

Dariusz Kowalczyk¹, Łukasz Antolik^{2*}, Ireneusz Mikłaszewicz³
Centrum Diagnostyki PKP PLK S.A., Warszawa

Wady szyn kolejowych, a badania ultradźwiękowe

Disadvantages of railway rails and ultrasonic testing

ABSTRACT

The authors presented the most occurs defects of rails used in tracks, their unified classification based on the UIC 712R: 2003 card studies, and testing of these defects by the ultrasonic method, as well as UT testing methods used by the railway line manager, i.e. Centrum Diagnostyki PKP PLK S.A..

Keywords: rail defects; ultrasound examination

STRESZCZENIE

Autorzy przedstawili najczęściej występujące wady szyn eksploatowanych w torach, ich zuniifikowaną klasyfikację opartą na opracowaniach Karty UIC 712R:2003 oraz badania tych wad metodą ultradźwiękową, a także metody badań UT stosowane przez zarządcę linii kolejowych tj. Centrum Diagnostyki PKP PLK S.A.

Słowa kluczowe: wady szyn; badanie ultradźwiękowe

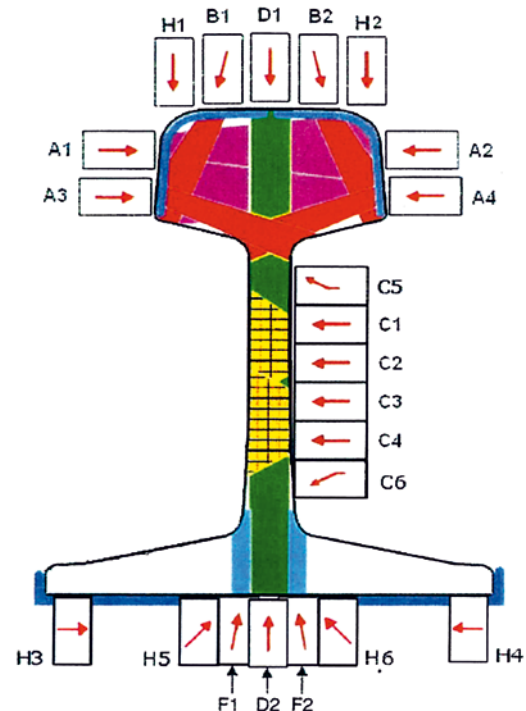
1. Wstęp

Szyna kolejowa jest zaliczana do głównego elementu toru bezpośrednio przenoszącego obciążenie pojazdów kolejowych pociągów pasażerskich i towarowych. Jednocześnie stan eksploatowanych szyn kolejowych w torach w znaczny sposób stanowi o bezpieczeństwie jazdy pociągów oraz komfortie podróży pasażerów. Utrzymanie na właściwym poziomie nawierzchni kolejowej w tym szyn, stanowi duże wyzwanie dla służb utrzymania ruchu kolei. Jedną z metod oceny i jednocześnie kontroli jakości użytkowanych szyn jest badanie ultradźwiękowe, ujawniające i eliminujące znaczne ilości wad szyn na etapie produkcji w hutach oraz podczas eksploatacji na szlakach kolejowych.

Analizując proces ostatecznej kontroli szyn w hutach po procesie prostowania w prostownicach dziewięciu-rolkowych, należy stwierdzić że badanie UT odgrywa bardzo istotną rolę, pokrywając swoim zasięgiem prawie cały przekrój szyny. Zastosowania dużej ilości głowic ultradźwiękowych, których emisja fal „przeświewła” obszar przekroju szyny z wyjątkiem części stopki, umożliwia wykrywanie pęknięć oraz wad wewnętrznych szyny. Na rysunku 1 pokazano przykładowy układ głowic stosowany do badania ultradźwiękowego wybranego profilu szyny.

Uzupełniającymi badaniami kontrolnymi szyn są badania wizualne realizowane przy pomocy kamer śledzących stan powierzchni szyny, jak również luster ustawionych pod określonymi kątami, a także badania magnetyczne wykrywające płytkie wady powierzchniowe w postaci nieciągłości powierzchni szyny. W obecnym czasie zmodyfikowane procesy technologiczne producenta oraz technologia wytwarzania szyn spowodowały znaczne ograniczenie wad wewnętrznych typu pozostałości jam usadowych lub pęknięć, jednakże w hutach na etapie kontroli ostatecznej w dalszym ciągu stosowane jest badanie ultradźwiękowe

oraz kontrola występowania wad powierzchniowych szyn typu rys mechanicznych, płytkich zawalcozań lub wgniotów zgorzeliny [1].



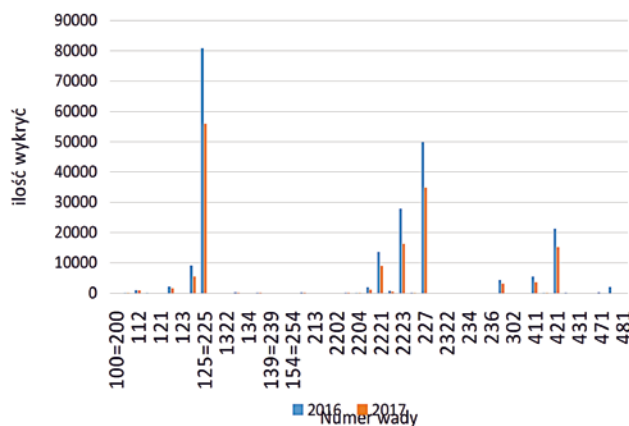
Rys. 1. Układ głowic UT badań szyn na ostatnim etapie produkcji

Fig. 1. UT heads arrangement for rail testing at the last stage of production

W miarę zwiększania się ilości przewozów i obciążenia linii kolejowych, powstaje szereg wad eksploatacyjnych szyn. Jednocześnie następuje zużycie powierzchni tocznej szyny objawiające się w większości zniekształceniem główki szyny, a także wadami typu head check, squat i shelling (łuszczenie się powierzchni tocznej szyny). Te trzy podstawowe wady

*Autor korespondencyjny. E-mail: lantolik@ikolej.pl

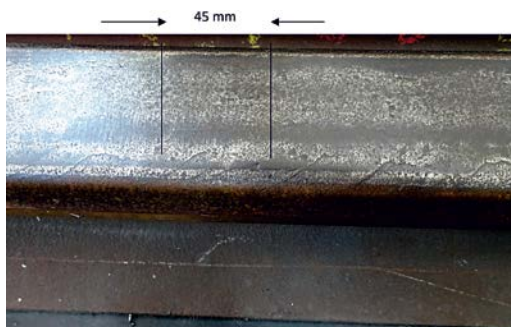
stanowią około 80% wszystkich ujawnionych wad szyn.



Rys. 2. Liczność wykryć UT poszczególnych typów wad zgodnie z Katalogiem Wad

Fig. 2. The number of UT detections of individual defect types in accordance with the Defect Catalogue

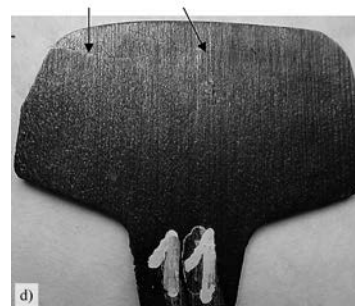
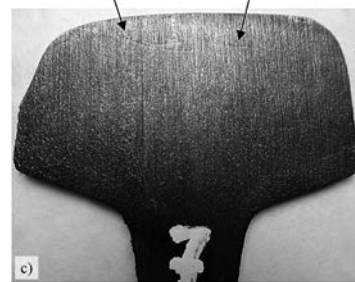
Szczególnie groźne są wady head check ponieważ pęknięcia rozwijają się pod powierzchnią szyny, natomiast wizualnie widoczne są tylko pęknięcia na krawędzi wewnętrznej szyny. Na rysunkach (Rys. 3, 4) pokazano rozwój pęknięć wewnętrznych na długości około 45 mm szyny. Odcinek ten pocięto na 15 płytek o grubości około 2,0 mm, celem określenia przebiegu i wielkości pęknięcia, stanowiące duże zagrożenia w ruchu kolejowym.



Rys. 3. Wada head check w szynie złomowanej, oznaczenie 2223
Fig. 3. Defect in head check in a scrapped rail, designation 2223

Dużym problemem utrzymania ruchu nawierzchni kolejowej są wady nieujawniane przez badanie ultradźwiękowe. Do tych wad możemy zaliczyć wady powstające pod powierzchnią i rozwijające się w postaci poziomego pęknięcia. Źródłem powstania w tym przypadku są naprężenia wewnętrzne ujawniające się pod powierzchnią główki szyny, które na skutek kontaktu koła szyna kumulują podpowierzchniowe naprężenia, a następnie według teorii Bielajewa są one źródłem powstawania mikropęknięć. Mechanizmem tego typu powstaje i rozwija się między innymi wada sguat (Rys. 5, 6). Na rysunkach tych, na przekroju poprzecznym, pokazano główkę szyny wyciętej z toru z wadą typu sguat, z widocznym rozwojem tej wady. Z uwagi na strefę martwą głowic ultradźwiękowych, badanie UT wad typu sguat realizowane jest za pomocą głowic podwójnych lub głowic pojedynczych z pierwszego odbicia.

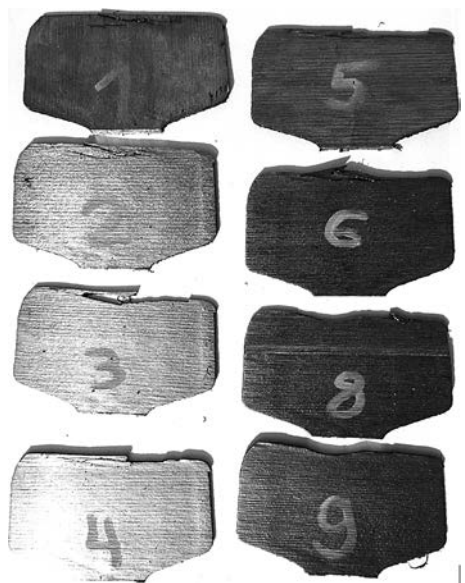
Występujące na szlakach kolejowych wady eksploatacyjne szyn ujęto w opracowanym i zmodyfikowanym Katalogu wad szyn nr UIC 712R (Rys. 7) [7]. Pierwsza i druga cyfra Katalogu oznacza miejsce występowania wady oraz metodę łączenia lub naprawy powierzchni główki szyny, natomiast trzecia i czwarta cyfra oznacza rodzaj uszkodzenia i przyczyny powstania wady szyny, a także informacje dodatkowe.



Rys. 4. Badana próbka: a) pocięta szyna z położeniem i rozwojem pęknięć; (b), (c), (d) wady szyny head check
Fig. 4. Examined sample: (a) cut rail with location and development of cracks; (b), (c), (d) defects head check

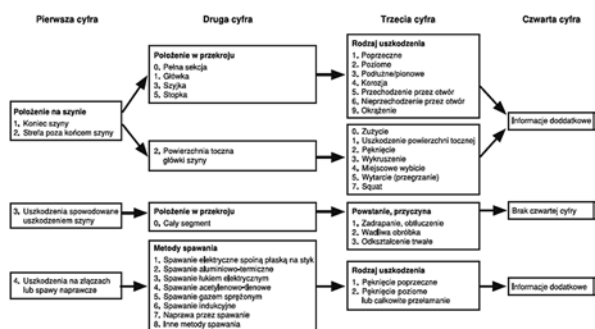


Rys. 5. Wada sguat szyny, oznaczenie 227
Fig. 5. Defect rail sguat, designation 227



Rys. 6. Przebieg wady squat 227 jw. w szynie kolejowej
Fig. 6. The course of the defect squat 227 as above. in the rail

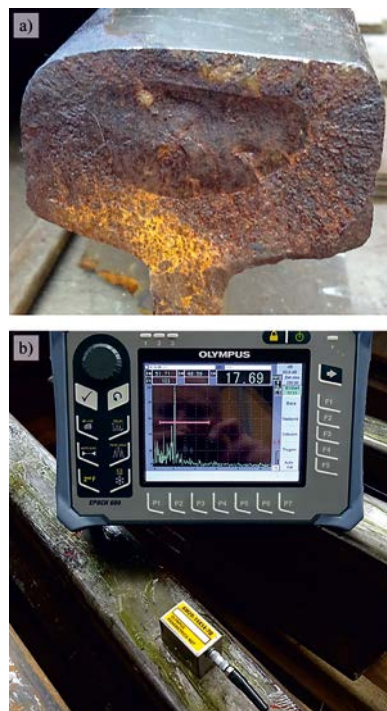
Najczęściej występujące wady eksploatacyjne główki szyny typu head check, biorące początek na krawędzi wewnętrznej szyny, według W Katalogu wad szyn posiadają oznaczenie -2223, wadę typu squat oznaczono - 227, natomiast shelling oznaczono jako -222. Spośród pęknięć i złamań szczególną pozycję zajmuje wada typu - 211 występująca jako pęknięcie poprzeczne zmęczeniowe (Rys. 8) [2] spowodowane wewnętrznym rozrostem wady niewidocznym zewnątrz.



Rys. 7. Kwalifikacja wad szyn według Karty UIC 712R:2003
Fig. 7. Qualification of rail defects according to UIC 712R: 2003 Card

Jest to jedna z najgroźniejszych wad szyn. Następnie wszelkiego rodzaju pęknięcia jak pęknięcie poziome – 2321 występujące na przejściu główki w stopkę szyny spowodowane wadami procesu produkcyjnego, skutkuje pęknięciem i wyłamaniem główki szyny na określonym odcinku. Wada – 235 pęknięcia promieniowe szyny od otworów śrub łubkowych, pęknięcia ukośne poza otworami – 236, pęknięcia poprzeczne w zgrzeinach lub spoinach – 421 spowodowane wadliwie wykonanym procesem łączenia szyn, pęknięcia poprzeczne główki szyny – 471 spowodowane napawaniem ubytku materiału szyny[5].

Wiele wad szyn wyszczególnionych w Katalogu wad szyn nie podlega badaniom ultradźwiękowym, z uwagi na



Rys. 8. Wewnętrzne pęknięcie zmęczeniowe, oznaczenie 211:
(a) widok pęknięcia, (b) badanie UT szyny, wada 211
Fig. 8. Internal fatigue crack, designation 211: (a) crack view; (b) UT test of rail, defect 211



Rys. 9. Badanie złącza szynowego zgrzanego
Fig. 9. Examination of the welded rail joint

charakter występujących wad, a jedynie kontroli diagnostycznej i wizualnej prowadzonej przez pracowników utrzymania ruchu odcinka torów. Do tego typu wad możemy zaliczyć zużycie powierzchniowe i boczne główki szyny oznaczone - 2201-2204, miejscowe wgniecenie powierzchni tocznej - 224, występująca korozja – 234, wybuksowanie - 2252 stanowi dużą licznosc występowania na powierzchni tocznej szyny, spowodowane poślizgiem kół napędnych lokomotywy osłabiające wytrzymałość i niejednokrotnie prowadzące do złamania szyny, zgniecenia – 223 skutkujące powstawaniem spływów widoczne w postaci nawisu materiału przeważnie w łukach o małym promieniu, skałczenia – 301 powstałe w wyniku przypadkowych uderzeń główki szyny.



Rys. 10. Wada na złączu spawanym termitowo oznaczenie 422
Fig. 10. Defect on the termite welded joint designation 422

Budowane jako nowe lub modernizowane linie kolejowe posiadają w zdecydowanej większości tor bezстыkowy. Technologia toru bezстыkowego przewiduje łączenie szyn dwoma sposobami tj. zgrzewanie doczołowe (Rys. 9.) zgrzewarkami stacjonarnymi lub mobilnymi oraz spawanie termitowe w torach (Rys. 10).

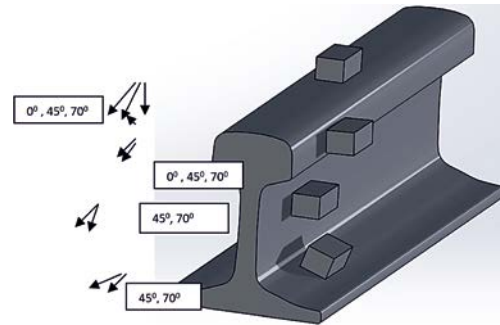
Obie metody generują potencjalne niebezpieczeństwo wystąpienia wad w zgrzeinach lub spoinach, gdzie najbardziej niebezpieczne są pęknięcia prowadzące do złamania szyny. Wobec powyższego badania ultradźwiękowe w torach obejmują również miejsca łączenia szyn. Również połączenia miejscowe rozjazdów z szynami podlegają badaniom ultradźwiękowym.

2. Sposoby badania ultradźwiękowego szyn kolejowych

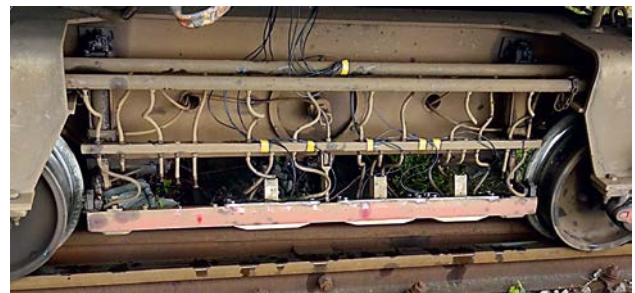
Wszystkie szlaki kolejowe w Polsce podlegają badaniom diagnostycznym, w tym także badaniom ultradźwiękowym. Badania te oparte są na wymaganiach zawartych w Instrukcjach Id-10 [3] oraz Id-17 [4], które opracowane zostały przez PKP Polskie Linie Kolejowe S.A. w roku 2005. Zgodnie z powyższymi Instrukcjami badania ultradźwiękowe szyn w torach wykonywane są metodą ręczną oraz automatyczną. Metoda ręczna stosowana jest do badań połączeń zgrzewanych i spawanych oraz do badania rozjazdów kolejowych w połączeniach krzyżownic z szynami, a także w przypadku badań rozjemczych. Używane są głowice pojedyncze i podwójne do badań UT na fale podłużne o kącie 0° oraz na fale poprzeczne o kącie 45° i 70° i częstotliwości [2 – 3] MHz. Połączenia szyn spawanych termitowo również badane są metodą tandem z zastosowaniem dwóch głowic o kącie 45° . Badanie ręczne przeprowadzane jest z powierzchni toczonej oraz bocznej głowki szyny, a także z obu stron stopki (Rys. 11). Badanie to wykonywane jest przez zespół operatorów, którzy jednocześnie czuwają nad bezpiecznym prowadzeniem badań w torze, ostrzegając operatorów przed jadącymi pociągami.

Badanie ultradźwiękowe szyn metodą automatyczną jest wykonywane przez operatorów PKP PLK S.A. przy pomocy defektoskopu wielokanałowego oraz głowic pojedynczych i podwójnych o różnych kątach emisji fal ultradźwiękowych w materiał szyny, zamontowanych w śligach wagonu pomiarowego. Badanie wykonywane jest tylko z powierzchni toczonej szyny. Prędkość wagonu pomiarowego wynosi

maksymalnie 50 km/h. Na rysunku (Rys.12.) pokazano płożę wózka z zamontowanymi głowicami ultradźwiękowymi.

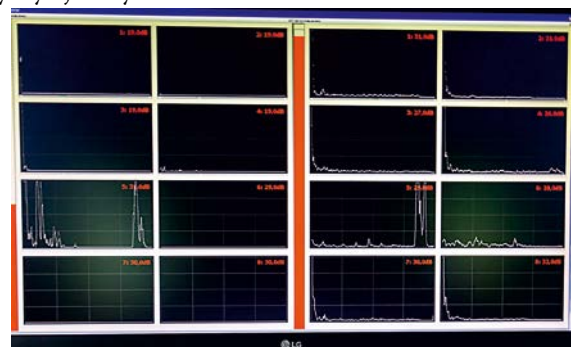


Rys. 11. Prowadzenie głowicy podczas badań UT szyn.
Fig. 11. Guiding of the head during UT testing of rails



Rys. 12. Płoża wózka wagonu z zamontowanymi głowicami UT
Fig. 12. Wagon trolley skid with UT heads mounted

Medium sprzęgającym głowice UT z powierzchnią szyny jest woda, podawana bezpośrednio na powierzchnię toczonej szyny. Rejestracja wykrytych wad przez każdą głowicę prowadzona jest w sposób ciągły. Poza tym zamontowane kamery umożliwiają podgląd ujawnionych wad. Na rysunku (Rys. 13.) pokazano system rejestracji badań ultradźwiękowych szyn w torach wraz z zakwalifikowaniem rodzaju wykrytej wady.



Rys. 13. Monitory rejestrujące badania UT wagonu ultradźwiękowego

Fig. 13. Monitors recording UT tests of an ultrasonic wagon

Kwalifikacja rodzaju wad szyn pozwala na analizę częstotliwości występowania danych wad w torach i podjęcie środków przeciwdziałających dalszemu rozwojowi. Taki tryb postępowania umożliwia zastosowanie w określonym przedziale czasowym środków zapobiegawczych w postaci szlifowania lub frezowania powierzchni głowki szyny, eliminację źródła wad i poprawę komfortu jazdy pociągów.



Rys. 14. Wózek RDM-12 do badań UT szyn kolejowych
Fig. 14. RDM-12 trolley for UT testing of railway rails



Rys. 15. Badanie ultradźwiękowe połączenia trójmetalicznego szyn i krzyżownicy
Fig. 15. Ultrasonic examination of a three-metal joint of rails and a cross

Do wykonywania badań ultradźwiękowych szyn o zasięgu lokalnym stosowane są wózki jezdne wyposażone w zestaw głowic zamontowanych w ślizg z podajnikiem wodnym oraz kilkukanałowy defektoskop ultradźwiękowy różnych producentów. I w tym przypadku stosowane są głowice na fale podłużne i poprzeczne o kątach 0°, 45° i 70° [6]. Rejestracja badań ultradźwiękowych szyn dokonuje się zapisem komputerowym z możliwością odtworzenia w każdym momencie. Możliwość wykonywania dziennego badań UT przez operatorów jednego toku szyny oceniono na 4 km

szlaku. Na rysunku (Rys. 14) pokazano wózek jezdny typ RDM-12 stosowany w badaniach UT szyn przez operatorów PKP PLK S.A.

Jednakże w przeciwieństwie do połączeń szyn na odcinkach prostych, w których zastosowanie ma badanie automatyczne przy pomocy wagonu defektoskopowego, połączenia szyn z krzyżownicami rozjazdów podlegają wyłącznie badaniom ultradźwiękowym ręcznym. Stosowane krzyżownice ze stali wysoko manganowej odlewane i utwardzane wybuchowo są łączone z szynami przy pomocy przekładki ze stali austenitycznej chromowo nikielowej metodą zgrzewania doczołowego (Rys. 15)). Ten sposób łączenia podlega badaniom UT od strony szyny ze stali węglowych.

3. Posumowanie

Badanie ultradźwiękowe szyn kolejowych stanowi bardzo ważną część badań jakości torów na szlakach kolejowych, z uwagi na konieczność zapewnienia bezpieczeństwa jazdy pociągów. Ujawnienie wad szyn w początkowym okresie ich powstawania i rozwoju umożliwia podjęcie właściwych decyzji przez właściciela torów, w celu ograniczenie rozwoju wad oraz ich eliminację drogą szlifowania pociągami szlifierskimi lub frezowania, a także naprawy miejscowych uszkodzeń szyn poprzez napawanie.

Badanie UT za pomocą wagonu defektoskopowego umożliwia badanie szyn szlaków głównych do czterech razy w roku. Na szlakach pośrednich badanie UT przeprowadzane jest jeden lub dwa razy w roku. Badanie UT wykonywane za pomocą wózków ręcznych RDM-12 z głowicami na fale podłużne i poprzeczne umożliwia dodatkowo kontrolę jakości szyn oraz wad ujawnionych za pomocą wagonu defektoskopowego.

4. Literatura/References

- [1] PN EN 13674-1+A1:2017 Kolejnictwo - Tor - Szyna - Część 1: Szyny kolejowe Vignole'a o masie 46 kg/m i większej
- [2] Bałuch H., Zagrożenia w nawierzchni kolejowej, Instytut Kolejnictwa, Warszawa 2017
- [3] Instrukcja Id-10 Badań defektoskopowych szyn, spoin i zgrzein w torach kolejowych, opracowanie PKP PLK S.A. 2005
- [4] Instrukcja Id-17 Wytyczne ultradźwiękowych badań złączy szynowych zgrzewanych, opracowanie PKP PLK S.A. 2005
- [5] Mikłaszewicz I. Wady i uszkodzenia szyn, powstawanie i eliminacja, Prezentacja na Konferencji Drogi szynowe, Warszawa 2015
- [6] Mackiewicz S., Podstawowe parametry głowic ultradźwiękowych oraz ich wpływ na jakość wykonywanych badań, Przegląd spawalnictwa nr 10/2016
- [7] René Heyder Nowy Katalog UIC uszkodzeń szyn - Technika Transportu Szynowego nr 1-2:2002.

Praca powstała w wyniku realizacji projektu badawczego o nr POIR.04.01.01.-00-0011/17 finansowanego ze środków Narodowego Centrum Badań i Rozwoju w ramach Wspólnego Przedsięwzięcia BRIK.