Hylewski Dominik dr inż.
Politechnika Śląska, Katedra Budowy Maszyn
tel.: 608789610
e-mail: dominik.hylewski@gmail.com

INŻYNIERIA ODWROTNA Z WYKORZYSTANIEM ZAAWANSOWANYCH TECHNIK WYTWARZANIA

Streszczenie: Inżynieria odwrotna jest zagadnieniem dobrze poznanym i z powodzeniem realizowanym w praktyce. Nie mniej jednak brak jest usystematyzowanego podejścia do realizacji tego procesu. Wynika to niewątpliwie z różnorodności stosowanych podejść i narzędzi. Niniejszy artykuł przedstawia w skrótowy sposób wyniki badań autora zrealizowanych w ramach pracy doktorskiej [1], której celem było określenie optymalnego sposobu realizacji procesu inżynierii odwrotnej ze względu na wybrane kryteria.

Słowa kluczowe: inżynieria odwrotna, szybkie prototypowanie, CATIA V5, skanowanie, współrzędnościowa technika pomiarowa, obróbka ubytkowa.

REVERSE ENGINEERING WITH ADVANCED MANUFACTURING TECHNIQUES

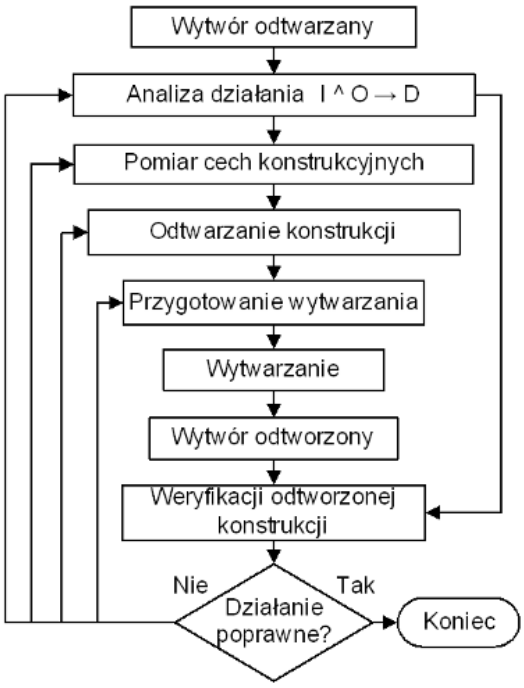
Abstract: Reverse engineering is a well known and successfully implemented in practice. Nevertheless there is no systematic approach for this process. This is result of variety of ways and tools, which can be used. This article present in a few words the results of reserches, which were done in the framework of Phd dissertation [1]. The goal of dissertation was to determine the optimal way for reverse engineering due to selected criteria.

Key words: Reverse Engineering, Rapid Prototyping, CATIA V5, scanning, Coordinate Measuring Machine, machining.

1. WPROWADZENIE

Inżynieria odwrotna w dziedzinie konstruowania i wytwarzania części maszyn jest postrzegana na wiele sposobów [1, 2, 3, 4, 5]. Dominującym jest określanie jej, jako działanie umożliwiające odtworzenie przedmiotu, dla którego nie istnieje dokumentacja konstrukcyjna.

By określić istotę inżynierii odwrotnej, autor w swojej pracy [1] przeprowadził rozważania, które oparł na odwróceniu zaproponowanej przez Janusz Dietrycha, w pracy [6], definicji inżynierii. Na podstawie tego, inżynierię odwrotną zdefiniował jako: działania techniczne, w wyniku których odtworzona zostaje konstrukcja wytworu, zostaje on według niej wytworzony i na tej podstawie może zostać zweryfikowana jego konstrukcja odtworzona. Zdefiniowany w powyższy sposób proces inżynierii odwrotnej przedstawia rys. 1.



Rys. 1. Zaproponowany algorytm procesu inżynierii odwrotnej [1].

Autor w swojej pracy zajmował się odtwarzaniem tylko geometrycznych cech konstrukcyjnych [7].

2. CEL PRACY

Celem pracy było określenie optymalnego pod względem kryteriów czasu i dokładności odtworzenia kształtu przedmiotu, sposobu realizacji procesu inżynierii odwrotnej dla trzech przedmiotów o różnej złożoności kształtu. Dążąc do rozwiązania systemowego oraz, aby wyeliminować możliwość subiektywnego podejścia wszystkie fazy inżynierii odwrotnej dla każdego przedmiotu były realizowane w ten sam sposób.

3. BADANIA WŁASNE

W ramach pracy autor przeprowadzał badania własne, które ukierunkowane były na czynniki mające wpływ na rozważane w celu pracy kryteria. Duży udział miały tu badania dotyczące możliwości skrócenia czasu trwania fazy pomiaru cech konstrukcyjnych na współrzędnościowej maszynie pomiarowej oraz badania dotyczące dokładności odtwarzania kształtu przedmiotu do postaci siatki trójkątów [8, 9]. Wyniki tych ostatnich badań – metoda doboru parametrów digitalizacji powierzchni oraz sformułowane twierdzenie dotyczące kierunku digitalizacji powierzchni stanowią największe osiągnięcie autora.

4. BADANIA DOŚWIADCZALNE UMOŻLIWIAJĄCE OSIĄGNIĘCIE CELU PRACY

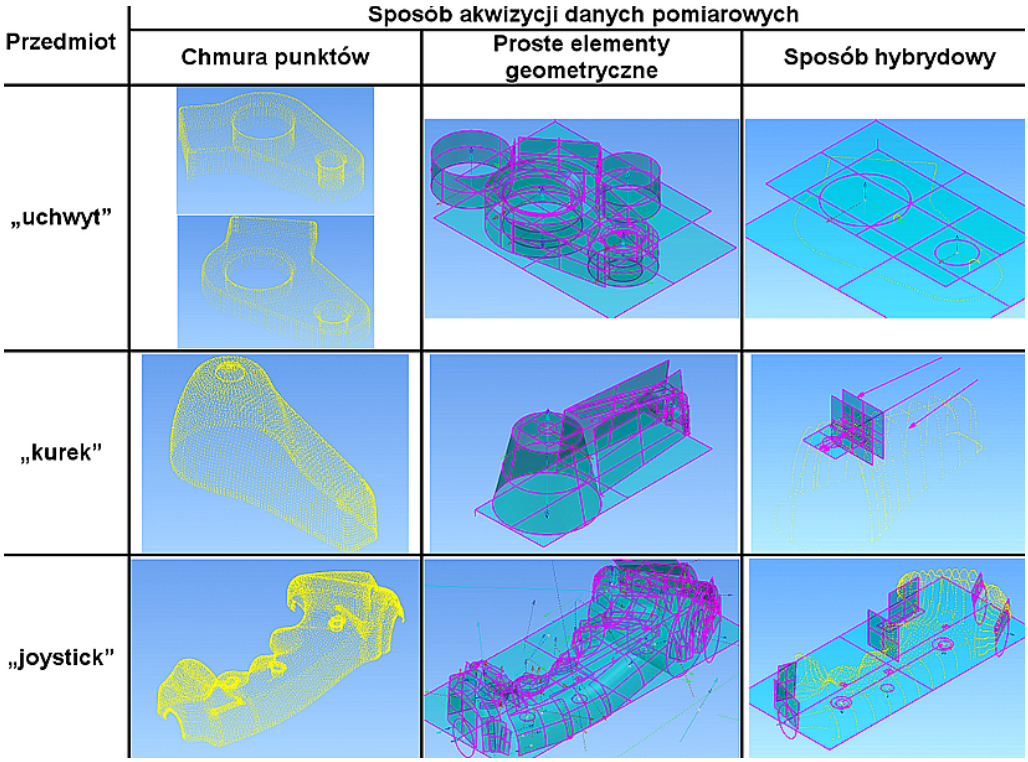
Badania doświadczalne polegały na realizacji poszczególnych faz inżynierii odwrotnej dla wspomnianych, wybranych przedmiotów. Przedmioty te przedstawia rys. 2.

Rys. 2. Przedmioty wybrane do realizacji procesów inżynierii odwrotnej.

Kształt poszczególnych przedmiotów można uogólnić w następujący sposób: przedmiot nr. 1 - „uchwyt”, występują tu tylko proste elementy geometryczne, pomiędzy którymi zachowany jest stopień ciągłości G2, natomiast dominuje stopień G1. Przedmiot nr. 2 - „kurek”, występują tu „powierzchnie swobodne” oraz proste elementy geometryczne, pomiędzy którymi zachowany jest stopień ciągłości G3 oraz G2. Przedmiot nr. 3 - „joystick”, występują tu praktycznie wyłącznie „powierzchnie swobodne”, pomiędzy którymi zachowany jest stopień ciągłości G3.

4.1. POMIAR CECH KONSTRUKCYJNYCH

Celem przeprowadzanych badań było określenie czasu potrzebnego na akwizycję danych o kształcie przedmiotu oraz napotkanych przy tym trudności. Dla każdego przedmiotu dane były zbierane na trzy sposoby, przedstawia to rys. 3. Badania realizowano z wykorzystaniem współrzędnościowej maszyny pomiarowej ZEISS C400, współpracującej z oprogramowaniem PowerINSPECT.

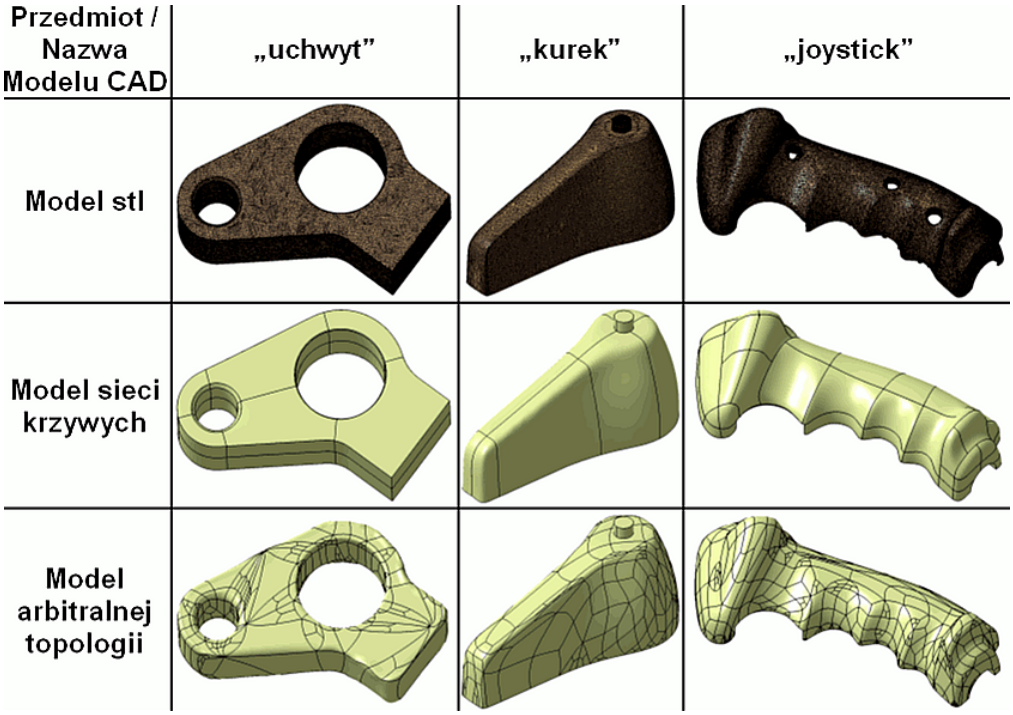


Rys. 3. Zebrane dla przedmiotów dane pomiarowe.

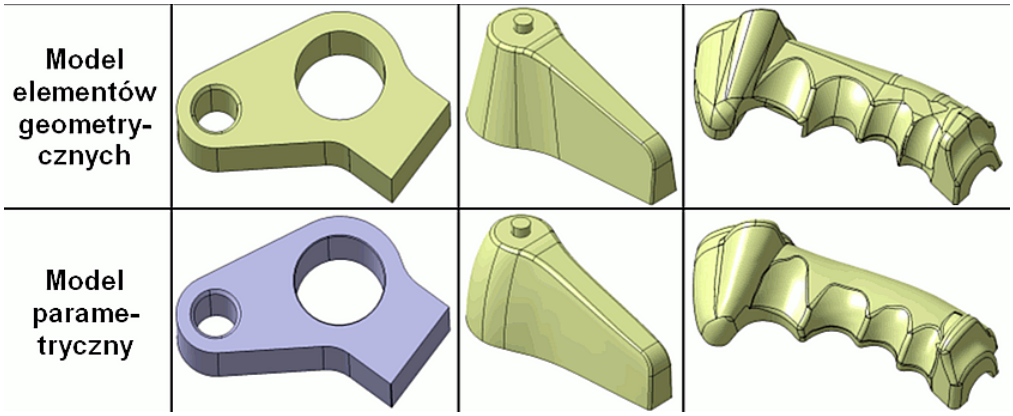
Sposób hybrydowy stanowił połączenie akwizycji chmur punktów, oraz prostych elementów geometrycznych. Na dużą uwagę zasługuje tutaj fakt, że oprócz akwizycji chmurą punktów pozostałe sposoby niosą tylko „wyrywkową” informację o kształcie przedmiotu.

4.2. ODTWARZANIE KONSTRUKCJI

Celem realizowanych badań było określenie czasu potrzebnego na realizację cyfrowych modeli CAD różnymi sposobami oraz napotkanych przy tym trudności i dogodności. Uzyskane wyniki przedstawiają kolejno rys. 4 i 5.



Rys. 4. Modele CAD realizowane z danych pomiarowych w postaci chmur punktów.

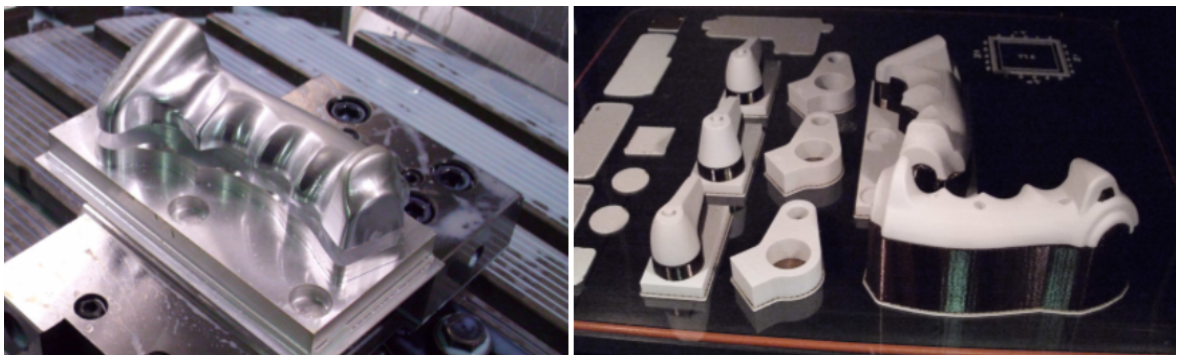


Rys. 5. Modele CAD realizowane z danych pomiarowych w postaci elementów geometrycznych i hybrydowej.

Modele CAD utworzone podczas badania realizowane były w oprogramowaniu CATIA V5R19.

4.3. PRZYGOTOWANIE WYTWARZANIA I WYTWARZANIE

Wytwarzanie przedmiotów z uzyskanych modeli CAD realizowane było z wykorzystaniem technik obróbki ubytkowej oraz szybkiego prototypowania. Celem było tutaj określenie czasu potrzebnego na wytworzenie przedmiotu daną techniką z danego modelu CAD. Przykłady wytworzonych przedmiotów przedstawia rys. 6.



Rys. 6. Przykład przedmiotów wytworzonych obiema technikami.

Techniką obróbki ubytkowej wytworzono przy wykorzystaniu 5-osiowego centrum frezarskiego DMU firmy DMG łącznie 11, a techniką szybkiego prototypowania z wykorzystaniem maszyny Vantage SE firmy Stratasys 9 przedmiotów [10]. Charakterystyczny jest krótki, w porównaniu do techniki obróbki ubytkowej czas potrzebny na przygotowanie wytwarzania techniką szybkiego prototypowania.

4.4. OCENA DOKŁADNOŚCI PROCESÓW INŻYNIERII ODWROTNEJ

Celem przeprowadzenia tego badania było uzyskanie informacji o tym, jak dokładnie pod względem kształtu uzyskane przedmioty odtworzone odzwierciedlają kształt przedmiotu odtwarzanego. Aby tego dokonać konieczne jest porównanie ze sobą przedmiotu odtwarzanego i odtworzonego. Dla przedmiotu „uchwyt” porównanie obejmowało wybrane wymiary liniowe, kątowe oraz odchyłki kształtu i położenia zmierzone na przedmiocie odtwarzanym i przedmiotach odtworzonych. Dla dwóch pozostałych przedmiotów użytych podczas badań porównanie dotyczyło współrzędnych punktów rozmieszczonych na ich powierzchniach.

Badania przeprowadzono przy wykorzystaniu tego samego oprzyrządowania, co w przypadku pomiaru cech konstrukcyjnych.

4.5. OCENA PROCESÓW INŻYNIERII ODWROTNEJ ZE WZGLĘDU NA KRYTERIA CZASU I DOKŁADNOŚCI ODTWORZENIA PRZEDMIOTU

Dysponując danymi o czasie oraz o dokładności procesu inżynierii odwrotnej dla przedmiotów przystąpiono do określenia najlepszego z punktu widzenia tych kryteriów sposobu przeprowadzenia procesu inżynierii odwrotnej. W tym celu przeprowadzono optymalizację wielokryterialną, metodą sumy ważonej.

Dla wszystkich przedmiotów dla kryterium czasu przyjęto wagę równą 0,6, a dla kryterium dokładności wagę równą 0,4. Wartości kryteriów unormowano do przedziału od 0 do 1. Obliczenia wartości funkcji celu przeprowadzono dla każdego wytworzonego przedmiotu.

Na podstawie otrzymanych wartości funkcji celu można stwierdzić, że dla przedmiotów podobnych do „uchwytu” powinno dążyć się do budowy parametrycznego modelu CAD, wytwarzając przedmiot na jego podstawie techniką szybkiego prototypowania. Identyczna sytuacja dotyczy przedmiotów podobnych do „kurka”. Natomiast dla przedmiotów podobnych do „joysticka” akwizycję danych pomiarowych powinno realizować się metoda hybrydową, następnie budować parametryczny model CAD, wytwarzając przedmiot na jego podstawie techniką obróbki ubytkowej.

5. WNIOSKI UTYLITARNE Z PRZEPROWADZONYCH BADAŃ I KIERUNKI DALSZYCH PRAC

Analizując otrzymane wyniki można dodatkowo stwierdzić, że:

1. W miarę zwiększania się złożoności kształtu przedmiotu optymalne rozwiązanie otrzymywane jest dla modeli CAD dokładniej opisujących jego geometrie.

2. Najkrótszy czas potrzebny na odtworzenie przedmiotów zapewnia wykorzystanie modelu CAD dla „uchwytu" parametrycznego, dla kolejnych przedmiotów w pierwszym rzędzie elementów geometrycznych, następnie parametrycznego.

Powyższe tendencje są sobie przeciwstawne. Dlatego autor postuluje, aby kierunki dalszych prac z zakresu inżynierii odwrotnej ukierunkowane były na:

1. Rozwijanie hybrydowej metody akwizycji danych pomiarowych; dodatkowo takiej metody, która umożliwiałaby zbieranie danych pomiarowych np. z uwzględnianiem więzów geometrycznych.

2. Opracowania metody modelowania CAD pozwalającej na uzyskiwanie modelu parametrycznego lub nieparametrycznego elementów geometrycznych z wykorzystaniem szczegółowych informacji o kształcie przedmiotu w postaci chmur punktów – metody hybrydowego-powierzchniowego modelowania CAD.

6. LITERATURA

[1] D. Hylewski: Inżynieria odwrotna z wykorzystaniem zaawansowanych technik wytwarzania, Praca doktorska, Politechnika Śląska w Gliwicach, Wydział Mechaniczny Technologiczny, Katedra Budowy Maszyn, Gliwice 2013 r.

[2] K. N. Otto, K. L. Wood: Product Design: Techniques in Reverse Engineering and New Product Development , Prentice Hall, 2000 str. 22.

[3] W. Wang: Reverse engineering: Technology of Reinvention , CRC Press, Taylor & Francis Group, 2011.

[4] V. Raja, K. J. Fernandes: Reverse Engineering. An Industrial Perspective. Springer Series in Advanced Manufacturing, 2008 str. 71.

[5] E. Chlebus: Techniki komputerowe CAx w inżynierii produkcji , Wydawnictwa Naukowo–Techniczne, Warszawa 2000 r.

[6] J. Dietrych: Projektowanie i konstruowanie, Wydawnictwa Naukowo–Techniczne, Warszawa 1974 r.

[7] Tamás Várady, Ralph R Martin, Jordan Cox: Reverse engineering of geometric models – an introduction, Computer-Aided Design, 1997, No. 4, Vol. 29, str. 255-268.

[8] D. Hylewski: Weryfikacja metody doboru parametrów digitalizacji powierzchni swobodnych dla celów inżynierii odwrotnej w warunkach rzeczywistego pomiaru na współrzędnościowej maszynie pomiarowej, Prace Naukowe Katedry Budowy Maszym, 2011, No. 2, Vol. 32, str. 59-76.

[9] D. Hylewski: Wpływ kierunku digitalizacji na dokładność przybliżenia kształu powierzchni przy jego odtwarzaniu do postaci siatki trójkątów, Wybrane Problemy Współrzędnościowej Techniki Pomiarowej, Praca zbiorowa pod redakcją Jerzego Sładka, Bielsko-Biała 2012.

[10] D. Hylewski, G. Dyrbuś, M. Kaźmierczak, A. Kolka, J. Kosmol: Laboratorium z Inżynierii Odwrotnej (Reverse Engineering), Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice 2010.