

Programowanie off-line i on-line na przykładzie rozwiązań Panasonic

Off-line and on-line programming on the example of solutions from Panasonic

Streszczenie

W artykule przedstawiono możliwości i zalety oprogramowania off-line DTPS (*Desk Top Programming & Simulation System*) firmy Panasonic. Zaprezentowano szeroką gamę funkcji programu DTPS służących do tworzenia wirtualnych systemów zrobotyzowanych, programowania systemu poza robotem oraz konstruowania przyrządów spawalniczych. Pokazano przykłady wirtualnych stanowisk zrobotyzowanych, na podstawie których zbudowano rzeczywiste systemy. W zakresie programowania on-line przedstawiono nowe kierunki rozwoju robotyzacji spawania na przykładzie rozwiązań firmy Panasonic. Opisano innowacyjną funkcję Weld Navigation wspierającą dobór parametrów spawania metodą MAG spoin pachwinowych.

Abstract

The article presents the possibilities and advantages of software off-line DTPS (*Desk Top Programming & Simulation System*) Panasonic company. There is presented a wide range of DTPS software functions use to design virtual robot systems, robot programming without using actual manipulator and designing of welding joints. Based on several virtual robot systems were build real industry robotic systems which are also shown in the paper. Moreover, it presents new directions for the development of robotic welding systems based on Panasonic solutions. Innovative Weld Navigation function which supports selection of welding parameters for MAG method for fillet weld is described.

Wstęp

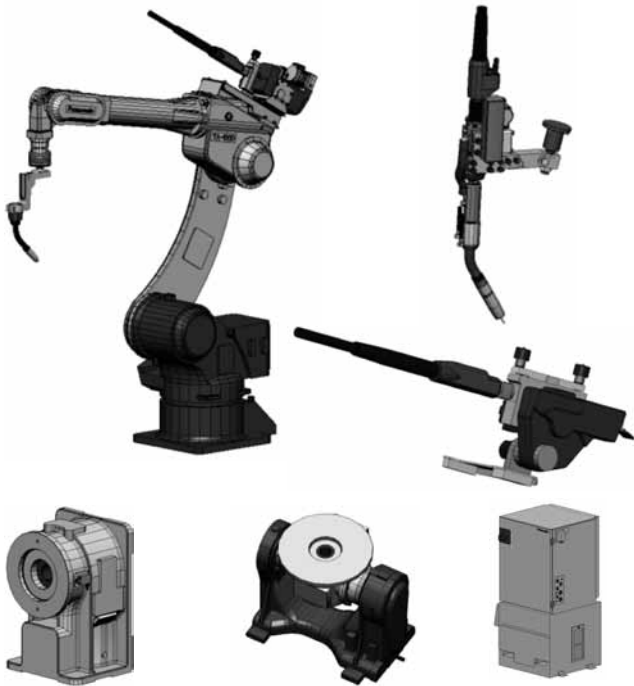
Współczesna robotyzacja procesów spajania wykorzystuje coraz szerzej oprogramowanie do pracy off-line. Oprogramowanie umożliwia tworzenie wirtualnych stanowisk zrobotyzowanych oraz programów trajektorii ruchów robota przy użyciu komputera PC. Dotychczas praca w wirtualnym środowisku off-line była pracochłonna i wymagała specjalisty o szerokim zakresie wiedzy teoretycznej i praktycznej w dziedzinie projektowania CAD/CAM. Panasonic Industrial Devices Sales Europe, wychodząc naprzeciw tym trudnościom, stworzyła zaawansowany, a zarazem intuicyjny, program DTPS (*Desk Top Programming*

& *Simulation System*). Dzięki temu programowanie off-line jest szybsze od programowanie on-line. Wymaga się jednak przeprowadzenia pewnej korekty po wgraniu programu do sterownika robota, która zakłada użycie *Panelu Uczenia* w rzeczywistym systemie. Korekty programu off-line zależą od dokładności wykonania konstrukcji, przyrządów itp. Z kolei większa dokładność wykonania poszczególnych podzespołów systemu podnosi koszt zakupu. Należy zatem szukać kompromisu pomiędzy ceną a dokładnością. Programowanie off-line pomaga w analizach produkcji wielkoseryjnej, ale także w produkcji małoseryjnej, a nawet jednostkowej. W dobie robotyzacji, gdzie istotny jest czas cyklu produkcyjnego oraz wysokie wolumeny wytwarzanych produktów, oprogramowanie off-line wpływa na skrócenie czasu przestojów robota.

Inż. Mirosław Nowak (EWE), mgr inż. Daniel Wiśniewski (IWE), mgr inż. Łukasz Czeladziński, mgr inż. Jacek Buchowski – Technika Spawalnicza, Poznań.

Opis

Oprogramowanie DTPS umożliwia tworzenie symulacji spawania dowolnych elementów płaskich i przestrzennych.



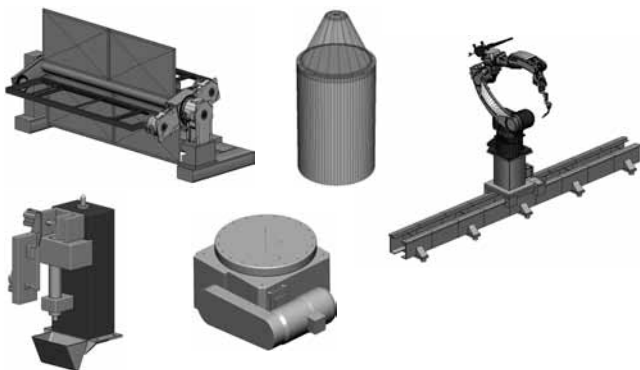
Rys. 1. Standardowe komponenty
Fig. 1. Standard component parts

Najważniejszymi zaletami programu są: tworzenie konfiguracji systemu (tzw. *layout*), możliwość wprowadzania zewnętrznych danych 3D CAD, analiza dostępu ramienia robota, obliczanie czasu spawania oraz całego cyklu, kontrola kolizji, programowanie robota metodą off-line i modyfikacja istniejących programów.

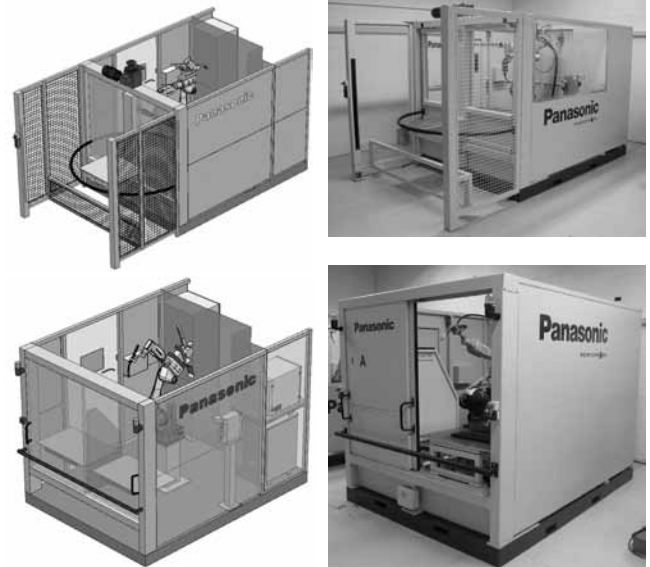
W programie dostępne są standardowe komponenty z gamy produktów firmy Panasonic, takie jak: ramię robota, podajnik drutu, palnik, zewnętrzne osie, sterownik, źródło prądu itp. (rys. 1).

Możliwość importowania danych CAD powoduje, że zwiększa się gama dostępnych elementów potrzebnych do zbudowania wirtualnego stanowiska. Można tworzyć całe zespoły zewnętrznych osi, wprowadzać urządzenia peryferyjne, takie jak: układy czyszczenia palnika, kurtyny świetlne, stoły obrotowe, oprzyrządowanie spawalnicze itp.

Dostępna liczba komponentów umożliwia budowanie różnych wirtualnych systemów zrobotyzowanych



Rys. 2. Komponenty importowane z danych CAD
Fig. 2. Component parts in CAD data base



Rys. 3. Przykłady wirtualnych i rzeczywistych stanowisk zrobotyzowanych
Fig. 3. Examples of virtual and real robot stations

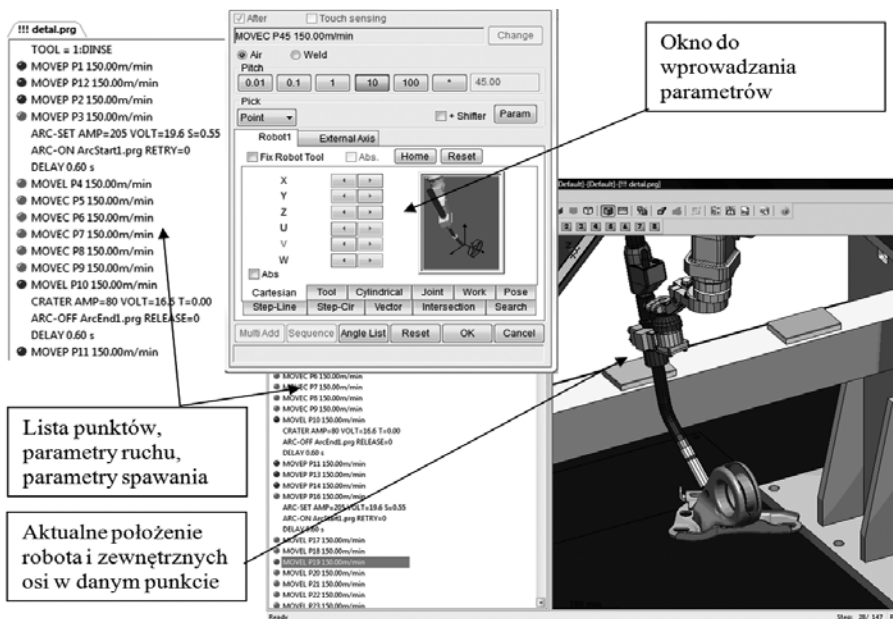
do spawania elementów o dowolnym kształcie, w tym konstrukcji przestrzennych (rys. 2). Na rysunku 3 pokazano przykłady wirtualnych stanowisk zrobotyzowanych, opracowanych w programie DTPS oraz ich rzeczywiste wykonanie.

Program DTPS umożliwia również przeprowadzenie wnikliwej i szczegółowej analizy czasu spawania, co jest bardzo istotnym elementem kalkulowania kosztów wytworzenia danego elementu spawanego.

W pierwszej kolejności należy sporządzić model 3D, który zostaje wprowadzony w środowisko oprogramowania DTPS. Następnie wprowadzany jest detal do modelu stanowiska zrobotyzowanego, na którym ma on być spawany. W programie DTPS tworzony jest wirtualny program spawalniczy z uwzględnieniem wstępnych założeń, wynikających z doświadczenia lub prób spawania na podobnych złączach obejmujących parametry spawania: wartość napięcia i natężenia prądu dla metody MAG (135) lub wartość prądu dla metody TIG (141), prędkość posuwu palnika, czasy zajarzenia i wygaszania łuku. Następnie przeprowadzana jest symulacja spawania w czasie rzeczywistym z uwzględnieniem wszystkich wcześniej zadanych parametrów. Istnieje możliwość zapisania otrzymanych wyników w postaci pliku .txt.

Na rysunku 4 przedstawiono wirtualny program spawalniczy, natomiast na rysunku 5 analizę czasu spawania. Rysunek 6 przedstawia zestawienie wyników, w tym wszystkich ruchów robota zarówno jałowych, jak i roboczych. Poszczególne interpolacje są następujące:

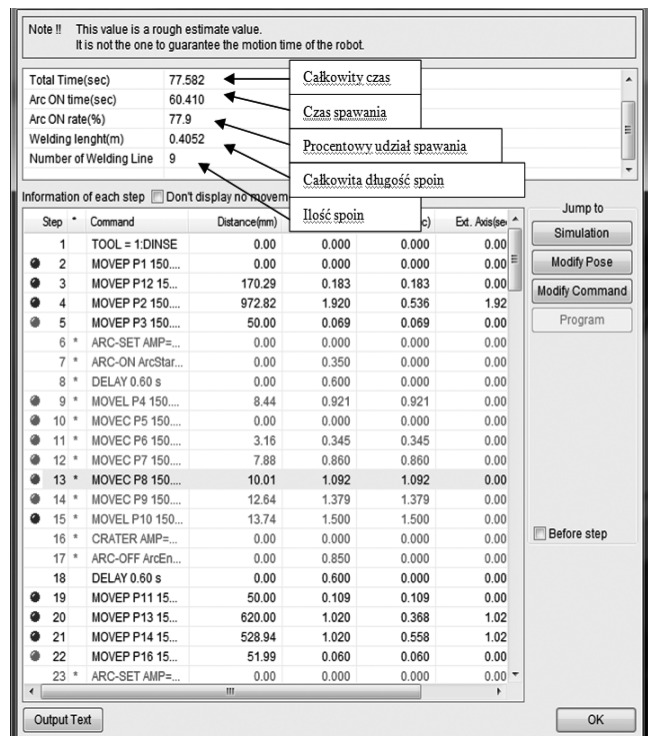
- MOVEP – ruch ramienia robota od punktu do punktu po optymalnej dla poszczególnych osi drodze,
- MOVEL – ruch ramienia robota od punktu do punktu po linii,



Rys. 4. Wirtualny program spawalniczy
Fig. 4. Virtual welding program



Rys. 5. Analiza czasu spawania
Fig. 5. Welding time analysis

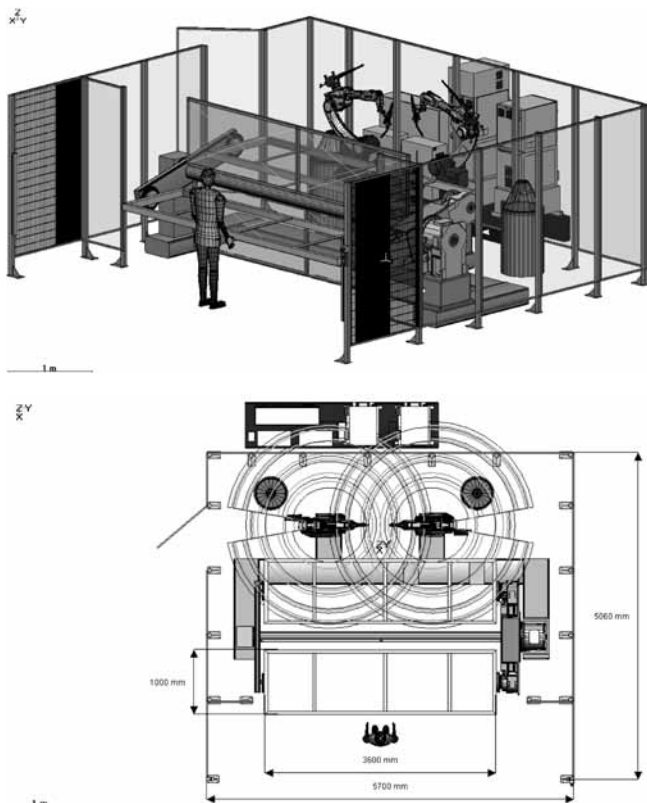


Rys. 6. Zestawienie wyników
Fig. 6. Results table

- MOVEC – ruch ramienia robota od punktu do punktu po krzywej,
- MOVELW – ruch ramienia robota od punktu do punktu po linii prostej z oscylacją (wartość amplitudy regulowana dwoma parametrami, tj. częstotliwością drgań względem punktów A, B oraz prędkością spawania),
- MOVECW – ruch ramienia robota od punktu do punktu po krzywej z oscylacją (wartość amplitudy regulowana dwoma parametrami, tj. częstotliwością drgań względem punktów A, B oraz prędkością spawania).

Ruch jałowy ramienia robota widoczny jest w programie jako punkt koloru granatowego, a ruch roboczy jako punkt koloru czerwonego.

W analizie czasu cyklu zapisywany jest całkowity czas przebiegu programu, czas jarzenia się łuku spawalniczego, procentowy stosunek czasu jarzenia się łuku do czasu całego cyklu oraz ilość i całkowita długość spoin w programie. Z tak ujętymi danymi możliwe jest optymalne tworzenie programu, jak również sporządzenie przybliżonej kalkulacji ceny detalu wraz z analizą wydajności.



Rys. 7. Przykładowy layout stanowiska zrobotyzowanego opracowany w DTPS

Fig. 7. Example of robotic station layout made in DTPS software

Dodatkową zaletą oprogramowania jest możliwość kontroli kolizji. Funkcja ta jest przydatna zwłaszcza wtedy, gdy detal oraz oprzyrządowanie mocno ograniczają dostęp palnika w miejsca wykonywania spoin. Taka kontrola pozwala na etapie projektowania oprzyrządowania na wykrycie miejsc, które mogłyby znaleźć się na drodze palnika. Wyeliminowanie tych miejsc w wirtualnym systemie zmniejsza w znacznym stopniu koszty ewentualnych zmian konstrukcyjnych przyrządu.

Program DTPS służy m.in. do następujących zastosowań:

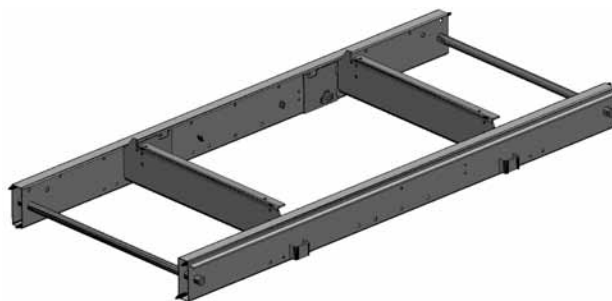
- tworzenia oferty dla klienta, który otrzymuje oprócz papierowej lub elektronicznej wersji oferty, wizualizację oferty w DTPS wraz z cyklogramem detalu w postaci filmu .avi,
- opracowanie projektu w DTPS wykorzystywane jest dalej do opracowania dokumentacji konstrukcyjnej stanowiska (rysunki złożeniowe, wykonawcze itp.),
- połączenie oprogramowania DTPS z oprogramowaniem AutoCAD wspomaga budowę przyrządów spawalniczych.

Program DTPS wykorzystywany jest także przez użytkowników robotów Panasonic na zasadzie usługi lub też program zostaje zakupiony na potrzeby klienta. Warto zauważyć, że w Polsce ta forma programowania jest jeszcze mało popularna, korzysta z niej tylko 5% użytkowników systemów zrobotyzowanych Panasonic, a np. w Holandii jest to ok. 30%.

Przykłady zastosowań

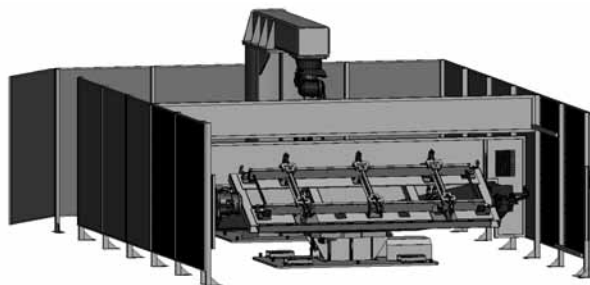
Jednym z przykładów praktycznego zastosowania oprogramowania DTPS jest **stanowisko do spawania elementów maszyn do obróbki drewna**. Na podstawie dostarczonych przez klienta rysunków technicznych elementów oraz ich modeli 3D sporządzony został wirtualny projekt stanowiska zrobotyzowanego (rys. 8, 9). Dzięki oprogramowaniu dobrano optymalną długość ramienia robota, właściwie rozmieszczono poszczególne urządzenia wchodzące w skład stanowiska (osie zewnętrzne, sterowniki, układy czyszczenia palnika, ramy nośne, kurtyny świetlne, stoły obrotowe).

Po sporządzeniu projektu stanowiska dostosowanego do spawania grupy produktów, wytypowanych przez klienta, nastąpiła faza projektowania oprzyrządowania spawalniczego. Po wykonaniu projektu w 3D przystąpiono do sprawdzenia dostępności palnika w miejscach wykonywanych spoin



Rys. 8. Spawany detal

Fig. 8. Welded part



Rys. 9. Wirtualny system oraz przyrząd opracowany w DTPS

Fig. 9. Virtual station and device designed in DTPS software



Rys. 10. Rzeczywisty system

Fig. 10. Real station

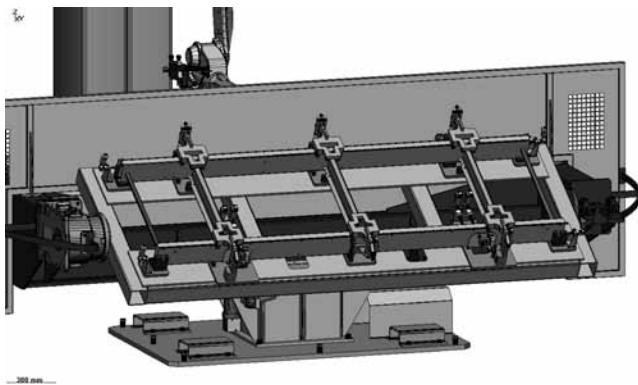
oraz wykonano program off-line. Tak przygotowany projekt stanowiska umożliwia zaprogramowanie trajektorii ruchu robota oraz wstępne ustalenie parametrów spawania. Wykonany program zastosowano do przeprowadzenia wnikliwej analizy czasu spawania, co umożliwiło wykonanie przybliżonej kalkulacji kosztów wytworzenia elementu. Na podstawie programu DTSP wspieranego przez programy do projektowania w środowisku 3D wykonano części mechaniczne stanowiska oraz przyrządy spawalnicze (rys. 10÷12).

Fragment analizy czasu spawania detalu z rysunku 8 obejmuje (rys. 13, 14):

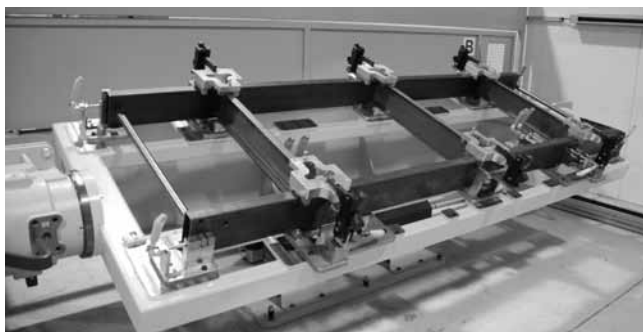
- całkowity czas trwania programu (*Total Time*) łącznie z ruchami jałowymi i roboczymi: ok. 621 s,
- czas spawania (*Arc ON time*) – czas jarzenia się łuku spawalniczego: ok. 540 s,
- procentowy udział spawania (*Arc ON rate*) w stosunku do całkowitego czasu trwania programu: ok. 87%,

- całkowitą długość spoiny (*Welding length*): ok. 3,2 m,
- liczbę spoin (*Number of Welding Line*): 81 szt.

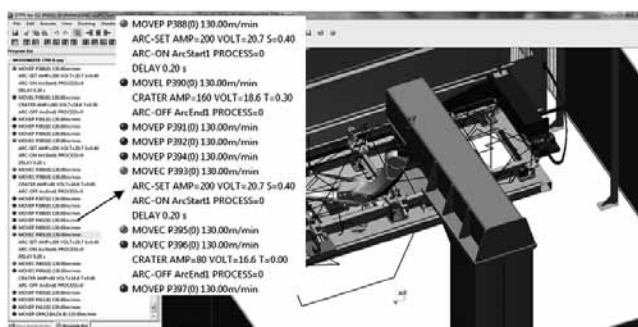
Kolejnym przykładem zastosowania programu DTSP jest **stanowisko do spawania elementów krzeseł biurowych** metodą TIG z podawaniem zimnego drutu. Robot wyposażony został w uchwyt *Rotating TIG filler*, w którym przewodnik doprowadzający drut do jeziorka znajduje się na sterowanej z panelu uczenia dodatkowej siódmej osi pozwalającej na obrót przewodnika wokół elektrody wolframowej (rys. 15). Dzięki dostarczonym przez klienta modelom 3D spawanych detali zaprojektowano zrobotyzowany system umożliwiający wysokojakościowe spawanie skomplikowanych połączeń rurowych za jednym przejściem bez konieczności dzielenia spoiny na odcinki. Symulacje w programie wirtualnym wskazały na konieczność zastosowania dodatkowej siódmej osi robota oraz dodatkowych osi zewnętrznych, a także wspomnianego



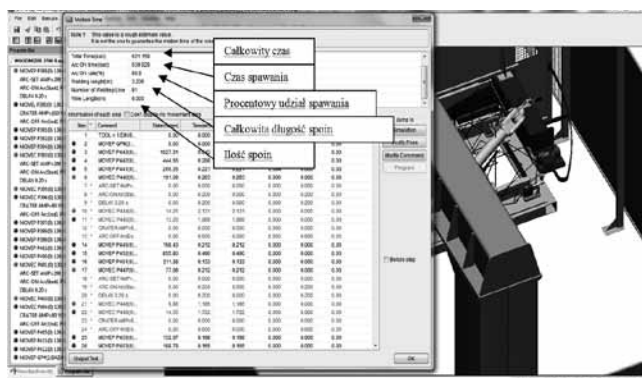
Rys. 11. Wirtualny przyrząd ustalająco-mocujący
Fig. 11. Virtual position-montage device



Rys. 12. Rzeczywisty przyrząd ustalająco-mocujący
Fig. 12. Real position-montage device



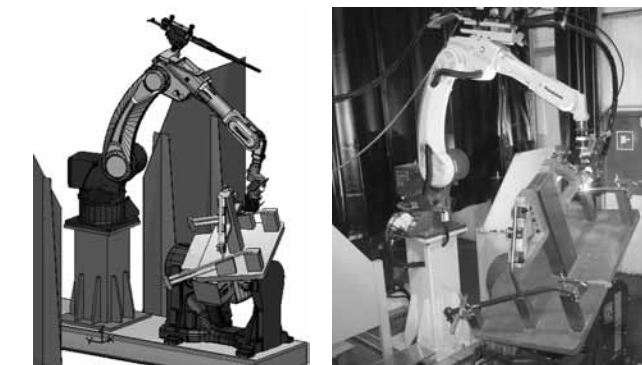
Rys. 13. Symulacja spawania
Fig. 13. Welding simulation



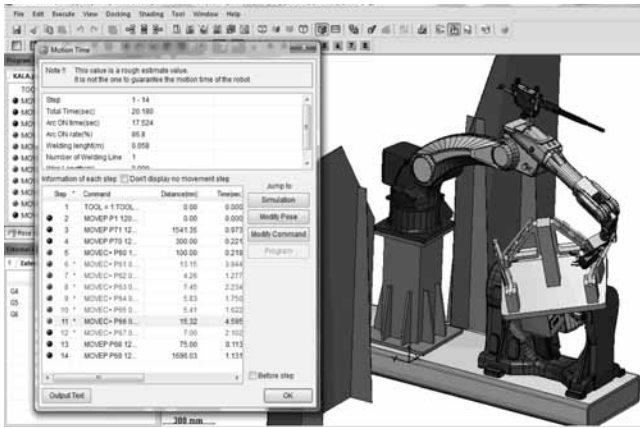
Rys. 14. Analiza czasu spawania detalu z rysunku 8 (fragment)
Fig. 14. Welding time analysis of part from figure 8 (a part of process)



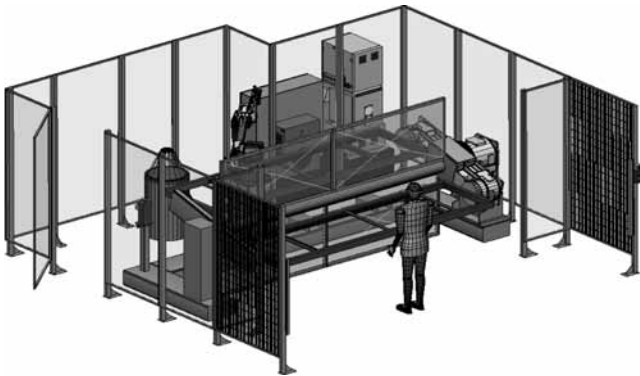
Rys. 15. Uchwyt *Rotating TIG filler*
Fig. 15. *Rotating TIG filler* grip



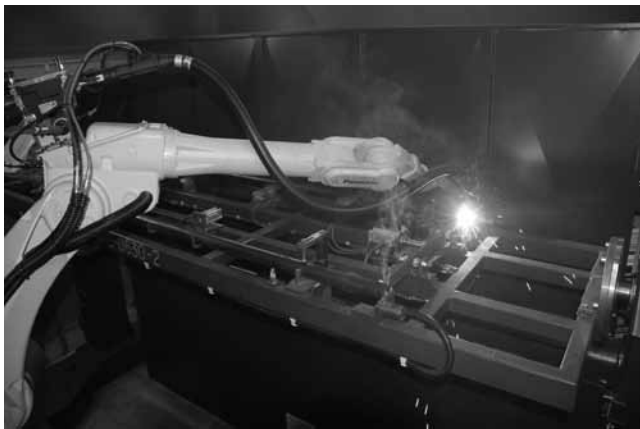
Rys. 16. Wirtualny i rzeczywisty system do spawania metodą TIG z uchwytem *Rotating TIG filler*
Fig. 16. Virtual and real station for TIG welding with *Rotating TIG filler* grip



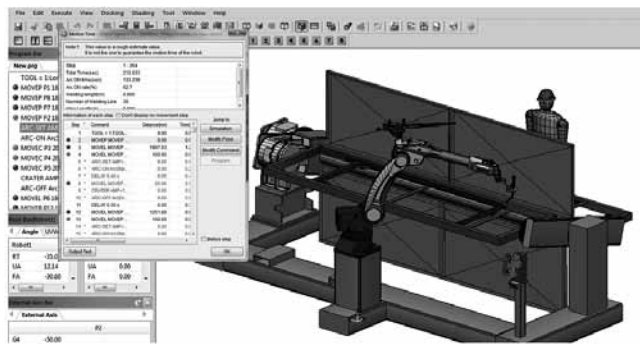
Rys. 17. Symulacja oraz analiza czasu spawania (fragment)
Fig. 17. Welding time simulation and analysis (a part of process)



Rys. 18. Wirtualny system
Fig. 18. Virtual station



Rys. 19. Rzeczywisty system
Fig. 19. Real station



Rys. 20. Symulacja oraz analiza czasu spawania (fragment)
Fig. 20. Welding time simulation and analysis (a part of process)

powyżej układu *Rotating TIG filler*. W tym celu zastosowano pozycjonery dwuosiowe PanaDice pozwalające na obrót detalu w osi poziomej i pionowej. Spowodowało to wzrost wydajności i znaczną poprawę jakości spoin. W tym wzorze krzesła spoiny wykonywane metodą TIG są traktowane jako element ozdobny i nie podlegają szlifowaniu.

Zastosowanie programu DTPS pomogło przy tworzeniu optymalnego zrobotyzowanego systemu i programu użytkowego, co znacznie skróciło czas wdrażania nowej technologii (rys. 16). W przyszłości umożliwi zaś wprowadzanie korekt programowych bez zatrzymywania produkcji.

Fragment analizy czasu spawania krzesła biurowego wygląda następująco (rys. 17):

- liczba kroków w programie (*Step*): 14,
- całkowity czas trwania programu (*Total Time*) łącznie z ruchami jałowymi i roboczymi: ok. 20 s,
- czas spawania (*Arc ON time*) – czas jarzenia się łuku spawalniczego: ok. 18 s,
- procentowy udział spawania (*Arc ON rate*) w stosunku do całkowitego czasu trwania programu: ok. 87%,
- całkowita długość spoiny (*Welding lenght*): ok. 0,06 m,
- liczba spoin (*Number of Welding Line*): 1 szt.

Kolejnym przykładem zrobotyzowanego stanowiska spawalniczego jest **stanowisko do spawania rusztowań budowlanych**, tzw. system nożycowy. Został on zaprojektowany do spawania długich elementów, jakimi są rusztowania budowlane. Zaletą tego systemu jest montaż i demontaż detali spawanych z jednej strefy załadowniczej. Dzięki temu rozwiązaniu uzyskano więcej miejsca na hali, poprawiając tym samym logistykę wewnątrzzakładową i ergonomię pracy.

System w całości został zamodelowany w środowisku DTPS (rys. 18), co w znacznym stopniu skróciło czas i obniżyło koszty wdrożenia nowego produktu (rys. 19).

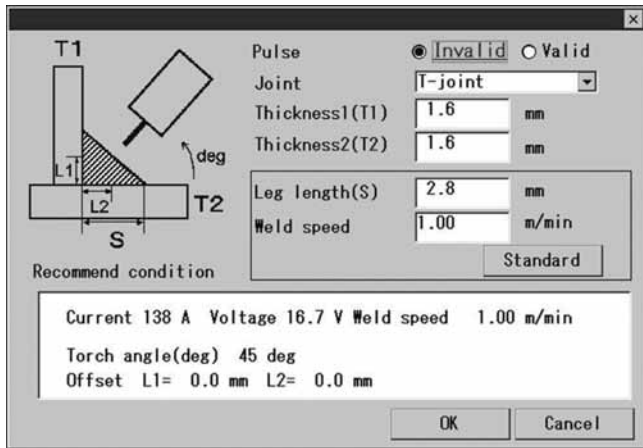
Fragment analizy czasu spawania rusztowania budowlanego obejmuje (rys. 20):

- liczbę kroków w programie (*Step*): 354,
- całkowity czas trwania programu (*Total Time*) łącznie z ruchami jałowymi i roboczymi: ok. 213 s,
- czas spawania (*Arc ON time*) – czas jarzenia się łuku spawalniczego: ok. 134 s,
- procentowy udział spawania (*Arc On rate*) w stosunku do całkowitego czasu trwania programu: ok. 62%,
- całkowitą długość spoiny (*Welding lenght*): ok. 36 m,

Programowanie on-line

Równoległe z nieustannym rozwojem oprogramowania off-line Panasonic unowocześnienia oprogramowania on-line. Wieloletni rozwój oprogramowania on-line, wykorzystany najpierw w sterowniku G1 robota Panasonic, przez sterownik G2, przyczynił się do powstania kolejnej superszybkiej jednostki, jaką jest sterownik G3.

Wydajniejszy i szybszy procesor ze zwiększoną pamięcią w krótkim czasie realizuje skomplikowane



Rys. 21. Okno z parametrami funkcji Weld Navigation
Fig. 21. Parameter window for Weld Navigation function

zadania. Główny CPU (*Central Processing Unit*) jest 600 razy szybszy od swojego poprzednika serii G2. Nowy sterownik pozwala skrócić czas przyspieszenia i zwalniania poszczególnych napędów robota, umożliwiając ruchy jałowe o 10% szybsze niż w G2. Wysoka dokładność wykonywania ścieżki ruchu, wydajniejsza

praca harmoniczna, efektywne funkcje I/O i łatwa obsługa to tylko niektóre zmiany wprowadzone do nowego systemu TAWERS (*The Arc Welding Robot System*). Wykorzystanie popularnego standardu Ethernet ułatwia połączenia sieciowe, a kompatybilność ze standardem SD i USB daje możliwość rozszerzenia pamięci użytkowej.

Wprowadzono również innowacyjną funkcję *Weld Navigation*, która w znaczny sposób ograniczyła potrzebę zaangażowania wykwalifikowanych programistów oraz technologów (rys. 21).

Używając tej funkcji, operator nie musi zastanawiać się nad doбором wartości natężenia prądu i napięcia. Pierwszym krokiem jest wybór rodzaju złącza spawanego i wprowadzenie odpowiedniej grubości materiału spawanego, kolejnym zaś dobór odpowiedniej grubości spoiny i prędkości spawania. Po ich ustaleniu sterownik za pomocą funkcji *Weld Navigation* automatycznie dobiera zalecane wartości natężenia prądu i napięcia, co pozwala operatorowi na szybsze i łatwiejsze przygotowanie procesu spawania. Funkcja *Weld Navigation* pomaga w doborze parametrów wykonywanych spoin pachwinowych w złączach kątowych, teowych, krzyżowych, nakładkowych i zakładkowych.

Podsumowanie

Oprogramowanie off-line jest coraz częściej wykorzystywane przez projektantów do tworzenia wirtualnych stanowisk zrobotyzowanych, programów spawalniczych, a także do projektowania specjalistycznych przyrządów ustalająco-mocujących.

Bardzo ważną zaletą oprogramowania jest możliwość analizowania cyklogramów spawanych elementów, co przyczynia się do optymalizacji procesu.

Obecnie programy off-line w zależności od stopnia zaawansowania wymagają w mniejszym lub większym stopniu korekty na systemie rzeczywistym, szczególnie przy spawaniu elementów przestrzennych ze spoinami wielościęgowymi.

Rywalizacja między ciągle udoskonalanymi programami off-line oraz on-line przyczynia się do coraz większej wydajności systemów zrobotyzowanych.

Literatura

[1] Nowak M. (EWE), Wiśniewski D. (IWE), Czeladziński Ł.: TAWERS – Nowa generacja robotów spawalniczych firmy Panasonic, Biuletyn Instytutu Spawalnictwa w Gliwicach nr 3/2011.

[2] Materiały firmy Panasonic Industrial Devices Sales Europe GmbH.

przegląd
SPAWALNICTWA
Welding Technology Review

www.pspaw.ps.pl