

## Projektowanie sprzęgieł

Obliczanie sprzęgieł polega na wyznaczeniu przenoszonego momentu obrotowego (równego momentowi skręcającemu) i obliczeniu wymiarów.

Moment obrotowy przenoszony przez sprzęgło obliczamy ze wzoru

$$M = 9550 \frac{P}{n} \quad Nm$$

w którym:

$P$  – moc przenoszona przez wał w  $kW$ ,

$n$  – prędkość obrotowa wału w  $obr/min$ .

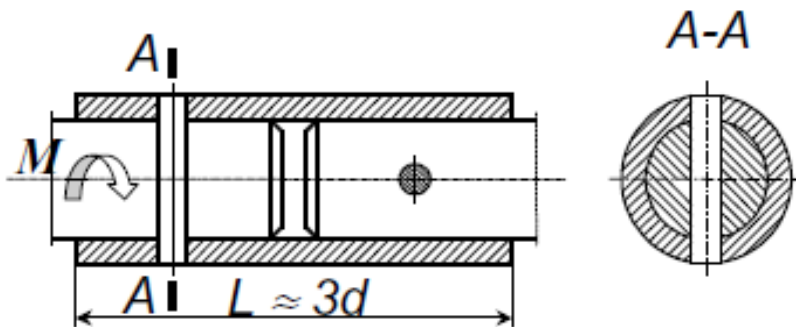
W czasie pracy sprzęgło może podlegać chwilowym przeciążeniom. Ponieważ nie wszystkie przyczyny przeciążeń da się przewidzieć, przy obliczaniu sprzęgieł stosuje się współczynnik przeciążenia  $K$  (**tablica 1**). Moment obrotowy maksymalny wynosi wówczas

$$M_{\max} = K \cdot M$$

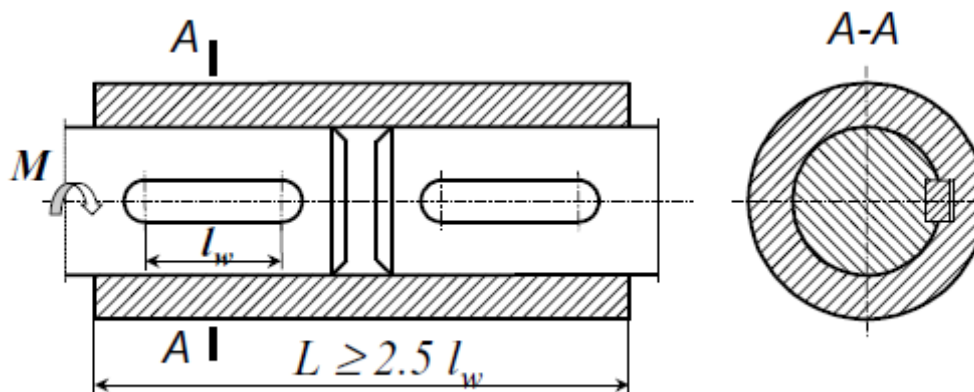
**Tabela 1**

**Orientacyjne wartości współczynnika przeciążenia  $K$  dla sprzęgieł**

Rodzaj maszyny roboczej	$K$
Maszyny wirowe o niemal niezmiennych oporach ruchu (prądnice, dmuchawy i sprężarki, pompy wirowe)	1,0÷1,5
Maszyny o niewielkich wahaniach oporów ruchu (obrabiarki o ruchu obrotowym, maszyny przędzalnicze)	1,5÷2,0
Maszyny o znacznych wahaniach oporów ruchu (obrabiarki o ruchu zwrotnym, młyny kulowe, podnośniki)	2,0÷3,0
Maszyny tłokowe (pompy, dmuchawy, sprężarki)	2,5÷4,0
Maszyny o bardzo dużych wahaniach oporów ruchu (dźwignice, walcarki, prasy ciężkie, kruszarki)	3÷5 wyjątkowo 6

**Sprzęgła tulejowe kołkowe**

Sprzęgło kołkowe



Sprzęgło wpustowe

Obliczamy ze wzoru

$$F_1 = \frac{F}{n} = \frac{2M_{\max}}{n \cdot d}$$

w którym:

$F_1$  – siła działająca na jeden przekrój kołka,

$d$  – średnica wału,

$n$  – liczba przekrojów kołków ścinanych, łączących jeden z wałów z tuleją.

Kołki obliczamy na ścinanie wg wzoru

$$\tau = \frac{4F_1}{\pi \cdot d_k^2} \leq k_t$$

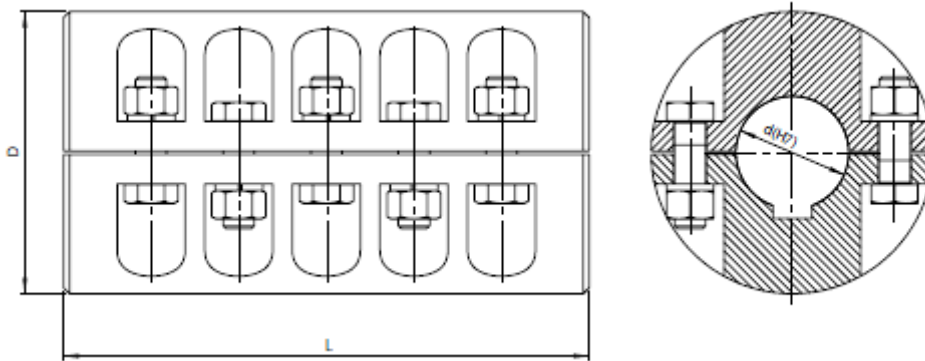
gdzie:  $d_k$  – średnica kołka.

Jeżeli sprzęgło tulejowe ma spełniać zadanie sprzęgła przeciążeniowego (bezpieczeństwa), to w chwili osiągnięcia maksymalnego momentu skręcającego rzeczywiste naprężenia ścinające powinny być równe naprężeniom niszczącym lub jeszcze większe

$$\tau \geq R_t$$

W tym przypadku stosuje się na kołki stal S185 (St0S), dla której  $R_f=280$  MPa, miedź –  $R_f=200$  MPa lub aluminium –  $R_f=90\div 120$ MPa.

### Sprzęgła łąbkowe



Sprzęgła łąbkowe dobieramy z normy PN-M-85253:1966 na podstawie przenieszonego maksymalnego momentu obrotowego i średnicy wału. Moment obrotowy jest przenoszony dzięki siłom tarcia, zatem

$$M_T \geq M_{\max} = K \cdot M$$

Uzyskanie żądanego momentu tarcia  $M_T$  zależy od napięcia śruby, które obliczamy ze wzoru

$$Q_1 = \frac{4M_T}{\pi \cdot d \cdot \mu \cdot n} = \frac{4M_{\max}}{\pi \cdot d \cdot \mu \cdot n}$$

w którym:

$Q_1$  – siła rozciągająca jedną śrubę (napięcie śruby),

$n$  – liczba śrub w sprzęgle,

$\mu$  – współczynnik tarcia ( $\mu=0,1\div 0,2$ ).

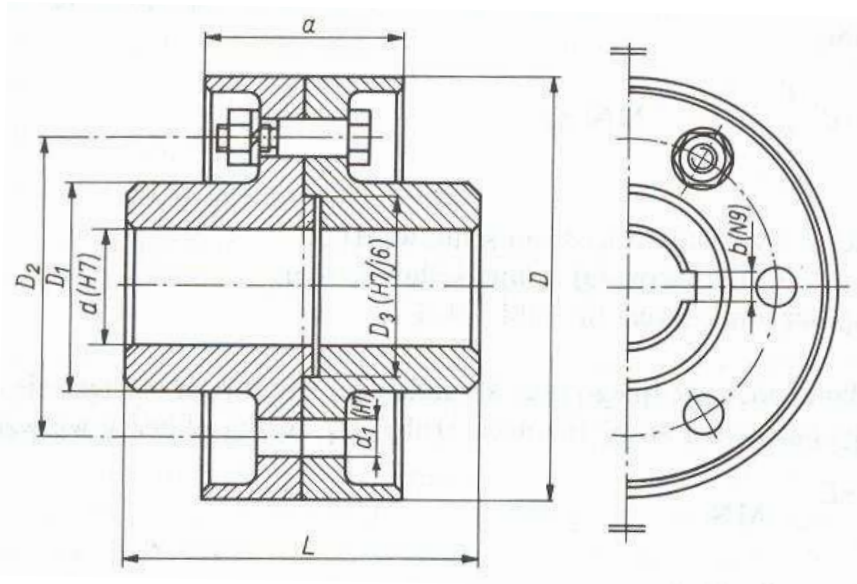
Znając napięcie śrub, ustalamy wartość naprężeń w śrubach wg wzoru

$$\sigma_r = \frac{4Q_1}{\pi \cdot d_3^2} \geq k_r$$

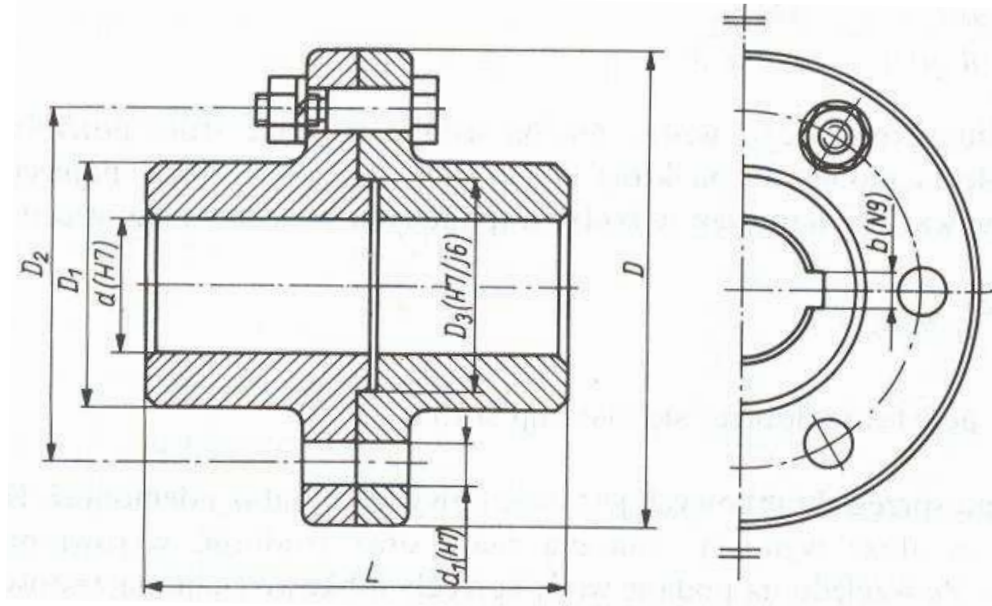
w którym  $d_3$  – średnica rdzenia śruby.

Na podstawie obliczonych naprężeń rzeczywistych  $\sigma_r$  dobieramy odpowiedni materiał na śruby.

### Sprzęgła kołnierzowe



Sprzęgło kołnierzowe z ochronnymi obrzeżami



Sprzęgło kołnierzowe bez ochronnych obrzeży

Dobieramy z normy PN-M-85251:1966 lub PN-M-85252:1966. Śruby łączące kołnierze (przenoszące moment obrotowy) są ciasno pasowane w otworach i dlatego liczymy je na ścianie wg wzoru

$$\tau_t = \frac{8M_{\max}}{\pi \cdot d_1^2 \cdot D_2 \cdot n} \leq k_t$$

w którym:

$d_1$  – średnica śruby w przekroju narażonym na ścinanie,

$D_2$  – średnica rozstawienia otworów na śruby (oznaczenie wg normy PN-M-85251:1966),

$n$  – liczba śrub.

W przypadku gdy śruby są luźno osadzone w otworach, moment obrotowy jest przenoszony przez tarcie, wywołane dociskiem tarcz przez śruby. Zakładając, że siła tarcia działa na średnicy rozstawienia śrub, obliczamy napięcie śruby

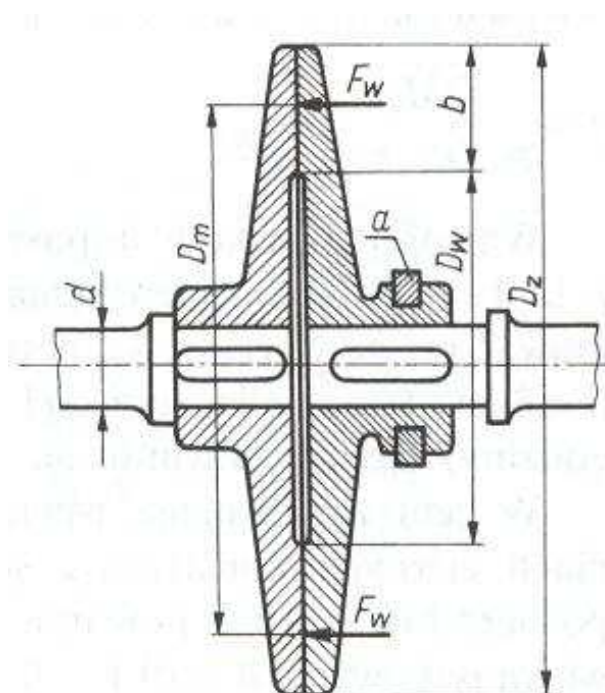
$$Q_1 = \frac{2M_T}{D_2 \cdot \mu \cdot n}$$

a następnie ustalamy wartość naprężeń w śrubach wg wzoru

$$\sigma_r = \frac{4Q_1}{\pi \cdot d_3^2} \geq k_r$$

W obu przypadkach: śruby pasowane ciasno lub luźno osadzone w otworach – po ustaleniu naprężeń rzeczywistych w śrubach dobieramy materiał na śruby.

### Sprzęgła cierne



Sprzęgło cierne tarczowe

W zależności od przenoszonego momentu obrotowego wymiary sprzęgieł ciernych obliczamy z warunku na naciski powierzchniowe oraz z warunku na rozgrzewanie.

Moment tarcia obliczamy ze wzoru

$$M_T = 0,5 \cdot F_w \cdot D_m \cdot \mu$$

gdzie:

$D_m$  – średnia średnica powierzchni ciernej.

$$D_m = \frac{D_z + D_w}{2}$$

Orientacyjne wartości  $D_m$  przyjmujemy w zależności od średnicy wału: dla sprzęgieł gładkich  $D_m=(4\div 6)d$ ; dla wielopłytkowych  $D_m=(2\div 4)d$ ; a dla stożkowych  $D_m=(3\div 10)d$ ,  $F_w$  – siła włączająca, równa sile nacisku  $F_n$  (dla sprzęgieł tarczowych płaskich).

Trwałość sprzęgła zależy od wartości jednostkowych nacisków powierzchniowych, które obliczamy ze wzoru

$$p = \frac{2M_T}{b \cdot D_m^2 \cdot \pi \cdot \mu} \leq k_o$$

gdzie:

$b$  – szerokość powierzchni ciernej.

W celu zapewnienia równomiernego rozkładu nacisków na powierzchniach ciernych konstrukcja sprzęgła powinna być sztywna, szerokość zaś powierzchni ciernej powinna wynosić  $b=(0,15\div 0,3)D_m$ , a dla sprzęgieł wielopłytkowych  $b=(0,1\div 0,25)D_m$ .

Wartości nacisków dopuszczalnych  $k_o$  dobieramy z **tablicy 2**.

Wszystkie sprzęgła cierne sprawdzamy na rozgrzewanie wg wzoru

$$(p \cdot v)_{rzecz} \leq (p \cdot v)_{dop}$$

gdzie  $p \cdot v$  jest wyrażone w  $\frac{MN}{m \cdot s}$ .

**Tabela 2**  
**Charakterystyka materiałów ciernych na sprzęgła**

Materiały pary ciernej		Współczynnik tarcia $\mu$		Dopuszczalna temperatura $t_{dop}$		Nacisk dopuszczalny $k_o$	$(p_v)_{dop}$
		na sucho	z olejem	trwale	krótko		
				$^{\circ}C$	$^{\circ}C$		
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÷2,0
	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
	tekstolit ze sztuczną żywicą, prasowany	0,2÷0,35	0,1÷0,15	250	500	0,05÷8,0	0,5÷1,0
stal	wegiel grafityzowany	0,25	0,05÷0,1	300	500	0,05÷2,0	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:							
a) zwilżona olejem	stal hartowana lub spiek metalowy		0,12÷0,17	100		0,5÷3,0	2÷4
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