

Mgr inż. Łukasz Antolik  
Instytut Kolejnictwa

# PRZYDATNOŚĆ EKSPLOATACYJNA PRZEKŁADEK PODSZYNOWYCH A WYMAGANIA NORM EUROPEJSKICH

## SPIS TREŚCI

1. Wstęp
2. Metodyka badań
3. Analiza parametrów mechanicznych węzła przytwierdzenia sprężystego z przekładkami podszynowymi typu PKW
4. Analiza parametrów mechanicznych węzła przytwierdzenia sprężystego z przekładkami podszynowymi typu PWE
5. Trendy rozwoju amortyzatorów drgań stosowanych w nawierzchni kolejowej
6. Wnioski oraz ocena wartości technicznej i przydatności eksploatacyjnej przekładek podszynowych kształtowych

## STRESZCZENIE

*W artykule omówiono wyniki badań laboratoryjnych przekładek podszynowych kształtowych używanych w torach PKP PLK S.A. oraz nowszych rodzajów przekładek. Porównano sztywność pionową węzła przytwierdzenia według metodyki opisanej w PN-EN 13146-4:2003, różnych typów i rodzajów przekładek podszynowych nowych i wyjętych z toru po określonym czasie eksploatacji. Omówiono przydatność eksploatacyjną części amortyzujących z tworzyw sztucznych oraz trendy w rozwoju tych wyrobów.*

## 1. WSTĘP

Od momentu wprowadzenia do użytku w torach Polskich Linii Kolejowych przekładek podszynowych i podpodkładowych z tworzyw sztucznych, istnieje zagadnienie dotyczące jakości i trwałości stosowanych przekładek, a co za tym idzie właściwości eksploatacyjnych samego wyrobu, jak i całego systemu przytwierdzenia szyn do podkładów. Przekładki podszynowe i podpodkładowe kształtowe pełnią przede wszystkim rolę amortyzatora drgań, ale stawiane są im również wymagania dotyczące odpowiedniej rezystywności związanej z izolacją szyny w torze.

Wprowadzenie norm europejskich dla systemów przytwierdzeń szyn do podkładów (seria norm PN-EN 13481 [4]) ujednoliciło wymagania dotyczące właściwości mechanicznych przekładek podszytowych oraz węzła przytwierdzenia Określają one dopuszczalny przyrost sztywności pionowej przytwierdzenia, zmianę siły docisku oraz odporności szyny na przemieszczenie podłużne.

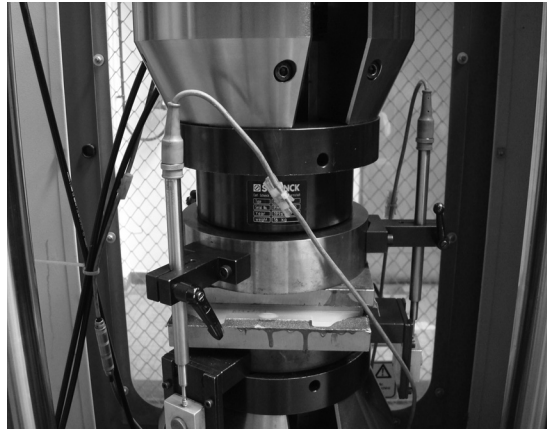
Badania trwałościowe przekładek są prowadzone w Laboratorium Badań Materiałów i Elementów Konstrukcji Instytutu Kolejnictwa od 2004 roku, gdy został sprawdzony laboratoryjnie węzeł przytwierdzenia SB z przekładkami PKW „falistymi” na podkładach PS-83 i PS-93. Badano zgodność z wymaganiami wprowadzonych wówczas w życie norm europejskich, które determinują m.in. najtrudniejszy do spełnienia warunek dopuszczalnego przyrostu sztywności pionowej po obciążeniach powtarzalnych, ustalonego na poziomie 25%. Badania wykazały zbyt małą stabilność węzła w zakresie jego sztywności podczas badań zmęczeniowych – za co odpowiedzialną uznano przede wszystkim przekładkę podszynową.

Rozpoczęły się więc poszukiwania nowej, lepszej przekładki, która uzyska pełną zgodność w zakresie wymagań europejskich, a jednocześnie zadowoli swoimi właściwościami Zarządcę polskich szlaków kolejowych.

## 2. METODYKA BADAŃ

W warunkach laboratoryjnych, stosowane są 2 metody badań właściwości przekładek podszytowych. Pierwsza metoda polega na bezpośrednim pomiarze sztywności wyrobu umocowanego w sztywnym układzie pomiarowym (rys. 1), który spełnia wymagania wprowadzonej w 2010 roku normy PN-EN 13146-9 [3], co pozwala uzyskać powtarzalność rezultatów badań i uznać w granicach błędu wyniki pomiarów przekładek pobranych z tej samej partii za jednakowe. W tym układzie możliwości nieprawidłowego złożenia oprzyrządowania są zminimalizowane, a poszczególne elementy układu nie podlegają szybkiemu zużyciu. Metoda ta pozwala na porównywanie wyników badań przekładek podszytowych osiągniętych obecnie z wynikami badań z przeszłości.

Szczegółowa procedura badawcza polega na uzyskaniu charakterystyki w postaci histerezy przy statycznym i dynamicznym ściskaniu. Siła minimalna w czasie badania jest równa teoretycznej sile ściskającej przekładkę po zapięciu w węźle przytwierdzenia i wynosi 18 kN. Maksymalna siła ściskająca przekładkę wynosi 90 kN, co odpowiada około 80% maksymalnej siły nacisku od koła przejeżdżającego taboru o nacisku 221 kN/oś. W celu zarejestrowania charakterystyki statycznej, należy przekładkę pięciokrotnie ścisnąć z prędkością narastania obciążenia 50 kN/min, a ściskając po raz szósty – włączyć rejestrację parametrów, tj. ugięcia w funkcji siły. Po każdym powtórzeniu należy utrzymać 10-minutową przerwę. Wykonanie badania dynamicznego charakteryzuje się cyklicznym, 1000-krotnym ściskaniem badanego obiektu z częstotliwością  $f = 5$  Hz, przy czym przez ostatnie 50 cykli należy zarejestrować parametry siły i wielkości ugięcia.

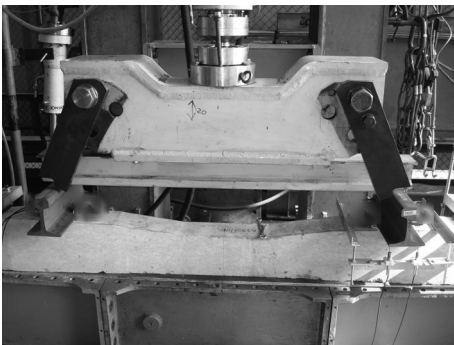


Rys. 1. Przekładka podszytnowa zamocowana w sztywnym układzie pomiarowym

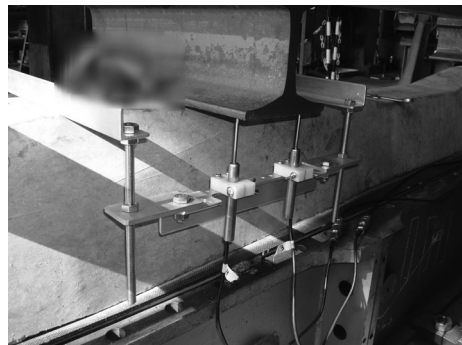
Kolejnym krokiem jest poddanie przekładki obciążeniom powtarzalnym w liczbie  $3 \times 10^6$  cykli, przy czym po każdym przeniesionym milionie cykli, jest sprawdzana sztywność wyrobu w opisany poprzednio sposób.

Druga metoda polega na zmontowaniu kompletnego węzła przytwierdzenia z badaną przekładką i poddaniu go typowym obciążeniom zmęczeniowym według normy PN-EN 13146-4:2003, symulującym obciążenia i przemieszczenia powodowane ruchem taboru po torze kolejowym. Określana jest zmiana oporu podłużnego szyny, sztywności pionowej, siły docisku oraz szacowana jest wzrokowo degradacja części składowych systemu przytwierdzenia względem nowych elementów systemu przytwierdzenia, w stosunku do nowego systemu przytwierdzenia. Obciążenie cykliczne o stałej amplitudzie (zakres sił  $10 \div 170$  kN) i częstotliwości 4 Hz jest przykładane do główki szyny w liczbie  $3 \times 10^6$  cykli w sposób widoczny na rysunku 2. Wielkość obciążenia, pozycja i linia przyłożenia są określane na podstawie sztywności pionowej przytwierdzenia, przewidywanego nacisku osiowego i warunków geometrycznych toru, którego przytwierdzenie jest badane.

a)



b)

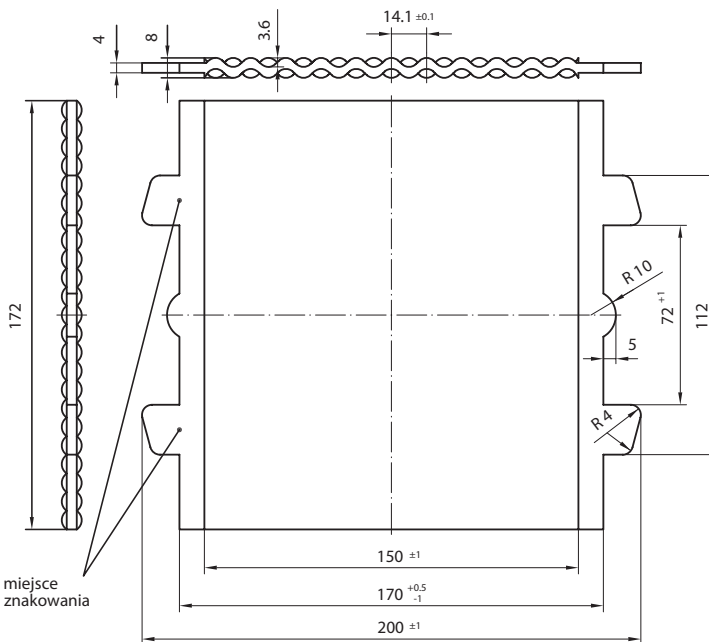


Rys. 2. Widok stanowiska i układu pomiarowego do badań wpływu obciążeń powtarzalnych

W artykule przedstawiono analizę danych, zgromadzonych w laboratorium w latach 2004–2009 wyników pomiarów sztywności pionowej dwóch typów przekładek podszynowych i węzła przytwierdzenia. Badania miały na celu określenie przydatności eksploatacyjnej przekładek.

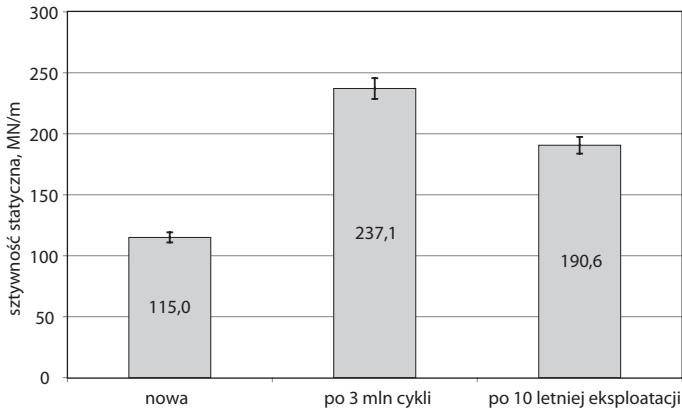
### 3. ANALIZA PARAMETRÓW MECHANICZNYCH WĘZŁA PRZYTWIERDZENIA SPRĘŻYSTEGO Z PRZEKŁADKAMI PODSZYNOWYMI TYPU PKW

Badania przekładek podszynowych typu PKW (rys. 3) i węzła przytwierdzenia sprężystego z tymi przekładkami, zostały zapoczątkowane w Laboratorium Badań Materiałów i Elementów Konstrukcji w 2004 roku. Badania uzupełniające, mające na celu konfrontację metodyki badawczej z rzeczywistymi warunkami eksploatacyjnymi, zostały wykonane w latach 2009–2010.



Rys. 3. Przekładka podszynowa typu PKW

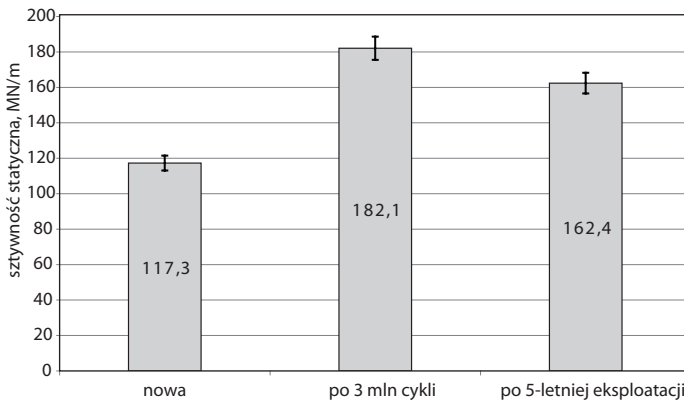
W celu wyeliminowania zewnętrznych czynników, mających wpływ na osiągnięte wyniki, badania porównawcze wykonano z użyciem tych samych elementów składowych systemu przytwierdzenia, które były użyte przy pierwszych badaniach laboratoryjnych w 2004 roku lub były używane w torze z daną przekładką. Rysunek 4 ilustruje sztywność pionową węzła przytwierdzenia z użyciem różnych rodzajów przekładek PKW60Ps.



Rys. 4. Sztywność statyczna wężła przytwierdzenia w czasie z użyciem przekładki PKW60Ps

Jak wynika z wykresu, przyrost sztywności przekładek PKW60Ps, a więc o najmniejszej powierzchni w warunkach laboratoryjnych wynosi 106%. Jeżeli uznać stan przekładki nowej, jako stan wyjściowy, można zauważyć, że po 10-letniej eksploatacji w torze, następuje wzrost sztywności statycznej przekładki o 65,7%. Jest to wyraźnie mniejszy przyrost sztywności wężła, niż w badaniu laboratoryjnym po 3 mln cykli obciążeń powtarzalnych. Należy tu jednak uwzględnić korektę z uwagi na inną konfigurację elementów składowych wężła, a mianowicie zastosowanie łąpek SB-7 podczas badań w 2004 roku (słupki I i II), podczas gdy przekładka pracowała w torze ze sprężyną SB-4, zapewniającą nieznacznie mniejszą wstępną siłę docisku, dzięki czemu miała większe możliwości „oddychania”.

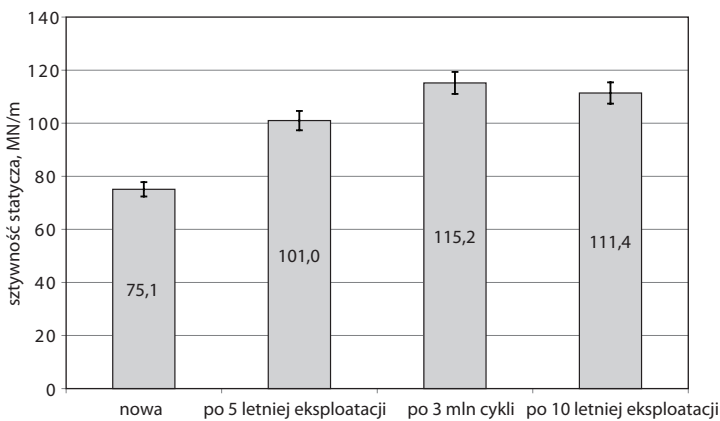
Kolejne badanie przekładki typu PKW miały oznaczenie 60K, a więc były stosowane na podkładach o nieco większej powierzchni podparcia w części podszykowej, co skutkowało bardziej łagodnym rozłożeniem sił przenoszonych przez stopkę szyny. Rysunek 5 obrazuje zmiany w czasie sztywności pionowej wężła z przekładkami PKW60k.



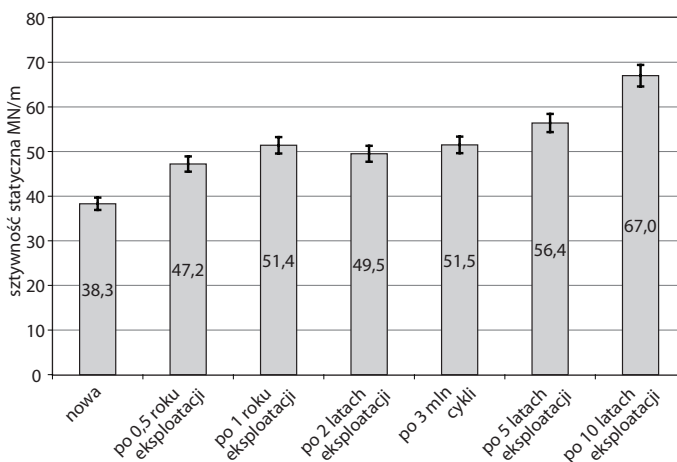
Rys. 5. Sztywność statyczna wężła przytwierdzenia z użyciem przekładki PKW60k

Z rysunku 5 można odczytać, że w przypadku przekładek układanych na podkładach PS-93, sztywność węzła po 3 mln cykli obciążeń powtarzalnych przyrasta o około 55%, lecz jest to wartość niemal o połowę mniejsza niż w przypadku przekładki PKW60Ps. Można także zauważyć, że również w tym przypadku przekładka wyjęta z toru po 5-letniej eksploatacji charakteryzuje się większą elastycznością, niż po badaniach zmęczeniowych w laboratorium.

Ostatnim rodzajem przekładek typu PKW przetestowanym w Laboratorium jest odmiana 60A, stosowana razem z podkładem PS-94. Jest to przekładka o największej powierzchni roboczej w całym typoszeregu. Rysunki 6 i 7 przedstawiają zachowanie się wyrobu w Laboratorium oraz na odcinkach doświadczalnych na Centralnej Magistrali Kolejowej.



Rys. 6. Zmiana w czasie sztywności statycznej węzła przytwierdzenia z przekładką PKW60A

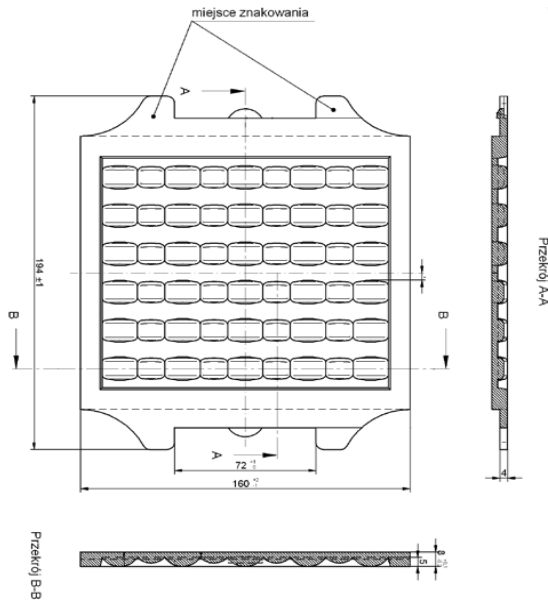


Rys. 7. Zmiana w czasie sztywności statycznej wyizolowanej przekładki PKW60A

Rysunek 7 wyraźnie ukazuje szybki spadek elastyczności i wzrost sztywności w początkowym okresie eksploatacji. W późniejszym okresie widoczna jest stabilizacja tych wartości i tendencja do łagodniejszego przyrostu sztywności w czasie eksploatacji. Fakt ten ma bezpośredni związek ze wstępnym spłaszczeniem półkulistych występów tego typu przekładki a kolejne lata eksploatacji prowadzą do dalszego spłaszczenia „falistej” struktury nadanej wyrobowi.

#### 4. ANALIZA PARAMETRÓW MECHANICZNYCH WĘZŁA PRZYTWIERDZENIA SPRĘŻYSTEGO Z PRZEKŁADKAMI PODSZYNOWYMI TYPU PWE

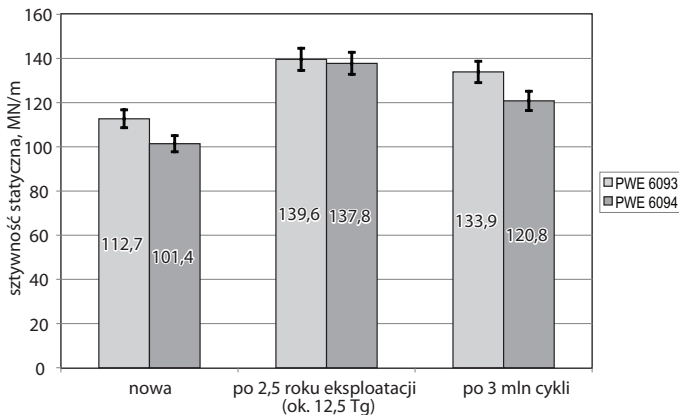
Odpowiedzią producentów na zapotrzebowanie PKP PLK S.A. na amortyzatory drgań spełniające europejskie standardy jest przekładka typu PWE, charakteryzująca się płaską powierzchnią styku ze stopką szyny oraz roboczą powierzchnią w kształcie wałeczków z zewnętrznym obramowaniem (rys. 8).



Rys. 8. Przekładka podszywna typu PWE

Badania laboratoryjne, przeprowadzone w 2005 roku według PN-EN 13146-4:2003 w Laboratorium Badań Materiałów i Elementów Konstrukcji ówczesnego Centrum Naukowo-Technicznego Kolejnictwa wykazały, że przyrost sztywności po 3 mln cykli obciążeń powtarzalnych przekładek do podkładów PS-93 i PS-94 wzrasta o około 19%, co pozwala uznać przekładki jako spełniające podstawowy warunek – przyrost sztywności

pod obciążeniami cyklicznymi poniżej 25%. Po 2,5-letniej eksploatacji nadzorowanej na odcinku doświadczalnym Centralnej Magistrali Kolejowej przekładka zapewnia sztywność węzła kształującą się na poziomie około 140 MN/m – wzrost o 35%. Należy dodać, że eksploatacja nadzorowana była prowadzona z użyciem sprężyn typu SB-7, zapewniających większą siłę docisku, aniżeli użyte w badaniach laboratoryjnych sprężyny typu SB-4. Parametry te ilustruje rysunek 9.



Rys. 9. Zmiany sztywności statycznej węzła przytwierdzenia z użyciem przekładek podszytowych typu PWE

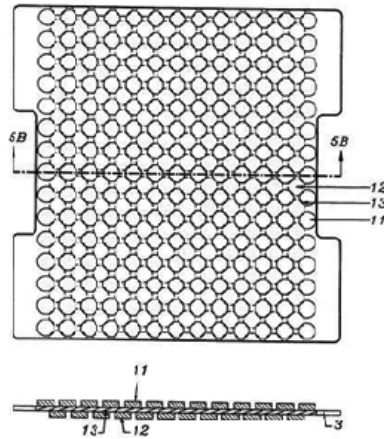
W tym wypadku wzrost sztywności jest skorelowany ze zmniejszeniem grubości roboczej przekładki (po 2,5-letniej eksploatacji – około 1,7 mm), której projektowa grubość wynosi 8 mm, czyli nieco więcej niż w przekładkach typu PKW. Przekłada się to bezpośrednio na większą wstępną siłę ściskającą przekładkę. Należy też zauważyć, że przekładki „wałczkowe” zastosowane na odcinku doświadczalnym były wykonane z czystego poliuretanu. Nie jest to materiał tak samo odporny mechanicznie jak ten z dodatkiem polioksymetylenu – stosowanego powszechnie uszlachetnicza przy produkcji przekładek „falistych”.

## 5. TRENDY ROZWOJU AMORTYZATORÓW DRGAŃ STOSOWANYCH W NAWIERZCHNI KOLEJOWEJ

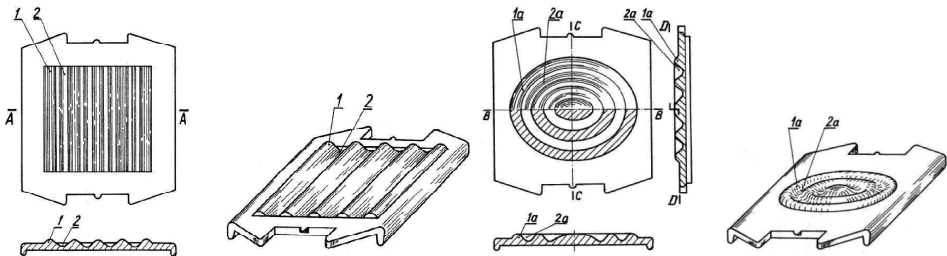
Podstawowym czynnikiem determinującym kierunki rozwoju amortyzatorów drgań stosowanych w nawierzchni kolejowej jest wytrzymałość eksploatacyjna zgodna z wymaganiami normy PN-EN 13481-2, przy jednoczesnym zapewnieniu niskich kosztów produkcji. Tymi czynnikami kierują się producenci przy opracowywaniu coraz to nowszych systemów tłumienia drgań od przejeżdżającego taboru. Dodatkowo coraz bardziej dostępna technika wirtualnej analizy wytrzymałościowej znacząco wspomaga proces projektowania tych wyrobów.



Gdy technika wirtualnego modelowania wyrobów nie była jeszcze rozwinięta, powstawały prototypy przekładek o kształtach bardzo tradycyjnych (rys. 10), jak i o bardzo wymyślnych (rys. 11).



Rys. 10. Przekładka podszywna przedstawiona w patencie nr 5335850



Rys. 11. Przekładki podszywne przedstawione w patencie nr 182966

Nowoczesne rozwiązania techniczne oraz materiałowe pozwalają poprawiać właściwości mechaniczne przekładek tak, aby sprawdziły się w popularnym systemie przytwierdzenia sprężystego SB. Węzeł ten niesie ze sobą wiele ograniczeń, przez co jedynym sensownym rozwiązaniem wydaje się być modyfikowanie kształtu powierzchni roboczych i materiału przekładki.

Z praktyki Laboratorium Materiałów i Elementów Konstrukcji Instytutu Kolejnictwa wynika, że postęp technologiczny na tyle ułatwił zadanie producentom, że coraz więcej prototypowych przekładek podszytowych zapewnia zgodność przytwierdzenia SB z wymaganiami opisanymi w normie PN-EN 13481-2. Są to wyroby z tradycyjnych materiałów używanych do produkcji przekładek podszytowych kształtowych (poliuretan), jak również z materiałów bardziej zaawansowanych, stosowanych jednak powszechnie za zachodnią granicą (EVA).

Zarówno materiał, jak i kształt powierzchni roboczej przekładki istotnie wpływa na jej parametry, dlatego obserwowana jest tendencja do modyfikacji powierzchni roboczych z nastawieniem na symetrię i prostotę kształtu obu powierzchni roboczych przekładki. Na zlecenie Laboratorium Materiałów i Elementów Konstrukcji zostały wykonane analizy numeryczne rozkładu naprężeń dla różnych kształtów przekładek i niektóre z nich zostały wytworzone i wstępnie przebadane laboratoryjnie z wynikiem pozytywnym. Horyzont tego projektu przewiduje nie tylko propozycje amortyzatorów dla torów prostych lecz także dla rozjazdów, co jest swego rodzaju przecieraniem szlaku, gdyż zainteresowanie parametrami nawierzchni w rozjazdach jest niewielkie w połączeniu z brakiem wymagań europejskich, dotyczących tych odcinków nawierzchni kolejowej.

## **6. WNIOSKI ORAZ OCENA WARTOŚCI TECHNICZNEJ I PRZYDATNOŚCI EKSPLOATACYJNEJ PRZEKŁADEK PODSZYNOWYCH KSZTAŁTOWYCH**

Przeprowadzone w latach 2004–2010 badania laboratoryjne oraz studia tematyczne potwierdziły, że badania laboratoryjne są tylko wstępem, a jednocześnie ogromną bazą wiedzy dotyczącą amortyzatorów drgań stosowanych obecnie lub mogących w przyszłości wejść do stosowania. Każdy prototyp przed montażem choćby na odcinku doświadczalnym musi przejść testy w laboratorium, które już wiele mogą powiedzieć o jakości wyrobu.

Nie stwierdzono na obecnym etapie wyraźnej przewagi przekładek typu PWE nad przekładkami typu PKW mimo lepiej sprawującej się geometrii wyrobu na korzyść tych pierwszych. Zwrócono uwagę, że wzmocnienie czystego poliuretanu stosowanego obecnie do wyrobu przekładek PWE z dużym prawdopodobieństwem wysunie ten wyrób w sposób wyraźny na prowadzenie pod względem parametrów użytkowych.

Pomimo negatywnych wyników badań przekładek podszynowych typu PKW pod względem spełniania wymogów normy PN-EN 13481-2:2004, jest zauważalna znaczna wytrzymałość eksploatacyjna tego rodzaju przekładek, co potwierdzają względnie dobre wyniki badań laboratoryjnych wyrobów wyjętych z torów nawet po 10-letniej eksploatacji.

Prowadzone w Laboratorium Badań Materiałów i Elementów Konstrukcji Instytutu Kolejnictwa prace badawcze pod kierunkiem dr inż. Zbigniewa Rodowalda, ukierunkowane na rozwój amortyzatorów drgań wykazały już, że prosta i symetryczna geometria tłumi drgania w węzle SB z dobrym efektem, przy czym można osiągnąć kompromis między trwałością wyrobu (spełniającą wymagania normy PN-EN 13481-2) i jego ceną.

Niemożliwe jest zaprojektowanie uniwersalnej przekładki podszynowej do przytwierdzenia SB, która jednocześnie będzie charakteryzowała się wysoką trwałością,

niską sztywnością i zachowaniem tych parametrów podczas eksploatacji zarówno na szlaku o charakterze lokalnym jak i na intensywnie eksploatowanej linii dużej prędkości.

Nie znalazła potwierdzenia reguła, że badania zmęczeniowe prowadzone w warunkach laboratoryjnych odzwierciedlają konkretny okres eksploatacji przekładek w torze. Należałoby prowadzić z większą częstotliwością studia badawcze nad wytrzymałością eksploatacyjną przekładek wymontowanych z torów o różnym nasileniu przejeżdżającego taboru i po zróżnicowanych czasach eksploatacji. Taka baza byłaby znakomitym uzupełnieniem dotychczasowego doświadczenia i świetnym sposobem na monitorowanie zużycia elementów z tworzyw sztucznych.

## BIBLIOGRAFIA

1. *Badania eksploatacyjne przekładek PWE i systemu sprężystego przytwierdzenia SB-W1 – badanie uzupełniające po 20Tg*. Praca CNTK, nr 3491/22 z 2008 roku.
2. PN-EN 13146-4:2003 *Kolejnictwo – Tor – Skutki obciążeń powtarzalnych* (oryginał).
3. PN-EN 13146-9:2010 *Kolejnictwo – Tor – Metody badań systemów przytwierdzeń – Część 9: Określenie sztywności*.
4. PN-EN 13481 *Kolejnictwo – Tor – Wymagania eksploatacyjne dla systemów przytwierdzeń*.
5. *Sprawdzenie sztywności przekładek podszynowych w systemie przytwierdzenia SB po dłuższym okresie ich eksploatacji w torze w porównaniu z nowymi*. Praca CNTK, nr 3657/22 z 2009 roku.
6. Sprawozdanie nr LKB 75.33/22 z badań fizyko-mechanicznych przekładek podszynowych.
7. Sprawozdanie nr LKB22.59/04 z badań systemu SB, sprężystego przytwierdzenia szyn do podkładów.