

Piotr ADAMIEC
Daniel KUC

NAPAWANIE CZĘŚCI ROZJAZDÓW TORÓW KOLEJOWYCH

Streszczenie. Przedstawiono problemy występujące przy napawaniu części rozjazdów torów kolejowych. Zestawiono materiały dodatkowe umożliwiające uzyskanie napoin nisko- i wysokostopowych oraz podano przykłady napawania części rozjazdów przez firmę ESAB.

SURFACING BY WELDING OF RAILWAY CROSSINGS

Summary. The problem of hardsurfacing of worn out parts of railway switches and especially crossings, has been presented. Characteristic of low- and highalloy welding consumables for hardsurfacing of railway crossings has been given as well as examples of hardsurfacing according to the Esab Company.

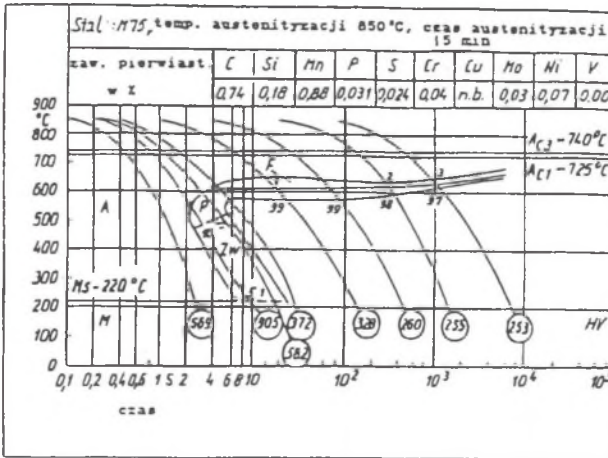
1. Wprowadzenie

Części rozjazdów torów kolejowych, a w szczególności krzyżownice składające się z dziobnicy, iglicy i szyn skrzydłowych należą do najbardziej zużywających się elementów nawierzchni kolejowej [1]. Zużycie to jest wynikiem dużych nacisków, często o charakterze dynamicznym, którym towarzyszą dodatkowo duże poślizgi.

Ubytki geometryczne nie przekraczają 5 mm, co przy zapewnionej wytrzymałości zmęczeniowej rdzenia krzyżownic stanowi o technicznej celowości ich regeneracji. Koszt regeneracji metodami spawalniczymi nie przekracza 20-30% ceny nowej krzyżownicy.

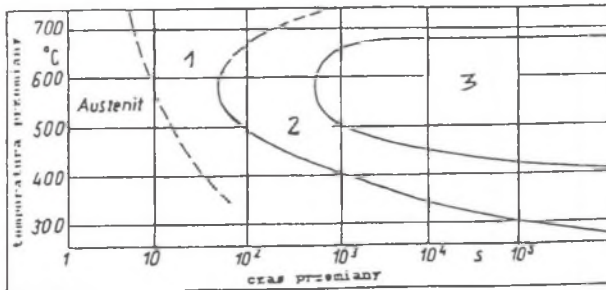
Krzyżownice są wykonywane ze stali szynowej o strukturze perlitycznej lub staliwa Hadfielda o strukturze austenitycznej. Wykresy CTP dla tych tworzyw przedstawiono na rys. 1, 2 [2]. Analiza wykresów wskazuje, że przy napawaniu krzyżownic ze stali szynowej podstawowym problemem spawalności jest kruchość w strefie wpływu ciepła (SWC), związana z dużymi twardościami w wyniku przemiany martenzytycznej. Kruchość ta połączona z możliwością obecności wodoru w wyniku procesów metalurgicznych może powodować pękanie zimne napawanych elementów rozjazdów. Trudności te warunkują

zalecania technologiczne: stosowania miejscowego wstępnego podgrzania (ok.300°C) i niskowodorowych metod napawania.



Rys. 1. Wykres CTP-C dla typowej stali szynowej [2]

Fig. 1. TTT-C diagram for the standard rail steel [2]



Rys. 2. Wykres CTP-I dla saliwa Hadfielda; 1,28%C, 12,4%Mn. Temperatura austenitzacji 1050°C

1 - węgliki na granicach ziarn, 2 - węgliki na granicach ziarn i płytki węglików w ziarnach, 3 - węgliki w strukturze sorbitycznej + austenit szczątkowy [2]

Fig. 2. TTT-C diagram for the Hadfield cast steel; 1,28%C, 12,4%Mn, austenitizing temperature 1050°C

1 - carbides on the grain boundary, 2 - carbides on the grain boundary and intragrain carbide plates, 3 - carbides in the sorbitic microstructure and retained austenite [2]

Napawanie krzyżownic odlewanych ze staliw austenitycznych przy mniejszych szybkościach chłodzenia prowadzi do powstania w SWC kruchości związanej z wydzieleniami się węglików na granicach austenitu. Zatem krzyżownice takie należy napawać przy możliwie małej ilości wprowadzonego ciepła, metodami niskoenergetycznymi.

Do napawania krzyżownic ze stali szynowej z reguły stosuje się stopiwa niskostopowe o strukturze bainityczno-martenzytycznej i twardości około 350 HV.

Przy napawaniu krzyżownic stopowych zaleca się wysokostopowe stopiwa C-Mn o składzie staliwa Hadfielda lub stopiwa C-Mn z dodatkową zawartością Cr (ok. 15%).

W przypadku konieczności napawania krzyżownic ze stali szynowej stopiwem C-Mn typu Hadfielda zaleca się stosowanie warstwy pośredniej stopiwa austenitycznego Cr-Ni-Mn typu 18-8-6 [2].

W Instytucie Spawalnictwa prowadzone są prace mające na celu opracowanie drutów proszkowych niskostopowych do napawania krzyżownic ze stali szynowych i drutów wysokostopowych typu C-Mn-Cr do napawania krzyżownic ze staliwa Hadfielda.

2. Charakterystyka stopiw niskostopowych

Do napawania stali szynowych zalecane są stopiwa niskostopowe o niskiej zawartości węgla (C - poniżej 0,15%) zawierające następujące grupy pierwiastków:

1. Mn-Mo, (0,7-2% Mn; 0,6-3% Cr; 0,35-1,5% Mo),
2. Mn-Cr-Mo, (0,7-2% Mn; 0,6-3% Cr; 0,35-0,85% Mo),
3. Mn-Cr, (1,0-2% Mn; 1,5-3% Cr)

Typowe stopiwa niskostopowe stosowane do napawania zużytych elementów torów kolejowych zestawiono w tablicy 1.

Stopiwa te posiadają strukturę bainityczno-martenzytyczną o twardościach zbliżonych do twardości szyn. W pracy [3] stwierdzono jednak, że struktury bainityczne i martenzytyczne nie są korzystne w przypadku zużycia kontaktowego w przeciwieństwie do struktury perlitycznej. Naciski Hertza typowe przy zużyciu kontaktowym struktur perlitycznych powodują odkształcenie się zarówno płytek cementytu, jak i ferrytu i efekt ten wzrasta wraz ze zmniejszeniem się odległości między płytkami cementytu i ferrytu. Zjawiska tego nie obserwuje się w przypadku zużycia napoin o strukturze bainityczno-martenzytycznej, które mają tendencję do tworzenia się mikropęknięć w warstwie kontaktowej [4].

W pracy [5] zestawiono stopiwa stosowane do napawania elementów transportu kolejowego.

Tablica 1

Typowe stopiwa niskostopowe do napawania rozjazdów

Typ stopiwa	Materiały dodatkowe	Skład chemiczny stopiwa, %						Twardość HV	Firma kraj
		C	Mn	Si	Cr	Mo	Inne		
Mn-Mo	E	0,16	1,9	0,25		0,75		330	NRD [2]
		-0,22	-2,1	-0,35		-0,85		-350	
	E	0,06	1,5	0,35		0,35		350	ESAB [6]
	E	0,08	1,4	0,40		1,40		280 -300	PL EN280
	DP	0,1	1,6			1,3 -1,5		250 -280	NL [2]
Mn-Cr-Mo	E	0,15	1,60		0,65	0,45		360	SU [5]
		-0,30	-1,90		-0,95	-0,70		-350	
Mn-Cr-Mo	DP	0,15	2,0		1,55	0,35		330	RFN [2]
	DP	0,15	1,1	0,5	1,0	0,55	Ni-2,3	350	ESAB [6]
	DP	0,11 -0,13	6,38	0,26	0,65	1,85	Ni-0,6	300 -350	SU [5]
Mn-Cr	E	0,1	1,0		3,0			330 -350	SU [5]
	E	0,1	0,7	0,5	3,2			330	ESAB [6]
	DP	0,07	0,64	6,2	2,6			330	SU [5]
	DP	0,15	1,6	0,8	3,5		Al-1,5	300	ESAB [6]

E - elektroda otulona, DP - drut proszkowy

3. Charakterystyka stopiw wysokostopowych

Stopiwa wysokostopowe wykorzystuje się do napawania odtworzeniowego zużytych krzyżownic ze staliwa Hadfielda i napawania utwardzającego w przypadku regeneracji krzyżownic ze stali szynowych. Stopiwa te należą do wysokowęglowych, manganowych stopiw austenicznych produkowanych w dwóch grupach składu chemicznego:

1. C-Mn, (0,6-1,2%C; 11-14,5% Mn),
2. C-Mn-Cr, (0,6-1,2%C; 11-14% Mn; 14-28% Cr).

Typowe stopiwa wysokostopowe służące do napraw zużytych krzyżownic zestawiono w tablicy 2. Stopiwa te posiadają strukturę austeniczną o twardości ok.350HV,

które swoje własności eksploatacyjne uzyskuje po powierzchniowym umocnieniu odkształceniowym. W cienkiej warstwie odkształconej występuje struktura martenzytu ϵ o twardości ok. 600 HV i bardzo dużej odporności na zużycie kontaktowe w obecności obciążeń dynamicznych.

Typowe stopiwa wysokostopowe do napawania rozjazdów

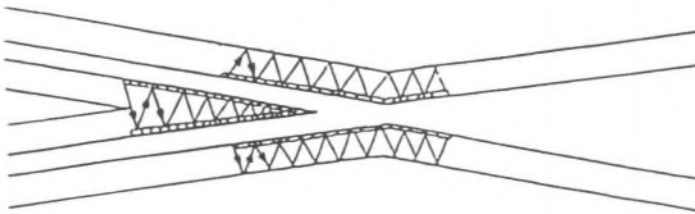
Tablica 2

Typ stopiwa	Materiały dodatkowe	Skład chemiczny stopiwa, %						Twardość HV	Firma kraj
		C	Mn	Si	Cr	Mo	Inne		
C-Mn	E	0,7	13	0,6		1,1		600 P.O	NL [2]
	E	0,9	12	0,4				420 -450	PL EN450 Mn
	E	1,2	13	1,8				500 -600 P.O	CS [2]
	E	0,7	14				Ni-3,5	450	ESAB [6]
	DP	0,9	13	0,5				400 -450	SU [5]
	DP	0,8	14,5	0,4	3,8		Ni-3,4	500 -600 P.O	USA [2]
	DP	0,6 -0,9	12 -14	0,4 -0,7		0,9 -1,2		450	NL [5]
C-Mn	E	0,5 -0,8	11 -14	0,8	22 -28,5		Ni-3 %	450 -600	SU [5]
	DP	0,3	13,5		16	0,8	Ni-1,7	550 P.O	ESAB [6]
	DP	0,8	14,5	0,4	3,8		Ni-3,4	450 P.O	USA [2]
	PN	0,6 -0,9	9-12	0,8	15 -20	1,1 -2,4	Nb-3,4	320	SU [5]

P O - po odkształceniu, E - elektroda otulona
DP - drut proszkowy, PN - proszek do napawania

Obecność Cr w strukturze prowadzi do wydzielenia się stabilnych węglików typu $Cr_{23}C_6$, które wiążąc węgiel w mniejszym stopniu zmniejszają plastyczność napoin, w porównaniu do węglików typu $(FeMn)_3C$. Stopiwa chromowo-niklowe z manganem (typu 18-8-6) stosowane są do wykonywania warstw buforowych przy napawaniu utwardzającym krzyżownic ze stali szynowych.

Materiały dodatkowe do regeneracji elementów rozjazdów torów kolejowych produkowane są zwykle w postaci elektrod otulonych i drutów proszkowych samoosłonowych i do napawania MAG. Stosowanie drutów proszkowych pozwala na częściową mechanizację procesu napawania oraz na wyraźne skrócenie czasów napawania. Firma ESAB w swoich materiałach informacyjnych [5] zaleca do napawania krzyżownic ze stali niskostopowych warunki przedstawione na rys.3, natomiast do napawania dziobnicy ze staliwa Hadfielda warunki podane na rys.4.



Metoda napawania, elektroda	Parametry		Skład chemiczny %					
	I,A	U,V	C	Mn	Si	Cr	Ni	Al
EO, ϕ 5, OK- Selectrode 83.2	250	-	0,1	0,7	0,5	3,2	-	-
DP, ϕ 1,6, OK- Tubrodur 15.43	200 -230	29-31	0,15	1,1	Mo-0,5	1,0	2,3	1,4

Rys. 3. Sposób napawania krzyżownic stopiwem niskostopowym [6]

Fig. 3. Surfacing procedure of the railway crossing with the low alloyed electrodes [6]

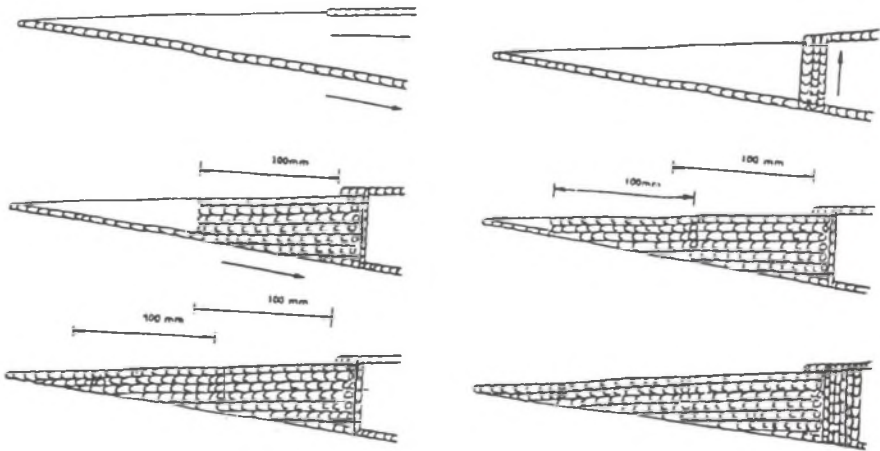
W pracy [2] przy próbach napawania stali węglowej pozytywne wyniki uzyskano przy zastosowaniu warstwy pośredniej ze stopiwa 18-8-6 i następnym napawaniu drutami proszkowymi napoin: 0,93% C; 11,2% Mn; 0,5% Si i 2,2% Ni. Warstwa pośrednia bardzo plastyczna hamowała proces powstawania pęknięć w SWC.

4. Uwagi końcowe

Zastosowanie napawania regeneracyjnego do napraw zużytych rozjazdów torów kolejowych przynosi efekty techniczne i ekonomiczne. Napawanie umożliwia oszczędność ok.60% kosztów zastosowania nowych rozjazdów [6]. Od strony technicznej napawanie

pozwala na kilkakrotne odtworzenie własności użytych rozjazdów, przy czym należy pamiętać, że krotność napawania jest ograniczona trwałością zmęczeniową napawanego rozjazdu [7].

Opracowywane w Instytucie Spawalnictwa samoosłonowe druty proszkowe umożliwią przeprowadzenie napraw rozjazdów również w warunkach polowych, ze względu na metalurgiczny proces niskowodorowy i możliwość napawania przy różnych warunkach atmosferycznych.



Metoda napawania, elektroda	Parametry		Skład chemiczny %			
	I, A	U, V	C	Mn	Ni	Cr
EO, ϕ 4, OK- Selectrode 86.28	180	-	0,75	14	3,5	-
DP, ϕ 1,6 Ok- Tubrodur 15.65	200 -230	29-31	0,3	13,5	1,7	16

Rys. 4. Sposób napawania zwrotnic stopiwem wysokostopowym [6]

Fig. 4. Surfacing procedure of the switch with the high alloyed electrodes

Literatura

1. Piec P.: Mechanizm powstawania zużycia falistego kół bocznych. Monografia 71. Pol. Krakowska, Kraków 1988.

2. Blume F., Bauman O.: Pulverdrahte zum Auftragsschweissen an Schienenwerkstoffen. *Schweisstechnik* 32 (1982) Nr 5, s.196-198.
3. Perez-Unzueta A.J., Beynon I.H.: Microstructure and wear resistance of pearlitic rail steels. *Wear* (1993) s.162-164, s.173-182.
4. Adamiec P., Dziubiński J.: Degradations of Hard Surfaced layer under Cyclic Loadings. 7th Int Conf. on Mechanical Behavior of Materials 28.V-2.VI 1995, Hague, Holand.
5. Szljapin W.B., Berzin M.M.: Napławocnyje materiały primjenjajemye na železnodorožnom trasportje. *Sworocznoje proizvodstwo* N.3, 1991, s.21-23.
6. Dahl B., Mogard B., Grefot A., Ulander U.: Repair of rails on-site by welding. ESAB GROUP, Goteborg, Sweden.
7. Adamiec P., Sitarz M., Witaszek M.: An analysis of possibilities of improving the wheelset durability. W: *Mezinárodní Vědecká Konference*, Ostrava, 12-17. 09. 1995, s. 141-147.

Recenzent: Prof. dr hab. inż. Edmund Tasak

Wpłynęło do Redakcji: 10.11.1995 r.

Abstract

The problem of surfacing by welding of worn out parts of railway switches, and especially crossings, has been presented. A characteristic of low-and high alloyed consumables for surfacing of railway crossings has been given as well as an example of over-lay welding according to the firm Esab. Application of rebuilding for repair of worn railway crossings results in technical and economical advantages

The weld repair of crossing makes it possible to save about 60% of the cost of installation a new one. Taking into account the technical aspect, it should be mentioned that weld surfacing enables to recover previous properties of crossings several times and the number of repairs of an individual component is limited by its fatigue life.