

Politechnika Śląska
Wydział Mechaniczny Technologiczny
Katedra Podstaw Konstrukcji Maszyn

ROZPRAWA DOKTORSKA

**Pojazd manualny dla dzieci z niepełnosprawnością ruchową o konstrukcji
zoptymalizowanej do wytwarzania generatywnego**

mgr inż. Aleksandra Mikulíková
Inżynieria Mechaniczna

PROMOTOR

dr hab. inż. Marek Wyleźół, prof. PŚ

PROMOTOR POMOCNICZY

dr inż. Małgorzata Muzalewska

Gliwice 2024

Pojazd manualny dla dzieci z niepełnosprawnością ruchową o konstrukcji zoptymalizowanej do wytwarzania generatywnego

mgr inż. Aleksandra Mikulíková

Rozprawa doktorska - streszczenie

Niniejsza rozprawa doktorska dotyczyła synergicznego połączenia kilku dyscyplin: inżynierii mechanicznej, ergonomii, optymalizacji topologicznej oraz wytwarzania addytywnego. Wszystkie te dziedziny posłużyły do opracowania konstrukcji oraz wytworzenia prototypu autorskiego pojazdu napędzanego ręcznie, służącego do samodzielnego przemieszczania się dzieci z niepełnosprawnością ruchową kończyn dolnych w wieku od ok. 9 miesiąca życia do ok. 4 lat.

W przeglądzie literatury przeanalizowano historię i konstrukcję wózków inwalidzkich oraz przeprowadzono analizę rozwiązań dostępnych na rynku i skierowanych dla najmłodszych użytkowników.

Kluczowe zagadnienia związane z procesem projektowo-technologicznym obejmowały m.in. analizę istniejących badań dotyczących zastosowań optymalizacji topologicznej w procesie konstruowania oraz przegląd technologii wytwarzania ze szczególnym uwzględnieniem technologii FDM.

Zakres merytoryczny dysertacji obejmuje część projektowo-technologiczną oraz część badawczą. Część pierwsza dotyczyła etapów: koncyptowania, projektowania, konstruowania oraz wytworzenia w pełni funkcjonalnego prototypu pojazdu za pomocą technologii FDM. Natomiast część badawcza dotyczyła procesu optymalizacji topologicznej rozkładu tworzywa we wnętrzach poszczególnych komponentów pojazdu (przy zachowaniu wcześniej ustalonych form zewnętrznych) w kontekście różnych stanów obciążeń wózka. Wszystkie w ten sposób uzyskane postaci elementów wózka zostały zweryfikowane wytrzymałościowo z użyciem metody analizy elementów skończonych przy różnych stanach obciążeń.

Jak wcześniej wspomniano, głównym celem projektowym rozprawy doktorskiej było skonstruowanie pojazdu manualnego przeznaczonego dla dzieci z dysfunkcją kończyn, który napędzany ręcznie zapewni dzieciom samodzielność w przemieszczaniu się. W konstrukcji pojazdu uwzględniono przede wszystkim niezbędne cechy ergonomiczne, aby zapewnić łatwość jego użytkowania przy uwzględnieniu zmieniających się rozmiarów użytkownika.

Przeprowadzone badania skoncentrowały się na wykorzystaniu optymalizacji topologicznej jako narzędzia programowego do uzyskania pożądanego rozkładu tworzywa we wnętrzach funkcjonalnych komponentów pojazdu. Głównym kryterium optymalizacji topologicznej wypełnień poszczególnych elementów była redukcja ich masy przy jednoczesnym zachowaniu ich wytrzymałości i pożądanej funkcjonalności.

Ponadto pojazd został tak skonstruowany, aby mógł być wytwarzany za pomocą najpopularniejszej współcześnie technologii generatywnej – FDM.

Głównym celem naukowym rozprawy była ocena skuteczności zastosowania optymalizacji topologicznej rozkładu tworzywa we wnętrzach poszczególnych komponentów pojazdu na wszystkich etapach realizacji procesów: projektowania i wytwarzania. Osobnym zagadnieniem była ocena wpływu parametrów druku FDM na wytrzymałość i jakość uzyskanych elementów. Badania obejmowały więc wykonanie szeregu symulacji różnych konfiguracji wypełnienia wewnątrz modeli komponentów wózka oraz ocenę ich wpływu na właściwości mechaniczne docelowych komponentów.

Analiza uzyskanych wyników wykazuje, że zastosowanie optymalizacji topologicznej pozwala na pożądaną redukcję mas komponentów przy jednoczesnym zachowaniu ich wytrzymałości i funkcjonalności. Wykonano modele wirtualne elementów z odwzorowaniem wszystkich cech charakterystycznych dla wytwarzania z użyciem technologii FDM oraz efektów optymalizacji topologicznej. Chodzi tu o postaci modeli zawierających dokładne odwzorowanie struktur wypełnienia będących boolowskim iloczynem połączenia postaci pochodzących od optymalizacji topologicznej oraz od wypełnień siatkowych typu grid o gęstości 20%. Modele takie zostały poddane analizie wytrzymałościowej. Wyniki analizy numerycznej porównano z modelami o wypełnieniu standardowym siatkowym (typu grid), o gęstości 20%, pełnym oraz skorupowym. Porównanie wyników pozwoliło ocenić skuteczność zastosowanej metody. Analiza wyników przeprowadzonych badań potwierdziła słuszność postawionych też:

- 1) Możliwe jest wytworzenie w pełni funkcjonalnego urządzenia rehabilitacyjnego za pomocą najpowszechniejszej oraz stosunkowo najtańszej technologii przyrostowej - FDM, co ma wpływ na cenę końcową oraz popularyzację możliwości wytwarzania tego typu urządzeń.
- 2) Optymalizacja topologiczna wypełnienia elementów użytkowych autorskiego urządzenia - wytwarzanych za pomocą technologii przyrostowej FDM – umożliwiła uzyskanie struktury wypełnienia odpowiednio wytrzymałej w kontekście zdefiniowanych przypadków obciążeń oraz pozwoliła na minimalizację masy urządzenia.

Wnioski z przeprowadzonych badań potwierdzają obiecujące perspektywy zastosowania optymalizacji topologicznej i technologii druku FDM w projektowaniu i wytwarzaniu obiektów będących dziedziną zainteresowania niniejszej dysertacji.

Dalsze badania powinny skupić się głównie na rozwoju optymalizacji w procesach konstruowania i wytwarzania oraz walidacji opracowanych metod projektowania i analizy w praktycznych zastosowaniach przemysłowych.

Słowa kluczowe: *pojazd dla dzieci z niepełnosprawnością ruchową, Inżynieria Mechaniczna, Inżynieria Rehabilitacyjna, Komputerowe Wspomaganie Projektowania CAD, Druk 3D, Technologie Addytywne, Optymalizacja Topologiczna, Dizajn, Projektowanie Skoncentrowane na Użytkownika, PLA, FDM.*