



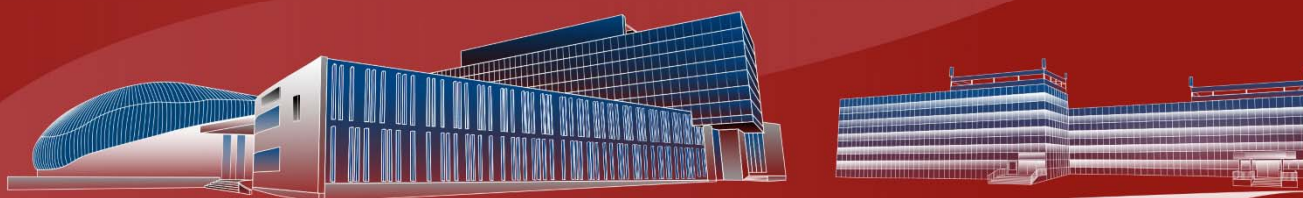
**POLITECHNIKA
RZESZOWSKA**
im. IGNACEGO ŁUKASIEWICZA



**WYDZIAŁ
BUDOWY MASZYN
I LOTNICTWA**
POLITECHNIKI RZESZOWSKIEJ

Podstawy robotyki – projekt

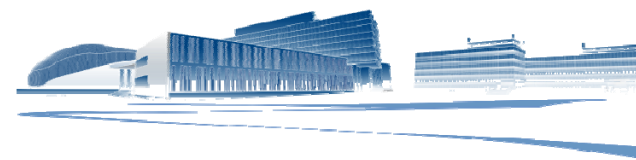
**Modelowanie, obliczanie i projektowanie wybranego chwytaka wraz z
doborem sensorów, napędów oraz symulacja działania**





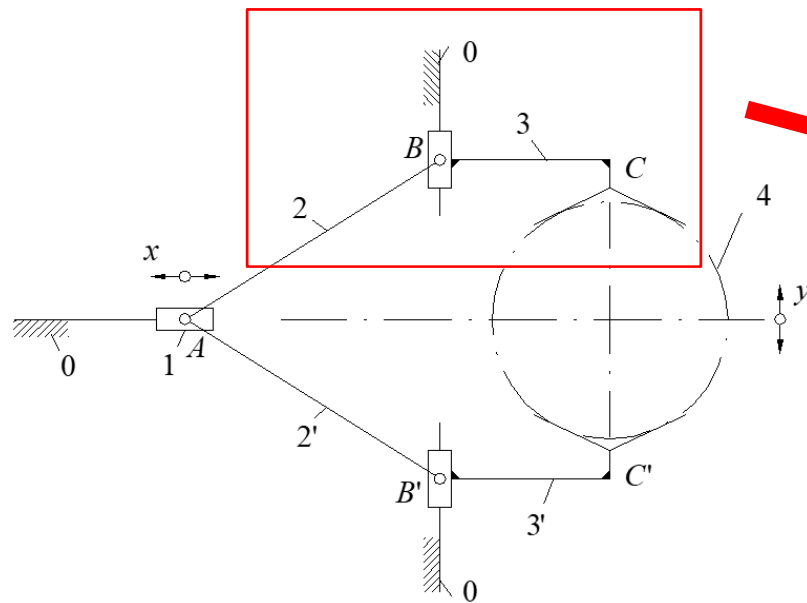
Spis treści

1. Zadanie projektowe
2. Obliczenie ruchliwości
3. Analiza zadania projektowego
4. Wyznaczenie charakterystyk
 - 4.1. Przesunięciowa chwytała
 - 4.2. Prędkościowa chwytała
 - 4.3. Siłowa chwytała
 - 4.4. Sprawdzenie charakterystyk (np. w oprogramowaniu SAM, Inventor – Symulacja dynamiczna, lub inny)
5. Obliczenie wytrzymałości podzespołów chwytała przy maksymalnych obciążeniach - analitycznie + MES
6. Obliczenie wymaganych parametrów napędu (liniowego, obrotowego, pneumatycznego, hydraulicznego, elektrycznego)
7. Opracowanie sensoryki do założonego zadania
8. Projekt konstrukcyjny opis + rysunki wykonawcze
9. Animacja pracy chwytała (avi)
10. Wnioski



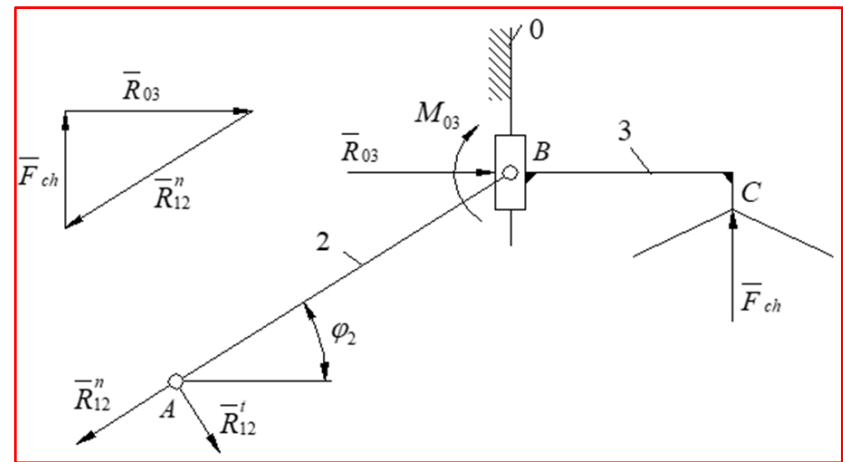
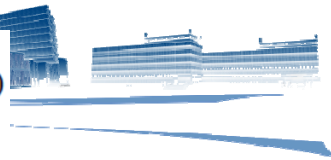


5. Obliczenie wytrzymałości podzespołów chwytaka przy maksymalnych obciążeniach analitycznie + MES



Rys. 1. Schemat kinematyczny chwytaka

$$\frac{F_{ch}}{F_s} = \frac{tg\varphi_2}{2} = \frac{\sqrt{l_2^2 - (l_4 - x)^2}}{2(l_4 - x)} = f_F(x)$$

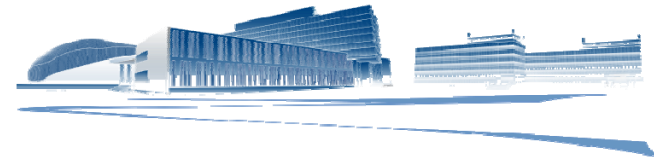


Rys. 2. Oswobodzenie - siły grupy strukturalnej (2,3)

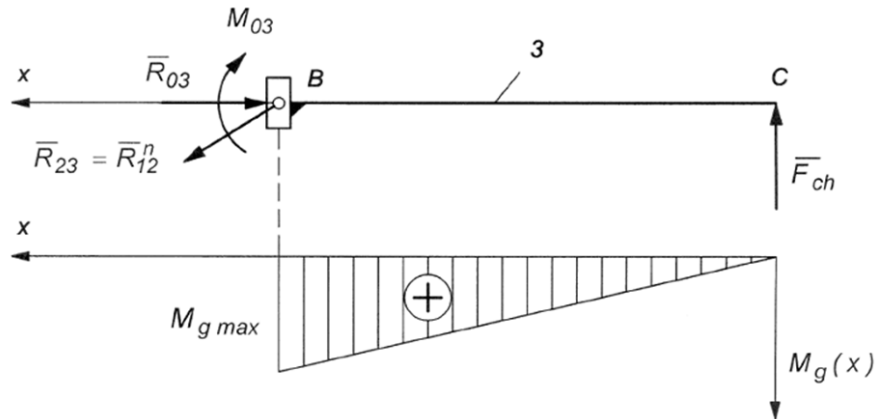


5. Obliczenie wytrzymałości podzespołów chwytaka przy maksymalnych obciążeniach analitycznie + MES

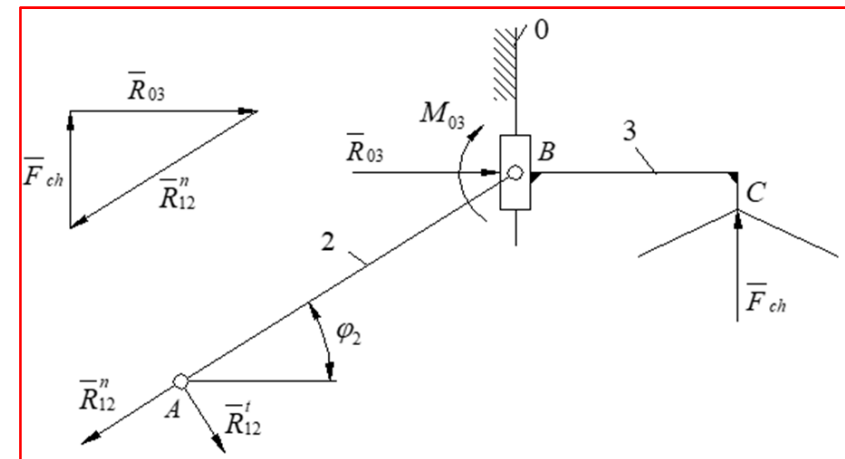
Obliczenie wytrzymałościowe wybranego elementu (np. 3) przeprowadzimy przyjmując wstępnie rodzaj materiału i wymiary przekroju. Po sprawdzeniu warunku wytrzymałościowego można dokonać korekty założonych wymiarów.



Sprawdzenie warunku wytrzymałościowego na zginanie ramion chwytaka



Rys. 3. Model obciążenia i wykres momentów gnących dla ramienia chwytaka

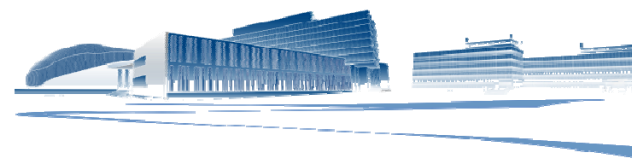


Rys. 2. Oswobodzenie - siły grupy strukturalnej (2,3)

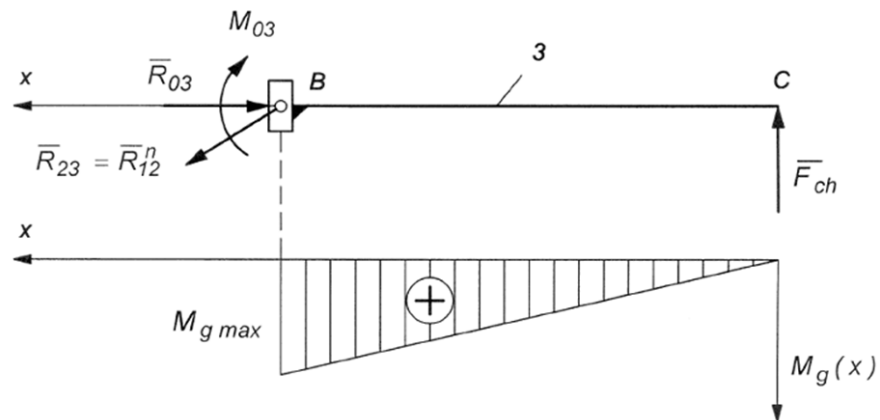


5. Obliczenie wytrzymałości podzespołów chwytaka przy maksymalnych obciążeniach analitycznie + MES

Obliczenie wytrzymałościowe wybranego elementu (np. 3) przeprowadzimy przyjmując wstępnie rodzaj materiału i wymiary przekroju. Po sprawdzeniu warunku wytrzymałościowego można dokonać korekty założonych wymiarów.



Sprawdzenie warunku wytrzymałościowego na zginanie ramion chwytaka



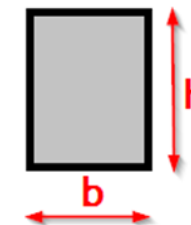
Maksymalny moment gnący występuje w punkcie B i wynosi: $M_{g \max} = M_{03} = F_{ch} \cdot BC$

Przyjmujemy przekrój prostokątny ramienia chwytaka o wskaźniku wytrzymałości na zginanie: $W_g = \frac{bh^2}{6}$

Warunek wytrzymałościowy na zginanie ramienia chwytaka ma postać:

$$\sigma_{g \max} = \frac{M_{g \max}}{W_g} = \frac{6F_{ch} \cdot BC}{bh^2} \leq k_g$$

gdzie: k_g - wytrzymałość materiału ramienia na zginanie

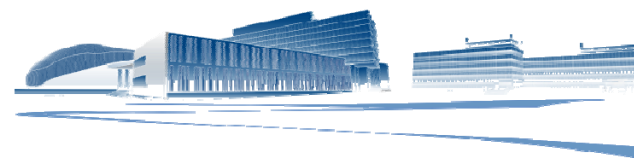


Rys. 3. Model obciążenia i wykres momentów gnących dla ramienia chwytaka

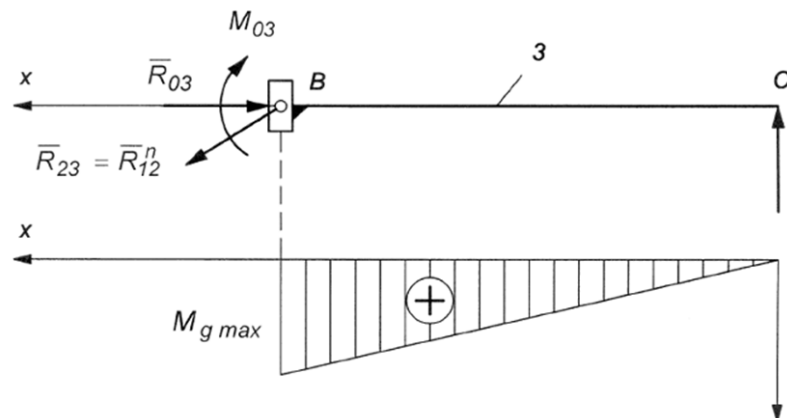


5. Obliczenie wytrzymałości podzespołów chwytaka przy maksymalnych obciążeniach analitycznie + MES

Obliczenie wytrzymałościowe wybranego elementu (np. 3) przeprowadzimy przyjmując wstępnie rodzaj materiału i wymiary przekroju. Po sprawdzeniu warunku wytrzymałościowego można dokonać korekty założonych wymiarów.



Sprawdzenie warunku wytrzymałościowego na zginanie ramion chwytaka



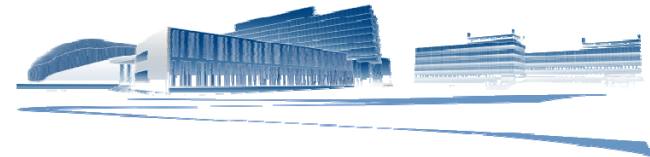
Własności wytrzymałościowe niektórych gatunków stali oraz naprężenia dopuszczalne

Materiał	Znak stali stary/nowy	Stan obróbki cieplnej	R _m min. MPa	R _e min. MPa	Naprężenia dopuszczalne w MPa								
					kr	krj	krc	kg	kgj	kgo	ks	ksj	kso
Stal niestopowa konstrukcyjna ogólnego przeznaczenia, PN-EN 10025:2005 (U)	St0S/S185		320	195	100	55	30	120	65	40	65	44	23
	St3S/-S235JR		380	235	120	65	35	145	75	50	75	50	27
	St4S/S275		440	275	130	70	40	155	85	55	85	60	30
	St5/E295		490	295	145	80	45	170	95	60	90	65	35
	St6/E335		590	335	160	95	55	195	115	75	105	75	40
	St7/E360		690	365	175	110	60	210	130	85	115	85	45
Stal nierdzewna, PN-	10/C10E		335	205	105	55	30	125	70	45	65	45	24
	15/C15E		375	225	115	65	35	140	75	50	75	50	27
	20/C22		410	245	125	70	40	150	85	55	80	60	30

Rys. 3. Model obciążenia i wykres momentów gnących dla ramienia chwytaka

5. Obliczenie wytrzymałości podzespołów chwytaka przy maksymalnych obciążeniach analitycznie + MES

Obliczenie wytrzymałościowe wybranego elementu (np. 3) przeprowadzimy przyjmując wstępnie rodzaj materiału i wymiary przekroju. Po sprawdzeniu warunku wytrzymałościowego można dokonać korekty założonych wymiarów.



Sprawdzenie warunku wytrzymałościowego na ścinanie dla najbardziej obciążonego sworznia

Przyjmujemy, że połączenie elementu 3 (suwaka z ramieniem) oraz elementu 2 (dźwigni) następuje przy pomocy sworznia, który przenosi siłę R_{12}^n działającą w przegubie B. Sworznie ten jest ścinany. Średnicę sworznia należy przyjmować w oparciu o wymiary przekrojów łączonych członów, uwzględniając osłabienie przekroju otworem pod sworznie. Celowe jest prowadzenie obliczeń równocześnie z konstruowaniem mechanizmu.

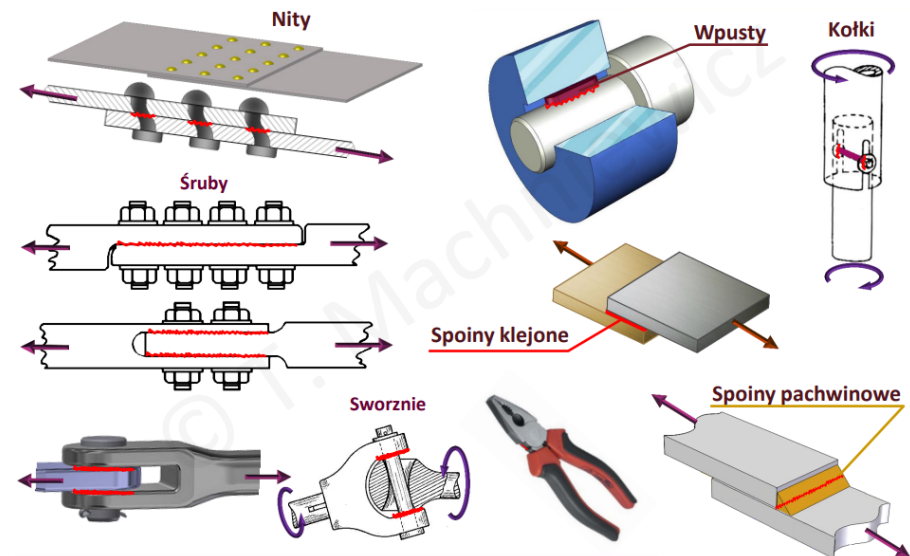
Warunek wytrzymałościowy na ścinanie sworznia w punkcie B ma postać:

$$\tau_{max} = \frac{F_{tmax}}{A} = \frac{R_{12}^n}{A} = \frac{4F_{ch}}{\pi d^2} \leq k_t$$

gdzie: $A = \pi \frac{d^2}{4}$ – powierzchnia przekroju sworznia, d – średnica sworznia,

k_t - naprężenia dopuszczalne na ścinanie materiału sworznia.

W przypadku ścinania sworznia w dwu płaszczyznach przyjmujemy $A = 2\pi \frac{d^2}{4}$.



5. Obliczenie wytrzymałości podzespołów chwytaka przy maksymalnych obciążeniach analitycznie + MES

Obliczenie wytrzymałościowe wybranego elementu (np. 3) przeprowadzimy przyjmując wstępnie rodzaj materiału i wymiary przekroju. Po sprawdzeniu warunku wytrzymałościowego można dokonać korekty założonych wymiarów.

Sprawdzenie warunku wytrzymałościowego na ścinanie dla najbardziej obciążonego sworznia

Przyjmujemy, że połączenie elementu 3 (suwaka z ramieniem) oraz elementu 2 (dźwigni) następuje przy pomocy sworznia, który przenosi siłę R_{12}^n działającą w przegubie B. Sworznię ten jest ścinany. Średnicę sworznia należy przyjmować w oparciu o wymiary przekrojów łączonych członów, uwzględniając osłabienie przekroju otworem pod sworznię. Celowe jest prowadzenie obliczeń równocześnie z konstruowaniem mechanizmu.

Warunek wytrzymałościowy na ścinanie sworznia w punkcie B ma postać:

$$\tau_{max} = \frac{F_{tmax}}{A} = \frac{R_{12}^n}{A} = \frac{4F_{ch}}{\pi d^2} \leq k_t$$

$$R_{12}^n = \frac{F_{ch}}{\sin \varphi_2}$$

gdzie: $A = \pi \frac{d^2}{4}$ – powierzchnia przekroju sworznia, d – średnica sworznia,

k_t - naprężenia dopuszczalne na ścinanie materiału sworznia.

W przypadku ścinania sworznia w dwu płaszczyznach przyjmujemy $A = 2\pi \frac{d^2}{4}$.

Tab. 1 Orientacyjne własności wytrzymałościowe niektórych gatunków stali: R_m i R_c według PN oraz PN-EN (w nawiasach) oraz naprężenia dopuszczalne – obliczone z zastosowaniem współczynników bezpieczeństwa dla danego rodzaju materiału

Materiał	Oznaczenie stali	R_m min [MPa]	R_c min [MPa]	A [%]	Naprężenia dopuszczalne [MPa]		
					k_r	k_g	k_s
stal nierostowa konstrukcyjna ogólnego przeznaczenia	St0S (S185)	320	200	30	100	120	65
	St3S(S235)	380	240	25	120	145	75
	St5 (E295)	500	300	19	145	170	90
	St7 (E360)	700	370	10	175	210	115
stal nierostowa do utwardzania powierzchniowego i ulepszania cieplnego	15 (C15E, C15R)	380	230	25	115	140	75
	25(C25E, C25R)	460	280	23	140	170	90
	35(C35E, C35R)	540	320	20	155	185	100
	55(C55E, C55R)	650	380	13	185	225	120
stal stopowa konstrukcyjna. Stal do nawęglania	20H (20Cr4)	780	640	22	325	390	210
Stal stopowa konstrukcyjna. Stal do ulepszania cieplnego i hartowania powierzchniowego	50H	1100	950	10	450	545	290
Uwaga: $k_r \approx k_c$ $k_t \approx k_s$ $k_o \approx 0,8k_c$							

5. Obliczenie wytrzymałości podzespołów chwytaka przy maksymalnych obciążeniach analitycznie + MES

Przykład 1

Wymiary:

$$b = 8\text{mm} = 0,008\text{m}$$

$$h = 6\text{mm} = 0,006\text{m}$$

$$k_{\tau} = 67\text{MPa}$$

$$k_{\sigma} = 135\text{MPa}$$

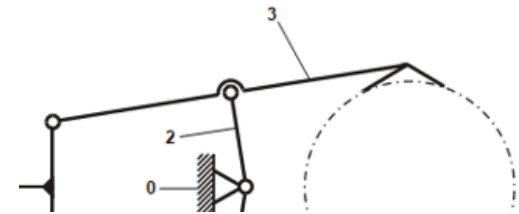
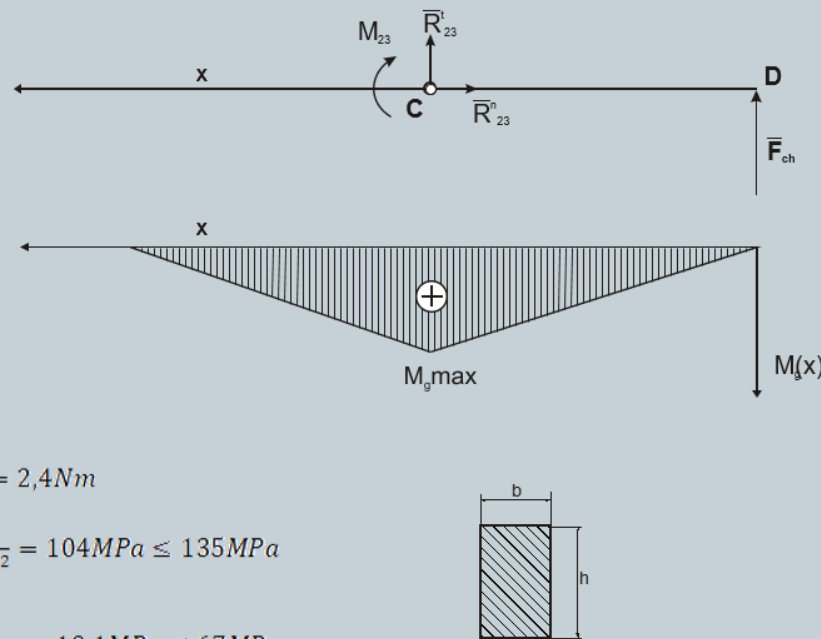
$$W_G = \frac{bh^2}{6}$$

$$A = 2 * \frac{\pi d^2}{4}$$

$$M_{Gmax} = Fch * L3 = 48\text{N} * 0,05\text{m} = 2,4\text{Nm}$$

$$\sigma_{gmax} = \frac{6 * M_{gmax}}{b * h^2} = \frac{6 * 2,4}{0,008 * 0,006^2} = 104\text{MPa} \leq 135\text{MPa}$$

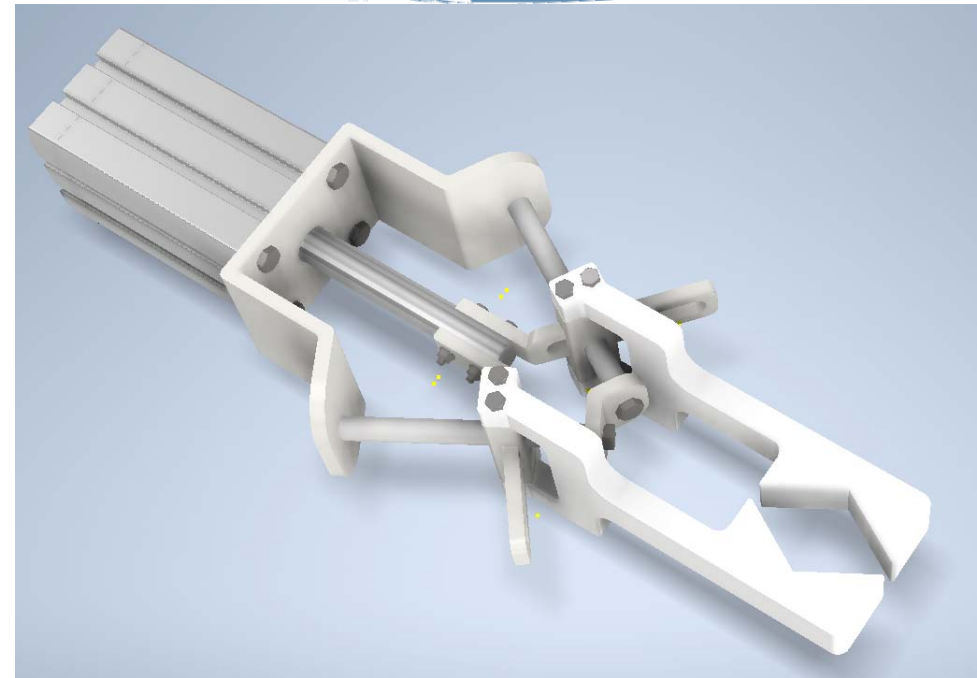
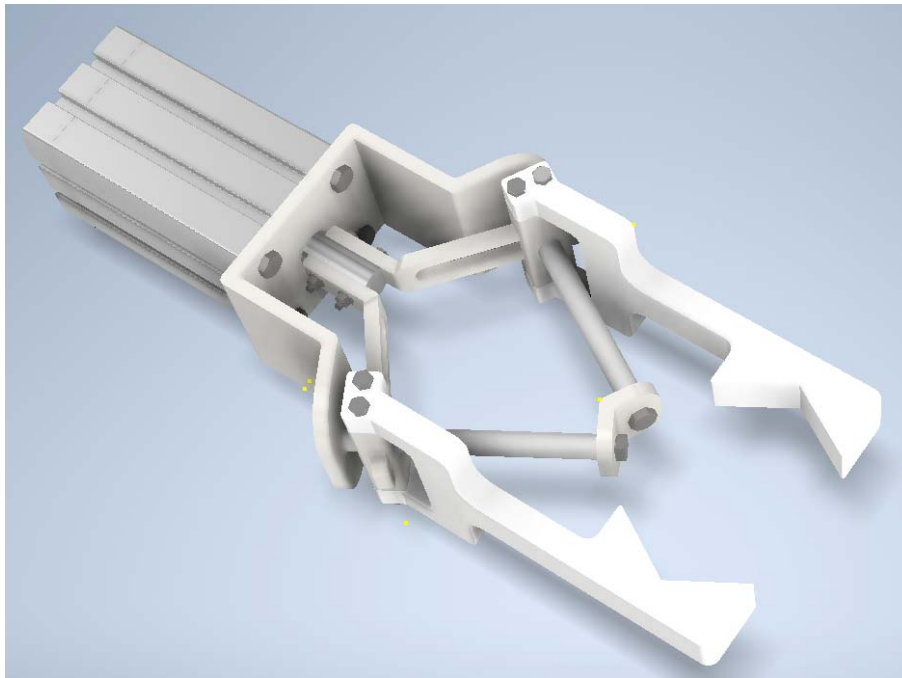
$$\tau_{max} = \frac{F_{tmax}}{A} = \frac{2 * S}{\pi d^2} = \frac{2 * 480}{3,14 * 0,004^2} = 19,1\text{MPa} \leq 67\text{MPa}$$





5. Obliczenie wytrzymałości podzespołów chwytaka przy maksymalnych obciążeniach analitycznie + MES

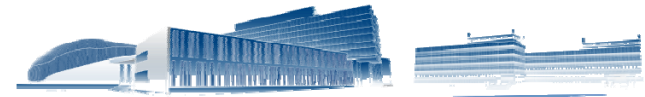
Przykład 2





5. Obliczenie wytrzymałości podzespołów chwytaka przy maksymalnych obciążeniach analitycznie + MES

Przykład 2



Materiał z którego wykonano element chwytaka to np. stal S235.

Dla stali S235 k_g wynosi 155MPa=155000000Pa

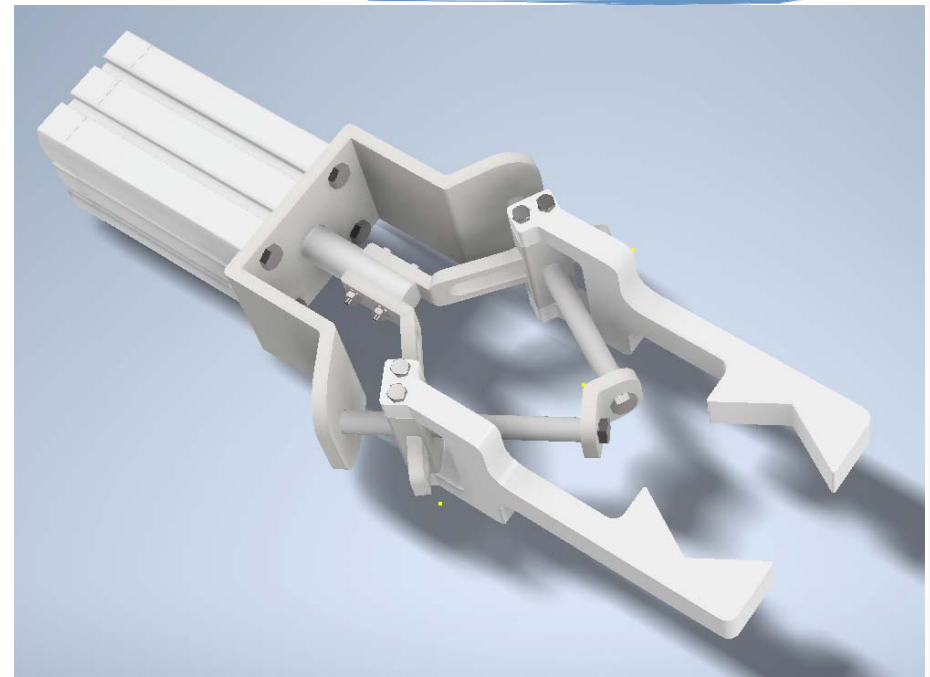
$b=20\text{mm}=0,02\text{m}$

$h=11\text{mm}=0,011\text{m}$

$$\delta_{g \max} = \frac{M_{g \max}}{W_g} = \frac{6F_{\text{ch}} \cdot BC}{bh^2} = \frac{6 \cdot 367\text{N} \cdot 0,125\text{m}}{0,02\text{m} \cdot (0,011\text{m})^2} \approx 114\text{MPa}$$

$\leq 155\text{MPa}$

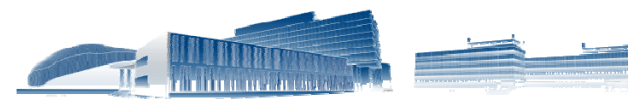
Zatem warunek jest spełniony.





5. Obliczenie wytrzymałości podzespołów chwytaka przy maksymalnych obciążeniach analitycznie + MES

Przykład 2



Materiał z którego wykonano sworzeń to stal S235.

Dla stali S235 k_t wynosi 85MPa=85000000Pa

$d=5\text{mm}=0,005\text{m}$

W przypadku (zastosowanie 4 śrub) wzór ten ma postać:

$$\tau_{\max} = \frac{F_{t \max}}{A} = \frac{R_{12}^n}{A} = \frac{4F_{ch}}{4\pi d^2} = \frac{F_{ch}}{\pi d^2} \leq k_t$$
$$\tau_{\max} = \frac{367\text{N}}{\pi(0.005\text{m})^2} = 4,7\text{MPa} \leq 85\text{MPa}$$

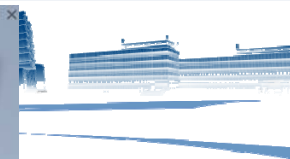
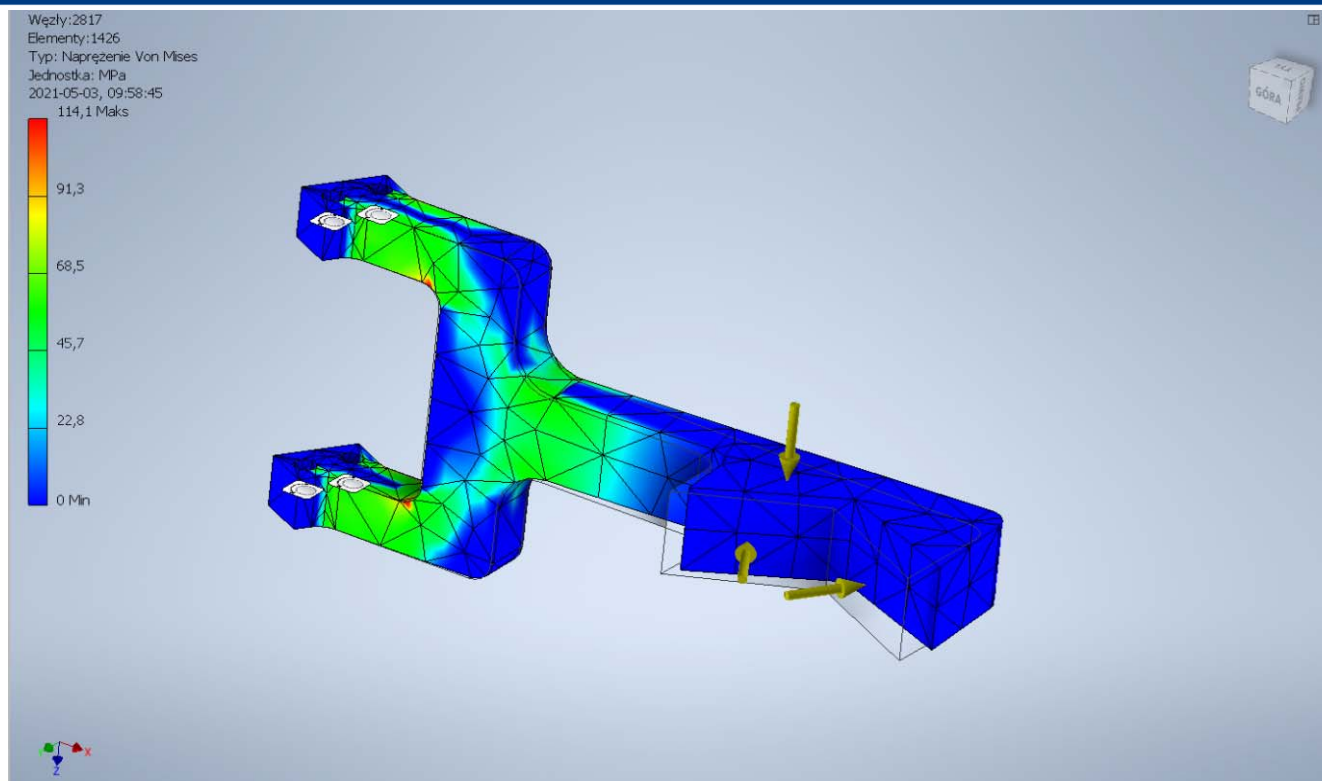
Zatem warunek jest spełniony





5. Obliczenie wytrzymałości podzespołów chwytaka przy maksymalnych obciążeniach analitycznie + MES

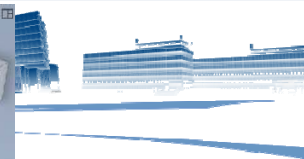
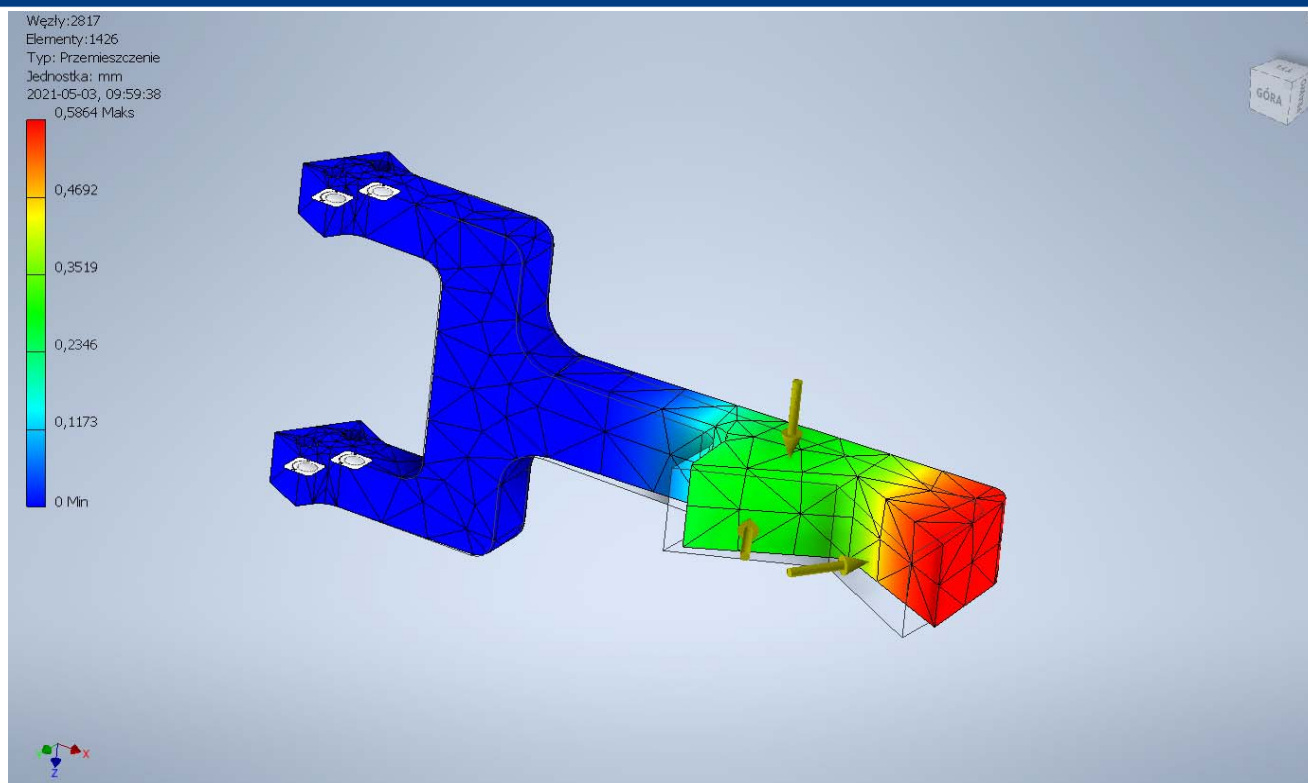
Przykład 2





5. Obliczenie wytrzymałości podzespołów chwytaka przy maksymalnych obciążeniach analitycznie + MES

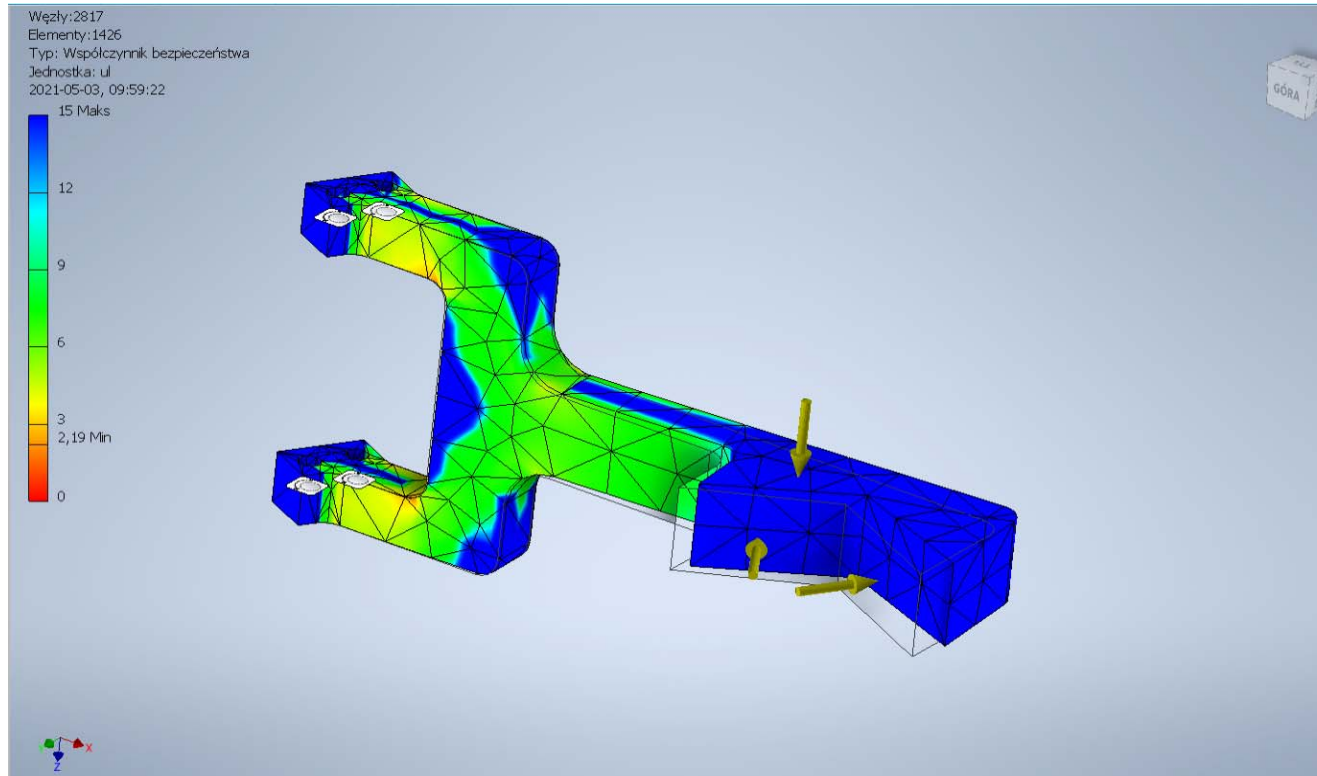
Przykład 2





5. Obliczenie wytrzymałości podzespołów chwytaka przy maksymalnych obciążeniach analitycznie + MES

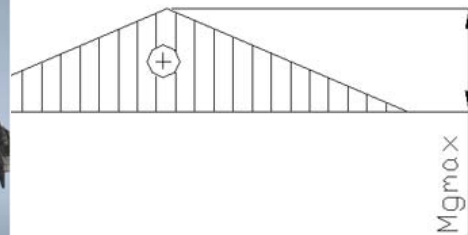
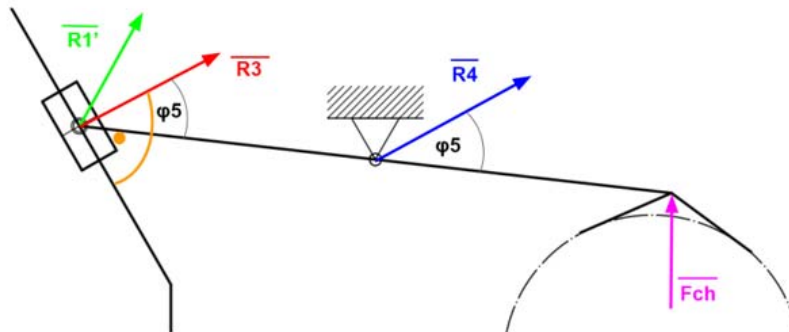
Przykład 2





5. Obliczenie wytrzymałości podzespołów chwytaka przy maksymalnych obciążeniach analitycznie + MES

Przykład 3



Maksymalny moment gnący wynosi:

$$M_{gmax} = F_{ch} \cdot l_6 = 17667 \cdot 0,75 = 13250,25 [Nm]$$

Warunek wytrzymałościowy na zginanie ma postać:

$$\sigma_{gmax} = \frac{M_{gmax}}{W_z} \leq k_g \quad \sigma_{gmax} = \frac{13250,25}{8,418 \cdot 10^{-5}} \leq 162,10^6 P_a$$

Warunek wytrzymałościowy na ścinanie ma postać:

$$\tau_{max} = \frac{F_{\tau max}}{\frac{1}{4} \cdot \Pi \cdot d^2} \leq k_{\tau} \quad \tau_{max} = \frac{503273}{\frac{1}{4} \cdot \Pi \cdot 0,095^2} \leq 87 \cdot 10^6 [P_a]$$

► Oba warunki wytrzymałościowe zostały spełnione, co potwierdzają poniższe wyniki:

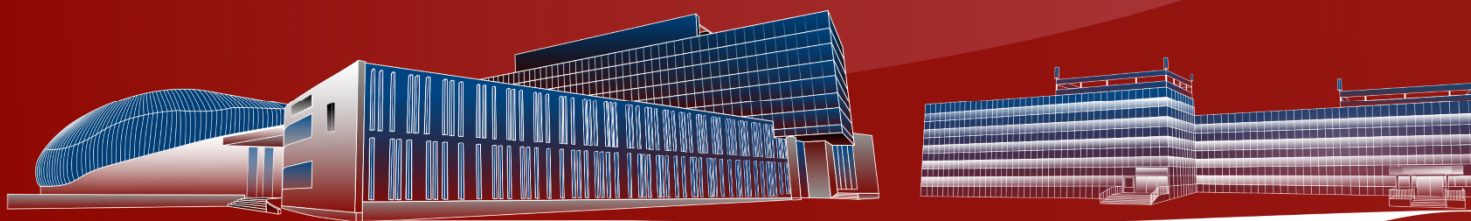
$$\sigma_{gmax} = 157,4 \cdot 10^6 [P_a] \leq 162 \cdot 10^6 [P_a]$$

$$\tau_{max} = 71 \cdot 10^6 [P_a] \leq 87 \cdot 10^6 [P_a]$$



**POLITECHNIKA
RZESZOWSKA**
im. IGNACEGO ŁUKASIEWICZA

DZIĘKUJE ZA UWAGĘ



WYDZIAŁ
BUDOWY MASZYN
I LOTNICTWA
POLITECHNIKI RZESZOWSKIEJ