

Badania numeryczne wybranych cech koła bezcisnieniowego

Marcin Żmuda,^{1, a)} Jerzy Jackowski,¹ Zdzisław Hryciów¹

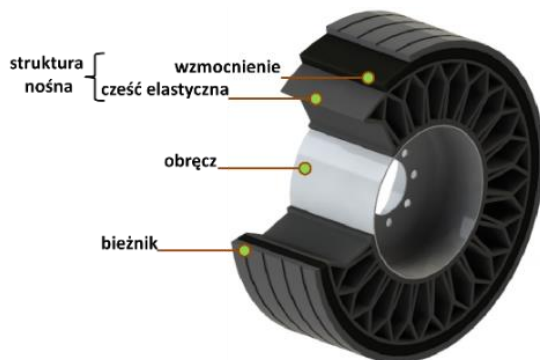
¹ Instytut Pojazdów Mechanicznych i Transportu, Wydział Mechaniczny, Wojskowa Akademia Techniczna, ul. Gen. Witolda Urbanowicza 2, 00-908 Warszawa 46

^{a)} Corresponding author: marcin.zmuda@wat.edu.pl

Streszczenie. W pracy poruszono tematykę kół bezcisnieniowych. Pod tym pojęciem należy rozumieć konstrukcję, która pozwala na zapewnienie odpowiednich charakterystyk quasi-statycznych oraz dynamicznych (porównywalnych do ogumienia pneumatycznego) bez konieczności utrzymywania pod określonym ciśnieniem sprężonego gazu lub cieczy. Zbudowany model numeryczny koła bezcisnieniowego odzwierciedla rozwiązanie dostępne na rynku komercyjnym. Walidacja modelu została przeprowadzona o wyniki własnych badań eksperymentalnych. Podczas badań numerycznych modelu koła bezcisnieniowego przeprowadzono symulację obciążenia siłą normalną o różnej wartości, zarejestrowano kształt śladu styku koła na nieodkształcalnym podłożu oraz oceniono wygładzająco-pochłaniające właściwości koła podczas pokonywania pojedynczej nierówności.

WSTĘP

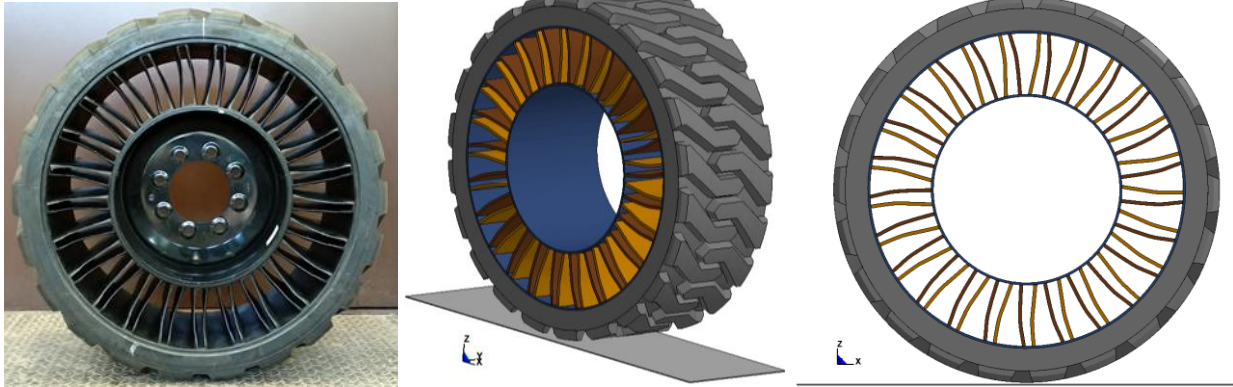
Obecnie najczęściej stosowanym rodzajem ogumienia w pojazdach szybko oraz wolnobieżnych jest bezdętkowa opona pneumatyczna. Jedną z jej zalet jest stosunkowo mała wartość masy nieresorowanej oraz możliwość łatwej zmiany wartości sztywności ogumienia poprzez zmianę ciśnienia sprężonego w oponie gazu (powietrza). Istotną jednak wadą ogumienia pneumatycznego jest niebezpieczeństwo awaryjnego rozszczelnienia opony i w konsekwencji unieruchomienie pojazdu. Jest to szczególnie ważne podczas użytkowania pojazdów w trudnych warunkach terenowych (np. kamienista pustynia) lub w obszarze, gdzie pojazd jest narażony na oddziaływanie ognia przeciwnika. Rozwiązaniem opisanego problemu może być zastosowanie koła bezcisnieniowego, które poprzez odpowiednią konstrukcję oraz dobór materiałów zapewnia charakterystyki oraz właściwości ruchowe porównywalne do ogumienia pneumatycznego. Pod pojęciem koła bezcisnieniowego należy rozumieć konstrukcję, która przekazuje poprzez obręcz koła obciążenie pionowe oraz siły styczne, które zapewniają kontrolę kierunkową pojazdu a osiągnięcie tych właściwości nie jest uzależnione od ciśnienia jakiegokolwiek gazu lub płynu w ogumieniu [1]. Elementy składowe każdej współczesnej konstrukcji koła bezcisnieniowego [2, 3] przedstawiono na rys. 1.



RYСУNEK 1. Ogólna budowa koła bezcisnieniowego [4]

MODEL NUMERYCZNY

Prezentowany model został opracowany na podstawie rzeczywistych wymiarów geometrycznych koła beczniennego (rys. 2). Składa się on z poliuretanowej obręczy wewnętrznej i zewnętrznej połączonej 25 parami szprych, gumowego bandaża z bieżnikiem i dwóch warstw wzmocnienia. Wzmocnienie wykonane jest z wysokowytrzymałej blachy stalowej o grubości 0,5 mm oraz cechuje się niewielką sztywnością w kierunku promieniowym natomiast dużą w kierunku obwodowym, ograniczając tym samym wydłużenie bandaża. Do opisu hiperelastycznych materiałów (poliuretanu i gumy) wykorzystano model Mooney'a—Rivlina, dla którego dane przyjęto na podstawie [5] i [6]. Obciążenie modelu stanowi siła skupiona przyłożona w geometrycznym środku koła. Dolna część koła spoczywa na nieodkształcalnym podłożu, a ich wzajemna współpraca odwzorowana jest poprzez zdefiniowanie warunków kontaktu.

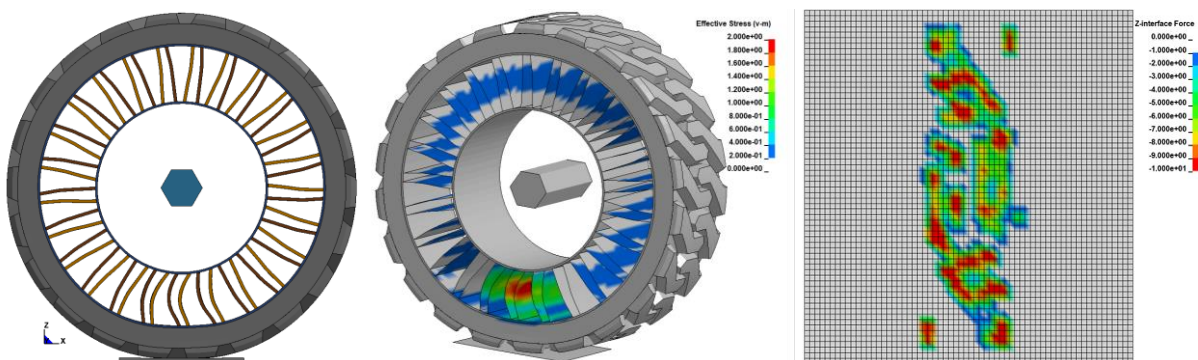


RYSUNEK 2. Widok koła beczniennego i jego model numeryczny

BADANIA NUMERYCZNE

Podstawowym celem przeprowadzonych badań numerycznych było odwzorowanie charakterystyki sztywności promieniowej koła oraz określenie śladu styku z podłożem. Wyniki te posłużą w kolejnych etapach pracy do walidacji modelu. Badania zrealizowano dla trzech wartości obciążenia normalnego: 4, 12 i 20 kN zgodnie z [7].

Na rys. 3 przedstawiono wyniki uzyskane dla obciążenia 4 kN. Analiza wyników obliczeń wskazuje, że największym deformacją ulegają szprychy położone w dolnej części koła. Ukształtowanie szprych, analogiczne do obiektu rzeczywistego, sprawia, że ich wyginanie przebiega w kontrolowany sposób oraz zapewnia równomierne rozłożenie obciążenia na górne, rozciągane szprychy a także płynne włączanie ich do pracy w trakcie obrotu koła. W odróżnieniu od analizowanej konstrukcji, w kole z prostymi szprychami większą część obciążenia przenoszą szprychy położone bezpośrednio nad środkiem koła. Rozkład nacisków normalnych na podłoże wskazuje, że dla rozpatrywanego obciążenia zasadnicza część siły przenoszona jest przez dwa występy bieżnika. Oczywiście wraz ze zwiększaniem siły normalnej obszar styku zwiększa się.



RYSUNEK 3. Deformacja koła, naprężenia w szprychach i naciski na podłoże dla obciążenia 4 kN

PODSUMOWANIE

W pracy przedstawiono najważniejsze informacje dotyczące budowy współczesnych kół bezcisnieniowych oraz wyniki prac związanych z budową modelu numerycznego jednego z kół dostępnych na rynku komercyjnym. Opracowany model został zwalidowany w oparciu o wyniki własnych badań eksperymentalnych koła bezcisnieniowego. Podczas badań numerycznych model koła był obciążany siłą normalną o wartości zgodnej z warunkami badań eksperymentalnych. W trakcie badań numerycznych wyznaczono charakterystykę promieniową, rozkłady nacisków na podłoże a także ugięcia poszczególnych szprych koła.

LITERATURA

1. 49 CFR 571.129. Standard No. 129; New nonpneumatic tires for passenger cars. Highway Traffic Safety Admin., DOT. 49 CFR Ch. V (10–1–13 Edition) <https://www.gpo.gov/fdsys/pkg/CFR-2011-title49-vol6/pdf/CFR-2011-title49-vol6-sec571-129.pdf>, dostęp dnia 20.03.2018 r.
2. K. Kwangwon, H. Hyeoun, et al., *Optimization of nonpneumatic tire with hexagonal lattice spokes for reducing rolling resistance*. SAE Technical Paper 2015-01-1515, 2015.
3. J. Ju, M. Veeramurthy, J.D. Summers, L. Thompson, *Rolling resistance of a nonpneumatic tire having a porous elastomer composite shear band*. Tire Science and Technology, TSTCA, Vol. 41, No. 3, July–September 2013, pp. 154–173.
4. J. Jackowski, M. Żmuda, *Tendencje rozwojowe ogumienia – współczesne i przyszłe rozwiązania*. Służba Czołgowo – Samochodowa na przestrzeni 10 lat funkcjonowania Inspektoratu Wsparcia Sił Zbrojnych, Bydgoszcz 2016.
5. P. Baranowski, P. Bogusz, P. Gotowicki, J. Małachowski, *Assessment of mechanical properties of offroad vehicle tire: coupons testing and fe model development*. Acta mechanica et automatica, vol.6 no.2 (2012), pp. 17-22.
6. V. Mallikarjun, J. Ju, L. Thompson, J. D. Summers, *Optimisation of geometry and material properties of a non-pneumatic tyre for reducing rolling resistance*. International Journal of Vehicle Design. 2014 - Vol. 66, No.2 pp. 193 - 216.
7. J. Jackowski, M. Wiczorek, M. Żmuda, *Energy consumption estimation of non-pneumatic tire and pneumatic tire during rolling*, Journal of KONES No 1, 2018.