

Próba Kommerella, a wytyczne SEP 1390:1996

The Kommerell test, and the guidelines of SEP 1390:1996

Streszczenie

W artykule przedstawiono porównanie prób oceny spawalności według próby Kommerella oraz wytycznych SEP 1390. Celem podjętego tematu było porównanie przygotowania próbek, przebiegu badania, a także analizy wyników próby Kommerella oraz próby wg wytycznych SEP 1390 do oceny spawalności materiałów konstrukcyjnych.

Słowa kluczowe: próba Kommerella; próba SEP1390:1996; spawalność; własności materiałów konstrukcyjnych

Abstract

The article presents a comparison of weldability assessment samples according to the Kommerell sample and SEP 1390 guidelines. The aim of the topic was to compare sample preparation, test run and analysis of Kommerell test results and SEP 1390 sample to assess the weldability of construction materials.

Keywords: Kommerell's test; SEP 1390:1996 test; weldability; properties of construction materials

Wstęp

Jedną z podstawowych właściwości materiałów stosowanych na konstrukcje spawane jest spawalność. Właściwość ta nabiera szczególnej wagi w przypadku elementów grubościennych. Spawalność jest właściwością materiału podawanego spawaniu, ale wymaga oceny wielu czynników. Na spawalność wpływ ma zarówno metoda, jak i technologia spawania, stosowane materiały dodatkowe oraz rozwiązania konstrukcyjne. Zagadnienie spawalności jest szerokim zagadnieniem, które ciężko ująć w jednej definicji.

Poniżej przykłady definicji spawalności:

- Definicja wg komitetu technicznego ISO/TC44 z 1953 r.: „Uważa się, że materiał metaliczny jest spawalny w danym stopniu za pomocą określonej metody i dla danego rodzaju konstrukcji, jeśli nadaje się – przy użyciu środków ostrożności, odpowiadających temu stopniowi – do wykonania połączeń między dwoma elementami. Połączenia te mają zapewnić ciągłość metaliczną, a więc utworzyć złącza spawane, które przez swe cechy lokalne i następstwa ogólne ich obecności, spełniają żądane wymagania będące podstawą ich oceny”. W 1967 r. została ona wprowadzona do zaleceń ISO/R581 [1].
- Spawalność wg PN-EN 1090-1+A1:2012 to „Jakość materiału stali lub aluminium, umożliwiająca skuteczne ich łączenie z zastosowaniem kwalifikowanej technologii spawania” [2].
- Spawalność wg Międzynarodowego Instytutu Spawalnictwa „Uważa się, że materiał metaliczny jest spawalny w danym stopniu, przy użyciu danej metody spawania i w danym przypadku zastosowania, gdy pozwala, przy uwzględnieniu odpowiednich dla danego przypadku

środków ostrożności, na wykonanie złącza pomiędzy elementami łączonymi z zachowaniem ciągłości metalicznej oraz utworzenie złącza spawanego, które poprzez swe właściwości lokalne i konsekwencje ogólne zadość uczyni wymogom żądanym i przyjętym za warunki odbioru” [1].

W celu praktycznej oceny spawalności materiału wykorzystuje się metody analityczne (wzory obliczeniowe), badania symulacyjne (z zastosowaniem symulatorów cykli cieplnych) oraz próby technologiczne. Próby technologiczne wykorzystywane są również do weryfikacji metod analitycznych. Próby te związane są często ze zjawiskami pęknięcia i skłonnością materiału do pęknięć. Przykładem takich prób mogą być: próba krzyżowa, próba CTS, próba COD, próba Tekken, próba Kommerella, próba SEP 1390.

Przedmiotem niniejszego opracowania jest porównanie prób: Kommerella i SEP 1390:1996.

Próba Kommerella

Próba Kommerella jest jedną z najwcześniej stosowanych prób badania spawalności. Weryfikuje czy zaprojektowane złącze spawane będzie w stanie zatrzymać powstające pęknięcia. Badanie można wykonać dla płyty o grubości od 20 do 50 mm. Płytę próbną wycina się z arkusza blachy zgodnie z kierunkiem walcowania. Szerokość badanej płyty wynosi 200 mm natomiast długość płyty oraz długość napoiny jest funkcją grubości płyty. Długość płyty wyznaczana jest z funkcji $l = 12g$ (gdzie g jest grubością materiału badanego). Długość napoiny wyznaczana jest z funkcji

Mgr inż. Jakub Kozłowski – Politechnika Częstochowska.

Autor korespondencyjny/Corresponding author: kuba.kozlowski@o2.pl

Tablica I. Wymiary próbek Kommerella w zależności od grubości badanego materiału

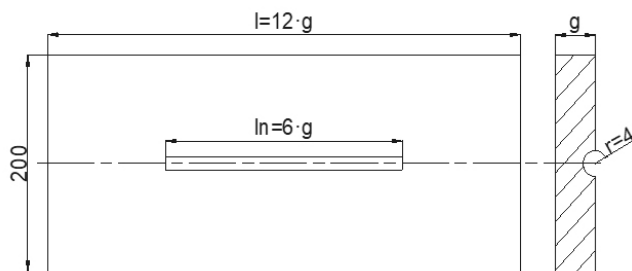
Table I. The dimensions of Kommerell's samples depending on the thickness of the material being tested

Grubość g, mm	Długość l, mm	Szerokość Bp, mm	Długość napoiny Ln, mm	Promień rowka r, mm	Rozstaw podpór lp, mm	Średnica trzpienia ϕt , mm
20	240	200	120	4	120	60
30	360	200	180	4	180	90
40	480	200	240	4	240	120
50	600	200	300	4	300	150

$l_n = 6g$ (gdzie g jest grubością materiału badanego). Na rysunku 1 przedstawiono wymiary płyty próbnej.

Na powierzchni płyty wykonuje się rowek o promieniu $r = 4$ mm (rys. 1). W wykonanym rowku wykonuje się napoinę przy użyciu materiału dodatkowego dobranego do danego gatunku stali. Szerokość napoiny powinna wynosić $10 \div 12$ mm.

W tabeli I przedstawiono wymagania wymiarowe próbek w zależności od jej grubości.

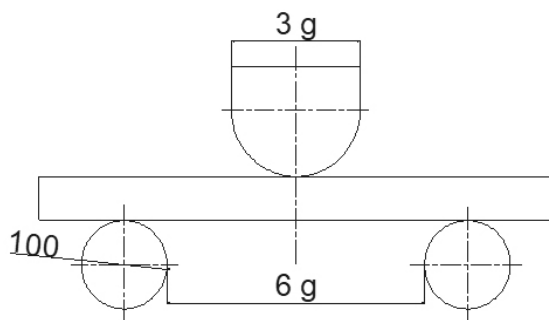


Rys. 1. Schemat próbki Kommerella
Fig. 1. Scheme of Kommerell's sample

Badanie polega na zginaniu napawanej płyty. Próbkę układa się na podporach o średnicy $\phi 100$ mm. Odległość między podporami l_p oraz średnica trzpienia gnącego ϕt są również powiązane z grubością materiału i wynoszą odpowiednio: odległość między podporami $l_p = 6g$, średnica trzpienia $\phi t = 3g$. Schemat układu do wykonania próby przedstawiono na rysunku 2.

Płytę należy ułożyć napoiną w stronę podpór, aby podczas zginania napoina ulegała rozciąganiu. Zginanie prowadzi się aż do złamania badanej próbki. Podczas badania należy obserwować i zarejestrować kąt, przy którym powstaje pierwsze pęknięcie. Minimalne, dopuszczalne kąty gięcia, w zależności od grubości materiału przedstawiono w tablicy II. Podczas próby należy również zarejestrować kąt, przy którym próbka ulegnie zniszczeniu. Po złamaniu próbki należy ocenić charakter przełomu. Jeśli pęknięcie ma charakter kruchy, należy uznać, że materiał jest trudno spawalny.

Próbę można wykonywać również w obniżonej lub podwyższonej temperaturze gięcia, aby określić krytyczną temperaturę przejścia w stan kruchy materiału badanego [1,3].



Rys. 2. Przygotowanie próbki do gięcia
Fig. 2. Preparation of the sample for bending

Tablica II. Minimalne, dopuszczalne kąty gięcia w zależności od grubości badanego materiału

Table II. Minimum, acceptable bending angles depending on the thickness of the material being tested

Grubość g, mm	20	30	40	50
Minimalny kąt gięcia, °	60	50	40	30



Rys. 3. Przykładowy pozytywny wynik próby Kommerella o grubości 40 mm po zginaniu o kąt 40°

Fig. 3. An exemplary positive result of the Kommerell's test with a thickness of 40 mm after bending by 40°

Próbę uważa się za pozytywną jeśli przy uzyskaniu kąta gięcia (wg tabl. II) na próbce nie pojawiły się pęknięcia i próbka nie uległa złamaniu [3,4].

Próba SEP 1390:1996

Próba SEP 1390:1996 przeznaczona jest do badań materiałów o minimalnej granicy plastyczności $235 \div 355$ N/mm² o minimalnej grubości od 30 mm. Płyta próbna powinna być wycięta z arkusza blachy zgodnie z kierunkiem jej walcowania. Dopuszczalne jest również pobranie próbki w kierunku prostopadłym do kierunku walcowania. Wymiary próbki, długość i szerokość uzależnione są od grubości materiału. Sposób doboru wymiarów podano w tablicy III i na rysunku 4.

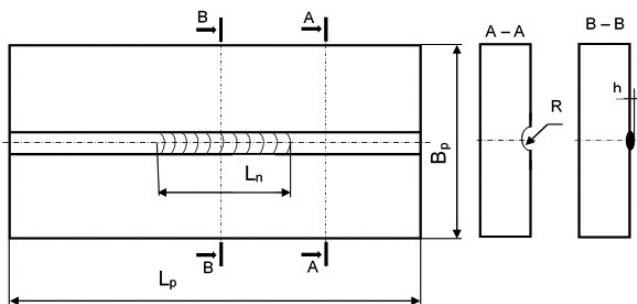
Tablica III. Wymiary próbki wg SEP 1390 w zależności od grubości badanego materiału

Table III. The dimensions of the sample according to SEP 1390 depending on the thickness of the material being tested

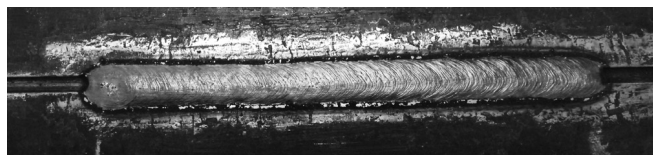
Grubość g [mm]	Długość Lp [mm]	Szerokość Bp [mm]	Długość napoiny (min.) Ln [mm]
$30 \leq g \leq 35$	410	200	175
$35 < g \leq 40$	440	200	190
$40 < g \leq 45$	470	200	220
$45 < g \leq 50$	500	200	220
$g > 50$	500	200	220

Jeśli badany materiał posiada grubość większą niż 50 mm próbkę należy obrócić z jednej strony, aby jej grubość wynosiła 50 mm. Wzdłuż próbki należy wyfrezować rowek o promieniu 4 mm. Położenie rowka przedstawione jest na rysunku 4. W przypadku próbek obrabianych po grubości, rowek należy wykonać po nieobrabananej stronie płyty.

Próbkę napawa się łukowo, elektrodą o grubej rutilowej otulinie (RR) wg EN 499 o średnicy 5 mm. Długość napoiny należy wykonać, wg tablicy III, a jej położenie wg rysunku 4. Wysokość nadlewu napoiny powinien wynosić ok. 1 mm. Ścieg należy być wykonany za jednym przejściem bez przerywania. Przykład wykonanej napoiny przedstawiono na rysunku 5.

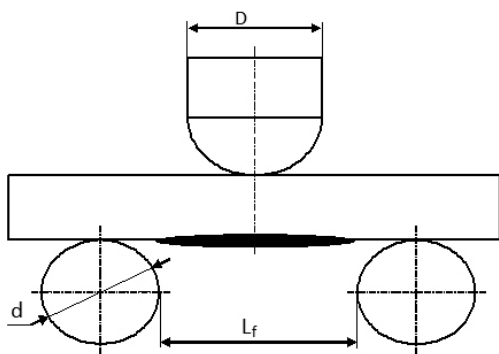


Rys. 4. Wymiary próbek wg normy SEP 1390
Fig. 4. Preparation of the Sample by SEP 1390



Rys. 5. Napoina na odcinku badanym
Fig. 5. Weld on the test section

Badanie polega na zginaniu napawanej płyty. Próbkę układa się na podporach o średnicy min 50 mm. Odległość między podporami oraz średnicę trzpienia gnącego dobiera się wg tablicy IV. Próbkę układa się w taki sposób, aby napoina znajdowała się w strefie rozciągania. Schemat układu do wykonania próby przedstawiono na rysunku 6. Zginanie prowadzi się jednostajnie aż do osiągnięcia kąta, co najmniej 60°.



Rys. 6. Schemat badania wg wytycznych próby SEP 1390
Fig. 6. Test scheme according to SEP 1390 test guidelines

Badanie kończy się, jeżeli podczas gięcia próbki uzyska minimalny kąt 60° lub wcześniej zostanie złamana. Wynik pozytywny uzyskiwany jest, gdy przynajmniej jedno pęknięcie powstałe w napoinie przejdzie do materiału próbki i zostanie zatrzymane przez materiał badany. Przykład zaznaczono na rysunku 7.

Uzyskany wynik określa się jako negatywny, jeżeli próbka zostanie złamana przed osiągnięciem kąta 60°. Próbki ze stali innych niż walcowane termomechanicznie uważa się za złamane (przykład na rys. 8), jeśli odległość pomiędzy środkiem ściegu napoiny i końcem pęknięcia jest większa niż 80 mm. Próbki ze stali walcowanych termomechanicznie uważa się za złamane, jeśli pęknięcie osiągnie krawędź próbki.



Rys. 7. Przykładowy pozytywny wynik próby SEP 1390
Fig. 7. An example of a positive result of the SEP 1390 test



Rys. 8. Przełom płyty z negatywnym wynikiem próby SEP 1390
Fig. 8. Breakthrough of the plate with a negative result of the SEP 1390 test

Jeżeli po osiągnięciu kąta gięcia 60° nie pojawiły się żadne pęknięcia, lub pęknięcia, które powstały w napoinie nie dotarły do linii wtopienia, próbę uznaje się za nieważną. W takim przypadku badanie należy powtórzyć na kolejnej płycie.

Jeżeli próba dla badanego materiału wypadła negatywnie należy materiał wykluczyć lub pobrać dwie nowe próbki materiału z tej samej partii kontrolnej i poddać je badaniom. Obydwie próbki muszą spełnić wymagania [4÷8].

Tablica IV. Średnica podpór i trzpienia oraz odległość podpór od siebie
Table IV. Diameter of supports and bolts and distance between supports

Grubość g, mm	Średnica trzpienia D, mm	Odległość podpór Lf, mm	Średnica podpór d, mm
30 ≤ g ≤ 35	105	190	≥ 50
35 < g ≤ 40	120	220	
40 < g ≤ 45	135	250	
45 < g ≤ 50	150	280	
g > 50	150	208	

Wnioski

- Pomimo podobieństw w przygotowaniu próbek i przeprowadzeniu badań, prób wg Kommerella i wytycznych SEP 1390 nie należy ze sobą utożsamiać.
- Z wykorzystaniem próby Kommerella można określić czy zaprojektowane złącze spawane będzie odporne na powstanie i rozwój pęknięć.

- Próba wg wytycznych SEP 1390, w którym ułożona napoina jest generatorem pęknięć, pozwala na określenie czy badany materiał będzie w stanie zatrzymać rozwijające się pęknięcia.
- W próbie Kommerella za wynik pozytywny uznaje się próbkę, w której podczas zginania do wymaganego minimalnego kąta nie powstaną żadne pęknięcia. Natomiast w próbie wg wytycznych SEP 1390 taki wynik ocenia się jako próba nieważna.
- Zginanie w próbie Kommerella prowadzi się aż do złamania próbki, przy czym należy sprawdzić, czy przy wymaganym minimalnym kącie nie powstały pęknięcia. Natomiast próbę wg wytycznych SEP 1390 prowadzi się do uzyskania kąta gięcia 60° i próbę poddaje się ocenie.
- Ze względu na możliwość wystąpienia wyniku negatywnego próby, najkorzystniej, z punktu widzenia wytwórcy konstrukcji, jest zamówienie materiału z próbą przeprowadzoną przez dostawcę lub hutę, a fakt przeprowadzenia takiej próby i jej wynik powinien być umieszczony na protokole z badań lub świadectwie odbioru (ateście).
- Przeprowadzenie próby po zakupie stali przez wytwarzającego konstrukcję, w przypadku negatywnego jej wyniku, może narazić wytwórcę na straty spowodowane niemożliwością zastosowania zakupionego materiału.
- Zamawiając materiał należy określić wcześniej wszystkie niezbędne wymagania jakościowe oraz kontrolować ich spełnienie przy dostawie.

Literatura

- | | |
|---|--|
| <p>[1] Jakubiec M., Lesiński K., Czajkowski H.: Technologia konstrukcji spawanych, Wydawnictwo Naukowo-Techniczne, Warszawa, 1980.</p> <p>[2] PN-EN 1090-1+A1:2012 Wykonanie konstrukcji stalowych i aluminiowych – Część 1: Zasady oceny zgodności elementów konstrukcyjnych</p> <p>[3] Butnicki S.: Spawalność i kruchość stali, Wydawnictwo Naukowo-Techniczne, Warszawa, 1979.</p> <p>[4] Kozłowski J.: Ocena spawalności materiałów wg próby Kommerella i SEP 1390, Praca dyplomowa pod kierownictwem dr. inż. R. Krawczyka, Politechnika Częstochowska, Częstochowa 2014.</p> | <p>[5] Krawczyk R., Kozłowski J.: Ocena spawalności grubościennych materiałów na przykładzie próby SEP 1390, Biuletyn Instytutu Spawalnictwa, R 60 nr 3, 2016, s. 56-60.</p> <p>[6] Krawczyk R., Kozłowski J.: Analiza wpływu zmian geometrii napoiny na przebieg próby SEP 1390, Biuletyn Instytutu Spawalnictwa, R 60 nr 4, 2016, s. 72-76. 10.17729/ebis.2016.4/8</p> <p>[7] SEP 1390:1996</p> <p>[8] Pakos R.: Technologiczna próba spawalności według ABV-SEP 1390, Przegląd Spawalnictwa, 4, 2013, s. 14-17. 10.26628/ps.v85i4.262</p> |
|---|--|
-