

Opracowanie technologii spawania metodą MIG blach stopu EN AW-5083

Niniejsza praca dyplomowa traktuje o opracowaniu procesu technologicznego spawania blach wykonanych ze stopu aluminium EN AW-5083 z wykorzystaniem metody MIG. Tematyka ta ma szczególne znaczenie w przemyśle okrętowym, w którym lekkie stopy aluminium odgrywają coraz większą rolę. Ich zastosowanie w konstrukcjach kadłubów, nadbudówek czy elementów wyposażenia jednostek pływających wiąże się z koniecznością zapewnienia wysokiej jakości i trwałości połączeń spawanych, które muszą sprostać trudnym warunkom eksploatacyjnym.

Celem pracy było nie tylko opracowanie dokumentacji technologicznej i parametrów spawania, ale również wykonanie próbnych złączy oraz ich szczegółowa ocena za pomocą badań nieniszczących.

Autor pracy, posiadający uprawnienia spawalnicze w zakresie spawania metodą MIG, samodzielnie przeprowadził proces spawania próbnych złączy, co podkreśla praktyczny i warsztatowy charakter niniejszego opracowania.

Praca składa się z sześciu rozdziałów. Trzy pierwsze mają charakter teoretyczny i stanowią przegląd literatury oraz wiedzy inżynierskiej z zakresu właściwości aluminium i jego stopów, metod spajania dopuszczonych przez towarzystwa klasyfikacyjne oraz badań nieniszczących stosowanych do kontroli jakości. Kolejne rozdziały obejmują część praktyczną, w której przedstawiono przygotowanie materiału, opracowanie dokumentacji WPS, wykonanie próbnych spoin i ocenę ich jakości. Całość wieńczą podsumowanie oraz wnioski końcowe.

W rozdziale pierwszym przybliżono charakterystykę aluminium i jego stopów. Aluminium jako metal czysty cechuje się niską gęstością, wysoką przewodnością cieplną i elektryczną oraz zdolnością do tworzenia na powierzchni ochronnej warstwy tlenkowej, która zapewnia mu odporność korozyjną. Jego zasadniczą wadą jest niska wytrzymałość mechaniczna, dlatego w zastosowaniach inżynierskich wykorzystuje się głównie stopy aluminium. Dodatki stopowe, takie jak magnez, mangan, krzem czy cynk, znacząco poprawiają właściwości mechaniczne oraz odporność materiału na działanie czynników chemicznych. Szczególną uwagę poświęcono stopowi EN AW-5083, należącemu do grupy Al-Mg. Stop ten łączy w sobie wysoką odporność korozyjną w środowisku morskim, dobrą spawalność, odpowiednią plastyczność i korzystne własności mechaniczne. Z tego względu jest szeroko stosowany w konstrukcjach jednostek pływających, w zbiornikach ciśnieniowych, mostach

oraz elementach transportowych. W pracy podkreślono także znaczenie przygotowania powierzchni do spawania – naturalna warstwa tlenku aluminium, choć zapewnia odporność korozyjną, w procesie spawania staje się przeszkodą i musi być usunięta, aby uniknąć wad w spoinie.

W rozdziale drugim przedstawiono metody spajania stopów aluminium dopuszczone przez towarzystwa kwalifikacyjne, ze szczególnym uwzględnieniem spawania MIG. Omówiono zasadę działania tego procesu, w którym elektroda topliwa w postaci drutu stapia się w łuku elektrycznym, a miejsce spawania chronione jest gazem obojętnym, najczęściej argonem lub mieszaniną argonu z helem. Wskazano główne parametry technologiczne decydujące o jakości złącza: natężenie prądu, napięcie łuku, prędkość podawania drutu, średnicę elektrody, przepływ gazu ochronnego oraz kąt prowadzenia uchwytu. Zaznaczono, że spawanie MIG jest metodą wydajną, łatwą do automatyzacji i pozwalającą na spawanie w różnych pozycjach, co czyni ją optymalnym rozwiązaniem dla grubych blach aluminiowych stosowanych w okrętownictwie. Dla porównania omówiono również metodę TIG, która zapewnia bardzo czyste i estetyczne spoiny, jednak jej wydajność jest znacznie mniejsza, przez co w praktyce częściej stosuje się ją do elementów cienkościennych lub wymagających szczególnej precyzji. Zwrócono także uwagę na inne procesy, takie jak spawanie laserowe czy tarciove (FSW), które stanowią alternatywę w specyficznych zastosowaniach, lecz w warunkach stoczniowych dominującą technologią pozostaje MIG.

W rozdziale trzecim zaprezentowano metody badań nieniszczących, które są kluczowe dla oceny jakości połączeń spawanych. Omówiono badania wizualne, które stanowią podstawową metodę kontroli, pozwalającą ocenić kształt i wygląd lica spoiny. Przedstawiono badania penetracyjne, umożliwiające wykrycie mikropęknięć powierzchniowych przy użyciu barwników. Szczegółowo opisano badania radiograficzne, które pozwalają na ocenę wnętrza spoiny przy użyciu promieniowania rentgenowskiego lub gamma, a także badania ultradźwiękowe, które polegają na analizie propagacji fal ultradźwiękowych w materiale. Podkreślono, że aluminium jako materiał niemagnetyczny nie nadaje się do badań magnetyczno-proszkowych, dlatego w praktyce stosuje się metody opisane powyżej. Zwrócono uwagę, że w przemyśle stoczniowym badania NDT są obowiązkowym elementem kontroli jakości, gdyż od niezawodności spoin zależy bezpieczeństwo całej jednostki pływającej.

W pracy omówiono również typowe wady spawalnicze spotykane przy spawaniu aluminium, takie jak porowatość, brak przetopu, wtrącenia tlenków czy pęknięcia na gorąco, a także sposoby ich unikania poprzez odpowiedni dobór parametrów technologicznych, właściwe przygotowanie krawędzi oraz stosowanie czystych materiałów dodatkowych.

Projekt i realizacja połączenia:

W rozdziale czwartym przedstawiono proces projektowania i wykonania próbnych złączy. Opisano szczegółowo przygotowanie krawędzi blach – frezowanie pod kątem 30° , tak aby po zestawieniu dwóch elementów uzyskać rowek spawalniczy o kącie 60° . Powierzchnie zostały oczyszczone z tlenków i zanieczyszczeń oraz odfuszczone, aby zapewnić warunki do prawidłowego wtopienia. Na podstawie analizy literatury, norm i doświadczeń warsztatowych opracowano dokumentację technologiczną w formie karty WPS, zawierającą wszystkie istotne parametry spawania: natężenie prądu, napięcie łuku, prędkość spawania, rodzaj i średnicę drutu elektrodowego, przepływ gazu osłonowego oraz instrukcje dotyczące prowadzenia uchwytu spawalniczego. Proces spawania został przeprowadzony samodzielnie przez autora niniejszej pracy. Dzięki temu możliwe było praktyczne zweryfikowanie przyjętych parametrów oraz obserwacja przebiegu całego procesu. Autor, wykonując spoiny własnoręcznie, miał pełną kontrolę nad stabilnością łuku, prędkością podawania drutu i jakością formowania spoiny. Takie podejście nadało pracy charakter empiryczny i pozwoliło na zebranie własnych doświadczeń związanych z realizacją technologii.

Wyniki badań:

W rozdziale piątym zaprezentowano wyniki badań jakościowych przeprowadzonych na wykonanych złączach próbnych. Pierwszym etapem była kontrola wizualna (VT), wykonana zgodnie z wymaganiami normy PN-EN ISO 17637. Oceniono kształt lica, równomierność spoiny, obecność ewentualnych podtopień, nadmiernych wypływów czy nieciągłości powierzchniowych. Badanie wykazało prawidłowe uformowanie spoiny, brak pęknięć oraz akceptowalny kształt geometryczny. Wyniki zostały odnotowane w protokole badań VT, stanowiącym część dokumentacji jakościowej.

Kolejnym etapem były badania radiograficzne (RT), przeprowadzone zgodnie z normą PN-EN ISO 17636-1. W tym celu przygotowano zestaw ekspozycji radiograficznych, w których zastosowano odpowiednie klisze oraz źródło promieniowania X o dobranej energii. Procedura obejmowała rejestrację obrazu całego przekroju spoiny, a następnie jego interpretację pod kątem obecności wad wewnętrznych. Badania nie wykazały wad krytycznych, takich jak brak przetopu, znaczne porowatości gazowe czy wtrącenia tlenków. Drobne nieciągłości, jeśli były obecne, mieściły się w granicach akceptacji przewidzianych przez normę i nie miały wpływu na eksploatacyjną trwałość złącza. Wyniki badań RT zostały udokumentowane w protokole badań nieniszczących, który stanowi dowód poprawności technologii spawania. Wyniki potwierdziły, że przyjęta technologia spawania pozwala na uzyskanie złączy o wysokiej jakości i zgodnych z wymaganiami normatywnymi.

Podsumowanie:

Ostatni rozdział stanowi podsumowanie i zawiera wnioski końcowe. Praca obejmowała analizę właściwości stopu EN AW-5083, opis metod spajania dopuszczonych przez towarzystwa kwalifikacyjne, charakterystykę badań nieniszczących, opracowanie dokumentacji WPS, samodzielne wykonanie spoin próbnych przez autora oraz ocenę jakości wykonanego złącza. Wnioski wskazują, że spawanie metodą MIG blach aluminiowych EN AW-5083, przy odpowiednio dobranych parametrach i właściwym przygotowaniu powierzchni, pozwala uzyskać połączenia spełniające wymagania eksploatacyjne i normatywne. Podkreślono znaczenie doświadczenia spawacza oraz roli uprawnień zawodowych, które umożliwiają prawidłową realizację procesu i zapewniają jego powtarzalność.

Autor dowiódł, że opracowana technologia może być z powodzeniem stosowana w warunkach przemysłu stocznioowego i stanowi gotowe rozwiązanie warsztatowe. Praca posiada zatem charakter praktyczny i empiryczny, ponieważ została zweryfikowana w rzeczywistych warunkach przez osobę posiadającą odpowiednie kwalifikacje spawalnicze. Niniejsze opracowanie łączy teorię z praktyką i stanowi przykład pracy inżynierskiej, której wyniki mogą zostać bezpośrednio wdrożone w przemyśle.