

PRZYCZYNY AWARII RUROCIĄGU WODY LODOWEJ WYKONANEGO ZE STALI W GATUNKU X2CRNI18-9 (1.4307)

Robert Jachym, Piotr Gotkowski, Jarosław Gazdowicz
Łukasiewicz – Górnośląski Instytut Technologiczny

STRESZCZENIE

Przedmiotem badań było połączenie spawane fragmentu rurociągu stalowego wody lodowej o grubości ścianki 2,0 mm, wykonanego ze stali odpornej na korozję w gatunku X2CrNi18-9 (numer stali 1.4307). Przeprowadzone badania obejmowały analizę składu chemicznego, badania właściwości mechanicznych, badania metalograficzne, badania z wykorzystaniem mikroskopii skaningowej oraz ocenę technologii spawania. Wykonane badania wykazały, że przyczyną występowania nieszczelności w badanym złącze spawanym jest zjawisko korozji wżerowej ze śladami korozji podosadowej. Dodatkowo, przeprowadzona ocena technologii spawania badanego złącza wykazała, że w przypadku badanego złącza spawanego nie zachowano wymaganej staranności przy jego wykonaniu, zarówno na etapie przygotowania złącza do spawania, spawania, jak i po spawaniu.

PRZEDMIOT I CEL BADAŃ

Przedmiotem badań było połączenie spawane fragmentu rurociągu stalowego wody lodowej o grubości ścianki 2,0 mm wykonanego ze stali odpornej na korozję w gatunku X2CrNi18-9 (numer stali 1.4307). Celem przeprowadzonych badań było określenie przyczyn występowania nieszczelności w rurociągu wody lodowej (rys. 1).



Rys. 1. Fragment rurociągu wody lodowej

BADANIA WIZUALNE FRAGMENTU RUROCIĄGU



Rys. 2. Powierzchnia wewnętrzna rurociągu z widocznymi rdzawymi osadami i wykwitami

W ramach prowadzonych badań wykonano badania wizualne wnętrza dostarczonego fragmentu rurociągu. Badanie to ujawniło liczne rdzawe osady oraz wykwit (rys. 2) w miejscach odpowiadających zaobserwowanym przeciekom, których lokalizację zaznaczono od strony zewnętrznej rury (rys. 1).

ANALIZA SKŁADU CHEMICZNEGO FRAGMENTU RUROCIĄGU

Analizie składu chemicznego poddano 2 fragmenty pobrane z obu stron złącza spawanego rury po uprzednim oczyszczeniu jego powierzchni. Próbkę oznaczono literami A i B. Wyniki analizy chemicznej przedstawiono w tabelicy 2, w której zamieszczono skład chemiczny stali X2CrNi18-9 wg wymagań normy PN-EN 10028-7:2009.

Pierwiastek	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni
Próbka A	0,023	0,373	1,70	0,032	0,005	18,15	8,82
Próbka B	0,027	0,354	1,73	0,031	0,006	18,47	8,10
Wymagane dla X2CrNi18-9*	≤0,030	≤1,00	≤2,00	≤0,045	≤0,015	17,5 ÷ 19,5	8,00 ÷ 10,50

* skład chemiczny stali X2CrNi18-9 wg wymagań normy PN-EN 10028-7:2009

Tabela 1. Wyniki analizy składu chemicznego próbek pobranych z rurociągu (% wag.)

BADANIA WŁAŚCIWOŚCI MECHANICZNYCH

Próbę statycznego rozciągania złącza spawanego rury przeprowadzono zgodnie z normą PN-EN ISO 4136:2013-05.

Próbka	R _m , MPa
R1	630
Wymagania wg PN-EN 10028-7:2009 [4] dla stali X2CrNi18-9	520 ÷ 700

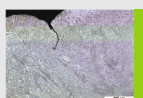
Tabela 2. Wyniki próby statycznego rozciągania

BADANIA METALOGRAFICZNE MAKRO- I MIKROSKOPOWE

Przeprowadzone badania metalograficzne makro i mikroskopowe ujawniły występowanie w obszarze badanym pustek (rys. 3) oraz nieciągłości (rys. 4). Przeprowadzona ocena poziomu jakości złącza spawanego zakwalifikowała je do poziomu NSD wg PN-EN ISO 5817:2014-05.



Trawienie: Adler
Przesunięcie llniowe (507) - poziom jakości NSD
Rys. 3. Makrostruktura złącza spawanego

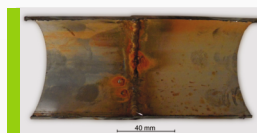


Traw. elektrolityczne | pow. 200x
Mikrostruktura: austenit, widoczna nieciągłość
Rys. 4. Mikrostruktura spoiny od strony grani złącza spawanego

KONTAKT

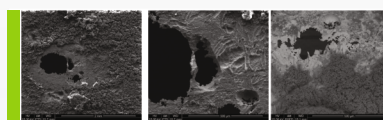
mgr inż. Piotr Gotkowski
Łukasiewicz – Górnośląski Instytut Technologiczny, Centrum Spawalnictwa
Grupa Badawcza Spawalność i Konstrukcje Spawane
tel.: +48 32 33 58 203 | piotr.gotkowski@git.lukasiewicz.gov.pl

BADANIA FRAGMENTU RUROCIĄGU ZA POMOCĄ SKANINGOWEGO MIKROSKOPU ELEKTRONOWEGO



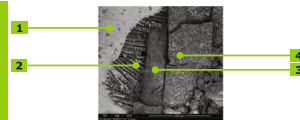
Rys. 5. Wycinek rury przeznaczony do badań na mikroskopie skaningowym

Materiałem do badań był wycinek rury zawierający perforację, przedstawiony na rysunku 5. Badania osadów na powierzchni wewnętrznej rury oraz na przekroju poprzecznym przeprowadzono za pomocą skaningowego mikroskopu elektronowego wyposażonego w detektor EDS do analizy składu chemicznego w mikroobszarach.



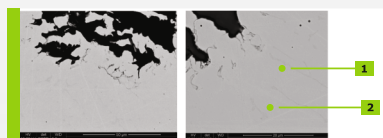
Pierwiastki	% mas
O	31,7
Na	1,5
Mg	0,3
Al	1,1
Si	0,8
S	0,9
Cl	0,1
K	0,2
Ca	1,4
Cr	24,0
Mn	0,2
Fe	37,4
Ni	0,6

Rys. 6. Wyniki identyfikacji składu chemicznego osadów na powierzchni wewnętrznej rury wokół perforacji, % mas (perforacja poza połączeniem spawanym)



Pierwiastki	1	2	3	4
O	9,5	-	56,3	41,8
Na	-	0,5	-	-
Mg	-	0,2	-	-
Al	0,2	0,1	0,6	1,3
Si	0,2	0,9	13,6	13,7
P	-	0,4	0,2	-
S	-	-	0,3	-
Mo	1,0	1,9	-	-
K	0,1	-	-	-
Ca	0,2	0,6	2,6	0,9
Cr	11,4	25,6	21,6	31,3
Mn	0,6	1,2	2,6	9,9
Fe	66,7	65,8	1,0	1,0
Ni	9,9	3,0	-	-
Cu	0,3	-	-	-
Zn	-	-	1,2	0,2

Rys. 7. Wyniki identyfikacji składu chemicznego osadów w rejonie perforacji w obszarze spoiny, % mas



Rys. 8. Zgląd wzdłużny w obszarze pęknięcia przy spoinie w SWC

Element	1	2
Si	1,1	1,1
Mo	2,2	1,1
S	0,1	0,2
Cr	24,4	18,5
Mn	0,8	1,3
Fe	68,0	68,9
Ni	3,3	8,9

Przeprowadzone badania wykazały obecność na powierzchni osadów zawierających miedź i cynk, co może sprzyjać rozwojowi korozji podosadowej. Stwierdzono również występowanie wtrąceń niemetalicznych w strukturze rury oraz obecność ferrytu delta o zróżnicowanej zawartości chromu, molibdenu i niklu.

OCENA TECHNOLOGII SPAWANIA ZŁĄCZA DOCZOŁOWEJ RUR ZE STALI X2CRNI18-9

Przeprowadzone badania wizualne i metalograficzne złącza spawanego rury ze stali X2CrNi18-9 wykazały, że nie przestrzegano w tym przypadku ogólnych zasad spawania łukowego stali o strukturze austenitycznej, zawartych np. w PN-EN 1011-3:2002 pt.: „Spawanie – wytyczne dotyczące spawania metali – Część 3: Spawanie łukowe stali nierdzewnych”.

Badania wykazały, że złącze do spawania przygotowano niestarannie, zastosowano niewłaściwą osłonę grani spoiny w trakcie spawania. Spoina od strony grani jest utleniona i utraciła swoje własności antykorozyjne. Badania wizualne wykazały ponadto, że ilość ciepła wprowadzona do złącza była zbyt duża.

Badania wizualne i badania metalograficzne makroskopowe wykazały, że w złączu występuje pęknięcie krawędzi, co mogło spowodować lokalny brak przetopu. Niezgodność ta, w połączeniu z brakiem osłony grani podczas spawania mogła również przyczynić się do przyspieszonego zużycia korozyjnego połączenia spawanego.

PRZYCZYNY AWARII

Na podstawie przeprowadzonych badań stwierdzono, że przyczyną występowania nieszczelności w badanym złącze spawanym jest zjawisko korozji wżerowej ze śladami korozji podosadowej. Korozja wżerowa związana jest z powstaniem lokalnej nieciągłości warstwy pasywnej, które umożliwiają powstanie wżeru korozyjnego. Jej źródłem mogą być: wady struktury, wtrącenie niemetaliczne, uszkodzenie powierzchni lub lokalne chemiczne przerwanie warstwy pasywnej. Stal nierdzewna w obszarze połączenia spawanego jest bardziej wrażliwa na korozję materiału, a niewłaściwe lub niestaranne wykonanie połączeń spawanych może szybko doprowadzić do korozji w miejscu łączenia. Przedstawione wyniki badań wykazały, iż w przypadku badanego złącza spawanego nie zachowano wymaganej staranności przy jego wykonaniu. Niezapewnienie odpowiedniej ochrony gazowej od strony grani oraz nieusunięcie warstwy tlenków spowodowało uszkodzenie warstwy pasywnej. Ponadto wpływ na czas inkubacji korozji wżerowej ma stężenie jonów Cl. Obecność chlorków w przepływającej wodzie (80 mg/l) potwierdziła przeprowadzona przez Zleniodawcę analiza składu chemicznego. Im wyższe stężenie jonów Cl i wyższy potencjał krytyczny zarodkowania wżerów, tym okres inkubacji jest krótszy. W badanym złącze stwierdzono również występowanie niezgodności spawalniczych, od strony grani spoiny, ich obecność również tworzy sprzyjające warunki do rozwoju korozji. Dodatkowo wykazano występowanie w strukturze ferrytu delta w pasmach odkształcenia o zróżnicowanej zawartości chromu, molibdenu i niklu oraz wtrąceń niemetalicznych, które mogą mieć wpływ na przebieg zjawiska korozji.



Łukasiewicz
Górnośląski
Instytut
Technologiczny



SESJA POSTEROWA

65. MIĘDZYNARODOWEJ KONFERENCJI SPAWALNICZEJ



git.lukasiewicz.gov.pl