

Wpływ parametrów napawania drutem z rdzeniem metalicznym na wydajność procesu i parametry geometryczne ściegu

Influence of surfacing parameters made by metal cored wire on the performance of the process and the geometric parameters of the bead

Streszczenie

W pracy przedstawiono zagadnienie wpływu zmian nastaw prądu napawania z użyciem drutu rdzeniowego z wypełnieniem metalicznym i odpowiadające temu zmiany uzyskiwanych przekrojów napoin. Wykorzystywane do tego celu próby i określone równania pozwalają zdaniem autorów z dużą dokładnością określić ilość wykonywanych ściegów dla zadanych przekrojów napoin i spoin. W pracy zebrano wyniki badań nad wielkościami geometrycznymi złącza wykonanego przy określonych nastawach prądu. Do prób automatycznego napawania wykorzystano materiał dodatkowy T 46 3 MM 2 H5 o średnicy 1,2mm. Wykonane napoiny zostały przygotowane do badań metalograficznych makroskopowych i analizowane pod kątem uzyskanej geometrii ściegu oraz uzyskanej masy ściegu.

Słowa kluczowe: drut z rdzeniem metalicznym; napawanie; geometria; MAG

Abstract

The paper presents the problem of determining changes in the settings of the welding current and corresponding to the changes in cross-section welds obtained when using metal cored wire. Used for this purpose tests and determined equations, according to the authors, allows to determine the number of joints performed for specified sections of welding beads. Tests were carried out with automatic feed welding torch, using the additive material T 46 3 MM 2 H5 with diameter of 1.2 mm. The paper presents results of research on weight of bead and geometric quantities joint made by certain weldign current settings. The resulting welds have been tested and analyzed metallographic macroscopic for checking geometry and weight of bead.

Keywords: metal cored wire; surfacing; geometry; MAG

Wstęp

Analizując czynniki ekonomiczne służące do normowania prac spawalniczych przy wytwarzaniu konstrukcji stalowych próbowano znaleźć i zidentyfikować wszystkie aspekty, które mają wpływ na proces wytworzenia spoiny lub napoiny, a w konsekwencji koszt wytworzenia elementu.

Normy [1] dotyczące przygotowania złączy zawierają szereg uporządkowanych sposobów obróbienia elementów do spawania z ściśle określonymi zakresami parametrów, co z kolei wiąże się ze zmiennymi wielkościami przekrojów. Artykuł zawiera analizę wpływu zmian wielkości nastaw prądu na odpowiadające im zmiany pól przekroju uzyskiwanych ściegów napoin wykonanych przy zastosowaniu drutu z rdzeniem metalicznym.

Uzyskane informacje pozwalają precyzyjnie określać ilość ściegów niezbędną do wykonania spoiny lub napoiny oraz służą do określenia czasów wykonania dla dowolnych rodzajów spoin lub napoin zgodnie z obowiązującymi normami przy różnych wartościach wielkości takich jak grubość

materiału, kąt ukosowania, odstęp między elementami, wysokość progu, grubość warstwy napawanej. Czynniki te mają wpływ na objętość rowka spawalniczego lub objętość napawanej warstwy i jednocześnie wpływają na czas wykonania połączenia lub procesu napawania.

Wartość natężenia prądu spawania ma wpływ na efektywność stapiania się drutu. Niskie gęstości prądu wydatnie zmniejszają wydajność stapiania. W kalkulacjach ważne jest przyjęcie odpowiedniego efektywnego czasu palenia się łuku, który w istotny sposób wpływa na wydajność i ekonomikę spawania. Określenie efektywnego czasu palenia się łuku należy określać indywidualnie w zależności od stopnia zautomatyzowania oraz rodzaju asortymentu produkcji [2÷8].

Wpływ oddziaływania natężenia prądu na kształt przekroju spoiny przedstawiono na rysunku 1. Zwiększenie nastawy natężenia prądu powoduje uzyskanie większej głębokości wtopienia. Zmiana natężenia prądu skutkuje również zmianą parametrów napięcia łuku.

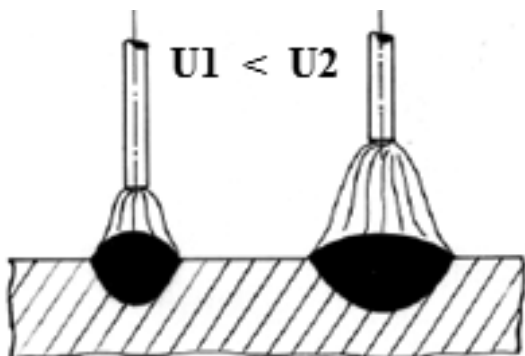
Dr inż. Robert Bęczkowski, dr inż. Marek Gucwa – Politechnika Częstochowska.

Autor korespondencyjny/Corresponding author: rbeczkowski@spaw.pcz.pl



Rys. 1. Oddziaływanie natężenia prądu na kształt przekroju napoiny [6]
Fig. 1. Impact of the current on the cross-section shape of the clad [6]

Dobór napięcia zależy od grubości złącza, rodzaju spoiny, natężenia prądu spawania, czy spawanego materiału oraz od średnicy i rodzaju drutu elektrodowego, pozycji spawania, składu gazu osłonowego. Należy jednak pamiętać, że strefa odpowiednich parametrów jest stosunkowo wąska, a zwiększając natężenie prądu powinno się także zwiększyć napięcie łuku [4], wówczas szerokość spoiny wzrasta.



Rys. 2. Wpływ napięcia łuku spawalniczego na geometrię powstającej napoiny [5]
Fig. 2. Effect of arc voltage on the geometry of the resulting clad [5]

Średnica drutu elektrodowego decyduje o gęstości prądu, wpływając w zależności od charakterystyki rdzenia na uzyskiwane głębokości wtopienia w napawany materiał oraz o charakterze przenoszenia metalu w łuku. Przy stałej wartości natężenia prądu sprawność stapiania ulega zwiększeniu wraz ze zmniejszeniem średnicy drutu, ponieważ gęstość prądu płynącego przez drut wzrasta.

Metodyka badań

Do prób wykorzystano blachę gatunku S235JR grubości 10 mm, na której wykonano ściegi spawalnicze metodą MAG drutem z rdzeniem metalicznym, gdzie każdy ścieg wykonano innymi parametrami prądowymi. Następnie na pociętych próbkach wykonano zglądy metalograficzne i dokonano pomiarów: pola napoiny oraz głębokości wtopienia. Wykonano analizę wydajności napawania przy użyciu drutu z rdzeniem metalicznym z uwzględnieniem zmiany parametrów prądowych w odniesieniu do wagi uzyskanej napoiny.

Badanie zostało przeprowadzone przy użyciu synergicznego źródła spawalniczego z użyciem drutu z rdzeniem metalicznym: Outhersield MC710-H o średnicy 1,2mm klasyfikowanego według ISO 17632-A: T46 3 M M 2 H5. Charakterystykę materiału dodatkowego podano w tabelicy 1. Do osłony ciekłego jeziora użyto dopuszczalnej mieszanki gazów osłonowych grupy M21 (82% Ar, 18% CO₂) wg PN-EN ISO 14175 stosując minimalny przepływ gazu osłonowego na poziomie 15 l/min.

Napawanie polegało na wykonaniu ściegów z wykorzystaniem wózka spawalniczego dającego stabilizację parametrów prędkości spawania oraz innych parametrów stałych procesu takich jak kąt pochylenia, czy długość wolnego wylotu elektrody. Proces przeprowadzono w pozycji PA z wykorzystaniem drutu rdzeniowego z którego każdy ze ściegów został wykonany przy innej wartości prądu napawania w zakresie od nastawy 150A do 300 A. Poszczególne

próbki były wykonane z następującymi nastawami: próbka 1 – prąd 150 A, próbka 2 – prąd 200 A, próbka 3 – prąd 250 A, próbka 4 – prąd 300 A. [6]

Tablica I. Symbol oraz skład chemiczny drutu spawalniczego [7]
Table I. The symbol and the chemical composition of welding wire [7]

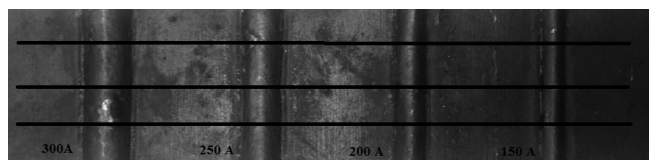
Symbol / Nazwa handlowa	Skład chemiczny [%]				
	C	Si	Mn	P	S
T46 3 M M 2 H5 Outhersield C710-H	0,05	0,6	1,35	0,015	0,023

W tabelicy II przedstawiono parametry napawania próbek, a na rysunku 4 przedstawiono zdjęcie wykonanych napoin z uwzględnieniem podziału próbek oraz zadanych nastaw prądu.

Tablica II. Parametry napawania [6]
Table II. Parameters of cladding [6]

Numer ściegu	Prąd spawania [A]	Napięcie [V]	Prędkość podawania drutu [m/min]	Prędkość spawania [m/min]
1	150	26	3,2	0,3
2	200	28	5,6	0,3
3	250	30	7,8	0,3
4	300	32	10,3	0,3

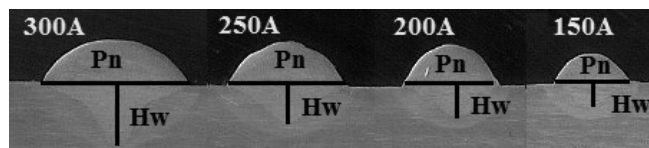
Wykonane napoiny zostały pocięte (zgodnie z rys. 3) i przygotowane do wykonania zglądów metalograficznych. Celem otrzymania jak najlepszych oraz miarodajnych wyników przygotowano po 3 zglądy dla każdej próbki z określonych miejsc na całej długości napawania, w której proces był stabilny.



Rys. 3. Schemat cięcia próbek [6]
Fig. 3. Scheme of specimen cutting [6]

Wyniki badań i analiza

Na rysunku 4 pokazano obrazy zglądów wraz z wielkościami geometrycznymi (pola napoiny oraz głębokości wtopienia) dla zadanych parametrów prądowych. Opisano pole przekroju napoiny /Pn/ w [mm²] natomiast głębokość wtopienia /Hw/ wyrażono w [mm], określono również wagi napoiny w odniesieniu do jednego metra jej długości [g/m]. Dane zebrano w tabelach dla zmiennych nastawach prądu odpowiednio dla pomiarów pola napoiny (tablica III), głębokości wtopienia (tablica IV) i wagi napoiny (tablica V).



Rys. 4. Geometria napoin [6]
Fig. 4. The geometry of clads [6]

Tablica III. Pomiary pola powierzchni przekroju napoiny /Pn/ przy różnych nastawach prądu
Table III. Measurement of the cross sectional area of the pad weld / Pn / at different current settings

Prąd spawania[A]	Pole napoiny /Pn/ [mm ²]			
	Pomiar 1 [mm ²]	Pomiar 2 [mm ²]	Pomiar 3 [mm ²]	Średnia [mm ²]
150	9,8	11,2	12,0	11,0
200	22,2	22,6	22,1	22,3
250	29,9	29,0	29,6	29,5
300	41,7	40,3	41,0	41,0

Tablica IV. Pomiary głębokości wtopienia /Hw/ przy różnych nastawach prądu
Table IV. Measurements of the depth of penetration / Hw / at different current settings

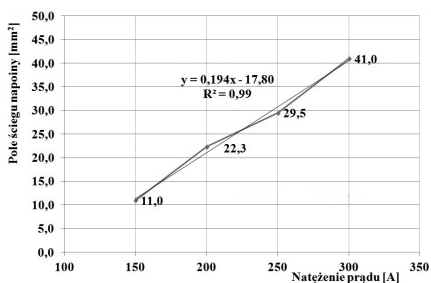
Prąd spawania[A]	Pole napoiny /Pn/ [mm ²]			
	Pomiar 1 [mm]	Pomiar 2 [mm]	Pomiar 3 [mm]	Średnia [mm]
150	2,4	2,1	2,3	2,3
200	2,8	3,8	3,3	3,3
250	3,9	4,5	3,8	4,1
300	5,7	5,8	5,8	5,8

Tablica V. Wagi napoin / W / przy różnych nastawach prądu
Table V. Weight of the clads / W / at different current settings

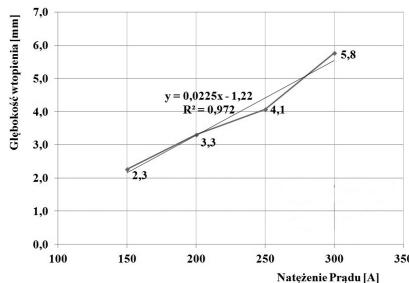
Prąd spawania[A]	Pole napoiny /Pn/ [mm ²]			
	Pomiar 1 [mm]	Pomiar 2 [mm]	Pomiar 3 [mm]	Średnia [mm]
150	94,7	76,7	86,3	85,9
200	178,7	174,4	176,0	176,4
250	226,8	235,5	231,0	231,1
300	316,0	327,4	321,1	321,5

W odniesieniu do zmiany nastawy natężenia prądu na rysunku 5 przedstawiono ich wpływ na pole przekroju ściegu napoiny /Pn/, na rysunku 6 wpływ na głębokość wtopienia /Hw/, a na rysunku 7

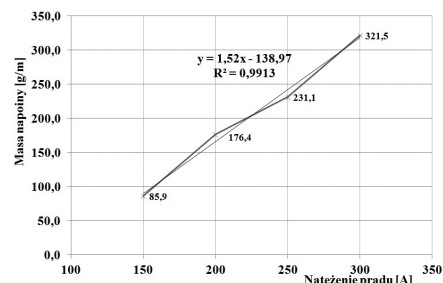
wpływ na masę uzyskanego przekroju w odniesieniu do jednego metra długości wraz z odpowiadającymi im równaniami regresji oraz odpowiadającym im współczynnikiem determinacji R².



Rys. 5. Wpływ zmiany natężenia prądu na pole przekroju ściegu
Fig. 5. Effect of changes in current on the cross sectional area of bead



Rys. 6. Wpływ zmiany natężenia prądu na głębokość wtopienia
Fig. 6. Effect of changes in current on the depth of penetration



Rys. 7. Wpływ zmiany natężenia prądu na masę napoiny (Wn)
Fig. 7. Effect of change of current on the weight of pad weld (Wn)

Podsumowanie i wnioski

Analiza wyników pomiarów pól napoin /tablica III, rys.5/ pozwala określić wpływ natężenia prądu na wielkości przekrojów uzyskiwanych ściegów. Zmiana nastawy prądu z 150A do 300A powoduje zwiększenie przekroju ściegu z 11,0 mm² do 41 mm². Co oznacza, że w tym przypadku wzrost jest blisko czterokrotny. Wpływ zmian nastaw natężenia prądu może zostać opisany równaniem liniowym postaci $y=ax+b$ i przybrać postać $y=0,194x-17,8$ z współczynnikiem determinacji na poziomie $R^2=0,99$.

W przypadku głębokości wtopienia (tablica IV i rys.6) następuje wraz ze wzrostem nastawy prądu wzrost głębokości wtopienia z 2,3 do 5,8mm, a opisać zmianę można równaniem liniowym $y=0,0225x-1,22$ z współczynnikiem determinacji na poziomie $R^2=0,972$.

Analizując wartości uzyskanych mas napoin (tablica V i rys.7) można stwierdzić, iż dwukrotny wzrost natężenia prądu powoduje około czterokrotne zwiększenie wagi, a zmiany można przedstawić za pomocą równania liniowego $y=1,52x-138,97$ z współczynnikiem determinacji na poziomie $R^2=0,991$.

Normowanie procesu wytwarzania (spawania lub napawania) jest istotnym procesem decyzyjnym, który może mieć wpływ na egzystencję firm działających w branży spawalniczej. Rutyna i niewłaściwe podejście może prowadzić do strat w działalności gospodarczej. Artykuł ma na celu uzmysłowienie w jaki sposób bardzo łatwo wpaść w pułapkę przeszacowania lub niedoszacowania czasów wykonania spoin z użyciem metody MAG z wykorzystaniem drutu z rdzeniem metalicznym. Zwiększając dwukrotnie nastawy prądu spawania możemy uzyskać blisko czterokrotny wzrost wagi uzyskanego ściegu.

Określając odpowiednie wartości pól przekroju ściegu, adekwatne do zadanych parametrów prądowych pozwalają określić dokładnie liczbę ściegów. Znajomość i określenie ilościowych zależności między nastawą, a uzyskaną wydajnością jest przydatne do wykonania wymaganych instrukcji technologicznych procesu. Pozwala również oszacować czas wykonania, a co za tym idzie w efekcie końcowym określić koszty spawania lub napawania. Wykorzystanie drutów z rdzeniem metalicznym na świecie staje się coraz bardziej powszechne i te materiały dodatkowe zyskują coraz większy udział przy procesie produkcji konstrukcji stalowych. Z racji rosnących wymagań kontrahentów oraz idąc za światowymi trendami w Polsce widać również rosnącą tendencję zużycia drutów z rdzeniem metalicznym do produkcji przemysłowej jako alternatywa stosowania drutów litych. Druty rdzeniowe metaliczne to nie tylko większe wydajności stapiania, ale również inne czynniki takie jak: mniejsza ilość odprysków spawalniczych, co w konsekwencji daje mniejsze nakłady na czyszczenie konstrukcji po spawaniu. Czynniki te w dużej mierze wpływają na ekonomikę wykonania konstrukcji stalowych, a konsekwencji na cenę wytwarzanych elementów.

Literatura

- [1] PN EN ISO 9692; Spawanie i procesy pokrewne. Zalecenia dotyczące przygotowania złączy. Część 1: Ręczne spawanie łukowe, spawanie łukowe elektrodą metalową w osłonie gazów, spawanie gazowe, spawanie metodą TIG i spawanie wiązką stali; Część 2: Spawanie stali łukiem krytym. PKN, Warszawa 2014.
- [2] Mistur L.; Spawanie łukowe w osłonach gazowych według wytycznych krajowych i międzynarodowych, KaBe, Krosno 2010.
- [3] Mizerski J.; Spawanie w osłonie gazów metodami MAG i MIG, REA, Warszawa 2013.
- [4] Ambroziak A.; Techniki wytwarzania – spawalnictwo, Laboratorium, Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Wrocław 2010.
- [5] Baum L., Fichter V., Der Schutzgasschweißer, Teil II: MIG-/MAG-Schweißen, DVS, Band 12, Düsseldorf 1999.
- [6] Kaczmarzyk J.; Analiza wydajności stapiania materiałów dodatkowych w metodzie MAG. Praca inżynierska. Promotor: dr inż. Robert Bęczkowski, Częstochowa 2016.
- [7] Katalog Lincoln Electric.
- [8] Bęczkowski R., Gucwa M., Wpływ nastawy prądu na zmiany wielkości geometrycznych przekrojów napoin, Przegląd Spawalnictwa 9/2014.