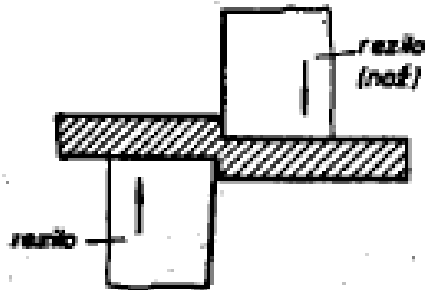


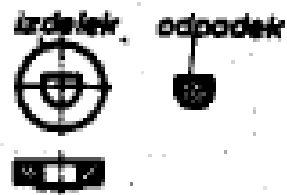
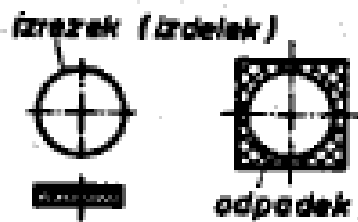
5.8 Rezanje

Vrste rezanja

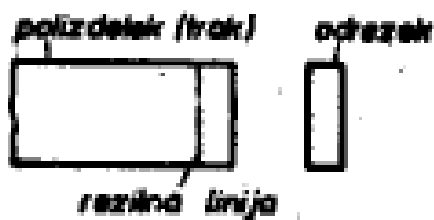
Rezanje



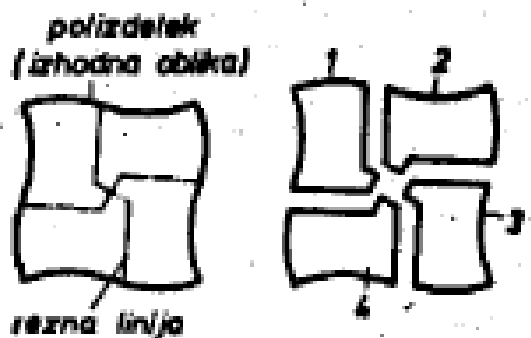
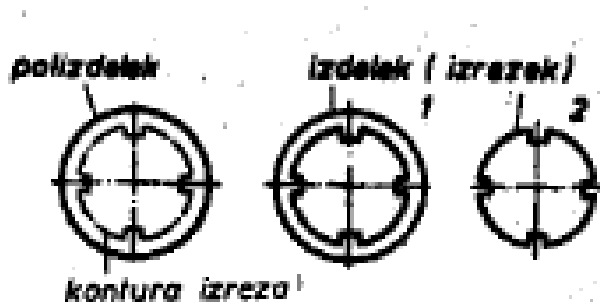
Luknjanje



Odrezovanje

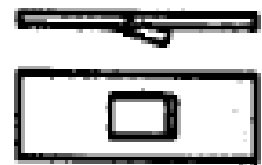
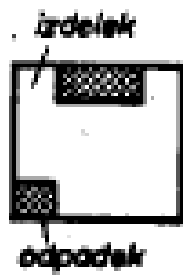
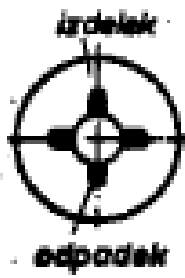


Razrezovanje

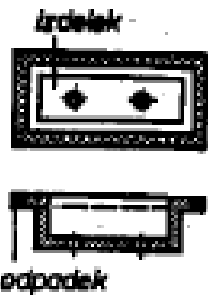


Izsekovanje

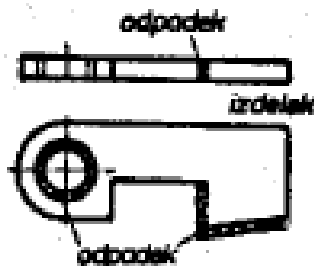
Zarezovanje



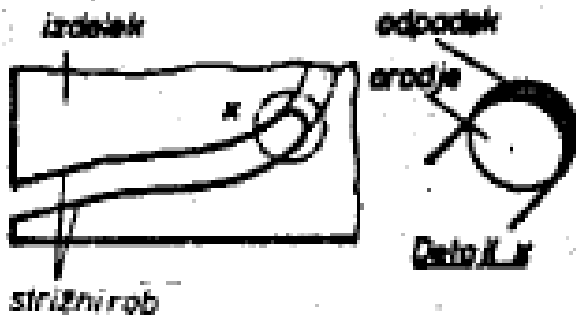
Obrezovanje



Porezovanje

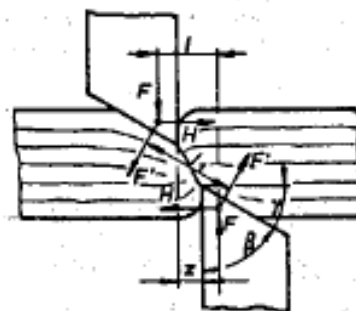
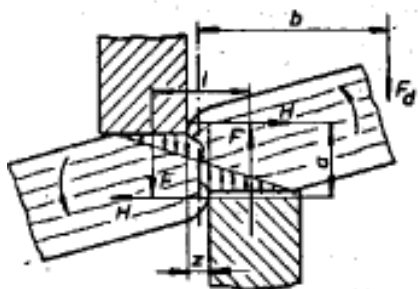


Glodanje



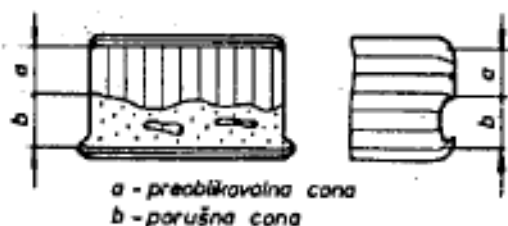
Rezanje na škarjah

Odprti rez



Strižna ploskev na obdelovancu kaže dve izraziti področji: ožji, svetli pas, ki je posledica faze rezanja ter širši medel pas, ki karakterizira fazo preloma. Zgornji in

spodnji del strižne ploskve je delno zmečkan. Globina te plasti je odvisna od materiala in od ostrine strižnih robov.



Pri rezanju na škarjah pločevino prestrižemo med dvema nožema z ustrezno oblikovanim rezilom. Rezalni robovi so ravni ali okrogli.

	Odprti rez		Zaprti rez	
	pravokoten	poševen	pravokoten	poševen
vzporedna rez. $\varphi = 0$				
križno rezanje $\varphi > 0$				

Na škarjah z ravnimi rezalnimi noži se zaradi momenta, ki ga povzroča rezalna sila, pločevina upogne navzdol. Zato je priporočljivo uporabljati pločevinsko držalo, upogibni moment pa se zmanjša s priostrenjem nožev ($\alpha = 2$ do 3°).

Sila rezanja z ravnimi poševnimi noži je:

$$F = (0,78 \text{ do } 0,96) \sigma_M \delta_s \frac{s^2}{\tan \alpha},$$

kjer pa mora biti izpolnjen pogoj, da je

$$\tan \varphi > \frac{s}{b}$$

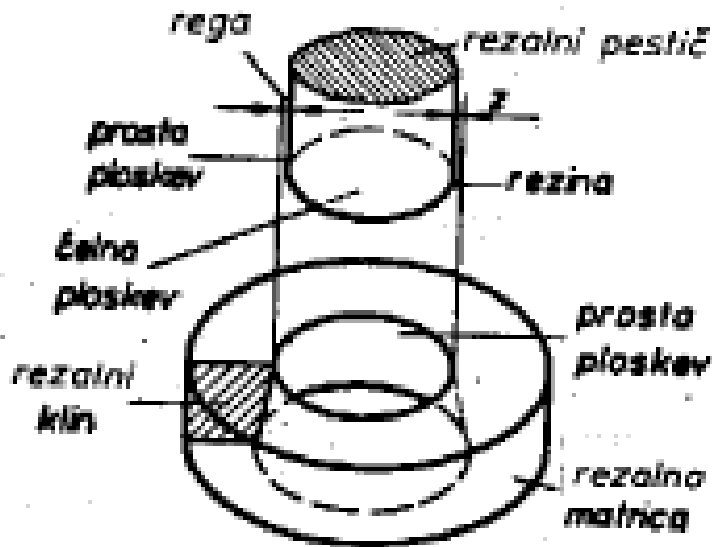
Sila rezanja s krožnimi škarjami pa znaša

V podatkih, ki so navedeni v sliki 71, je vedno upoštevana tudi zahteva, da kot φ ne sme biti prevelik, ker bi tedaj material zdrsnil iz orodja. To je izpolnjeno, če je $2\varphi < \tan \mu_1 + \tan \mu_2$, kjer sta μ_1 in μ_2 koeficienta trenja med pločevino in zgornjim oziroma spodnjim rezilom.

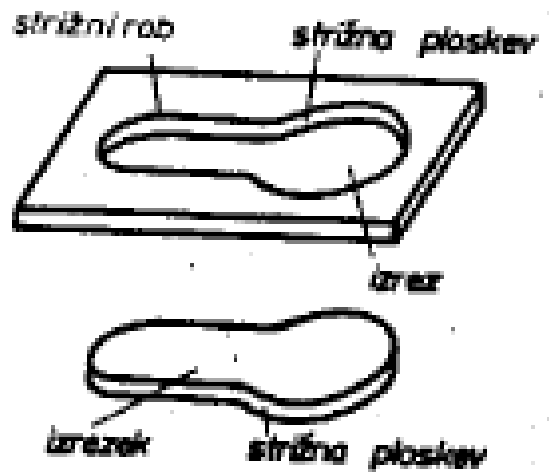
Način	Vrsta nožev	Skica rezanja	Podatki o rezilnih orodjih
a	paralelni in poševni ravni noži		<p>paralelno rezanje $\varphi = 2 \dots 6^\circ$ poševno rezanje $\varphi = 7 \dots 12^\circ$ $\beta = 75 \dots 85^\circ$ $\alpha = 2 \dots 3^\circ$ $\gamma = 3 \dots 12^\circ$</p> <p>$f = (0,05 \dots 0,02) \text{ mm}$ $s_{\max} = 40 \text{ mm}$</p>
b	krožni noži s paralelnima osema		<p>$2\varphi < 12^\circ$ $u = (0,2 \dots 0,3) s$ $s_{\max} = 30 \text{ mm}$</p> <p>za $s > 10 \text{ mm}$ $s < 3 \text{ mm}$ $D = (25 \dots 30) s$ $D = (35 \dots 50) s$ $h = (50 \dots 90) \text{ mm}$ $h = (20 \dots 25) \text{ mm}$</p>
c	krožni noži z nagnjenima osema		<p>$\epsilon = 30 \dots 40^\circ$ $s_{\max} = 30 \text{ mm}$</p> <p>za $s > 10 \text{ mm}$ $s < 3 \text{ mm}$ $D = 20 s$ $D = 28 s$ $h = (50 \dots 80) \text{ mm}$ $h = (15 \dots 20) \text{ mm}$</p>
d	krožni noži s paralelnima in nagnjenima osema		<p>$a \geq 0,2 s$ $s_{\max} = 20 \text{ mm}$ $b \geq 0,3 s$</p> <p>za $s > 10 \text{ mm}$ $s < 5 \text{ mm}$ $D = 12 s$ $D = 20 s$ $h = (40 \dots 60) \text{ mm}$ $h = (10 \dots 15) \text{ mm}$</p>
e	večkratni krožni noži s paralelnima osema		<p>$D = (40 \dots 125) s$ $h = (15 \dots 30) s$ $a = (0,1 \dots 0,2) s$ $s_{\max} = 10 \text{ mm}$</p>
f	hitrorezni poševni noži		<p>hitrost rezov $(2000 \dots 2500) \text{ min}^{-1}$ gib $2 \dots 3 \text{ mm}$ $\beta = 6 \dots 7^\circ$ $\varphi = 24 \dots 30^\circ$</p> <p>možno je izrezovati kroge do $r = 15 \text{ mm}$</p>
g	orodje za paralelno rezanje		<p>$\beta = 2 \dots 3^\circ$ $\varphi = 0^\circ$</p>

Slika 71. Načini rezanja pločevine s škarjami

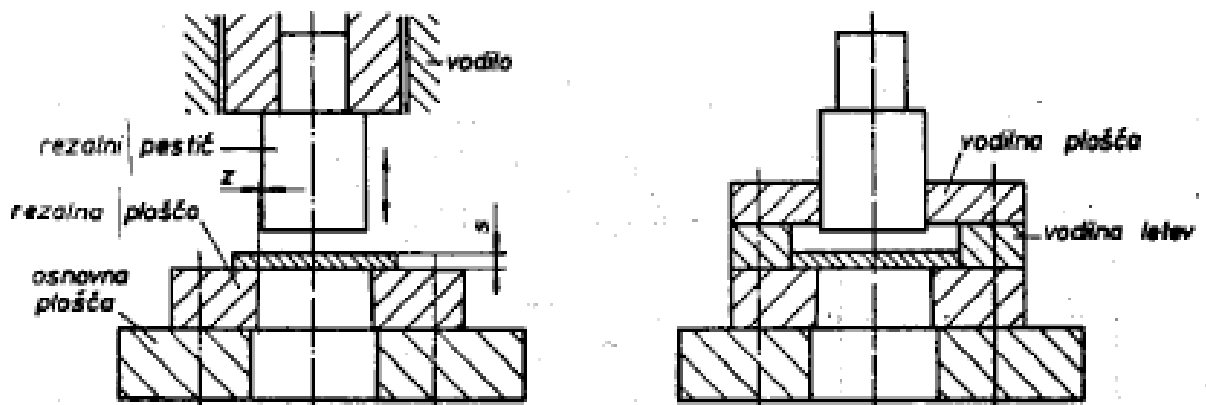
Zaprti rez

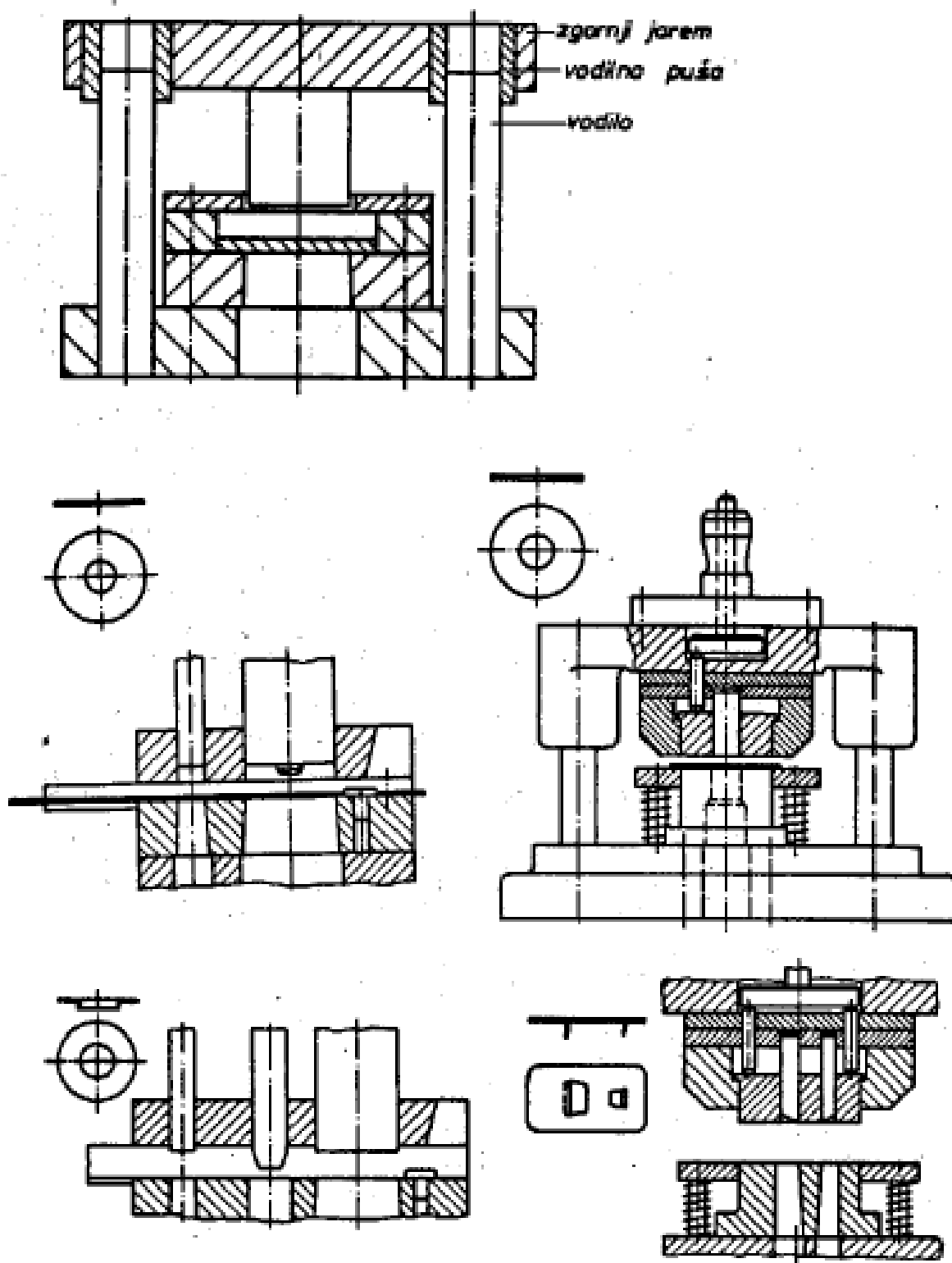


Kontura izreza



2. Rezanje z rezalnimi orodji





2.1. Prosta rezalna orodja

To so najbolj preprosta orodja (slika 72), ki so sestavljena iz pestiča in rezalne plošče; pritrjena so neposredno na stiskalnico. Stiskalnica tudi vodi pestič proti plošči. Prosta orodja v glavnem uporabljamo za preprosta izrezovanja ali luknjanja (pri luknjanju je izrezani del odpadek, pri izrezovanju velja obratno).

Ohlapnost med pestičem in rezalno ploščo je najpomembnejši faktor za kvaliteto reza. Če je premajhna, se pojavlja srh (brada), če je prevelika, so strižne ploskve natrgane.

Ohlapnost z:

$Z = 0,5 \cdot (d \text{ pestiča} - d \text{ rezalne plošče})$

Pestiči in rezalne ploskve so podvržene obrabi, zato jih moramo izdelati iz kvalitetnih jekel, termično obdelati in brusiti. Uporabljamo tudi posebne vstavke v matrice, napravljene iz karbidnih trdin.

Slika 72. Elementi prostega rezalnega orodja z dvema iz vedbama

Slika 73. Minimalne debeline rezalne plošče v odvisnosti od rezalne sile F

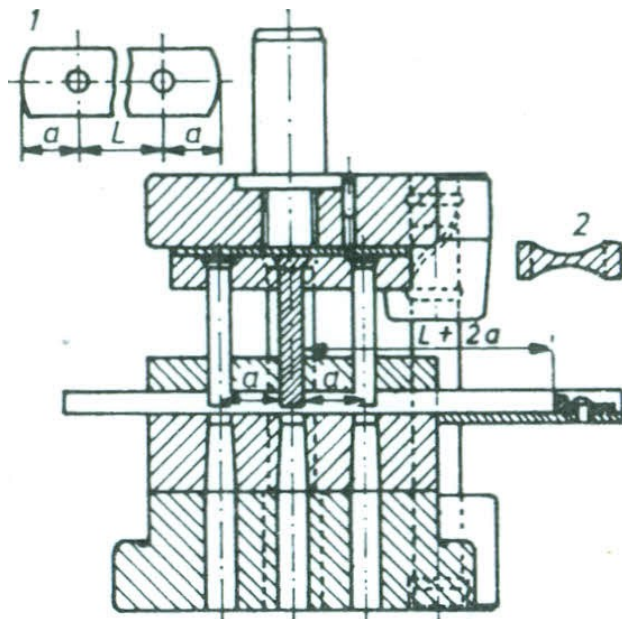
Razpredelnica 16. Ohlapnost Z za različne materiale in načine rezanja

Razpredelnica 16. Ohlapnost z za različne materiale in načine rezanja

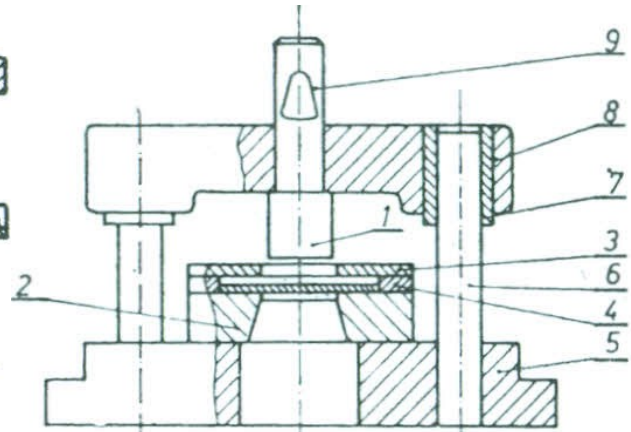
Uporaba	Debelina pločevine s [mm]	Ohlapnost [% od s] z
Izrezovanje in luknjanje	do 0,2	0
	0,3 do 3,0	3 do 6
	3 do 10	6 do 10
	10 do 25	10 do 15
Luknjanje z gladkim rezom	do 3	2 do 4
	3 do 10	4 do 6
	10 do 25	6 do 8
Izrezovanje in luknjanje Al	do 3	2 do 4
	3 do 10	4 do 6
Izrezovanje in luknjanje transformatorske pločevine	—	3 do 6
Rezanje na hitro tekočih stiskalnicah	do 3	6 do 10
Izrezovanje zelo velikih kosov iz tankih pločevin	do 2	8 do 10
Porezovanje z držalom	do 8	0,8 do 1,0
Porezovanje majhnih kosov iz debele pločevine	6	1,0 do 2,0

Rezalna orodja z vodilom

Za zahtevnejše izdelke in tam, kjer hkrati opravljamo več operacij (postopna orodja - slika 74), je umestno uporabljati stojala z vodili, v katera vgradimo vse elemente orodja. Vodila so standardizirana, glede na zahtevnost rezanja lahko vodilne puše (slika 75) nadomestimo z dražjimi, a natančnejšimi 'vodilnimi ležaji s kroglicami

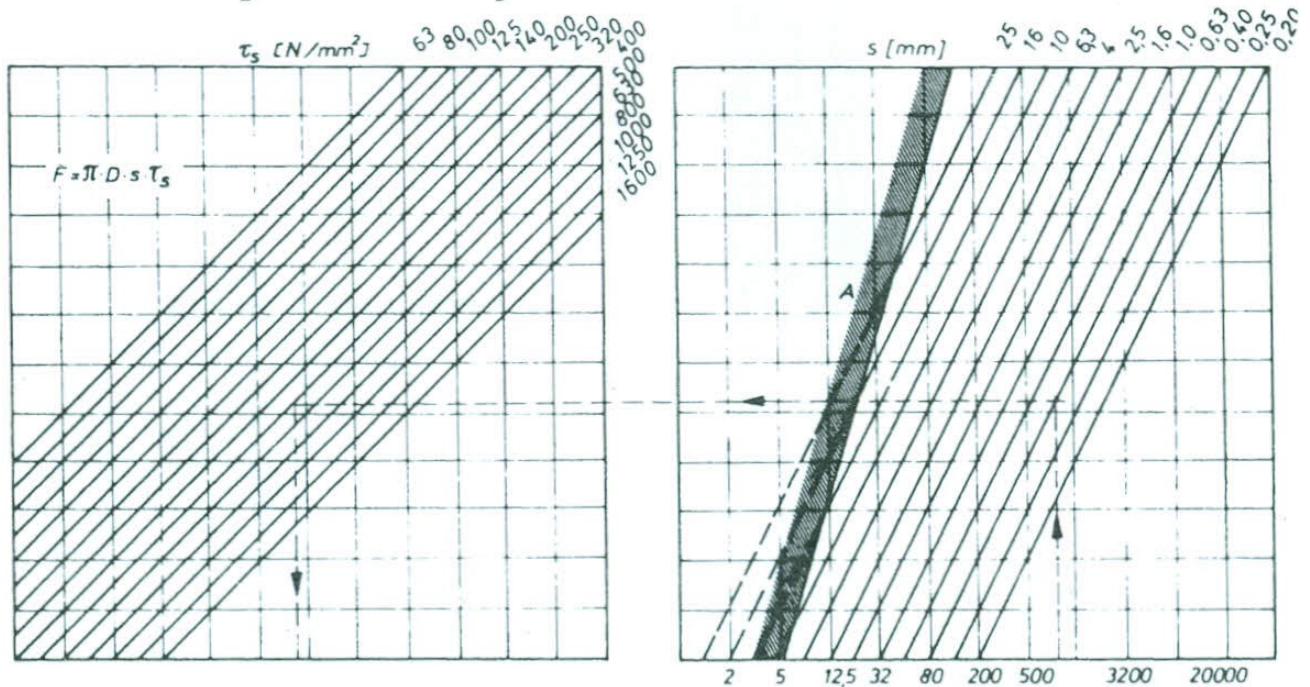


Slika 74. Postopno orodje brez stranskih rezil (1 - izdelek, 2 - ločilni pestič)



Slika 75., Orodje z vodilnimi stebri (1 - pestič, 2 - rezalna plošča, 3 - snernalo, 4 - distančna letev, 5 - temeljna plošča, 6 - steber, 7 - vodilne puše, 8 - pestična glava, 9 - čep)

6.2.3. Sile pri rezanju



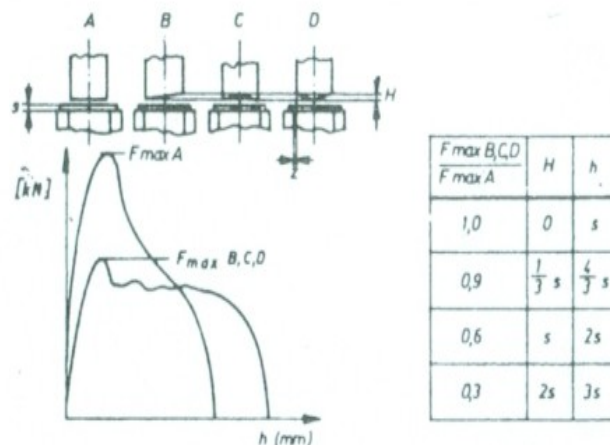
Slika 76. Določitev sile pri rezanju pločevine z okroglim pestičem (D - premer pestiča, s - debelina pločevine, r - strižna trdnost pločevine, F - rezalna sila, A - neprimerno področje za rezanje)

Sila za rezanje je produkt rezalne ploskve A [mm²] ter strižne trdnosti materiala τ_s [N/mm²], torej:

$$F = A = s \cdot \tau_s \quad [\text{N}]$$

Če je rezalno orodje iztrošeno, naraste sila za 50 do 60 %.

Čestokrat je zaradi prešibke stiskalnice zaželena manjša rezalna sila. To se da doseči s posebno izvedenimi pestiči, kot je prikazano na sliki 77. Pri tem se sicer poveča pot rezanja, silo pa je mogoče zmanjšati tudi za 70 %.



Slika 77. Potek rezalne sile F v odvisnosti od poti pestiča h za različne izvedbe oblike pestiča (A, B, C, D), pri rezanju pločevine debeline s

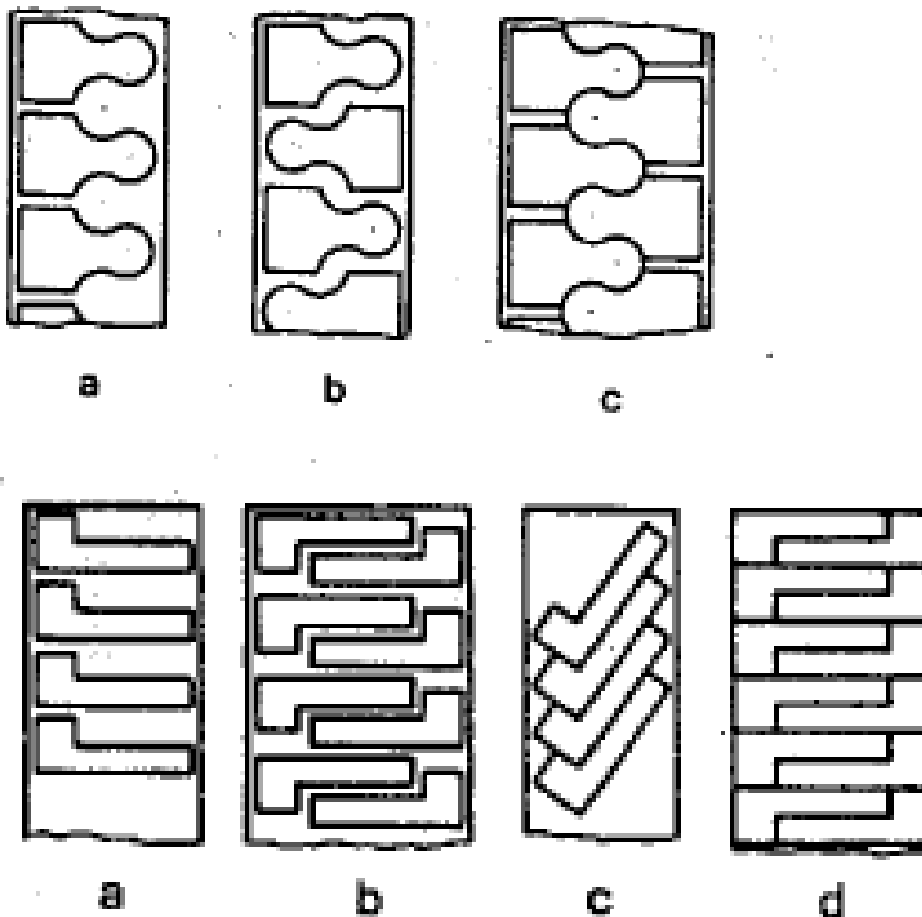
Slika 77. Potek. rezalne sile F v odvisnosti od poti pestiča h za različne izvedbe oblike pestiča (A, B, C, D), pri rezanju pločevine debeline s

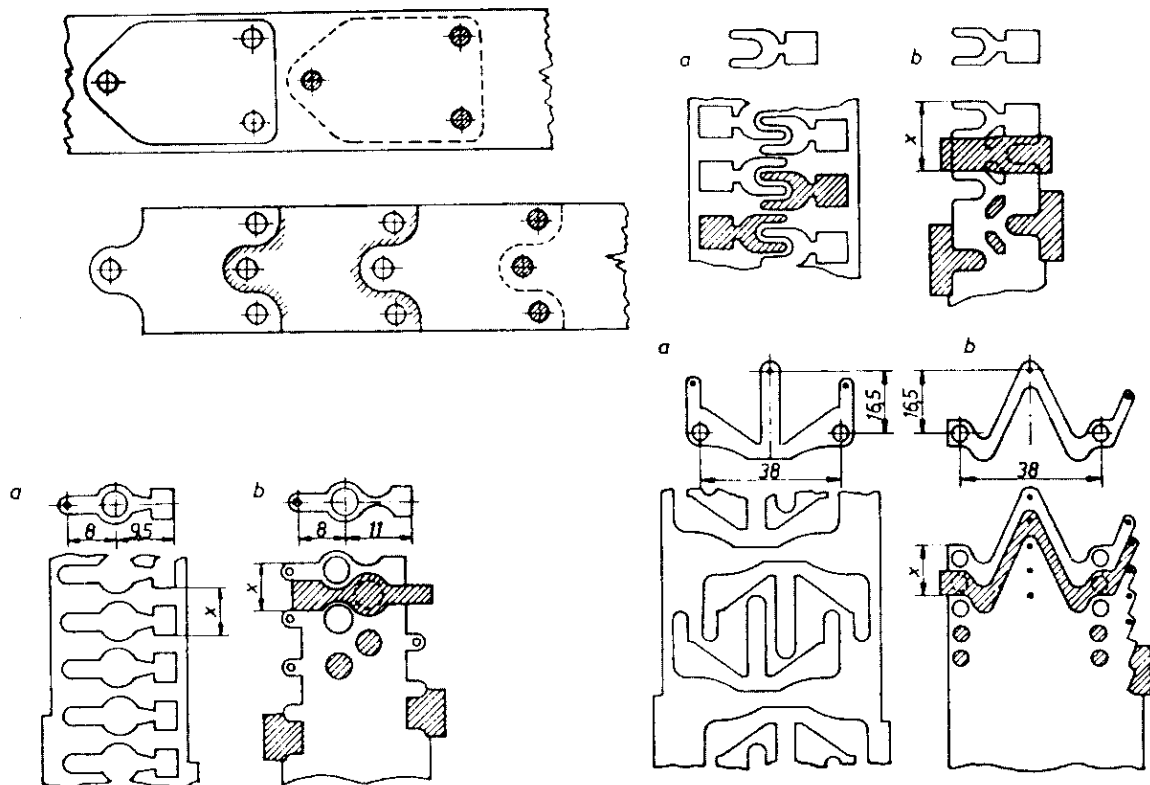
Pri hkratnem rezanju različnih oblik (slika 78) se lahko pojavijo neugodni upogibni momenti, ki kvarijo kvaliteto rezanja, v skrajnih primerih pa so lahko vzrok za poškodbe orodij. Takrat je potrebno poiskati prijemališče rezu'ltante vseh rezalnih sil in skozi to točko postaviti os orodja in stroja. Koordinate tega prijemališča so:

$$X_r = \frac{\sum_{i=1}^n x_i l_i}{l_i}, \quad Y_r = \frac{\sum_{i=1}^n y_i l_i}{l_i},$$

kjer so x_i in y_j razdalje težišč posameznih elementarnih delov likov do koordinatnega izhodišča, l_i pa njihove dolžine. Postopek je mogoče narediti tudi grafično.

Izkoriščenost pločevine/traku





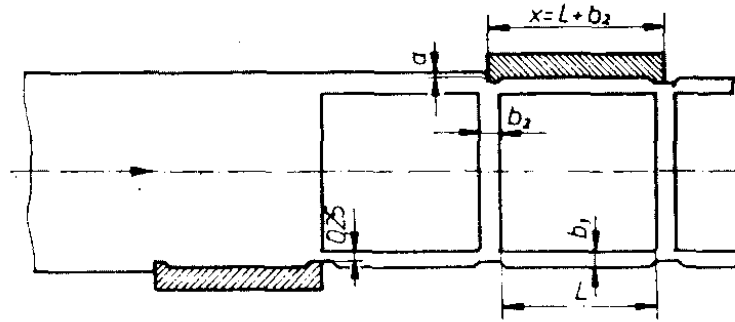
Slika 79. Primeri sprememb izdelkov (a), kjer so bile poiskane tehnološko ugodnejše rešitve (b), pri tem pa njihova uporabnost ni bila zmanjšana (x - pomik traku)

Tehnološčnost rezanja

Izdelke v glavnem izrezujemo iz valjanih trakov in profilov, zato je upravičena zahteva, da naj bo odpadkov čim manj. Temu se izognemo z ugodnejšo konstrukcijo izdelka (slika 79), s pravilno razvrstitvijo izdelkov v traku ter z minimalnimi razdaljami med njimi.

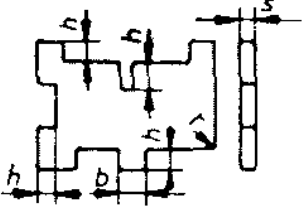
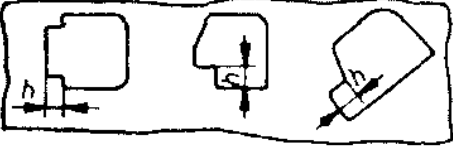
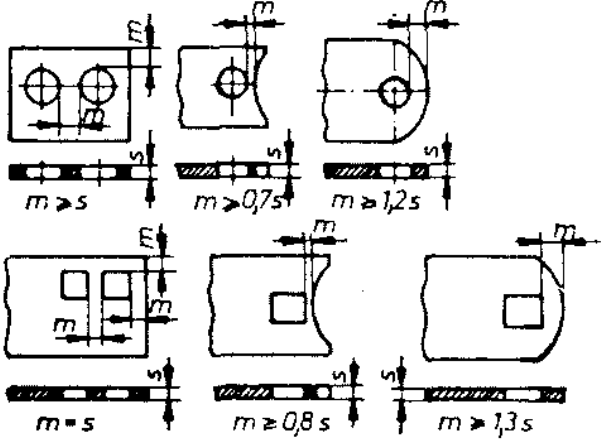
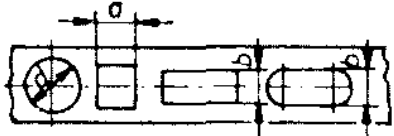
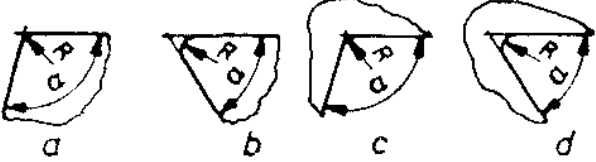

V slikah 80, 81 so zbrani podatki za izbiro minimalnih razdalj in drugih potrebnih podatkov. Za natančnejše omejevanje podajanja lahko uporabljamo stranska rezila, in to na eni ali obeh straneh. To je primerno pri rezanju s postopnimi orodji, ko je izdelek gotov šele po več stopnjah.

Slika 81:



Material	Oblika izreza		Debelina traku s [mm]																
			010	020	030	050	080	100	150	200	250	300	350	400	450	500	550	600	
mehko jeklo trdo jeklo	●	b_2	0,15	0,30	0,45	0,75	1,20	1,50	2,25	3,00	3,75	4,50	5,25	6,00	6,25	7,50	8,25	9,00	
		b_1	0,10	0,20	0,30	0,50	0,80	1,00	1,50	2,00	2,50	3,00	3,50	4,00	4,50	5,00	5,50	6,00	
med bron	■	$b_1 = b_2$	1,0	1,80	1,60	1,40	1,00	1,10	1,20	1,40	1,60	1,80	2,00	2,20	2,40	2,60	2,80	3,00	3,20
		100	2,50	2,30	2,00	1,60	1,70	1,90	2,20	2,40	2,70	3,00	3,30	3,60	4,00	4,20	4,50	4,80	
baker čisti aluminij	●	b_2	0,18	0,36	0,54	0,90	1,45	1,80	2,70	3,60	4,50	5,40	6,50	7,70	8,10	9,00	9,90	10,80	
		b_1	0,12	0,24	0,36	0,45	0,96	1,20	1,80	2,40	3,00	3,60	4,20	4,80	5,40	6,00	6,60	7,20	
nikelj kositer	■	$b_1 = b_2$	1,0	2,15	1,90	1,70	1,20	1,32	1,45	1,70	1,90	2,15	2,40	2,65	2,90	3,20	3,40	3,60	3,80
		100	3,00	2,60	2,40	1,70	1,80	2,05	2,40	2,65	3,00	3,35	3,70	4,10	4,50	4,70	5,00	5,30	
jeklo in barvne kovine	x =	20		1,0	1,0	1,2	1,3	1,5	1,8	2,4	2,8	3,0							
		50		1,2	1,4	1,5	1,6	1,8	2,2	2,8	3,3	3,5							
		75		1,5	1,7	1,8	2,0	2,1	2,8	3,3	3,6	4,0							
		100		1,9	2,0	2,2	2,3	2,4	3,0	3,3	4,0	4,5							

Slika 82:

	$h \geq 1,2s$ $b \geq (1,2 - 1,5)s$																												
	$h \geq s$																												
																													
	<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>d</th> <th>a</th> <th>b</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>jeklo - σ_M</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>$> 800 \text{ N/mm}^2$</td> <td>1,5 s</td> <td>1,4 s</td> <td>1,2 s</td> </tr> <tr> <td>500...800</td> <td>1,2 s</td> <td>1,1 s</td> <td>0,9 s</td> </tr> <tr> <td>< 500 "</td> <td>1,0 s</td> <td>0,9 s</td> <td>0,7 s</td> </tr> <tr> <td>Cu, Zn</td> <td>0,8 s</td> <td>0,7 s</td> <td>0,6 s</td> </tr> <tr> <td>Al</td> <td>0,7 s</td> <td>0,6 s</td> <td>0,5 s</td> </tr> </tbody> </table>		d	a	b	jeklo - σ_M				$> 800 \text{ N/mm}^2$	1,5 s	1,4 s	1,2 s	500...800	1,2 s	1,1 s	0,9 s	< 500 "	1,0 s	0,9 s	0,7 s	Cu, Zn	0,8 s	0,7 s	0,6 s	Al	0,7 s	0,6 s	0,5 s
	d	a	b																										
jeklo - σ_M																													
$> 800 \text{ N/mm}^2$	1,5 s	1,4 s	1,2 s																										
500...800	1,2 s	1,1 s	0,9 s																										
< 500 "	1,0 s	0,9 s	0,7 s																										
Cu, Zn	0,8 s	0,7 s	0,6 s																										
Al	0,7 s	0,6 s	0,5 s																										
	<p>a) $R \geq 0,3s$</p> <p>b) $R \geq 0,5s$</p> <p>c) $R \geq 0,4s$</p> <p>d) $R \geq 0,7s$</p> <p>velja za jeklo, med, aluminij</p>																												
	$m_1 \geq r + \frac{d}{2}$ $d < D - 2r$ $D_1 > D + 2s + 2r_1 + d_1$ $D_2 > D_1 + 3s + d_1$																												

Izkoriščenost traku

Posebni postopki rezanja

Porezovanje

Porezovanje je postopek, pri katerem dosežemo boljšo kvaliteto rezanih površin. Lahko ga primerjamo s postopkom posnemanja.

Dodatki za porezovanje znašajo za mehke materiale 2 % njihove debeline, nato pa naraščajo in pri trdih materialih ($\sigma_M > 500 \text{ N/mm}^2$)