

# Analiza parametrów spawania GMA metodą wykrywania zakłóceń procesu spawania

## Analyze of GMA welding parameters as a method of weld disturbance detection

### Streszczenie

Przedstawiono metodę opracowania wyników monitorowania procesu spawania GMA umożliwiającą lokalizację zakłóceń procesu spawania. Jako zakłócenie zastosowano warstwę farby na powierzchni rowka spawalniczego, której produkty spalania w łuku spawalniczym mogą spowodować powstanie niezgodności typu pustka gazowa. W czasie spawania rejestrowano parametry spawania i badano wpływ wprowadzonego zakłócenia na spadek napięcia łuku i wartość natężenia prądu w metodzie GMA. Badano cechy statystyczne rejestrowanych sygnałów i wykazano, że wartość wariancji parametrów spawania obliczana w próbkach może być wykorzystana do lokalizacji obszarów, w których występują zakłócenia. Możliwa jest także ocena stopnia nasilenia wprowadzonego zakłócenia. Uzyskane wyniki porównano z kartami rozstępu Shewharta.

### Abstract

A method of location of the GMA welding process disturbance by analyzing the results of monitoring of welding parameters was presented. A layer of paint on the surface of welding groove was used as a disturbance. This kind of disturbance can produce gas voids in the weld. The influence of applied disturbance on arc voltage and welding current was examined. Statistical features of recorded welding current and voltage were tested and it was proved that value of variance of welding parameters calculated in samples can be used to locate area where disturbance was introduced. The estimation of disturbance intensity can also be explored. Results were compared with Shewhart's statistical quality control charts.

### Wstęp

Jakość złącza wykonanego w procesie spawania można zazwyczaj ocenić dopiero po jego wykonaniu i przeprowadzeniu badań. W wielu przypadkach, zwłaszcza na zmechanizowanych i zrobotyzowanych stanowiskach spawalniczych, jakość złącza powinna być oceniana w czasie jego wykonywania, bezpośrednio na stanowisku spawalniczym. Na liniach produkcyjnych rur spawanych wykorzystuje się w tym celu badania ultradźwiękowe lub radiograficzne, a ostatnio coraz częściej metody termograficzne. Na stanowiskach do

spawania laserowego do potwierdzenia jakości złącza stosuje się często spektrometry.

Metoda monitorowania procesu spawania łukowego, polegająca na rejestracji i analizie parametrów spawania, jest metodą pośrednią, ponieważ jest monitorowany proces spawania, a nie jakość spawanego złącza. Taki sposób postępowania zakłada, że istnieje zależność pomiędzy jakością procesu spawania, którą można utożsamiać ze stabilnością procesu jarzenia łuku spawalniczego a jakością złącza spawanego.

Analiza sygnałów rejestrowanych w obwodzie spawania łukowego umożliwia wykrycie zmian stanu łuku spawalniczego charakterystycznych dla przejścia od stabilnego jarzenia łuku w optymalnym zakresie parametrów spawania do niestabilnego jarzenia łuku spawalniczego. Zakłada się jednocześnie, że niestabilne jarzenie łuku może powodować powstawanie niezgodności spawalniczych, a wykrycie obszaru niestabilnego

Dr inż. Krzysztof Luksa, mgr inż. Jakub Fitrzyk – Politechnika Śląska, Gliwice, inż. Edward Szpakowski – SOMAR S.A.

jarzenia łuku pomaga zlokalizować niezgodności występujące w złączu i określić przyczyny ich powstania.

W artykule przedstawiono wyniki badań wpływu zakłóceń procesu spawania metodą GMA na przebiegi napięcia łuku i natężenia prądu spawania. Jako zakłócenie zastosowano warstwę farby na powierzchni spawanych blach.

## Dotychczasowe badania

Do podstawowych parametrów spawania metodą GMA należą: natężenie prądu spawania, napięcie łuku, prędkość podawania drutu oraz rodzaj i natężenie przepływu gazu osłonowego. Urządzenia monitorujące rejestrują parametry spawania, a system monitorujący sprawdza, czy ich wartości mieszczą się w zakresie dopuszczalnym – jeżeli tak, to uznaje się, że proces spawania przebiega stabilnie, a jakość monitorowanego złącza spawanego odpowiada jakości złącza próbnego [1]. Dopuszczalny zakres zmian parametrów spawania ustala się na podstawie wcześniej wykonanych prób spawania lub metodami statystycznej kontroli jakości [2]. Metody te są wykorzystywane do lokalizacji zakłócenia, natomiast nie zapewniają określenia jego rodzaju i związanej z zakłóceniem niezgodności spawalniczej [3, 4]. Do identyfikacji zakłóceń stosuje się metody sztucznej inteligencji [5, 6].

W literaturze można znaleźć wiele cech parametrów spawania, które można wykorzystać do oceny stanu procesu spawania. Proponowane jest badanie częstości zwarć, czasów jarzenia łuku i zwarcia lub wartości natężenia prądu zwarcia [7]. Bez względu na wybraną cechę monitorowanych parametrów spawania, skuteczną metodą jest porównywanie jej wartości w zakresie prawidłowego przebiegu procesu z wartością w analizowanym obszarze.

Zmiana wartości cech statystycznych sygnałów rejestrowanych w procesie monitorowania nie jest równoważna z wystąpieniem niezgodności w monitorowanym złączu spawanym. Stosowana w statystycznej kontroli jakości jako miara stabilności procesu odległość  $\pm 3\sigma$  pomiędzy liniami kontrolnymi a linią centralną nie zawsze sprawdza się w monitorowaniu procesów spawania, ponieważ rozkłady statystyczne rejestrowanych parametrów spawania i ich cech statystycznych często nie są rozkładami normalnymi. Jeżeli na podstawie badania cech statystycznych monitorowanych parametrów spawania będą podejmowane decyzje o akceptacji lub odrzuceniu złącza spawanego, próg czułości należy ustalić eksperymentalnie [3, 4].

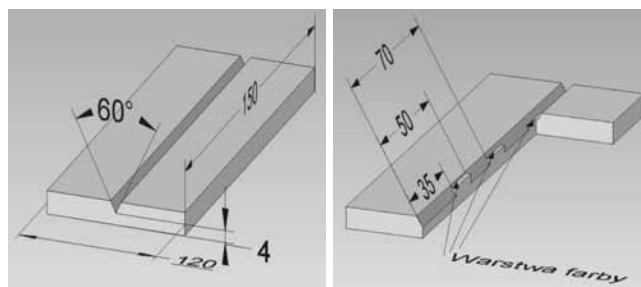
## Zakres badań

Przeprowadzono badania, których celem było wykrycie zakłócenia procesu spawania GMA spowodowanego warstwą farby na powierzchni rowka spawalniczego, przez analizę przebiegów parametrów

spawania. Wykonano spoinę wzorcową, bez zakłóceń i niezgodności oraz spoinę z niezgodnościami, które powstały w miejscach wprowadzenia zakłóceń w jarzeniu łuku w metodzie GMA. Spoinę wzorcową wykonano, w celu uzyskania poziomu odniesienia. W czasie wykonywania spoin rejestrowano przebiegi czasowe napięcia łuku i natężenia prądu spawania oraz natężenia przepływu gazu osłonowego i prędkości podawania drutu elektrodowego. Badania wykonano dla wartości natężenia prądu spawania 150, 225 i 300 A. W artykule przedstawiono wyniki badań dla natężenia prądu 150 A (w zakresie zwarcowego przeniesienia metalu przez łuk). Dla pozostałych wartości natężenia prądu wyniki były zbliżone. Obecność niezgodności (lub ich brak) potwierdzono badaniami radiograficznymi i metalograficznymi makroskopowymi przekroju poprzecznego złącza. Analizę zarejestrowanych parametrów spawania prowadzono przez porównanie wartości cech statystycznych zarejestrowanych parametrów spawania w obszarach, w których wprowadzono zakłócenie łuku spawalniczego, z tymi w których nie wprowadzono zakłócenia łuku.

## Opis doświadczeń

Badania wykonano na próbkach ze stali S235JR o grubości 8 mm i wymiarach 120x150 mm. W próbkach wyfrezowano rowek spawalniczy o kącie  $60^\circ$  i głębokości 4 mm, w celu uzyskania podobnych warunków wykonania spoiny czołowej jak w rzeczywistym złączu spawanym (rys. 1). Spoiny wykonano metodą GMA na zrobotyzowanym stanowisku spawalniczym, w pozycji podolnej, drutem G3Si1



**Rys. 1.** Wymiary złącza próbnego i usytuowanie zakłóceń w badanym złączu

**Fig. 1.** Dimensions of the test plate and site of disturbances in the welded joint

**Tablica I.** Nastawione parametry wykonania spoin blach S235JR metodą GMA na zrobotyzowanym stanowisku spawalniczym  
**Table I.** Set parameters S235JR steel plate welding with the use the robotic GMA welding station

Natężenie prądu, A	Napięcie łuku, V	Prędkość spawania, mm/s	Energia liniowa spawania, kJ/mm
150	16,5	5,56	0,38
Uwagi: Gaz osłonowy 82% Ar + 18% CO <sub>2</sub> , natężenie przepływu 22 l/min, drut elektrodowy G3Si1 o średnicy 1,2 mm, wolny wylot elektrody 18 mm.			

średnicy 1,2 mm, w osłonie mieszanki M21 (82% Ar + 18% CO<sub>2</sub>) (tabl. I). Długość spoin wynosiła 130 mm.

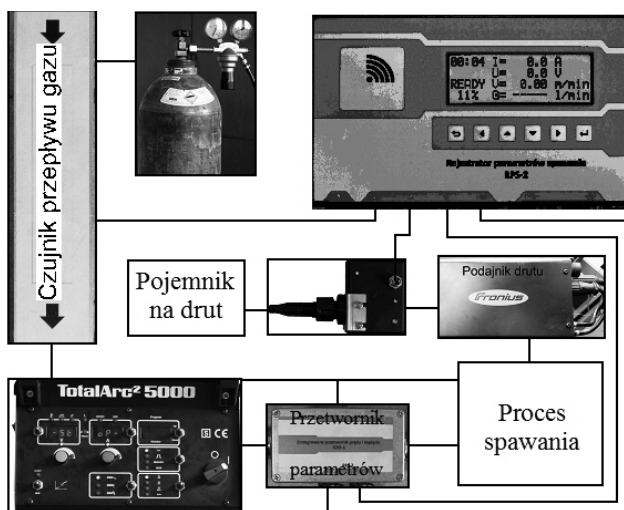
Zakłócenie w postaci warstwy farby wprowadzono na trzech stopniach nasilenia (jedna, dwie i trzy warstwy farby), w ściśle określonych strefach na długości spoiny (rys. 1).

## Rejestracja parametrów spawania

Parametry spawania rejestrowano urządzeniem RPS-2 firmy SOMAR (rys. 2) [8]. Umożliwia ono rejestrację parametrów spawania metodami GMA, GTA i SAW, z możliwością jednoczesnej rejestracji innych parametrów, np. temperatury. Parametry szybkozmiennne, np. napięcie łuku i natężenie prądu spawania, są rejestrowane z większymi szybkościami niż parametry wolnozmiennne, np. natężenie przepływu gazu lub

prędkość podawania drutu (rys. 3). Ustawienie parametrów pracy rejestratora odbywa się w programie konfiguracyjnym zainstalowanym w komputerze, który łączy się z urządzeniem monitorującym przez połączenie sieciowe. Po ustawieniu parametrów rejestrator RPS-2 może pracować samodzielnie. Rozpoczęcie i zakończenie rejestracji parametrów spawania jest automatyczne, sterowane zmianą natężenia prądu spawania, napięcia łuku lub prędkości podawania drutu. Zapisane w pamięci rejestratora wyniki mogą być przeniesione do komputera przez sieć lub za pomocą pamięci typu flash (np. *pendrive*). Stan zapelnienia pamięci rejestratora jest wyświetlany na ekranie.

W czasie wykonywania złączy próbnych rejestrowano napięcie łuku i natężenie prądu spawania z częstotliwością 10 kHz, a prędkość podawania drutu i natężenie przepływu gazu osłonowego z częstotliwością 1 kHz.



Rys. 2. System monitorowania parametrów spawania RPS-2  
Fig. 2. RPS-2 system for monitoring the welding parameters



Rys. 3. Ekran ustawiania parametrów pracy urządzenia monitorującego RPS-2

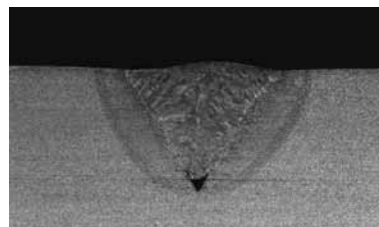
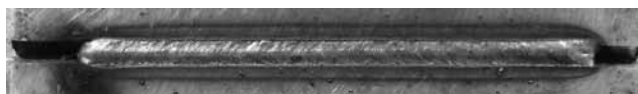
Fig. 3. Screen for setting the working parameters of monitoring system RPS-2

## Wyniki badań

### Spoina wzorcowa

Spoina wzorcowa (bez zakłóceń i niezgodności) została wykonana w celu ustalenia poziomu odniesienia, z którym można porównywać wyniki rejestracji parametrów spawania w czasie wykonywania spoin z zakłóceniami i niezgodnościami. Wysoką jakość spoiny, stabilny przebieg procesu oraz brak niezgodności w spoinach wzorcowych potwierdzono badaniami wizualnymi, metalograficznymi makroskopowymi i radiograficznymi (rys. 4).

Prawidłowy, regularny układ łusek na licu oraz kształt przekroju poprzecznego spoiny wzorcowej wskazują na poprawny przebieg procesu spawania. Badania radiograficzne potwierdziły brak niezgodności w spoinie, z wyjątkiem braku pełnego wtopienia



Rys. 4. Lico i przekrój poprzeczny spoiny wzorcowej wykonanej na zrobotyzowanym stanowisku spawalniczym metodą GMA. Parametry spawania: I = 150 A, U = 16,5 V, v = 5,56 mm/s, we = 18 mm. Materiał blach S253JR. Drut G3Si1 o średnicy 1,2 mm. Gaz osłonowy 82% Ar + 18% CO<sub>2</sub> – 22 l/min

Fig. 4. Picture of the weld face and transverse section of the reference weld produced in a robotic welding cell. GMA welding parameters: I = 150 A, U = 16,5 V, v = 5,56 mm/s, we = 18 mm. Plates material S253JR. Welding wire G3Si1 of diameter 1,2 mm. Shielding gas 82% Ar + 18% CO<sub>2</sub> – 22 l/min

**Tablica II.** Rzeczywiste wartości napięcia łuku i natężenia prądu spawania w czasie wykonywania spoin oraz obliczone wartości cech statystycznych zarejestrowanych parametrów spawania

**Table II.** Values of welding voltage and welding current recorded measured during execution of welds and calculated values of statistical features of recorded welding parameters

Nr serii	Natężenie prądu, A			Napięcie łuku, V		
	wartość średnia	odchylenie standardowe	rozstęp	wartość średnia	odchylenie standardowe	rozstęp
I_150	142,3	42,1	440	19,95	6,23	46,6
I_150F	155,8	68,8	524	19,73	10,54	48,5

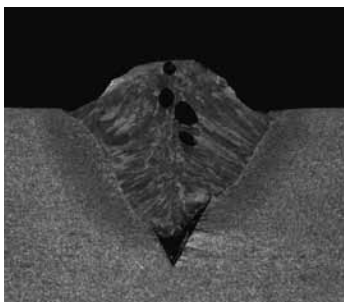
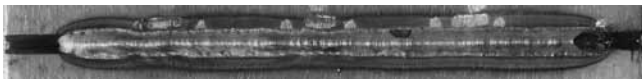
Uwagi: I\_150 – parametry spawania spoiny wzorcowej, I\_150F – parametry spawania spoiny z zakłóceniami.

spoiny, co nie było rozważane w prowadzonych badaniach (rys. 4). Wykres zarejestrowanych parametrów spawania potwierdza stabilny przebieg procesu (rys. 6, tabl. II).

### Spoina z zakłóceniem w postaci warstwy farby

Zakłócenia procesu spawania powodujące powstanie niezgodności w spoinach wprowadzono w sposób kontrolowany co do położenia i nasilenia zakłóceń (rys. 1). Jako zakłócenie procesu spawania wprowadzono warstwę farby na powierzchnię rowka spawalniczego. Stopień nasilenia zakłócenia zmieniano, nanosząc trzy, dwie i jedną warstwę farby w kolejnych obszarach (rys. 1).

Wpływ zakłóceń na jakość złącza badano metodą wizualną (rys. 5). Przeprowadzono także badania metalograficzne makroskopowe (rys. 5) i radiograficzne. Nie we wszystkich przypadkach stopień nasilenia wprowadzonych zakłóceń był wystarczający, aby spowodować powstanie niezgodności (rys. 5).

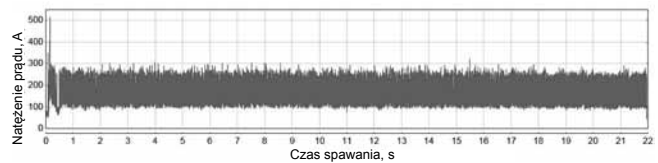
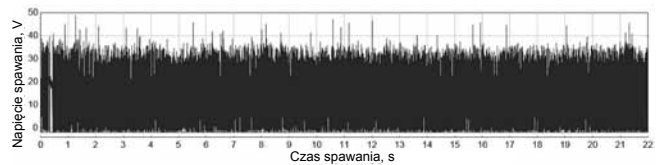


**Rys. 5.** Lico i przekrój poprzeczny spoiny wykonanej metodą GMA z zakłóceniem w postaci warstwy farby, wykonanej na zrobotyzowanym stanowisku spawalniczym. Parametry spawania: I = 150 A, U = 16,5 V, v = 5,56 mm/s, we = 18 mm. Materiał blach S253JR. Drut G3Si1 o średnicy 1,2 mm. Gaz osłonowy: 82% Ar + 18% CO<sub>2</sub> – 22 l/min

**Fig. 5.** The weld face and transverse section of the weld with imperfections caused by layer of paint, produced in a robotic welding cell. GMA welding parameters: I = 150 A, U = 16,5 V, v = 5,56 mm/s, we = 18 mm. Plates material S253JR. Welding wire G3Si1 of diameter 1,2 mm. Shielding gas: 82% Ar + 18% CO<sub>2</sub> – 22 l/min

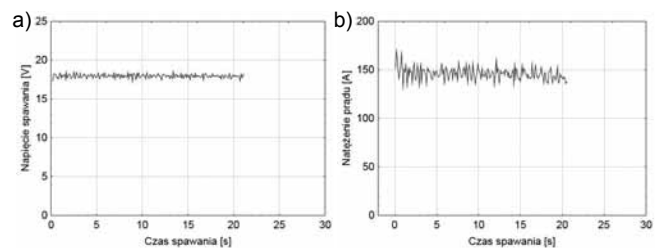
### Wyniki monitorowania procesu spawania

Wykresy przedstawiające przebiegi napięcia łuku i natężenia prądu spawania metodą GMA spoiny wzorcowej zarejestrowane z szybkością 10 kHz wskazują na stabilny, niezakłócony proces jarzenia łuku (rys. 6).



**Rys. 6.** Natężenie prądu i napięcie łuk zarejestrowane w czasie wykonywania spoiny wzorcowej. Spawanie metodą GMA, drutem G3Si1 o średnicy 1,2 mm w osłonie 82% Ar + 18% CO<sub>2</sub>. Parametry spawania: I = 150 A, U = 16,5 V, v = 5,56 mm/s, we = 18 mm

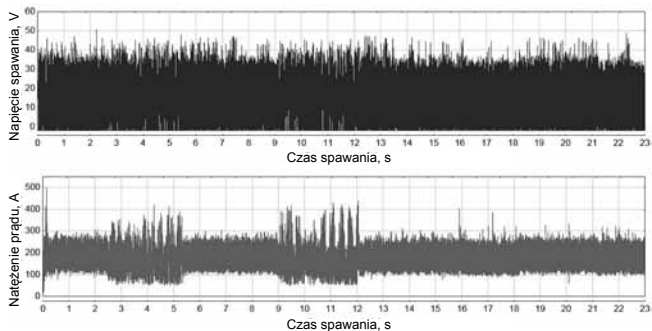
**Fig. 6.** Plots of welding current and welding voltage recorded during execution of the reference weld. GMA welding with G3Si1 welding wire of diameter 1,2 mm in 82% Ar + 18% CO<sub>2</sub> gas shield. Welding parameters: I = 150 A, U = 16,5 V, v = 5,56 mm/s, we = 18 mm



**Rys. 7.** Napięcie łuku (a) i natężenie prądu spawania (b) zarejestrowane w czasie wykonywania spoiny wzorcowej. Parametry rejestrowano z częstotliwością 10 kHz i uśredniono w podzbiórach o liczności 1000 próbek. Spawanie metodą GMA, drutem G3Si1 o średnicy 1,2 mm w osłonie Ar + 18% CO<sub>2</sub>. Parametry spawania: I = 150 A, U = 16,5 V, v = 5,56 mm/s, we = 18 mm

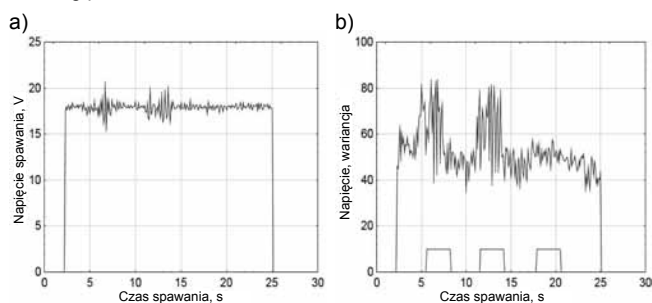
**Fig. 7.** Welding voltage (a) and welding current (b) recorded during execution of reference weld. Parameters were recorded with speed of 10 kHz and averaged in subsets of 1000 samples. GMA welding with G3Si1 welding wire of diameter 1,2 mm in 82% Ar + 18% CO<sub>2</sub> gas shield. Welding parameters: I = 150 A, U = 16,5 V, v = 5,56 mm/s, we = 18 mm





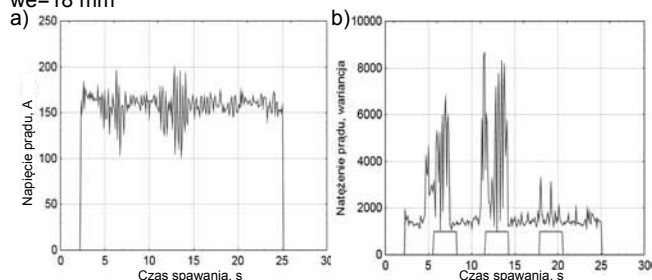
**Rys. 8.** Napięcie łuku i natężenie prądu spawania zarejestrowane w czasie wykonywania spoiny z zakłóceniem w postaci warstwy farby na powierzchni rowka spawalniczego. Spawanie metodą GMA, drutem G3Si1 o średnicy 1,2 mm w osłonie 82% Ar + 18% CO<sub>2</sub>. Parametry spawania: I = 150 A, U = 16,5 V, v = 5,56 mm/s, we = 18 mm

**Fig. 8.** Plots of welding current and welding voltage recorded during execution of the weld with layer of paint as disturbance. GMA welding with G3Si1 welding wire of diameter 1,2 mm in 82% Ar + 18% CO<sub>2</sub> gas shield. Welding parameters: I = 150 A, U = 16,5 V, v = 5,56 mm/s, we = 18 mm



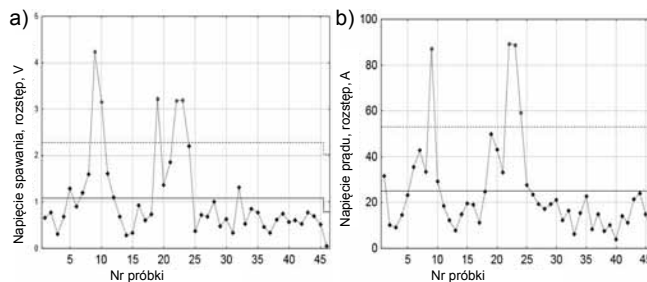
**Rys. 9.** Napięcie łuku (a) i wariancja napięcia łuku (b). Napięcie łuku rejestrowano w czasie wykonywania spoiny z zakłóceniem w postaci farby z częstotliwością 10 kHz i uśredniono w podzbiórach o liczności 1000 próbek. Zaznaczono obszary wprowadzania zakłóceń. Spawanie metodą GMA, drutem G3Si1 o średnicy 1,2 mm w osłonie 82% Ar + 18% CO<sub>2</sub>. Parametry spawania: I = 150 A, U = 16,5 V, v = 5,56 mm/s, we = 18 mm

**Fig. 9.** Welding voltage (a) and variance of welding voltage (b). Welding voltage was recorded during execution of the weld with layer of paint as disturbance, with speed of 10 kHz and averaged in subsets of 1000 samples. Areas with applied paint are marked. GMA welding with G3Si1 welding wire of diameter 1,2 mm in 82% Ar + 18% CO<sub>2</sub> gas shield. Welding parameters: I=150 A, U=16,5 V, v = 5,56 mm/s, we=18 mm



**Rys. 10.** Natężenie prądu spawania (a) i wariancja natężenia prądu spawania (b). Natężenie prądu rejestrowano w czasie wykonywania spoiny z zakłóceniem w postaci farby z częstotliwością 10 kHz i uśredniono w podzbiórach o liczności 1000 próbek. Zaznaczono obszary wprowadzania zakłóceń. Spawanie metodą GMA, drutem G3Si1 o średnicy 1,2 mm w osłonie 82% Ar + 18% CO<sub>2</sub>. Parametry spawania: I = 150 A, U = 16,5 V, v = 5,56 mm/s, we = 18 mm

**Fig. 10.** Welding current (a) and variance of welding current (b). Welding current was recorded during execution of the weld with layer of paint as disturbance, with speed of 10 kHz and averaged in subsets of 1000 samples. Areas with applied paint are marked. GMA welding with G3Si1 welding wire of diameter 1,2 mm in 82% Ar + 18% CO<sub>2</sub> gas shield. Welding parameters: I = 150 A, U = 16,5 V, v = 5,56 mm/s, we = 18 mm



**Rys. 11.** Karta rozstępu napięcia łuku (a) i natężenia prądu spawania (b) uśrednionego wstępnie w podzbiórach o liczności 1000 próbek. Liczność próbki w karcie rozstępu n = 5

**Fig. 11.** Control chart of ranges of welding voltage (a) and welding current (b) initially averaged in subplots of 1000 samples. Number of samples in the range chart n = 5

Stabilny przebieg procesu potwierdzają także wykresy parametrów uśrednionych w próbkach zawierających 1000 pomiarów (rys. 7). Z wykresów usunięto początek i koniec rejestracji, które odpowiadają niestabilnemu jarzeniu łuku.

Przebiegi napięcia i natężenia prądu spawania zarejestrowane w czasie wykonywania spoiny z farbą na powierzchni rowka spawalniczego wskazują, że parametrem, który reaguje na wprowadzone zakłócenie, jest natężenie prądu spawania (rys. 8). W celu ujawnienia miejsca wprowadzenia zakłóceń obliczono wartości cech statystycznych sygnałów w próbkach zawierających 1000 pomiarów.

Wykresy wartości średnich i wariancji napięcia i natężenia prądu spawania przedstawiają porównanie wartości cech statystycznych w obszarach bez zakłóceń z wartościami cech statystycznych w obszarach z zakłóceniami (rys. 9 i 10). Wartości średnie i wariancję napięcia i natężenia prądu spawania obliczono w próbkach zawierających 1000 pomiarów, co odpowiada 0,1 s. Wykresy te wskazują, że istnieje zależność pomiędzy wartościami cech statystycznych zarejestrowanych parametrów spawania, a zakłóceniami procesu spawania. Obszary, w których wprowadzono zakłócenia procesu spawania, są szczególnie widoczne na wykresach wariancji parametrów spawania (rys. 9 i 10).

Karty statystycznej kontroli jakości Shewharta umożliwiają wskazanie próbek, które statystycznie nie spełniają założenia o stabilnym przebiegu procesu oraz uwzględniają prawdopodobieństwo popełnienia błędu takiej klasyfikacji, lecz także mogą być wykorzystane do lokalizacji obszarów, w których proces spawania przebiega niestabilnie. W kartach tych następuje porównanie aktualnej wartości cechy statystycznej monitorowanego parametru spawania z wartościami średnimi obliczonymi dla całego złącza (rys. 11). Badania kart średniej, rozstępu i odchylenia standardowego wykazały, że zakłócenie w postaci warstwy farby najwyraźniej ujawnia się na kartach rozstępu, zarówno dla napięcia, jak i natężenia prądu spawania (rys. 10).

## Podsumowanie

Przedstawione wyniki badań wskazują, że analizując wartości cech statystycznych rejestrowanych parametrów spawania metodą GMA, można zlokalizować obszary, w których proces spawania ulega zakłóceniu. Zakłócenia procesu jarzenia łuku metodą GMA o znacznym nasileniu mogą być widoczne bezpośrednio na wykresach napięcia łuku lub natężenia prądu spawania (rys. 8). Wykresy te mogą powstawać przy użyciu rejestratora RPS-2. Przy starannym doborze wartości progowych parametrów spawania miejsca wystąpienia zakłóceń będą wskazane przez program RPS Reader, w który wyposażony jest rejestrator.

Jeżeli intensywność zakłócenia nie jest zbyt duża, pomocne mogą być metody przedstawione w artykule. Można wykorzystać metodę porównywania wartości cech statystycznych obszarów bez zakłóceń z wartościami cech w obszarach z zakłóceniami oraz metody stosowane w statystycznej kontroli jakości. Wszystkie obszary wprowadzonego zakłócenia wykryto, porównując wariancję napięcia łuku i natężenia prądu spawania w miejscach, w których wprowadzono zakłócenie, z obszarami bez zakłóceń

(rys. 10). W badaniach wykorzystano warstwę farby jako zakłócenie procesu spawania, lecz przedstawione metody analizy monitorowanych parametrów spawania będą także skuteczne w przypadku innych zakłóceń, które destabilizują jarzenie łuku w metodzie GMA, takich jak warstwa smaru, brak gazu osłonowego itp. Inne zakłócenia procesu spawania mogą wymagać odmiennych metod analizy parametrów spawania. Uzyskane wyniki wskazują, że metody statystyczne nie mogą być stosowane do identyfikacji zakłóceń lub spowodowanych nimi niezgodności. Do tego celu stosowane są metody sztucznej inteligencji.

Karty statystycznej kontroli jakości nie wskazują miejsca zakłócenia o najmniejszym nasileniu (rys. 11). Ważny jest także stosunek obszaru bez zakłóceń do obszaru z zakłóceniami. Jeżeli obszar zakłóceń będzie zbyt duży, mogą one pozostać nie wykryte, ponieważ odległość między górną i dolną linią graniczną będzie zbyt duża. W przypadku niektórych kart statystycznych należy także spełnić założenie, że w momencie rozpoczęcia analizy proces przebiega stabilnie.

## Literatura

- [1] Blakeley P.: Who should be using arc monitoring. *Welding and Metal Fabrication* 1990, no. 5, s. 268-272.
- [2] PN-ISO 8258:1996 + AC1 Karty kontrolne Shewharta.
- [3] Adolfson S., Bahrani A., Blomsjo G., Claesson I.: On-Line Quality Monitoring In Short-Circuit Gas Metal Arc Welding. *Welding Journal*, 1999, no 2, s. 59-73s.
- [4] Quinn T.P., Smith C., Mc Cowan C.N.: Arc Sensing for Defects in Constant-Voltage Gas Metal Arc Welding. *Welding Journal*, 1999, no 9, s. 322-328.
- [5] Wu C.S., Polte T., Rehfeldt D.: A Fuzzy Logic System for Process Monitoring and Quality Evaluation in GMAW. *Welding Journal*, 2001, no. 2, s. 33-37.
- [6] Dilthey U., Hichri H.: Structure of a monitoring and control system for the on-line checking of GMA welding processes on the basis of a neuro-fuzzy architecture. *Welding and Cutting*, 2003, no. 6, s. 316-321.
- [7] Luksa K.: Influence of weld imperfection on short circuit GMA welding arc stability. *Journal of Materials Processing Technology*, 2006, vol. 175, no 1/3, s. 285-290.
- [8] <http://www.somar.com.pl/oferta/monitorowanie-procesow-spawania>

## Zapowiedź wydawnicza

Paweł Cegielski, Krzysztof Skrzyniecki, Andrzej Kolasa, Paweł Kołodziejczak

### Badanie stabilności układu – urządzenie zasilające w warunkach kontrolowanych zakłóceń przebiegu spawania

Od kilku lat w Zakładzie Inżynierii Spajania Politechniki Warszawskiej prowadzone są badania zależności pomiędzy zjawiskami zachodzącymi w łuku spawalniczym w różnych odmianach metody MAG, a parametrami elektrycznymi układu łuk - urządzenie spawalnicze. Jednym z etapów były badania stabilności układu łuk - urządzenie zasilające, prowadzone w warunkach kontrolowanych, sztucznie wywoływanych zakłóceń przebiegu procesu spawania. Próbom towarzyszyły zaawansowane rejestracje sposobów przechodzenia metalu

w przestrzeni łukowej z końca topiącej się elektrody do jeziora ciekłego metalu filmowanego szybką kamerą, zsynchronizowanego z przebiegami prądu spawania i napięcia łuku. W artykule omówiono najważniejsze założenia techniczne unikalnej formy rejestracji oraz pierwsze analizy otrzymanych wyników badań. Przedstawione rezultaty otrzymano w ramach pracy naukowej finansowanej ze środków budżetowych na naukę w latach 2010 – 2013 jako projekt badawczy własny Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego nr N N503 206339.

Artykuł zostanie opublikowany w jednym z kolejnych numerów Przeglądu Spawalnictwa.