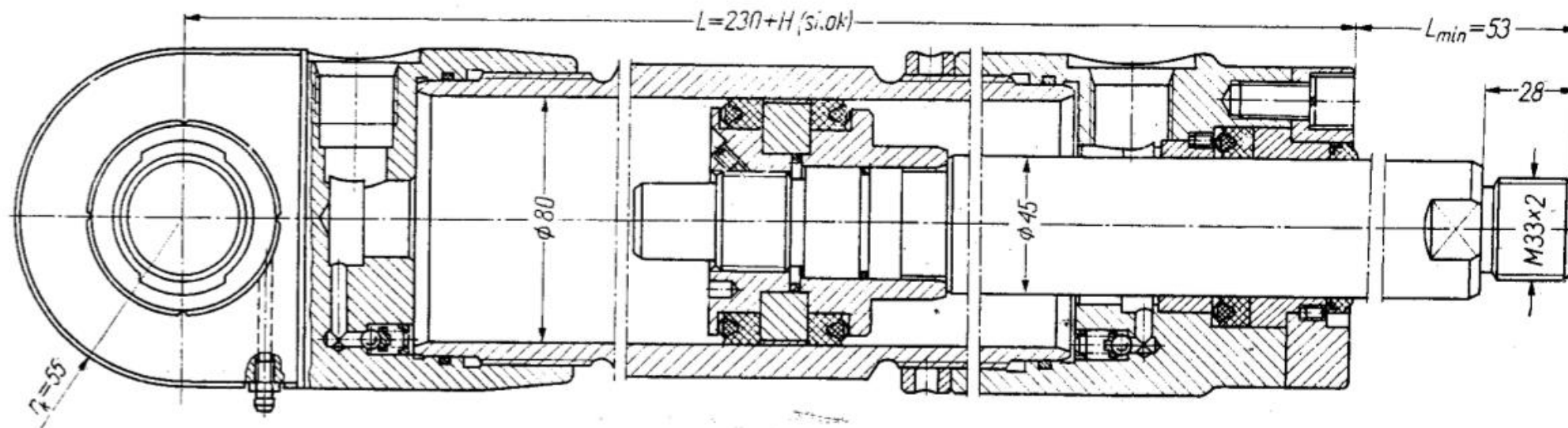

Podstawy Konstrukcji

Maszyn

Cylindry hydrauliczne

Siłownik hydrauliczny

Cylinder hydrauliczny - to rodzaj silnika wyporowego, w którym określone części (tłoczyisko, nurnik, wał, łopatką) wykonują ograniczony ruch postępowo zwrotny.

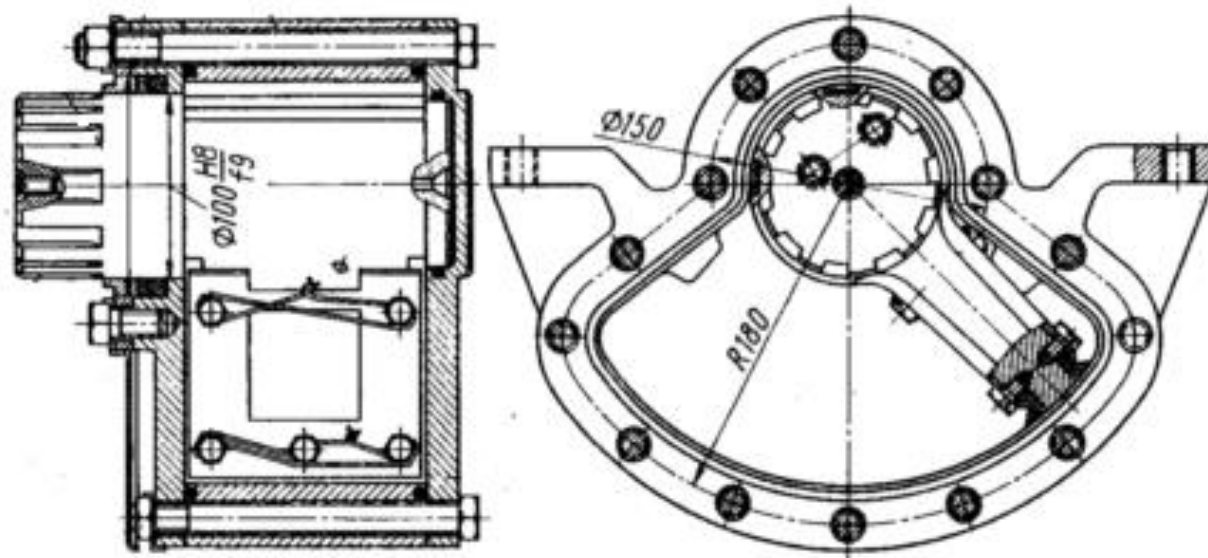


Ogólny podział silników hydraulicznych

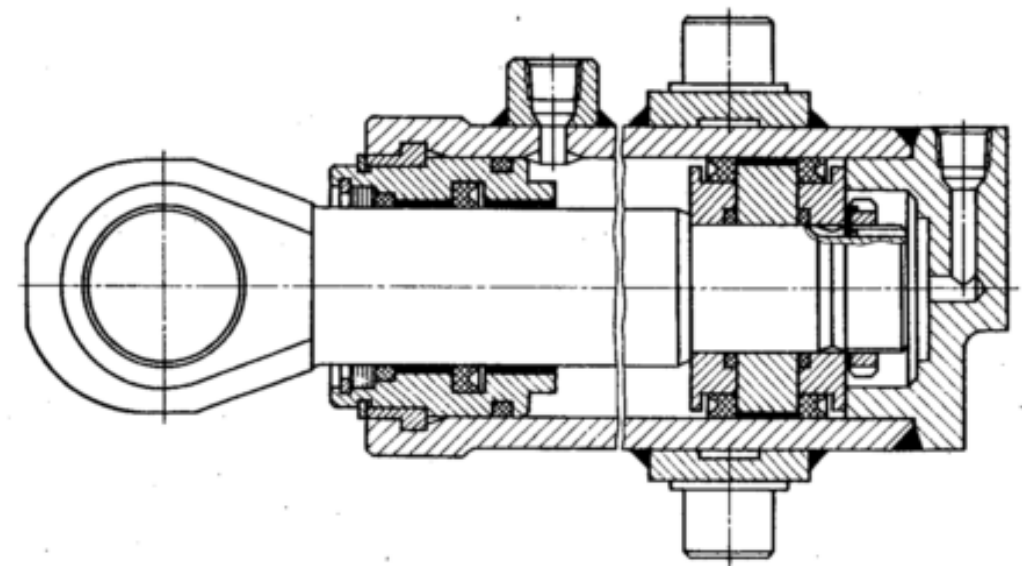
Ze względu na rodzaj ruchu silniki hydrauliczne dzielimy na:

- **Siłowe** - wykonujące ruch prostoliniowy (postępowo zwrotny względem obudowy)
- **Momentowe**- przekazujące ruch obrotowy (wahadłowy względem kadłuba o kącie mniejszym niż pełny)

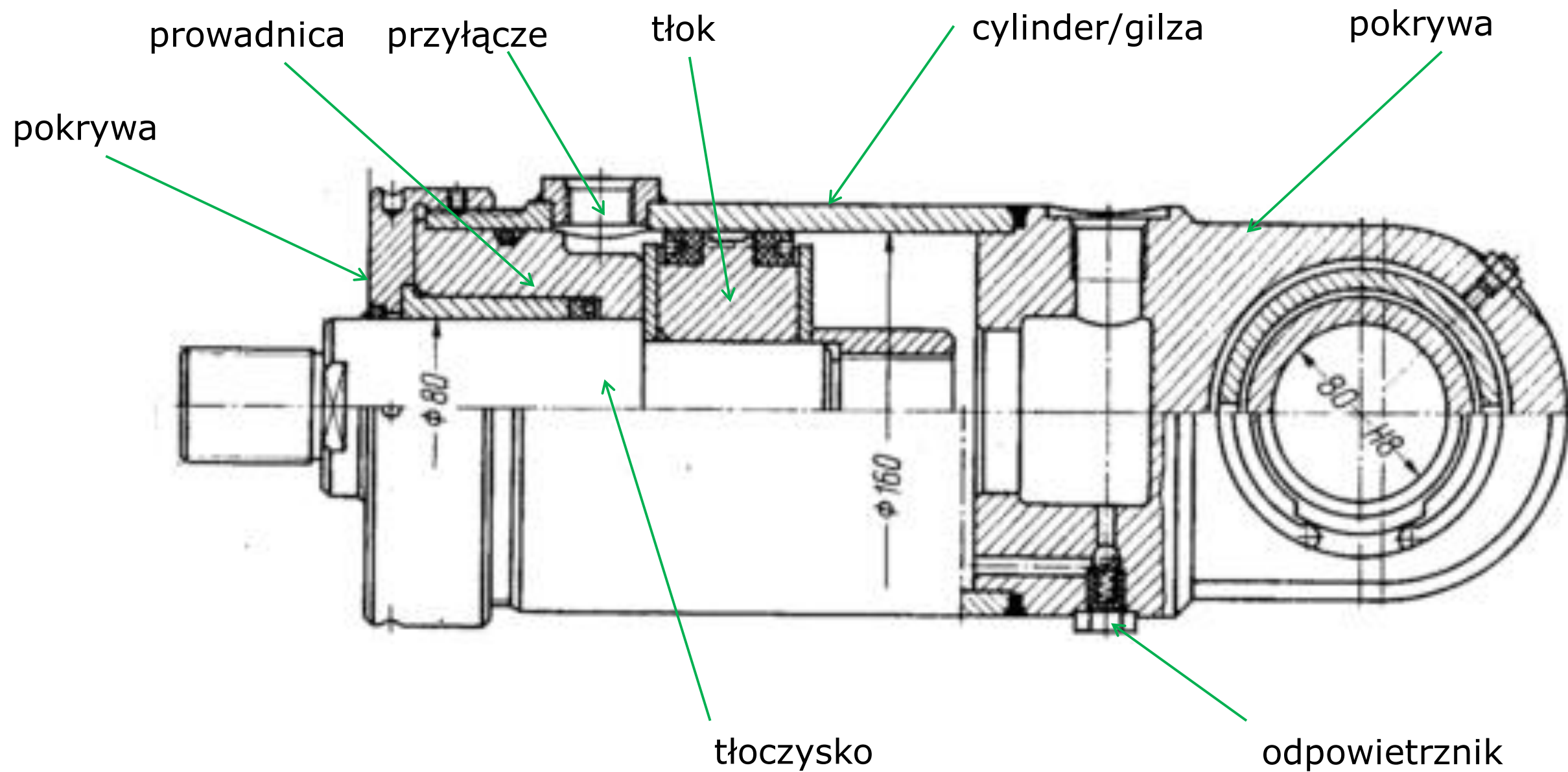
momentowy



siłowy



Konstrukcja siłownika hydraulicznego



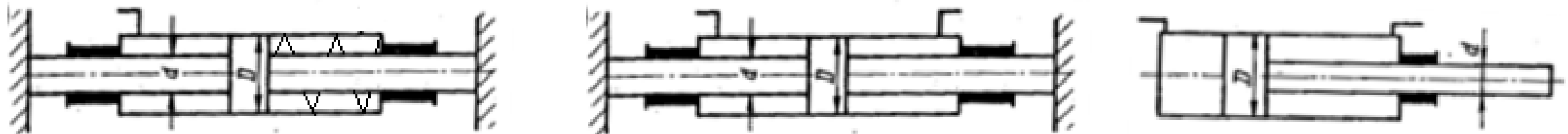
Ogólny podział silników hydraulicznych

Ze względu na kierunek działania:

- Jednostronnego działania,
- Dwustronnego działania.

Siłowniki dwustronnego działania można z kolei podzielić na:

- z dwustronnym tłoczyskiem,
- z jedenastostronnym tłoczyskiem
- specjalne.



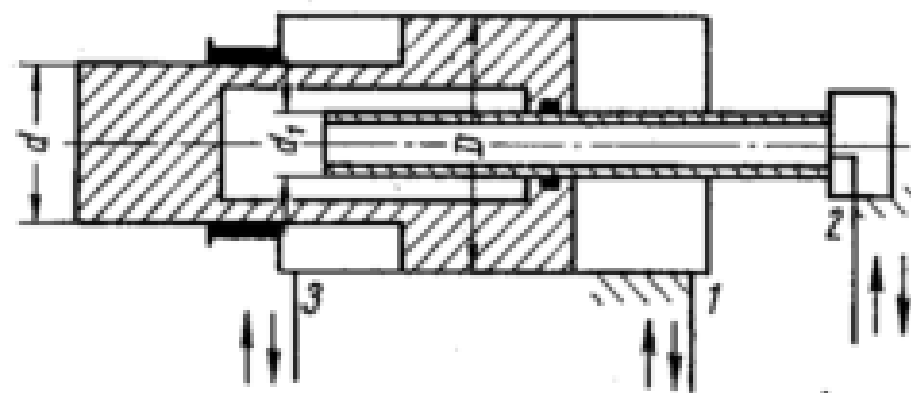
Ogólny podział silników hydraulicznych

Siłowniki specjalne:

- Wielokomorowy



- Wielobiegowy



Obciążenia w siłowniku

Siła generowana przez siłownik hydrauliczny:

$$P = pF - R_1 - R_2 - R_3$$

Gdzie:

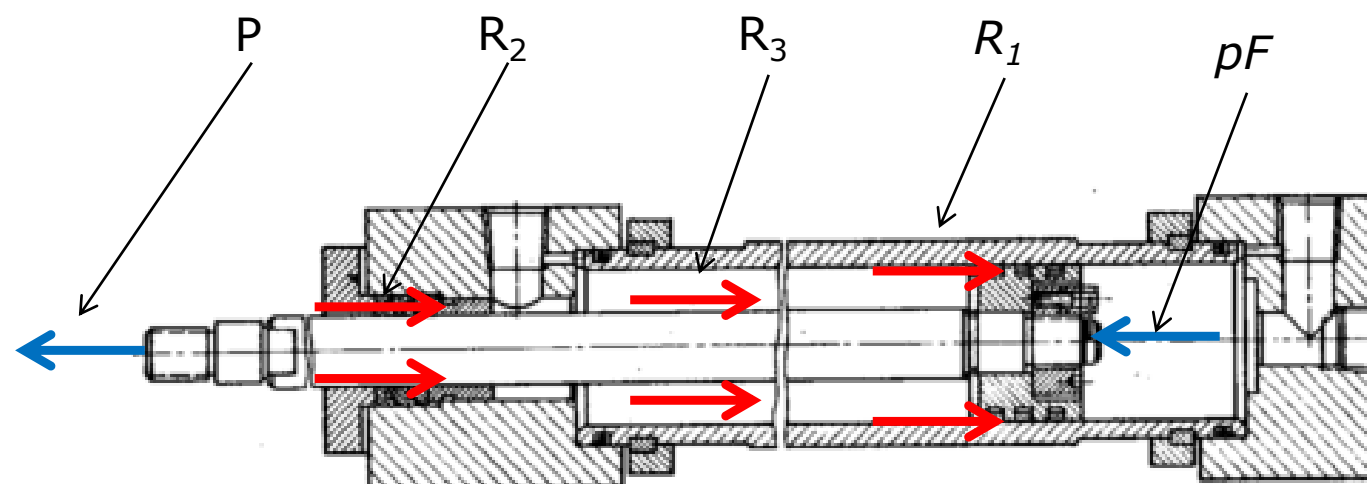
p – ciśnienie robocze,

F – powierzchnia tłoka (nurnika),

R_1 – tarcie w uszczelnieniach tłoczyska,

R_2 – tarcie w uszczelnieniach tłoka,

R_3 - siła przeciwcisnienia po drugiej stronie tłoka.



Obciążenia w siłowniku

Siła oporu (tarcia) w uszczelniakach:

$$R_1(R_2) = \mu\pi dlp$$

W przypadku zastosowania metalowych pierścieni sprężynujących:

$$R_1 = \mu\pi Db(kz + p)$$

gdzie:

d – uszczelniana średnica,

l – uszczelniana długość,

μ – współczynnik tarcia uszczelnienia o powierzchnię tłoczyska (0,07 duża prędkość, 0,15 mała prędkość),

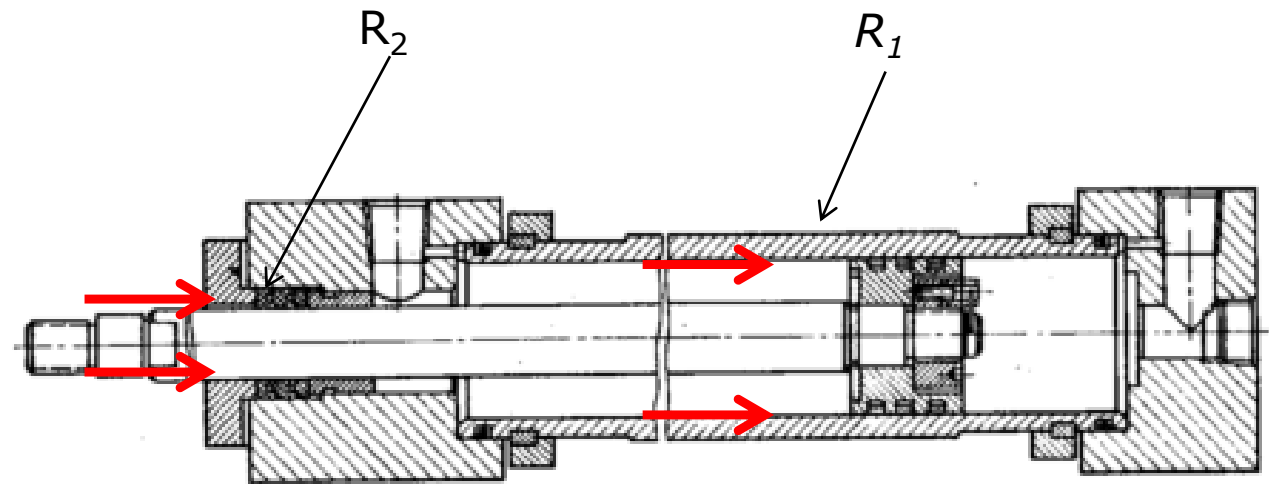
D – średnica tłoka,

b – szerokość pierścienia,

k – nacisk pierścienia o ściankę cylindra ($k = 0.8$ do 0.9 bar),

z – ilość pierścieni,

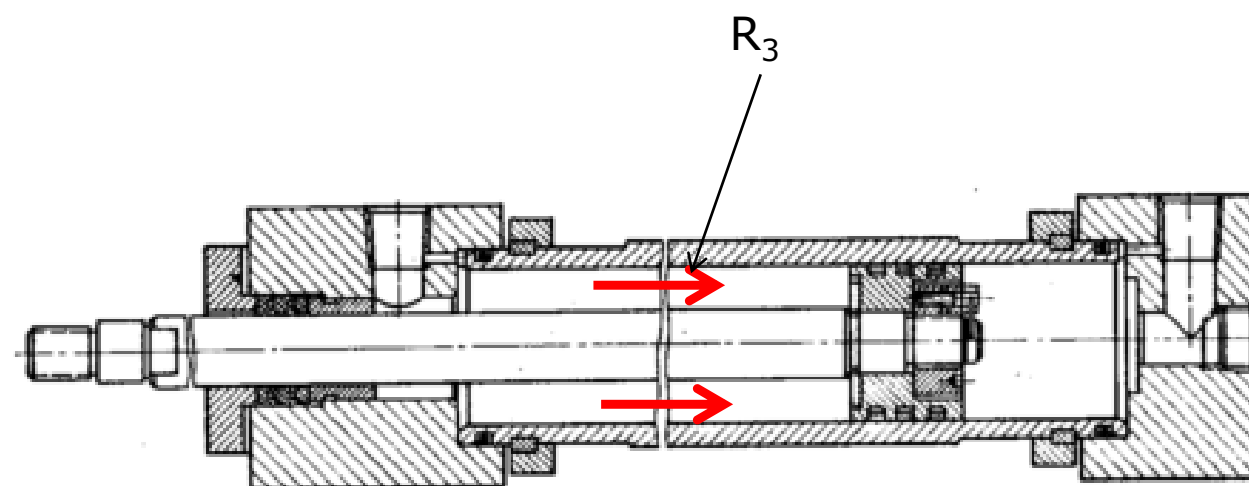
p – ciśnienie czynnika.



Obciążenia w siłowniku

Siła przeciwcisnienia (wynikająca z oporów przepływu odpływającego czynnika):

$$R_3 = \frac{p_p \pi (D^2 - d^2)}{4}$$



p_p – spadek ciśnienia w przewodach odprowadzających czynnik do zbiornika zlewowego.

Minimalne napędowe ciśnienie siłownika

$$p = \frac{4(P + R1 + R2 + R3)}{\pi(D^2 - d^2)}$$

Kinematyka siłownika

Prędkość ruchu siłownika z dwustronnym tłoczyskiem o tej samej średnicy:

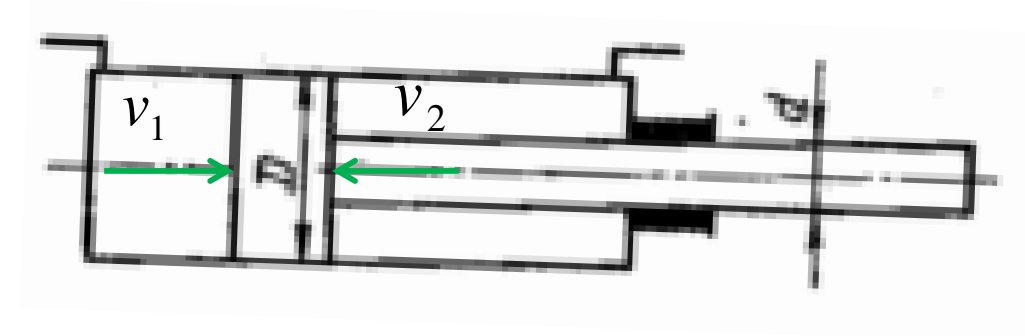
$$v_1 = v_2 = \frac{Q}{A} = \frac{4Q}{\pi(D^2 - d^2)}$$

Prędkość ruchu siłownika z jednostronnym tłoczyskiem:

Przy takim samym wydatku płynu hydraulicznego do lewej i prawej strony:

$$v_1 = \frac{4Q}{\pi D^2}$$

$$v_2 = \frac{4Q}{\pi(D^2 - d^2)}$$



Moc siłownika

Moc indykatorowa:

$$N = Fv = pAv$$

Moc wykorzystana w cylindrze:

$$N_1 = Fv = p_1Av$$

$$p_1 = p_0 - \Delta p$$

p_0 - ciśnienie pompy

Δp - strata ciśnienia w przewodach doprowadzających

Moc tracona w cylindrze:

$$N_T = (\Sigma T - R_3)v$$

ΣT - suma sił wynikających z oporu tarcia

R_3 - siła przeciwcisnienia

Sprawność siłownika

$$\eta = \frac{N_1 - N_T}{N_1} = 1 - \frac{N_T}{N_1}$$

$$\eta = 1 - \frac{\frac{\Sigma T + p_p F_2}{F_1}}{p_0 - \Delta p}$$

p_p – przeciwciśnienie,

Wielkości charakteryzujące siłownik

Typ szeregu wewnętrznych średnic cylindrów:

$$\varphi = \frac{D_n^2}{D_{n-1}^2}$$

Najbardziej popularny jest współczynnik $\varphi=1,25$

25, 32, 40, 50, 60, 80, 100, 125, 160, 200, 250, 320, 420mm

Polska norma: PN-65/M

4, 5, 6, 8, 10, 12, 16, 20, 25, 32, 40, 50, 63, 80, 100, 125, 160, 200,
250, 320, 400, 500, 630, 800, 1000mm

Średnica tłoczyska

Szereg podstawowy	12	16	20	25	32	40	50	60	80	100	125	160
Szereg uzupełniający	14	18	22	28	36	45	55	70	90	110	140	180

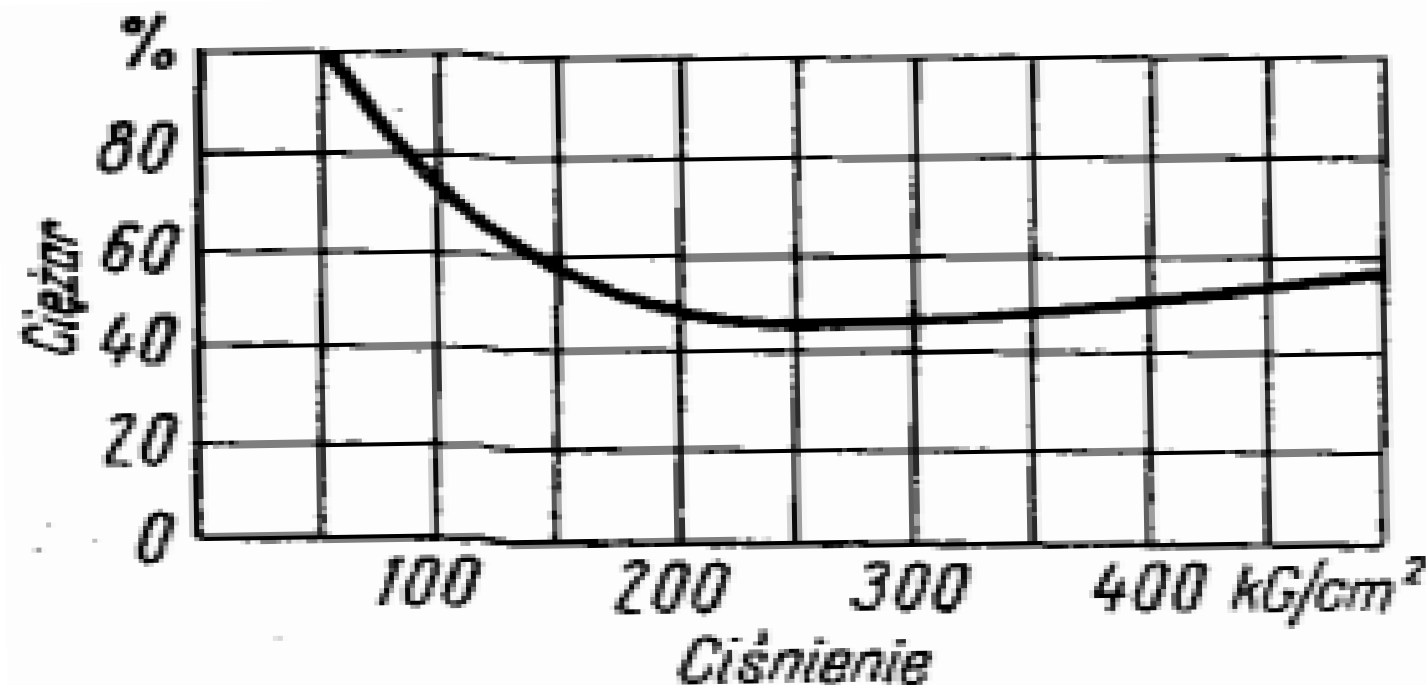
Stosunek przekroju tłoka strony pchającej do przekroju strony ciągnącej:

$$\psi = \frac{F_1}{F_2} \quad - \text{decyduje o prędkości tłoka w przód i tył}$$

Zalecane średnice tłoczysk w zależności od współczynnika ψ

Średnica cylindra, mm	Średnice tłoczysk, mm			Średnica cylindra, mm	Średnice tłoczysk, mm		
	$\psi = 1,25$	$\psi = 1,33$	$\psi = 1,6$		$\psi = 1,25$	$\psi = 1,33$	$\psi = 1,6$
25	10	12	14	80	36	40	45
32	14	16	18	100	45	50	55
40	18	20	22	125	55	60	70
50	22	25	28	160	70	80	90
60	28	32	36	200	90	100	110
				250	110	125	140

Optymalne ciśnienie pracy



$$P = pF$$

P - siła,

p - ciśnienie,

F - powierzchnia tłoczna

Szereg nominalny: 0,63; 1; 1,6; 2,5; 4; 6,3; 10; 16; 25; 63; 100; 125; 160; 200; 250; 320; 400; 500; 630; 800; 1000; 1250; 1600 at

Skok siłownika

Średnica cylindra, mm	Skoki tłoka, mm								
	80	100	125	160	200	250	320	400	500
40	80	100	125	160	200	250	320	400	500
50	100	125	160	200	250	320	400	500	630
60	125	160	200	250	320	400	500	630	800
80	160	200	250	320	400	500	630	800	1000
100	200	250	320	400	500	630	800	1000	1250
125	250	320	400	500	630	800	1000	1250	1600
160	320	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000
200	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	

Górna granica skoku
(ze względu na wyboczenie):

$$S < 10D$$

Średnica cylindra, mm	Skok tłoka, mm									
	$\psi = 1,25$					$\psi = 1,6$				
	—	25	40	63	100	160	250	320	400	500
25	—	25	40	63	100	160	250	320	400	500
32	—	25	40	80	125	200	320	400	500	630
40	25	40	63	100	160	250	400	500	630	800
50	25	40	80	125	200	320	500	630	800	1000
63	40	63	100	160	250	400	630	800	1000	1250
80	40	80	125	200	320	500	800	1000	1250	1600
90	63	100	160	250	400	630	1000	1100	1400	1600
100	63	100	160	250	400	630	1000	1250	1600	2000
110	80	125	200	320	500	800	1250	1400	1800	
125	80	125	200	320	500	800	1250	1600	2000	

Średnica otworów dopływowych

Średnicę otworów dopływowych dobiera się z warunku maksymalnej prędkości w przewodach dopływowych, która nie może przekraczać 3m/s.

Generalnie przyjmuje się:

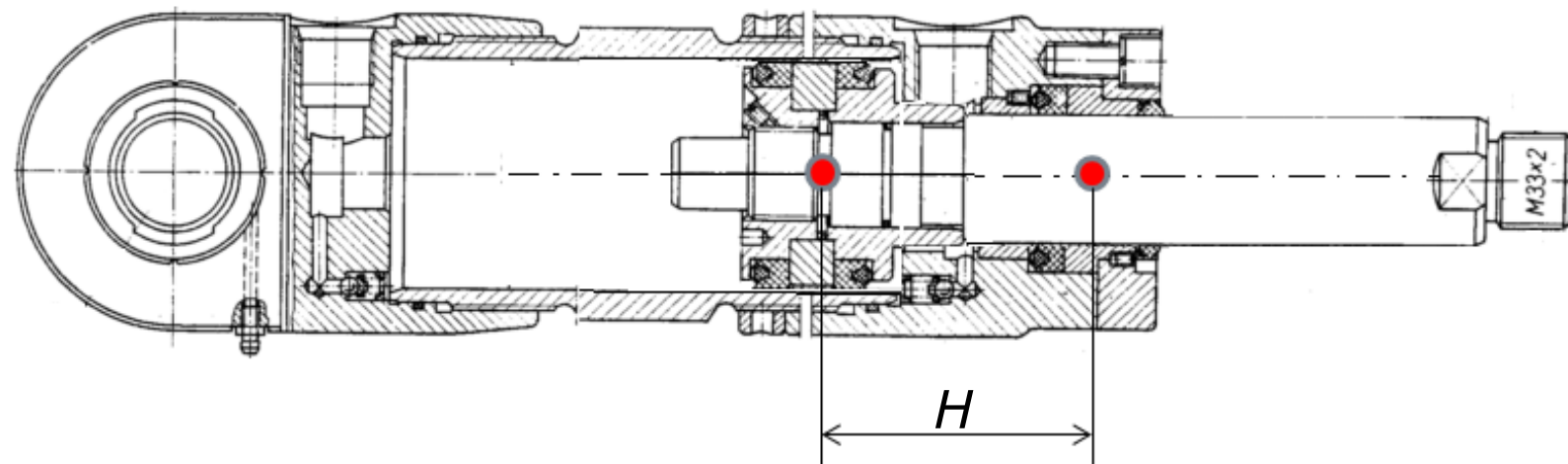
$$d \approx 0,13D$$

Zalecane średnice otworów dopływowych:

Średnica cylindra D , mm	Obliczeniowa średnica otworu d , mm	Zalecana średnica otworu d , mm
40	5,12	8
50	6,5	8
60	7,8	8
80	10,4	12
100	13,0	12
125	16,25	16
160	20,8	20
200	26,0	25
250	32,5	32

Prowadzenie tłoczyska

Czyli odległość od środka tłoka do środka prowadnicy tłoczyska przy całkowicie wysuniętym tłoczysku:



Wartość optymalna:

$$H \geq \frac{L_{\max}}{10}$$

Gdzie :

L_{\max} – maksymalna długość cylindra

Po uwzględnieniu że maksymalna długość cylindra nie powinna przekraczać 10D

$$H \geq \frac{10D}{10} \geq D$$

Główne zalecenia wymiarów siłowników hydraulicznych

Średnica tłoka, mm	Średnica tłoczyska, mm			Skoki tłoka, mm													Średnica otworu przepływowego, mm	Długość tłoka w mm przy skoku	
	$\psi = 1,25$	$\psi = 1,33$	$\psi = 1,6$															S = 5D	S = 10D
40	18	20	22	50	60	80	100	125	160	200	250	320	400	—	—	8	25	40	
50	22	25	28	50	60	80	100	125	160	200	250	320	400	500	—	8	32	50	
60	28	32	36	80	100	125	160	200	250	320	400	500	630	—	—	8	40	60	
80	36	40	45	80	100	125	160	200	250	320	400	500	630	800	—	12	50	80	
100	45	50	55	100	125	160	200	250	320	400	500	630	800	1000	—	12	60	100	
125	55	60	70	100	125	160	200	250	320	400	500	630	800	1000	1250	16	80	125	
160	70	80	90	125	160	200	250	320	400	500	630	800	1000	1250	1600	20	100	160	
200	90	100	110	160	200	250	320	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	25	125	200	
250	110	125	140	200	250	320	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	32	160	250	

Projektowanie podstawowych części siłownika

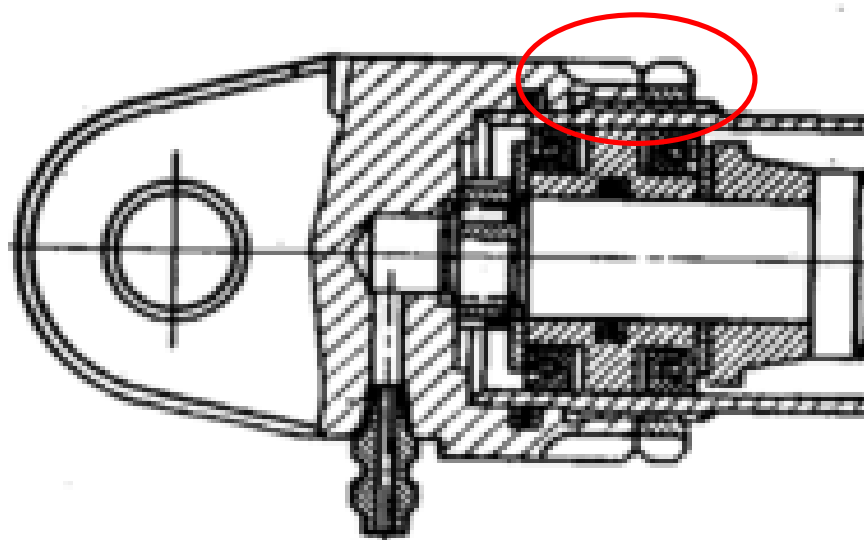
- Połączenie pokrywy z gilzą.
- Połączenie tłoka z tłoczyskiem.
- Prowadnica tłoczyska.
- Układ odpowietrzenia.
- Kanały dopływowe i przyłączeniowe.
- Sposób zamocowania siłownika w urządzeniu.
- Sposób hamowania tłoka.

Połączenie pokrywy z gilzą

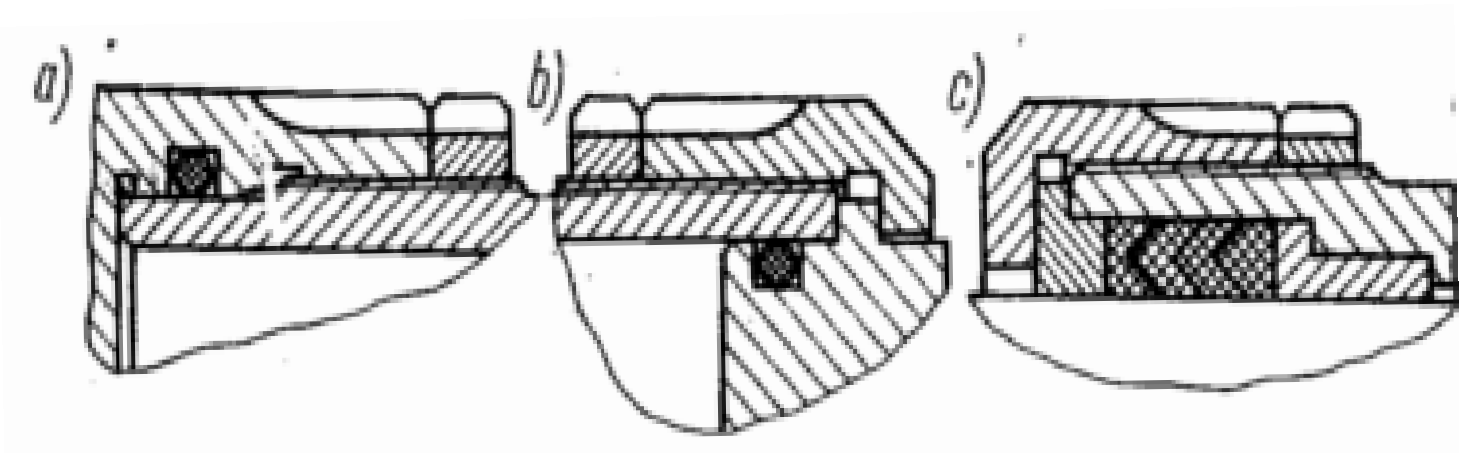
- Połączenia gwintowe pośrednie lub bezpośrednie,
- Połączenia kształtowe,
- Spawane.

Połączenie gwintowe cylindra z gilzą:

Bezpośrednie



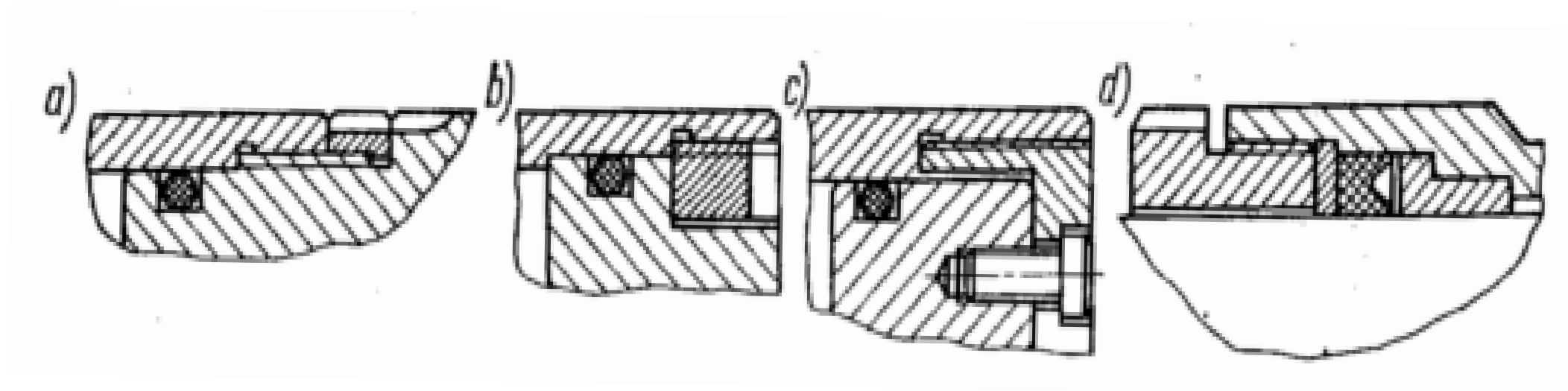
Na zewnętrznej powierzchni gilzy



Połączenie pokrywy z gilzą

Połączenie gwintowe:

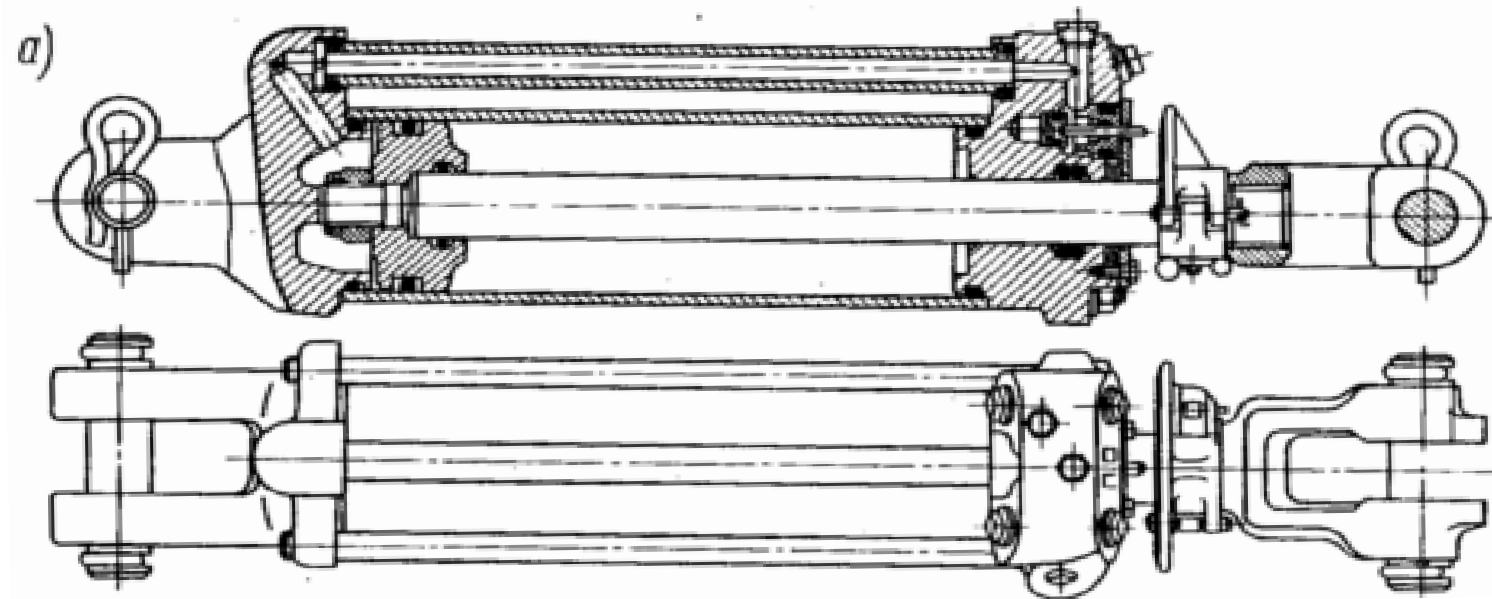
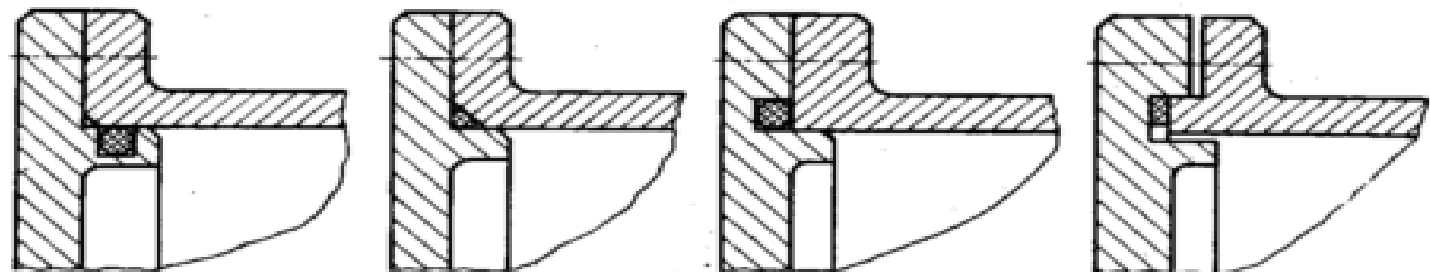
Bezpośrednie: na wewnętrznej powierzchni gilzy



Połączenie pokrywy z gilzą

Połączenie gwintowe:

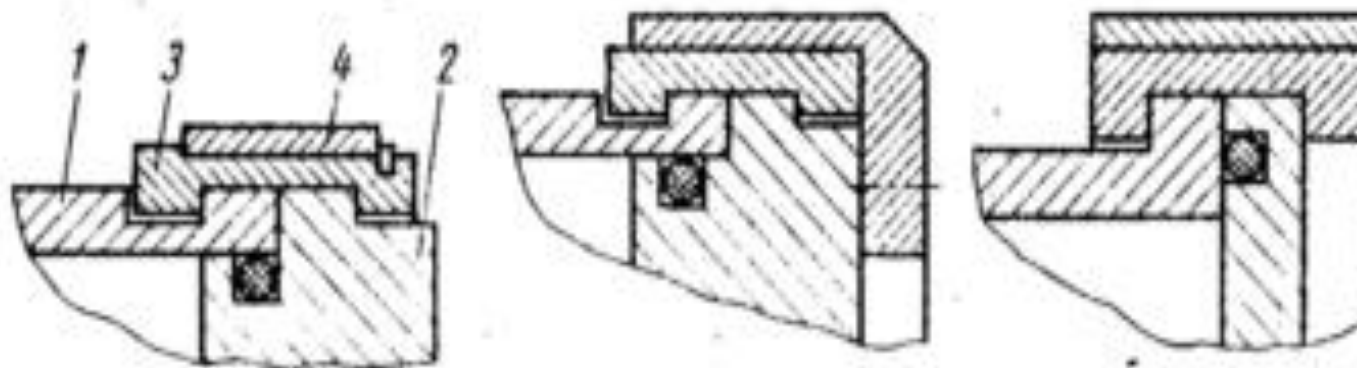
Pośrednie:



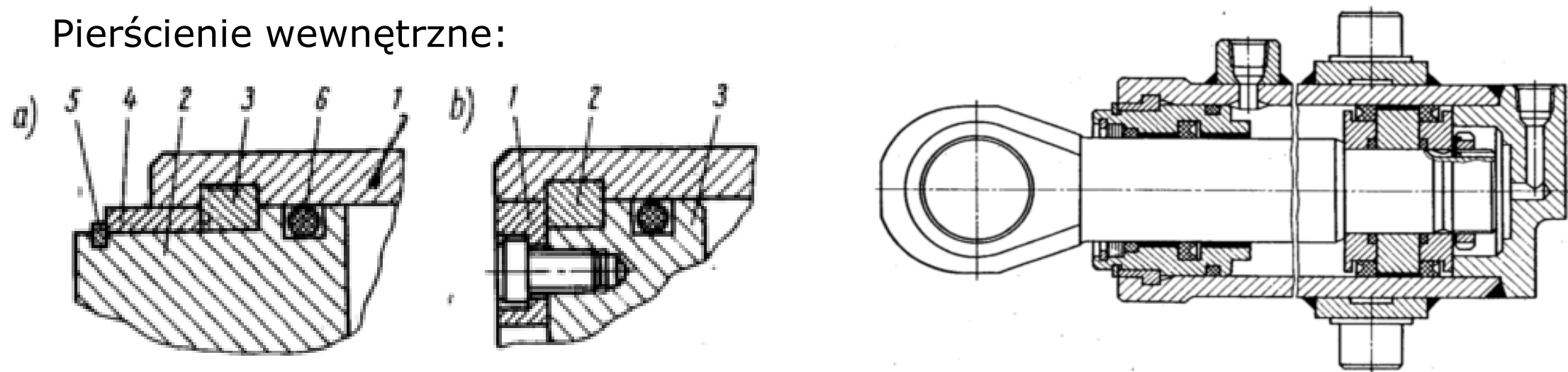
Połączenie pokrywy z gilzą

Kształtowe:

Pierścienie zewnętrzne:



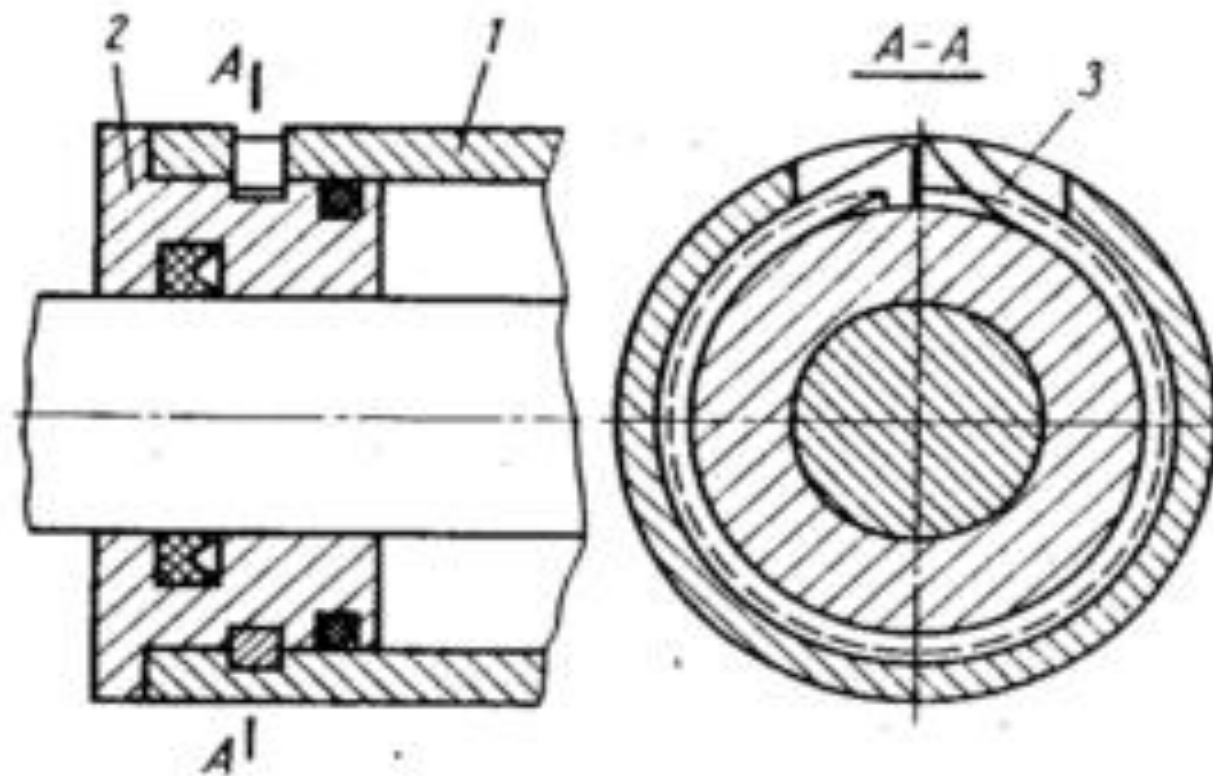
Pierścienie wewnętrzne:



Połączenie pokrywy z gilzą

Kształtowe:

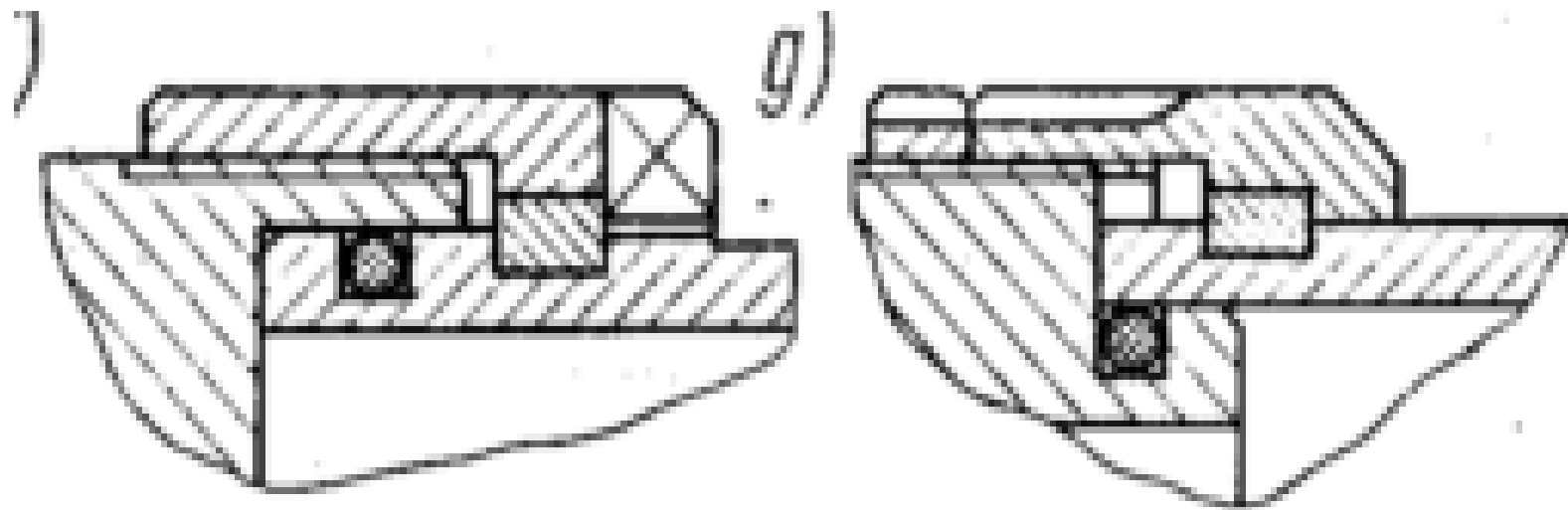
Przewleczką



Połączenie pokrywy z gilzą

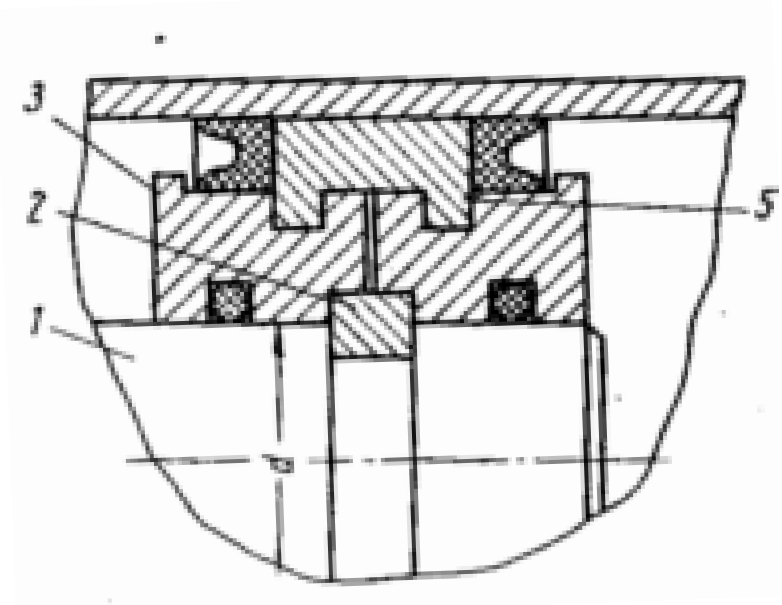
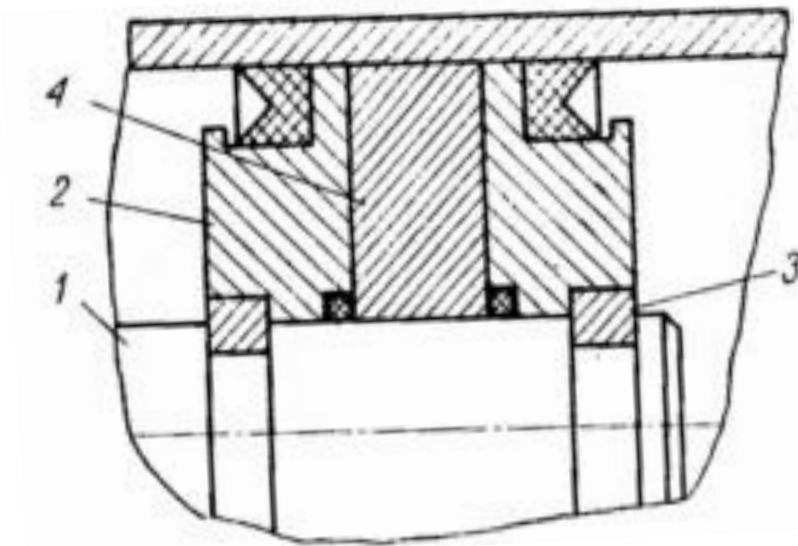
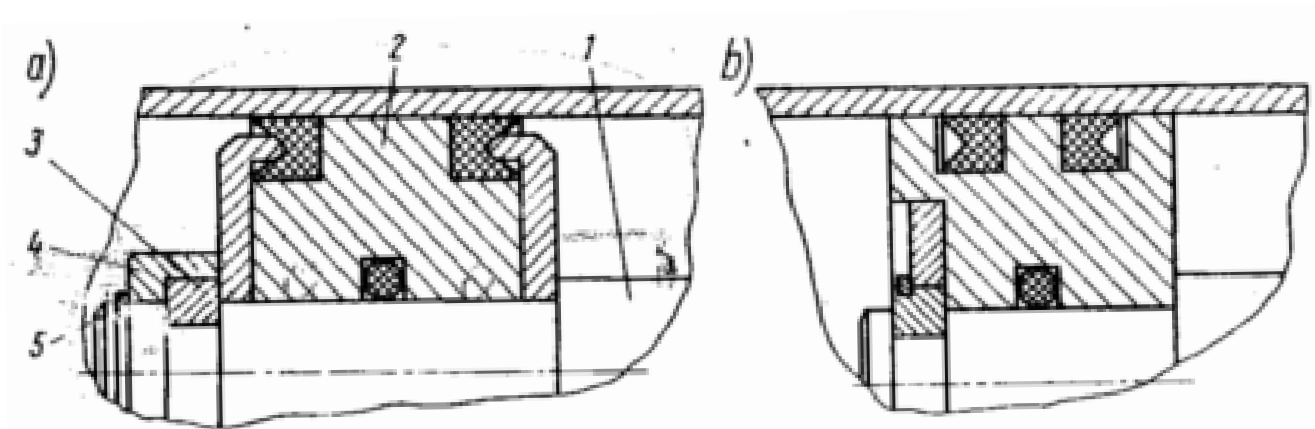
Mieszane:

kształtowo-gwintowe



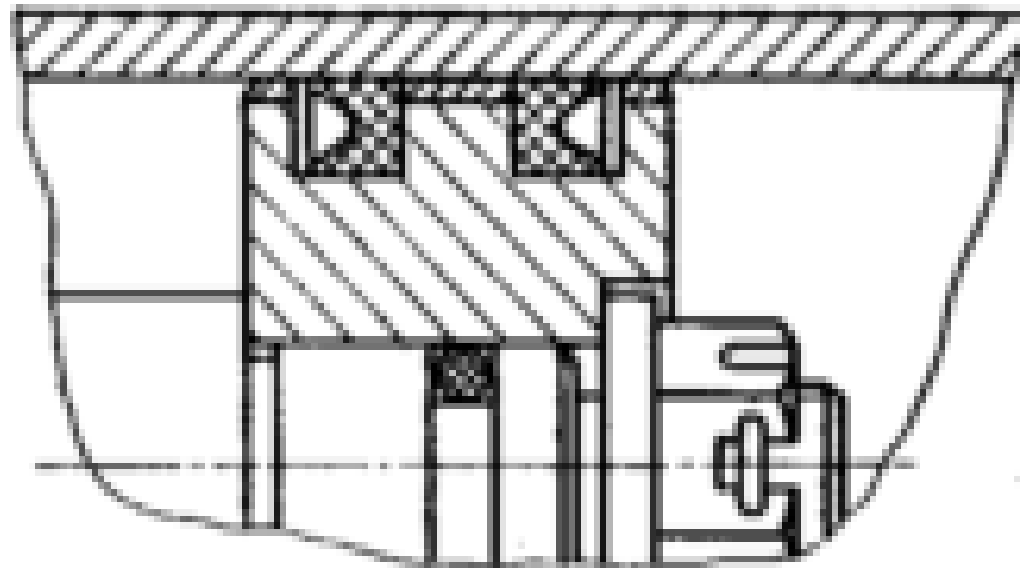
Połączenie tłoka z tłoczyskiem

- Bezgwintowe



Połączenie tłoka z tłoczyskiem

- Gwintowe

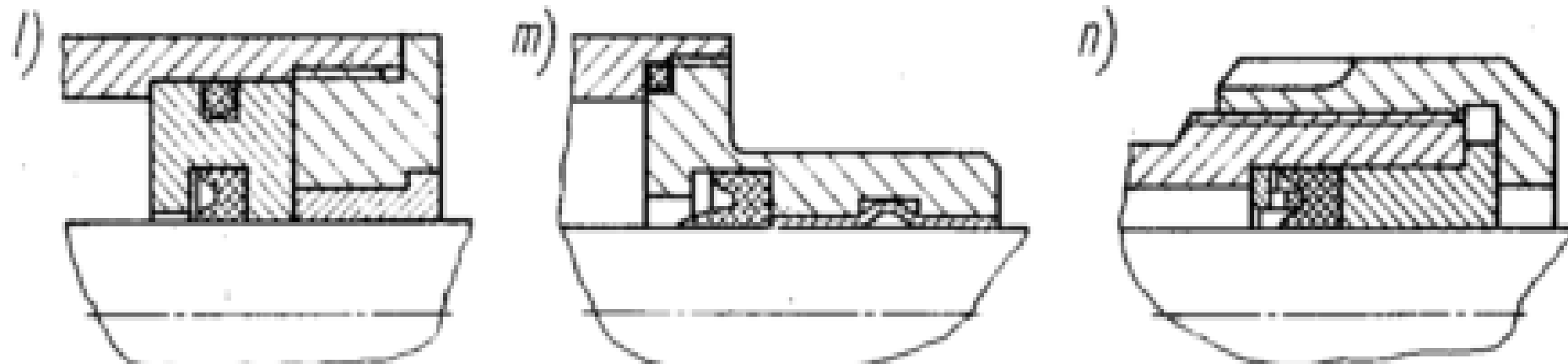


Prowadnica tłoczyska

Jej projektowanie polega przede wszystkim na odpowiednim doborze uszczelniania i prowadzenia tłoczyska oraz sposobie konstrukcji połączenia z pokrywą.

Konstrukcja prowadnicy może być zrobiona w postaci:

- Bezpośredniego wykonania w pokrywie.
- Wciskanej w pokrywę.
- Rozwalcowanej w pokrywie.



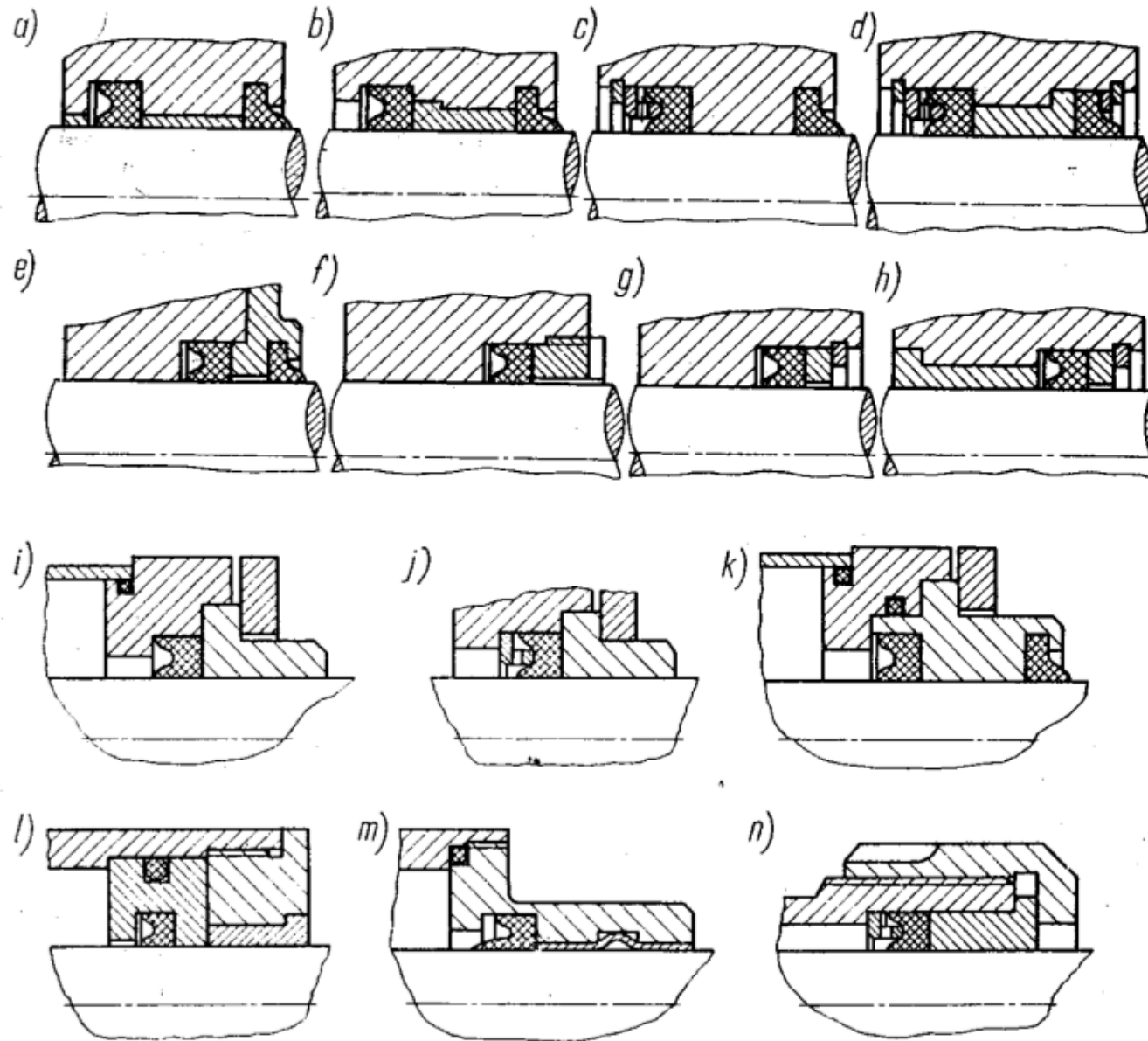
Prowadnica tłoczyska-uszczelnienie

Wyróżnia się kilka podstawowych rodzajów uszczelnień tłoczyska w prowadnicy:

- Za pomocą pierścieniu typu „U”
- Za pomocą pierścieni typu „V”
- Za pomocą pierścieni typu „L”
- Za pomocą pierścieni typu „O”
- Za pomocą pierścieni kształtowych

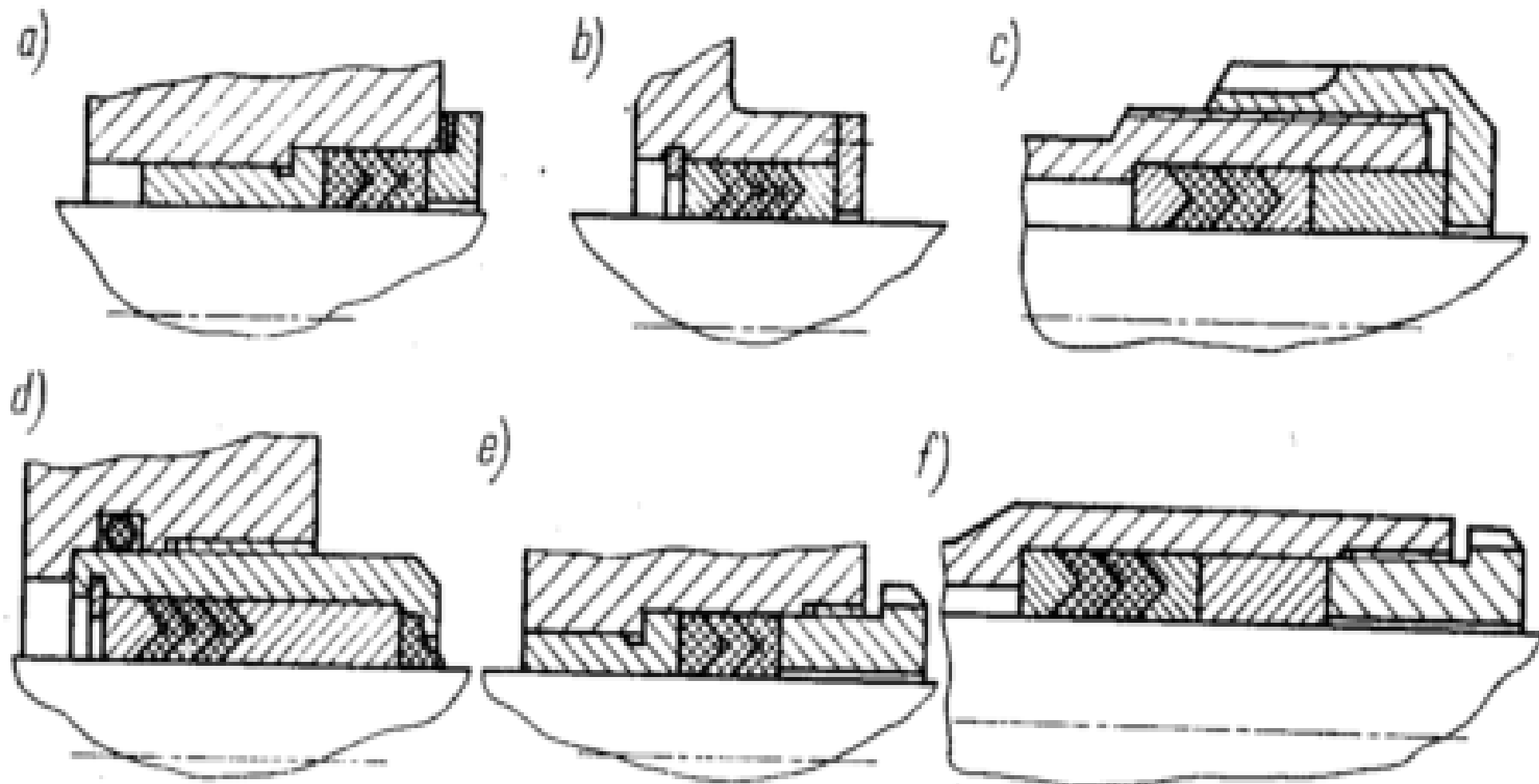
Prowadnica tloczyska-uszczelnienie

Pierścienie uszczelniające typu „U”



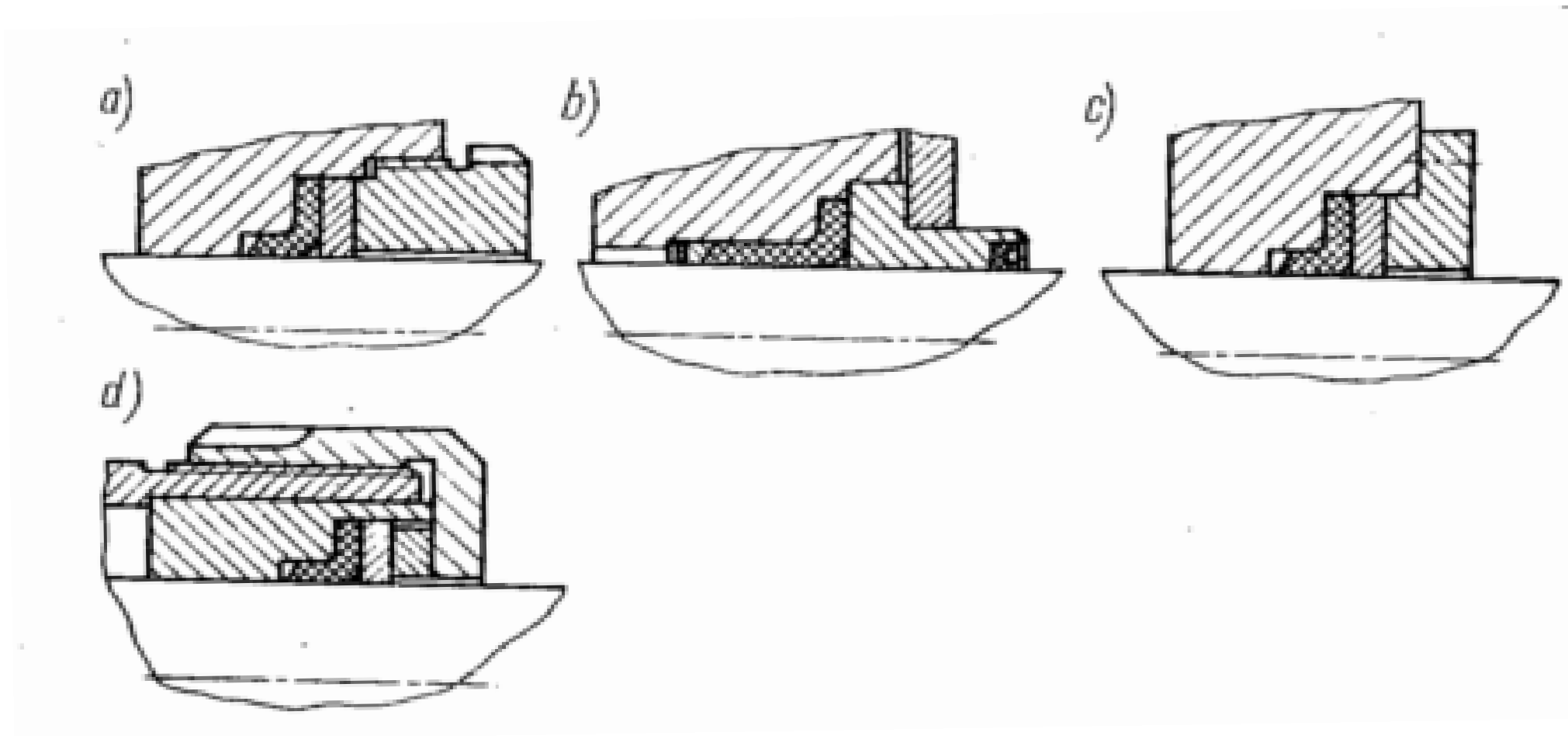
Prowadnica tloczyska-uszczelnienie

Pierścienie uszczelniające typu „V”



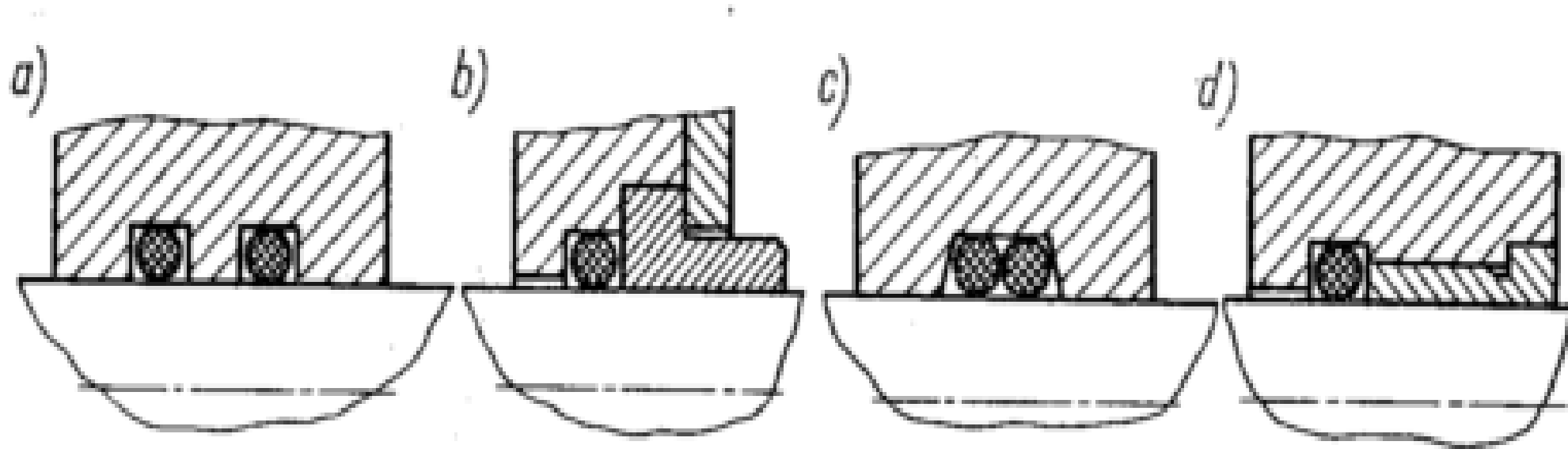
Prowadnica tloczyska-uszczelnienie

Pierścienie uszczelniające typu „L”



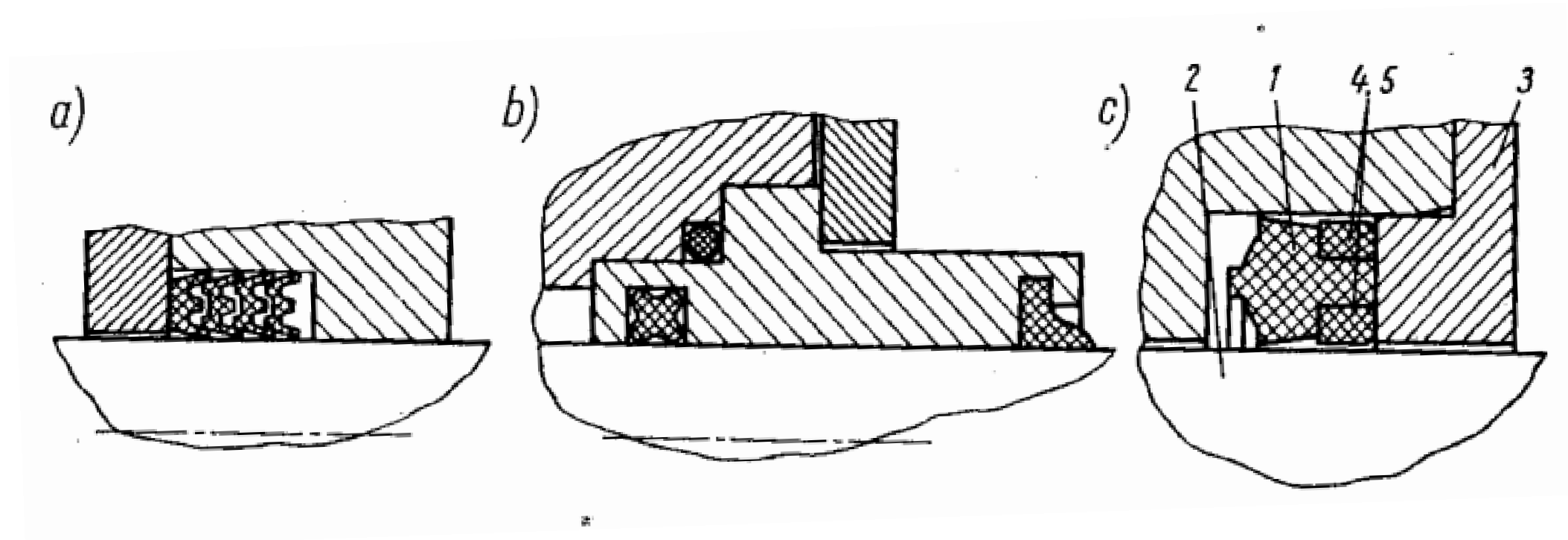
Prowadnica tloczyska-uszczelnienie

Pierścienie uszczelniające typu „O”



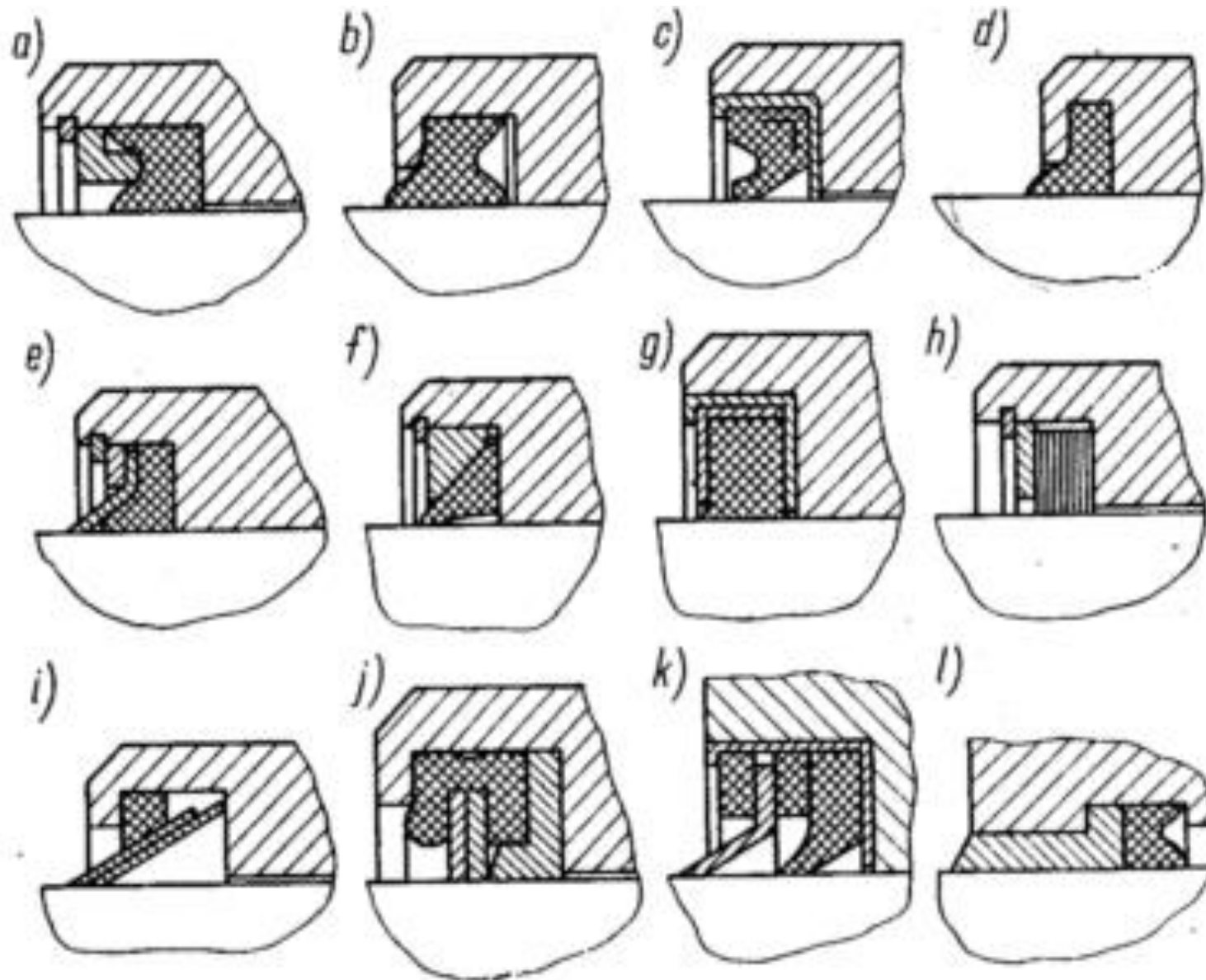
Prowadnica tloczyska-uszczelnienie

Kształtowe pierścienie uszczelniające:

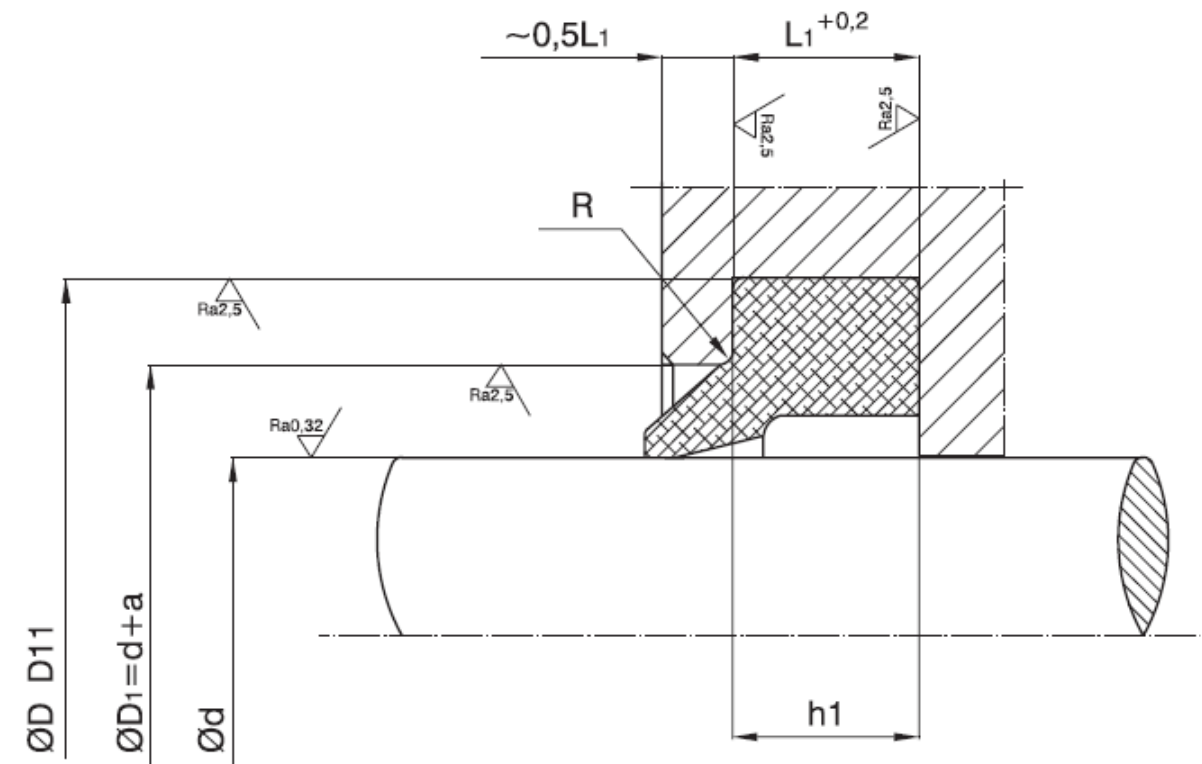
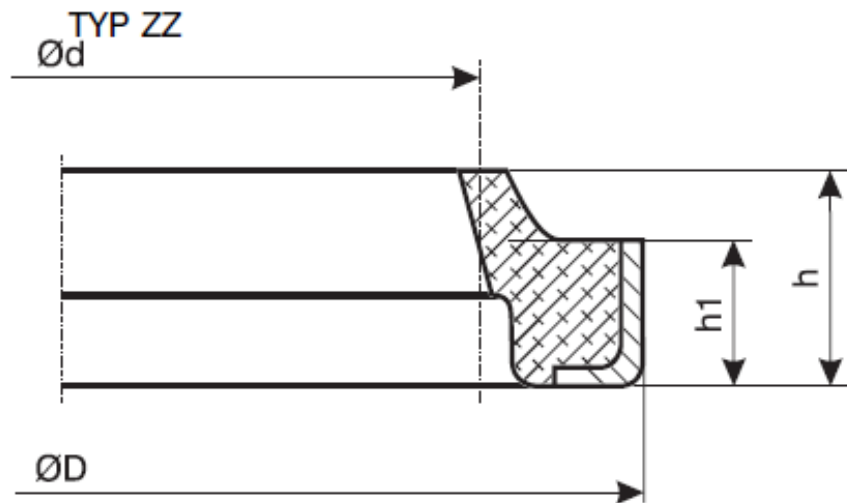
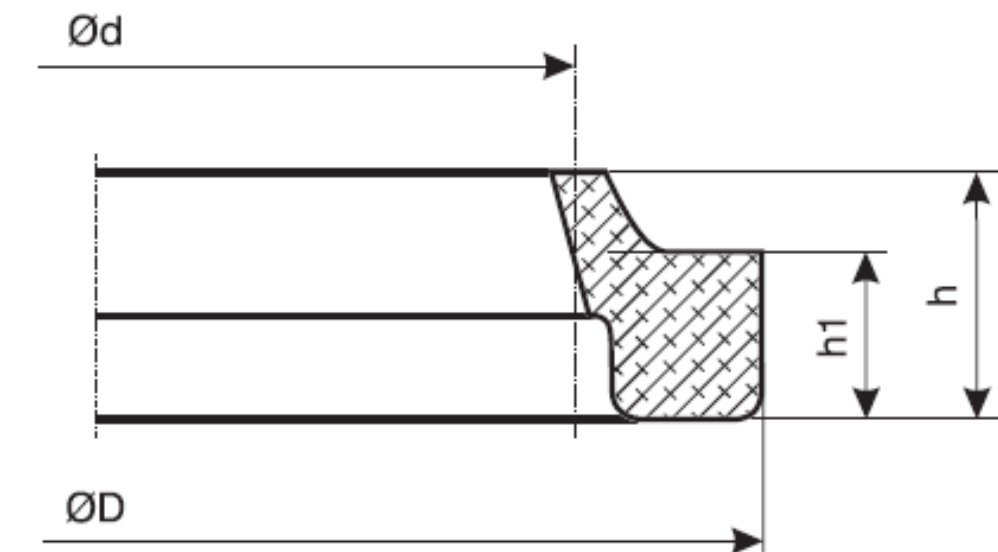


Uszczelnianie pyłochłonne

- zgarniacz

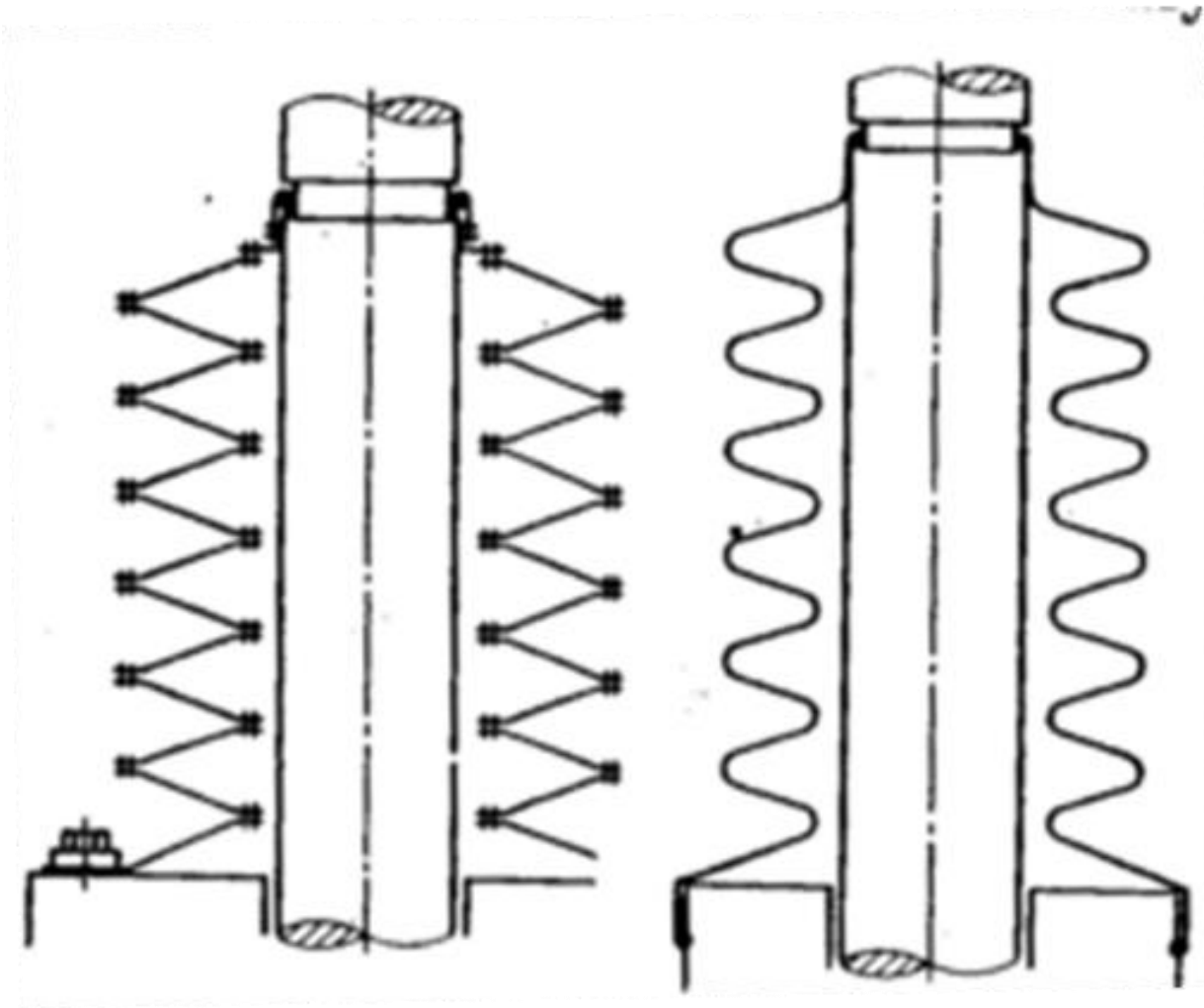


Uszczelnianie pyłochronne

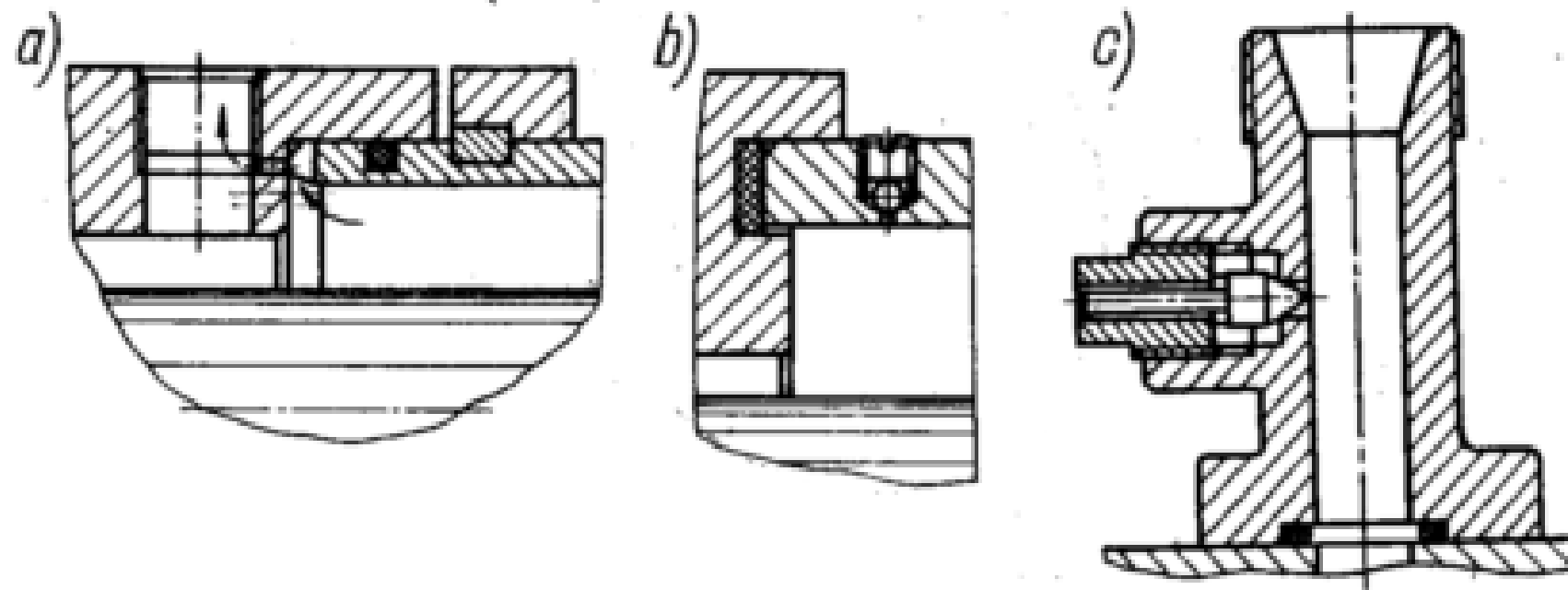


Uszczelnienie pyłochronne

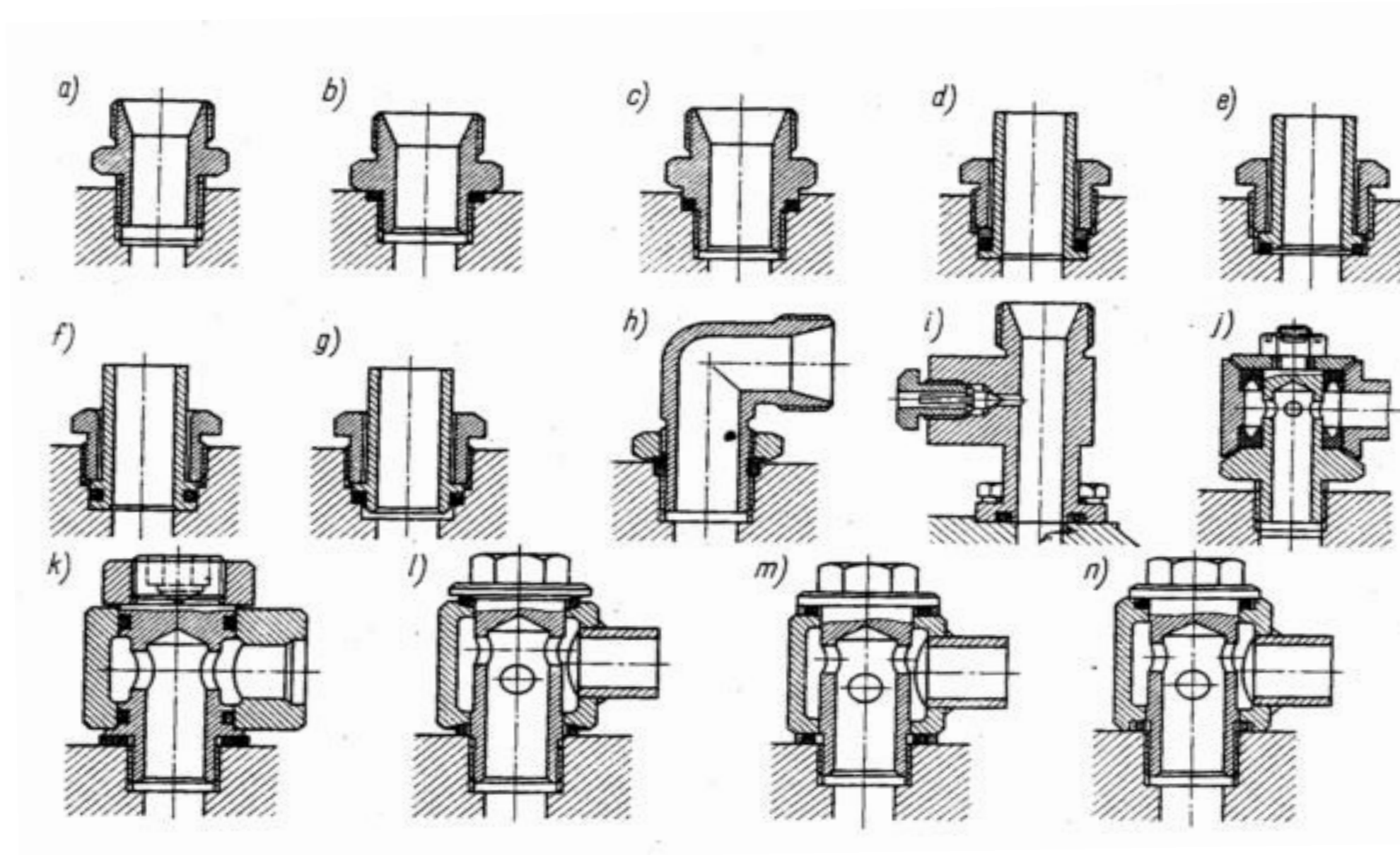
- mieszek



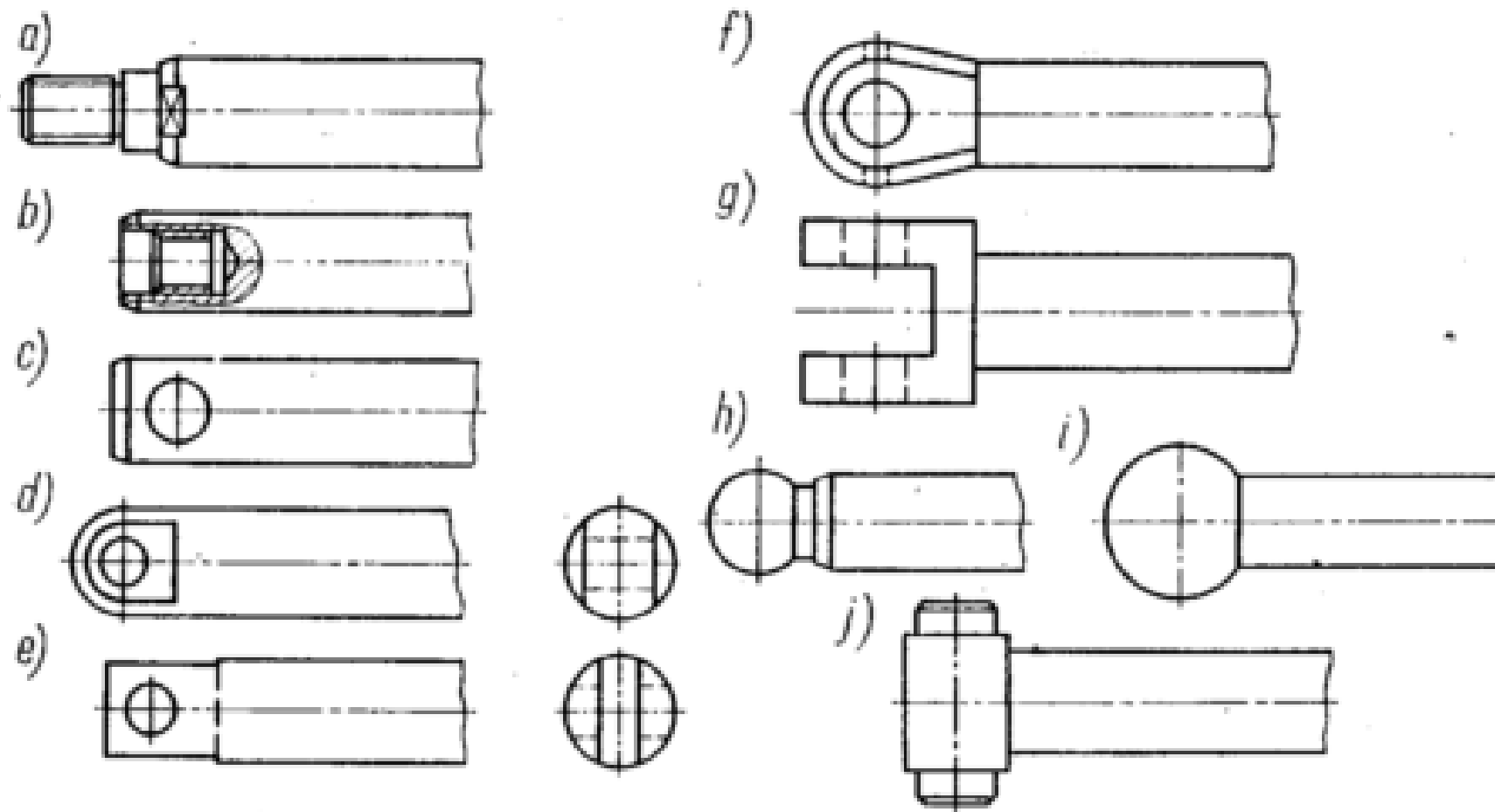
Odpowietrzniki



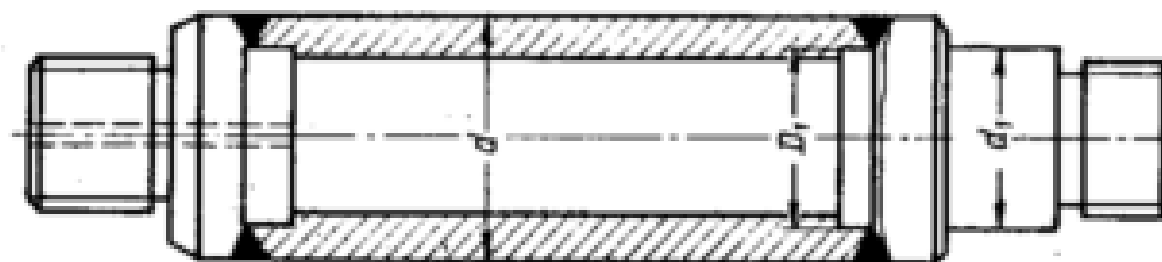
Otwory i przyłącza dopływowe



Tłoczysko



Rys. 64. Końcówki tłoczków

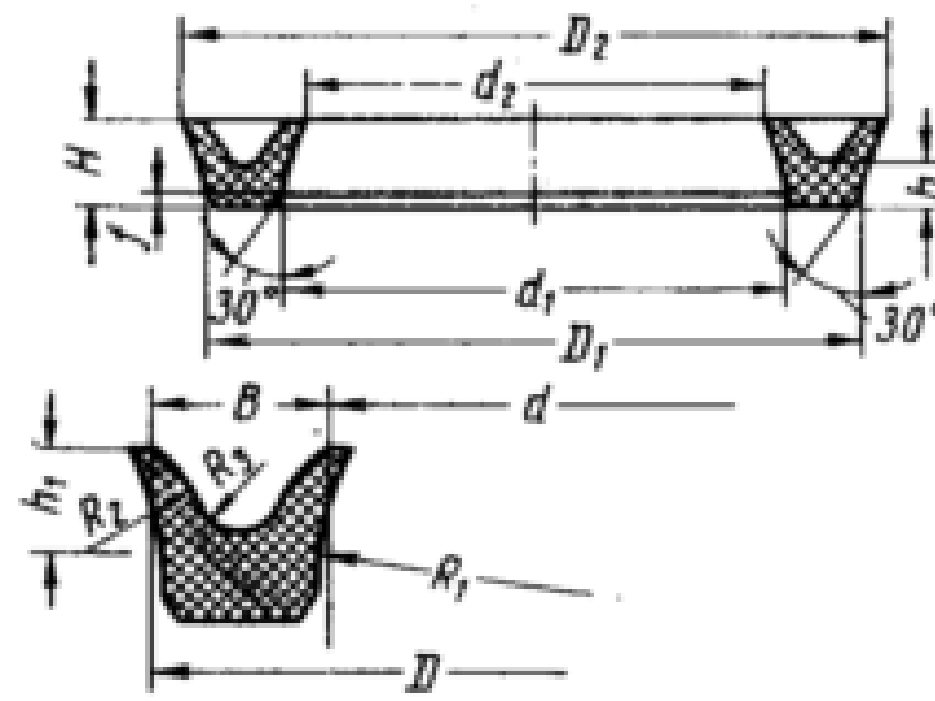


Uszczelnienie tłoka z gilzą

Sposoby uszczelniania tłoka z gilzą:

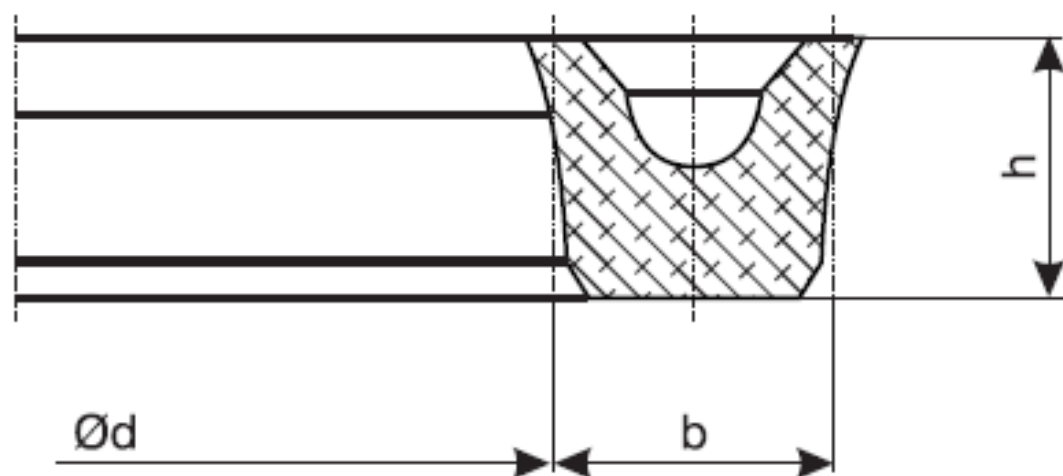
- Pierścienie typu „U”
- Pierścienie typu „V”
- Pierścienie typu „L”
- Pierścienie typu „O”
- Pierścienie tyku „K”
- Pierścienie prostokątne
- Metalowe pierścienie uszczelniające
- Pasowanie tłoka z gilzą

Uszczelnianie tłoka z cylindrem pierścieniem typu „U”

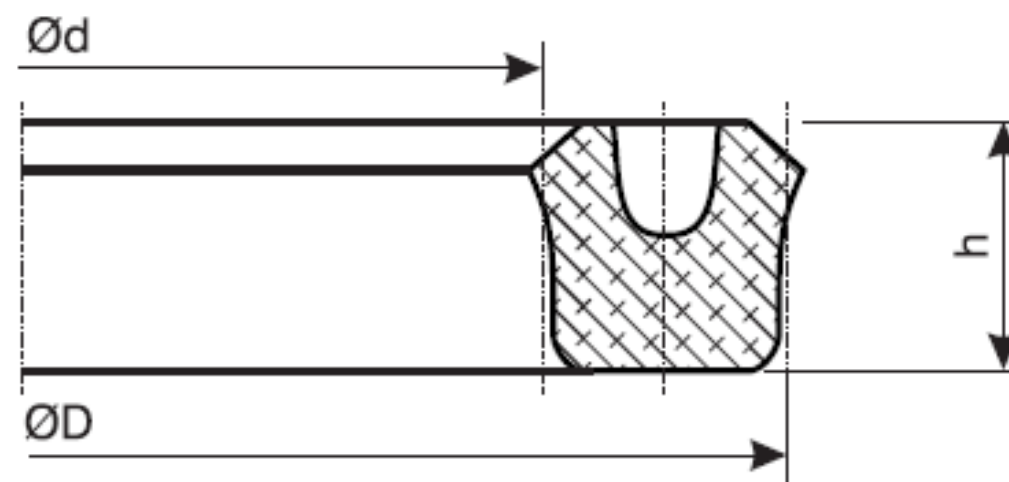


Uszczelnianie tłoka z gilzą pierścieniem typu „U”

U1

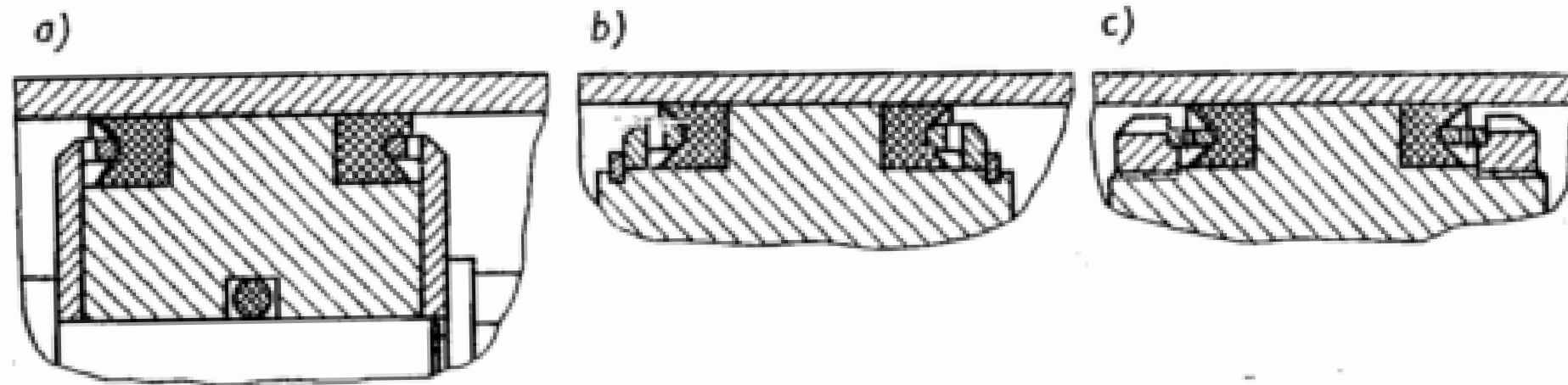


U2

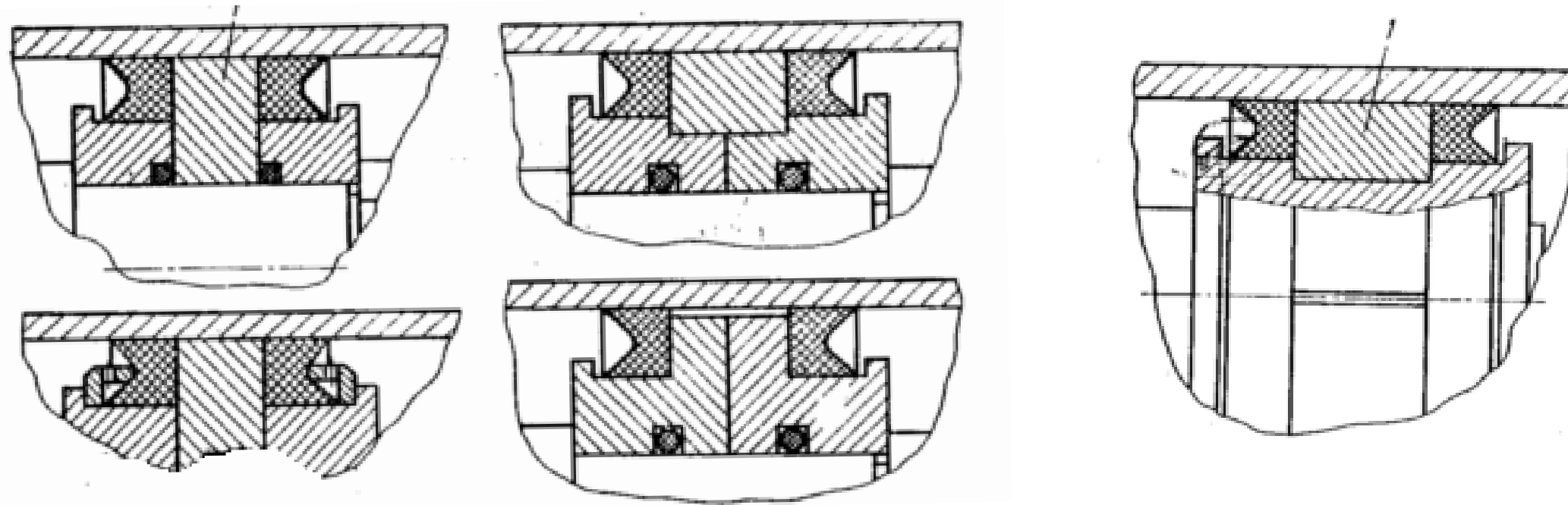


Uszczelnianie tłoka z gilzą pierścieniem typu „U”

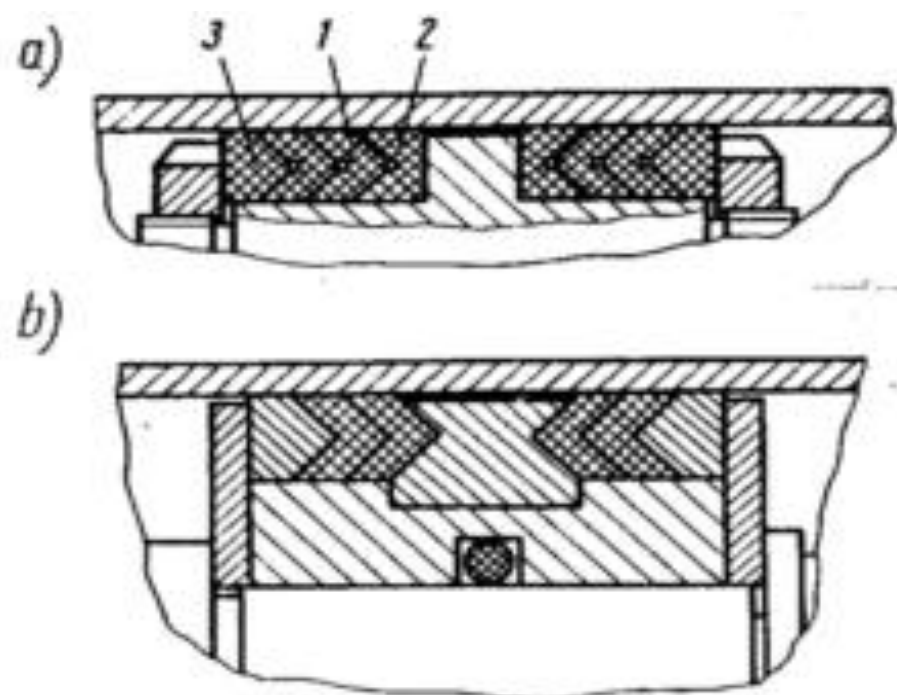
Tłok jednolity:



Tłok dzielony:

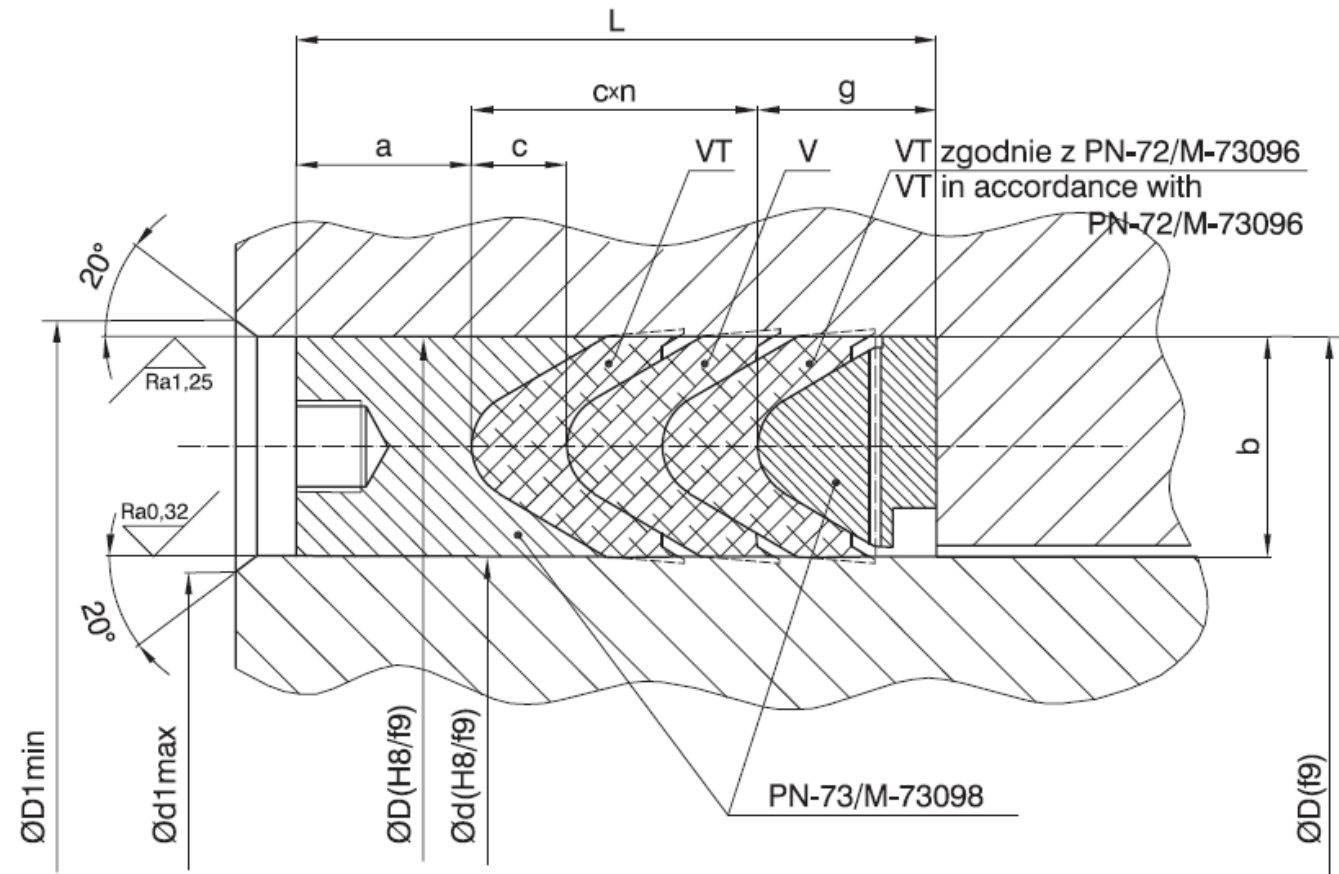
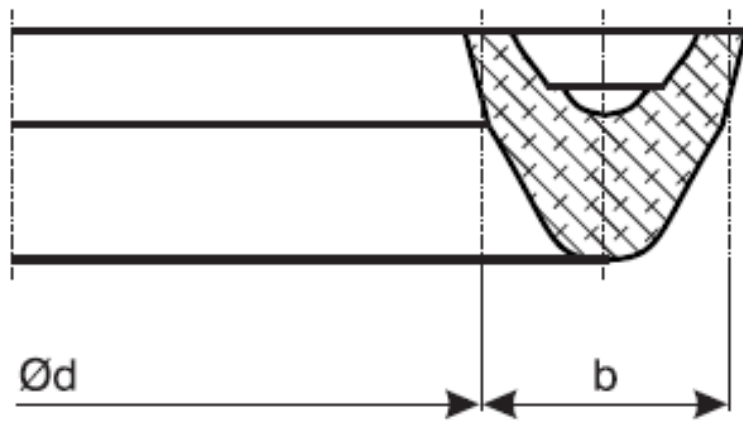


Uszczelnianie tłoka z gilzą pierścieniem typu „V”

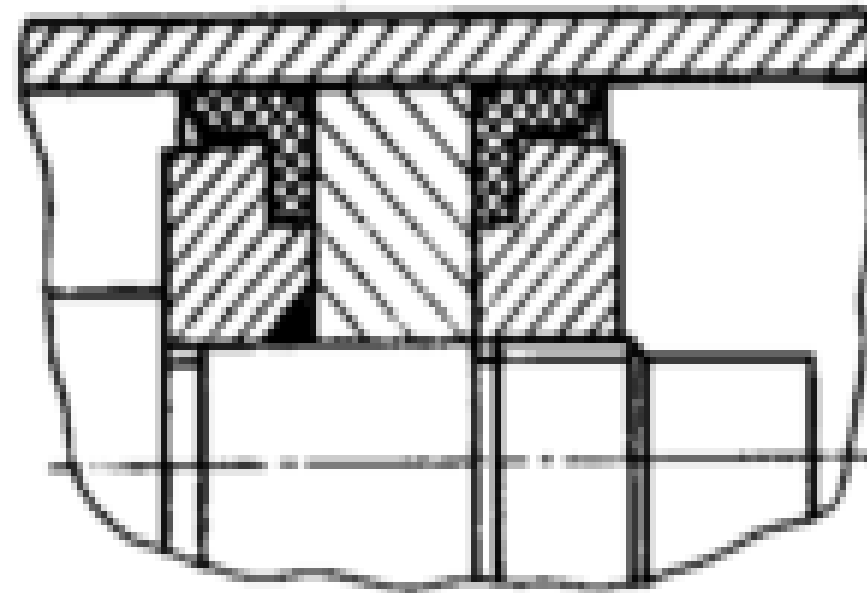
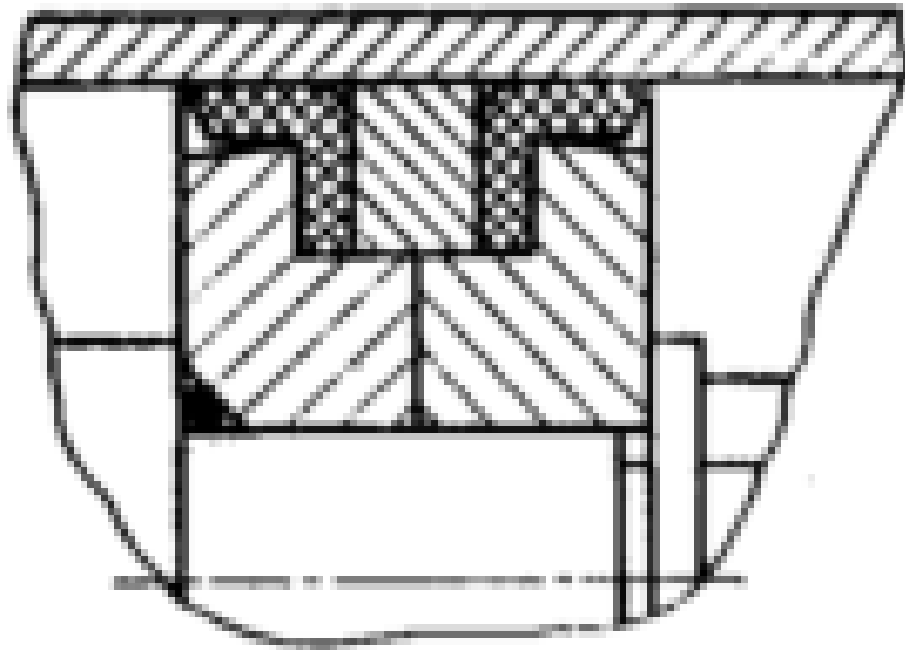


Średnica uszczelnianego tłoka lub tłoczyska, mm	Szerokość uszczelnienia, mm	Ciśnienie robocze, kG/cm ²							
		63	100	160	200	250	320	400	500
		Ilość uszczelek w pakiecie, szt.							
20—30	7,5	3	3	3	3	3	3	3	4
20—60	10	3	3	3	3	3	4	4	5
60—85	12,5	3	3	3	3	4	4	5	6
90—220	15	3	3	3	4	4	5	6	7
220—710	20	4	4	4	5	5	6	7	8

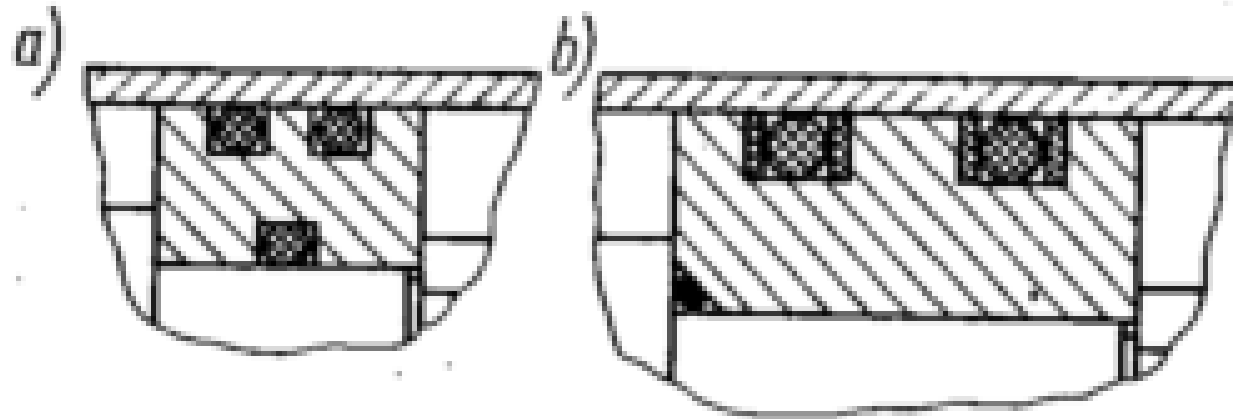
Uszczelnianie tłoka z cylindrem pierścieniem typu „V”



Uszczelnianie tłoka z gilzą pierścieniem typu „L”



Uszczelnianie tłoka z gilzą pierścieniem typu „O”



Przy $p > 10\text{MPa}$ muszą być stosowane pierścienie podpierające

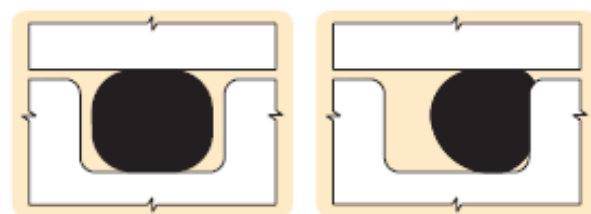


Figure 1-4: O-Ring Installed

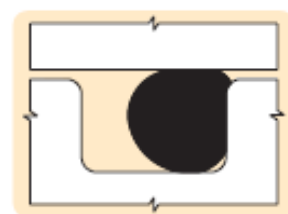


Figure 1-5: O-Ring Under Pressure

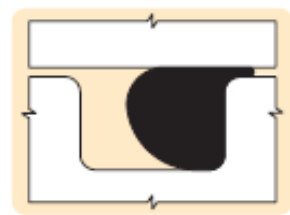


Figure 1-6: O-Ring Extruding

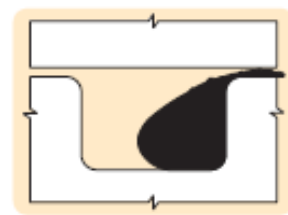
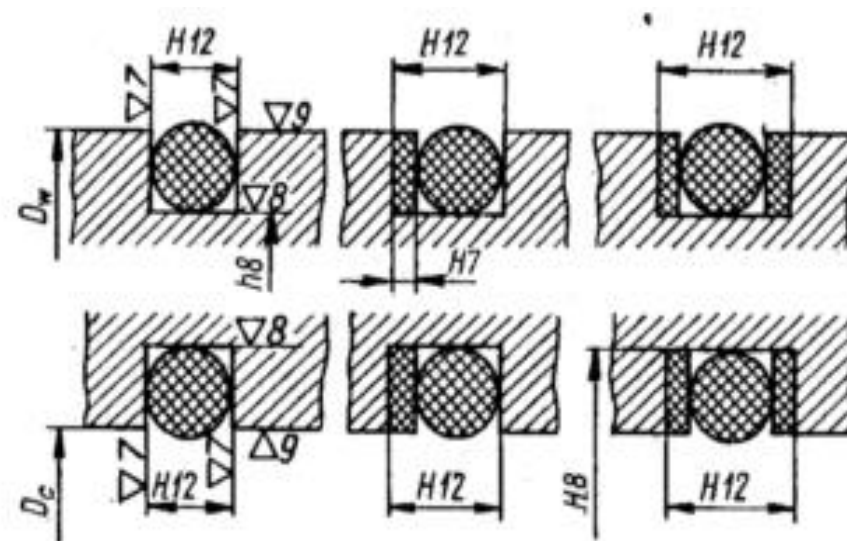
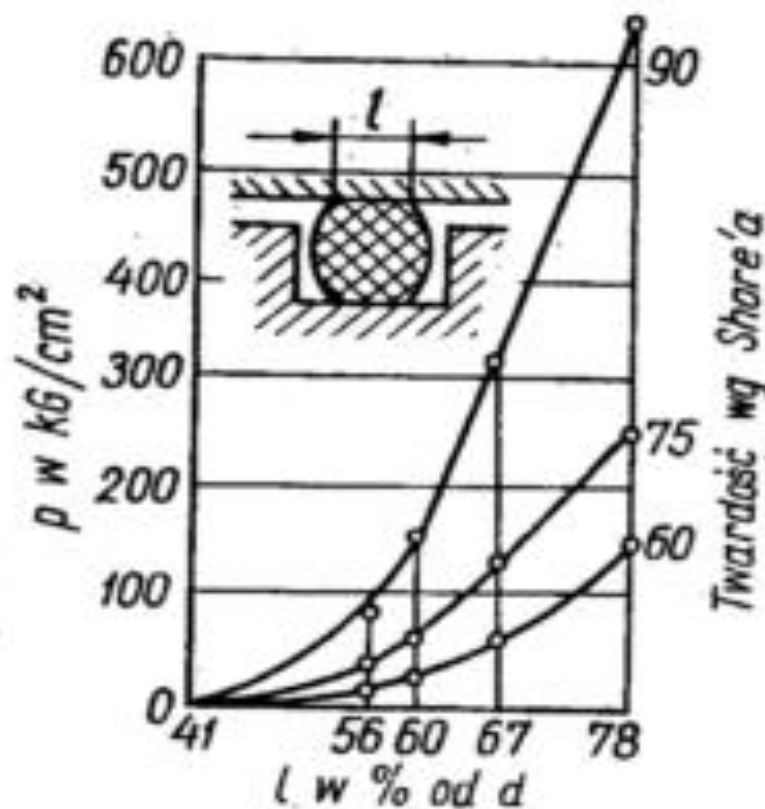


Figure 1-7: O-Ring Failure



Uszczelnianie tłoka z gilzą pierścieniem typu „O”



$$l = 0,003d \text{ mm}$$

$$\text{Montażowe odkształcenie: } w = (d-b)/d$$

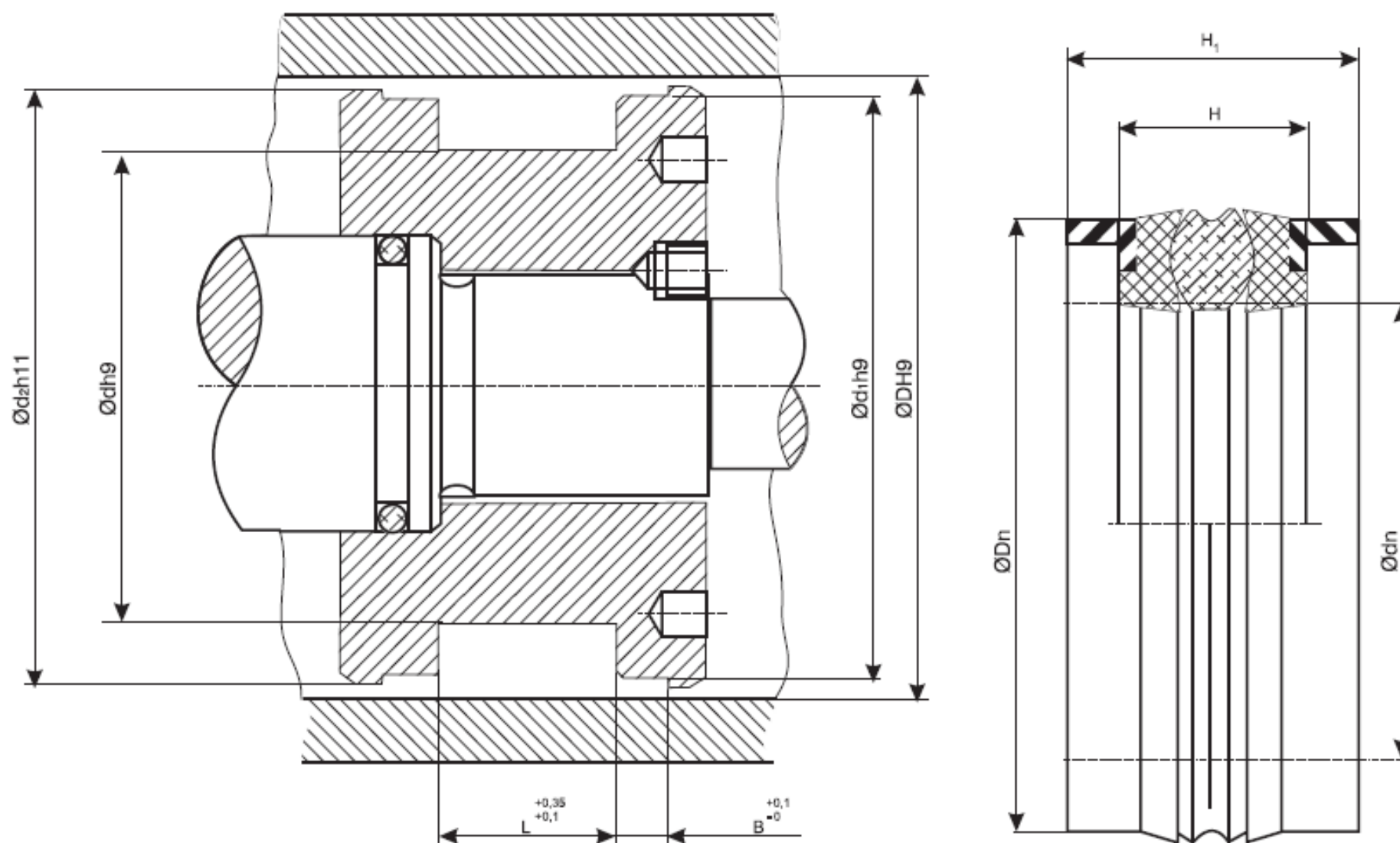
Gdzie:

d – nominalna średnica przekroju pierścienia,

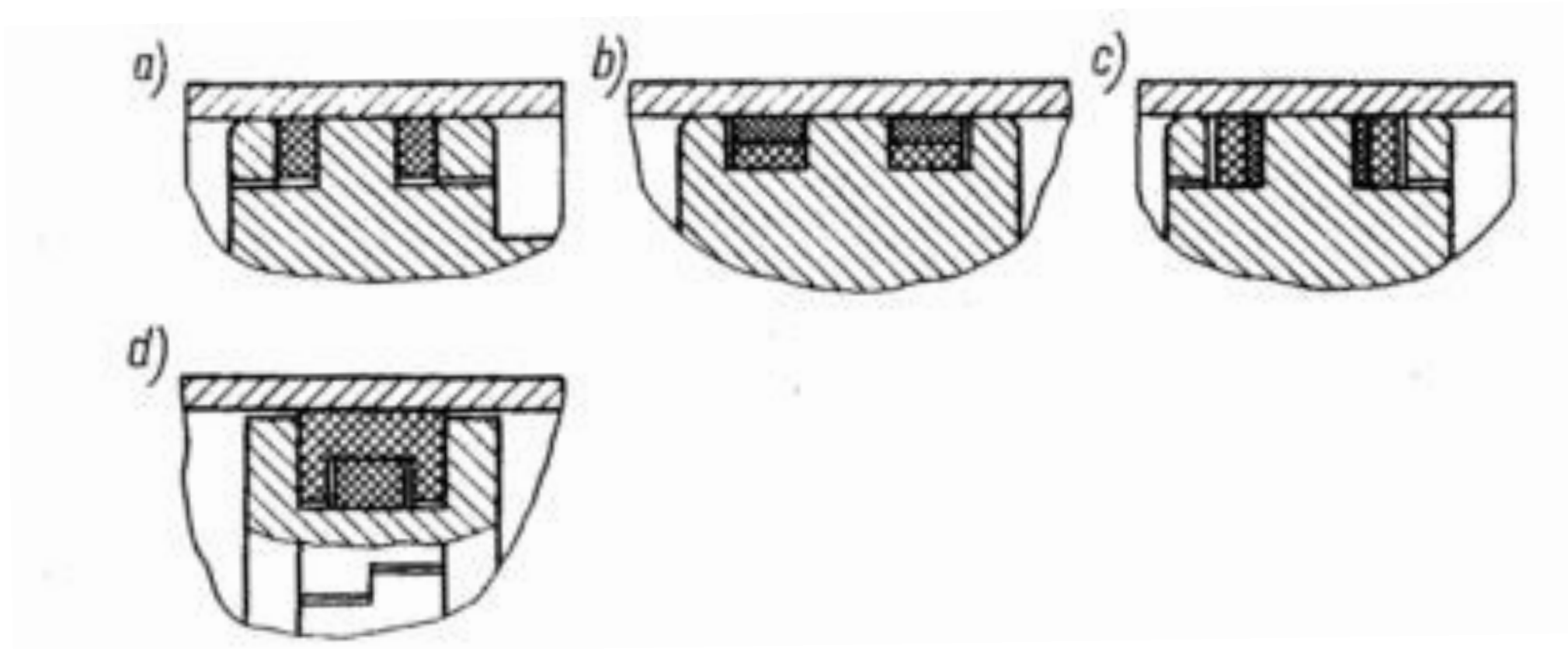
b – wysokość przekroju pierścienia po odkształceniu

Ciśnienie w kg/cm^2	Wielkość szczeliny w mm		
	przy twardości uszczelki wg Shore'a 70	przy twardości uszczelki wg Shore'a 80	przy twardości uszczelki wg Shore'a 90
0 – 50	0,15 – 0,10	0,20 – 0,15	0,25 – 0,15
50 – 100	0,10 – 0,06	0,15 – 0,08	0,15 – 0,10
100 – 150	0,06 – 0,03	0,08 – 0,06	0,10 – 0,08
150 – 200	0,03 – 0,02	0,06 – 0,04	0,08 – 0,06

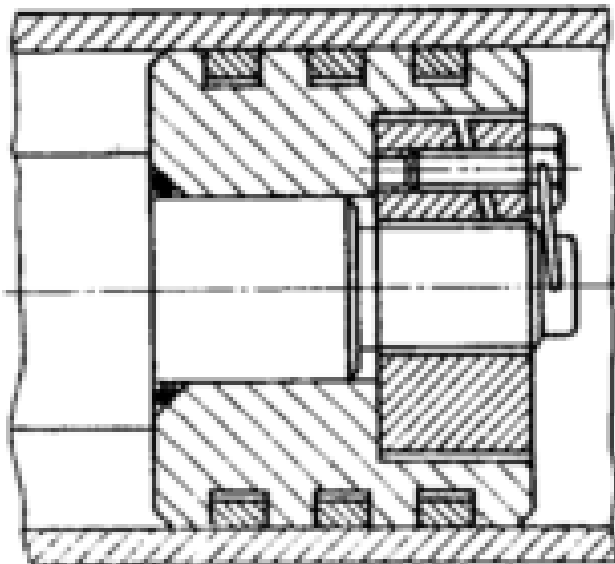
Uszczelnienie tłoka TYP K



Uszczelnianie tłoka z gilzą pierścieniem typu prostokątnego

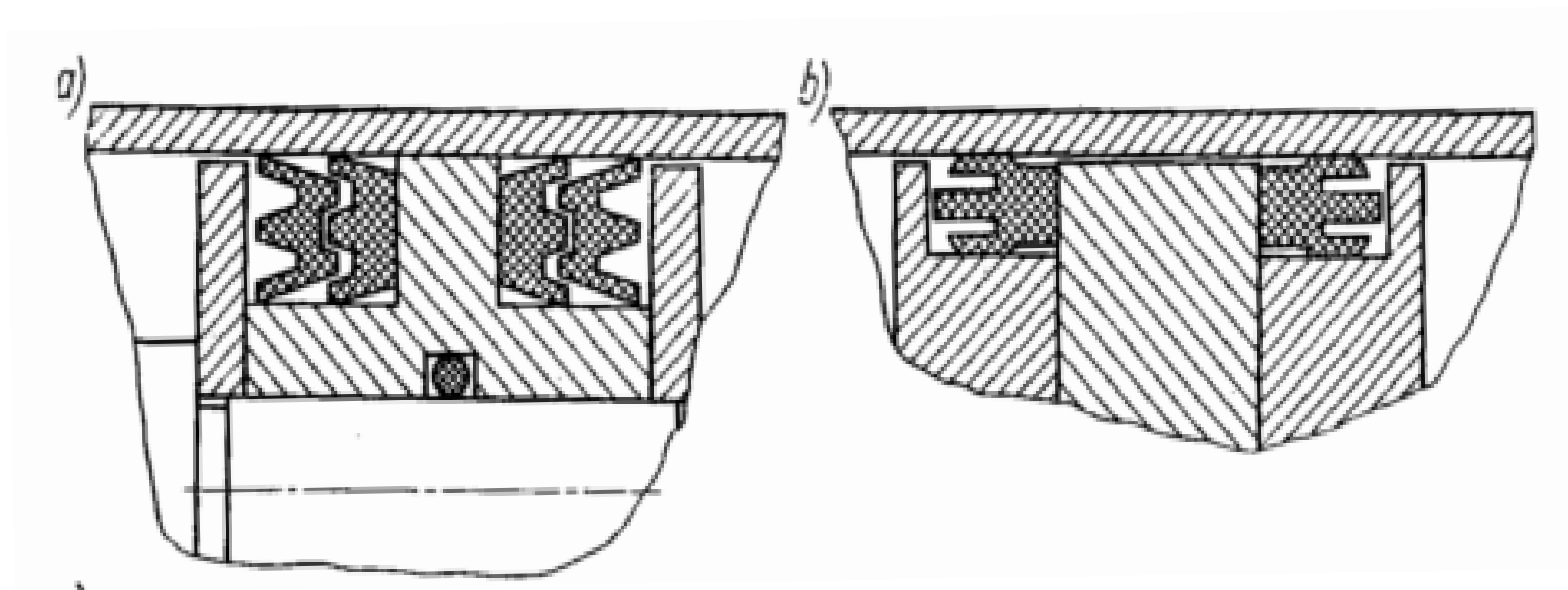


Uszczelnianie tłoka z gilzą pierścieniami tłokowymi

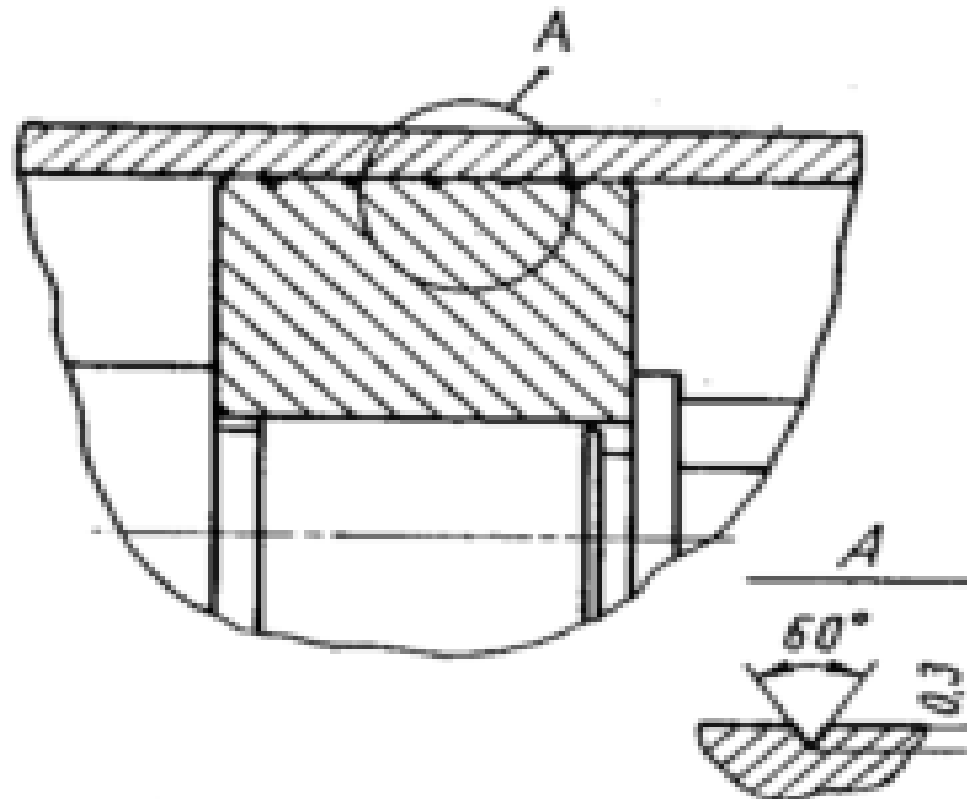


Ciśnienie, kG/cm ²	Średnica cylindra, mm							
	40—50	50—90	100— —130	140—180	200—260	280—360	380—500	500—600
63	2	3	3	3	3	3	3	3
100	3	3	3	3	4	4	4	4
200	3	3	4	4	4	5	6	7
320	3	4	4	5	6	7	8	9

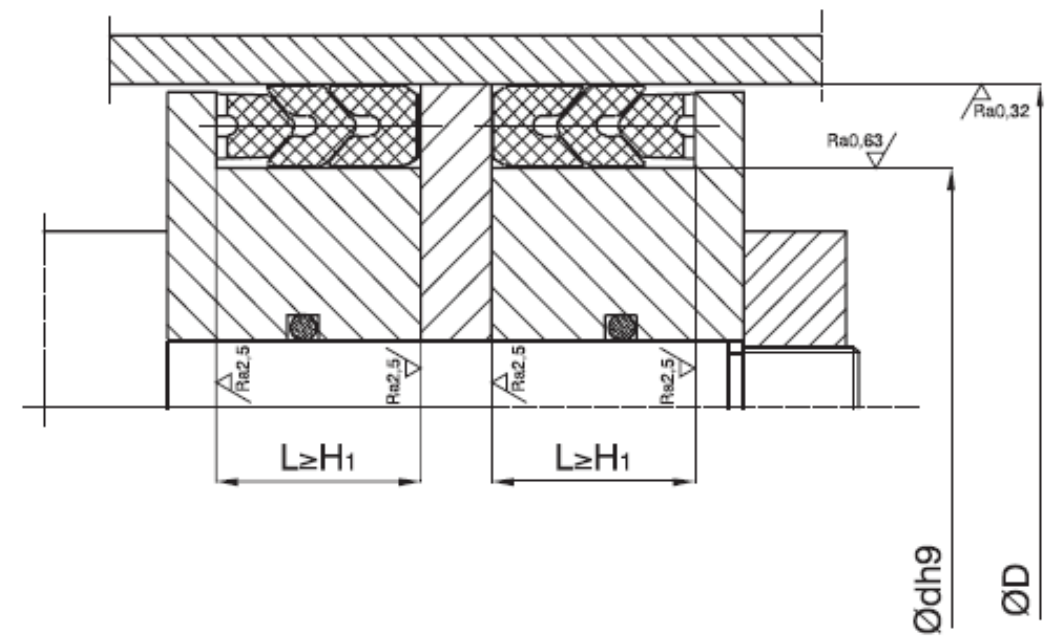
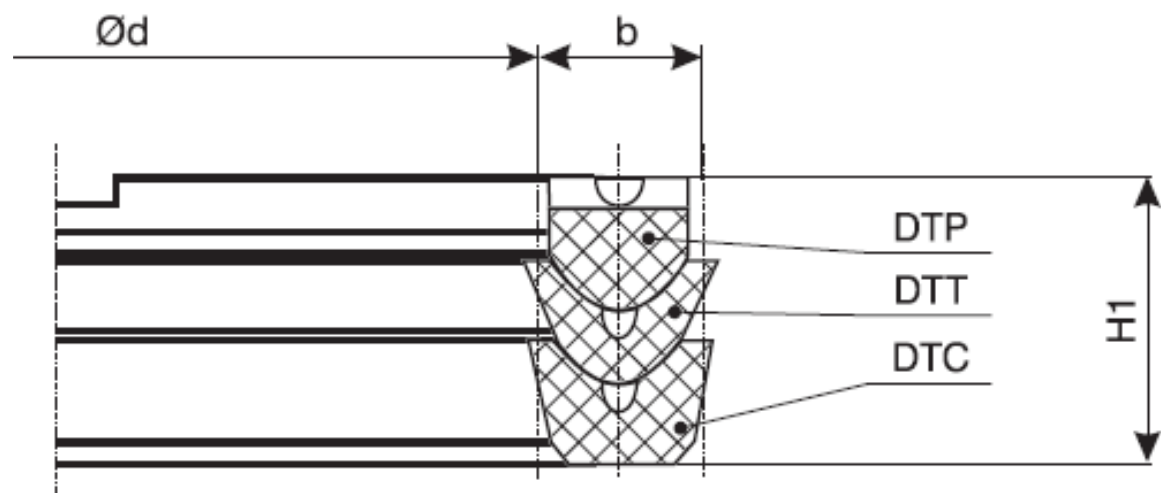
Uszczelnianie tłoka z gilzą pierścieniem kształtowym



Uszczelnianie tłoka z cylindrem poprzez szczelne pasowanie



Uszczelnienie tłoczyska



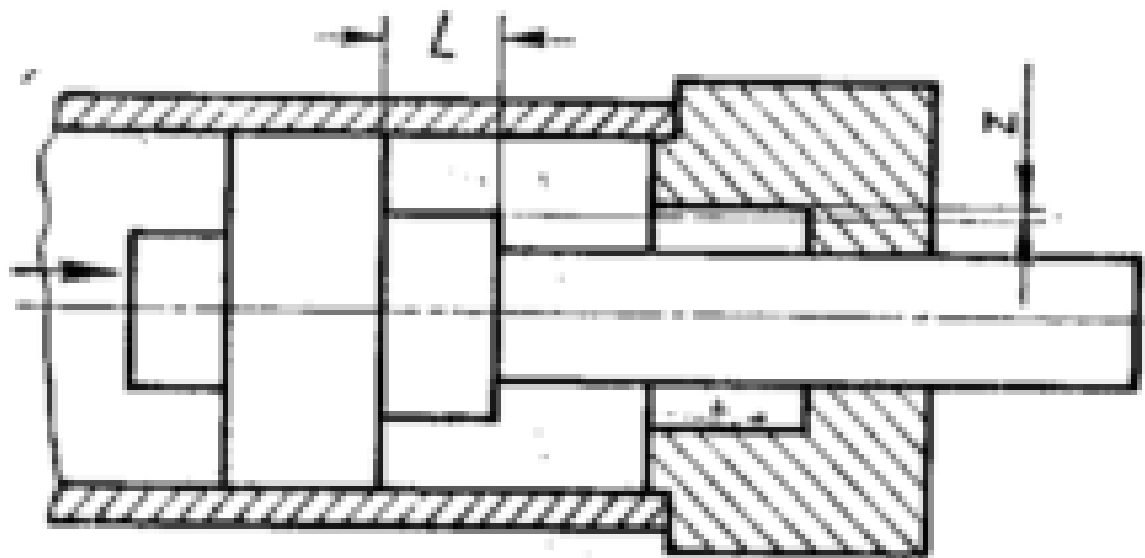
Hamowanie ruchu tłoka

Wyróżnia się następujące rodzaje hamowania ruchu tłoka:

- Hamowanie za pomocą luzu obwodowego.
- Hamowanie za pomocą dławika.
- Hamowanie za pomocą szeregu otworów.
- Hamowanie za pomocą różnych urządzeń w tłoku.
- Hamowanie za pomocą ruchomego tłoka
- Hamowanie regulacją ciśnienia.

Hamowanie ruchu tłoka

Hamowanie za pomocą luzu obwodowego.



$$z = \frac{Q\sqrt{\gamma}}{\mu\pi d\sqrt{2g\Delta p}}, \quad \text{- szczelina}$$

$$Q = \frac{W}{t} \quad \text{- wydajność przepływu przez szczelinę}$$

$$W = \frac{\pi d^2}{4} L \quad \text{- objętość komory tłumika}$$

$$\Delta p = \frac{P}{\frac{\pi d^2}{4}} \quad \text{- spadek ciśnienia w komorze tłumika}$$

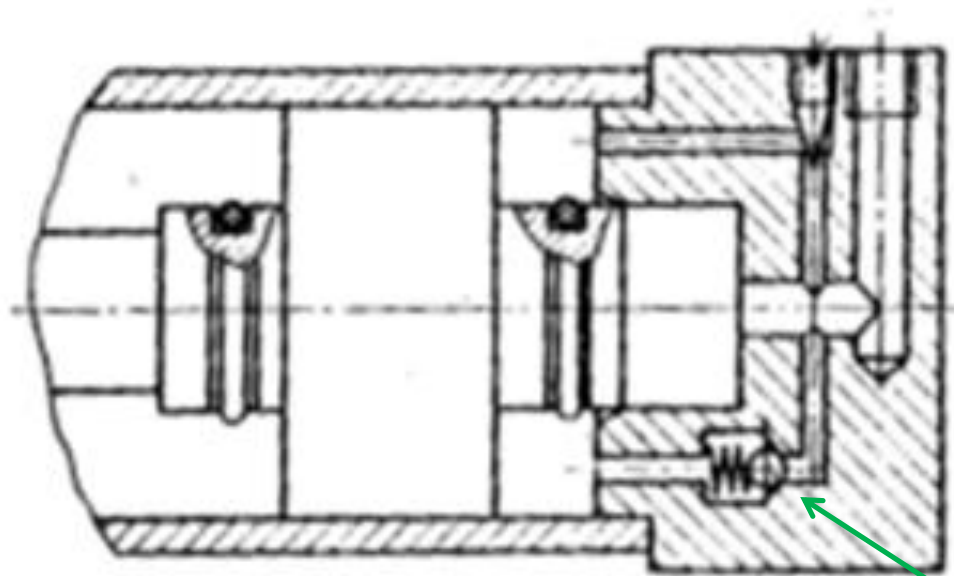
P – siła oporu tłumika

d – średnica tłoczka hamującego

L – długość komory tłumika

Hamowanie ruchu tłoka

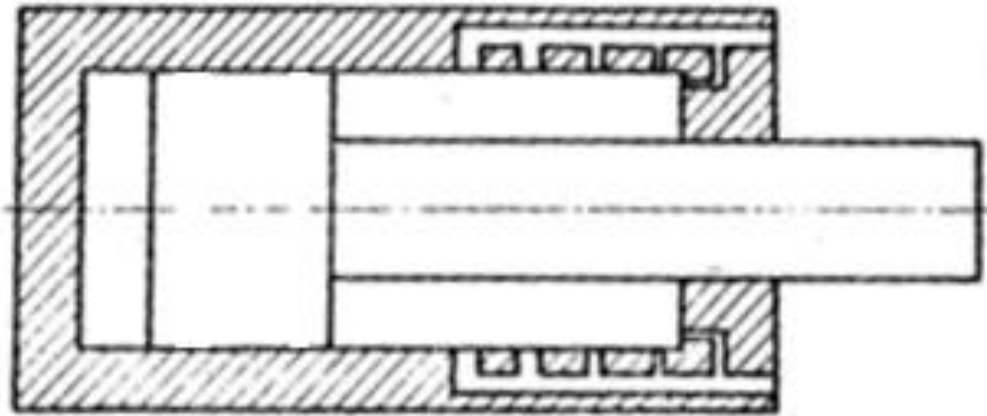
Hamowanie za pomocą dławika.



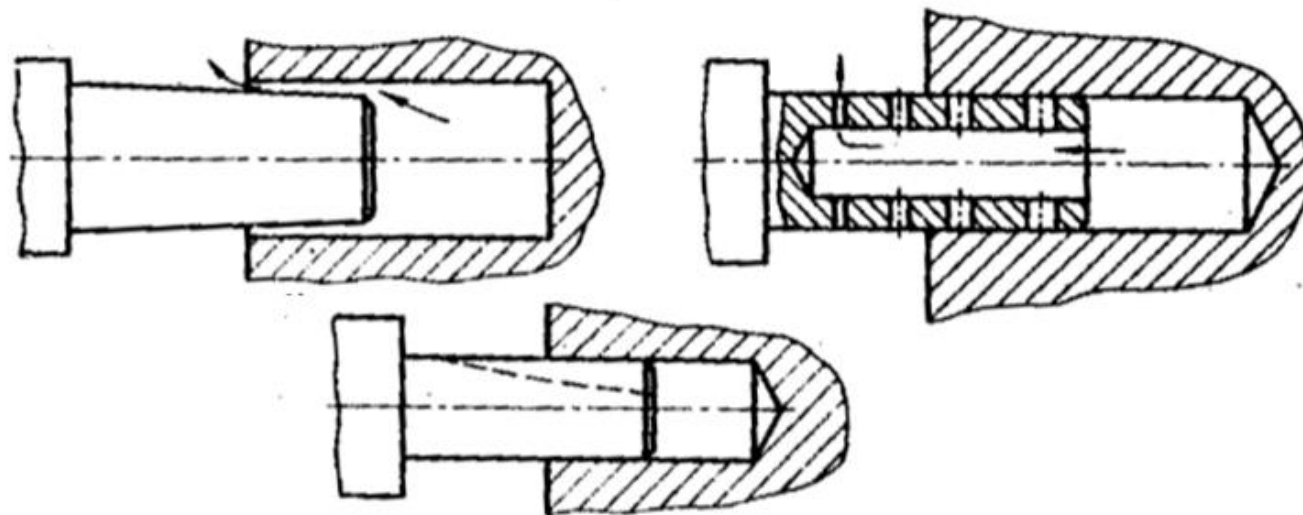
Zawór zwrotny

Hamowanie ruchu tłoka

Hamowanie za pomocą szeregu otworów.



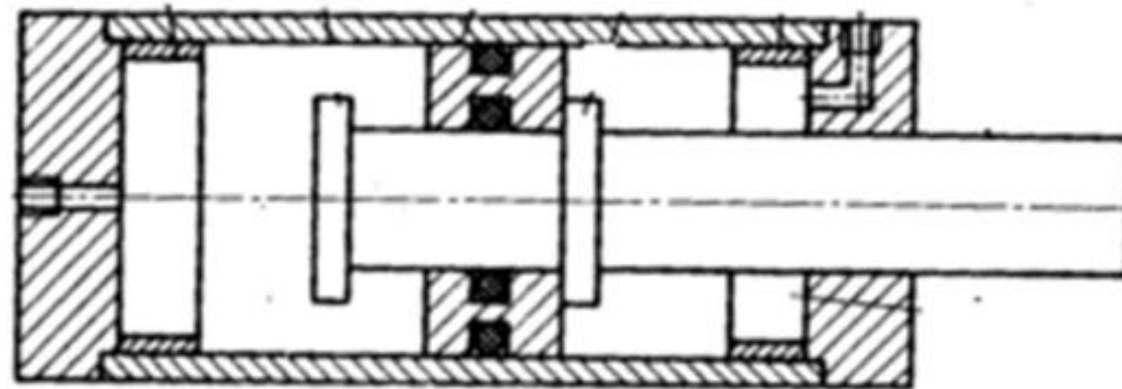
Hamowanie za pomocą różnych urządzeń w tłoku.



Hamowanie ruchu tłoka

Hamowanie za pomocą ruchomego tłoka

.


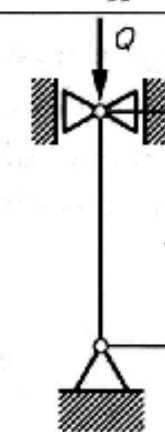
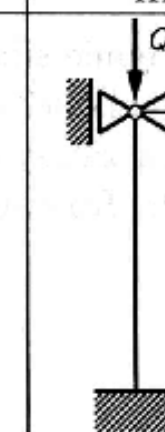
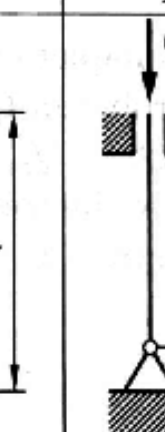
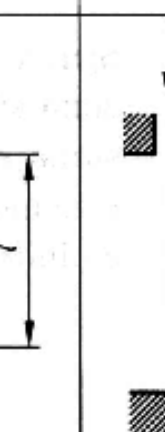


Obliczenia wytrzymałościowe

Wyboczenie tłoczyska

smukłość

$$\lambda = \frac{\mu_w l}{i_{\min}}$$

Typ	I	II	III	IV	V
Schemat					
μ_w	2	1	$\frac{\sqrt{2}}{2}$	$\frac{\sqrt{2}}{2}$	0,5

i_{\min} – promień bezwładności przekroju $0,25d$

$\lambda \geq \lambda_{gr}$ → Wzór Eulera → $\sigma_{kr} = \frac{\pi^2 E}{\lambda^2}$ [MPa] Naprężenia sprężyste

$\lambda < \lambda_{gr}$ → Wzór Tetmajera → $\sigma_{kr} = \sigma_0 - b\lambda$ [MPa] Naprężenia sprężysto-plastyczne

$$x_w = 6 \div 8.$$

$$\sigma_c \leq \frac{\sigma_{kr}}{x_w}$$

$$d_3 \geq \sqrt[4]{\frac{64 Q \mu_w^2 l^2 x_w}{\pi^3 E}}$$

Grubość ścianki cylindra/gilzy

Jeżeli $g/D < 3,2$:

- grubość ścianki cylindra wykonanego z kruchego materiału (żeliwo):

$$g = \frac{D}{2} \left(\sqrt{\frac{k_r + p}{k_r - p}} - 1 \right)$$

- Grubość ścianki cylindra wykonanego ze stali:

$$g = \frac{D}{2} \left(\sqrt{\frac{k_r + p(1 - 2\nu)}{k_r - p(1 - \nu)}} - 1 \right)$$

Jeżeli $3,2 < g/D < 16$:

Grubość ścianki cylindra:

$$g = \frac{pD}{(2,3k_r - p)} + C$$

Jeżeli : $g/D > 16$:

Grubość ścianki cylindra:

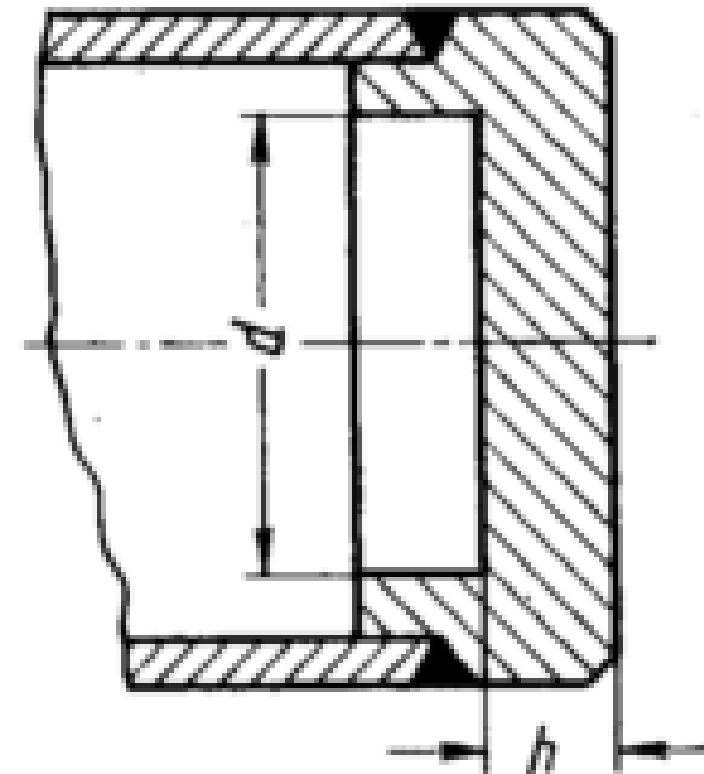
$$g = \frac{pnD}{2k_r}$$

Obliczenie grubość pokrywy

$$h = 0,433 d \sqrt{\frac{p}{k_r}},$$

gdzie:

- d — wewnętrzna średnica dna,
- h — grubość dna,
- p — ciśnienie w cylindrze,
- k_r — dopuszczalne naprężenia rozciągające dla materiału dna cylindra.



Dziękuję za uwagę
