

Kazimierz Ferenc

Zeszyt **3**

Podręcznik spawania aluminium i jego stopów metodą MIG



AGENDA WYDAWNICZA SIMP

przegląd
SPAWALNICTWA

KAZIMIERZ FERENC

PODRĘCZNIK SPAWANIA

ALUMINIUM I JEGO STOPÓW METODĄ MIG

Zeszyt 3

PATRONAT



URZĄD DOZORU
TECHNICZNEGO



INSTYTUT SPAWALNICTWA

Agenda Wydawnicza SIMP

przeгляд
Spawalnictwa

Warszawa 2018

SPIS TREŚCI

Wstęp	13
1. Wprowadzenie do łukowego spawania aluminium	15
1.1. Właściwości aluminium wpływające na jego spawanie	15
1.2. Metody łukowego spawania aluminium	18
1.2.1. Proces spawania metodą TIG	19
1.2.2. Proces spawania metodami MIG i MAG	21
1.2.3. Odmiany procesu spawania MIG/MAG	22
1.2.4. Porównanie spawania aluminium metodami TIG i MIG	26
2. Urządzenia i wyposażenie do spawania aluminium metodą MIG	29
2.1. Źródła energii do spawania MIG	29
2.1.1. Charakterystyka statyczna źródła do spawania metodami MIG/MAG	30
2.1.2. Samoregulacja długości łuku w spawaniu źródłem o charakterystyce płaskiej	31
2.1.3. Rodzaj i biegunowość prądu spawania	32
2.2. Rodzaje i właściwości źródeł energii do spawania metodą MIG/MAG	33
2.2.1. Źródła prostownikowe	33
2.2.2. Źródła inwertorowe	34
2.3. Sterowanie parametrami spawania w procesach MIG/MAG	34
2.4. Budowa i działanie urządzeń do spawania aluminium metodą MIG	38
2.4.1. Podajniki drutu elektrodowego	38
2.4.2. Przewód prowadzący drut elektrodowy i przewód wielofunkcyjny	42
2.4.3. Uchwyty elektrodowe	44
2.4.4. Butle na sprężone gazy osłonowe	47
2.4.5. Zawory butlowe	48
2.4.6. Butlowe reduktory ciśnienia gazu z przepływomierzem	49

2.5. Przygotowanie do pracy urządzeń do spawania MIG/MAG	50
2.6. Niesprawności urządzenia i działania naprawcze	52
3. Klasyfikacja i właściwości aluminium i jego stopów	55
3.1. Właściwości fizyczne i mechaniczne aluminium	55
3.2. Klasyfikacja stopów aluminium	56
3.3. Oznaczanie gatunku i składu chemicznego stopów do przeróbki plastycznej	61
3.4. Oznaczanie stanów wytwarzania stopów przerabianych plastycznie	63
3.5. Charakterystyka stopów przerabianych plastycznie umacnianych przez zgniot	64
3.6. Charakterystyka stopów przerabianych plastycznie umacnianych obróbką cieplną	65
3.7. Odlewnicze stopy aluminium	66
3.7.1. Oznaczanie gatunku i składu chemicznego stopów odlewniczych	66
3.7.2. Właściwości wybranych stopów odlewniczych	67
3.8. Cechy użytkowe stopów aluminium	68
4. Spoiwa do spawania aluminium i jego stopów	71
4.1. Gatunki spoiw i ich oznaczanie	71
4.2. Charakterystyka użytkowa poszczególnych grup spoiw	74
4.3. Dobór spoiw do spawania stopów przerabianych plastycznie	76
4.3.1. Ogólne wytyczne doboru spoiw	76
4.3.2. Dobór spoiwa w celu zapobiegania pękaniu spoiny	80
4.3.3. Dobór spoiwa ze względu wytrzymałość złącza spawanego	83
4.3.4. Dobór spoiwa w celu uzyskania spoiny o wysokiej plastyczności	86
4.3.5. Dobór spoiwa pod względem odporności złącza na korozję	86
4.3.6. Dobór spoiwa pod względem dopasowania barwy spawanego stopu i spoiny	87
4.3.7. Dobór spoiwa do pracy złącza w podwyższonej temperaturze	87
4.4. Zasady oznaczania i przechowywania drutów do spawania aluminium metodą MIG	88
5. Gazy osłonowe do spawania aluminium metodą MIG	90
5.1. Właściwości i stosowanie argonu	90
5.2. Właściwości i zastosowanie helu	91
5.3. Wymagana czystość gazów osłonowych i ich wydatek	92

5.4. Zagrożenia argonem i helem oraz zasady postępowania	93
6. Technologia spawania aluminium i jego stopów metodą MIG	95
6.1. Czyszczenie obszaru złącza aluminiowego przed spawaniem	95
6.2. Przygotowanie brzegów złącza do spawania metodą MIG	96
6.3. Temperatura podgrzewania i międzysciegowa	100
6.4. Parametry technologiczne ręcznego spawania aluminium metodą MIG	101
6.5. Wpływ parametrów spawania aluminium metodą MIG na kształt i wymiary spoiny	101
7. Technika spawania aluminium metodą MIG	106
7.1. Przepływ metalu w łuku podczas spawania aluminium metodą MIG	106
7.1.1. Przepływ natryskowy	108
7.1.2. Przepływ kroplowy (mieszany)	109
7.1.3. Przepływ zwarcioowy	110
7.1.4. Przepływ stopiwa w łuku pulsującym	110
7.1.5. Przepływ stopiwa w łuku sterowanym synergicznie	111
7.2. Technika spawania aluminium metodą MIG w różnych pozycjach	111
7.2.1. Uwagi wstępne	111
7.2.2. Kierunek spawania; pochylenie końcówki uchwytu elektrodowego	113
7.2.3. Spawanie w pozycji podolnej	114
7.2.4. Spawanie w pozycji naściennej (PC) i nabocznej (PB)	115
7.2.5. Spawanie w pozycji pionowej (PF)	116
7.2.6. Spawanie w pozycji pułapowej (PE)	117
8. Wybrane zagadnienia ze spawania aluminium metodą MIG	118
8.1. Spawalność poszczególnych serii stopów aluminium	118
8.1.1. Spawalność aluminium niestopowego serii 1xxx	118
8.1.2. Spawalność stopów AlCu serii 2xxx	118
8.1.3. Spawalność stopów AlMn serii 3xxx	119
8.1.4. Spawalność stopów AlMg serii 5xxx	119
8.1.5. Spawalność stopów AlMgSi serii 6xxx	120
8.1.6. Spawalność stopów AlZn serii 7xxx	120

8.2. Przykłady poprawnie wykonanych spoin metodą MIG	121
8.3. Niezgodności spawalnicze	125
8.3.1. Pękanie spoin i złączy spawanych	127
8.3.2. Pęcherze gazowe, porowatość	129
8.3.3. Przyklejenia i braki wtopienia	130
8.3.4. Kratery	133
8.4. Kondensaty par magnezu (czarna sadza)	134
8.5. Poziomy jakości niezgodności spawalniczych w złączach aluminiowych	135
8.6. Kontrola jakości aluminiowych złączy spawanych	136
8.7. Redukcja umocnienia w SWC złączy spawanych aluminiowych	137
8.8. Naprężenia i odkształcenia spawalnicze w wyrobach aluminiowych	140
8.9. Szkolenie, egzaminowanie i kwalifikowanie spawaczy aluminium	141
8.9.1. Szkolenie i egzaminowanie spawaczy aluminium metodą MIG	142
8.9.2. Kwalifikowanie spawaczy aluminium metodą MIG	143
8.10. Zagrożenia dla zdrowia i środowiska podczas spawania aluminium	148
9. Przykładowe pytania egzaminacyjne dotyczące spawania aluminium metodą MIG	149
Literatura	158
Normy	159

WSTĘP

Zgodnie z przyjętymi w Polsce zasadami kwalifikowanie spawaczy obejmuje ich szkolenie i egzaminowanie zarówno z wiedzy teoretycznej, jak 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 3 – obejmuje tylko wiadomości niezbędne uczestnikom kursu spawania aluminium i jego stopów metodą MIG. Pozostałe procesy spawania są opisane w następujących zeszytach:

- Zeszyt 2: Podręcznik spawania aluminium i jego stopów metodą TIG
- 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 elektrodami otulonymi
- Zeszyt 8: Podręcznik spawania stali nierdzewnych metodą MAG
- Zeszyt 9: Podręcznik spawania stali nierdzewnych elektrodami otulonymi
- 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 MIG (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 MIG, zawarte w niniejszym podręczniku. Jeśli natomiast szkolenie w spawaniu aluminium metodą MIG 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 tym podręczniku 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 MIG.

Niektóre zamieszczone 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.