

JAKOŚĆ BEZSTYKOWYCH ZŁĄCZY SZYNOWYCH

Roman Olgierd Wielgosz¹

1. WSTĘP

Zasadniczym elementem nowoczesnej nawierzchni kolejowej jest tor bezstykowy, który stanowi dowolna ilość szyn trwale i nierozłącznie połączonych ze sobą.

Szyna to odpowiedzialny element konstrukcji drogi kolejowej, który ma istotny wpływ na bezpieczeństwo transportu, dopuszczalną prędkość jazdy, warunki eksploatacji taboru oraz komfort podróżowania - jazda po torze bezstykowym jest spokojna i cicha.

Wyeliminowanie tradycyjnego łączenia odcinków szyn przy pomocy łubek skręcanych śrubami stało się możliwe dzięki zastosowaniu spawalniczych metod łączenia szyn, a zwłaszcza zgrzewania elektrycznego i spawania termitowego.

Wprawdzie metody te są znane od prawie 100 lat, jednakże wykorzystywanie ich w skali wielkoseryjnej do łączenia tak odpowiedzialnych i trudnych technologicznie elementów jak szyny kolejowe liczy dopiero kilkadziesiąt lat.

Warunkiem uzyskania dobrych rezultatów jest jednak takie opanowanie technologii spajania złączy szyn oraz dysponowanie odpowiednimi urządzeniami, aby właściwości złączy jak najmniej odbiegały od właściwości szyn i co bardzo ważne były powtarzalne dla wszystkich styków.

Niezawodność złącza jest nieodzownym warunkiem bezpieczeństwa jazdy. Złącze bezstykowe można uzyskać metodą zgrzewania iskrowego, spawania termitowego i spawania elektrodą otuloną. Każda z tych metod jest stosowana w zależności od warunków w jakich zachodzi łączenie szyn.

Szyny kolejowe jako elementy mające być poddane spajaniu metodami spawalniczymi stwarzają szereg trudności technicznych oraz technologicznych i z tego względu ilość spawalniczych metod łączenia możliwych do seryjnego wykorzystania jest znacznie ograniczona i w praktyce sprowadza się do dwu metod:

- elektrycznego zgrzewania doczołowego iskrowego,

¹ Prof. nzw. dr hab. inż. Politechnika Świętokrzyska, Katedra Inżynierii Produkcji.

- spawania termitowego,
- spawania łukowego ręcznego.

Metoda spawania gazowego lub elektrodami otulonymi czy spawania półautomatycznego w osłonach gazów ochronnych, ale metody te wykorzystywane są doraźnie, z reguły w warunkach awaryjnych, w celu wykonania złączy tymczasowych.

2. MOŻLIWOŚCI I OGRANICZENIA TECHNOLOGICZNE DOTYCZĄCE SPAJANIA SZYN METODAMI SPAWALNICZYMI

Ograniczenia oraz trudności techniczne i technologiczne spajania szyn metodami spawalniczymi wynikają głównie z następujących powodów:

- ⇒ składu chemicznego stali stosowanych do wytwarzania szyn,
- ⇒ wielkości przekroju poprzecznego i profilu szyn,
- ⇒ wysokich wymagań stawianych złączom spawanym łączącym szyny,
- ⇒ wymagania dużej powtarzalności parametrów procesu spajania, gwarantującej powtarzalność właściwości złączy.

Stale szynowe ze spawalniczego punktu widzenia zalicza się do materiałów trudno spawalnych metodami spawania łukowego z powodu dość wysokiej zawartości węgla i podwyższonej zawartości manganu.

Skład chemiczny stali szynowych nie utrudnia zgrzewania doczołowego iskrowego, jak również spawania termitowego. Wynika to z charakteru nagrzewania materiału szyn podczas łączenia, niskiego gradientu temperatury szyn w pobliżu miejsca styku oraz stanu łączonych powierzchni.

Złożony i o zróżnicowanych grubościach profil przekroju poprzecznego szyn jest czynnikiem utrudniającym ich spawanie z powodu powstawania bardzo niekorzystnego rozkładu ciepła wprowadzonego do materiału szyny podczas spawania klasycznymi metodami łukowymi lub spawania gazowego. W wyniku tego tworzy się bardzo szeroka strefa wpływu ciepła w sąsiedztwie spoiny posiadająca niekorzystnie zmienioną strukturę i w konsekwencji tego - właściwości mechaniczne, a zwłaszcza wskaźniki plastyczności - wydłużenie i udarność oraz twardość.

Ponadto z uwagi na wielkoseryjny charakter operacji łączenia szyn stosowana technologia powinna zapewniać powtarzalność właściwości złączy przez stabilne utrzymywanie parametrów procesu, co można osiągnąć przez maksymalne zmechanizowanie lub zautomatyzowanie urządzeń technologicznych lub inny sposób wyeliminowania wpływu indywidualnego wykonawcy.

Dodatkowym uwarunkowaniem przy wyborze metody spajania jest wielkość i kształt nadlewów na złączu i możliwość łatwego ich usunięcia celem doprowadzenia obszaru złączenia do profilu szyn.

W przypadku łączenia szyn metodą zgrzewania o jakości złącza decyduje przede wszystkim zastosowane urządzenie wraz z oprzyrządowaniem. W mniejszym stopniu na jakość połączenia ma wpływ człowiek.

Łączenie termitowe szyn poza właściwym zastosowaniem odpowiednich materiałów dodatkowych wykorzystywanych podczas wykonywania spoiny w znacznym stopniu zależy od umiejętności spawacza i jego doświadczenia.

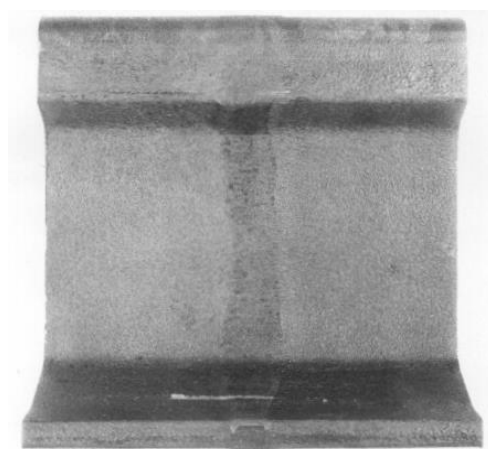
1.1. Zgrzewanie szyn

Szyny wyprodukowane w hutach zgrzewane są w szyny tzw. długie w zgrzewalniach stacjonarnych, dopiero później na torowisku w tor bezстыkowy. W Polsce stosowane są zgrzewarki stacjonarne i torowe elektroiskrowe, które są również powszechnie stosowane w Europie.

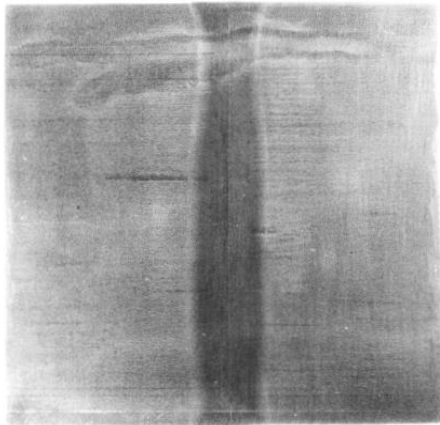
Złącza te charakteryzują się małą SWC i dobrymi parametrami wytrzymałościowymi. Ponieważ proces zgrzewania jest w wysokim stopniu zautomatyzowany, wyniki są powtarzalne. Operator musi jednak prawidłowo przygotować elementy do zgrzewania oraz prawidłowo ocenić ubytek materiału zgrzewanego.

Technologia zgrzewania stosowana jest też w zakładach produkujących rozjazdy np. kute dziobnice krzyżownic zgrzewane są z szynami dziobowymi

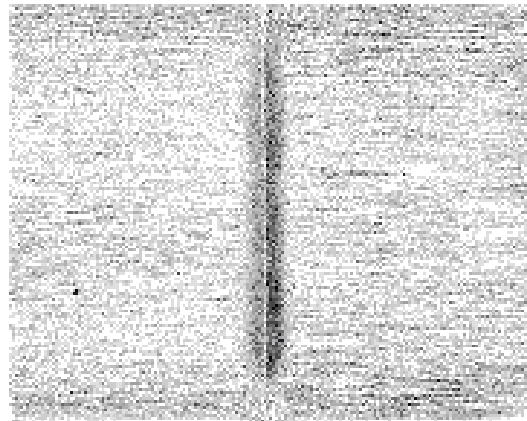
Widok złącza zgrzewanego po obróbce wykańczającej pokazano na rys. 1. Strefę zgrzanego złącza w przekroju poprzecznym przedstawiono na rys. 2 i rys. 3. Rozkład twardości w strefie zgrzeiny pokazano na rys. 4.



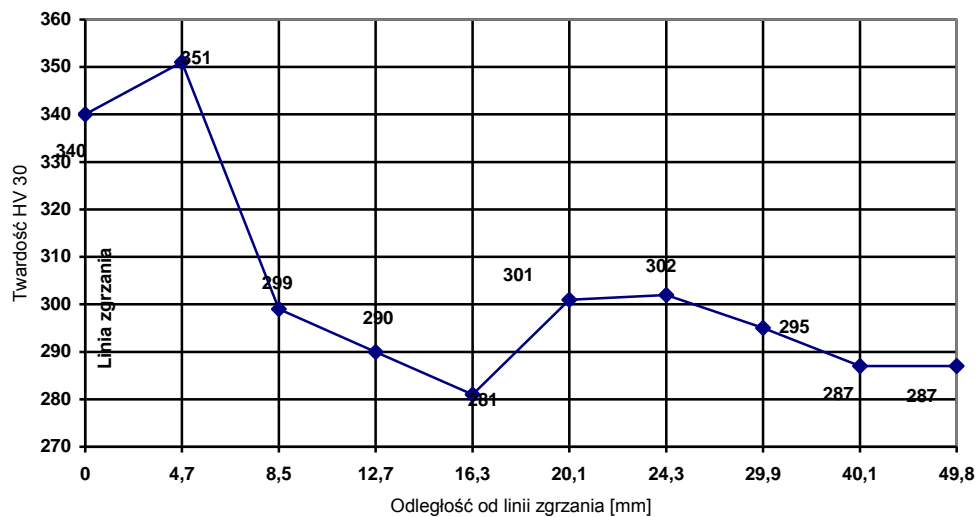
Rys. 1. Typowy wygląd złącza zgrzewanego z obcięcymi wypływkami



Rys. 2. Widok strefy złącza w przekroju wzdłużnym, traw. odczynnikiem Adlera



Rys. 3. Odbitka Baumanna ze strefy złącza w przekroju wzdłużnym



Rys. 4. Wyniki pomiarów twardości w obszarze strefy zgrzania

Warunkiem uzyskania poprawnego złącza zgrzewanego jest ściśle przestrzeganie technologii procesu zgrzewania i utrzymywanie wszystkich urządzeń technologicznych w pełnej sprawności.

Istotną zaletą tej metody łączenia szyn jest maksymalne wyeliminowanie chwilowej dyspozycji oraz indywidualnych umiejętności manualnych pracowników bezpośrednio realizujących proces zgrzewania, a także możliwość ograniczenia badań kontrolnych i odbiorczych do niezbędnego minimum dzięki ciągłemu monitorowaniu procesu i rejestracji parametrów.

2.2. Spawanie termitowe

Metodę tę początkowo nazywano spawaniem glino-termicznym, a w miarę wprowadzania nazw mieszanek tlenków żelaza i odtleniaczy - spawaniem termitowym (w Niemczech, Austrii), spawaniem caloritem (we Francji) czy spawaniem ferromitem (do lat 50-tych Polsce).

Na przestrzeni lat technologia i technika spawania termitowego została istotnie ulepszona i opanowana, w kraju liczne prace badawcze dotyczące tego problemu prowadzone były w COB i RTK w Warszawie. W ostatnich latach rozpowszechniły się w Polsce technologie z krajów zachodnich bazujące na stosowaniu prefabrykowanych form suchych i wykorzystujące skrócone podgrzewanie wstępne.

Opanowanie procesu spawania termitowego pozwala obecnie wykonywać połączenia szyn o wymaganej przez PKP jakości, możliwe jest także rozszerzenie zastosowania tej metody do naprawy zniszczonych końców szyn przez nadlewanie brakującego materiału szyny.

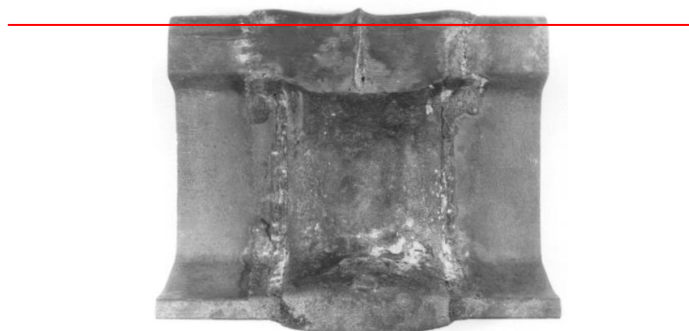
Skład chemiczny materiału spoin termitowych dobierany jest w zależności od składu chemicznego materiału łączonych szyn kolejowych oraz zastosowanej metody spawania. W tabeli 1 pokazano przykładowo skład chemiczny materiału szyny i spoiny termitowej.

Tabela 1

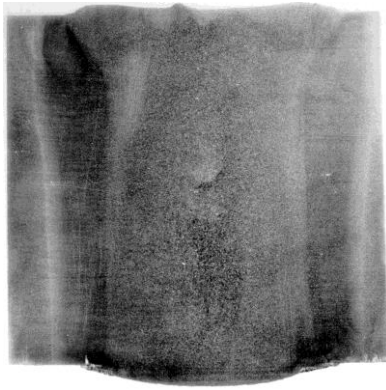
Wyniki analizy chemicznej materiału

Materiał	C	Mn	Si	P	S
	zawartość pierwiastków w %				
szyna	0,77	0,93	0,34	0,027	0,025
Spoina termitowa	0,56	0,89	0,28	0,023	0,006

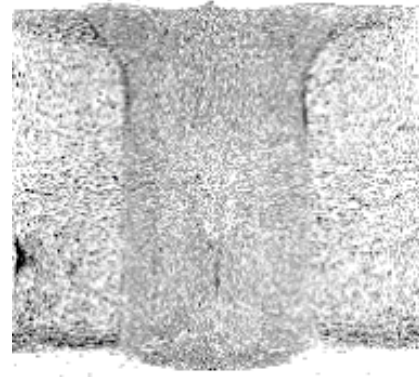
Złącze termitowe po obcięciu wypłytki pokazano na rys. 5. Wklęsnięcia na powierzchni tocznej szyny nie mogą sięgać poniżej powierzchni tocznej główki szyny (linia na rysunku). Widok strefy złącza termitowego w przekroju wzdłużnym pokazano na rys. 6 i rys. 7. Rozkład twardości w strefie spoiny w zależności szerokości odstępu od końców szyn pokazano na rys. 8 i rys. 9.



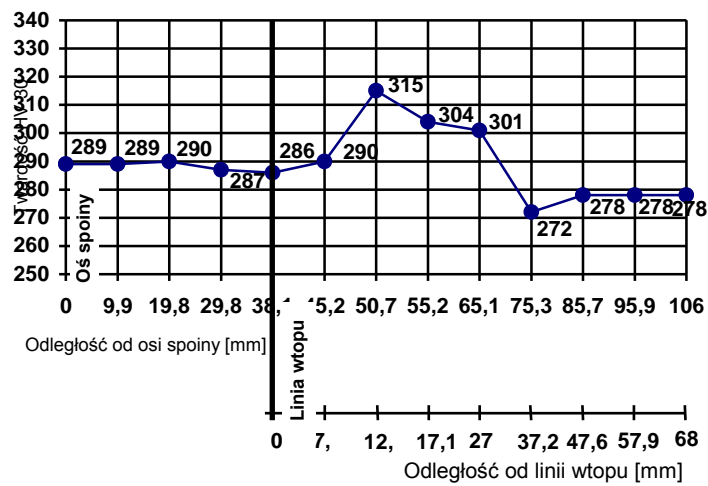
Rys. 5. Widok złącza spawanego termitowo po obcięciu wypłytki



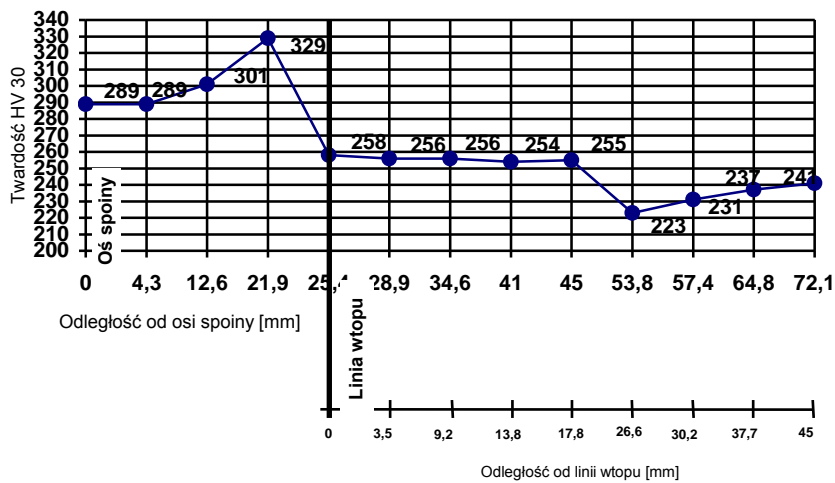
Rys. 6. Widok strefy złącza spawanego termitowo (przekroju wzdłużny)
Traw. odczynnikiem Adlera



Rys. 7. Odbitka Baumanna ze strefy złącza spawanego termitowo w przekroju wzdłużnym



Rys. 8. Rozkład twardości w złączu spawanym termitowo przy odstępnie końców szyn 75 mm



Rys. 9. Twardości w złączu spawanym termitowo przy odstępnie końców szyn 24 mm

Spawanie termitowe szyn ma zastosowanie przy:

- połączeniach szyn i innych elementów w rozjazdach,
- spawaniu szyn długich w torach bezстыkowych,
- naprawie pęknięć lub wad w szynach torów i rozjazdów poprzez wycięcie odpowiedniej długości odcinka szyny i wykonanie dwóch spoin termitowych,
- spawaniu z tzw. szerokim luzem podczas naprawy pęknięć, złamań lub wad w szynach, których wielkość pozwala na zastosowanie tej metody

2.3. Spawanie elektryczne

Spawanie elektryczne stosuje się głównie do trwałego łączenia elementów nawierzchni szynowej w miejscach trudnodostępnych gdzie nie jest możliwe spawanie termitowe lub zgrzewanie.

Spawanie ręczne przeprowadza się elektrodą otuloną lub półautomatem – podajnik drutu proszkowego.

Spawanie elektryczne stosowane jest również w niektórych krajach europejskich jako jeden ze sposobów trwałego łączenia szyn w torze. Stosuje się wtedy z reguły samojezdne automatyczne spawarki poruszające się po torach. Złącze szynowe wykonane metodą spawania elektrycznego pokazano na rys. 10.



Rys.10 . Spoina wykonana elektrycznie półautomatem, drutem proszkowym (przed obróbką).

3. PODSUMOWANIE I WNIOSKI

W oparciu o przeprowadzoną analizę i wyniki badań złączy bezстыkowych szyn można stwierdzić, że badane metody łączenia szyn, mimo zasygnalizowanych ograniczeń, pozwalają uzyskiwać złącza, których SWC nie stanowi karbu strukturalnego obniżającego ich właściwości;

Metody łączenia szyn są opanowane przez krajowych wykonawców pracujących dla potrzeb PKP, którzy dysponują odpowiednim wyposażeniem na poziomie światowym oraz posiadają wieloletnie doświadczenie.

Złącza szyn zgrzewane elektrycznie oporowo iskrowo stanowią pełnowartościowy odcinek szyny i nie obniżają właściwości użytkowych toru kolejowego. W przypadku łączenia szyn metodą zgrzewania o jakości złącza decyduje przede wszystkim zastosowane urządzenie wraz z oprzyrządowaniem. W mniejszym stopniu na jakość połączenia ma wpływ człowiek.

Złącza szyn spawane termitowo, nawet przy powiększonym (do 75 mm) odstępnie końców szyn nie wykazują niekorzystnych zmian struktury w SWC, które mogłyby być przyczyną obniżenia właściwości użytkowych toru kolejowego. Warunkiem uzyskania poprawnie wykonanego złącza spawanego termitowo jest ściśle przestrzeganie technologii procesu oraz stosowanie odpowiednich materiałów i oprzyrządowania, które są obecnie łatwo dostępne w kraju. Łączenie termitowe szyn poza właściwym zastosowaniem odpowiednich materiałów dodatkowych wykorzystywanych podczas wykonywania spoiny w znacznym stopniu zależy od umiejętności spawacza i jego doświadczenia.

Dużą zaletą technologii spawania termitowego jest mała ilość sprzętu niezbędna do wykonania złącza spawanego oraz możliwość dostarczenia tego sprzętu i materiałów na miejsce robót nie koniecznie pojazdem szynowym (wózek motorowy z przyczepami) lecz również samochodem drogą dojazdową lub innym środkiem transportu nie poruszającym się po torach. Sytuacja taka pozwala na wykonanie spoiny termitowej bez konieczności zamykania toru dla ruchu, podczas gdy inne metody łączenia szyn przy pomocy maszyn poruszających się po torach wymagają zamknięć toru (zwłaszcza zgrzewarka torowa) w celu wykonania złącza szynowego. Obecnie stosowane metody termitowego spawania z krótkim czasem podgrzewania pozwalają na wykonanie złącza w czasie od 12 do 15 min., co z reguły nie wymaga zamknięcia torowego.

Spawanie elektryczne stosuje się głównie do trwałego łączenia elementów nawierzchni szynowej w miejscach trudnodostępnych gdzie nie jest możliwe spawanie termitowe lub zgrzewanie. Technologia ta wymaga posiadania przez spawaczy bardzo wysokich kwalifikacji i odpowiedniego przeszkolenia do wykonywania tego typu prac spawalniczych.

Można więc stwierdzić, że wysoka jakość bezстыkowych połączeń szyn gwarantująca bezpieczeństwo ruchu pociągów wymaga stosowania przy wykonywaniu złączy sprawnych urządzeń, właściwego doboru materiałów pomocniczych i wysoko wykwalifikowanych operatorów.

Spełnienie tych wymagań można uzyskać przez certyfikowanie zarówno urządzeń, materiałów pomocniczych jak też operatorów i spawaczy.

4. LITERATURA

- [1] *Neukom A. – Das Abbrenn-Stumpfschweissen von Eisenbahnschienen*, Schlatter Bulletin 10, s. 4 – 25.
- [2] Materiały informacyjne firmy ESAB
- [3] Materiały informacyjne firmy RAILTECH SCHLATTER SYSTEMS
- [4] Materiały informacyjne firmy RAILTECH- PLOTZ
- [4] *Brodacki K., Janik A. – Porównanie procesów technologicznych zgrzewania szyny długiej*, Materiały I Ogólnopolskiej Konferencji Naukowo-Technicznej „Spawalnictwo dróg szynowych i sposoby diagnozowania” – Częstochowa – Kule, grudzień 2001, s. 31 – 42.
- [5] Materiały informacyjne firmy E.O. Paton International Holdings Inc.
- [6] Fotografie ze zbiorów PKP Ośrodka Diagnostyki i Spawalnictwa Nawierzchni Kolejowej w Warszawie, 1999.
- [7] Materiały informacyjne firmy ARBENT –
- [8] *Wielgosz R., Zajac A. – Badania połączeń szyn kolejowych zgrzewanych doczołowo iskrowo i spawanych termitowo* – Politechnika Krakowska, Kraków, 2000.
- [9] *Wielgosz R.: Łączenie bezstykowych szyn kolejowych*. Czasopismo Techniczne, Wydawnictwo PK, z. 6-M2, 2009, s. 7-19.

JAKOŚĆ BEZSTYKOWYCH ZŁĄCZY SZYNOWYCH

Słowa kluczowe: złącza szynowe, spawanie, zgrzewanie

STRESZCZENIE: *W pracy metody bezstykowego łączenia szyn. Przedstawiono charakterystyki złączy otrzymywanych różnymi metodami. Omówiono sposoby oceny jakości złączy. Zaproponowano sposoby pozwalające na otrzymywanie złączy bez wad, gwarantujące bezpieczny ruch pociągów.*

THE QUALITY OF CONTINUOUS WELDED RAIL JOINTS

Keywords: rail joints, fusion welding, welding

ABSTRACT: *The paper presents the methods of continuous welding of rails and the characteristics of joints obtained with different methods. It also deals with the methods of assessing the quality of joints and offers solutions on how to obtain flawless joints ensuring rail traffic safety.*