

Piotr ADAMIEC
Jerzy DZIUBIŃSKI
Marek SITARZ
Helmut KLABIS
Grzegorz SKARWECKI

MOŻLIWOŚĆ NAPRAWY USZKODZONYCH SZYN OBRABIANYCH CIEPLNIE

Streszczenie. Przedstawiono możliwość naprawy uszkodzonych szyn obrabianych cieplnie na terenie oddziału drogowego PKP Tarnowskie Góry. Określono miejsca i częstotliwość występowania wad. Podano wyniki badań metalograficznych i wytrzymałościowych szyn uszkodzonych i napawanych. Przeanalizowano aspekt ekonomiczny naprawy uszkodzonych szyn obrobionych cieplnie ułożonych w torze.

POSSIBILITY OF REPAIR OF DAMAGED, HEAT TREATED RAILS

Summary. Possibility of repair of damaged, heat treated rails in the area of the PKP Tarnowskie Góry department has been presented. Places and frequency of rail defects have been determined. Metallography and mechanical test results of damaged and hardsurfaced rails have been demonstrated. An economical aspect of repair of damaged, heat treated rails in the track has been analysed.

1. WPROWADZENIE

Od 1996 roku na terenie Oddziału Drogowego PKP Tarnowskie Góry zaczęto obserwować coraz częściej występowanie wad powierzchniowych w szynach obrobionych cieplnie. Największą ich częstotliwość zaobserwowano w 1998 r. Ze względu na bezpieczeństwo ruchu wymieniono znaczną ilość szyn z zaobserwowanymi wadami, a na niektórych odcinkach została ograniczona prędkość jazdy pociągów, co było przyczyną znacznych strat finansowych poniesionych przez PKP (1 km wymiany szyn kosztuje od 200 do 600 tys. zł) oraz problemów eksploatacyjnych. Jako możliwą metodę naprawy szyn przyjęto szlifowanie uszkodzonych szyn oraz ich następne napawanie. Ocenę techniczno-ekonomiczną możliwości naprawy uszkodzonych szyn obrobionych cieplnie zlecono Instytutowi Transportu Politechniki Śląskiej w Katowicach [1].

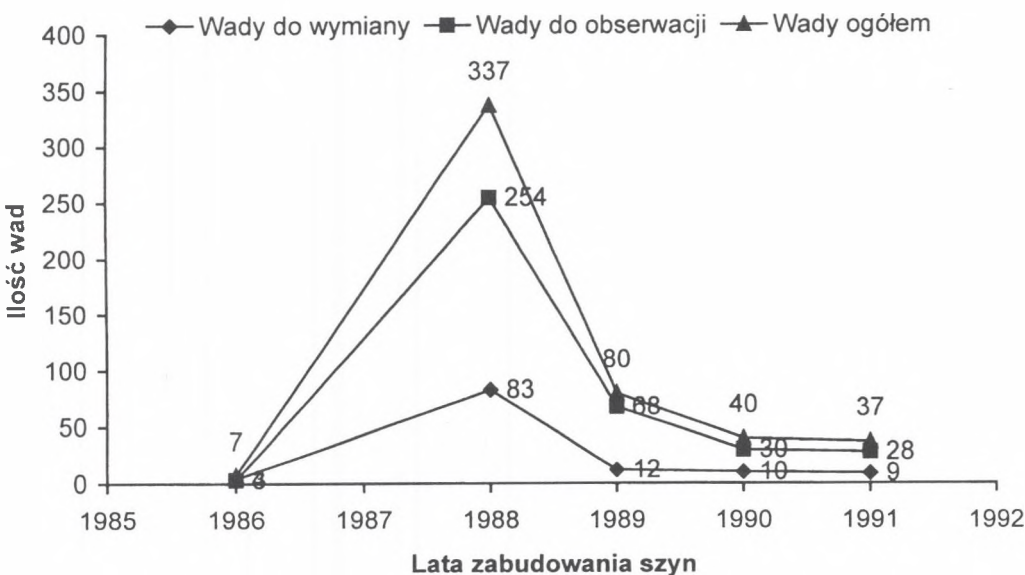
2. OKREŚLENIE MIEJSCA I CZĘSTOTLIWOŚCI WYSTĘPOWANIA WAD NA TERENIE PKP ODDZIAŁU DROGOWEGO TARNOWSKIE GÓRY

Na terenie Oddziału Drogowego (DO) Tarnowskie Góry ogólna długość toku szynowego wynosi 982 618 mb, a w tym szyn obrobionych cieplnie typu UIC 60 jest 156 958 mb, co stanowi 16% w stosunku do ogólnej długości toku szynowego.

W wyniku coraz częstszego występowania wad w szynach obrobionych cieplnie w styczniu i lutym 1998 r. przeprowadzono badania defektoskopowe na wcześniej wymienionych liniach. Z ogólnej ilości szyn obrobionych cieplnie -156958 mb - przebadano 109146 mb, co stanowi 69,5%. Ilość wad w szynach obrobionych cieplnie zabudowanych na terenie DO Tarnowskie Góry w latach 1986–1991 przedstawia rys.1. Przykładowe wykresy ilości i rozmiarów wad na wybranych odcinkach tras przedstawiono na rys.2.

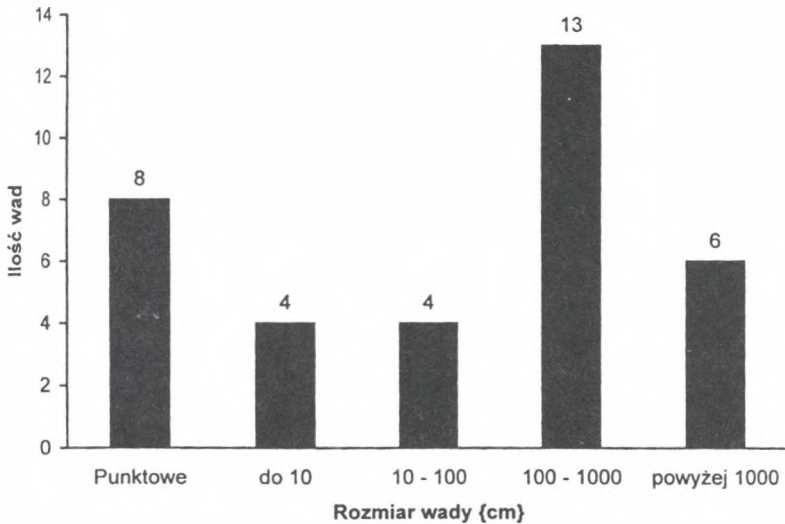
Analizując dostępne dane stwierdzono, że:

- najwięcej wad wystąpiło w szynach zabudowanych w 1988 r. (rys.1);
- w większości przypadków wady w szynach występują po przeniesieniu obciążenia około 250 mln br ton, co stanowi około 30-40 % ich trwałości;



Rys.1. Ilość wad w szynach obrobionych cieplnie na terenie DO Tarnowskie Góry

Fig.1. Defects quantity in heat treated rails in DO Tarnowskie Góry department



Rys.2. Przykładowy wykres ilości wad szyn na wybranym odcinku Kalety-Strzebin (km 49,0 – 54,0).
Uwagi. 1. Rok zabudowania w tor 1988. 2. Przeniesione obciążenie 248 mln br. ton

Fig.2. An example of rail defects quantity and size distribution on the Kalety – Strzebin track (km 49,0 – 54,0).
Remarks: 1. Start work of rails 1988. 2. Loading 248 mln br. ton

- zaobserwowane wady w szynach mają rozmiary różne: od wad punktowych do wad ponad 10 m długości (rys.2).

3. OCENA PRZYDATNOŚCI SZYN OBROBIONYCH CIEPLNIE DO NAPRAWY

3.1. Badania uszkodzonych szyn

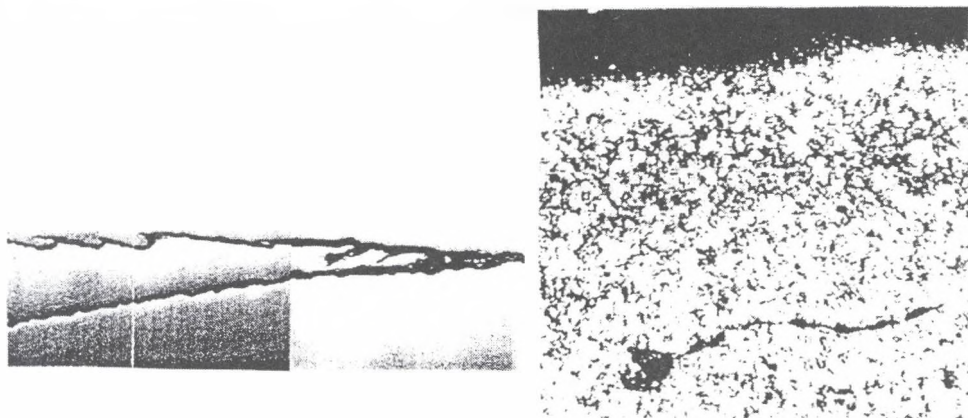
Do badań wykorzystano odcinki szyn zestawione w tablicy 1.

Tablica 1

Zestawienie badanych odcinków szyn

Nr próbki	Typ szyny	Data produkcji	Waga wg katalogu	Wymiana dnia	Opis wad przeniesione obciążenie
		szlak km tor			
1	S60 obrobiona cieplnie	89 VI K Wręczyca- Kłobuck 80.170 tok L nr 1	224.2	98.03.25	miejscowe duże powierzchniowe ubytki, pęknięcia wychodzące na powierzchnię ok. 224 Mt
2	S60 obrobiona cieplnie	91 III K Herby Nowe - Wręczyca - nr 1	brak opisu	-	drobne powierzchniowe ubytki, brak pęknięć wychodzących na powierzchnię poniżej 224 Mt
3	S49 surowa	91 I K	brak opisu	-	brak wad powyżej 450 Mt

Przeprowadzono badania strukturalne szyn obrobionych cieplnie oraz dla porównania, szyn w stanie surowym (tabl.1). Do badań wykorzystano zglądy metalograficzne wycięte z górnej części główki szyny. W przypadku szyn obrobionych cieplnie analizowano strukturę odcinków szyn z występującymi pęknięciami powierzchniowymi wychodzącymi na powierzchnię oraz odcinków szyn bez widocznych pęknięć zewnętrznych (tabl.1). Do badań porównawczych wykorzystano zużytą szynę S49 surową po przeniesionym obciążeniu przekraczającym 450 Mt (tabl.1). Badania przeprowadzono na zglądach trawionych i nietrawionych dokonując obserwacji na mikroskopie świetlnym i skaningowym. W próbkach stwierdzono obecność pęknięć o różnej wielkości i rozmieszczeniu, umiejscowionych w górnej części główki szyny w obszarze do ok. 5 mm od powierzchni toczonej. Obserwowane pęknięcia były rozmieszczone równolegle i ukośnie do powierzchni toczonej główki, a ich wymiar wahał się od 0,01 mm do 15 mm (rys.3).



Rys.3. Podpowierzchniowe pęknięcia szyn: a) pow. x16, b) pow. x65
 Fig.3. Undersurface cracks in rails: a) Magn. x16, b) Magn. x65

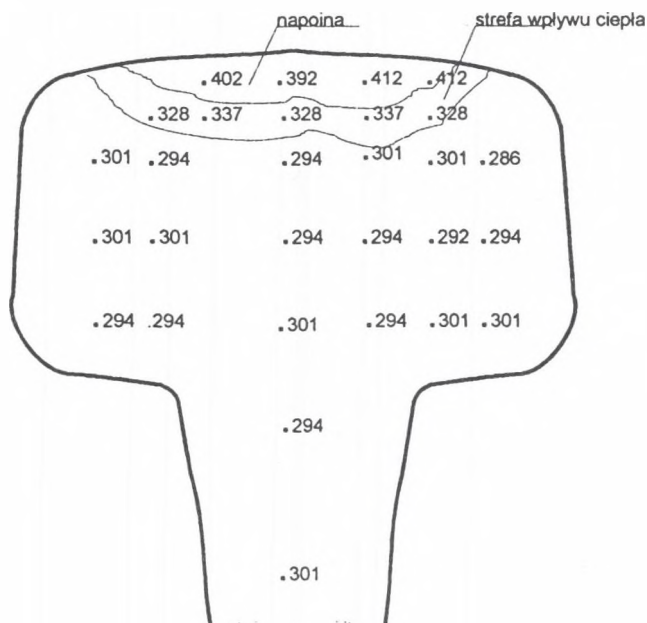
3.2. Ocena napawanych szyn

Szyny do napawania przygotowano przez wyszlifowanie wad. Szynę nr 1 szlifowano na długości 1200 mm do usunięcia pęknięć nawet do głębokości 15 mm. Po szlifowaniu wykonano badania penetracyjne stwierdzające brak obecności pęknięć. Napawanie wyszlifowanych miejsc wykonano drutami niskostopowymi proszkowymi samoosłonowymi OK.15.43 firmy ESAB przy podgrzaniu szyny do 400°C i utrzymaniu temperatury międzysięgowej 400°C. Napawana szyna była szlifowana w celu uzyskania prawidłowego profilu i badana penetracyjnie na obecność pęknięć w napoinie. Dodatkowe oględziny zewnętrzne i badania penetracyjne wykazały poprawność napoiny na całej napawanej długości szyny. Odcinek napawanej szyny wykorzystano do badań metalograficznych.

Przeprowadzono badania makrostruktury i mikrostruktury napawanych szyn. Stwierdzono poprawny kształt i wtopienie napoiny. W próbce napawanej stwierdzono strukturę martenzytyczną napoiny i struktury perlityczne w strefie wpływu ciepła. W napoinie stwierdzono drobne pęcherze i wtrącenia żużlowe o bardzo małej wielkości (do 5 μm). Obszary między kolejnymi warstwami posiadają przekrystalizowane struktury perlityczne.

Próbki szyn nienapawanych i napawanych wykorzystano do pomiarów twardości. Wyniki pomiarów przedstawiono na rys.4. Twardość szyn obrobionych cieplnie kształtowała się na poziomie 340 HB i była wyraźnie niższa od twardości szyn w stanie surowym, która nie przekraczała wartości 260 HB. W szynach napawanych najwyższe twardości ok. 400 HB obserwowano w napoinach zewnętrznych, przy czym nie stwierdzono dodatkowego utwardzenia w strefie wpływu ciepła.

Napawane szyny wykorzystano również do badania statycznego zginania, które przeprowadzono na odcinkach 1200 mm w zgrzewalni szyn Kędzierzyn – Koźle. Wyniki zginania, tzn. uzyskanie 22 mm strzałki ugięcia bez pęknięć, wskazują na poprawność napawania szyn i możliwość stosowania w torze tak naprawionych szyn.



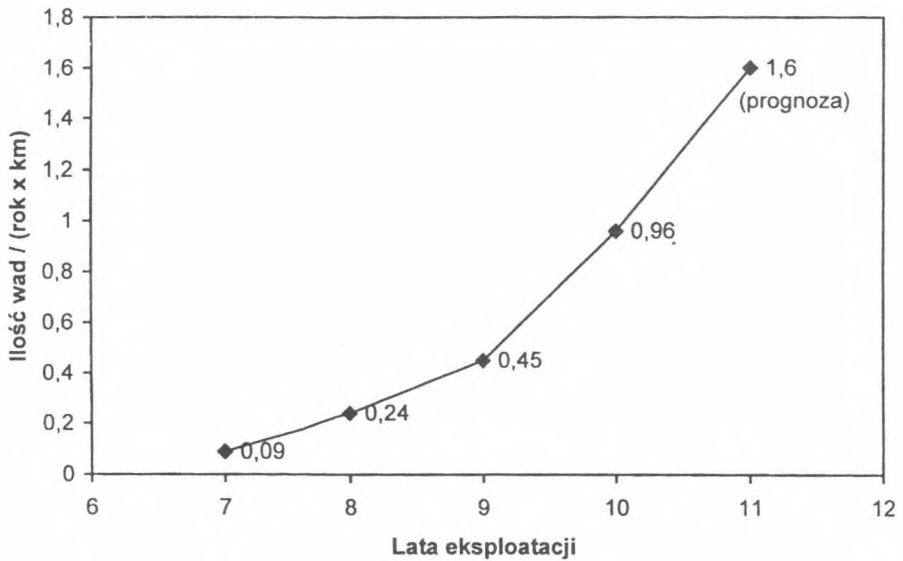
Rys.4. Rozkład twardości HB w napawanej główce szyny

Fig.4. Hardnes distribution HB in hardsurfaced rail

4. ASPEKT EKONOMICZNY NAPRAWY SZYN W TORZE

Stwierdzone uszkodzenia szyn obrobionych cieplnie wymagają decyzji o ich naprawie przez napawanie lub ich wymianę. W wyborze wariantu może pomóc analiza wzrostu uszkodzeń szyn obrobionych cieplnie zamontowanych w latach 1988-1991. Do analizy prawdopodobnego wzrostu uszkodzeń przyjęto wyniki pomiarów uszkodzeń na odcinku badawczym Kalety-Strzebin o długości 6 km z szynami obrobionymi cieplnie ułożonymi w 1988 r. Do analizy wykorzystano pojęcie średniej wielkości wady, którą określono jako iloraz sumy długości wad na odcinku pomiarowym do ich ilości. Na rys. 5 przedstawiono narastającą w ciągu roku ilość średnich wad powstających na odcinku 1 km toru badawczego. Wyraźnie widać, że wzrost ten posiada charakter wykładniczy, tzn. należy oczekiwać wzrostu intensywności narastania wad. Z obliczeń wskaźników ekonomicznych w pracy [1] wynika, że koszt naprawy przez napawanie statystycznego odcinka toru o długości 1 km będzie wynosił w 1998 r. 333.000 zł, a w 1999 r. już 610808 zł. Natomiast koszt wymiany 1 km toru wynosi 200.000 zł w cenach z 1998 r.

Porównanie kosztów naprawy i wymiany torów wskazuje, że obecnie w 1998 r. koszty te są porównywalne, jednak z uwagi na tendencję narastania wad w szynach obrobionych cieplnie koszty naprawy szyn będą wielokrotnie wzrastać i jej stosowanie przestanie być opłacalne w porównaniu do wymiany szyn w torze.



Rys.5. Tendencja przyrostu ilości wad na rok eksploatacji 1 km szyny

Fig.5. Trend of defects quantity in 1 km rail per year of exploitation

5. PODSUMOWANIE I WNIOSKI KOŃCOWE

Ocena przydatności szyn obrobionych cieplnie do naprawy, przeprowadzona na podstawie badań metalograficznych i prób twardości oraz badań defektoskopowych, prowadzi do następujących wniosków:

- w szynach obrobionych cieplnie o twardości ok. 340-345 HB, które przeniosły obciążenie ok. 224 Mt, stwierdzono znaczne ilości dużych pęknięć podpowierzchniowych o długości do 15 mm w przekroju poprzecznym szyny, rozmieszczonych na odcinkach nawet powyżej 10 m i duże ilości wyrw powierzchniowych,
- w szynach surowych (nieutwardzonych) o twardości ok. 250-260 HB, które przeniosły obciążenie ok. 450 Mt, stwierdzono małe ilości mikropęknięć o długości ok. 20 μm i niewielkie ilości mikrowyrw,
- porównanie uszkodzeń powierzchni szyn i pęknięć podpowierzchniowych w szynach obrobionych cieplnie i w szynach surowych wskazują, że w szynach obrobionych cieplnie szybkość tworzenia się pęknięć podpowierzchniowych jest większa niż szybkość zużywania się główki szyny; w szynach surowych obie te wielkości są do siebie zbliżone,
- próby napawania uszkodzonych szyn wykazały możliwość uzyskania poprawnej warstwy napawanej bez pęknięć w napoinie i strefie wpływu ciepła o twardości zbliżonej do naprawianych szyn (ok. 400 HB) oraz o zadowalającej wytrzymałości napawanej szyny na zginanie.

Analiza ekonomiczna zagadnienia prowadzi do stwierdzenia, że:

- z uwagi na ilość wad stwierdzonych w szynach obrobionych cieplnie oraz ich szybkość tendencję wzrostu koszt ich naprawy metodą napawania jest obecnie porównywalny z kosztami wymiany szyn w torze, a w najbliższej przyszłości wielokrotnie te koszty przekroczy.

LITERATURA

1. Adamiec P., Dziubiński J., Sitarz M.: Badanie możliwości naprawy uszkodzonych szyn obrabianych cieplnie. Praca NB-117/RM10/98. Instytut Transportu Politechniki Śląskiej w Katowicach, Katowice 1998.
2. Chmiel E., Świdorski Z.: Defektoskopowe badanie elementów nawierzchni kolejowej. WKiŁ, 1978.
3. Werigo M.F., Kogan A.J.: Wzajemodziejstwie puti i podwiznogo sostawa. Transport. Moskwa 1986.
4. Magiera I., Piec P.: Ocena zużycia i niezawodności pojazdów szynowych. Wyd. Ossolineum, 1994.
5. Szczerek M.: Metodologiczne problemy systematyzacji eksperymentalnych badań tribologicznych. Wyd. Inst. Technologii Eksploatacji, Radom 1997.
6. Adamiec P., Dziubiński J.: Problemy przy napawaniu i eksploatacji regenerowanych elementów maszyn transportowych. Wyd. Szumacher, PAN, Kielce 1997.

Recenzent: Dr hab.inż. Edmund Tasak

Abstract

Possibility of repair of damaged, heat treated rails in the area of the PKP Tarnowskie Góry department has been presented. Places and frequency of rail defects have been determined. Metallography and mechanical test results of damaged and hardsurfaced rails have been demonstrated. An economical aspect of repair of damaged, heat treated rails in the track has been analysed.

It has been found the velocity of undersurfaced fatigue cracks is grater then the velocity of contact wear in heat treated rails.