

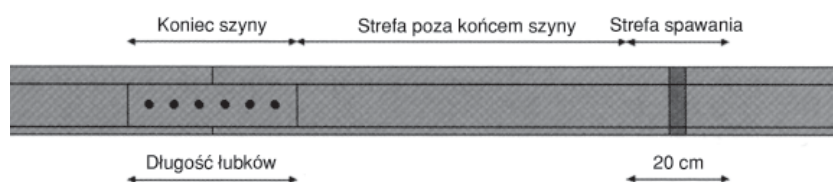
# Nowy katalog UIC uszkodzeń szyn

**Nowy katalog uszkodzeń szyn wydany w 2000 r. wprowadza jednolity układ opisu uszkodzeń, ustala sposoby ich wykrywania i podaje środki ich eliminacji. W niniejszym opracowaniu przedstawiono najczęstsze przypadki uszkodzeń szyn i opisano środki zapobiegawcze. Ostatecznym celem tych działań jest wydłużenie żywotności szyn.**

Międzynarodowy Związek Kolei (UIC) opublikował *Katalog Uszkodzeń Szyn*, który wprowadza jednolity system klasyfikacji pęknięć, złamań i uszkodzeń szyn, z podziałem na miejsce wystąpienia usterki w szynie i jej przyczynę. Jest on załącznikiem do karty UIC 712 *Uszkodzenia szyn*. Katalog podaje także środki, za pomocą których mogą być wykrywane uszkodzenia szyn i środki zaradcze po stwierdzeniu usterki.

UIC chciałoby aby katalog, który został opublikowany przez biuro Sekretarza Generalnego i rozesłany do wszystkich kolei członkowskich, służył ujednoczeniu sposobów wykrywania, klasyfikacji i rejestracji uszkodzeń szyn w celu umożliwienia kolejom członkowskim miarodajnych porównań na ten temat.

Katalog uszkodzeń szyn został wydany po raz pierwszy 1.1.1959 r., drugie wydanie – 1.1.1966 r., a trzecie – 1.1.1979 r. To ostatnie wydanie katalogu stworzyło podstawy do wydania w Niemczech przez Deutsche Bundesbahn *Karty uszkodzeń szyn*, opublikowanej jako dodatek do *Przepisów DS 820*, która obowiązuje do dzisiaj. W ciągu lat katalog ulegał pewnym zmianom. Na przykład tak zwane pęknięcia na powierzchni główki szyny, polegające na stop-



Rys. 1. Określenia stosowane w ustaleniu uszkodzeń szyn

niowym tworzeniu się drobnych, poprzecznych pęknięć w główce szyny, prowadzące w konsekwencji do jej całkowitego złamania, zostało włączone do katalogu dopiero w latach 80.

## Zalecenia do zmian w katalogu UIC

W latach 80. problem zmęczenia szyn wskutek kontaktu koła z szyną stał się szczególnie aktualny. W tym czasie UIC zleciło Europejskiemu Instytutowi Badań Kolejowych (ERRI) opracowanie zaleceń do zmian w katalogu uszkodzeń szyn (Komitet ERRI D 173), z uwzględnieniem ostatnich prac naukowych, ponieważ wiele przypadków uszkodzeń powstałych w szczególności wskutek zmęczenia tocznego nie było dotychczas uwzględnionych. Innym powodem do zmian było, że określenia i klasyfikacja niektórych uszkodzeń były nieprecyzyjne i stanowiły źródło nieporozumień.

Do rozwiązania tego zagadnienia ERRI opracowało ankietę na temat przydatności istniejącego katalogu i rozesłało ją do kolei członkowskich UIC. Odpowiedzi na ankietę wykazały, że ponad  $\frac{2}{3}$  z 24 kolei, do których wysłano ankietę, korzystało z katalogu, ale podkreśliło potrzebę częściowego lub całkowitego jego przeredagowania. Zwracano uwagę, że dotychczasowy system identyfikacji uszkodzeń powinien być zachowany, a jednocześnie opisy techniczne uszkodzeń powinny być jak najprostsze. Ponieważ już wówczas prawie wszystkie koleje używały – lub planowały używać – do rejestracji i klasyfikacji uszkodzeń a także dla określania środków zaradczych systemu komputerowego podkreślano, że system identyfikacyjny uszkodzeń powinien być do tego przystosowany.

Na podstawie otrzymanych odpowiedzi instytut ERRI sporządził zalecenia do zmiany ostatniego katalogu uszkodzeń szyn z 1979 r. Zawarte one zostały w raporcie ERRI (D 173/RP 15), przedstawionym w lutym 1997 r. Opierając się na tych zaleceniach katalog został ponownie wydany w kwietniu 2000 r., jako *Podręcznik uszkodzeń szyn*.

## Nowy podręcznik UIC

Jak wskazano we wspomnianym raporcie ERRI, głównym celem nowego podręcznika powinno być wyjaśnienie przyczyn powstawania uszkodzeń szyn, ograniczenia liczby kontroli szyn, zmniejszenie kosztów napraw oraz poprawa bezpieczeństwa ruchu. Postanowiono opisać i sklasyfikować wszystkie usterki szyn według określonych kryteriów, z podaniem środków zaradczych i przedstawić te informacje w formie indywidualnych kart uszkodzeń. W podręczniku opisano charakterystyczne cechy uszkodzeń szyn i podano środki do ich wykrywania, co ułatwia ich rozpoznawanie. W zalecanych środkach zaradczych zastosowane jest stopniowanie w zależności od potencjalnego zagrożenia bezpieczeństwa ruchu. Zwrócono również uwagę na postępowanie z usterkami zaraz po ich wykryciu.

Podkreślono, że jako baza do tworzenia statystyki uszkodzeń powinna być używana klasyfikacja i określenia liczbowe, co zwróci uwagę na najbardziej powtarzające się przyczyny uszkodzeń, a tak-

że umożliwi ustalenie trendów uszkodzeń. Ocenie podlegać będą także zastosowane środki zaradcze. Stosowanie podręcznika może więc przyczynić się do poprawy bezpieczeństwa ruchu i zmniejszenia kosztów eksploatacji. Ponadto zastosowana w podręczniku terminologia uprości porozumiewanie się wewnątrz samej kolei, a także pomiędzy poszczególnymi kolejami UIC.

### Wstęp do podręcznika

We wprowadzeniu do podręcznika podane są definicje spotykanych usterek szyn i ich lokalizacja w szynie oraz klasyfikacja uszkodzeń i zasada numerowania. Określenie *uszkodzenie szyny* jest używana do oznaczenia usterki, pęknięcia bądź złamania szyny lub złącza szynowego. Podobnie zrobiono rozróżnienie między szynami uszkodzonymi, szynami pękniętymi i szynami złamanymi. Mówiąc najogólniej, szyna uszkodzona jest to szyna z usterką inną niż pęknięcie i złamanie. Szyna pęknięta jest wtedy, gdy nastąpiło miejscowe rozdzielanie materiału, które może prowadzić do złamania, podczas gdy szyna złamana jest to szyna, która rozdzieliła się na co najmniej dwa kawałki lub z której powierzchni tocznej wykruszyły się duże kawałki materiału.

Usterka może wystąpić na końcu szyny, poza końcem szyny lub w strefie spawania (rys. 1). Koniec szyny jest określany jako część szyny na długości łubków. Strefa spawania jest to część szyny długości 0,1 m z każdej strony od miejsca spawania stykowego, natomiast wyrażenie *strefa poza końcem szyny* oznacza wszystkie części szyny leżące między końcami szyny lub między strefami spawania.

W podręczniku zachowano schemat klasyfikacji uszkodzeń szyn przedstawiony w trzecim wydaniu Katalogu. Konieczne były drobne zmiany układu z powodu dodania dwóch

nowych uszkodzeń. Rozszerzenie systemu identyfikacyjnego proponowane przez ERRI, a zawierające dodanie dwóch początkowych liter i jednej litery naprowadzającej nie zostało przez UIC przyjęte. Klasyfikacja uszkodzeń składa się więc, jak poprzednio, z 3–4 cyfr.

#### Pierwsza cyfra oznacza:

- wady końców szyn,
- wady na pozostałej długości szyn,
- uszkodzenia spowodowane wcześniejszym uszkodzeniem szyny w procesie produkcji lub transportu,
- uszkodzenia złączy spawanych i zgrzewanych oraz warstw napawanych.

#### Druga cyfra oznacza:

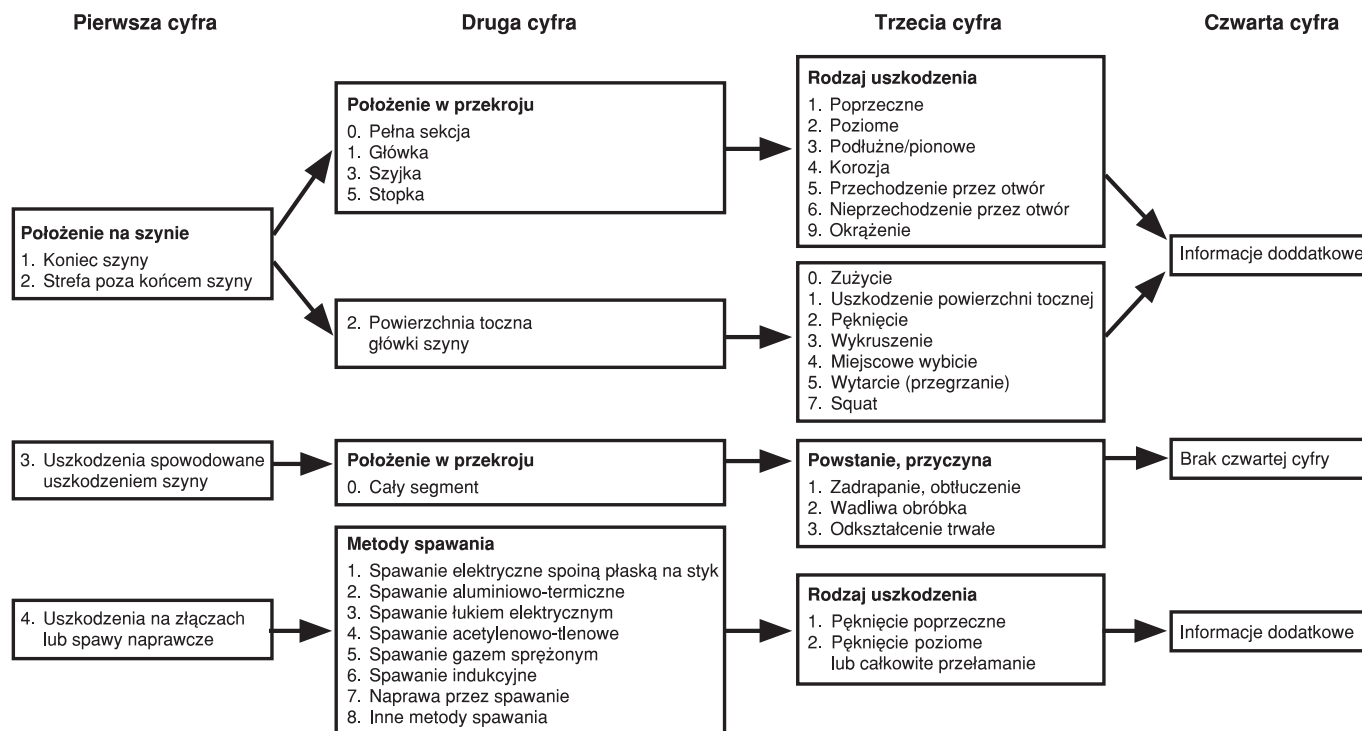
- umiejscowienie uszkodzenia wewnątrz odcinka szyny,
- użytą metodę spawania, jeśli usterka została spowodowana przy złączu lub spawaniu naprawczym.

#### Trzecia cyfra oznacza:

- kierunek uszkodzenia w przypadku pęknięcia lub złamania,
- typ uszkodzenia w przypadku uszkodzenia szyny,
- przyczynę uszkodzenia w przypadku uderzenia.

**Czwarta cyfra** może być zastosowana w razie konieczności do dalszej klasyfikacji uszkodzenia w określeniach dodatkowych właściwości.

Na rysunku 2 przedstawiono schemat klasyfikacji uszkodzeń. Każda usterka wymieniona w podręczniku jest określona przez trzy- lub czterocyfrowy kod, zgodnie z klasyfikacją generalną. Na kolejach Deutsche Bahn AG ten schemat kodowy jest częścią dodatku DB do *Karty uszkodzeń szyn 820* i jest używany w znormalizowanych arkuszach DB do wykazywania uszkodzeń szyn. Dane podawane w tych arkuszach są wprowadzane do sumarycznego zestawienia do określenia rocznej liczby uszkodzeń szyn.



Rys. 2. Schemat klasyfikacji uszkodzeń szyn

Tablica 1

## Przegląd uszkodzeń szyn

Kod ID	Opis uszkodzenia szyny (zgodny z Kartą)
<b>Klasa 1 i 2</b>	<b>Wady końców szyn i wady na pozostałej ich długości</b>
100/200	Pęknięcie poprzeczne bez wyraźnego początku
Uszkodzenia produkcyjne	
111/211	Postępujące pęknięcie poprzeczne idące od wnętrza szyny (pęknięcie zmęczeniowe w kształcie nerki/ <i>tache ovaies</i> )
112/212	Poziome pęknięcie główki szyny
1321/2321	Poziome pęknięcie na zaokrągleniu przejścia z główki na szyjkę szyny
1322/2322	Poziome pęknięcie na zaokrągleniu szyjki – stopka szyny
113/213	Podłużno-pionowe pęknięcie główki szyny
133/233	Podłużno-pionowe pęknięcie szyjki szyny
153/253	Podłużno-pionowe pęknięcie stopki szyny
121/221	Uszkodzenia powierzchniowe
2222	Pęknięcie całkowite na wewnętrznej powierzchni główki szyny (łuszczenie się)
124 / 224	Miejscowe wgłębienia na powierzchni tocznej
236	Pęknięcie po przekątnej nie związane z otworem
139 / 239	Nalep
Uszkodzenia wskutek eksploatacji	
2201	Zużycie faliste o małej długości fali
2202	Zużycie faliste o dużej długości fali
2203	Zużycie boczne
2204	Nadmierne zużycie pionowe
122	Złamanie na powierzchni tocznej (przy końcu szyny)
2221	Złamanie na powierzchni tocznej
2223	Pęknięcia na powierzchni główki szyny/tworzenie się pęknięć/ /przełamanie na wewnętrznej krawędzi główki szyny
123/223	Wykruszenia
125/225	Miejsce poślizgu kół (jedno- lub wielokrotnego)
227	Pęknięcie i miejscowe obniżenie powierzchni tocznej ( <i>squat</i> )
134/234	Korozja szyjki szyny
154/254	Korozja stopki szyny
135	Pęknięcie łubków
235	Pęknięcia wokół otworów inne niż otworów dla łubków
<b>Klasa 3</b>	<b>Uszkodzenia spowodowane wadliwym wykonaniem szyn</b>
301	Obtłuczenie
302	Wadliwe wykonanie
303	Trwałe odkształcenie (szyna zdeformowana)
<b>Klasa 4</b>	<b>Uszkodzenia złączy spawanych i zgrzewanych oraz warstw napawanych</b>
411/421/431	Poprzeczne pęknięcie (od złącza spawanego)
412/422/432	Poziome pęknięcie w szyjce (od połączenia spawanego)
471	Poprzeczne pęknięcie główki szyny (na złączy naprawianym przez spawanie)
472	Odłączenie lub odłamanie naprawianej części powierzchni tocznej
481	Poprzeczne pęknięcia połączeń lutowanych/spawanych

**Karty uszkodzeń szyn**

Każde uszkodzenie szyny jest scharakteryzowane na osobnej karcie. Karta szczegółowo opisuje usterkę, a w tym podaje:

- kod identyfikacyjny zgodnie z ogólną klasyfikacją uszkodzeń szyn;
- charakterystykę i wygląd wady;
- metody jakie mogą być zastosowane do wykrycia uszkodzenia;
- zalecenia co do sposobów zapobiegania wadzie zaraz po wykryciu.

Zamieszczone są także 1–2 zdjęcia uszkodzenia.

W tablicy 1 zamieszczono uproszczony przegląd wszystkich 55 uszkodzeń, których karty zostały zawarte w podręczniku. W miarę możliwości uszkodzenia klasy 1. i 2. zostały połączone razem i ponownie sklasyfikowane w zależności od tego czy powstały w wyniku procesu produkcyjnego, czy też eksploatacji. Karty uszkodzeń spowodowanych zmęczeniem materiału wskutek kontaktu koło–szyna, mianowicie: *pęknięcia na powierzchni główki szyny* (nr 2223) i *squat* (nr 227) umieszczono w katalogu po raz pierwszy.

W porównaniu do poprzedniego wydania katalogu zmiany w kartach są ograniczonego zakresu. W większości przypadków dotyczą one przepisania numeru opisu oraz zamieszczenia uwag ostrzegających przed pomyleniem niektórych usterek i zastąpienia fotografii czarno-białych kolorowymi. Zalecenia jakie powinny być podjęte po wykryciu uszkodzenia zostały także ujednoczone i zdefiniowane.

Przy opisie rodzaju lub wyglądu uszkodzenia podaje się zwykle następujące informacje:

- czy usterka była wynikiem wady produkcyjnej, czy też zużycia eksploatacyjnego?
- gdzie usterka została wykryta?
- gdzie stwierdzono początek uszkodzenia (na powierzchni szyny, czy wewnątrz niej)?
- jakie cechy charakteryzują usterkę wewnątrz szyny?
- jak usterka rozwijała się w miarę upływu czasu?
- jakie inne uszkodzenia można pomylić z usterką właśnie wykrytą?

Opisy uszkodzeń w podręczniku są prostsze i krótkie, uzupełnione zwykle jednym lub kilkoma zdjęciami. W większości przypadków użyto opisów i zdjęć z trzeciego wydania katalogu.

Najczęstszymi sposobami sprawdzania szyn jest badanie optyczne i ultradźwiękowe. Sprawdzanie gołym okiem pozwala na wykrycie wad powierzchniowych i kontrolowanie ich rozległości. W przeciwieństwie do tego badanie ultradźwiękowe pozwala na określenie położenia wewnętrznych wad w szynie i obserwowanie ich wzrostu. W niektórych przypadkach pomocny może być pomiar profilu szyny lub opukanie badanego miejsca młotkiem. Są oczywiście i inne sposoby wykrywania uszkodzeń szyn, jak sprawdzanie za pomocą cząsteczek magnetycznych, przenikania farby lub za pomocą prądów wirowych.

Dla każdego z uszkodzeń wymienionych w podręczniku podane są środki zaradcze. Podano je we wstępie do podręcznika, czego nie było w III wydaniu katalogu. Sposób po-

Tablica 2

## Najbardziej powszechne uszkodzenia szyn

Kod ID	Krótki opis uszkodzenia szyny
Pęknięcia zmęczeniowe wskutek kontaktu koło–szyna	
111/211	Pęknięcie w kształcie nerki ( <i>tache ovals</i> )
2222	Łuszczenie się materiału
2223	Pęknięcia na powierzchni główki szyny ( <i>head checks</i> )
Brak	<i>Belgrospis</i>
227	<i>Squat</i>
Uszkodzenia podobne do pęknięć z powodu uszkodzeń pojazdów	
(301)	Wgniecenie
125/225	Przeżranie powierzchni szyny z powodu poślizgu koła
Uszkodzenia z powodu przekształcenia materiału lub jego zużycia	
2201	Falistość o małej długości fali
2202	Falistość o dużej długości fali
Uszkodzenia od spawów	
411/421/431	Poprzeczne pęknięcia (przy złączach spawanych)

stępowania z wadą zależy od stopnia zagrożenia dla ruchu i zagrożenie to podzielono na 4 stopnie. Zalecenie *obserwuj szynę* oznacza, że uszkodzenie nie stwarza w danej chwili zagrożenia dla ruchu i szyny nie trzeba wymieniać. Zalecenie *wymień szynę* oznacza, że usterka wciąż nie stanowi zagrożenia dla ruchu, ale może stać się niebezpieczna po jakimś czasie. Natomiast zalecenie *wymień szynę bezzwłocznie* stosuje się, gdy usterka stwarza już zagrożenie dla ruchu, ale przejazd jest jeszcze możliwy z ograniczeniami; tym niemniej potrzebne jest szybkie działanie. W końcu zalecenie *wymień szynę natychmiast* stosuje się wówczas, gdy szyna stwarza już bezpośrednie zagrożenie dla ruchu i nie może być dłużej eksploatowana, a tor musi być zamknięty.

Przyjęto jako zasadę, że karty opisujące pojedyncze uszkodzenia szyn zawierają tylko standardowe zalecenia. Dodatkowe środki zaradcze podawane są w razie potrzeby. Należy zauważyć, że ponieważ niektóre uszkodzenia rozwijają się, zalecane środki zaradcze są dostosowane do aktualnego ryzyka. Nadzorowanie uszkodzenia i odpowiednie środki zaradcze powinny być stosowane we wszystkich przypadkach uszkodzeń do czasu wyeliminowania uszkodzenia.

## Najważniejsze uszkodzenia szyn

Gdy wprowadzano pierwszą klasyfikację uszkodzeń szyn większość torów miała jeszcze szyny skręcane na łubki i stąd najwięcej uszkodzeń było w strefie złącz. Po przejściu na szyny bezстыkowe, spawane, zmniejszyła się liczba uszkodzeń przy końcach szyn, natomiast wzrosła liczba uszkodzeń w strefie spawów. Ponadto w wielu przypadkach można robić odniesienia uszkodzeń klasy 1. do podobnych uszkodzeń klasy 2. W wyniku poprawy jakości materiału na szyny i metod produkcji stali w ciągu ostatnich 20 lat, uszkodzenia szyn z powodu uszkodzeń produkcyjnych znacznie zmalały. Zauważa się zwłaszcza zmniejszenie uszkodzeń spowodowanych nieciągłością materiału wewnątrz szyny. Szczególnie ważne było zmniejszenie częstotliwości występowania uszkodzeń metalurgicznych wskutek poprawy czystości wytwarzania stali. Osiągnięto to dzięki wprowadzeniu procesu wtlaczania tlenu i stosowania odtleniania węgla, a ponadto próżniowego odgazowania i technice ciągłego wytopu. Uszkodzenia powierzchniowe, powodowane podczas walcowania lub wyrównywania szyn, są obecnie w większości wyeliminowane dzięki zastosowaniu nowoczesnych walcowni i aparatury kontrolnej.

Zwiększenie prędkości jazdy pociągów i intensywności ruchu spowodowało, że szyny są poddawane coraz większym naprężeniom w czasie kontaktu koło–szyna i stąd nastąpił wzrost ich uszkodzeń. Wzrosła zwłaszcza liczba uszkodzeń spowodowanych zmęczeniem materiału, określanych jako *pęknięcia na powierzchni główki szyn* i *squat*. Przedstawiono to w tablicy 2, wskazując także najczęstsze uszkodzenia zanotowane w ciągu ostatnich kilku lat na kolejach DB AG. Podanych 10 uszkodzeń stanowi około 90% wszystkich zanotowanych usterek. Uszkodzenia podane w tablicy 2 są w większości tymi samymi, które są wymienione w *Katalogu podstawowych uszkodzeń szyn w torach i rozjazdach* wydanym przez DB AG. Tym niemniej katalog ten, który

wszedł w życie od 1.3.2001 r. jako Załącznik 01 do Wytycznych *Uszkodzenia powierzchni szyny* DB 821.2017, nie zastępuje Dodatku DS. 820 *Karta uszkodzeń szyn*. Zadaniem katalogu jest gromadzenie i opisywanie najważniejszych i najczęstszych uszkodzeń szyn zauważanych w torach i rozjazdach sieci kolejowej DB. Katalog wydany przez DB AG podaje wiele usterek, które nie są zawarte ani w karcie DS. 820 DB, ani w nowym podręczniku UIC. Celem tego katalogu jest dostarczenie informacji służbom utrzymania torów na miejscu uszkodzenia i pomoc w wykryciu i identyfikacji najważniejszych uszkodzeń szyn.

W dodatku do uszkodzeń powierzchni tocznej szyn, wymienionych w Załączniku 01 Wytycznych 821.2017 kolei DB, będących obecnie w przygotowaniu, będzie zarówno podział na kategorie uszkodzeń do trzech poziomów uszkodzeń, jak również informacje i kryteria oceny procedury naprawczej ze względu na możliwości techniczne i opłacalność tego procesu. Uszkodzenia szyn spowodowane zużyciem (falistość o dużej długości fali, zużycie profilu szyny) lub przekształceniem materiału (falistość o małej długości fali) nie są wymienione w Wytycznych 821.2017 kolei DB, ponieważ są zawarte w Wytycznych 824 DB w rozdziale *Szlifowanie szyn*.

Trzy spośród najważniejszych uszkodzeń szyn są usterekami spowodowanymi zmęczeniem materiału, w którym formowanie się pęknięcia jest zapoczątkowane na powierzchni główki szyny (w odróżnieniu od uszkodzeń znanych jako *tache ovals*, tj. pęknięcie zmęczeniowe w kształcie nerki oraz *łuszczenie się*, w którym pęknięcie – chociaż także spowodowane przez styk toczny, zmęczeniowy – zaczyna się pod powierzchnią szyny). Dwie z tych usterek: *pęknięcie na powierzchni główki szyny* i *squat* są jedynymi, jakie zostały dodatkowo włączone do podręcznika UIC. Trzecia usterka, tak zwany *belgrospis*, która została zauważona na liniach dużych prędkości kolei DB po raz pierwszy w 1996 r., ma być włączona do podręcznika UIC w przyszłości.

Opisy uszkodzeń szyn podane niżej są oparte w większości na informacjach zamieszczonych w podręczniku UIC, raportach ERRI – D173/RP1 i D173/RP15 oraz na publikacjach dotyczących uszkodzeń szyn, uzyskanych z różnych kolei. Ponadto włączono ostatnie wyniki badań prowadzonych przez koleje DB.

### Pęknięcia na powierzchni główki szyny (*head checks*)

Pęknięcia na powierzchni główki szyny są typową usterką powstającą w wyniku zmęczenia materiału wskutek kontaktu koło-szyna. Powstaje ona najczęściej w miejscach, gdzie występują największe dynamiczne naprężenia szyny. Usterkę tę można spotkać:

- głównie na wewnętrznej krawędzi główki szyny zewnętrznej na łukach torów o promieniu 400–1500 m (pęknięcia te nie mogą powstać w torach o mniejszych promieniach z powodu większego zużywania się szyny zewnętrznej);
- czasami na krawędzi bocznej szyny zewnętrznej torów o promieniu ponad 1500 m;
- na bocznych krawędziach obu toków szynowych na torze prostym, gdzie występuje na przemian;
- na powierzchni tocznej szyny wewnętrznej i zewnętrznej;
- na bocznej krawędzi iglic i szyn łączących w rozjazdach i szyn na krzywych przejściowych w łukach;
- na szynach w kierownicach rozjazdów.

Pęknięcia na powierzchni główki szyny są drobnymi pęknięciami, pojawiającymi się mniej lub bardziej regularnie w odległościach 0,5–10 mm (fot. 1). Odległości pęknięć są przeważnie mniejsze w szynach o główce utwardzonej, niż w szynach wyprodukowane ze stali UIC stopnia 900A. Kiedy ogląda się te pęknięcia z góry, widać, że są one różnej szerokości i ułożone pod kątem 35–70° w stosunku do osi podłużnej szyny. Kąt ustala się w zależności od przeważającej geometrii styku koła z szyną. W niektórych przypadkach pęknięcia mogą układać się nawet prostopadle do osi podłużnej szyny. Pęknięcia, które biegą prawie równolegle jedno do drugich, wchodzą w głąb szyny pod małym kątem (10–15°). W trakcie eksploatacji pęknięcia wydłużają się i zmieniają kąt wejścia, który może osiągać nawet 60°, a długość pęknięcia wiele milimetrów. Podczas formowania się i rozwoju pęknięć można zaobserwować następujące cechy:

- pęknięcia biegą po przekątnej szyny i mogą się łączyć, doprowadzając do całkowitego złamania szyny (łuszczenie lub wykruszenie na bocznej powierzchni szyny);
- pęknięcia mogą się rozgałęziać w główce szyny;
- przejście z pęknięć na powierzchni główki szyny do pęknięć typu *squat* (np. pęknięcia *squat* na wewnętrznej krawędzi główki szyny);
- zmiana kierunku pęknięcia powierzchniowego prowadząca do całkowitego pionowego złamania szyny.

Z tych powodów pęknięcia na powierzchni główki szyny muszą być traktowane jako potencjalnie niebezpieczne usterki. Ich przyczynę upatruje się w naprężeniach na jakie narażona jest szyna. Wskutek wielkich sił podłużnych i poprzecznych, występujących między kołem i szyną, oraz powstających wskutek nich naprężeń następuje na powierzchni tocznej szyny rozwalcowywanie i pełzanie materiału. Prze-

suwanie się naprężeń ścinających z wnętrza szyny na powierzchnię powoduje deformację materiału. W tej odkształconej warstwie powierzchniowej powstają mikropęknięcia, które stanowią punkty początkowe dla pęknięć główki szyny. Pęknięcia mogą powstać w bardzo krótkim czasie, o czym przekonano się w eksploatacji, stwierdzając takie przypadki już po kilku tygodniach od zamontowania szyny. Szybkość postępowania pęknięć zależy od materiału szyny i jej obciążenia pociągami. Zanieczyszczenie powierzchni szyny, a w tym obecność smarów lub wody, może przyspieszać rozwój pęknięć.

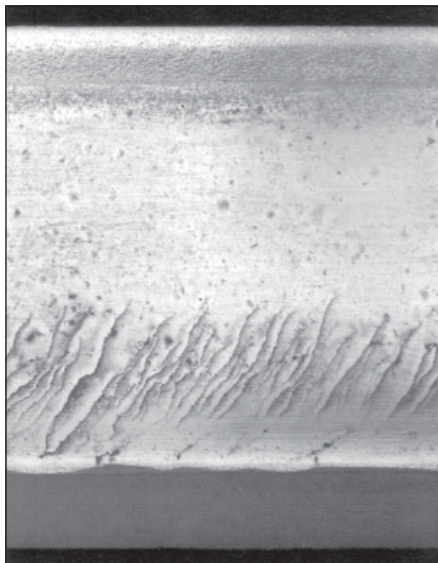
Wykrywanie pęknięć na powierzchni szyny gołym okiem jest sprawą stosunkowo prostą, gdy są one już dość dobrze rozwinięte, natomiast powszechnie używaną metodą ultradźwiękową można je wykryć w zarodku. Ze względu na ograniczony dostęp do wewnętrznej powierzchni główki szyny może ona być dobrze sprawdzona przyrządami ultradźwiękowymi tylko wtedy, kiedy jest to robione ręcznie. Mały kąt pęknięć i małe odległości między samymi pęknięciami utrudniają ustalenie końca pęknięcia, a więc jego głębokość. Dotychczasowe badania wykazały, że próby określenia głębokości pęknięć na podstawie zewnętrznych oznak na główce szyny są bardzo zawodne. Dopiero wprowadzenie metody badania poprzez pomiar prądów wirowych umożliwiło niezawodne wykrywanie pęknięć na powierzchni główki szyny i stworzyło możliwość ich analizy.

Szczególnie przydatne są nie niszczące pomiary głębokości tych pęknięć (długość pęknięcia w połączeniu z kątową orientacją pęknięć biegnących wewnątrz główki szyny po przekątnej), które pozwalają określić niezbędną głębokość szlifowania szyny. Obróbka szyny skrawaniem (szlifowanie, walcowanie, struganie wzdłużne) powinny być wykonane jak najwcześniej po wykryciu, gdyż pozwala to zapobiec powiększaniu się pęknięć i stąd przedwczesnej wymianie szyny.

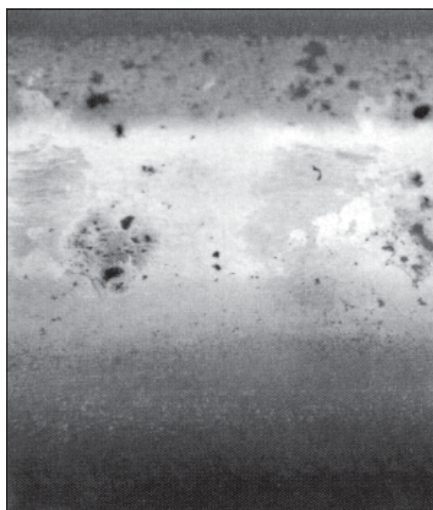
### *Belgrospis*

Nazwą tą określa się grupę pęknięć, które pojawiają się okresowo w pobliżu grzbietów fal przy zużyciu falistym szyny, co występuje w odległości 20–100 mm (fot. 2). Usterka ta, która została wykryta dopiero ostatnio na torach kolei DB, gdzie prędkość jazdy wynosiła 200 km/h lub więcej, jest odmianą zużycia zmęczeniowego wskutek kontaktu koło–szyna.

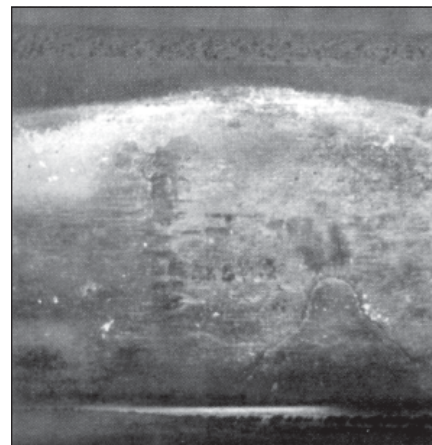
Usterkę *belgrospis* zauważono bądź na szynie zewnętrznej w łukach o dużym promieniu, bądź na odcinkach prostych w obu tokach szynowych na przemian. Zawsze towarzyszyło jej faliste zużycie szyny. Pęknięcia są usytuowane na powierzchni tocznej w pasie leżącym między linią środkową a wewnętrzną krawędzią szyny, w odległości 10–25 mm od środka szyny i powtarzają się okresowo na długich odcinkach. Długości pęknięć wynoszą 5–15 mm. Kiedy ogląda się powierzchnię szyny prostopadle z góry, wymienione grupki pęknięć są ustawione pod kątem ok. 45° w stosunku do osi podłużnej szyny. Pęknięcia powiększają się do wnętrza szyny w dół pod kątem 20–30° do powierzchni szyny.



Fot. 1. Head checks



Fot. 2. Belgrospis



Fot. 3. Squat

W zaawansowanym stanie pęknięcia *belgrospis* mogą się łączyć i w niektórych przypadkach prowadzić do całkowitego przełamania szyny. Tak jak w przypadku pęknięć powierzchniowych może dochodzić do zmiany kierunku pęknięć, co przyspiesza złamanie. Dzieje się to w stanie zaawansowanym tej usterki, gdy ścieżka współpracy koło–szyna jest najwyższa, a występuje to na szczytach zużycia falistego i gdy siły prostopadłe do powierzchni tocznej są największe, co ma miejsce tuż przed szczytami zużycia falistych. Ponadto do sił dynamicznych od nacisku dodają się tu siły od dynamicznego oddziaływania koła na szynę z powodu jego niewyważenia, które przy dużych prędkościach osiągają znaczne wartości. W takich warunkach szyna jest poddawana największym naprężeniom dynamicznym w miejscach bezpośrednio przed szczytami zużycia falistych i w wyniku tego zmęczenia tocznego powstają w tych miejscach grupy pęknięć.

Dotychczas *belgrospis* może być wykrywany wizualnie lub za pomocą aparatury ultradźwiękowej w czasie kontroli toru. Głębokość pęknięć można mierzyć za pomocą nie niszczących pomiarów ultradźwiękowych tak samo, jak w przypadku pęknięć na powierzchni główki szyny (*head checks*). Pracuje się obecnie nad zastosowaniem do wykrywania i pomiarów pęknięć *belgrospis* metody prądów wirowych. Usterka ta pojawia się już przy pierwszych oznakach zużycia falistego i rozwój tych dwóch usterek jest równoczesny. A zatem nie chcąc dopuścić do powstania *belgrospis* należy nie dopuszczać do powstania zużycia falistego o krótkiej długości fali. Usuwanie obu tych usterek odbywa się przez szlifowanie szyn. Zwłoka w przeprowadzeniu tej operacji może doprowadzić do pęknięć tak głębokich, że konieczna będzie wymiana szyny.

### Pęknięcia *squat*

Pęknięciami *squat* określa się wykruszenie powierzchni tocznej szyny – półkoliste lub w kształcie litery V. Szersza część litery V jest skierowana przeważnie w stronę wewnętrznej

krawędzi główki szyny. Z powodu korozji powierzchnia wykruszenia jest ciemniejsza niż otaczający ją materiał, gdyż brak w tym miejscu kontaktu z kołem (fot. 3). Usterka *squat* występuje najczęściej w torach o dużej prędkości na odcinkach prostych lub prawie prostych w grupach, które pojawiają się nieregularnie. Prawdopodobną jest, że usterka *squat* występuje w najbardziej obciążonych miejscach szyny, między linią środkową a krawędzią wewnętrzną. *Squat* może powstać w wyniku połączenia się pęknięć powierzchniowych i umiejscowić się także na wewnętrznej krawędzi główki szyny.

Tak jak w przypadku pęknięć na powierzchni główki szyny (*head checks*), usterka *squat* powstaje wskutek plastycznego odkształcenia materiału w czasie kontaktu koło–szyna i następujących w tym czasie mikroskopijnych pęknięć w warstwie wierzchniej szyny. *Squat* może powstać także wskutek wgnieceń w powierzchni tocznej oraz z rozwinięcia się usterki *belgrospis*. *Squat* tworzy się w miejscach gdzie zużycie szyny jest małe i początkowe pęknięcia nie są usuwane przez ścieranie.

Pierwszą widzialną oznaką pojawienia się *squat* są pęknięcia na wewnętrznej powierzchni główki szyny, które są ustawione pod kątem  $45^\circ$  do kierunku ruchu. Usterka powstaje kiedy jedno z pęknięć zmęczeniowych, które pojawiło się na górnej powierzchni szyny, zaczyna rozrastać się do wnętrza. Początkowy wzrost jest pod małym kątem w stosunku do powierzchni tocznej. Rozwalcowanie materiału powoduje obniżenie powierzchni szyny w tym miejscu i koło styka się tylko z obrzeżem miejsca obniżonego, które jest wskutek tego jaśniejsze. Kiedy pęknięcie osiągnie głębokość 3–5 mm, zaczynają się od niego odgałęziać mniejsze pęknięcia, co po pewnym czasie może doprowadzić do całkowitego poprzecznego złamania szyny. Istnieje ryzyko niewykrycia tej usterki w czasie badania ultradźwiękowego, kiedy pierwotne pęknięcie rozwija się pod małym kątem i w ten sposób ekranuje odgałęzione pęknięcie poprzeczne.

*Squat* może także powstać wskutek zmniejszenia sprężystości podtorza. W zaawansowanym stanie miejsce takie będzie widoczne ze względu na białe ślady od wychłapek na podsypce. Może też być wynikiem uszkodzenia przytwierdzenia szyny do podkładów w tym miejscu.

Aby zapobiegać *squat*, należy w pierwszym rzędzie eliminować usterki powierzchni szyny – pęknięcia, *belgrospis* i wszelkie wgniecenia, zwłaszcza powtarzające się okresowo. Jeśli usterka *squat* nie zostanie dostatecznie wcześniej wykryta lub dostatecznie rozpoznana co do jej głębokości, to może się okazać, że w czasie szlifowania szyny, po zdjęciu wierzchniej warstwy materiału, zostanie ona dopiero odsłonięta. Taka szyna musi być objęta szczególnym nadzorem, z pomiarem głębokości pęknięć i przywróceniem właściwego profilu włócznie. W przypadku wykrycia pojedynczej usterki *squat* można ją usunąć np. przez zaspawanie, nie stosując specjalnych obostrzeń. Jednak gdy usterek tych jest dużo i przekraczają pewien poziom, niezbędna staje się wymiana szyny.

#### Zapobieganie uszkodzeniom szyn

W celu zmniejszenia uszkodzeń szyn prowadzone są prace badawcze, dotyczące zwłaszcza poprawy właściwości stali, zaostrenia tolerancji produkcyjnych szyn, polepszenia profilu szyny i optymalizacji procedur utrzymaniowych.

Prowadzone są również badania, zarówno symulacyjne, jak i w normalnej eksploatacji, nad geometrią styku koło–szyna, szczególnie w łukach, oraz próby określenia występujących tam sił. Koleje DB AG wraz z firmą Speno International S.A. prowadzą wspólne badania nad zależnościami między różnymi głębokościami szlifowania szyn i stosowanymi przy tym tolerancjami a tworzeniem się pęknięć na powierzchni główki szyny (*head checks*). Chodzi o dopusz-

czenie pewnych zużyć naturalnych i jednocześnie określenie grubości usuwania w czasie szlifowania tylko zupełnie niezbędnej warstwy materiału do przywrócenia właściwego profilu szyny. Celem tych wszystkich zabiegów jest wydłużenie żywotności szyn.

Innym, ważnym zagadnieniem jest zbadanie zależności między zużyciem mechanicznym szyny a jej zmęczeniem powierzchni kontaktowej. Chodzi o stworzenie wymagań do osiągnięcia równowagi między obu tymi rodzajami uszkodzeń, tzn. osiągnięcie równoczesnego zużywania się szyny pod obu względami, co również przyczyni się do zwiększenia żywotności.

Diagnostyka szyn powinna się w przyszłości opierać na nieniszczących badaniach za pomocą prądów wirowych przeprowadzanych bardziej udoskonalonymi przyrządami, co jest szczególnie ważne przy ustalaniu głębokości szlifowania, a także do określania okresów między kolejnymi badaniami. W ostateczności powinno się osiągnąć całkowite wyeliminowanie usterek, co może nastąpić, jeśli nakłady na badania i odpowiednią aparaturę będą wzrastały proporcjonalnie do kosztów powstających uszkodzeń.

Należy się spodziewać, że w dalszej eksploatacji kolei zidentyfikowane zostaną jeszcze inne rodzaje usterek szyn lub połączenia usterek już istniejących, które trzeba będzie także umieścić w podręczniku. □

Na podstawie:  
The new UIC Catalogue of rail defects  
Der Eisenbahningenieur 9/2001  
Tłum. M. Rabsztyn  
Oprac. Andrzej Massel

26 kwietnia 2002 r. w Łodzi odbędzie się konferencja organizowana przez Polską Izbę Producentów Urządzeń i Usług na Rzecz Kolei, nad którą patronat objął wiceprzewodniczący Sejmowej Komisji Gospodarki Pośeł na Sejm RP – Zbigniew Kaniewski

## Zamierzenia i plany rozwoju infrastruktury kolejowej w Polsce ze szczególnym uwzględnieniem modernizacji i rozbudowy szybkiej trasy Warszawa – Łódź

Zakres tematyczny wystąpień:

- przyszłość transportu szynowego w kontekście Strategii Gospodarczej Rządu
- rola samorządów lokalnych w kształtowaniu przewozów regionalnych i ponadregionalnych
- osiągnięcia polskiego przemysłu i ośrodków naukowo-badawczych w dziedzinie transportu szynowego
- działalność Polskiej Izby Producentów Urządzeń i Usług na Rzecz Kolei w zmieniających się warunkach gospodarczych

Informacje:

Biuro Polskiej Izby Producentów Urządzeń i Usług na Rzecz Kolei  
tel./fax (52) 349 55 99, (52) 581 21 75