

SPAWANIE STALI ODPORNÝCH NA KOROZJĘ A EMISJA PYŁU SPAWALNICZEGO

Jolanta Matusiak, Joanna Wyciślik-Sońnierz
Łukasiewicz – Instytut Spawalnictwa

Wprowadzenie

Procesy spawania metali związane są z powstawaniem substancji chemicznych stwarzających zagrożenie dla zdrowia człowieka, zaklasyfikowanych w następujących kategoriach: bardzo toksyczne, toksyczne, szkodliwe, drażniące, uczulające, rakotwórcze, mutagenne. Substancje chemiczne występujące w powietrzu przy procesach spawania są układem dwufazowym – aerozolem.

Podczas procesu spawania z materiału podstawowego, materiału dodatkowego, powłok ochronnych, gazów osłonowych i otaczającego powietrza pod wpływem wysokiej temperatury i promieniowania łuku spawalniczego powstaje dym spawalniczy. Dym spawalniczy – aerozol dwufazowy kondensacyjny jest mieszaniną drobno dyspersyjnych cząstek stałych (pyłu spawalniczego) oraz różnych gazów stanowiących fazę rozpraszającą.

Pył spawalniczy powstaje w wyniku działania łuku spawalniczego lub skoncentrowanej wiązki laserowej na materiał podstawowy i dodatkowy. Podczas spawania zachodzi proces topienia materiałów, ich częściowego odparowania i utleniania par metalu. W atmosferze o niższej temperaturze następuje proces kondensacji i wytworzenie cząstek stałych o różnych wymiarach – pył spawalniczy.

Cel i zakres badań

Celem głównym badań prowadzonych w Instytucie było wyznaczenie korelacji pomiędzy warunkami materiałowymi i technologicznymi poszczególnych metod spawania a wielkością emisji pyłu całkowitego przy spawaniu odlewanych ze stali odpornej na korozję elementów manifold z obudową turbiny oraz wybranie metody spawania najbardziej korzystnej w aspekcie ograniczenia emisji zanieczyszczeń pyłowych.

Metoda spawania: spawanie łukowe (metody: MAG standard, ColdArc, CMT, ColdArc Puls) spawanie laserowe (technika z jeziorkiem, technika z oczkiem)

Materiał podstawowy: Odlew staliwo nierdzewne w gat. 1.4848

Skład chemiczny materiału podstawowego w % wag.									
C	Mn	Cu	Cr	Ni	Mo	Nb	Ti	Fe	
0,46	0,21	0,02	25,06	20,37	0,04	1,18	0,01	50,95	

Materiał dodatkowy (przy spawaniu łukowym): drut lity 24.13 L Si Sandvik ER 309LSi śr. 1,0 mm

Skład chemiczny materiału dodatkowego w % wag.							
C	Mn	P	Cr	Ni	Mo	Si	N
< 0,025	1,8	< 0,025	23,5	13,5	< 0,4	0,9	0,1

Gaz osłonowy: 97,5% Ar + 2,5% CO₂ (M12) przy spawaniu łukowym
100% Ar (I1) przy spawaniu laserowym

Badania emisji pyłu całkowitego powstającego przy spawaniu łukowym przeprowadzono dla 3 wartości parametrów prądowo-napięciowych, prędkości podawania drutu i prędkości spawania. Przy spawaniu laserowym badania emisji pyłu przeprowadzono dla trzech wartości mocy wiązki laserowej.

Zakres materiałowo-technologiczny badań emisji zanieczyszczeń podano w tablicach 1 i 2.

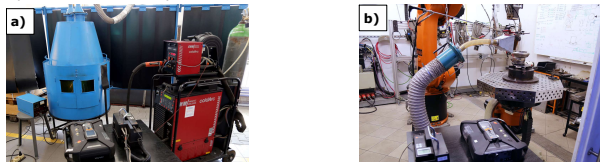
Spawanie łukowe				
Metoda spawania	Parametry technologiczne procesu			
	I [A]	U [V]	Vdr [m/min]	Vsp [mm/min]
MAG standard	90 - 120	18 - 20	4,4 - 6,0	400 - 420
ColdArc	90 - 137	17 - 22	4,5 - 7,5	400 - 1000
CMT	80 - 143	11,6 - 14	4,0 - 8,0	400
ColdArc Puls	90 - 140	20,5 - 24,5	5,4 - 8,4	400

Tablica 1. Zakres materiałowo-technologiczny badań emisji zanieczyszczeń pyłowych przy spawaniu łukowym

Spawanie laserowe				
Technika spawania	Parametry technologiczne procesu			
	Prędkość spawania v [m/min]	Kąt α [°]	Rozogniskowanie f [mm]	Przesunięcie y [mm]
Z jeziorkiem	1,08	0	20	0
Z oczkiem	1,50	0	0	0

Tablica 2. Zakres materiałowo-technologiczny badań emisji zanieczyszczeń pyłowych przy spawaniu laserowym

Stanowiska doświadczalne do badań emisji zanieczyszczeń przy spawaniu łukowym i laserowym przedstawiono na rysunku 1.



Rysunek 1. Stanowiska doświadczalne do badań emisji pyłu przy spawaniu łukowym (a) i laserowym (b)

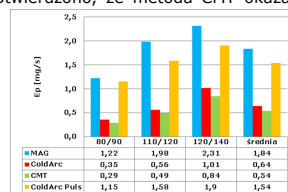
Analiza wyników badań

Analiza wyników ukierunkowana była na poznanie wpływu następujących czynników na wielkość emisji pyłu całkowitego:

- metody spawania łukowego: MAG standard, ColdArc, CMT i ColdArc Puls,
- parametrów prądowych procesu spawania łukowego,
- techniki spawania laserowego: z jeziorkiem i z oczkiem,
- parametrów technologicznych procesu spawania laserowego.

Wpływ metody spawania łukowego na wielkość emisji pyłu przedstawiono na rysunku 2.

Stwierdzono, że metoda CMT okazała się



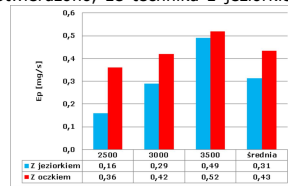
Rysunek 2. Emisja pyłu przy spawaniu łukowym różnymi metodami elementów manifold z obudową turbiny

się najkorzystniejszą w aspekcie ograniczenia emisji pyłu całkowitego, natomiast za najmniej korzystną uznano metodę MAG standard. Zastosowanie w jej miejsce metody CMT przyczyniło się do 2,5-krotnego ograniczenia emisji pyłu całkowitego.

Uzyskane wyniki wykazały dla wszystkich badanych metod spawania wprost proporcjonalną korelację dodatnią pomiędzy natężeniem prądu a wielkością emisji pyłu.

Wpływ techniki spawania laserowego na wielkość emisji pyłu przedstawiono na rysunku 3.

Stwierdzono, że technika z jeziorkiem



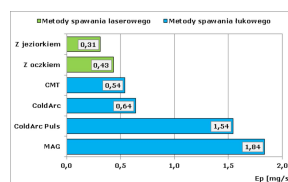
Rysunek 3. Emisja pyłu przy spawaniu laserowym różnymi technikami elementów manifold z obudową turbiny w gat. 1.4848

okazała się korzystniejsza – jej zastosowanie przyczyniło się do 25% ograniczenia emisji pyłu całkowitego w porównaniu do techniki z oczkiem.

Wykazano wprost proporcjonalną korelację dodatnią pomiędzy wartością mocy wiązki laserowej a wielkością emisji pyłu dla obu badanych technik spawania laserowego.

Analiza porównawcza wielkości emisji zanieczyszczeń pyłowych przy spawaniu łukowym i laserowym elementów manifold z obudową turbiny została przedstawiona na rysunku 4.

Procesy spawania laserowego charakteryzowały się niższymi wskaźnikami emisji pyłu całkowitego w porównaniu do procesów spawania łukowego wszystkimi badanymi metodami. Najniższa wartość emisji pyłu wystąpiła przy spawaniu laserowym techniką z jeziorkiem ($E_{p,0} = 0,31$ mg/s). Była ona 6-krotnie niższa niż przy spawaniu łukowym metodą MAG standard, 5-krotnie niższa niż przy spawaniu łukowym metodą ColdArc Puls, 2-krotnie niższa niż przy spawaniu łukowym metodą ColdArc i ponad 40% niższa niż przy spawaniu łukowym metodą CMT.



Rysunek 4. Porównanie średnich wartości emisji pyłu przy spawaniu łukowym i laserowym elementów manifold z obudową turbiny

W procesie spawania łukowego pył powstaje w wyniku działania łuku na materiał podstawowy i dodatkowy, natomiast w przypadku spawania laserowego, w wyniku działania wiązki laserowej, jedynie na materiał podstawowy.

Wnioski

Uzyskane wyniki badań i ich analiza pozwoliły na sformułowanie następujących wniosków:

- Metody spawania łukowego wpływają na wielkość emisji zanieczyszczeń pyłowych. Wykazano, że metoda CMT okazała się najkorzystniejszą w aspekcie ograniczenia emisji pyłu całkowitego, natomiast metoda MAG standard charakteryzowała się największą emisją pyłu.
- Technika spawania laserowego wpływa na wielkość emisji zanieczyszczeń pyłowych. Stwierdzono, że technika z jeziorkiem okazała się korzystniejsza w aspekcie ograniczenia emisji pyłu całkowitego w porównaniu do techniki z oczkiem.
- Dla wszystkich badanych metod spawania łukowego wystąpiła korelacja pełna dodatnia (związek wprost proporcjonalny) pomiędzy natężeniem prądu spawania, a wielkością emisji pyłu.
- Dla obu badanych technik spawania laserowego wystąpiła korelacja pełna dodatnia (związek wprost proporcjonalny) pomiędzy mocą wiązki laserowej, a wielkością emisji pyłu.
- Procesy spawania laserowego charakteryzowały się niższymi wskaźnikami emisji pyłu całkowitego w porównaniu do procesów spawania łukowego wszystkimi analizowanymi metodami.

Literatura

1. Matusiak J., Wyciślik-Sońnierz J.: Opracowanie innowacyjnej technologii spawania łukowego i laserowego wraz z określeniem ich wpływu na emisję do atmosfery i środowiska pracy, Praca badawcza Instytutu Spawalnictwa nr Ma-44 (B-319/19), Gliwice, 2019



Kontakt:
mgr inż. Joanna Wyciślik-Sońnierz
Łukasiewicz - Instytut Spawalnictwa
ul. Bł. Czesława 16-18
44-100 Gliwice
tel.: +48 32 33 58 382
www.is.lukasiewicz.gov.pl
joanna.wycislik@is.lukasiewicz.gov.pl

**63. MIĘDZYNARODOWA
KONFERENCJA
SPAWALNICZA**

18-20 PAŹDZIERNIKA 2022 r. | KATOWICE



**SPAWALNICTWO
W SIECI NOWYCH MOŻLIWOŚCI**

