

Łukasz Giersberg ¹⁾, Andrzej Łukaszewicz ²⁾

NOWOCZESNE METODY WYTWARZANIA W RZEŹBIARSTWIE WYKORZYSTUJĄCE PODEJŚCIE INŻYNIERII ODWROTNEJ

Streszczenie: W niniejszym artykule omówiony został przebieg procesu wytwarzania rzeźby kamiennej przy pomocy siedmioosiowego robota przemysłowego, z wykorzystaniem oprogramowania CAM (przygotowanie i ustawienie modelu w programie CAD, tworzenie programu obróbkowego z wykorzystaniem oprogramowania CAM, przeprowadzenie obróbki), oraz porównanie z klasycznymi metodami wytwarzania.

Słowa kluczowe: Inżynieria odwrotna, wytwarzanie, CAD, CAM.

WSTĘP

Jak powszechnie wiadomo rzeźbiarstwo jest rzemiosłem bardzo starym i niezwykle cenionym już od zamierzonych czasów [3]. Do jego wykonywania niezbędna jest zarówno bardzo dobrze rozwinięta wyobraźnia przestrzenna jak również odpowiednie zdolności manualne. Pomimo, iż wykonanie modelu danej rzeźby z tworzyw miękkich takich jak glina, lub w plastelinie należy do czynności zbyt uciążliwych, odwzorowanie kształtu stworzonego obiektu w materiale, z którego ma on zostać ostatecznie wykonany, przy użyciu narzędzi konwencjonalnych wiąże się obecnie z dużym nakładem pracy oraz czasu. W dobie wszechobecnego postępu technicznego proces ten może zostać w dużym stopniu usprawniony dzięki zastosowaniu w trakcie jego realizacji metod inżynierii odwrotnej, co zostanie zaprezentowane w niniejszym artykule.

PODSTAWY TEORETYCZNE

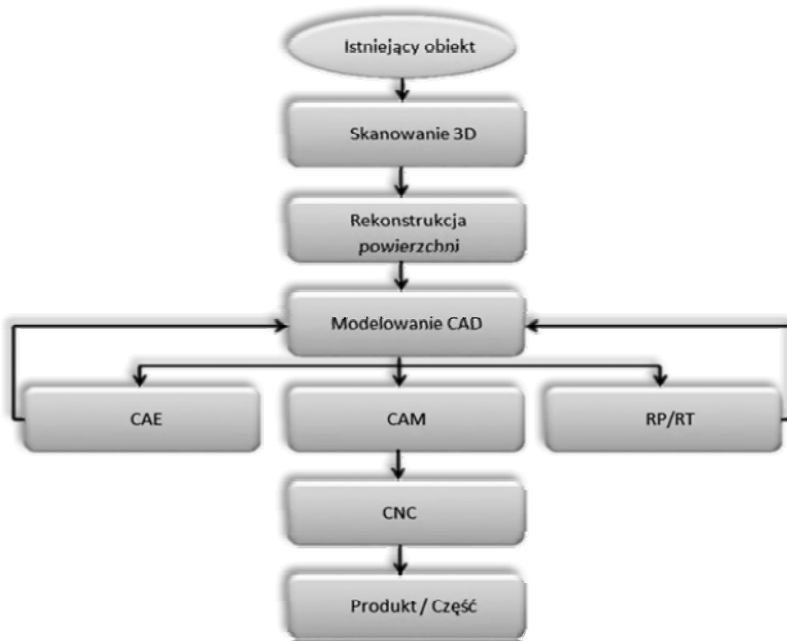
Inżynieria odwrotna (ang. *Reverse Engineering*) – jest to proces odkrywania zasad technologicznych powstawania urządzeń stworzonych przez człowieka, za pomocą analizy jego struktury, funkcji, kształtu oraz działania. Proces ten często polega na rozmontowaniu na części istniejącego produktu (na przykład: urządzenia mechanicznego, komponentu elektronicznego lub programu komputerowego) w celu ich wykorzystania w nowym urządzeniu, bądź też ich skopiowaniu [2, 5].

¹ Politechnika Białostocka, Wydział Mechaniczny, Studenckie Koło Naukowe Mechaniki i Informatyki Stosowanej.

² Politechnika Białostocka, Wydział Mechaniczny, Katedra Mechaniki i Informatyki Stosowanej.

Wśród metod inżynierii odwrotnej wyróżnić można cztery zagadnienia [1]:

- a) ponowna dokumentacja – jest to gałąź technik inżynierii odwrotnej polegająca na odtworzeniu (jeżeli takowa istniała), bądź też opracowaniu na nowo dokumentacji technicznej danego obiektu lub urządzenia na podstawie istniejącego obiektu fizycznego,
- b) powtórne definiowanie projektu – ponowne udokumentowanie danego projektu z zastosowaniem informacji uzyskanych z zewnętrznych baz danych, w celu wykorzystania nowych rozwiązań technicznych,
- c) rekonstrukcja – odwzorowanie danego elementu, lub urządzenia na podstawie istniejącego modelu fizycznego, przy zachowaniu jego uprzedniej funkcjonalności i zastosowania. Przebieg niniejszego procesu przedstawiony został na rys. 1.



Rys. 1. Rekonstrukcja obiektu z wykorzystaniem metod inżynierii odwrotnej
Fig. 1. Reconstruction of an object using the methods of reverse engineering [4]

- d) ponowne projektowanie - połączenie metod projektowania oraz inżynierii odwrotnej, polegające na dokładnym zbadaniu danego obiektu fizycznego w celu przeanalizowania zastosowanych w nim rozwiązań technicznych, co umożliwi pracę nad ich dalszym udoskonalaniem, bądź też na ich zastosowanie w innym projekcie.

PRZEBIEG PROCESU WYTWARZANIA RZEźB Z WYKORZYSTANIEM METOD INŻYNIERII ODWROTNEJ

Przygotowanie modelu CAD pod wymagania programu CAM: przed przystąpieniem do planowania procesu obróbki danej rzeźby, konieczne jest uprzednie przygotowanie jej modelu przy użyciu oprogramowania typu CAD. Na potrzeby niniejszego artykułu wykorzystany został uprzednio wykonany i odpowiednio przygotowany cyfrowy model 3D rzeźby „Aniołek”, przedstawiony na rys.2.



Rys. 2. Skan 3D modelu rzeźby „Aniołek”
Fig. 2. Scan 3D model of the sculpture
 "Angel"



Rys. 3. Model CAD rzeźby wraz z wrysowaną przygotowką
Fig. 3. CAD model of a sculpture with raw drawn into

Pierwszą czynnością, którą należy wykonać tuż po zaimportowaniu modelu 3D danej rzeźby do programu typu CAD, jest jego odpowiednie przeskalowanie. Czynność ta jest konieczna ze względu na fakt iż modele fizyczne poszczególnych rzeźb, które następnie mają podlegać skanowaniu, zazwyczaj są znacznie mniejsze od produktu końcowego, co pozwala na zmniejszenie czasochłonności procesu ich wytwarzania.

Kolejnym etapem w trakcie przygotowywania modelu CAD pod wymagania systemu CAM jest wrysowanie doń przygotowki, będącej odwzorowaniem kształtu materiału z którego wykonana zostanie rzeźba, oraz postumentu (o ile takowy nie istnieje w modelu), który sprawi iż obrabiany element nie ulegnie wywróceniu podczas obróbki. Ważne jest aby utworzona bryła jak najdokładniej odzwierciedlała materiał wyjściowy, gdyż jej nieprawidłowe wykonanie może doprowadzić do komplikacji w czasie procesu obróbki takich jak np. kolizja narzędzia z obra-

bianym elementem. Faktem jest, iż niektóre aplikacje typu CAM oferują możliwość generacji prostych brył, które następnie mogą zostać wykorzystane jako model przygotówki, należy jednak pamiętać, że tego typu rozwiązania należy stosować tylko wówczas, gdy mamy do czynienia z materiałem wyjściowym którego kształt został już wstępnie przygotowany. Przygotówka oraz postument stworzone na potrzeby niniejszego projektu przedstawione zostały na rysunku 3.

Ostatnią czynnością, którą należy wykonać przed zaimportowaniem pliku CAD do systemu CAM, jest odpowiednie usytuowanie punktu zerowego przedmiotu. Dokonuje się tego poprzez transformację układu współrzędnych przedmiotu w wybranym przez użytkownika punkcie do globalnego układu współrzędnych programu CAD. Co prawda, podobnie jak w przypadku tworzenia przygotówki, wiele programów typu CAM oferuje możliwość ustawienia punktu zerowego przedmiotu już po zaimportowaniu pliku, jednak w przypadku, gdy aplikacja wykorzystywana przez użytkownika pozbawiona jest wyżej wymienionej cechy, za punkt zerowy przedmiotu obierany jest automatycznie początek układu współrzędnych pobrany z pliku CAD.

TWORZENIE PROGRAMU OBRÓBKOWEGO Z WYKORZYSTANIEM OPROGRAMOWANIA CAM

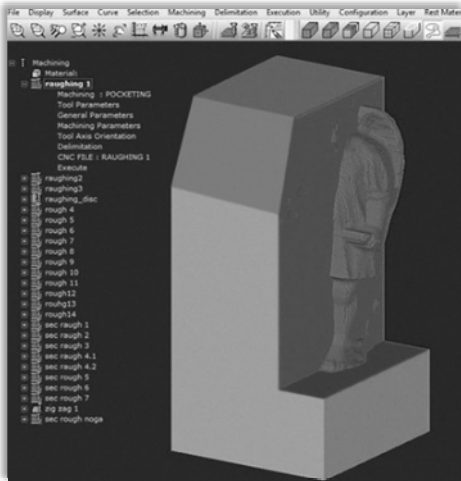
Po zaimportowaniu uprzednio przygotowanego modelu CAD do aplikacji typu CAM, użytkownik ma możliwość rozpoczęcia procesu tworzenia programu obróbkowego. Jest to zazwyczaj proces stosunkowo prosty i nie stwarzający większych trudności osobom zaznajomionym z tego typu oprogramowaniem.

Pierwszą czynnością, jaką należy wykonać rozpoczynając tworzenie programu obróbkowego, jest wskazanie aktualnie wykorzystywanej aplikacji, która część zaimportowanego modelu CAD uznana ma zostać za przygotówkę, a która za element docelowy, co umożliwi dalszą pracę nad projektem.

Kolejnym krokiem który użytkownik musi wykonać w celu wygenerowania kodu na obrabiarkę CNC, jest wstawienie do programu nowej operacji obróbczej, po czym konieczne jest zdefiniowanie poszczególnych parametrów, od których ów zabieg jest zależny, takich jak np. parametry wykorzystywanego narzędzia, posuw, grubość warstwy skrawanej, czy kąt nachylenia narzędzia względem przedmiotu obrabianego (obróbka 5-cio osiowa) oraz wiele innych. W trakcie wykonywania wyżej wymienionych czynności należy zachować szczególną ostrożność, ponieważ wprowadzenie nieprawidłowych wartości, może doprowadzić nie tylko do uszkodzenia obrabianego materiału, ale również narzędzia lub obrabiarki.

Zakres operacji możliwych do wykorzystania przez osobę obsługującą daną aplikację, uzależniony jest w dużej mierze od stosowanego systemu CAM. Duża część tego typu oprogramowania posiada budowę modułową, dzięki czemu możliwy jest wybór opcji programowej umożliwiającej obsługę dostępną dla użytkownika grupy obrabiarek (moduły: frezarskie, tokarskie, wiertarskie, itp.).

Ostatnimi czynnościami, które użytkownik powinien wykonać, przed wygenerowaniem kodu na obrabiarkę CNC, jest wydanie komendy policzenia ścieżek narzędzia na podstawie wcześniej wprowadzonych parametrów oraz przeprowadzenie symulacji stworzonej operacji. Pozwala to na odszukanie ewentualnych błędów w programie, oraz wykrycie wszelkiego rodzaju kolizji narzędzia z obrabianym przedmiotem. Daje to również użytkownikowi możliwość obejrzenia pozostałego po przeprowadzeniu planowanej operacji materiału resztkowego (rys. 4).



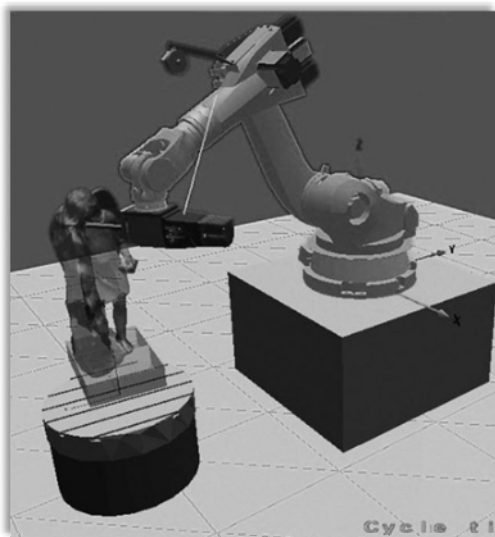
Rys. 4. Materiał resztkowy pozostały po przeprowadzeniu operacji
Fig. 4. The rest material remaining after operation

Po wykonaniu wszystkich wyżej wymienionych czynności rola użytkownika programu ogranicza się jedynie do wybrania typu postprocesora (rodzaj kodu wyjściowego) i generacji programu na obrabiarkę CNC. Programy obróbkowe kolejnych operacji tworzone są w sposób analogiczny.

W niektórych przypadkach kod programu wygenerowany przez aplikację typu CAM okazuje się niewystarczający do przeprowadzenia obróbki i konieczny jest jego dalszy postprocessing, co można zauważyć na podstawie niniejszego projektu.

Ze względu na bardzo skomplikowaną geometrię wykonywanego elementu, do obróbki wykorzystany został 7-osiowy robot przemysłowy, co spowodowało, że pomimo iż ruchy narzędzia zostały ściśle sprecyzowane w programie obróbkowym, konieczne było zdefiniowanie ruchów poszczególnych ramion robota, w celu uniknięcia ich kolizji z przedmiotem obrabianym, co zostało przedstawione na rysunku 5. Zazwyczaj w tym celu wykorzystywane są specjalistyczne aplikacje dostarczane przez producentów wraz z obrabiarkami, o ile jest ono niezbędne do ich obsługi.

Przygotowany w ten sposób program obróbkowy jest gotowy do przeniesienia na obrabiarkę, a następnie do jego uruchomienia, co będzie skutkowało rozpoczęciem procesu obróbki.



Rys. 5. Definiowanie ruchów ramion robota z wykorzystaniem aplikacji Robomove
Fig. 5. Defining the robot arm movements using the application Robomove



Rys. 6. Wytwarzana rzeźba na poszczególnych etapach obróbki
Fig. 6. Produced sculpture in various stages of processing

Zdjęcia przedstawiające rzeźbę wytwarzaną na potrzeby niniejszego projektu, po poszczególnych etapach obróbki przedstawione zostały na rysunku 6.

WNIOSKI

Całkowity czas obróbki rzeźby omawianej w niniejszym artykule wyniósł 62 godziny robocze, podczas gdy osiągnięcie podobnego efektu z wykorzystaniem narzędzi konwencjonalnych, na podstawie danych szacunkowych, wyniosłoby około 200 godzin, czyli ponad trzykrotnie dłużej. Świadczy to o tym, iż zastosowanie nowoczesnych technik wytwarzania przełożyło się bezpośrednio na skrócenie czasu potrzebnego na wykonanie elementu, a co za tym idzie obniżenie kosztów jego produkcji.

Pozwoliło to również na niemal całkowite wyeliminowanie konieczności obróbki ręcznej, która w chwili obecnej ogranicza się jedynie do wykonania czynności wykończeniowych.

Artykuł powstał przy współpracy, z pracownią rzeźbiarską Michała Jackowskiego, w Białymstoku.

PIŚMIENNICTWO

1. Sokovic M., Kopac J.: RE (reverse engineering) as a necessary phase by rapid product development – Faculty of Mechanical Engineering, University of Ljubljana, Askercева 6, SI-1000 Ljubljana, Slovenia 2005.
2. Nelson M. L.: A Survey of Reverse Engineering and Program Comprehension - Software Engineering Survey 1996.
3. Santamera C.: Scultura in pietra. Il Castello 2006.
4. <http://www.digitalmanu.com/tech02-e.htm>
5. http://en.wikipedia.org/wiki/Reverse_engineering

MODERN MANUFACTURING METHODS IN SCULPTURE USING A REVERSE ENGINEERING APPROACH

Summary

In this article, the process of manufacturing sculptures using reverse engineering methods and modern systems of computer-aided design and manufacturing CAD/CAM was shown.

Keywords: Reverse engineering, manufacturing, CAD, CAM.