

FREZOWANIE

Jak korzystać z katalogu?

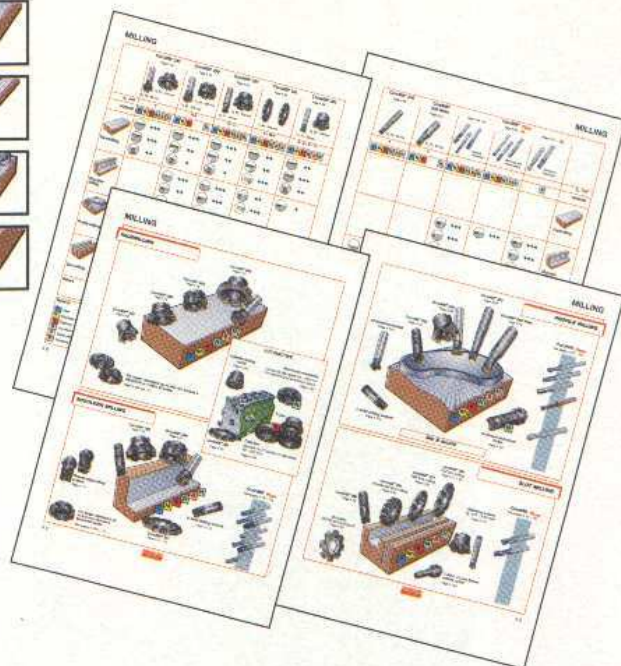
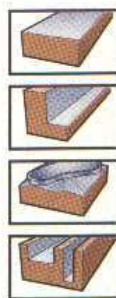
1 Określ rodzaj obróbki

Określ typ operacji:

- Frezowanie płaszczyzn
- Frezowanie walcowe
- Frezowanie profilowe
- Frezowanie rowków

Wybierz narzędzie.

Patrz strony A 4 – 9.



Strony A 4 – 9

2 Określ materiał obrabiany

Określ materiał zgodnie z ISO:

- Stal (P)
- Stal nierdzewna (M)
- Żeliwo (K)
- Aluminium (N)
- Stopy żaroodporne i stopy tytanu (S)
- Materiały hartowane (H)

Patrz wykazy Odpowiedników Materiałowych w rozdziale F.

3 Wybierz frez do danej operacji

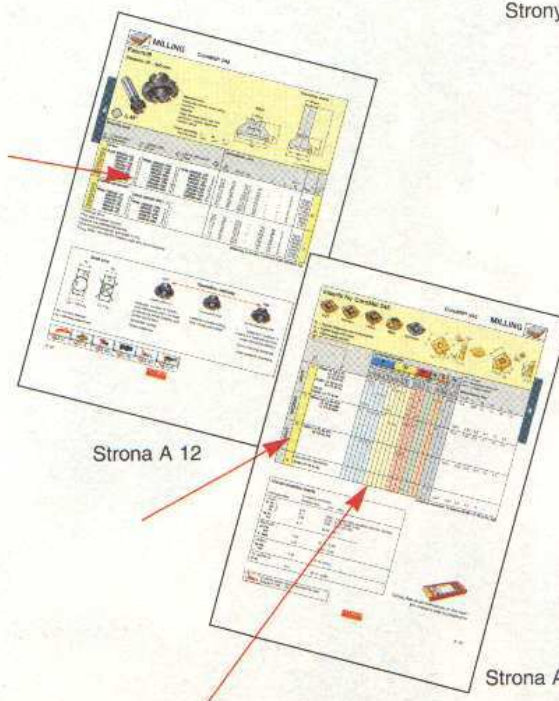
Wybierz podziałkę freza i rodzaj mocowania.

Jako pierwszy wybór zastosuj *frez o podziałce normalnej*.

Przy dużych wysięgach i w niestabilnych warunkach zastosuj *frez o podziałce rzadkiej*.

Dla materiałów dających krótki wiór oraz super-stopów zastosuj *frez o podziałce gęstej*.

Wybierz rodzaj mocowania.



Strona A 12

Strona A 15

4 Wybierz płytkę

Wybierz geometrię płytki do zamierzonej operacji:

Geometria L = Lekka

Do lekkiej obróbki, gdy wymagane są niskie opory skrawania oraz mały pobór mocy

Geometria M = Średnia

Pierwszy wybór dla produkcji mieszanej

Geometria H = Ciężka

Do obróbki zgrubnej, ze skórą odlewniczą lub zgorzeliną kuzniczą, z drganiami

Wybierz gatunek zapewniający optymalną wydajność.

5 Określ wartości początkowe

Prędkości skrawania i posuwy dla różnych materiałów podane są na pudełkach z płytkami oraz w tabelach na stronach A 187 – 210.





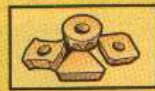
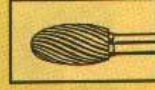





Wartości te należy zoptymalizować zależnie od możliwości obrabiarki i warunków obróbki.



Strona A 198

WYBÓR NARZĘDZI

A 2 — 9

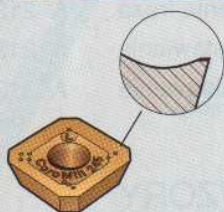
CoroMill 245 – Frez czołowy 45°	A 10	
CoroMill 290 – Frez walcowo-czołowy 90°	A 16	
CoroMill 390 – Frez walcowo-czołowy / palcowy 90°	A 22	
CoroMill 331 – Frez tarczowy walcowo-czołowy	A 32	
Frez T-MAX Q – Frez tarczowy do rowków	A 54	
CoroMill 200 – Frez z płytkami okrągłymi, o ujemnej geometrii	A 59	
CoroMill 300 – Frez z płytkami okrągłymi, o dodatniej geometrii	A 66	
Frez kulisty palcowy CoroMill	A 72	
CoroMill Plura – frezy palcowe węglkowe	A 76	
Głowice czołowe Modulmill – 45°, 75, 90° i na okrągłe płytki	A 104	
T-MAX 45 - do obróbki ciężkiej	A 112	
Frez palcowy wiercący U-MAX	A 114	
Frez palcowy fazujący U-MAX	A 116	
Frez o długich ostrzach U-MAX	A 117	
Frez o długich ostrzach T-MAX	A 119	
Frez do kanałków T-MAX	A 121	
Frez do gwintów T-MAX U-Lock	A 123	
Frez do obróbki zgrubnej Sandvik AUTO	A 124	
Frez do obróbki zgrubnej T-Line	A 126	
Frez do obróbki wykańczającej Sandvik AUTO	A 130	
Głowica do wytaczania cylindrów	A 135	
Frez T-MAX AL do obróbki aluminium	A 137	
Frez T-MAX do aluminium	A 141	
Płytki ISO	A 144	
Płytki do narzędzi specjalnych	A 148	
PILNIKI OBROTOWE	A 150	
MOCOWANIE NARZĘDZI	A 152	
CZĘŚCI ZAMIENNE	A 156	
NARZĘDZIA WYCOFANE	A 174	
PARAMETRY SKRAWANIA	A 187	
INFORMACJE TECHNICZNE	A 211	



Zasady zastosowania trzech podstawowych geometrii

Geometria krawędzi skrawającej płytek frezarskich dzięki ciąglemu rozwojowi została znacznie poprawiona dając pracę bardziej wydajną, cichą, wydzielającą mniej ciepła, działającą pewniej i z

poprawionym spływem wióra. Wiele najnowszych płytek posiada trzy podstawowe geometrie - do obróbki lekkiej, średniej i zgrubej.

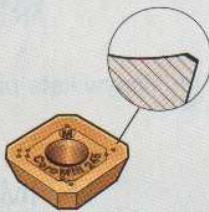


-L

A

Geometria do obróbki lekkiej -L

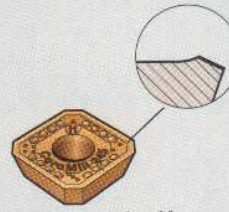
Ostra dodatnia krawędź skrawająca.
Spokojna praca.
Niskie posuwy.
Mała moc obrabiarki.
Mniejsze opory skrawania.



-M

Geometria ogólnego stosowania -M

Dodatnia geometria dla produkcji mieszanej.
Średnie wartości posuwów.



-H

Mocna geometria -H

Spełnia wymagania niezawodności przy dużych obciążeniach.
Duże posuwy.

Wybór podziałki freza

Podziałka głowicy frezarskiej to odległość pomiędzy punktem na krawędzi płytki skrawającej a takim samym punktem na następnej

płytkie. Podziałki głowic frezarskich dzieli się na rzadkie, normalne i gęste.

Stabilność operacji

L

Niska



Podziałka rzadka (-L)

Zmniejszona liczba płytek z podziałką nierównomierną dla najlepszej wydajności przy niskiej stabilności i ograniczonej mocy wrzeciona.
Wydłużone narzędzie.
Małe obrabiarki - np. ze stożkiem 40.

M

Średnia



Pierwszy wybór

Podziałka normalna (-M)

Frezowanie ogólne, zróżnicowana produkcja.

H

Wysoka



Podziałka gęsta (-H)

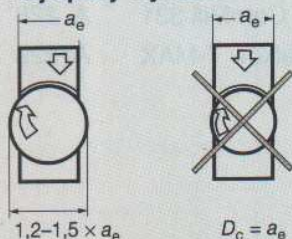
Maksymalna liczba płytek dla najwyższej wydajności w stabilnych warunkach.
Materiały o krótkim wiórze.
Materiały żaroodporne.

Wybór średnicy freza i sposobu frezowania

Wybór średnicy freza zależy głównie od wielkości przedmiotu obrabianego, a zwłaszcza od jego szerokości. Jednakże pierwszą przeszkodą przy dokonywaniu wyboru jest często proporcja pomiędzy zapotrzebowaniem mocy i wielkością mocy

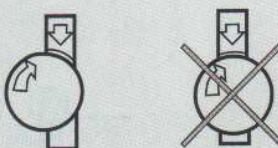
dostępnej na obrabiarkę. Są jednak i inne ważne czynniki, które zapewniają zadowalający sposób obróbki; położenie freza względem przedmiotu obrabianego oraz sposób zetknięcia się jego ostrzy z przedmiotem obrabianym.

Najlepszy wymiar



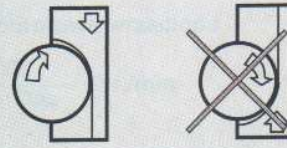
Ogólnie, przy frezowaniu płaszczyzn, średnica głowicy powinna być o 20% do 50% większa od szerokości frezowania.

Najlepsze położenie



Dla frezowania walcowo - czołowego zalecana głębokość wynosi 40% maksymalnej głębokości skrawania.

Najlepsza metoda



Dla osiągnięcia większej trwałości ostrza zalecane jest frezowanie współbieżne.



Wybór kąta przystawienia

Kąt przystawienia w głowicy frezarskiej jest to kąt utworzony przez krawędź skrawającą płytki i korpus głowicy. Od wielkości kąta przystawienia zależy grubość wióra, siły skrawania jak i trwałość ostrza.

Zwiększenie kąta przystawienia, przy ustalonym posuwie, powoduje zmniejszenie grubości wióra. Ten efekt zmniejszenia grubości wióra wynika z "rozkładania" się tej samej ilości materiału na większym obszarze ostrza.

Zwiększenie kąta przystawienia pozwala na łagodne wchodzenie i wychodzenie z materiału obrabianego. Pozwala to na zmniejszenie obciążeń promieniowych i chroni krawędź skrawającą zmniejszając możliwość jej uszkodzenia. Wadą jest wzrost obciążeń osiowych, co może powodować odkształcenia elementów cienkościennych.

Kąt przystawienia K_r	Posuw na ostrze, f_z	Rzeczywista maksymalna grubość wióra, h_{ex}
90°	f_z	$h_{ex} = f_z$
75°	f_z	$h_{ex} = 0.96 \times f_z$
60°	f_z	$h_{ex} = 0.86 \times f_z$
45°	f_z	$h_{ex} = 0.707 \times f_z$
Płytki okrągłe	f_z	$h_{ex} = \frac{\sqrt{IC^2 \times (IC - 2a_p)^2}}{IC} \times f_z$

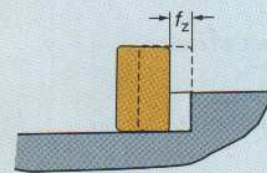
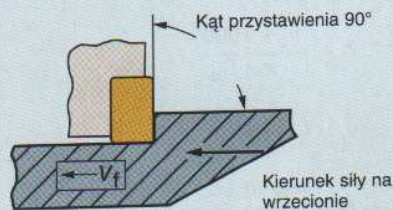


Wartości h_{ex} podano dla frezowania jednostronnego obrabianego przedmiotu. W przypadku frezowania walcowego wartość h_{ex} zależy od średnicy od średnicy freza i szerokości frezowania.

Wpływ kąta przystawienia na siły skrawania

Kąt przystawienia 90°

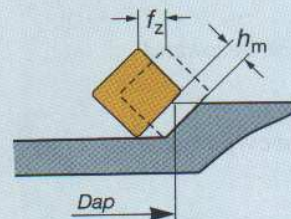
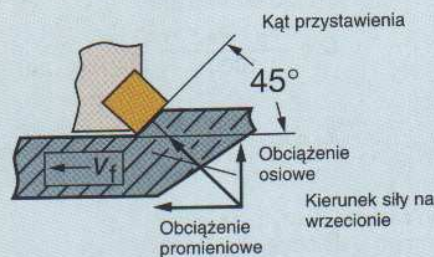
- Detale cienkościenne
- Detale słabo zamocowane
- Gdy wymagany jest kształt 90°



Wpływ kąta przystawienia na grubość wióra

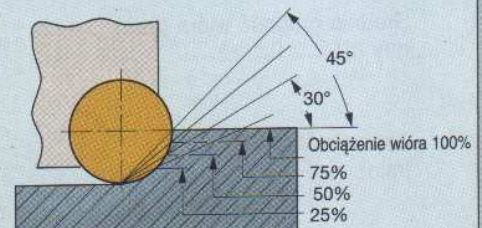
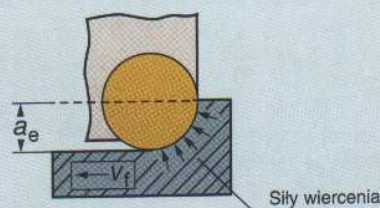
Frezy z kątem przystawienia 45°

- Pierwszy wybór dla frezowania ogólnego
- Zredukowane drgania przy dużych wysięgach
- Efekt zmniejszenia grubości wióra pozwala zwiększyć wydajność



Frez z płytkami okrągłymi

- Najwytrzymalsza krawędź skrawająca. Duża liczba ostrzy
- Frez do zastosowań ogólnych
- Zmniejszenie grubości wióra ułatwia obróbkę stopów żaroodpornych



Przy płytce okrągłej obciążenie wióra i kąt przystawienia zależą od głębokości skrawania.



Terminologia i jednostki — frezowanie

D_c = Średnica skrawania	mm	k_{c1} = Opór właściwy skrawania (dla $h_{ex} = 1$ mm)	N/mm ²
l_m = Długość skrawania	mm	n = Obroty wrzeciona	obr/min
D_{ap} = Maks. średnica skrawania przy określonej głębokości	mm	P_c = Moc skrawania netto	kW
a_p = Głębokość skrawania	mm	η_{mt} = Wydajność	
a_e = Szerokość powierzchni frezowanej	mm	κ_r = Główny kąt przystawienia	stopnie
v_c = Prędkość skrawania	m/min	v_{c0} = Stała dla prędkości skrawania	
Q = Objętościowa wydajność frezowania	cm ³ /min	c_{vc} = Współczynnik korekcyjny prędkości skrawania	
T_c = Okres frezowania	min	m_c = Wzrost oporu właściwego skrawania (k_c) jako funkcja grubości wióra	
z_n = Całkowita liczba krawędzi w narzędziu	sztuki	iC = Okrąg wpisany	
f_z = Posuw na ostrze	mm		
f_n = Posuw na obrót	mm		
v_f = Posuw stołu (prędkość posuwu)	mm/min		
h_{ex} = Maksymalna grubość wióra	mm		
h_m = Średnia grubość wióra	mm		
z_c = Efektywna liczba zębów	sztuk		

Wzory ogólne

Prędkość skrawania
(m/min)

$$v_c = \frac{\pi \times D_c \times n}{1000}$$

Prędkość obrotowa wrzeciona
(obr/min)

$$n = \frac{v_c \times 1000}{\pi \times D_c}$$

Prędkość stołu (prędkość posuwu)
(mm/min)

$$v_f = f_z \times n \times z_n$$

Posuw na ostrze
(mm)

$$f_z = \frac{v_f}{n \times z_n}$$

Posuw na obrót
(mm/obr)

$$f_n = \frac{v_f}{n}$$

Wydajność frezowania
(cm³)

$$Q = \frac{a_p \times a_e \times v_f}{1000}$$

Opór właściwy skrawania
(N/mm²)

$$k_c = k_{c1} \times h_m^{-m_c}$$

Średnia grubość wióra (mm)
(Frezowanie walcowo-czołowe)
gdy $a_e/D_c \leq 0,1$

$$h_m \approx f_z \sqrt{\frac{a_e}{D_c}}$$

Średnia grubość wióra (mm)
gdy $a_e/D_c \geq 0,1$

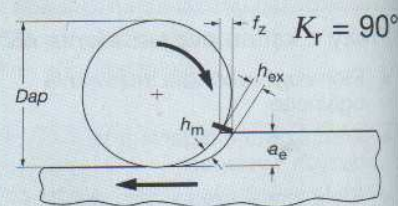
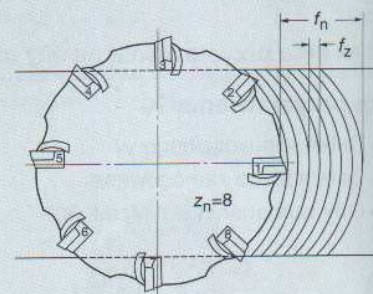
$$h_m = \frac{\sin \kappa_r \times 180 \times a_e \times f_z}{\pi \times D_c \times \arcsin\left(\frac{a_e}{D_c}\right)}$$

Czas obróbki
(min)

$$T_c = \frac{l_m}{v_f}$$

Zapotrzebowanie mocy (netto)
(kW)

$$P_c = \frac{a_p \times a_e \times v_f \times k_c}{60 \times 10^6 \times \eta}$$

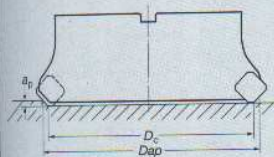




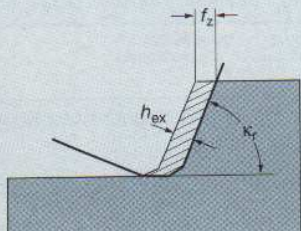
Wzory dla poszczególnych głowic i frezów

Głowice do płaszczyzn, tarczowe i palcowe

Narzędzia te charakteryzują się prostą krawędzią skrawającą.



Maks. średnica skrawania przy określonej głębokości (mm) $D_{ap} = D_c + \frac{2 \times a_p}{\tan \kappa_r}$



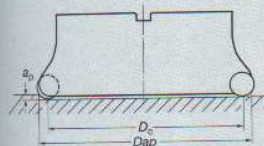
Posuw na ostrze (mm/ostrze), frezowanie jednostronne $f_z = \frac{h_{ex}}{\sin \kappa_r}$



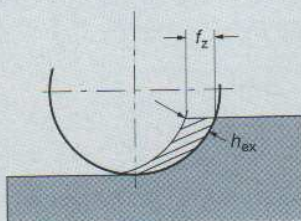
Wartości h_{ex} podano na stronach A 192 - A 196.

Posuw na ostrze (mm/ostrze), frezowanie walcowe $f_z = \frac{D_{ap} \times h_{ex}}{\sin \kappa_r \times \sqrt{D_{ap}^2 - (D_{ap} - 2 \times a_e)^2}}$

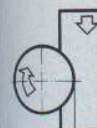
Frezy z płytkami okrągłymi



Maks. średnica skrawania przy określonej głębokości (mm) $D_{ap} = D_c + \sqrt{(\overline{IC})^2 - (IC - 2a_p)^2}$



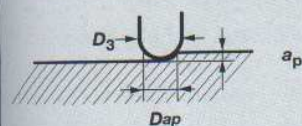
Posuw na ostrze (mm/ostrze), frezowanie symetryczne $f_z = \frac{IC \times h_{ex}}{D_{ap} - D_c}$



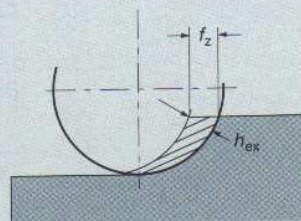
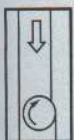
Wartości h_{ex} podano na stronach A 192 - A 196.

Posuw na ostrze (mm/ostrze), frezowanie boczne $f_z = \frac{D_{ap} \times IC \times h_{ex}}{(D_{ap} - D_c) \times \sqrt{D_{ap}^2 - (D_{ap} - 2 \times a_e)^2}}$

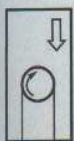
Frezy kuliste



Maks. średnica skrawania przy określonej głębokości (mm) $D_{ap} = \sqrt{D_3^2 - (D_3 - 2 \times a_p)^2}$



Posuw na ostrze (mm/ostrze), frezowanie boczne $f_z = \frac{D_3 \times h_{ex}}{\sqrt{D_{ap}^2 - (D_{ap} - 2 \times a_e)^2}}$



Wartości h_{ex} podano na stronach A 192 - A 196.

Posuw na ostrze (mm/ostrze), frezowanie symetryczne $f_z = \frac{D_3 \times h_{ex}}{D_{ap}}$



Obliczenia poboru mocy

Obliczenia z prawej strony obowiązują dla kąta natarcia 0° . Pobór mocy zmienia się o 1% przy zmianie kąta natarcia o 1%. Wzrost kąta natarcia prowadzi do spadku poboru mocy, a zmniejszenie kąta natarcia powoduje zwiększenie poboru mocy.

Przykład: Frez o dodatniej geometrii z kątem natarcia $+15^\circ$ wymaga o 15% mniejszej mocy niż frez z kątem natarcia 0° .

Przykład

Frezowanie czołowe stali CMC 01.3. Kąt 45°

Średnica freza, $D_c=125$ mm

Głębokość skrawania, $a_p=5$ mm

Szerokość frezowania, $a_e=100$ mm

Posuw na płytkę, $f_z=0,2$ mm

Posuw stołu, $v_f=1000$ mm

$$P_c = \frac{a_p \times a_e \times v_f \times K}{100\,000}$$

Gdy szerokość frezowania stanowi 80% średnicy freza, wartość K wynosi 5,4.

$$P_c = \frac{5 \times 100 \times 1000 \times 5,4}{100\,000} = 27,0 \text{ kW}$$

Dla różnych geometrii płytek skrawających, pobór mocy musi zostać skorygowany.

Zwiększenie o jeden stopień kąta natarcia, zmniejsza pobór mocy o 1%.

Płytki o geometrii M, dla freza CoroMill 245. Przy geometrii M kąt natarcia wynosi $+21^\circ$, patrz strona A 12.

$$P_{c(\gamma)} = P_c \times M_\gamma$$

Dla kąta natarcia $+21^\circ$ wartość współczynnika M_γ wynosi 0,79.

$$P_{c(\gamma)} = 27,0 \times 0,79 = 21,3 \text{ kW}$$

Obliczenia skorygowanego poboru mocy

Należy zastosować współczynniki korekcyjne, dla skorygowania wartości P_c .

Rzeczywisty kąt natarcia, γ	Współczynnik korekcyjny, M_γ	Rzeczywisty kąt natarcia, γ	Współczynnik korekcyjny, M_γ
-7°	1,07	12°	0,88
-6°	1,06	13°	0,87
-5°	1,05	14°	0,86
-4°	1,04	15°	0,85
-3°	1,03	16°	0,84
-2°	1,02	17°	0,83
-1°	1,01	18°	0,82
0°	1	19°	0,81
1°	0,99	20°	0,80
2°	0,98	21°	0,79
3°	0,97	22°	0,78
4°	0,96	23°	0,77
5°	0,95	24°	0,76
6°	0,94	25°	0,75
7°	0,93	26°	0,74
8°	0,92	27°	0,73
9°	0,91	28°	0,72
10°	0,90	29°	0,71
11°	0,89	30°	0,70

Gdy moc obrabiarki jest ograniczona

1. Należy zastosować frez o podziałce rzadkiej zamiast normalnej, tj. zmniejszyć ilość zębów.
2. Frez o dodatniej geometrii cechuje mniejsze zapotrzebowanie na moc, niż frez o geometrii ujemnej.
3. W pierwszej kolejności należy zmniejszyć prędkość skrawania, następnie posuw stołu.

Uwaga: Należy zwrócić uwagę na moc obrabiarki w funkcji prędkości obrotowej wrzeciona. W przypadku małej prędkości obrotowej, może być ona niedostateczna.

4. Używać mniejszych frezów i zwiększyć liczbę przejeżdż.
5. Zmniejszyć głębokość skrawania.