

Witold Krieser

ORCID: 0000-0002-7096-6041

Wyższa Szkoła Zarządzania Ochroną Pracy w Katowicach

Kolegium Nauk Technicznych

ul. Bankowa 8, 40-007 Katowice

Modelowanie procesów zrobotyzowanych

Modeling of robotic processes

Streszczenie

Modelowanie procesów zrobotyzowanych w dzisiejszych czasach powinno być koniecznością, ponieważ niosą za sobą korzyści jakim jest możliwość symulacji procesu przed jego fizycznym wdrożeniem, dzięki czemu unika się błędów, a niewłaściwego doboru sprzętu oraz powoduje, że układ w przyszłości działa niezawodnie. Firmy produkujące roboty wprowadzają własne oprogramowanie służące do modelowania, które w swoich bibliotekach posiadają wszystkie roboty danego producenta, co powoduje, że można wybrać najlepszy produkt z optymalnymi parametrami.

Słowa kluczowe: *robotyka, procesy zrobotyzowane, modelowanie, programowanie offline*

Abstract

Modeling of robotic processes should be a necessity, because they bring benefits such as the possibility of simulating the process before its physical implementation, thanks to which errors and improper selection of equipment are avoided and makes the system work reliably in the future. Companies producing robots introduce their own modeling software, which has all the robots of a given manufacturer in their libraries, which means that you can choose the best product with optimal parameters.

Keywords: *robotics, robotic processes, modeling, offline programming*

Wprowadzenie

Modelowanie to proces tworzenia trójwymiarowych obiektów wraz z ich modyfikacją za pomocą modelera, czyli wyspecjalizowanego oprogramowania komputerowego. Oprogramowanie to umożliwi tworzenie obiektów, zespołów obiektów, przy pomocy zestawu niezbędnych narzędzi oraz zbioru podstawowych brył [1].

W zależności od metody modelowania rozróżniamy:

- projektowanie komputerowe,
- skanowanie przedmiotów,
- modelowanie proceduralne,
- modelowanie fizyczne.

1. Rodzaje modelowania

1.1. Projektowanie komputerowe

Systemy CAD (ang. *Computer-Aided Design*) są bardzo popularne oraz niezbędne podczas projektowania inżynierskiego. Systemy te nie wymagają od projektantów umiejętności kreślarskich, umożliwiając natomiast szybkie i łatwe tworzenie modeli geometrycznych, wizualizację oraz możliwość szybkich modyfikacji wybranych elementów. Zaletą systemów CAD jest możliwość cyfrowego zapisu geometrii obiektów, który umożliwia tworzenie dowolnych modeli o skomplikowanej budowie, oraz tworzeniu wielu wersji danego modelu bez konieczności projektowania nowego [2].

Projektowanie wspomagane komputerowo znalazło zastosowanie w:

- inżynierii elektrycznej, gdzie jest wykorzystywane podczas projektowania układów scalonych, instalacji elektrycznych;
- inżynierii mechanicznej, podczas tworzenia modeli części maszyn oraz urządzeń w technice trójwymiarowej;
- budownictwie, podczas projektowania modeli budynków, wyposażenia wnętrz, zagospodarowania przestrzeni [2].

1.2. Skanowanie przedmiotów

Skanowanie 3D jest procesem polegającym na wykonaniu od kilku do kilkudziesięciu pomiarów badanego przedmiotu. Pojedyncze skany łączone są w całość za pomocą specjalnego oprogramowania, w wyniku czego powstaje kompletny cyfrowy model skanowanego przedmiotu, który może zostać edytowany i przetwarzany przez różnego rodzaju programy. Skanowanie przedmiotów pozwala na kontrolę produkowanych przedmiotów oraz polepszenie ich jakości, wykryciu wad, szybkiego i automatycznego zbierania danych pomiarowych przedmiotów.

1.3. Modelowanie proceduralne

Sposób takiego modelowania polega na tworzeniu modeli za pomocą zestawu instrukcji, które prezentowane są przez węzły, następnie tworzone jest drzewo atrybutów lub parametrów. Atrybuty łączą się ze sobą w różnych punktach w wyniku czego generują pożądaną obiekt 3D.

1.4. Modelowanie fizyczne

Metoda modelowania fizycznego polega na tworzeniu w odpowiedniej skali modelu wybranego obiektu rzeczywistego z zachowaniem istotnych jego funkcji oraz doboru warunków przebiegu zjawisk fizycznych z zachowaniem odpowiednich skal podobieństwa. Modelowanie takie umożliwia obserwację i analizę zjawisk fizycznych przy zastosowaniu odpowiednich metod pomiarowych i porównanie wyników z pomiarami na rzeczywistych obiektach [2].

2. Programy do modelowania procesów zrobotyzowanych

Rynek oferuje wiele różnych oprogramowań służących do modelowania procesów zrobotyzowanych w zależności od producenta. Każdy producent ma swoje oprogramowania. Większość programów posiada własne biblioteki z gotowymi elementami, robotami, stacjami roboczymi z możliwością edytowania oraz możliwością tworzenia i symulowania całych linii produkcyjnych oraz implementacji stworzonych modeli zewnętrznych.

Przykładowe oprogramowania:**ROBOLOGIX**

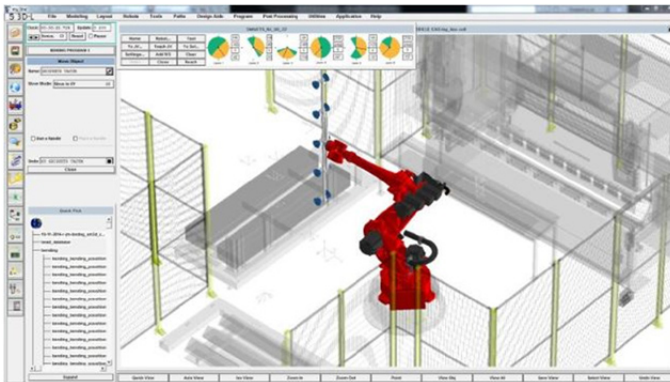
Oprogramowanie stanowi platformę do nauczania, testowania oraz przeprowadzania symulacji laboratoryjnych robotów przemysłowych. RoboLogix umożliwia symulację ruchu robota przemysłowego w czasie rzeczywistym przy użyciu modelowania geometrycznego i modelowania kinematyki. Programista ma możliwość pisania własnych programów robota. Przykładowy projekt tworzony w programie RoboLogix przedstawia na poniższym rysunku 1.



Rys. 1. Projekt w programie RoboLogix [3].

ROBOSIM PRO

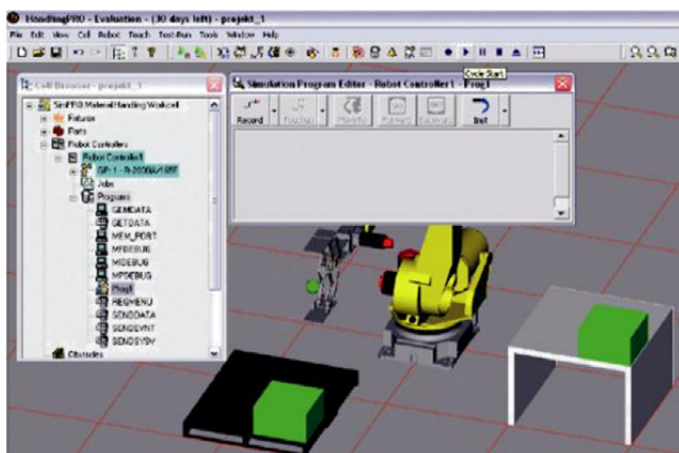
Jest to oprogramowanie służące do symulacji stanowisk zrobotyzowanych i programowania off-line robotów firmy COMAU. Robosim Pro pozwala na analizę zasięgu oraz czasu cyklu pracy wszystkich robotów marki COMAU. Możliwe jest również wykonywanie symulacji ruchów robota jak i symulacji dodatkowych obiektów takich jak przenośniki, chwytaki. Przykładowy projekt stworzony przy użyciu tego oprogramowania przedstawiono na poniższym rysunku 2.



Rys. 2. Projekt w programie Robosim Pro [4].

ROBOGUIDE

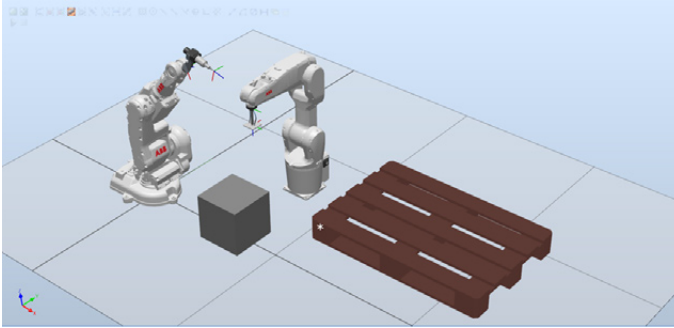
Oprogramowanie to jest kompletnym wirtualnym środowiskiem przeznaczonym do tworzenia i testowania programów dla robotów. Umożliwia symulację na ekranie komputera PC ruchów robota wykonującego program sterujący. W skład pakietu wchodzi: wirtualny ręczny programator (wyglądający i zachowujący identyczną funkcjonalność jak urządzenie rzeczywiste), wirtualny kontroler robota oraz trójwymiarowe środowisko graficzne odpowiedzialne za wizualizację jego pracy. Użytkownik oprogramowania dysponuje kompletną bazą danych robotów i dodatkowych komponentów, od różnorodnych chwytaków aż po urządzenia współpracujące. Program pozwala na dokonywanie rozmaitych symulacji, których celem może być sprawdzenie wielu wariantów algorytmu sterującego i jego wydajności. Przykładowy projekt tworzony tym oprogramowaniu przedstawiono na poniższym rysunku [5].



Rys. 3. Projekt w programie ROBOGUIDE [5]

ROBOTSTUDIO

RobotStudio firmy ABB to wszechstronna aplikacja do programowania robotów tej samej firmy offline. Przez swój rozwinięty interfejs, dostępność wielu narzędzi i dodatkową zawartość w postaci bibliotek nadaje się idealnie wygodnego tworzenia programów robotów i stacji roboczych, optymalizowania produkcji, pokazywania projektów/konceptów, trenowania umiejętności w zakresie programowania oraz wielu innych rzeczy związanych z robotami ABB. Przez dostępność programu w trybie offline i dokładne reprodukcje robotów i kontrolerów firmy ABB w wersji wirtualnej nie trzeba posiadać fizycznego sprzętu by zobaczyć jego pełną funkcjonalność i możliwości. Przykładowy projekt tworzony tym oprogramowaniu przedstawiono na poniższym rysunku [5].



Rys. 4. Projekt w programie ROBOTSTUDIO

3. Modelowanie procesu spawania w programie ROBOTSTUDIO

3.1. Opis oprogramowania ROBOTSTUDIO

RobotStudio jest oprogramowaniem przyjaznym, intuicyjnym oraz przejrzystym, co powoduje, że użytkownik bardzo szybko zaznajamia się z jego obsługą oraz środowiskiem oprogramowania. Program posiada wiele funkcji ułatwiających pracę, takich jak: możliwość tworzenia własnych mechanizmów, tworzenie ścieżki z krzywej, kontrola ścieżki robota. Dzięki możliwości wyszukiwania i edytowania usterek możliwe jest szybkie oraz sprawne usuwanie wadliwych operacji, które mogą uszkodzić pozostałe elementy, lub są niemożliwe do wykonania w rzeczywistości. Podczas niewłaściwego ustawiania elementów względem siebie program automatycznie wyświetla na panelu błędy, które informują użytkownika o nieprawidłowościach. Dodatkowym atutem jest możliwość przenoszenia stworzonych offline programów w języku RAPID do kontrolera, debugowanie tych programów z różnymi narzędziami znajdującymi się w RobotStudio. Zaletą RobotStudio są moduły wspomagające programowanie pewnych procesów produkcyjnych np.:

- do spawania – ArcWelding PowerPac,
- cięcia – Cutting PowerPac,
- obróbki maszynowej – Machining PowerPac,
- malowania – Painting PowerPac [6].

ARCWELDING POWERPAC

Jest to dodatek do RobotStudio, opartym na geometrii narzędziem służącym do programowania metodą off-line robotów wykorzystywanych do spawania lukowego. Programista definiuje lokalizację spoin, natomiast program automatycznie tworzy pozycje robota w odniesieniu do wskazanej geometrii, w tym również pozycje najazdu i odjazdu. Dzięki temu dodatkowi programowanie robotów do spawania lukowego jest bardzo oraz intuicyjne.

CUTTING POWERPAC

Roboty do cięcia laserowego, w porównaniu z pięcioosiowymi wycinarkami laserowymi, zajmują mniej miejsca oraz zapewniają korzyści kosztowe. Wymienione cechy przyczyniają się do optymalizacji układów produkcji, poprzez oszczędzanie przestrzeni produkcyjnej oraz kosztów związanych z utrzymaniem robota. Cięcie laserowe pozwala wyeliminować jedną lub wiele kosztownych operacji produkcyjnych, w tym celu zostały opracowane dwa zaawansowane narzędzia programowe służące do programowania robotów związanych z cięciem.

MACHINING POWERPAC

Machining PowerPac jest dodatkiem, w którym intuicyjny kreator pomaga użytkownikowi w zdefiniowaniu stanowiska oraz ścieżek składających się z powierzchni i krawędzi. W kreatorze wszelkie ustawienia procesu, takie jak np. szybkość nakładania, kąt dla obróbki skrawaniem, średnica i rodzaj narzędzia, mogą być dowolnie definiowane na różnych etapach procesu tworzenia. Zastosowanie tego programu powoduje znaczne skrócenie czasu programowania, zwiększoną dokładność ścieżek oraz łatwość tworzenia i modyfikacji parametrów robota. Za pomocą programu zostanie zwiększona kontrola parametrów procesu, co zwiększy wydajność procesu oraz zminimalizuje ryzyko wystąpienia nieprawidłowości.

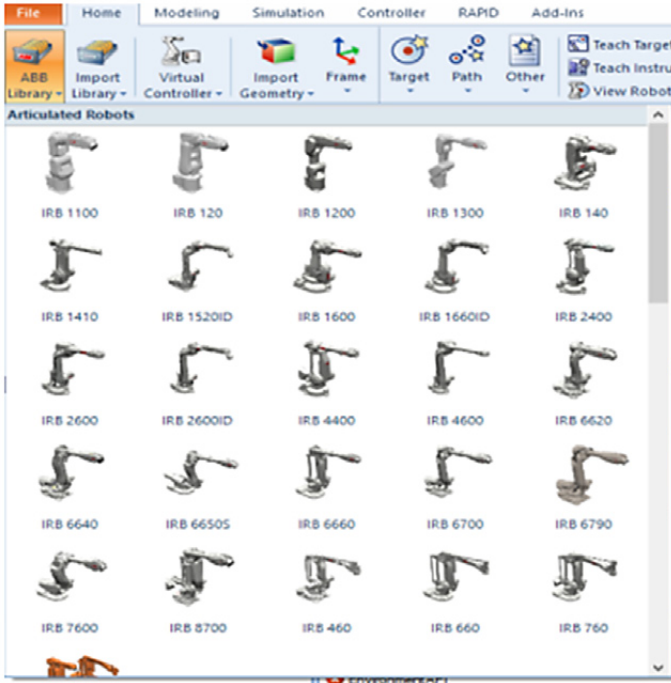
PAINTING POWERPAC

Dodatek służy do weryfikacji układu linii lakierniczych oraz programów malarskich. Painting PowerPac jest dodatkiem, który umożliwia użytkownikowi tworzenie symulacji działania robotów lakierniczych, związanego z nimi wyposażenia w wyniku czego zwiększa się wydajność oprogramowania. Za pomocą symulacji procesu możliwe jest wykrycie wszelkich niedociągnięć, odchyłeń, niewłaściwego doboru czasu pracy już na etapie projektowania, przed rozpoczęciem produkcji oraz zainstalowania linii produkcyjnej.

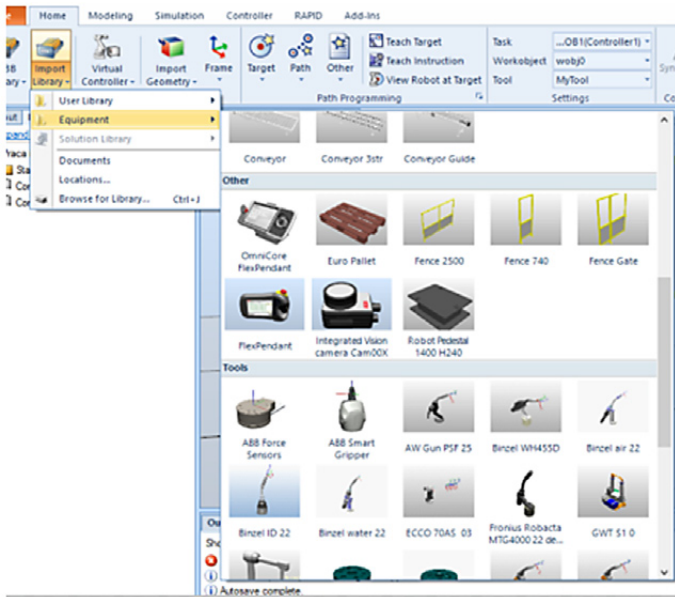
4. Modelowanie procesu spawania

Podczas modelowania procesu spawania należy zwrócić uwagę na elementy wyposażenia stanowiska roboczego. Podstawowymi elementami zrobotyzowanego stanowiska roboczego są roboty spawalnicze oraz w przypadku przedstawianego modelowania robot, który podaje elementy do zespawania. Na stanowisku konieczne jest zainstalowanie oraz podłączenie szafy sterowniczej, która optymalizuje wydajność robota dla możliwie najkrótszych czasów cykli oraz odwzorowuje precyzyjną ścieżkę, dzięki czemu użytkownik otrzyma to, co sam zaprogramował. Dla robota spawalniczego niezbędne jest zamontowanie źródła spawalniczego kompatybilnego z danym typem robota. Podczas modelowania należy wybrać odpowiedni model robota, który umożliwi najlepsze wykonanie zaplanowanej operacji. W tym celu należy porównać kilka typów robotów. Istotną cechą dotyczącą danego typu robota jest pozycja montażu, dzięki czemu użytkownik posiada informacje czy robot musi być zamontowany na podłodze w celu poprawnego działania czy może być zamontowany np. na ścianie lub pod kątem. Wielkość robota należy dobrać do wielkości elementów,

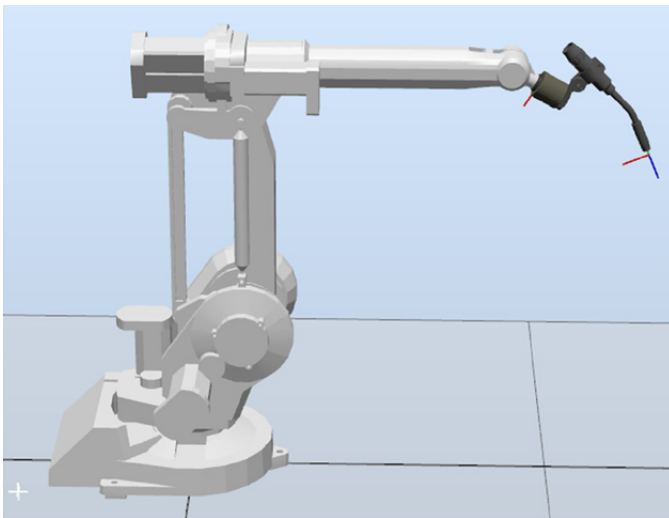
które będą wykorzystywane w procesie spawania. Ważnym parametrem jest strefa robocza, musi ona być na tyle duża by element, który ma zostać zespa- wany się w niej znajdował i jednocześnie robot nie znajdował się zbyt blisko tego elementu. Zasięg robota musi być tak dobrany, aby mógł bez większych problemów sięgnąć do wyznaczonych celów, zachowując przy tym pewien za- pas. Powyższe modelowanie i wybór robota jest możliwy w oprogramowaniu ROBOTSTUDIO, co przedstawiono na poniższych rysunkach.



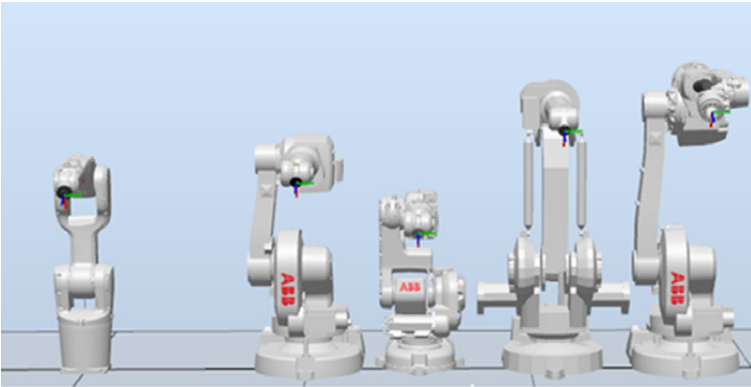
Rys. 5. Przegląd dostępnych robotów w programie ROBOTSTUDIO



Rys. 6. Wybór odpowiedniego narzędzia w programie ROBOTSTUDIO

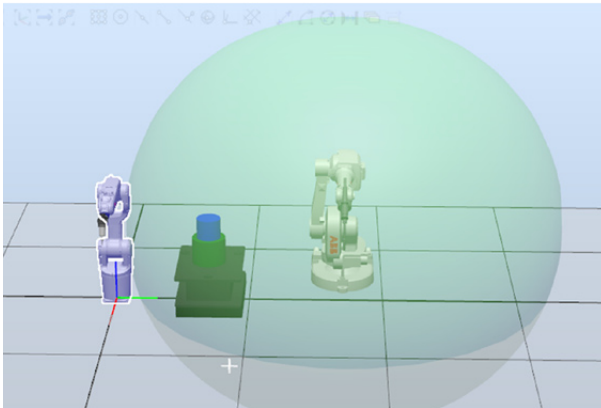


Rys. 7. Robot z narzędziem w programie ROBOTSTUDIO



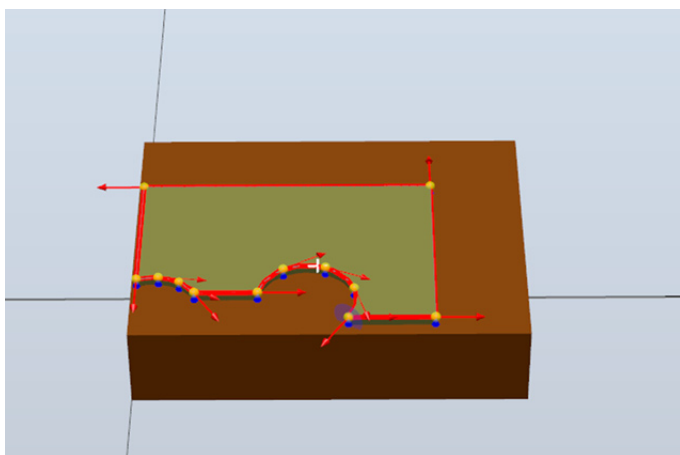
Rys. 8. Porównanie robotów spawalniczych w programie ROBOTSTUDIO

Dużym atutem modelowania procesów zrobotyzowanych jest możliwość wizualizacji strefy roboczej każdego robota, dzięki czemu jest możliwe w procesie modelowania procesu spawania takiego typu robota, który będzie pracował bezkolizyjnie oraz będzie posiadał pewien zapas w zakresie ruchów. W RobotStudio możliwe jest wyświetlenie tej przestrzeni, dzięki czemu można ustawić wszystkie potrzebne elementy w zasięgu ramienia robota, co zminimalizuje ryzyko wystąpienia błędów podczas programowania oraz ułatwi oszacowanie obszaru jaki będzie konieczny do stworzenia rzeczywistego stanowiska.



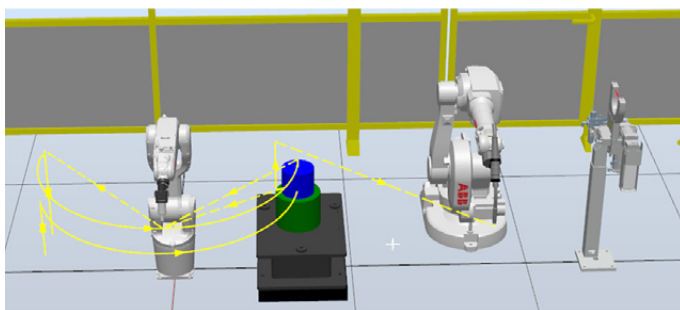
Rys. 9. Zamodelowana strefa roboczą w programie ROBOTSTUDIO

Kolejnym etapem modelowania jest wskazanie celów robota, dla których ma zostać wykonany ruch i ewentualnie ma być wykonana jakaś czynność, np. złapanie, podniesienie. Możliwość nazwania każdego celu według uznania ułatwia użytkownikowi pracę podczas następnego etapu, czyli podczas tworzenia ścieżki, po której ma się poruszać ramię robota.



Rys. 10. Przykładowa ścieżka w programie ROBOTSTUDIO

Za pomocą symulacji komputerowej istnieje możliwość odtworzenia całego procesu spawania, który zostanie wykonany w świecie rzeczywistym. Jedną z zalet symulacji jest możliwość przetestowania zaprojektowanego procesu bez angażowania zasobów, pozwala ona sterować czasem, przyspieszać lub zwalniać cały proces, bez tracenia czasu. Śledzenie całej symulacji krok po kroku daje możliwość wykrycia i zrozumienia powstałych błędów, kolizji itp. Symulacja procesu spawania pozwala poznać wszelkie ograniczenia, które bez symulacji byłyby kosztowne i trudne do wykrycia przy rzeczywistej realizacji procesu.



Rys. 11. Modelowy proces spawania w programie ROBOTSTUDIO

Podsumowanie

Modelując zrobotyzowane procesy za pomocą oprogramowania dostępnego przez poszczególnych producentów możliwe jest wybranie optymalnego, najkorzystniejszego robota. Można również w ten sposób określić elementy bezpiecznej eksploatacji robota, oszacować koszty, uwzględnić kolizję, błędy. Istnieje możliwość dowolnego testowania zachowań robota w różnych sytuacjach. Wyświetlane komunikaty informują użytkownika o niewłaściwym zaprogramowaniu, co umożliwi szybką korektę w trakcie projektowania, bez konieczności rozpoczynania całego procesu od samego początku. Modelowanie

danego procesu za pomocą programu komputerowego umożliwia powtarzanie całego procesu, przerywanie go na danym etapie, wprowadzenie koniecznych poprawek oraz wznowienie. Możliwa jest również regulacja prędkości, z jaką porusza się ramię robota, dzięki czemu można zobaczyć płynność ruchów. Dobrze zaprojektowana symulacja, wraz z właściwym doбором osprzętu pozwalają na bardzo dokładne oszacowanie zaplanowanego procesu.

References

- [1] Bobiński A., Jacyna M., Lewczuk K.: *Modelowanie i symulacja 3D obiektów magazynowych*. Wydawnictwo PWN, Warszawa 2017.
- [2] Sydor M.: *Wprowadzenie do CAD. Podstany komputerowo wspomaganego projektowania*. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2009.
- [3] Logic Design Inc. [internet] <https://robologix.com>.
- [4] Ochmański M.: źródło COMAU [internet] <https://automatykaonline.pl/Artykuly/Robotyka/ROBOSIM-PRO-oprogramowanie-do-symulacji-stanowisk-zrobotyzowanych>.
- [5] Krieser W.: *Programowanie urządzeń i systemów mechatronicznych*. Wydawnictwo WSIP, Warszawa 2017.
- [6] RobotStudio, ABB [internet] <https://new.abb.com/>