

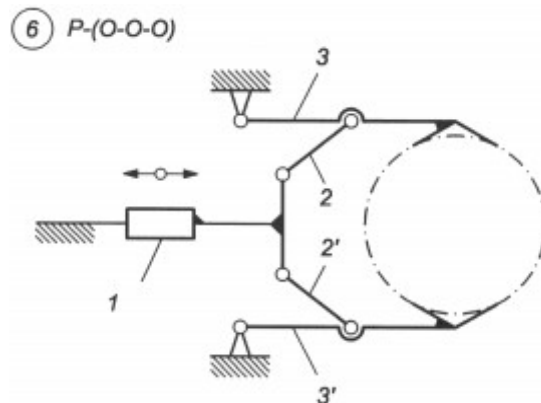
Aleksander Kmita
AGH EAIiB AiR

PROJEKT TECHNICZNY CHWYTAKA

1. Założenia projektowe

Celem jest zaprojektowanie chwytaka do manipulatora wg zadanego schematu kinetycznego spełniającego następujące wymagania:

- Urządzenie chwytające ma za zadanie pobrać(uchwycić) transportowany przedmiot w położeniu początkowym, utrzymać go podczas transportu i uwolnić go w miejscu docelowym.
- Transportowanymi przedmiotami są miedziane wałki o średnicy 48 mm oraz długości z zakresu od 50 do 100 mm.
- Manipulator jest zasilany sprężonym powietrzem o ciśnieniu nominalnym 0,6MPa.
- Projektowany chwytak ma zadany schemat kinetyczny:



2. Obliczenia

2.1 Obliczenie ruchliwości chwytaka

Do wyliczenia ruchliwości układów płaskich możemy się posłużyć wzorem:

$$w = 3n - 2p_5 - p_4$$

gdzie:

w - ruchliwość chwytaka

n - liczba członów ruchomych

p_5 - liczba par kinematycznych klasy piątej

p_4 - liczba par kinematycznych klasy czwartej

Dla powyższego chwytaka mamy dane:

$$n = 5 (1 ; 2 ; 2' ; 3 ; 3')$$

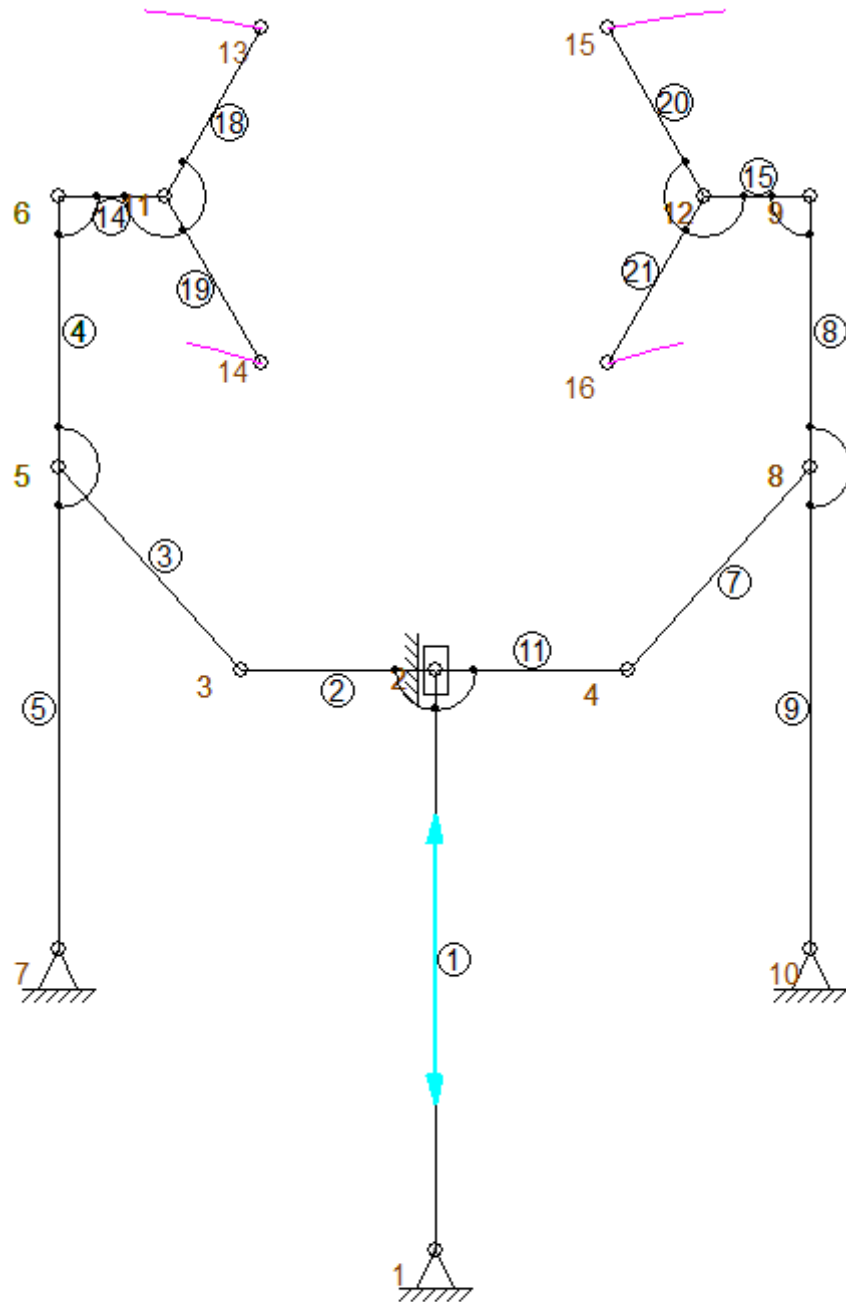
$$p_5 = 7 [(0;1), (1;2), (1;2'), (2;3), (2;3'), (3;0), (3';0)]$$

$$p_4 = 0$$

$$w = 3 \cdot 5 - 2 \cdot 7 - 0 = 1$$

Ruchliwość chwytaka została obliczona na $w=1$, więc do jego napędu zastosuję siłownik pneumatyczny o ruchu liniowym.

2.2 Analiza zadania projektowego



Powyższy rysunek przedstawia schemat kinetyczny chwytaka z odpowiednimi założonymi proporcjami części.

2.2.1 Podstawowe wymiary i wielkości.

Do obliczeń przyjmuję następujące wielkości:

$$l_{3-4} = 40\text{mm}$$

$$l_{3-5/4-8} = 28\text{mm}$$

$$l_{7-6/9-10} = 78 \text{ mm}$$

$$l_{7-5/10-8} = 50\text{mm}$$

$$l_{5-6/8-9} = 28\text{mm}$$

$2\beta = 120^\circ$ (kąt rozwarcia szczęk chwytaka)

$d = 48$ mm (średnica transportowanych przedmiotów)

$l_{max} = 100 \text{ mm}$ (maksymalna długość transportowanego przedmiotu)

2.2.2 Maksymalny ciężar transportowanego przedmiotu

$\gamma = 8920 \text{ kg/m}^3$ - ciężar właściwy miedzi

$$Q_{max} = g \frac{\pi d_{max}^2}{4} l_{max} \gamma [N]$$

gdzie:

d_{max} – maksymalna średnica przenoszzonego obiektu [m] (tutaj stała 48 mm)

l_{max} – maksymalna długość przenoszzonego obiektu [m]

γ – ciężar właściwy miedzi [kg/m^3]

g – przyspieszenie grawitacyjne ziemi [m/s^2]

$$Q_{max} = 9,81 \frac{m}{s^2} \cdot \frac{\pi \cdot 0,048 m^2}{4} \cdot 0,1 m \cdot 8920 \frac{kg}{m^3} = 15,8341 N \approx 16 N$$

W dalszych obliczeniach będę stosował ciężar przedmiotu 16 N.

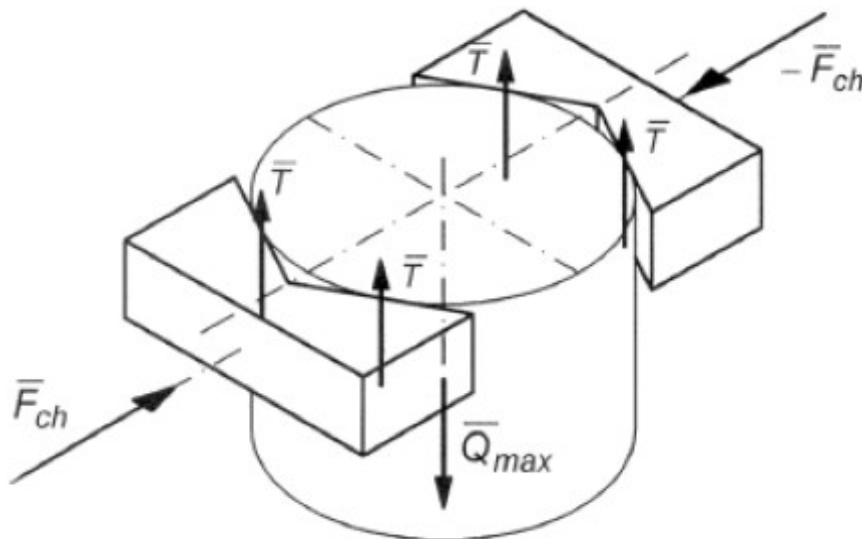
2.2.3 Siła chwytu

W celu rozwiązaniu tego zagadnienia przyjmuję, że sposób utrzymania obiektu przez chwytak jest siłowy.

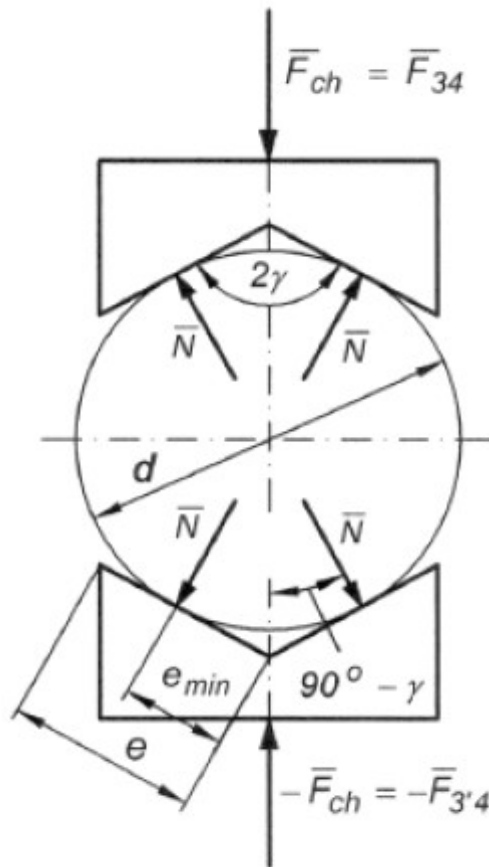
$\mu = 0,53$ (współczynnik tarcia statycznego dla miedzi i stali, źr.:

https://pl.wikipedia.org/wiki/Wsp%C3%B3%C5%82czynnik_tarcia)

$n = 2$ (współczynnik przeciążenia chwytaka, ten współczynnik uwzględnia siły bezwładności oddziałującej na transportowany obiekt, tutaj zostało przyjęte, że chwytak doznaje przyspieszenia równego g)



Powyższy rysunek przedstawia rozkład sił tarcia podczas chwytania obiektu.



Powyższy rysunek przedstawia dokładniejszy rozkład sił, oraz od czego zależy minimalna długość szczęk.

Na podstawie wcześniejszych rysunków możemy wyprowadzić wzory na wymaganą siłę ścisku na szczękach oraz minimalną długość szczęk(γ z rysunku zostało zamienione na β we wzorze, aby uniknąć konfliktu oznaczeń ze wzoru na ciężar przenoszonego obiektu).

Wzór na siłę chwytu możemy przedstawić za pomocą następującego wzoru:

$$\begin{aligned}
 F_{ch} &= 2N \cos(90^\circ - \beta) \\
 N &= \frac{F_{ch}}{2 \cos(90^\circ - \beta)} = \frac{F_{ch}}{2 \sin \beta} \\
 T &= \mu N = \frac{F_{ch} \mu}{2 \sin \beta} \\
 4T &= \frac{2F_{ch} \mu}{\sin \beta} \geq Q \cdot n \\
 F_{ch} &\geq \frac{Q_{max} \cdot n \sin \beta}{2\mu} \\
 \frac{Q_{max} \cdot n \sin \beta}{2\mu} &= \frac{16N \cdot 2 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2}}{2 \cdot 0,53} = 26,144163 \text{ N} \\
 F_{ch} &= 27 \text{ N} > 26,144163 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Dla dalszych obliczeń przyjmuję siłę chwytu $F_{ch} = 27 \text{ N}$.

2.2.4 Wyliczenie minimalnej długości szczęk

$$\operatorname{tg} \beta = \frac{d}{2e_{min}}$$

$$e_{min} = \frac{d}{2 \operatorname{tg} \beta}$$

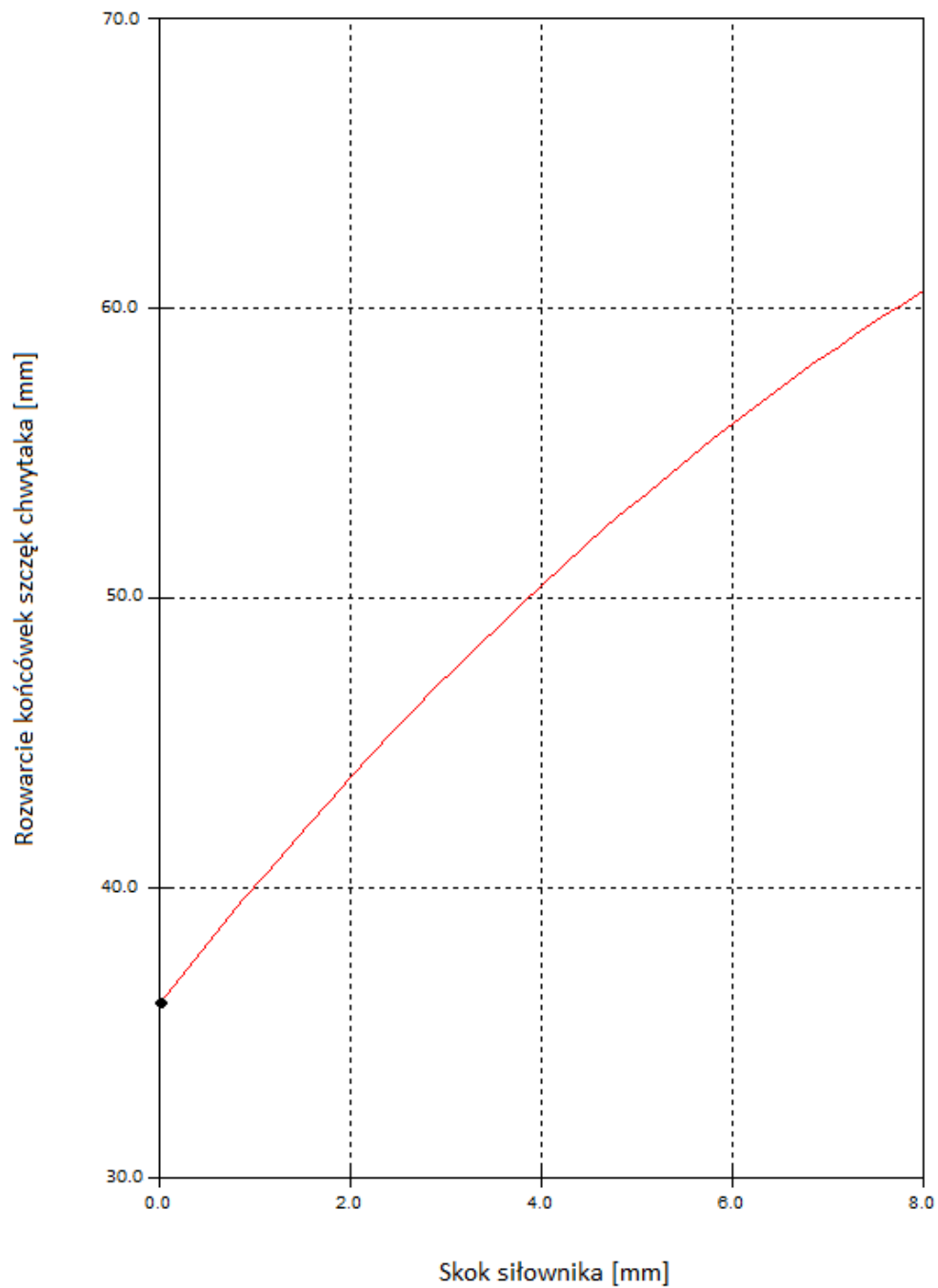
$$e \geq e_{min}$$

$$e_{min} = \frac{48 \text{ mm}}{2 \cdot \sqrt{3}} \approx 13,86 \text{ mm}$$

Przyjmuję $e = 20 \text{ mm}$.

2.3 Charakterystyka przesunięciowa chwytaka

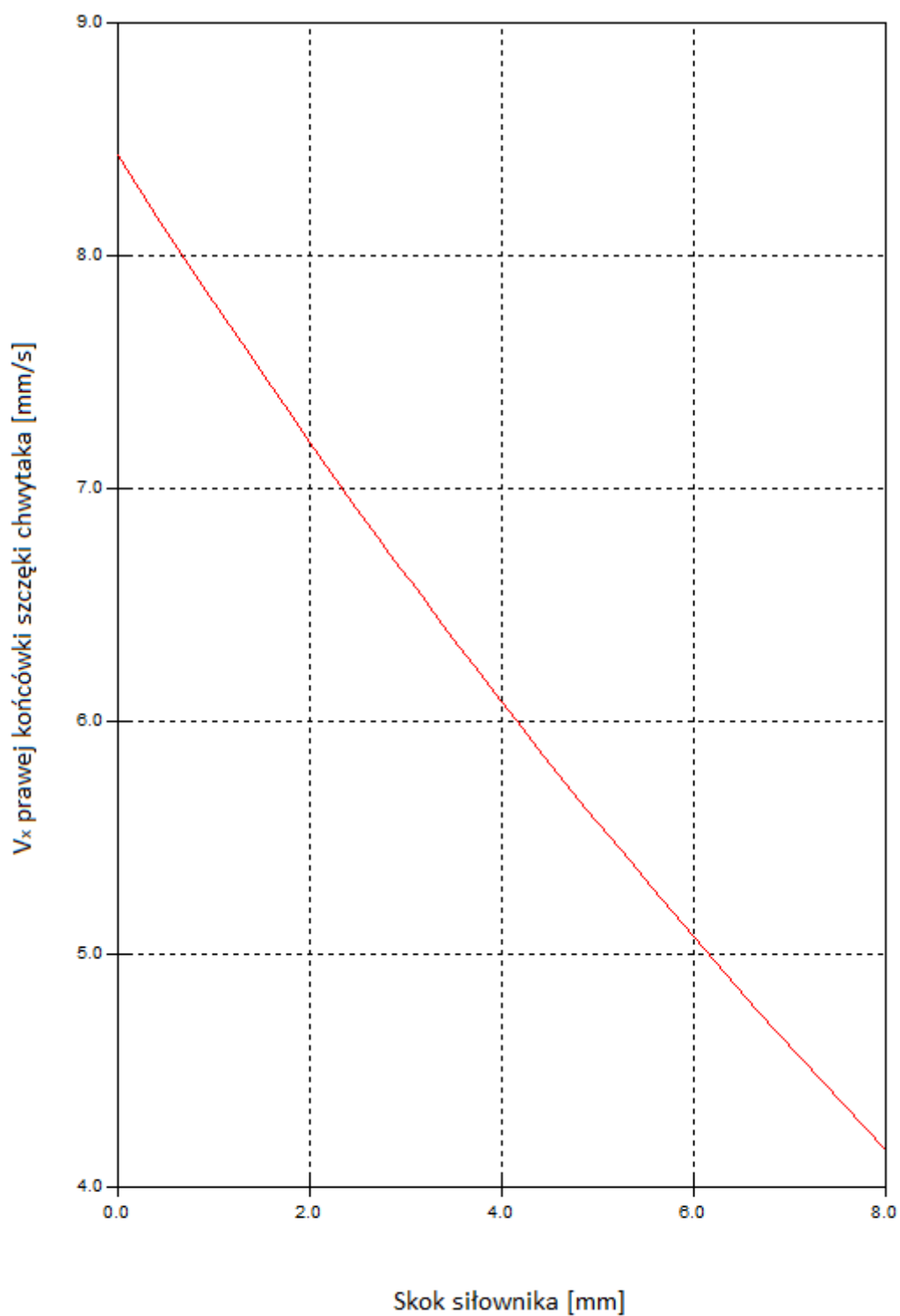
Zarówno ta jak i kolejne charakterystyki zostały wykonane w programie SAM.



• Szczęki zamknięte na trzymanym przedmiocie

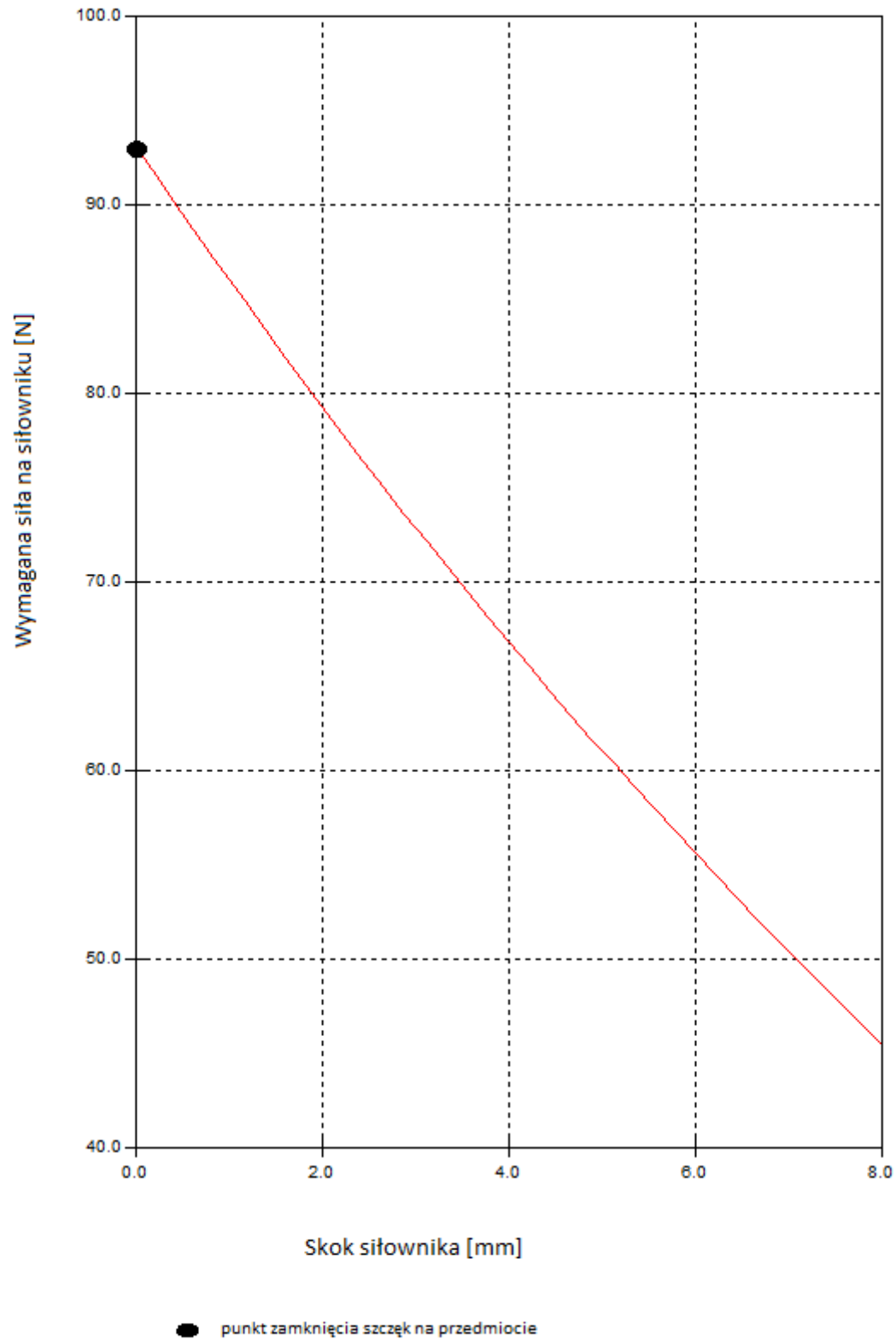
Odpowiedni skok został przyjęty, aby szczęki mogły wypuścić trzymany przedmiot ($\text{rozwarcie}_{\min}=48\text{mm}$).

2.4 Charakterystyka prędkościowa chwytaka



2.5 Charakterystyka siłowa chwytaka

Wykres przedstawia wymaganą siłę na siłowniku zależną od jego skoku, aby siła ścisku na szczękach wynosiła $F_{chw} = 27N$.



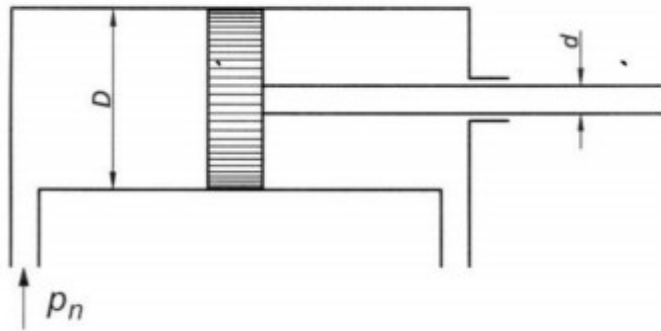
Z wykresu można odczytać, że potrzebna maksymalna siła wynosi około $F_s = 94N$ (wykres pomija tarcie oraz masy elementów chwytaka)

Na potrzeby projektu potrzebujemy przełożenia siłowego jedynie w miejscu zacisku szczęk. Odczytując wartość z powyższego wykresu i zakładając siłę ścisku na szczękach $F_{chw}=27N$, możemy odczytać wymaganą siłę na siłowniku na około 94N, co po podstawieniu do wzoru:

$$f_F = \frac{F_s}{F_{ch}} = \frac{2 \cdot 27 N}{94 N} \approx 0,57$$

2.6 Obliczanie minimalnej średnicy tłoka siłownika napędowego

$$p_n = \frac{F_s}{S} = \frac{4 F_s}{\pi D^2} \quad D_{min} = \sqrt{\frac{4 F_s}{\pi p_n}} \quad D_{min} = \sqrt{\frac{4 \cdot 94 N}{\pi \cdot 0,6 MPa}} \approx 14 mm \quad \text{Przyjmuję } D = 20 mm$$



Należy jednak zauważyć, że wymagana siła jest ciągnąca więc musimy skorzystać z warunku:

$$p_n = \frac{F_s}{S} = \frac{4 F_s}{\pi (D^2 - d^2)}$$

Z powyższego równania mamy warunek:

$$d \leq \sqrt{D^2 - \frac{4 F_s}{\pi p_n}}$$

$$d \leq \sqrt{(20 mm)^2 - \frac{4 \cdot 94 N}{3,1415 \cdot 0,6 MPa}}$$

$$d \leq 14 mm$$

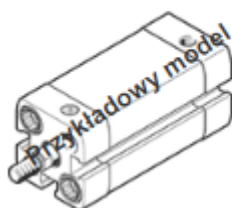
3. Dobór siłownika oraz sprawdzenie wytrzymałości elementów konstrukcyjnych

3.1 Dobór siłownika

Na podstawie wcześniej wyliczonych warunków:

$D = 20 \text{ mm}$; $d \leq 14 \text{ mm}$; $\text{skok} = 8 \text{ mm}$; wymagana siła ciągnąca 94 N

Został dobrany siłownik: 536416 AEN-20-10-A-P-A z katalogu firmy Festo.



Karta danych

Ogólna karta danych - pojedyncze dane będą zależały od konfiguracji.

Cecha	Wartość
Skok	1 ... 25 mm
Średnica tłoka	20 mm
W oparciu o normę	ISO 21287
Amortyzacja	P: Elastyczne pierścienie / płytki amortyzacyjne z obu stron
Pozycja zabudowy	Dowolna
Konstrukcja	Tłok Tłoczkowy Korpus z profilu
Sygnalizacja położenia	Przy pomocy czujników
Warianty	Tłoczek aluminiowy Wydłużona część gwintowana tłoczyska – gwint zewnętrzny Tłoczek z gwintem specjalnym Wydłużone tłoczek Z zabezpieczeniem przed obrotem Uszczelnienia odporne na temp. Do maks. +120°C Opis wypalany laserem Ciągący Jednostronne tłoczek
Ciśnienie robocze	1 ... 10 bar
Tryb pracy	Jednostronne działanie Pchający Ciągący
Medium robocze	Sprężone powietrze wg ISO8573-1:2010 (7:4:4)
Uwagi odnośnie medium roboczego	Możliwa praca na powietrzu olejonym (po rozpoczęciu olejania jest ono wymagane przy dalszej pracy)
Klasa odporności na korozję CRC	2 – Średnia odporność na korozję
Temperatura otoczenia	-20 ... 120 °C
Siła teoretyczna przy 6 bar, skok powrotny	105 N
Siła teoretyczna przy 6 bar, wysuw	152 N
Przemieszczana masa własna przy 0 mm skoku	30 g
Ciężar dodatkowy na 10 mm skoku	21 g
Ciężar podstawowy dla 0 mm skoku	131 g
Dodatkowy współczynnik przemieszczanej masy własnej na 10 mm skoku	6 g
Sposób montażu	Do wyboru: Przy pomocy otworów przelotowych Przy pomocy gwintów wewnętrznych Przy pomocy osprzętu
Przyląca pneumatyczne	M5
Uwaga dotycząca materiałów	Zgodne z RoHS
Materiał pokrywy	Aluminium Anodowanie
Materiał tłoczyska	Stal wysokostopowa
Materiał rury siłownika	Stop aluminium Anodowany

3.2 Dobór średnicy najbardziej obciążonego sworznia.

Za pomocą programu SAM została wyznaczona siła tnąca na najbardziej obciążonym sworzniu – sworzniu łożyskowym dźwigni ramienia chwytaka i wynosi

ona $F_{t\max} = 45\text{N}$. Przyjmując, że sworznie zostaną wykonane ze stali C45 o wytrzymałości na ścinanie $k_t = 130\text{MPa}$. Korzystając z warunku wytrzymałościowego na ścinanie może wyprowadzić wzór na minimalną średnicę sworznia:

$$\tau_{\max} = \frac{F_{t\max}}{2A} = \frac{4 F_{t\max}}{2 \pi d^2}$$

$$d_{\min} = \sqrt{\frac{2 F_{t\max}}{\pi \tau_{\max}}}$$

Po podstawieniu wartości otrzymujemy:

$$d_{\min} = \sqrt{\frac{2 \cdot 45\text{ N}}{3,1415 \cdot 130\text{ MPa}}}$$

$$d_{\min} = 0,5\text{ mm}.$$

Na podstawie tego wyniku dobrałem sworznie o średnicy 4mm.

3.3 Sprawdzanie wytrzymałości ramienia na zginanie.

Problem wytrzymałości ramienia został rozwiązany za pomocą programu Inventor, a dokładniej mówiąc jego narzędzi do przeprowadzania analizy naprężeń.

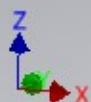
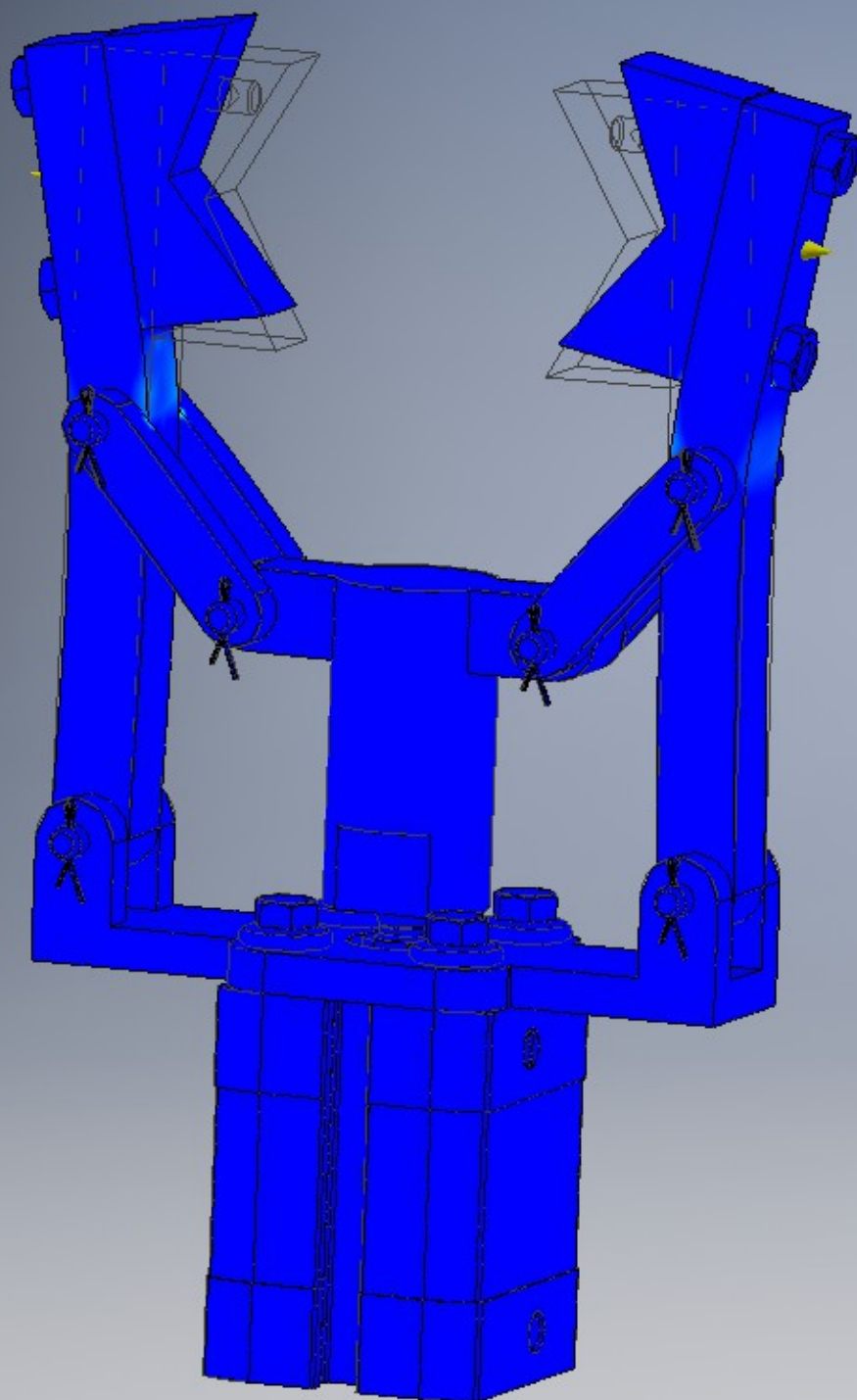
Jak na następnej stronie będzie można zauważyć, naprężenia na ramionach nie przekraczają 5 MPa, a naprężenie dopuszczalne dla stopów aluminium waha się między 113 a 130 MPa. Na podstawie takiego wyniku zatwierdzam zaproponowane przez siebie rozwiązanie.

Typ: Naprężenie Von Mises

Jednostka: MPa

2018-06-12, 10:31:16

13,31 Maks



Bibliografia:

dr inż. Józef Felis – Wykłady

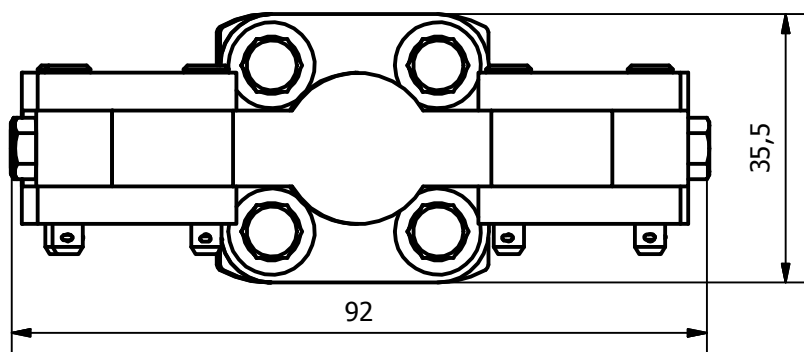
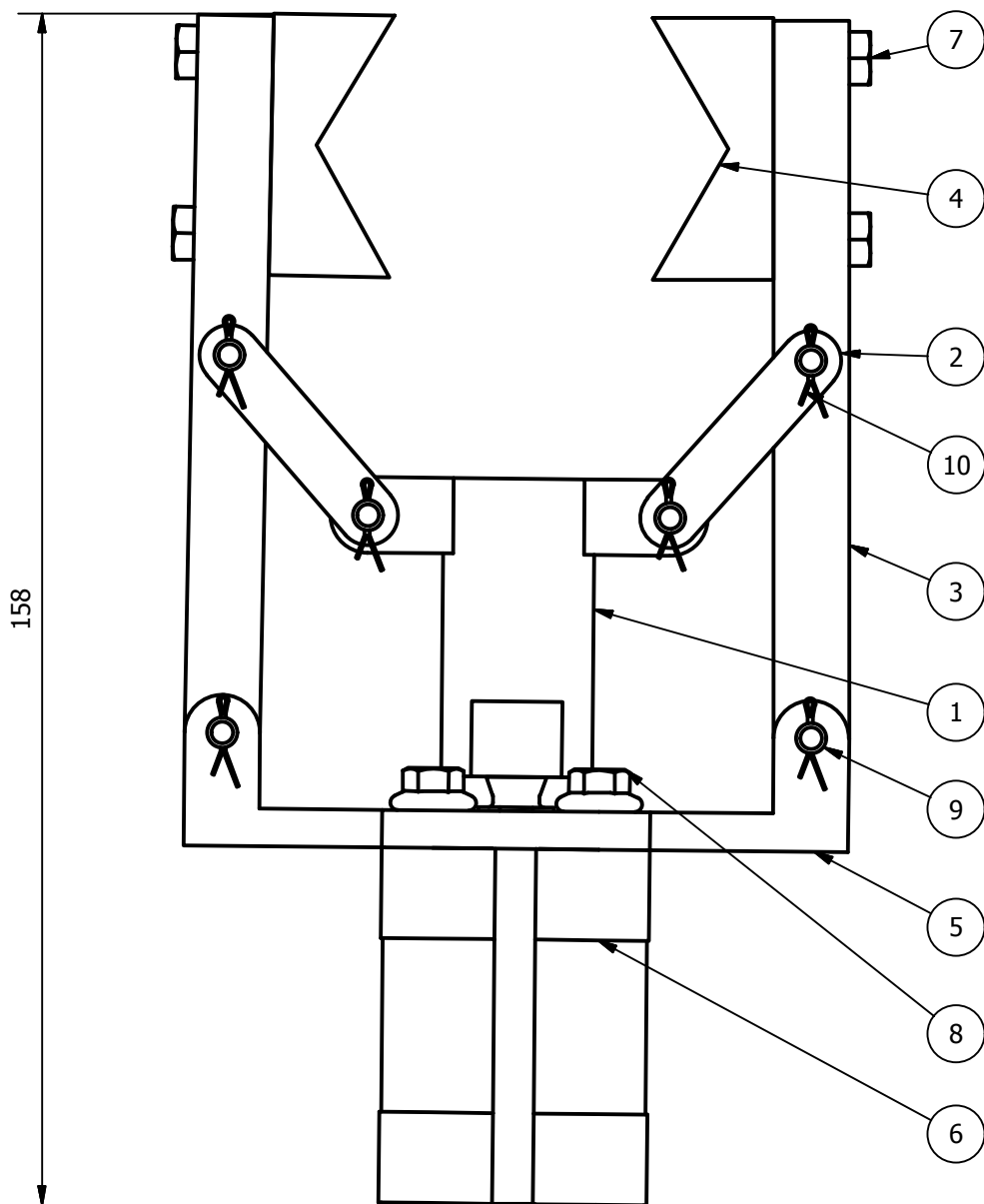
<http://home.agh.edu.pl/~kmtmipa/dydaktyka/index.php?kind=stacjonarne>

dr inż. Radosław Marczuk – zajęcia

www.wikipedia.pl

www.festo.com

Dalej zostały załączone odpowiednie rysunki.



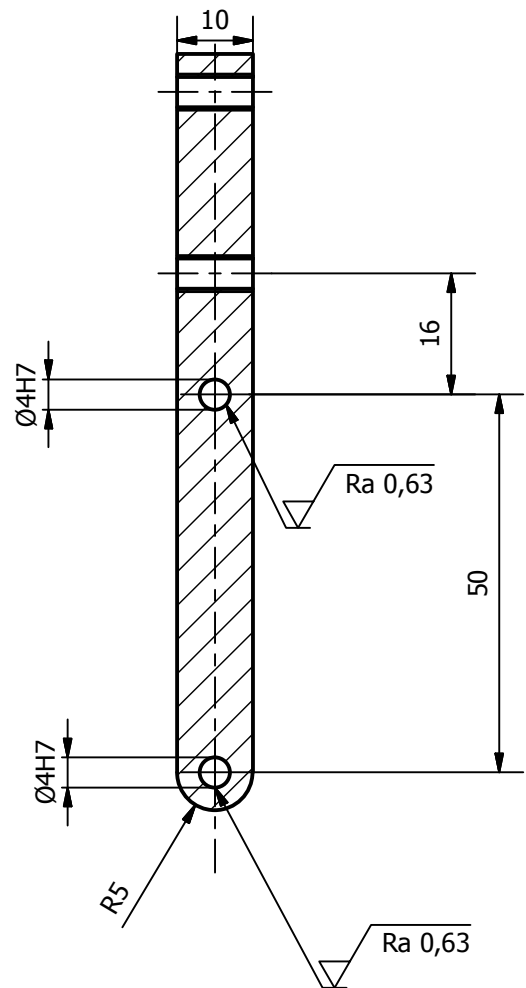
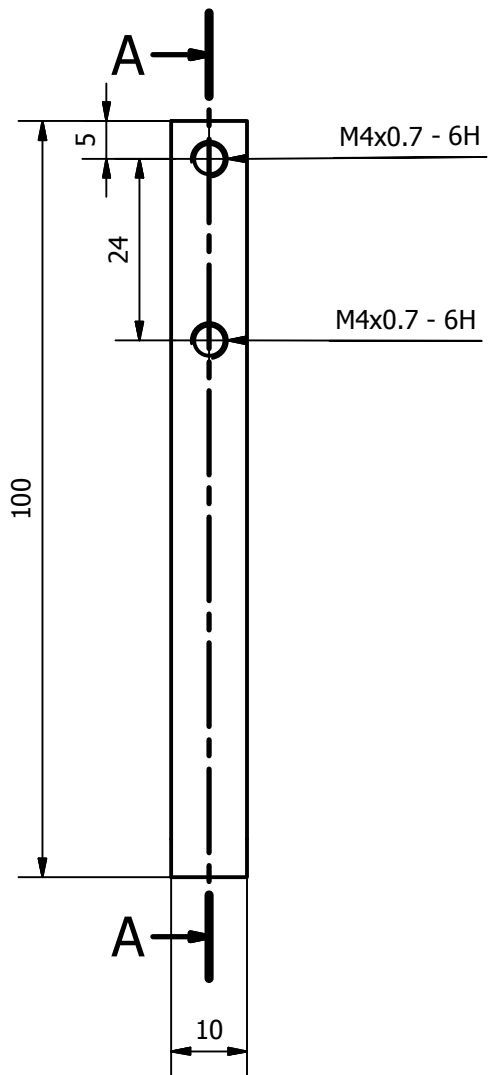
Zaprojektowany przez Aleksander Kmita		Zatwierdzony przez Aleksander Kmita		Data 2018-06-05	Skala 1:1
AiR WEAtiIB			Chwytek typu P(O-O-O)		
			CH.06.00	Wydanie	Arkusz 1 / 2

10	Zawleczka 0,8 x 8	6	ISO 1234		
9	Sworzeń B-4 x 24	6	ISO 2341		
8	Śruba M5 x25	4	ISO 4162		
7	Śruba M4 x 20	4	ISO 4015		
6	Siłownik 536416 AEN-20-10-A-P-A	1	www.festo.com	Wg. producenta	
5	Nakładka mocująca	1	CH.06.05	EN-AW-6061	
4	Szczęka	2	CH.06.04	C45	
3	Ramię chwytaka	2	CH.06.03	EN-AW-6061	
2	Cięgno	4	CH.06.02	EN-AW-6061	
1	Belka na tłoczysko	1	CH.06.01	EN-AW-6061	
Lp.	Nazwa przedmiotu	Licz. szt.	Nr. normy/rysunku	Materiał	Uwagi

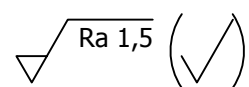
Zaprojektowany przez Aleksander Kmita		Zatwierdzony przez Aleksander Kmita		Data 2018-06-05	Skala 1:1
AiR WEAtiIB			Chwytek typu P(O-O-O)		
			CH.06.00	Wydanie	Arkusz 2 / 2



A-A (1 : 1)



Krawędzie ostre stępić



Zaprojektowany przez Aleksander Kmita	Zatwierdzony przez Aleksander Kmita	Data	Materiał EN-AW-6061	Data 2018-06-05	Skala 1:1
AiR WEAIIB		Ramię chwytaka			
CH.06.03		Wydanie		Arkusz 1 / 1	

