на пролаз

Брушење без шиљака је брушење код кога је предмет обраде наслоњен на подупирач и постављен између радног и водећег тоцила. Радно тоцило остварује процес обраде, а водеће вођење (*обртање*) предмета обраде. Аксијално помоћно кретање се остварује нагињањем водећег тоцила за угао α .



$$t_g = \frac{l + l_1 + l_2}{s \cdot n} \cdot i = \frac{l_z + B}{s' \cdot z} = \frac{l \cdot z + B}{D_{kv} \cdot \pi \cdot n_{kv} \sin \alpha \cdot z} \cdot k \text{ s (min)}$$

Z – број комада обрађиваних при једном намештању

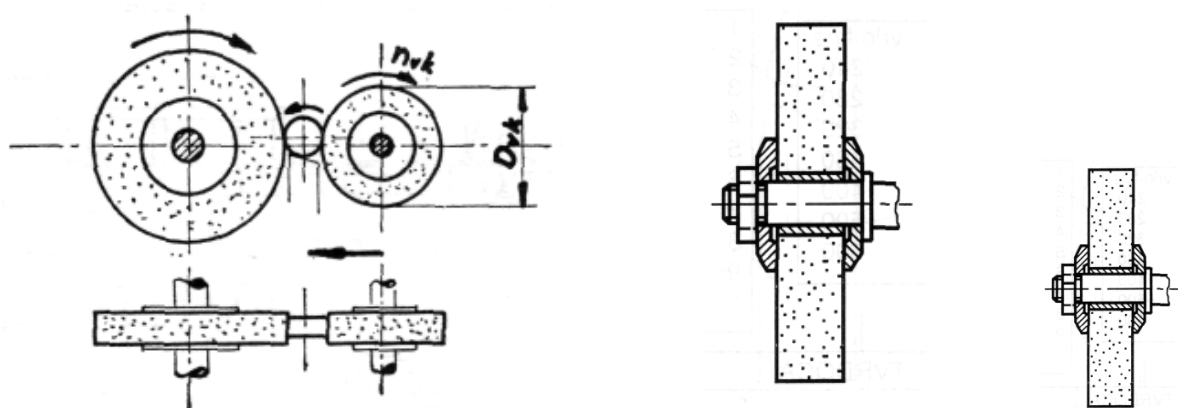
D_{kv} – промер водећег брусног точка mm

n_{kv} – број окретања водећег брусног точка s^{-1}

α – угао нагиба водећег брусног точка

$k = (1.05 \div 1.20)$ – за предбрушење и завршно брушење

9.1.4 Спољашње кружно брушење без шиљака методом урезивања



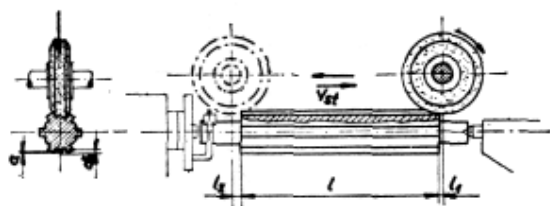
$$t_g = \frac{l + l_1 + l_2}{s \cdot n} \cdot i = \frac{d_0}{a \cdot n_1} \cdot k \text{ s (min)}$$

$$n_1 = \frac{n_{vk} \cdot D_{vk}}{D_1} s^{-1} ; l = d_0 \text{ mm}$$

$$l_1 = 0 \text{ mm} ; l_2 = 0 \text{ mm}$$

$k = (1.5 \div 1.20)$ – за предбрушивање и завршно брушење

9.1.5 Брушење клинастих вратила – профилисаним брусним точком



$$t_g = \frac{l + l_1 + l_2}{s \cdot n} \cdot i = \frac{(l + l_1 + l_2) \cdot z}{V_{st} \cdot 1000} \cdot \frac{d_0}{a} \cdot k \quad \text{s (min)}$$

$l_1 + l_2 = (10 \div 15) \text{ mm}$ улаз + излаз

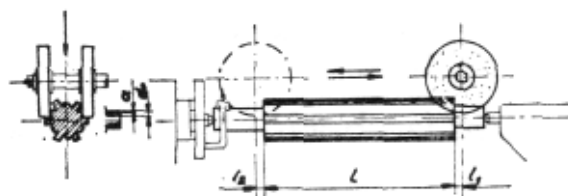
V_{st} = брзина померања стола, m/s

$k = (1.15 \div 1.35)$ за предбрушивање

$k = (1.15 \div 1.5)$ за завршно брушење

z – број жлебова

9.1.6 Кружно брушење клинастих вратила не профилисаним брусним тоцилом



$$t_g = \frac{l + l_1 + l_2}{s \cdot n} \cdot i = \frac{(l + l_1 + l_2) \cdot z}{V_{st} \cdot 1000} \cdot \frac{d_0}{a} \cdot k \quad \text{s (min)}$$

$l_1 + l_2 = (10 \div 15) \text{ mm}$ улаз + излаз

z – број жлебова

$k = (1.5 \div 1.35)$ поправни коефицијент за предбрушивање

$k = (1.25 \div 1.5)$ поправни коефицијент за завршно брушење

9.1.7 Равно брушење попречним пресеком брусне плоче на системима са округлим столом

$$t_g = \frac{l + l_1 + l_2}{s \cdot n} \cdot i = \frac{d_0}{a \cdot n_1} \cdot \frac{1}{z} \cdot k \text{ s (min)}$$

$$l = h \text{ mm}; l_1 = 0 \text{ mm}; l_2 = 0 \text{ mm}$$

$$n_{st} = \frac{V_{st} \cdot 1000}{D_{st} \cdot \pi} \text{ s}^{-1} - \text{број окретања стола}$$

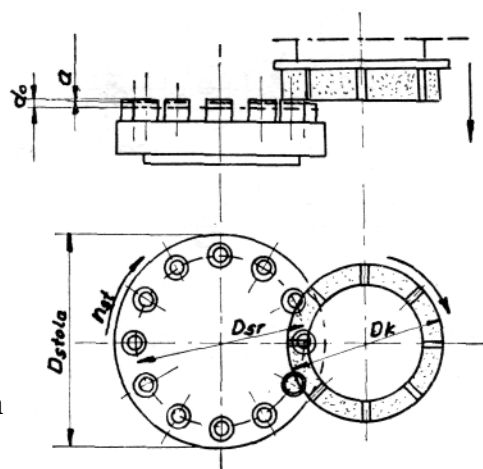
V – обимна брзина стола

D_{st} – средњи промер наслаганих обрадка, mm

z – број истовремено обрађиваних обрадата

$k = (1.2 \div 2)$ – поправни коефицијент за предбрушивање

$k = (1.2 \div 1.5)$ – поправни коефицијент за завршно брушење



9.1.8 Равно брушење попречним пресеком бруснег точка на системима са правоугаоним системима са правоуглим столом

$$t_g = \frac{l + l_1 + l_2}{s \cdot n} \cdot i = \frac{l + l_1 + l_2}{V_{st} \cdot 1000} \cdot \frac{d_0}{a} \cdot \frac{1}{z} \cdot k \text{ s (min)}$$

$$l_1 = 0.5(D_k - \sqrt{D_k^2 - B_i^2}) \text{ mm} - \text{улаз}$$

$$l_2 = (3 \div 5) \text{ mm} - \text{излаз}$$

D_k – пречник брусног точка, mm

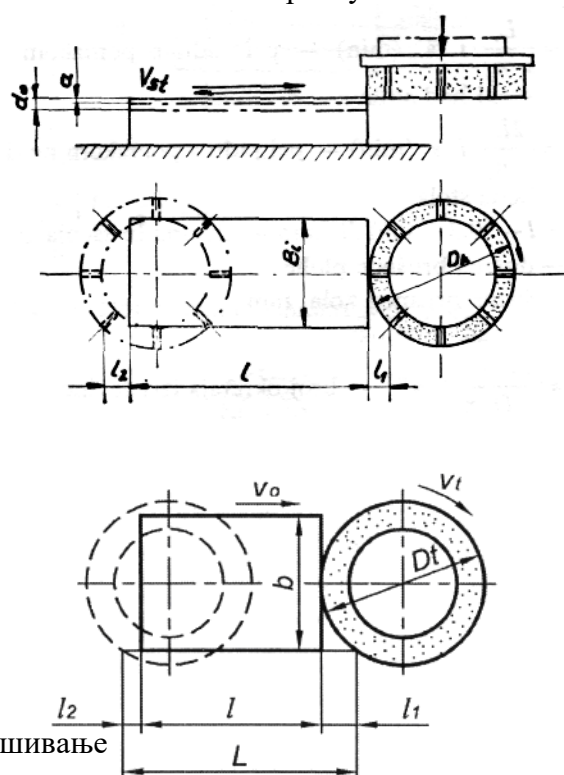
B_i – ширина обрадка

V_{st} – брзина кретања стола m/s

z – број истовремено обрађиваних обрадака

$k = (1.2 \div 2)$ – поправни коефицијент за предбрушивање

$k = (1.2 \div 1.5)$ – поправни коефицијент за завршно брушење



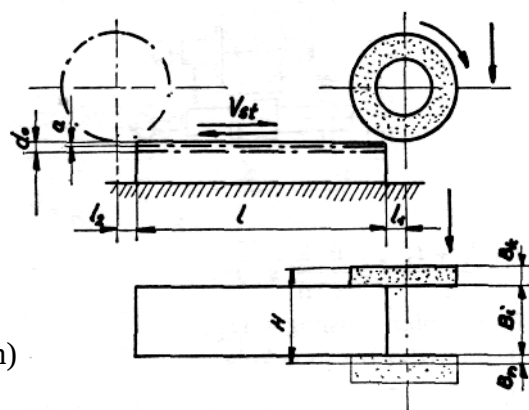
9.1.9 Равно обимно брушење на системима са правоуглим столим

$$t_g = \frac{l + l_1 + l_2}{s \cdot n} \cdot i = \frac{l + l_1 + l_2}{V_{st} \cdot 1000} \cdot \frac{H}{s \cdot B_k} \cdot \frac{d_0}{a} \cdot \frac{1}{z} k \text{ s (min)}$$

(при раду са помаком на сваки ход стола)

$$t_g = \frac{l + l_1 + l_2}{s \cdot n} \cdot i = \frac{2(l + l_1 + l_2)}{V_{st} \cdot 1000} \cdot \frac{H}{s \cdot B_k} \cdot \frac{d_0}{a} \cdot \frac{1}{z} k \text{ s (min)}$$

(при раду са помаком на два хода стола)



$l_1 + l_2 = (10 \div 15) \text{ mm}$ улаз + излаз

$H = B_1 + B_k + B_n \text{ mm}$

H – дужина хода брусног точка у попречном смера

B_i – ширина обрадка, mm

$B_n = 5 \text{ mm}$ излаз бруснок точка

V_{st} – брзина кретања стола m/s

s – попречни помак на два хода стола, mm/hod

у деловима ширине брусног точка

z – број истовремено обрађиваног обрадка

$k = (1.5 \div 1.35)$ поправни коефицијент за предбрушивање

$k = (1.25 \div 1.5)$ поправни коефицијент за завршно брушење

$$\text{при } B_k \geq B_1 \frac{H}{s \cdot B_k} = 1$$

9.1.10 Равно обимно брушење на системима са округлим столом

$$t_g = \frac{l + l_1 + l_2}{s \cdot n} \cdot i = \frac{D_1 + B_k + 10}{s \cdot B_k \cdot D_s} \cdot \frac{d_0}{a} \cdot \frac{1}{z} k \text{ s (min)}$$

D_i – пречник обрадка, mm

B_k – ширина брусног точка, mm

s – помак у деловима ширине брусног точка

$$n_{st} = \frac{V_{st} \cdot 1000}{D_{sr} \cdot \pi} s^{-1} \text{ - број окретања стола}$$

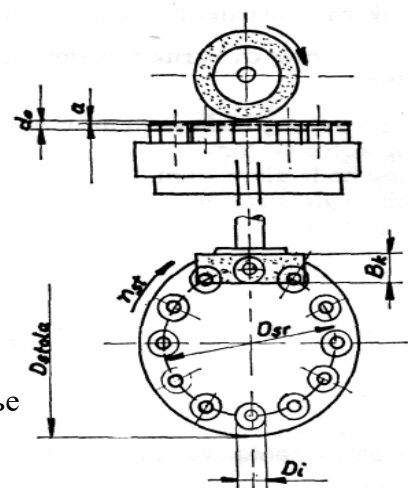
V_{st} – брзина кретања стола m/s

D_{sr} – средњи пречник наслаганих припремака

z – број истовремено обрађиваних обрадака

$k = (1.2 \div 2)$ поправни коефицијент за предбрушевање

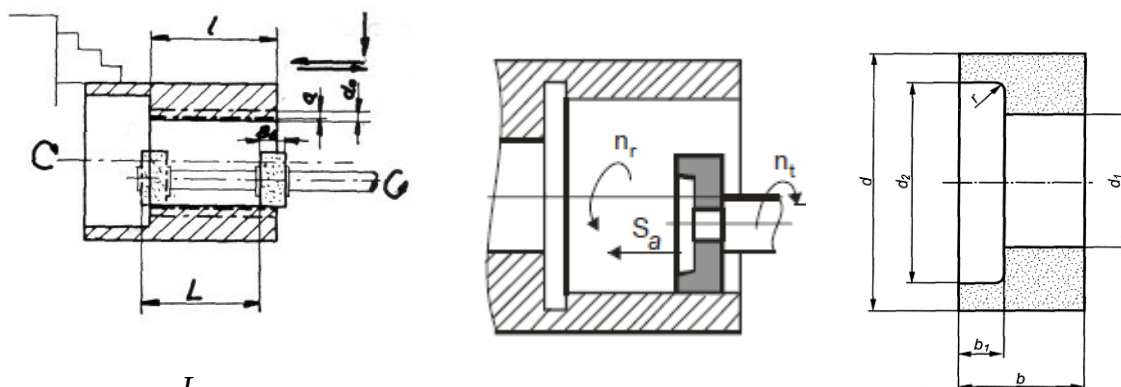
$k = (1.2 \div 1.5)$ поправни коефицијент за завршно брушење



9.2 Унутрашње брушење

(Главно време или време ефективног резања)

9.2.1 Унутрашње кружно брушење - аксијално



$$t_g = \frac{L}{s \cdot n_1} \cdot i \text{ s (min) при раду на сваки ход стола}$$

$$t_g = \frac{2L}{s \cdot n_1} \cdot i \text{ s (min) при раду са помаком на два хода стола}$$

$L = l - (0.3 \div 0.6)B$ mm – дужина брушења

B – ширина брусног точка, mm

s – помак mm/окр

$$n_1 = \frac{V_1 \cdot 1000}{D \cdot \pi} s^{-1} \text{ број окретања обратка}$$

v_1 – обимна брзина обрадка m/s

D – пречник обрадка, mm

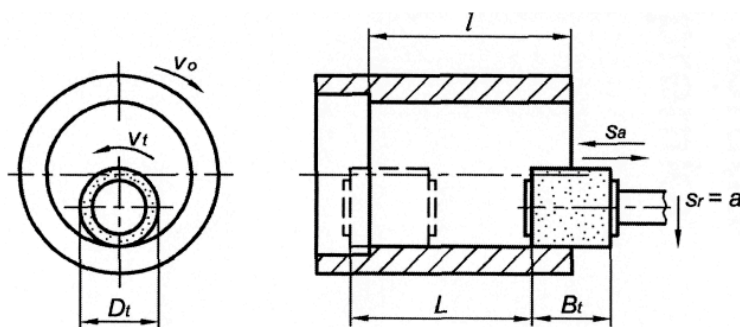
$$i = \frac{d_0}{a} \cdot k - \text{број пролаза}$$

d_0 – додатак за брушење, mm

a – дубина струготине, mm

$k = (1.2 \div 1.4)$ поправни коефицијент за предбрушивање

$k = (1.3 \div 1.7)$ поправни коефицијент за завршно брушење

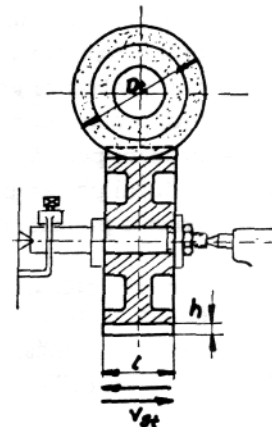
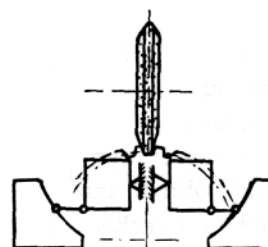


9.3 Брушење озубљења

(Главно време или време ефективног резања)

9.3.1 Брушење озубљења профилним тоцилом методом копирања

$$t_g = \left(\frac{i_1}{n_1} + \frac{i_2}{n_2} + \frac{i_3}{n_3} \right) \cdot z \quad \text{s (min)}$$



n_1, n_2 – број двоструких ходова у минути при грубој обради

n_3 – број двоструких ходова у минути при завршној обради

z – број зуби зупчника - израдка

i_1, i_2 – број пролаза при профилисању

i_3 – број пролаза при завршној обради

$$n_1, n_2, n_3 = \frac{1000 \cdot v_{st}}{2 \cdot L' \cdot k} \quad \text{dv. hod/min}$$

$$L' = L + \sqrt{h(D_t - h)} + 10 \quad \text{mm}$$

L' – дужина хода стола mm

L – дужина зуба, mm

h – висина зуба, mm

Dt – пречник тоцила

$k = (1.3 \div 1.5)$ поправни коефицијент времена израде

9.3.2 Брушење озубљења МАГ методом

$$t_g = \left[\frac{L'}{n_{odv}} \left(\frac{i_1}{s_1} + \frac{2i_2}{s_2} \right) + i_1 t_1 + 2i_2 t_2 \right] \cdot z \text{ s (min)}$$

L' – дужина хода стола, mm

n_{odv} – број одваљивања у минути

i_1 – број пролаза за грубу обраду

i_2 – број пролаза за завршну обраду

s_1 – уздужни посмак при грубој обради, mm

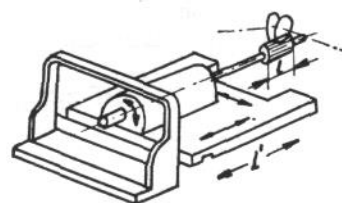
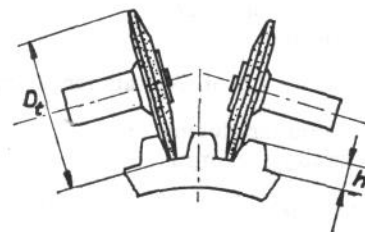
s_2 – уздужни посмак при завршној обради, mm

t_1 – време пребацивања и диоде при грубој обради

t_2 – време пребацивања и диоде при завршној обради

z – број зуби зупчаника

Dt – пречник тоцила



Dt mm	220	180
t_1 mm	0.02	0.03
t_2 mm	0.015	0.02

10. Обрада хоновањем

10.1 Главом и брусним сегментима

$$t_g = t_h \cdot a_h \frac{a_h}{s_r \cdot n_h} \text{ mm}$$

t_h – средње време за дубину скидања од 0.01 mm/min

a_h – дубина скидања у стотим деловима милиметра

s_r – радијални посмак на двоструки ход главе у mm

$$n_h = \frac{1000 \cdot v_h}{2(l + 2l_{pr} - l_{br})} \text{ – број двоструких ходова главе у минути}$$

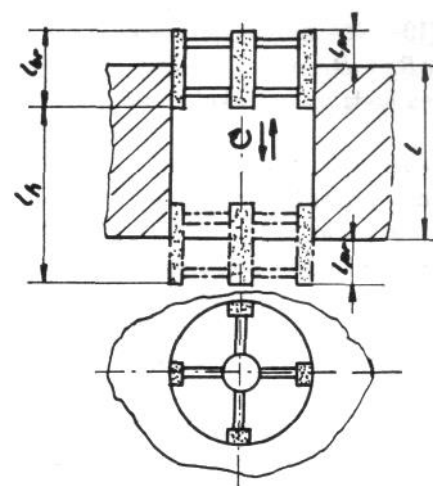
v_h – брзина радно-повратног хода главе у m/s

l – дужина радног комада, mm

l_{pr} – дужина празног хода главе, mm

l_{br} – дужина брусних сегмената, mm

l_h – дужина хоновања, mm

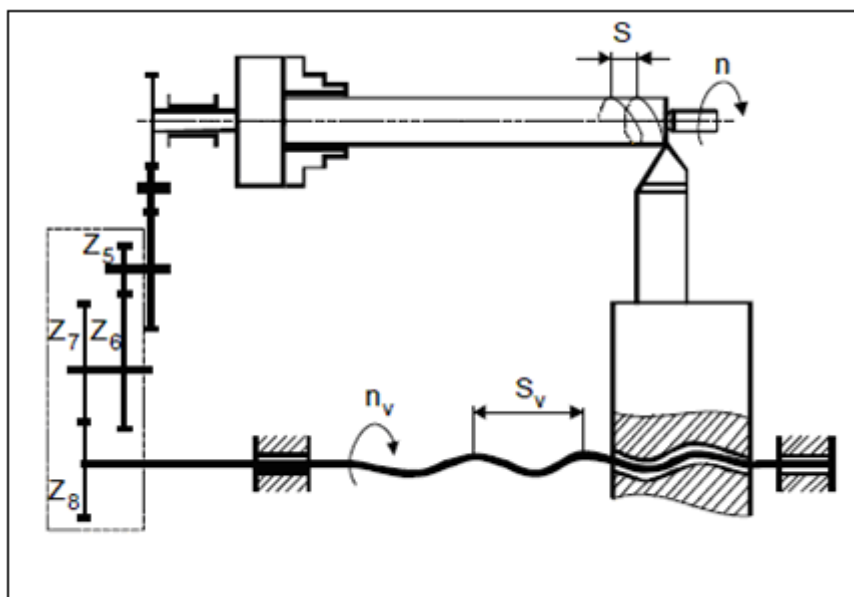


11. Израда навоја

Методe и поступци израде навоја се најчешће разврставају према типу машине која се користи за израду навоја (*израда навоја на: стругу, бушилици, глодалици, брусници и специјалним машинама*). Избор метода и поступака израде навоја зависи од обима производње и врсте навоја (*спољашњи, унутрашњи, краткоходи или дугоходи итд.*). [9]

11.1 Израда навоја на стругу

Израда навоја на стругу се користи у појединачној и малосеријској производњи. Остварује се на универзалним струговима или струговима са водећим вretenом, струговима који обезбеђују строгу зависност главног обртног и помоћног праволинијског кретања.



Слика 11.1 Шема израде навоја на стругу [9]

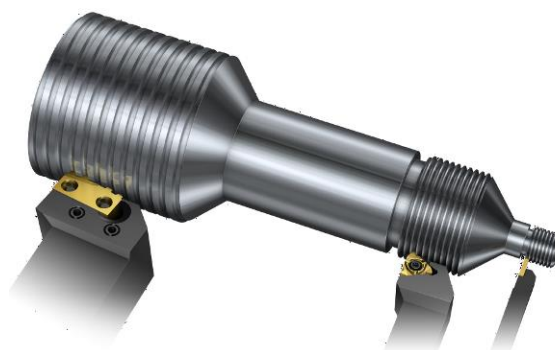
Суштина израде навоја на стругу је да се за један обрт предмета обраде ($n = 1$) носач алата, заједно са алатом, аксијално помери за корак једнак кораку навоја који се израђује (S). То значи да је основни услов једнакост брзина помоћног кретања :

$$S \cdot n = S_v \cdot n_v ,$$

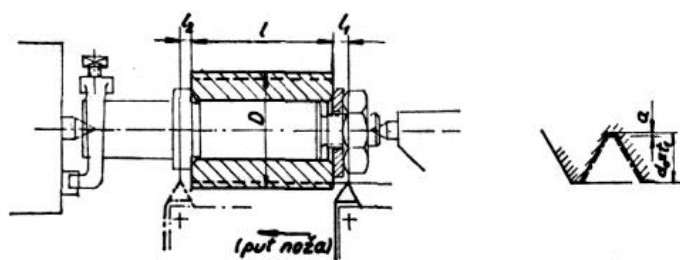
где су: n , o/min – број обрта предмета обраде; S , mm – корак навоја који се израђује ; n_v , o/min – број обрта водећег вретена и S_v , mm – корак водећег вретена .

11.1.1– Израда навоја према навоју обликованим ножем

(Главно време или време ефективног резања)



11.1.1.1 Израда спољашњег навоја на пролаз



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

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

l – дужина навоја

$l_1 = (1 \div 3)$ успона навоја h mm - улаз

$l_2 = (1 \div 3)$ успона навоја h mm – излаз

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

v – брзина резања m/s

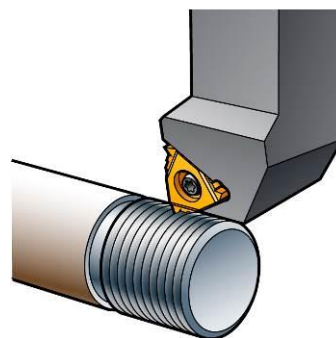
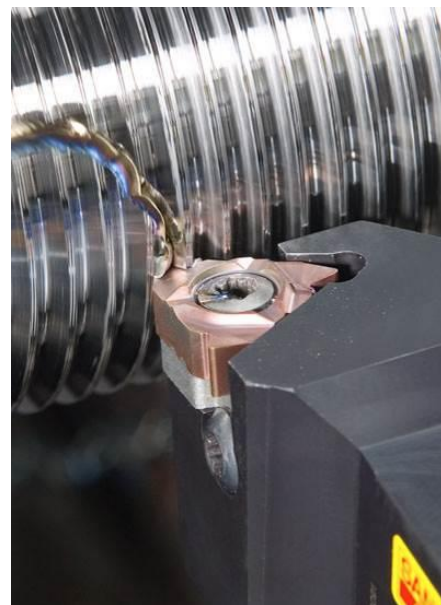
D – обрађивани пречник, mm

s – посмак mm/окр $\equiv$ дубина навоја h

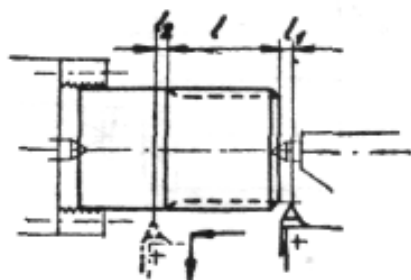
$$i = \frac{d_0}{a} + (1 \div 4) - \text{број пролаза}$$

a - дубина струготине

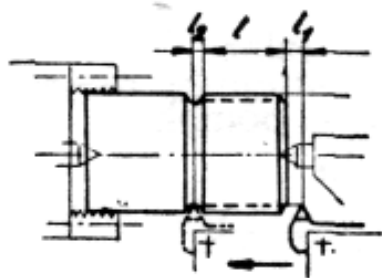
d_0 – додатак за скидање, mm $\equiv$ дубина навоја, t_1



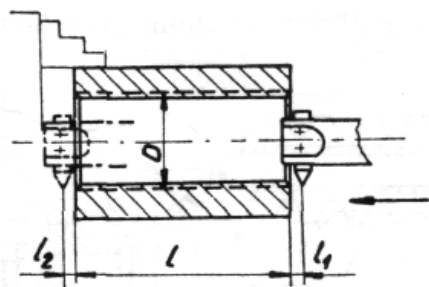
11.1.1.2 Израда спољашњег навоја без жлеба



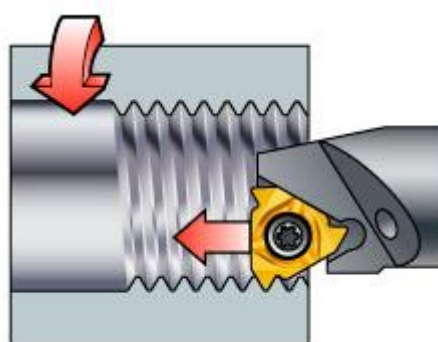
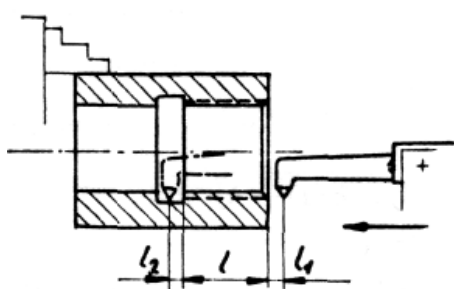
11.1.1.3 Израда спољашњег навоја са жлебом



11.1.1.4 Израда унутрашњег навоја на пролаз



11.1.1.5 Израда унутрашњег навоја са жлебом

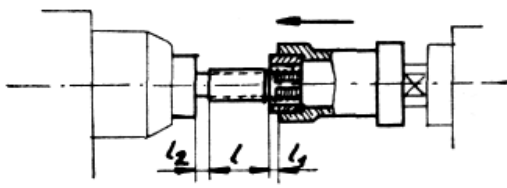


$l_1 = (1 \div 3)$ успона навоја h mm

$l_2 = (0.5 \div 2)$ успона навоја h mm

l_1 и l_2 важи за 2.1.1.2 ; 12.1.1.3 ; 12.1.1.4 и 12.1.1.5

11.1.2 Израда навоја округлом нарезницом



11.1.3 Израда навоја нарезном главом

$$t_g = \left[\frac{l + (1 \div 3)h + (0.5 \div 2)h}{s \cdot n} + \frac{l + (1 \div 3)h + (0.5 \div 2)h}{s \cdot n_1} \right] \cdot i \text{ s (min)}$$

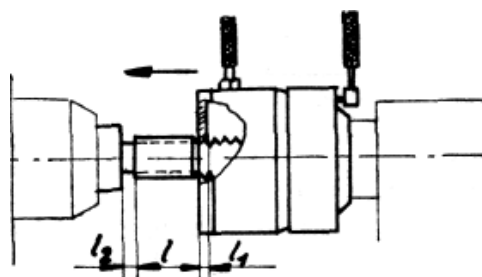
$l_1 = (1 \div 3)h$ mm – улаз

$l_2 = (0.5 \div 2)h$ mm – излаз

n_1 – број обртаја израдка при обртању s^{-1}

l_1 и l_2 важи за 12.1.2 и 12.1.3

$i = 1$



11.1.4 Израда навоја навојном бургијом на пролаз

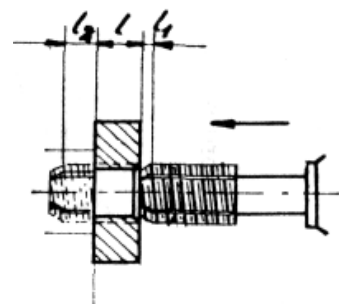
$$t_g = \left[\frac{l + (1 \div 3)h + (2 \div 3)h}{s \cdot n} + \frac{l + (1 \div 3)h + (2 \div 3)h}{s \cdot n_1} \right] \cdot i \text{ s (min)}$$

$l_1 = (1 \div 3)h$ mm – улаз

$l_2 = (2 \div 3)h$ mm – излаз

n_1 – број обртаја израдка при обртању бургије s^{-1}

$i = 1$



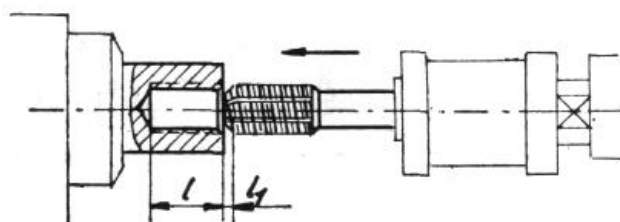
11.1.5 Израда навоја навојном бургијом у рупу

$$t_g = \left[\frac{l + (1 \div 3)h}{s \cdot n} + \frac{l + (1 \div 3)h}{s \cdot n^{-1}} \right] \cdot i \text{ s (min)}$$

$l_1 = (1 \div 3)h$ mm – улаз

$l_2 = 0$

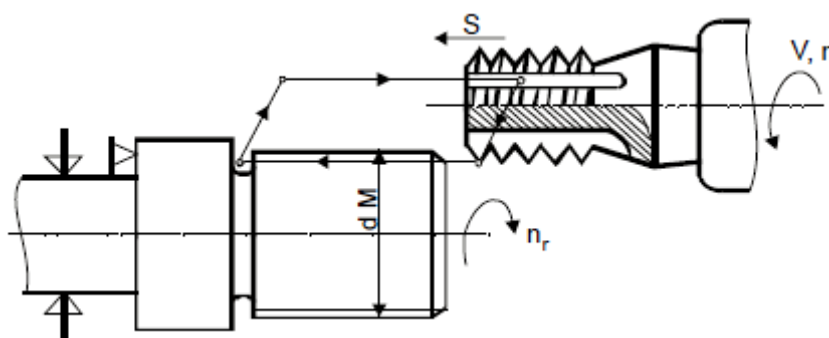
$i = 1$



11.2 Израда навоја глодањем

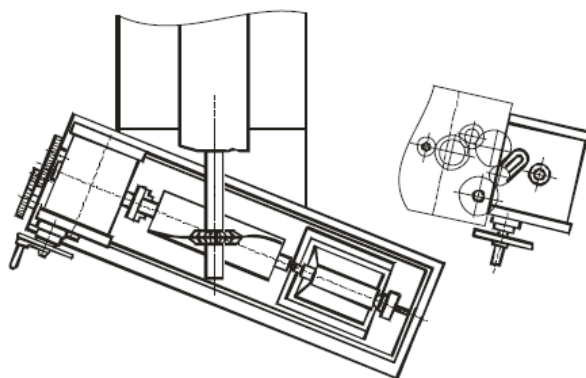
На глодалицама се могу израђивати краткоходи и дугоходи навоји.

Краткоходи навоји (слика 11.1) се израђују применом вретенастих и ваљкастих навојних глодала. То су глодала у виду завојнице испресецане жљебовима за формирање резног клина алата. Израда краткоходог навоја се изводи на специјалним глодалицама које обезбеђују одговарајућа кретања алата и предмета обраде. Алат изводи главно обртно кретање и аксијално помоћно праволинијско кретање уз претходно примицање алата, док предмет обраде изводи лагано обртно кретање. Једном обрту предмета обраде одговара аксијално померање алата за један корак. На специјалним машинама је могућа израда и навоја на предметима обраде који због свог облика немају могућност обртног кретања. У том случају алат изводи сва неопходна кретања, укључујући и планетарно кретање око предмета обраде.



Слика 11.1. Израда краткоходног навоја на глодалици [9]

Дугоходи навоји се израђују на универзалним или хоризонталним глодалицама (слика 11.2) коришћењем подеоног апарата, чије се један зупчаник везује за водеће вретено радног стола глодалице. Као резни алат најчешће се користи катурасто **профилно глодало**.



Слика 11.2 Израда дугоходног навоја на глодалици[9]

11.2.1 Израда навоја плочастим навојним глодалом

$$t_g = \frac{l + l_1 + l_2}{s \cdot n} \cdot i = \frac{\pi \cdot D_g}{\cos \alpha \cdot s} \cdot i \cdot k_v \quad \text{min}$$

$$l_1 = \sqrt{t_1(D_g - t_1)} \quad \text{mm}$$

D_g – пречник глодала, mm

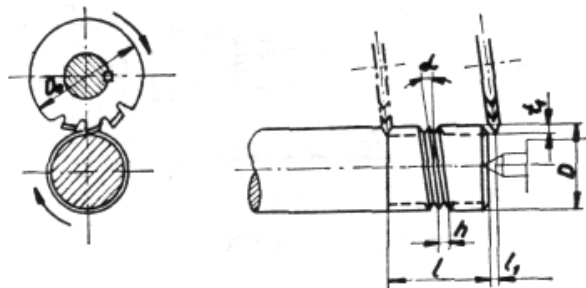
$l_2 = (0.5 \div 1)h$ – за глодање на пролаз

$l_2 = 0$ – за глодање у комад

α – угао успона навоја

s' – посмак mm/min

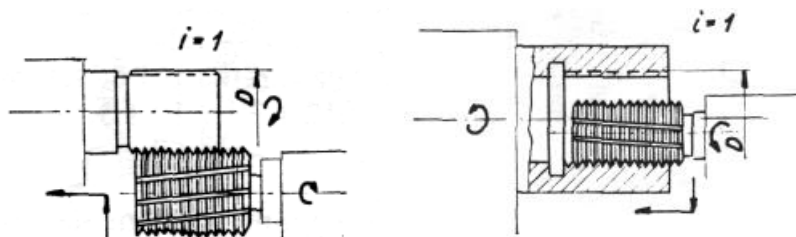
k_v – број завоја навоја



11.2.2 Израда спољашњег и унутрашњег навоја навојним глодалом

$$l = D \cdot \pi \quad \text{mm}$$

$$l_1 + l_2 = 0.2 \quad \text{mm}$$



11.3 Израда навоја брушењем

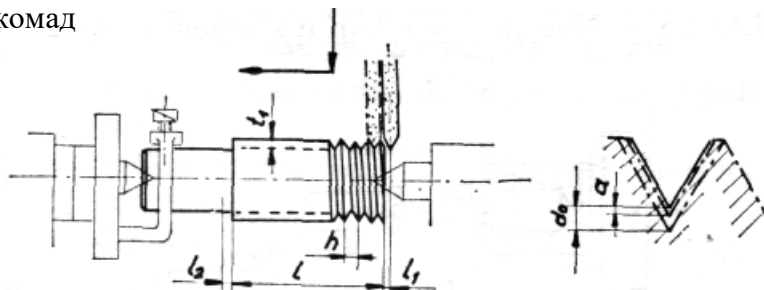
11.3.1 Израда навоја профилним тоцилом

$$l_1 = (1 \div 3) \text{ успон навоја, } h \text{ mm}$$

$$l_2 = (1 \div 3) \text{ успон навоја, } h \text{ mm за брушење на пролаз}$$

$$l_2 = 0 \text{ mm за брушење у комад}$$

$$i = \frac{d_0}{a} + (1 \div 2)$$



12. Израда озубљења

12.1 Израда зупчаника са правим зупцима

(Главно време или време ефективног резања)

12.1.1 Израде зупчаника модулим глодалом

$$t_g = \frac{l + l_1 + l_2}{n \cdot s} i = \frac{l + l_1 + l_2}{s'} \cdot z \quad \text{min}$$

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

$l_1 = \sqrt{h(D-h)} + (1 \div 2)$ mm – улаз

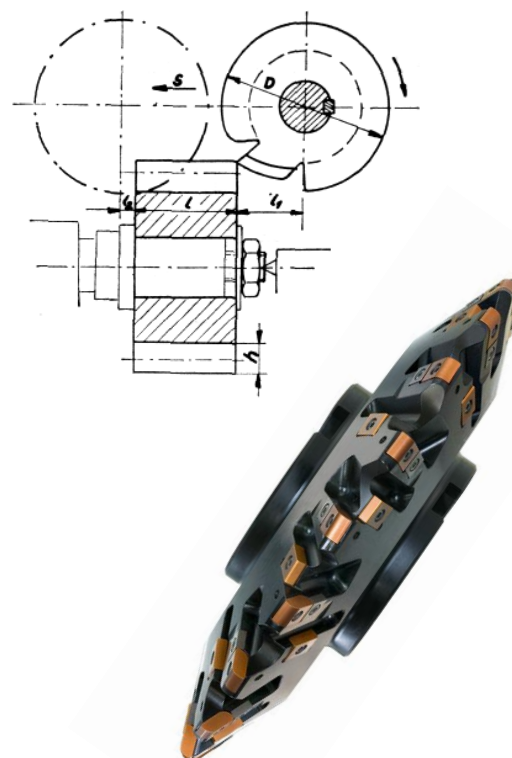
$l_2 = (2 \div 5)$ mm/min – излаз

s – посмак mm/obr

v – брзина резања m/min

$n = \frac{1000 \cdot v}{D \cdot \pi}$ - obr/min број обртаја

z – број зуба зупчаника



12.1.2 Израда зупчаника помичним одвалним глодалом

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

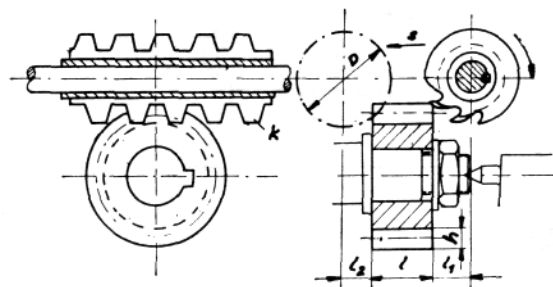
$l_1 = (1.2 \div 1.3) \sqrt{h(D-h)}$ mm

$l_2 = (2 \div 5)$ mm

s – посмак по једном обртају зупчаника ,
mm/obr

z – број зуба зупчаника – израдка

k_v – војност глодала



12.1.3 Израда зупчаника утискивањем

$$t_g = \frac{(l+10) \cdot z}{s_1 \cdot z_u \cdot n_u} \cdot \frac{h}{s} \quad \text{s (min)}$$

z_u – број зуба утискивача

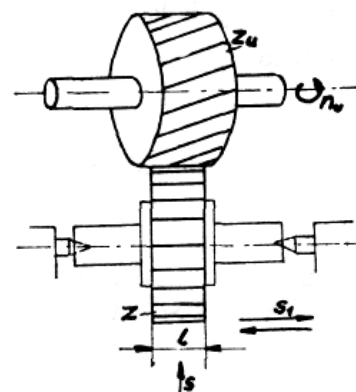
n_u – број обртаја утискивача s^{-1}

z – број зуба зупчаника

h – висина зуба, mm

s – посмак стола

s'_1 – хоризонтални посмак стола у mm/obr



12.1.4 Израда зупчаника вертикалним рендисањем округлим чешљем

12.1.4.1 Израда спољашњег озубљења

$$t_g = \frac{l+l_1+l_2}{n \cdot s} i = \left[\frac{h}{s \cdot n} + \frac{\pi \cdot z \cdot m}{s_1 \cdot n} \right] i \quad \text{min}$$

$l = h + d \cdot \pi = h + \pi \cdot z \cdot m \quad \text{mm}$

$l_1 = 0 + (0.5 \div 1) \quad \text{mm}$

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

z – број зуба зупчаника

m – модул, mm

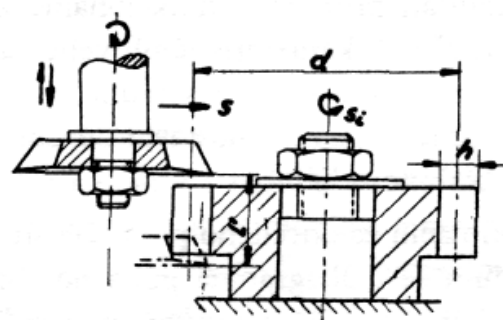
s – посмак алата mm/dv. ход алата

s_1 – кружни посмак израдка mm/dv. ход

i – број пролаза

n – obr/dv. ход

L' – дужина хода алата



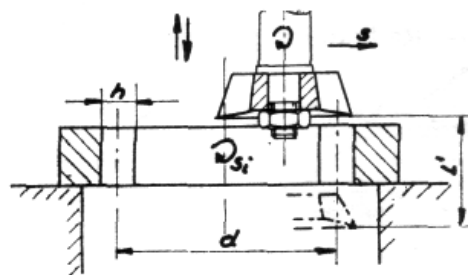
12.1.4.2 Израда унутрашњег озубљења

$$t_g = \frac{l + l_1 + l_2}{n \cdot s} i = \left[\frac{h}{s \cdot n} + \frac{\pi \cdot z \cdot m}{s_1 \cdot n} \right] i \quad \text{min}$$

$$l_1 = 0 + (0.5 \div 1) \quad \text{mm}$$

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

$$l = h + d \cdot \pi = h + \pi \cdot z \cdot m \quad \text{mm}$$



12.2 Израда конусних зупчаника

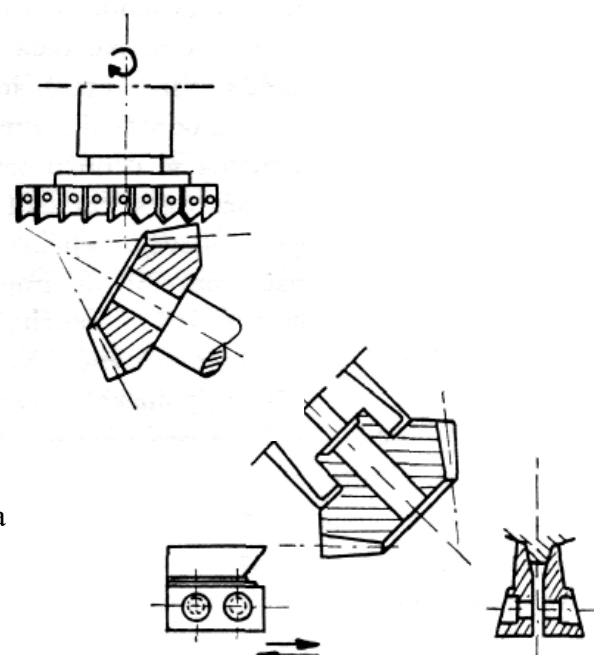
12.2.1 Израда конусних зупчаника са равним зупцима

$$t_g = \frac{t' \cdot z}{60} \quad \text{min}$$

t' – време израде једног зуба у секундама

зависно од типа радног система

z – број зуба израдка



12.2.2 Израда конусних зупчаника са спиралним зубима

$$t_g = \frac{t' \cdot z}{60} \quad \text{min}$$

t' – време израде једног зуба у секундама

12.3 Израда пужног точка

12.3.1 Израда пужног точка радијалним посмаком

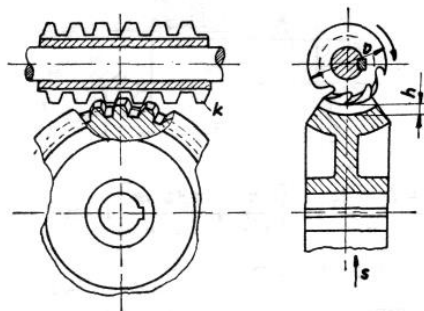
$$t_g = \frac{l + l_1 + l_2}{n \cdot s} i = \frac{3m \cdot z}{s \cdot n \cdot k} \quad \text{min}$$

$$l = h = 2.2m \quad \text{mm}$$

$$l_1 + l_2 = 0.8m \quad \text{mm}$$

m – модул

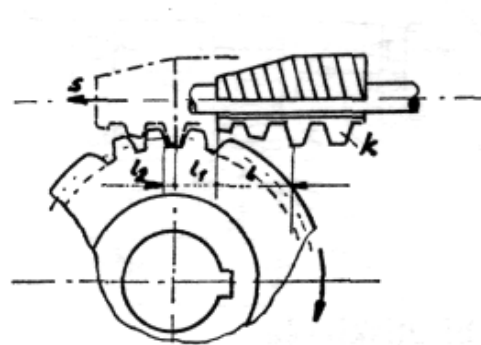
z – број зуба пужног точка



12.3.2 Израда пужног точка аксијалним посмаком

$$t_g = \frac{l + l_1 + l_2}{n \cdot s} i = \frac{2.94 \cdot m \sqrt{z} \cdot z}{s \cdot n \cdot k_v} \text{ min}$$

$$l + l_1 + l_2 = 2.94 \sqrt{z} \text{ mm}$$



13. Приказ Excel апликација за прорачун главног времена у процесима обраде резањем

У оквиру поглавља 13. Израђене су Excel апликације за прорачун неких од параметара обраде метала резањем. Примери апликација израђени су за:

- Обраду тестерисањем,
- Обраду рендисањем,
- Обраду стругањем,
- Обраду глодањем,
- Обраду брушењем и
- Израду озубљења.

Све апликације су израђене по истом принципу креирања једначина у Excelu. На примеру обраде ваљчастим глодалом биће обрађена сама израда програма. Параметри које уноси корисник су следећи: l_1 , l_2 , B , s' , v , a . На основу ових параметара рачунају се дужина обрађене површине, посмак, број пролаза и број окретања глодала и главно време обраде. Ћелије у којима се налазе параметри за прорачун су A1, A2, A3, A4, A5, A6, A7 и A8, док су ћелије у којима се добијају тражени подаци B1, B2, B3, B4 и B5.

$$B1=(A1+A2+A3)*B4/B2*B3$$

$$B2=1000*A4/A5*PI$$

$$B3=A5*A6$$

$$B4=A7/A8, \text{ где } B1 \text{ представља главно време.}$$

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

l – дужина обрађиване површине

$l_1 = 0.5(D - \sqrt{D^2 - B^2}) + (1 \div 2) \text{ mm}$ – улаз

$l_2 = (2 \div 5) \text{ mm}$ – излаз

B – ширина обрађиване површине

d_0 – додатак за скидање mm

$s' = s \cdot n \text{ mm/min}$ – помак

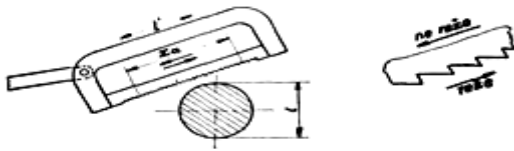
s – посмак mm/o

$n = \frac{1000v}{D \cdot \pi} \text{ s}^{-1}$ – број окретања глодала

v – брзине резања m/s

$i = \frac{d_0}{a}$ – број пролаза

a – дубина резања mm

Обрада тестерисањем (сечење)			
			
Параметри обраде			
посмак	$s =$	0.10	mm/dupli hod testere
брзина резања	$v =$	20.00	m/min
димензија обрађиваног дела	$l =$	50.00	mm
улаз	$l_1 = (0 \div 3),$	1.50	mm
излаз	$l_2 = (2 \div 5)$	3.50	mm
дужина хода тестере	$L =$	55.00	mm
број двоструких ходава	$n =$	3.03	s^{-1}
помак у минути	$s' =$	18.18	mm/min
главно време обраде	$t_g =$	0.78	min

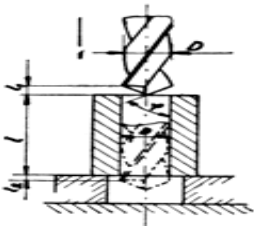
Табела 13.1 Апликација за рачунање главног времена у обради тестерисањем (сечењем)

Обрада рендисањем(рендисање хоризонталних равни)			
			
Параметри обраде			
посмак	$s =$	0.15	mm/dupli hod
дубина струготине	$a =$	1.00	mm
додатак за скидање	$d_o =$	2.00	mm
средња брзина резања	$v =$	20.00	m/min
ширина обрађиваног дела	$l = B$	50.00	mm
радијални улаз	$l_1 = \frac{a}{\tan \phi} + (0.5 \div 2)$	2.56	mm
радијални излаз	$l_2 = (2-5)$	2.50	mm
дужина обрађиваног дела	$l' =$	80.00	mm
прилаз алата	$p_1 = (2-5)$	3.00	mm
излаз алата	$p_2 = (2-5)$	3.00	mm
радијална дужина пута алата	$L =$	55.06	mm
број пролаза	$i =$	2.00	mm
дужина хода алата	$L' =$	86.00	mm
број двоструких ходова	$n =$	77.52	duplih hodova/min
главно време обраде	$t_g =$	9.47	min

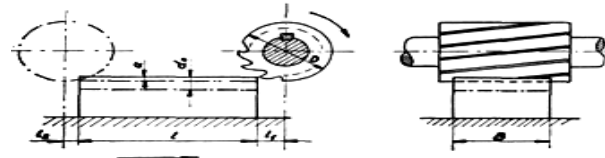
Табела 13.2 Апликација за рачунање главног времена у обради рендисањем (хоризонталне равни)

Обрада стругањем (спољашње стругање на пролаз)			
			
Параметри обраде			
посмак	$s =$	0.20	mm/o
дубина резања	$a =$	1.00	mm
додатак за обраду	$\delta =$	2.00	mm
брзина резања	$v =$	120.00	m/min
нападни угао	$\alpha =$	30.00	°
дужина обрађиваног дела	$l =$	80.00	mm
обрађивани пречник	$D =$	100.00	mm
излаз алата	$l_2 = (1 \div 5)$	2.00	mm
прилаз алата	$l_1 = \frac{\alpha}{\tan x} + (0.5 \div 2)$	2.56	mm
дужина пута алата	$L =$	84.56	mm
број пролаза	$i =$	2.00	mm
број обртаја	$n =$	382.17	o/min
главно време обраде	$t_g =$	2.21	min

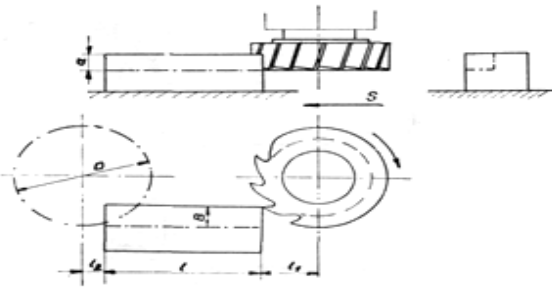
Табела 13.3 Апликација за рачунање главног времена у обради стругањем (спољашње стругање на пролаз)

Обрада бушењем(бушење на пролаз у пун материјал)			
			
Параметри обраде			
посмак	$s =$	0.10	mm/okr
половина угла врха алата	$\varphi =$	59.00	°
брзина резања	$v =$	25.00	m/min
дубина бушења	$l =$	30.00	mm
пречник бушења	$D =$	6.00	mm
излаз	$l_1 = \frac{D}{2} \operatorname{ctg} \varphi + (0.5 \div 2)$	5.66	mm
улаз	$l_2 = (1 \div 5)$	2.00	mm
дужина пута алата	$L =$	37.66	mm
број обртаја	$n =$	1326.96	o/min
главно време обраде	$t_g =$	0.28	min

Табела 13.4 Апликација за рачунање главног времена у обради бушењем (бушење на пролаз у пун материјал)

Обрада глодањем (ваљчастим глодалом)			
			
Параметри обраде			
посмак по зубу	$s =$	0.05	mm/зуб
дубина резања	$a =$	1	mm
додатак за обраду	$\delta =$	2	mm
брзина резања	$v =$	60	m/s
дужина обрађиване површине	$l =$	90.00	mm
пречник глодала	$D =$	80.00	mm
број зуба	$z =$	18.00	
излаз	$l_2 = (2 \div 5)$	3.00	mm
улаз	$l_1 = \sqrt{a(D-a)} + (1 \div 2)$	9.89	mm
помак	$s' =$	214.97	mm/min
дужина пута алата	$L =$	102.89	mm
број пролаза	$i =$	2.00	mm
број обртаја глодала	$n =$	238.85	s^{-1} (obr/min)
главно време обраде	$t_g =$	0.96	min

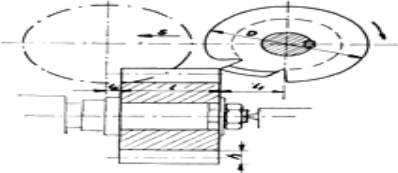
Табела 13.5 Апликација за рачунање главног времена у обради глодањем (ваљчастим глодалом)

Обрада глодањем (вртенатим и чеоним глодалом)			
			
Параметри обраде			
посмак по зубу	$s =$	0.06	mm/zub
дубина резања	$a =$	2	mm
додатак за обраду	$\delta =$	10	mm
брзина резања	$v =$	80	m/s
дужина обрађиване површине	$l =$	90.00	mm
пречник глодала	$D =$	50.00	mm
број зуба	$z =$	6.00	
излаз	$l_2 = (2 \div 5)$	3.00	mm
улаз	$l_1 = \sqrt{a(D-a)} + (1 \div 2)$	10.80	mm
помак	$s' =$	183.44	mm/min
дужина пута алата	$L =$	103.80	mm
број пролаза	$i =$	5.00	mm
број обртаја глодала	$n =$	509.55	(obr/min)
главно време обраде	$t_g =$	2.83	min

Табела 13.6 Апликација за рачунање главног времена у обради глодањем (вртенасти и чеоним глодалом)

Обрада брушењем (спољашње-аксијално)			
			
Параметри обраде			
аксијални посмак грубог брушења	$sg = (0.25-0.6)B$	5	mm/o
аксијални посмак финог брушења	$sf = (0.1-0.2)B$	2	mm/o
дубина брушења - груба обрада	$ag = (0.02-0.05)$	0.03	mm
дубина брушења - фина обрада	$af = (0.005-0.01)$	0.005	mm
додатак за обраду	$\delta =$	0.3	mm
брзина резања	$v =$	35	m/s
дужина обрађиване површине	$l =$	85.00	mm
ширина брусне плоче	$B =$	20.00	mm
пречник брусне плоче	$D =$	350.00	mm
пречник обрађивање површине	$d =$	50.00	mm
прилаз	$e =$	2.00	mm
коэффициент трошења брусне плоче	$k = (1.2-1.7)$	1.50	mm
број обртаја предмета обраде - груба	$nrg =$	80.00	o/min
број обртаја предмета обраде - фина	$nrf =$	180.00	o/min
дужина брушења	$L =$	107.00	mm
број пролаза - груба обрада	$ig =$	8.00	mm
број пролаза - фина обрада	$if =$	12.00	mm
број обртаја	$n =$	1910.83	obr/min
главно време с помаком на ход стола	$t_{gg} =$	3.21	min
главно време с помаком на два хода стола	$t_{gf} =$	5.35	min
укупно главно време	$t_g =$	8.56	min

Табела 13.7 Апликација за рачунање главног времена у обради брушењем (спољашње-аксијално)

Обрада озубљења (са правим зупцима)			
			
Параметри обраде			
посмак	$s =$	0.19	mm/okr
средња брзина резања	$v =$	2.00	m/s
обрађивани пречник	$D =$	120.00	mm
висина зуба	$h =$	6.00	mm
број зуба зупчаника	$Z =$	100.00	
дужина обрађиване површине	$l =$	82.00	mm
излаз	$l_2 = (2 \div 5)$	3.50	mm
улаз	$l_1 = \sqrt{h(D-h)} + (1 \div 2)$	26.17	mm
дужина пута алата	$L =$	111.67	mm
број обртаја	$n =$	5.31	s^{-1} (obr/min)
главно време обраде	$t_g =$	1134.88	s (min)

Табела 13.8 Апликација за рачунање главног времена у обради озубљења (са правим зупцима)

14. Закључак

На основу свега поменутог можемо закључити следеће :

Обрада је процес промене облика предмета под дејством алата.

Алат је предмет који директно делује на обрадак и мења му облик. То је предмет који врши обраду.

Прибор је предмет, група предмета или уређај, који помаже процесу обраде материјала али не врши обраду.

Припремак је предмет (материјал) који се спрема за обрађивање.

Обрадак је предмет на коме се врши процес обраде.

Израдак је готов, израђен, предмет.

Главно кретање је кретање обратка или алата при коме се скида струготина.

Помоћно кретање помаже обради али је не врши, то је обично повратно кретање алата на почетни положај и сл.

Сви алати за ову обраду раде на принципу дејства клина.

Физичку основу обраде метала стругањем струготине чини резање метала клинастим сечивом различитих облика при чему се одвајају честице метала стварајући на тај начин струготину.

Ту спада обрада метала, тестером, бушењем, брушењем, глодањем, рендисањем, стругањем, израда навоја итд.

На основу одређених параметара у апликацији Excel креиране су табеле за прорачун обраде метала резањем (*тестерисање, рендисање, стругање, бушење, глодање, озубљење*). На основу параметара рачунају се: дужина обрађене површине, посмак, број пролаза и број окретања глодала и главно време обраде.

15. Литература

- [1] **Лазих, М., Богдан Н, Слободан М** - Технологија обраде метала резањем- избор режима обраде, *Машински факултет, Крагујевац, 2002.*
- [2] **Винко Г., Фердо В.,** - Пројектовање технолошких процеса- оптимизација режима и времена обраде, *Загреб 1990.*
- [3] **Недић, Б., Тадић, Б.,** Обрада метала резањем, прорачун елемената режима обраде, Збирка задатака, скрипта, *Машински факултет, Крагујевац, 2000.*
- [4] **Ивковић Б.,** Обрада метала резањем, *Југословенско друштво за трибологију, Крагујевац, 1994.*
- [5] **Недић, Б., Лазих, М.,** Производне технологије, Обрада метала резањем,-предавања, скрипта, *Машински факултет, Крагујевац, 2007.*
- [6] **Сандвик-** проспекти и приручници
- [7] **Калајџић М., Тановић Љ.,** и др., Технологија обраде резањем, Приручник, *Машински факултет, Београд, 1998.*
- [8] **Лазих М.,** Обрада метала резањем, збирка решених задатака, *Машински факултет, Крагујевац, 1982.*
- [9] **Лазих М.,** Технологија обраде метала резањем, уџбеник, *Машински факултет, Крагујевац, 2002.*
- [10] **Недић Б., Тадић Б.,** Обрада метала резањем, прорачун елемената режима обраде, збирка решених задатака, скрипта, *Машински факултет, Крагујевац, 2000.*
- [11] **Станковић П.,** Машинска обрада – обрада метала резањем, *Грађевинска књига, Београд, 1981.*