

**Politechnika Poznańska
Instytut Technologii Mechanicznej**

Programowanie obrabiarek CNC

Nr 2

Obróbka z wykorzystaniem kompensacji promienia narzędzia

Opracował:
Dr inż. Wojciech Ptaszyński

Poznań, 2016-12-02

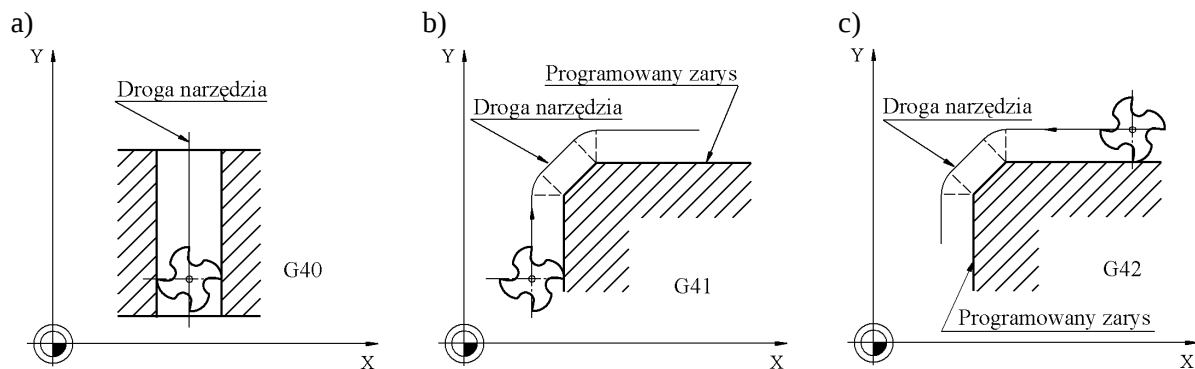
1. Cel ćwiczenia

Celem tego ćwiczenia jest zapoznanie się z programowaniem obrabiarek z wykorzystaniem kompensacji promienia narzędzia. W ramach tych ćwiczeń omawiane będą następujące zagadnienia: istota kompensacji promienia narzędzia, rodzaje kompensacji, zasady wykorzystywania kompensacji oraz zasady wykorzystywania funkcji wyboru układów współrzędnych.

2. Kompensacja promienia narzędzia we frezarkach G40, G41, G42

Jak już wspomniano w poprzedniej instrukcji, punktem charakterystycznym freza jest punkt leżący na przecięciu płaszczyzny czołowej freza z jego osią obrotu. Programując ruchy narzędzia programuje się przemieszczanie tego punktu. Ponieważ frez ma określoną średnicę, aby uzyskać wymagany kształt przedmiotu należałoby tak programować ruch narzędzia, aby jego punkt charakterystyczny przemieszczał się w odległości równej promieniowi narzędzia od zarysu przedmiotu. Ponieważ obliczenie tej drogi może sprawiać problemy, dlatego też w układach sterujących wprowadzono funkcje przygotowawcze kompensacji promienia narzędzia, które automatycznie odsuwają narzędzie od przedmiotu o wartość promienia narzędzia. Z kompensacją promienia narzędzia związane są trzy modalne funkcje przygotowawcze (rys. 1):

- G40 – punkt charakterystyczny narzędzia przemieszcza się dokładnie po zaprogramowanym torze – kompensacja promienia narzędzia wyłączona,
- G41 – narzędzie przemieszcza się z lewej strony zarysu po torze oddalonym o promień narzędzia od zarysu – kompensacja lewostronna,
- G42 – narzędzie przemieszcza się z prawej strony zarysu po torze oddalonym o promień narzędzia od zarysu – kompensacja prawostronna.



Rys.1. Kompensacja promienia narzędzia: a) kompensacja wyłączona, b) kompensacja lewostronna, c) kompensacja prawostronna

Przy aktywnej kompensacji promienia narzędzia (lewostronnej lub prawostronnej) narzędzie odsuwane jest od zarysu o promień narzędzia. Ponieważ w niektórych sytuacjach wymagane jest odsunięcie o inną wartość, dlatego też w układach sterowań przewidziano specjalny rejestr (rejestr zużycia narzędzia), związany z tabelą narzędzi, w którym wprowadza się dodatkową wartość odsunięcia narzędzia przy aktywnej kompensacji. Dla każdego narzędzia może być przypisane wiele wartości kompensacji (najczęściej do 10). Wywołanie odpowiedniej wartości kompensacji z rejestru odbywa się przy pomocy adresu D, wartość numeryczna podana przy tym adresie określa numer rejestru.

Zastosowanie wielu wartości kompensacji może być przydatne wtedy, gdy chcemy wykonać obróbkę zarysu zgrubnie i wykańczająco. Na przykład dla narzędzia o średnicy

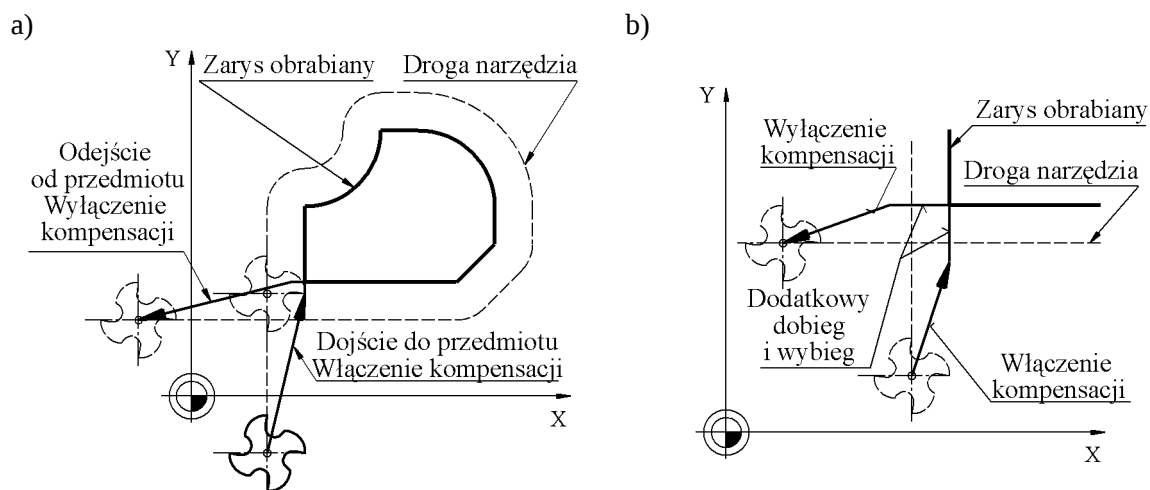
10 mm dla obróbki zgrubnej w rejestrze D1 wprowadzamy wartość 0.1 mm natomiast dla obróbki wykańczającej w rejestrze D2 wprowadzamy wartość 0.0 mm. Wywołanie tego samego programu raz z rejestrem D1 a następnie z rejestrem D2 umożliwi wykonanie najpierw obróbki zgrubnej zostawiając naddatek 0.1 mm a następnie obróbki wykańczającej.

Programując obróbkę zazwyczaj znamy średnicę nominalną narzędzia. Dzięki stosowaniu kompensacji promienia narzędzia, po wprowadzeniu do tabeli narzędziowej rzeczywistej średnicy narzędzia, możemy uzyskać poprawny zarys przedmiotu bez zmiany programu.

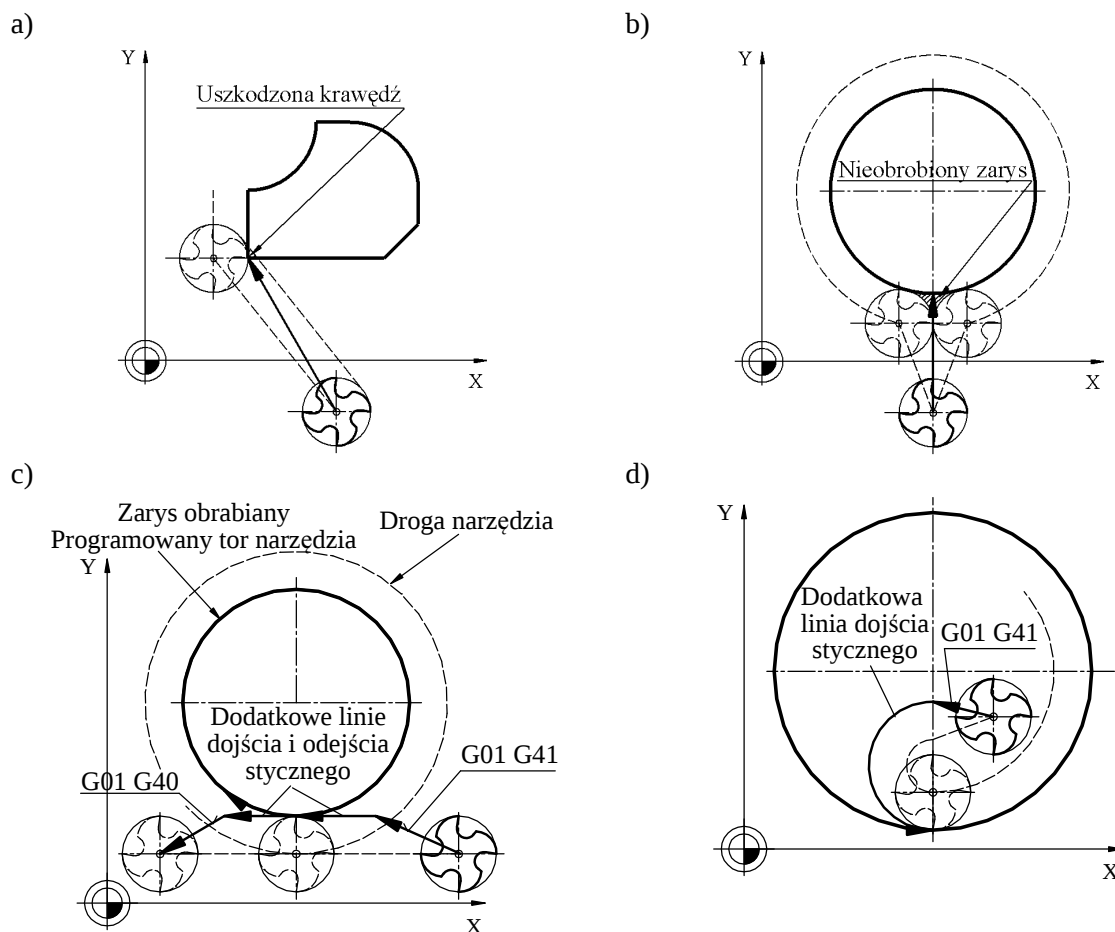
Ponieważ podczas obróbki na narzędzie działają określone siły powodujące jego uginanie oraz występują odkształcenia sprężyste materiału obrabianego nawet po dokładnym zmierzeniu rzeczywistej średnicy narzędzia możemy uzyskać niewłaściwy wymiar przedmiotu. Podczas obróbki wielu przedmiotów może również zachodzić zużycie narzędzia powodujące zmianę jego średnicy. W tych sytuacjach możemy w rejestrze zużycia narzędzia wprowadzić odpowiednią poprawkę średnicy narzędzia tak aby poprawnie wykonać następne przedmioty.

Używając kompensacji promienia narzędzia należy stosować określone zasady:

- kompensację promienia narzędzia należy stosować tylko przy obróbce zarysów,
- przy aktywnej kompensacji promienia narzędzia programuje się zarys przedmiotu a nie ruch punktu charakterystycznego narzędzia, narzędzie jest automatycznie odsuwane od zarysu o wartość promienia (rys. 2),
- kompensacja nie jest włączana i wyłączana skokowo, ale w sposób ciągły w trakcie wykonywania ruchu, to znaczy, pełna kompensacja jest aktywna dopiero w bloku następnym po bloku, w którym została włączona oraz jest całkowicie nieaktywna w bloku następnym po bloku, w którym została wyłączona (rys. 2),
- kompensacja promienia narzędzia może być włączana i wyłączana tylko w bloku z ruchem liniowym G00 lub G01. Nie można włączać i wyłączać kompensacji promienia narzędzia w ruchu z interpolacją kołową,
- ruch narzędzia programowany w bloku, w którym włączana i wyłączana jest kompensacja promienia narzędzia nie powinien być ruchem kształtującym zarys, najlepiej, gdy ruch z pełną kompensacją rozpoczyna się przed zarysem (rys. 2b),
- dojście i odejście narzędzia od zarysu, przy aktywnej kompensacji promienia narzędzia, powinno być wykonane możliwie stycznie do zarysu (rys. 2) w przeciwnym wypadku może to spowodować albo uszkodzenie krawędzi przedmiotu (rys. 3a), albo nie całkowite obrobienie zarysu (rys. 3b),
- po zakończeniu obróbki zarysu kompensacja promienia narzędzia musi być wyłączona,
- gdy włączona jest kompensacja promienia narzędzia, aby nie uszkodzić zarysu, układ sterowania musi analizować co najmniej jedną linię programu do przodu. W niektórych układach sterujących można włączyć specjalną funkcję (look ahead) analizującą większą liczbę linii programu do przodu, co zapobiega uszkodzeniom zarysu składającego się z krótkich odcinków,
- ponieważ zwykle skrawanie odbywa się współbieżnie dlatego też najczęściej stosowana jest kompensacja lewostronna G41.
- wywołanie rejestru Dx musi być najpóźniej w linii włączającej kompensację, najlepszym rozwiązaniem jest wywołanie rejestru Dx w bloku wywoływania narzędzia (zawierającego adres T).



Rys. 2. Obróbka zarysu z wykorzystaniem kompensacji promienia narzędzia:
 a) włączenie i wyłączenie kompensacji, b) zastosowanie dodatkowego dobiegu i wybiegu od zarysu



Rys. 3. Programowane ruchy z kompensacją promienia narzędzia:
 a) uszkodzenie krawędzi, b) nie obrobiony całkowicie zarys,
 c) i d) poprawnie zaprogramowany ruch dojścia i odejścia od zarysu

Najczęściej w układzie sterującym domyślnie włączona jest funkcja kompensacji G40. Jednak zalecane jest umieszczenie tej funkcji w pierwszej linii programu.

3. Wybór układu współrzędnych

Jak już wspomniano, w obrabiarkach CNC występują dwa układy współrzędnych:

- maszynowy – związany z obrabiarką – zdefiniowany przez producenta obrabiarki,
- przedmiotu – związany z przedmiotem obrabianym – zdefiniowany przez programistę.

Ponieważ pisząc program obróbki nie wiemy, w którym miejscu przestrzeni obróbkowej będzie umieszczony przedmiot, dlatego też wykorzystuje się układ współrzędnych związany z przedmiotem obrabianym. Przed wykonaniem obróbki na obrabiarce operator obrabiarki musi określić gdzie, względem układu maszynowego, znajduje się dany układ współrzędnych przedmiotu, wprowadzając do specjalnego rejestru, odpowiednie wartości przesunięć układu współrzędnych przedmiotu w poszczególnych osiach względem układu maszynowego.

Najczęściej w układzie sterującym występuje kilka rejestrów, w których można zdefiniować odpowiednie układy współrzędnych przedmiotu. W programie obróbkowym przed, wykonaniem ruchów narzędzia, najczęściej w pierwszej linii programu, należy wywołać odpowiedni układ współrzędnych. Wybór aktualnego układu współrzędnych jest wykonywany za pomocą następujących modalnych funkcji przygotowawczych (rys. 4):

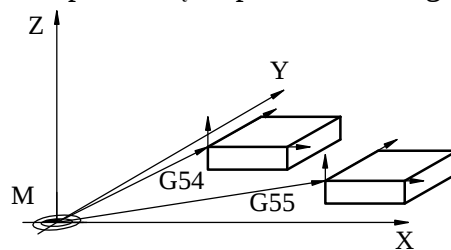
G53 – układ współrzędnych maszynowy (funkcja niemodalna, aktualna tylko w danym bloku),

G54 – przywołanie 1 rejestru przesunięcia punktu zerowego,

G55 – przywołanie 2 rejestru przesunięcia punktu zerowego,

G56 – przywołanie 3 rejestru przesunięcia punktu zerowego,

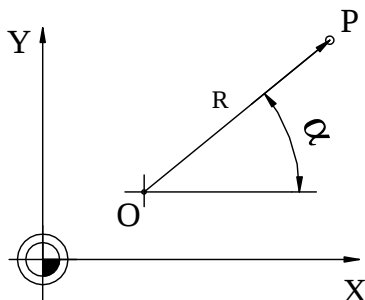
G57 – przywołanie 4 rejestru przesunięcia punktu zerowego.



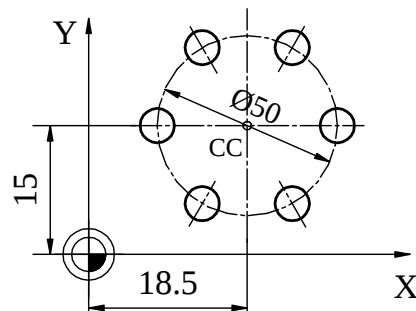
Rys. 4. Wybór układu współrzędnych: M – układ maszynowy, G54, G55 – przesunięcia układów współrzędnych przedmiotu

4. Wymiarowanie w układzie biegunowym

Oprócz wymiarowania położenia narzędzia w układzie współrzędnych prostokątnych (X, Y, Z) w większości układów sterujących jest możliwe wymiarowanie w układzie biegunowym. W układzie biegunowym, w celu określenia współrzędnej punktu należy określić dwie współrzędne: kąt oraz promień (rys. 5)



Rys. 5. Współrzędne w układzie biegunowym



Rys. 6. Przykład stosowania współrzędnych biegunowych

Dla płaszczyzny X-Y kąt liczony jest od linii równoległej do osi X w kierunku przeciwnym do wskazówek zegara.

W układzie sterującym Sinumerik 840D najważniejszymi funkcjami i adresami związanymi z programowaniem współrzędnych biegunowych są:

G111 – określenie początku współrzędnych biegunowych w układzie prostokątnym,

AP= - kąt we współrzędnych biegunowych,

RP= - promień współrzędnych biegunowych.

Adresy AP i RP są adresami modalnymi. Pozycjonowanie narzędzia np. podczas wiercenia otworów rozmieszczonych na okręgu może wyglądać następująco (rys. 6):

G111 X18.5 Y15 ;definicja początku współrzędnych biegunowych

G0 AP=0 RP=25 ;pierwszy punkt

AP=60 ;kolejny punkt

AP=120

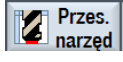
AP=180

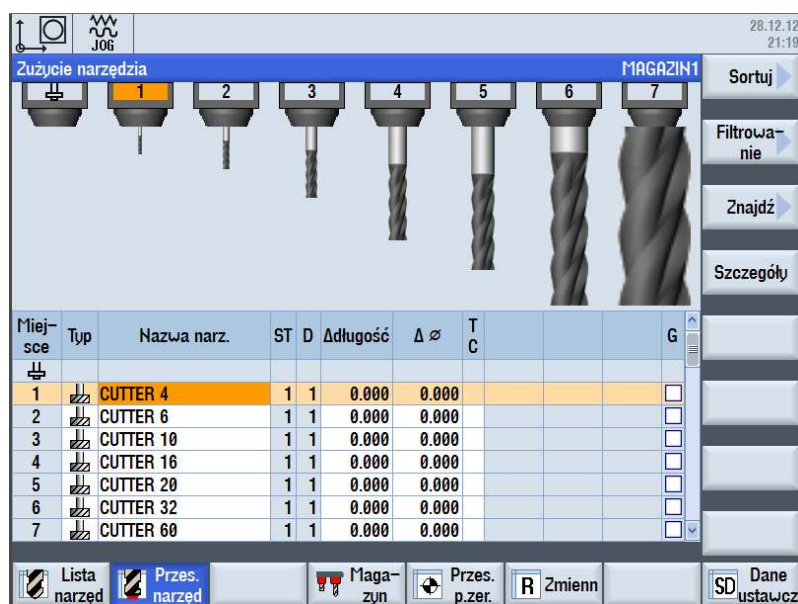
AP=240

AP=270 ;ostatni punkt

5. Kompensacja promienia narzędzia w układach sterujących Sinumerik

Kompensacja promienia narzędzia w układach sterujących Sinumerik nie różni się zasadniczo od ogólnego standardu. Różny jest tylko sposób wprowadzania wartości w rejestrze. Domyślną wartością kompensacji promienia narzędzia jest wartość promienia narzędzia wprowadzona w tabeli narzędziowej. Natomiast w tabeli zużycia narzędzia wprowadza się dodatkową wartość odsunięcia związaną z tolerancją wymiarową narzędzia, zużyciem narzędzia czy wymaganą wartością dodatkowego odsunięcia narzędzia od przedmiotu.

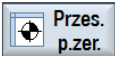
Rejestr dodatkowego odsunięcia narzędzia wywołuje się funkcją . Widok tabeli odsunięcia narzędzia przedstawiono na rys. 5. Dla poszczególnych narzędzi w kolumnie Δ Długość wprowadza się różnicę długości narzędzia względem wymiaru nominalnego a w kolumnie $\Delta \phi$ różnicę średnicy narzędzia.



Miej-sce	Typ	Nazwa narz.	ST	D	Δdługość	Δφ	T	C	G
1		CUTTER 4	1	1	0.000	0.000			
2		CUTTER 6	1	1	0.000	0.000			
3		CUTTER 10	1	1	0.000	0.000			
4		CUTTER 16	1	1	0.000	0.000			
5		CUTTER 20	1	1	0.000	0.000			
6		CUTTER 32	1	1	0.000	0.000			
7		CUTTER 60	1	1	0.000	0.000			

Rys. 5. Wprowadzanie wartości dodatkowego odsunięcia narzędzia

6. Edycja przesunięć układów współrzędnych w układach sterujących Sinumerik

Tabelę edycji przesunięć układów współrzędnych wywołuje się klawiszem  w oknie edycji narzędzi. Widok tej tabeli przedstawiono na rys. 6.



Przesunięcie punktu zer. - G54 ... G519 [mm]		X	Y	Z	A	C
G54		0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	dokl.	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
G55		0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	dokl.	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
G56		0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	dokl.	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
G57		0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	dokl.	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
G505		0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	dokl.	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
G506		0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	dokl.	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
G507		0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	dokl.	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
G508		0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	dokl.	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
G509		0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	dokl.	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

Rys. 6. Widok tabeli przesunięć układów współrzędnych

W tej tabeli nazwy poszczególnych przesunięć układów współrzędnych przedstawione są z lewej strony tabeli.

Wprowadzanie wartości do tej tabeli może odbywać się ręcznie lub też przy pomocy specjalnych funkcji pomiaru przedmiotu w trybie pracy obrabiarki. Edycja tej tabeli ma tylko sens przy pracy z rzeczywistą obrabiarką, nie ma żadnego znaczenia przy symulacji pracy obrabiarki.

7. Wykonanie ćwiczenia

Aby dane ćwiczenie było zaliczone jako poprawne należy poprawnie wykonać następujące zadania:

- na rysunku przedmiotu, otrzymanego od prowadzącego zajęcia, należy wrysować układ współrzędnych,
- dobrać narzędzia i parametry obróbki,
- wprowadzić w programie SinuTrain do tabeli narzędzi dobrane narzędzie,
- opracować program obróbki zgrubnej zarysu bez kompensacji promienia narzędzia,
- opracować program obróbki zarysu z wykorzystaniem kompensacji promienia narzędzia,
- przeprowadzić symulację graficzną w trybie edycji i pracy obrabiarki.

8. Wymagania

Przed przystąpieniem do ćwiczenia wymagana jest wiedza z zakresu:

- podstaw obróbki skrawaniem: dobór narzędzi, parametrów skrawania oraz obliczania parametrów obróbki,
- podstaw technologii obróbki: strategie obróbki

- podstawy programowania obrabiarek CNC,
- zapis i zasady korzystania z kompensacji promienia narzędzia.

Do poprawnego wykonania ćwiczenia wymagane jest dobranie przed zajęciami dokładne dane narzędzia (liczba ostrzy, maksymalna głębokość skrawania a_{pmax}), parametry obróbki (prędkość skrawania v_c , wartość posuwu na ostrze f_z) oraz wyliczenia parametrów skrawania (n – prędkość obrotowa wrzeciona i v_f – wartość prędkości posuwowej).

Dane do ćwiczenia 2:

- wymagane narzędzia: frez walcowy Ø25,
- materiał obrabiany: stal C45.

9. Literatura

- [1] **Feld M.:** Podstawy projektowania procesów technologicznych typowych części maszyn. WNT 2008.
- [2] **Brodowicz W.:** Skrawanie i narzędzia. WSiP Warszawa 1998.
- [3] **Olszak W.:** Obróbka skrawaniem. WNT Warszawa 2008.
- [4] Instrukcja do ćwiczenia nr 1