

Piotr ADAMIEC

WŁASNOŚCI FIZYCZNE TOPNIKÓW DO SPAWANIA ELEKTROŻUŻLOWEGO

Streszczenie. Badano 9 topników o różnej zasadowości. Określone temperatury charakterystyczne topników, ich lepkość, gęstość i napięcie powierzchniowe oraz przewodność elektryczną.

1. Wstęp

Warunkiem uzyskania poprawnej spoiny przy spawaniu elektrożużlowym, a zarazem optymalnych jej własności mechanicznych jest stabilny przebieg procesu spawania i odpowiednia intensywność reakcji metalurgicznych pomiędzy żużlem i ciekłym metalem. Czynniki te są funkcją parametrów spawania, niemniej jednak znaczenie posiadają też własności fizyczne stosowanych żużli, do których należy zaliczyć:

- temperatury charakterystyczne,
- lepkość,
- gęstość i napięcie powierzchniowe,
- przewodność elektryczną.

Przewodność i lepkość żużli określone koncentracją i ruchliwością jonów decydują o wielkości zakresu parametrów optymalnych [1]. Temperatury charakterystyczne decydują o możliwości stosowania żużli do spawania różnych metali. Richardson [2] stwierdza duży wpływ własności fizycznych a w szczególności gęstości i napięcia powierzchniowego na szybkość reakcji metalurgicznych pomiędzy żużlem i płynnym metalem. Znajomość własności fizycznych topników spawalniczych ułatwia określenie optymalnych parametrów spawania elektrożużlowego oraz dobór odpowiednich topników, gwarantujących uzyskanie poprawnej spoiny, o odpowiednich własnościach mechanicznych.

2. Badania własne

Badania przeprowadzono na 9 topnikach o składzie chemicznym podanym w tabelicy 1. W tabelicy 2 podano obliczone współczynniki zasadowości zgodnie ze wzorami [3]:

$$B_1 = \frac{\text{CaO} + \text{MgO}}{\text{SiO}_2},$$

$$B_2 = \frac{\text{CaO} + \text{MgO} + \text{CaF}_2 + \frac{1}{2} \text{MnO}}{\text{SiO}_2 + \frac{1}{2} (\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{TiO}_2)}$$

oraz zgodnie z teorią jonową wg stężenia jonowego tlenu, która to wielkość podaje ilość anionów O^{2-} w żużlu brakujących do całkowitego zdysocjowania tlenków i utworzenia kompleksów typu Si O_4^{4-} , TiO_4^{4-} lub Al O_3^{3-} [4].

Tablica 1

Oznaczenie topnika	Skład chemiczny %									Oznaczenie w%. PN.
	CaO	MgO	Al_2O_3	MnO	SiO_2	TiO_2	Cr_2O_3	CaF_2	FeO	
T1	15,85	-	25,24	4,01	27,80	0,14	-	25,60	0,25	TUST2A
T2	6,11	4,51	10,51	23,67	35,80	0,40	0,10	14,34	0,53	TUST2B
T3	15,79	12,49	11,73	8,32	30,90	9,16	0,10	10,27	0,63	TAST2
T4	5,06	-	4,35	36,86	36,10	0,28	0,10	15,48	1,09	-
T5	28,97	-	3,56	15,09	46,70	0,15	0,10	1,25	0,50	TAST9
T6	18,02	15,52	41,52	-	4,13	-	-	21,88	0,17	-
T7	25,39	13,11	36,68	1,17	2,70	0,15	0,10	17,65	0,52	-
T8	35,53	0,62	21,13	0,16	3,01	7,28	3,61	20,61	0,76	-
T9	29,52	14,02	20,40	0,41	2,45	0,10	-	32,65	0,93	-

Tablica 2

Współczynnik zasadowości	Oznaczenie topnika									
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	
$B_1 = \frac{\text{CaO} + \text{MgO}}{\text{SiO}_2}$	0,6	0,3	0,9	0,14	0,62	8,3	14	12	18	
$B = \frac{\text{CaO} + \text{MgO} + \text{CaF}_2 + \frac{1}{2} \text{MnO}}{\text{SiO}_2 + \frac{1}{2} (\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{TiO}_2)}$	1,08	0,90	1,04	1,05	1,10	2,20	2,60	3,30	6,30	
n_{CH}^{2-}	-0,833	-0,750	-0,650	-0,600	-0,420	+0,200	+0,340	+0,530	+0,600	

2.1. Wyznaczenie charakterystycznych temperatur topliwości

Próby oznaczenia charakterystycznych temperatur topliwości wykonano na wysokotemperaturowym mikroskopie f-my LEITZ zgodnie z PN-61/G-04535. Stosowano próbki o wymiarach 2,8x2,0x2,0, wykorzystując podkładkę platynową.

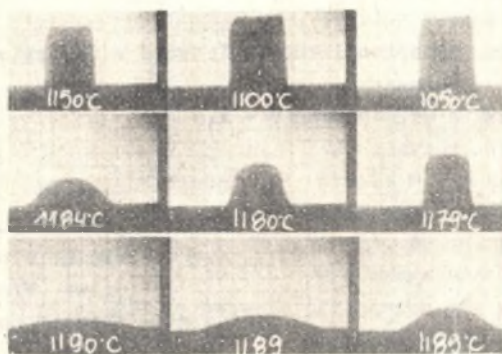
Szybkość nagrzewania próbek wynosiła około $600^{\circ}\text{C}/\text{h}$. Zmiany kształtu rejestrowano przy pomocy kamery fotograficznej i na tej podstawie wyznaczono charakterystyczne temperatury, a mianowicie:

- temperaturę mięknięcia jako temperaturę, w której następuje pierwsza zmiana kształtu,
- temperaturę topnienia jako temperaturę, w której próbka przyjmuje kształt półkuli,
- temperaturę płynięcia jako temperaturę, w której próbka rozpływa się tworząc czaszę o wysokości równej połowie półkuli obserwowanej w temperaturze topnienia.

Otrzymane wyniki zestawiono w tabelicy 3 i przykładowo dla topnika T4 przedstawiono na rysunku 1.

Tabela 3

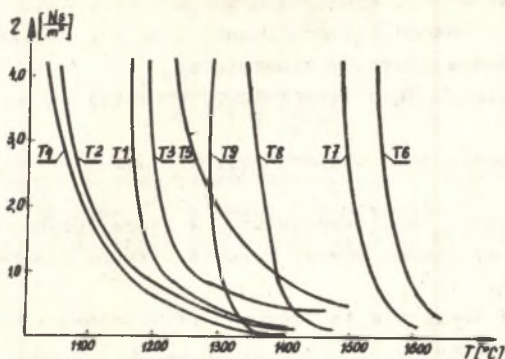
Temperatura $^{\circ}\text{C}$	Oznaczenie topnika								
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9
Mięknięcia	1160	1150	1200	1170	1250	1390	1300	1250	1285
Topnienia	1210	1160	1230	1184	1265	1410	1383	1335	1350
Płynięcia	1400	1170	1240	1190	1280	1500	1430	1435	1410



Rys. 1. Temperatura mięknięcia, topnienia i płynięcia dla topników T4

2.2. Wyznaczanie lepkości

Lepkość wyznaczano przy pomocy wizkozymetru rotacyjnego. Zasada pomiaru polegała na pomiarze kąta, o który skręca się pręt z cylindrem pomiarowym zanurzonym w płynnej substancji, której lepkość się mierzy. Przed wykonaniem pomiarów dokonano cechowania wizkozymetru przy pomocy oleju rybnego. Wyniki pomiarów w funkcji temperatury przedstawiono na rysunku 2.



Rys. 2. Zmiany lepkości topników w zależności od temperatury

2.3. Określenie gęstości i napięcia powierzchniowego

Gęstość i napięcie powierzchniowe określono metodą maksymalnego ciśnienia w pęcherzyku gazowym. Oczyszczony azot doprowadzono kapilarą korundową zanurzoną w ciekłym żużlu kolejno na głębokość 5 i 10 mm od powierzchni. Ciśnienie w pęcherzyku mierzono mikromanometrem z kwasem siarkowym. Gęstość określono na podstawie wzoru:

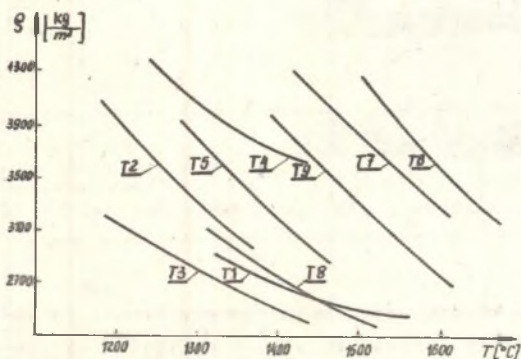
$$\rho = \frac{(h_2 - h_1) d \cdot \sin \alpha}{x_2 - x_1}$$

Napięcie powierzchniowe roztopionej masy obliczono z równania:

$$\sigma = \frac{r \rho}{2} (h_1 \sin \alpha d - x_1)$$

gdzie:

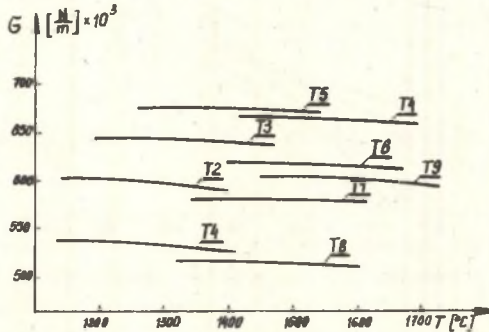
- ρ - gęstość żużli (kg/m^3),
- σ - napięcie powierzchniowe (N/m),
- r - promień kapilary (m),
- h_1 - wskazania mikromanometru przy zanurzeniu kapilary do głębokości x_1 - $0,005(\text{m})$,
- h_2 - wskazania mikromanometru przy zanurzeniu kapilary do głębokości $x_2 = 0,01(\text{m})$,



Rys. 3. Zmiany gęstości topników w zależności od temperatury

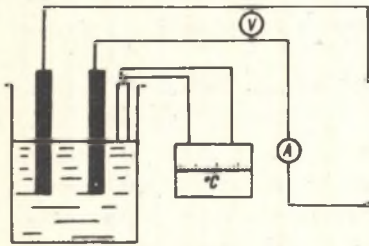
- α - kąt ustawienia mikromanometru (10°),
 d - gęstość H_2SO_4 $1,84 \cdot 10^3$ (kg/m^3),
 g - przyspieszenie ziemskie (m/s^2),

Otrzymane wyniki przedstawiono na rysunkach 3 i 4.



Rys. 4. Zmiany napięcia powierzchniowego topników w zależności od temperatury

2.4. Pomiar przewodnictwa elektrycznego



Rys. 5. Schemat układu do oznaczenia przewodności elektrycznej topników

Pomiar przewodnictwa elektrycznego żużli dokonano metodą SZASZKOWA. Schemat układu pomiarowego przedstawiono na rysunku 5. Tygiel i elektrody wykonane były z platyny. Przy pomiarze stałej naczynia K zastosowano jako elektrolit $0,1$ n roztwór $NaCl$ o znanym przewodnictwie elektrycznym $\kappa_{NaCl} = 0,85$ (S/m). By uniknąć pomiaru oporu elektrycznego elektrod i przewodów doprowadzających zastosowano pomiar przy dwu różnych głębokościach zanurzenia elektrod. Przewodność właściwą żużli wyznaczono ze wzoru:

$$\kappa = \frac{K}{R_1 - R_2} \left(\frac{S}{m} \right)$$

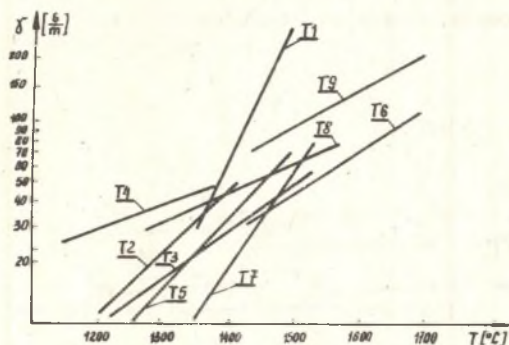
gdzie:

K - stała naczynia $39,3$ ($\frac{1}{m}$),

R_1 - opór elektrolitu przy zanurzeniu elektrod $5 \cdot 10^{-3}$ m (Ω),

R_2 - opór elektrolitu przy zanurzeniu elektrod $10 \cdot 10^{-3} \text{ m}$ (Ω),

Otrzymane wyniki przedstawiono na rysunku 6.



Rys. 6. Zmiany przewodności topników w zależności od temperatury

3. Dyskusja wyników badań

Zakres temperatur charakterystycznych badanych topników mieści się w granicach 1150 do 1500 $^{\circ}\text{C}$. Nie stwierdzono wyraźnej zależności pomiędzy różnicą temperatury mięknięcia i temperatury płynięcia poszczególnych topników a ich współczynnikami zasadowości. Temperatury charakterystyczne badanych topników o dużych współczynnikach zasadowości są na ogół przesunięte w zakres temperatur wyższych (1300–1500 $^{\circ}\text{C}$).

Topniki o dużej ilości SiO_2 charakteryzują się wyższą lepkością w temperaturach wyższych od temperatur płynięcia w porównaniu do topników wysokozasadowych, co związane jest z obecnością w żużlach z SiO_2 złożonych kompleksów $\text{Si}_x\text{O}_y^{z-}$. W żużlach zasadowych występuje duża ilość ruchliwych jonów obniżających lepkość i zwiększających przewodność. Przy chłodzeniu tych żużli następuje gwałtowny wzrost lepkości i spadek przewodności, co związane jest z powstawaniem i wzrostem bardzo dużej ilości zarodków krystalizacji. W żużlach kwaśnych obserwuje się łagodny wzrost lepkości ze względu na ograniczenie ruchu dużych kompleksów i hamowanie uporządkowanej krystalizacji.

Gęstość badanych topników maleje w miarę wzrostu temperatury. Napięcie powierzchniowe mieści się w granicach 0,50 do 0,70 $\frac{\text{N}}{\text{m}}$ i nie zależy ono w wyraźny sposób od temperatury badania. Nie stwierdzono zależności tych wielkości od składu chemicznego i współczynników zasadowości badanych topników.

LITERATURA

- [1] Koch B.A.: K woprosu ob ustojczivosti elektroszłokowo processa. Swarocz. Proizw. Trudy LPJ. N. 262. 1966 s. 87.
- [2] Richardson D.: Rates of Slag Metal Reactions and Steelmaking Processes, Iron and Coal. N25.V.183. 1961, s. 1105.
- [3] Tuliani S.S., Boniszewski T.: Notch Toughness of Commercial Submerged-Arc Welds Metal. Weld. a. Metal Fabrication N8. 1969 s. 327.
- [4] Zeke J. Janesiova I.: Contribution to the Problem of the Metallurgical Properties of Fluxes. Doc. IIW XIII-69.

ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СВАРОЧНЫХ ФЛЮСОВ ДЛЯ ЭЛЕКТРОШЛАКОВОЙ СВАРКИ

Р е з ю м е

Было исследовано 9 флюсов, отличающихся коэффициентами кислотности. Определялись характеристические температуры и зависимость от температуры следующих показателей: вязкости, плотности, поверхностного натяжения и электропроводности.

THE PHYSICAL PROPERTIES OF FLUXES FOR ELECTROSLAG WELDING

S u m m a r y

Nine fluxes of different basicity have been tested. The temperature characteristics of all fluxes has been determined, as well as their viscosity, density, surface tension and electric conductivity.