

Факултет инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу



Назив студијског програма: Машинско инжењерство

Ниво студија: Основне академске студије

Модул: Производно машинство

Предмет: Машине и алати у ОМД

Број индекса: 46/2015

Милица Д. Николић

Алати за пробијање и просецање завршни рад

Комисија за преглед и одбрану:

1. Проф. Др Весна Мандић - ментор

2. _____

3. _____

Датум одбране: _____

Оцена: _____

У оквиру овог завршног рада кандидат треба да:

- Анализира процеса пробијања и просецања, опише главне карактеристике обраде и наведе препоруке везане за технологичност које се морају испоштовати,
- Изврши поделу основних елемената алата за пробијање и просецање,
- Представи прорачун за степен искоришћења траке и табле који служи за оцену економичности распореда комада у траци

Препоручена литература:

[1] Бинко Мусафија, *Обрада метала пластичним деформисањем*, Сарајево, 1979 год.

[2] Ивица Марјановић, *Алати за пробијање и просецање*, дипломски рад, Крагујевац, 2010 год.

[3] Владимир Б. Шолаја, *Алати за обраду лима*, Машински факултет, Београд, 1967 год.

[4] Миленко Јовичић, Љиљана Димитријевић - Марковић, *Алати за обраду лима*, Машински факултет, Београд, 1980 год.

Крагујевац, датум

Ментор:

Проф. Др Весна Мандић

Садржај

1. Увод.....	3
2. Обрада метала деформисањем.....	4
2.1 Пробијање и просецање	5
2.2 Прорачун сила просецања и пробијања	7
3. Основни елементи алата за пробијање и просецање.....	10
3.1 Матрица (прстен) за просецање и пробијање	14
3.2 Просекачи и пробојци	19
3.2.1 Прорачун на притисак и извијање процекача и пробојаца	23
3.2.2 Шупљи просекачи.....	24
3.3 Елементи за скидање радног комада и отпатка	24
3.4 Вођице материјала	26
3.5. Граничници	28
3.6 Стубови за вођење	31
3.7 Цилиндрични рукавци	34
4. Зазори и толеранције	37
4.1 Прорачун зазора и толеранција при пробијању.....	38
4.2 Прорачун зазора и толеранција при просецању	39
5. Прорачун степена искоришћења траке и табле	41
6. Добијање квалитетних површина просецања	43
7. Закључак.....	44
Литература	46

Резиме

У овом завршном раду се описују основне карактеристике процеса пробијања и просецања. Посебно се разматрају основни елементи алата за пробијање и просецање: матрице, просекачи, пробојци, вођице, граничници и слично. Дат је прорачун основних елемената алата за просецање и пробијање, односно зазора и толеранција израде алата. Табеларно су дате препоруке за начине и димензије за поуздано причвршћивање алата, представљени су шупљи просекачи, начини ојачања танких пробијача итд.

Кључне речи: алати, пробијање, просецање, препоруке

Abstract

This paper describes the basic characteristics of the process of penetration and generalization. In particular, the basic elements of the tool for punching and sorting are discussed: matrices, average, punchers, guides, boundaries, etc. Gaps and tolerances in tools development, as well as the calculation of cuts and breaks are presented. The tabulations give recommendations for shapes and dimensions for reliable fixing of tools, hollow outsiders, ways of strengthening thin punchers, etc. are presented.

Key words: *tools, punching, glutting, recommendations*

1. Увод

Пробијање и просецање представља процес раздвајања материјала помоћу алата на пресама, где се материјал раздваја по затвореној контури дејством резних ивица извршног елемента (пробојца или просекача).

Почетни део завршног рада обухвата кратак опис обраде метала деформисањем, са приказом основне поделе процеса обраде деформисањем, предности обраде и подручија примене. Следи опис процеса пробијања и просецања где су наведене препоруке везане за технологичност и основне фазе процеса. Такође, дат је прорачун сила просецања и пробијања, као и сила скидања отпадка.

Важнији део рада представља поглавље у коме су описани основни елементи и подела алата за пробијање и просецање. Приказана су различита конструктивна решења алата за пробијање и просецање где су дате позиције основних елемената делова алата. У наставку су наведене њихове основне карактеристике, препоруке, типови, као и прорачун зазора и толеранције алата.

2. Обрада метала деформисањем

У обраду метала деформисањем спадају све оне методе код којих нема скидања струготине и налазе најширу примену у металопрерађивачкој индустрији. То су оне методе обраде при којима се пластичним деформисањем и раздвајањем почетном материјалу даје жељени облик [1].

Обрада метала деформисањем има циљ да се са најмање могућим отпатком материјала и са најмањим бројем радних операција добије готов производ. Материјал који се прерађује доводи се у стање пластичног течења, а то значи да се он мора оптеретити изнад границе еластичности. Потребан рад и силу обезбеђују машине, а алат који се прикључује машини има функцију обликовања радног комада, што значи да динамику прераде деформисањем остварује машина, а геометрију радног комада одређује алат у коме се обликује и обрађује. Подручје обраде метала се са становишта деформације може поделити на деформисање до разарања метала и пластично деформисање. Разарање метала се изводи у циљу раздвајања комада на делове. Пластично деформисање метала се може вршити у хладном или у врућем стању, а према облику почетног материјала може се поделити на [1]:

1. Прераду лимова (табле лимова, траке, комади-платине),
2. Прераду компактних тела (вучени, ваљани и ковани профили разних облика попречног пресека, шипке, греде, дебеле плоче итд.).

Лимови се пластичним деформисањем могу прерађивати процесима савијања, дубоког извлачења и разним пластичним обликовањима, а компактна тела се прерађују процесима пресовања, истискивања и ковања [1].



Слика 2.1. Делови добијени обрадом метала деформисањем [6]

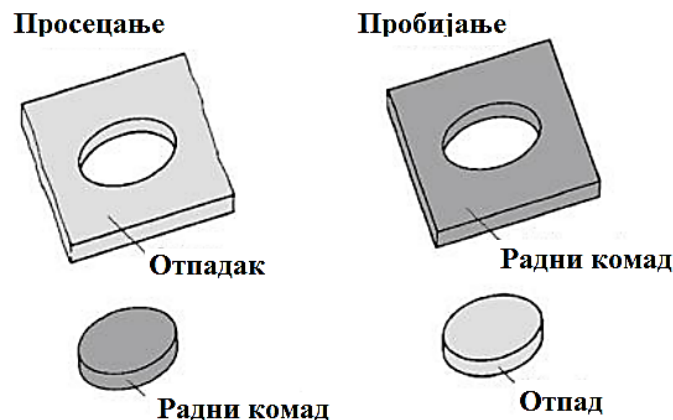
Једним релативно једноставним дејством машине за обраду деформисањем могу се производити делови врло компликованих облика које је немогуће добити другим начином обраде. Тачност израђених делова је велика јер се могу постићи врло уске израдне толеранције, а такође се добијају производи високих механичких

карактеристика и квалитета. Обраду карактерише врло мали утрошак материјала јер је отпадак сведен на минимум. Машине за обраду деформисањем су једноставне и не захтевају висококвалификовану радну снагу. Недостатак обраде метала деформисањем представља чињеница да се пуна економска оправданост најчешће постиже у серијској, великосеријској и масовној производњи. Материјал који има ниску почетну пластичност тешко се обрађује, а појава великих деформационих сила и напона током појединих процеса обликовања захтева снажне машине и скупе алате [1].

Метода раздвајањем се разликује у односу на остале методе деформисањем. Суштина процеса раздвајања је остваривање тангенцијалних напона. Када тангенцијални напони достигну максималну вредност долази до раздвајања структуре, а запремина готовог комада увек је мања од првобитне запремине [5].

2.1 Пробијање и просецање

Пробијање и просецање представљају типичне операције раздвајања материјала помоћу алата на пресамa. Материјал се код ових операција раздваја у затвореној контури. Код просецања је просечено језгро радни комад, док остатак траке представља отпадак, а код пробијања је пробијено језгро отпадак. Најчешће се процес пробијања и просецања изводи на механичким пресамa, а полуфабрикати су лимене траке или појединачни комади од лима [1].



Слика 2.2. Просецање и пробијање [7]

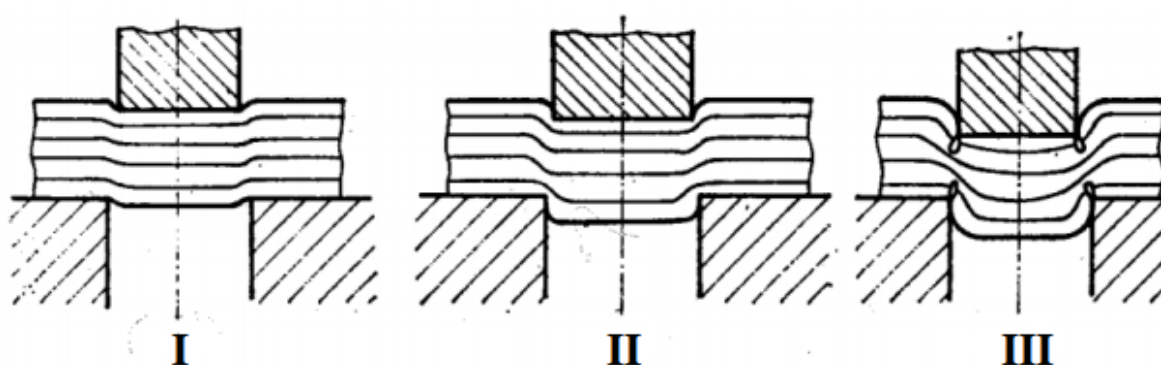
При обради лима пробијањем и просецањем морају се испоштовати препоруке везане за технологичност [8]:

- 1) Избежавати сложене конфигурације са дугачким и уским прорезима,
- 2) Потребно је да прелазно заобљење на угловима контуре износи:
 - $\alpha > 90^\circ \rightarrow r \geq 0,3 s$

- $\alpha < 90^\circ \rightarrow r \geq 0,6 s$
- 3) Најмања димензија отвора при пробијању је
- За меки челик и месинг – $d \geq s$
 - За тврди челик $d \geq 1,3 s$
- 4) Није дозвољена израда отвора у зони која је подвргнута савијању јер се исти деформише при обради савијањем
- 5) Уколико је могуће геометријом комада дефинисати положај, тј. са које стране је грат пробијене површине.

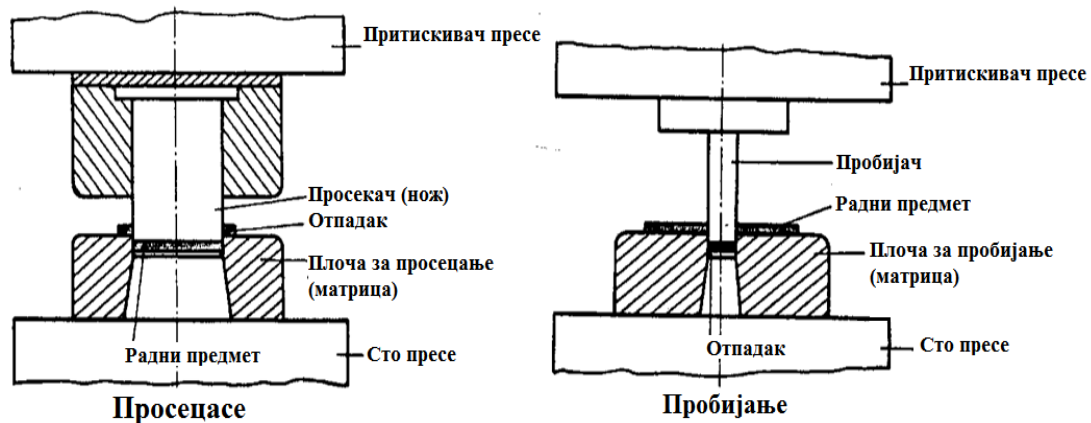
Код пробијања и просецања, материјал не мора да има добре особине пластичности и деформабилности јер се ради о сечењу. Мањим зазором постиже се бољи квалитет просечене површине, али је деформациона сила већа, и обрнуто, већи зазор даје лошију просечену површину уз мању силу и смањено хабање алата [1].

У процесу просецања (пробијања) могу се уочити три фазе. У првој фази процеса материјал је под дејством притиска просекача изложен оптерећењу на еластично савијање. Након одређеног времена еластично савијање прераста у пластично савијање у комбинацији са истезањем влакана, а даљим продирањем просекача (друга фаза) јавља се већа вредност деформације која настаје по прекорачењу напона на границе течења. То значи да се у овој фази материјал савија и утискује у отвор прстена за просецање, али влакна у овој фази још увек нису прекинута. При даљем продирању просекача у материјал (трећа фаза) степен деформације знатно прелази дозвољену границу и то доводи до првих прскотина испред резних ивица и до коначног прекида материјала. На слици 2.3. приказане су фазе процеса пробијања (просецања).



Слика 2.3. Фазе процеса пробијања и просецања [1]

Просецање подразумева одвајање по спољашњој контури, при чему се од лима добијају предмети одговарајућег облика, док пробијање представља одвајање по унутрашњој контури при чему се добијају отвори у радном комаду. На слици 2.4. дате су шеме обраде пробијањем и просецањем [1].



Слика 2.4. Шема просецања и пробијања [8]

2.2 Прорачун сила просецања и пробијања

Максимална вредност напона смицања или чврстоћа смицања τ_m од пресудног је значаја за одређивање силе просецања (пробијања). Овај напон код просецања (пробијања) није константна величина и мења се у зависности од релативне дубине продирања просекача ($\varepsilon = \frac{z}{s}$), по одређеним законитостима, у зависности од врсте материјала и температуре. Код просецања (пробијања) у хладном стању са порастом тврдоће материјала расте и највећа вредност напона смицања (τ_m), док релативна дубина просецања опада. Чврстоћа смицања опада при раду на повишеним температурама [1].

Номинални напон у моменту раздвајања материјала:

- чврстоћа истезања: $\sigma_m = \frac{F_m}{A_o}$,
- чврстоћа смицања: $\tau_m = \frac{F_m}{A_o}$.

Стварни напони у истој фази оптерећења материјала:

- затезање: $k_m = \frac{F_m}{A_m} = \frac{F_m}{A_o(1-\psi_m)}$,
- смицање: $\tau_{mst} = \frac{F_m}{A_m} = \frac{F_m}{\pi d(s-z_{ot})} = \frac{F_m}{A_o(1-\varepsilon_{ot})}$,

где је [1]:

- F_m - сила у моменту раздвајања,
- ψ_m - пречна контракција пробне епрувете у моменту почетка локализације деформације и
- ε_{ot} - релативна дубина просецања.

Стварни напони су већи од номиналних [1]:

$$k_m > \sigma_m \text{ и } \tau_{mst} > \tau_m \text{ јер је } A_m < A_o.$$

Образац за одређивање силе просецања (пробијања) за алате са паралелним резним ивицама је:

$$F_M = L \cdot s \cdot \tau_m,$$

где је:

- L - дужина контуре која се пробија,
- s - дебљина материјала,
- τ_m - чврстоћа смицања.

Прорачуната сила се повећава за 30 % због неравномерности дебљине материјала и тупљења резних ивица алата. Стварна сила на основу које се одређује машина (преса) је [1]:

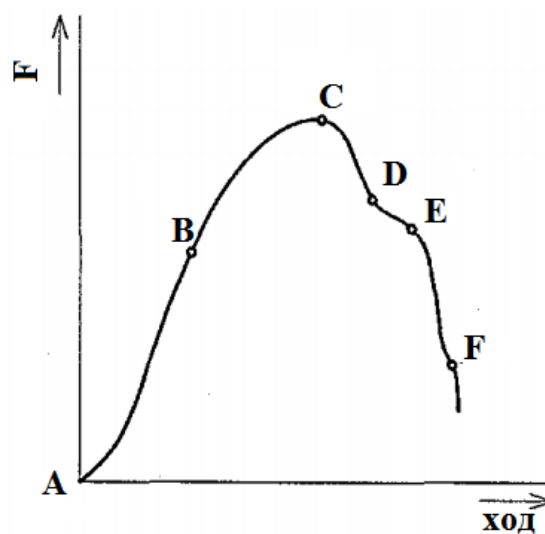
$$F_{MA\check{S}} = 1,3 \cdot L \cdot s \cdot \tau_m.$$

Ако у алату постоји држач или избацивач који се својим дејством супроставља главном дејству пресе, сила машине се рачуна по обрасцу [5]:

$$F_{MA\check{S}} = 1,3 \cdot F + F_D,$$

где је F_D сила држача.

Промена силе просецања у функцији хода притискивача приказана је на слици 2.5 [5].



Слика 2.5. Зависност силе од хода притискивача [5]

На слици 2.5. могу се уочити [5]:

- АВ – зона еластичности,
- ВС – зона пластичности,
- С – појава прве пукотине,
- D – крај процеса раздвајања,
- DE – савладавање трења између раздвојених површина,
- EF – савладавање трења између комада и матрице после одвајања.

Израз за израчунавање деформационог рада је :

$$W = \int_0^s F dy = F_{sr} \cdot s = \lambda F_M s,$$

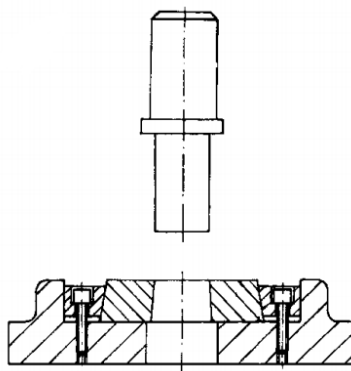
где је λ коефицијент средње силе који зависи од врсте материјала и дебљине лима и износи $\lambda=0,4 - 0,75$.

3. Основни елементи алата за пробијање и просецање

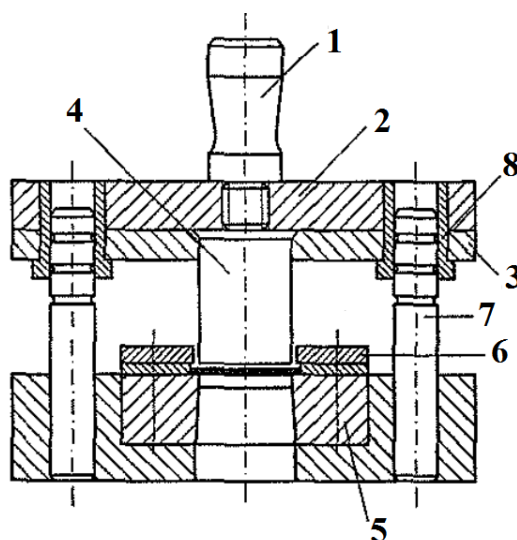
Подела алата може се извршити према различитим критеријумима. Према начину вођења алати за просецање и пробијање могу се поделити на [1]:

- алате без вођења,
- алате са плочастим вођењем,
- алате са стубним вођењем,
- алате са комбинованим вођењем.

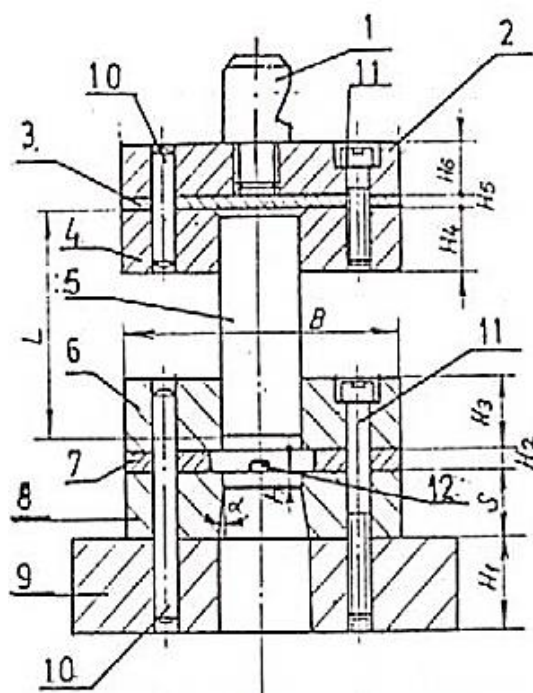
На сликама 3.1. – 3.4. представљени су алати за пробијање и просецање са различитим врстама вођења радних елемената.



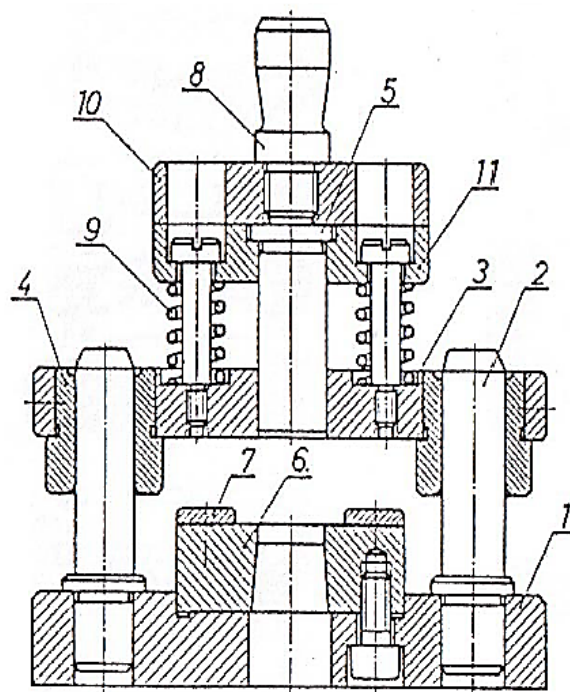
Слика 3.1. Алат без вођења [7]



Слика 3.2. Алат са стубним вођењем: 1 – чеп за везу са машином, 2 – горња плоча, 3 – помоћна плоча, 4 – просекач, 5 – матрица, 6 – вођица траке, 7 – стубна вођица, 8 – чаура за вођење [5]



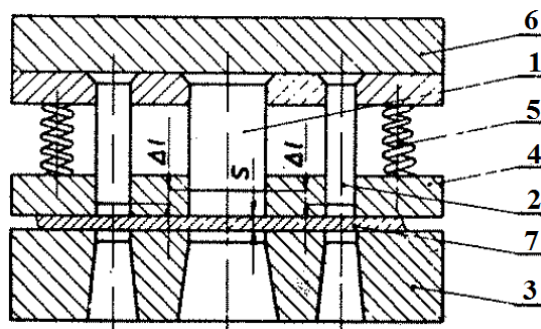
Слика 3.3. Алат са плочастим вођењем: 1 – рукавац за везу са пресом (чеп), 2 – држач рукавца, 3 – међуплоча, 4 – држач просекача, 5 – просекач, 6 – водећа плоча, 7 – вођица траке, 8 – плоча за просецање, 9 – основна плоча, 10 – чивија, 11 – вијци за везу, 12 – граничник [2]



Слика 3.4. Алат са комбинованим вођењем: 1 – основна плоча, 2 – стубови за вођење, 3 – плоча, 4 – чаура, 5 – вођица просекача, 6 – плоча за просецање, 7 – вођице, 8 – рукавац, 9 – опруга, 10 – држач рукавца, 11 – држач просекача [2]

Према броју просецања алати се деле на:

- једносечне,
- вишесечне.



Слика 3.5. Вишесечни алат са различитом дужином пробојца: 1 – средњи пробојац, 2 – бочни пробојац, 3 – плоча за пробијање, 4 – држач лима, 5 – опруга држача, 6 – горња плоча, 7 – лим [1]

Према извођењу резне ивице, алати могу бити:

- са равним резним ивицама,
- са закошеним резним ивицама.

Табела 3.1. Алати за пробијање и просецање са закошеним резним ивицама [2]

Просецање		Пробијање	

Сви елементи једног алата за пробијање и просецање могу се поделити у две основне групе [8]:

1) Делови технолошке намене који учествују у извођењу технолошких операција и у контакту су са предметом обраде [8]:

- Радни елементи (пробојци, просекачи, матрице и сл.)
- Делови за локацију (граничници, бочни ножеви, вођице и сл.)
- Делови за држање и уклањање комада (држачи, скидачи, избацивачи)

2) Делови конструкцијског типа (држе све елементе у једној целини):

- Ослонци и држачи (плоче, рукавци, граничници)
- Делови за вођење покретног дела у односу на непокретни (стубови, чауре, плоче за вођење и сл.)
- Стезни и остали делови (вијци, чивије, опруге).

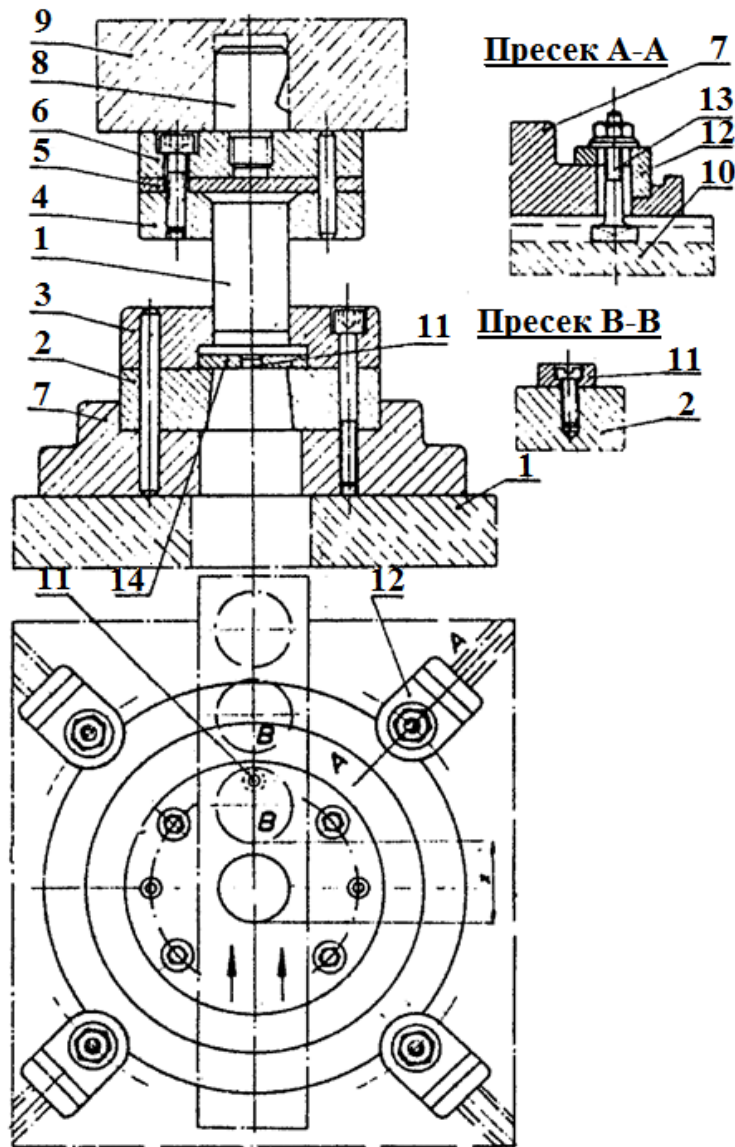
Поред наведене две групе постоји и помоћна група. У ту групу спадају делови алата који имају задатак да вертикално кретање претворе у хоризонтално кретање (механизми са клином и стрмом равни).

Алат за просецање и пробијање ради по истом принципу као и маказе, а разлика је у томе што се у овом случају материјал раздваја по затвореној контури према облику комада. Просекач (пробојац) се ради од легираног алатног чекића и учвршћен је у носачу просекача (пробојца) тако што му је врх раскован. Каљени просекач се не наслања директно на горњу плочу већ се ослања на каљену међуплочу.

Цели горњи склоп се повезује завртњевима и осигурава цилиндричним кочићима. Горњи део алата је преко цилиндричног рукавца спојен са притискивачем пресе. Доњи склоп алата чине прстен за просецање (пробијање), плоча за вођење и доња плоча. Веже се завртњевима и чивијама као и горњи склоп.

Улога плоче за вођење има функцију вођења просекача, односно центрирање горњег у односу на доњи део алата. Такође, има функцију вођења траке лима и скидања отпатка са просекача након завршене операције просецања. Граничник је директно причвршћен уз прстен за просецање. Трака се помера у повратном ходу пресе, до граничника за величину посмака x .

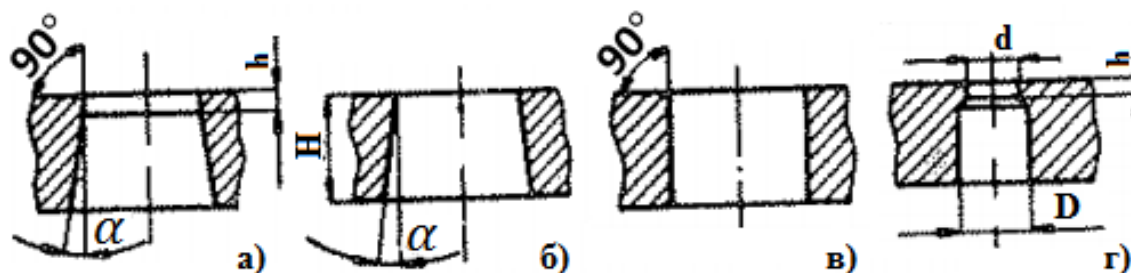
Код просецања, прстен за просецање се израђује од легираног алатног челика и након тога се термички обрађује. Доња плоча се поставља на стезну плочу а учвршћује се најчешће помоћу стезалки и завртњевима са T – главом. Типичан склоп алата за пробијање и просецање приказан је на слици 3.6. [1].



Слика 3.6. Основни елементи алата за пробијање и просецање: 1 – просекач, 2 – прстен за просецање, 3 – плоча за вођење и скидање са просекача, 4 – носач просекача, 5 – међуплоча, 6 – горња плоча, 7 – доња плоча, 8 – цилиндрични рукавац, 9 – притискивач пресе, 10 – стезна плоча, 11 – граничник, 12 – стезаљка, 13 – завртањ за стезање, 14 – трака, z – посмак траке [1]

3.1 Матрица (прстен) за просецање и пробијање

Резна контура матрице (прстена) за просецање (пробијање) одговара облику комада који се просеца (пробија). Облик профила отвора зависи од намене и квалитета производа који се захтева. На слици 3.7. дат је приказ различитих профила отвора прстенова за просецање и пробијање. Профил отвора плоче може бити у облику конуса (б), цилиндра (в), цилиндра са конусом (а) и у облику двоструког цилиндра (г) [1].



Слика 3.7. Профили отвора прстена за просецање и пробијање [1]

Профил (а) изведен са цилиндром висине h и конусом под углом α даје најквалитетније комаде. Користи се за просецање делова компликованих облика. Висина цилиндра h се узима већа од дебљине лима како би било могуће оштрење плоче након затупљења јер се након сваког оштрења ова висина смањује.

За израду делова мање тачности користи се профил у облику конуса, а угао конуса α бира се у границама које обезбеђују да се и након оштрења димензије отвора плоче налазе у пољу израдне толеранције, а то може бити испуњено ако је:

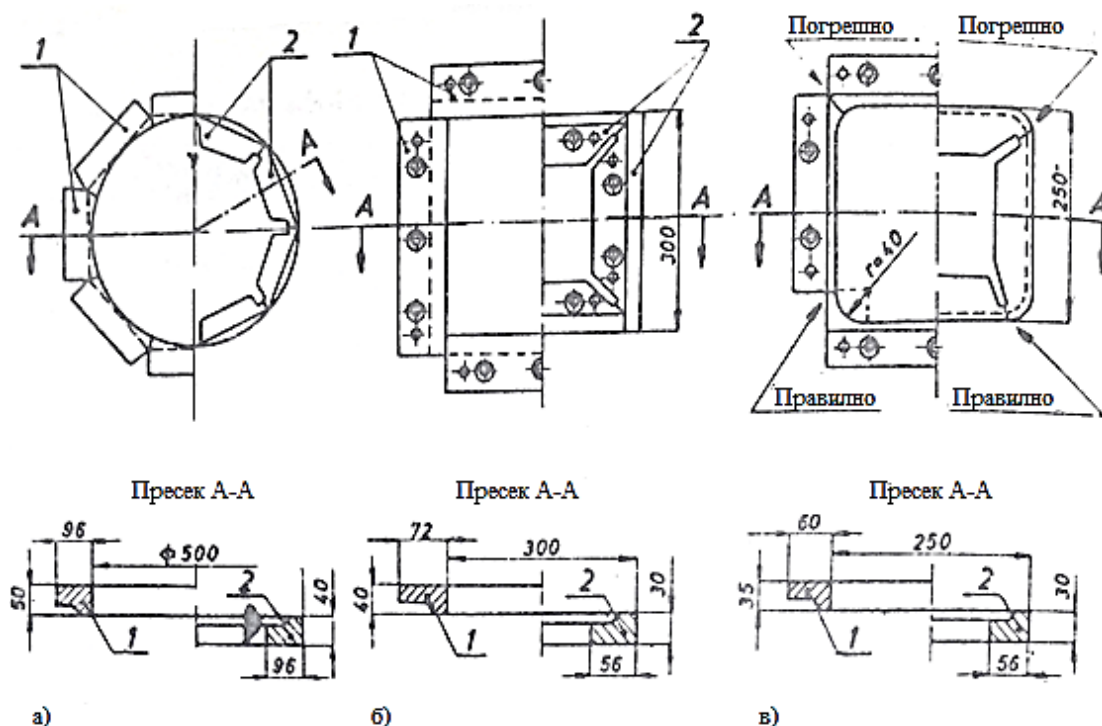
$$\alpha \leq \arctg \frac{\Delta}{2H}$$

где је:

- α - угао нагиба профила плоче-прстена
- Δ - израдна толеранција предмета
- H - укупна висина плоче прстена.

Чисти цилиндар представља најједноставнији профил који се користи када се комади након просецања не потискују кроз отвор плоче, него се избацивачем враћају навише чиме се избегавају велике силе трења [1].

Ако су димензије комада веће плоче-прстенови се не раде из једног дела већ су састављени из низа сегмената (слика 3.8.). За просецање кружне платине пречника 500 mm (пример а) плоча се састоји од 8 комада сегмената димензије 50 x 90 x 220 mm, а просекач из истог броја сегмената димензија 40 x 96 x 190 mm. Ако су прелази заобљени, спој се изводи на завршетку заобљења, а никако на самом заобљењу (в). Велике плоче за просецање, израђене од једног комада, често се код каљења криве, а ако има оштрих прелаза постоји и опасност од пуцања на прелазима (б) [1].



Слика 3.8. Разне комбинације сегментних плоча за просецање [1]

Матрица за просецање (пробијање) изложена је дејству силе F која матрицу оптерећује на савијање. Око 35 – 40 % ове силе тежи да матрицу распрсне у попречном правцу. Поред ове силе, матрица за просецање (пробијање) оптерећена је и додатним силама које настају услед кретања просеченог (пробијеног) дела кроз отвор плоче (прстена).

Прорачун матрице своди се на прорачун дебљине плоче (H) и ширину руба матрице (e) [1]:

$$H = (10 + 5s + 0,7\sqrt{a + b})c, mm$$

где је:

- s [mm] – дебљина лима,
- a, b [mm] – димензије отвора матрице (димензије радног комада),
- $c = f(R_m)$ – коефицијент који зависи од затезне чврстоће материјала комада.

Табела 3.2. Вредност коефицијента c [1]

R_m (Мпа)	800	400	250	120
c	1,3	1	0,8	0,6

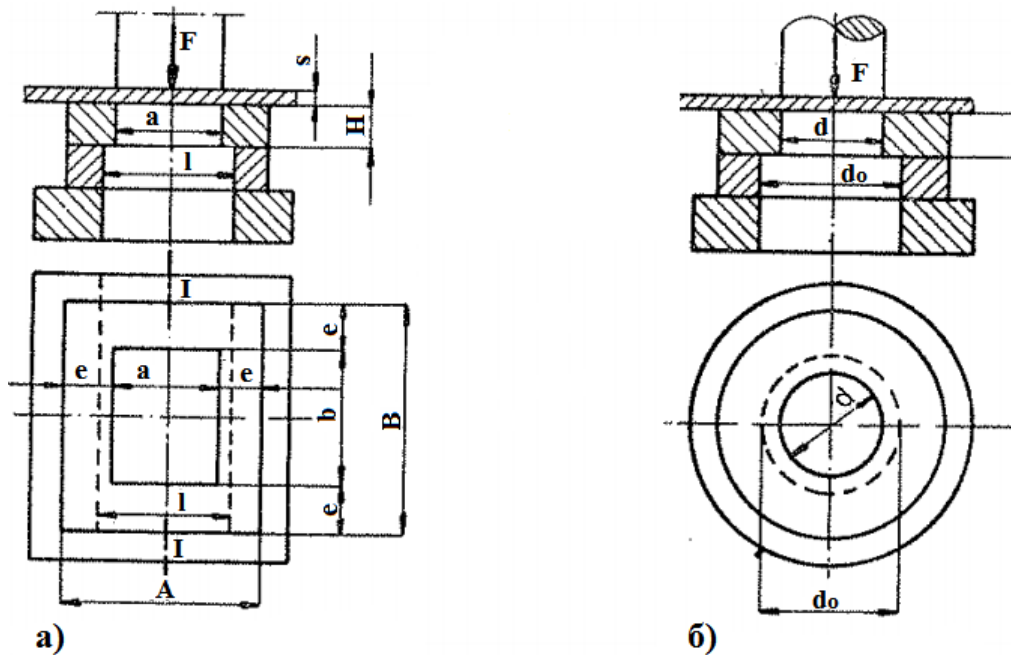
Ширина руба плоче (e) израчунава се по обрасцу [1]:

$$e = (10 \div 12) + 0,8H \text{ mm}$$

Уколико контура комада има унутрашње оштре углове (мање од 90°), ширина руба се повећава за $15 \div 20 \%$. Димензије плоче (према слици 3.9.):

$$A = a + 2e$$

$$B = b + 2e$$



Слика 3.9. Плоча за просецање (пробијање): а) правоугаона плоча, б) округла плоча [1]

Дозвољено напрезање на савијање (σ_s) за правоугаону плочу:

$$\sigma_s = 0,75 \frac{Fl}{(B - b)H^2} \leq \sigma_{sd},$$

где је σ_{sd} – дозвољено напрезање на савијање. За каљени и термички обрађени челик може се узети да је $\sigma_{sd} = 500 \text{ МПа}$.

За округлу плочу, дозвољени напон на савијање је:

$$\sigma_s = \frac{2,5F}{H^2} \left(1 - \frac{2}{3} \frac{d}{d_o} \right) \leq \sigma_{sd}$$

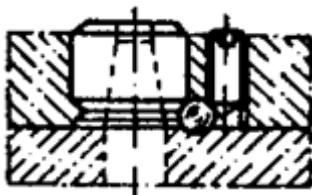
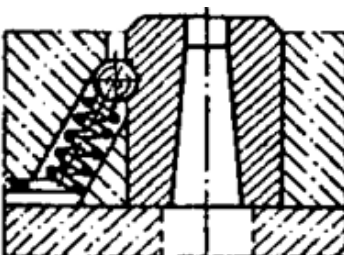
где је:

- F – сила просецања (пробијања)
- H – дебљина прстена

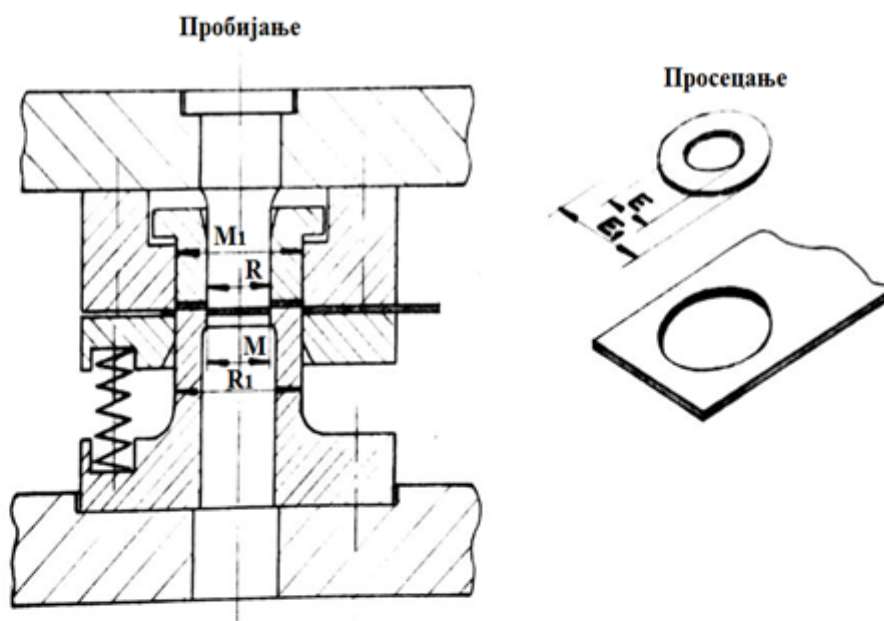
- d – пречник отвора прстена
- d_0 – пречник ослонца.

У табели 3.3. представљени су начини причвршћивања матрице за пробијање које се користе код сложених и комбинованих алата [1].

Табела 3.3. *Причвршћивање матрице у алату [1]*

Ред. бр.	Начин причвршћивања	Скица	Примена
1	Цилиндрични прстен упресован у основну олочу.		За пробијање отвора мањих пречника до 25 mm.
2	Цилиндрични прстен са наслоним упресован у основну плочу.		За пробијање отвора до пречника 50 mm.
3	Цилиндрични прстен причвршћен помоћу куглице и завртња.		За пробијање дебљих материјала са пречником отвора од 3 до 30 mm. Конструкција омогућава брзу монтажу и демонтажу.
4	Цилиндрични прстен причвршћен помоћу куглице под притиском оптуге.		За пробијање материјала дебљине до 3 mm са пречником отвора од 3 до 30 mm. Предности као и под редним бројем 3.

На слици 3.10. приказан је положај матрице (прстена) и пробојца (просекача) за пробијање (прсецање) са одговарајућим котним димензијама. Такође на слици је дат и прорачун пробојца (просекача) и матрица при пробијању (прсецању) [9].



1)Пробијање:

- E – максимална кота елемента,
- R – кота пробојца
- M – кота матрице

Пример: $\varnothing 20 \pm 0,05$, дебљине лима 2 mm

$$P = E h_6$$

$$P = 20,05 h_6$$

$$M = (E + \text{мин. зазор}) H_6$$

$$M = (20,05 + 0,14) H_6$$

$$M = 20,19 H_6$$

1)При просецању:

- E_1 – минимална кота елемента,
- R_1 – кота просекача
- M_1 – кота матрице.

Пример: $\varnothing 35$ (за отворене коте h_{13}), дебљина лима 2 mm

$$E_1 = 35 h_{13}$$

$$E_1 = 35 - 0,39 = 34,61$$

$$R_1 = (E_1 - \text{мин. зазор}) h_6$$

$$R_1 = (34,61 - 0,14) h_6$$

$$R_1 = 34,47 h_6$$

$$M_1 = E_1 H_6$$

$$M_1 = 34,61 H_6$$

Слика 3.10. Прорачун пробојца (просекача) и матрице [9]

3.2 Просекачи и пробојци

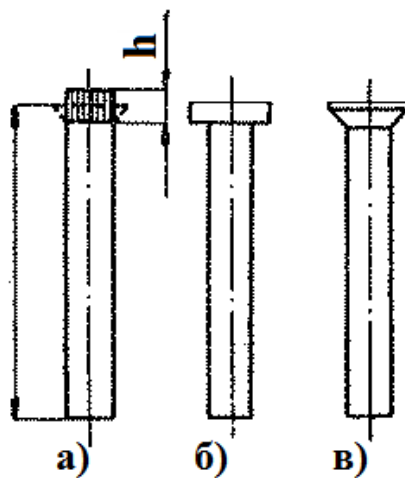
Облик попречног пресека просекача (пробојца) зависи од конфигурације радног предмета. Просекачи (пробојци) се изводе са задебљањем на једном крају како би се избегло испадање из држача. На слици 3.11. приказани су различити облици комерцијалних пробојаца [10].



Слика 3.11. Комерцијални пробојци [10]

На слици 3.12. представљени су различити начини извођења главе пробојца. Глава пробојца се може формирати [1]:

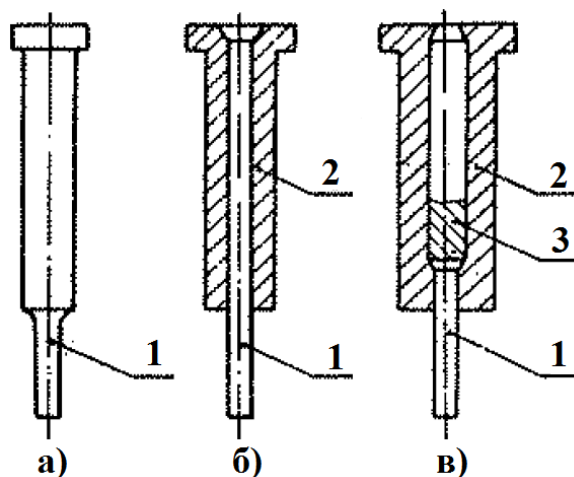
- раскивањем одређене висине h по монтажи (а),
- цилиндрично (б),
- комбинацијом цилиндра и конуса (в).



Слика 3.12. Глава пробојца [1]

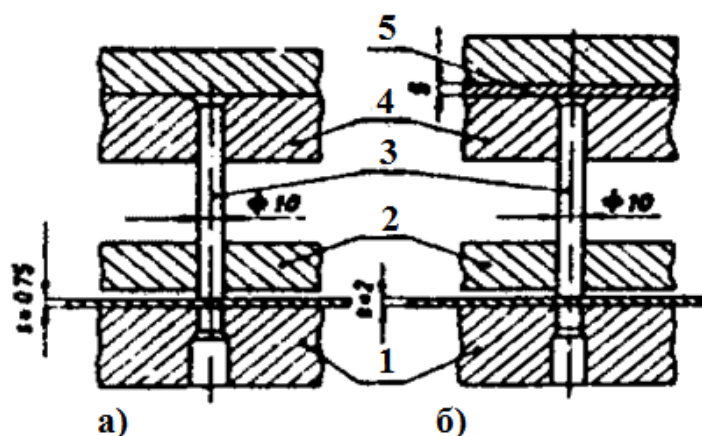
Друга и трећа конструкција су сигурније у раду али су мање економичне због већег утрошка материјала при изради пробојца. Просекачи и пробојци израђују се од легираног алатног челика, кале се до половине дужине ($\frac{l}{2}$), а друга половина се термички попушта. На овај начин се постиже већа еластичност горњег дела пробојца а то је неопходно због могућих оптерећења на савијање [1].

Танки пробојци (пречника $d < 5 \text{ mm}$) се изводе са ојачањем. Ојачање се може извршити тако да се пробојац у горњем делу задебља или се појачава чауром. На слици 3.13. приказани су начини ојачања пробојца [1].



Слика 3.13. Ојачања танких пробојаца: 1 – пробојац, 2 – чаура, 3 – кочић за пренос притиска [1]

Често се пробојци не ослањају директно на горњу плочу, већ се због смањења специфичног притиска између њих поставља каљена међуплоча. На слици 3.14. приказан је алат без (а) и са каљеном међуплочом (б).



Слика 3.14. Алат за пробијање: 1 – плоча за пробијање, 2 – скидач траке, 3 – пробојац, 4 – држач пробојца, 5 – каљена међуплоча [1]

Каљена међуплоча се поставља по следећем критеријуму:

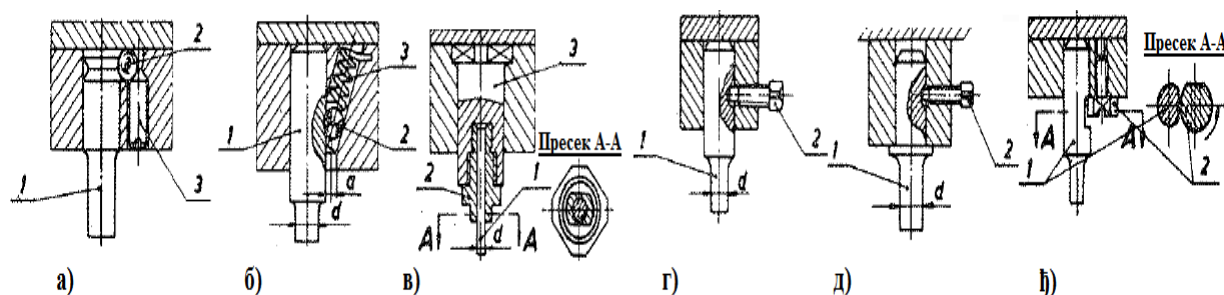
$$p = \frac{F}{A} \leq \frac{4F}{\pi d^2} < p_d = 250 \text{ МПа},$$

где је:

- F – сила просецања или пробијања,
- A – површина попречног пресека просекача или пробојца
- p_d – дозвољени специфични притисак чија је вредност 250 МПа

Ако је задовољена претходна неједначина ($p < 250 \text{ МПа}$) тада није потребно постављати каљену међуплочу, а у случају да неједначина није задовољена алати се изводе са међуплочом [1].

Конструкције брзоизмењивих пробојаца користе се код комбинованих алата. Овај начин је скупљи од уобичајеног, али омогућава бржу монтажу и демонтажу пробојаца. У случају квара или тупљења пробојца не мора се растављати цео алат.



Слика 3.15. Конструкције брзо измењивих пробојаца [1]

На слици 3.15. дате су варијанте конструкције брзоизмењивих пробојаца и то [1]:

а) *Учвршћивање помоћу куглице и завртња* – примењује се код сложенијих алата, пробојцац (1) се осигурава од испадања помоћу куглице (2) која се ослања на завртањ (3). Када се завртањ одврне куглица испада из лежишта а пробијач се ослобађа.

б) *Учвршћивање помоћу куглице под притиском опруге* – примењује се за лимове до $s=3\text{mm}$ и $d = 3 - 30 \text{ mm}$, пробојцац (1) се осигурава помоћу куглице (2) која је под притиском опруге (3). Куглица се помера притиском кроз отвор што доводи до ослобађања пробојца.

в) *Учвршћивање помоћу држача* – примењује се за пробијање отвора пречника $d=4\text{mm}$, а посебно за мале отворе пречника $d = (0,7 - 1,3)s$. У држач пробојца (2) убацује се пробојцац (1), а затим се уврће у носач (3).

г) *Учвршћивање помоћу завртња* – учвршћивање пробојца (1) врши се помоћу завртња (2), а користи се код једноставнијих алата, пробојцац и цилиндрични рукавац су израђени

из једног комада и учвршћују се директно на притискивач пресе. Примењују се у опсегу $d = 20 - 60 \text{ mm}$.

д) *Учвршћивање са завртњем и наслоном* – пробојац (1) са наслоном учвршћује се помоћу завртња (2). Има подручје примене као и претходни начин учвршћивања.

ђ) *Учвршћивање помоћу завртња са специјалном главом* - учвршћивање пробојца (1) врши се помоћу завртња (2) са специјалном главом. Заокретањем завртња за 90° врши се ослобађање пробојца.

3.2.1 Прорачун на притисак и извијање процекача и пробојаца

Контрола кратких просекача (пробојаца) на притисак врши се према обрасцу [1]:

$$\sigma = \frac{F}{A} \leq \sigma_{pd}, \text{MPa}$$

где је:

- $F \text{ (N)}$ – сила просецања или пробијања
- $A \text{ (mm}^2\text{)}$ – површина попречног пресека просекача (пробијача)
- $\sigma_{pd} \text{ (MPa)}$ – дозвољено напрезање на притисак, за каљене алатне челике ($1000 \div 1600 \text{ MPa}$)

Код дугих и танких пробојаца неопходна је провера на извијање, а према конструкцији алата постоје два начина провере [1]:

1. Пробојац је једнострано укљештен:

$$l_{max} = \sqrt{\frac{d^3}{s\tau_{SM}}}, \text{mm}$$

2. Пробојац је укљештен и вођен:

$$l'_{max} = 2,8 l_{max}$$

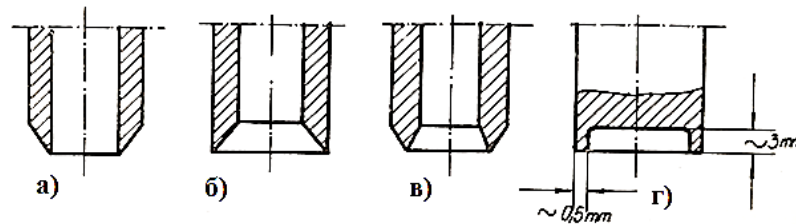
где је:

- $L \text{ mm}$ – опсег дела који се пробија,
- $s \text{ mm}$ – дебљина материјала,
- τ_{SM} – чврстоћа смицања материјала који се пробија.

3.2.2 Шупљи просекачи

Шупљи просекачи (ножеви) користе се за веома танке металне и неметалне фолије. Функционишу без плоче за просецање и имају подлогу од меког материјала.

На слици 3.16. приказани су шупљи просекачи. За израду кружних делова користе се просекачи облика (а), за пробијање облика (б). Просекач облика (в) има двоструко закошење и користи се за израду заптивача од лаких материјала. За сечење лаких мембрана и металних фолија користи се облик (г) [3].

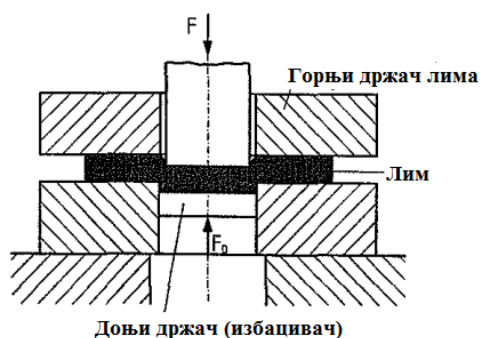


Слика 3.16. Шупљи просекачи [3]

3.3 Елементи за скидање радног комада и отпатка

Након обраде просецања и пробијања долази до задржавања отпатка на просекачу (пробојцу) или у плочи за просецање (пробијање) што захтева накнадно скидање комада са ножа односно избацивање из отвора матрице. Брзо одстрањивање отпатка позитивно утиче на производност и рад машине као и на повећање квалитета радног комада [1].

На слици 3.17. дата је шема просецања са држачем и избацивачем [5].



Слика 3.17. Шема просецања са држачем и избацивачем [5]

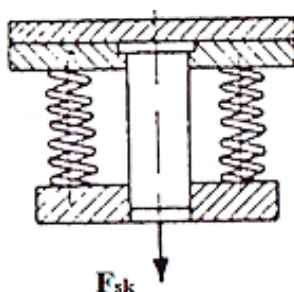
Сила скидања комада (слика 3.18.) са просекача зависи од силе просецања и одређује се према изразу [1]:

$$F_{sk} = C_s F_M$$

где C_s представља коефицијент скидања који се приказује табеларно (табела 3.4.) у зависности од дебљине лима и врсте алата ($C_s = 0,06 \div 0,20$).

Табела 3.4. Вредности коефицијента скидања C_s [1]

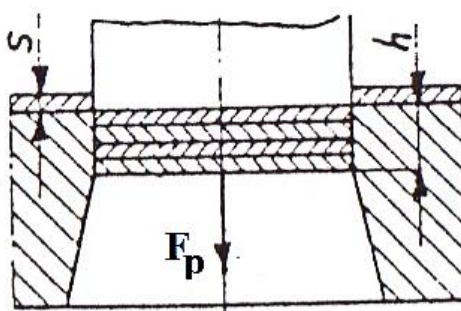
Дебљина материјала s , mm	Врста радног процеса		
	Једноставно просецање и пробијање	Комбиновано поступно просецање и пробијање	Комбиновано истовремено просецање и пробијање
до 1	0,02 – 0,06	0,06 – 0,08	0,10 – 0,12
1 до 5	0,06 – 0,08	0,10 – 0,12	0,12 – 0,15
преко 5	0,08 – 0,10	0,12 – 0,15	0,15 – 0,20

**Слика 3.18.** Скидање [1]

У случају да се комад протискује кроз отвор матрице (слика 3.19.), сила протискивања се рачуна по обрасцу:

$$F_p = n C_p F_M$$

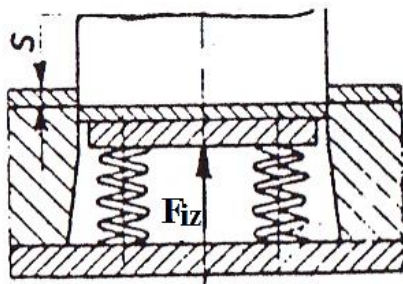
где је $C_p = 0,05 \div 0,10$ константа, $n = h/s$ – број комада који се налазе у цилиндричном делу матрице истовремено.

**Слика 3.19.** Протискивање [1]

Сила избацивања (слика 3.20.) делова из матрице одређује се преко израза:

$$F_{iz} = C_i F_M,$$

где C_i представља емпиријски коефицијент избацивања и креће се у границама $C_i=0,07\div 0,14$ [1].

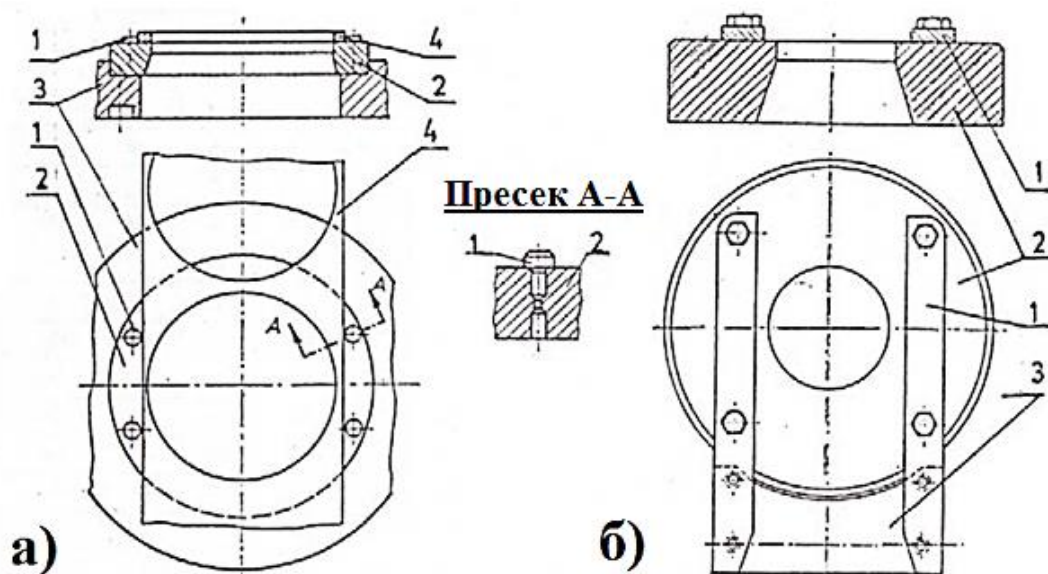


Слика 3.20. Избацивање [1]

3.4 Вођице материјала

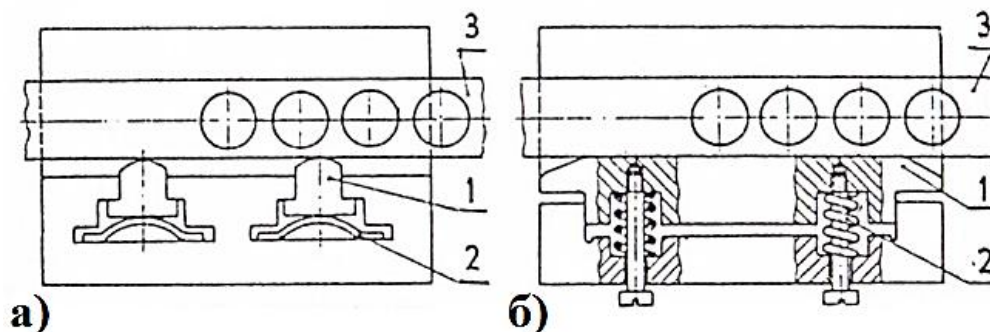
Правилно вођење припремка (траке) у алату обезбеђују вођице траке. Вођице траке имају задатак да осигурају центрични положај траке у односу на резне ивице просекача (пробојца) [1].

За израду великих и сложених комада као вођице могу послужити чивије са проширеном главом који се утискују у одговарајуће отворе плоче за просецање и обично се постављају по четири кочића. Поред тога, користе се и цилиндричне летве, које се постављају на плочу за просецање, а растојање између две летве једнако је ширини траке. На слици 3.21. дат је приказ цилиндричног кочића и цилиндричне летве [2].



Слика 3.21. Вођице траке: а) Цилиндрични кочићи: 1 – чивија, 2 – плоча за просецање, 3 – основна плоча, 4 – трака; б) Летва за вођење: 1 – летва за вођење, 2 – плоча за просецање (пробијање), 3 – лимени носач за увлачење траке [2]

Код комбинованих алата са узастопним операцијама просецања и пробијања користе се еластичне вођице, а еластичност вођења постиже се лиснатом или завојном опругом (слика 3.22). Вођење је код ове конструкције сигурније јер се трака увек ослања на непокретан део вођице [1].



Слика 3.22. Вођење траке: а) лиснатом опругом, б) завојном опругом [1]

Ширина вођице мора да буде двоструко већа од ширине траке (слика 3.23.), тако да је [1]:

$$A = B + 2f = D + 2b + 2f \text{ mm}$$

где је:

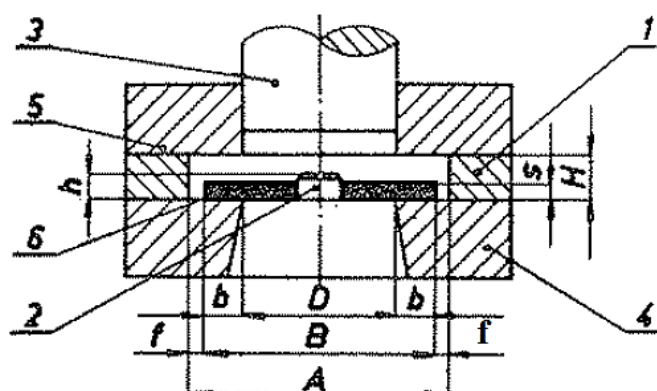
A [mm] – ширина траке,

B [mm] – ширина траке

D [mm] – пречник отвора који се просеца (пробија),

b [mm] – ширина руба

f [mm] – размак између вођице и траке



Слика 3.23. Алат за просецање са вођицом: 1 – вођица, 2 – граничник, 3 – просекач, 4 – прстен за просецање, 5 – плоча за усмеравање алата, 6 – трака [1]

Препоручене вредности димензија вођица дате су у табелама 3.5. и 3.6.

Табела 3.5. Препоручене вредности код вођица [1]

Дебљина траке s, mm	Висина граничника h, mm	Висина вођице H, mm	
		Код ручног посмака	Код аутоматског посмака
0,3 – 2,0	3	6 – 8	4 – 6
2,0 – 3,0	4	8 – 10	6 – 8
3,0 – 4,0	4	10 – 12	6 – 8
4,0 – 6,0	5	12 – 15	8 – 10
6,0 – 10,0	8	15 - 25	10 - 15

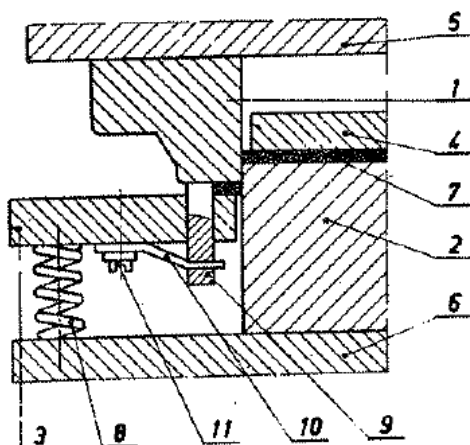
Табела 3.6. Вредности растојања f за чврсте и еластичне вођице [1]

Ширина траке B, mm	Растојање f, mm	
	За чврсте вођице	За еластичне вођице
≤ 100	0,25 – 0,5	2,5
> 100	0,5 – 0,75	4

3.5. Граничници

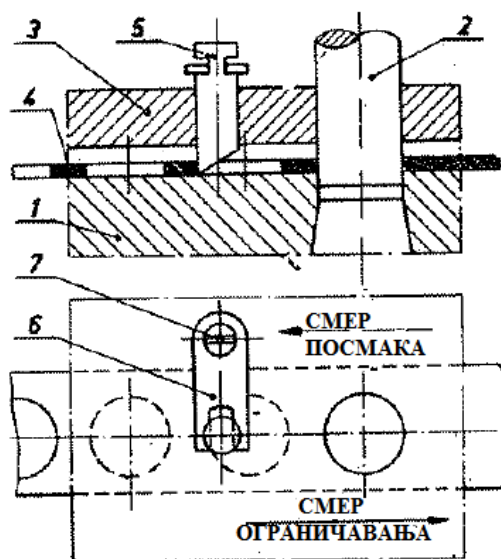
Неопходно је да трака заузме правилан положај у односу на отвор прстена за просецање (пробијање) после сваког радног хода притискивача пресе. То се постиже уградњом елемената за ограничавање величине померања траке који се зову граничници. Граничник има функцију да обезбеди прописани посмак траке (x) [1].

Граничник (9) се код комбинованих алата може уграђивати у скидач траке (слика 3.24.) који слободно клизи у каналу скидача (3) и налази се под притиском лиснате опруге (10). Та опруга је завртњем (11) повезана са скидачем. У току процеса просецања, плоча за просецање (1) на почетку савладава силу лиснате опруге (10) а након тога потискује граничник а затим скидач (3) вертикално наниже. У повратном ходу скидач скида траку, а граничник се враћа у првобитни положај.



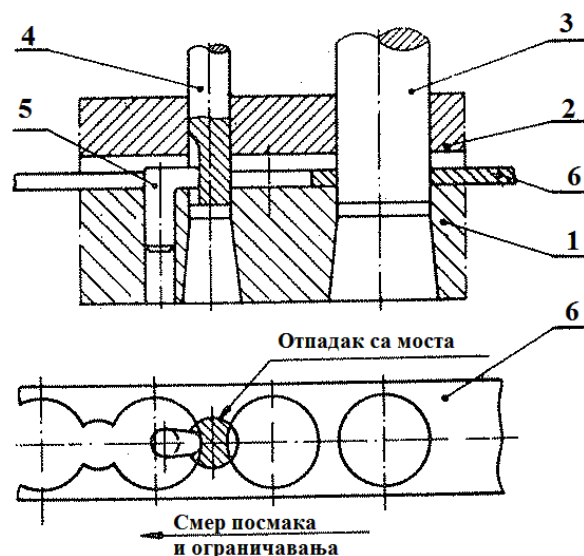
Слика 3.24. *Граничник уграђен у скидачу траке: 1- плоча за просецање, 2 – просекач, 3 – скидач траке, 4 – избацивач предмета, 5 – горња плоча, 6 – доња плоча, 7 – трака, 8 – завојна опруга скидача, 9 – граничник, 10 – лисната опруга, 11 - завртањ [1]*

Уградњом граничника у плочу за вођење (слика 3.25.) избегава се подизање траке. Овим се повећава производност рада и не долази до успоравања процеса. Трака се потискује унапред (без подизања) након завршеног просецања. Граничник клизи по траци, и код следећег отвора упада у просечени отвор под дејством лиснате опруге [1].



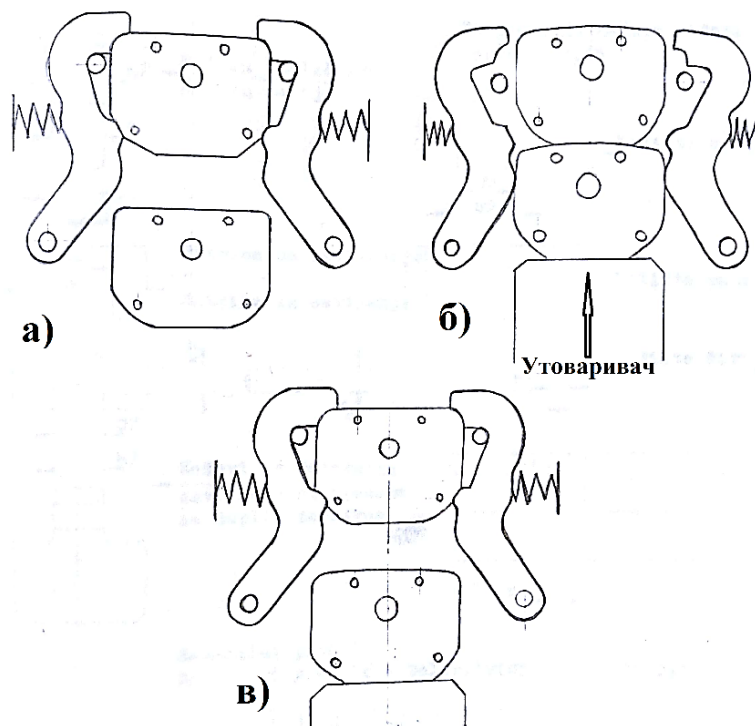
Слика 3.25. *Граничник у плочи за вођење: 1 – плоча за просецање, 2 – просекач, 3 – плоча за вођење, 4 – трака, 5 – граничник, 6 – опруга, 7 - завртањ [1]*

За брзо померање траке у великосеријској производњи употребљава се граничник комбинован са ножем за просецање моста траке где се истовремено врши просецање комада и просецање моста траке уз помоћ ножа (4). На слици 3.26. приказан је граничник за брзо померање траке [1].



Слика 3.26. Граничник за брзо померање траке: 1 – плоча за просецање, 2 – плоча за вођење алата, 3 – просекач, 4 – нож за просецање, 5 – граничник, 6 - трака [1]

На слици 3.27. приказани су граничници са клацкалицом. Предмет обраде позициониран је са два покретна граничника са клацкалицом (а). Граничници су блокирани са две осовинице и оптерећени са две опруге. У другом случају (б) елемент иде напред уз помоћ притиска утоваривача, затим размиче граничнике, а отпресовани део се потискује ван алата. Фиксирање дела који треба да се пресује врши се потискивањем претходно отпресованог дела (в) [9].



Слика 3.27. Граничници са клацкалицом [9]

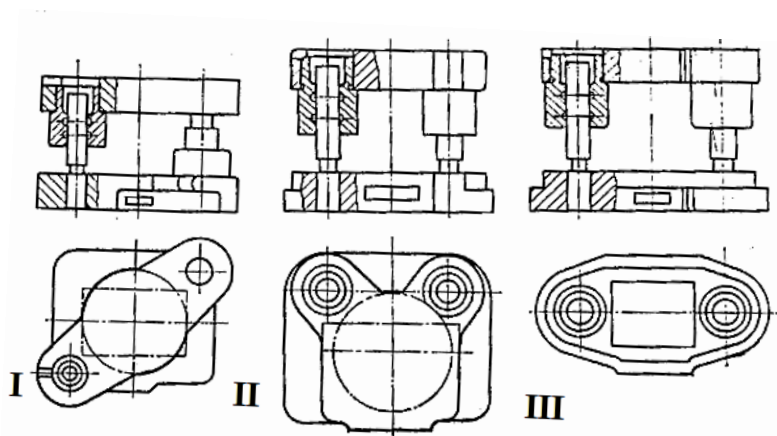
3.6 Стубови за вођење

Ако се упореди са плочастим вођењем, стубно вођење поседује низ предности и погодности. Већи број елемената (слика 3.28.) код стубног вођења је стандардизован. Овај начин вођења има већу тачност вођења. Такође је и доказано смањење трошкова у примени [3].



Слика 3.28. Елементи стубног вођења [11]

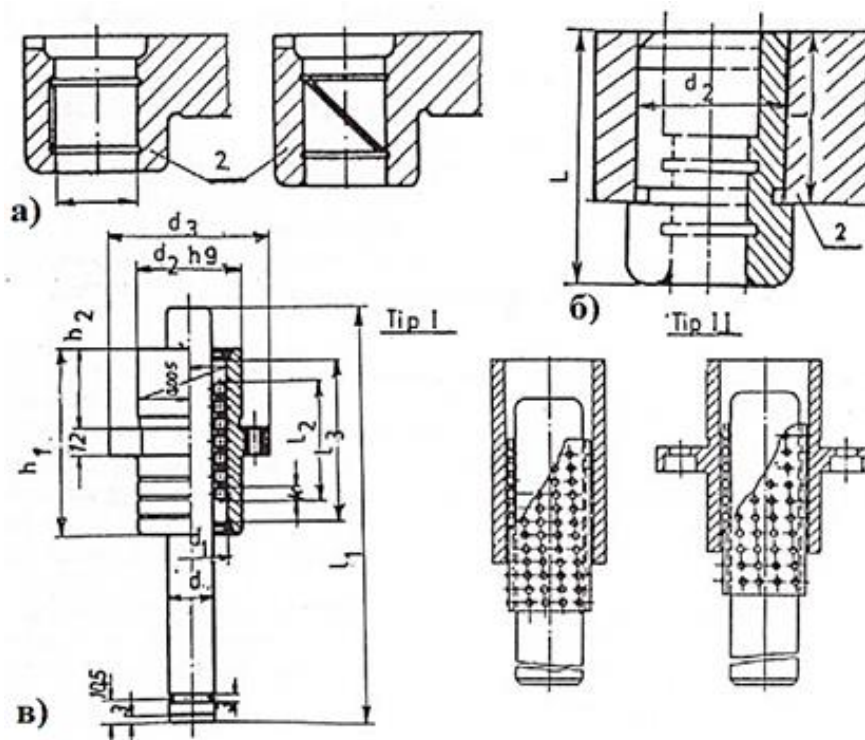
Најбоље решење за вођење алата је стубно вођење. Вођице су монтиране у доњу плочу и непокретне су, а извлачење стубова се спречава прстенастим осигурачницама. Стубови се могу распоредити на три начина према слици 3.29.



Слика 3.29. Распоред стубова за вођење: I – дијагонални распоред, II – распоред у осни, бочно, III – распоред у осни [8]

Када је горња плоча која се води израђена од ливеног гвожђа, отвор у плочи за вођење се ради на тачну меру са каналима за подмазивање (а). У случају да је горња плоча од челика или када се захтева дуготрајни рад неопходна је уградња чауре за вођење (б). Чауре се израђују од челика за цементацију Č.1220 , а након тога се кале. Куглично

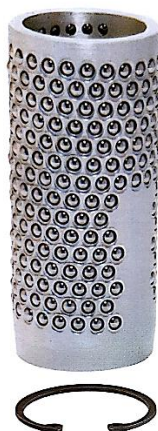
вођење (в) је неопходно код алата који раде на пресама са великим бројем ходова и код прецизних алата. На слици 3.30. приказане су врсте и начини уградње стубова за вођење.



Слика 3.30. Уградња стубова за вођење: а) отвор у држачу рукавца, б) уградња чауре за вођење, в) уградња кугличних вођица [2]

На претходној слици приказана су два типа кугличних вођица (в). Први тип представља вођице са чаурама које се спајају са кућиштем тесним склопом и стубовима за вођење. Други тип кугличних вођења представља вођице са чаурама (табела 3.9.) које се причвршћују завртњима, стубовима за вођење и заштитном капом [2].

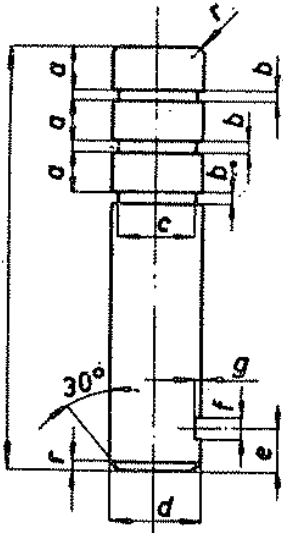
Куглична вођица приказан је на слици 3.31. [11].



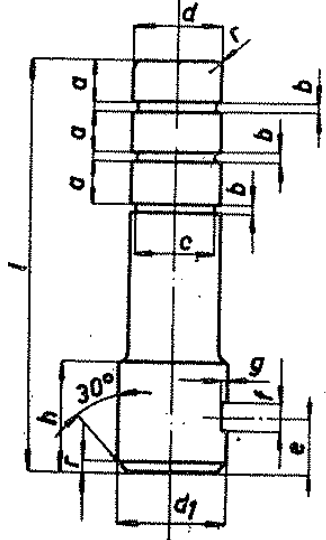
Слика 3.31. Куглична вођица [11]

Стубне вођице могу бити изведене без ојачања или са ојачањем на доњем крају (табела 3.7. и 3.8.). Вођице без ојачања су јефтиније, али вођице са ојачањем су доста сигурније у раду. На горњем крају вођице мора бити заобљење или конусни завршетак. Поред тога, вођице морају имати канале за скидање нечистоће с обзиром да је неопходно подмазивање клизних лежишта [1].

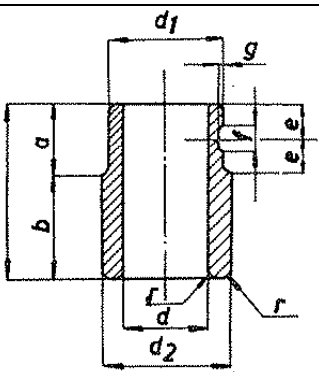
Табела 3.7. Стандардне димензије стубних вођица без ојачања [1]

	d	a	b	c	e	f	g	r	l
	25	12	3	22	18	8	1	4	120 - 170
	30	17	3	26	20	8	1	4	130 - 190
	40	20	3	36	25	10	1,5	5	150 - 250
	50	25	4	45	28	10	2	5	180 - 300
	65	30	4	60	30	12	2	6	190 - 350

Табела 3.8. Стандардне димензије стубних вођица са ојачањем [1]

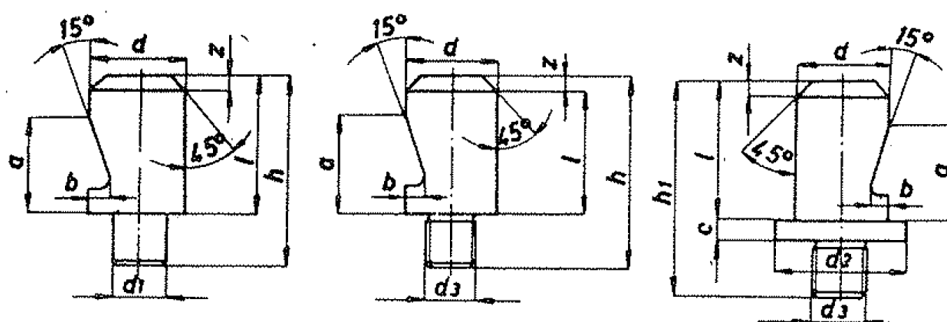
	d	d ₁	a	b	c	e	f	g	h	r	l
	30	40	17	3	26	25	10	1,5	50	4	150 - 210
	40	52	20	3	36	27,5	10	2	55	5	160 - 260
	50	65	26	4	45	30	12	2	60	5	180 - 300
	65	80	30	4	60	35	12	2,5	70	6	190 - 350
	80	100	35	5	75	40	12	2,5	80	6	200 - 400

Табела 3.9. Стандардне димензије чаура стубних вођица [1]

	d	d ₁	d ₂	a	b	e	f	g	l	r
	30	40	48	30	40	15	10	1,5	70	4
	40	52	60	35	50	17,5	10	2	85	5
	50	65	75	40	60	20	12	2	100	5
	65	80	90	45	65	22,5	12	2,5	110	6
	80	100	110	50	70	25	12	2,5	120	8

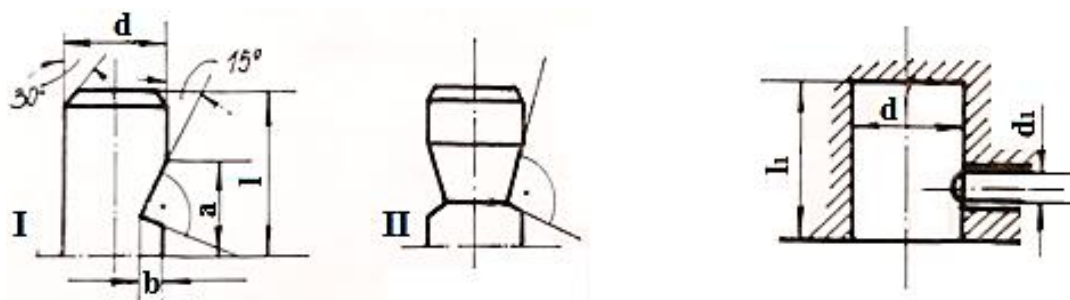
3.7 Цилиндрични рукавци

Цилиндрични рукавац служи за повезивање горњег дела алата са притискивачем пресе. Везује се са горњом плочом преко навоја или посебним вијком а осигурање се реализује вијцима. Основне стандардне димензије цилиндричних рукаваца за три типа (слика 3.32.) извођења су дате у табели 3.10 [1].

**Слика 3.32.** Три начина извођења цилиндричних рукаваца [8]**Табела 3.10.** Стандардне димензије цилиндричних рукаваца [1]

d	d ₁	d ₃	d ₂	l	h	h ₁	c	a	b	z
8	6	-	-	22	40	-	-	20	3	1
10	8	-	-	25	44	-	-	20	3	1
12	9	-	-	28	46	-	-	20	3	2
16	12	-	-	32	50	-	-	28	3,5	2
20	15	M 15 x 1,5	28	40	58	58	5	28	3,5	3
25	18	M 18 x 1,5	34	45	64	75	5	35	4	3
32	24	M 22 x 1,5	42	56	80	96	6	35	4	4
40	30	M 27 x 2	52	72	84	120	7	55	7	4
50	40	M 30 x 2	62	90	114	140	8	55	7	5
60	50	M 42 x 3	80	112	140	172	10	55	7	5

Према немачким препорукама у следећим табелама дати су подаци за облике и димензије (I) дела рукавца (слика 3.33.) који се учвршћује у отвор притискивача пресе и димензије (II) дела рукавца који је везан за држач рукавца [3].

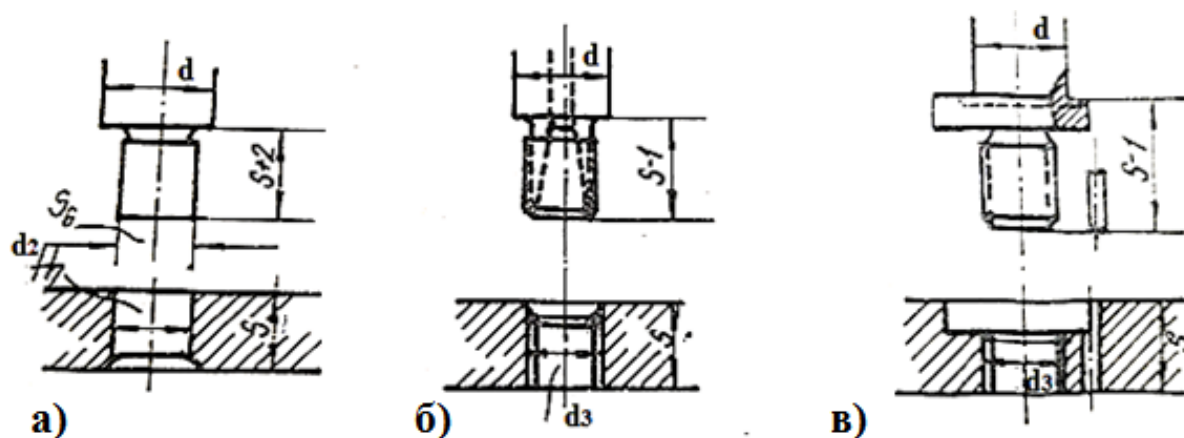


Слика 3.33. I тип - учвршћивање у отвор притискивача [3]

Табела 3.11. Препоручене димензије [3]

Рукавац [mm]	d	16	20	25	32	40	50
	l	32	40	45	56	72	80
Отвор [mm]	l ₁	34	42	48	60	75	85
	d ₁	M10	M12	M12	M16	M16	M20
Усек [mm]	a	22	28	34	40	56	70
	b	3	4	4,5	5	8	10
За пресе силе до [MPa]		5	10	80	250	600	1500

Први тип рукавца је сигурнији при чему је важно тачно намештање. Други тип рукавца (слика 3.34.) је јефтинији за израду, док тачно намештање није толико критично с обзиром на елемент за стезање. Код алата за просецање, најчешће се користе рукавци пречника 32 и 40 mm.



Слика 3.34. II тип - Везивање за држач рукавца [3]

Табела 3.12. *Препоручене димензије за други тип везивања [3]*

d	16	20	25	32	40	50
S _{min}	18			23		
d ₂	12	16	20	-	-	-
d ₃	M14	M16	M20	M24	M30	M36

С обзиром да се при јаким ударима који су уобичајени при операцијама на преси, решење са закованим рукавцем (слика 3.34.а) је неповољно и примењује се за пречнике до 25 mm. Увртање рукавца са конусним осиурањем (б) представља најповољнију варијанту, а при растављању се конусна чивија избацује кроз отвор израђен у рукавцу. Трећа варијанта (в) представља увртање са наслоном и осиурањем цилиндричном чивијом, представља повољно решење а недостатак је у томе што чивија захтева да је дебљила држача већа за висину наслона (4 – 8 mm) [3].

4. Зазори и толеранције

Зазор (z) се налази између просекача (пробојца) пречника d_p и прстена за просецање (пробијање) пречника d_M . Битно утиче на квалитет просеченог (пробијеног) комада и на процес раздвајања. Нема сталну вредност и временом се повећава, а одређује се према обрасцу [1]:

$$z = d_M - d_p.$$

У табели 4.1. дате су вредности зазора за разне материјале као одговарајући проценат дебљине лима по *V. Romanovskom*.

Табела 4.1. Величина зазора за просецање и пробијање [1]

Материјал	Дебљина материјала s , mm					
	до 1	1 - 2	2 - 3	3 - 5	5 - 7	7 - 10
Мекши челик, бакар и мекши месинг	5	6	7	8	9	10
Челик средње чврстоће $s = 0,20 - 0,25\%$ и тврди месинг	6	7	8	9	10	11
Тврди челик $C=0,40 - 0,60\%$	7	8	9	10	11	12

У зависности од врсте и дебљине материјала, зазор се може одредити на основу дијаграма (слика 4.1.) који је направљен испитивањем и практичним искуством *E. Göhrea* и слаже се са обрасцем [1]:

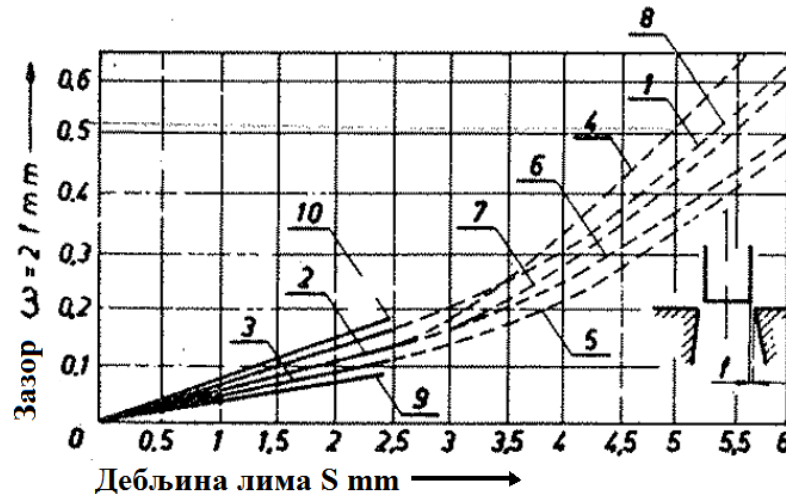
$$w = c \cdot s \sqrt{\frac{\tau_m}{10}} \text{ mm}$$

$$w = (1,5 \cdot c \cdot s - 0,015) \sqrt{\frac{\tau_m}{10}} \text{ mm}$$

где је:

- s , mm – дебљина лима
- τ_m , N/mm² – чврстоћа смицања
- c – коефицијент чија се вредност креће у границама $c = 0,005 \div 0,035$.

На слици 4.1. приказан је дијаграм за одређивање зазора по *E. Göhre*.



Слика 4.1. Дијаграм за одређивање зазора по E. Göhre: 1 – челични лим за пресовање и дубоко извлачење, 2 – динамо лим са малим садржајем силицијума, 3 – динамо лим са великим садржајем силицијума, 4 – обични челични лим, 5 – месинг – мек, 6 – месинг – полутврди и тврди, 7 – бакар – мек, 8 – бакар – полутврди и тврди, 9 – чисти алуминијум, 10 – дуралуминијум [1]

4.1 Прорачун зазора и толеранција при пробивању

При процесу пробивања у материјалу је неопходно израдити отвор пречника D , са позитивном вредношћу толеранције Δ . Максимална димензија предмета је меродавна за димензионисање алата [1]:

$$D_{max} = D + \Delta,$$

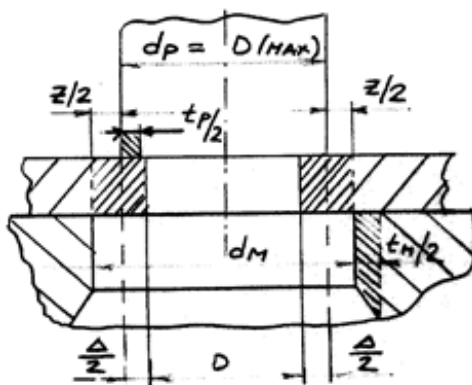
где је: D – пречник отпатка, а Δ – израдна толеранција комада.

Пречник пробојца (d_p) једнак је максималној димензији предмета (D_{max}), а пречник прстена за пробивање (d_M) је повећан за вредност зазора z :

$$d_p = D_{max} = D + \Delta,$$

$$d_M = d_p + z = (D + \Delta) + z.$$

У подручју израдне толеранције (Δ) врши се трошење пробојца, а када се пречник пробојца смањи до вредности $d_s = D$ алат се сматра истрошеним [1].



Слика 4.2. Толеранције при пробијању [8]

4.2 Прорачун зазора и толеранција при просецању

Код процеса просецања, за димензионисање алата меродаван је минимални пречник комада D_{min} [1]:

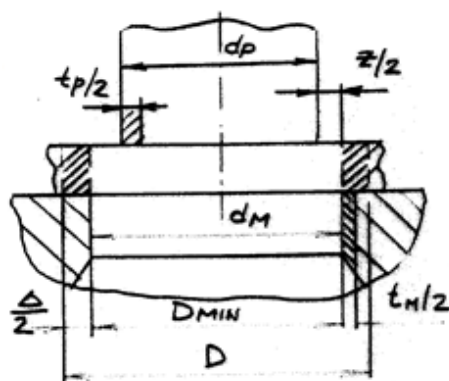
$$D_{min} = D - \Delta,$$

где је: D – пречник комада, а Δ – вредност израдне толеранције.

Вредност пречника прстена за просецање (d_M) једнак је минималној димензији радног комада (D_{min}). Пречник просекача (d_p) смањује се за вредност зазора z .

$$d_M = D_{min} = D - \Delta,$$

$$d_p = d_M - z = (D - \Delta) - z.$$



Слика 4.3. Толеранције при просецању [8]

У пракси се захтева да тачност израде алата за пробијање и просецање буде за три квалитета боља од тачности израде предмета који се пробија (просеца). У табели 4.2. дате су препоруке за израду алата на основу тачности израде предмета обраде [1]:

Табела 4.2. *Тачност израде предмета и тачност израде алата [1]*

Тачност израде предмета	IT 9	IT 10	IT 11	IT 12	IT 13	IT 14
Тачност израде алата	IT 6	IT 7	IT 8	IT 9	IT 10	IT 11

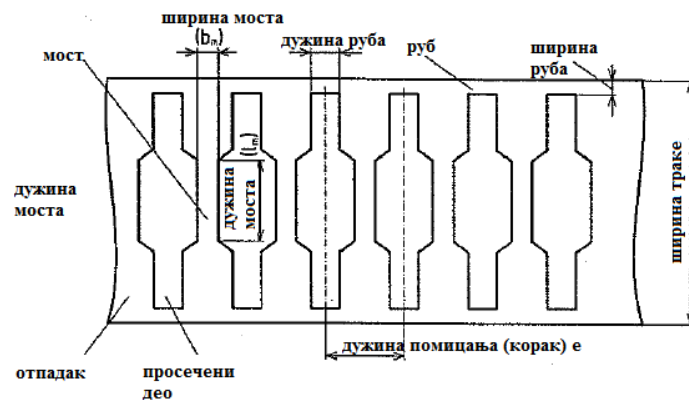
У случају да радни комад није толерисан по радионичком цртежу и под условом да није фабричким стандардима другачије прописано, може се рачунати са израдном толеранцијом у квалитету IT 11. Просекач (пробојац) и прстен за просецање (пробијање) раде се један у односу на други у толеранцијама по окретном, односно, проходном споју, нпр [1]:

$$\frac{\text{прстен}}{\text{просекач}} = \frac{H_7}{h_6}; \frac{H_8}{h_7}; \frac{H_9}{h_8} \text{ итд.}$$

5. Прорачун степена искоришћења траке и табле

Економично коришћење материјала при просецању од изуетног је значаја у условима великосеријске производње. Треба обезбедити такав распоред комада по траци или табли да би отпадак био што мањи. Лим се из железара најчешће испоручује у облику табле. Машинским маказама исецају се траке, из којих се зајим делови добијају просецањем или пробијањем. Испоручивањем котурова лима одрђене ширине у великосеријској и масовној производњи избегава се накнадно одсецање траке из табле. [5].

Након просецања, између ивице траке и контуре остају такозвани рубови, а између суседних контура мостови. Прописане вредности ових димензија се увек сматрају минималним, а свако умањивање довело би до деградације материјала и оштећења алата [5].



Слика 5.1. Једноредни управни распоред контура за просецање [5]

Степенем искоришћења материјала може се оценити економичност распореда комада у траци и представља однос стварног броја комада који се може добити из једне траке и теоретски могућег броја [2]:

$$\eta = \frac{n \cdot A_0}{A_{t_i}},$$

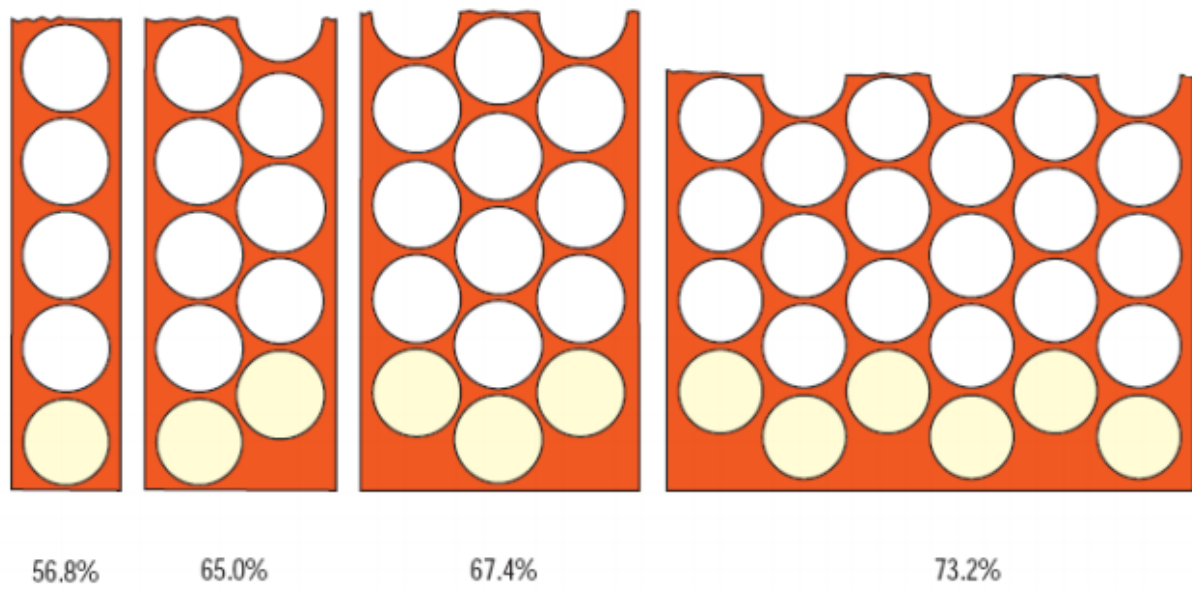
где је:

- n – број комада на траци,
- A_0 – површина једног комада,
- A_{t_i} – површина траке (теоретски могући број камада)

У случају кружне контуре коефицијент η износи:

$$\eta = \frac{d^2 \pi}{4eb}.$$

Повољним размештајем контура на траци може се повећати коефицијент η . На слици 5.2. приказани су различити размештаји контура на траци [5].



Слика 5.2. Једноредно и вишередно пробијање кружних отвора [8]

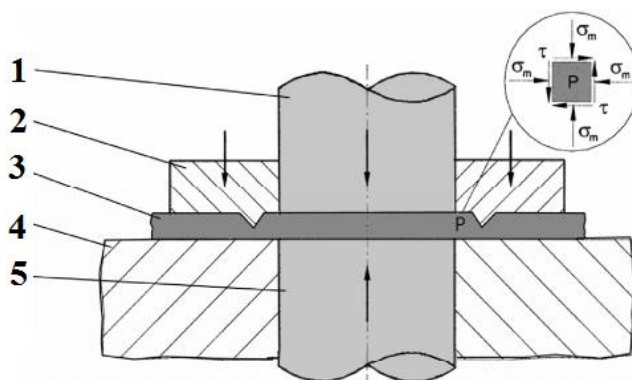
6. Добијање квалитетних површина просецања

Конвенционалним поступцима обраде врло је тешко добити квалитетне површине раздвајања због природе процеса раздвајања (фаза гњечења, појава пукотина и смицање). Постоји више начина за добијање квалитетних површина при просецању. На квалитет површине највише утичу геометријске карактеристике алата, машине, својства материјала, квалитет површине материјала итд.

Квалитетне површине могу се добити на два начина:

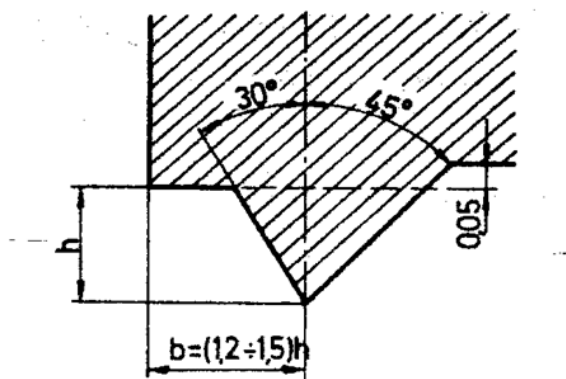
1. Накнадном обрадом (чишћење, калибрисање, бријање);
2. Јединственом операцијом прецизног (финог) просецања.

Поступак финог просецања састоји се у остваривању високог бочног притиска у зони раздвајања како би се по читавом пресеку раширила зона смицања. Ребро се утискује у материјал и на тај начин се у зони раздвајања обезбеђује додатни притисак (слика 6.1.).



Слика 6.1. *Фино просецање: 1 – просекач, 2 – гребен (ребро), 3 – лим, 4 – матрица, 5 – придрживач [7]*

Геометрија ребра који се утискује у материјал приказана је на слици 5.2.



Слика 6.2. *Геометрија ребра [8]*

7. Закључак

Пробијање и просецање представљају типичне операције раздвајања материјала помоћу алата на пресама, код којих се материјал раздваја у затвореној конури. Алати раде по истом принципу као и маказе за сечење, а разлика је у томе што се материјал раздваја по затвореној контури према облику комада.

Алати за пробијање и просецање су разноврсни и разликују се према начину вођења, према броју просецања, према извођењу резне ивице и слично. Сви елементи за пробијање и просецање могу се поделити у две основне групе. У прву групу спадају делови технолошке намене, а другу групу представљају делови конструкцијског типа.

Делови технолошке су елементи који учествују у извођењу технолошких операција и у контакту су са предметом обраде. То су радни елементи (пробојци, просекачи, матрице и сл.), делови за локацију (граничници, бочни ножеви, вођице и сл), делови за држање и уклањање комада (држачи, скидачи, избацивачи).

У другу групу спадају делови конструкцијског типа који држе све елементе у једној целини. Ови делови су ослонци и држачи (плоче, рукавци, граничници), делови за вођење покретног дела у односу на непокретни (стубови, чауре, плоче за вођење), стезни и остали делови (вијци, чивије, опруге).

Резна контура матрице (прстена) за просецање (пробијање) одговара облику комада који се просеца (пробија), а облик профила отвора зависи од намене и квалитета производа који се захтева. Профил изведен са цилиндром и конусом под углом α даје најквалитетније комаде и користи се за просецање делова компликованих облика.

Облик попречног пресека просекача (пробојца) зависи од конфигурације радног предмета, и изводе се са задебљањем на једном крају како би се избегло испадање из држача. Постављањем међуплоче између горње плоче и просекача смањује се специфични притисак. Код комбинованих алата користе се брзоизмњиви пробојци који омогућавају бржу монтажу и демонтажу и у случају квара или тупљења пробојца не мора се растављати цео алат. Шупљи просекачи (ножеви) користе се за веома танке металне и неметалне фолије.

Након обраде просецања и пробијања долази до задржавања отпатка на просекачу (пробојцу) или у плочи за просецање, а брзо одстрањивање отпатка позитивно утиче на производност и рад машине као и на повећање квалитета радног комада.

Правилно вођење припремка (траке) у алату обезбеђују вођице траке и имају задатак да осигурају центрични положај траке у односу на резне ивице просекача. За најсигурније вођење користе се лиснате или завојне опруге, код којих се трака увек ослања на непокретни део вођице.

Уградњом елемената за ограничавање величине померања траке, трака заузима правилан положај у односу на отвор прстена за просецање. Према томе, граничник има функцију да обезбеди прописан посмак траке, а такође спречава и подизање траке.

Стубно вођење поседује низ предности и погодности, има већу тачност вођења, а већи број елемената код стубног вођења је стандардизован. Вођице без ојачања су јефтиније, али вођице са ојачањем су доста сигурније у раду. Повезивање горњег дела алата са притискивачем остварује се преко цилиндричног рукавца.

Економично коришћење материјала при просецању од изуметног је значаја у условима великосеријске производње и може се оценити степеном искоришћења материјала η . Повољним размештајем контура на траци може се повећати коефицијент η .

Литература

- [1] Бинко Мусафија, *Обрада метала пластичним деформисањем*, Сарајево, 1979 год.
- [2] Ивица Марјановић, *Алати за пробијање и просецање*, дипломски рад, Крагујевац, 2010. год.
- [3] Владимир Б. Шолаја, *Алати за обраду лима*, Машински факултет, Београд, 1967 год.
- [4] Миленко Јовичић, Љиљана Димитријевић - Марковић, *Алати за обраду лима*, Машински факултет, Београд, 1980 год.
- [5] Србислав Александровић, Милентије Стефановић, *Технологија пластичног обликовања метала*, Крагујевац, 2010 год.
- [6] Tehnopro-mbet; Интернет страница: <http://www.tehnoprombet.com/gdeformisanje.html>, приступљено 18.10.2018 год.
- [7] ФТН; Интернет страница:
http://www.dpm.ftn.uns.ac.rs/dokumenti/Laboratorija_za_deformisanje/Masinogradnja/Razdvajanje.pdf, приступљено 15.10.2018 год.
- [8] Весна Мандић, Материјал са предавања, *Машине и алати у обради метала деформисањем*: <http://moodle.mfkg.rs/mod/resource/view.php?id=24217>, приступљено 10.10.2018 год.
- [9] П. Новићевић, *Зборник норми за пројектовање алата за пресе*, 1981 год.
- [10] Каталог: *Clewbro*
- [11] Каталог: *Danly*