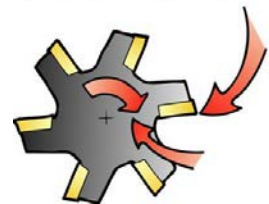
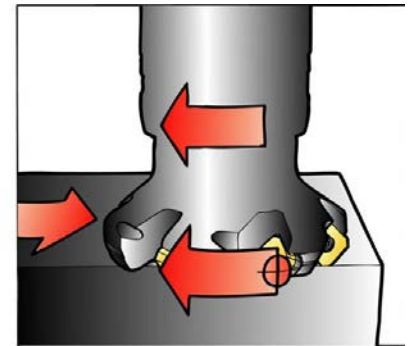


Frezowanie - teoria

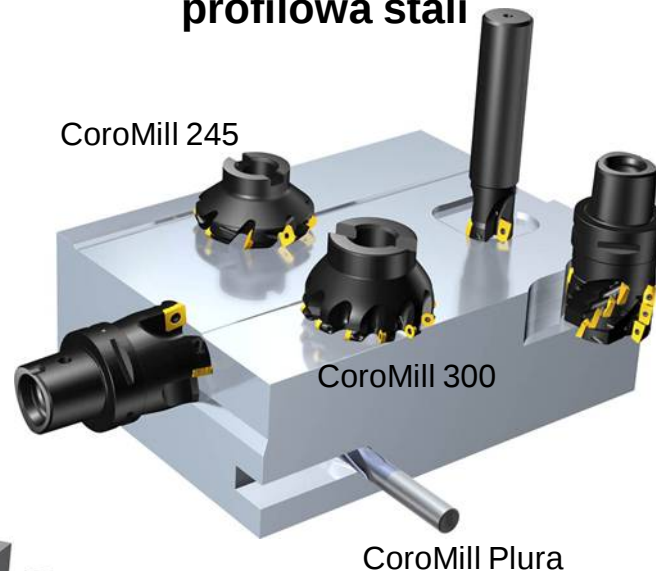


Wiele rodzajów operacji frezowania

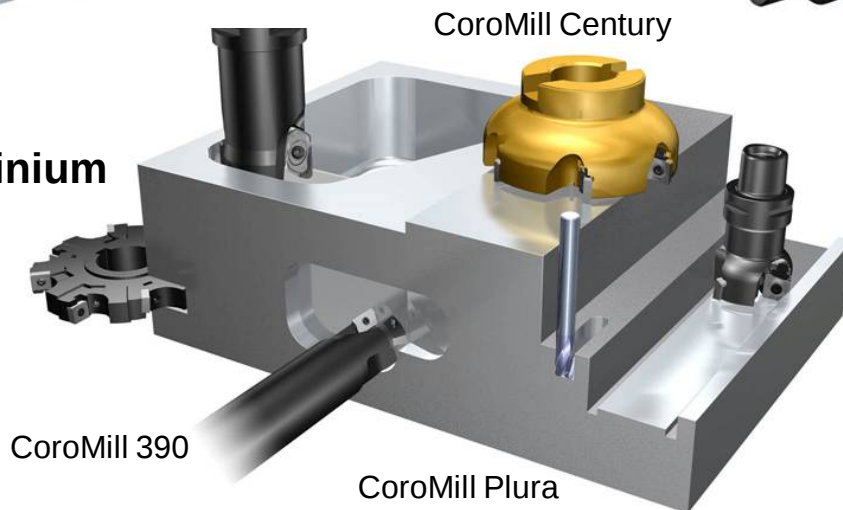
Obróbka zgrubna stali



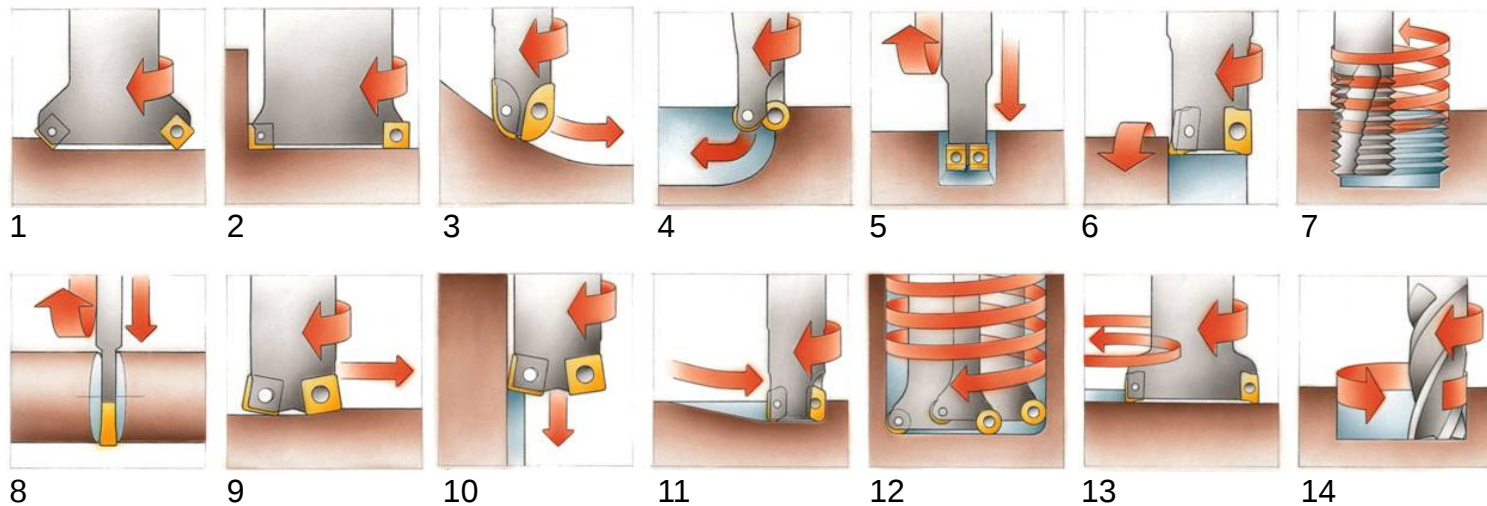
Obróbka wykańczająca / profilowa stali



Aluminium



Wiele rodzajów operacji frezowania

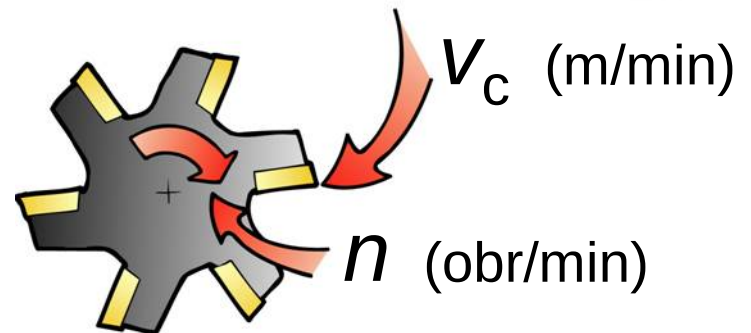
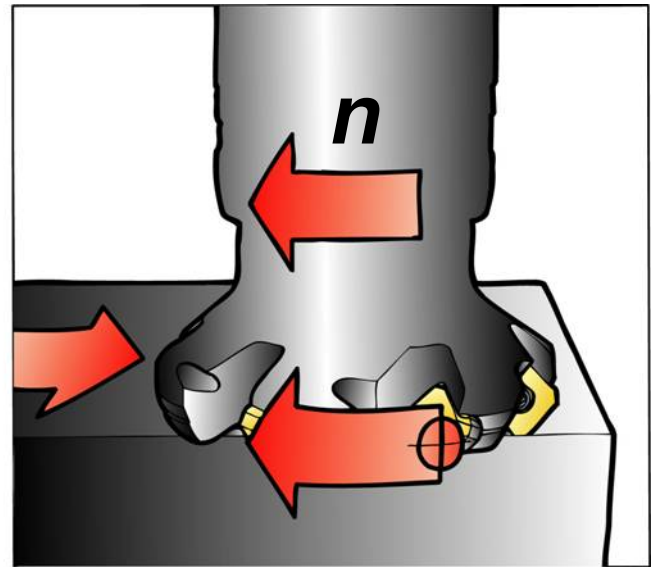
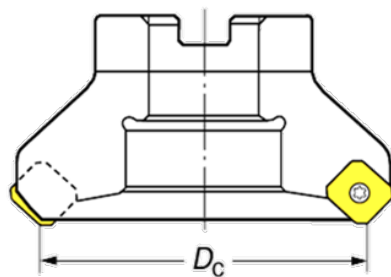


Definicje

n = Prędkość obrotowa
(obr/min)

v_c = Prędkość skrawania
(m/min)

D_c = Średnica skrawania
(mm)



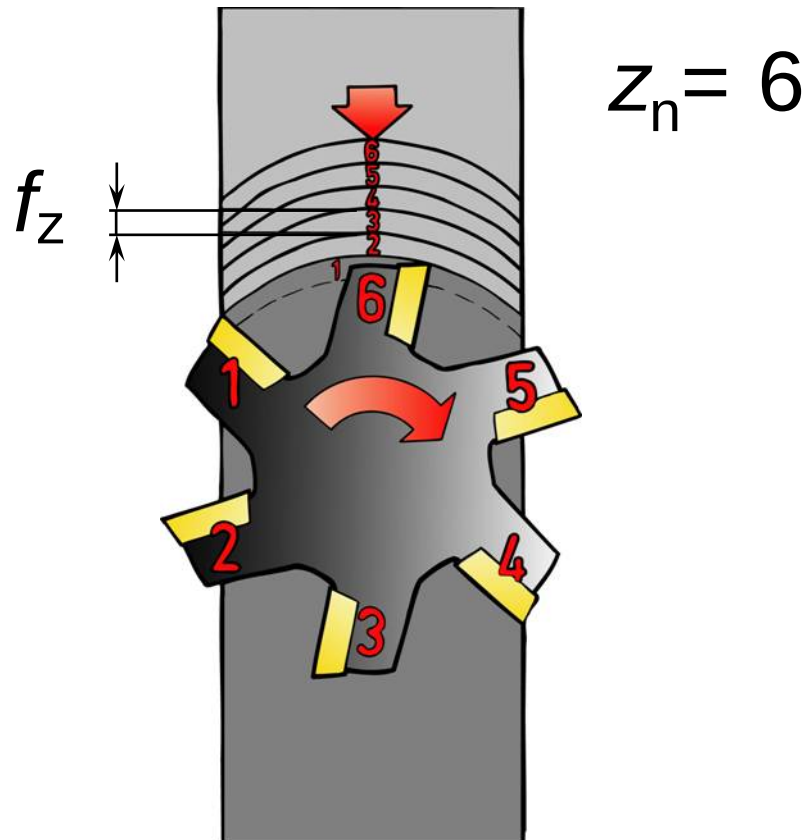
Definicje

f_z = Posuw na ząb
(mm/ząb)

v_f = Prędkość posuwowa
(mm /min)

z_n = Całkowita ilość zębów

f_n = Posuw na obrót = ($f_z \times z_c$)

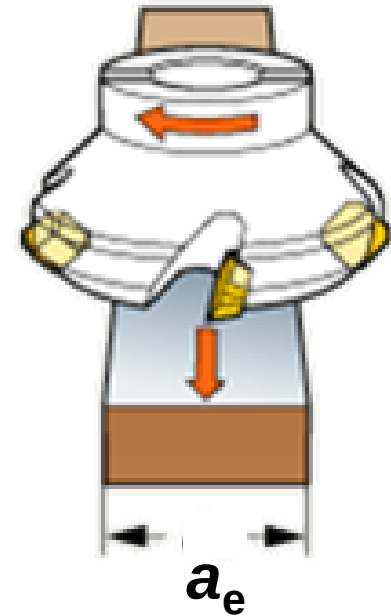
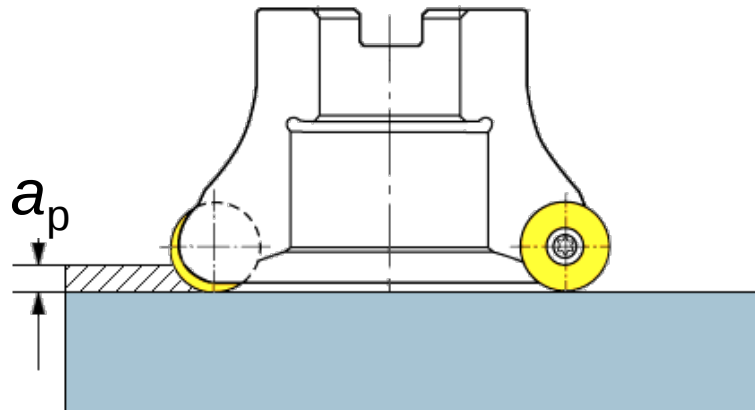


$$v_f = f_z \times z_n \times n$$

Definicja

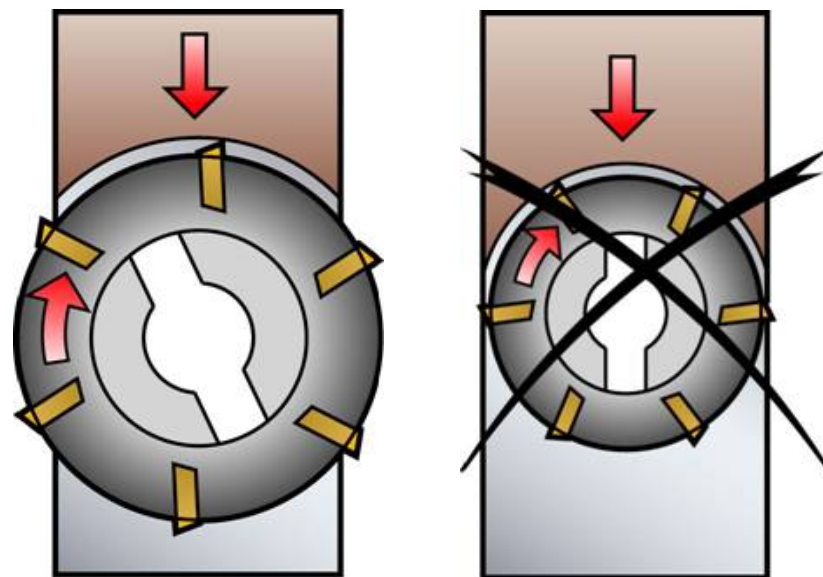
a_e = Szerokość powierzchni
frezowanej (mm)

a_p = Głębokość skrawania (mm)

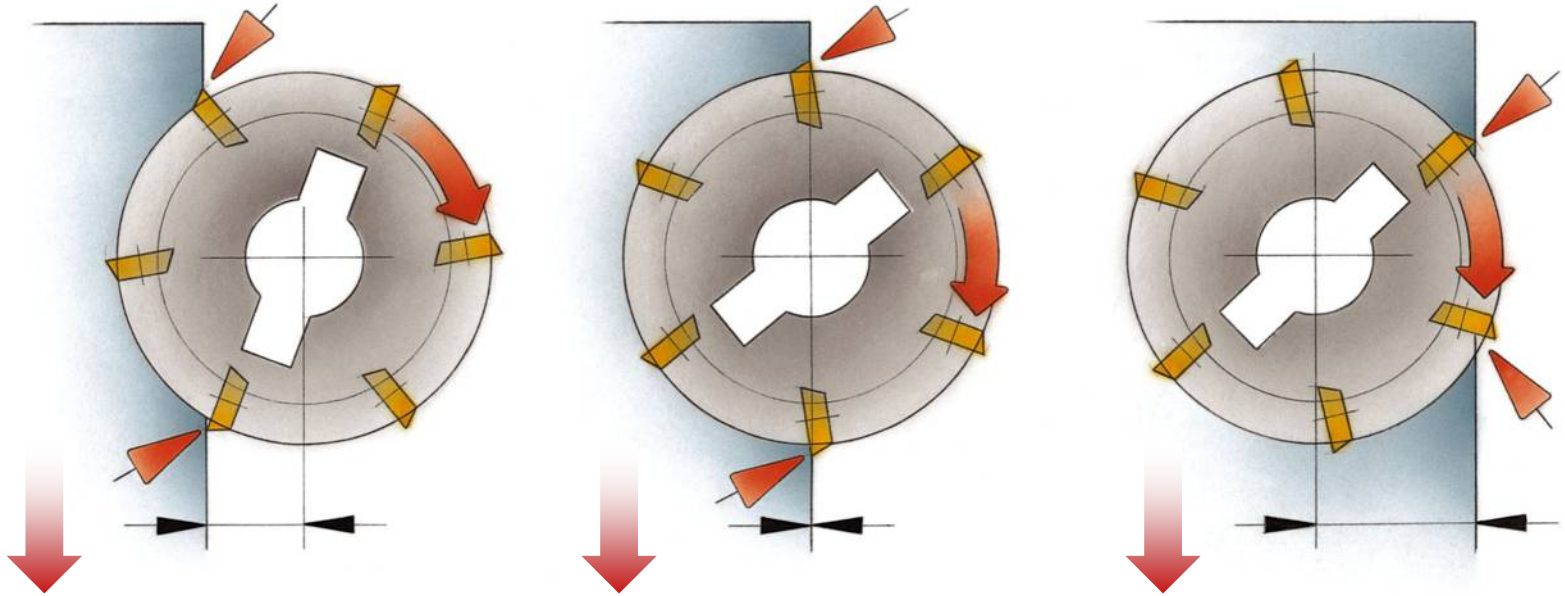


Średnica i położenie frezu

- Średnica frezu powinna być o 20%-50% większa niż szerokość frezowania
- Zasada 2/3 (np. frez Ø160 mm)
 - 2/3 frezu skrawa (100mm)
 - 1/3 frezu poza obszarem skrawania (50mm)

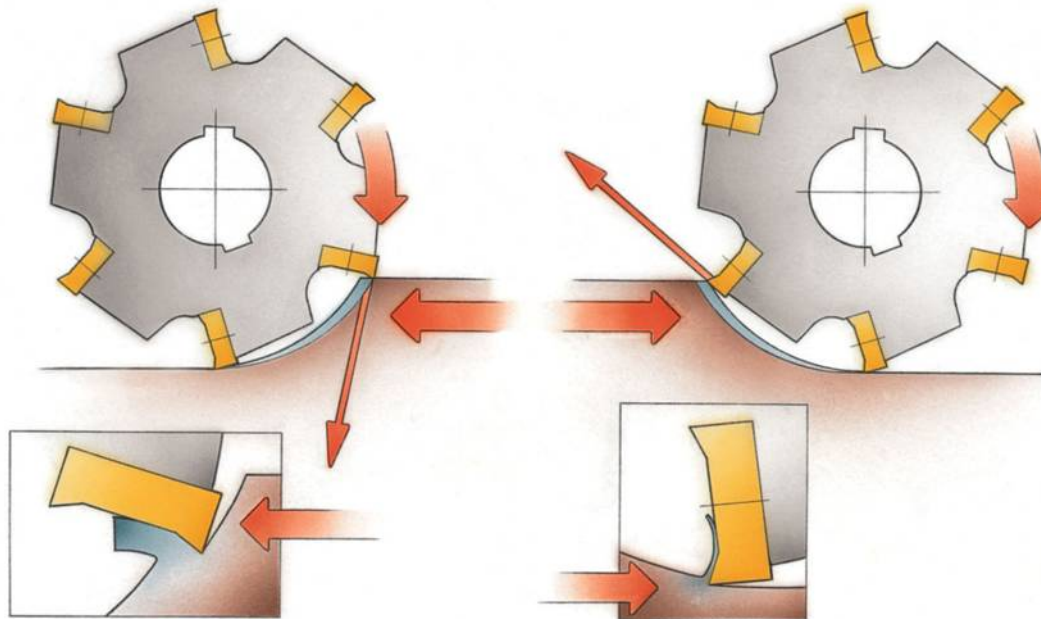


Wejście oraz wyjście z materiału



- Oś frezu jest w znacznej odległości od przedmiotu obrabianego
- Oś frezu pokrywa się z krawędzią przedmiotu obrabianego
- Oś frezu jest znacznie odsunięta od krawędzi przedmiotu obrabianego i leży w obszarze frezowania

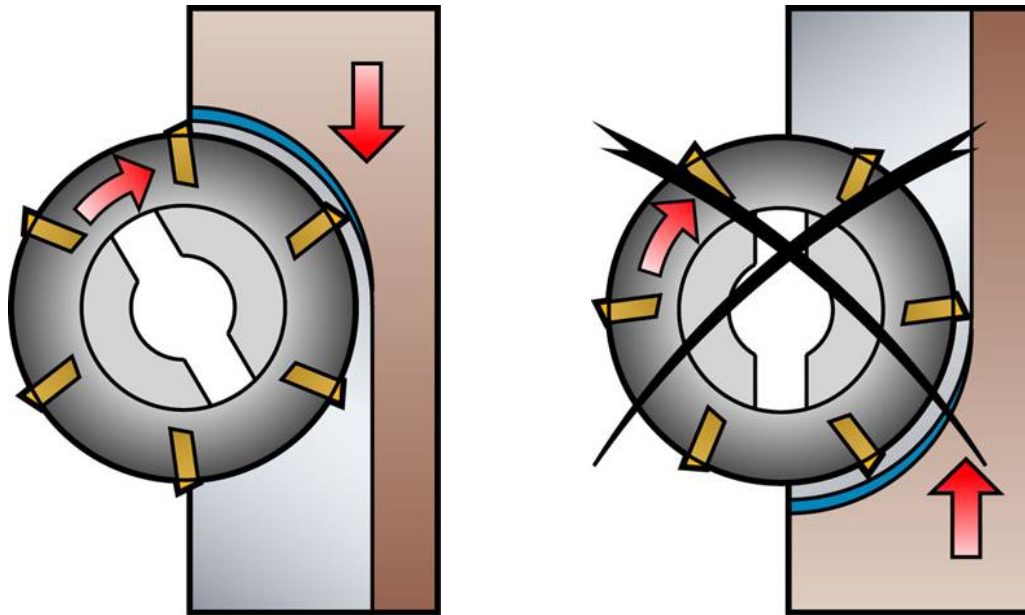
Frezowanie współbieżne i przeciwbieżne



- W przypadku frezowania współbieżnego, płytka rozpoczyna skrawanie wiórem o dużej grubości
- Podczas frezowania przeciwbieżnego (konwencjonalne obrabiarki), płytka rozpoczyna skrawanie od zerowej grubości wióra

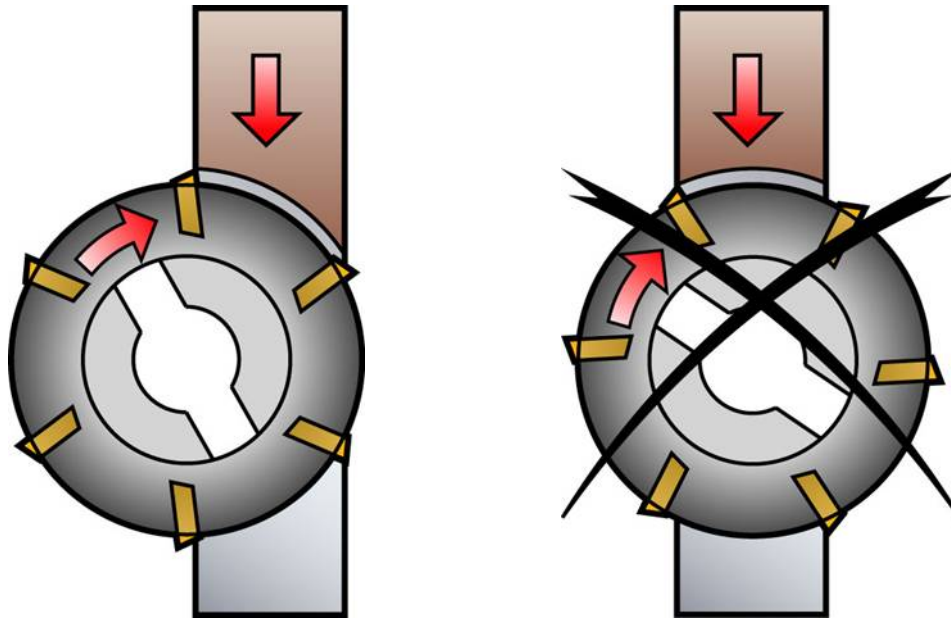
Kierunek frezowania

Frezowanie współbieżne jest preferowane zawsze, gdy na to pozwalają: obrabiarka, mocowanie i przedmiot obrabiany

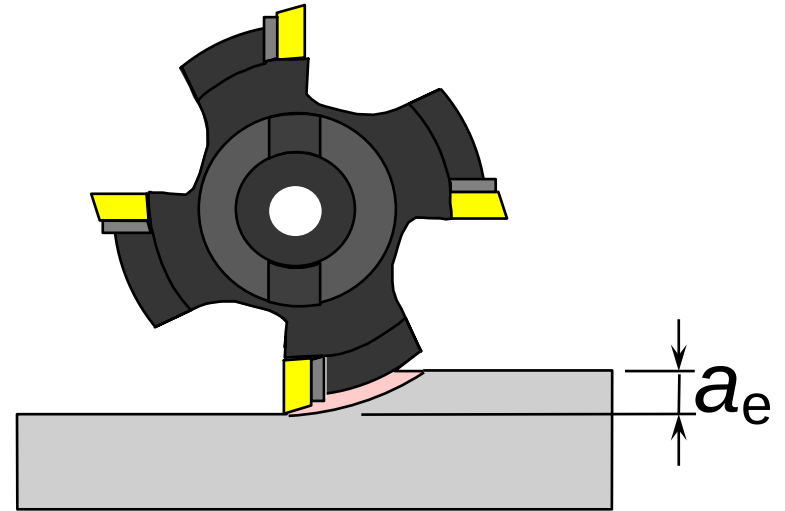
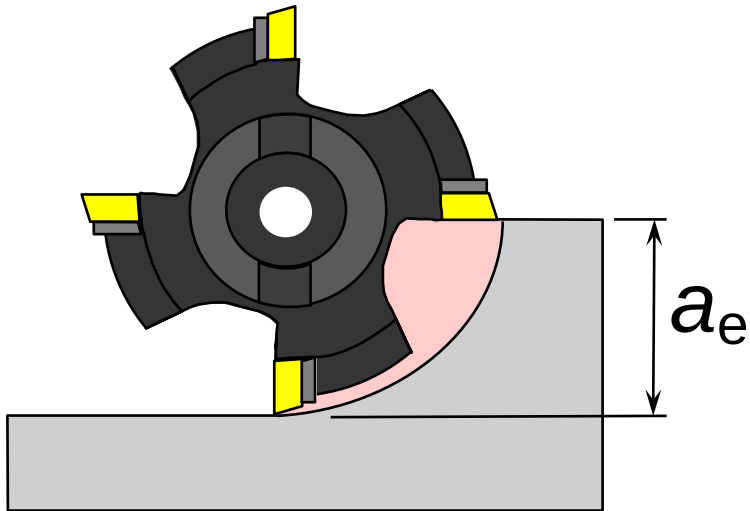


Położenie frezu

Oś frezu należy przesunąć nieznacznie od osi materiału, aby uniknąć drgań

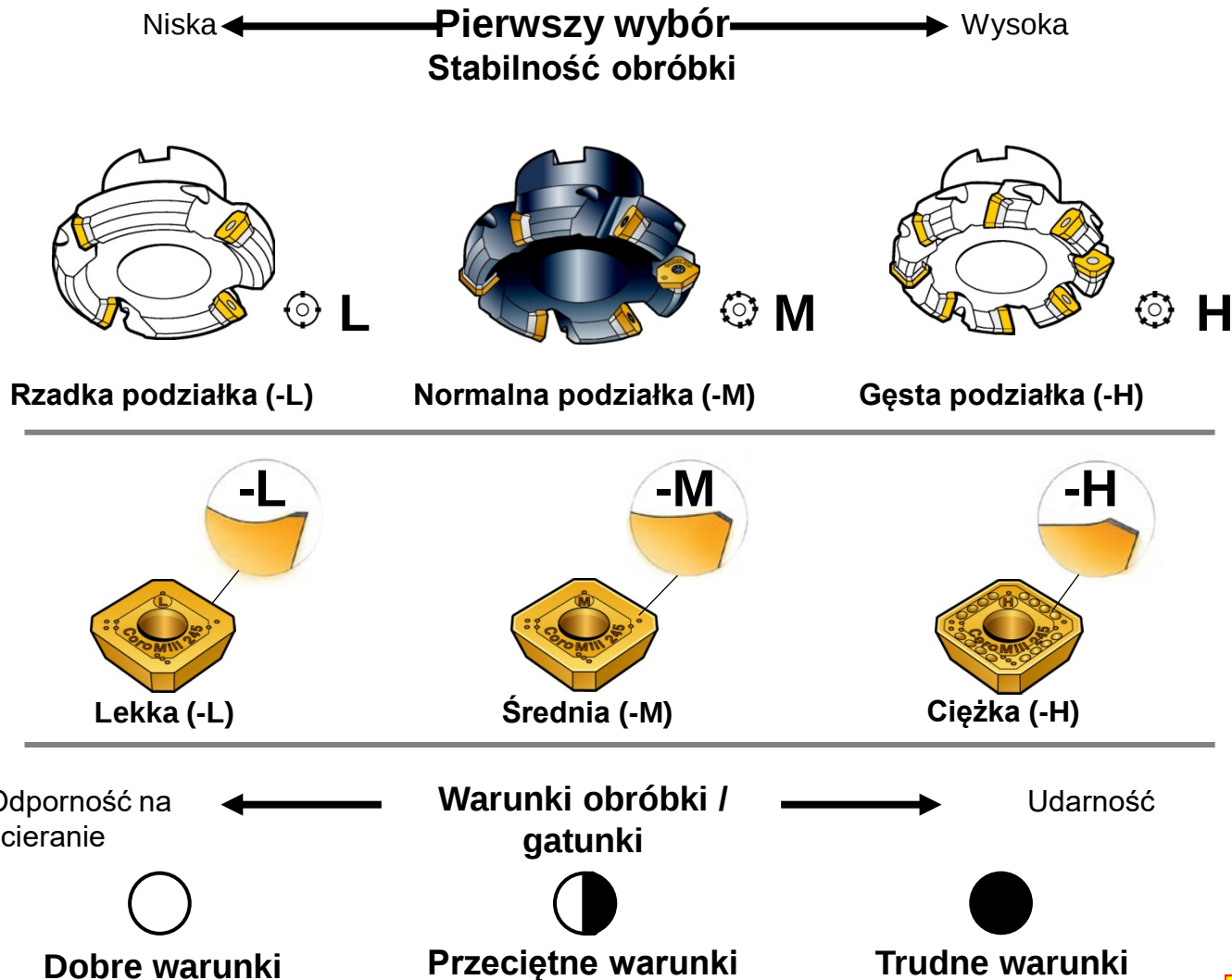


Podjmowanie decyzji

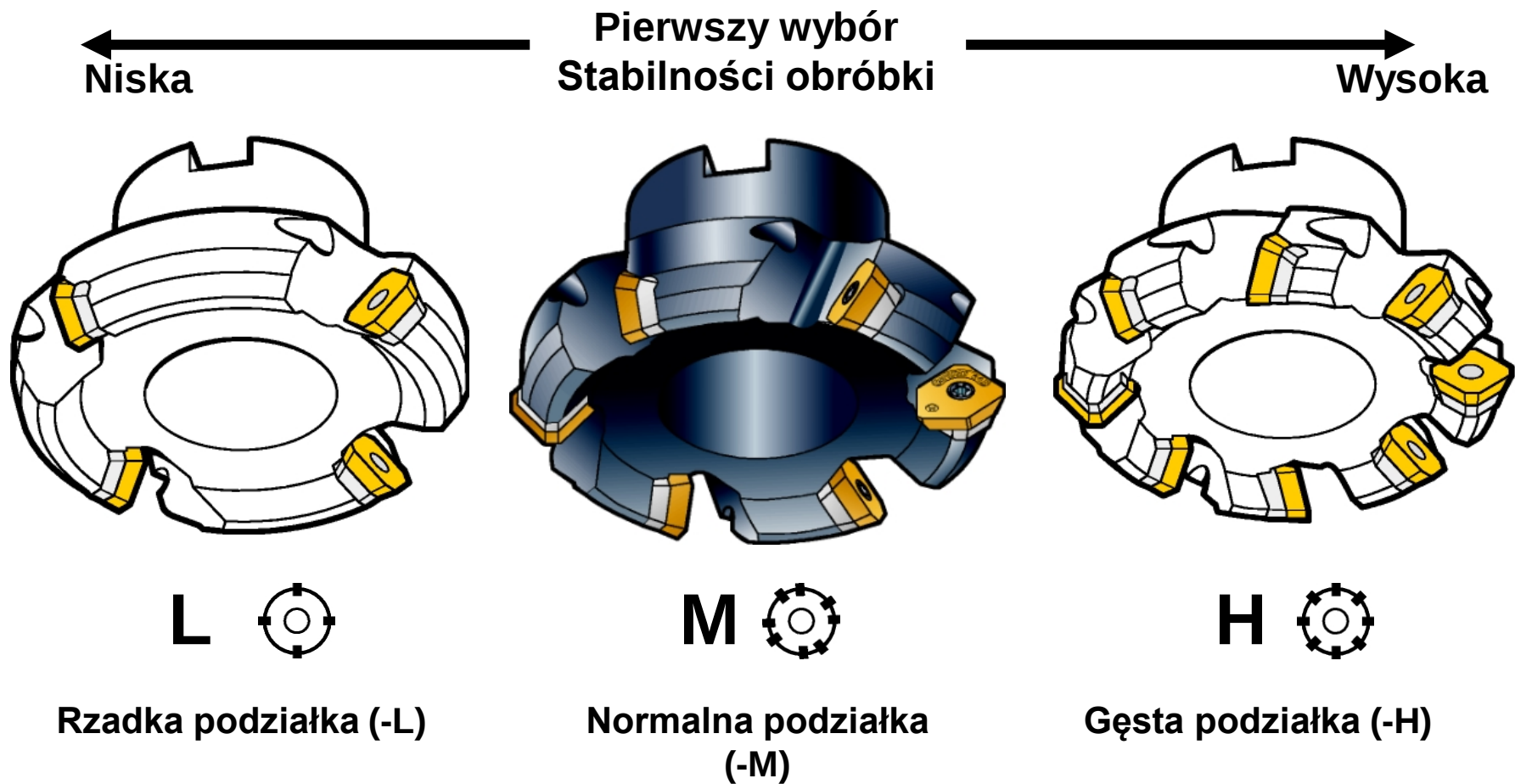


Co zrobić, jeśli a_e jest mniejsze niż $1/2$ średnicy frezu ?

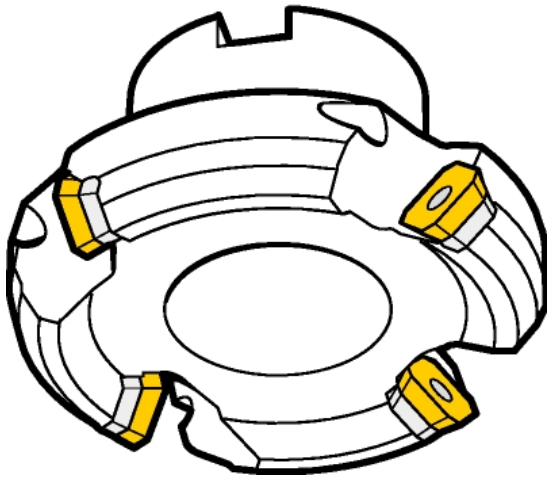
Wybór odpowiedniego frezu



Wybór podziałki



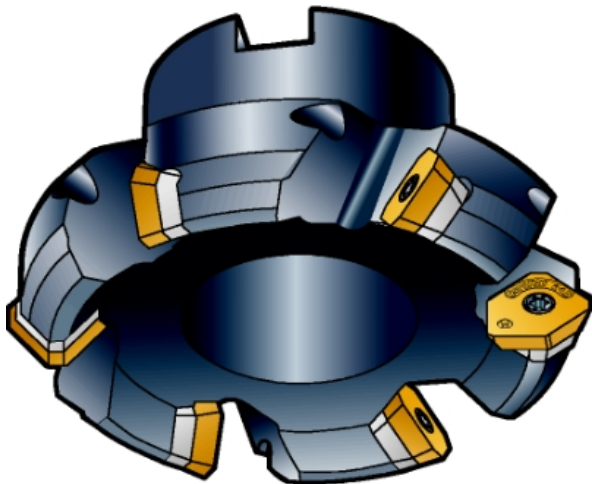
Podziałka rzadka (-L)



Podziałka rzadka (-L)

- Zredukowana ilość płytek
- Ograniczona stabilność
- Długie wysięgi
- Małe obrabiarki / ograniczona moc
- Głębokie frezowanie kanałków
- Nierównomierna podziałka

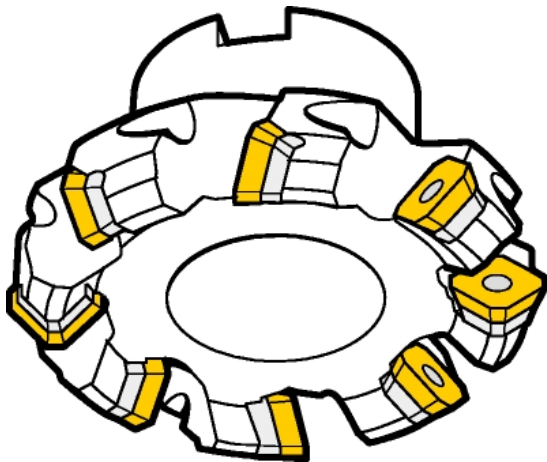
Podziałka normalna (-M)



**Podziałka normalna
(-M)**

- Ogólnego przeznaczenia
- Odpowiednia do produkcji mieszanej
- Od małych do średnich obrabiarek
- Zwykle pierwszy wybór

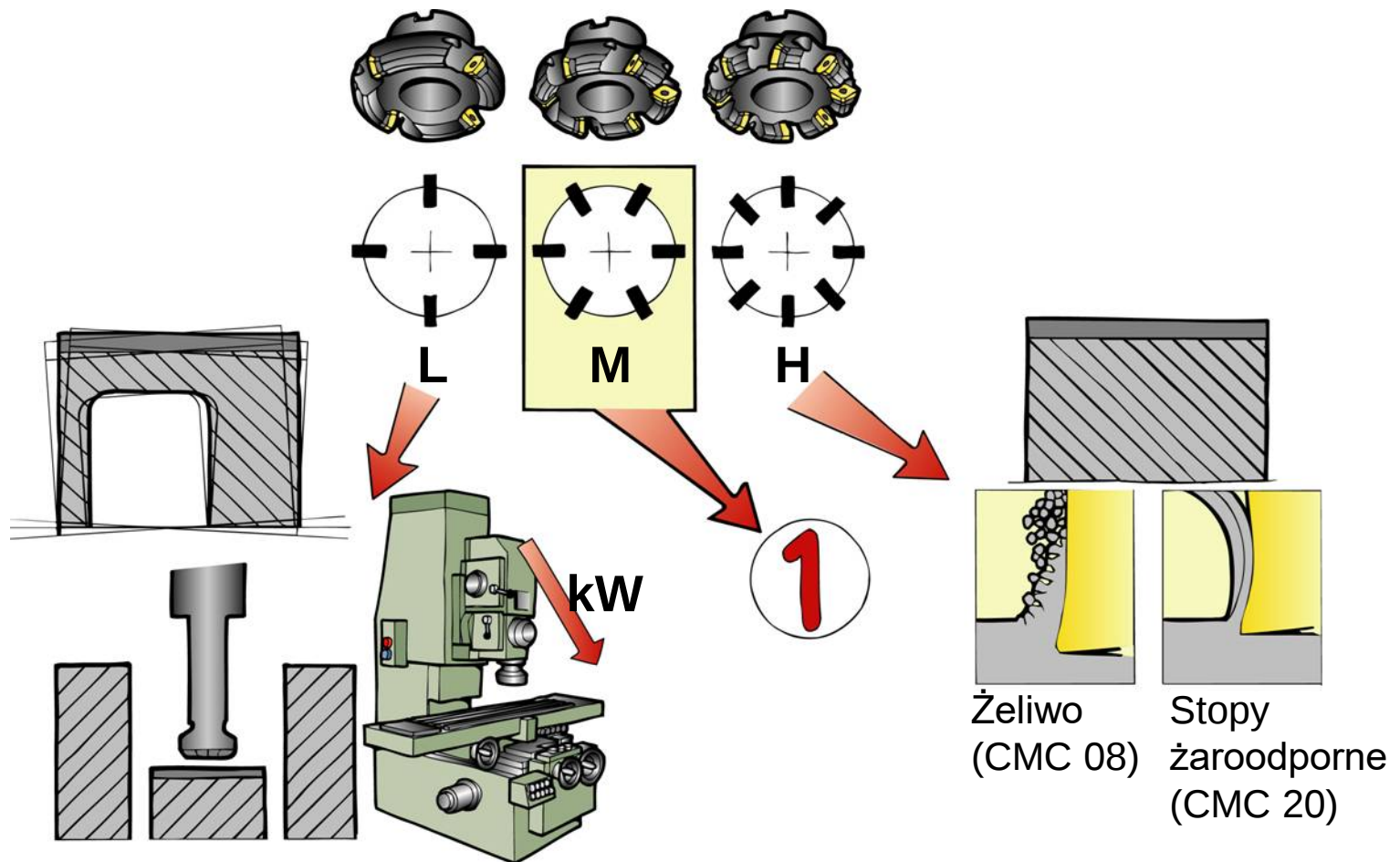
Podziałka gęsta (-H)



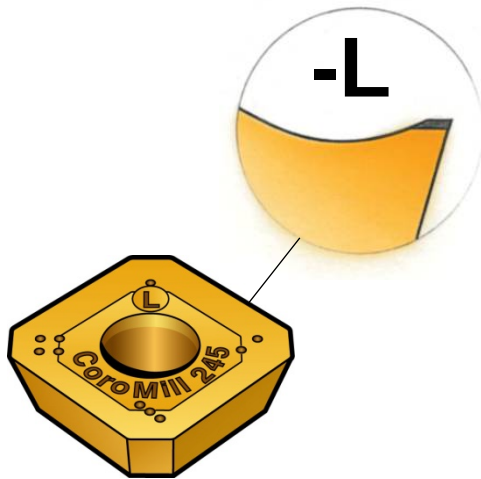
Podziałka gęsta (-H)

- Duża liczba płytek dla maksymalnej produktywności
- Stabilne warunki obróbki
- Materiały dające krótkie wióry
- Materiały żaroodporne

Wybór podziałki frezu

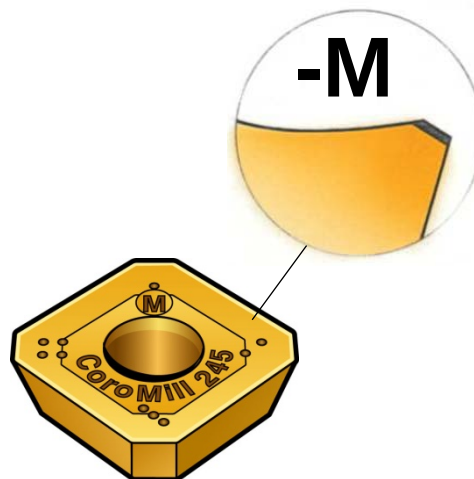


Wybór geometrii płytek



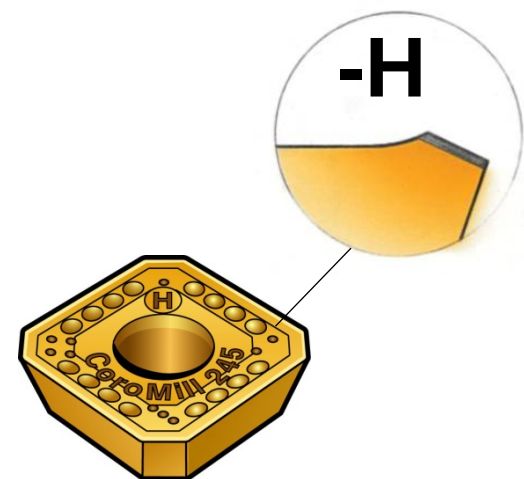
Lekka (-L)

- Płytką dodatnia
- Obróbka lekka
- Niskie siły skrawania
- Niskie wartości posuwu



Średnia (-M)

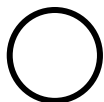
- Geometria ogólnego przeznaczenia
- Średnie wartości posuwu
- Od obróbki średniej do lekko zgrubnej



Ciężka (-H)

- Wzmocniona krawędź skrawająca
- Obróbka ciężka
- Najwyższe bezpieczeństwo krawędzi
- Wysokie wartości posuwu

Wybór gatunku płytki



Dobre warunki

- Głębokość skrawania 25% maks. a_p lub mniej
- Wysięg poniżej dwóch średnic frezu
- Obróbka ciągła
- Obróbka „na sucho” i z użyciem chłodziwa



Przeciętne warunki

- Głębokość skrawania 50% maks. a_p lub więcej
- Wysięg od dwóch do trzech średnic frezu
- Obróbka przerywana
- Obróbka „na sucho” i z użyciem chłodziwa

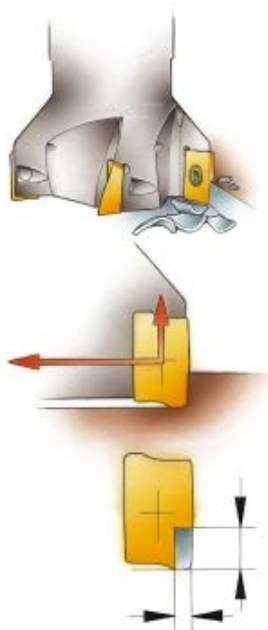


Trudne warunki

- Głębokość skrawania 50% maks. a_p lub więcej
- Wysięg powyżej trzech średnic frezu
- Obróbka przerywana
- Obróbka „na sucho” i z użyciem chłodziwa

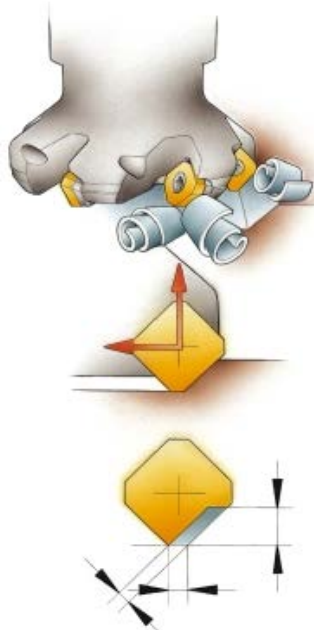
Siła skrawania a kąt przystawienia

Kąt przystawienia 90°



- Detale cienkościenne
- Słabe mocowanie przedmiotu obrabianego
- Tam, gdzie wymagany jest kąt 90°

Kąt przystawienia 45°



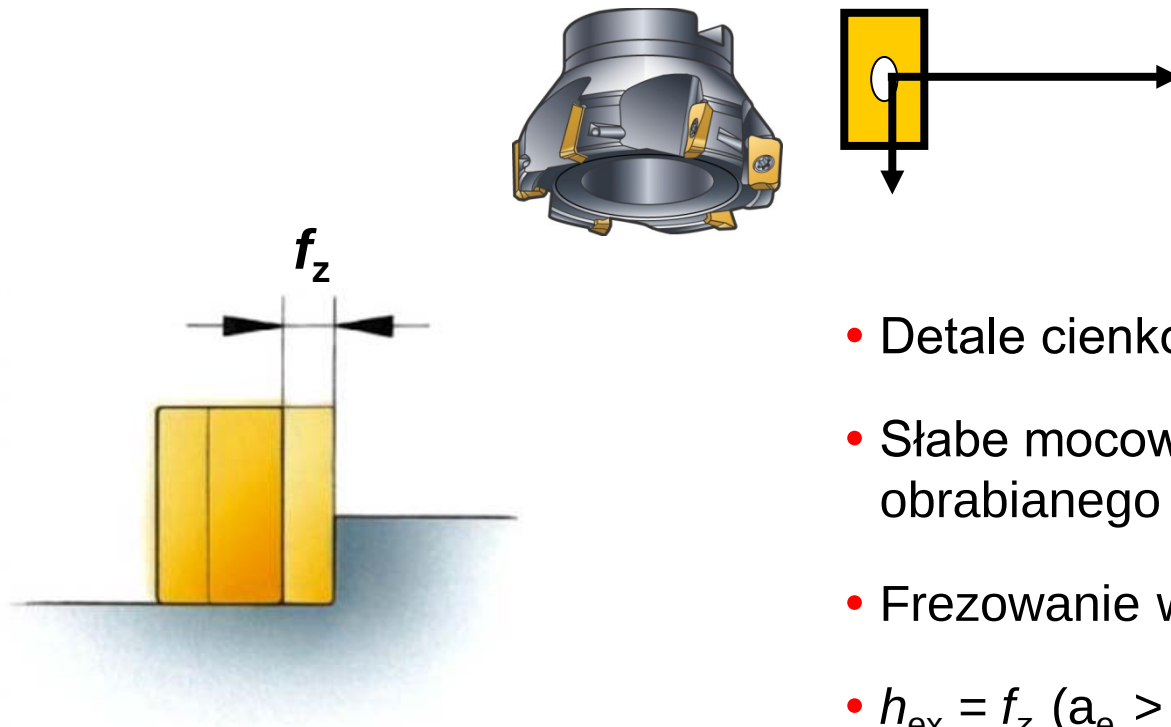
- Pierwszy wybór dla frezowania ogólnego
- Mniejsze drgania przy większych wysięgach
- Dzięki cieńszym wiórom poprawiona produktywność

Płytki okrągłe



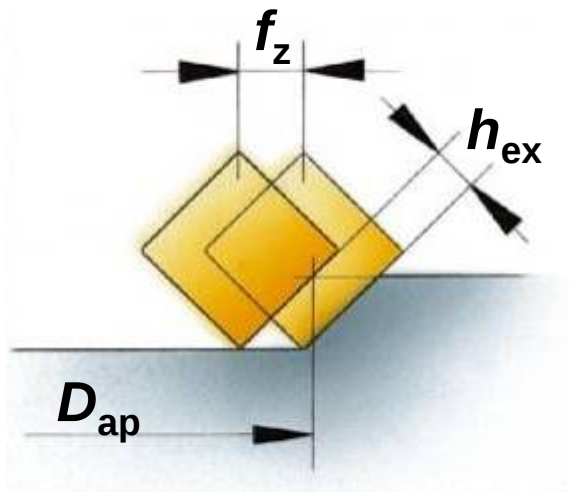
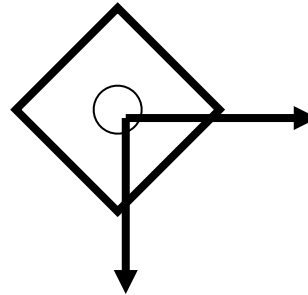
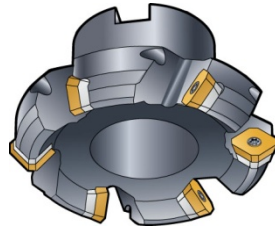
- Najmocniejsza krawędź skrawająca
- Frez ogólnego przeznaczenia
- Efekt cienkich wiórów ułatwia skrawanie stopów żaroodpornych

Kąt przystawienia = (90°)



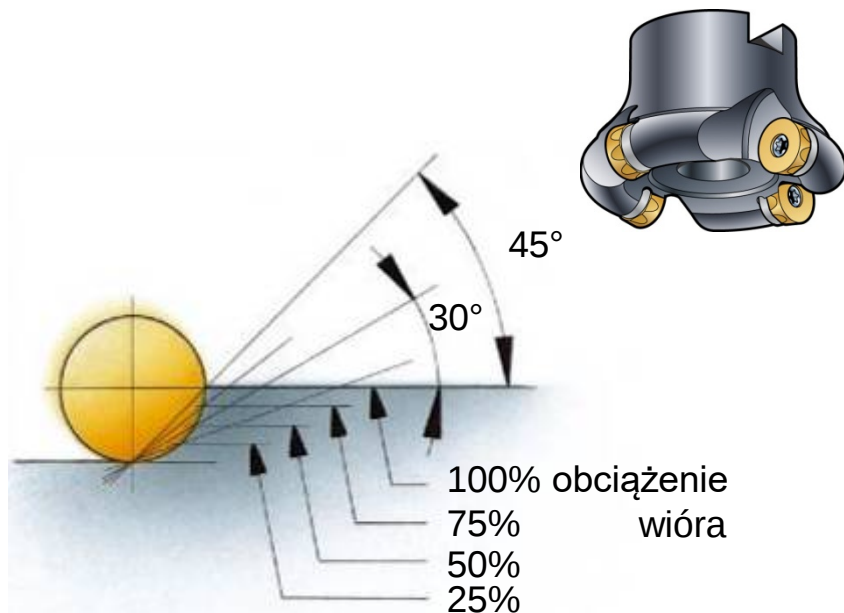
- Detale cienkościenne
- Słabe mocowanie przedmiotu obrabianego
- Frezowanie walcowo - czołowe
- $h_{ex} = f_z (a_e > 50\% \times D_c)$

Kąt przystawienia = (45°)



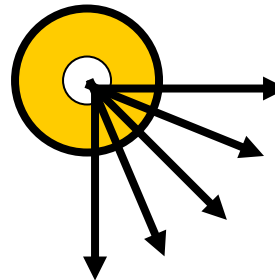
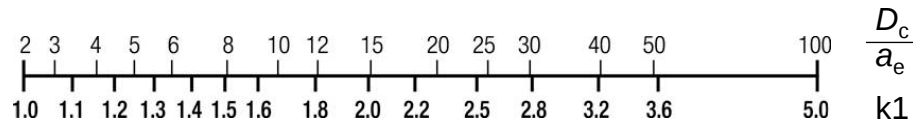
- Pierwszy wybór dla frezowania ogólnego
- Mniejsze drgania przy większych wysięgach
- Dzięki cieńszym wiórom poprawiona produktywność
- $f_z = 1.41 \times h_{ex}$ (Korekcja ze względu na kąt przystawienia)

Kąt przystawienia = (płytki okrągłe)



W przypadku płytek okrągłych obciążenie wióra oraz kąt przystawienia zależą od głębokości skrawania

$$f_z = \sqrt{\frac{ic}{a_p}}$$



- Najmocniejsza krawędź skrawająca
- Frez ogólnego przeznaczenia
- Efekt cienkich wiórów ułatwia skrawanie stopów żaroodpornych
- h_{ex} = zależy od a_p

Przybliżona korekcja kąta przystawienia dla frezów na płytki okrągłe

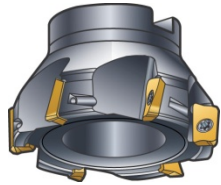
$$\text{Kąt przystawienia} = \sqrt{\frac{\text{wielkość płytki}}{a_p}}$$

współczynnik korekcyjny

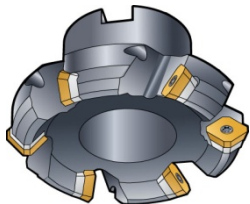
$$\text{Przykład} = \sqrt{\frac{12.0}{5.0}}$$

Współczynnik korekcyjny kąta przystawienia = 1.55
 $f_z = h_{ex} \times 1.55$

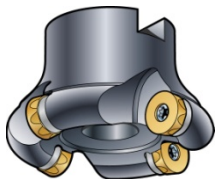
Korekcja kąta przystawienia



$$0 \text{ stopni} = (f_z \text{ lub } h_{ex}) \times 1.0$$



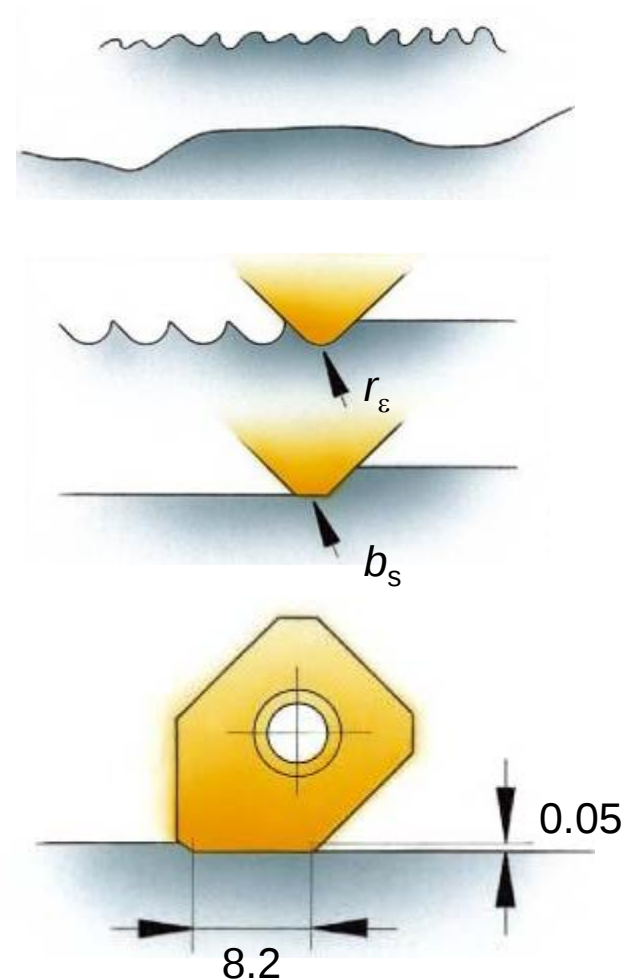
$$45 \text{ stopni} = (f_z \text{ or } h_{ex}) \times 1.41$$



$$\text{Okrągłe} = \text{Zależy od } a_p$$

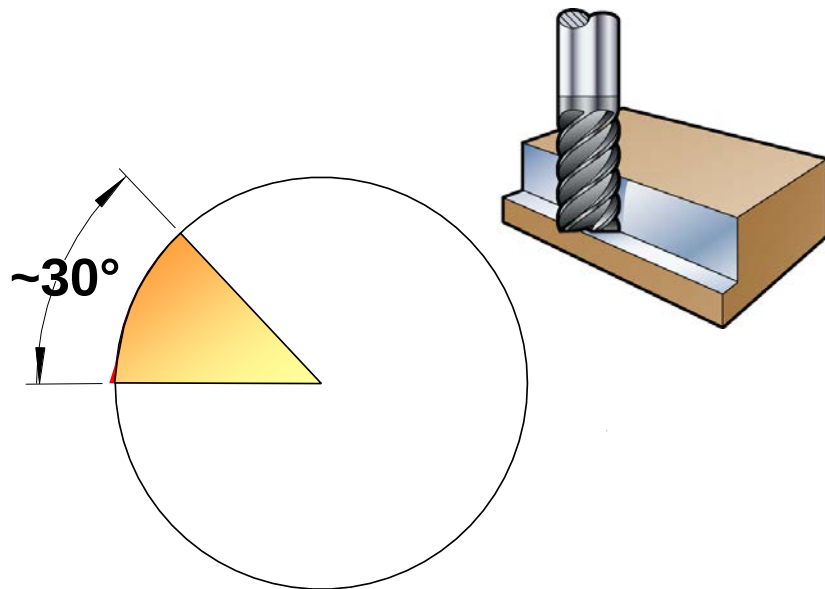
Jak osiągnąć dobre wykończenie powierzchni

- Płytki Wiper potrafią zarówno zwiększyć produktywność jak i poprawić jakość powierzchni
- Zmniejszając posuw do 60% równoległej powierzchni styku
- Poprawnie mocując płytki dogładzające Wiper
- Ustawiając płytki Wiper niżej od pozostałych płytek

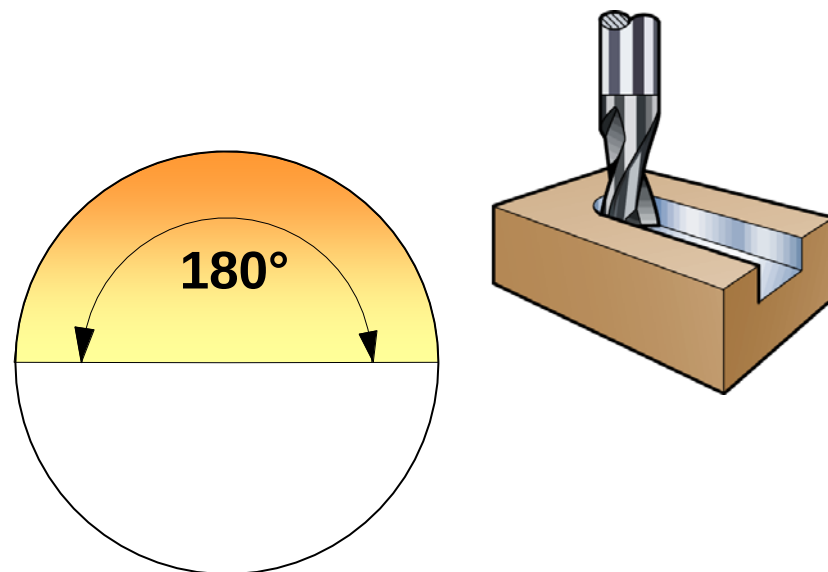


Parametry skrawania – szerokość powierzchni frezowanej a prędkość skrawania

Mała powierzchnia styku – długi czas chłodzenia

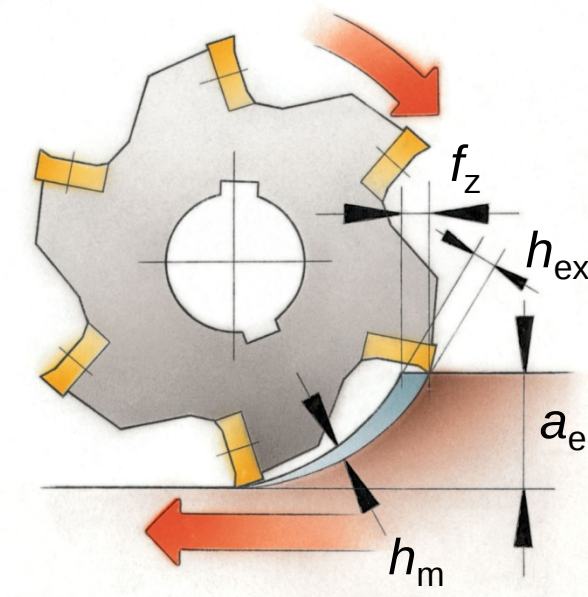


Duża powierzchnia styku – krótki czas chłodzenia



Obliczanie parametrów skrawania

Posuw na ząb (f_z) i maks. grubość wióra (h_{ex})



f_z = Posuw na ząb – parametr obrabiarki
(mm/ząb)

h_{ex} = maks. grubość wióra – parametr płytki
(mm/ząb)

Parametry skrawania

Szukane

Dane

n (obr/min) ← v_c (m/min)

Obliczanie parametrów skrawania

Przykład frezowania czołowego

Dane

$$v_c = 225 \text{ m/min}$$

$$f_z = 0.21 \text{ mm}$$

$$z_n = 5$$

$$D_c = 125 \text{ mm}$$

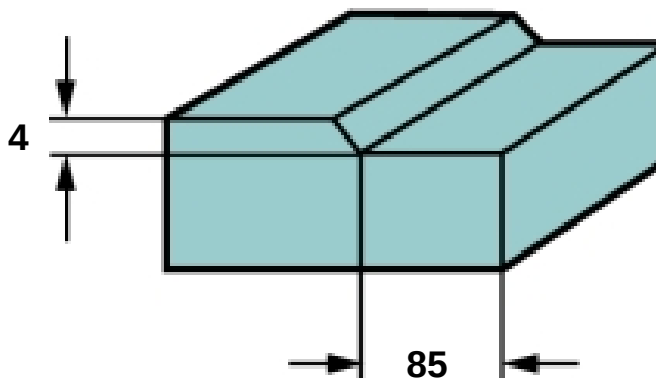
$$a_p = 4 \text{ mm}$$

$$a_e = 85 \text{ mm}$$

Szukane

$$n \text{ (obr/min)}$$

$$v_f \text{ (mm/min)}$$





Obliczanie parametrów skrawania

Prędkość obrotowa z prędkości skrawania

Dane **$v_c = 225 \text{ m/min}$**

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

$$n = \frac{225 \times 1000}{3.14 \times 125}$$

$$= 575 \text{ obr/min}$$

Obliczanie parametrów skrawania

Dane

$$v_c = 225 \text{ m/min}$$

$$f_z = 0.21 \text{ mm}$$

$$z_n = 5$$

$$D_c = 125 \text{ mm}$$

$$a_p = 4 \text{ mm}$$

$$a_e = 85 \text{ mm}$$

Szukane

$$575 \text{ obr/min}$$

$$v_f \text{ (mm/min)}$$

Obliczanie parametrów skrawania

Szukane

Dane

n (Prędkość obrotowa)



V_c (Prędkość skrawania)

V_f (Prędkość posuwowa)



f_z (Posuw na ząb)

Obliczanie parametrów skrawania

Prędkość posuwowa

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

$$v_f = 575 \times 0.21 \times 5 = 600 \text{ mm/min}$$



Obliczanie parametrów skrawania

Dane

$$v_c = 225 \text{ m/min}$$

$$f_z = 0.21 \text{ mm}$$

$$z_c = 5$$

$$D_c = 125 \text{ mm}$$

$$a_p = 4 \text{ mm}$$

$$a_e = 85 \text{ mm}$$

Wyniki

$$574 \text{ rpm}$$

$$600 \text{ mm/min}$$



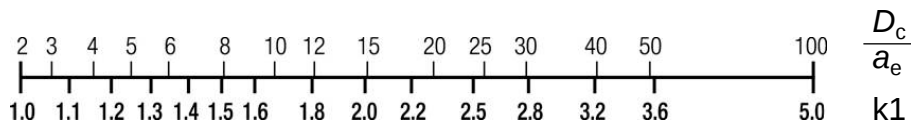
Obliczenie posuwu stołu, v_f

- Wzór

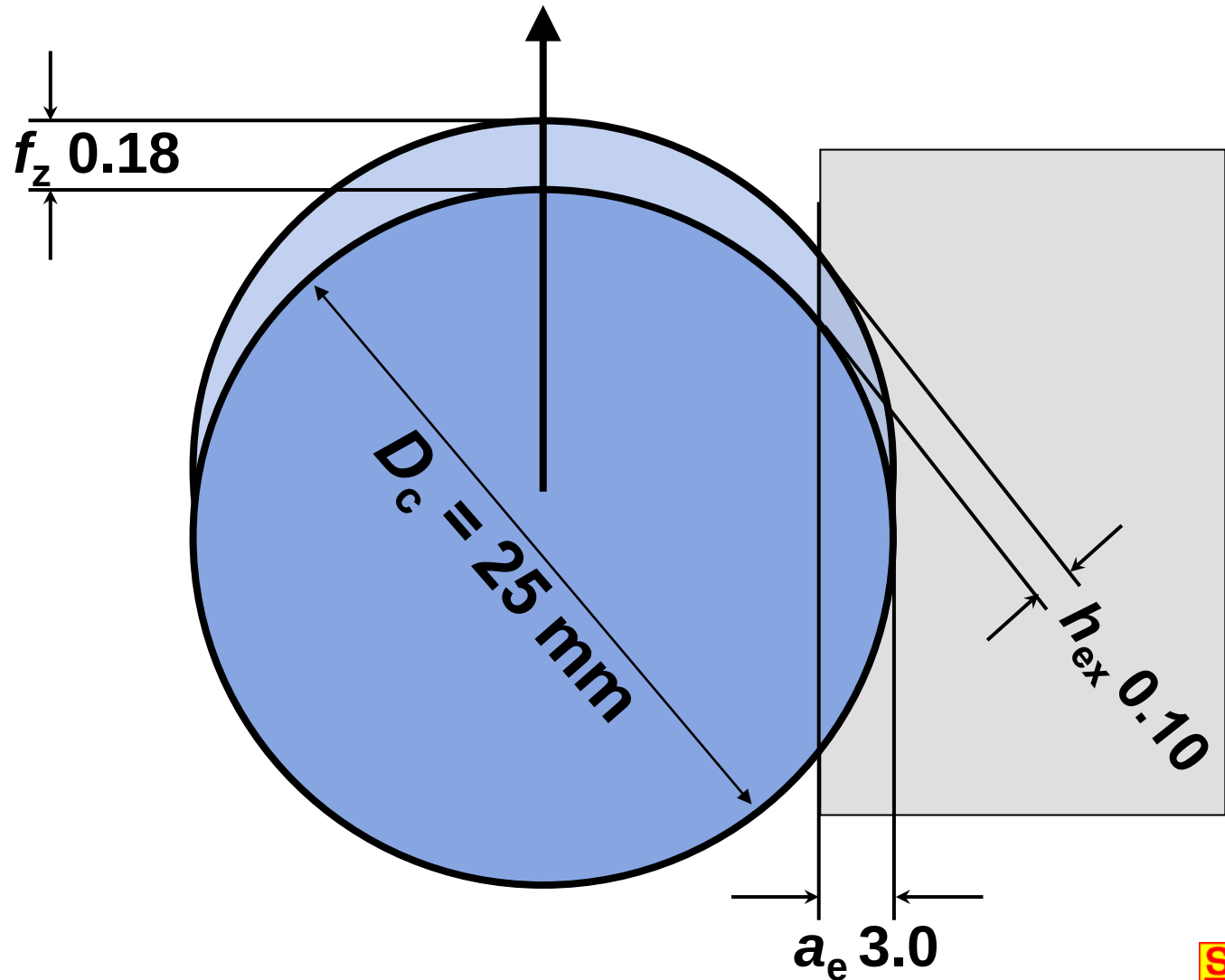
$$v_f = k_1 \times z_n \times n \times f_z$$

- Współczynnik k_1 znajduje się w poniższej tabeli

k_1 = współczynnik kompensacji z stosunku D_c / a_e



Wyznaczanie maksymalnej grubości wióra





Decyzja

$$a_e > 50\% \times D_c$$

$$f_z = h_{ex} \text{ grubości wióra}$$

$$a_e < 50\% \times D_c$$

$$f_z > h_{ex} \text{ grubości wióra}$$



Obliczanie wydatku

$$Q = \frac{a_p \times a_e \times v_f}{1000} \quad \text{cm}^3/\text{min}$$



Obliczenie poboru mocy netto

45° frezowanie czołowe stali, CMC 01.3

Dane

$$D_c = 125 \text{ mm}$$

$$a_p = 5 \text{ mm}$$

$$a_e = 100 \text{ mm}$$

$$v_f = 1000 \text{ mm}$$

$$f_z = 0.2 \text{ mm/ostrze}$$

Jaka moc jest wymagana?

Obliczanie mocy kW

Przykład, CMC 02.1

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

5.4

Constant K for use in power requirement calculation¹⁾

ISO	CMC No.	Description	a _p /D _c =0.8			a _p /D _c =0.4			a _p /D _c =0.2		
			f _t =0.1	f _t =0.2	f _t =0.4	f _t =0.1	f _t =0.2	f _t =0.4	f _t =0.1	f _t =0.2	f _t =0.4
P	01.1	Steel Unalloyed C = 0.10–0.25% C = 0.25–0.55% C = 0.55–0.80%	5.7	4.8	4.0	6.2	5.2	4.4	6.8	5.7	4.8
	01.2		6.1	5.1	4.3	6.6	5.5	4.7	7.2	6.1	5.1
	01.3		6.5	5.4	4.6	7.1	5.9	5.0	7.7	6.5	5.4
	01.4		6.9	5.8	4.8	7.5	6.3	5.3	8.2	6.9	5.8
	01.5		7.6	6.4	5.4	8.3	7.0	5.9	9.1	7.6	6.4
	02.1	Low-alloyed (alloying elements ≤5%)	6.5	5.4	4.6	7.1	5.9	5.0	7.7	6.5	5.4
	02.2		7.6	6.4	5.4	8.3	7.0	5.9	9.1	7.6	6.4
	03.11	High-alloyed (alloying elements ≤5%)	7.4	6.2	5.3	8.1	6.8	5.7	8.8	7.4	6.2
	03.13		8.2	6.9	5.8	8.9	7.5	6.3	9.7	8.2	6.9
	03.21		11.0	9.3	7.8	12.0	10.1	8.5	13.1	11.0	9.3
	03.22		11.8	9.9	8.4	12.9	10.8	9.1	14.0	11.8	9.9
	06.1	Castings	5.3	4.5	3.8	5.8	4.9	4.1	6.3	5.3	4.5
	06.2		6.1	5.1	4.3	6.6	5.6	4.7	7.2	6.1	5.1
	06.3		7.4	6.2	5.3	8.1	6.8	5.7	8.8	7.4	6.2



Obliczanie mocy

Przykład, CMC 01.3

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

$$P_c = \frac{5 \times 100 \times 1000 \times 5.4}{100\ 000}$$

$$= 27.0 \text{ kW}$$