

Jolanta Matusiak, Joanna Wyciślik-Sośnierz
Łukasiewicz – Górnośląski Instytut Technologiczny

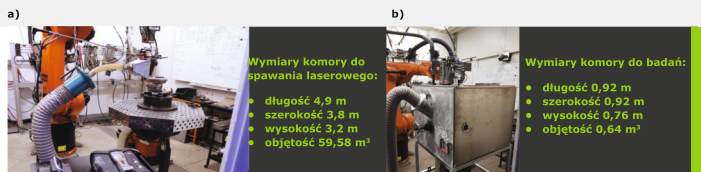
WPROWADZENIE

Podczas procesu spawania, pod wpływem wysokiej temperatury powstaje dym spawalniczy. Dym spawalniczy (aerozol dwufazowy kondensacyjny) jest mieszaniną drobnodispersyjnych cząstek stałych (pyłu spawalniczego) oraz różnych gazów stanowiących fazę rozpraszającą. Pył spawalniczy powstaje w wyniku działania łuku lub skoncentrowanej wiązki światła (wiązki laserowej) na materiał podstawowy. W procesie 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. Zgodnie z wymaganiami Międzynarodowej Agencji Badań nad Rakim pył spawalniczy od 2017 roku należy do grupy czynników o udowodnionym działaniu rakotwórczym u ludzi. Kluczowe jest więc określenie wielkości emisji pyłu. Podczas wielu lat badań opracowano stanowiska do badania wielkości emisji pyłu podczas spawania łukowego. Ostatnie lata wiązały się ze zwiększeniem zainteresowania w różnych gałęziach przemysłu technikami laserowymi, stąd powstała konieczność opracowania stanowiska badawczego dedykowanego dla tych procesów.

CEL I ZAKRES BADAŃ

Badania emisji pyłu całkowitego powstającego przy spawaniu laserowym, technikami z jeziorkiem i z oczkiem, przeprowadzono dla 3 wartości mocy wiązki laserowej. Badania były prowadzone na stanowisku tymczasowym, znajdującym się wewnątrz stanowiska do spawania laserowego (wariant 1 – rys. 1a) oraz na stanowisku wyposażonym w specjalnie zaprojektowaną komorę (wariant 2 – rys. 1b). Zasadą badania było pobieranie pyłu na filtry pomiarowe w czasie spawania przy włączonym urządzeniu odciągowym. W badaniu zastosowano filtry typu PTM-B o średnicy 150 mm. Określenie wielkości emisji pyłu opiera się na metodzie grawimetrycznej, tzn. metodzie wagowej. Oblicza się ją na podstawie różnicy mas filtrów przed i po procesie spawania w założonym czasie.

Celem głównym pracy było przeprowadzenie analizy statystycznej uzyskanych w dwóch cyklach badawczych wyników badania ilości pyłu, przy wykorzystaniu komory spawania laserowego jako stanowiska badawczego (wariant 1) oraz przy wykorzystaniu nowo opracowanego stanowiska badawczego. W kolejnym kroku porównano uzyskane wyniki.



Rys. 1. Stanowisko doświadczalne do badań emisji pyłu przy spawaniu laserowym - wariant 1 (a) i wariant 2 (b)

MATERIAŁY STOSOWANE DO BADAŃ I PARAMETRY TECHNOLOGICZNE

Wariant 1

Materiał podstawowy:
Odlew staliwo nierdzewne w gat. 1.4848

Skład chemiczny materiału podstawowego [%]									
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	

Wariant 2

Materiał podstawowy:
Stal nierdzewna w gat. 1.4301

Skład chemiczny materiału podstawowego [%] według PN-EN10088-1						
C	Si	Mn	P max	S	N	Cr
≤ 0,07	≤ 1,0	≤ 2,0	0,045	≤ 0,015	0,11	17,5 - 19,5

Technika spawania laserowego	Parametry technologiczne procesu		
	Prędkość spawania [m/min]	Rozogniskowanie F [mm]	Moc wiązki laserowej [W]
Z jeziorkiem	1,08	20	2500-3500
Z oczkiem	1,50	0	2500-3500

Technika spawania laserowego	Parametry technologiczne procesu		
	Prędkość spawania [m/min]	Rozogniskowanie F [mm]	Moc wiązki laserowej [W]
Z jeziorkiem	0,5-1,5	20	2500-6500
Z oczkiem	0,5-1,5	0	2500-4500

Analiza wyników ukierunkowana była na:

- określenie ilości powstającego pyłu i analizę statystyczną uzyskanych wyników dla wariantu 1,
- określenie ilości pyłu spawalniczego i analizę statystyczną uzyskanych wyników dla wariantu 2,
- wykonanie analizy porównawczej wyników uzyskanych w obu cyklach badawczych.

LITERATURA

- Matusiak J., Wyciślik-Sośnierz J.: Praca badawcza Ł-IS nr Ma-44 (B-319/19), Gliwice, 2019
- Wyciślik-Sośnierz J., Matusiak J.: Praca badawcza Ł-IS nr ST 32/20, Gliwice, 2020
- Wyciślik-Sośnierz J., Matusiak J.: Praca badawcza Ł-IS nr ST 32/21, Gliwice, 2021

KONTAKT

mgr inż. Joanna Wyciślik-Sośnierz

Łukasiewicz – Górnośląski Instytut Technologiczny, Centrum Spawalnictwa
Grupa Badawcza Technologie Zgrzewania i Klejenia oraz Ochrona Środowiska
tel.: +48 32 33 58 382 | joanna.wycislik-sosnierz@git.lukasiewicz.gov.pl

ANALIZA WYNIKÓW BADAŃ

Wyniki uzyskane w obu cyklach badawczych przedstawiono w tabelach 1 i 2.

Tablica 1. Ilość pyłu powstającego podczas spawania laserowego odlewu ze staliwo nierdzewnego w gat. 1.4848 (wariant 1)

Wariant 1			
Spawanie laserowe techniką z oczkiem			
Parametry technologiczne		Ilość pyłu [mg] (wartość średnia z 5 prób)	Odchylenie standardowe
Moc wiązki laserowej [W]	Prędkość spawania [m/min]		
2500	1,5	21,6	0,8
3000	1,5	25,0	3,6
3500	1,5	31,5	3,8
Spawanie laserowe techniką z jeziorkiem			
Parametry technologiczne		Ilość pyłu [mg] (wartość średnia z 5 prób)	Odchylenie standardowe
Moc wiązki laserowej [W]	Prędkość spawania [m/min]		
2500	1,08	9,6	0,9
3000	1,08	17,2	1,1
3500	1,08	29,2	4,0

Stwierdzono, że ilość pyłu powstającego podczas spawania w wariantie 1 zawierała się w zakresie 21-31,5 mg dla spawania techniką z oczkiem i 9,6-29,2 mg przy technice z jeziorkiem. Odchylenie standardowe uzyskanych wyników zawierało się w zakresie 0,8-4 dla obu analizowanych technik spawania laserowego.

Uzyskane wyniki wykazały, że wraz ze wzrostem mocy wiązki laserowej wzrastała ilość powstającego pyłu.

Tablica 2. Ilość pyłu powstającego podczas spawania laserowego stali nierdzewnej w gat. 1.4301 (wariant 2)

Wariant 2			
Spawanie laserowe techniką z oczkiem			
Parametry technologiczne		Ilość pyłu [mg] (wartość średnia z 5 prób)	Odchylenie standardowe
Moc wiązki laserowej [W]	Prędkość spawania [m/min]		
2500	0,5	34,8	0,9
2500	1,0	22,1	1,0
4500	0,5	42,7	1,6
4500	1,0	27,4	1,0
4500	1,5	25,0	0,8
6500	0,5	44,4	1,7
6500	1,0	28,6	0,9
6500	1,5	26,2	0,4
Spawanie laserowe techniką z jeziorkiem			
Parametry technologiczne		Ilość pyłu [mg] (wartość średnia z 5 prób)	Odchylenie standardowe
Moc wiązki laserowej [W]	Prędkość spawania [m/min]		
2500	0,5	27,0	0,6
2500	1,0	19,0	0,6
4500	0,5	40,6	0,7
4500	1,0	24,1	0,5
4500	1,5	22,9	0,8

Stwierdzono, że ilość pyłu powstającego podczas spawania laserowego stali nierdzewnej w gat. 1.4301 zawierała się w zakresie od 22 do ponad 44 mg dla spawania metodą z oczkiem i 19-40,6 mg przy technice z jeziorkiem. Odchylenie standardowe uzyskanych wyników było zdecydowanie mniejsze, niż w przypadku pierwszego cyklu badawczego i zawierało się w zakresie 0,4-1,7 dla obu analizowanych technik spawania laserowego.

Uzyskane wyniki również wykazały, że wraz ze wzrostem mocy wiązki laserowej wzrastała ilość powstającego pyłu. Z kolei wzrost prędkości spawania, przy takiej samej wartości mocy wiązki laserowej, skutkowało zmniejszeniem ilości powstającego pyłu.

Analiza porównawcza współczynników zmienności uzyskanych w dwóch cyklach badawczych pokazana została w tabeli 3.

Tablica 3. Analiza porównawcza współczynników zmienności uzyskanych w dwóch cyklach badawczych

Parametry technologiczne – moc wiązki laserowej [W]/prędkość spawania [m/min]	Spawanie laserowe techniką z oczkiem										
	Wariant 1					Wariant 2					
	2500/1,5	3000/1,5	3500/1,5	2500/0,5	2500/1,0	4500/0,5	4500/1,0	4500/1,5	6500/0,5	6500/1,0	6500/1,5
Współczynnik zmienności [%]	3,7	14,4	12,1	2,6	4,5	3,7	3,6	3,2	3,8	3,1	1,5
Parametry technologiczne – moc wiązki laserowej [W]/prędkość spawania [m/min]	Spawanie laserowe techniką z jeziorkiem										
	Wariant 1					Wariant 2					
	2500/1,08	3000/1,08	3500/1,08	2500/0,5	2500/1,0	4500/0,5	4500/1,0	4500/1,5	4500/0,5	4500/1,0	4500/1,5
Współczynnik zmienności [%]	3,7	14,4	12,1	2,6	4,5	3,7	3,6	3,2	3,8	3,1	1,5

Zastosowanie specjalnej komory (wariant 2) zapewnia większą powtarzalność uzyskiwanych wyników.

WNIOSKI

Uzyskane w badaniach wyniki i ich analiza pozwoliły na sformułowanie następujących wniosków:

- Wyniki uzyskane na obu stanowiskach badawczych wykazały, że technika spawania laserowego ma wpływ na ilość powstających dymów. Technika spawania z oczkiem charakteryzuje się większą ilością pyłu.
- Wyniki uzyskane na obu stanowiskach badawczych wykazały, że moc wiązki laserowej wpływa na ilość powstającego pyłu. Wzrost mocy wiązki laserowej skutkuje większą ilością pyłu.
- Dla porównania obu metod badawczych obliczono współczynnik zmienności. Przedstawia on stosunek odchylenia standardowego do średniej oraz pokazuje stopień zmienności w stosunku do średniej populacji. Im wyższy współczynnik zmienności, tym większa dyspersja.
- Podczas spawania laserowego techniką z oczkiem współczynnik zmienności był w zakresie:
 - dla wariantu 1: 3,7-14,4 %
 - dla wariantu 2: 1,5-4,5 %
- Podczas spawania laserowego techniką z jeziorkiem współczynnik zmienności był w zakresie:
 - dla wariantu 1: 6,4-13,7 %
 - dla wariantu 2: 1,7-3,5 %
- Wykazano, że zastosowanie specjalnej komory (wariant 2) zapewnia większą powtarzalność uzyskiwanych wyników. W tym przypadku rozrzut uzyskanych wyników wokół wartości średniej był znacznie mniejszy, niż przy zastosowaniu stanowiska badawczego nr 1.



Łukasiewicz
Górnośląski
Instytut
Technologiczny



SESJA POSTEROWA

65. MIĘDZYNARODOWEJ KONFERENCJI SPAWALNICZEJ



git.lukasiewicz.gov.pl