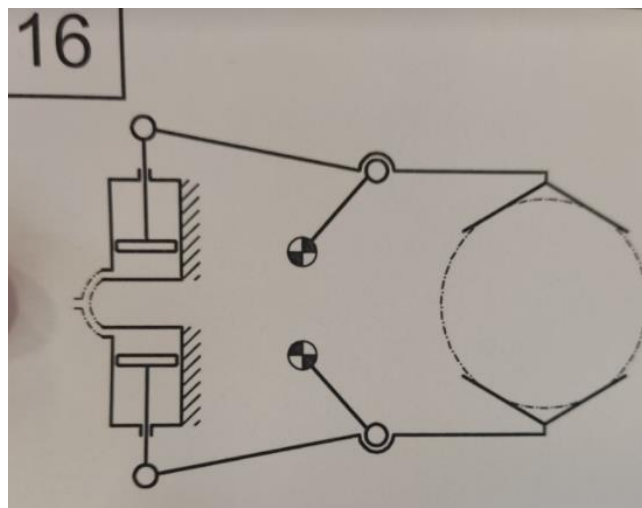


Mikołaj Budny



Projekt techniczny chwytaka

Numer 16



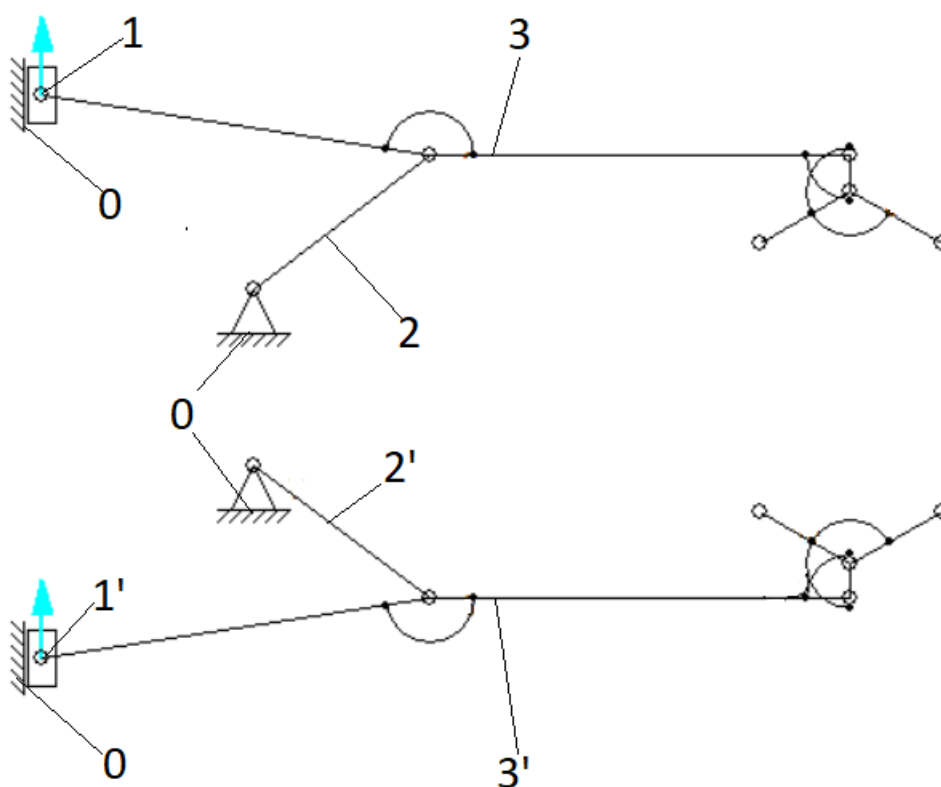
Zadanie projektowe

Zaprojektować chwytak do manipulatora przemysłowego wg zadanego schematu kinematycznego spełniający następujące wymagania:

- a) W procesie transportu urządzenie chwytające ma za zadanie pobrać (uchwycić) obiekt w położeniu początkowym, trzymać go w trakcie trwania czynności transportowych i uwolnić go w miejscu docelowym
- b) Obiektem transportu jest wałek z mosiądzu o średnicy $d = 93\text{mm}$, długości $l = 83\text{mm}$, gęstości $8,73\text{g/cm}^3$
- c) Manipulator zasilany jest sprężonym powietrzem o ciśnieniu nominalnym $p_n = 0,6\text{Mpa}$

1. Obliczenie ruchliwości chwytaka na podstawie zadanego schematu kinematycznego.

Schemat kinematyczny:



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

w – ruchliwość układu

n – liczba członów ruchomych

p_5 – liczba par kinematycznych klasy 5

p_4 – liczba par kinematycznych klasy 4

N=6

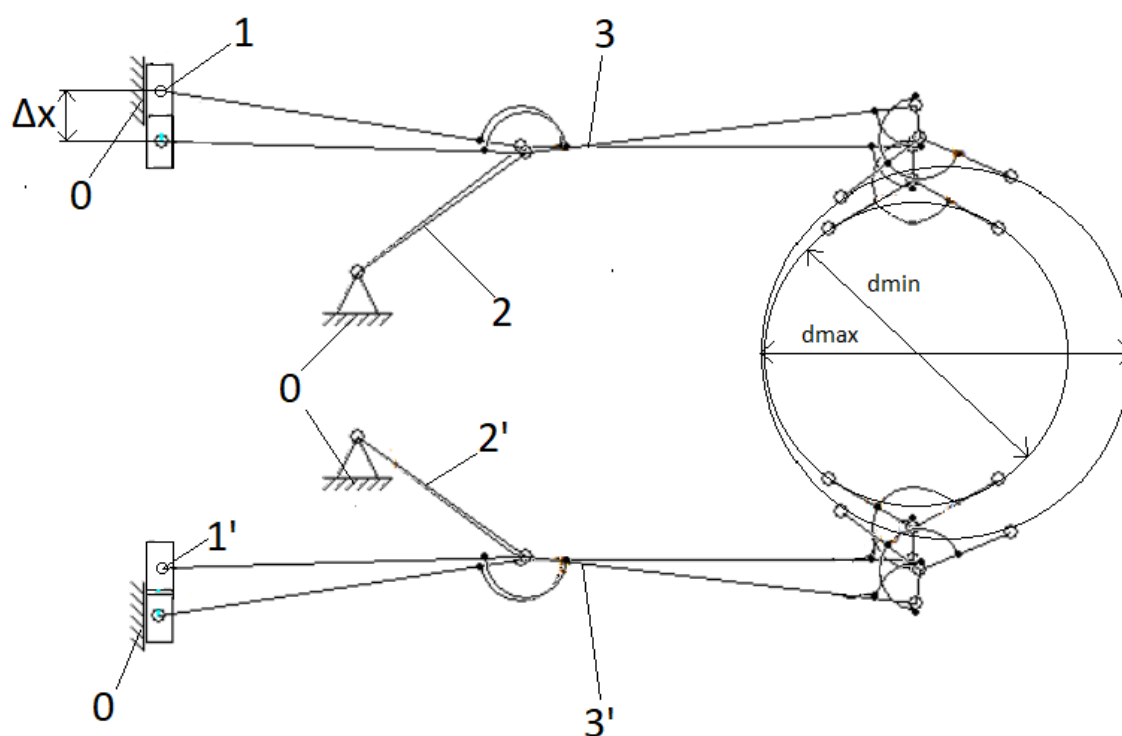
$P_5 = (0,1), (1,3), (0,2), (2,3), (0,1'), (1',3'), (0,2'), (2',3')$

$$W = 3 \cdot 6 - 2 \cdot 8 - 0 = 2$$

Ruchliwość 2 oznacza, że będą potrzebne dwa napędy do zasilenia całego układu

2. Analiza zadania projektowego

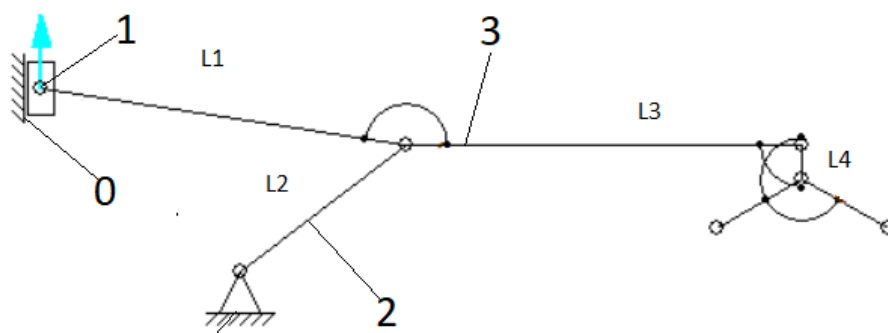
Schemat kinematyczny chwytaka w założonych położeniach krańcowych:



$$D_{min} = 93 \text{ mm}$$

$$D_{max} = 115 \text{ mm}$$

Przyjęte parametry:



L1=120mm

L2=63mm

L3=120mm

L4=10mm

Kąt rozwarcia szczęk 120°

Kąt między członami L1 i L3 172°

Skok siłownika 15mm

Maksymalny ciężar obiektu transportowanego obliczono ze wzoru:

$$Q_{max} = \frac{\pi d_{max}^2}{4} l_{max} \cdot \gamma$$

$$Q_{max} = \frac{\pi * 0,093^2}{4} * 0,083 * 8730 = 48,285N$$

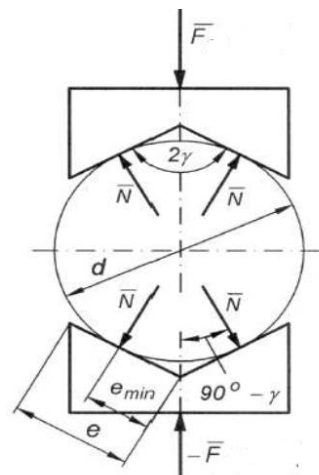
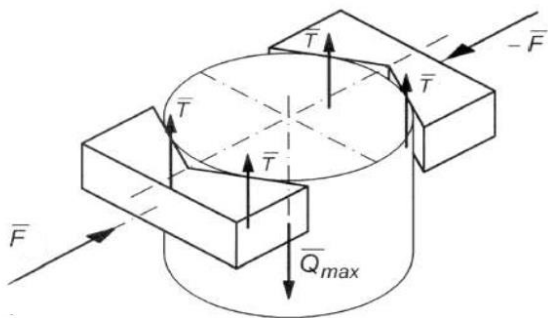
Wyznaczenie minimalnego wymiaru szczęki

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

$$e_{min} = \frac{93}{2 * \sqrt{3}} = 26,85mm$$

Dobieram e=30mm

Wyznaczenie maksymalnej siły chwytu



N – siła nacisku w miejscu zetknięcia
 γ – kąt rozwarcia szczęk

$$N = \frac{F}{2\sin\Upsilon}$$

$$4T = \frac{2F\mu}{\sin\gamma} \geq Qn$$

$$F \geq \frac{Qn \sin \gamma}{2\mu}$$

$$F \geq 220N$$

μ - współczynnik tarcia mosiądz-stal 0,19

n – współczynnik wynikający z występowania sił bezwładności (maksymalne przyspieszenie przyjęto równe g)

The diagram shows a 2D mechanism with 7 links (L1 to L7) and 4 joints. Link L1 is a vertical link at the top left, connected to a fixed pivot. Link L2 is a diagonal link connected to a revolute joint with the ground. Link L3 is a horizontal link connected to a revolute joint. Link L4 is a vertical link connected to a revolute joint. Link L5 is a horizontal link at the bottom left, connected to a revolute joint with the ground. Link L6 is a horizontal link connected to a revolute joint. Link L7 is a horizontal link connected to a revolute joint. The joints are: a revolute joint between L1 and the ground, a revolute joint between L2 and the ground, a revolute joint between L3 and L4, and a revolute joint between L5, L6, and L7. The diagram also shows a coordinate system (X, Y) at the bottom left and angles ϕ_1 and ϕ_2 at the joints.

Dane [mm]:

L0=80

L1=120

L2=63

L3=120

L4=10

L5=70

$$L6=25$$

$$L7=170 \text{ (przy zamkniętym chwytaku)}$$

x-przesunięcie tłoka

Równanie dla wieloboku z lewej strony:

$$\overline{L0 - x} + \overline{L5} + \overline{L6} + \overline{L2} + \overline{L1} = 0$$

Po rzutowaniu na osie otrzymujemy:

$$X: L5 + L2 * \cos\varphi_2 + L1 * \cos\varphi_1 = 0 \quad (1)$$

$$Y: L6 + L2 * \sin\varphi_2 + L1 * \sin\varphi_1 - L0 + x = 0 \quad (2)$$

Po podniesieniu do kwadratu obu równań i dodaniu otrzymujemy:

$$L2^2 = (-L6 - L1\sin\varphi_1 + L0 - x)^2 + (-L5 - L1\cos\varphi_1)^2$$

Podstawiam $z = -L6 + L0 - x$ i podnoszę nawiasy do kwadratu:

$$L2^2 = L1^2\sin^2\varphi_1 - 2zL1\sin\varphi_1 + z^2 + L5^2 + 2L5L1\cos\varphi_1 + L1^2\cos^2\varphi_1$$

Przerzucam wszystko na jedną stronę:

$$L1^2\sin^2\varphi_1 - 2zL1\sin\varphi_1 + z^2 + L5^2 + 2L5L1\cos\varphi_1 + L1^2\cos^2\varphi_1 - L2^2 = 0$$

Dzielę równanie przez $2L5L1$ otrzymując:

$$\cos\varphi_1 - \frac{z}{L5}\sin\varphi_1 + \frac{L1^2 + z^2 + L5^2 - L2^2}{2L5L1} = 0$$

Podstawiam:

$$A = -\frac{z}{L5}$$

$$B = \frac{L1^2 + z^2 + L5^2 - L2^2}{2L5L1}$$

Otrzymując:

$$\cos\varphi_1 + A\sin\varphi_1 + B = 0$$

Podstawiam $t = \cos\varphi_1$, oraz z jedynki trygonometrycznej zamieniam sinusa na cosinusa:

$$t + A\sqrt{1 - t^2} + B = 0$$

$$t^2 + 2Bt + B^2 - A^2 + A^2t^2 = 0$$

$$t^2(1 + A^2) + 2Bt + B^2 - A^2 = 0$$

$$\Delta = 4B^4 - (4 + A^2)(B^2 - A^2)$$

$$\Delta = 4B^4 - 4B^2 + 4A^4 + A^2 - 4A^2B^2$$

$$t_1 = \frac{-2B + \sqrt{\Delta}}{2(1 + A^2)}$$

$$t_2 = \frac{-2B - \sqrt{\Delta}}{2(1 + A^2)}$$

Z drugiego wieloboku:

$$\overline{L6} + \overline{L2} + \overline{L3} + \overline{L4} + \overline{Y} + \overline{L7} = 0$$

Rzutuując na osie:

$$X: L2\cos\varphi_2 + L3\cos\varphi_3 - L7 = 0 \quad (3)$$

$$Y: L6 + L2\sin\varphi_2 - L4 - Y + L3\sin\varphi_3 = 0 \quad (4)$$

$$Y = L6 + L2\sin\varphi_2 - L4 + L3\sin\varphi_3$$

gdzie $\varphi_3 = \varphi_1 - 171^\circ$

Z równania 1 wyznaczam

$$\cos\varphi_2 = \frac{-L5 - L1\cos\varphi_1}{L2}$$

z jedynki trygonometrycznej:

$$\sin\varphi_2 = \sqrt{\frac{L5 + L1\cos\varphi_1 + L2}{L2}}$$

$$\sin\varphi_3 = \sin(\varphi_1 - 171^\circ)$$

$$\sin\varphi_1 = \sqrt{1 - \cos^2\varphi_1}$$

$$\varphi_1 = \arccos \frac{-2B + \sqrt{\Delta}}{2(1 + A^2)}$$

$$Y = L6 + L2\sin\varphi_2 - L4 + L3\sin\varphi_3$$

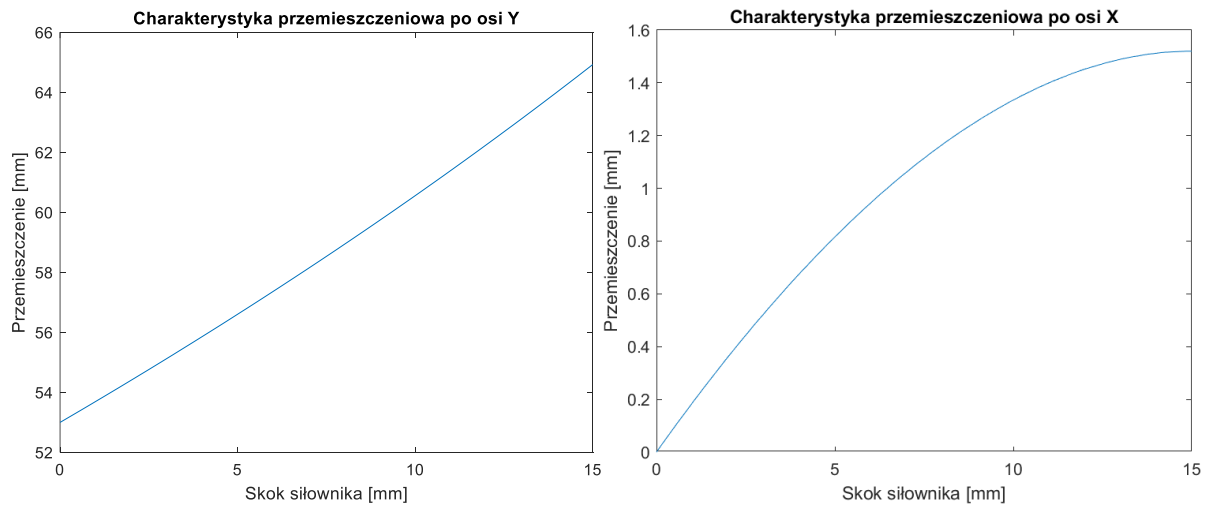
$$Y = L6 + L2 * \sqrt{\frac{L5 + L1\cos\varphi_1 + L2}{L2}} - L4 + L3 * \sin\left(\arccos \frac{-2B + \sqrt{\Delta}}{2(1 + A^2)} - 171^\circ\right)$$

$$Y = L6 + L2 * \sqrt{\frac{L5 + L2 + L1 * \frac{-2B + \sqrt{\Delta}}{2(1 + A^2)}}{L2}} - L4 + L3 * \sin\left(\arccos \frac{-2B + \sqrt{\Delta}}{2(1 + A^2)} - 171^\circ\right)$$

$$\Delta L7 = L2\cos\varphi_2 + L3\cos\varphi_3 - L7$$

$$\Delta L7 = L2 \frac{-L5 - L1 \frac{-2B + \sqrt{\Delta}}{2(1 + A^2)}}{L2} + L3\cos\left(\arccos \frac{-2B + \sqrt{\Delta}}{2(1 + A^2)} - 171^\circ\right) - L7$$

Gdzie $\Delta L7$ jest zmianą położenia chwytaka po osi X



4. Charakterystyka prędkościowa:

$$\dot{y} = L2 \sin\dot{\varphi}2 + L3\sin\dot{\varphi}3$$

$$\Delta\dot{L}7 = L2\cos\dot{\varphi}2 + L3\cos\dot{\varphi}3$$

$$\dot{y} = L2\cos\varphi2 * \dot{\varphi}2 + L3\cos\varphi3 * \dot{\varphi}3$$

$$\Delta\dot{L}7 = -L2\sin\varphi2 * \dot{\varphi}2 - L3\sin\varphi3 * \dot{\varphi}3$$

$$\dot{\varphi}3 = \dot{\varphi}1$$

$$\dot{\varphi}1 = \arccos(\dot{\cos\varphi1}) = -\frac{1}{\sqrt{1 - \cos\varphi1^2}} * \cos\dot{\varphi}1$$

$$\dot{\varphi}2 = \arccos(\dot{\cos\varphi2}) = -\frac{1}{\sqrt{1 - \cos\varphi2^2}} * \cos\dot{\varphi}2$$

$$\cos\dot{\varphi}1 = \frac{-2\dot{B} + \sqrt{\Delta}}{2(1 + A^2)}$$

$$\cos\dot{\varphi}2 = \frac{-L1}{L2} * \cos\dot{\varphi}1$$

$$\dot{y} = L2\cos\varphi2 * -\frac{1}{\sqrt{1 - \cos\varphi2^2}} * \frac{-L1}{L2} * \frac{-2\dot{B} + \sqrt{\Delta}}{2(1 + A^2)} + L3\cos\varphi3 * -\frac{1}{\sqrt{1 - \cos\varphi1^2}} * \frac{-2\dot{B} + \sqrt{\Delta}}{2(1 + A^2)}$$

$$\Delta\dot{L}7 = -L2\sin\varphi2 * -\frac{1}{\sqrt{1 - \cos\varphi2^2}} * \frac{-L1}{L2} * \frac{-2\dot{B} + \sqrt{\Delta}}{2(1 + A^2)} - L3\sin\varphi3 * -\frac{1}{\sqrt{1 - \cos\varphi1^2}} * \frac{-2\dot{B} + \sqrt{\Delta}}{2(1 + A^2)}$$

Dla osi Y:

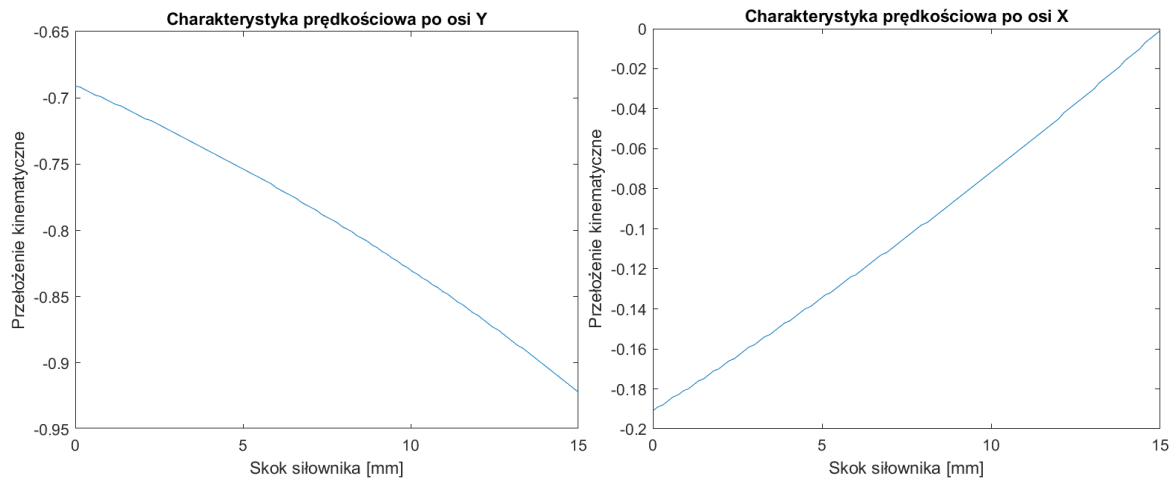
$$F_{Vy}(x) = \frac{\dot{y}}{\dot{x}}$$

$$F_V(x) = \frac{L2\cos\varphi2 * -\frac{1}{\sqrt{1-\cos\varphi2^2}} * \frac{-L1}{L2} * \frac{-2\dot{B} + \sqrt{\Delta}}{2(1+A^2)} + L3\cos\varphi3 * -\frac{1}{\sqrt{1-\cos\varphi1^2}} * \frac{-2\dot{B} + \sqrt{\Delta}}{2(1+A^2)}}{\dot{x}}$$

Dla osi X:

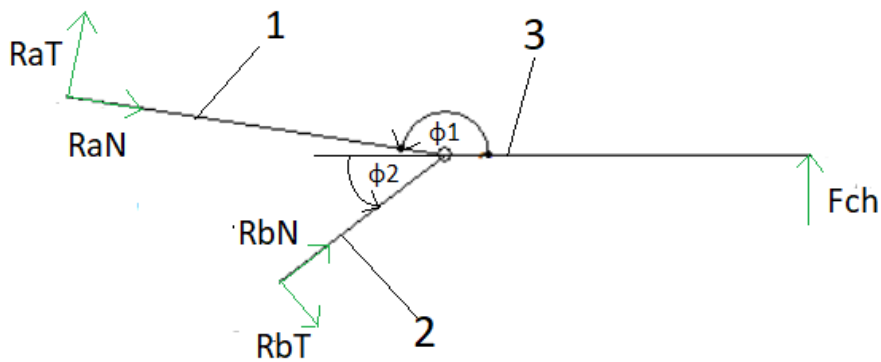
$$F_{V\Delta L7}(x) = \frac{\Delta \dot{L}7}{\dot{x}}$$

$$F_V(x) = \frac{-L2\sin\varphi2 * -\frac{1}{\sqrt{1-\cos\varphi2^2}} * \frac{-L1}{L2} * \frac{-2\dot{B} + \sqrt{\Delta}}{2(1+A^2)} - L3\sin\varphi3 * -\frac{1}{\sqrt{1-\cos\varphi1^2}} * \frac{-2\dot{B} + \sqrt{\Delta}}{2(1+A^2)}}{\dot{x}}$$



Minus przy wartościach prędkości informuje o tym, że wektor prędkości jest skierowany zgodnie z osiami, ponieważ siłownik porusza się przeciwnie do osi Y.

5. Charakterystyki siłowe:

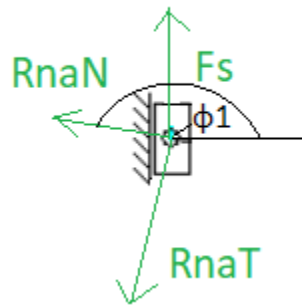


$$\overline{RaN} + \overline{RaT} + \overline{RbN} + \overline{RbT} + \overline{Fch} = 0 \quad (5)$$

$$\sum Mc(2) = 0 = RbT = 0$$

$$\sum Mc(3) = 0 = Fch * 120 - RaT * 120 = 0$$

$$Fch = RaT = 220N$$



$$\overline{R_{naN}} + \overline{R_{naT}} + \overline{F_s} = 0$$

$$R_{naT} = -R_{aT} = -220N$$

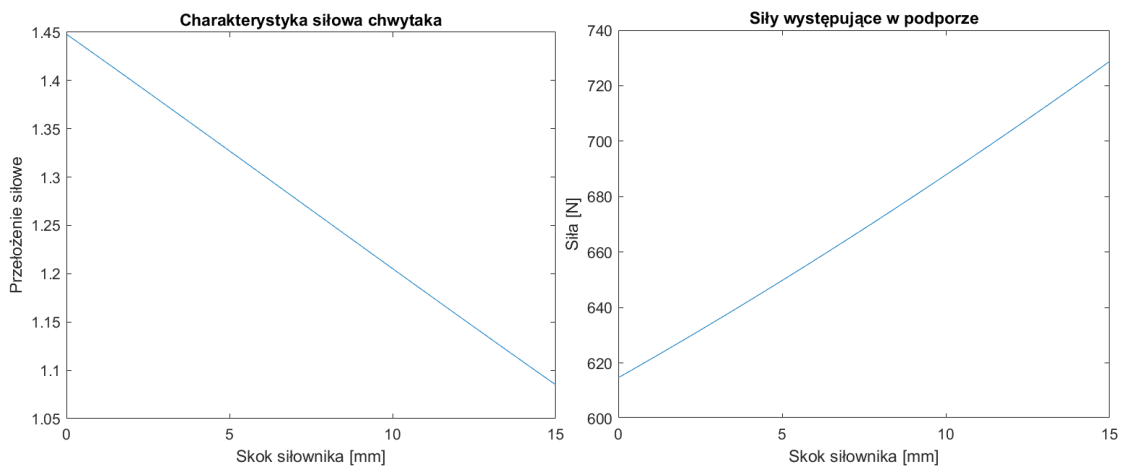
$$\operatorname{tg}(180^\circ - \varphi_1) = \frac{R_{naN}}{R_{naT}}$$

$$R_{naN} = -\operatorname{tg}\varphi_1 * R_{naT} = -R_{aT} = 220 * \operatorname{tg}\varphi_1$$

Z równania 5 po zrzutowaniu wektorów na oś Y:

$$-R_{aT} * \sin(180^\circ - \varphi_1) + F_{ch} - R_{bN} * \sin\varphi_2 + R_{aT} * \sin(270^\circ - \varphi_1) = 0$$

$$R_{bN} = \frac{-R_{aT} * \sin(180^\circ - \varphi_1) + F_{ch} + R_{aT} * \sin(270^\circ - \varphi_1)}{\sin\varphi_2}$$



6. Obliczenia wytrzymałościowe

Dobieram stal S235, jako materiał na łączniki i ramę.

Sprawdzenie warunku wytrzymałościowego na zginanie ramion chwytaka:

$$K_g = 0,6 R_e = 141 \text{ MPa}$$

Maksymalne momenty gnące:

$$M_1 = 295 * 0,12 = 35,4 \text{ Nm}$$

$$M_2 = 220 * 0,12 = 35,4 \text{ Nm}$$

$$\frac{M}{W_g} \leq k_g$$

Dla przekroju kwadratowego:

$$W_g = \frac{a^3}{6}$$

$$a \geq \sqrt[3]{\frac{6 * M}{k_g}}$$

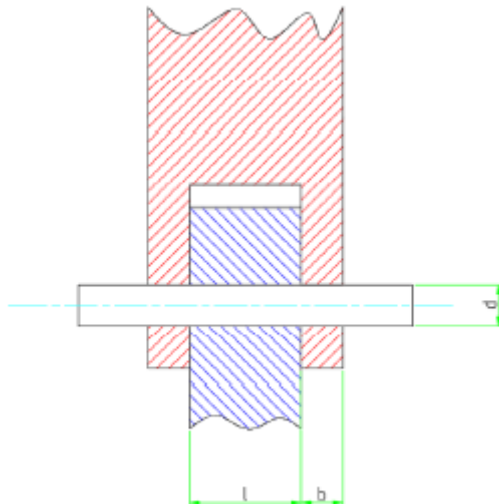
$$a \geq 11,4mm$$

Dobieram a=15mm

Ponieważ sworzeń ma średnicę 3mm.

Sprawdzenie warunku wytrzymałościowego na ścinanie dla sworznia:

Rysunek poglądowy połączenia sworznioowego:



Materiał sworznia to stal nierdzewna A2, dla której $R_e = 450 \text{ MPa}$.

$$k_t = 0,4 * 450 \text{ MPa} = 180 \text{ MPa}$$

$$p_{dop} = 0,5 * 235 \text{ MPa} = 117,5 \text{ MPa}$$

Podstawiam do wzoru siłę występującą w podporze, ponieważ jest największa.

$$\tau = \frac{2 * F}{\pi * d^2} \leq k_t$$

$$d \geq \sqrt{\frac{2 * F}{\pi * k_t}}$$

$$d \geq 1.63mm$$

Dobieram d=3mm

Sprawdzenie warunku na docisk powierzchniowy:

$$p_{dop} = 0,5Re = 117,5 \text{ MPa}$$

$$l \geq \frac{F}{d * p_{dop}}$$

$$l \geq 2,1 \text{ mm}$$

Dobieram $l = 15 \text{ mm}$, ponieważ taka jest długość krawędzi w przekroju ramienia.

$$b \geq \frac{F}{2 * d * p_{dop}}$$

$$b \geq 1,05 \text{ mm}$$

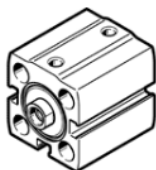
Dobieram $b = 5 \text{ mm}$

7. Dobór siłownika

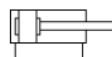
Siłownik kompaktowy ADN-S-25-15-I-P

Numer części: 8076359

★ Podstawowy program produkcyjny



FESTO



[Ogólne warunki stosowania](#)
[Karta danych](#)

Karta danych

Cecha	Wartość
Data wysyłki	Pokaż
Skok	15 mm
Średnica tłoka	25 mm
Amortyzacja	P: Elastyczne pierścienie / płytki amortyzacyjne z obu stron
Pozycja zabudowy	Dowolna
Tryb pracy	Dwustronne działanie
Zakończenie tłoczyska	Gwint wewnętrzny
Konstrukcja	Tłok Tłoczyskowy
Warianty	Jednostronne tłoczysko
Ciśnienie robocze MPa	0,06 ... 1 MPa
Ciśnienie robocze	0,6 ... 10 bar
Medium robocze	Śpreżone 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	1 – Niska odporność na korozję
Temperatura otoczenia	0 ... 60 °C
Maks. energia uderzenia w położeniach końcowych	0,18 J
Siła teoretyczna przy 0,6 MPa (6 bar, 87 psi), powrót	247 N
Siła teoretyczna przy 0,6 MPa (6 bar, 87 psi), wysunięcie	295 N
Przemieszczana masa własna przy 0 mm skoku	17 g
Dodatkowy współczynnik przemieszczanej masy własnej na 10 mm skoku	6 g
Ciężar podstawowy dla 0 mm skoku	70 g
Ciężar dodatkowy na 10 mm skoku	30 g
Sposób montażu	Przy pomocy otworów przelotowych Przy pomocy gwintów wewnętrznych Przy pomocy osprzętu Do wyboru:
Przyłącza pneumatyczne	M5
Uwaga dotycząca materiałów	Zgodne z RoHS
Materiał pokrywy	Stop aluminium, anodowany
Materiał uszczelnień dynamicznych	NBR
Materiał obudowy	Stop aluminium, anodowany
Materiał tłoczyska	Stal wysokostopowa, nierdzewna

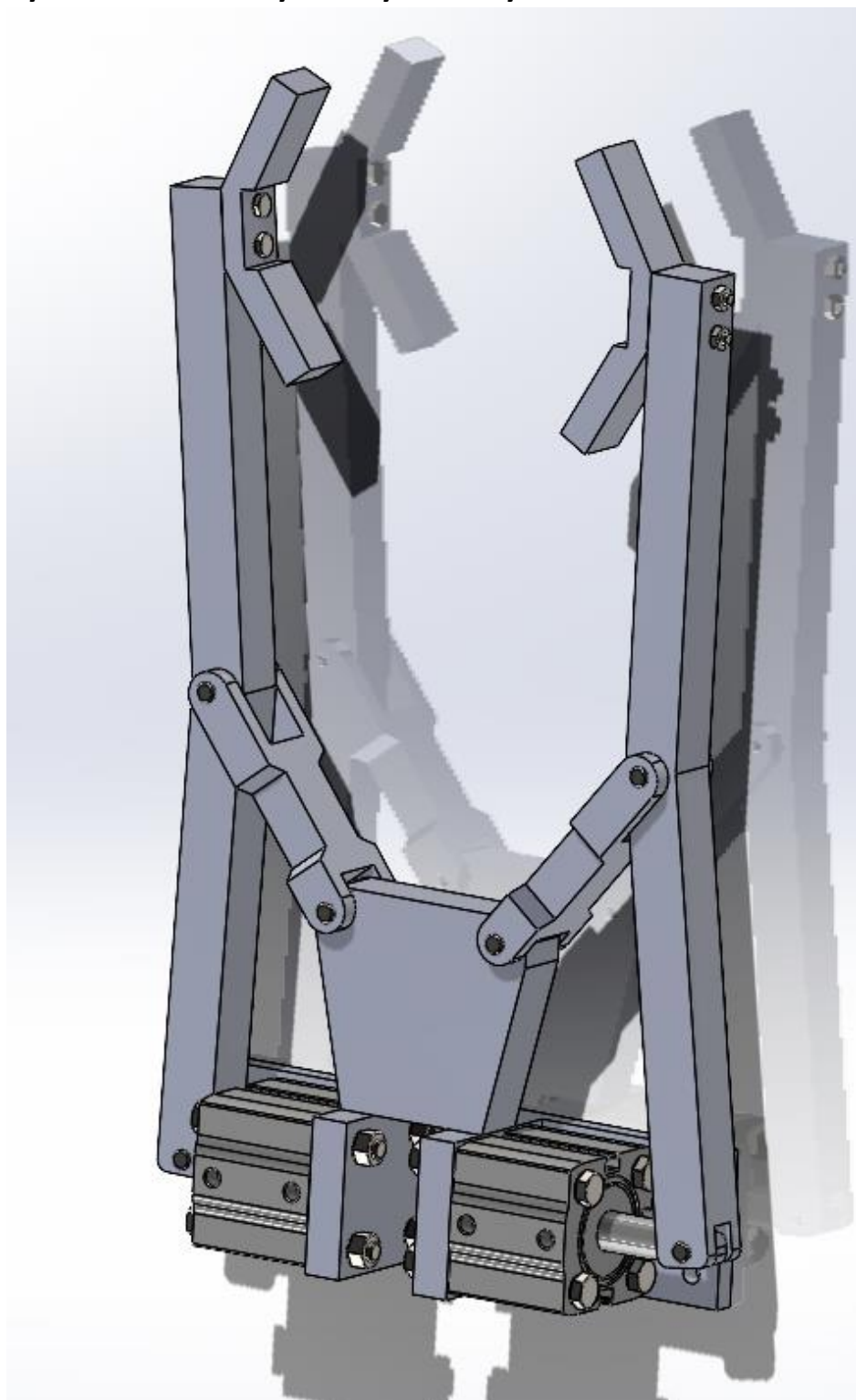
$$P_w = k * F$$

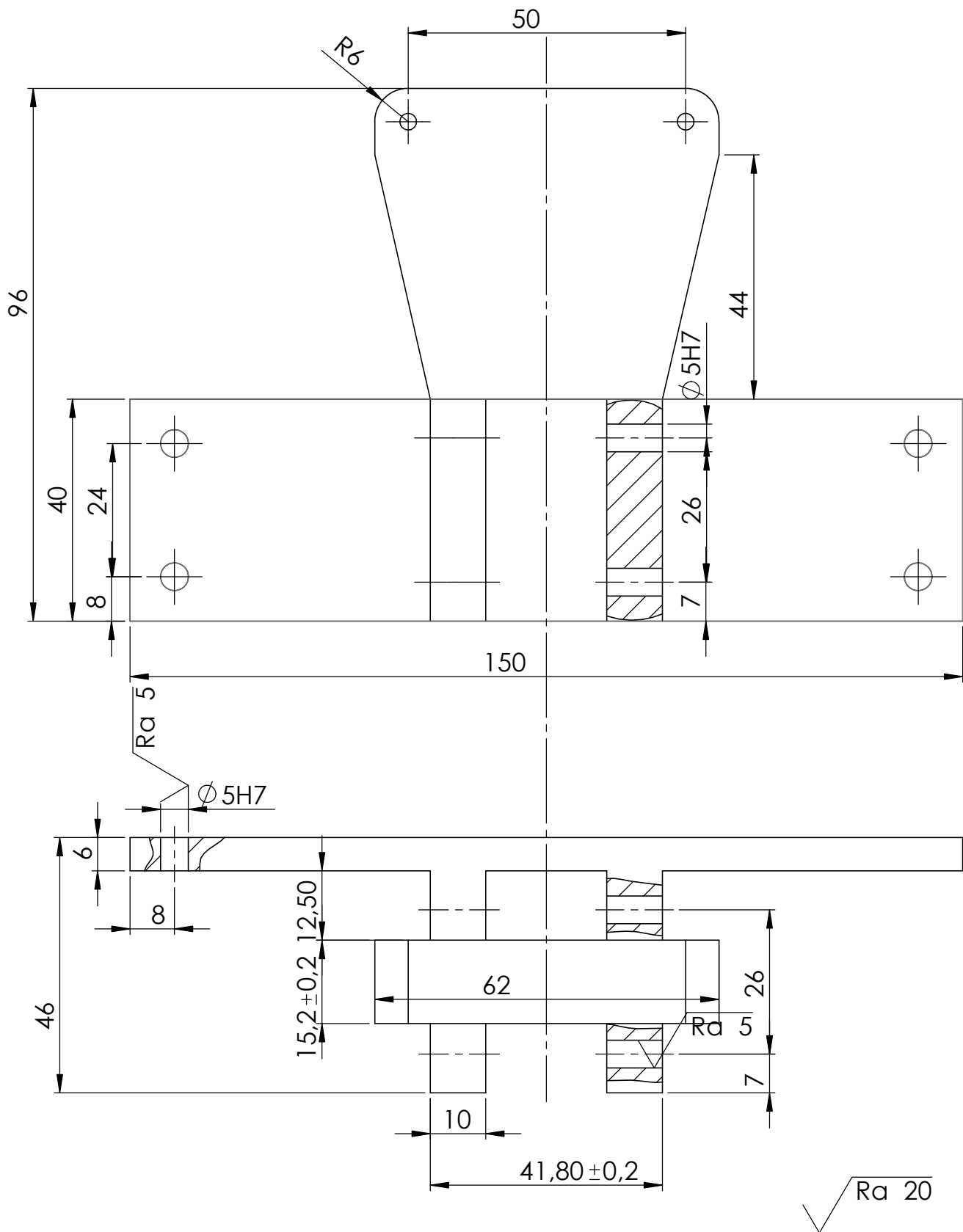
k-współczynnik przeciążenia równy 1,2

$$P_w = \frac{1,2 * 220}{1,1} = 240 \text{ N}$$

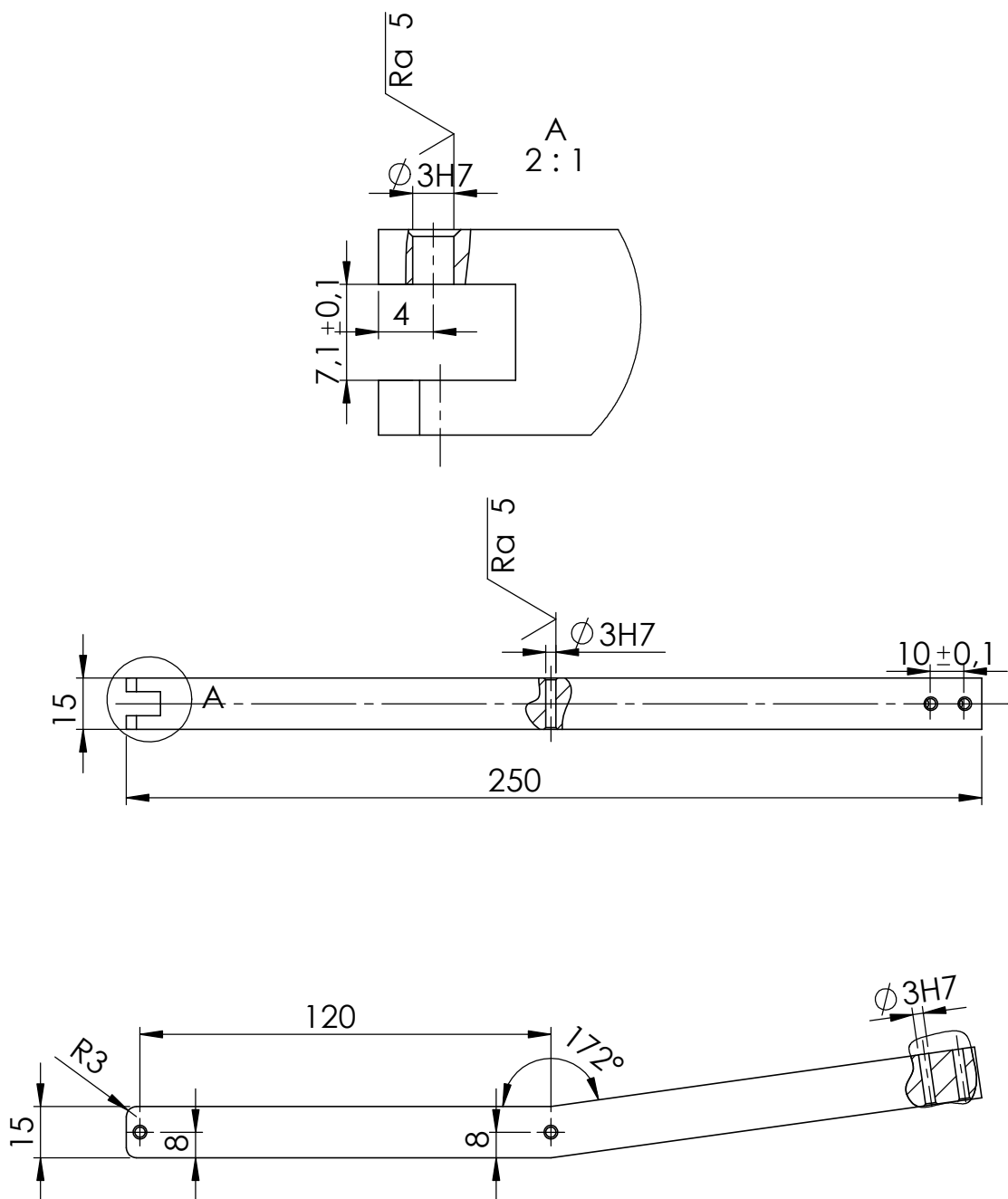
Na podstawie karty katalogowej siłownika festo i sił które musi pokonać siłownik dobieram średnicę tłoka równą 25mm.

8. Rysunek złożeniowy oraz rysunki wykonawcze





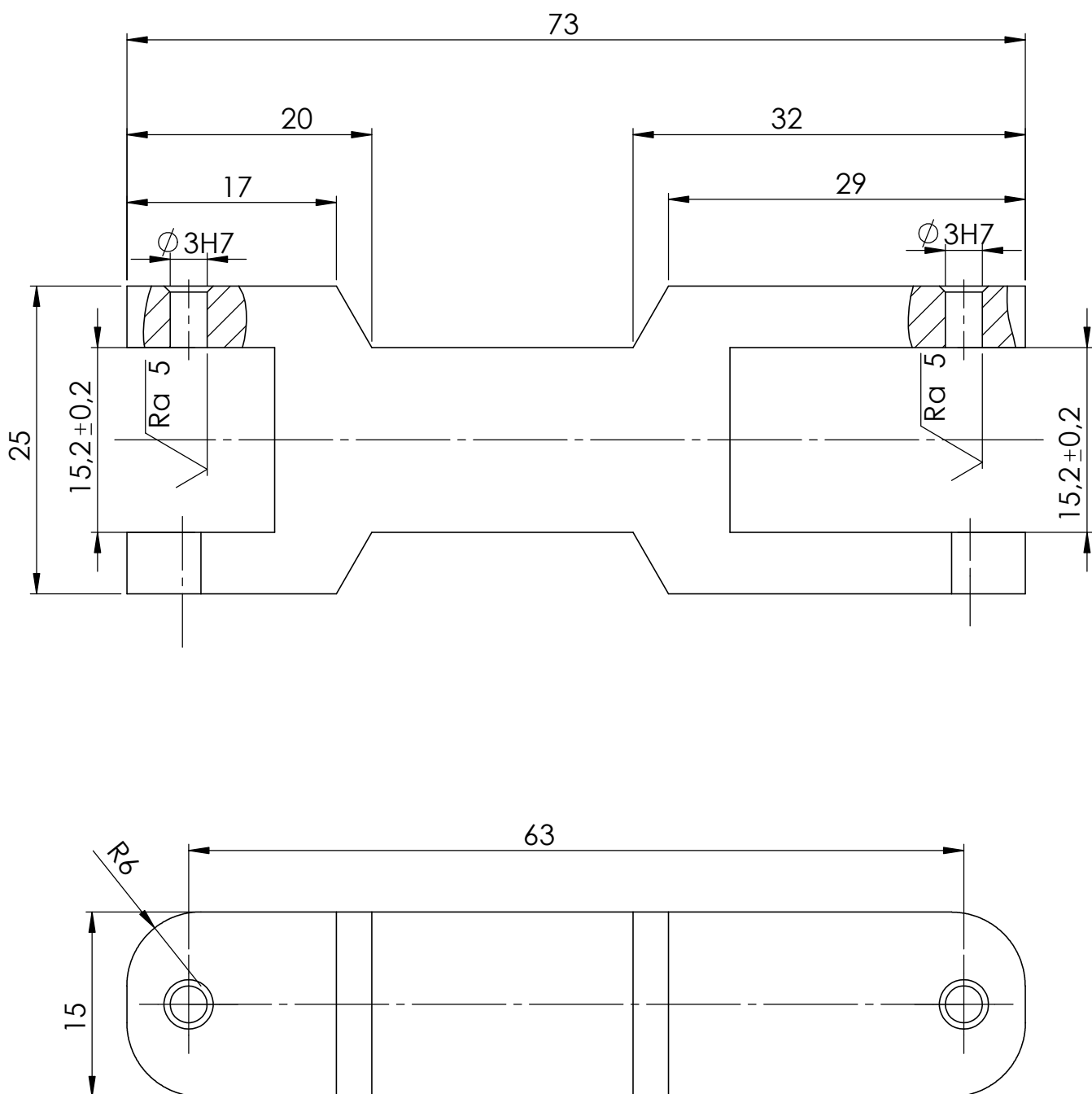
Konstruował	Mikołaj Budny	24.06.22	AGH	Wydział	IMiR
Sprawdził	Jarosław Bednarz				
Podziałka 1:1	Nazwa Rama		Materiał S235	Masa -	Nr rysunku 01.01.2022



Otworky sfazować

✓ Ra 20

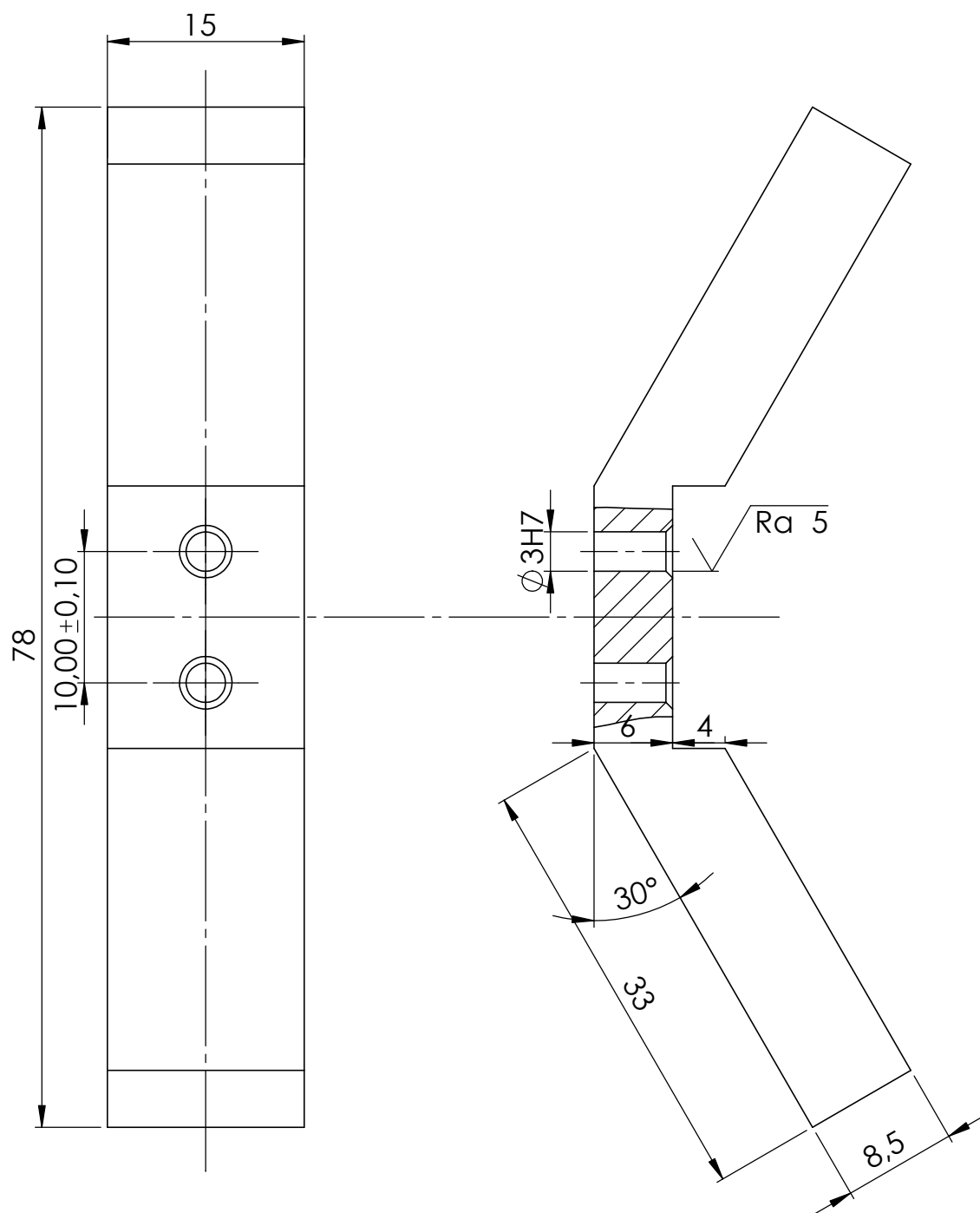
Konstruował		Mikołaj Budny	24.06.22	AGH	Wydział	
Sprawdził		Jarosław Bednarz			IMiR	
Podziałka	Nazwa			Materiał	Masa	Nr rysunku
1:2	Łącznik długi			S235	-	01.02.2022



Otworky sfazować

✓ Ra 20

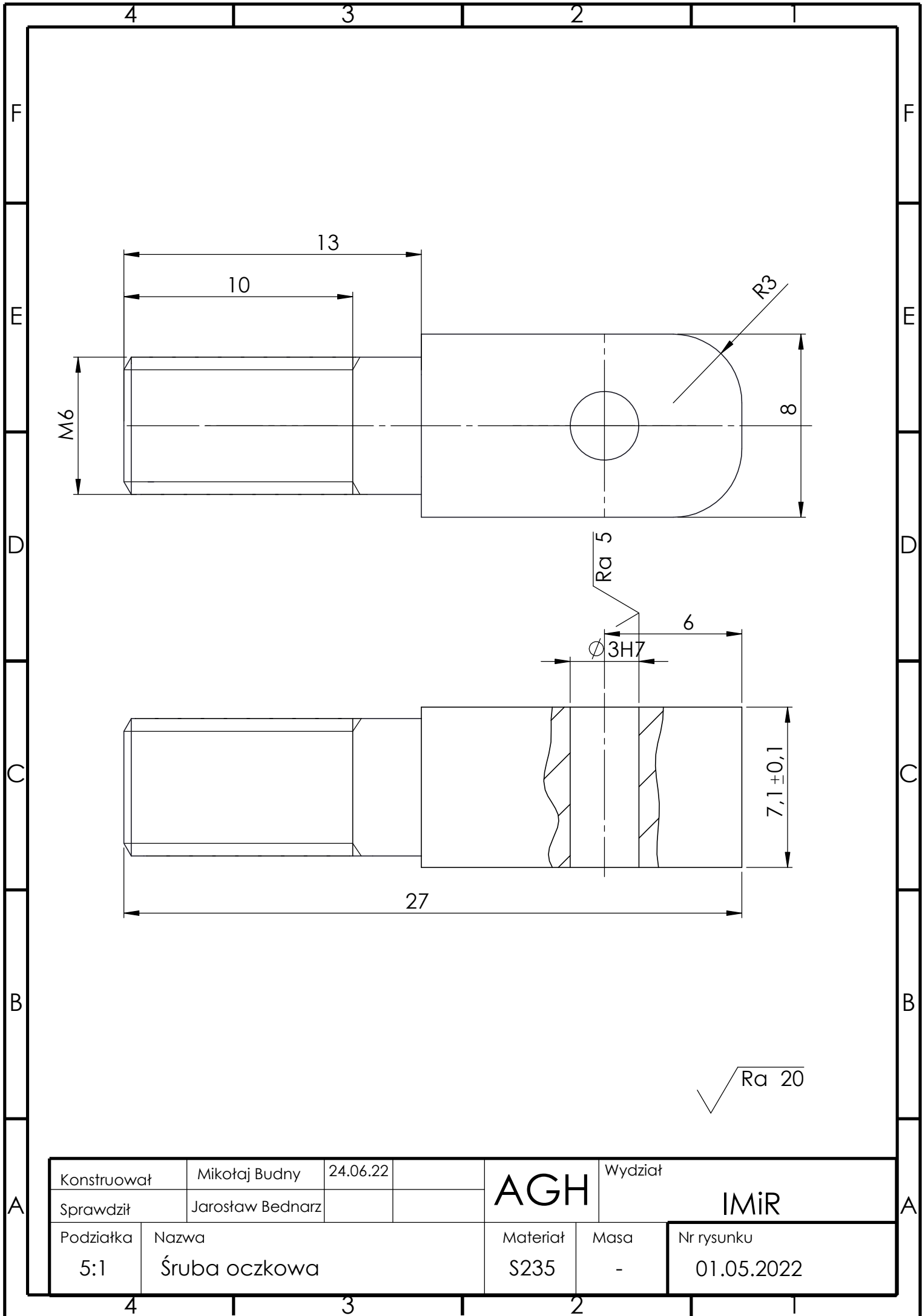
Konstruował	Mikołaj Budny	24.06.22	AGH	Wydział	
Sprawdził	Jarosław Bednarz			IMiR	
Podziałka	Nazwa		Materiał	Masa	Nr rysunku
2:1	Łącznik krótki		S235	-	01.03.2022



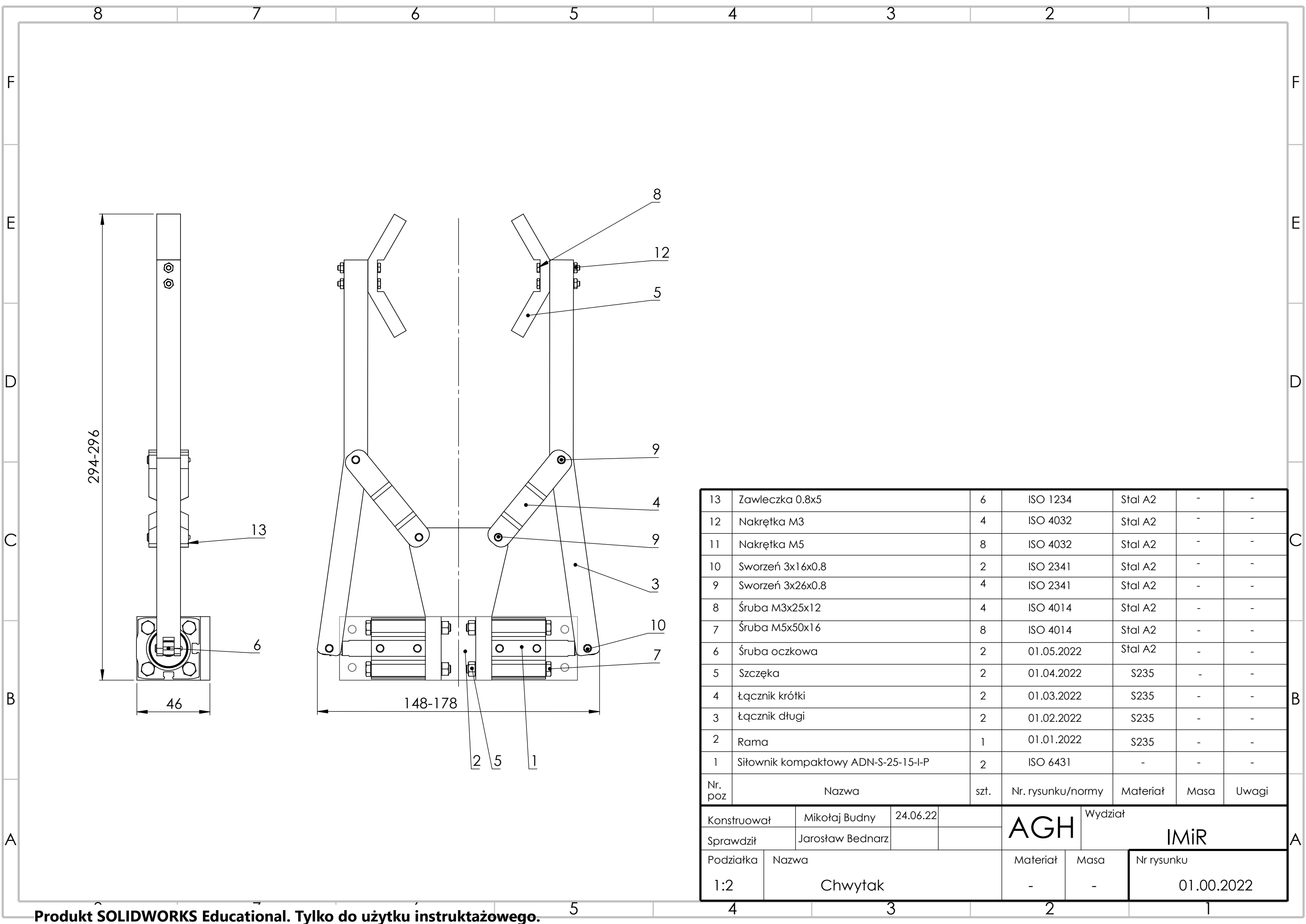
Otworky sfazować

✓ Ra 20

Konstruował	Mikołaj Budny	24.06.22	AGH	Wydział	
Sprawdził	Jarosław Bednarz			IMiR	
Podziałka	Nazwa		Materiał	Masa	Nr rysunku
2:1	Szczęka		S235	-	01.04.2022



Konstruował		Mikołaj Budny	24.06.22		AGH	Wydział	
Sprawdził		Jarosław Bednarz				IMiR	
Podziałka	Nazwa				Materiał	Masa	Nr rysunku
5:1	Śruba oczkowa				S235	-	01.05.2022



13	Zawleczka 0.8x5	6	ISO 1234	Stal A2	-	-	
12	Nakrętka M3	4	ISO 4032	Stal A2	-	-	
11	Nakrętka M5	8	ISO 4032	Stal A2	-	-	
10	Sworzeń 3x16x0.8	2	ISO 2341	Stal A2	-	-	
9	Sworzeń 3x26x0.8	4	ISO 2341	Stal A2	-	-	
8	Śruba M3x25x12	4	ISO 4014	Stal A2	-	-	
7	Śruba M5x50x16	8	ISO 4014	Stal A2	-	-	
6	Śruba oczkowa	2	01.05.2022	Stal A2	-	-	
5	Szczeka	2	01.04.2022	S235	-	-	
4	Łącznik krótki	2	01.03.2022	S235	-	-	
3	Łącznik długi	2	01.02.2022	S235	-	-	
2	Rama	1	01.01.2022	S235	-	-	
1	Siłownik kompaktowy ADN-S-25-15-I-P	2	ISO 6431	-	-	-	
Nr. poz	Nazwa		szt.	Nr. rysunku/normy	Materiał	Masa	Uwagi
Konstruował		Mikołaj Budny	24.06.22	AGH	Wydział IMiR		
Sprawdził		Jarosław Bednarz					
Podziałka	Nazwa			Materiał	Masa	Nr rysunku	
1:2	Chwytnak			-	-	01.00.2022	

9. Instrukcja montażu

1. Przykręcić siłowniki do ramy przy pomocy 8 śrub i nakrętek M5.
2. Wkręcić śruby oczkowe do gwintów w siłownikach.
3. Połączyć krótsze łączniki z ramą sworzniami 3x26x0.8 oraz zawleczkami.
4. Połączyć dłuższe łączniki jednocześnie ze śrubami oczkowymi sworzniami 3x16x0.8 i zawleczkami, oraz z krótszymi łącznikami sworzniami 3x26x0.8 i zawleczkami.
5. Przykręcić szczęki do dłuższych łączników za pomocą śrub i nakrętek M3.
6. Przygotowane otwory $\phi 5$ w ramie, służą do zamontowania chwytaka na docelowej maszynie.