

Przenośne laserowe urządzenie do pomiarów parametrów geometrycznych zestawów kołowych, tarcz hamulcowych i szyn

Andrzej ANISZEWICZ¹

Streszczenie

W artykule opisano przenośne laserowe urządzenie pomiarowe Calipri C40, użytkowane w Laboratorium Metrologii Instytutu Kolejnictwa. Przedstawiono zakres zastosowania, pokazano przykłady zmierzonych obiektów oraz wyniki pomiarów parametrów geometrycznych. Opisano zalety użytkowania tego nowoczesnego przyrządu pomiarowego, którym można zastąpić kilka mniej dokładnych ręcznych, mechanicznych kolejowych urządzeń pomiarowych. Zwrócono uwagę na uzyskiwaną dużą dokładność pomiaru przy mobilności i niezależności od zasilania sieciowego oraz możliwość wykonywania pomiarów parametrów geometrycznych, np. kolejowych zestawów kołowych, w sposób efektywny i szybki, także w hali remontowej u zleceniodawcy. Podkreślono, że przyrząd pomiarowy jest szczególnie przeznaczony do wykonywania pomiarów parametrów zestawów kołowych, szyn i tarcz hamulcowych w warunkach remontowo-produkcyjnych.

Słowa kluczowe: pomiary, laser, zestaw kołowy, wózek, koło, układ biegowy, zużycie zestawów kołowych, szyna, główka szyny, tarcza hamulcowa

1. Wstęp

Pomiary kontrolne określonych parametrów geometrycznych zestawów kołowych, szyn, tarcz hamulcowych są jedną z ważniejszych i koniecznych czynności, wykonywanych w trakcie eksploatacji pojazdów kolejowych i infrastruktury. Rzetelnie wykonane, umożliwiają zakwalifikowanie ocenianego obiektu, jako spełniającego lub niespełniającego określone wymagania. Ze względu na czasochłonność i koszt demontażu określonego podzespołu pojazdu, najlepiej jest gdy pomiary są wykonywane na elementach zamontowanych w pojazdach kolejowych.

Na kolei powszechnie stosuje się specjalizowane szablony oraz mechaniczne i elektroniczne kolejowe przyrządy pomiarowe do wykonywania pomiaru wybranych parametrów elementów taboru i infrastruktury kolejowej [1, 2, 3, 4]. Pomimo, że te przyrządy są przenośne, są jednakże ciężkie, nieporęczne, niedokładne, z niewygodnym noniuszowym odczytem analogowym [1, 2, 3]. Tych wad nie ma, opisane w niniejszym artykule, bezkontaktowe laserowe urządzenie pomiarowe.

2. Opis i zastosowanie przyrządu

Laboratorium Metrologii Instytutu Kolejnictwa użytkuje nowe urządzenia pomiarowe, umożliwiające wykonywanie

bardzo dokładnych pomiarów wymiarów geometrycznych, między innymi wybranych obiektów kolejowych i ich elementów składowych. Jednym z tych urządzeń jest specjalistyczny przyrząd pomiarowy Calipri C40. Jest on wyposażony w komputer z zainstalowanym specjalistycznym oprogramowaniem, z modułami do laserowego pomiaru parametrów zestawów kołowych, tarcz hamulcowych i szyn. Calipri C40 jest innowacyjnym i wielofunkcyjnym przyrządem, który może być użyty do bezkontaktowej kontroli oraz weryfikacji stanu i zużycia powierzchni, a także wymiarów geometrycznych elementu pojazdu lub infrastruktury kolejowej. Przyrząd ten umożliwi zastąpienie wielu specjalistycznych, kolejowych przyrządów pomiarowych stosowanych do pomiarów:

- profilu zarysu koła tocznego,
- średnicy na okręgu tocznym koła,
- odległości tarcz kół zestawu kołowego,
- zużycia bieżni koła,
- zużycia tarczy hamulcowej,
- zarysu główki szyny
- zarysu O_w , O_g i q_r za pomocą suwmiarki [1, 2, 3].

Na rysunkach 1–3 przykładowo zobrazowano posługiwanie się opisywanym urządzeniem w praktyce. Zakres zastosowania wielofunkcyjnego przyrządu pomiarowego Calipri C40 obejmuje m.in. bezkontaktowe pomiary następujących parametrów:

¹ Mgr inż.; Instytut Kolejnictwa, Laboratorium Metrologii; e-mail: aaniszewicz@ikolej.pl.

- profilu zarysu tarczy koła jezdnego (rys. 1a),
- średnicy na okręgu tocznym koła jezdnego (rys. 1b),
- średnicy na obrzeżu koła jezdnego,
- rozstawu tarcz kół zestawu kołowego (rys. 1c),
- płaskich miejsc i nalepów na powierzchni tocznej kół,
- grubości obręczy koła,
- zużycia powierzchni ciernych tarcz hamulcowych (rys. 2),
- profilu główki szyny (rys. 3),
- bicia osiowego i promieniowego tarcz kół zamontowanych zestawów kołowych.

a)



b)



c)



Rys. 1. Pomiar przyrządem pomiarowym Calipri C40: a) zarysu profilu tarczy koła jezdnego, b) średnicy na okręgu tocznym tarczy koła jezdnego, c) rozstawu tarcz kół zestawu kołowego [fot. A. Aniszewicz]



Rys. 2. Pomiar zużycia powierzchni ciernych tarcz hamulcowych przyrządem pomiarowym Calipri C40 [fot. A. Aniszewicz]



Rys. 3. Pomiar zarysu profilu główki szyny przyrządem pomiarowym Calipri C40 [fot. A. Aniszewicz]

Elektroniczne urządzenie pomiarowe jest wyposażone w laser oraz wbudowaną kamerę, która w sposób ciągły monitoruje i rejestruje wiązki lasera rzutowane na powierzchnię mierzonego obiektu lub powierzchnie elementów bazowych dodatkowych wzorników. Sposób działania przedstawiono na rysunku 1a – pomiar profilu zarysu powierzchni tocznej koła oraz na rysunku 3 – pomiar zarysu profilu główki szyny. Podczas pomiaru, za pomocą specjalnego oprogramowania, w sposób ciągły są oceniane zarejestrowane dane. Obraz wiązek lasera otrzymany z kamery jest przetwarzany i wyświetlany na ekranie przenośnego komputera. Pomiar jest wykonywany ręcznie. Dzięki opatentowanej funkcji automatycznej kompensacji kąтового oświetlenia laserem powierzchni mierzonej, nie ma konieczności przemieszczania sensora w ściśle określonej odległości i pod ściśle określonym kątem. Jednocześnie, dodatkowa dźwiękowa i wizualna informacja pomaga operatorowi w procesie pomiaru.

Urządzenie umożliwia pomiar krzywoliniowych powierzchni i profili obiektów w celu weryfikacji wymiarów z technicznymi wymaganiami wyspecyfikowanymi na rysunkach, tablicach, dokumentacji technicznej, na modelach CAD i w normach. Parametry techniczne wielofunkcyjnego przyrządu pomiarowego Calipri C40 przedstawiono w tabelicy 1. Zakres temperatury pracy opisywanego urządzenia wynosi od 10 do 45°C, stopień ochrony – IP54.

Zainstalowane na przenośnym komputerze oprogramowanie „Calipri” zarządza całym procesem wykonywania pomiaru oraz steruje laserem i kamerą wbudowanymi w urządzenie. Dzięki dodatkowemu oprogramowaniu „Calipri Analyzer” jest możliwe porównywanie ze sobą uzyskanych wyników, tworzenie wykresów błędów, analizowanie zmian w położeniu geometrycznym mierzonej powierzchni zmieniających się wraz z ich zużyciem. W skład zestawu urządzenia pomiarowego Calipri C40 wchodzi:

- sonda pomiarowa wraz z przenośnym komputerem z zainstalowanym na nim oprogramowaniem i modułami pomiarowymi,

- wzornik pomiarowy do pomiaru rozstawu tarcz kół Az „Wheel clearance gauge AR 1360” (składany pręt referencyjny),
- wzornik pomiarowy średnicy okręgu tocznego zestawu kołowego wagonu „Wheel diameter gauges D1050”,
- wzornik pomiarowy średnicy okręgu tocznego zestawu kołowego lokomotywy „Wheel diameter gauges D1350”,
- zestaw wzorników pomocnych przy pomiarach bardzo zużytych obiektów.

Na rysunku 4 przedstawiono zestaw urządzenia pomiarowego Calipri C40: sondę pomiarową wraz z przenośnym komputerem, wzornik pomiarowy do pomiaru rozstawu tarcz kół Az i wzornik pomiarowy średnicy okręgu tocznego zestawu kołowego wagonu. Na rysunku 5 przedstawiono zrzuty ekranu oprogramowania Calipri C40 z wynikami pomiaru zarysu profilu tarczy koła jezdnego oraz profilu główki szyny. Rysunek 6 zawiera fragment raportu generowanego przez oprogramowanie Calipri w postaci pliku pdf z wynikami pomiaru kolejowego zestawu kołowego wagonu towarowego.



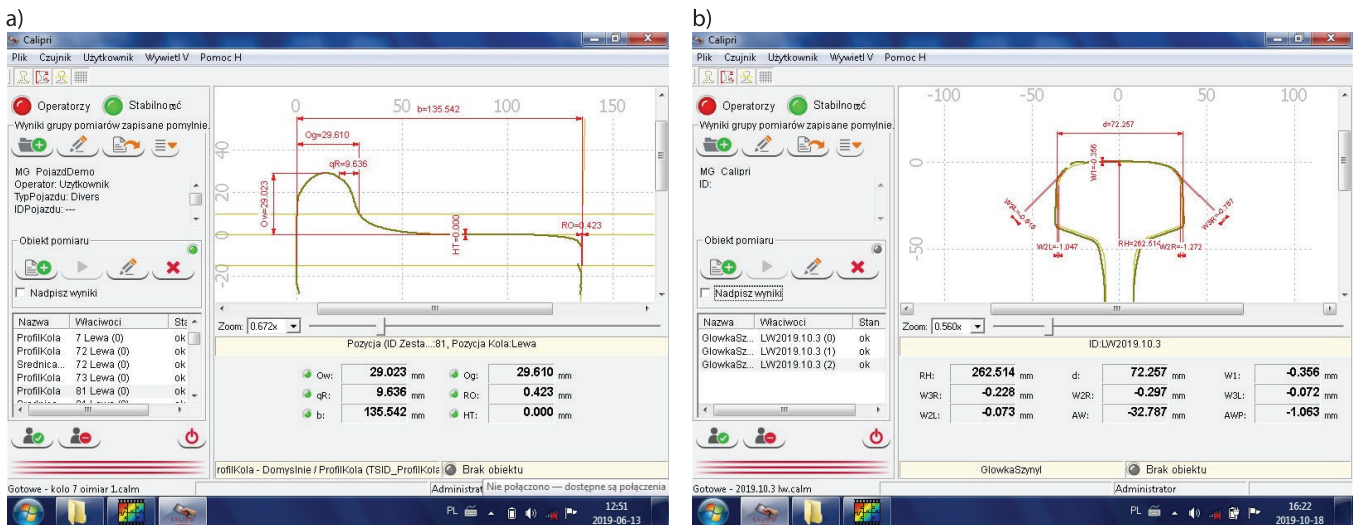
Rys. 4. Zestaw urządzeń przyrządu pomiarowego Calipri C40 przygotowany do pomiaru parametrów zestawu kołowego wagonu kolejowego [fot. A. Aniszewicz]

Tablica 1

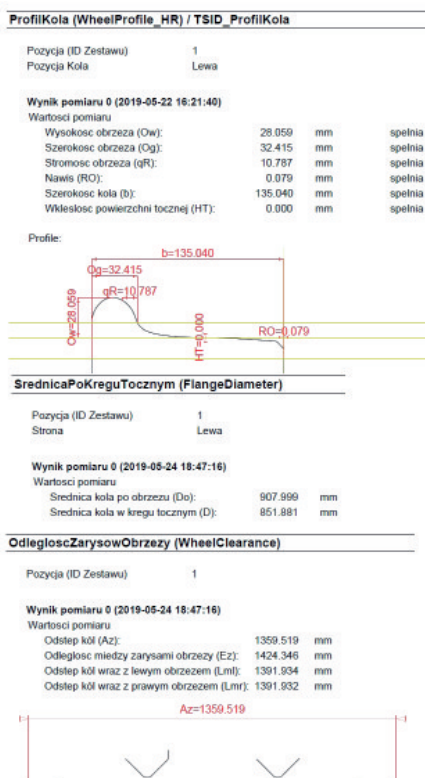
Parametry techniczne urządzenia pomiarowego Calipri C40

Moduł pomiarowy	Zakres pola pomiarowego [mm]	Dokładność pomiarów		
		Dokładność pomiaru profilu [mm]	Dokładność całkowita [mm]	Powtarzalność [mm]
<ul style="list-style-type: none"> • profil koła • grubość obręczy • profil tarczy hamulcowej 	150 × 130	< ±0,015	< ±0,080	< ±0,035
średnica na okręgu tocznym		–	< ±0,200	< ±0,100
rozstaw tarcz kół		–	< ±0,200	< ±0,035

Opracowanie własne na podstawie [6].



Rys. 5. Zrzut ekranu oprogramowania Calpri C40 z wynikami pomiaru zarysu: a) profilu tarczy koła jezdneho, b) profilu głowki szyny [opracowanie własne]



Rys. 6. Przykładowy raport z wynikami pomiaru kolejowego zestawu kołowego wagonu towarowego [opracowanie własne]

Otrzymane wyniki pomiarów wykorzystano między innymi w przeprowadzonych przez Laboratorium Badań Materiałów i Elementów Konstrukcji oraz Laboratorium Badań Taboru Instytutu Kolejnictwa publikacjach, analizach, ekspertyzach i sprawozdaniach z badań do celów certyfikacji wyrobów [5, 7, 8, 9, 10]. Umożliwiły one sporządzenie oceny stopnia zużycia lub uszkodzenia i wspomogły podjęcie decyzji o dalszym sposobie użytkowania zestawów kołowych.

3. Wnioski i podsumowanie

Przenośne urządzenie pomiarowe Calpri C40 jest uniwersalnym i jednocześnie bardzo dokładnym narzędziem. Umożliwia realizację pomiarów zarówno w klimatyzowanych pomieszczeniach laboratoryjnych, jak i halach produkcyjnych oraz remontowo-naprawczych.

Wyniki pomiaru w postaci elektronicznej w łatwy sposób mogą być prezentowane i analizowane na komputerze. Otrzymuje się nie tylko rzetelny i szybki pomiar, ale także zestawienie i porównanie uzyskanych wyników. Umożliwia to sporządzanie wykresów błędów kształtów lub analizowanie zmian układu geometrycznego powierzchni, postępujących w miarę jej zużycia się. Opisany laserowy przyrząd pomiarowy może być zastosowany z dużym stopniem efektywności, szybkości i dokładności na potrzeby sprawdzania zużycia obiektów kolejowych oraz na potrzeby dokumentowania jakości wykonania wyrobów nowych lub zrekonstruowanych.

Dzięki użyciu laserowego przyrządu pomiarowego, Laboratorium Metrologii Instytutu Kolejnictwa zwiększyło dokładność oraz zmniejszyło niepewność pomiaru wymiarów geometrycznych parametrów zestawów kołowych i profili zarysu powierzchni tocznej kół. Laboratorium Metrologii rozszerzyło swoje możliwości pomiarowe i ofertę także o kontrolę wymiarów szyn i tarcz hamulcowych.

Bibliografia

1. Aniszewicz A., Bartoszek M.: *Problemy z pomiarem średnicy na okręgu tocznym zestawów kołowych*, MECHANIK, nr 11/2016, s. 1720–1721.
2. Aniszewicz A., Kucińska M.: *Laboratorium Metrologii Instytutu Kolejnictwa*, Prace Instytutu Kolejnictwa, 2016, z. 151, s. 12–16.

3. Aniszewicz A.: *Rozszerzenie zakresu akredytacji Laboratorium Metrologii o procedurę wzorcowania przyrządów do pomiaru wysokości osi zderzaka nad główką szyny*, Prace Instytutu Kolejnictwa, 2018, z. 159, s. 5–8.
4. Bednaruk K.: *Akredytacja procedur wzorcowania przyrządów pomiarowych stosowanych w kolejnictwie*, Problemy Kolejnictwa, 2018, z. 179, s. 7–11.
5. Kowalczyk D., Bińkowski R.: *Analiza przyczyn uszkodzeń zestawów kołowych z wykorzystaniem metody elementów skończonych*, Problemy Kolejnictwa, 2017, z. 175, s. 47–52.
6. Technical specifications Calipri, Highly-precise profile measurement in rail transport [Parametry techniczne urządzenia Calipri, Pomiar profili w transporcie kolejowym z dużą precyzją], dokument dostępny na WWW https://pdf.directindustry.com/pdf/nextsense-gmbh/calipri-c4x-rolling-stock-brochure/197244-880665-_4.html [dostęp 21 października 2019].
7. Zbieć A., Wysocki G.: *Badania dynamiczne taboru kolejowego*. Przegląd Komunikacyjny, 2017, R. 72, nr 9, s. 2–6.
8. Zbieć A., Konowrocki R.: *Influence of correctness of running gear assembly on freight wagon wheels' wear*, Machine Dynamics Research, 2018, Vol. 47, No.1, pp. 27–39.
9. Zbieć A.: *Przyczyny nierównomiernego zużywania się zestawów kołowych w wagonach towarowych*, Prace Instytutu Kolejnictwa, 2017, z. 155, s. 43–47.
10. Zbieć A.: *Seminarium naukowe „Przyczyny nierównomiernego zużywania się zestawów kołowych w wagonach towarowych”*, Prace Instytutu Kolejnictwa, 2018, z. 160, s. 49–51.