

Ocena przelomów złączy spawanych po próbie łamania

Assessment of weld joints fractures after fracture

Streszczenie

Omówiono próbę łamania złączy spawanych prowadzoną zgodnie z wymaganiami PN-EN 1320:1999. Przedstawiono wymagania dotyczące przygotowania próbek do próby łamania oraz jej realizację. Dokonano oceny przelomów złączy spawanych po próbie łamania.

Na zdjęciach przelomów zaznaczono niezgodności spawalnicze ujawnione w próbie łamania. Dla każdego przelomu przeprowadzono ocenę wraz z opisaniem niezgodności spawalniczych oraz zakwalifikowaniem ich do odpowiednich poziomów jakości zgodnie z PN-EN ISO 5817:2009.

Abstract

The breaking welded joints performed according to the requirements of PN-EN 1320:1999 was presented in the book. Moreover, all the requirements related to the preparation of samples to the trial of breaking welded joints and its realization were introduced. An assessment of welded joints fractures after the breaking trial was discussed.

The photographs of fractures show welding defects revealed during the breaking trial. For each fracture and assessment with a description of welding defects is given. Moreover, all the defects are classified into the relevant quality levels in accordance with the PN-EN ISO 5817:2009.

Wstęp

Egzaminowanie spawaczy stali i stopów niklu przeprowadza się wg EN 287-1:2011 [1]. Jednym z najczęściej stosowanych sposobów oceny złączy spawanych jest ocena przelomu po próbie łamania. Próba łamania ma wiele zalet:

- można ją przeprowadzić w warunkach warsztatowych, a do jej realizacji wystarczają proste narzędzia lub maszyny (młot, dźwignia, prasa balansowa lub hydrauliczna),
- można ją wykonać szybko,
- charakteryzuje się niskim kosztem realizacji.

Ważną cechą próby łamania jest to, że w przypadku spoin czołowych umożliwia ujawnienie przyklejeń międzyścięgowych, których nie można ujawnić w badaniu metodą np. RT. Usytuowanie tej niezgodności nie powoduje zmiany natężenia promieniowania, a tym samym zaistnienia warunku fizycznego badań RT.

Dr hab. inż. Jacek Słania, prof. IS, mgr inż. Krzysztof Staniszewski, mgr inż. Katarzyna Hyc – Instytut Spawalnictwa, Gliwice.

Analiza literatury wskazuje na brak materiałów poglądowych z zakresu oceny złączy spawanych po próbie łamania, dostępnych dla inżynierów spawalników, kontrolerów jakości i kandydatów na egzaminatorów spawaczy. Obecnie wiedza ta przekazywana jest najczęściej między oceniającymi. Niniejsza publikacja stanowi pewnego rodzaju uzupełnienie tej wiedzy, a zakres opracowania obejmuje przelomy złączy po próbie łamania spoin wykonanych metodami:

- ręcznego spawania elektrodą otuloną (111),
- spawania łukowego drutem elektrodowym litym w osłonie gazu aktywnego (135),
- spawania łukowego elektrodą wolframową w osłonie gazu obojętnego z dodatkiem drutu/pręta litego (141).

Przedstawiono ocenę wraz z opisaniem niezgodności spawalniczych oraz zakwalifikowaniem ich do odpowiednich poziomów jakości zgodnie z PN-EN ISO 5817:2009 [2] po wykonaniu próby łamania. Próbę łamania złączy przeprowadzono z wykorzystaniem prasy hydraulicznej o sile nacisku 60 t. Analiza przelomu ujawniła liczne niezgodności spawalnicze z grup 2, 3 i 4 wg PN-EN ISO 6520-1:2009 [3].

Próba łamania wg PN-EN 1320

PN-EN 1320:1999 [4] zawiera sposoby prowadzenia próby łamania oraz wielkości próbek stosowanych w tym badaniu. Jako cel próby łamania norma podaje uzyskanie przelomu próbki tak, aby można było wykryć wewnętrzne niezgodności spawalnicze, takie jak: pęcherze, pęknięcia, przyklejenia, braki przetopu oraz wtrącenia. Norma przewiduje badanie wszystkich materiałów złączy spawanych uzyskanych dowolną metodą o grubości ≥ 2 mm [4].

W PN-EN 1320 przywołano następujące definicje:

- *długość badana* (L_f): długość próbki zmierzona między ewentualnymi bocznymi korbami wzdłuż osi spoiny (rys. 6);
- *łączna długość badana* (ΣL_f): łączna długość powierzchni przelomu wszystkich próbek złącza próbnego pomiędzy bocznymi korbami próbek, zmierzona wzdłuż osi spoiny (rys. 6);
- *grubość badana* (a_f): grubość powierzchni przelomu każdej próbki (rys. 7 i 8);
- *powierzchnia badana* (A_f): iloczyn długości i grubości badanej każdej próbki;
- *łączna powierzchnia badana* (ΣA_f): Suma wszystkich badanych powierzchni.

Norma przewiduje, że w celu oceny powierzchni przelomu powinien on przebiegać przez spoinę. Przelom może powstać na skutek działania sił rozciągających lub zginających zarówno statycznych, jak i dynamicznych. Dodatkowo, w celu zainicjowania przelomu można zmienić wymiary karbu i temperaturę badania. Jeżeli nie ustalono inaczej, badanie należy wykonać w temperaturze pokojowej (23 ± 5)°C.

Określenia i symbole wykorzystywane w PN-EN 1320:1999 podane są w tablicy I. Zazwyczaj wystarcza

Tablica I. Określenia i symbole
Table I. Denominations and symbols

Określenia	Symbol	Jednostka
Spoina czołowa	BW	–
Spoina pachwinowa	FW	–
Próbka i złącze próbne		
– długość badana	L_f	mm
– grubość badana	a_f	mm
– powierzchnia badana	A_f	mm ²
– powierzchnia niezgodności	A_i	mm ²
Karb boczny	S	
– czworokątny (q)	S_q	–
– okrągły (r)	S_r	
– trójkątny (s)	S_s	
Karb wzdłużny od strony lica	F	
– czworokątny (q)	F_q	
– okrągły (r)	F_r	
– trójkątny (s)	F_s	
od strony grani	R	
– czworokątny (q)	R_q	
– okrągły (r)	R_r	
– trójkątny (s)	R_s	

podanie podstawowych określeń, jednak w szczególnych przypadkach mogą być wymagane dodatkowe dane dotyczące rodzaju korbów i metody badania.

W normie podano przykłady oznaczeń.

Przykład 1

Próbka ze złącza ze spoiną pachwinową, o długości badanej 50 mm i grubości badanej 15 mm:

- bez wymagań dot. korbów i sposobu badania,
Podstawowe oznaczenie: FW / $L_f \times a_f$ (np. FW / 50 x 15)
- z dodatkowymi wymaganiami (karby wzdłużne od strony lica czworokątne i sposób badania).
Pełne oznaczenie: FW / $L_f \times a_f / F_q$ (rys. 9)
(np. FW / 50 x 15 / F_q)

Przykład 2

Próbka ze złącza doczołowego, o długości badanej 50 mm i grubości badanej 15 mm:

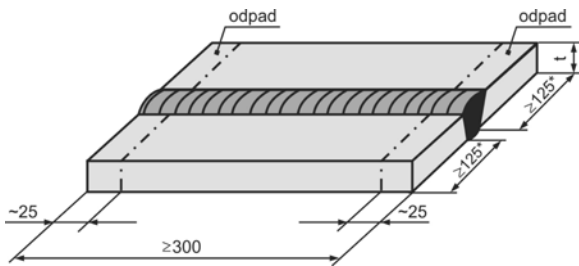
- bez wymagań dot. korbów i sposobu badania
Podstawowe oznaczenie: BW / $L_f \times a_f$
(np. BW / 50 x 15)
- z dodatkowymi wymaganiami (karby boczne okrągłe i sposób badania)
Pełne oznaczenie: BW / $L_f \times a_f / S_r$ (rys. 7)
(np. BW / 40 x 10 / S_r)

Wymiary złącza próbnego przedstawiono na rysunkach 1÷4. Wymiary te mogą być zmienione, jeżeli wymaga tego norma wyrobu lub jeśli takie jest ustalenie pomiędzy stronami kontraktu. Powinna istnieć możliwość wykonania ze złącza próbnego wystarczającej liczby próbek, tak aby spełnić wymagania dotyczące łącznej długości badania (ΣL_f) oraz łącznej powierzchni badania (ΣA_f).

Jeżeli wykonywana jest próba łamania, złącze próbne powinno być cięte na co najmniej cztery próbki do badania i złamane - jedną z możliwości przedstawiono na rysunku 5.

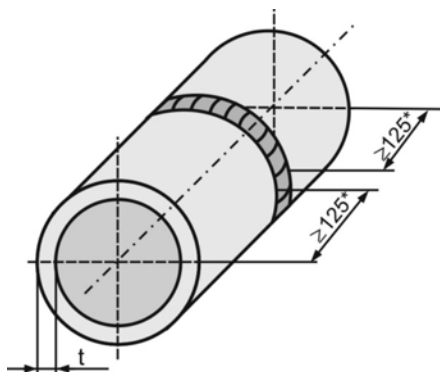
Ustalenia, co do długości badania (L_f), powierzchni badania (A_f) oraz liczby próbek powinny znajdować się w normie wyrobu lub w porozumieniu między stronami kontraktu. Próbki powinny być w przybliżeniu jednakowej długości, powinny być wycięte ze złącza blach poprzecznie do spoiny, a oś spoiny czołowej powinna się znajdować w ich środku. Jeżeli norma lub porozumienie pomiędzy stronami kontraktu nie przewiduje inaczej, ze złącza próbnego powinny być pobrane minimum dwie próbki. Każde złącze próbne powinno być tak oznakowane, aby możliwe było dokładne określenie jego położenia w wyrobie lub w spoinie, z której zostało pobrane. Każda próbka, która pobrana została ze złącza próbnego, powinna być oznakowana. Próbki powinny być pobrane metodą, która pozwala na uniknięcie niekorzystnych wpływów mechanicznych lub cieplnych. Jeżeli nie są wymagane informacje o końcach spoiny (np. niezgodności spawalnicze początku i końca spoiny), to norma zaleca usunięcie 25 mm materiału z obu końców spoin próbnych.

Próbki stalowe mogą być wycięte metodą mechaniczną lub cięcia termicznego. Próbki wykonane



Rys. 1. Złącze próbne blach ze spoiną czołową (wymiarów w mm); *) ≥ 150 mm dla materiałów o wysokiej przewodności cieplnej (np. aluminium i miedź); t – grubość złącza próbnego

Fig. 1. Test piece for butt weld in plates (dimensions in mm); *) ≥ 150 mm for materials of high thermal conductivity (e.g. aluminium and copper); t – the thickness of the test joint



Rys. 2. Złącze próbne rur ze spoiną czołową (wymiarów w mm); *) ≥ 150 mm dla materiałów o wysokiej przewodności cieplnej (np. aluminium i miedź); t – grubość złącza próbnego

Fig. 2. Test piece for butt weld in pipes (dimensions in mm); *) ≥ 150 mm for materials of high thermal conductivity (e.g. aluminium and copper); t – the thickness of the test joint

z innych metali mogą być wykonywane tylko przez cięcie termiczne.

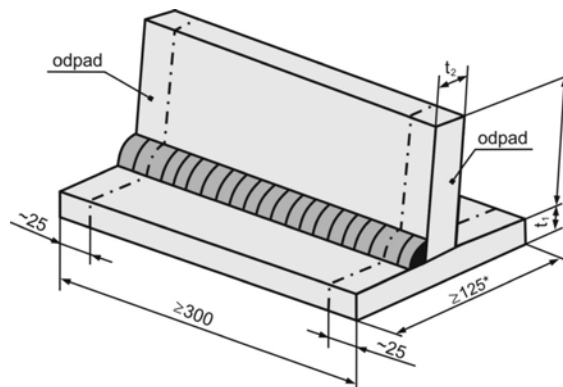
W celu ułatwienia łamania spoin blach lub rur można stosować jeden lub więcej spośród niżej wymienionych sposobów:

- usunięcie nadlewów spoin,
- nacięcie korbów na obu brzegach spoiny (boczne karby),
- nacięcie korbów w nadlewie spoin (wzdłużne karby).

W zależności od ciągliwości spoiny mogą być wykonywane karby czworokątne, okrągłe lub trójkątne (rys. 6÷8). Dla materiałów o wysokiej ciągliwości (np. aluminium i miedź) norma zaleca wykonywanie korbów trójkątnych. Głębokość stosowanych korbów powinna być na tyle duża, aby uzyskać przełom w spoinie.

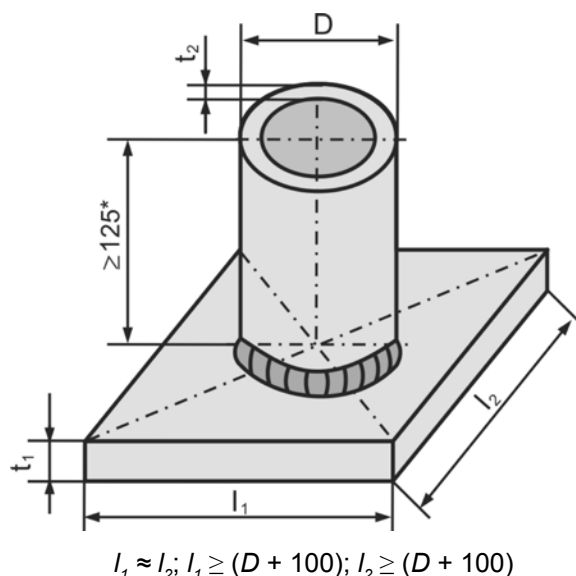
Jeżeli nie określono tego w normach wyrobu lub w porozumieniu pomiędzy stronami kontraktu, głębokość korbów powinna być następująca:

- dla korbów bocznych: długość badana L_f powinna być równa lub większa niż 70% początkowej szerokości próbki w (rys. 7) lub całkowita długość badana ΣL_f powinna być równa lub większa niż 60% długości złącza próbnego;
- dla korbów wzdłużnych: grubość badana a , powinna być równa lub większa niż 80% początkowej grubości t próbki (rys. 8, 9).



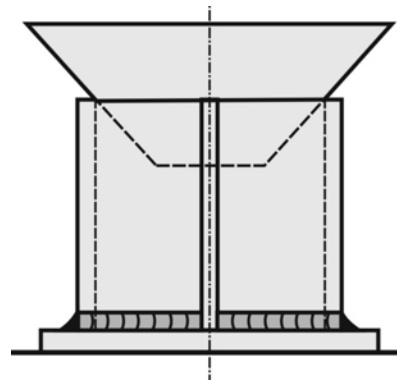
Rys. 3. Złącze próbne blach ze spoiną pachwinową (wymiarów w mm); *) ≥ 150 mm dla materiałów o wysokiej przewodności cieplnej (np. aluminium i miedź); t_1, t_2 – grubości złącza próbnego

Fig. 3. Test piece for fillet weld on plates (dimensions in mm); *) ≥ 150 mm for materials of high thermal conductivity (e.g. aluminium and copper); t_1, t_2 – the thicknesses of test joint



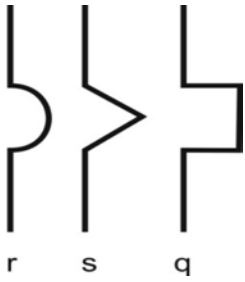
Rys. 4. Złącze próbne rura – blacha ze spoiną pachwinową (wymiarów w mm); *) ≥ 150 mm dla materiałów o wysokiej przewodności cieplnej (np. aluminium i miedź); t_1, t_2 – grubości złącza próbnego; l_1, l_2 – długości złącza próbnego

Fig. 4. Test piece for fillet pipe-plate weld (dimensions in mm); *) ≥ 150 mm for materials of high thermal conductivity (e.g. aluminium and copper); t_1, t_2 are the thicknesses of test joint; l_1, l_2 – the lengths of test joint

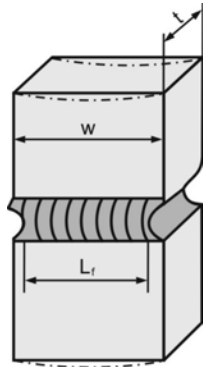


Rys. 5. Przygotowanie złącza i realizacja próby łamania spoiny pachwinowej na rurze

Fig. 5. Joint preparation and fracture test performance

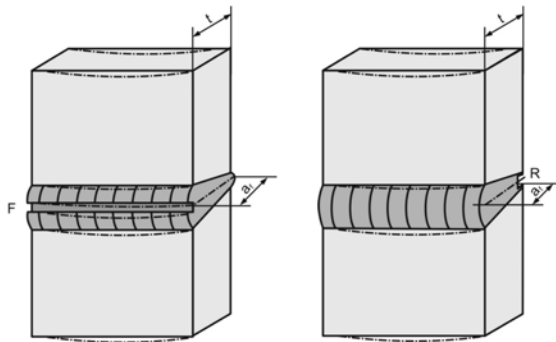


Rys. 6. Kształty karbów
Fig. 6. Notch profiles



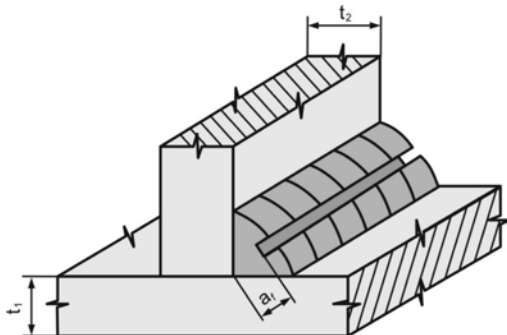
Rys. 7. Karby boczne (linia ciągła – blachy; linia punktowo-kreskowa – rury)

Fig. 7. Side notches (full line for plates, dot-and-dash line for pipes)



Rys. 8. Karby wzdłużne w spoinach czołowych (linia ciągła – blachy; linia punktowo-kreskowa – rury): a) karb wzdłużny w licu spoiny, b) karb wzdłużny w grani spoiny

Fig. 8. Longitudinal notches in butt welds (full line for plates, dot-and-dash line for pipes): a) face notch, b) root notch



Rys. 9. Karb wzdłużny w spoinie pachwinowej

Fig. 9. Longitudinal notch in fillet weld

Metody realizacji próby łamania

Spoiny czołowe

Próbkę łamania można przeprowadzić:

- dynamicznie, np. uderzając młotkiem (rys. 10a+c)
- stosując nacisk na próbkę umocowaną w imadle, maszynie do zginania lub prasie warsztatowej (rys. 10d+f);
- wykorzystując naprężenia rozciągające (rys. 10g).

Zachowanie niewielkiego odstępu pomiędzy karbami a szczękami może być korzystne w przypadku badania metali ciągliwych (rys. 10c). W celu ułatwienia zainicjowania powstania przełomu dla niektórych metali pomocne może być badanie w obniżonej temperaturze.

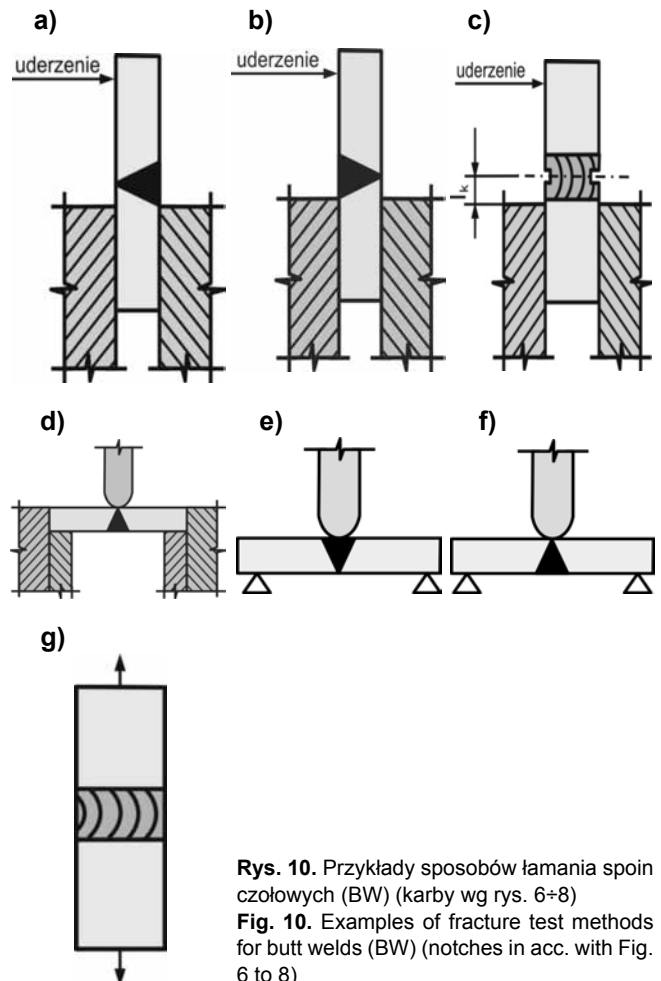
W przypadku łamania cienkich złączy spawanych może być niezbędne obustronne zginanie, w zależności od ciągliwości metalu. Nacisk na próbkę w zaciskach powinien być wywierany możliwie blisko karbów. Jeżeli próbka nie zostanie złamana, to norma zaleca wyprostowanie jej do pierwotnego kształtu i ponowne zginanie. Zamiast zginania norma proponuje rozciąganie (rys. 10g). Norma nie zaleca stosowania uderzeń młotkiem dla cienkich materiałów.

W przypadku badania grubych materiałów norma dopuszcza uderzenie młotkiem. Jeżeli do łamania takich materiałów zostanie wykorzystana maszyna do zginania, to średnicę trzpienia gnącego należy tak dobrać, aby nastąpiło złamanie bez konieczności stosowania obustronnego zginania. Stosowana siła zginająca może zostać przyłożona prostopadłe lub poprzecznie do spoiny, odpowiednio do rysunków 10c+f. Wymagana grubość do badań aluminium wynosi $t \geq 8$ mm.

Spoiny pachwinowe

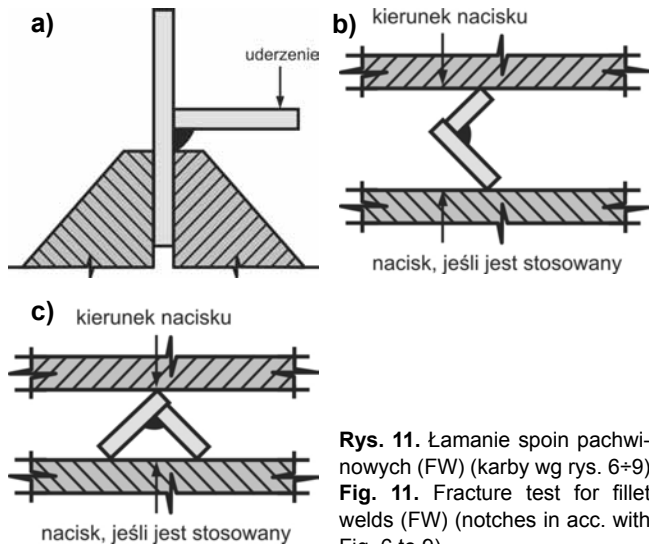
Metody, z których można korzystać przy łamaniu spoin pachwinowych, są podobne do stosowanych przy spoinach czołowych z tym wyjątkiem, że nie można stosować rozciągania. Przykłady przedstawiono na rysunku 11.

Dla materiałów ciągliwych, jak np. stal austenityczna, aluminium, miedź, nikiel i ich stopy można sto-



Rys. 10. Przykłady sposobów łamania spoin czołowych (BW) (karby wg rys. 6÷8)

Fig. 10. Examples of fracture test methods for butt welds (BW) (notches in acc. with Fig. 6 to 8)



Rys. 11. Łamanie spoin pachwinowych (FW) (karby wg rys. 6÷9)
Fig. 11. Fracture test for fillet welds (FW) (notches in acc. with Fig. 6 to 9)

sować ograniczenie grubości próbek i grubości spoin pachwinowych, zwiększenie szerokości karbów, zmniejszenie promienia karbu oraz efektu uderzenia i siły uderzeniowej młotka, jeżeli wymagany jest przełom w spoinie. Dla spoin ciągliwych można stosować oziębianie spoin. PN-EN 1320:1999 daje dość szeroką możliwość wyboru sposobu łamania próbek, tak aby osoba prowadząca badania mogła wybrać środek jej zdaniem najbardziej odpowiedni i dostępny w danych warunkach warsztatowych. Jednym z najprostszych, dostępnym prawie w każdym warunkach sposobem jest dynamiczne uderzenie próbki np. za pomocą młotka. Możliwe jest także wykorzystanie mniej lub bardziej złożonych urządzeń mechanicznych.

Wyniki badań

PN-EN 1320:1999 nakazuje powierzchnie przełomu poddać badaniom wizualnym zgodnie z PN-EN ISO 17637:2011 [8]. W badaniach można zastosować lupę o powiększeniu do 5 razy w celu jednoznacznego wykrycia oraz rozpoznania niezgodności spawalniczych.

Norma nakazuje dokładne opisanie powierzchni przełomu i ujęcie w protokole obecności i położenia ewentualnych niezgodności spawalniczych. Poziom wymagań norma ustala na podstawie PN-EN ISO 5817:2009 lub PN-EN ISO 10042:2008 [9]. Poziom jakości nie jest narzucony przez normę i powinien być ustalony na podstawie normy wyrobu lub porozumienia pomiędzy stronami kontraktu.

Protokół badań

Protokół badań powinien zawierać:


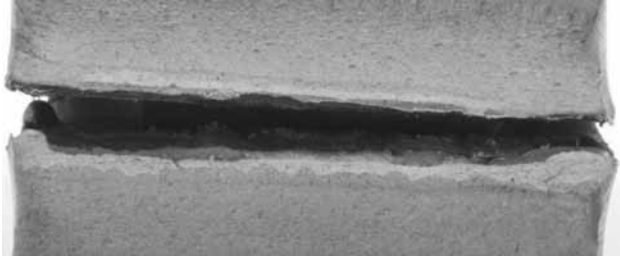
- powołanie się na PN-EN 1320:1999,
- oznaczenie próbki,
- określenie próbki wg tablicy I;


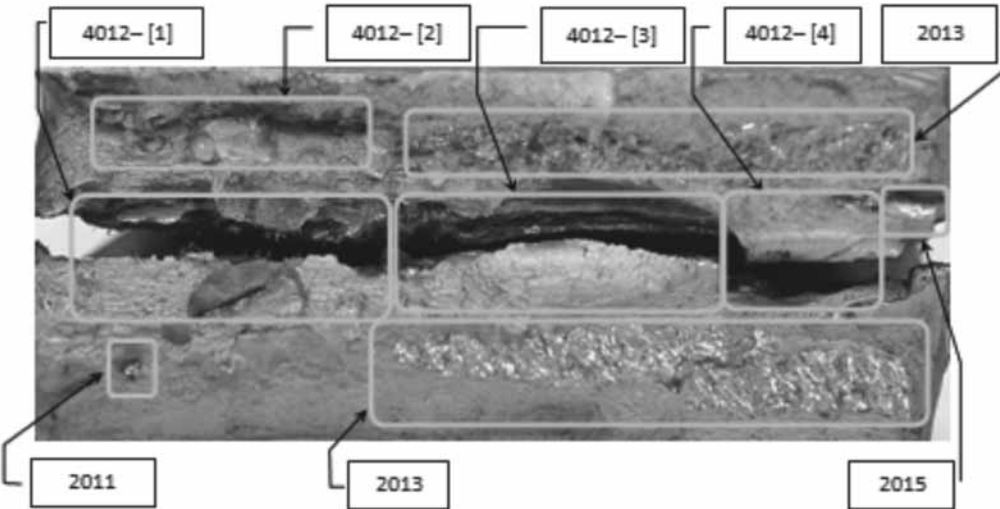
- opis rodzaju, położenia i wielkości wszystkich niedopuszczalnych niezgodności spawalniczych w powiązaniu z odpowiednim poziomem wymagań.

Wprowadzenie do oceny przełomów

PN-EN ISO 6520-1:2009 definiuje niezgodność spawalniczą jako nieciągłość w spoinie lub odchylenie od zamierzonej geometrii. Przy dokonywaniu oceny wizualnej zgodnie z PN-EN ISO 5817:2009 dla oceniającego ważnym aspektem badania jest opis jakości spoiny na podstawie wybranych niezgodności spawalniczych. Na przypisanie odpowiedniego poziomu jakości do złącza spawanego składają się odpowiednie kryteria zdefiniowane dla poszczególnych niezgodności. Przy określonym poziomie jakości kryteria różnią się w zależności od rodzaju niezgodności spawalniczej.

Jednym z ważnych kryteriów jest *niezgodność spawalnicza krótka*, gdy spoina ma długość 100 mm lub więcej. Niezgodności spawalnicze należy traktować jako niezgodności krótkie, jeżeli na odcinku 100 mm obejmującym największą liczbę niezgodności ich całkowita długość nie jest większa niż 25 mm. Natomiast, gdy spoina nie jest dłuższa niż 100 mm, niezgodności spawalnicze należy traktować jako niezgodności krótkie, jeśli ich długość nie jest większa niż 25% długości spoiny. W przypadku kiedy niezgodność spełnia definicję niezgodności spawalniczej krótkiej, należy sprawdzić kolejne kryteria akceptacji dla danego poziomu jakości. Jeśli definicja niezgodności spawalniczej krótkiej nie jest spełniona, to oceniający bez rozważania kolejnych kryteriów dla danego poziomu jakości przechodzi do poziomu jakości niższego. Podczas próby łamania złączy teowych ze spoiną pachwiną, przy rozpatrywaniu niezgodności spawalniczej typu 402 zgodnie z PN-EN ISO 5817:2009 dopuszczony jest brak przetopu w poziomie jakości D po spełnieniu odpowiednich kryteriów. Jednakże kryteria postawione w normie są niezmiernie trudne do weryfikacji dla tego rodzaju złączy. Dlatego też w tym przypadku należy powołać się na EN 287-1:2011 dotyczącą egzaminowania spawaczy. Norma ta wskazuje, że pojawienie się tego typu niezgodności spawalniczej jest niedopuszczalne na żadnym z poziomów jakości. Jedynym dopuszczalnym poziomem EN 287-1:2011 jest wystąpienie niezgodności spawalniczych tylko na poziomie jakości B z wyłączeniem nadmiernego nadlewu oraz wycieku, które są dopuszczone tylko na poziomie jakości C. Poniżej zostały umieszczone zdjęcia wykonane po próbie łamania złączy teowych i złączy doczołowych wraz z opisem niezgodności występujących w przełomie oraz ocena tych niezgodności wg PN-EN ISO 5817:2009 [10]

Karta ewidencyjna próbki po próbie łamania nr VT-1			
Materiał: Stal S355	Metoda spawania: 135	Pozycja spawania: PF	Grubość s: 12 mm Rodzaj ukosowania: Y Liczba warstw: 3
Widok przekroju po próbie łamania			
Opis niezgodności			

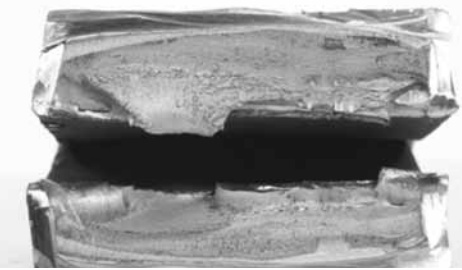
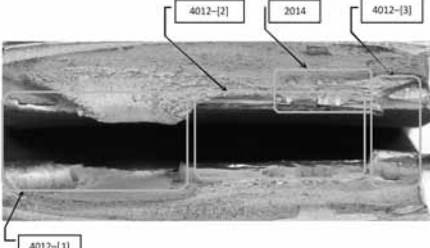
Karta ewidencyjna próbki po próbie łamania nr VT-2			
Materiał: Stal S355	Metoda spawania: 135	Pozycja spawania: PF	Grubość s: 12 mm Rodzaj ukosowania: Y Liczba warstw: 3
Widok przekroju po próbie łamania			
Opis niezgodności			

Opis niezgodności w tablicy na str. 148

Opis niezgodności do karty ewidencyjnej próbki po próbie łamania VT-2

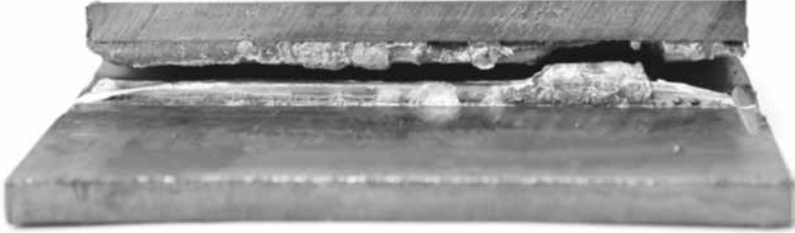
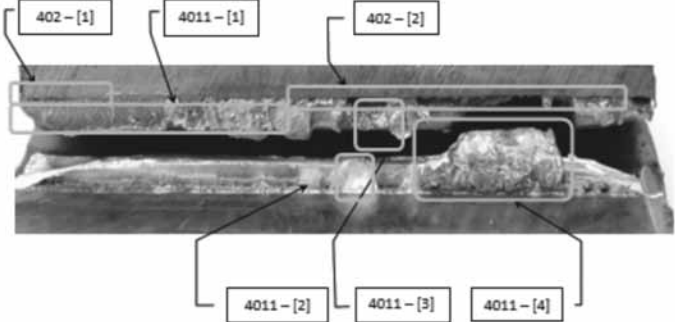
Lp.	Nie zgodność	Symbol wg ISO 6520-1	Poziom jakości wg PN-EN ISO 5817			Wielkość niezgodności	Poziom
			D	C	B		
1.	Przyklejenie międzywarstwowe	4012 [1]	Dopuszcza się niezgodności spawalnicze krótkie: $h \leq 0,4$ s, ale max 4 mm	Nie dopuszcza się	Nie dopuszcza się	$h = 6,5$ mm	NSD
2.	Przyklejenie międzywarstwowe	4012 [2]	Dopuszcza się niezgodności spawalnicze krótkie: $h \leq 0,4$ s, ale max 4 mm	Nie dopuszcza się	Nie dopuszcza się	$h = 7,7$ mm	NSD
3.	Przyklejenie międzywarstwowe	4012 [3]	Dopuszcza się niezgodności spawalnicze krótkie: $h \leq 0,4$ s, ale max 4 mm	Nie dopuszcza się	Nie dopuszcza się	$h = 15,3$ mm	NSD
4.	Przyklejenie międzywarstwowe	4012 [4]	Dopuszcza się niezgodności spawalnicze krótkie: $h \leq 0,4$ s, ale max 4 mm	Nie dopuszcza się	Nie dopuszcza się	$h = 8,5$ mm	NSD
6.	Pęcherz podłużny	2015	$h \leq 0,4$ s, max 4 mm $l \leq s$, max 75 mm	$h \leq 0,3$ s, max 3 mm $l \leq s$, max 50 mm	$h \leq 0,2$ s, max 2 mm $l \leq s$, max 25 mm	$h = 2,6$ mm $l = 7,8$ mm	C
7.	Skupisko porowatości	2013	a) Maksymalny wymiar sumy powierzchni rzutowania niezgodności spawalniczych (włączając niezgodności spawalnicze systematyczne) $\leq 16\%$	a) Maksymalny wymiar sumy powierzchni rzutowania niezgodności spawalniczych (włączając niezgodności spawalnicze systematyczne) $\leq 8\%$	a) Maksymalny wymiar sumy powierzchni rzutowania niezgodności spawalniczych (włączając niezgodności spawalnicze systematyczne) $\leq 4\%$	15,73%	D
		2013	b) Maksymalny wymiar pojedynczego pęcherza dla spoin czołowych: $d \leq 0,4$ s, ale max 4 mm	b) Maksymalny wymiar pojedynczego pęcherza dla spoin czołowych: $d \leq 0,3$ s, ale max 3 mm	b) Maksymalny wymiar pojedynczego pęcherza dla spoin czołowych: $d \leq 0,2$ s, ale max 2 mm	$d = 2,2$ mm	C
8.	Pęcherz	2011	a2) w odniesieniu do pola przekroju $\leq 2,5\%$	a2) w odniesieniu do pola przekroju $\leq 1,5\%$	a2) w odniesieniu do pola przekroju $\leq 1\%$	0,58%	B
		2011	b) Maksymalny wymiar pojedynczego pęcherza dla spoin czołowych: $d \leq 0,4$ s, ale max 5 mm	b) Maksymalny wymiar pojedynczego pęcherza dla spoin czołowych: $d \leq 0,3$ s, ale max 4 mm	b) Maksymalny wymiar pojedynczego pęcherza dla spoin czołowych: $d \leq 0,2$ s, ale max 3 mm	$d = 2,3$ mm	B
Poziom jakości złącza							NSD

Karta ewidencyjna próbki po próbie łamania nr VT-3

Materiał: Stal S355	Metoda spawania: 135	Pozycja spawania: PC	Grubość s: 12 mm Rodzaj ukosowania: Y Liczba warstw: 6
Widok przekroju po próbie łamania			
Opis niezgodności			

Lp.	Nie zgodność	Symbol wg ISO 6520-1	Poziom jakości wg PN-EN ISO 5817			Wielkość niezgodności	Poziom
			D	C	B		
1.	Przyklejenie międzywarstwowe	4012 [1]	Dopuszcza się niezgodności spawalnicze krótkie: $h \leq 0,4 s$, ale max 4 mm	Nie dopuszcza się	Nie dopuszcza się	$h = 26,2 \text{ mm}$	NSD
2.	Przyklejenie międzywarstwowe	4012 [2]	Dopuszcza się niezgodności spawalnicze krótkie: $h \leq 0,4 s$, ale max 4 mm	Nie dopuszcza się	Nie dopuszcza się	$h = 22 \text{ mm}$	NSD
3.	Przyklejenie międzywarstwowe	4012 [3]	Dopuszcza się niezgodności spawalnicze krótkie: $h \leq 0,4 s$, ale max 4 mm	Nie dopuszcza się	Nie dopuszcza się	$h = 6,8 \text{ mm}$	NSD
4.	Łańcuch pęcherzy	2014	a) Maksymalny wymiar pola przekroju poprzecznego niezgodności spawalniczych (włączając niezgodności spawalnicze systematyczne) odniesiony do pola przelomu (ma zastosowanie tylko przy produkcji, egzaminach spawaczy lub badaniach technologii) $\leq 8\%$	a) Maksymalny wymiar pola przekroju poprzecznego niezgodności spawalniczych (włączając niezgodności spawalnicze systematyczne) odniesiony do pola przelomu (ma zastosowanie tylko przy produkcji, egzaminach spawaczy lub badaniach technologii) $\leq 4\%$	a) Maksymalny wymiar pola przekroju poprzecznego niezgodności spawalniczych (włączając niezgodności spawalnicze systematyczne) odniesiony do pola przelomu (ma zastosowanie tylko przy produkcji, egzaminach spawaczy lub badaniach technologii) $\leq 2\%$	1,05%	B
		2014	b) Maksymalny wymiar pojedynczego pęcherza dla spoin czołowych: $d \leq 0,4 s$, ale max 4 mm	b) Maksymalny wymiar pojedynczego pęcherza dla spoin czołowych: $d \leq 0,3 s$, ale max 4 mm	b) Maksymalny wymiar pojedynczego pęcherza dla spoin czołowych: $d \leq 0,4 s$, ale max 4 mm	$d = 2,4 \text{ mm}$	B
Poziom jakości złącza							NSD

Karta ewidencyjna próbki po próbie łamania nr VT-4

Materiał: Stal S355	Metoda spawania: 135	Pozycja spawania: PB	Grubość s: 8 mm Rodzaj ukosowania: I Liczba warstw: 3
Widok przełomu po próbie łamania			
Opis niezgodności			

Lp.	Nie zgodność	Symbol wg ISO 6520-1	Kryterium jakości wg PN-EN ISO 5817			Wielkość niezgodności	Poziom
			D	C	B		
1.	Brak przetopu	402 [1]	Niezgodność spawalnicza krótka: $h \leq 0,2a$, ale max 2 mm	Nie dopuszcza się	Nie dopuszcza się	$h = 22$ mm	NSD
2.	Brak przetopu	402 [2]	Niezgodność spawalnicza krótka: $h \leq 0,2a$, ale max 2 mm	Nie dopuszcza się	Nie dopuszcza się	$h = 82$ mm	NSD
3.	Przyklejenie brzegowe	4011 [1]	Niezgodność spawalnicza krótka: $h \leq 0,4a$, ale max 4 mm	Nie dopuszcza się	Nie dopuszcza się	$h = 68,5$ mm	NSD
4.	Przyklejenie brzegowe	4011 [2]	Dopuszcza się niezgodności spawalnicze krótkie: $h \leq 0,4a$, ale max 4 mm	Nie dopuszcza się	Nie dopuszcza się	$h = 10$ mm	NSD
5.	Przyklejenie brzegowe	4011 [3]	Dopuszcza się niezgodności spawalnicze krótkie: $h \leq 0,4a$, ale max 4 mm	Nie dopuszcza się	Nie dopuszcza się	$h = 7,4$ mm	NSD
6.	Przyklejenie brzegowe	4011 [4]	Dopuszcza się niezgodności spawalnicze krótkie: $h \leq 0,4a$, ale max 4 mm	Nie dopuszcza się	Nie dopuszcza się	$h = 30$ mm	NSD
Poziom jakości złącza							NSD

Podsumowanie

Próba łamania pozwala w przypadku spoin czołowych odkryć takie niezgodności, jak:

- przyklejenie międzywarstwowe i brzegowe (brak wtopienia),
- pęcherz gazowy (gniazda pęcherzy, pęcherze równomiernie rozłożone, łańcuch pęcherzy, pęcherz podłużny, pęcherz kanalikowy),
- wtrącenia żużla (liniowe, odosobnione, gniazda),
- wtrącenia metaliczne.

Przyklejenia międzywarstwowe mogą mieć różną postać – od dobrze widocznego przyklejenia, które podczas próby łamania zostało „otwarte” (widoczne, rozchylające się warstwy, tzw. „kaczy dzióbek”), aż do trudnego do zobaczenia uskoku pomiędzy warstwami (tzw. „balkonik”). Znacznie łatwiej rozpoznawalne są pęcherze. Pęcherz powstaje w wyniku uwięzienia w krystalizującej spoinie gazu – dlatego jego powierzchnia jest gładka i przez to błyszcząca. Bardzo często występuje sytuacja, kiedy widoczny na przelomie łańcuch pęcherzy przechodzi w przyklejenie międzywarstwowe – linia przyklejenia

jest wówczas widoczna w dnie łańcucha pęcherzy. Wtrącenia żużla występują stosunkowo rzadko i są dobrze rozpoznawalne – czarne i matowe. Również wtrącenia metaliczne występują stosunkowo rzadko i są dobrze rozpoznawalne.

W przypadku spoin pachwinowych istotne jest wtopienie w środku próbki. Próba łamania spoin pachwinowych pozwala na szybkie i łatwe stwierdzenie uzyskania wtopienia lub jego brak. W przypadku braku wtopienia krawędź blachy jest bez zmian i wygląda jak po obróbce mechanicznej przy przygotowaniu próbki przed spawaniem. W sytuacji, kiedy uzyskano wtopienie jest ono dobrze widoczne w postaci wyraźnego pasa przelomu (przy spawaniu w pozycji PA i PB) lub łuskowatych wtopień tzw. „falbanek” przy spawaniu w pozycji PF. Przy spawaniu w tej pozycji często może wystąpić brak wtopienia na całej długości próbki. Wówczas na przelomie widoczne są odcinki, gdzie krawędź blachy ma postać po obróbce mechanicznej i odcinki, gdzie występuje wtopienie o łuskowatej postaci.

Literatura

- [1] PM-EN 287-1:2011 Egzamin kwalifikacyjny spawaczy. Spawanie. Część 1: Stale.
- [2] PN-EN ISO 5817:2009 Spawanie. Złącza spawane ze stali, niklu, tytanu i ich stopów (z wyjątkiem spawanych wiązek). Poziomy jakości według niezgodności spawalniczych.
- [3] PN-EN ISO 6520:2009 Spawanie i procesy pokrewne. Klasyfikacja niezgodności spawalniczych w metalach. Część 1: Spawanie.
- [4] PN-EN 1320:1999 – Spawalnictwo. Badania niszczące spawanych złączy metali. Próba łamania.
- [5] Praca zbiorowa: Encyklopedia techniczna. Budowa maszyn. Warszawa, WNT 1968.
- [6] Antosiak J., Chodnikiewicz K., Golański T., Koselarz J., Nagel W., Soćko D., Stępnik R., Szulczyński J., Świerczyński J.: Prasy mechaniczne. Warszawa, WNT 1971.
- [7] Bosiacki K., Marciniak Z., Seyna F.: Zarys łocznictwa. Warszawa, PWT 1955.
- [8] PN-EN ISO 17637:2011 Badania nieniszczące złączy spawanych. Badania wizualne złączy spawanych.
- [9] PN-EN ISO 10042:2008 Spawanie. Złącza spawane w aluminium i jego stopach. Poziomy jakości dla niezgodności spawalniczych.
- [10] Pakosz M.: Ocena przelomów złączy spawanych na podstawie próby łamania – analiza przypadków. Praca dyplomowa magisterska (promotor dr hab. inż. J. Słania prof. P.Cz), Politechnika Częstochowska 2012.

Miesięczne i roczne spisy treści oraz streszczenia artykułów opublikowanych w Przeglądzie Spawalnictwa są dostępne na stronie internetowej:

www.pspaw.ps.pl