Dawid Chmielewski
Państwowa Wyższa Szkoła Zawodowa we Włocławku

PROJEKT WYBRANYCH ELEMENTÓW MANIPULATORA BRAMKOWO-LINIOWEGO

Project of selected part of gate-linear manipulator

Streszczenie:

W artykule przedstawiona jest modernizacja manipulatora bramkowo-liniowego polegająca na doposażeniu go w urządzenie umożliwiające podnoszenie i obracanie torby typu „Doypack" o kąt 180°, które jest napędzane silnikiem momentowym i sterowane enkoderem na potrzeby produkcyjne firmy „Radpak".

Zamierzone wykonanie elementów manipulatora, wymagało zaprojektowania konstrukcji mechanicznej oraz zaprojektowania efektora spełniającego cel pracy. Jej mechanizm działania jest następujący ustalony i zamocowany w korpusie silnik momentowy posiada wał, na końcu którego osadzony jest efektor sterowany przez enkoder, w zakresie ruchu obrotowego 180° (tj. od punktu początkowego do końcowego). Efektor z przyssawkami ma za zadanie chwytanie torebek i obracanie ich o 180°. Podnoszenie odbywa się poprzez istniejące urządzenie na manipulatorze. Każdy z elementów zaprojektowanego urządzenia oraz kompletny przegub obrotowy został przedstawiony w formie symulacji 3D oraz rysunków technicznych.

Zastosowanie zaprojektowanego w niniejszej pracy przegubu pozwoli na obniżenie kosztów oraz przyspieszenie pakowania toreb typu „Doypack" w kartony zbiorcze.

Słowa kluczowe: modernizacja, manipulator bramkowo-liniowy

Abstract:

This paper presents the modernisation of a linear gate manipulator based on equipping it with a device enabling lifting and turning a doypack bag 180 degrees. It is powered by a torque motor and controlled by an encoder meant for the manufacturing purposes of `Radpak` com-pany.

Purposeful construction of the elements of the manipulator required designing a mechanical construction and an effector. Its mechanism of operation is this: a designated torque motor is fitted into it and it is equipped with a shaft; this shaft contains an effector controlled by an encoder enabling 180 degree movement (from the starting point to the final point). The effec-tor`s suction pads attach themselves

to the bags and turn them 180 degrees. Bags are lifted by a device on the manipulator. Each element of this device and a complete swivel design have been depicted in the form of 3D simulation and technical drawings.

The use of a hinge designed in this work will allow to reduce costs and speed up the packing of "Doypack" bags into collective cartons.
Keywords: modernisation, linear gate manipulator

1. Wstęp

1.1. Manipulatory

Manipulator jako zespół elementów mechanicznych i pneumatycznych jest ściśle powiązany z robotyką i automatyką. Wykorzystywane jako „mechaniczne ramię", stosowane jest w liniach produkcyjnych fabryk samochodów, automatycznych liniach pakujących, fabrykach zagrażających życiu i zdrowiu ludzi, itp. Inaczej mówiąc, jest to część robota, która pełni funkcję jego górnych kończyn (rys. 1).

Istnieje wiele rodzajów robotów manipulacyjnych, które pozycjonują zadaną trajektrię i ją odtwarzają. Dzięki odpowiednio dobranej technologii, urządzenia te wykonują to z dużą prędkością, dokładnością i powtarzalnością, wykorzystując sterowanie enkodera i silników odpowiedzialnych za poszczególne osie takiego manipulatora. Układ taki posiada zazwyczaj 3 trajektorie ruchu ramion w osiach x, y, z oraz zakończony jest efektorem (chwytakiem) poruszającym się w zakresie obrotu 360°.

Rysunek 1. Manipulator bramkowo-liniowy[1]

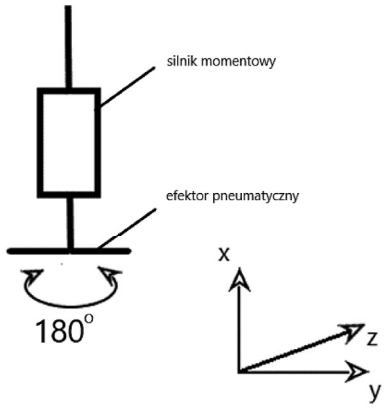
Źródło:. http://www.protim.pl/oferta/procesy-produkcyjne/manipulatory.

1.2. Idea pracy

Zamierzone wykonanie elementów manipulatora, wymagało zaprojektowania konstrukcji mechanicznej oraz zaprojektowania efektora spełniającego cel pracy. Schemat ideowy obrotnicy został przedstawiony na rysunku 2. Jej mechanizm działania jest następujący: ustalony i zamocowany w korpusie silnik momentowy posiada wał na końcu którego osadzony jest efektor sterowany przez enkoder, w zakresie ruchu obrotowego 180° (tj. od punktu początkowego do końcowego). Efektor z przyssawkami ma za zadanie chwytanie torebek i obracanie ich o 180°. Podnoszenie

[1] http://www.protim.pl/oferta/procesy-produkcyjne/manipulatory.

Rysunek 2. Schemat ideowy działania obrotnicy



Źródło: Opracowanie własne.

odbywa się poprzez istniejące urządzenie na manipulatorze.

2. Założenia konstrukcyjne

Założenia konstrukcyjne zostały omówione z głównym konstruktorem w firmie „Radpak", są one następujące :

- dobór odpowiedniego silnika momentowego ze względu na jego specyfikę pracy,
- zaprojektowanie korpusu dla silnika,
- zaprojektowanie wału napędowego,
- dobór enkodera oraz łożysk,
- zabezpieczenie silnika przed wpływem czynników zewnętrznych (np. kurz),
- zaprojektowanie efektora, mogącego unieść torebkę o wadze 1kg,
- dobór ssawek i przewodów pneumatycznych,
- dobór materiałów spełniających wymagania ekonomiczne firmy,
- zaprojektowanie łącznika umożliwiającego połączenie ramienia manipulatora z obrotnicą.

3. Kinematyka przegubu obrotowego

Manipulator to zbiór członów (ciał sztywnych) połączonych w złożony łańcuch wzajemnych zależności kinematycznych. Działanie układu kinematycznego manipulatora jest związane z obliczeniem jego orientacji i pozycji względem układu odniesienia. Dla założeń niniejszego opracowania konieczne jest poznanie kinematyki odwrotnej. Dzięki niej urządzenie potrafi określić położenie lub orientację efektora (chwytaka).

4. Projekt przegubu obrotowego z chwytakiem pneumatycznym (efektorem)

Projekt urządzenia przystosowanego do obrotu toreb typu „Doypack" napędzanego silnikiem momentowym, jak już wcześniej wspomniano wykonany został na potrzeby firmy „Radpak" z Włocławka. Fabryka ta produkuje kompletne linie pakujące, dozowniki objętościowe, kartoniarki, wagi oraz sortery dla przemysłu spożywczego, chemicznego, farmaceutycznego, cementowni i cukrowni. Produkty tej firmy można znaleźć w krajach na całym świecie.

Rysunek 3. Torba „Doypack"

Źródło: Opracowanie własne.

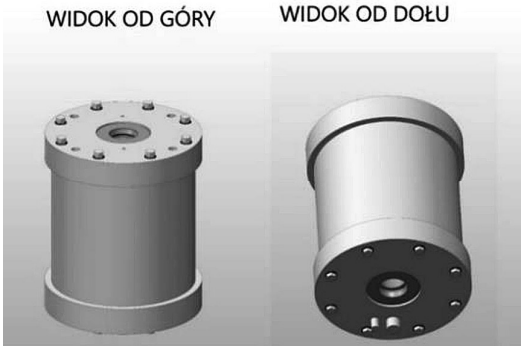
4.1. Torba typu „Doypack"

Opakowania foliowe to główna strategia handlowa firmy „RadPak". Są one produkowane na patentowych maszynach pakujących. Torba „Doypack" (rys. 3) posiada eliptyczne dno i kształt wyróżniający ją na półce sklepowej. Dodatkowo, torba ta może zostać wyposażona w strunę umożliwiającą wielokrotne otwieranie i zamykanie oraz euro otwór. Projektowane urządzenie ma przyspieszyć pakowanie takich toreb w zbiorcze kartony. Na potrzeby projektu przyjęto wymiary torby 300 mm x 100 mm oraz jej wagę wraz z zawartością wynoszącą 1 kg.

4.2. Przegub obrotowy

Projekt fragmentu urządzenia wykonującego obrót, bazuje na dobranym silniku produkowanym przez firmę „HIWIN". Widok przestrzenny tej obrotnicy po zastosowaniu symulacji programem „CREO PARAMETRIC 2.0" (licencja udostępniona w firmie „RadPak" w dziale konstrukcji) przedstawia rysunek 4 natomiast przekrój tego przegubu rysunek 5.

Rysunek 4. Przegub obrotowy (widok skośnie z przodu) – symulacja 3D



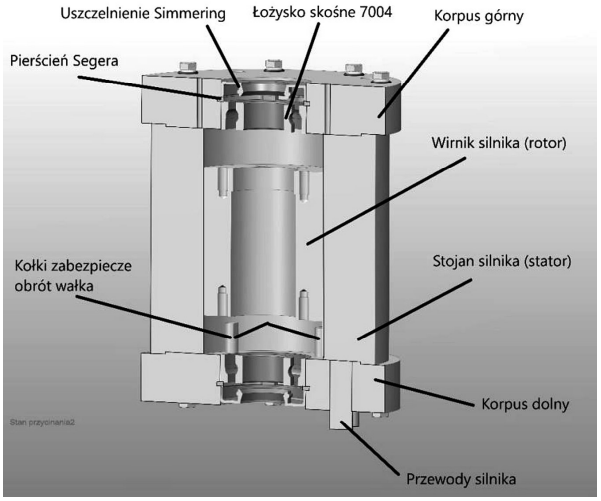
Źródło: Opracowanie własne.

Zaprojektowany przegub składa się z kilku części (przedstawionych dalej) połączonych śrubami z łbem 6-kątnym, które polecił producent w katalogu silnika.

4.3. Silnik

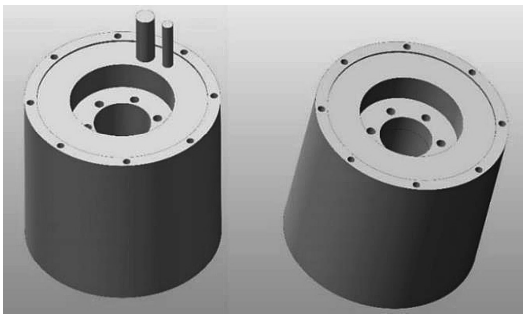
W zaprojektowanym urządzeniu zastosowano silnik momentowy typu TMR07 (rys. 6), składający się z pierścieniowo wykonanego rotora i statora z pakietem cewek. Silniki te posiadają duże momenty chwilowe i ciągłe, wysoką dynamikę, dużą sprawność oraz zintegrowane czujniki temperatury. Charakteryzują się one bardzo niewielkim zużyciem i nie wymagają konserwacji. Średnia wartość momentu obrotowego silnika $Ms = 7$ Nm, a jego prędkość obrotowa $n_s = 1450$ obr/min. Masa silnika wynosi $m_s = 4{,}5$ kg. Typ tego silnika został dobrany w uzgodnieniu z głównym inżynierem firmy „Radpak".

Rysunek 5. Przegub obrotowy (przekrój wzdłużny) – symulacja 3D



Źródło: Opracowanie własne.

Rysunek 6. Silnik HIWIN TMR07 (widok skośnie z dołu i góry) – symulacja 3D

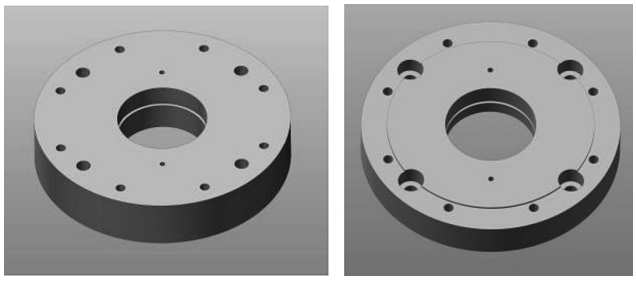


Źródło: Opracowanie własne.

4.4. Dobór materiału na korpus górny i dolny silnika oraz obróbka korpusu

W pierwszym kroku określono wymiary i kształt korpusów oraz dobrano materiał w postaci wałka Φ120 ze stopu aluminium AlSi1Fe (PN-79/H-88026). Krążki z tego wałka zostały ucięty na pile taśmowej i obrobione na tokarce konwencjonalnej. Otwory dla mocowania enkodera oraz łapy trzymającej urządzenie zostały wykonane na centrum obróbczym CNC. Wykonane zostały również gniazda na łożyska skośne 7004 (rys. 13) oraz pierścień uszczelniający Simmerring 20x47x7), a także rowek na pierścień osadczy W-47 (SEGER)). Wykonano również „zamek" o średnicy 96 mm mający za zadanie ustalenie silnika w osi korpusu. Proces technologiczny korpusu górnego przedstawiono w tabeli 1, a dolnego ze względu na podobieństwo pominięto. Model korpusów przedstawia rysunek 7, natomiast rysunek wykonawczy korpusu D.CH-01.01 z wymiarami oraz tolerancjami otworów został dołączony w załączniku na końcu pracy.

Rysunek 7. Korpus górny i dolny (widoki skośnie z góry) – symulacja 3D



Źródło: Opracowanie własne.

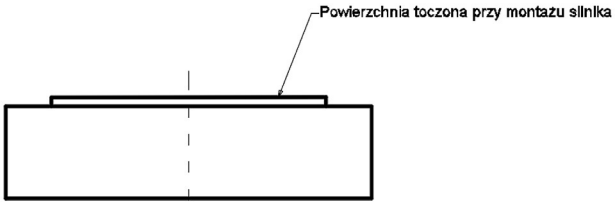
Tabela 1.
Karta technologiczna górnego korpusu silnika

PWSZ we Włocławku, Instytut Nauka Społecznych i Technicznych, Zakład Mechaniki i Budowy Maszyn	KARTA TECHNOLOGICZNA Nazwa części: Korpus górny		Nr rys. D.CH-01.01
Opracował: Dawid Chmielewski	Data: 22.11.2018	Półwyrób Wałek Φ120	Produkcja jednostkowa (szt. 1)
L.p.	**Treść operacji:**		**Stanowisko**
10	Cięcie		Piła taśmowa
20	Toczenie kształtujące		Tokarka produkcyjna
30	Wiercenie i gwintowanie		Centrum obróbcze CNC
40	Kontrola ostateczna		K.T

Źródło: Opracowanie własne

Powierzchnia korpusu dolnego na której będzie oparty silnik musi być toczona do wyeliminowania luzu w układzie łożyskowym, dlatego należy wykonywać to stopniowo przy wstępnym montażu (rys. 8).

Rysunek 8. Korpus dolny (szkic pomocniczy)



Źródło: Opracowanie własne.

Rysunek 9. Kołek zabezpieczający obrót (widok skośnie z góry) – symulacja 3D

Źródło: Opracowanie własne.

4.5. Kołki zabezpieczające i ich obliczenie wytrzymałościowe

Kołki zabezpieczające (rys. 9 oraz załącznik D.CH-01.03) mają za zadanie awaryjne zatrzymanie obrotu efektora, gdyby ten przekroczył wymagany zakres ruchu wynoszący 180°. Wykonane są one z pręta gwintowanego M6 z frezowanym zamkiem służącym do wkręcenia. Kołki wykonano ze stali 30HGS (dobrana z tabeli 3). Według projektu będą wkręcone w dolny korpus silnika.

Sprawdzenie wytrzymałościowe kołka zabezpieczającego. Kołek zabezpieczający jest obciążony zginaniem i jego obliczenie sprowadza się do sprawdzenia warunku:

$$\boldsymbol{\sigma_g} = \frac{M_g}{W_x} = \frac{7000\ \text{Nmm}}{11{,}54\ \text{mm}^3} = 606{,}6\ \text{MPa} < kg = 745\ \text{MPa} \quad (1)$$

Źródło: Osiński Z. i inni: Podstawy konstrukcji maszyn, PWN Warszawa, 20102.

Wniosek : wytrzymałość kołka jest wystarczająca.

[2] Osiński Z. i inni: Podstawy konstrukcji maszyn, PWN Warszawa, 2010.

4.6. Wał napędowy, jego sprawdzenie wytrzymałościowe oraz sprawdzenie łożysk

Wał napędowy jest elementem projektowanego urządzenia. Wykonany w kształcie walca, obracający się wokół własnej osi wraz z zamocowanymi na nim elementami służącymi do przenoszenia momentu obrotowego pochodzącego z napędu. W niniejszym projekcie na wale zamocowany jest efektor służący do przenoszenia torebek foliowych. Zaprojektowany wał (rys. 10) wykonany jest ze stali konstrukcyjnej S235 JR (St3S) i jest spawany (metodą TIG w osłonie gazów) z podkładką (rys. 11) posiadającą otwory przez które wał przykręcony jest do rotora silnika.

Obliczenie wytrzymałościowe samego wałka sprowadza się do:
$k_{rj} = k_{cj}$ = 65 MPa (dla stali S235)
P – siła wzdłużna (P = 147,15 N)
A – pole przekroju (A = 20)
Ms = 7 Nm = 7000 Nmm
Wo – wskaźnik wytrzymałości przekroju na skręcanie

$$б_r = \frac{P}{A} = \frac{147{,}15\ \mathrm{N}}{20\ \mathrm{mm}^2} = 7{,}4\ \mathrm{MPa} \quad (6)$$

$$\tau_s = \frac{M_s}{W_o} = \frac{7000\ \mathrm{Nmm}}{1570\ \mathrm{mm}^3} = 4{,}46\ \mathrm{MPa} \quad (7)$$

$$W_o = \frac{\pi d^3}{16} = \frac{3{,}14 * 20^3}{16} = 1570\ \mathrm{mm}^3 \quad (8)$$

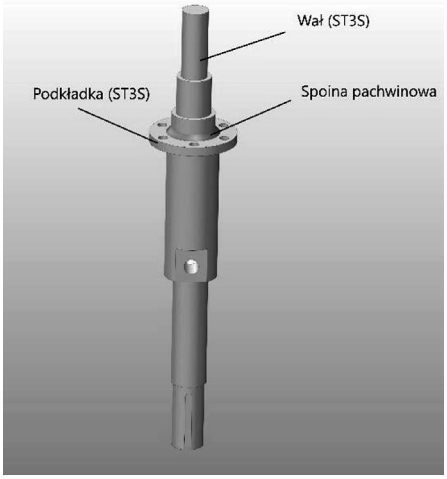
$$\sigma_{zr} = \sqrt{\sigma_r{}^2 + 3 * \tau^2} \leq k_{rj} \quad (9)$$

$$\sigma_{zr} = \sqrt{7{,}4^2 + 3 * 4{,}46^2} = 10{,}69\ \mathrm{MPa} < 65\ MPa \quad (9)$$

Wniosek: wałek wytrzymuje obciążenie.

Obliczenie spoiny pachwinowej (rys. 12) łączącej wałek z podkładką sprowadza się do:
d = 25 mm
a = 1 mm
M = 7 Nm
ksp = 78 MPa

Rysunek 10. Wał napędowy (widok skośnie z góry) – symulacja 3D

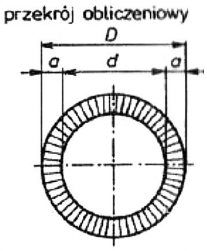


Źródło: Opracowanie własne.

Rysunek 11. Podkładka (widok skośnie z góry) – symulacja 3

Źródło: Opracowanie własne.

Rysunek 12. Przekrój obliczeniowy spoiny[3]



Źródło: Dietrych M. i inni: Podstawy konstrukcji maszyn. WN-T Warszawa, 1999.

$$W_o = \frac{\pi}{16} * \frac{D^4 - d^4}{D} = \frac{3{,}14}{16} * \frac{27^4 - 25^4}{27} = 1023\ \mathrm{mm}^3 \quad (10)$$

$$\tau = \frac{M}{W_o} = \frac{7000\ \mathrm{Nmm}}{1023\ \mathrm{mm}^3} = 6{,}84\ \mathrm{MPa} < ktsp = 78\ \mathrm{MP} \quad (11)$$

Wniosek : spoina przenosi obciążenie.

Obliczenie łożysk wykonano tylko dla skośnego łożyska dolnego, które przenosi siłę wzdłużną (masa wałka wraz z efektorem i torbą) wartość masy obliczono dzięki

[3] *Źródło:* Dietrych M. i inni: Podstawy konstrukcji maszyn. WN-T Warszawa, 1999.

programowi do projektowania „CREO PARAMETRIC 2.0". Górne łożysko skośne służy głównie do ustalenia wałka w osi projektowanego urządzenia. Do obliczeń, przyjęto z katalogu łożysko o średnicy wewnętrznej 20 mm.

Obliczenie nominalnej siły wzdłużnej: (według wzoru nr 3)

m = 15 kg (masa wałka z efektorem i torbą)

g = 9,81 m/s^2 (przyspieszenie ziemskie)

$P_w = m * g + 15 * 9{,}81 = 147{,}15$ N (3)

Zgodnie z założeniami:

Czas pracy łożyska L_h = 29200 h (3 lata)

Prędkość obrotowa n_1 = 1450 obr/min

P = 147,15 N

q = 3 (dla łożysk kulkowych)

$$L_h = \frac{16667}{n_1} \cdot \left(\frac{C_1}{P_1}\right)^{q} \quad (4)$$

$$P = P_w = 147{,}15 \text{ N}$$

$$C_1 = \sqrt[q]{\frac{L_h * n_1 * P_1^3}{16667}} = \sqrt[3]{\frac{29200 * 1450 * 147{,}15^3}{16667}} = 2000 \text{ N} = 2 \text{ kN} \quad (5)$$

Obliczenie obciążenia zastępczego dla łożyska ustalającego według wzoru nr 4 i 5

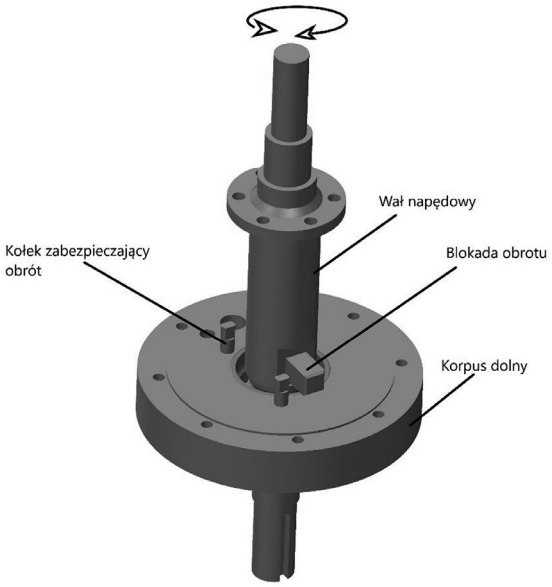
Z katalogu dobrano 2 łożyska kulkowe skośne 7004 (rys. 15). Nośność każdego z nich C = 9,7 kN.

Dla potrzeb projektu, zależnie od wymiarów gniazd łożyskowych, do ustalenia wzdłużnego łożysk dobrano dwa pierścienie osadcze W-47.

4.7. Blokada obrotu i jej obliczenie wytrzymałościowe

Blokada obrotu (na rys. 13) działa awaryjnie, gdy silnik przekroczy zakres ruchu 180°. Zaprojektowano ją z pręta ø 10 ze stali 15HGM (18CrMo4 – dobranej z tabeli 3). Zakończona jest gwintem M8 dzięki któremu mocowana jest do wałka napędowego.

Rysunek 13. Mechanizm zabezpieczenia obrotu (widok skośnie z góry) – symulacja 3D



Źródło: Opracowanie własne.

Obliczanie wytrzymałości gwintu śruby blokady (naprężenia zredukowane według wzorów 12, 13 i 14).

$k_{cj} = k_{rj} = 160$ MPa

Dane obliczeniowe dobrano z rysunków wykonawczych:

$D_2 = 6{,}6$ mm

$D_{min} = 8$ mm

$$\sigma_c = \frac{4 * P}{\pi * {D_2}^2} = \frac{4 * 147{,}15}{3{,}14 * 6{,}6^2} = 4{,}3 \text{ MPa} \quad (12)$$

$$\tau = \frac{M_s}{W_o} = \frac{16 * M_s}{\pi {D_{min}}^3} = \frac{16 * 7000}{3{,}14 * 8^3} = 69{,}7 \text{ MPa} \quad (13)$$

$$\sigma_{zr} = \sqrt{{\sigma_c}^2 + 3 * \tau^2} \leq k_{cj} \quad (14)$$

$$\sigma_{zr} = \sqrt{4{,}3^2 + 3 * 69{,}7^2} = 120{,}8 \text{ MPa} < 160\ MPa \quad (14)$$

Źródło: Osiński Z. i inni: Podstawy konstrukcji maszyn, PWN Warszawa, 2010 [3][4].

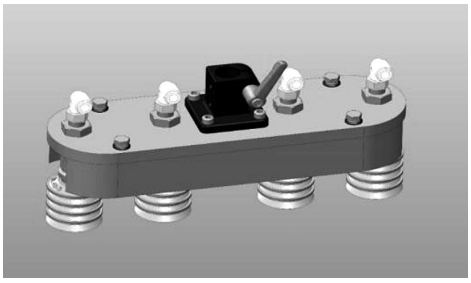
[4] Osiński Z. i inni: Podstawy konstrukcji maszyn, PWN, Warszawa 2010.

Wniosek : wytrzymałość śruby blokady jest wystarczająca.

4.8. Efektor pneumatyczny

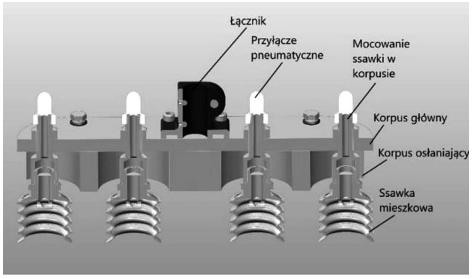
Chwytaki manipulatora to narzędzia mocowane (na stałe lub wymiennie) do ramienia robota. Efektory są obecnie najbardziej zróżnicowaną konstrukcyjnie częścią robotów. Występująca ogromna różnorodność obiektów manipulacji, wielorakość zadań, nowe obszary zastosowań robotów, zmienność parametrów procesu manipulacji i inne aspekty wymagają przemyślanego wyboru właściwego chwytaka. Wybór dotyczy zarówno specyfiki pracy (podciśnieniowy, elektromagnetyczny, mechaniczny z siłownikiem pneumatycznym lub silnikiem elektrycznym), oraz uzyskania wystarczającej siły chwytu. Zaprojektowany efektor (rys. 13 i rys. 14) składa się z kilku przedstawionych dalej części połączonych śrubami o łbach 6-kątnych.

Rysunek 14. Efektor pneumatyczny (widok skośnie z góry) – symulacja 3D



Źródło: Opracowanie własne.

Rysunek 15. Efektor pneumatyczny (przekrój wzdłużny) – symulacja 3D

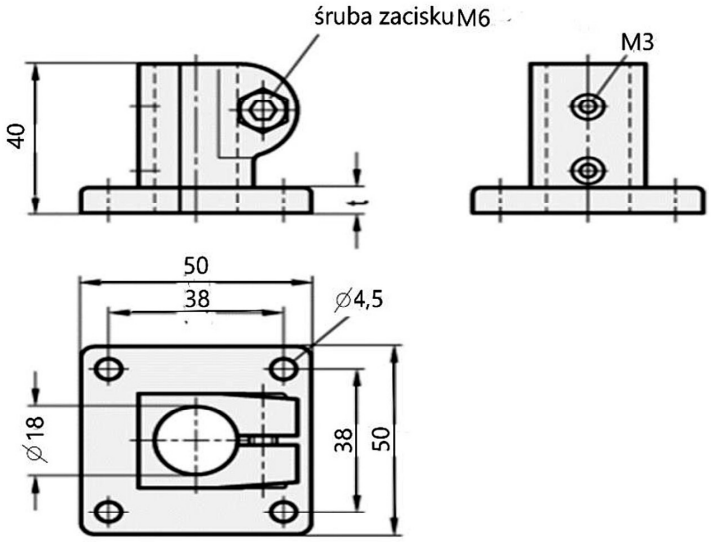


Źródło: Opracowanie własne.

4.9. Łącznik z płytą czołową do mechanizmów przesuwu oraz zestaw zaciskowy

Łącznik z płytą boczną do mechanizmów przesuwu dobrano z katalogu firmy Elesa-Ganter (o numerze katalogowym GN 162.1 – rys. 15). Elementy te są stosowane głównie jako przesuwne. Za pomocą śruby zaciskowej M6, można wyregulować stopień zacisku łącznika odpowiedni do jego płynnego przesuwu po mechanizmie lub zablokować łącznik na mechanizmie po ustawieniu żądanej pozycji. Standardowe śruby zaciskowe, to śruby z łbem walcowym (PN-EN ISO 4762). Mogą być one zastąpione przez zestawy zaciskowe. Śruba M3 służy do blokady obrotu na wałku. Całość przykręcona jest do głównego korpusu ssawek dzięki otworom montażowym Φ 4,5.

Rysunek 16. Schemat montażowy łącznika 162.1



Źródło:https://www.elesa-ganter.pl/produkty/laczniki-do-profili-i-mechanizmy-przesuwu/seria/gn-162-1[5].

4.10. Korpus ssawek

Korpus ten jest głównym elementem konstrukcyjnym efektora. Składa się z dwóch elementów: korpusu głównego (rys. 16) oraz korpusu osłaniającego ssawki (rys. 17) połączonych śrubami M6 o łbach 6-kątnych.

Na korpus główny dobrano materiał w postaci płyty ze stopu aluminium AlSi-1Fe (PN-79/H-88026) o grubość 12 mm. Obie powierzchnie będą frezowane dla wymaganej grubości 10 mm, a otwory wykonane wg. rysunku wykonawczego.

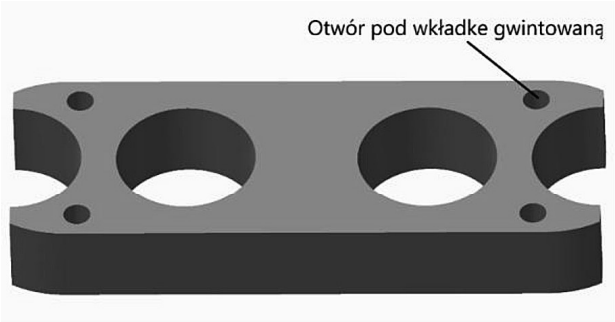
Rysunek 17. Korpus główny ssawek – (widok skośny z góry) – symulacja 3D

Źródło: Opracowanie własne.

[5] https://www.wiking.krakow.pl/wkladkigwintowane/pelne/samogwintujace-z-rowkiem.html.

Na korpus osłaniający ssawki dobrano materiał z rodziny Poliamidów – Boramid biały PA6. Dla wzmocnienia gwintów łączących z korpusem głównym zastosowano wkładki gwintowane M6 (rys. 29), zapobiegające zniszczeniu gwintu.

Rysunek 18. Korpus osłaniający ssawki – (widok skośny z góry) – symulacja 3D



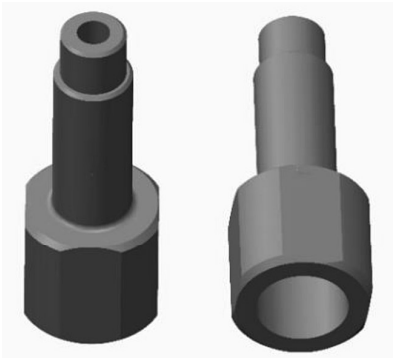
Źródło: Opracowanie własne.

W projekcie zastosowano wkładki gwintowane (rys. 18) z nacięciem pod wkrętak, które zastępują gwint w materiałach miękkich. Wkładki gwintowane mają u dołu kształt stożkowy, co powoduje, że podczas wkręcania w otwór korpusu wygniatają w nim gwint (są samogwintujące)

Rysunek 19. Wkładka gwintowana[6]

Źródło: Opracowanie własne.

Rysunek 20. Trzpień mocujący ssawkę – (widok skośny z góry i dołu) – symulacja 3D



Źródło: Opracowanie własne.

4.11. Trzpień mocujący ssawkę

Do zamocowania ssawek przewidziano trzpień (rys. 20) wykonany z pręta sześciokątnego ze stali nierdzewnej OH18N9.

[6] https://www.wiking.krakow.pl/wkladkigwintowane/pelne/samogwintujace-z-rowkiem.html.

4.12. Ssawki

Rysunek 21. Ssawki BL40-3 – (widok skośny z góry i dołu) – symulacja 3D

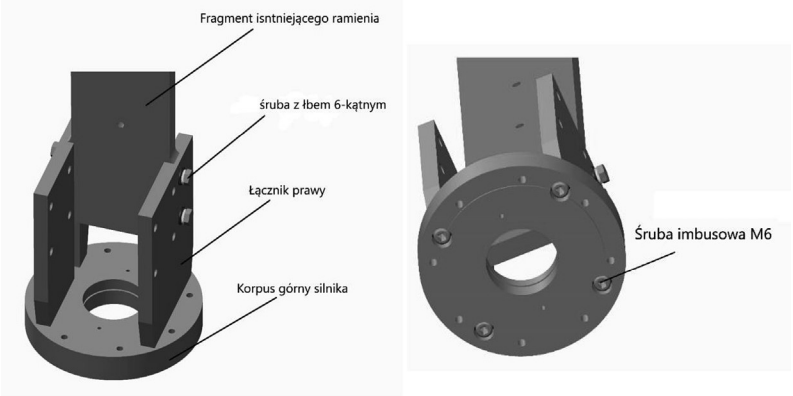
Źródło: Opracowanie własne.

Ssawki typu BL40-3 (rys. 21) zostały dobrane dla potrzeb projektu dzięki sugestii przedstawiciela firmy PIAB. Cechuje je wysoka przepustowość przepływu podciśnienia wymaganego w transporcie plastikowych toreb. Są one także odpowiednie do chwytania powierzchni nierównych i regulacji poziomu. Podwójna twardość materiału DURAFLEX®, z którego wykonana jest ssawka powoduje, że jest ona mocna i stabilna, a jednocześnie miękka i elastyczna. Przyssawki z tego materiału łączą w sobie elastyczność gumy i odporność na zużycie poliuretanu. Materiał ten również nie pozostawia śladów na przenoszonym przedmiocie.

4.13. Łącznik

Modernizacja manipulatora bramkowo-liniowego wymagała także wyposażenia urządzenia w łącznik, który połączy zaprojektowany przegub obrotowy z istniejącym ramieniem manipulatora. Łącznik (rys. 21) został zaprojektowany w postaci dwóch płaskowników, które są przykręcone do górnego korpusu silnika dwoma śrubami imbusowymi M6, oraz do ramienia manipulatora za pośrednictwem dwóch śrub M6 o łbie 6-kątnym.

Rysunek 22. Łącznik przegubu – (widok skośny z góry i z dołu) – symulacja 3D



Źródło: Opracowanie własne.

4.14. Enkoder

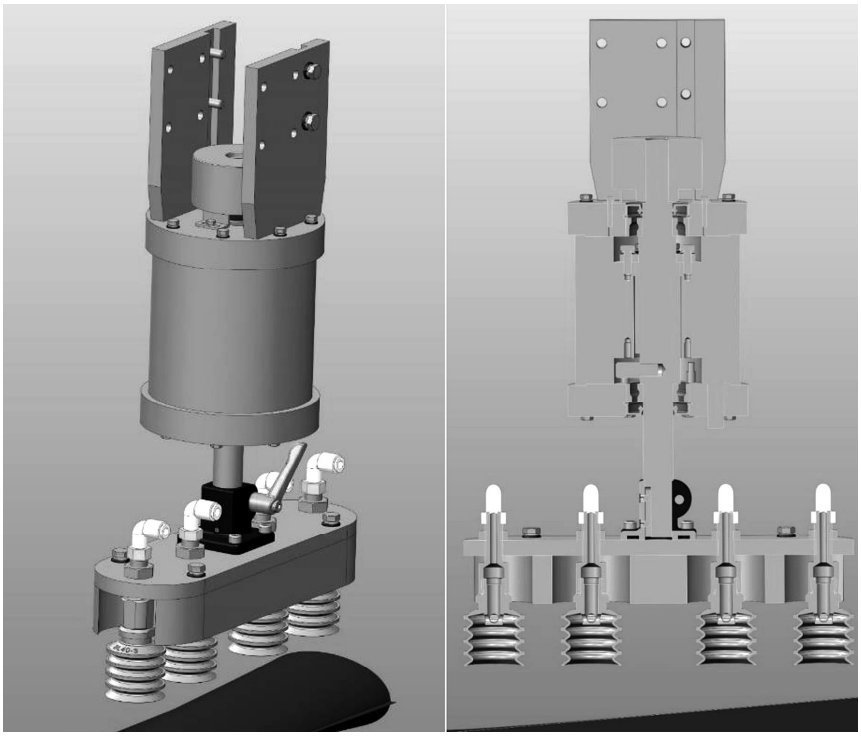
Enkoder to urządzenie, które poprzez sygnał elektryczny potrafi obliczyć długość przebytego ciała przekształcając jego ruch obrotowy na ruch liniowy bądź odwrotnie. Posiada możliwość określenia pozycji kątowej, przesunięcia lub ilości obrotów. Parametr, który go charakteryzuje to ilość impulsów na obrót. W praktyce jest to od kilkudziesięciu do kilkuset impulsów. W projektowanym urządzeniu enkoder będzie liczył ruch obrotowy wałka określając jego położenie kątowe.

Enkoder (rys. 23) został dobrany w dziale konstrukcji-automatyki wspólnie z inżynierem prowadzącym projekt manipulatora bramkowo-liniowego. Założenia konstrukcyjne spełnił enkoder inkrementalny SFS60-HPKT0K02 firmy SICK. W projekcie zamocowany on jest na górnej części korpusu silnika dwoma śrubami M3.

4.15. Symulacja 3D kompletnego projektu

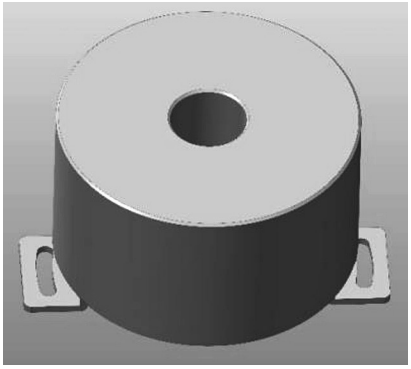
Zaprojektowany przegub obrotowy w formie symulacji 3D w widoku i przekroju przedstawia rysunek 24.

Rysunek 23. Kompletny przegub obrotowy (widok skośnie z przodu i przekrój) – symulacja 3D



Źródło: Opracowanie własne.

Rysunek 24. Enkoder inkrementalny – (widok skośny z góry) – symulacja 3D



Źródło: Opracowanie własne.

5. Podsumowanie

Wykonany projekt przedstawia konstrukcję przegubu obrotowego wraz z efektorem pneumatycznym do przenoszenia torebek foliowych typu „Doypack".

Dobrano odpowiedni materiał na elementy urządzenia i zaprojektowano ich kształty. Określono wymiary i tolerancje opierając się na również dobranym silniku momentowym.

Sprawdzono warunki wytrzymałościowe dla części narażonych na siły przeciążeniowe i niszczące.

Opracowano model gotowego projektu w symulacji 3D oraz jego poszczególnych elementów.

Wykonano również rysunki wykonawcze elementów urządzenia na podstawie modelu 3D oraz założeń konstrukcyjnych. Dokumentację tę dostarczono firmie „Radpak" z zamiarem wykonania elementów przegubu.

Wykonanie obrotnicy według projektu objętego niniejszą pracą i jej zastosowanie zwiększy wydajność układania torebek typu „Doypack" w kartonach zbiorczych.

Urządzenie zostanie wykonane, gdy zakład będzie posiadał wolne moce przerobowe.

Bibliografia:

1. Dietrych M. i inni: Podstawy konstrukcji maszyn. WN-T Warszawa, 1999.
2. Dziurski A i inni: Przykłady obliczeń z podstaw konstrukcji maszyn, WN-T Warszawa 2012.
3. Osiński Z. i inni, Podstawy konstrukcji maszyn, PWN, Warszawa, 2010.
4. Źródło: Marciniak Z., Konstrukcja wykrojników, Warszawa, Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, 1970
5. http://pfmrc.eu [dostęp na 14.01.2019].

6. http://www.protim.pl [dostęp na 14.01.2019].
7. http://www.radpak.pl [dostęp na 20.08.2018].
8. https://www.hiwin.pl [dostęp na 14.08.2018].
9. http://www.skf.com/pl [dostęp na 14.08.2018].
10. http://www.pkm.edu.pl [dostęp na 13.12.2018].
11. https://www.albeco.com.pl [dostęp na 14.09.2018].
12. https://www.elesa-ganter.pl [dostęp na 18.11.2018].
13. https://www.wiking.krakow.pl [dostęp na 18.11.2018].
14. https://www.piab.com/pl [dostęp na 14.12.2018].