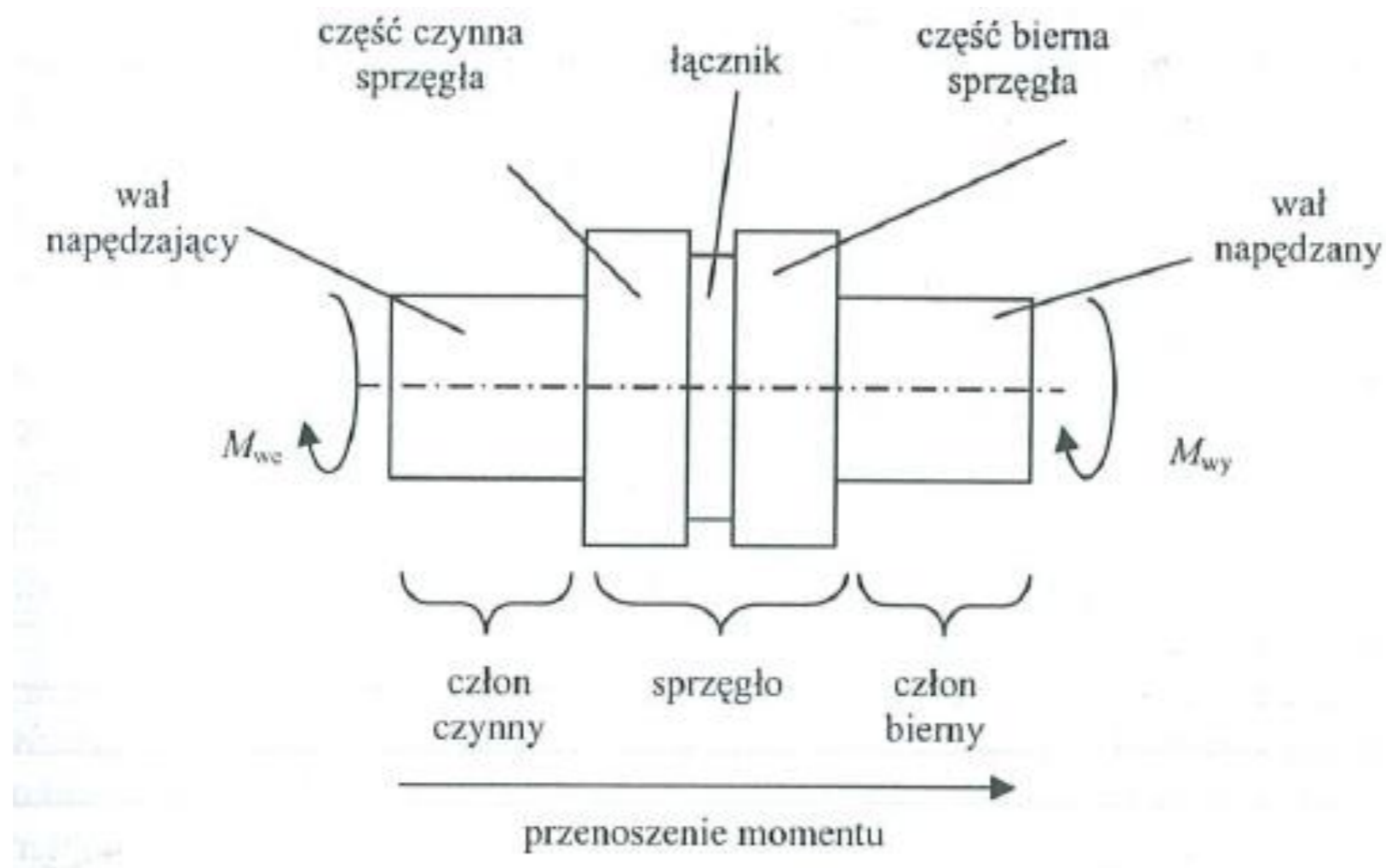

Podstawy Konstrukcji Maszyn Sprzęgła

Sprzęgła

Sprzęgłem – nazywamy zespół układu napędowego, przeznaczony do łączenia wałów i **przekazywania momentu obrotowego z wału czynnego na bierny**, bez zmiany kierunku ruchu obrotowego.

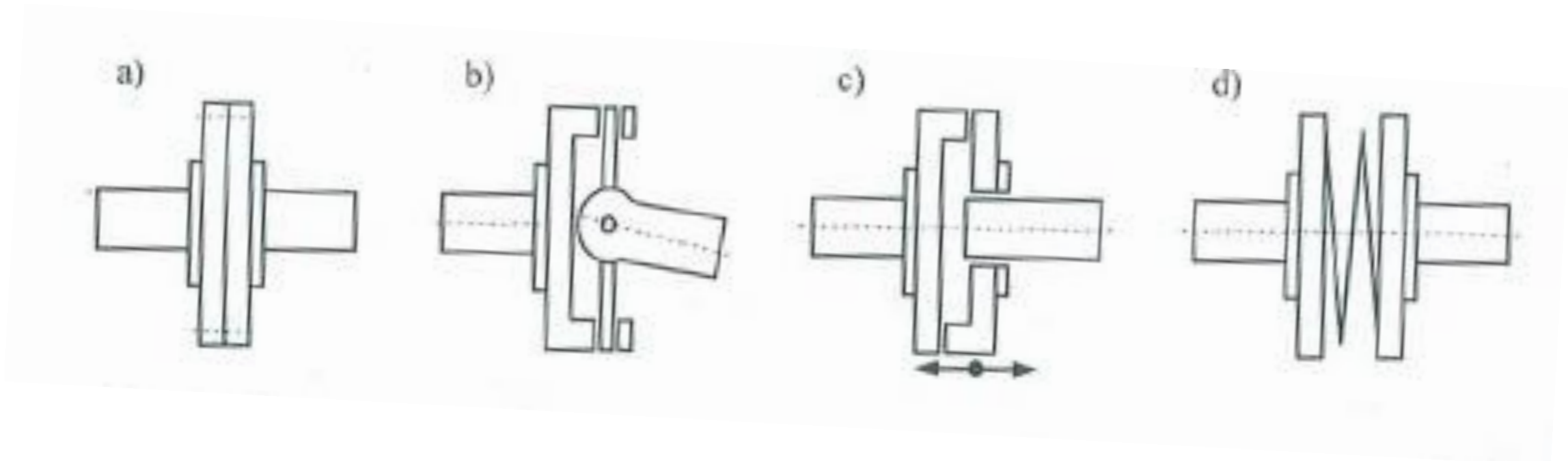


Zastosowanie

Zastosowanie sprzęgieł:

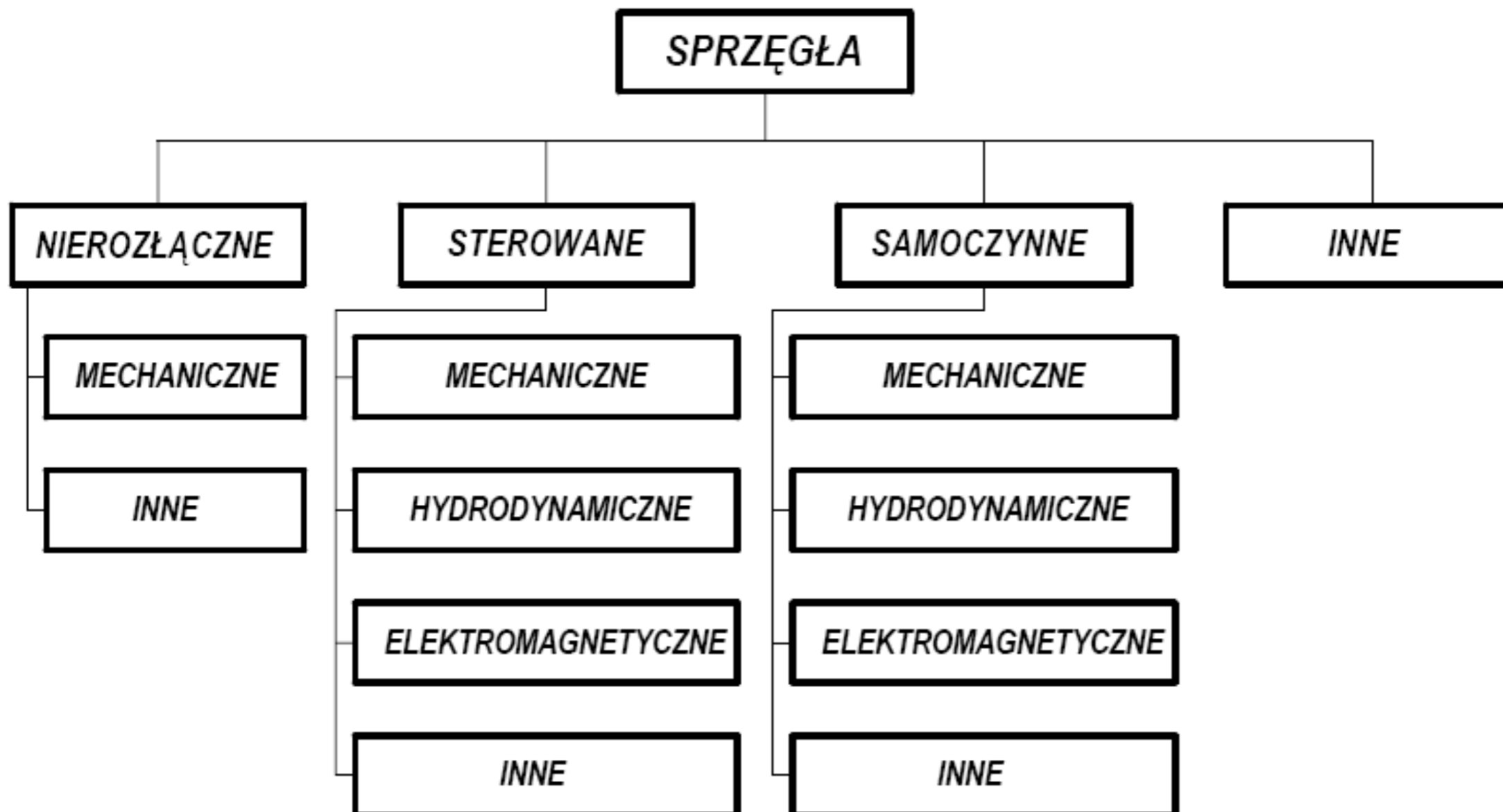
- upraszczają rozwiązania konstrukcyjne;
- pozwalają na stosowanie uniwersalnych silników;
- zwiększają obciążenia skrętne wału;
- pozwalają rozłączać napęd;
- zabezpieczają przed przeciążeniami;
- wyrównują niewspółosiowości

Funkcje sprzęgieł

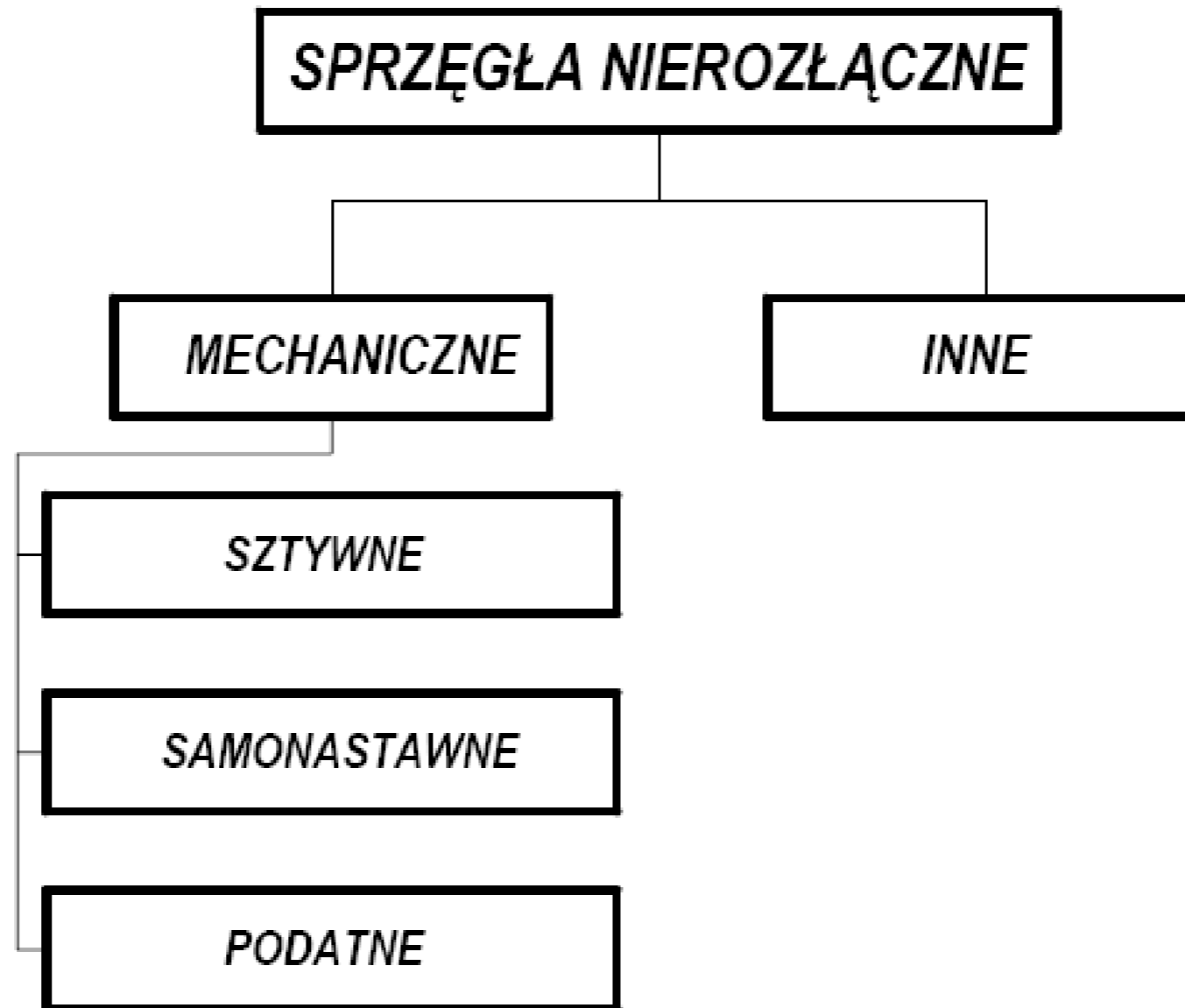


- a) Łączenie wałów napędowych,
- b) wyrównywanie niewspółosiowości wałów,
- c) włączenie/wyłączenie przepływu momentu obrotowego,
- d) zmiana dynamiki napędu.

Podział sprzęgieł

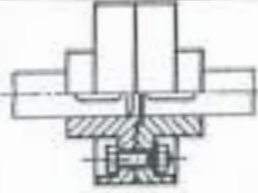
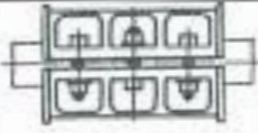
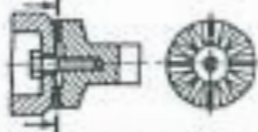


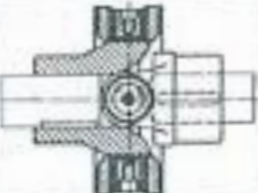



Podział sprzęgieł nierozłącznych


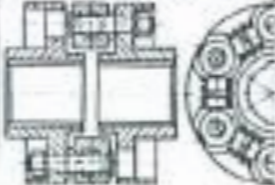
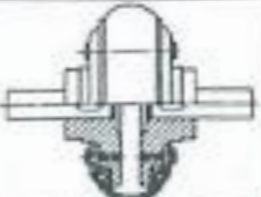
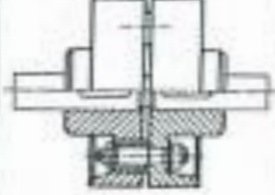


Podział sprzęgieł nierozłącznych

Tabela 10.1. Sprzęgła nierozłączne (na podstawie [1, 2])

Rodzaj zamknięcia	Zasada przeniesienia napędu	Zasada działania	Nazwa sprzęgła	Przykład	Funkcje		
					przeniesienia momentu obrotowego	równoważenia przesuwu	równoważenia zmian obciążenia
Przeniesienie siłami tarcia	para powierzchni ciernych	przeniesienie momentu przez parę powierzchni płaskich	szttywne tarczowe ze śrubami luźnymi		•		
	para powierzchni cylindrycznych		łubkowe		•		
Przeniesienie kształtowe	para powierzchni normalnych	promieniowe powierzchni	wieloząbkowe		•		
		osiowa powierzchnia	tulejowe		•		
	Przegub	przesuwny	kłowe		•	•	
		przegub obrotowy	Cardana		•	•	
		wał-przegub	zębate		•	•	

Podział sprzęgieł nierozłącznych

Kodziej zamknięcia	Zasada przeniesienia napędu	Zasada działania	Nazwa sprzęgła	Przykład	Funkcje		
					przeniesienia momentu obrotowego	równoważenia przesuwu	równoważenia zmian obciążenia
Przeniesienie elastyczne	metalowe połączenie elementów	miech (obrotowy sztywny)	mieszkowe		•	•	
		połączenie metalowe	ze spręż. śrubowymi rozłożonymi obwodowo		•	•	•
	elastomero-we połączenie elementów	jeden element z elaston.cru	kabłąkowe		•	•	•
		kilka elastomerowych połączeń	tarczowe sworzniowe z wkładkami gumowymi		•	•	•

Moment obliczeniowy sprzęgła

Sprzęgła sztywne i samonastawne

$$M_o = M_s \cdot (k_1 + k_2)$$

Sprzęgła zębate

$$M_o = M_s \cdot (k_1 + k_2 + k_3)$$

Przegub Cardana

$$M_o = M_s \cdot 1.33(k_1 \cdot k_2 \cdot k_3)$$

Sprzęgła cierne

$$M_o = M_s \cdot \frac{k_1}{k_2 \cdot k_3}$$

Sprzęgła sztywne i samonastawne

TABLICA 3.1. Wartości współczynnika K_1 dla sprzęgieł sztywnych i samonastawnych

Silnik	K_1
Silnik elektryczny	0,25
Turbina parowa gazowa	0,30
Turbina wodna	0,50
Maszyna parowa tłokowa	0,75
Silniki spalinowe o stopniu niejednostajności ruchu mniejszym od 1/100:	
6 cylindrów	0,40
4 cylindry	0,50
3 cylindry	0,60
2 cylindry	0,80
1 cylinder	1,20

$$K = K_1 + K_2$$

K_1 Wsp. zależny od rodzaju silnika

K_2 Wsp. zależny od maszyny roboczej

TABLICA 3.2. Wartości współczynnika K_2 dla sprzęgieł sztywnych i samonastawnych

Maszyna napędzana	K_2
<i>Przyspieszane masy bardzo małe, bieg jednostajny</i> — wentylatory, generatory elektryczne, pompy wirnikowe, dmuchawy rotacyjne, małe obrabiarki o ruchu obrotowym, podnośniki rzadko włączane itp.	0,9 ÷ 1,0
<i>Przyspieszane masy małe, bieg jednostajny</i> — sprężarki wirnikowe, duże wentylatory, pompy tłokowe o stopniu niejednostajności ruchu mniejszym od 1/100, transportery taśmowe, podnośniki do 120 włączeń/h, mechanizmy obrotu żurawi, maszyny tekstylne, lekkie obrabiarki do drewna i lekkie obrabiarki do metali o ruchu obrotowym	1,1 ÷ 1,2

Sprzęgła sztywne i samonastawne

TABLICA 3.2 (cd.)

Maszyna napędzana	K_2
<i>Przyspieszane masy średnie, bieg jednostajny — wstrząsarki, maszyny pralnicze, mieszarki, przenośniki łańcuchowe, nożyce, prasy, windy towarowe, szlifierki, dźwigi i wciągarki do 300 włączeń/h</i>	1,3 ÷ 1,4
<i>Przyspieszane masy średnie, występują silne uderzenia — młyny odśrodkowe, betoniarki, maszyny przedziałnicze, generatory spawalnicze, strugarki do metali, wentylatory kopalniane, prasy do cegieł, piece obrotowe, młoty, dźwigi i wciągarki ponad 300 włączeń/h</i>	1,5 ÷ 1,6
<i>Przyspieszane masy duże, występują silne uderzenia — kalandry i maszyny papiernicze, prasy kuźnicze, brykietciarki, pompy tłokowe z lekkim kołem zamachowym, napędy bagrów, windy osobowe, młyny do cementu, kruszarki kamieni</i>	2,0 ÷ 2,5
<i>Przyspieszane masy duże, uderzenia bardzo silne — młyny kulowe i rurowe przemysłu cementowego, walcarki do gumy, sprężarki tłokowe bez koła zamachowego, ciężkie walcarki do metali, ciężkie urządzenia wiertnicze itp.</i>	2,8 ÷ 3,5

Sprzęgła zębate

TABLICA 3.3. Wartości współczynnika K_1 dla sprzęgieł zębatach

Przykłady maszyn napędzanych		Rodzaj silnika*		
		Wartość współczynnika K_1		
		A	B	C
a	<i>Ruch równomierny bez przyspieszeń mas</i> — pompy wirowe do wody, prądnice, wentylatory o $N/n \leq 0,04$, wały pędziane	1,0	1,1	1,2
b	<i>Ruch równomierny z małymi przyspieszeniami mas</i> — giętarki do blach, przenośniki taśmowe, ssawy o $N/n > 0,04 \div 0,08$, mieszadła do cieczy, maszyny tekstylne, wentylatory o $N/n > 0,04 \div 0,08$, suwnice montażowe, przenośniki kubelkowe, dmuchawy i kompresory turbiniowe	1,1	1,2	1,3
c	<i>Ruch równomierny ze średnimi przyspieszeniami mas</i> — strugarki, pompy tłokowe, piece obrotowe, maszyny drukarskie i farbiarskie, przenośniki taśmowe do przewozu drobnicy, przeciagarki, maszyny do obróbki drewna, pompy wirowe z zanieczyszczoną wodą, maszyny przędzalnicze, mieszadła do zanieczyszczonych cieczy, wentylatory o $N/n > 0,08$, windy, suwnice hakowe i magnesowe, bębny kablów sprężynowe	1,2	1,3	1,5
d	<i>Ruch równomierny z małymi przyspieszeniami mas z uderzeniami</i> — betoniarki, tokarki, młoty kafarowe, wentylatory kopalniane, strugarki do metali, przenośniki łańcuchowe, pompy i sprężarki o nierównomierności biegu 1 : 100 ÷ 1 : 200, pompy śmigłowe, młyny kulowe, lekkie samotoki, wały okrętowe, kolejki podwieszane, suwnice chwytakowe, żurawie okrętowe	1,3	1,5	1,7
e	<i>Ruch równomierny z dużymi przyspieszeniami mas z mocnymi uderzeniami</i> — koparki, pompy tłokowe z kołem zamachowym, wibratory, prasy kuźnicze, żurawie chwytakowe, wciągarki suwnic chwytakowych	1,5	1,7	1,9
f	<i>Ruch równomierny z dużymi przemieszczeniami mas ze szczególnie mocnymi uderzeniami</i> — sprężarki tłokowe i pompy tłokowe z kołem zamachowym, ciężkie samotoki hutnicze, spawarki, walcarki do metali, kruszarki do kamieni, traki szybkobieżne	1,8	2,1	2,3
* Rodzaj silnika: A: silnik spalinowy 1 ÷ 3-cylindrowy o nierównomierności biegu 1 : 80 ÷ 1 : 100, B: turbina wodna lub silnik spalinowy 4 ÷ 6-cylindrowy o nierównomierności biegu 1 : 100 ÷ 1 : 200, C: silnik elektryczny lub turbina parowa.				

$$K = K_1 K_2 K_3$$

K_1 Współczynnik zależny od rodzaju napędzającego i napędzanej maszyny

K_2 Współczynnik zależny od czasu pracy sprzęgła w ciągu doby

K_3 Współczynnik zależny od liczby włączeń na godzinę

Sprzęgła zębate

TABLICA 3.4. Wartości współczynnika K_2 dla sprzęgieł zębatach

Czas pracy sprzęgła na dobę [h]	do 2	2 ÷ 8	8 ÷ 16	ponad 16
Wartość współczynnika K_2	0,9	1,0	1,12	1,25

TABLICA 3.5. Wartości współczynnika K_3 dla sprzęgieł zębatach

Liczba włączeń sprzęgła na godzinę		do 1	1 ÷ 20	20 ÷ 40	40 ÷ 80	80 ÷ 160	ponad 160
Maszyny napędzane wg tabl. 3.3	a	1,0	1,20	1,30	1,50	1,60	2,00
	b	1,0	1,09	1,18	1,37	1,46	1,80
	c	1,0	1,08	1,17	1,25	1,33	1,65
	d	1,0	1,08	1,15	1,23	1,23	1,55
	e	1,0	1,07	1,12	1,18	1,18	1,32
	f	1,0	1,06	1,08	1,10	1,10	1,10

Sprzęgła cierne

TABLICA 3.8. Wartości współczynników przeciążenia K_1 dla sprzęgieł ciernych

Rodzaj maszyny	Współczynnik K_1
Obrabiarki	1,3 ÷ 1,5
Samochody	1,2 ÷ 1,5(2,0)
Ciągniki rolnicze	2,0 ÷ 3,5
Ciągniki transportowe	1,5 ÷ 2,0
Wielocylindrowe pompy tłokowe, wentylatory, prasy	1,3
Pompy tłokowe jednocylindrowe, sprężarki, duże wentylatory	1,7
Dźwignice:	
sprzęgła włączane bez obciążenia	1,25 ÷ 1,35
sprzęgła włączane pod obciążeniem	1,35 ÷ 1,50

TABLICA 3.9. Wartości współczynnika poślizgu K_2

v_{gr} [m/s]	K_2	v_{gr} [m/s]	K_2
1,0	1,35	5	0,80
1,5	1,19	6	0,75
2,0	1,08	8	0,68
2,5	1,00	10	0,63
3,0	0,94	13	0,59
4,0	0,86	15	0,55

$$K_3 = 1 - 0,002(w - w_{gr}) \leq 1$$

$$K = \frac{K_1}{K_2 K_3}$$

K_1 Wsp. zależny od rodzaju maszyny roboczej

K_2 Wsp. poślizgu

K_3 Wsp. zależny od liczby włączeń na godzinę

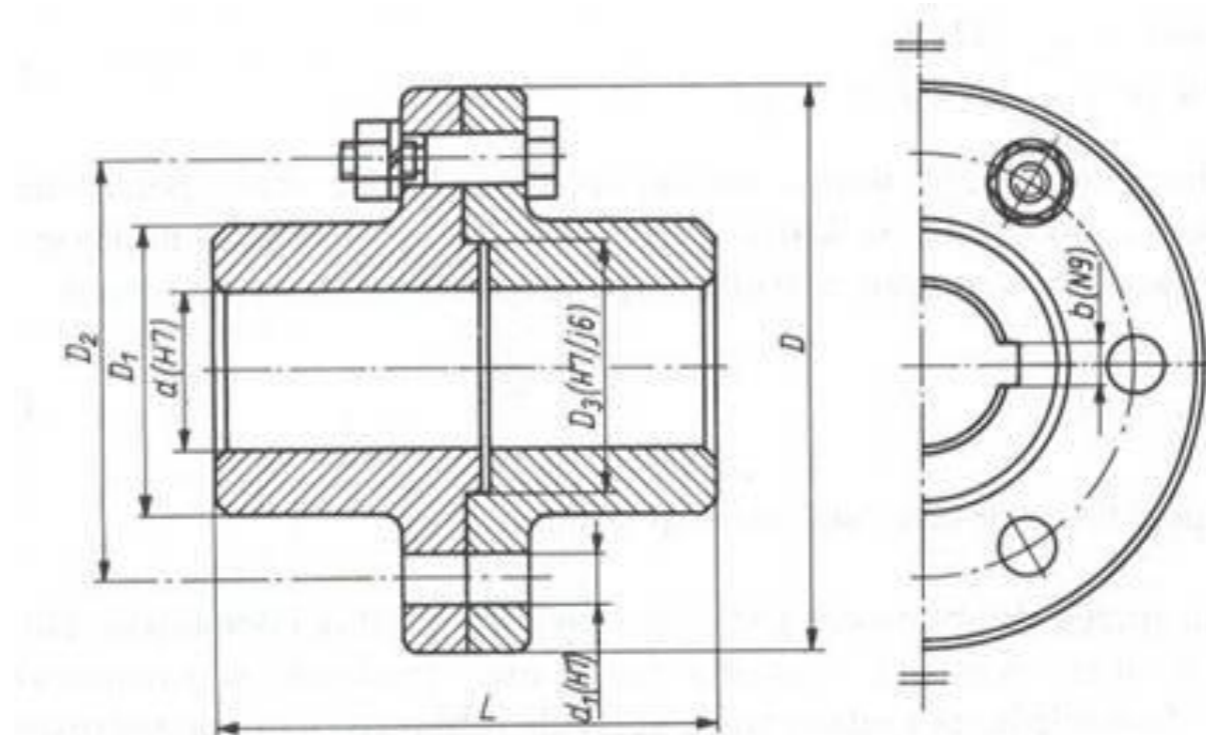
Sprzęgła podatne

$$K = 1,5$$

Niezależnie od sztywności łącznika podatnego

Sprzęgła sztywne

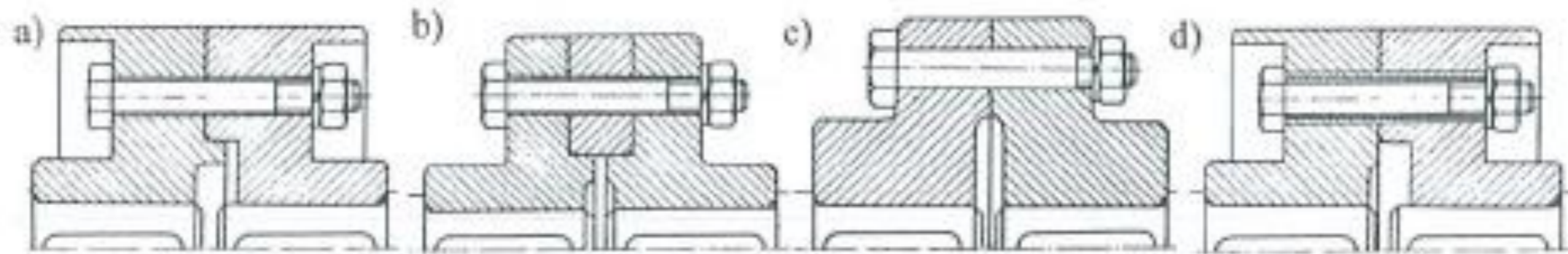
Sprzęgło kołnierzowe



Rys.5. Sprzęgło sztywne kołnierzowe bez ochronnych obrzeży

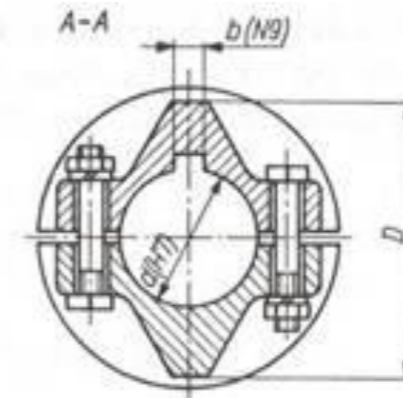
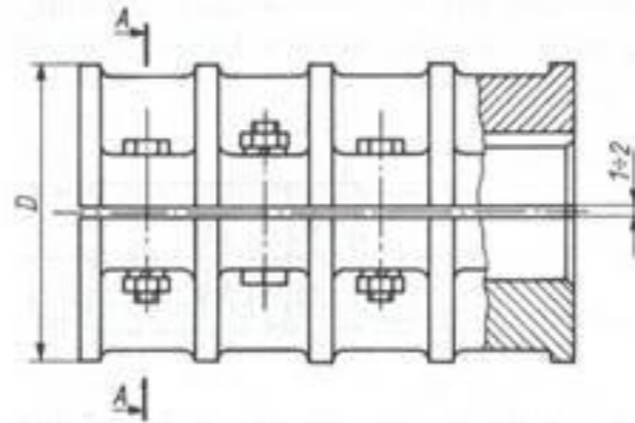
- Proste w budowie,
- Średnie prędkości obrotowe,
- Momenty o niewielkich zmianach w czasie

Sprzęgło kołnierzowe



Rys. 10.5. Sprzęgła sztywne kołnierzowe (na podstawie [9]): a) ze śrubami luźnymi z centrowaniem za pomocą jednego z łączników, b) ze śrubami luźnymi z centrowaniem za pomocą tulei pośredniczącej, c) ze śrubami pasowanymi, d) z pasowaną tulejką

Sprzęgło łożkowe

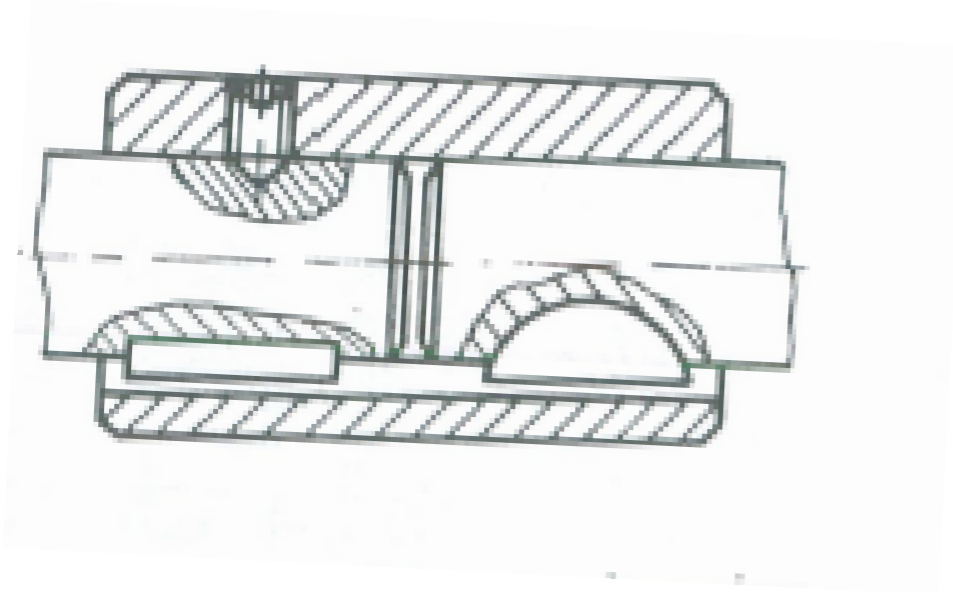


Rys.3. Sprzęgło sztywne łożkowe śrubowe

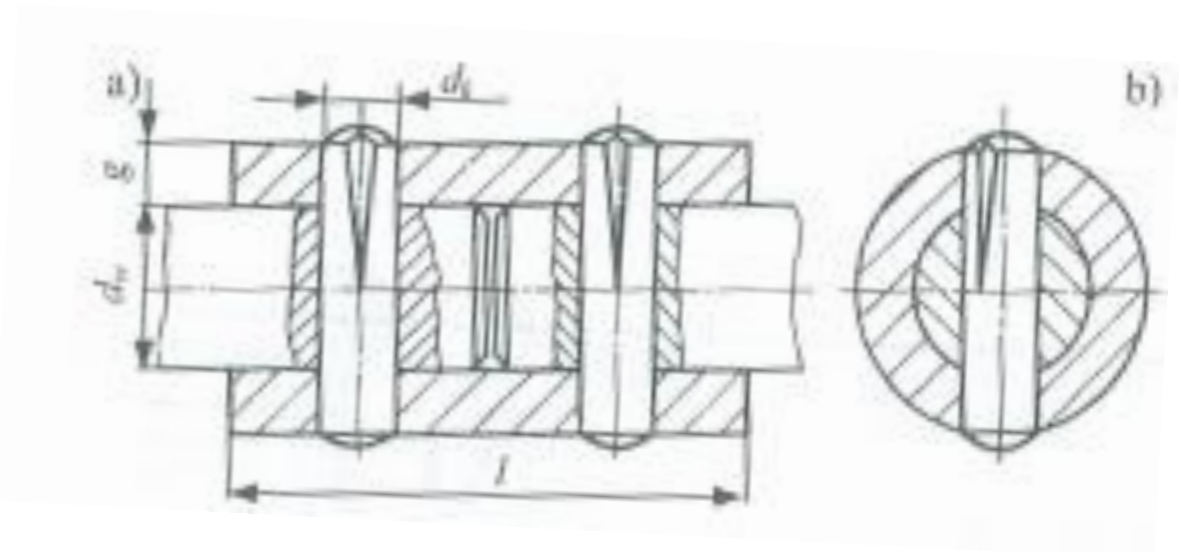
- Stosowane w napędach wolnobieżnych,
- Niewielkie momenty o znikomych zmianach w czasie,
- Prosty montaż i demontaż,
- Przeniesienie momentu siłami tarcia.

Sprzęgło tulejowe

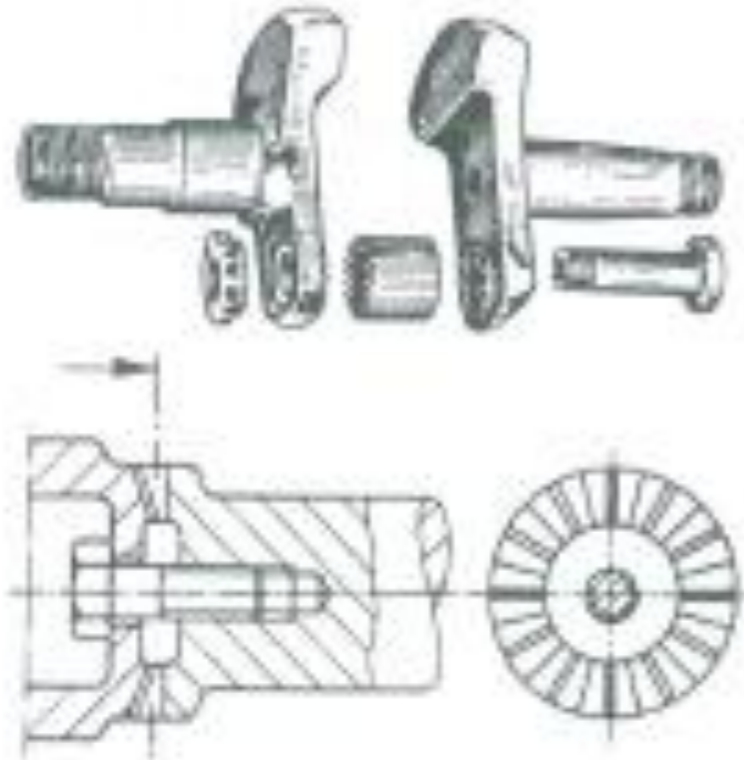
Z połączeniem wpustowym pryzmatycznym



Kołkowe poprzeczne



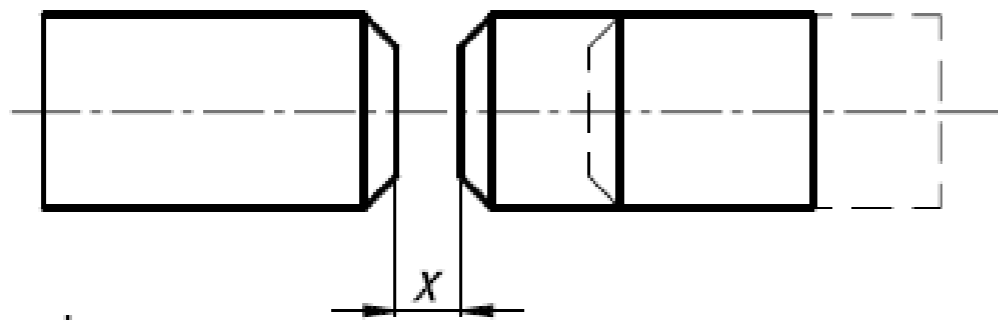
Sprzęgło wieloząbkowe



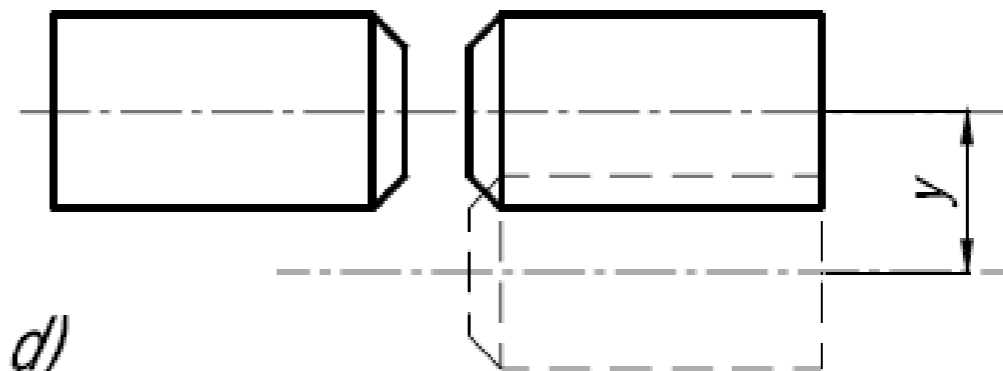
Sprzęgła samonastawne

Relacje geometryczne w sprzęgle

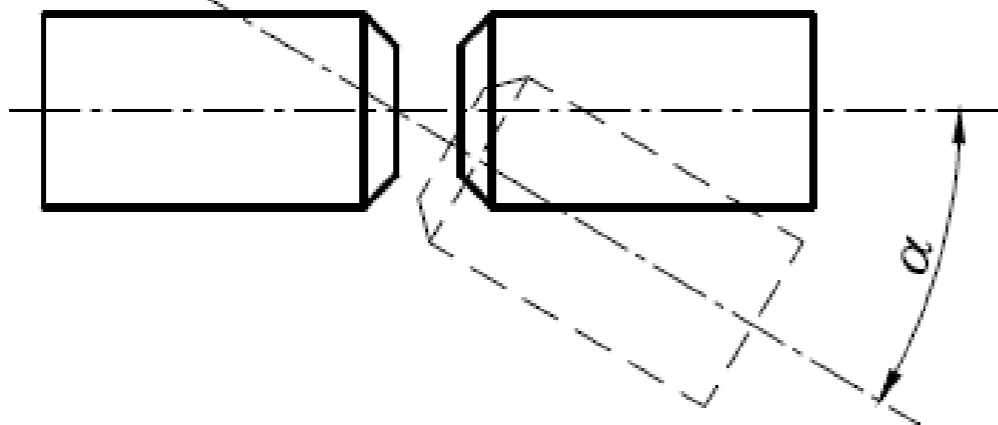
a)



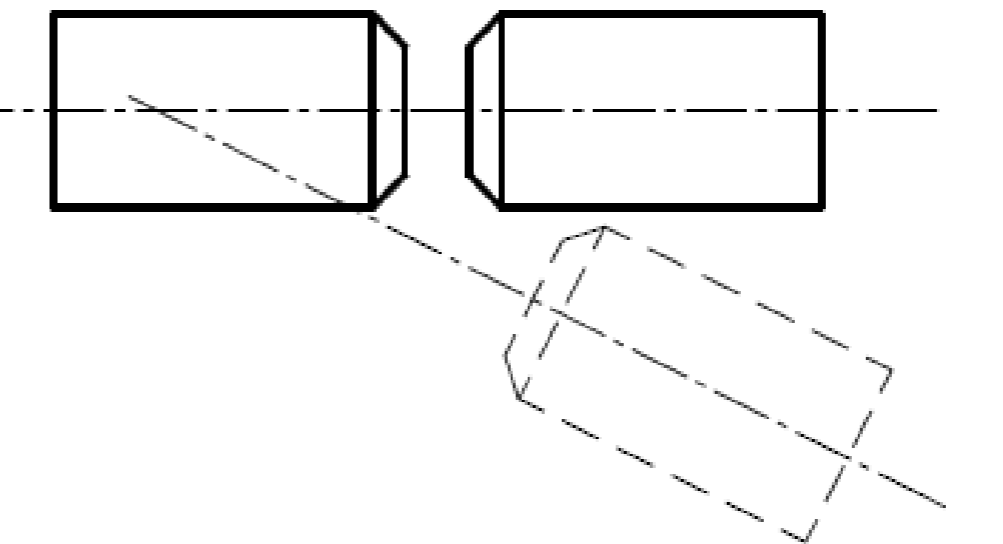
b)



c)



d)

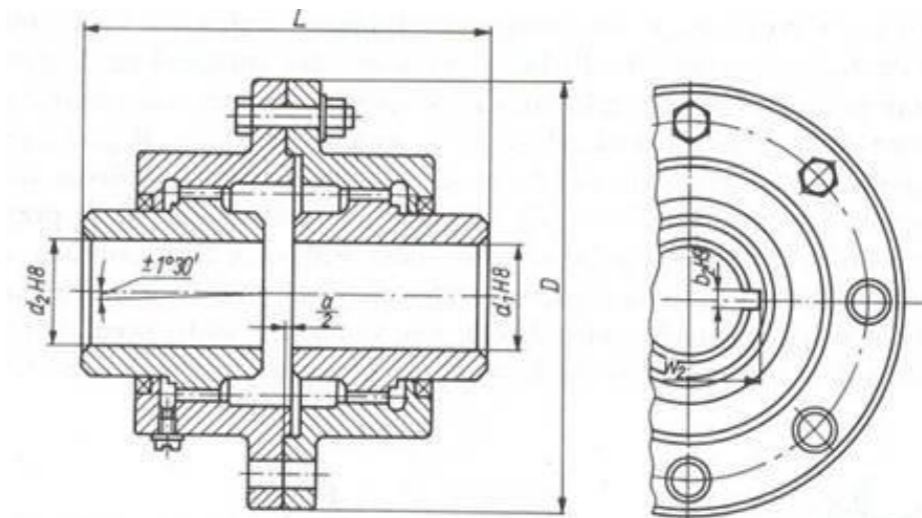


Sprzęgła zębate



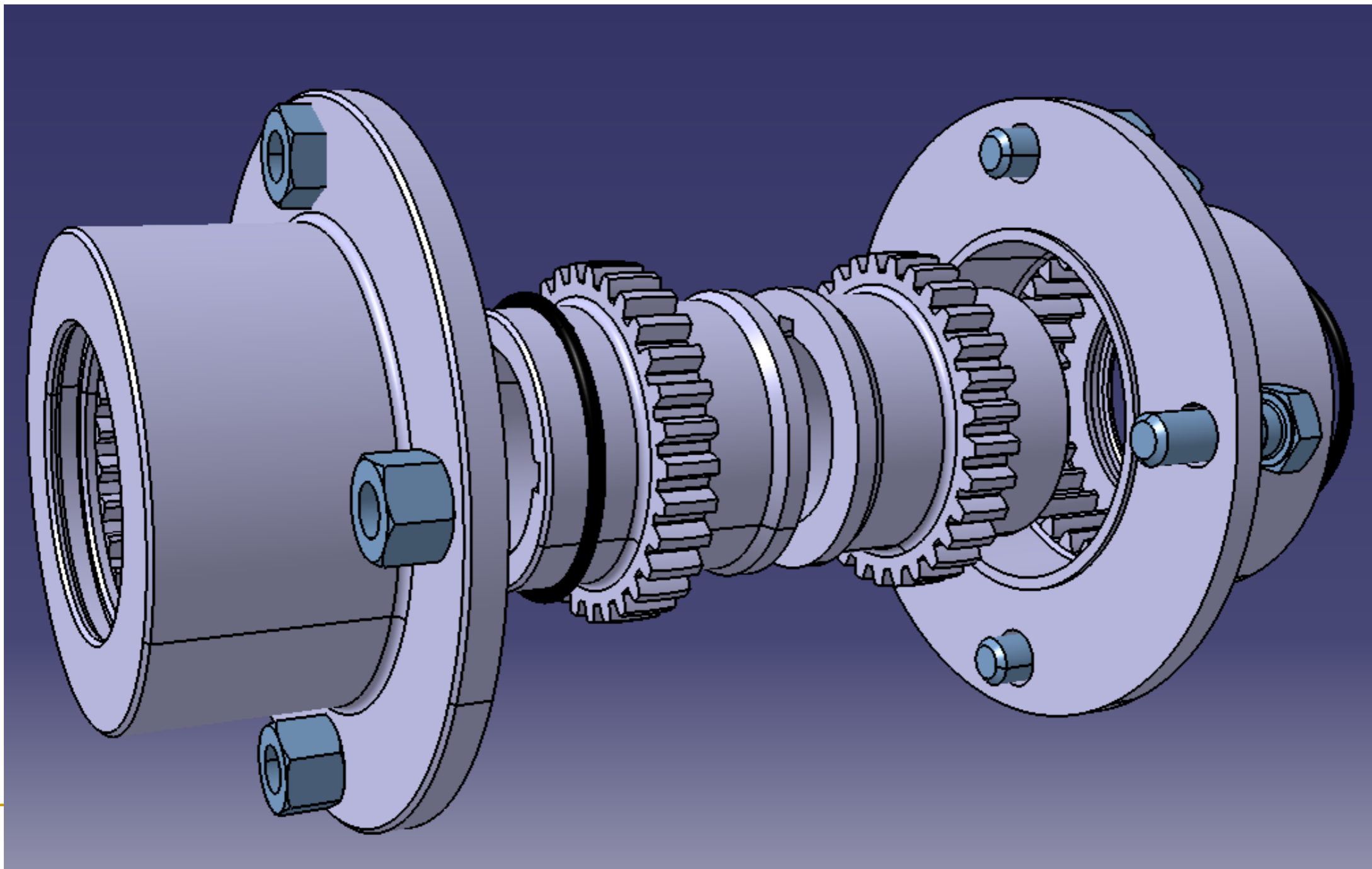
- Stosowane do bardzo dużych momentów obrotowych,
- Możliwość wzłużnej, promieniowej i kątowej kompensacji osi wałów.
- Przy odpowiedniej konstrukcji mogą pracować jako synchroniczne lub asynchroniczne.
- Mogą być włączane przy małej prędkości obrotowej.

Sprzęgła zębate

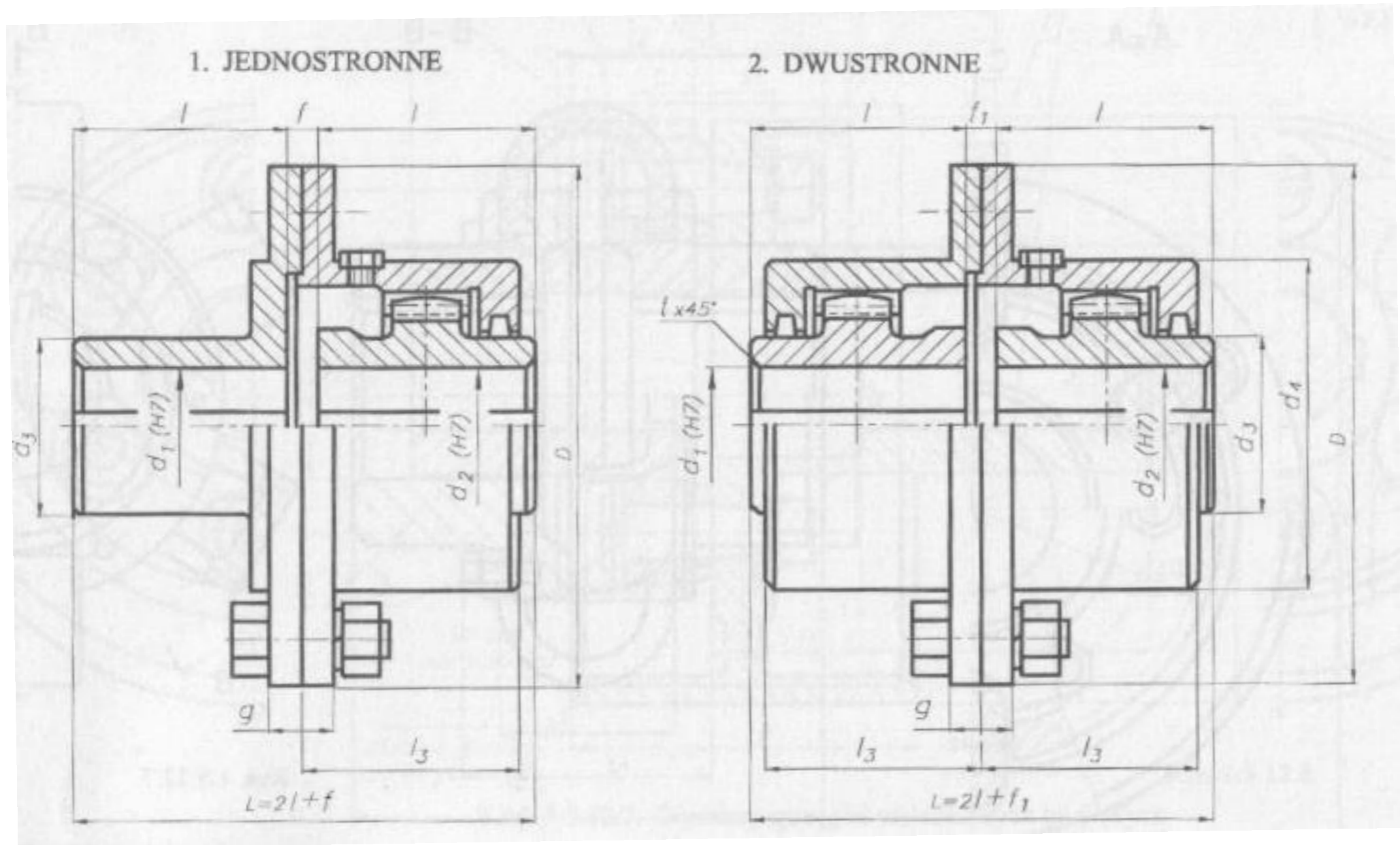


Rys. 7. Sprzęgło zębate dwustronne

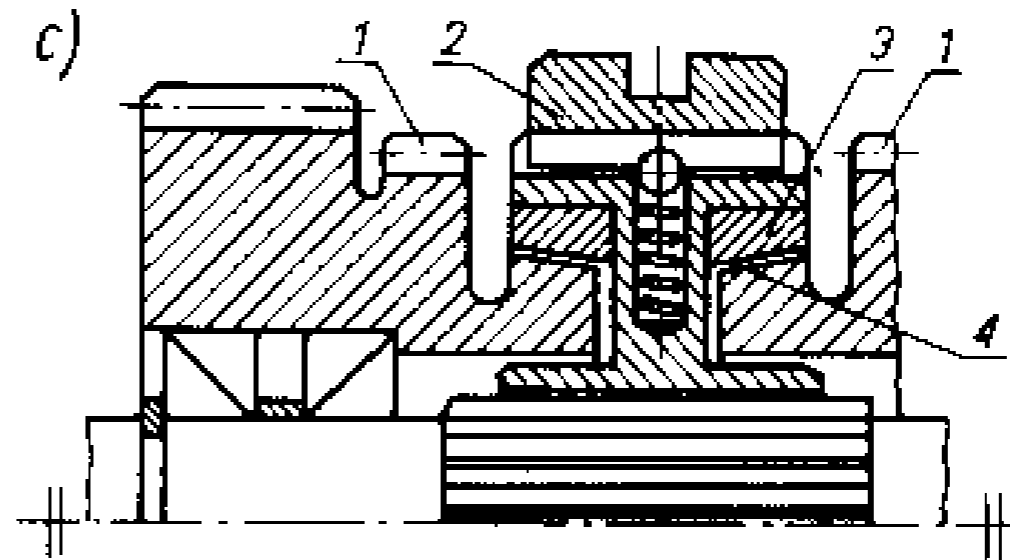
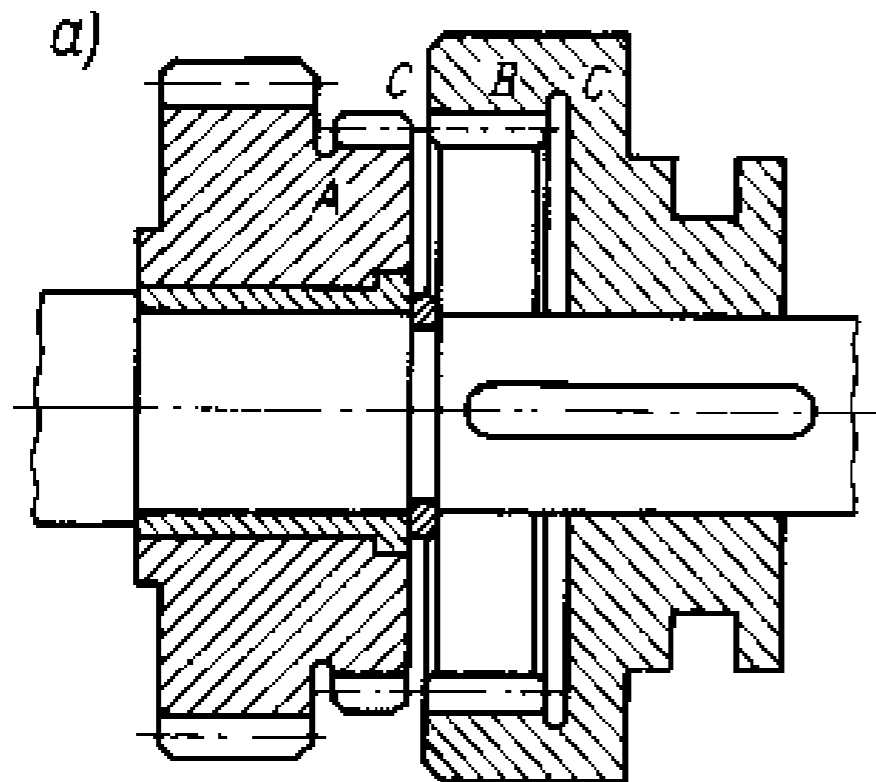
SPRZĘGŁA ZĘBATE



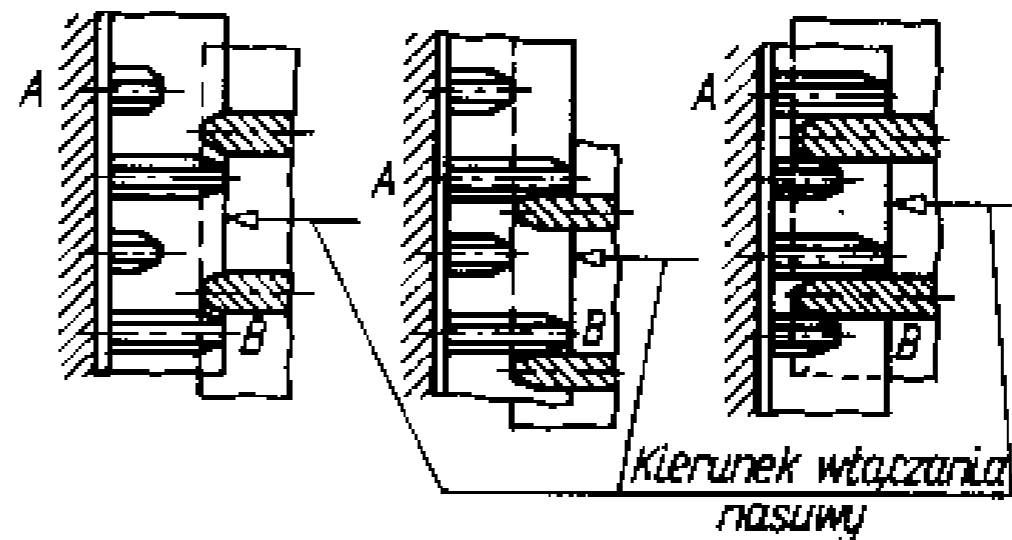
Sprzęgła zębate



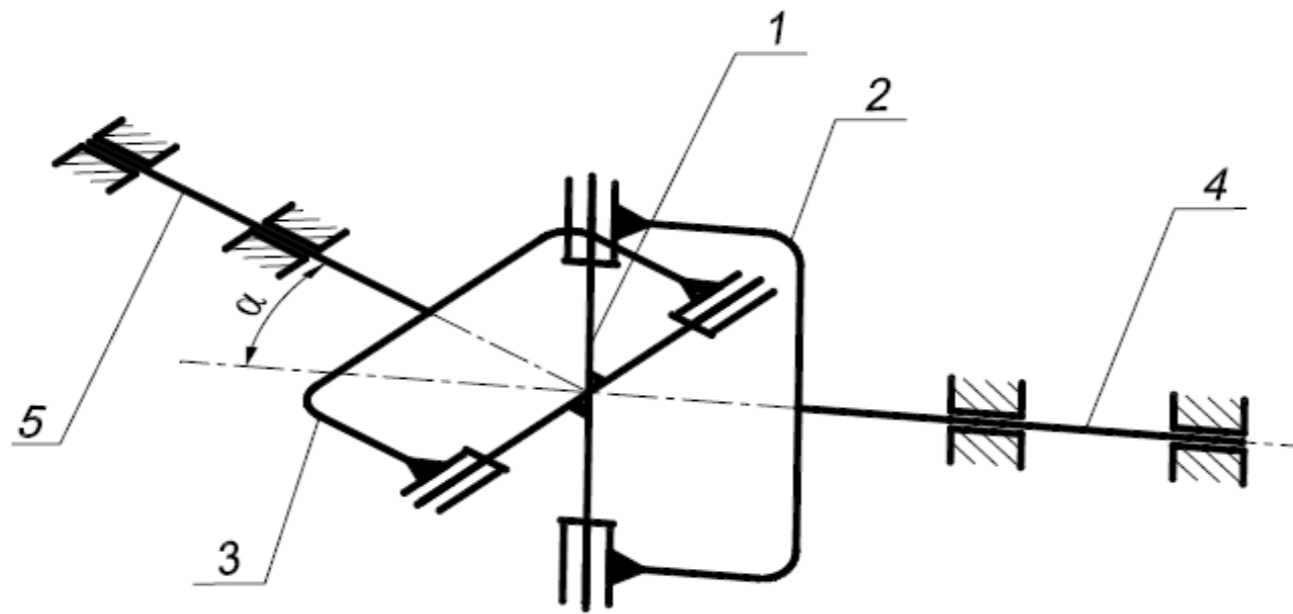
Sprzęgło zębate rozłączne



b) Rozwinięcie widoku C-C
Ułatwione włączanie

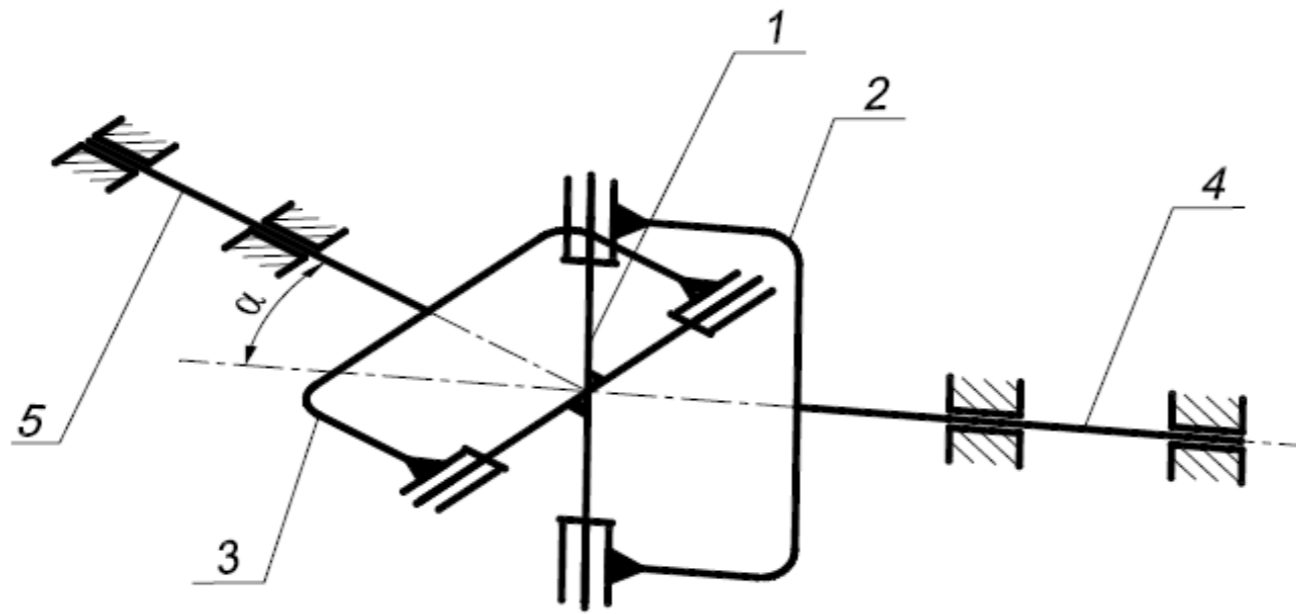


Sprzęgło kątowe



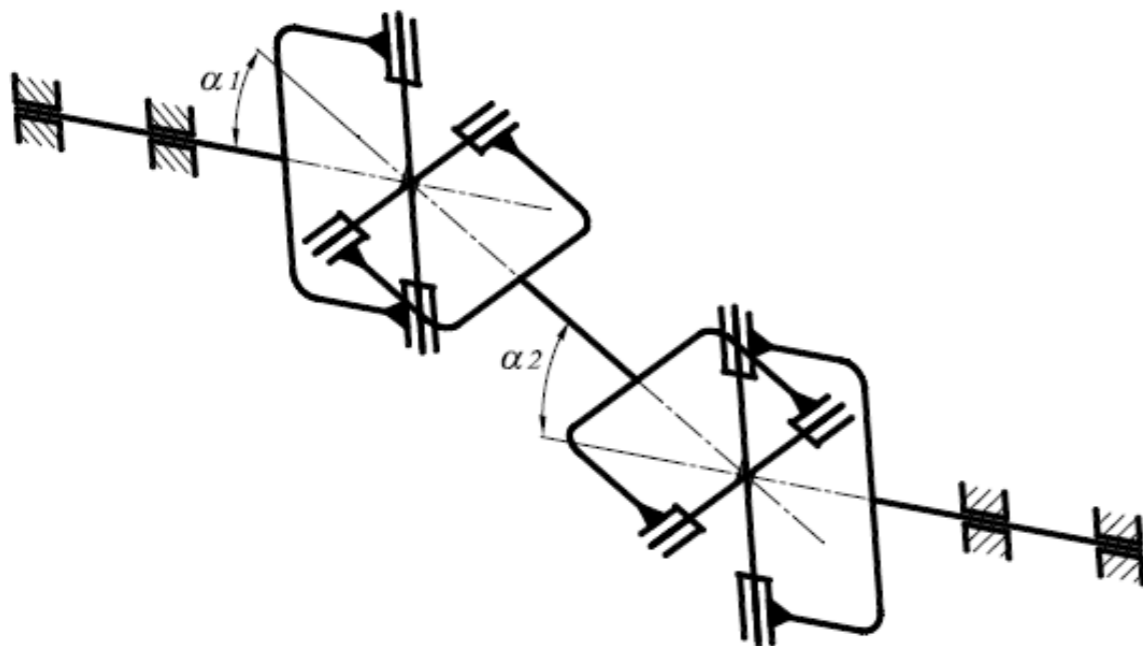
Zasada działania sprzęgła kątowego (Cardana): 1 – krzyż, 2 i 3 – widelki. 4 i 5 –
wały.

Sprzęgła kątowe

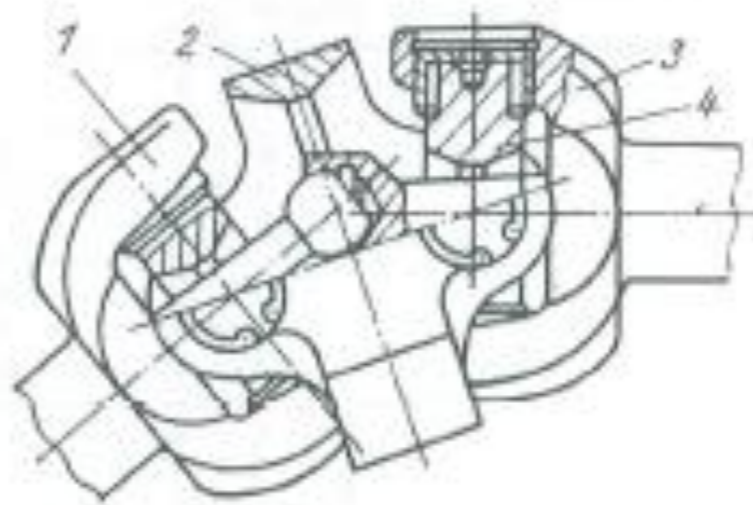
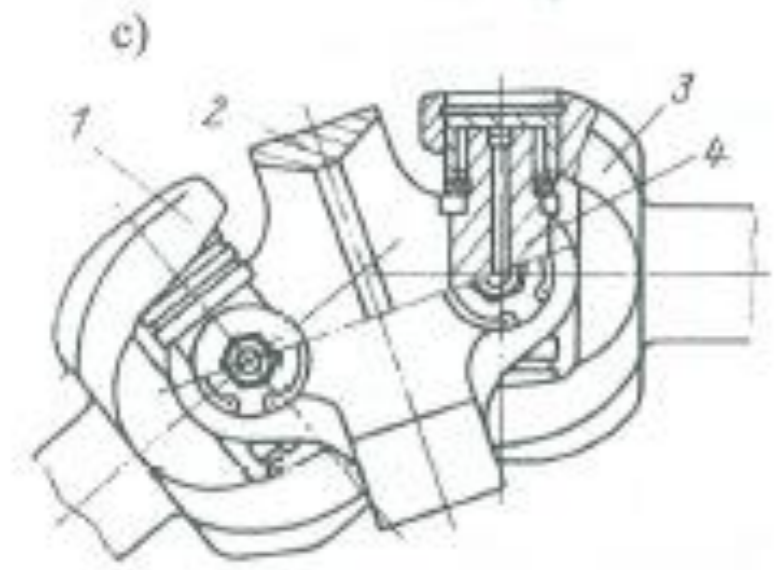
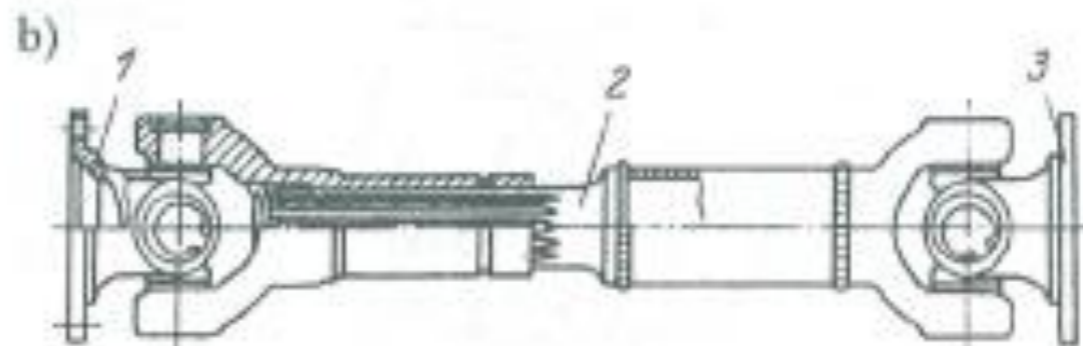
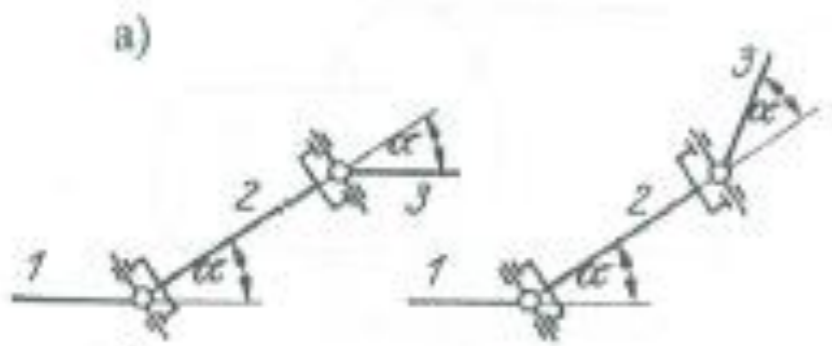


$$\frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{1 - \sin^2 \varphi_1 \cdot \sin^2 \alpha}{\cos \alpha}$$

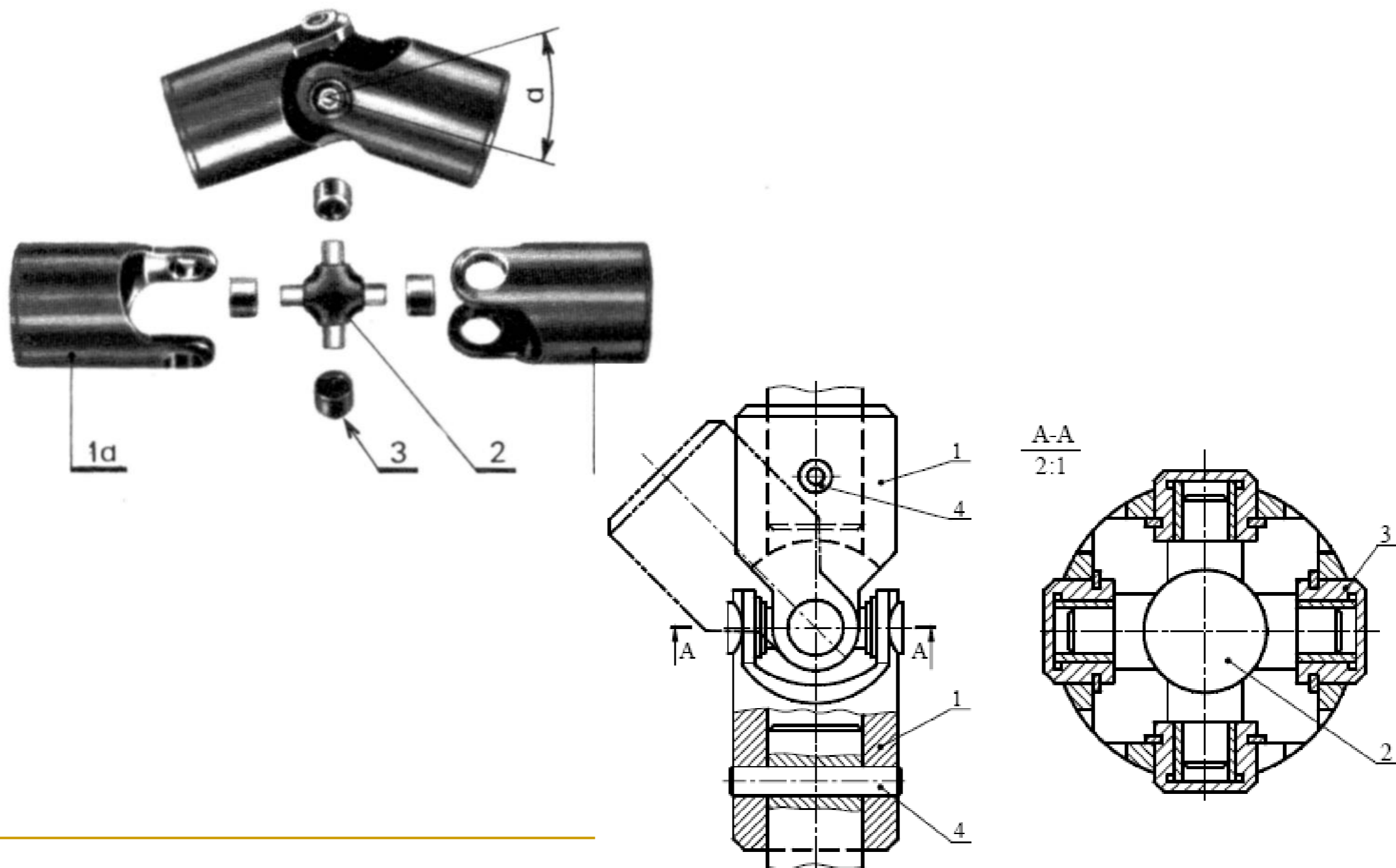
Zasada działania sprzęgła kątowego (Cardana): 1 – krzyż, 2 i 3 – widelki. 4 i 5 – wały.



Sprzęgło kątowe (Cardana)



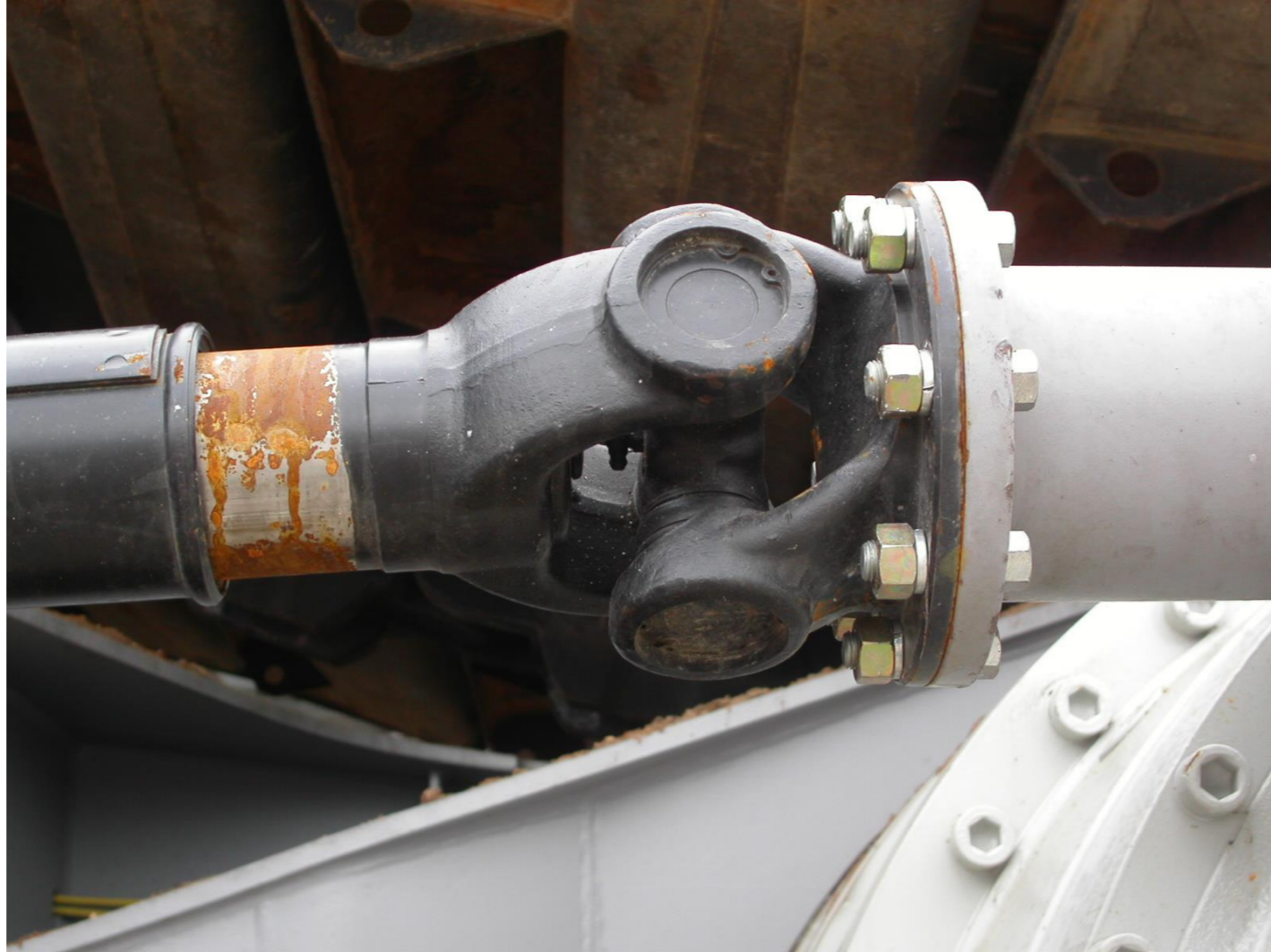
Sprzęgło Cardana



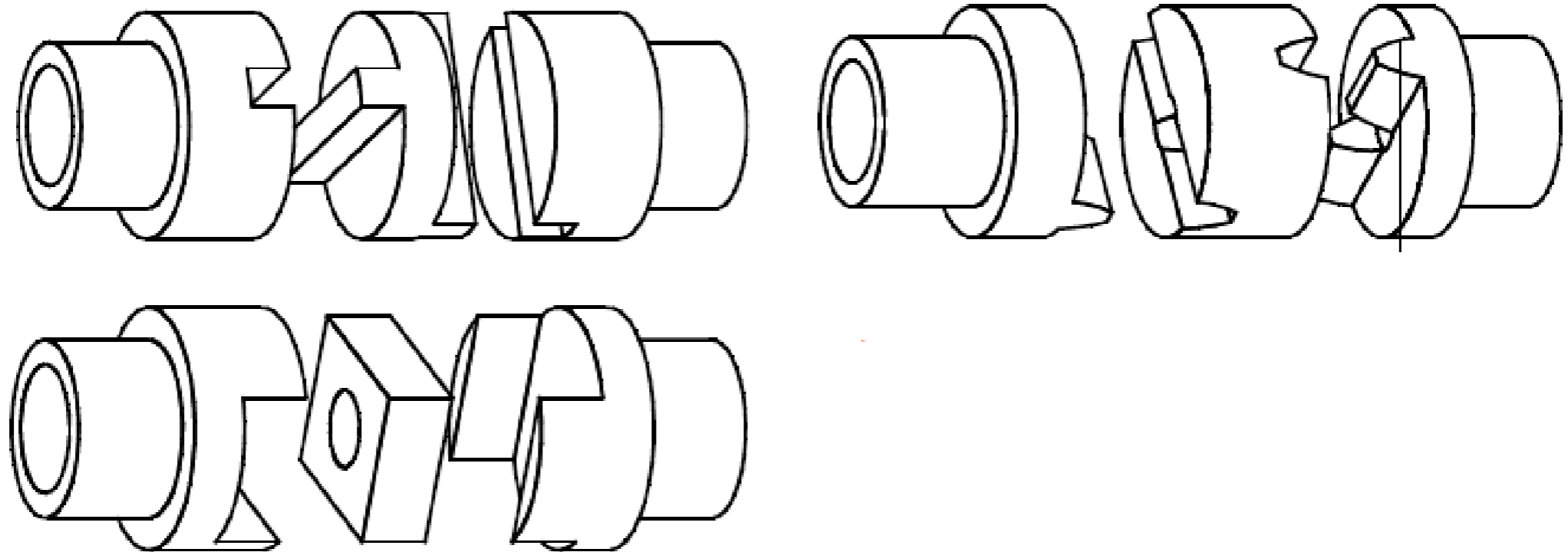
SPRZĘGŁO CARDANA



SPRZĘGŁO CARDANA



Sprzęgło Oldhama (krzyżakowe)

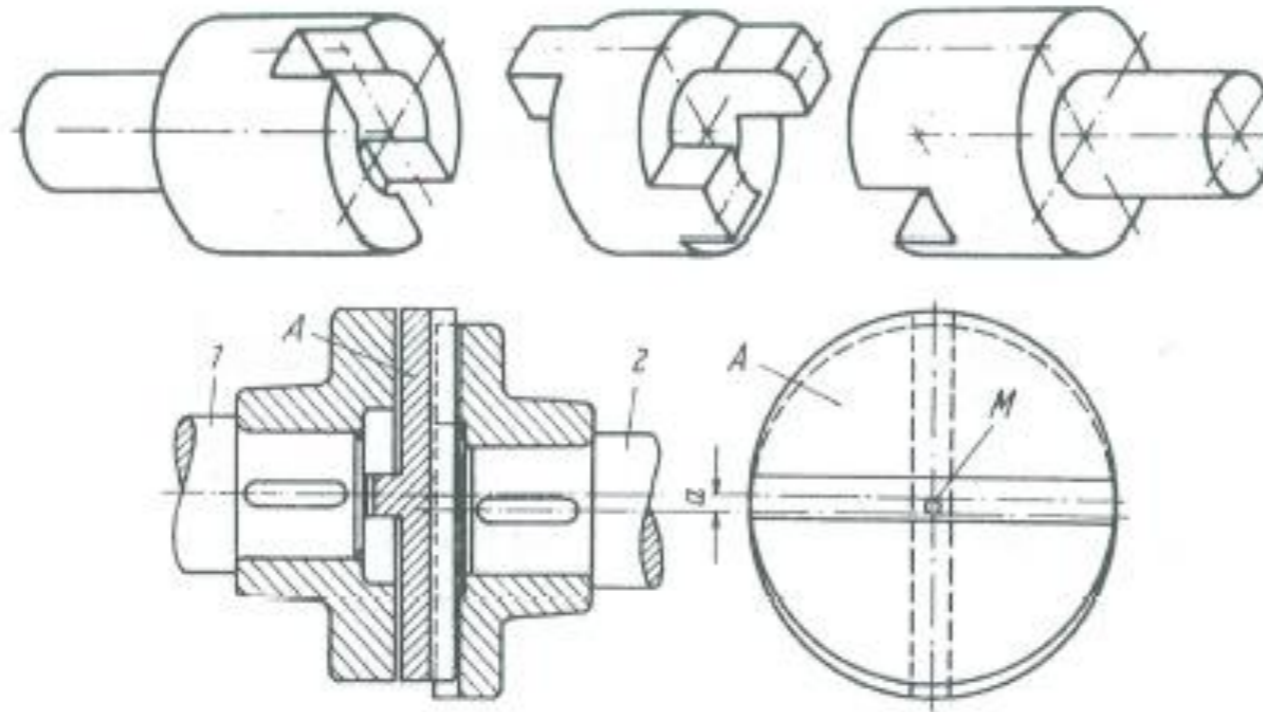


- Umożliwiają kompensacje promieniową i kątową.

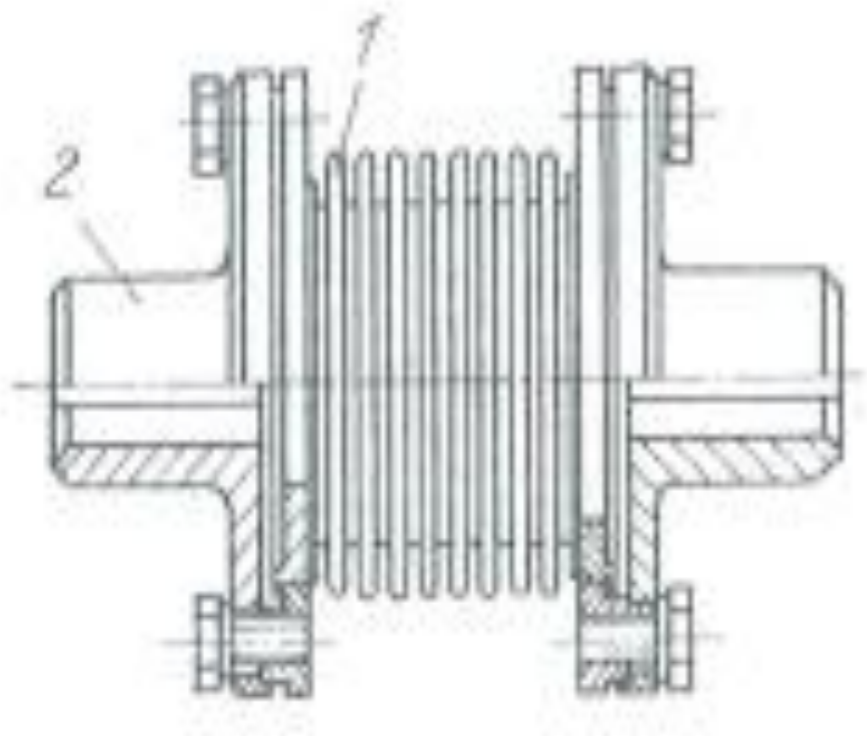
Sprzęgło Oldhama

10.3.5. Sprzęgła krzyżakowe Oldhama

Sprzęgło składa się z dwóch elementów osadzanych na wałach i z łącznika (rys. 10.18). Sprzęgła umożliwiają kompensację poprzeczną i kątową (sprzęgła z wkładkami z tworzyw sztucznych).

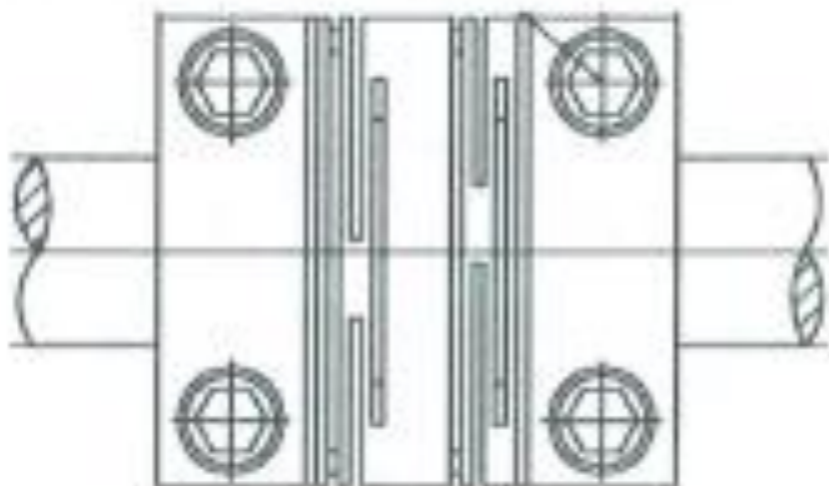


Sprzęgła mieszkowe



- Prosta budowa.
- Małe masowe momenty bezwładności
- Korygują przemieszczenia wzdluzne, promieniowe i katowe

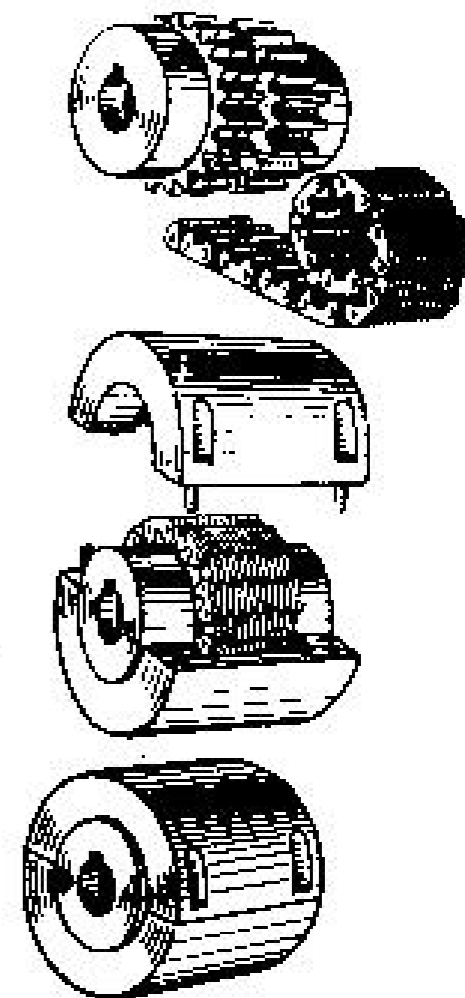
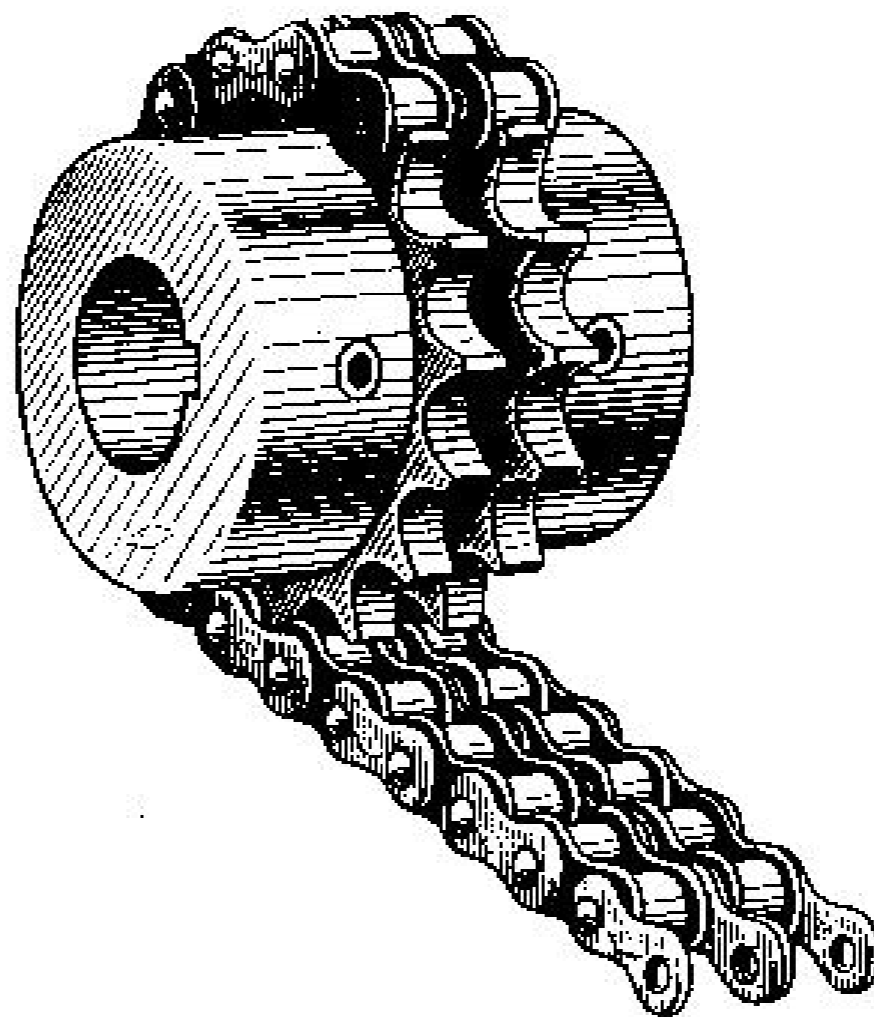
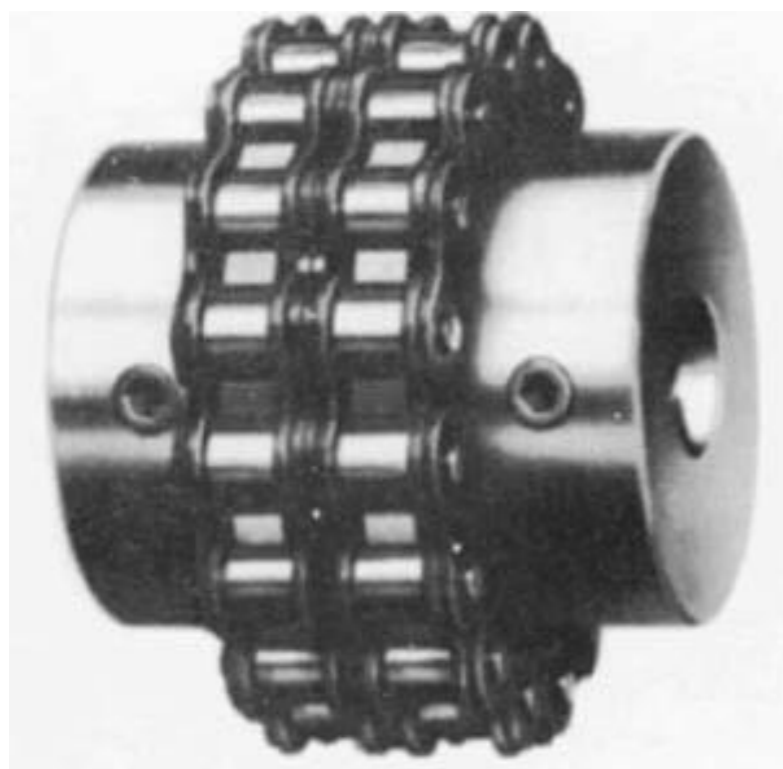
Sprzęgła sprężyste



- Montaż i demontaż bez konieczności odsuwania wałów,
- Możliwość kompensacji odchyłeń promieniowych i kątowych,
- Zakres momentów od 2 do 200 Nm,
- Prędkości obrotowe do 10 000 obr/min,
- Małe masowe momenty bezwładności.

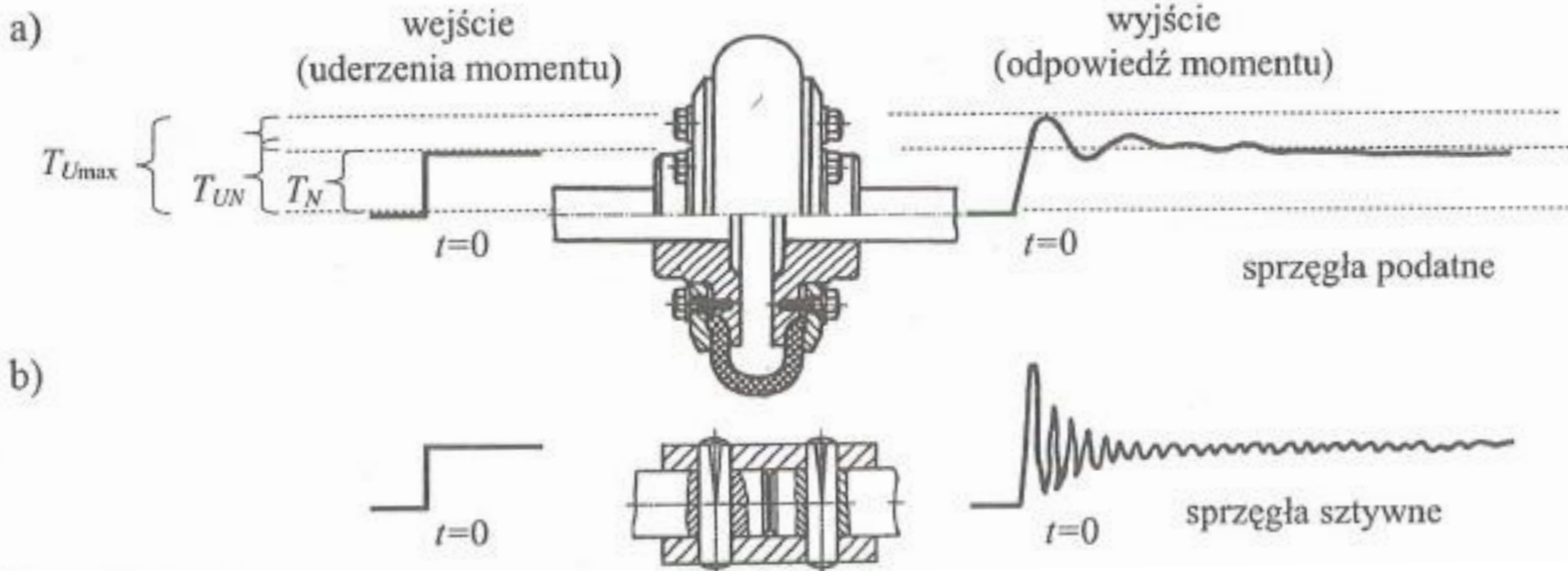
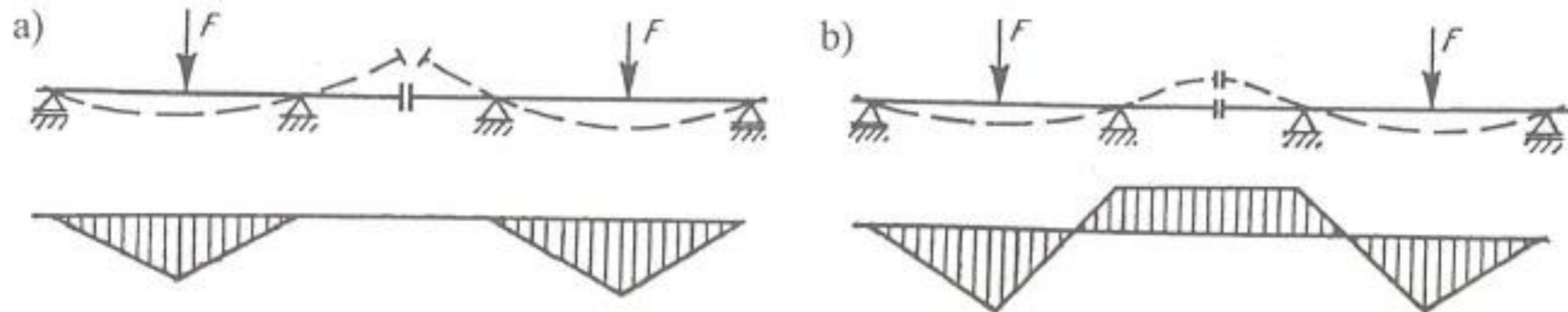


Sprzęgło łańcuchowe

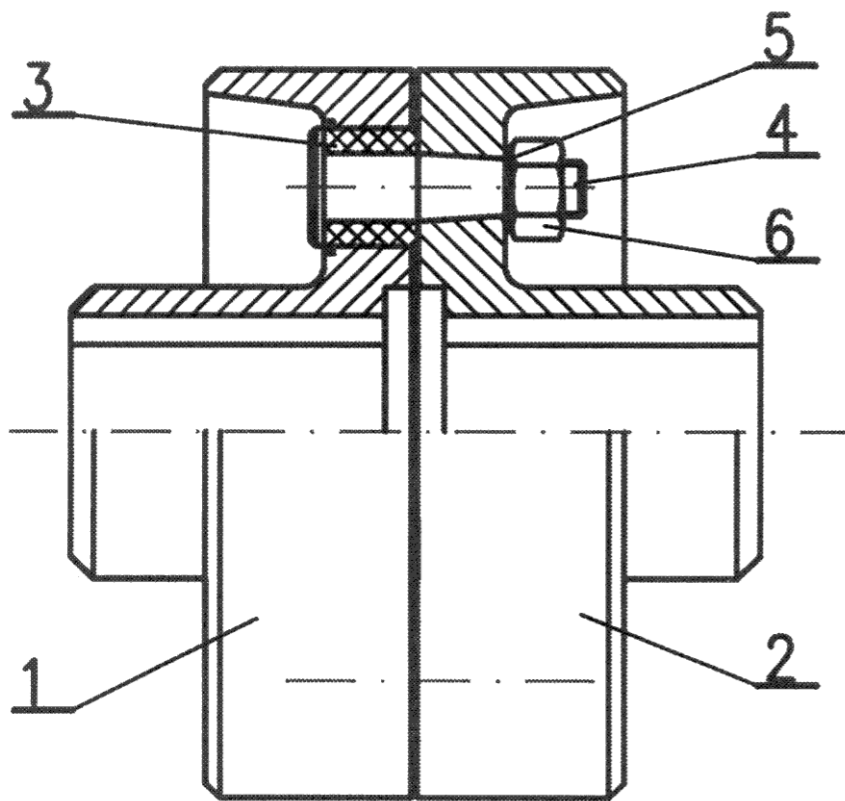


Sprzęgła podatne

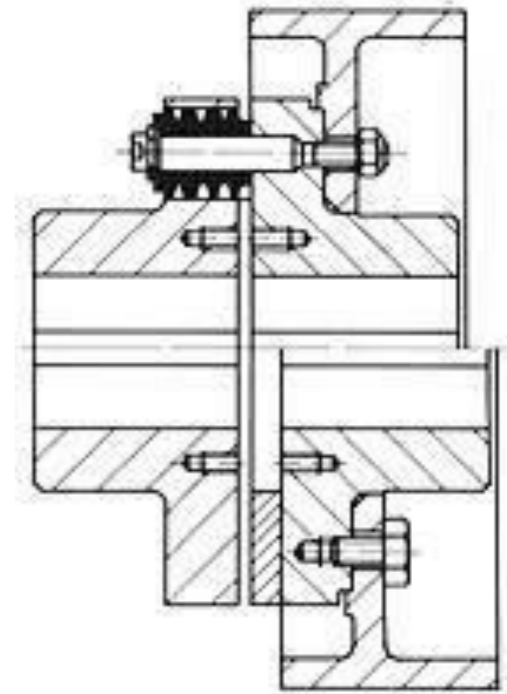
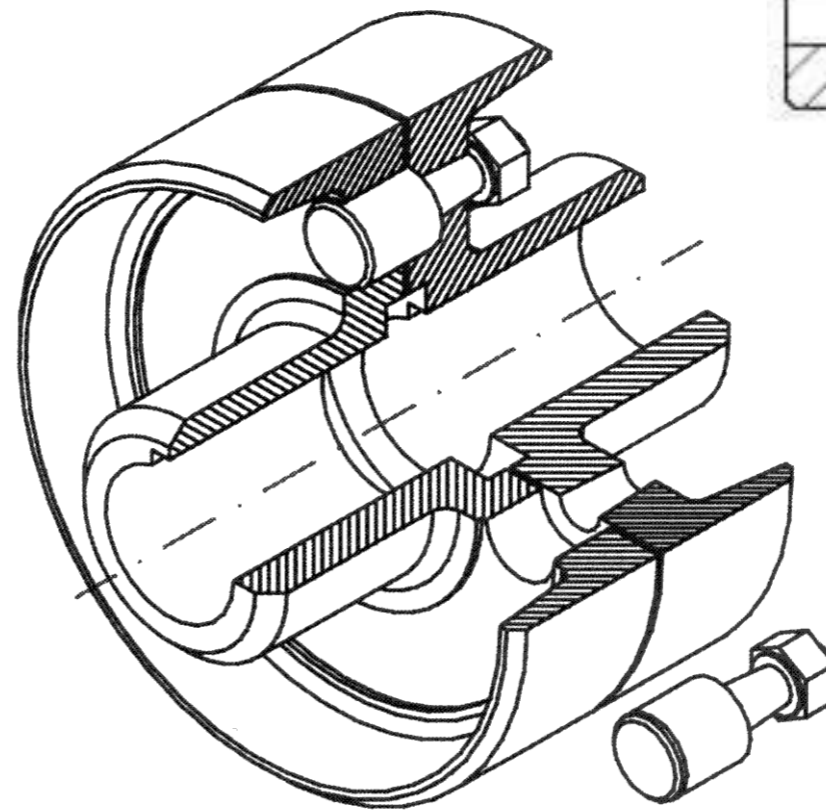
Po co sprzęgło podatne



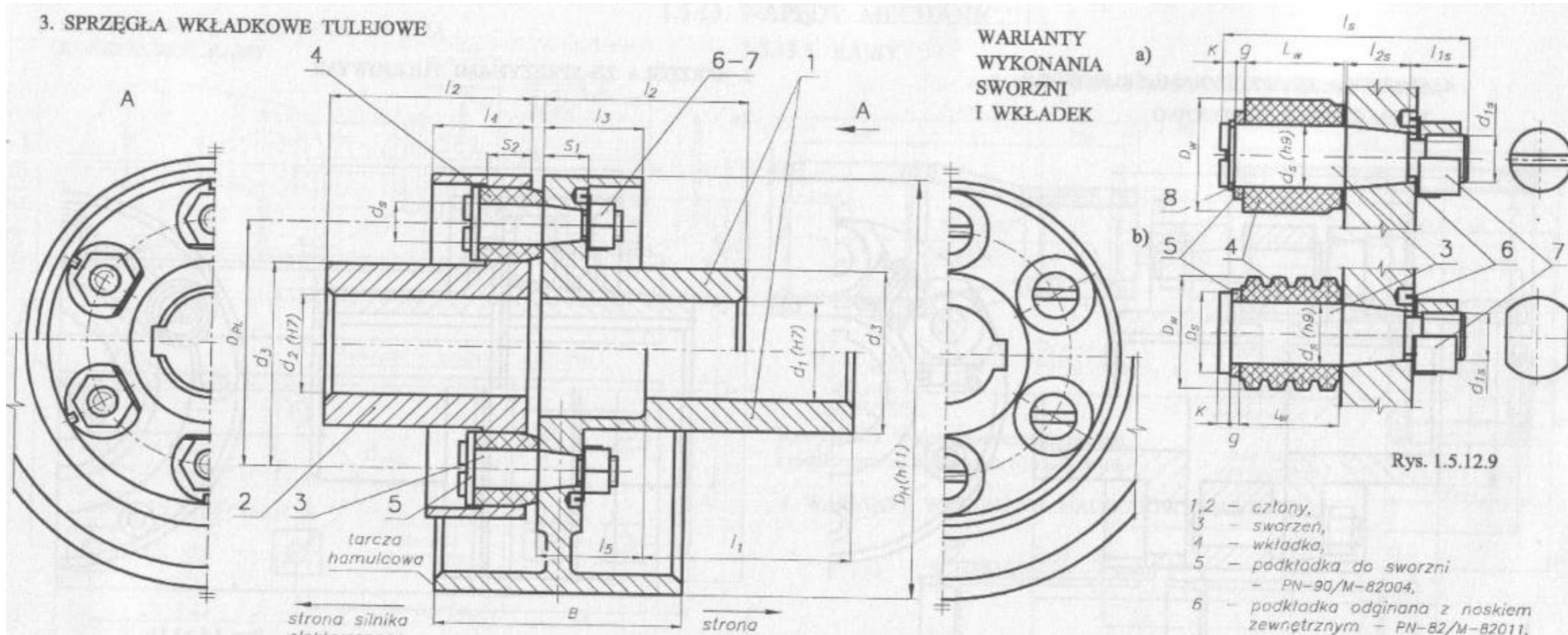
Sprzęgło palcowe podatne



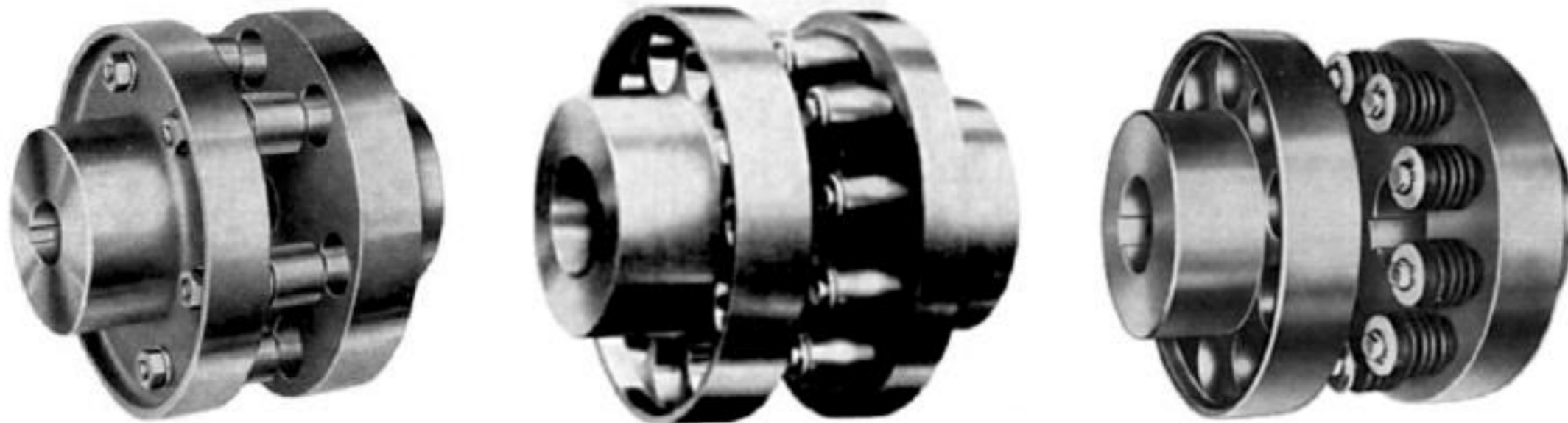
- 6 Nakrętka M8x1
- 5 Podkładka sprężysta Z 8,2
- 4 Śruba
- 3 Tulejka
- 2 Tarcza 2
- 1 Tarcza 1



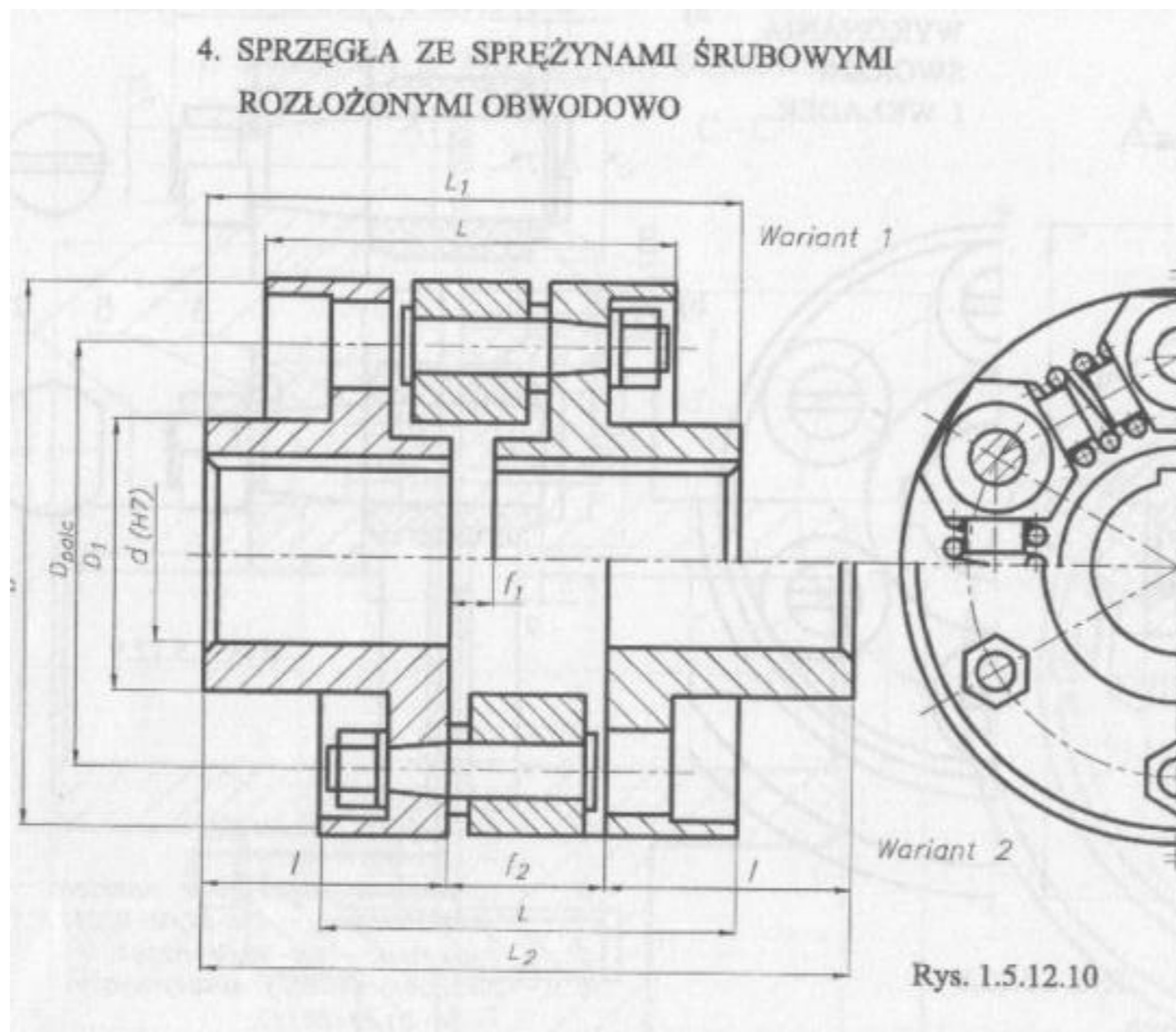
Sprzęgło palcowe podatne



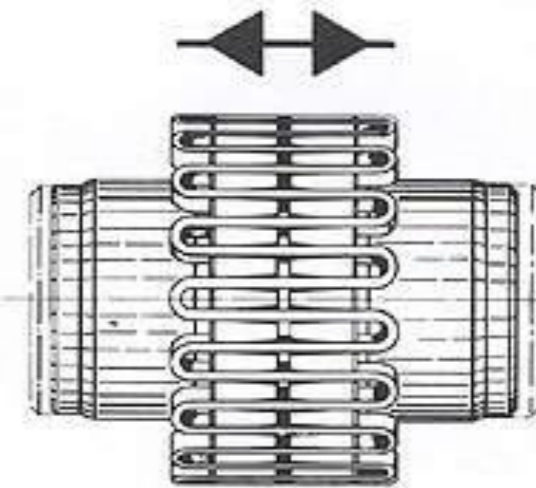
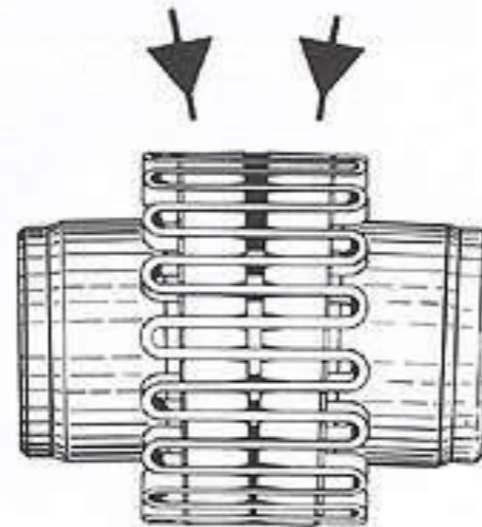
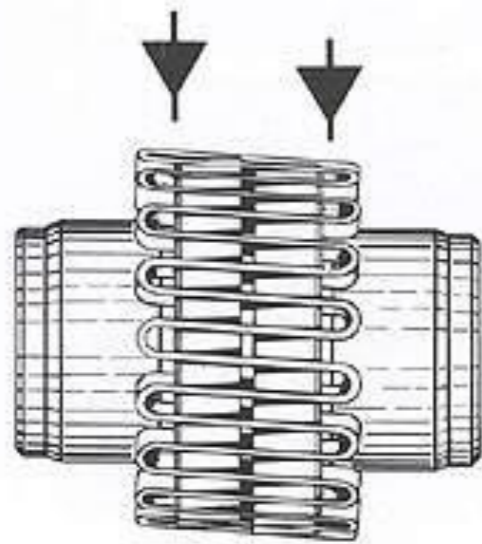
Sprzęgła palcowe



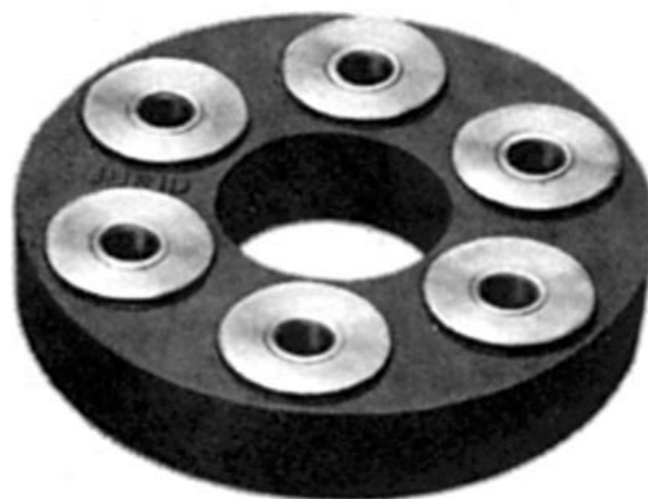
Sprzęgło tłumiące ze sprężynami śrubowymi



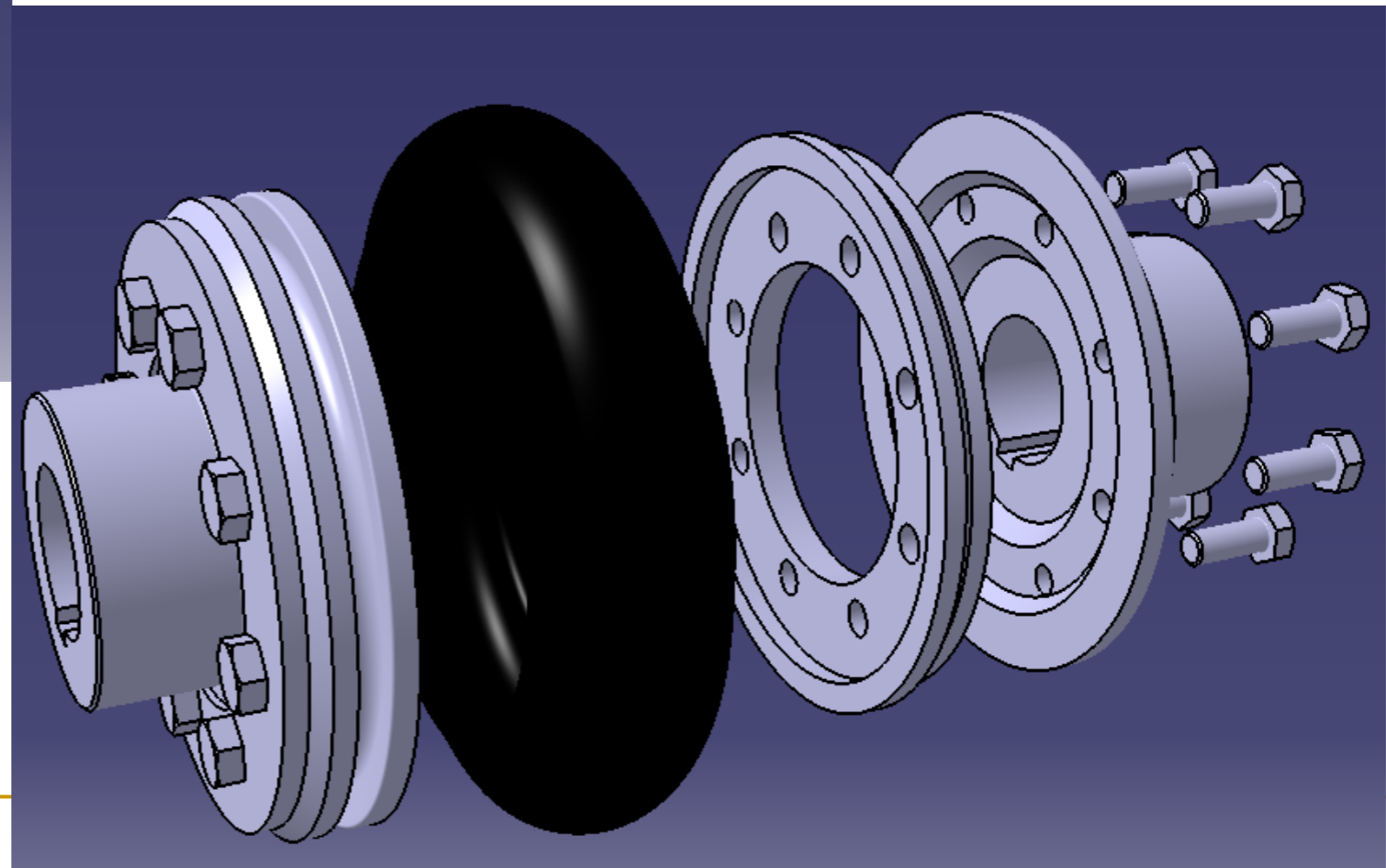
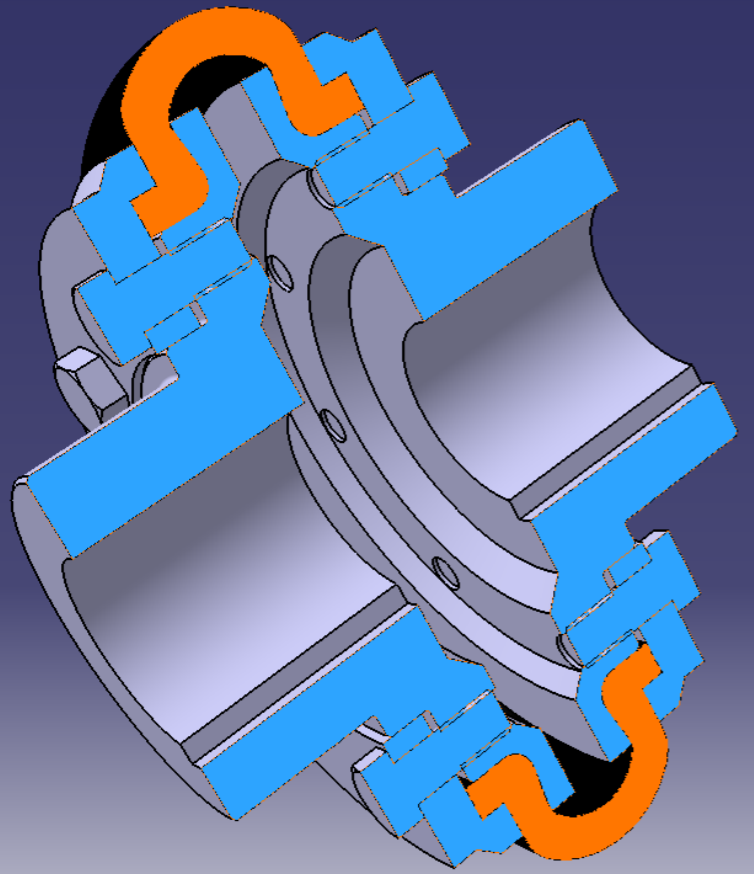
Sprzęgło podatne sprężynowe



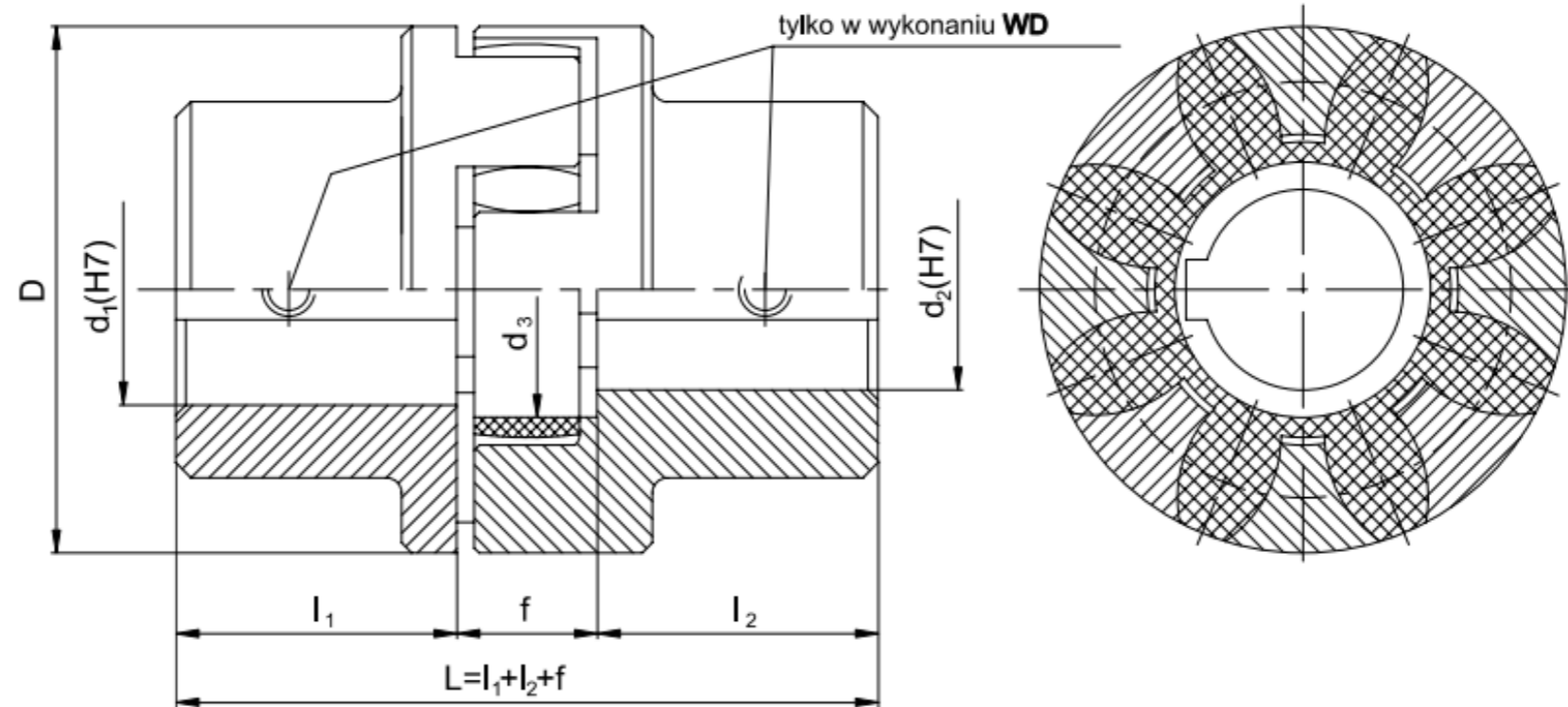
Sprzęgła tłumiące



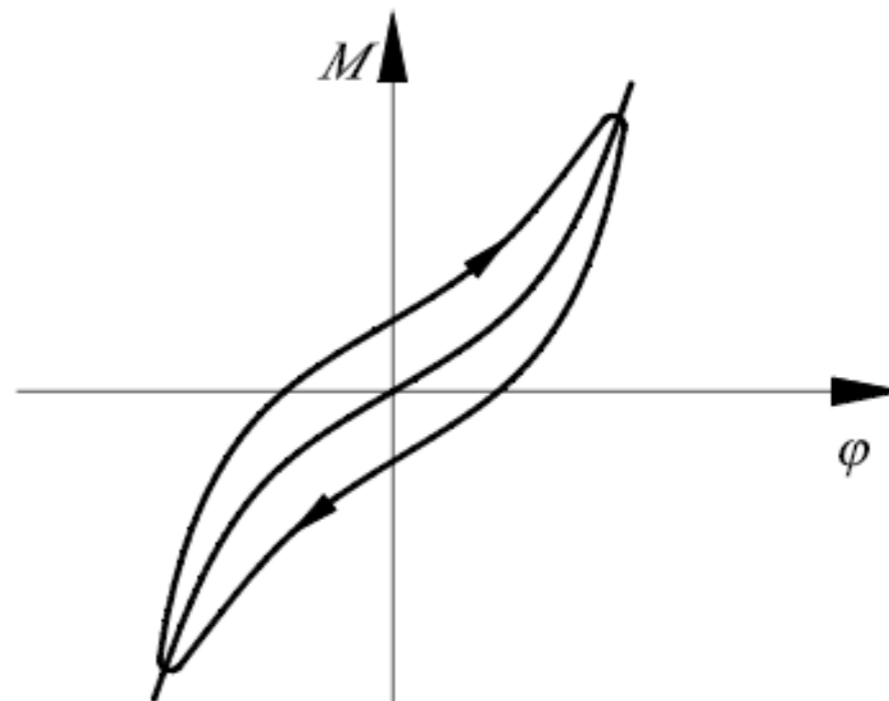
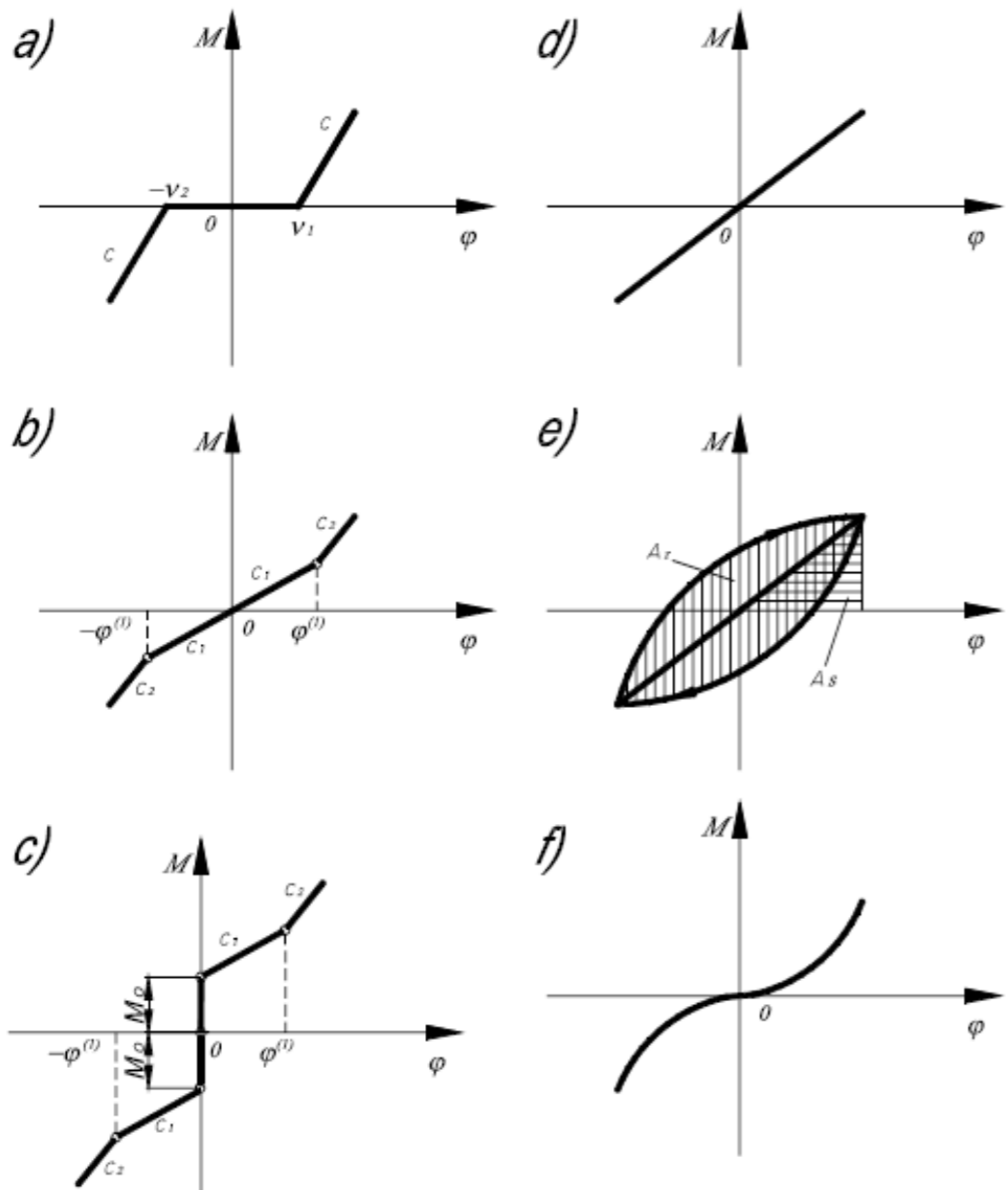
Sprzęgło oponowe



Sprzęgło kłowe elastyczne

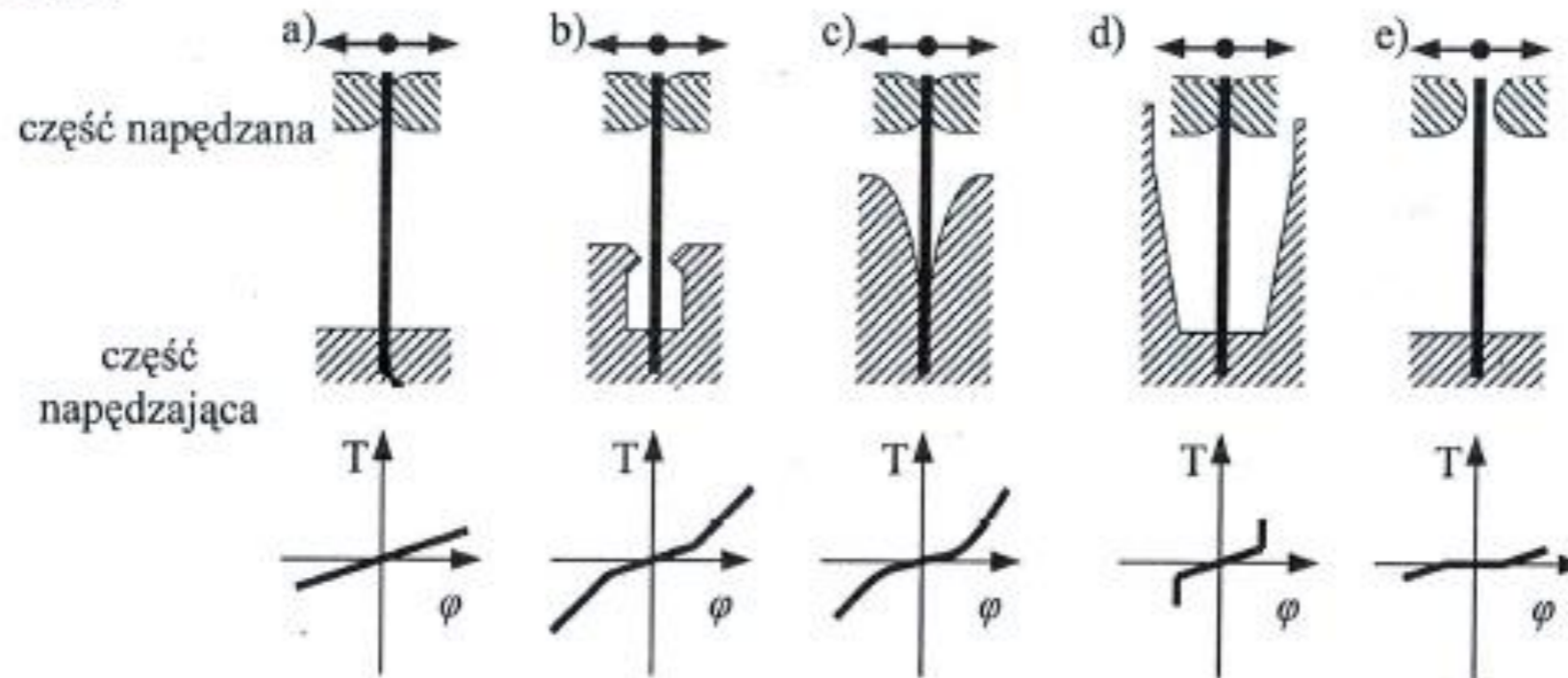


Charakterystyki sprzęgieł



Konstruowanie charakterystyki sprzęgła





10.23.

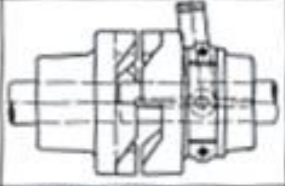
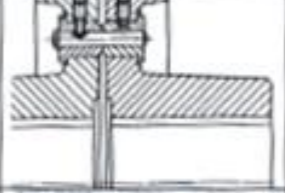



Rys. 10.23. Charakterystyki sprzęgieł podatnych: a) liniowa, b) odcinkami liniowa, c) progresywna, d) liniowa z ograniczeniem, e) z luzem

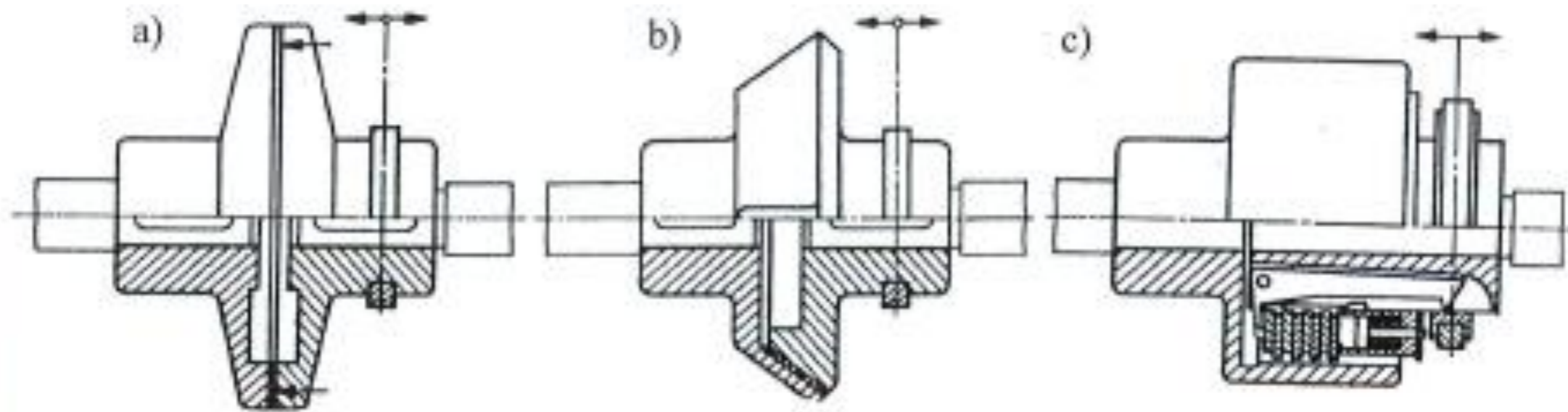
Sprzęgła sterowane

Sprzęgła sterowane

Podział		Sprzęgło		Włączenie sprzęgła	
zasada działania przy przenoszeniu momentu obrotowego	zasada działania przy rozłączeniu	nazwa	przykład	obce	samoczynne
cierne połączenie między powierzchniami płaskimi, stożkowymi lub klockami i powierzchnią walcową	zewnątrzne usunięcie siły docisku	wielopłytkowe z włączaniem mechanicznym [24]		■	
	przekroczenie maksymalnego momentu tarcia	wielopłytkowe dociskane sprężynami [32]			■ moment obrotowy
	zmiana prędkości obrotowej	odśrodkowe klockowe [33]			■ wartość momentu
	zmiana kierunku momentu	jednokierunkowe [28]			■ kierunek momentu

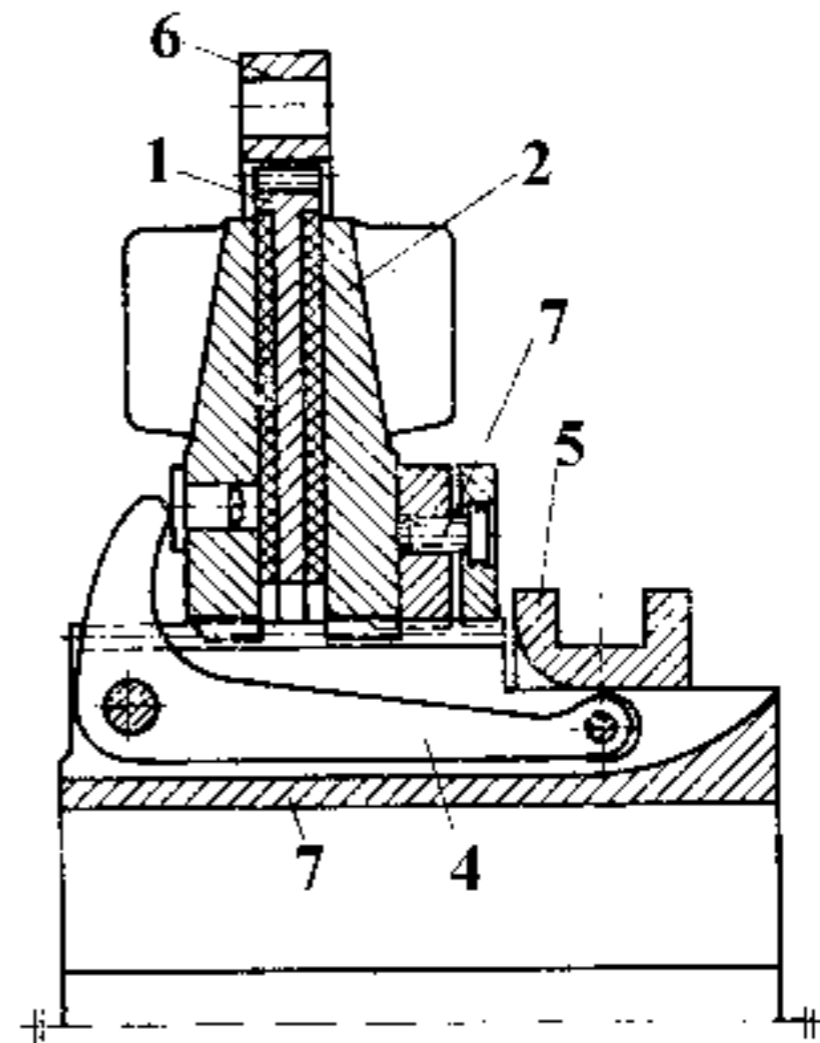
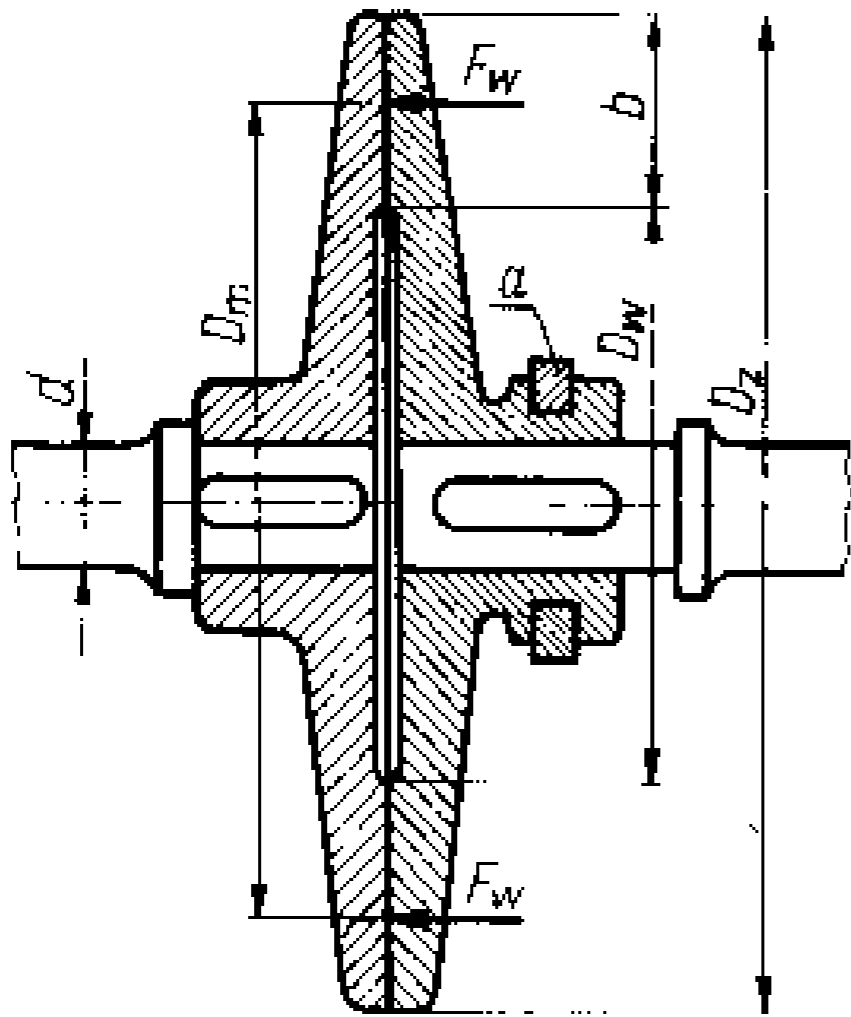
połączenie kształtowe	zewnątrzne wysunięcie jednej części sprzęgła	kłowe		■	
	ścięcie kołków przy obciążeniu	tarczowe kołkowe bezpieczeństwa			■ moment obrotowy
	usunięcie ograniczenia przy zmianie kierunku momentu	zapadkowe			■ kierunek momentu

Sprzęgła cierne

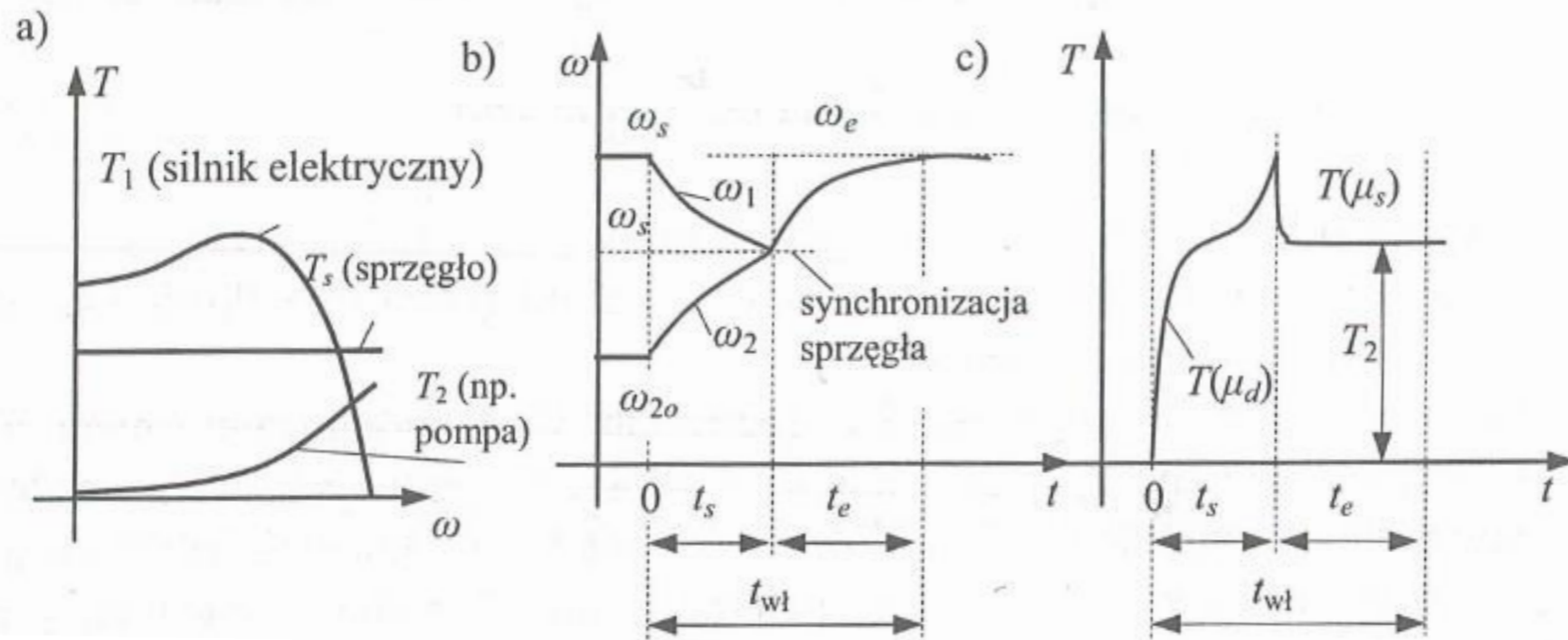
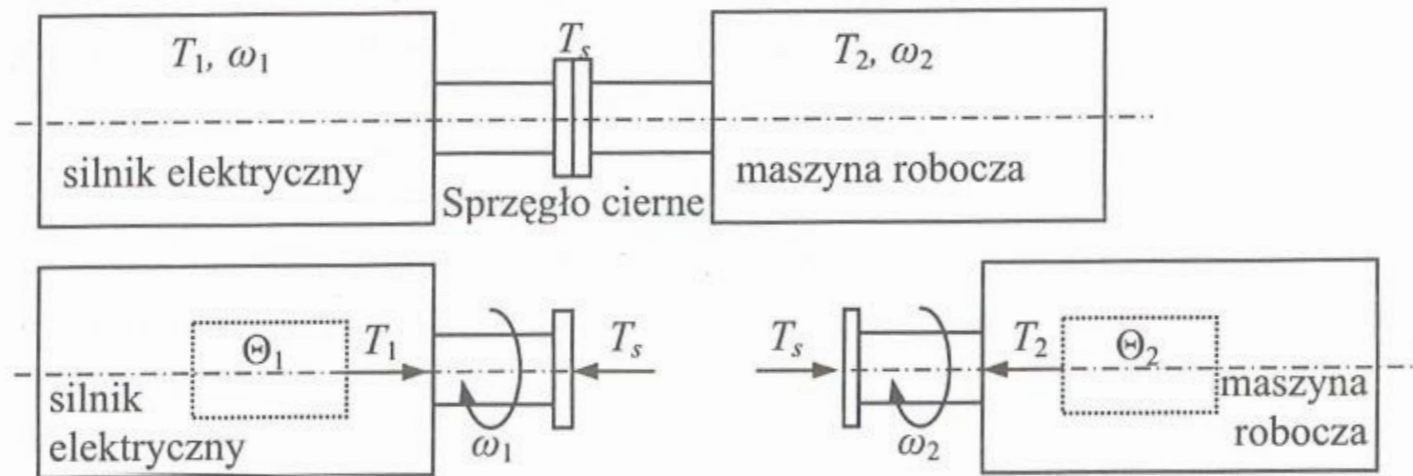


Rys. 10.48. Odmiany sprzęgieł ciernych: a) tarczowe, b) stożkowe, c) wielopłytkowe

Sprzęgła tarczowe



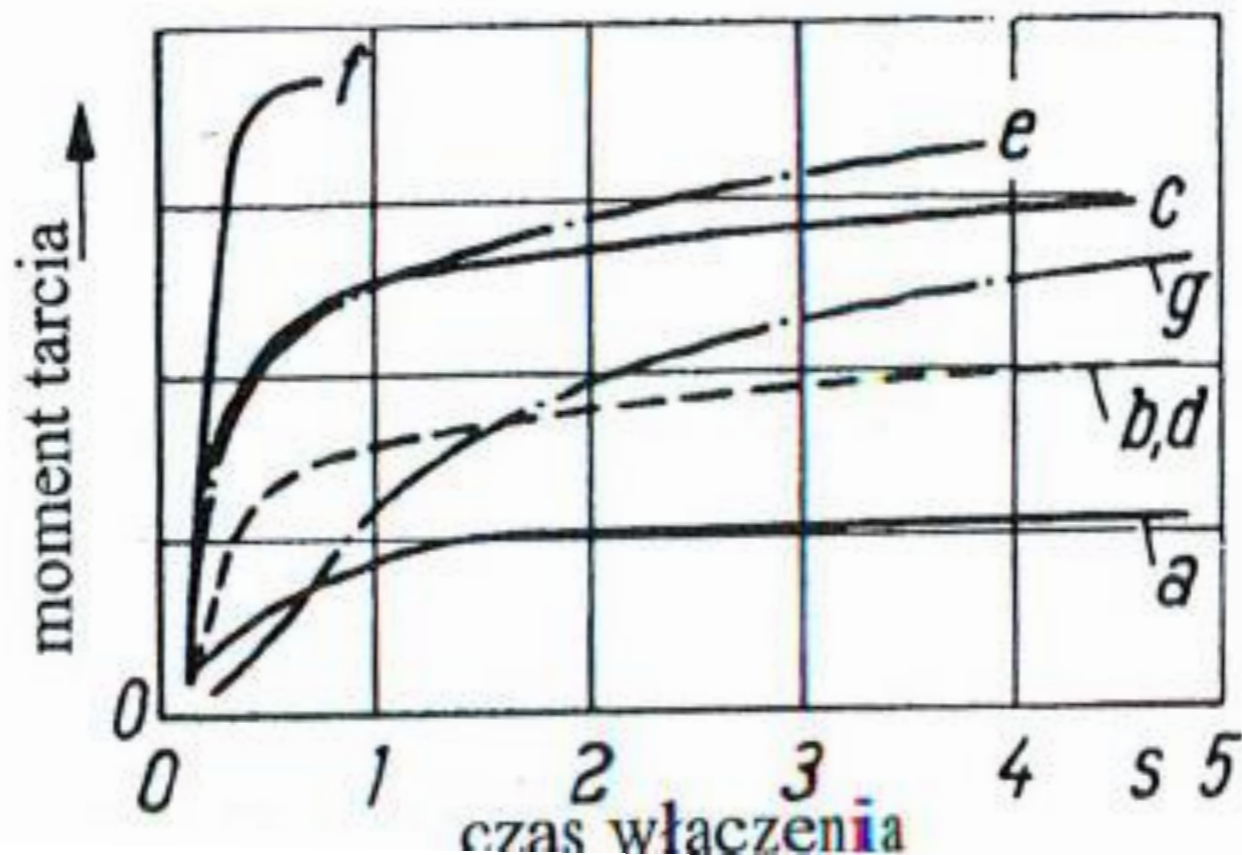
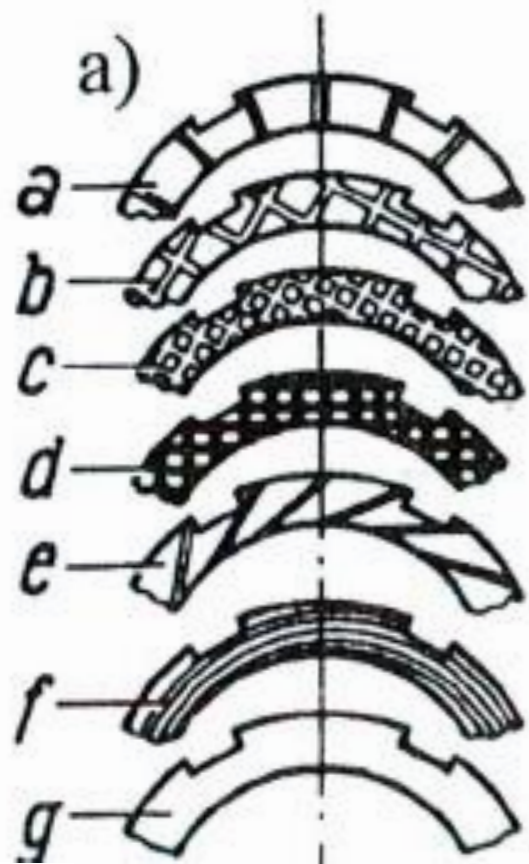
Sprężenie cierne



Sprzęgła tarczowe – materiały cierne

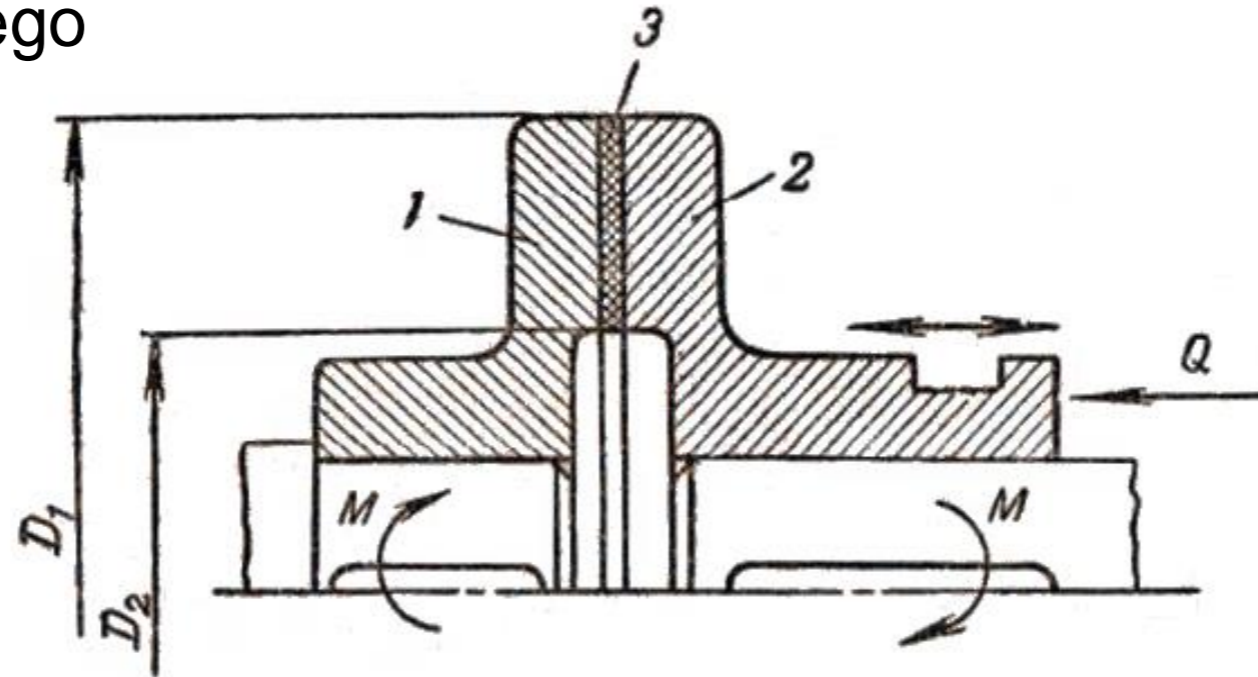
Materiały pary ciernej		Współczynnik tarcia μ		Dopuszczalna temperatura t_{dop}		Nacisk dopuszczalny k_a MPa	$(p \cdot v)_{dop}$ MN/(m · s)
				trwa- le	kró- tko		
		na sucho	z olejem	°C	°C		
żeliwo, staliwo lub stal	żywica fenolowa	0,25	0,1 ÷ 0,15	100	150	0,05 ÷ 0,7	0,3 ÷ 0,5
	tkanina bawełniana nasycona sztuczną żywicą	0,4 ÷ 0,65	0,1 ÷ 0,2	100	150	0,05 ÷ 1,2	0,5 ÷ 2
	tekstolit, wełna metalowa sprasowana z syntetyczną gumą	0,4 ÷ 0,65	0,1 ÷ 0,2	250	300	0,05 ÷ 8,0	0,3 ÷ 0,5
	azbest ze sztuczną żywicą prasowany	0,2 ÷ 0,35	0,1 ÷ 0,15	250	500	0,05 ÷ 8,0	0,5 ÷ 1,0
stal	węgiel grafityzowany	0,25	0,05 ÷ 0,1	300	500	0,05 ÷ 2	1,0 ÷ 2,0
żeliwo staliwo lub stal	drewno	0,2 ÷ 0,35	0,1 ÷ 0,15	100	160	0,05 ÷ 0,5	0,4 ÷ 2,0
	skóra	0,3 ÷ 0,6	0,12 ÷ 0,15	100		0,05 ÷ 0,3	0,3 ÷ 1,0
	korek	0,3 ÷ 0,5	0,15 ÷ 0,25	100		0,05 ÷ 0,1	0,6 ÷ 0,8
stal hartowana	stal hartowana lub spiek metalowy						
	b) z przepływem oleju	0,08 ÷ 0,12	100		0,5 ÷ 4,0	4 ÷ 6	
żeliwo	stal	0,15 ÷ 0,2	0,03 ÷ 0,06	200	300	0,8 ÷ 1,4	2 ÷ 4
żeliwo	żeliwo	0,15 ÷ 0,25	0,02 ÷ 0,1	200	300	1,0 ÷ 1,8	1,3 ÷ 3

Właściwości okładzin ciernych



Sprzęgło tarczowe – warunek zadziałania

Podstawa działania polega na wykorzystaniu zjawiska tarcia do przeniesienia momentu obrotowego



Aby uzyskać siłę tarcia pomiędzy tarczami należy docisnąć tarczę 2 do tarczy 1. Moment tarcia (Siła tarcia na ramieniu średniej średnicy powierzchni tarcia) musi być większy od momentu obrotowego silnika napędzającego

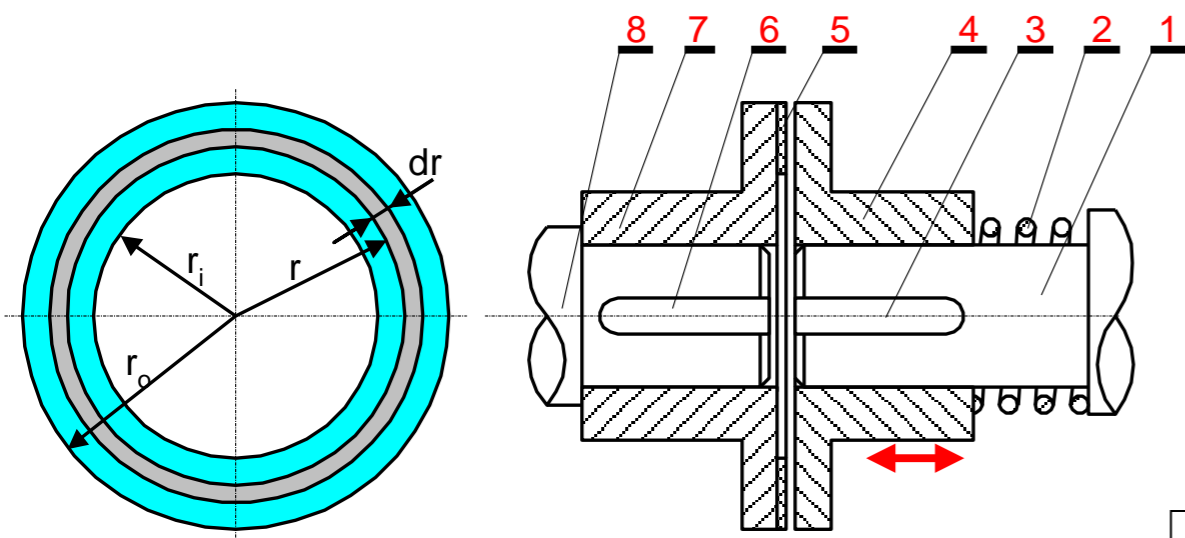
$$M_o \leq M_f = Q \cdot f \cdot R_{sr}$$

Gdzie: Q – siła docisku tarcz,

f – współczynnik tarcia

R_{sr} – średni promień tarcia; $R_{sr} = 0,25(D_1 + D_2)$

Sprzęgło tarczowe



element powierzchni tarcia znajdujący się na ramieniu (promień) r

$$dF = (2\pi \cdot r dr)$$

Pole styku

$$F = \int_{r_i}^{r_o} 2\pi \cdot r dr = \pi \cdot (r_o^2 - r_i^2)$$

Moment tarcia na elementarnym polu pierścienia

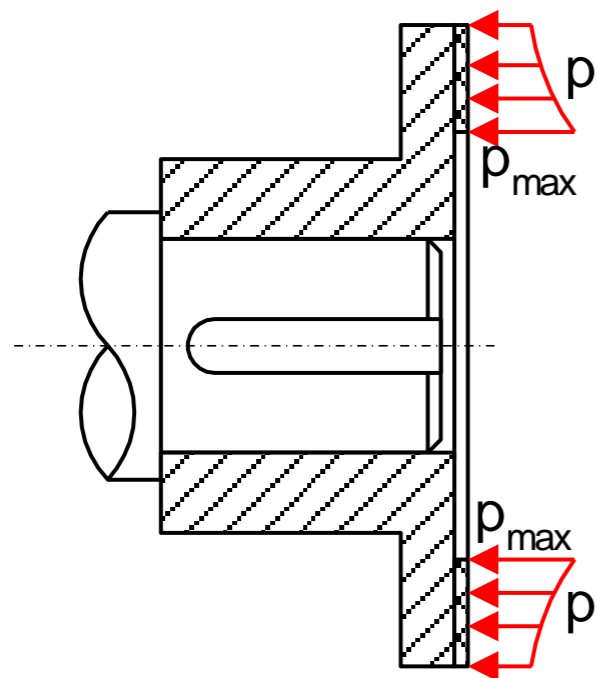
$$dT = p \cdot f \cdot r \cdot dF = (2\pi \cdot r dr) p f r$$

f – współczynnik tarcia

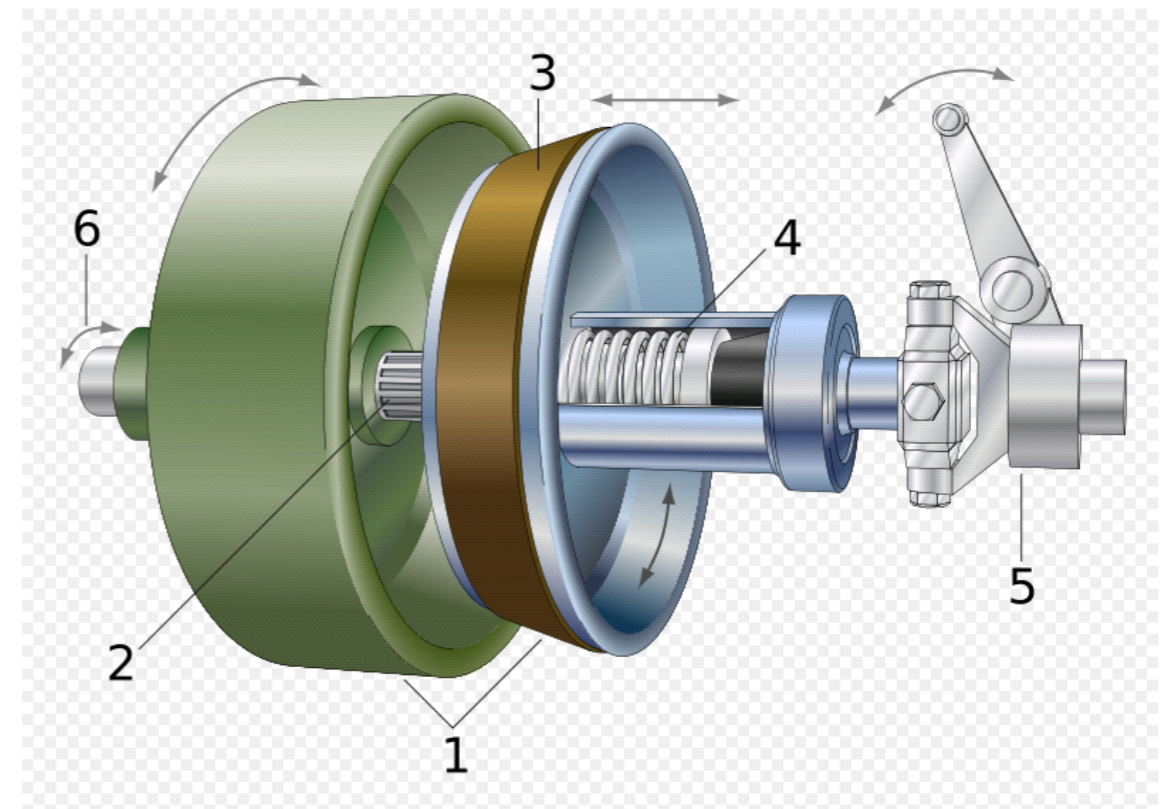
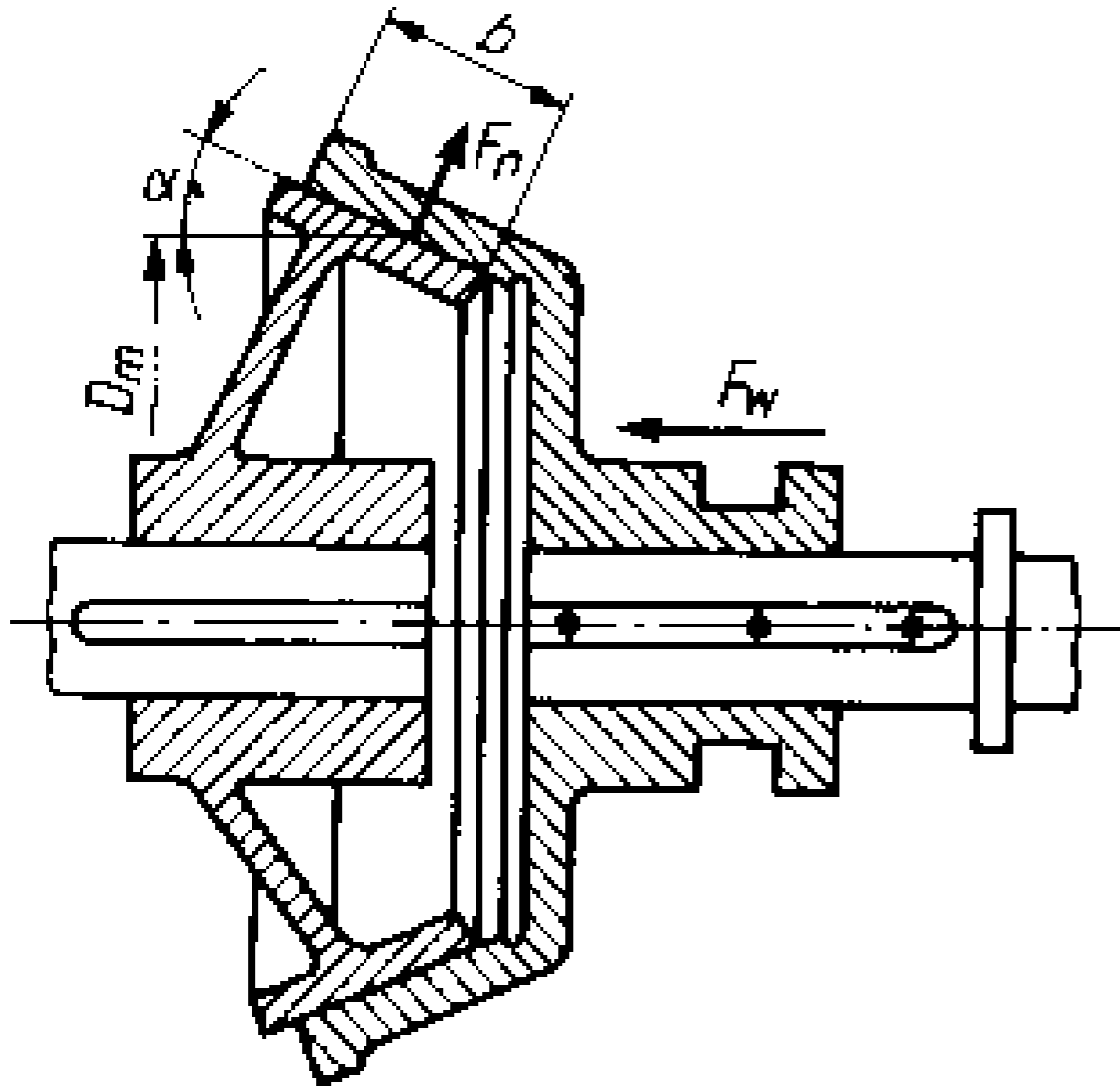
p – nacisk

Całkowity moment tarcia

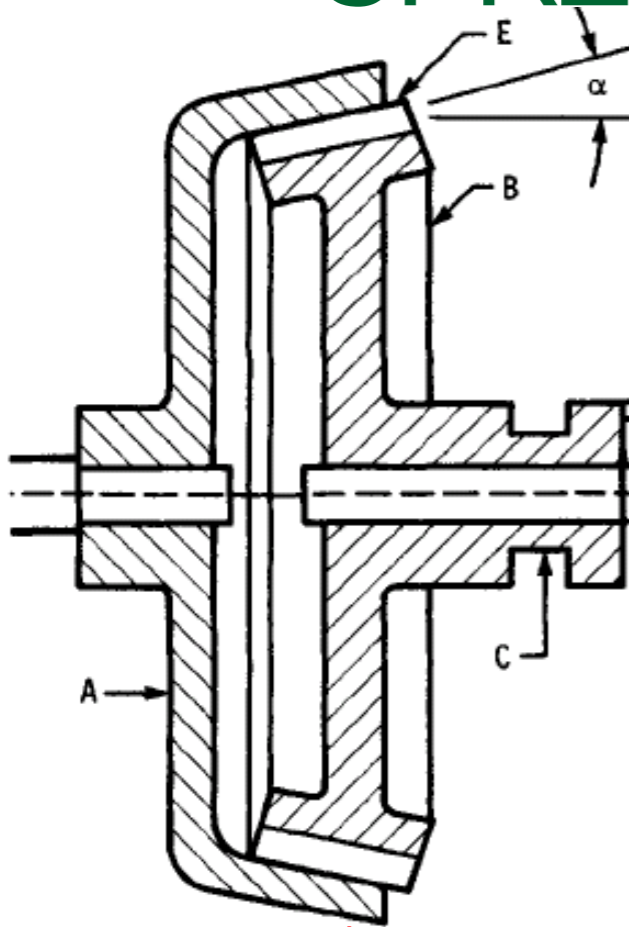
$$T = \int_{r_i}^{r_o} 2\pi \cdot p f r^2 dr = \frac{2}{3} \pi \cdot f p (r_o^3 - r_i^3)$$



Sprzęgło cierne stożkowe



SPRZĘGŁO CIERNE STOŻKOWE



Powierzchnia elementu pierścienia na promieniu r

$$dA = (2\pi \cdot r dr) / \sin \alpha$$

Siła normalna do elementu

$$dN = 2\pi \cdot p r dr$$

Siła zacisku

$$dQ = dN \sin \alpha = (2\pi \cdot r dr) p$$

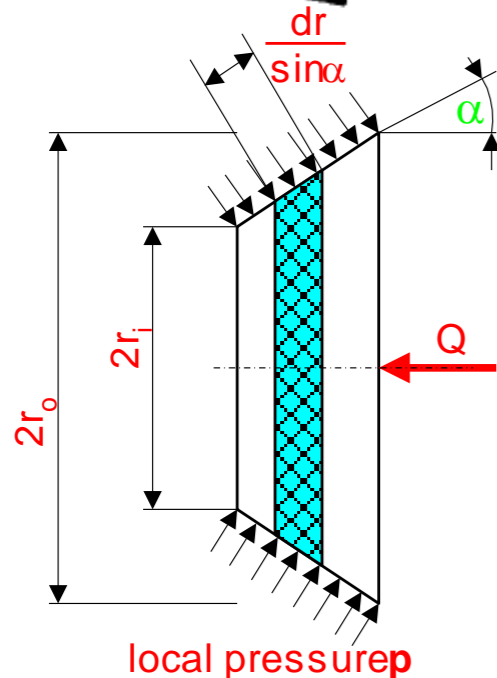
Moment tarcia na elementarnej powierzchni tarcia

$$dT = dN f r = (2\pi \cdot r^2 dr) p f / \sin \alpha$$

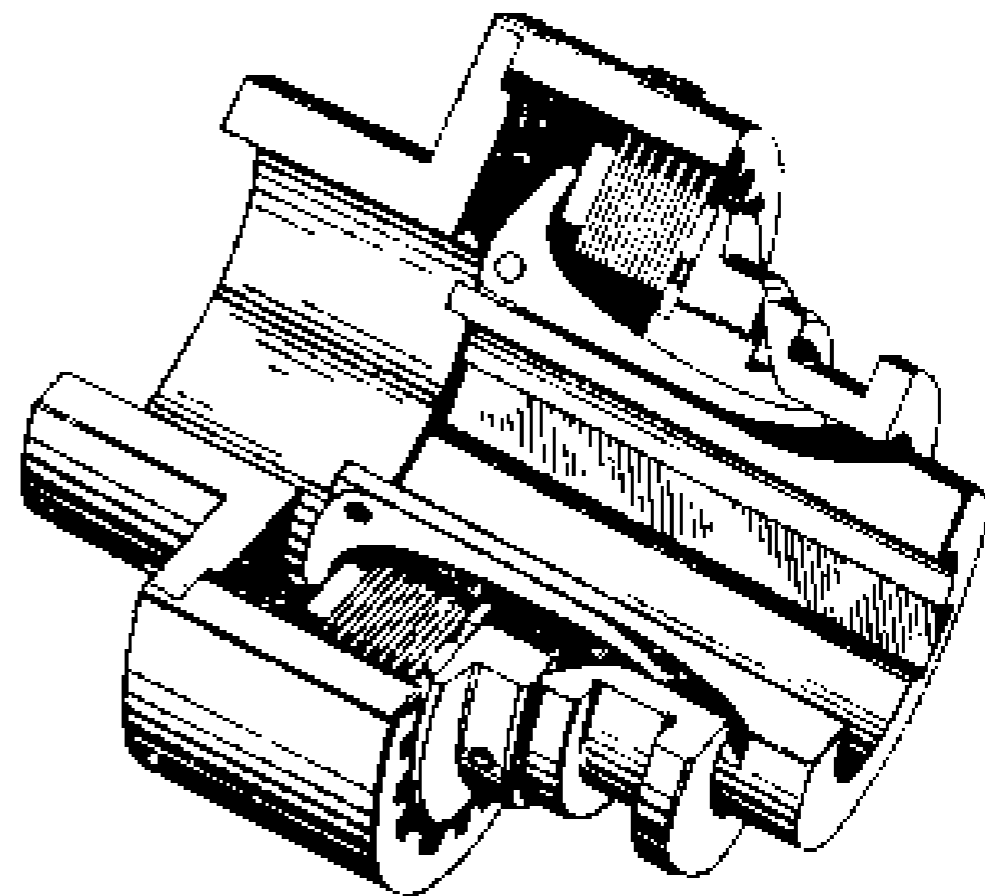
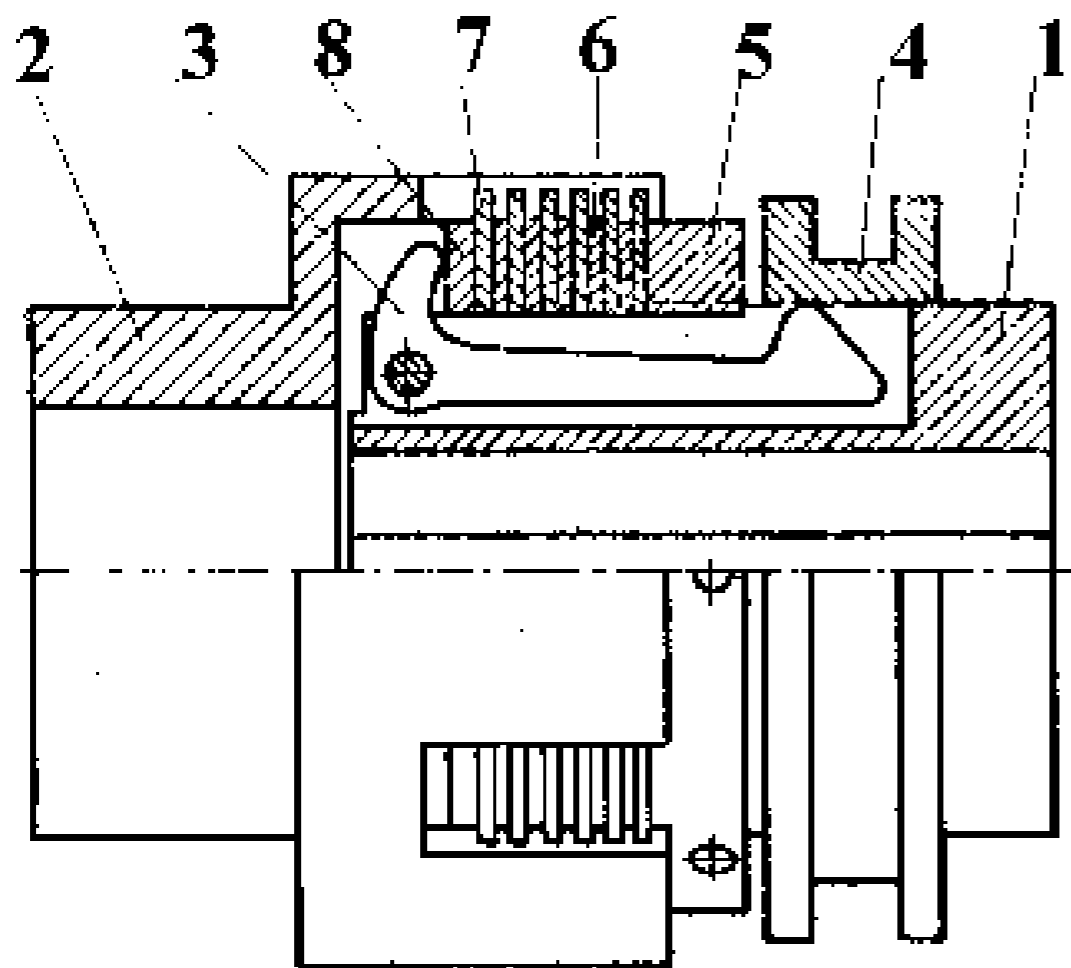
Całkowity moment tarcia przy założonym stałym nacisku

$$T = \frac{2}{3} \pi \times f p (r_o^3 - r_i^3) / \sin \alpha \quad \text{lub}$$

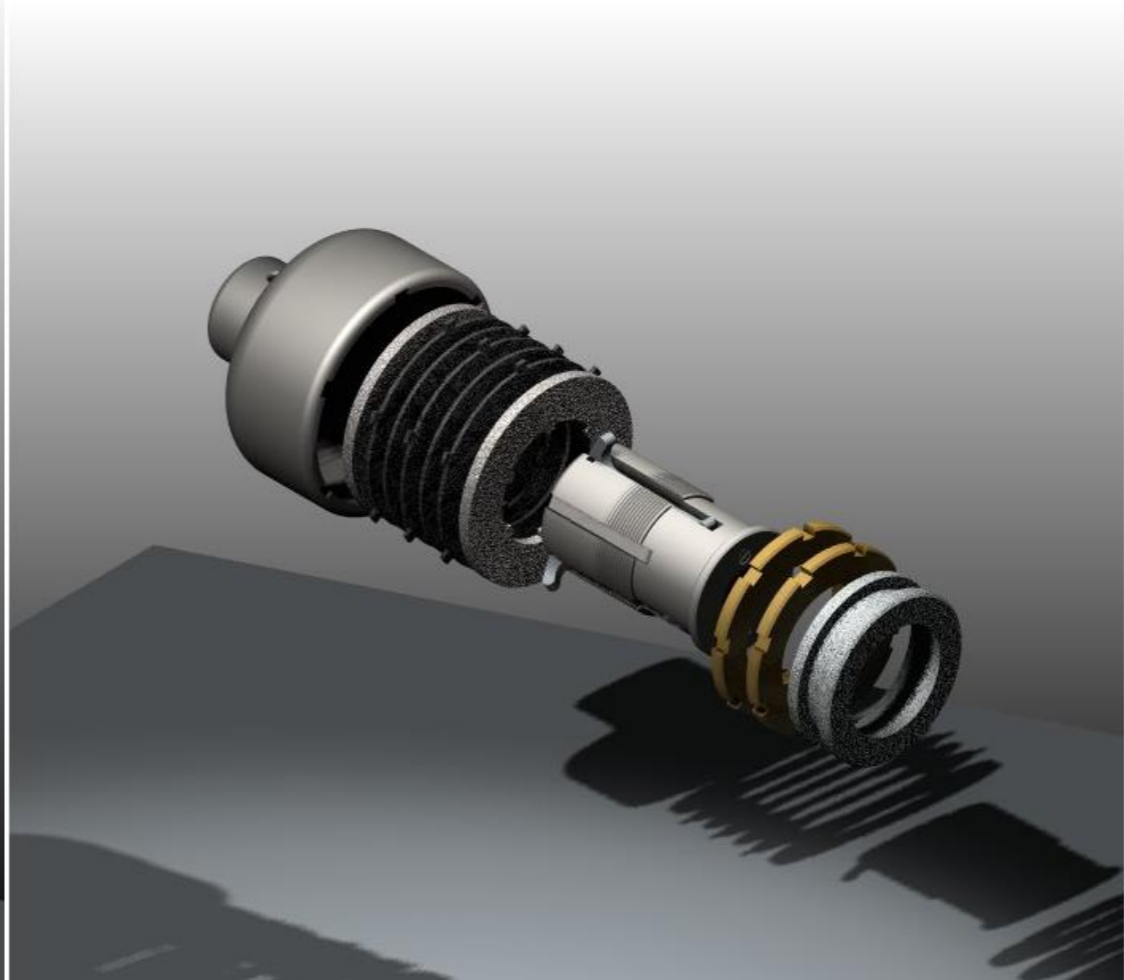
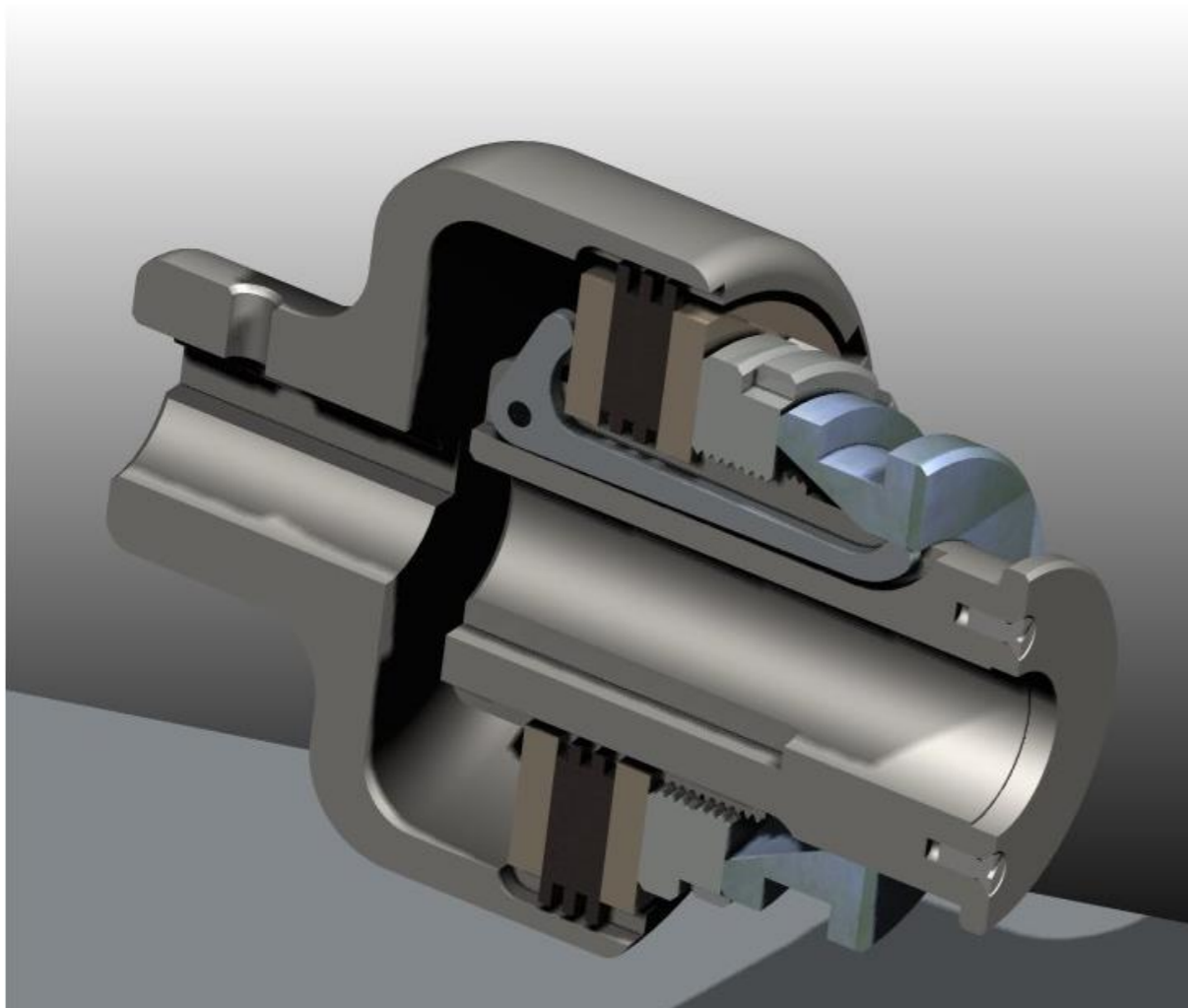
$$T = Q f \left(\frac{r_o - r_i}{2} \right) / \sin \alpha$$



Sprzęgło wielopłytkowe



Sprzęgło cierne wielopłytkowe

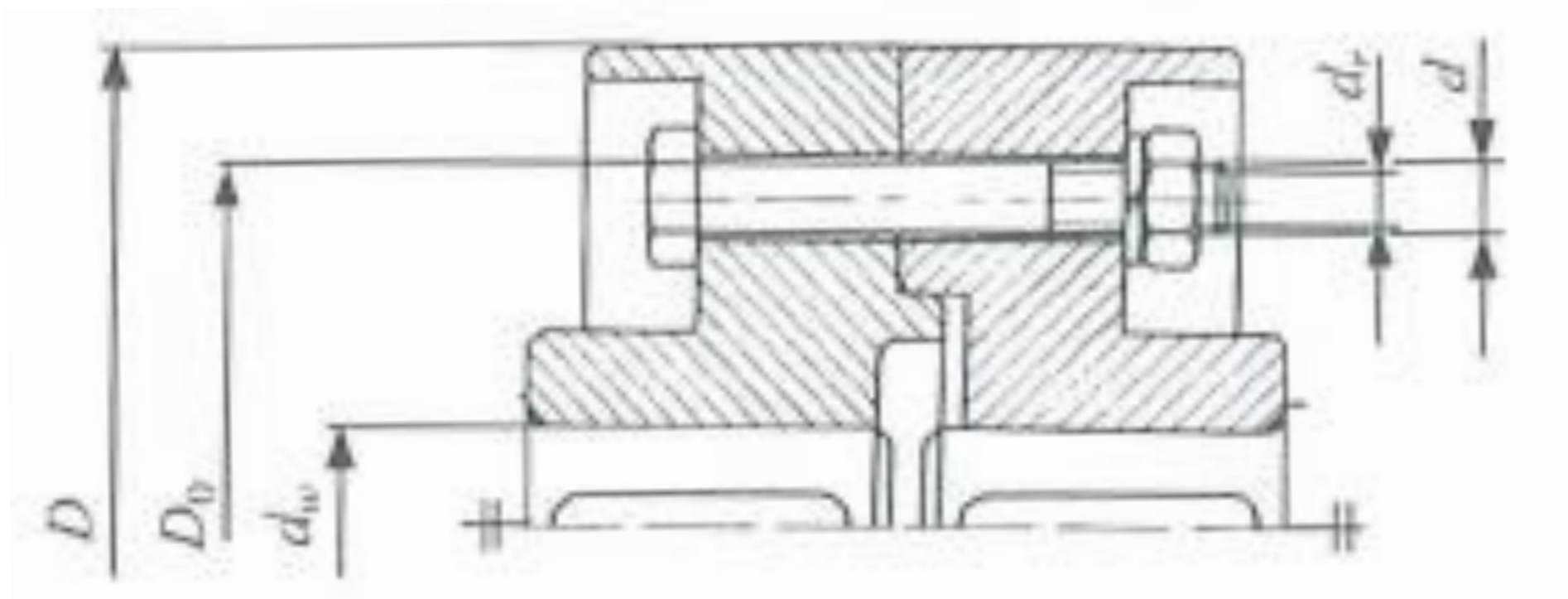


Obliczenia wytrzymałościowe sprzęgieł

Sprzęgło kołnierzowe

Założenia:

- Średnica wału w zakresie $d_w=10$ do 200 mm,
- Średnica rozstawu śrub $D_0=(2 \text{ do } 5,5)d_w$,



Sprzęgło kołnierzowe

Sprzęgło ze śrubami pasowanymi:

- Obliczenie siły obwodowej ścinającej śruby:

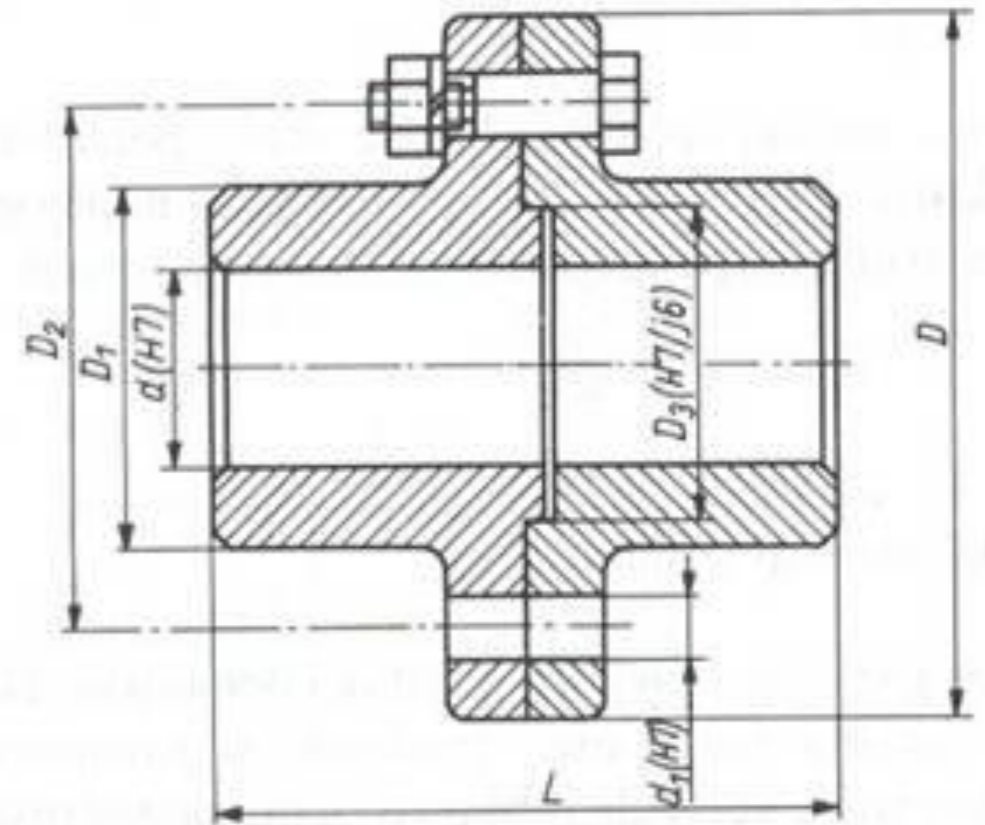
$$F_t = \frac{2Mo}{D_0}$$

- Średnica kolka z warunku na ścinanie:

$$\tau_t = \frac{F_t}{A} = \frac{4F_t}{z\pi d_k^2} \leq k_t$$

- oraz docisk powierzchniowy:

$$p = \frac{F_t}{A} = \frac{F_t}{zgd_k} < p_{dop}$$



Sprzęgło kołnierzowe

Sprzęgło ze śrubami luźnymi:

- Obliczenie napięcia wstępnego śrub:

$$Q\mu z = F_t \quad F_t = \frac{2Mo}{D_0}$$

- Średnica śruby z warunku na rozciąganie:

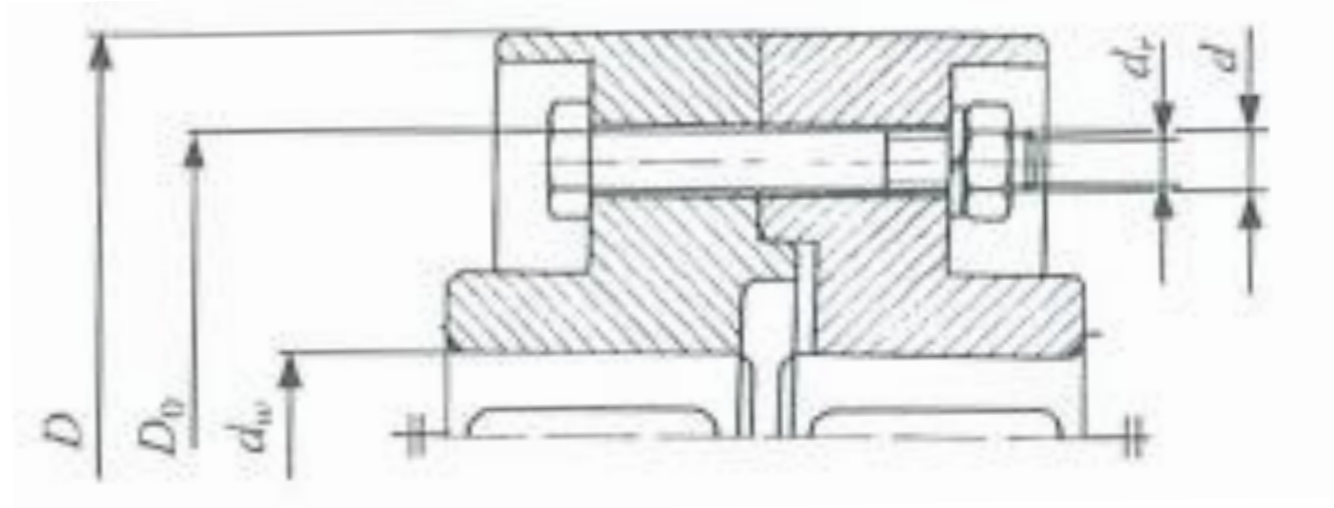
$$\sigma_r = \frac{Q}{A} = \frac{4Q}{\pi d_r^2} \leq k_r$$

- oraz skręcanie:

$$\tau_s = \frac{M_c}{W_0} = \frac{Q0.5d_2 \operatorname{tg}(\gamma + \delta) + Q0.5d_t \mu_t}{\pi d^3 / 16} \leq k_s$$

- Czyli:

$$\sigma_{red} = \sqrt{\sigma_r^2 + 3\tau_s^2} \leq k_r / k_s$$



Sprzęgło łożkowe

- Obliczenie napięcia wstępnego śrub tulei luźno pasowanej

$$Q \geq \frac{0.5M_0}{d_w z \mu}$$

- Obliczenie napięcia wstępnego śrub tulei ciasno pasowanej

$$Q \geq \frac{2M_0}{\pi d_w z \mu}$$

- Średnica śruby z warunku na rozciąganie:

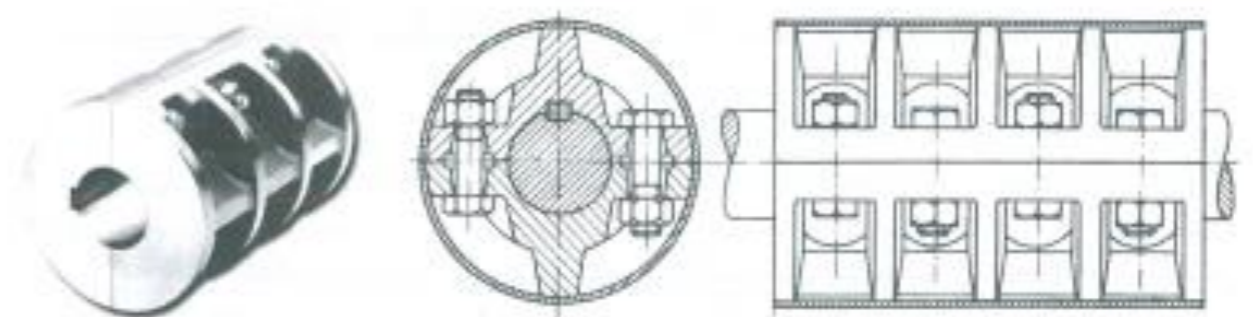
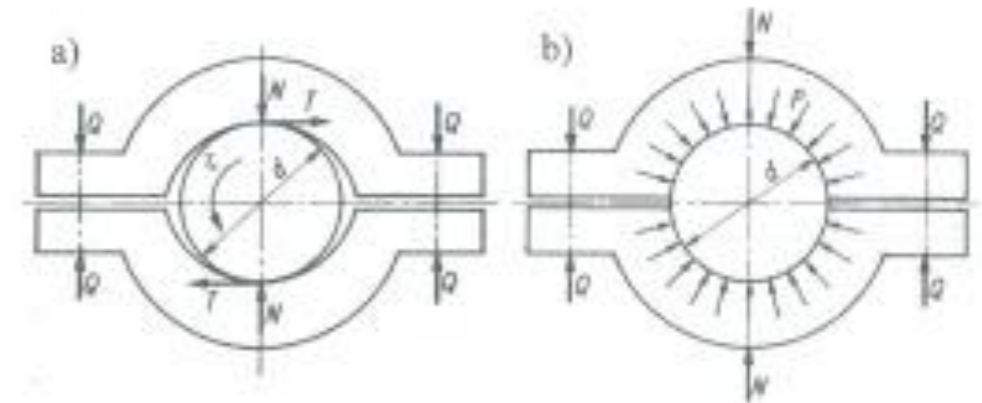
$$\sigma_r = \frac{Q}{A} = \frac{4Q}{\pi d_r^2} \leq k_r$$

- oraz skręcanie:

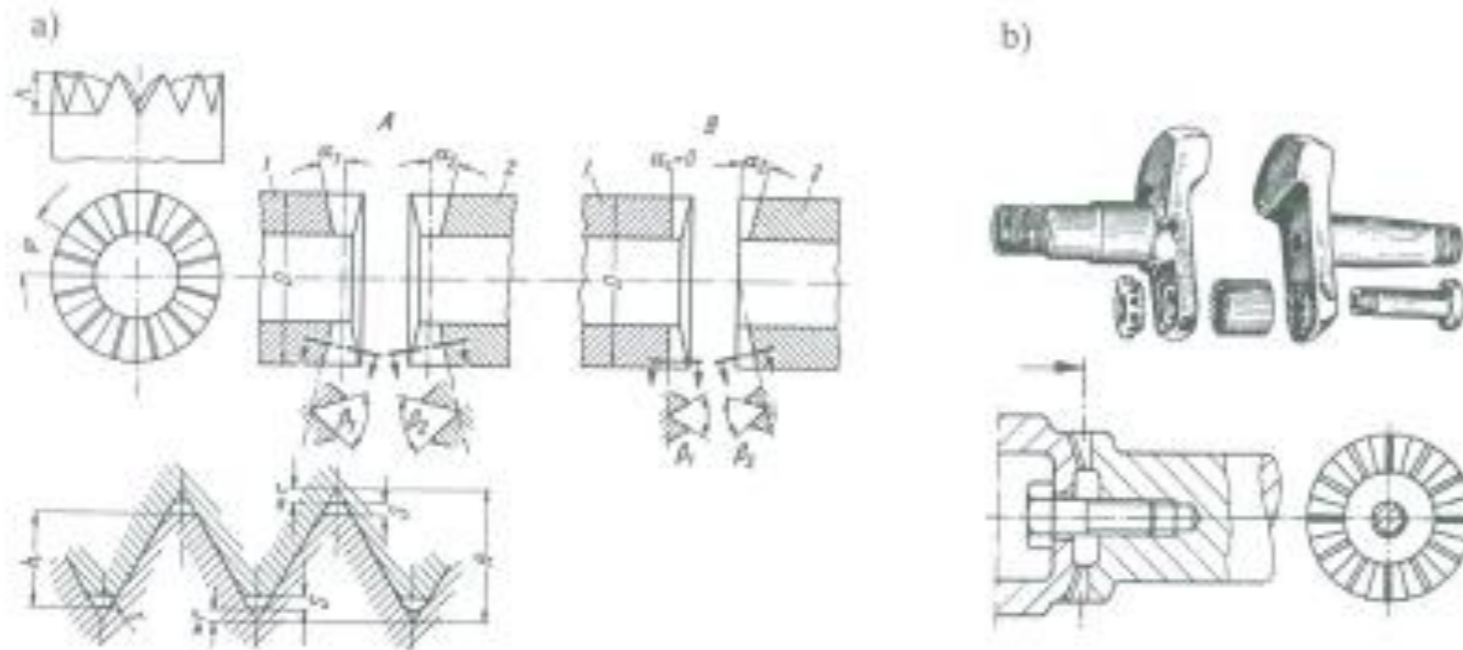
$$\tau_s = \frac{M_c}{W_0} = \frac{Q 0.5 d_2 \operatorname{tg}(\gamma + \delta) + Q 0.5 d_t \mu_t}{\pi d^3 / 16} \leq k_r$$

- Czyli:

$$\sigma_{red} = \sqrt{\sigma_r^2 + 3\tau_s^2} \leq k_r / k_s$$



Sprzęgło wieloząbkowe



Rys. 10.9. Sprzęgło wieloząbkowe [1]: a) geometria (*A* – ząbki symetryczne, *B* – ząbki niesymetryczne); b) przykładowe połączenia wału korbowego

$$F_w = \frac{2 \cdot T_o}{r} \cdot \operatorname{tg} \frac{\beta}{2} \quad (15)$$

gdzie: β – kąt zarysu zęba (najczęściej 60°); r – średnia średnica pracy ($r \approx (D+d)/4$).

Najważniejszymi warunkami wytrzymałościowymi są warunki na zginanie zębów u podstawy i naciski jednostkowe na powierzchni zębów. Zasada obliczeń jest analogiczna jak w przypadku sprzęgieł kłowych [10].

Sprzęgło tulejowe

- Wytrzymałość wału i tulei na skręcanie:

$$\frac{\pi d_w^3}{16} k_{sw} = \frac{\pi (d_w + 2g)^4 - d_w^4}{d_w + 2g} k_{st}$$

- Siła obwodowa ścinająca kołki:

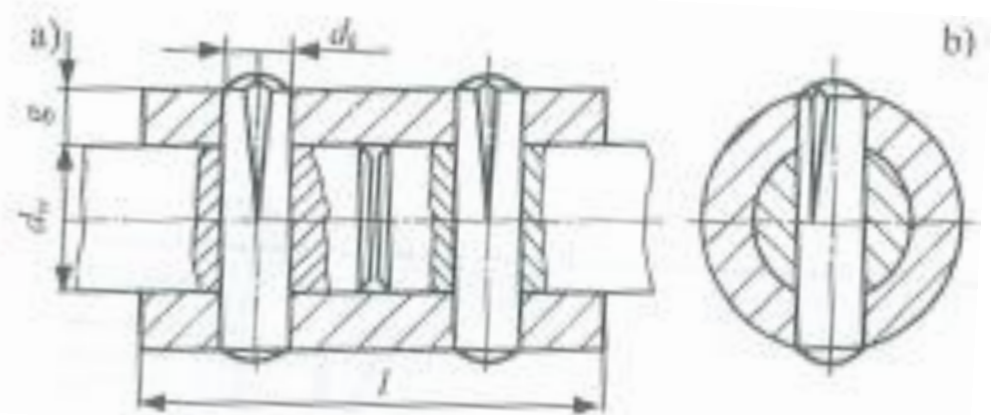
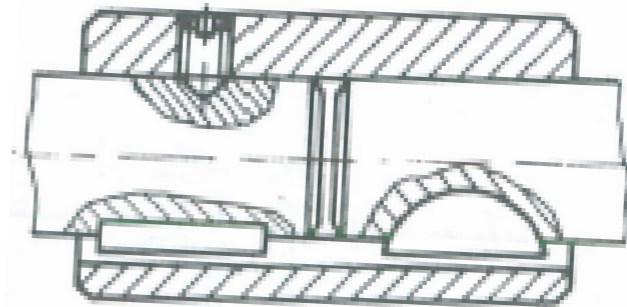
$$F_t = \frac{2Mo}{d_w}$$

- Średnica kołka z warunku na ścinanie:

$$\tau_t = \frac{F_t}{A} = \frac{4F_t}{z\pi d_k^2} \leq k_t$$

- Oraz z warunku na docisk powierzchniowy:

$$p_{\max} = \frac{6Mo}{d_w^2 d_k} \leq p_{dop}$$



Sprzęgła samonastawne (kłowe)

- Warunek na naciski powierzchniowe kła:

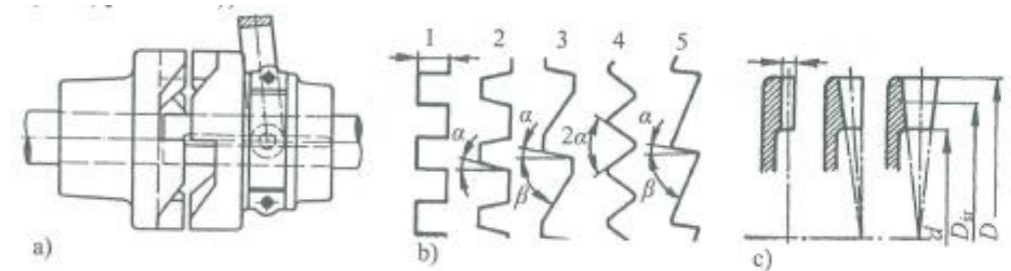
$$p_{\max} = \frac{2Mo}{zD_{\acute{s}r}A} \leq p_{dop}$$

A – rzut powierzchni docisku kłów w kierunku prostopadłym do siły obwodowej.

$$A = 0.5h(D - d)$$

- Warunek zginania kłów u podstawy:

$$\sigma_g = \frac{2Moh}{D_{\acute{s}r}W_x z} \leq k_{gj}$$



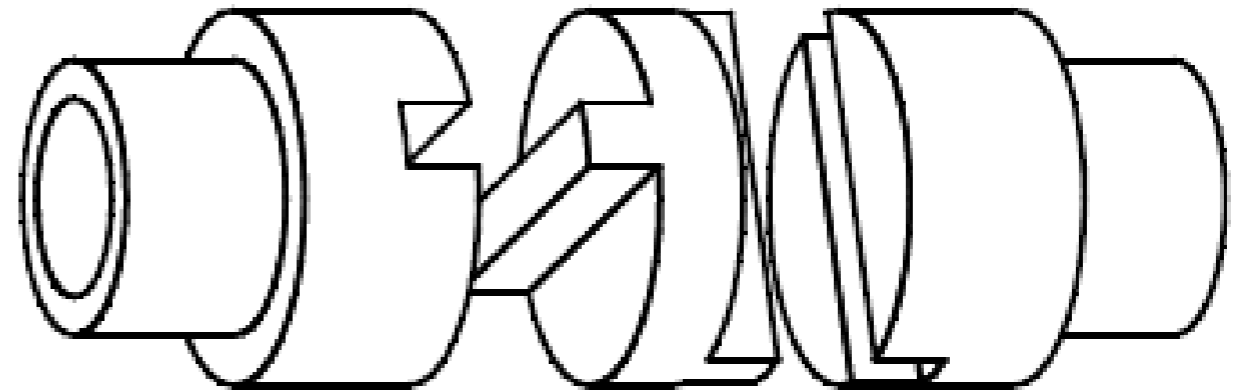
Rys. 10.14. Sprzęgło kłowe: a) budowa; b) zarysy kłów (1 – proste, 2 – trapezowe symetryczne, 3 – trapezowe niesymetryczne, 4 – trójkątne symetryczne, 5 – trójkątne niesymetryczne); c) przekrój poprzeczny kłów



Sprzęgło Oldhama

Nacisk powierzchniowy wpustu

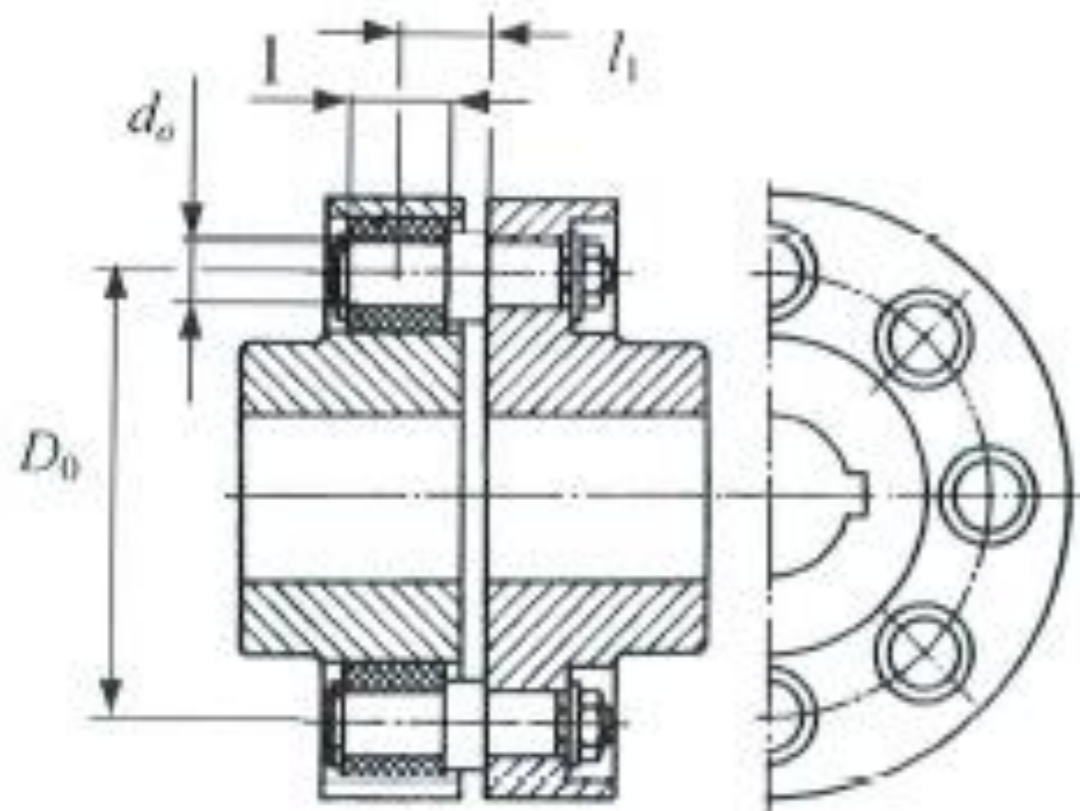
$$p = \frac{12M_o}{h(2D + d_w)(D - d_w)} \leq p_{dop}$$



$p_{dop} = 10 - 15$ elementy stalowe niehartowane

$p_{dop} = 15 - 30$ elementy stalowe hartowane

Sprzęgło podatne palcowe



Element gumowy

z warunku na naciski powierzchniowe:

$$p = \frac{2 \cdot T_s}{D_0 \cdot z \cdot d_o \cdot l} \leq p_{\text{dop}}$$

a sworznie z warunku na zginanie:

$$\sigma_g = \frac{32 \cdot F \cdot l_1}{z \cdot \pi \cdot d_o} \leq k_g$$

$$D_0 = 3d_w$$

Dziękuję za uwagę
