

## COMPUTER AIDED DESIGN OF TURBOCHARGER'S ROTOR

Grzegorz Budzik, Adam Marciniak

Politechnika Rzeszowska  
Katedra Konstrukcji Maszyn  
35-959 Rzeszów, ul. Wincentego Pola 2  
tel.: (017) 865 16 42  
e-mail: gbudzik@prz.edu.pl  
e-mail: amarc@prz.edu.pl

### Abstract

This paper presents method of create turbocharger's rotor with computer aided design. Model of rotor has been create with C++ and Mechanical Desktop program using. Program in C++ calculate dimensions of turbochargers rotor basic on work parameter. Data file are in \*.scr format. Format \*.scr can be read by Mechanical Desktop as an geometrical model. This method can shorter time to get CAD model of turbochargers rotor. The connection of computational possibilities of the leaning programme on the language C++ and the system of the computer aid Mechanical Desktop lets on the acceleration of works on rotors of turbo-compressors. Introduce basic parameters of the work one receives geometries of the rotor. The geometry can be exported to free-form of making possible the realization of calculations by means FEM.

## KOMPUTEROWE WSPOMAGANIE PROJEKTOWANIA WIRNIKA TURBOSPREŻARKI

### Streszczenie

Artykuł przedstawia metodę modelowania wirnika sprężarki dla turbosprężarki z wykorzystaniem C++ i Mechanical Desktop. W oparciu o wybrane parametry pracy stworzony został program obliczeniowy w języku C++. Program ten umożliwia obliczenia wymiarów wirnika sprężarki. Uzyskane dane zapisywane są w formacie SCR. Format ten odczytywany jest przez program Mechanical Desktop jako model geometryczny wirnika. Dzięki tej metodzie możliwe stało się znaczne skrócenie czasu otrzymania modelu CAD wirnika turbosprężarki. Połączenie możliwości obliczeniowych programu opartego na języku C++ oraz systemu wspomagania komputerowego Mechanical Desktop pozwala na przyspieszenie prac projektowych nad wirnikami turbosprężarek. Wprowadzając podstawowe parametry pracy otrzymuje się geometrie wirnika. Geometrię można eksportować do dowolnego formatu umożliwiającego wykonanie obliczeń wytrzymałościowych za pomocą MES.

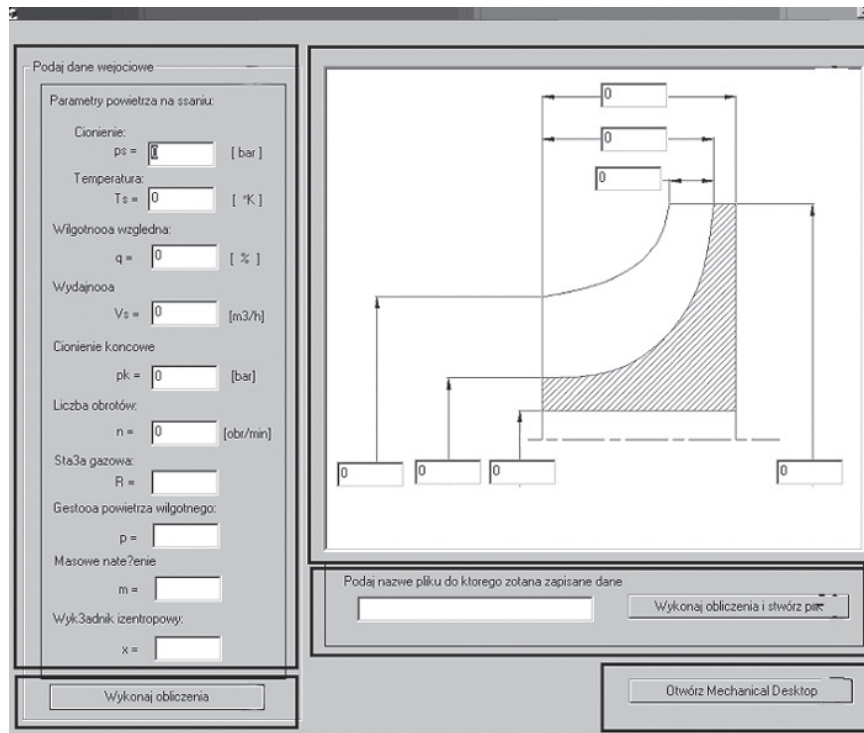
### 1. Wstęp

Prace projektowe nad elementami silników spalinowych wymagają stosowania coraz to nowszych narzędzi zapewniających optymalizację konstrukcji oraz odpowiednio krótki czas realizacji. Komputerowe wspomaganie projektowania pozwala na zaprojektowanie odpowiedniego kształtu elementów silnikowych. Tworzenie modelu CAD wirnika turbosprężarki poprzedzone jest długotrwałymi obliczeniami w celu uzyskania podstawowych danych o geometrii łopatek wirnika oraz jego głównych wymiarów zewnętrznych. Zastosowanie programu komputerowego wykorzystującego język C++ pozwala na znaczne skrócenie czasu obliczeń i płynne przejście od obliczeń do kształtu geometrycznego.

### 2. Program do obliczeń wirnika sprężarki

Program wykonany w języku C++ ma na celu obliczenie wirnika sprężarki turbosprężarki oraz wygenerowanie pliku o rozszerzeniu \*.scr zawierającego dane dotyczące zamodelowania wirnika [5]. Plik po otwarciu go w programie Mechanical Desktop wywołuje wykonanie szeregu funkcji, które tworzą geometrię wirnika turbosprężarki [1].

Po uruchomieniu programu pojawia się okno dialogowe w którym wyróżniamy część do wprowadzenia danych (tab. 1), część przedstawiającą schemat wirnika, polecenie wykonania obliczeń polecenie wykonania obliczeń i stworzenia pliku wyjściowego do programu *Mechanical Desktop*, oraz polecenie otwarcie stworzonego pliku w programie *MDT* (rys. 1).



Rys. 1. Okno dialogowe programu obliczeniowego  
Fig. 1. Window of calculating program

Tab. 1. Dane wprowadzane do programu  
Tab. 1. Data input the programm

Dane wejściowe	
$p_s$ [bar]	ciśnienie na ssaniu
$T_s$ [°k]	temperatura na ssaniu
$\varphi$ [%]	wilgotność względna
$\dot{V}_s$ [ $\frac{m^3}{h}$ ]	wydajność sprężarki
$p_k$ [bar]	ciśnienie wyjściowe
$n$ [ $\frac{obr}{min}$ ]	prędkość obrotowa
$R$ [ $\frac{J}{kgK}$ ]	Indywidualna stała gazowa
$\rho$ [ $\frac{kg}{m^3}$ ]	gęstość powietrza wilgotnego
$\dot{m}$ [ $\frac{kg}{s}$ ]	masowe natężenie przepływu
$\chi$	wykładnik izentropy

Program ma charakter uniwersalny i nadaje się do obliczeń wirnika sprężarki typu lotniczego lub do sprężarki tłokowego silnika spalinowego. Kąt wylotowy  $\beta_2$  zakładamy  $90^\circ$ , udział koła wirnikowego  $R=0.5$  a wskaźnik pracy przekazywanej czynnikowi  $\Psi_r=2$  [2,6,7,8].

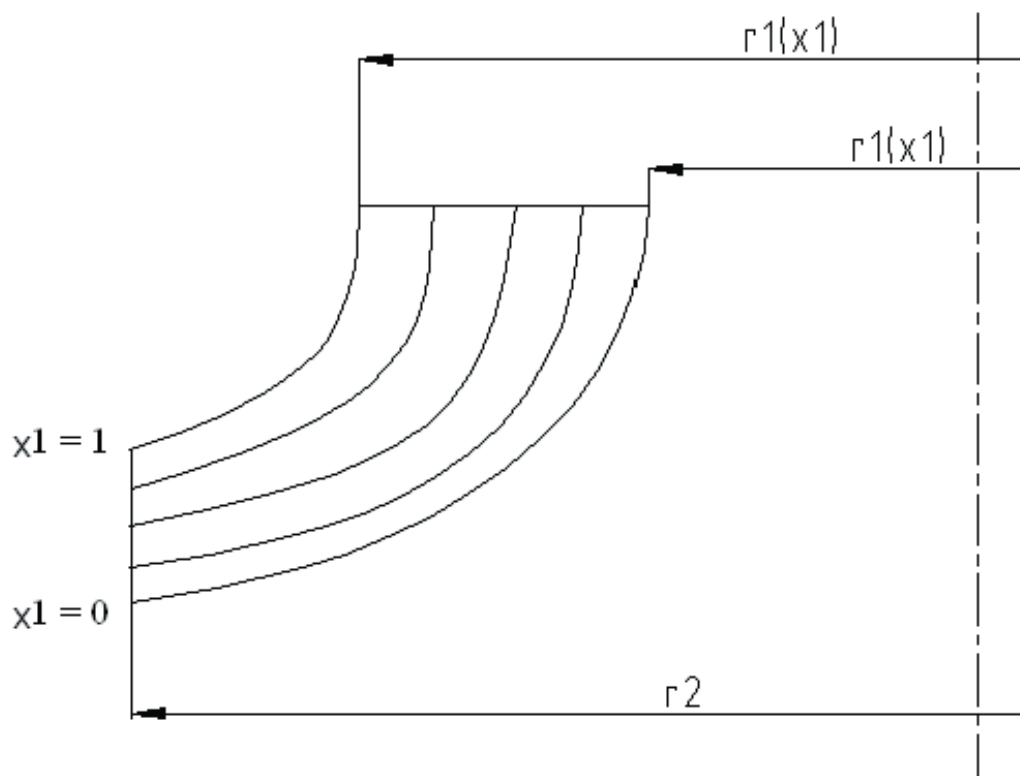
Całość programu wykracza poza ramy artykułu i stanowi odrębne zagadnienie. Generalnie obliczenia podzielone są na dwa etapy. Pierwszą część są to podstawowe obliczenia stopnia sprężarki, które w wyniku dają nam główne wymiary wirnika. Drugą część obliczeń służy do wyznaczeni powierzchni łopatki wirnika [9,10]:

$$\begin{aligned}x &= f(x_1, x_3) \cos x_2, \\y &= f(x_1, x_3) \sin x_2, \\z &= x_3.\end{aligned}\tag{1}$$

Znając główne wymiary wirnika dzięki równaniom

$$\begin{aligned}f &= f(x_1, x_3) = x_1 f_b + (1 - x_1) f_d, \\f_d &= d_1 + d_2 x_3^{-nd}, \\f_b &= b_1 + b_2 x_3^{-nb},\end{aligned}\tag{2}$$

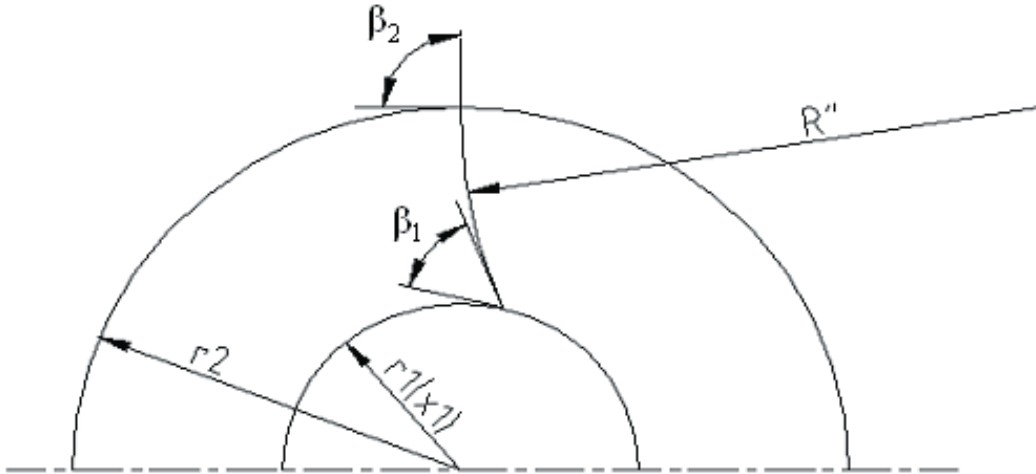
gdzie współczynniki  $nb=0,5$  i  $nd=0,1$  wyznaczamy krzywe prądu (rys. 2).



Rys. 2. Krzywe prądu  
Fig. 2. Curves of the stream

Promień wygięcia łopatki będzie równy

$$R^* = \frac{r_2^2 - r_1(x_1)^2}{2(r_2 \cdot \cos \beta_2^* - r_1(x_1) \cdot \cos \beta_1^*)}, \quad (3)$$



Rys. 3. Promień wygięcia łopatki  
Fig. 3. Radius of the blade

wykorzystując wzory (1), (2), (3), obliczamy współrzędną kątową  $x_2$

$$x_2 = \arccos \left( \frac{\left( f^3 R^* + f R^* r_2^2 - \sqrt{-f^6 r_2^2 + 4f^4 R^{*2} r_2^2 + 2f^4 r_2^4 - f^2 r_2^6} \right)}{2(f^2 R^{*2} + f^2 r_2^2)} \right). \quad (4)$$

W taki sposób wyznaczając  $f$  i  $x_2$  otrzymujemy równanie powierzchni łopatki.

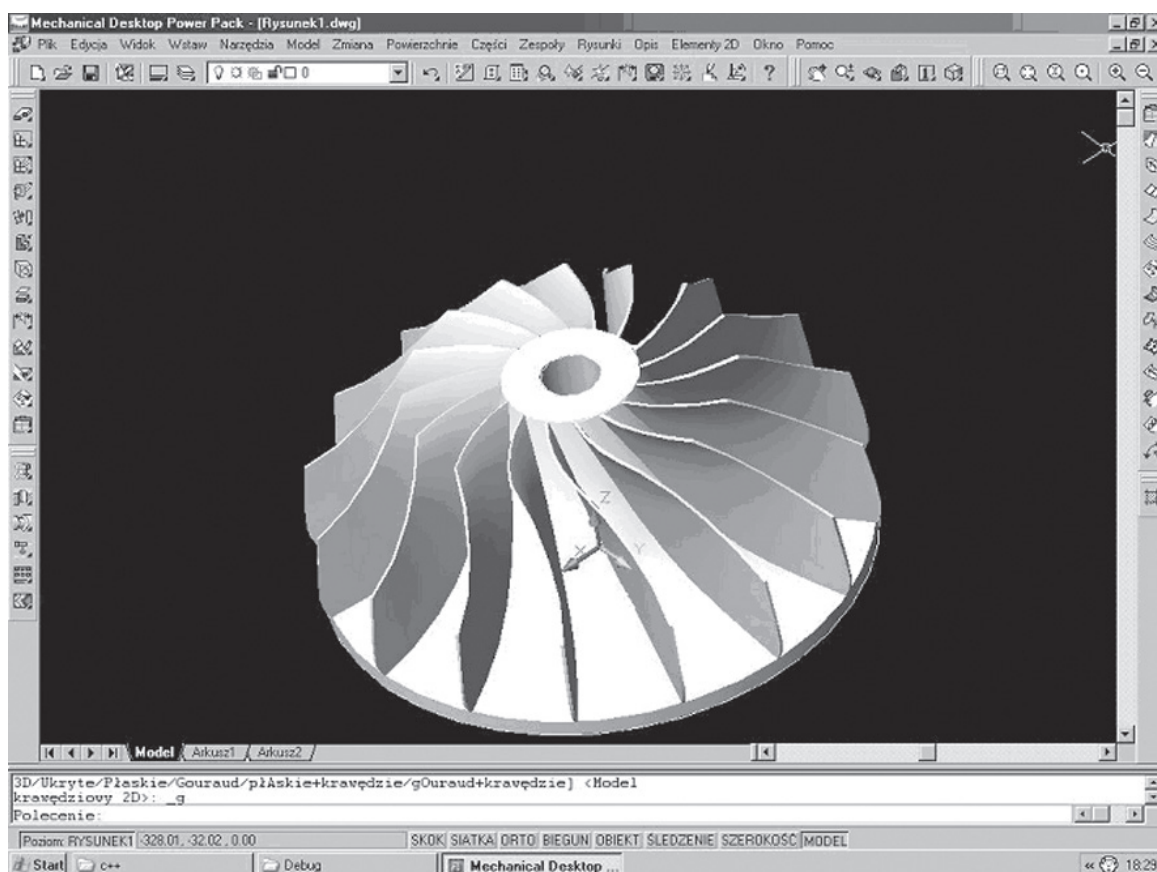
Następne zadanie programu, to stworzenie formuły modelowania, dzięki równaniu (1) tworzone są krzywe przekrojowe, które po nałożeniu na nie powierzchni i nadaniu jej grubości dają nam łopatkę wirnika.

### 3. Wykorzystanie Mechanical Desktop do modelowania wirnika

Program *Mechanical Desktop* jest programem służącym do modelowania 3D elementów maszyn. W programie tym możliwe jest tworzenie modeli geometrycznych, parametrycznych i powierzchniowych. Pojedyncze elementy mogą być składane w zespoły. Na podstawie modeli 3D wykonywana jest dokumentacja rysunkowa [1, 4].

Modelowanie wirnika turbosprężarki wymaga znajomości jego geometrii. W przypadku wirnika składającego się z szeregu identycznych łopatek wystarczy znajomość geometrii jednej łopatki, która jest kopiowana za pomocą szyku kołowego. Łopatkę zamodelowaną jest powierzchniowo. Parametry powierzchni generowane są przez program obliczeniowy. Program napisany w C++ tworzy dane wejściowe do programu *Mechanical Desktop*.

Aby uzyskać geometrię wirnika należy uruchomić program obliczeniowy i wprowadzić dane w okna dialogowe. Obliczanie zaczyna się po naciśnięciu przycisku „wykonaj obliczenia”, wykonywane są wtedy obliczenia wstępne, w ich wyniku otrzymujemy główne wymiary zarysu wirnika przedstawione w oknie dialogowym, po wpisaniu nazwy pliku i naciśnięciu przycisku generowany jest plik z rozszerzeniem \*.scr gotowy do otworzenia w programie *Mechanical Desktop*. Naciskając ikonę „otwórz w Mechanical Desktop” przechodzimy do programu *Mechanical Desktop*. Poprzez wpisanie w linii poleceń komendy POKAZ i otworzeniu pliku uruchamiamy całą procedurę tworzenia wirnika turbosprężarki (rys. 4).



Rys. 4. Model CAD wirnika wykonany w Mechanical Desktop  
Fig. 4. CAD Model create in Mechanical Desktop

#### 4. Wnioski

Prace projektowe nad nowymi rozwiązaniami wykonywane są obecnie przy użyciu nowoczesnych i rozbudowanych systemów komputerowego wspomagania projektowania. Rozbudowane systemy obliczeniowe są bardzo kosztowne i dlatego mogą sobie na nie pozwolić jedynie duże firmy specjalizujące się w danej dziedzinie.

Rozbudowane systemy wspomagania obliczeń często mają charakter uniwersalny i pomijają specyfikę danego problemu. Niemożliwa jest również ingerencja w jądro programu. Celowym staje się tworzenie aplikacji specjalistycznych współpracujących zarówno z systemami rozbudowanymi typu *CATIA* lub *Unigraphics* jak również z systemami mniej rozbudowanymi typu *Mechanical Desktop* ale dającymi możliwości uzyskania podobnych rozwiązań.

Wykonywanie tego typu aplikacji stanowi uzupełnienie programów dostępnych na rynku, daje również możliwość weryfikacji obliczeń otrzymanych przy pomocy tych programów. Aplikacje tego typu mogą być udoskonalane i zmieniane w sposób ciągły w zależności od potrzeb jednostki dla której są tworzone.

Połączenie ze sobą możliwości obliczeniowych programu opartego na języku C++ oraz systemu wspomagania komputerowego *Mechanical Desktop* pozwala na znaczne przyspieszenie prac projektowych nad wirnikami turbosprężarek. Wprowadzając do programu podstawowe parametry pracy otrzymujemy geometrie wirnika. Geometrię możemy eksportować do dowolnego formatu umożliwiającego wykonanie obliczeń wytrzymałościowych za pomocą MES [3]. Model CAD pozwala również na stworzenie prototypu przy użyciu technik Rapid Prototyping i poddaniu go badaniom modelowym.

## 5. Literatura

- [1] Autodesk Mechanical Desktop, User's Guide, Autodesk Inc. 2001.
- [2] Bathie W.W., Fundamentals of Gas Turbines. John Wiley & Sons, New York 1984.
- [3] Budzik G., Sobolak M., Analiza wytrzymałościowa wirnika turbosprężarki z wykorzystaniem systemu CATIA, XV międzynarodowa konferencja SAKON 2004, Rzeszów 29 IX ÷ 2 X 2004, Oficyna Wydawnicza Politechniki Rzeszowskiej, Rzeszów 2004.
- [4] Franco P., Preparata M., Shamos I., Geometria obliczeniowa. Wprowadzenie, Helion, Gliwice 2003.
- [5] Grębosz J., Symfonia C++. Programowanie w języku C++ orientowane obiektowo Oficyna Kalimach, Kraków 1999.
- [6] Kordziński Cz., Środulski T., Silniki spalinowe z turbodoładowaniem, WNT Warszawa 1970.
- [7] Kowalewicz A., Doładowanie silników spalinowych. Politechnika Radomska, Radom 1998.
- [8] Oczóś K., Przepływowe maszyny wirnikowe. Zbiór prac VIII międzynarodowej konferencji. Oficyna Wydawnicza Politechniki Rzeszowskiej, Rzeszów 1998.
- [9] Tuliszka E., Sprężarki, dmuchawy i wentylatory, WNT Warszawa 1976.
- [10] Witkowski A., Sprężarki wirnikowe. Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice 1980.