

21.11.2017

Dr hab. inż. Jacek Słania, prof. IS
Zakład Badań Nieniszczących
Instytut Spawalnictwa

Gliwice, 10 listopada 2017 r.

RECENZJA

pracy doktorskiej mgr inż. Jacka Michała Tomkowa pt:

„Wpływ warunków spawania pod wodą na skłonność do tworzenia pęknięć zimnych w stalach o podwyższonej wytrzymałości”

wykonana na zlecenie Rady Wydziału Mechanicznego Politechniki Gdańskiej

na podstawie uchwały z dnia 16 października 2017 r.

Wprowadzenie

Wysokie wymagania dotyczące właściwości eksploatacyjnych części i wyposażenia maszyn powodują konieczność stosowania do ich wytwarzania nowych materiałów konstrukcyjnych oraz nowoczesnych technologii. Jednymi z najnowocześniejszych i równocześnie najbardziej powszechnie stosowanymi w przemyśle technologiami są technologie spawalnicze. Technologie te są ważnym elementem wytwarzania części maszyn i urządzeń o specjalnych właściwościach użytkowych. Umożliwiają one uzyskanie połączeń o wymaganych właściwościach eksploatacyjnych. Równocześnie zastosowanie i rozwój technologii spawalniczych musi nadążać za rozwojem i wprowadzaniem do produkcji nowych gatunków materiałów. Procesy spawalnicze są procesami specjalnymi, to jest takimi, których wyniku nie można ocenić w trakcie ich trwania, a niezgodności mogą się ujawnić dopiero po ich zakończeniu. Z tego względu zasadne i konieczne jest szczegółowe zbadanie tych procesów w celu ich wykorzystania do precyzyjnego kształtowania właściwości eksploatacyjnych połączeń. Nie jest to jednak możliwe bez znajomości właściwości fizycznych i wynikających z nich właściwości eksploatacyjnych oraz właściwości spawalniczych łączonych materiałów. Zagadnienie wpływu warunków spawania pod wodą na skłonność do tworzenia pęknięć zimnych w stalach o podwyższonej wytrzymałości jest dotychczas zbadane w niewielkim stopniu.

Podjęcie przez mgr inż. Jacka Michała Tomkowa pracy doktorskiej o charakterze teoretyczno – doświadczalnym pt: **„Wpływ warunków spawania pod wodą na skłonność do tworzenia pęknięć zimnych w stalach o podwyższonej wytrzymałości”** należy uznać za wybór trafny ze względu na znaczenie tematyki w zakresie poznawczym jak również możliwość praktycznego zastosowania wyników badań. Problematyka, którą Doktorant podjął jest mało zbadana, a przy tym bardzo istotna z naukowego i użytkowego punktu widzenia. Dlatego uważam, że temat pracy jest uzasadniony, interesujący i aktualny.

Treść rozprawy

Praca doktorska pt: „**Wpływ warunków spawania pod wodą na skłonność do tworzenia pęknięć zimnych w stalach o podwyższonej wytrzymałości**” składa się z dwóch podstawowych części, to jest części literaturowej oraz części badawczej i zawiera 150 stron tekstu, 43 tablice, 126 rysunków oraz 182 pozycje bibliograficzne.

W części literaturowej Doktorant przedstawił w sposób dokładny zagadnienie spawania pod wodą, prezentując spawanie suche, spawanie mokre oraz spawanie za pomocą lokalnej komory suchej. Następnie szczegółowo omówił stale spawalne o podwyższonej wytrzymałości. Przedstawił zagadnienia spawalności tych stali, skupiając się na zagadnieniu pękania zimnego, wpływu wodoru oraz przemian strukturalnych i naprężeń na powstawanie pęknięć zimnych. Omówił analityczne i eksperymentalne metody oceny spawalności stali. Część literaturową Doktorant zakończył rozdziałem dotyczącym spawalności stali w środowisku wodnym. Na podkreślenie zasługuje trafny wybór zagadnień przedstawionych w części literaturowej, stosowny do tematu pracy zakres ich omówienia oraz zwięzły i przejrzysty sposób prezentacji.

Na podstawie przeprowadzonego przeglądu literaturowego Autor sformułował cele naukowe pracy, których istota sprowadza się do określenia wpływu warunków spawania podwodnego oraz składu chemicznego i rozdrobnienia struktury stali na podatność do tworzenia się pęknięć zimnych, a także cele użytkowe pracy, którymi są: zweryfikowanie przydatności techniki ściegu odpuszczającego do poprawy spawalności stali o podwyższonej wytrzymałości w warunkach spawania podwodnego i opracowanie wytycznych technologicznych do praktycznego stosowania techniki ściegu odpuszczającego. Studia literatury i jej krytyka pozwoliły Autorowi na postawienie oryginalnej tezy pracy: **„Złącza stali o podwyższonej wytrzymałości spawane pod wodą metodą mokrą elektrodami otulonymi wykazują skłonność do pękania zimnego, a skuteczną metodą ograniczenia tego zjawiska jest zastosowanie techniki ściegu odpuszczającego”**

Z celów oraz postawionej tezy wynikał zakres i metodyka badań przedstawionych w drugiej, doświadczalnej części pracy.

W tej części pracy Doktorant przeprowadził obszerne badania doświadczalne dla trzech gatunków stali o podwyższonej wytrzymałości obejmujące badanie składu chemicznego spawanych blach, próby CTS, próby Tekken, pomiary zawartości wodoru dyfundującego w stopiwie, badania nieniszczące, badania metalograficzne makro- i mikroskopowe oraz pomiary twardości.

Uzyskane wyniki przedstawił w postaci wykresów oraz stabelaryzowanych wartości liczbowych.

Na podstawie uzyskanych wyników Doktorant sformułował siedem zwięzłe przedstawionych wniosków dotyczących spawalności stali o podwyższonej wytrzymałości, techniki ściegu odpuszczającego oraz zawartości wodoru dyfundującego.

Ocena rozprawy oraz uwagi ogólne

Wybór tematu rozprawy doktorskiej należy uznać za bardzo trafny i aktualny, mieszczący się we współczesnych tendencjach rozwojowych zastosowania technologii spawania. Doktorant przeprowadził obszerne badania doświadczalne mające na celu sprawdzenie spawalności stali o podwyższonej wytrzymałości w warunkach spawania pod wodą. Szczególnie cenne są wyniki badań dotyczące wpływu ściegu odpuszczającego na zapobieganie tworzenia się pęknięć zimnych.

Stanowi to znaczący, nowatorski wkład Doktoranta w rozwój badań nad tymi gatunkami stali.

W pierwszej części rozprawy Doktorant dokonał przeglądu ponad stu osiemdziesięciu pozycji literatury dotyczącej badanego zagadnienia, uwzględniając ważne publikacje ostatniej dekady. W tym zakresie Doktorant wykazał się dobrą znajomością zagadnienia i prawidłową oceną zjawisk zachodzących w stalach o podwyższonej wytrzymałości oraz zjawisk związanych z oceną ich spawalności przy spawaniu pod wodą.

Ogólna koncepcja badań doświadczalnych została sformułowana przez Autora poprawnie, a jej realizację oceniam pozytywnie. Eksperymentalna część rozprawy jest obszerna i zawiera szereg wartościowych wyników i informacji. Dotyczy to zwłaszcza kompleksowego podejścia do sposobu oceny spawalności omawianych stali w warunkach spawania podwodnego. Doktorant skutecznie zastosował nowoczesne, doświadczalne metody badań. W wyniku przeprowadzonych obszernych i różnorodnych badań uzyskał interesujące i wartościowe wyniki, które następnie poprawnie zinterpretował.

W podsumowaniu chciałbym podkreślić, że zaplanowane cele i zakres pracy zostały osiągnięte i dlatego całość rozprawy doktorskiej mgr inż. Jacka Michała Tomkowi oceniam pozytywnie. Doceniam zwłaszcza trafnie przyjęty zakres metod badawczych oraz dużą ilość przeprowadzonych badań. Forma prezentowania wyników, rzeczowy sposób ich analizy oraz przedstawione wnioski świadczą o dojrzałości badawczej Doktoranta. Sposób przygotowania rozprawy i jej szata graficzna nie budzą moich zastrzeżeń.

W trakcie szczegółowej analizy rozprawy nasunęło mi się jednak kilka uwag ogólnych dotyczących jej treści, warunków prowadzenia badań oraz zakresu eksperymentu.

1. Brak jest wyjaśnienia, dlaczego na rysunku 7.9 ze strony 74 przyjęto zaznaczony sposób rozmieszczenia punktów do pomiaru twardości.
2. Na rysunku 7.11 z tej samej strony nie zaznaczono punktów do pomiaru twardości.
3. W tabeli 9.1 na stronie 78 podano, że przywołane dane odnoszą się do próbek wykonanych przed rozpoczęciem prób spawalności i po zakończeniu prób spawalności. Brak jest jednak wyjaśnienia, co te terminy oznaczają.
4. Na stronie 84 użyto terminu „widoki makroskopowe” w odniesieniu do rysunków 10.1-10.12 podczas, gdy moim zdaniem prawidłowy termin to „zdjęcia próbek po przeprowadzeniu badań nieniszczących”.
5. W rozdziale 10.1.1 „Badania nieniszczące” nie przeprowadzono oceny według normy PN-EN ISO 5817 i nie odniesiono się do niej, podając wyłącznie informację o tym, że złącze jest akceptowalne lub nieakceptowalne.

6. W rozdziale 10.1.2 „Badania metalograficzne” użyto terminu „liczne niezgodności” nie podając jednak jakie to są niezgodności.
7. Moje wątpliwości budzi interpretacja niezgodności zaznaczonych na rysunkach 10.43 do 10.45 ze strony 109 i 110 oraz rysunku 11.3 ze strony 123 jako pęcherz gazowy.
8. Z informacji zawartych w tabelach 11.1 do 11.3 na stronie 121 nie wynika, które próby wykonano na powietrzu, a które pod wodą.
9. W rozdziale 12 „Dyskusja wyników badań” na stronie 134 zamieszczono stwierdzenie „Wykazano niewielką różnicę wskazań (rys.12.1) wskazując, iż przechowywanie elektrod w otwartej paczce nie ma istotnego wpływu na ilość wodoru dyfundującego niezależnie od środowiska, w którym przeprowadzone jest spawanie”. Jednak wcześniej w pracy nie wskazano warunków przechowywania elektrod jako zmiennej w planowaniu badań.
10. W tym samym rozdziale na stronie 137 podano „optymalny zakres podziałki dla napoin”, nie wyjaśniając jednak ze względu na jakie kryterium zakres podziałki jest optymalny.
11. W rozdziale 13 „Wnioski” druga część wniosku 2 jest zbędna, ponieważ podaje informacje ogólnie znane i nie wynikające z pracy.
12. W rozdziale 13 „Wnioski”, w przypadku wniosku 6 nie podano ze względu na jakie kryterium zakładka ściegów odpuszczających jest optymalna.
13. Pewnego wyjaśnienia wymaga teza pracy: „Złącza stali o podwyższonej wytrzymałości spawane pod wodą metodą mokrą elektrodami otulonymi wykazują skłonność do pękania zimnego, a skuteczną metodą ograniczenia tego zjawiska jest zastosowanie techniki ściegu odpuszczającego”. Jednak zgodnie z przyjętym planem badań zamieszczonym na stronie 63 i w dalszej treści pracy prowadzono próby CTS i Tekken oraz wykonywano napoiny, nie nawiązując do złączy przywołanych w tezie pracy.
14. Jednym z celów użytkowych pracy było „opracowanie wytycznych technologicznych do praktycznego stosowania techniki ściegu odpuszczającego”. W czasie lektury pracy nie znalazłem nawiązania do postawionego celu.

Najważniejsze uwagi szczegółowe

1. Na stronie 9 przedstawiono wykaz ważniejszych oznaczeń użytych w pracy, nie podając jednak jednostek miary.
2. Ta sama uwaga dotyczy wzoru (2) ze strony 30.
3. Na stronie 22 w odniesieniu do łuku spawalniczego użyto terminu „wielkość łuku” podczas, gdy moim zdaniem poprawny termin to „długość łuku”.
4. Na stronie 23 użyto terminu „geometria spoiny” podczas, gdy moim zdaniem prawidłowy termin to „kształt geometryczny spoiny”.
5. Na stronie 25 użyto stwierdzenia „możliwość spawania różnymi osłonami gazowymi” podczas, gdy moim zdaniem prawidłowe sformułowanie to „możliwość spawania przy zastosowaniu różnych osłon gazowych”.

6. W podpisach pod rysunkami 10.31-10.39, strony 103-105 podano „wyniki badań nieniszczących” podczas, gdy moim zdaniem należy podać „wyniki badań wizualnych” lub „wyniki badań penetracyjnych”, zgodnie ze stanem faktycznym.

Podsumowanie i wniosek końcowy

Pomimo wymienionych uwag ogólnych i szczegółowych stwierdzam, że Autor osiągnął cele postawione w pracy, dochodząc do wyników mających znaczenie nie tylko poznawcze, ale również szczególnie istotnych dla zastosowania stali o podwyższonej wytrzymałości do spawania podwodnego i praktyki jej spawania. Całość recenzowanej rozprawy w pełni potwierdza wiedzę teoretyczną Doktoranta oraz umiejętność samodzielnego prowadzenia pracy naukowo – badawczej.

Uważam, że opiniowana rozprawa doktorska spełnia wymagania stawiane przez obowiązującą ustawę o stopniach naukowych i tytule naukowym. Na tej podstawie składam wniosek o dopuszczenie mgr inż. Jacka Michała Tomkowa do publicznej obrony rozprawy doktorskiej przed Radą Wydziału Mechanicznego Politechniki Gdańskiej.

