

**Jacek Słania
Krzysztof Staniszewski**

**PRÓBA ŁAMANIA
ZŁĄCZY SPAWANYCH**

ATLAS PRZEŁOMÓW

wydanie drugie rozszerzone



przegląd
SPAWALNICTWA

JACEK SŁANIA
KRZYSZTOF STANISZEWSKI

PRÓBA ŁAMANIA ZŁĄCZY SPAWANYCH

ATLAS PRZEŁOMÓW

wydanie drugie rozszerzone



Agenda Wydawnicza

przegląd
SPAWALNICTWA

Warszawa 2019

Recenzenci

Prof. dr hab. inż. Andrzej Ambroziak – Politechnika Wrocławska

**Prof. dr hab. inż. Jerzy Nowacki – Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny
w Szczecinie**

Redaktor

Norbert Kozłowski

Skład i łamanie

Kinga Nguyen Hong

Norbert Kozłowski

Korekta językowa

Damian Bandurski

Projekt okładki

Prof. dr hab. inż. Jerzy Nowacki

Norbert Kozłowski

© **Copyright by Agenda Wydawnicza SIMP**

Przegląd Spawalnictwa, Warszawa 2019

All Rights Reserved

Printed in Poland

Utwór w całości ani we fragmentach nie może być rozpowszechniany w żaden sposób bez pisemnej zgody posiadacza praw autorskich.

Autorzy oraz Wydawnictwo dołożyli wszelkich starań by zawarte w tej książce informacje były kompletne i rzetelne. Nie biorą jednak żadnej odpowiedzialności ani za ich wykorzystanie ani za związane z tym ewentualne naruszenie praw patentowych lub autorskich. Autorzy oraz wydawnictwo nie ponoszą również żadnej odpowiedzialności za ewentualne szkody wynikłe z wykorzystania informacji zawartych w książce.

Przegląd Spawalnictwa Agenda Wydawnicza SIMP



ul. Świętokrzyska 14a

00-050 Warszawa

tel.: 22 827 25 42

e-mail: redakcja@pspaw.pl

www.pspaw.pl

ISBN 978-83-87982-93-5

Spis treści

Streszczenie.....	6
Abstract.....	7
Wprowadzenie	8
1. Próba łamania wg PN-EN ISO 9017	9
2. Metody próby łamania	15
2.1. Spoiny czołowe	15
2.2. Spoiny pachwinowe.....	16
3. Urządzenia do łamania próbek	17
4. Wyniki badań	21
5. Wprowadzenie do oceny przełomów	23
6. Atlas przełomów złączy spawanych	31
6.1. Złącza bez niezgodności spawalniczych	31
6.2. Złącza spawane elektrodą otuloną	35
6.3. Złącza spawane elektrodą topliwą w osłonie gazów aktywnych	91
6.4. Złącze spawane elektrodą nietopliwą w osłonie gazów obojętnych.....	197
7. Podsumowanie	208
Literatura.....	208

Abstract

The breaking welded joints test performed according to the requirements of PN-EN 1320 standard 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 basic part of the book is a set of over one hundred photographs of joints fractures after the breaking trial of welds made by different methods:

- electrical welding made by a coated electrode MMA (111),
- electrical welding made by a consumable electrode MAG (135),
- electrical welding made by a nonconsumable electrode TIG (141).

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 standard.

Streszczenie

Omówiono próbę łamania złączy spawanych prowadzoną zgodnie z PN-EN 1320. Przedstawiono wymagania dotyczące przygotowania próbek do próby łamania oraz jej realizację. Omówiono ocenę przełomów złączy spawanych po próbie łamania.

Podstawową część książki stanowi zestawienie zdjęć ponad stu przełomów złączy po próbie łamania spoin wykonanych metodami:

- spawania elektrycznego elektrodą otuloną MMA (111),
- spawania elektrycznego elektrodą topliwą MAG (135),
- spawania elektrycznego elektrodą nietopliwą TIG (141).

Na zdjęciach przełomów zaznaczono niezgodności i wady spawalnicze ujawnione w próbie łamania. Dla każdego przełomu przeprowadzono ocenę wraz z opisaniem niezgodności spawalniczych oraz zakwalifikowaniem ich do odpowiednich poziomów jakości zgodnie z PN-EN ISO 5817.

Wprowadzenie

Egzaminowanie spawaczy stali i stopów niklu przeprowadza się według PN-EN ISO 9606-1 [1]. Jednym z najczęściej stosowanych sposobów oceny złączy spawanych jest ocena przełomu po próbie łamania. Próba ta ma wiele zalet, do których można zaliczyć m.in.:

- możliwość wykonania w warunkach warsztatowych przy wykorzystaniu prostych narzędzi lub maszyn (np. młot, dźwignia, prasa balansowa lub hydrauliczna),
- krótki czas badania,
- niski koszt badania.

Ważną cechą próby łamania w przypadku spoin czołowych jest możliwość ujawnienia przyklejeń międzysciegowych. Obecność tej niezgodności w złączu nie powoduje zmiany natężenia promieniowania rentgenowskiego, a zatem nie jest widoczna na radiogramach.

W literaturze mało jest materiałów poglądowych dotyczących oceny złączy spawanych po próbie łamania, z których mogliby korzystać inżynierowie spawalnicy, kontrolerzy jakości oraz kandydaci na egzaminatorów spawaczy. Najczęściej zdobywanie tej wiedzy odbywało się na zasadzie ustnych przekazów pomiędzy oceniającymi, co mogło często powodować niewłaściwą lub niepełną interpretację wyników. Zaistniała sytuacja zainspirowała autorów do przygotowania niniejszego opracowania. Zakres zamieszczonych w dalszej części książki przykładów przełomów po próbie łamania obejmuje złącza wykonane metodami spawania:

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

W książce przedstawiono wyniki oceny przełomów wraz z opisem niezgodności spawalniczych i zakwalifikowaniem ich do odpowiednich poziomów jakości zgodnie z PN-EN ISO 5817 [2]. Analiza przełomów ujawniła występowanie niezgodności spawalniczych z grup 2, 3 oraz 4 wg PN-EN ISO 6520 [3]. Do próby łamania złączy wykorzystano prasę hydrauliczną o sile nacisku 600 kN (60 ton).

7. Podsumowanie

Próba łamania w przypadku spoin czołowych pozwala na uwidocznienie takich 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 bardzo 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, kiedy widoczny na przełomie łańcuch pęcherzy przechodzi w przyklejenie międzywarstwowe – linia przyklejenia jest 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 środek 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 to jest ono dobrze widoczne w postaci wyraźnego pasa przełomu (przy spawaniu w pozycji PA i PB) lub łuskowatych wtopień przy spawaniu w pozycji PF. Przy spawaniu w tej pozycji często może wystąpić częściowy brak wtopienia na całej długości próbki. Wówczas na przełomie widoczne są odcinki, gdzie krawędź blachy ma postać po obróbce mechanicznej i odcinki, gdzie występuje wtopienie o łuskowatej postaci.

Literatura

- [1] PN-EN ISO 9606-1:2014-02E Egzamin kwalifikacyjny spawaczy – Spawanie – Część 1: Stale.
- [2] PN-EN ISO 5817:2009P Spawanie – Złącza spawane ze stali, niklu, tytanu i ich stopów (z wyjątkiem spawanych wiązek) – Poziomy jakości według niezgodności spawalniczych.
- [3] PN-EN ISO 6520-1:2009P Spawanie i procesy pokrewne – Klasyfikacja geometrycznych niezgodności spawalniczych w metalach – Część 1: Spawanie.
- [4] PN-EN ISO 9017:2014-01E Badania niszczące spawanych złączy metali – Próba łamania.
- [5] Praca zbiorowa: Encyklopedia techniczna. Budowa maszyn. WNT, Warszawa 1968.
- [6] Antosiak J., Chodnikiewicz K., Gołatowski T., Koselarz J., Nagel W., Soćko D.: Prasy mechaniczne: konstrukcja, eksploatacja i modernizacja, WNT, Warszawa 1970.
- [7] Stępnik R., Szulczyński J., Świerczyński J.: Prasy mechaniczne, WNT Warszawa 1971.
- [8] Bosiacki K., Marciniak Z., Seyna F.: Zarys tłocznictwa, PWT, Warszawa 1955.
- [9] PN-EN ISO 17637:2011E Badania niszczące złącza spawanych – Badania wizualne złączy spawanych.
- [10] PN-EN ISO 10042:2008P Spawanie – Złącza spawane w aluminium i jego stopach – Poziomy jakości dla niezgodności spawalniczych.
- [11] Pakosz M.: Ocena przełomów złączy spawanych na podstawie próby łamania – analiza przypadków. Praca dyplomowa magisterska (promotor dr hab. inż. J. Stania prof. P.Cz), Politechnika Częstochowska 2012.
- [12] Slania J., Staniszewski K., Hyc K.: Ocena przełomów złączy spawanych po próbie łamania. Przegląd Spawalnictwa 12/2013, s. 142+151.



Prof. dr hab. inż. Jacek Słania

Studia ukończył na Wydziale Mechanicznym Technologicznym Politechniki Śląskiej w Gliwicach na kierunku Mechanika i Budowa Maszyn w specjalnościach „Maszyny robocze ciężkie” (1986) i „Spawalnictwo: (1989). Na tym samym wydziale uzyskał w 1994 r. stopień doktora nauk technicznych w zakresie Inżynierii materiałowej – spawalnictwa, a w 2005 r. stopień doktora habilitowanego nauk technicznych w dyscyplinie Inżynieria materiałowa – spawalnictwo. W 2019 r. uzyskał tytuł profesora nauk technicznych.

Ukończył kursy „Europejskiego Inżyniera Spawalnika” (EWE) i „Międzynarodowego Inspektora Spawalniczego” (IWI). Posiada uprawnienia zgodne z wymaganiami ówczesnej normy PN-EN 473 w zakresie badań wizualnych (VT-2), magnetyczno-proszkowych (MT-2) oraz penetracyjnych ((PT-2). W latach 1988-89 pracował w pracowni robotyzacji Przedsiębiorstwa Projektowania, Realizacji i Dostaw Przemysłu Obrabiarek i Narzędzi PONAR-BIPRON w Zabrze. Od 1989 r. jest pracownikiem Sieci Badawczej ŁUKASIEWICZ Instytut Spawalnictwa w Gliwicach. Obecnie jest kierownikiem Zakładu Badań Nieniszczących oraz Pełnomocnikiem Dyrektora ds. Obsługi Spawalnictwa Krajowego. Od 2008 r. pracuje w Katedrze Technologii i Automatyzacji na Wydziale Inżynierii Mechanicznej i Informatyki Politechniki Częstochowskiej, gdzie prowadzi zajęcia z zakresu kontroli w spawalnictwie, norm i przepisów spawalniczych, zapewnienia jakości w spawalnictwie oraz technologii spawania.

Prof. Jacek Słania jest audytorem w zakresie systemów jakości zgodnych z wymaganiami PN-EN ISO 9000 i PN-EN ISO 3834, redaktorem działu miesięcznika Welding Technology Review, członkiem Rady Naukowej dwumiesięcznika Biuletyn Instytutu Spawalnictwa oraz kwartalnika Badania Nieniszczące i Diagnostyka, Rady Naukowej Ośrodka Badawczo-Rozwojowego Urządzeń Mechanicznych „OBRUM” w Gliwicach, zastępcą przewodniczącego Centralnej Komisji Spawalniczej ZDZ (od 2005 r.).



Mgr inż. Krzysztof Staniszewski

Ukończył studia na Wydziale Mechanicznym Technologicznym Politechniki Śląskiej w Gliwicach w 2004 r. Ukończył kursy Międzynarodowego Inżyniera Spawalnika (IWE) i Międzynarodowego Inspektora Spawalnika (IWI-C). Posiada uprawnienia zgodnie z wymaganiami PN-EN ISO 9712 z zakresu badań wizualnych (VT-3), magnetyczno-proszkowych (MT-3), penetracyjnych (PT-3), ultradźwiękowych (UT-3) oraz badań radiograficznych (RT-2). Po studiach pracował w firmie Gazobudowa Zabrze przy budowie gazociągów przesyłowych, a od 2007 r. jest pracownikiem Sieci Badawczej ŁUKASIEWICZ Instytut Spawalnictwa w Gliwicach w Ośrodku Obsługi Spawalnictwa Krajowego w którym zajmuje się tematyką badań nieniszczących prowadząc zajęcia na kursach IWE, IWI-C oraz kursach z zakresu badań NDT. Posiada licencje egzaminatora spawaczy Instytutu Spawalnictwa. Jest audytorem systemów jakości zgodnych z wymaganiami PN-EN ISO 9001 i PN-EN ISO 3834.

