

Badania połączeń spawanych – lata dwudzieste lata trzydzieste XX w. (z teki Jacka Lassocińskiego)

Investigation of welded joints – twenties and thirties of XX (from Jacek Lassociński's portfolio)

Streszczenie

W artykule przedstawiono metody badań połączeń spawanych stosowane w latach dwudziestych i trzydziestych ubiegłego wieku. Skoncentrowano się na badaniach przemysłowych, gdyż miały one największe znaczenie przy określaniu poprawności wykonanych konstrukcji.

Abstract

The paper presents the investigation of welded joints in the twenties and thirties of the last century. It has been focused on industrial test, since they had the greatest importance in determining the correctness of the executed construction.

Wstęp

Spawanie rozwinęło się w okresie, gdy metody badań laboratoryjnych i warsztatowych były już ogólnie znane [1].

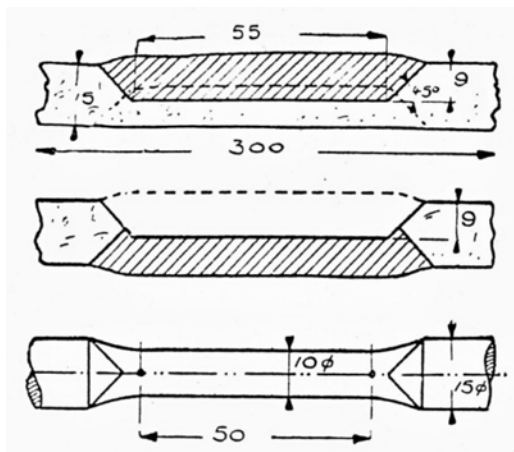
Badania laboratoryjne prowadzono dla celów naukowych, sprawdzenia jakości materiałów dodatkowych do spawania i kontroli kwalifikacji spawaczy [2]. Obejmowały one próby wytrzymałości na rozciąganie, zginanie, ścinanie, skręcanie i obciążenia dynamiczne, a także badania metalograficzne [3÷14].

Polskie przepisy dotyczące konstrukcji spawanych wymagały każdorazowo, przed przystąpieniem do wykonania konstrukcji, przeprowadzenia badań specjalnie obrobionych próbek. Obróbka ta polegała na usunięciu zewnętrznej warstwy, w której występuje największa liczba porów [4].

Badania spoin doczołowych i pachwinowych przeprowadzone przez prof. S. Bryłę z Politechniki Lwowskiej, H. Dustina z Liege, a także w Wolnym Uniwersytecie w Brukseli wykazały, że odkształcenie spoin doczołowych występuje dopiero z chwilą zerwania, przy czym uzyskane wyniki zdecydowanie przewyższały wytrzymałość materiału konstrukcyjnego. Spoiny pachwinowe odkształcały się znacznie jeszcze przed zerwaniem, a ich wytrzymałość była mniejsza niż spoin doczołowych [4]. Według przepisów wytrzymałość

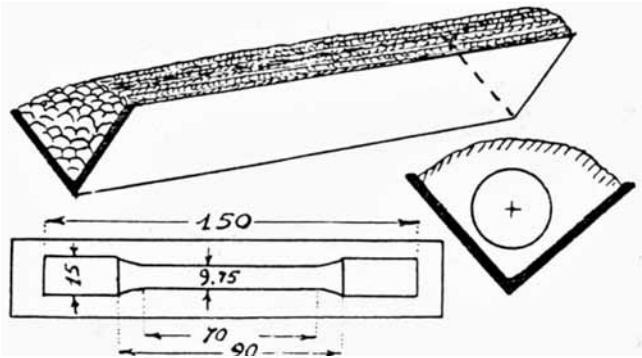
spoiny nie mogła być mniejsza niż 80% wytrzymałości materiału rodzimego i we wszystkich przypadkach warunek ten był spełniony. W urządzeniach pracujących pod ciśnieniem wytrzymałość na rozciąganie złącza powinna być równa lub nieco wyższa od wytrzymałości materiału rodzimego [16].

Firmy chcące scharakteryzować spoiwo, niezależnie od jego przyszłego zastosowania, tzn. niezależnie od materiału rodzimego i metody spawania, wykonywały badania na spoiwie „sztucznym”, specjalnie przetopionym w warunkach niestosowanych w praktyce warsztatowej [12]. Dla spoin przeznaczonych do spawania elektrycznego stosowano tzw. *próbę Acros* (rys. 1) [12].

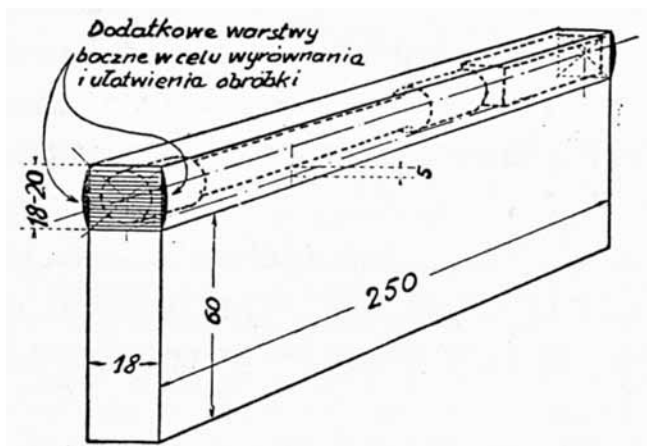


Rys. 1. Próba Acros [12]

Fig. 1. Agros test [12]



Rys. 2. Próbka utworzona z metalu stopionej elektrody [12]
Fig. 2. Sample made by the electrode metal [12]



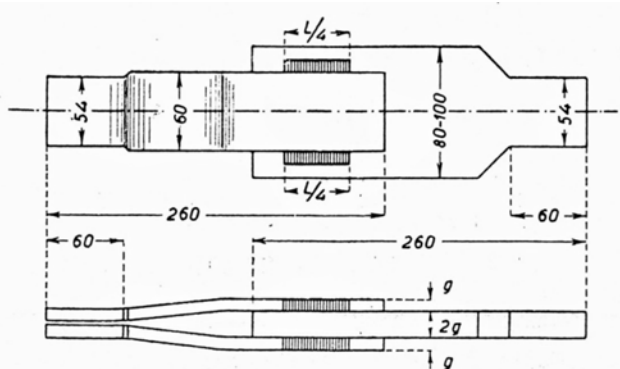
Rys. 3. Próbka ze spoiwa przy spawaniu acetylenowym [12]
Fig. 3. Sample made by filler metal for acetylene welding [12]

W próbie tej nakładano kilkanaście warstw na jedną stronę wyfrezowanej blachy, następnie frezowano materiał rodzimy i strefę przejściową z drugiej strony i w to miejsce nakładano ponownie kilkanaście warstw spoiwa. Z powstałego bloku wycinano próbki do badań wytrzymałościowych. W podobny sposób uzyskiwano próbki z materiału nałożonego w kątownikach (rys. 2) [12].

Dla stopiw do spawania acetylenowo-tlenowego wytyczne wykonania próbek opracował M.Y. Mercier. Na krawędź blachy grubości 18÷20 mm nakładano szereg warstw spoiwa grubości 1 mm, z których powstawał blok o wymiarach pozwalających na wytoczenie próbki wytrzymałościowej (rys. 3) [12].

Próba rozciągania stopiw do oceny wytrzymałości złącza spawanego miała znaczenie drugorzędne [15], gdyż na wytrzymałość stopiwa, oprócz składu chemicznego spoiwa, oddziaływał skład chemiczny materiału rodzimego, jego grubość, a także zastosowana metoda i parametry spawania [13]. Na podstawie analizy wszystkich czynników wpływających na wytrzymałość stopiwa inż. P. Tułacz, twórca m.in. złącza szynowego nazwanego jego nazwiskiem, wypowiedział się przeciw próbie rozciągania spoiwa „sztucznego” [14].

W przypadku badania wytrzymałości spoin na ścinanie, w przepisach międzynarodowych nie uwzględniano



Rys. 4. Próbka do badań spoin pachwinowych [8]
Fig. 4. Sample for testing [8]

grubości spoiny. Prof. S. Bryła już w 1927 r. wykazał błąd w takim rozumowaniu i określił, że naprężenia dopuszczalne w spoinach pachwinowych były dla spoin cienkich większe niż dla spoin grubych [25].

Swoje wyniki potwierdził, wykonując w laboratorium Politechniki Lwowskiej badania 220 próbek. Kształt próbki przedstawiono na rysunku 4. Pobrano je ze złączy spawanych elektrycznie o grubości 4÷20 mm i długości spoiny 80÷240 mm [8]. Badania prowadzono w stałych warunkach, tj. przy jednostajnym wzroście obciążenia od 0,2 do 0,5 kg/(mm²·s).

Tak obszerna badania pozwoliły na wydanie w 1933 r. przepisów dotyczących projektowania i wykonywania konstrukcji stalowych [27].

Przepisy te uwzględniały zmienność naprężeń dopuszczalnych dla spoin pachwinowych oraz zależność naprężeń od położenia spoiny, np. dla spoin sufitowych były one zmniejszone o 25%, dla spoin pachwinowych poprzecznych zwiększone o 10%, a dla spoin pachwinowych „wykonanych w kącie mniejszym od 60°” – zmniejszone o 25%. Normy te określały również materiały stosowane do spawania i ich badania, sposób przygotowania i wykonania spawania, a także kontroli i odbioru konstrukcji spawanych [28].

Badania wytrzymałościowe pozwalały określić podstawowe właściwości złączy spawanych, jednak dopiero badania metalograficzne wyjaśniają, dlaczego uzyskano takie, a nie inne wyniki.

Podobnie jak obecnie, badania metalograficzne obejmowały określenie makro- i mikrostruktury materiałów. Mimo że mikroskopia była już dobrze znana w prasie fachowej, niewiele było informacji na temat badań struktury złączy spawanych [3, 9, 17, 26]. Badania struktury, wymagające przynajmniej częściowego zniszczenia wykonanej konstrukcji, miały istotne znaczenie przy opracowywaniu materiałów dodatkowych oraz metod spawania [21].

Badania laboratoryjne, mimo że powszechnie stosowane i wymagane przez przepisy polskie i zagraniczne, tylko w wyjątkowych wypadkach przeprowadzano dla już wykonanych konstrukcji czy elementów. Jakość połączeń spawanych kontrolowano, wykonując badania warsztatowe w miejscu spawania [1, 2].

Badania te można było podzielić na 3 grupy [17, 18]:

Badania zewnętrzne spoiny i wnioskowanie z wyglądu zewnętrznego o jej wytrzymałości, w tym:

- badania wyglądu zewnętrznego i kontrolowanie wymiarów,
- badania wytrzymałości spoiny na podstawie twardości.

Badania wnętrza spoiny bez jej nacinania, w tym:

- badania stetoskopem,
- badania magnetograficzne (metoda Roux),
- badania elektryczne (metoda Sperryego),
- badania promieniami Roentgena,
- badania promieniami gamma.

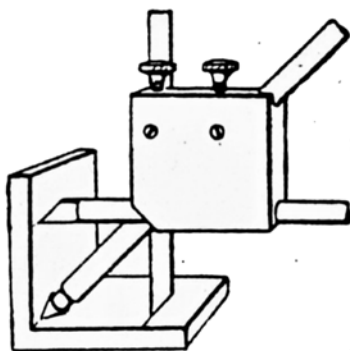
Badania wnętrza spoiny przez jej lokalne nacięcie, w tym:

- wycięcie doraźne dłutem,
- wydrążenie miejscowe spoiny (sposobem Schmucklera).

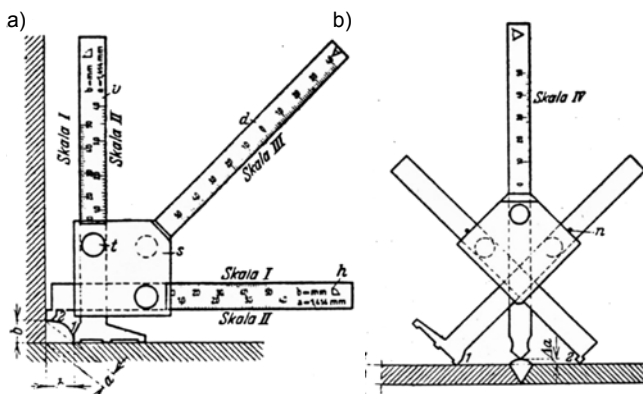
Badania zewnętrzne spoiny

Badania wyglądu zewnętrznego i kontrola wymiarów

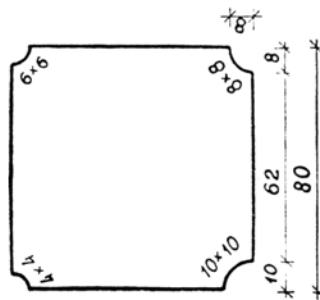
Wymiary spoiny powinny odpowiadać obliczonym; wymiary większe podnoszą bowiem koszty wykonania, a mniejsze zmniejszają pewność połączenia. Otrzymańnię jednakowego przekroju spoiny na całej jej długości ułatwiało wytrasowanie krawędzi, tzn. wyznaczenie linii na łączonych elementach, do których należało dostosować grubość spoiny (rys. 5) [19].



Rys. 5. Przyrząd do trasowania krawędzi spoiny [19]
Fig. 5. Instrument for marking-off of weld [19]



Rys. 6. Pomiar grubości spoiny: a) pachwinowej, b) doczołowej [19]
Fig. 6. The weld thickness testing: a) fillet weld, b) butt weld [19]



Rys. 7. Blaszka do kontroli spoin [18]
Fig. 7. The plate for weld testing [18]

Do pomiaru grubości spoiny stosowano przyrząd Schmucklera. Przyrząd składał się z trzech linijek – dwóch prostopadłych do siebie i jednej pod kątem 45° (rys. 6). Po ustawieniu nad spoiną i ustaleniu podziałek dokręcano śrubki wszystkich linijek i odczytywano wymiary. Wszystkie linijki miały po dwie skale i dla spoin równobocznych wskazania na obu prostopadłych do siebie linijkach (skala I i II) powinny być takie same. Spoiny wklęsłe mierzono w skali III, a wypukłe w skali IV na linijce ustawionej pod kątem 45° [19].

Do pomiarów można było również stosować blaszki kwadratowe o ściętych narożach (rys. 7) [18].

Badania wnętrza spoiny bez jej nacinania

Badania na podstawie twardości

Pomiar twardości metodą Brinella umożliwiał określenie wytrzymałości na podstawie wzoru empirycznego $R = 0,35 HB$. Według Zimma współczynnik R/HB dla spoiny wynosił 0,26, a według badań polskich $0,32 \div 0,36$ [20]. Zależności te nie uwzględniały jednak wad wewnętrznych, obniżających właściwości.

Badania stetoskopem

Kontrolowanie jakości spoin za pomocą dźwięku wykonano za pomocą stetoskopu, stosowanego również przez lekarzy (rys. 8) [17, 18, 21]. Po przyłożeniu stetoskopu do spoiny uderzano w nią młotkiem. Porównanie dźwięków w różnych miejscach z dźwiękiem materiału rodzimego pozwalało określić najslabsze miejsce.



Rys. 8. Badanie akustyczne spoiny [21]
Fig. 8. Acoustic testing of welds [21]

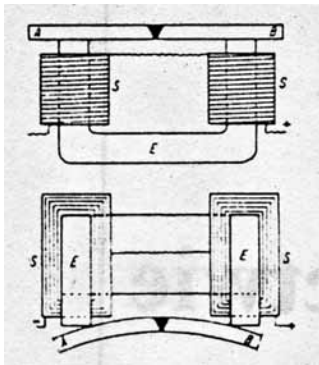
Badania magnetograficzne

Badania wykorzystujące oddziaływanie strumienia magnetycznego opracował w 1927 r. A. Roux – kierownik laboratorium La Soudure Autogene Francaise [21]. Urządzenia do badań były tanie, więc metoda ta szybko się rozpowszechniła. Do badań stosowano magnes lub elektromagnes w kształcie podkowy o odstępnie biegunów $80 \div 100$ mm (rys. 9) [17, 18]. Podczas badań elektromagnes, zasilany z sieci, ustawiano prostopadle do spoiny, a na badaną powierzchnię rozpylano opiłki stalowe (rys. 10) [24].

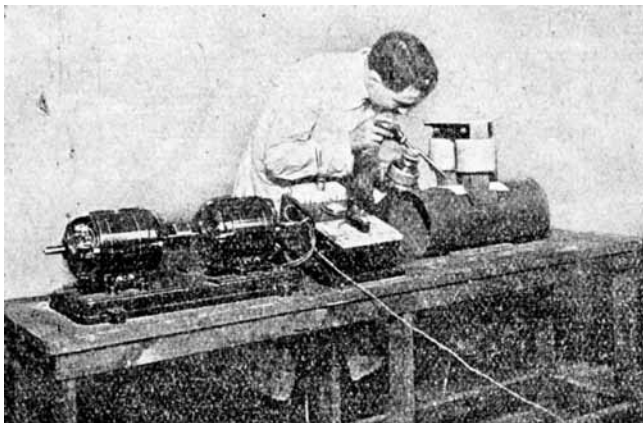
Pewną odmianą metody Roux było badanie za pomocą pyłu magnetycznego. W metodzie tej przepuszczano przez element spawany prąd zmienny o dużym natężeniu. Spoinę powlekano pyłem stalowym wymieszanym z olejem, co ułatwiało równomierne nałożenie oraz zmniejszało opory ruchu pyłu [22].

Można było również wykonać badania magnetograficzne urządzeniem pracującym bez opiłków (rys. 11) [17, 18].

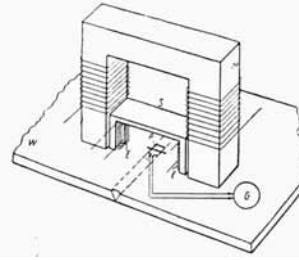
W metodzie tej, jeżeli w spoinie występują wady zmniejszające przenikalność magnetyczną, strumień magnetyczny wzbudzony elektromagnesem, przepływający przez badany przedmiot, rozdziela się i pojawia się na zewnątrz. Cewka P, znajdująca się nad spoiną, poruszana jest w dwie strony, przecina rozdzielone linie pola magnetycznego, wskutek czego indukuje się w niej siła elektromotoryczna, którą mierzono galvanometrem.



Rys. 9. Ustawienie elektromagnesu [18]
Fig. 9. Magnet set-up [18]



Rys. 10. Stanowisko do badań magnetograficznych [24]
Fig. 10. Magnetic testing of welds station [24]

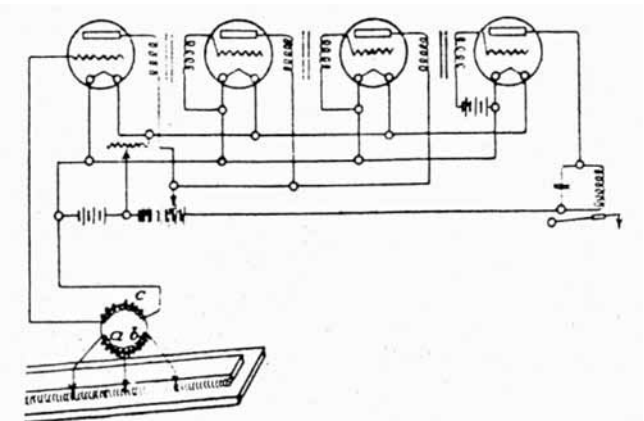


Rys. 11. Urządzenie do badań magnetograficznych spoin bez opiłków [18]
Fig. 11. Device for magnetic testing of welds without swarf [18]

Badania elektryczne

Badanie elektryczne polegało na mierzeniu oporu w odcinkach spoiny i na tej podstawie wnioskowano o jakości spoiny, bowiem odcinki zawierające wady wykazywały większy opór [18]. Urządzenie do badań opracował E.A. Sperry i było ono przeznaczone do badania szyn stalowych. Po przeróbkach przyrząd dostosowano do badania spoin. Przez badaną spoinę przepuszczano prąd stały, wytworzony z pomocniczego źródła prądu. Wzdłuż spoiny przesuwali się trzy szczotki rozstawione w równej odległości od siebie i ciągle zetknięte z badaną powierzchnią (rys. 12) [17].

W przypadku spoiny bez wad napięcie między pierwszą i drugą szczotką było takie samo jak między drugą a trzecią. Jeżeli napięcia były różne, to odcinek wskazujący większą różnicę potencjałów był gorszy niż sąsiadujący z nim drugi odcinek. Z powodu niemożności uniknięcia wahań napięcia prądu głównego, zniekształcających wskazania, metoda ta miała bardzo ograniczone zastosowanie [18].



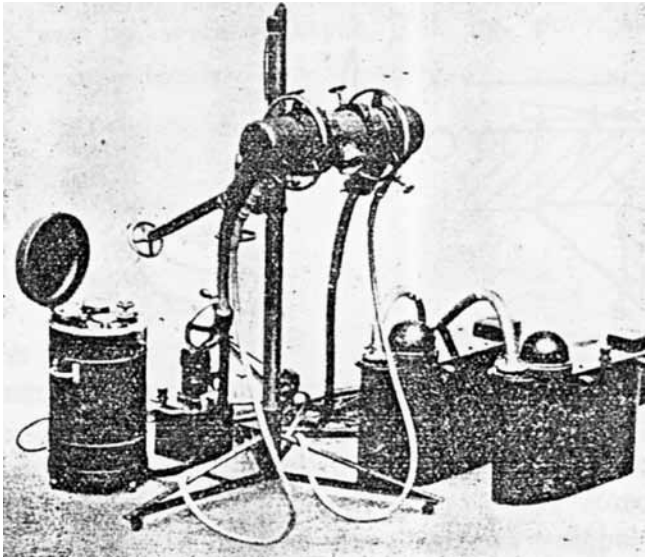
Rys. 12. Urządzenie do elektrycznego badania spoin [18]
Fig. 12. Device for electric testing of welds [18]

Badania rentgenowskie

Odkryte w 1895 r. promienie, nazwane od nazwiska odkrywcy promieniami Roentgena, znalazły początkowo bardzo szerokie zastosowanie w medycynie oraz w badaniach materiałów organicznych, a dopiero później do badań metali [23].

W przypadku połączeń spawanych maksymalna grubość blach poddanych badaniom wynosiła 10 mm, a ujawnione wady miały wielkość $2 \div 3\%$ grubości spoiny [18].

Przenośne urządzenie do badań składało się z lampy umieszczonej na statywie, dwóch agregatów



Rys. 13. Przenośne urządzenie do badań rentgenowskich [18]
Fig. 13. Transportable device for X-ray testing [18]

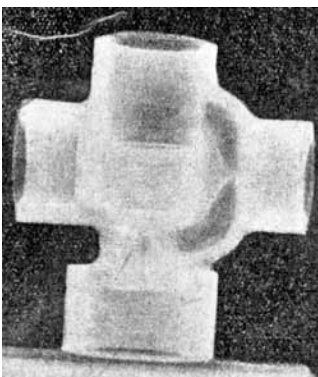
prostowniczych, skrzynki sterującej, pompy chłodzącej, kabli wysokiego napięcia i przewodów chłodzących (rys. 13) [17, 18].

Główną przeszkodą w rozpowszechnieniu się tej metody był znaczny koszt aparatów rentgenowskich, dochodzący w 1933 r. do 25 tys. zł, a także koszt samego badania wynoszący 20÷25 zł/godz. [18, 23].

Badania promieniami gamma

Promienie gamma cechuje mniejsza długość fali i znacznie większa przenikliwość niż promienie rentgenowskie. Właściwości te spowodowały, że zaczęto je stosować do badania spoin.

Urządzenie składało się z ampułki z pierwiastkiem radioaktywnym i kasety z filmem oraz blaszek ołowianych, spełniających rolę filtrów. Badanie przebiegało podobnie jak w metodzie rentgenowskiej (rys. 14). Czas naświetlania zależał od czasu połowicznego rozpadu substancji radioaktywnej, grubości badanego przedmiotu oraz jego odległości od źródła promieni [18]. Ze względu na bardzo wysoką cenę radu, wykorzystywanego w tej metodzie, jej zastosowanie było ograniczone.



Rys. 14. Zdjęcie wykonane przy zastosowaniu promieni gamma [18]
Fig. 14. The detail figure made by gamma rays [18]

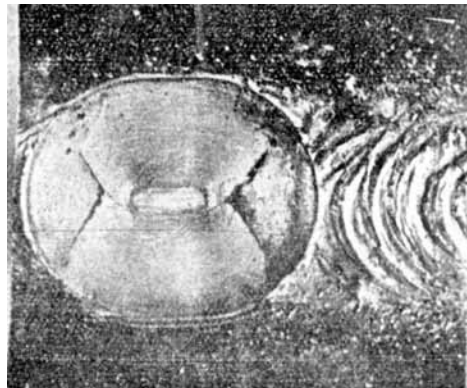
Badania wnętrza spoiny przez jej lokalne nacięcie

Badania z wycięciem spoiny za pomocą dłuta pozwalały do pewnego stopnia zajrzeć w głąb spoiny, jednak uzyskane wyniki były niezadowolające. Stosowano więc nawiercanie spoin frezem stożkowym aż do nasady spoiny (rys. 15) oraz wytrawianie uzyskanego otworu chlorkiem miedziawo-amonowym [18].

Powierzchnia otworu była gładka i nieuzbrojonym okiem można było dostrzec takie wady spoiny, jak: przypalenia, pory, rysy, brak wtopienia oraz niedostateczne wtopienie u nasady spoiny. Badania prowadzono w miejscach, w których spoina była najmniej narażona na naprężenia wewnętrzne. W przypadku nawiercania w innych miejscach, otwór po badaniu był zaspawany [17].

Ze wszystkich omówionych metod określania wad w spoinach najbardziej uniwersalne i najdokładniejsze były badania prześwietleniowe – promieniami rentgenowskimi i promieniami gamma. Również połączenie metody akustycznej z magnetograficzną pozwalało w krótkim czasie ocenić jakość spoiny z dokładnością do 95% [23].

Jak widać z przedstawionego przeglądu metod badawczych, badanie spoin zaczęło się rozwijać w samodzielnej gałęzi wiedzy.



Rys. 15. Wydrążanie spoiny [18]
Fig. 15. Hollowing of the weld [18]

Podsumowanie

Przedstawione metody badań jakości złączy miały istotny wpływ na kontrolę właściwości użytkowych konstrukcji spawanych i późniejsze dopuszczenie ich do użytkowania. Istotne jest to, że metody te, które zostały znacznie zmienione wskutek rozwoju techniki i technologii stosowania nowych materiałów konstrukcyjnych, spoin itp., nadal są stosowane do określania jakości złączy.

Literatura

- [1] Bryła S.: Metody badania spoin. Spawanie i Cięcie Metali 5/1938, s. 96-100.
- [2] Bryła S.: Badania jakości połączeń spawanych. Przegląd Techniczny 23/1934, s. 678-682.
- [3] Anczyc S.: O strukturze i wadach połączeń stapianych. Przegląd Techniczny 25, 1911, s. 320-326.
- [4] Poniż V.: Żelazne konstrukcje spawane w świetle badań. Czasopismo Techniczne 18/1930, s. 333-339.
- [5] Próby zginania. Spawanie i Cięcie Metali 10/1929, s. 7-8.
- [6] Zimm W.: Wytrzymałość blach kotłowych spawanych płomieniem acetylenowo-tlenowym lub łukiem elektrycznym. Spawanie i Cięcie Metali 8/1928, s. 2-7.
- [7] Spawanie acetylenowo-tlenowe i elektryczne w Zakładach B-ci Sulzer w Winterthur. Spawanie i Cięcie Metali 12/1928, s. 2-5.
- [8] Bryła S. Wytrzymałość spoin bocznych na ścinanie. Czasopismo Techniczne 2/1933 s. 17-22.
- [9] Obrębski J.: Spawanie szyn w świetle badań wytrzymałościowych mikrograficznych. Mechanik 11/1934, s. 240-244.
- [10] Pszenicki A., Szelągowski F.: Badania pewnych połączeń spawanych. Przegląd Techniczny 20, 1935, s. 409-413.
- [11] Pszenicki A., Szelągowski F.: Badania pewnych połączeń spawanych. Przegląd Techniczny 21, 1935, s. 429-431.
- [12] Tułacz P.: Zagadnienia badań wytrzymałościowych połączeń spawanych. Spawanie i Cięcie Metali 2/1938, s. 30-33.
- [13] Tułacz P.: Zagadnienia badań wytrzymałościowych połączeń spawanych. Spawanie i Cięcie Metali 3/1938, s. 53-55.
- [14] Tułacz P.: Zagadnienia badań wytrzymałościowych połączeń spawanych. Spawanie i Cięcie Metali 4/1938, s. 74-77.
- [15] Popiel M.A.: Znaczenie wyników mechanicznych prób laboratoryjnych jako czynników oceny dla stosowania i zachowania się metali w praktyce. Mechaniczna Stacja Doświadczalna Politechniki Lwowskiej 1937, s. 19.
- [16] Poniż V.: Spawanie w urządzeniach pracujących pod ciśnieniem. Odczyt wygłoszony na konferencji polsko-francuskiej w Paryżu 23.05.1938, Spawanie i Cięcie Metali 6/1938, s. 122-128.
- [17] Bryła S.: Badanie jakości połączeń spawanych. Przegląd Techniczny 24/1934, s. 702-707.
- [18] Bryła S.: Metody badania spoin. Spawanie i Cięcie Metali 6/1938, s. 116-121.
- [19] Przyrząd do pomiaru szwu spawanego. Mechanika 21/1933, s. 43.
- [20] Żukowski S.: Zależność między twardością i wytrzymałością spoin. Spawanie i Cięcie Metali 12/1933, s. 188-191.
- [21] Tułacz P.: Nowoczesne metody badań połączeń spawanych. Oberschlesischer Berg Und Hüttenmännischer Verein, rocznik 69, zeszyt 4, 1930, s. 184-191.
- [22] Bałas K.: Kontrola wyrobów stalowych metodą elektromagnetyczną. Przegląd Elektrotechniczny 19/1938, s. 669-670.
- [23] Nieświatowski S.: Badanie połączeń spawanych promieniami Roentgena. Technik 9/1933, s. 381-389.
- [24] Kontrola spoin za pomocą pola magnetycznego. Spawanie i Cięcie Metali 4/1929, s. 51-53.
- [25] Bryła S.: Most żelazny spawany elektrycznie na rzece Słudwi pod Łowiczem. Spawanie i Cięcie Metali 11/1929, s. 186-194.
- [26] Dreher L.: Wiadomości podstawowe z dziedziny metalografii żelaza i stali. Spawanie i Cięcie Metali 4/1937, s. 75-78.
- [27] Nowe polskie przepisy dotyczące spawanych konstrukcji stalowych. Spawanie i Cięcie Metali 7/1933, s. 13.
- [28] Monografia działalności naukowej Stefana Bryły. PWN, Warszawa 1959, s. 69.



Ponad 2000 podwykonawców z całego świata

[katalog firm] PONAD 2000 FIRM Z CAŁEGO ŚWIATA
PODZIELONYCH NA KATEGORIE

[giełda pracy] OGŁOSZENIA PRACOWNIKÓW
I PRACODAWCÓW Z BRANŻY

NEW

[giełda materiałów] OGŁOSZENIA KUPNA I SPRZEDAŻY, SZCZEGÓLOWO
PODZIELONE NA GATUNKI I KSZTAŁTY MATERIAŁÓW

[giełda maszyn] PONAD 2300 AKTUALNYCH OGŁOSZEŃ
KUPNA I SPRZEDAŻY

[wydarzenia] LISTA TARGÓW I IMPREZ BRANŻOWYCH
ZE ŚWIATA

[aktualności] TECHNOLOGIE, WYWIADY, SPRAWOZDANIA,
WSZYSTKO CZEGO POTRZEBUJESZ

[media] INFORMACJE O CZASOPISMACH
BRANŻOWYCH Z CAŁEGO ŚWIATA

[video] RELACJE, WYWIADY,
PREZENTACJE

 www.4metal.pl
 www.4metal.de
 www.4metal.cz
 www.4metal.com
 www.4metal.nl
 www.4metal.at
 www.4metal.be
 www.4metal.ru
 www.4metal.ch
 www.4metal.it
 www.4metal.ro
 www.4metal.hu
 www.4metal.us



2005



2006



2007



2008



2009



2010



2011

GET THE MEMBERSHIP