ZESZYTY NAUKOWE POLITECHNIKI ŚLĄSKIEJ 1975

Seria: Mechanika z. 55 Nr kol. 446

Piotr Adamiec

Instytut Metaloznawstwa i Spawalnictwa
Politechniki Śląskiej

BADANIE WPŁYWU POLA MAGNETYCZNEGO I WSTRZĄSANIA MECHANICZNEGO NA WŁASNOŚCI STOPIWA ELEKTROŻUŻLOWEGO

Streszczenie. Przeprowadzono badania wpływu pola magnetycznego i wstrząsania mechanicznego na własności mechaniczne stopiwa uzyskanego przez przetapianie elektrożużlowe drutu elektrodowego SP4. Stwierdzono mały wpływ różnych parametrów pola magnetycznego i wstrząsania mechanicznego na własności wytrzymałościowe i plastyczne stopiwa.

Wstęp

Metoda spawania elektrożużlowego (EŻ) charakteryzuje się bardzo dużą wydajnością procesu topienia, około 15-20 kg/h stopiwa, co jest 3÷4 razy więcej niż przy spawaniu łukiem krytym czy metodą MAG. W przemyśle stosowanie tej metody jest jednak ograniczone, głównie ze względu na konieczność stosowania obróbki cieplnej po spawaniu w celu uzyskania odpowiedniej plastyczności spoin, wymaganej poprzez Towarzystwa Klasyfikacyjne.

Struktura spoiny EŻ, dendrytyczna i gruboziarnista, która wydaje się być głównym powodem niskich własności plastycznych ocenianych próbami udarnościowymi [1, 2], jest efektem specyficznych warunków krystalizacji a mianowicie:

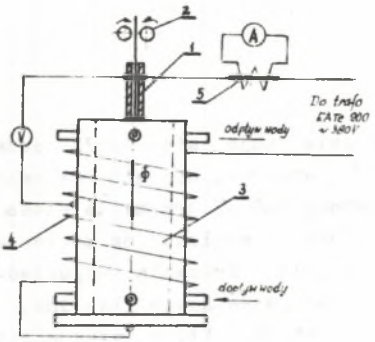
- wolnego narastania spoiny,
- dużej objętości kąpieli żużlowej,
- równomiernego odprowadzenia ciepła,
- stałej obecności płynnego żużla i metalu nad powierzchnią krystalizacji.

Paton [3] podaje cztery charakterystyczne rodzaje struktur spoin EŻ, które można otrzymać w zależności od grubości blach i parametrów spawania. Uzyskane struktury różnią się własnościami plastycznymi. W rzeczywistości możliwości regulacji wielkości i kształtu kryształów poprzez zmiany parametrów spawania są małe i często w celu poprawy struktury a zarazem i własności plastycznych stosuje się modyfikację składu chemicznego stopiwa oraz sterowanie procesem krystalizacji przy pomocy czynników zewnętrznych takich jak wstrząsanie mechaniczne kąpieli metalowej, działanie pola magnetycznego oraz działanie ultradźwięków na proces krystalizacji [4,5].

Pozwala to na rozdrobnienie struktury pierwotnej i wtórnej spoiny EŻ oraz na zmianę rozmieszczenia wtrąceń i gęstości dyslokacji przy zachowaniu odpowiedniej intensywności reakcji metalurgicznych, warunkujących czystość stopiwa.

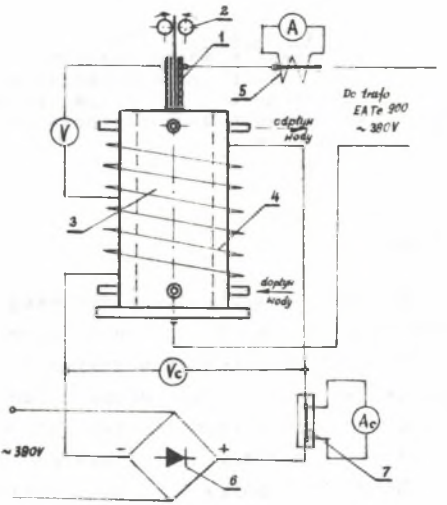
Badania własne

Przeprowadzono badania wpływu pola magnetycznego i wstrząsania mechanicznego na własności mechaniczne stopiwa EŻ.



Rys. 1. Schemat przetapiania EŻ w zmiennym polu magnetycznym prądu jednofazowego

1 - drut elektrodowy, 2 - rolki podające, 3 - krystalizator, 4 - cewka prądu zmiennego, 5 - przekładnik prądowy

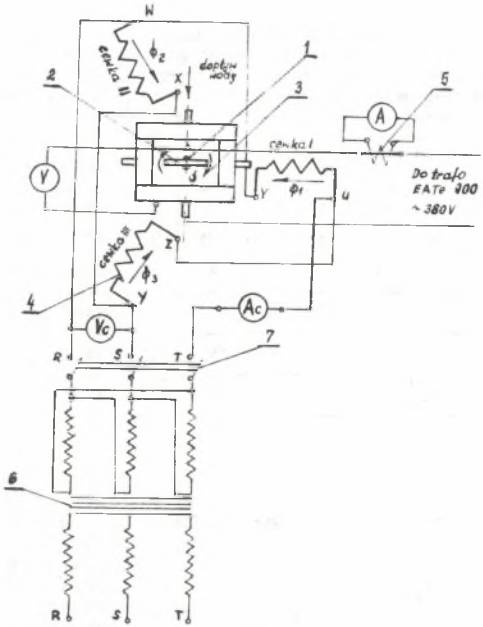


Rys. 2. Schemat przetapiania EŻ w stałym polu magnetycznym

1 - drut elektrodowy, 2 - rolki podające, 3 - krystalizator, 4 - cewka prądu stałego, 5 - przekładnik prądowy, 6 - prostownik ST-250 7 - bocznik

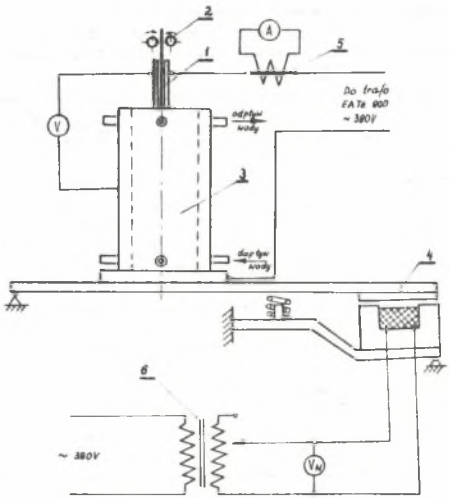
Badania przeprowadzono na stanowisku do przetapiania EŻ przetapiając drut SP4 (C - 0,12%, Mn - 2%, Si - 0,08%, P - 0,018%, S - 0,020%) z topnikiem TASt Cr2 (CaO - 15,79%, MgO - 12,49%, Al_2O_3 - 11,73%, MnO - 8,32%, SiO_2 - 30,90%, TiO_2 - 9,16%, Cr_2O_3 - 0,10%, CaF_2 - 10,27%, FeO - 0,63%). Zastosowano pole magnetyczne zmienne jednofazowe i trójfazowe oraz pole magnetyczne stałe.

Schematy układów przedstawiono na rys. 1 do 3. W czasie przetapiania obserwowano intensywny ruch wirowy kąpieli żużlowej. Wstrząsanie mechaniczne realizowano przy pomocy wibratowa (rys. 4).



Rys. 3. Schemat zasilania cewki trójfazowej przy przetapianiu EŻ w zmiennym polu magnetycznym

1 - drut elektrodowy, 2 - rolki podające, 3 - krystalizator, 4 - uzwojenie cewki połączone w trójkąt, 5 - przekładnik prądowy, 6 - transformator trójfazowy, 7 - wyłącznik główny



Rys. 4. Schemat przetapiania EŻ z wstrząsaniem mechanicznym

1 - drut elektrodowy, 2 - rolki podające, 3 - krystalizator, 4 - wibrator 5 - przekładnik prądowy, 6 - autotransformator

Tablica 1

Warunki przetapiania EŻ
przy stosowaniu pola magnetycznego i drgań mechanicznych

Oznacz. wlewka	Param. przetap.			Param. cewki			Param.pola magn.			
	J [A]	U [V]	V [m/s]	Z	J [A]	U [V]	H [Az/m]	B [Vs/m]	[Vs]	
N1 MZ	850	50	11,5.10	6	850	50	20500	128,0	2,65	Pole magn. zmienne
N2 MZ	650	50	9,0.10	6	650	50	15700	98,5	1,90	
N3 MZ	400	50	6,0.10	6	400	50	10900	68,1	1,30	
N4 MS	700	50	9,5.10	6	300	5	8180	64,2	1,22	Pole magn. stałe
N5 MS	700	50	9,5.10	6	200	5	5420	42,8	0,81	
N6 MS	700	50	9,5.10	6	100	5	2720	21,4	0,41	
N7 MT	700	50	9,5.10	-	3,5	45				Pole zmienne trójfaz.
N8 D	700	50	9,5.10	Nap wibratora V	380		Zużycie topnika 0,08-0,09 kg/kg Natężenie wody 1,2.10 m/s Wymiary wlewka 60x80x300			
N9 D	700	50	9,5.10		220					
N10D	700	50	9,5.10		150					

Tablica 2

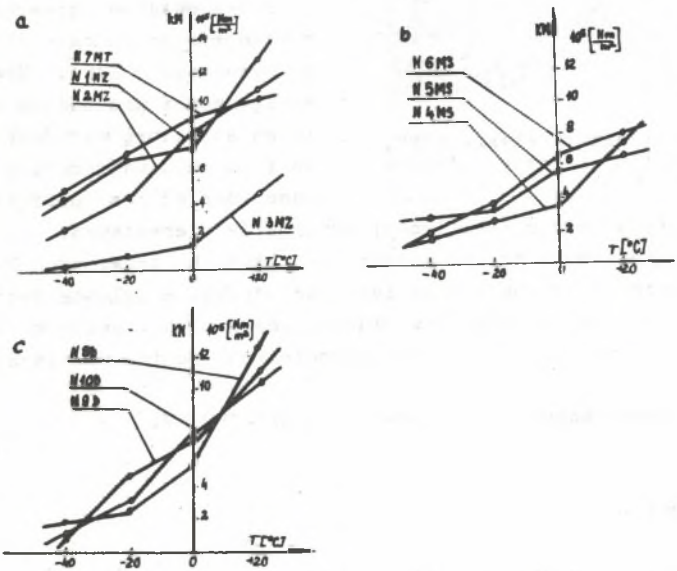
Skład chemiczny stopiwa EŻ

Oznaczenie wlewka	Skład chemiczny %				
	C	Mn	Si	P	S
N1 MZ	0,10	1,40	0,13	0,016	0,020
N2 MZ	0,11	1,47	0,12	0,018	0,021
N3 MZ	0,11	1,36	0,08	0,019	0,016
N4 MS	0,10	1,29	0,15	0,017	0,013
N5 MS	0,09	1,38	0,11	0,014	0,019
N6 MS	0,10	1,35	0,10	0,013	0,018
N7 MT	0,09	1,43	0,12	0,018	0,020
N8 D	0,08	1,42	0,13	0,016	0,017
N9 D	0,11	1,48	0,09	0,015	0,016
N10 D	0,10	1,31	0,10	0,017	0,018

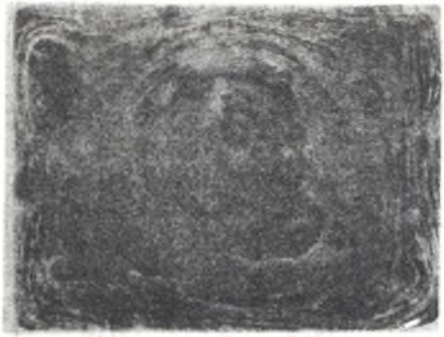
Tablica 3

Wyniki prób rozciągania

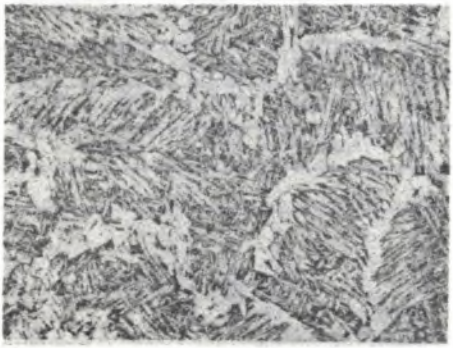
Oznaczenie wlewka	Próbka cylindryczna Ø 5			
	R_e $10^7 \left[\frac{N}{m^2}\right]$	R_m $10^7 \left[\frac{N}{m^2}\right]$	A_s [%]	Z [%]
N1 MZ	37,4	49,9	22,3	54,4
N2 MZ	38,1	45,8	22,8	60,7
N3 MZ	29,4	37,5	14,6	31,2
N4 MS	37,5	45,6	26,9	57,2
N5 MS	33,9	46,7	28,1	57,7
N6 MS	37,4	46,5	25,7	56,2
N7 MT	33,5	48,8	25,3	61,7
N8 D	38,3	50,2	23,5	56,7
N9 D	37,1	51,2	23,8	58,5
N10 D	38,4	52,7	27,0	54,6



Rys. 5. Zależności temperaturowe udarności
a) pole magnetyczne zmienne, b) pole magnetyczne stałe, c) wstrząsanie mechaniczne



Rys. 6. Makrostruktura poprzeczna wlewka N7MT, widoczna krystalizacja warstwowa



Rys. 7. Mikrostruktura wlewka N7MT, ferryt i perlit w układzie iglastym (pow. 65x)

Do konstrukcji wibratora wykorzystano stycznik prądu spawania. Częstość drgań wynosiła 100 Hz. Amplitudę zmieniano poprzez zmianę napięcia zasilania.

Warunki przetapiania podano w tablicy 1 przy czym stosowano prąd przemienny. W tablicy 2 podano składy chemiczne otrzymanego stopiwa. Na uzyskanych wlewkach wykonano badania mechaniczne i metalograficzne. Przeprowadzono próby rozciągania na próbkach cylindrycznych Ø 5 zgodnie z PN-69/H-04310 określając R_e, R_m, A_5, Z. Wyniki podano w tablicy 3.

Własności plastyczne określono na podstawie krzywych przejścia stali w stan kruchości, wyznaczonych próbami udarnościowymi MESNAGER. Udarność próbek badano w temperaturach 20,0, -20 i -40. Wyniki badań przedstawia rys. 5.

Przeprowadzono obserwacje zgładów poprzecznych makro trawionych odczynnikiem ADLERA. Stwierdzono w większości przypadków bardzo wyraźną strukturę warstewkową wlewka (rys. 6). Makrozgłady obserwowano również przy powiększeniu 10x w celu uchwycenia różnic w wielkości kryształów pierwotnych.

Obserwacje mikroskopowe przeprowadzono na zgładach trawionych NITALEM. W większości badanych przypadków stwierdzono strukturę iglastą ferrytyczno-perlityczną z grubym ferrytem przedeutektoidalnym na granicach ziarn byłego austenitu (rys. 7). Obserwacje uzupełniono pomiarami twardości przy obciążeniu 30 kG.

Twardości uzyskane wahały się w granicach 167-187 HV.

Analiza wyników

Nie stwierdzono istotnych różnic w intensywności reakcji utleniania i redukcji C, Mn, Si w badanych przypadkach (tabl. 2). Podobnie mało zróżnicowane są własności wytrzymałościowe, przy czym R_e i R_m stopiwa otrzy-

manego przy działaniu pola magnetycznego są nieco niższe w porównaniu do wlewków poddawanych wstrząsom mechanicznym (tabl. 3). W przypadku wlewka N3MZ własności wytrzymałościowe i plastyczne są niższe ze względu na niestabilny proces przetapiania (niskie parametry). Najlepszymi własnościami plastycznymi charakteryzowały się wlewki wykonane w zmiennym polu magnetycznym jedno i trójfazowym (rys. 5). W przypadku wstrząsania mechanicznego różnice były nieznaczne, przy czym najlepsze własności posiadał wlewek N9D.

Analizując struktury makro i mikroskopowe, stwierdzono we wszystkich przypadkach układ warstwowy stopiwa (rys. 6).
Przy przetapianiu EŻ w zmiennym polu magnetycznym jednofazowym układ ten był mniej widoczny, mimo wyraźnego wirowania kąpieli żużlowej. Krystalizacja warstwowa daje w efekcie mikrosegregację niektórych pierwiastków (np. S i P), nie decyduje ona jednak o obniżeniu własności plastycznych, wprost przeciwnie, regularna krystalizacja powinna gwarantować dobre własności [6] czego jednak nie stwierdzono. Stwierdzono epitaksialny wzrost kryształów, których wielkość była różna w badanych przypadkach. Względnie małe wymiany kryształów uzyskano przy działaniu stałego pola magnetycznego, przy czym w tych właśnie przypadkach własności plastyczne były niskie. Stąd brak korelacji pomiędzy wielkością kryształów pierwotnych a własnościami plastycznymi. Nie stwierdzono istotnego wpływu pola magnetycznego i wstrząsania na strukturę mikro wlewków. W większości przypadków obserwowano ferryt i perlit w układzie iglastym oraz przedeutektoidalny ferryt na pierwotnych granicach ziarn austenitu (rys. 7). Podobną strukturę makro i mikro oraz podobne własności mechaniczne stopiwa uzyskuje się w przypadku przetapiania EŻ drutu SP4 przy użyciu topnika TAStCr2 bez działania czynników zewnętrznych [7]. Stąd praktyczne zastosowanie pola magnetycznego oraz wstrząsania mechanicznego przy spawaniu EŻ wydaje się być niecelowym ze względu na trudności i koszty związane z oprzyrządowaniem stanowiska, przy małych efektach poprawy własności plastycznych w stosunku do zwykłych spoin EŻ.

Wnioski

Nie stwierdzono istotnego wpływu pola magnetycznego oraz wstrząsania mechanicznego na własności stopiwa uzyskanego przez przetopienie EŻ drutu elektrodowego SP4.

Zastosowanie praktyczne pola magnetycznego i wstrząsania mechanicznego przy spawaniu EŻ wydaje się być niecelowym ze względu na nieznaczną poprawę własności plastycznych spoin.

LITERATURA

[1] Zeke J.: Doc. IIW XII-166-66.
[2] Hrivnak J.: Doc. IIW-IX-581-68.
[3] Paton E.O.: Elektroszłakowaja swarka, Kijew, 1959.
[4] Kamenarow G.: ZIS. Mitt. 6, 1968, 865.
[5] Sonea J., Popovicl V.: Doc. IIW. IX-0-69.
[6] Medowar B.J.: Awt.Sw., 3, 1967, 18.
[7] Adamiec P.: Praca doktorska, Politechnika Śląska, Gliwice, 1974.

ИССЛЕДОВАНИЯ ВЛИЯНИЯ МАГНИТНОГО ПОЛЯ И МЕХАНИЧЕСКОЙ ВИБРАЦИИ НА СВОЙСТВА МЕТАЛЛА НАПЛАВЛЕННОГО ЭЛЕКТРОШЛАКОВОЙ СВАРКОЙ

Р е з ю м е

Были произведены исследования влияния магнитного поля и механической вибрации на механические свойства металла полученного при помощи электрошлакового переплава из электродной проволоки SP4. Было установлено незначительное влияние различных параметров магнитного поля и механической вибрации на механические и пластические свойства наплавленного металла.

THE EXAMINATION OF THE INFLUENCE OF MAGNETIC FIELD AND MECHANICAL VIBRATIONS ON THE PROPERTIES OF ELECTRO-SLAG WELD METAL

S u m m a r y

The influence of the magnetic field and mechanical vibrations on the mechanical properties of electro-slag melted SP4 wire have been tested.It has been found that the influence of various parameters of magnetic field as well as mechanical vibrations on mechanical properties of weld metal and its toughness is low.