



**POLITECHNIKA
RZESZOWSKA**
im. IGNACEGO ŁUKASIEWICZA



**WYDZIAŁ
BUDOWY MASZYN
I LOTNICTWA**
POLITECHNIKI RZESZOWSKIEJ

Geometria i kinematyka ząbów

Laboratorium

Ćwiczenie 3: Obróbka obwiedniowa narzędziem zębatkowym

Opracował: dr inż. Michał Batsch

1 Wprowadzenie

W ramach ćwiczenia, na podstawie wiadomości z wykładu należy wygenerować wrąb asymetrycznego uzębienia obrabianego narzędziem zębatkowym. W tym celu zostaną utworzone trzy m-pliki: *dane.m*, *definicja_narzedzia.m* i *wrab.m*.

1.1 Plik „dane.m”

W tym pliku wprowadza się podstawowe dane uzębienia obrabianego. Można to zrealizować jak przedstawiono na rysunku 1.

```
%% Dane koła obrabianego
x=0.5;
z=19;
mn=3;
Beta=0*pi/180;
b=30;
mt=mn/cos(Beta);
m=mt;
d=mt*z;
r=d/2;
ha=mn;
hf=1.25*mn;
h=ha+hf;
da=d+2*ha+2*x*m;
ra=da/2;
df=d-2*hf+2*x*m;
rf=df/2;
jo=0.04*mn;
rt=r+x*m;
```

Rys. 1 Definicja parametrów koła zębatego

W następnej kolejności definiowane są parametry strony biernej (rys. 2) i strony czynnej zęba (rys. 3)

```
%% --- Strona bierna
alfanc=20*pi/180;
alfatc=atan(tan(alfanc)/cos(Beta));
invalfatc=tan(alfatc)-alfatc;
gammatc=invalfatc;
dbc=d*cos(alfatc);
rbc=dbc/2;
sc=(pi*mt-jo)/2+2*x*mn*tan(alfatc);
ec=(pi*mt+jo)/2-2*x*mn*tan(alfatc);
fisc=sc/r;
alfaadc=acos(dbc/da);
gammaadc=tan(alfaadc)-alfaadc;
tetakc=sqrt(ra^2/rbc^2-1);
```

Rys. 2 Definicja parametrów strony biernej zęba

```

%% --- Strona czynna
alfand=30*pi/180;%30*pi/180;
alfatd=atan(tan(alfand)/cos(Beta));
invalfatd=tan(alfatd)-alfatd;
gammatd=invalfatd;
dbd=d*cos(alfatd);
rbd=dbd/2;
sd=(pi*mt-j0)/2+2*x*mn*tan(alfatd);
ed=(pi*mt+j0)/2-2*x*mn*tan(alfatd);
fisd=sd/r;
alfaafd=acos(dbd/da);
gammaafd=tan(alfaafd)-alfaafd;
tetakd=sqrt(ra^2/rbd^2-1);

```

Rys. 3 Definicja parametrów strony czynnej zęba

W dalszej kolejności obliczane są parametry zarysu odniesienia (początkowe i końcowe punkty odcinków narzędzia oraz promień zaokrąglenia naroży) i zapis danych w postaci pliku *dane.mat* (Rys. 4).

```

%% Zarys odniesienia

roNc=0.5;
roNd=0.5;

xA1=-pi*m/4-j0/4-ha*tan(alfatc);
yA1=ha;

yA2=-hf+roNc-roNc*sin(alfatc);
xA2=-pi*m/4-j0/4+abs(yA2)*tan(alfatc);

xA3=xA2+roNc*cos(alfatc);
yA3=-hf;

yA5=-hf+roNd-roNd*sin(alfatd);
xA5=pi*m/4+j0/4-abs(yA5)*tan(alfatd);

xA4=xA5-roNd*cos(alfatd);
yA4=-hf;

yA6=ha;
xA6=xA5+(abs(yA5)+ha)*tan(alfatd);

%% Zapis danych

save dane.mat

```

Rys. 4 Definicja parametrów zarysu odniesienia i zapis danych

1.2 Plik „definicja_narzedzia.m”

W tym pliku zostanie wygenerowany i wyeksportowany zarys narzędzia zębatkowego. W pierwszej kolejności ładowane są dane geometryczne zdefiniowane i zapisane uprzednio w pliku *dane.mat*. Następnie definiowane są w sposób parametryczny współrzędne punktów poszczególnych odcinków zarysu narzędzia (Rys. 5).

```

clc
clear
close all

load dane.mat

%% 1 odcinek narzedzia
t1p=0;
t1k=(abs(yA1)+abs(yA2))/cos(alfatc);
t1=t1p:0.01:t1k;
x1=xA1+t1*sin(alfatc);
y1=yA1-t1*cos(alfatc);
%% 2 odcinek narzedzia
t2p=pi+alfatc;
t2k=3/2*pi;
t2=t2p:0.01:t2k;
x2=roNc*cos(t2)+xA2+roNc*cos(alfatc);
y2=roNc*sin(t2)+yA3+roNc;
%% 3 odcinek narzedzia
t3p=0;
t3k=xA4-xA3;
t3=t3p:0.01:t3k;
x3=xA3+t3;
y3=yA3.*ones(1,length(t3));
%% 4 odcinek narzedzia
t4p=3/2*pi;
t4k=3/2*pi+pi/2-alfatd;
t4=t4p:0.01:t4k;
x4=roNd*cos(t4)+xA4;
y4=roNd*sin(t4)+yA4+roNd;
%% 5 odcinek narzedzia
t5p=0;
t5k=(abs(yA5)+abs(yA6))/cos(alfatd);
t5=0:0.01:t5k;
x5=xA5+t5*sin(alfatd);
y5=yA5+t5*cos(alfatd);
%% zarys całego narzędzia

ZAR_N_X=[x1 x2 x3 x4 x5];
ZAR_N_Y=[y1 y2 y3 y4 y5];

save('ZAR_N_X.mat','ZAR_N_X');
save('ZAR_N_Y.mat','ZAR_N_Y');

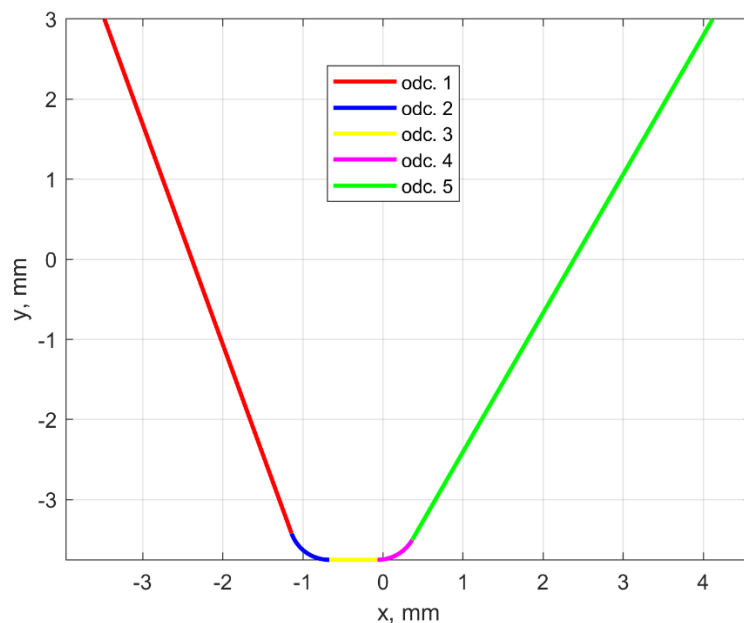
```

Rys. 5 Definicja zarysu narzędzia

Narzędzie składa się z pięciu fragmentów:

- 1 – prosta (strona bierna),
- 2 – zaokrąglone naroże (strona bierna),
- 3 – wierzchołek narzędzia zębatki,
- 4 – zaokrąglone naroże (strona czynna),
- 5 – prosta (strona czynna)

Narzędzie powinno wyglądać w sposób zbliżony do tego przedstawionego na rys. 6.



Rys. 6 Zdefiniowany zarys narzędzia zębatkowego

1.3 Plik „wrab.mat”

W tym pliku zgodnie z informacjami z wykładu zostanie wygenerowany wrąb. Całość sprowadza się do kodu przedstawionego na rysunku 7.

```

clc
clear
close all

load dane.mat
load ZAR_N_X.mat
load ZAR_N_Y.mat

X=ZAR_N_X;
Y=ZAR_N_Y;

dx=(X(length(X))-X(1))/2000;
xNN=X(1):dx:X(length(X));
yNN=interp(X,Y,xNN);

dxNN=diff(xNN);
dyNN=diff(yNN);
xNN=xNN(1:end-1);
yNN=yNN(1:end-1);

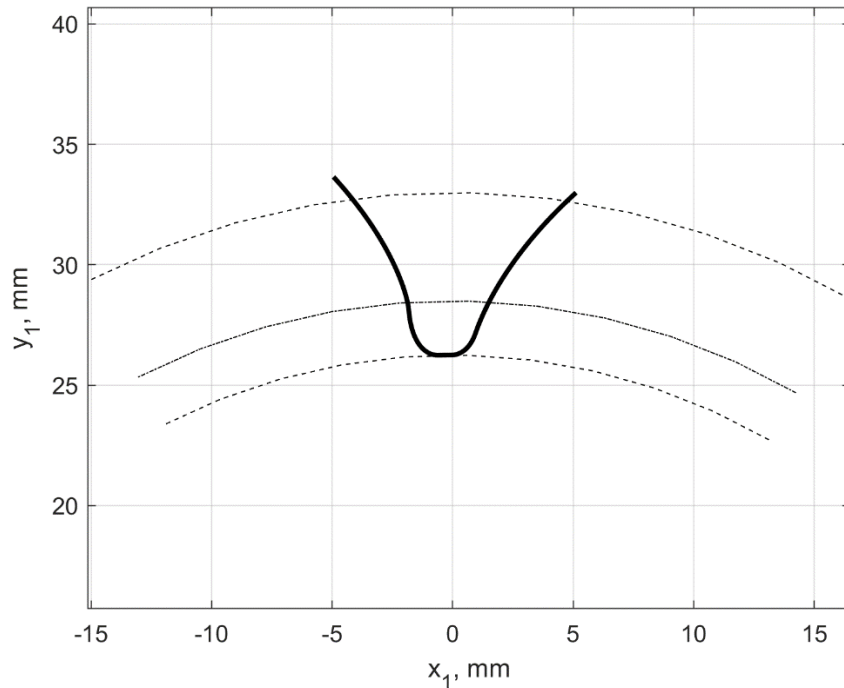
fi=(xNN+yNN.*dyNN./dxNN)/rt;
xll=cos(fi).*(xNN - fi*rt) + sin(fi).*(rt + yNN);
yll=cos(fi).*(rt + yNN) - sin(fi).*(xNN - fi*rt);

figure
plot(xll,yll,'-')
grid on;
axis equal;

```

Rys. 7 Generowanie wrąbu

Po wczytaniu punktów zarysu następuje interpolacja. W tym fragmencie kodu można zdecydować np. o zwiększeniu liczby punktów na zarysie oraz o rodzaju interpolacji (domyślnie - liniowa). W przykładzie przyjęto liczbę punktów 2000. Wygenerowany wráb przedstawiono na rysunku 8.



Rys. 8 Wygenerowany wráb

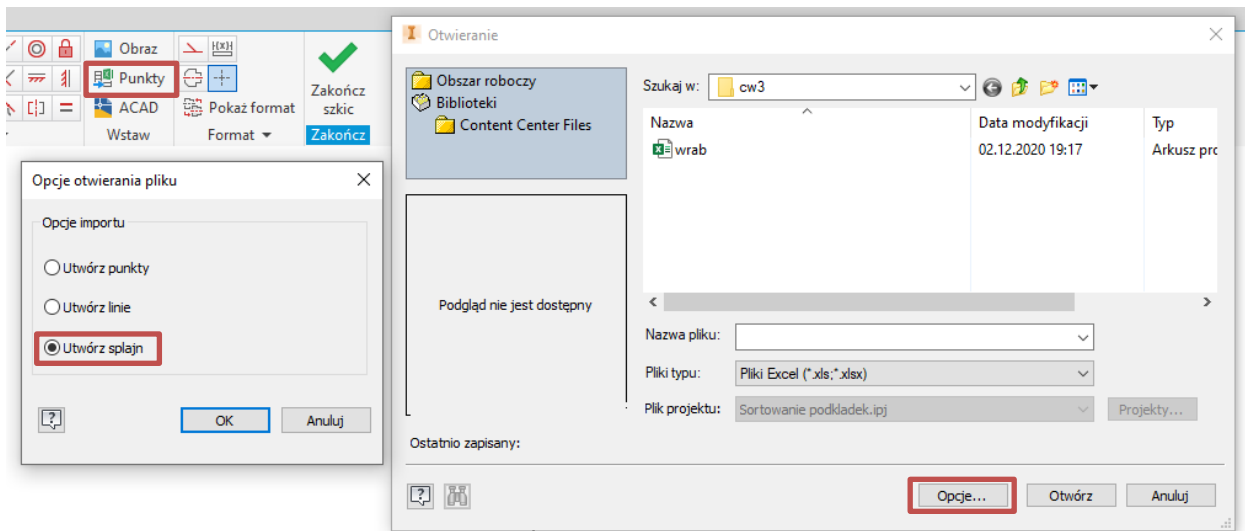
2 Zadanie

W ramach ćwiczenia, należy samodzielnie napisać program, który będzie generował wráb koła zębatego. Ponadto na podstawie wygenerowanego w programie MATLAB wrábu należy zamodelować koło zębate w systemie Autodesk Inventor. W tym celu w MATLABIE należy użyć funkcji „xlswrite”, która pozwala na wyeksportowanie współrzędnych punktów do pliku .xls (Microsoft Excel). Przykładowe zastosowanie przedstawiono na rysunku 9.

```
WRAB=[x11',y11'];  
delete wrab.xlsx  
filename = 'wrab.xlsx';  
xlswrite(filename,WRAB)
```

Rys. 9 Eksport punktów wrábu do pliku .xls

W dalszej kolejności należy zaimportować zarys do programu Inventor. W tym celu w „szkicu” należy wybrać opcję „punkty” oraz wskazać plik ze współrzędnymi (Rys. 10).

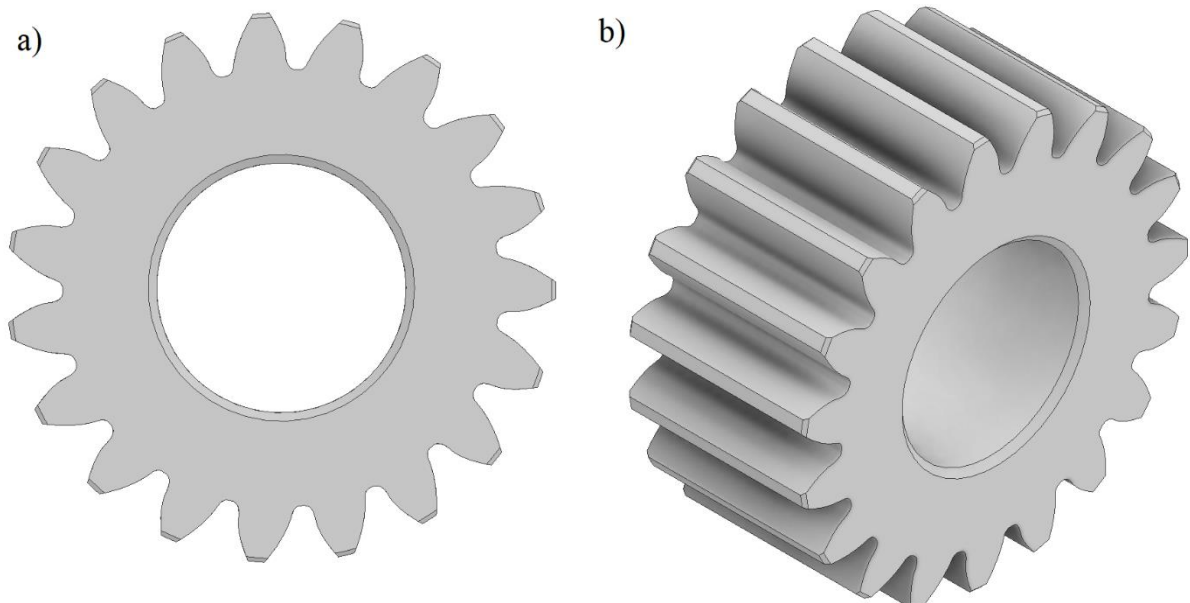


Rys. 10 Import wrębu w programie Autodesk Inventor

Aby program przeprowadził krzywą przez importowane punkty należy wybrać opcję „Utwórz splajn”. Tak zaimportowany wręb można wykorzystać w procesie modelowania np.:

- utworzyć powierzchnię wrębu,
- utworzyć otoczkę koła zębatego,
- wykorzystać powierzchnię wrębu do „przycięcia” otoczki.

Można oczywiście wykorzystać inny sposób modelowania. Zamodelowane koło powinno wyglądać w sposób zbliżony do tego pokazanego na rysunku 11.



Rys. 11 Model CAD koła z asymetrycznym zarysem zębów: a) widok od czoła, b) widok izometryczny