

Badania łapek sprężystych typu SB

Małgorzata OSTROMĘCKA¹

Streszczenie

W artykule przedstawiono stosowaną w Instytucie Kolejnictwa metodykę badań łapek sprężystych typu SB zgodną z obowiązującymi dokumentami odniesienia. Opisano badania stanu powierzchni i wyglądu zewnętrznego, pomiary geometryczne łapek, badania mikrostruktury i pomiar odwęglenia, pomiar twardości, badania charakterystyki sprężystości, pomiary siły docisku łapki oraz badania wytrzymałości montażowej i zmęczenia.

Słowa kluczowe: łapki sprężyste typu SB, badania kwalifikacyjne

1. Wprowadzenie

W Instytucie Kolejnictwa wykonuje się dwa rodzaje badań łapek sprężystych: badania łapek jako integralnej części całego systemu przytwierdzenia szyny oraz badania łapek jako odrębnej części składowej systemu przytwierdzenia. W pierwszym przypadku badania wykonuje się według procedury badawczej nr PB-LK-B17 [15] na zgodność z określonymi dokumentami odniesienia. Procedura obejmuje między innymi określenie:

- 1) oporu na skręcanie według wymagań normy PN-EN 13146-2:2012 [5],
- 2) stanu technicznego elementów oraz wykonanie obciążeń cyklicznych według wymagań normy PN-EN 13146-4+A1:2015-01 [6],
- 3) siły docisku według wymagań normy PN-EN 13146-7:2019-05 [8],
- 4) oporu podłużnego szyny według wymagań normy PN-EN 13146-1+A1:2019-04 [3],
- 5) sztywności pionowej według wymagań normy PN-EN 13146-9+A1:2012 [9],
- 6) wpływu skrajnych warunków środowiskowych według wymagań normy PN-EN 13146-6:2012 [7],
- 7) wykonania obciążenia próbnego według wymagań normy PN-EN 13146-10:2017-04 [4].

Dokumentami odniesienia do badań łapek sprężystych jako odrębnej części składowej systemu przytwierdzenia są Warunki Techniczne Wykonania i Odbioru Id-109 [16] lub dokument KOT Krajowej Oceny Technicznej [1]. Zgodnie z nimi, badania łapek sprężystych opierają się na ocenie:

- 1) stanu powierzchni i wyglądu zewnętrznego zgodnie z WTWiO lub KOT [16, 1] (w tym często wykonuje się badania magnetyczno-proszkowe zgodnie z wymaganiami norm PN-EN ISO 9934-1:2017-02, PN-EN 10228-1:2016-07) [12, 2],
- 2) kształtu, wymiarów i tolerancji wykonania zgodnie z WTWiO lub KOT [16, 1],
- 3) twardości według wymagań normy PN-EN ISO 6508-1:2016-10 [11] zgodnie z WTWiO lub KOT [16, 1],
- 4) charakterystyki sprężystości według wymagań normy PN-K-88171:1981 [14] oraz WTWiO lub KOT [16, 1],
- 5) wytrzymałości montażowej zgodnie z wytycznymi WTWiO lub KOT [16, 1] (wyłącznie dla łapek typu SB),
- 6) mikrostruktury według wymagań normy PN-H-04505:1966 [13],
- 7) odwęglenia według wymagań normy PN-EN ISO 3887:2018-03 [10],
- 8) wytrzymałości zmęczeniowej zgodnie z wytycznymi WTWiO lub KOT [16, 1],
- 9) zabezpieczenia antykorozyjnego zgodnie z wytycznymi WTWiO lub KOT [16, 1],
- 10) cechowania zgodnie z wytycznymi WTWiO lub KOT [16, 1].

2. Opis badań łapek sprężystych typu SB

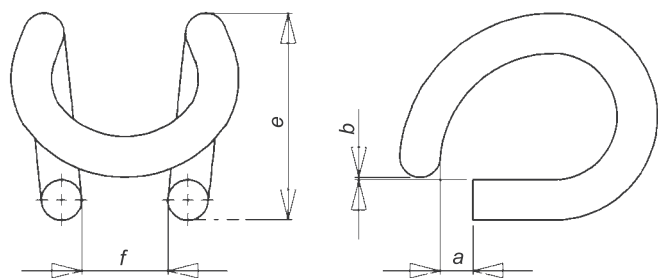
Stan powierzchni i wyglądu zewnętrznego ocenia się zgodnie z wytycznymi WTWiO lub KOT [16, 1]. Głównym celem tej oceny jest wychwycenie takich niedopuszczalnych niezgodności, jak odciski o głębokości powyżej 0,5 mm od narzędzi kształtujących, zadziory na końcach łapek, przewęże-

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

nia do 0,75 mm w rzeczywistej średnicy pręta w miejscach gięcia łapek. Niedopuszczalne są również pęknięcia, ostre zagłębienia, rysy i naderwania o głębokości powyżej 0,3 mm, jak również inne wady materiałowe widoczne okiem nieuzbrojonym. W celu wykluczenia nieciągłości materiałowych, trudnych do wizualnego wykrycia, w Instytucie Kolejnictwa często wykonuje się badania magnetyczno-proszkowe zgodnie z wymaganiami norm PN-EN ISO 9934-1:2017-02 i PN-EN 10228-1:2016-07 [12, 2]. Sprawdzenie kształtu, wartości wymiarów i tolerancji wykonania łapek sprężystych przeprowadza się warsztatowymi narzędziami pomiarowymi i sprawdzianami.

Bezpośrednie pomiary warsztatowymi narzędziami pomiarowymi oraz sprawdzianami ściśle określonych wymiarów łapek sprężystych typu SB, elementów powstałych z przestrzennego gięcia grubego pręta, są dość problematyczne. Rzeczywiste wyroby wykazują różnego rodzaju niezgodności, jak np. spękanie i owalizacja przekrojów końcówek pręta (powstająca zazwyczaj na pierwszym etapie produkcji, czyli podczas przycinania pręta na określoną długość) lub wichrowatość i krzywizna teoretycznie prostych końcówek łapek. Niezgodności te mają ogromny wpływ na wyniki pomiarów, dlatego opracowanie odpowiedniej metodyki pomiarowej, np.: sposobu bazowania jest podstawą do końcowej oceny zgodności z wytycznymi.

Wymiary a , b , e i f łapek typu SB, poddawane ocenie na zgodność z wymaganiami przedstawiono na rysunku 1. Promienie gięcia pręta w przestrzenne i styczne łuki są również wymiarami tolerowanymi, choć nie uwzględnia się ich w protokole badania, stanowiącym załącznik 6 do WTWiO [16], najprawdopodobniej ze względu na trudność wykonania takiego pomiaru metodą bezpośrednią za pomocą warsztatowych narzędzi pomiarowych i sprawdzianów.



Rys. 1. Monitorowane wymiary łapki sprężystej SB4 zgodnie z wymaganiami PKP PLK S.A.; opracowanie własne na podstawie [16]

Wartości nominalne mierzonych wymiarów łapek sprężystych SB4 przedstawiono w tablicy 1.

Tablica 1
Wartości nominalne monitorowanych wymiarów łapek sprężystych SB4

a [mm]	b [mm]	e [mm]	f [mm]
13 + 2	1±0,5	82±2	34±1

Opracowanie własne na podstawie [16, 1].

Gatunek stali stosowanej do produkcji łapek sprężystych zależy od lokalnych wymagań i typu łapek. W Polsce, według WTWiO Id-109 [16] łapki sprężyste typu SB powinny być wykonywane z pręta o średnicy 16 mm wykonanego ze stali typu 50S2, ciągnionego lub walcowanego na gorąco. Do wytwarzania łapek sprężystych SB4 niektórzy producenci stosują również stal o oznaczeniu 48Si7 [1], o składzie chemicznym zbliżonym do stali typu 50S2. Składy chemiczne stali obu tych gatunków podano w tablicy 2.

Ocenę mikrostruktury łapki sprężystej przeprowadza się w Instytucie Kolejnictwa za pomocą cyfrowego mikroskopu metalograficznego Keyence. Łapka sprężysta powinna mieć mikrostrukturę składającą się z drobnoziarnistego martenzytu, odpowiadającą wzorcom 1÷4 według skali 3, zgodnie z normą PN-H-04505:1966 [13] (procentowy udział martenzytu w strukturze – min. 97,5%, skala 8, wzorec 3). Struktura martenzytu powinna mieć postać odpuszczoną – sorbityczną, bez pozostałości iglastej (rys. 2).



Rys. 2. Mikrostruktura stali 48Si7 łapki sprężystej typu SB4, twardość 42,2 HRC [fot. M. Ostromęcka]

Pomiar głębokości odwęglenia również przeprowadza się metodą metalograficzną zgodnie z normą PN-EN

Tablica 2
Skład chemiczny stali stosowanej na łapki sprężyste SB4

Symbol stali	C [%]	Mn [%]	Si [%]	S _{max} [%]	P _{max} [%]	Ni _{max} [%]	Cr _{max} [%]	Cu _{max} [%]
48Si7	0,46÷0,53	0,50÷0,80	1,60÷2,00	0,025	0,025	0,40	0,40	0,1
50S2	0,47÷0,55	0,60÷0,90	1,50÷1,80	0,04	0,04	0,40	0,30	–

Opracowanie własne na podstawie [16, 1].

ISO 3887:2018-03 [10]. Charakter odwęglenia określa się jako całkowity, jeżeli przy powierzchni pozostają ziarna ferrytu, jeżeli przy powierzchni obserwuje się siatkę ferrytu, odwęglenie uznaje się za częściowe. Niezależnie od charakteru odwęglenia, całkowita jego głębokość, określona na średnicy pręta łapki, nie powinna przekraczać 0,20 mm (rys. 3). Nadmierne odwęglenie może stać się przyczyną wielu problemów, jak np.: zarodkowanie mikropęknięć, które w pierwszym etapie eksploatacji są płytkie i drobne, lecz po upływie czasu powiększają się, a następnie doprowadzają element do zniszczenia. Dla łapek sprężystych, od których wymaga się określonej wytrzymałości zmęczeniowej, ma to szczególne znaczenie.



Rys. 3. Pomiar odwęglenia w stali 48Si7 [fot. M. Ostromięcka]

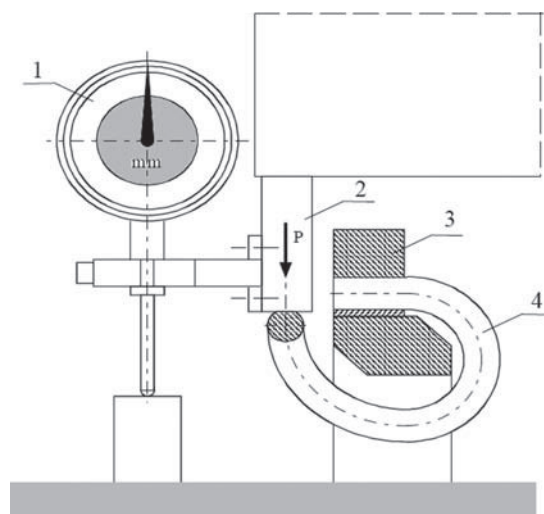
Od mikrostruktury materiału wyrobu zależą właściwości mechaniczne, np. twardość. Pomiar twardości przeprowadza się metodą Rockwella, zgodnie z wymaganiami normy PN-EN ISO 6508-1:2016-10 [11]. Konieczność usunięcia przypowierzchniowej warstwy o grubości 0,5÷1,0 mm przed pomiarem twardości ma związek z ominięciem ewentualnej warstwy odwęglonej, która może powstać przy powierzchni pręta, z którego łapka jest wykonana. Wytyczne WTWiO [16] wskazują dokładne miejsca pomiaru twardości dla danego typu łapek sprężystych (rys. 4) i należy podkreślić, że twardość mierzona w różnych miejscach łapek może się zmieniać w pewnym zakresie, lecz istotne jest, aby nie przekraczała granic określonych wytycznymi, czyli 42÷46 HRC. Nieodpowiednia wartość twardości zazwyczaj związana jest z nieprawidłowo przeprowadzoną obróbką cieplną i staje się przyczyną odrzucenia całej partii łapek.

Sprawdzenie charakterystyki sprężystości łapek wykonuje się w Instytucie Kolejnictwa na maszynie wytrzymałościowej Sinus 250, zgodnie z metodyką określoną w wytycznych [16, 1] oraz PN-81/K-88171 [14]. Łapkę sprężystą typu SB montuje się w uchwycie maszyny wytrzymałościowej zgodnie ze schematem przedstawionym na rysunku 5. Łapka sprężysta jest poddawana obciążeniu do uzyskania ugięcia 11 mm, obciążenie jest utrzymywane przez 10 sekund, na-

stępnie odciąża się łapkę do ugięcia 8 mm i odczytuje się wartość siły. Siła nacisku łapki nie powinna być mniejsza niż 8 kN. Po zdjęciu łapki z urządzenia należy sprawdzić wymiar b , (rys. 1), który powinien wynosić $1 \pm 0,5$ mm.



Rys. 4. Łapka sprężysta SB4 z miejscem pomiaru twardości zaznaczonym na czerwono oraz widok na przygotowaną próbkę z odciskami po wykonanych pomiarach twardości [fot. M. Ostromięcka]



Rys. 5. Schemat przyrządu do badania charakterystyki sprężystości: 1) czujnik zegarowy, 2) pulsator, 3) uchwyt maszyny wytrzymałościowej, 4) badana łapka; opracowanie własne na podstawie [16]

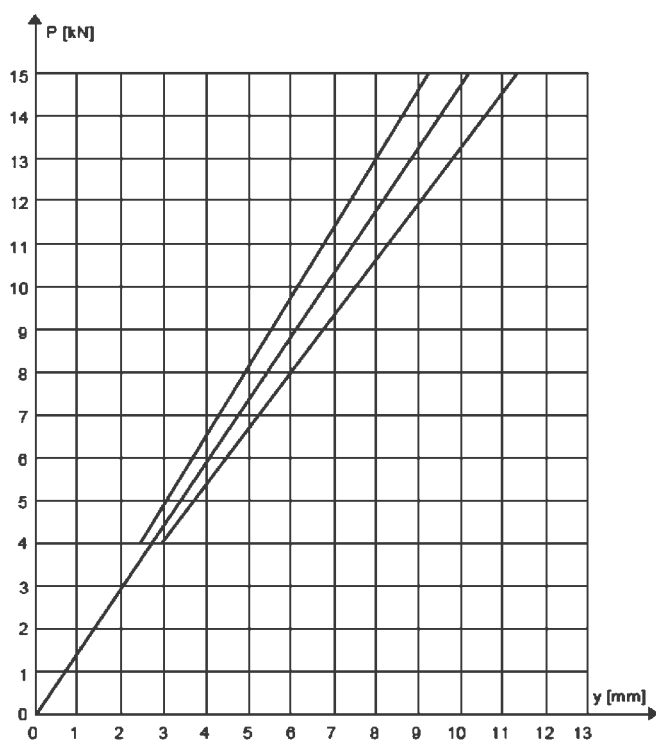
Na podstawie wykresu wielkości ugięcia w funkcji obciążenia obliczana jest sztywność łapki sprężystej według wzoru:

$$C = P / y \text{ [kN/mm]}$$

gdzie:

P – siła nacisku łapki zmierzona w trakcie badania charakterystyki sprężystości [kN],
 y – ugięcie łapki [mm].

Sztywność łapki sprężystej, określona jako średnia z trzech wartości obliczonych dla ugięć 6,8 mm i 10 mm, powinna być równa $C = 1,47 \pm 10\%$ [kN/mm]. W wyniku tak przeprowadzonych badań można wykreślić charakterystykę sprężystości, której przebieg może być różny w zależności od badanego typu łapek. Na rysunku 6 przedstawiono przykładową charakterystykę sprężystości dla łapek typu SB.



Rys. 6. Charakterystyka sprężystości łapki sprężystej typu SB według załącznika 4 do WTWiO [16]: P – siła nacisku (kN), y – ugięcie [mm]

Próba wytrzymałości montażowej jest badaniem stosowanym wyłącznie dla łapek sprężystych SB. Badanie to polega na pięciokrotnym montażu i demontażu łapki sprężystej w modelu węzła przytwierdzenia w skali 1:1. Głównym kryterium akceptacji jest zapewnienie minimalnej siły nacisku na wkładkę 8 kN oraz zachowanie wymiarów b i f w granicach odchyłek dopuszczalnych.

W celu przeprowadzenia badania przygotowuje się podkład strunobetonowy z kotwami do przytwierdzenia sprężystego, odcinek szyny o długości 0,60 m oraz pozostałe części składowe przytwierdzenia, czyli przekładkę podszynową i elektroizolacyjną wkładkę dociskową. Stanowisko do przeprowadzenia próby wytrzymałości montażowej przedstawiono na rysunku 7.

Badanie siły docisku na wkładkę wykonywane jest według schematu przedstawionego na rysunku 5. Badanie takie realizuje się w Laboratorium Badań Materiałów i Elementów Konstrukcji Instytutu Kolejnictwa na maszynie wytrzymałościowej Sinus 250 (rys. 8).

Zgodnie z wytycznymi [16, 1] łapki sprężyste poddaje się również próbie wytrzymałości zmęczeniowej. Badanie to przeprowadza się na 2 łapkach, a w przypadku pęk-

nięcia choć jednej, badanie należy powtórzyć na podwojonej liczbie łapek. Do badania łapek typu SB stosuje się obciążenie pulsacyjne, przy częstotliwości 10 Hz, ugięciu wstępnym 8 mm i amplitudzie drgań 0,5 mm. Wytrzymałość zmęczeniowa łapek sprężystych powinna wynosić minimum 5 mln cykli. Łapka sprężysta nie może ulec zniszczeniu w wyniku badania, a siła docisku łapki po badaniu nie może bardziej zmniejszyć się niż o 20% w stosunku do wartości zmierzonej przed badaniem.



Rys. 7. Montaż łapki SB4 przy badaniu wytrzymałości montażowej [fot. M. Ostromecka]



Rys. 8. Badanie siły docisku łapki na maszynie wytrzymałościowej Sinus 250 [fot. M. Ostromecka]

Ostatnim etapem badań jest ocena antykorozyjnego zabezpieczenia oraz cechowania. Sprawdzenie powłoki antykorozyjnej przeprowadza się okiem nieuzbrojonym. Nie ma obowiązku sprawdzania grubości powłoki antykorozyjnej. Powłoka powinna pokrywać całą powierzchnię łapek. Dopuszcza się zgrubienie farby w miejscach podwieszenia do malowania i na czołach obu ramion łapek.

Cechowanie łapek polega na wykonaniu czytelnych, wklęsłych znaków na końcu jednego z ramion. Znak powinien zawierać symbol producenta i dwie ostatnie cyfry roku produkcji (np.: P20). Badanie to przeprowadza się również okiem nieuzbrojonym, a wynik uznaje się za pozytywny, jeżeli na wszystkich łapkach znajdują się wymagane informacje.

3. Podsumowanie

Badanie łapek sprężystych jako odrębnych elementów systemu przytwierdzeń jest wykonywane w Instytucie Kolejnictwa według metodyki określonej w dokumentach odniesienia [16, 1]. Badania te są konieczne z powodu nadrzędnego celu, jakim jest zapewnienie bezpieczeństwa osób i pojazdów uczestniczących w ruchu kolejowym. Kontrola jakości wykonania i właściwości użytkowych łapek sprężystych ma tym większe znaczenie, że w wielu przypadkach w czasie badań wykrywane są niezgodności, które powodują odrzucenie całej partii łapek. Te niezgodności są najczęściej związane z przekroczeniem odchyłek wymiarowych, lecz zdarzają się również niezgodności dotyczące właściwości, np. zbyt mała twardość. Odrzucona partia łapek sprężystych wymaga od producenta weryfikacji procesu produkcyjnego, co może być procesem nie tylko kosztownym, ale również wymagającym czasu.

Niezależnie od badań wyrobów, należy prowadzić prace nad weryfikacją kryteriów akceptacji i metodyki badawczej. Prace takie mogą umożliwić optymalizację procesu produkcyjnego, jak również badawczego, przy jednoczesnym zapewnieniu koniecznych wymagań bezpośrednio przekładających się na bezpieczeństwo użytkowania wyrobu.

Bibliografia

1. Krajowa Ocena Techniczna – Łapka Sprężysta SB4, SKL 12, SKL 14, IK-KOT-2018/0049, wydanie 1, Instytut Kolejnictwa, Warszawa, 2018.
2. PN-EN 10228-1:2016-07: Badania nieniszczące odkuwek stalowych – Część 1: Badanie magnetyczno-proszkowe.
3. PN-EN 13146-1+A1:2019-04: Kolejnictwo – Tor – Metody badań systemów przytwierdzeń – Część 1: Określenie oporu podłużnego szyny.
4. PN-EN 13146-10:2017-04: Kolejnictwo – Tor – Metody badań systemów przytwierdzeń – Część 10: Próbný test obciążenia w celu potwierdzenia odporności na wyciąganie.
5. PN-EN 13146-2:2012 Kolejnictwo – Tor – Metody badań systemów przytwierdzeń – Część 2: Określenie oporu na skręcanie.
6. PN-EN 13146-4+A1:2015-01: Kolejnictwo – Tor – Metody badań systemów przytwierdzeń – Część 4: Skutki obciążeń powtarzalnych.
7. PN-EN 13146-6:2012: Kolejnictwo – Tor – Metody badań systemów przytwierdzeń – Część 6: Skutki trudnych warunków środowiska.
8. PN-EN 13146-7:2019-05: Kolejnictwo – Tor – Metody badań systemów przytwierdzeń – Część 7: Określenie siły docisku oraz odporności na obciążenia pionowe.
9. PN-EN 13146-9+A1:2012 Kolejnictwo – Tor – Metody badań systemów przytwierdzeń – Część 9: Określenie sztywności.
10. PN-EN ISO 3887:2018-0: Stale – Określanie głębokości odwęglenia.
11. PN-EN ISO 6508-1:2016-10: Metale – Pomiar twardości sposobem Rockwella – Część 1: Metoda badania.
12. PN-EN ISO 9934-1:2017-02: Badania nieniszczące – Badania magnetyczne proszkowe – Część 1: Zasady ogólne.
13. PN-H-04505:1966: Mikrostruktura stalowych wyrobów hutniczych – Wzorce i oznaczanie.
14. PN-K-88171:1981: Tabor kolejowy – Sprężyny śrubowe walcowe.
15. Procedura badawcza Laboratorium Badań Materiałów i Elementów Konstrukcji Instytutu Kolejnictwa nr PB-LK-B17 „Badania systemów przytwierdzeń”.
16. Warunki techniczne wykonania i odbioru łapek sprężystych i sprężyn przytwierdzających szyny do podkładów i podrojazdnic, Id-109, PKP PLK S.A., Warszawa 2010.