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

Maria LALIK
Piotr ADAMIEC

ANALIZA WPŁYWU STRUKTURY I TWARDOŚCI NAPOIN NA ICH ODPORNOŚĆ NA ŚCIERANIE

Streszczenie. Przeprowadzono badania wpływu struktury i twardości napoin na ich odporność na ścieranie. Badano wysokostopowe stopiwa o strukturze austenitycznej oraz niskostopowe stopiwa o strukturze ferrytyczno-bainitycznej. Stwierdzono przydatność stopiw ferrytyczno-bainitycznych do napawania regeneracyjnego i utwardzającego. Stopiwa te cechowały się dużą odpornością na ścieranie, w przeciwieństwie do stopiw austenitycznych, które posiadają niską odporność na ścieranie i nadają się tylko na warstwy nierdzewne.

SURFACED WELDS STRUCTURE AND HARDNESS INFLUENCE ON THEIR WEAR RESISTANCE ANALYSIS

Summary. The surfaced welds structure and hardness influence on their wear resistance have been investigated. Highly alloyed deposited metals of austenitic structure and low alloyed ones of ferritic-bainitic structure have been tested. Bainitic deposited metals have been found suitable for rebuilding and hard surfacing by welding. Austenitic deposited metals have been found useful to non-rusting overlays only, because of their low wear resistance.

1. WPROWADZENIE

Stały wzrost parametrów eksploatacyjnych pojazdów szynowych (duże obciążenia i prędkości) powoduje przyspieszone zużycie ich elementów. Ekonomicznym sposobem przywracania im odpowiednich cech użytkowych jest regeneracja metodami spawalniczymi (napawanie, natapianie, natryskiwanie cieplne). Powłoki takie nakłada się również prewencyjnie na gotowe elementy, co nadaje im lepsze cechy użytkowe w miejscach narażonych na szybkie zużycie.

Typowe elementy pojazdów szynowych, cechujące się dużą podatnością do regeneracji metodami spawalniczymi, to: osie zestawów kołowych, bieżnie kół, korpusy panewek, cięgna, trzpienie itp. Elementy te, występujące jako kute, walcowane, odlewane, posiadają różne wła-

sności użytkowe, z których trzeba wymienić przede wszystkim odporność na zużycie ścierne warstwy wierzchniej.

Zużycie ścierne napawanych warstw wierzchnich zależy istotnie od ich struktury i twardości, dlatego niezbędne jest badanie różnego rodzaju napoin pod względem ich odporności na ścieranie. W pracy badano odporność napoin austenitycznych, stosowanych jako warstwy nierdzewne oraz napoin niskostopowych typu C-Mn-Si-Cr wykorzystywanych do regeneracji ubytków i napawania utwardzającego.

2. BADANIA WŁASNE

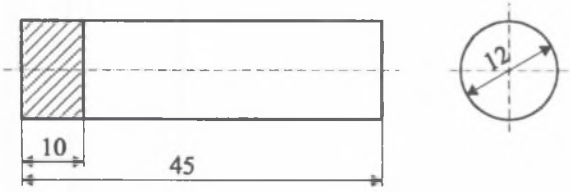
Badania miały na celu określenie wpływu struktury i twardości napoin wykonanych elektrodami o składzie chemicznym stopiwa podanym w tabl. 1 na wielkość zużycia ściernego.

Tablica 1

Skład chemiczny stopiwa elektrod użytych do napawania

Oznaczenie elektrody	Zawartość pierwiastków [%]						
	C	Mn	Si	Cr	Ni	P	S
ES18–8 B	0,08	1,2	0,3	19,5	9,0	–	–
ES18–8–6B	0,15	6,5	0,3	18,0	8,0	–	–
ER1.46	0,08	0,5	0,3	–	–	0,035	0,035
EN350B	0,20	2,0	0,6	0,6	–	–	–
EN450B	0,30	2,0	0,9	0,9	–	–	–

Napoiny do badań wykonano na powierzchni czołowej wałków o średnicy $\phi 12$ ze stali St3S, przy zastosowaniu następujących parametrów: prąd stały, + na elektrodzie, I = 100A, U = 30V, ϕ 3,25 mm. Kształt i wymiary próbek przedstawiono na rys. 1.



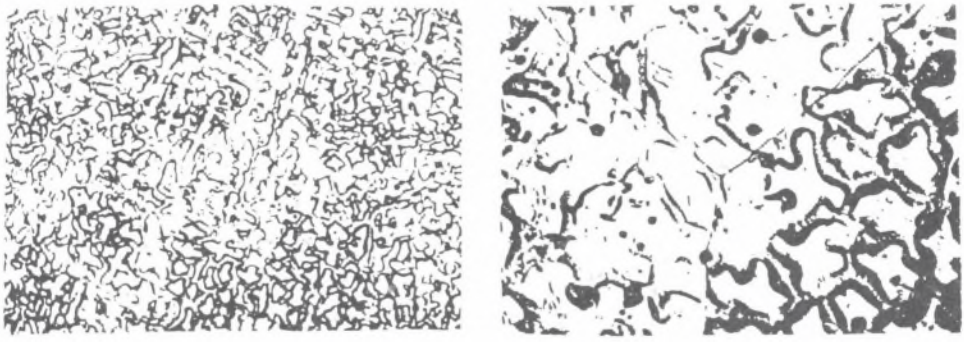
Rys. 1. Schemat próbek do badań
Fig. 1. Specimen for tests draft

Na wykonanych napoinach przeprowadzono badania metalograficzne, pomiary twardości oraz badania odporności na zużycie ścierne.

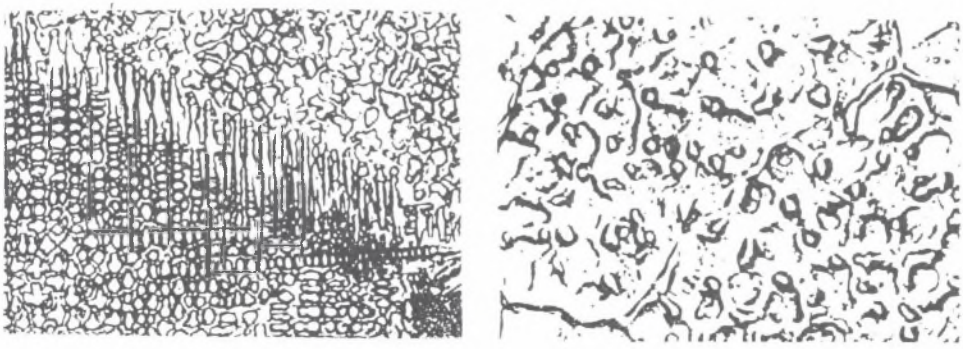
2.1. Badania metalograficzne

Badania metalograficzne prowadzono na próbkach trawionych w 3% alkoholowym roztworze kwasu azotowego (napoiny wykonane elektrodami ER1.46, EN350B i EB450B) oraz w odczynniku złożonym z 10 ml kwasu azotowego, 20 ml kwasu solnego i 30 ml gliceryny (napoiny z elektrod ES18–8B i ES18–8–6B). Wyniki badań metalograficznych przedstawiono na rys. 2–6. Napoiny wykonane elektrodami ES18–8B i ES18–8–6B posiadają strukturę austenityczną w układzie dendrytycznym. W obu próbkach występują obszary struktury ukierunkowanej w wyniku niejednorodnych warunków krzepnięcia spoiwa (różne kierunki odprowadzania ciepła). Struktura napoiny wykonanej elektrodą ER1.46 jest strukturą ferrytyczną, w której można wyróżnić różne postacie ferrytu, między innymi strukturę ziarnistą i iglastą różnej wielkości. Napoina z elektrody EN350B posiada strukturę bainityczno-ferrytyczną, w której różnej wielkości płytki ferrytu tworzą wyraźną siatkę. Natomiast struktura napoiny wykonanej elektrodą EN450B jest strukturą bainityczną z obszarami struktury ferrytycznej na granicach ziarn byłego austenitu.

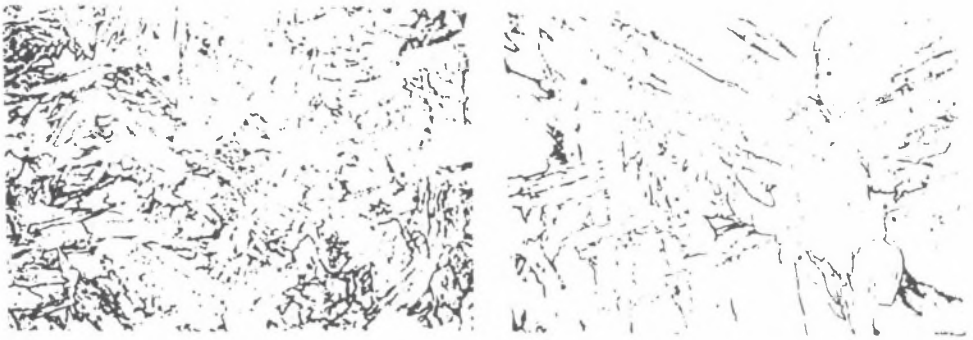
W napoinach wykonanych elektrodami EN350B, EN450B i w mniejszym stopniu ER1.46 stwierdzono występowanie wad spawalniczych w postaci nielicznych żużli oraz porów i pęcherzy.



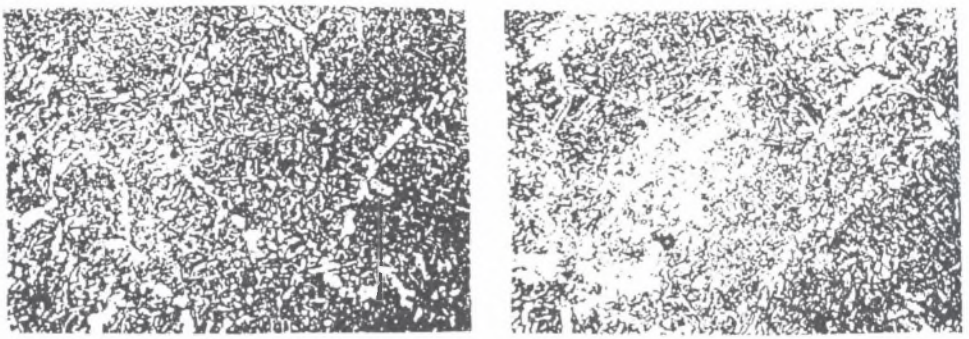
Rys. 2. Mikrostruktura napoiny wykonanej elektrodą ES18–8B (pow. odpowiednio 160x i 400x)
Fig. 2. Microstructure of surfaced weld made by ES 18-8B electrode (magn. 160x and 400x respectively)



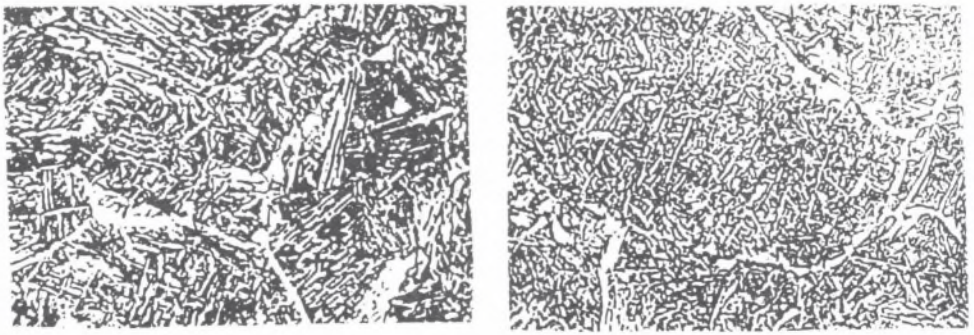
Rys. 3. Mikrostruktura napoiny wykonanej elektrodą ES18–8–6B (pow. odpowiednio 160x i 400x)
Fig. 3. Microstructure of surfaced weld made by ES 18-8-6B electrode (magn. 160x and 400x respectively)



Rys. 4. Mikrostruktura napoiny wykonanej elektrodą ER1.46 (pow. odpowiednio 160x i 400x)
Fig. 4. Microstructure of surfaced weld made by ER1.46 electrode (magn. 160x and 400x respectively)



Rys. 5. Mikrostruktura napoiny wykonanej elektrodą EN350B (pow. 400x)
Fig. 5. Microstructure of surfaced weld made by EN350B electrode (magn. 400x)



Rys. 6. Mikrostruktura napoiny wykonanej elektrodą EN450B (pow. 400x)
Fig. 6. Microstructure of surfaced weld made by EN450B electrode (magn. 400x)

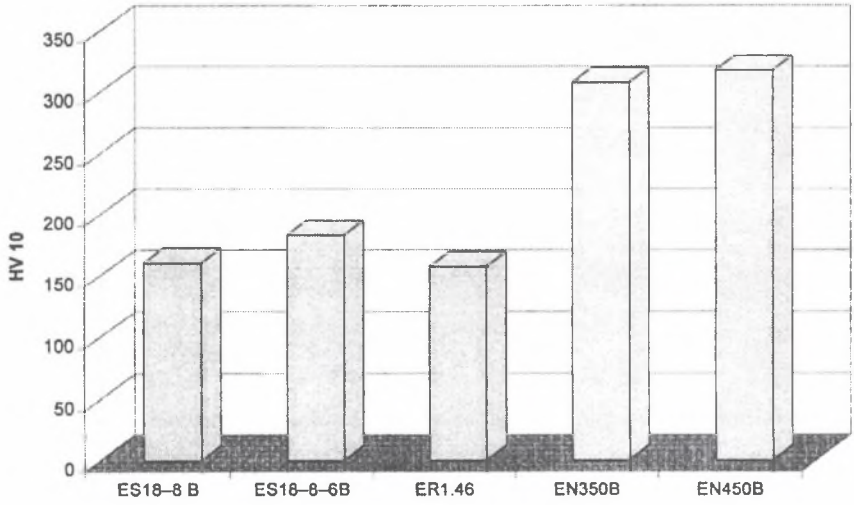
2.2. Pomiary twardości

Twardość badanych napoin zmierzono metodą Vickersa przy obciążeniu 100 N (HV10), a wyniki pomiarów przedstawiono w tabl. 2 i na rys. 7.

Tablica 2

Wyniki pomiarów twardości HV10

Próbki napawane elektrodami	Struktura	Twardość HV10			
		1	2	3	Wartość średnia
ES18–8 B	austenit	162,0	160,4	159,5	160,6
ES18–8–6B	austenit	180,0	187,0	183,0	183,3
ER1.46	ferryt	156,7	159,5	156,7	157,6
EN350B	bainit+ferryt	317,0	302,0	306,0	308,3
EN450B	bainit+ferryt	319,0	322,0	314,0	318,3



Rys. 7. Średnia twardość HV10 powierzchni próbek
Fig. 7. Mean hardness HV10 of specimen's surface

2.3. Badania odporności na ścieranie

Badania odporności na ścieranie przeprowadzono w warunkach tarcia suchego typu metal–metal na urządzeniu, w którym:

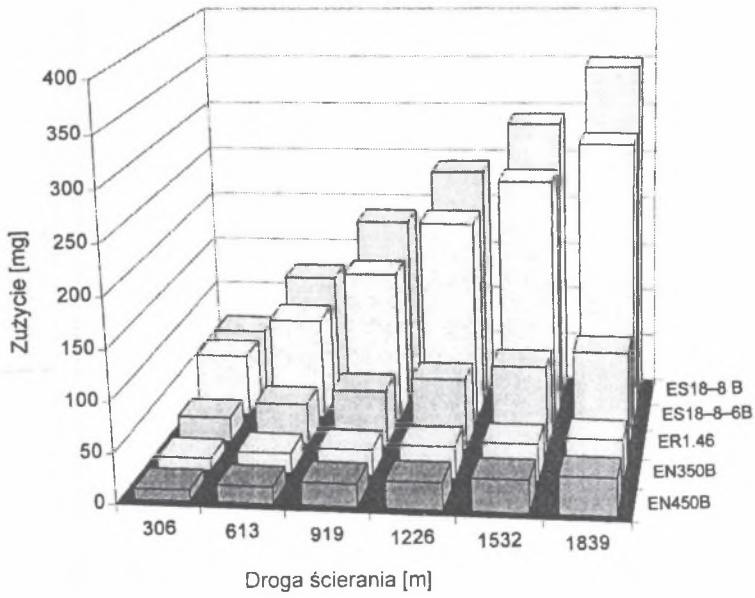
- próbka nieruchoma umieszczona jest w prowadnicy,
- przeciwpróbka porusza się ruchem posuwisto–zwrotnym,
- styk jest powierzchniowy,
- powierzchnia tarcia jest równa powierzchni czołowej próbki,
- ilość cykli: 398 min^{-1},
- obciążenie próbki: 87 N, co odpowiada naciskowi 7,7 MPa,
- droga przeciwpróbki po próbce w czasie dwóch suwów = 154 mm,
- droga przeciwpróbki po próbce w jednym cyklu 10 min = 306, 46 m,
- całkowity czas trwania próby = 60 min, odpowiada drodze tarcia 1838,76 m,
- temperatura powierzchni próbki nie większa niż 150°C.

Wielkość zużycia określano przez pomiar ubytku masy próbki (z dokładnością 0,001 g) po każdym 10-minutowym cyklu (306,46 m) w funkcji drogi ścierania. Wyniki pomiarów przedstawiono w tabl. 3 i na rys. 8.

Tablica 3

Wielkości ubytków masy próbek w próbie ścierania

Próbki napawane elektrodami	Średni ubytek masy w kolejnym cyklu ścierania [mg]						
	Cykl ścierania						Sumaryczny ubytek masy [mg]
	1	2	3	4	5	6	
ES18–8 B	65	60	62	54	51	59	351
ES18–8–6B	63	40	50	54	44	38	289
ER1.46	25	16	16	14	15	16	102
EN350B	12	8	6	6	5	7	44
EN450B	11	6	6	4	5	5	37



Rys. 8. Sumaryczne ubytki masy próbek po poszczególnych cyklach ścierania
Fig. 8. Total mass decrement of specimens after abrasion cycles

3. ANALIZA WYNIKÓW I WNIOSKI

Największą odporność na ścieranie wykazały napoiny o strukturze bainitycznej wykonane elektrodą EN450B. Jest ona 2,5 raza większa w porównaniu do napoin o strukturze ferrytycznej ER1.46 oraz aż 7 – 8,5 raza wyższa od odporności napoin o strukturze austenitycznej.

Na odporność na zużycie stopiwa niskostopowego posiada wpływ zawartość ferrytu. Wzrost jego udziału w strukturze prowadzi do spadku twardości (rys. 7) i wyraźnego wzrostu szybkości zużycia próbek.

Bardzo duże zużycie próbek o strukturze austenitycznej jest prawdopodobnie wynikiem innego mechanizmu zużywania się w przypadku struktur typu A1, w którym dominuje zużycie adhezyjne o dużej ilości wyrw powierzchniowych, w przeciwieństwie do zużycia struktur ferrytycznych i bainitycznych (A2), w których dominuje mechanizm zużywania przez odkształcanie i mikroskrawanie.

W przedstawionych wynikach pomiarów zużycia i twardości można doszukiwać się korelacji pomiędzy zużyciem i twardością, która sugeruje, że trwałość napawanych elementów będzie rosła wraz ze wzrostem twardości, przy czym ten wzrost jest ograniczony możliwością pęknięć w napawanej warstwie przy strukturach martenzytycznych [5], które powodują przyspieszone zniszczenie zmęczeniowe regenerowanych elementów.

Stwierdzono istotny wpływ struktury na odporność warstwy napawanej na ścieranie. Dużą odpornością na ścieranie charakteryzują się napoiny niskostopowe o strukturze bainitycznej, natomiast znacznie gorsze własności posiadają warstwy austenityczne. Zatem do napawania regeneracyjnego i utwardzającego zaleca się stosowanie stopiw niskostopowych o strukturze bainitycznej. Natomiast stopiwa austenityczne powinny być stosowane do napawania warstw nierdzewnych elementów pracujących w warunkach eksploatacji o niskim natężeniu obciążeń prowadzących do zużycia ściernego.

LITERATURA

1. Adamiec P., Dziubiński J.: Problemy przy napawaniu i eksploatacji regenerowanych elementów maszyn transportowych, PAN, Katowice 1997.
2. Blume F., Rosert R., Weber F., Maciejny A., Lalik S.: Materiałowo–technologiczne zagadnienia napawania warstw poddanych działaniu ścierania mineralno–poślizgowego, Inżynieria Materiałowa 1988, nr 3, s. 59–64.
3. Grzybowski H., Kikiewicz D.: Regeneracja elementów maszyn metodami spawalniczymi, Przegląd Spawalnictwa 1993, nr 3, s. 17–19.
4. Siszczenko S. A., Szmieliew A. W. i in.: Modelirowanije wlijanija strukturnych faktorow na iznosostojkost naplawlennych spławow, Swarocznoje Proizwodstwo 1989, nr 2, s. 37–39.
5. Adamiec P., Dziubiński J.: Influence on Microstructure and Properties of Hard Faced Layers on their Wear, 10th International Colloquium: Tribology – Solving Friction and Wear Problems. Band 3, Techn. Akademie, Esslingen, 9-11.01.1996, s. 1873-1883.

Recenzent: Prof. dr hab.inż. Edmund Tasak

Abstract

The surfaced welds structure (fig. 2-6) and hardness (fig. 7) influence on their wear resistance (fig. 8) have been investigated.

Highly alloyed deposited metals of austenitic structure (made by ES18-8B and ES 18-8-6B electrode) and low alloyed ones of ferritic-bainitic structure (made by ER1.46, EN350B and EN450B electrode) have been tested.

Wear resistance of surfaced welds made with EN450B electrode was 2,5 times higher than those made by ER1.46 electrode, and even 7-8,5 times higher than surfaced welds with austenitic structure.

Bainitic deposited metals have been found suitable for rebuilding and hard surfacing by welding. Austenitic deposited metals have been found useful to non-rusting overlays only, because of their low wear resistance.