

„SPAWALNICTWO DRÓG SZYNOWYCH
- JAKOŚĆ, NIEZAWODNOŚĆ,
BEZPIECZEŃSTWO”

TERMITOWE SPAWANIE – RYS HISTORYCZNY, ZMIANY, POSTĘP

Andrzej Kądziołka*

STRESZCZENIE: Złącze szynowe spawane termitem jako element toru bezстыkowego oraz przykłady zastosowania. Omówienie technologii spawania szyn termitem. Początki spawania szyn w Europie i w Polsce. Zmiany i postęp w technologii spawania szyn termitem.

1. WSTĘP

Tor klasyczny, czyli taki, w którym szyny łączone są przy pomocy łubków, wymaga starannego utrzymania z uwagi na dynamiczne oddziaływanie kół taboru na styki szynowe.

Oddziaływanie to powoduje zwiększone zużycie szyn, elementów łącznych, podkładów, podsypki, podtorza i innych elementów drogi kolejowej oraz taboru. W związku z tym utrzymanie wymaga wzmożonej kontroli tych styków, częstego czyszczenia, uzupełniania oraz podbijania podsypki, regeneracji przez napawanie końców szyn, utrzymania i konserwacji powrotnej sieci trakcyjnej i innych prac utrzymaniowych i naprawczych nawierzchni kolejowej wraz z obiektami inżynierskimi, w tym ew. wymiany zużytych elementów infrastruktury.



Rys. 1. Styk szynowy w torze klasycznym, podparty – łubki czterootworowe

Rozwój kolei oraz to, że pociągi jeżdżą coraz szybciej, bezpieczniej a podróż staje się bardziej komfortowa (co jest celem nowoczesnych kolei na Świecie) jest zasługą nie tylko taboru wraz z układem zasilania i odpowiednio przygotowanej nawierzchni pod względem doboru szyn i rozjazdów przystosowanych do dużych prędkości, łuków o odpowiednich promieniach, innych elementów i parametrów infrastruktury, ale jest również zasługą tego, że **szyny połączone są w sposób trwały i tworzą tor bezстыkowy**.

* inż. Andrzej Kądziołka - EWE, KZN „Biezanów” Sp. z o.o.



Rys. 2. Fragment toru bezстыkowego z rozjazdem z ruchomym dziobem

Tor bezстыkowy wymaga spełnienia innych, **specjalnych warunków** techniczno-eksploatacyjnych **budowy i utrzymania**, które są ściśle określone odrębnymi przepisami, a przy których zapewnieniu uzyskujemy obecnie nowoczesną nawierzchnię szynową, pozwalającą na nową jakość podróżowania i eksploatacji kolei.

Specjalnym warunkiem budowy toru bezстыkowego jest wykonywanie **trwałych połączeń** szyn uzyskiwanych poprzez **termitowe spawanie, zgrzewanie** lub **spawanie elektryczne**. Takie złącza szynowe eliminują w znacznym stopniu prace i koszty utrzymania toru bezстыkowego w porównaniu z torem klasycznym.



Rys. 3. Spoina termitowa, zgrzeina i spoina wykonana elektrodą otuloną

Aby lepiej uświadomić sobie rangę i znaczenie trwałego łączenia szyn, proszę sobie wyobrazić pociąg TGV jadący z prędkością podróżną 300 km/h po idealnie ułożonym i utrzymanym torze klasycznym wykonanym z szyn 30-metrowych. Stukot kół taboru (ok. 3 uderzenia na stykach klasycznych w ciągu sekundy) byłby nie do zniesienia przez pasażerów, a ponadto tabor, nawierzchnia i podtorze uległy by szybkiej degradacji. Ten przykład (pozostający w sferze rozważań teoretycznych) dodatkowo pozwala zrozumieć rolę trwałych połączeń szyn i istotę toru bezстыkowego.

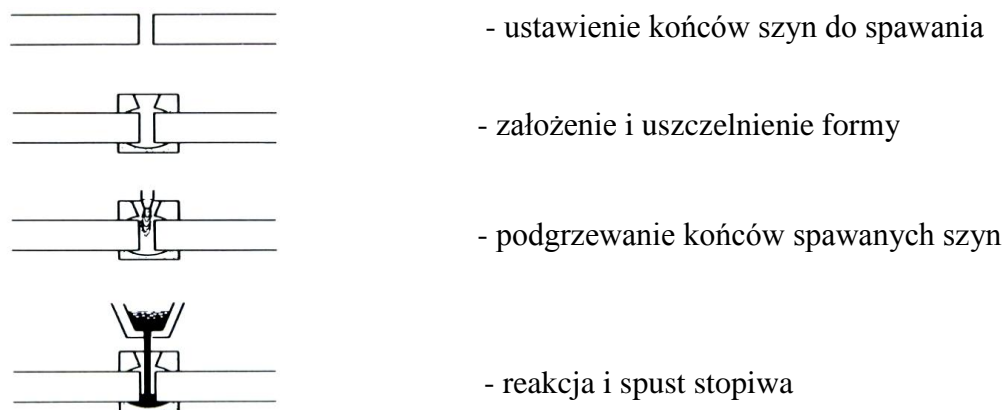
2. OGÓLNE OMÓWIENIE TECHNOLOGII SPAWANIA SZYN TERMITEM

„Sposób glino-termiczny pomimo niektórych obiekcji i zastrzeżeń, zapewnia jednak wykonanie spawania odpowiadającego wymogom bezpieczeństwa i trwałości nawierzchni”.

„Niekorzystne doświadczenia prowadziły stopniowo do przekonania, że istnieje tylko jedno połączenie spawane, odpowiednie dla głównych linii, to jest złącze termitowe”. [1]

Tor bezстыkowy jest stosowany od wielu lat zarówno w transporcie z dużymi prędkościami, jak też w transporcie o dużych obciążeniach. Powszechnie uważa się, że wiodącą rolę w powstaniu tej sytuacji odegrało spawanie termitowe, które jest podstawową metodą łączenia szyn.[4].

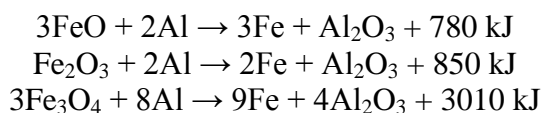
Spawanie termitowe polega na trwałym łączeniu szyn obudowanych ogniotrwałą formą, przy pomocy ciekłego stopiwa uzyskanego w wyniku reakcji termitowej zachodzącej w tyglu.



Rys. 4. Schematyczne przedstawienie etapów termitowego spawania szyn

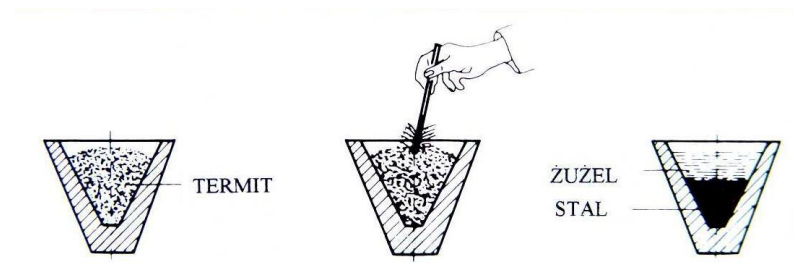
Termit lub inaczej ferromit, to mieszanina drobnych frakcji tlenków żelaza i aluminium wraz z dodatkami stopowymi. Po zapaleniu tej mieszaniny tzw. zapalnym błyskawicznym dającym skupione źródło ciepła o temperaturze ok. 1500°C, zostaje zainicjowana reakcja chemiczna, wysoko egzotermiczna, wytwarzająca temperaturę ponad 2500°C.

Posługując się symbolami chemicznymi, reakcję termitową zwaną też aluminotermiczną lub glinotermiczną można zapisać:



W wyniku reakcji uzyskujemy ciekłe żelazo i korund. Dodatki stopowe powodują uzyskanie stopiwa o składzie chemicznym i właściwościach zbliżonych do stali spawanych szyn.

Budowa tulejki samospustowej pozwala na segregację stopiwa i żużła poprzez kilkunastosekundowe opóźnienie spustu po ustaniu reakcji termitowej. Stopiwo jako cięższe umiejscawia się w dolnej części tygla, wycieka pierwsze stapiając końce szyn wypełnia luz spawalniczy.



Rys. 5. Segregacja stopiwa i żużła po reakcji termitowej



Rys. 6. Termitowe spawanie szyn w torze

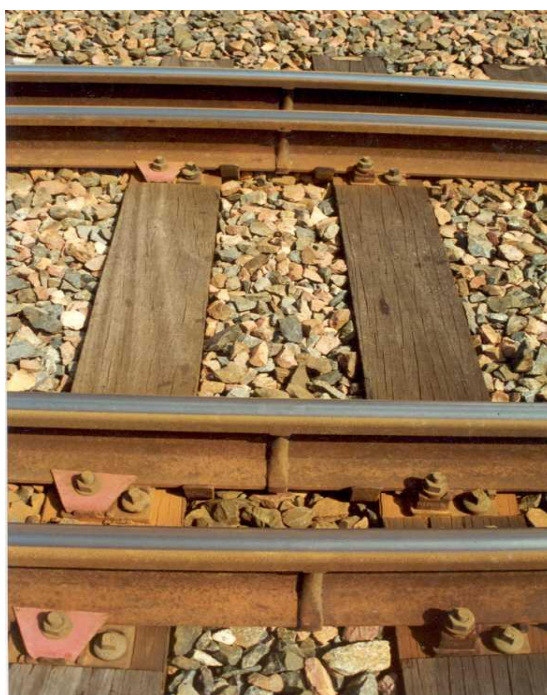
Spawanie termitowe jako sposób łączenia szyn stosowany jest na całym świecie. Powszechnie stosuje się tę metodę w takich krajach jak Niemcy, Francja, Japonia, USA i wielu innych, w których znajduje się infrastruktura szynowa. Spoiny termitowe wykonywane są w szynach szybkiej kolei TGV, jak również w trudnych warunkach np. pod kanałem La Manche. Ponadto termitowo spawa się szyny w torowiskach tramwajowych, metra, górskich kolei szynowych.



Rys. 7. W Euro-Tunelu szyny połączone są poprzez termitowe spawanie



Rys. 8 i 9. Spoina termitowa w szynie jezdnej górskich kolei zębatych – Szwajcaria



Rys. 10. Linia TGV Francja. Spoiny termitowe w rozjeździe

Powszechność stosowania technologii spawania szyn termitem wynika z kilku przyczyn, m.in.:

1. Możliwości uzyskania parametrów wytrzymałościowych, własności mechanicznych i geometrycznych złączy szynowych spawanych termitowo wykonanych w torach i rozjazdach, zapewniających bezpieczną i wystarczająco długą eksploatację nawierzchni szynowej.
2. Na liniach dużych prędkości ważnym parametrem jest odpowiednia prostoliniowość złącza, która jest uzyskiwana manualnie przez spawacza.
3. Mała ilość sprzętu niezbędnego do wykonania złącza spawanego oraz możliwość dostarczenia tego sprzętu i materiałów na miejsce robót różnymi środkami transportu.
4. 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 termitowe szyn ma zastosowanie przy:

- połączeniach szyn i innych elementów w rozjazdach,
- spawaniu szyn długich w torach bezстыkowych,
- spawaniu z tzw. szerokim luzem podczas naprawy pęknięć, złamań lub wad w szynach, których wielkość pozwala na zastosowanie tej metody

Jakość termitowego spawania w znacznym stopniu uzależnione jest od umiejętności i predyspozycji spawacza. W początkowym okresie stosowania tej metody łączenia szyn, dokładność i prawidłowość wykonania przez spawacza każdej czynności procesu technologicznego miała bezpośredni wpływ na jakość spoiny.

Jednak rozwój technologii termitowego spawania szyn doprowadził do minimalizacji ilości sprzętu oraz udoskonalił materiały i metody spawania do tego stopnia, że obecnie spawacz musi ograniczyć się tylko do kilku niezbędnych czynności. Cały szereg ważnych czynności i subiektywnej oceny przez spawacza pewnych zjawisk zachodzących w procesie termitowego spawania szyn, zostało wyeliminowanych.

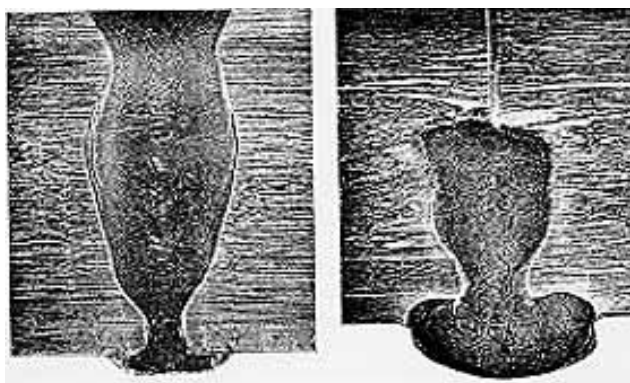
3. RYS HISTORYCZNY, ZMIANY, POSTĘP

W 1865 r. rosyjski uczyony N. N. Bakietow w swojej pracy „Badanie zjawisk wypierania jednych pierwiastków przez inne” przekształcił zasadę otrzymywania trudno redukowalnych metali i ich tlenków w teorię naukową tworząc podstawy aluminotermii. Ustalił on, że aluminium łącząc się z tlenem obdarzony jest bardzo dużą aktywnością i w określonych warunkach łatwo redukuje z tlenków inne metale.

W 1895 r. niemiecki chemik Goldschmit wynalazł metodę łączenia szyn w której wykorzystano reakcję termitową.[3]

Pierwsze spawanie szyn przeprowadzone zostało w 1899 r. niedaleko miasta Essen (Niemcy) na torach linii tramwajowej, a więc takich, w których nie było wielkich problemów ze statecznością toru i przy niewielkich naciskach osiowych.

W 1904 r. przeprowadzono pierwsze doświadczalne spawanie szyn kolejowych na Węgierskich Kolejach Państwowych, zaś w 1910 r. na Niemieckich Kolejach Regionalnych.



Rys. 11. Jedna z pierwszych spoin termitowych [3]

Po tym jak niemiecki szef handlowy firmy zajmującej się produkcją materiałów i opracowywaniem technologii termitowego spawania szyn - John Wattman ogłosił swoje teoretyczne obliczenia, zostały w 1928 r. wykonane w torach Deutsche Reichsbahn pierwsze odcinki szyn o długości 30 m metodą spawania termitowego.

W latach 30-tych metoda spawania termitowego błyskawicznie rozszerzyła się na obszar spawania szyn kolejowych, powodując powstanie tzw. teorii toru bezстыkowego. [3]

Założenia dla toru bezстыkowego umożliwiły wykonanie w 1932 r. odcinków szyn o długości 1 km. Gdy teoria Wattmanna została w praktyce potwierdzona, rozpoczęto produkcję szyn 30 metrowych, jak również opracowano metodę doczołowego zgrzewania oporowego.[3]

B. Hummel²⁾ podaje, (Inż. B. Hummel: „Spawanie szyn jako czynnik gospodarczy” Warszawa 1935): „Tak więc można uważać za dowiedzione, że czy to przy budowie nowych linii czy też przy wymianie ciągłej – zastępowanie zwykłych złączy łukowych stykami spawanymi, powinno opłacać się całkowicie, biorąc rzecz z samego tylko punktu drogowego i nie uwzględniając takich korzyści dalszych, jak spokój jazdy. Stosowane często napawanie zbitych końców szyn, z kompletną regeneracją łuków, jest tylko półśrodkiem, gdyż usuwa ono jedynie skutki zła, nie zaś jego przyczynę, to jest owe słabe złącza, które pozostają w torze. Środkiem radykalnym całkowicie uzdrawiającym zniszczone złącza, może być tylko ich spawanie”...

Jeden tylko zasadniczy warunek, a mianowicie dobre utrzymanie toru - musi być uwzględniony. W sprawie tej pisze inż. B. Hummel²⁾ (Inż. B. Hummel: „Stateczność torów spawanych”, Warszawa 1936): „Nie wolno zatem dopuścić aby kiedykolwiek osłabła odporność spawanego toru przeciwko pelzaniu, doprowadzić to może bowiem do katastrofy. W celu uniknięcia czegoś podobnego, tor musi być utrzymywany ze szczególną troskliwością, zwłaszcza na punkcie siły i poprawności przytwierdzenia szyn do podkładów oraz dobrego utrzymania styków. Nie może być również w żadnym razie osłabiony opór przeciwko ewentualnemu przesuwaniu szyn z podkładami po podsypce. Nakłada to na służbę drogową obowiązek starannego utrzymania podsypki, skrupulatnego podbijania podkładów, a nade wszystko jak największej ostrożności przy obnażaniu podkładów z podsypki. Wykonywanie podobnej roboty podczas upałów - równa się przestępstwu”. [1]

„Na kolejach polskich stosuje się od kilkunastu lat z dobrym wynikiem spawanie szyn na odcinki 60 m. ... Brygada, w której skład wchodzi jeden instruktor-spawacz, 16 ludzi do pomocy i 3 aparaty zaciskowe, wykonuje do 15 styków dziennie. W ten sposób można spoić 240 m szyn w odcinki o długości 60 m.” [1]

Wynika z powyższego, że spawanie szyn, wówczas 15-sto metrowych, odbywało się na PKP już w latach 30-tych XX wieku.

W tym czasie warunki odbiorcze szyn nie przewidywały dokładnego składu chemicznego materiału szyn. Ograniczały się do jego własności fizycznych.

Skład chemiczny materiału szyn zmienia się w zależności od profilu szyny, od walcowni, od roku produkcji i numeru partii szyn. Skład ten waha się w granicach:

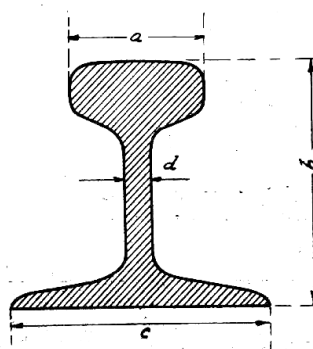
Mn (mangan) 0,5 do 1,0 %
 Si (krzem) 0,03 do 0,20 %
 C (węgiel) 0,25 do 0,50 % [1]

Aby uzyskać (wówczas) stopiwo o składzie chemicznym zbliżonym do składu spawanej stali szynowej, „... do namiarów ferromitu dodaje się dodatki stalotwórcze jak również i torebki zawierające trzpienie żelazne(gwoździe), służące jako zatyczki do tygli, w których spala się ferromit oraz azbest do uszczelniania, wszystko w zaplombowanych woreczkach z ferromitem.

...Dodatki stalotwórcze wpływają również zasadniczo na powiększenie wydajności leizny żelaznej.”

„Szyny leżące na torach polskich kolei są różnej produkcji, toteż ich skład chemiczny bywa często bardzo rozmaity, szczególnie odnośnie zawartości krzemu (Si). Np. profil "S" zawiera ca 0,2% Si, tj. kilkakrotnie więcej niż inne profile” [1]

Tabela profilów szyn kolejowych.



Typ szyny	Waga 1 m.b. szyny	Wymiary szyny				Pochodzenie szyny
		a	b	c	d	
15c	45,05	72	144	110	14	niem.
A	44,55	68	140	112	14	austr.
40	43,57	70	140	125	14	ZSRR
S	42,59	70,2	140	125	13	pol.
8	41,00	72	138	110	14	niem.
39	38,42	68	135	114	13	ZSRR
L	36,05	62,3	130	116	12	pol.
38	33,48	60	128	110	12	ZSRR
6	33,38	58	134	105	11	niem.
36	32,70	57	127	102	12	ZSRR
32	30,89	53,5	120,5	100	12	ZSRR

Rys. 12. Tabela profili szynowych wg [1]

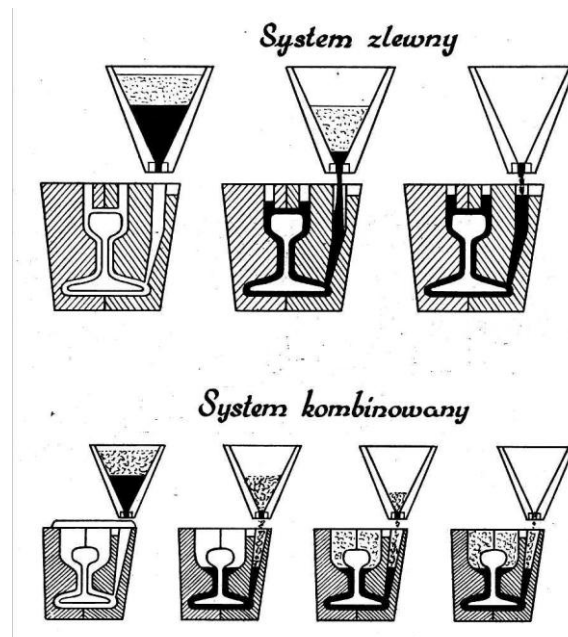
Uprozczone określenie profilu szyny ograniczało się do podania pięciu parametrów w tym waga 1 mb szyny i czterech podstawowych wymiarów.

Stosowano wtedy „dwa zasadnicze sposoby spawania szyn ferromitem: zlewny i kombinowany.”

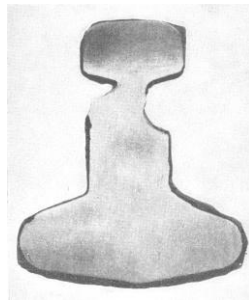
„...1. Sposób z l e w n y polega na stopieniu obu płaszczyzn czołowych dwóch spawanych szyn z wypływającym z tygla żelazem. Operacja przebiega w ten sposób, iż na ujęte w formie końce dwóch szyn ... z luzem min. 10mm, wlewa się żelazo ferromitowe z tygla. Przez dwa równoległe boczne kanały formy splywa żelazo pod stopy szyn, wypełnia prześwit między płaszczyznami czołowymi, dochodząc aż ponad główki. Żużel wylewa się na zewnątrz przez szybkie odsunięcie tygla. Jednocześnie na długości szyn, wynoszącej od 15 – 40 mm od płaszczyzn czołowych, powstaje wieniec oblewny spojony z ciałem obu szyn. Obróbka powierzchni bocznych oraz powierzchni tocznej szyny następuje zaraz po zdjęciu formy.

2. Sposób k o m b i n o w a n y polega na stopieniu stopek i szyjek szyn, z tworzącym jednocześnie wieniec oblewny żelazem ferromitowym, splywającym do formy otaczającej końce szyn. Oddalone od siebie o 2 – 5 mm płaszczyzny czołowe stopek szyn i szyjek – zostają oblane wieniec. Jednocześnie między główkami szyn a umieszczoną między nimi wkładką żelazną, następuje spojenie zaciskowe. Spojenia tego dokonuje się za pomocą aparatu zaciskowego w 2–3

minuty po rozżarzeniu główki szyny do białości i zmiękczeniu jej przez otaczający ją żużel ferromitowy. Po zdjęciu formy już na zimno następuje obróbka powierzchni tocznej oraz jednej powierzchni bocznej szyny (od strony wewnętrznej)” [1]



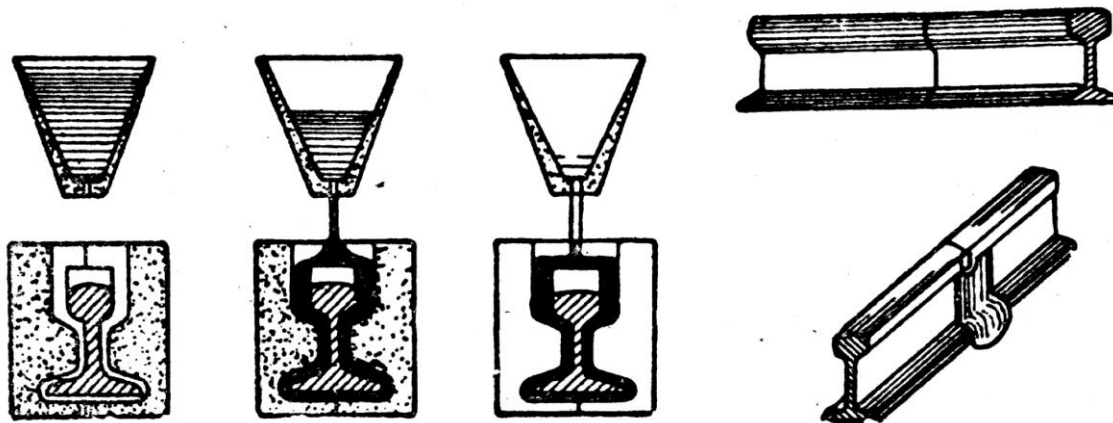
Rys. 13. Schemat stosowanych systemów spawania wg [1]



Rys. 14. Przekrój poprzeczny wg [1]

Metoda sposobem kombinowanym zawierała w sobie elementy spawania i zgrzewania termitowego jednocześnie.

W pierwszych latach po II wojnie światowej w ZSRR wynaleziono inny sposób termitowego spawania szyn pod nazwą „jedyny”. [1]



Rys. 15. Sposób „jedyny” – mostek ściśle przylega do główki szyny [1]

„ Według tego sposobu szyny układa się bez odstępu między płaszczyznami czołowymi, których nie hebluje się, nie dociska się aparatem zaciskowymi nie stosuje się wkładek między płaszczyznami czołowymi główek szyn. Dzięki zastosowaniu specjalnego siodełka [mostka] z gliny metal termitowy nie dostaje się na powierzchnię toczną główek szyn. ”

„Proces glino-termicznego spawania szyn sposobem »jedynym« polega na następujących czynnościach: na końcu dwóch szyn ustawionych odpowiednio do spawania nakłada się dwie połówki formy żelaznej z dobrze wysuszonym wylepem glinianym. Wszystkie odstępy i szczeliny w formach zasmarowuje się gliną. ... Płomień palnika skierowuje się na stopki szyn na styku ogrzewając je do temperatury czerwonego żaru, tj. do 600-700°.” [1]

Po reakcji termitowej i spuszczeniu stopiwa do formy „ ... po kilku minutach zbija się formy ze styków i za pomocą paru uderzeń młota po meslu, ścinamy metal z roboczej strony główek szyn; styk zesparowany w ten sposób nie wymaga oczyszczenia roboczej powierzchni główki, ponieważ metal na nią się nie dostaje. Styki spawane sposobem »jedynym« przy statycznym obciążeniu na złamanie, wytrzymują 45-65 ton. ” [1]

Wytrzymałość ta jest zbliżona do dolnych granic obecnie wymaganej wytrzymałości złącza spawanego termitowo z szyn S49 odwalcowanych ze stali St72P, przy próbie statycznego zginania – 640 kN.

Stopka, oraz szyjka i główka do wysokości powierzchni tocznej były ze sobą połączone poprzez wtopiony w szynę, gruby nadlew. Na górnej powierzchni główki, szyny nie były pospawane, co nie miało wpływu na wytrzymałość podczas próby statycznego zginania, a gruby, wtopiony nadlew spełniał rolę sztywnego połączenia zapobiegającego przesuwaniu się szyn względem siebie podczas jazdy taboru i naprężeń termicznych.

Metoda ta wydaje się najbliższa metodom obecnie stosowanym. Wystarczy tylko ustalić określony luz spawalniczy, ponieść mostek ponad powierzchnię toczną główek szyn i podgrzewać całe powierzchnie czołowe łączonych szyn.

Z powyższych opisów poszczególnych metod spawania wynika, że istniała dość duża dowolność w przestrzeganiu procesu technologicznego przy wykonywaniu spoin termitowych.

Nie były określone tolerancje dotyczące luzu spawalniczego – sposób „zlewny” – min. 10 mm, temperatura podgrzewania – 600-700° przy sposobie „jedynym” oraz pewna dowolność w kształtowaniu nadlewu – „wylep gliniany” znajdujący się w żelaznej połówce formy. Nie określano temperatury otoczenia ani szyn podczas spawania oraz wielkości wzniosu końców spawanych szyn.

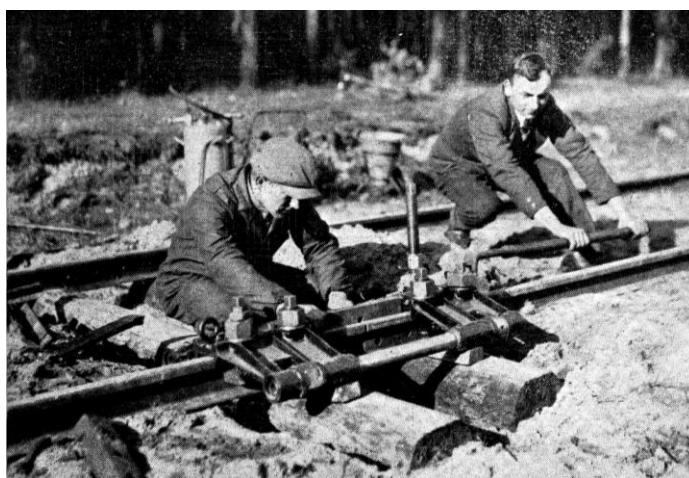
Sposób „kombinowany” był w Polsce przedwojennej najczęściej stosowany. Wymagał on szczególnej precyzji przy wykonywaniu niektórych czynności.

„Spawanie szyn ferromitem pozornie bardzo proste, wymaga jednak umiejętności wykonania i praktyki, aby jakość styku odpowiadała stawianym wymaganiom. Czynnikiem wpływającym ponadto na dobroć styku – jest w pierwszym rzędzie ferromit, a następnie aparatura spawalnicza.

Należy zaznaczyć, że spawanie ferromitem udaje się niezawodnie pod warunkiem dokładnego wykonania ... każdy normalnie uzdolniony, ale bardzo sumienny pracownik może je łatwo opanować” [1]

W związku z powyższym przytoczę jeszcze kilka opisanych w literaturze czynności dotyczących procesu „kombinowanego” spawania.

„Po należyтым wyregulowaniu płaszczyzn czołowych oraz odchyleń pionowych i poziomych szyn, zakłada się aparat zaciskowy, który ... ułatwia rozpoczęcie strugania płaszczyzn czołowych główek, odległych od siebie o ca 10 mm. Struganie to ... ma za zadanie oczyszczenie płaszczyzn czołowych główek szyn, między które zostaje założona blacha wkładkowa.”



Rys. 16. Sprawdzanie ustawienia szyn po założeniu aparatu zaciskowego[1]

„Po oczyszczeniu specjalną szczoteczką pluszową ([lub] poduszką aksamitną) ostruganych i nieskazitelnie czystych płaszczyzn wkłada się między nie wkładkę z miękkiego żelaza, odpowiadającą przekrojem głowce i górnej części szyjki szyny. Powierzchnie wkładki ... opiłować pilnikiem aby były zupełnie czyste. Nie wolno dotykać palcami oczyszczonych powierzchni wkładki. Wkładkę należy zakładać trzymając jak kliszę fotograficzną. Grubość wkładek waha się od 4 do 6 mm i jest tak oprofilowana, aby wystawała poza obrys główki na 2 do 3 mm, po czym zaciska się ją aparatem zaciskowym.”



Rys. 17. Heblowanie powierzchni czołowych główek przed spawaniem [1]

„Szyny w styku i nałożoną na nie formę ogrzewa się do temperatury od 850 do 900° (tj. do temperatury jasnoczerwonego żaru) palnikiem benzynowym, zwracając szczególną uwagę na należyte nagrzanie stopek szyn”

„Po odbiciu żużla, gdy styk jest już ciemny, obcina się przecinakiem kowalskim wystające brzegi wkładki żelaznej i, w miarę potrzeby, nadmiar leizny ferromitu, tzw. »brodę«, po czym sprawdza się dwumetrowym liniałem stalowym, czy spojone szyny nie są na styku wgłębione, wygórowane lub wyboczone.”



Rys. 18. Sprawdzanie liniałem 2-metrowym prostoliniowości po zdjęciu aparatu zaciskowego, przed usunięciem formy (możliwość prostowania na gorąco) [1]

„ Na styk jeszcze gorący, ale już ciemny nakłada się i zaciska formę piaskową ogrzewniczą, po czym szyny w styku ogrzewa się powtórnie w ciągu około 25 minut do temperatury $\pm 850^{\circ}$ palnikiem benzynowym.”

„Po odgrzaniu szyn w styku wystudza się je, pozostawiając formę na miejscu. Po wystudzeniu szyn formę zdejmuje się i powierzchnie toczne szyn w styku opiłowuje się ... do zupełnej równości i gładkości” [1]



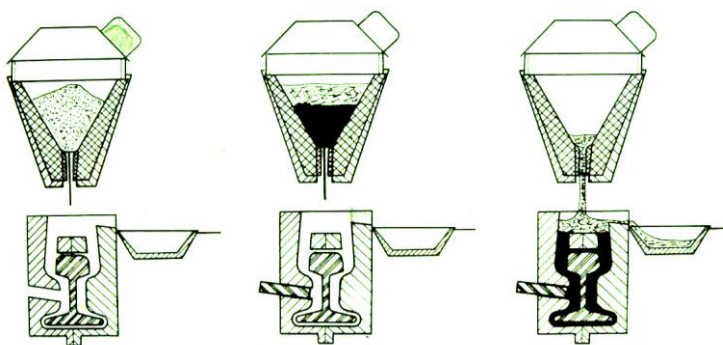
Rys. 19. [1] Heblowanie powierzchni tocznej złącza

Opisane niektóre punkty procesu spawania (np. normalizacja) świadczą o ważnych i istotnych czynnościach często trudnych do wykonania zgodnie z wymaganiami reżimu technologicznego, a jednak mających zasadnicze znaczenie i wpływ na jakość złączy spawanych termitem.

Pewne jest jednak to, że im mniej tego typu „precyzyjnych” czynności do wykonania (nie zawsze w komfortowych warunkach – pogoda, ruch pociągów itp.) tym pewniejsze wykonanie i lepsza jakość spoiny.

Rozwój i pewne uproszczenia procesu technologicznego termitowego spawania szyn powodują, że wykonanie spoin staje się coraz szybszym, łatwiejszym i bardziej niezawodnym sposobem trwałego łączenia szyn.

Pierwszą metodą stosowaną w powojennej Polsce, opartą na bazie importowanych z NRD materiałów i technologii, była metoda z nadlewem termitowego spawania szyn z bocznym, wstępnym podgrzewaniem końców szyn, luzem 12mm. (S49) i 14mm. (UIC60), przy użyciu form tzw. mokrych.



Rys. 20. Schemat spawania z bocznym, wstępnym podgrzewaniem

Metoda ta wymagała od spawacza niezwykłych umiejętności manualnych. Spawacz - formierz musiał wykonać formy spawalnicze, zgodnie z 12-sto punktowym opisem czynności zawartym w instrukcji /TM/, które musiał chronić przed wyschnięciem, zawilgoceniem, mrozem i uszkodzeniem. [5]

W okresie stosowania tej metody, występowało wiele wad w spoinach wynikających z różnych przyczyn. Jedną z nich była zbyt duża ilość czynności, które musiał bezbłędnie wykonać spawacz polegając wyłącznie na własnym doświadczeniu, wiedzy, zdolnościach manualnych i prawidłowej ocenie przebiegu poszczególnych etapów procesu spawalniczego jak np. ocena odpowiedniego nagrzania łączonych szyn, czy ocena momentu dokonania (ręcznego) spustu stopiwa z tygla.



Rys. 21. Moment podbijania zatycki znajdującej się w tulejce spustowej

Stosowana wówczas mieszanka termitowa była również daleka od doskonałości. Początkowo pakowana była w płóciennych workach nie zapewniających hermetycznej szczelności, co mogło powodować zawilgocenie mieszanki i utlenianie się niektórych jej składników. W worku tym znajdowały się, oprócz mieszanki termitowej, w osobnym opakowaniu dodatki stalotwórcze ponadto kapturek na zatyckę otworu do podgrzewania końców szyn oraz, w następnym opakowaniu, zamknięcie tygla składające się z proszku magnezytowego, krążka azbestowego i zatycki tulejki spustowej.



Fot. 1.
Porcja mieszanki AT
prod. NRD, wewnątrz
której znajduje się:
a. zamknięcie tygla /pro-
szek magnezytowy, krą-
żek azbestu i zatycka/
b. dodatki stalotwórcze,
c. kapturek do zatycki
zamykającej.

Rys. 22. Porcja termitowa [6]

Przy dokonywaniu zamknięcia otworu spustowego tygla należało włożyć zatyckę stalową w otwór tulejki, przykryć główkę zatycki połową grubości krążka azbestowego, a drugą połowę krążka rozkruszyć suchymi rękami i rozłożyć równomiernie na główce zatycki, następnie przysypać to proszkiem magnezytowym (pozostawiając niewielką jego ilość do uzbrojenia zatycki otworu na palnik) oraz lekko ubić przy pomocy drewnianego drążka. [6]

Zważywszy dopuszczenie do wykonywania spoin termitowych w temperaturze do -8°C , mając do czynienia z wilgotną masą uszczelniającą, wykonywanie wyżej opisanych, precyzyjnych czynności graniczyło z ludzkimi możliwościami manualnymi spawacza.

Pozostałe czynności również wymagały ciągłego skupienia uwagi spawacza i precyzji wykonania.

Drobne na pozór błędy mogły spowodować samospust stopiwa, ucieczkę płynnego metalu z formy, brak wtopienia, pęcherze, zażuzlenie, nadmierne nadlewy, podcięcia pow. tocznej przy ręcznej wówczas obróbce zgrubnej.



Rys. 23. Ręczne obcinanie nadlewu z powierzchni tocznej złącza spawanego

Wstępne podgrzewanie szyn palnikiem z boku przez otwór w jednej z połówek formy wymagało przygotowania zatyczki z kapturkiem i naturalnie prawidłowej oceny podgrzania końców szyn. Moment spustu również musiał ocenić spawacz i w odpowiedniej chwili wbić do środka tygła zatyczkę, udrażniając tulejkę spustową.



Rys. 24. Spawanie metodą z bocznym, wstępnym podgrzewaniem

Następnym etapem rozwoju tej technologii było zastosowanie form suchych z nadlewem, potem bez nadlewu co ułatwiało prowizoryczne zabezpieczenie poprzez złubkowanie pękniętych złączy, a ponadto zmniejszało karb geometryczny.

Zanim wprowadzono na PKP stosowanie pełnej metody z górnym, wstępnym podgrzewaniem końców łączonych szyn do temp. 1000 st. C. z luzem spawalniczym 25 mm., przejściowo stosowano tulejki samospustowe i nowe mieszanki termitowe, pozostawiając stare formy.

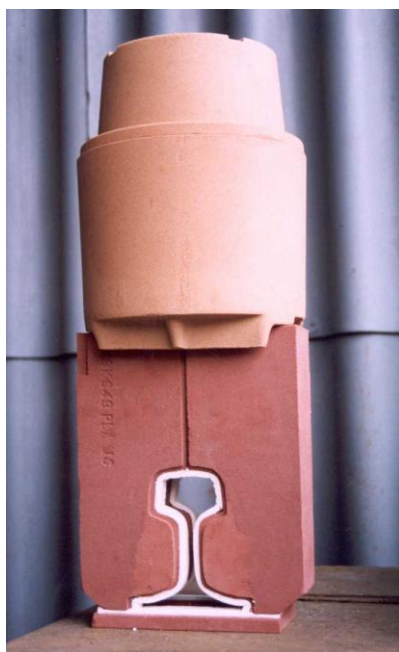
Bardzo ważną czynnością przy metodzie z wstępnym podgrzewaniem jest dokonanie przez spawacza oceny prawidłowego nagrzania końców szyn. Ciśnienie gazów i czas podgrzewania oraz inne parametry powinny zapewnić tę temperaturę, lecz ocena wzrokowa jest ostateczna i niestety subiektywna. Niedostateczne podgrzanie końców szyn powoduje brak wtopienia i w konsekwencji pęknięcie złącza.

Metoda z tzw. krótkim czasem podgrzewania pozwala na wykonanie złącza spawanego termitem, bez oceny podgrzania końców szyn. Zastosowana większa ilość mieszanki termitowej powoduje podgrzanie końców szyn i wtopienie w szynę stopiwa. Spawacz nie musi dokonywać oceny nagrzania końców szyn co jest czynnością niezwykle istotną. Metoda ta powoduje również zmniejszenie SWC (strefy wpływu ciepła). Jest stosowana jako podstawowa metoda w Niemczech, Japonii, Francji. Służy z powodzeniem do spawania szyn z perlityzowaną główką bez konieczności dokonywania obróbki cieplnej złącza.

Odmianami wyżej opisanych metod są metody tzw. naprawcze stosowane przy ostatecznym zabezpieczeniu pęknięć, przy wymianie części rozjazdowych, gdy luz spawalniczy jest powyżej standardowego, lub gdy podjęto decyzję o wycięciu wykonanego połączenia itp. Metoda ta pozwala na wykonanie spoiny termitowej z luzem do 75 mm. Do wypełnienia tak dużego luzu stosuje się odpowiednio większą porcję mieszanki termitowej.

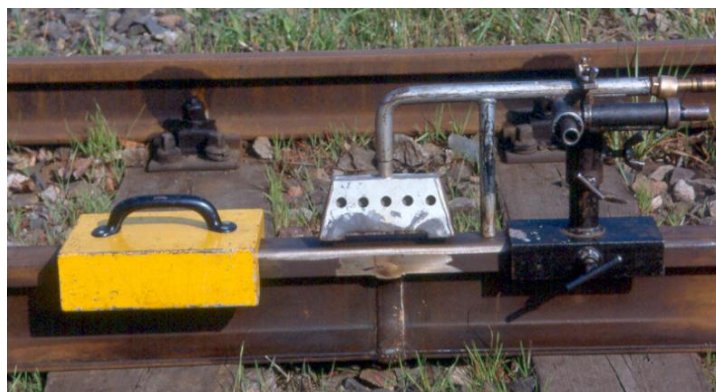
Można również spawać szyny otworowane gdyż istnieje metoda pozwalająca na zalanie stopiwem skrajnych otworów łączonych szyn dzięki odpowiedniemu kształtowi form spawalniczych.

Dalszy postęp doprowadził do stosowania jednorazowego tygla wraz z wbudowaną mieszanką termitową i tulejką samospustową, ustawianego bezpośrednio na formie.

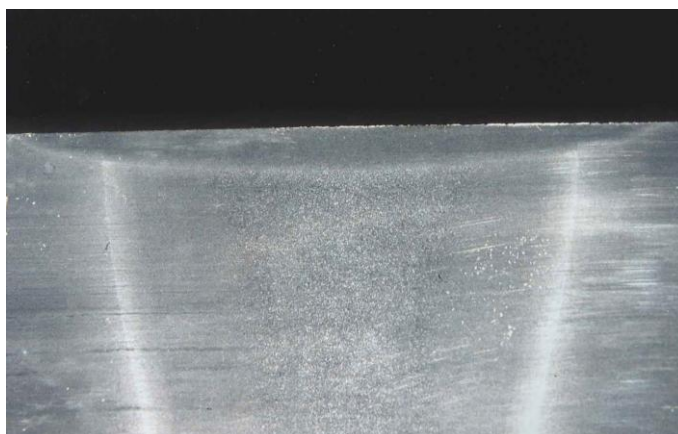


Rys. 25. Formy z samoczynnym uszczelnieniem oraz tygiel jednorazowy z wbudowaną tulejką samospustową

Są również inne metody termitowego spawania szyn obrabianych cieplnie na wskroś lub z perlityzowaną główką. Stosuje się mieszankę termitową z większą zawartością węgla i przeprowadza obróbkę cieplną powierzchni tocznej złącza. Obróbka polega na nagrzaniu zimnego złącza specjalnym palnikiem w określonym czasie przy określonym ciśnieniu gazów, a następnie kontrolowanym chłodzeniu.



Rys. 26. Oprzyrządowanie do obróbki cieplnej powierzchni toczonej szynowego złącza spawanego termitowo



Rys. 27. Przekrój podłużny przez spoinę termitową z obrabianą cieplnie powierzchnią toczną

Zasadnicze czynności które należy wykonać oraz zjawiska, które występują w procesie termitowego spawania szyn, bez względu na metodę spawania termitowego to:

1. Przygotowanie i ustawienie końców szyn do spawania – luz spawalniczy, wznios szyn, powierzchnie czołowe łączonych szyn.



Rys. 28. Docinanie luzu spawalniczego

2. Założenie i uszczelnienie, odpornej na wysokie temperatury, formy spawalniczej.



Rys.29. Dodatkowe, zgodne z technologią, uszczelnianie formy w czasie podgrzewania

3. Podgrzewanie specjalnym palnikiem końców łączonych szyn i osuszanie formy wraz z masą uszczelniającą.



Rys. 30. Widoczna po podgrzaniu główka i górna część szyjki – metoda z górnym wstępnym podgrzewaniem do 1000°C

4. Inicjacja reakcji termitowej w tyglu - po ustaniu reakcji i segregacji stopiwa od żuźla, następuje spust stopiwa do formy, wtopienie stopiwa do końców łączonych szyn i wypełnienie luzu spawalniczego.



Rys. 31. Spust stopiwa – nadmiar żuźla wlewa się do specjalnego pojemnika. Pochłaniacz gazów ustawiony na tyglu pozwala na wykonywanie spoin termitowych w tunelach.



Rys. 32. Obcinanie nadlewu przed szlifowaniem

5. Obróbka złącza – obcięcie nadlewu, usunięcie formy i masy uszczelniającej, szlifowanie złącza do odpowiedniego profilu i geometrii.



Rys. 33. Spoina termitowa po obcięciu nadlewu przed szlifowaniem



Rys 34. Obróbka mechaniczna złącza - szlifowanie



Rys. 35. Odbiór złącza – elektroniczny pomiar geometrii

W celu wprowadzenia systematyki opisany powyżej proces technologiczny można podzielić na różne sposoby.

Ze względu na wielkość luzu spawalniczego (odległość końców łączonych szyn), można wyodrębnić dwa sposoby spawania termitowego szyn:

- spawanie z luzem standardowym 25 mm
- spawanie z luzem szerokim w zakresie wielkości od 50 do 75 mm (w zależności od producenta i opracowanej technologii).

Z kolei, według sposobu z luzem 25 mm można wyszczególnić następujące metody spawania:

1. Wstępne podgrzewanie końców łączonych szyn
2. Wstępne podgrzewanie wraz z obróbką cieplną złącza - metoda stosowana przy spawaniu szyn obrabianych cieplnie
3. Krótki czas podgrzewania
4. Krótki czas podgrzewania - metoda stosowana przy spawaniu szyn obrabianych cieplnie
5. Krótki czas podgrzewania wraz z obróbką cieplną złącza - metoda stosowana przy spawaniu szyn obrabianych cieplnie
6. Spawanie szyn o różnych profilach - tzw. spoina przejściowa
7. Spawanie szyn z otworami na śruby łukowe
8. Spawanie szyn na podkładach podłączowych

Wykonywanie spoin według sposobu z szerokim luzem dotyczy zasadniczo dwóch metod:

1. Wstępne podgrzewanie końców łączonych szyn do określonej temperatury
2. Krótki czas podgrzewania

4. ZAKOŃCZENIE

Nowe technologie trwałego łączenia szyn zapewniają coraz większą niezawodność tych połączeń i pozwalają na dalsze podnoszenie standardu, komfortu i bezpieczeństwa jazdy przy jednoczesnym obniżaniu kosztów utrzymania i eksploatacji nawierzchni, co spełnia podstawowe założenia szybkiego i bezpiecznego transportu szynowego.

Wraz ze wzrostem prędkości jazdy pociągów, wzrastają wymagania jakościowe oraz bezawaryjności połączeń.

Podsumowując można stwierdzić, że rozwój technologii termitowego spawania szyn doprowadził do minimalizacji ilości sprzętu oraz udoskonalił materiały do tego stopnia, że obecnie spawacz musi ograniczyć się tylko do kilku niezbędnych czynności jak:

- przygotowanie końców szyn do spawania
- założenia formy
- podgrzania szyn (osuszenia formy)
- inicjacji reakcji termitowej
- obróbki końcowej
- odbiór złącza.

Obecnie stosowane metody termitowego spawania szyn w miarę możliwości eliminują wpływ spawacza na proces wykonania. Stosowanie tygla wraz z termitem i tulejką samospustową ustawianego bezpośrednio na formie, metoda z krótkim czasem podgrzewania dają gwarancję powtarzalności wyników i poprawę jakości wykonania.



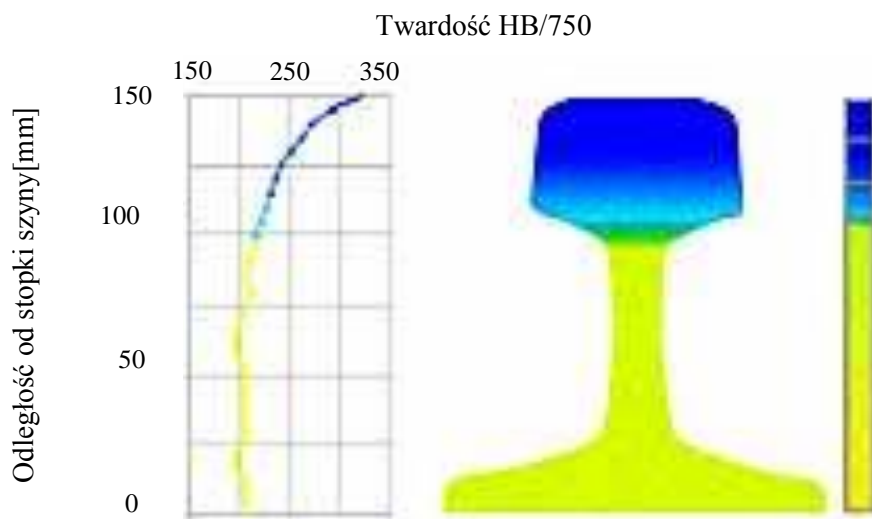
Rys. 36. Tygiel jednorazowy z mieszanką termitową ustawia się bezpośrednio na formie.
Widoczna mała ilość osprzętu

Stosowanie różnych gatunków stali oraz obróbki cieplnej do produkcji szyn spowodowało, że opracowano metodę pozwalającą na spawanie termitowe każdego gatunku stali szynowej przy użyciu zawsze takiej samej mieszanki termitowej dającej stal o niskiej zawartości składników stopowych ale o lepszej plastyczności.

Stal ta w momencie spustu wypełnia stopkę i szyjkę szyny oraz częściowo główkę w dolnej części, po czym podchodząc do góry stapia dodatki stopowe znajdujące się w dolnej części mostka, które pozostają w górnej części główki szyny, tworząc spoinę o właściwościach stali szynowej.

Spawacz będzie miał do dyspozycji różne gatunki mostków, których użycie będzie uwarunkowane spawaniem szyn ze stali o określonym składzie chemicznym i parametrach.

Ostatecznie zatem uzyskamy spoinę, w której stopka i szyjka będą ciągliwe, a główka będzie wykazywać wyższą odporność na ścieranie.



Rys.37. Przebieg twardości w przekroju szyny [3]

Spoinę dwuskładnikową można porównać z szyną o hartowanej główce, jako, że w obu przypadkach składniki o wysokiej wytrzymałości są skoncentrowane w główce szyny. Przewaga spoiny dwuskładnikowej polega na tym, że rezultat ten uzyskuje się automatycznie, bez stosowania dodatkowego nakładu pracy [3].

W przyszłości technologie spawania termitowego charakteryzować się będą zwiększoną ciągliwością i odpornością na ścieranie.

Nowy skład stali termitowej ze zmniejszoną zawartością węgla i manganu, i podwyższoną zawartością krzemu i chromu daje efekt w postaci struktury bainitycznej, co łączy się z wysoką ciągliwością i zwiększoną odpornością na ścieranie. [4]

LITERATURA

1. Inż. T. BŁESZYŃSKI: „Spawanie szyn ferromitem”. Wydawnictwo Chemiczne C.Z.P.CH. Warszawa 1950.
2. Roman WIELGOSZ, Andrzej ZAJĄC: „Złącza szyn zgrzewane elektrycznie i spawane termitowo”. I Ogólnopolska Konferencja Naukowo-Techniczna – „Spawalnictwo Dróg Szynowych i Sposoby Diagnostowania”. Częstochowa/Kule 2001.
3. Renata MARZEC: „Badanie termitowych złączy szyn kolejowych według norm europejskich”. Praca dyplomowa magisterska. Politechnika Krakowska Instytut Materiałoznawstwa i Technologii Metali. Kraków 2003.
4. Frank KUSTER: „Nowe technologie spawania termitowego szyn i rozjazdów”. Przegląd Kolejowy. Wrzesień 1998
5. Ministerstwo Komunikacji, Centralny Zarząd Utrzymania Kolei, COBiRTK: *Instrukcja spawania termitowego szyn przy użyciu form mokrych /T-M/*, Warszawa 1973.
6. Ministerstwo Komunikacji, Centralny Zarząd Utrzymania Kolei, COBiRTK: *Instrukcja spawania termitowego szyn przy użyciu form suchych /T-S/*, Warszawa 1973