
Podstawy Konstrukcji

Maszyn

Uszczelnienia

WYCIEK

Wyciek to ilość cieczy/gazu wydostająca się z uszczelnienia. Jednostką jest $\text{mg}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{m}^{-1}$ (mg czynnika na sekundę, na metr obwodu uszczelnienia), ppm (cząstek czynnika na milion cząstek powietrza), ml/min (mililitrów na minutę). Generalnie, zwiększenie ciśnienia czynnika prowadzi do zwiększenia wycieku. Mały wyciek oznacza większą szczelność, duży wyciek – mniejszą szczelność. Wprowadzono klasy szczelności – są to dopuszczalne wycieki dla danego urządzenia.

KLASY SZCZELNOŚCI

Klasy szczelności wg. DIN 28090 –1 oznaczają określone wartości wycieku:

$$L_{1,0} - \lambda \leq 1,0 \text{ mg}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{m}^{-1}$$

$$L_{0,1} - \lambda \leq 0,1 \text{ mg}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{m}^{-1}$$

$$L_{0,01} - \lambda \leq 0,01 \text{ mg}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{m}^{-1}$$

Klasy szczelności wg. Pressure Vessel Research Committee (PVRC) podane są odwrotnie: im wyższa klasa szczelności tym mniejszy wyciek:

T1 Ekonomiczna – wyciek $2 \cdot 10^{-1} \text{ mg}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{mm}^{-1}$

T2 Standardowa – wyciek $2 \cdot 10^{-3} \text{ mg}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{mm}^{-1}$

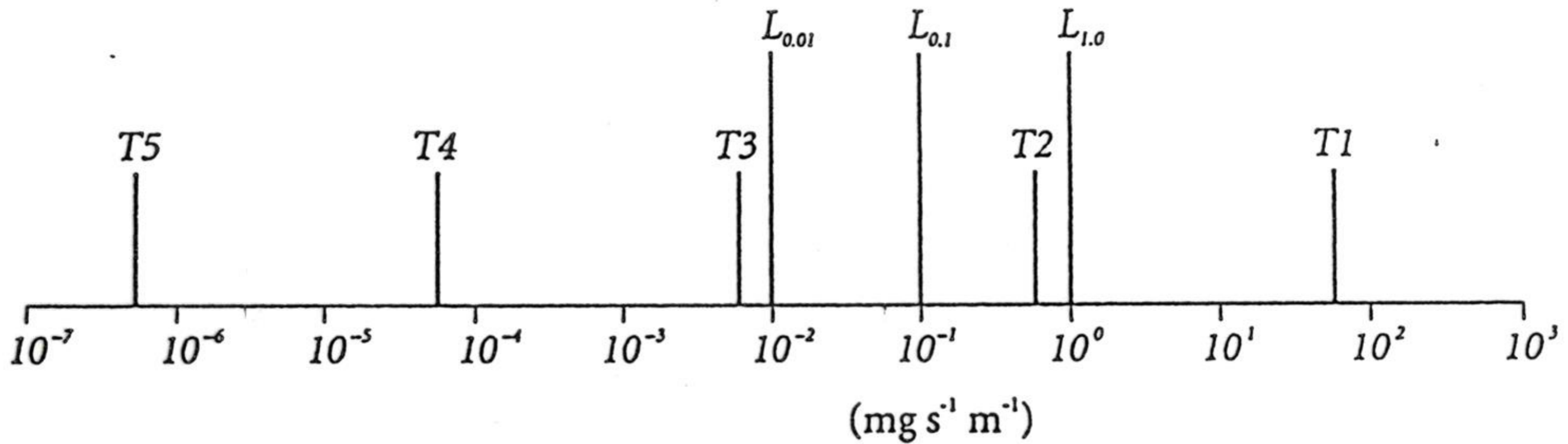
T3 Szczelna – wyciek $2 \cdot 10^{-5} \text{ mg}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{mm}^{-1}$

T4 – wyciek $2 \cdot 10^{-7} \text{ mg}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{mm}^{-1}$

T5 – wyciek $2 \cdot 10^{-9} \text{ mg}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{mm}^{-1}$

KLASY SZCZELNOŚCI

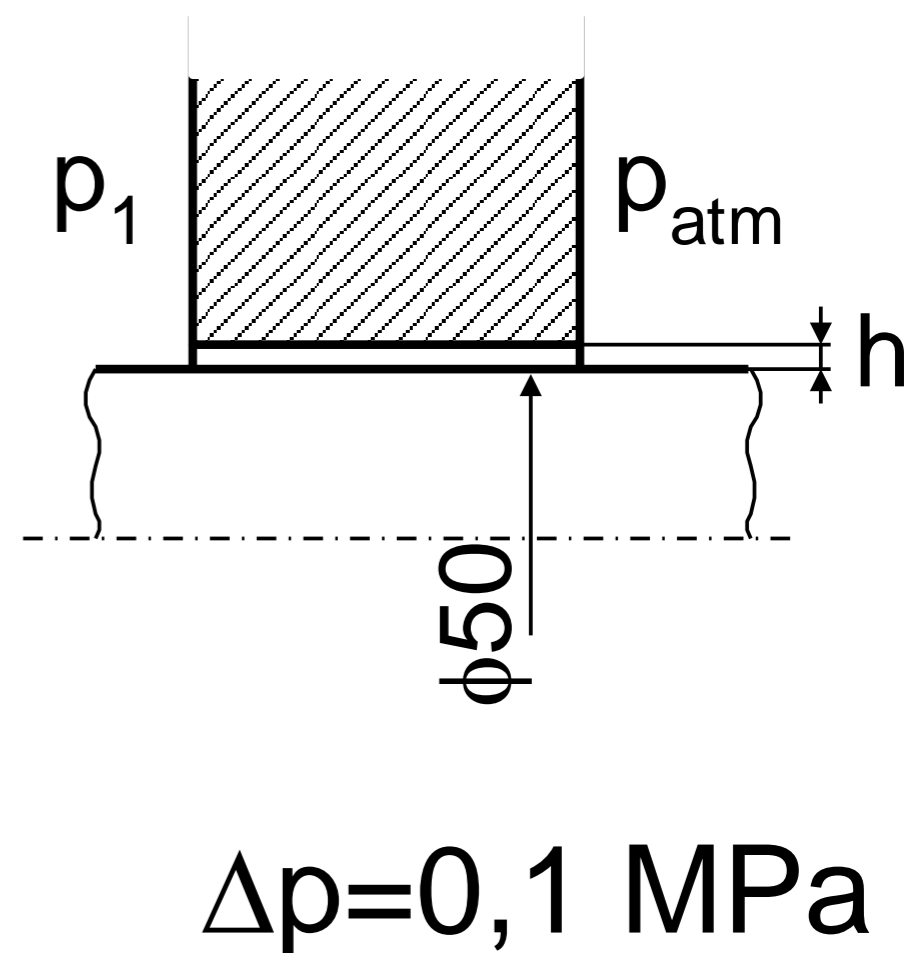
związek wymienionych obu klas szczelności



WYCIEK

Co to znaczy wyciek, ile czynnika tracimy, jakie powoduje zanieczyszczenie środowiska

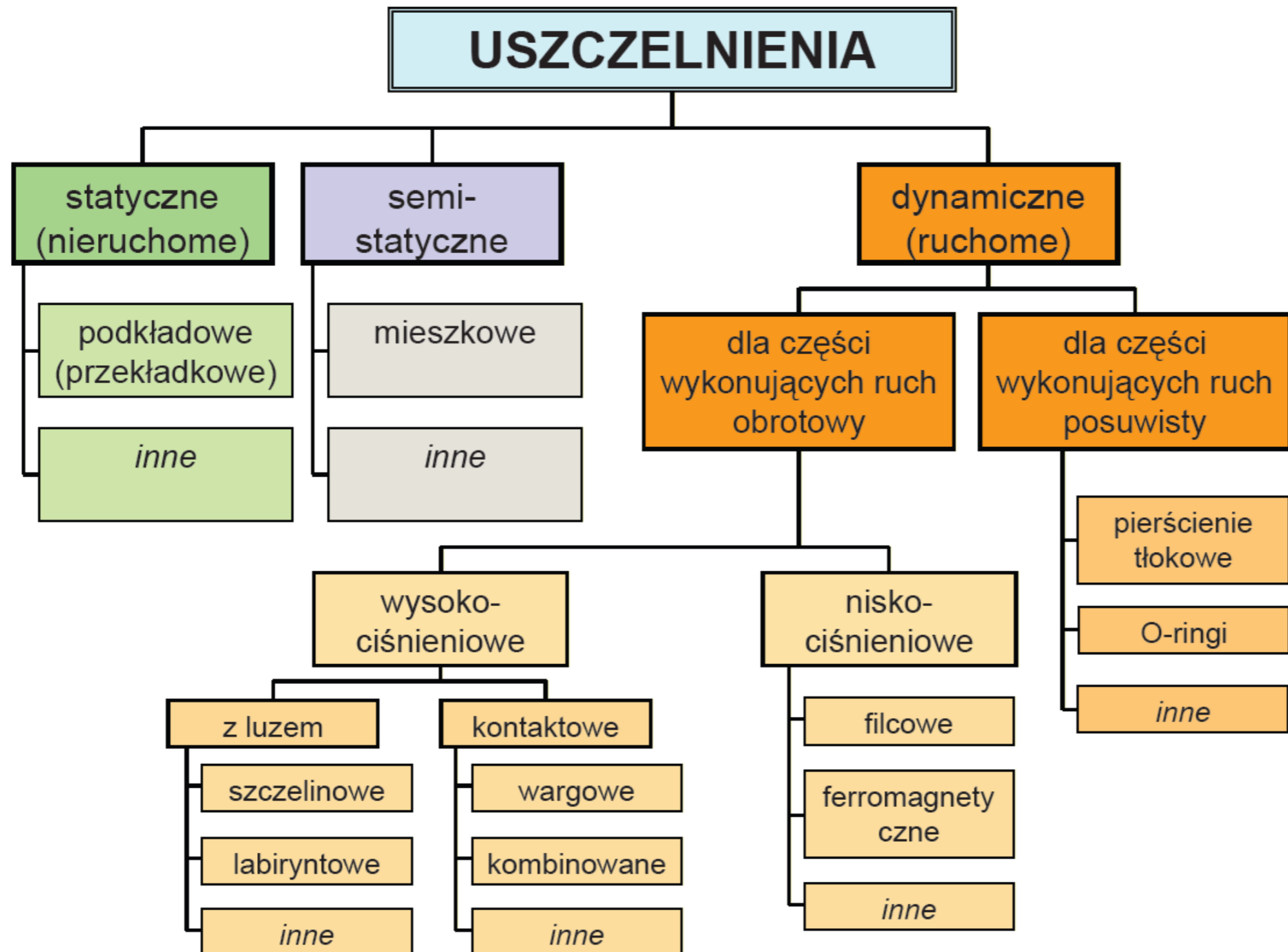
$h, \mu\text{m}$	Wyciek, 24 h
0,25	1 kropla
1,0	2 łyżeczki od herbaty
2,5	0,5 filiżanki
25	0,8 wiadra
100	cała wanna



WYCIEK

Wyciek	Po 24 h	Po tygodniu	Po miesiącu
	litrów		
1 kropla na 10 s	0,43	3	12,3
1 kropla na 5 s	0,86	6	24,6
1 kropla na 1 s	4,75	33,25	143,5
3 krople na 1 s	14,3	100,0	430,5
kroplowy przechodzący w stróżkę	91,2	639	2726,5

Podział uszczelnień



Uszczelnienia spoczynkowe -definicja

USZCZELNIENIA SPOCZYNKOWE TO USZCZELNIENIA ZNAJDUJĄCE SIĘ POMIĘDZY POWIERZCHNIAMI NIE PRZEMIESZCZAJACYMI SIĘ WZGLĘDEM SIEBIE.

PODZIAŁ USZCZELNIEŃ

Uszczelnienia spoczynkowe można podzielić ze względu na:

❖ **materiał, z którego je wykonano:**

- Uszczelnienia metalowe
- Uszczelnienia kompozytowe

❖ **przenoszone obciążenia:**

- Samouszczelniające (samoenergetyzujące się)
- Nie energetyzujące się

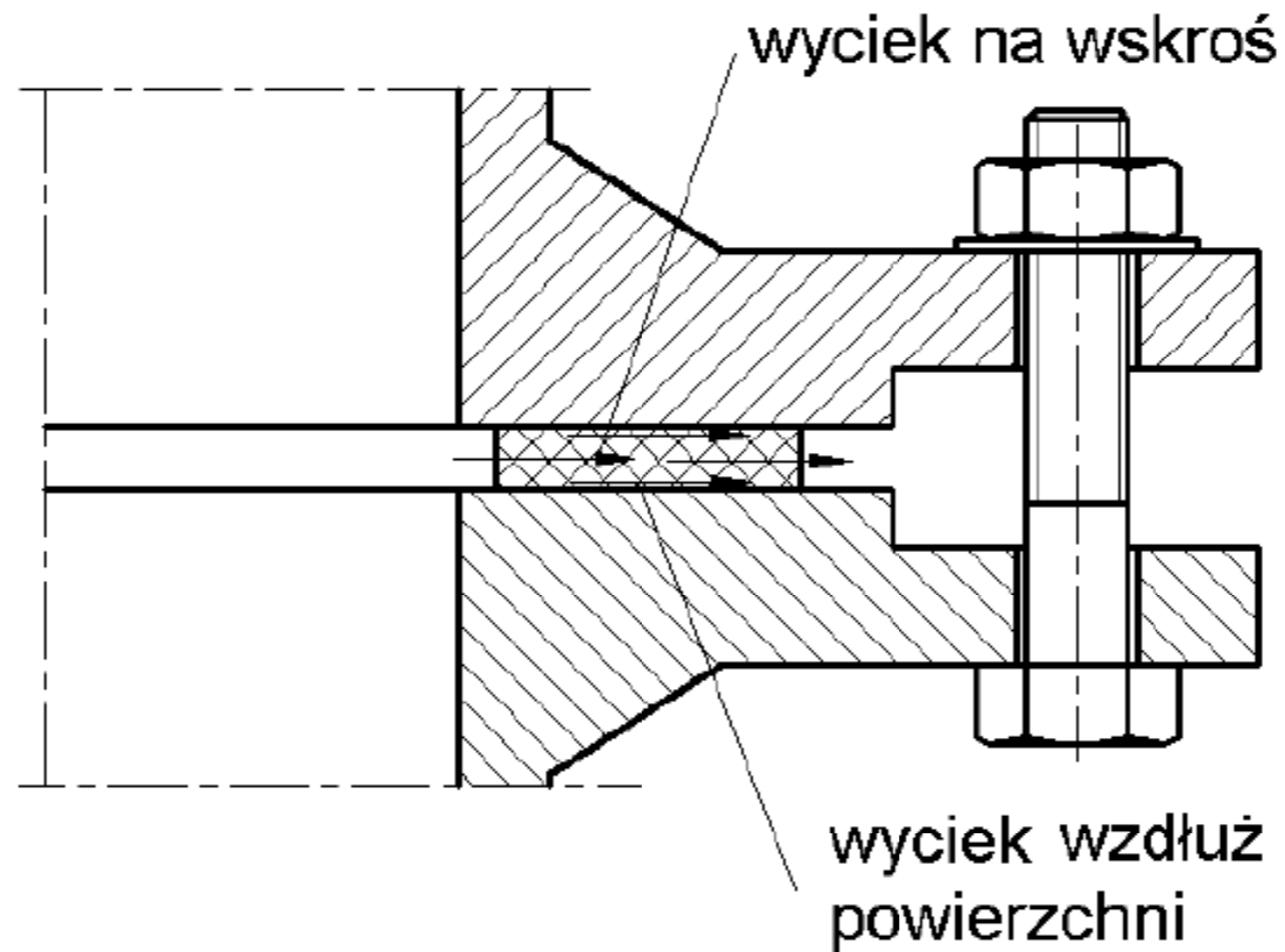
Uszczelnienia metalowe wykonuje się z ołowiu, miedzi, aluminium, niklu, stali, monelu, inkonelu oraz tytanu.

Uszczelnienia kompozytowe stanowią kompozycję z metalu i wypełniacza (np. grafitu rozprężonego) lub z włókien i elastomeru

MECHANIZM USZCZELNIANIA

Czynnik roboczy (gaz, para, ciecz) pozostaje w złączu kołnierzowym wówczas, gdy materiał uszczelnienia wypełni wszystkie nierówności znajdujące się na powierzchniach złącza a porowatość tego materiału ulega takiemu zmniejszeniu, że przepływ czynnika na wskroś materiału nie będzie możliwy. Z definicji wynika, że każde uszczelnienie spoczynkowe musi zostać odkształcone.

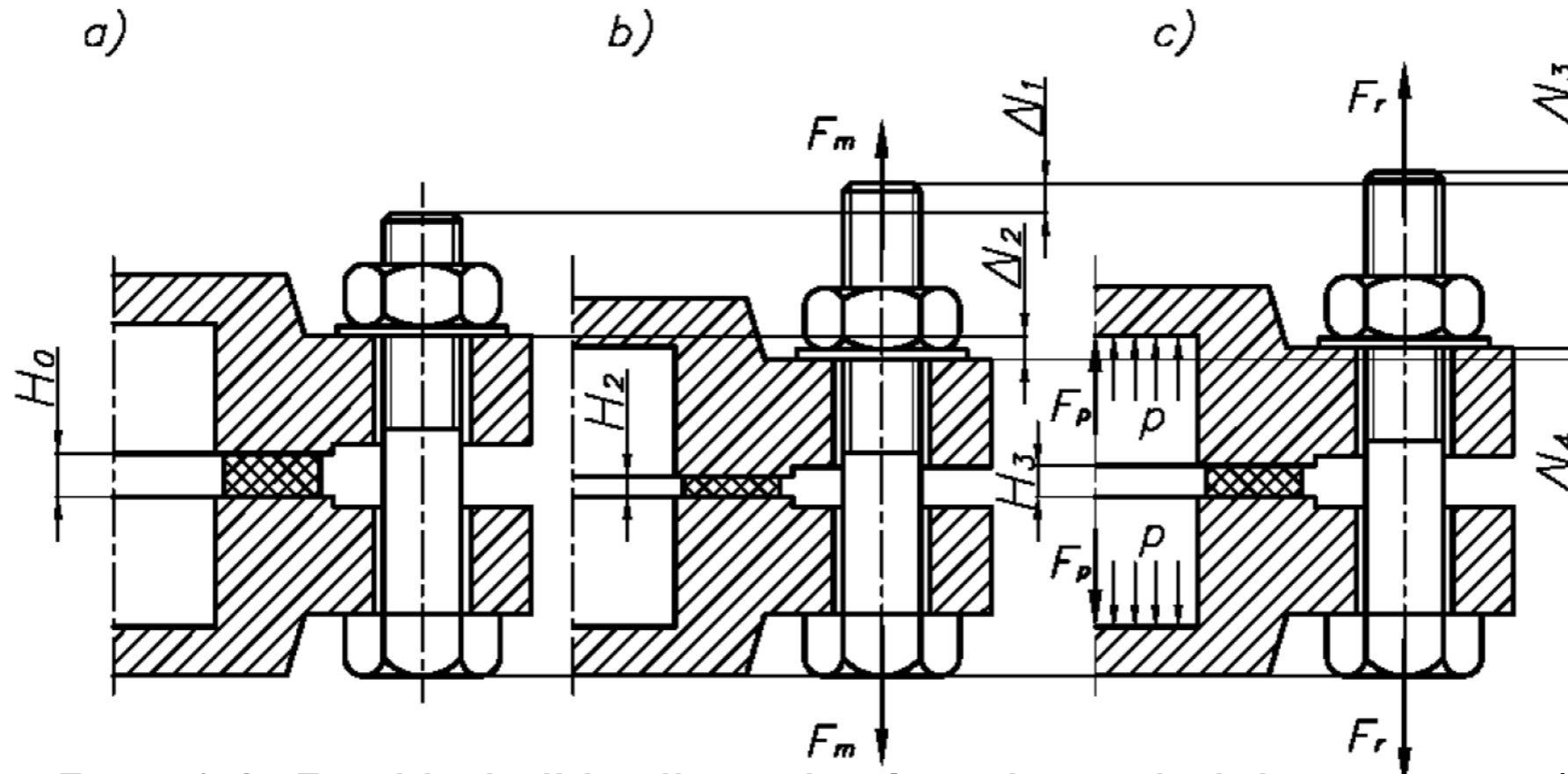
MECHANIZM USZCZELNIANIA



Rys. 1.1. Składowe wycieku z połączenia kołnierzowego z uszczelnieniem spoczynkowym

MECHANIZM USZCZELNIANIA

Obciążenie uszczelnienia spoczynkowego wynika z napięcia śrub łączących kołnierze. Rozkład sił i odpowiadających im odkształceń śrub i uszczelnienia przedstawiono na rys. 1.2.



Rys. 1.2. Rozkład sił i odkształceń w złączu kołnierzowym, a) złącze nieobciążone, b) złącze obciążone siłą napięcia montażowego śrub, c) złącze obciążone czynnikiem pod ciśnieniem p

MECHANIZM USZCZELNIANIA

Napięcie montażowe F_m osiągnięto poprzez odkształcenie śruby o Δl_1

$$\Delta l_1 = \frac{F_m}{C_1} \quad (6.1); \quad C_1 = \frac{E_1}{\sum \frac{l_{1i}}{A_{1i}}}$$

gdzie:

C_1 – sztywność śruby;

E_1 – moduł sprężystości materiału śruby

l_{1i} – długość poszczególnych odcinków śruby o danym przekroju

A_{1i} – pole przekroju poszczególnych odcinków śruby

MECHANIZM USZCZELNIANIA

Uszczelnienie zostaje odkształcone przez siłę montażową F_m o Δl_2

$$\Delta l_2 = \frac{F_m}{C_2} \quad ; \quad C_2 = \frac{E_2}{\sum \frac{H_2}{A_u}}$$

gdzie:

C_2 – sztywność uszczelnienia;

E_2 – moduł sprężystości materiału uszczelnienia

H_2 – grubość uszczelnienia

A_u – pole przekroju uszczelnienia

MECHANIZM USZCZELNIANIA

Po doprowadzeniu do złącza czynnika o ciśnieniu p powstaje dodatkowa siła pochodząca od jego działania na zaślepione końce kołnierza F_p (rys.1.2.c)

$$F_p = p \cdot A_{UD_w} \quad (6.2)$$

gdzie:

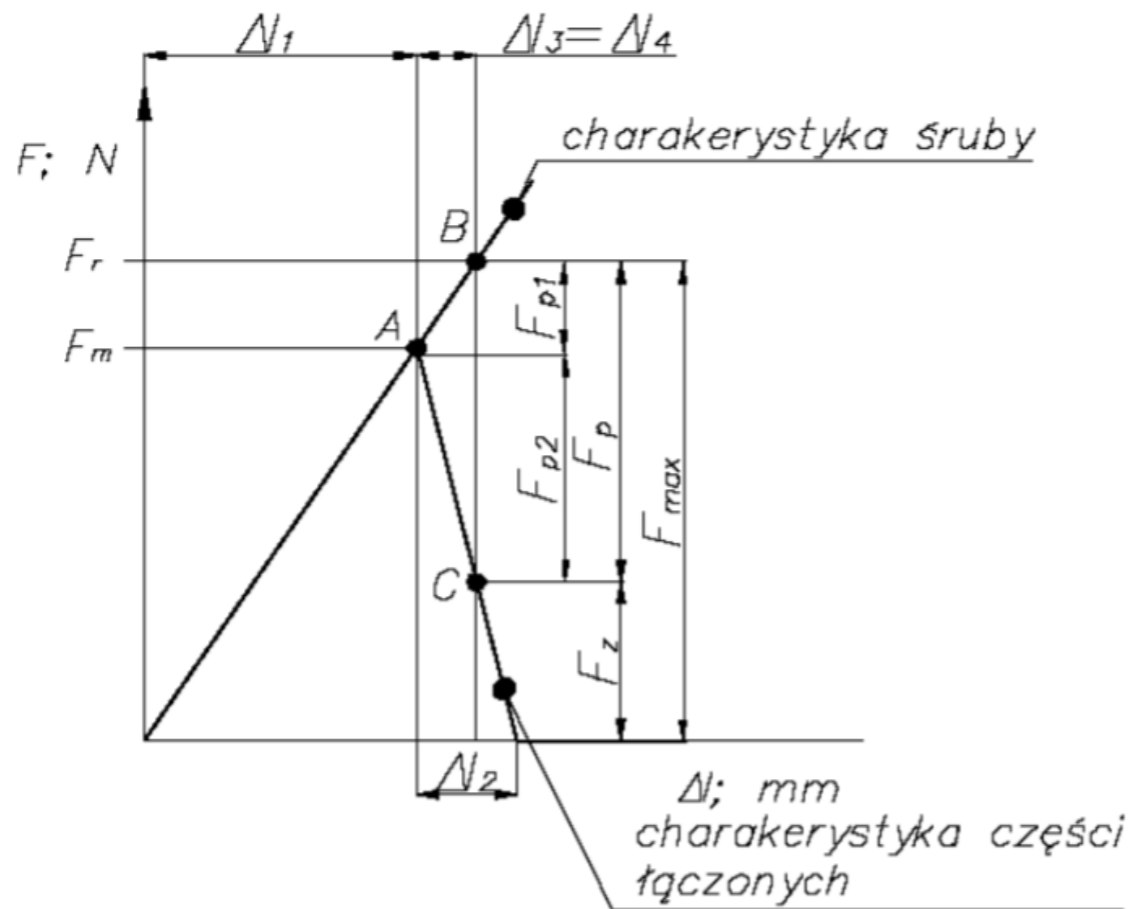
A_{UD_w} – wewnętrzna powierzchnia uszczelnienia

Siła F_p wywołuje dodatkowe rozciągnięcie śrub o Δl_3 , przy czym, uszczelnienie zostało odciążone i zmniejszyło się jego odkształcenie o wartość $\Delta l_4 = \Delta l_3$

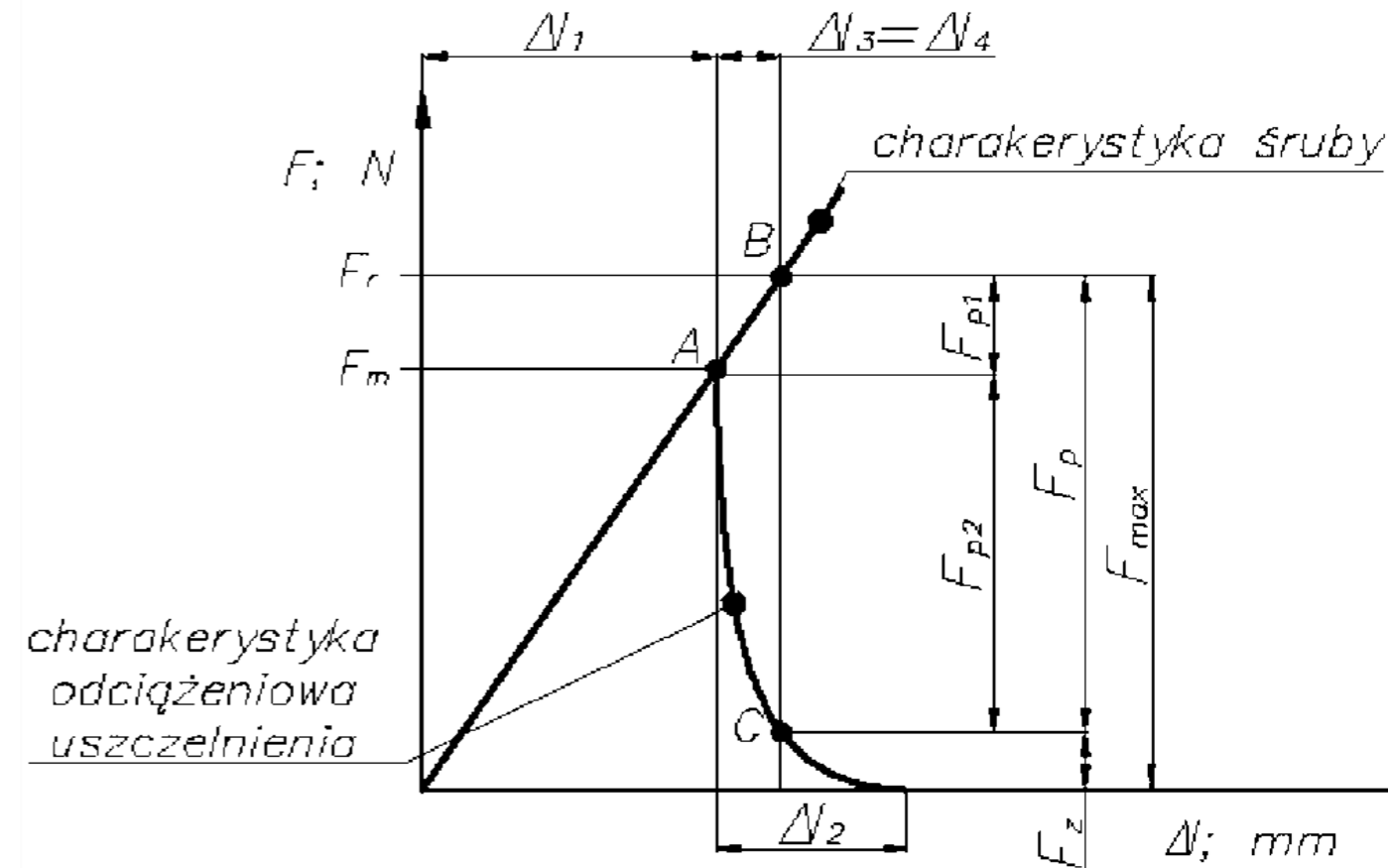
MECHANIZM USZCZELNIANIA

Stopień odkształcenia śruby i uszczelnienia oraz odpowiadające obciążenie przedstawiono na wykresie (rys.1.3b)

a)



b)



Rys. 1.3. Zależność siły odkształcenia w złączy kołnierzowym, a) bez uwzględnienia charakteru odkształcenia uszczelnienia, b) z uwzględnieniem charakteru odkształcenia uszczelnienia

MECHANIZM USZCZELNIANIA

Siła napięcia śruby wzrosła do F_r , z tym, że na śrubę przypada składowa F_{p1} siły F_p , natomiast obciążenie części łączonych wraz z uszczelnieniem zmniejszyło się o F_{p2} :

$$F_{p1} = C_1 \cdot \Delta l_3 \quad (6.3)$$

$$F_{p2} = C_2 \cdot \Delta l_4 \quad (6.4)$$

Siła F_p jest sumą obu składowych

$$F_p = F_{p1} + F_{p2} \quad (6.5)$$

MECHANIZM USZCZELNIANIA

Punkt C (rys. 1.3a) wyznacza końcową wartość obciążenia uszczelnienia, nazwaną tzw. obciążeniem resztkowym F_z . Jest to obciążenie, przy którym wyciek ze złącza powinien być mniejszy/równy wartości przyjętej za wyciek dopuszczalny

$$F_{\max} = F_p + F_z \quad (6.6)$$

Z równań (6.3) i (6.4) wynika, że przy założeniu $\Delta l_3 = \Delta l_4$

$$F_{p_1} = F_p \frac{C_1}{C_1 + C_2} \quad (6.7)$$

MECHANIZM USZCZELNIANIA

Wydłużenie śruby przez siłę F_{p1} powoduje obniżenie obciążenia uszczelnienia do obciążenia resztkowego F_z .

$$F_z = F_{\max} - F_{p2} = F_{\max} - F_p \frac{C_2}{C_1 + C_2} \quad (6.8)$$

Dalsze zwiększanie ciśnienia czynnika roboczego spowoduje spadek zacisku resztkowego do zera a w końcu dojdzie do poluzowania złącza. Musi być spełniony warunek

$$F_z > 0 \Rightarrow F_{\max} > F_p \frac{C_2}{C_1 + C_2} \quad (6.9)$$

MECHANIZM USZCZELNIANIA

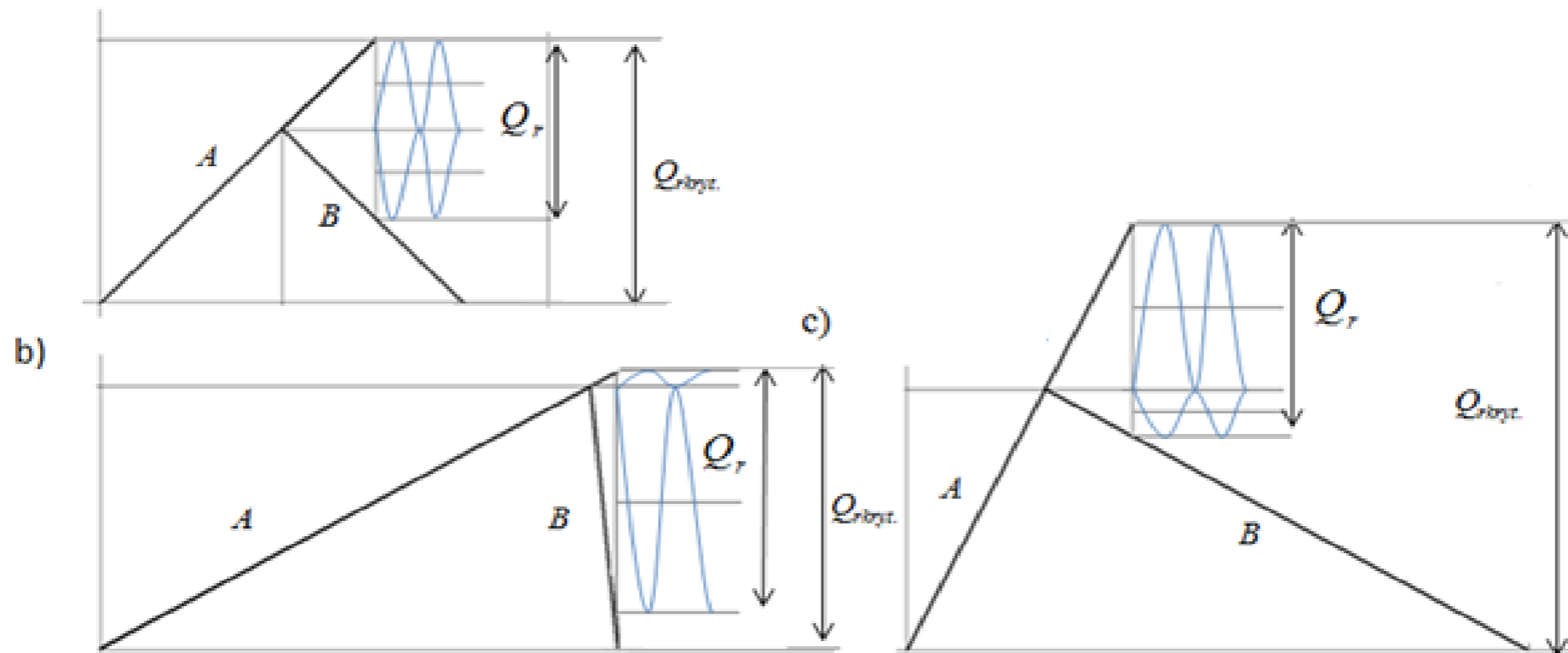
Z wzoru (6.9) wynika, że najkorzystniej będzie, gdy sztywność śruby C_1 będzie jak najmniejsza; można to osiągnąć zwiększając długość śruby (6.1). Można zastosować tuleje umożliwiające stosowanie śrub dłuższych niż wynika to z grubości łączonych kołnierzy.

Z rys. (6.3) wynika, że w pracy złącza kołnierzowego wyróżnić można dwa etapy:

- pierwszy – to wywołanie obciążenia montażowego,
- drugi – to doprowadzenie czynnika pod ciśnieniem, dociążenie śrub i odciążenie uszczelnienia.

MECHANIZM USZCZELNIANIA

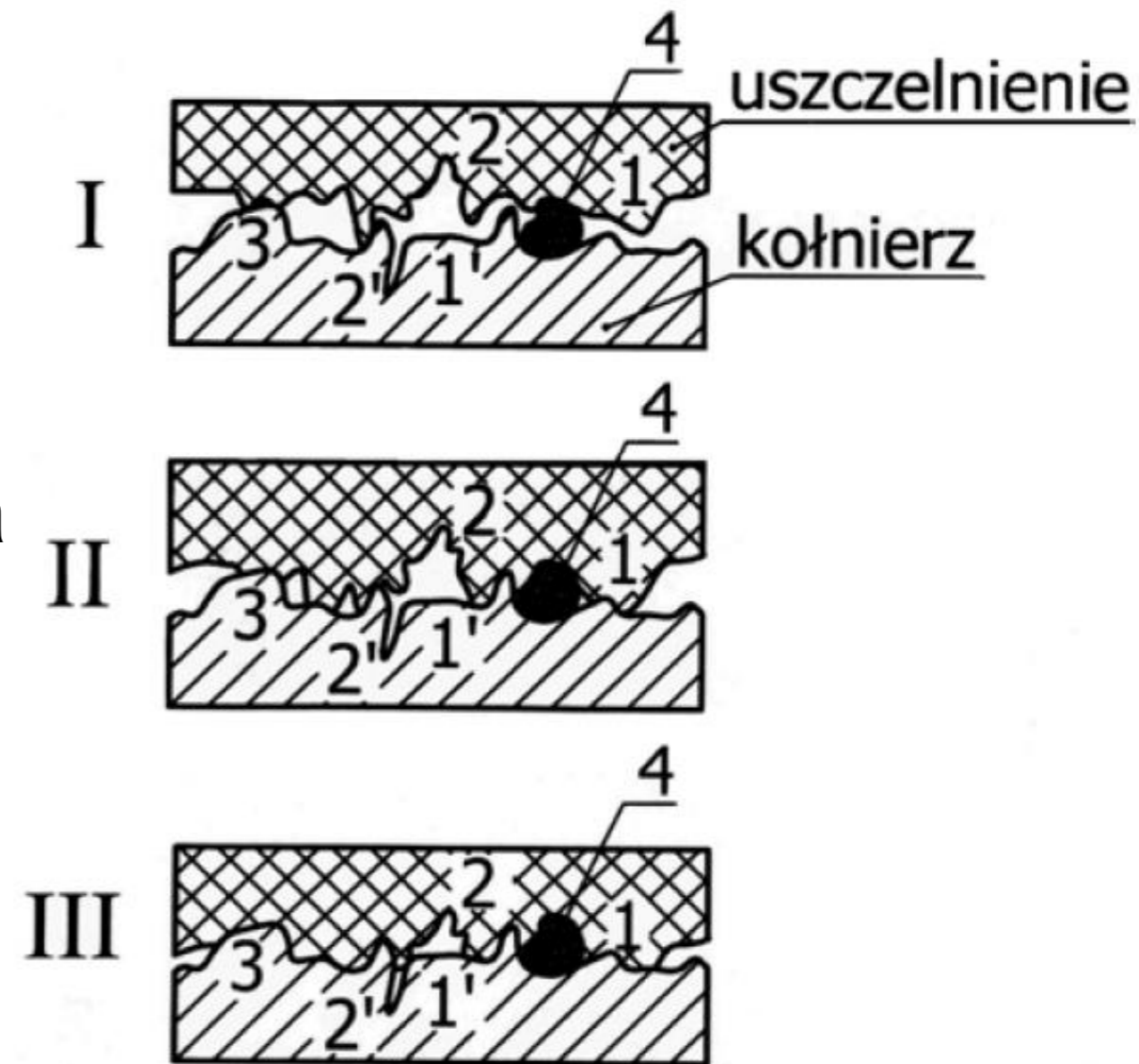
Rysunek przedstawia wpływ sztywności elementów złącza zarówno na wartości zacisku resztkowego oraz całkowitego napięcia w śrubie



Rys. 1.4 Porównanie warunków pracy złącza przy różnej sztywności elementów; A- charakterystyka sztywności śruby, B- charakterystyka sztywności kołnierza, a) sztywność śruby równa sztywności kołnierza, b) mała sztywność śruby natomiast duża kołnierza, c) duża sztywność śruby w porównaniu do sztywności kołnierza.

MECHANIZM USZCZELNIANIA

Pierwszy etap jest bardzo ważny, wówczas dochodzi do niezbędnego odkształcenia uszczelnienia, wypełnienia nierówności powierzchni kołnierza przez materiał uszczelnienia oraz do zagęszczenia materiału.



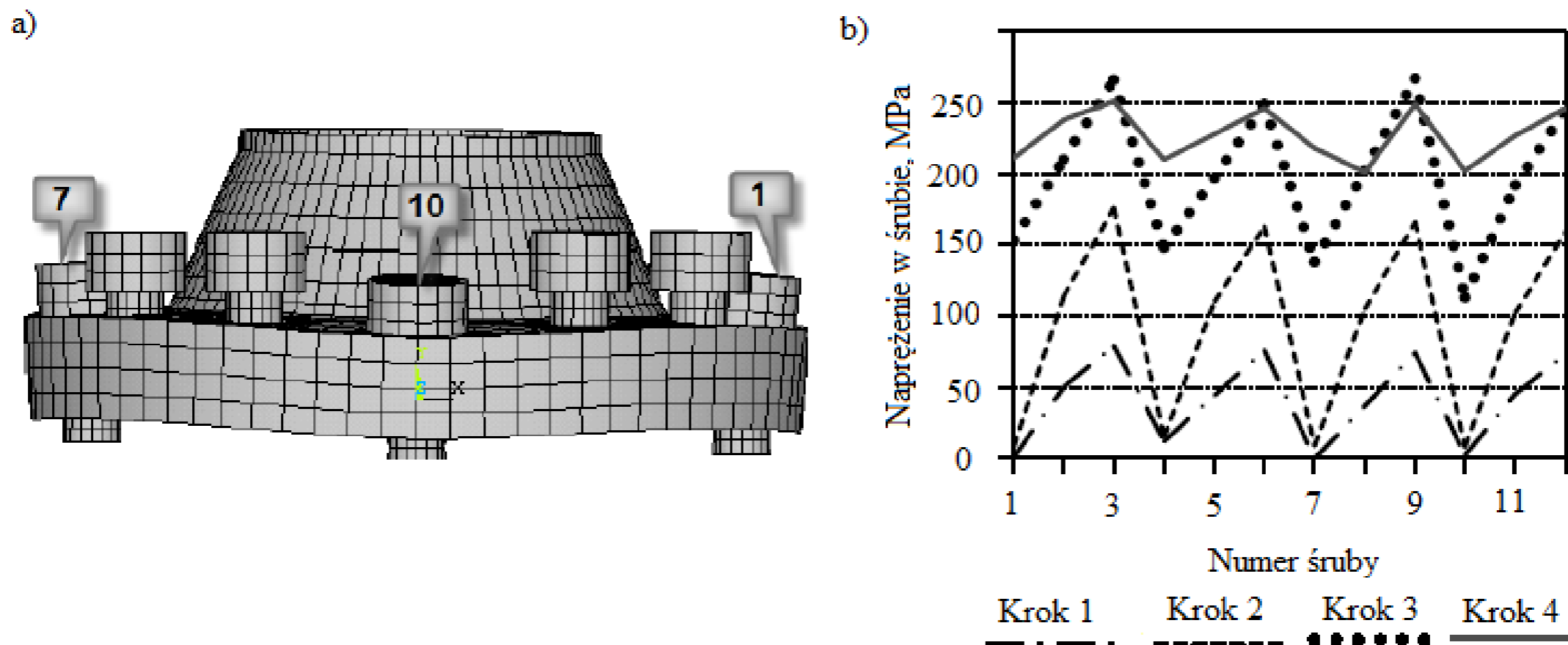
Rys. 1.5. Obciążenie montażowe uszczelnienia spoczynkowego, I – faza zagęszczania materiału uszczelnienia, II, III – fazy dalszego zagęszczania materiału oraz wypełniania nierówności powierzchni kołnierza; 1, 1' – nierówności na powierzchniach uszczelnienia i kołnierza, 2, 2' – przypadkowe zagłębienia i rysy, 3 – występy na powierzchni kołnierza, 4 – wtrącenia obce.

MECHANIZM USZCZELNIANIA

Najlepiej jest odkształcić uszczelnienie w trzech krokach; Pierwszy: 50% docelowego obciążenia montażowego, drugi – 75% i osiągnięcie 100% obciążenia w trzecim kroku. Ta metoda gwarantuje odpowiednie zmniejszenie porowatości samego materiału uszczelnienia oraz pełne wypełnienie nierówności powierzchni kołnierzy przez materiał uszczelnienia.

MECHANIZM USZCZELNIANIA

Wpływ ilości kroków napinania śrub na końcowy rozkład napiecia



Rys. 1.6. Rozkład montażowego napiecia w śrubach, a) model dyskretny połączenia kołnierzowego, b) rozkład napiecia śrub w kolejnych krokach napinania

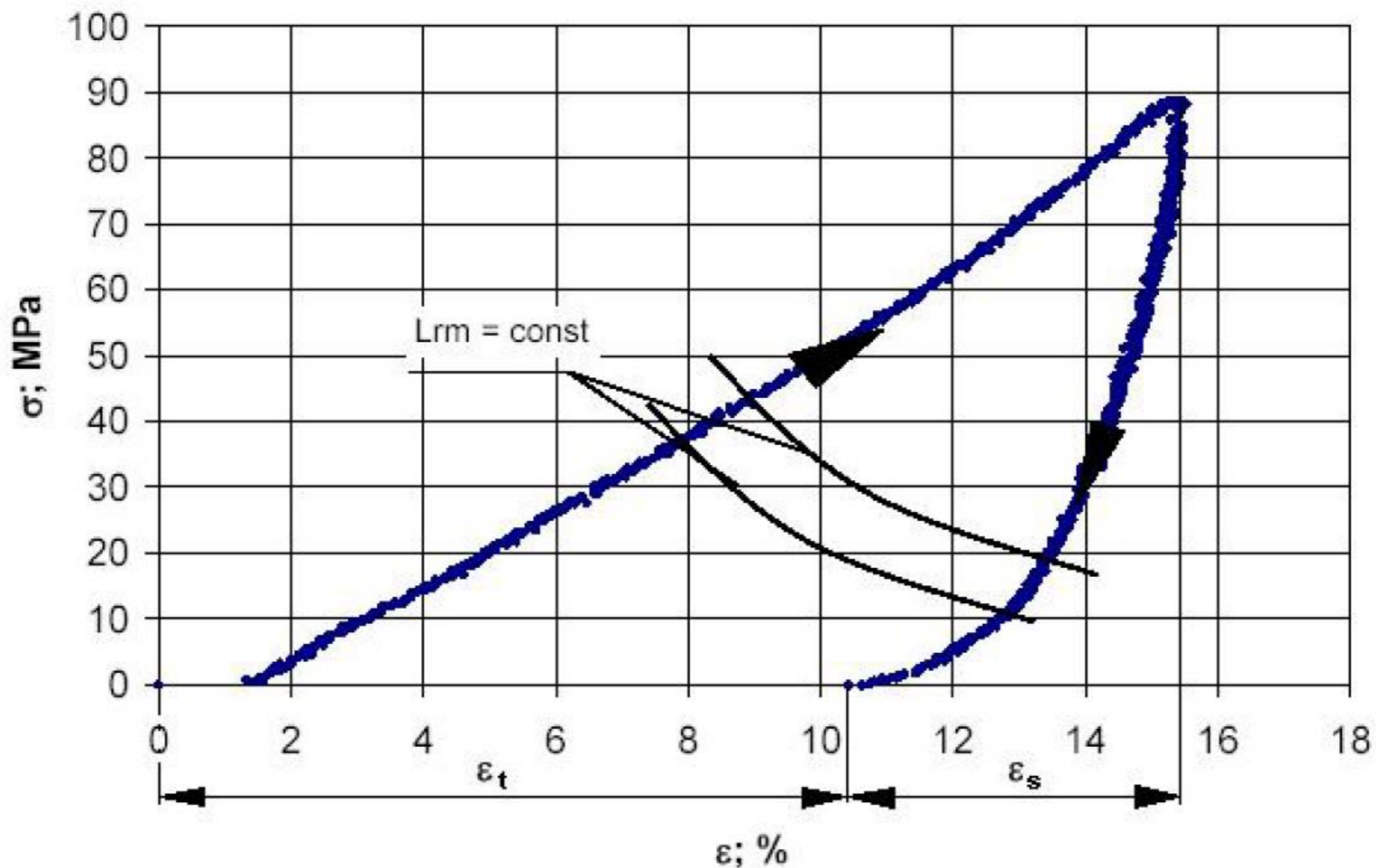
Materiał na uszczelnienie powinien charakteryzować się:

- odpornością chemiczną na uszczelniany czynnik,
- odpornością termiczną i mechaniczną,
- możliwie małym pełzaniem i relaksacją,
- ściśliwością i powrotem sprężystym,
- możliwie małą przepuszczalnością.

CECHY MATERIAŁU NA USZCZELNIANIA SPOCZYNKOWE

- Odporność chemiczna materiału oznacza, że czynnik nie zmienia jego właściwości, nie penetruje w głąb materiału lub nie wypłukuje z niego komponentów.
- Odporność termiczna materiału oznacza, że nie zmienia on właściwości w wyższej temperaturze (np. starzenie), nie ulega dezintegracji a pełzanie i relaksacja naprężenia są ograniczone.
- Pełzanie materiału uszczelnienia i śrub to powolne odkształcanie się pod wpływem przyłożonego stałego obciążenia. Zjawisko to prowadzi do zmniejszenia obciążenia wywieranego przez śruby na uszczelnienie.
- Relaksacja to zmiana naprężenia w uszczelnieniu zachodząca przy stałym odkształceniu. Również oznacza ona spadek obciążenia uszczelnienia. Oba procesy zachodzą zwykle razem
- Ściśliwość materiału to jego zdolność do odkształcania się pod wpływem przyłożonego obciążenia. Im większa ściśliwość tym większa zdolność wypełnienia nierówności powierzchni kołnierza przez uszczelnienie
- Powrót sprężysty to zdolność materiału do odzyskania pierwotnego wymiaru podczas jego odciążania. Wyznaczany jest eksperymentalnie

CECHY MATERIAŁU NA USZCZELNIANIA SPOCZYNKOWE



Rys. 1.7. Charakterystyka obciążeniowa-odciążeniowa uszczelnienia z naniesionymi liniami stałego wycieku $L_{rm} = \text{const}$

Powrót sprężysty oblicza się:

$$\varepsilon_s = \frac{H_0 - H_1}{H_0} \cdot 100\%$$

gdzie:

H_0 – grubość uszczelnienia przed próbą;

H_1 – grubość uszczelnienia po próbie

Odkształcenie trwałe uszczelnienia to takie odkształcenie, które pozostaje po całkowitym odciążeniu złącza

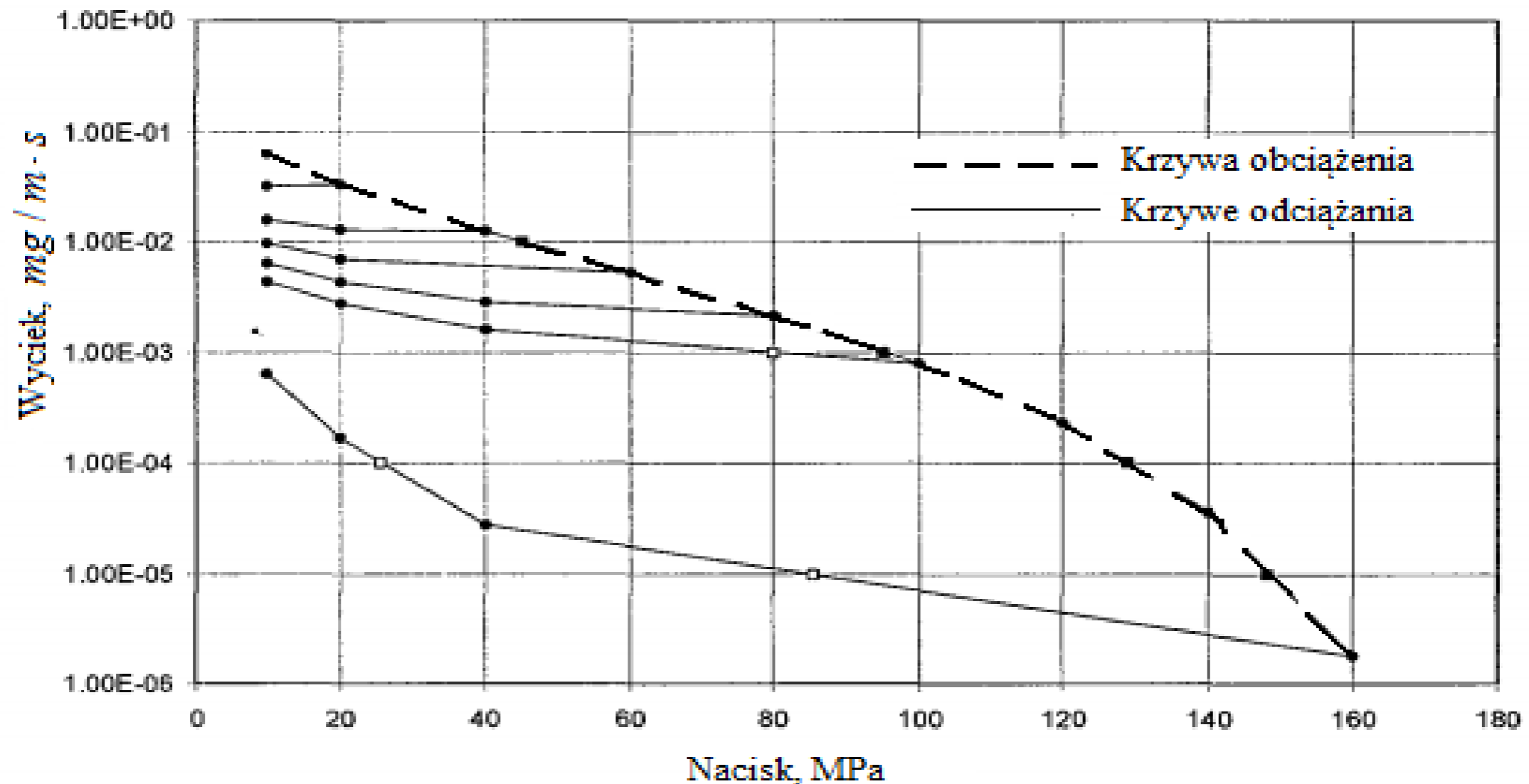
$$\varepsilon_t = \frac{H_1}{H_0} \cdot 100\%$$

Im mniejsze odkształcenie trwałe tym lepszy materiał

CECHY MATERIAŁU NA USZCZELNIANIA SPOCZYNKOWE

Z wykresu podanego na rys (1.7) wynika kolejny, interesujący wniosek: osiągnięcie danego poziomu szczelności L_{rm} wymaga wywołania większego nacisku stykowego podczas obciążania złącza ($>40\text{MPa}$, rys.1.7) aniżeli podczas jego odciążania (nacisk 20MPa). Jest to rezultat pewnego wstępnego zagęszczenia materiału oraz większej objętości wciśniętego materiału powierzchni kołnierza w uszczelnienie niż wynikałoby to z niewielkiego zbliżenia obu powierzchni.

CECHY MATERIAŁU NA USZCZELNIANIA SPOCZYNKOWE

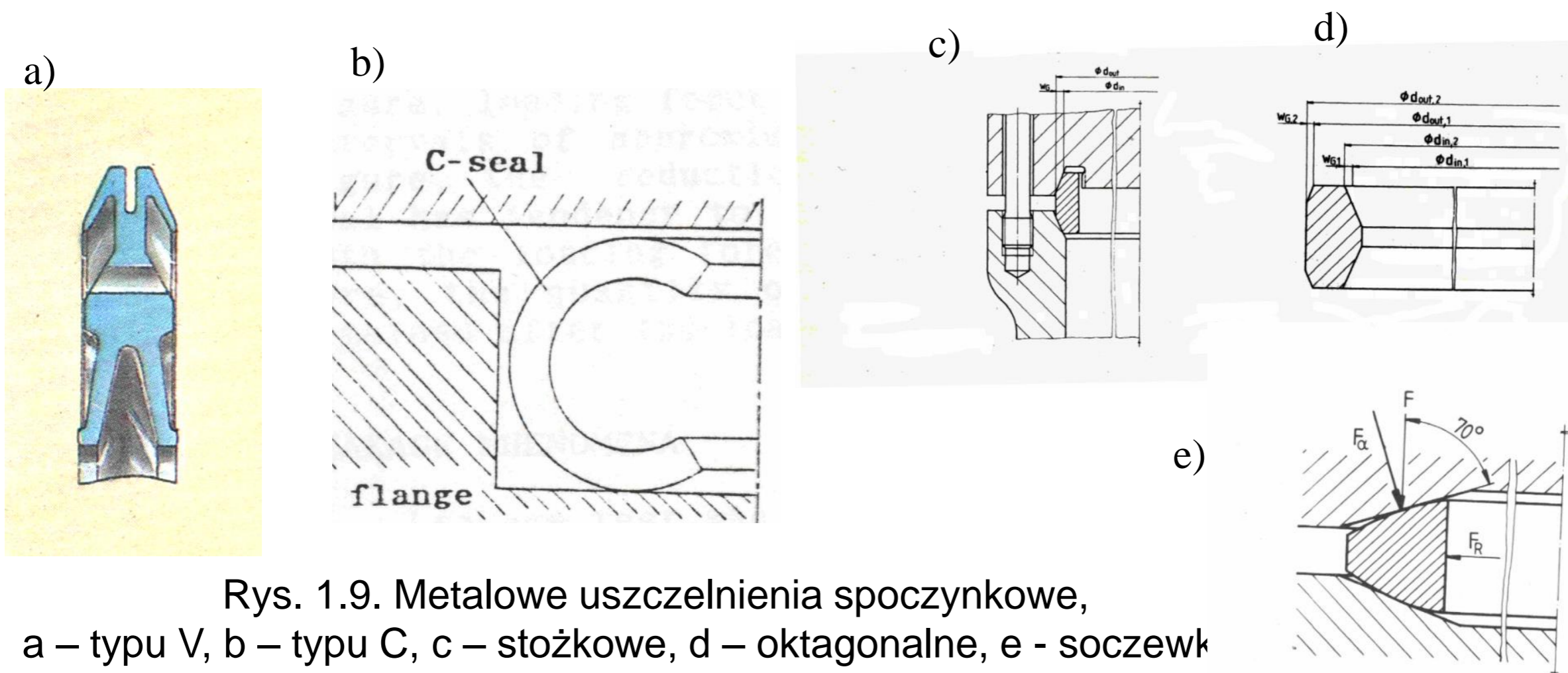


Rys. 1.8. Charakterystyka wycieku z uszczelnienia w funkcji nacisku, przy obciążeniu i odciążeniu uszczelnienia. Uszczelnienie grafitowe o grubości 2 mm o wymiarach: średnica zewnętrzna 90 mm, średnica wewnętrzna 50 mm

USZCZELNIENIA METALOWE

Zaletą uszczelnień metalowych jest całkowity brak wycieku na wskroś materiału oraz możliwość pracy w wysokich temperaturach. Stosowane są do uszczelniania próżni, gazów i cieczy.

Na rys. 1.9 przedstawiono profile typowych uszczelnień spoczynkowych metalowych zarówno samouszczelniających jak i niesamouszczelniających.



Rys. 1.9. Metalowe uszczelnienia spoczynkowe, a – typu V, b – typu C, c – stożkowe, d – oktagonalne, e - soczewk

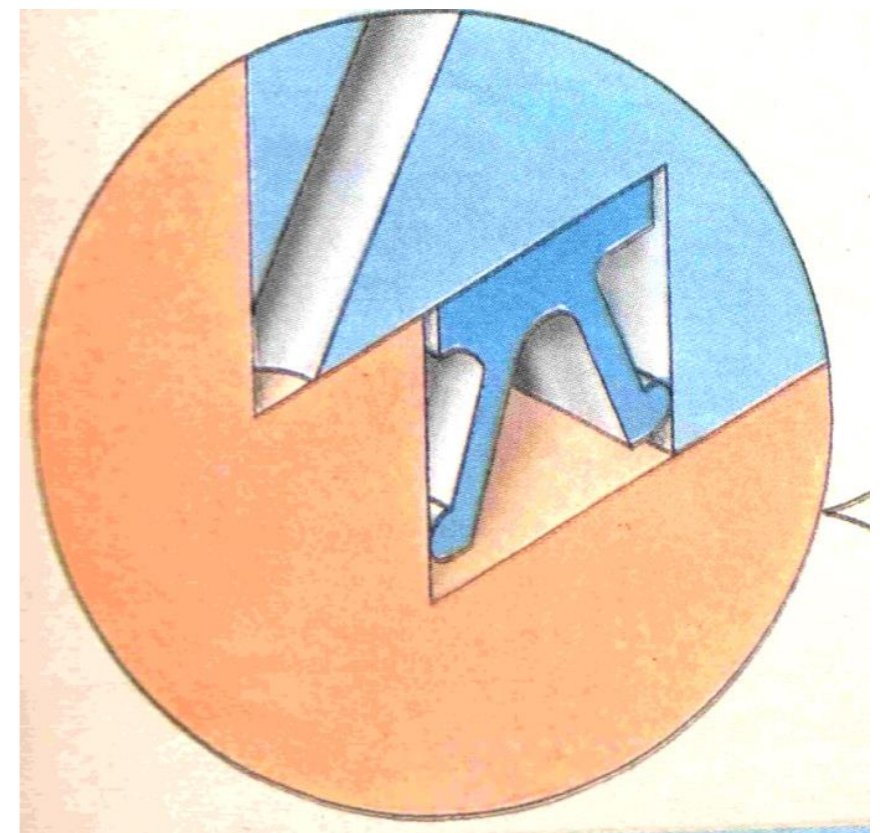
USZCZELNIENIA METALOWE

Sztywność uszczelnienia metalowego jest bardzo duża, metal musi być plastycznie odkształcony, aby obszar styku był nieprzepuszczalny dla czynnika gazowego będącego pod wysokim ciśnieniem. Zatem, niezbędne jest wywołanie bardzo dużego napięcia montażowego w śrubach.

Kołnierze muszą być odporne na odkształcenie!

Uszczelnienie (rys. 1.9a) pracuje w temperaturze 500°C przy ciśnieniu 100 MPa, szczelność na poziomie $(10^{-6} - 10^{-7})\text{W}$ przy średnicy rury od (12-700)mm i skoszeniu osi łączonych rur $\alpha = \pm 3^{\circ}$.

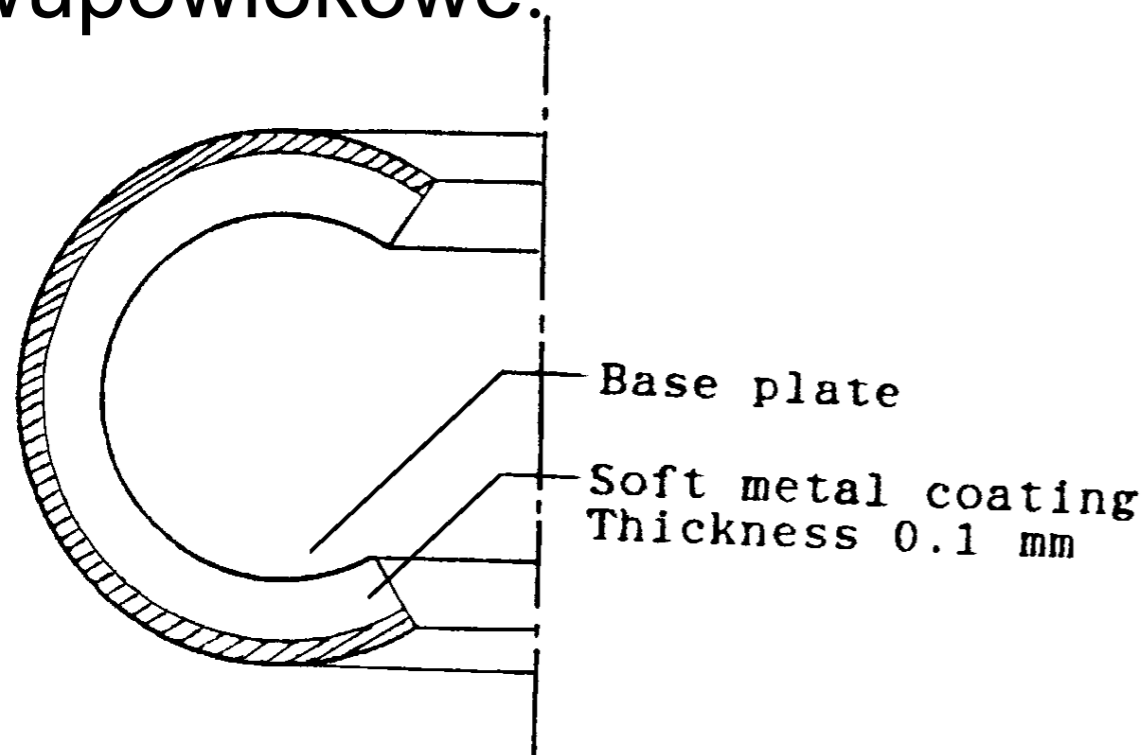
Rys. 1.10. Węzeł z metalowym uszczelnieniem samouszczelniającym się typu V



USZCZELNIENIA METALOWE

Samouszczelnienie oznacza, że ciśnienie p czynnika roboczego dociska ramiona uszczelnienia do powierzchni i w ten sposób zwiększa się wartość nacisku stykowego. Podobnie działa uszczelnienie metalowe typu C (rys. 1.9b). Uszczelnienia te wykonuje się w dwóch rodzajach:

- Jednopo włokowe
- Dwupo włokowe.



Rys. 1.11. Uszczelnienie typu C z powłoką z miękkiego metalu

USZCZELNIENIA METALOWE

Chropowatość powierzchni kołnierzy dla uszczelnień z wymienionych metali lub z powłoką z tych metali przedstawiono w tabelicy 1.

Tablica 1. Zalecane maksymalne wartości chropowatości powierzchni kołnierzy uszczelnianych przez uszczelnienia metalowe wykonane z wymienionych metali bądź z powłokami z tych metali.

Materiał uszczelnienia	Twardość Brinnela, MPa	zalecana maksymalna chropowatość kołnierzy Rz, μm
Ołów	40	100
Złoto	150	25
Aluminium	200	25
Srebro	300	12,5
Miedź	500	6,3
Brąz	700	6,3
Miękkie żelazo	900	3,2
Monel	1100	3,2
Nikiel	1200	3,2
Stal węglowa	1200	3,2
Tytan	1300	3,2
Stal nierdzewna	1600	1,6
Hastelloy	1600	1,6

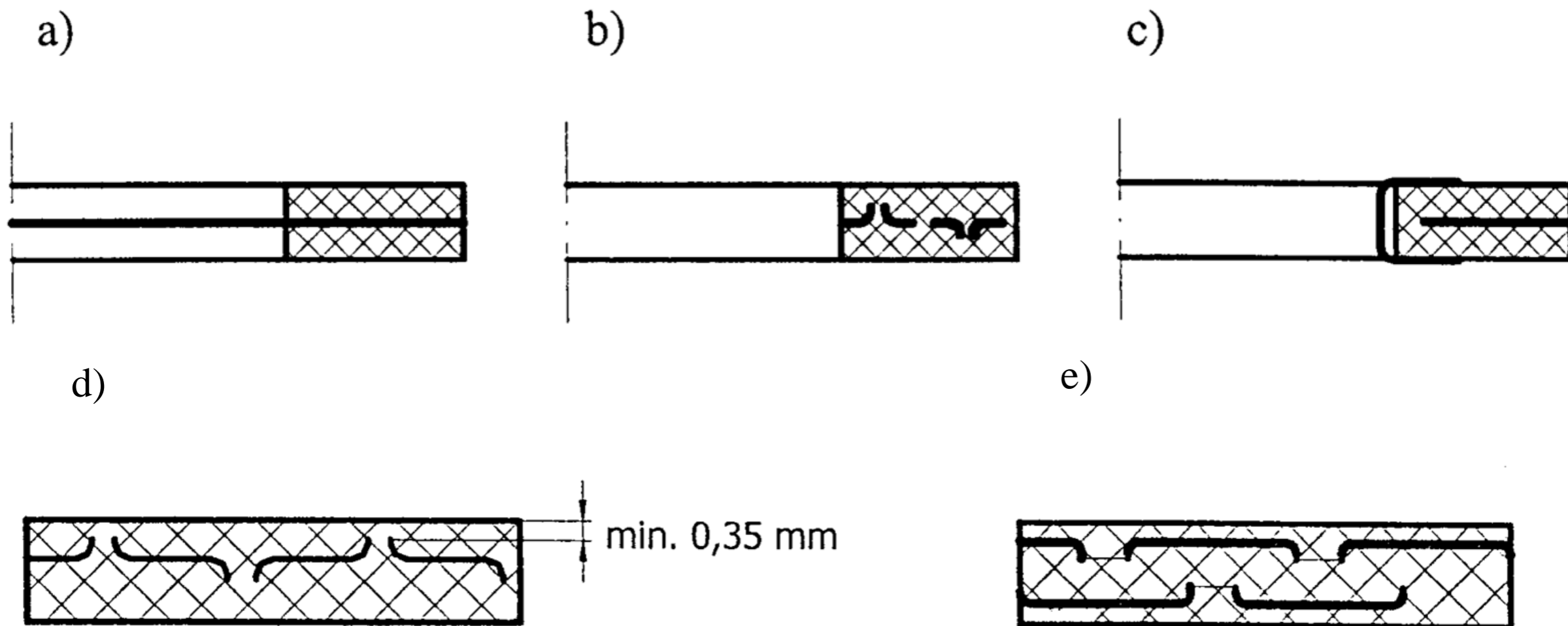
USZCZELNIENIA SEMI-METALOWE

Są to uszczelnienia kombinowane metal – kompozyt:

- z wkładem metalowym płaskim lub perforowanym,
- z obrzeżem lub koszulką metalową,
- spiralne,
- wielokrawędziowe,

Uszczelnienia z wkładem metalowym w postaci płaskiej folii, perforowanej lub z siatki metalowej odznaczają się tym, że wypełniacz znajduje się po obu stronach wkładu (rys.1.13)

USZCZELNIENIA SEMI-METALOWE



Rys. 1.13. Podstawowe rozwiązania uszczelnień spoczynkowych z wkładem metalowym; a) płaskim, b) perforowanym, c) z płaską folią i obrzeżem metalowym, d) perforowanym wewnętrznym, e) z dwoma perforowanymi zewnętrznymi

USZCZELNIENIA SEMI-METALOWE

Wypełnienie uszczelnienia powinno charakteryzować się:

- małym udziałem włókien,
- dużą gęstością ($\rho=(1,8-2,0) \text{ g/cm}^3$) lub małą porowatością,
- małą tolerancją wymiaru grubości warstwy $0,04 \leq \Delta h \leq 0,08 \text{ mm}$

Folie metalowe wykonuje się z aluminium (grubość $\sim 0,1 \text{ mm}$), czystego niklu ($0,023 \text{ mm}$) lub stali nierdzewnej ($0,05 \text{ mm}$).

Grubość uszczelnień ze wzmocnieniem z folii płaskiej lub perforowanej wynosi od ($0,8-3,0 \text{ mm}$). Im cieńsze uszczelnienie tym większe obciążenie można przyłożyć:

grubość $0,8 \text{ mm}$ – nacisk stykowy 160 MPa

grubość $3,0 \text{ mm}$ – nacisk stykowy 90 MPa , dla uszczelnienia z płaską folią i z wykładziną grafitową.

Kolejnymi korzyściami wynikającymi ze stosowania cienkich uszczelnień są:

- możliwość zmniejszenia szerokości uszczelnienia,
- zmniejszenie stopnia odkształcenia uszczelnienia.

USZCZELNIENIA SEMI-METALOWE

Folia metalowa zwiększa wytrzymałość uszczelnienia stąd jego szerokość w_G :

$w_G \geq 12 \cdot h_G$ bez wkładu metalowego

$w_G \geq 8 \cdot h_G$ z wkładem metalowym

gdzie: h_G – grubość uszczelnienia

Perforacja wkładki umożliwia pewniejsze „związanie” warstwy wypełniacza z folią. Odległość pomiędzy otworami w folii, ich geometria oraz wymiary decydują zarówno o wytrzymałości uszczelnienia jak i właściwościach sprężystych.

Perforacja zmniejsza wytrzymałość uszczelnienia na rozciąganie!

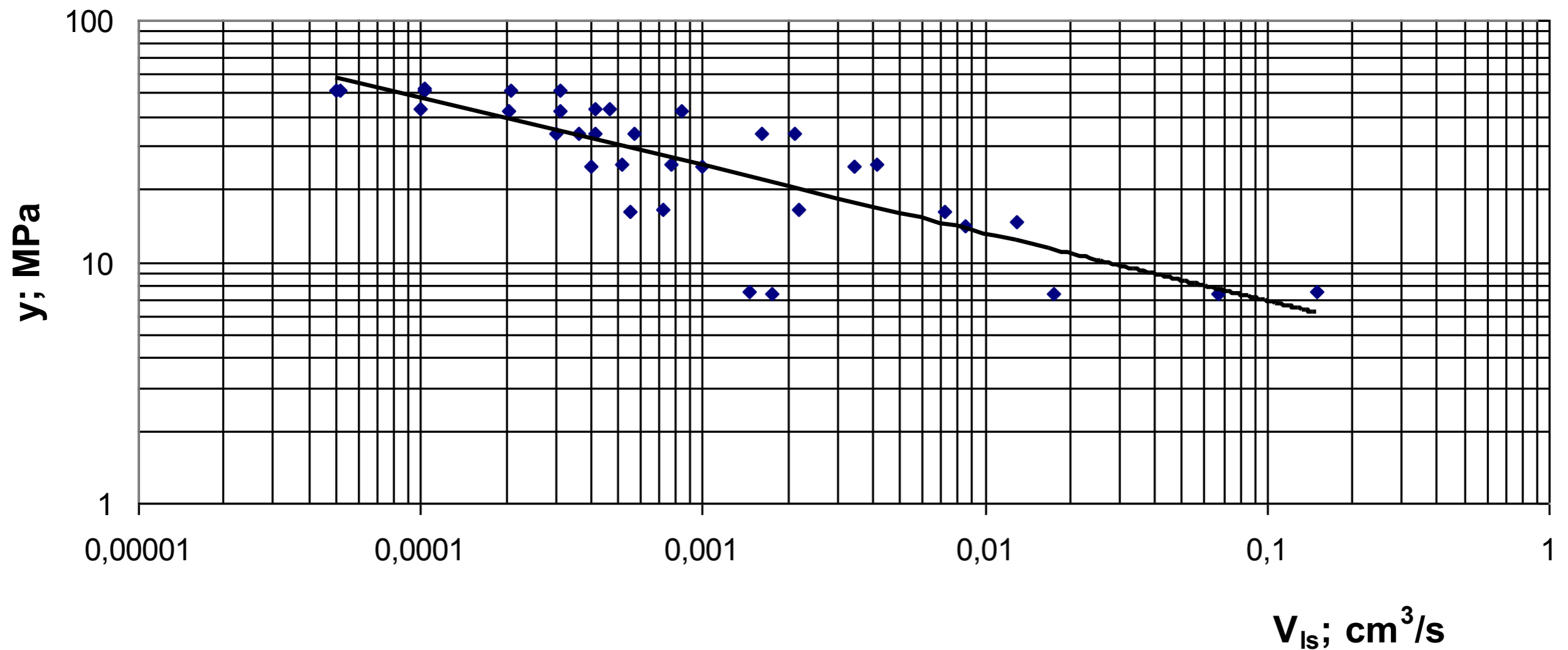
Ścisłość uszczelnienia z wkładem metalowym jest większa (20-35%) zaś minimalny powrót sprężysty ~20%.

Dla uszczelnienia z dwoma foliami zewnętrznymi (rys. 1.13e) ścisłość dochodzi do (15-30)% a powrót sprężysty – minimum 15%

USZCZELNIENIA SEMI-METALOWE

Wyciek z uszczelnień zbrojonych przedstawiono na rys. 1.15

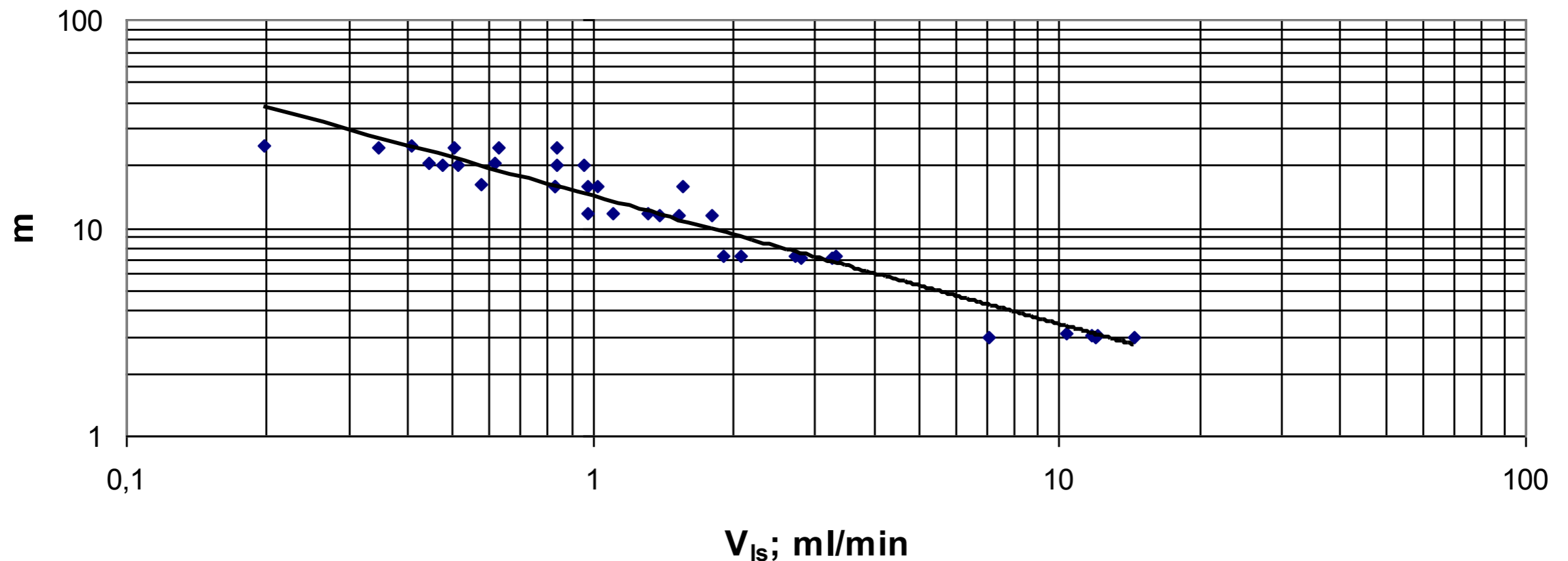
Zależność wycieku od naprężenia y dla uszczelnienia zbrojonego



Rys. 1.15a. Wyciek z uszczelnień zbrojonych, parametr $y=f(V_{1s})$

USZCZELNIENIA SEMI-METALOWE

Zależność wycieku od współczynnika obliczeniowego m dla uszczelnienia zbrojonego



Rys. 1.15b. Wyciek z uszczelnień zbrojonych, parametr $m=f(V_{1s})$

Metalowe obrzeża sytuuje się na średnicy wewnętrznej aby:

- odseparować wypełniacz od czynnika roboczego
- zwiększyć odporność uszczelnienia na tzw. wydmuchanie
- wywołać lokalny wzrost nacisku stykowego
- usztynić uszczelnienie

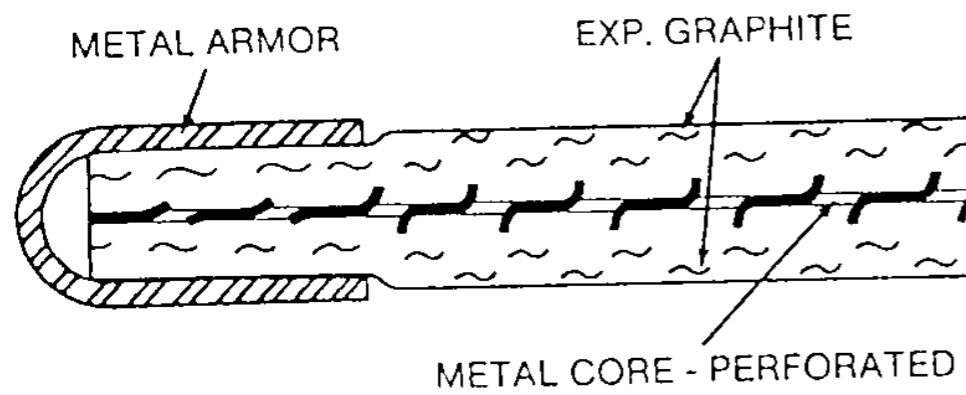
Uszczelnienie grafitowe z wkładem perforowanym i obrzeżem metalowym pracuje w temperaturze do 500°C i ciśnieniu czynnika $p \leq 16\text{MPa}$. Nacisk wywierany na uszczelnienie z obrzeżem powinien być wyższy o (20-30)% od nacisku uszczelnienia bez obrzeża.

Wprowadzenie drutu do obrzeża sprawia, że w uszczelnieniu mamy dwa stopnie uszczelniania: pierwszy stopień to odcinek obrzeża z drutem, a drugi – wypełniacz. W przypadku uszczelnienia z asymetrycznym obrzeżem wartość nacisku stykowego będzie wyższa aniżeli wzdłuż obrzeża symetrycznego.

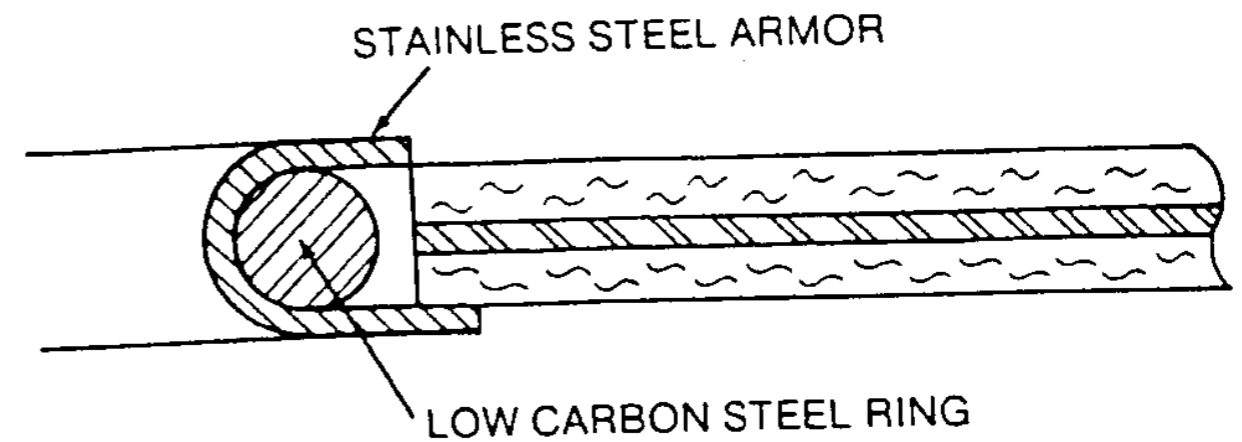
Drut zabezpiecza wypełniacz przed nadmiernym ściśnięciem. Rozkład nacisku na styku: uszczelnienie z obrzeżem – powierzchnia kołnierza wyznaczono stosując tzw. papier „Fuji”, który zabarwia się stosownie do obciążenia: im większy nacisk stykowy tym bardziej intensywna czerwień.

USZCZELNIENIA Z OBRZEŻEM LUB Z KOSZULKĄ METALOWĄ

a)

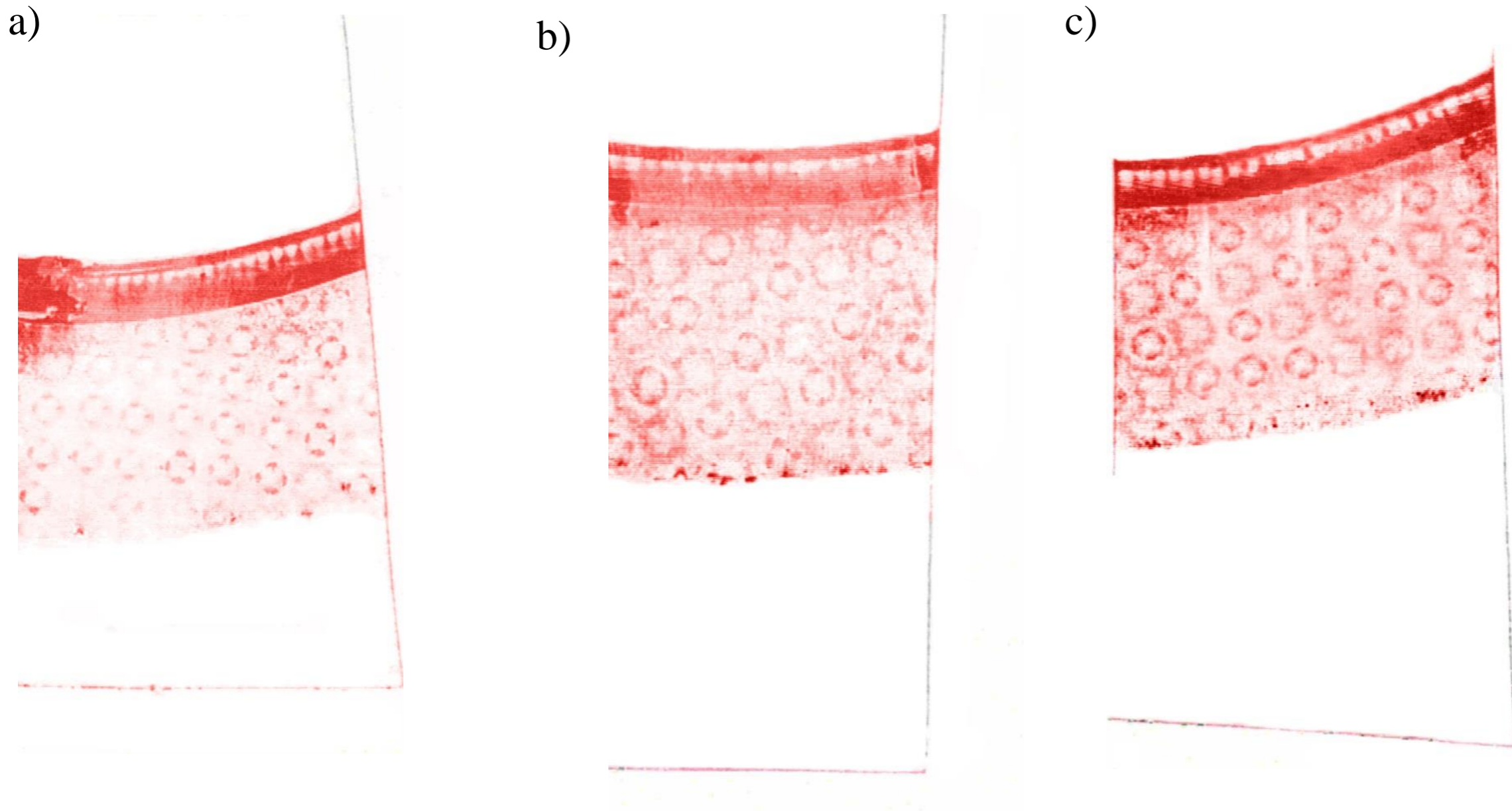


b)



Rys. 1.16. Uszczelnienia semi-metalowe z obrzeżem; a) perforowane, b) z drutem i asymetrycznym obrzeżem

USZCZELNIENIA Z OBRZEŻEM LUB Z KOSZULKĄ METALOWĄ



Rys. 1.17. Rozkład nacisku stykowego na szerokości uszczelnienia na papierze Fuji o wyższej wytrzymałości na ściskanie; a) w miejscu lutowania obrzeża, b i c) w innych miejscach na obwodzie uszczelnienia

Maksymalny nacisk występuje na styku obrzeża metalowego z powierzchnią kołnierza, z tym, że spiętrzenie nacisku występuje na dwóch średnicach.

Uszczelnienia z koszulką metalową używane są tam, gdzie szerokość kołnierzy jest stosunkowo mała. Koszulki wypełnia się grafitem, mika, aramidem i innymi materiałami. Metalowa koszulka zapewnia podwyższoną wytrzymałość na rozciąganie i ściskanie. Rozróżnia się następujące rozwiązania uszczelnień z koszulką metalową (rys. 1.18).

USZCZELNIENIA Z OBRZEŻEM LUB Z KOSZULKĄ METALOWĄ

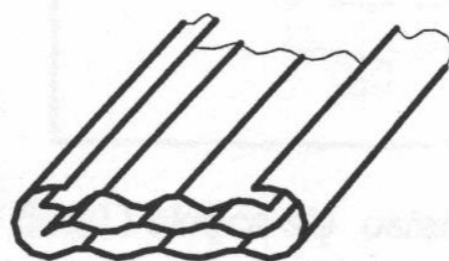
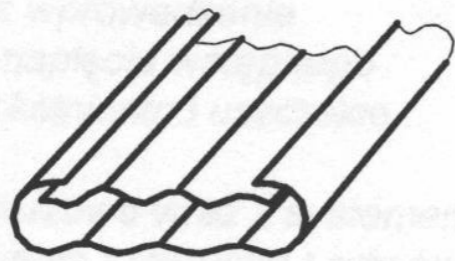
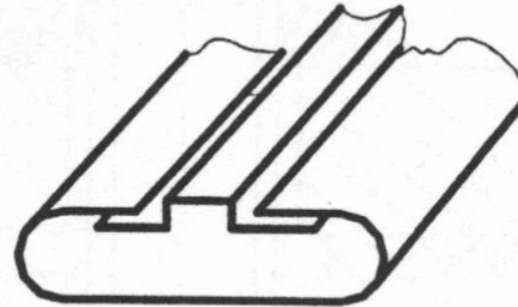
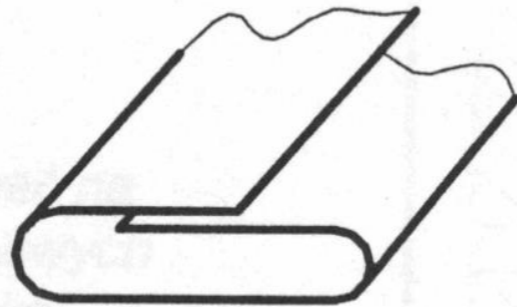
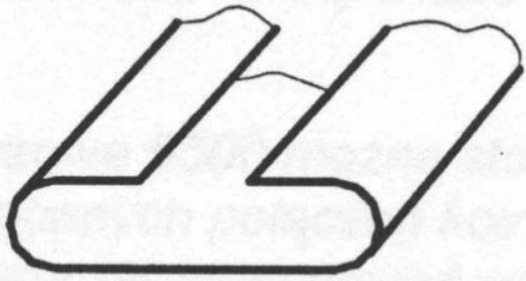
a)

b)

c)

d)

e)

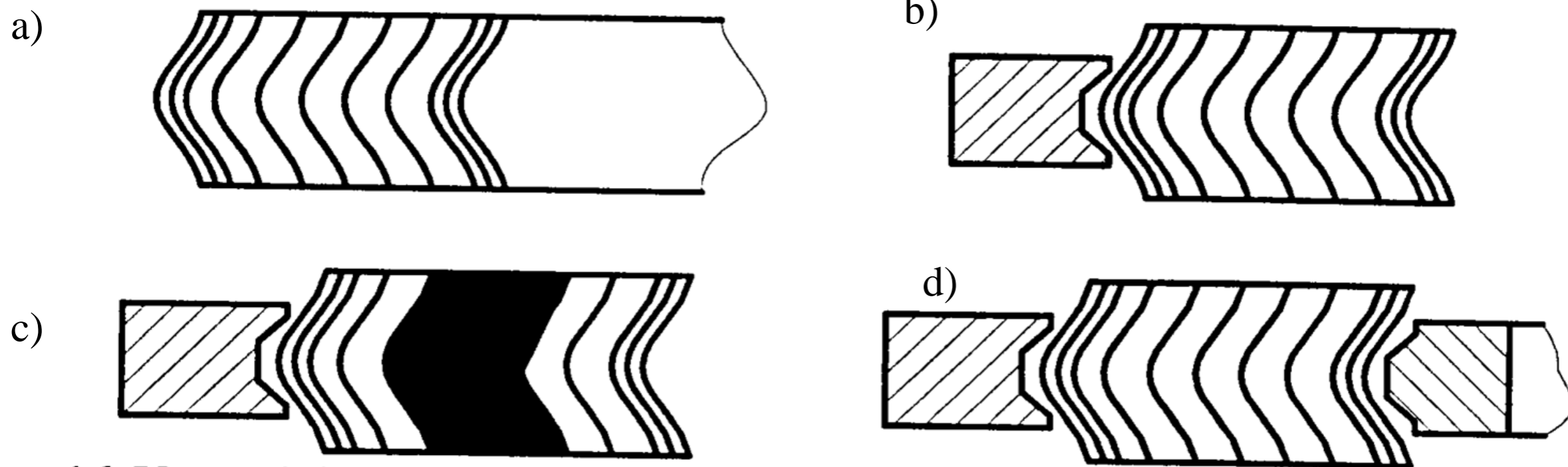


Ponieważ ich sprężystość jest ograniczona, dlatego powinny być stosowane tam, gdzie można skompensować skutki relaksacji.

Rys. 1.18. Uszczelnienia spoczynkowe z koszulką metalową, a) pojedyncza koszulka otwarta, b) koszulka zamknięta, c) dwuczęściowa zamknięta, d) pofalowana, dwuczęściowa zamknięta, e) pofalowana, dwuczęściowa zamknięta, z wewnętrzną wkładką

USZCZELNIENIA SPIRALNE

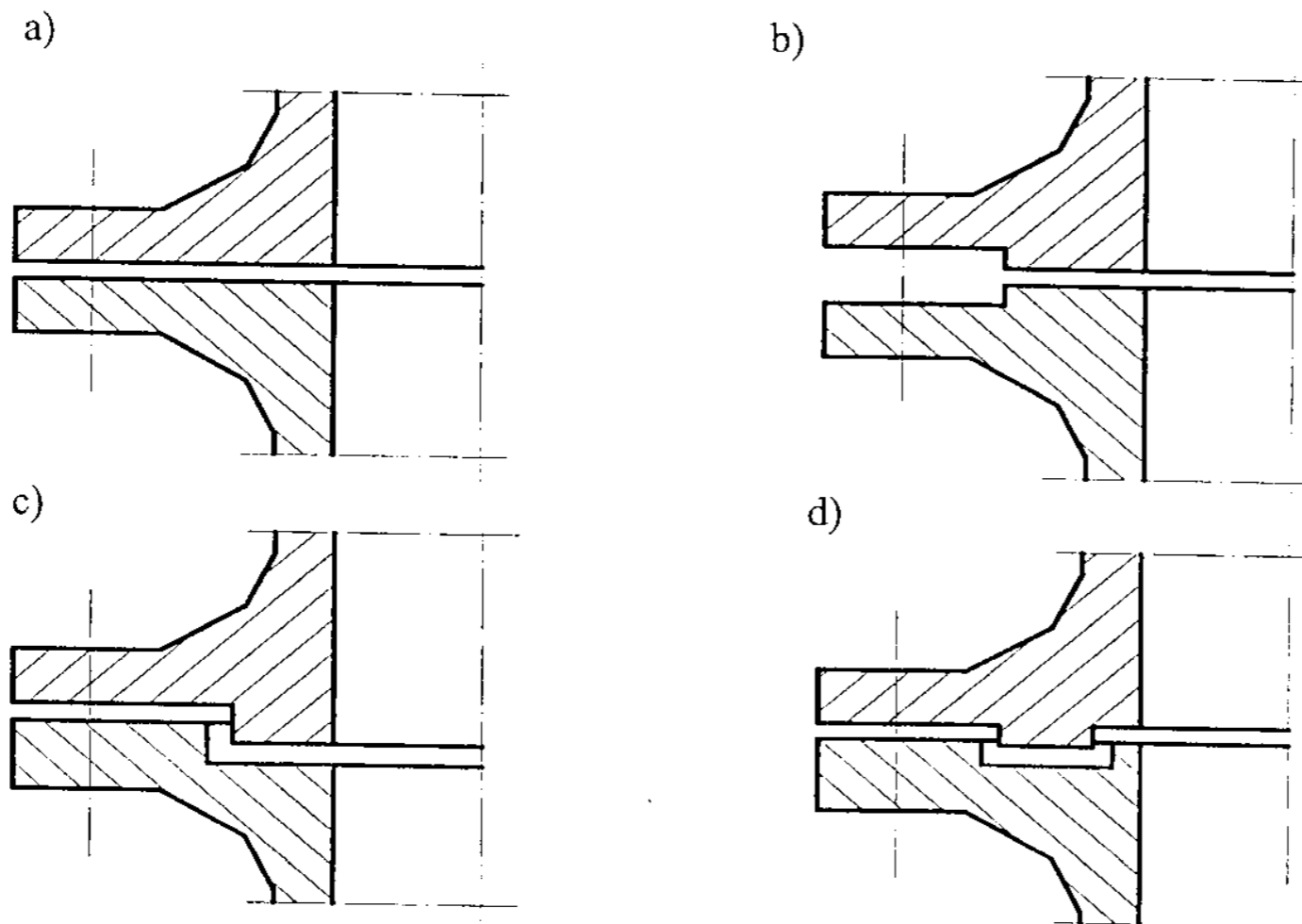
Metalowa folia w kształcie litery V zwijana jest wraz z wypełniaczem a następnie koniec zostaje zgrzany.



Rys. 1.16. Uszczelnienie spiralne, a) otwarte z dwóch stron, b) otwarte z jednej strony, c) z pogrubioną warstwą wypełniacza, d) zamknięte z obu stron.

Rys. 1.19. Uszczelnienie spiralne, a) otwarte z dwóch stron, b) otwarte z jednej strony, c) z pogrubioną warstwą wypełniacza, d) zamknięte z obu stron.

Typy kołnierzy



Rys. 1.20. Typy kołnierzy; a) z płaskimi powierzchniami, b) z odsadzonymi płaskimi powierzchniami, c) półotwarty, d) zamknięty.

USZCZELNIENIA SPIRALNE

Uszczelnienia spiralne odznaczają się:

- dużą wytrzymałością,
- dużym powrotem sprężystym.

Zastosowanie pierścieni metalowych na średnicach wewnętrznej/zewnętrznej chroni to uszczelnienie przed:

- zniszczeniem wynikającym ze zbyt dużego ściśnięcia,
- wydmuchaniem,
- gromadzeniem się cząstek stałych przed uszczelnieniem
- oddziaływaniem strumienia ciepła,
- turbulentnym przepływem cieczy

Tablica 2. Zalecany stopień odkształcenia

Nominalna grubość uszczelnienia, mm	Grubość po obciążeniu montażowym, mm
3,2	2,4 – 2,6
4,5	3,2 – 3,4
6,4	4,6 – 4,8
7,3	4,7 – 4,9

Uszczelnienie spiralne powinno być tak zwinięte, aby wypełniacz wystawał ponad stalową taśmę co najmniej 0,15 mm na stronę.

USZCZELNIENIA SPIRALNE

Polecane do pracy w przedziale temperatur -250°C do 1000°C , od głębokiej próżni do ciśnienia 35 MPa i wyżej. Odporne na drgania, szok termiczny, korozję, erozję oraz nie zanieczyszczają roboczego czynnika.

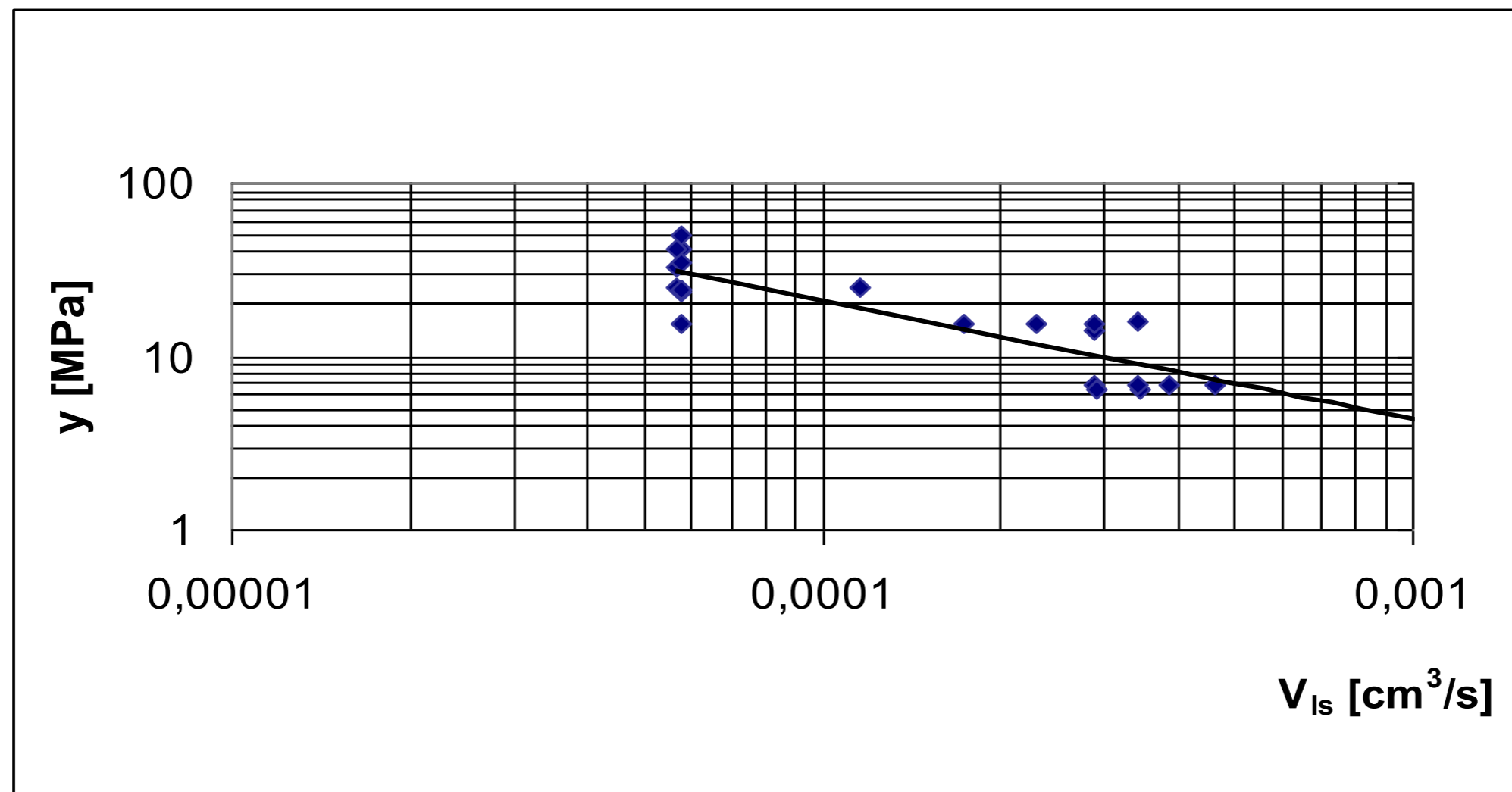
Chropowatość powierzchni kołnierzy pod uszczelnienia spiralne: $Ra \leq 0,3 \mu\text{m}$.

Wady uszczelnień spiralnych:

- wymagają wysokiego napięcia śrub,
- niezbędna płaskość powierzchni kołnierzy,
- stosunkowo drogie.

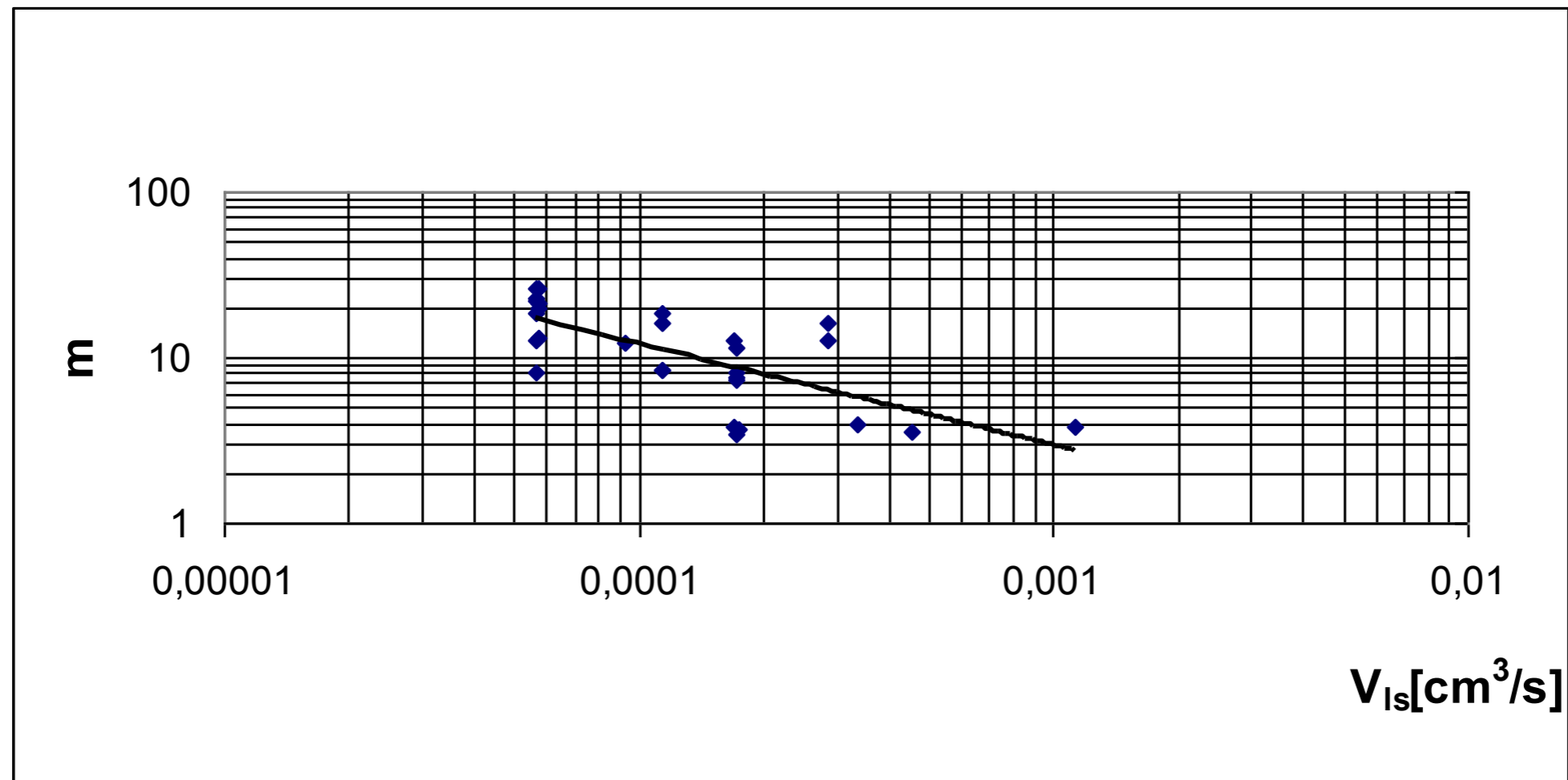
USZCZELNIENIA SPIRALNE

Dane dotyczące wycieku z uszczelnienia spiralnego przedstawiono na rys. 1.20



Rys. 1.20a. Wartości parametrów obliczeniowych m i y od wycieku z uszczelnienia spiralnego, a) $y=y(Q)$,

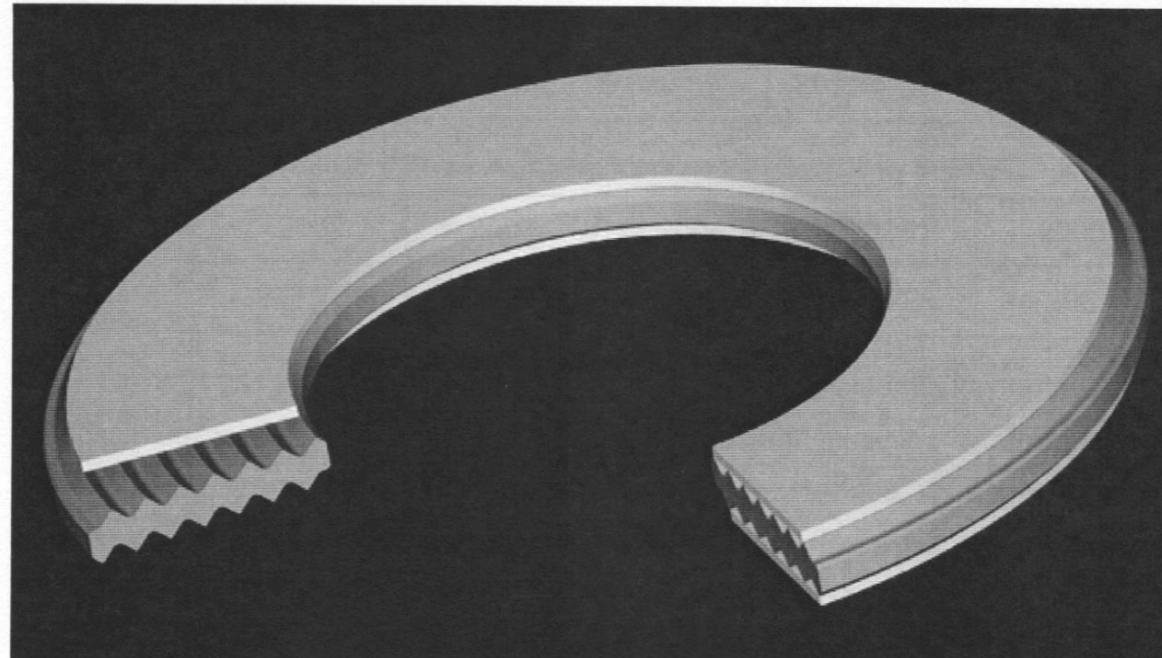
USZCZELNIENIA SPIRALNE



Rys. 1.20b. Wartości parametrów obliczeniowych m i y od wycieku z uszczelnienia spiralnego, b) $m=m(Q)$

USZCZELNIENIA WIELOKRAWĘDZIOWE

Alternatywa dla uszczelnień spiralnych. Charakteryzują się dobrą szczelnością, odpornością na wydmuchanie, ognioodpornością oraz dużą odpornością na ściskanie. Profil uszczelnienia przedstawiono na rys. 1.21.

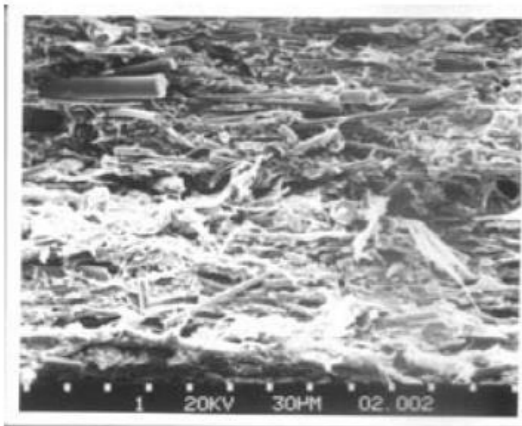


Rys. 1.21. Uszczelnienie wielokrawędziowe

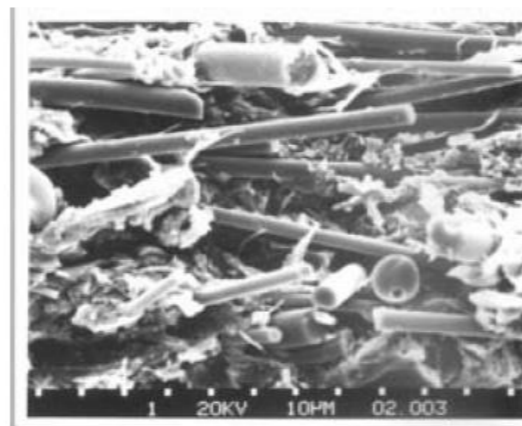
Okładki wykonuje się z rozprężonego grafitu lub miki (vermakulit)

Materiałem bazowym są włókna aramidowe, szklane, węglowe oraz wypełniacze (np. talk, glinokrzemiany), środkiem wiążącym wymienione składniki jest guma. Zmniejsza ona porowatość materiału oraz zwiększa jego sprężystość. Rys. 1.22 przedstawia widok przekroju próbki uszczelnienia

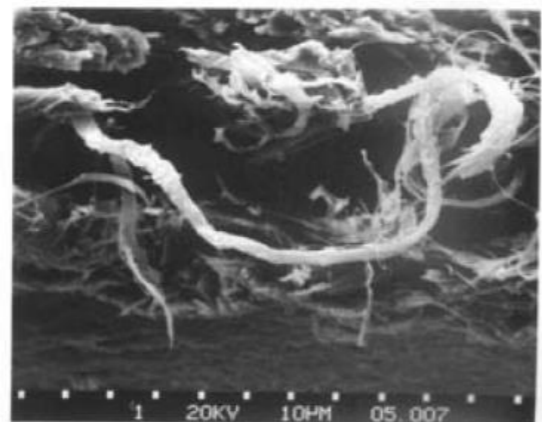
a)



b)



c)



Rys. 1.22. Zdjęcie skaningowe przekroju materiału uszczelnienia, a) widok ogólny, b) powiększenie fragmentu z widoku a) z widocznymi włóknami szklanymi, c) z włóknami aramidowymi

Grubość i szerokość uszczelnienia istotnie wpływają na wyciek. Dla cieczy stosunek szerokości b uszczelnienia do jego grubości h ; $b/h > 5$, a dla gazów $b/h > 12$. Im cieńsze uszczelnienie (np. $h=1\text{mm}$) tym większe obciążenie można zastosować, tym wolniej przebiegają procesy relaksacji i pełzania. Cienkie uszczelnienia wymagają jednak kołnierzy o gładszych powierzchniach i sztywniejszych, aby nie dochodziło do ich odkształcenia.

Ważne: należy uważać, aby podczas montażu złącza kołnierzowego nie doprowadzić do zniszczenia uszczelnienia w rezultacie przekroczenia dopuszczalnego, dla danego materiału, nacisku stykowego.

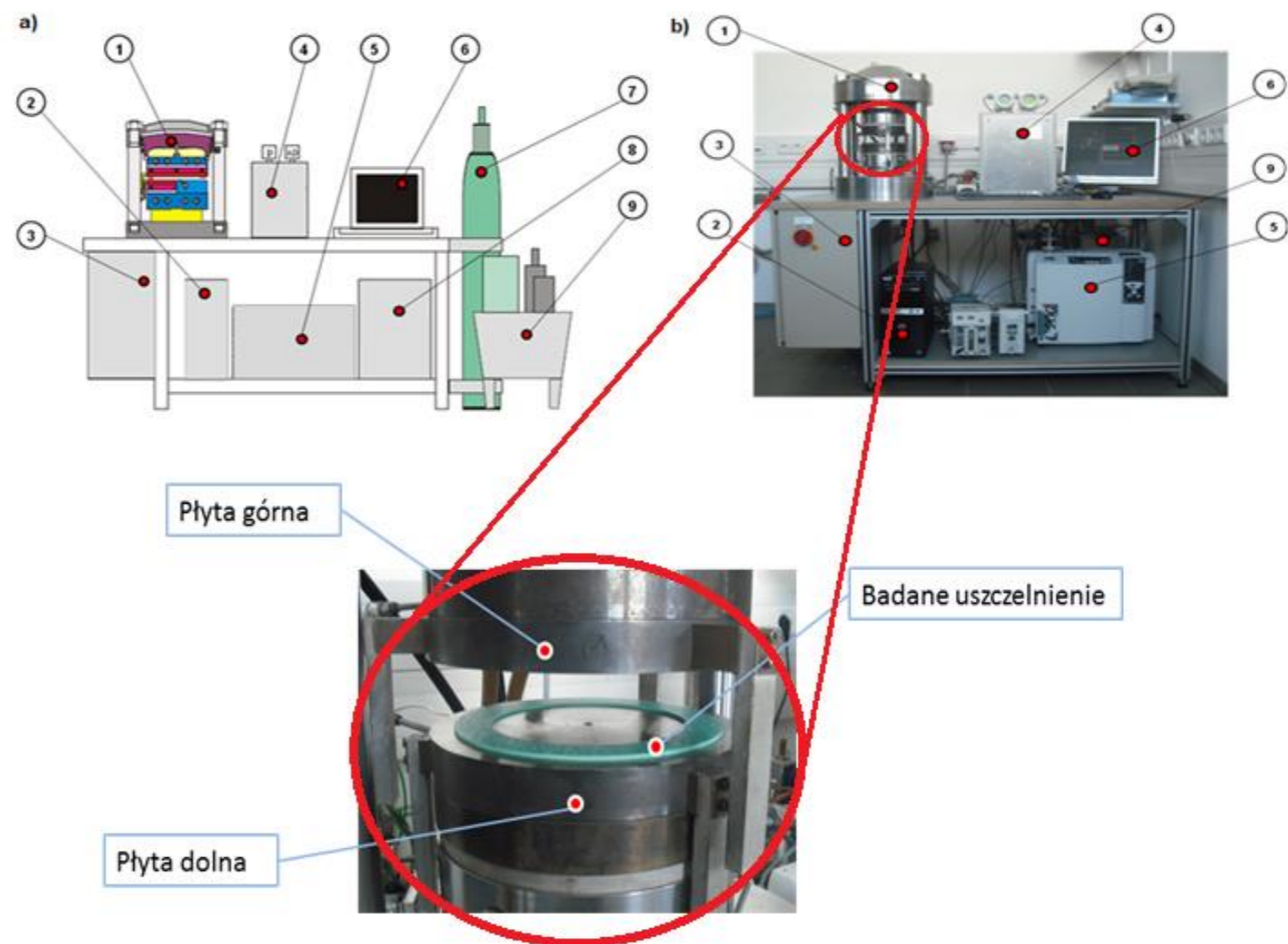
Pozyskiwanie danych materiałowych uszczelnień spoczynkowych

Procedury badawcze pozwalające określić podstawowe dane materiałowe uszczelnień spoczynkowych ściśle reguluje norma PN-EN 13555.

Do podstawowych danych należą;

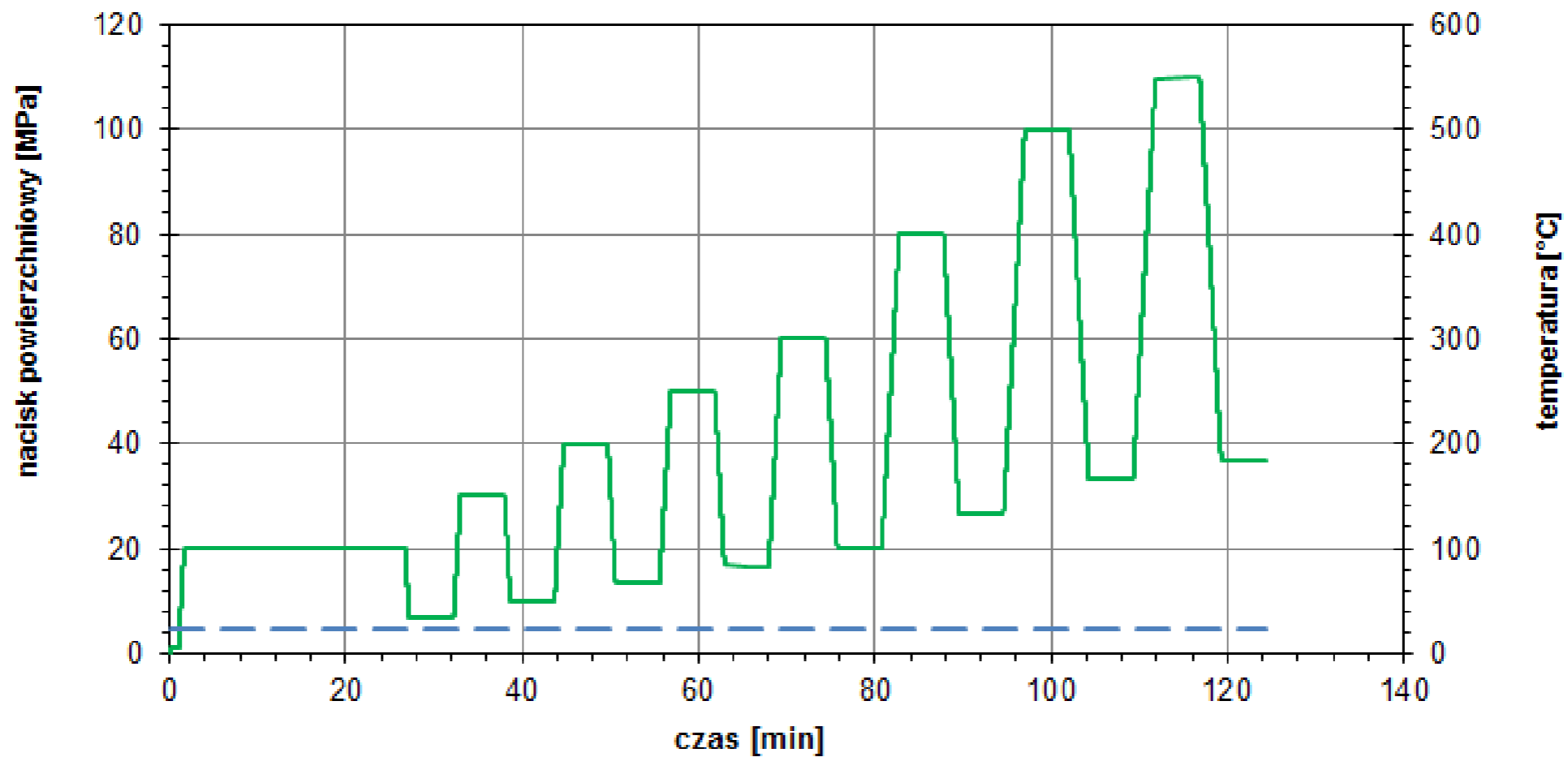
- charakterystyka sprężystości uszczelnienia,
 - charakterystyka szczelności uszczelnienia,
 - maksymalny nacisk niszczący uszczelnienie,
 - charakterystyka pełzania,
 - Moduł sprężystości przy odciążaniu
-

Stanowisko badawcze:



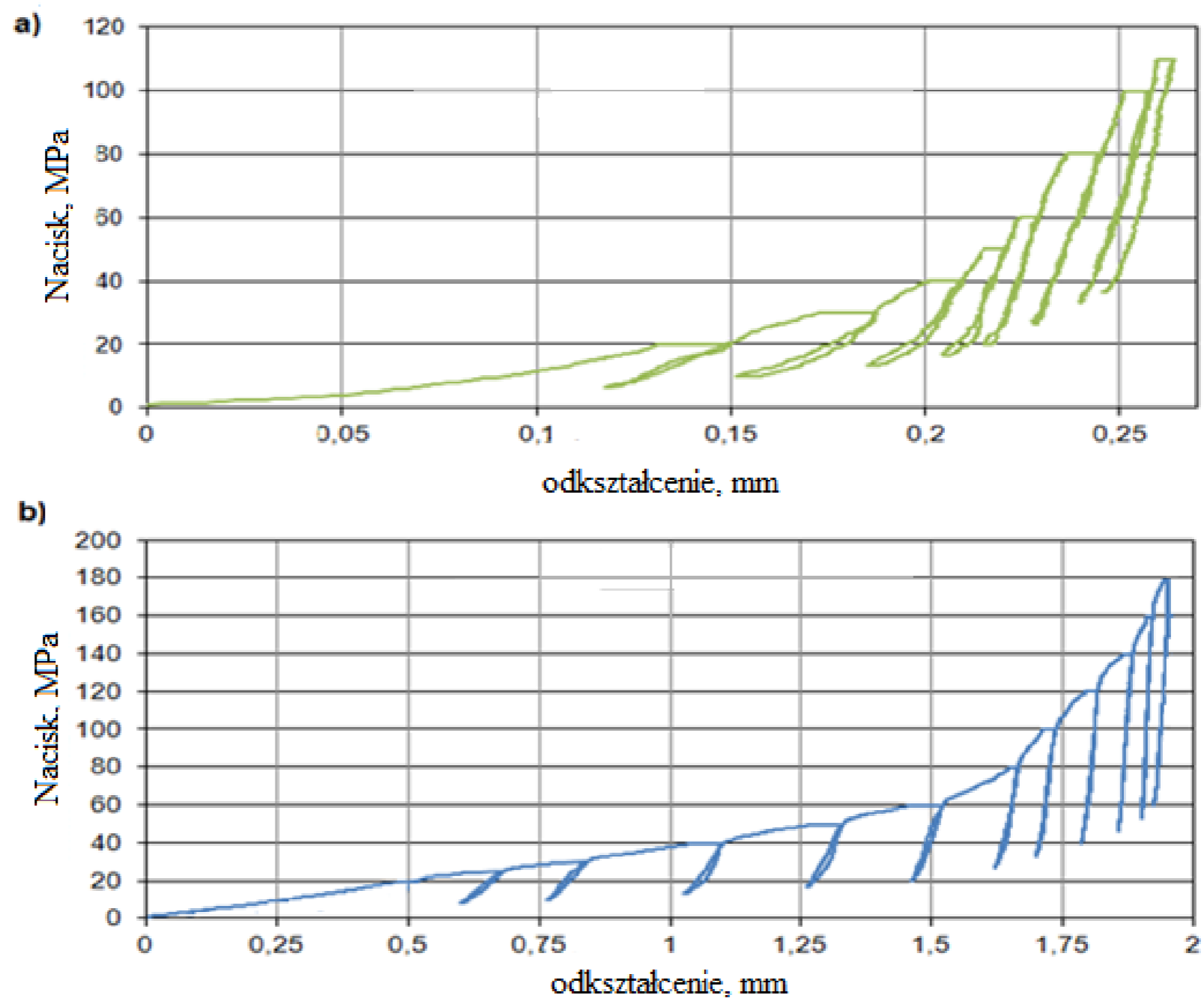
Rys.1.25. Stanowisko badawcze a) schemat blokowy, b) fotografia stanowiska badawczego 1-prasa hydrauliczna, 2- komputer, 3- jednostka kontrolna, 4- jednostka pomiaru ciśnienia, 5- detektor helu, 6-monitor, 7- butla z helem, 8- jednostka chłodzenia, 9- pompa hydrauliczna.

Przebieg badań:



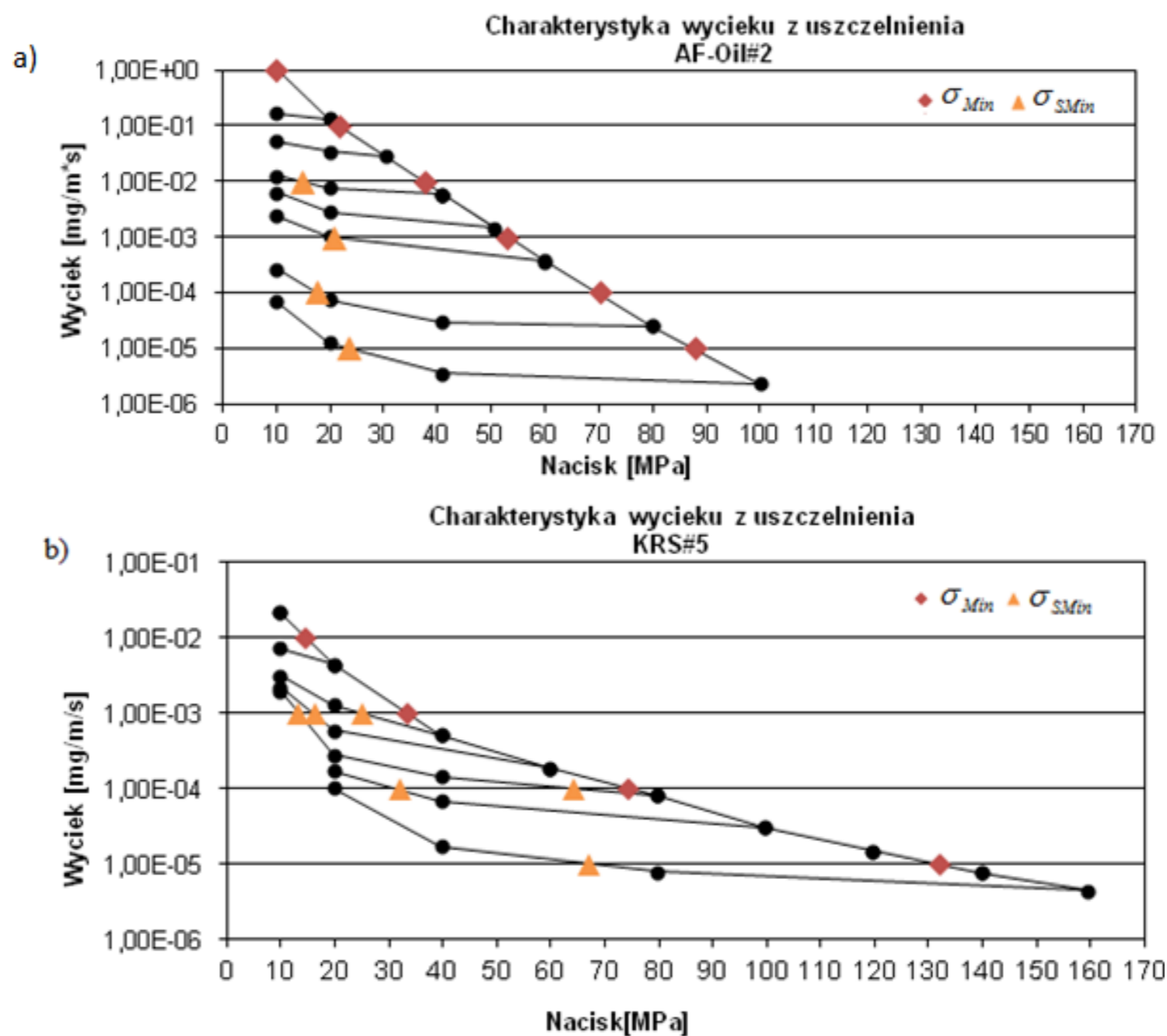
Rys. 1.26. Nacisk powierzchniowy wywierany na uszczelnienie AF-Oil – linia zielona oraz temperatura – linia niebieska, w funkcji czasu

Wynik badań:



Rys. 1.27. Charakterystyki ściskania i odciążania; a) uszczelnienie AF-Oil o grubości 2mm, b) uszczelnienie spiralne KRS o grubości 5mm

Wynik badań:



Rys. 1.28. Charakterystyki szczelności badanych uszczelnień; a) AF-Oil#2, b) uszczelnienie spiralne KRS#5

Modelowanie uszczelnienia spoczynkowego w MES polega na:

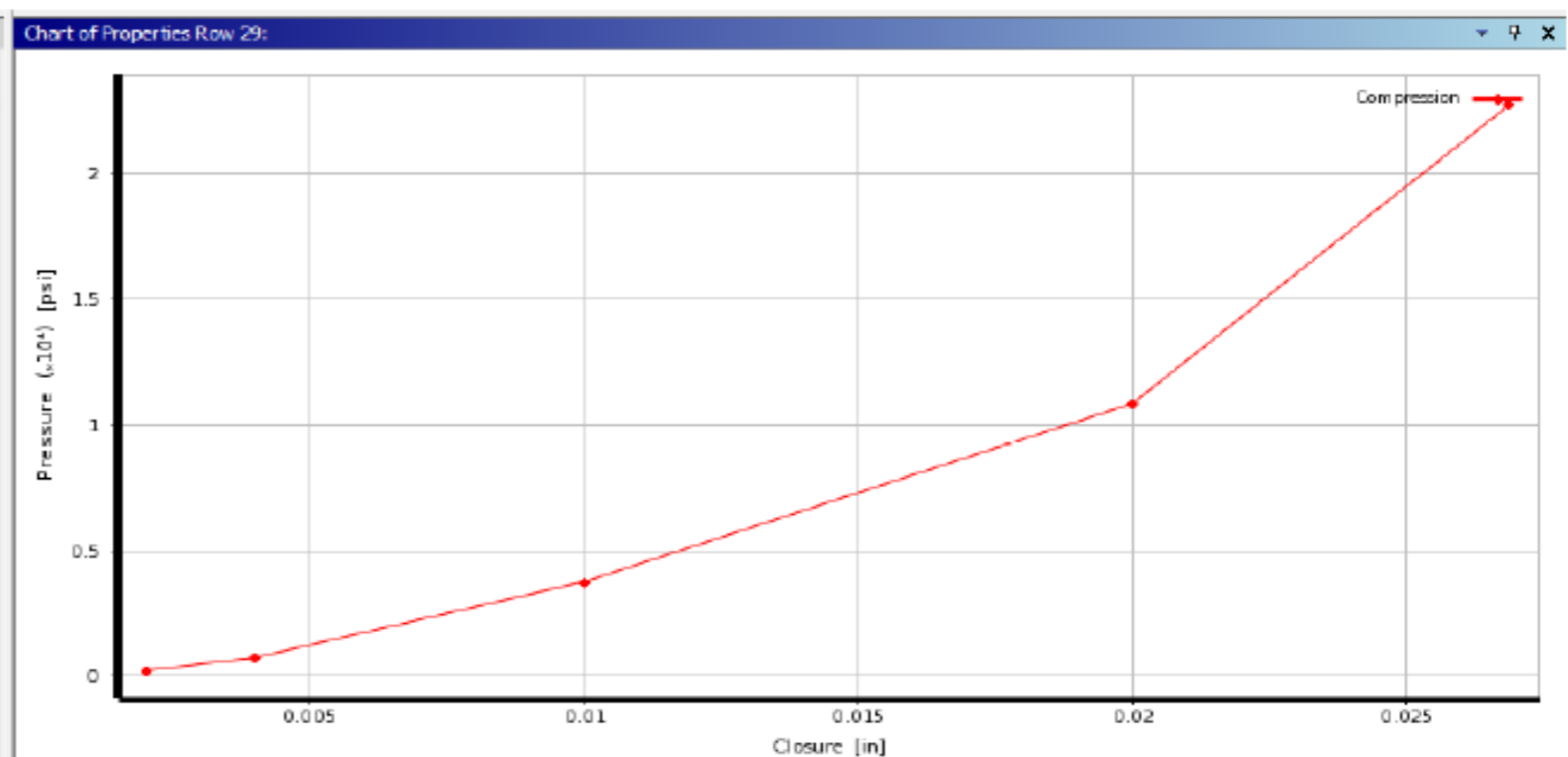
- wprowadzeniu jako modelu materiału charakterystyki sztywności uszczelnienia,
- użyciu dedykowanych ustawień modelu, (odpowiednia siatka elementów skończonych)
- właściwego sposobu zadawania obciążeń,
- oceny rezultatów analizy z użyciem odpowiednich opcji.

Modelowanie uszczelnień spoczynkowych w MES

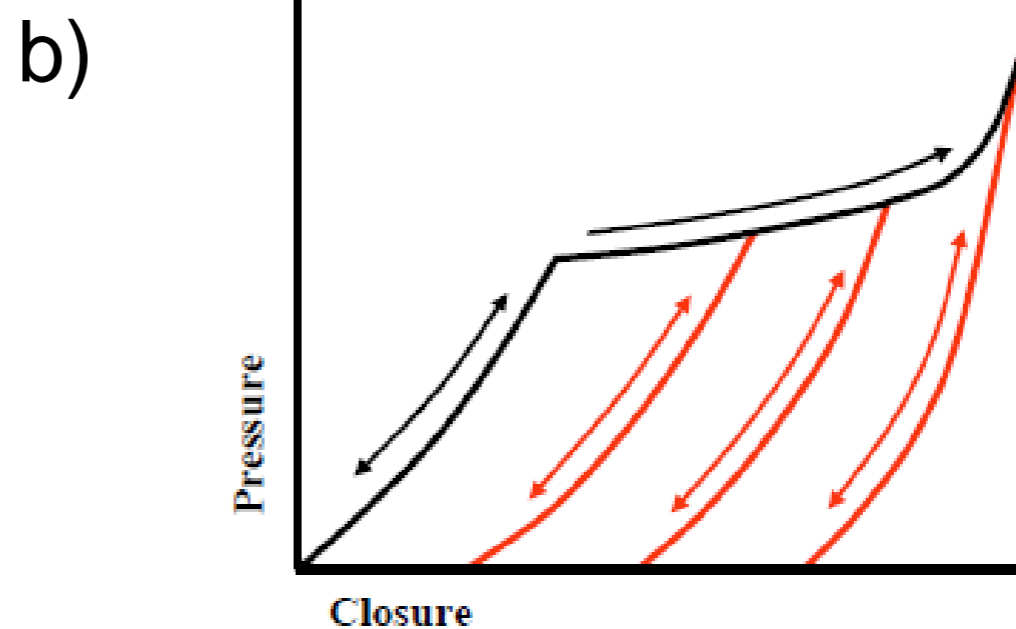
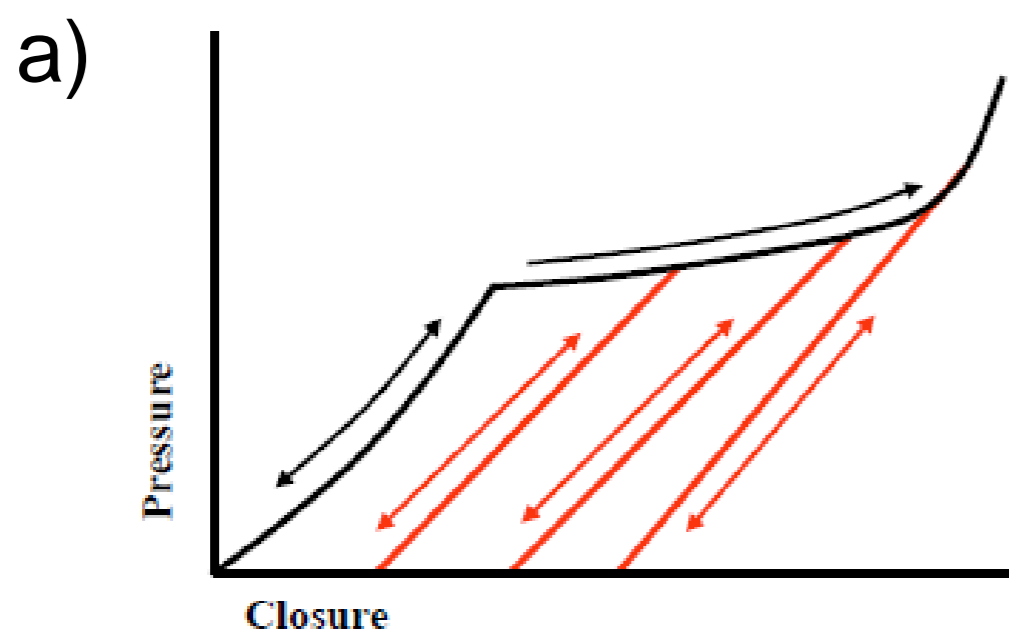
Dane materiałowe wprowadza się na podstawie eksperymentalnie wyznaczonej zależności odkształcenia uszczelnienia od nacisku. W bibliotece materiałów programu ANSYS dostępny jest specjalny model materiału uszczelnienia „**Gasket**”, pozwalający na wprowadzenie danych eksperymentalnych.

	A	B
1	Closure (in)	Pressure (psi)
2	0.002	233.84
3	0.004	755.48
4	0.01	3770.4
5	0.02	10853
6	0.0269	22792
*		

	A	B	C	D	E
1	Property	Value	Unit		
2	Density	0.2835	lb in ⁻³		
3	Isotropic Secant Coefficient of Thermal Expansion				
6	Isotropic Elasticity				
12	Alternating Stress Mean Stress	Tabular			
16	Strain-Life Parameters				
24	Tensile Yield Strength	36259	psi		
25	Compressive Yield Strength	36259	psi		
26	Tensile Ultimate Strength	66717	psi		
27	Compressive Ultimate Strength	0	psi		
28	Gasket Model				
29	Data Set 1				
30	Temperature	532.67	R		
31	Compression	Tabular			
32	Scale	1			
33	Offset	0	psi		



Dane eksperymentalne do modelu „**Gasket**” wprowadza się w postaci charakterystyki ściskania uszczelnienia „**Compression**” oraz zestawu charakterystyk odciążenia uszczelnienia. Przy czym charakterystyki odciążenia można wprowadzić jako nieliniowe „**Nonlinear unloading**” bądź liniowe „**Linear unloading**” dane eksperymentalne.



Charakterystyki odciążenia uszczelnienia wprowadzane do modelu materiału „Gasket” a) liniowe, b) nieliniowe

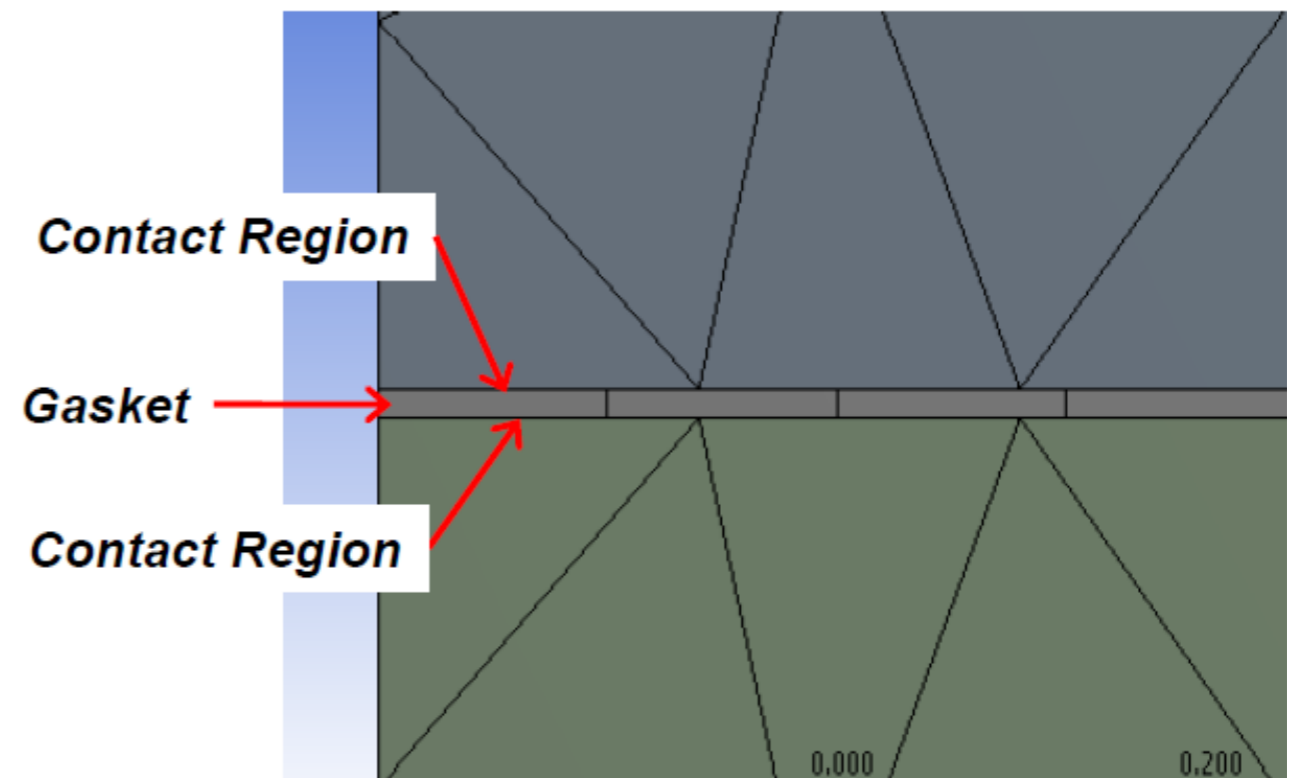
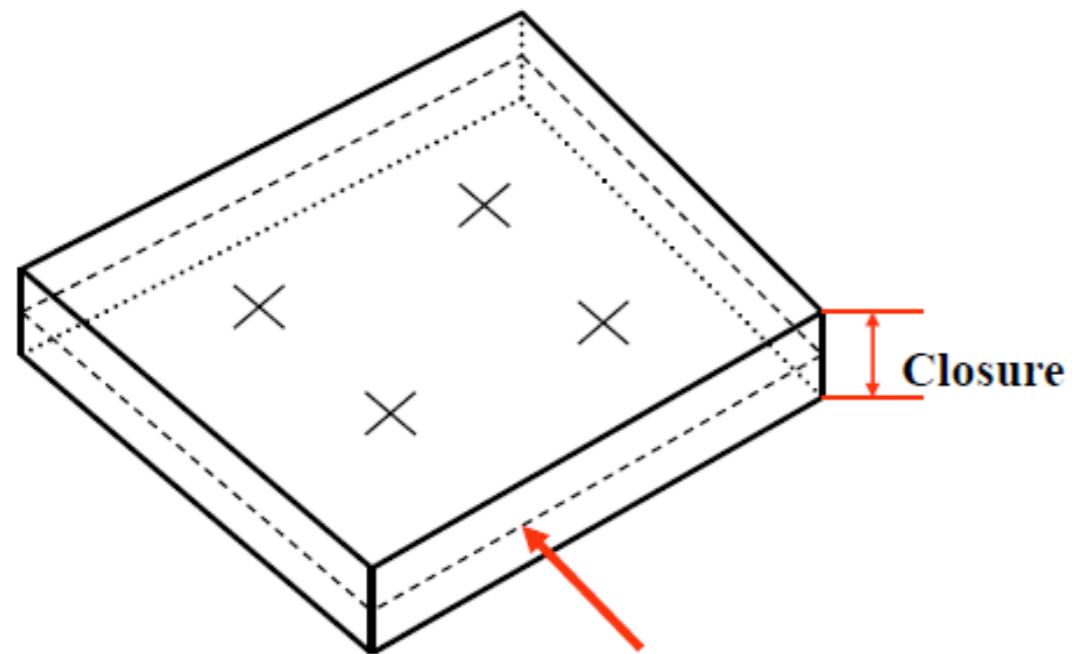
Dedykowane ustawienia modelu

W części odzwierciedlającej uszczelnienie należy ustawić dedykowaną dla uszczelnienia sztywność jako „**Gasket**”.
Opcja ta dostępna jest tylko w przypadku analizy 3D.

Details of "Solid"	
+ Graphics Properties	
- Definition	
<input type="checkbox"/> Suppressed	No
ID (Beta)	16
Stiffness Behavior	Gasket
Coordinate System	Flexible Rigid
Reference Temperature	Gasket
- Material	Flexible Beam (Beta) Rigid Beam (Beta)
Assignment	
Nonlinear Effects	Yes
Thermal Strain Effects	Yes
+ Bounding Box	
+ Properties	
+ Statistics	

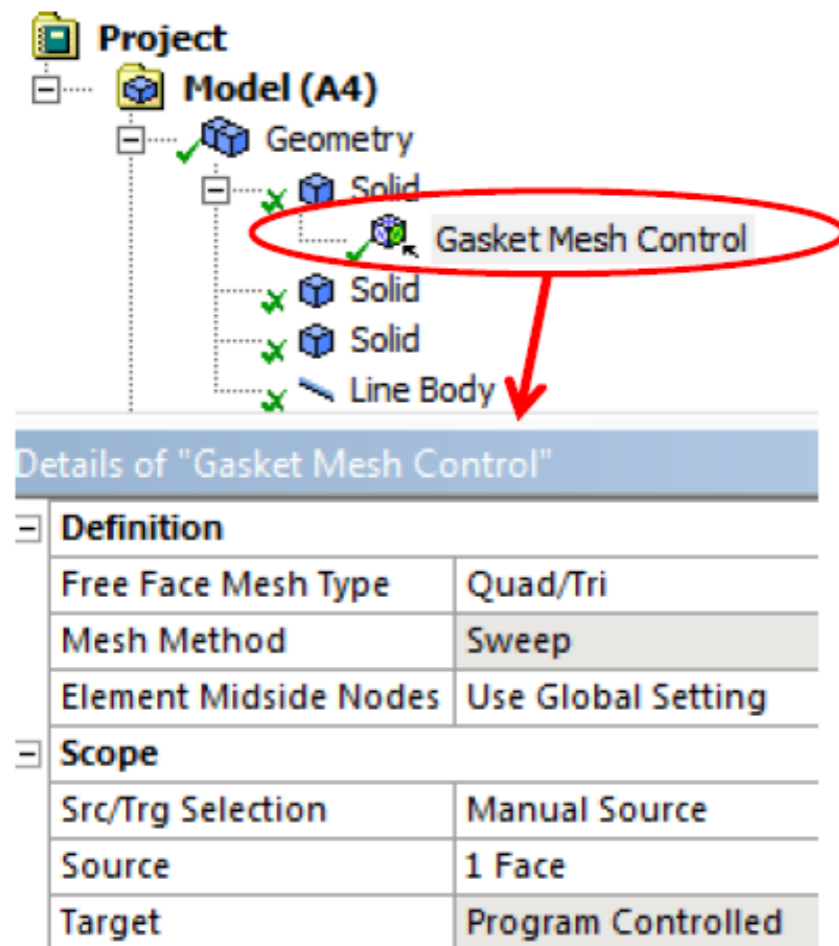
Dedykowane ustawienia siatki.

Dyskretyzacja modelu reprezentującego uszczelnienie spoczynkowe przebiega przy użyciu specjalnego rodzaju elementów skończonych. Możliwy jest tylko jeden element po grubości uszczelnienia.



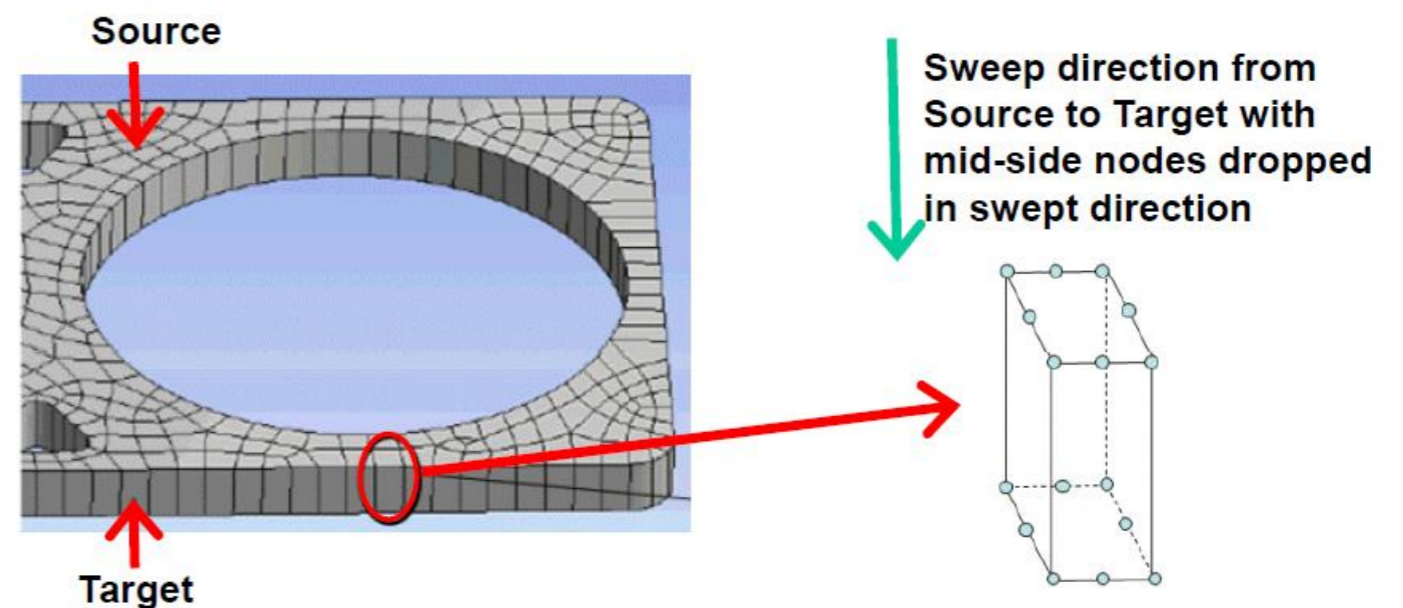
Dedykowane ustawienia siatki.

W części modelującej uszczelnienie, automatycznie przypisywana jest metoda generowania siatki. Siatka generowana jest zawsze wg metody „**Sweep**”.



The screenshot shows the software interface. In the model tree, 'Gasket Mesh Control' is highlighted with a red oval. Below it, the 'Details of "Gasket Mesh Control"' panel is visible, containing the following settings:

Definition	
Free Face Mesh Type	Quad/Tri
Mesh Method	Sweep
Element Midside Nodes	Use Global Setting
Scope	
Src/Trg Selection	Manual Source
Source	1 Face
Target	Program Controlled

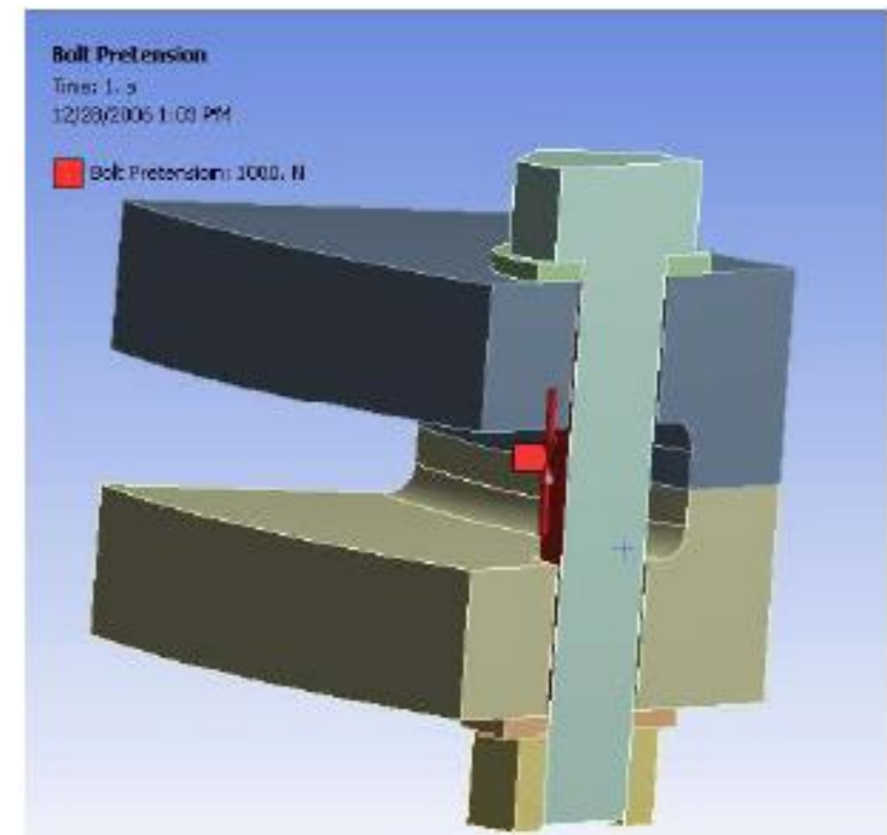


Obciążenie.

W większości przypadków odpowiednie obciążenie montażowe uszczelnienia odbywa się przez właściwe napięcie śrub. Do symulacji napięcia śrub

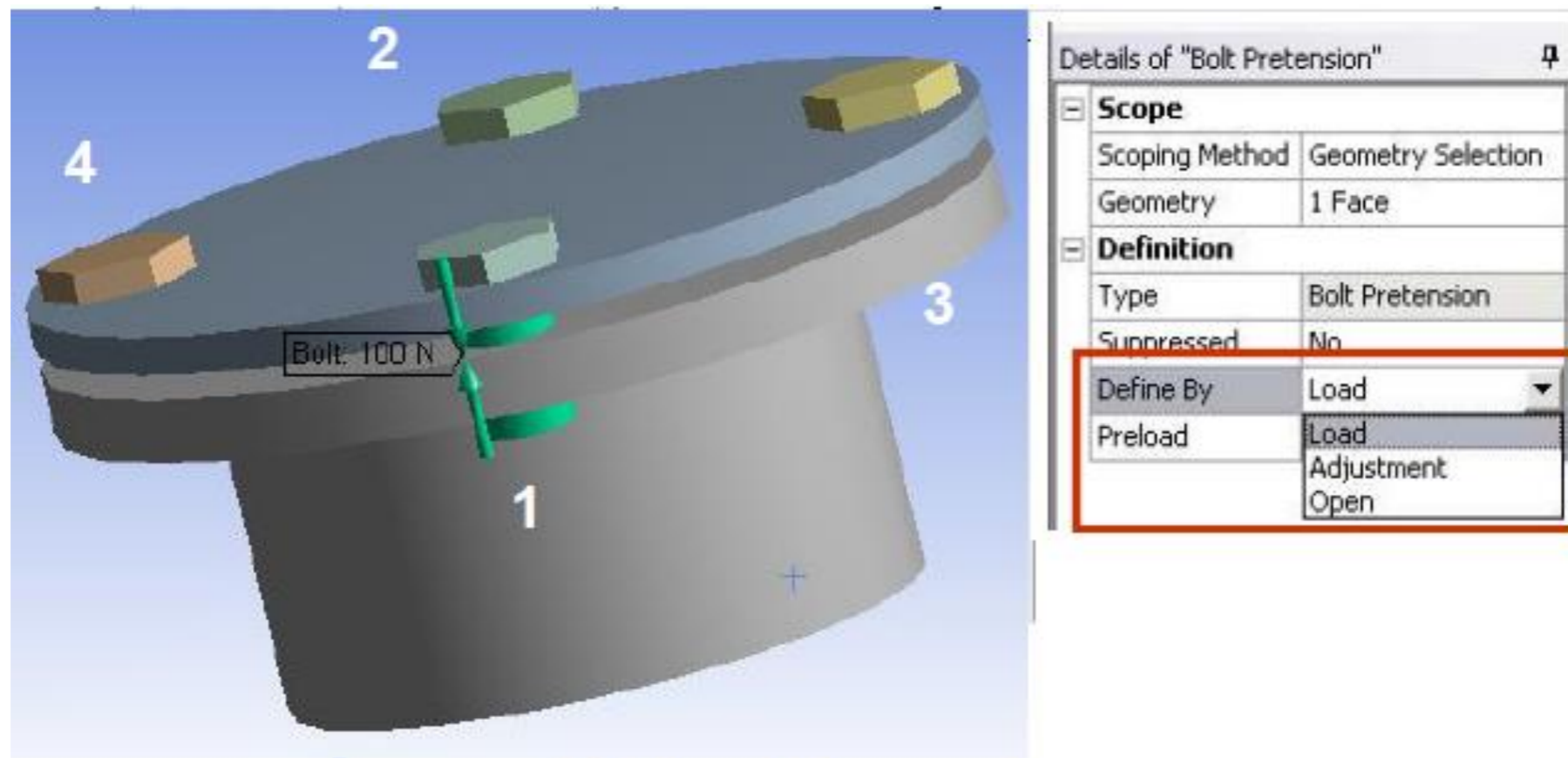
(w systemie ANSYS) dostępna jest specjalna funkcja „**Bolt Pretension**”

Details of "Bolt Pretension"	
[-] Scope	
Scoping Method	Geometry Selection
Geometry	1 Face
[-] Definition	
Type	Bolt Pretension
Suppressed	No
Define By	Load
<input type="checkbox"/> Preload	1000. N



Obciążenie.

Wstępne napięcie śrub można zadać jako wartość siły lub jako wartość skrócenia śruby, wynikająca ze zmiany jej zacisku spowodowanego obrotem nakrętki.

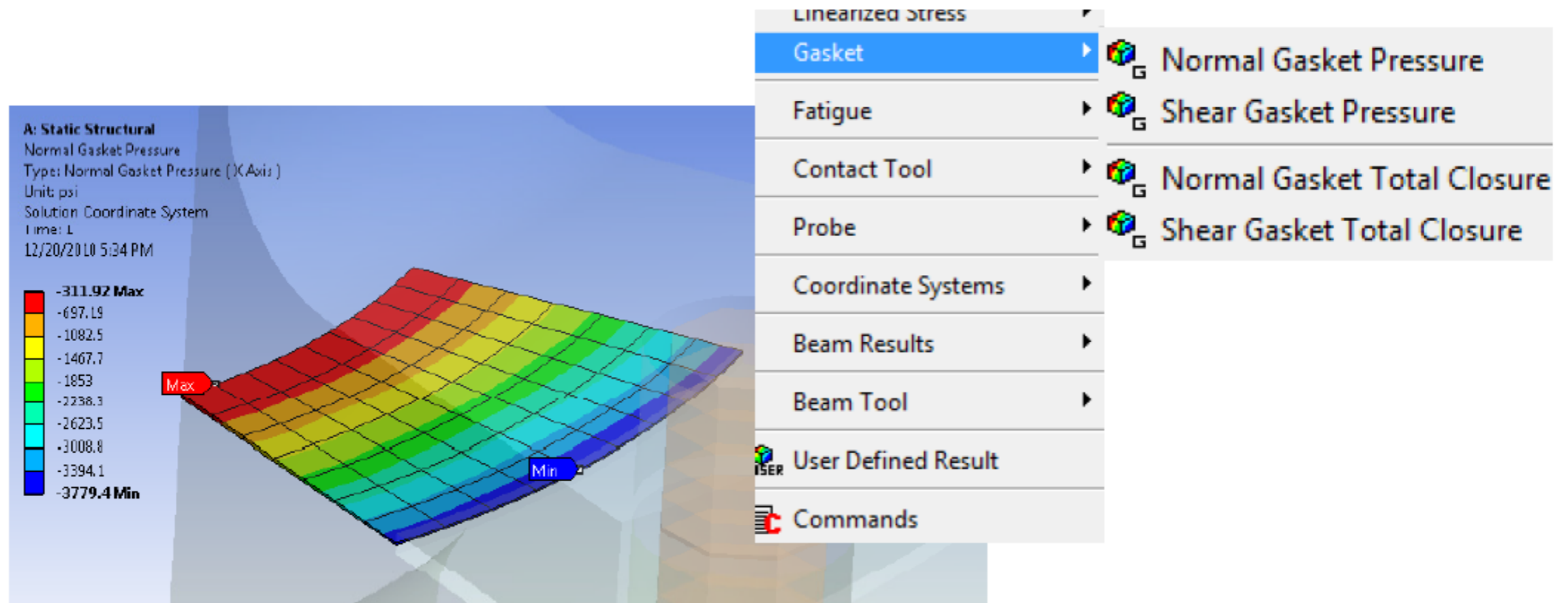


Modelowanie uszczelnień spoczynkowych w MES

Analiza rezultatów.

W celu wyświetlania wyników analizy dostępne są następujące funkcje:

- „Normal Gasket Pressure”,
- „Shear Gasket Pressure”,
- „Normal Gasket Total Closure”,
- „Shear Gasket Total Closure”



Uszczelnienia dynamiczne

w ruchu obrotowym

USZCZELNIENIA CZOŁOWE

Stosowane w:

- pompach, wentylatorach, kompresorach,
- zaworach kulowych

Odznaczają się:

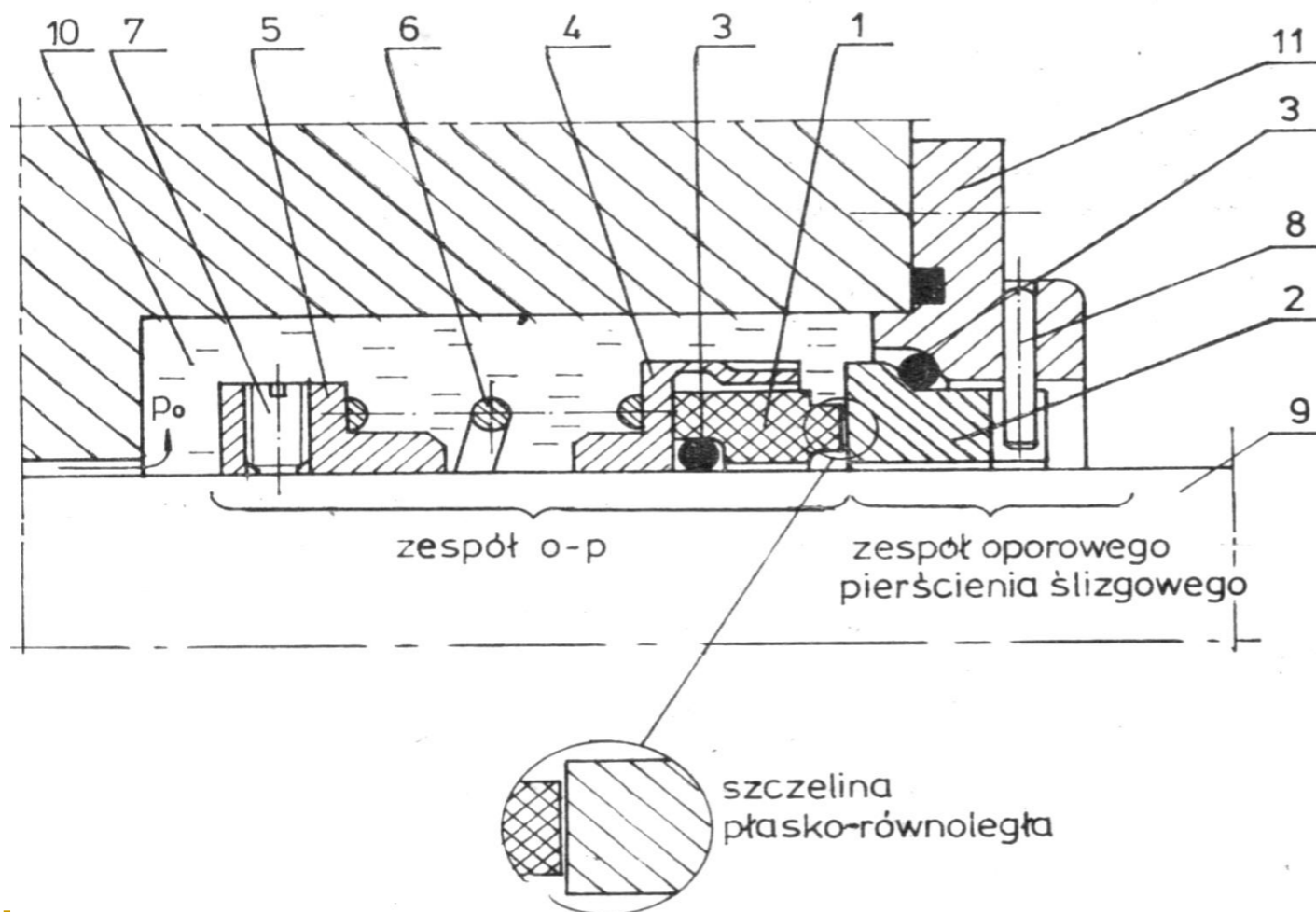
- wysokim poziomem szczelności,
- stosunkowo niskim oporem ruchu,
- dużą trwałością

Pracują w warunkach:

- wysokiego ciśnienia,
- szerokiego zakresu temperatury 2 K ÷ 533 K
- dużej prędkości obrotowej wału $\leq 3 \cdot 10^5 \text{ obr}/\text{min}$

DEFINICJA

Czołowe uszczelnienie jest uszczelnieniem stykowym, ruchowym, uszczelniającym wały obrotowe, w którym proces dławienia przepływu czynnika uszczelnianego zachodzi w szczelinie płasko-równoległej, utworzonej z powierzchni pierścieni ślizgowych: obracającego się 1 oraz nieruchomego 2.



USZCZELNIENIA CZOŁOWE

Zasada działania:

Poziom szczelności zależy, przede wszystkim, od wartości nacisku stykowego pomiędzy ślizgowymi powierzchniami pierścieni 1 i 2 oraz od płaskości wspomnianych powierzchni

Wstępny nacisk wywołuje sprężyna, końcowa wartość nacisku stykowego zależy od ciśnienia czynnika uszczelnianego oraz od tzw. odciążenia hydraulicznego uszczelnienia. Sprężyna 6 może spełniać dodatkową funkcję \Rightarrow elementu przenoszącego moment obrotowy z wału na pierścień ślizgowy (rys. 4.1)

W czasie pracy uszczelnienia czołowego pierścieni 1 trze o powierzchnię pierścienia 2 \Rightarrow pierścień 2 musi być zabezpieczony kołkiem 8 przed obrotem. Uszczelnienia wtórne 3 uszczelniają potencjalne drogi wycieku wzdłuż powierzchni wału oraz wzdłuż powierzchni walcowej pierścienia 2. ~~Jedyną drogą wycieku czynnika jest płasko-równoległa szczelina~~

USZCZELNIENIA CZOŁOWE

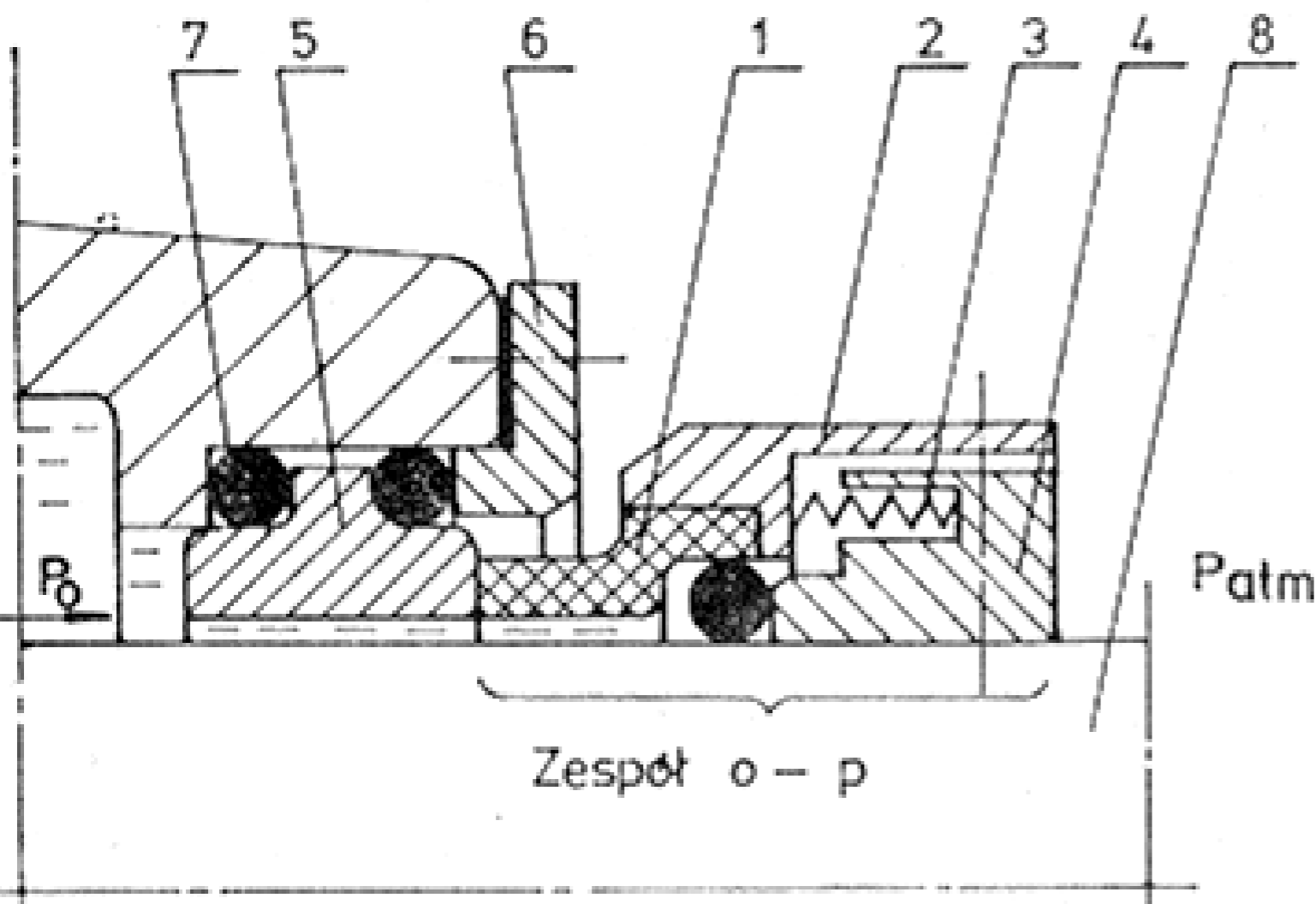
Jakość pracy uszczelnienia czołowego zależy od:

- kierunku przepływu czynnika w szczelinie płasko-równoległej,
- Obciążenia powierzchni styku pierścieni ślizgowych
- Sposobu przeniesienia momentu obrotowego z wału na pierścień ślizgowy,
- Rozwiązania węzłów z uszczelnieniami wtórnymi
- Sposobu zabudowy pierścienia oporowego,
- Właściwości materiałów na pierścienie ślizgowe

USZCZELNIENIA CZOŁOWE

Kierunek przepływu czynnika w szczelinie:

- Przeciwny do kierunku działania siły odśrodkowej (rys. 4.1-tzw. uszczelnienie wewnętrzne)
- Zgodny z kierunkiem działania siły odśrodkowej (rys. 4.2 – tzw. uszczelnienie zewnętrzne)



Rys. 4.2. Czołowe uszczelnienie typu zewnętrznego,

- 1- pierścień ślizgowy (o-p),
- 2 – oprawa pierścienia,
- 3 – sprężyna,
- 4 – tulejka osadcza,
- 5 – pierścień ślizgowy oporowy,
- 6 – pokrywa zabezpieczająca pierścień oporowy przed wypchnięciem,
- 7 – uszczelnienie wtórne,
- 8 – wał

USZCZELNIENIA SZNUROWE

DEFINICJA: Uszczelnienie sznurowe jest uszczelnieniem stykowym, wykonywanym z różnych przedz lub z folii grafitowej, czy metalowej.

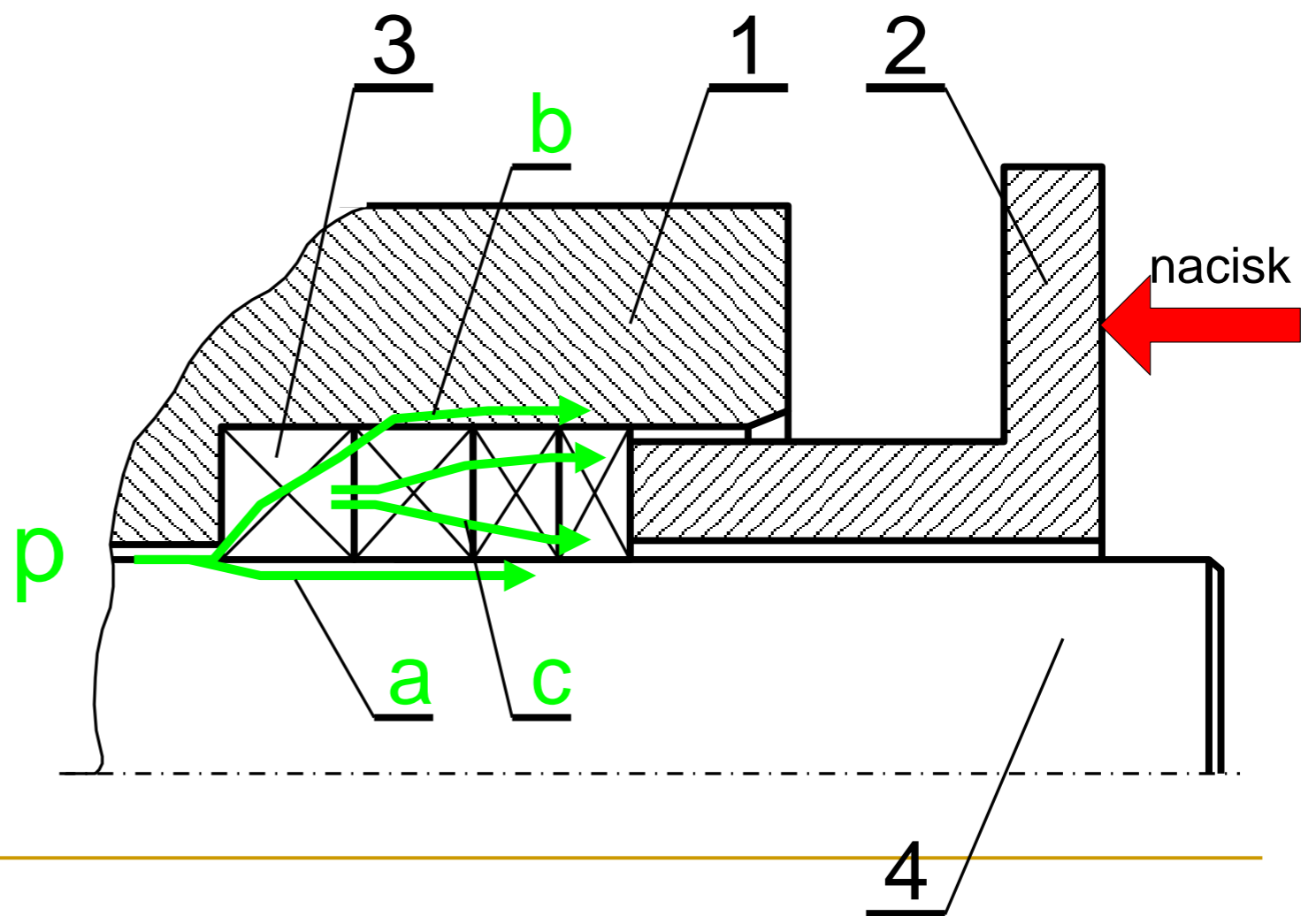
uszczelnienia sznurowe stosowane są jako ruchowe:

- do uszczelniania wałów obrotowych,
 - do uszczelniania tłoczków ruchu postępowo-zwrotnego,
- oraz jako uszczelnienia spoczynkowe

USZCZELNIENIA SZNUROWE

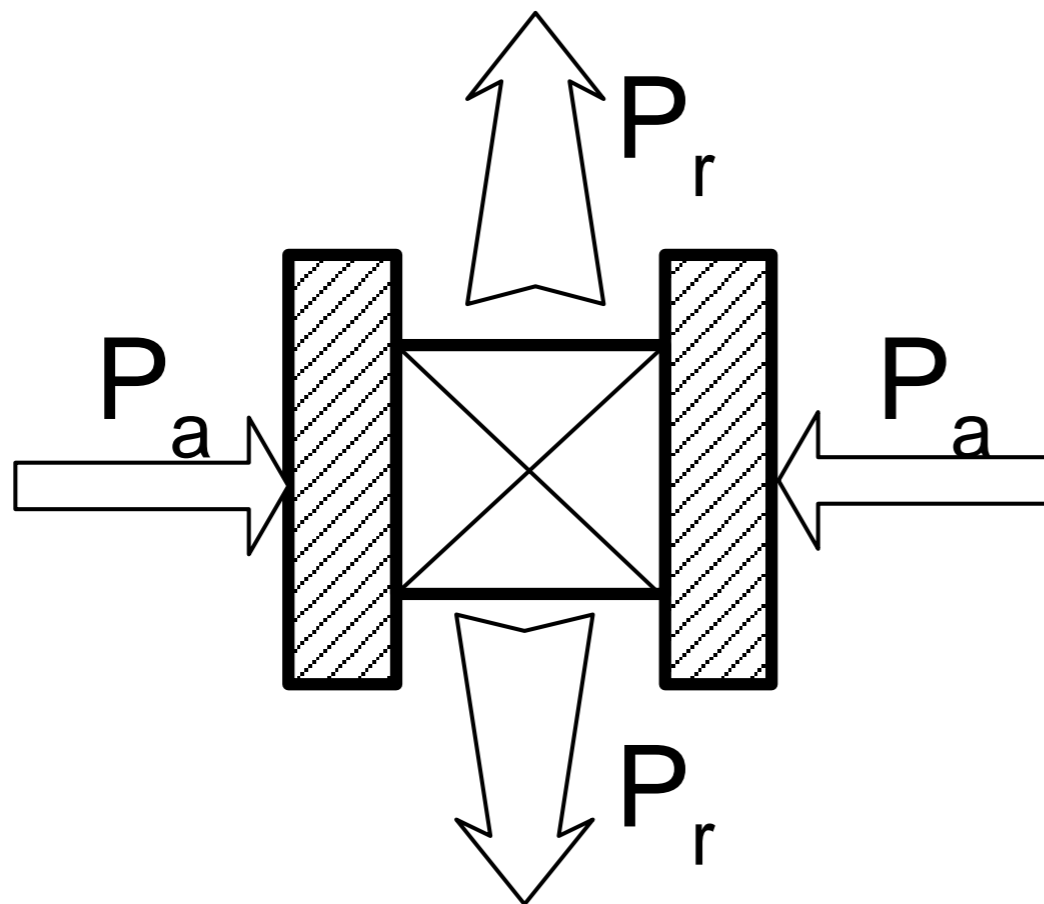
Zasada działania uszczelnienia sznurowego: komplet sznurów 3 osadza się w dławnicy zaworu 1 a następnie ściska się je dławikiem 2. W rezultacie odkształcenia sznury wywierają nacisk zarówno na powierzchnię wrzeciona jak i dławnicy. Materiał sznura wypełnia nierówności na wymienionych powierzchniach a jednocześnie zagęszcza się; w ten sposób dochodzi do dławienia przepływu przez dławnicę.

Rys. 5.1. Dławnica z uszczelnieniem sznurowym – potencjalne drogi wycieku a), b) i c); 1 – dławnica, 2 – dławik, 3 – sznur uszczelniający, 4 – wrzeciono,



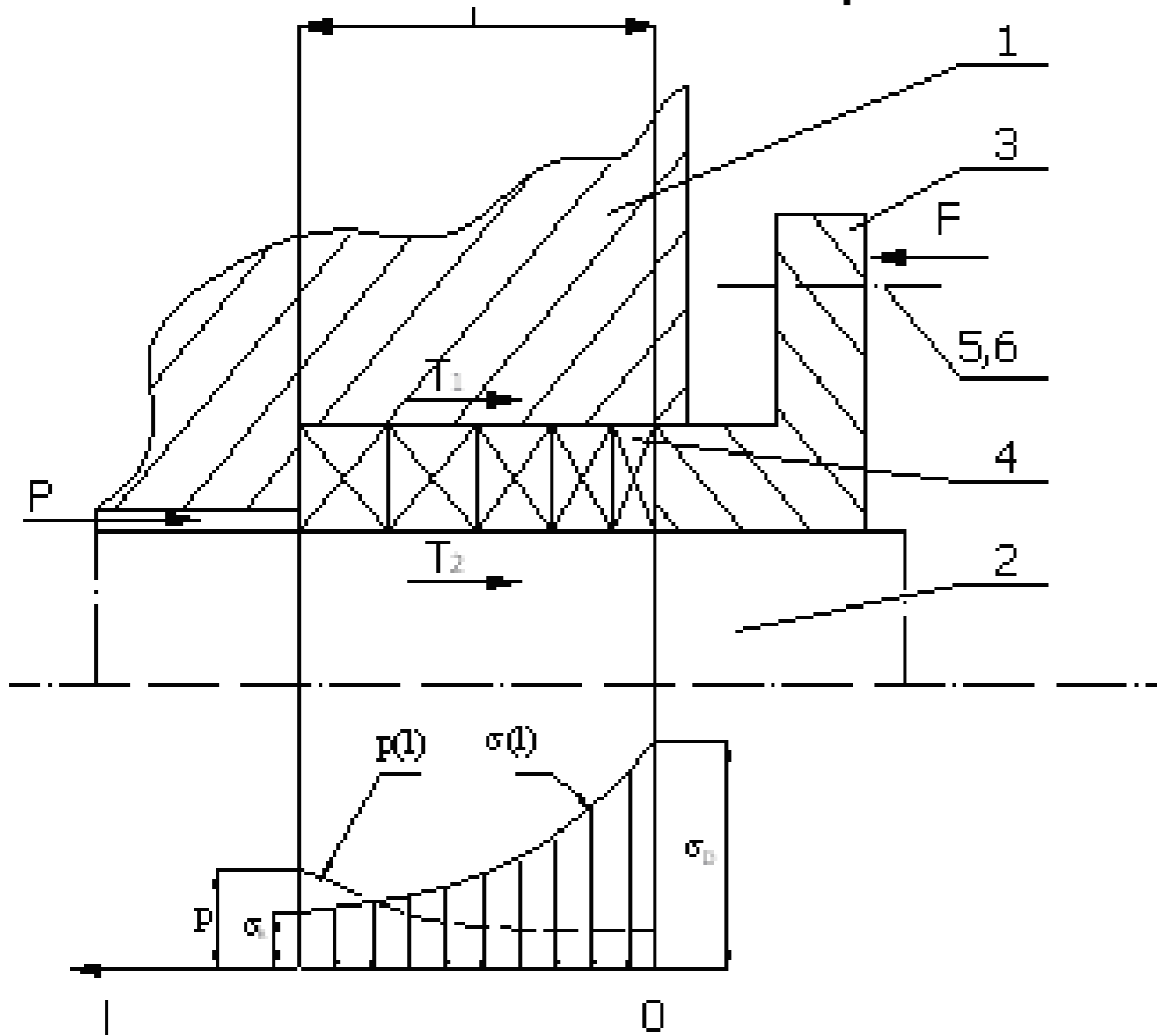
USZCZELNIENIA SZNUROWE

Wskutek deformacji sznura w kierunku poosiowym sznur oddziałuje na powierzchnie w kierunku promieniowym.
Współczynnik oddziaływania bocznego sznura.



$$k = \frac{P_r}{P_a} = \frac{\sigma_r}{\sigma_a}$$

Gdzie: s – bok sznura
 f – współczynnik tarcia sznura o powierzchnię dławnicy/wrzeciona



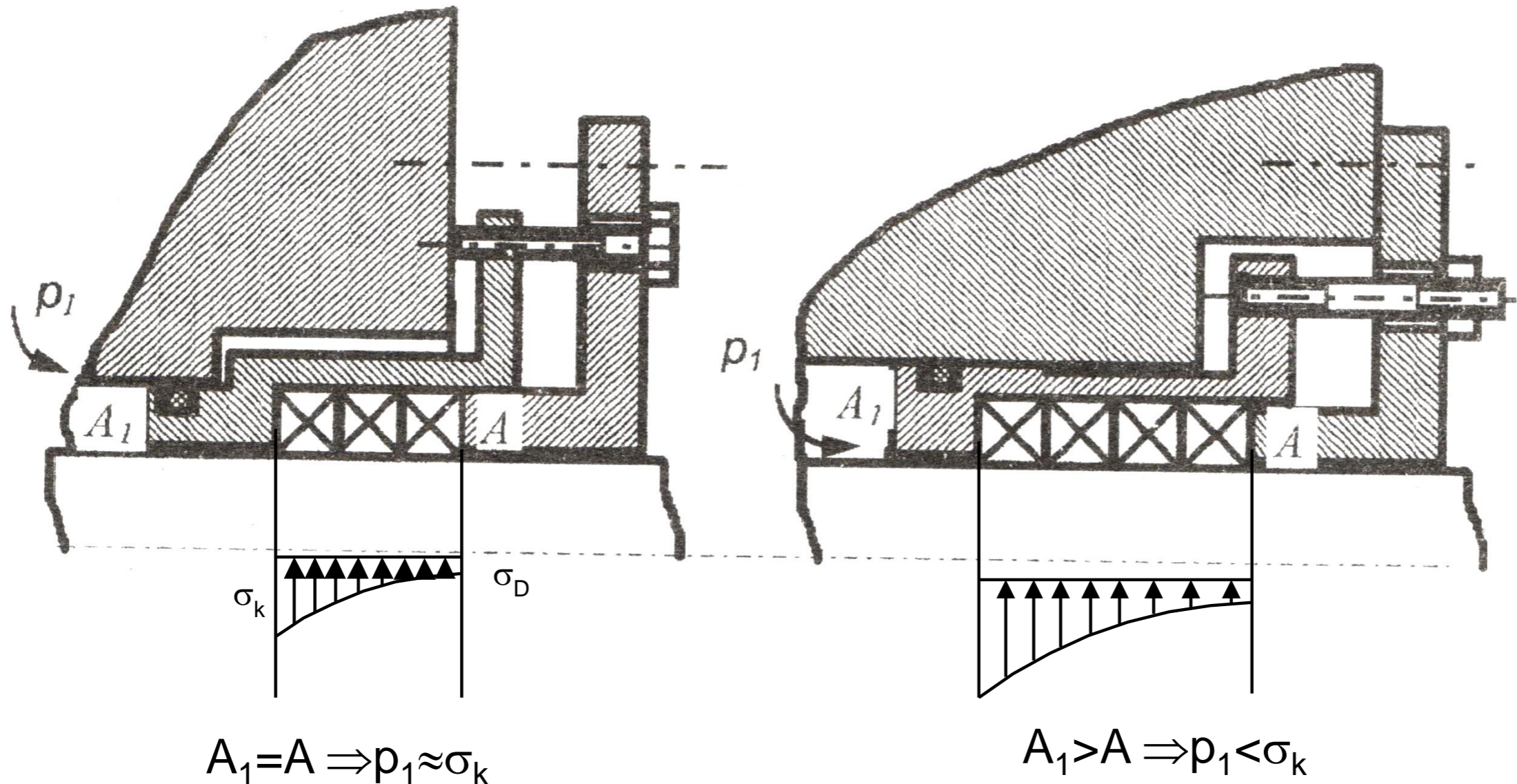
Rys. 1.30. Rozkład nacisku stykowego po długości sznurów

$$\sigma(x) = \sigma_D \cdot e^{-2f \frac{x}{s} k}$$

Pierwsze dwa sznury od strony dławnicy są bardziej odkształcone i to one najbardziej obciążają powierzchnie dławnicy i wrzeciona. Nacisk sznura na dnie dławnicy jest zbyt mały aby zapobiec wnikananiu czynnika do szczeliny $p_1 \gg \sigma_k$

USZCZELNIENIA SZNUROWE

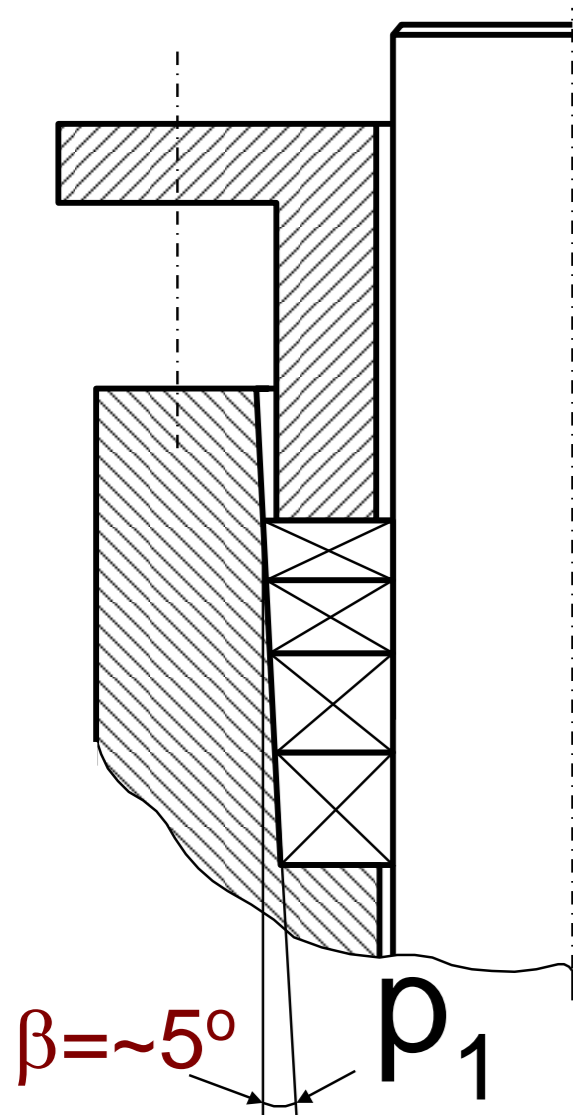
Rozwiązań tego dylematu jest wiele, poniżej przedstawiono kilka z nich:



Rys. 1.31. Sposób zmiany rozkładu nacisku stykowego a) równość nacisku σ_k z ciśnieniem p_1 czynnika uszczelnianego, b) nacisk σ_k większy od ciśnienia p_1 czynnika uszczelnianego

USZCZELNIENIA SZNUROWE

Innym rozwiązaniem jest wykonanie stożkowej dławnicy, zwężającej się w stronę procesową zaworu, pompy.



$$\beta = k \left(f_1 + f_2 \cdot \frac{r}{R_0} \right)$$

Gdzie:

r – promień wrzeciona

R_0 – średni promień sznura w dławnicy

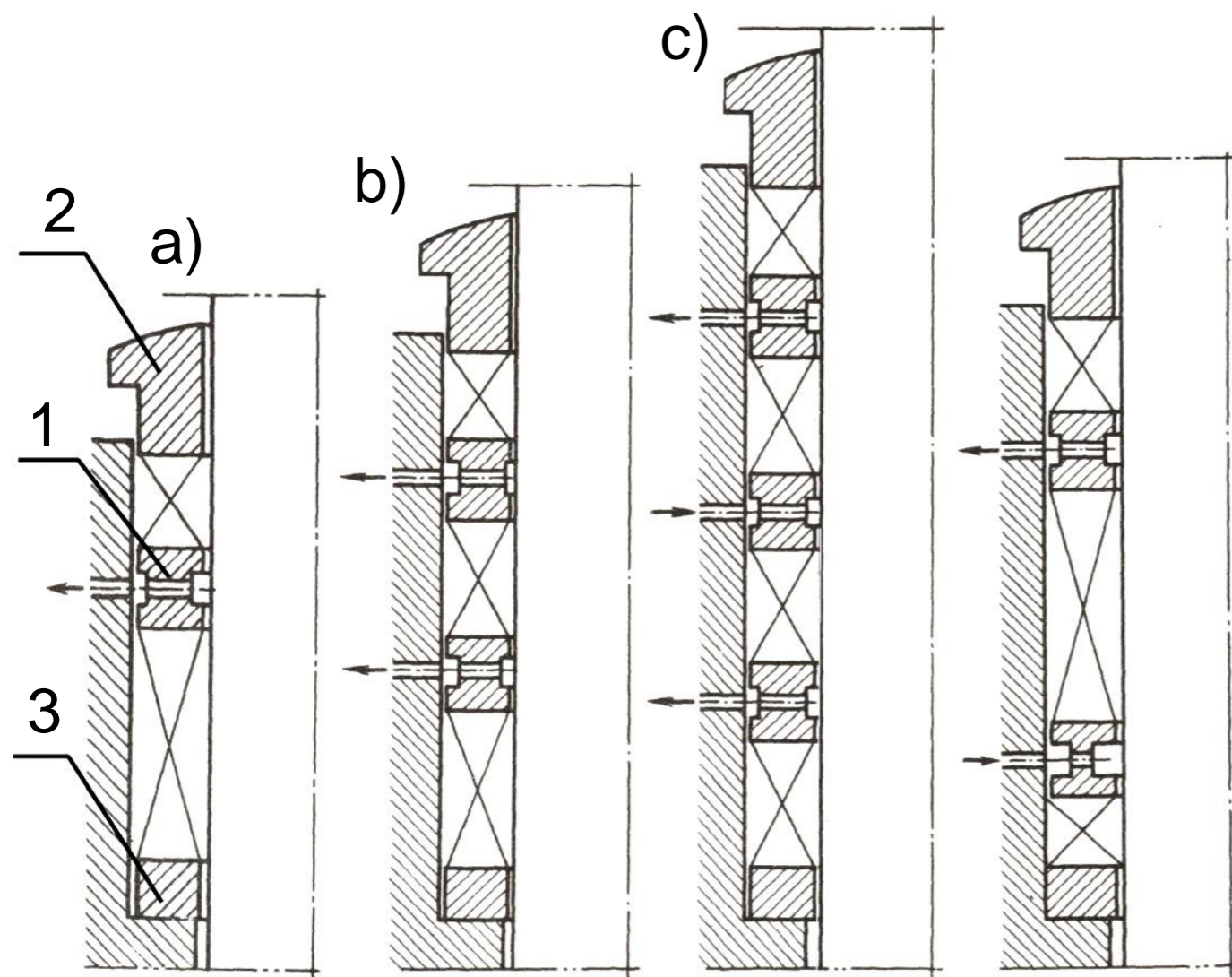
f_1, f_2 - współczynnik tarcia sznura o powierzchnię dławnicy i wrzeciona

Przy kącie pochylenia ściany dławnicy ok. 5° rozkład nacisku stykowego wyrównuje się po długości sznurów

Rys. 1.32. Stożkowa dławnica pod uszczelnienie sznurowe

USZCZELNIENIA SZNUROWE

W sytuacji potrzeby kontroli wyciekającego czynnika stosowane są pierścienie dystansowe, z których odbiera się wyciek (rys. 1.33). Szerokość pierścienia dystansowego

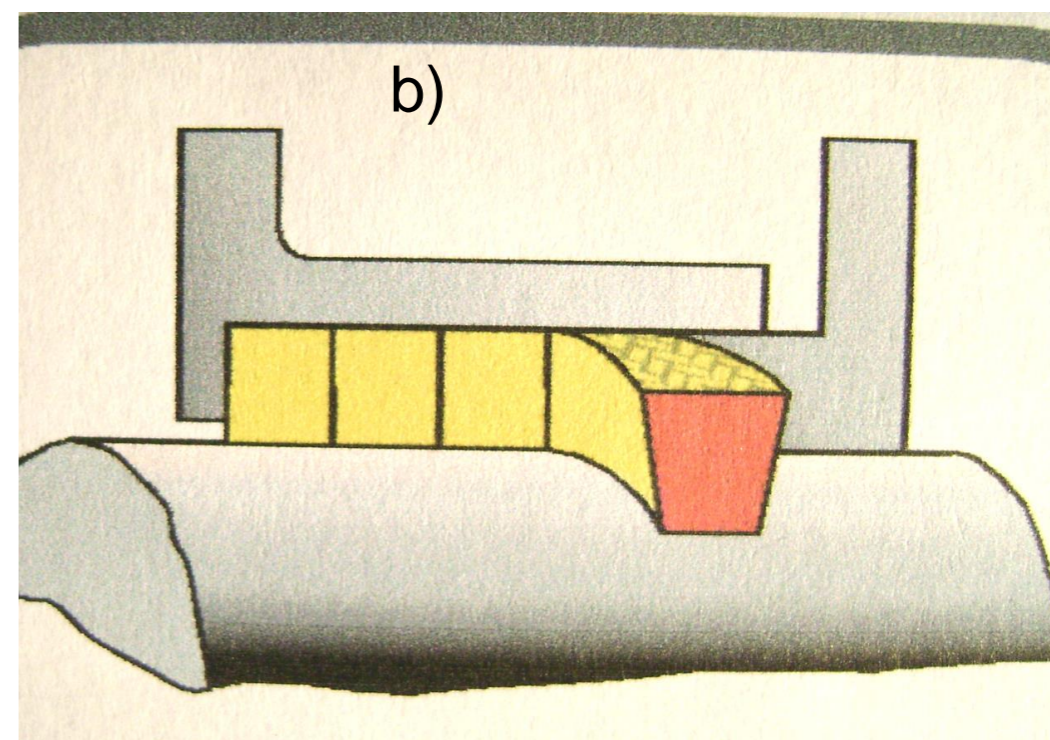
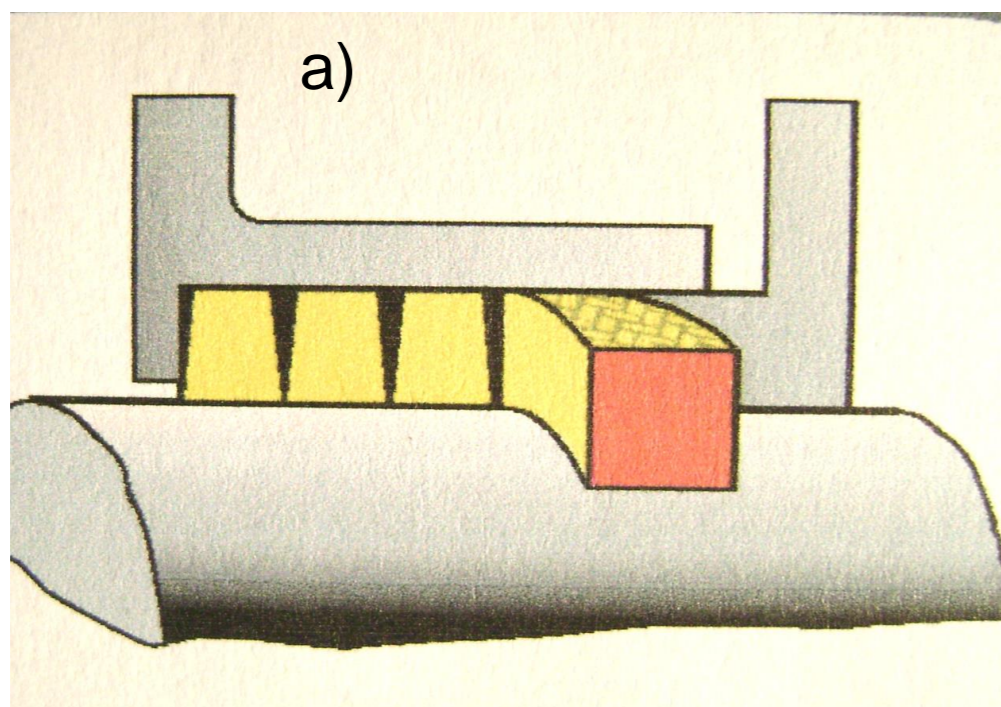


W rozwiązaniu c) ciecz/gaz zaporowy doprowadza się do środkowego pierścienia dystansowego pod wyższym ciśnieniem tak, by mieć pewność, że cały wyciek czynnika procesowego odprowadzony jest z dolnego pierścienia.

Rys. 1.33. Dławnica z kilkoma stopniami uszczelniającymi, a) jednostopniowa, b) dwustopniowa, c) trzystopniowa; 1 – pierścień dystansowy, 2 – dławik, 3 – pierścień przeciwwyciskowy

USZCZELNIENIA SZNUROWE

Na rys 1.34 przedstawiono dławnicę wypełnioną sznurami o przekroju kwadratowym (rys. 1.34a) i drugą – wypełnioną sznurami o przekroju trapezowym (rys. 1.34b).



Rys. 1.34. Dławnica wypełniona sznurami, a) o przekroju kwadratowym, b) o przekroju trapezowym

Sznur na swojej średnicy zewnętrznej ulega rozciąganiu, a na średnicy wewnętrznej - ściskaniu. W rezultacie odkształcenia sznury o przekroju kwadratowym nie przylegają do siebie. Wady tej nie stwierdza się w sznurach o przekroju trapezowym.

USZCZELNIENIA SZNUROWE

Rodzaje sznurów - zależą od przędzy użytej do wyrobu.

Przędze organiczne – bawełna, len, juta, ramia, sizal.

Odporne na: wodę, parę wodną, roztwory słabych kwasów i zasad, paliwa, oleje.

Maksymalna temperatura pracy $T \leq 120^{\circ}\text{C}$.

Przędze syntetyczne – poliakrylonitryl ($T \leq 160^{\circ}\text{C}$), poliamid aromatyczny ($T \leq 200^{\circ}\text{C}$), aramid ($T \leq 280^{\circ}\text{C}$). Te ostatnie polecane są do mediów ściernych i do wysokich ciśnień. Na specjalną uwagę zasługują przędze na bazie PTFE o wyjątkowej odporności na agresywne media, niskim współczynniku tarcia i znacznej zdolności do wypełniania dławnicy. W rezultacie modyfikacji PTFE (rozwłóknienia) otrzymano materiał, który wypełniony grafitem i nasączony olejem silikonowym daje szczeliwa GORE GFO oraz GORE G4.

Z włókien węglowych wyrabia się sznury pracujące do $T \leq 450^{\circ}\text{C}$ a włókna grafitowe do $T \leq 600^{\circ}\text{C}$. Obie przędze są drogie.

Przędze na bazie grafitu rozprężonego $T \leq 600^{\circ}\text{C}$.

USZCZELNIENIA SZNUROWE

Sznury przesycane się impregnatami:

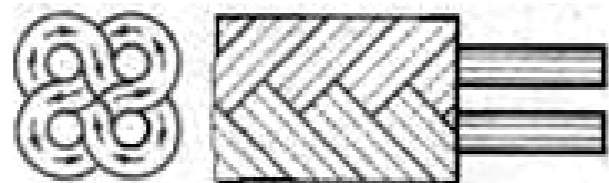
- zmniejszają one porowatość sznura,
- poprawiają elastyczność sznura,

Impregnaty: oleje, smary, PTFE w postaci zawiesiny, elastomery wypełnione grafitem, grafit, talk.

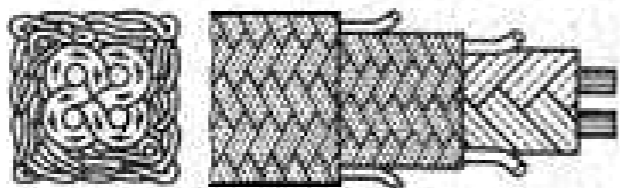
Rodzaj splotu determinuje jakość sznura. W zasadzie stosuje się dwa rodzaje splotów:

- sznury oplatane \Rightarrow polecane do armatury,
- sznury o splocie diagonalnym \Rightarrow dobrze układają się w dławnicach.

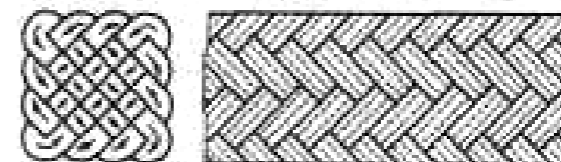
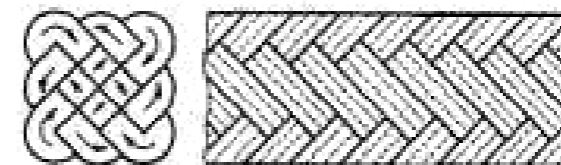
Występują sploty dwu-, trzy-, i czterodiagonalne.



Splot warkoczowy



Splot warstwowy



Splot diagonalny

Rys. 1.35. Rodzaje splotów uszczelnień sznurowych

DOBÓR USZCZELNIEŃ SZNUROWYCH

Tablica 1. Zalecane materiały dla poszczególnych wartości liczby pH.

Przy wyborze sznurów należy wziąć pod uwagę:

- właściwości czynnika uszczelnianego (liczba pH),
- temperaturę czynnika,
- ciśnienie czynnika

Zakres pH	Materiał sznura
0-1	Włókna PTFE, włókna węglowe (WW), włókna grafitowe (WG), włókna fenolowe (WF)
2-3	Włókna PTFE, WW, włókna szklane (WS), WF, dyspersja aramid+PTFE, dyspersja akryl+PTFE, przędza kaolinowa (PK)
4-5	Włókna PTFE, WW (także grafit rozprężony), WS, WF, dyspersje: aramid+PTFE, akryl+PTFE, przędza bawełniana (PB)
6-7	Włókna PTFE, WW, WG, WS, WF, PK, dyspersje: aramid+PTFE oraz akryl+PTFE, PK
8-9	Włókna PTFE, WW, WG, WS, WF, PK, dyspersje: aramid+PTFE oraz akryl+PTFE, PK, PB
10-11	Włókna PTFE, WW, WG, WF, dyspersje: aramid+PTFE oraz akryl+PTFE, PK, WS+PTFE
12-13	Włókna PTFE, WW, WG, WF
14	Włókna PTFE, WW, WG, WF

DOBÓR USZCZELNIEŃ SZNUROWYCH

Ciśnienie czynnika ma wpływ na ilość sznurów w dławnicy.

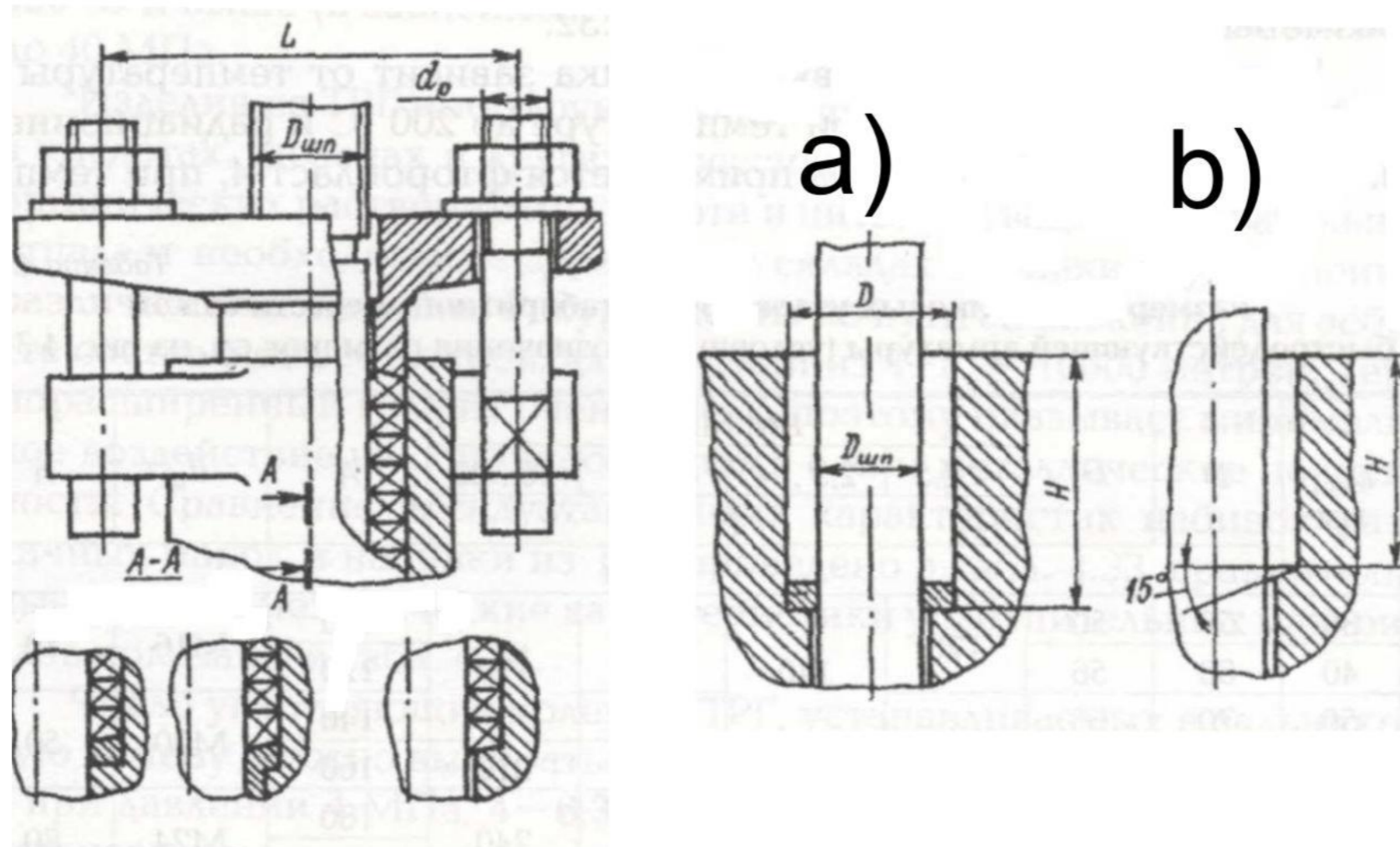
Tablica 2. Ilość sznurów n w zależności od ciśnienia czynnika p .

p , MPa	n , sztuk
0÷0,6	4
0,6÷1,6	5
1,6÷3,2	6
3,2÷5	7
5÷6,4	8
6,4÷10	10
>10	12

DŁAWNICA ZAWORU

Średnica dławnicy wynika ze średnicy wrzeciona D_w :

$$\text{od } s = 0,7\sqrt{D_w} \text{ do } s = 1,5\sqrt{D_w} \quad D_d = D_w + 2s$$



Rys. 1.36. Węzeł uszczelniający zaworu, a) oraz wymiary dławnicy zaworu wysoko i niskociśnieniowego b)

DŁAWNICA ZAWORU

Tablica 3. Wymiary dławnic

W tabl.3 podano zasadnicze wymiary dławnic typu I i II w wykonaniu A, B i W.

D_{wrzec}	D_d	PN, MPa		
		<2,5	2,5-4,0	4-6,3
	Typ I i II, wykonanie A, B i W			
	H			
	mm			
14	24	25	25	30
16	26			
18	30	30	36	42
20	32			
22	34			
24	40	40	48	56
26	42			
28	44			
30	46			
32	52	50	70	80
36	56			
40	60			
44	64			
48	68			
50	70			

Tablica 3. cd, Wymiary dławnic,

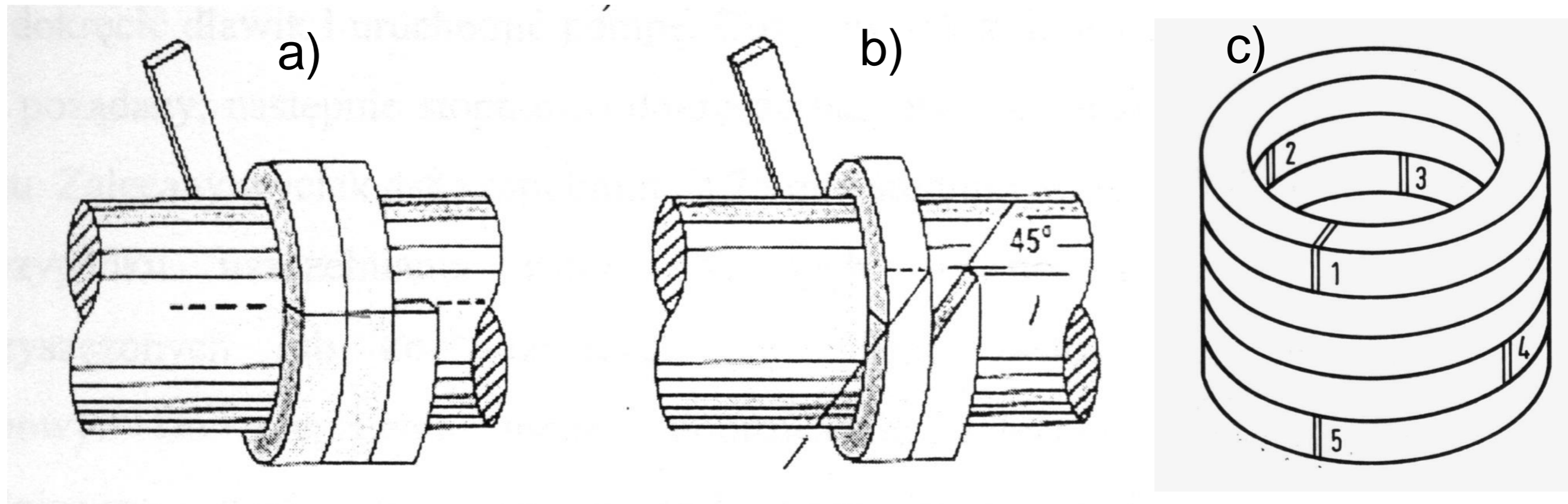
D_{wrzec}	D_d	PN, MPa		
		<2,5	2,5-4,0	4-6,3
	Typ I i II, wykonanie A, B i W			
	H			
	mm			
55	80	65	80	130
60	85			
70	95			
80	105	75	90	130
90	115			
100	125			

MONTAŻ USZCZELNIEŃ SZNUROWYCH W DŁAWNICY ZAWORU

Przed przystąpieniem do montażu należy:

- sprawdzić, czy właściwie dobrano rodzaj sznura do warunków pracy,
 - sprawdzić, czy wymiar sznura jest odpowiedni do wymiaru dławnicy ($s=0,5(D_d-D_{wrz})$),
 - usunąć stare sznury z dławnicy i oczyścić powierzchnię dławnicy i wrzeciona,
 - sprawdzić, czy powierzchnie dławnicy i wrzeciona nie wykazują śladów zużycia lub porysowania,
 - Sznur należy przyciąć tak, aby otrzymać oddzielne pierścienie (unikać zakładania sznura spiralnie).
-

MONTAŻ USZCZELNIEŃ SZNUROWYCH W DŁAWNICY ZAWORU



Rys. 5.10. Przycinanie sznurów na wrzecionie, a) przy styku prostym, b) przy styku skośnym, c) ułożenie sznurów w dławnicy

MONTAŻ USZCZELNIEŃ SZNUROWYCH W DŁAWNICY ZAWORU

- pierścień utworzony z odciętego odcinka sznura zakłada się do dławnicy w ten sposób, że w pierwszej kolejności wsuwa się końce sznura a następnie, przy pomocy dzielonej tulei przesuwają się go do dna dławnicy,
- miejsce styku końców sznura powinny być przesunięte o 90° względem styku poprzedniego,
- każdy sznur powinien być dociśnięty do poprzedniego przy pomocy dzielonej tulei,
- po osadzeniu ostatniego sznura należy założyć dławik, który powinien wejść do dławnicy na głębokość co najmniej połowy grubości sznura,

MONTAŻ USZCZELNIEŃ SZNUROWYCH W DŁAWNICY ZAWORU

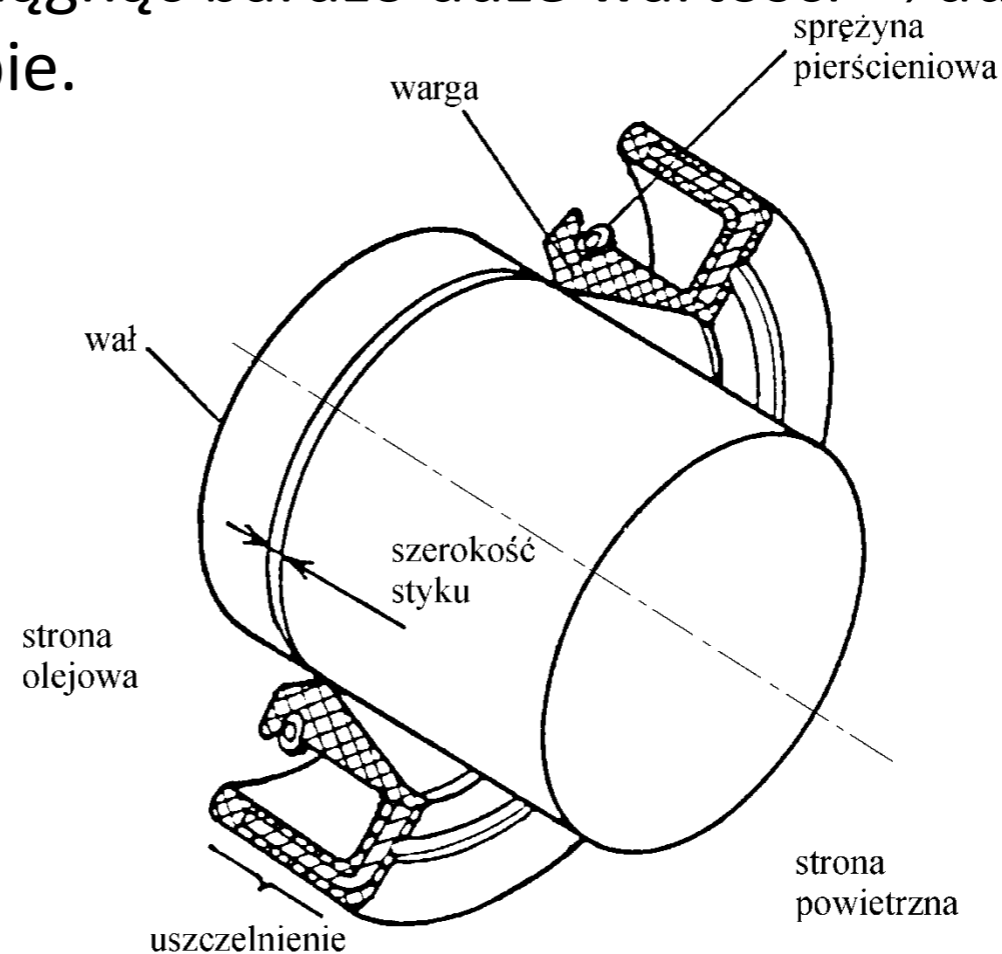
- dokręć śruby/nakrętki dławika do momentu wyczucia oporu przy dokręcaniu. W czasie dokręcania śrub należy obrócić w jedną i w drugą stronę wrzeciono. Nie można doprowadzić do takiego odkształcenia sznura, aby obrót wrzeciona był niemożliwy (niektórzy wytwórcy zaworów w tym momencie przeprowadzają próbę wodną szczelności),
- po wymianie sznurów należy obserwować czy występuje wyciek, jeżeli tak, należy dokręcić dławik,
- podczas eksploataowania zaworu należy okresowo dokręcać dławik. Jeżeli dławik przemieści się więcej niż 40% początkowej wysokości sznurów to znak, że sznury należy wymienić na nowe,
- należy unikać dokładania nowych sznurów do dławnicy wypełnionej wyeksplotowanymi sznurami,

USZCZELNIENIA STYKOWE

Uszczelnienia pracujące w warunkach ruchu obrotowego

- cecha charakterystyczna: ten sam obszar powierzchni uszczelniającej wału/pierścienia ślizgowego styka się cały czas z tym samym obszarem elementu uszczelniającego.

Prędkość obrotowa/liniowa może osiągnąć bardzo duże wartości \Rightarrow duże obciążenie cieplne powierzchni trących o siebie.



Rys. 3.3. Obszar styku wargi uszczelniającej z wałem obracającym się.

USZCZELNIENIA STYKOWE

Porównując uszczelnienia bezstykowe ze stykowym można zauważyć pewne relacje pomiędzy oporem w czasie ruchu powierzchni uszczelniających a poziomem szczelności.

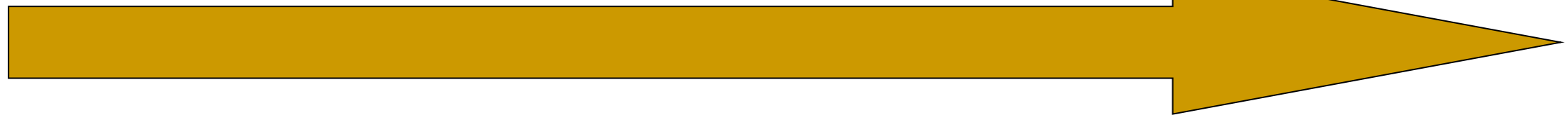
Uszczelnienie bezstykowe

Uszczelnienie stykowe

Bardzo mała

szczelność

Bardzo duża



Bardzo mały

Opór ruchu

Bardzo duży



Występuje pewna sprzeczność polegająca na tym, że osiągnięcie dużej szczelności często wiąże się ze wzrostem oporu ruchu. Rozwiązanie tej sprzeczności jest kluczem do skonstruowania optymalnego uszczelnienia.

Dziękuję za uwagę
