

Grzegorz CHOMKA, Jerzy CHUDY, Jacek MELER

ZASTOSOWANIE SYSTEMÓW CAD DO KONSTRUKCJI MOBILNEGO WÓZKA POD MONTAŻOWNICĄ OPON

DOI: 10.24136/atest.2018.298

Data zgłoszenia: 30.08.2018. Data akceptacji: 25.09.2018.

W artykule przedstawiono koncepcję konstrukcji mobilnego wózka przeznaczonego do transportu montażownicy opon. Jego główną cechą jest łatwy montaż i demontaż. Dzięki temu istnieje możliwość przechowywania rozmontowanego urządzenia w momencie gdy nie jest ono używane. W ten sposób zajmuje ono bardzo mało miejsca w warsztacie. Zastosowanie systemów CAD umożliwiło opracowanie geometrii modeli przestrzennych i przeprowadzenie niezbędnych analiz wytrzymałościowych opracowanej konstrukcji.

WSTĘP

W dobie rosnącej konkurencji inwestowanie w innowacje produktowe i technologiczne pozwala osiągać sukcesy rynkowe. Takim sukcesom sprzyjają również innowacje na rynku usług. Jedną z branż, która cały czas się rozwija jest motoryzacja. Innowacje wprowadza się nie tylko w sferze technologii produkcji pojazdów, ale zwłaszcza w obszarze obsługi i napraw.

Innowacja technologiczna w warsztatach samochodowych odnosi się przede wszystkim do modyfikacji ich wyposażenia. Przekłada się to bezpośrednio na obniżenia kosztów usług i ich większą efektywność. Zmiany wyposażenia opierają się na wprowadzaniu nowoczesnych narzędzi specjalistycznych i sprzętu diagnostycznego. Tworzy się także nowe stanowiska pracy, dzięki czemu uzyskuje się nowe możliwości świadczenia innych usług.

W nowoczesnych zakładach i warsztatach inwestując w poprawę warunków nie tylko technologicznych, ale również poprawiając aspekty ergonomiczne, ekonomiczne i higieny pracy uzyskuje się zdecydowane zwiększenie konkurencyjności. Ekonomiczne korzyści podwyższają wydajności pracy i zakres usług, które z kolei rekompensują wydatki związane z zakupem nowoczesnych narzędzi i sprzętu.

Współczesne zakłady decydują się na zastosowanie elastycznej organizacji pracy, którą cechuje zdolność szybkiego reagowania na zmiany popytu oraz elastyczność systemu produkcyjnego, związaną z koniecznością dopasowania się do potrzeb klienta. Nieustanne poszukiwanie udoskonaleń i nowych rozwiązań jest innowacyjnym wprowadzeniem produktu na rynek. Stąd też podjęto się opracowania konstrukcji mobilnego wózka pod montażownicę opon, który umożliwi łatwy, szybki i bezpieczny transport tego urządzenia w dowolne miejsce warsztatu.

1. CHARAKTERYSTYKA TRANSPORTOWANEGO URZĄDZENIA

Projektowany wózek przeznaczono do transportu montażownicy Zeal ZT-900A. Jest ona urządzeniem stosowanym do demontażu, montażu oraz napelniania opon małych i średnich pojazdów. Urządzenie jest wyposażone w ramię pomocnicze do montażu

i demontażu opon nisko profilowych oraz opon typu run flat. Montażownica charakteryzuje się prostą obsługą i wysoką wydajnością. Jest ona pomocna w pracach wulkanizacyjnych w serwisach, zakładach napraw samochodowych, w punktach sprzedaży opon i wulkanizacji.

Główną częścią montażownicy jest stół montażowy. To właśnie na nim zostaje wykonana operacja montażu i demontażu opon. Budowę montażownicy i jej elementy składowe przedstawiono na rys. 1.



Rys. 1. Główne elementy składowe montażownicy: 1- ramię (suwadło pionowe), 2- suwadło poziome, 3- manometr (pompowania kół), 4- kolumna, 5- szczęki stołu, 6- stół montażowy, 7- zbijak do opon.

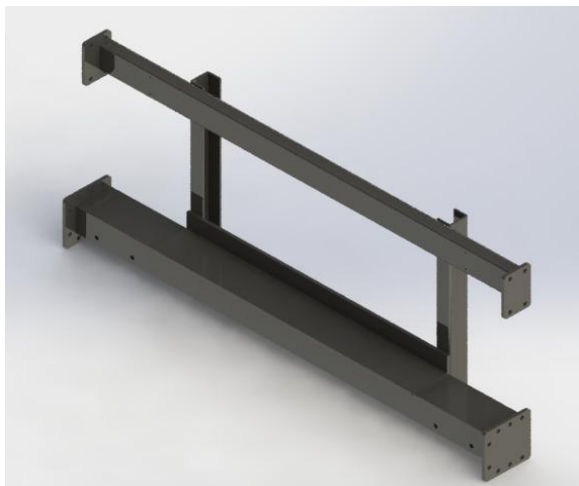
Montażownica Zeal ZT-900A charakteryzuje się następującymi wymiarami: maksymalna wysokość 1860 mm, długość 770 mm, szerokość 390 mm, masa 299 kg. Urządzenie jest zasilane prądem przemiennym i wyposażone w silnik 400V, 3ph (fazy) i częstotliwości 50 Hz [1]. Dodatkowo wymagane jest zasilanie sprężonym powietrzem o ciśnieniu roboczym 8-12 bar i sile zbijaka opon 2500 kg, co pozwala na bezproblemowe odbicie opony od obręczy felgi. Hałas jaki wytwarza maszyna w czasie pracy to <70 dB (A). Maksymalny zakres średnicy opony jaką maszyna jest

w stanie zamontować to 1100 mm, natomiast maksymalna średnica obręczy felgi to 330 mm. Ponadto montażownica jest w stanie zaciśnąć felgę dwoma sposobami. Jeden z nich to zaciśnięcie obręczy z zewnątrz. Zewnętrzne zaciśnięcie pozwala złapać felgę o średnicy od 12" do 22". Drugi sposób to zacisk obręczy wewnętrzny, który unieruchamia felgi o średnicy od 15" do 24". Urządzenie powinno pracować w pomieszczeniach zamkniętych, w których temperatura wynosi od 0°C do 45°C. Przechowywanie urządzenia może się odbywać w magazynie w temperaturze od -40°C do 55°C przy wilgotności od 30 do 95%. Odpowiednie eksploataowanie montażownicy zgodnie z instrukcją obsługi powinno wydłużyć żywotność urządzenia. Najistotniejsze informacje dotyczące: modelu urządzenia, jego, masy, daty produkcji, numeru seryjnego i nazwy producenta zawarte są w tabliczce znamionowej umieszczonej na korpusie urządzenia.

2. KONSTRUKCJA MOBILNEGO WÓZKA Z WYKORZYSTANIEM SYSTEMÓW CAD

Podstawowym założeniem opracowanej konstrukcji mobilnego wózka przeznaczonego do transportu montażownicy opon jest możliwość łatwego i szybkiego montażu oraz demontażu jego części składowych. Dlatego też zaprojektowane urządzenie powinno się składać z możliwie prostych i nieskomplikowanych części. Konstrukcja urządzenia powinna też odznaczać się odpowiednią wytrzymałością i przenosić obciążenie o wartości 3000N. Dodatkową zaletą opracowanej konstrukcji jest zapewnienie możliwości dostosowywania do przemieszczania również innych urządzeń, bądź ładunków np. poprzez zapewnienie regulacji rozstawu elementów podnoszących. Opracowana konstrukcja powinna się także odznaczać możliwością bezpiecznego przemieszczania transportowanych urządzeń.

Główny zespół mobilnego wózka przeznaczonego do transportowania montażownicy opon stanowi rama nośna (rys. 2). Wykonano ją z kształtowników ze stali konstrukcyjnej S355 JR.



Rys. 2. Rama główna wózka.

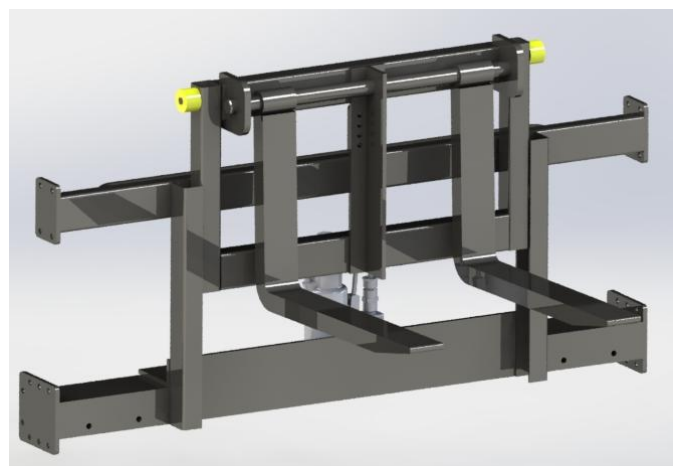
Profil dolny posiada wymiary 1400 x 120 x 80 mm, a profil górny 1400 x 80 x 40 mm. Oba profile zakończono łącznikami posiadającymi otwory pozwalające na przykręcenie innych podzespołów. Kształtownik górny i dolny połączono prowadnicami w kształcie ceowników. Na dolnym kształtowniku umieszczono kątownik stanowiący wspornik podnośnika hydraulicznego. Wszystkie kształtowniki połączono ze sobą za pomocą połączeń spawanych.

W celu zapewnienia łatwego manewrowania wózkiem zaopatrzonego tylną oś w skrętny układ jezdny. Zastosowano zestaw kołowy

firmy Blicke LK-PATH 160K-ST składający się z górnej obudowy wykonanej z tłoczonej grubej blachy i wyposażony w podwójne łożysko kulkowe oraz wysokiej jakości koła z termoplastycznego poliuretanu. Całkowita nośność zestawu kołowego wynosi 4000 N.

Układ przedniej osi dobrano w taki sposób, aby był możliwy tylny ruch w kierunku do przodu i do tyłu. W tym celu konstrukcję wózka wyposażono w koła firmy Blicke VLE 250/20- 75K. Koła tego typu wykonano z bardzo elastycznej gumy oraz wzmocniono rdzeniem z drutu stalowego, co pozwala na transportowanie ciężaru o wadze do 450 kg. Oba układy, zarówno przedniej jak i tylnej osi, nie niszczą podłoża, po którym się poruszają ze względu na elastyczny materiał kół jezdnych.

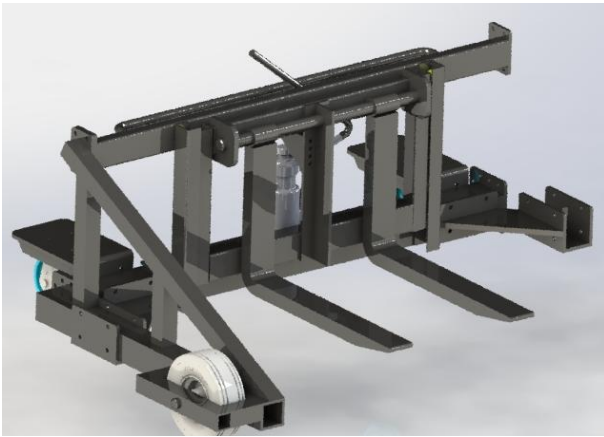
W celu zapewnienia odpowiednio wysokiego podnoszenia montażownicy zastosowano złożony zespół realizujący to zadanie nazywany windą. Zespół ten składa się z ramy oraz przymocowanych do niej czterech kólek. Każde z kólek firmy Blicke VSTH 50/8K b może przenosić obciążenie o masie do 150 kg. Średnica zewnętrzna 50 mm pozwala na umieszczenie ich w szynach prowadzących ramy nośnej. Montaż windy w ramie nośnej odbywa się poprzez wsunięcie jej od góry kołami w prowadnice ramy (rys. 3). Konstrukcję windy wykonano ze stali konstrukcyjnej S335JR. Kształtowniki niezbędne do wykonania windy muszą posiadać wymiary 690 x 80 x 50mm oraz 450 x 50 x 50 mm i grubość ścianki 5 mm. Ruch windy w górę i w dół zapewnia podnośnik hydrauliczny słupowy zamocowany na wsporniku umieszczonym w głównej ramie nośnej projektowanej konstrukcji. Zastosowany podnośnik umożliwia unoszenie ciężaru o masie maksymalnej wynoszącej 2000 kg.



Rys. 3. Sposób montażu windy w konstrukcji ramy głównej.

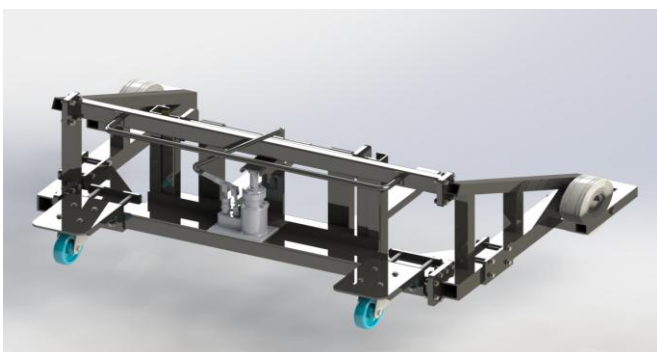
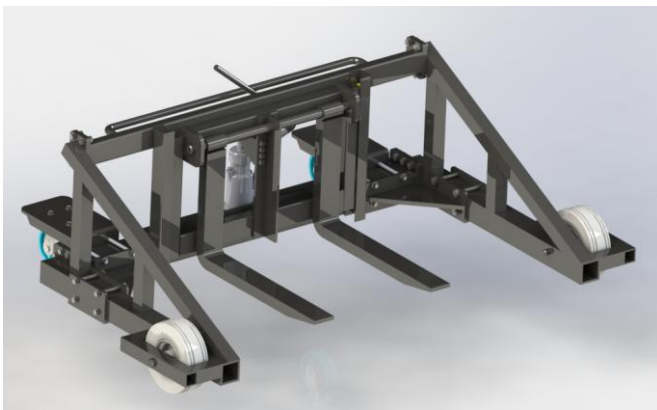
W zespole podnoszącym (windzie) mobilnego wózka zamontowano widły firmy GAB. Są to widły z zaczepem typu pin umożliwiającym zmianę rozstawu, co bardzo ułatwia odpowiednie dopasowanie ich do szerokości transportowanej montażownicy. Długość jakim dysponują to 620 mm, a ich szerokość wynosi 80 mm. Maksymalnie mogą unieść ładunek o masie 800 kg.

Kolejnym etapem montażu wózka jest zespolenie jego ramy głównej z podporami bocznymi i kółkami przednimi oraz tylnymi. Montaż ramy i podpór bocznych wykonano za pomocą połączeń śrubowych. Podpora jest połączona za pomocą dwunastu sztuk śrub M12x60. Dolne wzmocnienia ramy skręcono z podporą boczną śrubami M12x120 w ilości 8 sztuk oraz M12x160 również w ilości 8 sztuk. Do budowy podpory wykorzystano profile 80 x 80 mm oraz 50 x 50 mm. Widok modelu ramy głównej z windą i podporą boczną zaprezentowano na rys. 4.



Rys. 4. Połączenie trzech zespołów wózka.

Cała konstrukcja mobilnego wózka pod montażownicę opon składa się zasadniczo z czterech podzespołów, które w łatwy sposób można zdemontować, bo są połączone za pomocą połączeń śrubowych. Ułatwia się w ten sposób możliwość składowania konstrukcji w momencie gdy nie będzie ona wykorzystywana do pracy. Jest to szczególnie istotne w przypadku warsztatów posiadających małą powierzchnię użytkową. Widok całej konstrukcji zaprezentowano na rys. 5.

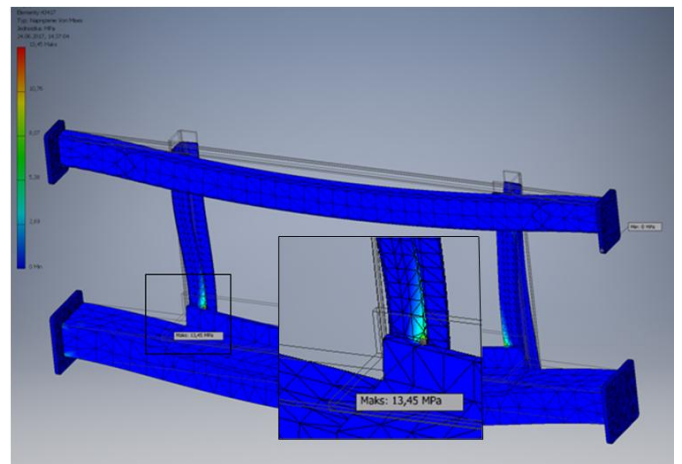


Rys. 5. Model wózka do transportu montażownicy opon (widok z przodu i z tyłu).

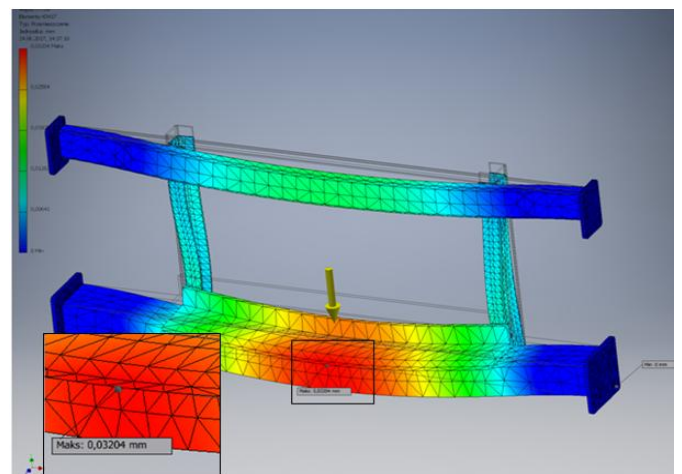
3. ANALIZA WYTRZYMAŁOŚCIOWA ZAPROJEKTOWANEJ KONSTRUKCJI

Konstrukcję wózka umożliwiającą przestawianie montażownicy opon w dowolne miejsce warsztatu zbudowano w programie SolidWorks. Ze względu na występowanie w zespołach wózka licznych elementów spawanych oraz złożoność konstrukcji model zaimportowano do programu Autodesk Inventor. Tak przygotowany model przeanalizowano pod względem wytrzymałości konstrukcji.

W celu zbadania wpływu maksymalnego dopuszczalnego obciążenia wideł wózka na całą jego konstrukcję przeprowadzono niezbędne analizy metodą elementów skończonych (MES), podobnie jak w pracach własnych [2-11] oraz innych autorów [12-30]. Pierwszym zespołem poddanym analizie była rama główna. W tym przypadku całe obciążenie jest przenoszone poprzez podnośnik hydrauliczny usytuowany na kątowniku, który umieszczono na dolnym kształtowniku ramy głównej. Wyniki analizy rozkładu naprężeń przedstawiono na rys. 6. Stwierdzono, że największa wartość naprężeń (13,45 MPa) występuje w miejscu połączenia kątownika stanowiącego wspornik podnośnika hydraulicznego a szynami prowadzącymi ramy nośnej. Tak niska odnotowana wartość maksymalna świadczą o tym, że konstrukcję ramy głównej należy zmodyfikować stosując kształtowniki o mniejszych wymiarach i wytrzymałości. Podobnie przedstawia się sprawa przemieszczeń (rys. 7). W tym przypadku maksymalna wartość została zaobserwowana na środku ramy w miejscu usytuowania siłownika i wynosi 0,03 mm. Oznacza to, że korzystanie z wózka nie powoduje niebezpieczeństwa zahaczenia ramą główną o podłoże.



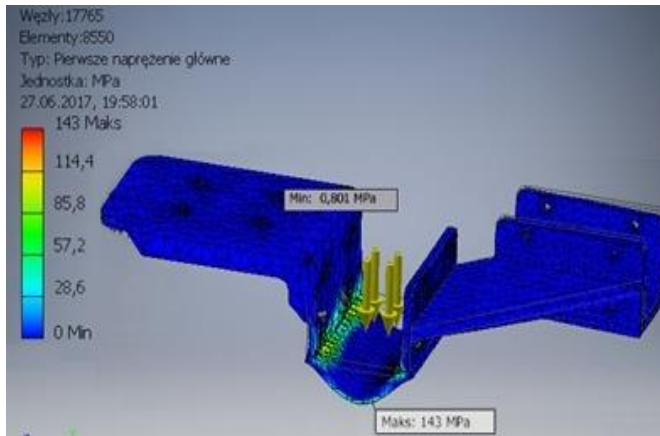
Rys. 6. Rozkład naprężeń w ramie głównej.



Rys. 7. Rozkład przemieszczeń w ramie głównej.

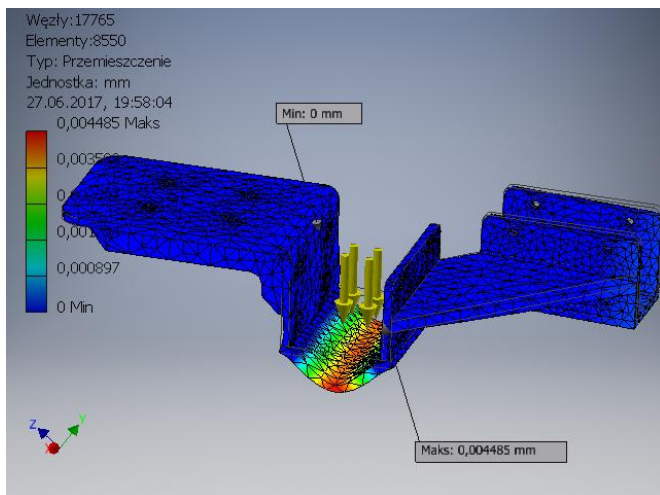
Jednym z istotniejszych zespołów konstrukcji wózka jest jego wspornik. Stanowi on w zasadzie główny zespół łączący ramę główną z podporą boczną i kołami jezdny. Jest więc odpowiedzialnym elementem konstrukcyjnym. W stosunku do pierwotnie planowanego rozwiązania został zmodyfikowany poprzez zastosowanie dolnych płyt wzmacniających odciążających połączenia śrubowe, które wcześniej ulegały zbyt dużym obciążeniom. Maksymalna wartość naprężeń wynosi 143 MPa (rys. 8) i są one zlokalizowa-

ne w spoinach łączących dolne płyty z ramionami bocznymi wspornika.



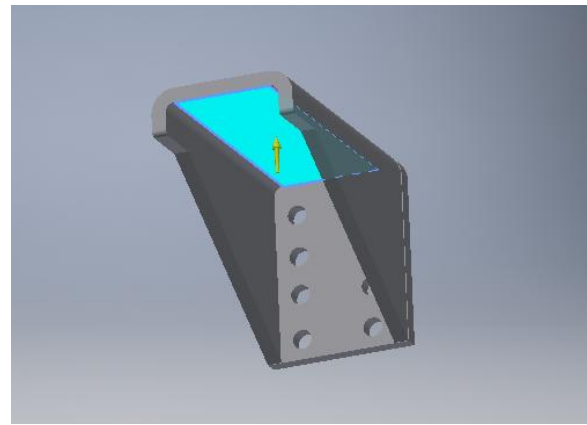
Rys. 8. Rozkład naprężeń w wsporniku.

Dalszym etapem było przeprowadzenie analizy przemieszczenia w sporniku. Przemieszczenie o maksymalnej wartości wynoszącej 0,004 mm obserwuje się na środku przyłożenia obciążenia. Niska wartość przemieszczenia spowodowana jest tym, że dolna część ramy została wzmocniona płytą o grubości 1 mm. Wynik analizy przemieszczenia przedstawiono na rys. 9.



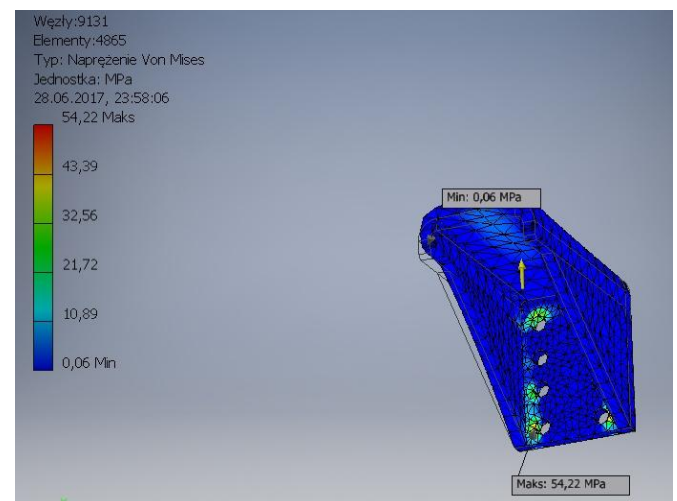
Rys. 9. Rozkład przemieszczeń w wsporniku.

Mocno obciążonym detałem w konstrukcji wózka jest podpora windy, poprzez którą podnośnik hydrauliczny unosi montażownicę umieszczoną na widłach. Podpora jest zamocowana do zespołu windy za pomocą ośmiu śrub M10x40. Jej zadaniem jest uniesienie montażownicy opon wykorzystując do tego siłownik hydrauliczny. Na rys. 10 przedstawiono umiejscowienie obciążenia przyłożonego do podpory windy podczas analizy wytrzymałościowej.



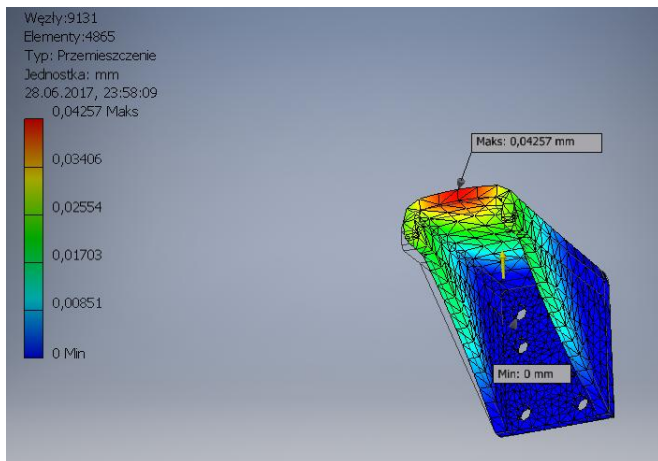
Rys. 10. Obciążenie podpory windy.

W wyniku analizy otrzymano informacje o rozkładzie naprężeń (rys. 11) występujących w mocowaniu podpory windy do jej ramienia, czyli w miejscach gdzie występują otwory montażowe. Maksymalna wartość jaką zanotowano wynosi 54,22 MPa. Granica plastyczności R_e dla stali S355JR, z której zaplanowano wykonanie podpory windy, wynosi 355 MPa, co gwarantuje bezpieczne użytkowanie konstrukcji, a jednocześnie pozwala dokonać zmiany materiału na taki, który będzie posiadał niższe własności wytrzymałościowe. Drugim rozwiązaniem jest zachowanie pierwotnego materiału zastosowanego na podporę windy i zmniejszenie jego grubości do takiej, która zapewni przenoszenie żądanego obciążenia.



Rys. 11. Rozkład naprężeń w podporze windy.

Podporę windy przeanalizowano również pod kątem przemieszczeń, tak jak i wcześniejsze zespoły konstrukcyjne wózka. Stwierdzono, że maksymalną wartość przemieszczeń, wynoszącą 0,04 mm (rys. 12), uzyskano w najdalej wysuniętym punkcie górnej ściany podpory. Jest to w pełni zrozumiałe, gdyż to miejsce jest najbardziej oddalone od punktów mocowania podpory windy do jej ramienia, czyli uzyskujemy maksymalny moment gnący. Istotną rolę odgrywają ściany boczne, które w zdecydowany sposób usztywniają konstrukcję. Jednocześnie należy podkreślić, że w przypadku zmiany grubości materiału, sugerowanej w związku z uzyskaniem dość niskich wartości naprężeń, należy ponownie zbadać rozkład przemieszczeń.



Rys. 12. Rozkład przemieszczeń w podporze windy.

PODSUMOWANIE

Zastosowanie systemów CAD umożliwia precyzyjne budowanie modeli przestrzennych projektowanych urządzeń. Dzięki niemu mamy szansę szybkiego wprowadzania modyfikacji konstrukcji. Zapewnia także wykrywanie np.: kolizji jeszcze w fazie projektowania.

Podczas projektowania wózka przeznaczonego do transportu montażownicy opon szczególną uwagę zwrócono na to, aby konstrukcja była w łatwy sposób demontowana po wykonanej pracy oraz aby zajmowała jak najmniej miejsca. Jest to szczególnie istotne ze względu na fakt, że w punktach wulkanizacyjnych i warsztatach samochodowych zazwyczaj jest mało przestrzeni roboczej.

Zaprojektowany wózek umożliwia bezpieczne przetransportowanie montażownicy opon w wybrane miejsce warsztatu samochodowego. Jednocześnie należy podkreślić, że warto podjąć dalsze prace mające na celu zoptymalizowanie wymiarów dobranych kształtowników oraz ich materiałów, tak aby konstrukcja zapewniała odpowiednie bezpieczeństwo, ale jednocześnie żeby w pełni wykorzystywać własności wytrzymałościowe zastosowanych materiałów.

Zaprojektowaną konstrukcję cechuje niski poziom skomplikowania przy jednoczesnym zapewnieniu łatwego sterowania oraz napędu przy pomocy ludzkich mięśni.

BIBLIOGRAFIA

1. Instrukcja obsługi montażownicy opon Zeal ZT-900A.
2. Chomka G., Chudy J., Zamęcki M.: *Zastosowanie drukowanych profili 3D z proszków metali do konstrukcji ramy rowerowej*. Autobusy - Technika, Eksploatacja, Systemy Transportowe, 2017, tom 6, str. 296 - 301.
3. Chomka G., Chudy J., Dzwonkowski K., Kasperowicz M.: *Wykorzystanie systemów CAD w projektowaniu specjalistycznego uchwytu do transportu drewna*. Autobusy - Technika, Eksploatacja, Systemy Transportowe, 2016, tom 8, str. 196-200.
4. Chomka G., Chudy J., Jurewicz B.: *Projekt specjalistycznej łyżki do usuwania tłuczni z pobocza drogi*. Autobusy - Technika, Eksploatacja, Systemy Transportowe, 2016, tom 8, str. 201-206.
5. Chomka G., Chudy J., Kwaśnik M.: *Wykorzystanie systemów CAD w projektowaniu i analizie wytrzymałościowej sprężyn tłumika drgań skrętnych*. Autobusy - Technika, Eksploatacja, Systemy Transportowe, 2016, tom 8, str. 207-211.
6. Chomka G., Kasperowicz M.: *Wykorzystanie systemów CAD w projektowaniu przenośników transportowych*. Autobusy - Technika, Eksploatacja, Systemy Transportowe, 2014, tom 6, zeszyt 174, str. 89-94.
7. Chomka G., Chudy J.: *Modelowanie konstrukcji ramy motocykla o napędzie elektrycznym*. Autobusy - Technika, Eksploatacja, Systemy Transportowe, 2014, tom 6, zeszyt 174, str. 85-88.
8. Chomka G., Chudy J.: *Zastosowanie systemów CAD na przykładzie konstrukcji składanego żurawia z napędem hydraulicznym*. Autobusy - Technika, Eksploatacja, Systemy Transportowe, 2013, tom 10, zeszyt 166, str. 61-64.
9. Chomka G., Chudy J., Nagnajewicz S.: *Wykorzystanie systemów CAD w modelowaniu i analizie naprężeń elementów konstrukcyjnych wózków widłowych*. Autobusy - Technika, Eksploatacja, Systemy Transportowe, 2013, tom 10, zeszyt 166, str. 57-60.
10. Chomka G., Chudy J., Marchewka P.: *Wykorzystanie systemów CAD w projektowaniu wyciągarek samochodowych*. Autobusy - Technika, Eksploatacja, Systemy Transportowe, 2011, tom 5, str. 100-105.
11. Chudy J., Chomka G., Karaczun A.: *Projekty dźwignic warsztatowych z wykorzystaniem komputerowego wspomaganie projektowania*. Autobusy - Technika, Eksploatacja, Systemy Transportowe, 2011, tom 5, str. 112-117.
12. Kukielka K., Kukielka L.: *Modeling And Numerical Analysis Of The Thread Rolling Process*. WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Volume 6, Issue 1, Weinheim, 2006, pp. 745-746.
13. Kukielka L., Kukielka K.: *Numerical analysis of the process of trapezoidal thread rolling*. High Performance Structures and Materials, Ed. C.A. Brebbia, WITPRESS, Southampton, Boston, 2006, pp. 663-672.
14. Kukielka K., Kukielka L.: *Numerical analysis of the physical phenomena in the working zone in the rolling process of the round thread*. Computer Methods and Experimental Measurements for Surface Effect and Contact Mechanics VIII, eds. J. T. M. de Hosson, C. A. Brebia, S-I Nishida, WITPRESS, Southampton, Boston, 2007, pp. 125-134.
15. Kukielka K.: *Numerical simulations of deformation and stress in the cold rolled thread*. ARCHIWUM TECHNOLOGII MASZYN I AUTOMATYZACJI, T. 31, Nr 1, 2011, pp. 58-66.
16. Kukielka K.: *Modelling the external thread rolling process using finite element method*. ARCHIWUM TECHNOLOGII MASZYN I AUTOMATYZACJI, T. 31, Nr 3, 2011, pp. 49-57.
17. Kukielka K.: *Numerical modelling of the strain and stress states in the thread with quick pitch in rolling process on cold*. Pomiar Automatyka Kontrola, nr 01, 2012, pp. 136-139.
18. Kukielka K., Kukielka L., Bohdal Ł., Kułakowska A., Maląg L., Patyk R.: *3D Numerical Analysis the State of Elastic/Viscoplastic Strain in the External Round Thread Rolled on Cold*. Applied Mechanics and Materials "Novel Trends in Production Devices and Systems" Editors: Karol Velišek, Peter Košťál and Milan Nad, 2014, USA-SLOVAKIA, pp. 436-441.
19. Kukielka K.: *Numeryczne określenie wcisku walcowania i warunków smarowania w aspekcie jakości gwintu o zarysie łukowym o dużym skoku wykonywanym na rurach o dużej długości*. Mechanik vol. 88, (3CD), 2015, pp. 348-358.
20. Kukielka K.: *Efektywny model numeryczny do analizy procesu walcowania gwintów trapezowych metodą elementu skończonego*. Mechanik, vol. 87, (11CD), 2015, pp. 156-157.
21. Kukielka L.: *Theoretical and experimental foundations of surface roller burnishing with the electrocontact heating*. Book of Mechanical Engineering. Technical University of Koszalin, No 47, 1994, pp. 348.
22. Kukielka L.: *Mathematical modelling and numerical simulation of non-linear deformation of the asperity in the burnishing cold rolling operation*. Ed. Dominguez J., Brebbia C.A. Computational methods in contact mechanics V Book Series: Computational

- and experimental methods, Vol. 32, 2001, Transactions on Engineering Sciences, WITPRESS, pp. 317-326, ISSN 1743-3533.
23. Kukielka L., Kustra J.: *Numerical analysis of thermal phenomena and deformations in processing zone in the centreless continuous grinding process*, Computation Methods and Experimental Measurements for Surface Treatment Effects, WITPRESS, Southampton, Boston, 2003, pp.109-118.
24. Kukielka L., Kukielka K., Kulakowska A., Patyk R., Malag L., Bohdal Ł.: *Incremental Modelling and Numerical Solution of the Contact Problem between Movable Elastic and Elastic/Visco-Plastic Bodies and Application in the Technological Processes*. Applied Mechanics and Materials "Novel Trends in Production Devices and Systems" Editors: Karol Velišek, Peter Košťál and Milan Nad, 2014, USA-SLOVAKIA, pp. 159-165.
25. Kukielka L., Geleta K., Kukielka K.: *Modelling of initial and boundary problems with geometrical and physical nonlinearity and its application in burnishing processes*. In: K. Mori, M. Pietrzyk, J. Kusiak, J. Majta, P. Hartley, J. Lin (Eds.), Steel Research International, Special Edition, 14th International Conference on Metal Forming, 2012, pp. 1375-1378.
26. Kukielka L., Geleta K., Kukielka K.: *Modelling and Analysis of Nonlinear Physical Phenomena in the Burnishing Rolling Operation with Electrical Current*, in: K. Mori, M. Pietrzyk, J. Kusiak, J. Majta, P. Hartley, J. Lin (Eds.), Steel Research International. Special Edition: 14th International Conference Metal Forming, 2012, pp. 1379-1382.
27. Kukielka L., Kukielka K.: *Modelling and analysis of the technological processes using finite element method*. Mechanik vol. 88, (3CD), 2015, pp. 317-340.
28. Kulakowska A., Patyk R.: *Analiza wpływu obciążeń dynamicznych na stan naprężeń w zaczepie kulowym samochodu osobowego*. Logistyka vol. 6, 2011, pp. 2053-2058.
29. Forsyewicz M., Kukielka L., Gotowala K.: *Finite element simulation of physical phenomena in real conditions of a single grain cutting process*. Novel Trends in Production Devices and Systems III, Trans Tech Publications Ltd, Editors: Daynier Rolando Delgado and Karol Velišek, 2016, Switzerland-USA, pp. 255-297, ISSN 0255-5476.
30. Patyk R., Kulakowska A., Kulakowski M.: *Nowoczesna metodyka projektowania na przykładzie bębna sprzęgłowego pilarki*. Autobusy - Technika, Eksploatacja, Systemy Transportowe, 2016, tom 8, str. 327-332.

Application of CAD systems for designing mobile construction of a tire mounting trolley

The article presents the concept of constructing a mobile trolley designed for transporting a tire changer. Its main feature is easy assembly and disassembly. So that, it is possible to store the dismantled device when it is not in use. In this way, it occupies very little space in the workshop. The use of CAD systems has enabled the development of geometry of spatial models and carrying out the necessary strength analyzes of the developed structure.

Autorzy:

dr inż. **Grzegorz Chomka** – Politechnika Koszalińska, Wydział Przemysłu Drzewnego, grzegorz.chomka@tu.koszalin.pl

dr inż. **Jerzy Chudy** – Politechnika Koszalińska, Wydział Mechaniczny, jerzy.chudy@tu.koszalin.pl

inż. **Jacek Meler** – Politechnika Koszalińska, Wydział Mechaniczny, jacmel@wp.pl