



Wydział Inżynierii Mechanicznej i Informatyki



KATEDRA TECHNOLOGII
i AUTOMATYZACJI

POLITECHNIKA CZĘSTOCHOWSKA

Jerzy Nawrocki, Jacek Słania, Kwiryn Wojsyk
Grzegorz Golański

**Zarys wykorzystania symulacji MES
w analizie oddziaływania niezgodności spawalniczych
na cechy eksploatacyjne konstrukcji spawanych**



Wydawnictwo Politechniki Częstochowskiej

CZĘSTOCHOWA 2020

Recenzenci:

dr hab. inż. Dariusz Golański prof. uczelni
(Politechnika Warszawska)

dr hab. inż. Jacek Górka prof. uczelni
(Politechnika Śląska)

Redakcja
Lucyna Żyła

Redakcja techniczna
Robert Świerczewski

Projekt okładki
Dorota Boratyńska

ISBN 978-83-7193-756-9
e-ISBN 978-83-7193-757-6

© Copyright by Wydawnictwo Politechniki Częstochowskiej
Częstochowa 2020

1. WSTĘP

Niezgodności spawalnicze występują zawsze w złączach spawanych i obniżają ich wytrzymałość, decydują o bezpieczeństwie użytkowania konstrukcji. Obowiązujące w tym zakresie normy PN-EN ISO 6520 [1] i API 577 [2] zawierają zestawienia niezgodności, natomiast normy PN-EN ISO 5817 [3] i API 1104 [4] precyzują ich dopuszczalne wielkości w zależności od wymaganego poziomu jakości złączy stalowych. Ze względu na konieczne uproszczenia nie odnoszą się jednak do ważnych dodatkowych czynników, takich jak kombinacje obciążeń czy lokalizacje niezgodności w złączu oraz nie poruszają problemów wynikających z mechaniki pękania. Kryterium akceptacji uważa się za spełnione, gdy niezgodność kształtuje się poniżej dopuszczalnych wielkości, ale nie zależy ono od przyjętych kombinacji i wartości obciążeń. Ważne wydaje się zbadanie, czy istnieją dodatkowe zmienne pomijane w normach podających poziomy jakości spoin, które w pewnych warunkach stają się istotne. Ma to szczególne znaczenie w najbardziej odpowiedzialnych konstrukcjach inżynierskich, w których awaria jednej spoiny bywa niezwykle kosztowna [5].

Niezgodności spawalnicze powodują znaczne zwiększenie naprężeń lokalnych. W normach stosowanych do obliczeń wytrzymałościowych, dotyczących na przykład rurociągów, zjawisko to nie jest bezpośrednio ujęte. Jedynym stosowanym podejściem jest używanie kilkunastoprocentowych współczynników bezpieczeństwa, zależnych między innymi od typu spoiny. Zakładanie na etapie projektowania wymaganego poziomu jakości spoin także nie odpowiada współczesnym wymogom bezpieczeństwa, ponieważ służy jedynie do kontroli jakości procesu spawalniczego. W normach stosowanych do projektowania nie ujęto związku pomiędzy poziomem jakości spoiny a zalecanym współczynnikiem bezpieczeństwa. Obecnie, mając do dyspozycji symulacje MES, możliwa jest analiza wartości naprężenia lokalnego. Główną przyczyną braku możliwości przeprowadzenia powtarzalnych eksperymentów na złączach spawanych jest brak możliwości wykonania niezgodności spawalniczych w powtarzalny sposób. Ponadto odwzorowanie kształtu i lokalizacji niezgodności w złączu metodami bezpośrednimi – tensometryczną lub interferencji optycznej – nie jest możliwe w przypadku niezgodności zlokalizowanych wewnątrz złączy. W związku z tym jedynym realnym sposobem badań tych niezgodności jest modelowanie ich kształtu, a następnie badanie ich za pomocą symulacji. Na obecnym etapie technik komputerowych zarówno zbudowanie modelu złączy spawanych z różnymi kombinacjami niezgodności i dowolnymi kombinacjami obciążeń, jak i sporządzenie cyfrowego modelu materiału nie stanowi już większego problemu [6].

Podstawowym celem pracy jest zbadanie i przedstawienie wpływu dodatkowych czynników na rozkład pola naprężenia w złączu spawanym zawierającym

różnego typu niezgodności. Do realizacji tego zadania użyto programów modelujących skomplikowane kształty przestrzenne oraz algorytmów symulacyjnych pracujących w oparciu o metodę elementów skończonych (MES). Wybór tej metody wynika z faktu, że w ciągu ostatniej dekady miał miejsce znaczący rozwój zarówno możliwości obliczeniowych komputerów, jak i jakości komercyjnych programów symulacyjnych pracujących w oparciu o tę metodę. Doprowadziło to nie tylko do bardzo efektywnego i szybkiego rozwoju analizy elementów bryłowych o złożonych kształtach i rozbudowanej kombinacji obciążeń, lecz również do pojawienia się nowych dziedzin jej implementacji.