

# ANALIZA MOMENTÓW I SIŁ CHWYTAJĄCYCH PRZYSSAWEK W MODUŁOWYCH CHWYTAKACH PODCIŚNIENIA

## *Analysis of moments and gripping forces of suction cups in modular vacuum grippers*

Marcin WIŚNIEWSKI, Olaf CISZAK, Katarzyna PETA, Marcin SUSZYŃSKI, Robert CIEŚLAK

**Streszczenie:** W artykule zaprezentowano budowę modułowych chwytaków podciśnienia, zastosowanie oraz możliwości konfiguracji. Przedstawiono metodę pomiaru momentów i sił chwytających przyssawki z zastosowaniem robota przemysłowego IRB140T oraz czujnika sześcioośowego firmy OptoForce. Zilustrowano ścieżkę narzędzia zastosowaną w pomiarach przy pomocy programu RobotStudio firmy ABB.

**Słowa kluczowe:** robot przemysłowy, chwytak podciśnienia, pomiar sił

**Abstract:** The article presents the construction of modular vacuum grippers, application and configuration possibilities. The method of measurement of moments and suction cup gripping forces using the IRB140T industrial robot and the OptoForce six-axis sensor are presented. Illustrated the tool path used in the measurements using the ABB RobotStudio program.

**Keywords:** industrial robot, vacuum gripper, force measurement

### Wprowadzenie

Zmiany demograficzne i dynamicznie rozwijający się rynek produktów konsumenckich wymusza na przedsiębiorstwach stosowanie szeroko pojętej automatyzacji i robotyzacji.

W celu sprostania wymaganiom rynku coraz powszechniej stosowane są roboty przemysłowe. Liczba produkowanych na świecie robotów wg Międzynarodowej Federacji Robotyki (The International Federation of Robotics) ma systematycznie wzrastać o ok. 15-18% aż do roku 2020, w którym to ma osiągnąć 521 tys. sztuk [4]. Największy wzrost notowany jest w krajach wysoko rozwiniętych i w większości przypadków dotyczy dużych firm. W małych firmach pojęcie automatyzacji produkcji przejawia się przez stosowanie urządzeń i oprzyrządowania przyspieszającego proces produkcyjny tj. m.in. stosując proste maszyny pakujące lub manipulatory. Obecnie coraz więcej firm (w tym małe i średnie przedsiębiorstwa) rozważa zakup robotów przemysłowych, które w porównaniu z manipulatorami dają większe możliwości usprawnienia i modyfikacji procesu produkcyjnego.

Z zastosowaniem robotów przemysłowych i manipulatorów powiązana jest konstrukcja zamontowanego efektora, którym to coraz powszechniej są systemy podciśnieniowe. Gwarantują one pewność zamocowania, przenoszenia i podawania obiektów manipulacji. Zastępują one drogie i skomplikowane mechaniczne układy manipulacji. Są tańsze w eksploatacji, a zmiana kształtu obiektu nie generuje wysokich kosztów związanych ze zmianą konstrukcji chwytaka. Zastosowanie nowoczesnych materiałów i kształtów przyssawek, które są najpopularniejszym elementem systemu podciśnienia, umożliwia chwytanie

obiektów o skomplikowanych kształtach, wykonanych z różnych materiałów i o różnej fakturze powierzchni. Bardzo ważną cechą określającą zastosowaną przyssawkę jest siła trzymająca.

### Dane wejściowe, stanowisko pomiarowe i przebieg badań

Analiza siły trzymającej i jej zmiana względem parametrów ruchu robota przemysłowego została przeprowadzona dla modułowego systemu podciśnienia firmy Schmalz (rys. 1), który umożliwia prostą i szybką konstrukcję chwytaka. Rozwiązanie to wspierane przez dostępny konfigurator online [2] (rys. 2) umożliwia wygenerowanie listy elementów potrzebnych do budowy chwytaka dla danego obiektu manipulacji, a możliwość zastosowania różnego rodzaju adapterów jego montaż do interfejsu mechanicznego robota przemysłowego.



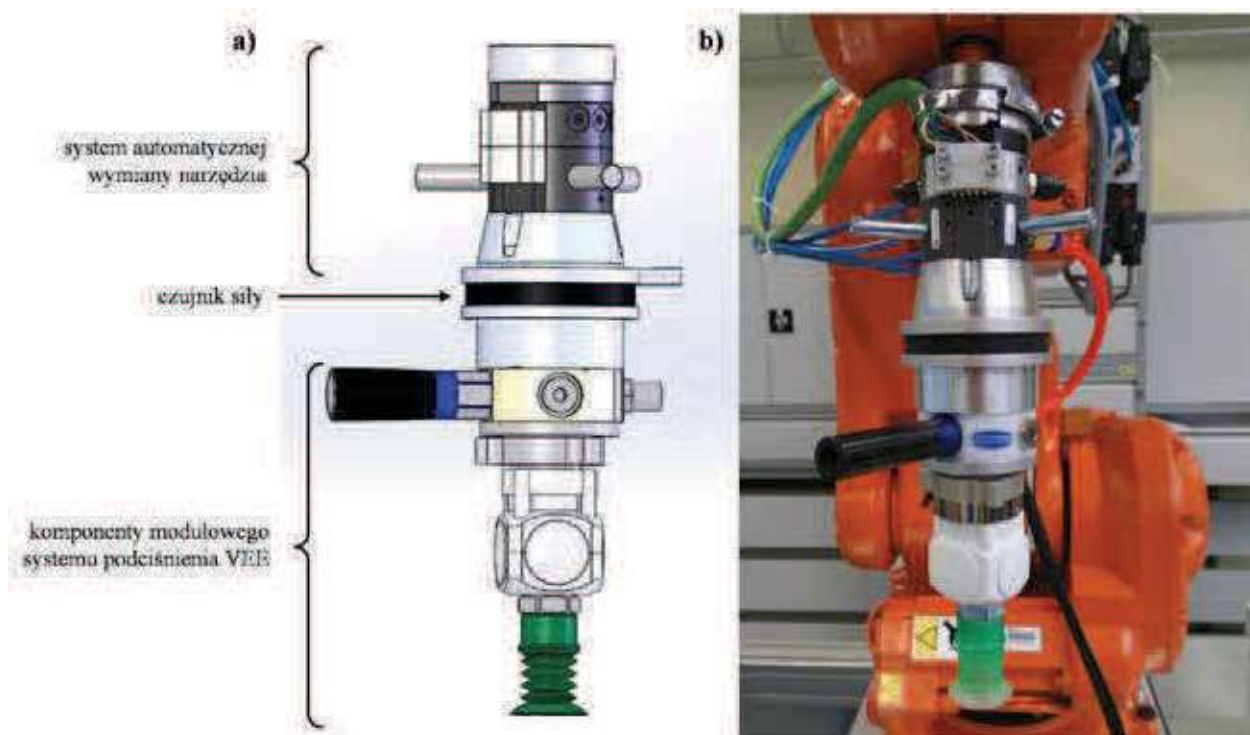
Rys. 1 . Modułowy system podciśnienia firmy Schmalz – VEE Starterset [3]

Fig. 1. Schmalz modular vacuum system - VEE Starterset [3]

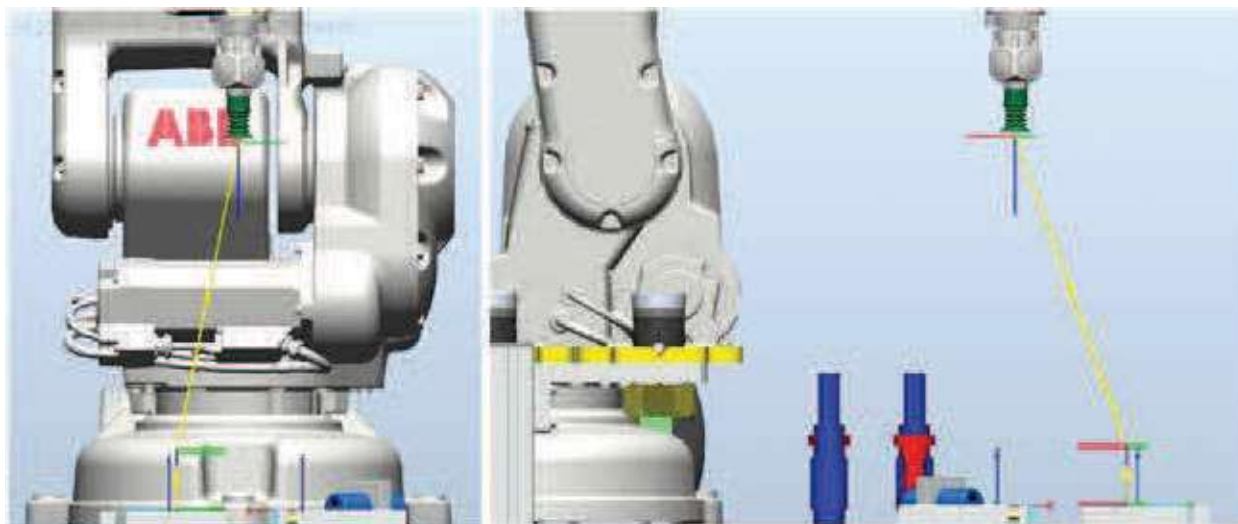


Rys. 2. VEE konfigurator [2]  
 Fig. 2. VEE configurator [2]

Stosując konfigurator VEE utworzono model chwytaka z pojedynczą przyssawką, a następnie jego rzeczywisty model (rys. 3). Na podstawie modelu 3D utworzono narzędzie w programie RobotStudio i zaprogramowano ścieżkę narzędzia (rys. 4).



Rys. 3 . Chwytnak podciśnienia: a) model geometryczny 3D, b) chwytak zamontowany na robocie ABB [6]  
 Fig. 3. Vacuum gripper: a) 3D geometric model, b) gripper mounted on the ABB robot [6]



Rys. 4. Chwytnik podciśnienia z zaznaczoną ścieżką pomiarową [6]  
 Fig. 4. Vacuum gripper with a marked measuring path [6]

Tabela 1. Dane techniczne sześciosiowego czujnika siły HEX-70-CG-1000 [1]  
 Table 1. Technical data of the HEX-70-CG-1000 six-axis force sensor [1]

Typ	6-cio osiowy czujnik siły				
Wymiary	Wysokość x średnica		20 x 70 mm		
Waga	Z kablem 1 m (bez)		165 g (130 g)		
	Fz ściśnięcie	Fz rozciągnięcie	Fxy	Txy	Tz
Nominalna siła (N.C) przeciążenie pojedynczej osi	1000N	450 N	150 N	7.5Nm	4.5Nm
Pełna nieliniowość	2 %	2 %	2 %	2 %	2 %
Rozdzielczość (liczona w N.C)	8000	3600	±11000	±8500	±8500
Deformacja pojedynczej osi w N.C	1,2 mm	0,6 mm	±2 mm	±2°	±5 °
Przesłuch (typowy)	< 5 %				
Histeresa (mierzona na osi Fz, typowa)	< 2 %				
Zakres temperatury roboczej			-40°C --+80 °C		
Wymaganie mocy	W pracy ciągłej		30 mA		

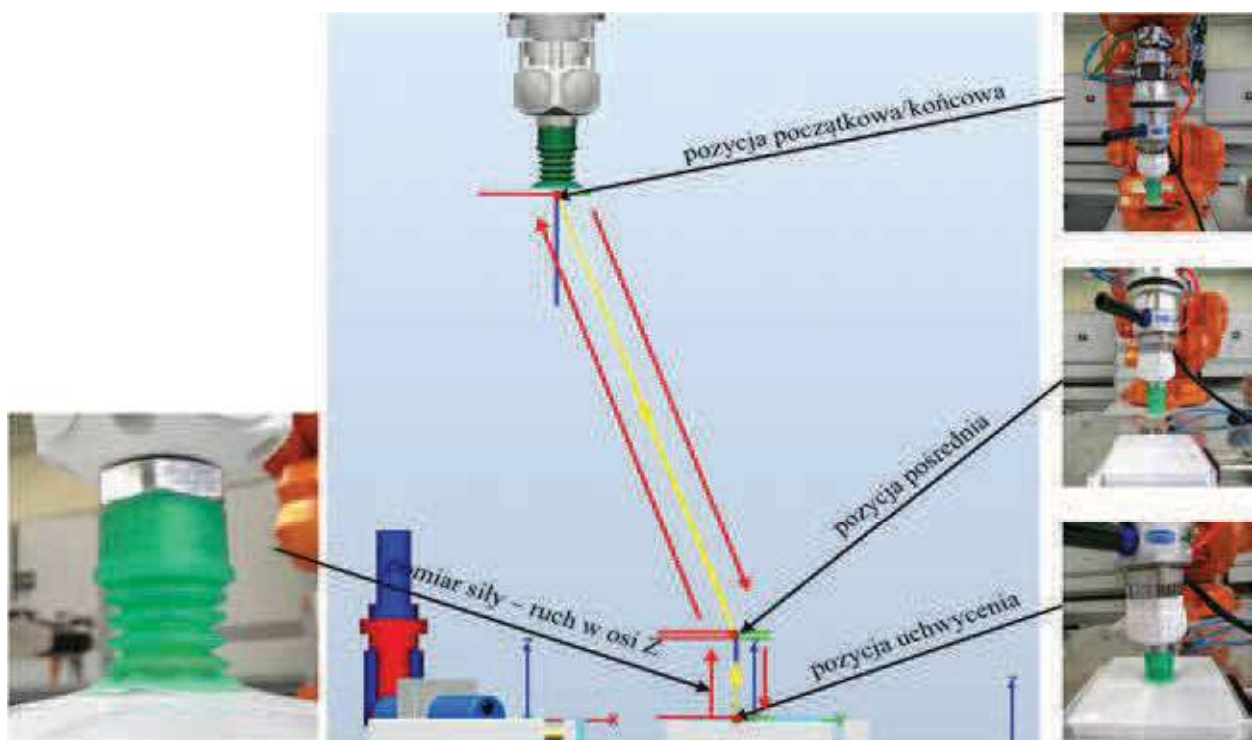
Zastosowano przyssawkę SPB2f [5], przeznaczoną do chwytania opakowań foliowych, która według danych producenta gwarantuje siłę trzymania wynoszącą 4,3 N przy zastosowaniu podciśnienia -200 mbar oraz 8,5 N przy -400 mbar [5]. Przyssawka wyposażona jest

w pierścień uniemożliwiający wciągnięcie opakowania do wnętrza przyssawki. Obiektem badań siły mocowania było opakowanie proszku do prania – folia LDPE. Sposób zamocowania opakowania przedstawiono na rys. 5.



Rys. 5 . Sposób zamocowania opakowania proszku do prania [6]  
 Fig. 5. The way the laundry powder package is attached [6]

Przebieg programu pomiarowego przedstawiono na rys. 6, a pomiar siły dokonano dla różnych prędkości ruchu wzdłuż osi Z – prostopadłej do płaszczyzny opakowania.

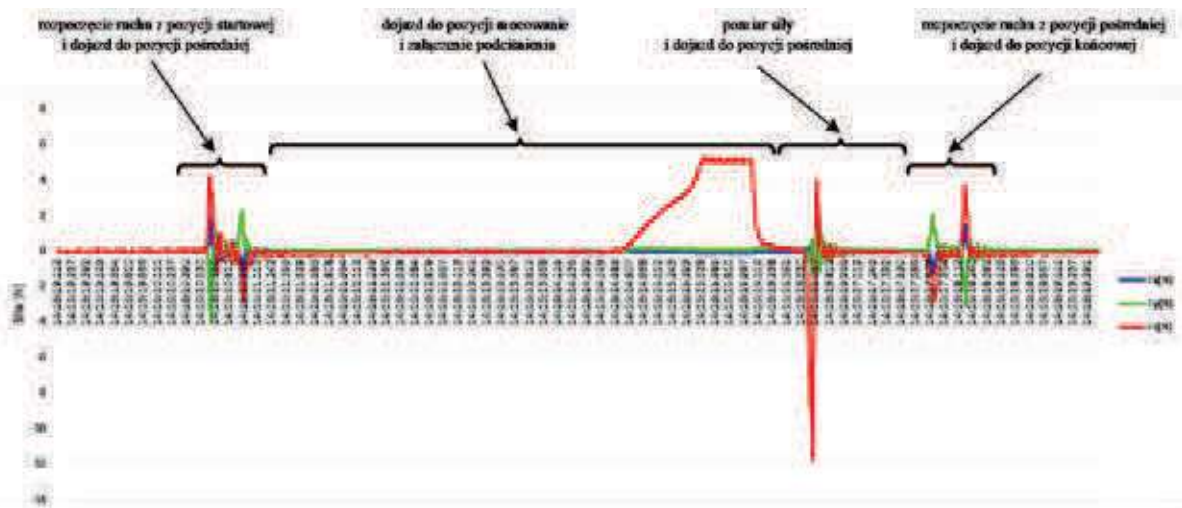


Rys. 6 . Przebieg programu pomiarowego [6]  
 Fig. 6. The course of the measurement program [6]

### Wyniki pomiarów

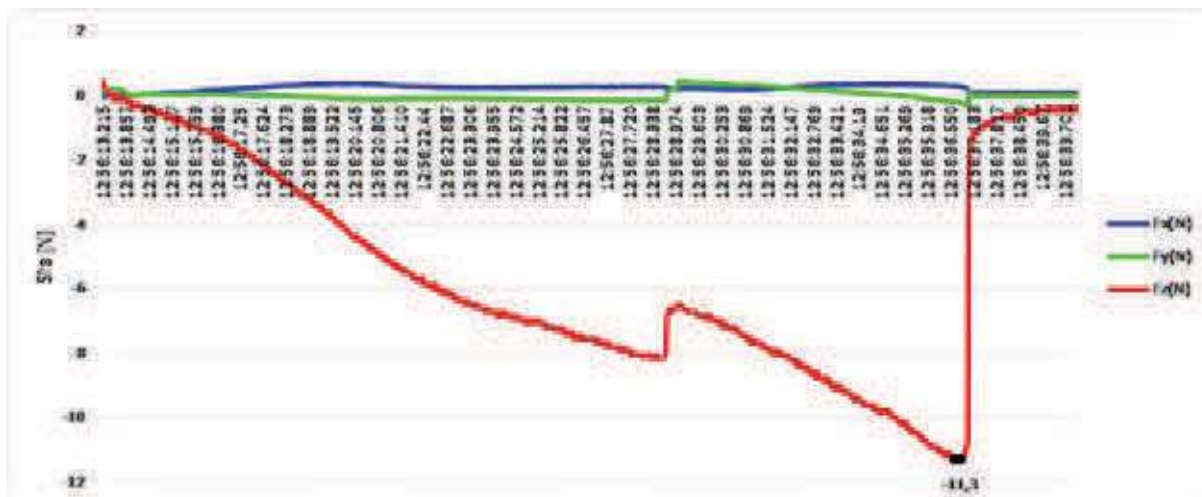
Dla przebiegu całego programu pomiarowego rejestrowano zmianę wartości sił dla osi X, Y i Z, którego przykład przedstawiono na rys. 7. Na wykresie tym

widać charakterystyczne piki które związane są m.in. z rozpoczęciem ruchu robota i dojazdem do pozycji uchwycenia. Na kolejnych wykresach obszary te zostały odcięte w celu czytelniejszego zaprezentowania zmiany wartości siły.

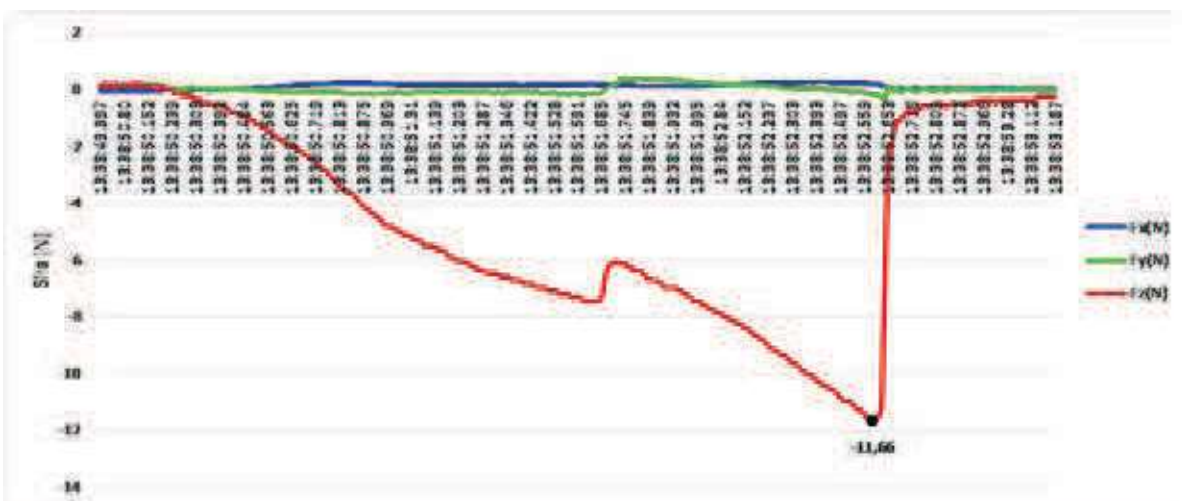


Rys. 7 . Wykres zmiany sił dla całego programu pomiarowego [6]  
 Fig. 7. Force change diagram for the entire measurement program [6]

Przykładowe wykresy siły przedstawiono na rys. 8-12, a zestawienie wartości maksymalnych w tab. 2.



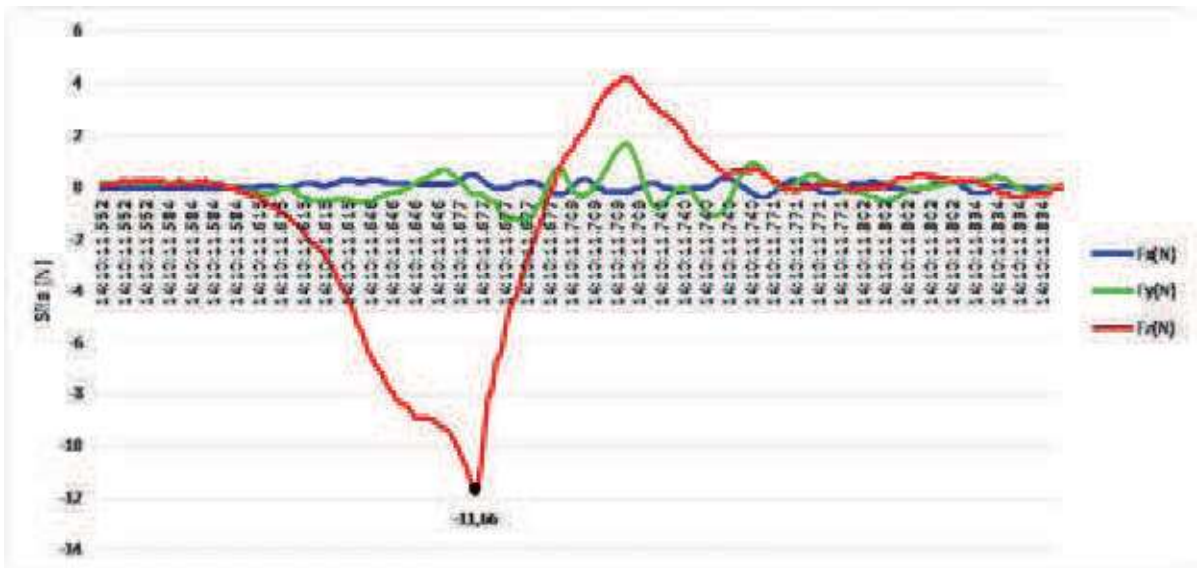
Rys. 8 . Wykres zmiany sił dla prędkości 1 mm/s [6]  
 Fig. 8. Graph of change of forces for speed 1 mm/s [6]



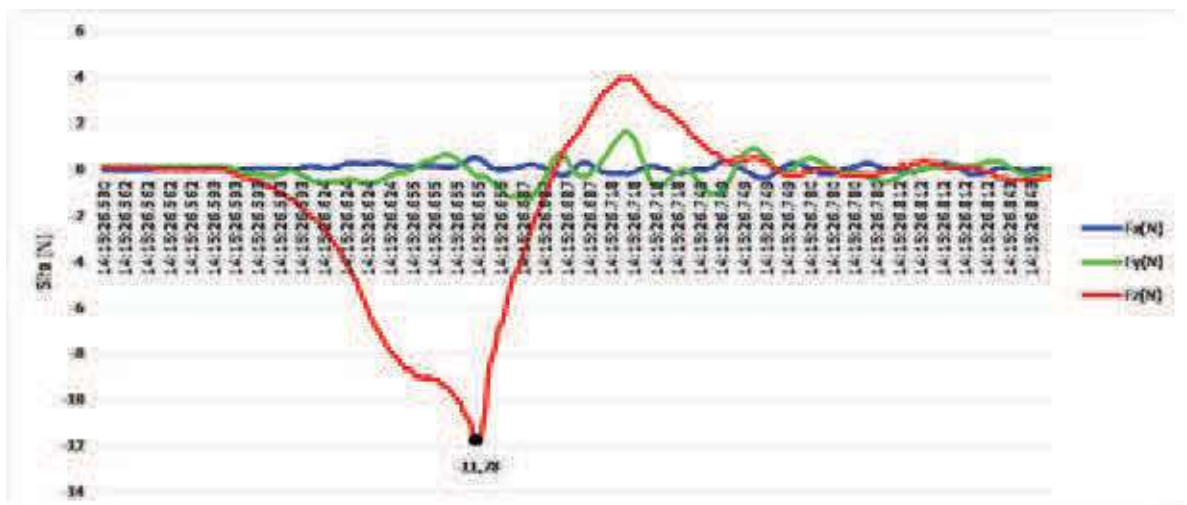
Rys. 9. Wykres zmiany sił dla prędkości 10 mm/s [6]  
 Fig. 9. Graph of change of forces for speed 10 mm/s [6]



Rys. 10. Wykres zmiany sił dla prędkości 100 mm/s [6]  
 Fig. 10. Graph of change of forces for speed 100 mm/s [6]



Rys. 11 . Wykres zmiany sił dla prędkości 1000 mm/s [6]  
 Fig. 11. Graph of change of forces for speed 1000 mm/s [6]



Rys. 12 . Wykres zmiany sił dla prędkości max [6]  
 Fig. 12. Graph of change of forces for speed max [6]

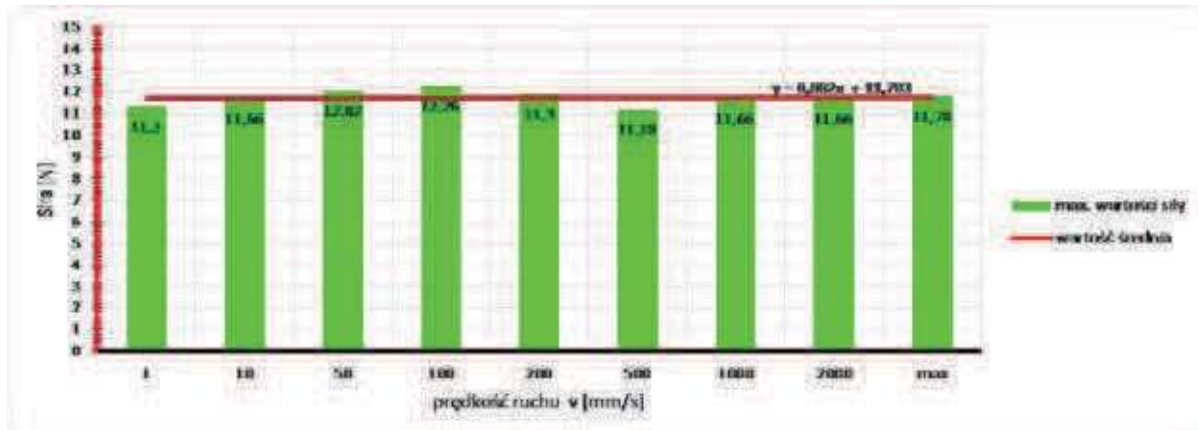
Tabela 2. Zestawienie wyników sił max dla różnych prędkości ruchu [6]  
Table 2. List of max force results for different traffic speeds [6]

Prędkość [mm/s]	1	10	50	100	200	500	1000	2000	max
Siła max. [N]	11,3	11,66	12,02	12,26	11,9	11,18	11,66	11,66	11,78

### Wnioski

Wartości sił trzymających przyssawki SPB2f [5] wg danych producenta powinny wynosić dla podciśnienia: -200 mbar 4,3 N, -400 mbar 8,5 N, a dla -600 mbar 12,8 N. W badaniach zastosowano enżektor generujący podciśnienie o wartości -870 mbar. Na podstawie obliczeń teoretycznych przy podciśnieniu 870 mbar i danych producenta siła trzymająca dla analizowanej przyssawki

powinna wynosić 18,5 N. Z przeprowadzonych prób i analizy uzyskanych wartości wynika, że wartości podane przez producenta mogą być zawyżone. Producent nie podaje metodyki pomiaru i warunków w jakich została wyznaczona siła trzymająca, ani dla jakiego materiału i jego sposobu zamocowania na stanowisku pomiarowym.



Rys. 13 . Zestawienie wyników sił max dla różnych prędkości ruchu [6]  
Fig. 13. List of max force results for different traffic speeds [6]

Analizując wpływ prędkości ruchu (w tym zawarte charakterystyki przyspieszania i hamowania poruszającego się punktu TCP) na wartość siły trzymającej zauważyć można jej niewielkie zmiany. Różnica wartości sił dla prędkości 1 mm/s i max wynosi 0,48 N. Średnia wartość dla badanych prędkości ruchu wynosi 11,71 N, a linia trendu ma charakter liniowy ( $y=0,002x+11,703$ ). Na podstawie uzyskanych wyników można stwierdzić, że zmiana prędkości ruchu robota (wzdłuż osi Z) nie wpływa znacząco na wartość siły trzymającej. Jest to ważna informacja dla osób programujących pracę robotów i manipulatorów na liniach produkcyjnych.

W kolejnych badaniach planowane jest przebadanie rozkładu sił podczas ruchu w dwóch i trzech kierunkach oraz podczas manipulowania obiektem.

### LITERATURA

- [1] HEX-70-CG-1000N DATASHEET 1.4.pdf.
- [2] <http://vee.schmalz.com/Default.aspx>, dostęp 5.03.2018.
- [3] <http://www.millsom.com.au/products/vacuum-components/mounting-elements/vee-modular-vacuum-end-effectors>, dostęp 10.03.2018.
- [4] <https://ifr.org/>, dostęp 12.02.2018.
- [5] <https://www.schmalz.com/de/vakuumtechnik-fuer-die-automation/vakuum-komponenten/vakuum-sauggreifer/>

sauggreifer-fuer-die-verpackungsindustrie/  
balgsauggreifer-spb2f-2-5-falten, dostęp 12.02.2018.  
[6] Wiśniewski M., Opracowanie własne.

dr inż. Marcin Wiśniewski - Zakład Projektowania Technologii Instytutu Technologii Mechanicznej - Politechnika Poznańska, ul. Piotrowo 3, 61-138 Poznań, e-mail: marcin.wisniewski@put.poznan.pl

mgr inż. Katarzyna Peta - Zakład Projektowania Technologii Instytutu Technologii Mechanicznej - Politechnika Poznańska, ul. Piotrowo 3, 61-138 Poznań, e-mail: katarzyna.peta@put.poznan.pl

dr inż. Marcin Suszyński - Zakład Projektowania Technologii Instytutu Technologii Mechanicznej - Politechnika Poznańska, ul. Piotrowo 3, 61-138 Poznań, e-mail: marcin.suszynski@put.poznan.pl

dr hab. inż. Olaf Ciszak - Zakład Projektowania Technologii Instytutu Technologii Mechanicznej - Politechnika Poznańska, ul. Piotrowo 3, 61-138 Poznań, e-mail: olaf.ciszak@put.poznan.pl

dr inż. Robert Cieślak - Katedra Inżynierii i Technologii, ul. Kard. S. Wyszyńskiego 35, 62-510 Konin, e-mail: robert.cieslak@konin.edu.pl