

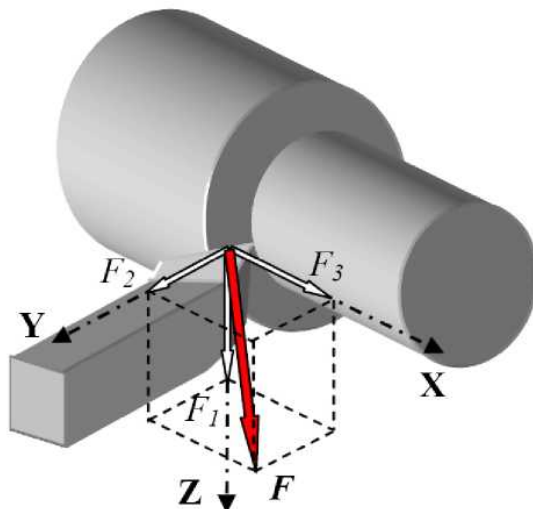
Предмет: ТЕХНОЛОГИЈА МАШИНСКЕ ОБРАДЕ
3. лабораторијска вежба

Тема: ОДРЕЂИВАЊЕ ОТПОРА РЕЗАЊА + ОБРАДНИ СИСТЕМИ ЗА ОБРАДУ МЕТАЛА ДЕФОРМИСАЊЕМ

1. ОДРЕЂИВАЊЕ ОТПОРА РЕЗАЊА

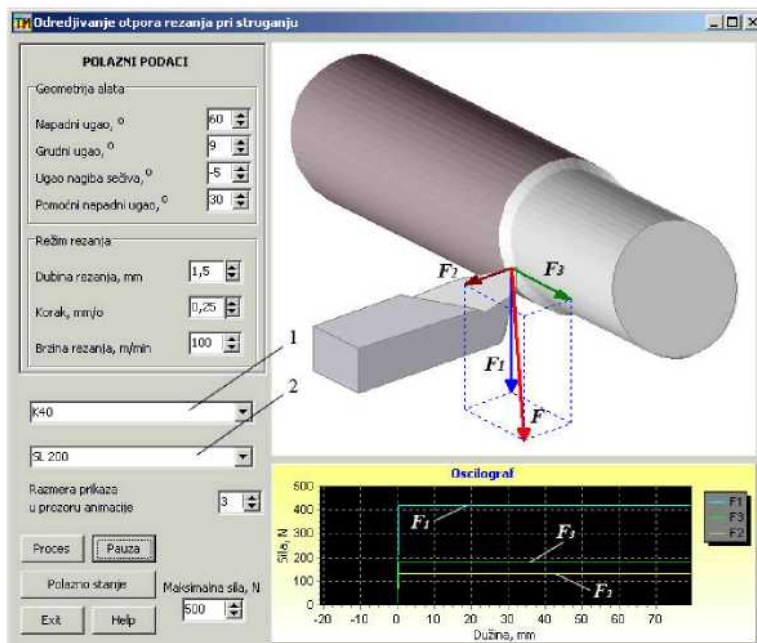
1.1. ОДРЕЂИВАЊЕ ОТПОРА РЕЗАЊА ПРИ СПОЉАШЊЕМ УЗДУЖНОМ СТРУГАЊУ

Овде ће бити приказано формирање функција обрадљивости компоненти отпора резања при стругању у функцији елемената режима резања и геометрије резног алата.



ЕКСПЕРИМЕНТАЛНИ ДЕО

За извођење експерименталног дела користи се програм "Стругање" који се може преузети са сајта Катедре, а његов главни интерфејс је приказан на сл.1.6.



Сл. 1.6 Главни интерфејс програма "Стругање "

Инструкције и објашњење рада програма дато је на допунском интерфејсу који се активира преко екранског тастера "Help". На главном интерфејсу у пољима 1 и 2 уноси се материјал алата и обратка. У анимационом пољу су приказане компоненте резултујућег отпора резања F , а на осцилографу њихове вредности. Свака промена геометрије алата и елемената режима резања идентификује се у анимационом пољу.

Програм је базиран на математичком моделу (1.13 дато у [1]) који обухвата зависност компоненте отпора резања од: дубине резања (a), корака (s), брзине резања (v) и геометрије алата (грудни угао, нападни угао ножа и угао нагиба сечива). Утицај других елемената геометрије алата као што су: леђни угао (α) и помоћни нападни угао нагиба (κ_1) није

разматран и није обухваћен математичким моделом, мада су присутни на интерфејсу.

Адекватност изведеног моделирања је ограничена тиме што математички модел не обухвата процесе хабања алата, статичку крутост и динамичко понашање обрадног система, топлотне појаве итд.

За варијанту одабраног задатка потребно је разрадити методу извођења лабораторијског задатка одређивања компоненти отпора резања у дијапазону промене елемената режима резања које програм подржава.

Дубина резања мења се у дијапазону $a = 0.2 - 4 \text{ mm}$ са променом 0.1 mm , корак $s = 0.05 - 0.5 \text{ mm/o}$, брзина резања $v = 10 - 200 \text{ m/min}$, са променом 1 m/min , нападни угао ножа $\kappa = 30 \dots 90^\circ$; грудни угао $\gamma = 0 \dots 15^\circ$; угао нагиба главног сечива $\lambda = -5 \dots 5^\circ$, сви са променом од 1° . Помоћни нападни угао ножа бира се у интервалу $\kappa_1 = 30 - 45 - 60^\circ$.

За све варијанте услова и режима резања дефинисане у табели 1.5, спроведена су експериментална истраживања и мерења компоненти отпора резања и формирано математички модели за силе F_1, F_2, F_3 .

Истраживање утицаја променљивих елемената процеса резања на компоненте отпора резања реализује се по класичној методици једнофакторних планова - промена једног елемента процеса док се остали елементи држе константним. Измерене вредности се записују у претходно припремљену табелу плана експеримената, а потом цртају графици промене компоненти отпора резања у функцији промене елемената процеса резања.

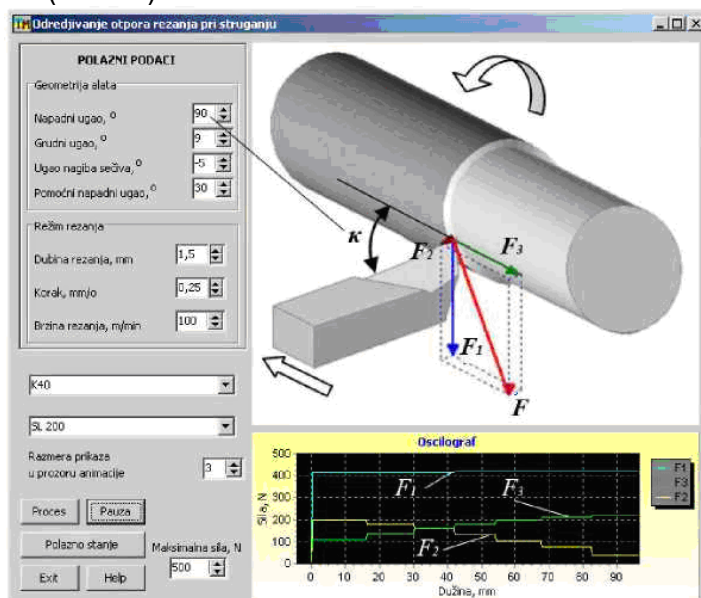
Методика извођења лабораторијског задатка приказана се на примеру услова и режима резања датим у таб. 1.1.

Табела 1.1 Услови и елементи режима резања

Материјал		$\kappa_1, (^\circ)$	a, mm	V, m/min	$\gamma, (^\circ)$	S, mm/o	$\kappa, (^\circ)$	$\lambda, (^\circ)$
обрадак	алат							
SL 200	K 40	30	1,5	100	9	0,25	60	-5

Сагласно задатку потребно је експериментално одредити вредности компоненти отпора резања у зависности од дубине резања, нападног угла и грудног угла алата.

Пре активирања програма неопходно је припремити таблицу плана експеримената са конкретним подацима о елементима режима резања, при којима ће се изводити експеримент, водећи рачуна о препорученим дијапазонима промене. Након активирања програма врши се читавање и запис вредности компоненти отпора резања са осцилограма на крају експеримената (сл. 1.7)



Сл. 1.7 Приказ интерфејса програма на крају експеримента

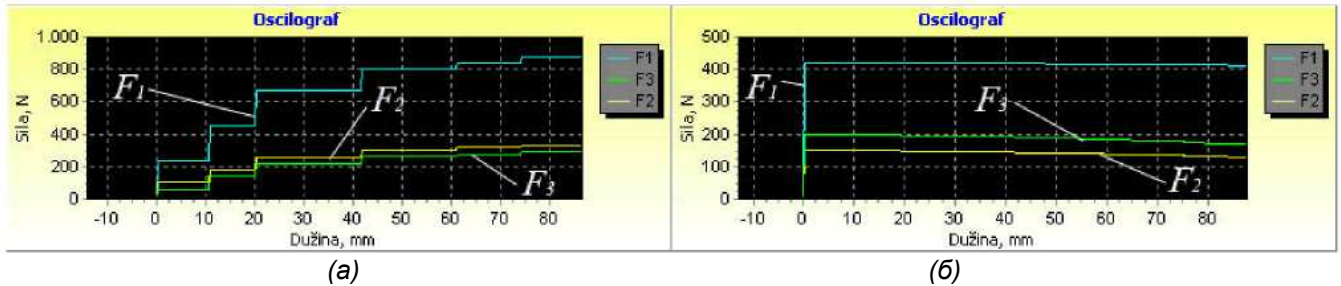
При извођењу експеримента најпре активирати екрански тастер "Процес" а тиме и запис одређеног дела осцилограма, довољног за тачно мерење. Активирањем електронског тастера "Пауза", променити елементе режима резања у функцији којих се изводе експерименти а потом поново активирати "Процес" итд.

На интерфејсу сл.1.7 се виде унети подаци о елементима режима резања из табеле 1.1 а на осцилограму се уочава седам сегмената записа компоненти отпора резања чије су вредности приказане у табели 1.2

Табела 1.2 Вредности сила F_1 , F_2 , F_3 за углове $\kappa(^{\circ})$

№	$\kappa (^{\circ})$	F_1, N	F_2, N	F_3, N
1	30	416	198	107
2	40	417	180	135
3	50	417	158	160
4	60	418	133	181
5	70	418	105	199
6	80	419	73	212
7	90	419	38	222

Аналогно се изводе експериментална испитивања ради одређивања зависности компоненти отпора резања од дубине резања (a) и грудног угла алата γ . Резултати испитивања су записани на осцилограму сл.1.8 са свих седам сегмената чије су бројне вредности приказане у таб. 1.3 и 1.4 Ради тачнијег читавања вредности користити функцију увећања виртуалног осцилографа на начин објашњен функцијом "Help".



Сл. 1.8 Осцилограм зависности компоненти отпора резања од: дубине резања (а) и грудног угла (б)

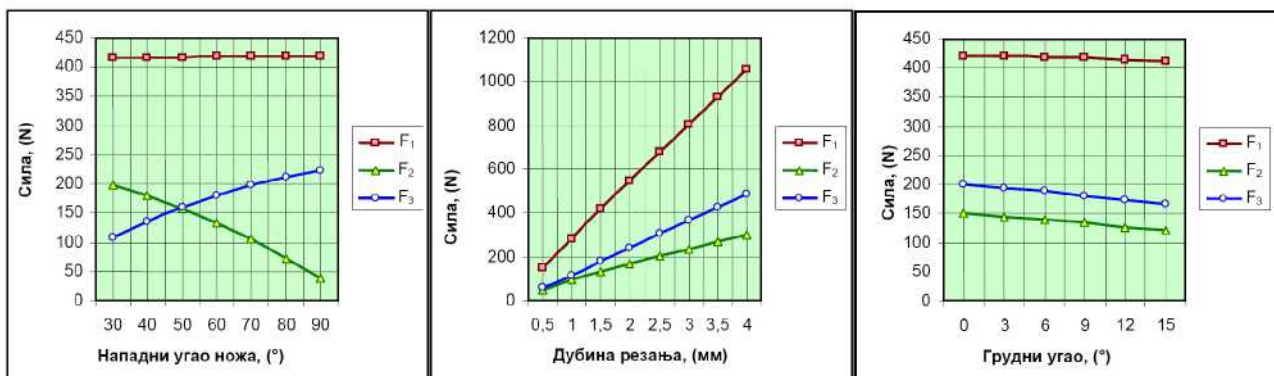
Таб. 1.3 Вредности компоненти сила F_1 , F_2 , F_3 при дубинама резања (a)

№	a mm	F_1 N	F_2 N	F_3 N	№	A mm	F_1 N	F_2 N	F_3 N
1	0,5	152	51	63	5	2,5	678	202	305
2	1,0	285	98	117	6	3,0	805	236	365
3	1,5	418	134	181	7	3,5	932	269	426
4	2,0	549	168	243	8	4,0	1058	302	485

Таб. 1.4 Вредности компоненти сила F_1 , F_2 , F_3 при грудном углу γ

№	$\gamma, (^{\circ})$	F_1 N	F_2 N	F_3 N	№	$\gamma, (^{\circ})$	F_1 N	F_2 N	F_3 N
1	0	420,5	151	200	4	9	418	134	181
2	3	420,4	145	194	5	12	415	127	174
3	6	419,5	140	188	6	15	412	121	166

На основу резултата експерименталних испитивања нацртани су графици зависности компоненти отпора резања у функцији нападног угла ножа, дубине резања и грудног угла коришћењем пакета Ексел (сл. 1.9-1.11).



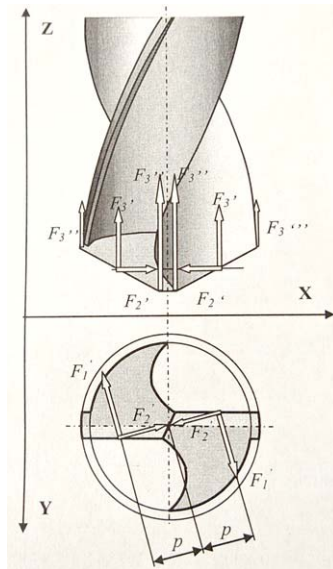
Сл.1.9, 1.10 и 1.11 Промена компоненти отпора резања у функцији нападног угла ножа, дубине резања и грудног угла.

Анализом добијених експерименталних података и одговарајућих зависности, у разматраном дијапазону промене услова и елемената режима резања, могу се извести закључци:

1. Повећањем нападног угла ножа скоро да се не мења вредност компоненти F_1 , с тим да се компонента F_2 смањује а компонента F_3 повећава. Оваква промена доведиће до појаве грешке обраде а као последица деформације елемената обрадног система.
2. Повећањем дубине резања доводи до скоро линеарног повећања компонента отпора резања.
3. Повећањем угла нагиба главног сечива смањује се резултујући отпор резања и одговарајуће компоненте отпора. То указује на побољшање механизма формирања струготине и смањење енергетског биланса.

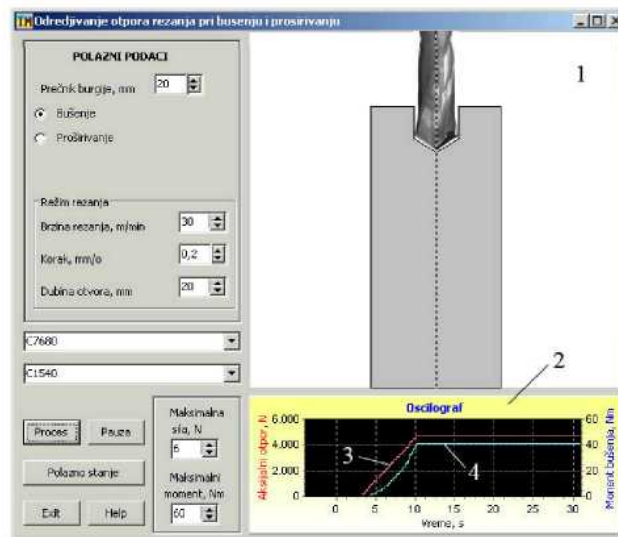
1.2. ОДРЕЂИВАЊЕ ОТПОРА РЕЗАЊА ПРИ БУШЕЊУ

Циљ вежбе: *Формирање функција обрадљивости аксијалног отпора и момента бушења у зависности од елемената режима резања.*



Сл. 2.2 Компоненте отпора резања при „бушењу“

За извођење експерименталног рада користи се програм "Бушење" који се може преузети са сајта Катедре. Његов главни интерфејс је приказан на сл. 2.3. Упутство и објашњење рада програма дато је у допунском интерфејсу активирањем екранског тастера "Help".



Сл. 2.3 Главни интерфејс програма "бушење "

На интерфејсу се налазе прозори у које се уносе подаци о условима и режимима процеса бушења, у графичком прозору врши се анимација бушења (1) а на осцилографу се приказују аксијални отпор и момент бушења (2). На осцилографу крива 3 - представља аксијални отпор бушења, а крива 4 - момент бушења. Анимација процеса бушења тако реализована да се промена пречника бургије, дубине бушења и корака пропорционално индентификују у анимационом пољу уз синхронизацију осцилограма. На сл. 2.3 приказан је запис моделирања процеса у трајању од 32 секунде. Цео циклус почиње од позиције "0" секунди и укључује празан ход, бушење и враћање у почетну позицију.

Процес припреме експерименталних испитивања подразумева избор услова и елемената режима резања из дијапазона који програм подржава а то је: пречник бургије (D) 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, mm брзина резања $v = 5 - 80 \text{ m/min}$ са променом 1 m/min , корак $s = 0.05 - 1 \text{ mm/o}$, дубина бушења $L = 5 - 130 \text{ mm}$ са променом 1 mm .

За варијанте услова и режима резања дате у табlici 2.3 неопходно је спровести експериментална истраживања и мерења аксијалног отпора и момента бушења у функцији: корака, пречника бургије и односа дубине и пречника бушења.

Истраживање се реализује по методици једнофакторних планова а резултати мерења се записују у претходно припремљену таблицу плана експеримената, а потом цртају графици промене за сваки експеримент.

Методика извођења лабораторијског задатка размотриће се на примеру услова и елемената режима бушења датим у табlici 2.3.

Таблица 2.3 Услови и елементи режима бушења

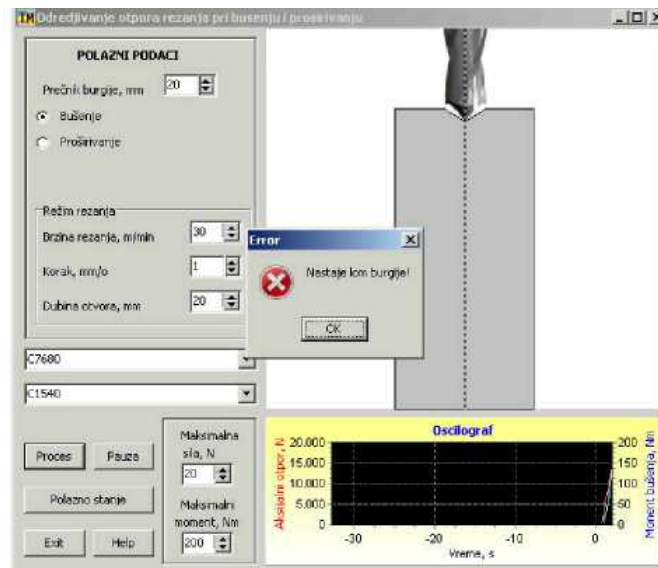
Материјал		D, mm	Do, mm	v, m/s	s, mm/o	L, mm
обрадак	алат					
Č1540	Č7680	20	10	30	0,2	20

Прва серија експеримената обухвата одређивање зависности аксијалног отпора и момента бушења, у функцији корака при бушењу у пуном материјалу (таблица 2.4)

Таблица 2.4 Вредности аксијалног отпора F_z и момента бушења M

№	S, mm/o	F _z , N	M, Nm	№	s, mm/o	F _z , N	M, Nm
1	0Д	2930	23,6	6	0,6	10260	99,0
2	0,2	4750	41,0	7	0,7	11440	112,0
3	0,3	6310	56,8	8	0,8	12550	124,0
4	0,4	7720	71,5	9	0,9	13640	137,0
5	0,5	9000	85,5	10	1,0	лом бургије	

При реализовању експеримената са кораком $s=1.0 \text{ mm/o}$ програм је идентификовао нарушавање чврстоће алата и на сл. 2.4 указао на могућност лома бургије. Моделирање се може продужити само при смањењу корака при бушењу.

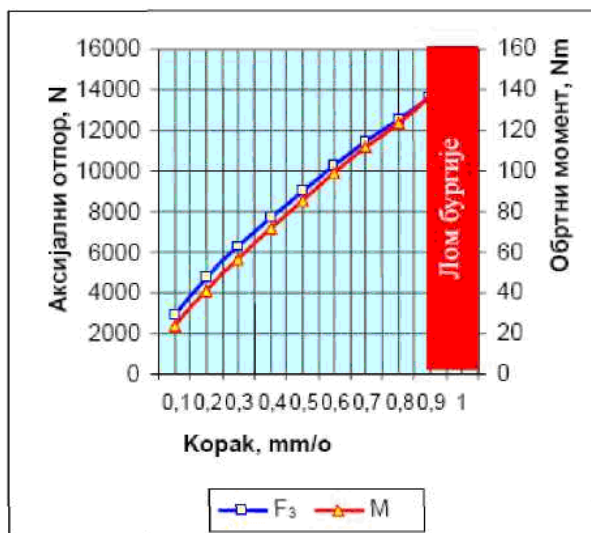


Сл. 2.4 Нарушавање услова чврстоће бургије

На основу експерименталних података из табlice 2.4, на сл.2.5 приказана је промена аксијалног отпора и момента у функцији корака при бушењу.

Наредни експеримент изводи се у циљу утврђивања зависности аксијалног отпора и момента бушења у функцији пречника бушења.

На интерфејсу се може уочити да је као полазни податак задата брзина резања а не број обрта бургије. Наиме, програм је конципиран да за задату технолошку брзину одговарајућем пречнику бургије одговара адекватан број обрта.



Сл. 2.5 Промена F_3 и M у функцији корака при бушењу

Наредни експеримент изводи се у циљу утврђивања зависности аксијалног отпора и момента бушења у функцији пречника бушења.

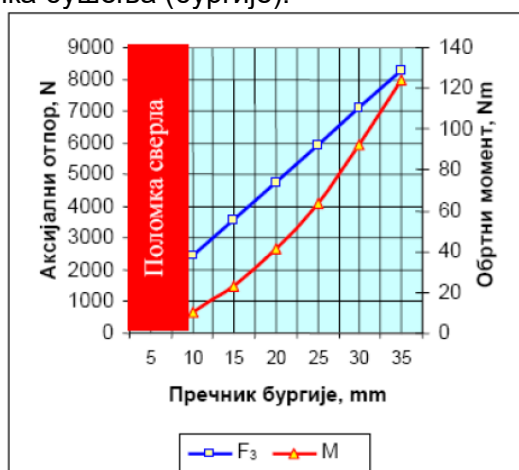
На интерфејсу се може уочити да је као полазни податак задата брзина резања а не број обрта бургије. Наиме, програм је конципиран тако да за задату технолошку брзину одговарајућем пречнику бургије одговара адекватан број обрта.

У табlici 2.5 записане су измерене вредности главних фактора обраде (F_3 , M) и времена обраде при константном кораку бушења.

Таблица 2.5 Вредности главних фактора обраде

№	D, mm	F_3 , N	M, Nm	t_g , s
1	5	лом алата		
2	10	2450	10,5	16,5
3	15	3600	23,3	26
4	20	4750	41,0	37
5	25	5950	64,0	48
6	30	7120	92,0	59
7	35	8300	124,0	74

На основу експерименталних података при задатим условима бушења, може доћи до лома бургије пречника до 5 mm. На сл. 2.6 приказан је график промене аксијалног отпора и момента у функцији пречника бушења (бургије).



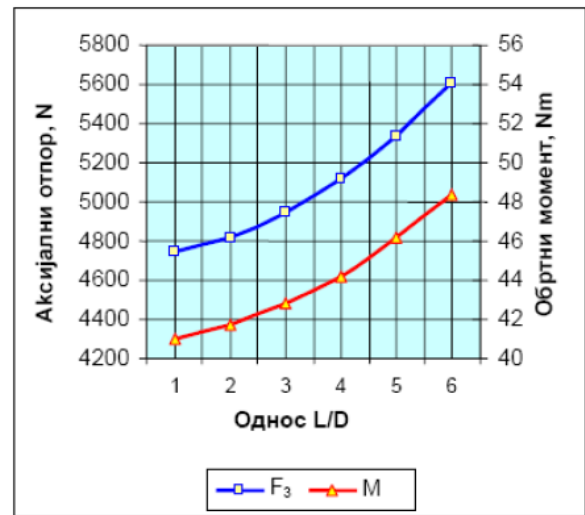
Сл. 2.6 Промена F_3 и M у функцији пречника бургије

Последња серија експеримената је намењена за утврђивање зависности главних фактора обраде од односа дубине и пречника бушења. При разради плана експеримената водити рачуна о максимално дозвољеној дубини бушења $L \leq 130$ mm.

Очитавање аксијалног отпора и момента бушења реализује се на крају циклуса бушења при највећој дубини бушења. Измерене вредности су дате у табл. 2.7 а на сл. 2.8 нацртани одговарајући графици зависности.

Таблица 2.7 Вредности F_3 и M при односу L/D

№	L/D	L, mm	F_3 , N	M , Nm
1	1	20	4750	41,0
2	2	40	4820	41,7
3	3	60	4950	42,8
4	4	80	5120	44,2
5	5	100	5340	46,2
6	6	120	5610	48,4



Сл. 2.8 Промена F_3 и M у функцији односа L/D

Анализом добијених експерименталних зависности, које се односе на дефинисане услове и елементе режима бушења и проширивања, могуће је донети следеће закључке :

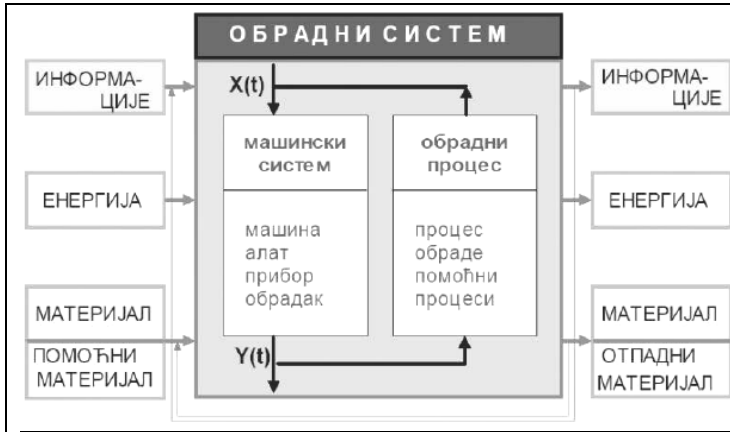
1. Промена корака бушења доводи до промене аксијалног отпора и момента при бушењу, с тим да је утицај израженији и на момент. Тако, повећање корака на нивоу девет пута доводи до повећања момента бушења 5,8 пута, а аксијалног отпора од 4,7 пута. За наведене услове обраде гранична вредност корака је 0.9 mm/o тако да даље при његовом повећању настаје лом бургије.
2. Повећање пречника бушења, при другим непромењеним елементима процеса обраде, доводи до директно пропорционалног повећања аксијалног отпора и момента бушења. При задатој технолошкој брзини, промена пречника бушења директно доводи до промене броја обрта.
3. Са повећањем дубине бушења долази до повећања аксијалног отпора и момента бушења и та зависност је нелинеарна. Овакав карактер промене се подудару са бушењем дубоких отвора па се из тих разлога препоручује бушење у циклусу (step-by-step) алатима специјалне конструкције.

Литература:

[1] Тановић Љ., Петраков Ј.; ТЕОРИЈА И СИМУЛАЦИЈА ПРОЦЕСА ОБРАДЕ, Универзитет у Београду, Машински факултет, Београд, 2007.

1.3. МАШИНЕ ЗА ОБРАДУ МЕТАЛА ПЛАСТИЧНИМ ДЕФОРМИСАЊЕМ

Подсећање на основни модел обрадног система



Разлике код обраде ПД у односу на обраду резањем:

- овде машина не дефинише метод обраде, већ алат,
- помоћни прибори имају мање изражену улогу,
- користи се за веће серије, посебно тамо где би методе резања дале знатно мањи степен искоришћења материјала (нпр. кух. посуђе).

Предности метода обраде ПД

- добра могућност аутоматизације процеса
- висока продуктивност
- висок степен искоришћења материјала
- побољшана механичка својства материјала изратка (посебно код ваљаних навоја и зупчаника)
- висок квалитет обрађене површине (посебно код извлачења и истискивања)
- једноставна кинематика машина

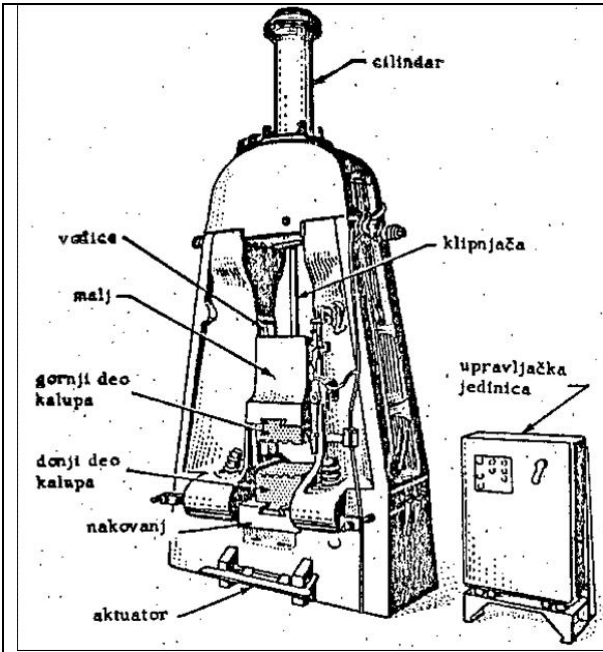
Мане метода обраде ПД

- сложени и скупи алати, не могу се купити стандардизовани, као код резања
- економска оправданост само за великосеријску и масовну производњу
- веома робусна конструкција машина
- велика бука и потреси (нарочито код чекића)
- велика опасност за послужоца машине.

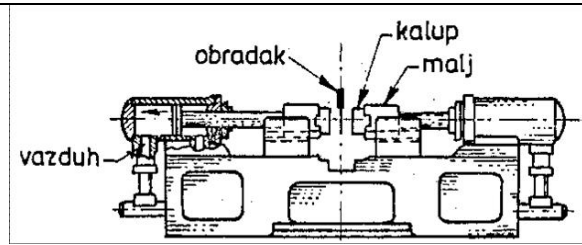
<u>Подела машина за обраду пластичним деформисањем:</u>	<u>Основне карактеристике машина за пластично деформисање</u>
<p style="text-align: center;">МАШИНЕ ЗА ОБРАДУ МЕТАЛА ПЛАСТИЧНИМ ДЕФОРМИСАЊЕМ</p> <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 45%;"> <p>ЧЕКИЦИ</p> <ul style="list-style-type: none"> • слободнопадни чекици • чекици са амортизацијом • ваздушни чекици • парни чекици </div> <div style="width: 45%;"> <p>МЕХАНИЧКЕ ПРЕСЕ</p> <ul style="list-style-type: none"> • фриционе пресе • кривајне пресе • аутоматске пресе </div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 45%;"> <p>МАШИНЕ ЗА ВАЉАЊЕ</p> <ul style="list-style-type: none"> • за хладно ваљање завојница • за ваљање зупчаника • ковачки ваљци </div> <div style="width: 45%;"> <p>ХИДРАУЛИЧНЕ ПРЕСЕ</p> <ul style="list-style-type: none"> • хидрауличне пресе • парно (ваздушно) хидраулич. • електрохидрауличне </div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 45%;"> <p>МАШИНЕ ЗА САВИЈАЊЕ</p> <ul style="list-style-type: none"> • за правoliniјско савијање • за кружно савијање • специјалне </div> <div style="width: 45%;"> <p>СПЕЦИЈАЛНЕ ПРЕСЕ</p> <ul style="list-style-type: none"> • за закивање • за развлачење лимова </div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 45%;"> <p>МАШИНЕ ЗА ОДСЕКАЊЕ</p> <ul style="list-style-type: none"> • маказе за лим у таблама • специјалне маказе за лим • машине за одсецање профилсаног материјала • машине за пробјање </div> </div>	<p style="text-align: center;">ОСНОВНЕ КАРАКТЕРИСТИКЕ МАШИНА</p> <ul style="list-style-type: none"> • релативно једноставан кинематички систем • знатна маса због присуства великих деформационих сила • релативно једноставно управљање • неопходност уградње сигурносних елемената за спречавање повређивања послужоца • релативно једноставна остварити аутоматизацију опслуживања <p>Разлика између чекића и преса је у брзини деформисања:</p> <ul style="list-style-type: none"> – чекић: 5 до 9 m/s – преса: до 0.7 m/s

Чекићи

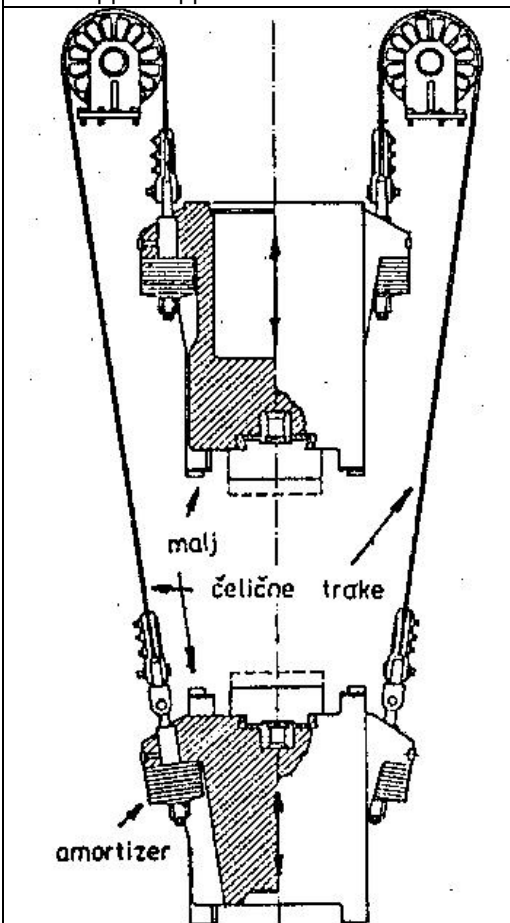
- Мање популарни од преса због великих удара.
- Чекићи простог дејства (непокретан наковањ, покретан маљ):
 - слободнопадни чекић,
 - ваздушни (парни) чекић.
- Чекићи двоструког дејства (два покретна маља):
 - чекић са челичним тракама.
 - хоризонтални ваздушни чекић.



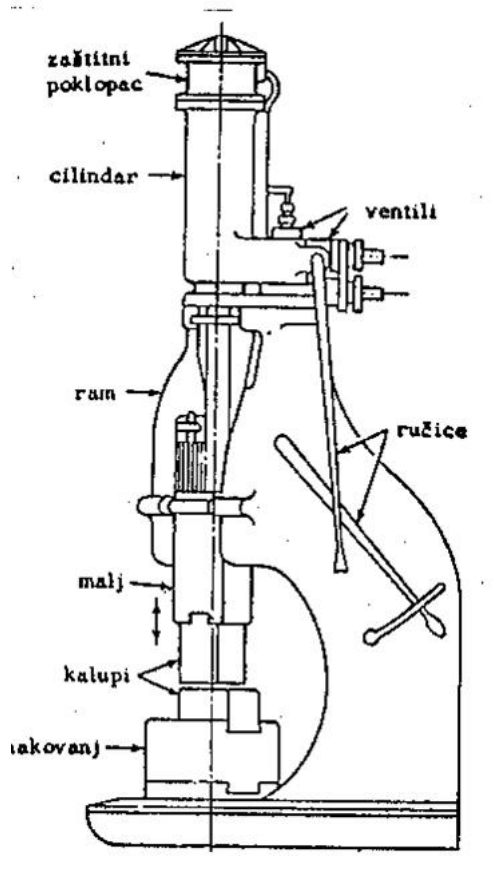
слободнопадни чекић



хоризонтални ваздушни чекић

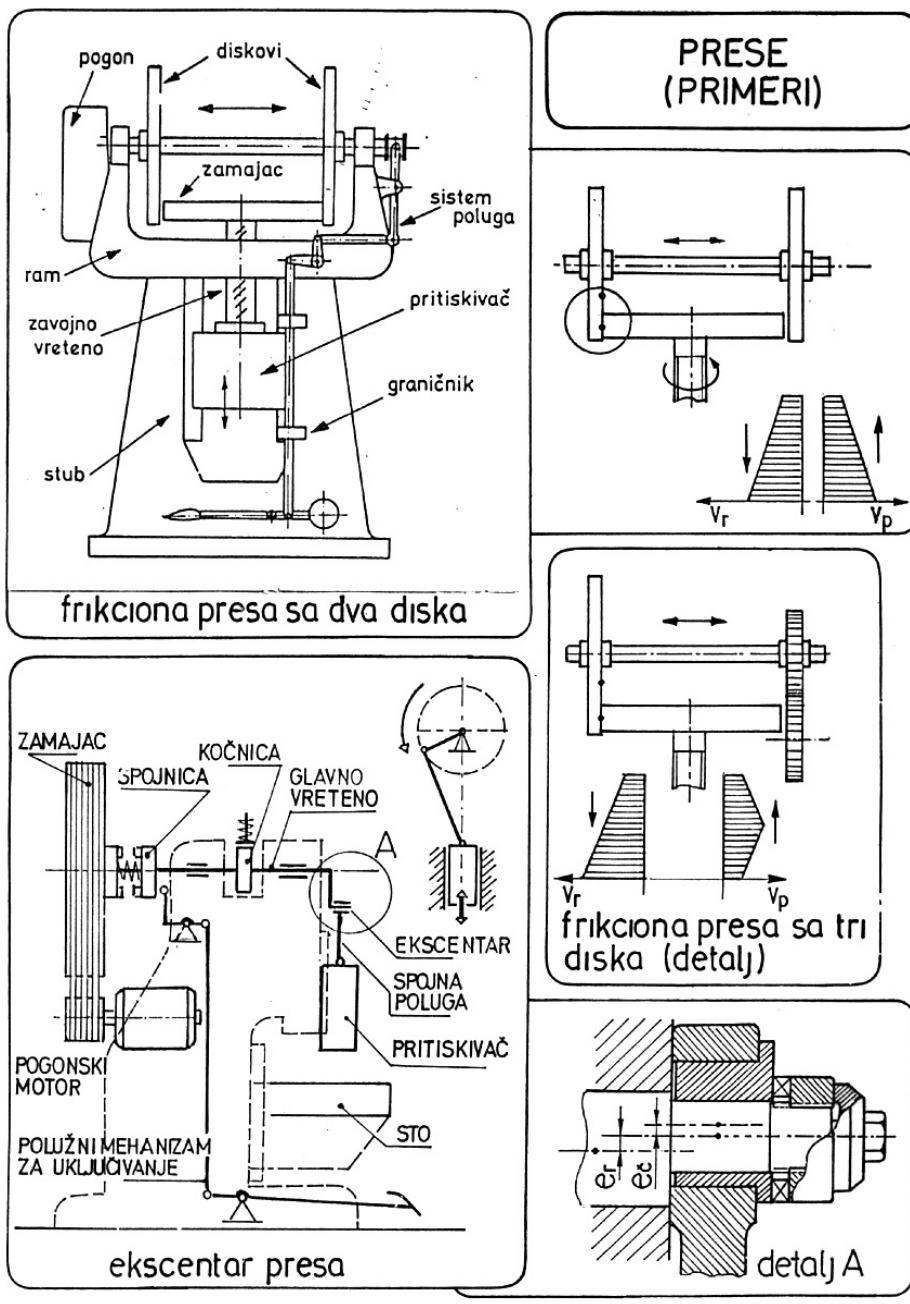


Чекићи двоструког дејства (челичним тракама)



ваздушни (парни) чекић

Пресе



Фрикциона преса са два диска

- спада у мање пресе (75 t., мотор 3.4 kW);
- спада у спорије пресе, погодна за операције савијања;
- брзина у радном ходу расте, а у повратном се смањује;
- **проблем:** велике инерцијалне силе при промени радног хода у повратни. Манифестују се проклизавањем замајца – зато се прави променљива облога: кожа армирана жицом;
- **улоге замајца:**
 - **епизодна** – део кинематског ланца,
 - **главна** – акумулатор кинематичке енергије: $E_k = lw^2/2$ – та енергија се расподељује на (1) користан рад, (2) губитке у завојном пару, (3) трење између чепа и вретена и притискивача;
- **замајца** је у облику точка са паоцима, да би се маса удаљила ка обиму;
- **притискивач** се налази на крају тровојног завојног вретена, да би се повећала брзина; за притискивач се везује горњи део алата;
- **за радни сто** се везује доњи део алата;
- **носеће структуре:** стубови од SL су током обраде оптерећени на истезање; зато се помоћу два огромна подужна вијка они преднапрежу у супротном смеру, пошто SL лакше трпи притисак. Вијци се преднапрежу у загрејаном стању;

- **преносник:** ремени;
- **диск за радни** (леви на преси у ЗМА) и повратни ход – аксијално покретни, преко система полуага – дужина хода се регулише граничницима.

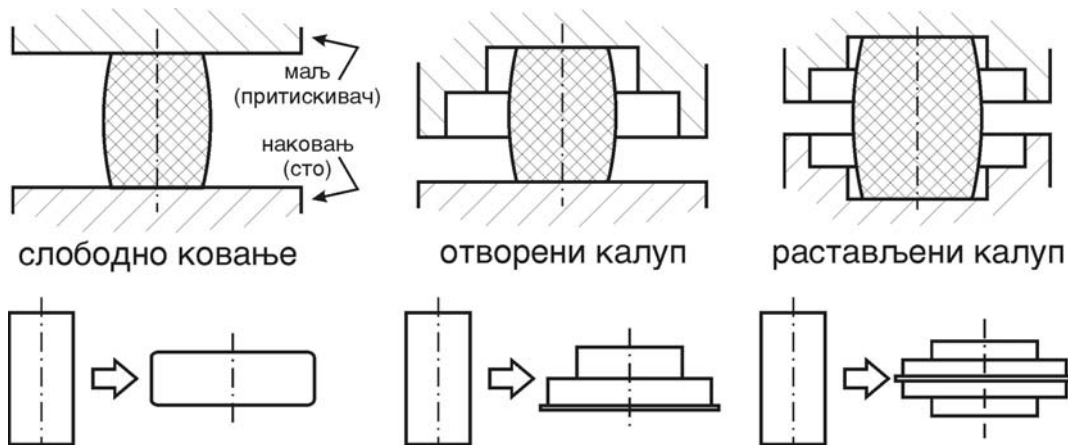
Ексцентар преса

- 50 t., али већи замајац од фриктционе пресе, а тиме и већи ЕМ;
- мањи ход од фриктционе пресе;
- замајац ради стално у једном смеру. Између замајца и вртила налази се спојница са обртним клином, која се аутоматски одваја након што се притискивач подигне из доње мртве тачке. Од ДМТ до ГМТ имамо кочницу повремениог дејства (укључује се на половини повратног хода, преко брегастих плоча), да се спречи нежељено кретање притискивача услед инерцијалних сила (при повратном ходу притискивач се зауставља у горњем положају);
- замајац се непрестано врти и користи се само део његове кинетичке енергије зато укупна кинетичка енергија мора бити велика, па је и замајац велики;
- нема подешавања брзине, она је константна током читавог процеса;
- подешавање величине хода врши се заокретањем ексц. чауре;
- најчешћа примена за пробијање и просецање лима, има отвор у радном столу за испадање делова;
- поред пресе је дворуки робот – аутоматизовано радно место.

1.4. АЛАТИ ЗА ОБРАДУ МЕТАЛА ПЛАСТИЧНИМ ДЕФОРМИСАЊЕМ

- за чекиће и пресе
 - алати за сабијање (ковање).....(запреминско обликовање)
 - алати за истискивање(запреминско обликовање)
 - алати за извлачење(обрада лима)
 - алати за савијање(обрада лима)
 - алати за пробијање и/или просецање(обрада лима)
 - комбиновани алати(обрада лима)
- алати за хладно ваљање завојница(запреминско обликовање)
- алати за топло ваљање озубљења(запреминско обликовање)

Алати за ковање



Слободно (припремно) ковање се користи ради смањења деформација, без алата; могу се користити уметци за основне облике.

Отворени калуп – удубљење само с једне стране алата.

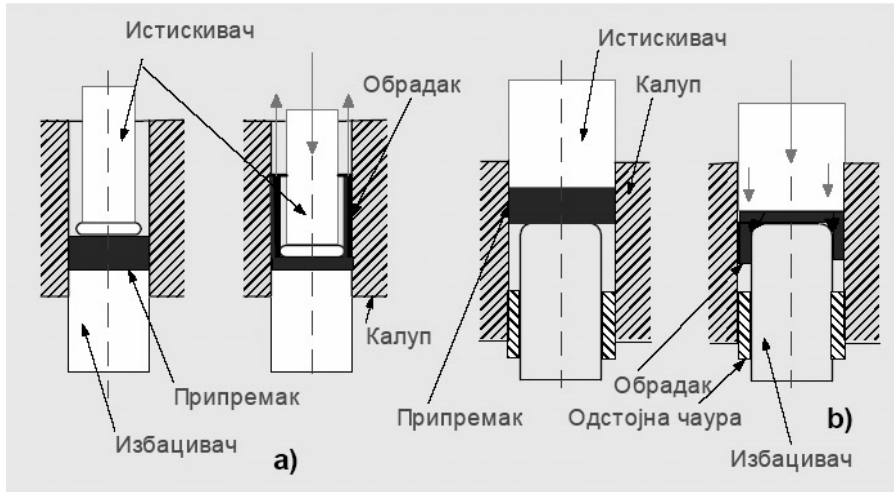
Улога венца (венац се касније одсеца накнадном обрадом):

- да се не хаба алат при удару горњег у доњи калуп – онемогућавање директног додира делова алата;
- да истекне вишак материјала – више материјала се ставља да би се сигурно попуниле све празнине у алату.

Смањење потребног деформационог рада при ковању врши се:

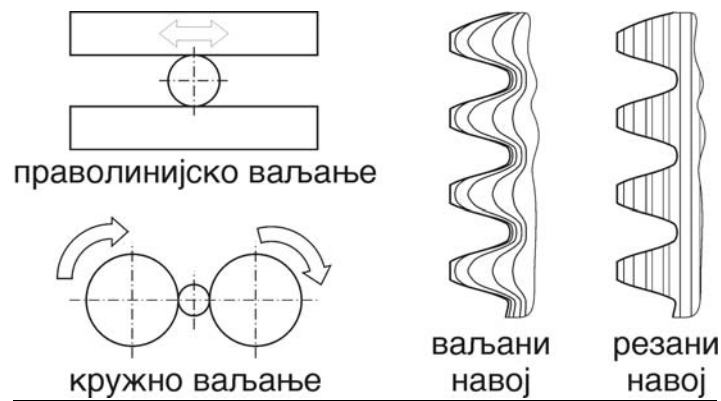
- смањењем деформационог отпора (загревањем),
- смањењем деформационе запремине (више операција).

Алати за истискивање

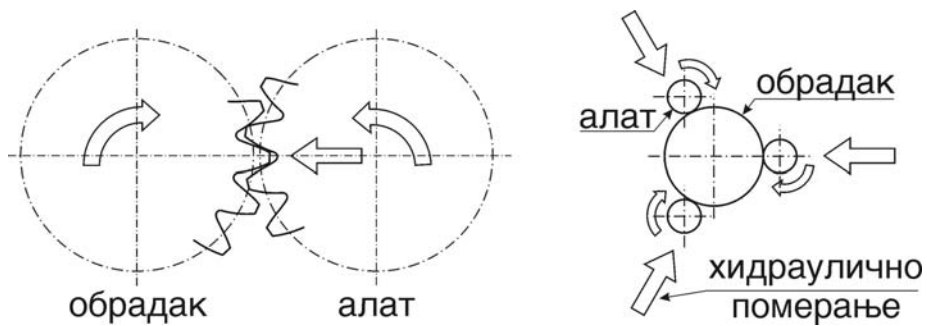


Опште схеме супротносмерног и истосмерног истискивања

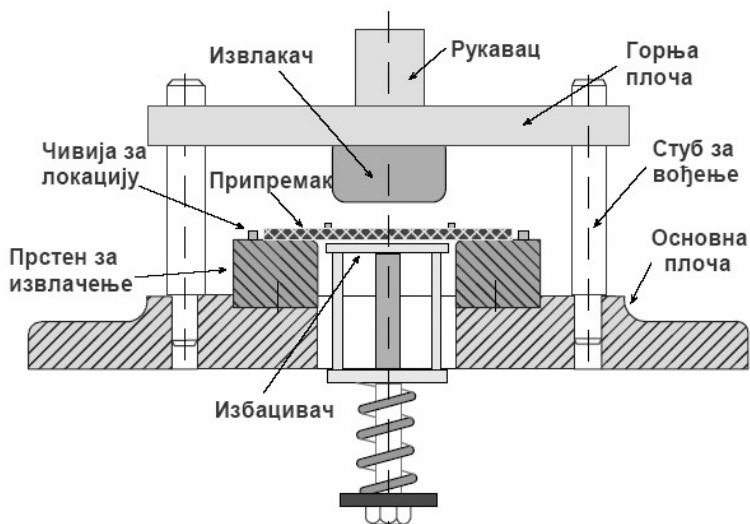
Алати за (хладно) ваљање завојнице



Алати за (топло) ваљање зупчаника



Алати за извлачење



Алати за пробијање и просецање

Сличности између просецања и пробијања: оба представљају одвајање лима по затвореној контури.

Разлике: пробијањем дефинишемо унутрашњу, а просецањем спољашњу контуру изратка.

Радни органи:

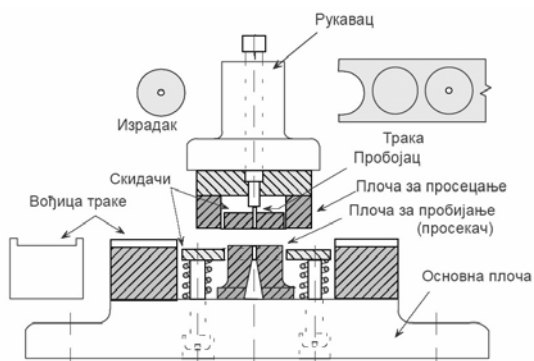
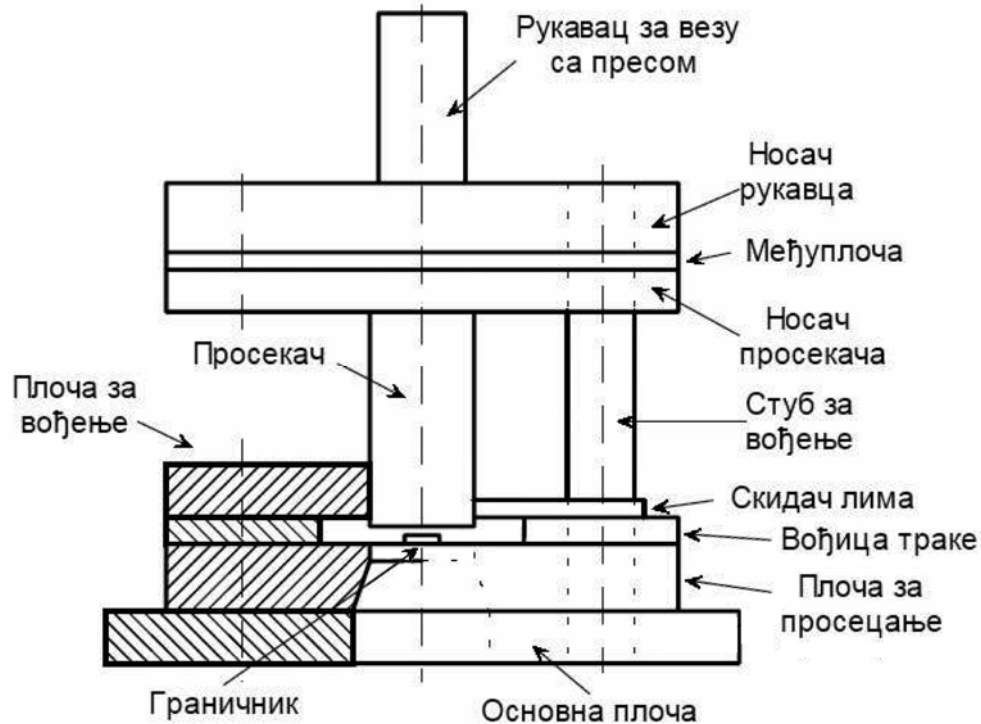
горњи: просекач или пробојац,

доњи: плоче или чауре за пробијање или просецање.

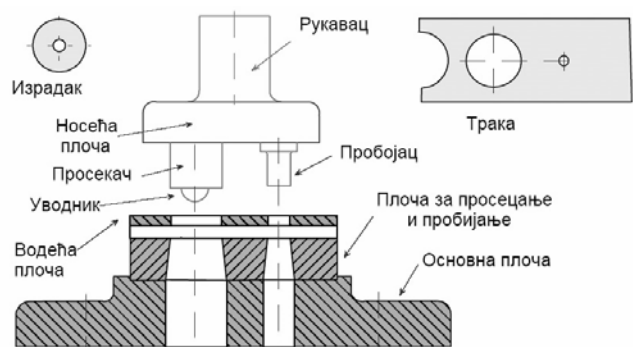
Кључни проблем: како обезбедити правилно међусобно вођење радних делова алата како би зазор био равномерно распоређен?

Према начину вођења разликујемо:

- (1) алате са плочом и
- (2) алате са стубовима за вођење.



Паралелан алат за просецање и пробијање



Редни алат за просецање и пробијање

Литература:

[1] Калајџић М. Технологија машиноградње, Универзитет у Београду Машински факултет, Београд, 2008. (Стране: 28÷66; 70÷84; 192÷240; 249÷253)