



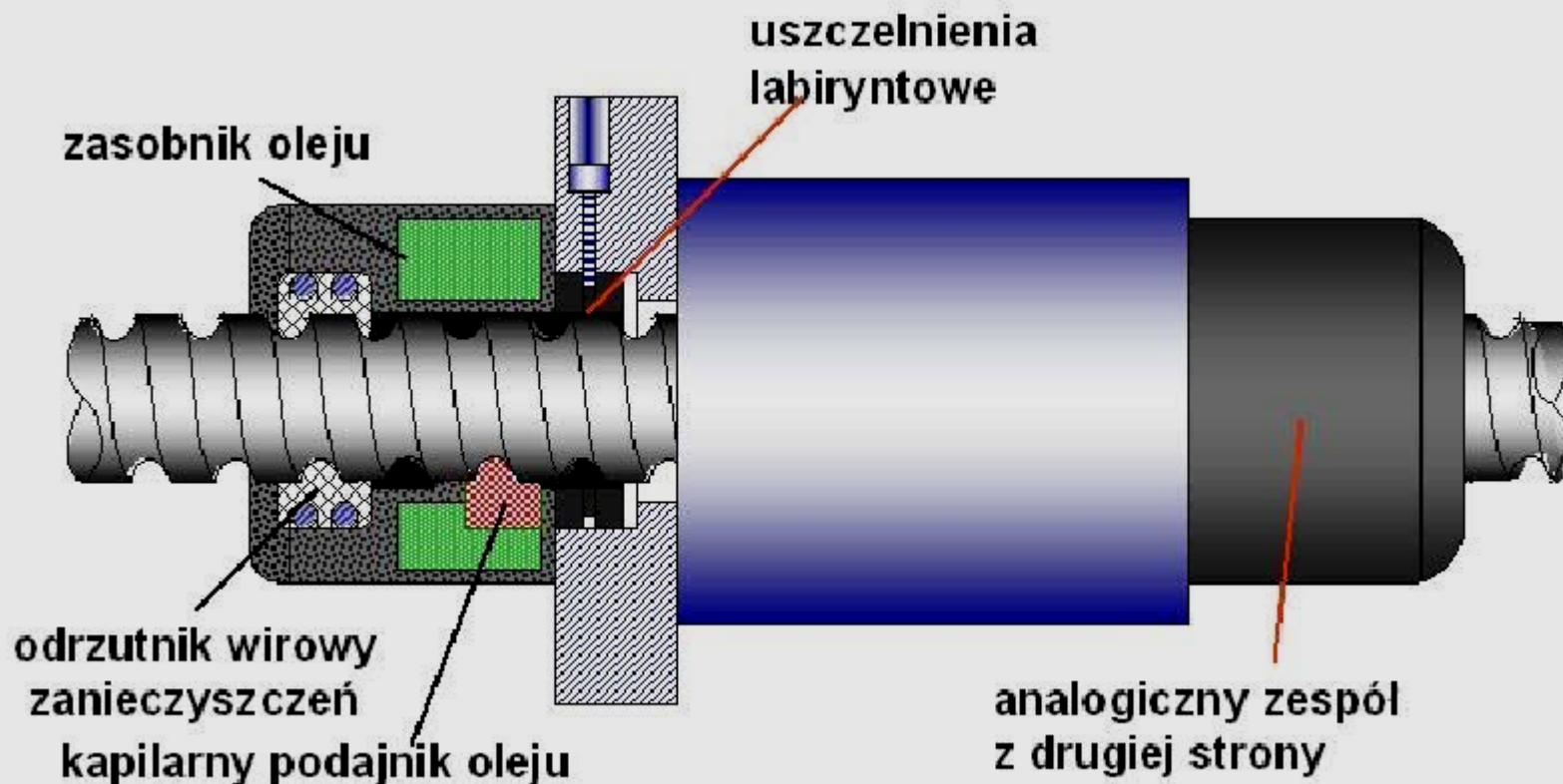
Przekładnie śrubowe

BUDOWA PRZEKŁADNI ŚRUBOWYCH

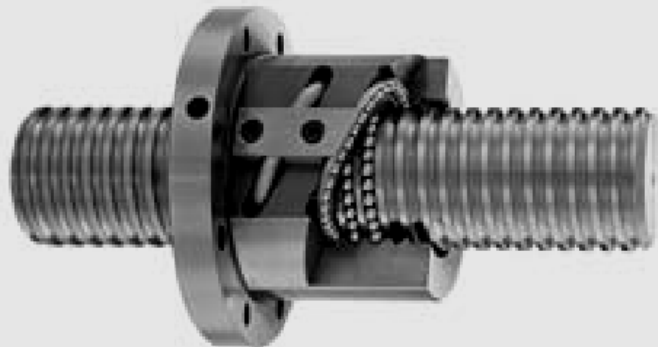
Mechanizmy śrubowo-toczne, zwane także śrubami pociągowymi tocznymi, składają się z śruby z gwintem kolistym, nakrętki z gwintem kolistym, znajdujących się w niej kulek oraz mechanizmu przekierowania kulek.

Mechanizmy śrubowo-toczne należą do najczęściej stosowanych mechanizmów napędowych w maszynach przemysłowych i precyzyjnych. Umożliwiają one zmianę ruchu obrotowego na ruch postępowy i odwrotnie.

Charakteryzują się wysoką precyzją i wysokim współczynnikiem sprawności.



BUDOWA PRZEKŁADNI ŚRUBOWYCH



Nakrętka z zewnętrznym mechanizmem przekierowania kulek



Nakrętka z zewnętrznym mechanizmem przekierowania kulek z osłonkami krańcowymi

Mechanizm z osłonkami krańcowymi lub „pełne przekierowanie wewnętrzne” zapewniają wysoką nośność przy niewielkich długościach bieżni i niewielkich średnicach nakrętek.

BUDOWA PRZEKŁADNI ŚRUBOWYCH

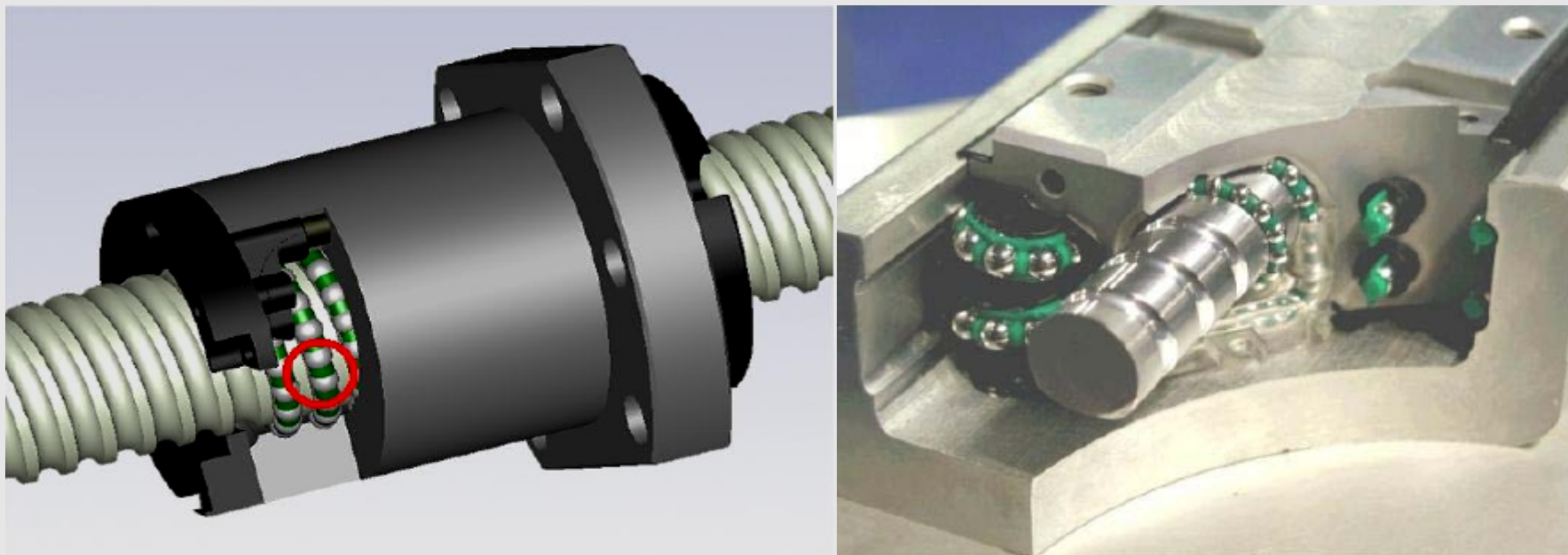


Obieg kulek przy zewnętrznym mechanizmie przekierowania kulek



Obieg kulek przy wewnętrznym mechanizmie przekierowania kulek

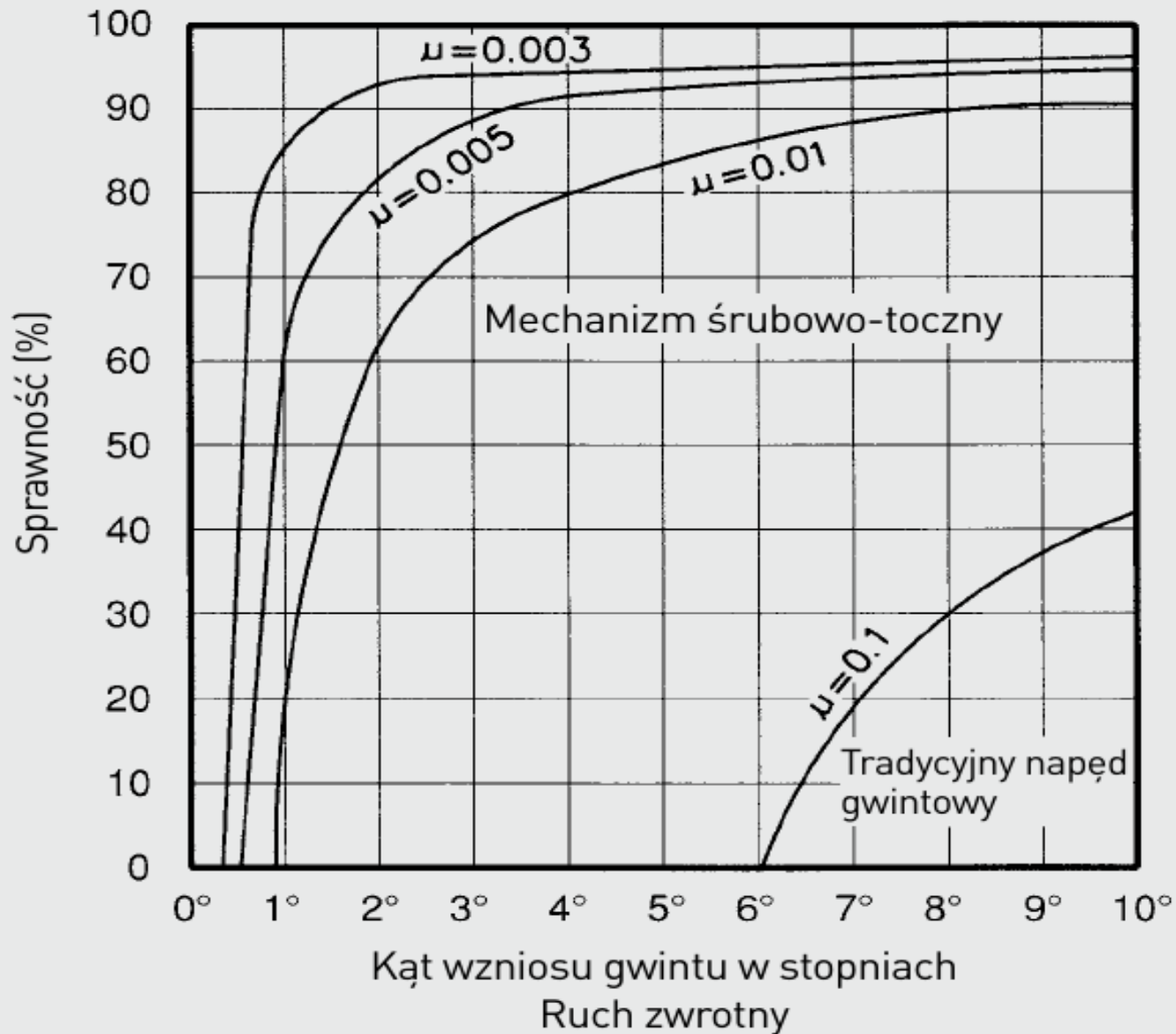
BUDOWA PRZEKŁADNI ŚRUBOWYCH



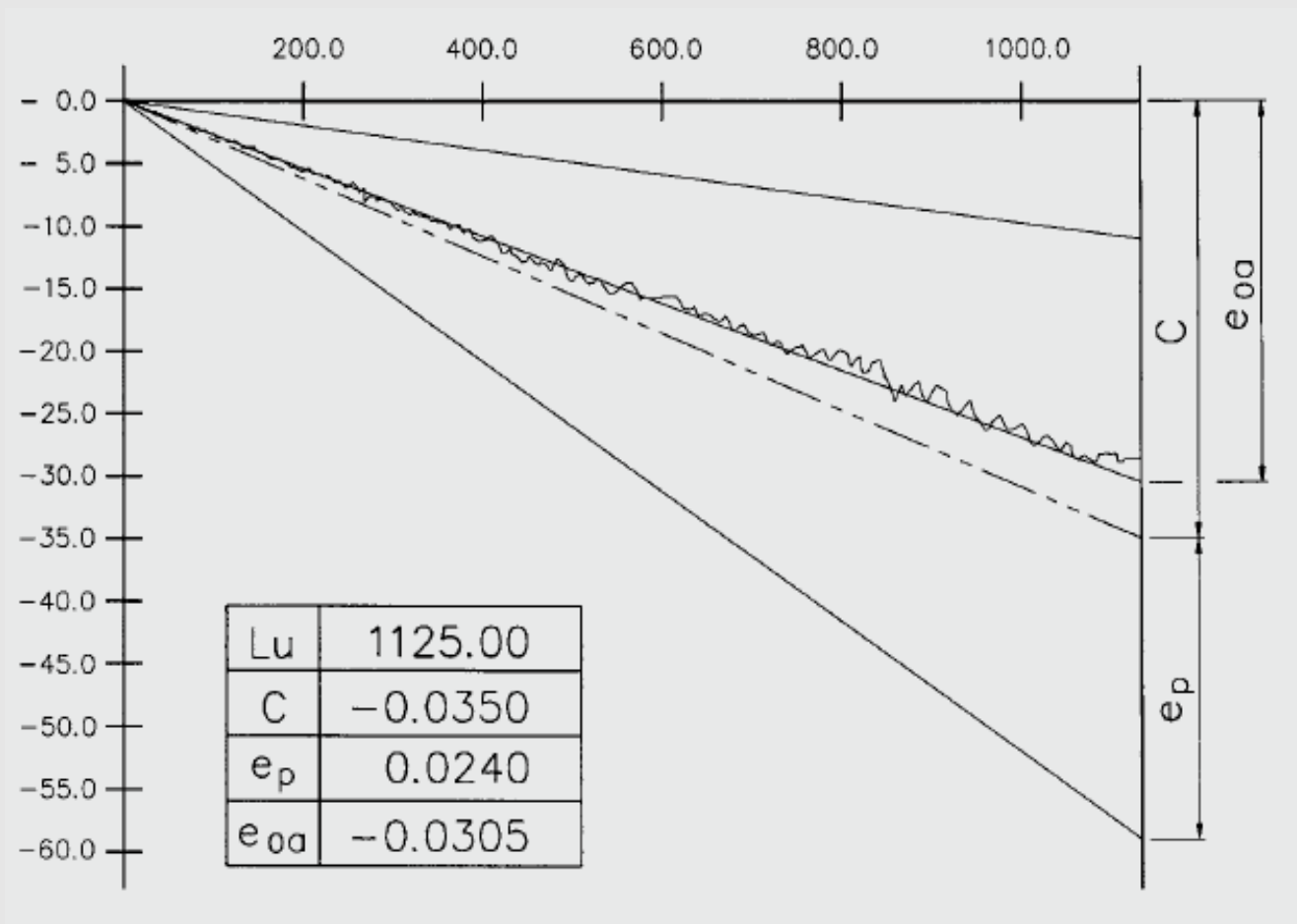
W celu zapewnienia edługiego okresu użytkowania należy stosować olej/smar o odpowiednich właściwościach. Nie stosować dodatków uszlachetniających zawierających grafit lub MoS_2 .

Dopuszcza się kąpiele w mgle olejowej lub smarowanie kroplowe, zaleca się także bezpośrednie smarowanie nakrętki z gwintem kolistym

SPRAWNOŚĆ PRZEKŁADNI ŚRUBOWYCH



DOKŁADNOŚĆ PRZEKŁADNI ŚRUBOWO-TOCZNYCH



e_{oa} : średnia odchyłka drogi na drodze użytkowej w odniesieniu do drogi znamionowej (pomiar zgodnie z normą DIN 69051-3-1).

OKRES UŻYTKOWANIA

$$n_{av} = n_1 \cdot \frac{t_1}{100} + n_2 \cdot \frac{t_2}{100} + n_3 \cdot \frac{t_3}{100} + \dots$$

n_{av} = średnia prędkość obrotowa [obr/min]

n = prędkość obrotowa [obr/min]

t = % czasu z prędkością obrotową n_1 itd.

ŚREDNIE OBCIĄŻENIE ROBOCZE F_{bm}

Obciążenie zmienne, stała prędkość obrotowa

$$F_{bm} = \sqrt[3]{F_{b1}^3 \cdot \frac{t_1}{100} \cdot f_{p1}^3 + F_{b2}^3 \cdot \frac{t_2}{100} \cdot f_{p2}^3 + F_{b3}^3 \cdot \frac{t_3}{100} \cdot f_{p3}^3 + \dots}$$

F_{bm} = średnie obciążenie robocze [N]

F_b = robocze obciążenie osiowe

f_p = współczynnik eksploatacyjny

f_p = 1.1 – 1.2 Praca bez wstrząsów

1.3 – 1.8 Praca w warunkach normalnych

2.0 – 3.0 Praca z dużymi wstrząsami i wibracjami

3.0 – 5.0 Zastosowania krótkoskokowe < 3 x długość nakrętki

ŚREDNIE OBCIĄŻENIE ROBOCZE F_{bm}

Obciążenie zmienne i zmienna prędkość obrotowa

$$F_{bm} = \sqrt[3]{F_{b1}^3 \cdot \frac{n_1}{n_{av}} \cdot \frac{t_1}{100} \cdot f_{p1}^3 + F_{b2}^3 \cdot \frac{n_2}{n_{av}} \cdot \frac{t_2}{100} \cdot f_{p2}^3 + F_{b3}^3 \cdot \frac{n_3}{n_{av}} \cdot \frac{t_3}{100} \cdot f_{p3}^3 + \dots}$$

Warunek	Obciążenie osiowe [N]	Prędkość obrotowa [obr/min]	Czas działania obciążenia [%]
	F_b	(n)	(t)
1	100	1.000	45
2	400	50	35
3	800	100	20

Obliczenia:

$$n_{av} = 1000 \cdot \frac{45}{100} + 50 \cdot \frac{35}{100} + 100 \cdot \frac{20}{100} = 487,5 \text{ 1/min}$$

$$F_{bm} = \sqrt[3]{1000^3 \cdot \frac{1000}{487,5} \cdot \frac{45}{100} \cdot 1,1^3 + 4000^3 \cdot \frac{50}{487,5} \cdot \frac{35}{100} \cdot 1,1^3 + 8000^3 \cdot \frac{100}{487,5} \cdot \frac{20}{100} \cdot 1,1^3} = 3185 \text{ [N]}$$

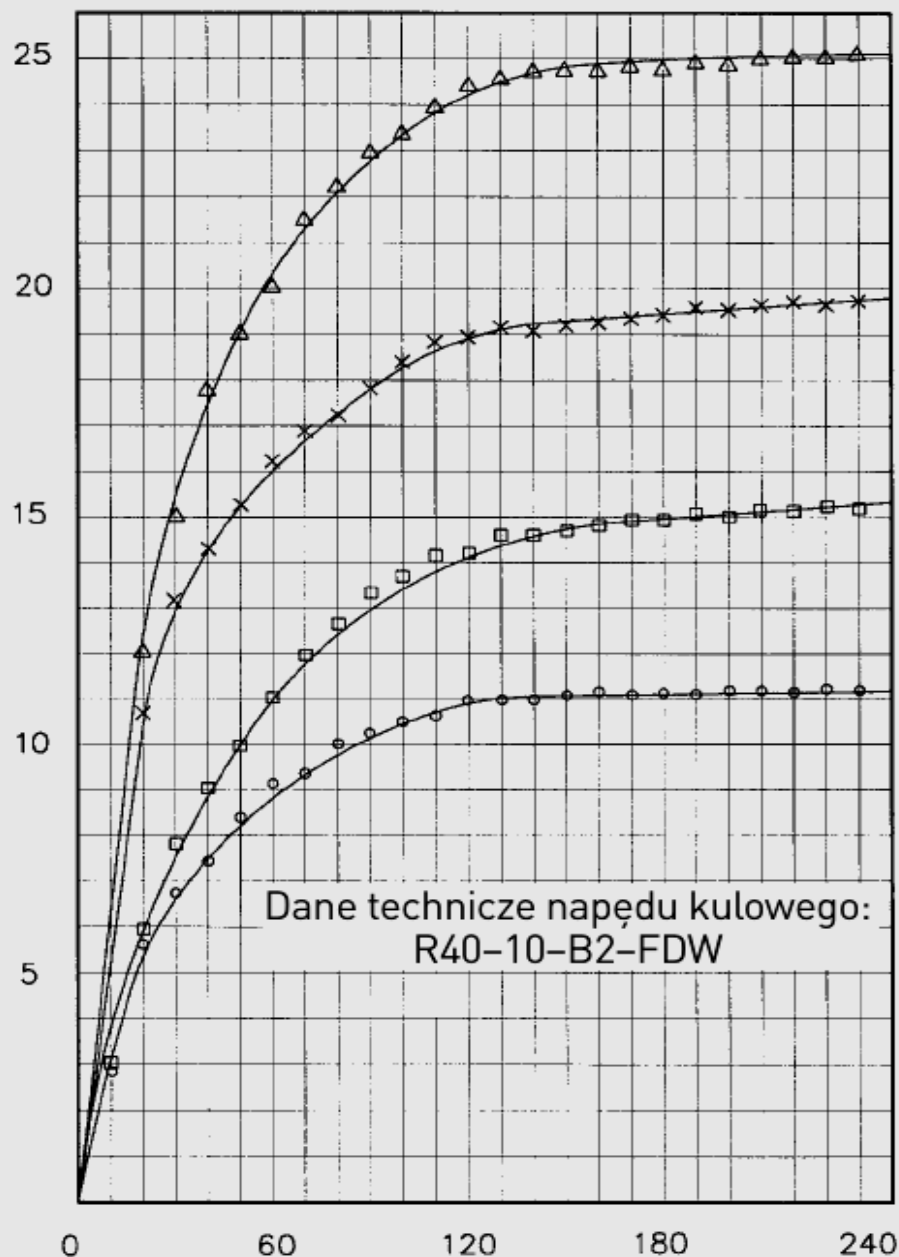
OKRES UŻYTKOWANIA DLA DANEGO ZAKRESU ZASTOSOWANIA

$$L = \left(\frac{C}{F_a} \right)^3 \cdot 10^6$$

L = okres użytkowania w obrotach

C = nośność dynamiczna [N]

Zależność między roboczą prędkością obrotową, naprężeniem wstępnym i wzrostem temperatury

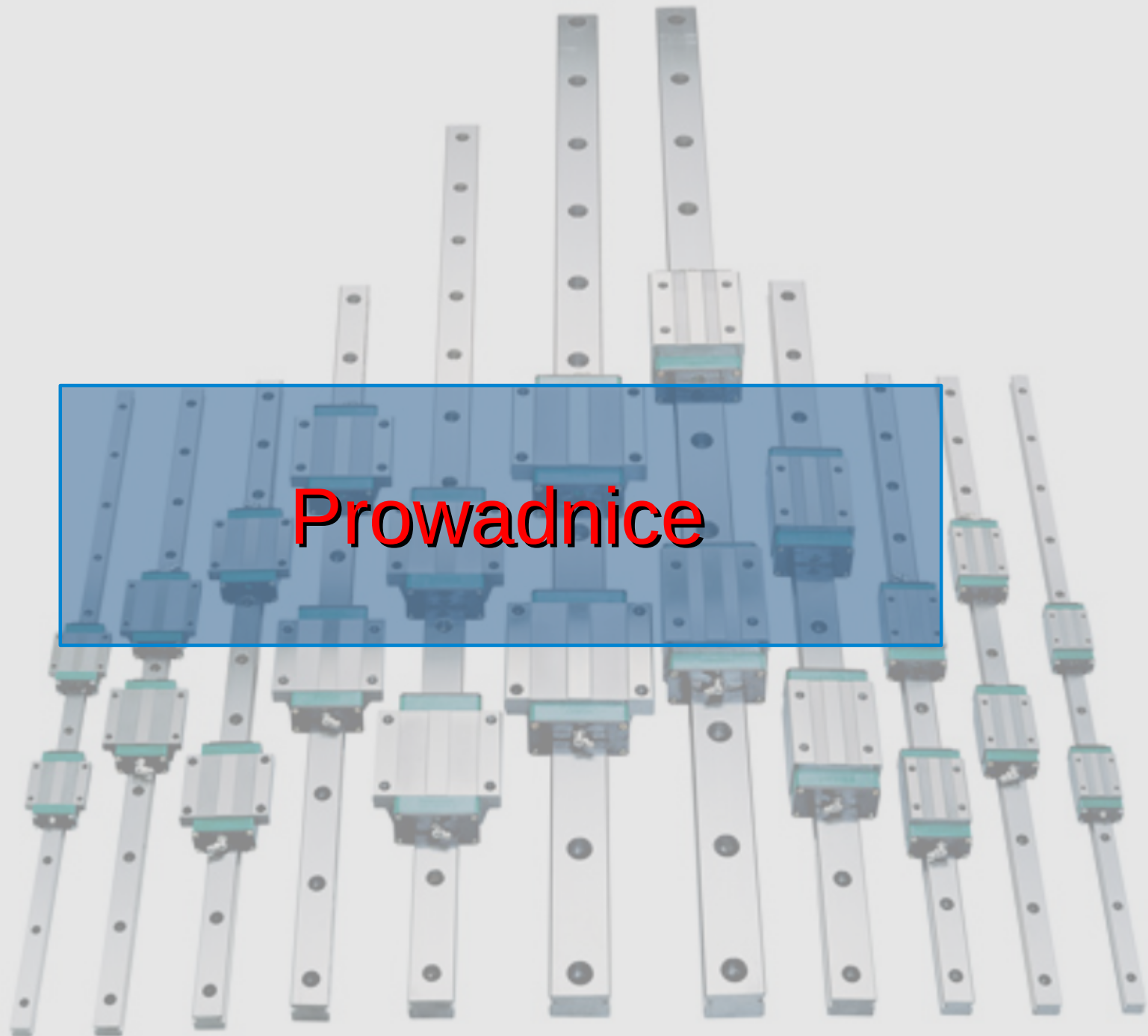


△ - 1.500 obr/min przy naprężeniu wstępnym 2000 N,

× - 1.500 obr/min przy naprężeniu wstępnym 1000 N,

□ - 500 obr/min przy naprężeniu wstępnym 2000 N,

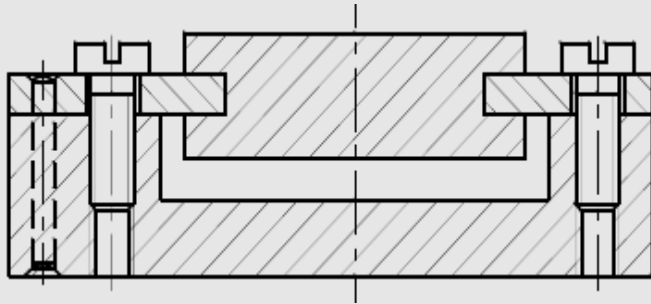
○ - 500 obr/min przy naprężeniu wstępnym 1000 N.



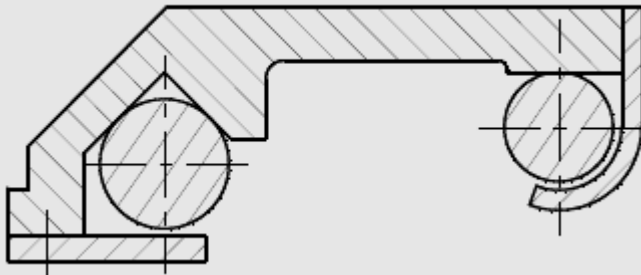
PROWADNICE ŚLIZGOWE



typu „jaskółczy ogon”



prostokątne



walcowe

PROWADNICE ŚLIZGOWE - właściwości

Są konstrukcyjnie najprostsze, co nie oznacza, że ich właściwe wykonanie jest łatwe i tanie.

Dla stworzenia możliwe najlepszych warunków pracy konieczna jest bowiem bardzo precyzyjna obróbka i montaż oraz umiejętny dobór samych materiałów.

Ze wszystkich typów prowadnic charakteryzują się – w okresie swego prawidłowego działania – **największą sztywnością**, tj. najmniejszym ugięciem pod działaniem obciążenia.

Największą z kolei ich wadę stanowi **duży i nierównomierny opór ruchu**, wymagający kosztownych jednostek napędowych o dużej mocy oraz powodują cy szybkie zużywanie się współpracujących elementów.

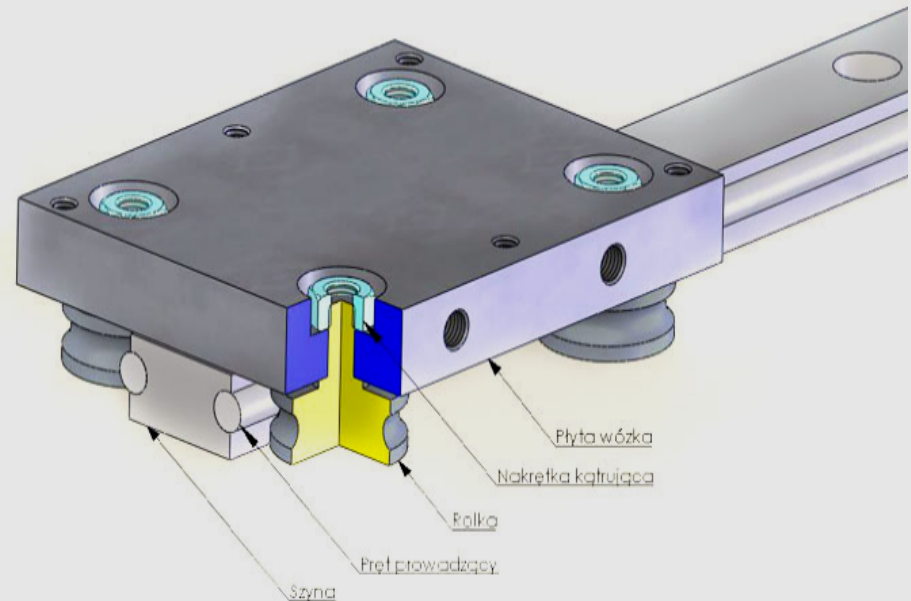
PROWADNICE ŚLIZGOWE - właściwości

Inne problemy związane ze stosowaniem prowadnic ślizgowych to:

- Drgania cierne i niszczenie podczas montażu oraz docierania
- Bicie, zarysowania, szybkie zniszczenie – konieczność względnie częstej, kosztownej i czasochłonnej wymiany
- Krótka żywotność pod wysokim obciążeniem
- Krótka żywotność oraz niedostateczne smarowanie wynikające z wilgotności środowiska
- Korozja cierna.

PROWADNICE TOCZNE

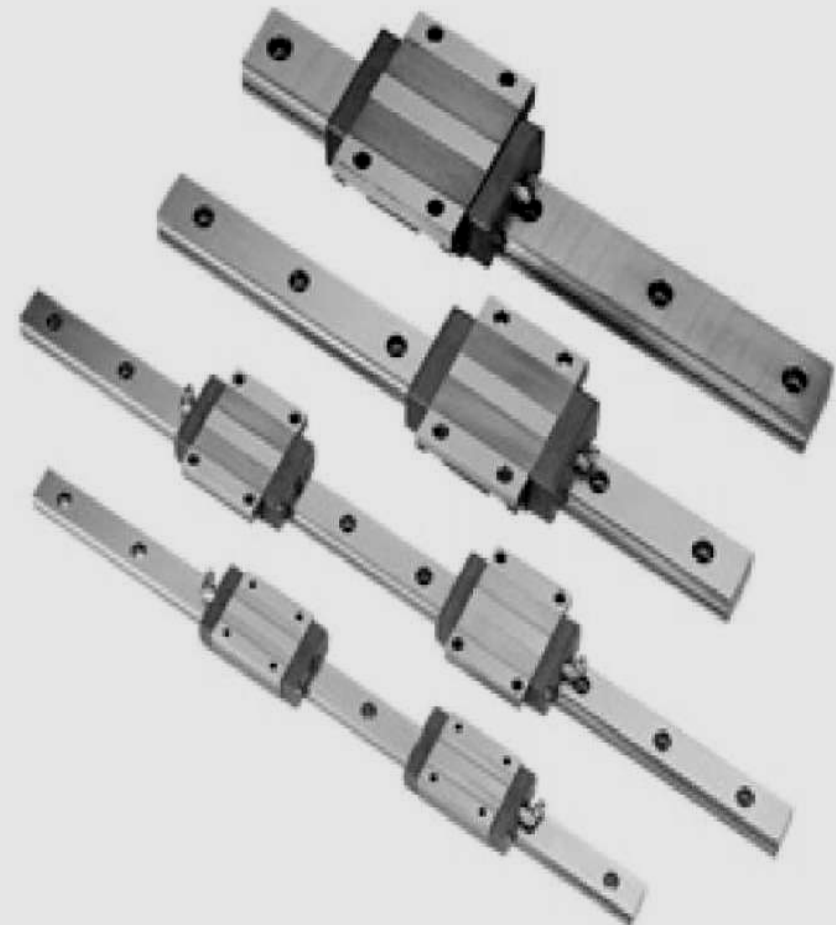
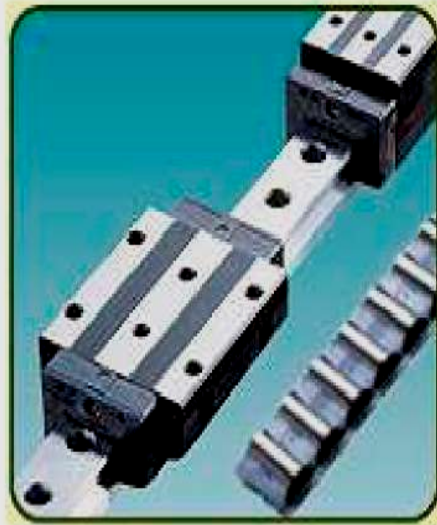
Prowadnica liniowa z szyną profilową umożliwia liniowe przemieszczenie za pomocą łożyskowania kulkowego. Precyzyjny ruch liniowy prowadnicy umożliwiają kulki łożyskowe obiegające szlifowane powierzchnie pomiędzy wózkiem a prowadnicą. Łożyskowanie w takiej prowadnicy wykazuje 50-krotnie mniejszy współczynnik tarcia niż przy łożyskowaniu ślizgowym.



PROWADNICE TOCZNE

Różnica pomiędzy tarciem statycznym i dynamicznym jest niewielka, przy tym siła ruchu jałowego jest niewiele większa od siły ruchu przy obciążeniu znamionowym.

Nie występują efekty drgań ciernych.

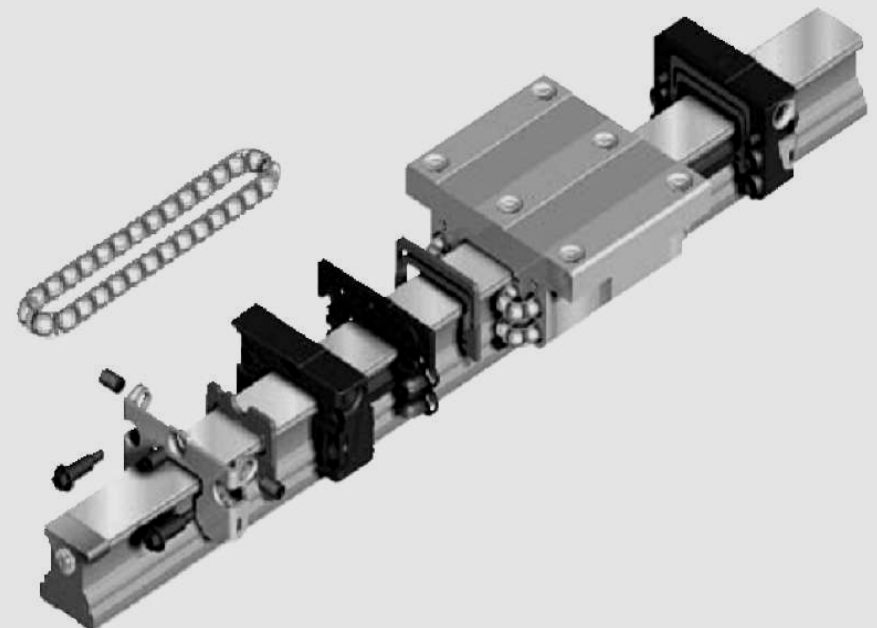
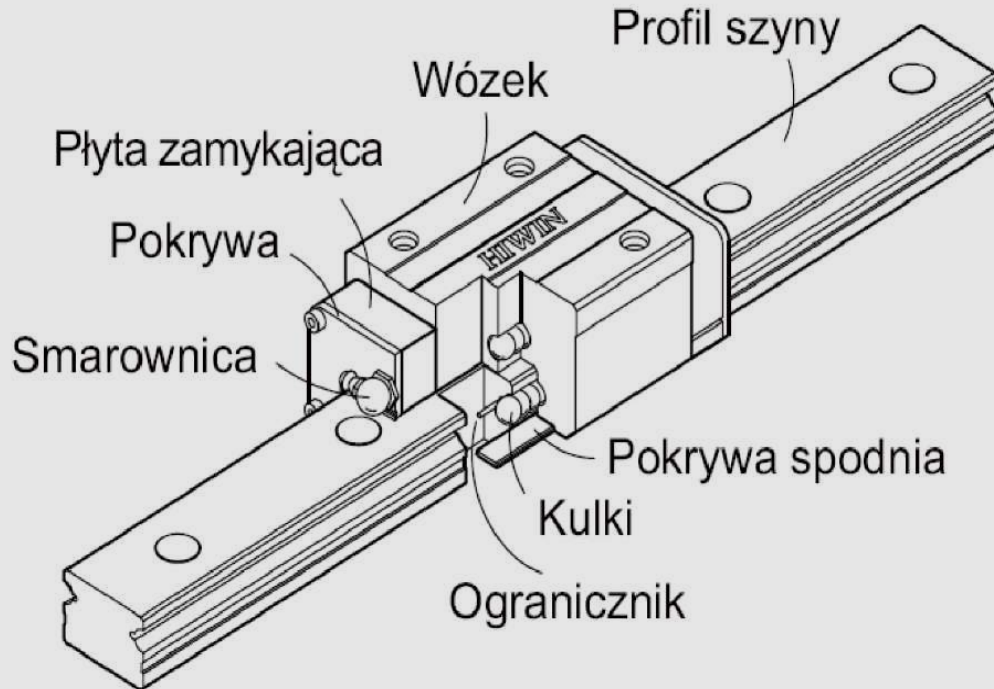


PROWADNICE TOCZNE

Dzięki **niskim współczynnikom tarcia** potrzebne są małe siły napędowe, siła napędowa pozostaje stała w obu kierunkach,

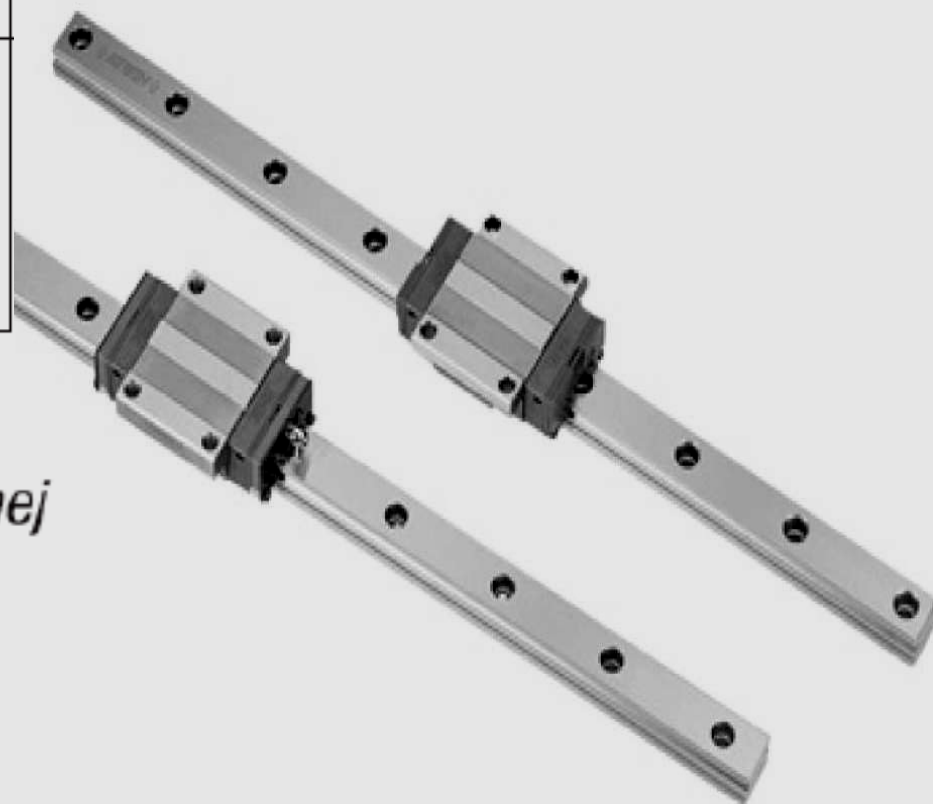
wymaga tylko minimalnego smarowania,

montaż profilowej prowadnicy szynowej jest bardzo łatwy.



PROWADNICE TOCZNE - eksploatacja

Warunki pracy	S_0
Normalne przemieszczenie	1,0 - 3,0
Wysoka prędkość	2,0 - 4,0
Z udarami i wibracjami	3,0 - 5,0



Bezpieczeństwo nośności statycznej

$$S_0 = \frac{C_0}{P_0} = \frac{M_0}{M}$$

- S_0 : statyczne bezpieczeństwo nośności
 C_0 : nośność statyczna [N]
 P_0 : ekwiwalentne obciążenie statyczne [N]
 M_0 : statyczny moment nośny [Nm]
 M : ekwiwalentny moment statyczny [Nm]

PROWADNICE TOCZNE - eksploatacja

Żywotność bez uwzględnienia współczynnika pracy:

$$L = \left(\frac{C_{dyn}}{P} \right)^3$$

L – znamionowa żywotność dla 50km

C_{dyn} – dynamiczna nośność [N]

P - dynamiczne ekwiwalentne obciążenia [N]

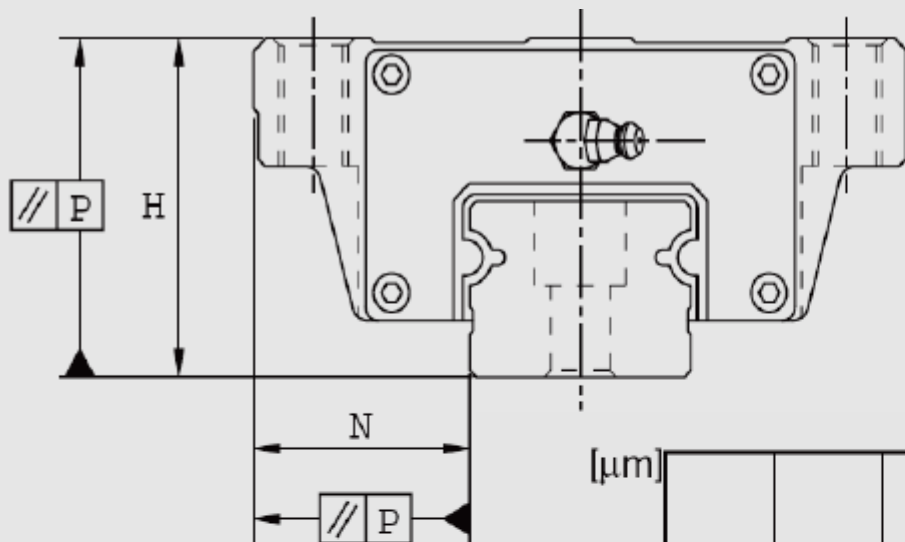
$$L = \left(\frac{f_H \cdot f_T \cdot C_{dyn}}{f_w \cdot P} \right)^3$$

f_H - wsp. twardości

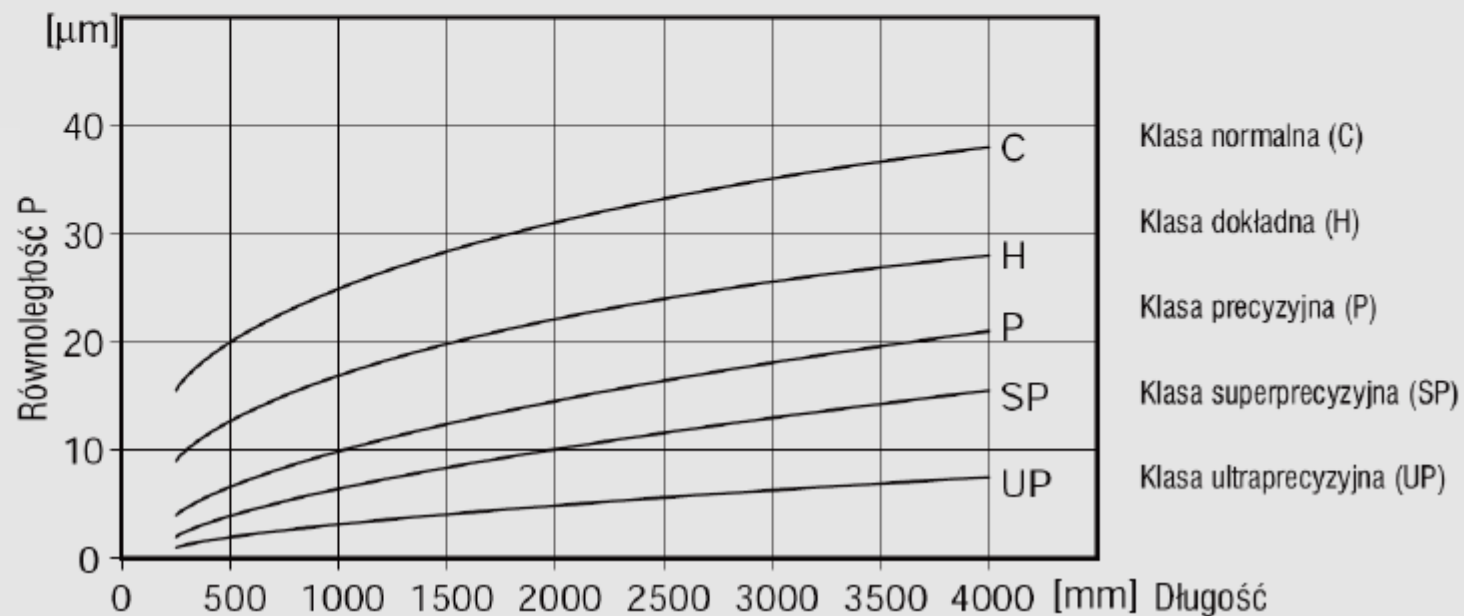
f_T - wsp. temperaturowy

f_w – wsp. udaru

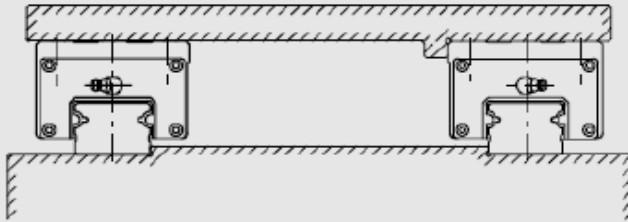
PROWADNICE TOCZNE - dokładność



Równoległość pomiędzy szyną a wózkiem
w poszczególnych klasach dokładności



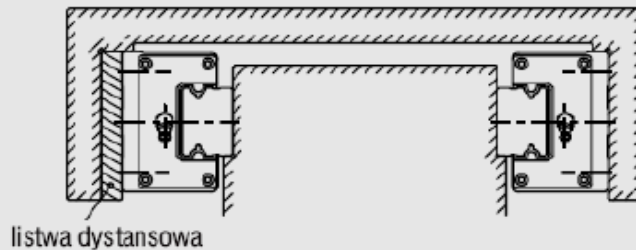
PROWADNICE TOCZNE – montaż wózka



Dwie szyny z ruchomą płaszczyzną



Stojący wózek z ruchomą szyną

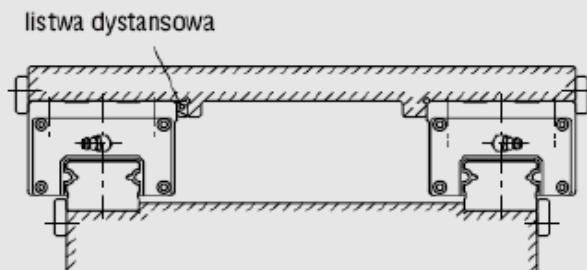


listwa dystansowa

Dwa wózki leżące zewnętrznie

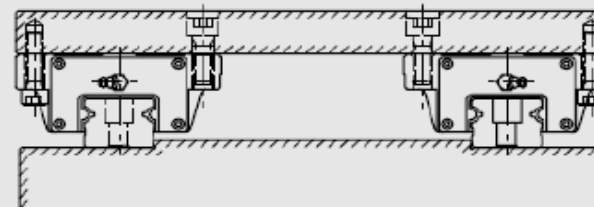


Dwa wózki leżące wewnątrz



listwa dystansowa

Budowa z 4 krawędziami oporowymi



Różne mocowanie wózków

STATYCZNY WSPÓŁCZYNNIK BEZPIECZEŃSTWA

Statyczny współczynnik bezpieczeństwa jest definiowany jako stosunek statycznego nominalnego obciążenia C_0 do wartości działającej siły:

$$f_s = \frac{(f_c \cdot C_0)}{P}$$

f_s - statyczny współczynnik bezpieczeństwa

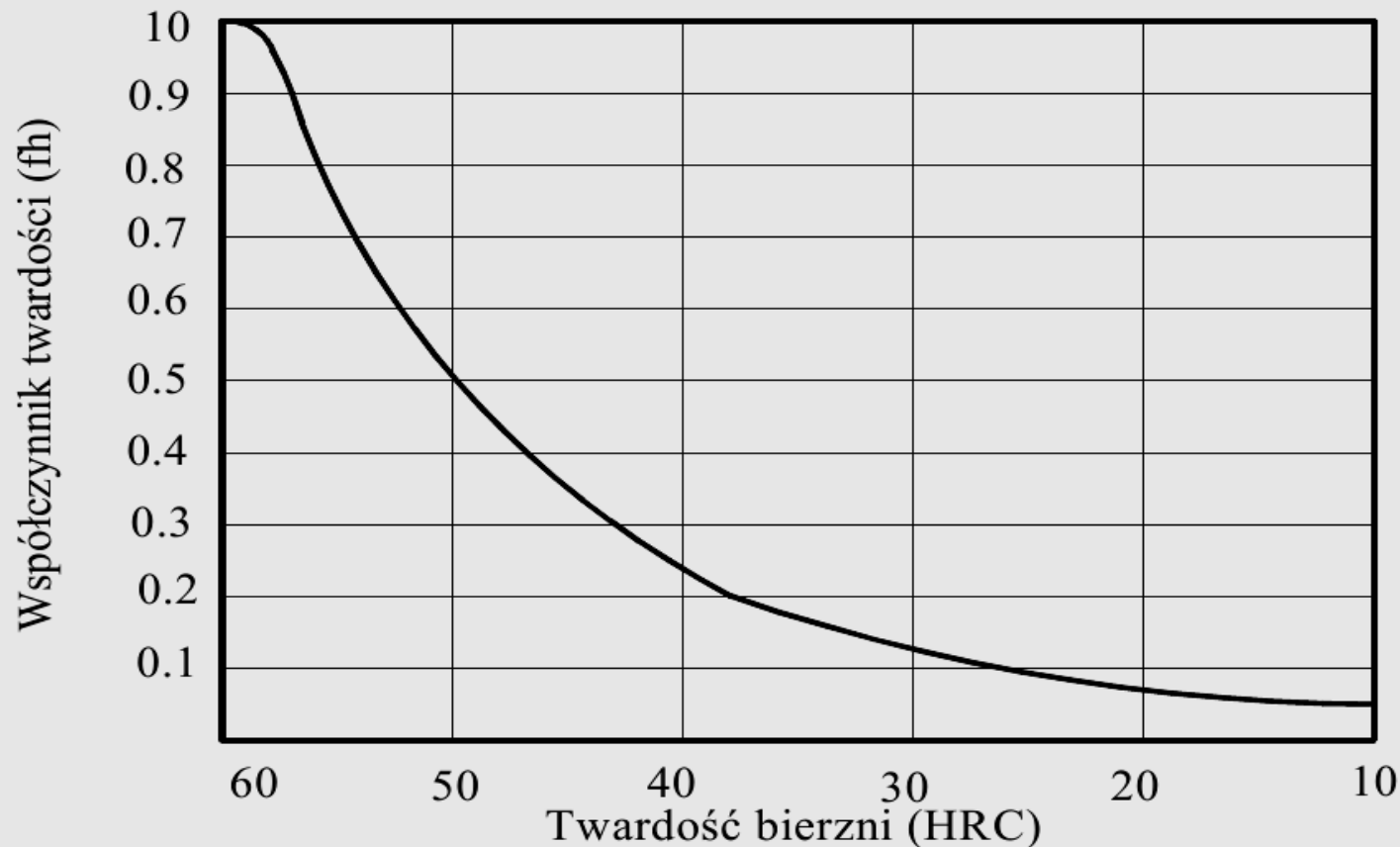
C_0 - znamionowa wartość obciążenia statycznego

P - Obciążenie teoretyczne, obliczeniowe

Warunki działania	Rodzaj obciążenia	min. f_s
Przewaga obciążeń statycznych	małe uderzeniu i odkształcenia	1,0 ~ 1,3
	duże obciążenia i odkształcenia	2,0 ~ 3,0
Przewaga obciążeń dynamicznych	małe uderzeniu i odkształcenia	1,0 ~ 1,5
	duże obciążenia i odkształcenia	2,5 ~ 5,0

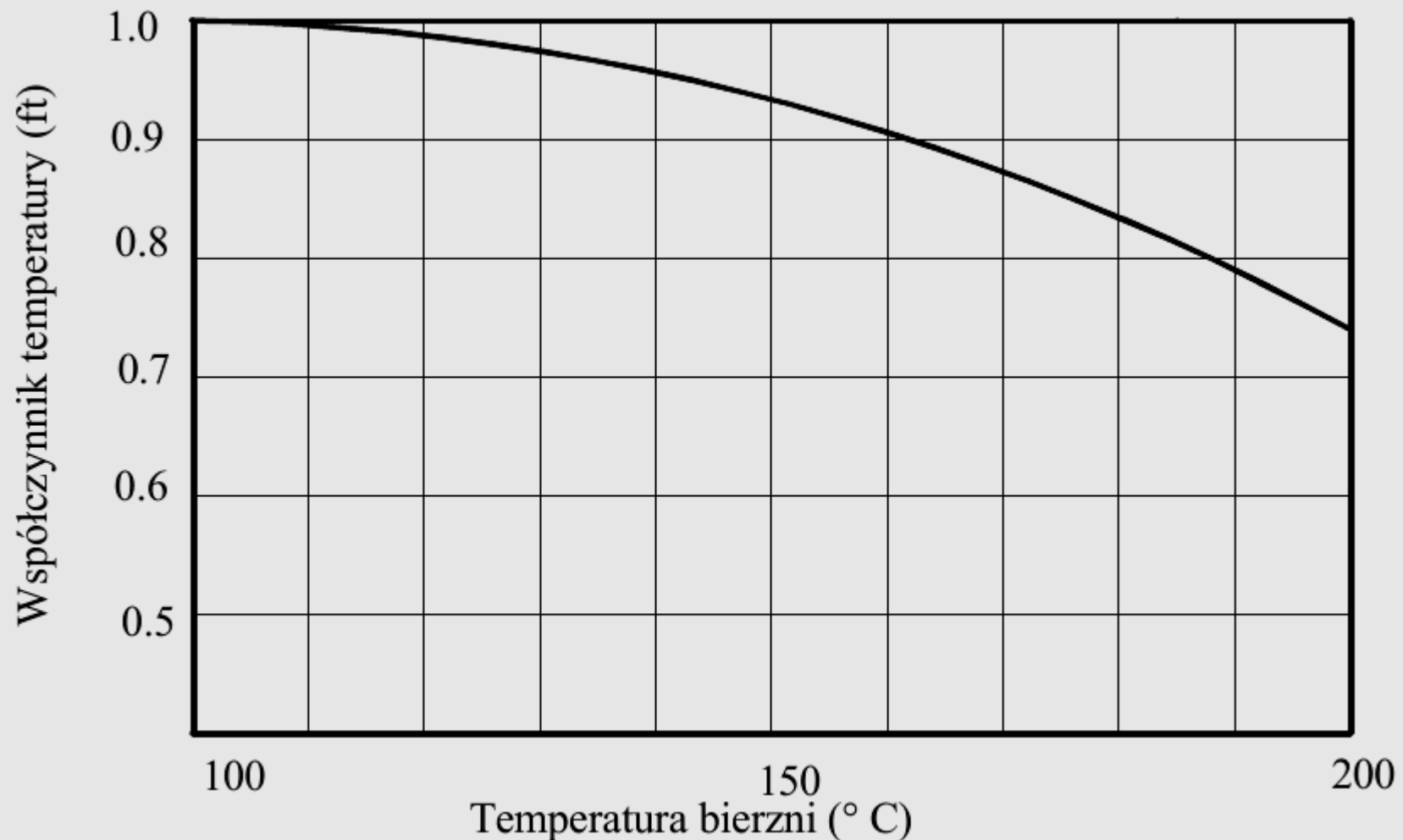
WSPÓŁCZYNNIK TWARDOŚCI POWIERZCHNI

W układach liniowego prowadzenia ruchu optymalne działanie uzyskuje się przy bieżni szyn twardości HRC 58 do 64. Jeśli twardość jest niższa niż HRC 58, zarówno znamionowe obciążenie dynamiczne jak i statyczne powinno zostać przemnożone przez współczynnik twardości f_h .



WSPÓŁCZYNNIK TEMPERATUROWY

Jeżeli układ liniowego prowadzenia ruchu jest poddany działaniu temperatury powyżej 100 st.C, należy uwzględnić współczynnik temperaturowy



WSPÓŁCZYNNIK OBCIĄŻENIA

Uderzenia i wibracje	Prędkość (V)	Zmierzone drgania (G)	fw
Bez zewnętrznych wibracji i uderzeń	mała prędkość $V \leq 15 \text{ m/min}$	$G \leq 0,5$	1 ~ 1,5
Niewielkie zewnętrzne wibracje i uderzenia	Średnia prędkość $15 < V \leq 60 \text{ m/min}$	$G \leq 0,5 \leq 1,0$	1,5 ~ 2,0
Duże zewnętrzne wibracje i uderzenia	Duża prędkość $V > 60 \text{ m/min}$	$1,0 < G \leq 2,0$	2,0 ~ 3,5

OBLICZENIE ŻYWOTNOŚCI

Przyjmując wartości statycznego obciążenia C oraz obciążenia jakie występuje podczas pracy możliwe jest obliczenie nominalnej trwałości L według poniższego wzoru:

$$L = \left(\frac{f_h \cdot f_t \cdot C}{f_w \cdot P} \right) \cdot 50 \quad [km]$$

Gdzie:

L - Nominalna trwałość [km]

C - Znamionowe obciążenie statyczne [N]

P - Obciążenie pracy [N]

f_h - Współczynnik twardości

f_t - Współczynnik temperatury

f_c - Współczynnik styku

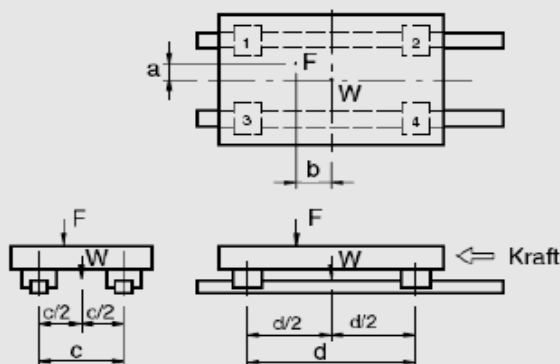
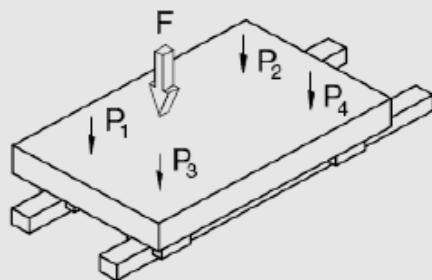
f_w - Współczynnik obciążenia

OBLICZENIE OBCIĄŻENIA PROWADNIC

Kierunek obciążenia

Wymiary

Obciążenie na jednym wózku

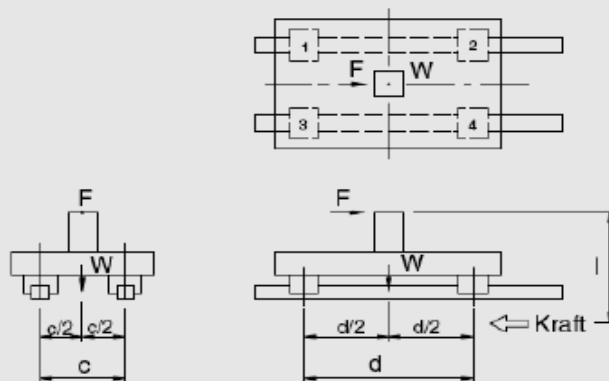
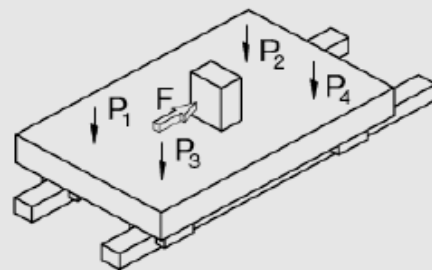
A

$$P_1 = \frac{W}{4} + \frac{F}{4} + \frac{F \cdot b}{2d} + \frac{F \cdot a}{2c}$$

$$P_2 = \frac{W}{4} + \frac{F}{4} - \frac{F \cdot b}{2d} + \frac{F \cdot a}{2c}$$

$$P_3 = \frac{W}{4} + \frac{F}{4} + \frac{F \cdot b}{2d} - \frac{F \cdot a}{2c}$$

$$P_4 = \frac{W}{4} + \frac{F}{4} - \frac{F \cdot b}{2d} - \frac{F \cdot a}{2c}$$

B

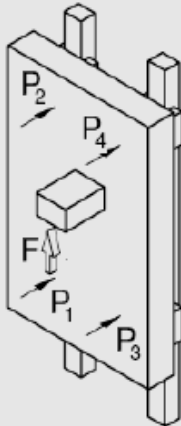
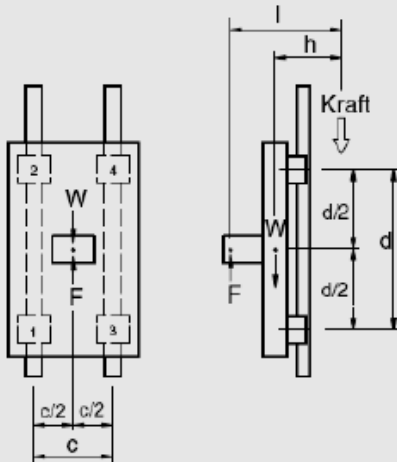
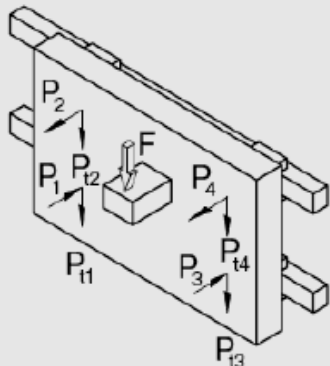
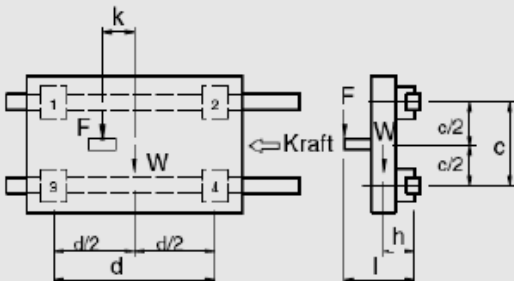
$$P_1 = \frac{W}{4} - \frac{F \cdot l}{2d}$$

$$P_2 = \frac{W}{4} + \frac{F \cdot l}{2d}$$

$$P_3 = \frac{W}{4} - \frac{F \cdot l}{2d}$$

$$P_4 = \frac{W}{4} + \frac{F \cdot l}{2d}$$

OBLICZENIE OBCIĄŻENIA PROWADNIC

Kierunek obciążenia	Wymiary	Obciążenie na jednym wózku
<p>C</p> 		$P_1 = \frac{W \cdot h}{2d} - \frac{F \cdot l}{2d}$ $P_2 = -\frac{W \cdot h}{2d} + \frac{F \cdot l}{2d}$ $P_3 = \frac{W \cdot h}{2d} - \frac{F \cdot l}{2d}$ $P_4 = -\frac{W \cdot h}{2d} + \frac{F \cdot l}{2d}$
<p>D</p> 		$P_1 = P_2 = P_3 = P_4 = \frac{W \cdot h}{2c} - \frac{F \cdot l}{2c}$ $P_{t1} = P_{t3} = \frac{W}{4} + \frac{F}{4} + \frac{F \cdot k}{2d}$ $P_{t2} = P_{t4} = \frac{W}{4} + \frac{F}{4} - \frac{F \cdot k}{2d}$

Przykład:

Typ przewodnic:

LGH30Ca

 $C_{dyn} = 33800N$ $C_0 = 54600N$

nap. wst = Z3

Wymiary:

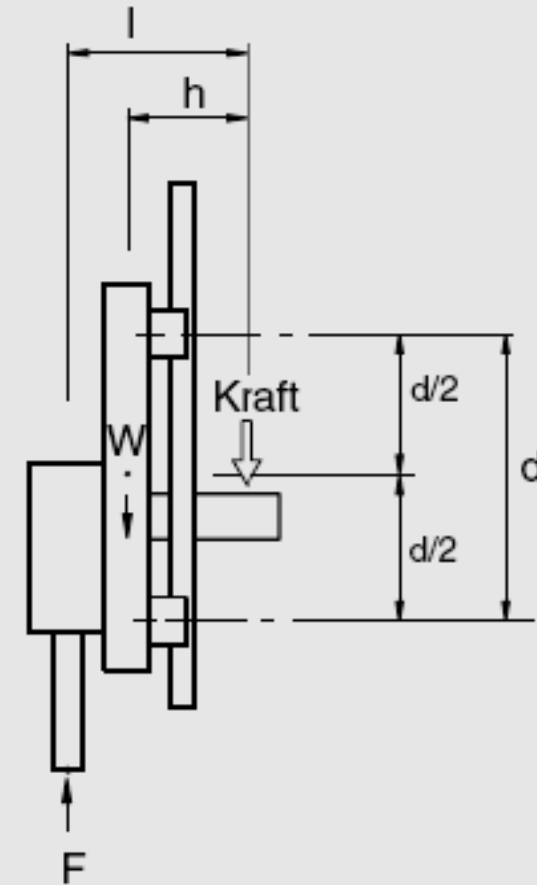
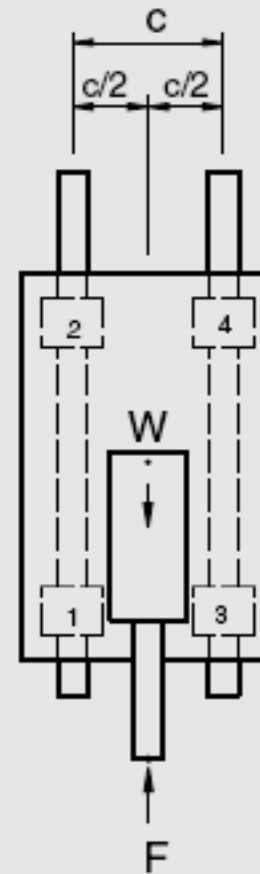
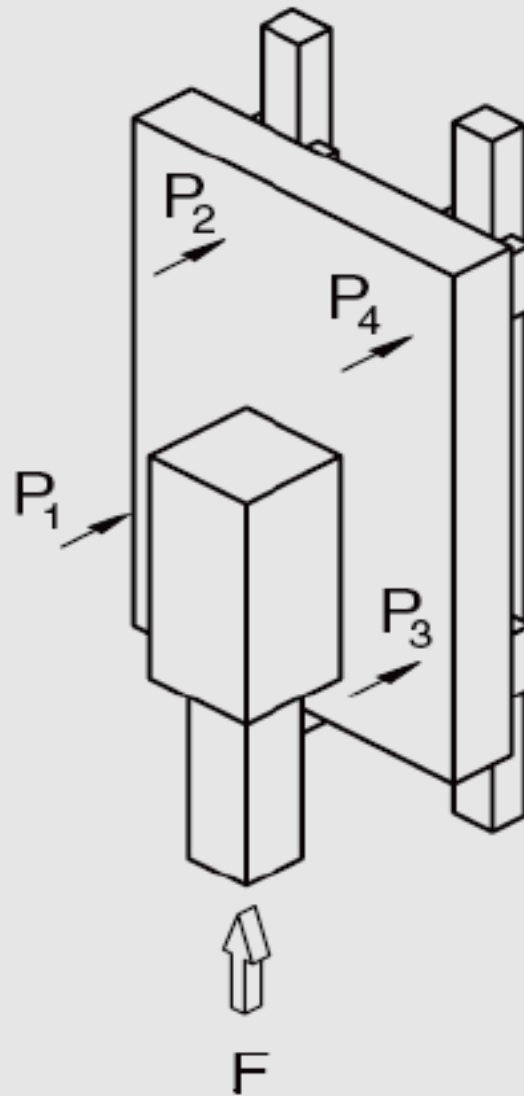
 $d = 600mm$ $c = 400mm$ $h = 200mm$ $l = 350mm$

Warunki pracy:

 $W = 3000N$ $F = 1000N$

wsp.obc. normalny

temp. ot. normalna



$$P_1 = P_3 = \frac{W \cdot h}{2d} - \frac{F \cdot l}{2d} = \frac{3000 \cdot 200}{2 \cdot 600} - \frac{1000 \cdot 250}{2 \cdot 600} = 291,7 \text{ N}$$

$$P_2 = P_4 = -\frac{W \cdot h}{2d} + \frac{F \cdot l}{2d} = \frac{3000 \cdot 200}{2 \cdot 600} + \frac{1000 \cdot 250}{2 \cdot 600} = -291,7 \text{ N}$$

$$P_{\max} = 291,7 \text{ N}$$

$$P = P_{\max} + P_z = 291,7 + (54600 \cdot 0,07) = 4113,7 \text{ N}$$

$$L = \left(\frac{f_h \cdot f_t \cdot C}{f_w \cdot P} \right) \cdot 50 \quad [km]$$

$$L = \left(\frac{1 \cdot 1 \cdot 33800}{1,5 \cdot 4113,7} \right) \cdot 50 = 8258 \text{ km}$$

KONIEC