

Poroszewski Paweł (student)
Siemiński Przemysław, dr inż.
Politechnika Warszawska, Wydział Samochodów i Maszyn Roboczych
Tel. 600-633-366
pawel.poroszewski@onet.pl
psiem@ipbm.simr.pw.edu.pl

Opracowanie symulatora robota frezującego MOTOMAN UP50N z wykorzystaniem systemu Roboris Eureka

Wstęp

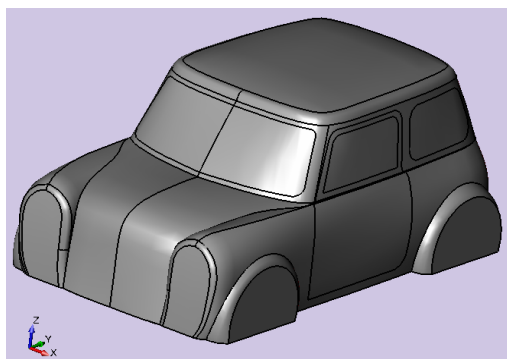
Frezowanie zrobotyzowane nie jest jeszcze powszechnym sposobem wytwarzania. Stosuje się je zazwyczaj do obróbki elementów wykonywanych z materiałów łatwo skrawalnych, od których nie wymaga się dużej dokładności. Roboty nie są zdolne do pokonywania dużych oporów skrawania, a ich precyzja nie może się równać obrabiarkom CNC. Największą ich zaletą jest jednak praktycznie nieograniczony zasięg pracy oraz możliwość obróbki trudno dostępnych miejsc.

Programowanie robota można zrealizować na dwa sposoby:

- on-line - nauczanie poprzez wskazywanie robotowi określonych punktów w przestrzeni roboczej oraz sposobu interpolacji drogi między nimi
- off-line - generowanie programu zrozumiałego dla robota przy pomocy oprogramowania komputerowego

Dzięki drugiej metodzie możemy wytwarzać skomplikowane przedmioty oraz przeprowadzać symulacje obróbki z uwzględnieniem kolizji i modyfikować ruchy robota. Nie bez znaczenia jest też fakt, że podczas przygotowywania obróbki robot może wykonywać inne zadania.

Proces opracowania symulatora pokazano na przykładzie stanowiska ze stołem obrotowym, gdzie możliwa jest obróbka elementów o dużych gabarytach m.in. form do laminowania elementów nadwozi pojazdów.



Rys. 1: Model nadwozia samochodowego.[Andy Swain]

W pracy zdecydowano się na użycie robota MOTOMAN UP50N. Jest to wszechstronny model umożliwiający wydajną pracę dzięki szybkim ruchom w 6 osiach. Można go zamontować na podłodze, ścianie lub suficie, a przez to dostosować go do miejsca, jakim dysponujemy.

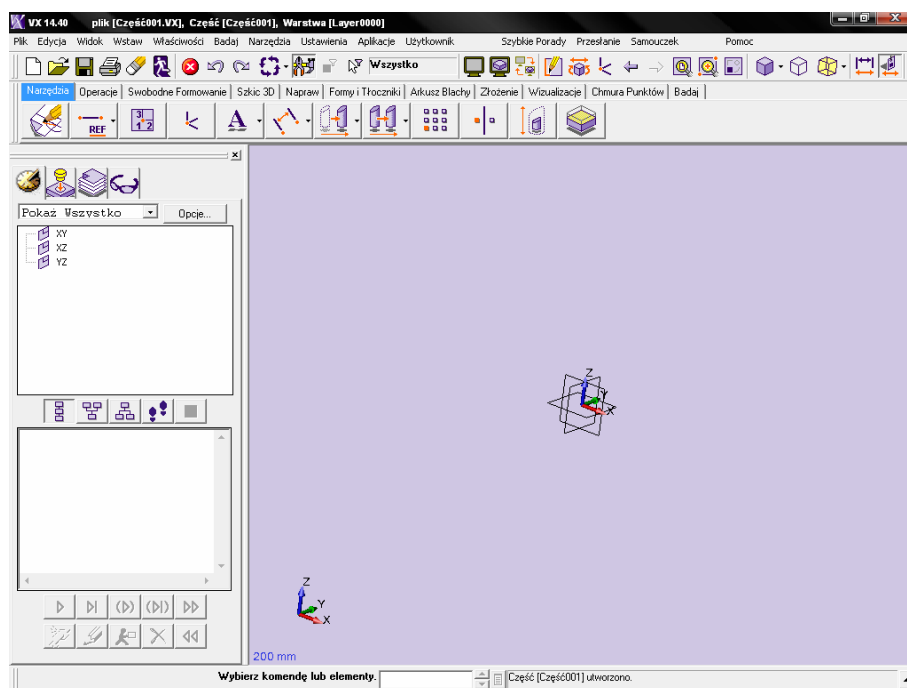


Rys. 2: Robot MOTOMAN UP50N. [MOTOMAN]

Stanowisko robota można zamontować bezpośrednio w programie Eureka, jednak, gdy nie dysponujemy modelami CAD-owskimi lub musimy je poprawić, przyda nam się program VX CAD/CAM (obecnie występujący pod nazwą ZW 3D CAD/CAM). W nim też wygenerowano ścieżki narzędzia dla poszczególnych obróbek. Aby zaprezentować możliwości obydwu programów, przeprowadzono obróbki 3- oraz 5-osiowe według różnych strategii.

Oprogramowanie użyte do budowy stanowiska

Oprogramowanie VX CAD/CAM jest parametrycznym modelerem bryłowo-powierzchniowym zintegrowanym z modułem CAM. W jego skład wchodzi 5 modułów: Innovator, Designer, Mold & Die, Machinist oraz End-to-End.



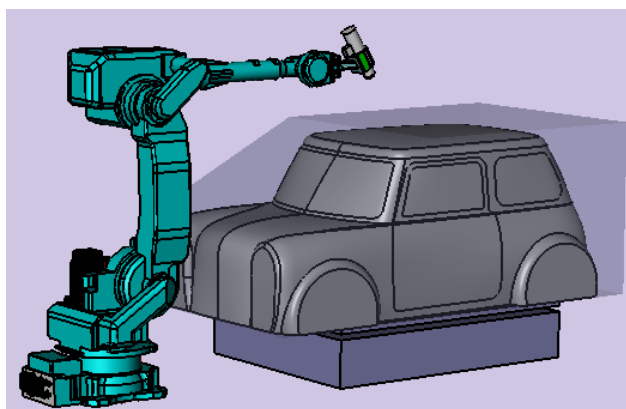
Rys. 3: Okno programu VX CAD/CAM.

Do zbudowania wirtualnego, zrobotyzowanego stanowiska użyto programu Eureka firmy Roboris. Jest to narzędzie pozwalające symulować maszyny CNC i roboty. Umożliwia ono pełną analizę kolizji wraz z symulacją usuwania obrabianego materiału. Pozwala także na bieżące debugowanie i edycję programów CL-data oraz optymalizację toru narzędzi i elementów robota. Za jego pomocą można stworzyć symulatory maszyn o dowolnej liczbie i konfiguracji osi sterowanych, a także z wieloma wrzecionami, głowicami, stołami. Możliwe jest także programowanie i symulowanie pracy robotów pracujących synchronicznie oraz ze zmieniającymi palet lub podajnikami prętów, robotów antropomorficznych, robotów z torami jezdnyymi i obrotnikami, a także typowych tokarek i frezarek CNC.



Budowa symulatora

Wirtualny model 3D robota MOTOMAN UP50N dostępny jest na stronie internetowej producenta. Umożliwia on szybkie złożenie stanowiska w dowolnym systemie 3D CAD. Pozostałe elementy użyte do symulacji obróbki należy zamodelować. Do tego celu wykorzystano oprogramowanie VX CAD/CAM.

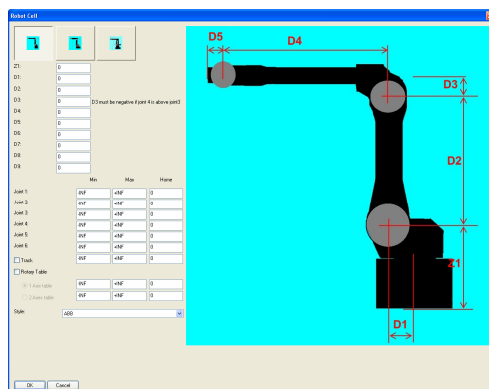


Rys. 4: Złożone stanowisko robota w systemie VX CAD/CAM.

Bardzo ważne jest prawidłowe umiejscowienie wszystkich elementów w modelu, gdyż użyty program do symulacji działania robota nie analizuje połączeń pomiędzy jego częściami na zasadzie wspólnych osi, czy ścian, lecz opisuje ich pozycję łańcuchem wektorów umocowanym w początku układu współrzędnych. Oznacza to, że jeśli źle wstawiono by modele bryłowe lub wpisano błędne odległości w kreatorze elementów robota, to robot „rozjechałby się” podczas symulacji.

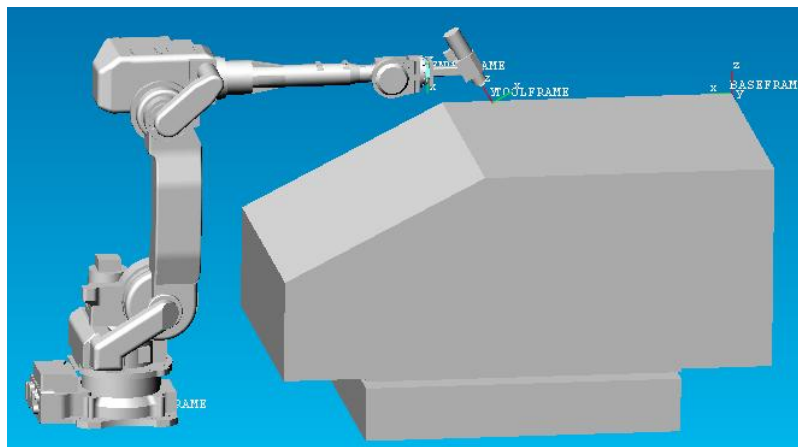
W programie Eureka należy określić położenie wszystkich osi sterowanych maszyny CNC. Można to zrobić wstawiając je kolejno i definiując położenie początku wektora kierunkowego każdej z osi względem początku układu współrzędnych lub skorzystać z kreatora, który znacznie przyspiesza pracę.

Ustawienia limitów
i pozycji wyjściowej
dla osi sterowanych



Rys. 5: Okno kreatora.

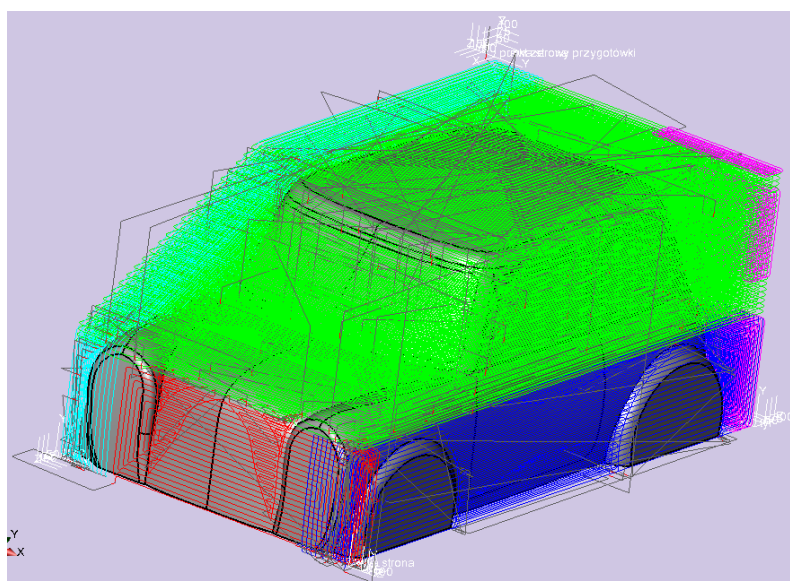
Następnie do każdej z osi przypisać należy odpowiedni trójwymiarowy model wirtualny.



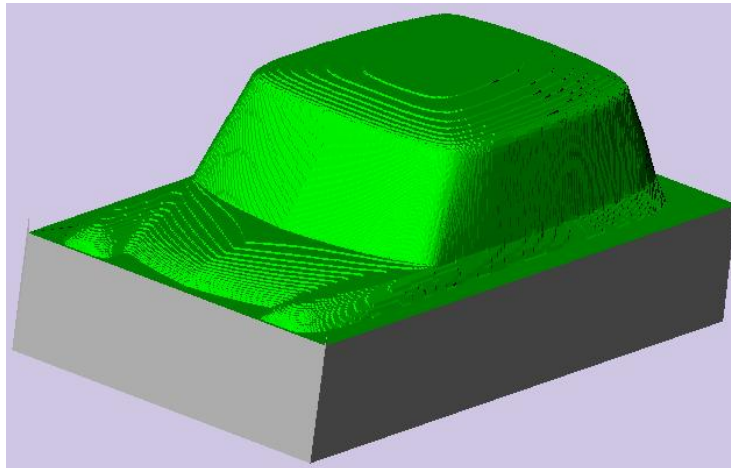
Rys. 6: Złożone stanowisko robota w programie Eureka.

Generowanie ścieżek narzędzia i symulacja w środowisku CAM

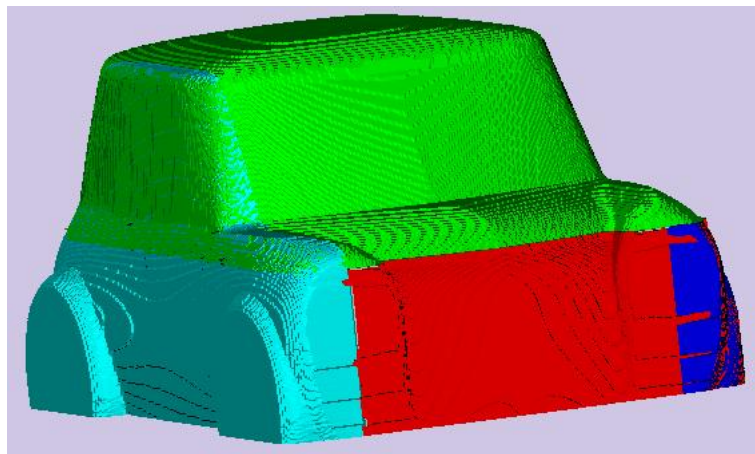
Program Eureka służy do symulacji pracy maszyn CNC. Nie posiada on jednak modułu CAM, dlatego ścieżki narzędzi frezarskich oraz do obróbki otworów należy wygenerować w dowolnym programie 3D CAM (tutaj wykorzystano moduł CAM systemu VX). Jest to realizowane na podstawie modelu 3D detalu i półfabrykatu.



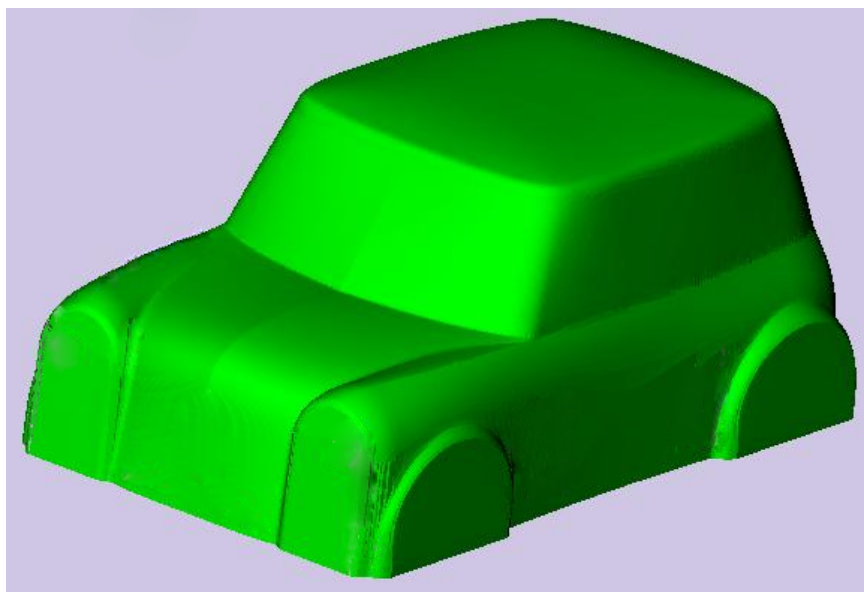
Rys. 7: Ścieżki narzędzia dla zgrubnych obróbek indeksowanych.



Rys. 8: Wynik symulacji wierzowania względem bazy górnej.



Rys. 9: Wynik symulacji obróbek zgrubnych.



Rys. 10: Wynik symulacji obróbek wykańczających.

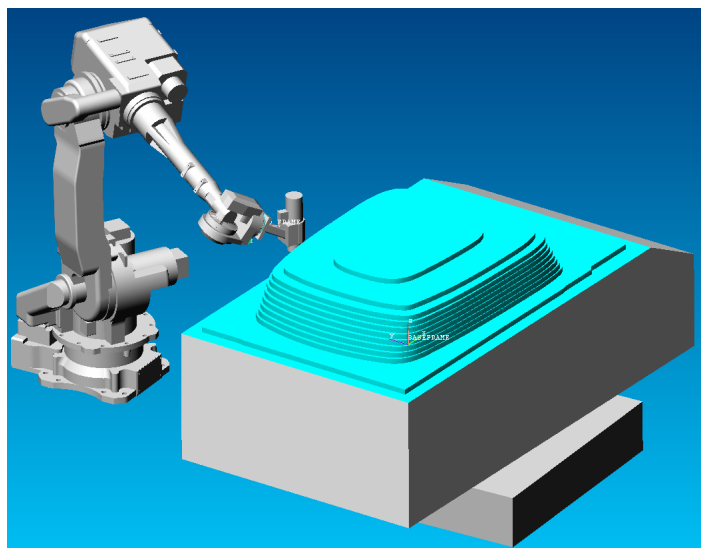
Symulacja pracy stanowiska zrobotyzowanego

Z programu eksportujemy kod CL-Data (zawierający dane o pozycji narzędzia) i wczytujemy go do symulatora.

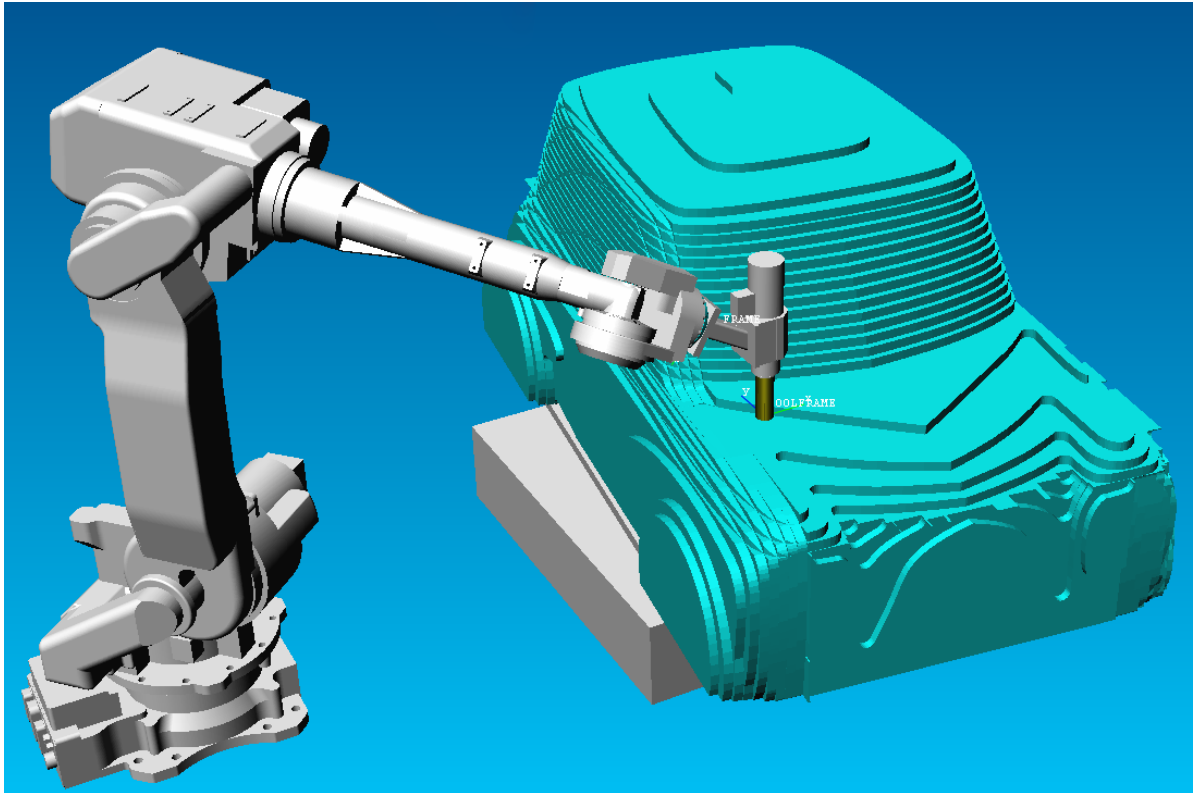
```
$$ CAM-ID: VX V14.x  
PARTNO / 'P0001'  
PPRINT / 'Programmed by 3D Master'  
PPRINT / ''  
PPRINT / 'Begin first tool sequence.'  
PPRINT / 'Tool 0 is 25 mm Frez Walcowo-Czółowy.'  
PPRINT / 'VX SHAPE PARAMETERS'  
LOADTL/1  
CUTTER/40.00000,0.00000,0.00000,0.00000,0.00000,0.00000,42.00000  
SPINDL/RPM,850,CLW  
$$ End first tool sequence.  
$$ Begin new operation sequence.  
PPRINT / 'Operation - zgrubna offset 2D 1'  
PPRINT / 'Tactic - zgrubna offset 2D 1'  
PPRINT / 'Plan - '  
PPRINT / 'File - obróbka CAM2.VX'  
$$ End new operation sequence.  
TLAXIS/0.00000,0.00000,1.00000  
FEDRAT/MMPM,430.00000  
SPINDL/RPM,850,CLW  
GOTO/10.64206,-25.66574,100.00000  
GOTO/10.64206,-25.66574,2.40084  
FEDRAT/MMPM,86.00000  
GOTO/10.64206,-25.66574,-2.59916  
FEDRAT/MMPM,258.00000  
GOTO/10.64206,-15.03818,-2.97029  
FEDRAT/MMPM,430.00000  
GOTO/10.64206,-10.14336,-2.97029  
CIRCLE/33.47145,-22.14116,-2.97029,0.00000,0.00000,1.00000,25.79008,CLW  
...
```

Rys. 11: Fragment kodu CL-Data wygenerowany z modułu CAM.

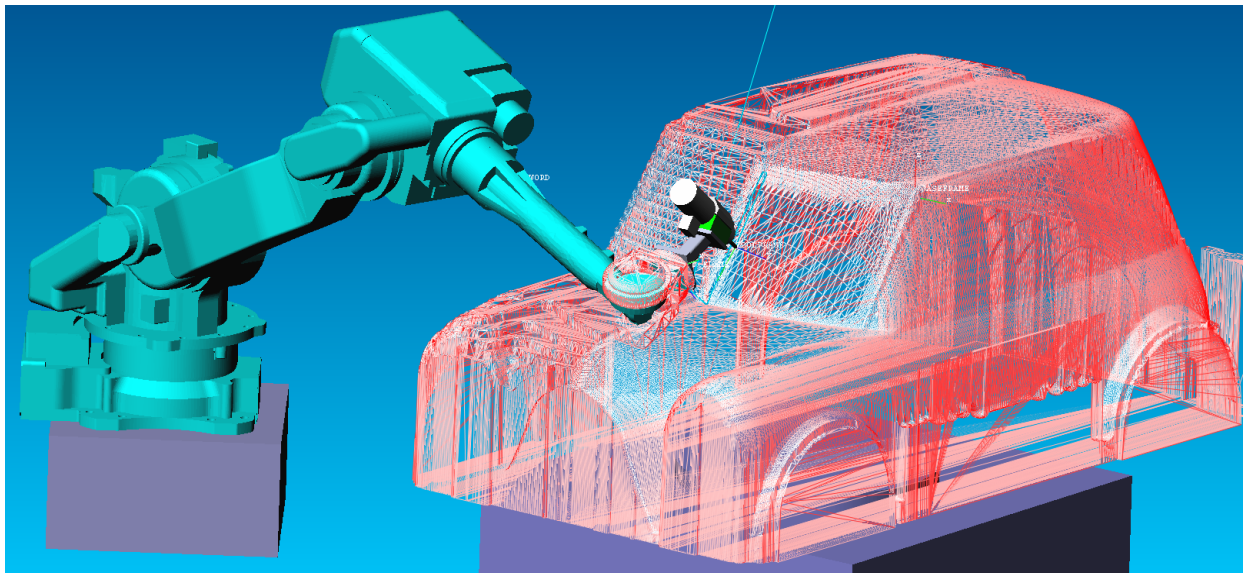
Po tym przeprowadzana jest symulacja działania stanowiska zrobotyzowanego. Program może pokazać kolizje (również z otoczeniem) i pozwala przeanalizować ruchy robota. Można także wymuszać alternatywne ułożenie elementów robota przy dojściu do wybranego punktu.



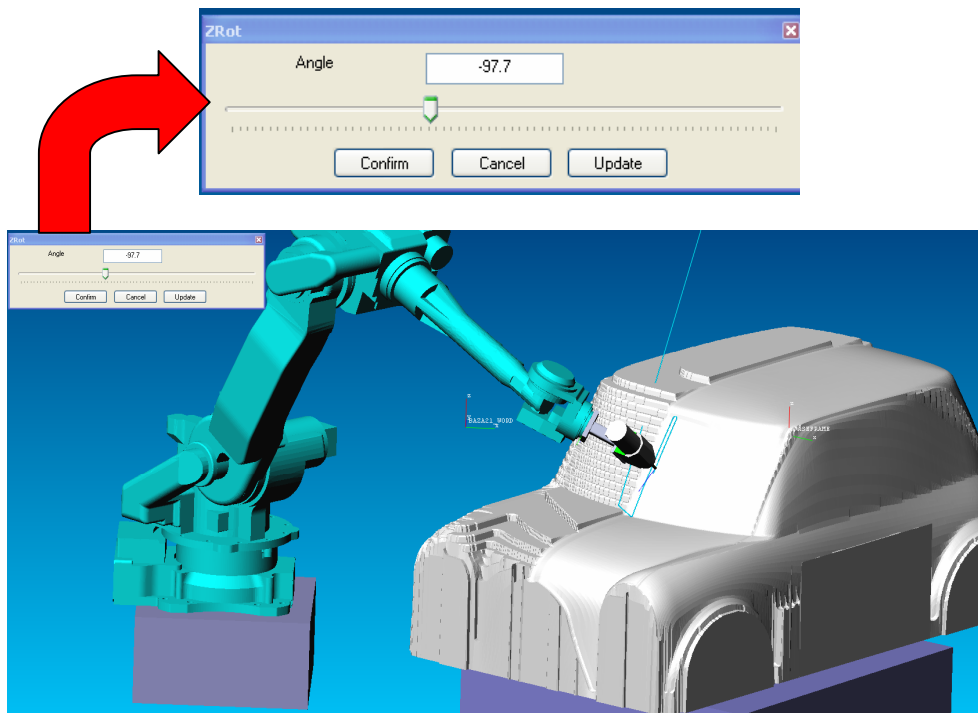
Rys. 12: Symulacja pracy stanowiska zrobotyzowanego. Obróbka koronkowa względem bazy górnej.



Rys. 13: Wynik indeksowanych obróbek zgrubnych.



Rys. 14: Symulacja 5-osiowej obróbki wykańczającej. Kolizja robota z przedmiotem obrabianym.



Rysunek 15: Eliminacja kolizji poprzez obrót wrzeciona wokół osi narzędzia.

Po przeprowadzeniu symulacji możliwe jest dopiero wygenerowanie kodu zrozumiałego dla robota. Wbudowany postprocesor można skonfigurować tak, aby zapisywał położenia końca narzędzia robota we współrzędnych kartezjańskich lub położenia przegubów w impulsach.

<pre> /JOB //NAME 1110001 //POS ///NPOS 575,0,575,0,0,0 ///USER 23 //TOOL 7 //POSTYPE USER //RECTAN //TOOL 7 ///RCONF 0,0,0,0,0,0,0 C00000=-289.93,1581.35,944.93,62.95,22.52,-115.50 C00001=2045.60,960.88,944.93,62.95,22.52,90.02 ... C00574=1567.63,946.07,551.18,64.76,18.03,80.28 //POSTYPE PULSE //PULSE EC00000=0 EC00001=623956 ... EC00574=623956 //INST ///DATE 10/09/24 10:52 //COMM //ATTR SC,RW,RJ ///GROUP1 RB1 ///GROUP2 ST1 NOP MOVJ C00000 VJ=25.00 +MOVJ EC00000 VJ=25.00 MOVJ C00001 VJ=25.00 +MOVJ EC00001 VJ=25.00 ... SMOVL C00574 V=233.33 +MOVJ EC00574 END </pre>	<pre> /JOB //NAME 6'8 //POS ///NPOS 269,0,269,0,0,0 //TOOL 0 //POSTYPE PULSE //PULSE C00000=55825,-80779,-90037,251,-28875,-24420 C00001=-13223,2882,-2290,-7461,-70130,38763 ... C00268=55825,-80779,-90037,251,-28875,-24420 EC00000=1563 EC00001=1563 ... EC00268=1563 //INST ///DATE 10/09/24 11:45 //ATTR SC,RW ///GROUP1 RB1 ///GROUP2 ST1 NOP WAIT SOUT#(1)=B000 MOVJ C00000 VJ=80.00 +MOVJ EC00000 VJ=60.00 AOUT AO#(1) 5.10 WAIT IN#(10)=ON MOVJ C00001 VJ=50.00 +MOVJ EC00001 VJ=50.00 MOVJ C00002 VJ=50.00 +MOVJ EC00002 VJ=0.78 ... MOVJ C00268 VJ=50.00 +MOVJ EC00268 VJ=50.00 END </pre>
---	--

Rys. 16: Przykład kodu sterującego robotem we współrzędnych kartezjańskich.

Rys. 17: Przykład kodu sterującego robotem w impulsach.

Wnioski

- Budowa symulatora stanowiska zrobotyzowanego jest niezbędna dla wydajnej jego pracy. Programowanie ruchów robota poprzez poruszanie nim w przestrzeni i zapamiętywaniem tych ruchów jest długotrwałe, mało dokładne, a w wielu przypadkach niemożliwe do zastosowania. Programowanie off-line robotów pozwala wyeliminować te wady.
- Wszelkie zmiany stanowiska, takie jak: rozbudowa go o kolejnego robota, podajnik, czy stół obrotowy, zmiana położenia poszczególnych członów itp. mogą być szybko uwzględnione w symulatorze.
- Opisany w artykule robot oraz oprogramowanie są narzędziami uniwersalnymi.
 - Robota można wyposażyć w odpowiedni osprzęt i wykorzystywać np. jako przenośnik, robot spawający itp..
 - System VX służy zarówno do projektowania 3D, jak i do generowanie ścieżek na przeróżne obrabiarki.
 - Eureka nie jest tylko symulatorem jednego robota, a służyć może do symulowania pracy wielu maszyn, takich jak: klasyczne i nietypowe obrabiarki, czy bardzo rozbudowane stanowiska ze współpracą robotów i obrabiarek.

Wszystko to sprawia, że te niegdyś niewyobrażalne technologie, coraz szerzej znajdują zastosowanie w przemyśle, a ich cena jest coraz bardziej konkurencyjna.

- Symulowanie pracy robota pozwala zauważyć i wyeliminować powstałe kolizje. Jest to szczególnie istotne dla bezpieczeństwa ludzi i wyposażenia stanowiska. Podczas kolizji może nastąpić uszkodzenie drogiego sprzętu lub przedmiotu obrabianego oraz trudne do przewidzenia konsekwencje takie, jak nieskoordynowany ruch maszyny, czy odłamanie się elementów, które mogą zranić operatora.
- Roboty znajdują obecnie coraz szersze zastosowanie. Wykorzystanie ich do obróbek frezarskich otwiera nowe możliwości wytwarzania dużych elementów, od których nie jest wymagana wysoka dokładność. Nie bez znaczenia jest też możliwość obrobienia trudno dostępnych miejsc, a wszystko to przy jednym zamocowaniu przedmiotu obrabianego.

Bibliografia

- Jerzy Honczarenko: Roboty przemysłowe. Budowa i zastosowanie, Warszawa, 2004, WNT
- Andy Swain, trójwymiarowy model wirtualny samochodu z darmowej biblioteki <http://www.3dcontentcentral.com>
- R. Zdanowicz: Robotyzacja dyskretnych procesów produkcyjnych, Gliwice, 2009, WPŚ
- Strona internetowa dystrybutora programów VX CAD/CAM i Roboris Eureka <http://www.vx3d.pl/>
- Strona internetowa firmy MOTOMAN <http://www.motoman.eu/>
- Strona forum robotów przemysłowych <http://www.robot-forum.com/>