

Badania wytrzymałości montażowej łapek sprężystych SB4

Małgorzata OSTROMĘCKA¹ Andrzej ANISZEWICZ²

Streszczenie

W artykule przedstawiono wyniki badań próby wytrzymałości montażowej przeprowadzonej na łapkach sprężystych SB4. Obserwowano przyrosty wymiarów „b” i „f” oraz rozszerzono badania o pomiary wykonane po dziesięciu i piętnastu montażach i demontażach łapek. Zwrócono uwagę na możliwości interpretacji wyników pomiaru siły docisku łapki do podkładu w odniesieniu do zastosowanej metodyki pomiarowej.

Słowa kluczowe: systemy przytwierdzeń szyn, łapka sprężysta, pomiary wymiarów, próba wytrzymałości montażowej, siła docisku

1. Wprowadzenie

Prowadzone w Instytucie Kolejnictwa badania, w szczególności te, które mają charakter pełnych badań kwalifikacyjnych (badań typu) lub badań niepełnych – laboratoryjnych (badań okresowych), zawsze wykonuje się w odniesieniu do wytycznych. Wytyczne, opisane w dokumentach takich jak Warunki Techniczne Wykonania i Odbioru, Aprobaty Techniczne lub Krajowe Oceny Techniczne powinny być okresowo aktualizowane i/lub weryfikowane.

Badania łapek sprężystych przeprowadza się w Instytucie Kolejnictwa jako badania kompletnego systemu przytwierdzeń według procedury badawczej nr PB-LK-B17 [18] na zgodność z normami lub jako badania indywidualne łapek sprężystych na zgodność z WTWiO według Warunków Technicznych Id-109 [21], Aprobaty Technicznej [1] lub Krajowej Oceny Technicznej (KOT) [2].

Uwzględniając częste problemy producentów związane ze spełnieniem wymagań dotyczących kształtu, wymiarów i tolerancji wykonania, w szczególności związanych z wymiarem „b”, autorzy artykułu podjęli próbę obserwacji zmian parametrów wymiarowych łapek sprężystych SB4 oraz oceny zmian tych parametrów, określonych próbą wytrzymałości montażowej [3, 4]. Celem tej obserwacji jest analiza i weryfikacja wytycznych WTWiO [21] i KOT [2], dotyczących metody badań oraz kryteriów oceny wyrobu końcowego.

2. Przegląd wymagań i zakres badań łapek sprężystych

W Laboratorium Badań Materiałów i Elementów Konstrukcji Instytutu Kolejnictwa przeprowadzane są specjalistyczne badania, między innymi systemów przytwierdzeń szyn, według nieakredytowanej procedury badawczej nr PB-LK-B17 [18] na zgodność z określonymi dokumentami odniesienia. Procedura obejmuje między innymi:

- określenie oporu na skręcanie według wymagań PN-EN 13146-2:2012 [7],
- określenie stanu technicznego elementów oraz wykonanie obciążeń cyklicznych według wymagań PN-EN 13146-4+A1:2015-01 [8],
- określenie siły docisku według wymagań PN-EN 13146-7:2019-05 [10],
- określenie oporu podłużnego szyny według wymagań PN-EN 13146-1+A1:2019-04 [6],
- określenie sztywności pionowej według wymagań PN-EN 13146-9+A1:2012 [11],
- określenie wpływu skrajnych warunków środowiskowych według wymagań PN-EN 13146-6:2012 [9],
- wykonanie obciążenia próbnego według wymagań PN-EN 13146-10:2017-04 [12].

Oprócz badań kompletnego systemu przytwierdzenia, indywidualnym badaniom poddaje się również jedynie łapki sprężyste, jako jeden z istotnych elementów systemu przytwierdzenia. Głównym do-

¹ Dr inż.; Instytut Kolejnictwa, Laboratorium Badań Materiałów i Konstrukcji; e-mail: mostromecka@ikolej.pl.

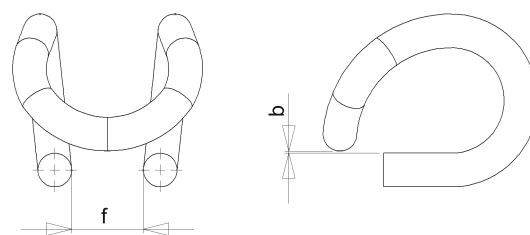
² Mgr inż.; Instytut Kolejnictwa, Laboratorium Metrologii; e-mail: aaniszewicz@ikolej.pl.

kumentem odniesienia przy badaniu łapek sprężystych jest Krajowa Ocena Techniczna lub WTWiO Id-109 [2, 21]. Zgodnie z tymi dokumentami, badania łapek sprężystych polegają na ocenach:

- stanu powierzchni i wyglądu zewnętrznego zgodnie z KOT lub WTWiO [2, 21] (w tym często badania magnetyczno-proszkowe) zgodnie z wymaganiami norm PN-EN 10228-1:2016-07, PN-EN ISO 9934-1:2017-02 [5, 15],
- kształtu, wymiarów i tolerancji wykonania zgodnie z KOT lub WTWiO [2, 21],
- twardości według wymagań normy PN-EN ISO 6508-1:2016-10 [13], zgodnie z KOT lub WTWiO [2, 21],
- charakterystyki sprężystości według wymagań norm PN-K-88171:1981 [14] oraz KOT lub WTWiO [2, 21],
- wytrzymałości montażowej zgodnie z KOT lub WTWiO [2, 21],
- mikrostruktury według wymagań normy PN-H-04505:1966 [17],
- odwęglenia według wymagań normy PN-EN ISO 3887:2018-03 [13],
- wytrzymałości zmęczeniowej zgodnie z KOT lub WTWiO [2, 21],
- zabezpieczenia antykorozyjnego zgodnie z KOT lub WTWiO [2, 21],
- cechowania zgodnie z KOT lub WTWiO [2, 21].

Ocena dotycząca wytrzymałości montażowej, jest stosowana wyłącznie dla łapek sprężystych SB. Zgodnie z dokumentami [2, 21], badanie polega na pięciokrotnym montażu i demontażu łapki sprężystej w rzeczywistym modelu węzła przytwierdzenia odwzorowanego w skali 1:1. Głównym kryterium akceptacji jest zachowanie wymiarów „b” i „f” (rys. 1) w granicach tolerancji wartości odchyłek dopuszczalnych oraz zapewnienie minimalnej siły nacisku na wkładkę wynoszącej 8 kN. W żadnych dokumentach nie sformułowano wymagań dotyczących wykonania pomiaru wstępnych wartości wymiarów „b” i „f” przed roz-

poczęciem badania wytrzymałości montażowej. Dokumenty odniesienia [2, 21] przewidują sprawdzenie kształtu, wymiarów i tolerancji na określonej liczbie próbek pobranych z partii, ale próbki te nie podlegają dalszym badaniom, które mogłyby spowodować zmiany tych wymiarów. Badanie wytrzymałości montażowej nie jest wykonywane na tych samych próbkach, co badanie kształtu, wymiarów i tolerancji wykonania.



Rys. 1. Wymiary „b” i „f” łapki sprężystej SB4 podlegające pomiarom podczas próby wytrzymałości montażowej; opracowanie własne na podstawie [2, 21]

3. Opis badań

Do badań wytrzymałości montażowej, pobrano losowo z jednej partii osiem sztuk łapek sprężystych typu SB4 wykonanych ze stali 48Si7. Skład chemiczny stali według atestów dostarczonych przez producenta podano w tablicy 1. Cała partia próbek była zbadana zgodnie z punktami 1–10 wymienionymi w rozdziale 2 i uznana za spełniającą kryteria akceptacji wymienione w dokumencie [2].

W celu przeprowadzenia badania przygotowano podkład strunobetonowy z kotwami do przytwierdzenia sprężystego, odcinek szyny o długości 0,6 m oraz pozostałe części składowe przytwierdzenia, czyli przekładkę podszynową i elektroizolacyjną wkładkę dociskową. Widok stanowiska przygotowanego do przeprowadzenia próby wytrzymałości montażowej zapinania łapki sprężystej SB4 przedstawia rysunek 2.

Tablica 1

Skład chemiczny materiału badanych łapek sprężystych SB4 (według atestu hutniczego – dokumentacji producenta)

Skład chemiczny [%]											
C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Cu	Al	Ti	Mo	V
0,4754	1,6738	0,6114	0,0136	0,0105	0,0336	0,0171	0,0130	0,0024	0,0014	0,0041	0,0014
W	Sn	B	N	Nb	As	Sb	Pb	Co	Ca	Ta	H [ppm]
0,0000	0,0012	0,0002	0,0050	0,0000	0,0044	0,0000	0,0010	0,0028	0,0000	0,0000	1,4000

[Opracowanie własne].



Rys. 2. Widok stanowiska do badania wytrzymałości montażowej łapki sprężystej SB4 [fot. autorzy]

W pierwszej kolejności, przed montażem, zmierzono wymiary „b” i „f” według rysunku 1 w wybranych ośmiu próbkach, a następnie wymiary te mierzono po każdym montażu i demontażu, aż do piątego montażu i demontażu łapki łącznie. Celowo nie odrzucono z badań próbek niezgodnych wymiarowo z wytycznymi [2]. Z ośmiu zbadanych łapek, do dalszego etapu badania, wybrano sześć łapek, które zamontowano i zdemontowano jeszcze pięć razy. Po demontażu sprawdzono wymiary „b” i „f”, a następnie powtórzono operację montażu i demontażu jeszcze pięć razy i jeszcze raz dokonano ich pomiaru. Dla tych wybranych sześciu próbek zmierzono również siłę docisku łapki po pięciu, dziesięciu i piętnastu operacjach montażu i demontażu. Pomiary wykonano za pomocą maszyny wytrzymałościowej Sinus 250 (rys. 3), na którym zamontowano oprzyrządowanie do badania siły docisku (rys. 4).

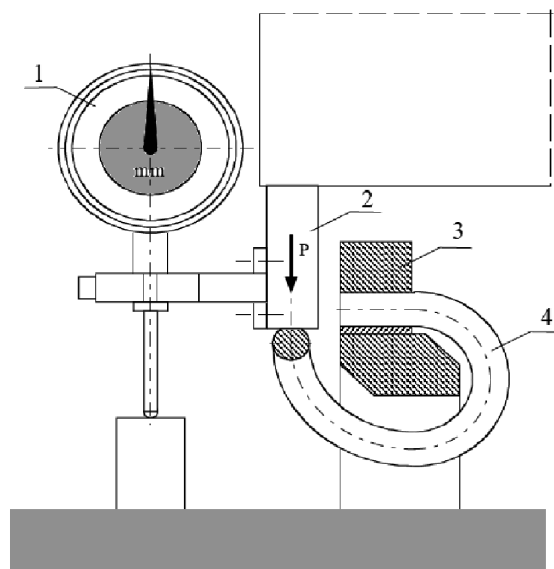
4. Wyniki badań i ich analiza

Uzyskane wyniki pomiarów wymiarów geometrycznych „b” i „f” (tabl. 2) oraz wyniki pomiaru siły docisku (tabl. 3) są zgodne z oczekiwaniami autorów. Wykres przedstawiony na rysunku 5 obrazuje wzrost wartości wymiaru „b” z każdym kolejnym montażem i demontażem łapki sprężystej. Na uwagę zasługuje fakt, że największy przyrost następuje po pierwszym zapięciu łapki, przy czym im mniejsza jest wartość początkowa wymiaru „b”, tym jest większy przyrost. Po pięciokrotnym zamontowaniu i zdemontowaniu łapki przyrost wymiaru „b” ulega stabilizacji, co najbardziej jest widoczne dla łapek o wymiarze „b”, zgodnym z wytycznymi („b” = 0,8 mm i „b” = 1,3 mm). W przypadku łapki sprężystej o wymiarze „b” mniej-

szym o 1,2 mm od wymaganej wartości minimalnej, czyli równym $-0,7$ mm zaobserwowano tendencję do większego wzrostu.



Rys. 3. Widok maszyny wytrzymałościowej Sinus 250 z oprzyrządowaniem do badania siły docisku łapek sprężystych SB4 [fot. autorzy]



Rys. 4. Schemat oprzyrządowania do badania siły docisku:
1) czujnik przemieszczeń do pomiaru zmiany wartości wymiaru „b”, 2) element maszyny wytrzymałościowej zadający przemieszczenie z siłą docisku „P”, 3) mocowanie łapki sprężystej, 4) badana łapka sprężysta SB4; opracowanie własne na podstawie [2, 21]

Tablica 2

Wyniki pomiarów wymiarów geometrycznych „b” i „f” ośmiu łapek sprężystych SB4

Numer próbki	Wymiary nominalne [mm]	Wyniki pomiarów w zależności od liczby demontaży n [mm]							
		Przed badaniem	$n = 1$	$n = 2$	$n = 3$	$n = 4$	$n = 5$	$n = 10$	$n = 15$
B1	$b = 1^{\pm 0,5}$	0,8	1,1	1,2	1,3	1,3	1,4	1,6	1,7
	$f = 34^{\pm 1}$	33,2	33,6	33,7	33,8	33,8	33,9	34,0	34,1
B2	$b = 1^{\pm 0,5}$	1,3	1,6	1,9	2,0	2,0	2,0	2,1	2,3
	$f = 34^{\pm 1}$	33,1	33,7	33,8	33,8	33,9	33,9	34,0	34,2
B3	$b = 1^{\pm 0,5}$	1,4	1,8	1,8	1,8	1,9	1,9	–	–
	$f = 34^{\pm 1}$	33,5	33,7	33,7	33,8	33,8	33,8	–	–
B4	$b = 1^{\pm 0,5}$	1,2	1,5	1,5	1,6	1,7	1,7	–	–
	$f = 34^{\pm 1}$	33,6	34,1	34,1	34,2	34,3	34,3	–	–
B5	$b = 1^{\pm 0,5}$	–0,7	–0,2	0,0	0,1	0,1	0,1	0,2	0,4
	$f = 34^{\pm 1}$	33,6	34,2	34,3	34,4	34,4	34,5	34,5	34,6
B6	$b = 1^{\pm 0,5}$	1,3	1,7	1,7	1,8	1,8	1,8	2,1	2,1
	$f = 34^{\pm 1}$	33,4	33,9	34,0	34,0	34,1	34,1	34,2	34,3
B7	$b = 1^{\pm 0,5}$	1,0	1,3	1,3	1,3	1,4	1,4	1,7	1,9
	$f = 34^{\pm 1}$	34,2	34,3	34,4	34,4	34,4	34,4	34,5	34,6
B8	$b = 1^{\pm 0,5}$	–0,9	–0,2	–0,1	0,2	0,3	0,3	0,4	0,6
	$f = 34^{\pm 1}$	33,0	34,0	34,0	34,2	34,3	34,3	34,4	34,5

[Opracowanie własne].

Tablica 3

Wyniki pomiaru siły docisku po pięciu, dziesięciu i piętnastu operacjach montażu i demontażu łapek sprężystych SB4

Numery próbek	Siła docisku łapek sprężystych SB4 [kN]		
	$n = 5$	$n = 10$	$n = 15$
B1	9,9	10,1	10,2
B2	10	10	10
B3	9,9	–	–
B4	9,9	–	–
B5	10	10,2	10,2
B6	9,8	9,9	10
B7	10	10,1	10,2
B8	10,2	10,3	10,3

[Opracowanie własne].

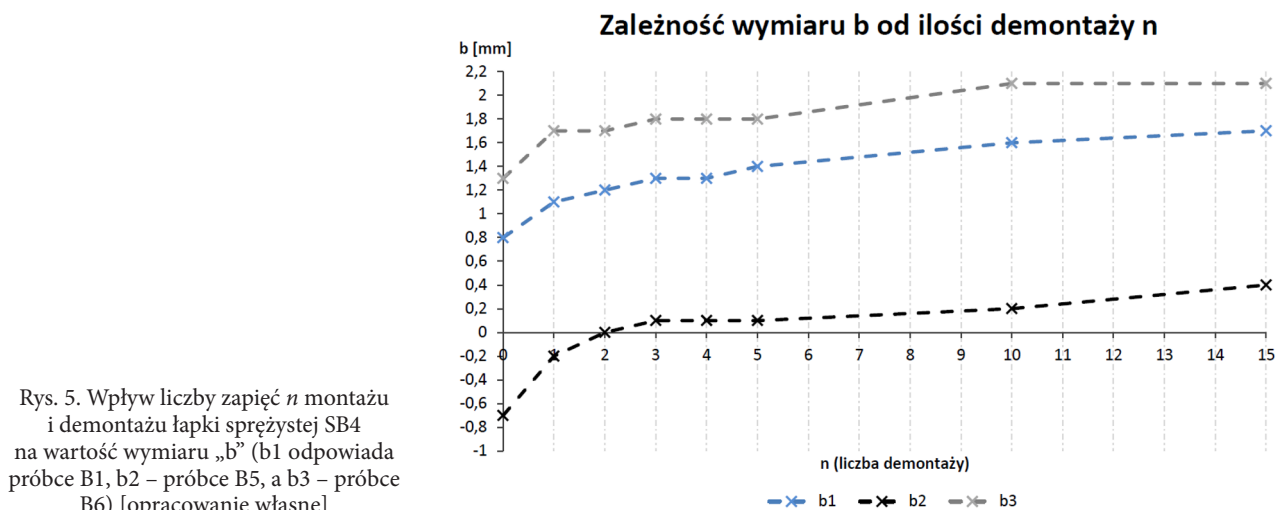
Wartość wymiaru „b” przed badaniem oraz po badaniu siły docisku nie zmieniała się, co wskazuje, że pomiar siły docisku nie wywołuje odkształceń plastycznych.

W tablicy 4 zestawiono wyniki pomiarów sześciu próbek, które przed przystąpieniem do próby wytrzymałości montażowej spełniały wymagania wymiarowe zgodnie z wytycznymi [2, 21]. Należy podkreślić,

że wytyczne [2, 21] nie wymagają pomiaru badanych próbek przed wykonywaniem tego badania. Wskazywany jest jedynie wymóg sprawdzenia wartości wymiaru „b” i „f” po badaniu. Zmiana wymiaru „f” po pięcio-, dziesięcio- i piętnastokrotnym montażu i demontażu łapki mieści się w zakresach określonych tolerancją. Natomiast w przypadku wymiaru „b”, można zaobserwować, że próbki o wymiarze wyjściowym „b” $\geq 1,2$ mm po próbie wytrzymałości montażowej nie spełniały już wymagań wymiarowych określonych w wytycznych. Średni przyrost wymiaru „b” po przeprowadzonej próbie wytrzymałości montażowej wynosi w przybliżeniu 0,53 mm. Jest to wartość, która przekracza wartość tolerancji dla tego wymiaru. Obserwacja ta sugeruje potrzebę weryfikacji tolerancji wymiarowych związanych z wartością wymiaru „b”.

Sposób mocowania łapki sprężystej w węźle sugeruje, że wymiar „b” jest jednym z wymiarów decydujących o sile docisku szyny do podkładu. Jest to kwestia bardzo istotna, wpływająca bezpośrednio na bezpieczeństwo użytkowe infrastruktury kolejowej.

Badanie siły docisku po próbie wytrzymałości montażowej nie odzwierciedla jednak wpływu wzrostu wymiaru „b” na rzeczywisty docisk szyny do podkładu. W niektórych zapisach wytycznych WTWiO [21] używa się nazwy „badanie siły nacisku łapki na



Tablica 4

Wpływ próby wytrzymałości montażowej na zmiany wymiaru „b”

Etap pomiaru	Wyniki pomiarów dla poszczególnych próbek spełniających wstępne wymagania wymiarowe [mm]					
	B1	B2	B3	B4	B6	B7
Wymiar „b” przed badaniem	0,8	1,3	1,4	1,2	1,3	1,0
Wymiar „b” po badaniu	1,4	2,0	1,9	1,7	1,8	1,4
Przyrost Δ „b”	0,6	0,7	0,5	0,5	0,5	0,4

[Opracowanie własne].

wkładkę”, co sugeruje, że to badanie powinno umożliwiać otrzymanie informacji właśnie na temat docisku szyny do podkładu. Niestety tak nie jest. Wzrost wymiaru „b” powinien w rzeczywistości powodować zmniejszenie docisku szyny do podkładu. Wyniki badań opisanych w artykule wykazują wzrost siły docisku wraz ze zwiększeniem liczby zapięć łapek, co prowadzi do absurduwnego wniosku, że ze wzrostem wymiaru „b” rośnie siła docisku łapki. W celu interpretacji tych wyników należy odnieść się do narzuconej przez wytyczne metody badawczej.

Schemat oprzyrządowania stanowiska do badania siły docisku przedstawiono na rysunku 4. Po zamocowaniu w maszynie wytrzymałościowej, łapkę sprężystą należy poddać obciążeniu do otrzymania ugięcia 11 mm, utrzymać to obciążenie przez 10 sekund, odciążyć do ugięcia 8 mm i wtedy odczytać wartość siły. Wartość siły docisku łapki nie powinna być mniejsza niż 8 kN.

Przy tak realizowanym badaniu siły docisku, zgodnie z wytycznymi [2, 21], wartość początkowa wymiaru „b” nie ma znaczenia. Istotne jest ugięcie, czyli wartość przyrostu, a samo badanie odwzorowuje jedynie odpowiedź materiału na zadawane odkształcenie, co oczywiście może częściowo symulować zachowanie się łapki w torze podczas przejazdu pociągu.

Wzrost siły docisku otrzymany podczas badań, może jednak bardziej świadczyć np.: o zmianach zachodzących w danej stali sprężynowej na skutek procesu odkształcania (np.: umocnienie materiału) lub o wpływie innych geometrycznych aspektów związanych z konstrukcją sprężyny (krzywizna i promień gięcia) na zachowanie łapki podczas takiego badania.

Pytanie, jak wymiar „b” łapki sprężystej wpływa na siłę docisku, pozostaje bez odpowiedzi przy zastosowaniu metody badań zgodnej z wytycznymi [2, 21], a przewidywania oparte na logice nie znajdują potwierdzenia w uzyskanych wynikach pomiaru siły docisku. Aby zaobserwować rzeczywisty wpływ wymiaru „b” łapki sprężystej na siłę docisku szyny do podłoża, należy posłużyć się inną metodą badawczą, którą należy w pierwszej kolejności zaczerpnąć z metody stosowanej przy badaniu całego systemu przytwierdzenia.

5. Podsumowanie i wnioski

Wymagania stawiane współczesnym systemom przytwierdzeń, to między innymi wysoka skuteczność tłumienia drgań [3, 4], przy jednoczesnym spełnieniu wymagań wynikających z obowiązujących aktów praw-

nych, norm oraz przepisów międzynarodowych [19, 20], w tym w szczególności siły docisku szyny do podłoża.

Niestety, określenie siły docisku szyny do podkładu nie jest możliwe za pomocą metody pomiarowej stosowanej podczas badań przeznaczonych dla łapek sprężystych i na podstawie obowiązujących dokumentów odniesienia [2, 21]. W tym celu należy zastosować metodę zgodną z normą PN-EN 13146-7:2019-05 [10].

Ponadto, wyniki badań opisane w niniejszym artykule wskazują, że w czasie próby wytrzymałości montażowej wartość wymiaru „b”, który jest bezpośrednio odpowiedzialny za docisk łapki do wkładki, a pośrednio na docisk szyny do podkładu, wzrasta średnio w zakresie większym niż tolerancja przewidziana dla tego wymiaru. Nie uwzględniono jednak tego w wytycznych [2, 21] dotyczących wymagań wymiarowych w próbie wytrzymałości montażowej.

Literatura

1. AT/07-2015-0010-03: Aprobata Techniczna – Łapka sprężysta typu SB4.
2. IK-KOT-2018/0049, wydanie 1: Krajowa ocena techniczna – Łapka sprężysta SB4, SKL 12, SKL 14, Warszawa, 2018.
3. Jankowski L.J. et.al.: Experimental and Numerical Examination of the Fastening System's Rail Clip Type SB-4, Materials Research Proceedings 12 (2019), s. 59-64, <https://doi.org/10.21741/9781644900215-8>.
4. Ostromęcka M., Aniszewicz A.: Aspekty materiałowe i geometryczne łapek sprężystych SB4 wpływające na ich własności użytkowe, Problemy Kolejnictwa, 2020, z. 189, s. 29–33.
5. PN-EN 10228-1:2016-07: Badania nieniszczące odkuwek stalowych – Część 1: Badanie magnetyczno-proszkowe.
6. PN-EN 13146-1+A1:2019-04: Kolejnictwo – Tor – Metody badań systemów przytwierdzeń – Część 1: Określenie oporu podłużnego szyny.
7. PN-EN 13146-2:2012: Kolejnictwo – Tor – Metody badań systemów przytwierdzeń – Część 2: Określenie oporu na skręcanie.
8. PN-EN 13146-4+A1:2015-01: Kolejnictwo – Tor – Metody badań systemów przytwierdzeń – Część 4: Skutki obciążeń powtarzalnych.
9. PN-EN 13146-6:2012: Kolejnictwo – Tor – Metody badań systemów przytwierdzeń – Część 6: Skutki trudnych warunków środowiska.
10. PN-EN 13146-7:2019-05: Kolejnictwo – Tor – Metody badań systemów przytwierdzeń – Część 7: Określenie siły docisku oraz odporności na obciążenia pionowe.
11. PN-EN 13146-9+A1:2012: Kolejnictwo – Tor – Metody badań systemów przytwierdzeń – Część 9: Określenie sztywności.
12. PN-EN 13146-10:2017-04: Kolejnictwo – Tor – Metody badań systemów przytwierdzeń – Część 10: Próbny test obciążenia w celu potwierdzenia odporności na wyciąganie.
13. PN-EN ISO 3887:2018-03: Stale – Określanie głębokości odwęglenia.
14. PN-EN ISO 6508-1:2016-10: Metale – Pomiar twardości sposobem Rockwella – Część 1: Metoda badania.
15. PN-EN ISO 9934-1:2017-02: Badania nieniszczące – Badania magnetyczne proszkowe – Część 1: Zasady ogólne.
16. PN-K-88171:1981: Tabor kolejowy – Sprężyny śrubowe walcowe.
17. PN-H-04505:1966: Mikrostruktura stalowych wyrobów hutniczych – Wzorce i oznaczania.
18. Procedura badawcza Laboratorium Badań Materiałów i Elementów Konstrukcji Instytutu Kolejnictwa nr PB-LK-B17 „Badania systemów przytwierdzeń”, nie akredytowana w PCA i ujęta w zakresie akredytacji nr AB369 jako zestawienie „przedmiotu badań / wyrobu” oraz „rodzaju działalności / badanych cech / metod” na zgodność z dokumentami odniesienia.
19. Rozporządzenie Komisji (UE) nr 1299/2014 z dnia 18 listopada 2014 r. dotyczące technicznych specyfikacji interoperacyjności podsystemu „Infrastruktura” systemu kolei w Unii Europejskiej, Dz.Urz. UE L 356 z 12 grudnia 2014 r.
20. Warunki techniczne utrzymania nawierzchni na liniach kolejowych, Id-1 (D-1), PKP PLK S.A., Warszawa 2005.
21. Warunki techniczne wykonania i odbioru łapek sprężystych i sprężyn przytwierdzających szyny do podkładów i podrojazdnic, Id-109, PKP PLK S.A., Warszawa, 2010.