

SPAWANIE ZŁĄCZY DOCZOŁOWYCH RUR DWUWARSTWOWYCH Z GATUNKU 3R12/4L7 Z WYKORZYSTANIEM TECHNOLOGII LASEROWYCH

Michał Urbańczyk¹, Radosław Ciokan², Santina Topolska³, Janusz Adamiec⁴

¹ Sieć Badawcza Łukasiewicz – Instytut Spawalnictwa

² Politechnika Śląska, Wspólna Szkoła Doktorska

³ Politechnika Śląska, Wydział Mechaniczny Technologiczny, Katedra Spawalnictwa

⁴ Politechnika Śląska, Wydział Inżynierii Materiałowej, Katedra Metalurgii i Recyklingu

Wprowadzenie

Wzrost zapotrzebowania na energię elektryczną, podnoszenie sprawności spalarni śmieci oraz dyrektywy Unii Europejskiej, m.in. 2014/68/UE powodują konieczność modernizacji europejskiego przemysłu, a zwłaszcza energetyki. W tym celu przedsiębiorstwa energetyczne zmuszone są do podejmowania działań w zakresie projektowania, wytwarzania i eksploatacji urządzeń energetycznych. Obecnie najbardziej rozpowszechnionym w energetyce procesem zwiększającym trwałość elementów kotłów jest napawanie ich stopami na bazie niklu.

Innym rozwiązaniem pozwalającym chronić elementy kotłów przed agresywnym oddziaływaniem produktów spalania jest stosowanie rur dwuwarstwowych, nazywanych kompozytowymi (z ang. composite tube). Rura dwuwarstwowa jest stosowana tam, gdzie warunki na zewnątrz i wewnątrz rury wymagają różnych właściwości materiału, których nie może spełnić tylko jeden materiał. Rura taka składa się z dwóch różnych stopów połączonych metalurgicznie w celu uzyskania dobrych właściwości przenoszenia ciepła. Jeden stop jest używany do wytrzymałości korozji, podczas gdy drugi często jest materiałem o podwyższonej odporności na pełzanie.

Celem pracy było opracowanie technologii spawania złączy doczołowych rur dwuwarstwowych z gatunku 3R12/4L7 z zastosowaniem technologii laserowych.

Próby spawania laserowego i napawania hybrydowego (laser + MAG) przeprowadzono w Łukasiewicz – Instytucie Spawalnictwa.

Materiał do badań

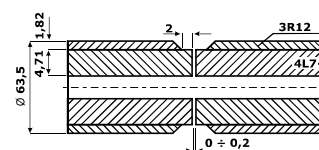
Do badań wykorzystano rurę dwuwarstwową firmy Sandvik z gatunku 3R12/4L7 o wymiarach $\varnothing 63,5 \times 6,53$ mm i długości 140 mm. Skład chemiczny materiału podstawowego zestawiono w tabeli 1. Jako spoiwo do łączenia warstwy zewnętrznej rury 3R12 (AISI 304L) wykorzystano drut spawalniczy gatunku Lincoln MIG-308LSi (PN-EN ISO 14343:G 19 9 LSi) o średnicy 1,2 mm. Jako gaz osłonowy w metodzie MAG została wykorzystana mieszanka gazowa M12 97,5% Ar, 2,5% CO₂, (PN-EN ISO 14175 – M12 – Arc-2,5).

Skład chemiczny, [%]								
Gatunek stali (atest)	Warstwa wewnętrzna							
	C	Si	Mn	Cr	Ni	Mo	Cu	Ti
4L7 (P265GH)	0,18	0,30	0,69	0,14	0,25	0,04	0,030	0,005
Gatunek stali (atest)	Warstwa zewnętrzna							
	Cr	Ni	Si	Mn	Mo	Cu	C	Ti
3R12 (AISI 304L)	18,22	10,04	0,36	1,11	0,24	0,26	0,008	0,004

Tabela 1. Skład chemiczny rury dwuwarstwowej 3R12/4L7

Przygotowanie próbek do procesu spawania

Przygotowanie krawędzi do spawania laserowego polegało na mechanicznym usunięciu warstwy zewnętrznej materiału (3R12) aby można było wykonać połączenie warstwy wewnętrznej (4L7). Kształt oraz wymiary geometryczne złącza pokazano na rysunku 1.



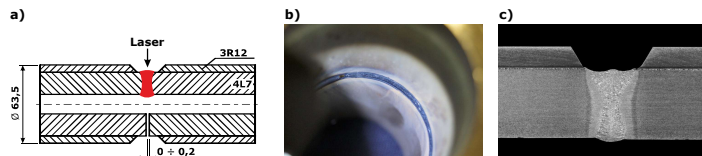
Rys. 1. Sposób przygotowania złącza

Proces spawania był prowadzony w dwóch etapach. W pierwszym warstwa wewnętrzna rury (4L7) była spawana laserem, gdzie uzyskano spoinę czółową z pełnym przetopem (rys. 2a). Drugim etapem było napawanie hybrydowe ściegami zakosowymi (laser + MAG) warstwy zewnętrznej z wykorzystaniem materiału dodatkowego w postaci drutu (rys. 3a).

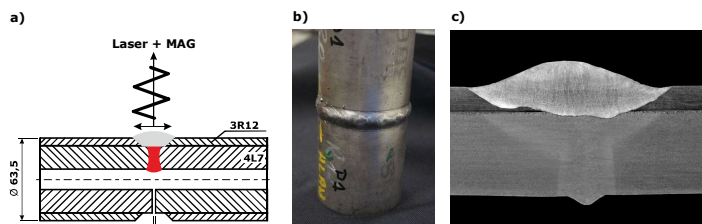
Wyniki badań i dyskusja

Przeprowadzone badania wizualne wykazały, że złącze warstwy wewnętrznej rury 3R12/4L7 charakteryzowało się równomiernym gładkim licem bez rozprysków i prawidłowo uformowana granią na całym obwodzie (rys. 2b, c). Zgodnie z wymaganiami normy PN-EN ISO 13919-1 uzyskane złącza spełniają poziom jakości B.

Napoina warstwy zewnętrznej wykonana hybrydowo ściegami zakosowymi, charakteryzowała się równomiernym gładkim licem (rys. 3b, c). Zgodnie z wymaganiami normy PN-EN ISO 12932 uzyskane złącza spełniają wymagania poziomu jakości B.

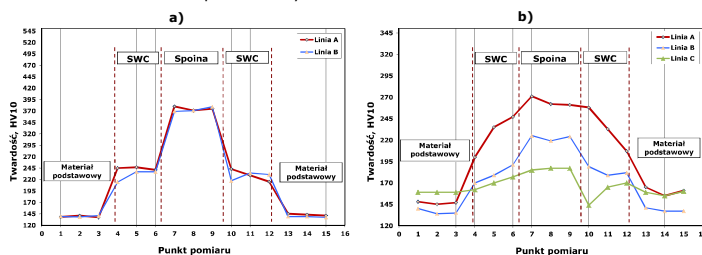


Rys. 2. Spawanie laserowe warstwy wewnętrznej (4L7); a) schemat, b) widok od strony grani, c) makrostruktura



Rys. 3. Napawanie hybrydowe warstwy zewnętrznej (3R12); a) schemat, b) widok od strony lica, c) makrostruktura

Analiza rozkładu twardości wykazała, że po procesie spawania warstwy wewnętrznej (P265GH) samym laserem obserwowano wzrost twardości w spoinie do 380 HV10 (rys. 4a). Zastosowanie procesu napawania hybrydowego spowodowało spadek twardości w obszarze spoiny do 271 HV10 (rys. 4b). Najmniejszą twardość wynoszącą ok. 144 HV10 stwierdzono w materiale podstawowym.



Rys. 4. Rozkład twardości na przekroju złącza rury 3R12/4L7;

a) po spawaniu laserowym warstwy wewnętrznej, b) po napawaniu hybrydowym warstwy zewnętrznej

Wnioski

Na podstawie przeprowadzonych badań sformułowano następujące wnioski:

- zastosowanie technologii laserowych do łączenia doczołowego rur dwuwarstwowych jest innowacyjnym rozwiązaniem pozwalającym na zwiększenie wydajności oraz zmniejszenie kosztów produkcji,
- zastosowanie technologii spawania laserowego do łączenia warstwy wewnętrznej pozwala na skrócenie czasu przygotowania elementów do spawania (ze względu na brak ukosowania) oraz czasu spawania (zredukowanie spawania wielościęgowego do jednego ściegu). Uzyskane złącza spełniają wymagania poziomu jakości B wg normy PN-EN ISO 13919-1,
- zastosowanie procesu napawania hybrydowego laser + MAG do warstwy zewnętrznej rury 3R12 (AISI 304L) o grubości 1,82 mm pozwoliło na uzyskanie napoiny o odpowiednim kształcie lica spełniające wymagania poziomu jakości B wg normy PN-EN ISO 12932,
- przeprowadzone badania rozkładu twardości wykazały, że proces napawania hybrydowego warstwy zewnętrznej rur 3R12/4L7 spowodował obniżenie twardości w złączu 271 HV10 (po spawaniu laserowym 380 HV10).



Kontakt:

dr inż. Michał Urbańczyk
Łukasiewicz - Instytut Spawalnictwa
ul. Bł. Czesława 16-18
44-100 Gliwice
tel.: +48 32 33 58 250
www.is.lukasiewicz.gov.pl
michal.urbanczyk@is.lukasiewicz.gov.pl

63. MIĘDZYNARODOWA
KONFERENCJA
SPAWALNICZA

18-20 PAŹDZIERNIKA 2022 r. | KATOWICE

