

SERGEI IVANOWICH KUCHUK-YATSENKO
PIOTR MIKHAILOVICH RUDENKO
VALERY SEMIONOVICH GAVRYSH
ALEXANDR VLADIMIROVICH DIDKOVSKY
VALENTINA IVANOVNA SHVETS
EVGENI VALENTINOVICH ANTIPIN
PIOTR WOJTAS
ARTUR KOZŁOWSKI

Kontrola operacyjna w informacyjnym systemie zarządzania zgrzewaniem doczołowym szyn realizowana w czasie rzeczywistym

Kontrola operacyjna jakości zgrzewania szyn jest zasadniczym elementem kontroli procesu całego procesu technologicznego produkcji szyn. W praktyce do tego celu stosowane są systemy działające w czasie rzeczywistym. W artykule zaproponowano nową metodę, która stosuje logikę rozmytą do analizowania danych pochodzących z testów mechanicznych połączeń oraz inspekcji ultradźwiękowej połączeń.

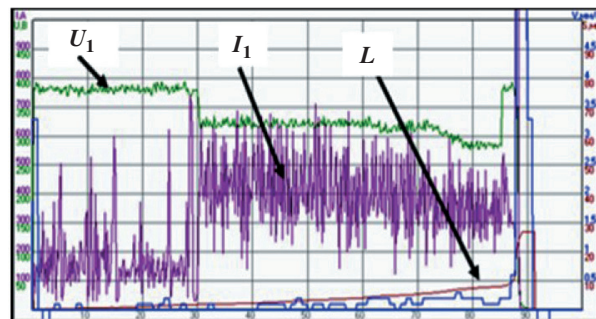
Słowa kluczowe: *logika rozmyta, spawanie, kontrola operacyjna*

1. WPROWADZENIE

Monitorowanie procesów produkcji składa się z kontroli wkładu, kontroli operacyjnej i kontroli przyjęcia. Kontrola wkładu to kontrola produktu, który dociera do konsumenta i jest przewidziany do użycia w procesie produkcji. Materiały wykorzystane przy produkcji muszą być sprawdzone. Kontrola operacyjna to kontrola produktu lub procesu, który odbywa się podczas realizacji określonych działań lub po ich zakończeniu. Kontrola przyjęcia jest kontrolą produktu finalnego. W jej wyniku zapada decyzja o zgodności produktu z normami i wymaganiami użytkowymi oraz o dostarczeniu produktu do konsumenta. Wyniki kontroli przyjęcia służą identyfikacji tych wad produktu, które nie zostały zidentyfikowane w trakcie kontroli operacyjnej oraz wprowadzeniu ewentualnych koniecznych zmian.

Zgrzewanie doczołowe iskrowe jest procesem o wielu zmiennych, w którym można wskazać różne fazy i zmiany napięcia, prądu, przemieszczenia, prędkości, oporu i energii (rys. 1). Aby uzyskać maxi-

мум informacji o naturze i przebiegu procesu zgrzewania doczołowego iskrowego oraz by poznać jego cechy, przeprowadzono ciągłą rejestrację tych parametrów na etapie opracowania technologii zgrzewania doczołowego iskrowego [1]. Informacja ta użyta została przez konstruktorów do udoskonalenia procesu zgrzewania, jednak nie posłużyła jako źródło oceny jakości zgodnie z dokumentami normatywnymi.



Rys. 1. Proces zapisywania procesu zgrzewania doczołowego iskrowego szyn na maszynie K1000. U_1 i I_1 – napięcie i prąd zgrzewania na wejściu transformatora, L – liczba przemieszczeń części zgrzewanych (próbka stopionego metalu i spęczenie)

W wyniku eksperymentów zidentyfikowano zależności jakościowe poprzez zmiany niektórych parametrów zgrzewania, jak też zbadano wpływ tych parametrów na zmianę struktury spawów. W wyniku tych działań informacja o zmianie jakichkolwiek parametrów może być użyta do oceny ilościowej tego wpływu. Jakość spawów określona jest tolerowanymi odstępstwami głównych parametrów, zapisanymi w warunkach technicznych produktów spawanych (tab. 1). Można było zatem przeprowadzić kontrolę działania procesu rejestracji oraz porównanie tych parametrów w czasie rzeczywistym w celu natychmiastowego określenia parametrów wyjściowych warunków tolerancji, a także zmniejszyć prawdopodobieństwo uzyskania zgrzewu o niskiej jakości [1].

Tabela 1

Tolerowane odstępstwa od podstawowych parametrów zgrzewania doczołowego iskrowego na maszynach mobilnych, takich jak K900, K920, K922 (szyny typu P65, UIC60) oraz na maszynie stacjonarnej K1000 (szyny typu P50, P65, P75, UIC60)

Parametry zgrzewania	Wartości parametrów
Ciśnienie spęczania [MPa]	9–12
Prędkość spęczania [mm/s]	nie mniej niż 20 / 30
Prędkość topnienia [mm/s]	0,065–0,20 / 0,07–0,20
Prędkość w chwili zakończenia topnienia [mm/s]	0,7–2,5
Napięcie wejściowe transformatora zgrzewającego [V]: – uzwojenie pierwotne – uzwojenie wtórne	355–440 250–360
Naddatek topnienia [mm]	9–18
Naddatek spęczania [mm]	11,5–17 / 12–18

2. KONTROLA POŁĄCZEŃ

Kontrola przyjęcia spawów opiera się na inspekcji ultradźwiękowej oraz testach mechanicznych próbek szyn, regularnie w trakcie procesu zgrzewania. Kontroli dokonuje się na zgodność z warunkami technicznymi (obciążenie stopki szyny co najmniej 1400 kN przy odchyleniu co najmniej 30 mm według norm ukraińskich oraz odpowiednio 1600 kN i 20 mm według norm Unii Europejskiej). Testy akceptacyjne mogą być również użyte to skorygowania ustalonych wartości tolerancji.

Główną wadą takiego rodzaju kontroli wartości tolerancji jest to, że nie bierze ona pod uwagę następujących czynników:

- istotnej roli wpływu parametrów pojedynczych i ich kombinacji w celu oszacowania jakości spawu,
- rozmieszczenia parametrów procesu w zakresie wartości tolerancji,
- zatarcia granic tolerancji.

Biorąc to pod uwagę, w celu oceny jakości spawów (test wytrzymałości spawów oraz wartości zgięcia), opracowano algorytm sterowania na podstawie logiki rozmytej. Z powodu złożoności procesu zgrzewania doczołowego iskrowego nie można było stworzyć modelu analitycznego, statystycznego czy innego modelu numerycznego. Ocena jakości spawu, z określonym poziomem prawdopodobieństwa, oparta jest na regułach logicznych zawartych w studium na temat technologicznych właściwości zgrzewania doczołowego iskrowego.

Oto niektóre z tych reguł [1, 2]:

- im wyższa samoregulacja, tym wyższa stabilność topnienia;
- im wyższa stabilność topnienia, tym niższa intensywność niszczenia styków spawanych;
- im niższy opór zwarcia maszyny spawalniczej Z_{sc} , tym wyższa samoregulacja (wyższa stabilność topnienia) i może dojść do zmniejszenia napięcia topnienia U_{me} .

Pole temperatury w zgrzewanym produkcie określić można za pomocą współczynnika wydatkowanej energii Q oraz wartości próbki stopionego metalu L (tab. 2).

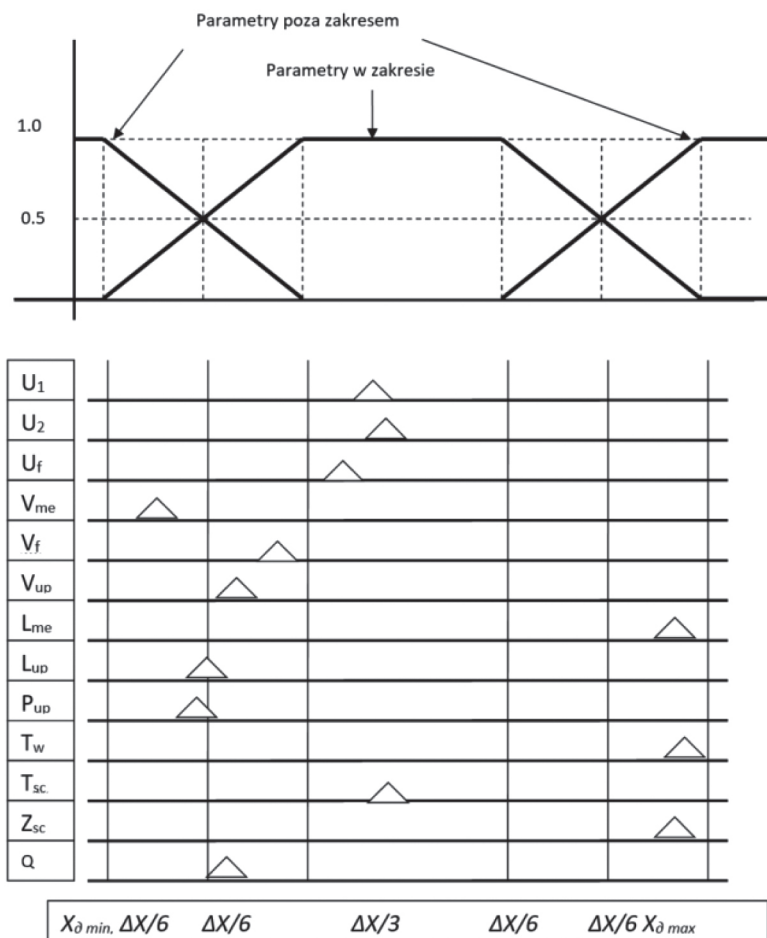
Na tej podstawie i na podstawie podobnych reguł opracowano oparte na logice rozmytej zasady oceny jakości połączeń spawanych.

Aby uwzględnić granice rozmycia dopuszczalnych odchyłek konwersji wartości parametrów procesu, użyto ich zgodnie z wartościami tolerancji specyfikacji w liczbie bezwymiarowej – stopień jej zgodności według specyfikacji parametrów w warunkach technicznych. Funkcje przekształceń, które mogą przybierać różne kształty, przedstawiono w formie trapezu (rys. 2). Tak więc w środku tej tolerancji $X_{av} \pm \Delta X$, gdzie X_{av} – wartość średnia oraz $\Delta X = 1/6(X_{max} - X_{min})$, funkcja przynależności specyfikacji parametru jest równa 1, a następnie, w zakresie tolerancji, zmniejsza się liniowo do zera. Zależności logiczne od efektu jakościowego parametrów procesu zgrzewania oporowego doczołowego opracowano na podstawie wniosków technologicznych, które biorą pod uwagę zarówno względny wpływ na proces, jak i lokalizację parametrów w strefie tolerancji.

Tabela 2

Ocena pola temperatury w zależności od błędów odtwarzania danej energii Q oraz wartości próbki topionego metalu L , TF – pola temperatury (oh – przegrzanie, lh – niedogrzanie)

TF	Duży błąd ujemny L	Mały błąd ujemny L	Wartość nominalna L	Mały błąd dodatni L	Duży błąd dodatni L
Duży błąd ujemny Q	złe TF	złe TF (lh)	złe TF (lh)	złe TF (lh)	złe TF (lh)
Mały błąd ujemny Q	złe TF (oh)	normalne TF	złe TF (lh)	złe TF (lh)	złe TF (lh)
Wartość normalna Q	złe TF (oh)	złe TF (oh)	normalne TF	złe TF (lh)	złe TF (lh)
Mały błąd dodatni Q	złe TF (oh)	złe TF (oh)	złe TF (oh)	normalne TF	złe TF (lh)
Duży błąd dodatni Q	złe TF (oh)	złe TF (oh)	złe TF (oh)	złe TF (oh)	normalne TF



Rys. 2. Funkcja konwersji rozmytej zgrzewania oporowego czołowego w celu kontroli jakości połączeń spawanych

Ocena jakości zgrzewania przeprowadzana jest więc w wyniku analizy parametrów na trzech etapach procesu: topnienie próbek metalu – utworzenie pola temperatury na końcach zgrzewanych produktów, końcowy etap topnienia próbek metalu – utworzenie środowiska ochronnego w przerwie iskrowej oraz spęczenie – utworzenie związków chemicznych w fazie

stałej. Wynik określany jest przez stopień wiarygodności opcji dopasowania na tych etapach specyfikacji tolerancji oraz, co za tym idzie, prawdopodobieństwa uzyskania styku spawanego odpowiadającego warunkom technicznym.

W następnym etapie te wyrażenia logiczne zostały przetworzone za pomocą znanych reguł na formę

dogodną do implementacji na komputerze. Oprócz wyjaśnienia kwestii tolerancji rozwijany algorytm sterowania może być aktualizowany zgodnie z wynikami porównania jego oceny dotyczącej akceptacji danych przez adaptację algorytmów i sieci neuronowych [4–7].

3. SYSTEM ZARZĄDZANIA

Informacje na temat parametrów procesu oraz opinia o ich zgodności z warunkami technicznymi, w formie protokołu, stanowią kluczowy zestaw danych o procesie zgrzewania. Dane te są przechowywane przez cały czas realizacji procesu zgrzewania na liniach kolejowych i zawierają duże ilości informacji. Informacje te, razem z certyfikatem zgodności produktu, mogą być używane do wykrywania zakłóceń procesu zgrzewania, lecz nie są mierzalne za pomocą metod bezpośrednich. Takie metody przetwarzania danych, nazywane eksploracją danych, używane są do wykrywania wcześniej nieznanymi danych (Wikipedia: https://pl.wikipedia.org/wiki/Eksploracja_danych).

Użycie znanych metod przetwarzania danych statystycznych na temat styków, zbieranych przez konkretne okresy na tej samej maszynie, w tym samym zakładzie zgrzewającym szyny lub w całej branży przemysłowej pomagają zoptymalizować warunki obsługi maszyn spawalniczych oraz zarządzanie procesem produkcji szyn zgrzewanych.

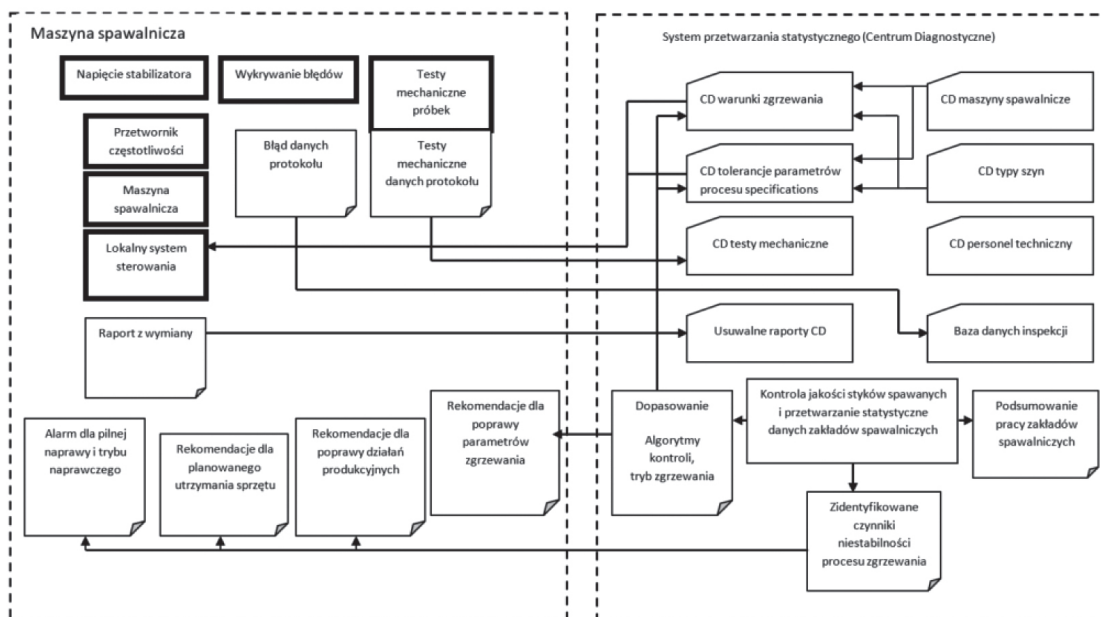
W tym celu w Instytucie Paton we współpracy z Instytutem Technik Innowacyjnych EMAG z Katowic opracowano dwupoziomowy system zarządzania informacją (rys. 3). Na niższym poziomie cyfrowy sys-

tem sterowania używa tradycyjnej kontroli jakości połączeń spawanych w celu natychmiastowej reakcji na zespolenie i zapobiega jego dalszemu rozpowszechnianiu.

Następnie informacje o stykach spawanych przekazywane są z maszyny zgrzewającej w fabryce na wyższy poziom – do centrum diagnostycznego. Centrum to przeprowadza statystyczne przetwarzanie protokołów ze zgrzewania szyn, tak aby wykryć zakłócenia, które trudno kontrolować za pomocą bezpośrednich pomiarów. Na przykład słaba realizacja działań pomocniczych w zakresie przygotowania szyn przed procesem zgrzewania, odchylenia od fizykochemicznych własności szyn metalowych, słabe przygotowanie technologiczne personelu obsługi technicznej, złe warunki produkcji.

Oprócz bezpośredniej kontroli cyfrowej procesu zgrzewania, istniejące lokalne systemy sterowania oferują następujące funkcje:

- przewidywanie jakości połączeń spawanych dla bardziej zaawansowanych algorytmów z możliwością użycia usług profesjonalistów w szczególnych przypadkach;
- monitorowanie warunków technicznych sprzętu zgrzewającego oraz tworzenie rekomendacji i planowania w zakresie utrzymania systemu;
- identyfikacja i rozpoznanie sytuacji alarmowych w celu przeprowadzenia natychmiastowej interwencji w procesie;
- identyfikacja odchylenia systemowych i trendów w parametrach procesu zgrzewania, które mogą prowadzić do pogorszenia jakości spawów, tworzenie rekomendacji do dostosowania parametrów zgrzewania.



Rys. 3. Schemat blokowy dwupoziomowego systemu zarządzania informacją

W przypadku zgrzewania doczołowego iskrowego na maszynach stacjonarnych i przenośnych następujące czynniki mogą powodować odchylenia w procesie produkcji i tym samym naruszenie jakości połączeń spawanych [1, 2]:

- 1) słaba realizacja działań pomocniczych przeprowadzanych na szynach przed rozpoczęciem zgrzewania takich jak: przygotowanie końców, czyszczenie powierzchni szyn, działania w zakresie zasilania prądem oraz postępowanie ze spawami po zgrzewaniu – obróbka powierzchni szyn w trakcie stępienia ostrych krawędzi;
- 2) pogorszenie stanu technicznego sprzętu zgrzewającego, na przykład wzrost oporu w maszynie spawalniczej;
- 3) wady metalu, z którego odlana jest szyna;
- 4) słaba praktyka technologiczna spawacza (ułożenie szyn przed zgrzewaniem);
- 5) niezadowalające warunki produkcji, na przykład niepożądane zmiany w napięciu zasilania;
- 6) niekorzystny układ parametrów procesu, nawet jeżeli parametry są w granicach tolerancji, na przykład obniżenie napięcia zasilania i zwiększenie oporu maszyny spawalniczej.

W celu identyfikacji opisanych zakłóceń następuje przetwarzanie protokołów dotyczących spawów za pomocą metod statystycznych oraz ich grupowanie według odpowiednich cech (tab. 3).

Podczas zgrzewania, w czasie rzeczywistym generowane są następujące informacje (rys. 4):

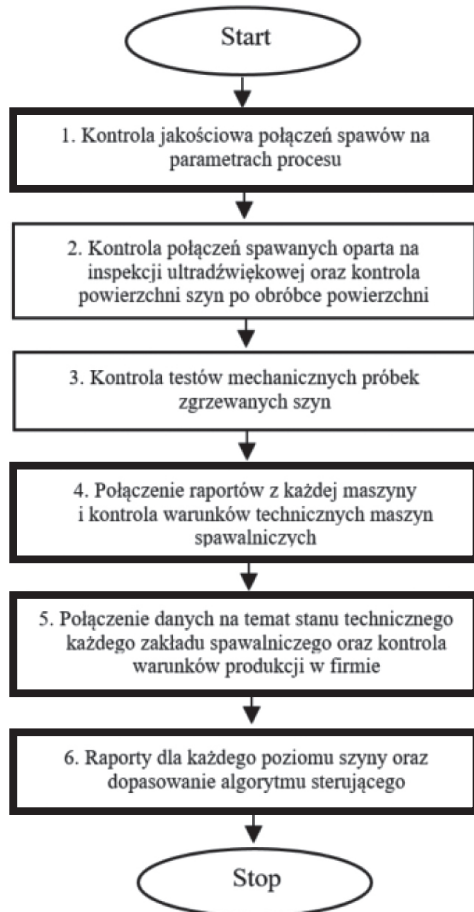
- 1) Wskaźnik jakości połączenia spawanego (prawdopodobieństwo zgodności z wymaganiami specyfikacji) obliczany jest po zgrzaniu połączenia na zmierzonych wartościach procesu zgrzewania przy użyciu algorytmu sterującego opartego na logice rozmytej [4–7]. Dane dotyczące numeru maszyny spawalniczej, nazwiska spawacza, inżyniera oraz członków zespołu do działań pomocniczych (przygotowanie szyn przed zgrzewaniem i obróbka styków spawanych po zgrzewaniu) zostały odpowiednio zgrupowane.
- 2) Pęknięcia, brak połączenia, matowe plamy itp. sprawdzane są za pomocą inspekcji ultradźwiękowej dla każdego styku spawanego. Dane te są zapisywane w bazie danych inspekcji. Wizualnie sprawdza się również jakość obróbki styku po stępieniu ostrych krawędzi. Informacja o wyżej wymienionych defektach oraz o błędnym interfejsie przetwarzania jest natychmiast dostępna dla spawaczy i brygadzysty. Wadliwy styk jest wycinany. Funkcje te są realizowane poza kontrolą systemu. Dane z inspekcji wprowadzane są ręcznie.
- 3) Na początku, w środku i na zakończenie dnia pracy przeprowadza się testy mechaniczne wybranych zespawanych szyn. Dane testowe odchylenia L_{de} i wytrzymałości F_b są porównywane z określonymi

Tabela 3

Identyfikacja przyczyn naruszeń w procesie zgrzewania doczołowego iskrowego szyn

Lp.	Przyczyna naruszenia procesu zgrzewania doczołowego iskrowego szyn	Identyfikacja parametrów	Wielkość próbki	Grupy parametrów	Efekty parametryczne
1	działania pomocnicze: przygotowawcze przed zgrzewaniem oraz po zakończeniu procesu zgrzewania	Z_{sc} , przetwarzanie danych wizualnych po zgrzewaniu	1–2 dni robocze	nazwisko kierownika + nazwa zgrzewarki	metody i sprzęt
2	stan techniczny sprzętu zgrzewającego	$T_w, U_1, U_2, V_{me}, V_f, V_{up}, L_o, L_{up}, Z_{sc}$	1/3–1 miesiąc	numer maszyny	utrzymanie, naprawa
3	właściwości fizykochemiczne szyn metalowych	L_{de}, F_b , inspekcja danych	natychmiast po wykryciu lub 1 dzień roboczy	numer partii, znak szyny, numer maszyny	korekta trybu zgrzewania
4	działania techniczne spawaczy	T_w, T pomiędzy zgrzewaniem, Z_{sc} , opóźnienie	natychmiast po wykryciu lub 1 dzień roboczy	nazwisko spawacza	metody (instrukcje produkcyjne)
5	kontrola procesowa zgrzewanych próbek i inspekcja ultradźwiękowa	L_{de}, F_b , dane inspekcji ultradźwiękowej	1 dzień roboczy	nazwisko spawacza nazwisko radiografa	metody i sprzęt
6	warunki produkcji	$U_1, U_2, V_{me}, V_f, V_{up}$	1–2 miesiące	zakład spawalniczy	stabilizacja U_{ps} lub T_{oil}
7	niepożądana kombinacja parametrów procesu	kontrola rozmyta i monitoring	natychmiast po wykryciu lub 1 dzień roboczy	numer spawu	korekta trybu zgrzewania

z góry wartościami. Jeżeli uzyskane wartości są niższe niż te określone z góry, zgrzewa się i testuje dodatkowe próbki, tak aby zidentyfikować autentyczność nieakceptowanego odstępstwa. Gdy nieakceptowane odstępstwo zostaje potwierdzone, następuje dopasowanie procesu zgrzewania. Uzyskane dane używane są do przystosowania wzorcowej kontroli jakości zgrzewania.



Rys. 4. Algorytm sterowania procesem zgrzewania szyn. Działania w wytuszczonych polach odbywają się w trybie automatycznym

W trybie offline generowane są następujące informacje.

- 1) Aby sprawdzić stan techniczny maszyny spawalniczej, dane z takiego samego typu szyn, zgrzewanych na tej samej maszynie, uporządkowane są według warunków technicznych maszyny (w formie protokołu). Czas reakcji i odpowiednio czas średni, mogą mieć znaczenie – od jednego do kilku dni roboczych. Oczywiście informacja na temat napraw poawaryjnych dostarczana jest bezzwłocznie.

Aby kontrolować warunki produkcji, dokonuje się oceny statystycznej zgrzewania na tym samym typie

maszyny i w tej samej fabryce, a dane umieszcza się według określonego porządku. Stabilność napięcia zasilania określana jest przez napięcie U_1 , U_2 . Stabilność napędu hydraulicznego, związanego z temperaturą otoczenia i jej wpływem na płyn hydrauliczny, określona jest prędkościami V_{me} , V_f , V_{up} . Porównanie tych szacowanych wartości w różnych zakładach spawalniczych może posłużyć jako podstawa decyzji o udoskonaleniu warunków produkcji.

Średnie i skuteczne wartości parametrów zgrzewania zostały użyte w analizie statystycznej rozkładu wartości losowych parametrów procesu zgrzewania. Aby porównać różne parametry, wartości te były następnie przedstawione w jednostkach względnych, tzw. współczynniku dokładności K_a oraz odniesienia K_r [3]:

$$K_a = 6 \cdot S / \delta; \quad K_r = (X_a - X_o) / \delta$$

gdzie:

S , X_a – RMS i średnie rozkładu parametrów procesu zgrzewania,

δ – tolerancja ustawień,

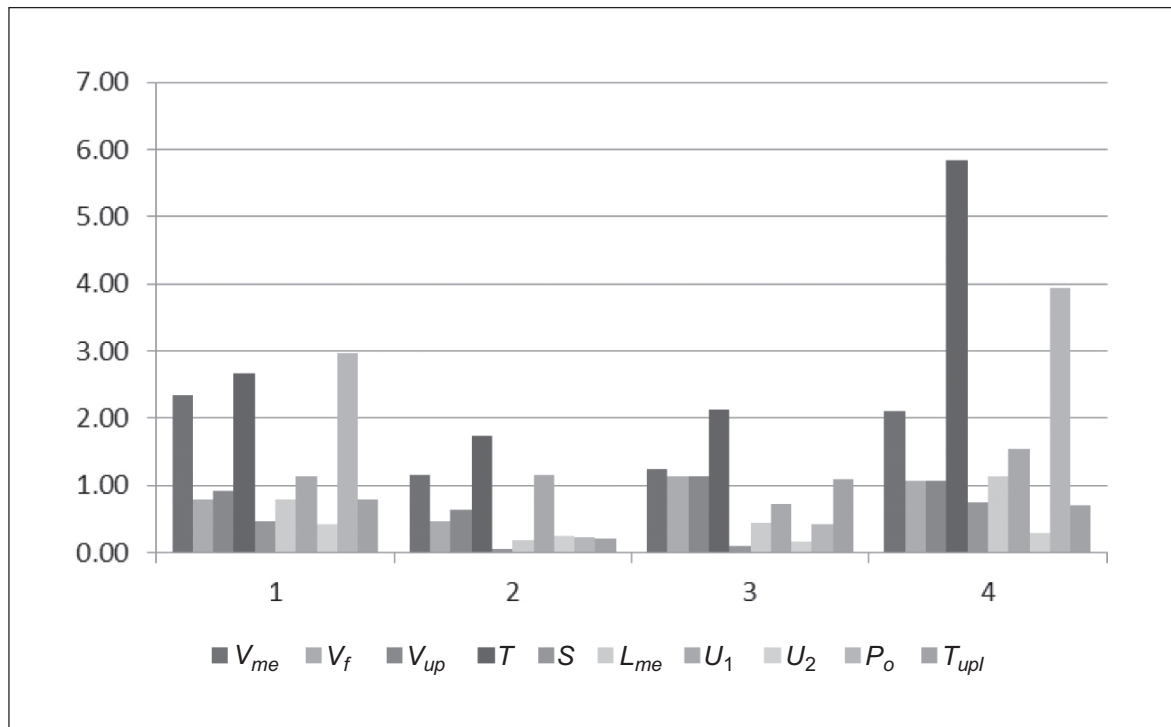
X_o – środek tolerancji lub określona wartość.

Aby przeanalizować wariancję, należy wziąć pod uwagę, że niektóre z monitorowanych parametrów (np. L_{me} , U_1 , U_2 , U_3 , P_o , T_{upl}) występują bezpośrednio w systemie zarządzania i błędy związane są z działaniem sprzętu oraz szczególnie z działaniem systemów sterowania.

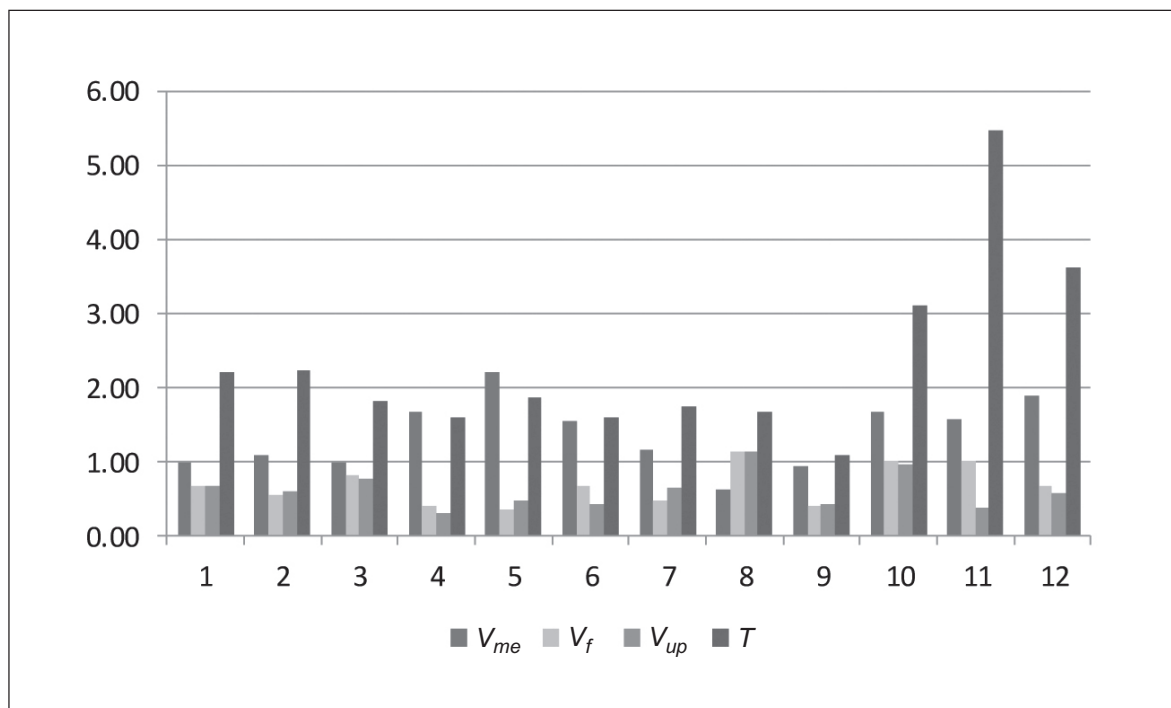
Inne parametry (V_{me} , T_w , V_f , V_{up}) określone są pośrednio. Błędy tych parametrów związane są zarówno ze stanem sprzętu spawalniczego, jak i z przebiegiem procesu.

Na przykład system weźmie pod uwagę dane ze wskaźnikiem dokładności K_a z dwunastu maszyn spawających w czterech zakładach spawalniczych, z około trzydziestu tysięcy styków spawanych.

Pośrednie ustawianie wartości parametrów (rys. 6) pokazuje, że w przypadku trzech urządzeń (10, 11, 12) zachodzi istotna różnica w kontekście czasu zgrzewania. Te maszyny zaliczają się do tzw. zgrzewarek i spodziewane jest przedstawienie przez nie całkowitego odchylenia w charakterystyce zgrzewania. Dodatkowo analiza przeprowadzona wprost na stanowisku wykazała różnice pomiędzy różnymi technologiami przygotowania końców szyn spawanych wcześniej przed zgrzewaniem w porównaniu z użyciem do tego innych zgrzewarek.



Rys. 5. Wskaźniki dokładności K_a parametrów V_{me} , V_f , V_{up} , T_w zgrupowane według maszyn



Rys. 6. Wskaźniki dokładności K_a parametrów, zgrupowane według zgrzewarek

Wartości współczynnika K_a dla parametrów zgrupowanych według zgrzewarek pokazują, że stacje hydrauliki w różnych zgrzewarkach (parametr P_o) różnią się pod względem warunków technicznych i wymagana jest ich dodatkowa weryfikacja (rys. 6).

Oprócz kwestii technicznych algorytm zawiera kwestie organizacyjne związane z produkcją torów zgrzewanych. Musi być zaktualizowany nie tylko na eksperymentalnym systemie zarządzania, lecz przede wszystkim skorygowany w zakresie urządzeń serwisujących tory.

4. PODSUMOWANIE

Kontrola jakości połączeń zgrzewanych oparta jest na kontroli operacyjnej, inspekcji ultradźwiękowej i testach mechanicznych próbek technologicznych.

Logika rozmyta jest podstawą do udoskonalenia niezawodności kontroli operacyjnej jako głównego środka do zapobiegania połączeniom w algorytmie sterującym w czasie rzeczywistym. Algorytm sterujący logiki rozmytej ustalany jest na podstawie testów mechanicznych połączeń i inspekcji ultradźwiękowej.

Opracowano dwupoziomowy system zarządzania informacją oraz przeprowadzono analizę statystyczną kontroli jakości połączeń zgrzewanych. Wyniki pokazały nowe możliwości w zakresie podwyższenia stabilności połączeń spawanych.

Literatura

- [1] Jacenko S.I.: *Kontaktная стыковая сварка оплавлением*, Naukowa dumka, Kijew 1992.
- [2] Gielman A.S.: *Osnovy swarkidawlenijem*, Maszynostrojenije, Moskwa 1970.
- [3] Pustyl'nik Je.I.: *Statisticzeskije metody analiza i obrabotki nabludienij*, Nauka, Moskwa 1968.
- [4] Krugłow W.W., Dli M.I.: *Intellektualnyje informacyonnyje sistemy: kompjutiernaja poddierzka sistem nieczetkoj logiki i nieczetkogo wywoda*, Fizmatlit, Moskwa 2002.

- [5] Terano T., Asai K., Sueno M.: *Applied Fuzzy Systems*, AP Professional, London 1994.
- [6] Kosko B.: *Fuzzy Engineering*, Prentice-Hall, Upper Saddle River 1997.
- [7] Wang L.X.: *A course in fuzzy systems and control*. Prentice-Hall, Upper Saddle River 1997.
- [8] Wojtas P., Kozłowski A.: *Innowacyjne rozwiązania CNP EMAG*, Sympozjum SEMAG: „Elektroenergetyka i automatyka w przemyśle wydobywczym”, Szklarska Poręba 2013.

SERGEI IVANOWICH KUCHUK-YATSENKO
PIOTR MIKHAILOVICH RUDENKO
VALERY SEMIONOVICH GAVRYSH
ALEXANDR VLADIMIROVICH DIDKOVSKY
VALENTINA IVANOVNA SHVETS
EVGENI VALENTINOVICH ANTIPIN
The E. O. Paton Electric Welding Institute of the NAS of Ukraine, ul. Kazimir Malevich 11, 03680 Kijów, Ukraina
office@paton.kiev.ua

dr inż. PIOTR WOJTAS
KZESO MACHINERY sp. z o.o.
ul. Karoliny 4, 40-186 Katowice
piotr.wojtas@kzesop.pl

dr inż. ARTUR KOZŁOWSKI
Instytut Technik Innowacyjnych EMAG
ul. Leopolda 31, 40-189 Katowice
A.Kozłowski@ibemag.pl