

# Wpływ zastosowanej metodyki pomiarowej na wyniki pomiarów geometrycznych łapek sprężystych typu SB4

Małgorzata OSTROMĘCKA<sup>1</sup>, Andrzej ANISZEWICZ<sup>2</sup>

## Streszczenie

W artykule zaprezentowano wyniki pomiarów wymiaru „b” łapek sprężystych SB4, wykonane trzema metodami pomiarowymi różniącymi się sposobem i szerokością styku płytki bazowej. Przedstawiono uzyskane wyniki i dokonano oszacowania niepewności pomiaru dla każdej z metod. Zwrócono uwagę na problematykę uzyskiwanego rozrzutu wartości wymiaru „b”. Zaproponowane metody pomiaru mogą pomóc w identyfikacji niezgodności kształtu łapek.

**Słowa kluczowe:** systemy przytwierdzeń szyn, łapka sprężysta, pomiary wymiarów, siła docisku

## 1. Wprowadzenie

Koncepcja przytwierdzenia sprężystego typu SB3 stosowanego wyłącznie na podkładach strunobetonowych, powstała w 1979 roku w Centrum Naukowo-Technicznym Kolejnictwa (obecnie Instytut Kolejnictwa). Jego modyfikacje i rozwój opisano w artykułach A. Oczykowskiego [2, 3]. Podstawowymi zaletami takiego systemu przytwierdzenia jest łatwość montażu, amortyzacja drgań pochodzących od taboru oraz izolacja elektryczna ograniczająca trakcyjne prądy błądzące.

Jednym z elementów takiego systemu przytwierdzenia są łapki sprężyste. Kontrola jakości wykonania i właściwości użytkowych łapek sprężystych jest wykonywana zgodnie z istniejącymi wytycznymi Warunków Technicznych Wykonania i Odbioru (WTWiO) według Warunków Technicznych Id-109 [6]. Geometryczne aspekty związane z jakością produkowanych łapek sprężystych były już opisywane we wcześniejszych opracowaniach autorów [4, 5]. Niektórzy badacze [1], zajmujący się kształtem geometrycznym łapek sprężystych, proponowali metody pomiarów łapek z użyciem skanera optycznego i specjalnego oprogramowania do kontroli jakości wymiarowej. Jednakże wytyczne WTWiO według Warunków Technicznych Id-109 [6] dotyczące pomiarów łapek sprężystych, które obejmują również kryteria ich akceptacji zakładają pomiary bezpośrednie z użyciem warsztatowych narzędzi oraz sprawdzianów. Wytyczne te nie zawierają jednak precyzyjnego opisu metodyki pomiarowej,

np.: sposobu bazowania, która w rzeczywistości jest dość problematyczna i może dostarczać wielu wątpliwości, co do uzyskiwanych wyników.

## 2. Aspekty geometryczne rzeczywistych wyrobów

Łapki sprężyste typu SB4 najczęściej są wytwarzane w procesie kształtowania na gorąco. W pierwszym etapie procesu odcinane są z pręta stalowego odcinki, które nagrzewa się do temperatury około 1000°C i wówczas nadaje się łapkom kształt docelowy. Kolejnym etapem jest hartowanie, a następnie średnie odpuszczanie w temperaturze około 400–450°C i nakładanie powłoki antykorozyjnej. Łapki sprężyste nie są poddawane obróbce wykańczającej, która mogłaby uchodzić za precyzyjną.

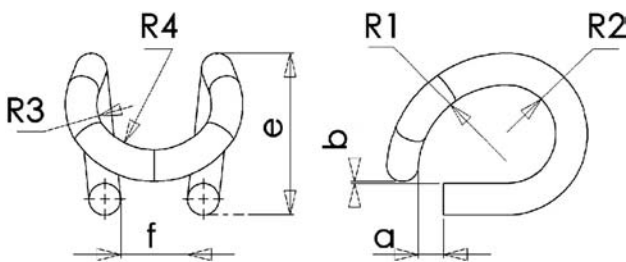
Z powodu tak prowadzonego procesu wytworczego, kształty rzeczywistych wyrobów mogą odbiegać od idealnej symetrii, a dotrzymanie dokładności wymiarowej może być wyzwaniem dla producenta. Oczywiście, jeżeli wymiary pozostają w granicach określonych wytycznymi, nie stanowi to problemu. Jednakże problematyczne okazuje się również uzyskanie poprawnego wyniku pomiaru, gdyż nawet niewielka asymetria wyrobu może utrudniać decyzję rozstrzygającą o jego ostatecznej wartości.

W czasie kontroli jakości wykonania łapek na zgodność z wymaganiami, ocenie poddawane są wy-

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

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

miary: „a”, „b”, „e” i „f”. Przedstawiono je na rysunku 1 wraz z promieniami gięcia pręta w przestrzenne i styczne łuki, które są również wymiarami tolerowanymi, choć nie uwzględnia się ich w protokole badania stanowiącym załącznik 6 do WTWiO według Warunków Technicznych Id-109 [6]. O ile wymiary „a”, „e” i „f” zwykle nie stanowią wielkiego wyzwania dla producenta, o tyle wymiar „b” czasem nie spełnia wymagań wymiarowych. Na uwagę zasługuje fakt, że wymiar „b” jest pewną wypadkową wymiaru „e” i promieni łuków „R1” i „R2”. Ponadto łapki często mają niesymetryczne końcówki. Czasem wynika to z owalnego kształtu końców łapek powstałego podczas odcinania pręta na określoną długość, czasem z wichrowatości tychże końcówek. Niezależnie od przyczyny, niezgodności te często skutkują koniecznością zmierzenia dwóch wymiarów „b”, względem każdego z dwóch końców łapek.



Rys. 1. Tolerowane wymiary łapki sprężystej SB4 [rys. A. Aniszewicz]

Wartości nominalne mierzonych wymiarów łapek sprężystych SB4 zgodnie z WTWiO [6] powinny wynosić jak przedstawiono w tabelicy 1.

Tabelica 1

Wartości nominalne monitorowanych wymiarów łapek sprężystych SB4 zgodnie z wymaganiami PKP PLK S.A. WTWiO [6]

Wartości nominalne wymiarów łapek sprężystych SB4 zgodnie z wymaganiami PKP PLK S.A. [mm]			
a	b	e	f
$13^{+2}$	$1 \pm 0,5$	$82 \pm 2$	$34 \pm 1$

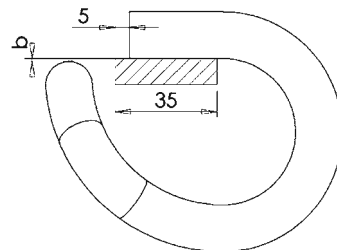
Opracowanie własne na podstawie [6].

### 3. Metody pomiarowe

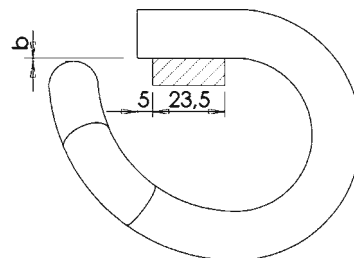
Zgodnie z wytycznymi, wszystkie pomiary wykonywano narzędziami warsztatowymi i za pomocą sprawdzianów. Promienie łuków nie należą do wymiarów monitorowanych prawdopodobnie z powodu trudności wykonania takiego pomiaru. Podczas pomiaru wymiaru „b” zazwyczaj otrzymujemy dwie wartości, maksymalną i minimalną, które są różne dla obu końców łapek. Z tych wymiarów przyjęło się wyciągać średnią, aby uzyskać jeden wynik dla wymia-

ru „b”. W skrajnych przypadkach różnica wartości dla obu końców może znacznie przekraczać 0,5 mm, co przekracza wartość tolerancji dla tego wymiaru.

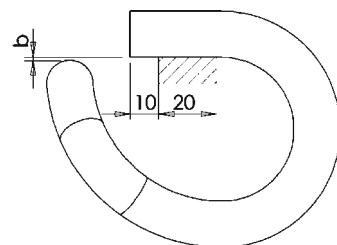
Do obserwacji zagadnień pomiarowych podczas badań zastosowano trzy podejścia, różniące się sposobem bazowania. Podejścia te sygnalizują, że w zależności od wybranej metodyki, pomiar może przedstawiać sobą inną wartość. Podczas wykonywania pomiaru posługiwano się płytkami bazowymi o różnych szerokościach, co miało na celu unieruchomić łapkę względem płaszczyzny tak, aby można było przeprowadzić pomiar. Zastosowane płytki bazowe miały szerokości 35 mm, 23,5 mm oraz 20 mm. Schemat wykonania pomiaru wraz z ustawieniem płytek bazowych przedstawiono na rysunkach 2, 3 i 4. W zależności od zastosowanej szerokości płytki bazowej, metodom przypisano oznaczenia A, B lub C.



Rys. 2. Wymiar „b” łapki sprężystej SB4 mierzony za pomocą płytki bazowej o szerokości 30 mm (metoda A) [rys. A. Aniszewicz]



Rys. 3. Wymiar „b” łapki sprężystej SB4 mierzony za pomocą płytki bazowej o szerokości 23,5 mm i odległości od końca 5 mm (metoda B) [rys. A. Aniszewicz]



Rys. 4. Wymiar „b” łapki sprężystej SB4 mierzony za pomocą płytki bazowej o szerokości 20 mm i odległości od końca 10 mm (metoda C) [rys. A. Aniszewicz]

Zestawienie wyników pomiarów w zależności od zastosowanej metody bazowania zostało przedstawiono w tabelicy 2.

Tablica 2

Wyniki pomiarów parametru „b” w zależności od zastosowanej metody bazowania

Nr łapki	Wartość parametru „b” [mm]					
	Metoda A		Metoda B		Metoda C	
	min.	maks.	min.	maks.	min.	maks.
1	-0,46	-0,94	-0,40	-0,67	-0,18	-0,18
2	0,73	1,20	1,10	1,46	0,96	1,41
3	-1,75	-0,81	-1,29	-0,39	-1,61	-0,68
4	0,36	1,11	0,81	1,49	0,69	1,26
5	0,60	0,81	0,44	1,00	0,85	0,85
6	0,70	0,70	0,85	0,90	0,60	0,90
7	-0,85	-0,65	-0,69	-0,53	-0,72	-0,64
8	0,95	1,20	1,50	1,60	1,00	1,45

[Opracowanie własne].

#### 4. Opis wyników, obliczenie niepewności i dyskusja

Wyniki pomiarów przedstawione w tablicy 2 różnią się w zależności od zastosowanej metody. Łapki, które nie spełniają wymagań wymiarowych oznaczone są numerami 1, 3 i 7. Pozostałe łapki, po wyciągnięciu średniej z pomiaru dla każdej metody, można uznać za spełniające kryteria akceptacji. Jednakże w przypadku próbek 4 i 5 należy zauważyć, że wyniki można uznać za dyskusyjne. W przypadku próbki 4 wartość wyniku minimalnego wykracza poza zakres tolerancji dla metody A, a dla próbki 5 – przy pomiarze metodą B.

Warto zastanowić się nad niepewnością pomiaru. W tym celu przeanalizowano pomiar dla łapki nr 4 (tablica 3). Dla każdej z metod, wymiar „b” otrzymano jako średni wynik trzydziestu pomiarów, wykonanych dla obu końców łapki. Uzyskane wyniki można

określić jako wynik minimalny i maksymalny, co zasadniczo dotyczy bazowania, czyli ścisłego przylegania do płytki bazowej jednego z dwóch swobodnych końców ukształtowanego pręta łapki (jednej z dwóch końcówek łapki). Ostatecznie wyciągnięto z tych wyników średnią, a różnica pomiędzy wskazaniem dla obu końców jest miarą asymetrii łapki, której przyczyną może być np.: wichrowatość pionowa swobodnych końców ukształtowanego pręta łapki. Niepewność, której estymatą jest odchylenie standardowe z 30 punktów pomiarowych obliczona została dla wartości minimalnej, wartości maksymalnej, wartości średniej dla wszystkich rodzajów metod pomiarowych A, B i C. Obliczono również niepewność, której estymatą jest odchylenie standardowe z 60 punktów pomiarowych, czyli rozpatrzenie łączne wyników uzyskanych dla obu końców łapek. Wyniki obliczeń zestawiono w tablicy 3.

Tablica 3

Niepewności wyznaczenia wartości wymiaru „b” obliczone dla łapki SB4 nr 4

Parametr	Wyznaczone odchylenie standardowe [mm]								
	Metoda A			Metoda B			Metoda C		
	min.	maks.	średnia	min.	maks.	średnia	min.	maks.	średnia
Średnia z 30 punktów pomiarowych	0,36	1,11	0,74	0,81	1,49	1,15	0,69	1,26	0,98
Odchylenie standardowe z 30 punktów pomiarowych	0,010	0,011	0,008	0,008	0,011	0,008	0,013	0,012	0,007
Odchylenie standardowe z 60 punktów pomiarowych	0,377			0,343			0,290		

[Opracowanie własne].

Niepewność, której estymatą jest odchylenie standardowe dla wartości minimalnej i maksymalnej, jest 30 razy mniejsza od odchylenia standardowego obliczonego z 60 pomiarów. Różnica jest istotna i należy mieć jej świadomość, choć podobne dylematy pomiarowe mogą dotyczyć olbrzymiej ilości innych wyrobów.

Można zadać pytanie, czy któraś z metod pomiarowych powinna być uprzywilejowana. Z punktu widzenia ułożenia łapki w kotwie żeliwnej, można upatrywać największe podobieństwo ułożenia łapki podczas pomiarów metodą A i B (największa powierzchnia styku). Jednakże łapka zakładana jest w kotwie przez umieszczenie w niej najpierw jednej końcówki (prawej). Druga końcówka jest umiejscawiana w kotwie w końcowym etapie zapinania. Z przyczyn montażowych można uznać, że kształt geometryczny pierwszej zakładanej końcówki łapki ma decydujące znaczenie, jeśli chodzi o ustawienie całej łapki w kotwie. Bardzo często asymetria końcówek łapek daje się obserwować właśnie podczas montażu łapek w kotwie – po włożeniu pierwszej końcówki łapki drugą końcówkę trzeba często dobijać młotkiem. Z tego powodu może być uzasadnione dokonanie pomiaru „b” z bazowaniem jedynie do tej końcówki, którą łapka jest montowana w kotwie.

Z drugiej strony, łapki mogą przedstawiać sobą różne rodzaje niezgodności geometrycznych, które mogą być monitorowane przez obserwację wyników uzyskanych różnymi metodami pomiarowymi. Różnice w wartościach wyników pomiarów, przedstawione w tablicy 2 świadczą o tym, że najprawdopodobniej promienie łuków, których zgodnie z wytycznymi nie ma obowiązku sprawdzać, mają duży wpływ na problemy występujące przy pomiarze wymiaru „b”. Obserwacje wpływu zastosowanej metodyki pomiarowej na ostateczny wynik pomiaru są użyteczne, jeśli prowadzimy je w celu klasyfikacji i lokalizacji niezgodności geometrycznej.

Zdecydowanie nie jest dobrym podejściem uzależnianie doboru metodyki pomiarowej od rodzaju niezgodności, gdyż w danej partii łapek mogą znajdować się różne typy niezgodności geometrycznych. Zatem najważniejszym podejściem powinno być przyjęcie jednego punktu odniesienia, czyli realizacja pomiaru według jednej, wybranej metodyki. Uzyskane w ten sposób wyniki będą wówczas spójne, choć będą nam dostarczać mniej informacji na temat całej geometrii łapki.

Istotnym zagadnieniem jest kwestia dotycząca sposobu monitorowania wymiaru „b”, który powinien zawierać się w przedziale tolerancji  $< 0,5 \div 1,5 >$  mm [6]. Jest to niewielki zakres wartości biorąc pod uwagę fakt, że podczas obróbki cieplnej może dojść do odkształceń. Zagadnienia dotyczące niepewności opisano wcześniej, a dodatkowo w wytycznych są umieszczone jeszcze dwa zapisy, które mogą wprowadzać do-

datkowe zamieszanie: (...) 3.2.1.1. *Dopuszczalne są odciski na łapce /sprężynie/ –odkształcenia od zarysu rzeczywistego pręta – od narzędzi kształtujących, o głębokości nie większej niż 0,50 mm. (...); (...)* 3.2.1.3. *Niedopuszczalne są pęknięcia, ostre zagłębienia, rysy i naderwania o głębokości większej od 0,3 mm oraz inne wady materiałowe widoczne nieuzbrojonym okiem (...).*

Wymiar „b” jest jednak właśnie tym, który odpowiada za realizację głównego zadania łapki, czyli docisku szyny do podkładu. Funkcja ta jest sprawdzana jedynie przez aspekt wymiarowy, ponieważ badanie siły docisku przewidziane w wytycznych jest realizowane w sposób, który wyklucza powiązanie jej z wymiarem „b” [5]. Zatem monitorowanie tego wymiaru jest konieczne, jednakże warto zastanowić się nad weryfikacją przedziału, w którym prawidłowy wynik powinien się znaleźć, przy czym należy uwzględnić wszystkie wątpliwości, aby wszystkie zapisy stały się konsekwentne.

## 5. Wnioski

W tytule artykułu została zawarta teza, że metoda stosowana do pomiaru łapek wpływa na otrzymywane wyniki pomiarów. W tablicy 2 znajdują się wyniki potwierdzające tę tezę. Różnice te czasem mogą wydawać się niewielkie, lecz w przypadku przedstawionym w tablicy 3 skrajne wartości dla wartości średnich z pomiarów otrzymanych metodą A i B różniły się o ponad 55%. Procedury związane z realizacją badań i pomiarów powinny być na tyle jednoznaczne, aby wynik nie pozostawiał wątpliwości co do wartości. Jest to istotne zagadnienie nie tylko dla jednostki dokonującej pomiaru, lecz również dla producenta, który w przypadku otrzymania negatywnej oceny produktu jest zmuszony do wdrożenia działań modyfikujących proces produkcyjny. Nierzadko wiąże się to z poniesieniem wysokich kosztów. Z drugiej strony podczas realizacji badań zdarza się, że jedynym wskaźnikiem niezgodności jest przekroczenie tolerancji wymiarowej dla wymiaru „b”. Z wykonanych badań można wyciągnąć następujące wnioski:

1. Zastosowanie różnych metod bazowania daje większe możliwości identyfikacji i lokalizacji niezgodności geometrycznych łapek.
2. Do badania danej partii łapek powinno stosować się jednorodną metodykę pomiarową, która zakłada jednakowy sposób bazowania, przy czym wytyczne powinny być uzupełnione o zaproponowanie jednego ściśle określonego sposobu bazowania.
3. Zakresy akceptacji dla wymiaru „b” należy zweryfikować. Na podstawie badań wykonanych w Instytucie Kolejnictwa nie można jednoznacznie ocenić zakresu tej weryfikacji. Celowe jest zatem prowadzenie dalszych badań w tym kierunku.

## Literatura

1. Guzik M., Lesiak P.: *Pomiary geometryczne łapek sprężystych przytwierdzeń szyn kolejowych*, Przegląd Komunikacyjny, 3/2019, s. 2–9.
2. Oczykowski A.: *Badania i rozwój przytwierdzenia sprężystego SB*, Problemy Kolejnictwa, 2010, z. 150, s. 121–156.
3. Oczykowski A.: *Rozwój przytwierdzenia sprężystego typu SB3*, TTS Technika Transportu Szynowego, 11–12/2002, s. 80–83.
4. Ostromęcka M., Aniszewicz A.: *Aspekty materiałowe i geometryczne łapek sprężystych SB4 wpływające na ich właściwości użytkowe*, Problemy Kolejnictwa, 2020, z. 189, s. 29–33.
5. Ostromęcka M., Aniszewicz A.: *Badania wytrzymałości montażowej łapek sprężystych SB4*, Problemy Kolejnictwa, 2021, z. 190, s. 25–30.
6. Warunki techniczne wykonania i odbioru łapek sprężystych i sprężyn przytwierdzających szyny do podkładów i podrojazdnic, Id-109, PKP PLK S.A., Warszawa, 2010.