

Dobór chwytaka pneumatycznego

dr inż. Jan Barczyk
Instytut Automatyki i Robotyki
Politechniki Warszawskiej

W PAR nr 7-8/98 przedstawiono zasady działania i budowę chwytaków z napędem pneumatycznym, stosowanych zwłaszcza w manipulatorach i robotach przemysłowych. Zestawiono parametry oferowanych chwytaków z dwoma i trzema końcówkami chwytynymi. W niniejszym numerze omówiono wybrane zagadnienia doboru chwytaków.

Wielu producentów chwytaków podaje ogólne wytyczne, przybliżoną ocenę poprawności doboru chwytaka do parametrów chwytanego obiektu (masy, wymiarów, położenia środka ciężkości itp.) oraz parametrów procesu manipulacji, lub też metodykę szczegółowego sprawdzania różnych zależności dla danego typu chwytaka.

Firma FESTO dostarcza program komputerowy Gripper selection, który umożliwia szybko i prawidłowo dobrać chwytak do danego zastosowania. Program ten zawiera opis chwytaków i ich dane techniczne. Jako dane wejściowe wprowadza się: parametry geometryczne i masowe obiektu manipulacji, przyspieszenia w czasie procesu, rodzaj powierzchni (ze względu na współczynnik tarcia), ciśnienie robocze, temperaturę chwytanego obiektu oraz współczynnik bezpieczeństwa. Program generuje informacje w postaci graficznej i tablicy, który z chwytaków spełnia wymagania.

Siłę chwytu F_k jaka powinna być wywierana na powierzchnię obiektu o masie m można obliczyć w przybliżeniu ze wzoru:

$$F_k = mg k_r k_o$$

gdzie:

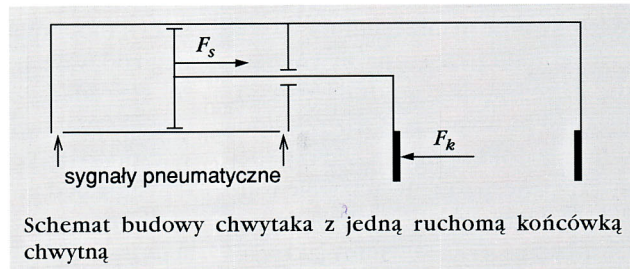
k_r - współczynnik związany z typem i warunkami pracy robota, przyjmuje się z zakresu od 10 do 25,
 k_o - współczynnik związany z chwytanym obiektem (współczynnikiem tarcia między końcówkami a obiektem, położeniem środka ciężkości obiektu itp.), przyjmuje się z zakresu od 1 do 2,5.

Niezbędną siłę F_s na tłoczysku siłownika oblicza się z zależności:

$$F_s = f_F F_k$$

gdzie:

f_F - współczynnik przełożenia siłowego układu przeniesienia napędu zależny od parametrów konstrukcyjnych, np. długości dźwigni. W przypadku najprostszego chwytaka (schemat) można przyjąć $f_F = 1$.



Schemat budowy chwytaka z jedną ruchomą końcówką chwytyną

W tej uproszczonej metodzie wyznaczenia niezbędnej siły zespołu napędowego zakłada się, że siła chwytu nie zależy od ruchu chwytaka. W rzeczywistych warunkach na chwytak działają siły inercji. Podczas gwałtownego ruszania lub zatrzymania, np. na twardym zderzaku, przyspieszenia mogą osiągać 98 m/s^2 (10 g) i pojawiające się siły mogą spowodować samostne otwarcie się chwytaka. Dla najbardziej niekorzystnego kierunku przyspieszenia wzdłuż osi symetrii chwytaka (schemat) $a_{maks.}$ można obliczyć ze wzoru:

$$a_{maks.} = F_s / (m + m_t + m_k)$$

gdzie:

m - masa uchwyconego obiektu, m_t - masa ruchomych elementów siłownika (tłok, trzpień), m_k - masa ruchomej końcówki chwytaka,

czyli:

$$a_{maks.} = \frac{F_s}{m \left(1 + \frac{m_t + m_k}{m} \right)}$$

Stąd wynika, że przy projektowaniu chwytaka należy dążyć do minimalizowania masy ruchomych elementów siłownika i końcówki chwytnej.

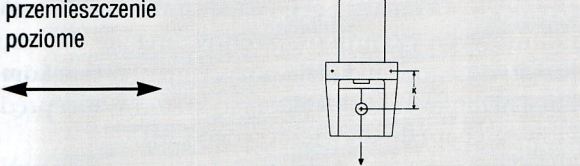
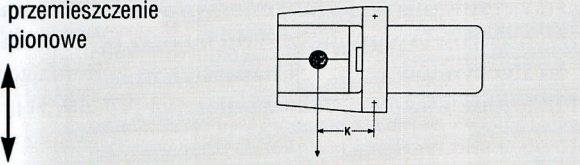
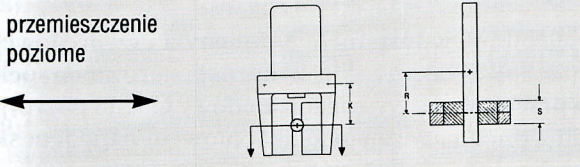
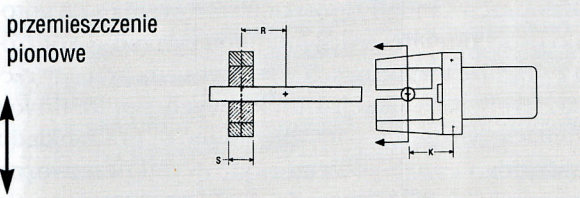
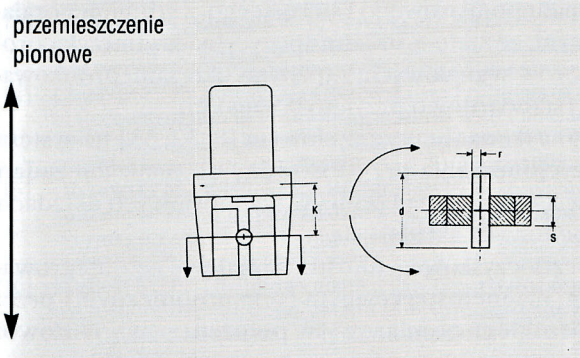
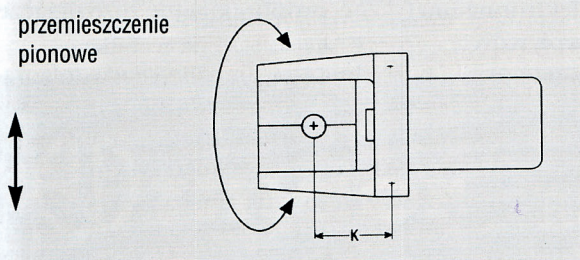
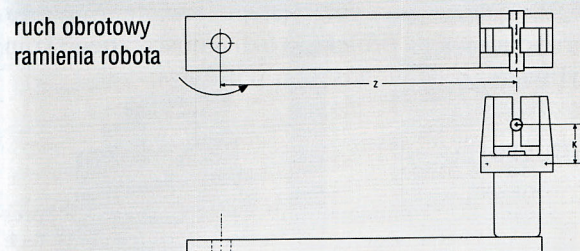
W tablicy zestawiono podstawowe przypadki pracy chwytaków oraz wzory do obliczenia współczynnika G_F wprowadzonego przez firmę PHD Inc. dla chwytaków z równoległym i kątowym ruchem końcówek. W katalogu PHD Inc. dla każdego typu chwytaka podano graniczną wartość tego współczynnika.

Oznaczenia:

F - ciśnienie robocze, bar
 J - masa obiektu manipulacji, kg
 K - odległość punktu uchwycenia od środka obiektu, mm
 L - współczynnik bezpieczeństwa: 4 - krytyczny, 3 - ważny, 2 - średni, 1 - normalny
 M - współczynnik prędkościowy: od 0,01 do 9 s (1,0 - wolno, 0,5 - średnio, 0,01 - szybko)
 N - współczynnik przyspieszeniowy: od 0,1 do 8 m/s (0,1 - przyspieszenie małe, 3 - średnie, 8 - duże)
 Q - czas trwania obrotu chwytaka: od 0,02 do 50 s
 R - odległość środka ciężkości obiektu od punktu uchwycenia: od 1 do 2500 mm

S - szerokość końcówki chwytnej: od 1 do 250 mm
 T - kąt obrotu: od 0,1 do 6 rad
 U - prędkość kątowa: od 0,1 do 99 rad/s
 W - moment bezwładności: od 1 do 10^7 kg mm^2
 X - przyspieszenie kątowe: od 0,1 do 99 rad/s²
 Z - odległość punktu obrotu od punktu ciężkości obiektu: od 1 do 2500 mm
 d - długość obiektu, mm
 r - promień obiektu, mm
 f - współczynnik tarcia: od 0,04 do 0,5 (0,04 - bardzo gładki, 0,16 - średni, 0,5 - chropowaty)

Zależności do obliczenia współczynnika uchwycenia G_F wg firmy PHD Inc.

Przypadek obciążenia	Chwytek z równoległym ruchem końcówek chwytnych	Chwytek z kątowym ruchem końcówek chwytnych
przemieszczenie poziome 	$G_F \geq \frac{J \cdot L \cdot N}{F \cdot M}$	$G_F \geq \frac{J \cdot K \cdot L \cdot N}{F \cdot M}$
przemieszczenie pionowe 	$G_F \geq \frac{J \cdot L}{F} \left(9,81 + \frac{N}{M} \right)$	$G_F \geq \frac{J \cdot K \cdot L}{F} \left(9,81 + \frac{N}{M} \right)$
przemieszczenie poziome 	$G_F \geq \frac{2J \cdot R \cdot L \cdot N}{F \cdot M \cdot S}$	$G_F \geq \frac{2J \cdot R \cdot K \cdot L \cdot N}{F \cdot M \cdot S}$
przemieszczenie pionowe 	$G_F \geq \frac{2J \cdot R \cdot L}{F \cdot S} \left(9,81 + \frac{N}{M} \right)$	$G_F \geq \frac{2J \cdot R \cdot K \cdot L}{F \cdot S} \left(9,81 + \frac{N}{M} \right)$
przemieszczenie pionowe 	$G_F \geq \frac{W \cdot L \cdot X}{500 \cdot F \cdot S}$ $W = J \left(\frac{d^2}{12} + \frac{r^2}{4} \right)$ $J = \pi \cdot r^2 \cdot d \cdot \rho$ $X = \frac{2T}{Q^2}$	$G_F \geq \frac{K \cdot W \cdot L \cdot X}{500 \cdot F \cdot S}$ $W = J \left(\frac{d^2}{12} + \frac{r^2}{4} \right)$ $J = \pi \cdot r^2 \cdot d \cdot \rho$ $X = \frac{2T}{Q^2}$
przemieszczenie pionowe 	$G_F \geq \frac{W \cdot L \cdot X}{500 \cdot F \cdot S}$ i $G_F \geq \frac{9,81 \cdot J \cdot L}{f \cdot F}$	$G_F \geq \frac{K \cdot W \cdot L \cdot X}{500 \cdot F \cdot S}$ i $G_F \geq \frac{9,81 \cdot J \cdot L \cdot K}{f \cdot F}$
ruch obrotowy ramienia robota 	$G_F \geq \frac{U^2 \cdot J \cdot L \cdot Z}{1000 \cdot F}$	$G_F \geq \frac{U^2 \cdot J \cdot K \cdot L \cdot Z}{1000 \cdot F}$