

Podgórski Paweł, mgr inż.  
Płocica Mieczysław, dr inż.  
Politechnika Rzeszowska, Wydział Budowy Maszyn i Lotnictwa  
[mplocica@prz.edu.pl](mailto:mplocica@prz.edu.pl)

## **METODYKA ODTWARZANIA GEOMETRII ZABYTKOWYCH OBIEKTÓW TECHNIKI NA PRZYKŁADZIE SILNIKA SAMOCHODU MIKRUS MR-300**

**Streszczenie:** w artykule zaproponowano metodykę odtwarzania geometrii zabytkowych obiektów technicznych o szczególnej wartości historycznej. Zwrócono uwagę na korzyści, wynikające z cyfrowej archiwizacji danych na każdym etapie odbudowy obiektu. Przedstawiono przykład w postaci rekonstrukcji geometrii głowicy silnika samochodu Mikrus MR-300.

## **METHODOLOGY OF GEOMETRY RECONSTRUCTION OF HISTORICAL TECHNICAL OBJECTS USING AS AN EXAMPLE THE ENGINE OF MIKRUS MR-300 CAR**

**Abstract:** The article proposes a methodology for reconstruction of geometry of technical objects, which have a special historical value. Highlighted the advantages of the digital archiving of data at each stage of the reconstruction. As an example in the form of reconstruction of the geometry, a car Mikrus MR-300 engine head was presented.

### **1. Wstęp**

Coraz powszechniejsze zainteresowanie zabytkami techniki motoryzacyjnej i wojskowej owocuje podejmowaniem trudnych rekonstrukcji pojazdów, nawet ze stanu całkowitego zniszczenia (wysadzone wybuchem, spalone, zdekompletowane, skrajnie skorodowane wraki wydobyte z morza itp.). Świadomość unikalności tych obiektów oraz dążenie w ich rekonstrukcji do zgodności historycznej z pierwotnym stanem i wyglądem (przy zachowaniu możliwie dużego procentu oryginalnej substancji zabytkowej) sprawiają, że wymagania odnośnie standardów tej rekonstrukcji są bardzo wysokie. Dlatego celowe jest opracowanie metodyki zapewniającej zarówno wierne odtworzenie zabytku jak też archiwizację danych o nim w postaci cyfrowej, co pozwoli na różnorodne działania związane z obiektem - np. wykonywanie replik, analizy rozwiązań technicznych, upowszechnienie wiedzy o zabytku techniki i jego konstrukcji [1].

### **2. Podstawy metodyki odtwarzania geometrii**

Rekonstrukcja szczególnie cennych zabytków motoryzacji i techniki odbywa się często w obliczu braku oryginalnej dokumentacji. Poprawne odtworzenie geometrii elementów pojazdu jak również charakteru ich współpracy wymaga opracowania nowej dokumentacji na podstawie fizycznie istniejących podzespołów. Zachowane oryginalne elementy często są uszkodzone, zużyte lub znacznie skorodowane, w związku z czym odtworzenie ich geometrii opiera się na pomiarach powierzchni, które zachowały pierwotny kształt, a pozostałe fragmenty muszą zostać zrekonstruowane w

oparciu o ogólną wiedzę techniczną. Znane przykłady nieudanych rekonstrukcji zabytkowych podzespołów mechanicznych dowodzą, że nie jest to zadaniem prostym. Dlatego wskazane jest cyfrowe archiwizowanie stanu obiektu na każdym etapie jego odbudowy w celu niedopuszczenia do utraty informacji o geometrii elementów w przypadku podjęcia nietrafnych decyzji podczas rekonstrukcji.

Proponowane główne etapy metodycznego podejścia do rekonstrukcji obiektów technicznych są następujące:

- Ocena stanu zachowania rekonstruowanego obiektu (elementu maszynowego). Dokumentacja fotograficzna stanu przed remontem. Kwalifikacja do oczyszczenia i wybór możliwie nieinwazyjnej metody (uwaga: nie należy bezkrytycznie stosować agresywnych metod, jak piaskowanie). Oczyszczenie obiektu.
- Identyfikacja uszkodzeń oraz rodzajów i stopnia zużycia poszczególnych powierzchni. Określenie powierzchni szczególnie istotnych dla odtworzenia właściwości funkcjonalnych obiektu. Wskazanie fragmentów powierzchni i krawędzi oraz punktów przedmiotu, które zachowały pierwotną geometrię (kształt, położenie) i zmierzone, mogą stanowić odniesienie dla rekonstrukcji uszkodzonych fragmentów. Weryfikacja elementu: do remontu, jako wzór do wykonania repliki (w tym przypadku celowe jest zachowanie historycznego elementu w postaci nieremontowanej).
- Określenie zakresu pomiarów i wybór metod pomiarowych. Wykonanie pomiarów z użyciem narzędzi klasycznych lub metod współrzędnościowych (skanowanie 3D, pomiary na WMP).
- Opracowanie koncepcji budowy modelu CAD w oparciu o dane z pomiarów. Wykonanie modelu i jego obróbka. Uwaga: w przypadku modelu w postaci chmury punktów należy zarchiwizować jego nieobrobioną postać, tj. geometrię uzyskaną z pomiarów.
- Stworzenie dokumentacji wykonawczej 2D (jeśli przewiduje się wykonanie repliki obiektu na konwencjonalnych obrabiarkach), ew. wykonanie repliki z użyciem metod RP (w oparciu o model 3D). Zaprojektowanie i przeprowadzenie procesu naprawy elementu (w przypadku gdy został zakwalifikowany do remontu).

Należy zwrócić uwagę, że kolejność przedstawionych prac może ulec zmianie oraz że niektóre etapy mogą zostać pominięte (np. w przypadku całkowicie wewnętrznie skorodowanych obiektów większość sposobów oczyszczania doprowadzi do ich bezpowrotnego zniszczenia, dlatego należy zarchiwizować cyfrowo obiekt w postaci nieoczyszczonej).

### **3. Rekonstrukcja geometrii głowicy silnika samochodu Mikrus MR-300**

Samochód Mikrus MR-300 nie jest aktualnie unikalnym zabytkiem techniki, jednak z uwagi na znikomą liczbę wyprodukowanych egzemplarzy oraz ich intensywne użytkowanie jako codziennych środków transportu w latach 50. i 60., do dzisiejszego dnia zachowały się pojazdy, zazwyczaj znacznie przerobione przez właścicieli [2]. Cyfrowa rekonstrukcja oryginalnej geometrii podzespołów oraz opracowanie dokumentacji wykonawczej pozwoli na właściwe odtworzenie tych elementów w procesie remontu istniejących egzemplarzy samochodu.

Głowica silnika Mi10A (rys. 1) nie posiadała widocznych uszkodzeń. Jej stan oceniono jako dobry i zdecydowano, że po umyciu w rozpuszczalniku zostanie zmierzona klasycznymi metodami. Przyjęto następującą kolejność pozyskiwania danych:

- pomiar komory spalania (promień wycinka kuli oraz średnica połączonego z wycinkiem stożka, wysokość komory spalania, średnica otworu pod tuleję mocującą świecę, grubości ścianki komory spalania),
- pomiar otworów pod szpilki (średnica otworów, kąt i średnica rozstawu),
- pomiar nab,
- pomiar dolnego żebra (szerokość, długość, promienie zaokrągleń),
- pomiar pozostałych 13 żeber (wysokości, szerokości, promienie zaokrągleń),
- pomiar otworów umożliwiających montowanie śrub oraz świecy (szerokości oraz średnice, zbieżności odlewnicze),
- pomiar zbieżności odlewniczych żeber,
- pomiar otworu służącego do montowania pokrywy ukierunkowującej przepływ powietrza.



Rys. 1. Głowica silnika Mi10A samochodu Mikrus MR-300

Wyniki pomiarów, na podstawie których przystąpiono do modelowania głowicy, przedstawiono w tabl. 1 [3].

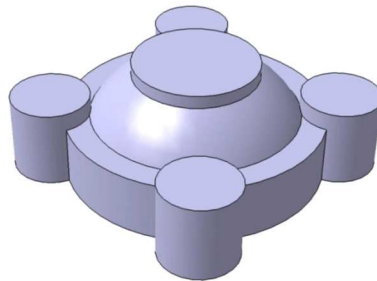
Tabl. 1. Wyniki pomiarów głowicy

Nazwa szczegółu	Wymiar [mm]		
Wymiary gabarytowe głowicy (max): - szerokość, długość, wysokość	160	120	70,5
Komora spalania: - promień kuli - średnica podstawy stożka - wysokość komory spalania - grubość ścianki nad komorą spalania - gwint wewnętrzny pod wkręcaną tuleję		R 25 Ø 58 23,5 8 M 20	
Otwory pod szpilki: - średnica otworów - średnica rozstawu - kąt rozstawu		Ø 9 Ø 79 45°	
Zbieżność, grubość oraz rozstaw żeber:			
- poziomych	1,4 °	5	9
- pionowych	1 °	3,3	9,3
Średnica nab	Ø 22		
Gwint wewnętrzny otworu mocującego pokrywę ukierunkowującą przepływ powietrza	M 6		
Fragment uszczelniający głowicę z cylindrem: - wysokość - średnica		2,5 Ø 79	
Promienie zaokrągleń żeber: - poziomych - pionowych		R 300, R 60, R 5 R 300, R 12, R 20...R 45 (rosnący o 5)	
Promienie odlewnicze	2		

### 3. Koncepcja tworzenia modelu wirtualnego

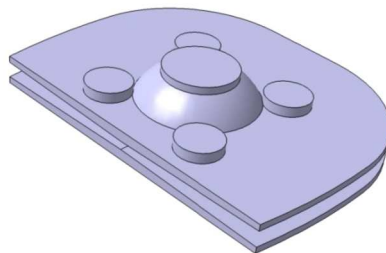
Proces tworzenia modelu jest zbliżony do kolejności pomiarów głowicy z tą różnicą, że na początku został wykonany model głowicy w postaci pełnej bryły. Wykorzystano do tego moduł Part Design. Następnie wykonano w module Generative Shape Design model powierzchniowy, odzwierciedlający promienie zaokrągleń żeber u podstawy oraz wysokość żeber pionowych. Został on użyty jako powierzchnia tnąca, która nadała modelowanej bryle wymagany kształt. Narzędzia z modułu Generative Shape Design umożliwiają w prosty sposób wykonanie powierzchni ograniczającej żebra, co byłoby utrudnione w samym module do tworzenia brył. W późniejszym etapie dzięki narzędziom z modułu Part Design zostały wykonane otwory pod szpilki, komora spalania jak również zbieżności odlewnicze żeber. Kolejność tworzenia modelu głowicy można podzielić na następujące etapy:

- wykonanie komory spalania z uwzględnieniem elementów przeznaczonych do mocowania szpilek (rys. 2),



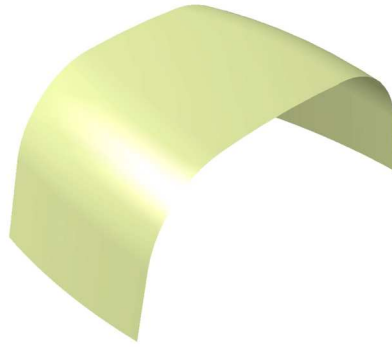
Rys. 2. Model komory spalania

- wykonanie dwóch żeber u podstawy z uwzględnieniem promieni zaokrągleń i zbieżności odlewniczych (rys. 3),



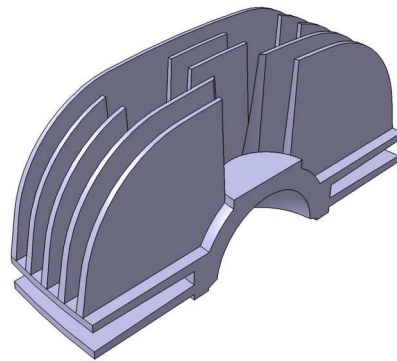
Rys. 3. Pierwszy etap modelowania żeber

- uzupełnienie modelu w żebra pionowe,  
- wykonanie modelu powierzchniowego odzwierciedlającego kształt żeber pionowych oraz promienie zaokrągleń żeber poziomych (rys. 4),



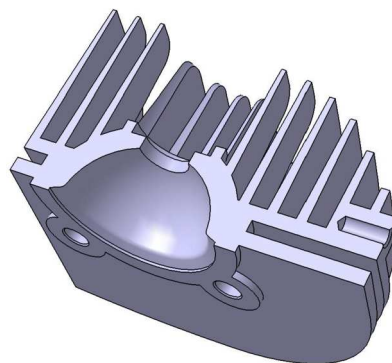
Rys. 4. Model ograniczający zewnętrzną powierzchnię głowicy

- usunięcie z modelu bryłowego nadmiaru wysokości żeber względem płaszczyzny,
- wycięcie komory spalania oraz fragmentów w uźebrowaniu, ułatwiających montowanie świecy i nakrętek na szpilkach (rys. 5),



Rys. 5. Model głowicy uzupełniony w komorę spalania oraz fragmenty ułatwiające mocowanie pozostałych podzespołów (przekrój w osi montowania świecy)

- wykonanie otworów pod szpilki, wkręcaną tulei przeznaczoną do mocowania świecy oraz naby wraz z otworem gwintowanym wykorzystywanym do montowania pokrywy (rys. 6),



Rys. 6. Bryła z otworami i nabą przeznaczoną do mocowania pokrywy (przekrój w osi montowania świecy)

- uzupełnienie modelowanego cylindra w promienie odlewnicze, fazowania oraz nadanie cech materiałowych (rys. 7).



Rys. 7. Gotowy model głowicy

#### 4. Zestawienie dokumentacji 3D

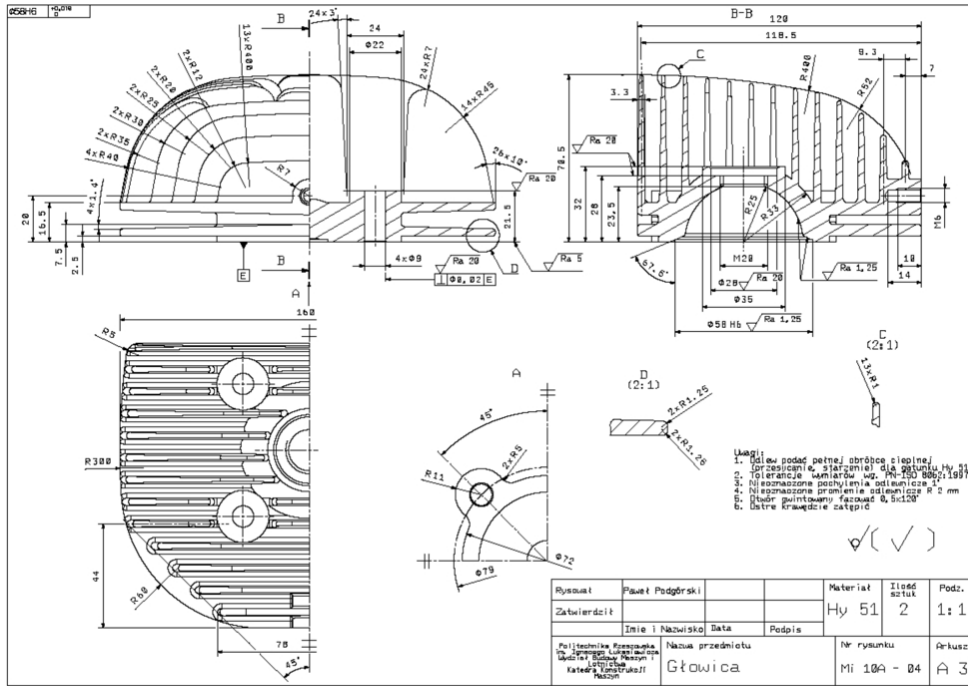
Wynikiem modelowania jest model bryłowy głowicy, uzupełniony w tuleję przeznaczoną do montażu świecy w celu pełnego porównania modelu rzeczywistego z wirtualnym. Podczas wizualnego zestawienia głowic (rys. 8 i 9) należy pamiętać o optycznej różnicy wynikającej z różnych odwzorowań obu modeli (fotografia jest rzutem środkowym, a model 3D jest wyświetlany w rzucie aksonometrycznym). Ta sama uwaga dotyczy fotografii i modeli 3D pokazanych na rys. 11 - 13.



Rys. 8. Zestawienie fizycznego egzemplarza głowicy z jej wirtualnym odwzorowaniem 3D



Rys. 9. Fizyczna głowica i jej model w widoku na komorę spalania

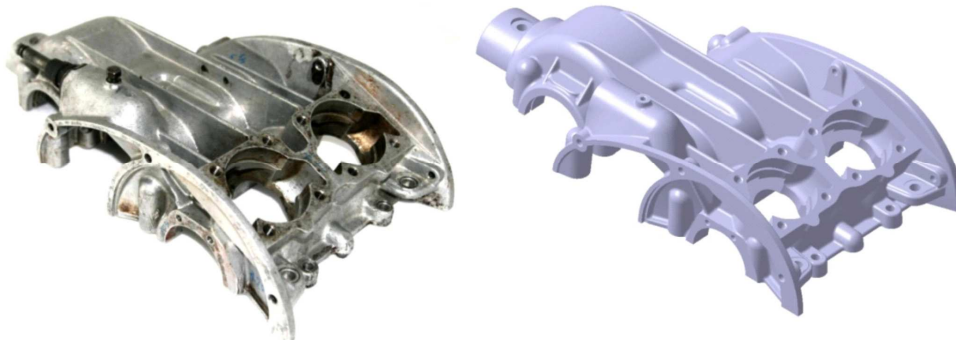


Rys. 10. Rysunek wykonawczy głowicy

W podobny sposób do opisanego przykładu wykonano odwzorowania pozostałych elementów silnika. Dla każdego elementu opracowano oddzielnie kolejność pomiaru jego cech geometrycznych wraz z doбором metod pomiarowych. Rysunki 11 - 15 ilustrują fizyczne egzemplarze części oraz ich modele 3D [3].



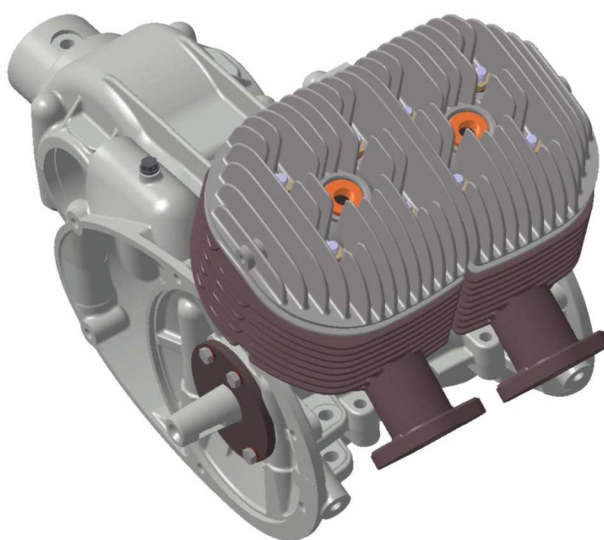
Rys. 11. Cylinder silnika Mi10A



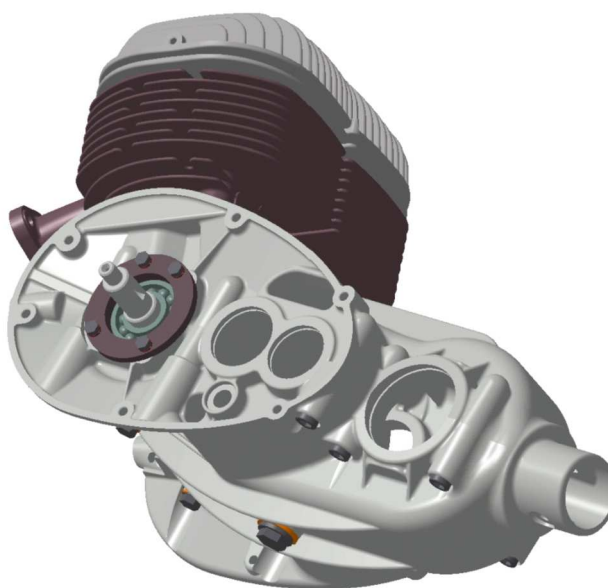
Rys. 12. Górny półkarter



Rys. 13. Układ korbowy w złożeniu



Rys. 14. Model silnika w złożeniu



Rys. 15. Model silnika w widoku od strony sprzęgła



## 5. Podsumowanie

Efektorem prac według przedstawionej metodyki jest wieloaspektowa dokumentacja do wielokrotnego i różnorodnego wykorzystania, np. wspomaganie kolejnych rekonstrukcji (analiza porównawcza, kontrola geometrii, wykonywanie replik), a także remontów elementów, które ulegną uszkodzeniu w trakcie eksploatacji odrestaurowanego pojazdu. Zarchiwizowane w formie cyfrowej elementy mogą być dodatkowo wykorzystane np. do studiów nad konstrukcją danego zabytku techniki i upowszechniania wiedzy o nim. Szczególne znaczenie ma to w przypadku pojazdów rzadkich, a jednocześnie bardzo cennych historycznie.

## LITERATURA

1. Płocica M., Budzik G.: *Metodologia odnowy dziedzictwa kulturowego z wykorzystaniem innowacyjnych technologii RE i RP*, Rzeszów 2007.
2. Płocica M., Winiarski B.: *Mikrus MR-300. 3 lata produkcji, 50 lat historii*. Wydawnictwo PIWI, Kraków 2011.
3. Podgórski P.: *Odtwarzanie dokumentacji konstrukcyjnej złożonych obiektów technicznych na przykładzie samochodowego zespołu napędowego*. Praca dyplomowa magisterska, Politechnika Rzeszowska 2009.