XIII KONFERENCJA NAUKOWA ZN POLITECHNIKI ŚLĄSKIEJ 1998
„POJAZDY SZYNOWE'98" Seria: TRANSPORT z. 33, nr kol. 1394

Piotr ADAMIEC
Jerzy DZIUBIŃSKI

NAPRAWA ELEMENTÓW TORU KOLEJOWEGO

Streszczenie. Przedstawiono charakterystyczne wady i uszkodzenia szyn w torze. Podano możliwość naprawy i regeneracji elementów toru wykonanych ze stali perlitycznych (szyny) i austenitycznych (krzyżownice) metodami napawania. Przedstawiono także problemy technologiczne przy łączeniu szyn.

REPAIR OF RAILWAY TRACK ELEMENTS

Summary. Characteristic defects damages of rails in railway track have been presented. Possibility of repair and regeneration of railway track elements made of pearlitic steels (rails) and austenitic steels (crossing) using surfacing technology, have been demonstrated. Also technological problems of rail joining have been presented.

WPROWADZENIE

W czasie eksploatacji toru kolejowego następuje zużycie i uszkodzenie jego elementów. Koszt szyn i rozjazdów stanowi 40% łącznych kosztów nawierzchni toru, zatem zwiększenie ich trwałości to istotny problem techniczny i ekonomiczny.

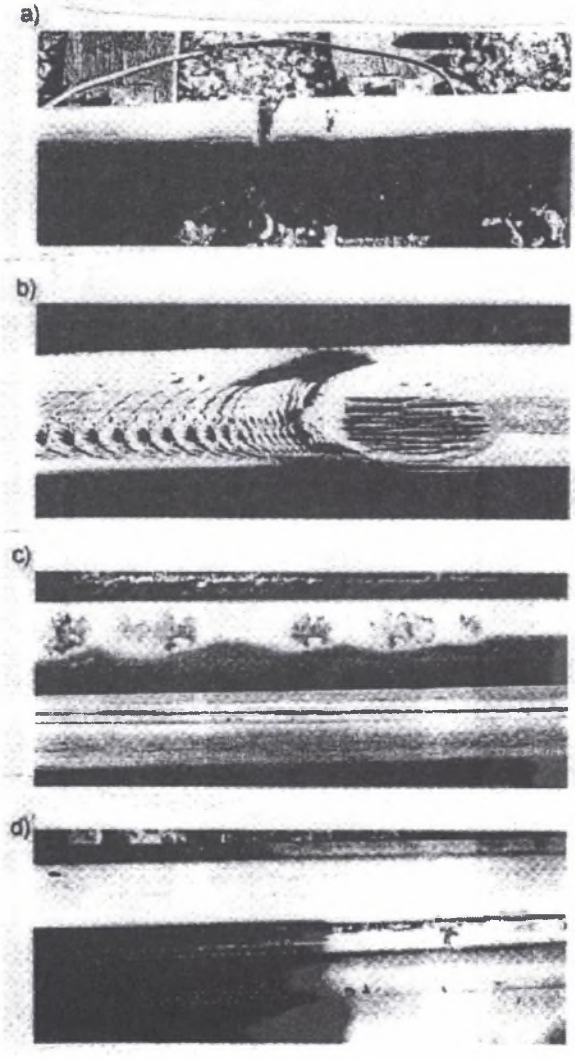
Zużycie i uszkodzenie szyn to przede wszystkim: ubytki pionowe i boczne, wybuksowania, zniekształcenia faliste, zagniecenia końców, odkształcenia pionowe na główce, odkształcenia podłużne, odkształcenia poziome [1] oraz pęknięcia eksploatacyjne [2] mające formę pęknięć wzdłużnych podpowierzchniowych (typu shelling) i poprzecznych (typu squat). Pęknięcia te mają charakter pęknięć zmęczeniowych, których procesem rozprzestrzeniania się rządzą prawa mechaniki pękania. W torze mogą wystąpić również pęknięcia szyn typu kruchego, głównie w obszarze złącza spawanego lub zgrzewanego. W tych przypadkach pęknięcia związane są zwykle z wadami spawalniczymi w spoinie lub karbem strukturalnym w strefie wpływu ciepła.

Naprawa zużytych szyn oraz szyn uszkodzonych zmęczeniowo (pęknięcia podpowierzchniowe) polega na usunięciu uszkodzenia, ich powierzchniowym napawaniu, natomiast obecność pęknięć poprzecznych szyn wymaga wycięcia zniszczonego odcinka szyny i wspawania odcinka nowego [3].

W torze spotyka się dwie grupy stali, a mianowicie wysokowęglowe stale eutektoidalne jako stale szynowe oraz wysokostopowe stale manganowe typu Hadfielda na elementy rozjazdów (krzyżownice, iglice, szyny dziobowe).

NAPRAWA I REGENERACJA SZYN

Typowe naprawialne uszkodzenia szyn przedstawiono na rys. 1.



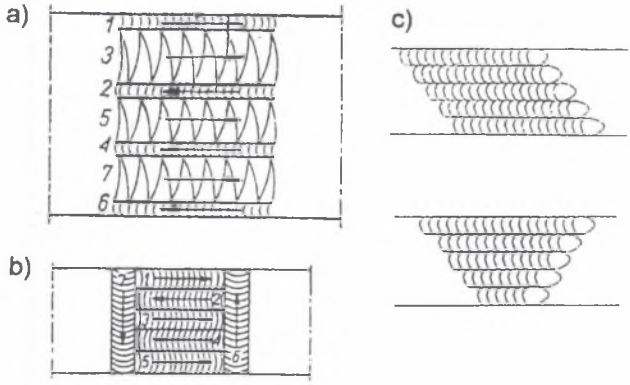
Rys.1.Charakterystyczne uszkodzenia szyn: zniszczenie końców, b) odkształcenia wskutek poślizgu koła po szynie, c) wybicia wskutek cyklicznego obciążenia, d) odkształcenia boczne

Fig.1. Characteristic damages of rails: a) damage of ends, b) strain caused by slippage between wheel and rail, c) impact wear, d) side strains

Uszkodzenia takie zgodnie z przepisami szwedzkich kolei [4, 5], mogą być naprawiane metodami spawalniczymi, m. in. poprzez wspomaganie odcinków szyn i naprawianie miejsc uszkodzonych. Podobne naprawy są prowadzone również w Polsce.

Prace spawalnicze należy wykonywać przy podgrzewaniu miejscowym do temperatur od 300 do 400°C, przy czym dla szyn o wyższych wytrzymałościach stosuje się wyższe temperatury, np. dla szyn 800, 900A, 900B - 300°C, natomiast dla szyn odmiany 1100 - 400°C.

Według zaleceń firmy ESAB [6, 7, 8] do napawania końców szyn należy stosować niskostopowe stopiwa zawierające Cr (np. 0,1% C, 0,5% Si, 0,7% Mn i 3,2% Cr) o twardości ok. 350HV. Polecane są również niskostopowe stopiwa zawierające Mo (np. 0,06% C, 1,5% Mn, 0,35% Mo [6] lub 0,1% C, 1,4% Mn, 1,3% Mo [4, 9]).



Rys.2. Schemat napawania szyn
Fig.2. Scheme of rail surfacing

Do napawania szyn można wykorzystać sposoby przedstawione na rys. 2. Sposobem zalecanym napawania jest sposób C, który pozwala zmniejszyć ewentualne nadwyżki dynamiczne sił powstających w efekcie obecności karbu strukturalnego w obszarze napoina - szyna. W tablicy 1 zestawiono gatunki szyn w Europie wg UIC łącznie ze składem chemicznym, wytrzymałością i warunkami napawania (temperatura podgrzewania wstępnego i międzyściegowa).

Tablica 1

Składy chemiczne i warunki napawania wg UIC

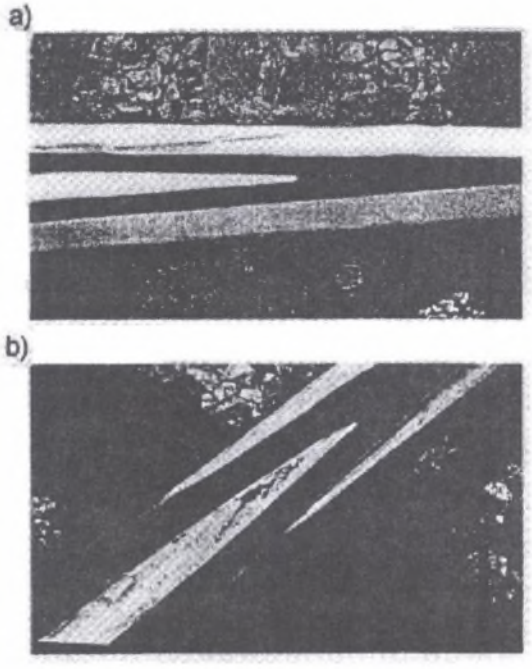
Nazwa	Gatunek	Skład chemiczny, %				Wytrzymałość Rm MPa	Temperatura podgrzewania i międzyściegowa
		C	Si	Mn	Cr		
UIC 860	700	0,40-0,60	0,05-0,35	0,80-1,25	-	680-830	300-350
UIC 860	800	0,50-0,65	0,15-0,50	0,80-1,20	-	min.780	300-350
UIC 860	900A	0,60-0,80	0,10-0,50	0,80-1,30	-	880-1030	300-350
UIC 860	900B	0,55-0,75	0,10-0,50	1,30-1,70	-	880-1030	300-350
UIC 860	1100	0,60-0,82	0,30-0,90	0,80-1,30	0,80-1,30	min.1080	400-450
UIC 866	AM	0,90-1,30	0,4	11,0-14,0	-	670	max.200

Do napawania szyn stosuje się napawanie elektrodami otulonymi oraz drutami proszkowymi zwykle samoosłonowymi [4,5]. Można wykorzystać również metodę napawania termitowego, o czym wspomniano w [6].

NAPRAWA I NAPAWANIE ROZJAZDÓW I KRZYŻOWNIC

Do wytwarzania elementów rozjazdów i krzyżownic często wykorzystuje się wysokostopowe staliwa Hadfielda (1,2% C, 0,4% Si, 11,0-14,0% Mn), które cechują się zdolnością do umocnienia powierzchniowego w czasie eksploatacji. Przykład eksploatacyjnego zużycia elementu krzyżownicy przedstawiono na rys. 3.

W elementach odlewanych mogą wystąpić wady odlewnicze, np. rzadzizny (rys. 3b). Miejsca zużyte lub uszkodzone mogą być naprawiane metodami napawania.



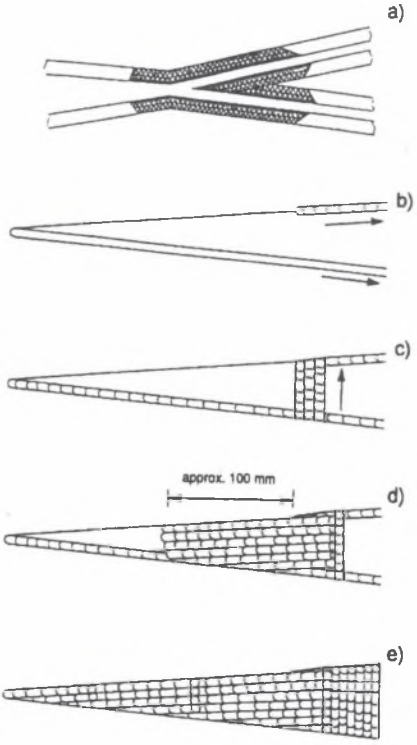
Rys.3. Przykłady uszkodzonych krzyżownic: a) w efekcie zużycia eksploatacyjnego, b) wady odlewnicze
Fig.3. Examples of damageg crossings: a) caused by exploitation wear b) casting defects

Schemat napawania krzyżownic przedstawiono na rys. 4. Napawanie krzyżownic można przeprowadzić ręcznie elektrodami otulonymi lub drutami proszkowymi samoosłonowymi. Do napawania można wykorzystać stopiwa wysokostopowe manganowe (np. 0,8% C, 14% Mn, 3,5% Ni), wysokomanganowe z chromem (0,3% C, 13,5% Mn, 16% Cr, 1,7% Ni, 0,8% Mo, 0,6% V) [4,5].

Również w Polsce opracowano materiały dodatkowe do napawania krzyżownic. Przy napawaniu krzyżownic należy przestrzegać zalecenia technologiczne:

- wady wymagające usuwania materiału należy oczyścić mechanicznie szlifierkami kątowymi, a w przypadku żłobienia palnikiem gazowym ($C_2H_2 + O_2$) miejsca takie należy dodatkowo oczyścić mechanicznie,
- nie należy prowadzić prac spawalniczych w deszczu, przy opadach śniegu, silnym wietrze; w szczególnych przypadkach należy stosować namioty,
- do napawania należy stosować suszone elektrody (350°C/2h), które należy przechowywać w termosach w temperaturze 120°C,
- miejsca, w których występują pęknięcia, należy szlifować i potwierdzić ich brak za pomocą metod penetracyjnych,
- miejsca napawane należy szlifować na głębokość co najmniej 2 mm,
- kratery muszą być zaspawane (wypukłe), a napoina starannie oczyszczona z żużla,
- po napawaniu należy powierzchnię skontrolować penetracyjnie na obecność pęknięć. Ich obecność jest niedopuszczalna.

W przypadku napawania elementów toru ze stali perlitycznych należy stosować podgrzewanie wstępne 300-400°C i temperaturę taką utrzymywać jako międzyściegową. Natomiast w przypadku napawania elementów ze staliwa Hadfielda nie stosuje się podgrzewania wstępnego, a temperatura międzyściegowa nie powinna przekraczać 200°C. Można stosować warstwy pośrednie stopiwa austenitycznego typu 18-8.



Rys.4. Schemat napawania krzyżownic: a) widok ogólny; b, c, d, e) kolejność układania warstw
Fig.4. Scheme of crossing surfacing: a) general view, b, c, d, e) layers sequence

SPAWANIE SZYN

Uszkodzone szyny, które są wymieniane w torze, mogą być spawane lub zgrzewane, przy czym metoda zgrzewania dużymi zgrzewarkami iskrowymi, poruszającymi się po szynach (np. firmy Hasser-Theurer), jest bardzo kosztowna i rzadko stosowana przy naprawie toru.

Do spawania szyn stosuje się metodę spawania termitowego i spawania łukowego elektrodami otulonymi, metodą MAG oraz drutami proszkowymi samoosłonowymi. Metodę termitową stosuje się głównie w przypadkach braku dostępu w torze do sieci energetycznej. Uzyskane spoiny mają zwykle niekorzystną strukturę dendrytyczną o niskiej udarności. Względy metalurgiczne preferują stosowanie spawania łukowego, które umożliwia poprzez zastosowanie niskostopowych materiałów dodatkowych, uzyskanie wysokich własności mechanicznych spoin [3]. Spawanie szyn odbywa się zwykle przy wykorzystaniu nakładek formujących miedzianych, przy czym należy stosować podgrzewania wstępne do temperatury 350°C i temperaturę tę utrzymywać przez cały czas naprawy. Po spawaniu złącze należy bardzo wolno chłodzić, np. wykorzystując koce azbestowe. Przy spawaniu szyn obowiązują również dodatkowe zalecenia technologiczne związane m.in. z czystością złącza i koniecznością stosowania materiałów przy złej pogodzie i termosów na suszone elektrody.

UWAGI KOŃCOWE

Stale kolejowe stosowane do produkcji elementów toru należą do stali trudno spawalnych. Stale perlityczne o równoważniku $C_e \approx 0{,}8$ są skłonne do pękania zimnego w strefie wpływu ciepła i warunki ich spawania oraz napawania wynikają z konieczności ograniczenia możliwości przemiany martenzytycznej. Sprowadzają się one do stosowania podgrzewania wstępnego, wprowadzenia dużej ilości ciepła oraz ograniczenia do minimum zawartości wodoru dyfundującego i naprężeń spawalniczych.

Stale wysokostopowe C-Mn o strukturze austenitycznej są skłonne do pękania poligonizacyjnego w efekcie niekontrolowanego wydzielania się węglików typu $(C,Mn)_3C$. Minimalizacja tych zjawisk wymaga ograniczenia ilości wyprowadzanego ciepła przy spawaniu i napawaniu.

Obecnie jednak stosowane techniki napawania i spawania elementów toru pozwalają na uzyskanie napoin i spoin bez wad spawalniczych, o wysokiej jakości metalurgicznej i własnościach mechanicznych, co najmniej równych własnościom napawanych szyn i krzyżownic.

LITERATURA

1. Bałach H.: Trwałość i niezawodność eksploatacyjna nawierzchni kolejowej. Wyd. Kom. i Łączności, Warszawa 1980.
2. Chmiel E., Świderski Z.: Defektoskopowe badanie elementów nawierzchni kolejowej. Wyd. Kom. i Łączności, Warszawa 1978.
3. Dziubiński J., Adamiec P.: Techniki łączenia szyn kolejowych. Zeszyty Naukowe Polit. Śląskiej ser.Transport z.24, Gliwice 1995.
4. Dahl B. i in.: Repair of rails on side by welding. Svetsaven nr 2, 1995, s.10.

5. Peters G., Paschold R.: Instandsetzungsschweissungen an Schienen auf den Strecken der schwedischen. Bahn. Schweissen u. Schneiden. Praktiker nr 9, 1995, s.436.

Recenzent: Dr hab.inż. Paweł Piec

Abstract

Characteristic defects damages of rails in railway track have been presented (Fig. 1 and 3). Possibility of repair and regeneration of railway track elements made of pearlitic steels (rails) (Fig. 2) and austenitic steels (crossing) (Fig. 4) using surfacing technology (Table 1), have been demonstrated. Also technological problems of rail joining have been presented.

Surfacing technological recommendations of railway track elements are as follows:

- using high heat input and preheating in the case of pearlitic steels,
- using limited heat input in the case of austenitic steels.