



Weryfikacja zmęczeniowa podstawy i ramienia karuzeli w programie Autodesk Inventor

L. Sozańska^a, A. Śliwa^b

^a Studentka Politechniki Śląskiej, Wydział Mechaniczny Technologiczny, Instytut Materiałów Inżynierskich i Biomedycznych

email: liwia.sozańska@gmail.com

^b Politechnika Śląska, Wydział Mechaniczny Technologiczny, Instytut Materiałów Inżynierskich i Biomedycznych, Zakład Technologii Procesów Materiałowych, Zarządzania i Technik Komputerowych w Materiałoznawstwie

email: agata.sliwa@polsl.pl

Streszczenie: W pracy przedstawiono analizy zmęczeniowe ramienia oraz podstawy karuzeli. Wstępnie przeprowadzone analizy wytrzymałościowe ramienia i podstawy karuzeli zastosowano w celu określenia miejsc, gdzie występują największe przemieszczenia, spiętrzenia naprężeń, odkształcenia. Wyniki analiz posłużyły do przemodelowania konstrukcji, tak aby zniwelować występujące przemieszczenia, odkształcenia i spiętrzenia naprężeń.

Abstract: The paper presents the analysis of the fatigue of the arm and the base of the carousel. Initially performed analysis of arm strength and the base of the carousel was used to determine the places where there are the greatest displacement, stress concentration, strain. The results of the analyzes were used to remodel the structure, so as to overcome existing displacement, strain and stress concentration.

Słowa kluczowe: weryfikacja zmęczeniowa, wytrzymałość materiałów

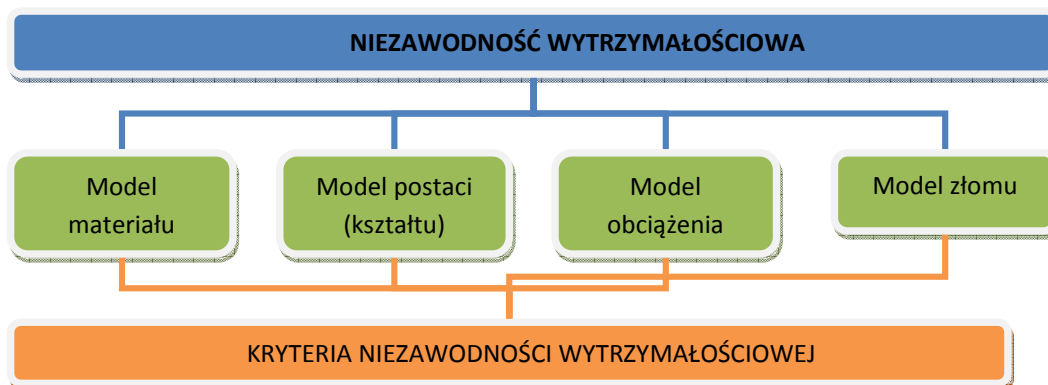
1. WSTĘP

Wytrzymałość materiałów jest nauką zastosowań praktycznych, w której dla ułatwienia analizy zależności między działającymi z zewnątrz siłami a pracą elementu bardzo często stosowane są pewne założenia upraszczające lub metody przybliżone, których słuszność weryfikuje się zwykle w oparciu o wyniki badań eksperymentalnych i teorię sprężystości [1÷10].

Pod wpływem działających obciążeń każde ciało ulega odkształceniu. Gdy obciążenia osiągną zbyt duże wartości mogą spowodować zniszczenie lub odkształcenie elementu konstrukcyjnego, które będzie nieodwracalne. Element taki traci swoje własności użytkowe, co może stanowić zagrożenie dla życia i zdrowia osób które go użytkują. Wytrzymałość materiałów ma za zadanie opracowanie metod oceny zachowania typowych elementów konstrukcyjnych poddanych działaniu obciążeń. Odbywa się to przez kontrolę nośności elementów konstrukcyjnych, które już istnieją bądź są projektowane. Do kontroli tej zalicza się ocenę wytrzymałości (obliczenie wartości i rodzaju naprężeń) oraz ocenę odkształceń

(określanie wartości i rodzaju odkształceń). Elementy muszą spełniać ustalone wymagania praktyczne, które gwarantują odpowiednie bezpieczeństwo oraz sztywność elementu [7÷10].

Współczesną tendencją w rozwoju wytrzymałości materiałów jest zbliżanie się do teorii niezawodności (rys. 1.) polegającą na tym, że element układu (maszyny, budowli) poddany obciążeniom eksploatacyjnym nie ulega nadmiernej deformacji lub pęknięciu (czyli złomowi). Miarą niezawodności jest współczynnik bezpieczeństwa [7÷10].



Rysunek 1. Schemat niezawodności wytrzymałościowej [9]

Figure 1. Schematic of reliability endurance [9]

Pracę inżyniera wspomaga wiele programów, w obecnej chwili praktycznie każdy element procesu wytwórczego może być usprawniony przy użyciu komputera [11÷17]. Programy typu CAD wspomagają projektowanie, pozwalają między innymi na tworzenie projektów trójwymiarowych, tworzenie rysunków złożeniowych itd. W programach CAD możliwe są również obliczenia teoretyczne, które pozwalają po wykonaniu detalu w środowisku CADowskim wykonać różnego rodzaju obliczeń i symulacji przy użyciu komputera.

Autodesk Inventor jest programem komputerowym typu CAD w którym możliwe jest zamodelowanie projektowanego urządzenia jako modelu 2D. Na podstawie takiego modelu można wykonać rysunki złożeniowe, wykonawcze oraz poglądowe. Do podstawowych modułów programu zalicza się:

- moduł do tworzenia części (.ipt),
- moduł do tworzenia złożów (.iam),
- moduł do tworzenia dokumentacji (.idw).

Na ogół projektując nowe konstrukcje dobiera się materiały w oparciu o istniejące rozwiązania. W związku z tym projektant powinien dobrze poznać własności materiałów i umieć je prawidłowo interpretować, jak również umiejętnie posługiwać się doświadczeniem i intuicją konstruktorską.

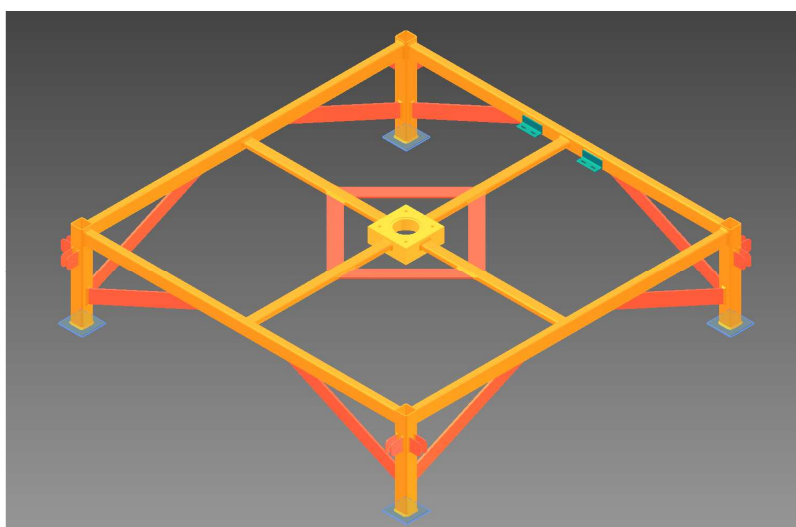
2. ANALIZA ZMĘCZENIOWA PODSTAWY KARUZELI

W pierwszej kolejności przybliżone zostały zagadnienia weryfikacji zmęczeniowej podstawy karuzeli wykonanej ze stalowych rur, zastosowana została stal S224J0 (rys. 2). Siła jaka działa na podstawę, jest to siła 1425,63 N, która wywołana jest ciężarem górnej części karuzeli wraz z czwórką dzieci, gdzie waga jednego dziecka wynosi 24 kg. Z analizy wynika, że ugięcie podstawy pod działaniem obciążenia wynosi maksymalnie 1,255 mm (rys. 3a). Wartość naprężenia wynosiła aż 212,7 MPa (rys. 3b), natomiast odkształcenia 0,001175 ul

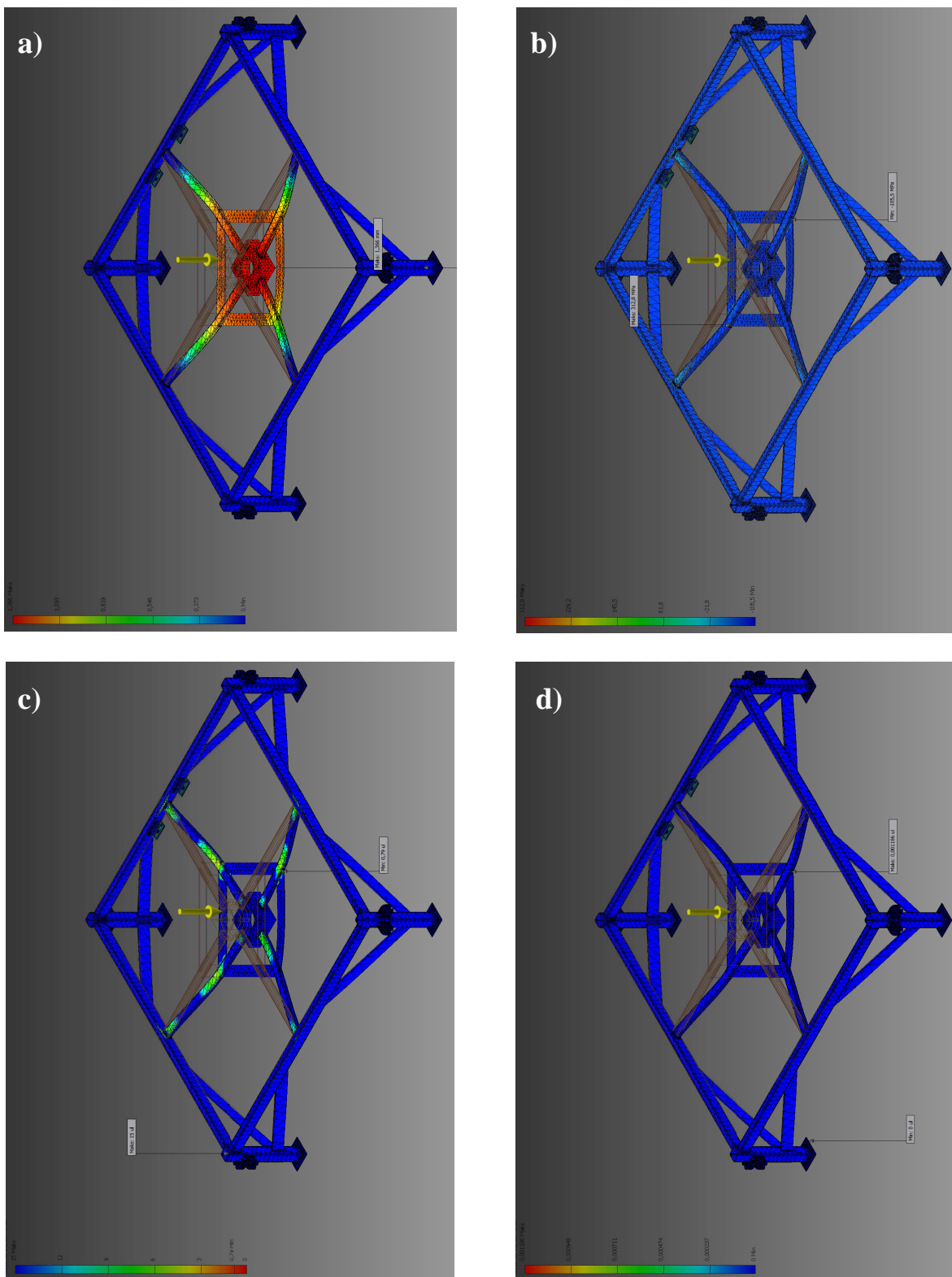
(rys. 3d). Współczynnik bezpieczeństwa w miejscu najbardziej obciążonym był bardzo niski i wynosił 0,68 ul (rys. 3c). Aby zmniejszyć ugięcie, naprężenia i odkształcenia zastosowano dodatkowe podpory, stabilizujące podstawę. Rysunek 5 przedstawia analizę po dodaniu dodatkowych podpór. Po zastosowaniu dodatkowych podpór ugięcie zmniejszyło się do 0,05524 mm (rys. 4a), a więc pod działaniem obciążenia przemieszczenie zmniejszyło się znacznie. Dodanie dodatkowych podpór korzystnie wpłynęło również na naprężenia, odkształcenia i współczynnik bezpieczeństwa. Wartości naprężenia zmniejszyły się do 25,37 MPa (rys. 4b), natomiast odkształcenia do 1,288·9-3 ul (rys. 4d). Wartość współczynnika bezpieczeństwa w miejscu gdzie występuje największe obciążenie wzrosła do 4,88 ul (rys. 4c). Dodanie do ramy dodatkowych podpór poprawiło sztywność podstawy, tym samym stała się bardziej stabilna i bardziej odporna na przemieszczenia.

3. ANALIZA ZMĘCZENIOWA RAMIENIA KARUZELI

Przybliżone zostały analizy ramienia karuzeli wykonanego ze stopu aluminium AlMg1SiCu (5051) (rys. 6). Siła 283,2 N która działa na ramię karuzeli powodując jej ugięcie to siła z jaką oddziałuje ciężar jednego dziecka siedzącego na krzeselku zawieszonym na ramieniu karuzeli. Z analizy wynika bardzo duże przemieszczenie pod wpływem obciążenia zawieszzonego na ramieniu karuzeli wynoszące aż 62,38 mm (rys. 7a). Wartość naprężenia wynosiła 372,5 MPa (rys. 7b), natomiast odkształcenia 0,0901 ul (Rys. 7d). Współczynnik bezpieczeństwa w miejscu najbardziej obciążonym wynosił 0,06 ul (rys. 7c). Aby zminimalizować przemieszczenie, naprężenie oraz odkształcenie zastosowano podpórę (rys. 8), która ma je niwelować i przeprowadzono powtórna analizę, której wyniki przedstawiono na rysunku 9. Po zastosowaniu dodatkowych podpór ugięcie zmniejszyło się do 0,7774 mm (rys. 9a), a więc pod działaniem obciążenia przemieszczenie zmniejszyło się znacznie. Dodanie dodatkowych podpór korzystnie wpłynęło również na naprężenia, odkształcenia i współczynnik bezpieczeństwa. Wartości naprężenia zmniejszyły się do 31,227 MPa (rys. 9b), natomiast odkształcenia do 8,785·9-3 ul (rys. 9d). Wartość współczynnika bezpieczeństwa w miejscu gdzie występuje największe obciążenie zmienił swoją wartość na 0,62 ul (rys. 9c). Ramię karuzeli stało się bardziej stabilne i mniej podatne na ugięcie. Zmniejszyły się naprężenia oraz odkształcenia.

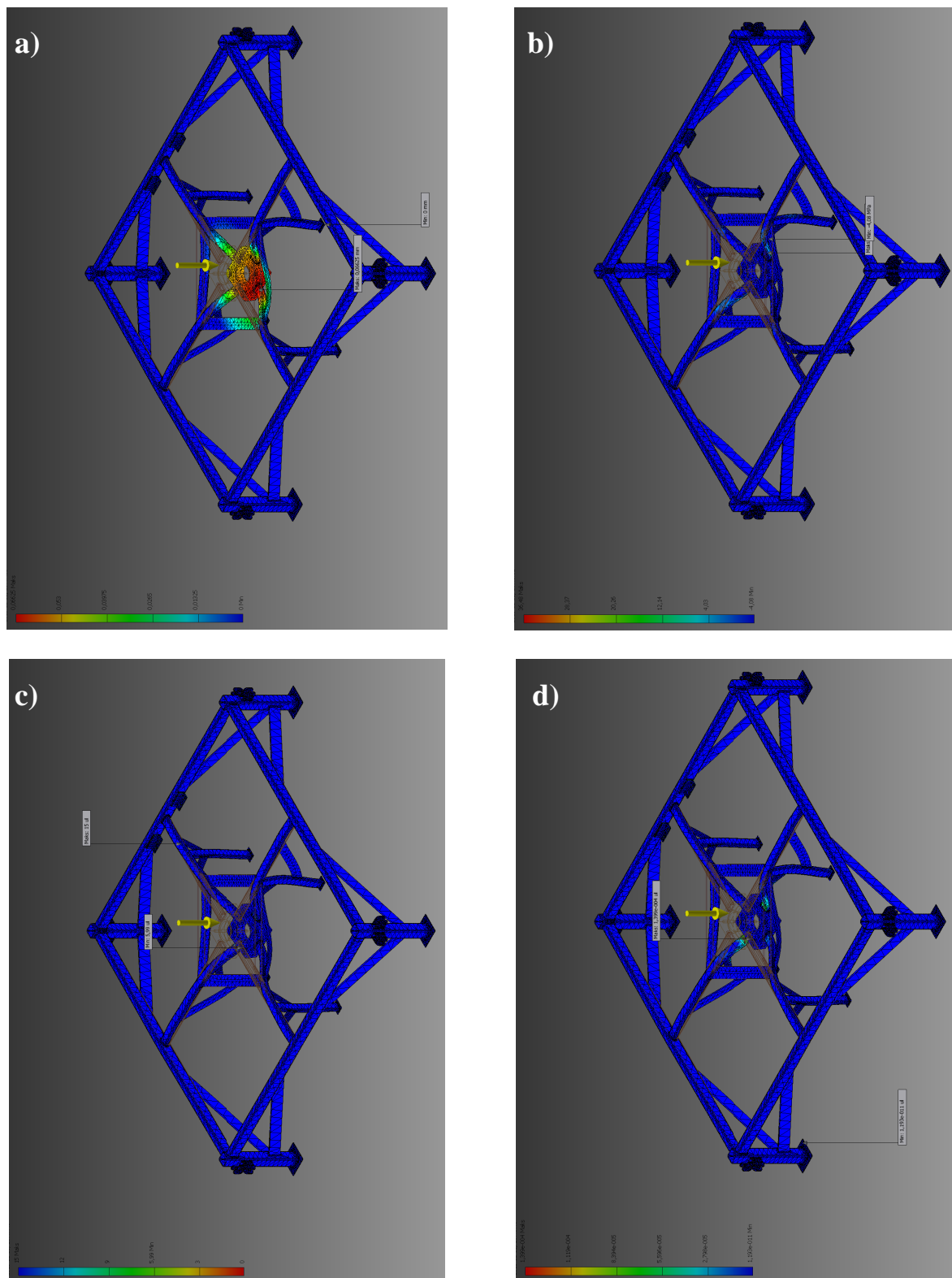


Rysunek 2. Podstawa karuzeli
 Figure 2. The base of carousel

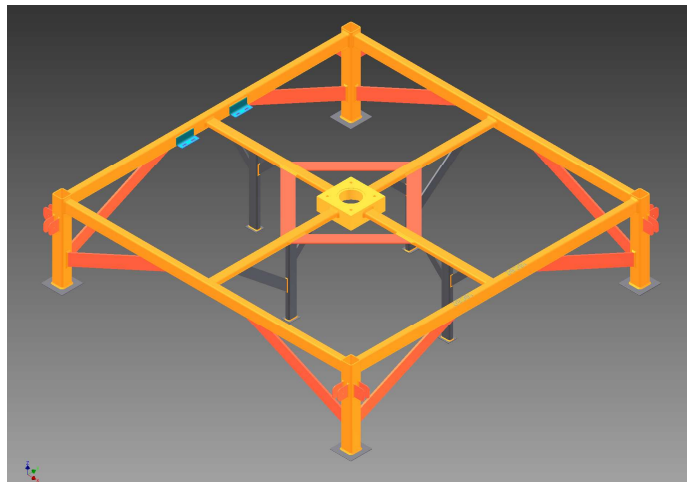


Rysunek 3. Analiza wytrzymałościowa podstawy karuzeli: a) przemieszczenie, b) naprężenia, c) współczynnik bezpieczeństwa, d) odkształcenie

Figure 3. Strength analysis of the base of the carousel: a) displacement, b) stresses, c) safety factor, d) deformation



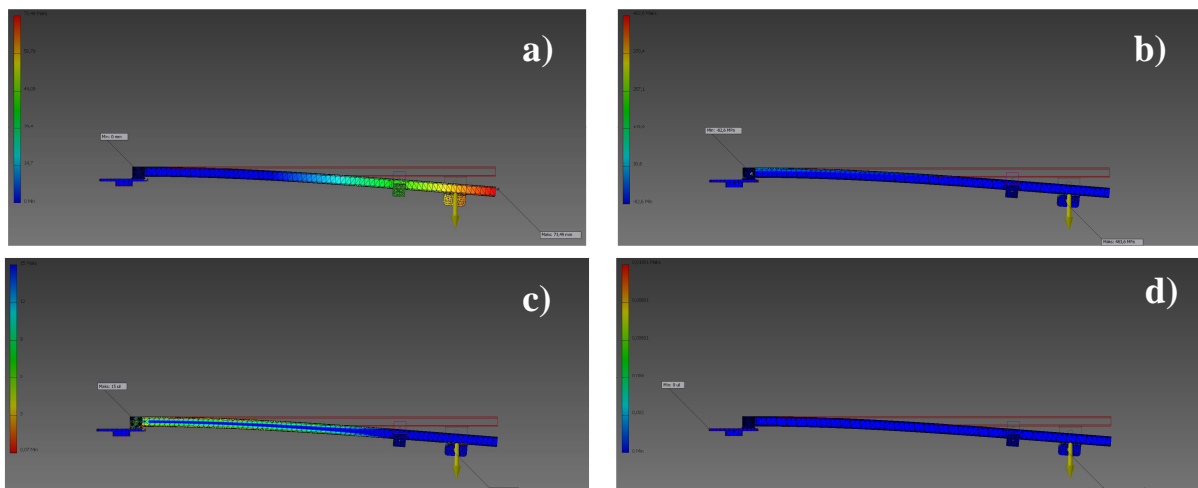
Rysunek 4. Analiza wytrzymałościowa podstawy karuzeli po dodaniu dodatkowych podpór:
 a) przemieszczenie, b) naprężenia, c) współczynnik bezpieczeństwa, d) odkształcenie
 Figure 4. Strength analysis of the base of the carousel after adding additional support:
 a) displacement, b) stresses, c) safety factor, d) deformation



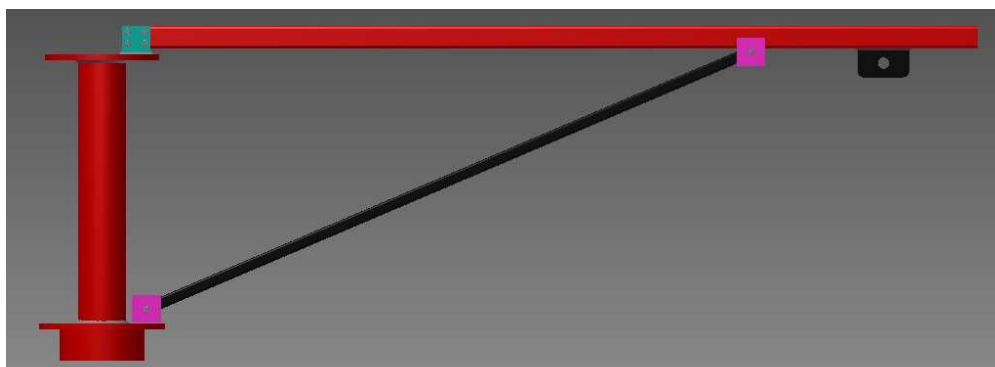
Rysunek 5. Podstawa karuzeli z dodatkowymi podporami
 Figure 5. The base of carousel with additional support



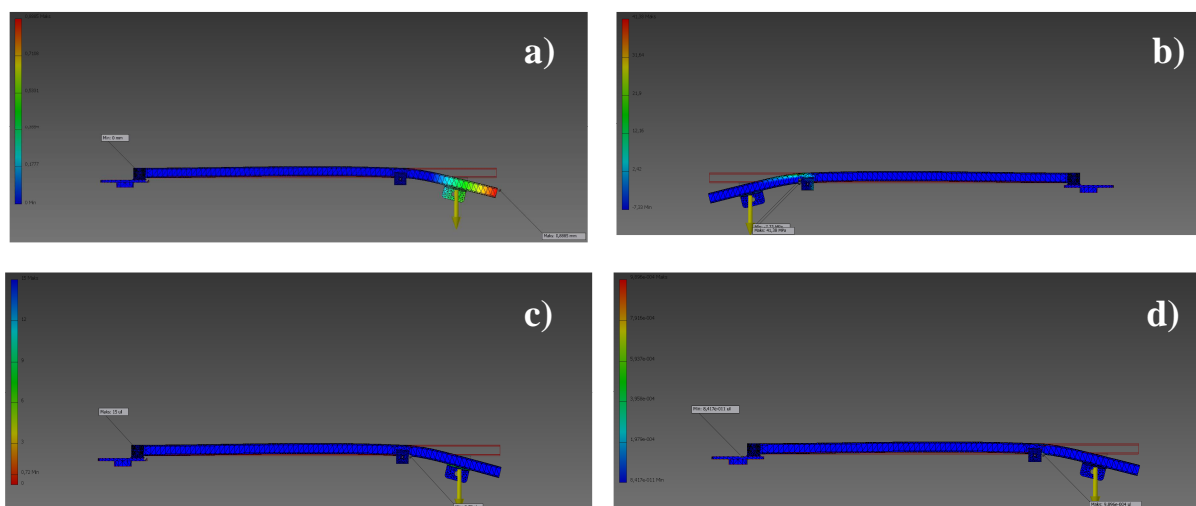
Rysunek 6. Ramię karuzeli
 Figure 6. Carousel arm



Rysunek 7. Analiza wytrzymałościowa ramienia karuzeli: a) przemieszczenie, b) naprężenia, c) współczynnik bezpieczeństwa, d) odkształcenie
 Figure 7. Strength analysis of the carousel arm: a) displacement, b) stresses, c) safety factor, d) deformation



Rysunek 8. Ramię karuzeli po dodaniu podpory
 Figure 8. Carousel arm with additional support



Rysunek 9. Analiza wytrzymałościowa ramienia karuzeli po dodaniu podpory: a) przemieszczenie, b) naprężenia, c) współczynnik bezpieczeństwa, d) odkształcenie
 Figure 9. Strength analysis of the carousel arm with additional support: a) displacement, b) stresses, c) safety factor, d) deformation

4. PODSUMOWANIE

W powyższej pracy przeprowadzono wstępne analizy wytrzymałościowe ramienia i podstawy karuzeli, w celu określenia miejsc, w których występowały największe przemieszczenia oraz spiętrzenia naprężeń. Posłużyły one do przemodelowania istniejących rozwiązań, tak aby zmniejszyć występujące przemieszczenia i spiętrzenia naprężeń.

Przeprowadzone analizy wytrzymałości podstawy i ramienia karuzeli przeprowadzono w celu określenia największego naprężenia. Projekt karuzeli wykonany został przy użyciu programu Autodesk Inventor Professional 2012 wersja edukacyjna.

LITERATURA

1. O.L. Kurmaz, L.W. Kurmaz, Projektowanie węzłów i części maszyn, Wydawnictwo Politechniki Świętokrzyskiej, Kielce, 2006.

2. M. Dietrich, Podstawy konstrukcji maszyn, tom II, PWN, Warszawa, 1977.
3. W. Biały, Podstawy mechaniki i budowy maszyn, Wydawnictwo Pracowni Komputerowej Jacka Skalmierskiego, Gliwice, 2008.
4. W. Tarnowski, Wspomaganie komputerowe CAD CAM. Podstawy projektowania technicznego, WNT, Warszawa, 1986.
5. PN-EN 12713:2011, Fairground and amusement park machinery and structures, Safety.
6. L. Sozańska, promotor: prof. dr hab. inż. W. Cholewa, opiekun: dr inż. P. Tomasik, Engineering Project, The design and construction of mini carousel for children with electric drive, Politechnika Śląska, Gliwice, 2012.
7. Z. Brzoska, Wytrzymałość Materiałów, PWN, Warszawa, 1970.
8. Z. Dyląg, A. Jakubowicz, Z. Orłoś, Wytrzymałość Materiałów, WNT, Warszawa, 1988.
9. P. Jastrzembowski, J. Mutermilch, W. Orłowski, Wytrzymałość Materiałów, Arkady, Warszawa, 1975.
10. R. Bąk, T. Burczyński, Wytrzymałość materiałów z elementami ujęcia komputerowego, WNT, Warszawa, 2008.
11. A. Śliwa, J. Mikuła, L.A. Dobrzański, FEM application for modelling of PVD coatings properties, Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering 41/1-2 (2010) 164-171.
12. L.A. Dobrzański, A. Śliwa, T. Tański, Finite Element Method application for modelling of mechanical properties, Archives of Computational Materials Science and Surface Engineering 1/1 (2009) 25-28.
13. L.A. Dobrzański, A. Śliwa, W. Sitek, Finite element method application for modeling of PVD coatings properties, Proceedings of the 5th International Surface Engineering Conference, 2006, 26-29.
14. L.A. Dobrzański, M. Staszuk, K. Gołombek, A. Śliwa, M. Pancielejko, Structure and properties PVD and CVD coatings deposited onto edges of sintered cutting tools, Archives of Metallurgy and Materials 55/1 (2010) 187-193.
15. L.A. Dobrzański, A. Śliwa, W. Kwaśny, Employment of the finite element method for determining stresses in coatings obtained on high-speed steel with the PVD process, Journal of Materials Processing Technology 164-165 (2005) 1192-1196.
16. L.A. Dobrzański, W. Kwaśny, B. Dołżańska, A. Śliwa, K. Gołombek, G. Nowak, The computer simulation of internal stresses of tool gradient materials reinforced with the WC-Co, Archives of Materials Science and Engineering 57/1 (2012) 38-44.
17. A. Śliwa, J. Mikuła, K. Gołombek, L.A. Dobrzański, FEM modeling of internal stress in PVD coated FGM, Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering 36/1 (2009) 71-78.