

Факултет инжењерских наука

Универзитета у Крагујевцу



Назив студијског програма: Машинско инжењерство

Ниво студија: Основне академске студије

Модул: Машинске конструкције и механизације

Предмет: Основи конструисања

Број индекса: 8/2012

Никола Д. Дамњановић

Обликовање делова добијених машинском обрадом

завршни рад

Комисија за преглед и одбрану:

1. проф. др Ненад Марјановић - ментор

2. _____ Датум одбране: _____

3. _____ Оцена: _____

Резиме

„Обликовање делова добијених машинском обрадом“ треба да прикаже и објасни принципе обликовања машинских делова намењених за дању обраду резањем и разлоге за избор полазног сировог комада (пун материјал, одливак, отковак), све то у циљу обезбеђења захтева квалитета и тачности, тежећи де се смањи и олакша механичка обрада делова. Принципе обликовања машинских делова потребно је објаснити на примерима правилно и неправилно урађених комада са којима се срећу у пракси, а у зависности од машинске обраде која се примењује. Скуп принципа обликовања делова има за циљ да у сваком погледу олакша и појефтини производњу. У зависности од потребног начина обраде (стругање, глодање, бушење), приказани су принципи обликовања делова, јер сви принципи не могу важити за све начине обраде, а поједини принципи обликовања који су незаобилазни код неких начина обраде, за друге начине обраде су неприхватљиви.

Кључне речи: обликовање машинских делова, обрада метала резањем.

Abstract

„ Shaping machine parts “ processed by cutting, to show and ehplain the principles of designing machine parts intended for further processing, cutting, and the reasons for selecting the flow of raw pieces (filled with material) all in order to provide the required quality and accuracy, aiming to reduce and facilitate the machining of parts. Principles of designing machine parts it is necessary to explain the examples of correct and incorrect pieces performed encountered in practice, depending on the machining process that is applied. Forming parts of a set of principles is intended to facilitate in every way and cheaper production. Depending on the required method of processing (grinding, milling, grinding), presents the principles of design parts, because all the principles could apply to all methods of processing and some design principles thay are indispensable inn some ways of processing, for other ways of treatment are unacceptable.

Key words: shaping machine parts, mwtal cutting.

Садржај

1. Увод	5
2. Поступци обраде једносечним алатима	7
2.1. Стругање	7
Отпори резања код стругања.....	9
2.2 Хоризонтално и вертикално рендисање.....	10
Отпори резања код рендисања.....	12
3. Поступци обраде отвора	13
3.1 Бушење	13
3.2 Упуштање и проширивање.....	14
3.3 Развртање	15
4. Поступци обраде вишесечним алатима	16
4.1 Глодање	16
4.2 Провлачење.....	19
4.3 Тестерисање	21
4.4 Брушење	22
5. Правила обликовања делова обрађених површина.....	23
5.1 Избор полазног сировог комада.....	24
5.2 Довођење на исти ниво површине које се механички обрађују	25
5.3 Рашчлањивање делова сложеног облика	28
5.4 Предвидети канале за излаз алата при изради прелаза.....	29
5.5 Конструисати делове тако да тоцила могу да приђу до радне површине	31
5.6 Отворе треба бушити управно на равне површине	32
5.7 Отворе и рупе конструисати тако да буду управне или паралерне базним површинама.....	34
5.8 Треба избегавати бушење отвора на ивицама дела	36
5.9 Отворе ако конструкција омогућава треба да буду саосни.....	39
5.10 Саосне отворе треба бушити у истом пролазу и у истом спрезању алата.....	40
5.11 Површине које треба да су узајамно тачно обрађене обрадити их у истом стезању и у истом пролазу резног алата.....	41
5.12 При обради резањем треба водити рачуна о деформацијама услед силе резања	42
5.13 Смањити површине које се механички обрађују	43
5.14 Делове треба обликовати тако да се у што већој мери користе стандардни алати	43

5.15 При обради глодањем треба обезбедити излаз алата	45
5.16 Канали за клин морају бити свуда подједнако дубоки.....	46
5.17 На деловима кружног облика канале и отворе треба конструисати тако да се могу обрађивати по два у истом пролазу алата.....	47
5.18 При конструисању треба избегавати дубоке и уске канале	49
5.19 Када се слични детаљи понављају више пута (радијуси, конуси) треба да буду исти..	49
5.20 Конструисати делове тако да се обради што више површина у једном стезању.....	50
5.21 Поједноставити делове и омогућити израду више делова одједном	51
5. 22 Обезбедити адекватно стезање делова при обради.....	52
5.23 Обрађивати више површина у истој операцији	53
5.24 Приликом спајања површина бирати прелазе чија је израда јефтинија	54
5.25 Приликом обраде делова бирати операције са што краћом путањом алата.....	54
5.26 Пожељно је избегавати ограничене унутрашње просторе.....	55
5.27 Смањити обим рада у обради стругањем и повећати уштеду материјала.....	56
5.28 Избегавати ударно оптерећење алата приликом обраде стругањем	57
5.29 Омогућити израду појединих делова без бочног оптерећења алата	58
Закључак.....	59
Литература	60

1. Увод

Вечина металних делова који се уграђују у различите машине и уређаје свој коначан облик најчешће добијају поступцима обраде резањем, тако да је од свих технологија у производном машинству управо ова технологија и најважнија. Главна карактеристика поступака резањем је да се обрада врши одвајањем струготине захваљујући дјејству алата дефинисане или недефинисане резне геометрије (облика резног клина) или пак одвајањем ситних, микронских честица захваљујући дјејству разлићитих физичко-хемијских процеса. Овакав опсег различитих обрада условљен је пре свега, захтевима производње делова веће тачности мера и облика, као и квалитета обрађене површине који се другим поступцима (поступци ливења, синтеровања, обраде деформацијом и т.д.) тешко, или уопште не могу постићи. С друге стране, поступци обраде резањем су у појединачној и малосериској производњи практично незамењиви и представљају, једини могући економски исплатив начин производње. Подела поступака обраде резањем извршена је према механизмима, односно врстама процеса којим се остварује скидање материјала. Две су главне групације поступака: конвенционални и неконвенционални поступци са три главне групе:

Прва група – поступци обраде код којих се на рачун механичког деловања резног клина алата врши скидање материјала. При томе алати могу бити дефинисане резне геометрије (једносечни и вишесечни алати) и недефинисане резне геометрије (абразивни алати). Основна карактеристика поступака обраде резањем алатима дефинисане резне геометрије је дебљина (величина) струготине која се креће у границама од 0,025 до 2,5 , а поступака обраде алатима недефинисане резне геометрије од 0,0025 до 0,25 .

Друга група – поступци обраде код којих се скидање, или тачније, одношење материјала остварује на рачун механизма који се базирају на различитим физичко-хемијским процесима. Развој ових поступака обраде условљен је, пре свега, појавом нових конструкционих материјала који се веома тешко, или се уопште не могу одрађивати конвенционалним поступцима обраде резањем.

Трећа група – поступци обраде који по природи представљају комбинацију механизма механичког деловања алата и физичко-хемијских процеса, дакле, комбинацију прве и друге групе поступака обраде. Карактеристика вечине ових поступака је да у њима доминира један процес – основни процес, а други процес служи за побољшавања деловања основног процеса – допунски процес. Оваквим поступцима се управо на рачун комбиновања постиже већа производност, побољшава квалитет и тачност обраде и омогућава обраду материјала који се уопште не могу обрађивати поступцима прве групе и овај поступак обраде друге групе је знатно скупљи од претходна два поступка обраде.

Подела поступака обраде резањем је подељена с обзиром на механизам процеса који се остварује скидањем материјала.

Међутим, пошто технологија као научна дисциплина обухвата осим материјалних и нематеријалне процесе (енергија и информације), па се разликују:

- Конвенционалне технологије
- Високе технологије
- Неконвенционалне технологије

Конвенционалне технологије су оне технологије обраде резањем које се остварују на класичним, конвенционалним алатним машинама, тј., машинама које не садрже системе нумеричког управљања.

Високе технологије су оне технологије обраде резањем које се остварују на машинама са нумеричким управљањем и то од обичних машина са нумеричко управљање, преко CNC машина CIM система, односно CIM технологија (компјутерска интегрисана производња).

Неконвенционалне технологије су оне технологије у којима је одношење материјала засновано на физичко-хемијским процесима и за које је по јединици одношеног материјала потребно много више енергије него код поступака обраде резањем, односно обраде скидањем струготине.

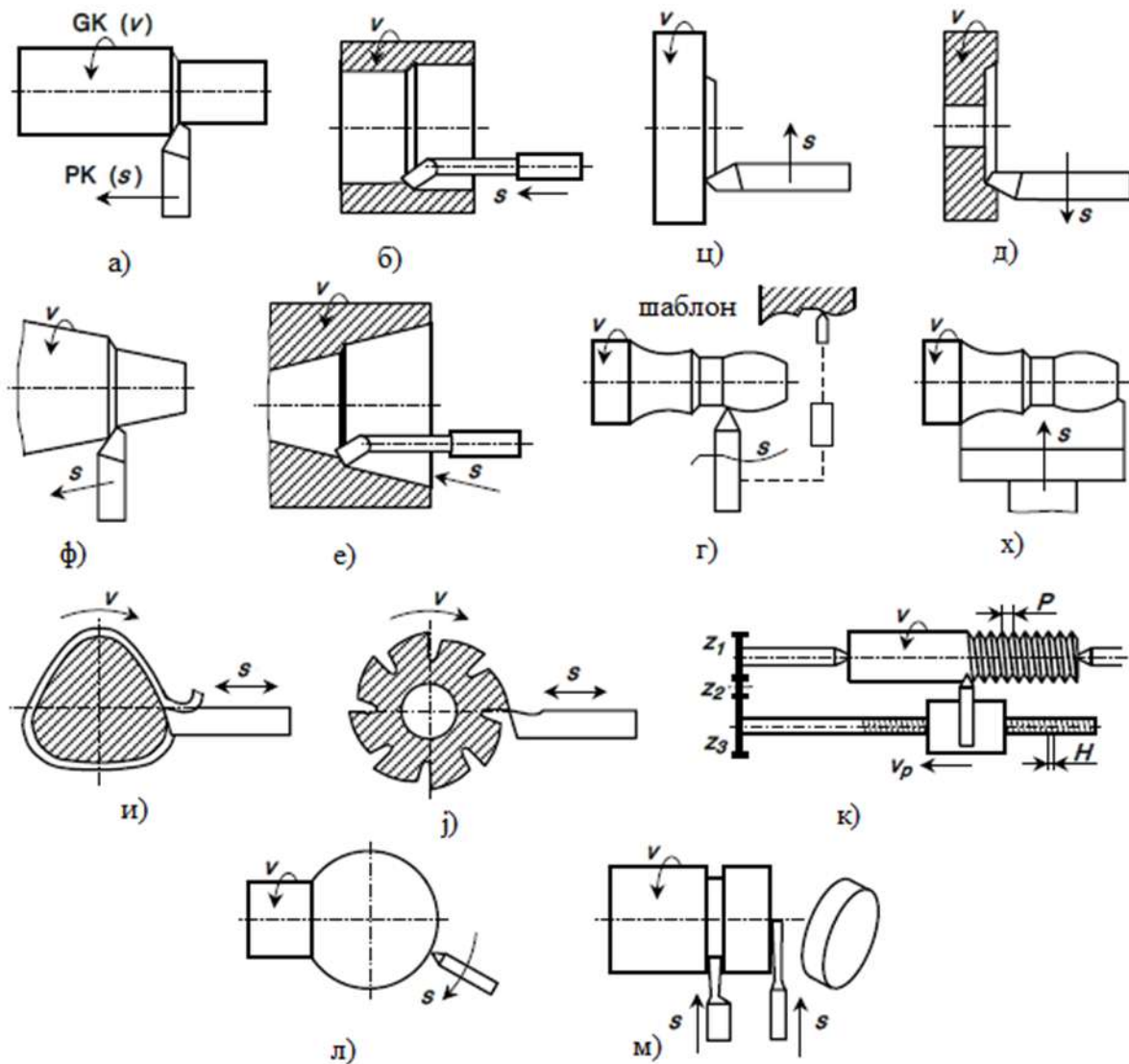
2. Поступци обраде једносечним алатима

Поступци обраде резањем једносечним алатима представљају поступке при којима алат има једну резну ивицу која може бити у захвату са обратком непрекидно или повремено. Ови алати се називају ножеви. У ове поступке спадају: стругање, вертикално и хоризонтално рендисање.

2.1. Стругање

Стругање је поступак обраде који се највише користи од свих конвенционалних поступака обраде. Стругањем се обрађују цилиндричне и чеоне површине делова. Због различитих операција стругањем, процењује се да око 40% укупне обраде резањем отпада управо на стругање. Главно кретање представља ротационо(обратно) кретање које остварује предмет обраде, а помоћно кретање остварује алата. Правац помочног кретања се дефинише према оси предмета обраде и може бити различито, што даје различите могућности стругања. Основне операције стругања могу бити: уздужно спољашње стругање, уздужно унутрашње, попречно спољашње, попречно унутрашње, конусно спољашње, конусно унутрашње, копирно, профилно, неокругло, леђно стругање, стругање навоја, стругање сферне површине, усецање и отсецање. При уздужном стругању правац помочног кретања је коаксијалан са осом предмета обраде, може бити спољашње и унутрашње. Код попречног или чеоног стругања правац помочног кретања је нормалан на осу предмета обраде и при овом стругању се обрађују равне (чеоне) површине предмета обраде. Конусно стругање или стругање конуса настаје када правац помочног кретања сече осу предмета обраде под неким углом и може бити спољашње и унутрашње. Овакав правац помочног кретања може се остварити на више начина. Најчешће а то је случај код вечине универзалних стругова, посмак за конусно стругање се обезбеђује закошењем правца кретања алата, и тада се добија комбинација истовременог уздужног и попречног кретања. Копирно стругање је када се врх алата креће по некој кривој линији која лежи у равни у којој такође лежи и оса предмета обраде, тада се добијају производи са сложеним цилиндричним површинама. На универзалним струговима брзина резања при копирном стругању је променљива, јер се померањем врха алата на различитим померањем предмета обраде мења и брзина резања. Међутим на CNC струговима осим што се програмом може дефинисати сложена путања врха алата, може се и континуално мењати број обртаја предмета обраде, где се може одржавати брзина резања константном. Ако алат има резну ивицу сложеног геометриског облика и ако се обрада са таквим алатом врши само, најчешће попречним или ређе уздужним померањем алата, тада се ради о профилном стругању. Специјални случај стругања је леђно стругање које је добило назив по обради леђних површина такозвано леђно стругање глодала. Код израде навоја једносечним алатима на стругу неопходно је да постоји константан однос између броја обртаја предмета обраде и помочног кретања алата. И то се обезбеђује директном кинематском везом између предмета обраде и завојног вретена које је у захвату са носачем алата. Обрада сферних површина се добија када врх алата врши кружно кретање, при чему радијус тог кружног кретања одговара радијусу сфере површине на предмету обраде.

Операција усецања и одсецања се раде са алатима много мања ширине у односу на висину са циљем скидања што мање количине материјала. Усецањем се израђују уски канали који служе за различите клинове, осигураче, а одсецањем се предмет обраде одваја од осталог дела шипкастог примпремка.



Слика 1. Операције стругања: а) уздужно попречно стругање, б) уздужно унутрашње, ц) попречно спољашње, д) попречно унутрашње, е) конусно спољашње, ф) конусно унутрашње, г) копирно, х) профилно, и) неокругло, ј) леђно стругање, к) стругање навоја, л) стругање сферне површи, м) усецање и одсецање

Отпори резања код стругања

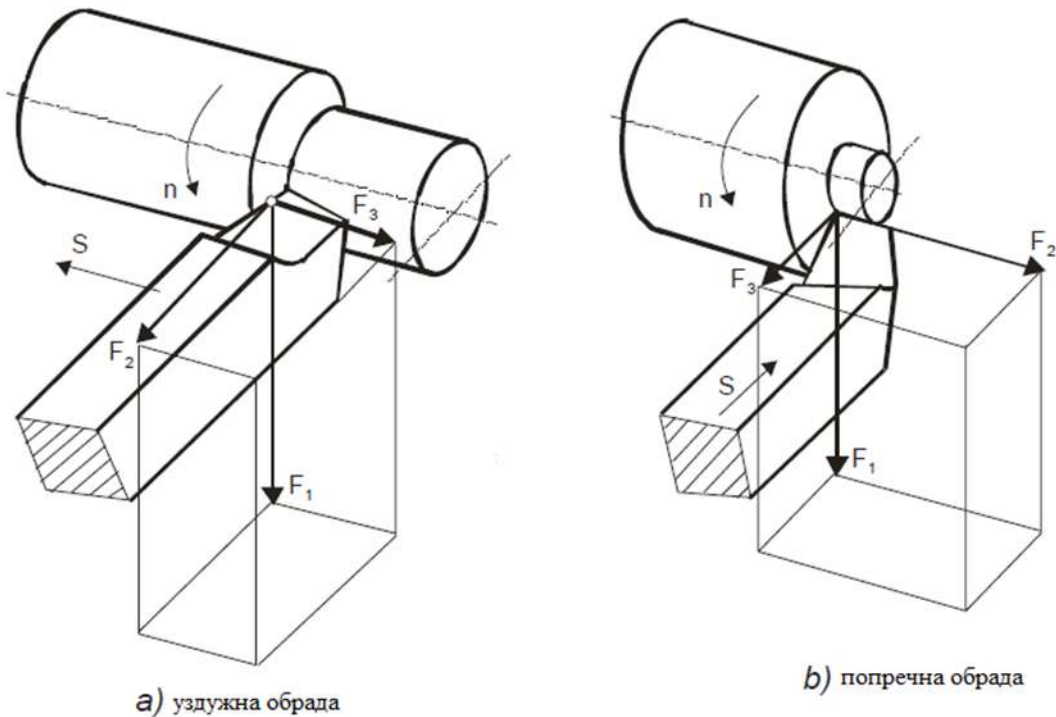
У процесу обраде метала стругањем постоје резултујући отпори резања F_R који се разлаже на три компоненте слика 2

* $F_1 = C_k \cdot a^{x_1} \cdot S^{y_1} [N]$ - главни отпор резања

* F_2 - отпор продирања и

* F_3 - отпор помоћног кретања

Где нам је резултујући отпор резања F_R једнак $F_R = \sqrt{F_1^2 + F_2^2 + F_3^2}$



Слика 2. Компоненте резултујућег отпора резања при уздужној и попречној обради

Отпори резања зависе од услова обраде, технолошких и геометријских параметара резања, геометрије алата итд. За оријентациони прорачун компоненти резултујућег отпора резања у обради стругањем најчешће се користе изрази облика:

$$F_i = C_{ki} \cdot a^{x_i} \cdot S^{y_i} \text{ и сила се изражава у } [N]$$

Где су:

C_{ki}, a^{x_i}, S^{y_i} - константа и експоненти отпора резањем

a - дубина резања и S - корак.

За тачније прорачуне отпора резања користе се сложенији проширени изрази или изрази у функцији дебљине (h), ширине резног слоја (b) и специфичног отпора резања:

$$F_i = K_{Si,1} \cdot b \cdot h^{1-z} \cdot K_\gamma \cdot K_\lambda \cdot K_a \cdot K_v \cdot K_{po} \cdot K_h \text{ и сила се изражава у } [N]$$

Где су:

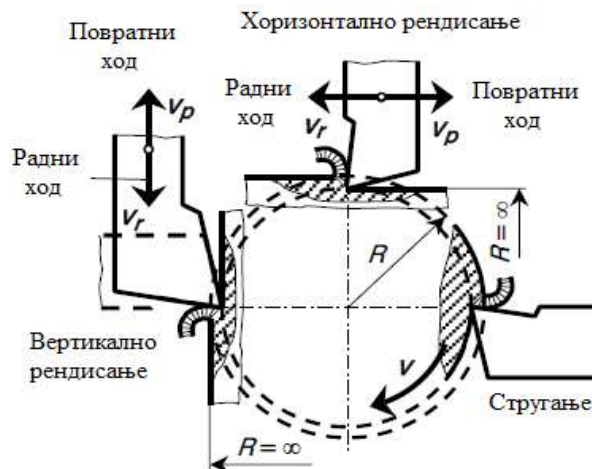
$K_{Si,1}$ - главне вредности специфичних отпора резања,

K_γ - фактор грудног угла, K_λ - фактор угла нагиба резне ивице, K_a - фактор материјала алата,

K_v - фактор брзине резања, K_{po} - фактор облика обрађене површине, K_h - фактор критеријума затупљења алата.

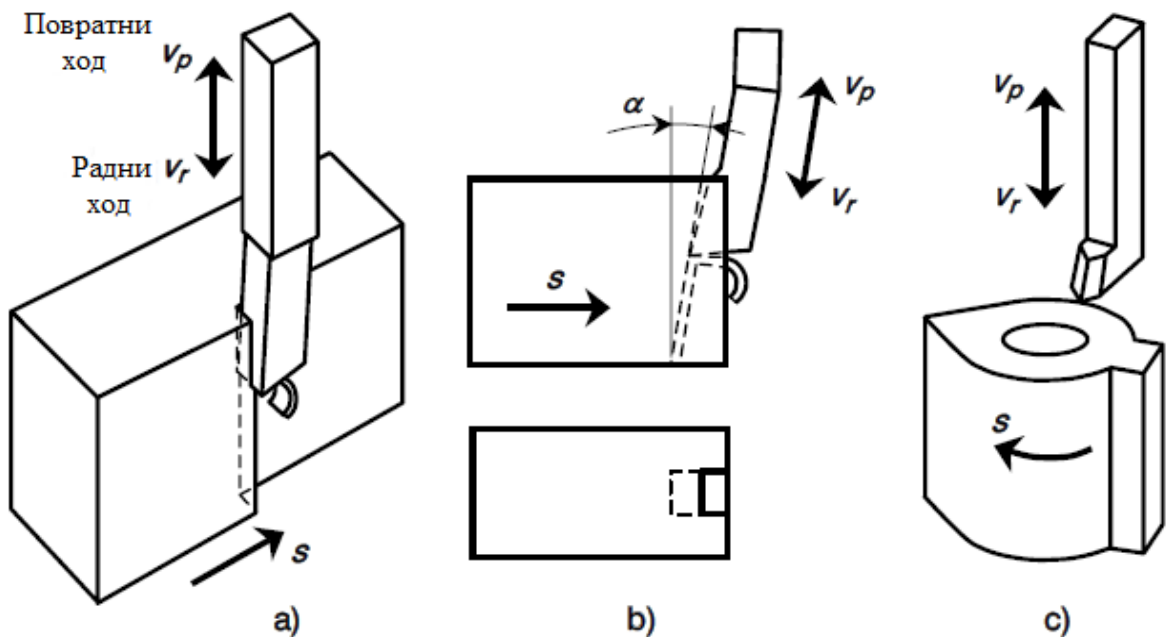
2.2 Хоризонтално и вертикално рендисање

У процесу настанка струготине рендисање представља поступке обраде идентичне стругању. Уствари рендисање представља специјални случај стругања када је померање предмета обраде бесконачно велико. Овде се ради о обради равних површина, не као што је случај код стругања где су биле у питању цилиндричне површине. Једина разлика је у континуитету резања, стругање је континуиран поступак обраде док је рендисање дисконтинуиран (прекидни) поступак. На слици 3 приказано је упоређивање главног и помоћног кретања стругања и вертикалног и хоризонталног рендисања. Рендисање представља поступак обраде при коме главно праволиниско кретање врши алат, а помоћно кретање врши предмет обраде. И главно праволиниско кретање састављено је од радног и повратног хода. Вертикално рендисање се може користити за израду унутрашњих и ваљчастих отвора и канала различитих облика.



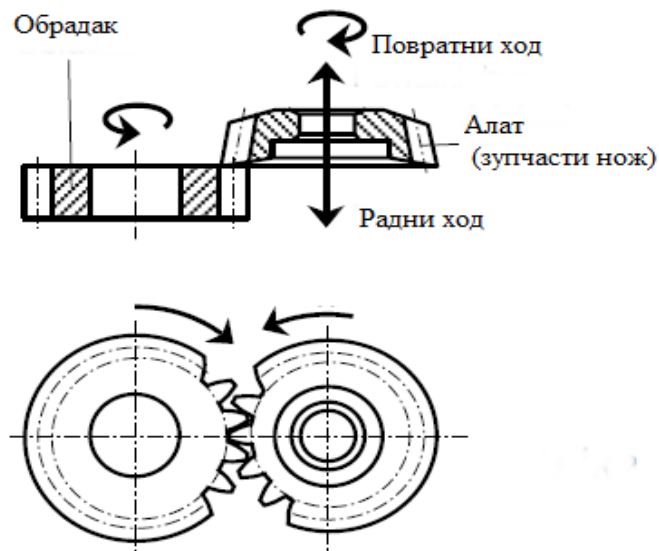
Слика 3. Главна и помоћна кретања при хоризонталном и вертикалном рендисању и упоређивање са стругањем

Машине за рендисање су рендисаљке, малих димензија и на њих се обрађују комади малих димензија. Рендисаљке су из конструктивног разлога мање јер механизам рендисаљке на коме се налази алат не може бити велике дужине да би се обезбедило тако велика праволиниско кретање алата. Вертикално рендисање, односно дубљење представља поступак обраде са широким операционим могућностима. На слици 4 а) приказана је операција обраде равних вертикалних површина вертикалним рендисањем. Косе површине се могу обрађивати закошењем правца кретања алата што се види на слици 4 б) или закошењем предмета обраде на радном столу. Ако се предмету обраде треба обезбедити кружно, или у општем случају криволиниско кретање, онда се вертикалним рендисањем могу обрађивати и површине сложеног облика као што је приказано на слици 4 ц).



Слика 4. Неке операције вертикалног рендисања

Посебна операција вертикалног рендисања је изада зупчаника. На слици 5 приказана је операција израде цилиндричних зупчаника са равним зубима методом такозваног релативног котрљања. Овде је нож за рендисање у облику зупчаника (зупчасти нож) који врши главно праволиниско кретање и уједно помоћно обртно кретање, док предмет обраде врши помоћно обртно кретање. И при истовременим обртањем алата и предмета обраде, алат израђује међузубља на предмету обраде, а сам поступак релативног кретања алата и предмета обраде претставља спрезање два зупчаника.



Слика 5. Операција израде зупчаника методом релативног котрљања вертикалног рендисања

Отпори резања код рендисања

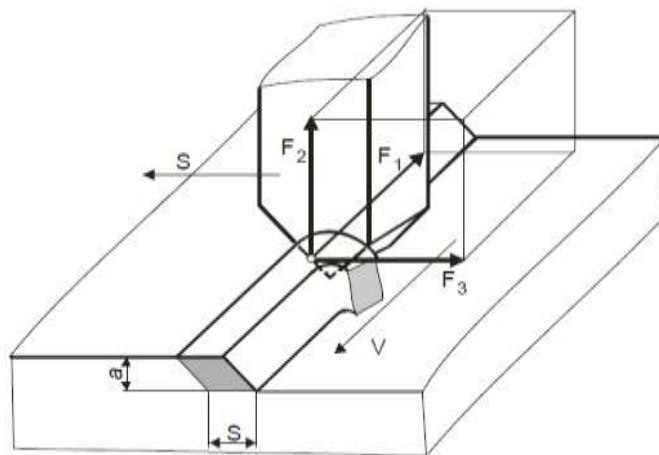
Као и у обради стругањем, резултујући отпор резања у обради рендисањем се може разложити на три компоненте:

* F_1 - главни отпор резања
$$F_1 = C_k \cdot a^{x_1} \cdot S^{y_1} [N]$$

* F_2 - отпор продирања и

* F_3 - отпор помоћног кретања

У коме су: C_k , x и y – константа и експоненти отпора резања, a , mm -дубина резања и S , mm/dh - корак.



Слика 6. Компоненте отпора резања

3. Поступци обраде отвора

Поступци обраде отвора представљају групу поступака којима се израђују пролазни и непролазни отвори различите тачности и квалитета обрађене површине. То су поступци обраде вишесечним алатима при чему свака резна ивица алата реже исту струготину. Постоје три главне групе поступака:

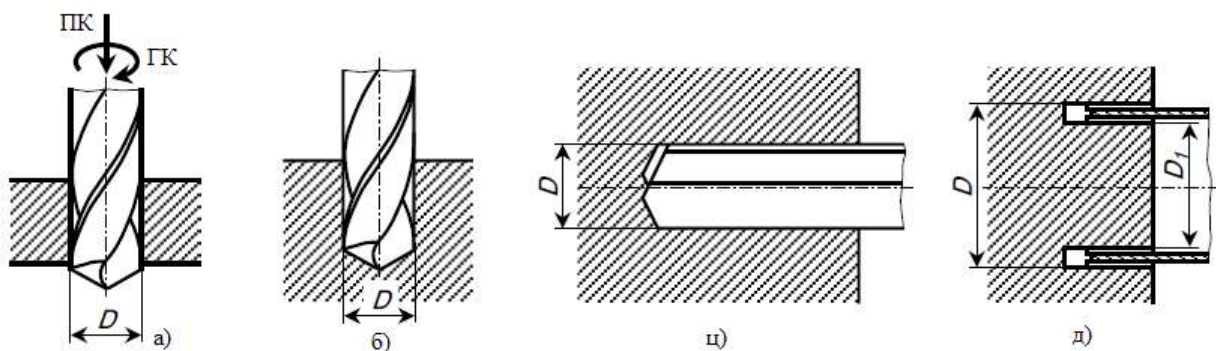
- Бушење
- Упуштање и проширивање
- Развртање

3.1 Бушење

Бушење је поступак којим се у пуном комаду, коришћењем одговарајућег алата – бургије, израђују пролазни и непролазни отвори. Бушење пролазног отвора завојом цилиндричном бургијом приказано је на слици 8 а), а на слици 8 б) бушење непролазног отвора завојном цилиндричном бургијом. Главно и помоћно кретање виши алат – бургија. Главно кретање представља обртно кретање алата, а помоћно кретање представља праволиниско кретање алата. Карактеристика бушења је да се у току обраде попречни пресек струготине не мења. Само променом посмака пре почетка обраде могуће је мењати пресек струготине. При класичном бушењу се не може постићи нарочита тачност отвора, нити квалитет обрађене површине. Класичним бушењем се назива бушење при коме дужина отвора не прелази од 5 до 8 померања бургије, из разлога што код прекорачења овог односа долази до отежаног одвођења струготине уздужним жлебовима на бургији (који служе за одвођење струготине из зоне резања).

Бушење дубоких отвора је поступак израде отвора са употребом посебних алата. На слици 8 ц) приказана је израда дубоког бушења употребом такозване топовске или вретенасте бургије. При дубоком бушењу топовском бургијом главно и помочно кретање као код класичног бушења врши алат.

Бушење са језгром слика 8 д) представља посебан поступак израде отвора при чему се коришћењем алата у облику цеви са формираним резним ивицама на ободу, врши исецање дела материјала у облику цилиндра. На тај начин се израђује отвор пречника D , а истовремено остаје језгро пречника D_1 . За бушење са језгром отвора мањих и средњих пречника користе се крунасте и цевасте бургије. Док за бушење вечих отвора са користе се специјалне бургије за дубоко бушење са језгром.



Слика 8. Основне врсте бушења

3.2 Упуштање и проширивање

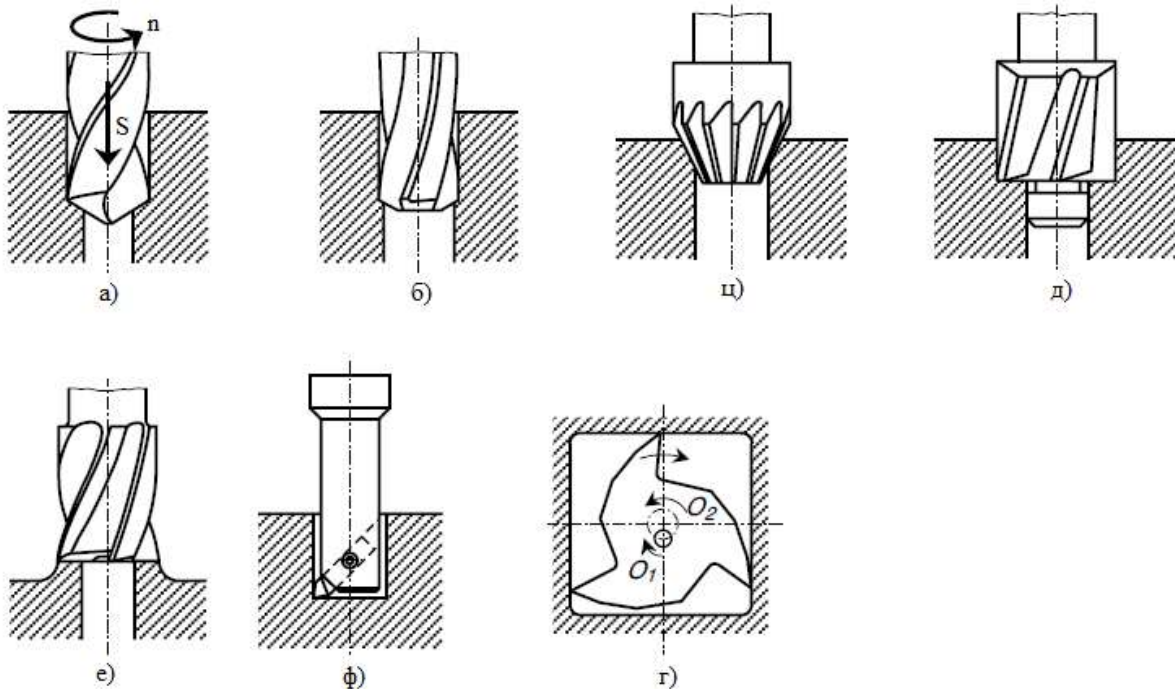
Упуштање и проширивање представља поступак обраде већ избушених отвора или отвора формираних ливењем или ковањем. Главно кретање представља обртно кретање алата, а помоћно аксијално померање такође врши алат. Проширивање представља операцију ширења већ избушеног отвора слика 9 а) и ако се као алат користи завојна бургија, тада се ради о такозваном грубом проширивању или разбушивању. Принцип који се у пракси често користи је бушење у пуни материјал, после чега следи једно или више проширивања са повећањем отвора за око 60% од претходног избушеног. Тако се на пример отвор $\varnothing 25\text{mm}$, прво буши бургијом $\varnothing 10\text{mm}$ затим проширује бургијом $\varnothing 16\text{mm}$ и коначно бургијом $\varnothing 25\text{mm}$.

Фино проширивање слика 9 б) је таква операција где се са посебним алтом – проширивачем претходно избушен отвор фино проширује с циљем добијања квалитета површине и тачности отвора. Као алат за фино проширивање користе се разне врсте проширивача; завојни, насадни, од брзорезног челика, од тврдог метала и тд. Слика 9 ц), д) и е) представљају операције упуштања отвора при чему се крајевима отвора дају другачији облици, на пример конусни слика 9 ц), степенасти слика 9 д). Такође упуштањем се могу обрађивати и насадне површине на отворима слика 9 е).

Операција проширивања и упуштања кориштењем једносечног упуштача (проширивача), слика 9 ф) може се сврстати и у унутрашње стругање, с обзиром да је алат једносечан и врло сличан стругарском ножу за унутрашњу обраду. Овде алат врши главно обртно кретање тако да се не може рећи да је унутрашње стругање у питању, јер код стругања обрадак врши главно обртно кретање.

Посебна операција упуштања с циљем промене облика отвора је обрада многоуглих отвора. На слици 9 г) приказана је обрада четвороугаоног отвора коришћењем специјалног алата. Алат у овом случају врши главно обртно кретање око своје осе O_1 а истовремено и кружно кретање по кружници O_2 . Смер обртања алата око своје осе мора бити супротан смеру кружног кретања његовог центра по кружници O_2 .

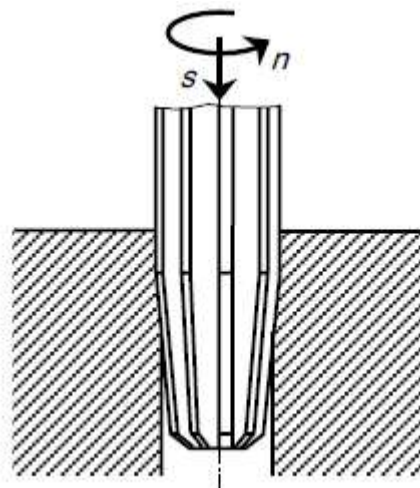
Упуштач (проширивач) који се користи за ову операцију је специјалног облика (мали углови резног клина, велики леђни углови и засечене леђне површине) и има за једну резну ивицу (зуб) мање него што отвор који се обрађује има страница.



Слика 9. Основне операције упуштања и проширивања

3.3 Развртање

Развртање представља поступак најфинијег ширења (проширивања) отвора који су претходно фино обрађени употребом проширивача. Развртањем се повећава тачност мера (димензија) отвора а истовремено се смањује храпавост обрађене површине. Обично се поступак развртања састоји од претходног и завршног развртања, а добија се квалитат обрађене површине N5 до N6 (са $R_a = 0,4$ до $0,8 \mu m$, односно $R_a = 2,5$ до $5,0 \mu m$). На слици 10 приказан је поступак развртања где нам главно – обртно и помоћно – праволиниско кретање врши алат. Алати за развртање се називају развртачи. При развртању се скида веома танки слој материјала (веома мала дубина резања) на рачун чега се постиже најбољи квалитет обраде.



Слика 10. Развертање

4. Поступци обраде вишесечним алатима

Поступци обраде вишесечним алатима представљају оне поступке код којих је алат вишесечан, дакле са више резних ивица, без обзира на карактер главног и помоћног кретања. Поступци обраде са вишесечним алатима имају најмање две а већином преко шест резних ивица, где се не реже са свим резним ивицама истовремено, него је у захвату са предметом обраде само одређен број резних ивица тако да је попречни пресек резног слоја материјала промењив у току захвата. Најчешће је у захвату мање од половине резних ивица.

Три су главне групе поступака обраде са вишесечним алатима:

- Глодање
- Провлачење
- Тестерисање

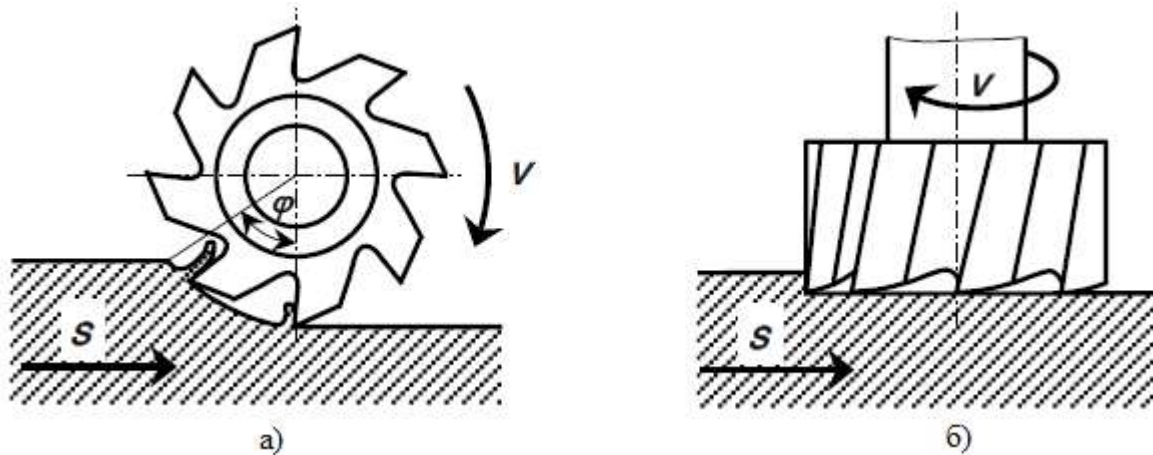
4.1 Глодање

Глодање је поступак обраде где алат – глодало врши главно обртно кретање а помоћно кретање може бити различито. Преволниско помоћно кретање у превцу све три координатне осе врши предмет обраде. Осим тога помоћно кретање може бити и комбиновано са ротационим (кружним) кретањем које такође врши обрадак.

Глодањем се обрађују делови са равним површинама, делови са сложеним просторним конфигурацијама, разни отвори и жљебови, зупчаници (конусни, цилиндрични, пужни) завојне површине различитог облика, спојни и унутрашњи навоји. Глодање је универзалан и веома продуктиван поступак тако са се у производној пракси после стругања највише користи.

С обзиром на карактер обраде као и положај осе глодала према површини која се обрађује, односно с обзиром на то да ли је глодало у контакту са предметом обраде претежно са ободном или чеоном страном, постоје два главна поступака глодања:

- Обимно глодање, слика 11 а)
- Чеоно глодање, слика 11 б)

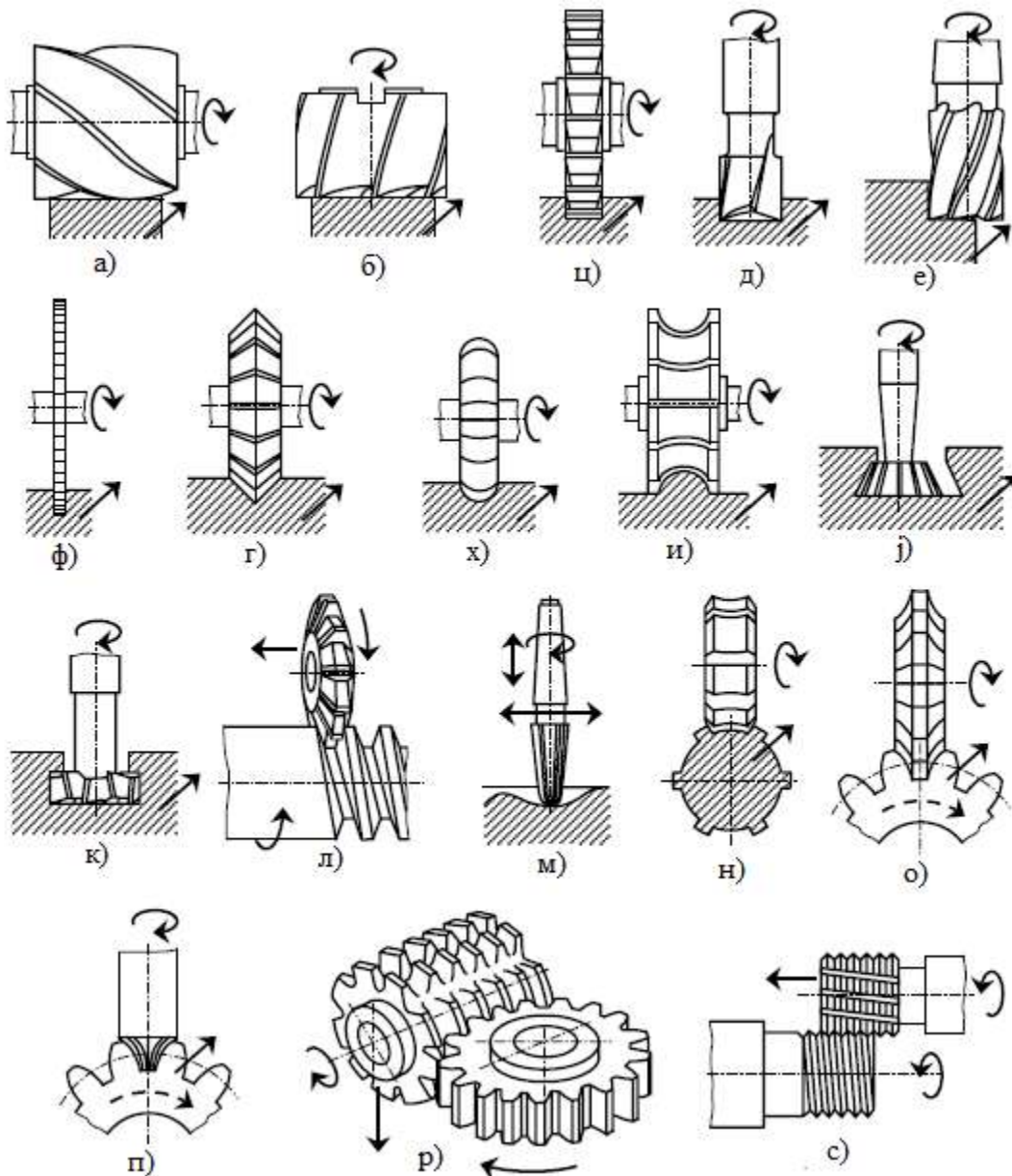


Слика 11. Обимно и чеоно глодање

Обимно глодање је такав поступак глодања где алат (глодало) који има резне ивице по ободу врши главно обртно кретање, а предмет обраде праволинијско помоћно кретање. Чеоно глодање је такав поступак глодања где глодало има најчешће резне ивице по ободу и врши главно обртно кретање при чему оса глодања заклапа угао близак 90° са обрађиваном површином. И у овом случају предмет обраде врши помоћно праволинијско кретање. Из ова два поступака глодања развијен је читав низ операција глодања. Неке најважније операције глодања су на слици 12 и то:

- Обрада равних површина ваљчастим глодалом, слика 12 а)
- Обрада равних површина чеоним ваљчастим глодалом, слика 12 б)
- Израда жљебова, канала котурастим глодалом, слика 12 ц)
- Израда жљебова, канала вретенастим дворезним глодалом, слика 12 д)
- Израда бочних усека вретенастим глодалом, слика 12 е)
- Обрада уских жљебова или одсецање тестерастим глодалом, слика 12 ф)
- Обрада жљебова призматичног облика попречног пресека угаоним котурастим глодалом, слика 12 г)
- Обрада жљебова профилног облика глодалом са конвексним профилем (испупчено глодало), слика 12 х)
- Обрада испупчења профилног облика глодалом са удубљеним профилем, слика 12 и)
- Обрада профила у облику ластиног репа вретенастим угаоним глодалом, слика 12 ј)
- Обрада Т-жљеба са вретенастим глодалом Т профила, слика 12 к)
- Обрада навоја и завојнице већих корака котурастим глодалом, слика 12 л)
- Копирно глодање сложених површина вретенастим глодалом са сфеним врхом, слика 12 м)
- Израда жљебова на вратилима котурастим профилним глодалом, слика 12 н)
- Израда цилиндричних зупчаника методом зуб-по-зуб котурастим модулним глодалом, слика 12 о)

- Израда цилиндричних зупчаника методом зуб-по-зуб вртенастим модулним глодалом, слика 12 п)
- Израда цилиндричних зупчаника методом релативног котрљања пужним одвалним глодалом, слика 12 р)
- Израда метричког унутрашњег навоја ваљчастим глодалом за навоје, слика 12 с)



Слика 12. Основне операције глодања

Према смеру међусобног кретања алата и предмета обраде разликују се два поступака обраде глодањем и то: истосмерно глодање и супротносмерно глодање. Код обраде истосмерног глодања смерови главног и помоћног кретања се поклапају, док код супротносмерног глодања то није случај.

Поред тога код истосмерног глодања дебљина струготине се мења до максималне вредности до нуле, а код супротносмерног од нуле до максималне вредности. С аспекта квалитета обраде разликују се производне операције: грубе обраде глодањем и фине обраде глодањем.

4.2 Провлачење

Провлачење је поступак обраде при коме алат – провлакч има велики број зуба при чему су најчешће од један до пет зуба, а ређе и до осам зуба, истовремено у захвату са предметом обраде. Алат за провлачење спада у групу специјалних алата, због своје сложености, тачности израде и других специфичности.

Производне операције обраде провлачењем се разврставају на две групе и то производне операције:

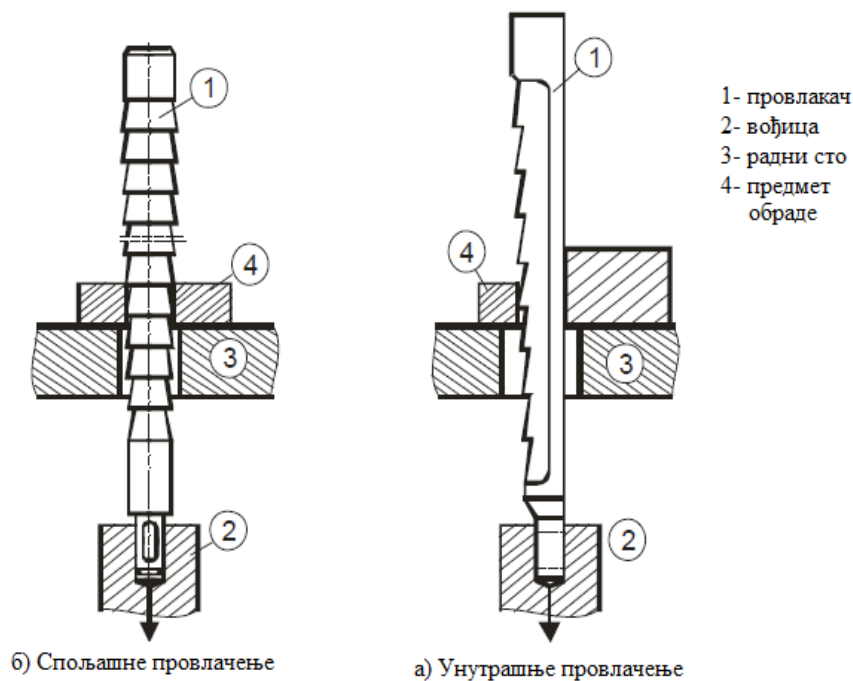
- Унутрашњег провлачења и
- Спољашњег провлачења

У производну операцију унутрашњег провлачења слика 13 а) претходно се израђује цилиндрични отвор (бушењем, стругањем и слично), у циљу обезбеђења правилног вођења алата и стварања услова за коначно обликовање отвора провлачењем. Кретање провлакача кроз отвор обезбеђује се обликовање отвора у складу са профилем резних елемената алата (формирање отвора високе тачности и квалитета, различитог облика – кружни, троугаони, квадратни) Производне операције спољашњег провлачења су операције обраде површина различите конфигурације применом вишеделних алата за провлачење слика 13 б).

Два основна поступка провлачења су са:

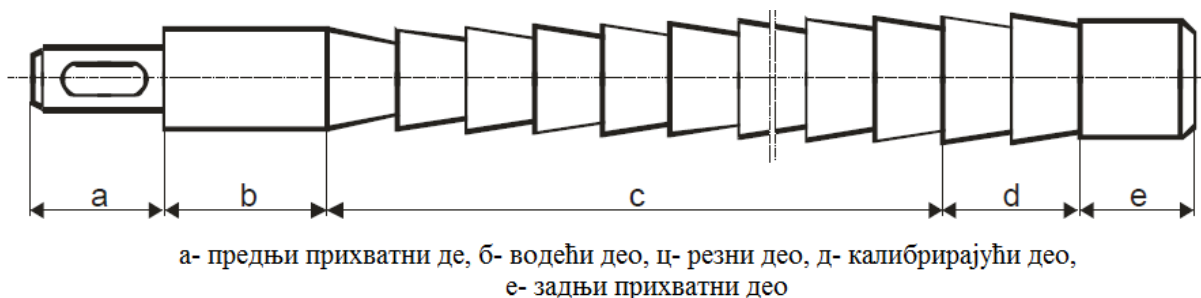
- Дубинским примицањем и
- Бочним примицањем

Код спољашњег провлачења са дубинским примицањем алати обезбеђују постепено обликовање профила по дубини, док код бочног примицања обликовање се постепено одвија по ширини.



Слика 13. Принципијелна шема обраде провлачењем

Провлакачи са унутрашњим провлачењем слика 14 се најчешће израђују као интегрални алати од брзорезног челика. Састоје се од пет карактеристичних делова: предњег прихватног дела, водећег дела, резног дела, калибрирајућег дела и задњег прихватног дела.



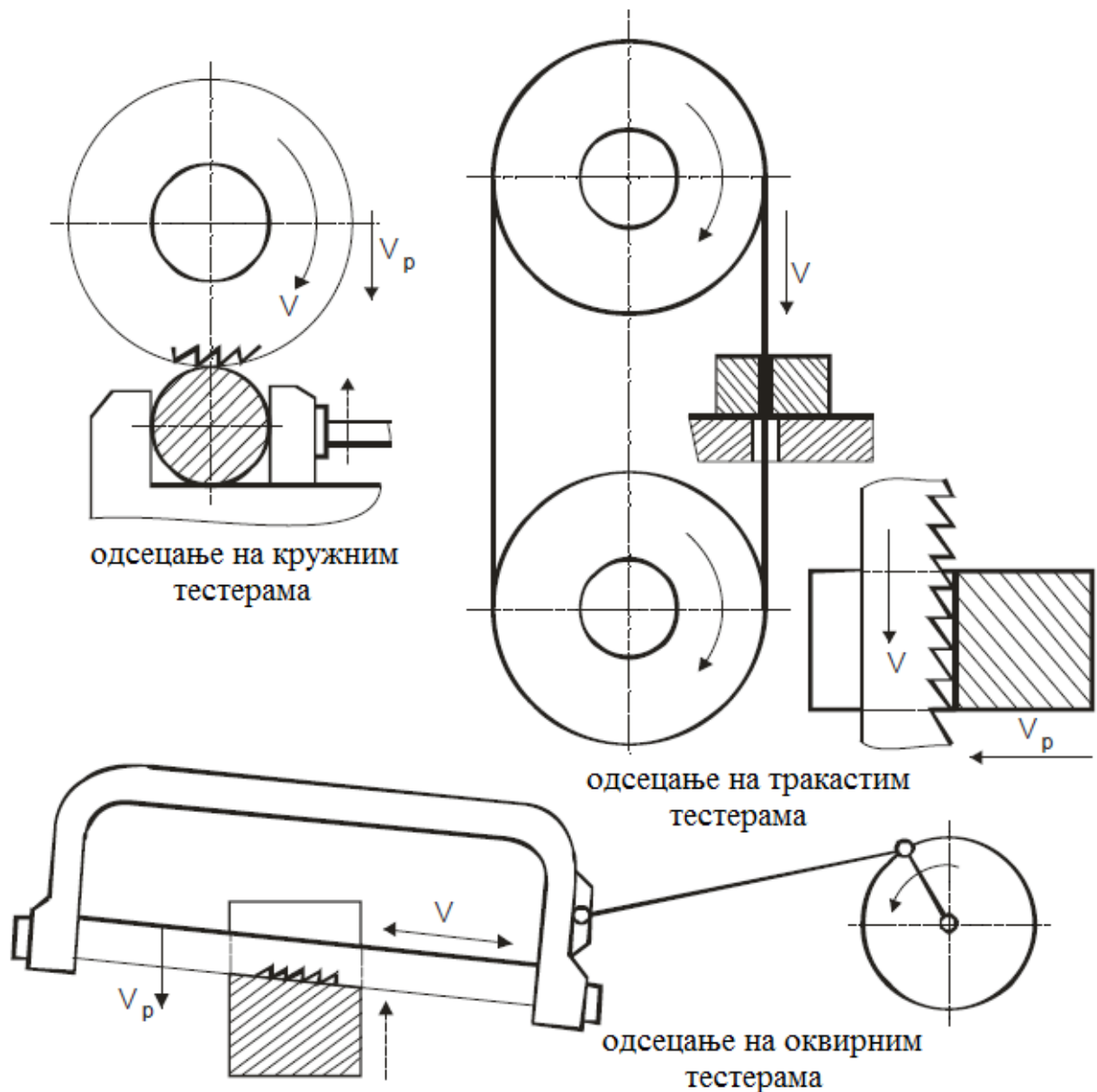
Слика 14. Провлакач за унутрашње провлачење

Провлакачи за спољашње провлачење се израђују од брзорезних челика или са сегментима од тврдог метала. Провлакачи од брзорезног челика, израђени интегрално или са сегментима, се могу оплеменити и превлакама. По конструкцији су знатно сложенији од провлакача за унутрашње провлачење и састоје се од више сегмената, намењених обради појединих делова контуре предмета обраде. Сегменти се састоје од резног дела са зубима за грубу и фину обраду и монтирају се на основну плочу. С обзиром да су алати за провлачење доста компликовани и веома скупи, па се провлачење користи само у сервиској и масовној производњи. Карактеристика провлачења је велика тачност израде. Оно што такође карактерише овај поступак обраде је уједначеност квалитета израде што је веома важно с аспекта одржавања квалитета производње.

4.3 Тестерисање

Обрада тестерисање слика 15 се користи првенствено за реализацију производних операција одсецања (сечења) материјала, исто тако може да се користи и за извођење операција исецања и усецања. Према основним кретањима алата и предмета обраде, као и типу машине за обраду тестерисањем, разликују се поступци обраде на:

- Кружним
- Тракастим и
- Оквирним тестерама

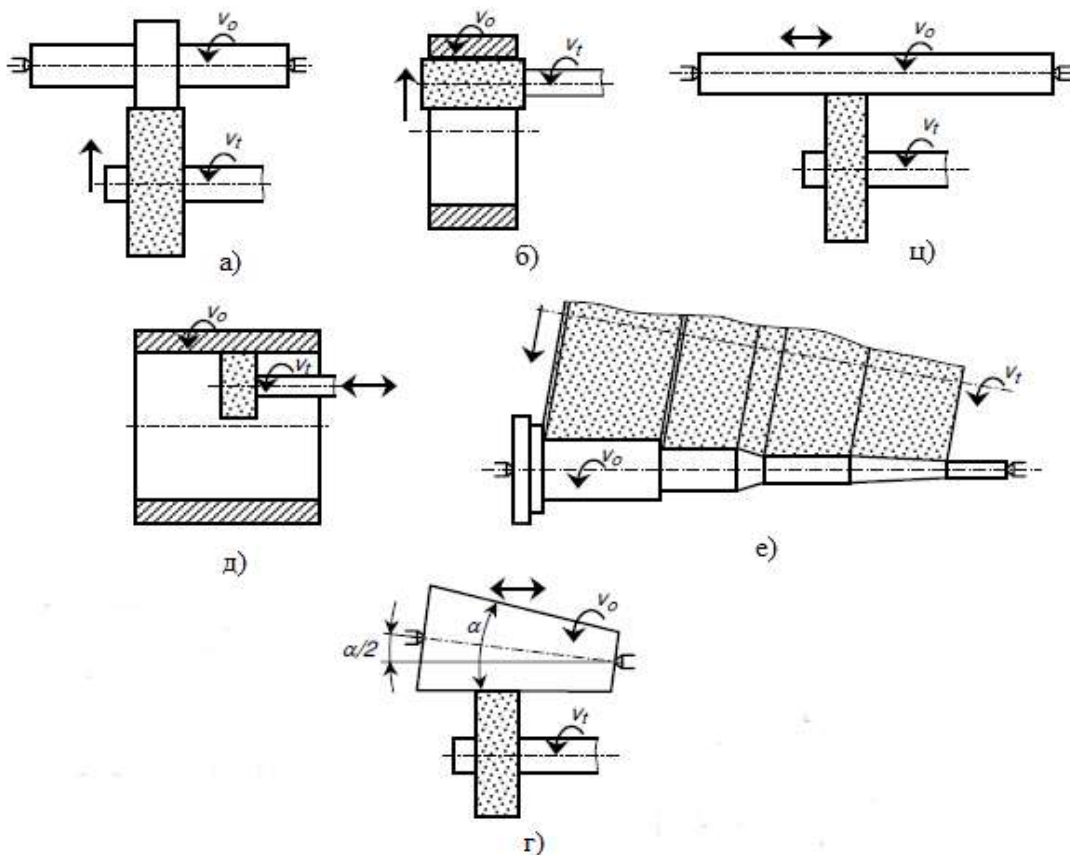


Слика 15. Основни типови обраде на тестерама

Код обраде на кружним тестерама алат изводи главно обртно кретање и помоћно праволиниско кретање. При обради на тракастим тестерама алат изводи главно кретање брзином резања V , а предмет обраде помоћно праволиниско кретање брзином V_p . У обради тестерисањем на оквирним тестерама алат изводи главно праволиниско осцилаторно кретање брзином V и помоћно праволиниско кретање брзином V_p . Посебну групу производних операција обраде тестерисањем чине и операције исецања различитих контура, копирног сечења и слично. Основни алат у обради тестерисањем су тестераста глодала, тракасте тестере и тракасти листови.

4.4 Брушење

Поступци обраде брушењем представљају поступке код којих главно, обртно кретање врши алат – брусно тоцило, док помоћно кретање којих може бити више могу бити праволиниска и обртна и њих врши предмет обраде. 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 уклања грешке настале услед топлотних деформација при термичкој обради. Распоред главног и помоћног кретања зависи од врсте производне операције и алата, као што се може видети на слици 16.



Слика 16. Поступци обимног брушења цилиндричних површина: а) спољашње попречно, б) унутрашње попречно, ц) спољашње уздужно, д) унутрашње уздужно, е) профилно спољашње, г) конусно спољашње

Основне производне операције брушења су:

- Кружно брушење
- Равно брушење
- Брушење без шиљака и
- Брушење сложених површина

Кружно брушење може бити спољашње, унутрашње и брушење чеоних површина. Равно брушење се може извести котурастим тоцилима или лончастим тоцилима. Брушење без шиљака је брушење код кога је предмет обраде наслоњен на подупирач и постављен између равног и водећег тоцила. Радно тоцило остврује процес обраде, а водеће вођење (обртање) предмета обраде. У производне операције брушења сложених површина спадају производне операције завршне обраде (у новије време и израде) навоја, зупчаника, брушења ожљебљених вратила, оштрења алата, сечења материјала и слично.

5. Правила обликовања делова обрађених површина

При конструисању делова чије се неке или све површине машински обрађују резањем потребно је обезбедити захтеве квалитета и тачности тежећи да се смањи или олакша обрада.

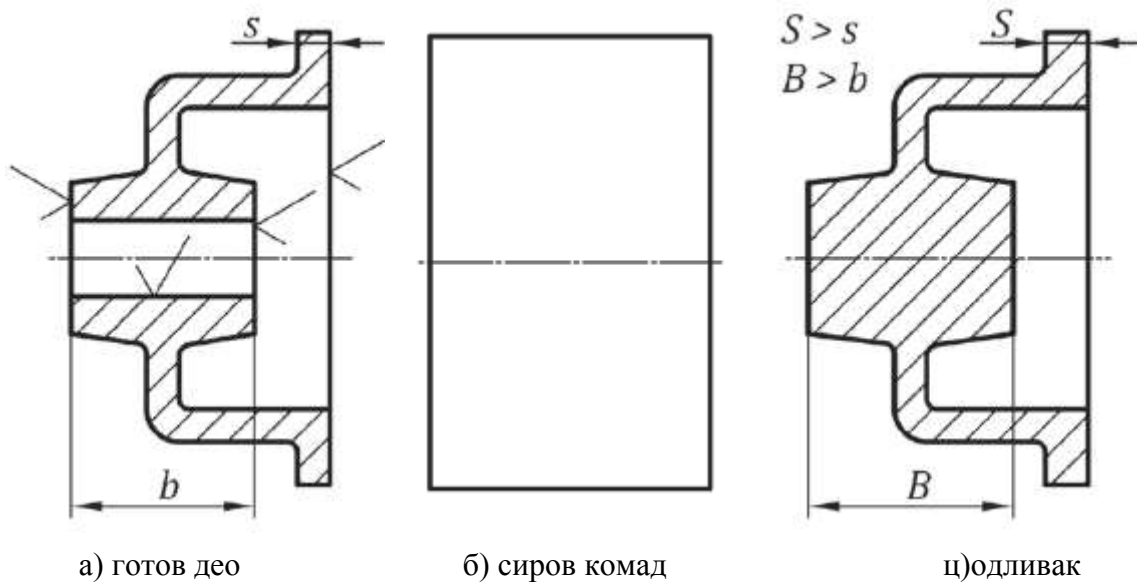
Основна правила обликовања делова су:

- Облик пролазног сировог комада треба да је што ближи облику обрађеног машинског дела,
- Машински обрађене површине треба истакнути у односу на необрађене и по могућству довести их на исти ниво,
- Делове сложеног облика треба рашчланити ради лакше машинске обраде,
- Потребно је предвидети канале за излаз ножа при изради спољашњих и унутрашњих прелаза,
- Делови чије површине потребно брусити треба да буду конструисани тако да тоцила могу да приђу до радне површине,
- Отворе треба бушити управно на равне површине,
- Отворе конструисати тако да буду управни или паралерни базним површинама,
- Саосне отворе треба бушити у истом пролазу и у истом спрезању алата,
- Отворе ако конструкција омогућава треба поставити тако да буду саосни,
- Треба избегавати бушење отвора на ивицама дела,
- При обради резањем треба водити рачуна о деформацијама комада услед силе резања,
- Смањити површине које се механички обрађују,
- Делове треба обликовати и пројектовати тако да се у што већој мери користи стандардни алат,
- На деловима кружног облика канале и отворе треба пројектовати тако да се могу обрађивати по два у истом пролазу алата,
- Приликом конструисању жљеба за клин треба се узети у обзир да ли жљеб може бити свуда подједнако дубок и да ли крајеви жљеба могу бити свуда исти,
- При конструисању треба избегавати дубоке и уске канале,
- Када се на делу постављају исти детаљи више пута (радијуси, конуси) треба да буду исти,

- Приликом конструисања делова треба омогућити да се обраде што више површине у једном спрезању,
- Обрађивати више површина у истој операцији
- Површине које треба да су узајамно тачно одређене обрадити их у истом стезању и у истом пролазу алата,
- Приликом спајања површина бирати прелазе чија је израда јефтинија,
- Приликом обраде делова бирати операције са што краћом путањом алата
- Пожељно је избегавати ограничене унутрашње просторе,
- Смањити обим рада у обради стругањем повећати уштеду материјала
- Избегавати ударно оптерећење алата приликом обраде дела стругањем,
- Омогућити израду појединих детаља на делу без бочног оптерећења алата.

5.1 Избор полазног сировог комада

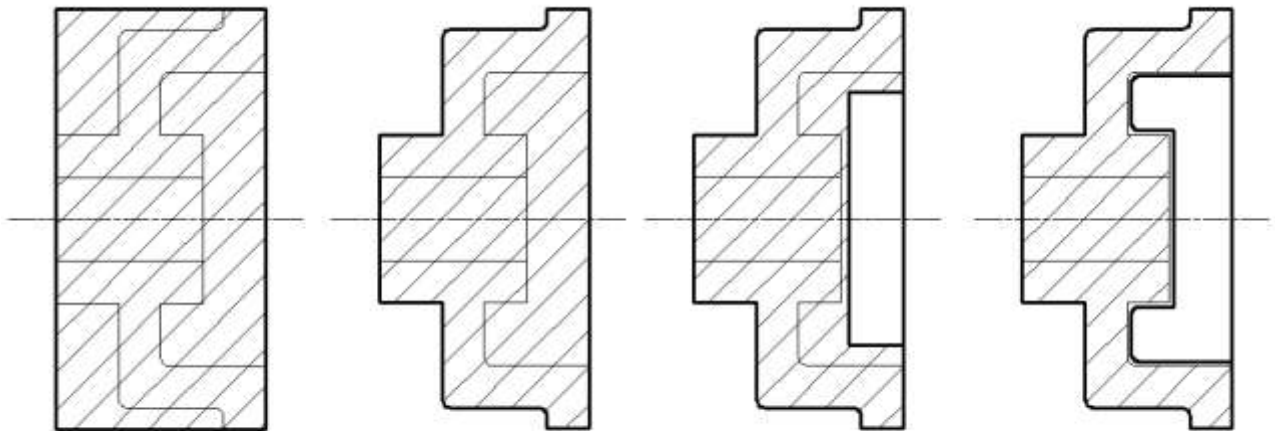
Да би се смањио обим потребне обраде резањем, погодно је облик сировог комада, који треба обрађивати, што више прилагодити облику готовог комада машинског дела, што се постиже примарним врстама израде. На слици 17 дате су две варијанте облика сировог комада, од којих је варијанта сировог комада у облику одливка много повољнија јер је тај облик прилагођен готовом комаду и разликује се од њега само у додацима за обраду резањем. Варијанта сировог комада у облику вањаног цилиндра непогодна је јер се захтева сувише обрада резањем ради добијана сложеног облика готовог комада.



Слика 17. Прилагођавање сировог комада облику готовог дела

Избор полазног сировог комада израђен ливењем или ковањем зависи од неколико услова. Основни услов је да ли је потребан део који је веће тврдоће или веће жилавости. Уколико део мора да трпи ударна оптерећења одлучује се за отковак јер је он жилавији. Ако је део изложен повећаном хабању, више одговара одливак као тврђи део. Веома важан услов за избор полазног материјала је и број комада који је потребан да се изради.

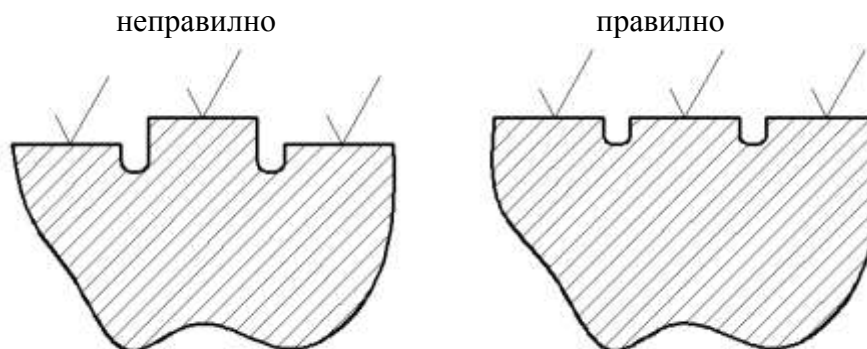
Ако је потребан мањи број комада да се изради маже као полазни материјал да се узме ваљани цилиндар, јер на неколико комада неможе да се значајно уштеди. Али зато ако је потребно неколико хиљада делова, тада се бира ливени део јер он даје најближи облик горовог дела. Ковани полазни материјал захтева израду скупих ковачких алата, нарочито ако се део мора радити у неколико фаза ковања, као што је на слици 18. Ако се узима као полазни материјал отковак мора се вршити пажљив прорачун, јер у цену готовог дела улази и цена ковања. Облик самог дела такође утиче на избор полазног сировог комада јер се неки делови могу изградити ливењем, а ковањем врло тешко или се уопште немогу изградити.



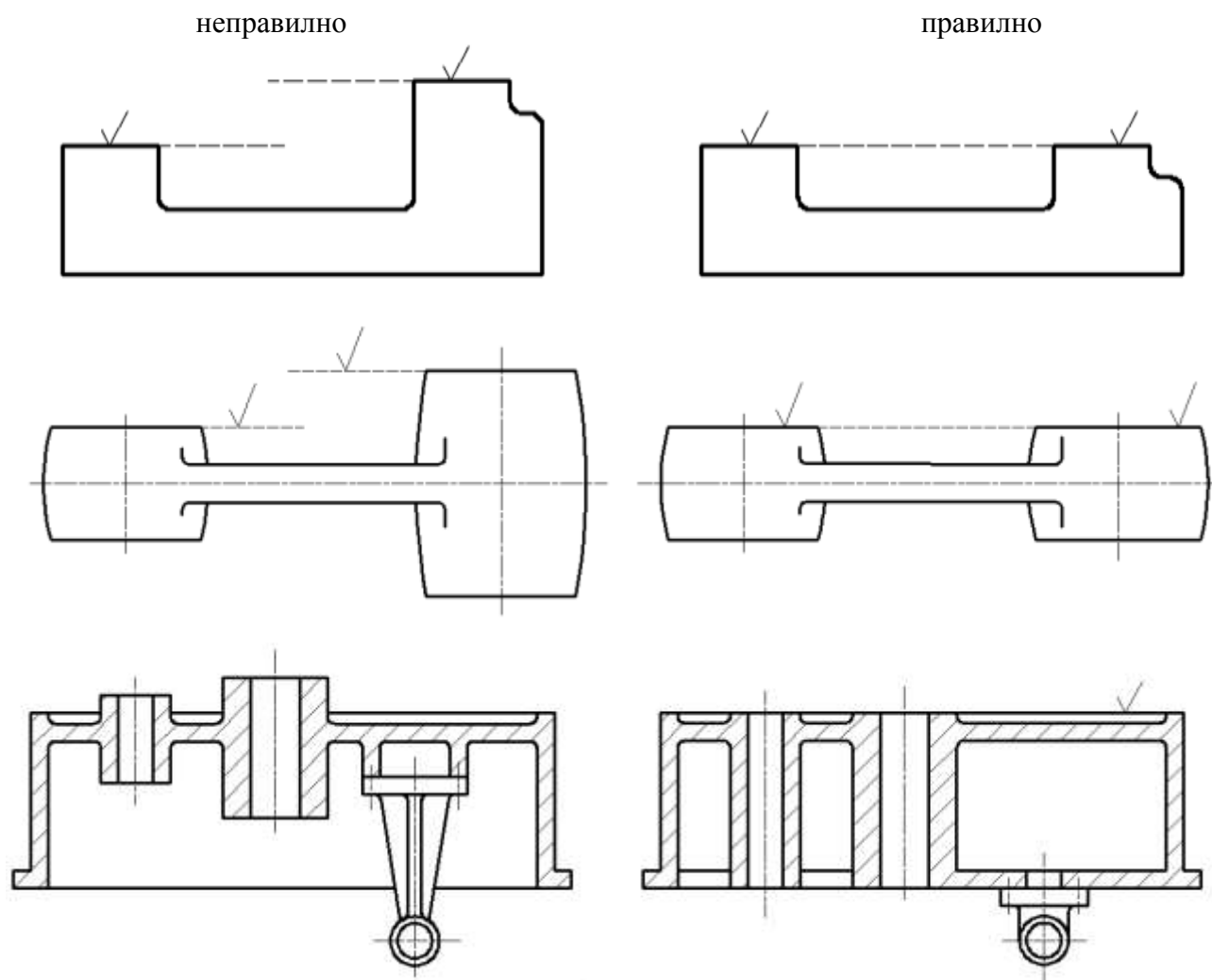
Слика 18. Отковак

5.2 Довођење на исти ниво површине које се механички обрађују

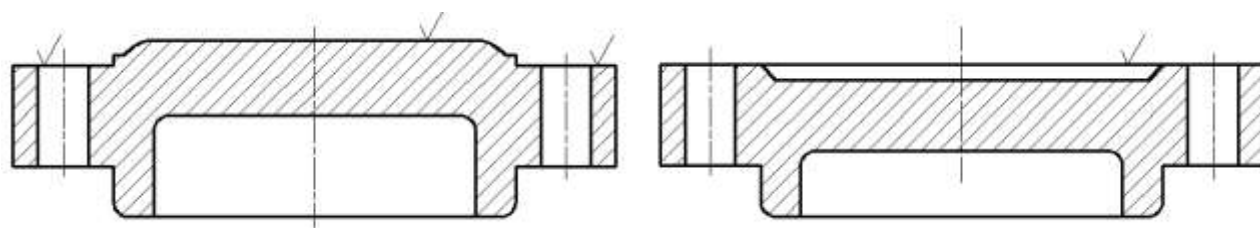
Површине које треба обрадити резањем треба да буду истакнуте у односу на површине које се не обређују да резни алат не би захватио и материјал који не треба резати. Погодно је да те истакнуте површине буду у истој равни, јер се тако омогућава израда у истом пролазу резног алата, што је приказано на слици 19 и 20.



Слика 19. Положај површина за обраду у једној равни

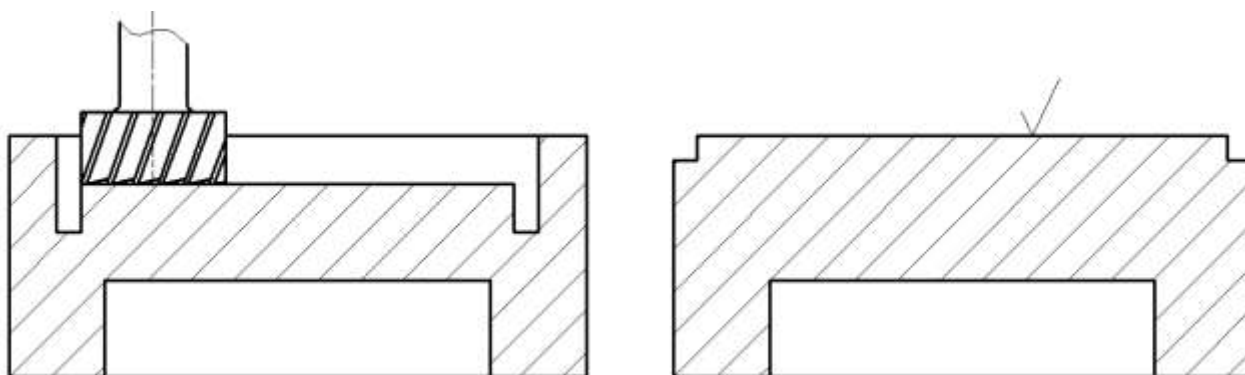


Слика 20. *Површина за обраду у истој равни*



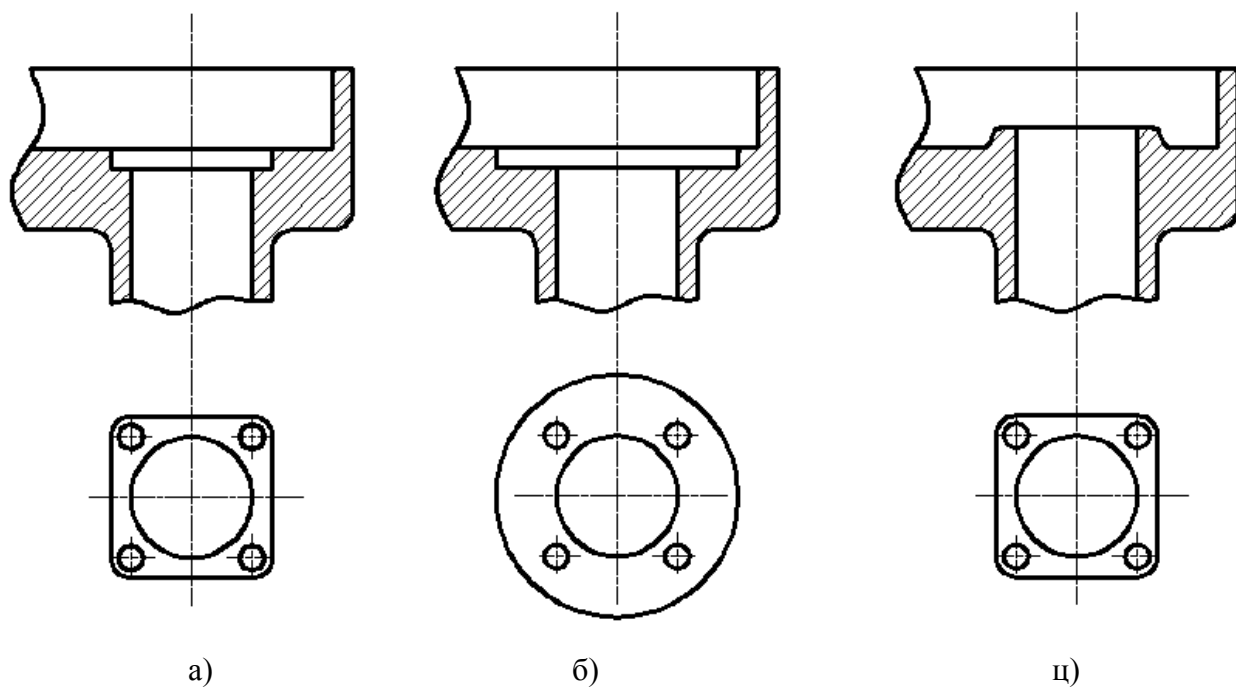
Слика 21. *Обрада поклопца у истој равни*

Не препоручује се глодање удубљене површине слика 22 јер се у том случају операција може извести само чеоним глодалом, и глодалима мањег пречника од најмањег радијуса. Површине се тада морају обрађивати из неколико пролаза. Таква операција дуго траје и добија се површина велике храпавости.



Слика 22. Истакнуте површине за обраду

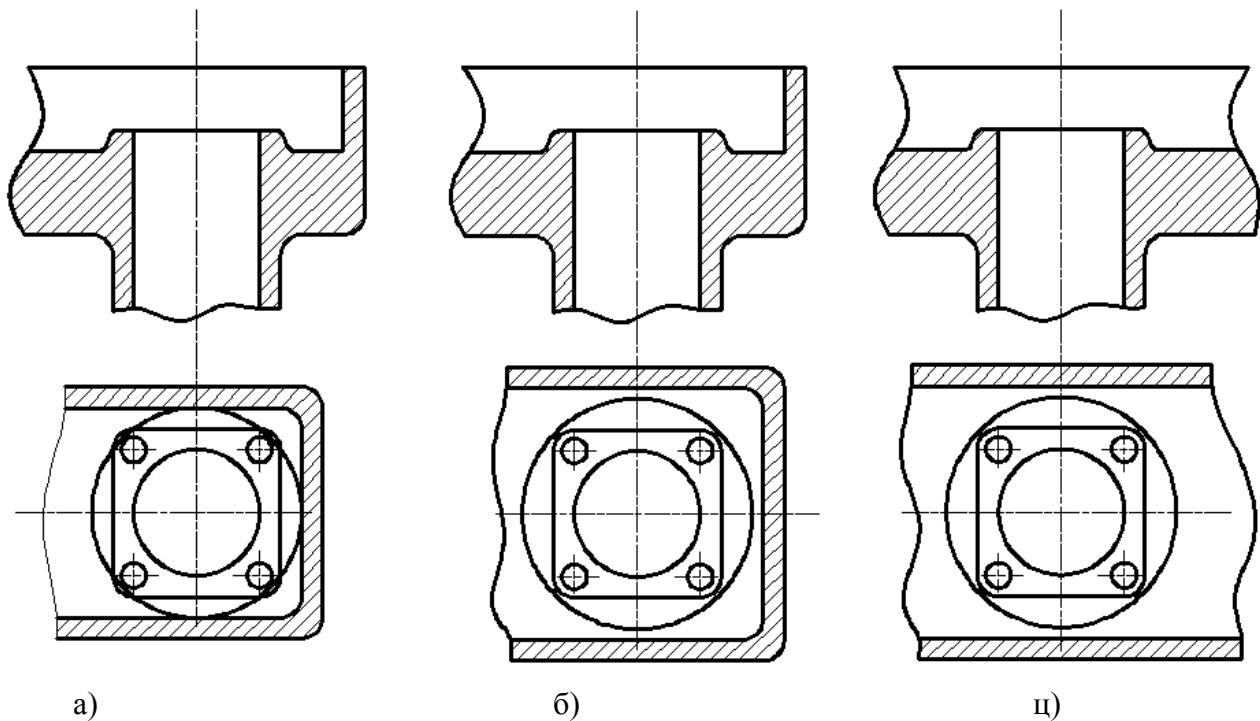
Због упрошћавања операције може се предвидети удубљена површина кружног облика слика 23 б) која се може обрадити чеоним глодалом одговарајућег пречника. Боља варијанта је предвидети уздигнуту површину коју можемо обрадити глодалом и нешто већег пречник (слика 23 ц), али могућност да глодало може да покрије целу површину мора бити унапред одређена.



Слика 23. Принципи обраде удубљених и уздигнутих површина

Коришћење глодала које прекрива целу површину као што је на слици 24 а) неје могуће, јер минимални пречник глодала које би прекривало целу површину обраде није могуће применити због зидова, па би се та површина морала обрађивати глодањем мањег пречника из неколико пута. На слици 24 б) могућност примене глодала које прекрива целу површину је могуће али глодало може да иде само до зида дела који се обрађује.

Најбољи наћин се постиже ако глодало има могућност хоризонталног пролаза као што је на слици 24 ц) тада се операција изводи брже, и добија се површина мање храпавости.

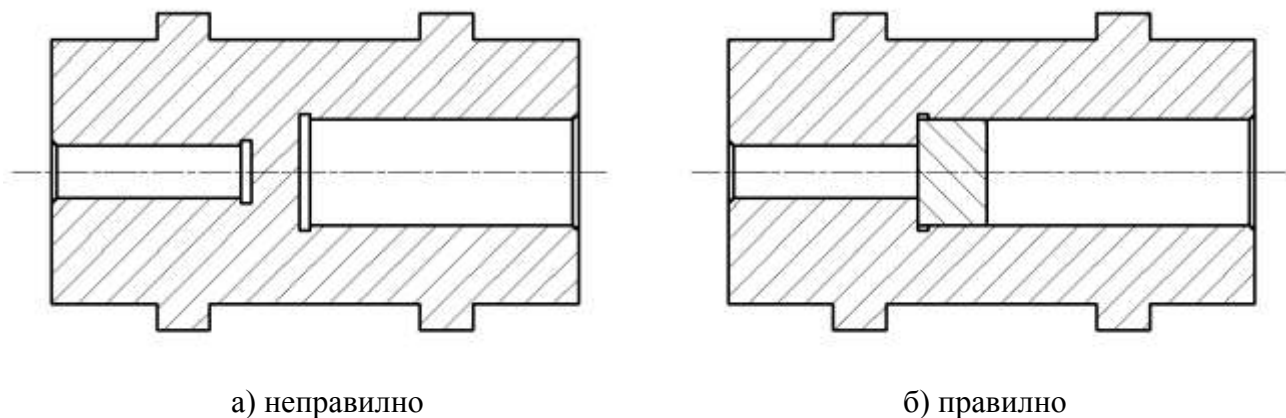


Слика 24. Могућност примене глодала

5.3 Рашчлањивање делова сложеног облика

Понекад је код сложених облика машинских делова погодно рашчланити комад, што значи да се могу разложити на два или више делова једноставније конструкције ради лакше обраде као што је на слици 25.

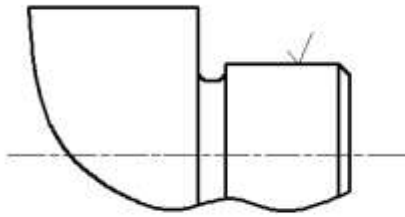
Рашчлањивањем делова постиже се тачнија израда, време израде се скрећује, истакнуте површине буду у истој равни, операције су једноставније и захтевају једноставније алате.



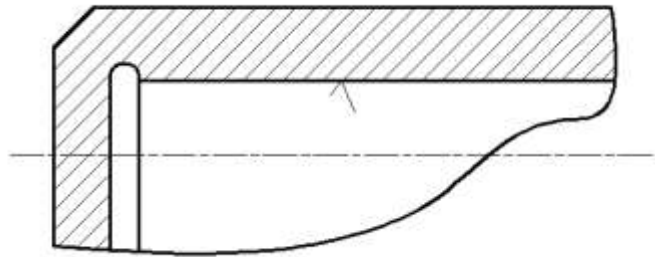
Слика 25. Рашчлањивање делова за обраду

5.4 Предвидети канале за излаз алата при изради прелаза

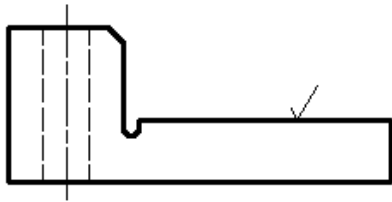
При изради спољашњих и унутрашњих прелаза између површина различитог нивоа, или које су под правим углом погодно је предвидети канале за излаз резног алата, а ти канали омогућавају и боље налегање површина у склопу као што је приказано на сликама 26,27,28.



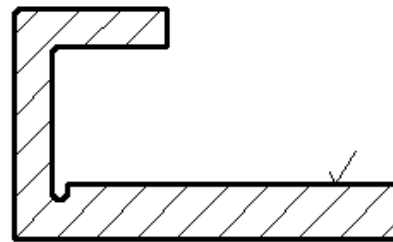
а) спољашњи прелаз



б) унутрашњи прелаз

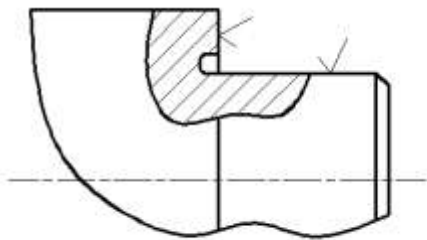


ц) спољашњи прелаз

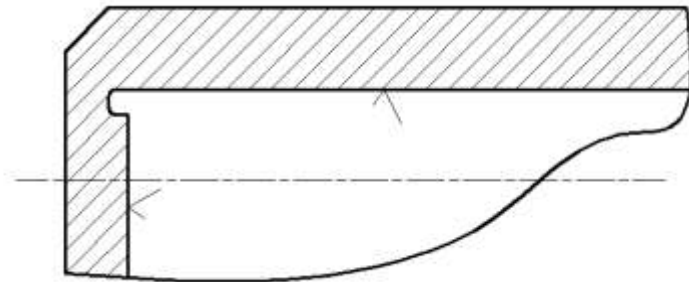


д) унутрашњи прелаз

Слика 26. *Обрада уздјезних површина*

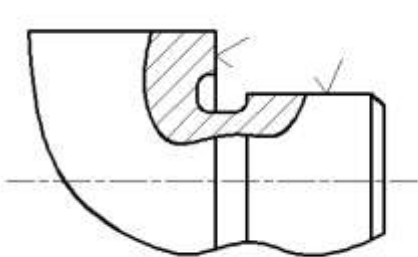


а) спољашњи прелаз

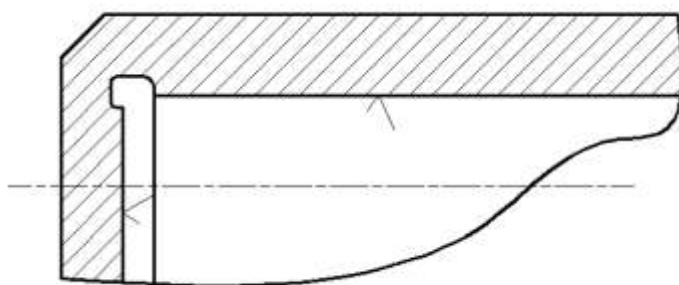


б) унутрашњи прелаз

Слика 27. *Обрада бочних површина*



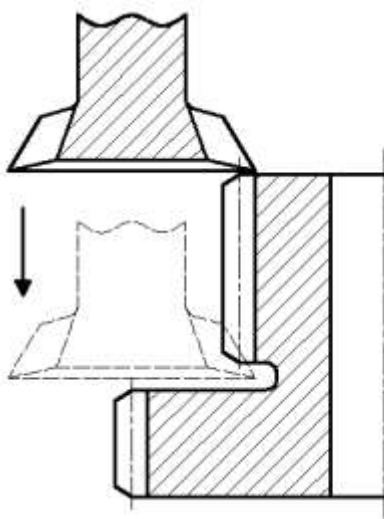
а) спољашњи прелаз



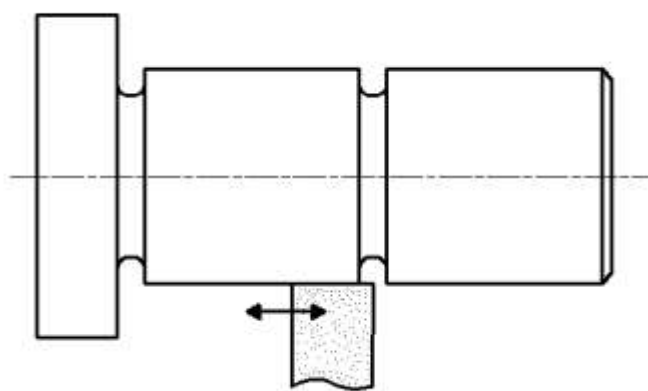
б) унутрашњи прелаз

Слика 28. *Обрада уздужних и бочних површина*

Излаз алата мора бити слободан како не би дошло до његовог оштећења и преношења оштећеног места на обрађену површину. На слици 29 а) је приказана обрада рендисањем где се види канал који раздваја два венца зубаца и омогућује излаз алата и избацивање струготине. Без канала зупчаник би био веома непогодан за израду и не би се постигла таћност зубаца зупчаника. Други пример слика 29 б) се односи на осовиницу са пречницима различитих толеранција. При брушењу једне површине, алат (тоцило) може да налети на другу површину где би дошло до оштећење алата и површине, јер су потребне различите толеранције осовинице. Из тог разлога је потребно да површине буду раздвојене каналом у који излази крај алата при осцилаторном кретању и аксијалном правцу.



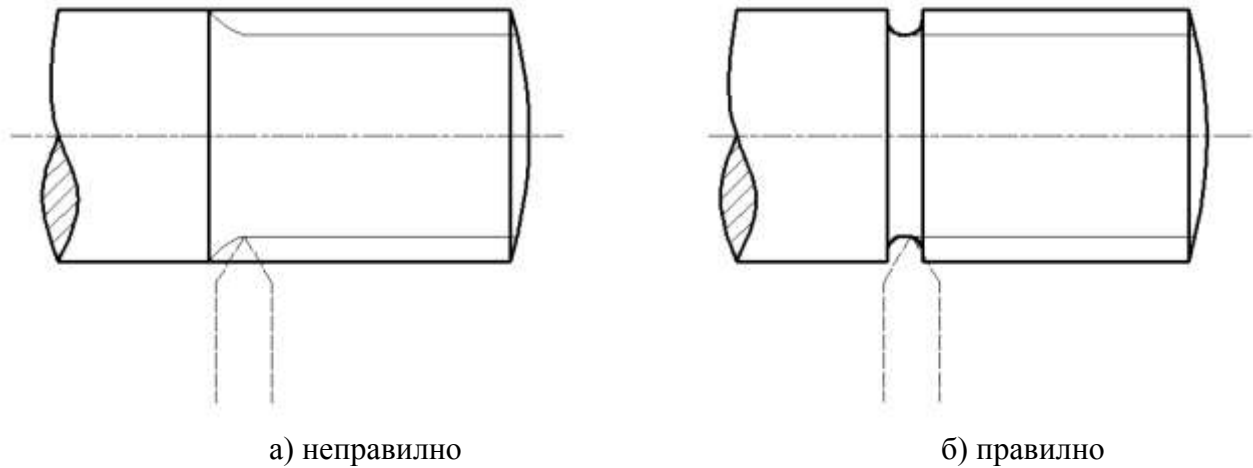
а)



б)

Слика 29. *Канали за излаз алата*

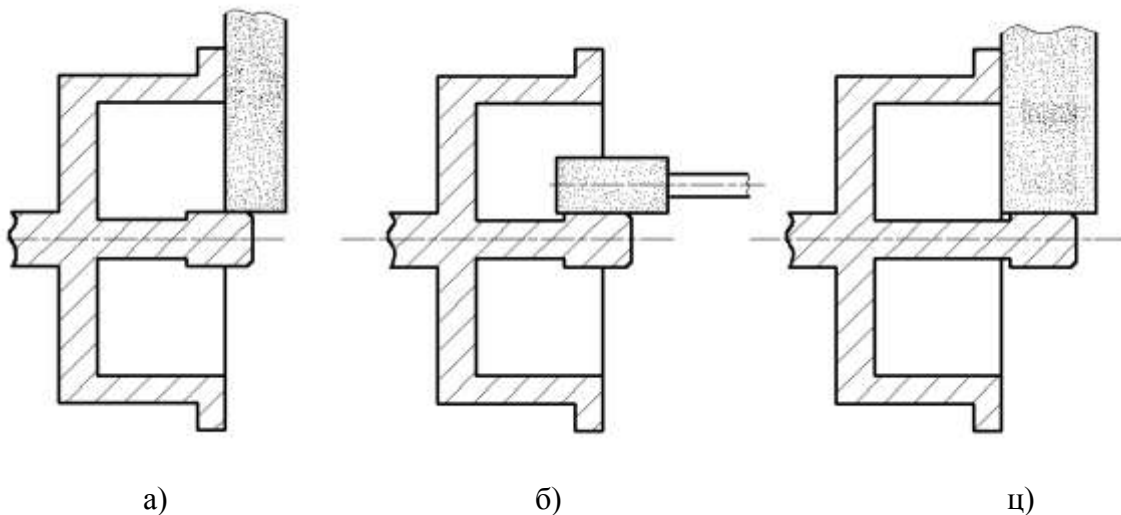
На слици 30 -неправилно се не може правилно обрадити вратило, јер не постоји канал за излаз алата и може доћи до оштећења алата или предмета који се обрађује. Исправна обрада дела је приказана на слици 30 -правилно, јер постоји канал за излаз алата и не може доћи до оштећења дела и алата.



Слика 30. *Обрада вратила*

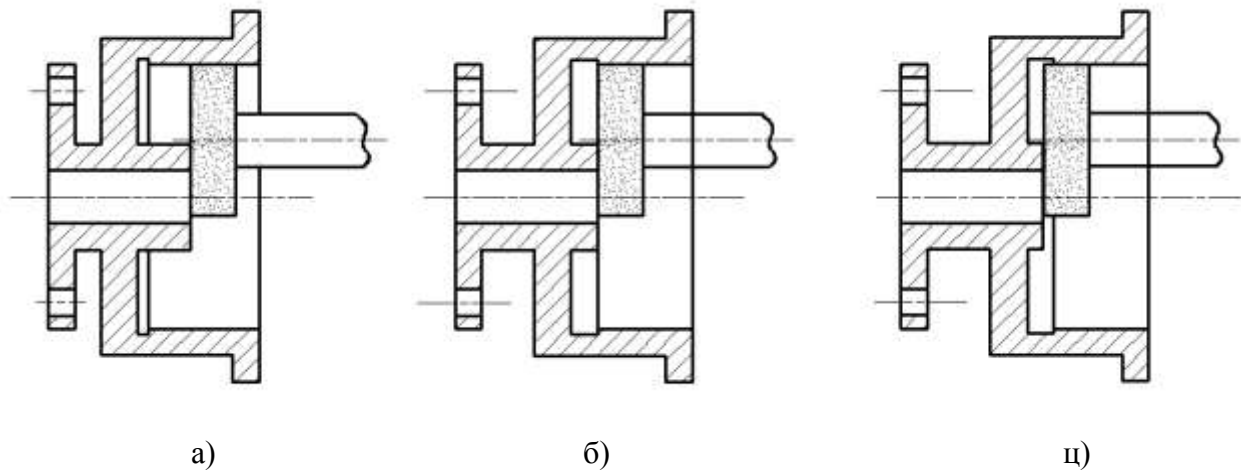
5.5 Конструисати делове тако да тоцила могу да приђу до радне површине

Ако је потребно да се поједине површине морају брушити, тада се мора водити рачуна о посебним правилима приликом обликовања делова. На слици 31 је приказано конструисање делова које треба обрадити брушењем, где се види да детаљ под а) се не може лепо обрадити брушењем због цилиндричног испуста. Детаљ б) показује како би ипак могло бити урађено, а на детаљу под ц) се јасно види да је најбоље да се поведе рачуна о обликовању дела. На деловима код којих је неопходно брушење унутрашњих површина мора се посебно повести рачуна о могућности приступа алата до површине, као и могућности излаза резног алата.



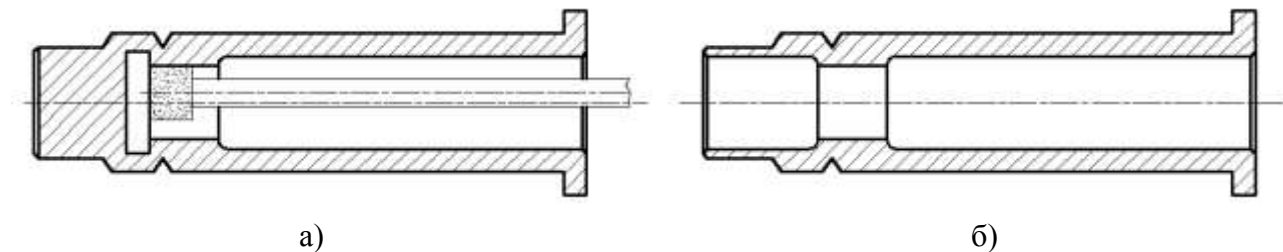
Слика 31. *Конструисање делова које треба обрадити брушењем*

На слици 32 а) се јасно види де се тражена површина не може обрадити брушењем. Исто тако и под б) још увек се не омогућава сигурна израда дела јер тоцило ипак може да закачи површине које не би требало да се брине. Тек на слици 32 ц) се јасно види да је тек сада могућа тражена обрада јер постоји међу простор који омогућава излаз алата (тоцила).



Слика 32. Конструисање делова којима треба обрадити брушењем унутрашње површине

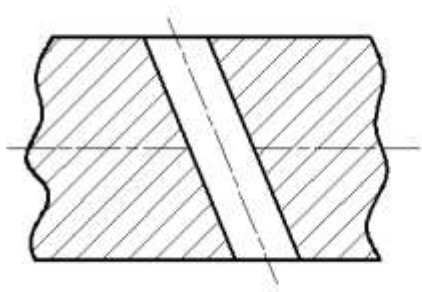
Када имамо брушење површина дубоко у унутрашњости округлог дела као што је на слици 33 а) брушење неће бити глатко и квалитетно, јер ће доћи до вибрација алата при обради. Зато је конструктивно решење приказано на слици 33 б) боље јер се тада може вршити обрада и са једне и са друге стране дела и добиће се глатке и квалитетније обрађене површине.



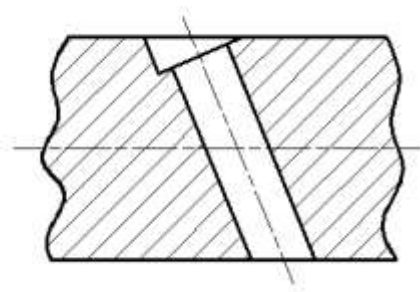
Слика 33. Омогућавање квалитетног брушења

5.6 Отворе треба бушити управно на равне површине

При бушењу отвора потребно је обезбедити да правац кретања бургије буде управан на површину од које се започиње бушење, да не би дошло до кривљења и ломљења бургије. Уколико се буши коси отвор може се припремити површина за бушење, као што се то види на слици 34 и 35.

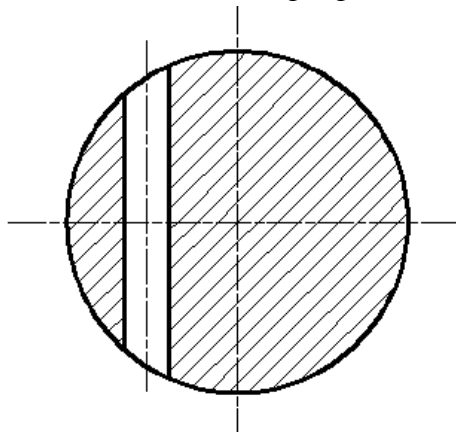


а) неправилно

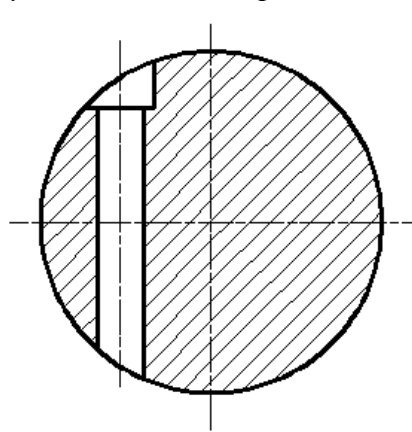


б) правилно

Слика 34. Припрема места за бушење косог отвора

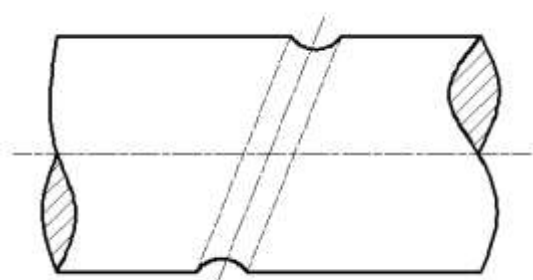


а) неправилно

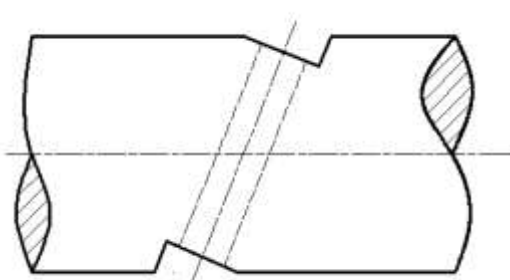


б) правилно

Слика 35. Припрема места за бушење отвора на вратилу



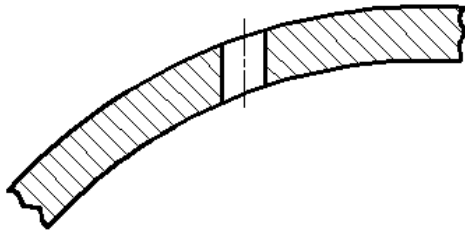
а) неправилно



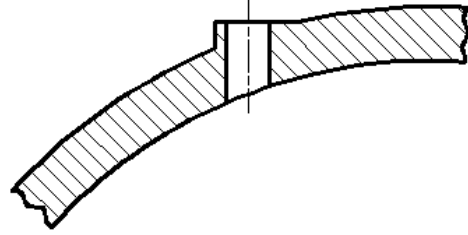
б) правилно

Слика 36. Бушење косог отвора на вратилу

Код танких зидова се не може применити бушење директно, него пре бушења се мора предмет обликовати тако да се остави ојачање на коме ће може почети бушење као на слици 37 б). Касније ако ојачање смета оно се може уклонити када се заврши операција бушење.



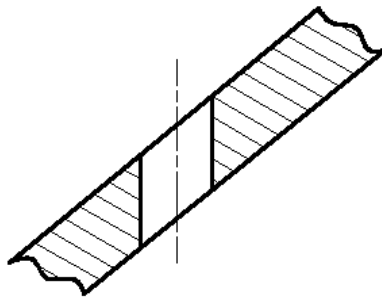
а) неправилно



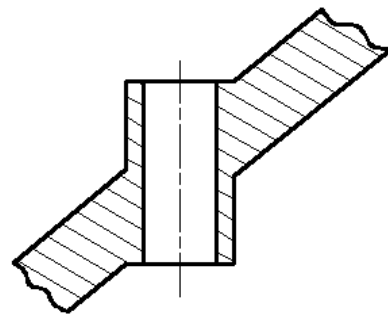
б) правилно

Слика 37. *Примена ојачања код танких зидова*

Када постоји могућност да на излазном отвору код косих површина резни алат склизне и тако дође до деформисања излазног пречника, тада се делу дадаје ојачање на месту где излази резни алат и спречава могућност деформисања отвора као што се види на слици 38 б).



а) неправилно

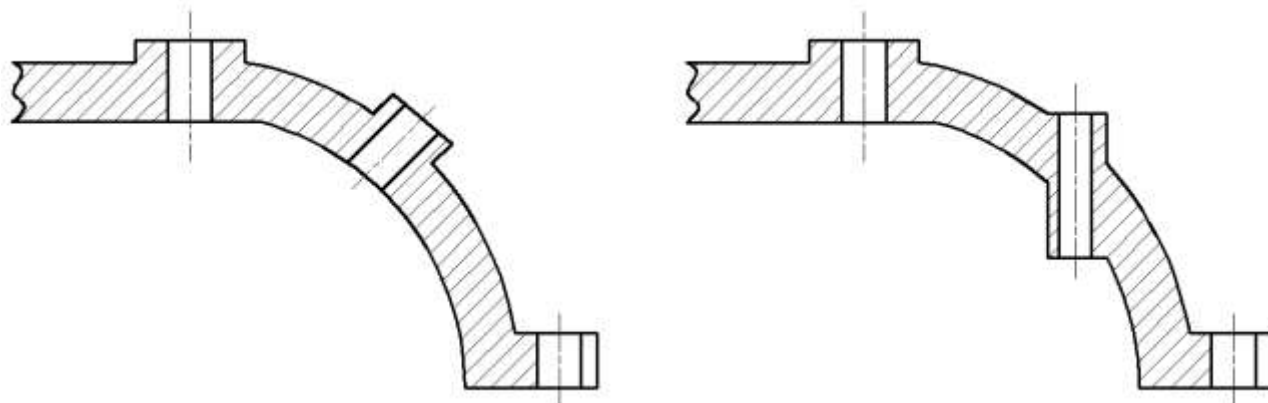


б) правилно

Слика 38. *Припрема за излаз алата*

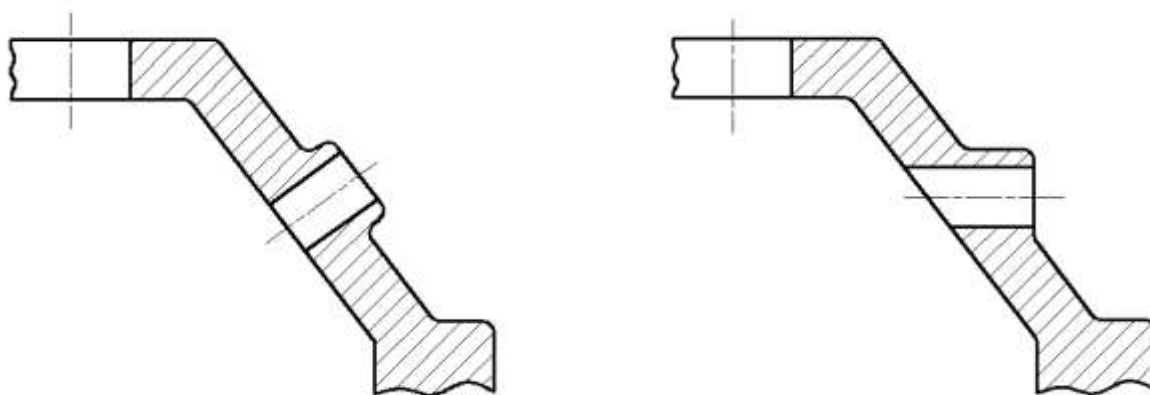
5.7 Отворе и рупе конструисати тако да буду управне или паралерне базним површинама

Да би се конструкција олакшала и појефтинила није увек довољно да рупа буде управна на површину на којој се буши, већ је корисно да по могућности буде управна на базну површину јер тада је једноставнија и лакша израда отвора слика 39.



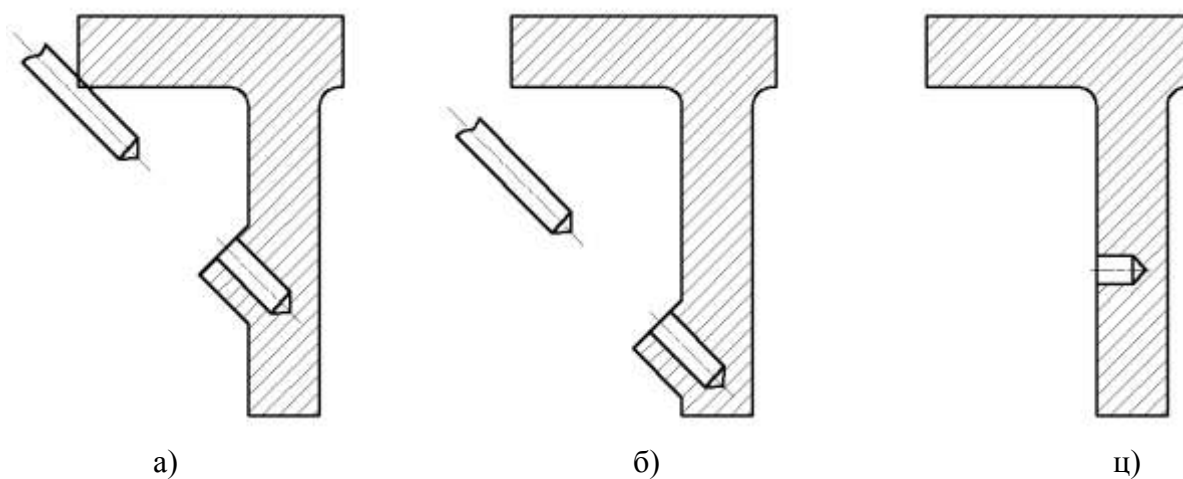
Слика 39. Приказ рупе управне на базну површ

При пројектовању рупа треба се гледати да свака рупа буде паралелна или управна на базну површину, јер је тада много лакше и једноставније да се изведе операција бушење него када се налази рупа у неком другом положају као што се види на слици 40.



Слика 40. Рупе паралелне са базним површинама

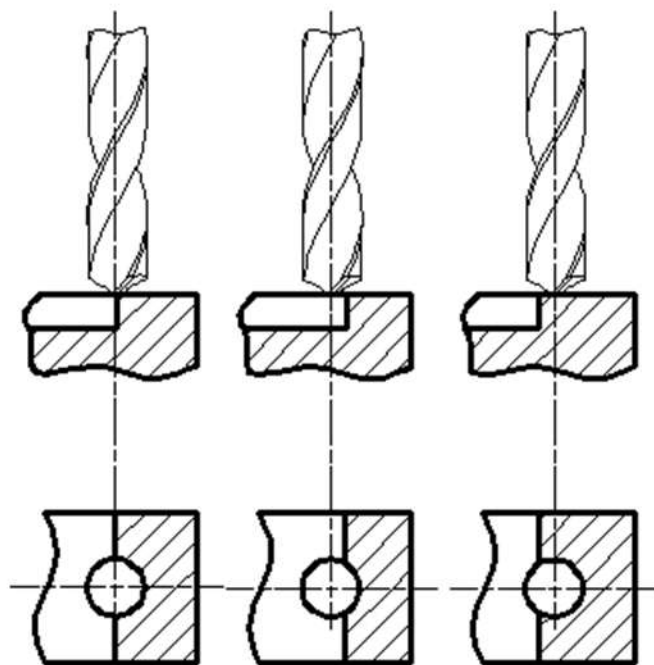
Облик на слици 41 а) није исправан пошто се бушење не може обавити, јер резни алат не може да приђе до површине коју треба бушити. Зато је погодније да се рупа спусти ниже као што је приказано на слици 41 б), јер резни алат у том случају може да приђе до површине коју треба избушити. Најповољнији начин бушења је приказан на слици 41 ц).



Слика 41. Приказ правилног бушења

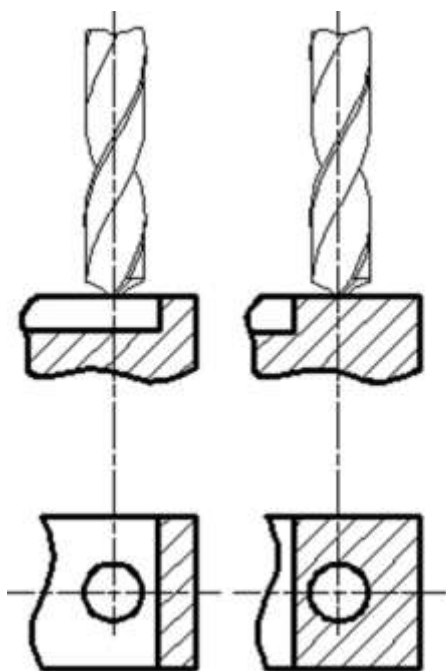
5.8 Треба избегавати бушење отвора на ивицама дела

Бушење отвора на ивици је веома несигурно и непрецизно, јер може доћи до могућности да резни алат бургија склизне при чему може доћи до оштретења дела који се обрађује, или до пуцања резног алата. На слици 42 а), б), ц) преказани неповољни начини бушења.



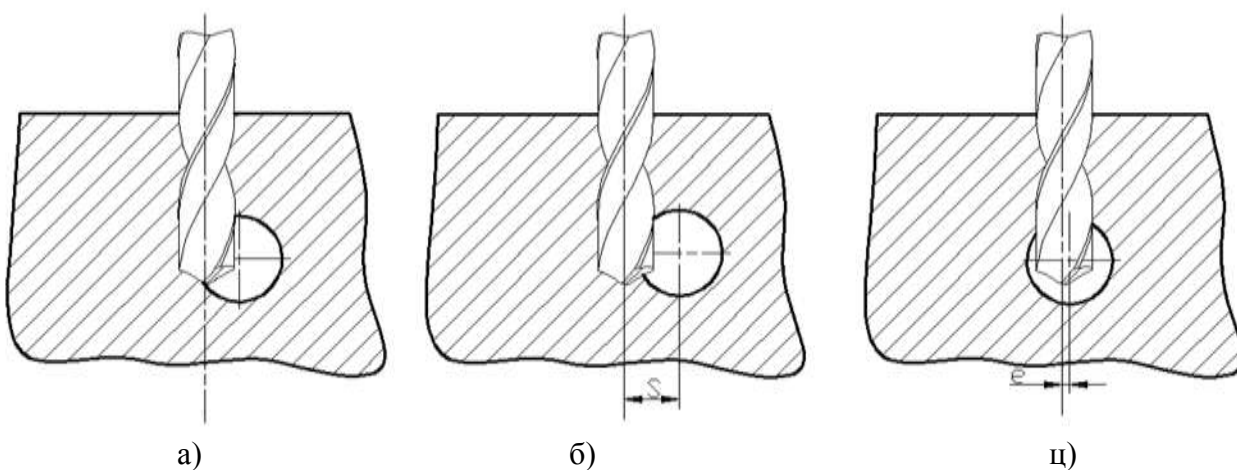
Слика 42. Неправилно бушење отвора на ивици

На слици 43 види се како правилно треба обликовати део тако да се отвор не мора бушити на ивици.



Слика 43. *Правилно бушење отвора на ивици*

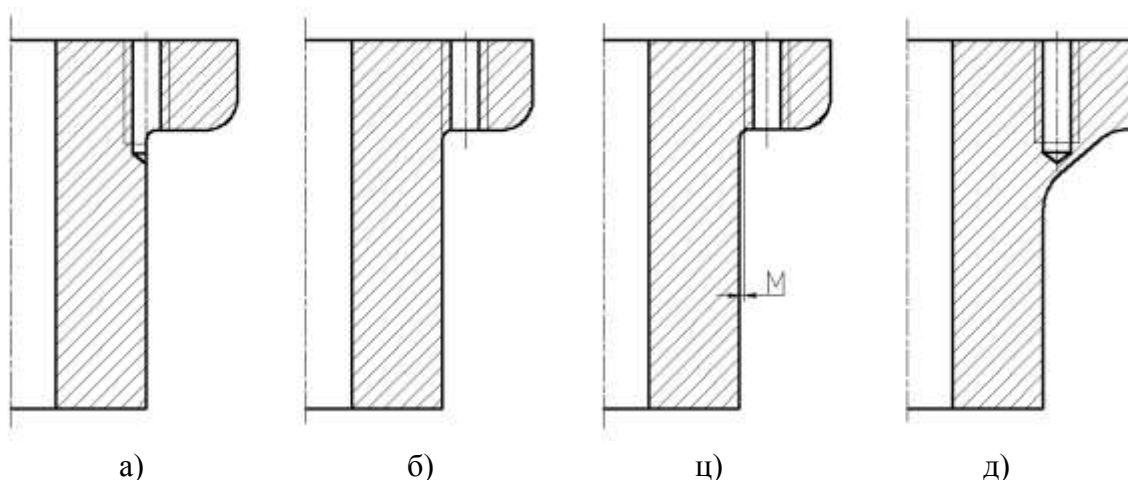
Најнеповољнији начин бушења отвора је када се укрштају осе, то јест када врх бургије пада на нагнути зид рупе као на слици 44 а). Нешто боља варијанта је ако врх бургије удаљен за величину S од центра рупе као на слици 44 б). Најповољнији од ова три случаја је када врх бургије пада на осу рупе са којим се укршта или је удаљен за величину ($e=0.2 \cdot D$, где је D пречник рупе) као сто се види на слици 44 ц).



Слика 44. *Бушење отвора са укрштеним осама*

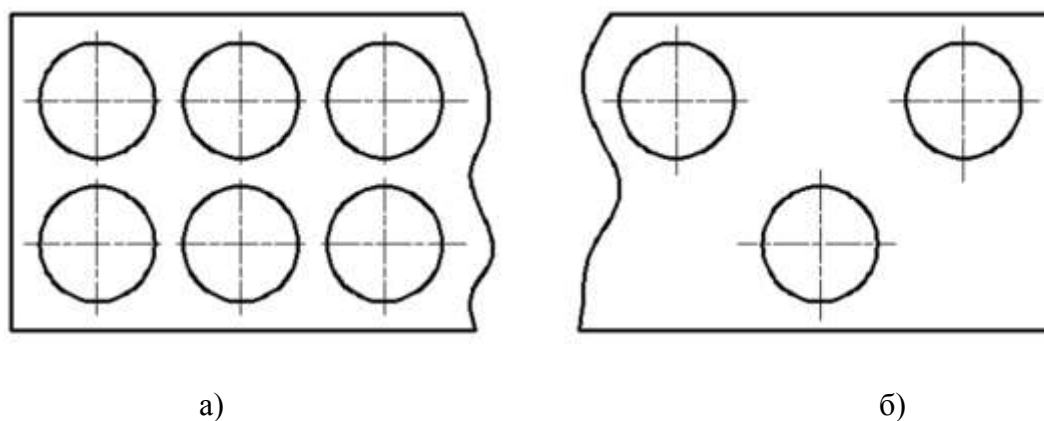
За добијање квалитетног производа битно је и место на коме се отвор појављује, као што се види на слици 45 а), отвор који пада на ивицу дела није исправан због проблема у изради јер може доћи до деформације излазног дела отвора, као и до лома алата.

На слици 45 б) приказан је отвор који је на самој ивици, па ни он није повољан јер са доње стране нема места за навлаку или главу завртња. Прихватљива ситуација је тек на слици 45 ц) ако је величина (М) довољна за постављање навртке. Ако се мало промени облик дела као на слици 45 д), проблеми могу бити избегнути, али завртањ се може поставити само са једне стране дела.



Слика 45. Излазни отвор

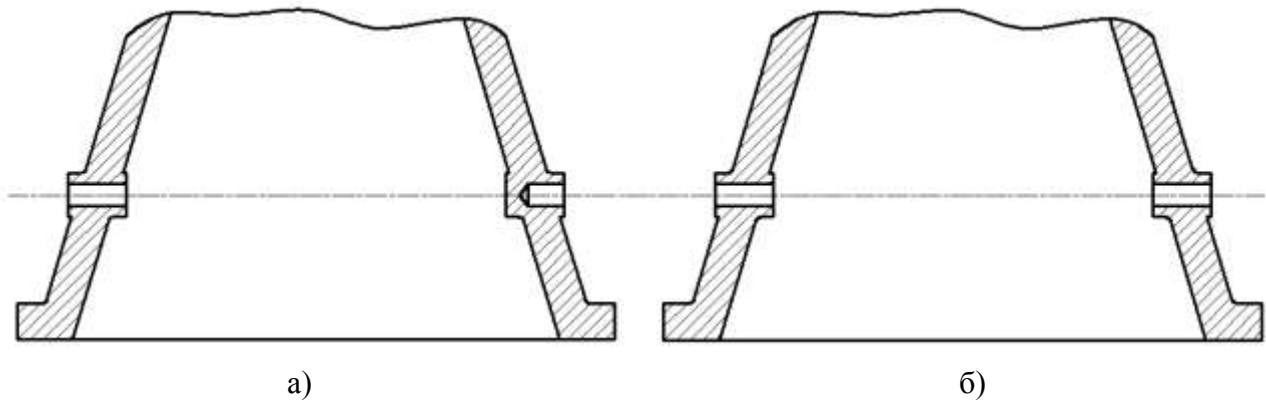
Уколико је потребно да се избуши више отвора на неком малом простору треба избегавати да отвори или рупе буду сувише близу као што је на слици 46 а), јер се појављују критични пресеци и може доћи до оштећења растојења између отвора. Зато је боља варијанта наизменичних положаја рупа или отвора као на слици 46 б), јер се тако избегава појава критичних пресека који могу да доведу до појаве пуцања и ломљења дела.



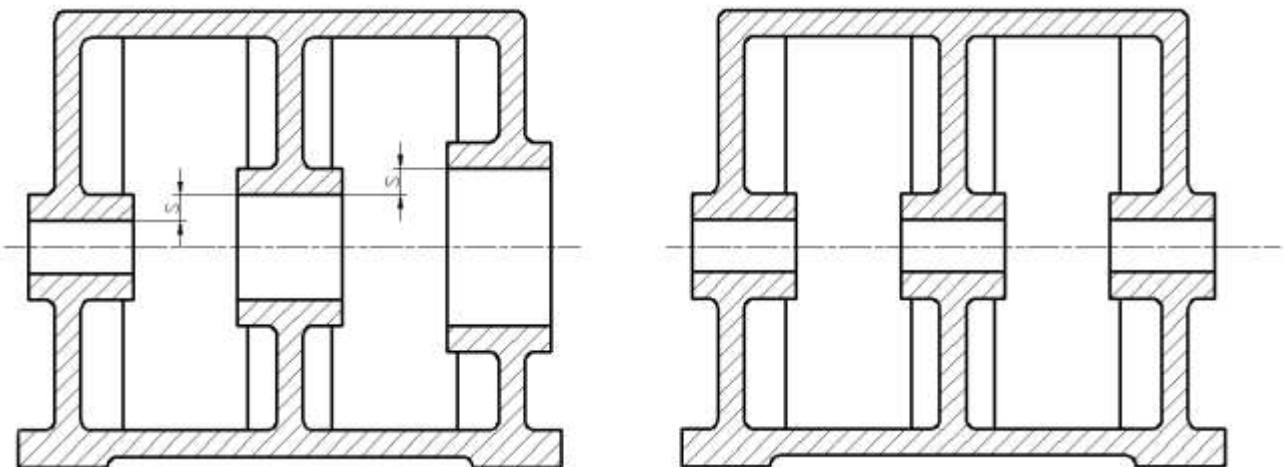
Слика 46. Положај отвора

5.9 Отворе ако конструкција омогућава треба да буду саосни

При изради отвора и рупа када је могуће треба их постављати тако да леже на истој оси, јер то појефтинује производњу обзиром да се тада делови могу обрађивати у једном спрезању и при једном пролазу резног алата. На слици 47 а) нам је приказано бушење отвора и рупе које се не може извршити из једног пролаза алата и при једним стезању дела, зато је конструктивно боље решење приказано на слици 47 б) где се из једног пролаза алата и при једним стезањем дела могу обрадити оба отвора.

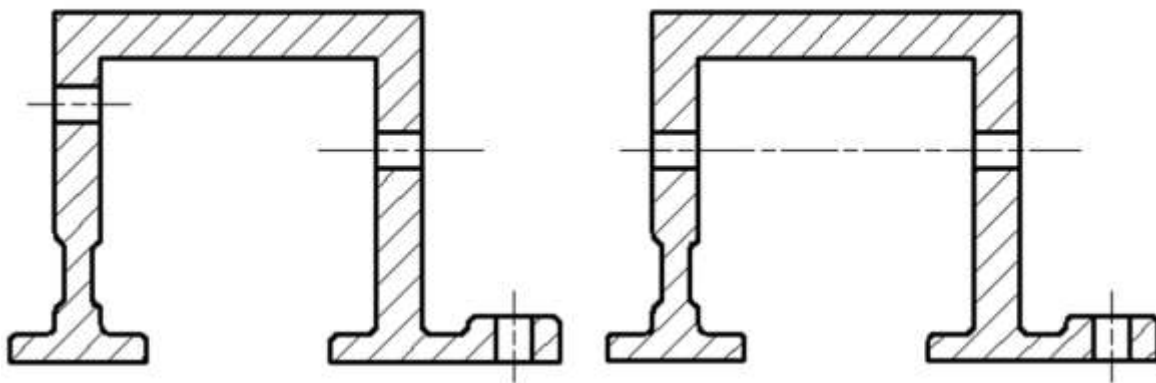


Слика 47. *Обрада при једном стезању и пролазу алата*



Слика 48. *Обезбеђивање обраде из једног пролаза*

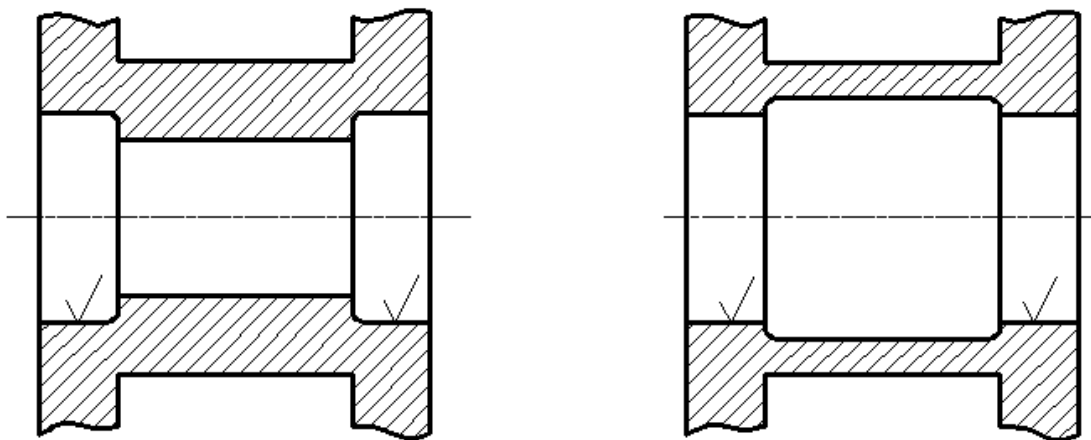
На слици 49 је приказано како се може вршити постављање отвора на истој оси, где се може извршити бушење отвора из једног пролаза и при једним стезању дела.



Слика 49. Постављање отвора на исту осу

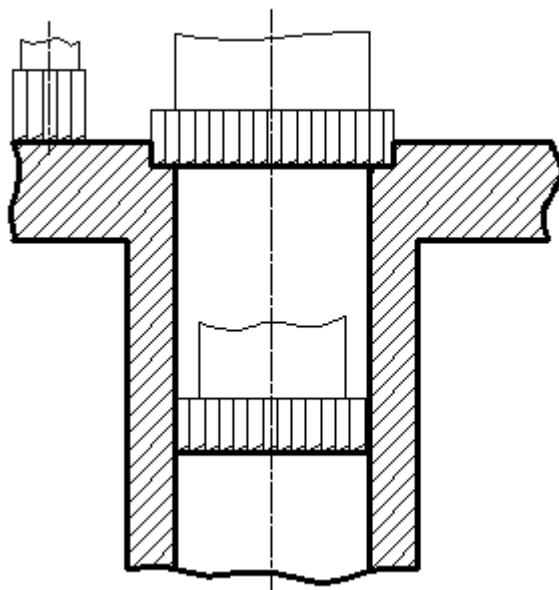
5.10 Саосне отворе треба бушити у истом пролазу и у истом спрезању алата

Када се врши обрада саосних отвора, обрада резање треба да се изврши при истом спрезању алата и треба да буде у истом пролазу резног алата. На слици 50 а) је приказана израда отвора која је изведена са деловима различитог пречника и она представља неправилан саосни отвор, јер се мора изградити при више спрезања и пролаза резног алата. Док правилан саосни отвор је приказан на слици 50 б) и таква варијанта израде отвора нам представља лакшу, јефтинију и прецизнију обраду, јер се све операције раде у једном спрезању и при једном пролазу резног алата.



Слика 50. Саосни отвор

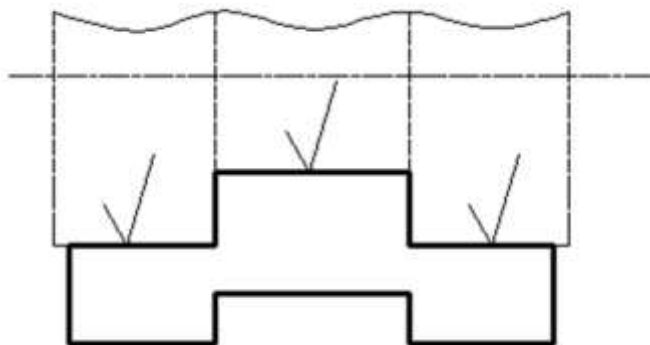
Исто тако важи и за отворе који треба да су у истој оси, као и површине на које отвори треба да буду управни. На слици 51 видимо израду саосних отвора у једном пролазу алата, и ти отвори су управни на површину на којој се израђују. Уколико се од конструктора захтева да рупа и отвор буду у оси, у таквом случају лакше је избушити два отвора у истом пролазу алата.



Слика 51. *Саосни отвор управан на површину*

5.11 Површине које треба да су узајамно тачно обрађене обрадити их у истом стезању и у истом пролазу резног алата

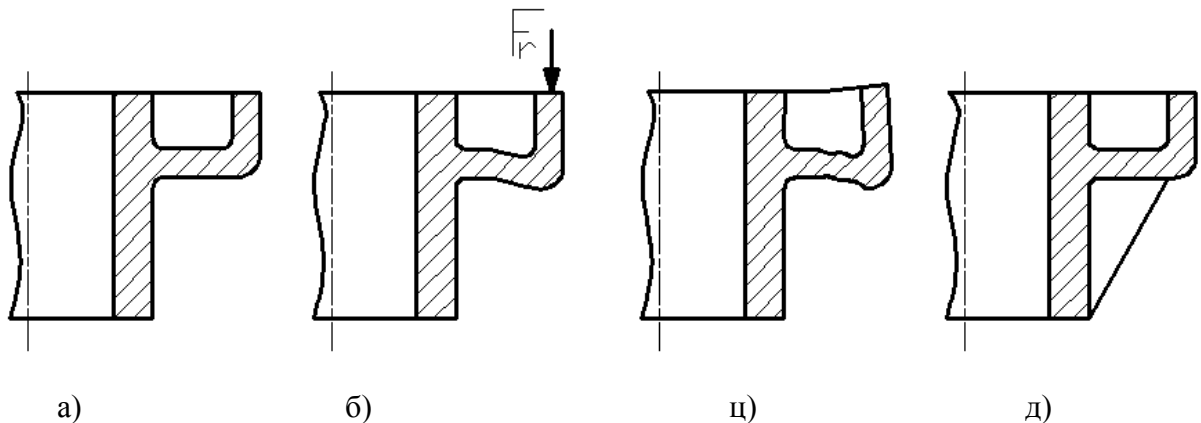
На примеру који је приказан са слици 52 се могу обрадити све три површине помоћу гарнитуре од три глодала, јер све три површине су међусобно зависне. Где се једним пролазом резног алата добија површина које зависе једна од друге и које су тачно обрађене.



Слика 52. *Узајамно зависне површине*

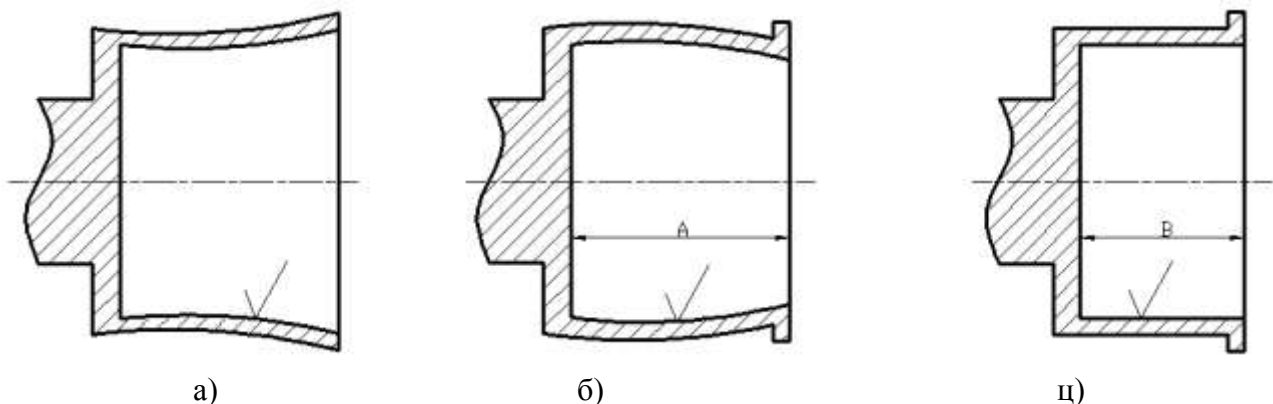
5.12 При обради резањем треба водити рачуна о деформацијама услед силе резања

Услед дејства силе резања при обради, делови смањене крутости трпе претеране деформације, што угрожава тачност њихове израде. На слици 53 су приказане деформације препуста неког машинског дела при дејству силе резања F_r . Где нам се на слици 53 а) види изглед коначног облика, слика под б) нам представља деформацију услед силе резања, након чега долази до промене облика због силе резања тако да обрађена површина постаје неравномерна ко сто се види на слици под ц). Да би се померања и деформације свеле у дозвољене границе препуст треба укрутити конструисањем ребра за ојачање слика 53 д).



Слика 53. Деформације услед дејства силе резања

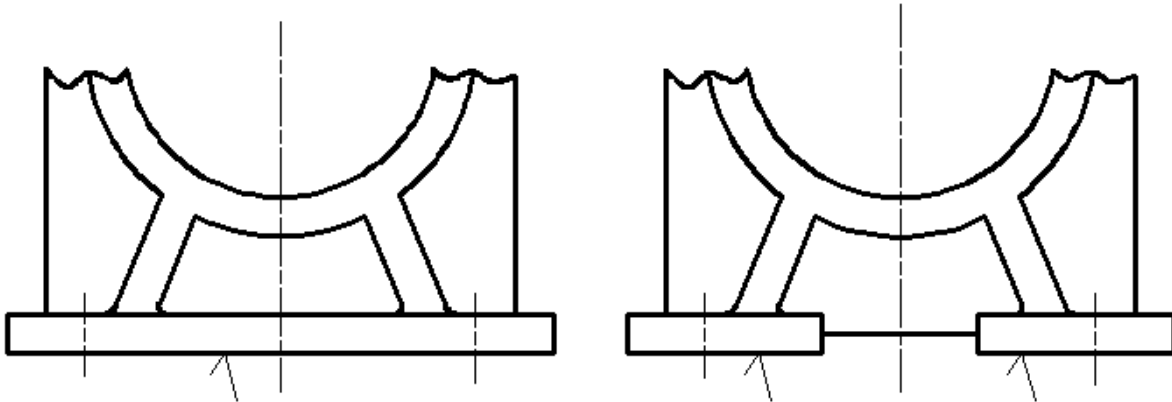
У ситуацијама када се не може извршити ојчање ребрима, нарочито при обради унутрашњих површина слика 54 а) може се извести ојчање помоћу венца које не мора увек да да најбоље резултате, поготово ако су зидови сувише дугачки слика 54 б), или ако се не прилагоди начин обраде резањем јер венац ојчава само излазни део, који и јесте најслабији. Обрада са малим дубинама резања, квалитетним алатом и повећаном брзином резања може дати трежене резултате као што се види на слици 54 ц) где мора да се испоштује услов а то је да зидови нису сувише дугачки ($B < A$).



Слика 54. Ојчање венцом

5.13 Смањити површине које се механички обрађују

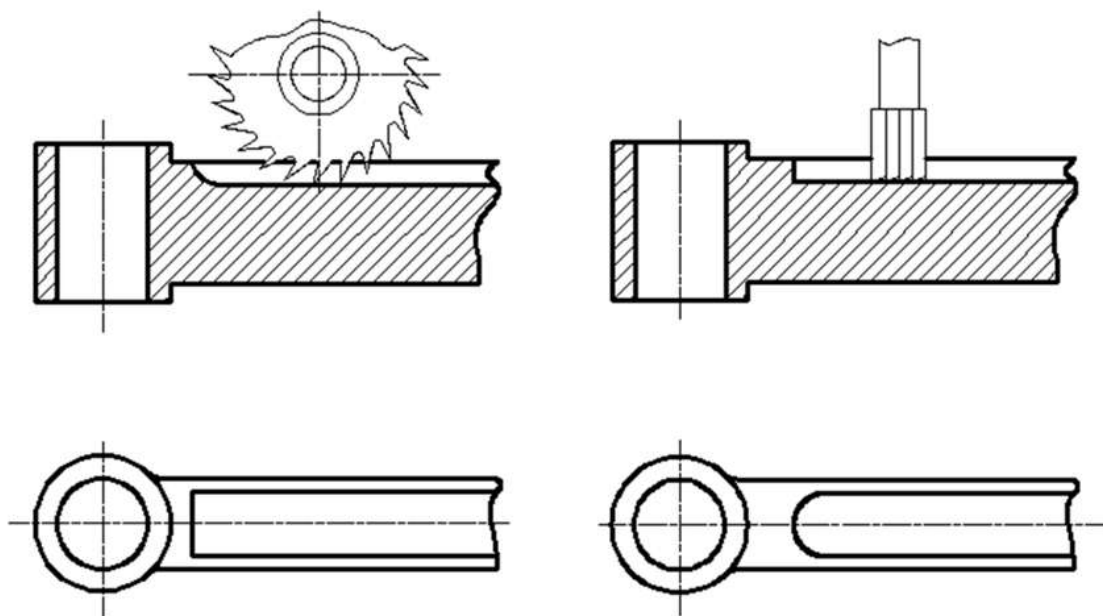
Обзиром да је машинска обрада релативно скуп начин израде погодно је, где год је то могуће, смањити површине које се подвргавају обради резањем. На слици 55 приказана је конструкција ослонца ножице кућишта, где поред смањења масе кућишта посебан ефекат представља смањење ослонца површине ножица која се обрађује резањем.



Слика 55. Смањење површине обраде резањем

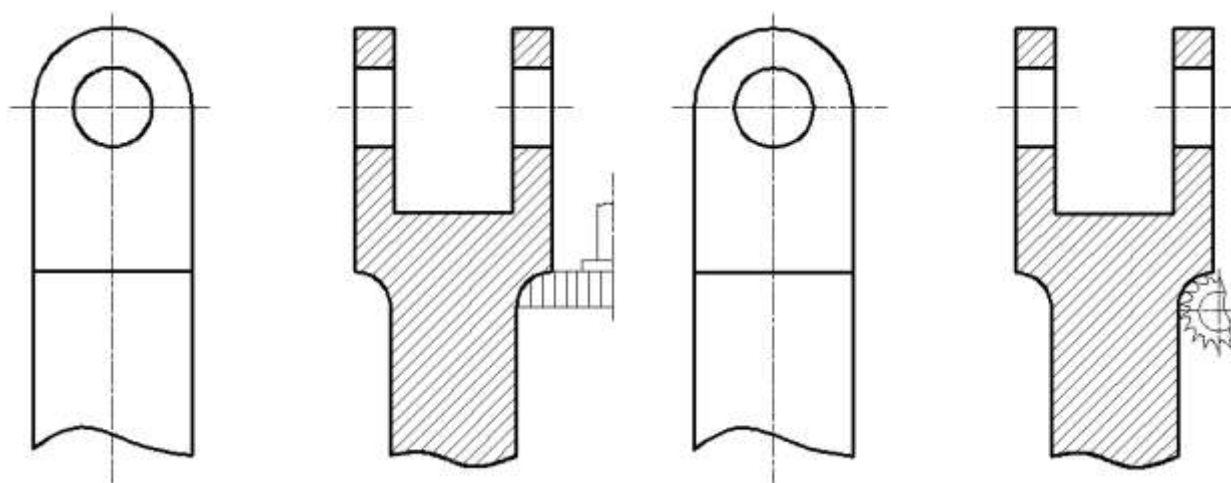
5.14 Делове треба обликовати тако да се у што већој мери користе стандардни алати

Приликом конструисања делова треба да се испуни један од најважнијих услова а то је да се део може урадити расположивом опремом. На слици 56 нам је приказан облик дела који се може добити само помоћу котурастог глодала под а) и помоћу вретенастог глодала под б). Оваква примена стандардних глодала уместо специјалних неопходна је код појединачне и малосеријске производње, док се код високо сериске и масовне производње може исплатити и употреба специјалних алата.



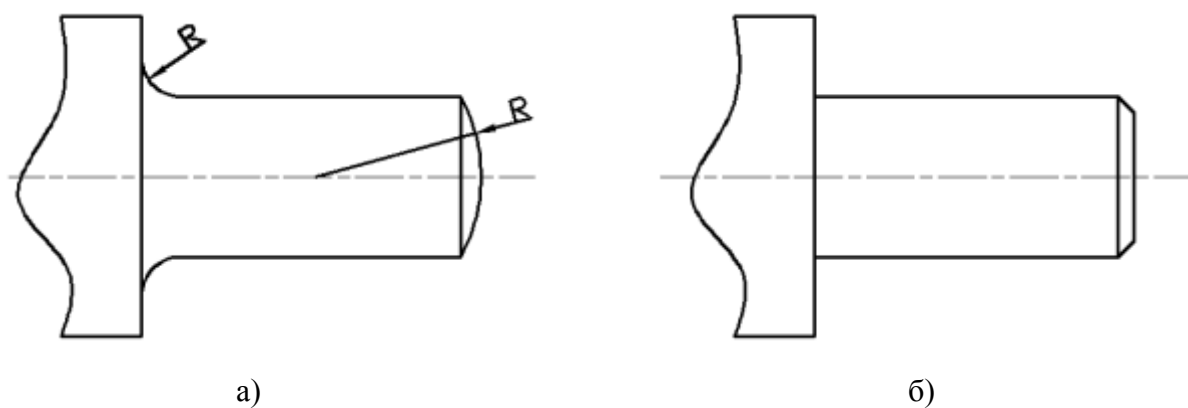
Слика 56. *Пројектовање дела према могућности израде у зависности од опреме*

На следећем примеру приказано је како се могу специјални алати заменити стандардним алатима. На слици 57 је пример замене специјалног глодала стандардним котурастим глодалом. Оваква примена стандардних глодала уместо специјалних неопходна је код појединачне и малосериске производње, док се код високо сериске и масовне производње може исплатити и употреба специјалних алата.

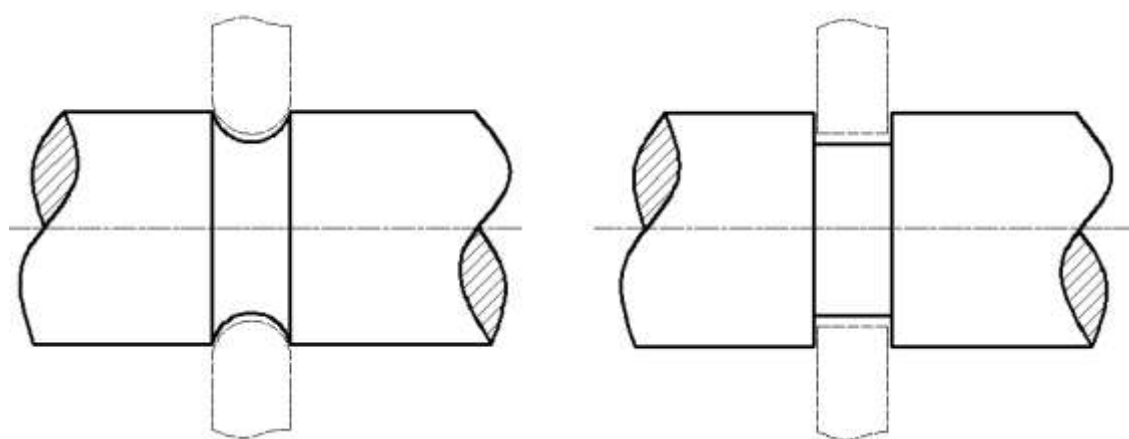


Слика 57. *Употреба стандардног алата*

На слици 58 а) је показано заобљење на крајевима које захтева специјални нож, то заобљење се може избећи правилним конструисањем дела који би се могло обрађивати стандардним ножем као што је приказано на слици 58 б).



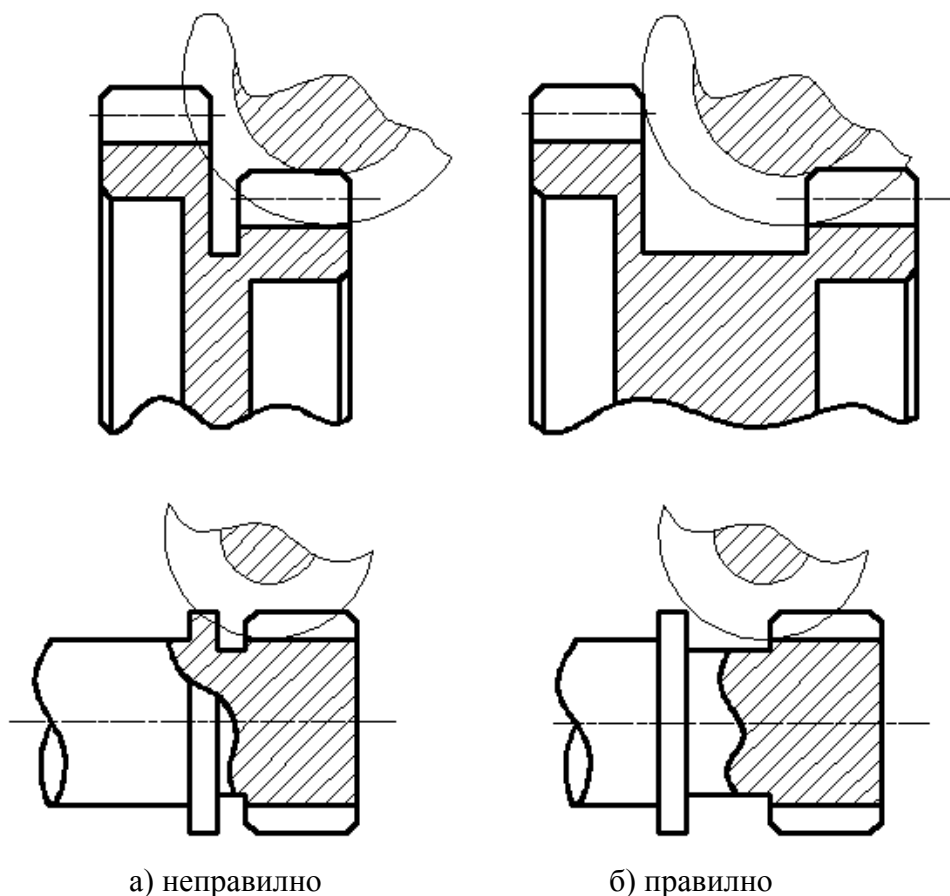
Слика 58. *Израда заобљења стандардним ножем*



Слика 59. *Коришћење стандардног алата*

5.15 При обради глодањем треба обезбедити излаз алата

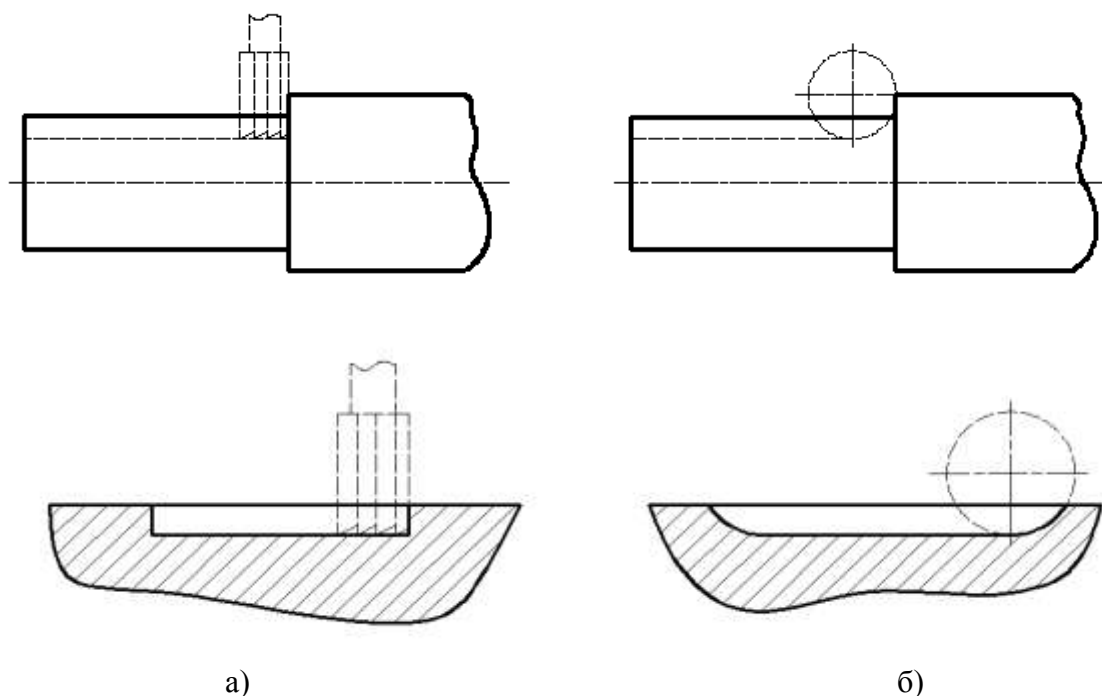
Код обликовања делова, који ће се обрађивати глодањем, потребно је посебно водити рачуна о могућности што једноставнијег улаза и излаза алата. Из тог разлога је потребно делове израђивати из сегмената, или нешто мало другаћијег облика као што се види на слици 60, како би се тај захтев могао испунити.



Слика 60. *Начин обезбеђења изласка глодала*

5.16 Канали за клин морају бити свуда подједнако дубоки

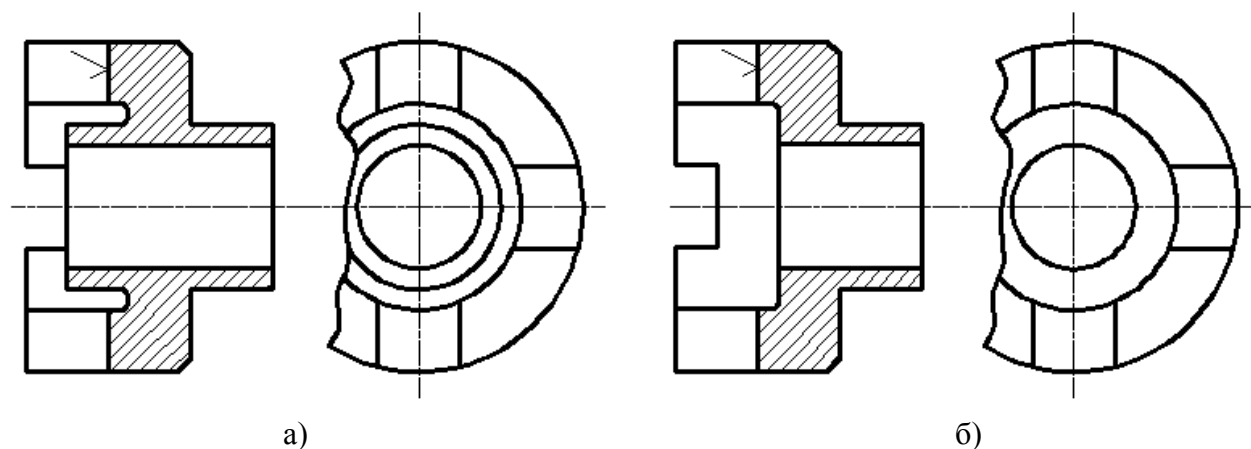
Приликом конструисања жљеба за клин треба се узети у обзир да ли жљеб може бити свуда подједнако дубок и да ли крајеви жљеба могу бити свуда исти. Израда жљеба може се радити катурастим глодалом као што је на слици 61 б) или вретенастим глодалом као што је под а), јефтинија је израда жљеба катурастим глодалом него вретенастим јер пружа једноставну могућност израде, бржи пролаз алата и лакше враћање алата при завршетку операције.



Слика 61. *Израда жљеба*

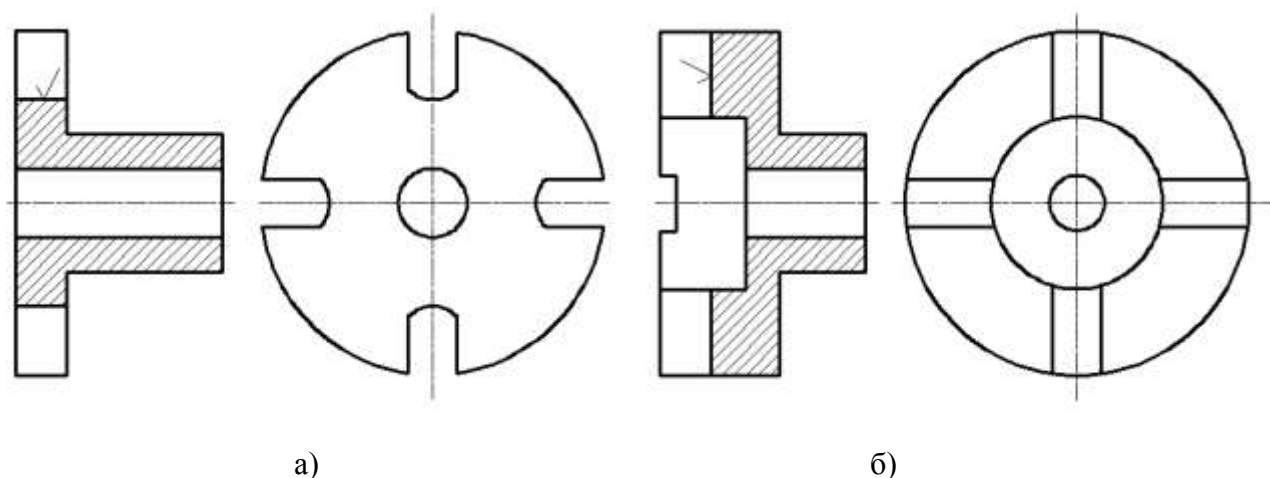
5.17 На деловима кружног облика канале и отворе треба конструисати тако да се могу обрађивати по два у истом пролазу алата

Израда канала на деловима кружног облика може бити изведена на једноставан начин ако се поједине површине конструишу тако и поставе да се канали може изградити у једном стезању и у једном пролазу резног алата. На слици 62 је приказано конструктивно обликовање дела са могућношћу смањења површине обраде, где је на примеру под а) површина виша од дна канала а под б) површина се налази ниже од дна канала.



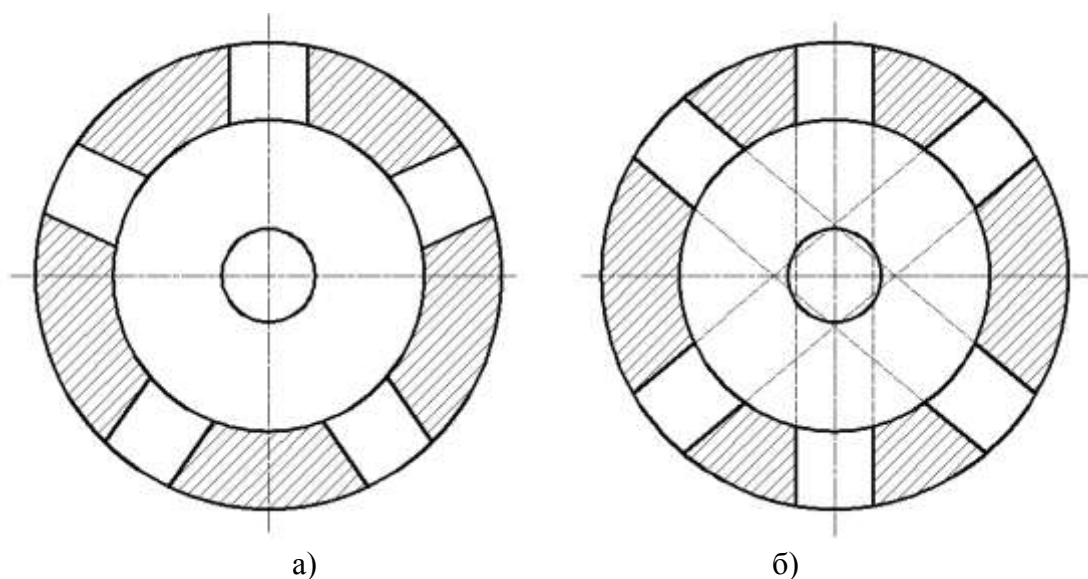
Слика 62. *Пројектовање канала*

Канали се могу конструисати на различите начине, а да се олакша њихова израда и задовоље конструктивни захтеви. Облик канала може бити врло тежак за израду поготово ако захтева више пролаза алата. Канали могу бити пројектовани тако да се могу просецати сваки за себе посебно ко што је на слици 63 а), или могу се просецати по два у једном пролазу алата ко на слици 63 б).



Слика 63. *Просецање канала*

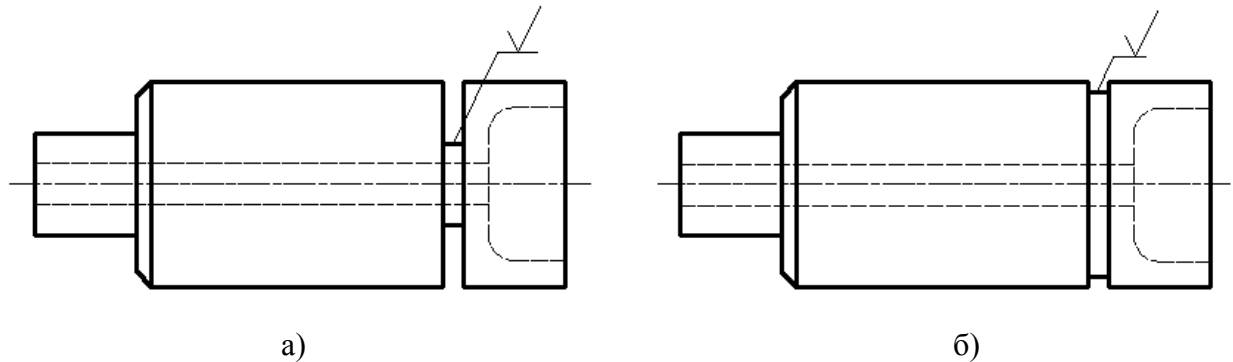
Уколико број канала није одређен конструктивним захтевом меже се број канала прилагодити парном броју, зато што паран број канала је погоднији за израду јер се тада могу два канала обрађивати у једном пролазу алата као што је на слици 64 б).



Слика 64. *Израда канала*

5.18 При конструисању треба избегавати дубоке и уске канале

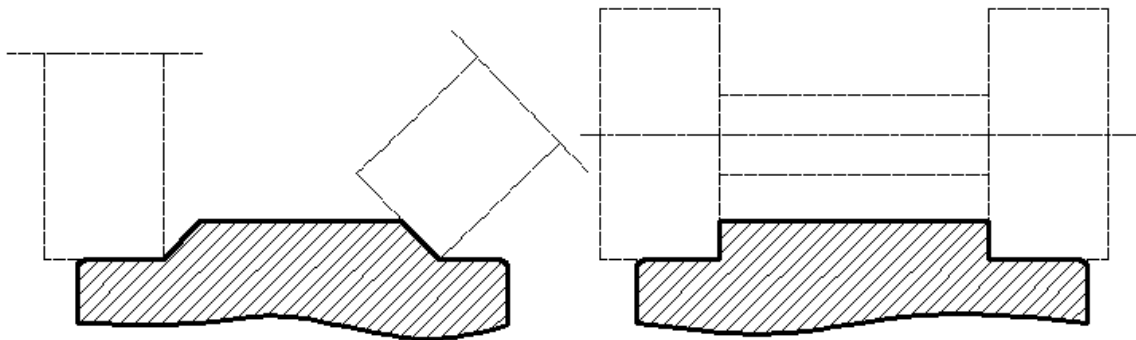
Дубоки и уски канали захтевају специјалне уске и дугачке алате што их чини нестабилним алатима. Ако се део мора и пробушити као што је у овом случају слика 65 а) то га доводи до још веће нестабилности, зато је боља варијанта да се израђују мањи канали као на слици 65 б), јер је део стабилнији и постоји већи простор између канала и отвора.



Слика 65. Избегавање дубоких и уских канала

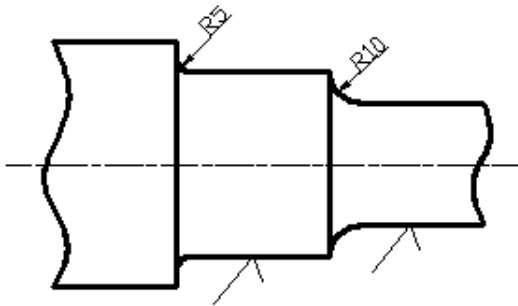
5.19 Када се слични детаљи понављају више пута (радијуси, конуси) треба да буду исти

Када се може изабрати коси пролаз између површина или под правим углом, боља варијанта и јефтинија је она под правим углом због једноставнијег извођења и коришћења јефтинијих алата у обради.

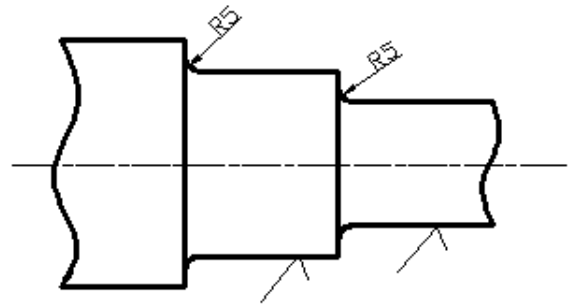


Слика 66. Тежити ка равним површинама

Израда вратила са више пречника може бити јефтинија и бржа уколико се одлучи да сви делови буду истог пречника као на слици 67 б). Такође тако и израда више узастопних конуса као што је на слици 68 б) је јефтина али под условом да сви конуси исти.

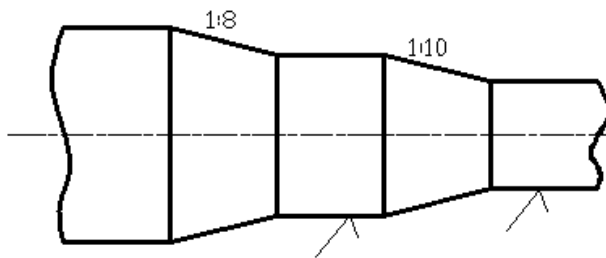


а)

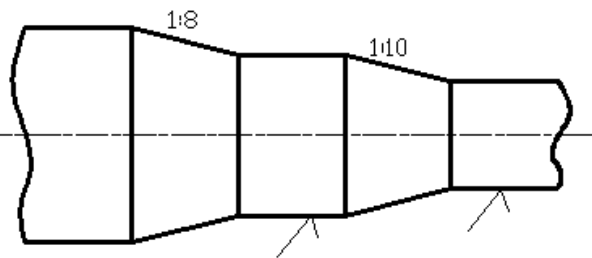


б)

Слика 67. Примена истих радијуса



а)

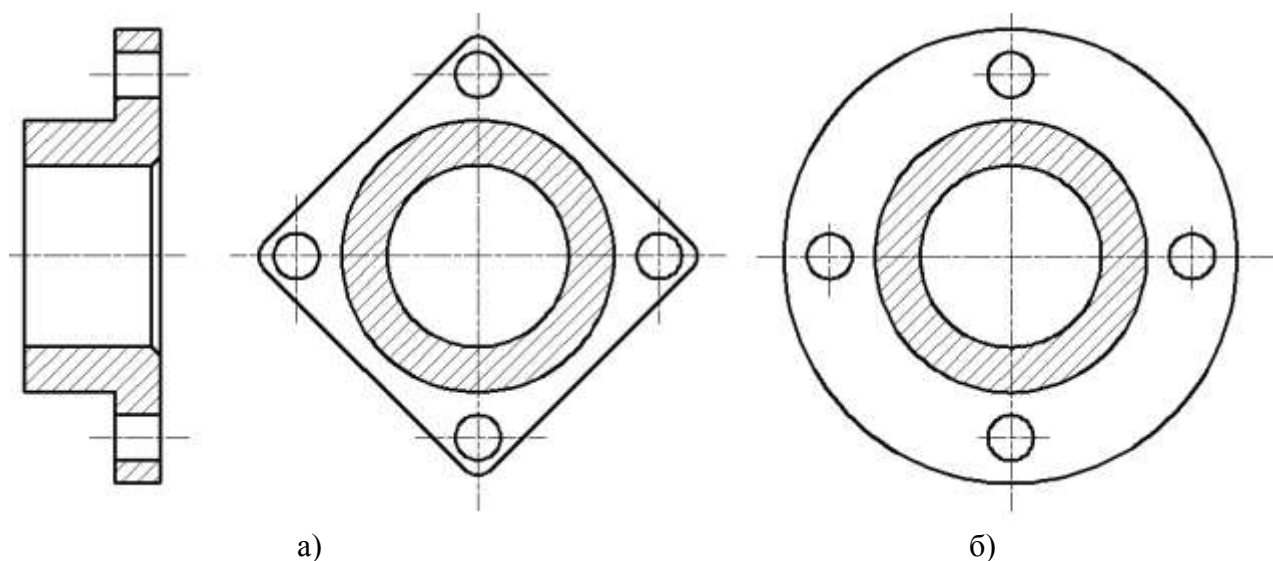


б)

Слика 68. Примена истих конуса

5.20 Конструисати делове тако да се обради што више површина у једном стезању

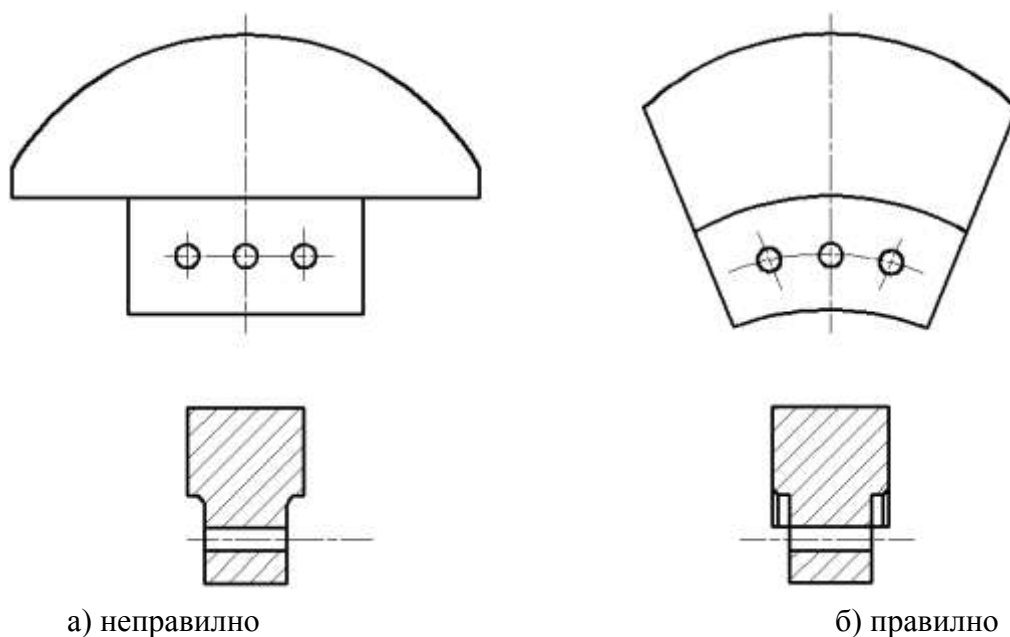
Да би се повећала ефикасност машинске обраде потребно је обрадити што већи број површина на истој машини на којој се обрађује и главна операција, користећи један алат и све могућности машине. На слици 69 а) је приказано цилиндрично вратило са квадратним попречним пресеком које захтева обраду на стругу, као и неколико операција на глодалици. Ако се део обликује тако да се цео може обрадити на стругу доћиће до уштеде времена које је потребно за обраду изузев бушења четири рупе. И на слици 69 б) јасно се види да се цео комад може обрадити у једном стезању.



Слика 69. Цилиндрично вратило

5.21 Поједноставити делове и омогућити израду више делова одједном

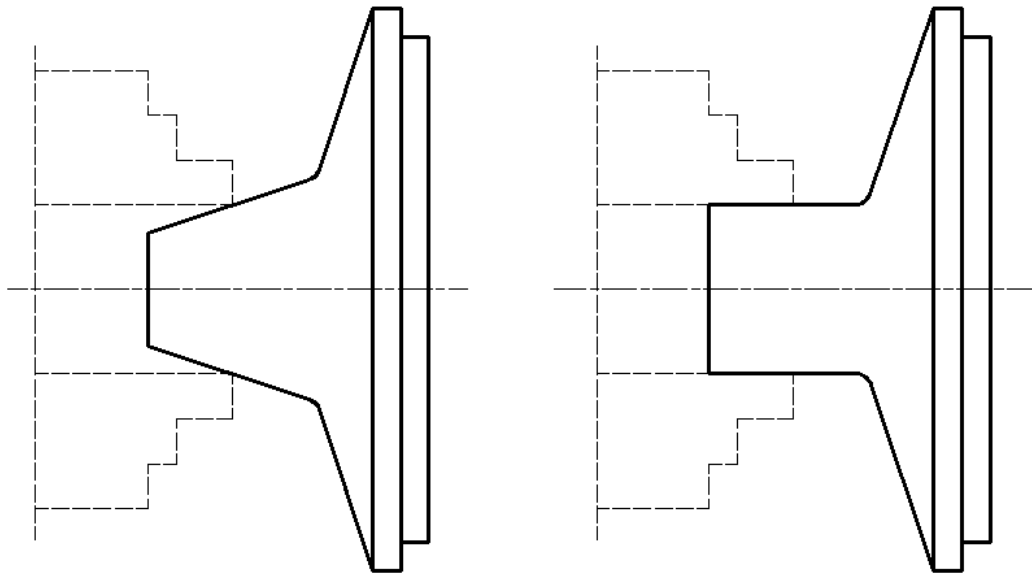
Израда сегмента нам пружа још једну прилику да се применом обликовања уштеди и убрза процес производње. Уколико би се одлучило за облик сегмента слика 70- неисправно на коме има доста површина под правим углом, јасно је да ће се морати неколико операција извести на глодалици са доста резних и стезних алата. Облик (исправно) омогућава да се део уради на стругу, као прстен а онда расецањем ће се добити четири потпуно иста дела.



Слика 70. Сегмент

5. 22 Обезбедити адекватно стезање делова при обради

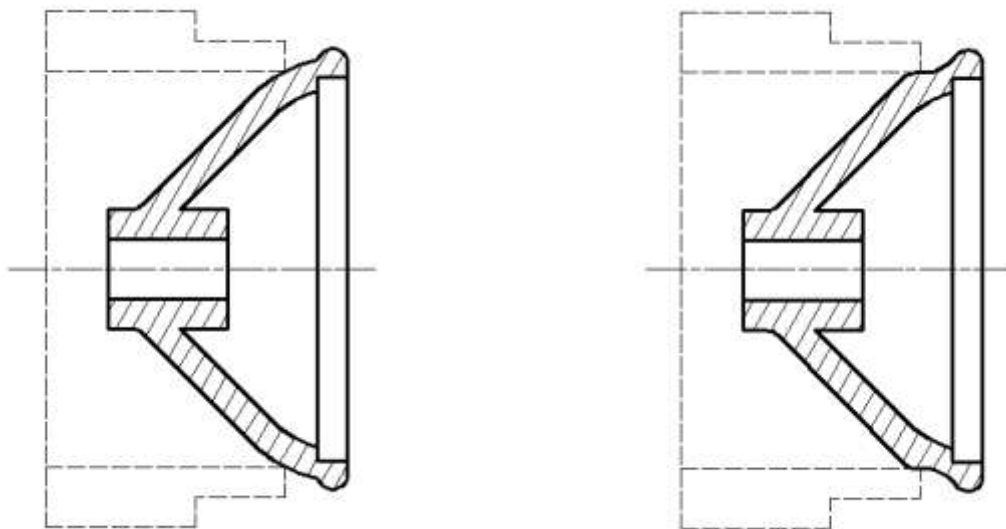
Делове који се обрађују на стругу потребно их је поставити у стезну главу струга, да би се то адекватно могло извести делови морају бити посебног цилиндричног облика као што је приказано на слици 71.



а) неправилно

б) правилно

Слика 71. *Стезање дела у стезну главу*



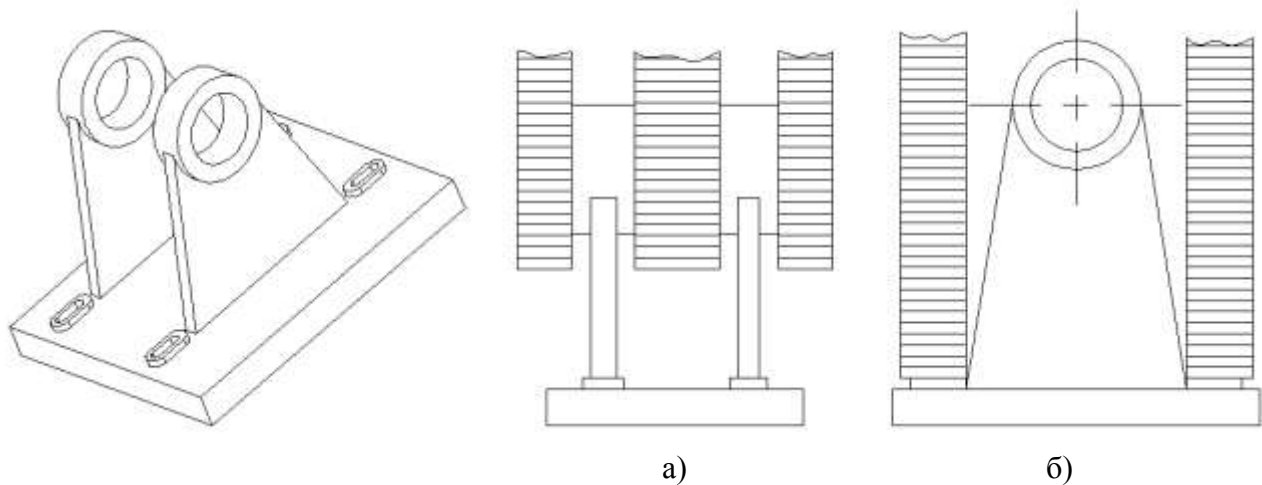
а) неправилно

б) правилно

Слика 72. *Стезање дела у обради стругањем*

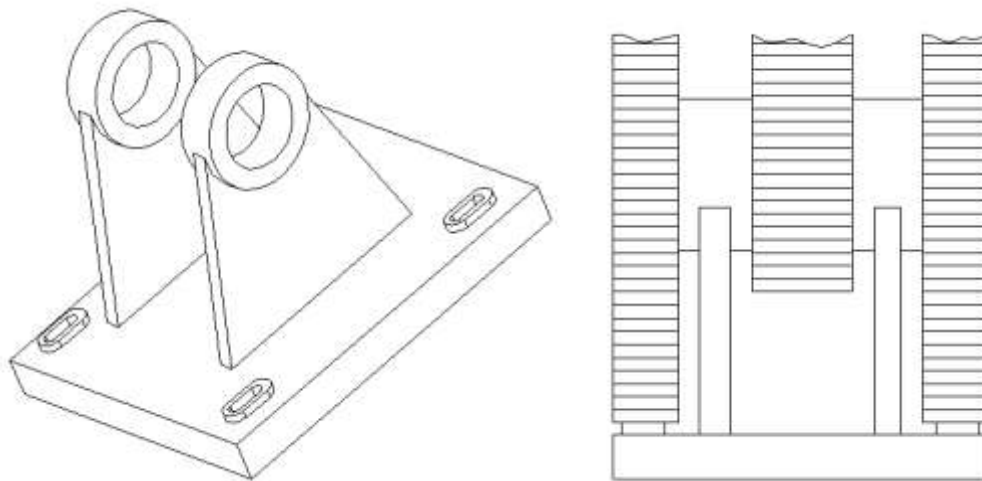
5.23 Обрађивати више површина у истој операцији

Израда ослонаца вратила, је још један пример колико правилно обликовање полазног материјала може подједноставити и појефтинити производњу. Уколико се отвори за причвршћивање поставе као на слици 73 јасно је да ће се ове две операције а) и б) радити одвојено и успорити израда дела.



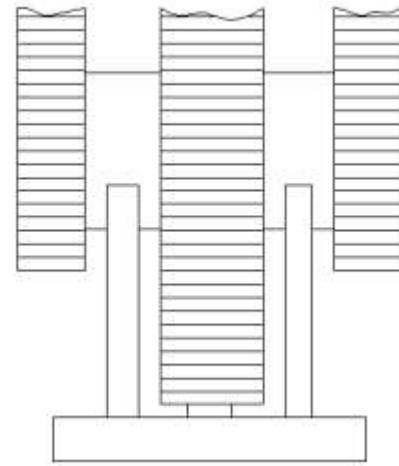
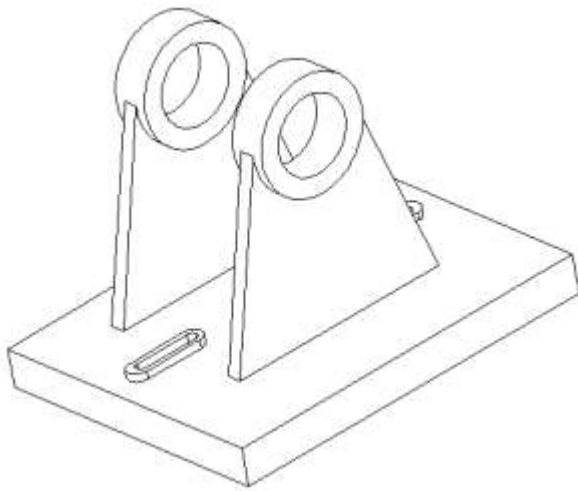
Слика 73. Ослонац за вратило (недовољно обликован)

Овај део се може урадити знатно једноставније уколико се отвори за причвршћивање поставе као на слици 74, јер тада може у једној операцији да се уради поравнавање отвора за причвршћивање и отвора за вратило.



Слика 74. Ослонац на вратило (обликован)

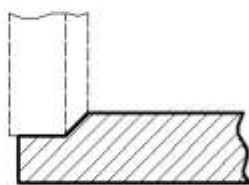
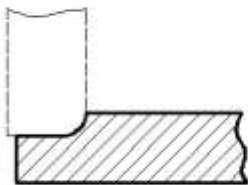
Део може бити још лакши за производњу и компактни уколико се уместо четири отвора поставе два, на места где се могу лако обрадити, као што је то на слици 75.



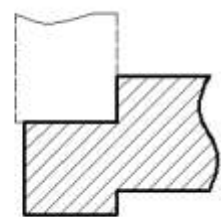
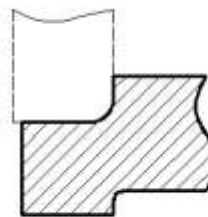
Слика 75. *Ослонац за вратило (компактни)*

5.24 Приликом спајања површина бирати прелазе чија је израда јефтинија

Приликом спајања две површине треба изабрати правилан облик заобљења, јер облик знатно утиће при изради дела. Зависно од облика заобљења који се изабере зависи и да ли ће се део обрађивати једноставнијим или сложенијим алатом што и зависи колика ће цена дела бити на крају. Када се бира између заобљеног спајања две површине и косег спајања, увек је јефтиније косина јер је алат једноставнији и јефтинији сто се види на слици 76 а). То правило исто важи и када се треба бирати између заобљене површине и површине под правим углом, боља варијанта је изабрати површину под правим углом ако је то могућује због једноставније израде и јефтинијег алата слика 76 б).



а)

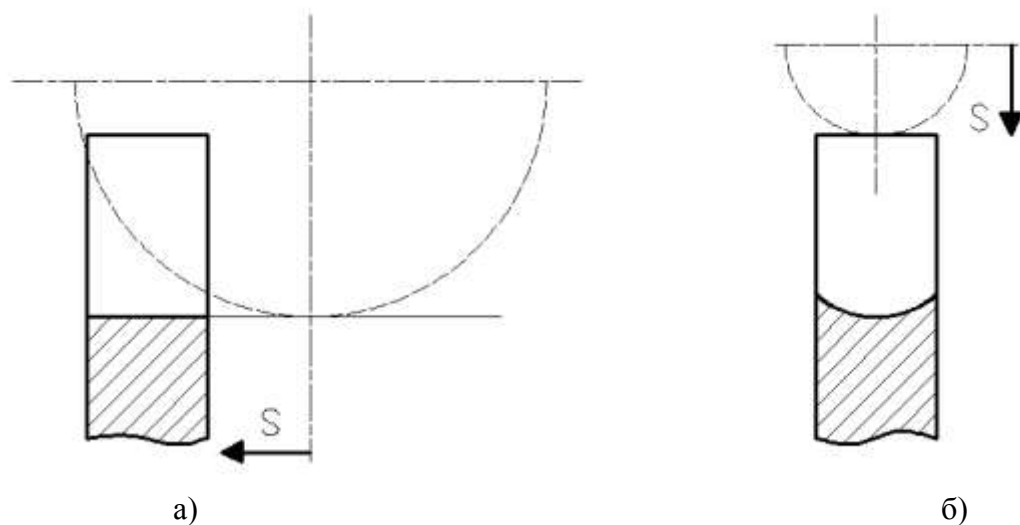


б)

Слика 76. *Спајање површина*

5.25 Приликом обраде делова бирати операције са што краћом путањом алата

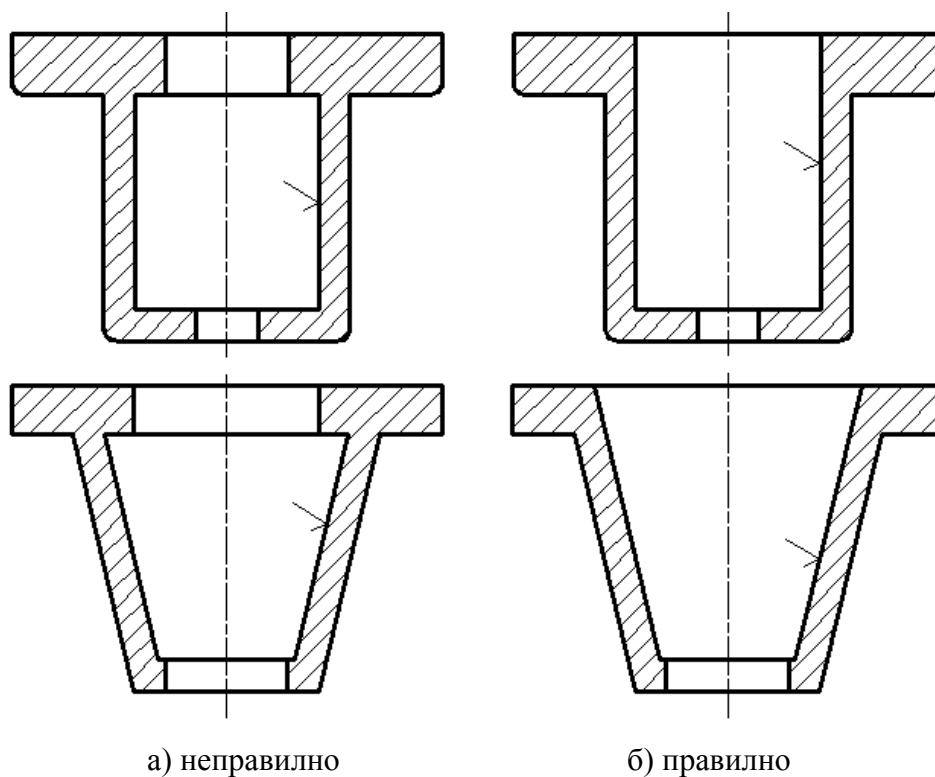
Уколико је крива површина, као на слици 77 б) прихватљива, може се решити проблем ако нема одговарајуће глодало већег пречника као на слици 77 а) мањим глодалом само што ће се другачијим пролазом алата извршити операција, а и путања алата ће бити краћа. Овакав начин може бити добар и ако не постоји могућност за другачији прилаз алата предмету обраде.



Слика 77. Краћа путања алата

5.26 Пожељно је избежавати ограничене унутрашње просторе

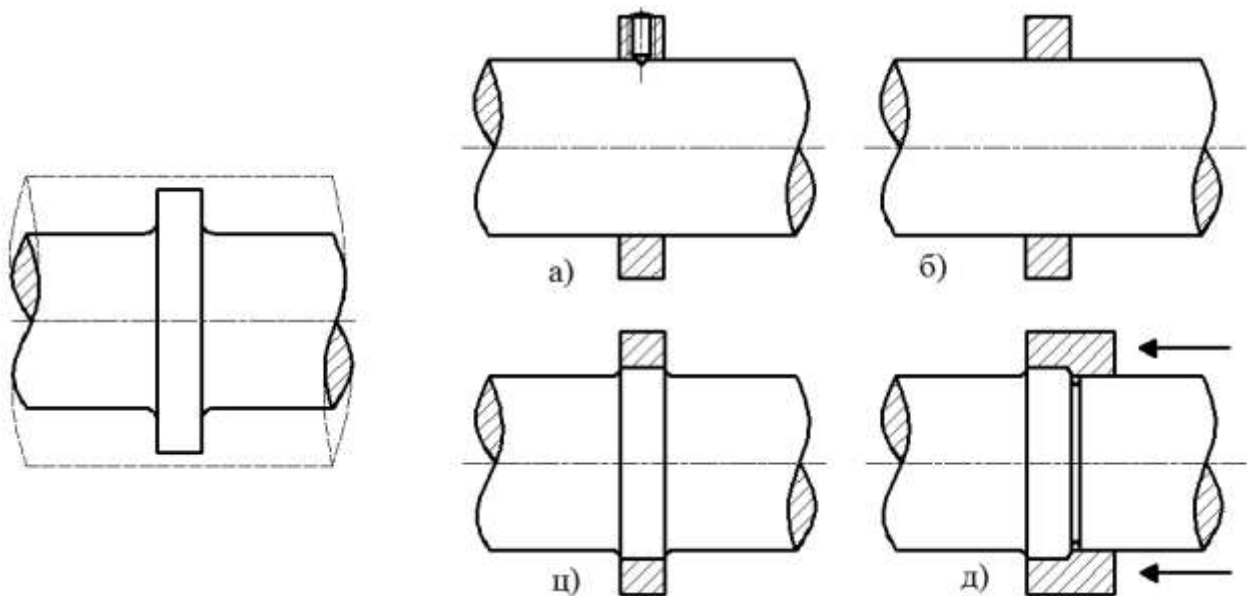
Приликом конструисања делова посебну пажњу треба обратити да у деловима не остану ограничени унутрашњи простори као што се види на слици 78-неправилно, јер не може доћи до правилног одвођења струготине при обради резног алата. Такви простори могу се избећи правилним конструисањем као што је приказано на слици 78-правилно.



Слика 78. Унутрашњи простори

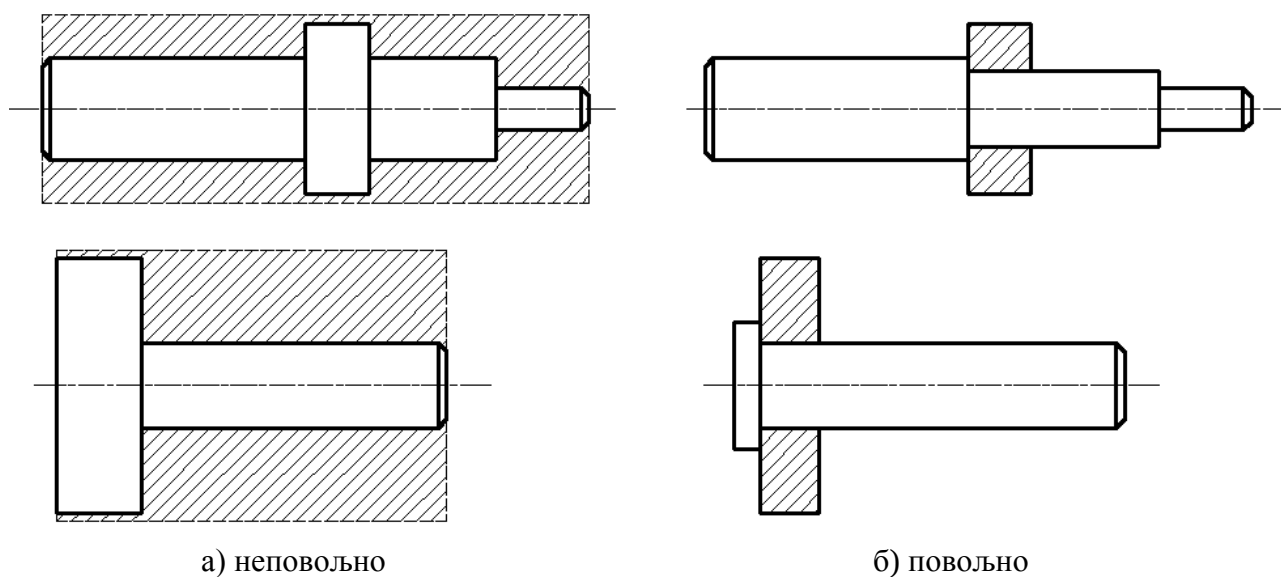
5.27 Смањити обим рада у обради стругањем и повећати уштеду материјала

Високе разлике пречника у операцији стругање захтевају у малосериској производњи много рада у процесу скидање струготине. Коришћењем канала и клина, напресованих и вруће навучених прстена, заварених или навојем причвршћених прстена или другим начином причвршћивања делова може се рад у процесу скидање струготине знатно смањити. На следећим примерима је приказано како се може смањити операција стругање и знатно уштедети материјал који би се при обради одбацио у струготину. На слици 79 је приказан пример готовог дела како треба изгледати, а под а), б), ц), д) су нам показани примери могућег смањења рада и уштеда материјала. На слици 79 а) је приказано како се може поставити прстен осигуран вијком, под б) вруће навучен прстен на сасвим обрађено вратило, ц) вруће навучен прстен на ојачани део вратила, д) исто као и под ц) само што су овој варијанти могуће велике аксијалне силе.



Слика 79. Смањење обима обраде стругањем

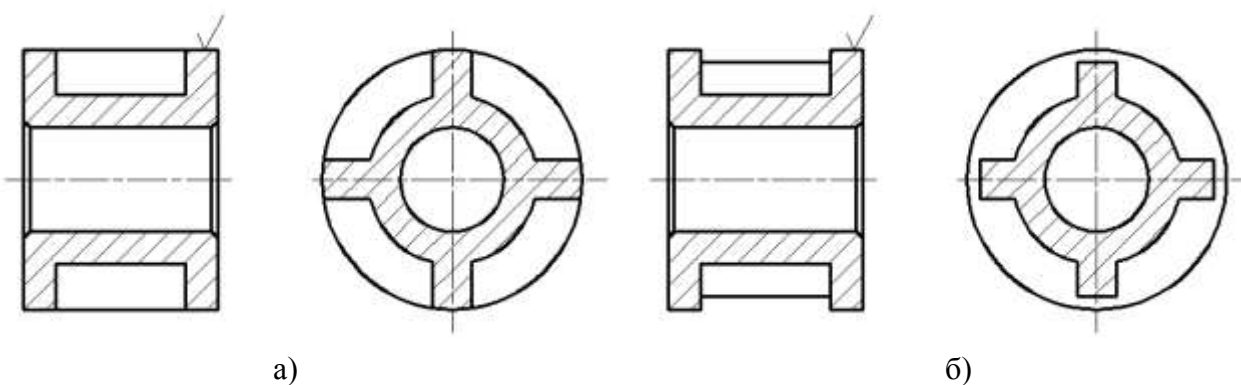
Ако конструкција омогућује да се на вратило убаци прстен слика 80-повољно може се знатно уштедети материјал, јер ће се при изради кренути од мањег полазног комада него када би се цело вратило израђивало из једног дела као што је на слици 80-неповољно.



Слика 80. Уштеда материјала

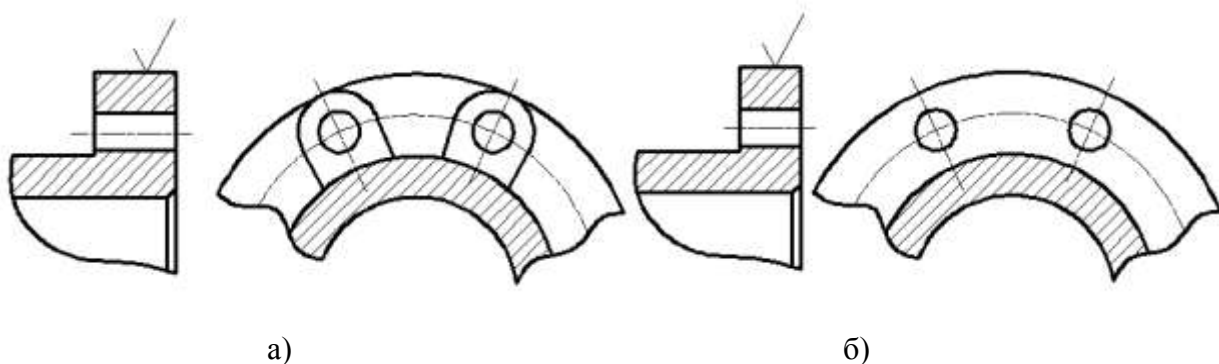
5.28 Избегавати ударно оптерећење алата приликом обраде стругањем

Површине треба поставити тако да се избегну ударна оптерећења алата при обради стругањем. То се постиже правилним конструисањем и правилним избором облика дела који ће се обрађивати стругањем. На слици 81 б) види се како се могу ударна оптерећења избећи, постављањем ребра за ојачање ниже од површине која се обрађује стругањем.



Слика 81. Избегавање ударних оптерећења

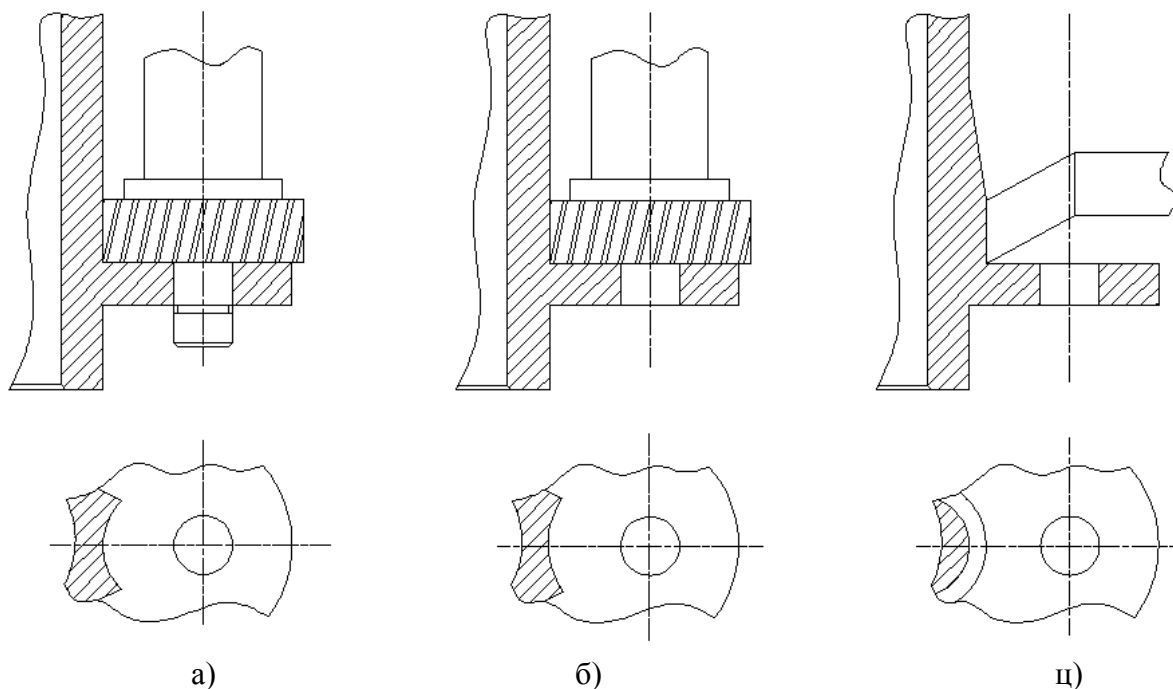
На местима где су предвиђени отвори понекада се оставјају узвишења као што је урађено на слици 82 а), да би се смањила површина за обраду и да би се ојачао отвор. Код таквих делова где је потребно ојачање отвора а да се мора део обрадити стругањем погодније је да се уместо узвишења остави дебљи зид отвора и оствари ојачање као што је приказано на слици 82 б), јер се при обради стругањем где постоје узвишења дела јавјају удари и долази до оптерећења алата.



Слика 82. Узвишења на венцу дела

5.29 Омогућити израду појединих делова без бочног оптерећења алата

При конструисању неких машинских делова треба водити рачуна да се алати при резању не оптерећују једнострано, јер тада може доћи до пуцања и до лома алата као и до смањења тачности израде. На слици 83 је приказана обрада простора око отвора који може служи за притезање или ослањање неког другог дела. У ситуацији као што је под а) да је алат изложен бочном притиску, такава ситуација може се олакшати ако се на алат дода вођица, а ако није могуће додавање вођице онда се мора употребити глодало што већег пречника као што се види на слици под б). Пошто је део који се обрађује цилиндричан проблем може се решити и стругањем као што је на слици 83 под ц) приказано, само што се на крају добија мало другачији облик дела него што се добија глодањем.



Слика 83. Обрада простора око отвора

Закључак

Вечина металних делова који се уграђују у различите машине и уређаје свој коначан облик најчешће добијају поступцима обраде резањем. Правилним планирањем полазног комада, редоследом операција и прилагођавањем делова условима производње добићемо делове који су добро обликовани, много лакше се израђују, смањен је број операција којима се подвргавају, самим тим смањено је и време израде, значајне су уштеде на резном и стезном алату, нарочито ако се резни алати правилно употреби. Уштеде се јављају и када се користе стандардни алати. Делови на којима се користе стандардни алати могу брже да се уграде, јер се избегава чекање, потребно за израду специјалних алата. Све ово доприноси и тачнијој изради делова, па се може планирати и израда знатно прецизнијих делова, што доприноси квалитету крајњег производа. Све ово доводи и до уштеда на енергентима и потрошном материјалу (уља, мазива, емулзије...)

Све ове принципе никада није могуће применити на једном делу, али је важно да се увек тражи најповољнији услов. То може довести до налажења навих решења. Види се да има различитих принципа обликовања делова које се могу применити у зависности од обраде којој се подвргава део, као и од крајње примене дела. Сваки принцип обликовања зависно од тренутка ситуације има својих мањих или већих предности које треба искористити на најбољи начин и узети све могућности у обзир приликом избора најприкладнијих принципа за дати део. потребно је при избору принципа обликовања имати у виду какав је полазни материјал за израду дела.

Избор полазног сировог комада израђен ливењем или ковањем зависи од неколико услова. Основни услов је да ли је потребан део који је веће тврдоће или веће жилавости. Уколико део мора да трпи ударна оптерећења одлучује се за отковак јер је он жилавији. Ако је део изложен повећаном хабању, више одговара одливак као тврђи део. Веома важан услов за избор полазног материјала је и број комада који је потребан да се изради. Ако је потребан мањи број комада да се изради може као полазни материјал да се узме ваљани цилиндар, јер на неколико комада неможе да се значајнија уштеда. Али зато ако је потребно неколико хиљада делова, тада се бира ливени део јер он даје најближи облик горовог дела. Ковани полазни материјал захтева израду скупих ковачких алата, нарочито ако се део мора радити у неколико фаза ковања. Ако се узима као полазни материјал отковак мора се вршити пажљив прорачун, јер у цену готовог дела улази и цена ковања. Наравно да ће и облик самог дела утицати на избор полазног материјала јер се неки делови могу изградити ливењем, а ковањем врло тешко или никако. Да би се повећала ефикасност машинске обраде потребно је обликовати део да се може обрадити што већи број површина на истој машини на којој се обрађује и главна операција, користећи један алат и све могућности машине.

Литература

- [1] Светислав Јовичић., Ненад Марјановић., Основи конструисања, Факултет инжењерских наука, Крагујевац 2011 год.
- [2] Богдан Недић., Миодраг Лазић., Производне технологије Обрада метала резањем, М.Ф. Крагујевац 2007 год.
- [3] Сабахудин Екиновић., Поступци обраде резањем, Машински факултет Зеница 2003год.
- [4] Светислав Марјовић., Развој облика машинских производа, Висока школа техничких струковних студија Чачак, 2012 год.
- [5] Милосав Огњановић., Развој и дизајн машина, Машински факултет Београд, 2007 год.
- [6] Милосав Огњановић., Конструисање машина, Машински факултет Београд, 2000 год.
- [7] Синиша Кузмановић., Конструисање обликовање и дизајн II део, Факултет техничких наука Нови Сад, 2005 год.
- [8] Обершмит Еуген., Основе конструисања, технолошки исправно конструисање, обликовање стројних делова, Факултет стројарства и бродоградње, Загреб 1983 год.
- [9] G.Pahl., W Beitz., J. Feldhusen., K. H. Grote., Engineering design, Springer-Verlag, London Limited 2007 god.