

Badanie drgań narzędzia w zrobotyzowanym procesie zgrzewania

Analysis of tool vibrations during robotic spot welding process

SZYMON BORYS *

Materiały z XX SKWPIE, Jurata 2016 r.
DOI: 10.17814/mechanik.2016.7.107

Artykuł przedstawia klasyfikację procesu zgrzewania oporowego. Omówiono możliwość robotyzacji tego procesu, jej zalety oraz wady, a także rozwiązania sprzętowe oferowane przez producentów. Opisano stanowisko do badania drgań narzędzia w zrobotyzowanym procesie zgrzewania, przedstawiono wyniki badań.

SŁOWA KLUCZOWE: robotyzacja, zgrzewanie oporowe, zgrzewanie punktowe, drgania narzędzia

The article presents the classification of the resistance spot welding process. Discussed the possibility of spot welding robotization, the advantages and disadvantages of such a solution as well as hardware solutions offered by manufacturers. Described the research station used in testing the vibration of the tool in robotic spot welding process, presented the results of research.

KEYWORDS: robotics, resistance spot welding, tool vibrations

Proces zgrzewania jest związany z równoczesnym oddziaływaniem na łączone materiały dwóch typów energii – cieplnej i mechanicznej. Do zgrzewania, czyli nierozłącznego łączenia z zastosowaniem docisku, wykorzystuje się przeróżne zjawiska fizyczne, będące najczęściej źródłem ciepła. Można wyróżnić następujące rodzaje zgrzewania: oporowe (rezystancyjne), tarciove, wybuchowe, ultradźwiękowe, udarowe oraz zgniotowe. Najbardziej rozpowszechnioną w kraju metodą zgrzewania jest zgrzewanie oporowe. Można je podzielić na:

- doczołowe (zwarciowe, iskrowe),
- punktowe (jedno- i dwustronne),
- garbowe,
- liniowe (na zakładkę, liniowo-doczołowe).

Podczas **zgrzewania doczołowego zwarciowego** przylegające do siebie powierzchnie łączonych elementów nagrzewają się płynącym przez nie prądem elektrycznym. Odształcając się one po osiągnięciu wymaganej temperatury i pod wpływem działającej siły docisku łączą się trwale. Podstawowymi parametrami zgrzewania zwarciowego są: długość mocowania, gęstość prądu zgrzewania, czas przepływu prądu zgrzewania, siła docisku zgrzewania oraz naddatek materiału na spęczanie.

W stosunku do zgrzewania zwarciowego **zgrzewanie iskrowe** zapewnia uzyskanie lepszych właściwości wytrzymałościowych i plastycznych złącza. Celem zgrzewania iskrowego jest otrzymanie połączeń o właściwościach mechanicznych zbliżonych do właściwości materiału bazowego. Dodatkowo połączenia materiałów mało wrażliwych na procesy cieplne podczas zgrzewania wykazują pożądaną właściwość.

Zgrzewanie punktowe jest najbardziej rozpowszechnionym sposobem zgrzewania oporowego i polega na łączeniu elementów w oddzielnych miejscach zwanych punktami. Duża wydajność procesu, niskie koszty wytwarzania, możliwość robotyzacji prac, a także bieżąca korekcja parametrów zgrzewania czynią zgrzewanie punktowe konkurencyjną metodą łączenia spawalniczego i mechanicznego. Nie jest ona jednak pozbawiona wad; konieczność docisku łączonych elementów, stosowania prądu o dużej gęstości i zapewnienia wysokiej czy-

stości powierzchni ograniczają wydajność zgrzewania punktowego. Proces można podzielić na trzy etapy: dociśnięcie blach elektrodami zgrzewarki, nagrzanie elementów i wytworzenie jądra zgrzeiny, stygnięcie jądra i wytworzenie się zgrzeiny punktowej. Głównymi parametrami zgrzewania punktowego są: natężenie prądu, czas zgrzewania, średnica powierzchni roboczych elektrod oraz siła docisku.

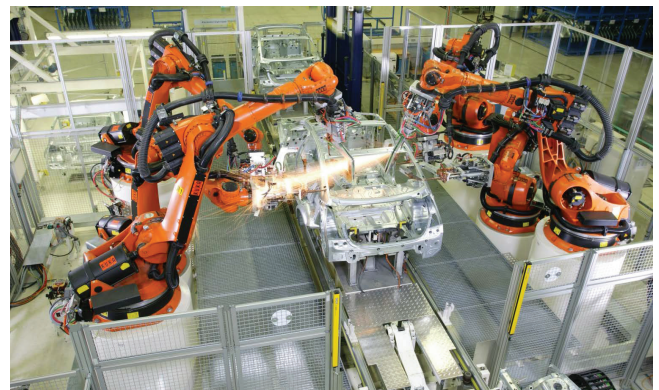
Zgrzewanie garbowe do łączenia wykorzystuje garby, czyli miejsca istniejących występow technologicznych – mogą one być wykonane celowo lub stanowić część łączonego elementu, np. łeb śruby, krawędź otworu czy brzeg blachy. Wyróżnia się trzy charakterystyczne etapy zgrzewania garbowego: wstępne obciążenie garbu (bez prądu zgrzewania), oporowe nagrzewanie, chłodzenie pod dociskiem elektrod.

Zgrzewanie liniowe polega na łączeniu elementów wzdłuż linii wyznaczonej przez toczącą się elektrodę. Elektrody stykające się z częściami zgrzewanymi wyznaczają chwilowe miejsca nacisku, w których tworzą się zgrzeiny. Zależnie od charakteru procesu można wyróżnić zgrzewanie liniowe krokowe (przepływ prądu z regularnymi przerwami, przesuw elementów zatrzymany w czasie pracy), liniowe przerywane (przepływ prądu z regularnymi przerwami, przesuw ciągły), liniowe ciągłe (przepływ prądu ciągły, przesuw ciągły).

Robotyzacja procesu zgrzewania

Ze względu na dużą dokładność oraz powtarzalność ruchów (~0,1 mm), roboty przemysłowe są chętnie wykorzystywane w przemyśle motoryzacyjnym, gdzie wykonują takie procesy, jak spawanie łukowe, malowanie czy zgrzewanie punktowe. Do głównych plusów 6-osiowych manipulatorów można zaliczyć: pracę w warunkach niekorzystnych dla człowieka (np. lakierniach), dostęp do trudno dostępnych miejsc (w przeciwieństwie do zgrzewarek stacjonarnych), brak przerw w pracy. Zalety te sprawiają, iż robotyzacja procesu zgrzewania karoserii samochodowej, dla której konieczne jest wykonanie kilku tysięcy zgrzein, staje się inwestycją efektywną oraz opłacalną.

Wychodząc naprzeciw potrzebom rynku, największy producent robotów posiadają w swojej ofercie specjalistyczny



Rys. 1. Roboty KUKA zgrzewające karoserię samochodową (źródło: kuka-systems.com)

* Mgr inż. Szymon Borys (sborys@wat.edu.pl) – Wojskowa Akademia Techniczna

sprzęt wspomagający proces zrobotyzowanego zgrzewania. Ze względu na dużą masę narzędzia (ok. 90 kg) najczęściej wykorzystuje się roboty 6-osiowe o udźwigu powyżej 100 kg, ich zaletą jest duży zasięg oraz możliwość podejścia do trudno dostępnych części detalu.

Badanie drgań narzędzia

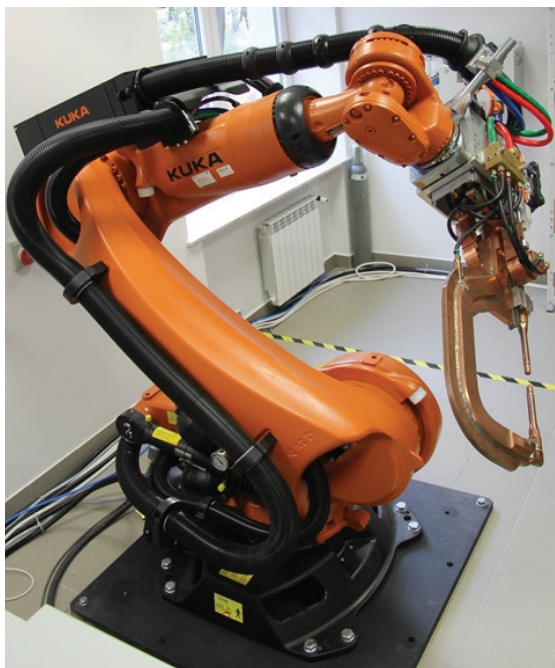
W trakcie procesu zgrzewania punktowego niezwykle ważną jest precyzja ruchu – wymagana jest duża dokładność pozycjonowania elektrod znajdujących się w obrębie skomplikowanych kształtów. Pomimo dużej sztywności konstrukcji robota niemożliwe jest wykluczenie drgań związanych z ruchem znacznej masy zgrzewadła. W związku z powyższym konieczne jest przeanalizowanie zachowania się robota wykonującego rutynowe przebiegi, co umożliwi następnie ich optymalizację.

Redukcja drgań narzędzia pozwala na skrócenie czasu cyklu poprzez zwiększenie prędkości ruchu narzędzia, dzięki czemu zmniejszony zostanie czas przebywania zgrzewadła w poszczególnych punktach. Proces eliminacji drgań można podzielić na etapy:

- wstępne zaprogramowanie ścieżki robota,
- montaż 3-osiowego akcelerometru na badanym narzędziu,
- optymalizacja parametrów procesowych na podstawie danych otrzymanych z akcelerometru; krok ten jest powtarzany do momentu osiągnięcia zadowalających wyników,
- demontaż czujnika,
- rozpoczęcie procesu w trybie roboczym.

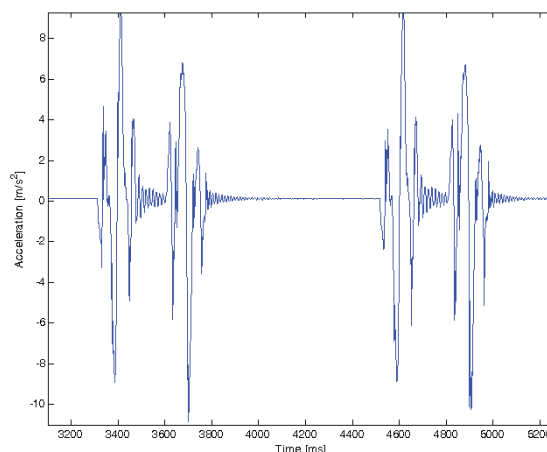
Przeprowadzona analiza dynamiczna została wykonana w Laboratorium Robotyki Wojskowej Akademii Technicznej. Do badań przygotowano stanowisko (rys. 2) wyposażone w najwyższej klasy sprzęt, wykorzystywany w zakładach produkcyjnych. W jego skład wchodzi:

- robot KUKA KR QUANTEC (KR 120 R2500 PRO),
- zgrzewadło do robota firmy ASPA,
- akcelerometry XSENS Mti-G,
- komputer PC z oprogramowaniem Matlab.

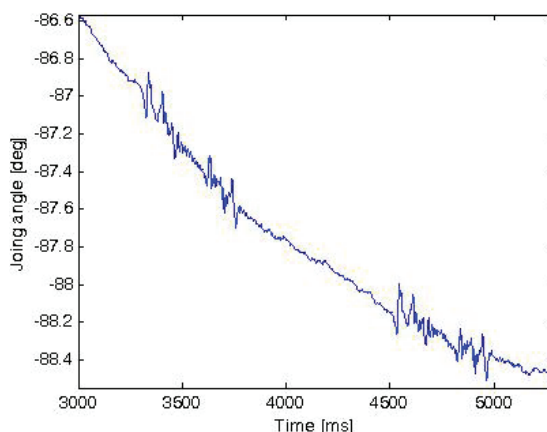


Rys. 2. Stanowisko do badań drgań zgrzewadła w Laboratorium Robotyki Wojskowej Akademii Technicznej (źródło: archiwum Zespołu Mechatroniki)

W wyniku przeprowadzonych badań uzyskano wykresy obrazujące charakterystyki drgań narzędzia zamontowanego na robocie przemysłowym KUKA. Na rys. 3 i 4 przedstawiono wykresy obrazujące skalę badanego zjawiska.



Rys. 3. Wykres zależności przyspieszenia od czasu dla osi Y



Rys. 4. Wykres przemieszczenia osi w czasie

Otrzymane wyniki pozwoliły określić największe amplitudy drgań w trakcie ruchu robota. Największe drgania występują w momencie rozpoczęcia hamowania podczas podejścia do zadanej pozycji. Maksymalne wartości amplitud dochodziły do wartości 10 m/s^2 .

Podsumowanie

Ze względu na stosunkowo niskie koszty, prostotę procesu oraz możliwość łączenia skomplikowanych detali zgrzewanie oporowe jest bardzo atrakcyjnym procesem dla producentów. Biorąc pod uwagę duże zapotrzebowanie na zrobotyzowane stanowiska do zgrzewania, liderzy światowego rynku dostarczają również biblioteki oraz oprogramowanie wspierające programowanie oraz symulację offline.

Przeprowadzone testy wykazały, iż problem drgania narzędzia jest zjawiskiem poważnym, a redukcja niepożądanych ruchów może pozwolić na skrócenie czasu cyklu. Biorąc pod uwagę liczbę wykonywanych zgrzein, nawet kilkuprocentowe skrócenie czasu jest wartym uwzględnienia rozwiązaniem. Kolejnym etapem prac nad redukcją drgań jest optymalizacja prędkości oraz ścieżki ruchu robota z wykorzystaniem Robot-SensorInterface (RSI) – jest to oprogramowanie umożliwiające programowanie niskopoziomowe robotów KUKA. Środowisko KUKA.RSI pozwoli na modyfikację ruchów robota w oparciu o dane z zainstalowanych czujników.

LITERATURA

1. Kaczmarek W., Panasiuk J. „Zrobotyzowane procesy zgrzewania”. *Control Engineering*. Nr 5 (2015): s. 50-66.
2. KUKA.RobotSensorInterface 3.3 Manual
3. Papkała H. „Zgrzewanie oporowe metali”. Krosno: Wydawnictwo i Handel Książkami KaBe, 2003.
4. Źródło internetowe: kuka-systems.com (dostęp: 31.03.2016).