

Podręcznik spawania aluminium i jego stopów metodą TIG



SPIS TREŚCI

Wstęp	11
1. Wprowadzenie do łukowego spawania aluminium	13
1.1. Właściwości aluminium wpływające na jego spawanie	13
1.2. Metody łukowego spawania aluminium	16
1.2.1. Proces spawania metodą TIG	17
1.2.2. Proces spawania metodą MIG	20
1.2.3. Porównanie spawania aluminium metodami TIG i MIG	22
2. Urządzenia i wyposażenie do spawania aluminium metodą TIG	24
2.1. Źródła energii do spawania łukowego metodą TIG	24
2.1.1. Charakterystyka statyczna źródła do spawania TIG	24
2.1.2. Prąd spawania	25
2.2. Budowa i zasada działania źródeł energii do spawania aluminium metodą TIG	26
2.2.1. Transformatory spawalnicze	27
2.2.2. Źródła inwerterowe	27
2.3. Funkcje realizowane przez układy sterowania źródeł prądu do spawania metodą TIG	28
2.4. Wyposażenie urządzeń do spawania metodą TIG	31
2.4.1. Jonizator do zajarzania łuku	31
2.4.2. Uchwyty elektrodowe	31
2.4.3. Butle na sprężone gazy osłonowe	33
2.4.4. Zawory butlowe	34
2.4.5. Reduktory ciśnienia gazu z przepływomierzem	34
2.5. Elektrody wolframowe do spawania metodą TIG	36
2.6. Niesprawności urządzeń spawalniczych i działania naprawcze	38
3. Właściwości i klasyfikacja aluminium i jego stopów	40
3.1. Właściwości fizyczne i mechaniczne aluminium	40
3.2. Klasyfikacja stopów aluminium	41
3.3. Oznaczanie gatunku i składu chemicznego stopów do przeróbki plastycznej	46

3.4. Oznaczanie stanów wytwarzania stopów przerobionych plastycznie	48
3.5. Charakterystyka stopów przerabianych plastycznie umacnianych przez zgniot	49
3.6. Charakterystyka stopów przerabianych plastycznie umacnianych obróbką cieplną	50
3.7. Odlewnicze stopy aluminium	51
3.7.1. Oznaczanie gatunku i składu chemicznego stopów odlewniczych	51
3.7.2. Właściwości wybranych stopów odlewniczych	52
3.8. Cechy użytkowe stopów aluminium	53
4. Spoina do spawania aluminium i jego stopów	54
4.1. Gatunki spoiw i ich oznaczenie	54
4.2. Charakterystyka użytkowa poszczególnych grup spoiw	57
4.3. Dobór spoiw do spawania stopów przerabianych plastycznie	59
4.3.1. Ogólne wytyczne doboru spoiw	59
4.3.2. Dobór spoiwa w celu zapobiegania pękaniu spoiny	63
4.3.3. Dobór spoiwa ze względu wytrzymałość złącza spawanego	66
4.3.4. Dobór spoiwa w celu uzyskania spoiny o wysokiej plastyczności	69
4.3.5. Dobór spoiwa pod względem odporności złącza na korozję	69
4.3.6. Dobór spoiwa pod względem dopasowania barwy spawanego stopu i spoiny	70
4.3.7. Dobór spoiwa do pracy złącza w podwyższonej temperaturze	71
4.4. Warunki znakowania i stosowania drutów do spawania metodą TIG	71
5. Gazy osłonowe do spawania aluminium metodą TIG	72
5.1. Gazy osłonowe i ich stosowanie	72
5.2. Właściwości i stosowanie argonu	73
5.3. Właściwości i stosowanie helu	74
5.4. Wymagana czystość gazów i ich wydatek	75
5.5. Zagrożenia argonem i helem oraz zasady postępowania	77
6. Technologia spawania aluminium i jego stopów metodą TIG	78
6.1. Czyszczenie obszaru złącza aluminiowego przed spawaniem	78
6.2. Przygotowanie brzegów złącza do spawania metodą TIG	79
6.3. Temperatura podgrzewania i międzyścigowa	83

6.4. Parametry technologiczne ręcznego spawania aluminium metodą TIG prądem przemiennym w osłonie argonu	84
6.5. Wpływ parametrów spawania na kształt i wymiary spoiny	87
6.6. Spawanie aluminium metodą TIG prądem stałym o biegunowości ujemnej (DC-)	89
7. Technika spawania aluminium metodą TIG	93
7.1. Zajarzanie łuku	93
7.2. Technika spawania metodą TIG	94
8. Wybrane zagadnienia ze spawania aluminium metodą TIG	100
8.1. Spawalność poszczególnych serii stopów aluminium	100
8.1.1. Spawalność aluminium niestopowego serii 1xxx	100
8.1.2. Spawalność stopów AlCu serii 2xxx	100
8.1.3. Spawalność stopów AlMn serii 3xxx	101
8.1.4. Spawalność stopów AlMg serii 5xxx	101
8.1.5. Spawalność stopów AlMgSi serii 6xxx	102
8.1.6. Spawalność stopów AlZn serii 7xxx	102
8.2. Przykłady poprawnie wykonanych spoin metodą TIG	103
8.3. Pękanie spoin i złączy spawanych	106
8.4. Niezgodności spawalnicze złączy aluminiowych	109
8.5. Redukcja umocnienia w SWC złączy spawanych	116
8.6. Naprężenia i odkształcenia spawalnicze w wyrobach aluminiowych	120
8.7. Kontrola jakości aluminiowych złączy spawanych	120
8.8. Szkolenie, egzaminowanie i kwalifikowanie spawaczy aluminium	122
8.8.1. Ogólny zarys szkolenia	122
8.8.2. Szkolenie i egzaminowanie spawaczy aluminium metodą TIG	123
8.8.3. Kwalifikowanie spawaczy aluminium metodą TIG	125
8.9. Zagrożenia dla zdrowia i środowiska podczas spawania aluminium	129
9. Przykładowe pytania egzaminacyjne dotyczące spawania aluminium metodą TIG	131
Literatura	140
Normy	141

Zgodnie z przyjętymi w Polsce zasadami kwalifikowanie spawaczy obejmuje ich szkolenie i egzaminowanie zarówno z wiedzy teoretycznej i umiejętności praktycznych w zakresie spawania poszczególnych rodzajów materiałów przy użyciu określonych metod. Zasady te są opisane w pierwszym zeszycie serii wydawniczej pt. Podręcznik spawania – zagadnienia ogólne, zawierającym informacje niezbędne w nauczaniu każdej metody spawania.

Seria podręczników zawierających zwięźle podany słuchaczom materiał dotyczący poszczególnych procesów spawania, jest wydawana i rozprowadzana przez Przegląd Spawalnictwa. Szczegółowe informacje znajdują się na stronie: www.pspaw.pl

Niniejszy zeszyt – oznaczony numerem 2 – obejmuje tylko wiadomości niezbędne uczestnikom kursu spawania aluminium i jego stopów metodą TIG. Pozostałe procesy spawania są prezentowane w następujących zeszytach:

- Zeszyt 3: Podręcznik spawania aluminium i jego stopów metodą MIG
- Zeszyt 4: Podręcznik spawania stali nierdzewnych metodą TIG
- Zeszyt 5: Podręcznik spawania stali niestopowych metodą TIG
- Zeszyt 6: Podręcznik spawania stali niestopowych metodą MAG
- Zeszyt 7: Podręcznik spawania stali niestopowych metodą MMA
- Zeszyt 8: Podręcznik spawania stali nierdzewnych metodą MAG
- Zeszyt 9: Podręcznik spawania stali nierdzewnych metodą MMA
- Zeszyt 10: Podręcznik spawania miedzi i jej stopów metodą TIG
- Zeszyt 11: Podręcznik spawania gazowego i cięcia stali

Często zdarza się, że osoba szkolona w zakresie spawania aluminium metodą TIG (lub w innym zakresie) posiada już kwalifikacje potwierdzone zdaniem egzaminem z innego procesu spawania. Wówczas szkolenie teoretyczne powinno trwać co najmniej 8 godzin i obejmować tylko zagadnienia ze spawania aluminium metodą TIG, zawarte w niniejszym podręczniku. Jeśli natomiast szkolenie w spawaniu aluminium metodą TIG jest pierwszym szkoleniem spawalniczym, nauczanie teoretyczne powinno obejmować również materiał zawarty w *Podręczniku spawania – zagadnienia ogólne Zeszyt 1*. Liczba godzin pełnego szkolenia jest wtedy oczywiście większa.

Wśród stopów aluminium istnieje kilka grup, różniących się zasadniczo składem chemicznym, a w efekcie spawalnością, głównie skłonnością do pękania. Na wynik spawania duży wpływ ma przede wszystkim właściwe dopasowanie spoiwa do materiału spawanego. Dlatego w zeszycie tym podano zasady i liczne przykłady doboru spoiwa pod względem uzyskania odpowiedniej odporności na pęknięcie, wytrzymałości, plastyczności, odporności na korozję i zmiany barwy złączy. Zamieszczono

też informacje na temat spawalności poszczególnych stopów, technologii i techniki ich spawania, przygotowania złączy oraz charakterystycznych dla aluminium niezgodności spawalniczych. Scharakteryzowano też urządzenia stosowane do spawania aluminium metodą TIG.

Niektóre wiadomości wykraczają poza zakres tematyczny przewidziany na kursach spawania aluminium, ale z pewnością będą one przydatne w praktyce zawodowej. Pozostawia się decyzji wykładowcy, które z nich należy włączyć do programu nauczania.

Podręczniki tej serii są przeznaczone nie tylko dla słuchaczy, wykładowców i instruktorów kursów spawania, ale również dla innych osób związanych ze spawalnictwem, w tym technologów, inspektorów, kontrolerów, projektantów konstrukcji aluminiowych.