

# Dobór technologicznych parametrów napawania metodą MAG

## Technological parameters of surfacing by MAG welding

### Streszczenie

W artykule przedstawiono wpływ zmiany parametrów technologicznych na geometrię ściegu. Mając ułożony ścieg i korzystając z opracowanych wykresów, można podjąć decyzję, jaką strategię zmian parametrów należy przyjąć. W ten sposób można w krótkim czasie ustalić geometrię ściegów o pożądanym wymiarach.

### Abstract

In the paper was presented influence of the change of technological parameters on the geometry of the joint. Having an arranged stitch using graphs drawn up it is possible to make a decision with which one should adopt the strategy of changes of parameters. In this way it is possible quickly to establish the geometry of joint about desirable dimensions.

### Wstęp

Uzyskanie połączeń spawanych wysokiej jakości w zintegrowanych systemach wytwarzania wymaga odpowiedniej korelacji nastaw parametrów technologicznych. Dlatego niezbędna jest znajomość wpływu poszczególnych parametrów technologicznych procesu na geometrię układanych ściegów. Podejście do rozważanego problemu jest zarówno jakościowe, jak i ilościowe. Znajomość ogólnego wpływu parametrów jest dość dobra, natomiast podejście ilościowe wymaga jeszcze badań [3]. Informacje na ten temat można uzyskać przez monitorowanie procesu spawania. Podejmowanie decyzji o doborze nastaw wymaga wiedzy, jak wrażliwa jest dana wielkość na wprowadzane zmiany. Prowadzone badania mają na celu określenie wpływu parametrów technologicznych na geometrię układanych ściegów [1÷3].

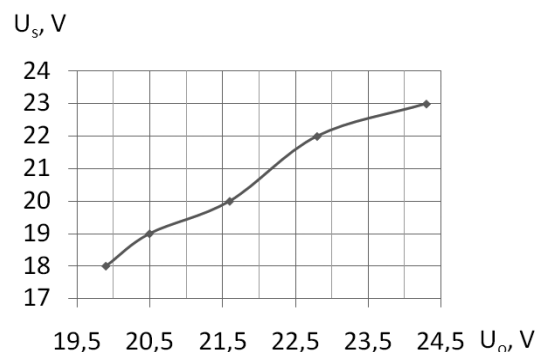
### Przebieg badań

Do badań zastosowano próbki z blachy S235 o wymiarach 120 x 300 x 8 mm, na których układano ściegi metodą MAG. Elektrode stanowił drut o średnicy 1,0 mm SG2 (PN-EN ISO 14341-A-G3Si1)

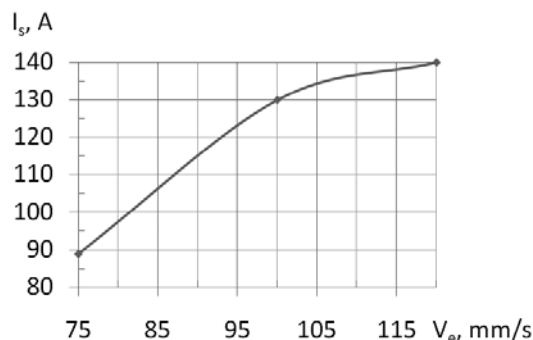
**Dr inż. Jerzy Haduch** – AGH Akademia Górniczo-Hutnicza, Kraków.

firmy ESAB. Długość wolnego wylotu elektrody wynosiła  $h = 17$  mm.

Prędkość spawania była ustalona i wynosiła 390 mm/min. Do osłony jeziora ciekłego metalu i jarzącego się łuku, zastosowano gaz osłonowy w postaci mieszanki 80% Ar i 20% CO<sub>2</sub> MX 02GS-X5OSAR firmy Air Product. Natężenie przepływu gazu osłonowego wynosiło  $Q = 13$  dm<sup>3</sup>/min. Łuk elektryczny był zasilany podczas spawania ze spawalniczego źródła prądu MAGPOL 400. Badania prowadzono dla wybranych napięć spawania  $U_s$  (V): 18, 19, 20, 22, 23 oraz dla prędkości podawania drutu elektrodowego  $V_{ei}$  (mm/s): 75, 100, 120. Napięcie spawania  $U_s$  uzyskano przy zasilaniu łuku ze spawalniczego źródła prądu MAGPOL 400, ustalając odpowiednie napięcie stanu jałowego  $U_0$ . Zależność tych napięć przedstawiono na rysunku 1.



**Rys. 1.** Wpływ napięcia stanu jałowego  $U_0$  na napięcie spawania  $U_s$   
**Fig. 1.** Influence of open-circuit voltage  $U_0$  on of welding load voltage  $U_s$



**Rys. 2.** Wpływ prędkości podawania drutu elektrodowego  $V_e$  na prąd spawania  $I_s$

**Fig. 2.** Influence of the electrode speed  $V_e$  on of the welding current  $I_s$



**Rys. 3.** Próbką z ułożonymi ściegami na stanowisku badawczym  
**Fig. 3.** The sample with welding sequence on the test stand

Zastosowanie wybranych prędkości podawania drutu elektrodowego wywołało prąd spawania o odpowiednich wartościach przedstawionych na rysunku 2.

Ułożone na stanowisku badawczym ściegi przedstawiono na rysunku 3.

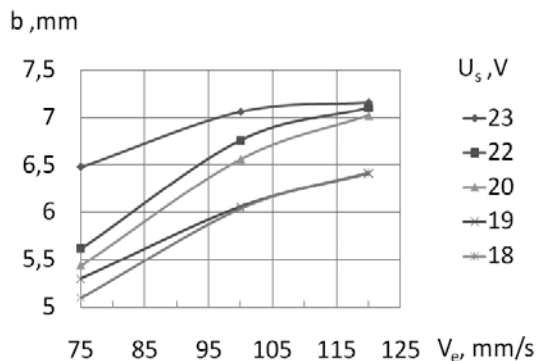
## Wyniki badań

Po ułożeniu ściegów przystąpiono do pomiaru szerokości  $b$  i wysokości  $w$  ściegów. Zmierzone wartości

**Tablica I.** Wyniki pomiarów szerokości  $b$  i wysokości  $w$  w układanych ściegów przy zastosowanych parametrach technologicznych

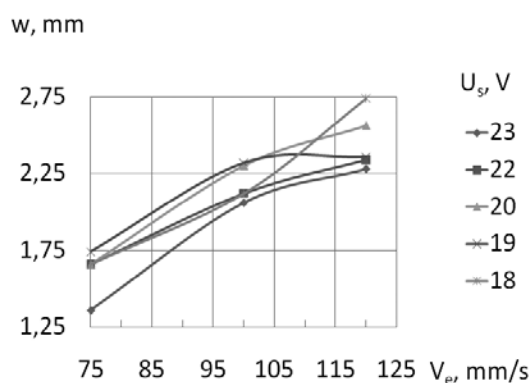
**Table I.** Results of measurements of the width  $b$  and heights  $w$  of arranged bead at applied technological parameters

$V_e$ mm/s	$b_{min}$ mm	$b$ mm	$b_{max}$ mm	$w_{min}$ mm	$w$ mm	$w_{max}$ mm	$U_s$ V
120	6,31	6,42	6,53	2,58	2,74	2,9	18
100	5,92	6,04	6,16	1,88	2,12	2,36	
75	5,1	5,1	5,1	1,63	1,66	1,69	
120	6,26	6,41	6,56	2,29	2,36	2,43	19
100	5,99	6,06	6,13	2,24	2,32	2,4	
75	5,23	5,3	5,37	1,69	1,74	1,79	
120	6,85	7,02	7,19	2,573	2,56	2,69	20
100	6,44	6,56	6,68	2,26	2,30	2,34	
75	5,38	5,44	5,5	1,63	1,66	1,69	
120	6,97	7,1	7,24	2,26	2,34	2,42	22
100	6,73	6,76	6,81	2,06	2,12	2,18	
75	5,65	5,62	5,97	1,63	1,66	1,69	
120	7,02	7,16	7,3	2,15	2,28	2,41	23
100	7,01	7,06	7,11	1,99	2,06	2,13	
75	6,13	6,48	6,83	1,36	1,36	1,39	



**Rys. 4.** Wpływ prędkości podawania drutu elektrodowego na szerokość układanego ściegu przy stałych napięciach spawania

**Fig. 4.** Influence of the electrode speed to the weld width arranged of the welding load direct voltages



**Rys. 5.** Wpływ prędkości podawania drutu elektrodowego na wysokość układanego ściegu przy stałych napięciach spawania

**Fig. 5.** Influence of the electrode speed to the weld height arranged of the welding load direct voltages

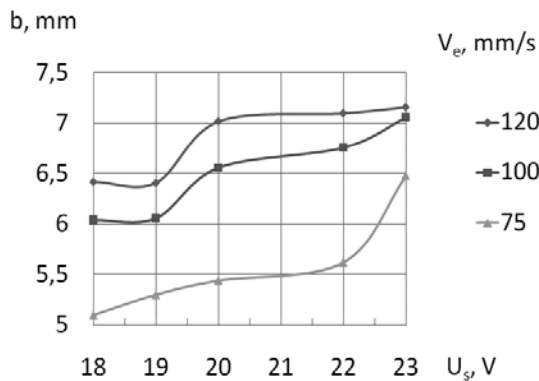
oszacowano testem Studenta na poziomie ufności 95%. Wpływ zmian parametrów technologicznych: prędkości podawania drutu elektrodowego  $V_e$  oraz napięcia spawania  $U_s$  na szerokość  $b$  i wysokość  $w$  ściegu zestawiono w tablicy I. W tablicy tej zanotowano także zmierzone minimalne i maksymalne wartości szerokości i wysokości ściegów.

Dla zastosowanych prędkości podawania drutu elektrodowego zmiany szerokości układanych ściegów przedstawiono na rysunku 4, a wysokości na rysunku 5.

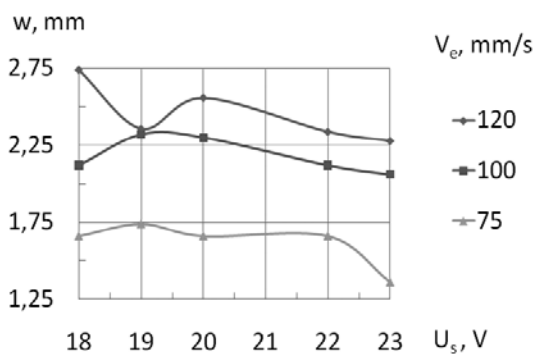
W przypadku regulacji parametrów technologicznych za pomocą napięcia spawania uzyskiwaną geometrię ściegu – jego szerokość i wysokość przedstawiono na rysunkach 6 i 7.

## Wrażliwość geometrii ściegu na parametry technologiczne procesu

Układanie ściegów przy spawaniu lub regeneracyjnym napawaniu wymaga podjęcia decyzji, który z parametrów technologicznych należy zmienić w pierwszej kolejności. Czy dokonywać regulacji napięciem



**Rys. 6.** Wpływ napięcia spawania na szerokość układanego ściegu przy stałych prędkościach podawania drutu elektrodowego  
**Fig. 6.** Influence of the welding load voltages to the width arranged at constant of the electrode speed

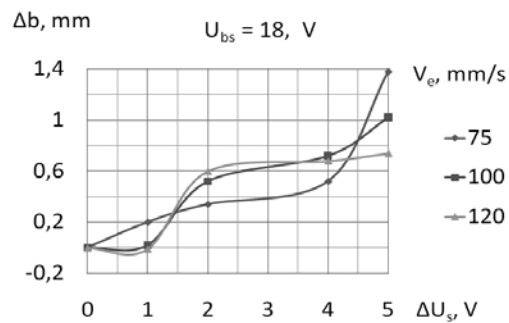


**Rys. 7.** Wpływ napięcia spawania na wysokość układanego ściegu przy stałych prędkościach podawania drutu elektrodowego  
**Fig. 7.** Influence of the welding load voltages to the height arranged at constant of the electrode speed

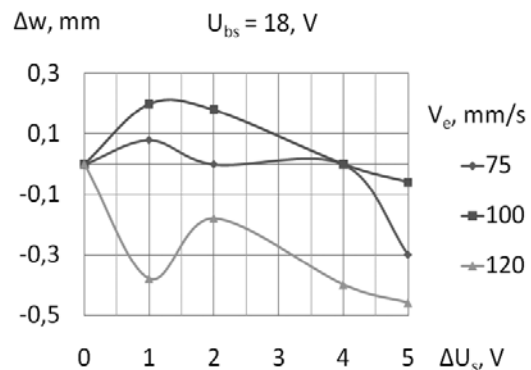
spawania, czy też prędkością podawania drutu elektrodowego. W związku z tym przeprowadzono analizę wrażliwości geometrii ściegu na zmianę jednego parametru technologicznego w zależności od przyjętego poziomu bazowego, czyli punktu startowego procesu spawania. Wrażliwość oznacza wielkość przyrostu szerokości  $\Delta b$  lub wysokości ściegu  $\Delta w$ . Na rysunkach 8÷17 przedstawiono wrażliwość  $\Delta b$  i  $\Delta w$  w zależności od przyjętych punktów bazowych napięcia spawania  $U_{bs}$ .

Przy bazowym napięciu spawania  $U_{bs} = 18$  V przyrosty szerokości przedstawiono na rysunku 8, a wysokości na rysunku 9. W zakresie przyrostu napięcia o  $\Delta U_s = 2$  V następuje wzrost szerokości ściegu o  $\Delta b = 0,35$  mm dla  $V_e = 75$  mm/s. Przy prędkościach  $V_e = 100$  i  $120$  mm/s przyrosty szerokości ściegu wynoszą odpowiednio  $0,5$  i  $0,6$  mm. Zmiana wysokości przy prędkości  $V_e = 75$  mm/s nie następuje. Przy prędkości  $V_e = 100$  mm/s wysokość wzrasta o  $\Delta w = 0,2$  mm, a przy  $V_e = 120$  mm/s maleje o  $\Delta w = 0,2\div 0,4$  mm.

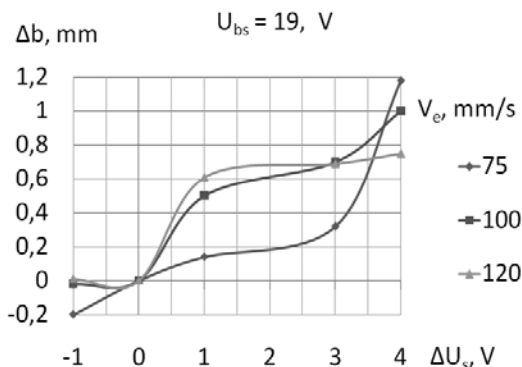
Przy zmianie napięcia spawania o  $\Delta U_s$  od bazowego napięcia  $U_{bs} = 19$  V geometria ściegów ulega zmianom przedstawionym na rysunkach 10 i 11. Spawanie napięciem wyższym o  $\Delta U_s = 1$  V od napięcia bazowego przy prędkości podawania elektrody  $V_e = 75$  mm/s powoduje wzrost szerokości układanego ściegu o  $\Delta b = 0,15$  mm przy równoczesnym obniżaniu jego wysokości o  $\Delta w = 0,1$  mm. Przy prędkościach



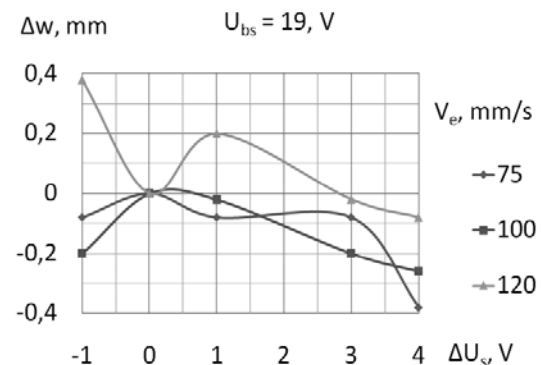
**Rys. 8.** Wrażliwość szerokości ściegu  $\Delta b$  na zmiany napięcia spawania przy napięciu bazowym 18 V  
**Fig. 8.** Sensitivity of the weld width of the  $\Delta b$  to changes of the welding load voltage from the base 18 V



**Rys. 9.** Wrażliwość wysokości ściegu  $\Delta w$  na zmiany napięcia spawania przy napięciu bazowym 18 V  
**Fig. 9.** Sensitivity of the height width of the  $\Delta w$  to changes of the welding load voltage from the base 18 V



**Rys. 10.** Wrażliwość szerokości ściegu  $\Delta b$  na zmiany napięcia spawania przy napięciu bazowym 19 V  
**Fig. 10.** Sensitivity of the weld width of the  $\Delta b$  to changes of the welding load voltage from the base 19 V



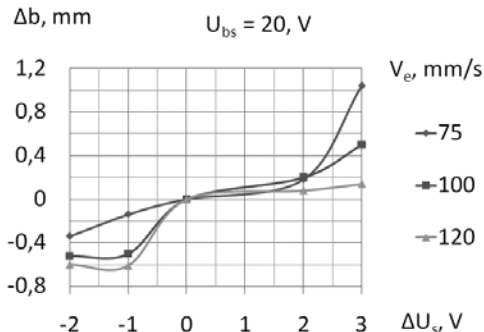
**Rys. 11.** Wrażliwość wysokości ściegu  $\Delta w$  na zmiany napięcia spawania przy napięciu bazowym 19 V  
**Fig. 11.** Sensitivity of the weld height of the  $\Delta w$  to changes of the welding load voltage from the base 19 V

$V_e = 100$  i  $120$  mm/s szerokość przyrasta odpowiednio o  $\Delta b = 0,5$  i  $0,6$  mm, a wysokość  $\Delta w$  praktycznie nie ulega zmianie przy  $V_e = 100$  mm/s. Natomiast w przypadku stosowania prędkości  $V_e = 120$  mm/s następuje wzrost wysokości o  $\Delta w = 0,2$  mm.

Każda zmiana napięcia spawania od punktu bazowego  $U_{bs} = 20$  V o  $\Delta U_s$  wywołuje zmiany geometrii ściegu przedstawione na rysunkach 12 i 13. Zadając w tych warunkach początkowo napięcie wyższe o  $\Delta U_s = 2$  V, powoduje się przyrost szerokości o ok.  $\Delta b = 0,1$  mm przy wszystkich badanych prędkościach elektrody. Natomiast brak wrażliwości wysokości  $\Delta w = 0$  mm występuje tylko przy  $V_e = 75$  mm/s. Dla prędkości elektrody  $V_e = 100$  i  $120$  mm/s następuje obniżenie wysokości o  $\Delta w = 0,2$  mm w obydwu przypadkach.

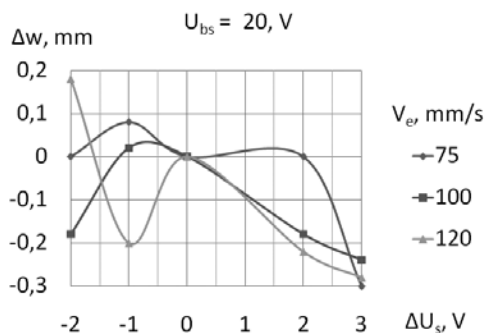
Geometria ściegów ułożonych przy bazowym napięciu spawania  $U_{bs} = 22$  V ulega zmianom pokazanym na rysunkach 14 i 15. Przy zadaniu napięcia wyższego o  $\Delta U_s = 1$  V przyrosty szerokości  $\Delta b$  dla kolejnych prędkości podawania drutu elektrodowego  $V_e$  równych  $75$ ,  $100$  i  $120$  mm/s wynoszą odpowiednio  $\Delta b = 0,85$ ,  $0,3$  i  $0,0$  mm. Natomiast obniżenie wysokości ściegu o  $\Delta w = 0,3$  mm przy  $V_e = 75$  mm/s i  $\Delta w = 0,1$  mm przy prędkościach elektrody  $V_e = 100$  i  $120$  mm.

W przypadku spawania napięciem bazowym  $U_{bs} = 23$  V każde obniżenie napięcia powoduje obniżenie szerokości ściegów i jednocześnie wzrost ich wysokości. Charakter tych zmian odzwierciedlają rysunki 16 i 17. Obniżenie bazowego napięcia spawania



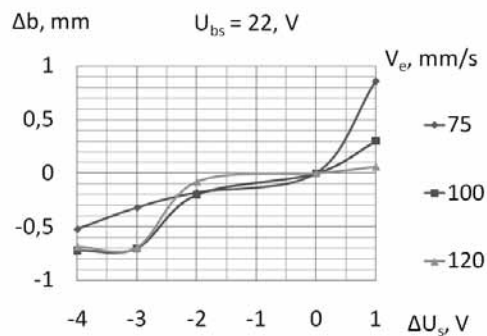
**Rys. 12.** Wrażliwość szerokości ściegu  $\Delta b$  na zmiany napięcia spawania przy napięciu bazowym  $20$  V

**Fig. 12.** Sensitivity of the weld width of the  $\Delta b$  to changes of the welding load voltage from the base  $20$  V



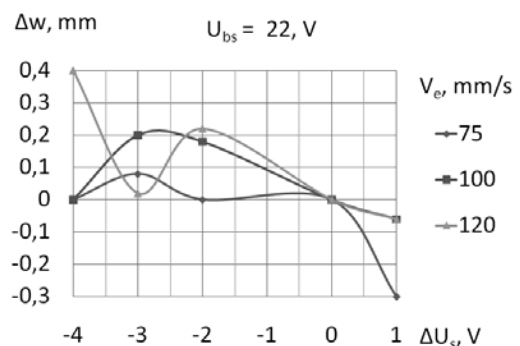
**Rys. 13.** Wrażliwość wysokości ściegu  $\Delta w$  na zmiany napięcia spawania przy napięciu bazowym  $20$  V

**Fig. 13.** Sensitivity of the weld height of the  $\Delta w$  to changes of the welding load voltage from the base  $20$  V



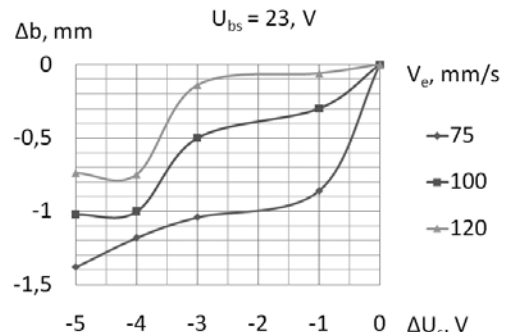
**Rys. 14.** Wrażliwość szerokości ściegu  $\Delta b$  na zmiany napięcia spawania przy napięciu bazowym  $22$  V

**Fig. 14.** Sensitivity of the weld width of the  $\Delta b$  to changes of the welding load voltage from the base  $22$  V



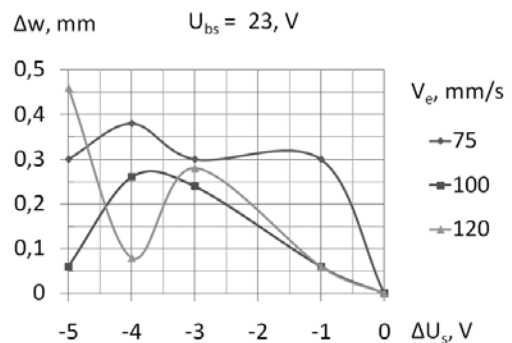
**Rys. 15.** Wrażliwość wysokości ściegu  $\Delta w$  na zmiany napięcia spawania przy napięciu bazowym  $22$  V

**Fig. 15.** Sensitivity of the weld height of the  $\Delta w$  to changes of the welding load voltage from the base  $22$  V



**Rys. 16.** Wrażliwość szerokości ściegu  $\Delta b$  na zmiany napięcia spawania przy napięciu bazowym  $23$  V

**Fig. 16.** Sensitivity of the weld width of the  $\Delta b$  to changes of the welding load voltage base at  $23$  V

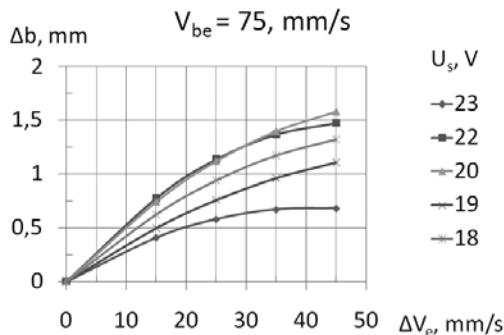


**Rys. 17.** Wrażliwość wysokości ściegu  $\Delta w$  na zmiany napięcia spawania przy napięciu bazowym  $23$  V

**Fig. 17.** Sensitivity of the weld height of the  $\Delta w$  to changes of the welding load voltage base at  $23$  V

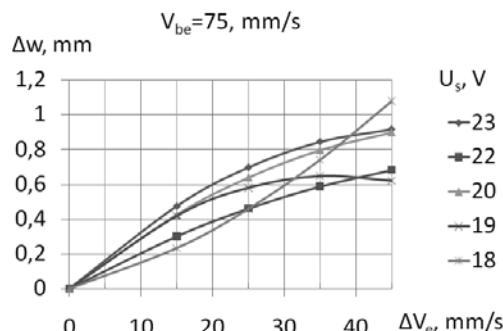
o  $\Delta U_s = 1$  V powoduje przy prędkości podawania elektrody  $V_e = 75$  mm/s zmniejszenie szerokości o  $\Delta b = 0,85$  mm przy jednoczesnym wzroście wysokości o  $\Delta w = 0,3$  mm. Przy prędkości podawania elektrody  $V_e = 100$  mm/s następuje zmniejszenie szerokości ściegu o  $\Delta b = 0,3$  mm z równoczesnym niewielkim wzrostem jego wysokości o ok.  $\Delta w = 0,05$  mm.

Stosując regulację geometrii ściegu za pomocą napięcia spawania, łatwo można na podstawie rysunków 8÷17 określić zachowanie się ściegów.



**Rys. 18.** Wrażliwość szerokości ściegu  $\Delta b$  wywołana przyrostem prędkości podawania drutu elektrodowego od bazowej prędkości  $V_{be} = 75$  mm/s

**Fig. 18.** Sensitivity of the weld width of the  $\Delta b$  stitch developed with increase in the speed of passing electrode wire from the base speed  $V_{be} = 75$  mm/s



**Rys. 19.** Wrażliwość wysokości ściegu  $\Delta w$  wywołana przyrostem prędkości podawania drutu elektrodowego od bazowej prędkości  $V_{be} = 75$  mm/s

**Fig. 19.** Sensitivity of the weld height of the  $\Delta w$  to stitch developed with increase in the speed of passing electrode wire from the base speed  $V_{be} = 75$  mm/s

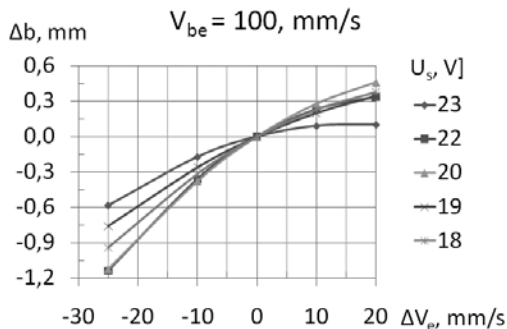
**Tablica II.** Współczynniki równania (1) przy regulacji napięciowej  
**Table II.** Rates of the equation (1) at the voltage control

$U_{bs}$ V	$V_e$ mm/s	y mm	x = $\Delta U_s$ V	$a_4$	$a_3$	$a_2$	$a_1$	$a_0$
18	75	$\Delta b$	0 ÷ 5	0,01300	-0,08767	0,14200	0,13267	0,0
		$\Delta w$		-0,01167	0,10833	-0,32333	0,30667	0,0
	100	$\Delta b$		0,0	-0,00059	0,00328	0,20521	-0,04336
		$\Delta w$		-0,00267	0,04033	-0,21233	0,37467	0,0
	120	$\Delta b$		0,0	-0,01230	0,05712	0,17350	-0,05269
		$\Delta w$		0,0	-0,01529	0,12235	-0,31882	-0,03882
19	75	$\Delta b$	-1 ÷ 4	0,01300	-0,03567	-0,04300	0,20567	0,0
		$\Delta w$		-0,01167	0,06167	-0,06833	-0,06167	0,0
	100	$\Delta b$		0,02867	-0,17933	0,21133	0,43933	0,0
		$\Delta w$		0,01304	-0,08782	0,08167	-0,01345	
	120	$\Delta b$		0,03483	-0,22950	0,27517	0,52950	0,0
		$\Delta w$		0,0	-0,01529	0,07647	-0,12000	0,12941
20	75	$\Delta b$	-2 ÷ 3	0,01300	0,01633	-0,07200	0,06467	0,0
		$\Delta w$		-0,01167	0,01500	0,04667	-0,06000	0,0
	100	$\Delta b$		0,02867	-0,06467	-0,15467	0,43867	0,0
		$\Delta w$		-0,00267	0,01900	-0,03433	-0,07600	0,0
	120	$\Delta b$		0,0	-0,01230	-0,01670	0,25434	-0,17563
		$\Delta w$		0,0	-0,01529	0,03059	-0,01294	-0,12941
22	75	$\Delta b$	-4 ÷ 1	0,01300	0,12033	0,33800	0,38867	0,0
		$\Delta w$		-0,01167	-0,07833	-0,14333	-0,06667	0,0
	100	$\Delta b$		0,028667	0,164667	0,145333	-0,038667	0,0
		$\Delta w$		-0,00267	-0,00233	0,01567	-0,07067	0,0
	120	$\Delta b$		0,0	-0,01230	-0,09053	0,03989	0,08782
		$\Delta w$		0,0	-0,01529	-0,06118	-0,07412	0,06471
23	75	$\Delta b$	-5 ÷ 0	0,01300	0,17233	0,77700	1,47767	0,0
		$\Delta w$		-0,01167	-0,12500	-0,44833	-0,63500	0,0
	100	$\Delta b$		0,02867	0,27933	0,81133	0,86067	0,0
		$\Delta w$		-0,00267	-0,01300	-0,00733	-0,05700	0,0
	120	$\Delta b$		0,0	0,0	-0,03180	0,00593	0,00179
		$\Delta w$		0,0	-0,01529	-0,10706	-0,24235	-0,02588

spawania  $\Delta U_s$ . Wartości współczynników  $a$  dla wyrażenia (1) zestawiono w tabelicy II.

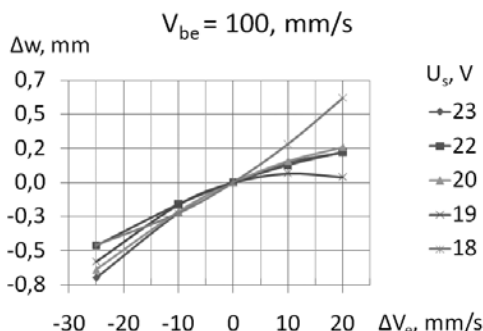
Wykresy wrażliwości szerokości ściegu i wysokości ściegu przy zadawaniu jako parametru technologicznego przyrostu prędkości podawania drutu elektrodowego przedstawiono na rysunkach 18÷23.

Zwiększanie prędkości podawania drutu elektrodowego o  $\Delta V_e = 45$  mm/s od prędkości bazowej  $V_{be} = 75$  mm/s powoduje przyrost szerokości. Z rysunku 18 widać, że przyrost szerokości ściegu  $\Delta b$  w zależności od wybranego napięcia spawania wynosi: dla



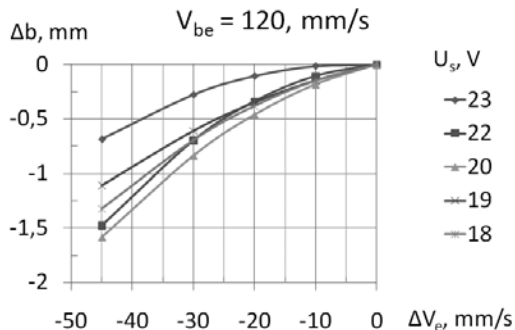
**Rys. 20.** Wrażliwość szerokości ściegu  $\Delta b$  wywołana przyrostem prędkości podawania drutu elektrodowego od bazowej prędkości  $V_{be} = 100$  mm/s

**Fig. 20.** Sensitivity of the weld width of the  $\Delta b$  stitch developed with increase in the speed of passing electrode wire from the base speed  $V_{be} = 100$  mm/sec



**Rys. 21.** Wrażliwość wysokości ściegu  $\Delta w$  wywołana przyrostem prędkości podawania drutu elektrodowego od bazowej prędkości  $V_{be} = 100$  mm/s

**Fig. 21.** Sensitivity of the weld height of the  $\Delta w$  to stitch developed with increase in the speed of passing electrode wire from the base speed  $V_{be} = 100$  mm/sec



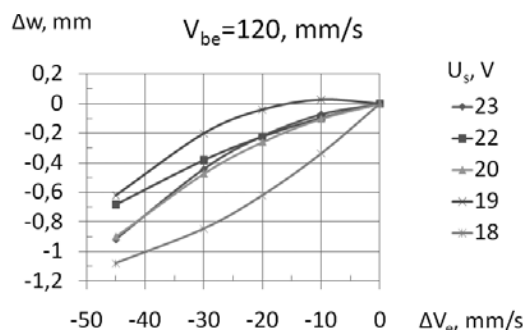
**Rys. 22.** Wrażliwość szerokości ściegu  $\Delta b$  wywołana przyrostem prędkości podawania drutu elektrodowego od bazowej prędkości  $V_{be} = 120$  mm/s

**Fig. 22.** Sensitivity of the weld width of the  $\Delta b$  stitch developed with increase in the speed of passing electrode wire from the base speed  $V_{be} = 120$  mm/sec

$U_s = 18$  V –  $\Delta b = 1,25$  mm, dla  $U_s = 19$  V –  $\Delta b = 1,1$  mm, dla  $U_s = 23$  V –  $\Delta b = 0,7$  mm, a dla napięć  $U_s = 20$  i 22 V przyrost szerokości ściegu jest prawie jednakowy i wynosi najwięcej, aż  $\Delta b = 1,5$  mm. W tym przedziale zmian prędkości następuje również przyrost wysokości ściegu. Jednak dla przyrostu prędkości o  $\Delta V_e = 25$  mm/s wysokość przyrasta o  $\Delta w = 0,5$  mm najwolniej przy napięciach spawania  $U_s$  wynoszącym 18 i 22 V. Przy spawaniu napięciami  $U_s = 19, 20, 23$  V charakter przyrostu wysokości jest podobny i wynosi ok.  $\Delta w = 0,7$  mm. Maksymalna wrażliwość na  $\Delta w = 1,1$  mm ściegu występuje przy przyroście prędkości elektrody  $\Delta V_e = 45$  mm/s dla napięcia  $U_s = 18$  V. Wtedy wrażliwość  $\Delta w$  ściegu jest niższa przy napięciach spawania 20 i 23 V i wynosi  $\Delta w = 0,9$  mm. Przy napięciach spawania  $U_s$  równych 19 i 22 V wrażliwość jest najniższa i prawie jednakowa dla tych napięć. W tym przypadku wynosi  $\Delta w = 0,7$  mm.

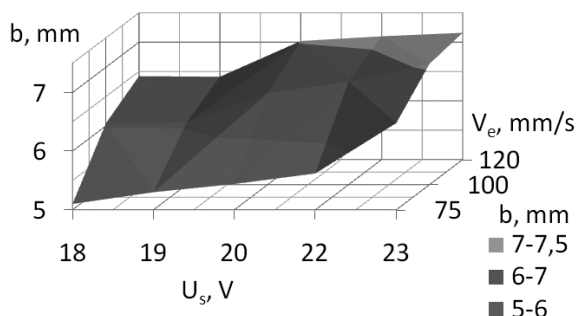
Wrażliwość geometrii ściegów  $\Delta b$  i  $\Delta w$  na zmiany prędkości podawania drutu elektrodowego  $\Delta V_e$  przedstawiono na rysunkach 20 i 21. Porównując wzrost prędkości podawania drutu elektrodowego o  $\Delta V_e = 20$  mm/s od bazowej prędkości  $V_{be} = 100$  mm/s, można zauważyć, że wrażliwość  $\Delta b$  jest najniższa i wynosi 0,1 mm przy najwyższym napięciu  $U_s$  wynoszącym 23 V. Przy pozostałych napięciach spawania  $U_s = 18, 19$  i 22 V jest prawie jednakowa i równa ok. 0,4 mm. Wrażliwość  $\Delta b = 0,5$  mm wykazuje ścieg układany przy napięciu  $U_s = 20$  V, natomiast wrażliwość  $\Delta w = 0,6$  mm jest najwyższa przy napięciu  $U_s = 18$  V. Przy napięciach spawania  $U_s$  równych 20, 22 i 23 V wrażliwość jest mniejsza i wynosi  $\Delta w = 0,2$  mm przy zwiększaniu prędkości podawania elektrody o  $\Delta V_e = 20$  mm/s. Natomiast zmiany prędkości podawania elektrody w tym zakresie przy napięciu  $U_s = 19$  V prawie nie powodują zmian wysokości ściegu –  $\Delta w = 0$  mm.

Krzywe na rysunku 22 pokazuje, że przy spawaniu największą wrażliwość  $\Delta b = 1,6$  mm na obniżanie prędkości podawania elektrody o  $\Delta V_e = 45$  mm/s od bazowej prędkości  $V_{be} = 120$  mm/s wykazuje ścieg układany przy napięciu spawania  $U_s = 20$  V. Zmniejszaniu prędkości podawania elektrody odpowiadają wrażliwości  $\Delta b$  równe 1,5, 1,3 i 1,1 mm ściegów układanych



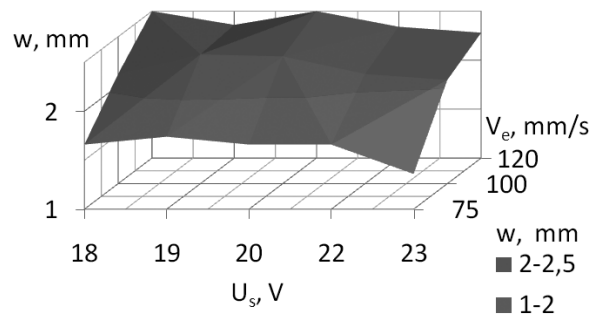
**Rys. 23.** Wrażliwość wysokości ściegu  $\Delta w$  wywołana przyrostem prędkości podawania drutu elektrodowego od bazowej prędkości  $V_{be} = 120$  mm/s

**Fig. 23.** Sensitivity of the weld height of the  $\Delta w$  to stitch developed with increase in the speed of passing electrode wire from the base speed  $V_{be} = 120$  mm/sec



**Rys. 24.** Obszar badań uwzględniający wpływ napięcia spawania  $U_s$ , prędkości podawania drutu elektrodowego  $V_e$  oraz szerokości ściegu  $b$

**Fig. 24.** Area of examinations taking the influence of the welding load voltage  $U_s$ , the electrode speed  $V_e$  and widths of the  $b$  bead



**Rys. 25.** Obszar badań uwzględniający wpływ napięcia spawania  $U_s$ , prędkości podawania drutu elektrodowego  $V_e$  oraz wysokości ściegu  $w$

**Fig. 25.** Area of examinations taking the influence of the welding load voltage  $U_s$ , the electrode speed  $V_e$  and height of the  $w$  bead

**Tablica III.** Współczynniki równania (2) przy regulacji geometrii ściegu prędkością podawania drutu elektrodowego

**Table III.** Rates of the equation (2) at the control of the geometry bead with speed of the electrode wire

$V_{bs}$ mm/s	$U_s$ mm/s	$y$ mm	$x = \Delta V_e$ mm/s	$a_2$	$a_1$	$a_0$		
75	18	$\Delta b$	0÷50	-0,0004	0,048	0,0		
		$\Delta w$		0,0003	0,0114	0,0		
	19	$\Delta b$		-0,0003	0,0375	0,0		
		$\Delta w$		-0,0005	0,035	0,0		
	20	$\Delta b$		-0,0005	0,057	0,0		
		$\Delta w$		-0,0003	0,0326	0,0		
	22	$\Delta b$		-0,0006	0,0614	0,0		
		$\Delta w$		-0,0002	0,0226	0,0		
	23	$\Delta b$		-0,0004	0,0334	0,0		
		$\Delta w$		-0,0004	0,0374	0,0		
	100	18		$\Delta b$	-30÷20	-0,0004	0,0273	0,0
				$\Delta w$		0,0003	0,0254	0,0
19		$\Delta b$	-0,0003	0,0232		0,0		
		$\Delta w$	-0,0005	0,0114		0,0		
20		$\Delta b$	-0,0005	0,0328		0,0		
		$\Delta w$	-0,0003	0,0186		0,0		
22		$\Delta b$	-0,0003	0,0232		0,0		
		$\Delta w$	-0,0002	0,0144		0,0		
23		$\Delta b$	-0,0004	0,0132		0,0		
		$\Delta w$	-0,0004	0,0185		0,0		
120		18	$\Delta b$	-50÷0		-0,0004	0,0108	0,0
			$\Delta w$			0,0003	0,0366	0,0
	19	$\Delta b$	-0,0003		0,0117	0,0		
		$\Delta w$	-0,0005		-0,0074	0,0		
	20	$\Delta b$	-0,0005		0,0134	0,0		
		$\Delta w$	0,0003		0,0074	0,0		
	22	$\Delta b$	-0,0006		0,0042	0,0		
		$\Delta w$	-0,0002		0,0078	0,0		
	23	$\Delta b$	-0,0004		-0,0030	0,0		
		$\Delta w$	-0,0004		0,0034	0,0		

przy kolejnych napięciach spawania  $U_s = 22, 18$  i  $19$  V. Najmniej wrażliwe, bo tylko  $\Delta b = 0,7$  mm, są ściegi układane przy napięciu  $U_s = 23$  V. Na rysunku 23 pokazano że najbardziej wrażliwe na zmiany wysokości  $\Delta w = 1,1$  mm są ściegi układane przy  $U_s = 18$  V. Dla napięć 20 i 23 V występuje jednakowa wrażliwość  $\Delta w = 0,9$  mm. Najmniejszą wrażliwość  $\Delta w = 0,6$  mm wykazuje ścieg układany przy napięciu  $U_s = 19$  V. W całym zakresie zmian  $\Delta V_e = 45$  mm/s, zmniejszając prędkość podawania elektrody przy napięciu spawania  $U_s = 22$  V, uzyskuje się wrażliwość  $\Delta w$  większą niż przy napięciu 19 V. Dla maksymalnej zmiany  $\Delta V_e$  wartość  $\Delta w$  osiąga 0,6 mm, czyli podobnie jak przy napięciu 19 V.

Równanie aproksymujące zależności z rysunków 18÷23 liniami trendu ma postać:

$$y = a_2 x^2 + a_1 x + a_0 \quad (2)$$

Wartość zmiennej  $x$  przy regulacji napięciowej parametrów spawania odpowiada przyrostowi napięcia spawania  $\Delta U_s$ . W tablicy III zestawiono wartości  $\Delta U_s$  i wartości współczynników  $a$ .

Celem aproksymacji jest wyliczanie parametrów za pomocą komputera. Praktycznie napięcie spawania można obliczyć z zależności

$$U_s = U_{bs} + \Delta U_s \quad (3)$$

gdzie:  $U_{bs}$  – napięcie bazowe spawania – punkt startowy procesu, V;  $\Delta U_s$  – zmiana napięcia spawania, V;

natomiast całkowitą szerokość  $b_s$  i wysokość  $w_s$  układanego ściegu odpowiednio jako;  $b_s = b + \Delta b$ ,  $w_s = w + \Delta w$ .

## Podsumowanie

Przeprowadzone badania obejmują obszar parametrów przedstawiony na rysunkach 24 i 25.

Szczegółowy wpływ parametrów technologicznych pokazano na rysunkach 4÷7. Wykresy pozwalają

ocenić wpływ parametrów technologicznych napięcia spawania  $U_s$ , prędkości podawania drutu elektrodowego  $V_e$ , prądu spawania  $I_s$ , na szerokość ściegu  $b$  oraz wysokość  $w$ .

Przedstawiona na rysunkach 8÷17 analiza wrażliwości pozwala na podjęcie decyzji, jak zmieniać parametr technologiczny, jakim jest napięcie spawania, w celu lepszego dopasowania do naszych wymagań uzyskiwanej geometrii ściegu.

Przy zmianach przeprowadzanych za pomocą prędkości podawania drutu elektrodowego wykresy wrażliwości przedstawione na rysunkach 18÷23 pozwalają na podjęcia decyzji, jak uzyskać pożądaną geometrię ściegu.

Przedstawione równania (1, 2) linii regresji mogą praktycznie wesprzeć komputerowy dobór parametrów technologicznych w trakcie procesu spawania i ułatwić podjęcie dobrej decyzji, pozwalając jednocześnie skrócenie czasu wykonywania eksperymentów.

## Wnioski

Wykresy wrażliwości wysokości i szerokości ściegów określają współzależność parametrów technologicznych procesu na geometrię układanych ściegów

Z wykresów na rysunkach 8 do 17 można określić wrażliwość szerokości i wysokości ściegu w przypadku dokonywania zmian w pobliżu początkowego napięcia spawania dla zakresu prędkości podawania drutu elektrodowego z przedziału 75 do 120 mm/s.

Wykresy z rysunków 18 do 23 przedstawiają wrażliwość szerokości i wysokości ściegu przy korekcie parametrów spawania przez wprowadzanie zmian w otoczeniu prędkości początkowej podawania drutu elektrodowego przy różnych stosowanych napięciach spawania z zakresu 18 do 23 V.

## Literatura

- [1] Czuchryj J.: Badania złączy spawanych wg norm europejskich, Biuro Gamma, Warszawa 2004.  
[2] Ferenc K., Ferenc J.: Konstrukcje spawane – połączenia, WNT, Warszawa 2003.

- [3] Pilarczyk J.: Poradnik Inżyniera – Spawalnictwo, WNT, Warszawa 2003.

# Recenzja rocznika 2011 Przeglądu Spawalnictwa

Rok 2011 zapisał się piękną kartą w bogatej historii Przeglądu Spawalnictwa. Po raz pierwszy zostało wydanych 13 numerów czasopisma w roku kalendarzowym, o łącznej liczbie stron – 820. Co warto podkreślić, były to pojedyncze numery, w przeciwieństwie do lat ubiegłych, w których zdarzały się numery podwójne. Prawie wszystkie numery, z wyjątkiem numeru 7, były okolicznościowe, dedykowane tematycznie lub wydawane przy okazji organizowanych konferencji krajowych i międzynarodowych. To właśnie organizatorzy trzech konferencji zapewnili druk artykułów w ostatnich pięciu numerach Przeglądu Spawalnictwa w 2011 r. Były to następujące konferencje:

- 1. Międzynarodowa Konferencja Naukowo-Techniczna pod hasłem „Napawanie – postęp i zastosowania” we Wrocławiu, w dniach 19-21 października 2011 (nr 9 i 10/2011, 27 artykułów naukowych),
- 53. Krajowa Konferencja Naukowo-Techniczna pod hasłem „Nowe kierunki w procesach spajania i cięcia metali” w Poznaniu, w dniach 12-14 października 2011 (nr 11 i 12/2011, 20 artykułów naukowych),
- 40. Krajowa Konferencja Badań Nieniszczących w Warszawie, w dniach 24-26 października 2011 (nr 13/2011, 10 artykułów naukowych).

W tym miejscu należą się wyrazy uznania i podziękowania Organizatorom wspomnianych Konferencji, a także Komitetom Naukowym, które zadbały o pokazaną liczbę artykułów i ich wysoki poziom merytoryczny.

Warto odnotować powołanie Międzynarodowej Rady Programowej, której skład został podany w ostatnim 13 numerze Przeglądu Spawalnictwa. Skład Rady Programowej czasopisma został powiększony z 18 członków, stanowiących wybitnych krajowych spawalników, do 34 członków (w tym 10 członków komitetu ds. współpracy z przemysłem). Są w tym gronie sławni profesorowie z Ukrainy, Niemiec, Grecji, Chorwacji, Słowenii, Brazylii i Szwajcarii.

Wszystko to sprawiło, że 2011 r. jawi się jako rekordowy pod różnymi względami. W 2011 r. na łamach czasopisma ukazało się 127 artykułów naukowych (w tym 13 poświęconych historii spawalnictwa), a także 21 artykułów promocyjnych, przygotowanych przez firmy, uczelnie i ośrodki naukowo-badawcze. W porównaniu do roku ubiegłego, kiedy ukazało się tylko 78 artykułów naukowych, czy też do 2009 r., kiedy opublikowano 101 artykułów, jest to znaczący postęp. Ale nie tylko liczby są ważne, bardziej znaczący jest poziom naukowy prezentowanych artykułów. Wyraźnie należy