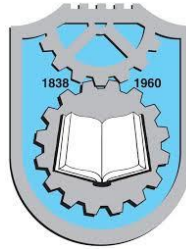


Факултет инжењерских наука

Универзитета у Крагујевцу



Назив студијског програма: Машинско инжењерство

Ниво студија: Основне академске студије

Модул: Производно машинство

Предмет: Машине и алати у обради метала деформисањем

Број индекса: 10/2017

Милица Д. Мирчетић

Технологија обраде лима у корачним алатима

Завршни рад

Комисија за преглед и одбрану:

1. Проф. др. Весна Мандић - ментор

2. _____

Датум одбране: _____

3. _____

Оцена: _____

Крагујевац, 2020.

Задатак:

Рад треба да обухвати теоретски приказ технологија обраде лима (просецање, пробијање, савијање, дубоко извлачење), које се примењују у корачним алатима. Такође треба обухватити основне принципе конструкције корачних алата. На крају је потребно приказати студију случаја за један индустријски пример корачног алата и технологије обраде лима у њему.

Препоручена литература:

[1] Бинко Мусафија, *Обрада метала резањем – четврто издање*, Завод за уџбенике „Светлост”, Сарајево, 1979.

[2] Србислав Александровић, Милентије Стефановић, *Технологија пластичног обликовања метала*, Крагујевац 2010.

[3] Дејан Милојевић, *Дипломски рад, Примена напредних инжењерских анализа помоћу рачунара у пројектовању корачних алата*, Факултет инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу, Крагујевац, 2013.

[4] Миленко Јовичић, Љубодраг Тановић, *Алати и прибори*, Машински факултет Београд, 2007.

[5] Карло Север, *Завршни рад, Слиједни алат за обликовање полуобујмица*, Факултет стројарства и бродоградње, Загреб 2016.

[6] Рустих Вебран, *Дипломски рад, Конструкција алата за обликовање лима у програмском пакету CATIA V5*, Карловац 2018.

Крагујевац,
Потпис ментора

Ментор:
Проф. др Весна Мандић

Садржај

Резиме	5
Abstract	6
1. Увод	7
2. Технолошки процеси обраде лима	8
2.1 Процеси просецања (пробијања)	10
2.2 Процеси обраде савијањем	12
2.2.1 Угаоно савијање	12
2.2.2 Кружно савијање	13
2.2.3 Остали видови савијања	15
2.3 Процеси дубоког извлачења	16
3. Карактеристике пројектовања алата за обраду лима	18
3.1 Конструктивни елементи алата и њихове карактеристике	19
3.1.1 Држачи и носачи радних елемената алата	20
3.1.2 Елементи за вођење	21
3.1.3 Елементи за локацију, вођење и одређивање корака траке у току извођења операције	22
3.1.4 Радни елементи алата	24
3.2 Алати за просецање и пробијање	27
3.3 Алати за савијање	29
3.4 Алати за дубоко извлачење	30
4. Обликовање лима у корачним алатима	32
5. Конструкцијске карактеристике елемената корачних алата	37
5.1 Елементи за претварање вертикалног кретања притискивача пресе у хоризонтално кретање пробојца	37
5.2 Механизми за скидање (избацивање) готових делова и отпадака	37
5.3 Механизми за аутоматски посмак траке	40
5.3.1 Механизам за аутоматски посмак са куком за повлачење	41

5.3.2 Механизам са куком за повлачење и ваљком	42
5.3.3 Механизам за аутоматски посмак са захватним стегама.....	43
5.3.4 Механизам за аутоматски посмак са ваљцима.....	43
5.3.5 Граничници код ручног посмака	45
6. Студија случаја.....	46
6.1 Симулација прве операције обликовања	48
6.2 Симулација друге операције обликовања	50
7. Закључна разматрања	54
8. Литература.....	55

Резиме

У овом завршном раду детаљно су описани процеси просецања (пробијања), савијања и дубоког извлачења. У другом поглављу представљени су технолошки процеси обраде лима. Поглавље три обухвата карактеристике пројектовања алата за обраду лима, конструктивне елементе и њихове карактеристике. У поглављу четири описано је обликовање лима у корачним алатима. Такође, у четвртом поглављу дат је опис корачних алата. У петом поглављу описане су конструкцијске карактеристике елемената корачних алата. Последње поглавље овог рада представља студију случаја процеса обраде лима у индустријском корачном алату.

Кључне речи: *корачни алати, савијање, дубоко извлачење, просецање (пробијање)*

Abstract

In this final paper, the processes of cutting (punching), bending and deep drawing are described in detail. The second chapter presents the technological processes of sheet metal forming. Chapter three covers the design characteristics of sheet metal forming tools, structural elements and their characteristics. Chapter four describes sheet metal forming in progressive tools. Also, the fourth chapter describes the progressive tools. The fifth chapter describes the construction characteristics of the elements of those tools. The last chapter of this paper presents a case study of sheet metal forming process in industrial progressive tool.

Keywords: *progressive tools, bending, deep drawing, cutting (punching)*

1. Увод

Поступци обраде израдака од лима, могу се поделити у две групе:

- на поступке обликовања одвајањем (одсецање, пробијање и просецање)
- на обликовање пластичним деформисањем (савијање и извлачење)

Предности ових поступака су: брза и ефикасна израда делова, висок степен искоришћења материјала, нижа цена израде по јединици производа. Технологијом пластичног обликовања добијају се готови делови различитог облика и димензија, од различитих металних материјала у великом распону тачности и квалитета обраде. Полазни материјал је најчешће полуфабрикат у облику: лимова, плоча, цеви, пуних профила итд.

У савременој индустрији више од 80% свих металних материјала бива обрађено неким од технолошких процеса пластичног обликовања. Технологија пластичног обликовања има значајно место у неким од доминантних савремених индустрија, као што су: аутомобилска и индустрија возила уопште, авионска и индустрија осталих летелица, укључујући и космичке [1].

На самом почетку овог рада дат је увод о технологији обраде лима у корачним алатима. У другој глави детаљно су објашњени технолошки процеси обраде лима, Појединачно су објашњени и сликовито приказани процеси. У даљем раду представљене су карактеристике пројектовања алата за обраду лима. У четвртој глави детаљно је објашњено обликовање лима у корачним алатима. У петој тачки представљене су конструкцијске карактеристике елемената, објашњене су позиције као и начин функционисања. У последњем поглављу дата је студија случаја једног индустријског процеса обликовања лима у корачном алату.

2. Технолошки процеси обраде лима

Обрадом метала деформисањем или обрадом без скидања струготине подразумевају се методе обраде при којима се метал даје жељени облик пластичним деформисањем и одвајањем. Методе обраде метала деформисањем су многобројне и највећу примену налазе у аутомобилској, металопрерађивачкој индустрији и осталим индустријама. Обрада метала деформисањем је искључиво везана за серијски тип производње.

Циљ овог начина прераде је да се са што мањим отпатком материјала и са најмањим бројем радних операција, добију комади у коначном облику тако да се исти уз минималну дораду са скидањем струготине или без ње, могу непосредно употребити или уградити у одговарајући склоп, као саставни део истог.

Како би се полуфабрикант у облику лимова, плоча, цеви и др. могао прерађивати, потребно је применом оптерећења довести га у стање пластичног течења односно оптеретити га изнад границе еластичности. Потребан рад и силу остварују машине за обраду деформисањем. У ту групу спадају пресе, машине за савијање, ковачке пресе итд. Геометрију радног комада обезбеђује алат који се монтира на машину која остварује потребну силу.

Обрада се може вршити у хладном и топлом стању. У топлом стању деформабилност материјала је повећана, тако да је потребна мања сила а самим тим и мањи утрошак енергије за процес деформисањем. Током обраде у хладном стању материјал ојачава, већа је прецизност, површине су квалитетније и постижу се повољније механичке особине.

За правилан избор технолошког процеса обраде деформисањем потребно је предузети следеће кораке:

- **Анализу процеса обраде метала деформисањем**

Анализом процеса из равнотежених услова и услова пластичног течења за дотичан начин прераде прорачунавају се напонско-деформациони односи, на основу којих се добијају потребне силе и рад за извршење деформације. Надаље се студирају услови под којима се постиже оптимални процес прераде. Задатак је и налажење најприкладнијих димензија и конфигурације почетног материјала и коначно прерађеног комада.

- **Конструкцију алата**

Алат по своме облику треба да буде што је могуће једноставнији и да се састоји из максимално могућег броја стандардизованих елемената. Тежња за једноставношћу не сме да доведе до погоршања функционалности алата.

- **Избор машине**

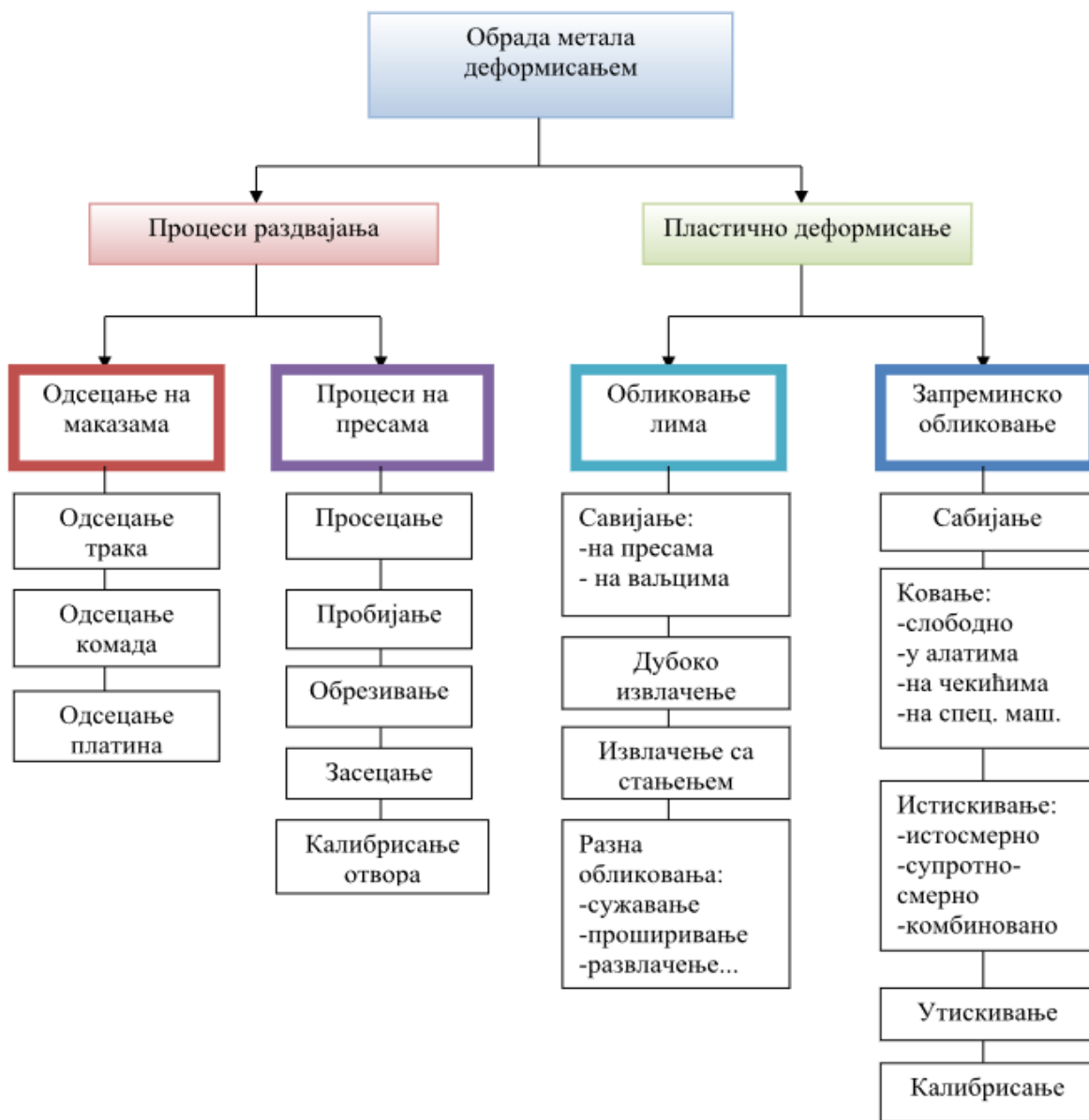
Машине за обраду се одређују према врсти радне операције, потребној сили, раду, снази, ходу и осталим параметрима процеса обраде. Универзалне машине за обраду деформисањем (кривајне, фриксионе, хидрауличне пресе, парни, ваздушни и падајући

чекићи) се могу користити зависно од конструкције алата за различите процесе прераде деформисањем.

С обзиром на облик почетног материјала, обрада метала деформисањем обухвата:

1. Прераду лимова (табле лимова, траке, комади - платине)
2. Прераду компактних тела (вучени, ваљани и ковани профили разних облика попречног пресека, шипкасти материјал, гредице, дебеле плоче и сл.).

Лимови се обрадом метала деформисањем прерађују процесима савијања, дубоког извлачења и разним пластичним обликовањима [2].



Слика 2.1 Класификација различитих процеса обраде лима [3]

2.1 Процеси просецања (пробијања)

Операције раздвајања материјала помоћу алата на пресама су просецање и пробијање. Код операција просецањем и пробијањем, материјал се раздваја по затвореној контури. Ако се говори о просецању (слика 2.2б) просечено језгро је радни комад а остатак траке је отпадак. Ако је реч о пробијању (слика 2.2а) пробијено језгро је отпадак.



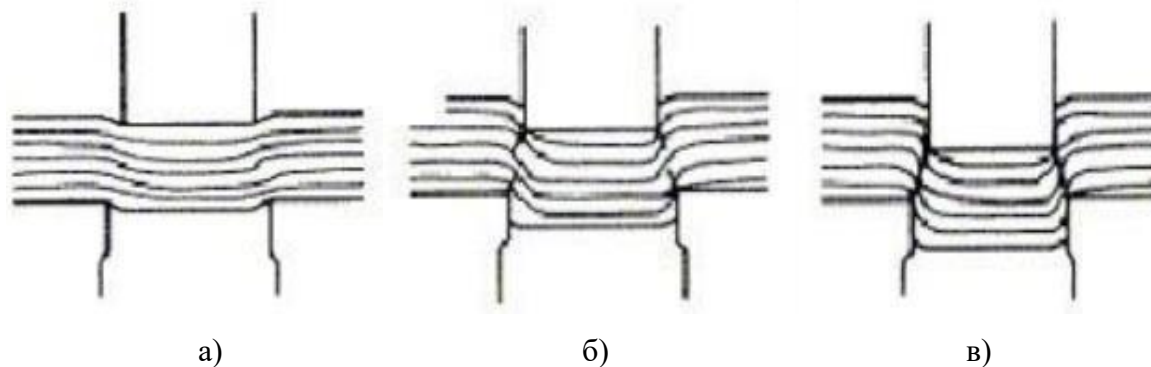
Слика 2.2 Пробијање (а) и просецање (б) [4]

Подела процеса код пробијања и просецања има три карактеристичне фазе:

Фаза еластичног деформисања (слика 2.3а) – настаје еластично сабијање и савијање припремке и долази до еластичног утискивања просекача (пробојца) у отвор плоче, при чему напони не прелазе границу еластичности.

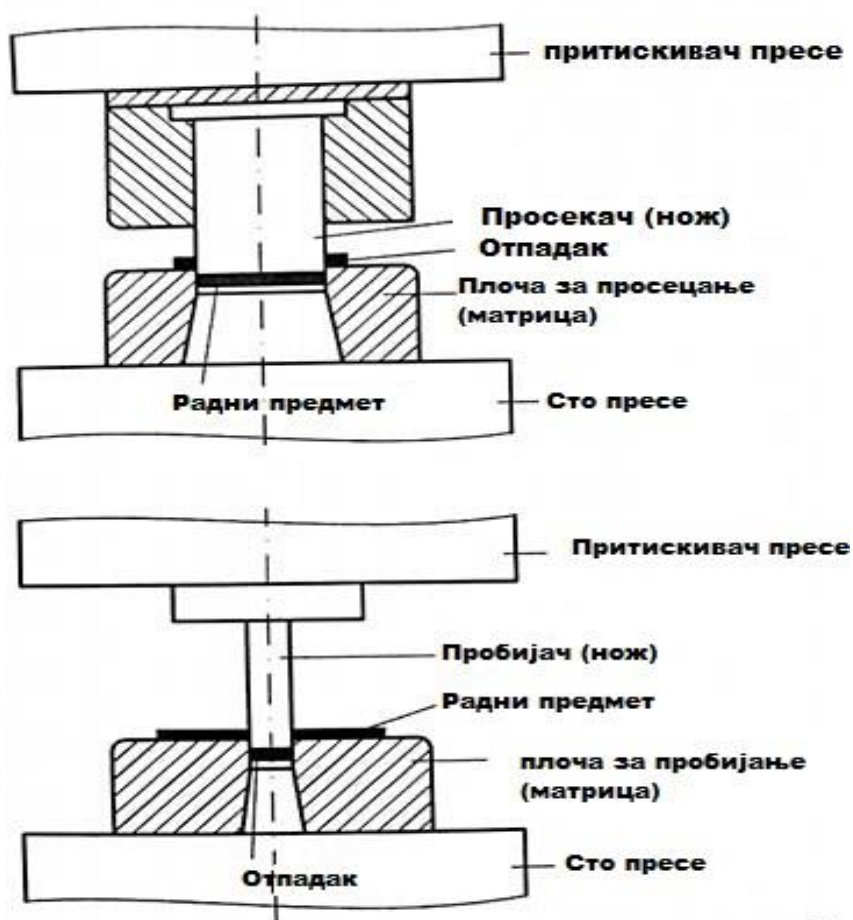
Фаза пластичног деформисања (слика 2.3б) – материјал се савија и утискује у отвор матрице, тако да се сила коју преноси просекач (пробојац) на материјал концентрише на гранични прстенасти слој материјала између ивица просекача и матрице.

Фаза разарања (слика 2.3в) – стварају се пукотине у правцима максималних деформација смицања, које се брзо проширују на унутрашње слојеве материјала припремке. Спајањем пукотина, завршава се процес одвајања. Како се просекач даље креће, одвојени део се потискује кроз отвор плоче [2].



Слика 2.3 Фазе процеса код просецања и пробијања; фаза еластичног деформисања (а); фаза пластичног деформисања (б); фаза разарања (в) [4]

Полазни материјал је у облику трака или појединачних комада. Готови комади су равни делови од лима са различитим спољашњим и унутрашњим контурама. Алати за просецање или пробијање, раде на принципу као и маказе, с тим што се код пробијања или просецања материјал раздваја по затвореној контури.

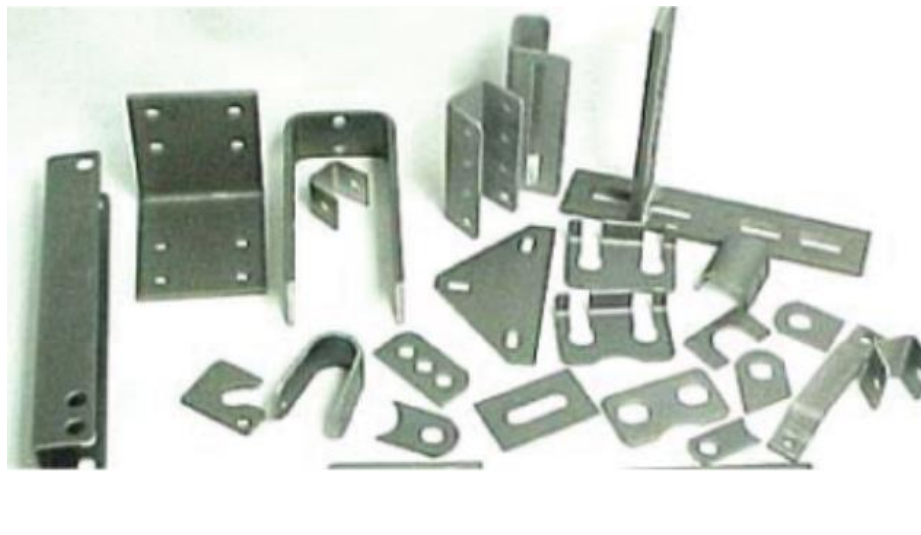


Слика 2.4 Шеме обраде просецањем и пробијањем [1]

2.2 Процеси обраде савијањем

Савијање спада у најчешће операције технологије пластичног обликовања. Савијање се остварује при еластично – пластичном деформисању материјала. За даљу обраду савијањем, као полупроизводи најчешће се користе лимови и траке, али се ређе врши обрада: цеви, шипки, ваљаних профила. Конструкције израђене технологијом савијањем су лакше од ливених а производни процес је једноставнији.

На слици 2.5 су приказани делови добијени овом технологијом деформисања.

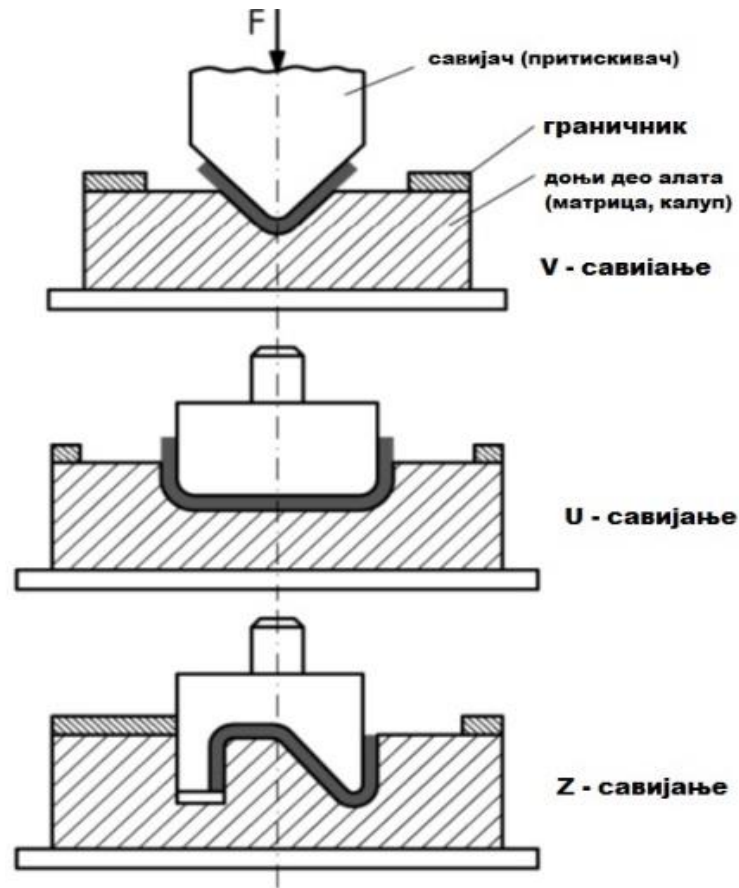


Слика 2.5 Савијени делови [3]

Процес савијања се може комбиновати и са осталим процесима обраде деформисањем: просецањем, пробијањем, извлачењем и разним другим обликовањима. Савијање заузима видно место у изради делова за лака и тешка возила, тракторе, шинска возила, пољопривредне машине итд.

2.2.1 Угаоно савијање

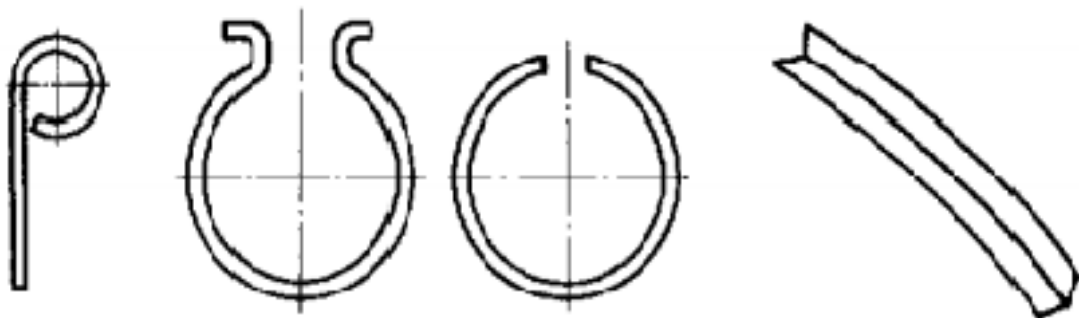
Савијањем у алатима изводи се угаоно савијање. Основни облици су тзв. U, V и Z савијање. Угаоно савијање се врши у алатима постављеним на универзалним пресама (ексцентричним, хидрауличним, кривајним, коленастим, фриксионим) или на специјалним пресама за профилно савијање. С обзиром на облик и број места савијања, савијање може бити једноугаоно (V - савијање), двоугаоно (U - савијање) и вишеугаоно (Z - савијање). Дужина која се може обликовати овим принципом може бити и до неколико метара. На слици 2.6 су приказани основни видови угаоног савијања [5].



Слика 2.6 Основни видови угаоног савијања [1]

2.2.2 Кружно савијање

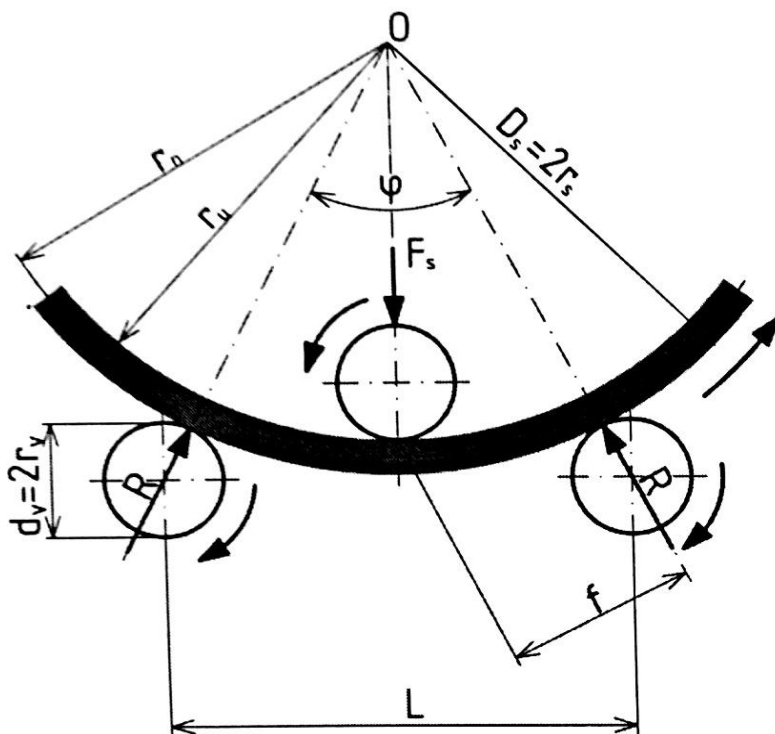
Савијање које се изводи на ротационим машинама за савијање је кружно, где су основни радни елементи ваљци. Кружно савијање има за циљ да се на комаду лима добију потпуно или делимично затворени делови облика цилиндра или конуса.



Слика 2.7 Комади добијени кружним савијањем [1]

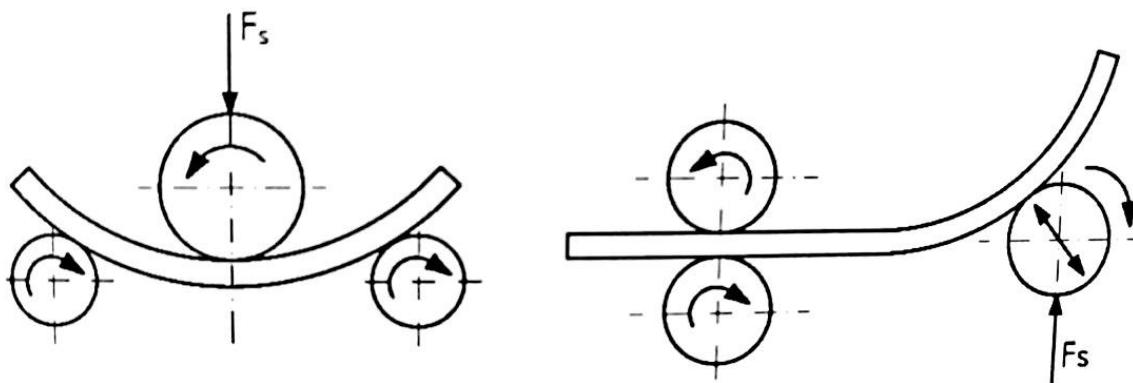
Савијање се изводи без алата, па у овом случају улогу алата представљају ваљци машине. Процес се изводи помоћу одређеног броја ваљака, распоређених на одређен начин. Обликовање се врши помоћу цилиндричних или конусних обрадака лима. Погонски ваљци добијају кретање од погонских мотора.

Код мањих машина, погон може бити и ручни. Потребна је извесна припрема радног комада пре уласка међу ваљке, која се врши савијањем на некој другој машини. Лимени припремак улази међу ваљке и трењем бива принуђен да пролази између њих. Ваљци могу бити дужине од пар милиметара до неколико метара. Ова технологија се користи за израду: котлова, цилиндара, резервоара и сл [6].



Слика 2.8 Савијање на ваљцима [1]

Постоје две могућности остварења кружног савијања (слика 2.9). У првом случају средњи ваљак је притискивач и може мењати свој положај по висини, док су два доња слободноокретна око својих непомичних оса. Користи се за лимове дебљине преко 2mm. У другом случају притискивач ваљак је крајњи, односно има ексцентричан положај. Овај начин је погодан за тање лимове [6].

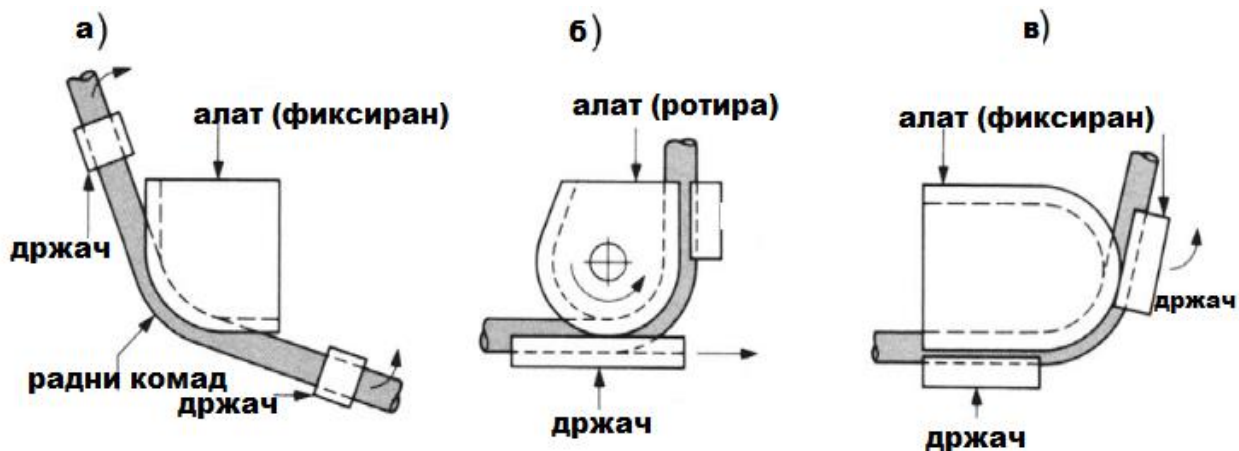


Слика 2.9 Различита извођења савијања са три ваљка [1]

2.2.3 Остали видови савијања

Постоји широк спектар и других операција поред угаоног и кружног савијања које припадају групи савијања. Којим поступком ће се приступити при изради комада зависи од низа технолошких, економских и других параметра.

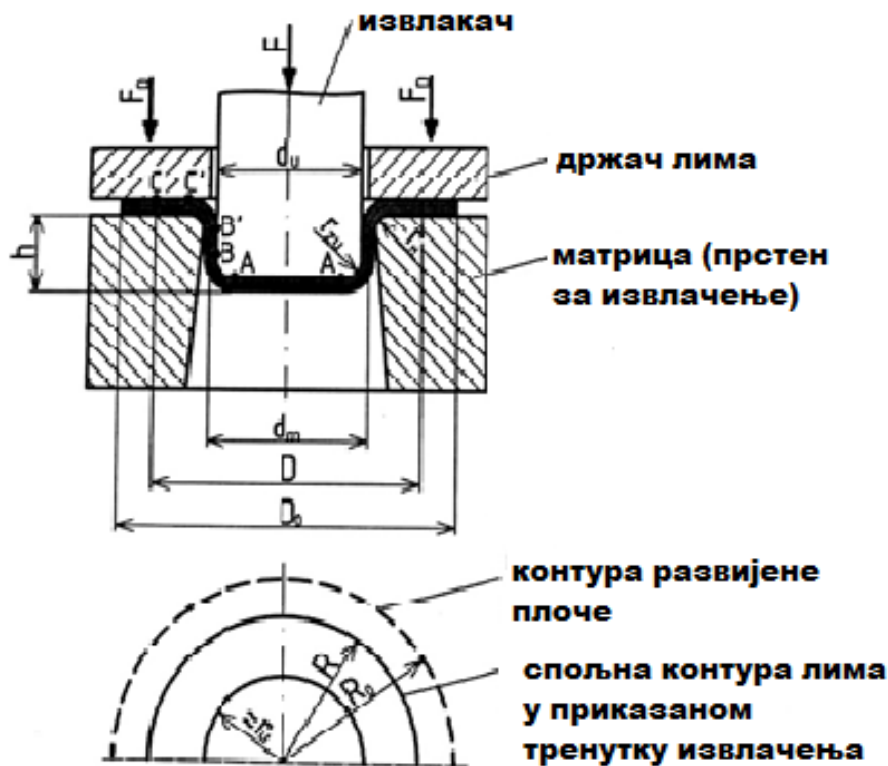
Савијање цеви (слика 2.10) и других кружних профила захтевају примену посебних алата и машина како би се спречила или у прихватљивој мери компезовала појава неконтролисаних деформација у зони савијања у виду набора, спљоштања профила и лома. Најстарији начин се састоји у пуњењу шупљина деформабилним материјалом. Показало се да је песак најпогоднији за ову намену, али се и поред њега користи гума и слични синтетички материјали [7].



Слика 2.10 Алати за савијање цеви [7]

2.3 Процеси дубоког извлачења

Дубоко извлачење се реализује у хладном или у посебним случајевима у врућем стању. Циљ овог начина прераде је да се из равне плоче са посебним алатом израде делови различитих облика попречног пресека. Извлачење је операција помоћу које се полазећи од плочастог припремка, израђују шупљи делови са затвореном контуром.



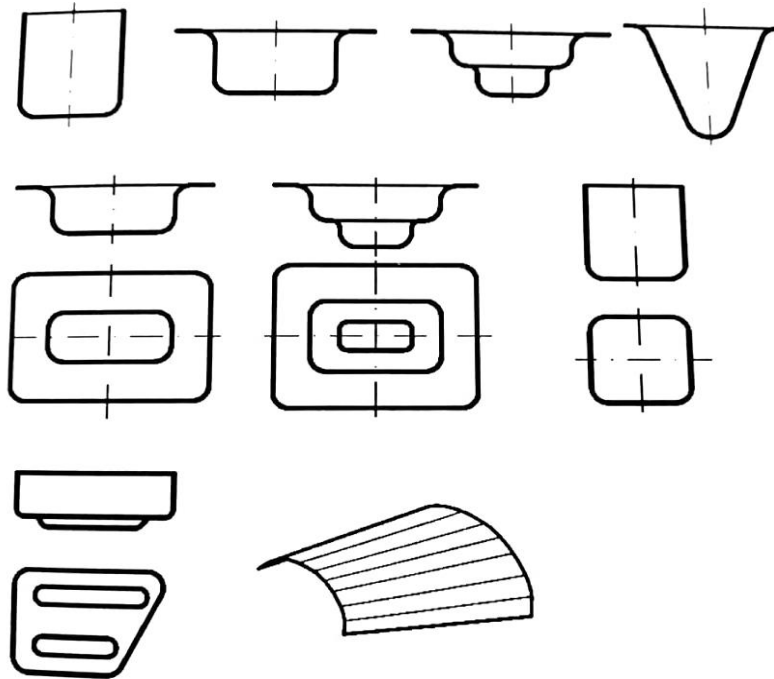
Слика 2.11 Шема извлачења осносиметричног комада [1]

Дубоким извлачењем се обрађују материјали дебљине од 0.02 mm до 50mm и са тежинама које варирају од грама до тоне. Почетни облик материјала за прераду је равна плоча која се означава као платина. Облик ове развијене плоче- платине може бити: круг, квадрат, правоугаоник, елипса или затворена контурна крива; која зависи од облика извученог комада.

Под дубоким извлачењем се подразумева процес прераде код којег се из равне плоче добијају делови за израду различитих облика попречног пресека са затвореним дном. Ако се као почетни материјал користи шипкасти профил одређеног пречника, тада се овај процес означава као извлачење или извлачење жице [2].

Дубоко извлачење комада се може одвијати на два начина:

- дубоко извлачење без промене дебљине материјала
- дубоко извлачење са стањивањем зида, односно са редукцијом дебљине материјала



Слика 2.12 Основни облици делова који се добијају дубоким извлачењем [1]

3. Карактеристике пројектовања алата за обраду лима

Алати за обраду лима могу се поделити у три основне групе према технолошким, конструкцијским и експлоатацијским карактеристикама. Алати су подељени у групе, у зависности од врсте операције, према технолошким карактеристикама. Типизирани алати, у зависности од броја операција, деле се на једнооперацијске вишеоперацијске – комбиноване. Комбиновани алати се изводе као алати помоћу којих се део добија из више ходова или у једном ходу пресе.

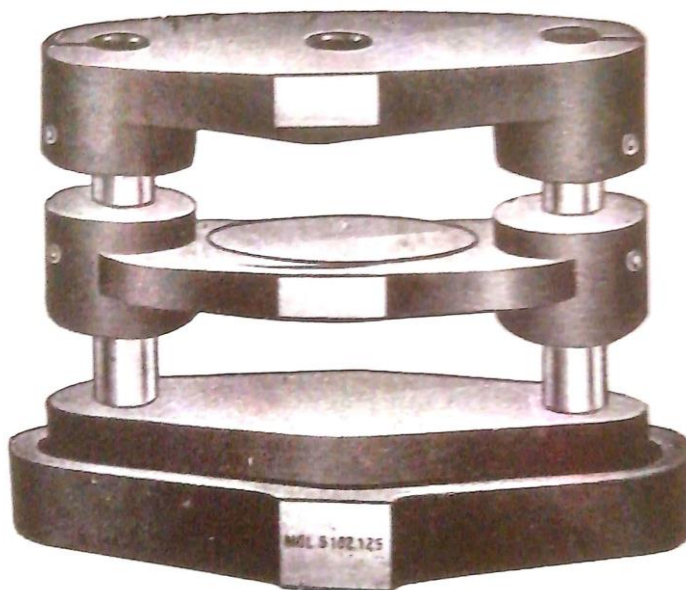
С обзиром на велику разноврсност конструкције ових алата, подела алата за израду делова од лима може бити:

- Врсти операције обраде лима или према технолошкој основи (алати за просецање и пробијање, алати за савијање, алати за извлачење, алати за рељефно обликовање)
- Конструкцији алата (према начину вођења покретног дела алата у односу на непокретни део алата- алат без вођења, са плочним вођењем, са стубним вођењем)
- Експлоатацији алата (по начину померања материјала и одвођења готових делова и отпадака)
- Броју операција (једнооперацијски – прости алати и вишеоперацијски – комбиновани алати)
- Универзалности примене алата (специјални и универзални алати)

Отворени алати или алати без вођења су најпростији алати по конструкцији. Ови алати се примењују код делова мање тачности од дебљег лима при малосеријској производњи. Могу бити изведени са скидачем лима који је покретан или непокретан. Код процеса просецања (пробијања) користе се отворени алати са непокретним скидачем лима а алати са покретним скидачем примењују се при изради делова од тањег лима.

Алати са вођењем – вођење покретног у односу на непокретан део алата може бити изведено са плочастим, стубним и комбинованим вођењем. За просецање и пробијање мањих делова користе се алати са плочастим вођењем, а алати са стубним вођењем користе се код израде тачнијих делова при серијској производњи. Алати за израду делова од лима се у принципу састоје од истих елемената, само је разлика у елементима који непосредно врше обликовање материјала.

На слици 3.1 приказано је округло кућиште са водећом плочом [13].



Слика 3.1 Округло кућиште са водећом плочом [13]

3.1 Конструктивни елементи алата и њихове карактеристике

Према функцији у алату, сви саставни елементи алата за израду делова од лима могу се сврстати у две основне групе:

I Делови алата технолошког карактера који непосредно обезбеђују извођење операције и имају директан контакт са материјалом припремка, где спадају:

- Радни елементи алата (просекач, пробојац, плоча за просецање – пробијање, горњи и доњи обликач, извлакач, прстен за извлачење)
- Елементи за локацију и вођење припремка у алату (граничници и бочни ножеви за одређивање корака траке, конусне чивије, граничник за одређивање положаја комадних припремака, вођице траке, бочни притискивачи)
- Елементи за држање припремка у току извођења операције (држач лима) и скидање готових делова (избацивачи и скидачи)

II Делови алата конструкцијског карактера који повезују све елементе алата у целину као и за везивање алата за притискивач и радни сто пресе, где спадају:

- Држачи и носачи радних елемената алата (основна плоча, држачи горњих и доњих радних елемената, држач рукавца)
- Елементи за вођење покретног у односу на непокретни део (плоча за вођење, чауре и стубови за вођење)

- Елементи за везивање у подсклопове покретног и непокретног дела алата (чивије, вијци, опруге) и за везивање алата за покретни и непокретни део пресе (притискивач и радни сто) [10].

3.1.1 Држачи и носачи радних елемената алата

Основна плоча

Везивање непокретног дела алата за радни сто машине (пресе) изводи се преко основне плоче која се димензионише у односу на матрицу и отвор на радном столу. У основну плочу се уграђују стубови за вођење, а склоп између стуба и основне плоче је најчешће пресован са толеранцијом налегања Н7/р6 или Н6/р5. Уколико је стуб истог пречника по целој дужини, тада је склоп између основне плоче и стуба Н7/н6 или Н6/н5.

Држач рукавца

Држач рукавца има функцију:

1. Да повеже све елементе покретног дела алата у једну целину
2. Да преузме на себе део деформационих сила у процесу обликовања дела и пренесе их на притискивач пресе
3. Да спојен са рукавцем обезбеди везу између покретног дела алата и притискивача пресе

Рукавац

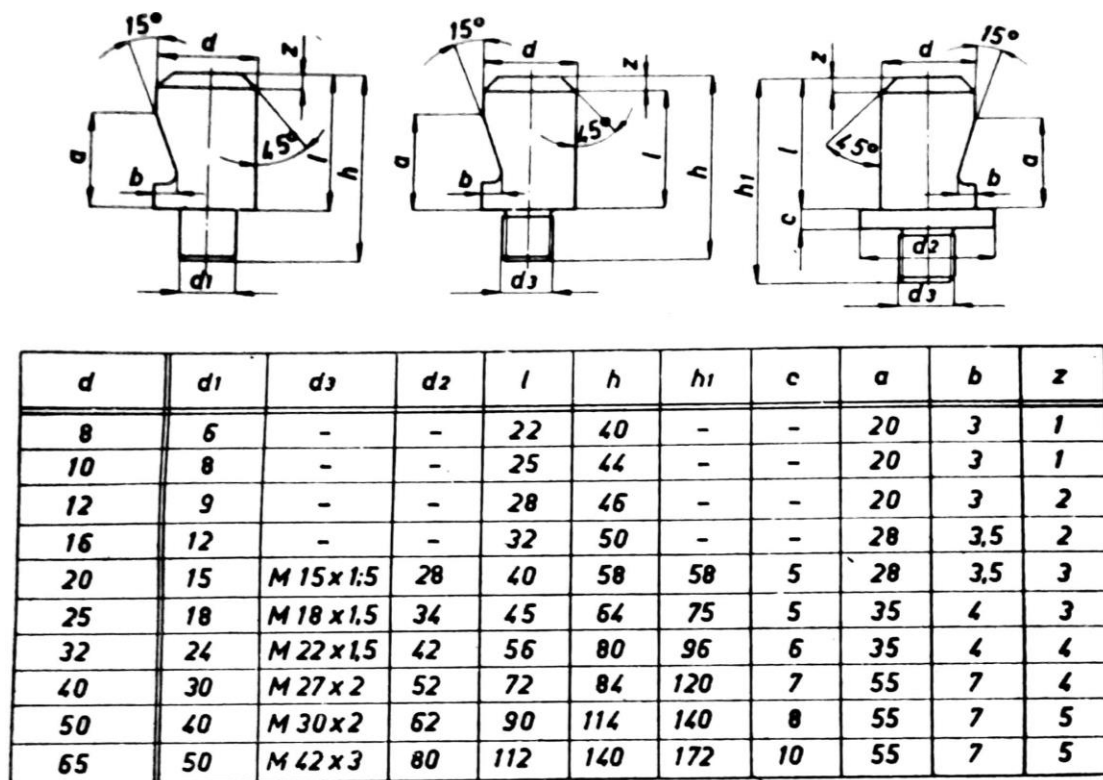
Рукавац за везу алата са притискивачем пресе је стандардизован и типизиран по облику, а његово везивање за држач рукавца најчешће се изводи помоћу навоја са осигурањем од обртања помоћу завртња и спојним чепом са носачем спојног чепа.

Држач горњих радних елемената алата

Држач горњих радних елемената алата служи за учвршћивање и ношење радних елемената. Код алата са плочом за вођење облик држача горњих радних елемената алата одговара облику држача рукавца, а код алата са стубним вођењем горњи радни елементи се учвршћују директно за горњу плочу кућишта алата.

Међуплоча

Често се радни елементи алата не наслањају директно на држач рукавца, већ се између њих поставља каљена међуплоча.



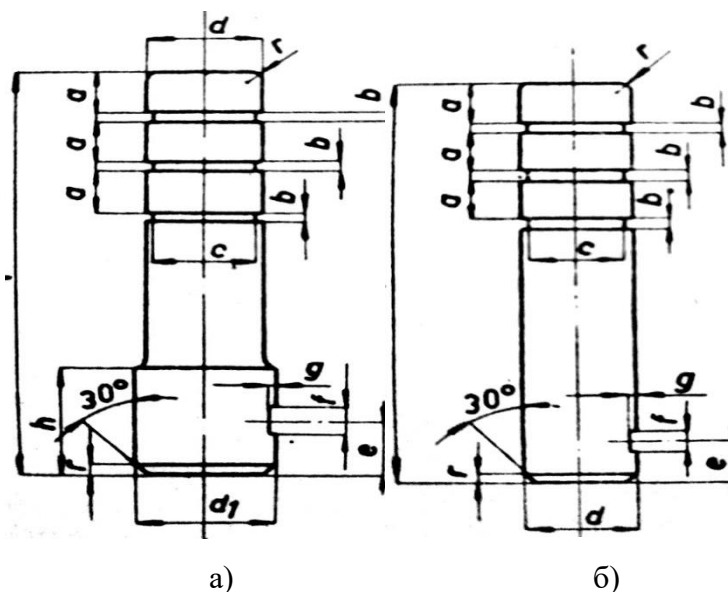
Слика 3.2 Стандардне димензије цилиндричних рукаваца [2]

3.1.2 Елементи за вођење

Елементи за вођење обезбеђују тачно позиционирање покретног и непокретног дела алата а чине га плоча за вођење, стубови и чауре за вођење. Број стубова за вођење је два и четири а њихов распоред може бити различит. Код стуба се разликује пречник дела стуба за вођење и дела за причвршћивање у основну плочу. Склоп између стуба и основне плоче је најчешће пресован.

Стуб за основну плочу се може причврстити на више начина: пресован склоп, без и са осигурањем и чауром са завртњем. Стубови се осигуравају у основној плочи од померања у вертикалном правцу, уз напомену да недостатак осигуравања прстеном представља отежано убацивање прстена [10].

На слици 3.3 приказане су стубне вођице из каталога „Застава“ [11].



Слика 3.3 Стубне вођице са ојачањем (а) и без ојачања (б) [11]

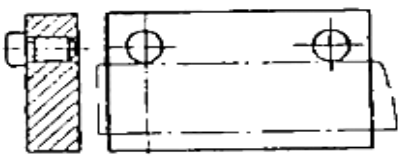
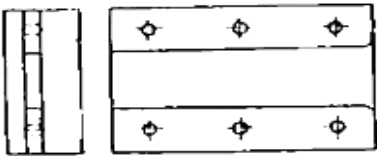
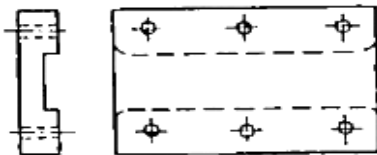
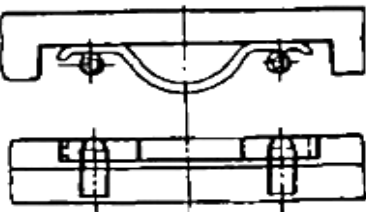
Конструкционо најбоље решење представља вођица стуба са конусним завршетком која се стеже помоћу чауре и завртња. Вођица се увек центрира по конусној додирној површини, а похабаност се регулише притезањем завртња или навртке.

Плоча за вођење служи за правилно вођење просекача (пробојца) у односу на плочу за просецање (пробијање). Отвори у плочи за вођење су идентични отворима у матрици, са мањим зазором и толеранцијом између просекача H7/h6. У плочу за вођење се може поставити и чаура од пластике за вођење радних елемената алата.

3.1.3 Елементи за локацију, вођење и одређивање корака траке у току извођења операције

Елементи за вођење траке и бочни притискивачи

Елементи за вођење траке обезбеђују правилно вођење припремка у виду траке кроз алат. Висина вођица траке зависи од дебљине лима и начина одређивања корака траке и мора бити већа од висине граничника, да би се обезбедило несметано померање траке. Вођице траке треба да имају неопходну дужину како би се спречило савијање траке при увлачењу у алат а често се користи и додатна плоча- уводник. На слици 3.4 приказане су вођице траке и бочни притискивачи.

скица	назив
	чепови за вођење
	летвице за вођење
	жљеб за вођење
	опружни притискивачи

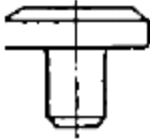
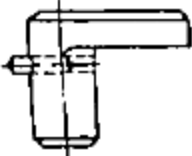
Слика 3.4 Вођице траке и бочни притискивачи [11]

Елементи за одређивање корака траке (граничници и бочни ножеви)

Граничници служе за одређивање корака траке при њеном померању кроз алат. Граничник се поставља у одговарајући отвор у плочи за просецање а на њега се ослања трака преко контуре претходно пробијеног односно просеченог отвора. Код траке веће ширине и праволинијске контуре просецања користе се два граничника.

Код комбинованих алата за узастопно пробијање и просецање где се захтева већа тачност корака и израде сложенијих обрадака, употребљава се бочни (корачни) нож за одређивање корака траке. Бочни нож код сваког хода алата просеца са стране траке део материјала дужине корака. При померању траке кроз алат иста се може померити само за дужину просеченог дела.

На слици 3.5 дат је приказ граничника положаја траке.

скица	назив
	цилиндричан
	цилиндрични са ободом
	у облику полуге

Слика 3.5 Граничници положаја траке [11]

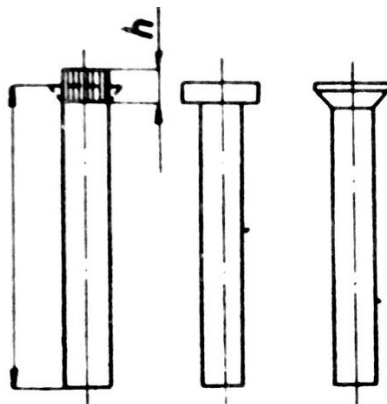
Конусне чивије (центражи)

Конусне чивије (центражи) налазе примену када се захтева саосност унутрашње са спољашњом контуром обрадка, као елемент који обезбеђује елиминисање грешке корака траке одређеног граничником. Центражи се постављају у просекач и имају конусан врх са цилиндричним прелазом за дефинисање положаја отвора.

3.1.4 Радни елементи алата***Просекачи и пробојци***

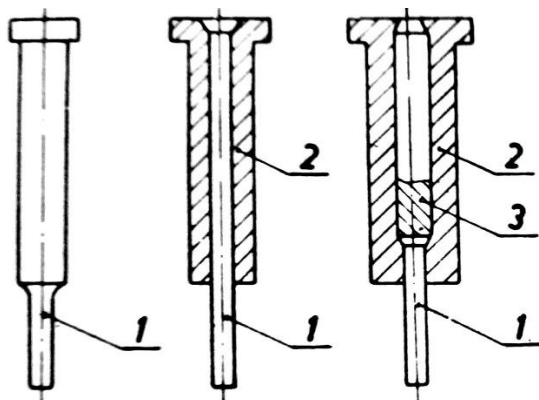
Облик попречног пресека просекача (пробојца) зависи од конфигурације радног предмета. Да би се спречило испадање просекача (пробојца) из држача, исти се изводе са задебљањем на једном крају. Глава пробојца се може формирати раскивањем одређене висине по монтажи, или се изводи цилиндрично, односно са комбинацијом цилиндра и конуса. Просекачи и пробојци се раде од легираног алатног челика и кале се обично до половине дужине, док се друга половина термички напушта.

На слици 3.6 су приказане главе пробојаца.



Слика 3.6 Главе пробојаца [2]

Веома танки пробојци се изводе са ојачањем (слика 3.7). Ојачање се може извести на тај начин да се пробојац у горњем делу задебља или се појачава чауром, односно чауром и кочићем за пренос притиска.



Слика 3.7 Ојачања танких пробојаца [2]

Код комбинованих алата се примењују конструкције брзо изменљивих пробојаца (слика 3.8). Ове конструкције су скупље, али омогућавају бржу монтажу и демонтажу пробојаца, тако да се у случају квара или тупљења, не мора растављати цео алат да би се квар отклонио.

Плоче- прстенови за просецање и пробијање

Резна контура плоче – прстена за просецање (пробијање) одговара облику комада који се просеца (пробија). Профил отвора плоче зависи од намене и квалитета производа који се захтева (слика 3.9).

Најједноставнији профил је чисти цилиндар, који се може применити када се комади након просецања не потискују кроз отвор плоче, него се избацивачем враћају навише. Профил изведен са цилиндром и конусом даје најквалитетније комаде. Ова изведба је најквалитетнија, али и најскупља. Код већих димензија комада, плоче – прстенови се не раде из једног дела, него су састављени из низа сегмената. Израда плоче из једног комада за велике и компликоване облике је веома тешка.

ред. број	начин учвршћења	скица
1	учвршћење помоћу куглице и завртња	
2	учвршћење помоћу куглице под притиском опруге	
3	учвршћење помоћу држача	
4	учвршћење помоћу завртња	
5	учвршћење са завртњем и наслон	
6	учвршћење помоћу завртња са специјалном главом	

Слика 3.8 Конструкције брзо изменљивих пробојаца [2]

Ред. бр.	ОБЛИК	СКИЦА
1	Цилиндар са конусом	
2	Конус	
3	Цилиндар	
4	Двоструки цилиндар	

Слика 3.9 Профил отвора прстенова за просецање и пробијање [2]

3.2 Алати за просецање и пробијање

Алати за просецање и пробијање се могу класификовати према:

1. Типу алата по конструктивним карактеристикама (начин вођења покретног дела алата у односу на непокретни).
2. Типу алата по технолошким карактеристикама (врста и размештај операција).
3. Типу алата по експлоатационим карактеристикама (начин померања траке).

Подела према типу алата по конструктивним карактеристикама је извршена на алате мале тачности, алате средње тачности и алате високе тачности. Подела према типу алата по технолошким карактеристикама је извршена на једноставне алате за просецање, једносечне и вишесечне алате за пробијање, затим на комбиноване алате за узастопне операције раздвајања лима и комбиноване алате за обједињене операције. Подела према типу алата по експлоатационим карактеристикама је извршена према начину помоћног кретања и држању материјала, према начину одвођења готових делова, начину одвођења отпадака.

Алат за просецање (слика 3.7) се састоји из следећих елемената: просекача, прстена за просецање, плоче за вођење и скидање са просекача, носача просекача, међуплоче, гроње плоче, доње плоче, цилиндричног рукаваца, притискивача пресе, стезне плоче, граничника, стезаљке, завртања за стезање, траке и посмака траке.

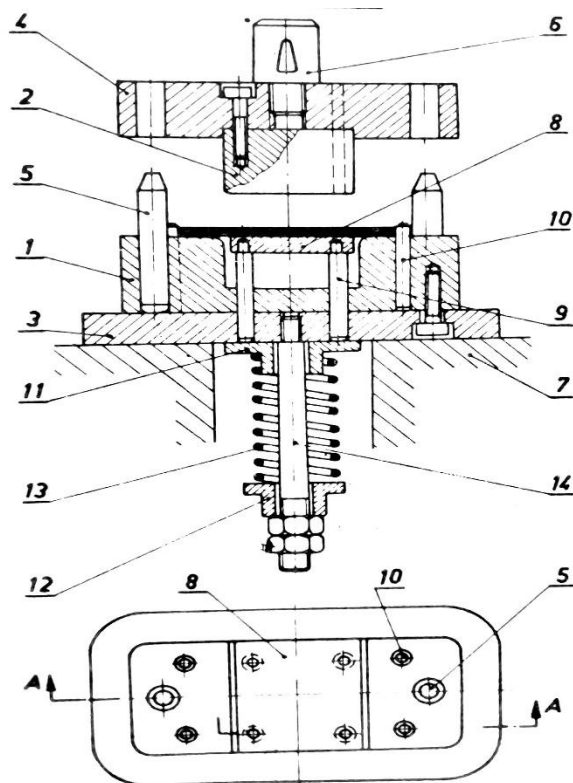


Слика 3.7 Алат за просецање [2]

Просекач (1) који се обично ради од легираног алатног челика, учвршћен је у носачу просекача (4), на тај начин што му је врх раскован. Да би се повећала површина која преноси силу просецања и смањio површински притисак, каљени просекач се не наслања директно на горњу плочу (6) израђену од конструкционог челика, него на каљену међуплочу (5). Цели горњи склоп алата се најчешће повезује завртњима и осигурава цилиндричним стубовима. Горњи део алата је преко цилиндричног рукавца (8) спојен са притискивачем пресе (9). Стезна плоча (10) је завртњима (13) везана са притискивачем пресе. Доњи склоп алата се састоји од прстена за просецање (2), плоче за вођење (3), граничника (11) и доње плоче (7). Овај склоп се такође везује завртњима и цилиндричним осигурачима. Плоча за вођење врши разне функције, као што су вођење просекача, односно усмеравање горњег у односу на доњи део алата, вођење траке лима и скидање отпатка са просекача након завршене операције просецања. Граничник је завртњем директно причвршћен уз прстен за просецање. Трака се помера у повратном ходу пресе, до граничника за величину посмака x (у смеру стрелица). Прстен за просецање се ради од легираног алатног челика и након тога термички обрађује. Доња плоча се поставља на стезну плочу и учвршћује најчешће помоћу стезаљки 12 и завртњева са Т-главом. У столу пресе је предвиђен отвор за испадање отпатка [2].

3.3 Алати за савијање

Што се тиче U савијања, алат конструисан за овакав тип може бити са једноделним калупом и сегментним. Алат са једноделним калупом (слика 3.8) се састоји из калупа за савијање, обликача, доње плоче, горње плоче, стубне вођице, цилиндричног рукавца, стола пресе, плоче држача, спојнице држача, граничника, преносника, наслона, опруге и носача опруге.

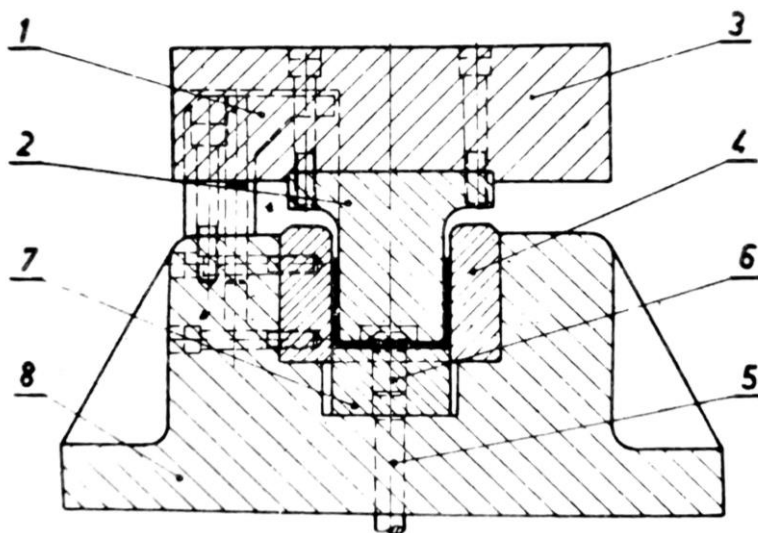


Слика 3.8 Алат за савијање са једноделним калупом [2]

Радни комад (развијене дужине L , ширине b и дебљине s) поставља се на једноделни калуп за савијање (1) и под притиском притискивача (2), који је учвршћен у горњој плочи (4), савија на коначне димензије. Поред тога што је комад пре почетка савијања ограничен (са четири граничника (10)), постоји опасност једностраног клизања лима у отвор калупа. Уколико дође до увлачења једног крака комада пре другог, тада се добија комад са несиметричним краковима (различите висине h). Због тога се радни комад у току процеса савијања придржава плочом држача лима (8), која се преко спојнице (9) наслања на опругу држача (13). У повратном ходу пресе, држач обавља функцију избацивача комада из калупа за савијање [2].

Алат са сегментним калупом (слика 3.8) се састоји из скидача, обликача, горњег носача алата, сегментног калупа, спојнице држача, граничника, плоче држача и доњег носача алата. Код ових алата, калуп за савијање се изводи са сегментима, који се раде од легираног алатног челика. Сегменти калупи (4) су укопани у местима доњег носача алата (8) и

причвршћени завртњима. Граничник (6) је уграђен у плочи држача (7), која је преко спојнице (5) везана са пнеуматским уређајем за држање лима. Овакав начин ограничавања је могућ уколико је у комаду претходно пробијен отвор за ограничавање. Ако је ширина комада (димензија b на слици 5) велика, тада се мора предвидети и могућност скидања комада са притискача. На описаној конструкцији за ту сврху служи конзолни скидач (1), који је причвршћен на доњем носачу алата. У горњем носачу алата је укопан канал ширине и дубине која одговара димензијама скидача [2].

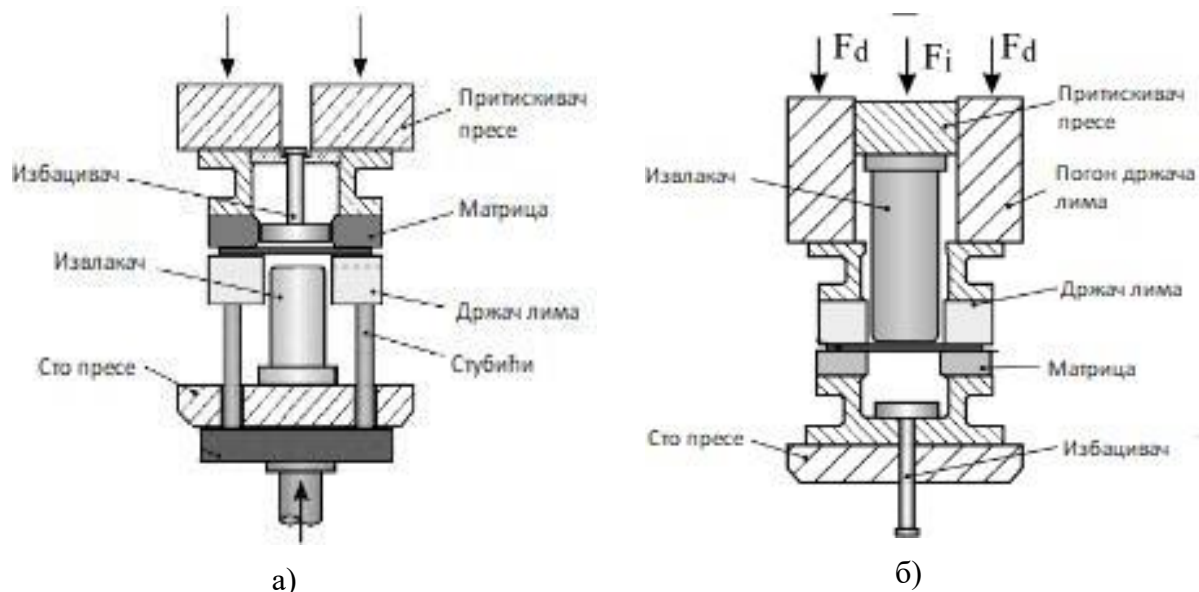


Слика 3.8 Алат за савијање са сегментним калупом [2]

3.4 Алати за дубоко извлачење

Процес дубоког извлачења се може поделити у четири фазе. Прва фаза је кретање горњег дела алата када извлакач још није отпочео процес. Затим, у другој фази долази до контакта извлакача (1) са траком лима (3), док држач лима (2) врши фиксирање лима. У том тренутку, држач лима делује на лим одређеном силом, не дозвољавајући померање и „гузвање“ лима. У трећој фази отпочиње процес извлачења, тако што извлакач делује одређеном силом на лим и почиње извлачење лима кроз матрицу за извлачење (4). Коначно, у четвртој фази долази до коначног обликовања радног комада, где се добија готов комад.

Алат за дубоко извлачење се састоји из седам основних елемената и уграђује се на пресе једноструког или двоструког дејства. Елементи од којих се састоји су притискивач пресе, избацивач, матрица, држач лима, извлакач, сто пресе и стубићи (ако се ради о преси једноструког дејства) или погон држача лима (ако се ради о преси двоструког дејства).

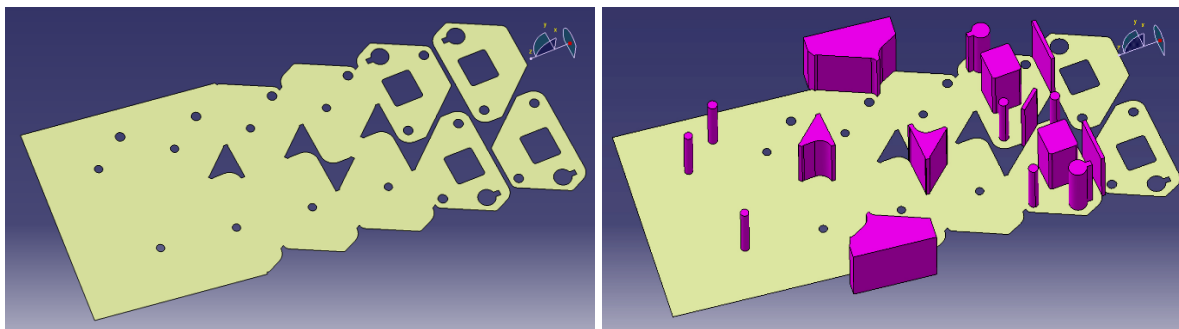


Слика 3.7 Преса једноструког дејства (а), и преса двоструког дејства (б)

Код пресе једноструког дејства (слика 3.9а), постоји једно главно дејство и то је кретање матрице, која се навлачи преко извлакача који је непокретан. Додатно дејство се дограђује и то је дејство држача лима. Ово додатно дејство се обезбеђује преко хидрауличног или пнеуматског погона. Матрица је повезана на притискивач пресе, а истискивач се налази у доњем делу алату (на плочи постоља). Код пресе двоструког дејства (слика 3.9б) постоје два дејства, једно је дејство извлакача, друго је дејство држача лима. Извлакач се креће заједно са притискивачем пресе, док је матрица непокретна. Код пресе двоструког дејства, постоји избацивач који избацује готов део.

4. Обликовање лима у корачним алатима

Корачни алати се примењују за обликовање комада од лима, из траке кроз сет операција обраде које се реализују у сваком кораку траке, применом посебне технологије, тзв. „методе обликовања у корацима“. Технологија израде дела у корачном алату, односно „метода“, је најбитнији улазни податак код конструкције алата. Она садржи сву потребну геометрију, положај оси потребних за конструкцију, распоред радњи по операцијама, положај и угао одређених елемената у алату, резне и обликујуће контуре, положај, облик и димензије отвора итд. На слици 4.1 приказан је пример методе за ледан комад од лима који се израђује у корачном алату, као и позиције радних делова алата који учествују у обликовању. Као што је приказано на слици, у методи је садржана геометрија матрица, пробојаца, опсекача, изглед долазне траке, изглед одлазног дела, положај одређених елемената у алату итд. [8].



Слика 4.1 Метода за обликовање лима у корачном алату [8]

Корачни алати захтевају пре свега правилно увођење траке лима у алта и њено повлачење у дефинисаним корацима, што је улога уређаја за механизовано померање траке. Ови алати се изводе са редним редоследом операција обликовања. Примена ових алата је рентабилна у условима серијске и великосеријске производње. Конфигурација обратка треба да обезбеди најповољније искоришћење лима уз најмањи отпад. Облик спољашње и унутрашње контуре треба да је што једноставнији [10].

Посебност корачних алата је у томе што се на једној преси истовремено извршавају три, четири или више операција на траци лима, која путује кроз алат. Свака операција заузима свој сегмент у алату. У једном алату може бити сегмент за савијање, сегмент за процесање, пробијање, сегмент за дубоко извлачење, сегмент за одсецање комада од траке итд.

Изузетно је важно поставити логичан и технолошки изводљив редослед сегмената у зависности од производа који се обликује, јер, на пример, није могуће прво извршити операцију савијања, а тек онда пробијања. Коришћењем корачних алата производи су обично израђени од лима, и имају сложену геометрију са различитим детаљима насталим на површини лима.

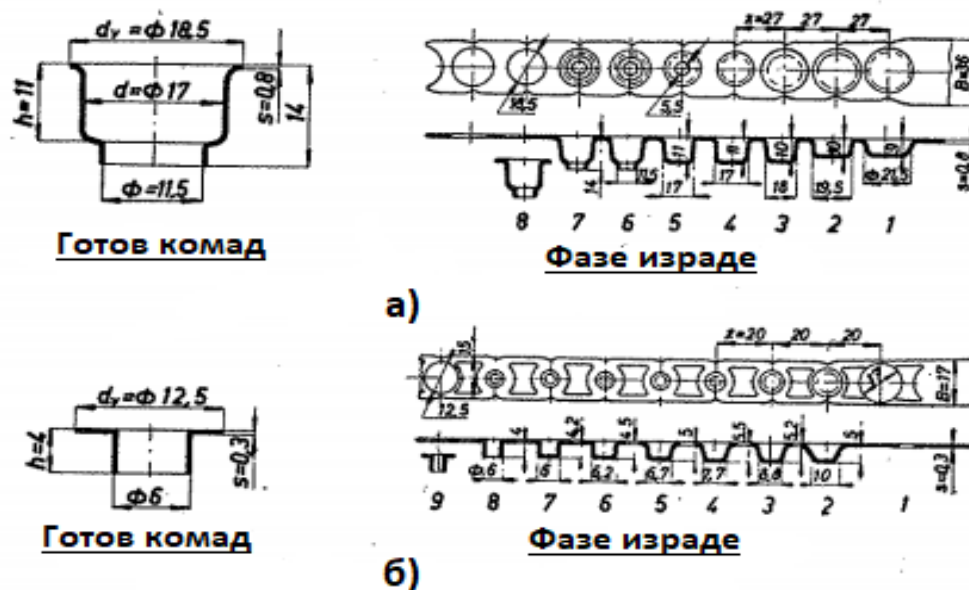
Због технолошке сложености и перформанси, конструкција корачних алата захтева доста времена, а захтева и специфична технолошка знања. Због тога су прилично скупи и самим тим исплативи само у великим серијама и масивној производњи.



Слика 4.2 Механичка преса на коју се најчешће поставља корачни алат [8]

У основи, корачни алати обухватају углавном технологију извлачења комада из траке. Суштина процеса извлачења из траке се састоји у томе да се свака операција извлачења врши поступно у једном сегменту корачног алата, директно из траке, а готов комад се просеца на задњој позицији алата. Оваквим процесом је обезбеђена висока производност, јер се неколико алата надомешта само једним. Најчешће се процесу извлачења подвргавају траке од челика, месинга или алуминијума, дебљине до 2 mm. Када се говори о извлачењу из траке (слика 4.3), разликују се две методе:

1. Извлачење из целе траке (слика 4.3 под а)
2. Извлачење из траке са прорезима (слика 4.3 под б)

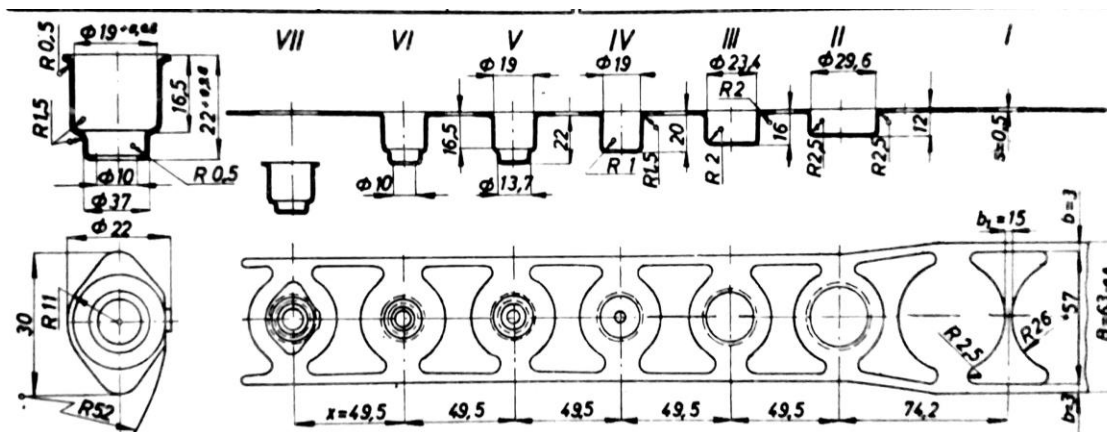


Слика 4.3 Методе извлачења комада из целе траке (а) и из траке са прорезима (б) [2]

Са слике 4.3(а) се може уочити да су операције означене бројевима 1÷4 операције извлачења, 5 је пробијање отвора за грло комада, 6 провлачење грла, 7 калибрисање, док је 8 просецање готовог комада. Потребно је истаћи да је у првој операцији извлачења висок степен истезања материјала, а да се у осталим операцијама смањује.

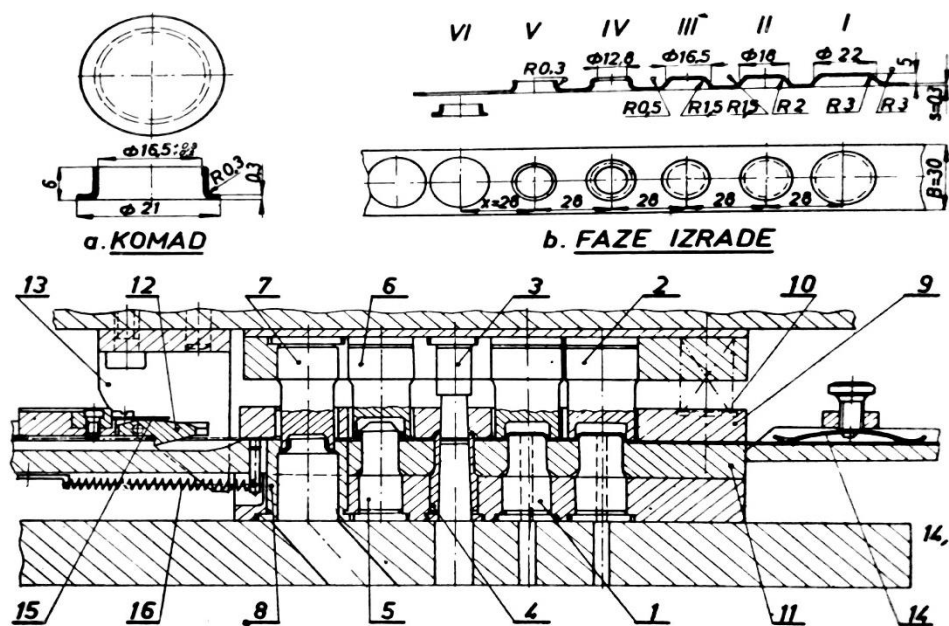
Са слике 4.3(б) се може уочити да је операција под бројем 1 заправо операција пробијања профилисаног прореза, операције од 2 до 7 су операције извлачења, 8 пробијање дна, док је 9 просецање готовог дела. Ова метода се примењује за израду комада релативно мање дебљине, са већим пречником венца. Иако је отпадак материјала већи него код извлачења из целе траке, овако припремљена трака је далеко повољнија за обраду извлачењем ротационо симетричних комада цилиндричног и сферичног облика, али и за извлачење неротационих комада.

На слици 4.4 је приказан пример израде комада цилиндричног облика са неротационим венцем из траке са профилисаним прорезом. Редослед операција се састоји од пробијања профилисаног прореза (I), извлачења комада из траке са посмаком $x=49,5$ mm (II÷V), пробијања отвора на дну (VI) и просецања готовог комада (VII).



Слика 4.4 Израда комада цилиндричног облика са неротационим венцем из траке са профилисаним прорезом (a) [2]

На слици 4.5 је приказ комбинованог алата поступног дејства за извлачење комада из целе траке. Овај алата је снабдевен механизмом за аутоматски посмак траке. Радни комад приказан на слици се извлачи из месингане траке дебљине 0,3 mm и ширине 30 mm, у комбинованом алату. У операцијама од I до III се комад постепено извлачи помоћу извлакача (1) и прстена за извлачење, односно матрице (2). Затим, следи операција пробијања отвора за грло, обележена са римским бројем IV, помоћу пробојца (3) и прстена за пробијање, односно матрице (4). Провлачење грла се изводи провлакачем (5) и прстеном (6), а обележено је са ознаком V. Последња операција, означена са VI, јесте просецање готовог комада, просекачем (7) и прстеном за просецање, односно матрице (8). Трака се са горњег дела алата скида скидачем (9), који се налази под сталним притиском опруга (10). Горњи скидач уједно врши и функцију држача. У доњем делу алата, смештена је плоча доњег скидача (11), који је уједно држач траке. Посмак (корак) траке је аутоматизован и врши се куком за повлачење (12), коју помера клин (13) спојен са горњим делом алата. Клизање траке спречава лисната опруга (14). Завојна опруга (16) враћа механизам у почетни положај.

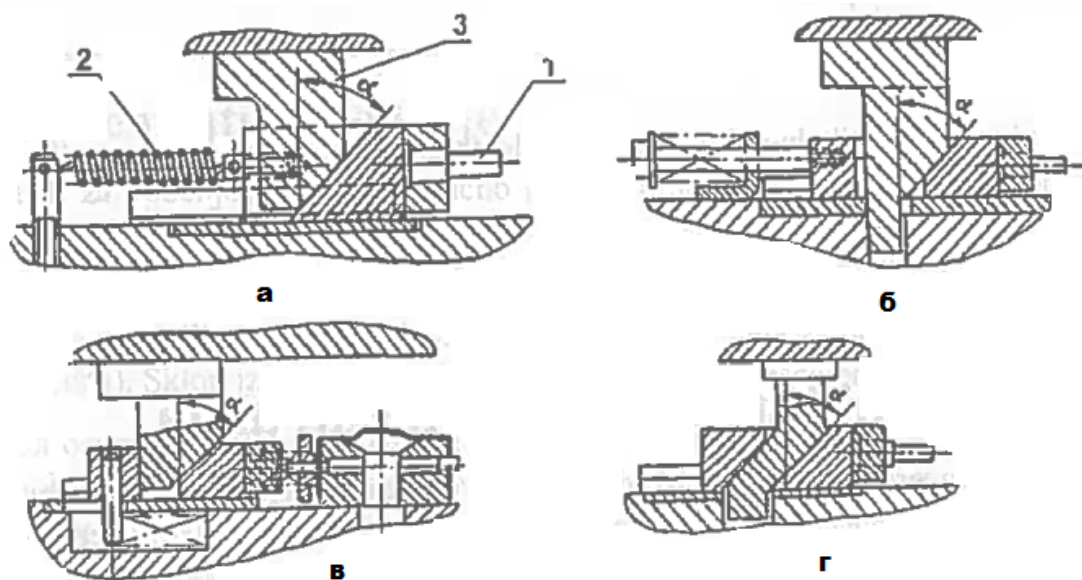


Слика 4.5 Комбиновани алат поступног дејства за извлачење комада из целе траке [2]

5. Конструкцијске карактеристике елемената корачних алата

5.1 Елементи за претварање вертикалног кретања притискивача пресе у хоризонтално кретање пробојца

Елементи за претварање вертикалног кретања притискивача пресе у хоризонтално кретање пробојца се користе када је неопходно извести пробијање отвора на бочним странама извучених или делова израђених савијањем. На слици 5.1 су приказана четири решења за хоризонтално кретање пробојца који се крећу са елементима са стрмом равни (механизам са клином).



Слика 5.1 Пример решења механизма за померање хоризонталних пробојца [10]

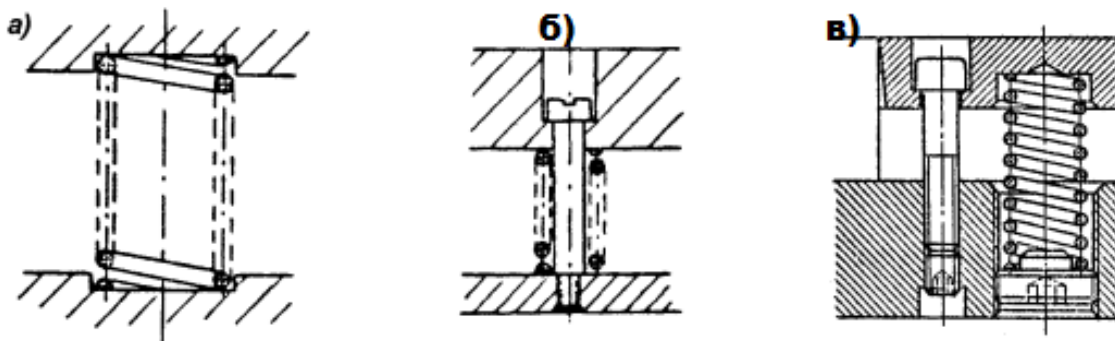
Радни ход пробојца (1) остварује се вертикалним кретањем клина (3) везаним за покретни део алата, а повратни ход помоћу опруге (а,б,в) или се клином остварује и радни и повратни ход (г) [10].

5.2 Механизми за скидање (избацивање) готових делова и отпадака

По завршетку процеса просецања или пробијања готов део или отпадак се задржавају на неком од радних елемената алата, у зависности од конфигурације дела и конструкције алата. Брзо и правилно одстрањивање радних комада и отпатка са радних делова алата не утиче само на повећање производности рада машине него и на повећање сигурности радне операције и на квалитет радног комада. Конструктивна решења скидања дела су различита и у основи се могу поделити с обзиром на то да ли се скидач креће (покретни) или мирује

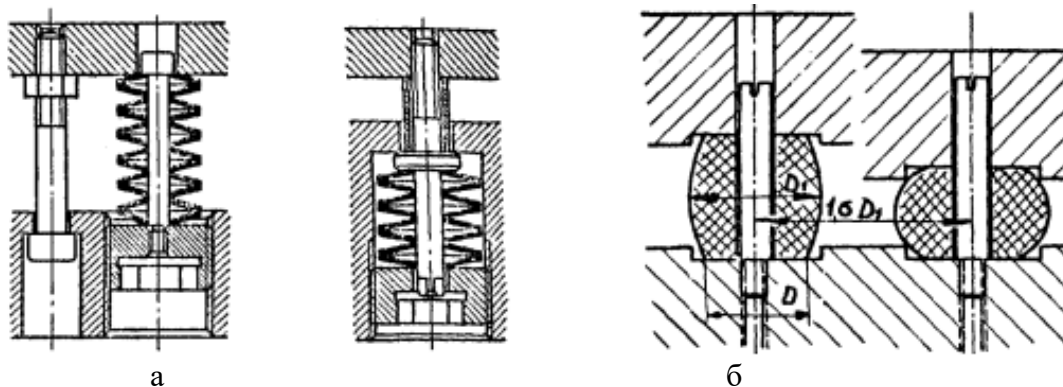
(крути) у току радног циклуса.

Код покретних скидача најчешће се користи акумулирана енергија еластичних елемената као што су: завојне опруге, тањирасте опруге и гума. За правилан рад скидача је важан начин уградње и њихово вођење у алату (слика 5.3). При мањим висинама завојних опруга препоручује се њихова уградња (слика 5.3а), при већим висинама опруга користи се елемент за вођење који је круто везан за држач лима или избацивач (слика 5.3б) и у случају потребе за регулисањем сабијености опруге као на слици (5.3в) [10].



Слика 5.3 Начини уградње завојних опруга у алату [2]

Примена тањирастих опруга омогућава да се при малом ходу постигну велике силе на скидачу и избацивачу готових дела или отпадака. Укупна висина уграђених тањирастих опруга у растеређеном стању не сме да прелази четвороструку вредност спољашњег пречника опруге. На слици 5.4 су приказани неки од начина њихове уградње у алатима.

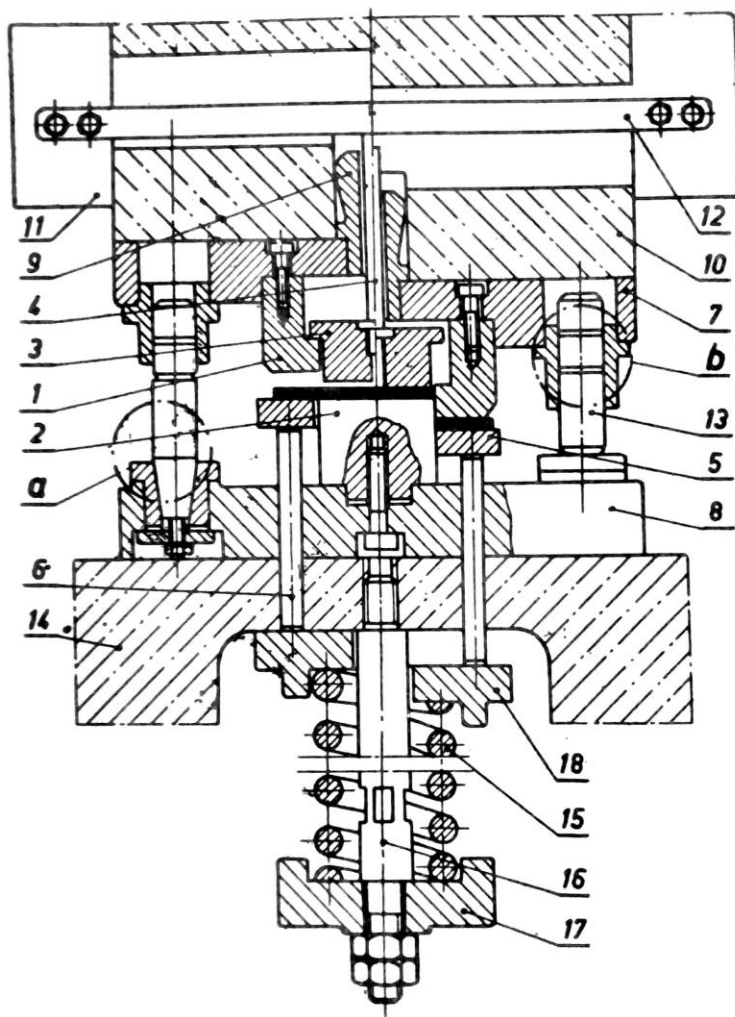


Слика 5.4 Начини уградње тањирастих опруга у алат са регулисањем сабијања (а) и начин уградње гумених опруга у алат (б) [10]

Гумене опруге спадају у тврде опруге, али се гума може сабити и до 80% своје почетне висине. Сабијање гумене опруге се препоручује при уградњи за 10% њене висине, али да максимално сабијање у току радног циклуса не сме да пређе 35-40% њене почетне висине. У горњој и доњој плочи потребно је урадити удубљење за смештај гумених опруга. Препоручује се за опругу да гума буде тврдоће око 68 *Shora*. Елементи за скидање и избацивање готових делова и отпадака, не морају увек бити саставни део алата, већ су често уграђени на преси.

На слици 5.5 је приказана конструкција алата са скидачем отпатка уграђеним у столу пресе (14). Уређај за избацивање се састоји од завојне опруге (15) која се наслања на плочу носача (17) а сила избацивања се преноси преко носеће плоче (18) и полууга избацивача (6) на плочу скидача (5) чија је улога да скида отпадак траке са просекача (2).

Код алата за савијање и дубоко извлачење овакав уређај служи за придржавање лима у току процеса савијања или извлачења. Избацивање готовог дела из прстена за просецање (1) врши се помоћу избацивача (3) који се преко трна (4) ослања на попречну летву (12) [10].



Слика 5.5 Пример алата са уређајем за скидање отпадака уграђен на преси [10]

5.3 Механизми за аутоматски посмак траке

Од табли лима или од трака лима, које испоручују ваљаонице, израђују се многи делови операцијама раздвајањем, дубоким извлачењем, савијањем и другим методама обраде лима.

Аутоматизација израде делова од лима не односи се само на аутоматизовање појединих машина, већ и на њихово повезивање у аутоматску линију. При томе морају да се остваре следећи сложени и међусобно повезани поступци:

- додавање материјала;
- центрирање;
- повлачење,
- подизање,
- уклањање готовог обратка,
- одстрањивање отпадака

Данас се у металопрерађивачкој индустрији око 35-50% делова прерађује непосредно из трака, 1-3% из производних отпадака, док је прерада појединачних комада 45-65%. С обзиром на релативно ниско процентуално учешће у преради из производних отпадака, код овог начина прераде не долази у обзир примена аутоматизације.

Механизми за аутоматско додавање појединачних комада су веома сложени, тако да се аутоматизација процеса пластичног деформисања лима претежно решава конструкцијом комбинованих алата са елементима за додавање. Аутоматско повлачење материјала у виду правих трака или трака у катуру врши се помоћу посебног уређаја. Погон уређаја за повлачење може да функционише од кривајног вратила, од горњег дела алата или од посебног независног погона. Повлачење траке може да се врши механички преко одговарајућих елемената од криваје или бата. Механички повлакачи се много употребљавају, али су подложни брзом хабању због динамичких напрезања.

Аутоматизација транспортних померања на универзалним пресама данас се решава у три правца, и то:

1. Коришћењем механизма за аутоматски посмак трака, који се као додатни уређаји прикључују пресама и представљају радне органе пресе.

2. Коришћењем аутоматских уређаја монтираних у алатима. То су заправо комбиновани алати са уграђеним механизмима за аутоматски посмак. Ови механизми добијају погон од горњег покретног дела алата, или непосредно од притскивача пресе.

3. Коришћењем механизма за аутоматски посмак, који се као независни агрегати монтирају на сто пресе, а погоне се помоћу горњег покретног дела алата.

Конструктивних решења аутоматизације посмака траке има много тако да је немогуће поставити строгу класификацију ових механизма на основу њихове конструкције. Због

тога се класификација врши на основу конструкције радног органа, који је непосредно у контакту са траком и који повлачи исту. Постоје три основна типа механизма за аутоматски посмак, који као орган користе:

- а. куку за повлачење,
- б. захватне стеге и
- в. ваљке.

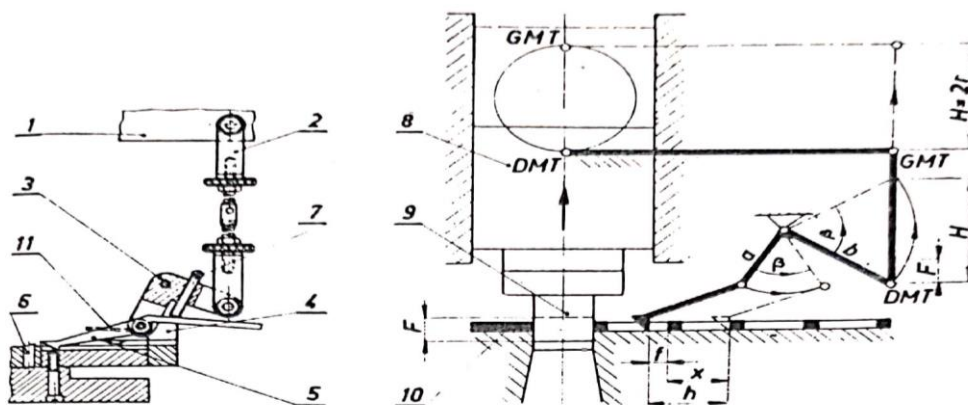
Котур траке се одмотава углавном на два начина. По једном систему носач котура се слободно одвија при повлачењу траке уређајем за повлачење, при чему повлакач заокреће котур при сваком ходу, па је овај поступак погодан само за мале масе котура. За котуре веће масе примењује се други начин његовог одмотавања, који се састоји у томе што се носач котура стално одмотава, док повлакач ради периодично, зависно од ходава пресе, па постоји и изванредан вишак траке између носача котура са механизмом за његово одмотавање и уређаја за повлачење траке [2].

5.3.1 Механизам за аутоматски посмак са куком за повлачење

Најраспрострањенија три типа ове врсте механизма су са:

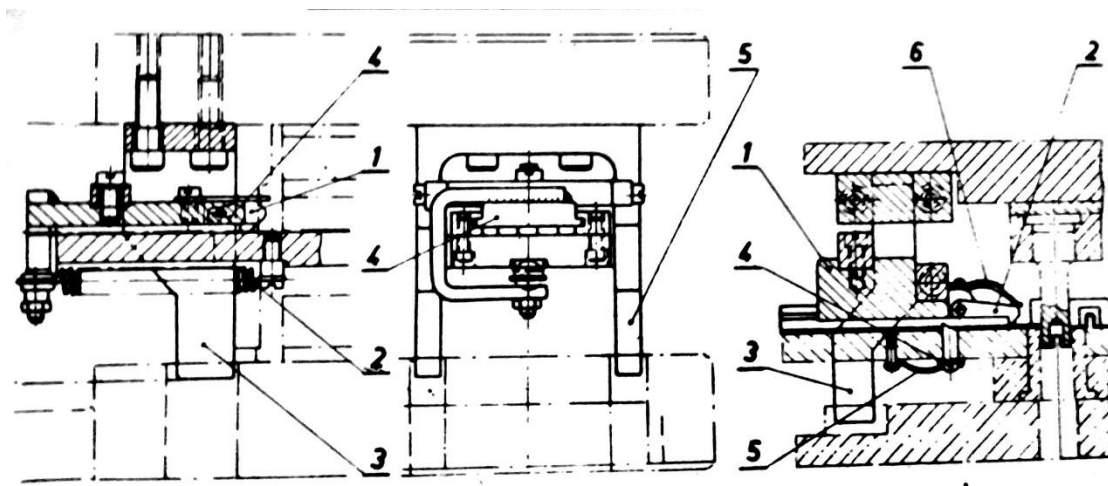
- 1. преносном полугом
- 2. клином
- 3. ваљком

Механизам за аутоматски посмак са куком и преносном полугом – овај механизам се поставља на излазној страни алата.



Слика 5.6 Механизам за аутоматски посмак са куком и преносном полугом [2]

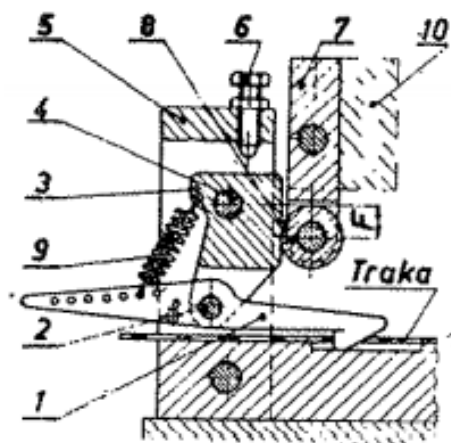
Механизам са куком за повлачење и клином – механизми код којих се за погон куке за повлачење користи клин, имају веома широку примену. Клин мора бити закошен, тако да се укупни посмак траке заврши пре почетка просецања.



Слика 5.7 Механизам за аутоматски посмак са куком и клином [2]

5.3.2 Механизам са куком за повлачење и ваљком

На механизму приказаном на слици 5.8, кука за повлачење (1) је причвршћена на механизам (2) окретног држача (3), који може да осцилира око осовине (4), монтиране у носачу механизма (5). Кука је другим крајем везана носачем преко завојне опруге (9). Завртњем (6) се ограничава закретање држача (3). Држач (3) се у радном ходу притискивача пресе закреће, јер на њега делује ваљак (8), монтиран у носачу (7), који је причвршћен уз горњу плочу алата (10).



Слика 5.8 Механизам за аутоматски посмак са куком и ваљком [2]

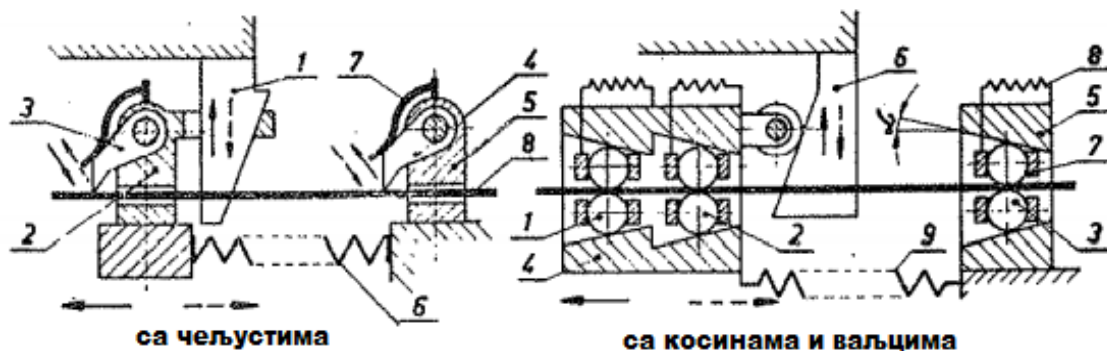
5.3.3 Механизам за аутоматски посмак са захватним стегама

Тип овог механизма је нашао широку примену у пракси захваљујући својој једноставности и разноврсним изведбама саме конструкције. Две конструкције које се највише примењују, у даљем тексту ће бити описане, и то су:

- са захватом помоћу чељустима (1)
- са захватом помоћу ваљака и косих равни (2)

1) Механизам са захватним чељустима је врло једноставан и сигуран у раду. Сигуран рад механизма се постиже када чељустима имају оштру ивицу. Ако се ради са тракама од тврђег челика, месинга или бронзе тада су чељустима снабдеване плочицама од тврдог метала. Број чељустима зависи од ширине траке.

2) Механизам за аутоматски посмак са захватом помоћу ваљака и косих равни има највећу примену, од свих осталих механизма са захватним стегама. Постоји низ варијанти овог типа механизма који се разликују по начину погона и ужој конструкцији захватних органа.



Слика 5.9 Шематски приказ уређаја за посмак траке са захватним стегама [2]

5.3.4 Механизам за аутоматски посмак са ваљцима

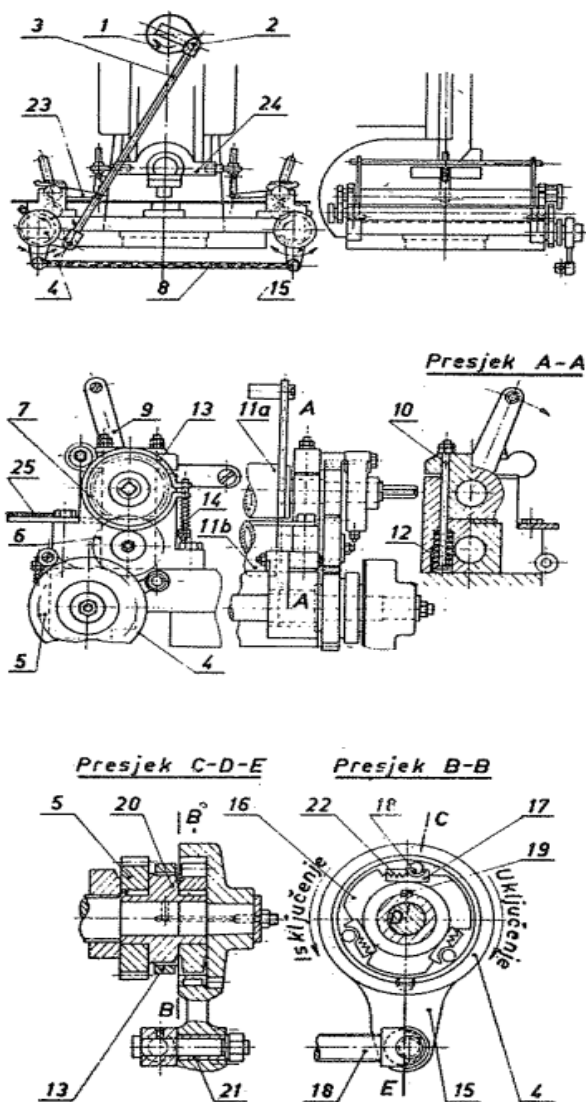
Код овог механизма, радни орган за померање траке се састоји од пара ваљака.

Траку са горње стране потискује горњи ваљак, а трака се наслања на доњи ваљак. Ваљци потискују траку у алат. Најпростоји механизам овог типа има само један пар ваљака. Овај механизам се чешће изводи са два пара ваљака. С обзиром на то од којег радног органа пресе ваљци добијају погон, разликујемо два типа:

- Са директним погоном од главног вратила пресе (а)
- Са погоном од притискивача пресе (б)

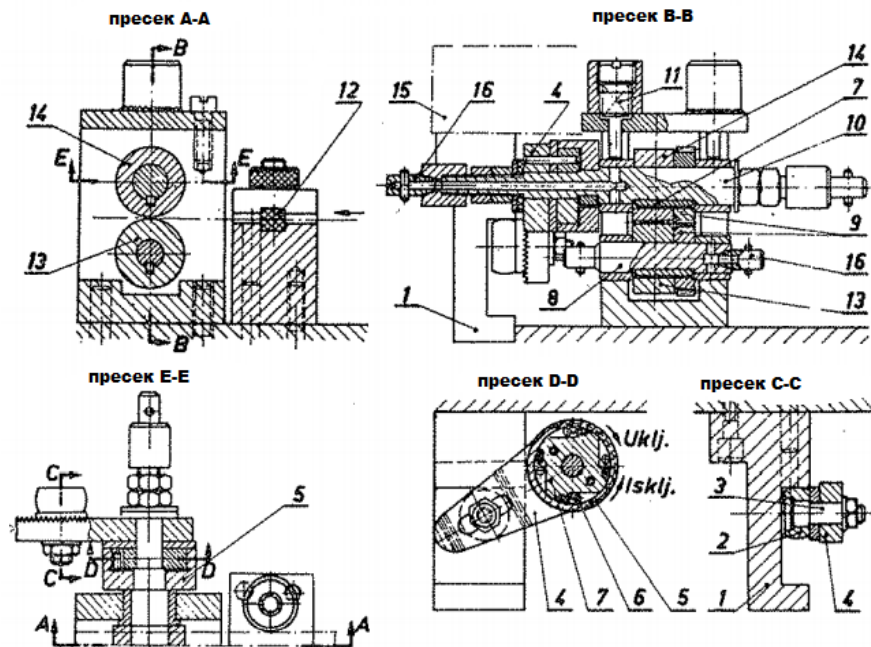
Постоје разни начини са којих се погон може преносити са предњег на задњи пар ваљака, и то: полугом, зупчаницима и зупчастом летвом или цилиндричним зупчаницима са спиралним зупцима.

а) Механизам за аутоматски посмак са ваљцима и погоном од вратила пресе су механизми најуниверзалнијег типа и могу се примењивати за посмак трака неограничених ширина и дебљина. Најраширенији тип свакако представља механизам са два пара ваљака. Предњи пар ваљака добија погон са вратила пресе и он потискује траку у алат.



Слика 5.10 Механизам за аутоматски посмак траке са ваљцима [2]

б) Механизам за аутоматски посмак са ваљцима и погоном са притискивача пресе изводи се са једним паром ваљака који добијају погон са притискивача пресе. Овај тип механизма је мање универзалан од претходно описаног механизма али је и једноставнији и јефтинији.



Слика 5.11 Механизам за аутоматски посмак траке са ваљцима [2]

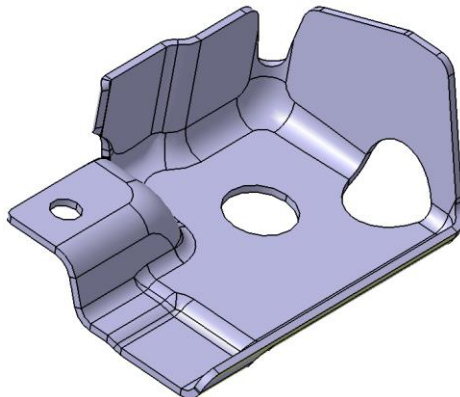
5.3.5 Граничници код ручног посмака

Трака треба да заузме правилан положај у односу на отвор прстена за просецање (пробијање), после сваког радног хода притискивача пресе. Из тог разлога се у алату уграђују посебни елементи за ограничавање величине померања траке. Функција граничника се своди на то да они осигурају прописани константни посмак траке. Округла плоча је најједноставнији граничник и она је завртњем причвршћена уз прстен за просецање. Трака се ручно издиже изнад граничника, у повратном ходу притискивача пресе, и помера унапред за износ посмака x . Граничник се затим спушта и повлачи уназад, док мост траке не налегне на ивицу граничника [2].

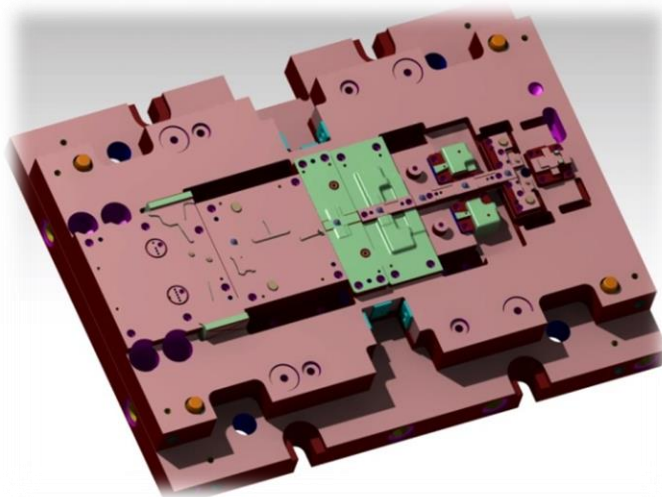
6. Студија случаја

Пошто је обрада у корачним алатима доста сложена, и условљена сложеношћу саме геометрије комада, који се технолошки обликује кроз читав сет операција, дефинисаних „методом“, за конструкторе алата је веома важно да провере алат кроз тзв. „виртуелну производњу“, односно симулацију процеса обликовања алата. За то се користе софтвери развијени на бази методе коначних елемената.

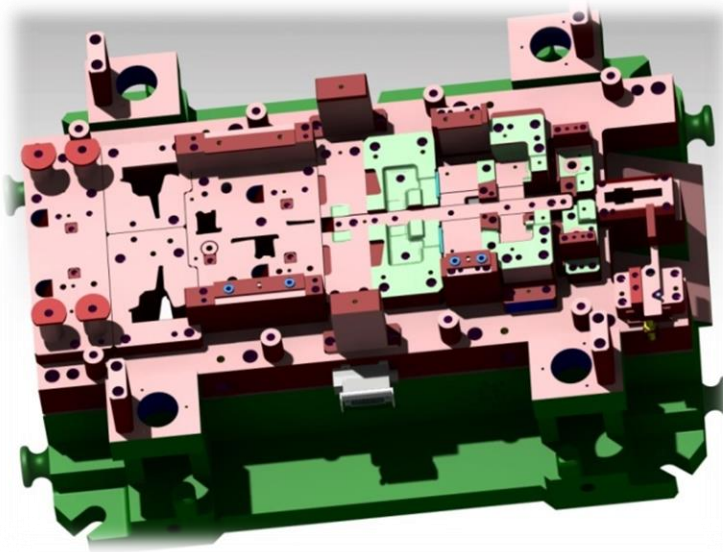
У овом раду је приказана студија случаја обликовања комада од лима у индустријском корачном алату, који је конструисан и израђен у компанији „WEBA“ (сада „Горење“) из Крагујевца. На слици 6.1 дата је слика геометрије радног комада који је предмет ове студије. За потребе симулације добијени су одговарајући улазни подаци од инжењера из компаније, као и CAD модели алата. На сликама 6.2 и 6.3 су приказани доњи и горњи део алата, док је на слици 6.4 приказана технологија израде дела ткз. „метода“, која се састоји из девет фаза обликовања, односно девет корака [12].



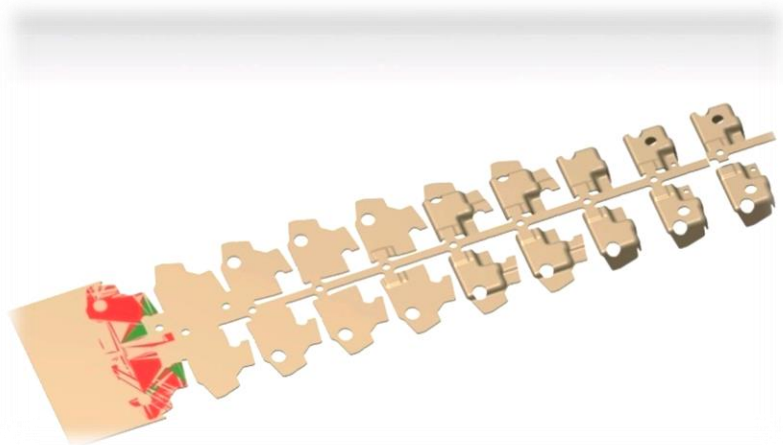
Слика 6.1 Геометрија радног комада



Слика 6.2 Горњи део корачног алата



Слика 6.3 Доњи део корачног алата



Слика 6.4 Метода израде комада у корачном алату

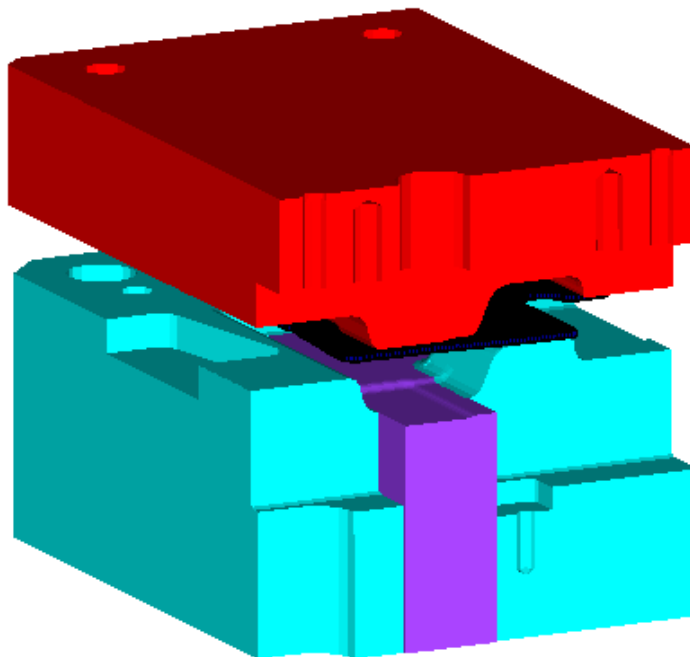
Најшире примењивани алат за симулацију је метода коначних елемената (FEM – *Finite Element Method*). Метода коначних елемената спада у методе дискретне анализе. Ова метода се заснива на физичкој дискретизацији разматраног подручја. Уместо елемената диференцијално малих димензија, основу за сва проучавања представља део подручја коначних димензија, мање подручје или коначни елемент. Коришћењем методе коначних елемената (МКЕ) постижу се најпрецизнији резултати а дате резултате је могуће приказати у било ком тренутку процеса у целом домену припремка и алата. Геометрија припремка или неког дела алата који је окарактерисан као 3D објекат се по правилу прво убацује у МКЕ софтер, а затим се на захтев корисника аутоматски креира 3D мрежа коначних елемената која се коригује по потреби, како би се реализовала нумеричка симулација процеса.

Један од софтера за симулацију применом методе коначних елемената јесте *Simufact.forming*. Софтверски пакет *Simufact.forming* се користи за симулацију различитих процеса обраде метала деформисањем, независно од врсте машине, материјала обратка, врсте процеса, температуре процеса и друго. Такође омогућава уочавање безконтактних зона, попуњавање алата као и течење материјала. Служи за праћење поља температуре, притиска, напона и деформација у посматраном обратку, али такође и у алату. Симулација обликовања комада у овој студији је реализована коришћењем овог софтвера.

6.1 Симулација прве операције обликовања

У раду [12] је детаљно описан поступак припреме улазних података за симулацију и моделирање процеса обликовања, овде ће бити приказани само неки од улазних података, као што су: материјал радног комада, преса, услови трења, температуре и геометрија алата.

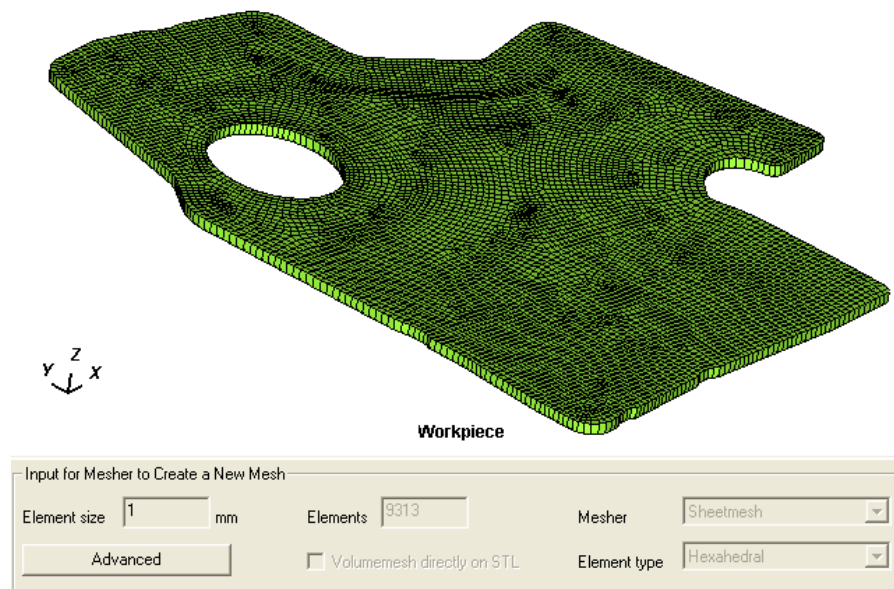
На слици 6.5 приказана је геометрија алата за прву операцију. За потребе симулације потребно је да модели алата буду у STL формату.



Слика 6.5 Геометрија алата за прву операцију

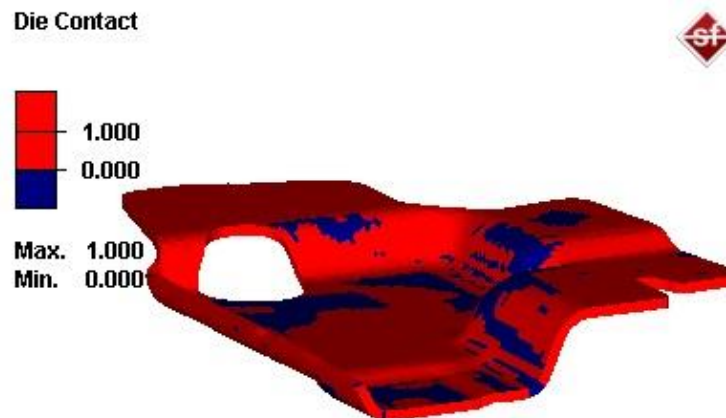
Материјал радног комада је STANL EN 10268 – 1.0548. Материјал је дефинисан ручно из разлога што задати материјал није постојао у бази података па је креиран у софтверу. Крива течења је задата у следећем облику: $\sigma = 707 \cdot \epsilon^{0.24}$.

Када су дефинисани основни параметри процеса, креирана је мрежа коначних елемената на припремку. Величина коначног елемента је 1mm, а коришћен је „Mesher“- Sheetmesh (Слика 6.6).

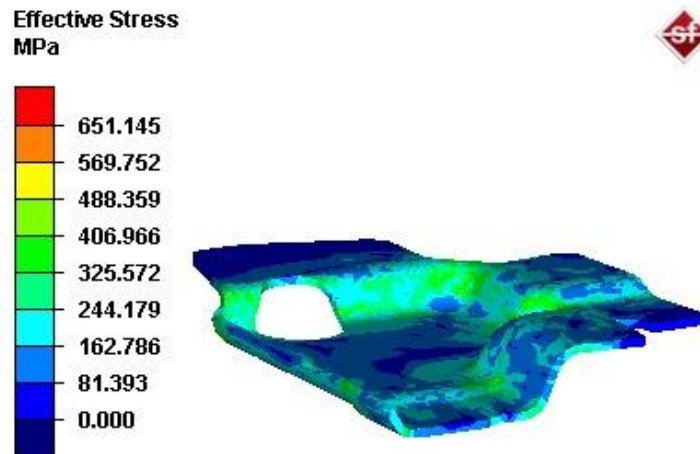


Слика 6.6 Креирање мреже коначних елемената

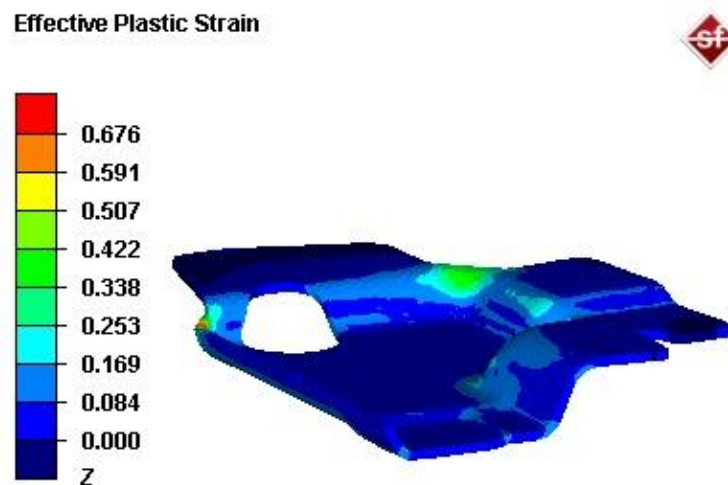
У наставку су приказани резултати добијени симулацијом прве операције, и то: контакт алата са радним комадом (слика 6.7), расподела ефективног напона у радном комаду (слика 6.8), расподела пластичне деформације у радном комаду (слика 6.9).



Слика 6.7 Контакт алата са радним комадом



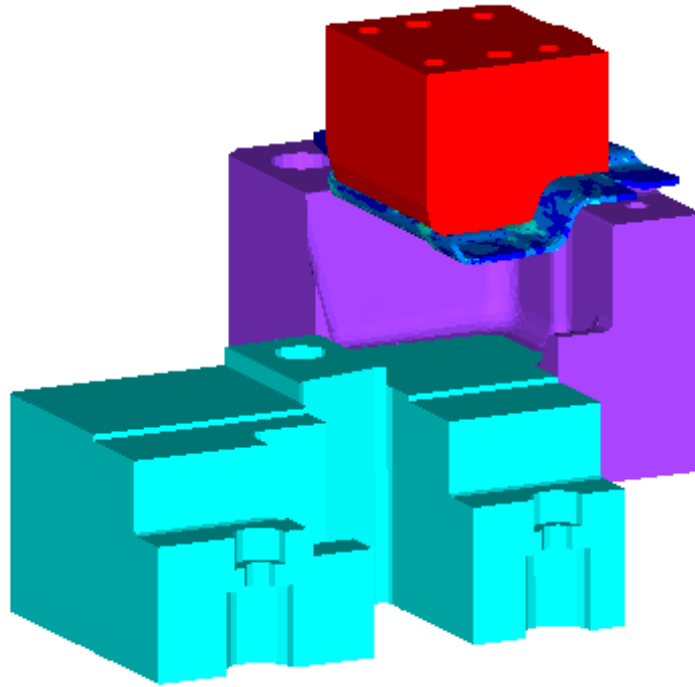
Слика 6.8 Расподела ефективног напона на радном комаду



Слика 6.9 Расподела пластичне деформације на радном комаду

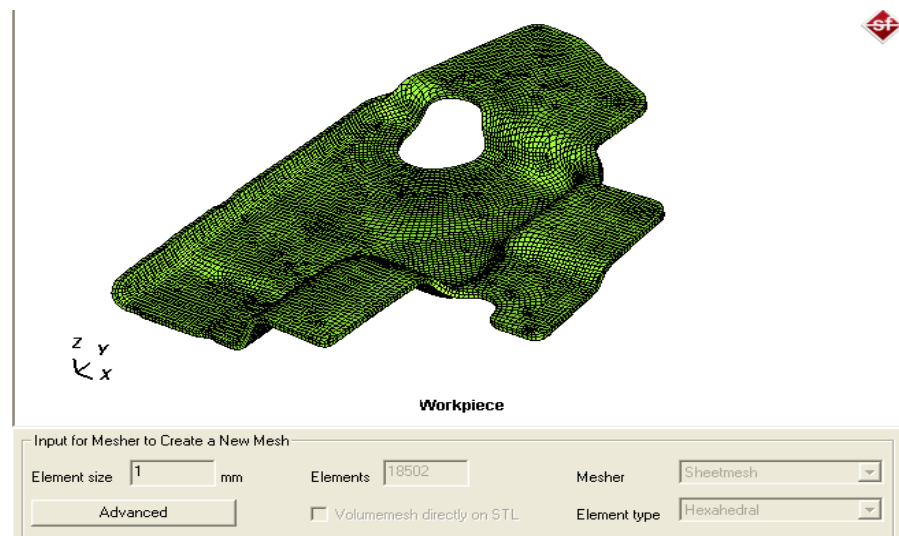
6.2 Симулација друге операције обликовања

Геометрија алата за другу операцију приказана је на слици 6.10. Геометрија радног комада за другу операцију извезена је из прве операције из разлога да би се пренела историја претходног обликовања.



Слика 6.10 Геометрија алата за другу операцију

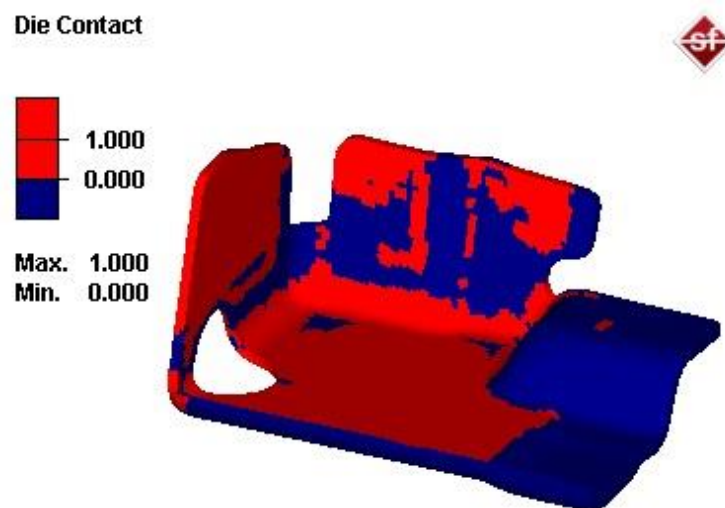
Дефинисање материјала радног комада, пресе, трења и температуре радног комада и алата, је исто као у првој операцији. На обратку је креирана мрежа коначних елемената са истим параметрима као у првој операцији (Слика 6.11).



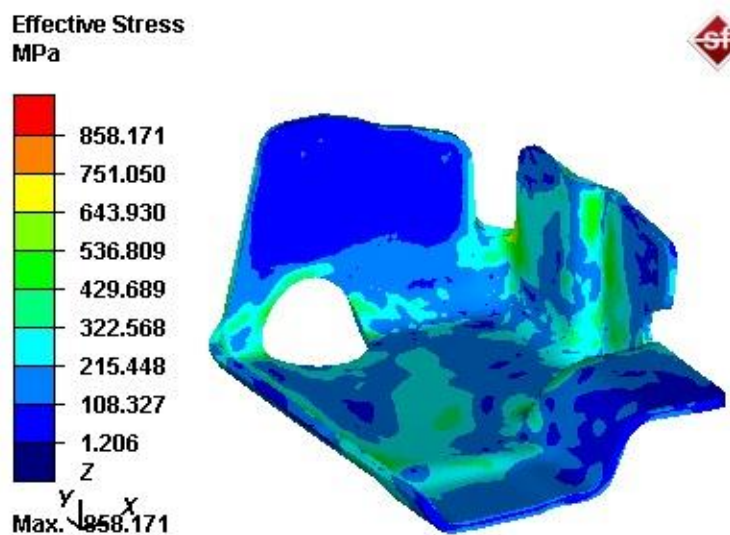
Слика 6.11 Креирање мреже коначних елемената на обратку

Као и у претходној операцији, овде су приказани резултати добијени симулацијом друге операције, и то: контакт алата са радним комадом (слика 6.12), расподела ефективног

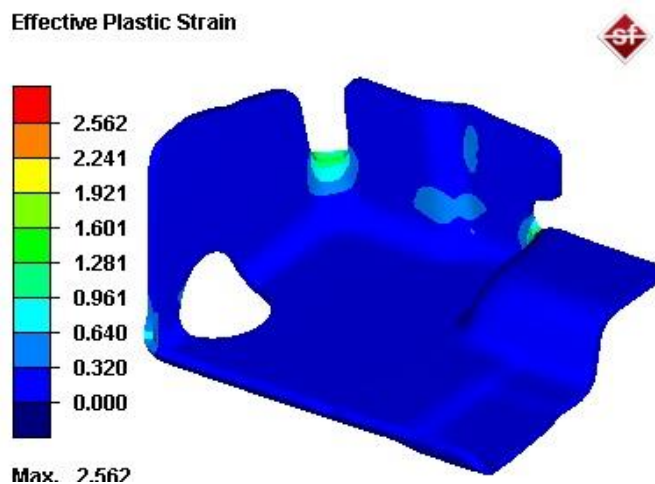
напона у радном комаду (слика 6.13), расподела пластичне деформације у радном комаду (слика 6.14).



Слика 6.12 Контакт алата са радним комадом



Слика 6.13 Расподела ефективног напона у другој операцији обликовања



Слика 6.14 Расподела пластичне деформације у другој операцији обликовања

7. Закључна разматрања

Технологија обраде лима у корачним алатима представља доста захтеван процес. Конфигурација обратка обезбеђује најповољније искоришћење лима и то уз најмањи отпад. Примена корачних алата је разноврсна и рентабилна у условима серијске и великосеријске производње. Алати који се користе у овом процесу су сложени а делови који се добијају су такође сложеног облика, што доводи до повећања трошкова производње, што представља један од главних недостатака ове технологије.

У овом раду детаљно су описани технолошки процеси обраде лима и то процеса просецања, пробијања, савијања и дубоког извлачења. Дат је и опис основних типова алата као и основних конструктивних елемената са примерима алата. Такође је описано обликовање лима у корачним алатима, њихова примена, примери процеса и алата као и сами принципи и предности. Када је реч о конструкцијским карактеристикама елемената, описани су механизми за скидање готових делова, елементи за претварање вертикалног кретања притискивача пресе у хоризонтално кретање пробојца, елементи за вођење траке лима и механизми за ограничавање и аутоматски посмак траке. Студија случаја која је представљена у раду има за циљ приказ конструкције индустријског алата и резултата симулације две операције обликовања комада применом методе коначних елемената, за проверу добијене геометрије и квалитета обратка у овим фазама обликовања у корачном алату.

8. Литература

[1] **Србислав Александровић, Милентије Стефановић**, *Технологија пластичног обликовања метала*, Факултет инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу, Крагујевац, 2010.

[2] **Бинко Мусафија**, *Обрада метала пластичном деформацијом – четврто издање*, Завод за уџбенике „Светлост”, Сарајево, 1979.

[3] **Весна Мандић**, *Машине и алати у обради деформисањем*, Факултет инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу, Крагујевац, 2020.

[4] ФТН, Интернет страница:

https://prezi.com/zvuvb3__lstu/alati-za-probijanje-i-prosecanje-lima/, приступљено 25.07.2020.

[5] **Владо Вујовић**, *Технологија пластичности у машинству*, Факултет техничких наука у Новом Саду, Нови сад, 1990.

[6] **Бранислав Девеџић**, *Обрада метала деформисањем*, Машински факултет у Крагујевцу, Београд, 1981.

[7] ФТН, Интернет страница:

<http://www.ftn.uns.ac.rs/n779218737/novo-eksperimentalno-postrojenje-zasavijanjetankozidnih-cevi-primenom-toplote-generisane-trenjem>, приступљено 27.07.2020.

[8] **Драгиша Бараћ**, *Материјали за обуку „Пројектовање алата“*, Крагујевац, 2012.

[9] ФТН, Интернет страница:

<http://www.dpm.ftn.uns.ac.rs/predmeti/Tehnologija%20masinogradnje/Duboko%20izv-lacenje.pdf>, приступљено 27.07.2020.

[10] **Миленко Јовичић, Љубодраг Тановић**, *Алати и прибори*, Машински факултет у Београду, Београд, 2007

[11] „Застава“-каталог, Крагујевац

[12] **Дејан Милојевић**, *Дипломски рад, Примена напредних инжењерских анализа помоћу рачунара у пројектовању корачних алата*, Факултет инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу, Крагујевац, 2013.

[13] **Марко Орешковић**, *Стандардни алат и прибор*, каталог