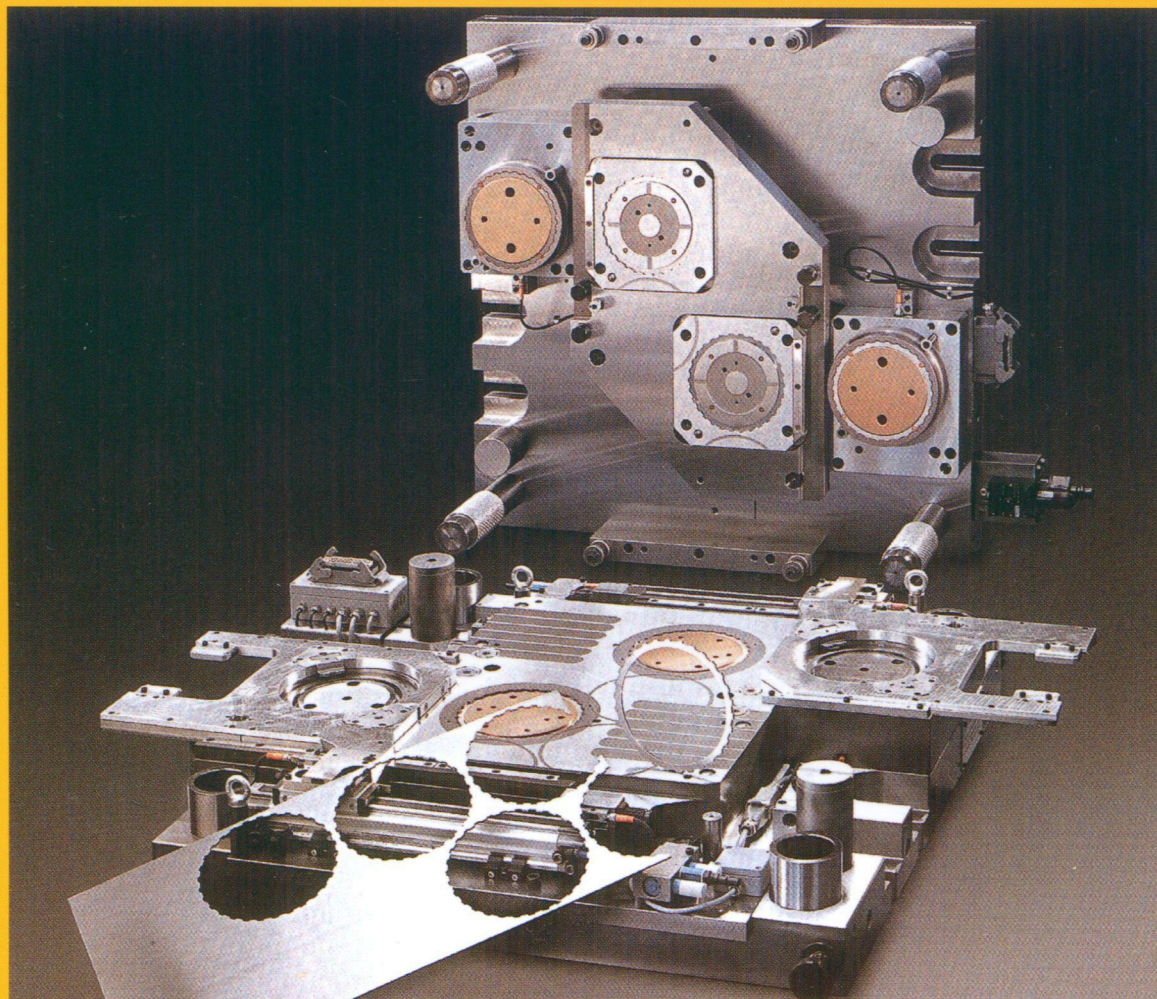


U N I V E R Z I T E T U B E O G R A D U



Milenko Jovičić

Ljubodrag Tanović

ALATI I PRIBORI

Proračuni i konstrukcije alata
za izradu delova od lima

MAŠINSKI FAKULTET
Beograd, 2015.

ALATI I PRIBORI

Proračuni i konstrukcije alata
za izradu delova od lima

UNIVERZITET U BEOGRADU

Milenko Jovičić

Ljubodrag Tanović

ALATI I PRIBORI

Proračuni i konstrukcije alata
za izradu delova od lima

MASINSKI FAKULTET
Beograd, 2015.

Prof. dr Milenko Jovičić
Prof. dr Ljubodrag Tanović

ALATI I PRIBORI

**Proračun i konstrukcije alata
za izradu delova od lima**
III izdanje

Recenzenti:

Prof. dr Milisav Kalajdžić
Prof. dr Dragomir Nikolić

Izdavač:

MAŠINSKI FAKULTET,
Univerziteta u Beogradu,
ul. Kraljice Marije 16, Beograd
tel: (011) 3370 760
fax: (011) 3370 364

Za izdavača:

Prof. dr Radivoje Mitrović, dekan

Glavni i odgovorni urednik:

Doc. dr Vladimir Buljak

Štampanje odobrila Komisija za izdavačku delatnost Mašinskog fakulteta
Rešenjem br. 24/2015 od 7.10.2015.

Tiraž: 100 primeraka

Štampa:

Planeta print
Igora Vasiljeva 33r, Beograd

*Zabranjeno preštampavanje i fotokopiranje.
Sva prava zadržava izdavač i autor*

PREDGOVOR

Prema Nastavnom planu studija Mašinskog fakulteta u Beogradu studenti Grupe za proizvodnju slušaju u VI i VII semestru (sa fondom časova 2+2 i 2+2) nastavni predmet „Alati i pribori“.

Knjiga „ALATI I PRIBORI - Proračuni i konstrukcije alata za izradu delova od lima“ obuhvata deo predmeta „Alati i pribori“, koji se predaje u VII semestru i iz koga studenti rade poseban samostalni zadatak.

Za ovaj deo predmeta do sada je korišćen udžbenik „Alati za obradu lima“ [46] i Priručnik „Alati za obradu deformisanjem - alati za obradu lima“ [13], koji su prvi put štampani pre više od 30 godina, tako da je predviđeno da ova nova knjiga ima ulogu udžbenika (za potrebe predavanja i spremanja ispita) i priručnika, koji će studentima koristiti pri izradi zadataka kao i pismenog dela ispita s' obzirom da sadrži potrebne dopunske informacije za projektovanje odgovarajućih alata kao i veliki broj primera izvedenih konstrukcija alata.

Iako je pisana prvenstveno za potrebe studenata Mašinskog fakulteta u Beogradu, knjigu mogu koristiti i studenti drugih mašinskih fakulteta i viših mašinskih tehničkih škola u našoj zemlji kao i stručnjaci u praksi, koji se budu bavili problematikom projektovanja i konstruisanja alata za izradu delova od lima.

Autori se srdačno zahvaljuju recenzentima prof. dr Milisavu Kalajdžiću i prof. dr Dragomiru Nikoliću, na korisnim primedbama i sugestijama.

Beograd, januara 2002. godine

Autori

PREDGOVOR III IZDANJU

U trećem izdanju, tekstualno nepromenjeno u odnosu na drugo iz 2007. godine, ispravljene su primećene greške. Autori se nadaju da će, kao i do sada, ovaj udžbenik omogućiti velikom broju studenata da, pored ostalog, lakše shvate značaj alata za oblikovanje lima u inženjerstvu.

Beograd, oktobar 2015. godine

Autori

SADRŽAJ

UVOD	1
I – OPŠTA ANALIZA IZRADE DELOVA OD LIMA	3
1. Analiza tehnološkičnosti delova od lima	3
2. Određivanje mera priprema i koeficijent iskorišćenja lima	5
2.1 Sečenje i ekonomično iskorišćenje materijala	5
2.1.1 Vrste gubitaka materijala	6
2.1.2 Određivanje širine trake	7
2.1.3 Koeficijent iskorišćenja materijala	9
2.1.4 Mogućnosti smanjenja otpadaka materijala	10
2.2 Određivanje mera priprema za delove koji se izrađuju savijanjem i elastično vraćanje lima	13
2.2.1 Određivanje mera priprema	13
2.2.2 Elastično vraćanje lima	14
2.3 Određivanje mera priprema za delove koji se izrađuju izvlačenjem	15
2.3.1 Izvlačenje rotacionih delova	15
2.3.2 Izvlačenje delova kutijastog oblika	18
2.3.3 Izvlačenje rotacionih delova sa smanjenjem debljine zida	20
3. Određivanje redosleda i broja operacija oblikovanja, deformacione sile i deformacionog rada, položaja rukavca alata i sile prese	21
3.1 Prosecanje i probijanje	21
3.1.1 Određivanje deformacione sile i deformacionog rada	21
3.1.2 Proračun sistema opruga za skidanje i izbacivanje delova dobijenih presecanjem (probijanjem)	24
3.2 Savijanje	25
3.2.1 Određivanje deformacione sile i deformacionog rada	25
3.3 Izvlačenje	29
3.3.1 Izvlačenje rotacionih delova bez oboda	29
3.3.2 Izvlačenje rotacionih delova sa obodom	32
3.3.3 Izvlačenje delova kutijastog oblika	33
3.3.4 Izvlačenje rotacionih delova sa smanjenjem debljine zida	35
3.3.5 Izvlačenje koničnih, sfernih, paraboličnih i delova stepenastog oblika	37
3.3.6 Izvlačenje delova iz trake	40
3.4 Probijanje sa izvlačenjem ruba, reljefno oblikovanje, sužavanje i proširivanje	42

3.4.1	Određivanje deformacione sile pri oblikovanju probijanjem sa izvlačenjem ruba	42
3.4.2	Određivanje deformacione sile pri reljefnom oblikovanju	43
3.4.3	Određivanje broja operacija i deformacione sile pri oblikovanju sužavanjem	45
3.4.4	Određivanje broja operacija i deformacione sile pri oblikovanju proširivanjem	46
3.5	Određivanje sile držača lima i sile prese	47
3.6	Određivanje centra pritiska alata	48
II	KONSTRUKCIJSKE KARAKTERISTIKE ELEMENATA ALATA	51
1.	Osnovni elementi alata za izradu delova od lima	51
1.1	Uloga i dimenzionisanje elemenata alata	54
1.1.1	Držači i nosači radnih elemenata alata	54
1.1.2	Elementi za vođenje pokretnog u odnosu na nepokretan deo alata	55
1.1.3	Elementi za lokaciju, vođenje i određivanje koraka trake u toku izvođenja operacije	56
1.1.4	Elementi i mehanizmi za skidanje (izbacivanje) gotovih delova i otpadaka	63
1.1.5	Elementi za pretvaranje vertikalnog kretanja pritiskivača prese u horizontalno kretanje probojca	65
1.2	Tipizirani i standardni elementi alata	66
1.2.1	Kućišta alata	67
1.2.2	Elementi za vezu alata sa pritiskivačem prese	67
1.2.3	Elementi za vođenje	67
1.2.4	Elementi za vezivanje u podsklopove alata	68
2.	Konstruktivske karakteristike radnih elemenata alata za prosecanje i probijanje i njihov proračun	69
2.1	Prosekači i probojci	69
2.2	Ploče za prosecanje i probijanje	74
2.3	Dimenzionisanje radnih elemenata alata za prosecanje (probijanje)	78
2.4	Radni elementi alata za fino prosecanje (probijanje)	80
2.5	Radni elementi alata za kalibrisanje	81
2.6	Proračun (provera) mera presekača (probojca) i ploče za prosecanje (probijanje)	81
3.	Konstruktivske karakteristike elemenata alata za savijanje	83
4.	Konstruktivske karakteristike elemenata alata za izvlačenje	85
4.1	Radijus zaobljenja ivice prstena za izvlačenje	85
4.2	Radijus zaobljenja izvlačka	87
4.3	Zazori i tolerancije izrade izvlačka i prstena za izvlačenje	87
4.4	Rebra za olakšavanje i otežavanje tečenja metala	88
5.	Vrste i karakteristike materijala za izradu elemenata alata	90

III - KONSTRUKCIJE ALATA ZA IZRADU DELOVA OD LIMA	93
1. Alati za serijsku proizvodnju	93
1.1 Alati za probijanje i prosecanje (odsecanje)	93
1.1.1 Alati za izradu delova normalne tačnosti probijanjem i prosecanjem	97
1.1.2 Alati za završnu obradu posle običnog probijanja i prosecanja	115
1.1.3 Alati za fino prosecanje i probijanje	118
1.1.4 Alati za opsecanje	122
1.1.5 Alati za rasecanje	123
1.2 Alati za savijanje	124
1.2.1 Jednooperacijski alati za savijanje	125
1.2.2 Višeoperacijski (složeni) alati za savijanje	132
1.2.3 Kombinovani alati	133
1.3 Alati za izvlačenje	139
1.3.1 Alati za izvođenje prve operacije izvlačenja	139
1.3.2 Alati za izvođenje druge i ostalih operacija izvlačenja	144
1.3.3 Alati za izvlačenje sa smanjenjem (redukcijom) debljine lima	153
1.4 Alati za reljefno oblikovanje	154
1.4.1 Alati za izradu rebara	154
1.4.2 Alati za oblikovanje sužavanjem i proširivanjem	155
1.4.3 Alati za reljefno oblikovanje i proširivanje otvora sa izvlačenjem ruba	158
2. Alati za pojedinačnu i maloserijsku proizvodnju	161
2.1 Univerzalni alati za izradu delova od lima	161
2.1.1 Jednooperacijski univerzalni alati	161
2.1.2 Višeoperacijski (montažni) univerzalni alati	164
2.2 Grupni alati za izradu delova od lima	166
2.2.1 Grupni alati za izvođenje različitih operacija oblikovanja	166
2.2.2 Grupni alati za savijanje	168
IV - MEHANIZACIJA PROCESA IZRADE DELOVA OD LIMA	171
1. Mehanizacija dovodenja pripremaka i skidanje gotovih delova sa alata pri proizvodnji sitnijih delova	172
1.1 Uređaji za dovodenje trakastog materijala izvedeni kao dopunski mehanizmi presa	173
1.2 Uređaji za dovodenje i pomeranje trake izvedeni kao zasebni agregati postavljeni na radni sto prese	178
1.3 Uređaji za pomeranje trake koji čine dopunske mehanizme alata	180
1.4 Uređaji za dovodenje komadnih pripremaka koji su sastavni deo alata	187
1.5 Uređaji za dovodenje komadnih pripremaka koji su sastavni mehanizmi presa	190
1.6 Uređaji za mehanizovano odvođenje (skidanje) gotovih delova iz alata	196
2. Mehanizacija dovodenja pripremaka i skidanja gotovih delova pri izradi delova većih dimenzija	199

V - PRILOZI	203
1. Tipizirana kućišta i standardi izvođenja elemenata alata	204
1.1 Kućišta alata	204
1.2 Elementi za vezu alata sa pritiskivačem prese	214
1.3 Elementi za vođenje	216
1.4 Radni elementi alata	222
1.5 Elementi za spajanje i vezivanje	226
2. Karakteristike limova	231
2.1 Čelični limovi	231
2.1.1 Toplovaljani čelični limovi	231
2.1.2 Hladnovaljani limovi od niskougleničnog čelika	234
2.2 Limovi od bakra i legura bakra	239
2.2.1 Mehanička svojstva limova od Cu i Cu - legura	239
2.2.2 Dimenzije limova od Cu i Cu - legura	241
2.3 Limovi od aluminijuma i legura aluminijuma	242
2.3.1 Limovi od aluminijuma	242
2.3.2 Limovi od legura aluminijuma	244
2.4 Nemetalni materijali u obliku limova (table, trake)	246
LITERATURA	247



OPŠTA ANALIZA IZRADA DELOVA OD LIMA

1. Analiza tehnološkičnosti delova od lima

Delovi (izradci) od lima treba da su konstrukcijski oblikovani kako bi izrada bila ekonomična s obzirom na složenost procesa izrade, neophodne obradne sisteme i troškove materijala.

Elementi za ocenu tehnološkičnosti konstrukcije izradka su: utrošen materijal, broj i komplikovanost operacija tehnološkog procesa izrade, potrebni obradni sistemi, postojanost alata, neophodnost naknadne obrade i drugo.

Konfiguracija izradka treba da obezbedi najpovoljnije iskorišćenje lima uz najmanji otpadak. Oblik spoljašnje i unutrašnje konture treba da je što prostiji jer se time postiže veći stepen iskorišćenja materijala, prostija konstrukcija i veća postojanost alata i manji troškovi održavanja.

a) Tehnološki zahtevi kod delova dobijenih prosecanjem i probijanjem

- Izbegavati delove složene konfiguracije kod kojih širina prosecanja treba da bude $b \geq 2s$;
- Najmanja mera probijenog otvora data je u tabeli 1;
- Minimalno rastojanje između probijenih otvora i radijus zaobljenja dela dobijen prosecanjem u jednodelnoj reznoj ploči dati su u tabeli 2;
- Kod reznih ploča iz segmenata moguća je izrada konture bez radijusa zaobljenja (tj. $r = 0$).

b) Tehnološki zahtevi kod delova dobijenih savijanjem

- Minimalni dozvoljen radijus savijanja treba primeniti samo ako to zahtevaju konstrukcijski razlozi. Treba predvideti veći radijus savijanja od debljine lima (tabela 2);
- Visina savijenog kraka pod uglom od 90° treba da je $h \geq 3s$ ($r = s$);
- U slučaju višeoperacijskog savijanja neophodno je predvideti odgovarajuće tehnološke baze.

Tabela 1 Najmanje mere probijenih otvora (prečnik, širina) [21] [35]

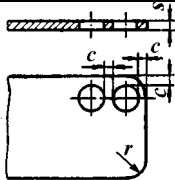
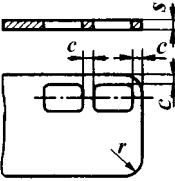
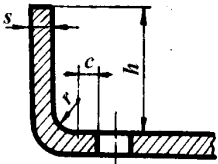
Materijal	Oblik otvora			
	KRUG	KVADRAT	PRAVOUGAONIK	OVALAN
Nerđajući čelik	1,50 s	1,40 s	1,20 s	1,10 s
Tvrđi čelik	1,20 s	1,10 s	0,90 s	0,80 s
Meki čelik	1,00 s	0,90 s	0,70 s	0,60 s
Mesing, bakar	0,80 s	0,70 s	0,60 s	0,55 s
Tekstolit	0,40 s	0,35 s	0,30 s	0,30 s
Magnezijumove legure (pri 260° C)	0,25 s	0,45 s	0,35 s	0,30 s

Napomena: Pri finom probijanju postiže se $d = (0,5 \div 0,7) s$

c) Tehnološki zahtevi kod delova dobijenih izvlačenjem i reljefnim oblikovanjem

- Potrebno je izbegavati veoma složene i nesimetrične oblike izvučenih delova;
- Potrebno je izbegavati delove velikog prečnika oboda (D) i visine (h), tj. $D > 3d$ pri $h \geq 2d$;
- Kod nerotacionih delova potrebno je izbegavati oštrije uglove između površina u horizontalnoj i vertikalnoj ravni dela;
- Pri izvlačenju delova složene konfiguracije neophodno je predvideti tehnološke baze za izvođenje narednih operacija.

Tabela 2 Minimalno rastojanje između probijenih otvora i radijusi zaobljenja [14], [21]

Deo	Otvor	Minimalno rastojanje	Skica
Prosečen	Okrugao	$c \geq s$ $r \geq 0,5s$	
	Pravougli	$c \geq 1,2s$ $r \geq 0,5s$	
Savijen	Okrugao	$c \geq 2s$ $r \geq (0,5 - 1,0)s$ * $r \geq (1,0 - 2,0)s$ ** $r \geq (2,0 - 3,0)s$ ***	

Površinski pritisak i sila držača lima za prvu operaciju određuju se:

$$p_{d1} = (0,2 \div 0,3) \left[\left(\frac{D}{d_1} - 1 \right)^3 + \frac{d_1}{200s} \right] \cdot 10^{-2} R_m \left[\frac{N}{mm^2} \right],$$

$$F_{d1} = \frac{\pi}{4} [D^2 - (d_{p1} + 2r_{p1})^2] \cdot p_{d1} [N]$$

Za drugu i naredne operacije pri korišćenju konusnog prstena za izvlačenje:

$$p_{di} = (0,2 \div 0,3) \left[\left(\frac{d_{i-1}}{d_i} - 1 \right)^3 + \frac{d_i}{200s} \right] \cdot 10^{-2} R_m \left[\frac{N}{mm^2} \right],$$

$$F_{di} = \frac{\pi}{4} [d_{i-1}^2 - (d_i + 2s)^2] (1 + \mu \cdot \operatorname{ctg} \alpha) \cdot p_{di} [N],$$

gde su: $d_{p1}, r_{p1} [mm]$ – prečnik i radijus zaobljenja prstena za izvlačenje prve operacije;
 $d_i, d_{i-1} [mm]$ – unutrašnji prečnici izradka nakon odgovarajućih operacija izvlačenja;
 $\mu = 0,1 \div 0,15$ – koeficijent trenja;
 α – centralni ugao nagiba konusnog dela prstena.

Najčešće je u primeni držač lima sa oprugama koje moraju biti prednapregnute silom F_p sa ugebom f_p , da bi držač lima delovao u početku procesa izvlačenja, pri čemu je:

$$F_p = c \cdot f_p; \quad c - \text{karakteristika opruge (tabele 5.7 i 5.8 u prilogu V.1).}$$

Sa povećanjem hoda izvlakača ili dubine izvlačenja (h) dolazi do porasta sile držača lima, koja u nekom trenutku procesa izvlačenja iznosi:

$$F = c(f_p + h) \quad (\text{tačka 3.1.2}).$$

Na osnovu jednakosti $F = F_{di}$ vrši se izbor broja i dimenzija opruga.

Ukupna sila, prema kojoj se vrši izbor prese jednaka je zbiru svih sila koje se pojavljuju u toku radnog hoda alata u kome se odvija proces oblikovanja dela.

Kod izvlačenja to su sile izvlačenja (F_i), držača lima (F_d) i izbacivača (F_{iz}), pa je ukupna sila (F_u):

$$F_u = F_i + F_d + F_{iz}$$

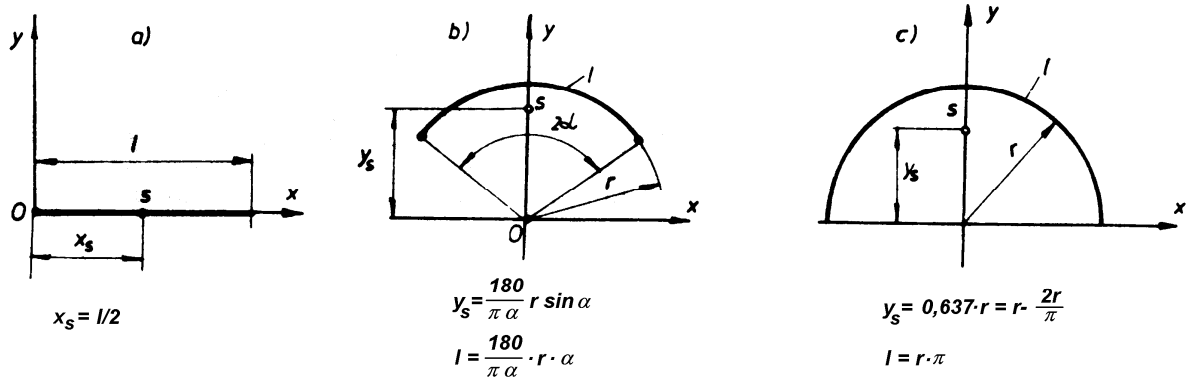
3.6 Određivanje centra pritiska alata

Centar pritiska ili “težište” alata nalazi se na vertikalnoj osi, koja prolazi kroz napadnu tačku rezultante sila i poklapa se sa osom rukavca. Poklapanje položaja ose rukavca za vezu sa pritiskivačem prese sa centrom pritiska posebno je važno kod alata sa pločnim vođenjem jer u suprotnom dolazi do: nepravilnog vođenja (nejednak zazor, povećano habanje i dr.), radni elementi alata su opterećeni pored izvijanja i na savijanje i smanjena je postojanost alata.

Alati sa stubnim vođenjem nisu u toj meri osetljivi kao alati sa pločnim vođenjem zbog nepoklapanja težišta alata i ose rukavca, jer stubovi preuzimaju na sebe neravnomernost u opterećenju.

Centar pritiska se može odrediti računskim i grafičkim putem, uzimanjem u obzir svih sila, koje se pojavljuju pri jednom radnom hodu alata, i deluju u težištu svake pojedine konture koje se istovremeno izrađuju. Pri tome se najpre određuju položaji težišta svake konture i dužina konture a zatim se primenom pravila momenta sile određuje položaj centra pritiska alata u odnosu na dve međusobno upravne ose.

Na sl. 39 prikazani su položaji težišta prave, kružnog luka i polukruga.



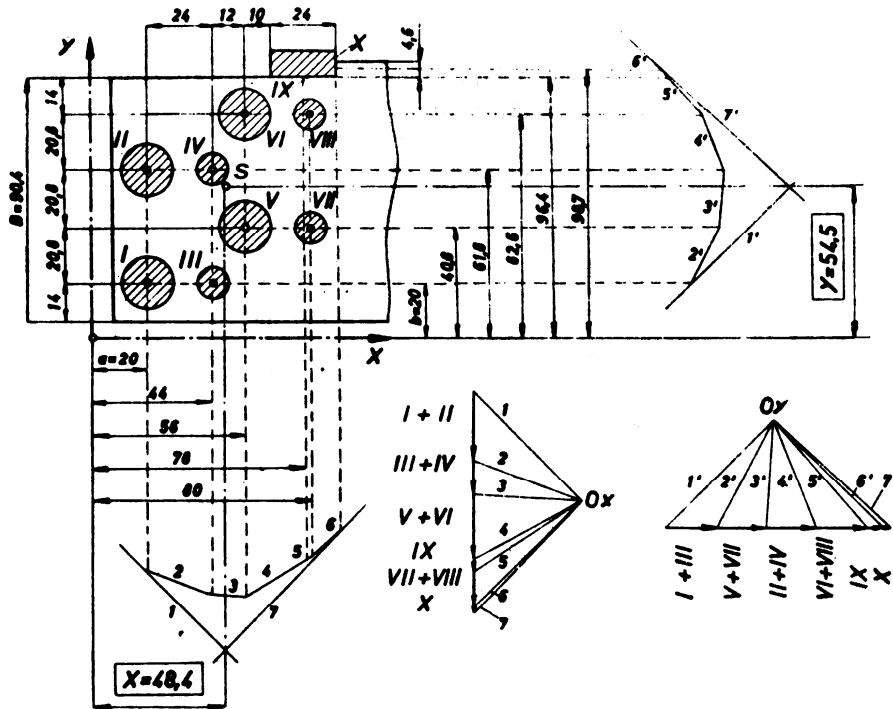
Sl. 39 Položaji težišta elementarnih kontura

Kod alata za prosecanje i probijanje sila je proporcionalna dužini konture pojedinih elemenata (l_i) pa se položaj centra pritiska alata određuje po obrascu:

$$x_s = \frac{x_1 l_1 + x_2 l_2 + \dots + x_n l_n}{l_1 + l_2 + \dots + l_n} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i l_i}{\sum_{i=1}^n l_i};$$

$$y_s = \frac{\sum_{i=1}^n y_i l_i}{\sum_{i=1}^n l_i}.$$

Na primeru alata (sl. 40) za prosecanje i probijanje otvora kružnog preseka prečnika $d = 10$ mm (III, IV, VII i VIII) i $D = 20$ mm (I, II, V i VI), određen je položaj centra pritiska alata prema podacima u tabeli 42.



Sl. 40 Grafički postupak određivanja centra pritiska alata za prosecanje i probijanje

Tabela 42 Dužine elemenata i njihove ordinate i apscise težišta

Element <i>i</i>	Dužina elementa l_i	Ordinata težišta y_i	$l_i \cdot y_i$
I + III	94,2	20,0	1,844
V + VII	94,2	40,0	3,843
II + IV	94,2	61,8	5,822
VI + VIII	94,2	82,6	7,781
IX	24,0	96,4	2,314
X	4,6	98,7	454
Σ	405,4	-	22,058

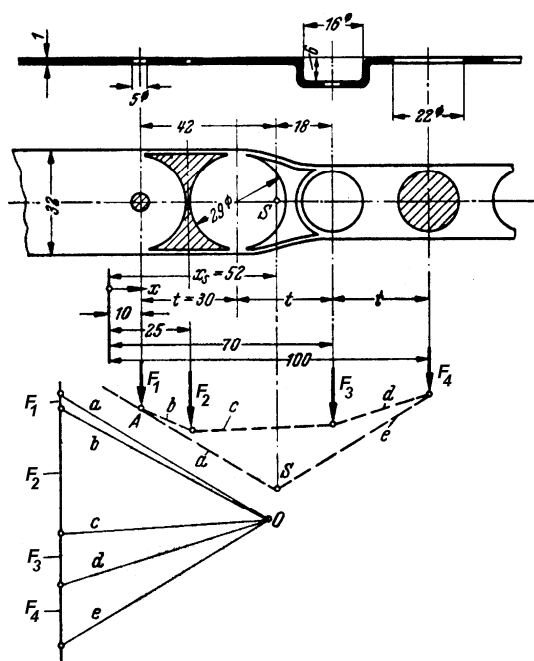
Element <i>i</i>	Dužina elementa l_i	Ordinata težišta x_i	$l_i \cdot x_i$
I + II	125,6	20	2,512
III + IV	62,8	44	2,763
V + VI	125,6	56	7,034
IX	24,0	78	1,872
VII + VIII	62,8	80	5,024
X	4,6	90	414
Σ	405,4	-	19,619

$$x_s = 48,4 \text{ mm}; \quad y_s = 54,5 \text{ mm}$$

Kod grafičkog postupka crta se plan dužina kontura (ili plan sila - sl. 41) i verižni poligon u pravcu obe koordinatne ose, a u preseku težišnih linija (pravca resultantnih sila) nalazi se centar pritiska alata.

Kod alata za savijanje, izvlačenje i kombinovanih alata (moguće i kod alata za prosecanje i probijanje) za određivanje centra pritiska alata potrebno je raditi sa deformacionim silama.

Određivanje centra pritiska alata, grafičkim putem, na primeru višestepenog izvlačenja iz trake prikazano je na sl. 41.



Sl. 41 Grafički postupak određivanja centra pritiska alata preko deformacionih sila

Računskim putem centar pritiska alata će biti:

$$x_s = \frac{\sum F_i x_i}{\sum F_i}; \quad y_s = \frac{\sum F_i y_i}{\sum F_i},$$

gde su:

F_i – deformacione sile u radnom hodu alata;
 x_i, y_i – apscise i ordinate centra dejstva sila.

Za primer sa sl. 41 položaj centra pritiska alata iznosi:

$$x_s = \frac{440 \cdot 10 + 3920 \cdot 25 + 1500 \cdot 70 + 1950 \cdot 100}{440 + 3920 + 1500 + 1950} = 52 \text{ mm}.$$

III

KONSTRUKCIJSKE KARAKTERISTIKE ELEMENTATA ALATA

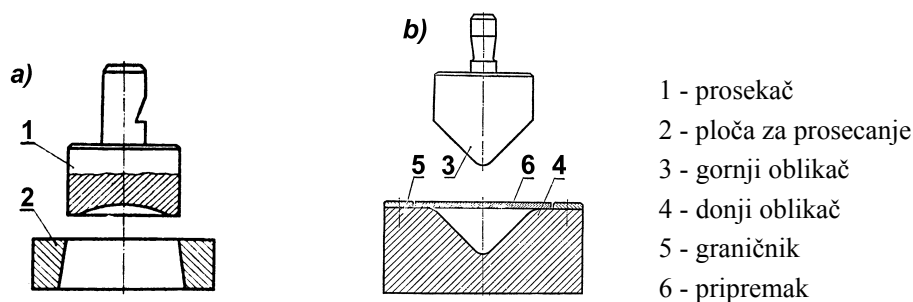
1. Osnovni elementi alata za izradu delova od lima

Podela alata za izradu delova od lima može se izvršiti po više osnova, s obzirom na veliku raznovrsnost konstrukcija ovih alata. Tako je moguća podela prema:

- (1) Vrsti operacije obrade lima ili prema tehnološkoj osnovi (alati za prosecanje, alati za probijanje, alati za savijanje, alati za izvlačenje, alati za reljefno oblikovanje i dr.);
- (2) Konstrukciji alata (prema načinu vođenja pokretnog dela alata u odnosu na nepokretni deo alata - alat bez vođenja, sa pločnim vođenjem, sa stubnim vođenjem);
- (3) Eksploataciji alata (po načinu pomeranja materijala i odvođenja gotovih delova i otpadaka);
- (4) Broju operacija (jednooperacijski - prosti alati i višeoperacijski - kombinovani alati), i
- (5) Univerzalnosti primene alata (specijalni i univerzalni alati).

Alati bez vođenja (otvoreni alati)

Alati bez vođenja (otvoreni alati) su najprostiji po konstrukciji, a primenjuju se kod izrade delova manje tačnosti od debljeg lima pri maloserijskoj proizvodnji (sl. 42).



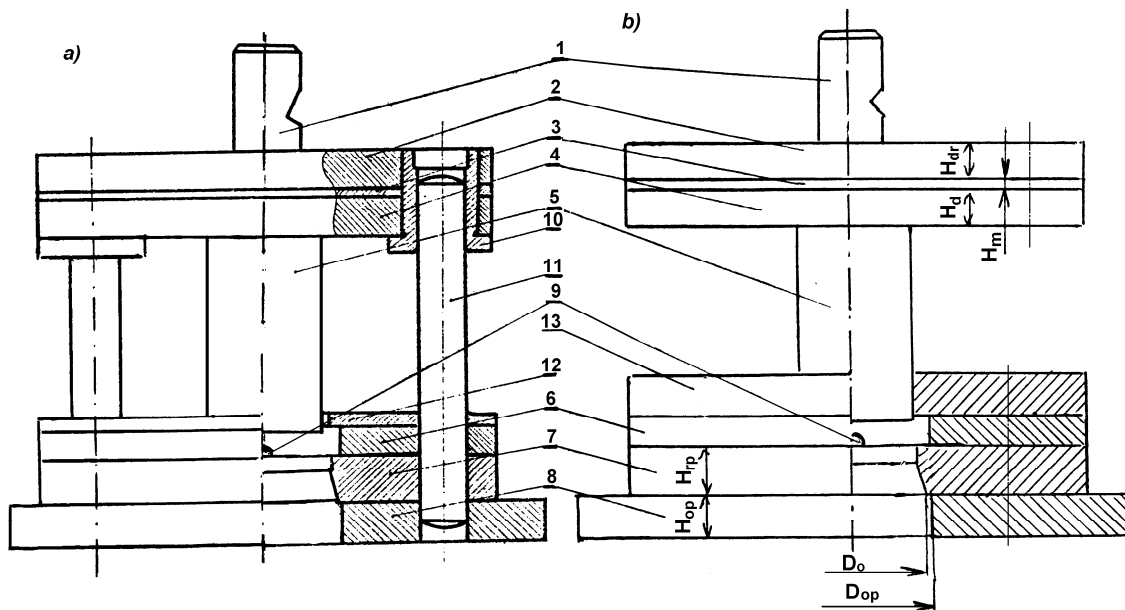
Sl. 42 Alati bez vođenja - otvoreni alat za prosecanje ili probijanje (a) i savijanje (b)

Ovi alati mogu biti izvedeni sa skidačem lima, koji može biti nepokretan ili pokretan (pod dejstvom opruga). Otvoreni alati sa nepokretnim skidačem lima koriste se kod probijanja i prosecanje, dok se alati sa pokretnim skidačem primenjuju pri izradi delova od tanjeg lima.

Alati sa vođenjem

Vođenje pokretnog u odnosu na nepokretni deo alata može biti izvedeno sa pločnim, stubnim i kombinovanim (pločnim i stubnim) vođenjem. Alati sa pločnim vođenjem primenjuju se za prosecanje i probijanje manjih delova prostijeg oblika pri serijskoj proizvodnji, dok se alati sa stubnim vođenjem koriste kod izrade tačnijih delova pri serijskoj proizvodnji ili delova komplikovanijeg oblika i pri velikoserijskoj i masovnoj proizvodnji.

Svi alati za izradu delova od lima sastoje se u principu od istih elemenata, a razlikuju se samo u elementima koji neposredno vrše oblikovanje materijala. Na sl. 43 uporedno je data uprošćena konstrukcija alata za prosecanje sa stubnim (a) i pločnim vođenjem (b).

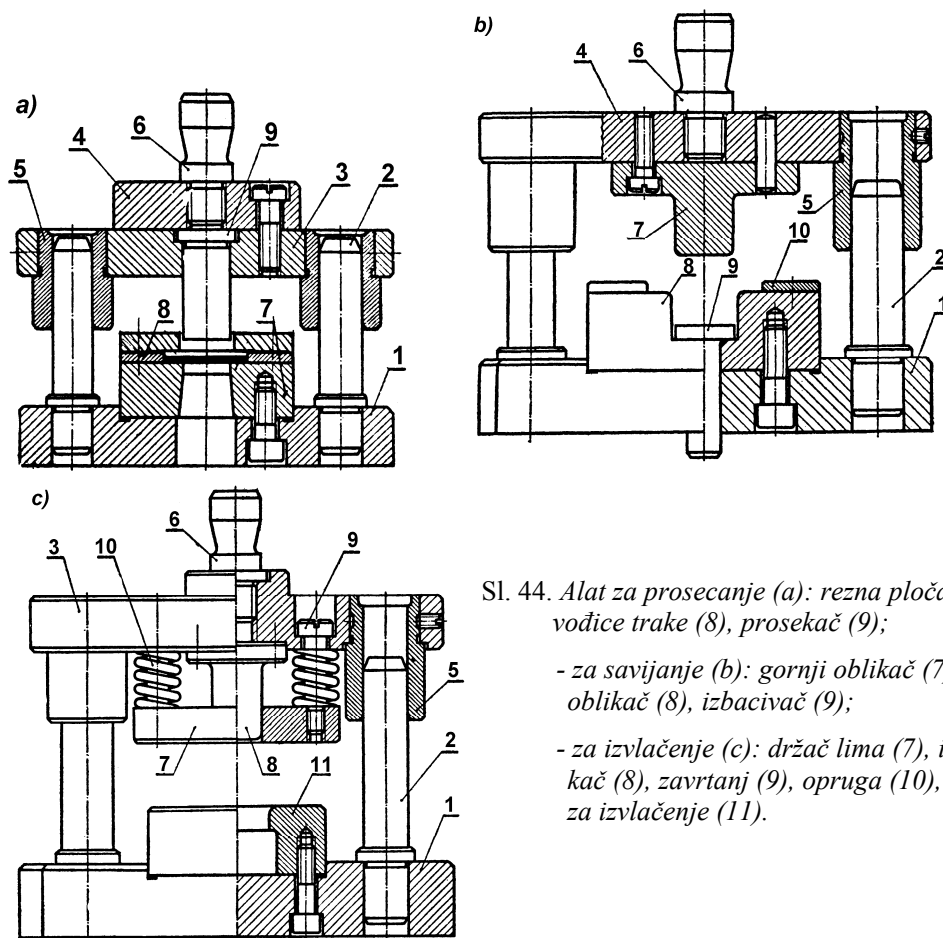


Sl. 43 Uprošćena konstrukcija alata za prosecanje sa stubnim (a) i pločnim (b) vođenjem

Za obe konstrukcije zajednički osnovni elementi alata su: rukavac za vezu sa pritiskivačem prese (1), držač rukavca (2), međuploča (3), držač radnih elemenata (4), radni element alata - prosekač (5), vođica trake (6), ploča za prosecanje (7), osnovna ploča (8), graničnik (9) i elementi za spajanje i vezivanje (čivije, zavrtnji). Kod alata sa stubnim vođenjem, pokretni u odnosu na nepokretni deo alata vodi se čaurama (10) i stubovima za vođenje (11) a skidanje dela ili trake sa prosekača izvodi se skidačem lima (12). Kod alata sa pločnim vođenjem, vođenje jednog u odnosu na drugi deo alata se izvodi pločom za vođenje (13).

Kod alata za savijanje, izvlačenje i reljefno oblikovanje umesto prosekača i ploče za prosecanje kao radni elementi alata su: gornji i donji oblikač odnosno izvlakač i prsten za izvlačenje, uz postojanje elemenata kao što su držač lima, izbacivač itd.

Na sl. 44 prikazane su konstrukcije alata sa stubnim vođenjem za operacije prosecanja (a), savijanja (b) i izvlačenja (c); sa kojih se vidi da se sastoje od sličnih elemenata: osnovna ploča (1), stub za vođenje (2), držač radnih elemenata (3), držač rukavca (4), čaura za vođenje (5), rukavac (6), čivije, zavrtnji i graničnici. U sva tri slučaja primenjena su tipizirana (standardna) kućišta alata.



Sl. 44. Alat za prosecanje (a): rezna ploča (7),
vođice trake (8), presekač (9);

- za savijanje (b): gornji oblikač (7), donji
oblikač (8), izbacivač (9);

- za izvlačenje (c): držač lima (7), izvla-
kač (8), zavrtnj (9), opruga (10), prsten
za izvlačenje (11).

Prema funkciji u alatu, svi sastavni elementi alata za izradu delova od lima mogu se svesti u dve osnovne grupe:

1. Delovi alata tehnološkog karaktera koji neposredno obezbeđuju izvođenje operacije i imaju direktan kontakt sa materijalom priprema, gde spadaju:
 - a) Radni elementi alata (presekač, probojac, ploča za prosecanje - probijanje, gornji i donji oblikač, izvlačač, prsten za izvlačenje i dr.),
 - b) Elementi za lokaciju i vođenje priprema u alatu (graničnici i bočni noževi za određivanje koraka trake, konusne čivije - centraži, graničnik za određivanje položaja komadnih priprema, vođice trake, bočni pritiskivači i dr.),
 - c) Elementi za držanje priprema u toku izvođenja operacije (držač lima) i skidanje gotovih delova (izbacivači i skidači).

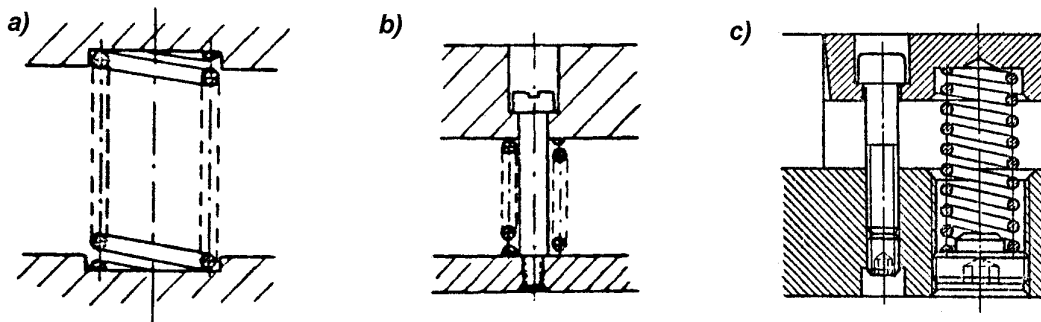
2. Delovi alata konstrukcijskog karaktera koji povezuju sve elemente alata u celinu kao i za vezivanje alata za pritiskivač i radni sto prese, gde spadaju:
 - a) Držači i nosači radnih elemenata alata (osnovna ploča, držači gornjih i donjih radnih elemenata, držač rukavca),
 - b) Elementi za vođenje pokretnog dela alata u odnosu na nepokretni deo (ploča za vođenje, čaure i stubovi za vođenje),
 - c) Elementi za vezivanje u podsklopove pokretnog i nepokretnog dela alata (čivije, vijci, opruge) i za vezivanje alata za pokretni i nepokretni deo prese (pritiskivač i radni sto).

1.1.4 Elementi i mehanizmi za skidanje (izbacivanje) gotovih delova i otpadaka

Po završetku procesa oblikovanja gotov deo ili otpadak se zadržavaju na nekom od radnih elemenata alata, u zavisnosti od konfiguracije dela i konstrukcije alata.

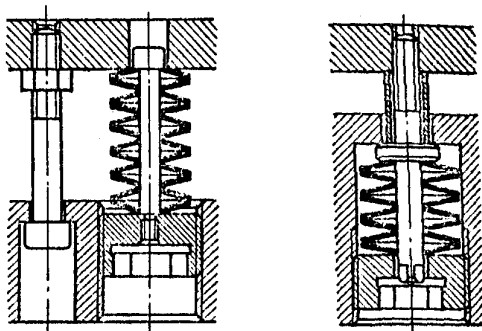
Konstruktivna rešenja skidanja dela su različita i u osnovi se mogu podeliti s obzirom na to da li se skidač kreće (pokretni) ili miruje (kruti) u toku radnog ciklusa. Kod pokretnih skidača (gotovih delova ili otpadaka) najčešće se koristi akumulirana energija elastičnih elemenata kao što su: zavojne opruge, tanjiraste opruge i guma.

Za pravilan rad skidača je veoma važan način ugradnje i njihovo vođenje u alatu (sl. 53). Pri manjim visinama zavojnih opruga preporučuje se njihova ugradnja kao na sl. 53a, pri većim visinama opruga koristi se element za vođenje koji je kruto vezan za držač lima ili izbacivač (sl. 53b) i u slučaju potrebe za regulisanjem sabijenosti opruge kao na sl. 53c.

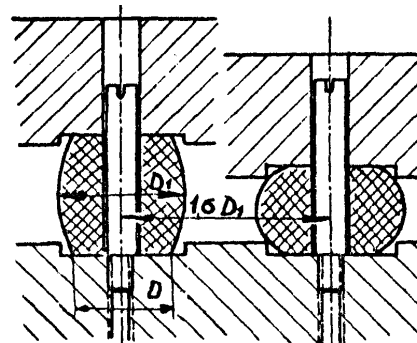


Sl. 53 Načini ugradnje zavojnih opruga u alatu

Primena tanjirastih opruga omogućava da se pri malom hodu postignu velike sile na skidaču i izbacivaču gotovih delova ili otpadka. Preporučuje se da ukupna visina ugrađenih tanjirastih opruga u rasterećenom stanju ne prelazi četverostruku vrednost spoljašnjeg prečnika opruge, a na sl. 54 prikazani su neki od načina njihove ugradnje u alat.



Sl. 54 Načini ugradnje tanjirastih opruga u alat sa regulisanjem sabijanja



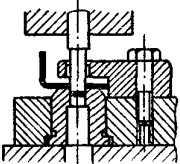
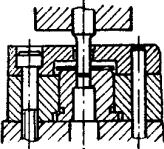
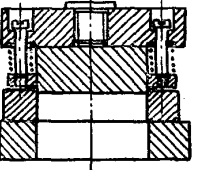
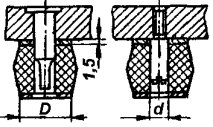
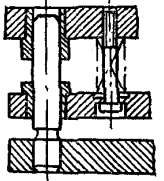
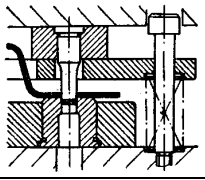
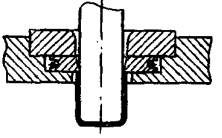
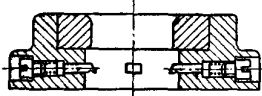
Sl. 55 Način ugradnje gumenih opruga u alat

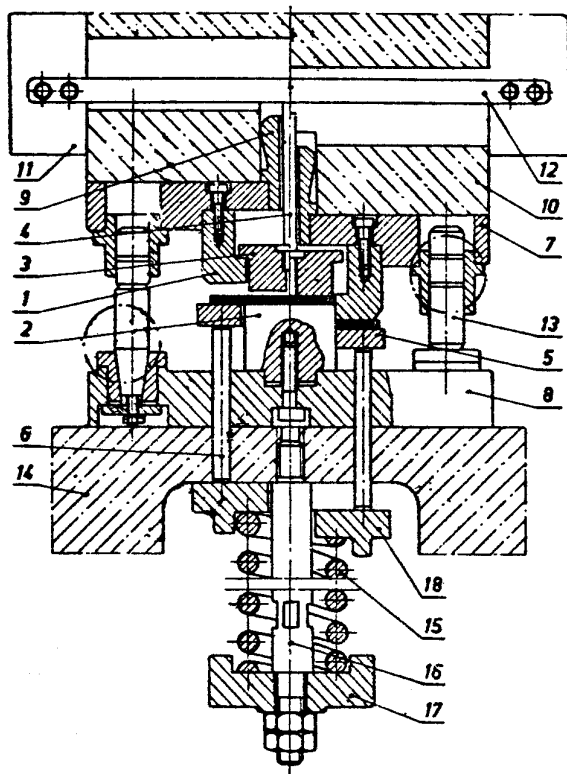
Gumene opruge spadaju u tvrde opruge mada se guma može sabiti i do 80% svoje početne visine. Preporučuje se sabijanje gumene opruge pri ugradnji za 10% njene visine s tim da maksimalno sabijanje u toku radnog ciklusa ne sme da pređe 35 - 40% njene početne visine. U gornjoj i donjoj ploči potrebno je uraditi udubljenje, za smeštaj gumenih opruga, većeg prečnika od opruge i razmaka između opruge oko $1,6 D_1$ (sl. 55). Preporučuje se da guma za oprugu bude tvrdoće oko 68 Shora.

U tabeli 49 date su konstrukcije skidača sa preporukama za primenu.

Elementi za skidanje i izbacivanje gotovih delova i otpadaka ne moraju uvek biti sastavni deo alata, već su vrlo često ugrađeni na presi. Na sl. 56 prikazana je konstrukcija alata sa skidačem otpadka ugrađenim u stolu prese (14). Uređaj za izbacivanje se sastoji od zavojne opruge (15) koja se naslanja na ploču nosača (17) a sila izbacivanja se prenosi preko noseće ploče (18) i poluga izbacača (6) na ploču skidača (5) koja skida otpadak trake sa presekača (2). Ovakav uređaj kod alata za savijanje i duboko izvlačenje služi za pridržavanje lima u toku procesa savijanja ili izvlačenja. Izbacivanje gotovog dela iz prstena za prosecanje (1) vrši se pomoću izbacača (3) koji se u povratnom hodu pritiskivača prese, preko trna (4) oslanja na poprečnu letvu (12).

Tabela 49 *Elementi za skidanje izradka i otpadaka* [35]

Skica	Naziv	Primena
	Kruti (nepokretni) otvoreni	Za maloserijsku proizvodnju pri grubom prosecanju materijala debljine iznad 3 mm ili probijanju otvora kod delova velikih dimenzija.
	Kruti (nepokretni) zatvoreni	Za alate sa vođenjem koristi se kao skidač.
	Pokretni opružni skidač	Za alate sa vođenjem: - pri pobijanju otvora kod delova velikih mera od tankog lima sa držačem lima; - kod kombinovanih alata.
	Pokretni gumeni skidač	Za serijsku proizvodnju. Navlači se na probojac (prosekač). Mere: $d = 5 - 30$ mm $D = 20 - 60$ mm. Sila jednog gumenog skidača je 2 - 3 kN.
	Pokretni vođeni skidač	Kod alata služi kao vodeća ploča radnih elemenata, pri probijanju otvora izvučenih delova kada nije moguća primena probojca sa čaurom za vođenje.
	Pokretni opružni skidač	Kod alata za probijanje otvora i izvlačenje u povratnom hodu. Po mogućstvu koristiti kraće probojce radi lakšeg odvođenja dela iz alata.
	Prstenasti sekcioni skidač	Kod alata za izvlačenje delova prečnika do 100 mm
	Radijalno polužni skidač	Kod alata za izvlačenje delova prečnika iznad 100 mm.

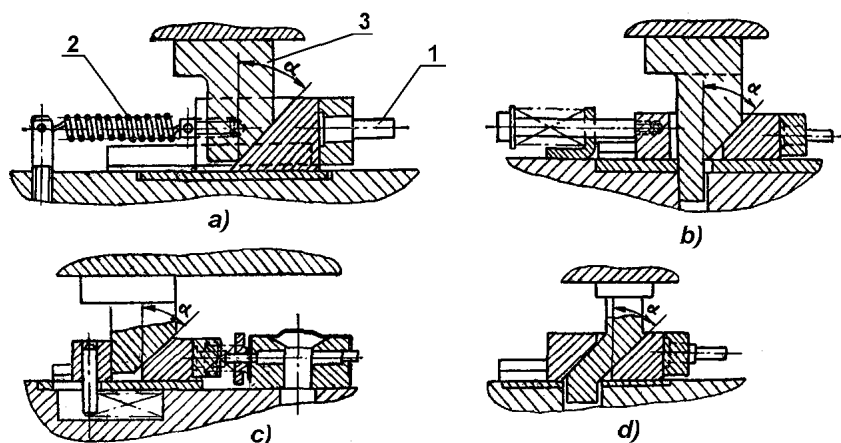


- 1 - Prsten za prosecanje;
- 2 - Prosekač;
- 3 - Izbacivač;
- 4 - Trn;
- 5 - Skidač;
- 6 - Poluga izbacivača;
- 7 - Gornja ploča;
- 8 - Donja ploča;
- 9 - Rukavac;
- 10 - Pritiskivač prese;
- 11 - Kućište prese;
- 12 - Letva
- 13 - Vođice;
- 14 - Sto prese;
- 15 - Zavojna opruga;
- 16 - Nosač opruge;
- 17 - Ploča nosača opruge;
- 18 - Noseća ploča.

Sl. 56 Primer alata sa uređajem za skidanje otpadaka ugrađen na presi

1.1.5 Elementi za pretvaranje vertikalnog kretanja pritiskivača prese u horizontalno kretanje probojca

Ovi elementi se koriste kada je neophodno izvesti probijanje otvora na bočnim stranama izvučenih ili delova izrađenih savijanjem. Na sl. 57 prikazana su četiri rešenja za horizontalno kretanje probojca, koji se pokreću elementima sa strmom ravni (mehanizam sa klinom).



Sl. 57 Primer rešenja mehanizama za pomeranje horizontalnih probojaca



KONSTRUKCIJE ALATA ZA IZRADU DELOVA OD LIMA

1. Alati za serijsku proizvodnju

Alati za izradu delova od lima u uslovima serijske, velikoserijske i masovne proizvodnje predstavljaju specijalne alate, koji se koriste obično za izradu jednog određenog dela; u izvesnim slučajevima moguće je da se pomoću istog alata izrađuje više delova različitog oblika i mera, od istog materijala i iste debljine lima (najčešće radi korišćenja otpatka, koji nastaje pri izradi dela najvećih mera).

U ovom poglavlju će se prikazati i analizirati primeri konstrukcija alata za oblikovanje karakterističnih delova od lima operacijama odvajanja (probijanje, prosecanje, opsecanje, rasecanje), alata za savijanje, alata za izvlačenje kao i alata za reljefno oblikovanje (kao što su alati za sužavanje, proširivanje i dr.). Kako se ovi alati izvode kao jednooperacijski (prosti) i višeoperacijski (kombinovani), biće odvojeno prikazani: jednooperacijski alati za prosecanje komadnih pripremaka (koji se kasnije oblikuju savijanjem ili izvlačenjem), jednooperacijski alati za probijanje (npr. probijanje otvora posle izvlačenja), jednooperacijski alati za savijanje komadnih pripremaka, alati za opsecanje posle izvlačenja, odnosno kombinovani alati za izvođenje više različitih elementarnih operacija oblikovanja-kombinovani alati za probijanje i prosecanje (odsecanje); probijanje, savijanje i odsecanje; izvlačenje i prosecanje i druge kombinacije.

1.1 Alati za probijanje i prosecanje (odsecanje)

Alati za probijanje i prosecanje (ili odsecanje) mogu se podeliti po više osnova, od kojih su važniji sledeći:

Prema broju elementarnih operacija oblikovanja

- Jednooperacijski (prosti) alati za probijanje, odnosno prosecanje i
- Višeoperacijski (kombinovani) alati za probijanje i prosecanje;

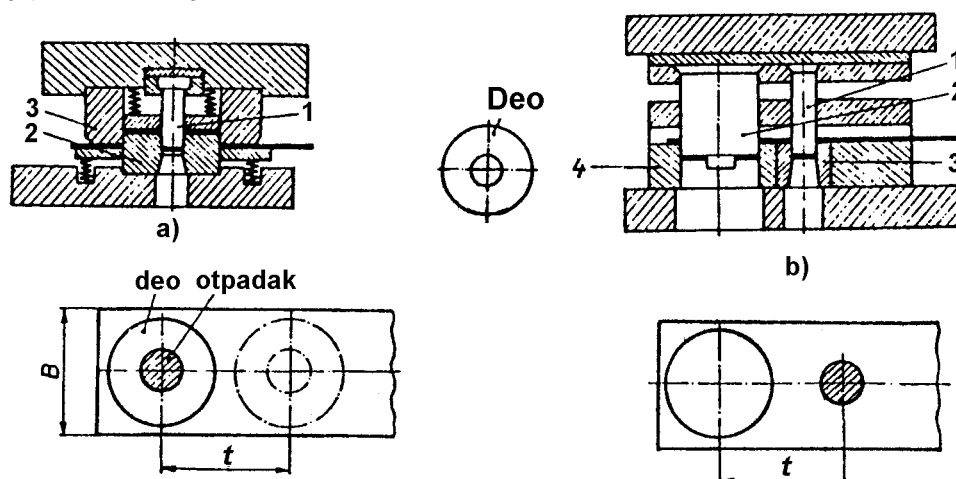
Prema obliku polaznog priprema

- Alati za prosecanje ili probijanje komadnih pripremaka,
- Alati za probijanje i prosecanje (odsecanje) iz trake;

Prema načini kombinovanja operacija oblikovanja

- Alati sa paralelnim (istovremenim) izvođenjem probijanja i prosecanja i
- Alati sa rednim (postupnim) izvođenjem probijanja i prosecanja (odsecanja).

Na sl. 88 prikazane su šeme alata sa paralelnim (a) i rednim (b) izvođenjem operacija probijanja i prosecanja pri izradi dela oblika kružne podloške, sa izgledima trake (položaji kontura probijanja i prosecanja) za oba slučaja.

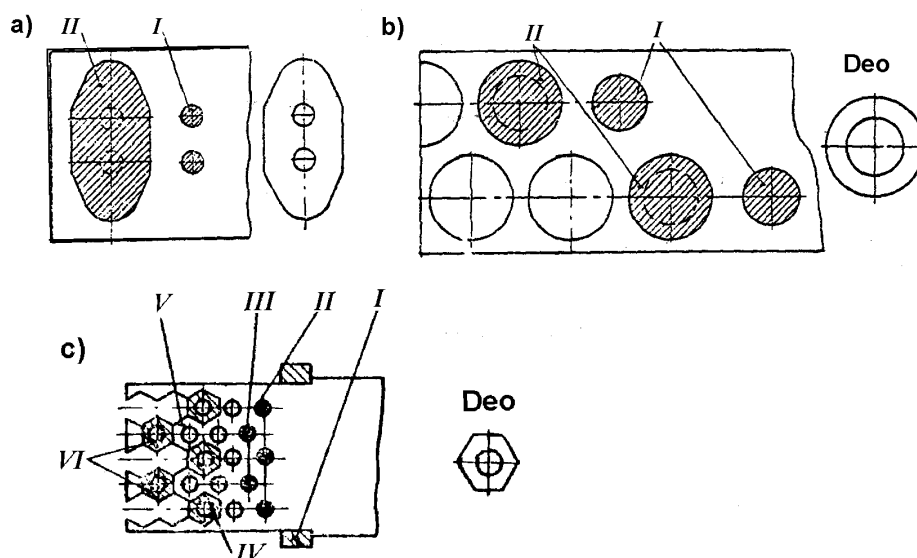


Sl.88 Šeme konstrukcija alata pri paralelnom (a) i rednom (b) izvođenju probijanja i prosecanja (1-probojac, 2-prosekač, 3 i 4- čaura i ploča za prosecanje)

Prema broju redova delova na traci razlikuju se

- Alati za probijanje i prosecanje sa jednorednim rasporedom (sl. 88) i
- Alati za probijanje i prosecanje sa dvorednim i višerednim rasporedom.

Jednoredni raspored se primenjuje kod izrade delova većih mera (jer bi višeredni raspored zahtevao veću širinu trake i alat većih dimenzija), dok se višeredni raspored preporučuje kod izrade delova prostijeg oblika i manjih mera (sa brojem redova povećava se stepen iskorišćenja materijala kao i proizvodnost).



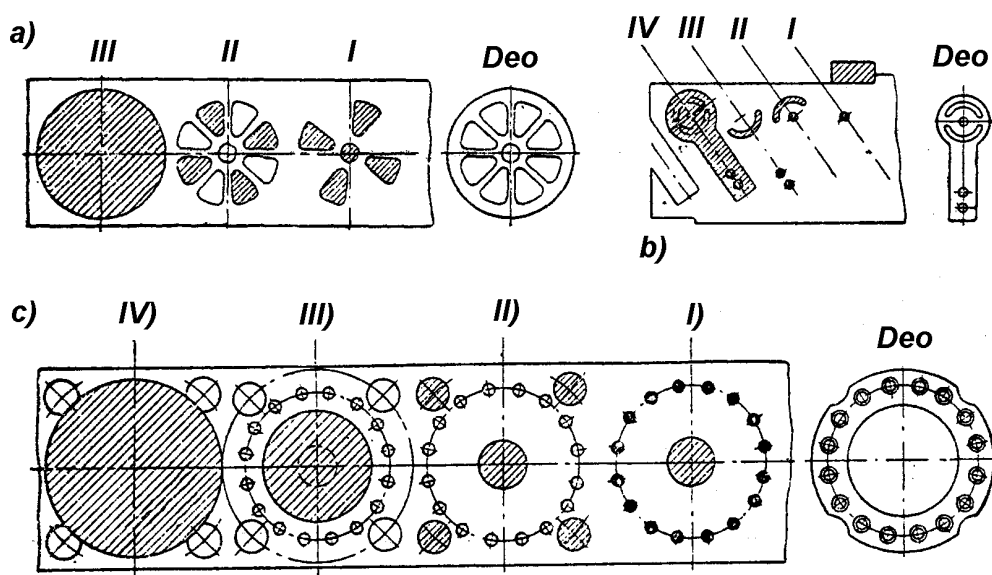
Sl. 89 Primeri jednorednog (a), dvorednog (b) i višerednog rasporeda (c)

Na sl. 89a prikazan je primer jednorednog rasporeda delova (kontura) na traci kao i redosled zahvata (elementarnih operacija) probijanja (I) i prosecanja (II) pri rednom njihovom izvođenju, dok je

na sl. 89b dat primer dvorednog rasporeda delova na traci i redosled zahvata probijanja (I) i prosecanja (II) pri izradi dela u obliku kružne podloške (podmetača). U drugom slučaju su zahvati probijanja i prosecanja razmaknuti za dva koraka, da bi se obezbedio veći razmak otvora u ploči za probijanje i prosecanje kao i omogućilo lakše postavljanje probojaca i prosekača u njihovom držaču. Kao treći primer, na sl. 89c prikazan je petoredni raspored delova na traci, a pun ciklus rada se ostvaruje posle šest hodova (I-opsecanje trake koračnim prosekačima, II-probijanje tri otvora, III-probijanje dva otvora, IV-prosecanje tri dela, V-prazan hod i VI-prosecanje dva dela).

Kod izrade delova složene unutrašnje konture i sa većim brojem otvora na manjem rastojanju primenjuje se obično jednorodni raspored delova na traci, a unutrašnja kontura i otvori se izrađuju u toku više koraka trake, tj. koriste se tzv. **višekoračni** alati.

Na sl. 90 prikazani su primeri redosleda zahvata probijanja i prosecanja kod izrade delova složene unutrašnje konture i sa više otvora različitog prečnika, i to u toku tri (a) i četiri hoda (b,c). U sva tri slučaja radi se o korišćenju višekoračnih kombinovanih alata za probijanje i prosecanje. Pri tome valja naglasiti da u ovim slučajevima nije moguća primena kombinovanih alata sa paralelnim izvođenjem probijanja i prosecanja.



Sl. 90 Primeri redosleda zahvata probijanja i prosecanja pri izradi delova složene unutrašnje konture i sa više otvora

Prema veličini otpatka lima kombinovani alati za probijanje i prosecanje mogu biti:

- Sa normalnom veličinom otpatka (postoje dodaci po ivicama trake i međurazmak između kontura - tzv. tehnološki otpaci, kao i otpaci nastali formiranjem unutrašnje konture i otvora - tzv. konstrukcijski otpaci) i
- Sa smanjenim otpacima (rad bez dodataka po ivicama trake i bez međurazmaka kontura, tako da se javljaju samo otpaci radi formiranja unutrašnje konture i otvora - tj. konstrukcijski otpaci koji se ne mogu izbeći ali se ponekad mogu smanjiti korišćenjem istih za izradu drugih delova).

Svi primeri rasporeda delova na traci i redosleda zahvata probijanja i prosecanja (odnosno koncepcija alata) prikazani na sl. 88-90 su sa normalnim veličinama otpadaka lima, što se preporučuje kod izrade delova veće tačnosti oblika i mera.

Da bi se ostvarilo bolje iskorišćenje materijala (manja veličina otpadaka), kod izrade delova složenog oblika spoljašnje konture, posebnom analizom se utvrđuje najpovoljniji raspored delova na traci (kao što je kosi raspored prema sl. 90b) a kod izrade delova manjih mera i prostog oblika primenjuju se višeredni rasporedi (sl. 89b,c) o čemu je bilo govora u poglavlju I (2.1.4).