

Pomiar odkształcenia dynamicznego opony samochodu w oparciu o optyczny system pomiarowy PONTOS

Measurement of the dynamic deformation of a pneumatic tire on the basis of an optical measuring system PONTOS

KRZYSZTOF PRAŻNOWSKI
ANDRZEJ BIENIEK
JAROSŁAW MAMAŁA
MARIUSZ GRABA *

DOI: 10.17814/mechanik.2016.11.510

W opracowaniu przedstawiono wyniki pomiarów odkształceń opon samochodowych w stanach dynamicznych. Badania przeprowadzono na hamowni podwozowej MAHA MSR 500, z wykorzystaniem typowych opon oferowanych na rynku dla samochodów klasy kompaktowej. W trakcie pomiarów zmieniano obciążenie rolki napędowej hamowni przy zachowaniu stałej prędkości kątowej koła, dokonując pomiaru dynamicznego odkształcenia opony i przemieszczenia osi koła w trzech kierunkach. Badania przeprowadzono z wykorzystaniem optycznego systemu pomiarowego PONTOS, umożliwiające wykonanie pomiaru i analizę trajektorii wybranych punktów pomiarowych w układzie współrzędnych 3D.

SŁOWA KLUCZOWE: opona samochodowa, dynamiczne odkształcenie opony, optyczny system pomiarowy

In this paper research results of vehicle's tyre deformation at transitional states was presented. Experimental test was carried out at MAHA MSR 500 test bench on typical compact class vehicle tyre. Measurement of dynamic tyre deformation and vehicle's wheel axle displacement was carried out with change of test bench roller load with their constant rotational speed. Experiment results was achieved with optical measurement system PONTOS, which also give possibilities to saving, analysis of measurement points trajectory at 3D coordinates system.
KEYWORDS: vehicle tyre, dynamic tyre deformation, optical measurement system

Przemysłowe techniki pomiarowe

Urządzenia do optycznej analizy odkształceń badanych obiektów stanowią jedną z najbardziej dynamicznie rozwijających się metod badań materiałowych, pozwalając na przeprowadzenie pomiarów w przestrzeni 3D [1–3, 5].

Aplikacja PONTOS firmy GOM [5] zastępuje konwencjonalne systemy do pomiarów przemieszczeń i przyspieszeń. Niezależnie od mierzonych struktur, przemieszczenia i deformacje przechwytywane są w szybki i bezkontaktowy sposób, co umożliwia np. pomiar deformacji dynamicznie obciążonych struktur.

GOM Inspect Professional jest parametrycznym programem do analizy wymiarowej chmury punktów 3D pozyskanej ze skanerów światła strukturalnego, laserowych, tomografów komputerowych i innych źródeł. System pomiarowy PONTOS firmy GOM (rys. 1) służy do bezkontaktowego, pomiaru odkształcenia badanego obiektu (płaszczyzny) metodą optyczną w układzie 3D. Program

umożliwia przeprowadzenie analizy, obliczeń i określenie deformacji badanych obiektów, ruchu ciał sztywnych i dynamicznego zachowanie mierzonych obiektów. Głównym zadaniem systemu PONTOS jest precyzyjne lokalizowanie na wszystkich wykonanych zdjęciach i ich reprezentacjach 3D elips (widoku w perspektywie punktów odniesienia). Dzięki temu system PONTOS pozwala na zlokalizowanie położenia punktów odniesienia nałożonych na mierzony obiekt. Ilość punktów jest jedynie ograniczona powierzchnią, na jakiej będą nałożone.



Rys. 1. system pomiarowy PONTOS

Opis systemu pomiarowego

System pomiarowy składa się z dwóch kamer cyfrowych, które rejestrują stany przemieszczenia badanego obiektu w wybranych punktach pomiarowych. Oprogramowanie przypisuje współrzędne 3D pikselom wykonywanych zdjęć, następnie dokonuje ich porównania i oblicza przemieszczenia punktów odniesienia. Wyniki pomiarów można przedstawić w postaci wektorów, wykresów lub graficznej prezentacji.

Przygotowanie obiektu pomiarowego wymaga umieszczenia znaczników punktów odniesienia i ustawienia układu rejestrującego na statywie na przeciw mierzonego obiektu. Punkty odniesienia są samoprzylepnymi znacznikami pomiarowymi, które są przyklejane do badanego obiektu. W systemie PONTOS HS używa się znaczników retro-odblaskowych. Znaczniki te odbijają światło w kierunku, z jakiego zostało ono wysłane. Optymalne warunki oświetlenia uzyskuje się przy zastosowaniu diodowych lamp błyskowych.

Do rejestracji punktów pomiarowych dostępne są dwa tryby zapisu: tryb prosty z AD (Simple with AD) oraz pomiar szybki (Fast Measurement (PC RAM)). Trybu AD używa się przede wszystkim do pomiarów statycznych, gdy potrzebnych jest tylko kilka zdjęć podczas procesu. W tym trybie zapisywane jest tylko jedno zdjęcie, w oparciu o ręczne uruchomienie aplikacji. W trybie Fast Measurement zapisywana jest sekwencja zdjęć w stałym odstępie czasu. Zapis

* Dr inż. Krzysztof Prażnowski (m.praznowski@po.opole.pl), dr inż. Andrzej Bieniek (a.bieniek@po.opole.pl), dr hab. inż. Jarosław Mamała prof. PO (j.mamala@po.opole.pl), dr inż. Mariusz Graba (m.graba@po.opole.pl) – Politechnika Opolska

zdjęć wyzwalany jest za pomocą sygnału podłączonego do kontrolera (sygnał TTL lub sygnał z czujnika fotoelektrycznego) lub za pomocą okna dialogowego.

Badania eksperymentalne

Celem przeprowadzonych badań była rejestracja odkształcenia opony samochodu osobowego w wyniku zadawanego momentu obciążającego. Następuje wówczas przemieszczenie osi koła w kierunku pionowym i wzdłużnym, co wpływa na wartość promienia dynamicznego koła ogumionego [4]. Do badań eksperymentalnych wykorzystano samochód osobowy marki Fiat Punto 1,2 16V, który został wyposażony w opony letnie Michelin 175/65 R14. Ciśnienie w ogumieniu wynosiło 2,1 MPa.

Rejestracja obrazu punktów za pomocą dwóch kamer wykorzystuje zalety stereometrii do obliczenia współrzędnych poszczególnych punktów w przestrzeni 3D. Dzięki temu możliwe jest późniejsze określenie odkształceń badanej powierzchni. Punkty pomiarowe zostały przymocowane do obręczy koła, opony, elementu nadwozia (nadkole) oraz płyty podłogowej hamowni podwoziowej, co przedstawiono na rys. 2a.

Następnie w trybie Fast Measurment dokonano rejestracji zmian współrzędnych poszczególnych punktów stanowiących chmurę punktów pomiarowych (rys. 2b), co umożliwiło m.in. wyznaczenie trajektorii ruchu punktu położonego w osi koła badanego pojazdu.

Badania eksperymentalne przebiegały dwuetapowo. W pierwszym etapie badane koło ogumione toczyło się ze stałą prędkością kątową swobodnie po rolce hamowni podwoziowej. W drugim etapie koło ogumione zostało obciążone zadaną siłą napędową wynoszącą 750 N.

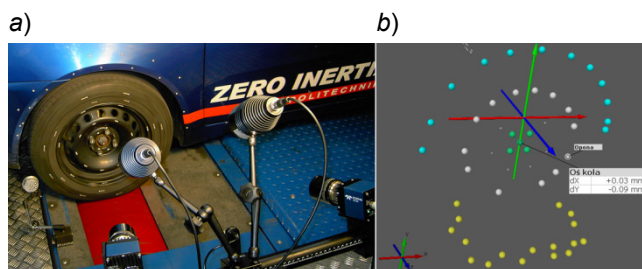
W wyniku przeprowadzonej rejestracji punktów pomiarowych uzyskano współrzędne ich przemieszczenia. Przykładowe przemieszczenia osi koła względem płyty podłogowej hamowni podwoziowej dla prędkości 90 km/h przedstawiono na rys. 3 i 4.

Dla koła swobodnie toczącego się (rys. 3) przemieszczenia osi koła w kierunku wzdłużnym (oś x) przyjmują kształt sinusoidalny w zakresie od 0 do -0,8 mm względem stałego punktu odniesienia. Natomiast przemieszczenia w kierunku pionowym (oś y) wykazują przemieszczenia w zakresie od -0,4 do 0,55 mm. Wskazuje to na wystąpienie resztkowego niewyrównoważenia koła ogumionego lub na niejednorodność struktury wewnętrznej opony.

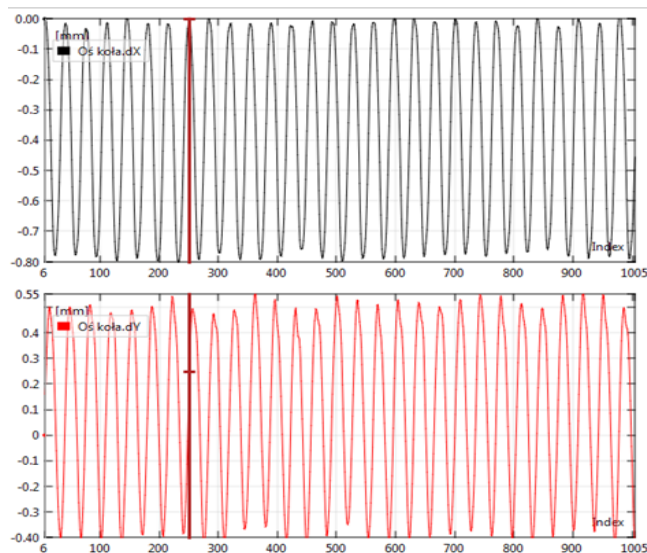
W wyniku zadanego obciążenia oś koła w kierunku wzdłużnym wykazuje przemieszczenia w podobnym zakresie jak koło swobodnie toczące się, jednak kształt profilu przemieszczenia nie jest tak regularny. Stwierdzono ponadto, że przemieszczenia osi koła w kierunku pionowym wykazują tendencje wartości ujemnych, co świadczy o zwiększeniu ugięcia opony z 0,4 do 0,7 mm.

Wnioski

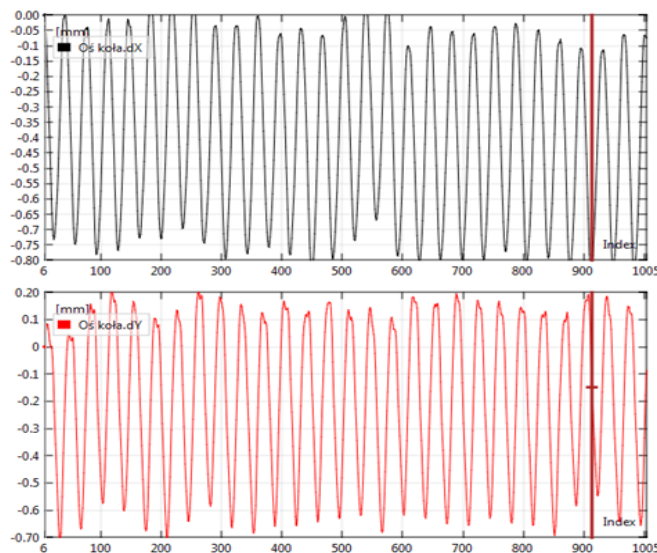
Zastosowanie optycznego systemu pomiarowego wyposażonego w kamery umożliwiające zapis kolejnych klatek obrazu z dużą częstotliwością pozwala na analizę dynamicznych odkształceń badanej powierzchni. Jak pokazują przeprowadzone badania wstępne, możliwa jest rejestracja nawet niewielkich odkształceń lub przemieszczeń wybranych punktów pomiarowych. W wyniku obciążenia koła ogumionego momentem obrotowym na skutek działania siły napędowej na styku opony z rolką stanowiska pomiarowego zarejestrowano zwiększone ugięcie opony w stosunku do przypadku obrotu koła bez obciążenia momentem obrotowym.



Rys. 2. Zdjęcie części: a) badany obiekt i układ pomiarowy, b) chmura punktów



Rys. 3. Przemieszczenie osi koła przy prędkości 90 km/h bez obciążenia



Rys. 4. Przemieszczenie osi koła przy prędkości 90 km/h z obciążeniem siłą napędową o wartości 750 N

LITERATURA

1. GOM mbH, ARAMIS User Manual, Braunschweig 2007.
2. Helfrick M., Niezrecki Ch., Avitabile P., Schmidt T. "3D digital image correlation methods for full-field vibration Measurement". *Mechanical Systems and Signal Processing*. Vol. 25, Iss. 3 (2011): pp. 917–927.
3. Śmierzchalski D., Radke M. „Pomiary odkształceń lokalnych w przestrzeni”. *PAK*. T. 58, nr 1 (2012): s. 115–118.
4. Walczak S. „Wpływ właściwości dynamicznych modelu ogumienia na dynamikę poprzeczną samochodu”. *Czasopismo Techniczne. Mechanika*. R. 109, z. 3-M (2012): s. 101–113.
5. <http://www.gom.com/pl/systemy-pomiarowe/pontos-live.html> (dostęp: 05.06.2016).