

**Факултет инжењерских наука Универзитета у
Крагујевцу**



Назив студијског програма: Машинско инжењерство
Ниво студија: Основне академске студије
Модул: Производно машинство
Предмет: Производне технологије
Број индекса: 84/2013

Јован М. Китић
Технологичност израде делова
завршни рад

Комисија за преглед и одбрану:

1. Др Богдан Недић, ментор
2. _____
3. _____

Датум
одбране: _____

Оцена: _____



Универзитет у Крагујевцу
Факултет инжењерских наука



Основне студије: **Машинско инжењерство**

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

Име и презиме: **Јован Китић**

Број индекса: **84/2013**

ПРИЈАВА ЗАВРШНОГ РАДА

Тема рада: **Технологичност израде делова**

Задатак: У оквиру завршног рада потребно је да кандидат изврши прикупљање и систематизацију података за дефинисање технологичности израде делова. Посебну пажњу посветити дефинисању конструктивне документације у циљу технологичности израде делова обрадом резањем.

Завршни рад треба да садржи следеће целине:

1. Уводна разматрања,
2. Дефинисање појма технологичност израде делова,
3. Технологичност пројектовања делова за израду резањем,
4. Технологичност пројектовања делова за израду осталим поступцима
5. Закључци,
6. Литература.

Ментор:

Др Богдан Недић, редовни професор

Крагујевац, 13.03.2020.

Резиме: При изради одређеног производа потребно је пре свега задовољити функцију и употребне захтеве предвиђене за дати производ. Наравно од велике је важности па често и пресудне технологичност израде дела, што у кратким цртама подразумева број производних операција, обим производње, количину употребљеног материјала за израду и на крају можда и најбитнија ставка цена израде дела.

Увек треба тежити ка што економичнијем утрошку материјала, времена израде, енергије и новца. Приликом контруисања производа потребно је облик прилагодити производној технологији којом ће се касније део израђивати.

Обрада резањем је готово неизоставни производни процес како у току претходне тако и завршне обраде. У овом раду дат је осврт на начин дефинисања технологичности у области израде делова резањем, заваривањем, ливењем, деформисањем са посебним акцентом на обраду метала резањем.

Кључне речи: Технологичност, Технологија, Обрада резањем, Заваривање, Ливење, Деформисање...

Summary: In the manufacturing of a certain product certain demands need to be met, such as function and usage requirements. One of the most important aspect of production is product's manufacturability which implies the number of production operations, production volume, the amount of material used for production and the most important thing - price.

One should always gravitate towards more economical material, energy and money consumption as well as shorter period of time needed for production. While consutrecting the product, the form of the product needs to be adjusted to manufaction technology.

Cutting process is indispensable when it comes to finishing treatment as well as operations before that. In this text we gave a retrospective view of how manufacturability is being defined in parts production based on cutting, welding, casting and deforming, with an epmphasis on metal processing done by cutting.

Key words: Cost effective design , Technology , Cutting, Welding, Deformation, Casting

Садржај:

1.0 УВОД	6
2.0 Технолоичност.....	7
3.0 Технолоично пројектовање делова за израду резањем	10
3.1 Погодност облика за претходно обликовање резањем.....	11
3.2 Погодност облика за завршну обраду резањем.....	12
4.0 Препоруке за обликовање делова који се израђују резањем	15
4.1. Обрада стругањем и препоруке за обликовање делова који се израђују обрадом стругањем.....	15
4.1.1 Препоруке за обликовање делова који се израђују обрадом стругањем.....	16
4.2 Обрада глодањем и препоруке за обликовање делова који се израђују обрадом глодањем	21
4.2.1 Препоруке за обликовање делова који се израђују обрадом глодањем.	22
4.3 Обрада рендисањем и препоруке за обликовање делова који се израђују обрадом рендисањем.....	25
4.3.1 Препоруке за обликовање делова који се израђују обрадом рендисањем.....	26
4.4 Обрада бушењем и препоруке за обликовање делова који се израђују обрадом бушењем.....	28
4.4.1 Препоруке за обликовање делова који се израђују обрадом бушењем.....	29
4.5. Обрада брушењем и препоруке за обликовање делова који се израђују обрадом брушењем.....	34
4.5.1. Препоруке за обликовање делова који се израђују обрадом брушењем.....	35
4.6 Обрада провлачењем и препоруке за обликовање делова који се израђују обрадом провлачењем	40
4.6.1 Препоруке за обликовање делова који се израђују обрадом провлачењем	40
5.0 Технолоично пројектовање делова за израду осталим поступцима	43
5.1 Технолоично обликовање делова и контрукција за израду заваривањем.....	43
5.1.1 Примери технолоичног обликовања делова за израду заваривањем:.....	46
5.2 Технолоично обликовање делова од лима	48
5.2.1 Препоруке за обликовање делова од лима	49
5.3 Технолоично обликовање ливених делова (одливака)	51
6.0 Закључак:	54
Литература	55

1.0 УВОД

Од почетка цивилизације па све до данас човек је имао потребу за коришћењем различитих оруђа и алата како би себи олакшао живот и рад на земљи. На почетку су ти алати у поступци обраде у којима су се они користили били примитивни али су се са развијањем цивилизације развијали и они сами.

Нешто што можемо да наведемо као пример првих алата које је човек користио за обраду конкретног меса и дрвета су камене секире које датирају још из каменог доба. Са даљим развијањем човека и цивилизације у употребу долазе и предмети направљени од метала (метално доба), који су обично служили у сврху ратова, обраде земљишта, дрвета, а у новијој историји и за обраду метала.

Са појавом обраде метала, поступци обраде постају све различитији и механизованији. Механизација обраде у многоме олакшава обраду метала и повећава продуктивност израде жељеног предмета и тачност израде истих.

Поступци обраде метала:

- Обрада ливењем (обухвата ливење челика, сивог лива, обојених метала и неметала у песку, кокили, под притиском, у облику кошуљице, центрифугално),
- Обрада спајањем (обухвата поступке закивања, лемљења, заваривања, лепљења),
- Обрада деформисањем (представља поступке ковања, просецања и пробијања, дубоког извлачења, савијања),
- Обрада метала резањем (стругање, бушење, глодање),
- Неконвенционални поступци обраде - НПО (електрохемијска - ЕЦМ, електроерозиона ЕДМ, ласерска обрада).

У првом делу завршног рада дефинисан је појам технологичности, основне дефиниције технологичности, као и фактори који утичу на повећање исте. У другом делу се налазе препоруке за технологично обликовање делова за израду резањем, као и погодност облика за претходну и завршну обраду. Након тога следи објашњење сваке операције обраде резањем и конкретни примери технологичног обликовања за сваку операцију посебно. Такође примери и препоруке за технологично обликовање делова за израду: заваривањем, делова од лима и ливених делова (одливака).

2.0 Технолоичност

За појам технолоичност постоји више различитих дефиниција, технолоичност се конкретно везује за одређени машински систем или део тог машинског система. Технолоичан производ је онај производ, који задовољава функционалност, економичност и естетику. Функционалност има исто значење као и поузданост (поуздано функционисање производа). Економичност подразумева ниске трошкове израде и коришћења производа. Код неких делова постројења није важан изглед, док код неких постројења или производа естетика може бити један од примарних захтева. Према широј дефиницији технолоично решење ће бити оно решење које осигурава функционисање производа у предвиђеним захтевима експлоатације и у предвиђеном веку експлоатације уз најмање трошкове. Овој дефиницији се може додати још додатних захтева који су потребни већ данас, а биће поготово потребни за будућност, због кризе енергије, материјала као и загађивања биолошке околине [2].

Проширена дефиниција гласи: "Технолоично решење ће бити оно, које осигурава исправно функционисање производа са траженим нивоом поузданости, у предвиђеном веку експлоатације, а уз најмање трошкове, најмањи утрошак материјала, најмањи утрошак енергије и уз најмање загађивање биолошке околине".

Док се у српском и руском језику сви поменути захтеви групишу под појмом "технолоичност" у енглеском језику се користи израз "cost effective design" у преводу (економично обликовање) [2].

Табела 2.1. Фактори технолоичност [2]

		Технолоичност		
Поузданост	Економичност	Екологија	Енергија	Материјал
- Задовољавајућа или већа од минималне захтеване поузданости	- Најнижа цена производа - Минимални укупни трошкови израде - Максимална добит до краја експлоатације	- Минимално загађење животне средине	- Минимални утрошак погонских енергената	- Минимални утрошак сировине и других ресурса

Важно је уочити разлику између технологије и технолоичности. Ако се разматрају режими и редослед операција, тада се разматра технологија, а ако се додатно разматрају и трошкови, тада је то разматрање технолоичности. Док појам технологије означава процес или поступак, технолоичност означава својство производа кроз поузданост, функционалност и економичност.

Будући да захтевана поузданост мора бити осигурана, остаје економичност као главни критеријум оцене технолоичности за различите конструкције производа. Она техничка решења која након задовољења захтева функционалности не теже минималним трошковима (минималном утрощу материјала, енергије и минималном загађивању биолошке околине), нису добра решења. Задатак инжењера је пројектовање и давање технолоичних решења и то довољно поузданих и јефтиних решења.

Када говоримо о технологичности долази до упоређивања различитих могућих решења. Код свих решења мора бити задовољена захтевана поузданост (ниво поузданости, класа квалитета, својства, карактеристике), а оно решење које је најекономичније биће изабрано као најтехнологичније, односно технологично решење. Зато се анализа технологичности спроводи анализом различитих алтернативних решења, која сва морају дати довољну поузданост. Битно својство технологичности јесте да се трошкови сведу на минимум и томе се тежи [2].

Технологично обликовање је остваривање квалитета производа за време његове производње, што обухвата техничку и економску страну конструкције (производа). Не постоји мерило које би одређивало степен технологичности, већ се то обавља упоређивањем истих производа. Уколико се не може упоређивати са сличним производом, јер такав не постоји, тада треба анализу извршити на бази варијантних решења. Тада се за једно варијантно решење каже да је технологичније у односу на друго ако има ниже трошкове израде уз исти коначан квалитет производа.

При пројектовању технолошког процеса треба анализирати технологичност дате конструкције производа. Обликовање делова а и система у целини, у великој мери зависи од поступка израде. Сваки од поступака израде захтева од конструктора одређена специфична знања, да би могао формирати облик производа с обзиром на његову технологичност.

Технологичност конструкције је мера прилагођености облика конструкције и њених делова процесу технологије израде.

Повећање технологичности конструкције се постиже поштовањем следећих препорука и принципа:

1. поједностављивање облика, детаља, укључујући и полупроизоде,
2. одређивање рационалних толеранција,
3. унификација и стандардизација конструкције (склопова, подсклопова и делова),
4. повећање производних могућности.

При конструисању односно обликовању делова и система постоје одређене смернице које олакшавају процес израде на које треба обратити пажњу током рада без обзира којим ће се поступком обраде даље израђивати производ.

Оне су :

- приликом обликовања бирати геометријски једноставна тела,
- волумен обраде одржати што мањим,
- пазити на могућност стезања код обраде,
- по могућности завршно обрадити у једном стезању,
- равне површине које се обрађују поставити паралелно или вертикално у односу на стезну површину,

- површине које се обрађују морају за алат бити добро приступачне,
- предвидети канале (уреze) за излаз алата,
- омогућити употребу стандардних алата,
- дати предност стругању и бушењу у односу на глодање и рендисање,
- квалитете површина и толеранције ограничити на неопходно потребне,
- уважити опште толеранције [2].

3.0 Технолоично пројектовање делова за израду резањем

Обрада резањем чини скоро редовну завршну фазу технолошког процеса израде машинских делова. Тако делови који своју основну геометријску форму добијају у процесима пластичног деформисања материјала коначне конструкцијске облике добијају у процесу обраде резањем. Обрада метала резањем подразумева уклањање вишка материјала маханичким дејством резног алата на предмет обраде. Поступци резања се разврставају најчешће на два поступка: претходне (грубе обраде) и завршне (фине обраде) [2].

Резањем се израђују машински производи у претходној фази уколико су једноставнијег облика, веће чврстоће и када је број комада такав да задовољи услове економичности производње. Технологија резања је знатно важнија за реализацију завршне обраде додирних површина машинских производа који су израђени ливењем, ковањем, заваривањем или резањем. Резањем се обрађују цилиндричне и равне површине као и површине специфичног облика. Многи делови се израђују искључиво применом технолошких процеса резања, при чему се од полазног сировог материјала, најчешће шипкастог облика, кроз разне фазе обраде у којима се могу комбиновати различите елементарне операције при обради резањем, добијају финални облици [2].

Задатак исправног конструисања (пројектовања) машинских делова у односу на обраду резањем било би такво пројектовање делова које би захтевало што мањи утрошак времена за обраду и што мањи утрошак материјала. Да би то било могуће, потребно је познавати начине обраде резањем, машине и алате.

Није могуће дати начела правилног обликовања у односу на обраду резањем свих поступака обраде, са свим специфичностима. Иако је искористивост материјала машинских делова, произведених технологијом ливења или пластичне обраде, увек већа од искористивости материјала код истих делова произведених обрадом резањем, ова се последња обрада примењује зато што се:

- технологијом ливења и пластичне обраде не могу произвести мали отвори, мали урези, навоји, озубљења,
- технологијом ливења и пластичне обраде се не могу произвести делови великог степена тачности,
- за технологију ливења и пластичне обраде често се употребљавају специјални алати као што су кокиле (калупи) и уковњи ти алати се морају посебно израђивати за сваку димензију изратка.

При обликовању делова обрадом резањем конструктор се мора бринути:

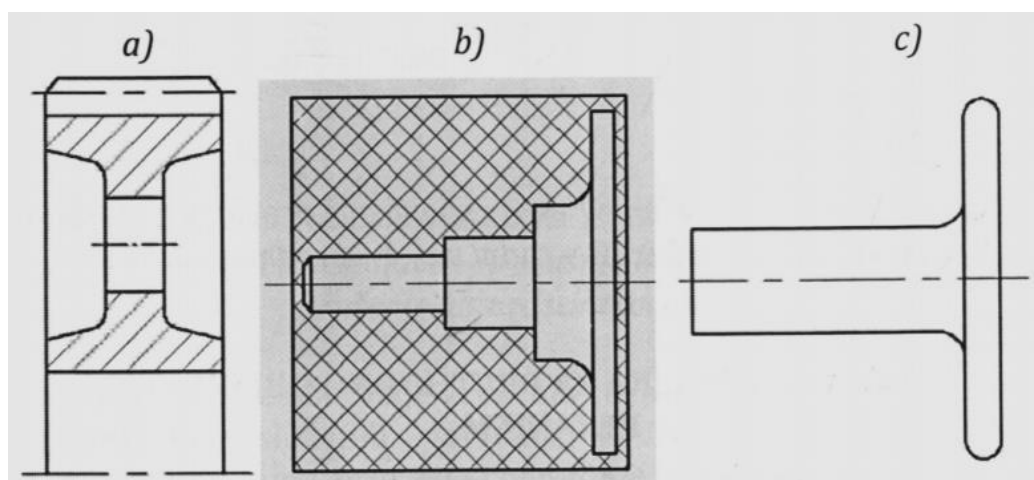
- да постоји машина за предвиђену обраду резања,
- да постоји одговарајући алат за обраду,
- површина која се обрађује мора бити приступачна,
- осигурати приступачност мерном алату.

3.1 Погодност облика за претходно обликовање резањем

Полазни полуфабрикати за претходно обликовање машинских производа резањем су вруће ваљане шипке, блокови, плоче. Жељени облик се добија уклањањем вишка материјала односно његовим претварањем у струготину. На основу тога следе основна правила у развоју облика машинских делова који се израђују резањем:

- што мање скидање струготине,
- облици треба да су једноставнији и да се у што мањој мери разликују од полазних полуфабриката,
- цилиндрични облици у виду дискова треба да су без бочних удубљења и отвора,
- дугачки цилиндрични производи, као што су вратила, треба да су са што мањим разликама у пречнику,
- веће разлике у пречнику или у висини код масивнијих производа треба решити додатним деловима за ову сврху како би се смањила количина скинуте струготине.

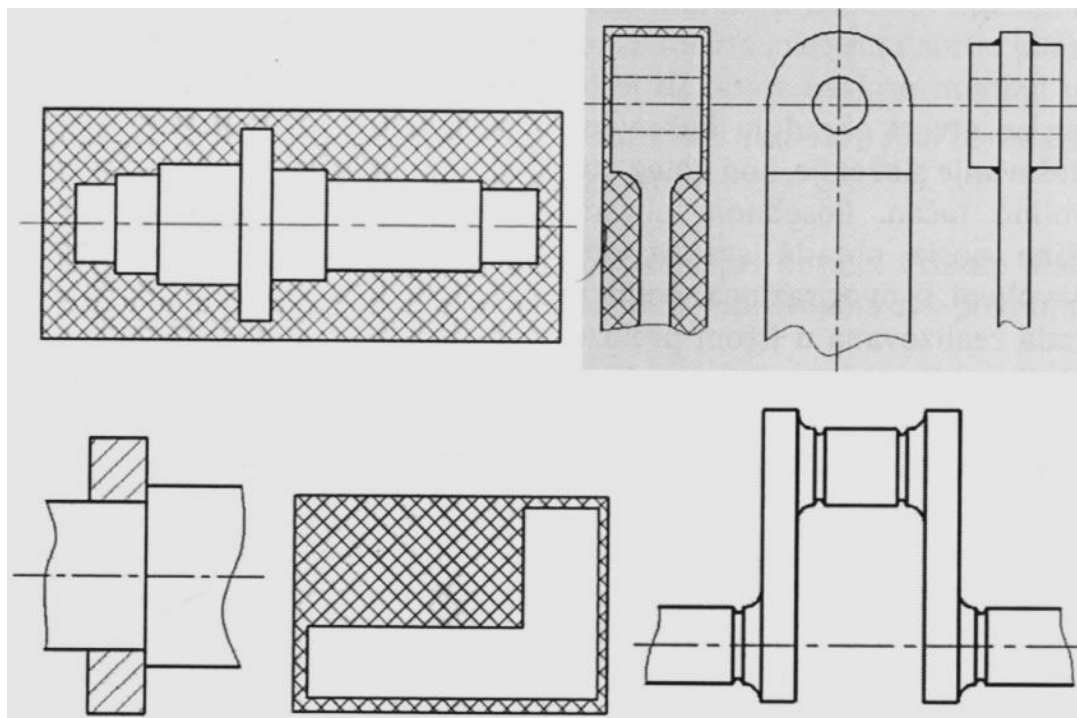
Имајући у виду расподелу напона, вратила би требала да буду шупља, али због цене уклањања материјала најчешће су кружног пуног профила. На слици 3.1а приказан је издубљени облик тела зупчаника који је трансформисан у плочасти како би се избегло непотребно претварање материјала у струготину. Проблем претварања велике количине материјала у струготину може бити решен комбиновањем технологије сечења са слободним ковањем или заваривањем. На слици 3.1б приказан је облик прирубнице за коју би резањем требало скинути много материјала. Уколико се крај шипке сабије у врућем стању тако да се добије “печурка” резање до коначног облика се значајно смањује [2].



Слика 3.1. (а, б, ц) Могућност смањења количине скинутог материјала резањем код делова облика диска [2]

Дугачки машински делови као што су вратила, израђују се резањем из вруће ваљаних шипки. Због велике дужине и мање дебљине скинутог материјала чине укупну обраду обимном. Веће редукције пречника намећу потребу резања по целој дужини вратила (слика 3.2). Ове редукције су најчешће потребне за формирање аксијалног наслона за главчине. Да би се избегло резање по целој дужини, високи наслон може се добити уградњом посебног прстена.

Исто тако код делова плочастог облика испупчења треба формирати уградњом посебних делова уместо да се резањем по целој површини формирају испупчења. Ово питање се намеће увек када треба израдити машински део из пуног материјала. Алтернативно решење је да се облик формира заваривање плоча, а затим обради. Одлука се доноси упоређивањем трошкова резања из пуног блока и трошкова сечења, заваривања, жарења, и обраде. Исход одлуке није једнозначан и зависи од конкретних услова као што су облик и величина машинског дела, цена обраде и друго [2].

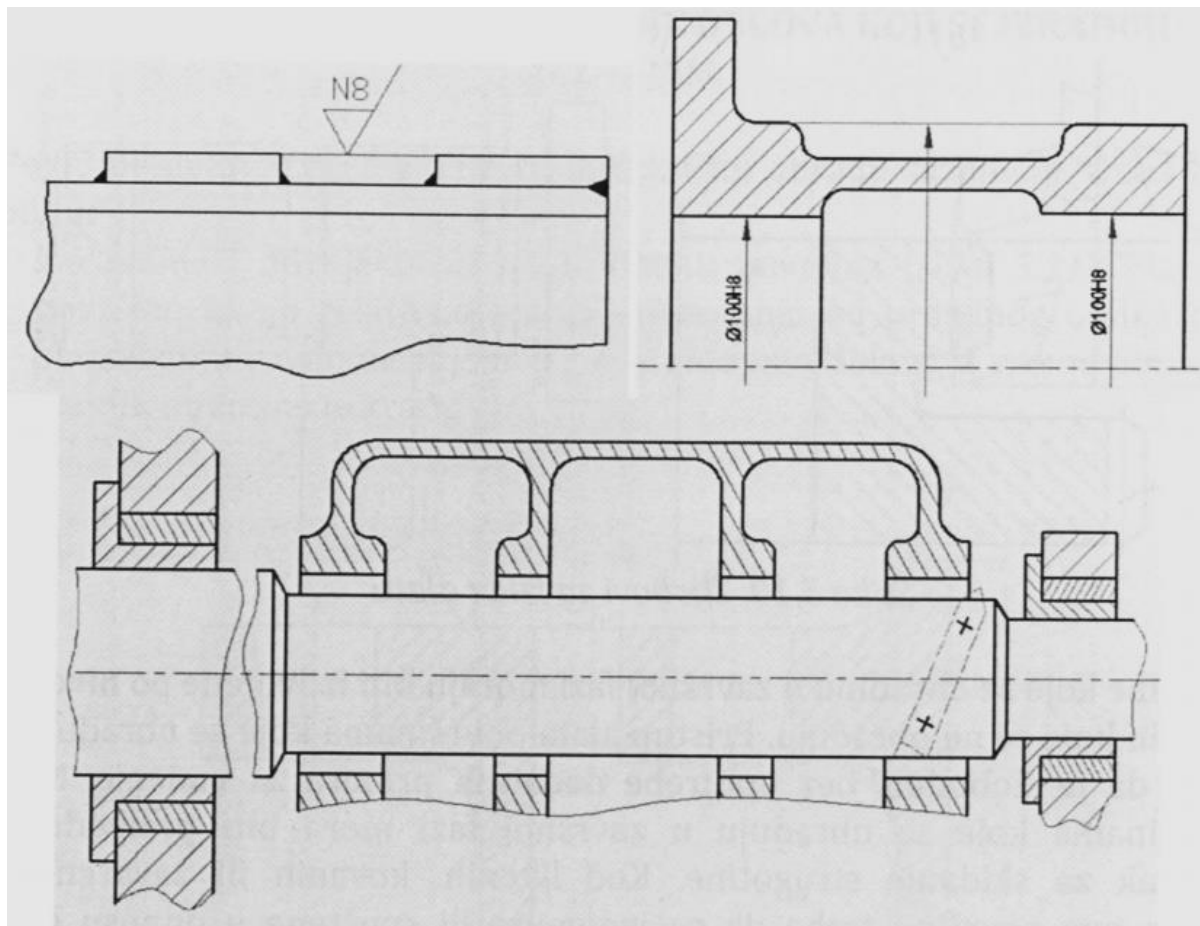


Слика 3.2. Облици дугачких машинских делова и могућности смањења количине скинуте струготине [2]

3.2 Погодност облика за завршну обраду резањем

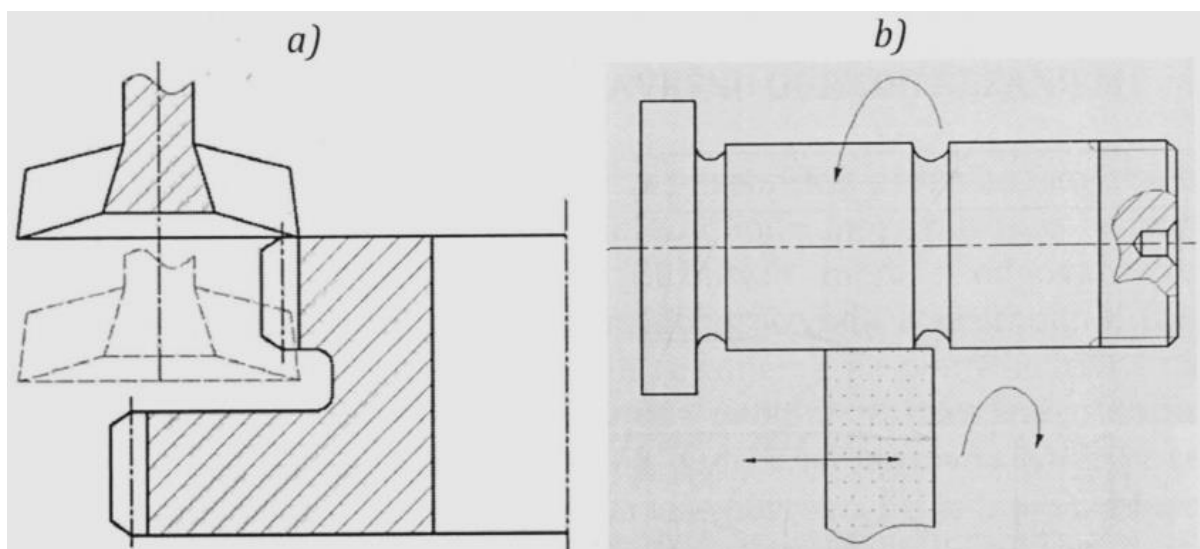
У завршној фази се обрађују оне површине машинских производа које су у додиру са другим деловима, односно код којих мора бити обезбеђена довољна тачност облика, положаја, дужинских мера и одговарајућа храпавост. При обради (изради), машинских производа у претходној фази ливењем, ковањем, заваривањем или резањем на овим површинама се оставља слој материјала одговарајуће дебљине за завршну обраду. Препоручљиво је да већи број површина буде у истом нивоу како би се обрадили у истом пролазу алата. Обрада више површина при једном пролазу алата значајно смањује припрему. Што више површина треба довести у исти ниво, изједначити толеранције храпавости, како би могле да буду истовремено обрађене. На слици 3.3 наведени су неки примери. Ослонци постоља нису увек у истом нивоу. Ако се због погодности за обраду њихов ниво изједначи, разлике у нивоу, потребне због функције могу се надоместити помоћу додатних плоча и подлошки. Пречници у чаури за смештај лежаја и пречници отвора за лежај у кућишту су једнаки и обрађују се у једном пролазу алата. То је од посебне важности за кућиште код којег се отвори обрађују бушењем помоћу стругарског ножа чије је подешавање сложеније, код којег отвори морају бити саосни, а правац осе довољно тачан.

Посебном обрадом сваког отвора скидањем са машине после обраде сваког отвора ови услови не могу бити задовољени. Из овог разлога спољни пречници свих лежаја морају бити исти а обрада реализована у истом пролазу алата. Добијају се иста одступања пречника свих отвора, добра саосност и исто одступање праваца оса сваког од отвора. Продуктивност производње, односно технолошка прихватљивост оваквог кућишта је на задовољавајућем нивоу [2].



Слика 3.3. Површине за завршну обраду доведене у исти ниво ради обраде у истом пролазу алата [2]

Алат мора имати излаз како се не би оштетио при обради. Приступ алата површини која се обрађује мора бити слободан и управан на ову површину. Жљеб који раздваја два зупчаста венца слика 3.4а омогућава излаз алата и избацивање струготине. Без жљеба зупчаник би био веома непогодан за израду. Други пример слика 3.4б односи се на осовиницу са пречницима различитих толеранција. При брушењу једне површине алат (тоцило) може налетети на другу, где би се оштетио, а оштећење пренело на површину која се обрађује. Из тог разлога потребно је да површине буду раздвојене жљебом (каналом) у који излази крај алата при осцилаторном кретању у аксијалном правцу. За једноставније достизање потребне тачности при завршној обради потребне су и друге погодности које треба предвидети при конструисању на пример: средишта гнезда код ротационих делова, отвори на дисковима већег пречника, базне површине...



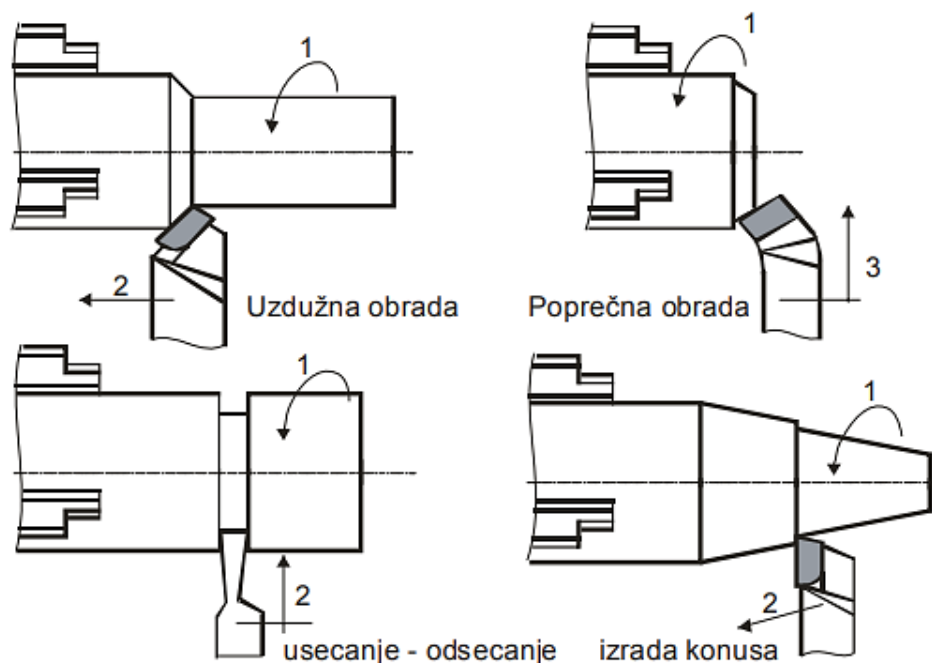
Слика 3.4. (а,б) Жљебови за излаз алата [2]

Површине које се обрађују у завршној фази морају бити издвојене по нивоу од оних који се не обрађују. Приступ алата површинама које се обрађују треба да је слободан, без употребе додатних прибора за вођење. На површинама које се обрађују у завршној фази мора бити предвиђен додатак за скидање струготине. Код ливених, кованих или заварених делова ове површине треба да су уздигнуте или спуштене у односу на друге површине које се не обрађују. Чеоне површине отвора се обрађују ради постизања управности ослоне површине главе завртња или навртке и осе завртња. Ове површине на радионичком цртежу треба да су издвојене упуштањем или уздизањем у односу на ниво других. Алат за завршну обраду мора имати слободан приступ. Препреке на правцу приступа алата морају бити отклоњене односно површине које се обрађују изведене из зоне у којој приступ није могућ или је отежан. Овакве препреке су честе код машинских делова и морају бити избегнуте при обради. Приступ алата мора бити управан на површину које се обрађује. Закошени приступ алата доводи до стварања додатних бочних сила које могу довести до лома алата или до грешака при обради. Утицај ових сила може бити избегнут употребом додатних прибора за вођење алата (бургије на пример) који ће прихватити и пренети ове додатне силе. Израда прибора поскупљује израду машинских делова, посебно ако се израђује мали број комада. Малим променама у облику машинског дела може се избећи потреба за додатним прибором. Бочне силе и додатни прибор за вођење бургије избегнути су поравнавањем површина где прилази бургија, а може бити поравната и на излазној страни [2].

4.0 Препоруке за обликовање делова који се израђују резањем

4.1. Обрада стругањем и препоруке за обликовање делова који се израђују обрадом 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) [1].



Слика 4.1. Основна кретања алата и предмета обраде у обради стругањем [1].

Производне операције обраде стругањем се, према квалитету обрађене површине, разврставају на производне операције: грубе и фине обраде, односно производне операције претходне и завршне обраде.

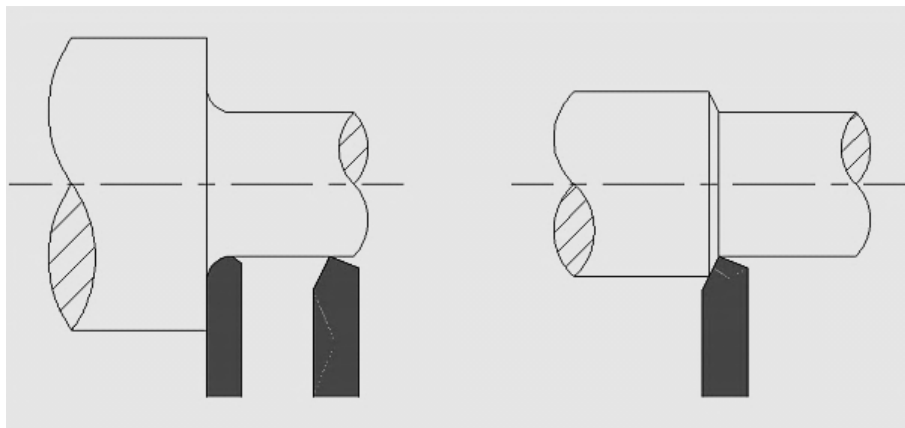
Обрадом стругањем се реализује велики број операција као што су:

- уздужна обрада (спољашња и унутрашња),
- попречна обрада (спољашња и унутрашња, усецање, претходно и завршно одсецање),
- израда конуса (спољашњег и унутрашњег),
- израда профила (профилним алатом и копирањем),
- неротационо стругање (призматичних делова и леђно стругање),
- израда навоја (спољашњег и унутрашњег),
- израда и обрада отвора и рупа [1].

4.1.1 Препоруке за обликовање делова који се израђују обрадом стругањем

Пример 1.

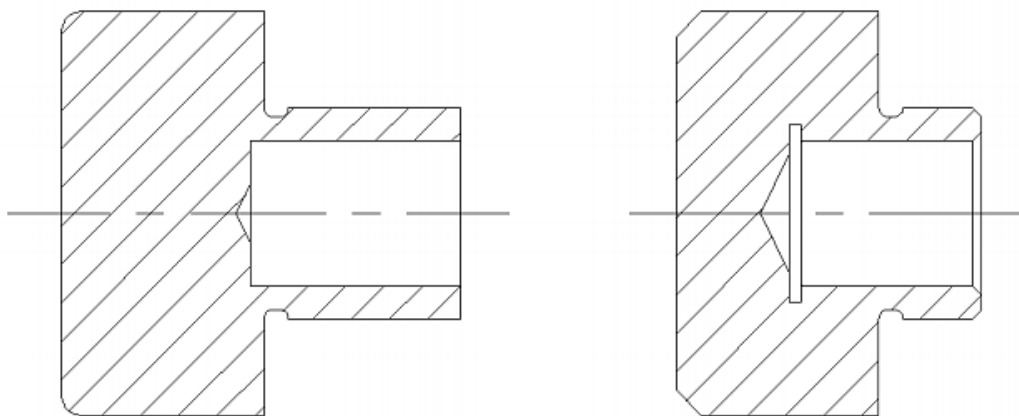
Рамена на осовини која немају функцију треба да буду израђена као равне површине. Код конусних површина, завршна обрада се може извршити без промене алата (слика 4.1)



Слика 4.1. Израда рамена на осовини

Пример 2.

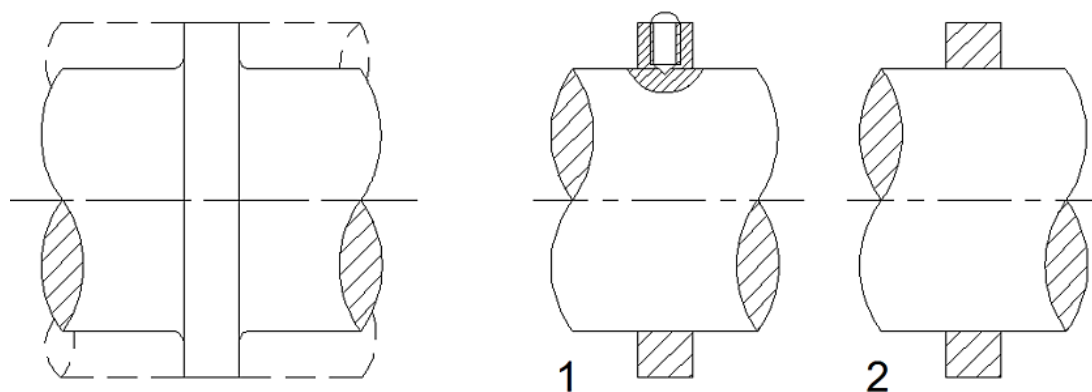
Код делова који се обрађују стругањем, да би се поједноставила израда спољних ивица треба предвидите нагибе испод 45° уместо заокруживања. На унутрашњим ивицама, на површинама које се обрађују треба конструисати канале за излаз алата (слика 4.2).



Слика 4.2. Израда ивица и канала за излаз алата

Пример 3.

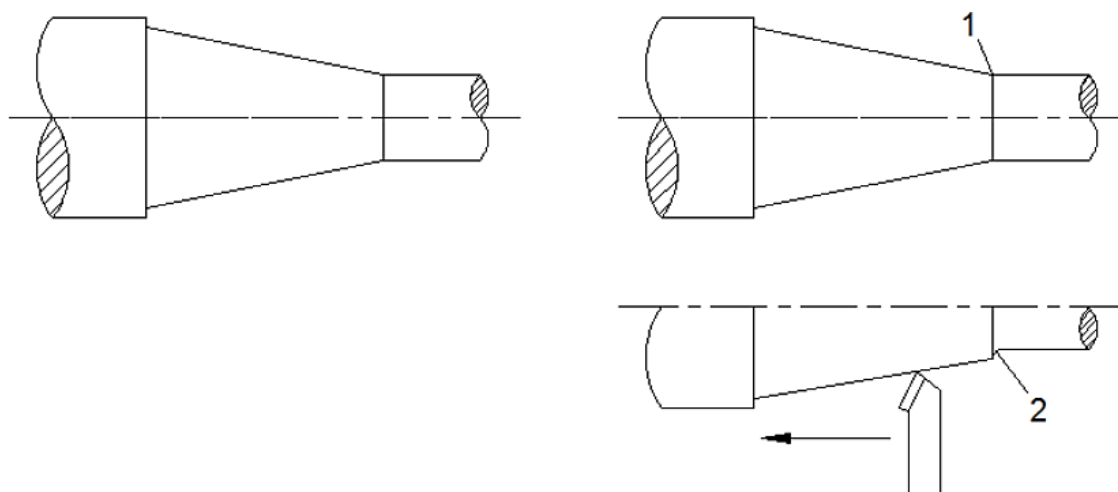
Вратила са венцем захтевају велику обраду. Један одговарајући прстен (1) или топло стегнут прстен (2) може, под одређеним околностима, заменити венац. И на тај начин се смањује обим обраде вратила и долази до уштеде материјала (слика 4.3.)



Слика 4.3. Технолошко решење вратила са венцем

Пример 4.

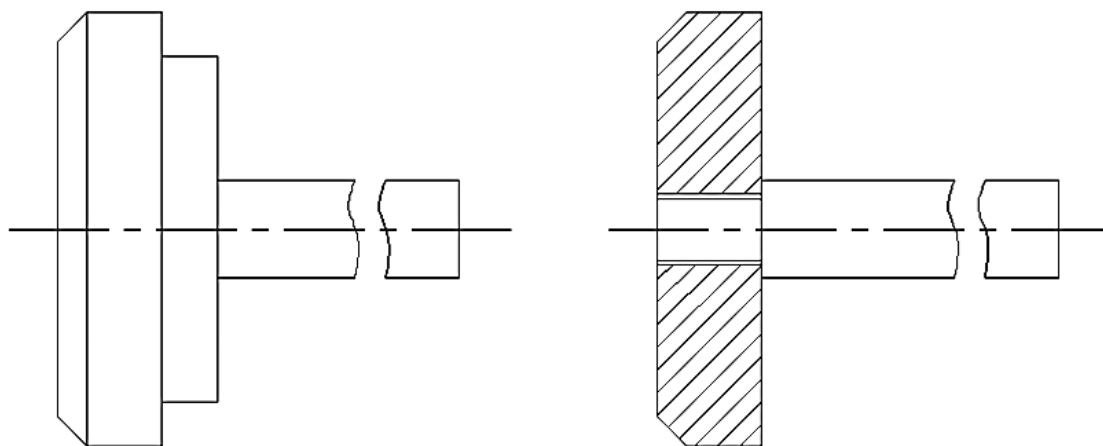
Код израде конуса, ножу алата треба омогућити излаз (као и приступ). Из тих разлога први рез (контакт са предметом обраде) не треба бити изведен као на примеру 1. већ неометано као на примеру 2.(слика 4.4.)



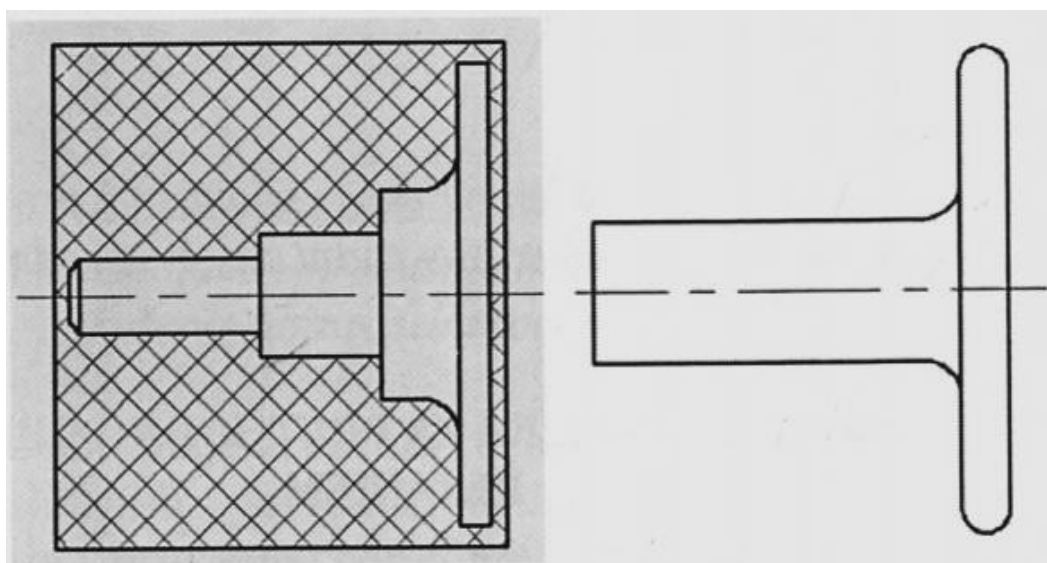
Слика 4.4. Израда прилаза алата при изради конуса

Пример 5.

Степенасте дуге и танке делове треба избегавати, јер услед њихове обраде долази до уклањања велике количине материјала. Уместо тога (економичније) решење би била израда два дела са употребом полупроизвода или комбиновање технологије резања са слободним ковањем или заваривањем (слика 4.5 и слика 4.6).



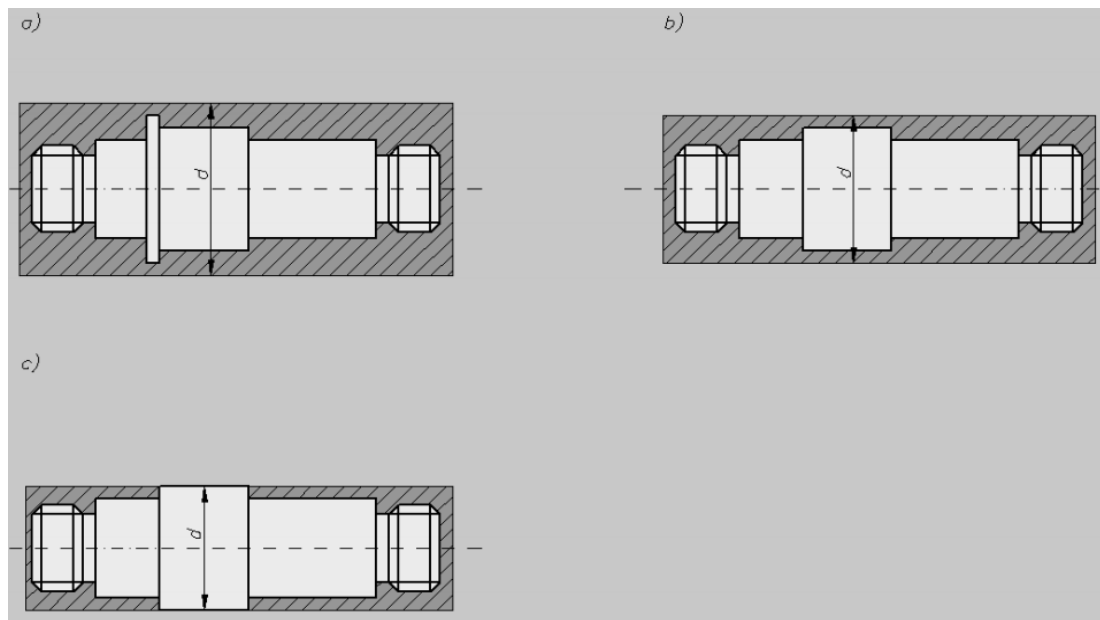
Слика 4.5. Употреба полупроизвода



Слика 4.6. Комбиновање технологије резања са слободним ковањем или заваривањем [2]

Пример 6.

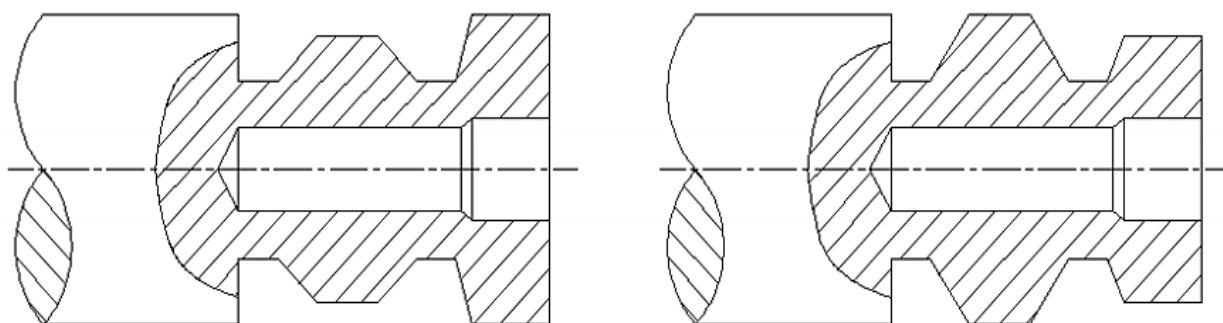
Стругање дугачких степенастих вратила и шипки је неекономично. Треба тежити ка што мањој разлици у пречнику и што већем искоришћењу полазног облика предмета обраде (слика 4.7).



Слика 4.7. Пример искоришћења полазног облика предмета обраде [5].

Пример 7.

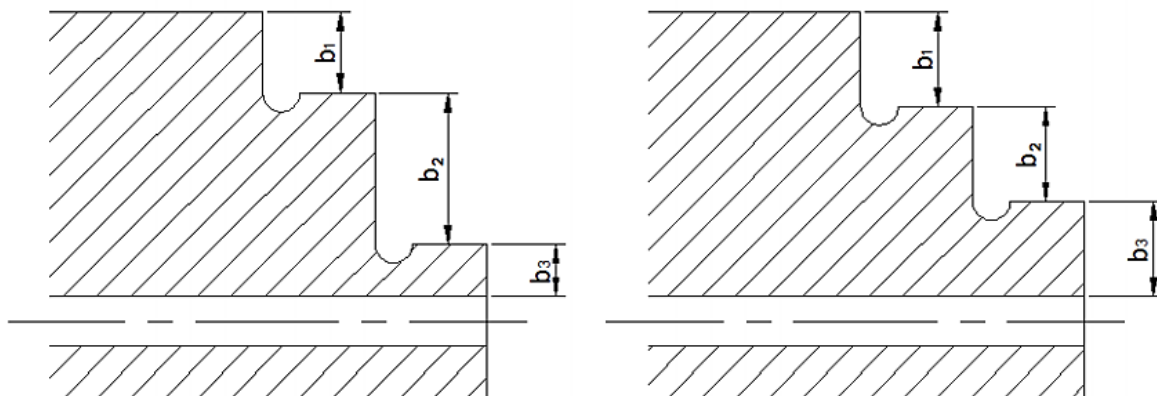
Повећавајући промене у правцу стезања, омогућава се истовремена обрада стругања и бушења (слика 4.8).



Слика 4.8.

Пример 8.

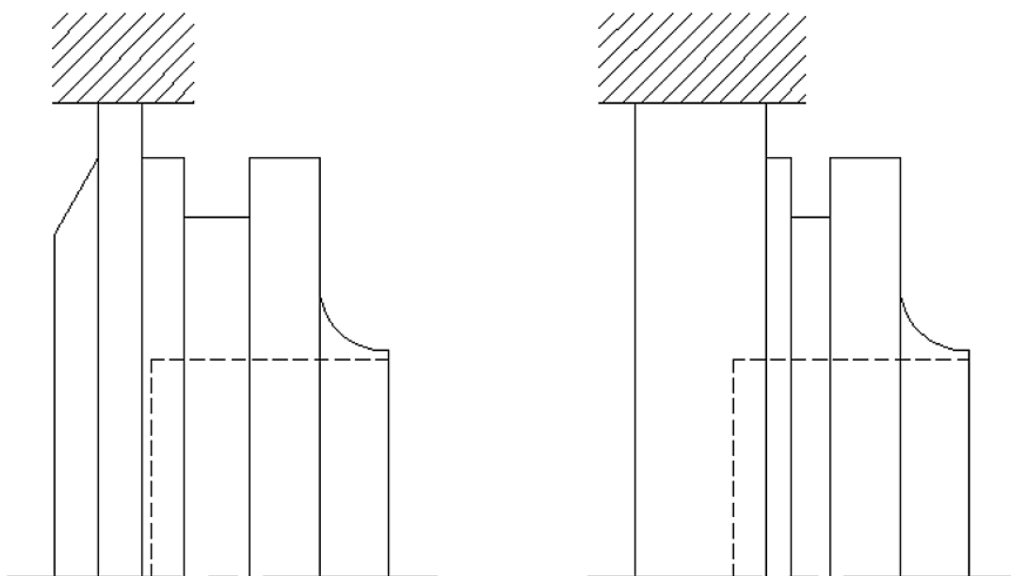
Код истовремене обраде више осовина, чеоним стругањем. Време обраде зависи од највеће разлике пречника. Због тога би требало бити $b_1 = b_2 = b_3$. На тај начин постижемо уштеду времена обраде (слика 4.9).



Слика 4.9. Пример уштеде времена при истовременој обради више осовина

Пример 9.

Код делова где долази до уклањања велике количине материјала (струготине), треба предвидети довољно широке стезне површине како би стезање и обрада тог дела била што сигурнија (слика 4.10).



Слика 4.10. Пројектовање стезних површина

4.2 Обрада глодањем и препоруке за обликовање делова који се израђују обрадом глодањем

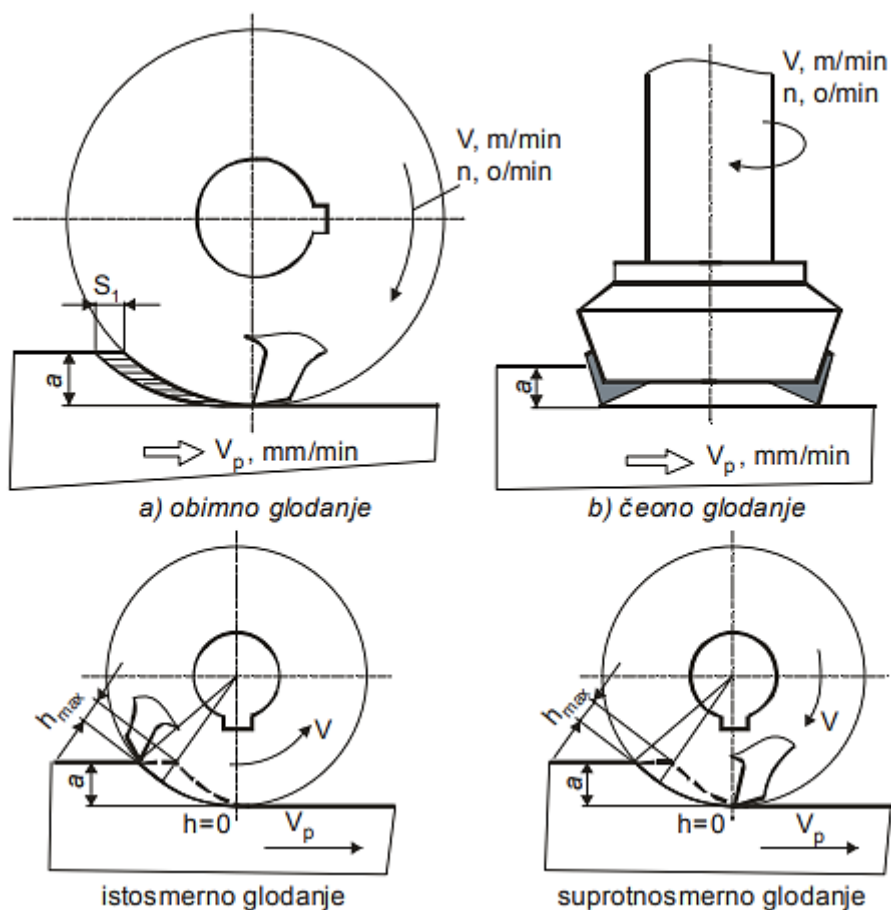
Обрада глодањем је поступак обраде равних површина, жљебова, профилисаних контура, површина специјалног и сложеног облика. Главно кретање је обртно кретање алата дефинисано брзином резања. Помоћно кретање је праволинијско кретање предмета обраде и/или алата и одређено је брзином помоћног кретања, а може бити дефинисано кораком по зубу и кораком [1].

Према распореду резних елемената алата разликују се два поступка обраде глодањем (слика 4.11):

- обимно глодање,
- чеоно глодање.

Према смеру међусобних кретања алата и предмета обраде разликују се два поступка обраде глодањем и то обрада (слика 4.11):

- истосмерним глодањем,
- супротносмерним глодањем.



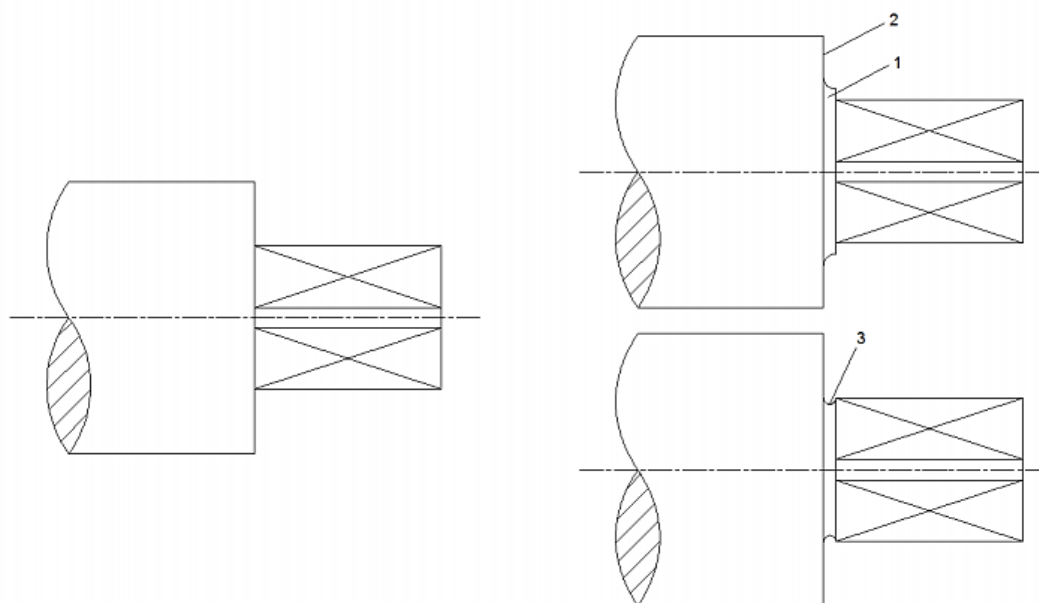
Слика 4.11. Основни принципи обраде глодањем [1].

Основне операције у обради глодањем су обрада: равних површина, криволинијских контура, површина специјалног облика и површина сложеног облика. Обрада равних површина 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. Обрада криволинијских контура је обрада профилисаних површина, испупчења, удубљења, заобљења, завојних жљебова, сложених контура и слично. Израда и обрада површина специјалног облика глодањем је израда Т - жљебова, профила призми, жљебова у виду "ластиног репа", површина са већим бројем степеница, праволинијских и криволинијских жљебова. Под обрадом површина сложеног облика глодањем подразумева се израда зупчаника, навоја, ожлебљених вратила, гравура алата за ковање, ливење у кокилама, пресовање и других. [1].

4.2.1 Препоруке за обликовање делова који се израђују обрадом глодањем.

Пример 1.

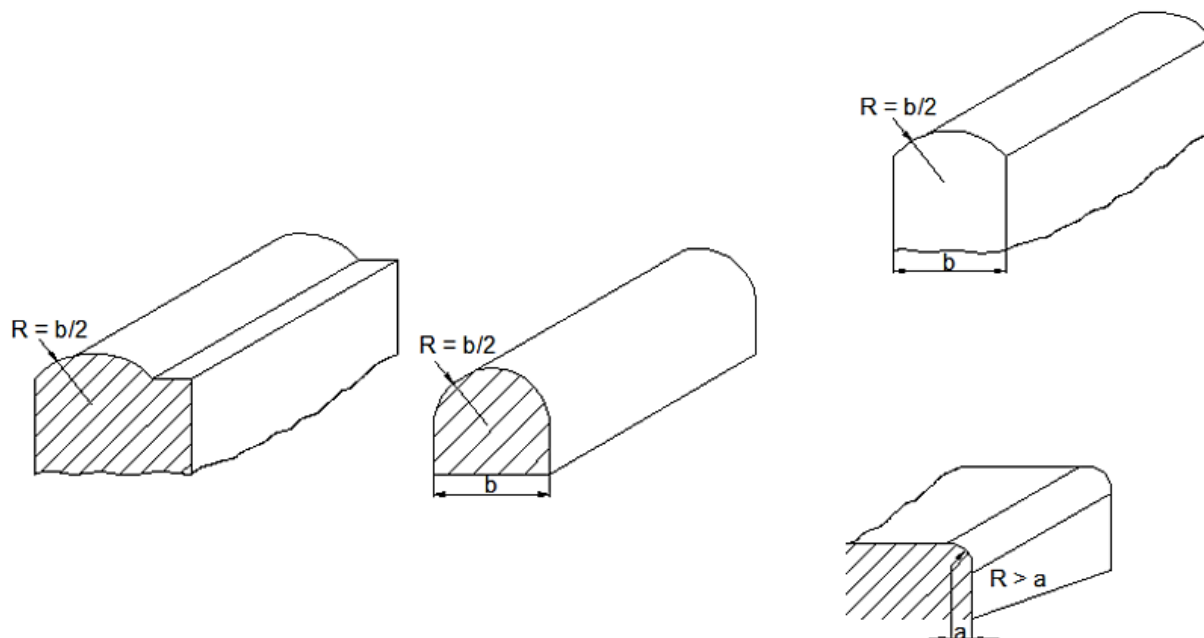
За четворострано глодање потребно је предвидети раме (канал) (1) или (3), како би чеона површина могла да се пре глодања обради завршном обрадом стругања (слика 4.12).



Слика 4.12. Препорука за израду канала

Пример 2.

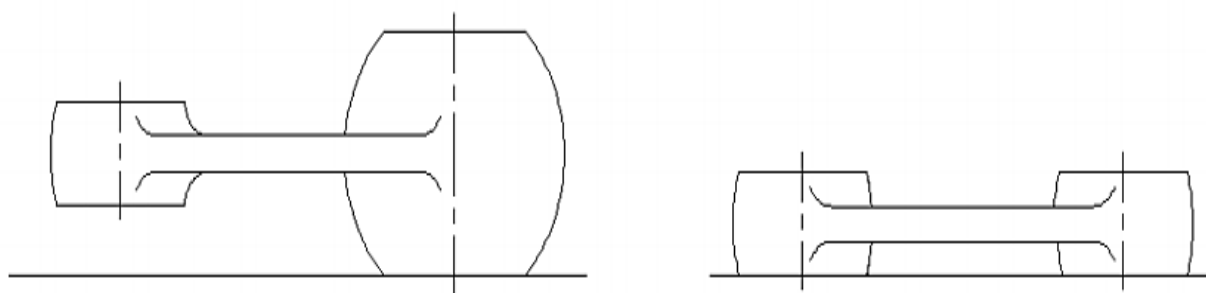
Да би ивице радног комада (обрадка), остале чисте (неоштећене) потребно је изабрати алате стандардних радијуса. Тако да заобљење на постојеће површине не мора бити тангенцијално веће (слика 4.13).



Слика 4.13. Доле десно пример заобљења $\frac{1}{4}$ круга.

Пример 3.

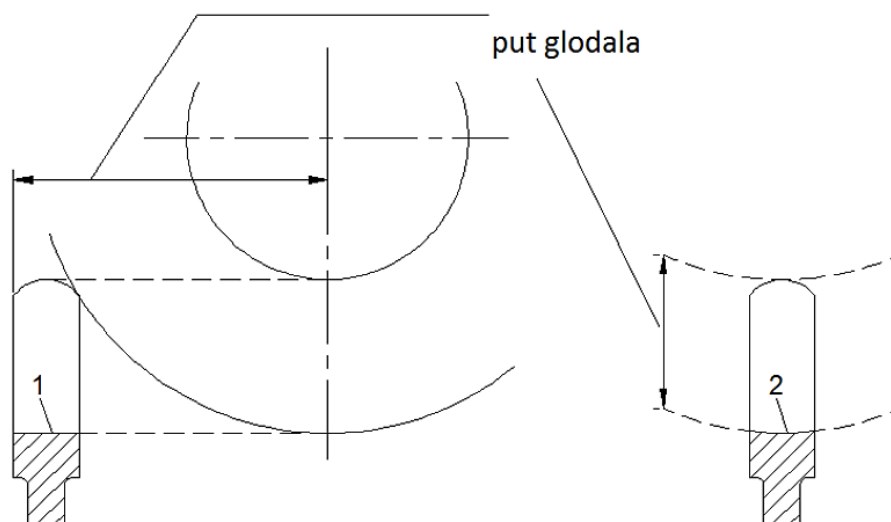
Да би се обрада глодањем могла обавити у једном стезању, површине обрадка морају лежати у истој равни. Са тим се олакшава стезање радног комада и смањује време израде истог (слика 4.14).



Слика 4.14. Изједначавање површина обрадка, уштеда времена обраде.

Пример 4.

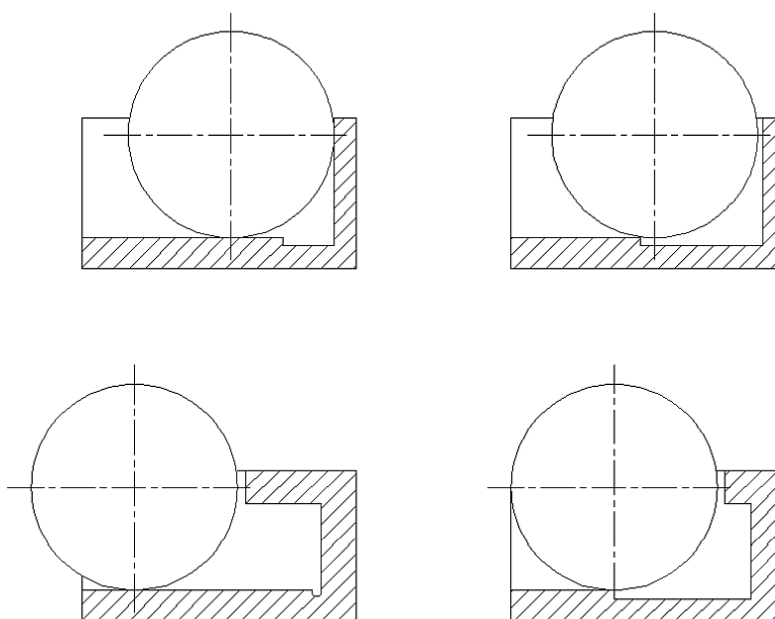
Равна површина дна ивице (1) захтева дуг пут глодала. Површина дна у конкавном облику (2) захтева само кратак улаз глодала и смањује пут кретања глодала (слика 4.15).



Слика 4.15. Промена облика дна ивице, смањење кретања глодала

Пример 5.

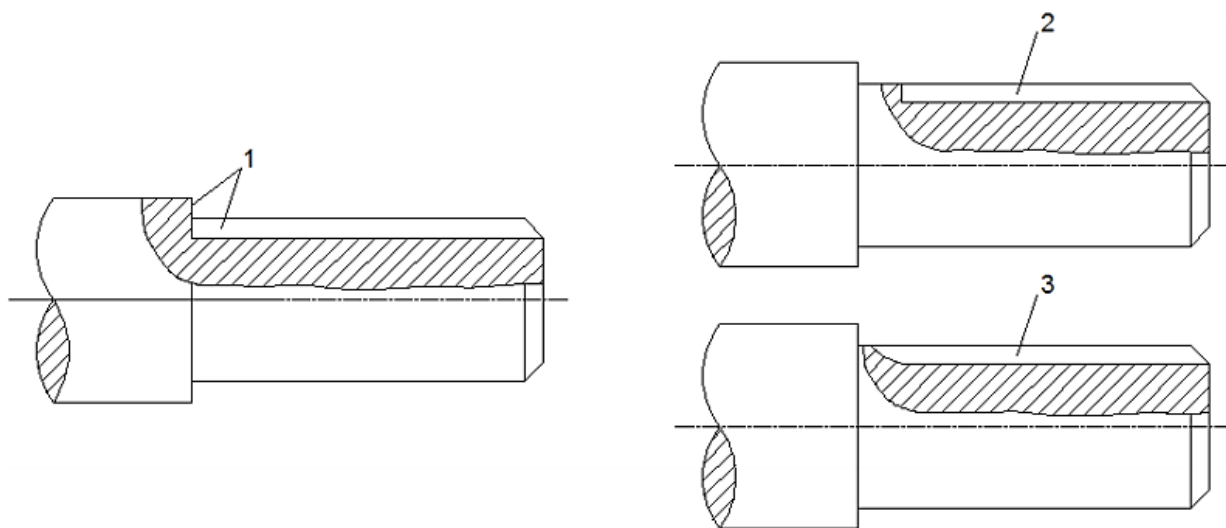
Глодање са великим ваљкастим глодалима или глодачким главама са уметнутим резним плочицама је економичније од глодања са малим чеоним глодалима. С тим да треба при обликовању делова (површина за обраду) узети у обзир димензије глодала.



Слика 4.16. Обрада великим ваљкастим глодалима

Пример 6.

Жљебове који воде до венца (1) треба избегавати. Економичнија обрада од обраде прстастим глодалом (жљеб 2) је обрада пластичним глодалом (жљеб 3) слика 4.17.



Слика 4.17. Израда жљебова

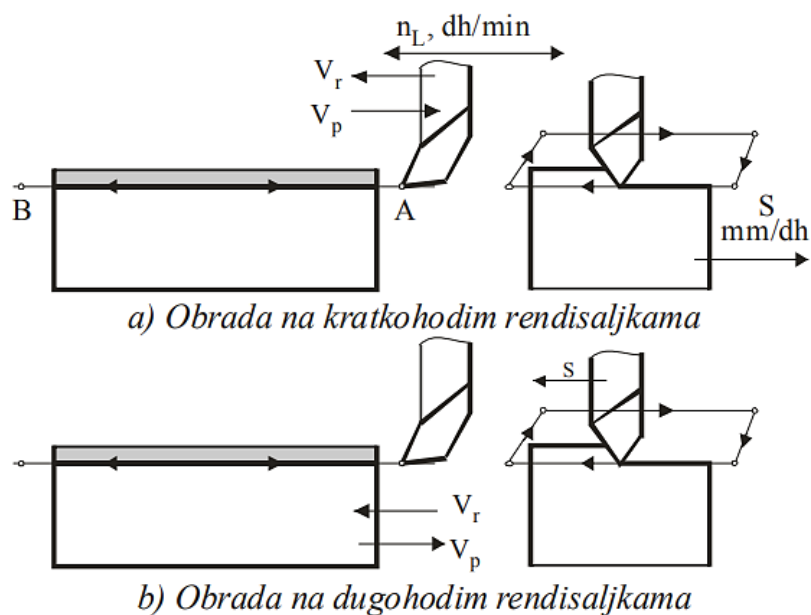
4.3 Обрада рендисањем и препоруке за обликовање делова који се израђују обрадом рендисањем

Обрада рендисањем се користи за обраду хоризонталних, вертикалних, нагнутих и профилисаних површина, израду жљебова у главчини. Изводи се на машинама са главним и помоћним праволинијским кретањем. Главно кретање је дефинисано брзином резања или бројем дуплих ходова, а помоћно кретање кораком.

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 два основна поступка обраде су обрада на (слика 4.18):

- краткоходај и
- дугоходај рендисаљци.

Обрада рендисањем је аналогна обради стругањем, јер се равна површина предмета обраде може сматрати кружном површином бесконачно великог полупречника кривине [1].

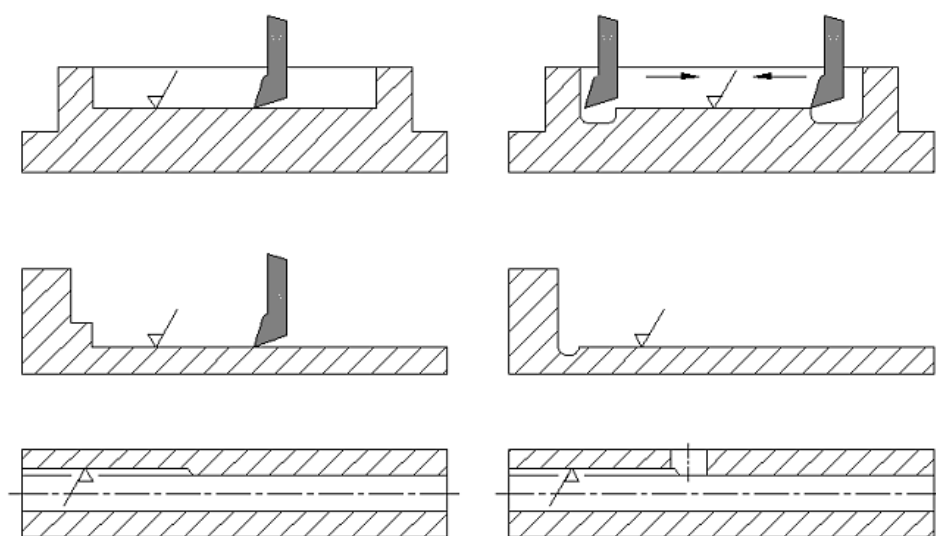


Слика 4.18. Шема обраде рендисањем на краткоходој и дугоходој рендисаљци [1].

4.3.1 Препоруке за обликовање делова који се израђују обрадом рендисања

Пример 1.

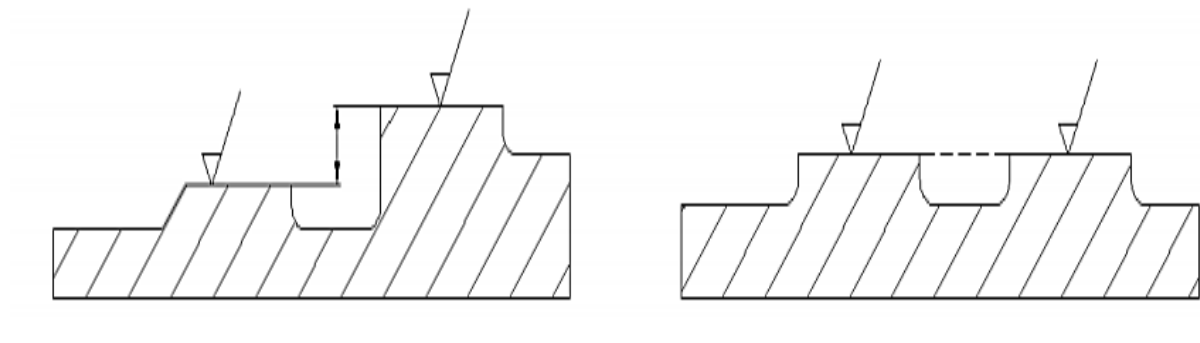
Рендисање до неких ивица није могуће. Нож мора изаћи изван обрађиване површине како би се струготина потпуно скинула са обрадка, и мора већ пре почетка обраде из подигнутог положаја који је имао за време повратног хода, поново бити спуштен у радни положај. Резна оштрица ножа се налази испод нивоа обрадиве површине обрадка пре почетка радног хода. Такође се са стране обрађиване површине мора оставити више простора него што износи ширина ножа (слика 4.19).



Слика 4.19. Обезбеђивање прилаза и излаза алата

Пример 2.

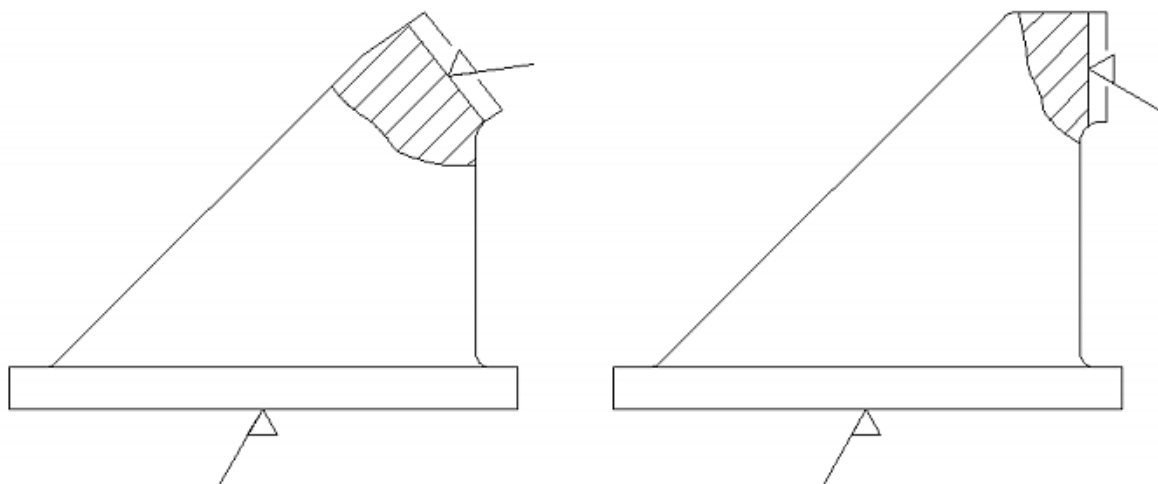
Испрекидане површине, које треба обрадити обрадом рендисања, требају по могућности лежати у истој равни (слика 4.20).



Слика 4.20.

Пример 3.

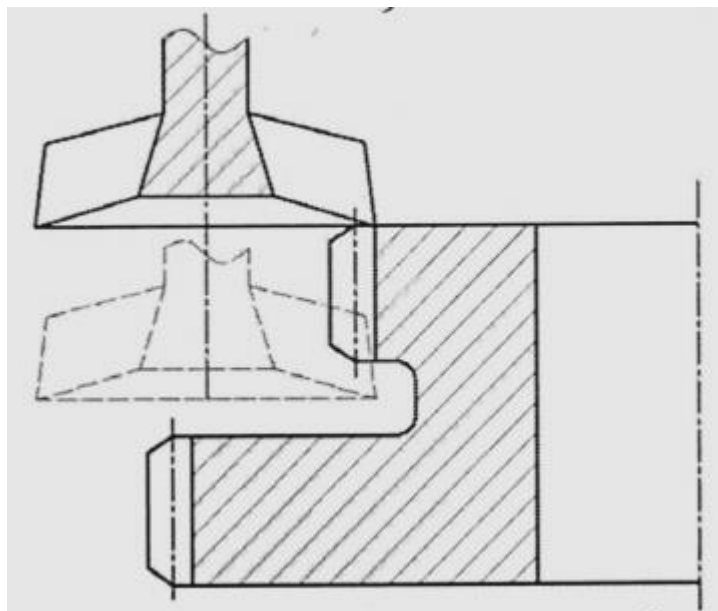
Две обрадне површине које нису управне једна на другу, отежавају обраду. Јер при обради захтевају посебне стезне алате, што поскупљује израду дела и компликује процес обраде (слика 4.21).



Слика 4.21. Поједностављивање облика обрадка

Пример 4.

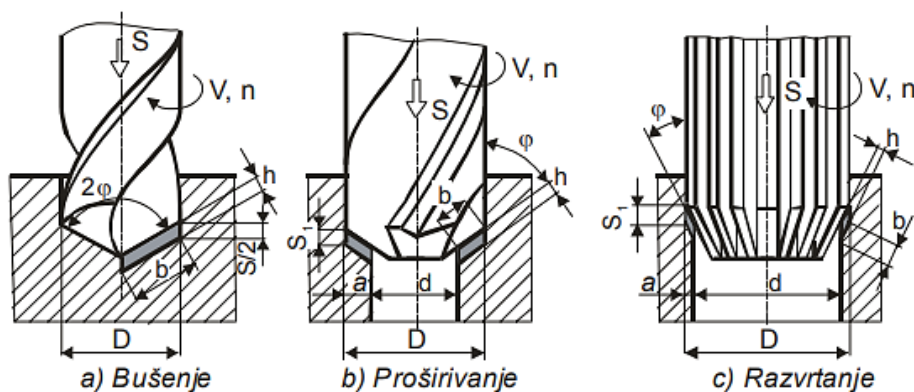
Алат мора имати излаз како се не би оштетио при обради. Приступ алата површини која се обрађује мора бити слободан и управан на ову површину. Жљеб који раздваја два зупчаста венца омогућује излаз алата и избацивање струготине. Без жљеба зупчаник би био веома непогодан за израду (слика 4.22).



Слика 4.22. Жљеб за излаз алата [2].

4.4 Обрада бушењем и препоруке за обликовање делова који се израђују обрадом бушењем

Бушење је поступак израде и обраде отвора и рупа. Главно обртно и помоћно праволинијско кретање изводи алат. Главно кретање је дефинисано брзином резања или бројем обрта, а помоћно коракном или брзином помоћног кретања. Поред основних операција бушења, проширивања, упуштања и развртања (слика 4.23), 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 [1].



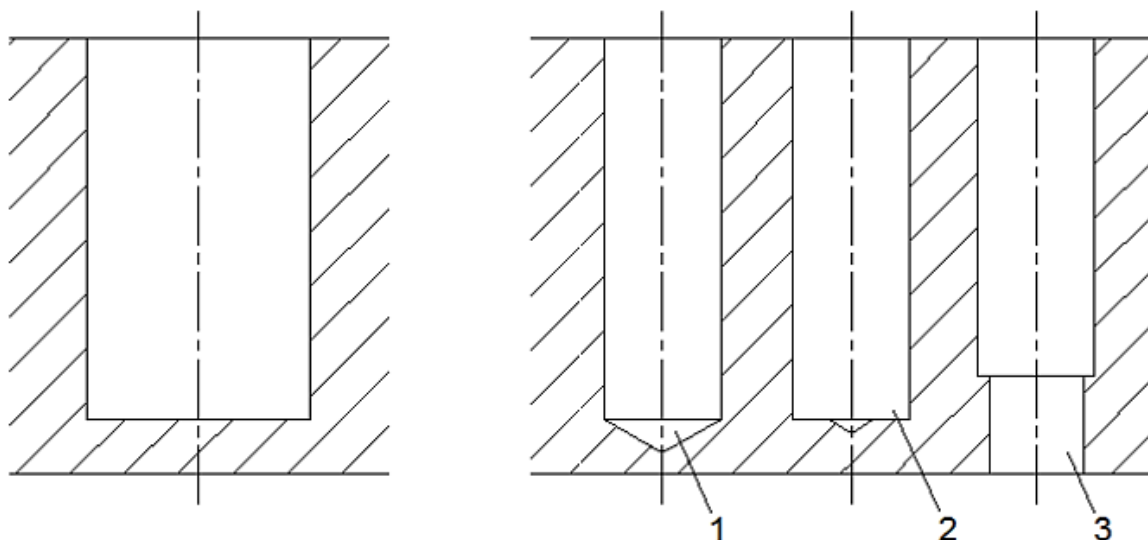
Слика 4.23. Поступци бушења [1].

Бушење се остварује помоћу бургије, а проширивање помоћу проширивача и стругарских ножева, делимична обрада се остварују помоћу упуштача.

4.4.1 Препоруке за обликовање делова који се израђују обрадом бушењем

Пример 1.

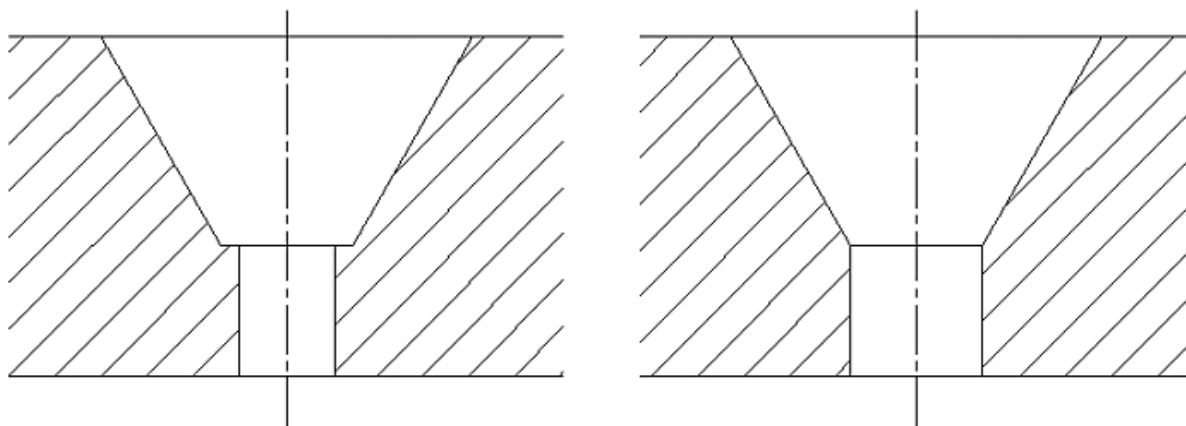
Слепе рупе са равним бушеним дном треба избегавати. Код захтеване равне налегајуће површине потребно је пробушити (1) и након тога упустити (2,3), слика 4.24.



Слика 4.24. Израда равне налегајуће површине

Пример 2.

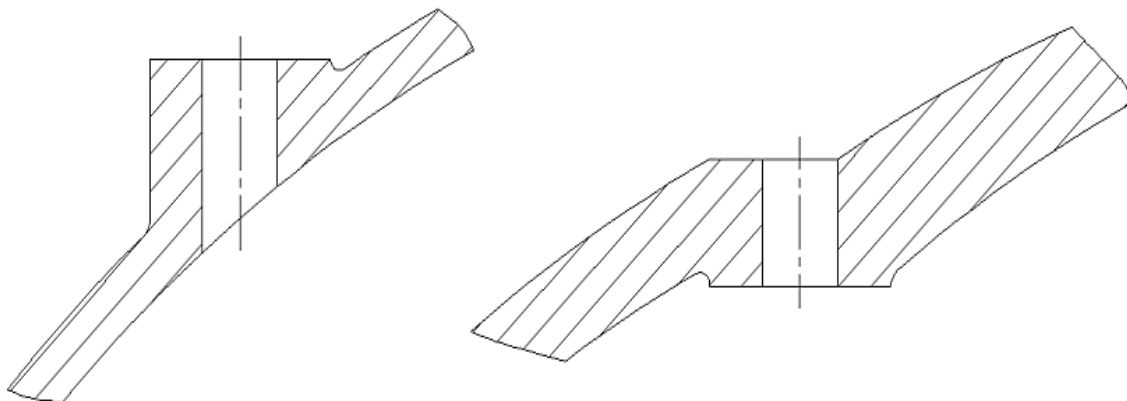
Као и код израде конуса на стругу, тако и код упуштања конуса, ради лакше обраде потребно је омогућити излаз алата. За израду дела са леве стране (слика 4.25), потребни су специјални алати, који су скупии, како за набавку тако и за одржавање.



Слика 4.25. Израда излаза алата код упуштања конуса

Пример 3.

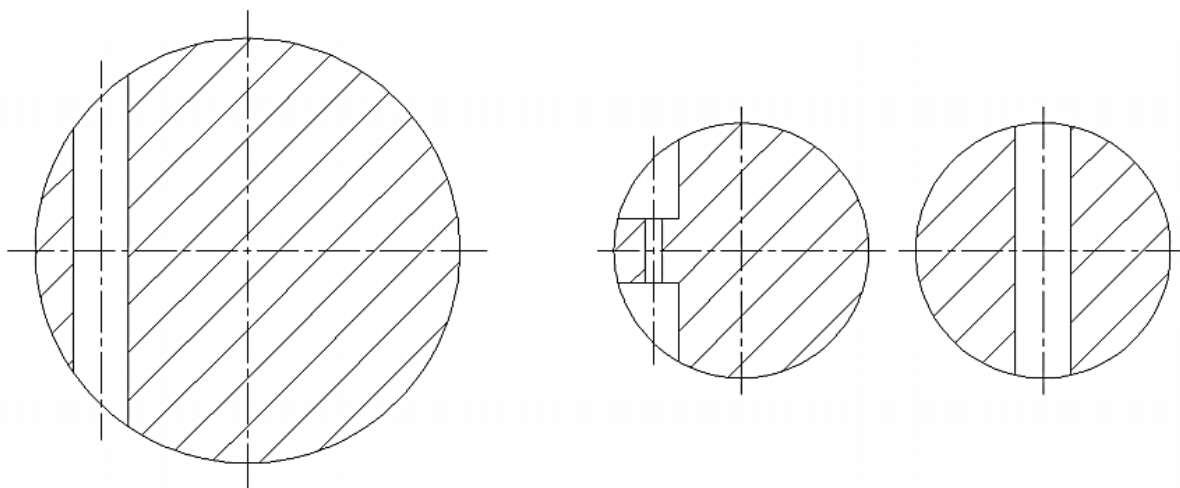
Треба избегавати бушење на површинама које нису управне на оси бургије. Јер тада долази до појаве бочних сила које савијају бургију и на улазу и на излазу отвора. То лоше утиче на тачност бушеног отвора, а може проузоковати лом бургије (слика 4.26).



Слика 4.26. Избегавање бочних сила променом облика

Пример 4.

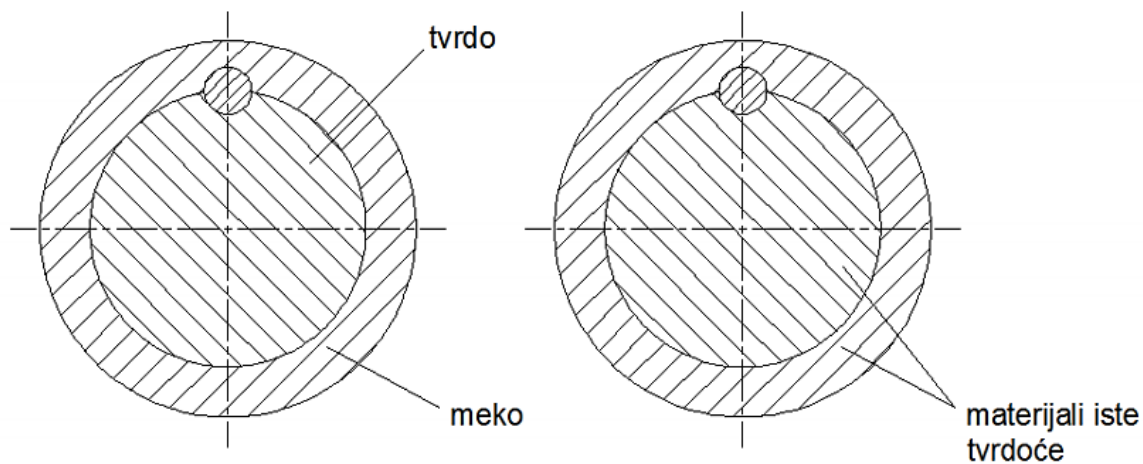
Отворе на вратилима треба како за почетак тако и за излаз код бушења, припремити са површинама управним на осу бушења или их треба поставити у средину (слика 4.27). Припрему можемо извести упуштањем или обрадом глодањем. Што поскупљује израду дела.



Слика 4.27. Припрема површина отвора на вратилу

Пример 5.

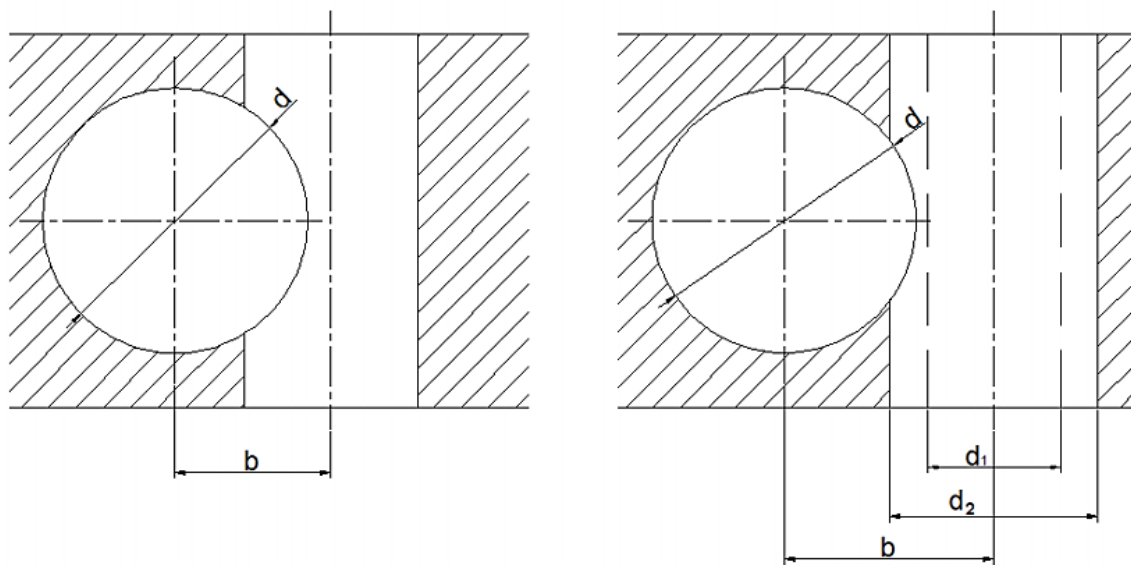
Треба обратити пажњу, код истовременог бушења материјала различите тврдоће. Постоји опасност одступања од правца бушења и лома бургије, услед дејства различитих напона (слика 4.28).



Слика 4.28 Бушење материјала различите тврдоће

Пример 6.

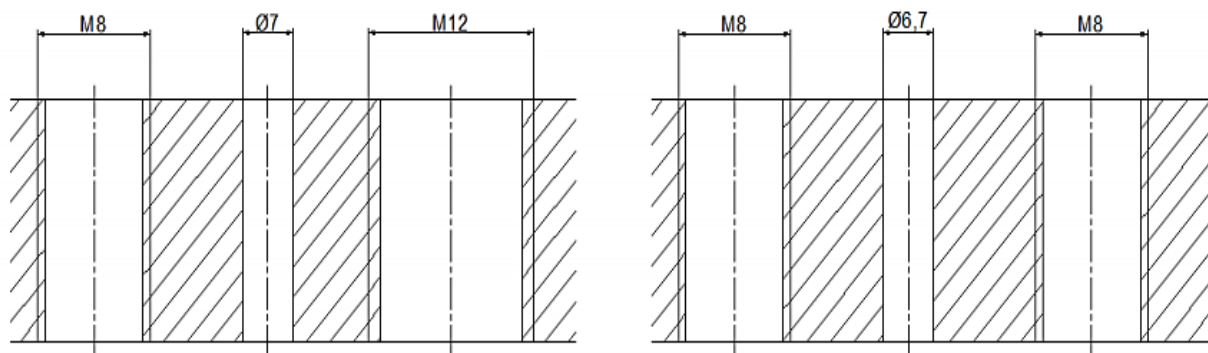
Уколико се правци два отвора укрштају, у том случају би редослед бушења оба отвора требало извести на следећи начин: на примеру као са слике 4.29. прво бушити отворе пречника d и d_1 , а након тога проширивањем избушити и отвор d_2 .



Слика 4.29. Редослед бушења отвора који се укрштају

Пример 7.

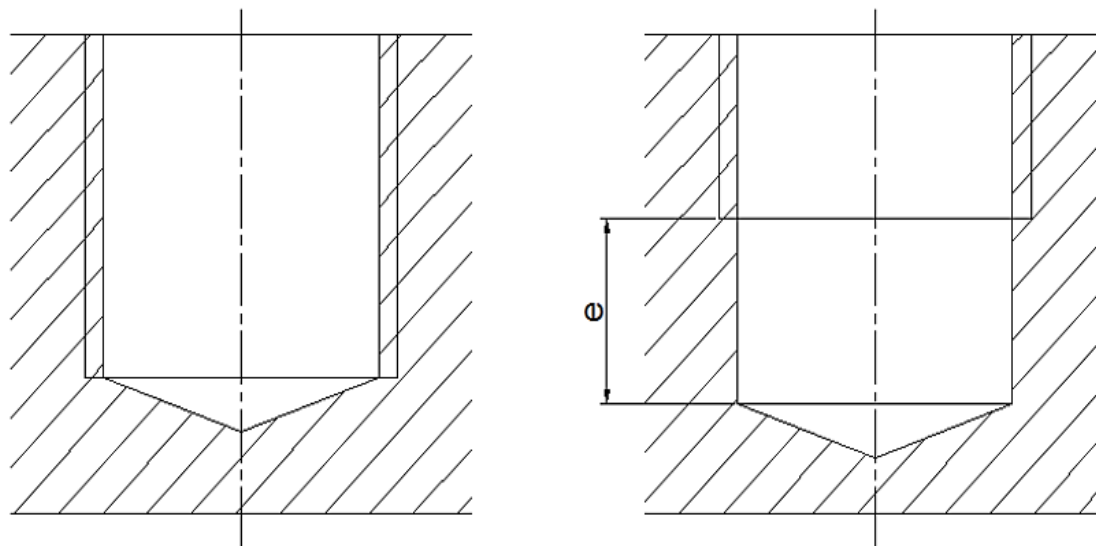
Отвори и навоји на обрадку требају по могућности имати једнаке пречнике. Неопходни делови који се причвршћују завртњима могу се причврстити са одговарајуће већим бројем завртња мањег пречника (слика 4.30).



Слика 4.30 Препорука за изједначење пречника отвора

Пример 8.

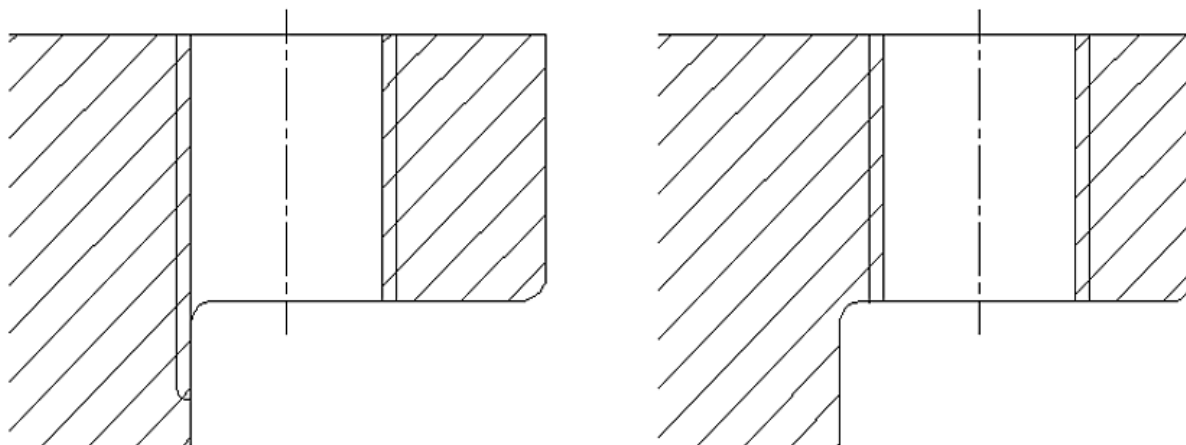
При бушењу слепе рупе са навојем није могуће урезати навој до краја рупе, јер урезник има врх за почетни рез (слика 4.31).



Слика 4.31.

Пример 9.

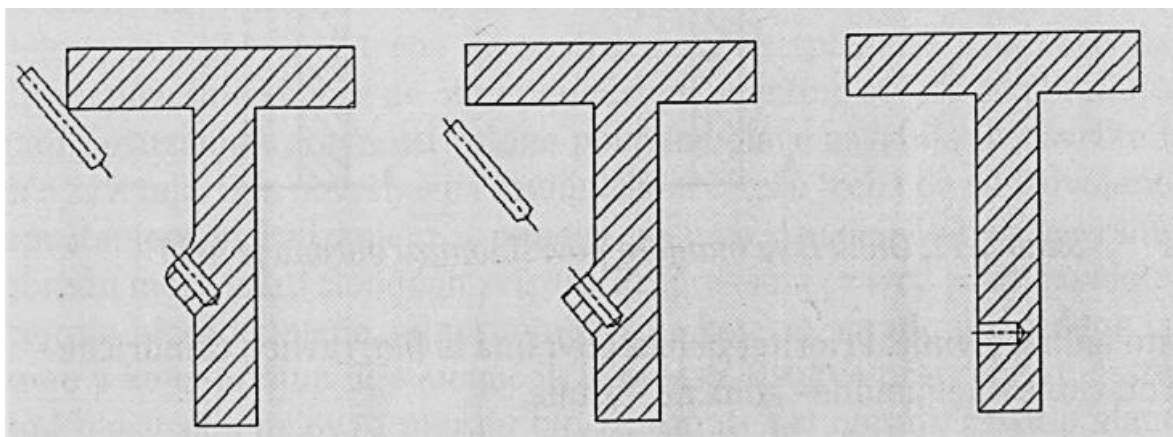
Пролазне навојне рупе за завртње морају се поставити одвојено на довољном растојању од зида дела, јер се иначе урезник једнострано оптерећује и скреће са правца кретања, тада постоји опасност од лома алата (слика 4.32).



Слика 4.32. Пример одвајања навојне рупе од зида дела

Пример 10.

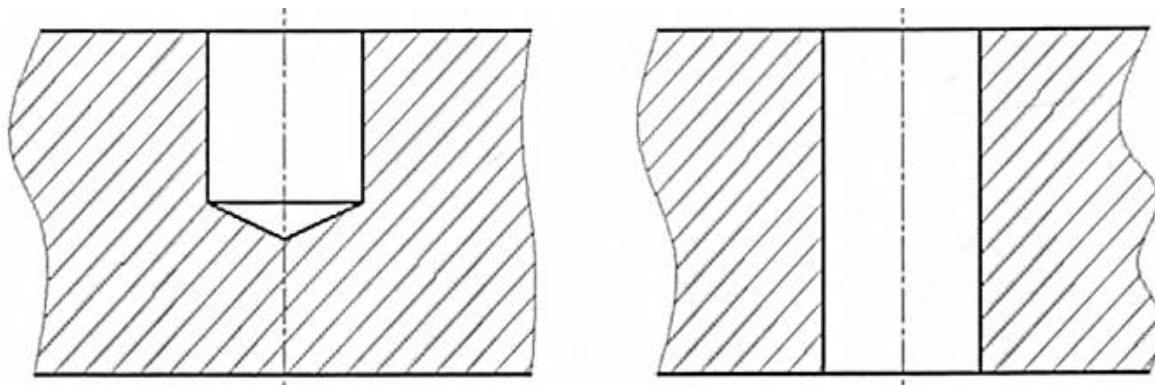
Приликом обликовања делова, јако је битно предвидети довољно простора за прилаз алата месту обраде. Па је као на слици 4.33. облик са леве стране неповољан пошто се бушење не може обавити. Код облика дела у средини је бушење могуће али треба тежити облику са крајње десне стране.



Слика 4.33. Препоруке за прилаз алата месту обраде [2].

Пример 11.

При обликовању делова са отворима треба, када је то могуће, давати првенство пролазним отворима, у односу на слепе отворе. Пролазни отвори су повољнији за израду, а дужина им се не мора контролисати.



Слика 4.34. Пример слепог и пролазног отвора.

4.5. Обрада брушењем и препоруке за обликовање делова који се израђују обрадом брушењем

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

- високу тачност мера и
- висок квалитет обрађене површине.

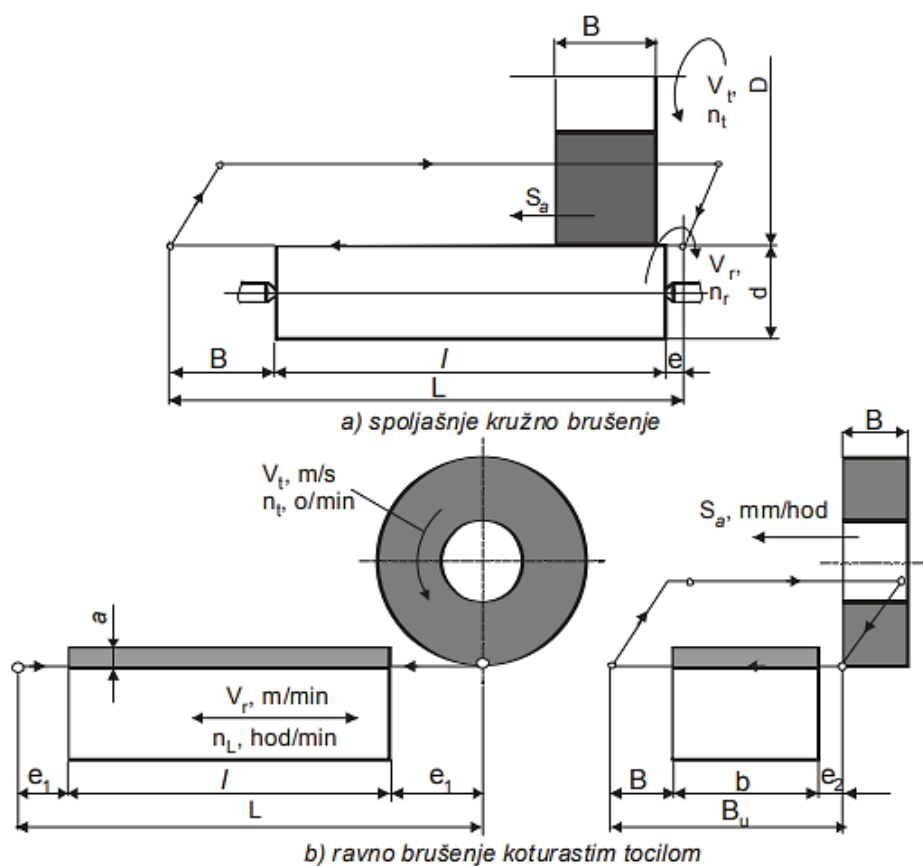
Изводи се након термичке обраде тако да остварује и уклањање грешака насталих услед топлотних деформација при термичкој обради. Распоред главног и помоћног кретања зависи од врсте производне операције и алата. Главно кретање је обртно кретање алата (брусне плоче) дефинисано брзином резања односно бројем обртаја тоцила. Помоћно кретање је обртно и праволинијско (код кружног) или праволинијско кретање предмета обраде (код равног брушења). Резни елементи тоцила (зрна брусног материјала) су распоређени по обиму тоцила и по унутрашњости масе тоцила са неједнаким растојањем [1].

Основне производне операције брушења су производне операције:

- кружно брушења,
- равног брушења,
- брушења без шиљака и
- брушења сложених површина.

Кружно брушење може бити спољашње, унутрашње и брушење чеоних површина (слика 4.35). Унутрашње брушење се изводи тоцилима са дршком и може бити класично или планетарно. Планетарно брушење се изводи код тешких и великих предмета. Чеоно брушење се најчешће изводи лончастим тоцилима. Равно брушење се може извести котурастим тоцилима или лончастим тоцилима [1].

Код брушења без шиљака предмет обраде је наслоњен на подупирач и постављен између равног и водећег тоцила. Радно тоцило остварује процес обраде, а водеће вођење предмета обраде.

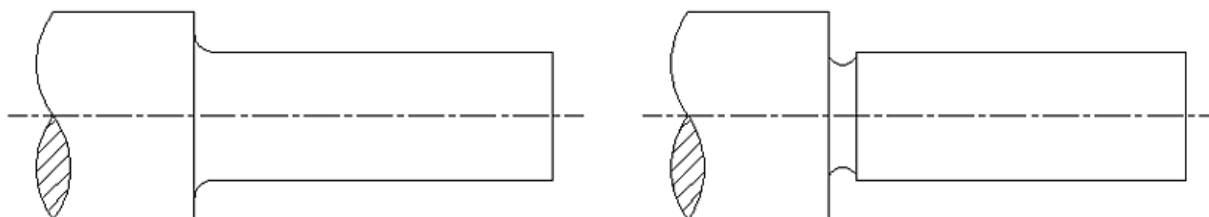


Слика 4.35. Поступци брушења [1]

4.5.1. Препоруке за обликовање делова који се израђују обрадом брушењем

Пример 1.

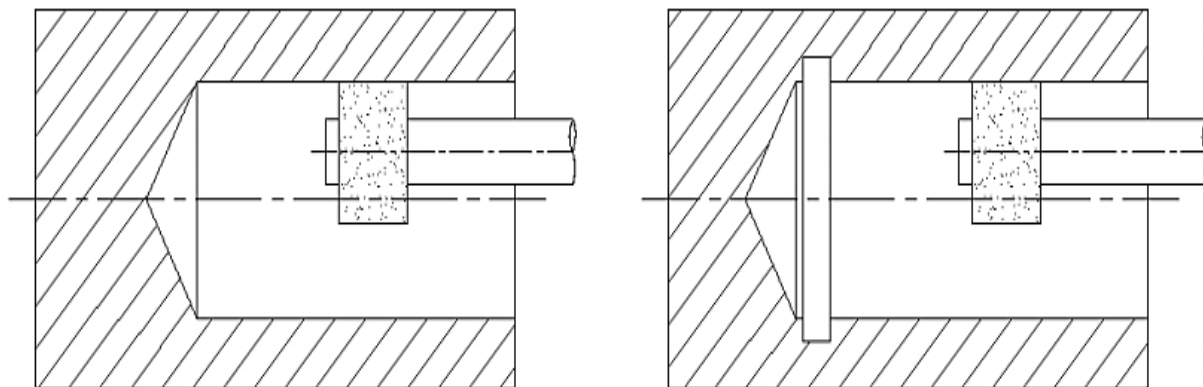
Прелазно заобљење на раменима цилиндричних обрадака које треба брусити дозвољена су само ако се користи поступак кружног радијалног или косог брушења усецањем са профилном брусном плочом. За тачније уздижно кружно брушење мора се претходно израдити стругањем или избрусити канал за излаз брусне плоче, при чему се истовремено може брусити и чеона плоча рамена (слика 4.36).



Слика 4.36. Израда канала за излаз брусне плоче

Пример 2.

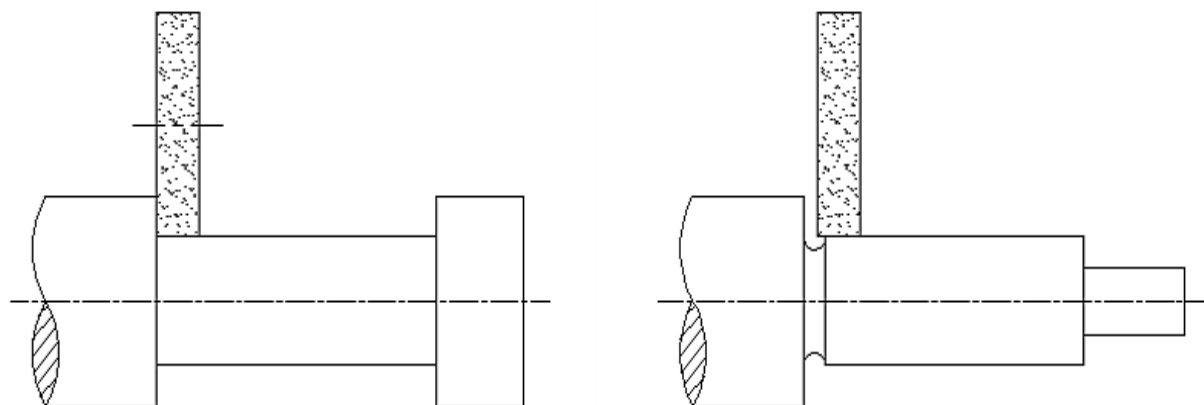
Како код спољашњег тако и код унутрашњег кружног брушења мора постојати канал за излаз брусног прстена (слика 4.37).



Слика 4.37.

Пример 3.

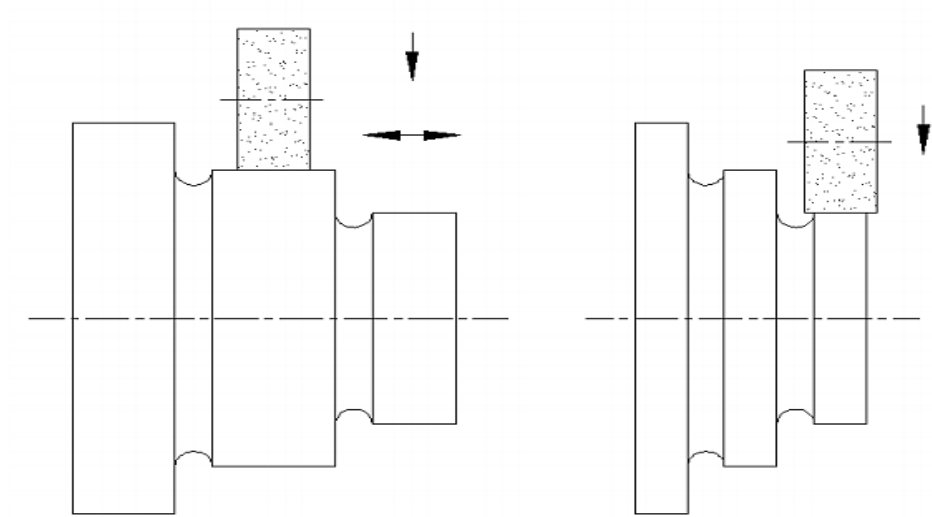
Уздужно кружно спољашње брушење обрадака, који су са обе стране ограничени венцем је скупље од брушења са уздужно неометаним подешавањем брусне плоче. Што треба имати у виду при обликовању делова (слика 4.38).



Слика 4.38. Пример јефтинијег решења облика обрадка

Пример 4.

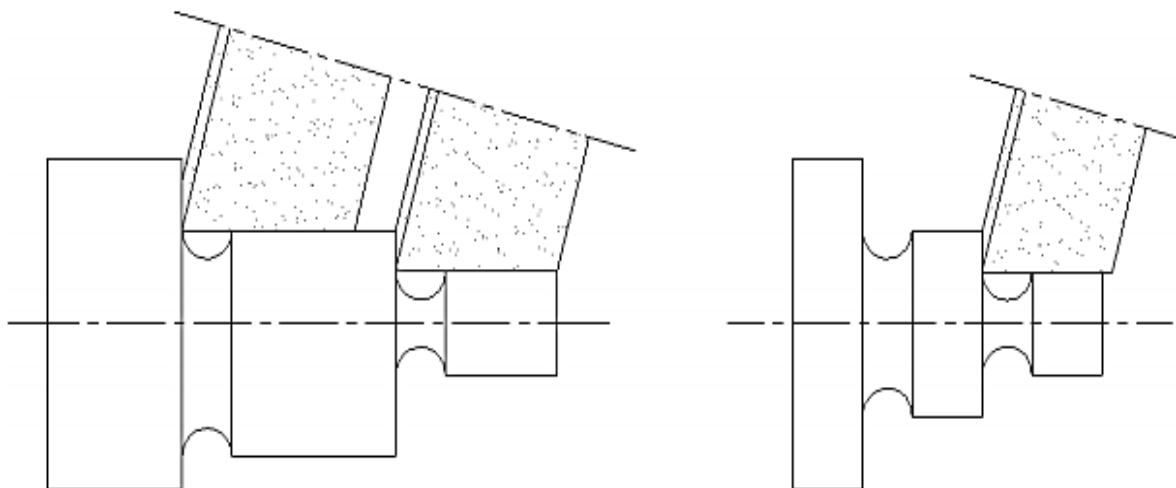
Уколико то захтеване толеранције дозвољавају, требало би омогућити радијално кружно брушење. Дужина профила који се обрађује мора бити мања од ширине брусне проче (слика 4.39).



Слика 4.39. Однос ширине брусне плоче и површине за обраду

Пример 5.

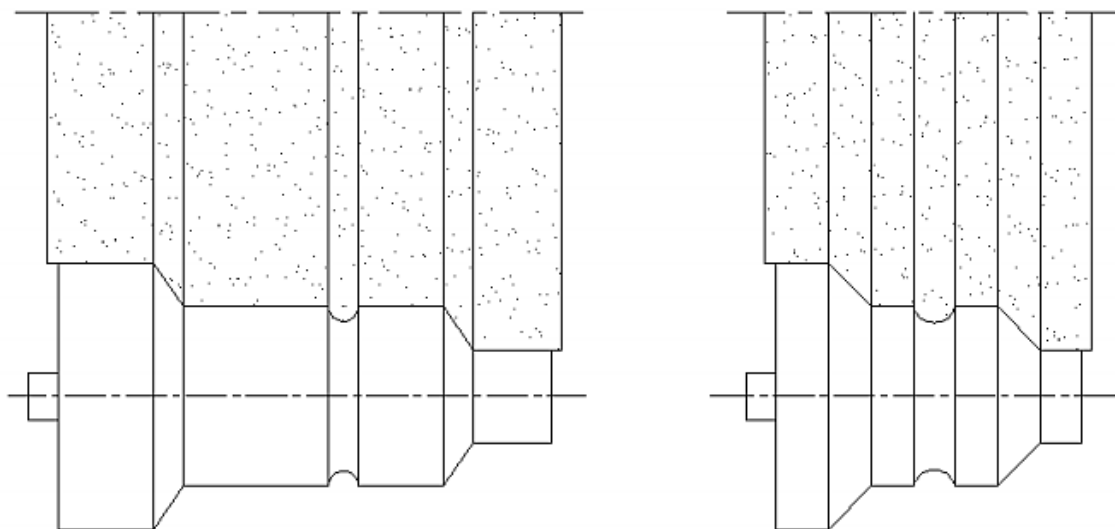
Са истим профилем брусне проче требало би омогућити брушење што више, по могућности све елементе облика датог дела (слика 4.40).



Слика 4.40.

Пример 6.

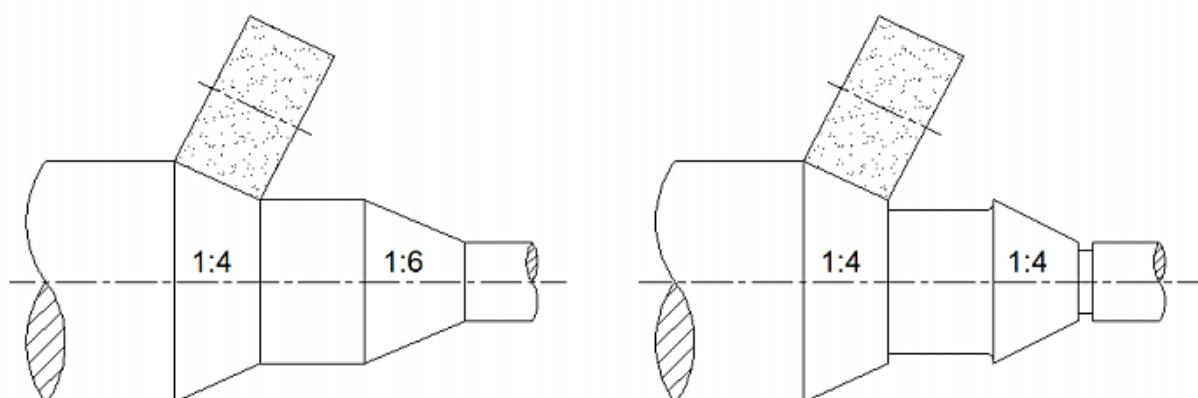
Код радијалног кружног брушења треба по могућности тежити кратким дужинама профила. Максимална ширина брушења не зависи само од ширине брусне плоче која се користи, већ и од елестичности обрадка и његовог стезања. Са тим у вези, што је крајњи део обрадка тањи, краћа је и допуштена дужина профила који се обрађује (слика 4.41).



Слика 4.41. Препорука дозвољене дужине профила који се обрађује

Пример 7.

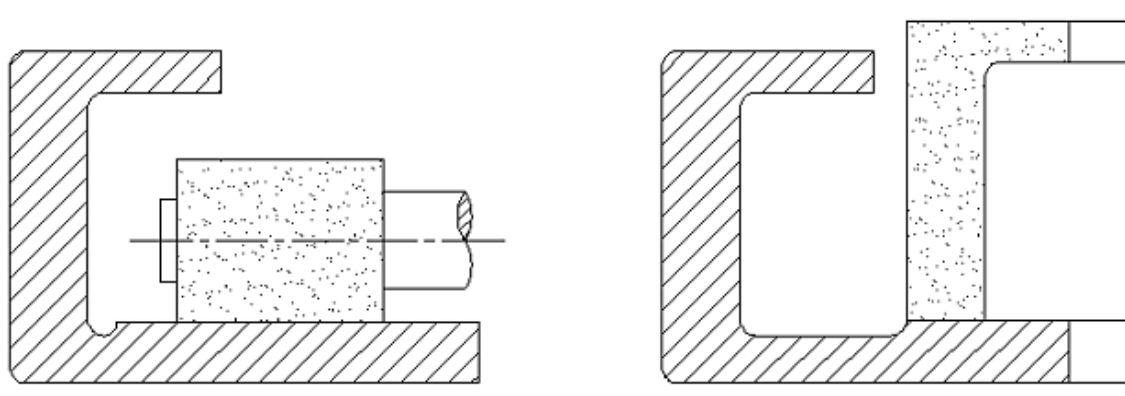
На обрадку треба по могућности предвидети једнаке конусе, јер се на тај начин поједностављује израда и скраћује време обраде. Такође треба пазити и на излаз брусне плоче (слика 4.42).



Слика 4.42. Обликовање конуса код брушења

Пример 8.

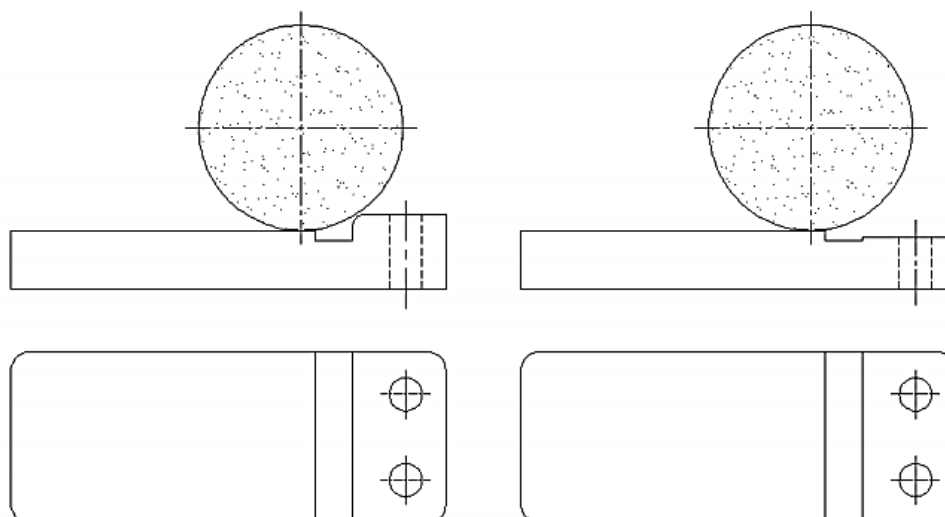
Покривене лежеће површине се не могу обрадити са равним брусним дисковима или лончастим брусним тоцилом, а често ни са тањирастим брусним плочама. Требало би омогућити примену што већих брусних чепића, који омогућавају једно економично брушење (слика 4.43).



Слика 4.43. Пример брушења прекривених лежећих површина

Пример 9.

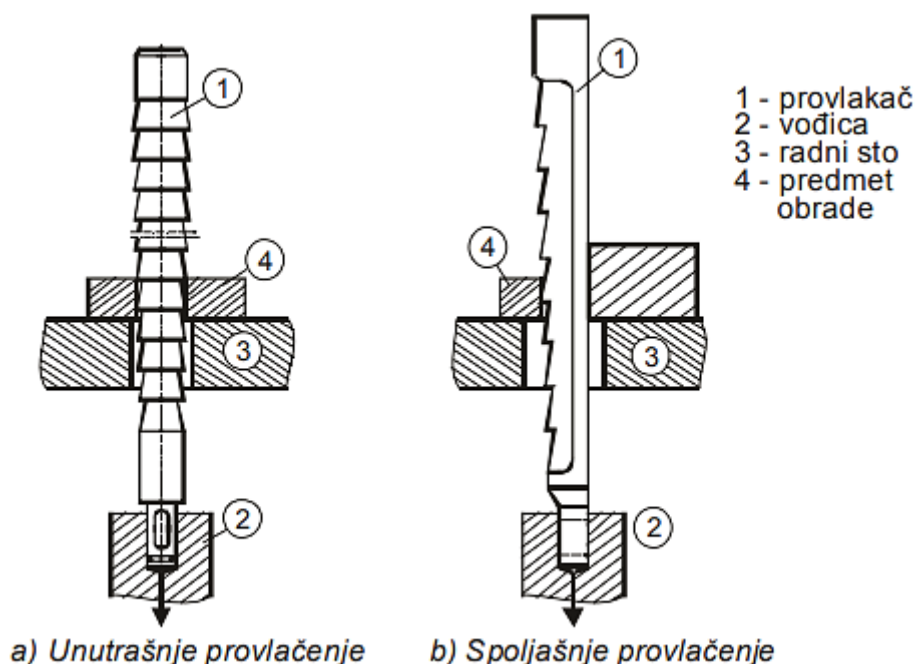
Контуре које штрче изнад обрађиване површине, онемогућавају равномерно равно брушење, посебно са равним брусним тоцилом. Тако да би при крајњем излазу алата, тоцило оштетило део који штрчи. Такве облике треба избегавати или их решавати као на примеру са слике 4.44.



Слика 4.44. Избегавање контура које сметају при обради

4.6 Обрада провлачењем и препоруке за обликовање делова који се израђују обрадом 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 пројектовани и израђени. Процес резања остварује се само једним кретањем и то праволинијским главним кретањем алата – провлакача, праволинијским повлачењем алата (1), постављеног у предњи прихватни део (2), обезбеђује се уклањање вишка материјала на предмету обраде (4), захваљујући постепеном повећању димензија алата (слика 4.45) [1].

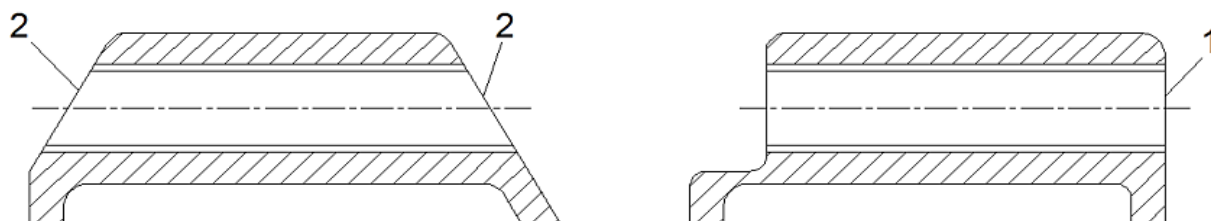


Слика 4.45. Унутрашње провлачење (лево) и спољашње провлачење (десно) [1].

4.6.1 Препоруке за обликовање делова који се израђују обрадом провлачењем

Пример 1.

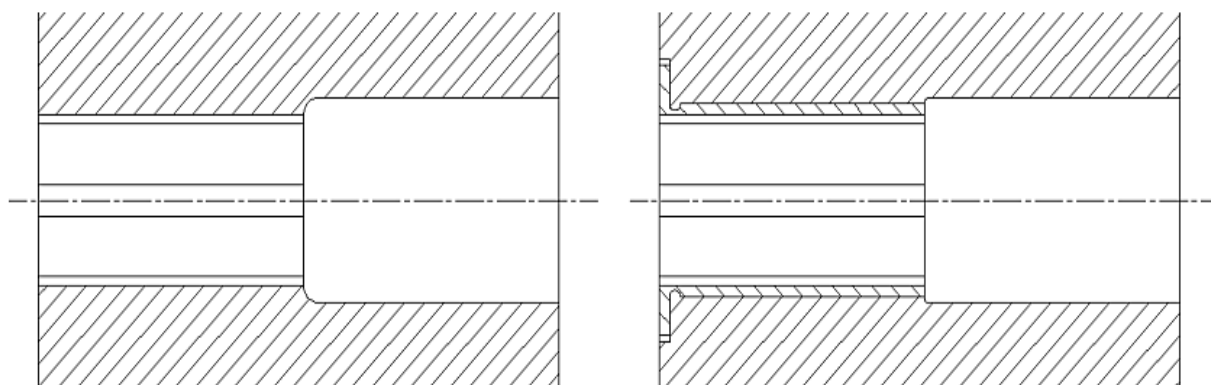
Обрадак на коме се врши обрада провлачењем, мора лежати на површини која је управна на правац обраде (1), како би се избегла употреба специјалних стезних алата. Косе површине (2) су некорисне јер провлакач ту једноставно реже и одступа од смера провлачења (слика 4.46).



Слика 4.46. Косе површине (2) су непогодне за обраду провлачењем

Пример 2.

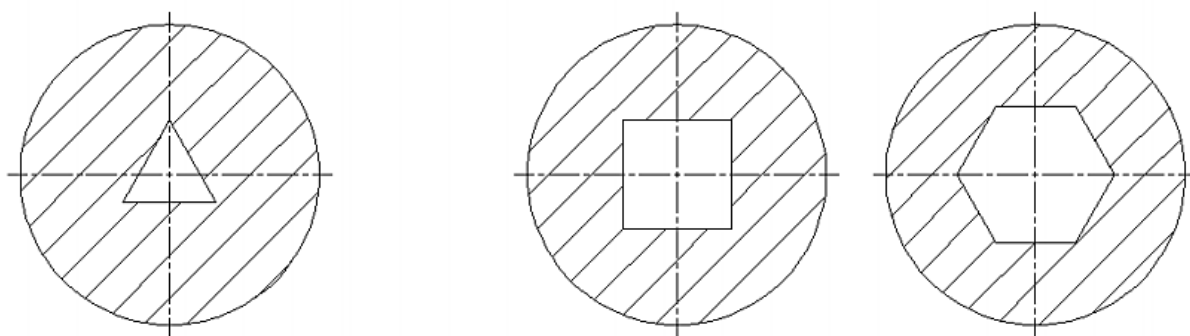
Провлачење у великим обрадцима, као што су кућишта или шупља вратила може захтевати провлакаче прекомерно великих димензија. Погољније је уметање једног већ провученог рукава у шупљину вратила или кућишта као на примеру (десно) са слике 4.47.



Слика 4.47. Економично решење шупљина вратила или кућишта

Пример 3.

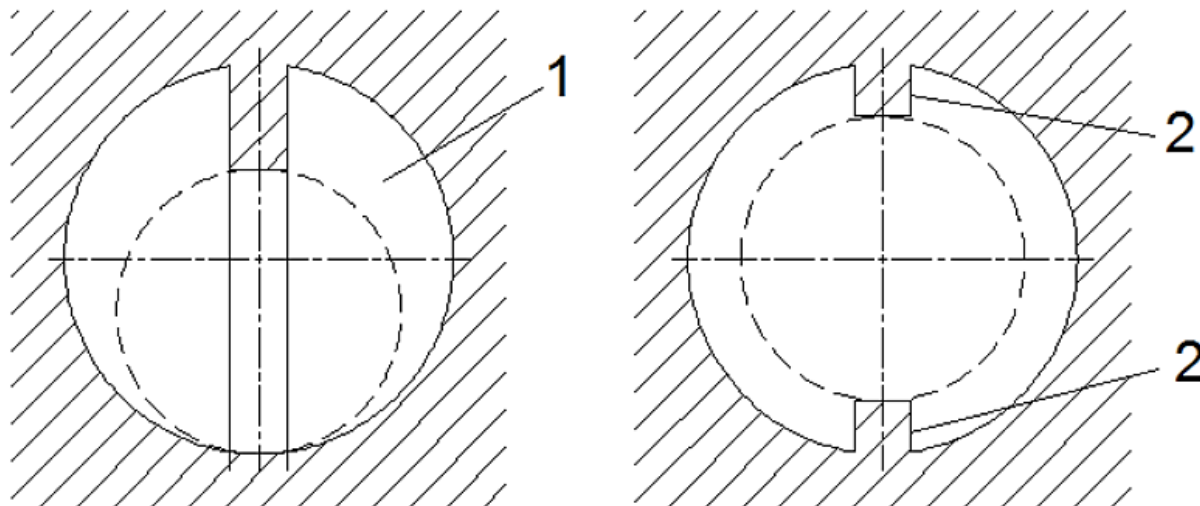
Профили са малим бројем страница захтевају дуже провлачење са више резних оштрица од профила са већим бројем страница. Због тога треба дати предност профилима четвороугла и шестоугла у односу на троугао.



Слика 4.48. Предност вишестраничних профила

Пример 4.

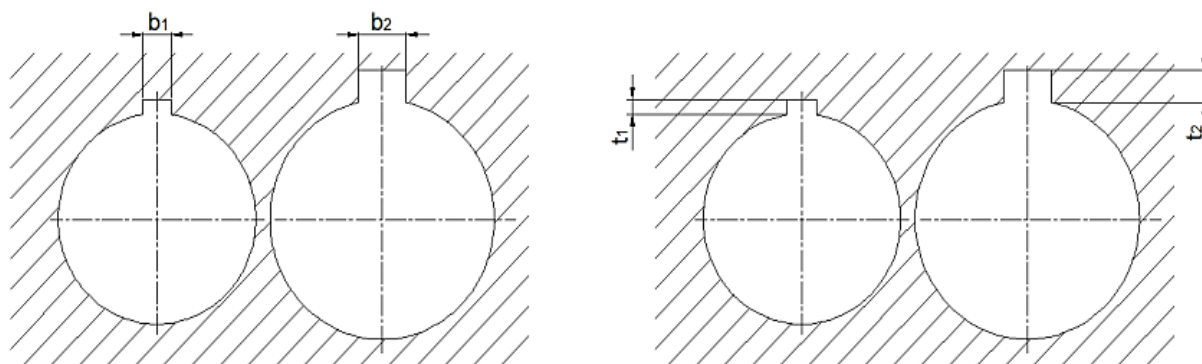
Провлакач и обрадак су на слици 4.49. на примеру са леве стране једнострано оптерећени. То повећава могућност одступања од правца обраде и лома алата. Предност треба дати симетричним профилима (пример са десне стране).



Слика 4.49. Предност симетричних профила

Пример 5.

Код серијске и малосеријске производње треба тежити да се за све конструкције предвиди јединствена ширина жљеба за провлачење. Тада се сви жљебови, иако имају различите дубине могу провлачити истим алатом (провлакачем).



Слика 4.50. Препорука за стандардну ширину жљеба за провлачење

5.0 Технолоично пројектовање делова за израду осталим поступцима

5.1 Технолоично обликовање делова и контрукција за израду заваривањем

Заваривање је процес добијања нераздвојивог споја металних (може и пластичних) делова при њиховом локалном загревању до растапања или пластичног стања, без примене или са применом механичких сила. Заварени спојеви имају широку примену. Заварени спој је целина остварена заваривањем која обухвата додирне делове заварених комада, а окарактерисан је међусобним положајем заварених делова и обликом њихових заварених контрукција. Заварљивост је способност материјала да под одређеним условима заваривања оствари континуирани заварени спој који ће својим својствима удовољити захтевима у времену експлоатације [2].

Предности заварених спојева су: лакши су од ливених и закованих контрукција, делови се могу склапати сучеоно и угаоно, заварене контрукције су јефтиније, нема буке при раду, заварене контрукције имају лепши изглед од закованих, поступак израде је брз. Недостаци заварених спојева су: зависност квалитета вара од вариоца и електроде, појава заосталих напона и деформација слабљење механичких особина материјала.

Машински производи се израђују заваривањем онда када је потребан мали број комада сложеног облика и велике чврстоће. У поређењу са другим контрукцијама, заварени машински производу су компактнији, са гушће распоређеним шавовима и већим заосталим напонима, који се уклањају жарењем. Циљ жарења је да се смање заостали напони и омогући потпуно искоришћење носивости основног материјала, тако да носивост по јединици масе буде већа у поређењу са производима који су израђени другим технологијама.

Носеће заварене контрукције су греде, стубови и решетке од штапова одговарајућег профила и дужине, заварени на крајевима. Заварене контрукције од лимова су посуде под притиском, резервоари, цеви и бродска корита.

Носивост заварених шавова је знатно мања у односу на основни материјал. Избором одговарајућег контрукцијског решења, носивост шавова се доводи на ниво носивости основног материјала. То се постиже избором облика и квалитета шавова, повећањем контуре шавова, додавањем ребара.

Спојеви лимова, ребара, прстенова, остварују се топљењем њихових крајева и додатног материјала (електроде). Растопљени материјал, заједно са непосредном околином, која је притом загрејана до усијања, представља заварени шав. Облик шавова зависи од дебљине спојених делова односно од начина извођења шавова. За мале дебљине примењује се I- шав и рубни шав, за веће дебљине V-шав, затим HV-шав и на крају U-шав и двоструки U-шав [2].

Конструктор ће ретко заварену конструкцију моћи, потпуно самостално оптимално пројектовати. За то су потребна опсежна знања из различитих подручја:

- технологије заваривања,
- познавање материјала,
- исправног технологичног обликовања.

Стога је потребна сарадња конструктора и инжењера заваривања из подручја конструкција, као и технологија заваривања, а од конструктора се захтева пројектовање и градња заварене конструкције која ће осигурати:

- високу поузданост и постојаност облика,
- најмањи утрошак материјала,
- најниже трошкове израде,
- естетику.

Велики број конструктора се често концентрише искључиво на функцију дела или конструкције те у фази пројектовања и касније конструкцијске разраде не узима довољно у обзир правила исправног технологичног обликовања заварених конструкција.

Заварена конструкција биће неприкладна и скупа, ако функција захтева такво конструкцијско обликовање које без даљњег онемогућава употребу ваљаних профила, цеви или лимених плоча. Међутим, ако је реч о сложеној изведби која се може остварити само помоћу пуно преобликовања или помоћу пуно ситних делова и пуно заваривачког рада, решење треба потражити у комплетној ливеној изведби или комбинацији ливења и заваривања. Код заварених конструкција веома важну улогу има и правилан избор материјала. Осим функционалних захтева конструктор мора понајпре узимати у обзир и заваривост коришћеног материјала. При томе се не сме занемарити чињеница да се данас међусобно могу заваривати разни материјали, што се често догађа при репаратурном заваривању. Узимајући у обзир све могућности обликованих решења, те правилан избор материјала и поступка заваривања долазимо до оптималног решења.

Због загревања материјала приликом заваривања и накнадног хлађења, у завареним спојевима се јављају заостали напони и трајне деформације које могу да изазову промену облика и димензија завареног дела, што негативно утиче на функционалност. Заостали напони могу да заједно са радним напоном, када дође до њиховог сабирања, разоре заварену конструкцију. Због штетних последица напона и деформација на заварене конструкције, користе се конструкционе или технолошке могућности (препоруче) за њихово избегавање или уклањање [2].

Неке од могућности су:

- повољнији су краћи спојеви са варовима мале масе,
- код заваривања дугих варова користити неизменично варење са прескоком,
- потребно је извршити исправну припрему лимова за заваривање и исправан положај лимова,
- по могућности предвидети чеоне варове симетричног пресека и двостране угаоне варове,
- укрштање варова и нагомилавање материјала је потребно избегавати,
- приликом варења дебљих лимова вар изградити са више тањих прелаза,
- лимове пре заваривања поставити у положај супротан од очекиване деформације,
- уклањање заосталих напона се може извршити накнадно загревањем варова или неком другом методом релаксације заосталих напона,
- потребно је онемогућити прегрејавање ивица,
- конструисање локалних ојачања,
- положај вара,
- наваривање ојачања [2].

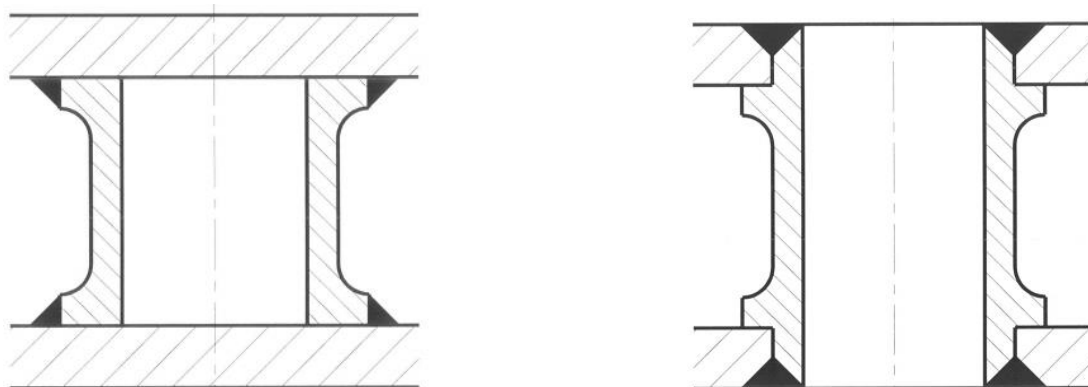
Развој облика заварених производа подразумева решавање проблема у вези са распоредом носећих површина основног материјала и носивошћу заварених спојева, односно шавова. Код заваривања машинских производа носеће површине основног материјала могу се распоредити тако да буду оптимално искоришћење.

Распоред носећих површина основног материјала дефинише се на основу више критеријума. У првом реду мора бити задовољена функција машинског производа облик мора бити уклопљен у укупну структуру машинског система односно расположиви простор, и постигнуте корелација са другим деловима система. У оквиру ових ограничења носеће површине треба распоредити тако да се са максималним искоришћењем материјала задовољи чврстоћа (носивост) или крутост. Дебљина и облик шавова су параметри значајни за носивост завареног споја али су технолошки ограничени. Дебљина шавова не може бити већа од дебљине спојених делова. Већа дебљина представља нагомилавање материјала, грешку облика, извор концентрације напона. Од облика шавова и завареног споја зависи степен концентрације напона. Дужина шавова је ограничена дужином контуре делова који се спајају [2].

5.1.1 Примери технологичног обликовања делова за израду заваривањем:

Пример 1.

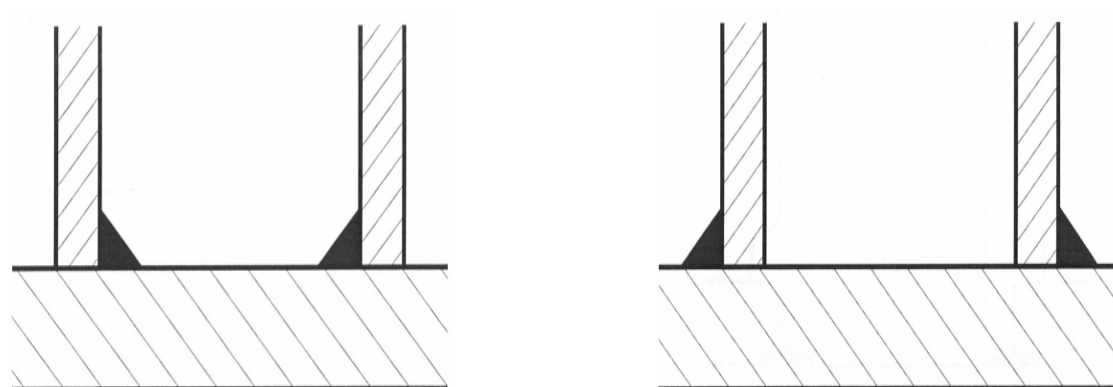
Лоше конструкционо решење спајања дистантне чауре за лимове заваривањем (лево), побољшан облик постиже се када се шавови избаце на спољне површине лимова (десно) слика 5.1.



Слика 5.1. Технологичност облика заварене конструкције

Пример 2.

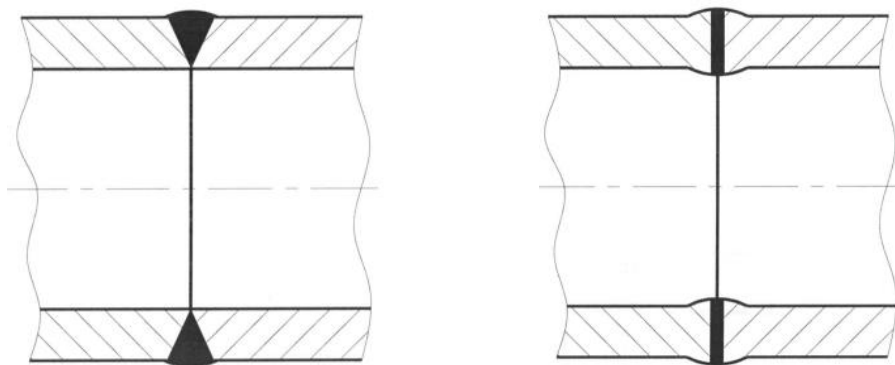
Лоше конструкционо решење приваривања преграда (лево), добро конструкционо решење је када се шав избаци из уског простора између преграда (десно) слика 5.2.



Слика 5.2. Приваривање преграда

Пример 3.

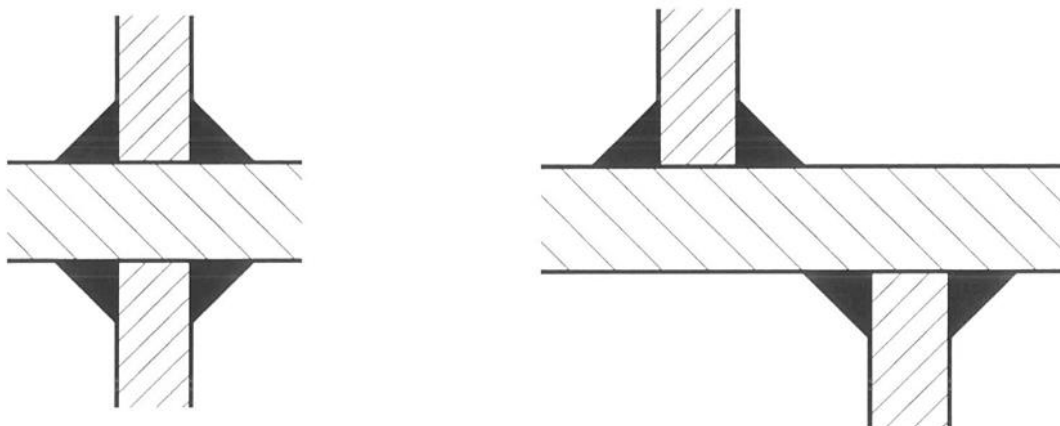
Побољшано решење спајања цеви добија се када електрозаваривање прстенастим шавом (лево) заменимо контактним заваривањем (десно) слика 5.3.



Слика 5.3. Спој цеви

Пример 4.

Приваривање ребара приказано на левој скици. Побољшано приваривање ребара се постиже када ребра распоредимо у цик-цак линију, скица десно слика 5.4.



Слика 5.4. Свођење на минимум количине нетопљивог метала

5.2 Технолоично обликовање делова од лима

У већини случајева делови од лима мале дебљине израђују се формирањем облика материјала у хладном стању (такозвана хладна обрада лима), мада постоји више случајева када се обликовање врши у загрејаном стању материјала (код лима веће дебљине и код делова већих димензија, јер се загревањем знатно смањује отпор деформисању метала).

За полазни материјал најчешће се узимају полуфабрикати у облику табли или трака лима, или претходно искројени комадни припремци, обликовање материјала се најчешће изводи на пресама помоћу одговарајућих алат. При томе, у већини случајева облик и димензије готовог дела одговарају облику и димензијама радних делова алата. Поступци израде делова од лима примењује се у серијској и вишесеријској производњи. Одликује их: велика производност, висок степен искоришћења материјала, једноставно послуживање машине и могућност механизације и аутоматизација рада, коришћење радне снаге ниже квалификације и други повољни економски ефекти [2].

Све операције формирања облика које се примењују код израде делова од лима деле се у две основне групе:

1. Операције формирања облика одвајањем (одсецање, просецање, пробијање),
2. Операције формирања облика пластичном деформацијом материјала (савијање, извлачење, рељефно обликовање и друге сличне операције) [2].

Код прве групе операција обликовање материјала се изводи на тај начин, што се један од материјала одваја од другог (по отворено или затвореној контури), док се код друге групе операција обликовање врши локалном пластичном деформацијом материјала.

Делови израђени од лима имају изузетно велику примену у свим гранама машинске индустрије. Аутомобилска индустрија је незамислива без лимених делова, уосталом највећи део аутомобила је направљен од лима.

Зависно од димензија, облика, намене и врсте материјала од кога је део израђен врши се израда алата и одабир машине за израду лименог дела. За мање делове који се израђују у већим серијама, поред конструкције лименог дела, неопходно је конструисати и израдити алат за његову израду. Ови алати су јако скупи па се користе наменски за велике серије. Алати се постављају у стезни део ексцентар пресе која великим притиском, претварајући ротационо кретање у транслаторно, одрађује предвиђену операцију (пробијање, савијање, одсецање). При изради алата води се рачуна да одговара моделу пресе, па се више алата за различите израде и операције могу користити на истој машини [2].

5.2.1 Препоруке за обликовање делова од лима

Делове од лима треба тако конструкцијски обликовати да њихова израда буде што економичнија. Када се размишља о економичности производње првенствено у обзир треба узети компликованост технолошког процеса израде (врста и број операција), потребну производну опрему (машине и алати) и трошкове материјала (квалитет и количина материјала). При томе је потребно да делови потпуно одговарају техничким и експлоатационим захтевима (довољна чврстоћа и крутост при минималној тежини, обезбеђење планираног века трајања у конкретним експлоатационим условима). Сматра се да је конструкција неког дела технологична уколико је могућа његова најекономичнија израда уз обезбеђење експлоатационих карактеристика машинског дела [2].

Елементи за оцену технологичности облика дела од лима су: утрошак материјала, број и компликованост операција технолошког процеса израде, потребна опрема и радна површина, постојаност алата, квалификација радника који послужују машине, обим накнадне механичке обраде. Општи показатељ технологичности је цена коштања производа, па је технологичнија она конструкција машинског дела која обезбеђује нижу цену коштања (израде). При томе треба водити рачуна и о величини серије (типу производње), утрошку материјала и трошковима радне снаге. С' обзиром да код израде делова од лима утрошак материјала носи велики удео у цену коштања, јасно је да је важан критеријум технологичности управо утрошак лима од кога се обликовани део израђује. При томе конфигурација дела треба да је таква да обезбеди најповољније искоришћење лима, уз малу количину отпатка материјала (који се по могућности може искористити за израду других делова).

Облици (конфигурације) спољашње и унутрашње контуре дела треба да су што простији, јер се тиме постиже већи степен искоришћења материјала, једноставнија је конструкција и израда алата, већа његова постојаност, а трошкови одржавања су мањи.

При конструисању алата обавезно је водити рачуна о максималном искоришћењу лима, јер што је мање одпада (растура) то је цена израде мања.

При обради савијањем премале вредности радијуса савијања доводе до разарања материјала, док превелики радијуси не доводе до пластичне деформације.

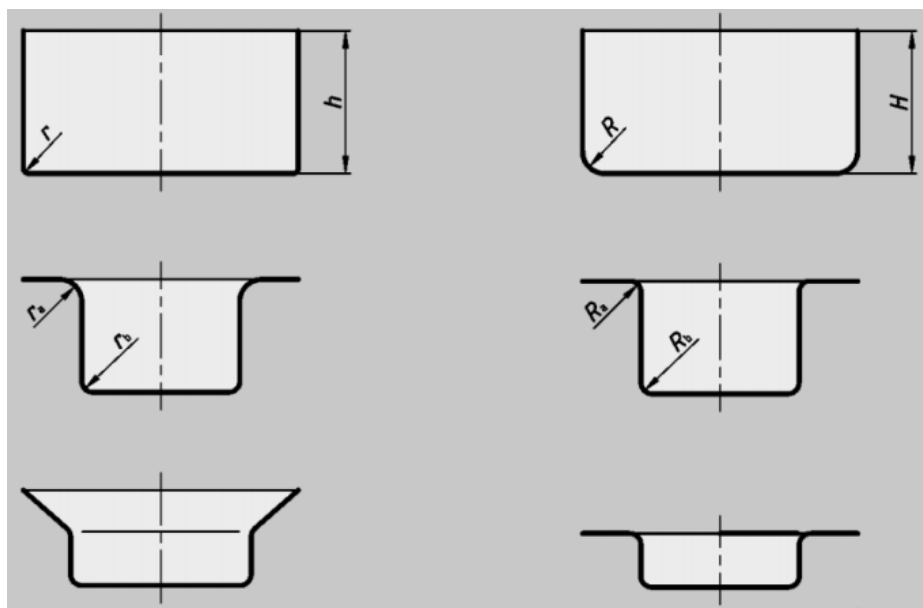
Дубоко извлачење (слика 5.5.) је технологија обраде лима која омогућује израду кутијастих делова различитих облика (цилиндричних, конусних, несиметричних). Велики значај дубоко извлачење има у аутомобилској индустрији, јер се већина делова каросерије израђује тим поступком, али и у другим индустријским гранама, као што су електротехника, бела техника, ваздухопловство, наменска техника [2].

Неке од препорука за технологично обликовање делова за израду дубоким извлачењем су:

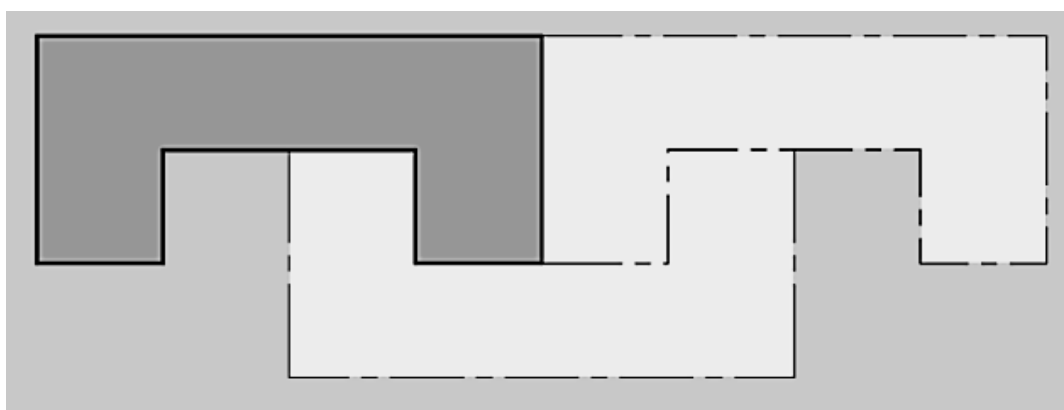
- најтехнологичнији облик је цилиндрични који се може добити у једној операцији извлачења,
- конусне и сферичне облике треба избегавати,
- избегавати додатна испупчења на дну обратка,

- избегавати елементе код којих се облик формира контраизвлачењем,
- избегавати конструкције са малим радијусима.

У погледу материјала за дубоко извлачење најповољнији су двоструко декапирани лимови од челика: St 12, RRSt 13, St 14 (DIN 1623). Могућа је израда делова дубоким извлачењем и од других челика са већим садржајем угљеника (највише до 1%). Осим тога дубоким извлачењем се успешно израђују делови од нерђајућих такозваних аустенитних хром-никл челика [2].



Слика 5.5. Примери дубоког извлачења [6]



Слика 5.6. Пример искоришћења материјала са процентом губитка од 0% [6]

5.3 Технологично обликовање ливених делова (одливака)

Обликовање делова машина и уређаја ливењем даје велике предности. Оне се првенствено огледају у:

- великој слободи облика,
- смањењу утрошка материјала,
- великој производности разноврсних облика [4].

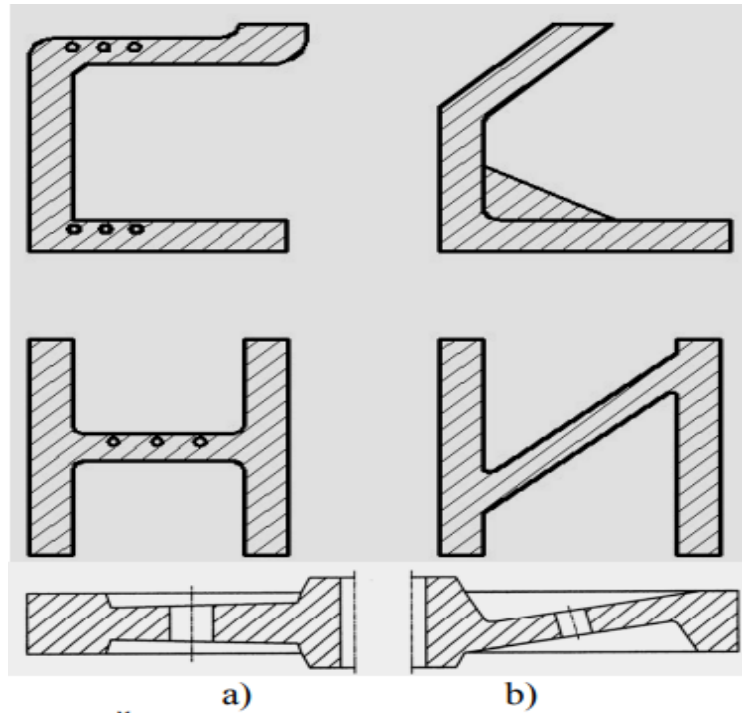
Продуктивност израде одливака у непосредној је зависности од облика одливака. Због тога се обликовање врши на основу:

- траженог квалитета,
- величине серије,
- расположиве опреме и других фактора [4].

Да би се одливци квалитетно обликовали неопходно је водити рачуна о:

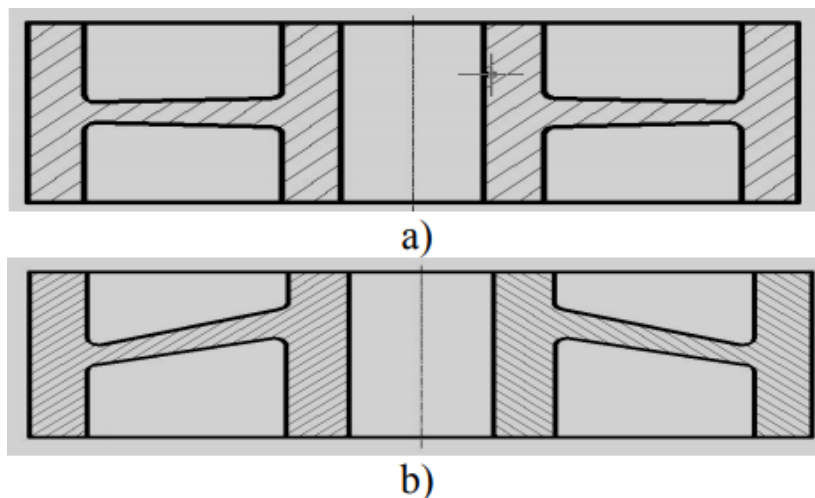
- сложености калупа,
- дебљини зидова,
- ребрима (ојачањима),
- унутрашњим површинама и отворима,
- концентрацији материјала,
- изради и постављању наливака и одушака,
- скупљању материјала,
- монтажи и демонтажи,
- финализирању и машинској обради.

При обликовању зидова потребно је имати у виду њихов распоред при ливењу. Треба избегавати велике хоризонталне површине окренуте при ливењу навише (слика 5.7а), пошто на њима могу да се задрже гасови, троска и друге неметалне примесе, које се образују у калупу и издвајају из метала. Шеме приказане на слици 5.7б осим тога осигуравају локализацију унутрашњих напрезања и отклањају отпад услед прслина, због њиховог слободног деформисања при хлађењу [4].



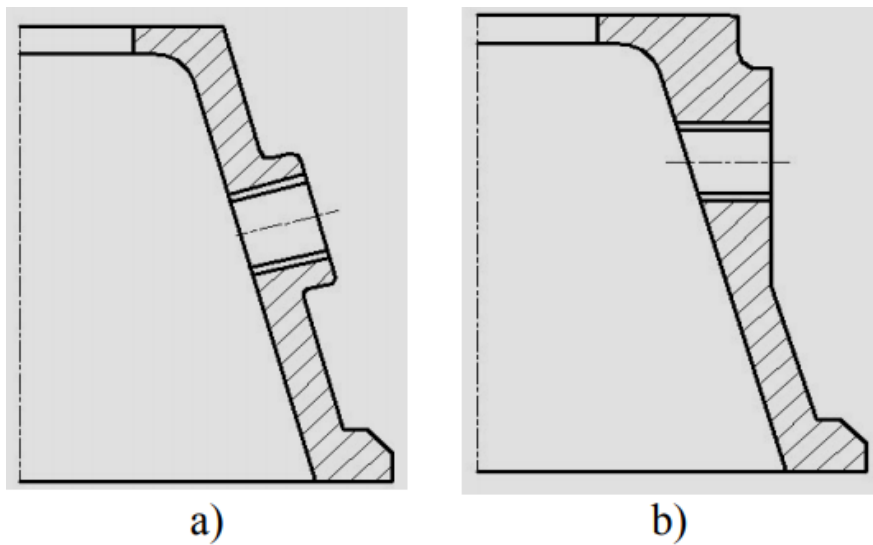
Слика 5.7.(а,б) Шеме ливених конструкција: а) неправилне, не осигуравају испливање гасова и неметалних примеса; б) правилне [4].

На слици 5.8а приказан је облик одливка (ременице) који није квалитетан, јер није обезбеђено равномерно скупљање материјала. Неопходно је извршити незнатну измену облика одливка, која ће то омогућити (слика 5.8б) [4].



Слика 5.8(а,б) Обликовање ременице израђене ливењем са становишта скупљања материјала: а)неповољно; б) повољнији облик [4].

Облик одливка приказан на слици 5.9а није квалитетан због могућих тешкоћа приликом машинске обраде отвора. Препоручљива је његова незнатна измена на начин приказан на цртежу 5.9б.



Слика 5.9(а,б) Обликовање одливка са накнадном машинском обрадом:

а) нерационално; б) рационалније [4].

6.0 Закључак:

Бавећи се датом темом, дошли смо до закључка да конструктор при пројектовању одређеног дела или конструкције на првом месту мора да задовољи све захтеване техничке и експлоатационе карактеристике машинског дела. Наравно при пројектовању јако је битно обратити пажњу и на компликованост технолошког процеса израде (врста и број операција), потребну производну опрему (машине и алати) и трошкове материјала (квалитет и количина материјала), јер су управо то фактори који утичу на технолоичност машинског дела или конструкције. Стога је потребно познавање више различитих области машинства као што су: проиводне технологије обраде, познавање материјала, исправно технолоично обликовање.

Како би део који пројектујемо био погодан за обраду, морамо имати одређена знања о технологији обраде којом се део обрађује како би облик дела прилагодили истој. Неке од универзалних препорука на које је битно обратити пажњу при пројектовању дела су: увек обезбедити прилаз и излаз алату обраде, тежити ка што простијој геометрији производа, обезбедити канале за избацивање струготине, тежити ка што мањем обиму обраде, избегавати једнострано оптерећење алата при обради, избегавати контуре делова које сметају при обради, искоришћење што већег процента полазног облика.

Обрада метала резањем дефинитивно заузима битно место како у претходној тако и у завршној обради машинских делова. Велики број делова је готово немогуће изради без обраде резањем, због тога је развој технолоичног обликовања за баш ову врсту обраде јако битан, као и за остале поступке обраде. Технолоичност је особина машинског дела или конструкције која обухвата велики број параметара и фактора који утичу на повећање исте. Али уколико би морали да технолоичност изразимо кроз једну реч то би дефинитивно била реч „економичност“...

Литература:

[1] Др Богдан Недић, Др Миодраг Лазић: Производне технологије (Обрада метала резањем). Крагујевац 2007.

[2] Др Светислав Љ. Марковић, Богдан Недић: Технолоичност обликовања машинских делова и система.

[3] Ауторизована предавања професора Богдана Недића.

[4] Др Светислав Љ. Марковић: Квалитетно обликовање машинског система - Први корак до квалитетног производа. Фестивал квалитета Крагујевац 2008.

[5] <https://www.fsb.unizg.hr/elemstroj/pdf/tehnologicno/pravila%20oblikovanja%20odvajanjem%20cestica.pdf>

(15. 05. 2020)

[6] https://www.fsb.unizg.hr/elemstroj/pdf/tehnologicno/oblikovanje_dijelova_od_lima.pdf

(15. 05. 2020)