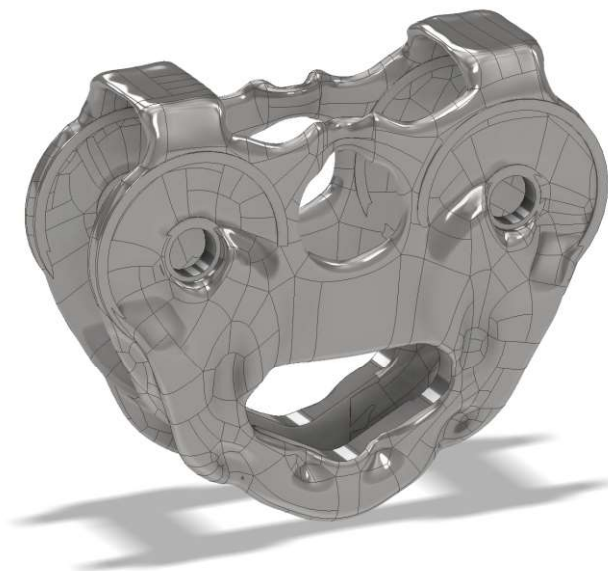




**KATEDRA MECHANIKI
I INŻYNIERII OBLICZENIOWEJ**
WYDZIAŁ MECHANICZNY TECHNOLOGICZNY POLITECHNIKA ŚLĄSKA

Studencka Konferencja Naukowa

**METODY
KOMPUTEROWE
2021**



Gliwice 2021

Katedra Mechaniki i Inżynierii Obliczeniowej
Wydział Mechaniczny Technologiczny
Politechnika Śląska

Studencka Konferencja Naukowa
„METODY KOMPUTEROWE – 2021”

Gliwice, wrzesień 2021 r.

Katedra Mechaniki i Inżynierii Obliczeniowej

Wydział Mechaniczny Technologiczny

Politechnika Śląska

ul. Konarskiego 18A, 44-100 Gliwice

tel.: 32 237 12 04, fax: 32 237 12 82

Komitety Naukowy:

Prof. dr hab. inż. Ewa Majchrzak

Prof. dr hab. inż. Antoni John

Prof. dr hab. inż. Piotr Fedeliński

Dr hab. inż. Witold Beluch, Prof. PŚ

Dr hab. inż. Adam Długosz, Prof. PŚ

Dr hab. inż. Grzegorz Działkiewicz, Prof. PŚ

Dr hab. inż. Marek Jasiński, Prof. PŚ

Dr hab. inż. Grzegorz Kokot, Prof. PŚ

Dr hab. inż. Waław Kuś, Prof. PŚ

Dr hab. inż. Jerzy Mendakiewicz, Prof. PŚ

Dr hab. inż. Marek Paruch, Prof. PŚ

Dr hab. inż. Alicja Piasecka-Belkhat, Prof. PŚ

Dr hab. inż. Arkadiusz Poteralski, Prof. PŚ

Dr hab. inż. Jacek Ptaszny, Prof. PŚ

Dr hab. inż. Mirosław Szczepanik, Prof. PŚ

Komitety Organizacyjny:

Prof. dr hab. inż. Piotr Fedeliński

Dr hab. inż. Adam Długosz, Prof. PŚ

Dr hab. inż. Grzegorz Działkiewicz, Prof. PŚ

Dr hab. inż. Jacek Ptaszny, Prof. PŚ

Dr inż. Waldemar Mucha

Dr inż. Witold Ogierman

Mgr inż. Natalia Molęda

Mgr inż. Olaf Popczyk

Mgr inż. Tomasz Schlieter

Mgr inż. Anna Skorupa

Mgr inż. Mikołaj Stryczyński

Mgr inż. Barbara Ciszynska

Inż. Katarzyna Tomiczek

Mgr inż. Maria Zadoń

Komitety Redakcyjny:

Dr hab. inż. Grzegorz Działkiewicz, Prof. PŚ

Dr hab. inż. Jacek Ptaszny, Prof. PŚ

Wydanie zeszytów naukowych zostało sfinansowane przez MESco Sp. z o. o. w Bytomiu.

Rysunek na okładce wykonał inż. Wojciech Kokot, Autor artykułu na stronie 65.

ISBN 978-83-951185-2-4

Artykuły opublikowano na podstawie oryginałów dostarczonych przez Autorów.

Druk i oprawę wykonano w Wydawnictwie Politechniki Śląskiej.

Nakład 100 egz. Druk ukończono we wrześniu 2021 r.

Wstęp

Zeszyt naukowy zawiera 37 artykułów prezentowanych na piętnastej Studenckiej Konferencji Naukowej „Metody Komputerowe”, odbywającej się 23 września 2021 roku na Wydziale Mechanicznym Technologicznym Politechniki Śląskiej w Gliwicach. Konferencję zorganizowali studenci i pracownicy Katedry Mechaniki i Inżynierii Obliczeniowej Politechniki Śląskiej. Publikacje dotyczą zastosowania metod komputerowych w różnych dziedzinach techniki, takich jak:

- wspomaganie komputerowe prac inżynierskich,
- wytrzymałość materiałów,
- termodynamika,
- robotyka,
- mechatronika,
- aerodynamika,
- informatyka,
- optymalizacja,
- badania doświadczalne.

Dziękuję studentom za przygotowanie artykułów i prezentacji na konferencję, Komitetowi Naukowemu za troskę o poziom naukowy prac, Komitetowi Redakcyjnemu za przygotowanie zeszytu naukowego do druku i wersji elektronicznej materiałów konferencyjnych, a Komitetowi Organizacyjnemu za przygotowanie obrad konferencji.

Szczególne podziękowania za wsparcie finansowe organizacji konferencji składam przedstawicielom firmy MESco Sp. z o. o.

Duża liczba zgłoszonych artykułów świadczy o znacznej aktywności naukowej studentów i potrzebie organizacji tego rodzaju konferencji. Życzę studentom owocnych dyskusji w czasie konferencji. Mam nadzieję, że udział w niej będzie inspiracją do dalszych badań naukowych.

Opiekun Naukowy Studenckiego Koła Naukowego
„Metod Komputerowych”

Prof. dr hab. inż. Piotr Fedeliński

Gliwice, wrzesień 2021 r.

PROTOTYP CHWYTAKA ROBOTA EKSPLORACYJNEGO

inż. MICHAŁ FRONŃ,

Automatyka i Robotyka, semestr I, 2 stopień

Opiekun naukowy: dr hab. inż. Piotr Przystalka, Prof. PŚ, dr inż. Wawrzyniec Panfil

Streszczenie. Niniejszy artykuł prezentuje wyniki prac przeprowadzonych w ramach procesu projektowego prototypu chwytaka przeznaczonego do montażu na manipulatorze robota eksploracyjnego. Realizacja projektu jest związana z budową analogu łazika marsjańskiego powstającego na potrzeby startu w największych zawodach studenckich z zakresu robotyki kosmicznej na świecie, dlatego założenia projektowe sformułowane zostały w oparciu o regulamin takiego konkursu. Zakres prac obejmował opracowanie projektu oraz wykonanie pierwszego prototypu, który następnie został poddany wstępnym badaniom weryfikacyjnym.



PROTOTYPE GRIPPER FOR EXPLORATION ROBOT

Abstract. This article presents the results of the work carried out within the design process of the gripper prototype intended for mounting on an exploration robot manipulator. The implementation of the project is related to the construction of an analogue Mars rover created for the purpose of starting in the largest student competition in the field of space robotics in the world, therefore the design assumptions were formulated based on the rules of such a competition. The scope of work included the development of the design and the implementation of the first prototype, which was then subjected to verification tests.

1. Wprowadzenie

Ogromny potencjał robotów mobilnych wykorzystuje się obecnie w różnych dziedzinach życia. Przystosowanie robotów do zadań eksploracyjnych pozwala na prowadzenie badań oraz wszelkiej działalności poznawczej w środowiskach niebezpiecznych lub nieosiągalnych dotąd dla człowieka. Jednym z najniebezpieczniejszych obszarów do eksploracji jest niewątpliwie przestrzeń kosmiczna. Eksploracja obcych planet wiąże się z rozwiązaniem szeregu problemów, które dzisiaj podejmuje coraz więcej naukowców i ośrodków badawczych z całego świata. Jednym z takich wyzwań jest rozwijanie specjalistycznych pojazdów, które sterowane zdalnie bądź w pełni autonomicznie, będą badać obszar planety oraz zbierać niezbędne informacje bez konieczności narażania ludzkiego życia. Budowa takich platform jest zadaniem niezwykle trudnym, wymagającym wysoce wykwalifikowanego i doświadczonego zespołu inżynierów. W celu edukacji oraz przybliżenia studentom uczelni wyższych tematyki kosmicznej powstały międzynarodowe zawody prototypów łazików marsjańskich. Od 2007 roku corocznie organizowanych jest

kilka tego typu wydarzeń na świecie, podczas których roboty zbudowane przez zespoły przyszłych inżynierów mają za zadanie wykonać szereg czynności wzorowanych na rzeczywistej misji łazika planetarnego.

2. Założenia projektowe

Fazę projektową rozpoczęto od określenia wymagań, które musi spełniać chwytak analogu łazika planetarnego, aby wykonać wszystkie zadania, przed którymi może stawać platforma tego typu. Założenie zostały zredagowane na podstawie analizy regulaminu European Rover Challenge [1].

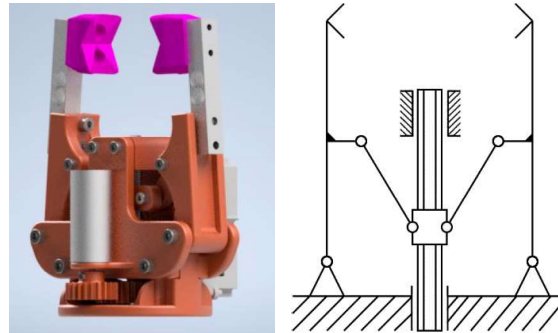
Ze względu na ograniczony udźwig ramienia robotycznego ciężar samego chwytaka musi być minimalizowany. Jednocześnie, robot manipulacyjny musi być w stanie unieść obiekt o stosunku dużym ciężarze, dlatego chwytak musi być w stanie pewnie uchwycić przedmioty o masie co najmniej 1,2 kg. Projektowane urządzenie ma wykazywać się wszechstronnością działania, wszak ma być wykorzystany w robocie eksploracyjnym, który będzie musiał wykonać szereg nieszablonowych zadań. Odległość między dwoma końcówkami szczęk musi być większa od średnicy chwytnych obiektów i przyjęto minimalny rozstaw pomiędzy szczękami na poziomie co najmniej 50 mm. Manipulator łazika będzie współpracował z przedmiotami wykonanymi z różnych materiałów oraz o różnych właściwościach. Niezwykle ważnym wymaganiem dotyczącym chwytaka jest pomiar siły chwytu. Dzięki czujnikom siły delikatne przedmioty nie zostaną zmiażdżone, a stosunkowo ciężkie i nieporęczne zostaną pewnie uchwycone. Podczas projektowania urządzenia należy pamiętać, aby dostarczyć operatorowi informacje o chwilowym stanie mechanizmu. Osoba sterująca robotem musi być świadoma, w jakiej pozycji są szczęki chwytaka oraz czy układ nie jest narażony na ewentualną kolizję z pobliskimi obiektami. Warto, aby wykorzystana w mechanizmie przekładnia zapewniała samohamowność, co wynika z konieczności rozsądnego gospodarowania zużyciem energii. W zastosowaniach mobilnych niewskazane jest korzystanie z rozwiązań, które do utrzymania zadanej pozycji będą zużywały energię z akumulatorów również w stanie biernym. Działanie chwytaka robota eksploracyjnego podczas zawodów ERC sprowadza się również do poboru różnego rodzaju próbek gruntu. Projektując urządzenie, należy mieć na uwadze stosunkowo łatwą i szybką wymianę końcówek chwytnych, które pozwolą na pobranie powierzchniowej próbki gleby.

3. Projekt chwytaka

Opracowana koncepcja (Rys. 1) zakłada chwytak o zmiennym kącie rozwarcia szczęk, z wymiennymi końcówkami chwytnymi. Sposób trzymania przedmiotów zależy od obecnie zamontowanych końcówek. Docelowo do chwytu przedmiotów o zróżnicowanych wymiarach wykorzystane zostaną końcówki elastyczne, pozwalające na chwyt siłowo-kształtowy, natomiast do pobierania próbek powierzchniowych gleby zakłada się użycie szczęk-łyżek o geometrii zbliżonej do tych stosowanych w koparkach budowlanych. Za rozwarcie szczęk odpowiada przemieszczenie nakrętki, która prowadzona jest po śrubie trapezowej. Za wymuszenie odpowiada silnik DC. Takie rozwiązanie pozwala na uzyskanie samohamownej przekładni przy mniejszym (w porównaniu np. do silników krokowych) zużyciu energii elektrycznej.

W obliczeniach inżynierskich wykorzystane zostało oprogramowanie *Autodesk Inventor Professional 2020*. Do wyznaczenia charakterystyk ruchu wykorzystany został moduł *Motion*, do obliczeń przekładni walcowej – *Spur Gears Component Generator*, a do analizy wytrzymałościowej najbardziej obciążonej części - *Inventor Nastran*.

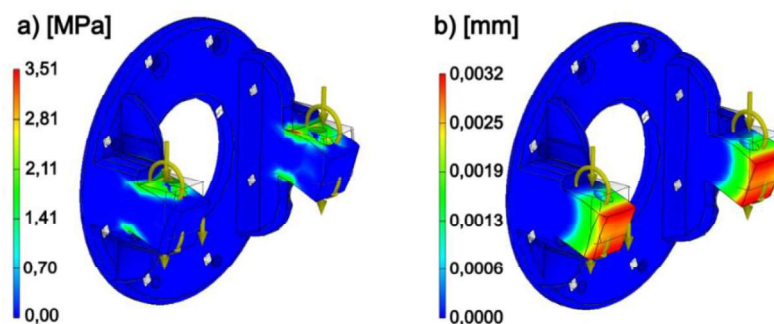
Obliczenia projektowe rozpoczęto od wyznaczenia ruchliwości mechanizmu. Otrzymany wynik potwierdził, że do wymuszenia ruchu w tym mechanizmie wystarczy jeden napęd. Następnie, na podstawie rozkładu sił normalnych podczas chwytania, wyznaczono wartość siły potrzebnej do pewnego uchwycenia przedmiotu o wymaganym ciężarze. Na podstawie tej wartości z wykorzystaniem modułu *Motion* określono, jaki moment musi być przyłożony do śruby pociągowej, co ostatecznie pozwoliło na zmodelowanie przekładni walcowej z wykorzystaniem generatora przekładni.



Rys. 1. Model CAD (po lewej) oraz schemat kinematyczny (po prawej) projektu chwytaka
 Fig. 1. CAD model (left) and kinematic diagram (right) of the gripper design

Obliczenia zostały uzupełnione podglądową analizą wytrzymałościową potencjalnie najbardziej obciążonej części chwytaka, czyli mocowania do kiści manipulatora. W przeprowadzonym badaniu parametry materiałowe zostały przyjęte na podstawie testów wytrzymałościowych próbki wykonanej w tej samej technologii i materiału o zbliżonych właściwościach [2]. Przyjęto materiał izotropowy o Module Younga równym 295 MPa, współczynnika Poissona o wartości 0,42 oraz granicy plastyczności na poziomie 20 MPa. W symulacji przyjęto następujący system jednostek: mm/N/MPa.

W modelu numerycznym wykorzystano siatkę elementów skończonych typu TETRA, składającą się z 8419 elementów oraz 14571 węzłów. Średnia wielkość elementów wynosiła 9 mm, przy współczynniku gradacji na poziomie 1,5 oraz maksymalnym kącie trójkąta siatki: 60 st. Jako warunek brzegowy unieruchomione zostały węzły odpowiadające powierzchni styku chwytaka z kiścią manipulatora. Ponadto, układ został obciążony siłą 20 N i momentem 2590 Nmm. Wartości zostały wyliczone na podstawie schematu statycznego, który zakładał belkę obciążoną dwoma siłami: siłą ciężkości, wynikającą z masy podnoszonej próbki oraz siłą ciężkości, wynikającą z masy samego chwytaka.



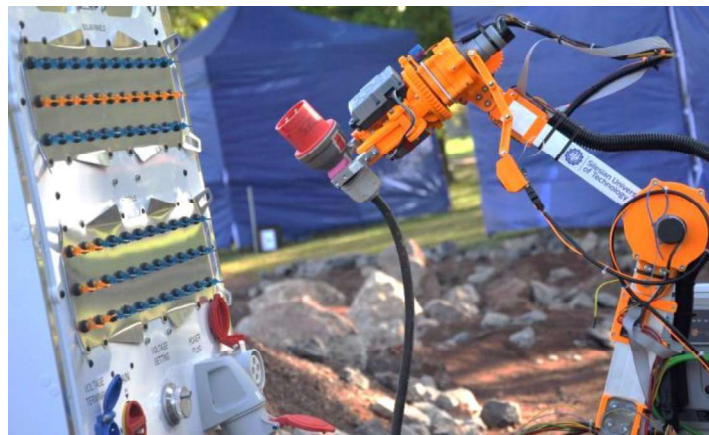
Rys. 2. Wyniki analizy wytrzymałościowej. a) rozkład naprężenia zredukowanego Hubera-Misesa (w MPa). b) rozkład przemieszczeń (w mm)

Fig. 2. Strength analysis results. a) Huber-Mises reduced stress distribution (in MPa). b) displacement distribution (in mm)

W wyniku przeprowadzonej analizy wytrzymałościowej uzyskano mapę naprężeń zredukowanych Hubera-Misesa (Rys. 2a) oraz mapę przemieszczeń (Rys. 2b). Największe występujące naprężenia o wartości około 3,5 MPa nie przekraczają granicy plastyczności wykorzystanego materiału (20 MPa). Co więcej, przyjmując za wartość graniczną przemieszczenie równe 0,09 mm [2] uzyskana wartość przemieszczenia potwierdza, że badany element bez problemu poradzi sobie z obciążeniami, które będą występować w czasie działania robota manipulacyjnego.

4. Podsumowanie

Na podstawie modelu wykonany został pierwszy prototyp chwytaka (Rys. 3.). Do wykonania większości części została wykorzystana addytywna technologia wytwarzania, skracająca proces wytwórczy oraz minimalizująca masę układu.



Rys. 3. Wykonany prototyp chwytaka
Fig. 3. The actual gripper prototype

Zastosowane środowisko obliczeniowe pozwoliło na przeprowadzenie stosunkowo szybkiej analizy wytrzymałościowej zaprojektowanych wcześniej części. Otrzymane rezultaty należało traktować jedynie podglądowo ze względu na niejednoznaczne właściwości wytrzymałościowe części wytworzonych w technologii druku 3D, dlatego wykonany prototyp został poddany szeregowi testów. Czynności weryfikacyjne zakładały zarówno ocenę wytrzymałości otrzymanej konstrukcji jak i weryfikację układu sterowania i ogólnego działania układu. Ostatecznie testy weryfikacyjne potwierdziły, że dla takiego zastosowania nie było potrzeby przeprowadzania bardziej szczegółowej analizy wytrzymałościowej.

Zaproponowane rozwiązanie, dzięki możliwości szybkiej wymiany szczęk, nadaje się zarówno do zastosowań ogólnego przeznaczenia, ale może okazać się również skuteczne do zadań specjalizowanych, gdzie wymagany jest konkretny kształt końcówek chwytanych.

Literatura

1. European Rover Challenge. Strona Organizatora. <https://roverchallenge.eu/> (dostęp z dn. 08.06.2021)
2. Żur A., Żur P., Baier A., Kokot G. Optimization of abs 3d-printing method and parameters. European Journal of Engineering Science and Technology, 3:44–51, 2020.
3. Froń M. Prototyp chwytaka manipulatora robota eksploracyjnego. Projekt inżynierski, Katedra Podstaw Konstrukcji Maszyn, Politechnika Śląska, 2021.