WYBRANE PROBLEMY SPAWANIA ŁUKOWEGO W PRZEMYŚLE MOTORYZACYJNYM

DOI: 10.24136/atest.2018.308

Data zgłoszenia: 30.08.2018. Data akceptacji: 25.09.2018.

W artykule przedstawiono problematykę spawania łukowego elementów o małej grubości: ocynkowanych, wykonanych z aluminium oraz stali nierdzewnej, których spawanie standardowym łukiem zwarciowym powodowało odkształcenia, obniżanie własności materiału i przywieranie odprysków. W celu wyeliminowania tych trudności powstały nowe odmiany spawania MIG/MAG, takie jak Rapid Z™, AC Pulse Aluminium, Rapid X™, Pulse-on-Pulse, charakteryzujące się precyzyjną kontrolą parametrów łuku i przenoszenia metalu oraz zmniejszeniem ilości wprowadzanego ciepła i ograniczeniem rozprysku.

Słowa kluczowe: obniżenie kosztów, jakość, wydajność

WPROWADZENIE

Przemysł motoryzacyjny, ze względu na globalną konkurencję, rosnące wymagania jakościowe stawiane produktom, a także dążenie do obniżenia kosztów produkcji wymusza innowacje i postęp w wielu różnych obszarach.

Wyzwaniem dla przemysłu motoryzacyjnego jest osiągnięcie redukcji wagi pojazdu (konieczne, aby spełnić surową europejską normę emisji CO₂ dotyczącą samochodów produkowanych od 2015 r.), przy jednoczesnej poprawie sztywności karoserii i poziomu bezpieczeństwa. Struktura karoserii ma znaczny udział w masie całkowitej pojazdu, dlatego też redukcja masy koncentruje się na wdrażaniu materiałów lekkich, takich jak zaawansowane stale o wysokiej wytrzymałości, blachy aluminiowe, odlewane i wytłaczane profile lub tworzywa sztuczne wzmocnione włóknami (Rys. 1).

Rys. 1. Zastosowanie nowych materiałów na przykładzie samochodu Porsche 970 Panamera [2]

Dominującymi technologiami spajania w montażu karoserii samochodowych są zgrzewanie rezystancyjne punktowe, spawanie łukowe (Rys.2), spawanie laserowe, spawanie hybrydowe, klejenie, nitowanie i metody łączenia plastycznego w tym przetłaczania.

Połączenie poszczególnych elementów nadwozia umożliwia stworzenie przestrzennej formy, która jest w stanie spełnić wymagania konstrukcyjne i eksploatacyjne, z zachowaniem aspektów ekonomicznych i proekologicznych [5].

Warunkiem stosowania struktur wielomateriałowych w nadwoziach samochodowych jest dostępność opłacalnych technologii spajania. Ze względu na odmienne właściwości nowych materiałów szybko docieramy do ograniczeń w procesach spajania dotychczas stosowanych, wymagają one poprawy, aby osiągnąć wystarczającą niezawodność i zdolność produkcyjną w warunkach produkcji seryjnej [1-3].

Rys. 2. Zastosowanie spawania łukowego w motoryzacji na przykładzie samochodu BMW 745i [6]

1. SPAWANIE ELEMENTÓW OCYNKOWANYCH

Blachy stalowe dla motoryzacji stosowane są w większości, jako blachy pokrywane powłokami cynkowymi nanoszonymi w sposób zanurzeniowy lub galwaniczny. Wynika to z małej odporności korozyjnej stali niestopowych oraz niskostopowych. Cynkowe powłoki ochronne wydłużają eksploatację samochodu dzięki ograniczeniu korozji.

Powszechnie stosowaną metodą w spawaniu elementów pokrytych cynkiem jest:

- mechaniczne usunięcie warstwy ochronnej cynku;
- wykonanie spoin metodą MAG;
- oczyszczenie spoiny i zabezpieczenie warstwą cynku w sprayu.

Zastosowanie tradycyjnych metod spawania łukowego do łączenia blach pokrytych cynkiem stwarza trudności ze względu na intensywne parowanie cynku które powoduje zakłócenia w przenoszeniu kropli do jeziora spawalniczego a nieregularny, słabo skupiony łuk (Rys. 3) wprowadza związki cynku z powłoki do spoiny, powodując tworzenie w złączu porów, pustek gazowych, pęknięć, braków przetopu i przyklejeń. Łuk jarzy się niestabilnie (Rys. 4), a spawany element traci swoje właściwości antykorozyjne [7].

Rys. 3. Pole temperatury w standardowym procesie DC (prąd stały) spawania cienkościennych elementów ocynkowanych [6]

Rys. 4. Przenoszenie kropli do jeziora w standardowym procesie DC w zależności od biegunowości [6]

W celu pokonania wyzwań związanych ze spawaniem stali ocynkowanych firma Lincoln Electric opracowała zaawansowany proces spawania prądem AC (prąd przemienny) – Rapid Z™, zapewniający pełną kontrolę parametrów spawania. W procesie tym kropla stopionego metalu jest mocno skupiona (Rys. 5).

Rys. 5. Pole temperatury w procesie Rapid Z™ spawania cienkościennych elementów ocynkowanych [6]

Przenoszenie kropli do jeziora odbywa się w sposób kontrolowany (Rys. 6), co zapewnia stabilność procesu.

Rys. 6. Przebieg prądowy i sposób przenoszenia kropli do jeziora w procesie Rapid Z™ [6]

Zastosowanie procesu Rapid Z™ pozwala na:

- spawanie z wysoką prędkością (do 130 cm/min);
- szeroki zakres grubości spawanych materiałów;

- minimalizację porowatości;
- zmniejszenie ilości odprysków;
- ograniczenie ilości ciepła wprowadzonego do elementów podczas spawania (niska energia liniowa).

2. SPAWANIE ELEMENTÓW ZE STALI NIERDZEWNEJ

Układy wydechowe pojazdów samochodowych pracują w ekstremalnie trudnych warunkach. Podczas jazdy poszczególne części nagrzewają się, w czasie postoju stygną a wtedy na ściankach gromadzi się para wodna. Składniki spalin wchodzą w reakcję z wodą, tworząc kwasy przyczyniające się do przyspieszenia korozji od wewnątrz a woda chlapiąca na układ wydechowy od spodu pojazdu zawierająca często rozpuszczone sole przyczynia się do korozji od zewnątrz. Zastosowanie do budowy układów wydechowych wykonanych ze stali nierdzewnej (Rys. 7) spowodowało zwiększenie ich wytrzymałości i trwałości [8].

Rys. 7. Układy wydechowe – budowa i materiały [6]

Podczas spawania stali nierdzewnych, utrudnienia występują głównie w strefie wpływu ciepła (SWC). Typowe zagrożenia to utrata odporności korozyjnej oraz udarności i obniżenie własności mechanicznych, powodowane zmianami w strukturze i występowaniem w niej faz międzymetalicznych. Dlatego tak ważne jest zastosowanie właściwej technologii spawania.

Innowacyjny, impulsowy proces Rapid X™ wykorzystujący spawanie krótkim łukiem spawalniczym, pozwala na zwiększenie prędkości spawania i uzyskanie głębszego wtopienia. Przebieg prądu (Rys. 8) kształtowany jest w trybie synergicznym – na podstawie prędkości podawania drutu, ustawionej przez operatora dobierane jest automatycznie napięcie spawania, zgodnie z wcześniej zaprogramowanymi nastawami [6].

Rys. 8. Przebieg prądowy i sposób przenoszenia kropli do jeziora w procesie Rapid X™ [6]

Dzięki ograniczeniu ilości wprowadzonego do złącza ciepła zmniejszono odkształcenia spawalnicze a dzięki stabilizacji jarzenia

się łuku uzyskano połączenia o wysokiej jakości, praktycznie bez rozprysków (Rys. 9).

Rys. 9. Połączenia elementów układu wydechowego wykonane z zastosowaniem procesu Rapid X™ [6]

3. SPAWANIE ELEMENTÓW Z ALUMINIUM

Wysoka wytrzymałość aluminium w porównaniu do jego masy pozwala na zmniejszenie masy pojazdów. Pozwala to na stosowanie mniejszych, bardziej oszczędnych silników bez uszczerbku dla możliwości eksploatacyjnych pojazdów. Zastosowanie aluminium wymaga zmian w procesie produkcyjnym. Elementy mają mniejszą grubość a w związku z tym margines błędu jest znacznie bardziej wyraźny niż przy elementach wykonanych ze stali niestopowej. Zaletą aluminium jest też to, że jest jednym z najłatwiejszych materiałów do recyklingu. Dzięki temu materiał złomowany wytworzony w procesie tłoczenia może zostać zwrócony producentowi w łańcuchu dostaw o zamkniętej pętli. To nie tylko oszczędza zasoby, ale także obniża koszty produkcji.

W procesie AC Pulse zmniejszono ilość wprowadzonego ciepła dzięki zmianie polaryzacji łuku i skupieniu energii jak najdalej od materiału spawanego. Proces umożliwia łatwiejsze spawanie cienkich materiałów oraz złączy z większymi szczelinami. Przebieg prądu (Rys. 10) kształtowany jest w trybie synergicznym – na podstawie prędkości podawania drutu, ustawionej przez operatora, urządzenie dobiera samoczynnie zaprogramowaną wartość nominalnego napięcia spawania, a za pomocą pokrętła regulacji można precyzyjnie kontrolować długość łuku dostosowując jego charakterystykę do potrzeb użytkownika [6].

Rys. 10. Przebieg prądowy i sposób przenoszenia kropli do jeziora w procesie AC Pulse Aluminium [6]

Proces Pulse-on-Pulse™ jest opatentowanym procesem firmy Lincoln Electric, przeznaczonym do spawania materiałów aluminiowych o grubości poniżej 6 mm. W procesie tym zastosowano dwa rodzaje impulsów. Sekwencja impulsów (Rys 11) o wysokiej energii zapewnia natryskowe przenoszenie materiału dodatkowego do jeziora. Następnie podawana jest sekwencja takiej samej liczby impulsów o niskiej energii. Liczba impulsów jest zależna od prędkości podawania drutu. Wartość prądu szczytowego, prądu podkładu oraz częstotliwość są identyczne dla obu rodzajów impulsów, jednak inne nachylenie narastania i opadania prądu powoduje, że impulsy mają różny poziom energii. Impulsy o niskiej energii zapew-

niają studzenie jeziora i powstanie spoiny z łuskowatym ścięciem. Sekwencję impulsów o wysokiej i niskiej energii następują po sobie w stałych odstępach czasu, spoina odznacza się jednorodnym, powtarzalnym układem „łusek” [6].

Rys. 11. Przebieg prądowy w procesie Pulse-on-Pulse [6]

Na zwiększenie lub zmniejszenie odległości pomiędzy „łuskami” na licu spoiny mają wpływ ustawienia parametru UltiArc™ (Rys. 12) [6].

Rys. 12. Wpływ ustawień parametru UltiArc™ na wygląd lica spoiny w procesie Pulse-on-Pulse [6]

4. ROBOTYZACJA PROCESÓW SPAWALNICZYCH W PRZEMYSŁE MOTORYZACYJNYM

Jednym ze sposobów na podniesienie jakości i obniżenie kosztów produkcji jest robotyka i automatyzacja procesów produkcyjnych. Przemysł motoryzacyjny, jest jedną z najbardziej zrobotyzowanych gałęzi przemysłu (Rys. 13) [9]. Roboty przeznaczone do procesów spawalniczych stanowią około 40% wszystkich zastosowań robotów, głównie za sprawą montowni samochodów osobowych, gdzie procesy wytwarzania karoserii zostały praktycznie całkowicie zautomatyzowane, a 90% z nich pracuje w oparciu o metody MIC/MAG [10].

Dzięki pracom rozwojowym w zakresie robotyki i oprzyrządowania, zmieniło się podejście do modernizacji procesów produkcyjnych. Do niedawna stanowiska zrobotyzowane stosowano najczęściej w produkcji wielkoseryjnej, jednakże postęp technologiczny, dzięki łatwości programowania i przekazywania informacji do robota

pozwała budować stanowiska zrobotyzowane, jako stanowiska elastyczne, które mogą realizować procesy w odniesieniu do produkcji średnio, a nawet małoseryjnej i w odniesieniu do różnych elementów.

Rys. 13. Sprzedaż robotów przemysłowych na świecie wg branż przemysłu w latach 2011-2014 [11]

Zastosowanie zrobotyzowanych stanowisk spawalniczych daje następujące korzyści dla przedsiębiorstwa:

- możliwość szybkiego zwiększenia wielkości produkcji;
- większą elastyczność produkcji;
- automatyczne monitorowanie i rejestrację parametrów spawania a także możliwość wprowadzania działań korygujących (kontrola procesu);
- poprawa jakości i powtarzalności wyrobów;
- obniżka kosztów produkcji przez eliminację braków;
- optymalizacja zużycia materiałów
- w wyniku włączenia systemu w infrastrukturę informatyczną przedsiębiorstwa dostępność danych dla wszystkich zainteresowanych pracowników.

Prędkość przepływu informacji i jej aktualność jest ważnym aspektem dobrego zarządzania. Dotyczy to wszystkich działów przedsiębiorstwa, a w połączeniu z automatyzacją i robotyzacją produkcji wpływa na szybsze zrealizowanie zamówień przy zachowaniu oczekiwanej jakości.

PODSUMOWANIE

Wymagania narzucane współczesnym wytwórcom przez silną konkurencję wymuszają ciągle podnoszenie jakości wyrobów oraz jednocześnie redukcję kosztów produkcji. Zastosowanie robotów do realizacji procesu spawania pozwala spełnić te pozornie przeciwstawne sobie wymogi. Roboty zastępują pracowników i są niezastąpione w aplikacjach, w których kluczową rolę odgrywa wysoka dokładność i powtarzalność. Bardzo szybko rozwijająca się technika komputerowa, zwłaszcza w dziedzinie automatyki i robotyki, wskazuje na celowość poszukiwania nowych rozwiązań dla zastosowań przemysłowych.

Wyzwania związane z procesem spawania łukowego mają znaczący wpływ na osiągnięcie celów produkcyjnych. Typowymi przyczynami nieskuteczności procesu spawania łukowego są:

- słabe dopasowanie części;
- niepowtarzalność punktu centralnego narzędzia;
- odkształcenia i odpryski pogarszające estetykę połączeń;
- zarządzanie zmianami materiałów eksploatacyjnych.

Skuteczne zarządzanie tymi elementami jest niezbędne, aby firmy mogły sprostać wymaganiom jakościowym i zaspokoić popyt na produkcję.

BIBLIOGRAFIA

1. Senkara J.: *Współczesne stale karoseryjne dla przemysłu motoryzacyjnego i wytyczne technologiczne ich zgrzewania*. Przegląd Spawalnictwa, 2009 nr 11. s. 3-7.
2. Meschut G., Janzen V., Olfermann T.: *Innovative and highly productive joining technologies for multi-material lightweight car body structures*. Journal of Materials Engineering and Performance, 23(2014)5, p. 1515-1523.
3. Idzior M.: Kierunki zmian materiałowych w motoryzacji w świetle wymogów ekologii, Motrol. Motoryzacja i Energetyka Rolnictwa, 9(2007), s. 72-87.
4. Pałubicki S.: *Innowacyjne procesy spawania w przemyśle motoryzacyjnym*, Autobusy – Technika, Eksploatacja, Systemy Transportowe, 2017 nr 6. s. 389-394.
5. Mucha J. *Technologia połączeń przetłaczanych w przemyśle motoryzacyjnym*. The Archives of Automotive Engineering – Archiwum Motoryzacji. 2017; 76(4): <http://dx.doi.org/10.14669/AM.VOL76.ART4>
6. Materiały firmy Lincoln Electric, Seminarium Automotive 2017, Bielawa, Polska, 25-26.04.2017
7. Różański M.: *Lutospawanie MIG/MAG blach ocynkowanych i przykłady trudno spawalnych układów materiałowych*. Przegląd Spawalnictwa, nr 9/2007, s. 7-12.
8. Rajadurai S., Afras M., Ananth S., Surendhar S.: *Materials for Automotive Exhaust System*, International Journal of Recent Development in Engineering and Technology Website: www.ijrdet.com (ISSN 2347-6435(Online) Volume 2, Issue 3, March 2014)
9. Rostecka M., Wolniak R.: *Doskonalenie jakości procesów spawalniczych w wyniku wdrożenia robotyzacji*, Oficyna Wydawnicza Stowarzyszenia Menedżerów Produkcji i Jakości, Częstochowa 2017
10. Pilarczyk J.: *Kierunki rozwoju współczesnego spawalnictwa*. Biuletyn Instytutu Spawalnictwa w Gliwicach, nr 5/2001, s. 15-19.
11. Rostecka M., Wolniak R.: *IT systems in aid of welding processes quality management in the automotive industry*. Archives of Metallurgy and Materials, nr 4/2016, p. 1785–1792.

Selected problems of arc welding in the automotive

The article presents the problem of arc welding of elements: low thickness, galvanized, made of aluminum and stainless steel, whose welding with a standard short arc caused deformation, lowering material properties and sticking of spatter. In order to eliminate these difficulties created new types of MIG/MAG welding, the Rapid ZTM, AC Pulse Aluminum, Rapid XTM, Pulse-on-Pulse, characterized by precise control of the parameters of the arc and metal transfer and reducing the amount of heat input and reduced spatter.

Key words: lowering costs, quality, productivity

Autor:

mgr inż. **Stanisław Pałubicki** – Politechnika Koszalińska, Wydział Mechaniczny, Katedra Inżynierii Produkcji,
e-mail: stanislaw.palubicki@tu.koszalin.pl