

**Politechnika Poznańska
Instytut Technologii Mechanicznej**

**Laboratorium
Programowanie obrabiarek CNC**

Nr 4

Obróbka gniazd

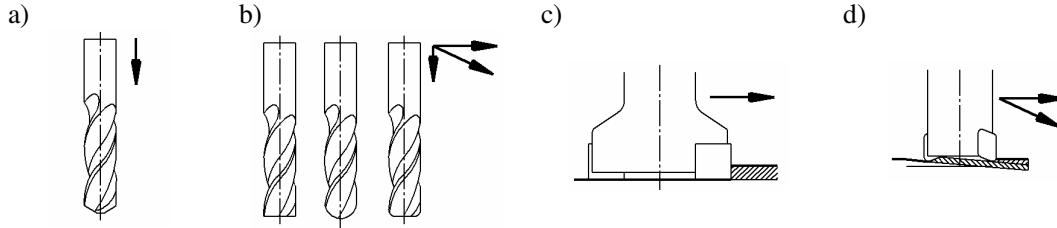
Opracował:
Dr inż. Wojciech Ptaszyński

Poznań, 2008-04-16

1. Narzędzia frezarskie

Narzędzia frezarskie ogólnie możemy podzielić na frezy monolityczne (rys. 1b) oraz frezy składane (rys. 1c i 1d). Innym podziałem narzędzi frezarskich jest podział ze względu na sposób zagłębiania w materiał (rys. 1). Strzałki przy poszczególnych narzędziach pokazują możliwe sposoby zagłębiania. Możemy wyróżnić, zatem narzędzia z zagłębianiem:

- osiowym: wiertła, wytaczadła, gwintowniki oraz niektóre frezy, głównie monolityczne (1a i 1b),
- walcowym: frezy walcowe, frezy piłkowe (rys. 1b, 1c, 1d),
- skośnym: frezy walcowo czołowe (rys. 1b, 1d).



Rys. 1. Typowe narzędzia frezarskie

Wiertło (rys 1a) może zagłębiać się w materiał tylko osiowo.

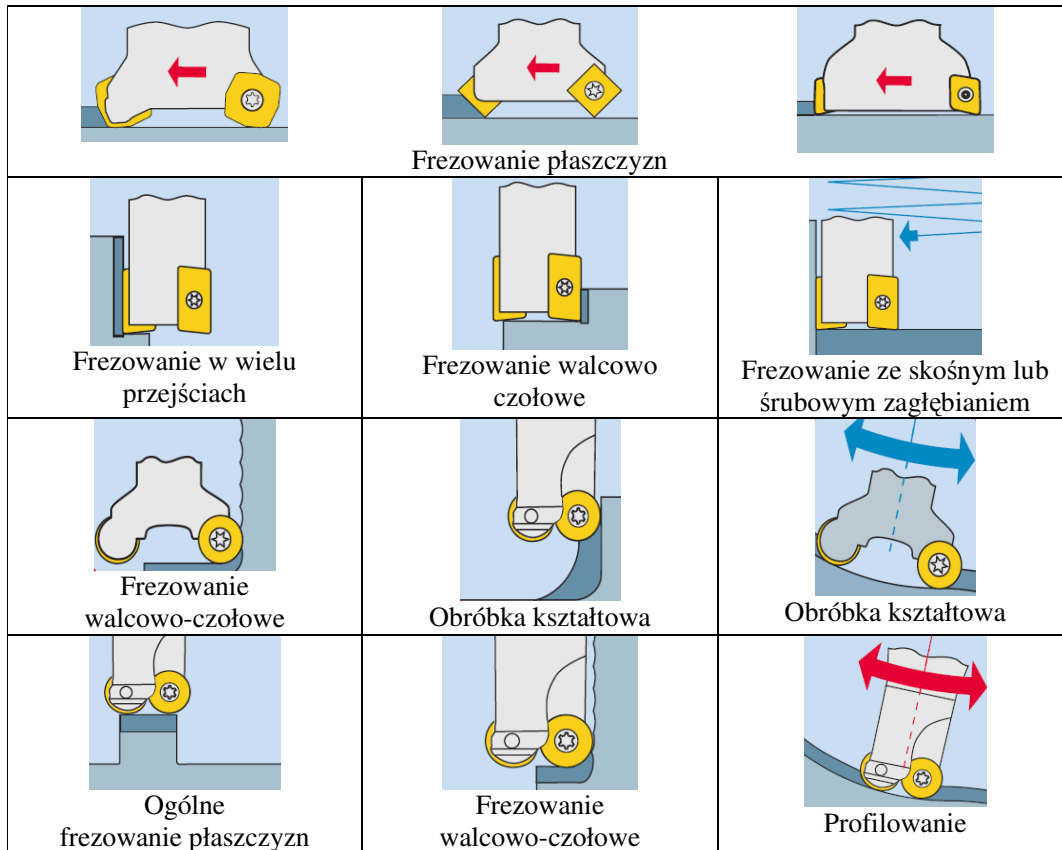
Frezy monolityczne walcowe, kuliste i torusowe (rys. 1b) przeznaczone są do frezowania walcowego. W niektórych przypadkach mogą również zagłębiać się w materiał skośnie oraz osiowo. To czy dany frez monolityczny może zagłębiać się osiowo decyduje forma wykonania powierzchni czołowej freza. Aby narzędzie mogło zagłębiać się osiowo przynajmniej jedna krawędź skrawająca musi dochodzić do osi narzędzia. W tabeli 1. przedstawiono typowe formy wykonania powierzchni czołowej frezów. W przypadku zagłębiania skośnego posuw skrawania powinien być zredukowany do 50%, a w przypadku zagłębiania osiowego nawet do 25% posuwu nominalnego. Maksymalna głębokość pojedynczego zagłębiania osiowego wynosi najczęściej 50% średnicy freza

Tabela 1. Typowe formy wykonania powierzchni czołowej frezów monolitycznych

Schemat	Opis	Zagłębianie osiowe
	Frez z jednym ostrzem	Tak
	Frez z dwoma ostrzami. Obie krawędzie skrawające dochodzą do osi freza.	Tak
	Frez z trzema ostrzami. Jedna krawędź skrawająca dochodzi do osi freza.	Tak
	Frez z czterema ostrzami skrawającymi. Dwie krawędzie skrawające dochodzą do osi freza.	Tak
	Frez z czterema ostrzami skrawającymi. Żadna z krawędzi skrawających nie dochodzi do osi freza.	Nie
	Frez z sześcioma ostrzami skrawającymi. Dwie krawędzie skrawające dochodzą do osi freza	Tak
	Frez z sześcioma ostrzami skrawającymi. Żadna z krawędzi skrawających nie dochodzi do osi freza	Nie

Frez przedstawiony na rys. 1d jest przeznaczony głównie do frezowania walcowego. W niektórych przypadkach może również zagłębiać się skośnie w materiał. Maksymalny kąt, pod jakim dane narzędzie może zagłębiać się w materiał jest podany w katalogu producenta danego freza i zależy od konstrukcji oraz średnicy freza. Kąt ten mieści się najczęściej w granicy $1-3^\circ$. W przypadku zagłębiania skośnego posuw skrawania powinien być zredukowany do 50% posuwu nominalnego.

Na rys. 2 przedstawiono typowe operacje wykonywane frezami składanymi.

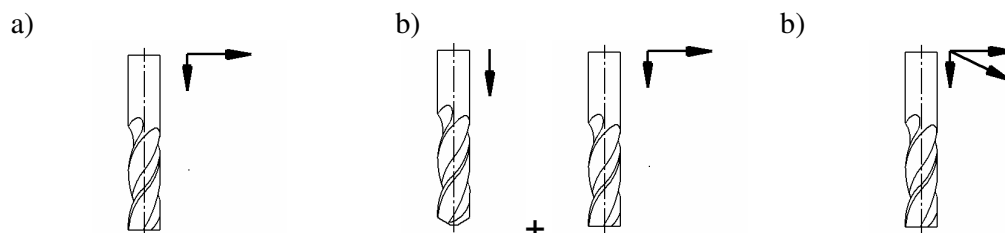


Rys. 2. Typowe operacje frezarskie narzędziami składanymi

2. Obróbka gniazd

Jak wspomniano frezy przeznaczone są głównie do wykonywania obróbki powierzchnią walcową. W przypadku obróbki wysp zwykle możliwe jest tak prowadzenie narzędzia, aby obróbka zawsze była wykonywana powierzchnią walcową freza. Natomiast w przypadku obróbki gniazd zawsze istnieje konieczność zagłębiania narzędzia albo osiowo albo skośnie.

Można wyróżnić trzy metody zagłębiania narzędzia w materiał (rys. 3):

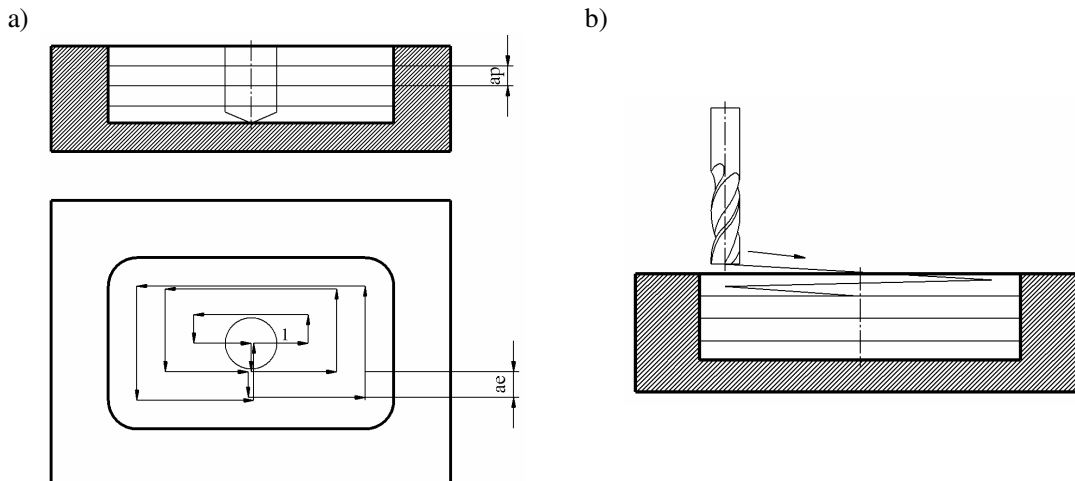


Rys. 3. Metody zagłębiania narzędzia w materiał

- z zastosowaniem freza monolitycznego z możliwością skrawania osiowego (rys. 3a). W tym przypadku najpierw narzędzie zagłębia się osiowo w materiał, na głębokość warstwy skrawanej, a następnie wybiera resztę materiału. Wadą tej metody są bardzo trudne warunki skrawania w osi narzędzia w czasie zagłębiania osiowego, co ma wpływ na trwałość narzędzia. Ponieważ przy danej prędkości obrotowej w osi narzędzia jest zerowa prędkość skrawania (średnica skrawania równa zero), materiał nie jest skrawany, ale wygniatany. Dlatego właśnie dla tego typu obróbki należy zmniejszyć wartość posuwu w głębnego,
- z wykorzystaniem wiertła oraz freza z możliwością zagłębiania osiowego (rys. 3b). Wiertło wykonuje otwór na głębokość gniazda a następnie frez zagłębia się w tym samym miejscu. Średnica wiertła może być mniejsza od średnicy zastosowanego freza. W tym przypadku podczas wiercenia również występują trudne warunki skrawania, ale wiertło jest do tej operacji odpowiednio przygotowane. W tej operacji musi być zastosowany frez z możliwością zagłębiania osiowego, ponieważ dno nawierconego otworu nie jest płaskie, ale ma charakterystyczne stożkowe zakończenie, które musi zostać obrobione. Wadą tej metody jest konieczność stosowania dwóch narzędzi,
- z wykorzystaniem freza z możliwością zagłębiania skośnego (rys. 3.c). Frez najpierw wykonuje ruchy skośnie lub po linii spiralnej aż do osiągnięcia wymaganej głębokości skrawania, a następnie wybiera pozostały materiał gniazda. Ta operacja jest wykonywana aż do wybrania materiału z całego gniazda. W tej metodzie należy zwrócić szczególną uwagę, aby kąt zagłębiania nie był zbyt duży, szczególnie dla frezów składanych, dla których maksymalna wartość tego kąta jest określona przez producenta narzędzia.

Wybierając metodę obróbki najpierw powinniśmy wybrać metodę z nawierceniem, a gdy z pewnych względów nie jest możliwa to metodę z zagłębianiem skośnym a na samym końcu metodę z zagłębianiem osiowym.

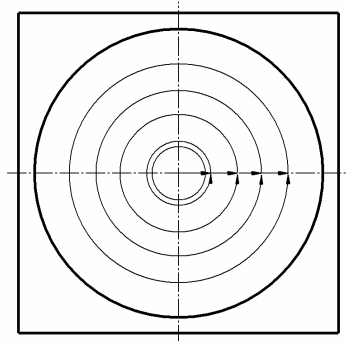
Programując obróbkę gniazda należy starać się, aby narzędzie zagłębia się w materiał w środku gniazda, a następnie stopniowo, od środka na zewnątrz, wybiera materiał aż do krawędzi gniazda. Przykład wybierania materiału z gniazda prostokątnego ze wstępnym nawierceniem przedstawiono na rys. 4a natomiast przykład zagłębiania skośnego dla gniazda prostokątnego na rys. 4b.



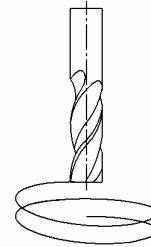
Rys. 4. Obróbka gniazda prostokątnego: a) wybieranie materiału, b) zagłębianie skośne

Przy obróbce gniazda okrągłego również zagłębianie powinno być wykonane w środku gniazda, natomiast wybieranie materiału powinno być wykonywane po okręgach centrycznych stopniowo od środka na zewnątrz, aż do krawędzi gniazda (rys. 5a).

a)



b)



Rys. 5. Obróbka gniazda okrągłego: a) wybieranie materiału, b) zagłębianie po linii śrubowej (helikalne)

W przypadku zagłębiania skośnego, dla gniazd okrągłych, stosuje się zagłębianie po linii śrubowej (helikalnej). W tym przypadku zapis interpolacji kołowej jest rozszerzony o adres Z, w którym podaje się również współrzędną osi Z po zakończeniu interpolacji kołowej:

G02/G03 X... Y... Z... I... J...

Przy dobieraniu parametrów obróbki gniazd należy kierować się następującymi uwagami:

- jeśli, ze względu na głębokość gniazda, obróbka musi być wykonywana w kilku przejściach, wówczas w kolejnych przejściach na ściankach bocznych należy zostawić naddatek, który powinien być zebrany w jednym przejściu na całej wysokości gniazda. Umożliwi to uzyskanie lepszej jakości powierzchni bocznej, bez śladów kolejnych przejść,
- jeśli producent narzędzia nie określił inaczej to głębokość jednego zagłębiania (grubość warstwy skrawanej a_p) w czasie wybierania materiału, należy przyjąć jako:

$$a_p = (0.25 \div 0.5) \cdot D$$

gdzie: D – średnica narzędzia,

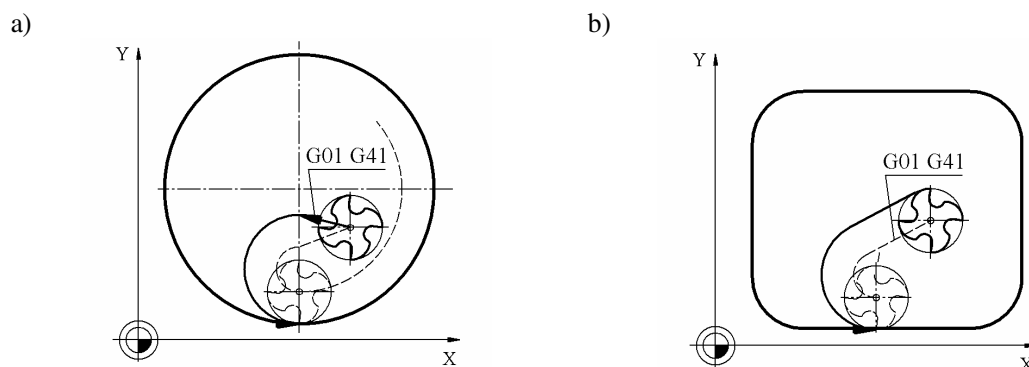
- przy obróbce wykańczającej boków gniazda należy zwrócić uwagę czy całkowita długość części roboczej narzędzia jest dłuższa niż wysokość boku gniazda,
- szerokość skrawania a_e najczęściej przyjmuje się jako:

$$a_e = 0.5 \cdot D$$

gdzie: D – średnica narzędzia

- przy frezowaniu gniazda prostokątnego promień narzędzia powinien być mniejszy od najmniejszego promienia wewnętrznego. W ostateczności promień narzędzia może być równy najmniejszemu promieniowi wewnętrznemu, ale wówczas nie uzyska się wysokiej dokładności powierzchni bocznej,
- przy zagłębianiu po linii śrubowej promień okręgu, po którym wykonywany jest ruch zagłębiania, powinien być nieznacznie mniejszy od promienia narzędzia. Po osiągnięciu płaszczyzny obróbki należy wykonać ruch kołowy bez zmiany osi Z, aby odpowiednio wybrać materiał pod skośnym zagłębianiem,

- przy obróbce wykańczającej boków gniazda należy wykorzystywać kompensację promienia narzędzia, przy czym dojście i odejście od zarysu powinno być wykonane stycznie (rys. 6).



Rys. 6. Obróbka wykańczająca gniazda z wykorzystaniem kompensacji promienia narzędzia

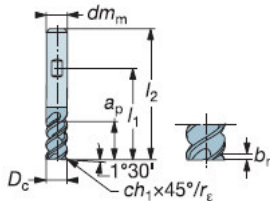






3. Tabele doboru narzędzi i parametrów skrawania

W tabeli 2 przedstawiono oznaczenia materiałów obrabianych, w tabeli 3 wybrane frezy walcowe a w tabeli 4 przykładowe parametry skrawania dla tych frezów.

Tabela. 2. Oznaczenie materiałów obrabianych

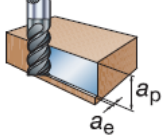
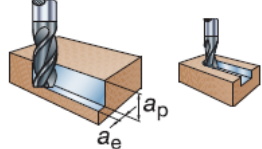
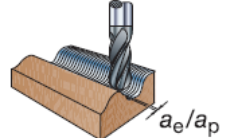
ISO P	Stal Materiał przykładowy: Stal niskostopowa, CMC02.1/ HB 180	ISO N	Stopy aluminium Materiał przykładowy: Odlew, niestarzony, CMC 30.21/HB 75
ISO M	Stal nierdzewna Materiał przykładowy: Stal nierdzewna austenityczna, CMC 05.21/ HB 180	ISO S	Stopy żaroodporne Materiał przykładowy: Na bazie niklu, CMC 20.22/HB 350
ISO K	Żeliwo Materiał przykładowy: Żeliwo szare, CMC 08.2/HB 220 Żeliwo sferoidalne, CMC 09.2/HB 250	ISO H	Stal hartowana Materiał przykładowy: Hartowana i ulepszana cieplnie, CMC 04.1/ HRC 60

Tabela 2. Frezy palcowe CoroMill® Plura (Sandvik Coromant)

Twardość: ≤48HRc Kąt linii śrubowej: -50° Tolerancje: $D_c = h10$ $dm_m = h6$																		
																		
z_n	D_c mm	Oznaczenie	Wymiary w mm							P		M		K		S		
			l_1	l_2	$a_p^{1)}$	dm_m	ch_1	b_n	r_ϵ	GC1620	GC1630	GC1640	GC1620	GC1630	GC1640	GC1620	GC1630	GC1640
 4	6	R216.34-06050-BC13P	39	57	13	6	0.10	0.25	—									
	8	08050-BC19P	45	63	19	8	0.10	0.25	—									
	10	10050-BC22P	52	72	22	10	0.10	0.25	—									
	12	12050-BC26P	61	83	26	12	0.10	0.25	—	☆	★	☆	☆	★	☆	☆	★	☆
	14	14050-BC26P	61	83	26	14	0.15	0.35	—									
	16	16050-BC32P	68	92	32	16	0.15	0.35	—									
	20	20050-BC38P	79	104	38	20	0.15	0.35	—									
 4	6	R216.24-06050CBC13P	39	57	13	6	—	—	1									
	8	08050EBC19P	45	63	19	8	—	—	2									
	10	10050EBC22P	52	72	22	10	—	—	2									
	12	12050GBC26P	61	83	26	12	—	—	3	☆	★	☆	☆	★	☆	☆	★	☆
	14	14050GBC26P	61	83	26	14	—	—	3									
	16	16050IBC32P	68	92	32	16	—	—	4									
	20	20050IBC38P	79	104	38	20	—	—	4									
z_n	D_c mm	Oznaczenie	Wymiary w mm							P		M		K		S		
			l_1	l_2	$a_p^{1)}$	dm_m	ch_1	b_n	r_ϵ	GC1620	GC1630	GC1620	GC1630	GC1620	GC1630	GC1620	GC1630	
 3	4	Chwyt cylindryczny																
	5	R216.33-04050-AK11P	—	57	11	6	0.10	0.25	—	☆	★	☆	★	☆	★	☆	★	
		05050-AK13P	—	57	14	6	0.10	0.25	—									
 4	6	R216.34-06050-AK13P	—	65	13	6	0.10	0.25	—									
	8	08050-AK19P	—	80	19	8	0.10	0.25	—									
	10	10050-AK22P	—	100	22	10	0.10	0.25	—									
	12	12050-AK26P	—	100	26	12	0.10	0.25	—	☆	★	☆	★	☆	★	☆	★	
	14	14050-AK26P	—	104	26	14	0.15	0.35	—									
	16	16050-AK32P	—	115	32	16	0.15	0.35	—									
	20	20050-AK38P	—	125	38	20	0.15	0.35	—									
 3	4	R216.23-04050CAK11P	—	57	11	6	—	—	1	☆	★	☆	★	☆	★	☆	★	
	5	05050CAK13P	—	57	13	6	—	—	1									
 4	6	R216.34-06050CAK13P	—	65	13	6	—	—	1									
	8	08050EAK19P	—	80	19	8	—	—	2									
	10	10050EAK22P	—	100	22	10	—	—	2									
	12	12050GAK26P	—	100	26	12	—	—	3	☆	★	☆	★	☆	★	☆	★	
	14	14050GAK26P	—	104	26	14	—	—	3									
	16	16050IAK32P	—	115	32	16	—	—	4									
	20	20050IAK38P	—	125	38	20	—	—	4									

1) – maksymalna głębokość frezowania

Tabela 3. Parametry skrawania – wartości początkowe (Sandvik Coromant)

★ Pierwszy wybór ☆ Gatunek uzupełniający	ISO/ANSI	CMC	Prędkość skrawania m/min v_c	D_c mm	Posuw na ostrze mm f_z	GC1610	GC1620	GC1630
Obróbka półwykańczająca i wykańczająca $a_p = 1 \times D_c$ $a_e < 0.05 \times D_{c2}$ 	P	02.1	250	1 2-3 4	0.001-0.01 0.01-0.02 0.02-0.04	☆	★	
	M	05.21	120	5 6 7	0.03-0.06 0.03-0.07 0.04-0.08	☆	★	
	K	08.2	180	8 9 10	0.05-0.09 0.07-0.10 0.07-0.12	☆	★	
	S	23.22	200	12 14 16	0.08-0.13 0.08-0.14 0.09-0.15	☆	★	
	H	04.1	118	20	0.10-0.16	☆	★	
Obróbka zgrubna $a_p \times a_e > D_c$ 	P	02.1	188	1 2 3	0.001-0.005 0.005-0.015 0.01-0.02			★
	M	05.21	88	4 5 6-7	0.015-0.034 0.02-0.03 0.02-0.04			★
	K	08.2	131	8-9 10 12	0.03-0.045 0.035-0.05 0.035-0.06			★
	S	23.22	110	14 16 18-20	0.04-0.07 0.05-0.08 0.06-0.08			★
	H	04.1	70					★
Profilowanie $a_p/a_e < 0.05 \times D_{c2}$ 	P	02.1	340	2 3 4	0.015-0.02 0.03-0.04 0.04-0.07	☆	★	
	M	05.21	190	5 6-7 8	0.05-0.09 0.06-0.10 0.09-0.11	☆	★	
	K	08.2	250	9 10 12	0.06-0.12 0.07-0.12 0.08-0.13	☆	★	
	S	23.22	250	14 16-20	0.08-0.15 0.09-0.16	☆	★	
	H	04.1	170			☆	★	