

Факултет инжењерских наука

Универзитета у Крагујевцу



Назив студијског програма: Машинско инжењерство

Ниво студија: Основне академске студије

Модул: Машинске конструкције и механизација

Предмет: Основи конструисања

Број индекса: 56/2012

Стефан К. Пешић

Обликовање делова добијених пластичним деформисањем
завршни рад

Комисија за преглед и одбрану:

1. проф.др Ненад Марјановић – ментор

2. _____

Датум одбране: _____

3. _____

Оцена: _____

Резиме

Суштина овог рада је упознати се са основним појмовима обликовања делова добијених пластичним деформисањем, теоријским основама које се односе на процес деформисања и процес конструисања са својим етапама и активностима. Разматраће се о предностима и недостацима у односу на друге начине обраде метала. Такође ће бити речи и о основним правилима обраде деформисањем приказаним на правилно и неправилно обрађеним деловима из праксе.

Кључне речи: обрада метала пластичним деформисањем, обликовање машинских делова, ковање, обрада лима.

Abstract

In this paper, we will introduce the basic concepts of molding the parts obtained by plastic deformation, theoretical foundations related to the process of forming and the process of designing with its stages and activities. We'll discuss the advantages and disadvantages compared other ways of metalworking. We will also get familiar with the basic rules of metal forming shown on properly and improperly machined parts from practice.

Keywords: metal working by plastic forming, molding the machine parts, coining, sheet metal processing.

Садржај

1. Увод	6
2. Обрада лима пластичним обликовањем.....	7
2.1. Основне карактеристике поступака обраде лима.....	7
2.2. Обликовање лима савијањем.....	8
2.3. Угаоно савијање.....	8
2.4. Еластична повратност	9
2.5. Дубоко извлачење.....	10
3. Обрада лима раздвајањем.....	13
3.1. Одсецање	13
3.2. Одсецање на маказама са правим паралелним ножевима	14
3.3. Одсецање на маказама са правим нагнутим ножевима	14
3.4. Одсецање на маказама са кружним ножевима	15
3.5. Просецање и пробијање	15
3.6. Могућности за смањење силе просецања	17
4. Масивно (запреминско) обликовање.....	19
4.1. Пластично деформисање ковањем у топлом стању	20
4.2. Слободно ковање	21
4.3. Ковање у калупима.....	21
5. Правила обликовања делова добијених ковањем	25
5.1. Једноставан облик	26
5.2. Нагиб бочних површина отпреска	27
5.3. Положај влакана материјала.....	28
5.4. Избегавање облика са малим нагибом.....	28
5.5. Избегавање пресецања цилиндричних површина	29
5.6. Избегавање пресецања призматичних површина са цилиндричним површинама	30
5.7. Ковање тешких отковака	30
5.8. Избегавање наглих прелаза пресека	31
5.9. Разделна раван	32
5.10. Ковање делова сложеног облика	33
5.11. Отковке са подрезом потребно је избегавати.....	35
5.12. Ковање делова са закривљеним обликом	35

5.13.	Избегавање стрмих прелаза	35
5.14.	Избегавати оштре ивице при изради четвороугаоних рупа и прореза	36
5.15.	Ковање угаоника	37
5.16.	Тачне мере и облик обликовати ковањем само у једној половини калупа	38
5.17.	Савијање након ковања	38
5.18.	Нагиби калупа олакшавају течење материјала	39
5.19.	Комбиновање ковања и заваривања при изради сложених делова.....	40
5.20.	Обликовање вратила и осовина који на крају или на средини имају обод	41
5.21.	Дебљина зидова.....	41
5.22.	Удубљења на крају обода.....	42
5.23.	Избегавати ребрасте пресеке	42
5.24.	Избегавати испусте, подметаче, задебљања и слична решења на главном телу отковка	43
5.25.	Машински делови са оштром разликом у димензијама попречних пресека	44
5.26.	Површине делова које нису у додиру са другим деловима треба оставити необрађеним.....	44
5.27.	Тежити формирању симетричних облика производа у односу на раван раздвајања	45
5.28.	Предвидети ознаке у виду испуста или удубљења који обезбеђују правилан положај отковка у калупу	45
5.29.	Положај отковка у калупу	46
5.30.	Растављање калупа	47
5.31.	Зидови са неједнаким нагибом у равни растављања калупа	47
5.32.	Могућност обједињавања суседних делова спојених на било који начин	48
5.33.	Прстенасти облици ковани у калупу.....	49
6.	Правила обликовања лимених делова.....	50
6.1.	Једноставан облик лимених делова	50
6.2.	Обликовање лима у зависности од броја делова и технологије обликовања	51
6.3.	Обликовати треба тако да се уштеди на материјалу	52
6.4.	Израда вишеструких ужљебљења.....	54
6.5.	Преобликовање лимова.....	54
6.6.	Утицај положаја жлебова на правац дејства силе	56
6.7.	Приликом савијања лима треба обратити пажњу на дужину крака	56

6.8.	Избегавање стварања пукотина приликом обликовања лима	58
6.9.	Отворе треба бушити након савијања	59
6.10.	Рационализација облика дела	60
6.11.	Повољније је да делови израђени савијањем буду симетричног облика	60
6.12.	Избегавање оштрих ивица приликом обликовања лимова	61
6.13.	Спајање делова савијањем	62
6.14.	Код обраде лима извлачењем треба тежити ка што једноставнијим облицима	62
6.15.	Најповољније је део добити из једног извлачења	62
6.16.	Делови предвиђени за термичку обраду	64
6.17.	Облик дела треба да обезбеди могућност приступа фарбе	65
Закључак		66
Литература		67

1. Увод

Под обрадом метала деформисањем подразумева се његово трајно обликовање под дејством спољашњих сила. Обрада метала деформисањем се најчешће врши на машинама па се зато може сматрати као посебан вид машинске обраде, при томе се може вршити појединачна или серијска обрада делова, од најпростијих до сложених делова [1].

Да би се материјал могао деформисати, потребно га је довести у зону пластичног течења, то подразумева да треба дефинисати силе оптерећења изнад његове границе еластичности. Потребну силу обезбеђује машина за обраду деформисањем, где спадају: пресе, ковачки чекићи, машине за савијање, аутомати итд. За машину се везују алати који имају улогу обликовања радног комада. Сила машине се преко обликача преноси на радни комад [2].

Обрадом материјала пластичним деформисањем врши се превођење једног облика неког дела (или само његових одређених зона) у други облик, при чему се запремина не мења.

Осим тога, уобичајено је да се у оквиру ове технологије сврставају и неки поступци раздвајања материјала (нарочито при обради лима) који се не уклапају сасвим у ову дефиницију. Међутим, они најчешће представљају само једну у низу обрадних операција технолошког процеса, па се, као такви, разматрају заједно са поступцима пластичног деформисања у ужем смислу те речи.

С обзиром на веома велики број различитих и специфичних поступака ове обраде, корисно је извршити њихову поделу. Подела се може извршити на основу различитих критеријума. Основна подела поступака пластичног деформисања је:

- обрада лима;
- масивно (запреминско) пластично обликовање

Поступци који припадају обради лима могу се разврстати на оне у оквиру којих се врши пластично обликовање:

- савијање
- дубоко извлачење
- развлачење и др.

и на оне који се односе на раздвајање (одвајање) материјала, и ту спадају:

- одсецање
- просецање
- пробијање
- опсецање
- засецање и др.

Поступке запреминског пластичног обликовања можемо поделити на:

- ковање
- ваљање
- истискивање
- утискивање и др.

2. Обрада лима пластичним обликовањем

2.1. Основне карактеристике поступака обраде лима

Полупроизводе испоручене из железаре у облику табли лимова, вучених и ваљаних профила треба припремити за даљу производњу. Технологија припреме полупроизвода може се реализовати процесима без скидања струготине, као што су одсецање на маказама или са скидањем струготине као што је процес резања на тестерама.

Методe (поступци) обраде лима су многобројне и налазе широку примену у разним индустријским гранама: машиноградњи, моторној, аутомобилској, авионској индустрији, индустрији шинских возила, производњи ратне опреме, радио и телевизијској техници, индустрији кућних апарата и др. Због тога се данас у свету и показује стална тенденција процентуалног пораста овог начина прераде у односу на остале технолошке могућности производње.

Поступке израде делова од лима одликује велика производност, висок степен искоришћења материјала, једноставно послуживање машина са могућношћу механизације и аутоматизације рада, коришћења радне снаге нижих квалификација. У већини случајева делови од лима мале дебљине се обрађују обликовањем материјала у хладном стању, а код лимова веће дебљине обавезно је грејање, јер се загревањем знатно смањује отпор деформисању метала.

Делове од лима карактерише добра тачност димензија, тачност код хладне обраде је већа. Толеранције израде се крећу у границама IT12 до IT8, а под посебним условима IT7 и IT6. Мала је потреба за накнадном обрадом, мала тежина, задовољавајућа чврстоћа, габаритне димензије се крећу у широким границама, на пример дубоким извлачењем лима се обрађују материјали дебљине 0,02-50 mm, димензије неколико милиметара (минијатурни делови у електронској индустрији) до делова дужине неколико метара (нпр. делови пољопривредних машина и возила).

Испитивања су показала да се, уколико се ливени, или вруће ковани делови замене деловима израђеним деформацијом лима у хладном стању, постижу економске предности које се изражавају кроз.

- смањење тежине дела за око 25% - 30%
- смањење утrophка материјала за око 30% - 70%
- смањење трошкова радне снаге за око 50% - 60%

2.2. Обликовање лима савијањем

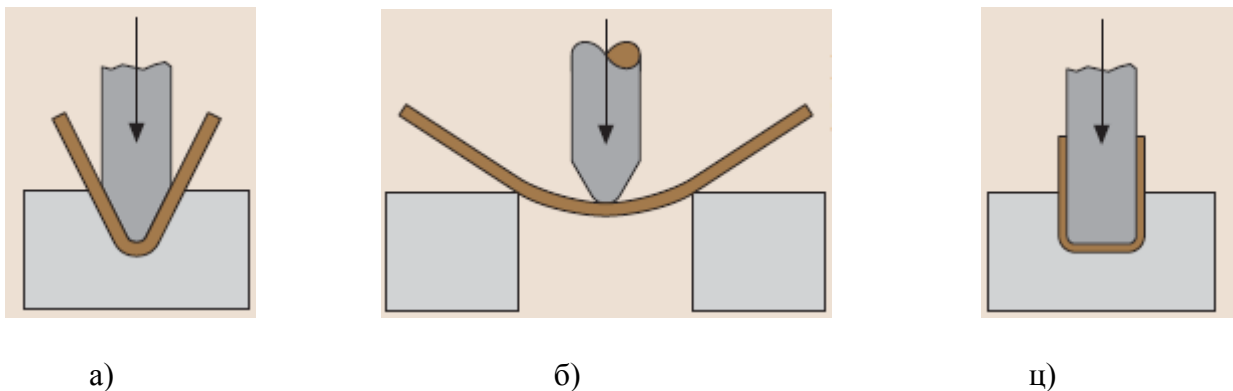
Обрада савијањем, спада у групу поступака технологије пластичног деформисања који се најчешће користи како у малосеријској, тако и у вишесеријској и масовној производњи. Омогућава израду производа са димензијама од делова милиметра до неколико метара. Примена савијања је веома широка, често се комбинује са неким другим операцијама: просецањем, пробијањем, извлачењем и разним другим обликовањем. Ова технологија заузима видно место у изради делова за лака и тешка возила, тракторе, шумска возила, пољопривредне машине итд [3].

Према технолошким карактеристикама процеса савијања и карактеру производње, савијање се може поделити на:

- Савијање помоћу алата на универзалним пресамa (угаоно савијање)
- Профилно савијање на специјалним пресамa
- Кружно савијање
- профилно савијање помоћу ваљака
- савијање цеви
- Савијање делова мањих димензија на специјалним машинама

2.3. Угаоно савијање

Угаоно савијање се најчешће изводи на алатима постављеним на универзалне пресе (ексцентричне, коленасте, хидрауличне...) или на специјалним пресама. С обзиром на облик и број места, савијање може бити једноугаоно (V савијање), двоугаоно (U или С савијање) и вишеугаоно (Z савијање). Комбиновањем ових савијања остварују се сва остала савијања.

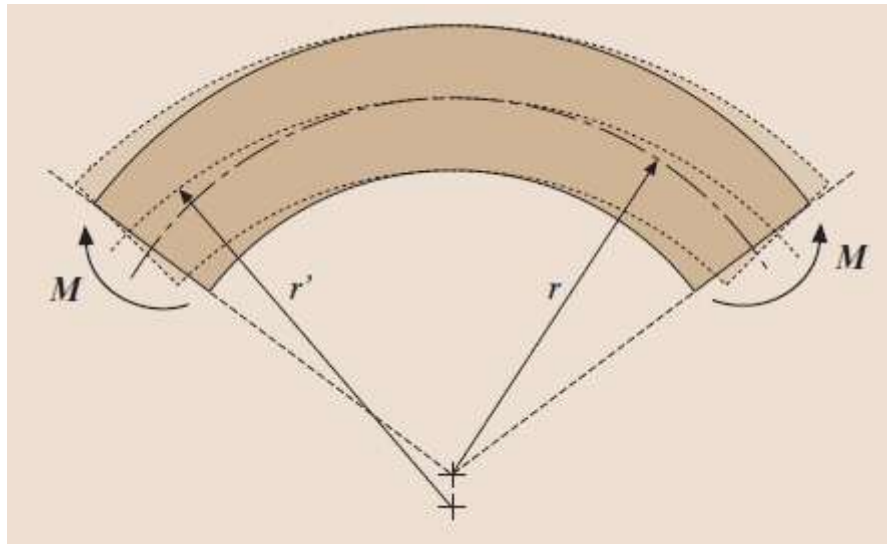


Слика 2.1 Угаоно савијање

а) једноугаоно (V) савијање; б) двоугаоно (C) савијање; ц) двоугаоно (U) савијање

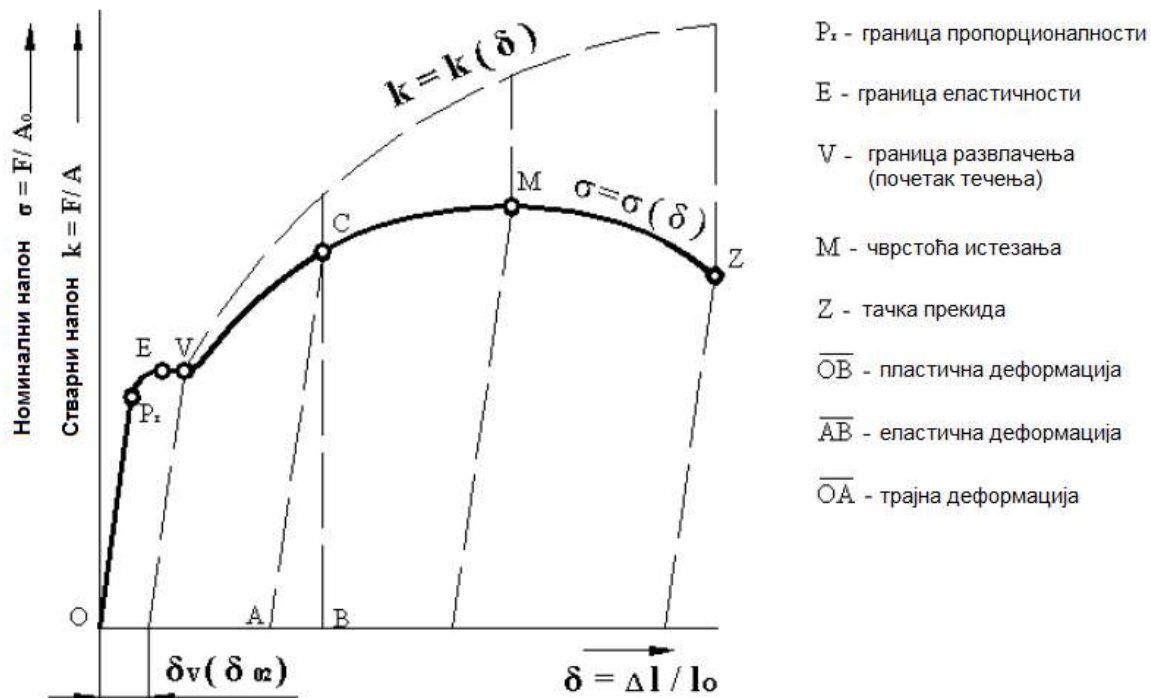
2.4. Еластична повратност

Укупну деформацију при савијању увек чине, поред пластичних, и еластичне деформације, при чему се тежи да удео еластичних деформација буде што мањи. Одговарајући уздужни напони имају различит карактер са сваке стране лима. У спољашњој зони лима владају затежући напони од којих зависе граничне деформације (прекoraчењем максимално дозвољених затежућих напона долази до разарања). У унутрашњој зони владају притисни напони. У складу са напонима, слојеви материјала се у спољашњој зони издужују, а у унутрашњој скраћују. По престанку деловања силе и ослобађању савијеног дела из алата, еластичне деформације нестају, што резултира повећањем угла савијања.



Слика 2.2 Еластична повратност

На дијаграму истезања пробне епрувете на кидалици (слика 2.3), приказана је зависност апсолутног издужења епрувете Δl од силе F . Дијаграм јасно показује где престаје еластична, а где почиње пластична деформација. Тачка Е се назива граница еластичности. До ове тачке деформације су еластичне, што подразумева да се након растеређења епрувета враћа у почетни положај, јер се, како је напоменуто, ове деформације губе.



Слика 2.3 Дијаграм истезања

2.5. Дубоко извлачење

Под дубоким извлачењем лима подразумева се такав вид обликовања при коме се од почетног недеформисаног равног облика (развијене плоче, развијеног стања) добија тело просторне непрекидне конфигурације.

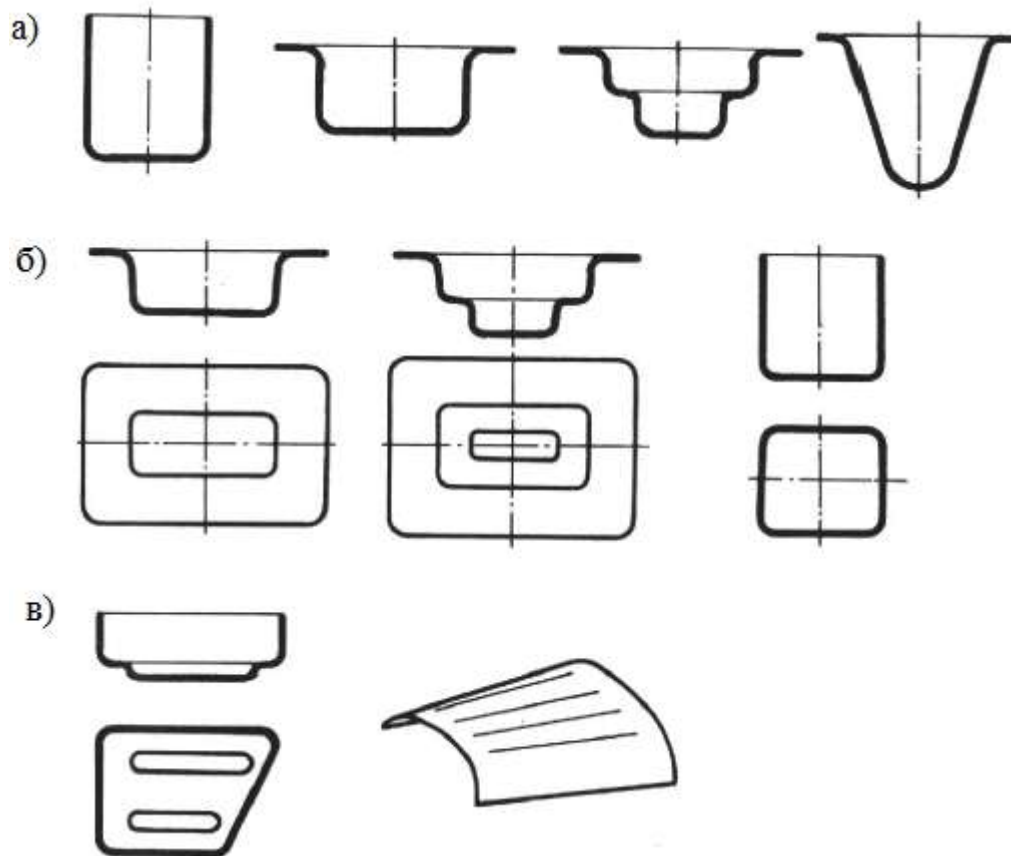
Обрада извлачењем се најчешће врши у хладном стању, осим у посебним случајевима када се комад мора загревати.

Према понашању дебљине лима током обликовања разликујемо два поступка:

- дубоко извлачење без промене дебљине (примењује се код танких лимова)
- дубоко извлачење са стањењем (примењује се код дебљих лимова)

Према геометрији готовог комада могућа је следећа подела:

- „чисто дубоко извлачење“ (извлачење шупљег цилиндричног тела са равним дном) и дубоко извлачење ротационих делова (сл.2.4 а),
- дубоко извлачење осталих делова правилног геометријског облика (кутијасти делови) (сл.2.3 б),
- извлачење делова неправилног геометријског облика (сл.2.4 в).



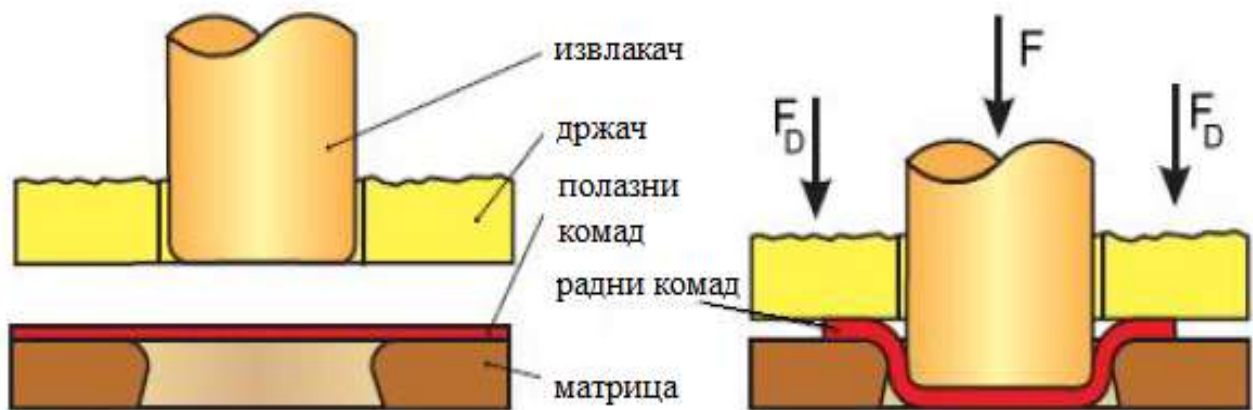
Слика 2.4 Основни облици делова који се добијају дубоким извлачењем

Делови добијени поступцима дубоког извлачења налазе примену у скоро свим гранама индустрије, као нпр.

- аутомобилска индустрија (делови каросерије итд.)
- авио-индустрија, индустрија шинских возила, бродоградња,
- индустрија кућних апарата и посуђа,
- електро и електронска индустрија,
- пољопривредна и процесна техника...

Код дубоког извлачења постоје три главна елемента алата: извлакач (преноси деформациону силу), матрица и држач лима.

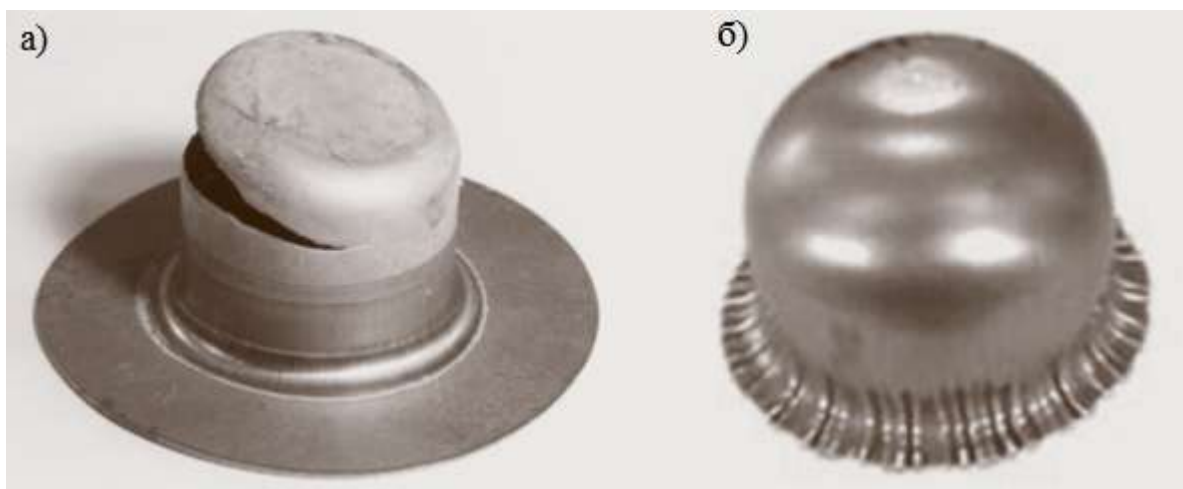
Полазни комад, најчешће кружног попречног пресека пречника D_0 , поставља се на горњу површину матрице и причвршћује држачем који силом F_D притеже обод лима. након тога извлакач са својим главним дејством отпочиње кретање и обликовање комада све до његовог потпуног провлачења кроз отвор матрице (сл.2.5).



Слика 2.5 Основна шема обликовања у алату за дубоко извлачење

Током процеса обликовања јављају се четири врсте напона и то: тангенцијални притисни (на ободу комада) и радијални затежући (на заобљењу матрице), напон трења између лима и матрице и напон услед савијања и исправљања лима при клизању преко заобљене ивице матрице.

Тангенцијални напон тежи да изазове појаву набора на ободу комада, што се спречава деловањем силе држања. Сила држања има веома важну улогу у процесу обликовања и мора бити тачно одређена. Наиме, ако је сила држања лима мала, онда долази до појаве набора на ободу комада (сл.2.6 б), а ако је сила држања велика онда долази до разарања у зони изнад радијуса дна комада (сл.2.6 а).



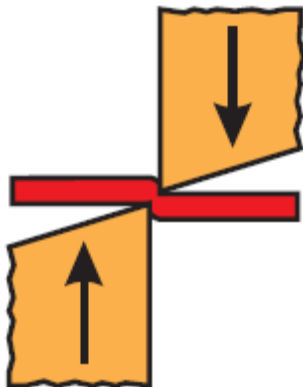
Слика 2.5 Дефекти при дубоком извлачењу

3. Обрада лима раздвајањем

Раздвајање се по својим особинама разликује од свих осталих поступака пластичног деформисања јер подразумева физичко одвајање дела полуфабриката раздвајањем (сечењем). Разлози за изучавање процеса раздвајања у оквиру технологије пластичног обликовања су следећи: исти су полуфабрикати (најчешће лимови), исте или сличне машине и чињеница да су операције раздвајања почетне у укупном технолошком процесу пластичног обликовања. Процес раздвајања се остварује смицањем по површинама које одређује геометрија комада, односно алата.

3.1. Одсецање

Одсецање је поступак којим се обрађују најчешће лимови разних дебљина, али и шипке и профили. Линија раздвајања је увек права.



Слика 3.1 Раздвајање лима

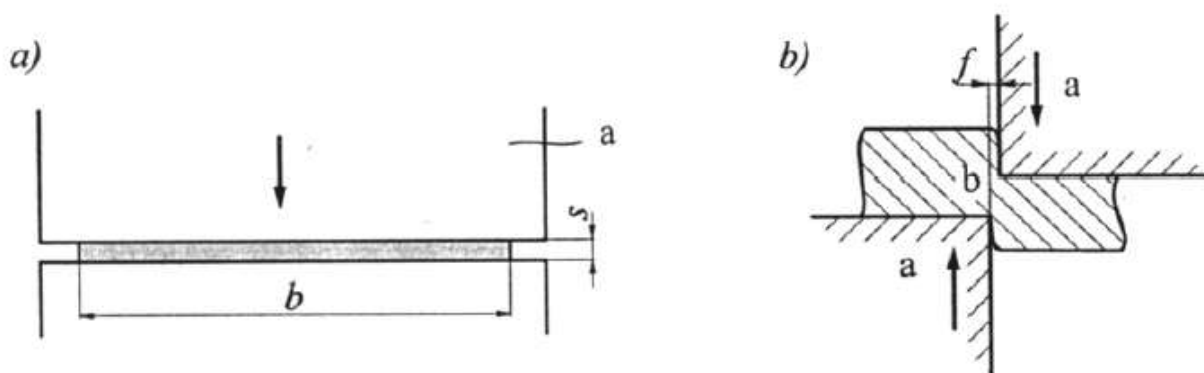
Полазни комад се поставља између покретног и непокретног ножа (сл.3.1). Прва фаза процеса је еластично деформисање. Порастом деформационе силе настаје пластично деформисање, а када смичући напон у зони раздвајања достигне максималну вредност, тј. јачину материјала на смицање, долази до разарања структуре, односно раздвајања полазног комада на два дела. Процес траје веома кратко. Код тањих лимова то је ред величине десетине секунде.

С обзиром на коришћену машину постоје три варијанте одсецања:

- на маказама са правим паралелним ножевима,
- на маказама са правим нагнутим ножевима
- на маказама са кружним ножевима

3.2. Одсецање на маказама са правим паралелним ножевима

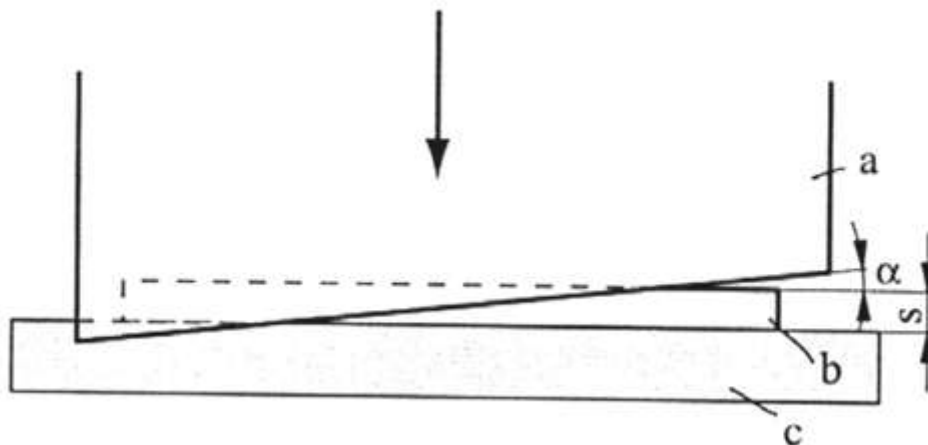
Резне ивице ножева у једном тренутку делују по целој линији раздвајања (сл.3.2). Због тога је оптерећење машине ударно. Радни предмет није деформисан (остаје раван).



Слика 3.2 Шема одсецања на маказама са правим паралелним ножевима

3.3. Одсецање на маказама са правим нагнутим ножевима

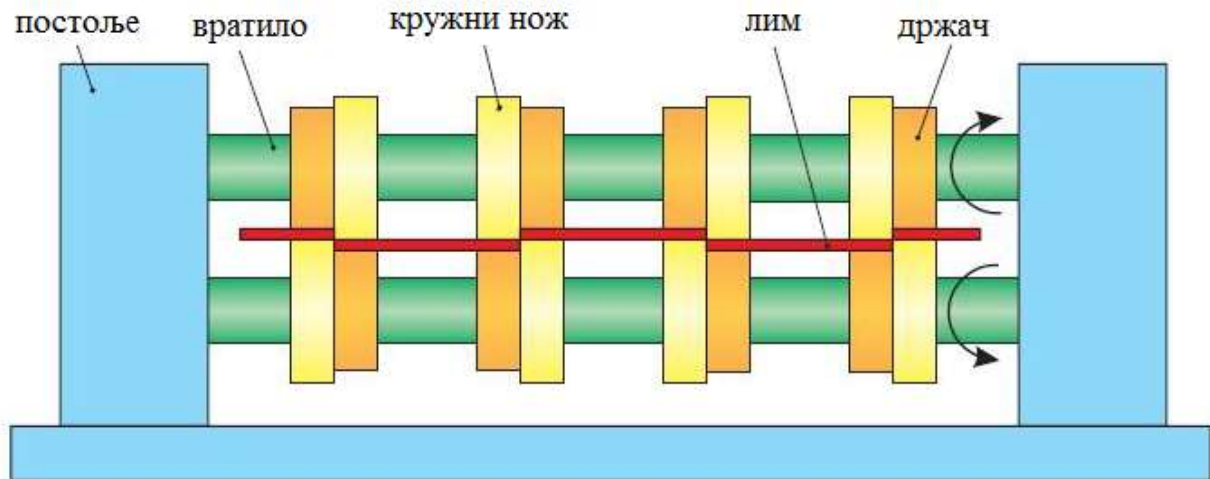
У овом случају остварује се парцијални захват резне ивице ножа и лима (сл.3.4). Деформациона сила је знатно мања у односу на одсецање са правим паралелним ножевима, али је готов комрад у мањој или већој мери савијен. Угао нагиба ножа (α) мора бити тако одабран да не долази до измицања лима.



Слика 3.4 Шема одсецања на маказама са правим нагнутим ножевима

3.4. Одсецање на маказама са кружним ножевима

Примењује се само за одсецање лимова (у виду трака) велике дужине. Окретањем ножева остварује се одсецање. Врло често се врши истовремено одсецање више ужих трака из једне шире (сл.3.5).



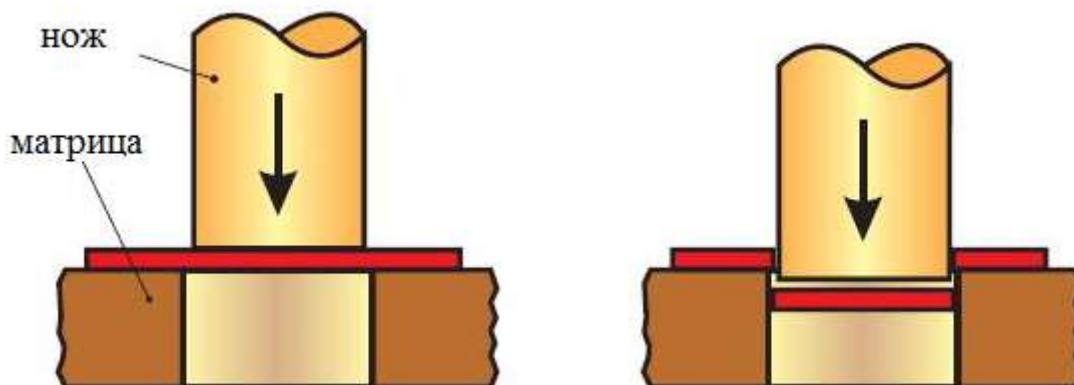
Слика 3.5 Шема положаја кружних ножева

3.5. Просецање и пробијање

Просецање и пробијање су поступци обраде раздвајањем по затвореној контури уз помоћ посебних пресерских алата. Процес се најчешће изводи на механичким пресама. Полуфабрикати су лимене траке или појединачни комади од лима, а користе се и неметални материјали у плочастој форми. Готови комади су равни са контурама различитог облика.



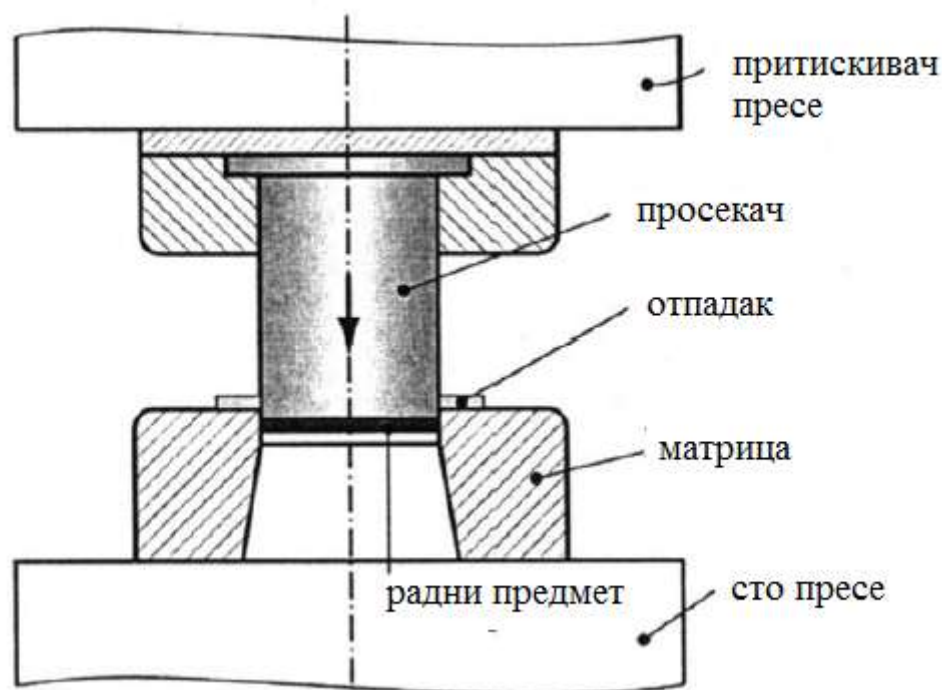
Слика 3.6 Просецање и пробијање



Слика 3.7 Радни елементи алата

За разлику од осталих поступака деформисања овде није потребно да материјал има добре особине пластичности и деформабилности.

Термин просецање подразумева добијање финалног комада са спољашњом контуром, а термин пробијање подразумева добијање финалног комада са унутрашњом контуром (сл.3.6). Процес у околини резне ивице је потпуно исти.



Слика 3.8 Пресецање

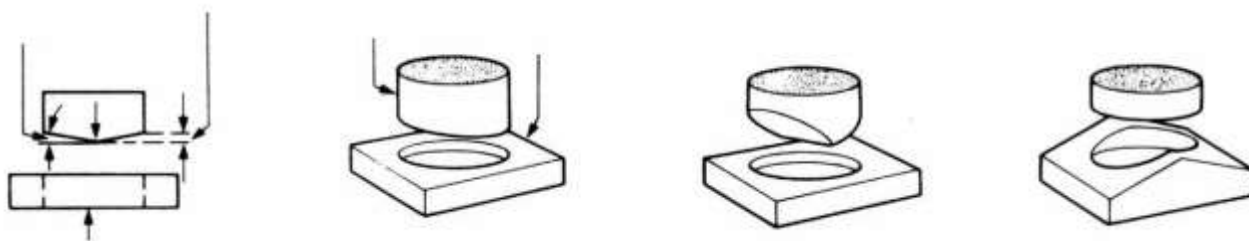
Основна шема пресецања дата је на слици 3.7 и 3.8. Приказани су радни елементи алата и положај материјала. Процес раздвајања траје веома кратко (делић секунде) чак и код већих дебљина лима, али је механизам његовог одвијања релативно сложен.

3.6. Могућности за смањење силе пресецања

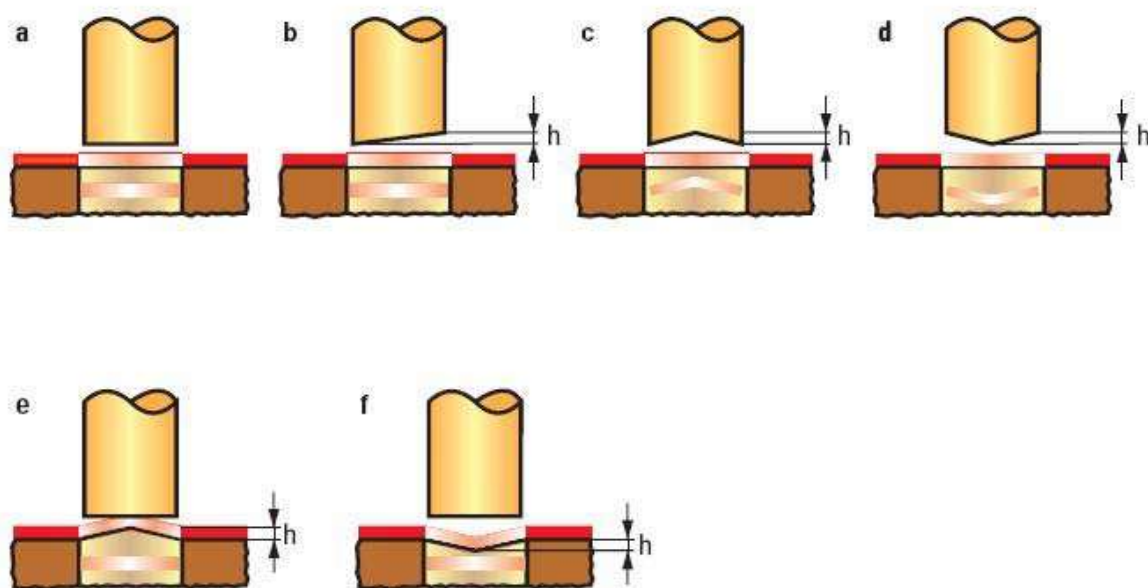
Примењују се следећи начини:

- алати са закошеним резним ивицама
- израда просекача различитих дужина
- пресецање на повишеним температурама

Код алата са закошеним резним ивицама (сл.3.10 и 3.11) нема истовременог контакта по целој контури пресецања већ је захват парцијалан, аналогно сечењу на маказама са нагнутим ножевима. Због тога је деформациона сила знатно мања, али су алати сложенији а радни предмет у неким случајевима савијен.

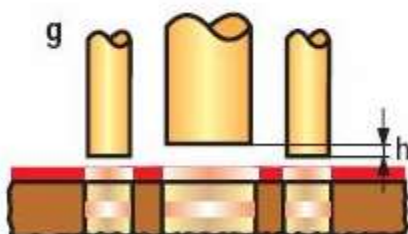


Слика 3.10 Закошене резне ивице алата код пробијања (просецања)



Слика 3.11 Варијанте закошених резних ивица

Израда просекача различитих дужина користи се код алата са више просекача, односно пробијача. Најчешће се смањује дужина мањих просекача, односно врши се појединачно раздвајање одговарајућих контура (сл.3.12).



Слика 3.12 Принцип коришћења ножева различитих дужина

Просецање на повишеним температурама користи се за смањење силе раздвајања код веома дебелих плочастих материјала. На повишеним температурама смањује се чврстоћа, а тиме и сила просецања. Температура загревања зависи од хемијског састава и стања структуре полуфабриката. Код већине челика то је $750-900^{\circ}\text{C}$.

4. Масивно (запреминско) обликовање

Метали као кристалне структуре поседују својства пластичног деформисања у хладном и топлом стању. Ово служи као основа за низ метода обраде метала пластичним деформисањем, са и без одвајања, које се примењују у свим гранама метало прераде. Све методе обраде пластичним деформисањем углавном дефинише одговарајући алат, за разлику од обраде резањем где методе дефинише, пре свега кинематика, односно машина.

У односу на друге методе обраде, обрада ковањем има низ предности:

- једноставна кинематика обрадних система. Једним ходом извршног органа машине могу се обликовати сложени елементи,
- делови, после обраде пластичним деформисањем, имају побољшана механичка својства,
- постоје добре могућности механизације и аутоматизације процеса,
- степен искоришћења материјала је врло висок, и др.

Међутим, обрада ковањем има и одређене недостатке:

- економичност примене само у серијској и масовној производњи,
- потреба за врло великим деформационим силама (врло тешке и робусне машине),
- релативно скупи алати, и др.

Код пластичног обликовања лимова, изразито мања трећа димензија лима као полуфабриката условљава да је могуће сматрати остварена напонска стања раванским. Код масивног обликовања напонска стања су просторна (троосна).

У општем случају обрада пластичним деформисањем се грубо може поделити на обраду у:

- хладном стаљу и
- топлом стаљу

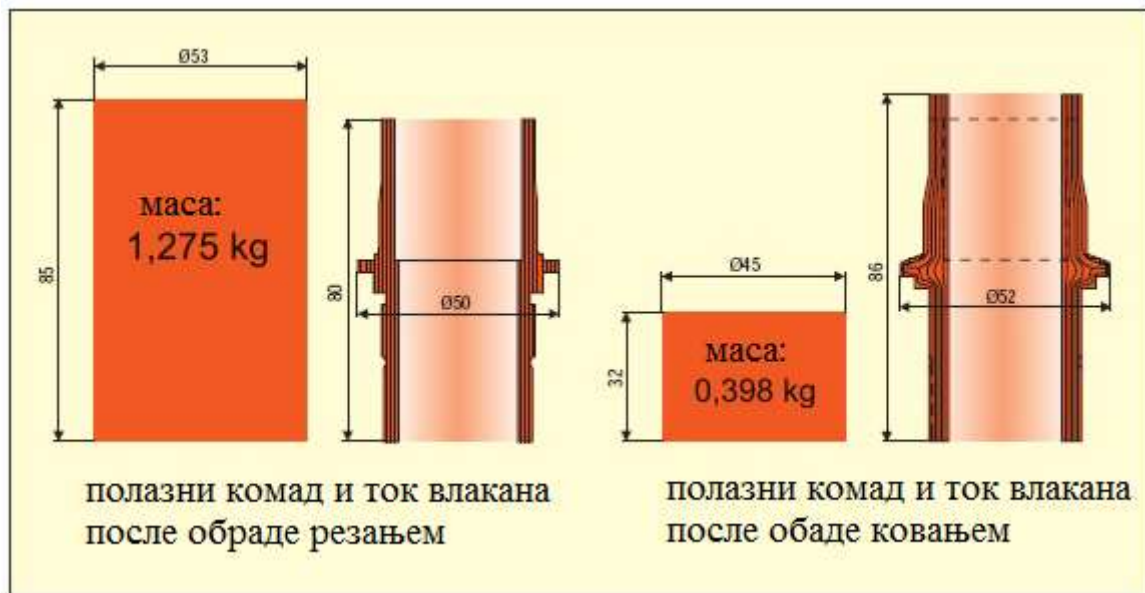
4.1. Пластично деформисање ковањем у топлом стању

Ковање је масивно обликовање метала између два калупа (алата) који су у релативном кретању, при чему се материјал излаже притисним и затезним напонима у условима већих брзина (често и са ударним дејством).

Загревање се изводи у циљу смањења деформационог отпора, односно повећања пластичности материјала који се кује. Загревање је изнад температуре рекристализације. зависно од врсте материјала дефинише се режим загревања како би се добила одговарајућа структура.

Ковање се изводи на посебним ковачким машинама: ковачким пресам и ковачким чекићима у ковачким алатима (клубима).

У односу на друге технологије прераде метала (ван области пластичног деформисања) ковање нема конкуренцију у погледу механичких и структурних особина материјала комада (непрекидна влакнаста структура) и у погледу економичног коришћења материјала (сл.4.1).



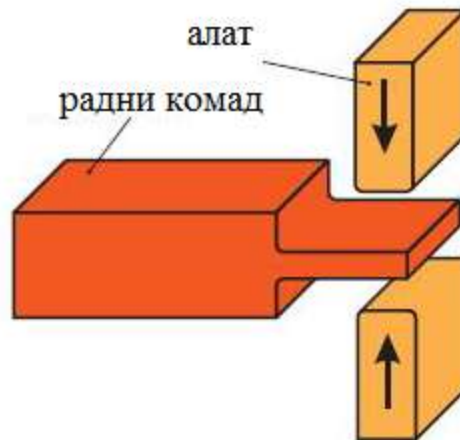
Слика 4.1 Уштеда у материјалу и супериорна структурна својства комада добијених ковањем у односу на технологију обраде скидањем струготине

У техничком смислу разликујемо два вида ковања:

- слободно ковање и
- ковање у калупима

4.2. Слободно ковање

Обавља се на ковачким машинама уз помоћ универзалног једноставног алата (најчешће вишеструким понављањем операције сабијања између равних површина). Примењује се у појединачној и малосеријској производњи. Користи се и као припремно ковање за операције ковања у калупима. Овај вид ковања је једина технологија обраде применљива на обликовање делова веома великих димензија (вратила великих бродских мотора, вратила пропелера великих бродова, оптерећени делови великих машина у железарама, и др.).



Слика 4.2 Слободно ковање

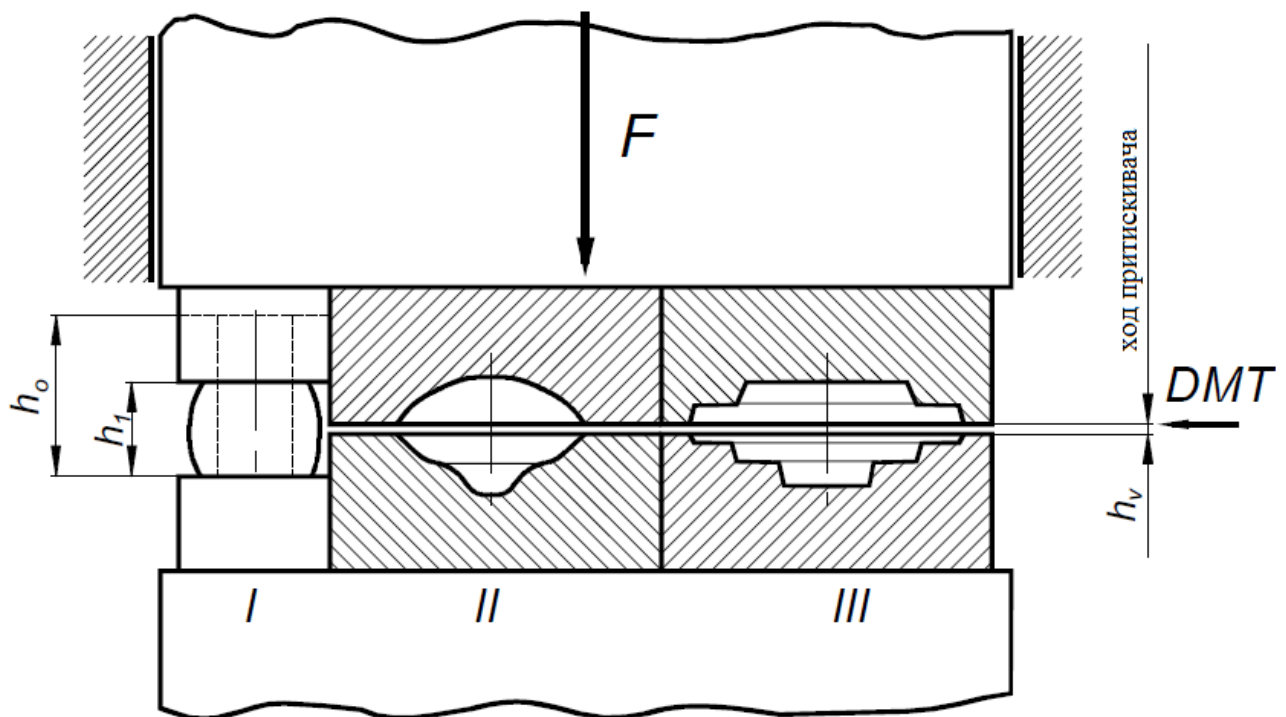
4.3. Ковање у калупима

Обавља се у дводелним алатима (сл.4.3) – калупима. Доњи део алата (доњи калуп) по правилу је непокретан и учвршћен за постоље ковачке машине – ковачког чекића или пресе. У калупима се израђује шупљина (тзв. гравура) која потпуно одговара отковку по облику и димензијама. Геометрије отковака могу да буду веома различите (од релативно једноставних до врло сложених). Величине отковака ограничавају једино димензије алата, односно машине. Кују се најчешће челици, али то могу да буду и обојени метали и њихове легуре.



Слика 4.3 Ковање у калупу

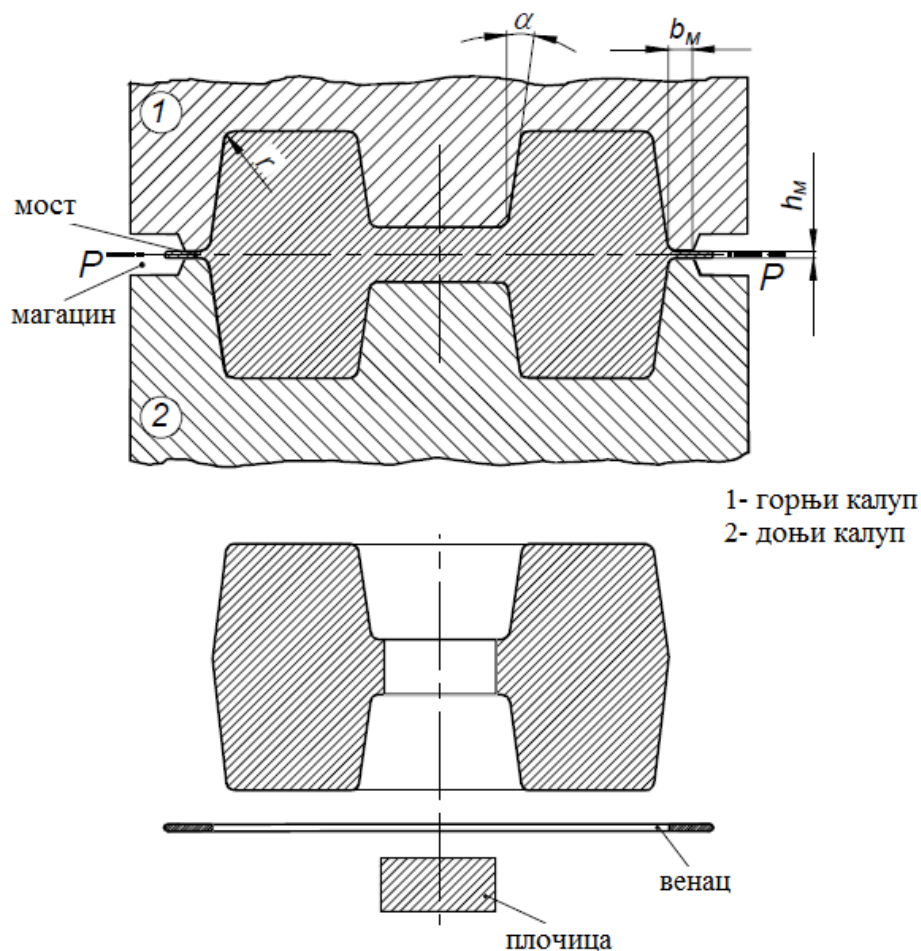
Ковање на механичким кривајним ковачким пресамa је мирније (брзина обично до 0.5 m/s), гравуре се боље попуњавају у хоризонталним равнинама, а ковање се у свакој гравури завршава у само једном ходу. Не дозвољава се контакт горњег и доњег калупа. Свака гравура има одвојен калуп.



Слика 4.4 Шема смештаја калупа на ковачкој преси (I- припретно ковање, II- претходно ковање, III- завршно ковање)

Главне карактеристике ковања на преси:

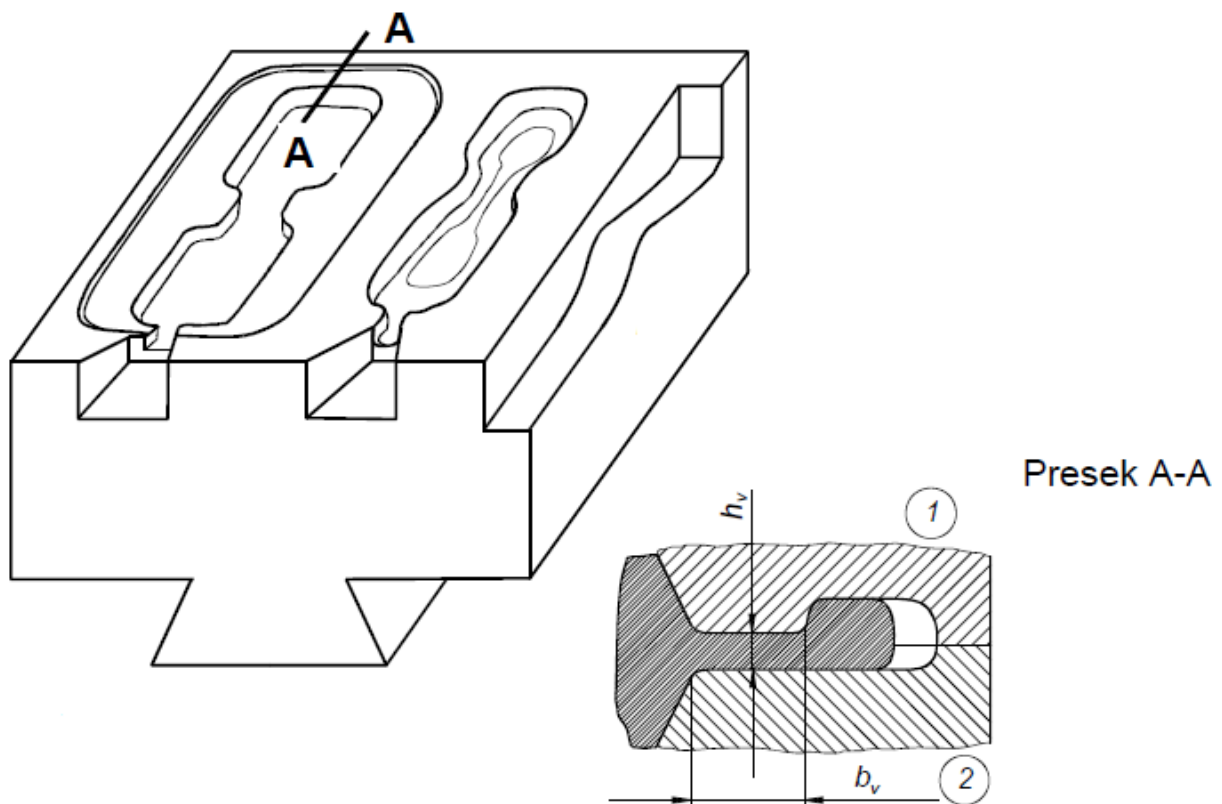
- алати за поједине операције су раздвојени,
- није дозвољено преоптерећење пресе,
- површине горњег и доњег калупа се не додирују,
- обликовање у свакој операцији се завршава у само једном ходу машине,
- параметар за димензионисање пресе је сила ковања,
- пресе поседују системе за избацивање отковака из гравуре,
- рад са мање буке и вибрација у односу на ковачке чекиће,
- могућност аутоматизације ковања,
- минимални захтев у погледу загревања је коришћење електричних пећи.



Слика 4.5 Шема добијања готовог комада на ковачкој преси

Код ковања на ковачким чекићима користи се динамичко – ударно дејство падајућих маса (бата или маља са горњим калупом) брзином која је често изнад 10 m/s. Због инерцијалних сила боље је попуњавање горњег калупа (може да буде сложенија). све гравуре су смештене у два монолитна блока (горњем и доњем калупу). у свакој гравури обрада се врши из неколико (3-5) удараца, при чему у завршној фази долази до судара горњег и доњег калупа.

При ковању ковачким чекићима меродавни параметар за избор машине је енергија ковања. Пошто је начин дејства ударни, уместо кинетичке енергије потребне за обликовање, обично се као параметар користи маса падајућих делова чекића. У општем случају ковања сложених геометрија није могућ тачан прорачун енергије ковања, па се одређује приближно.



Слика 4.6 Доњи калуп алата за ковање

Карактеристике ковања на ковачком чекићу:

- ковање у свакој операцији (гравури) изводи се из више удараца,
- све гравуре су смештене у једном (монолитном) блоку (калупу),
- при ковању (у завршним ударцима) долази до судара површина горњег и доњег калупа,
- параметар за димензионисање машине је енергија потребна за ковање (или маса падајућих делова),

- нема посебних захтева у погледу загревања (гасне пламене пећи као економски најпогодније решење се најчешће користе),
- код ковачких чекића нема избацивача,
- рад чекића праћен је великом буком и вибрацијама,
- цена чекића и укупни трошкови машине су знатно нижи у односу на пресе.

5. Правила обликовања делова добијених ковањем

Приликом конструисања делова који се обликују пластичним деформисањем потребно је водити рачуна о захтевима квалитета, тачности израде, избору материјала, избору погодног облика с обзиром на технологију израде и остварење продуктивности, додацима за накнадну машинску обраду резањем, постојећим алатима – калупима и др. Основна правила обликовања делова добијених ковањем су:

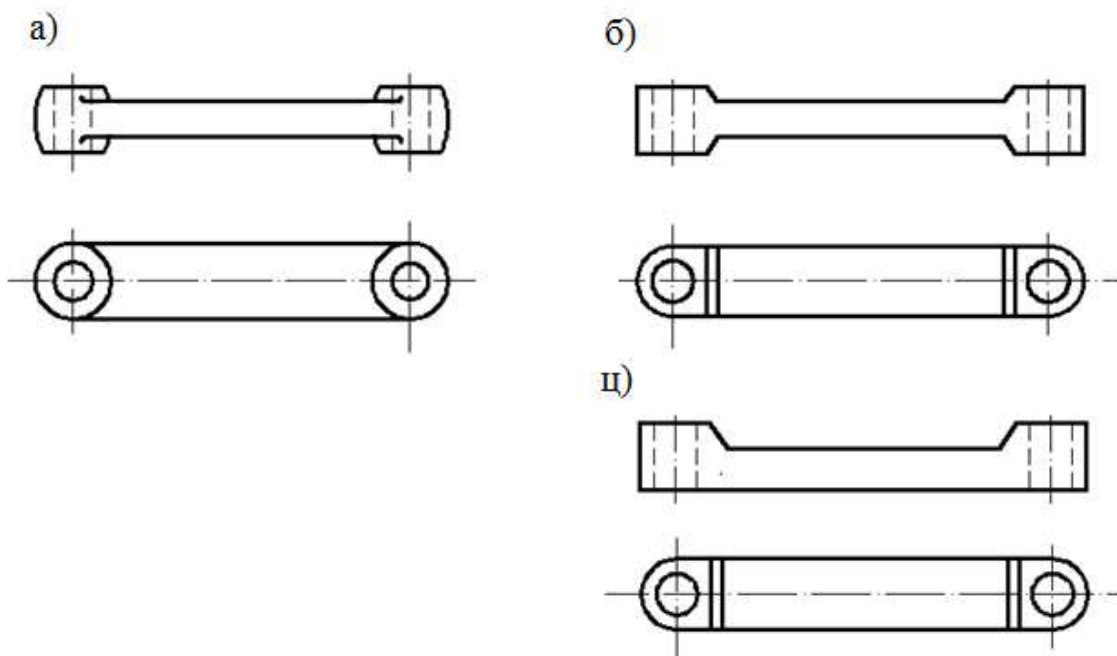
- облик треба бити што једноставнији,
- бочним површинама отпреска при врућем пресовању треба дати мали нагиб у односу на правац удара,
- при ковању и врућем пресовању треба обратити посебну пажњу на положај влакана материјала у односу на правац удара пресе,
- избегавање облика са малим нагибом,
- избегавање пресецања цилиндричних површина,
- избегавање пресецања призматичних површина са цилиндричним површинама,
- тешки отковци морају бити шупљи,
- избегавање наглих прелаза пресека,
- водити рачуна о положају разделне равни,
- компликоване делове раставити на једноставније,
- отковке са подрезом потребно је избегавати,
- компликоване закривљене облике треба избегавати,
- избегавати стрме прелазе код слободног ковања,
- избегавати оштре ивице при изради четвороугаоних рупа и прореза,
- приликом ковања угаоника водити рачуна да се не ослаби опасни пресек,
- тачне мере и облик обликовати само у једној половини калупа,
- делове сложеног облика могуће је изградити ковањем, а након тога обрадити савијањем,
- косине на дну отковка олакшавају течење материјала од средине према крајевима,
- израда сложених делова се може поједноставити комбинацијом ковања у калупу и заваривања,
- при обликовању вратила и осовина који на крају или на средини имају обод, треба водити рачуна да запремина обода не буде већа од запремине осовине,
- водити рачуна о дебљини зидова рупа и отвора,
- водити рачуна о удубљењима на ободу вратила и осовина,
- избегавати ребрасте пресеке,
- не дозвољавати испусте, подметаче, задебљања и слична решења на главном телу отковка,
- машинске делове са оштром разликом у димензијама попречног пресека или сложене делове чији се сложен облик не може избећи, заменити комбинацијом неколико спојених кованих делова простијих облика,
- тежити формирању симетричних облика производа у односу на раван растављања,

- предвидети ознаке у виду испуста или удубљења који обезбеђују правиан положај отковка у калупу,
- водити рачуна о положају отковка у калупу,
- растављање калупа предвидети тако да контуре шупљина по равни растављања у горњем и доњем калупу буду једнаке,
- избегавати зидове са неједнаким нагибом у равни растављања.

5.1. Једноставан облик отковка

Основно упутство за конструисање облика које треба добити ковањем је да ти облици буду што једноставнији и да са тим у вези треба избегавати облике са нагибима, међусобно пресецање цилиндричних површина и пресецање цилиндричних површина са призматичним површинама.

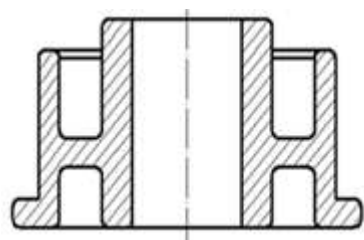
Вруће пресовање се најчешће изводи у вишестепеним отвореним калупима. Пре пресовања неопходно је припремити полазни материјал са циљем да се његов облик приближи облику готовог отпреска, што се постиже претходним ковањем, коришћењем припремних калупа, фазонирањем путем ваљања или применом прикладних ваљаних профила. На слици 5.1 а) приказан је облик ручице који би ковачки било тешко постићи због заобљених обода око ручице. На слици 5.1 б) приказан је ковачки једноставнији облик са равним ободима (контурама). Појефтињење израде може се постићи ако удубљења нису постављена са обе стране као што је приказано на слици 5.1 ц)



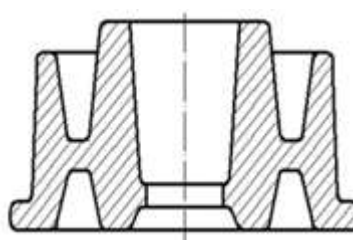
Слика 5.1 Обликовање слободно коване ручице: а)ковачки непогодан облик, б) ковачки погоднији облик, ц)могућност појефтињења израде

5.2. Нагиб бочних површина отпреска

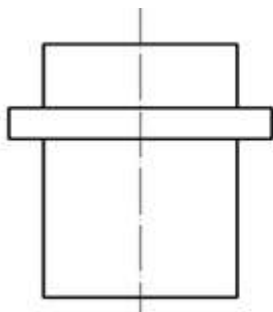
Бочним површинама отпреска при врућем пресовању треба дати мали нагиб у односу на правац удара ради лакшег вађења отпреска из калупа. Нагиб унутрашњих зидова треба да је већи од спољашњих. Уколико је потребно да се добију потпуно вертикални зидови, то се постиже накнадно, машинском обрадом. За челичне отпреске максимални дозвољени нагиби бочних зидова отпреска су за спољне зидове до 7° , а за унутрашње до 10° . Све прелазе од једне површине отпреска на другу треба израђивати са заобљењима. Радијуси заобљења спољашњих ивица челичних отпресака крећу се у границама од 1mm за отпреске масе до 250 грама, до 8 mm за отпреске масе 200кг. Радијуси заобљења унутрашњих ивица су два до три пута већи од радијуса спољашњих ивица.



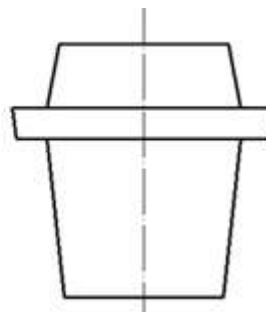
неправилно



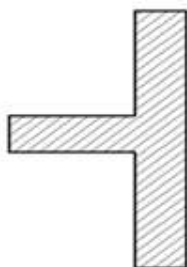
правилно



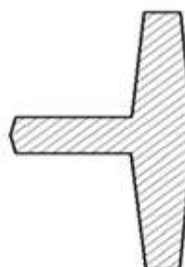
неправилно



правилно



неправилно

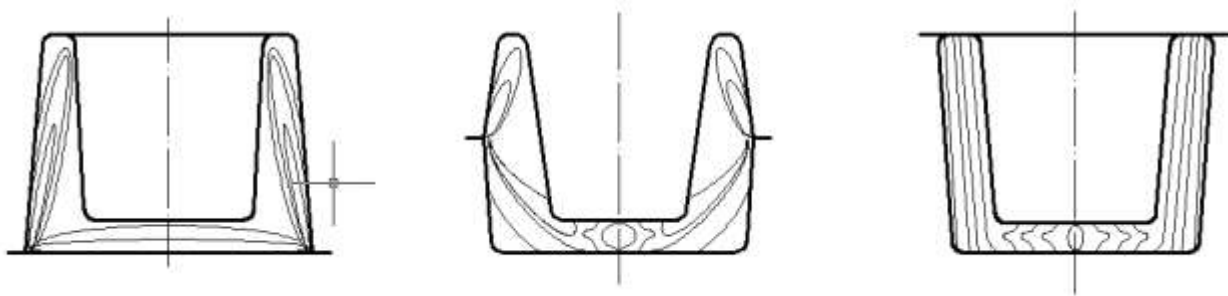


правилно

Слика 5.2 Нагиб бочних ивица отпреска

5.3. Положај влакана материјала

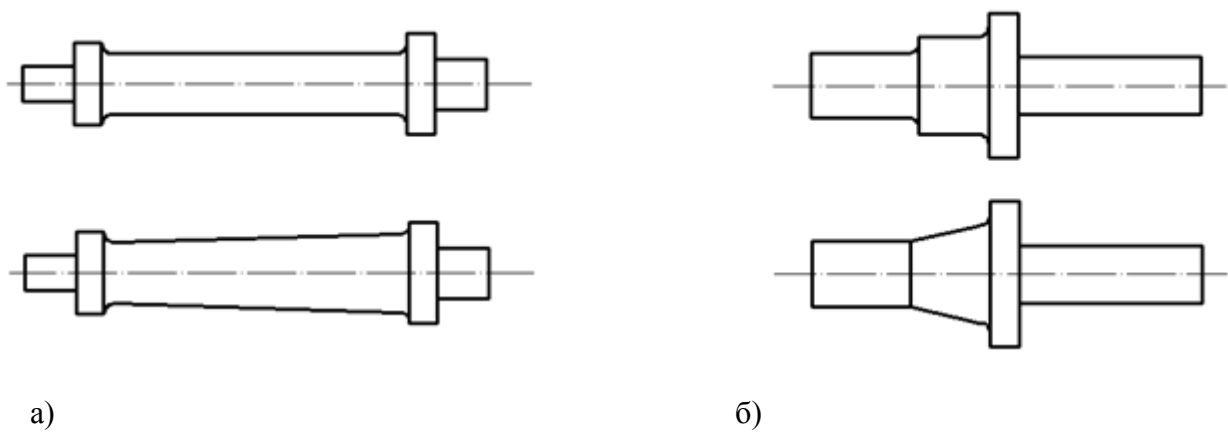
При ковању и врућем пресовању треба посебну пажњу обратити положају влакана материјала у односу на правац удара, јер од тога зависи чврстоћа материјала у попречном и уздужном правцу. Боље је да се правац удара пресе поклапа са правцем влакана материјала јер се тако добија комад са уједначенијим карактеристикама чврстоће у попречном и уздужном правцу. Да би чврстоћа отковка била одржана треба водити рачуна да накнадном обрадом резањем не дође до претераног пресецања влакана материјала. Ток структурних линија се мора приближно подударати са смером влачног напрезања. При томе ток структурних линија зависи од много фактора, као нпр: положаја дела у калупу, положаја разделне површине (сл.5.3), и др.



Слика 5.3 Положај влакана материјала у односу на разделну површину

5.4. Избегавање облика са малим нагибом

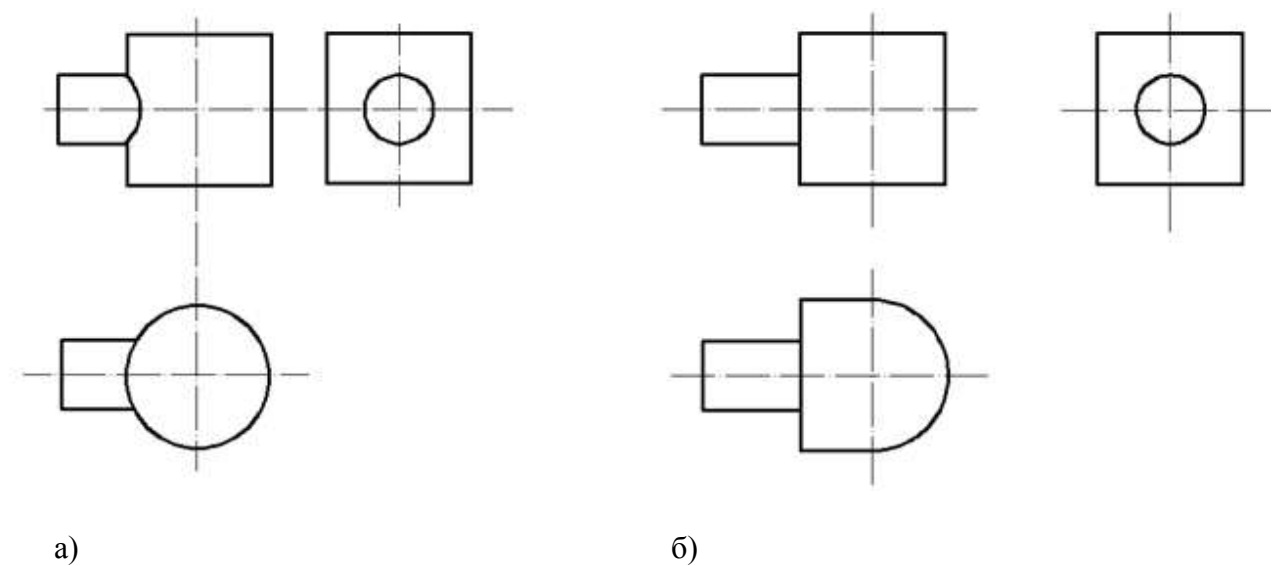
Ако се при слободном ковању жели остварити косина потребно је ковати степенасто, а затим посебним алатом глачати степенасте неравнине. Приликом ковања делова са нагибом јављају се радијалне силе које неповољно утичу на цео процес ковања. Због тога је неопходно да се приликом пројектовања делова који се обрађују ковањем ово унапред предвиди и да се нађе конструкционо решење да се нагиби избегну. Уколико је то немогуће, она се део приликом ковања израђује као цилиндричан, а нагиби се израђују накнадном машинском обрадом.



Слика 5.4 Избегавање облика са малим нагибом

5.5. Избегавање пресецања цилиндричних површина

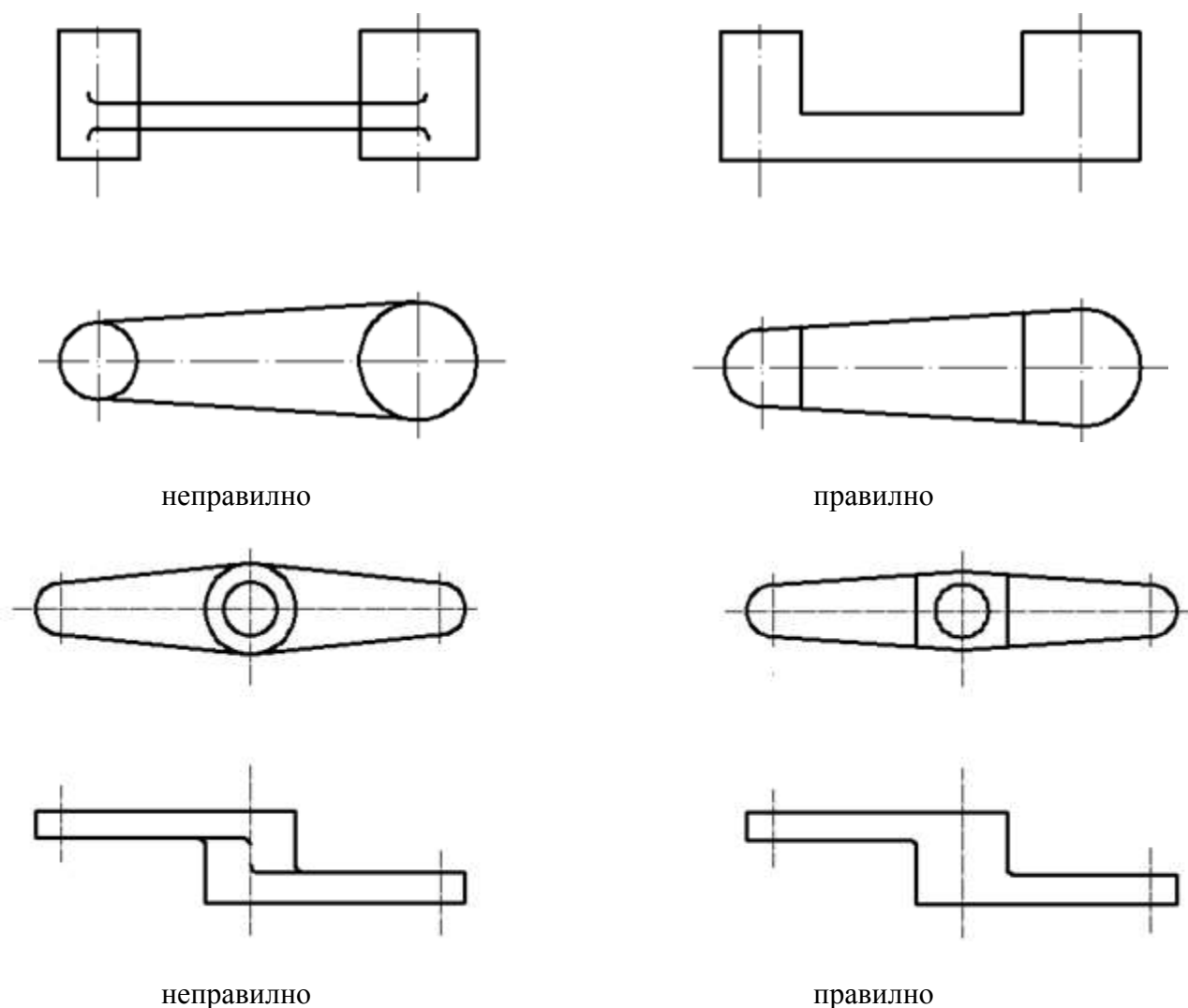
На слици 5.5 б приказан је пример правилног обликовања приликом ковања при пресецању цилиндричних површина. На слици 5.5 а) приказан је пример неправилног обликовања ковањем, јер се у зони спајања две цилиндричне површине јавља слабо течење материјала и све тањи слој материјала уз ивице обода цилиндра, што касније може представљати извор концентрације напона.



Слика 5.5 Избегавање пресецања цилиндричних површина: а) неправилно, б) правилно

5.6. Избегавање пресецања призматичних површина са цилиндричним површинама

Као и код пресецања цилиндричних површина треба избегавати и пресецање призматичних површина са цилиндричним површинама. И овде се јавља слабо течење материјала уз обод цилиндра што представља извор концентрације напона.

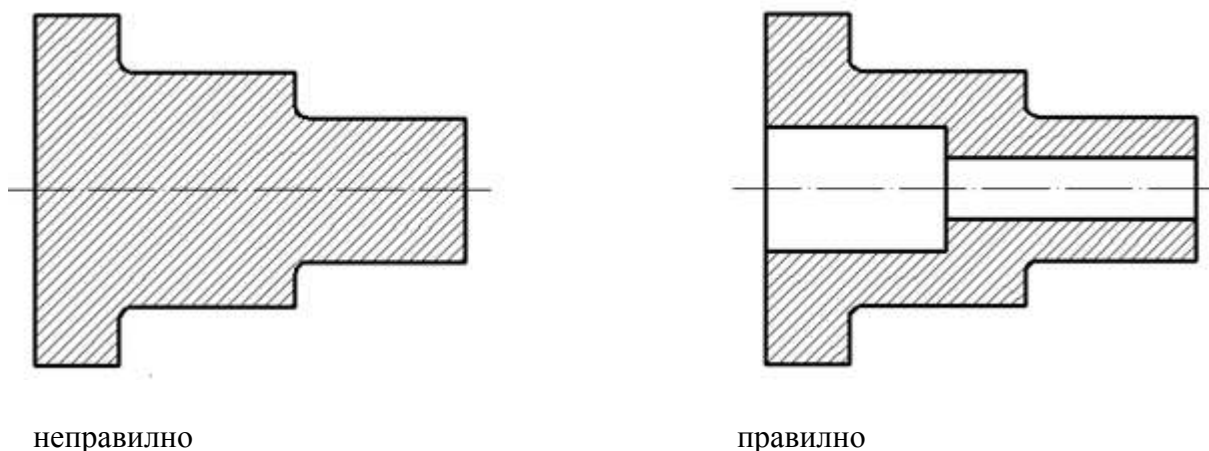


Слика 5.6 Избегавање пресецања призматичних површина са цилиндричним површинама

5.7. Ковање тешких отковака

Тешки отковци морају бити шупљи. На тај начин можемо одстранити појаву унутрашњих грешака који се јављају у отковку. Тиме се одстрањује језгро сировог блока у коме долази до

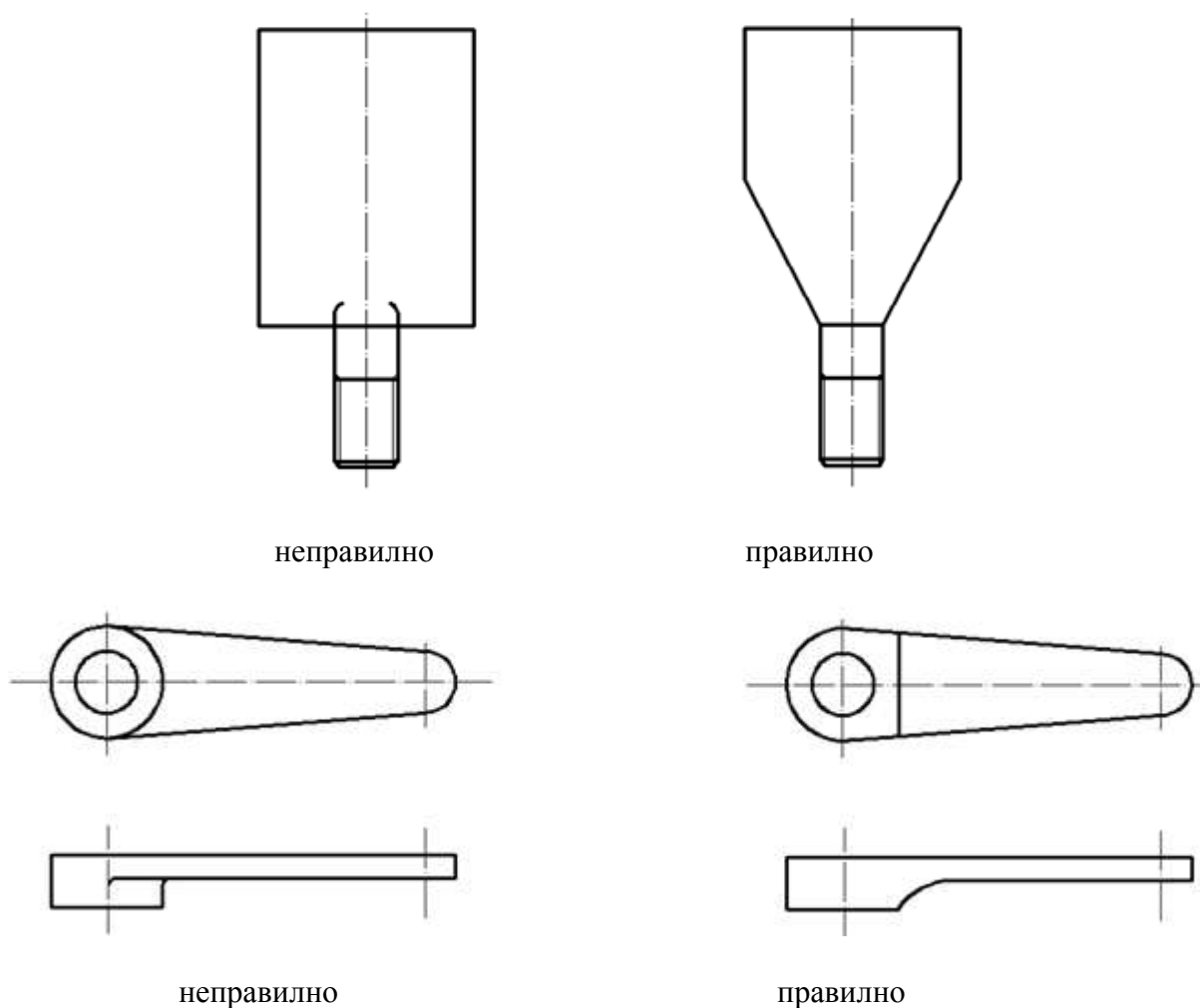
појаве сегрегације и грешака. Приликом конструисања тешких отковака ово се обавезно мора предвидети.



Слика 5.7 Ковање тешких отковака

5.8. Избегавање наглих прелаза пресека

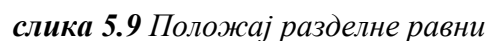
Оштре прелазе са једног пресека на други треба избегавати. Прелазе са једног пресека на други треба изводити постепено и са довољно великим прелазним радијусима како би се избегла појава концентрације напона на том месту. Код наглих промена пресека материјал ће тешко моћи отећи у део отковка мале дебљине јер ће се тај део отковка брзо охладити. Зато је правилније обликовати постепени прелаз са једног пресека на други.



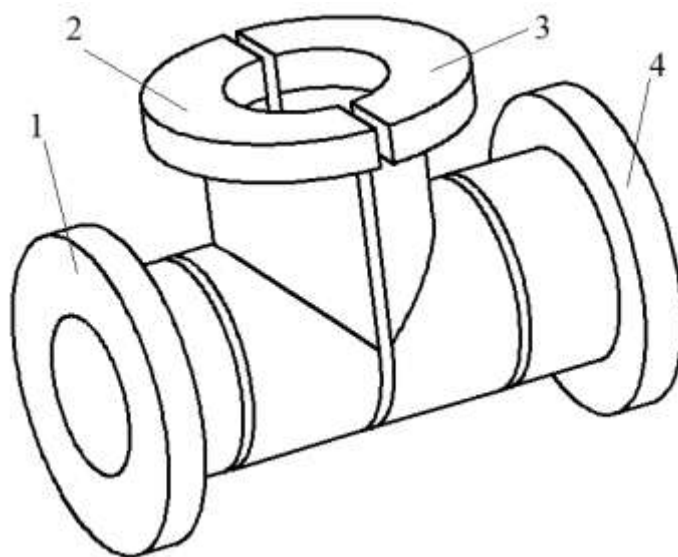
Слика 5.8 Избегавање наглих прелаза пресека

5.9. Разделна раван

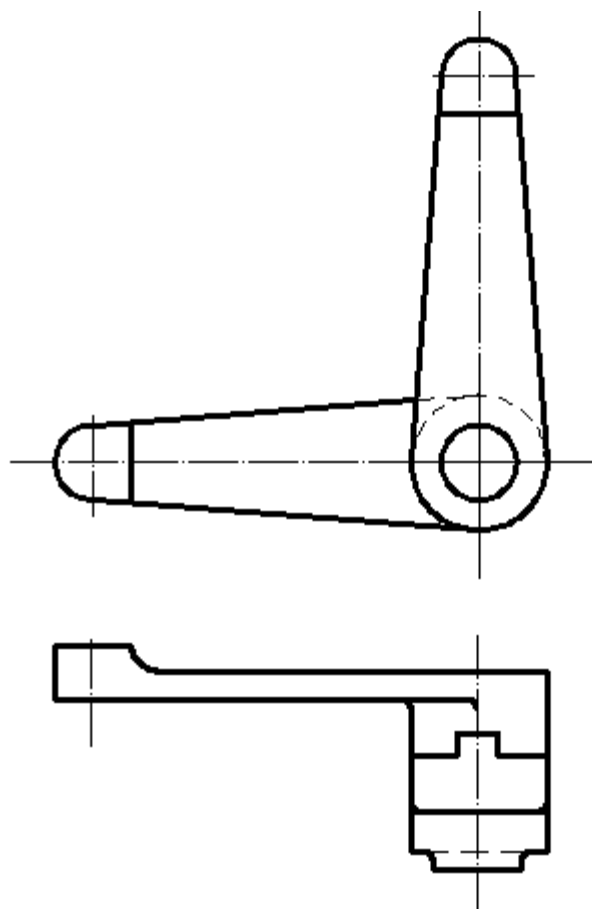
Разделну раван треба поставити тако да се олакша скидање венца са отковка који се јавља након ковања. На слици 5.9а приказани положај разделне равни захтева врло компликовани алат за скидање венца. Ако разделну раван поставимо на другом месту као што је то приказано на слици 5.9б добићемо једноставнији отковак и биће нам потребан много једноставнији алат за скидање венца са отковка него у првом случају. Из исто разлога потребно је да разделна површина лежи у једној равни.



Делове сложеног облика приликом ковања потребно је раставити на једноставније делове. Након ковања делови се спајају заваривањем, лемљењем или лепљењем. На слици 5.10 приказан је један сложени део којег је немогуће произвести ковањем из једног дела. Као што је приказано на слици, део је потребно разложити на једноставније делове (у овом случају 4 дела) које је могуће добити ковањем, а затим добијене делове спојити заваривањем. На слици 5.11 приказано је како се растављањем компликованих делова могу постићи поједностављења при ковању. Реч је о двокракој ручици са краковима од 90° . Растављањем отковка на два дела, тако да се свака ручица кује посебно, постижу се велике уштеде и поједностављења приликом ковања. Ручице се након ковања спајају механички.



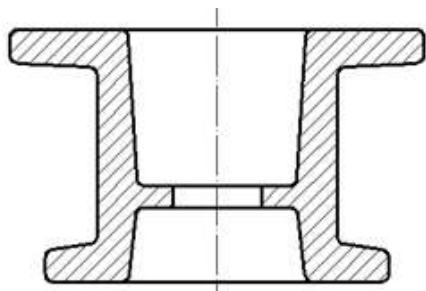
Слика 5.10 Ковање раздвојених делова и њихово спајање заваривањем



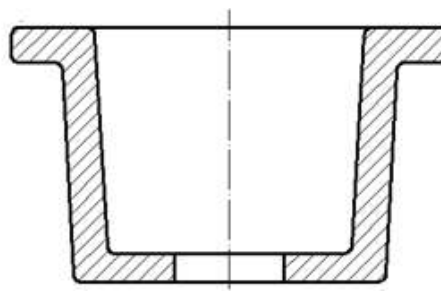
Слика 5.11 Ковање растављених делова и њихово спајање механичким путем

5.11. Отковке са подрезом потребно је избегавати

Подрезани отковци се могу произвести ковањем у калупима (слика 5.12а), али уз велике потешкоће у току израде и уз захтевање веома компликованог алата. Повољније је ако се отковак може пројектовати без подрезаности као што је то приказано на слици 5.12б.



Неповољно



ПОВОЉНО

Слика 5.12 Отковке са подрезом потребно је избегавати

5.12. Ковање делова са закривљеним обликом

Компликоване, закривљене облике треба избегавати, јер израда таквих отковака захтева компликовано прилагођавање облика помоћу шаблона, што знатно повећава цену израде таквих отковака. На слици 5.13 приказана су могућа поједностављења приликом ковања закривљених делова.



НЕПОВОЉНО



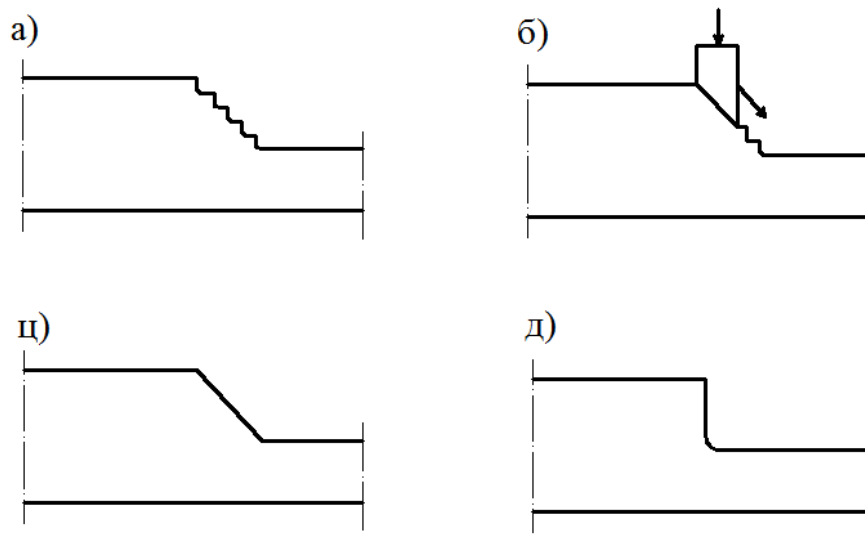
ПОВОЉНО

Слика 5.13 Избегавање компликоване закривљености делова

5.13. Избегавање стрмих прелаза

Ако се при слободном ковању жели остварити косина, као што је приказано на примеру на слици 5.14, потребно је ковати степенасто, према слици 5.14а, а затим посебним алатом

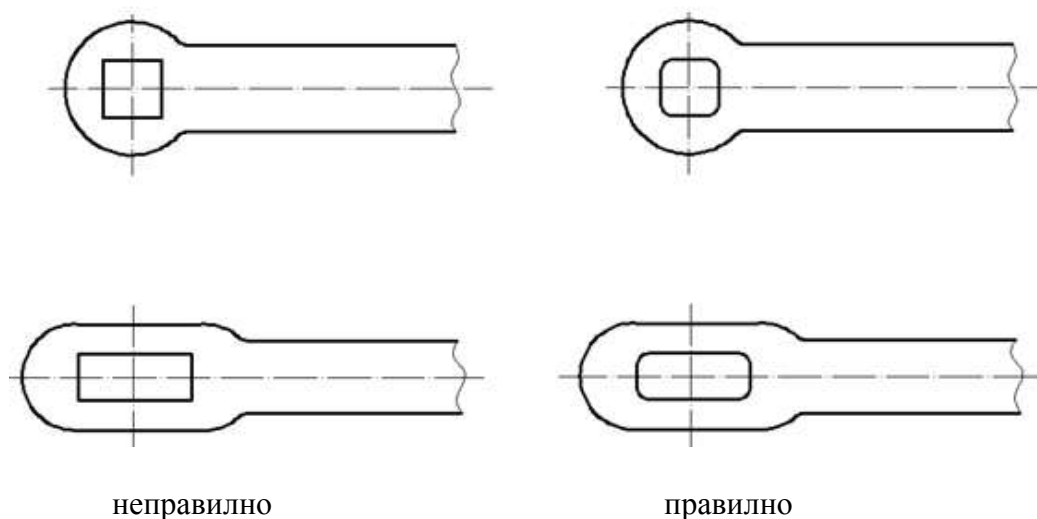
глачати степенасте неравнине. Са слике 5.14б се види да ће код велике косине алат за равнање склизнути. Зато прелази за слободно коване делове морају бити благи, а још је боље ако се косине избегну као што је то приказано на слици 5. 14д.



Слика 5.14 Избегавање стрмих прелаза

5.14. Избегавати оштре ивице при изради четвороугаоних рупа и прореза

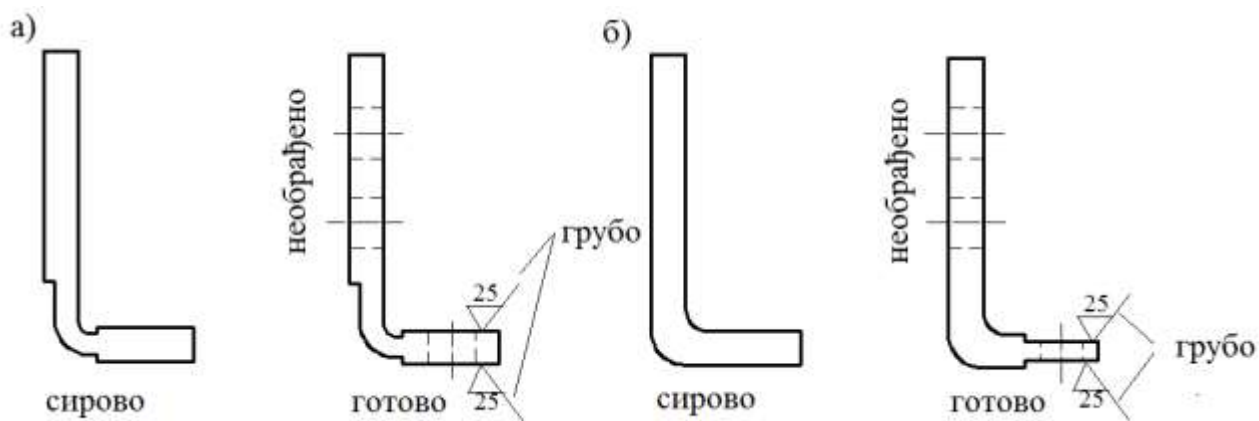
Рупе и прореzi се код слободног ковања израђују пробијањем помоћу трна. У оштрим угловима могле би се лако јавити пукотине. Зато углови четвороугаоних рупа и прореzi морају бити заобљени, јер се на тај начин избегава појава концентрације напона на местима где углови нису заобљени.



Слика 5.15 Избегавати оштре ивице на четвороугаоним рупама и прорезима

5.15. Ковање угаоника

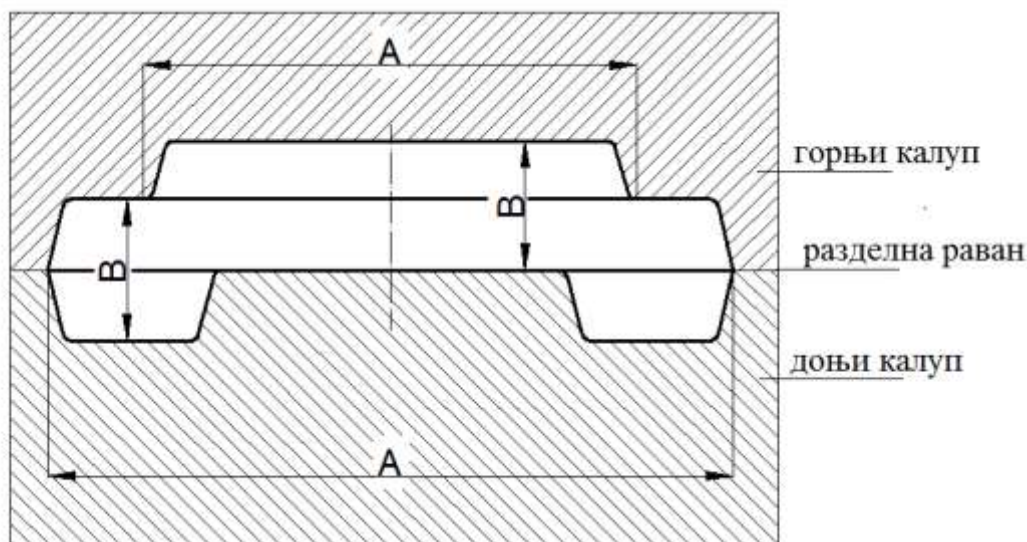
На слици 5.16 приказан је угаоник који на означеној површини мора бити обрађен. Додатак материјала, како је то приказано на слици 5.16а, налаже да се исходни материјал сабија или издужава. Осим тога угаоник је на опасном пресеку најслабији. Повољније је да се површине предвиђене за обраду одстране машинском обрадом, као што је то приказано на слици 5.16б.



Слика 5.16 Ковање угаоника из тањег материјала сабијањем (а) и из дебљег материјала стањивањем помоћу обраде (б)

5.16. Тачне мере и облик калупа

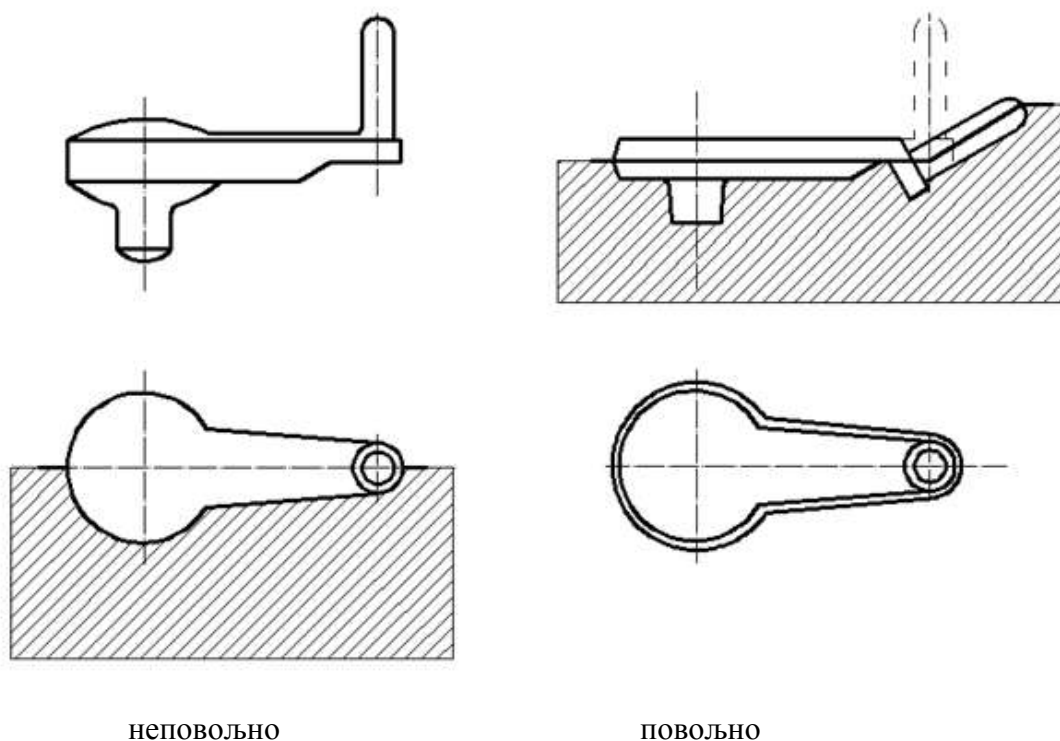
На слици 5.17 приказане су мере и облици калупа. Постоје мере које можемо дефинисати у само једној половини калупа, што је и приказано на слици 5.17 (А). Такође постоје и димензије чије дефинисање обухвата обе половине калупа слика 5.17 (В).



Слика 5.17 А- мере и облик одређени само једном половином калупа, В- мере одређене обема половинама алата

5.17. Савијање након ковања

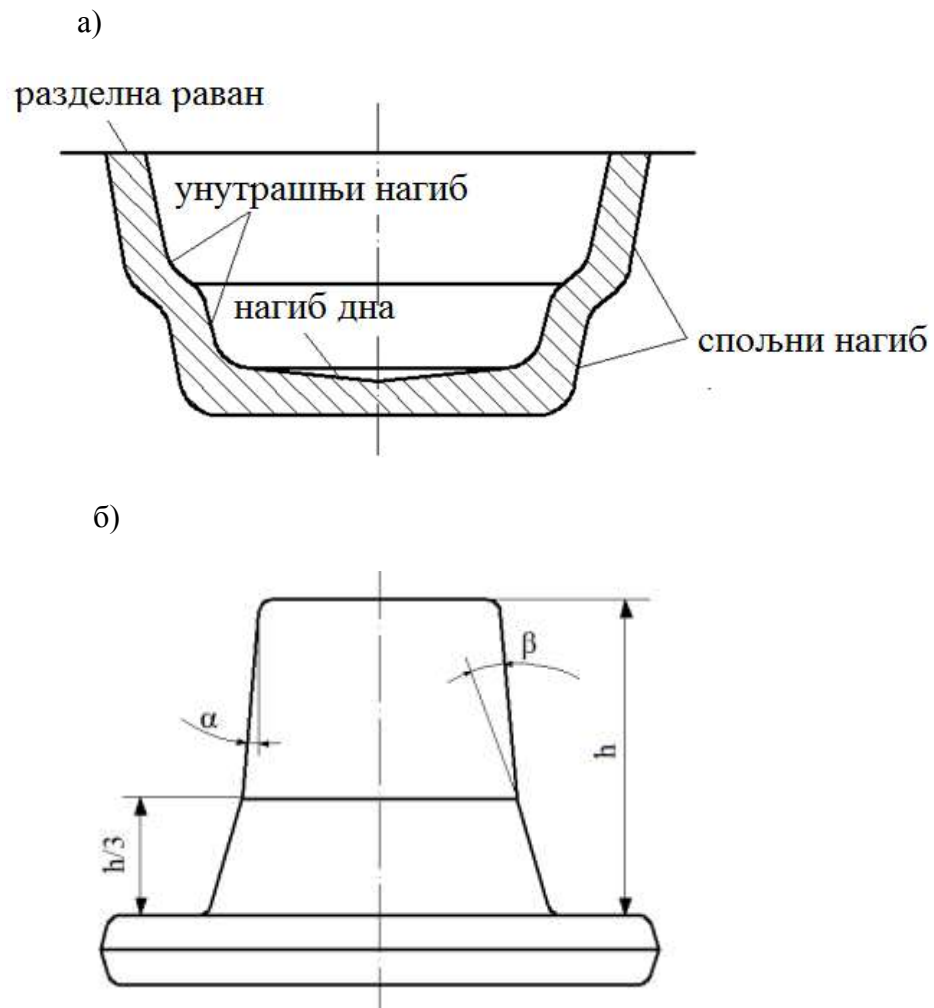
Делове сложеног облика које није могуће обликовати ковањем изједна, могуће је обликовати накнадним савијањем након ковања. На слици 5.18 приказана је дршка ручице коју није повољно израдити ковањем изједна. У том случају могуће је део израдити ковањем где је дршка ручице постављена под косином као на слици 5.18б, а након ковања дршка се накнадним савијањем поставља у жељени положај.



Слика 5.18 Накнадно савијање након ковања у калупу

5.18. Нагиби калупа олакшавају течење материјала

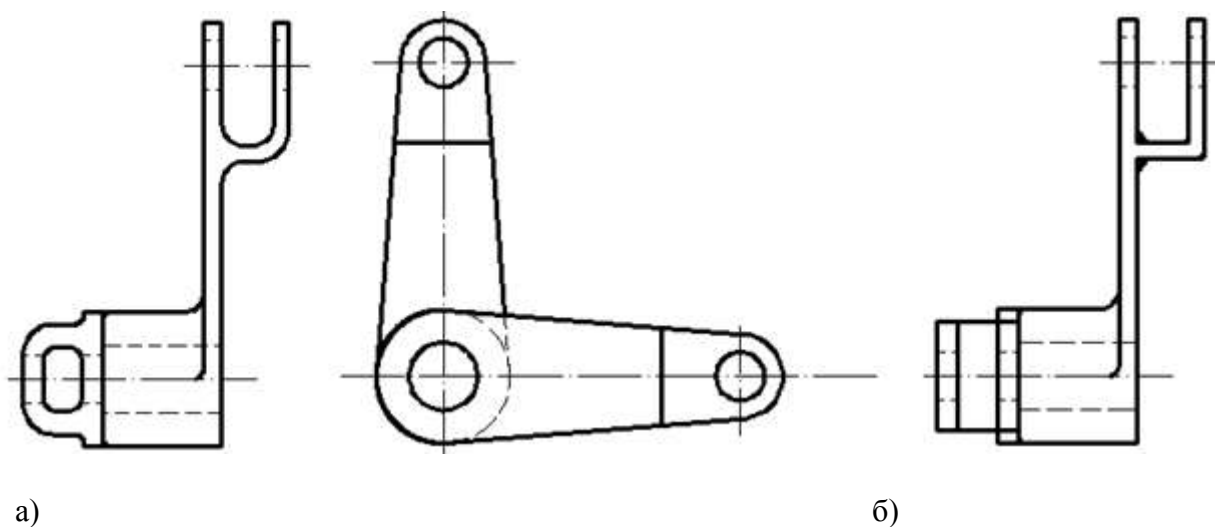
Приликом ковања у калупима потребно је предвидети нагибе калупа. На слици 5.19 приказан је изглед доњег калупа са нагибима. Ови нагиби имају улогу да обезбеде олакшано течење материјала од средине према крајевима калупа. Нагиб површина у односу на раван која је управна на раван раздвајања мора бити такав да при ковању не дође до заглављивања отковка у калупу. Угао нагиба мора да буде већи од угла трења како отпор трења не би ометао слободно вађење отковка из калупа. Захваљујући одговарајућим угловима, отковак се не заглављује већ при хлађењу сам испада из калупа када се полутке раздвоје. Величина углова се одређује табеларно у зависности од односа димензија. Угао нагиба је већи код калупа веће дубине мерено у односу на раван раздвајања. Код врло дубоких калупа нагиб може бити и двоструки.



Слика 5.19 Нагиби калуна

5.19. Комбиновање ковања и заваривања при изради сложених делова

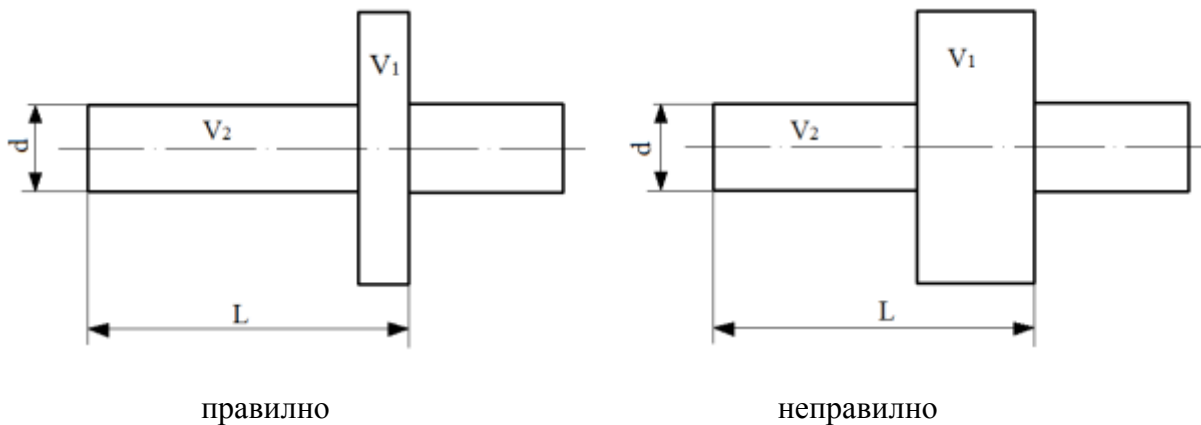
Комбиновањем ковања у калупу и заваривања може се у великој мери олакшати и поједноставити израда. На слици 5.20а приказан је део са две ручице и виљушкама на крају, којег је ковањем врло компликовано израдити. На слици 5.20б приказана је једна од могућих варијанти поједностављења заваривањем.



Слика 5.20 Комбиновање ковања у калупу и заваривања

5.20. Обликовање вратила и осовина који на крају или на средини имају обод

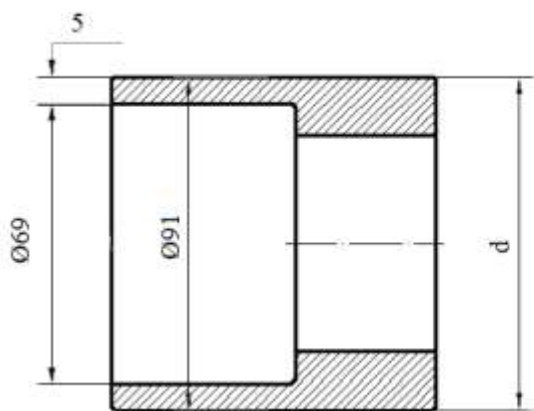
Приликом обликовања вратила и осовина са ободом на крају или на средини треба водити рачуна да запремина обода (V_1) не превазиђе запремину осовине (V_2) датог пречника и дужине $l = (10 \div 12)d$ (слика 5.21).



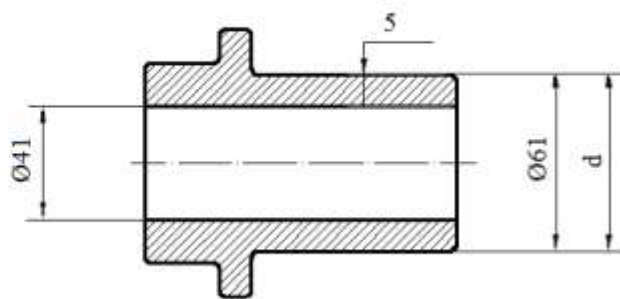
Слика 5.21 Обликовање вратила са ободом

5.21. Дебљина зидова

Пожељно је конструисати такве облике производа са отворима код којих је дебљина зидова већа од 15% спољашњег пречника дела (слика 5.22).



неправилно

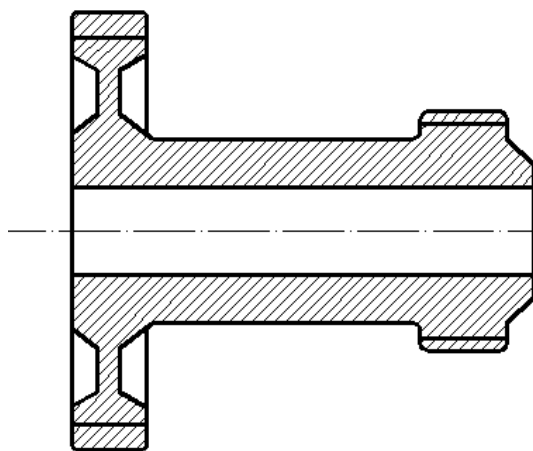


правилно

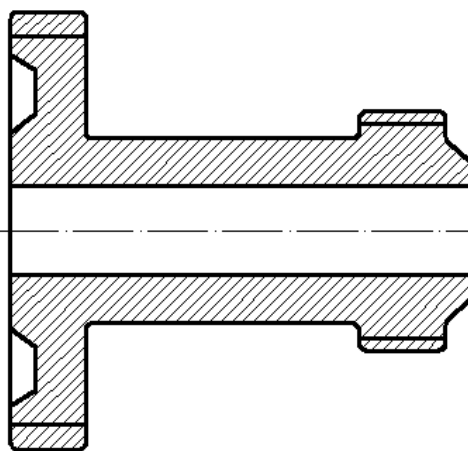
Слика 5.22 Обликовање отковка с обзиром на дебљину зидова

5.22. Удубљења на крају обода

Удубљења на крају обода која се налазе са стране захватног дела калупа потребно је обавезно избегавати приликом обликовања отковка (слика 5.23).



неправилно

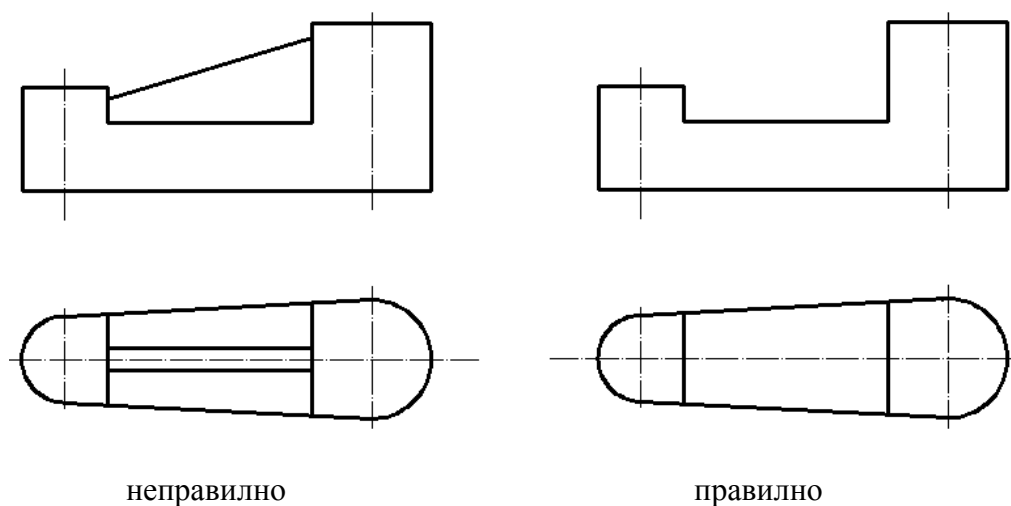


правилно

Слика 5.23 Обликовање отковка с обзиром на удубљења

5.23. Избегавати ребрасте пресеке

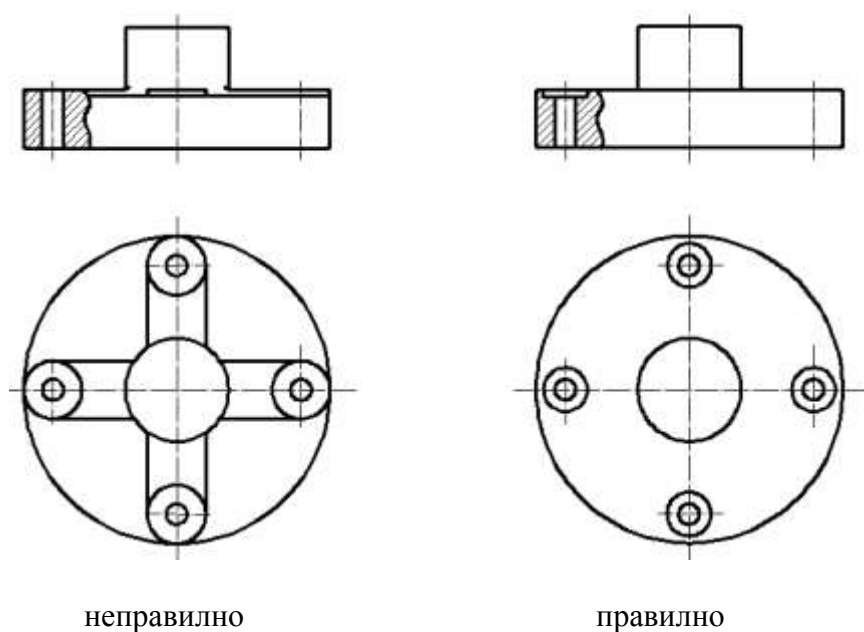
Приликом конструисања делова који се добијају ковањем потребно је избегавати ребрасте пресеке због тога што се ребра најчешће не могу изградити ковањем и што се морају предвиђати испусти (слика 5.24). Такована ребра укрућења у отковцима су недозвољена.



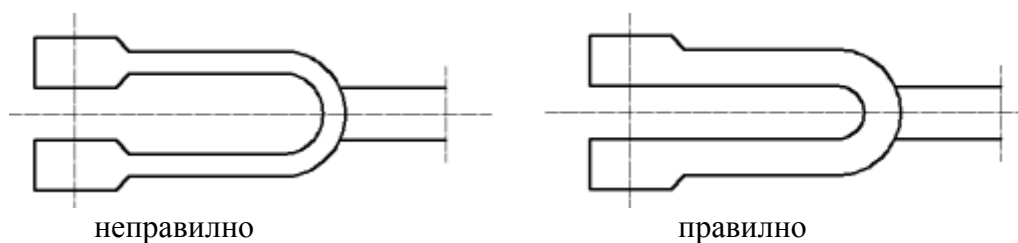
Слика 5.24 *Обликовање отковака са ребрима*

5.24. Избегавати испусте, подметаче, задебљања и слична решења на главном телу отковка

На главном телу отковка као и између кракова делова виљушког облика потребно је избегавати испусте, подметаче, задебљања и слична решења (слике 5.25 и 5.26).



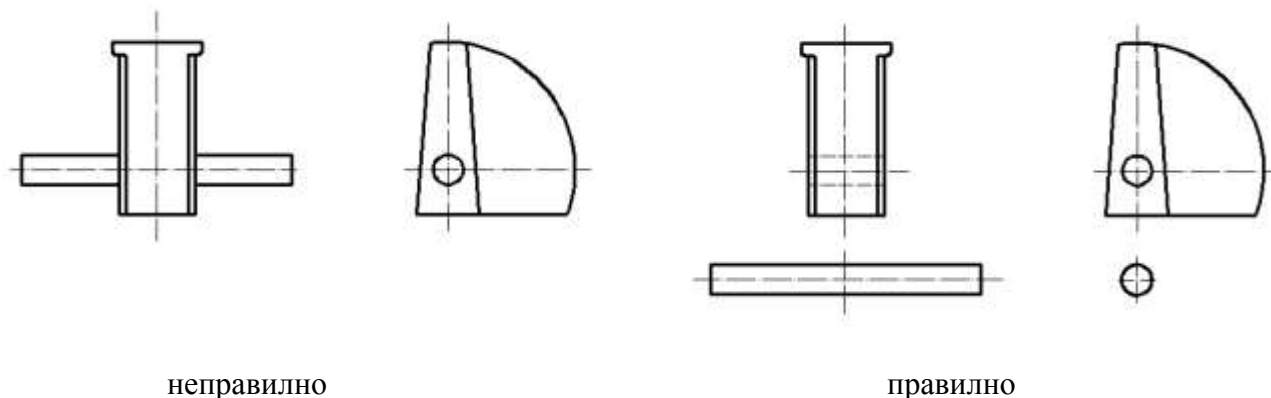
Слика 5.25 *Обликовање отковака са испустима*



Слика 5.26 *Обликовање отковака виљушкастог облика са задебљањима*

5.25. Машински делови са оштром разликом у димензијама попречних пресека

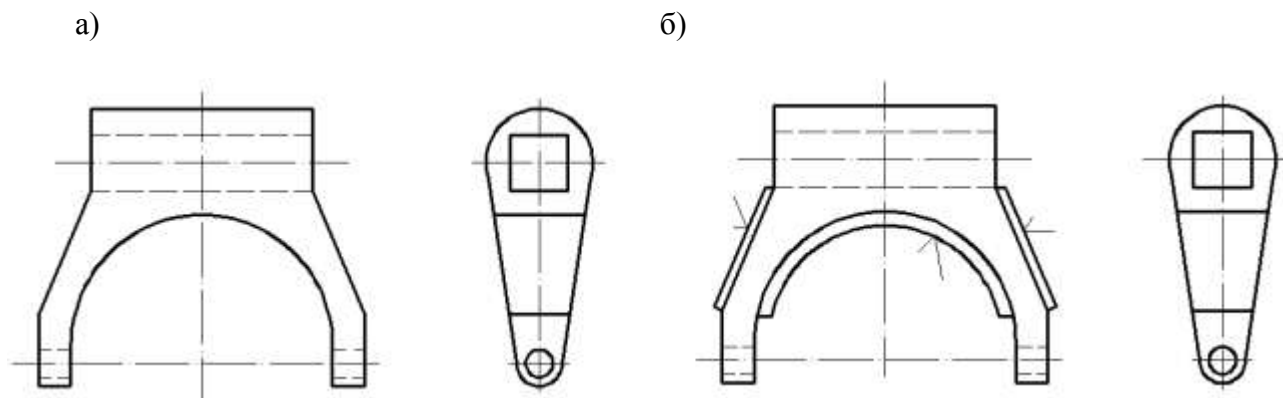
Машинске производе са оштрим прелазима попречних пресека (слика 5.27), или производе чији се сложени облик не може избећи, потребно је замењивати комбинацијом неколико спојених кованих производа простијих облика, уколико је то могуће.



Слика 5.27 *Обликовање отковака са великом разликом попречних пресека*

5.26. Површине делова које нису у додиру са другим деловима треба оставити необрађеним

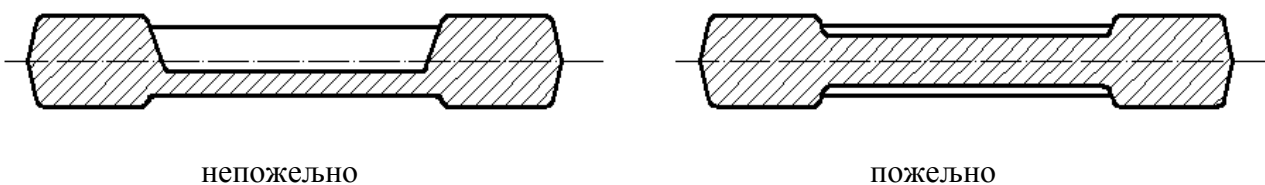
Обрада површина виљушке приказане на слици 5.28а није неопходна, јер површине нису радне. Виљушка може да буде конструисана у облику као на слици 5.28б са задавањем нагиба за ковање и димензионисањем обраде само код отвора и чеоних површина.



Слика 5.28 Виљушка израђена ковањем

5.27. Тежити формирању симетричних облика производа у односу на раван раздвајања

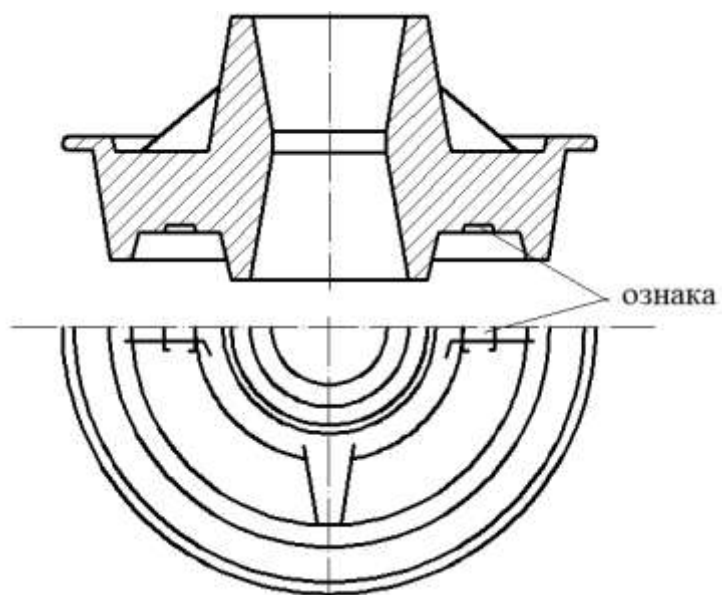
Приликом ковања у калупима треба настојати формирању симетричног облика производа у односу на раван растављања и симетричних нагиба бочних зидова. Тиме се поједностављује израда калупа, олакшава процес ковања, смањује проценат отпатка због кривљења. Облик приказан на слици 5.29 – десно је пожељан, јер су шупљине горњег и доњег калупа једнаке, па у процесу ковања производ може да се преврће због бољег обликовања фигуре. Облик приказан на слици 5.29 – лево је непожељан.



Слика 5.29 Несиметричан и симетричан облик отковка

5.28. Предвидети ознаке у виду испуста или удубљења који обезбеђују правилан положај отковка у калупу

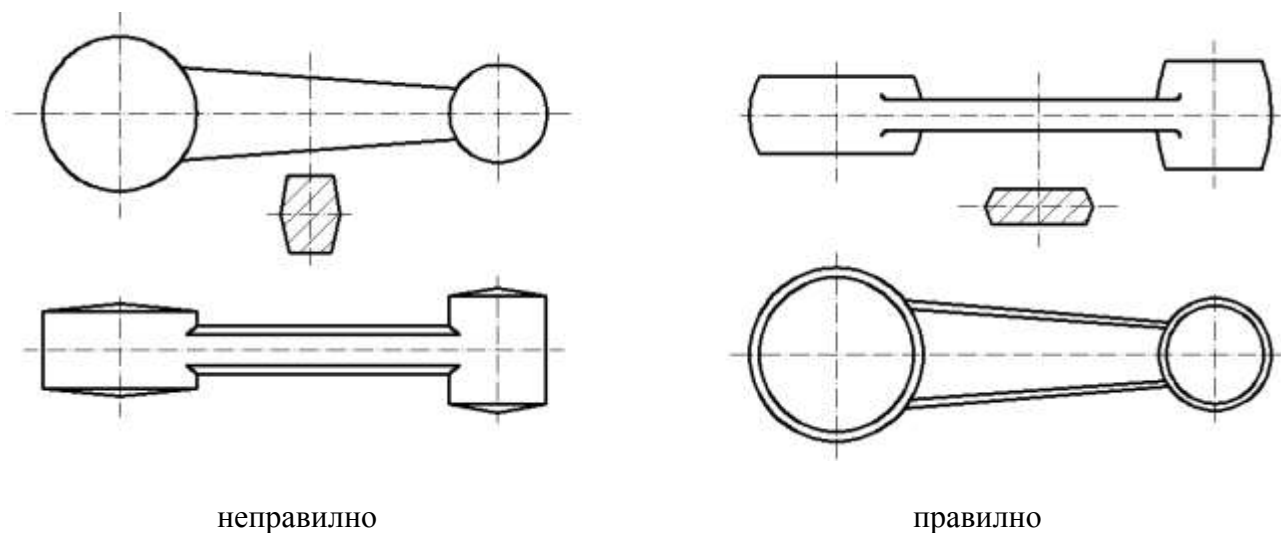
При једностраном распореду ребара у односу на раван растављања (као и избочина и других елемената отковка, који се тешко испуњавају, а који се кују у горњем делу калупа), неопходно је предвидети ознаке у виду испуста или удубљења (слика 5.30), који обезбеђују правилан положај отковка у доњем делу калупа при поновљеним ударима чекића.



Слика 5.30 Ознака на отковку која обезбеђује његов правилан положај у калупу

5.29. Положај отковка у калупу

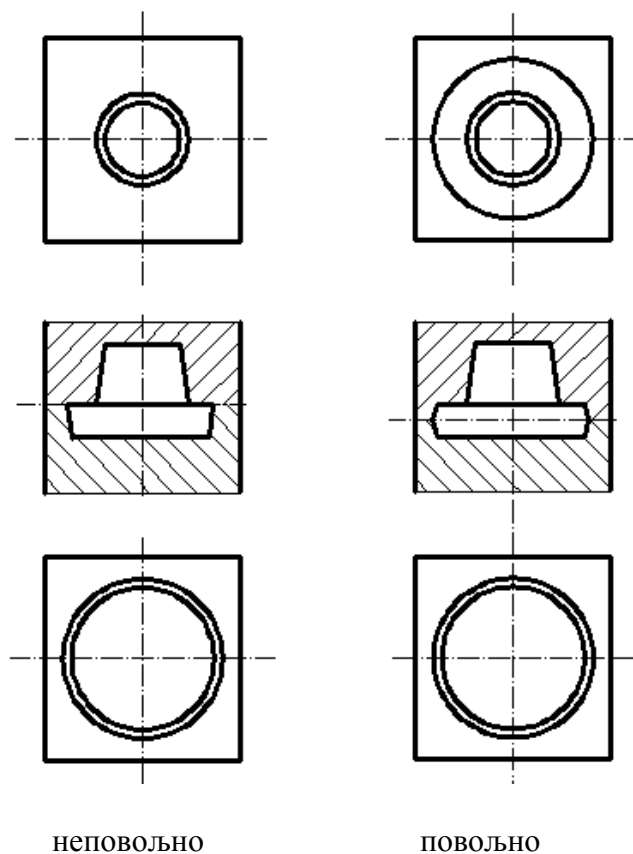
Раставњање остварити тако да дубина удубљења калупа буде најмања, а ширина највећа (олакшава се испуњавање облика, смањују се испусти на нагибима, упрошћава се израда) (слика 5.31).



Слика 5.31 Правилан и неправилан положај отковка у калупу

5.30. Растављање калупа

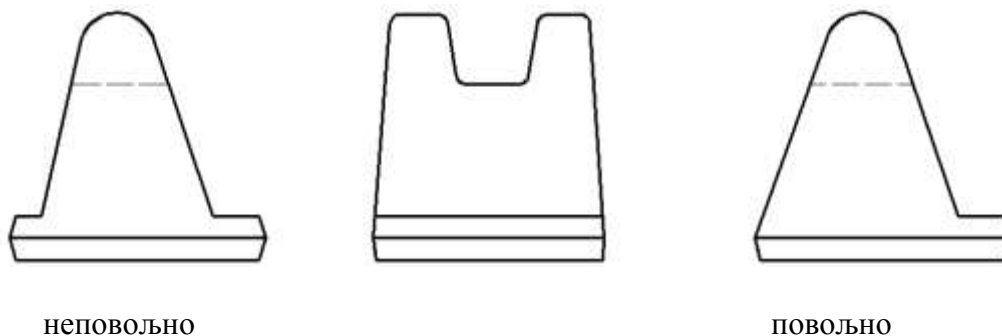
Растављање калупа предвидети тако да контуре шупљина по равни растављања у горњем и доњем калупу буду једнаке (олакшано откривање померања калупа у страну). Ако се ово правило не испуни (на пример, у циљу економичности искоришћења метала) у калупу је неопходно предвидети вођице. На слици 5.32 – десно приказано је правилно растављање калупа.



Слика 5.32 Неправилно и праавилно растављање калупа

5.31. Зидови са неједнаким нагибом у равни растављања калупа

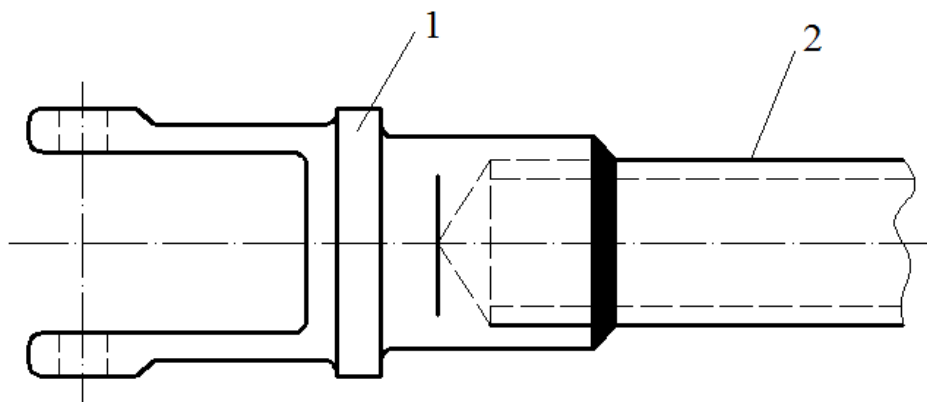
Код производа на слици 5.33 – лево зидови су са неједнаким нагибом у равни растављања, због чега се при ковању јављају силе које теже да смакну једну половину калупа у односу на другу. Производ на слици 5.33 – десно нема тај недостатак.



Слика 5.33 *Неповољан и повољан облик отковка у односу на нагиб бочних зидова*

5.32. Могућност обједињавања суседних делова спојених на било који начин

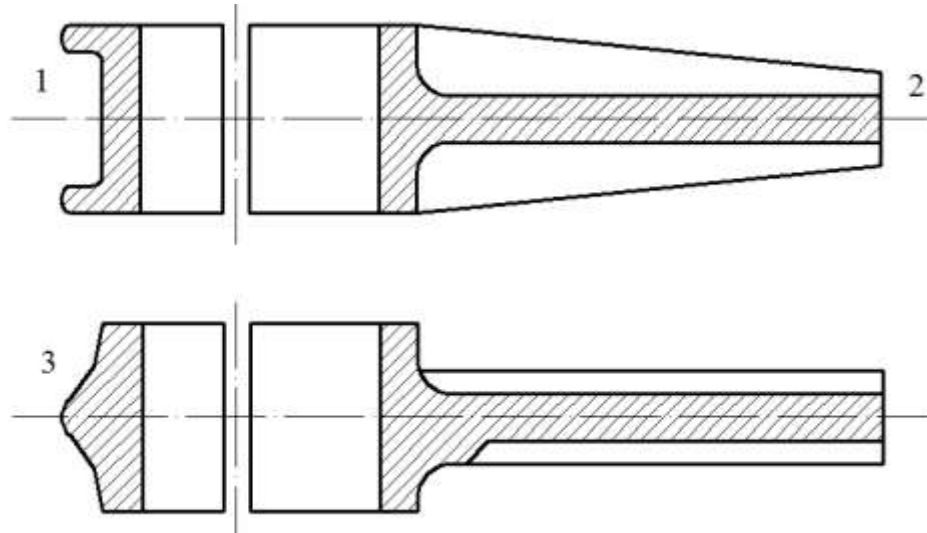
Приликом конструисања отковака потребно је проверавати у сваком посебном случају целисходност израде производа из два или више елемената са каснијим спајањем. Проверити могућност обједињавања суседних делова, спојених на било који начин, у један отковак. При ковању виљушке са дугачким стаблом (слика 5.34) појављује се низ потешкоћа: да се обрезивање изврши чисто, овалност стабла, отпадак износи изнад 90% тежине отковка. Код заварене конструкције (део 1 израђен је ковањем, а део 2 од цеви) наведени недостаци су уклоњени, отпадак је двоструко мањи.



Слика 5.34 *Виљушка израђена заваривањем два дела*

Неповољна конструкција поклопца (1) са два ребра (слика 5.35) не дозвољава његово ковање у истом отковку са преносном полугом (2). Отпадак материјала при ковању преносне полуге износи 65% од њене тежине. Конструкција (3) омогућује да се обједине отковци преносне

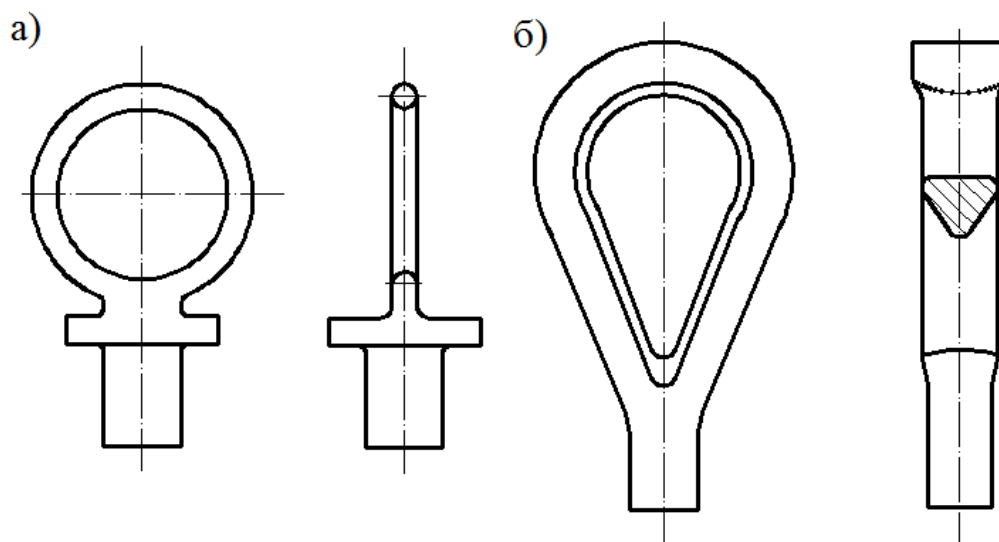
полуге и поклопца. У том случају отпада неопходност посебног калупа за поклопац, смањује се обим посла, отпадак при ковању се смањује за 40% од тежине отковка.



Слика 5.35 Преносна полуга са поклопцем

5.33. Прстенасти облици ковани у калупу

Ковањем у калупима могу се произвести и различити прстенасти облици приказани на слици 5.36. Међутим, превише закривљене облике треба избегавати из простог разлога што је цена коштања алата за ковање таквих облика висока, осим ако се ради о серијској и масовној производњи. У том случају коришћење таквих алата је исплативо.



Слика 5.36 Прстенасти облици ковања у калупу

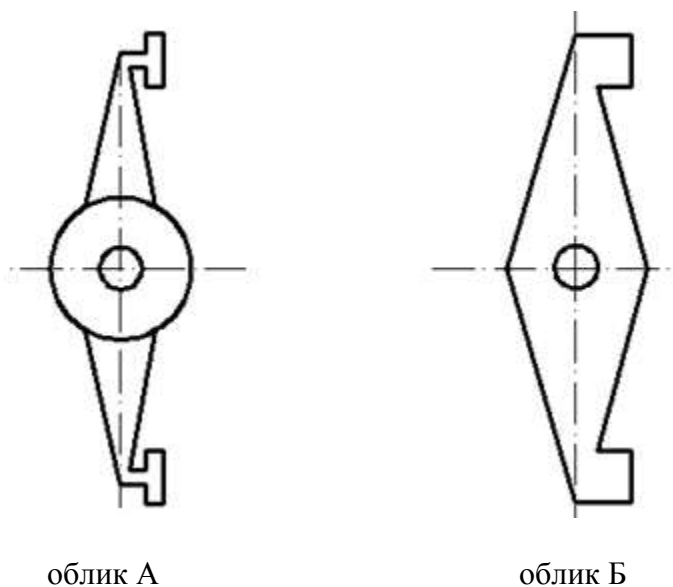
6. Правила обликовања лимених делова

Методe обраде лима су многобројне и налазе широку примену у скоро свим гранама индустрије. Поступке израде делова од лима одликује велика производност, висок степен искоришћења матријала, једноставно опслуживање машина са могућношћу механизације и аутоматизације рада. При конструктивном обликовању лимених делова потребно је знати основна правила обликовања лимених делова:

- облик мора бити што једноставнији,
- потребно је избегавати накнадну обраду, према томе обликовати треба тако, по могућности, да лимени део након обраде буде готов,
- уске толеранције треба прописивати само на она места где је то преко потребно,
- код већих лимених делова потребно је водити рачуна о нормалним димензијама лимова,
- лимене делове треба обликовати у зависности од броја делова и технологије обликовања која је примерена том броју,
- обликовати треба тако да се уштеди на материјалу
- при вишеструкој изради ужљебљења потребно је обратити пажњу на међусобни положај жљебова,
- преобликовање лима утиче на његову чврстоћу,
- водити рачуна о положају жљебова и правцу дејства силе,
- приликом савијања лимова потребно је обратити пажњу на минималну дужину крака,
- приликом савијања треба обезбедити део од појаве пукотина
- рупе и отворе треба бушити након савијања,
- избегавање остављања оштрих ивица приликом обликовања лимова,
- код дубоког извлачења најповољније је ако се део изради само једним извлачењем,
- зидови делова који се касније обрађују термичком обрадом не смеју бити превише танки,
- обезбедити приступ фарби код делова који се фарбају.

6.1. Једноставан облик лимених делова

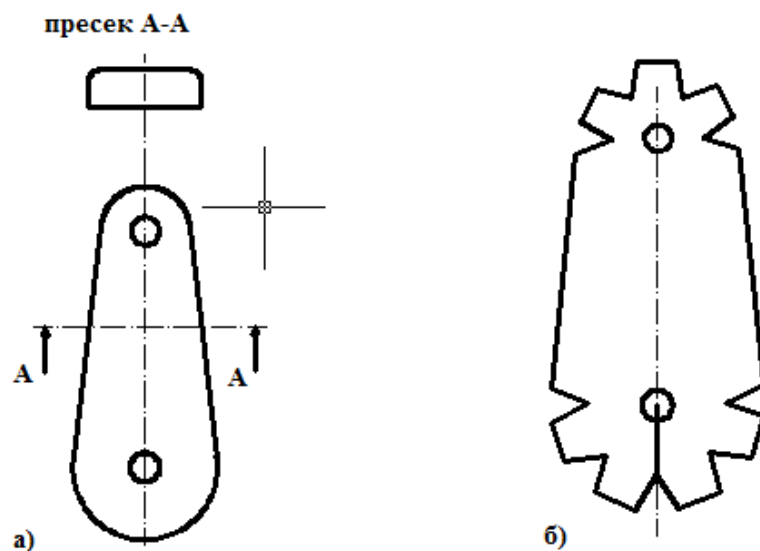
Приликом обликовања делова од лима потребно је водити рачуна о облику готовог дела. Непотребно компликоване облике треба избегавати, јер се тиме појефтиније цео процес израде дела. На слици 6.1. приказана су два могућа облика једног дела од лима. Облик А је веома компликован за израду, што са собом повлачи и повећане трошкове израде. Смањење трошкова израде могуће је извести поједностављењем облика дела, а да се тиме не наруши његова функционалност, као што је то приказано обликом Б.



Слика 6.1 Поједностављење облика делова од лима

6.2. Обликовање лима у зависности од броја делова и технологије обликовања

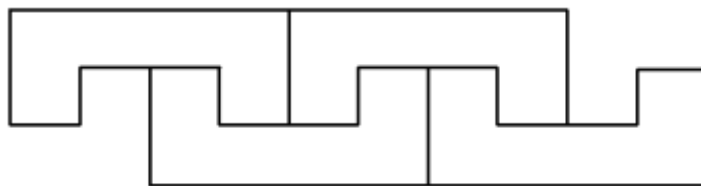
Лимене делове треба обликовати у зависности од броја делова које треба произвести и у зависности од технологије обраде лима која је примерена том броју. На слици 6.2а приказан је пример неисклативог начина обликовања заштитног поклопца на ременском преноснику применом технологије дубоког извлачења. Ако се ради о годишњој потреби од само 30 комада. Било би исплативије, обзиром на мали број комада, аутогено резање, савијање и заваривање, као што је приказано на слици 6.2б. То би било економски и технолошки исправније решење и тако треба обликовати заштитини поклопац ременског преносника.



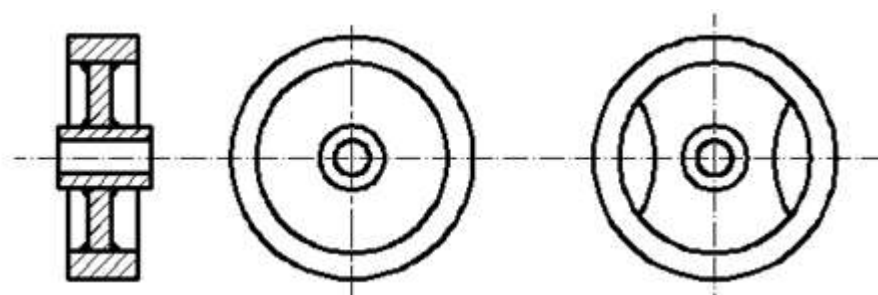
Слика 6.2 Начин обликовања заштитног поклопца ременског преносника у зависности од броја израдака

6.3. Обликовати треба тако да се уштеди на материјалу

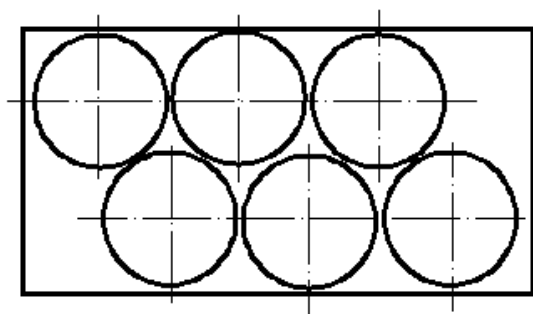
На слици 6.3 приказан је пример доброг искоришћења материјала. Делови су сложени и тако обликовани да обезбеђују потпуно искоришћење материјала. Тежи је случај могућности искоришћења материјала ако лимени делови имају закривљен облик. На слици 6.4 приказан је пример завареног зупчаника са различитим могућностима обликовања и искоришћења материјала. У првом случају губитак материјала износи 33% , а у другом само 17% .



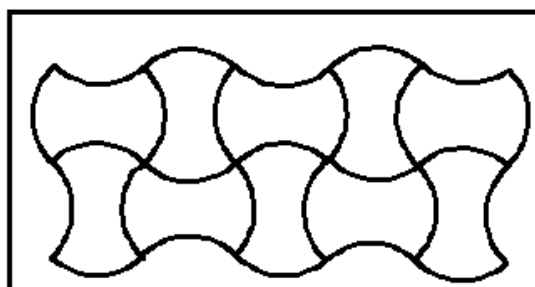
Слика 6.3 Могућност доброг искоришћења материјала



губитак 33%

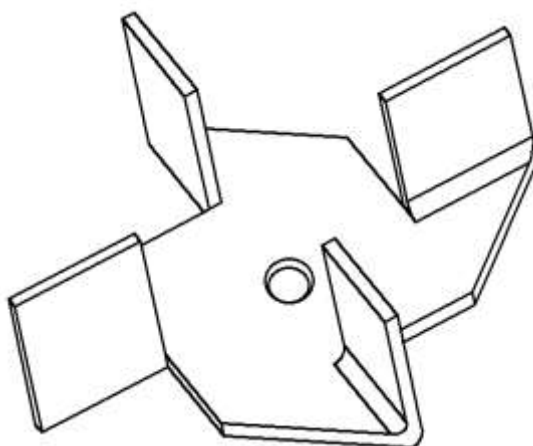


губитак 17%



Слика 6.4 Различите могућности искоришћења лима при различитом обликовању

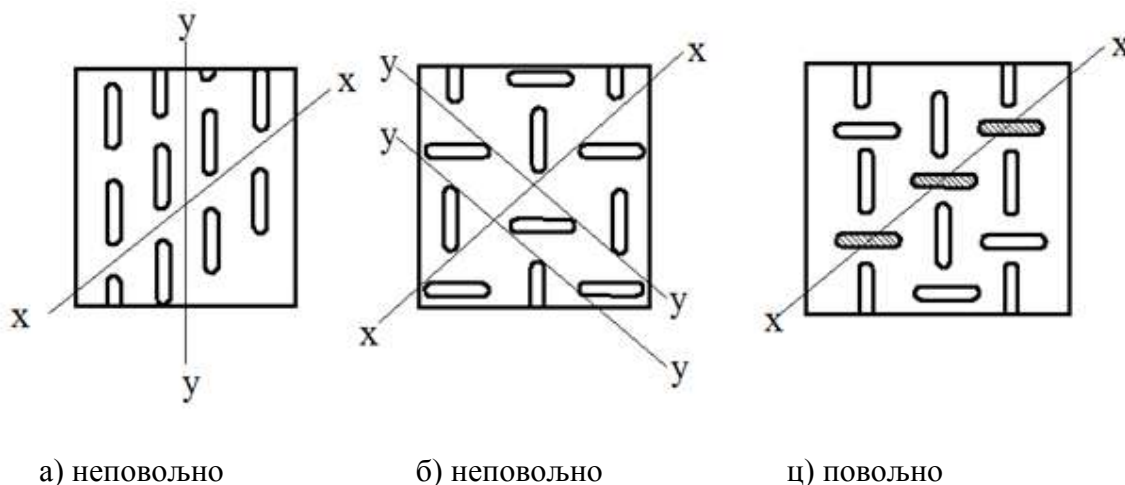
На слици 6.5 приказана је могућност доброг искоришћења материјала при обликовању лименог ротора вентилатора. Исправно ваља обликовати и у односу на оптерећење. На тај начин може се уштедети на материјалу.



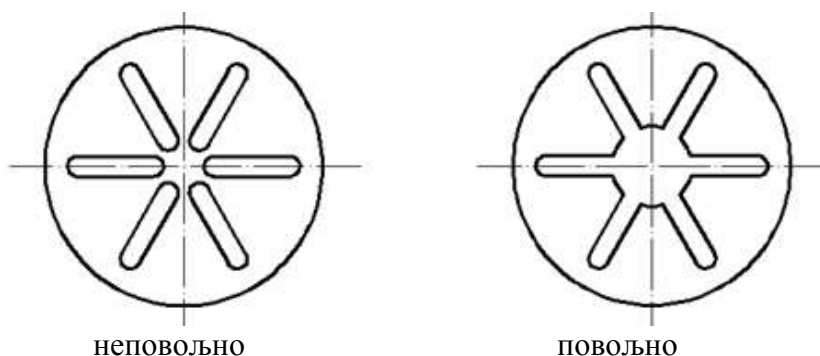
Слика 6.5 Пример доброг искоришћења материјала

6.4. Израда вишеструких ужљебљења

При вишеструкој изради ужљебљења потребно је обратити пажњу на међусобни положај жљебова. Не сме се допустити да се између жљебова могу повући правци који пролазе покрај жљебова (слика 6.6). Да су жљебови на слици 6.6 б) били међусобно ближи, правци не би могли бити повучени.



Слика 6.6 Неповољан и повољан размештај жљебова



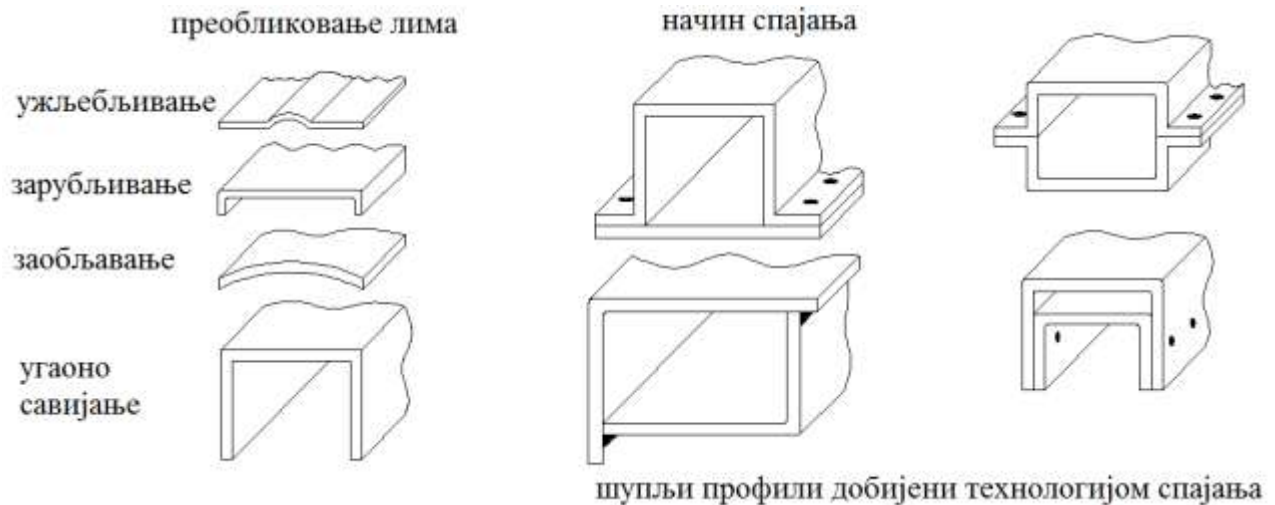
Слика 6.7 Неповољан и повољан размештај жљебова

6.5. Преобликовање лимова

Обликовати би требало тако да уз минималан утрошак материјала обликовани део може преузети силе и моменте којима је изложен. То другим речима значи да је потребно остварити најповољнији момент отпора. Да би се овај захтев могао испунити постоје две могућности:

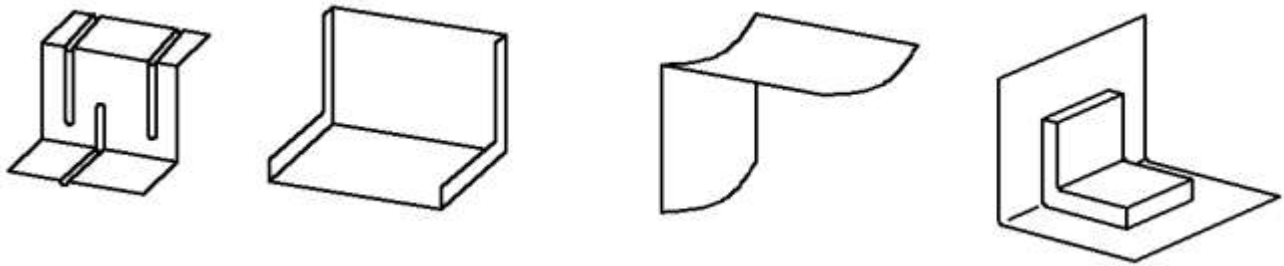
- искоришћење могућности које пружа преобликовање лима
- искоришћење могућности које пружа начин спајања лимова

На слици 6.8 приказане су неке од могућности које се постижу преобликовањем лима и начином спајања лимова.



Слика 6.8 Преобликовање лима

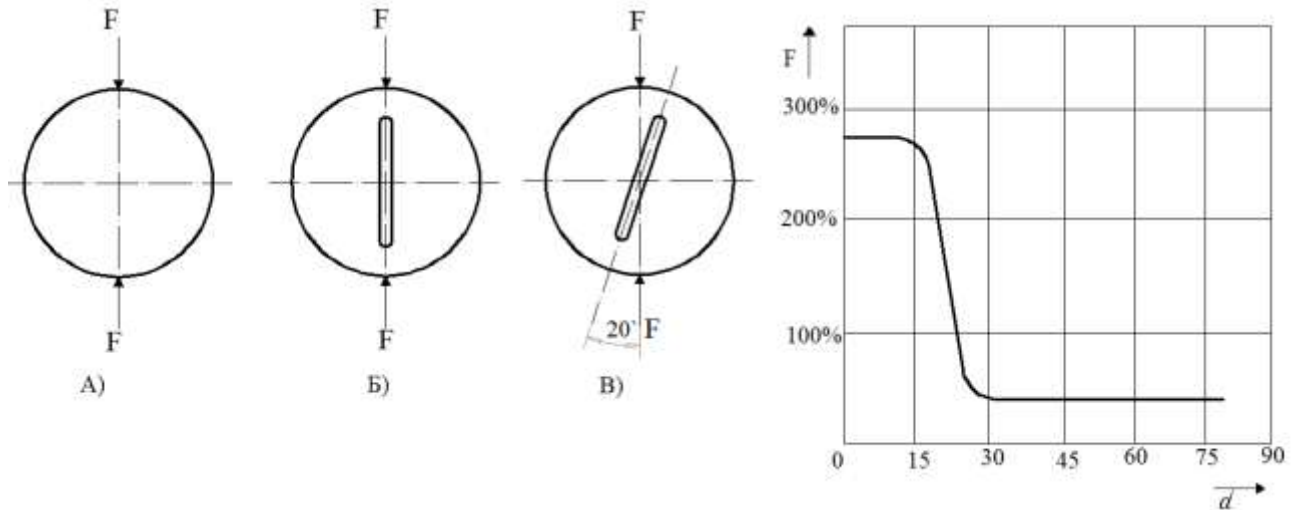
Код мањих делова могу се применити методе преобликовања као што је то приказано на слици 6.9, где су укрућења угаоних лимова остварена ужљебљењем, зарубљивањем, избочењем и испупчењем. Овакво обликовање лимова у великој мери побољшава његову чврстоћу. У масовној производњи ове се методе увелико примењују. Већина ових метода, осим избочавања, не захтевају скупе алате па се могу применити и у појединачној и малосеријској производњи како би се снизила непотребна дебљина материјала.



Слика 6.9 Методе преобликовања лима примењене на мањем лименом угаонику

6.6. Утицај положаја жлебова на правац дејства силе

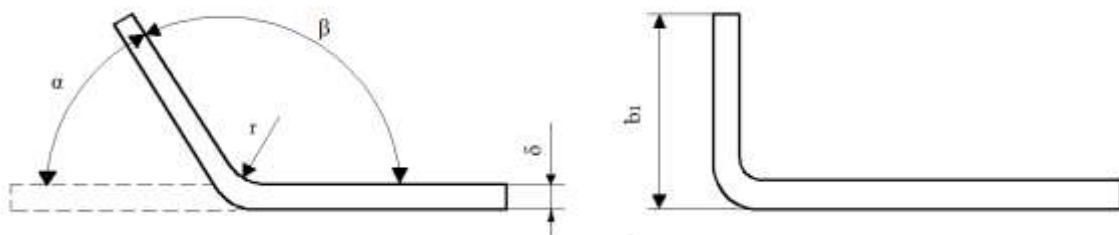
На слици 6.10 приказана је релативна сила извијања за округлу плочу у зависности од положаја жлеба према смеру силе. Узето је да сила извијања за неожлебљену плочу А износи 100%. Сила извијања за ожлебљену плочу са жлебом у правцу силе (Б) повећава се за 280%. Ако жлеб лежи под одређеним углом у односу на силу извијања (В) онда сила извијања опада. Сила извијања при углу жлеба од 20° опада на приближно 40%.



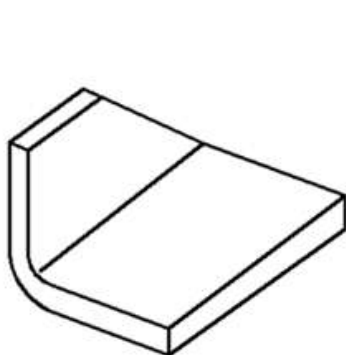
Слика 6.10 Утицај положаја жлеба на извијање округле плоче

6.7. Приликом савијања лима треба обратити пажњу на дужину крака

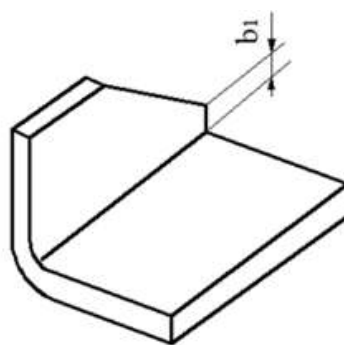
На слици 6.9 шематски је приказано савијање лима са искотираним величинама. Дужина крака b_1 не сме прећи одређене вредности и одређује се табеларно у зависности од дебљине лима и од полупречника савијања. На минималне дужине крака b_1 потребно је обратити пажњу и у случају приказаним на слици 6.11. Минимална дужина крака при закошењу мора бити задржана, како не би дошло до ослабљена дела. Сличан случај је приказан на слици 6.12 где је приказана минимална дужина крака који има прорез по средини. С обзиром на еластичну повратност при савијању треба рачунати на велика одступања у углу савијања. Делове који се савијају потребно је из економских разлога савити тако да се касније не морају дорађивати. Потребно је знати да су код делова које се савијају толеранције отворених мера једва одрживе, посебно ако је реч о деловима које треба више пута савити.



Слика 6.11 Угао савијања

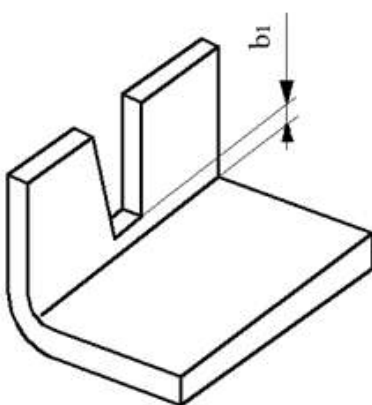


неправилно

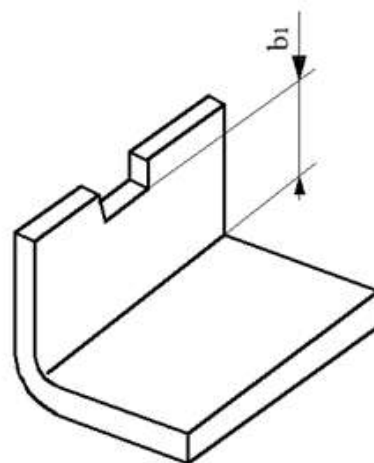


правилно

Слика 6.12 Минимална дужина крака при савијању



неправилно

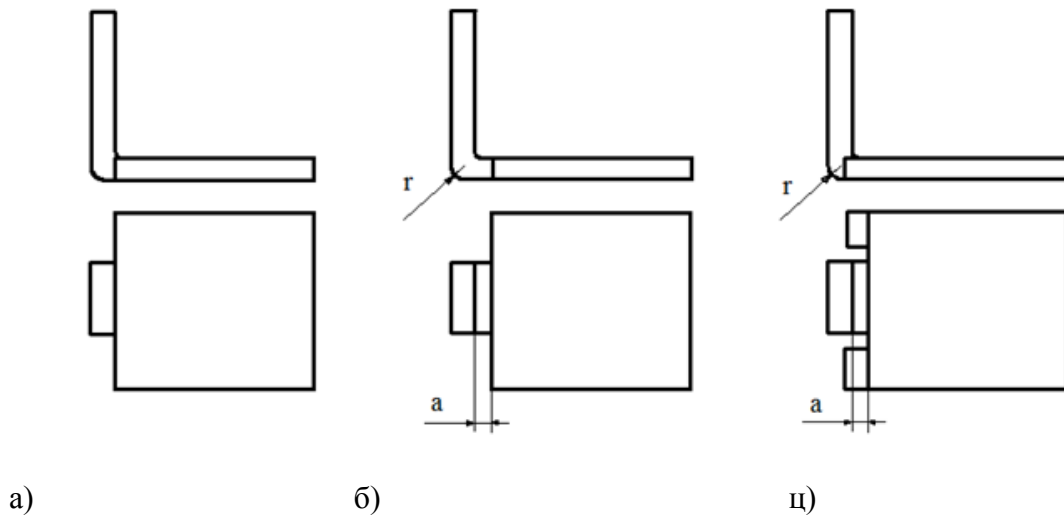


правилно

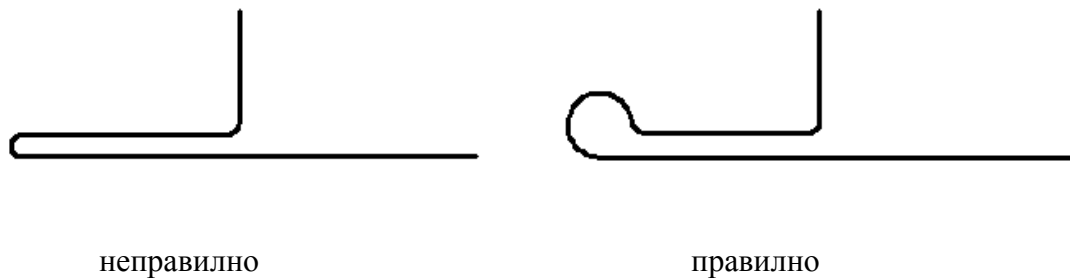
Слика 6.13 Минимална дужина прореза при савијању

6.8. Избегавање стварања пукотина приликом обликовања лима

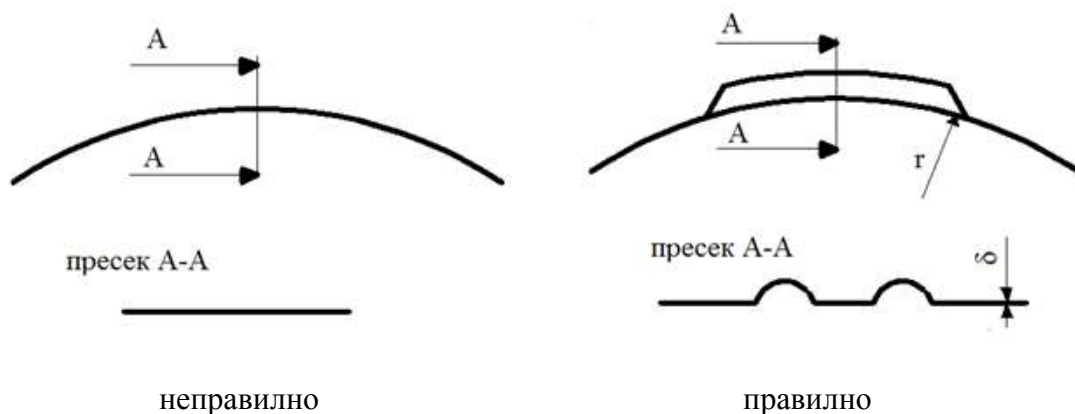
На слици 6.14 приказано је како треба, да би се избегле пукотине, извести савијање на месту где је могућа појава пукотина ($a = r$). Приликом савијања као што је то случај на слици 6.14а врши се савијање уз одрезану ивицу лима и на том месту се јавља појава концентрације напона. Појава пукотина се може спречити начином савијања као што је приказано под б и ц. На слици 6.15 приказано је савијање лима за 180° , при оваквом савијању радијус савијања не сме бити мањи од дозвољеног јер би у том случају дошло до разарања лима у зони савијања. Спољашња влакна лима која се при савијању истежу, превише би се истегла што би довело до разарања лима. Због тога радијус савијања мора бити у одређеним границама у зависности од дебљине лима и угла савијања. На слици 6.16 приказан је савијени део од лима који има велики радијус савијања. Код оваквих делова са великим односом r/δ потребно је поставити ојачање у смеру линије савијања (ужљебљивањем, обрубљивањем, итд)



Слика 6.14 Избегавање стварања пукотина при савијању



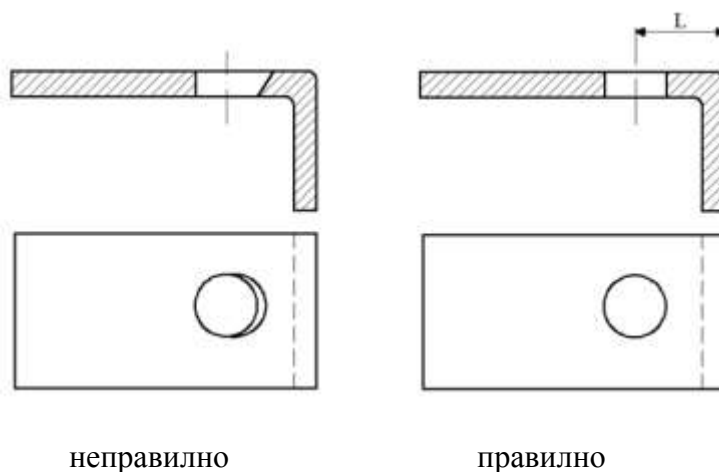
Слика 6.15 Мали и велики радијус при савијању



Слика 6.16 Савијене делове са великим односом r/d треба ојачати

6.9. Отворе треба бушити након савијања

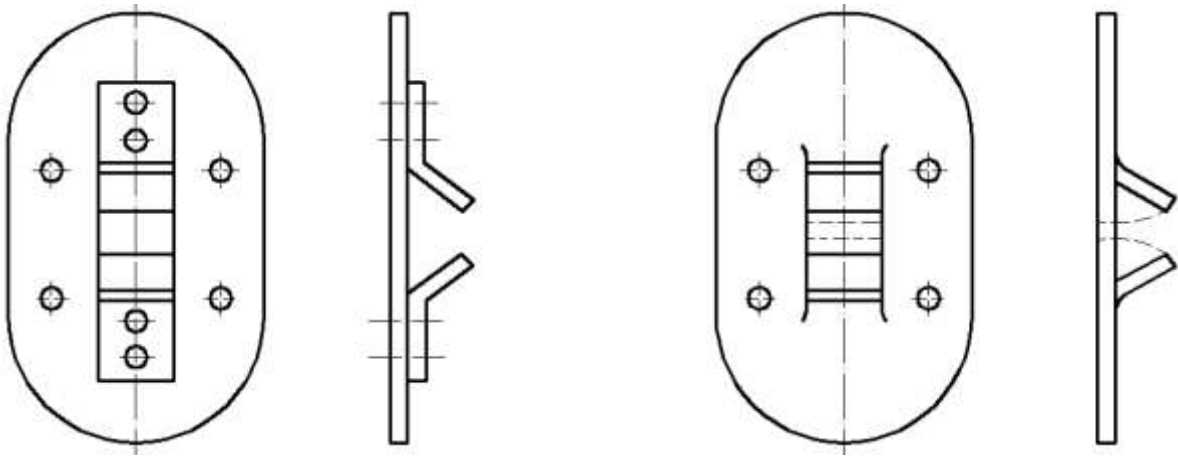
Ако желимо отворе бушити пре савијања онда отвор мора бити довољно удаљена од зоне савијања како не би дошло до његовог деформисања. Ако се отвор налази у близини зоне савијања онда се бушење отвора мора вршити након савијања, како не би дошло до његовог деформисања и померања. Овакве деформације рупе или отвора није могуће накнадно исправити и такав део иде у шкарт. Да би то избегли онда се морамо придржавати ових правила. На слици 6.17 приказан је пример бушења отвора пре и после савијања.



Слика 6.17 Изглед отвора који се буши пре и после савијања

6.10. Рационализација облика дела

Савијањем се обично избегавају операције сечења и заваривања тако да је овакав начин обраде веома заступљен у машинству (слика 6.18). Међутим, делови предвиђени за обраду савијањем морају имати одговарајући облик, погодан за савијање.

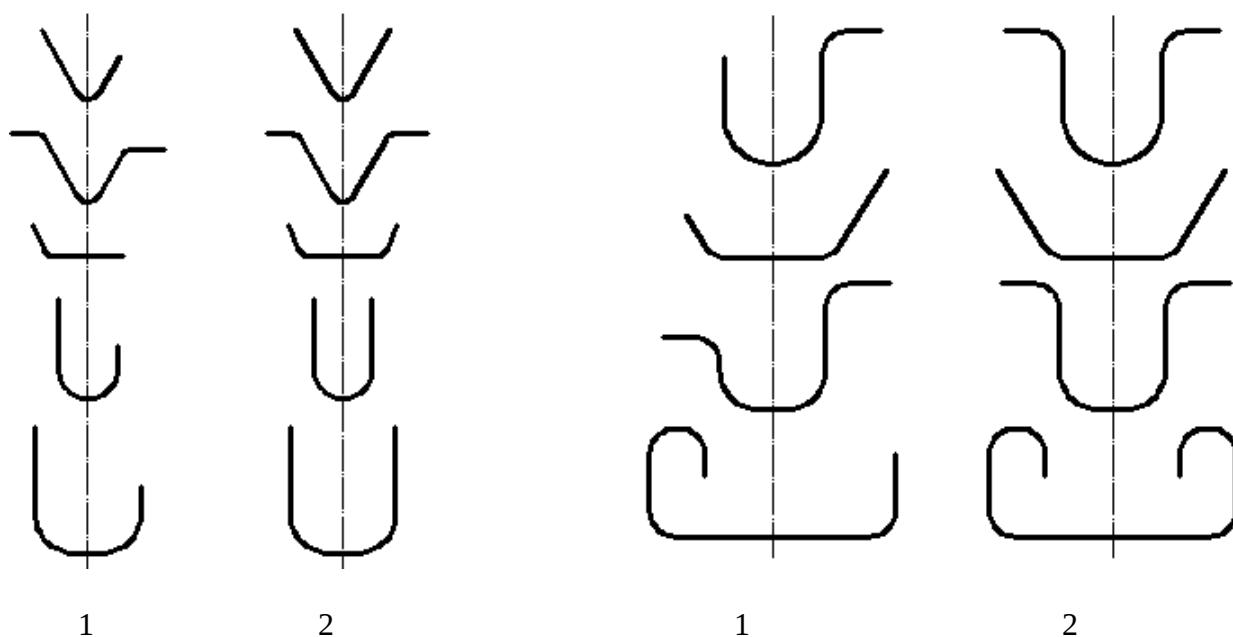


Слика 6.18 Рационализација облика дела у циљу омогућавања његове израде савијањем

6.11. Повољније је да делови израђени савијањем буду симетричног облика

При обради делова савијањем потребно је да делови буду симетричног облика јер несиметрични облици захтевају велике силе придржавања лима, да не би дошло до нарушавања тачности услед "бежања" лима (слика 6.19).

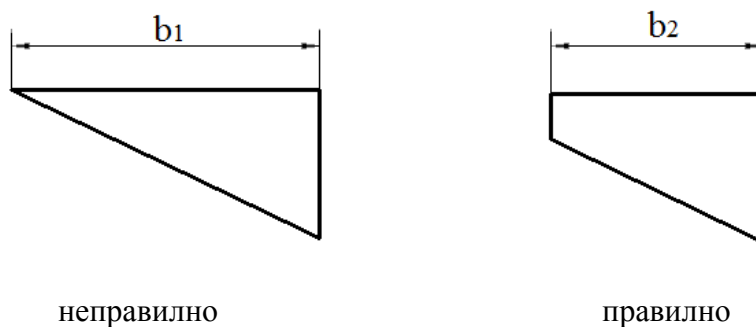
Савијање лима по оштрим ивицама се не дозвољава, јер на тим местима долази до појаве прслина. Најпогодније је да радијус савијања буде $R \geq s$, а за дебеле лимове ($s \geq 5\text{mm}$) $R \geq s$.



Слика 6.19 Карактеристични облици добијени савијањем (1) – лоше решење, (2) – добро решење

6.12. Избегавање оштрих ивица приликом обликовања лимова

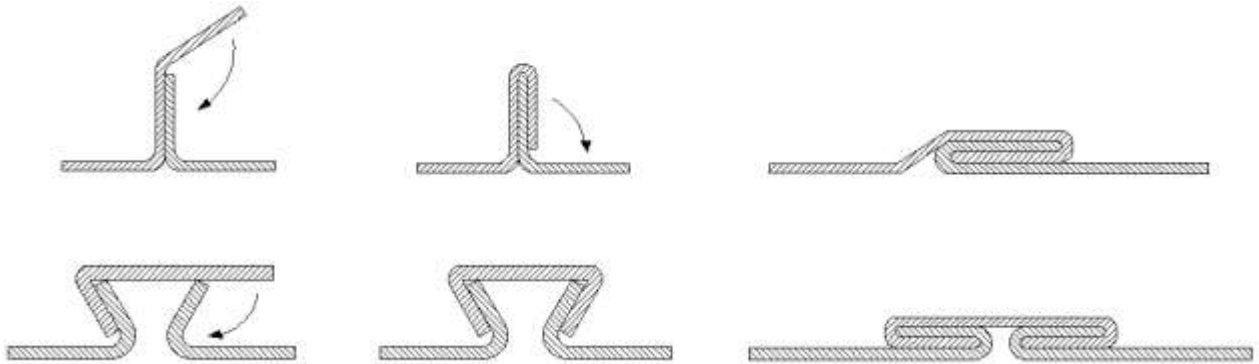
Приликом конструисања и обликовања одређених делова од лима потребно је обратити пажњу на ивице лимених делова. Имајући у виду да је лим релативно танак и ако нису све оштре ивице обрађене, може врло лако доћи до повреде радника или других лица. Израда заштитних делова на оваквим местима је отежана па се као најбоље решење поставља обрада оваквих делова, тако да се неутралишу оштре ивице.



Слика 6.20 Уклањање оштрих ивица са дела

6.13. Спајање делова савијањем

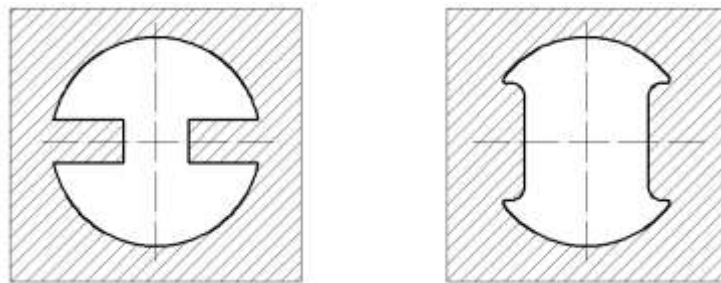
Савијањем се могу обезбедити веома поуздани спојеви као што је приказано на слици 6.21.



Слика 6.21 Спојеви остварени савијањем (пертловањем)

6.14. Код обраде лима извлачењем треба тежити ка што једноставнијим облицима

У принципу увек треба тежити ка што једноставнијим облицима, без наглих прелаза и оштрих ивица. На слици 6.22 приказано је добро и лоше решење алата за извлачење.



неповољно

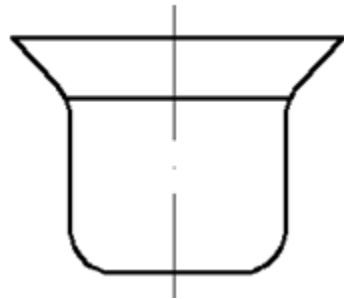
повољно

Слика 6.22 Карактеристични облици геометрије (матрице) алата за извлачење

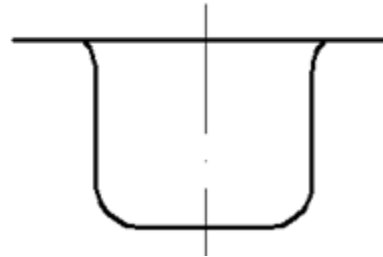
6.15. Најповољније је део добити из једног извлачења

Најповољније је ако се део дубоким извлачењем може произвести једним извлачењем. Ако се део не може произвести једним извлачењем, онда је потребан већи број извлачења. Сваки додатни степен извлачења представља нове трошкове алата и рада. У првом извлачењу треба обликовати површину држача као што је приказано на слици 6.23. Површину држача у

другом извлачењу потребно је обликовати косо под углом $40^\circ - 45^\circ$ (слика 6.24) јер се у том случају смањују отпори извлачења.

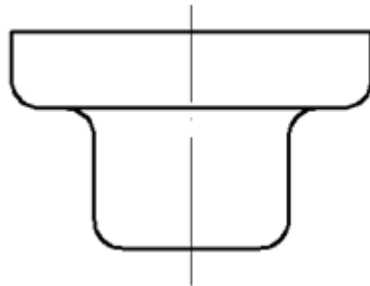


неповољно

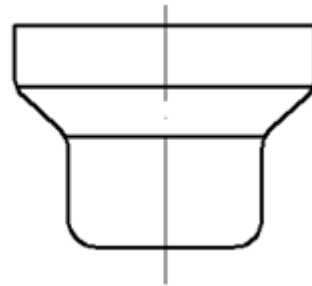


повољно

Слика 6.23 У првом извлачењу треба обликовати површину држача



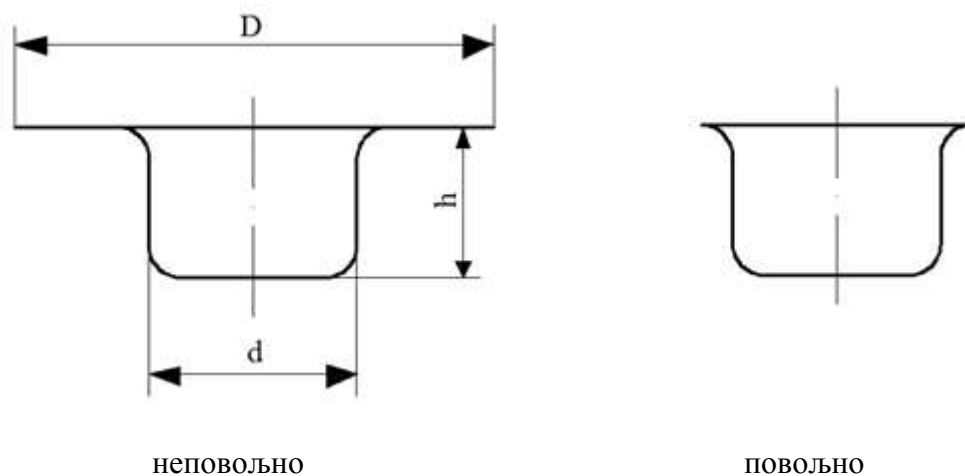
Неповољно



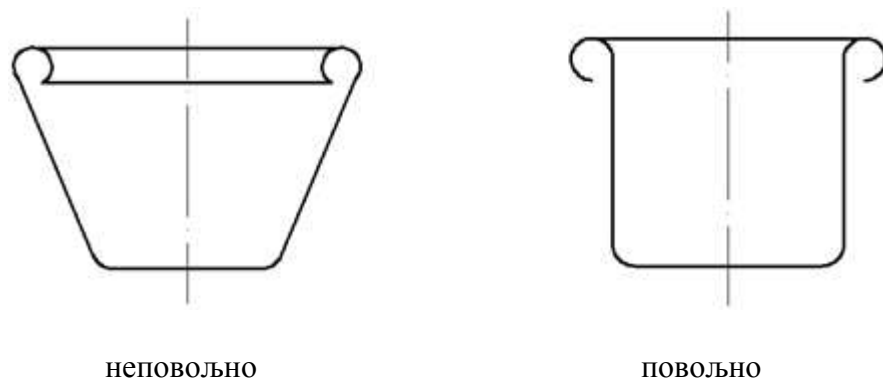
повољно

Слика 6.24 Површину држача у другом извлачењу потребно је обликовати косо

Приликом обраде лима извлачењем предност треба дати уском ободу. Широки обод тражи већи број извлачења. $D > 3d$ при $h > 3d$ треба избегавати (слика 6.25). Такође, приликом извлачења предност треба дати цилиндричном облику у односу на конусни јер је јефтинији за израду. Унутрашње савијање обода треба избегавати и тежити спољашњем савијању обода јер је јефтиније (слика 6.26).



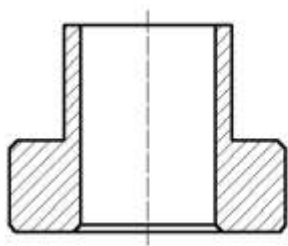
Слика 6.25 Широк и узак обод



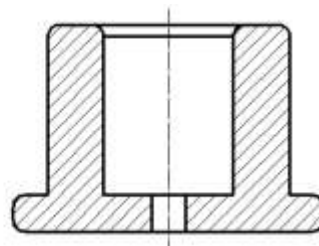
Слика 6.26 Савијање обода приликом извлачења

6.16. Делови предвиђени за термичку обраду

Делови предвиђени за термичку обраду треба да су по могућству уједначених дебљина зидова, без оштрих ивица и танких зидова (слика 6.27), како би се спречило њихово прогоревање. Поред тога, пожељно је да на себи немају рупе, како би се спречило задржавање ваздуха у њима при каљењу, што може да утиче на појаву неравномерне тврдоће. Кад год је то могуће, рупе увек треба превести у отворе, како би се омогућио излазак ваздуха.



неправилно

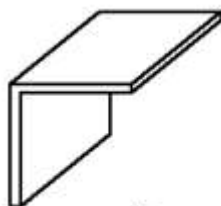


правилно

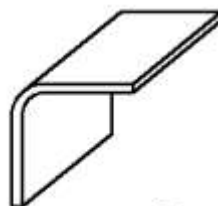
Слика 6.27 Карактеристично решење дела намењеног за термичку обраду

6.17. Облик дела треба да обезбеди могућност приступа фарбе

Без обзира на начин фарбања облик дела треба да обезбеди могућност приступа фарбе. Поред тога, треба избегавати оштре ивице јер се оне теже фарбају и са њих се фарба лако скида хабањем (слика 6.28), као и шавове, јер они лоше утичу на естетски изглед дела.



неповољно



повољно

Слика 6.28 Избегавање оштрих ивица приликом фарбања

Закључак

Обрада метала пластичном деформацијом спада у једну од најраспрострањенијих метода обраде метала. Овом методом обраде метала можемо добити готове делове од најједноставнијих до врло сложених облика. Имајући у виду и чињеницу да је овај вид обликовања доста јефтинији од обраде метала резањем, када се ради о серијској и масовној производњи, постаје јасно зашто се тежи да се, где год је то могуће, обрада резањем замени пластичном деформацијом. У претходном тексту разматрано је како и колико правилно обликовање утиче на тачност и уштеду приликом израде делова пластичним деформисањем. Разматрана су и упоређивана различита правила и изношени примери из праксе, а све у циљу како би избегли неправилности приликом обраде. Ова правила су проверена у пракси и у великој мери утичу на тачност, прецизност и олакшаност израде одређеног дела. Наравно, није увек могуће применити сва правила у пракси, али треба пронаћи најбоље могуће решење да се у датој ситуацији на најбољи могући начин избегне оно што је неправилно и што утиче на тачност израде. Обликовање делова пластичном деформацијом има велике могућности за аутоматизацију процеса обраде, па је и у том погледу неопходно применити ова правила пластичног обликовања.

Литература

- [1] Бранислав Деведић: Пластичност и обрада метала деформисањем
- [2] Србислав Александровић, Милентије Стефановић: Технологије пластичног обликовања метала. Крагујевац, 2010.
- [3] Светислав Јовичић, Ненад Марјановић: Основи конструисања, Крагујевац, 2011.
- [4] Бинко Мусафија: Обрада метала пластичном деформацијом
- [5] W.P.Romanowski: Handbuch der Stanzereitechnik
- [6] G.Pahl, W. Beitz, J.Felthusen, K.H.Grote: Engineering Design A Sistematic Approach, Springer (2007)
- [7] Grote, Antonsson: Springer Handbook of Mechanical Engineering
- [8] Обершмит Еуген: Основе конструисања, технолошки исправно конструисање, обликовање стројних делова. Загреб, 1983.
- [9] Светислав Марковић: Развој облика машинских производа. Чачак, 2012.
- [10] Синиша Кузмановић: Конструисање, обликовање и дизајн, II део. Нови Сад, 2005.