P O L I T E C H N I K A Ś L Ą S K A

WYDZIAŁ MECHANICZNY TECHNOLOGICZNY
KATEDRA SPAWALNICTWA

KIEROWNIK KATEDRY
PROF.DR HAB.INŻ ANDRZEJ KLIMPEL

UL. KONARSKIEGO 18
44-100 GLIWICE
TEL: +48 32 237 16 89
FAX: +48 32 237 12 32
Andrzej.Klimpel@polsl.pl

NIP: 631-020-07-36 / REGON: 000001637 / ING BANK ŚLĄSKI S.A. O / GLIWICE / NR RACHUNKU: 60 1050 1230 1000 0002 0211 3056

PN

GLIWICE 16.09.2010

POLITECHNIKA ŚLĄSKA BIBLIOTEKA GŁÓWNA w Gliwicach

RECENZJA
Pracy doktorskiej Pana mgr inż. Sebastiana Kaffanke
pt.: „Mechanizm tworzenia złącza w procesie łukowego przypawania kołków"
wykonanej pod kierunkiem promotora dr hab. Inż. Andrzej Gruszczyka, prof. Pol. Śląskiej

Trwałe mocowanie kołków metalowych do powierzchni różnorodnych konstrukcji metalowych prowadzone może być wieloma metodami spawalniczymi, z których obecnie dominującą pozycję w przemyśle światowym zajmują technologie zgrzewania tarciowego, zgrzewania udarowego, zgrzewania oporowego garbowego oraz najstarsza z nich technologia łukowego przypawania kołków, będąca tematyką recenzowanej pracy doktorskiej. Wszystkie te technologie cechuje wysoka jakość złączy, a jednocześnie wysoka wydajność procesu łączenia. Najwyższą jakość złączy i wydajność zgrzewania zapewnia jednakże technologia zgrzewania tarciowego – własności mechaniczne złączy są zwykle wyższe niż materiału rodzimego. Z uwagi na szczególny mechanizm procesu zgrzewania tarciowego przebiegającego w stanie stałym, możliwe jest przygrzewanie kołków z większości metalowych materiałów konstrukcyjnych, w bardzo szerokim zakresie średnic; od kilku do ponad 50 [mm]. Niestety brak w recenzowanej pracy doktorskiej nawet ogólnego opisu tego nowoczesnego procesu mocowania kołków.

Szczególna cecha procesów przygrzewania i przypawania kołków, również pominiętą przez Doktoranta w przeglądzie literatury, jest możliwość łączenia wszystkich materiałów konstrukcyjnych, począwszy od aluminium, magnez, stopy miedzi, poprzez stale, stopy niklu i kobaltu, stopy tytanu i nawet pewne rodzaje materiałów kompozytowych i co jest bardzo ważne z punktu widzenia spawalności konstrukcyjnej, w techno0lgiachtych wymagany jest tylko dostęp tylko z jednej strony przedmiotu do którego przygrzewany jest kołek.

Technologia łukowego przypawania kołków, techniką z łukiem ciągnionym, z transformatorowym źródłem prądu znana jest i powszechnie stosowana od blisko stu

RMT 2010 -09- 16
L.dz. 748 D/0001 09/10

lat, zwłaszcza w budownictwie, przemyśle okrętowym czy samochodowym. Znane są różne techniki przypawania ręcznego i automatycznego kołków, z prostownikowym lub transformatorowym zasilaniem łuku elektrycznego. W zasadzie mechanizm tworzenia złącza jest bardzo podobny do klasycznego spawania łukowego elektrodą otuloną. Ciepło niezbędne do przygrzania kołka wytwarzane jest w łuku elektrycznym jarzący się między powierzchnią czołową przypawanego kołka a powierzchnią metalowego przedmiotu (blacha, pas belki, itd.) Prąd elektryczny zasilany jest z transformatorowego lub prostownikowego źródła prądu, a czas jarzenia się łuku (zwykle poniżej 1,0 [s]) parametry elektryczne łuku oraz czas zanurzenia kołka, sterowane są automatycznie. Obszar łuku chroniony jest zwykle nasadką (tulejką) ceramiczną lub specjalnymi wkładkami topnikowymi umieszczonymi na powierzchni czołowej kołka.

W przypadku pewnych technik przypawania kołków stalowych i kołków z metali nieżelaznych, w miejsce nasadki ceramicznej stosowana jest osłona gazowa. Autor rozprawy myli w opisie literaturowym proces udarowego (capacitor discharge stud welding) przypawania kołków z badanym procesem łukowego przypawania kołków (arc stud welding). Oba należą do grupy procesów łukowego przypawania kołków lecz mechanizm łączenia jest odmienny. Udarowe przypawanie kołków pozwala na wykonanie wysokiej jakości połączeń kołków o małej średnicy do bardzo cienkich blach, o grubościach powyżej 0,25 [mm], wykonanych z materiałów znacznie różniących się własnościami fizycznymi, jak np. kołków aluminiowych do odlewów z cynku, stopów miedzi do stali itd. Autor w ogóle nie odniósł się do tego, również łukowego procesu przypawania kołków. Brak również, w stosunkowo obszernej analizie literaturowej stanu zagadnienia, przykładów zastosowań przemysłowych badanej technologii łukowego przypawania kołków.

Podjęcie prze Pana mgr Sebastiana Kaffanke badań nad określeniem mechanizmu tworzenia złącza w procesie łukowego przypawania kołków uważam za celowe i uzasadnione potrzebami przemysłu. Teza pracy opisana w dwóch częściach zawiera jednakże istotne błędy merytoryczne:

1. to, że możliwe jest przypawanie łukowe bez osłony tulejki ceramicznej znane jest od lat – ale czy takie sformułowanie tezy oznacza, że proces może odbyć się bez jakiejkolwiek osłony łuku? Kołki o średnicy przekraczającej 20 [mm], czyli ile, 50 [mm]?. W poradnikach spawalniczych można znaleźć parametry przygrzewania łukowego kołków stalowych o średnicy do 32,0 [mm], aluminiowych do 13,0 [mm] a ze stali austenitycznych do 25,0 [mm].

2. stabilność wyładowania łukowego decyduje o jakości złącza, czyli w drugim punkcie tezy, w miejsce „oraz" powinno być „i" lub „i wynikająca z tego jakość złącza". Ten punkt tezy udowodniono tylko częściowo, a w zasadzie nie określono jakości złączy, gdyż wykonano tylko badania metalograficzne.

W recenzowanej pracy doktorskiej badania ograniczono niestety wyłącznie do kołków ze stali C-Mn o długości 100 [mm] i średnicy 10,0 i 24,0 [mm]. Proces ten stosowany jest również do przygrzewania kołków o przekroju kwadratowym i prostokątnym, wykonanych ze stali stopowych, wysokostopowych, aluminium, miedzi itd.. Ważnym, w celu pełnego wyjaśnienia mechanizmu tworzenia złącza, byłoby porównanie co najmniej dwóch typowych dla tego procesu metali, np. stali S235 i stali austenitycznych AISI 304. W pracy badano tylko dwie techniki inicjacji procesu przygrzewania łukowego, końcówka stożkowa obu średnic kołków pod kątem 20°, końcówka stożkowa pod kątem 20° kołka o średnicy 24 [mm] z występem prętowym o średnicy 1,5 [mm] i długości 5,0 [mm]. W miejsce tulei ceramicznych do osłony łuku zastosowano argon, hel, CO_2 oraz mieszankę Ar+18% CO_2. Nie porównano mechanizmu przypawania łukowego kołków w osłonie tulejki ceramicznej i w osłonie gazowej. Przeprowadzono rejestracje procesu przypawania łukowego za pomocą szybkiej kamery w dwóch etapach: w czasie jarzenia się łuku i w czasie osadzania kołka, po wygaszeniu łuku. Uznano, że wskazaniem jakości złącza jest „natężenie światła" łuku. Nie wykonano jednakże pomiarów natężenia promieniowania świetlnego łuku lecz arbitralnie przyjęto dwa poziomy małe i duże natężenie światła łuku. Znacznie dokładniejsze wyniki zapewniły by badania rozkładu temp. łuku prowadzono za pomocą przenośnej kamery termowizyjnej ThermaCAM P640. W celu formowania wypływki złącza, w miejsce klasycznej tulejki topnikowej konieczne było zastosowanie kostki miedzianej chłodzonej wodą, przesuwanej specjalnym siłownikiem.

Bardzo obszerne badania całego cyklu jarzenia łuku między kołkiem ze stali C-Mn, a podłożem również ze stali C-Mn, pomimo zawężenia obszaru badawczego tylko do jednego gatunku stali, stanowią istotny wkład naukowy, zapewniający wyjaśnienie mechanizmu tworzenia się trwałego połączenia metalicznego, w mało poznanym dotychczas procesie łukowego przypawania kołków. Porównano wpływ rodzaju osłony na mechanizm tworzenia sie złącza, niestety nie porównano z mechanizmem występującym przy przypawaniu łukowym w osłonie tulejki ceramicznej.

W załączonym aneksie do pracy, określono jakości połączeń nie tylko na podstawie oględzin zewnętrznych i badań metalograficznych, ale również, zgodnie z

wymaganiami norm światowych, na podstawie obszernych badań mechanicznych, obejmujących statyczną próbę rozciągania, statyczną próbę ścinania oraz badania zmęczeniowe. Wykazano, że złącza przypawane wg opracowanych warunków technologicznych cechują się nieco niższymi własnościami mechanicznymi od złączy kołków spawanych metodą GMA lecz wyraźnie wyższymi w porównaniu do złączy zgrzewanych oporowo.

Pan mgr inż. Sebastian Kaffanke w swojej pracy doktorskiej pt. „Mechanizm tworzenia złącza w procesie łukowego przypawania kołków", wykazał, że jest dobrze zorientowany w badaniach naukowych w dziedzinie inżynierii materiałowej, a zwłaszcza w spawalnictwie. Udowadniając tezę pracy, a w szczególności tej jej zasadniczą część dotyczącą wpływu zjawisk zachodzących w łuku jarzącym się między powierzchnia czołową kołka cylindrycznego a metalem podłoża, rozwiązał problem naukowy, interesujący zarówno z punktu widzenia poznawczego jak i praktycznego.

Pan mgr inż. Sebastian Kaffanke wykazał się praktyczną znajomością nowoczesnych metod badawczych i wspomagania komputerowego w spawalnictwie. Starannie pod względem edytorskim opracował wyniki badań i poprawnie sformułował wnioski. W mojej ocenie spełnione zostały wymagania stawiane przez przepisy Ustawy o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki z dnia 14 marca 2003 r., wobec czego wnioskuję o dopuszczenie rozprawy do publicznej obrony przed Radą Wydziału Mechanicznego Technologicznego Politechniki Śląskiej.