



**SANDVIK**  
Coromant

---

# Podręcznik szkoleniowy

OBRÓBKA METALI SKRAWANIEM



## Podręcznik do szkolenia w zakresie technik obróbki metali skrawaniem

Niniejszy podręcznik będzie podstawowym źródłem informacji podczas szkolenia w zakresie technik obróbki metali skrawaniem i może służyć jako pomoc do wykorzystania w przyszłości.

## Zapraszamy do udziału w naszych szkoleniach

Dzięki naszym programom szkoleniowym, możecie Państwo pogłębiać i poszerzać swoją wiedzę. W naszych centrach na całym świecie prowadzimy szkolenia na poziomie podstawowym i zaawansowanym, które dzięki wykorzystaniu najnowocześniejszych urządzeń i obrabiarek pozwolą Państwu wykorzystać znajomość teorii w praktyce.

Zapraszamy na stronę [sandvik.coromant.com](http://sandvik.coromant.com), gdzie można znaleźć harmonogram naszych szkoleń i zarejestrować się.



© AB Sandvik Coromant 2017.11  
[www.sandvik.coromant.com](http://www.sandvik.coromant.com)  
Wszelkie prawa zastrzeżone.

Żadna część niniejszej publikacji nie może być powielana, przechowywana w systemie wyszukiwania informacji ani przesyłana, w jakiegokolwiek formie ani w jakikolwiek sposób, drogą elektroniczną lub mechaniczną, w postaci kserokopii, nagrania lub innej, bez uprzedniego zezwolenia Sandvik Coromant.

**Toczenie**

|                          |      |
|--------------------------|------|
| Zagadnienia teoretyczne  | A 4  |
| Procedura wyboru         | A 12 |
| Przegląd systemu         | A 16 |
| Wybór płytek             | A 22 |
| Wybór oprawek            |      |
| - Zewnętrzne             | A 49 |
| - Wewnętrzne             | A 54 |
| Oznaczenia               | A 64 |
| Przewyciężanie trudności | A 68 |

**Przecinanie i toczenie rowków**

|  |      |
|--|------|
| Zagadnienia teoretyczne                  | B 4  |
| Procedura wyboru                         | B 7  |
| Przegląd systemu                         | B 11 |
| Zasady stosowania                        | B 16 |
| - Odcinanie                              | B 22 |
| - Obróbka rowków – ogólne                | B 26 |
| - Obróbka rowków pod pierścienie osadcze | B 28 |
| - Obróbka rowków czołowych               | B 29 |
| - Profilowanie                           | B 32 |
| - Toczenie                               | B 34 |
| - Podcinanie                             | B 36 |
| Przewyciężanie trudności                 | B 37 |

**Obróbka gwintów**

|                          |      |
|--------------------------|------|
| Zagadnienia teoretyczne  | C 4  |
| Procedura wyboru         | C 9  |
| Przegląd systemu         | C 13 |
| Zasady stosowania        | C 19 |
| Przewyciężanie trudności | C 24 |
| Gwintowanie              | C 28 |

**Frezowanie**

|                                   |      |
|-----------------------------------|------|
| Zagadnienia teoretyczne           | D 4  |
| Procedura wyboru                  | D 9  |
| Przegląd systemu                  | D 13 |
| Wybór płytek – zasady stosowania  | D 24 |
| Wybór oprawek – zasady stosowania | D 29 |
| Przewyciężanie trudności          | D 36 |

**Wiercenie**

|                            |      |
|----------------------------|------|
| Zagadnienia teoretyczne    | E 4  |
| Procedura wyboru           | E 15 |
| Przegląd systemu           | E 20 |
| Zasady stosowania          | E 26 |
| Jakość i dokładność otworu | E 38 |
| Przewyciężanie trudności   | E 43 |

**Wytaczanie**

|                          |      |
|--------------------------|------|
| Zagadnienia teoretyczne  | F 4  |
| Procedura wyboru         | F 8  |
| Przegląd systemu         | F 13 |
| Wybór narzędzi           | F 16 |
| Zasady stosowania        | F 22 |
| Przewyciężanie trudności | F 27 |

**Systemy mocowania**

|   |      |
|---|------|
| Historia i podstawy                     | G 4  |
| Zalety modułowego systemu narzędziowego | G 8  |
| Centra tokarskie                        | G 16 |
| Centra obróbkowe                        | G 25 |
| Obrabiarki wielozadaniowe               | G 30 |
| Uchwyty                                 | G 35 |

**Skrawalność**

|                                 |      |
|---------------------------------|------|
| Materiały obrabiane             | H 4  |
| Produkcja węgliką spiekanego    | H 18 |
| Krawędź skrawająca              | H 29 |
| Materiały narzędziowe           | H 40 |
| Zużycie narzędzia i konserwacja | H 52 |

**Pozostałe informacje**

|                            |      |
|----------------------------|------|
| Ekonomika obróbki          | H 63 |
| ISO 13399 – Norma branżowa | H 78 |
| Wzory i definicje          | H 81 |
| E-learning                 | H 92 |



# Toczenie

Toczenie pozwala wytwarzać przedmioty o kształcie cylindrycznym i zaokrąglonym za pomocą narzędzia z pojedynczym ostrzem. W większości przypadków przedmiot obrabiany obraca się, podczas gdy narzędzie nie jest obrotowe.

|                                     |      |
|-------------------------------------|------|
| • Zagadnienia teoretyczne           | A 4  |
| • Procedura wyboru                  | A 12 |
| • Przegląd systemu                  | A 16 |
| • Wybór płytek – zasady stosowania  | A 22 |
| • Wybór oprawek – zasady stosowania |      |
| - zewnętrzne                        | A 49 |
| - wewnętrzne                        | A 54 |
| • Sposób oznaczania                 | A 64 |
| • Przewyciężanie trudności          | A 68 |

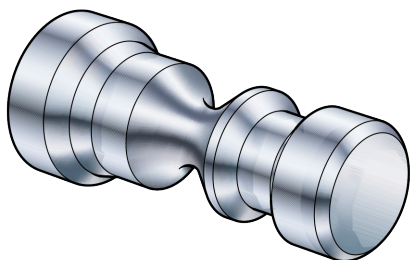
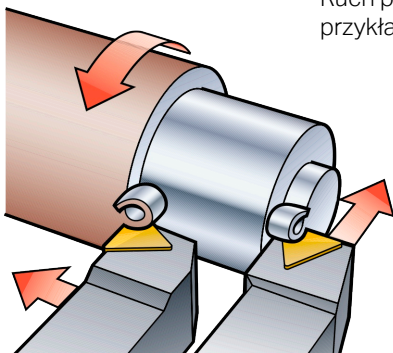
## Toczenie ogólne

Toczenie jest połączeniem dwóch ruchów – obrotowego (głównego) przedmiotu obrabianego i ruchu posuwowego narzędzia.

Ruch posuwowy narzędzia może odbywać się wzdłuż osi przedmiotu obrabianego, co oznacza, że wskutek toczenia jego średnica zostanie zmieniona. Alternatywnie ruch narzędzia może odbywać się w stronę osi obrotu np. po powierzchni czołowej (tzw. planowanie).

Często posuw w obu kierunkach odbywa się jednocześnie, nadając powierzchniom wypadkowy kształt stożkowy lub zakrzywiony.

Ruch posuwowy w kierunku osiowym i promieniowym na przykładzie toczenia wzdłużnego i powierzchni czołowej.

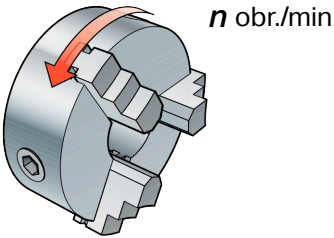


Trzy często wykonywane operacje toczenia:

- Toczenie wzdłużne
- Toczenie powierzchni czołowych (planowanie)
- Profilowanie

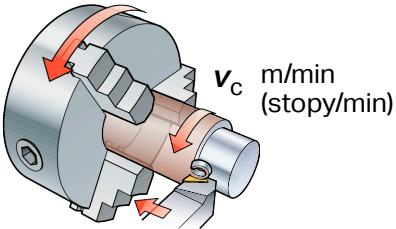
## Definicje pojęć

### Prędkość obrotowa wrzeciona

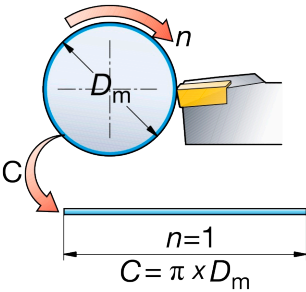


Prędkość obrotowa wrzeciona wyrażana liczbą obrotów na minutę to prędkość kątowna w funkcji obrotów dla uchwytu mocującego obrabiany przedmiot.

### Prędkość skrawania



Prędkość skrawania liczona w m/min (stopy/min) to prędkość liniowa powierzchni przedmiotu obrabianego będącego w ruchu obrotowym względem ostrza narzędzia skrawającego.



### Obliczanie prędkości skrawania

W celu obliczenia wartości prędkości skrawania ( $v_c$ ) pomnożyć należy wymiar średnicy, liczbę pi ( $\pi$ ) i prędkości obrotową wrzeciona ( $n$ ). Droga jaką krawędź skrawająca przebywa po powierzchni przedmiotu podczas jego pełnego obrotu równa jest obwodowi okręgu (C).

$v_c$  – prędkość skrawania, m/min (stopy/min)  
 $D_m$  – średnica przedmiotu obrabianego, mm (cale)

$n$  – prędkość obrotowa wrzeciona, obr./min

$C = \pi \times D_m$  – obwód, mm (cale)

$\pi$  (pi) = 3,14

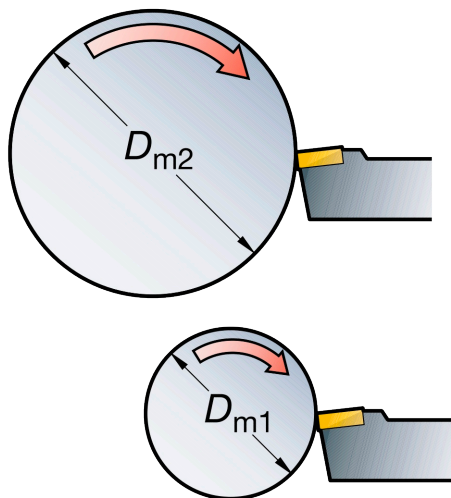
Jednostki metryczne

$$v_c = \frac{\pi \times D_m \times n}{1000} \text{ m/min}$$

Jednostki anglosaskie

$$v_c = \frac{\pi \times D_m \times n}{12} \text{ stopy/min}$$

## Obliczanie długości obwodu okręgu (C)



- Obwód =  $\pi$  x średnica
- $\pi$  (pi) = 3,14

Przykład:

$$D_{m2} = 100 \text{ mm (3,937 cala)}$$

$$C = 3,14 \times 100 \\ = 314 \text{ mm}$$

$$C = 3,14 \times 3,937 \\ = 12,362 \text{ cala}$$

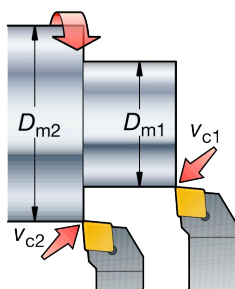
$$D_{m1} = 50 \text{ mm (1,969 cala)}$$

$$C = 3,14 \times 50 \\ = 157 \text{ mm}$$

$$C = 3,14 \times 1,969 \\ = 6,183 \text{ cala}$$

## Przykład obliczenia prędkości skrawania

Prędkość skrawania jest różna w zależności od średnicy toczenia.



Dane:

Prędkość obrotowa wrzeciona,  $n = 2000$  obr./min

Średnica  $D_{m1} = 50$  mm (1,969 cala)

Średnica  $D_{m2} = 80$  mm (3,150 cala)

Jednostki metryczne

$$v_c = \frac{\pi \times D_m \times n}{1000} \text{ m/min}$$

$$v_{c1} = \frac{3,14 \times 50 \times 2000}{1000} = 314 \text{ m/min}$$

$$v_{c2} = \frac{3,14 \times 80 \times 2000}{1000} = 502 \text{ m/min}$$

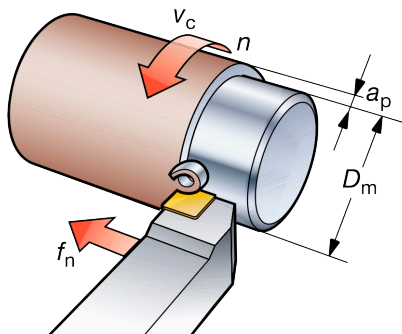
Jednostki anglosaskie

$$v_c = \frac{\pi \times D_m \times n}{12} \text{ stopy/min}$$

$$v_{c1} = \frac{3,14 \times 1,969 \times 2000}{12} = 1030 \text{ stopy/min}$$

$$v_{c2} = \frac{3,14 \times 3,150 \times 2000}{12} = 1649 \text{ stopy/min}$$

## Definicje pojęć



- $n$  – prędkość obrotowa wrzeciona, obr./min
- $v_c$  – prędkość skrawania, m/min (stopy/min)
- $f_n$  – posuw na obrót, mm/obr. (cale/obr.)
- $a_p$  – głębokość skrawania, mm (cale)
- KAPR – kąt przystawienia wg ISO
- PSIR – kąt przystawienia wg ANSI

### Prędkość obrotowa wrzeciona

Przedmiot obrabiany zamocowany w uchwycie tokarki wykonuje ruch główny odpowiadający prędkości obrotowej wrzeciona ( $n$ ) wyrażany liczbą obrotów na minutę (obr./min).

### Prędkość skrawania

Prędkość skrawania ( $v_c$ ) w m/min (stopy/min), wyraża prędkość liniową z jaką powierzchnia przedmiotu obraca się względem krawędzi skrawającej.

### Posuw

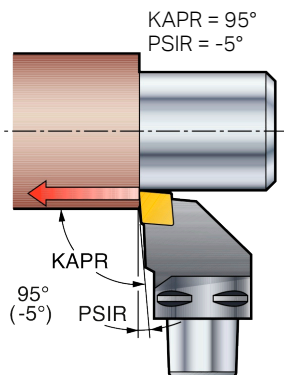
Posuw na obrót ( $f_n$ ) w mm/obr. (cale/obr.) opisuje ruch posuwowy narzędzia względem obracającego się przedmiotu obrabianego. Jest to kluczowy parametr wpływający na wartość chropowatości powierzchni, a także sposób formowania wiórów ostrzem o danej geometrii. Jego wartość wpływa nie tylko na grubość wiórów, lecz także na zdolność ich łamania.

### Głębokość skrawania

Głębokość skrawania ( $a_p$ ) w mm (calach) odpowiada grubości nadatku materiału usuwanemu w trakcie danego przejścia. Głębokość skrawania mierzy się zawsze pod kątem prostym względem kierunku ruchu posuwowego narzędzia.

### Kąt przystawienia KAPR (PSIR)

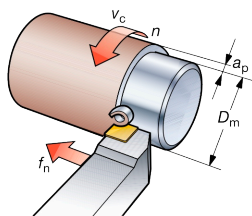
Położenie krawędzi skrawającej względem przedmiotu obrabianego jest wyrażane przez kąt przystawienia KAPR. Kąt ten (wg ISO) zawiera się między krawędzią skrawającą i kierunkiem ruchu posuwowego. W przypadku normy ANSI kąt przystawienia PSIR, rozumiany jest jako kąt między krawędzią skrawającą a płaszczyzną prostopadłą do ruchu posuwowego. Kąt przystawienia jest ważny przy wyborze właściwego narzędzia tokarskiego do wykonania konkretnego typu zabiegu.



# Obliczanie parametrów skrawania

## Prędkość obrotowa wrzeciona

Przykład obliczenia prędkości obrotowej wrzeciona ( $n$ ) na podstawie prędkości skrawania ( $v_c$ ).



Dane:

Prędkość skrawania,  $v_c = 400$  m/min (1312 stóp/min)

Średnica przedmiotu obrabianego  $D_m = 100$  mm (3,937 cala)

Jednostki metryczne

$$n = \frac{v_c \times 1000}{\pi \times D_m} \quad \text{obr./min}$$

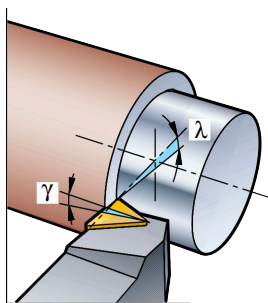
$$n = \frac{400 \times 1000}{3,14 \times 100} = 1274 \text{ obr./min}$$

Jednostki anglosaskie

$$n = \frac{v_c \times 12}{\pi \times D_m} \quad \text{obr./min}$$

$$n = \frac{1312 \times 12}{3,14 \times 3,937} = 1274 \text{ obr./min}$$

## Kąt natarcia i kąt pochylenia



do obróbki wykończeniowej, skłonności do drgań i sposób formowania wiórów.

### Kąt pochylenia

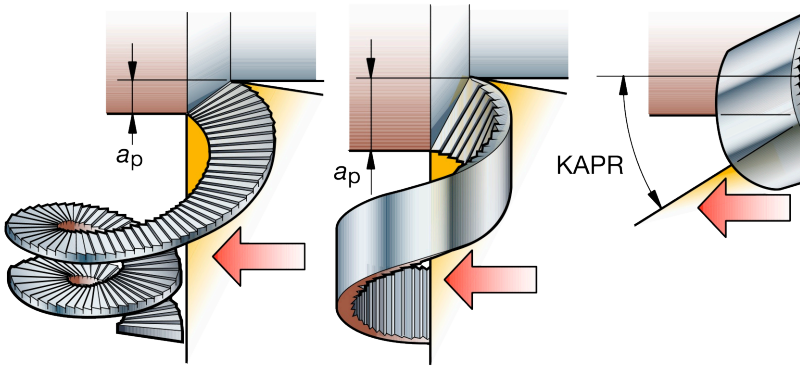
Kąt pochylenia lamda (LAMS) leży w płaszczyźnie krawędzi skrawającej i jest zawarty między krawędzią skrawającą, a płaszczyzną podstawową. W przypadku noży składanych, kiedy płytka zamontowana jest w oprawce, kąt pochylenia będzie sumą kąta wynikającego z geometrii płytki i kąta pochylenia powierzchni bazowej gniazda płytki w oprawce.

### Kąt natarcia

Kąt natarcia gamma (GAMO) zawiera się pomiędzy płaszczyzną podstawową a powierzchnią natarcia. Kąt natarcia na płycie skrawającej jest zwykle dodatni, a powierzchnia natarcia przybiera różne kształty (zaokrąglona, ścin, płaska). Ma to wpływ na wytrzymałość narzędzia, obciążenie obrabiarki, możliwość zastosowania

Płaszczyzna podstawowa przechodzi przez punkt krawędzi skrawającej równolegle lub prostopadle do płaszczyzny narzędzia, która stanowi element bazowy przy jego ustawianiu.

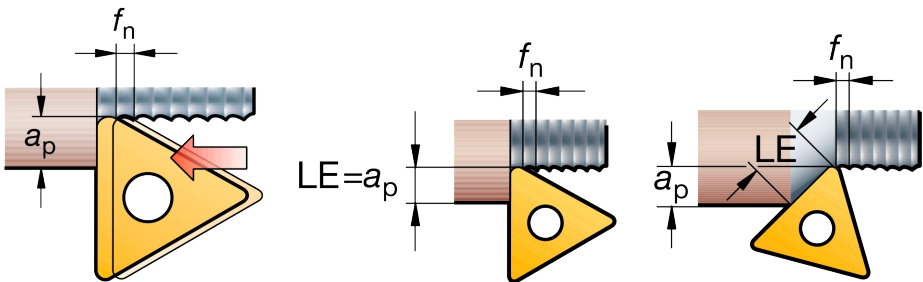
## Głębokość skrawania i formowanie się wiórów



Głębokość skrawania ( $a_p$ ) określa zagłębienie krawędzi skrawającej w materiał przedmiotu obrabianego.

Formowanie się wiórów zmienia się w zależności od wartości głębokości skrawania, kąta przystawienia, posuwu, rodzaju materiału i geometrii płytki.

## Posuw i efektywna długość krawędzi skrawającej



### Posuw

Posuw ( $f_n$ ) to odległość, jaką pokonuje krawędź skrawająca w kierunku ruchu posuwowego w czasie jednego obrotu wrzeciona.

### Długość krawędzi skrawającej

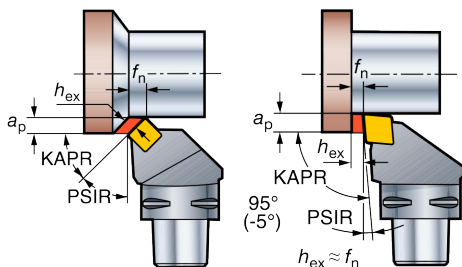
Efektywna długość krawędzi skrawającej (LE) zależy od głębokości skrawania i kąta przystawienia.

# Kształt płytki, kąt przystawienia i grubość wiórów

Kąt przystawienia KAPR (PSIR) narzędzia oraz promień naroża RE płytki wpływają na formowanie się wiórów, zwłaszcza na przekrój poprzeczny wióra.

Grubość wióra zmniejsza się, a jego szerokość rośnie wraz ze zmniejszaniem się wartości kąta przystawienia KAPR (tj. wzrostem wartości PSIR).

Kierunek spływu wiórów także się zmienia.



$$\text{KAPR} = 45^\circ$$

$$\text{PSIR} = 45^\circ$$

$$h_{\text{ex}} \approx f_n \times 0.71$$

## Kąt przystawienia KAPR (PSIR)

- Jego wartość zależy od ustawienia gniazda płytki w oprawce i wybranego kształtu płytki.

## Maksymalna grubość wiórów $h_{\text{ex}}$

- Zmniejsza się względem posuwu wraz ze spadkiem kąta przystawienia KAPR (tj. wzrostem PSIR).

## Typowe wartości kąta przystawienia dla płytek o różnych kształtach



CNMG



DNMG



WNMG

Kąt przystawienia KAPR:  
95°

Kąt przystawienia KAPR:  
107,5°, 93°, 62,5°

Kąt przystawienia KAPR:  
95°

Kąt przystawienia PSIR:  
-5°

Kąt przystawienia PSIR:  
-17,5°, -3°, 27,5°

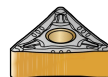
Kąt przystawienia PSIR:  
-5°



SNMG



RCMT



TNMG

Kąt przystawienia KAPR:  
45°, 75°

Kąt przystawienia KAPR:  
Zmienna

Kąt przystawienia KAPR:  
93°, 91°, 60°

Kąt przystawienia PSIR:  
45°, 15°

Kąt przystawienia PSIR:  
Zmienna

Kąt przystawienia PSIR:  
-3°, -1°, 30°








VNMG

Kąt przystawienia KAPR:  
117,5°, 107,5°, 72,5°

Kąt przystawienia PSIR:  
-27,5°, -17,5°, 17,5°

## Wpływ kąta przystawienia na grubość wiórów

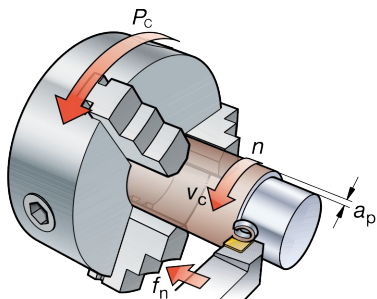
Maksymalna grubość wiórów  $h_{ex}$  zmniejsza się względem posuwu wraz ze spadkiem kąta przystawienia KAPR (tj. wzrostem kąta PSIR).

|   |   |   |   |   |   |
|---|---|---|---|---|---|
| Kąt przystawienia KAPR  |  |  |  |  |  |
| Kąt przystawienia PSIR  | 95°<br>-5°  | 75°<br>15°  | 60°<br>30°  | 45°<br>45°  | 90° min<br>0° maks  |
| Grubość wióra względem posuwu, mm (cale)  | 1   | 0.96  | 0.87  | 0.71  | Zmienna   |
| Długość odcinka styku ostrza z materiałem $l_a$ , mm (cale) przy $a_p$ 2 mm (.079 cala) | 2 (.079)  | 2.08 (.082)   | 2.3 (.091)  | 2.82 (.111)   | Zmienna   |

## Obliczanie zapotrzebowania na moc

Oszacowanie wartości mocy skrawania netto ( $P_C$ ) niezbędnej dla prowadzenia procesu skrawania metalu ma znaczenie przede wszystkim w przypadku obróbki zgrubej, aby upewnić się, że napędy obrabiarki dysponują mocą z danego zakresu. Wartość ta podawana jest w kW (HP). Ogromne znaczenie ma przy tym współczynnik sprawności energetycznej danej maszyny.

Informacje na temat wartości  $k_c$  – patrz strona H 16.



$n$  = prędkość obrotowa wrzeciona, obr./min

$v_c$  = prędkość skrawania, m/min (stopy/min)

$f_n$  = posuw, mm/obr. (cale/obr.)

$a_p$  = głębokość skrawania, mm (cale)

$k_c$  = opór właściwy skrawania, N/mm<sup>2</sup> (funt/cal<sup>2</sup>)

$P_C$  = moc skrawania netto, kW (HP)

kW = kilowaty

HP = konie mechaniczne

$$P_C = \frac{v_c \times a_p \times f_n \times k_c}{60 \times 10^3} \quad \text{kW}$$

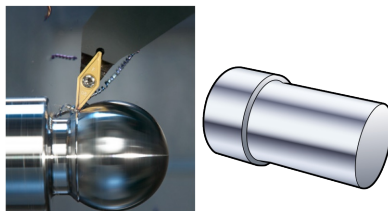
$$P_C = \frac{v_c \times a_p \times f_n \times k_c}{33 \times 10^3} \quad \text{HP}$$

# Procedura wyboru

## Proces planowania produkcji

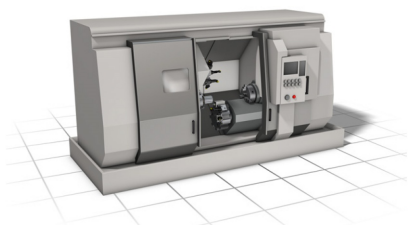
1 Przedmiot obrabiany

Wymiar i rodzaj obróbki



2 Obrabiarka

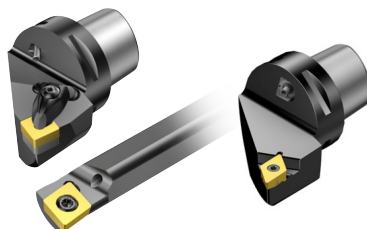
Parametry obrabiarki



3 Wybór narzędzia

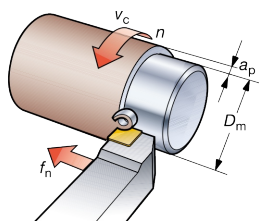
Rodzaj narzędzia tokarskiego:

- Toczenie zewnętrzne lub-wytaczanie
- Do toczenia wzdłużnego
- Do planowania
- Do profilowania



4 Zasady stosowania

Parametry skrawania, droga narzędzia itd.



5 Przewyciężanie trudności

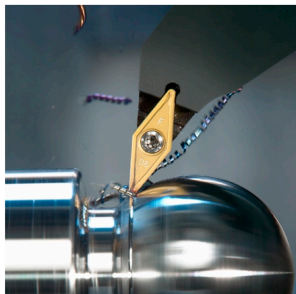
Zalecenia i rozwiązania



# 1. Obrabiany przedmiot i materiał

## Parametry, które należy uwzględnić

### Przedmiot obrabiany



- Analiza wymiarów i wymagań co do jakości powierzchni, która ma być obrabiana
- Typ obróbki (wzdłużny, planowanie i profilowanie)
- Powierzchnie zewnętrzne, czy wewnętrzne
- Obróbka zgrubna, średnia lub wykończeniowa
- Drogi narzędzia
- Liczba przejść
- Tolerancje.

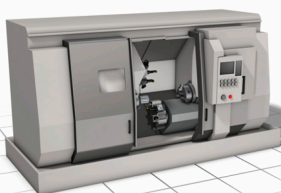
|   |                                |
|---|--------------------------------|
| P | Stal                           |
| M | Stal nierdzewna                |
| K | Żeliwo                         |
| N | Metale nieżelazne              |
| S | Superstopy żaroodporne i tytan |
| H | Stal hartowana                 |

### Materiał

- Skrawalność
- Surowy odlew lub po obróbce wstępnej
- Łamanie wiórów
- Twardość
- Składniki stopowe.

## 2. Parametry obrabiarki

### Stan obrabiarki



### Niektóre istotne właściwości obrabiarki, które należy uwzględnić:

- Stabilność, moc i moment obrotowy, szczególnie przy obróbce przedmiotów o dużych średnicach
- Mocowanie przedmiotu
- Pozycja narzędzia
- Czas wymiany narzędzia/liczba pozycji w głowicy rewolwerowej
- Ograniczenia prędkości obrotowej wrzeciona (obr./min) i możliwości podajnika pręta
- Dostępność wrzeciona pomocniczego lub konika
- Możliwość użycia wszystkich punktów podparcia
- Łatwe programowanie
- Zakres ciśnienia cieczy obróbkowej.

## 3. Wybór narzędzi

### Zastosowanie ogólne – Toczenie przy użyciu płytek rombówch



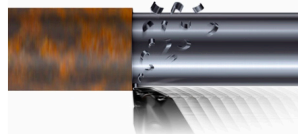
#### Zalety

- Wszechstronność działania
- Duży kąt przystawienia
- Do toczenia i planowania
- Duża wytrzymałość przy obróbce zgrubnej.

#### Wady

- Może powodować drgania podczas toczenia smukłych przedmiotów.

### Toczenie przy użyciu płytek wiper



#### Zalety

- Możliwość zwiększenia posuwu i produktywności
- Poprawa jakości powierzchni przy normalnym posuwie
- Akcelerator produktywności.

#### Wady

- Ostrze wiper nie pracuje efektywnie podczas toczenia wstecznego i profilowania.

### Rozwiązania tokarskie Sandvik Coromant



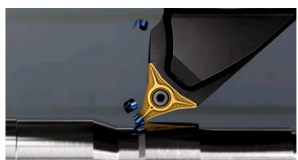
#### Zalety

- Wyższe parametry skrawania podczas profilowania
- Większa zdolność zachowania dokładności wymiarowej.



#### Zalety

- Rozwiązanie wieloostrzowe
- Kontrola wiórów i przewidywalna trwałość ostrzy.

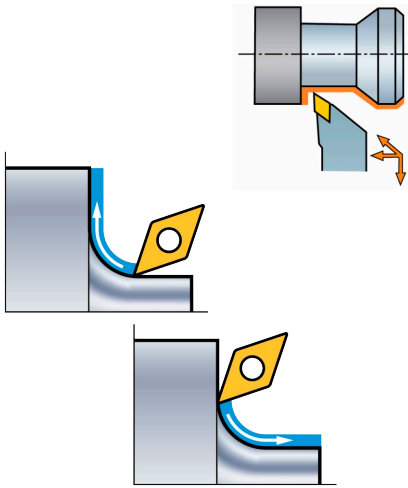


#### Zalety

- Toczenie we wszystkich kierunkach
- Wydajne i produktywne toczenie.

## 4. Zasady stosowania

Istotne uwagi odnośnie zastosowania, które należy uwzględnić



Droga narzędzia ma istotny wpływ na proces obróbki.

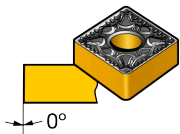
Wpływa ona na:

- Kontrolę wiórów
- Zużycie płytki
- Jakość powierzchni obrabianej
- Trwałość narzędzia.

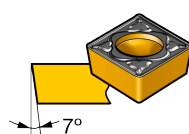
W praktyce, znaczny wpływ na czas cyklu i produktywność mają: oprawka narzędziowa, geometria płytki, jej gatunek, materiał obrabiany i droga narzędzia.

## 5. Przewyżnianie trudności

Kwestie, które należy wziąć pod uwagę



Płytki ujemna



Płytki dodatnia

**Kąt przyłożenia**

- Dodatkowo płytki generują niższe siły skrawania niż płytki ujemne i są wskazane dla toczenia wewnętrznego.

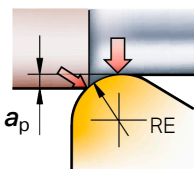
**Łamanie wiórów**

- Łamanie wiórów należy zoptymalizować poprzez zmianę głębokości skrawania, posuwu lub geometrii płytki.



**Promień naroża**

- Głębokość skrawania nie powinna być mniejsza od długości promienia naroża (RE).

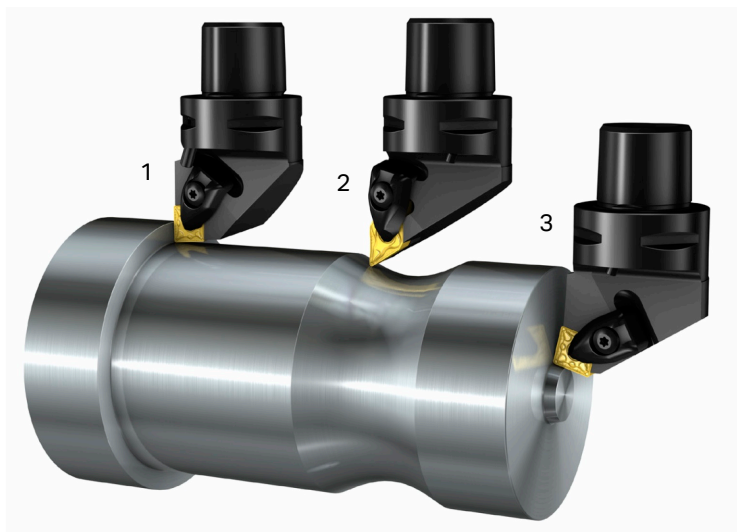


**Zużycie płytki**

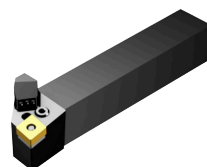
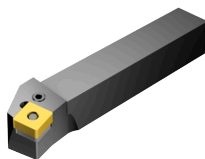
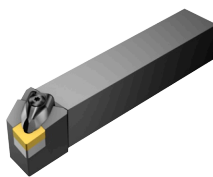
- Upewnić się, że starcie na powierzchni przyłożenia nie przekracza ogólnie zalecanej wartości 0,5 mm (0,020 cala).

# Toczenie zewnętrzne – płytki ujemne

1. Toczenie wzdłużne
2. Profilowanie
3. Planowanie



## Przegląd opravek



- Płytki ujemne
- Docisk sztywny
- Złącze modułowe/ chwyt o przekroju prostokątnym.

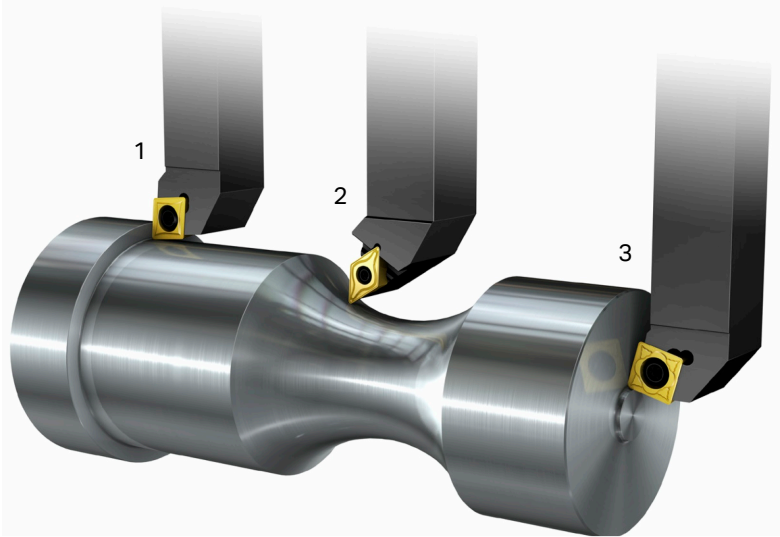
- Płytki ujemne
- Mocowanie dźwigniowe
- Złącze modułowe/ chwyt o przekroju prostokątnym.

- Płytki ujemne/dodatnie
- Wszystkie systemy mocowania
- Głowice systemu modułowego
- Złącze modułowe/ chwyt o przekroju prostokątnym.

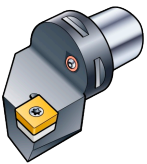
- Płytki ujemne
- Mocowanie dźwigniowe
- Precyzyjne podawanie chłodziwa
- Złącze modułowe/ chwyt o przekroju prostokątnym.

# Toczenie zewnętrzne – płytki dodatnie

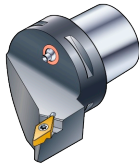
1. Toczenie wzdłużne
2. Profilowanie
3. Planowanie



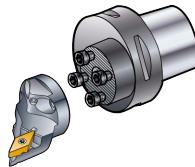
## Przegląd opravek



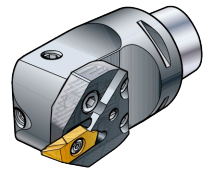
- Płytki dodatnia
- Mocowanie śrubą
- Złącze modułowe/ chwyt o przekroju prostokątnym
- Precyzyjne podawanie chłodziwa.



- Płytki dodatnia
- Mocowanie śrubą
- Złącze płytki typu iLock™
- Złącze modułowe/ chwyt o przekroju prostokątnym.

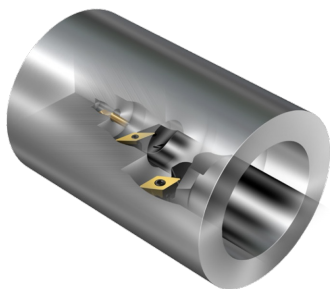


- Płytki ujemna/dodatnia
- Wszystkie systemy mocowania
- Głowice systemu modułowego
- Złącze modułowe/ chwyt o przekroju prostokątnym.

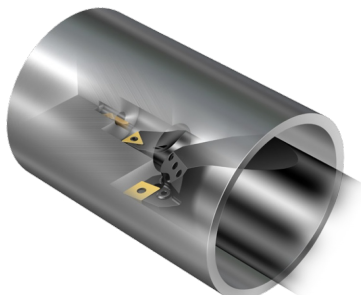


- Płytki dodatnia
- Mocowanie śrubą
- Złącze modułowe/ chwyt o przekroju prostokątnym.

# Toczenie wewnętrzne – płytki ujemne/dodatnie

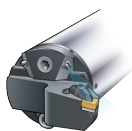


Płytki dodatnie

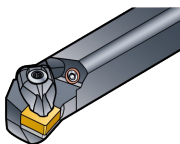


Płytki ujemne

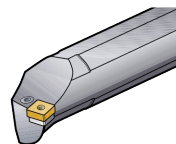
## Przegląd opravek do toczenia wewnętrznego



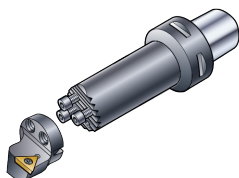
- Płytki ujemne/dodatnie
- Wytaczaki z tłumieniem drgań
- Chwyty walcowe



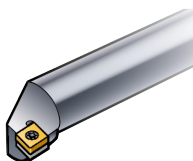
- Płytki ujemne
- Docisk sztywny
- Złącze modułowe/chwyty walcowe.



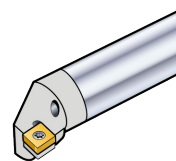
- Płytki ujemne
- Mocowanie dźwigniowe
- Złącze modułowe/chwyty walcowe.



- Płytki ujemne/dodatnie
- Wszystkie systemy mocowania
- Głowice systemu modułowego
- Złącze modułowe/trzonek z chwytem walcowym, z tłumieniem drgań
- Precyzyjne podawanie chłodziwa.

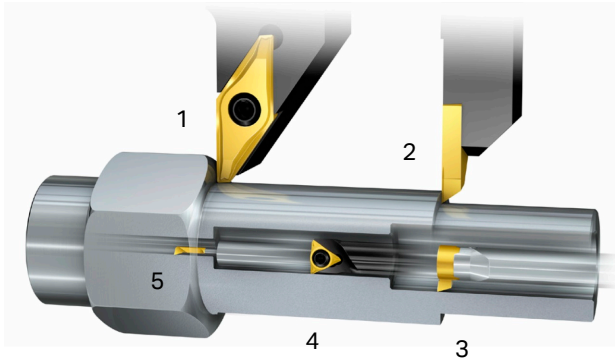


- Płytki dodatnie
- Mocowanie śrubą
- Głowice systemu modułowego
- Złącze modułowe/chwyty walcowe.
- Precyzyjne podawanie chłodziwa.



- Wytaczaki z tłumieniem drgań
- Chwyty walcowe

# Narzędzia do obróbki małych przedmiotów



1. Toczenie zewnętrzne
2. Toczenie wewnętrzne (obrabiarki z przesuwną głowicą)
3. Toczenie wewnętrzne (wymienne płytki)
4. Toczenie wewnętrzne
5. Toczenie wewnętrzne (wytaczaki węglikowe)

Toczenie

B

Przećcinanie i toczenie rowków

C

Toczenie gwintów

D

Frezowanie

E

Wiercenie

F

Wytaczanie

G

Systemy mocowania

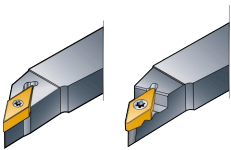
H

Skrzalność

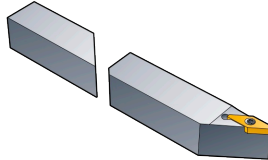
Inne informacje

## Przegląd oprawek

### Oprawki do toczenia zewnętrznego



- Płytki dodatnia
- Mocowanie śrubą
- Chwyty o przekroju prostokątnym
- Precyzyjne podawanie chłodziwa.

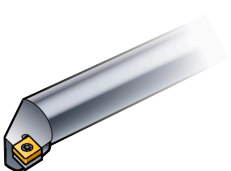


- System szybkiego mocowania
- Płytki dodatnia
- Mocowanie śrubą.

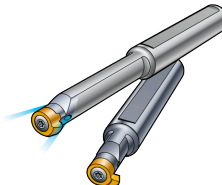


- Płytki dodatnia
- Mocowanie śrubą.

### Oprawki do toczenia wewnętrznego



- Płytki dodatnia
- Mocowanie śrubą
- Precyzyjne podawanie chłodziwa.



- Płytki dodatnia
- Mocowanie śrubą.



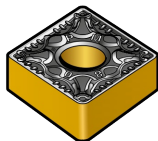
- Dodatni kąt przyłożenia
- Wytaczaki węglikowe
- Chwyty dostosowany do obrabiarek danego typu.

## Przegląd mechanizmów mocowania płytki

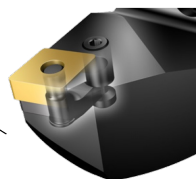
## Mocowanie ujemnych płytek o kształcie podstawowym



Docisk sztywny

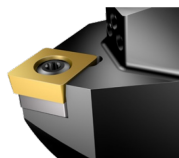


0°

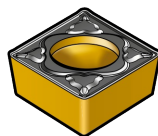


Mocowanie dźwigniowe

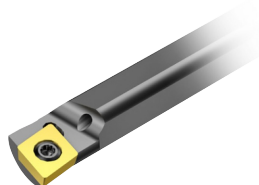
## Mocowanie dodatknych płytek o kształcie podstawowym



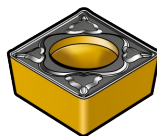
Mocowanie śrubą



7°



Mocowanie śrubą

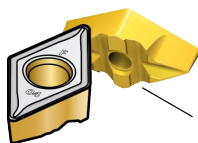


11°

## Mocowanie dodatknych płytek typu iLock™



Mocowanie śrubą



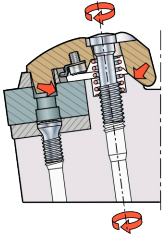
iLock™



5°/7°

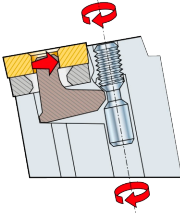
# Nowoczesne systemy mocowania płytek tokarskich

## Docisk sztywny



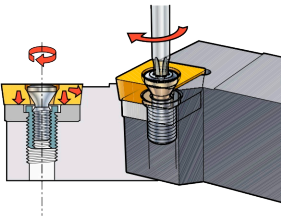
- Płytki ujemne
- Doskonałe mocowanie
- Łatwa wymiana ostrza/ płytki.

## Mocowanie dźwigniowe



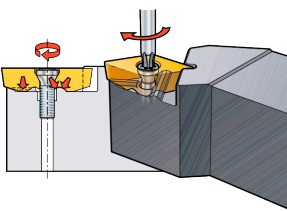
- Płytki ujemne
- Swobodny spływ wiórów
- Łatwa wymiana ostrza/ płytki.

## Mocowanie śrubą

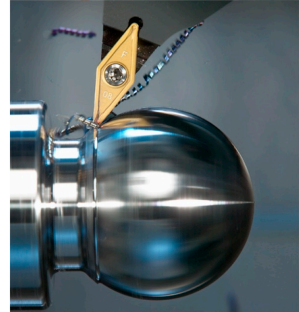
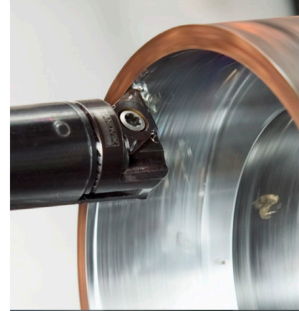
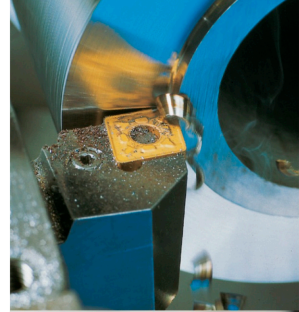
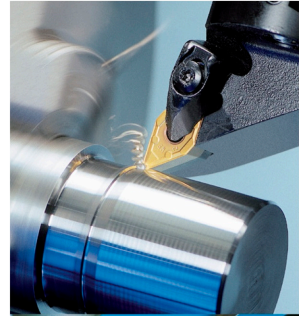


- Płytki dodatnie
- Pewne mocowanie płytki
- Swobodny spływ wiórów.

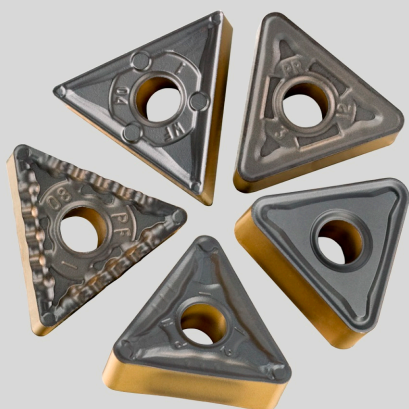
## Mocowanie śrubą, iLock™



- Płytki dodatnie
- Zwiększona sztywność mocowania
- Duża dokładność.



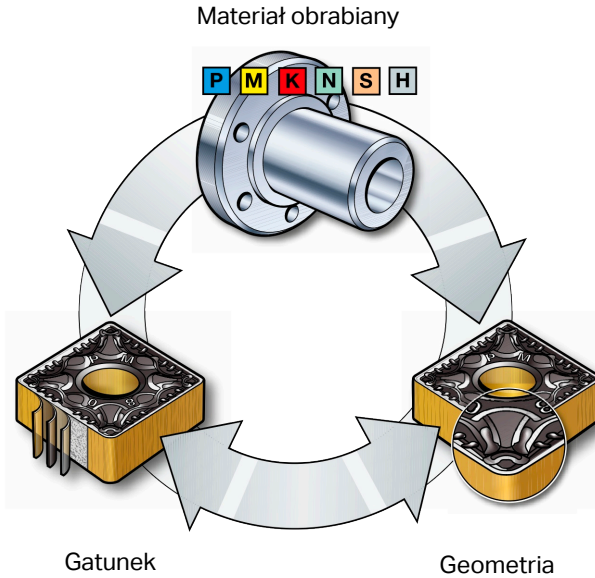
# Wybór płytek



- Podstawowe czynniki A 23
- Geometrie płytek A 31
- Gatunki płytek A 38
- Kształt, rozmiar i promień naroża płytki A 41
- Wpływ parametrów skrawania na trwałość ostrzy A 47

## Złożony świat obróbki skrawaniem

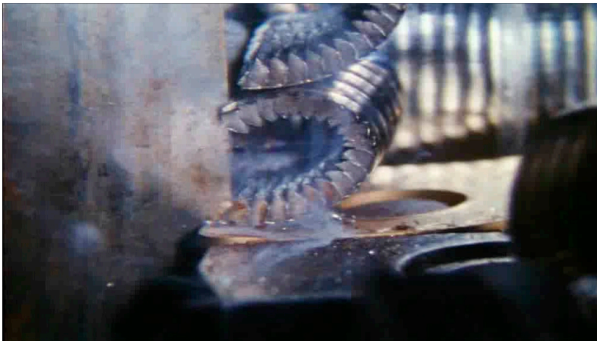
Poznanie właściwości obrabianego metalu pozwala zrozumieć przebieg procesu skrawania oraz dokonać wyboru płytki o geometrii i gatunku dobranych do zastosowania.



- Dobór geometrii i gatunku płytki do obrabianego materiału to pierwszy krok do efektywnej obróbki.
- Te trzy podstawowe czynniki należy zawsze wziąć pod uwagę i odpowiednio dostosować przy planowaniu technologii produkcji.
- Kluczem do powodzenia jest wiedza i zrozumienie zasad wykorzystania tych czynników.

### Obróbka zaczyna się na krawędzi skrawającej

Typowy przebieg łamania wiórów uchwycony w systemie szybkiego obrazowania



## Sześć grup materiałów

W przypadku obróbki wiórowej mamy do czynienia z ogromnym zróżnicowaniem materiałów na przedmiot obrabiany. Każdy materiał posiada wyjątkowe właściwości, które zależą od składu stopu, zastosowanej obróbki cieplnej, twardości, itp. Właściwości materiału mają istotne znaczenie przy doborze geometrii i gatunku narzędzia skrawającego oraz parametrów skrawania.

Norma ISO dzieli metale do obróbki wiórowej na sześć grup. Każda z grup wyróżnia się szczególnymi właściwościami pod względem skrawalności.

## Grupy materiałów obrabianych

### **P** Stal



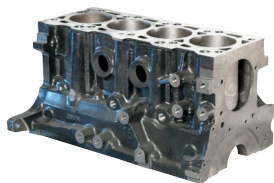
- **ISO P** – Stale to największa grupa materiałów w branży obróbkowej. Obejmuje stale od niestopowych do wysokostopowych, a także odlewy stalowe, stale nierdzewne ferrytyczne i martenzytyczne. Stale wykazują zazwyczaj dobrą skrawalność, ale jest ona zróżnicowana w zależności od twardości materiału, zawartości węgla itp.

### **M** Stal nierdzewna



- **ISO M** – Stale nierdzewne to materiały stopowe zawierające przynajmniej 12% chromu oraz innych dodatków, np. niklu i molibdenu. Ta duża rodzina obejmuje materiały o różnych właściwościach, takie jak stale ferrytyczne, martenzytyczne, austenityczne i austenityczno-ferrytyczne (duplex). Ich cechą wspólną jest wydzielanie dużej ilości ciepła w strefie skrawania oraz zużycie w postaci karbu i narostu.




**K**
**Żeliwo**


- **ISO K** – Żeliwo, w przeciwieństwie do stali, jest materiałem generującym krótkie wióry. Żeliwa szare (GCI) i ciągliwe (MCI) są dość dobrze skrawalne, natomiast żeliwa sferoidalne (NCI), o zwartym graficie (CGI) i sferoidalne hartowane izotermicznie (ADI) stanowią większe wyzwanie obróbkowe. Wszystkie rodzaje żeliwa zawierają węgiel krzemu (SiC), który ma bardzo silne właściwości ściernie.

**Toczenie**
**B**

 Przeciążenie i  
toczenie rowków

**N**
**Aluminium**


- **ISO N** – Metale nieżelazne to grupa materiałów o względnie niskiej twardości, np. aluminium, miedź, mosiądz itp. Aluminium o 13% zawartości krzemu (Si) ma bardzo silne właściwości ściernie. Zasadniczo, materiały te wymagają obróbki bardzo trwałymi płytkami o ostrych krawędziach z wysoką prędkością skrawania.

**C**

Toczenie gwintów

**D**

Frezowanie

**S**
**Stopy  
żaroodporne**


- **ISO S** – Do grupy superstopów żaroodpornych należy wiele materiałów wysoko-stopowych na bazie żelaza, niklu, kobaltu lub tytanu. Podobnie jak w przypadku grupy ISO M, materiały te mają dużą tendencję do przywierania do ostrzy, powodują powstawanie narostu, wykazują tendencję do utwardzania się podczas obróbki, powodują wysoki wzrost temperatury, są jednak znacznie trudniejsze w obróbce i drastycznie ograniczają trwałość ostrzy.

**E**

Wiercenie

**F**

Wylaczanie

**H**
**Stal  
hartowana**


- **ISO H** – W tej grupie znajdują się stale o twardości 45-65 HRC, a także żeliwo zabilone o twardości około 400-600 HB. Ze względu na dużą twardość, materiały te są trudnoskrawalne. Krawędź skrawająca jest mocno obciążana termicznie i w związku z wysoką ściernością materiałów tego typu.

**G**

 Systemy  
mocowania

**H**

 Skrawalność  
Inne informacje

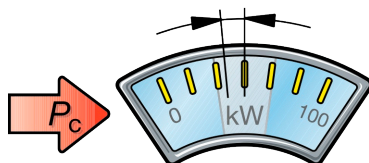
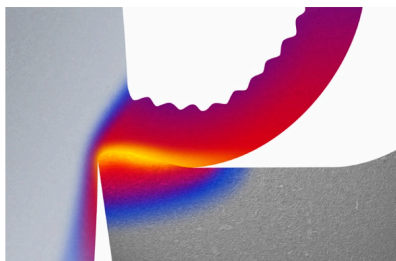
## Siły skrawania

Innym przejawem różnic między sześcioma grupami materiałów jest siła ( $F_T$ ) potrzebna do ścięcia określonego przekroju wiórów w określonych warunkach.

Parametrem opisującym tę cechę materiału jest opór właściwy skrawania ( $k_C$ ), zdefiniowany dla różnych typów materiałów obrabianych i używany do obliczania mocy niezbędnej do przeprowadzenia obróbki.

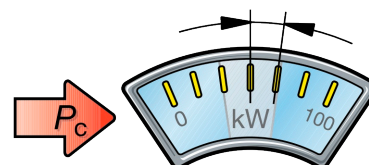
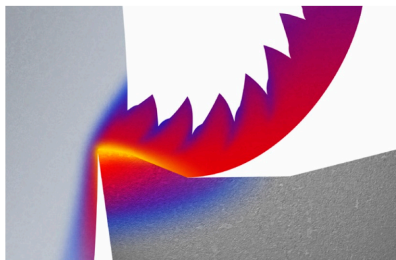
$k_{C1}$  = opór właściwy skrawania dla średniej grubości wióra 1 mm (.039 cala).

### P Stal



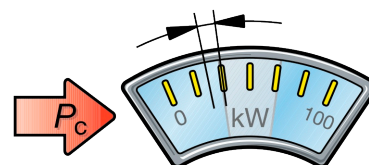
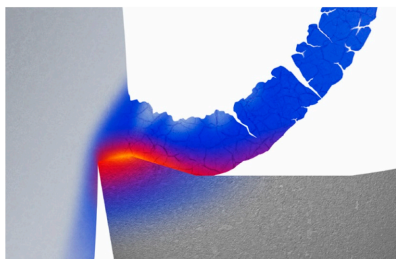
- Dla materiałów ISO P wartość  $k_{C1}$  waha się w zakresie:  
1500-3100 N/mm<sup>2</sup>  
(217,500-449,500 lbs/inch<sup>2</sup>)

### M Stal nierdzewna



- Dla materiałów ISO M wartość  $k_{C1}$  waha się w zakresie:  
1800-2850 N/mm<sup>2</sup>  
(261,000-413,250 lbs/inch<sup>2</sup>)

### K Żeliwo

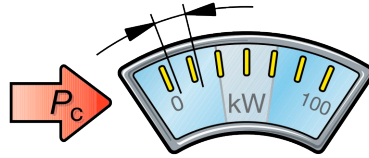
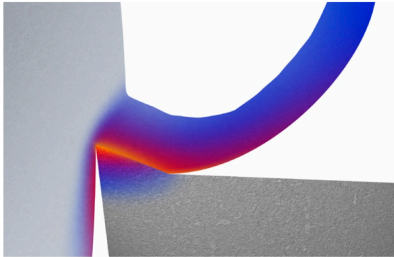


- Dla materiałów ISO K wartość  $k_{C1}$  waha się w zakresie:  
790-1350 N/mm<sup>2</sup>  
(114,550-195,750 lbs/inch<sup>2</sup>)



N

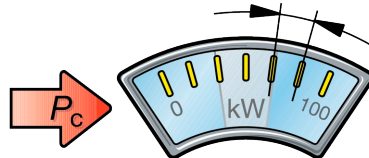
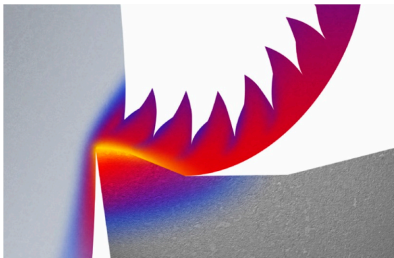
## Aluminium



- Dla materiałów ISO N wartość  $k_{c1}$  waha się w zakresie:  
350-1350 N/mm<sup>2</sup>  
(50,750-195,750 lbs/inch<sup>2</sup>)

S

## Superstopy żaroodporne

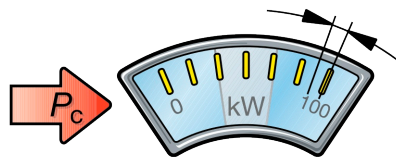
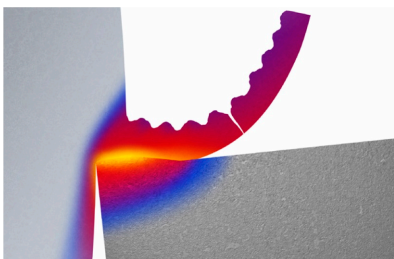


- Dla materiałów ISO S wartość  $k_{c1}$  waha się w zakresie:  
2400-3100 N/mm<sup>2</sup>  
(348,000-449,500 lbs/inch<sup>2</sup>) w przypadku HRSA

1300-1400 N/mm<sup>2</sup>  
(188,500-203,000 lbs/inch<sup>2</sup>)  
w przypadku stopów tytanu

H

## Stal hartowana

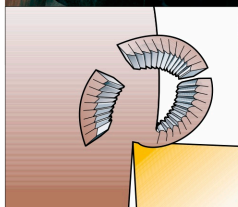


- Dla materiałów ISO H wartość  $k_{c1}$  waha się w zakresie:  
2550 – 4870 N/mm<sup>2</sup>  
(369,750-706,150 lbs/inch<sup>2</sup>)

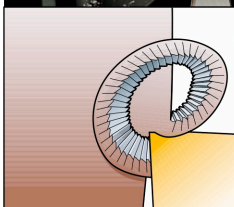
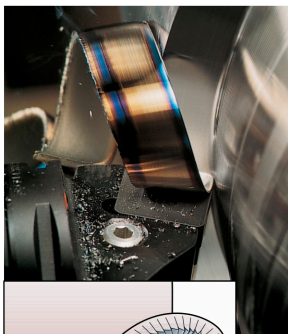
## Formowanie wiórów

Wiór może ulec złamaniu na trzy sposoby.

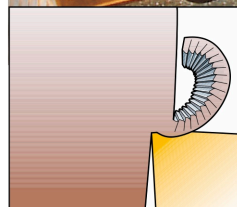
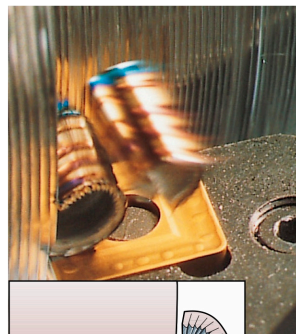
### Samoczynne łamanie



### Łamanie o narzędzie



### Łamanie o obrabiany przedmiot



Łamanie samoczynne powodują właściwości materiału przedmiotu obrabianego i skręcenie wióra.

W przypadku łamania wiórów o narzędzie wiór zakrzywia się do momentu, aż uderzy o powierzchnię płytki lub oprawki, gdzie pod wpływem nacisku ulega złamaniu. Choć często jest to akceptowana metoda, w niektórych przypadkach może ona spowodować uderzenie wiórów w płytkę tak silne, że powoduje jej uszkodzenie.

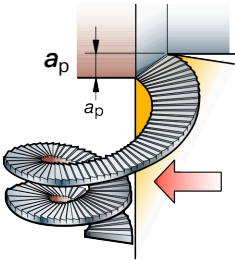
W przypadku łamania wiórów o przedmiot obrabiany wiór łamie się w zetknięciu ze świeżo obrabianą powierzchnią. Ze względu na duże prawdopodobieństwo uszkodzenia wiórem przedmiotu obrabianego ten typ łamania wiórów z reguły nie nadaje się do zastosowań, w których oczekiwane jest uzyskanie dobrej jakości powierzchni.



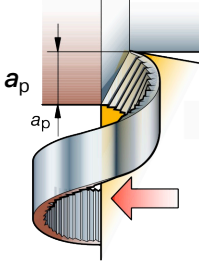
## ► Formowanie się wiórów zmienia się w zależności od różnych parametrów

Na powstawanie wiórów wpływają: głębokość skrawania, posuw, materiał i geometria narzędzia.

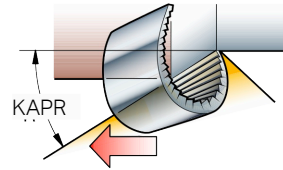
Samoczynne łamanie



Łamanie o narzędzie



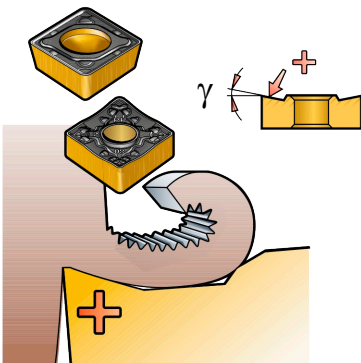
Łamanie o obrabiany przedmiot



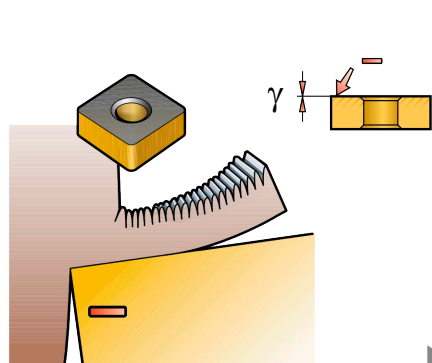
## Kąt natarcia płytki

Kąt natarcia  $\gamma$  (GAMO) opisuje ustawienie powierzchni natarcia do płaszczyzny podstawowej narzędzia. W zależności od jego wartości narzędzia dzielimy na ujemne i dodatnie. Podobne określenie dotyczy płytek, gdzie opierając się na wartości kąta przyłożenia, dzieli się je na ujemne, gdy jego wartość wynosi zero i na dodatnie, kiedy będzie większy od zera. Ostatecznie, rodzaj płytki i sposób pochylenia jej w gnieździe oprawki będzie decydował o charakterze akcji skrawania – dodatniej lub ujemnej.

Dodatnia akcja skrawania



Ujemna akcja skrawania



## ► Kąt natarcia płytki

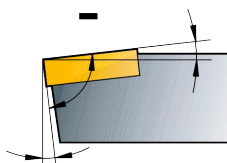
Geometria krawędzi skrawającej jest inna w przypadku płytki ujemnej i dodatniej:

- W przekroju kąt ostrza główny płytki ujemnej o kształcie podstawowym wynosi  $90^\circ$
- Dla płytki dodatniej kąt ten wynosi mniej niż  $90^\circ$ .

Płytki ujemne pochyla się w oprawce pod

kątem, aby uzyskać kąt przyłożenia narzędzia, natomiast w przypadku płytki dodatniej kąt taki wynika z konstrukcji płytki.

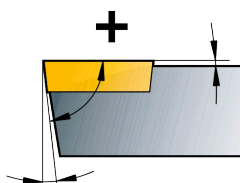
### Płytki o ujemnym kształcie podstawowym



- Dwustronne/jednostronne
- Wysoka wytrzymałość ostrzy
- Główny kąt przyłożenia określa kąt pod jakim ustawione jest gniazdo płytki w oprawce
- Obróbka zewnętrzna/wewnętrzna
- Ciężkie warunki skrawania.

*Uwaga:* Kąt przyłożenia zawiera się między powierzchnią przyłożenia a płaszczyzną głównej krawędzi skrawającej.

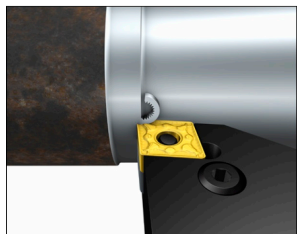
### Płytki o dodatnim kształcie podstawowym



- Jednostronne
- Generują mniejsze opory skrawania
- Główny kąt przyłożenia określa kąt przyłożenia płytki
- Obróbka wewnętrzna/zewnętrzna
- Do smukłych wałków, wytaczania małej średnicy otworów.

Geometrie płytek

Teoria obróbki metalu zajmuje się przede wszystkim zagadnieniem prawidłowego przebiegu usuwania wiórów z powierzchni przedmiotu obrabianego. Wióry powinny mieć kształt i długość, która nie będzie zakłócać przebiegu obróbki.



- Na formowanie wiórów podczas frezowania i wiercenia wpływa znacznie więcej czynników niż w przypadku toczenia.
- Toczenie to obróbka jednopunktowym narzędziem nieobrotowym, które przesuwa się względem powierzchni obracającego się przedmiotu.
- Kąt natarcia płytki, geometria i posuw odgrywają ważną rolę w procesie formowania wiórów.
- Kluczowe znaczenie ma odprowadzanie ciepła ze strefy skrawania poprzez wióry (80%).

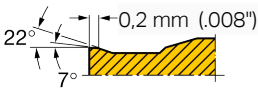
# Konstrukcja współczesnej płytki skrawającej

## Definicje pojęć i konstrukcja geometrii

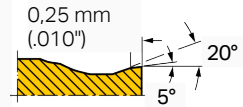
### Geometria w przekroju promienia naroża

Makrogeometria z tarczami wiórów

Geometria do małych głębokości skrawania



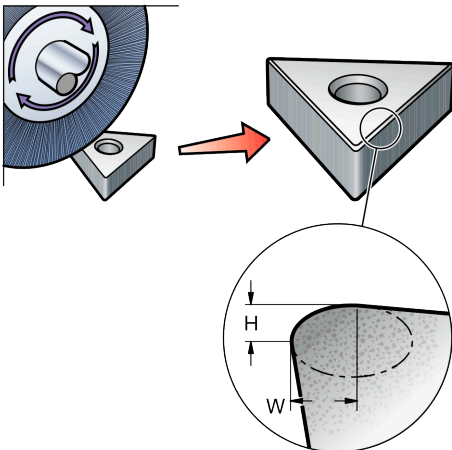
### Geometria w przekroju głównej krawędzi skrawającej



- Ścin wzmacniający o szerokość 0,25 mm (.010")
- Kąt natarcia 20°
- Kąt ścina 5°

## Wzmocnienie krawędzi skrawającej

Zaokrąglanie krawędzi skrawającej (ER) nadaje ostrzu jego ostateczną geometrię.

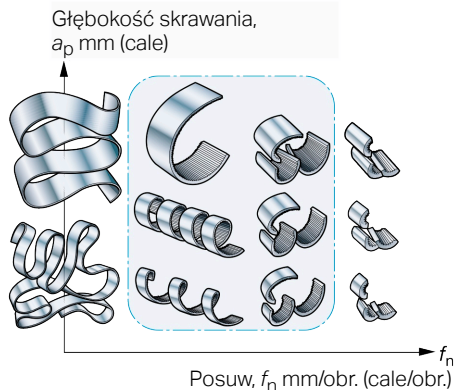


- Zaokrąglanie krawędzi skrawającej wykonuje się przed нанесieniem powłoki ochronnej i jest to ostatni etap kształtowania mikrogeometrii płytki.
- Stosunek między szerokością a wysokością zaokrąglenia dobiera się zależnie od zakładanego pola zastosowania płytki.

## Obszar roboczy geometrii płytki

Diagram łamania wiórów danej geometrii płytki określa taki zakres posuwu i głębokości skrawania, dla których łama-

nie wiórów przebiega w sposób zadowalający.



- Głębokość skrawania ( $a_p$ ) oraz posuw ( $f_n$ ) z zakresu przedstawionego na diagramie łamania wiórów wybranej geometrii płytki powinny zapewnić użytkownikowi zadowalającą kontrolę nad wiórami.
- Zbyt intensywne łamanie wiórów może spowodować pęknięcie płytki.
- Zbyt długie wióry mogą powodować zakłócenia w procesie obróbki i złe wykończenie powierzchni.

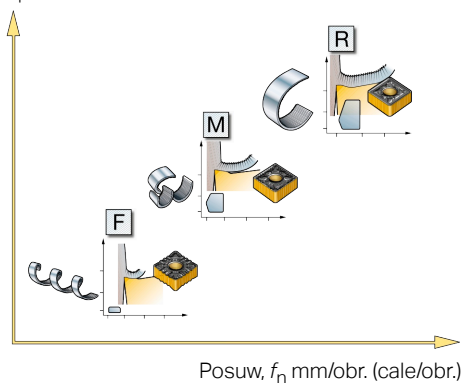
## Trzy zakresy zastosowań dla toczenia

**R** = Obróbka zgrubna

**M** = Obróbka średnia

**F** = Obróbka wykończeniowa

Głębokość skrawania,  
 $a_p$  mm (cale)



**Obróbka zgrubna**

- Maksymalna wydajność skrawania i/lub trudne warunki
- Szeroki zakres możliwych kombinacji dużych wartości głębokości skrawania i posuwu
- Wysokie siły skrawania.

**Obróbka średnia**

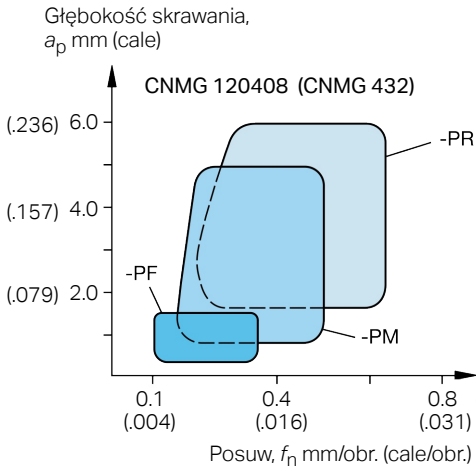
- Większość zastosowań
- Obróbka średnia i lekka obróbka zgrubna
- Szeroki zakres możliwych kombinacji głębokości skrawania i posuwu

**Obróbka wykończeniowa**

- Małe głębokości skrawania i niskie posuwu
- Niskie siły skrawania.

## Obszary łamania wiórów

## Toczenie stali niskostopowej



## Obróbka zgrubna – R

Duża głębokość skrawania w połączeniu z wysokim posuwem. Zastosowania wymagające bardzo dużego bezpieczeństwa ostrza.

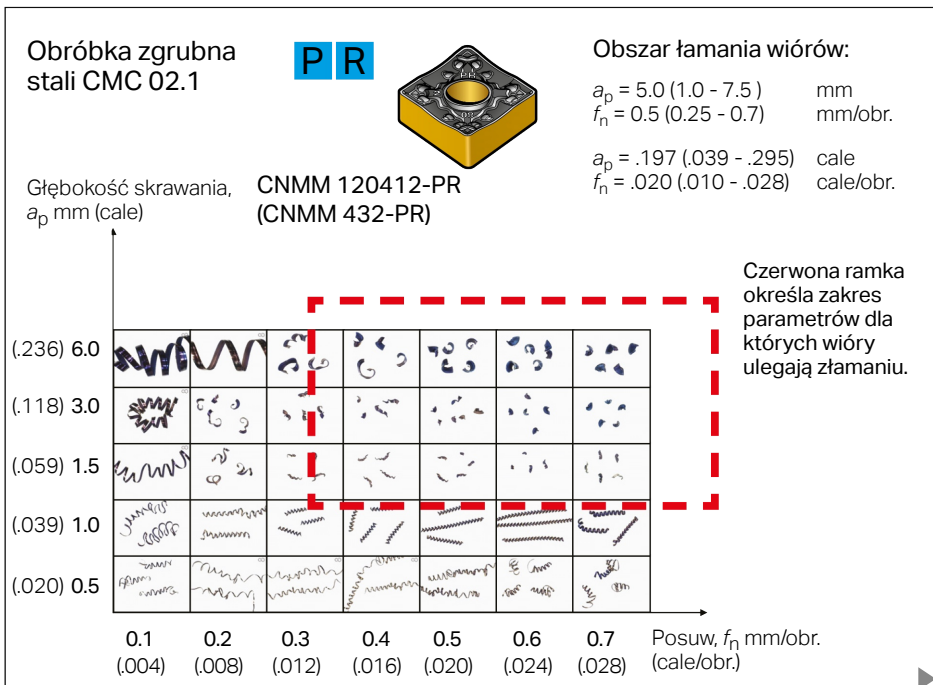
## Obróbka średnia – M

Obróbka średnia i lekka obróbka zgrubna. Szeroki zakres możliwych kombinacji głębokości skrawania i posuwu.

## Obróbka wykończeniowa – F

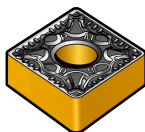
Obróbka z małymi głębokościami skrawania i niskimi posuwami. Obróbka wymagająca niskich sił skrawania.

## Diagram łamania wiórów



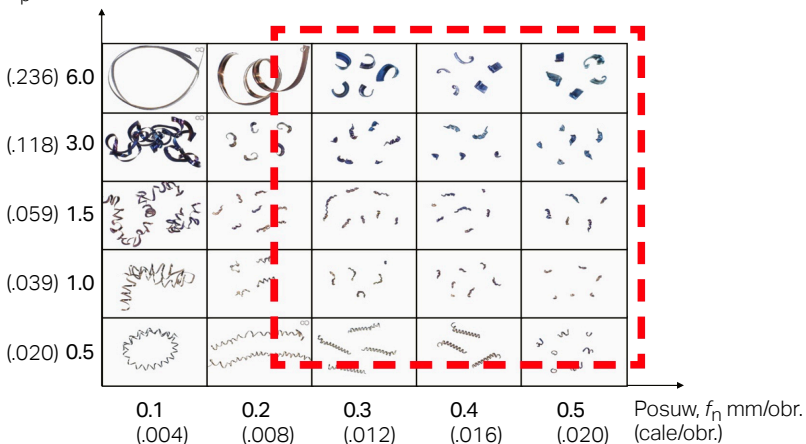
Obróbka średnia stali  
CMC 02.1

P M



Obszar łamania wiórów:

 $a_p = 3.0$  (0.5 - 5.5) mm  
 $f_n = 0.3$  (0.15 - 0.5) mm/obr.

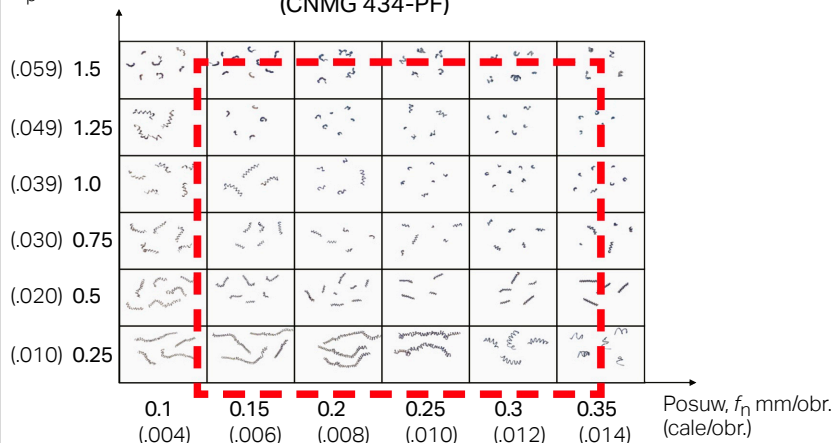
 $a_p = .118$  (.020 - .217) cale  
 $f_n = .012$  (.006 - .020) cale/obr.
Głębokość skrawania,  
 $a_p$  mm (cale)CNMG 120408-PM  
(CNMG 432-PM)Obróbka wykończe-  
niowa stali CMC 02.1

P F



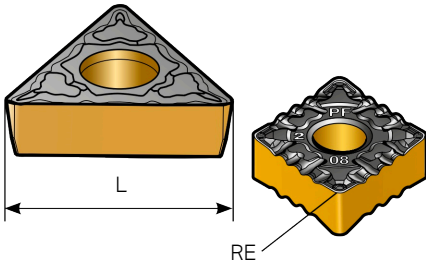
Obszar łamania wiórów:

 $a_p = 0.4$  (0.25 - 1.5) mm  
 $f_n = 0.15$  (0.07 - 0.3) mm/obr.

 $a_p = .016$  (.010 - .059) cale  
 $f_n = .006$  (.003 - .012) cale/obr.
Głębokość skrawania,  
 $a_p$  mm (cale)CNMG 120404-PF  
(CNMG 434-PF)

# Wybór płytek

## Czynniki, które należy uwzględnić przy wyborze płytek



L = długość krawędzi skrawającej  
(wielkość płytki)  
RE = promień naroża

Istotny jest wybór płytki o wielkości, kształcie, geometrii i promieniu naroża umożliwiających dobrą kontrolę wiórów.

- Należy stosować płytkę o jak największym kącie naroża, wytrzymałą i ekonomiczną.
- Należy stosować mocną płytkę o jak największym promieniu naroża.
- Jeśli występuje tendencja do drgań, należy stosować płytkę o mniejszym promieniu naroża.

## Płytki zoptymalizowane do obróbki materiałów wg ISO P, M, K i S

Różne mikro- i makrogeometrie są dostosowane do różnych wymogów w zastosowaniach.

| Materiał obrabiany | Obróbka wykończeniowa | Obróbka średnia | Obróbka zgrubna |
|--------------------|-----------------------|-----------------|-----------------|
| <b>P</b>           |                       |                 |                 |
| <b>M</b>           |                       |                 |                 |
| <b>K</b>           |                       |                 |                 |
| <b>S</b>           |                       |                 |                 |

## Opis geometrii

Każda płytka ma obszar roboczy, w którym kontrola wiórów jest optymalna.

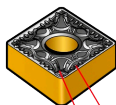
Producent przedstawia opis geometrii i informacje odnośnie pola jej zastosowania.

Obszar roboczy geometrii

Opis geometrii

Zastosowania

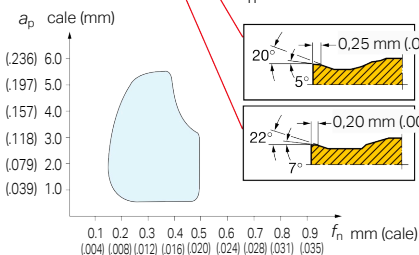
-PM



CNMG 432-PM  
(CNMG 12 04 08-PM)

$a_p = 0,5 - 5,5$  mm  
 $f_n = 0,15 - 0,5$  mm/obr.

$a_p = .020 - .217$  cale  
 $f_n = .006 - .020$  cale/obr.



-PM – do średniego toczenia do szerokiego zakresu zastosowań przy obróbce stali.

Posuw ( $f_n$ ): 0,1 – 0,65 mm/obr. (.004 – .026 cala/obr.).

Głębokość skrawania ( $a_p$ ): 0,4 – 8,6 mm (.016 – .339 cala).

Rodzaje obróbki: toczenie, toczenie powierzchni czołowych i profilowanie.

Zalety: uniwersalna, niezawodna, brak problemów przy obróbce.

Obrabiane przedmioty: osie, wały, piasty, koła zębate itp.

Ograniczenia: głębokość skrawania i posuw, niebezpieczeństwo przeciążenia ostrza skrawającego.

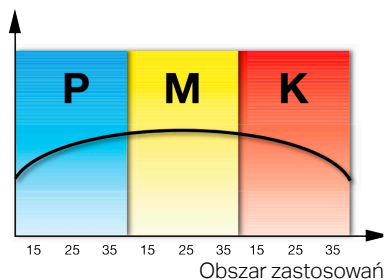
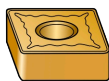
Zalecenia ogólne: Najwyższą produktywność zapewnią w przypadku płytek z gatunku odpornego na ścieranie.

Możliwa optymalizacja: geometria WMX.

## Od uniwersalnych do zoptymalizowanych płytek tokarskich

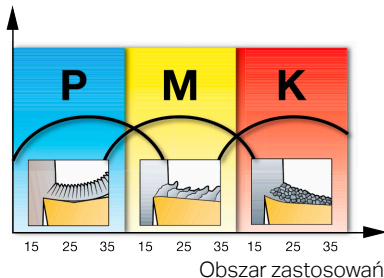
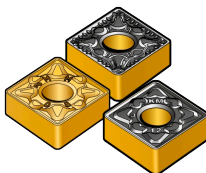
### Płytki uniwersalne

- Uniwersalna geometria
- Optymalizacja przy użyciu gatunków
- Zagrożenia dla wydajności.



### Zoptymalizowane płytki

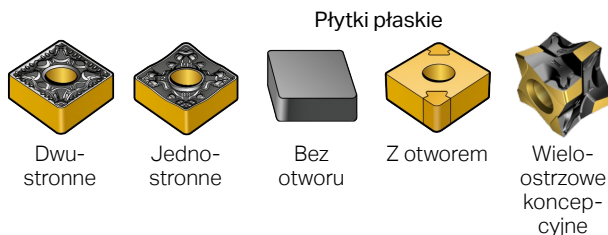
- Optymalizowane geometrie i gatunki
- Wydajność zoptymalizowana pod kątem materiału obrabianego i skrawalności.



# Płytki do toczenia ogólnego

## Różne typy płytek

### Ujemne płytki dwustronne/jednostronne



- W przekroju, kąt ostrza głównej płytki ujemnej o kształcie podstawowym wynosi 90°.
- Dostępne jako dwustronne/jednostronne płytki z otworem lub bez.

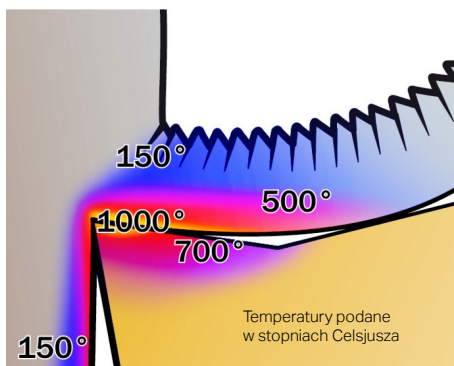
### Dodatknie płytki jednostronne



- W przekroju, kąt ostrza głównej płytki dodatniej ma mniej niż 90°.
- Kąt przyłożenia 7° lub 11°.
- Płytki iLock™ z kątem przyłożenia 5° lub 7°.

## Powstawanie wiórów pod dużym ciśnieniem i w wysokiej temperaturze

Właściwie dobrany gatunek materiału narzędziowego warunkuje osiągnięcie sukcesu



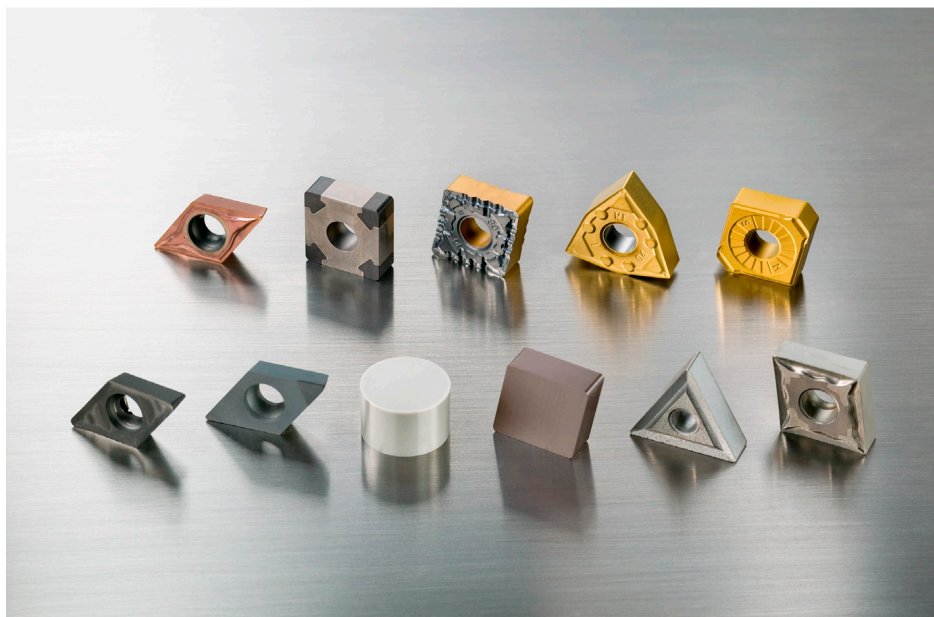
Idealny materiał narzędzia skrawającego powinien:

- być twardy i tym samym odporny na ścieranie i odkształcenia
- być udamy, aby zapobiegać pęknięciu w masie
- nie wchodzić w reakcje chemiczne z materiałem obrabianym
- być chemicznie stabilny i tym samym odporny na utlenianie i dyfuzję
- cechować się dużą odpornością na nagłe zmiany temperatury.

# Podstawowe materiały narzędziowe

Najczęściej stosowane materiały narzędziowe dzielą się na następujące główne grupy:

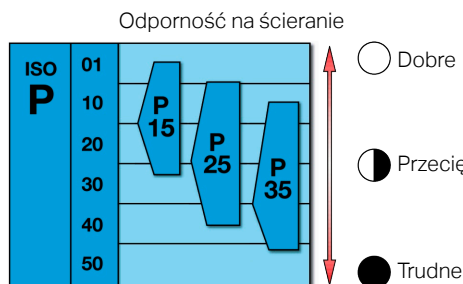
- Niepokrywany węgiel spiekany (HW)
- Węgiel spiekany z pokryciem (HC)
- Cermetale (HT, HC)
  - HT Niepokrywany cermetal zawierający głównie węgliki tytanu (TiC) albo azotki tytanu (TiN) lub obydwia te składniki.
  - HC Cermetal taki, jak powyżej, ale pokrywany.
- Ceramika (CA, CM, CN, CC)
  - CA Ceramika składająca się z tlenków zawierająca głównie tlenek glinu ( $Al_2O_3$ ).
  - CM Mieszana ceramika zawierająca głównie tlenek glinu ( $Al_2O_3$ ) oraz domieszki niebędące tlenkami.
  - CN Ceramika z azotku zawierająca głównie azotek krzemu ( $Si_3N_4$ ).
  - CC Ceramika jak powyżej, lecz pokrywana.
- Regularny azotek boru (BN)
- Diament polikrystaliczny (DP, HC)
  - DP Diament polikrystaliczny.
  - HC Diament polikrystaliczny z pokryciem.



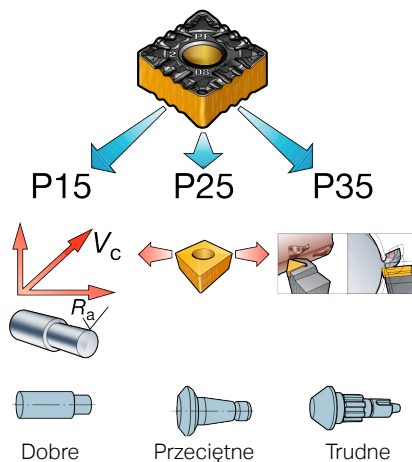
# Jak wybrać geometrię i gatunek płytki

Należy wybrać geometrię i gatunek odpowiednio do zastosowania.

## Odczyt diagramu gatunków



## Warunki obróbki



## Warunki obróbki



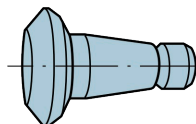
### Dobre warunki

- Skrawanie ciągłe
- Wysokie prędkości
- Przedmiot wstępnie obrobiony
- Doskonałe mocowanie przedmiotu
- Małe wysięgi.



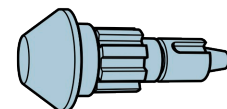
### Średnie warunki

- Profilowanie
- Średnie prędkości
- Przedmiot kuty lub odlewany
- Dobre mocowanie przedmiotu.



### Trudne warunki

- Skrawanie przerywane
- Niskie prędkości
- Ciężka obróbka naskórka kuźniczego i odlewniczego
- Słabe mocowanie przedmiotu.

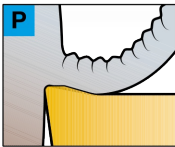
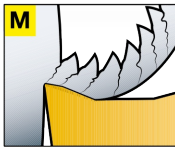
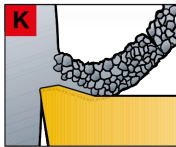
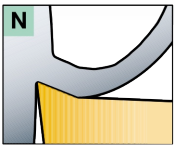
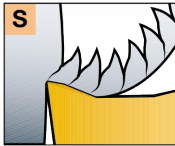
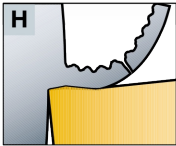


## Zoptymalizowane gatunki materiału narzędziowego

Zastosowanie zoptymalizowanego gatunku pozwala zminimalizować rozwój zużycia

Materiał obrabiany wpływa na zużycie podczas skrawania na różne sposoby. Gatunki przeznaczone do węższego obszaru zastosowań stworzono właśnie po to, aby lepiej móc zapobiegać rozwojowi objawów zużycia takich, jak:

- Starcie na powierzchni przyłożenia, zużycie kraterowe i odkształcenie plastyczne
- Narost i wręby (karb).

| ISO P  | Stal              | ISO M  | Stal nierdzewna                | ISO K  | Żeliwo         |
|--|-------------------|--|--------------------------------|--|----------------|
|   |                   |   |                                |   |                |
| ISO N  | Metale nieżelazne | ISO S  | Stopy żaroodporne i superstopy | ISO H  | Stal hartowana |
|  |                   |  |                                |  |                |

# Wybór kształtu płytki

## Wpływ dużego i małego kąta naroża

Kształt płytki i kąt naroża mogą być bardzo różne, począwszy od płytek z kątem naroża 35° do płytki okrągłej.

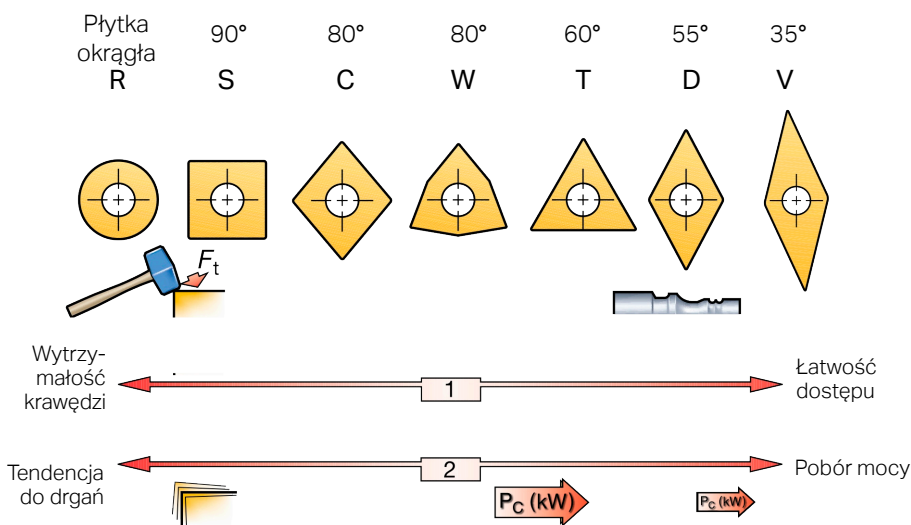
Każdy kształt ma wyjątkowe właściwości:

- niektóre oferują zwiększoną wytrzymałość przy obróbce zgrubej,
- inne lepszą dostępność do kształtowanych powierzchni.

Każdy kształt płytki ma też ograniczenia.

Na przykład:

- dobra dostępność ostrza do powierzchni obrabianej wiąże się z jego osłabieniem.



### Duży kąt naroża








- Mocniejsze krawędzie
- Wyższe posuwy
- Wyższe siły skrawania
- Większe drgania.

### Mały kąt naroża

- Słabsze krawędzie
- Lepszy dostęp do obrabianych powierzchni
- Mniejsze siły skrawania
- Mniejsze drgania.

## Czynniki wpływające na wybór kształtu płytki

Kształt płytki należy dobierać według wymagań co do dostępności, wynikającej z kąta przystawienia danego narzędzia. Należy stosować płytki o jak największym kącie naroża, które gwarantują wytrzymałość i wysoką niezawodność.

| Kształt płytki                         |  |  |  |  |  |  |  |
|--|---|---|---|---|---|---|--|
| Wytrzymałość w obróbce zgrubnej        | ++  | ++  | ++  | +   | +   |   |  |
| Lekka obróbka zgrubna/półwykończeniowa |   | +   | ++  | +   | ++  | ++  |  |
| Obróbka wykończeniowa                  |   |   | +   | +   | ++  | ++  | ++   |
| Toczenie wzdłużne                      |   |   | ++  | +   | +   | ++  | +  |
| Profilowanie                           | +   |   |   |   | +   | ++  | ++   |
| Planowanie                             | +   | ++  | ++  | +   | +   | +   |  |
| Wszechstronność zastosowań             | +   |   | ++  | +   | +   | ++  | +  |
| Małe zapotrzebowanie na moc            |   |   | +   | +   | ++  | ++  | ++   |
| Ryzyko drgań                           |   |   |   | +   | ++  | ++  | ++   |
| Twarde materiały                       | ++  | ++  |   |   |   |   |  |
| Skrawanie przerywane                   | ++  | ++  | +   | +   | +   |   |  |

++ = Zalecane

+ = Odpowiednie

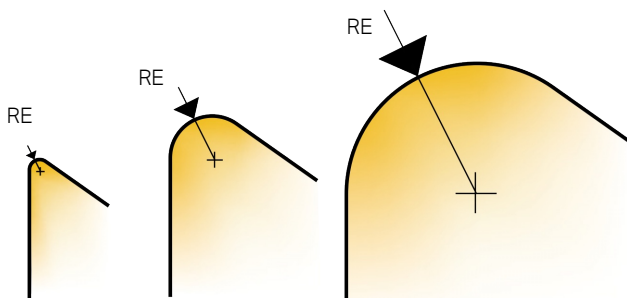
## Liczba krawędzi skrawających

|                                  |   |   |   |   |   |   |  |
|----------------------------------|---|---|---|---|---|---|--|
| Kształt płytki                   |  |  |  |  |  |  |  |
| ISO (pierwszy znak)              | R   | S   | C   | W   | T   | D   | V  |
| Liczba krawędzi płytek ujemnych  | 8*  | 8   | 4   | 6   | 6   | 4   | 4  |
| Liczba krawędzi płytek dodatnich | 4*  | 4   | 2   | 3   | 3   | 2   | 2  |

\*W zależności od głębokości skrawania  $a_p$

## Wybór promienia naroża

### Znaczenie długości promienia naroża



#### Mały promień naroża

- Doskonały przy małych głębokościach skrawania
- Sprzyja zmniejszeniu drgań
- Słabe ostrze.

#### Duży promień naroża

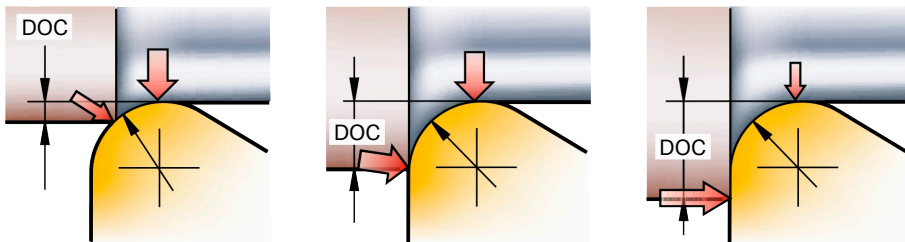
- Duże posuwy
- Duże głębokości skrawania
- Bezpieczne ostrze
- Większa siła odporowa.

#### Praktyczna wskazówka

Głębokość skrawania nie powinna być mniejsza od promienia naroża (RE).

## Mały promień naroża powinien być pierwszym wyborem

W przypadku zastosowania małego promienia naroża, siła odporowa zostaje ograniczona do minimum, natomiast płytka o dużym promieniu naroża ma mocniejsze krawędzie skrawające, zapewnia lepszą chropowatość powierzchni, a ostrze nie jest obciążane punktowo.

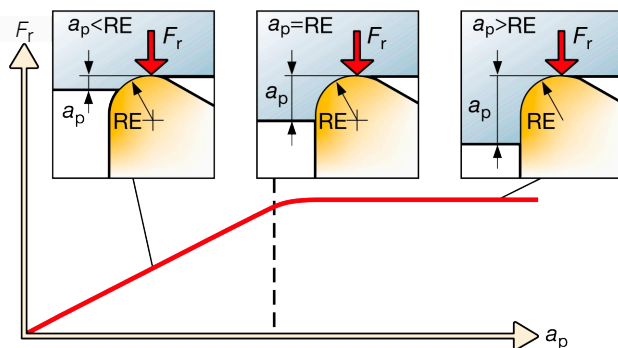


- Zależność między promieniem naroża a głębokością skrawania decyduje o tendencji do wzbudzenia drgań. Często korzystne jest zastosowanie promienia naroża krótszego niż głębokość skrawania DOC.

## Zależność między promieniem naroża a głębokością skrawania

Siła odporowa działająca na narzędzie wzrasta liniowo wraz ze wzrostem głębokości skrawania, aż do zrównania się jej z długością promienia naroża płytki, po czym stabilizuje się na tej wartości.

W przypadku płytek okrągłych teoretyczny promień naroża stanowi połowę średnicy płytki (1C).

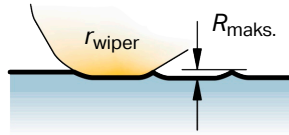


# Toczenie z wysokim posuwem przy użyciu płytek wiper

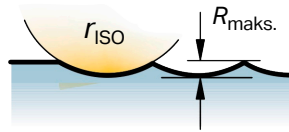
## Płytki wiper – Informacje ogólne



Płytki wiper



Tradycyjna płytka



### Dlaczego warto używać płytki wiper

- Wzrost posuwu i zwiększenie produktywności
- Poprawa jakości powierzchni przy normalnym posuwie.

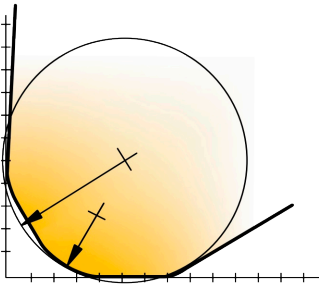
### Kiedy używać płytek wiper

- Płytek wiper należy używać jako płytek pierwszego wyboru, gdy tylko jest to możliwe.

### Ograniczenia

- Głównym ograniczeniem jest większe ryzyko wzbudzenia drgań
- Wizualnie przedmiot obrabiany może nie wskazywać na tak dobrą wartość chropowatość powierzchni, jaki uzyska się w wyniku pomiaru profilometrem

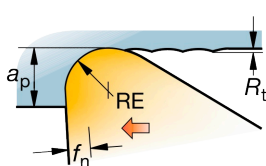
## Płytki wiper – Rozwiązanie techniczne



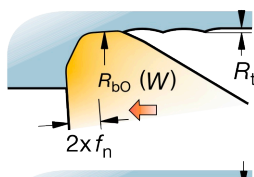
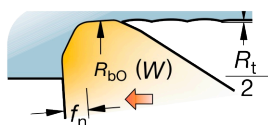
- Naroże płytki wiper tworzy 3-9 łuków o różnych promieniach.
- Powierzchnia styku płytki i przedmiotu obrabianego jest dłuższa w przypadku płytek wiper.
- Dłuższa powierzchnia styku oznacza lepsze wykończenie powierzchni.
- Dłuższa powierzchnia styku zwiększa siły skrawania, co zwiększa ryzyko wzbudzenia płytką wiper drgań podczas obróbki niestabilnych przedmiotów.

Tradycyjne naroże płytki z promieniem w porównaniu z narożem wiper.

## Naroże Wiper – chropowatość powierzchni



Tradycyjna płytka

Płytko wiper z podwojonym posuwem, porównywalne  $R_a$ Płytko wiper ze zwykłym posuwem, połowa  $R_a$ 

TECHNOLOGY  
**Wiper**

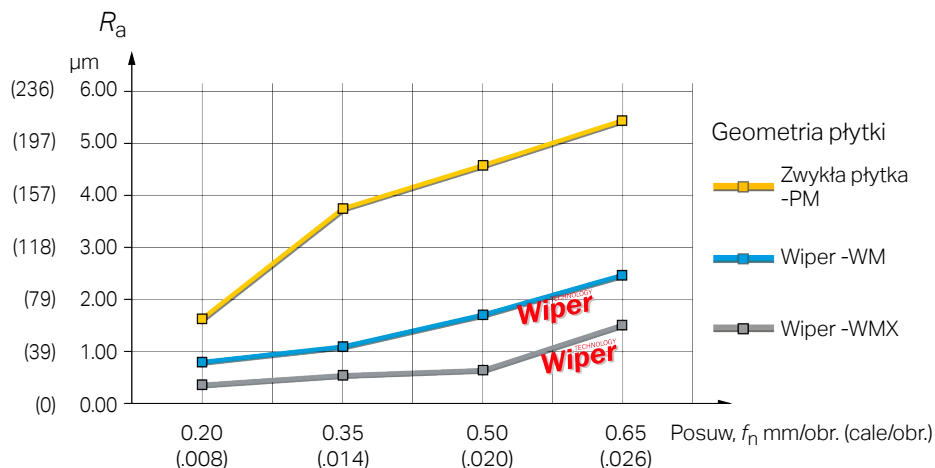
## Praktyczna wskazówka

- Przy obróbce płytką wiper z podwojonym posuwem chropowatość powierzchni jest porównywalna ze skrawaniem ze zwykłym posuwem płytkami o geometrii konwencjonalnej.
- Przy obróbce płytką wiper ze zwykłym posuwem chropowatość powierzchni jest dwukrotnie lepsza niż przy skrawaniu płytkami o geometrii konwencjonalnej.

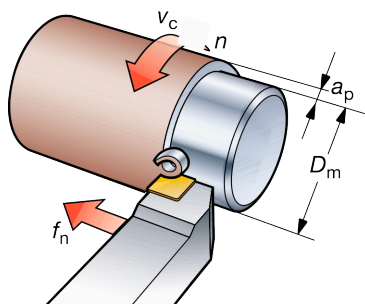
$R_t$  = Całkowita wysokość profilu

$R_a$  = Arytmetyczna średnia rzędnych profilu

## Profil powierzchni – tradycyjne płytki ISO i płytki wiper

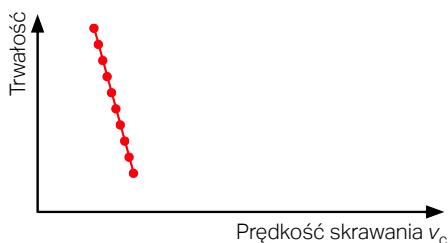


# Parametry skrawania wpływają na trwałość narzędzi



Należy wykorzystać potencjał:

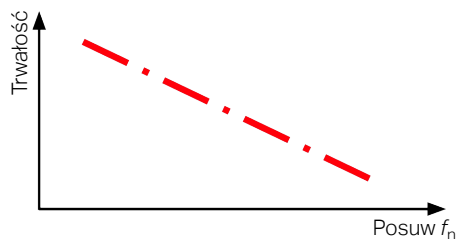
- $a_p$  – aby zmniejszyć liczbę przejść
- $f_n$  – aby skrócić czas skrawania
- $v_c$  – aby zapewnić jak najdłuższą trwałość ostrza narzędzia



**Prędkość skrawania**

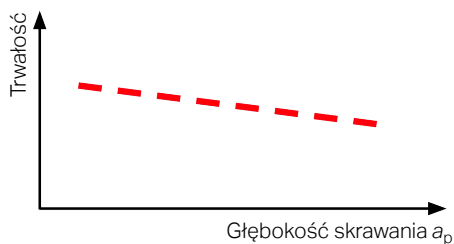
$v_c$  – duży wpływ na trwałość.

Zmodyfikować  $v_c$  ze względu na optymalność obróbki



**Posuw**

$f_n$  – wpływ na trwałość mniejszy niż w przypadku  $v_c$

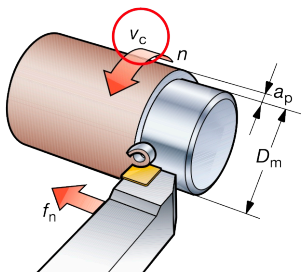


**Głębokość skrawania**

$a_p$  – niewielki wpływ na trwałość

## Wpływ prędkości skrawania

### Najważniejszy czynnik wpływający na trwałość narzędzia



#### Jeśli zbyt wysoka

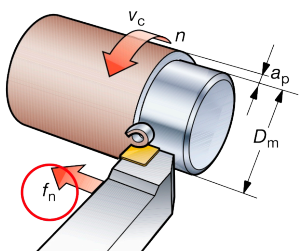
- Szybkie starcie powierzchni przyłożenia
- Zła jakość wykończenia powierzchni
- Szybkie zużycie kraterowe
- Deformacja plastyczna.

#### Jeśli zbyt niska

- Narost
- Niska opłacalność obróbki.

## Wpływ posuwu

### Najważniejszy czynnik wpływający na produktywność



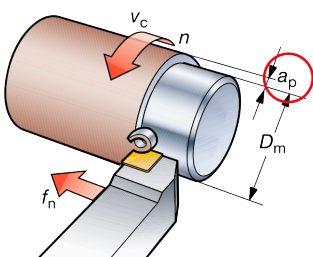
#### Jeśli zbyt wysoki

- Utrata możliwości kontroli wiórów
- Słabe wykończenie powierzchni
- Zużycie kraterowe, deformacja plastyczna
- Duży pobór mocy
- Zgrzewanie się wiórów
- Uderzanie wiórów w materiał.

#### Jeśli zbyt niski

- Długi wiór
- Niska opłacalność obróbki.

## Wpływ głębokości skrawania



#### Jeśli zbyt duża

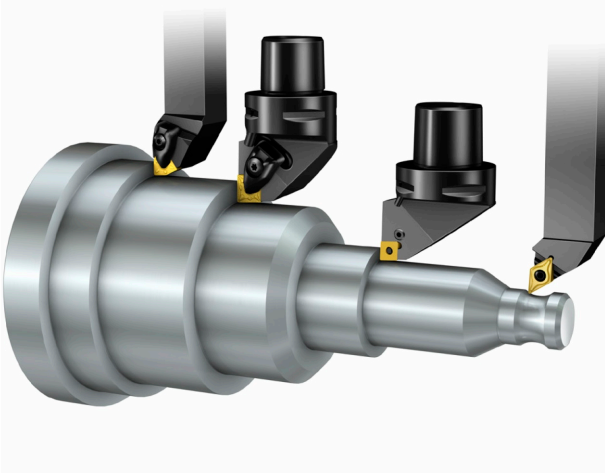
- Duże zapotrzebowanie na moc
- Wyłamanie ostrza płytki
- Wyższe siły skrawania.

#### Jeśli zbyt mała

- Utrata możliwości kontroli wiórów
- Drgania
- Zbyt wysoka temperatura
- Niska opłacalność obróbki.

# Toczenie zewnętrzne

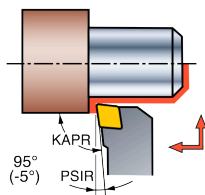
## Wybór narzędzia i zasady stosowania



### Ogólne wskazówki

- Bezpieczne zamocowanie płytki i oprawki jest czynnikiem istotnym dla stabilności podczas toczenia.
- Typy oprawek są definiowane przez kąt przystawienia oraz kształt i rozmiar stosowanej płytki.
- Wyboru układu oprawki dokonuje się głównie na podstawie typu zabiegu technologicznego.
- Inny ważny wybór dotyczy użycia płytki ujemnej lub dodatniej.
- Tam, gdzie to możliwe, należy używać narzędzi modułowych.

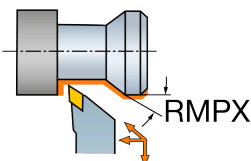
# Cztery główne obszary zastosowania



Najczęstszy kierunek ruchu posuwowego w toczeniu

- Często używana jest płytką rombowa o kształcie typu C (80°).
- Często używane są oprawki z kątami przystawienia 95° i 93° (PSIR: -5° i -3°).
- Alternatywą dla płytek o kształcie typu C są płytki o kształcie typu D (55°), typu W (80°) i typu T (60°).

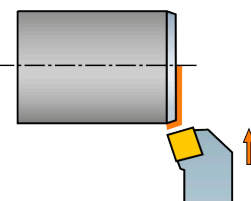
## Profilowanie



Decydujące czynniki to wszechstronność i dostęp do powierzchni

- Należy zastanowić się nad wyborem efektywnego kąta przystawienia, zapewniającego zadowalające rezultaty obróbki.
- Najczęściej używany kąt przystawienia KAPR=93° (PSIR=3°), ponieważ umożliwia on użycie kąta zagłębienia między 22°-27°.
- Najczęściej używane są płytki o kształcie typu D (55°) i typu V (35°).

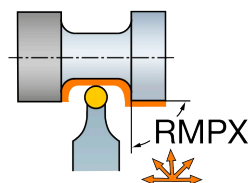
## Planowanie



Ruch posuwowy prostopadły do osi obrotu

- Należy zwrócić uwagę na liniową zmianę prędkości skrawania zależnie od odległości do osi obrotu (przy stałej prędkości obrotowej wrzeciona).
- Często używane są kąty przystawienia KAPR 75° i 95°/91° (PSIR: 15° i -5°/-1°).
- Często używane są płytki o kształcie typu C (80°) i typu S (90°).

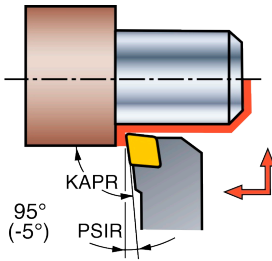
## Toczenie wgłębne



Metoda służąca do toczenia rowków lub poszerzania płytkich rowków

- Płytki okrągłe doskonale nadają się do toczenia wgłębego, gdyż mogą pracować z posuwem zarówno w kierunku wzdłużnym, jak i promieniowym.
- Do płytek okrągłych często stosowane są oprawki neutralne z kątem przystawienia KAPR= 90°.

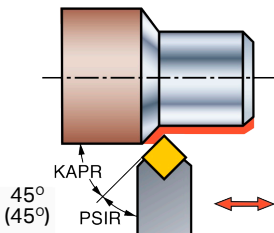
## Duży kąt przystawienia KAPR (mały PSIR)



### Cechy / korzyści

- Siła całkowita skierowana w stronę uchwytu
- Możliwość toczenia w bezpośrednim sąsiedztwie powierzchni czołowych kołnierzy
- Większe siły skrawania przy zagłębianiu i wyprowadzaniu ostrza z materiału
- Tendencja do tworzenia się korbów w superstopach żaroodpornych i twardych materiałach.

## Mały kąt przystawienia KAPR (duży PSIR)



### Cechy / korzyści

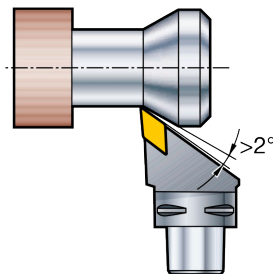
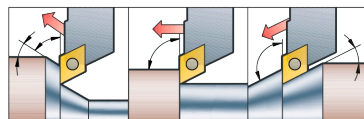
- Formowanie cieńszych wiórów  
- Większa produktywność
- Redukcja formowania karbu
- Brak możliwości toczenia w sąsiedztwie powierzchni czołowych

## Kąt przystawienia i kąt zagłębienia

### Ważne czynniki, które należy uwzględnić przy toczeniu profilowym

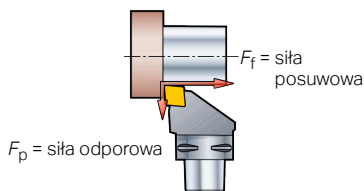
- W toczeniu profilowym występują różne głębokości skrawania, grubości wiórów i prędkości skrawania.
- Należy stosować płytki o możliwie jak największym kącie naroża ponieważ im jego wartość jest większa, tym wyższa jest wytrzymałość i opłacalność. Należy jednak pamiętać o właściwym odstępie między materiałem i ostrzem skrawającym, który wpływa na dostępność.
- Najczęściej stosowane kąty naroża to  $55^\circ$  i  $35^\circ$ .
- Kąt przystawienia i kąt naroża płytki to czynniki, od których w istotny sposób zależy dostępność. Należy przeanalizować profil obrabianego przedmiotu w celu wyboru najbardziej odpowiedniego kąta podczas obróbki profilowej.
- Kąt pomiędzy powierzchnią przedmiotu obrabianego a powierzchnią płytki nie powinien być mniejszy niż  $2^\circ$ .

Toczenie profilowe od osi obrotu      Toczenie wzdłużne      Toczenie profilowe do osi obrotu

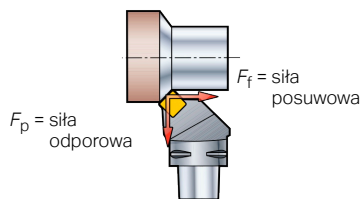


### Osiowe i promieniowe składowe siły

**Duży kąt przystawienia KAPR (mały PSIR)**



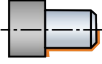
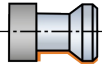
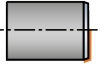








**Mały kąt przystawienia KAPR (duży PSIR)**



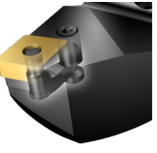


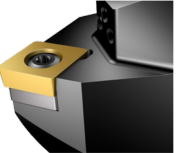

- Wyraźnie dominuje składowa siły skierowana w stronę uchwytu. Mniejsze ryzyko drgań.
- Większa wartość siły, zwłaszcza przy zagłębieniu i wyprowadzaniu ostrza z materiału.

- Wysoki udział składowych siły zarówno w kierunku promieniowym, jak i osiowym.
- Mniejsze obciążenie krawędzi skrawającej.
- Siły w kierunku osiowym i promieniowym - Ryzyko drgań.

## Zalecany kształt płytki w zależności od rodzaju obróbki

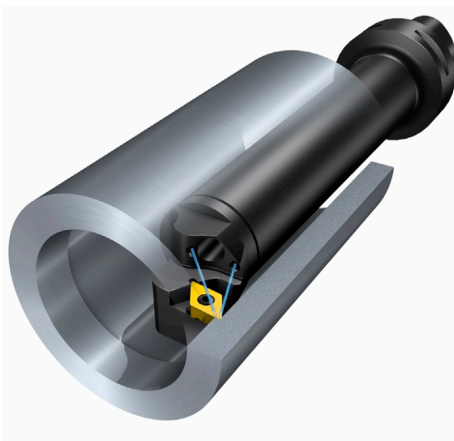
| Kształt płytki   | Toczenie wzdłużne   | Profilowanie  | Planowanie  | Toczenie wstępne   |
|--|---|---|---|--|
| ++ = Zalecane rozwiązanie<br>+ = Alternatywny wybór  |  |  |  |  |
|  Rombowa 80°    | ++  |   | +   |  |
|  Rombowa 55°    | +   | ++  | +   |  |
|  Okrągła        | +   | +   | +   | ++   |
|  Kwadratowa     | +   |   | ++  |  |
|  Trójkątna      | +   | +   | +   |  |
|  Trygonalna 80° | +   |   | +   |  |
|  Rombowa 35°    |   | +   |   |  |

## Wybór systemu mocowania

| Mocowanie dźwigniowe   | Docisk sztywny  | Mocowanie klinowe   | Mocowanie śrubą   | Mocowanie koncepcyjne  |
|--|---|---|---|--|
|  |  |  |  |  |

# Toczenie wewnętrzne

## Wybór narzędzia i zasady stosowania



### Ogólne wskazówki

- W toczeniu wewnętrznym (wytaczanie) wybór narzędzia jest ściśle powiązany ze średnicą i długością otworu.
  - Wybrać narzędzie z trzonkiem o możliwie największym przekroju poprzecznym i jak najkrótszym wysięgu
  - Odprowadzanie wiórów to czynnik o zasadniczym znaczeniu dla udanego wytaczania
  - Metoda mocowania ma decydujące znaczenie dla wydajności i rezultatu obróbki
  - Dostarczanie chłodziwa może poprawić odprowadzanie wiórów.

## Kryteria wyboru

### Geometria narzędzia i płytki

- Kąt przystawienia
- Kształt płytki, ujemny/ dodatni
- Geometria płytki
- Kąt naroża
- Promień naroża.

### Odprowadzanie wiórów

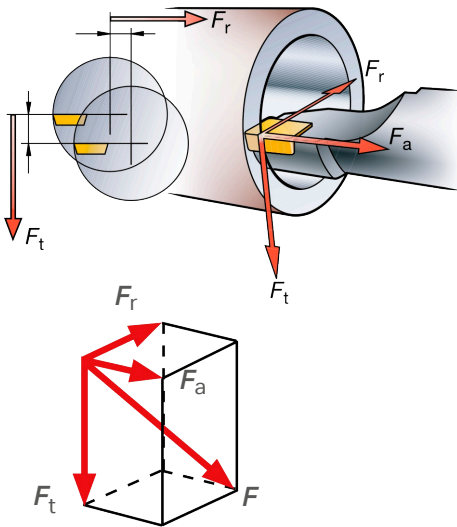
- Wielkość wiórów
- Kontrola wiórów
- Techniki obróbki
- Chłodziwo.

### Wymogi narzędziowe

- Minimalizacja długości
- Maksymalizacja przekroju
- Optymalny kształt
- Różne materiały narzędziowe
- Mocowanie
- Zastosowanie tłumika drgań.

## Wpływ sił na toczenie wewnętrzne

Promieniowe i osiowe składowe siły całkowitej odchylają wytaczak



Siła skrawania,  $F_t$

- Powoduje ugięcie wytaczaka poniżej osi
- Powoduje zmniejszenie kąta przyłożenia.

Siła odporowa,  $F_r$

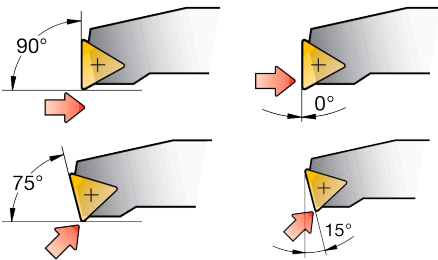
- Zmienia głębokość skrawania i grubość wiórów
- Powoduje zwiększenie odchyłek od wymiaru nominalnego i zwiększa ryzyko drgań.

Siła posuwowa,  $F_a$

- Działa wzdłuż kierunku posuwu narzędzia.

## Wybór kąta przystawienia

Kąt przystawienia a siły skrawania



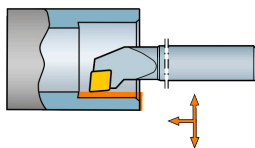
- Wybrać kąt przystawienia KAPR bliski  $90^\circ$  (PSIR bliski  $0^\circ$ ).

- Jeśli to możliwe, nie wybierać narzędzi z kątem przystawienia KAPR mniejszym niż  $75^\circ$  (PSIR większym niż  $15^\circ$ ), ponieważ powoduje to znaczny wzrost siły odporowej  $F_r$ .

- Mniejsza siła w kierunku promieniowym = mniejsze ugięcie promieniowe.

## Cztery główne obszary zastosowania

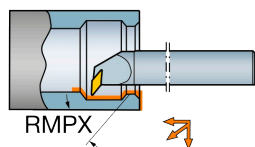
### Toczenie wzdłużne/ planowanie



Najczęściej spotykany typ obróbki w toczeniu wewnętrznym.

- Często używana jest płytko rombowa o kształcie typu C (80°).
- Często używane są wytaczaki z kątami przystawienia KAPR 95° i 93° (PSIR -5° i -3°).
- Często używa się także płytek o kształcie typu D (55°), typu W (80°) oraz typu T (60°).

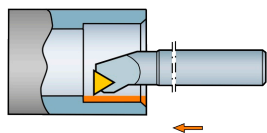
### Profilowanie



Decydujące czynniki to wszechstronność i dostępność.

- Należy zastanowić się nad wyborem efektywnego kąta przystawienia.
- Często używane są wytaczaki z kątem przystawienia KAPR 93° (PSIR -3°), umożliwiającym osiągnięcie kąta zagłębienia 22-27°.
- Często używane są płytki o kształcie typu D (55°) i typu V (35°).

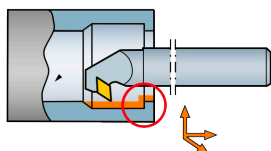
### Toczenie wzdłużne



Operacji wytaczania dokonuje się w celu powiększenia istniejących otworów.

- Zaleca się kąt przystawienia KAPR bliski 90° (PSIR 0°).
- Stosować jak najmniejszy wysięg.
- Często używane są płytki o kształcie typu C (80°), typu S (90°) i typu T (60°).

### Wytaczanie wsteczne

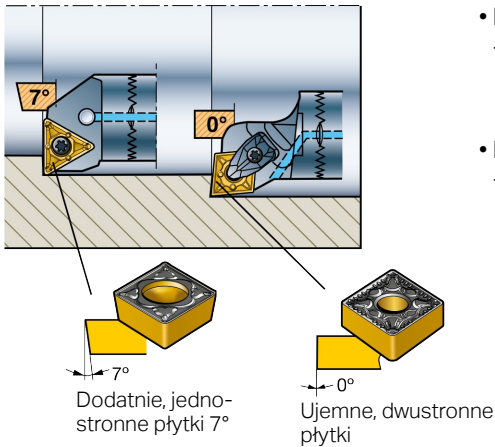


W wytaczaniu wstecznym kierunek ruchu posuwowego jest odwrótny, tj. od uchwytu do wylotu z otworu.

- Toczenie występow o kącie mniejszym niż 90°.
- Często używa się wytaczaków z kątem przystawienia KAPR 93° (PSIR -3°) oraz płytek o kształcie typu D (55°).

## Wybór kąta przyłożenia

Płytki dodatnie powodują mniejsze siły i mniejsze ugięcie narzędzia



- Płytki z kątem przyłożenia 7°
  - Pierwszy wybór w przypadku małych i średnich otworów o średnicy od 6 mm (.236 cala).
- Najwyższa opłacalność
  - Należy używać ujemnych płytek w stabilnych warunkach przy krótkim wyśięgu.

## Zalecany kształt płytki w zależności od rodzaju obróbki

| Kształt płytki                                      | Toczenie wzdłużne | Profilowanie | Planowanie |
|---|-------------------|--------------|------------|
| ++ = Zalecane rozwiązanie<br>+ = Alternatywny wybór |                   |              |            |
| Rombowa 80°   | +                 |              | ++         |
| Rombowa 55°   | +                 | ++           | +          |
| Okrągła   | +                 |              | +          |
| Kwadratowa  | +                 |              |            |
| Trójkątna   | ++                |              | +          |
| Trygonalna 80°                                      | +                 |              | +          |
| Rombowa 35°   |                   | +            |            |

## Kąt naroża płytki

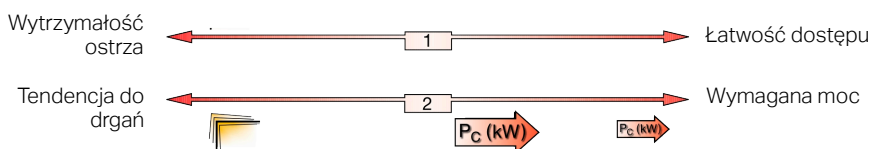
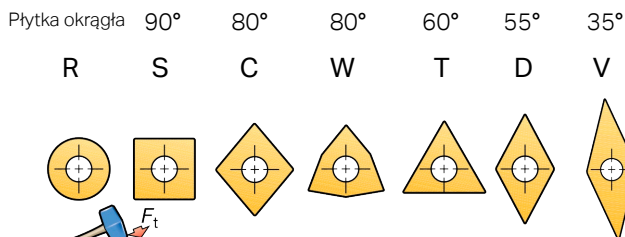
### Duży kąt naroża:

- Mocniejsze krawędzie skrawające
- Wyższe posuwy
- Większe siły skrawania
- Większe drgania

### Mały kąt naroża:

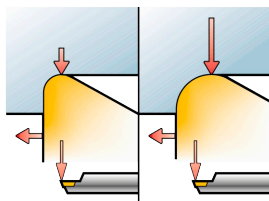
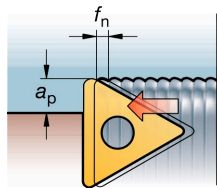
- Lepsza dostępność
- Mniejsze drgania
- Mniejsze siły skrawania

Należy stosować najmniejszy kąt zapewniający akceptowalną wytrzymałość i ekonomikę obróbki.



## Pole przekroju warstwy skrawanej i promień naroża

### Siły skrawania i ugięcie narzędzia



- Zarówno małe, jak i duże przekroje warstwy skrawanej mogą powodować drgania:
  - Duże z powodu zbyt wysokich oporów skrawania
  - Małe ze względu na zbyt duże tarcie między narzędziem i przedmiotem obrabianym.

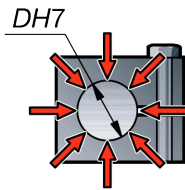
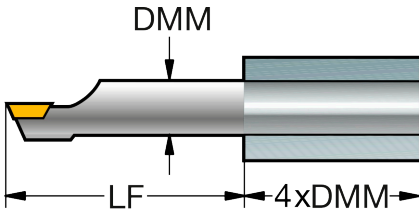
- Stosunek RE (promienia naroża) do  $a_p$  (głębokości skrawania) decyduje o skłonności do wzbudzenia drgań
- Mniejsza siła odporowa = mniejsze ugięcie promieniowe.

### Praktyczna wskazówka

Wybrać płytkę z promieniem naroża nieco mniejszym od głębokości skrawania.

## Mocowanie wytaczaka

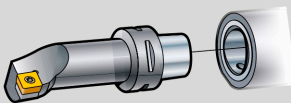
Krytyczne czynniki wpływające na stabilność, zapewniającą optymalne funkcjonowanie



- Maksimum kontaktu między narzędziem i chwytem narzędzia (konstrukcja, tolerancja wymiarowa).
- Długość obszaru mocowania 3 do 4 razy dłuższa od średnicy trzonka (aby zrównoważyć siły skrawania).
- Siła zacisku i sztywność uchwytu.

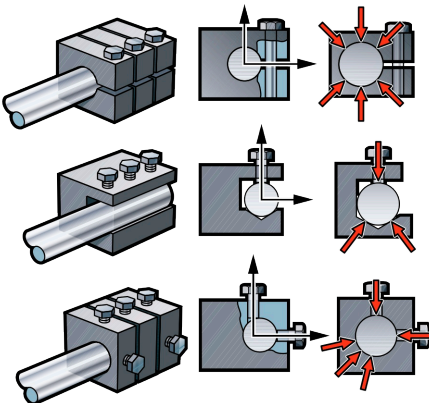
## Wymogi odnośnie mocowania narzędzia

Maksymalny styk między oprawką narzędziową i uchwytem po stronie obrabiarki



Złącze Coromant Capto®

### Zalecane rozwiązanie



Do przyjęcia

Niezalecane rozwiązanie

Niezalecane rozwiązanie

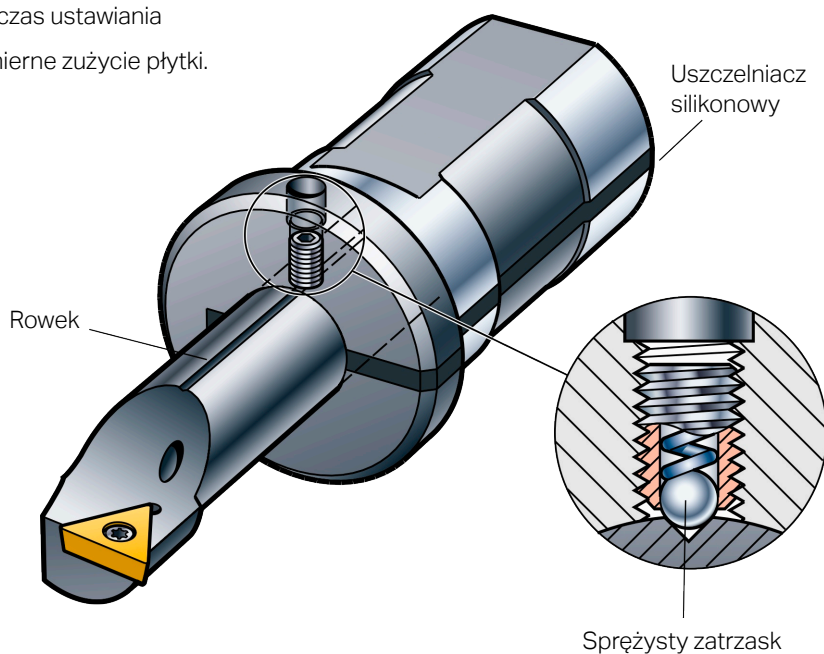
## Tuleje EasyFix

Do poprawnego mocowania trzonek z chwytem walcowym

Pozwala na łatwe ustawienie ostrza na wysokości osi obrotu

Korzyści:

- Krawędź skrawająca we właściwym położeniu
- Bezproblemowe toczenie zapewnia doskonałe wykończenie powierzchni
- Krótszy czas ustawiania
- Równomierne zużycie płytki.

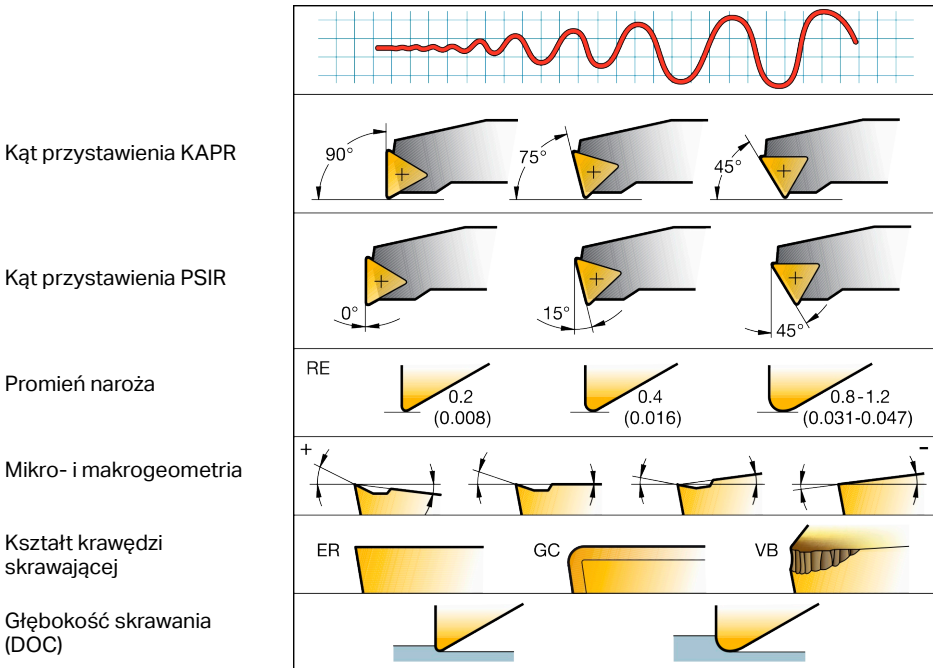


Sprężysty zatrask umieszczony w tulei wpada w rowek nacięty na wytaczaku, zapewniając poprawne ustawienie krawędzi skrawającej na wysokości osi obrotu.

Rowek w cylindrycznej tulei wypełniony jest uszczelniaczem silikonowym, co pozwala na korzystanie z wewnętrznego systemu doprowadzenia chłodziwa.

# Czynniki wpływające na powstawanie drgań

Skłonność do drgań (na ilustracji wzrasta od lewej do prawej)



## Kąt przystawiania

- Wybrać kąt przystawiania KAPR jak najbliższy  $90^\circ$  (PSIR jak najbliższy  $0^\circ$ ) i nie mniejszy niż  $75^\circ$  (PSIR nie większy niż  $15^\circ$ ).

## Promień naroża

- Wybrać promień naroża nieco mniejszy niż głębokość skrawania.

## Mikro- i makrogeometria

- Używać dodatnich płytek o podstawowym kształcie, gdyż dają one mniejsze siły skrawania w porównaniu z płytkami ujemnymi.

## Kształt krawędzi skrawającej

- Zużycie płytki zmienia odstęp między płytką i ścianą otworu. Może to mieć wpływ na przebieg procesu skrawania i wzbudzać drgania.

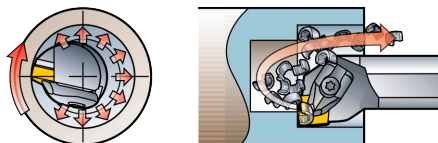
- Zalecane jest użycie płytek z ciekim pokryciem lub niepokrywanych, gdyż generują one zwykle mniejsze siły skrawania.

## Głębokość skrawania (DOC)

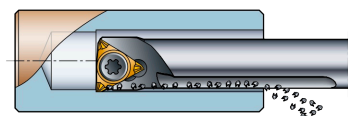
- Wybrać promień naroża nieco mniejszy niż głębokość skrawania.

## Odprowadzanie wiórów

Odprowadzanie wiórów to czynnik o zasadniczym znaczeniu dla udanego wytaczania

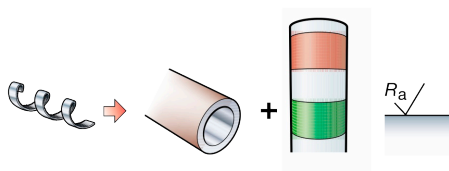


- Siła odśrodkowa dociska wióry do wewnętrznej ściany otworu.
- Wióry mogą uszkodzić wnętrze otworu.



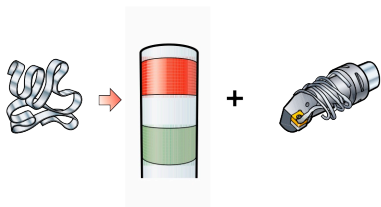
- Wewnętrzne podawanie chłodziwa może pomóc w odprowadzaniu wiórów.
- Uderzeniom wiórów o krawędź skrawającą może zapobiec obrócenie wytaczaka powierzchnią natarcia ku dołowi.

## Odprowadzanie i kontrola wiórów



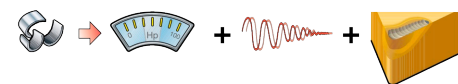
### Wióry krótkie i spiralne

- Preferowane. Łatwe do odprowadzenia i nie wywierają dużego nacisku na krawędzie skrawające podczas łamania.



### Długie wióry

- Ich odprowadzenie może być utrudnione.
- W umiarkowanym stopniu przyczyniają się do wzbudzenia drgań, ale podczas zautomatyzowanej produkcji mogą sprawiać problemy, ponieważ ich usunięcie jest utrudnione.

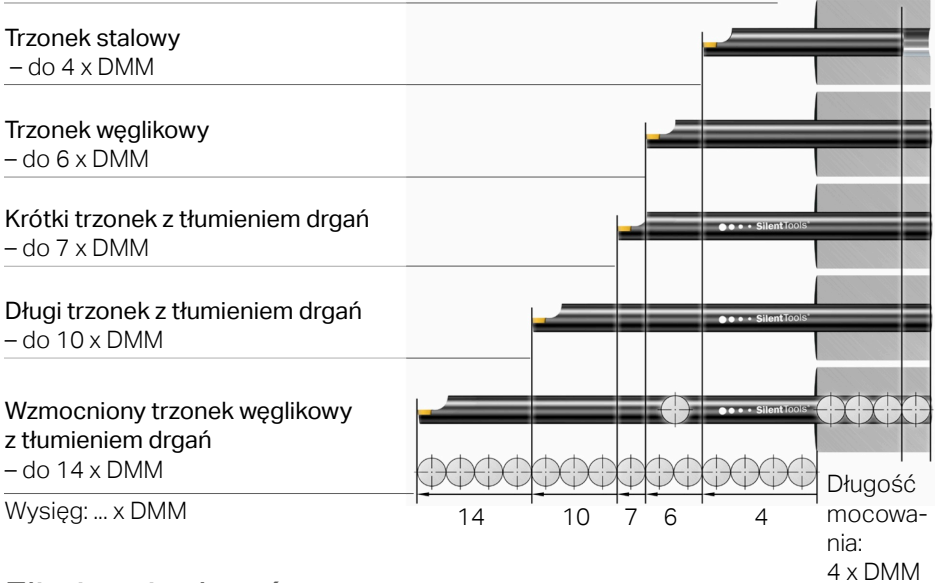


### Krótkie wióry odcinkowe

- Wymagają dużej mocy i mogą powodować drgania.
- Mogą powodować nadmierne zużycie kraterowe i być przyczyną słabej trwałości narzędzia i zakleszczania się wiórów.

# Zalecany wysięg narzędzia

## Maksymalny wysięg dla różnych typów trzonek



## Eliminacja drgań

### Obróbka wewnętrzna przy użyciu wytaczaków z tłumieniem

- Wzrost produktywności w głębokich otworach.
- Minimalizacja drgań.
- Zalecane parametry skrawania mogą zostać osiągnięte, a nawet przekroczone.
- Wytaczaki z tłumieniem dostępne są od średnicy 10 mm (.394 cala).
- Maksymalny oferowany standardowo wysięg 14 x DMM (wzmacniany trzonek węglkowy).



● ● ● ● SilentTools®



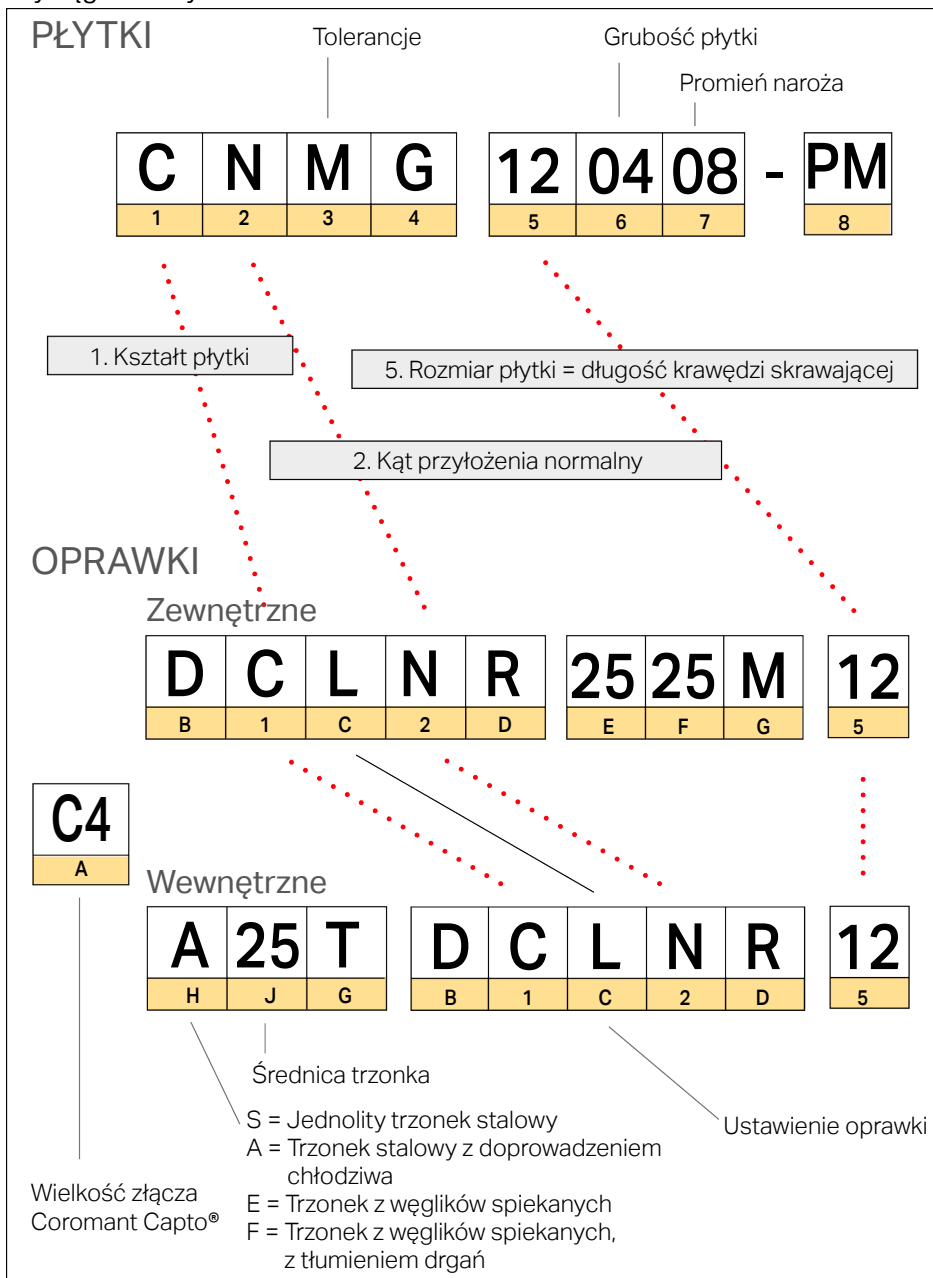
Trzonek stalowy



Trzonek z tłumieniem drgań

# Sposób oznaczania płytek i oprawek – METRYCZNE JEDNOSTKI MIAR

Wyciąg z normy ISO 1832:1991



## 1. Kształt płytki



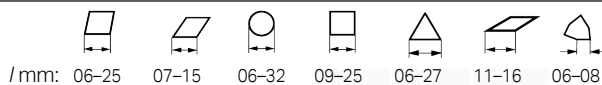
## 2. Kąt przyłożenia normalny



## 4. Typ płytki



## 5. Rozmiar płytki = długość krawędzi skrawającej



## 7. Promień naroża

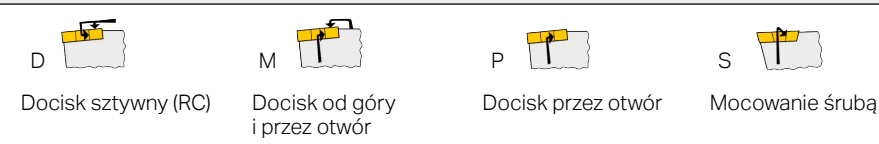
|  |             |   |              |
|--|-------------|---|--------------|
|  | 02 RE = 0.2 | Zalecany pierwszy wybór promienia naroża: |              |
|  | 04 RE = 0.4 | T-Max P                                   | CoroTurn 107 |
|  | 08 RE = 0.8 |   |              |
|  | 12 RE = 1.2 | Obr. wykończeniowa                        | 08           |
|  | 16 RE = 1.6 | Obr. średnia                              | 08           |
|  | 24 RE = 2.4 | Obr. zgrubna                              | 12           |

## 8. Geometria – opcja producenta

Producent może dodać kolejne dwa symbole do kodu opisującego geometrię płytki.

- PF = Obróbka wykończeniowa materiałów ISO P
- MR = Obróbka zgrubna materiałów ISO M

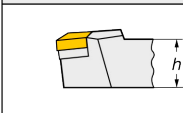
## B. System mocowania płytki



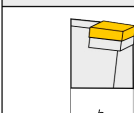
## D. Kierunek posuwu



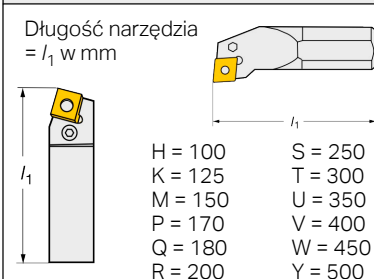
## E. Wysokość chwyty



## F. Szerokość chwyty

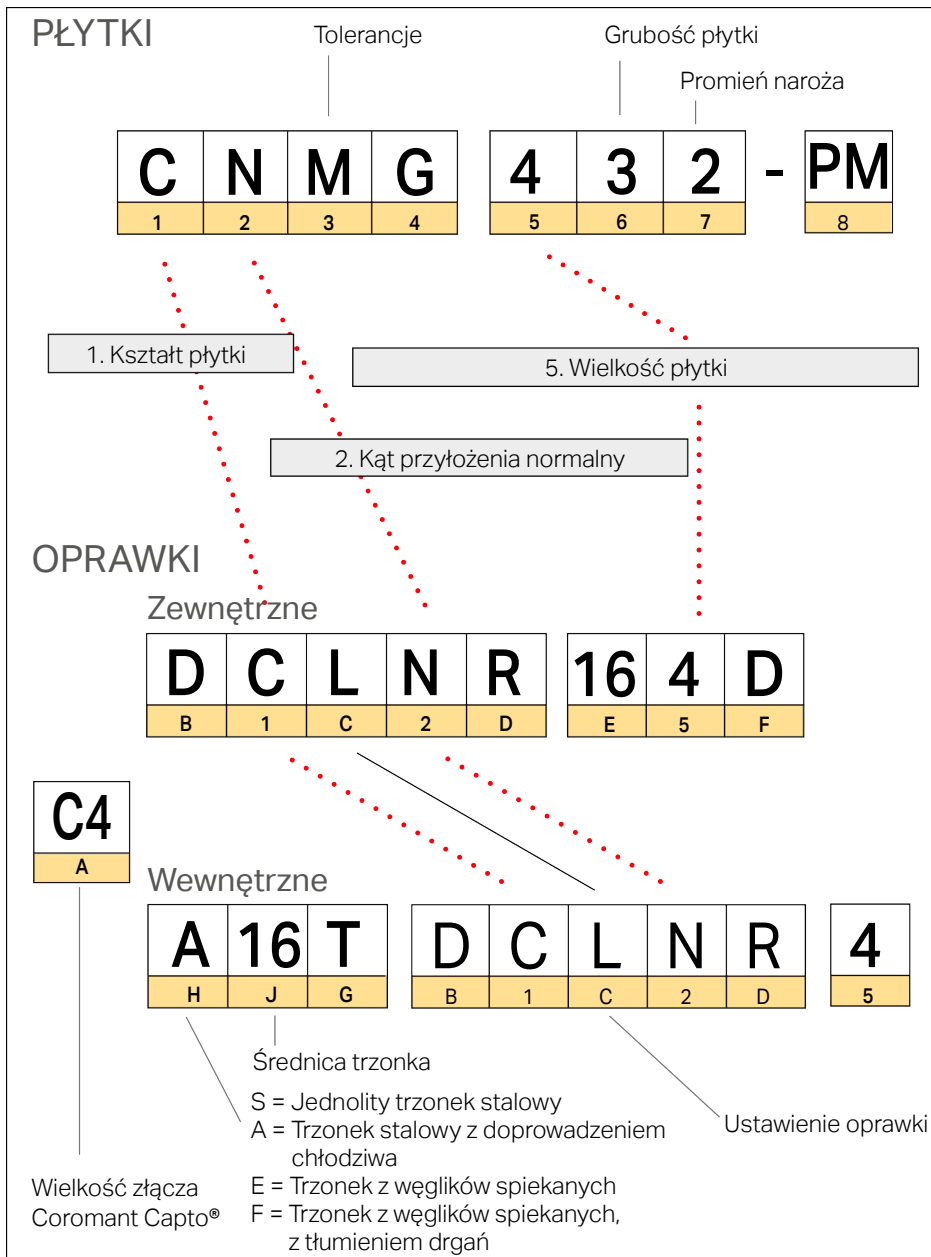


## G. Długość narzędzia



# Sposób oznaczania płytek i oprawek - ANGLOSASKIE JEDNOSTKI MIAR

Wyciąg z norm ANSI/ISO



## 1. Kształt płytki



## 2. Kąt przyłożenia normalny



## 4. Typ płytki



## 5. Wielkość płytki

Średnica okręgu wpisanego, krotność 1/8"



## 7. Promień naroża

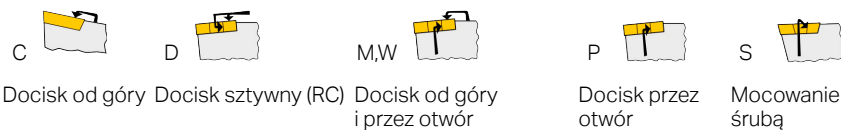
|  |             |   |              |
|--|-------------|---|--------------|
|  | 0 RE = .008 | Zalecany pierwszy wybór promienia naroża: |              |
|  | 1 RE = 1/64 | T-Max P                                   | CoroTurn 107 |
|  | 2 RE = 1/32 | Obr. wykończeniowa                        | 1            |
|  | 3 RE = 3/64 | Obr. średnia                              | 2            |
|  | 4 RE = 1/16 | Obr. zgrubna                              | 2            |
|  | 6 RE = 3/32 |   | 3            |

## 8. Geometria – opcja producenta

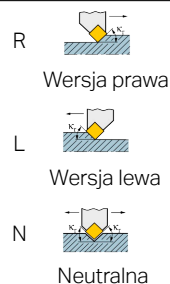
Producent może dodać kolejne dwa symbole do kodu opisującego geometrię płytki.

- PF = Obróbka wykończeniowa materiałów ISO P
- MR = Obróbka zgrubna materiałów ISO M

## B. System mocowania płytki



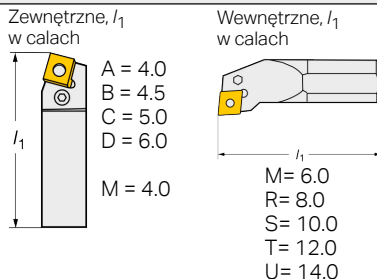
## D. Kierunek posuwu



## E. Rozmiar chwytu





## G. Długość narzędzia



# Przewycięzanie trudności

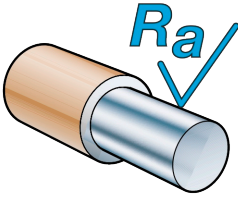
## Kontrola wiórów

| Problem  | Przyczyna   | Rozwiązanie   |
|--|---|---|
| <p>Platanina długich wiórów wstęgowych owijających się wokół narzędzia lub przedmiotu obrabianego.</p>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Zbyt niski posuw dla wybranej geometrii.</li> </ul>                | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Zwiększyć posuw.</li> <li>• Użyć płytki o geometrii zapewniającej lepszy przebieg łamania wiórów.</li> <li>• Używać narzędzia z precyzyjnym podawaniem chłodziwa.</li> </ul>                               |
|   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Zbyt płytka głębokość skrawania dla wybranej geometrii.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Zwiększyć głębokość skrawania lub użyć płytki o geometrii zapewniającej lepszy przebieg łamania wiórów.</li> </ul>   |
|  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Zbyt duży promień naroża.</li> </ul>                               | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Wybrać płytkę o mniejszym promieniu naroża.</li> </ul>   |
| <p>Bardzo krótkie, zgrzewające się ze sobą wióry - skutek bardzo utrudnionego łamania wiórów. Często prowadzi to do pogorszenia trwałości narzędzia, a nawet złamania płytki na skutek zbyt dużego nacisku wiórów na krawędź skrawającą.</p> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Niewłaściwy kąt przystawienia.</li> </ul>                          | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Wybrać oprawkę o kącie przystawienia jak najbliższym <math>KAPR = 90^\circ</math> (<math>PSIR = 0^\circ</math>).</li> </ul>  |
| <p>Bardzo krótkie, zgrzewające się ze sobą wióry - skutek bardzo utrudnionego łamania wiórów. Często prowadzi to do pogorszenia trwałości narzędzia, a nawet złamania płytki na skutek zbyt dużego nacisku wiórów na krawędź skrawającą.</p> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Zbyt wysoki posuw dla wybranej geometrii.</li> </ul>               | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Zastosować geometrię do wyższych posuwów, najlepiej płytkę jednostronną.</li> <li>• Zmniejszyć posuw.</li> </ul>   |
|   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Niewłaściwy kąt przystawienia.</li> </ul>                          | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Wybrać oprawkę o jak najmniejszym kącie przystawienia <math>KAPR</math> (jak największym <math>PSIR</math>): <math>KAPR = 45^\circ - 75^\circ</math> (<math>PSIR = 45^\circ - 15^\circ</math>).</li> </ul> |
|  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Zbyt mały promień naroża.</li> </ul>                               | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Wybrać płytkę o większym promieniu naroża.</li> </ul>  |



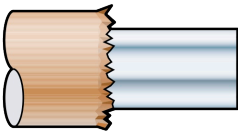
## Chropowatość powierzchni

| Problem   | Przyczyna   | Rozwiązanie  |
|---|---|--|
| Powierzchnia przedmiotu w ocenie wizualnej i w dotyku wydaje się nierówna oraz przekracza dopuszczalną wartość parametru chropowatości. | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Łamiące się wióry pozostawiają ślady na obrabianej powierzchni przedmiotu.</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Wybrać geometrię, która odprowadza wióry z dala od powierzchni przedmiotu.</li> <li>• Zmienić kąt przystawienia.</li> <li>• Zmniejszyć głębokość skrawania.</li> <li>• Wybrać płytkę dodatnią, niepochyloną w gnieździe.</li> </ul> |
|   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Nierówności powierzchni są konsekwencją formowania się karbu na ostrzu.</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Wybrać gatunek o większej odporności na utlenianie, np. z cermetu.</li> <li>• Zmniejszyć prędkość skrawania.</li> </ul>   |
|   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Zbyt wysoki posuw w połączeniu ze zbyt małym promieniem naroża płytki są przyczyną powstawania nierównej powierzchni.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Zastosować płytkę Wiper lub płytkę o większym promieniu naroża.</li> <li>• Zmniejszyć posuw.</li> </ul>   |



## Powstawanie zadziorów

Zadziory powstają na końcu przejścia, gdy ostrze opuszcza materiał przedmiotu obrabianego.



- |   |  |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Nie dość ostre krawędzie skrawające.</li> <li>• Zbyt niski posuw względem danego zaokrąglenia krawędzi skrawającej.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Użyć płytek o ostrych krawędziach:               <ul style="list-style-type: none"> <li>- płytek pokrywanych metodą PVD,</li> <li>- płytek szlifowanych pracujących z niskimi posuwami, &lt; 0,1 mm/obr. (.004 cala/obr.).</li> </ul> </li> </ul> |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Karb w odległości równej głębokości skrawania lub wykruszenia.</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Użyć oprawki z małym kątem przystawienia KAPR (dużym PSIR).</li> </ul>  |

- Zakończyć przejście fazką lub wyprowadzić ostrze z materiału po łuku.

# Drgania

## Problem

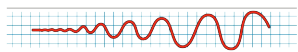
## Przyczyna

## Rozwiązanie

Wysoki udział siły odporowej:

- Niewłaściwy kąt przystawienia.

- Wybrać płytkę z jak największym kątem przystawienia KAPR (90°) lub jak najmniejszym kątem przystawienia PSIR (0°).



Drgania podczas obróbki lub wgłębienia na powierzchni przedmiotu wynikające z konstrukcji narzędzia lub jego mocowania. Typowe dla obróbki wewnętrznej z użyciem wytaczaków.

- Zbyt duży promień naroża.

- Wybrać płytkę o mniejszym promieniu naroża.

- Niewłaściwe zaokrąglenie krawędzi skrawającej lub ujemny kąt natarcia ścienu

- Wybrać bardziej dodatnią geometrię albo gatunek z cienkim pokryciem lub niepokrywany.

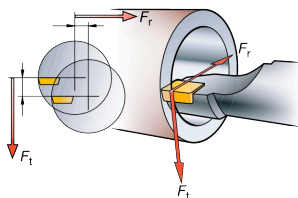
- Nadmierne starcie na powierzchni przyłożenia

- Zastosować gatunek o większej odporności na ścieranie lub zmniejszyć prędkość skrawania.

Wysoki udział siły skrawania:

- Geometria płytki generująca wysokie opory skrawania.

- Zastosować płytkę o dodatniej geometrii.



- Mocno utrudnione łamanie wiórów, podczas którego powstają wysokie siły skrawania.

- Zmniejszyć posuw lub zastosować geometrię do wysokich posuwów.

- Siły skrawania zmienne lub zbyt niskie na skutek małej głębokości skrawania.

- Zwiększyć nieco głębokość skrawania, aby poprawić warunki pracy ostrza.

- Nieprawidłowe ustawienie narzędzia.

- Sprawdzić czy krawędź skrawająca znajduje się na wysokości osi obrotu.



## Problem

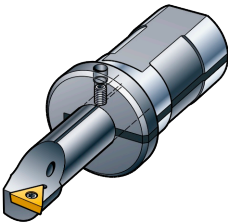
## Przyczyna

## Rozwiązanie



- Niestabilność narzędzia spowodowana długim wysięgiem.

- Zmniejszyć wysięg.
- Użyć trzonka o jak największym przekroju poprzecznym.
- Użyć trzonka z tłumikiem drgań Silent Tools lub węglkowego.



- Niestabilne mocowanie nie zapewnia wystarczającej sztywności.

- Zwiększyć długość obszaru mocowania wytaczaka.
- Zastosować tuleje EasyFix do mocowania wytaczaków z chwytem cylindrycznym.

Toczenie

B

Przećcinanie i  
toczenie rowków

C

Toczenie gwintów

D

Frezowanie

E

Wiercenie

F

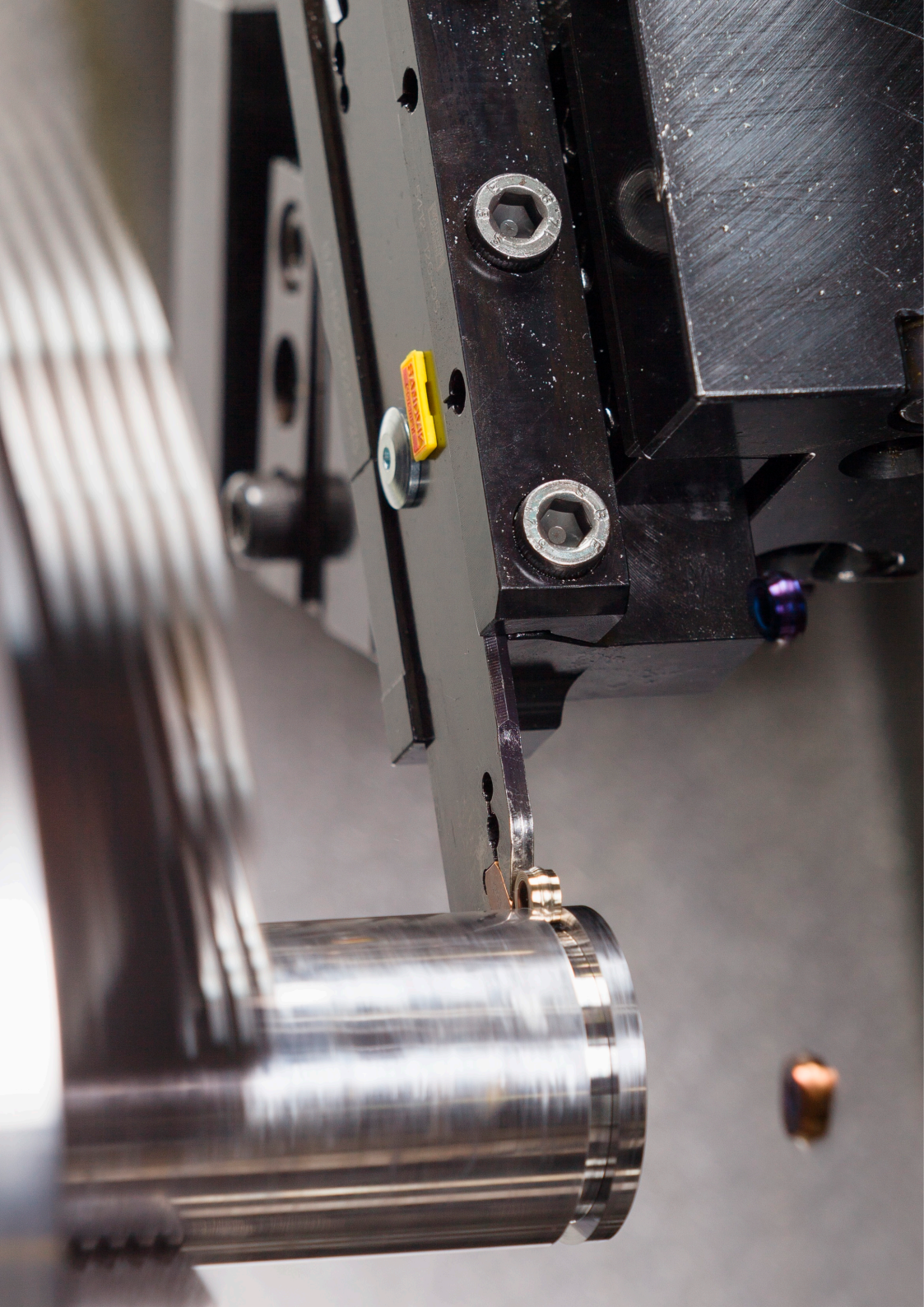
Wytaczanie

G

Systemy  
mocowania

H

Skrawalność  
Inne informacje



# Przecinanie i toczenie rowków

Przecinanie i toczenie rowków to zabiegi technologiczne będące odmianą toczenia. Użyteczne w szerokim zakresie zastosowań z wykorzystaniem narzędzi o odpowiednio przystosowanej konstrukcji.

W pewnym stopniu, narzędzia te można wykorzystywać do toczenia ogólnego.

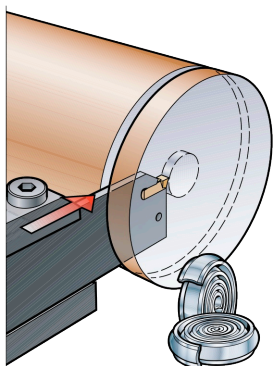
- Zagadnienia teoretyczne B 4
- Procedura wyboru B 7
- Przegląd systemu B 11
- Zasady stosowania B 16
- Przewycięzanie trudności B 37

# Przecinanie i toczenie rowków - zagadnienia teoretyczne

## Odcinanie

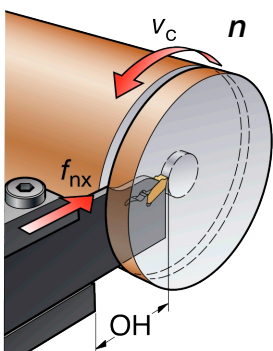
### Odprowadzanie wiórów ma zasadnicze znaczenie

Podczas przecinania najważniejszym czynnikiem jest właściwe odprowadzanie wiórów. Mamy niewielkie szanse, aby odpowiednie łamanie wiórów udało się w ograniczonej przestrzeni, gdy narzędzie wchodzi głębiej. Krawędź skrawająca została w dużej mierze zaprojektowana tak, aby formować wióry, które bez problemu będzie można odprowadzać. Konsekwencją nieprawidłowego odprowadzania wiórów jest ich nadmierne nagromadzenie, co prowadzi do złej jakości powierzchni oraz ich zakleszczanie się powodujące uszkodzenie narzędzia.



- Podczas przecinania najważniejszym czynnikiem jest właściwe odprowadzanie wiórów.
- Łamanie wiórów jest utrudnione w ciasnych szczelinach, które tworzą się w miarę jak narzędzie zagłębia się w obrabiany przedmiot.
- Najczęściej spotykane są wióry typu „sprężyna zegarowa”, węższe niż rowek.
- Geometria płytki zmniejsza szerokość wióra.

### Przecinanie – definicje pojęć



$n$  = prędkość obrotowa wrzeciona obr./min

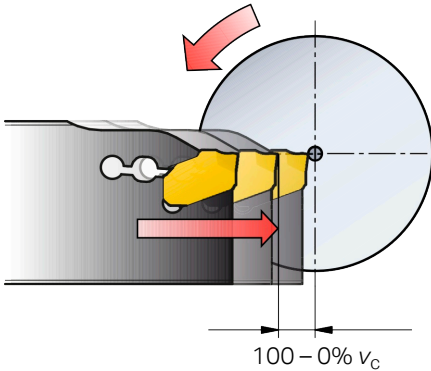
$v_c$  = prędkość skrawania m/min (stopy/min)

$f_{nx}$  = posuw promieniowy mm/obr. (cale/obr.)

OH = zalecany wysięg

## Wartość prędkości skrawania

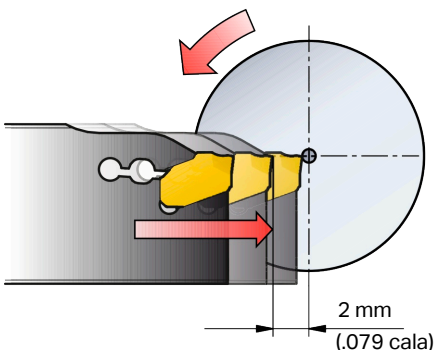
Podczas przecinania w kierunku do osi obrotu, prędkość skrawania będzie stopniowo spadać do zera, gdyż zwiększanie prędkość obrotowej wrzeźki ma swoje granice.



- W osi obrotu przedmiotu prędkość skrawania maleje do zera.

## Zmniejszanie posuwu przy zbliżaniu się do osi obrotu

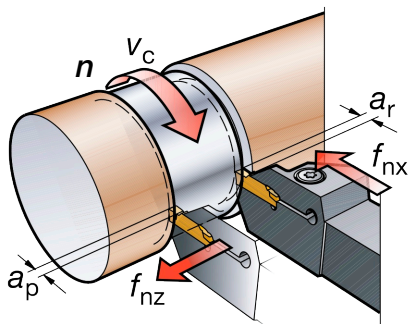
Prędkość skrawania zmniejsza się w miarę zbliżania się czółem narzędzia do osi obrotu obrabianego przedmiotu, powodując zaburzenie równowagi sił. Żeby utrzymać zrównoważenie sił skrawania podczas przecinania, posuw musi być mniejszy. W bliskiej odległości krawędzi skrawającej do osi obrotu, zwykle na 2 mm (.079") przed osią, należy zredukować posuw do minimalnej zalecanej wartości lub do ok. 0.05 mm/obr. (.002"/obr.).



- Rozpocząć skrawanie z zalecanym posuwem, np. podanym na opakowaniu płytki
- Zmniejszyć posuw do 0.05 mm/obr. (.002"), 2 mm (.079") przed zrównaniem się z osią obrotu
- Dzięki zmniejszeniu posuwu układ jest mniej podatny na drgania i wzrasta trwałość narzędzia
- Dzięki zmniejszeniu posuwu tworzy się również mniejszy czopik.

## Toczenie rowków – definicje pojęć

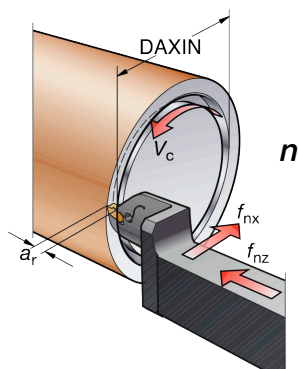
Ruch narzędzia w osiach X oraz Z nazywamy posuwem ( $f_n$ ) lub  $f_{nx}/f_{nz}$ , mm/obr. (cale/obr.). Przy obróbce do osi obrotu ( $f_{nx}$ ), prędkość obrotowa wzrasta do momentu, gdy osiągnie wartość graniczną dla napędu wrzeciona obrabiarki. Dla stałej liczby obrotów wrzeciona, prędkość skrawania ( $v_c$ ) maleje wraz ze spadkiem średnicy toczenia, dążąc do 0 (na osi obrotu).



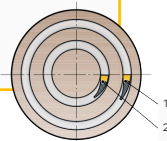
- $n$  = prędkość obrotowa wrzeciona, obr./min
- $v_c$  = prędkość skrawania, m/min (stopy/min)
- $f_{nz}$  = posuw osiowy, mm/obr. (cale/obr.)
- $f_{nx}$  = posuw promieniowy, mm/obr. (cale/obr.)
- $a_r$  = głębokość wcinania, mm (cale)  
(odległość od zewnętrznej średnicy do osi obrotu lub dna rowka)
- $a_p$  = głębokość skrawania przy toczeniu, mm (cale)

## Toczenie rowków czołowych – definicje pojęć

Posuw ma ogromny wpływ na formowanie, łamanie i grubość wiórów. Głębokość skrawania także decyduje o sposobie ich formowania za pomocą geometrii płytki. Przy roztaczaniu na boki lub profilowaniu ( $f_{nz}$ ), głębokość skrawania ( $a_p$ ) ma również wpływ na formowanie wiórów. Średnica rowka w pierwszym przejściu musi pozostawać w zakresie określonym dla oprawki o danej konstrukcji.

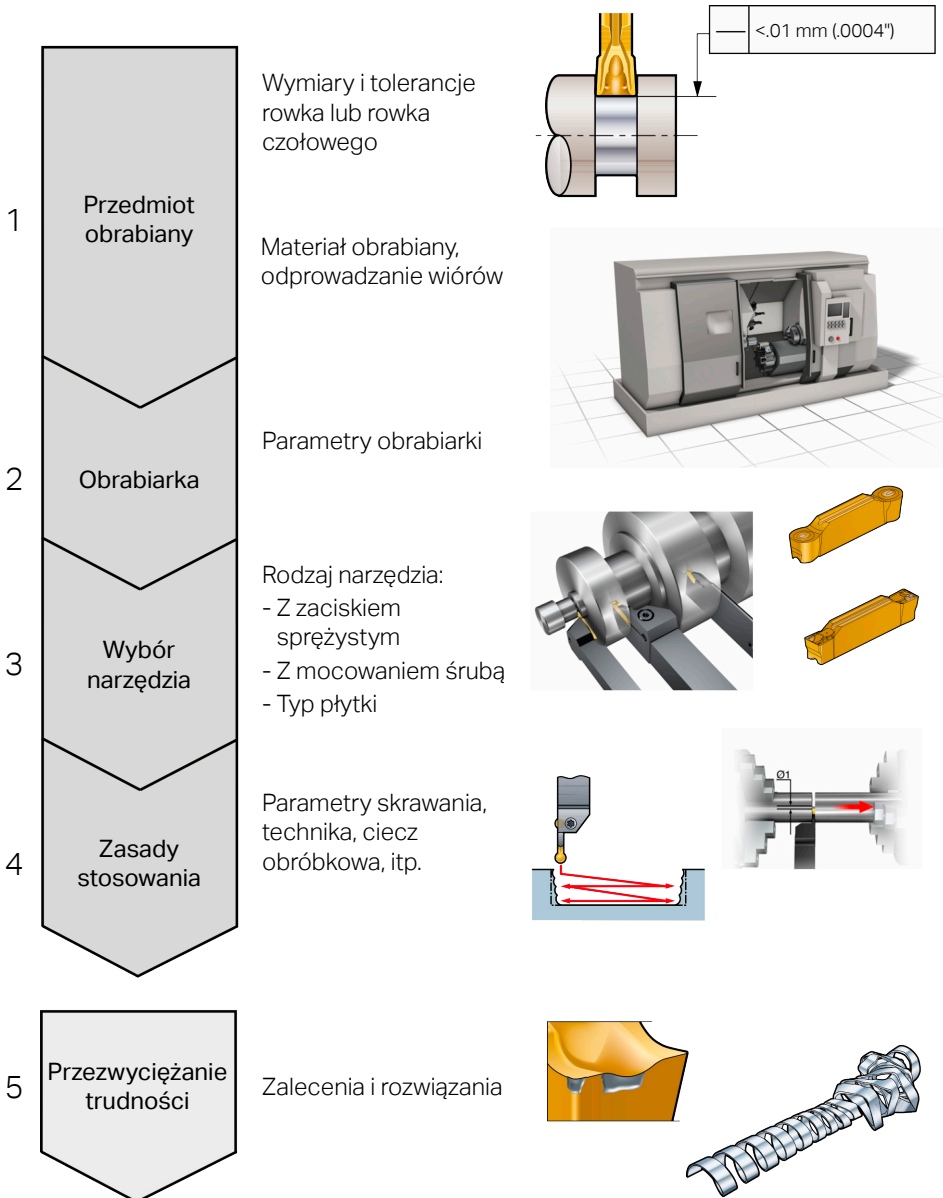


- $n$  = prędkość obrotowa wrzeciona, obr./min
- $v_c$  = prędkość skrawania, m/min (stopy/min)
- $f_{nz}$  = posuw osiowy, mm/obr. (cale/obr.)
- $f_{nx}$  = posuw promieniowy, mm/obr. (cale/obr.)
- $a_r$  = głębokość wcinania, mm (cale)
- DAXIN = minimalna średnica pierwszego przejścia (2 na tej ilustracji)
- DAXX = maksymalna średnica pierwszego przejścia (1 na tej ilustracji)



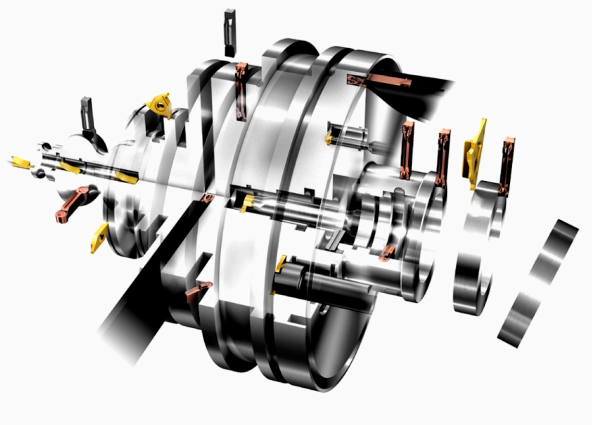
# Procedura wyboru narzędzia

## Proces planowania produkcji



# 1. Obrabiany przedmiot i materiał

Parametry, które należy uwzględnić



## Przedmiot obrabiany

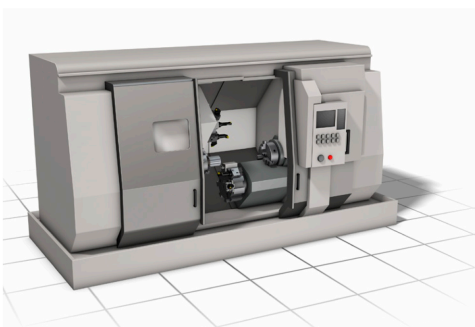
- Strategia obróbki rowków promieniowych i czółowych zależy od wyniku analizy wymagań dotyczących wymiarów i tolerancji
- Rodzaj obróbki: przecinanie, obróbka rowków
- Głębokość skrawania
- Szerokość skrawania
- Promień naroża.

|   |   |   |
|---|---|---|
| P | M | K |
| N | S | H |

## Materiał

- Skrawalność
- Łamanie wiórów
- Twardość
- Składniki stopowe.

# 2. Parametry obrabiarki



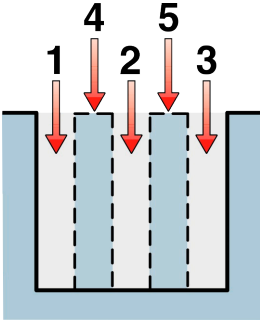
Niektóre istotne właściwości obrabiarki, które należy uwzględnić:

- Stabilność, moc i moment obrotowy, szczególnie przy obróbce dużych średnic
- Mocowanie przedmiotu
- Złącza w głowicy rewolwerowej
- Czas wymiany narzędzia/liczba pozycji głowicy rewolwerowej
- Odprowadzanie wiórów
- Chłodziwo i sposób jego doprowadzenia.

## 3. Wybór narzędzi

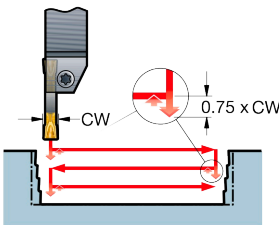
### Przykłady różnych metod obróbki

#### Toczenie rowków w kilku przejściach



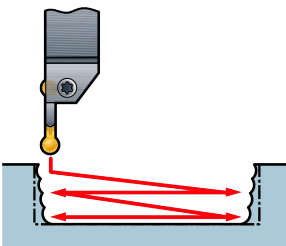
- Toczenie rowków w kilku przejściach jest najlepszą metodą zgrubnej obróbki rowków, gdy głębokość jest większa niż szerokość.
- Należy wykonać „widełki”. To poprawi spływ wióra i przedłuży trwałość ostrzy.

#### Toczenie wgłębne



- Toczenie wgłębne jest najlepszym wyborem przy obróbce stali i stali nierdzewnej, gdzie szerokość rowka jest większa niż głębokość.
- Dobra kontrola wiórów.

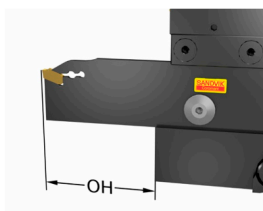
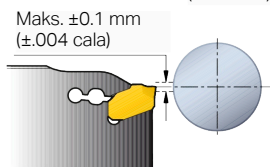
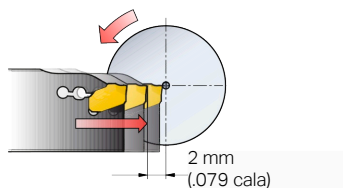
#### Zagłębianie skośne



- Zagłębianie skośne ogranicza skłonność do wzbudzenia drgań i minimalizuje składową siłę w kierunku promieniowym.
- Płytki z zaokrągloną krawędzią skrawającą są najbardziej wytrzymałe.
- Podwojenie liczby wcięć/przejęć.
- Pierwszy wybór do obróbki superstopów żaroodpornych (HRSA). Pozwala ograniczyć powstawanie karbów.

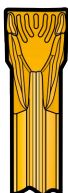
## 4. Zasady stosowania

### Uwagi dotyczące zastosowania



## 5. Przewyciężanie trudności

### Kwestie, które należy wziąć pod uwagę



- Ważne jest dokładne ustawienie wysokości krawędzi skrawającej względem osi obrotu w zakresie  $\pm 0.1$  mm ( $\pm 0.004$  cala).
- Zalecany posuw w odległości mniejszej niż 2 mm do osi obrotu to 0.05 mm ( $0.002$  cala).
- Użyć jak najmniejszego wysięgu, OH mm (cale).
- Im wyższa jest listwa do przecinania, tym większa jest jej wytrzymałość na zginanie.
- Podawanie chłodziwa powinno poprawić spływ wiórów.

### Zużycie płytki i trwałość narzędzia

- Sprawdzić, jakie są objawy zużycia i w razie potrzeby, odpowiednio skorygować parametry skrawania.

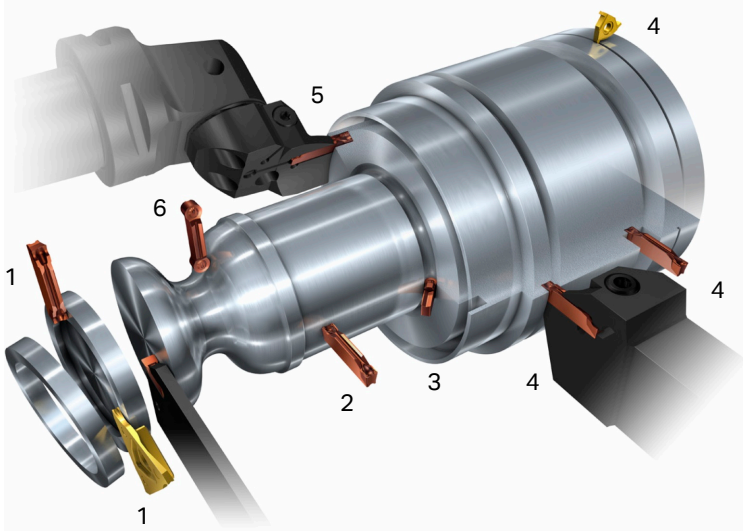
### Poprawa formowania wiórów i zmniejszenie zużycia narzędzia

- Wybrać płytkę o geometrii odpowiedniej do zastosowania.
- Stosować płytki neutralne (bez odchylenia krawędzi skrawającej).
- Sprawdzić ustawienie ostrza w osi.
- Zastosować ciecz obróbkową.

# Przegląd systemu

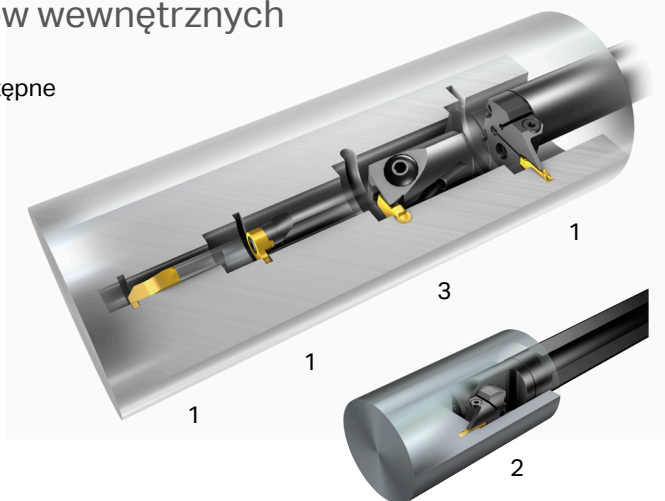
## Przecinanie i toczenie rowków - zewnętrzne

1. Przecinanie prętów i rur
2. Toczenie i podtaczanie
3. Toczenie podcięć
4. Toczenie rowków płytkich i głębokich
5. Toczenie rowków czołowych
6. Profilowanie







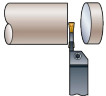




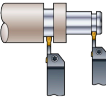



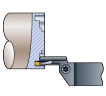



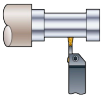


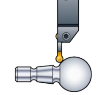





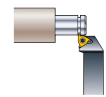





## Toczenie rowków wewnętrznych

1. Toczenie rowków i wstępne przecinanie
2. Toczenie rowków czołowych
3. Profilowanie



## Różne systemy

| Typ płytki                             |  |                      |           |          |           |  |   |
|--|--|---|--|---|--|---|---|
| Zastosowania                           |  | CoroCut2  | CoroCut1   | CoroCut3  | CoroCut QD   | CoroCut QF  | CoroThread 266 do rowków  |
| Przecinanie (odcinanie)                |   |  Średniej głębokości |  Głębokie |  Płytkie |  Głębokie |   |   |
| Toczenie rowków                        |   |                      |           |   |           |   |   |
| Toczenie rowków czółowych              |   |                      |           |   |  |  |   |
| Toczenie                               |   |                      |           |   |  |   |   |
| Profilowanie                           |   |                      |           |   |  |   |   |
| Podcinanie                             |   |                      |  |   |           |   |   |
| Toczenie rowków pod pierścienie osadze |  |                     |  |         |  |   |  |



Pierwszy wybór



Drugi wybór

# Przecinanie i toczenie rowków - zewnętrzne

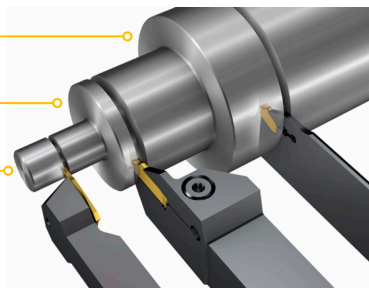
## Różne systemy

### Przecinanie – zakres średnic

Przecinanie głębokie –  $\varnothing < 160$  mm (6.299")

Przecinanie na średniej głębokości  
–  $\varnothing < 40$  mm (1.575")

Przecinanie płytkie –  $\varnothing < 12$  mm (.472")



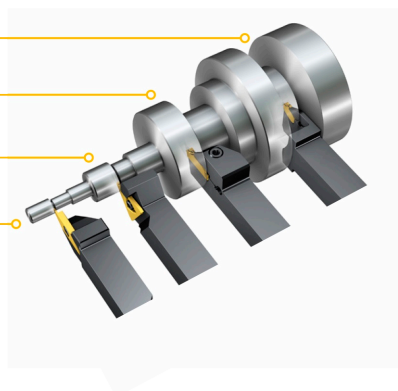
### Toczenie rowków – zakres głębokości

Toczenie rowków głębokich  
– głębokość  $< 100$  mm (3.937")

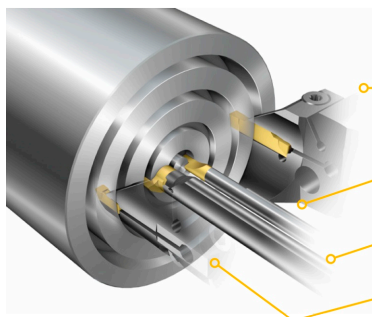
Toczenie rowków o średniej głębokości  
i – głębokość  $< 50$  mm (2.000")

Toczenie rowków płytkich  
– głębokość  $< 6$  mm (.236")

Toczenie rowków płytkich  
– głębokość  $< 3.7$  mm (.146")



### Toczenie rowków czołowych – zakres średnic



Średnice duże  $> 34$  mm (1.338")

Średnice małe  $> 0.2$  mm (.0078")

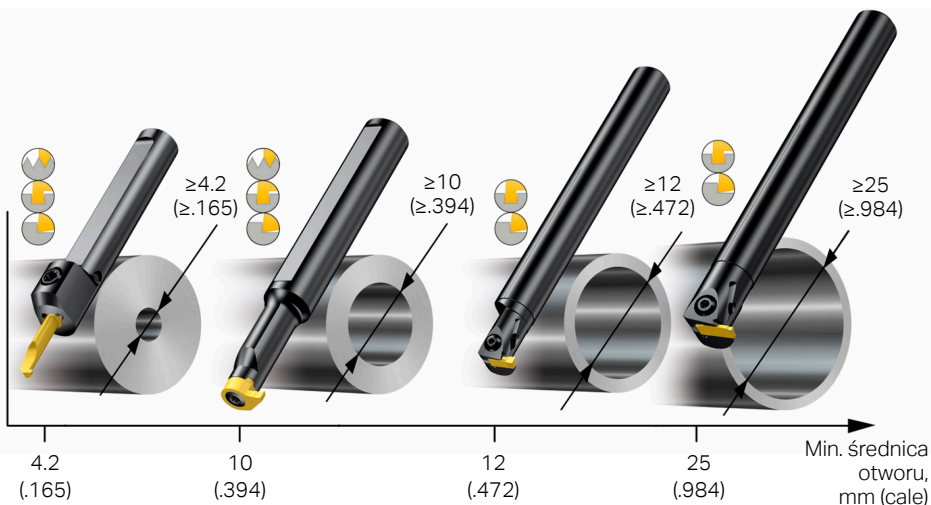
Średnice małe  $> 6$  mm (.236")

Średnice średnie i duże  $> 16$  mm (.629")

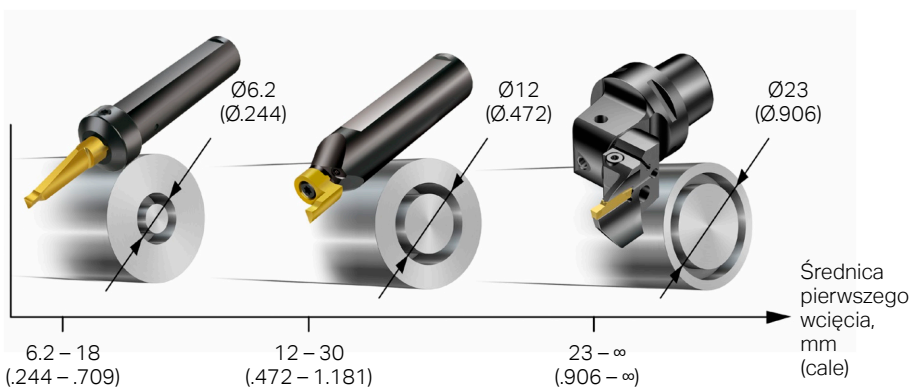
# Przecinanie i toczenie rowków – wewnętrzne

## Różne systemy

Wewnętrzna obróbka rowków – min. średnica otworu

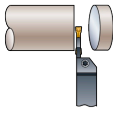
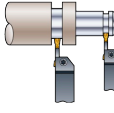
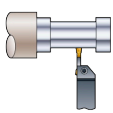
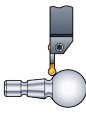
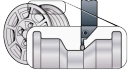
















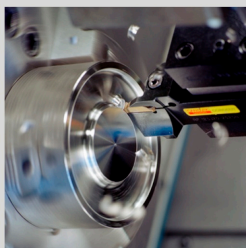
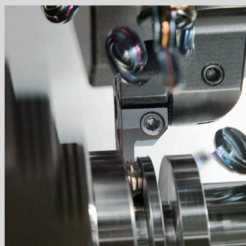
## Toczenie rowków czołowych – zakres średnic otworów



# Płytki

## Przegląd geometrii

| Zastosowania<br><br>Warunki obróbki | <br>Przecinanie (odcinanie) | <br>Toczenie rowków | <br>Toczenie |  <br>Profilowanie |  |
|-------------------------------------|--|--|---|--|--|
| Obróbka wykończeniowa               | CF                          | GF                  | TF           |  |  |
| Obróbka średnia                     | CM                          | GM                  | TM           | RM    | AM  |
| Obróbka zgrubna                     | CR                          |  |   |  |  |
| Optymalizacja                       |  |  |   | RO    |  |
|                                     | CS                         |  |   | RS   |  |
|                                     |  | GE                |   | RE    |  |



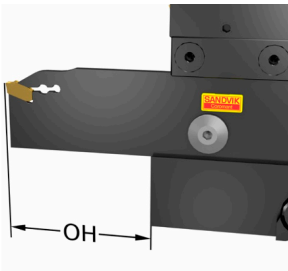
## Przecinanie i toczenie rowków - zasady stosowania

- Informacje ogólne i zasady stosowania B 17
- Przecinanie - zasady stosowania B 22
- Toczenie rowków - zasady stosowania B 26
- Toczenie rowków pod pierścienie osadcze - zasady stosowania B 28
- Toczenie rowków czołowych - zasady stosowania B 29
- Profilowanie - zasady stosowania B 32
- Toczenie - zasady stosowania B 34
- Podcinanie - zasady stosowania B 36

## Wysięg narzędzia i ugięcie

Wysięg narzędzia powinien być zawsze jak najmniejszy, ponieważ to poprawia stabilność. Przy przecinaniu i toczeniu rowków należy zwrócić uwagę na głębokość skrawania oraz szerokość rowka, co oznacza, że stabilność musi często zejść na drugi plan, aby możliwy był łatwy dostęp do obrabianej powierzchni.

### Najlepsza stabilność



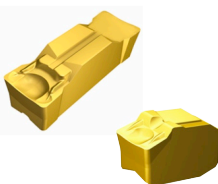
- Wysięg (OH) powinien być jak najkrótszy
- Używane gniazdo płytki powinno być jak największe

### Obróbka wewnętrzna



#### Typ trzonka:

- Stalowe  $\leq 3 \times \text{DMM}$
- Stalowe z tłumieniem drgań  $\leq 5 \times \text{DMM}$
- Węglkowe  $\leq 5 \times \text{DMM}$
- Wzmacniane węglkowe z tłumieniem drgań, do  $7 \times \text{DMM}$ .

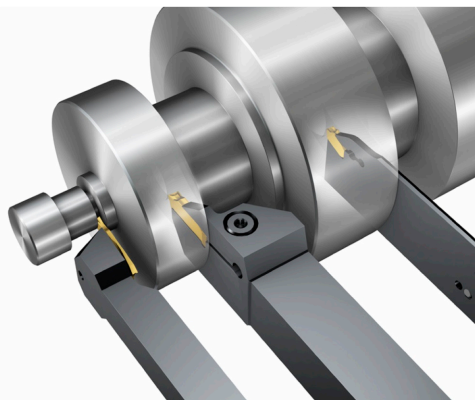


#### Płytki:

- Stosować jak najmniejszą szerokość
- Stosować geometrie do lekkiej obróbki.

# Parametry wyboru oprawki

## Wymagania dla systemu



Przecinanie z dużą głębokością

Przecinanie z małą głębokością

Przecinanie z umiarkowaną głębokością

### Przecinanie z dużą głębokością

- Pierwszy wybór to listwy z zaciskiem sprężystym oraz płytki jednoostrzowe.

### Przecinanie z umiarkowaną głębokością

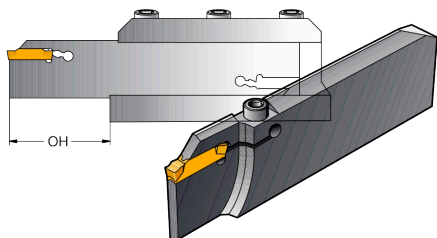
- Pierwszy wybór do przecinania na średniej głębokości to oprawki z płytkami 2-ostrzowymi.

### Przecinanie z małą głębokością

- Do ekonomicznego przecinania w produkcji masowej używać płytek 3-ostrzowych.

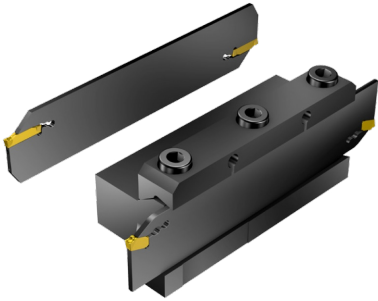
## Ogólne zalecenia odnośnie oprawek

Imak blokowy z listwą z zaciskiem sprężystym i możliwością regulacji wysięgu.



- Najkrótszy możliwy wysięg, OH mm (cale)
- Maksymalny przekrój oprawki
- Jak największa wysokość
- Maksymalna szerokość gniazda płytki.

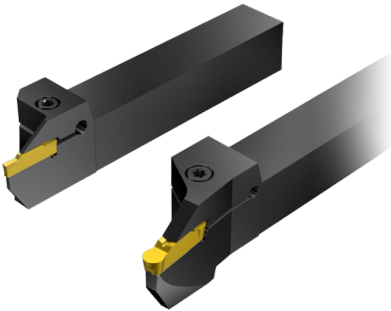
## Listwy z zaciskiem sprężystym



### Funkcje/korzyści

- Szybka wymiana płytki
- Odcinanie większych średnic
- Możliwość regulacji
- Toczenie głębokich rowków
- Dwustronne
- Tylko posuw promieniowy
- Precyzyjne doprowadzanie chłodziwa

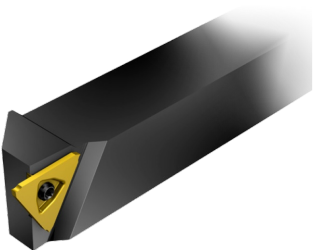
## Mocowanie śrubą i zaciskiem sprężystym



### Funkcje/korzyści

- Mniejsze średnice
- Toczenie płytkich rowków
- Posuw osiowy i promieniowy
- Większa sztywność
- Jednostronne
- Precyzyjne doprowadzanie chłodziwa

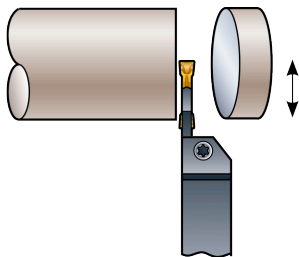
## Bezpośrednie mocowaniem śrubą, płytki 3-ostrowe



### Funkcje/korzyści

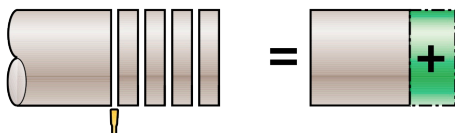
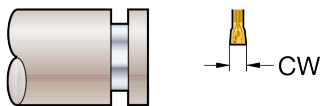
- Wyjątkowo mała szerokość ostrza płytki
  - obróbka rowków o szerokości od 0.5 mm (.020")
  - przecinanie od 1 mm (.039").
- Głębokość wcinania do 6 mm (.236").
- Jedna wielkość gniazda dla płytek o różnej szerokości ostrza
- Wysoka powtarzalność położenia ostrza po wymianie.
- 3 ostrza oznaczają wyższą opłacalność.

## Odcinanie prętów

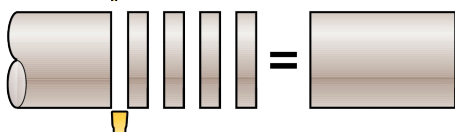


Stosować jak najwięźsze płytki:

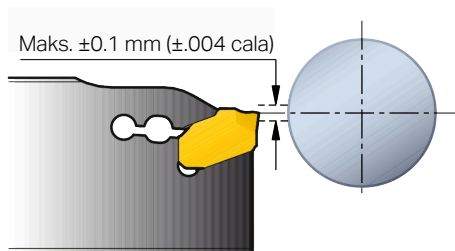
- Aby oszczędzać materiał
- Zminimalizować siły skrawania
- Zminimalizować zanieczyszczenie środowiska.



Oszczędność materiału



## Ustawienie narzędzia



Krawędź skrawająca ustawić w osi obrotu z dokładnością do  $\pm 0.1$  mm ( $\pm 0.004$  cala).

Krawędź skrawająca powyżej osi obrotu

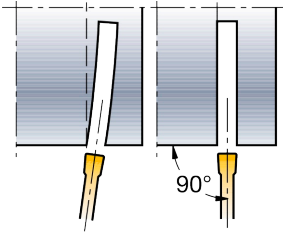
- Zmniejszenie luzu.
- Krawędź skrawająca będzie tarła (złamanie).

Krawędź skrawająca poniżej osi obrotu

- Narzędzie pozostawi resztki materiału wokół osi (czopik).



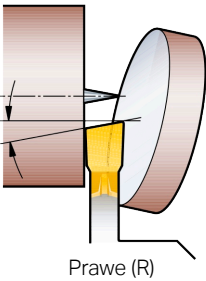
## ► Ustawienie narzędzia



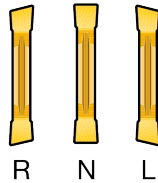
### Mocowanie oprawki pod kątem 90°

- Powierzchnia prostopadła
- Ograniczenie drgań.

## Wersja płytki



### Wersja płytki

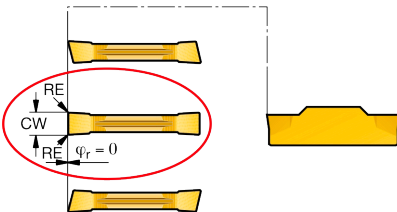


### Trzy warianty odchylenia krawędzi skrawającej płytek:

- Prawe (R)
- Neutralne (N)
- Lewe (L).

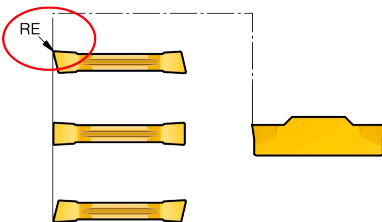
## Geometria płytki

### Neutralne - zerowy kąt odchylenia krawędzi skrawającej



- Większa wytrzymałość
- Wyższy posuw/wydajność
- Lepsza jakość wykończenia powierzchni
- Prostsze przejście
- Czopik pozostaje na odpadającym przedmiocie.

### Mały/duży promień naroża



#### Mały promień naroża

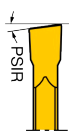
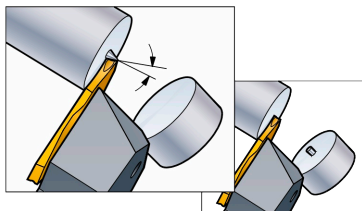
- Mniejszy czopik
- Lepsza kontrola wiórów
- Niższy posuw.

#### Duży promień naroża

- Większy posuw
- Większa trwałość ostrza.

# Odcinanie

## Mniejszy czopik ze względu na różne kąty odchylenia



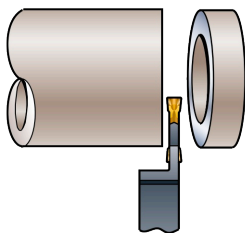
Przykładowe kąty odchylenia krawędzi skrawającej  
 Płytki 1-, 2- i 3-ostrowe:  
 KAPR = 95°, 98°, 100°, 102°, 105°, 110°  
 (PSIR = 5°, 8°, 10°, 12°, 15°, 20°)

- Wybierając kierunek kąta odchylenia krawędzi skrawającej można kontrolować powstawanie czopika i zadziorów.
- Gdy kąt odchylenia krawędzi skrawającej płytki jest:
  - większy = czopik/zadziór jest mniejszy
  - mniejszy = kontrola wiórów i trwałość narzędzia są większe.
- Siła odśrodkowa zawsze odrzuci odcinany przedmiot.
  - W osi obrotu pozostanie reszтка materiału (czopik).

### **Uwaga!**

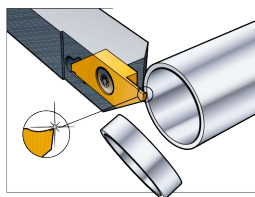
Użycie płytki z kątem odchylenia krawędzi skrawającej pogorszy kontrolę wiórów ze względu na kierunek spływu wiórów. (płytką neutralną kieruje wiór na zewnątrz rowka).

## Odcinanie rur



Używać płytek o jak najmniejszej szerokości krawędzi skrawającej (CW), co zapewni oszczędność materiału oraz zminimalizowanie sił skrawania i negatywnego wpływu na środowisko.

## Odcinanie rur o cienkich ściankach



Trzeba zadbać o to, by siły skrawania były jak najmniejsze. Stosować jak najmniejszą szerokość i najostrzejsze krawędzie.

## Dobór narzędzi - przegląd



### Zalecenia ogólne:

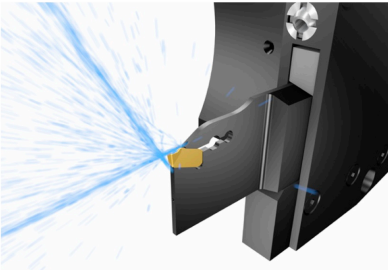
- Płytki neutralne
- Jak najmniejsza szerokość płytki
- Jak największy przekrój oprawki.

### Należy wziąć pod uwagę:

- Głębokość skrawania
- Szerokość płytki
- Kat odchylenia krawędzi skrawającej
- Promień naroża.

## Stosowanie cieczy obróbkowej

Ciecz obróbkowa pełni ważną funkcję, ponieważ przestrzeń jest często ograniczona i zablokowana wiórami. Ważne jest zatem, aby precyzyjnie podawane chłodziwo zawsze było używane w dużych ilościach i kierowane na ostrze przez cały czas obróbki.



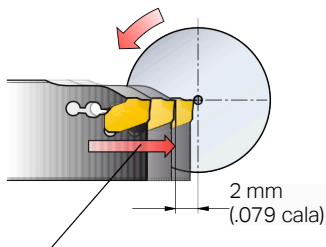
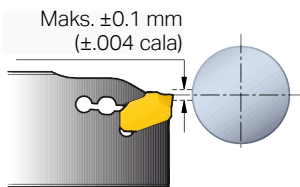
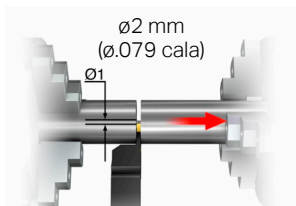
### Zasady stosowania:

- Używanie w dużych ilościach
- Kierowanie bezpośrednio na ostrze
- Precyzyjne podawanie chłodziwa.

### Wynik:

- Korzystny efekt przy formowaniu wiórów
- Zapobieganie zakleszczaniu się wiórów
- Przedłużona trwałość narzędzia.

## Porady praktyczne

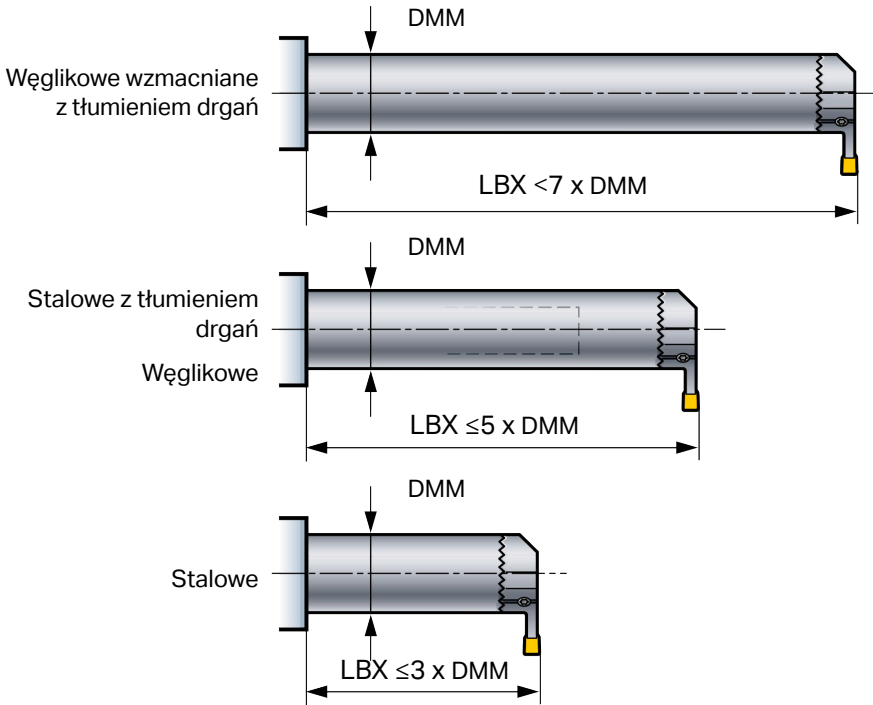


$f_n$  0.05 mm/obr. (.002 cala/obr.)

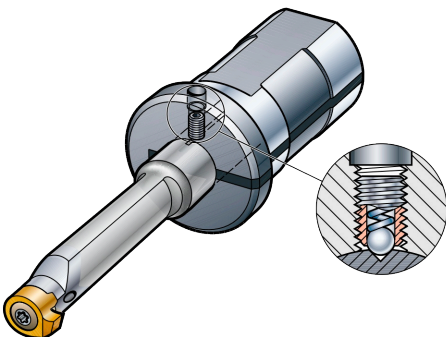
- Ważne jest ustawienie ostrza w osi obrotu,  $\pm 0.1 \text{ mm}$  ( $\pm .004 \text{ cala}$ ).
- Jeśli używane jest wrzeciono pomocnicze, na około  $2 \text{ mm}$  ( $.079 \text{ cala}$ ) przed dojściem ostrza do osi obrotu, można za jego pomocą wspomóc oddzielenie przedmiotu od pręta.
- Kiedy czoło narzędzia od osi obrotu dzieli mniej niż  $2 \text{ mm}$  ( $.079 \text{ cala}$ ), a w przypadku rur tuż przed odcięciem, zalecany posuw to  $0.05 \text{ mm/obr.}$  ( $.002 \text{ cala/obr.}$ ).

# Zalecenia odnośnie stosowania wytaczaków

## Zalecany wysięg

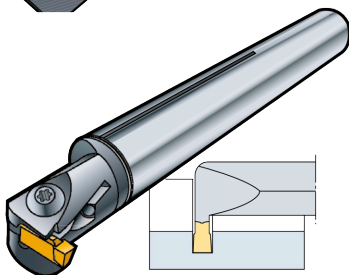
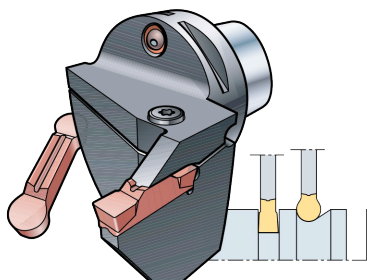


## Tuleje EasyFix

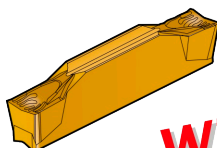
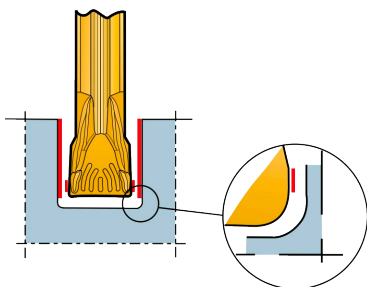


Aby zapewnić dokładność obróbki, małe drgania i precyzyjne ustawienie w osi, stosować mocowanie tuleją EasyFix.

## Toczenie rowków – zagadnienia ogólne



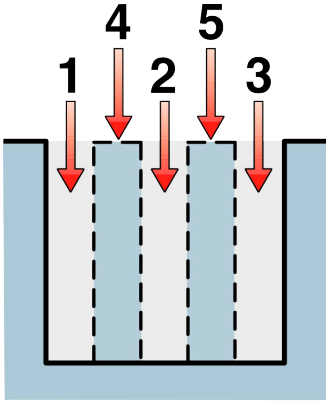
## Toczenie rowków w jednym przejściu



TECHNOLOGY  
**Wiper**

- Toczenie rowków w jednym przejściu to najbardziej oszczędna i produktywna metoda.
- Toczenie rowków w kilku przejściach jest najlepszą metodą zgrubnej obróbki rowków, gdy głębokość jest większa niż szerokość.
- Do obróbki rowków należy wybierać oprawki z mocowaniem śrubą lub zaciskiem sprężystym.

## Toczenie rowków w kilku przejściach

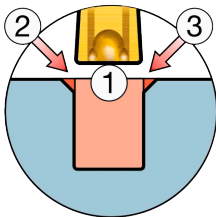


- Najlepsza metoda zgrubnej obróbki rowków, gdy głębokość jest większa niż szerokość.
- Użyć pełnej szerokości płytki do wykonania rowków, a następnie zebrać materiał powstałych w ten sposób pierścieni.

## Porady praktyczne

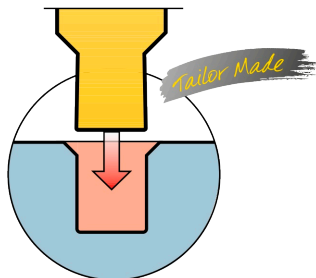
Obróbka dokładnych rowków wiąże się często z potrzebą wykonania faz na ich krawędziach.

A



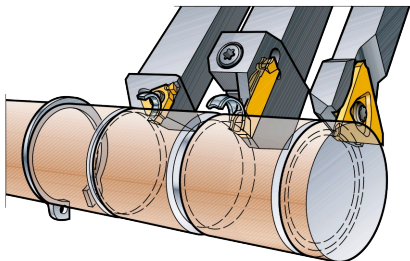
- Jednym ze sposobów jest użycie do toczenia faz naroży płytki, na przykład płytki do obróbki wykończeniowej; patrz ilustracja A.

B



- Lepszym sposobem na wykonywanie rowków z fazką (w produkcji masowej) jest zamówienie płytki w opcji Tailor Made z dokładnym odwzorowaniem kształtu fazki; patrz ilustracja B.

## Toczenie rowków pod pierścienie osadcze



Pierścienie osadcze na wałach i osiach są powszechnie spotykane.

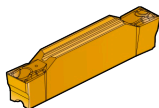
- Obróbkę rowków pod pierścienie osadcze można wykonywać za pomocą dwu- lub trzyostrzowych płytek do obróbki rowków.
- Dostępny jest również szeroki wybór płytek oraz wytaczaków do wewnętrznego toczenia rowków

### Systemy do wyboru

Płytki 3-ostrzowe



Płytki 2-ostrzowe

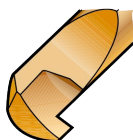


- Najbardziej opłaca się używać płytek 3-ostrzowych o szerokości 1.00 - 3.18 mm (.039 - .125 cala).
- Lub płytek 2-ostrzowych o szerokości 1.50 - 6.00 mm (.059 - .236 cala).

Płytki do obróbki wewnętrznej

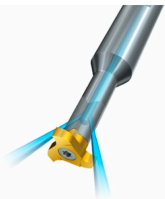


Węglikowe wytaczaki



- Płytki do obróbki wewnętrznej mogą być używane do otworów o min. średnicy 10 mm (.394 cala) i do rowków pod pierścienie osadcze o szerokości 1.10 - 4.15 mm (.043 - .163 cala).
- Min. średnica otworu w przypadku węglikowych wytaczaków wynosi 4.2 mm (.165 cala), a szerokość rowków pod pierścienie osadcze zawiera się w przedziale 0.78 - 2.00 mm (.031 - .079 cala).

Obróbka wewnętrzna



Wewnętrzna/zewnętrzna



Frezowanie będzie alternatywą w przypadku przedmiotów, które nie mogą być toczone

- Szerokość rowków pod pierścienie osadcze przy zastosowaniu frezów o średnicy 9.7 - 34.7 mm (.382 - 1.366 cala) może wynosić 0.70 - 5.15 mm (.028 - .203 cala).
- Szerokość rowków pod pierścienie osadcze przy zastosowaniu frezów o średnicy 39 - 80 mm (1.535 - 2.480 cala) może wynosić 1.10 - 5.15 mm (.043 - .203 cala).

Średnica frezu  
9.7 - 34.7 mm  
(.382 - 1.366 cala)

Średnica frezu  
39 - 80 mm  
(1.535 - 2.480 cala)

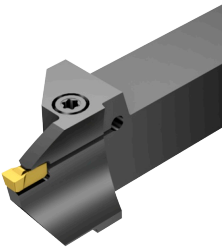
## Toczenie rowków czołowych



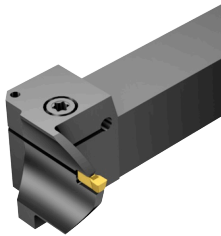
Toczenie rowków na powierzchni czołowej obrabianego przedmiotu wymaga zastosowania narzędzi specjalnie do tego przeznaczonych.

- Krzywizny żebra narzędzia dobiera się zależnie do konstrukcji przedmiotu obrabianego.
- W celu wybrania narzędzia należy uwzględnić wewnętrzną i zewnętrzną średnicę rowka.

### Narzędzia do obróbki rowków czołowych



- Zakrzywione narzędzie do obróbki rowków czołowych, chwyt pod kątem  $0^\circ$ .

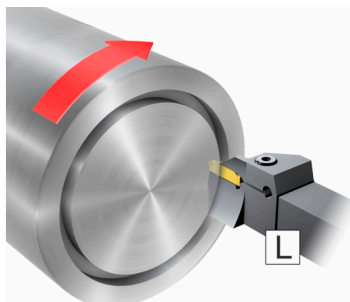


- Zakrzywione narzędzie do obróbki rowków czołowych, chwyt pod kątem  $90^\circ$ .

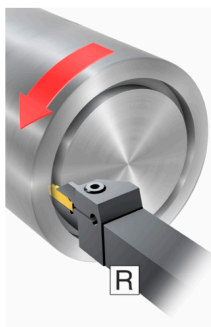


- Wymienne głowice do toczenia rowków pozwalają złożyć narzędzie zoptymalizowane korzystając ze standardowych elementów.

## Wybór narzędzi w wersji R lub L zależy od kierunku obrotów



Narzędzie w wersji lewej (L)

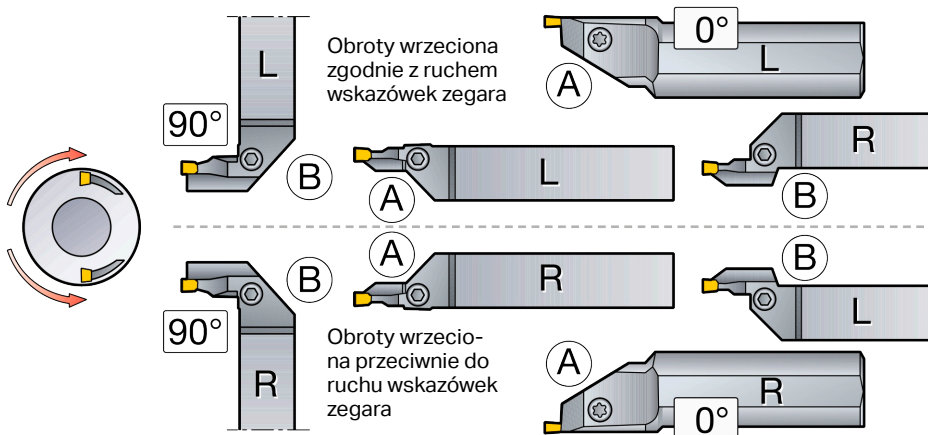


Narzędzie w wersji prawej (R)

- Ruch posuwowy odbywa się wzdłuż osi obrotu w kierunku do czoła przedmiotu.
- Narzędzie musi być dostosowane do krzywizny rowka.
- W przypadku rowków szerszych niż krawędź skrawająca należy toczyć najpierw największą średnicę rowka i kontynuować przejściami o coraz mniejszej średnicy, aby móc lepiej kontrolować wióry.

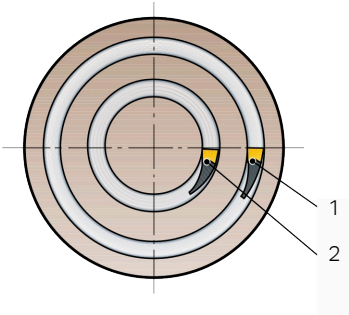
## Wybór zębra typu A lub B, wersji prawej lub lewej

Wybór właściwego narzędzia – z zębem typu A lub B, wersji prawej lub lewej – zależy od konfiguracji obrabiarki i kierunku obrotów przedmiotu obrabianego.



[www.tool-builder.com](http://www.tool-builder.com)

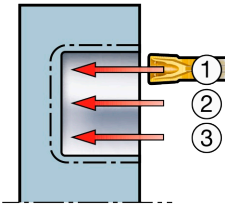
## Pierwsze przejście



- 1 Jeśli podparcie płytki trze o wewnętrzną ściankę rowka:
  - być może zakres średnic oprawki został źle dobrany
  - narzędzie nie jest równoległe do osi
  - sprawdzić ustawienie wysokości w osi
  - obniżyć krawędź skrawającą poniżej wysokości osi obrotu.
- 2 Jeśli podparcie płytki trze o zewnętrzną ściankę rowka:
  - być może zakres średnic oprawki został źle dobrany
  - narzędzie nie jest równoległe do osi
  - sprawdzić ustawienie wysokości w osi
  - podnieść krawędź skrawającą powyżej wysokości osi obrotu.

## Zgrubna i wykończeniowa obróbka rowków czółowych

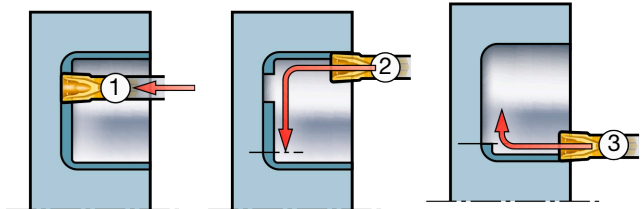
### Obróbka zgrubna



Pierwsze przejście (1) zawsze rozpoczynać od największej średnicy i kierować do osi obrotu. W pierwszym przejściu mamy dobrą kontrolę wiórów, ale mniejsze łamanie wiórów.

Przejście drugie (2) i trzecie (3) powinno być wykonywane przy  $0.5-0.8 \times$  szerokość ostrza. Teraz łamanie wiórów będzie akceptowalne i możliwe będzie nieznaczne zwiększenie posuwu.

### Obróbka wykończeniowa



Wykonywać obróbkę w pierwszym przejściu (1) w podanym zakresie średnic.

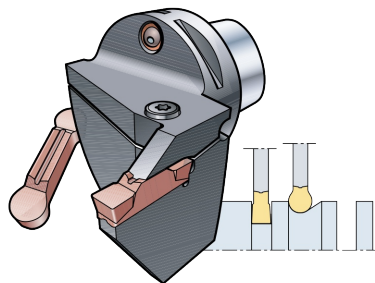
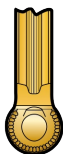
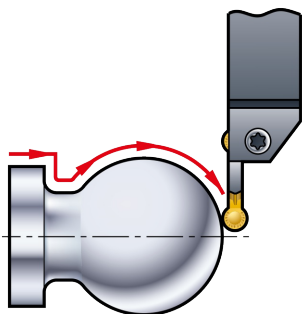
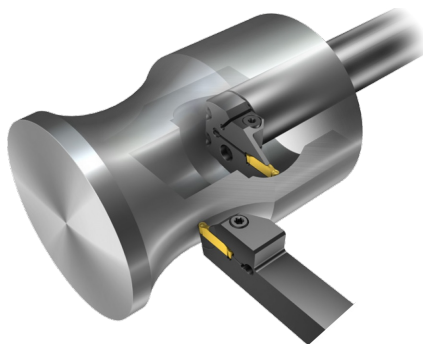
Przejście drugie (2) to obróbka wykończeniowa średnicy. Zawsze zaczynać od zewnątrz i kierować się do środka.

Na koniec, przejście trzecie (3) to obróbka wykończeniowa średnicy wewnętrznej z uzyskaniem prawidłowych wymiarów.

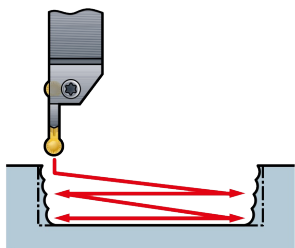
## Profilowanie

Podczas obróbki przedmiotów o skomplikowanych kształtach, płytki do profilowania oferują duże możliwości racjonalizacji.

- Nowoczesne systemy do przecinania i toczenia rowków można również wykorzystywać do toczenia.
- Do toczenia i profilowania można wybrać oprawkę z mocowaniem śrubą, uzyskując maksymalną stabilność.
- Oprawka narzędzia neutralnego nadaje się zarówno do otwierania, jak i wykończenia wgłębień.
- Płytki z zaokrągloną krawędzią mają geometrie specjalnie przeznaczone do tych rodzajów obróbki.



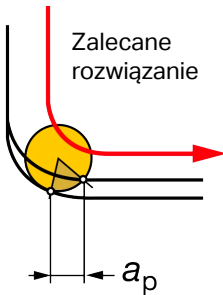
## Zagłębienie skośne



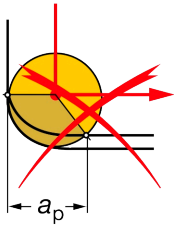
- Używać płytek z zaokrągloną krawędzią skrawającą, aby uzyskać wyjątkową kontrolę wiórów i dobrą chropowatość powierzchni.
- W konfiguracjach niestabilnych, zastosować zagłębienie skośne, aby uniknąć drgań.

## Toczenie profilowe

### Promień naroża płytki < promień toczonego łuku



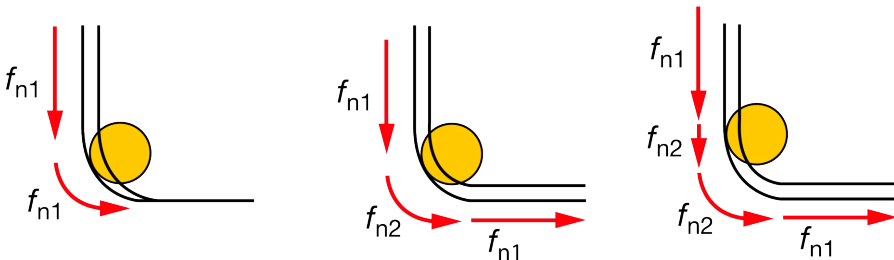
- Duża powierzchnia styku z płytką generuje dużą siłę skrawania, dlatego posuw należy zmniejszyć.
- Jeśli to możliwe, należy zastosować płytkę o promieniu naroża mniejszym niż promień toczonego łuku.
- Jeśli konieczne jest użycie płytki o tym samym promieniu, stosować mikroprzerwy umożliwiające formowanie krótkich wiórów oraz w celu uniknięcia drgań.



Promień naroża płytki  $\geq$  promień toczonego łuku – jest niezalecane

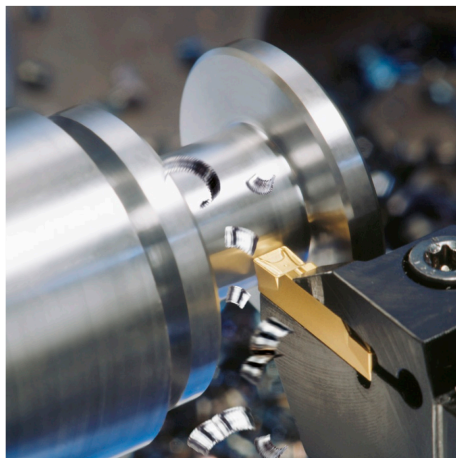
$f_{n1}$  = przejścia równoległe – maks. grubość wióra 0.15–0.40 mm (.006 - .016 cala).

$f_{n2}$  = przejścia po łuku – 50% maks. grubości wióra.



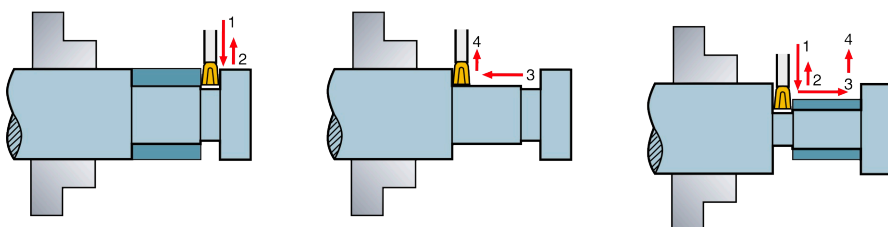
## Toczenie

Najpopularniejsze metody wykonywania szerokich rowków lub toczenia powierzchni między odsadzeniami to obróbka rowków w kilku przejściach, toczenie wgłębne lub zagłębianie skośne. Wszystkie trzy metody dotyczą obróbki zgrubnej i musi następować po nich obróbka wykończeniowa. Reguła jest taka, że jeśli szerokość rowka jest mniejsza niż głębokość to należy wykonać obróbkę rowków w kilku przejściach. W przeciwnym przypadku – toczenie wgłębne. W obróbce smukłych przedmiotów można natomiast zastosować zagłębianie skośne.



- Używać opravek z możliwie najmniejszym wysięgiem oraz szyną w gnieździe płytki. Mocowanie płytek śrubą lub zaciskiem sprężystym.
- Jeśli to możliwe, wybrać stabilny modułowy system narzędziowy.
- Wzmocniona listwa zwiększy stabilność.

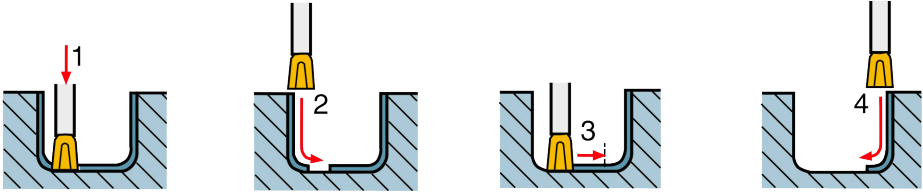
### Obróbka zgrubna



1. Wykonać wcięcie promieniowe na wymaganej głębokości +0.2 mm (+.008 cala) (maks. 0.75 x szerokość płytki).
2. Wycofać promieniowo o 0.2 mm (.008 cala).
3. Toczyć wzdłuż osi obrotu do przeciwnego boku rowka.
4. Wycofać promieniowo o 0.5 mm (.020 cala).

## Obróbka wykończeniowa

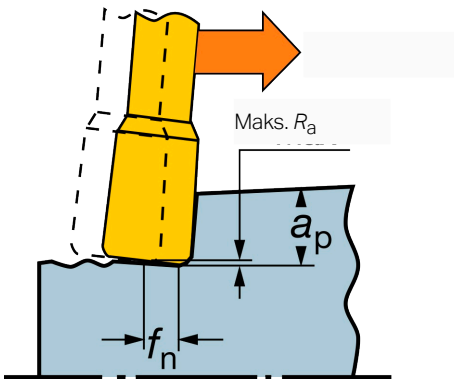
Ruch krawędzi skrawającej po krzywiznie łuku narożnika odbywa się głównie w kierunku osi Z. Z tego względu na głównej krawędzi skrawającej tworzą się bardzo cienkie wióry, co może powodować tarcie, a tym samym drgania.



- Głębokość skrawania przy toczeniu w kierunku promieniowym i osiowym powinna mieścić się w zakresie 0.5–1.0 mm (0.020–0.039 cala).

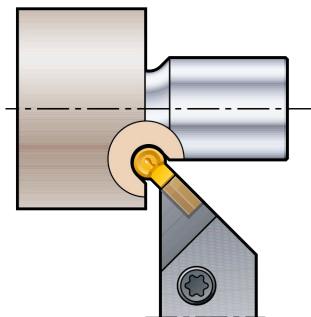
## Toczenie wzdłuż osi obrotu

### Chropowatość powierzchni



- Zastosowanie dogładzania (wiper) daje w efekcie wysoką jakość wykończenia powierzchni.
- Najkorzystniejszy efekt zastosowania płytek wiper uzyskamy, gdy uda się „znaleźć” odpowiednią kombinację posuwu ( $f_n$ ) i odchylenia listwy.
- Wartość  $R_a$  poniżej  $0.5 \mu\text{m}$  ( $20 R_a$ ) jest możliwa do uzyskania tą metodą.

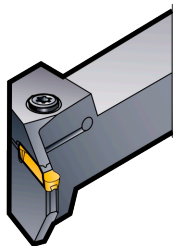
## Toczenie podcięć



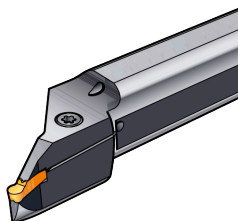
- Gdy potrzebne są podcięcia technologiczne.
- Ten rodzaj obróbki wymaga zastosowania wyspecjalizowanego typu płytek z zaokrąglonymi krawędziami skrawającymi, bardzo ostrych i precyzyjnych.
- Dopuszczalne odchyłki wymiarowe takich płytek są bardzo małe, tj.  $\pm 0.02$  mm ( $\pm 0.008$  cala).

## Narzędzia do toczenia podcięć

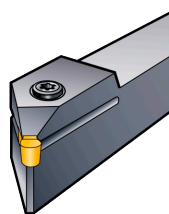
Z kątem  
7°, 45° i 70°



Z kątem 20°



Z kątem 45°









• Oprawka do toczenia podcięć zewnętrznych na płytce dwustrzowe.

• Oprawka do toczenia podcięć wewnętrznych na płytce dwustrzowe.

• Oprawka do toczenia podcięć zewnętrznych na płytce jednostrzowe.

# Przewycięzanie trudności

## Zużycie narzędzia

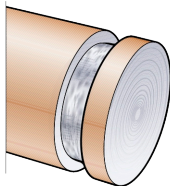
| Problem \ Rozwiązanie                 |  |  |  |  |  |  |
|---------------------------------------|---|---|---|---|---|--|
|                                       | Starcie na powierzchni przyłożenia  | Deformacja plastyczna   | Zużycie kraterowe   | Wykruszenia   | Pęknięcie   | Narost   |
| Bardziej dodatnia geometria           |   |   |   |   |   | ++   |
| Bardziej udarny gatunek               |   |   |   | ++  |   |  |
| Gatunek bardziej odporny na ścieranie | ++  | +   | +   |   |   |  |
| Zwiększyć prędkość skrawania          |   |   |   |   |   | +  |
| Zmniejszyć prędkość skrawania         | +   | +   | ++  |   |   |  |
| Zredukować posuw                      |   | ++  |   | +   | +   |  |
| Wybrać mocniejszą geometrię           |   |   |   | +   | ++  |  |

++ = Rozwiązanie najlepsze z możliwych    + = Możliwe rozwiązanie

Problem

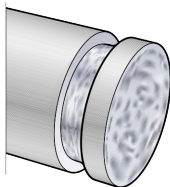
Rozwiązanie

## Zła jakość wykończenia powierzchni



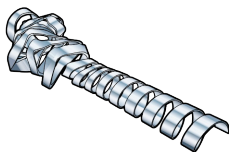
- Użyć krótkiego, stabilnego narzędzia.
- Zadbać o usuwanie wiórów – zastosować geometrię zapewniającą dobrą kontrolę wiórów.
- Używać narzędzi z precyzyjnym podawaniem chłodziwa.
- Zapoznać się ze wskazówkami dotyczącymi prędkości skrawania/posuwu.
- Użyć geometrii wiper.
- Sprawdzić konfigurację narzędzi.

## Zła jakość wykończenia powierzchni aluminium



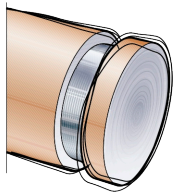
- Stosować jak najostrzejsze krawędzie skrawające
- Zastosować geometrię zapewniającą dobrą kontrolę wiórów.
- Zastosować specjalny olej rozpuszczalny do tego materiału.
- Używać narzędzi z precyzyjnym podawaniem chłodziwa.

## Niekorzystny kształt wiórów



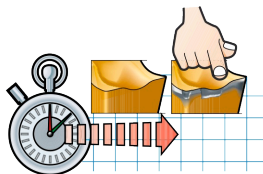
- Zmienić geometrię.
- Wybrać większy posuw.
- Zastosować mikroprzerwy (wycofywanie).
- Używać narzędzi z precyzyjnym podawaniem chłodziwa.

## Drgania

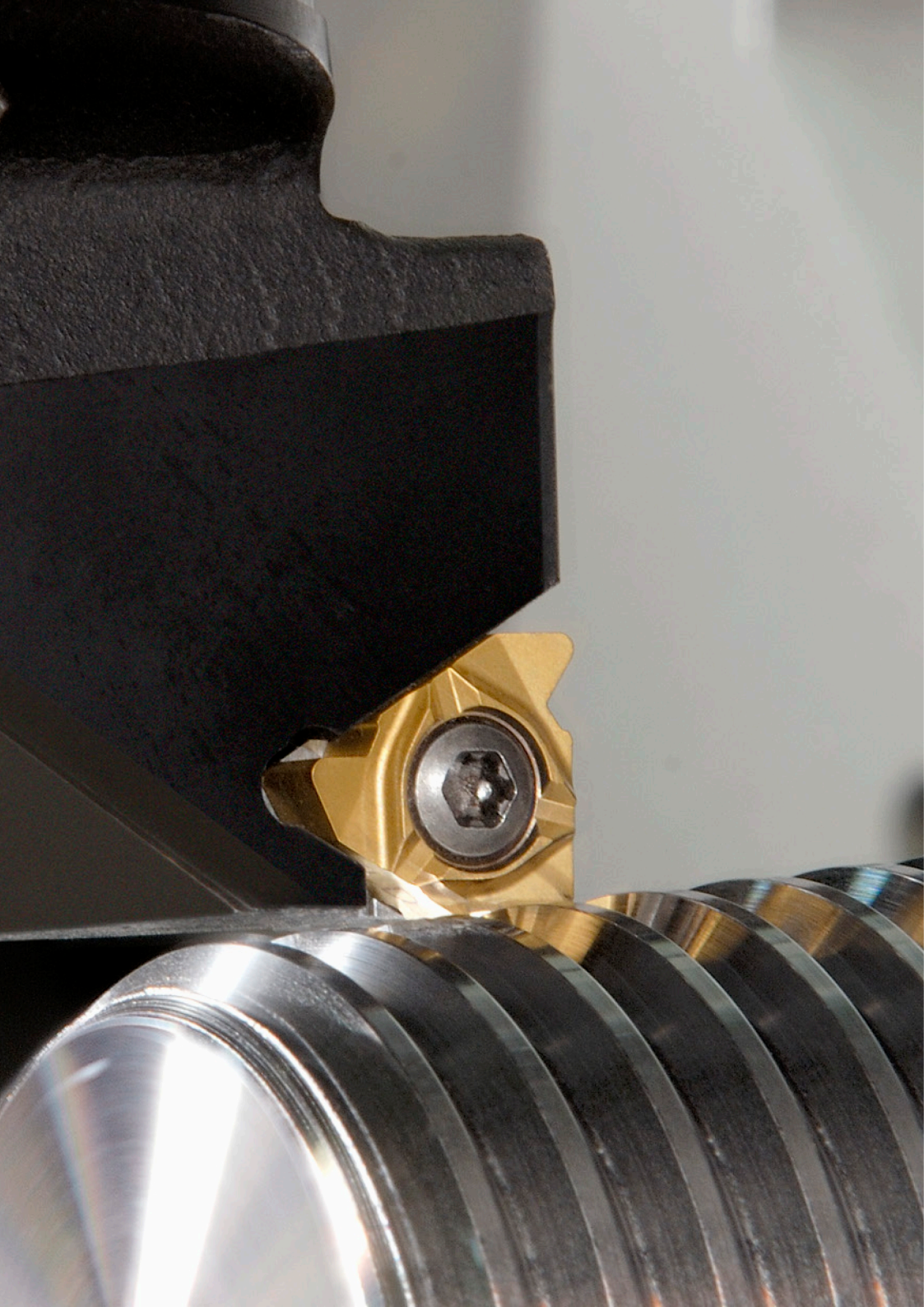


- Zwiększyć stabilność układu obrabiarka-uchwyt-przedmiot-narzędzie..
- Zapoznać się ze wskazówkami dotyczącymi prędkości skrawania/posuwu.
- Użyć krótszego narzędzia i wysięgu obrabianego przedmiotu.
- Zmienić geometrię.
- Skontrolować stan narzędzia.
- Skontrolować ustawienie narzędzia (ustawienie w osi).

## Krótką trwałość



- Sprawdzić ustawienie w osi.
- Poprawić kąt między powierzchnią narzędzia i obrabianego przedmiotu.
- Sprawdzić stan listwy. Jeśli pracowała długo/intensywnie, płytka może nie być wystarczająco sztywno osadzona w gnieździe.
- Używać narzędzi z precyzyjnym podawaniem chłodziwa.



# Obróbka gwintów

Toczenie gwintów to metoda obróbki z użyciem narzędzia na płytki wymienne, które wykonuje kilka przejść wzdłuż części przedmiotu obrabianego przeznaczonej pod gwint.

Podzielenie całej głębokości zarysu gwintu na serię przejść o niewielkiej głębokości sprawia, że delikatna krawędź skrawająca o profilu kształtującym gwint nie jest przeciążona.

- Teoria C 4
- Procedura wyboru C 9
- Przegląd systemu C 13
- Zasady stosowania C 19
- Przewyciężanie trudności C 24
- Gwintowanie z użyciem gwintowników maszynowych C 28

# Teoria obróbki gwintu

## Sposoby obróbki gwintu

Główne funkcje gwintów to:

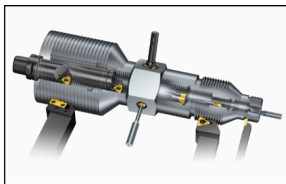
- zapewnienie połączenia mechanicznego
- przeniesienie ruchu poprzez konwersję ruchu obrotowego na liniowy i odwrotnie
- wykorzystanie praw mechaniki przez użycie małej siły do wytworzenia większej.

## Różne sposoby wykonywania gwintów

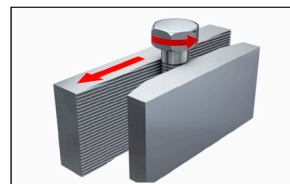
Formowanie



Obróbka skrawaniem

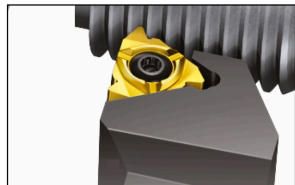


Walcowanie



Sposoby wykonywania gwintów metodą obróbki metalu skrawaniem

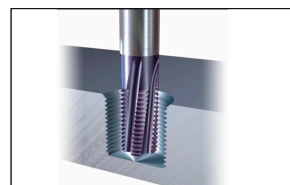
Toczenie gwintów



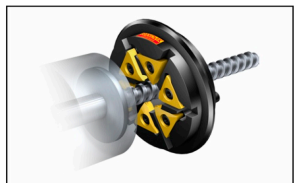
Gwintowanie



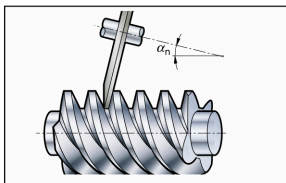
Frezowanie gwintów



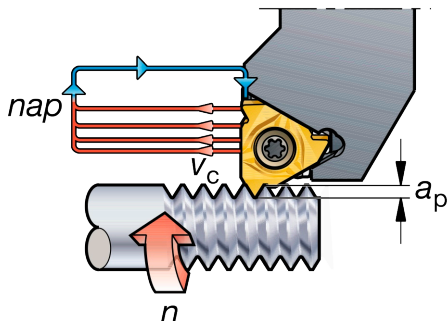
Frezowanie obiegowe gwintów



Szlifowanie



# Pojęcia podstawowe

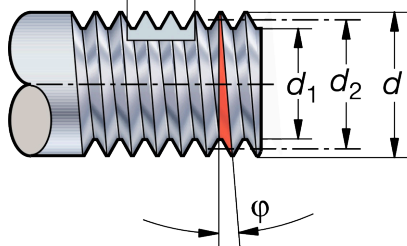
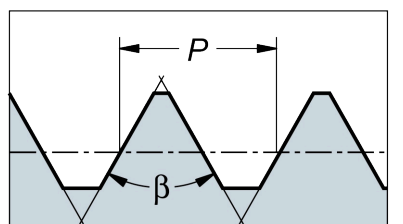


$v_c$  = prędkość skrawania m/min  
(stopy/min)

$n$  = prędkość obrotowa wrzeciona  
obr./min

$a_p$  = całkowita głębokość gwintu mm  
(cale)

$nap$  = liczba przejść



$P$  = skok mm lub zwoje na cal  
(zw./cal)

$\beta$  = kąt zarysu gwintu

$d_1$  = średnica rdzenia śruby

$D_1$  = średnica otworu nakrętki

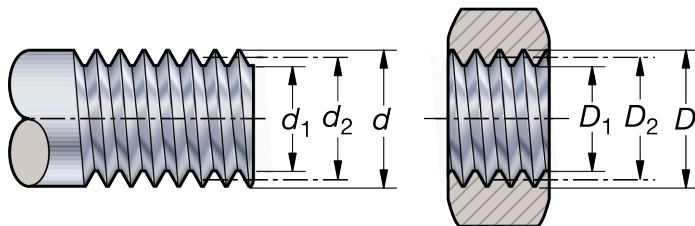
$d_2$  = średnica podziałowa śruby

$D_2$  = średnica podziałowa nakrętki

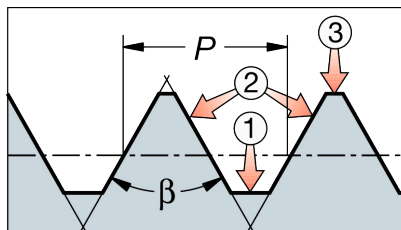
$d$  = średnica nominalna śruby

$D$  = średnica nominalna nakrętki

$\phi$  = kąt pochylenia linii śrubowej  
gwintu



## Pojęcia podstawowe



### 1. Dno brzozy gwintu

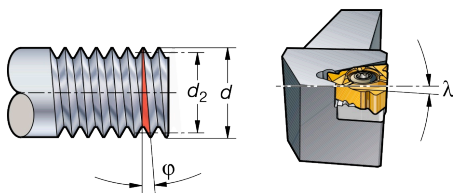
- Powierzchnia dna stykająca się z oboma przylegającymi powierzchniami bocznymi gwintu.

### 2. Bok zarysu gwintu

- Powierzchnia łącząca grzbiet i dno brzozy gwintu.

### 3. Grzbiet gwintu

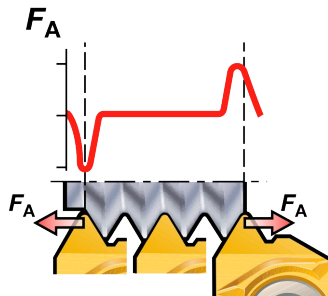
- Powierzchnia wierzchołkowa stykająca się z dwoma powierzchniami bocznymi.



### Kąt pochylenia linii śrubowej

- Kąt pochylenia linii śrubowej ( $\varphi$ ) jest zależny od średnicy i skoku ( $P$ ) gwintu.
- Zmieniając kąt płytki podporowej, ustawa się wymiar luzu między powierzchnią płytki a powierzchnią przedmiotu obrabianego.
- Kąt pochylenia oznacza się literą lambda ( $\lambda$ ).  
Typowa płytka podporowa stosowana w oprawce ma kąt pochylenia  $1^\circ$ .

## Siła czynna podczas zagłębiania i wychodzenia ostrza z rowka gwintu

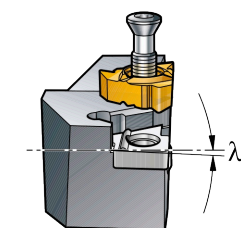


- Wartość składowej siły całkowitej w kierunku osiowym osiąga swoje ekstremum w chwili zagłębiania krawędzi skrawającej w materiał przedmiotu i wychodzenia z niego.
- Bardzo wysokie parametry skrawania mogą doprowadzić do przemieszczania się płytek niewystarczająco sztywno osadzonych w gnieździe oprawki.

# Pochylenie płytki w celu zapewnienia odstępu od powierzchni przedmiotu

## Wybór płytki podporowej w celu uzyskania odpowiedniego pochylenia

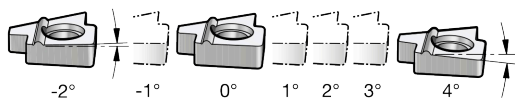
Kąt pochylenia można regulować poprzez zastosowanie płytek podporowych umieszczanych pod płytką skrawającą w oprawce. Wyboru płytki podporowej można dokonać na podstawie wykresu w katalogu. Standardowo, wszystkie oprawki dostarczane z płytką podporową zapewniającą kąt pochylenia 1°.



### Kąt pochylenia

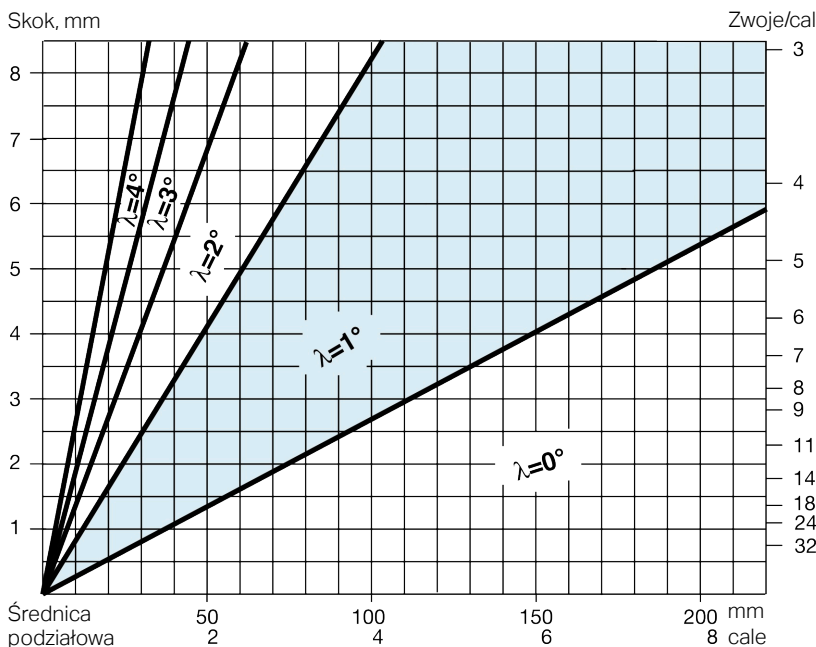
**Uwaga!** Toczenie w kierunku od uchwytu może wymagać użycia płytki podporowej o ujemnym kącie pochylenia.

Standardowa płytki podporowa = 1°



$$\tan \lambda = \frac{P * ns}{\pi \times d_2}$$

\* ns = liczba zwojów



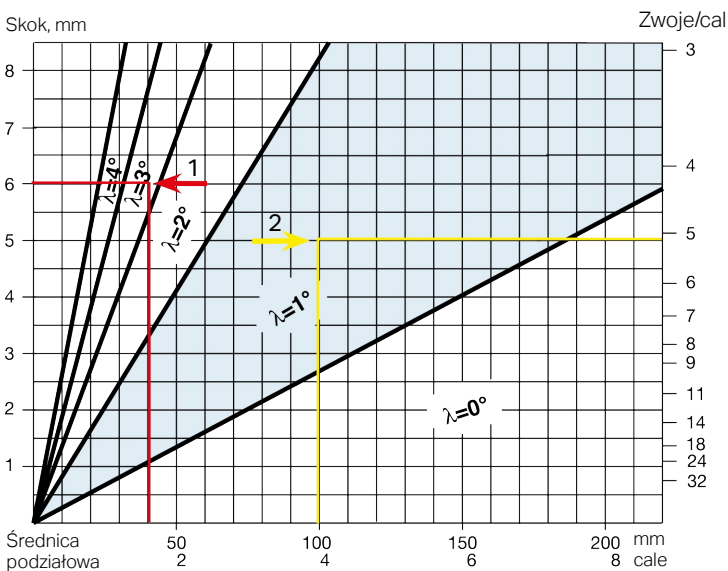
## Wybór płytki podporowej w celu uzyskania odpowiedniego pochylenia

Średnica i skok wpływają na kąt pochylenia.

### Jak korzystać z wykresu?

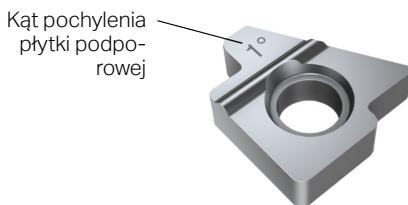
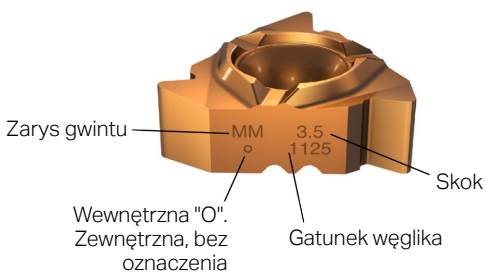
1. Średnica przedmiotu wynosi 40 mm (1.575"), a skok gwintu to 6 mm (.236"). Z wykresu możemy odczytać, że wymagana płytka podporowa musi posiadać kąt pochylenia 3° (nie można użyć płytki dostarczonej w komplecie z oprawką).

2. Średnica przedmiotu wynosi 102 mm (4"), a skok gwintu to 5 zwojów na cal. Z wykresu możemy odczytać, że wymagana płytka podporowa musi posiadać kąt pochylenia 1° (można użyć płytki dostarczonej w komplecie z oprawką).



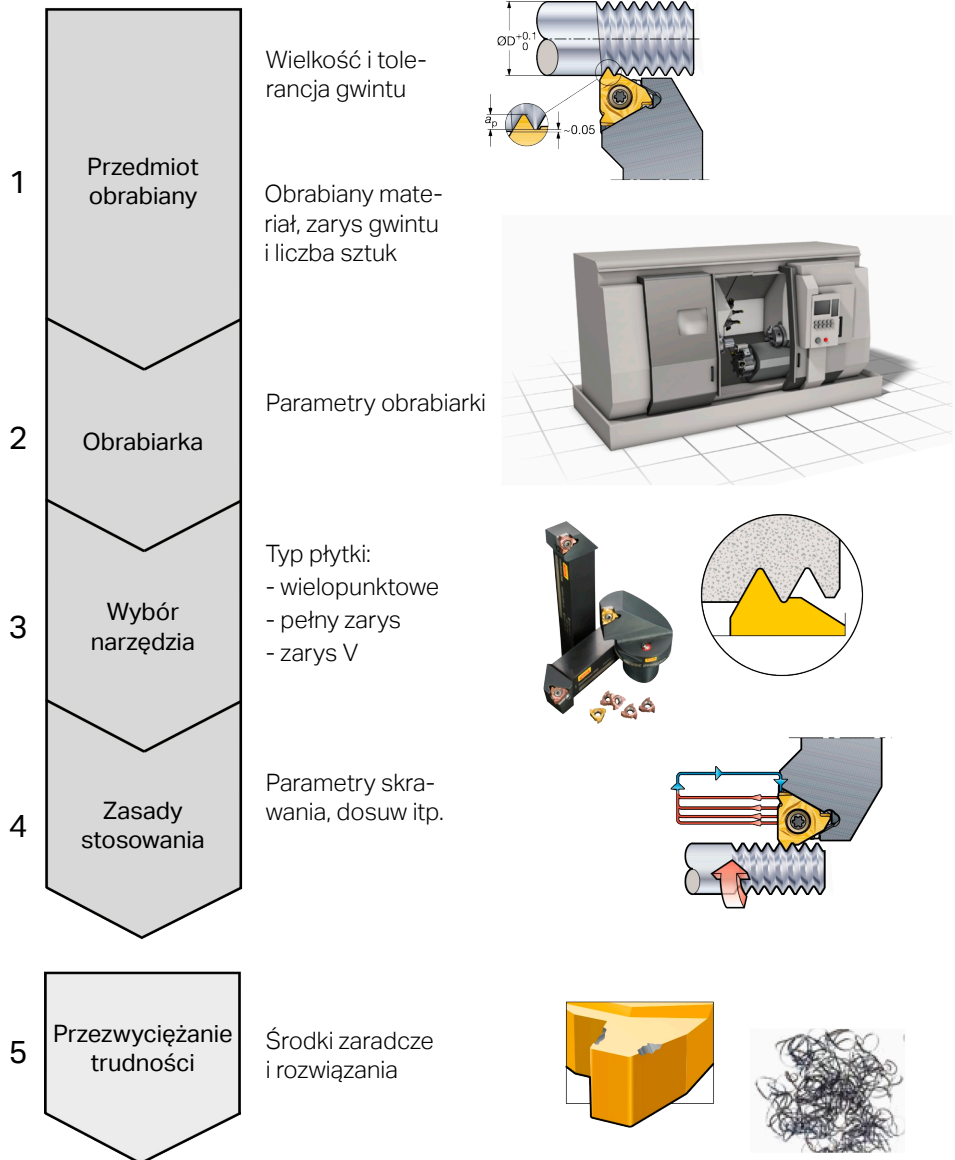
## Oznaczenia płytek do obróbki gwintów i płytek podporowych

Odczytywanie i znaczenie oznaczeń.

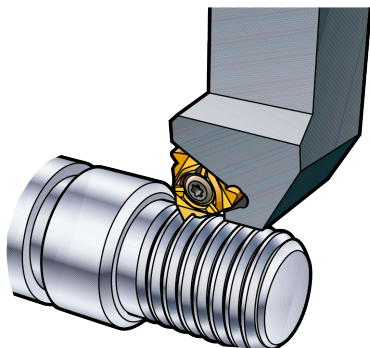


# Procedura doboru narzędzi

## Proces planowania produkcji



# 1. Przedmiot i materiał obrabiany



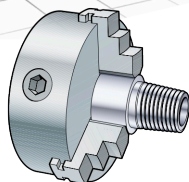
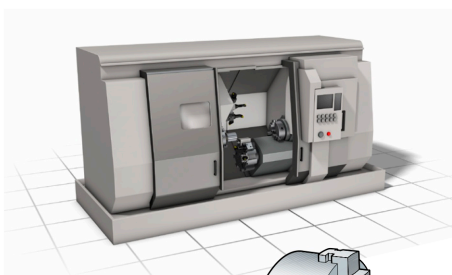
## Przedmiot obrabiany

- Przeanalizuj wymiary i wymagania odnośnie jakości wykonania gwintu
- Rodzaj obróbki (zewnątrzna lub wewnętrzna)
- Gwint prawy lub lewy
- Typ zarysu (metryczny, UN, itp.)
- Wartość skoku
- Liczba zwojów gwintu
- Tolerancja (zarysu, położenia).

## Materiał

- Skrawalność
- Łamanie wiórów
- Twardość
- Składniki stopowe.

## 2. Parametry obrabiarki



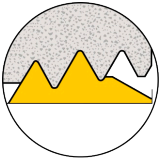
## Stan i konfiguracja obrabiarki

- Złącze wrzeciona
- Stabilność obrabiarki
- Dostępna prędkość obrotowa wrzeciona
- Doprowadzanie chłodziwa
- Mocowanie przedmiotu obrabianego
- Moc i moment obrotowy
- Dostępne cykle programowania
- Zasięg narzędzia i odstęp od powierzchni przedmiotu
- Wysięg narzędzia.

## 3. Wybór narzędzi

### Różne sposoby wykonywania gwintów

#### Płytki wielopunktowe



Płytką o pełnym zarysie (wykonująca obróbkę wierzchołków) z wieloma ostrzami pozwala ograniczyć liczbę przejść i zapewnić wysoką produktywność; np. płytką wielopunktową z dwoma ostrzami zmniejsza liczbę przejść z dosuwem o połowę.

Nacisk narzędzia wzrasta proporcjonalnie do liczby ostrzy, co wymaga stabilnej konfiguracji i skróconych wysięgów. Konieczna jest również wystarczająca ilość miejsca za ostatnim zwojem.

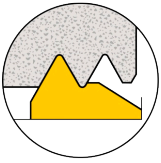
#### Zalety

- Mniejsza liczba przejść.
- Bardzo wysoka produktywność.

#### Wady

- Wymaga stabilności układu OUPN
- Wymaga wystarczającej ilości miejsca za ostatnim zwojem.

#### Płytki o pełnym zarysie



Gwint jest skrawany za pomocą płytki o geometrii charakteryzującej się dobrą kontrolą parametrów takich, jak odległość pomiędzy dnem bruzdy i grzbietem gwintu.

Do każdego skoku gwintu wymagana jest osobna płytką.

Jako że płytką obrabia wszystkie powierzchnie zarysu gwintu, nacisk narzędzia rośnie, co przekłada się na wysokie wymagania dotyczące sztywności układu i wysięgu narzędzia.

#### Zalety

- Lepsza kontrola nad zarysem gwintu
- Mniej zadziórów do usunięcia.

#### Wady

- Do każdego skoku gwintu wymagana jest osobna płytką.

#### Płytki o zarysie V



Płytką może obrabiać różne skoki gwintu, co pozwala ograniczyć asortyment w magazynie. Płytką kształtuje dno bruzdy i boki.

Płytką o zarysie V nie formuje grzbietów gwintu. Średnicę zewnętrzną nadaje się w poprzedzającym zabiegu tokarskim.

Dokładne jego wykonanie zapewnia wysoką dokładność wymiarową gwintu.

Tego typu płytką, mająca mniejszy kontakt z materiałem, wywiera niższe naciski, przez co jest odpowiednia dla konfiguracji, w których prawdopodobieństwo wzbudzenia drgań jest wysokie.

#### Zalety

- Uniwersalność – jedna płytką może być użyta do wielu skoków gwintu.

#### Wady

- Może powodować powstawanie zadziórów, które będą wymagały usunięcia.

## 4. Zasady stosowania

### Ważne uwagi dotyczące technologii obróbki



Metoda dosuwu wgłębnego może mieć istotny wpływ na przebieg procesu obróbki gwintu.

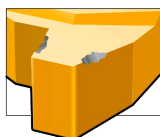
**Wpływa ona na:**

- kontrolę wiórów
- zużycie płytki
- jakość gwintu
- trwałość narzędzia.

W praktyce o wyborze metody dosuwu wgłębnego decyduje typ obrabiarki, geometria płytki, materiał obrabiany oraz skok gwintu.

## 5. Przewycięzanie trudności

### Wybrane zagadnienia



W przypadku problemów z trwałością płytki, kontrolą wiórów lub słabą jakością gwintu. Należy uwzględnić następujące aspekty.

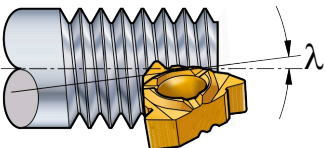
**Typ dosuwu wgłębnego**

- Zoptymalizuj metodę dosuwu wgłębnego, liczbę i głębokość przejść.



**Pochylenie płytki**

- Upewnij się, czy odstęp od powierzchni przedmiotu jest wystarczający i równomierny (płytki podporowe, decydujące o pochyleniu płytki skrawającej).



**Geometria płytki**

- Upewnij się, że używana jest odpowiednia geometria płytki (A, F lub C).

**Gatunek płytki**

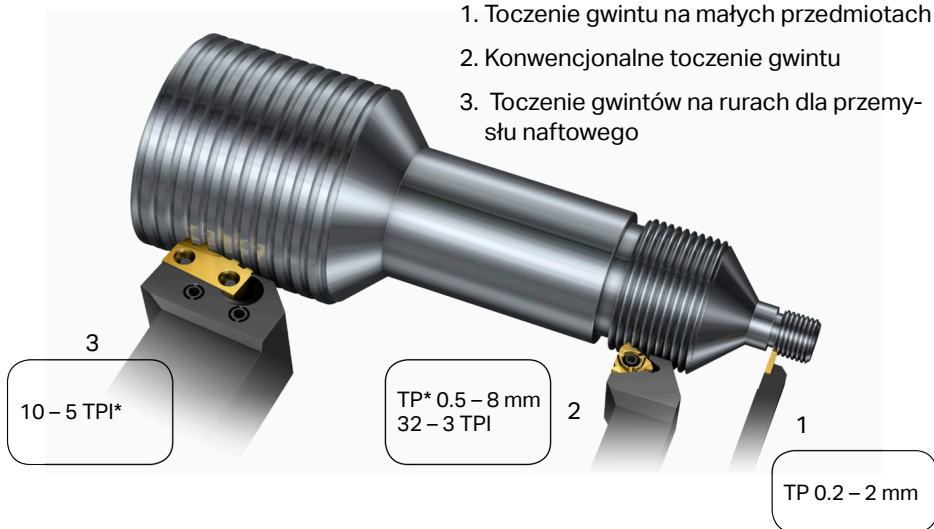
- Dobierz odpowiedni gatunek zgodnie z wymaganiami odnośnie materiału i udarowości.

**Parametry skrawania**

- Jeśli to konieczne, zmień prędkość skrawania i liczbę przejść.

# Przegląd systemu

## Toczenie gwintu zewnętrznego



## Toczenie gwintów wewnętrznych



1. Węglkowy wytaczak do toczenia gwintów
2. Wytaczak do gwintów z wymienną płytką mocowaną od czopa
3. Konwencjonalne wytaczanie gwintów
4. Wytaczanie gwintów w rurach dla przemysłu naftowego

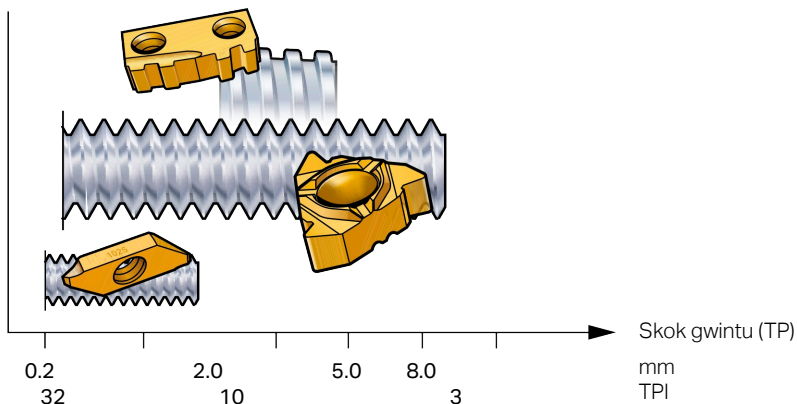
\*TPI = skok gwintu jako liczba zwojów na cal

\*TP = skok gwintu

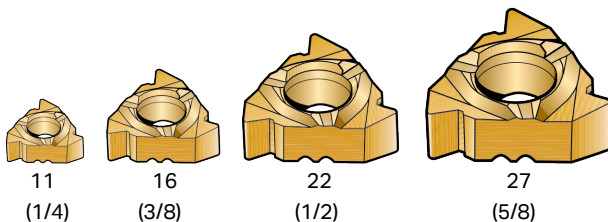
# Asortyment do toczenia gwintu zewnętrznego

Dokonaj wyboru z obszernej oferty

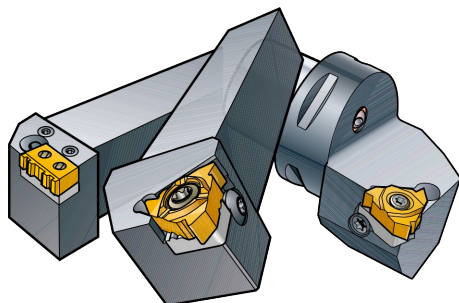
## Płytki



- Cztery wymiary (L) / wielkości (IC) płytek: 11, 16, 22, 27 mm (1/4, 3/8, 1/2, 5/8 cala)



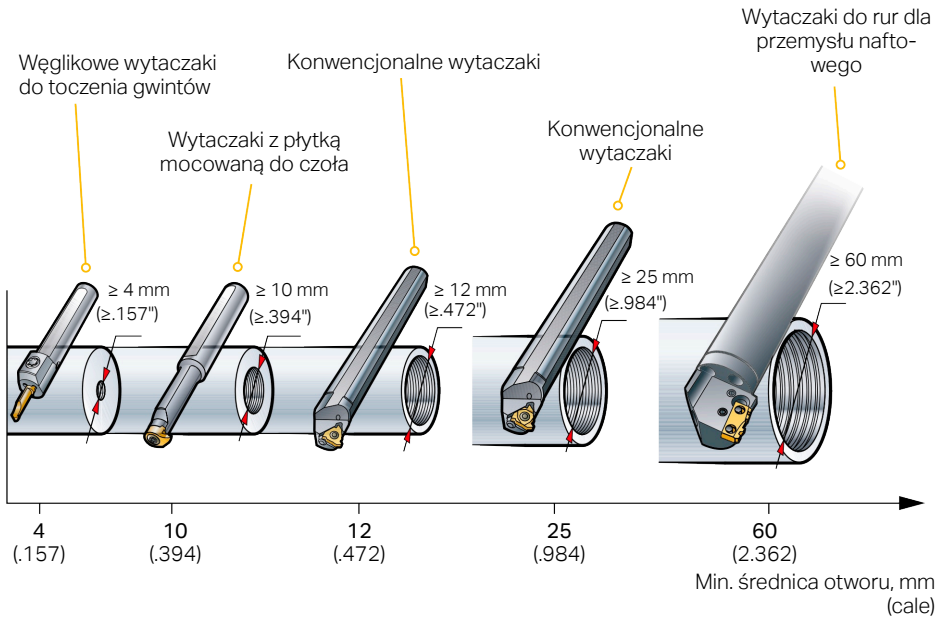
## Oprawki



- Oprawki modułowe ze złączem Coromant Capto®
- Oprawki z trzonkiem o przekroju prostokątnym systemu QS
- Oprawki z trzonkiem o przekroju prostokątnym
- Wymienne głowice modułowe
- Wkładki.

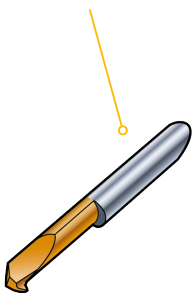
# Asortyment do toczenia gwintu zewnętrznego

Dokonaj wyboru z obszernej oferty i spośród kilku systemów

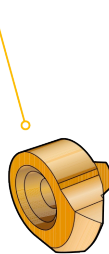


## Do precyzyjnego toczenia gwintów wewnętrznych w otworach o małych średnicach


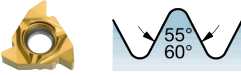


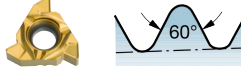
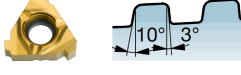

Obróbka gwintów za pomocą węglkowego wytaczaka



Płytki do wytaczaków mocujących płytkę do czoła



# Zarysy gwintów

| Zastosowania                              | Zarys gwintu / płytka   | Typ gwintu   | Oznaczenie           |
|---|---|--|----------------------|
| Zastosowanie ogólne                       |  | Metryczny ISO<br>Amerykański calowy zunifikowany                                 | MM<br>UN             |
| Gwint rurowy                              |  | Whitwortha, NPT<br>Standard Brytyjski (BSPT), NPTF<br>Amerykańskie gwinty rurowe | WH, NT<br>PT, NF     |
| Przemysł spożywczy i pożarniczy           |  | Okrągły DIN405   | RN                   |
| Przemysł lotniczy                         |  | MJ<br>UNJ  | MJ<br>NJ             |
| Przemysł naftowy i gazowniczy             |  | API okrągły<br>API typu "V" 60°  | RD<br>V38, 40,<br>50 |
| Przemysł naftowy i gazowniczy             |  | Trapezowy niesymetryczny, VAM  | BU                   |
| Połączenia ruchome<br>Ogólnego stosowania |  | Trapezowy<br>ACME<br>STUB-ACME   | TR<br>AC<br>SA       |

## Do zastosowań ogólnych

- Właściwa równowaga między wytrzymałością na obciążenia i objętością materiału.

## Gwinty rurowe

- Zdolność do przenoszenia obciążeń.
- Możliwość tworzenia szczelnych połączeń (gwinty są często stożkowe).

## Przemysł spożywczy i pożarniczy

- Tak jak gwinty rurowe, ale zarys okrągły, do łatwego czyszczenia w przemyśle spożywczym.
- Powtarzalne łączenie/ rozłączanie w pożarnictwie.

## Przemysł lotniczy

- Wysoka precyzja i minimalne ryzyko koncentracji naprężeń i pęknięcia.

## Przemysł naftowy

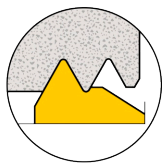
- Bardzo duża wytrzymałość na obciążenie oraz szczelność, przy ograniczonej grubości rur cienkościennych.

## Połączenia ruchome

- Kształt symetryczny.
- Duża powierzchnia styku.
- Sztwna konstrukcja.

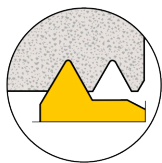
## Typy płytek

### Trzy różne typy płytek do toczenia gwintu



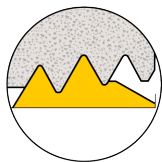
#### Płytki o pełnym zarysie

- Wysoka produktywność toczenia gwintu.



#### Płytki o zarysie otwartym V - 60° lub 55°

- Obróbka gwintów przy minimalnych zapasach magazynowych narzędzi.



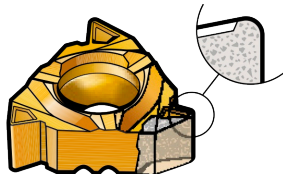
#### Płytki wielopunktowe

- Bardzo produktywne, ekonomiczne toczenie gwintów w produkcji masowej.

## Trzy różne geometrie

### Geometria A

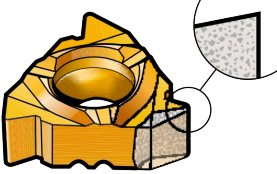
Pierwszy wybór do większości przypadków toczenia gwintu.



Dobre formowanie wiórów w szerokim zakresie materiałów.

### Geometria F

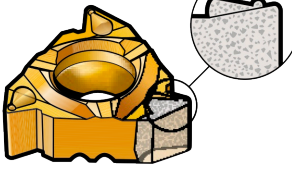
Ostra krawędź.



Czyste skrawania w materiałach przywierających oraz utwardzających się podczas obróbki.

### Geometria C

Geometria do łamania wiórów.



Zoptymalizowana geometria do stali niskowęglowych, niskostopowych oraz łatwo skrawalnych stali nierdzewnych.

## Rozwiązania do obróbki gwintów



- Wyjątkowo sztywne narzędzie do obróbki gwintu z ustalonymi położeniami płytek. Zwiększona sztywność zespołu narzędzia zwiększa precyzję położenia ostrzy.
- Płytki mocowane w odpowiednim położeniu dzięki szynie usztywniającej.
- Na płytce podporowej znajduje się przymatyczna szyna, która dzięki kontaktowi z rowkiem w podstawie płytki skrawającej (czerwone powierzchnie na ilustracji) pomaga zablokować jej orientację. Całość ściskana jest za pomocą śruby mocującej.
- Bezpieczne złącze płytki gwarantuje większą trwałość narzędzia i lepszą jakość gwintu.

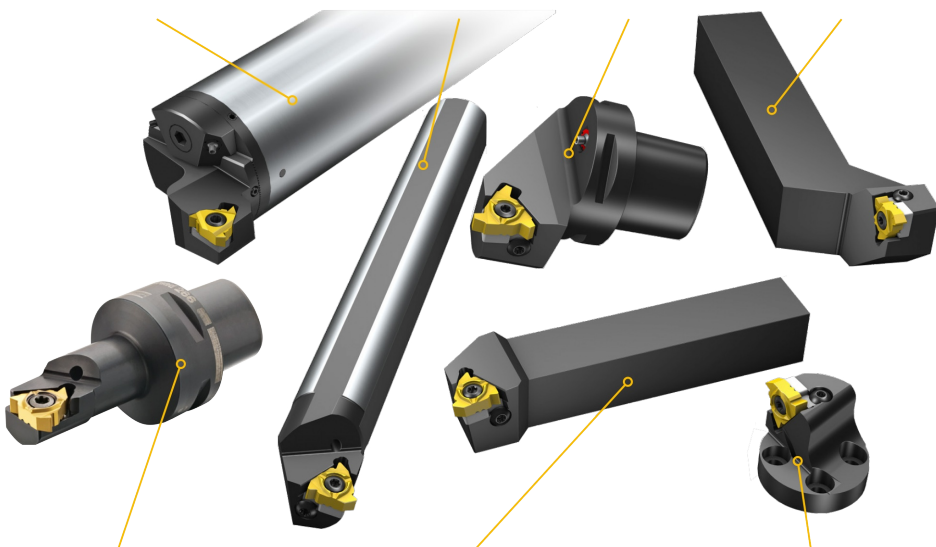
## Różnorodne rozwiązania konstrukcji opravek

Złącze do szybkiej wymiany

Wytaczak

Zewnętrzna oprawka Coromant Capto®

Oprawka odwrócona



Wytaczak Coromant Capto®

Trzonek o przekroju prostokątnym

Wymienna głowica modułowa

# Zasady stosowania

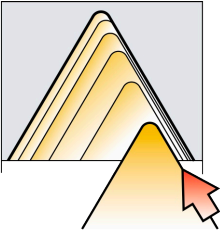
## Trzy różne rodzaje dosuwu wglębnego

Metoda dosuwu wglębnego może mieć istotny wpływ na przebieg procesu obróbki gwintu. Wpływa ona na:

- kontrolę wiórów
- zużycie płytki
- jakość gwintu
- trwałość narzędzia.

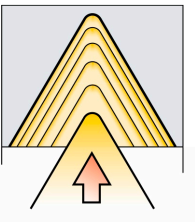
W praktyce o wyborze metody dosuwu wglębnego decyduje typ obrabiarki, geometria płytki, materiał obrabiany oraz skok gwintu.

### Zmodyfikowany boczny dosuw wglębny



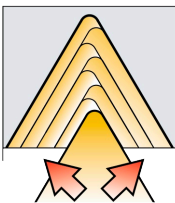
- Większość nowszych obrabiarek CNC można zaprogramować na funkcję zmodyfikowanego dosuwu wglębnego bocznego.
- Służy do toczenia gwintów płytkami o geometrii C, ponieważ jako jedyna metoda dosuwu umożliwia im złamanie wióra.
- Siła ukierunkowana bardziej osiowo zmniejsza ryzyko wzbudzenia drgań.
- Kontrolowane kierowanie wiórów.
- Używany w przypadku wszystkich geometrii płytek.

### Dosuw wglębny promieniowy



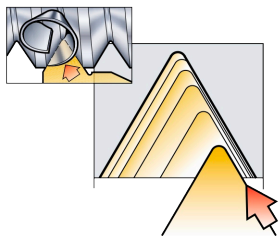
- Stosowany we wszystkich obrabiarkach ustawianych ręcznie oraz w większości wbudowanych programów CNC.
- Pierwszy wybór do materiałów utwardzających się podczas obróbki oraz do niewielkich skoków.

### Dosuw wglębny naprzemienny



- Zazwyczaj używany do bardzo dużych zarysów oraz skoków i długich cykli gwintowania, gdzie trwałość narzędzia musi odpowiadać długości gwintu.
- Wymaga specjalnego programowania.

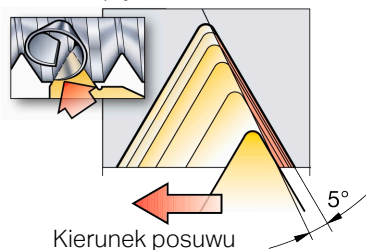
## Zmodyfikowany boczny dosuw wstępny



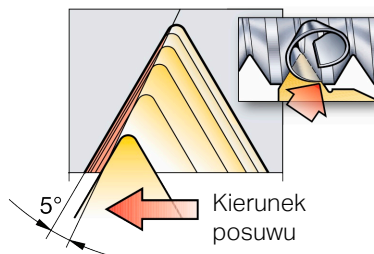
- Większość obrabiarek CNC posiada zaprogramowany cykl wykorzystujący ten rodzaj dosuwu wstępnego.
- Wióry podobne do uzyskiwanych przy toczeniu konwencjonalnym – łatwiejsze w tworzeniu i odprowadzeniu.
- Siła ukierunkowana bardziej osiowo zmniejsza ryzyko wzbudzenia drgań.
- Wióry są grubsze, lecz stykają się tylko z jedną stroną płytki.
- Mniej ciepła jest przekazywane do płytki.
- Pierwszy wybór do większości operacji toczenia gwintu.

### Kierunek dosuwu wstępnego

← Splyw wiórow

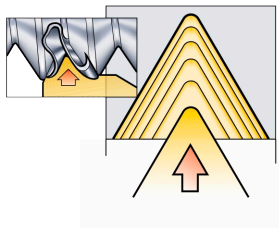


→ Splyw wiórow



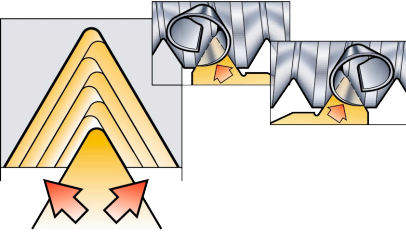
- Lepsza kontrola wiórow
- Niższa chropowatość powierzchni
- Dla płytek o geometrii C zmodyfikowany dosuw wstępny boczny jest jedynym odpowiednim rodzajem dosuwu.

## Dosuw wstępny promieniowy



- Najczęściej wykorzystywana metoda i jedyna metoda możliwa do zastosowania w starych tokarkach konwencjonalnych.
- Tworzy sztywne wióry w kształcie litery "V".
- Równomierne zużycie płytki.
- Naroże płytki jest narażone na wysokie temperatury, co ogranicza głębokość dosuwu wstępnego.
- Odpowiedni do niewielkich skoków.
- Ryzyko powstawania drgań oraz słaba kontrola wiórow przy dużych skokach.
- Pierwszy wybór do materiałów utwardzających się podczas obróbki.

## Dosuw wgłębny naprzemienny

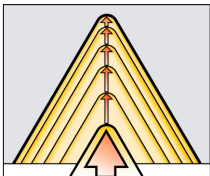


- Zalecany do dużych zarysów.
- Równomierne zużycie oraz większa trwałość płytki przy bardzo dużych gwintach.
- Wióry są odprowadzane w dwóch kierunkach, co utrudnia ich kontrolę.

## Metody programowania

### Jak poprawić wyniki obróbki

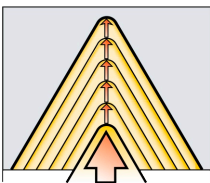
Malejąca głębokość w kolejnych przejściach (stały przekrój warstwy skrawanej)



Pozwala uzyskać stały przekrój warstwy skrawanej. Jest to najczęściej stosowana metoda spośród opcji programowych CNC.

- Pierwsze przejście jest najgłębsze
- Zgodna z zaleceniami zawartymi w tabelach dosuwów wgłębnych w katalogu
- Bardziej równomierny przekrój warstwy skrawanej
- Ostatnie przejście na głębokość około 0.07 mm (0.028").

### Stała głębokość na przejście



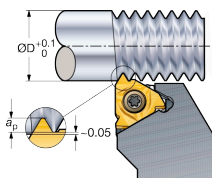
Każde z przejść ma jednakową głębokość, niezależnie od ich liczby.

- Dużo większe wymagania odnośnie wytrzymałości płytki
- Najlepsza kontrola wiórów
- Nie należy stosować dla skoków powyżej 1.5 mm lub 16 zw./cal.

# Toczenie gwintu płytkami o pełnym zarysie

Przygotować większy nadatek w celu wykończenia wierzchołków grzbietu gwintu

Dla płytek o pełnym zarysie należy pozostawić nadatek 0.03-0.07 mm na stronę, aby umożliwić obróbkę wierzchołków grzbietu gwintu.



- Powierzchnia pod gwint nie musi być toczonea dokładnie na średnicę zapewniającą docelową wysokość wierzchołków gwintu.
- Należy pozostawić nadatek na średnicy przedmiotu, 0.06 – 0.14 mm (.002 – .006") w celu wykonania obróbki wierzchołków na docelową wysokość.

## Zalecane wartości dosuwu wgłębnego

Liczba przejść oraz całkowita głębokość gwintu.

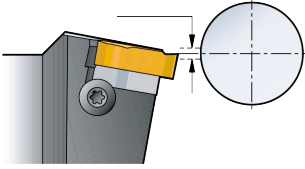
## Metryczna ISO i calowy, zewnętrzny

| Nr przejścia<br>(nap) | Skok, mm | Mniejsza prędkość skrawania |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|-----------------------|----------|-----------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|                       |          | 0.5                         | 0.75 | 1.0  | 1.25 | 1.5  | 1.75 | 2.0  | 2.5  | 3.0  | 3.5  | 4.0  | 4.5  | 5.0  | 5.5  | 6.0  |
| 1                     |          | 0.11                        | 0.17 | 0.19 | 0.20 | 0.22 | 0.22 | 0.25 | 0.27 | 0.28 | 0.34 | 0.34 | 0.37 | 0.41 | 0.43 | 0.46 |
| 2                     |          | 0.09                        | 0.15 | 0.16 | 0.17 | 0.21 | 0.21 | 0.24 | 0.24 | 0.26 | 0.31 | 0.32 | 0.34 | 0.39 | 0.40 | 0.43 |
| 3                     |          | 0.07                        | 0.11 | 0.13 | 0.14 | 0.17 | 0.17 | 0.18 | 0.20 | 0.21 | 0.25 | 0.25 | 0.28 | 0.32 | 0.32 | 0.35 |
| 4                     |          | 0.07                        | 0.07 | 0.11 | 0.11 | 0.14 | 0.14 | 0.16 | 0.17 | 0.18 | 0.21 | 0.22 | 0.24 | 0.27 | 0.27 | 0.30 |
| 5                     |          | 0.34                        | 0.50 | 0.08 | 0.10 | 0.12 | 0.12 | 0.14 | 0.15 | 0.16 | 0.18 | 0.19 | 0.22 | 0.24 | 0.24 | 0.27 |
| 6                     |          |                             |      | 0.67 | 0.08 | 0.08 | 0.10 | 0.12 | 0.13 | 0.14 | 0.17 | 0.17 | 0.20 | 0.22 | 0.22 | 0.24 |
| 7                     |          |                             |      |      | 0.80 | 0.94 | 0.10 | 0.11 | 0.12 | 0.13 | 0.15 | 0.16 | 0.18 | 0.20 | 0.20 | 0.22 |
| 8                     |          |                             |      |      |      | 0.08 | 0.08 | 0.11 | 0.12 | 0.14 | 0.15 | 0.17 | 0.19 | 0.19 | 0.21 | 0.21 |
| 9                     |          |                             |      |      |      | 1.14 | 1.28 | 0.11 | 0.12 | 0.14 | 0.14 | 0.16 | 0.18 | 0.18 | 0.20 | 0.20 |
| 10                    |          |                             |      |      |      |      |      | 0.08 | 0.11 | 0.12 | 0.13 | 0.15 | 0.17 | 0.17 | 0.19 | 0.19 |
| 11                    |          |                             |      |      |      |      |      | 1.58 | 0.10 | 0.11 | 0.12 | 0.14 | 0.16 | 0.16 | 0.18 | 0.18 |
| 12                    |          |                             |      |      |      |      |      |      | 0.08 | 0.08 | 0.12 | 0.13 | 0.15 | 0.15 | 0.16 | 0.16 |
| 13                    |          |                             |      |      |      |      |      |      | 1.89 | 2.20 | 0.11 | 0.12 | 0.12 | 0.13 | 0.15 | 0.15 |
| 14                    |          |                             |      |      |      |      |      |      |      |      | 0.08 | 0.10 | 0.10 | 0.13 | 0.14 | 0.14 |
| 14                    |          |                             |      |      |      |      |      |      |      |      | 2.50 | 2.80 | 3.12 | 0.12 | 0.12 | 0.12 |
| 16                    |          |                             |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 0.10 | 0.10 | 0.10 |
|                       |          |                             |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 3.41 | 3.72 |

| Nr przejścia<br>(nap) | Skok, zw/cal | Mniejsza prędkość skrawania |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|-----------------------|--------------|-----------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|                       |              | 32                          | 28   | 24   | 20   | 18   | 16   | 14   | 13   | 12   | 11   | 10   | 9    | 8    | 7    | 6    | 5    | 4.5  | 4    |      |
| 1                     |              | .007                        | .006 | .007 | .007 | .008 | .007 | .007 | .008 | .009 | .008 | .008 | .008 | .009 | .010 | .009 | .012 | .011 | .013 |      |
| 2                     |              | .006                        | .005 | .006 | .007 | .007 | .007 | .007 | .007 | .008 | .008 | .008 | .008 | .008 | .009 | .009 | .011 | .011 | .012 |      |
| 3                     |              | .005                        | .005 | .006 | .006 | .007 | .007 | .007 | .007 | .008 | .008 | .008 | .008 | .008 | .009 | .009 | .011 | .011 | .012 |      |
| 4                     |              | .003                        | .004 | .005 | .006 | .006 | .006 | .006 | .007 | .007 | .007 | .007 | .007 | .008 | .009 | .009 | .011 | .010 | .012 |      |
| 5                     |              |                             | .003 | .003 | .005 | .005 | .006 | .006 | .006 | .007 | .007 | .008 | .007 | .007 | .008 | .008 | .010 | .010 | .011 |      |
| 6                     |              |                             |      |      | .003 | .003 | .005 | .005 | .006 | .006 | .006 | .007 | .007 | .007 | .008 | .008 | .010 | .010 | .011 |      |
| 7                     |              |                             |      |      |      | .003 | .005 | .005 | .005 | .006 | .006 | .006 | .007 | .008 | .008 | .010 | .010 | .011 | .011 |      |
| 8                     |              |                             |      |      |      |      | .003 | .003 | .003 | .005 | .006 | .006 | .006 | .007 | .008 | .009 | .009 | .010 | .010 |      |
| 9                     |              |                             |      |      |      |      |      |      | .003 | .005 | .005 | .006 | .007 | .007 | .009 | .009 | .010 | .010 | .010 |      |
| 10                    |              |                             |      |      |      |      |      |      |      | .003 | .005 | .005 | .006 | .007 | .008 | .008 | .010 | .010 | .010 |      |
| 11                    |              |                             |      |      |      |      |      |      |      |      | .003 | .005 | .005 | .007 | .008 | .008 | .009 | .009 | .009 |      |
| 12                    |              |                             |      |      |      |      |      |      |      |      |      | .003 | .003 | .006 | .007 | .008 | .008 | .008 | .008 |      |
| 13                    |              |                             |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | .005 | .006 | .007 | .008 | .008 | .008 | .008 |      |
| 14                    |              |                             |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | .004 | .004 | .007 | .007 | .007 | .007 |      |
| 14                    |              |                             |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | .006 | .006 | .006 | .006 |      |
| 16                    |              |                             |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | .004 | .004 | .004 |      |
|                       |              |                             |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 3.72 | 3.72 |

## Ustawienie narzędzia

Maks.  $\pm 0.1$  mm ( $\pm 0.004$  cala)



Krawędź skrawająca powinna być ustawiona na wysokości osi obrotu z dokładnością  $\pm 0.1$  mm ( $\pm 0.004$ ).

**Krawędź skrawająca za wysoko**

- Zmniejszenie odstępu.
- Tarcie ostrza (złamanie).

**Krawędź skrawająca za nisko**

- Zarys gwintu może być nieprawidłowy.

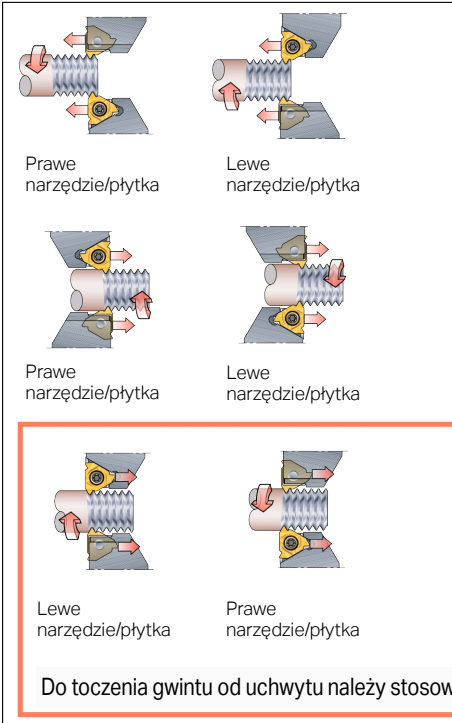
## Metoda toczenia gwintu

### Kierunek gwintu a płytki prawe i lewe

#### Zewnętrzny

Gwinty prawe

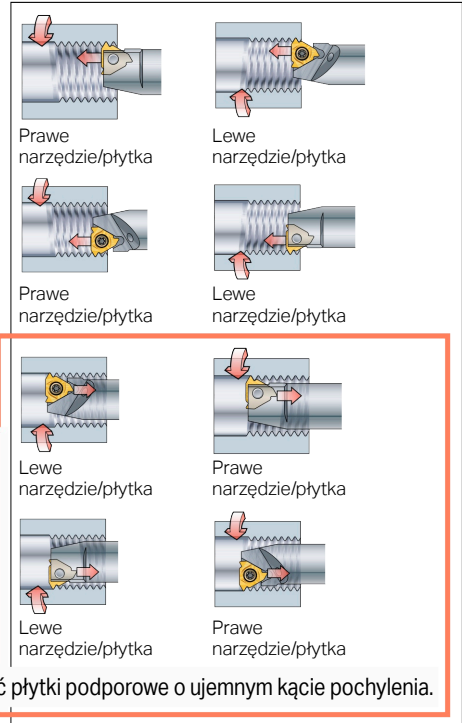
Gwinty lewe



#### Wewnętrzny

Gwinty prawe

Gwinty lewe



Do toczenia gwintu od uchwytu należy stosować płytki podporowe o ujemnym kącie pochylenia.

## Wskazówki dotyczące toczenia gwintów

### Czynniki istotne dla prawidłowego przebiegu obróbki

- Przed rozpoczęciem toczenia gwintu sprawdź naddatki na średnicy przedmiotu obrabianego, dodaj 0.14 mm (006 cala) jako naddatek na fazowanie wierzchołków grzbietu gwintu.
- Zaleca się, aby narzędzie wystartowało w odległości wynoszącej minimum 3-krotność skoku gwintu przed kontaktem z przedmiotem obrabianym.

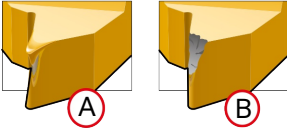
- Zadbaj o dokładne ustawienie narzędzia w obrabiarkę.
- Sprawdź ustawienie krawędzi skrawającej w stosunku do średnicy podziałowej.
- Zadbaj o zastosowanie odpowiedniej geometrii (A, F lub C).
- W celu zapewnienia wystarczającego i równomiernego odstępu od powierzchni przedmiotu, zastosuj odpowiednie płytki podporowe, decydujące o pochyleniu płytki skrawającej.
- Jeśli gwinty są nieprawidłowe, sprawdź konfigurację, w tym również ustawienia obrabiarki.
- Sprawdź, czy w obrabiarkę CNC dysponujesz programem do toczenia gwintów.
- Zoptymalizuj metodę dosuwu wgłębnego, liczbę i wielkość przejść.
- Upewnij się, że prędkość skrawania jest odpowiednia do zastosowania.
- W przypadku nieprawidłowego wymiaru skoku gwintu na przedmiocie obrabianym sprawdź w obrabiarkę, czy posuw jest prawidłowy.
- Aby zapewnić najlepszą produktywność i trwałość narzędzia, jako pierwszy wybór należy zastosować płytkę wielopunktową, jako drugi – płytkę jednopunktową o pełnym zarysie, a jako trzeci – płytkę o zarysie V.



# Przewyciężanie trudności

| Problem | Przyczyna | Rozwiązanie |
|---------|-----------|-------------|
|---------|-----------|-------------|

## Odształcenia plastyczne

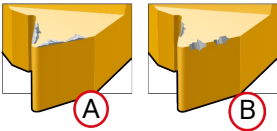


(A) Najpierw pojawia się odkształcenie plastyczne, (B) które powoduje wykruszenie krawędzi.

1. Zbyt wysoka temperatura w strefie skrawania.
2. Nieodpowiednia ilość chłodziwa.
3. Niewłaściwy gatunek.

1. Zmniejsz prędkość skrawania, zwiększ liczbę przejść. Zmniejsz największą głębokość dosuwu wglębnego, sprawdź średnicę przed toczeniem.
2. Popraw efektywność podawania chłodziwa.
3. Wybierz gatunek o większej odporności na deformację plastyczną.

## Powstawanie narostu na krawędzi

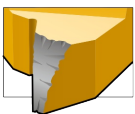


Narost (A) i wykruszenie krawędzi (B) często występują razem. Narost odrywa się razem z cząstkami materiału płytki, powodując wykruszenie krawędzi.

1. Często występuje w stalach nierdzewnych i stalach niskowęglowych.
2. Niewłaściwy gatunek lub zbyt niska temperatura krawędzi skrawającej.

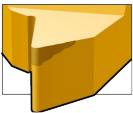
1. Zwiększ prędkość skrawania.
2. Wybierz płytkę o dobrej udarności, najlepiej z pokryciem nakładanym metodą PVD.

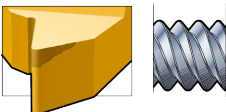
## Wyłamanie płytki



1. Niewłaściwa średnica otworu pod gwint.
2. Zbyt duża głębokość dosuwów wglębnych.
3. Niewłaściwy gatunek.
4. Słaba kontrola wiórów.
5. Nieprawidłowe ustawienie krawędzi skrawającej względem osi obrotu.

1. Przed gwintowaniem przetocz przedmiot na właściwą średnicę, z nadładkiem promieniowym 0.03 – 0.07 mm (.001 – .003") większym od zewnętrznej średnicy gwintu.
2. Zwiększ liczbę przejść, ale zmniejszając głębokość dosuwów wglębnych.
3. Wybierz bardziej udarny gatunek.
4. Zmień geometrię na C i użyj zmodyfikowanego dosuwu wglębnego bocznego.
5. Ustaw krawędź skrawającą dokładnie na wysokości osi obrotu.

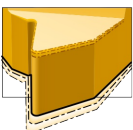
| Problem   | Przyczyna   | Rozwiązanie   |
|---|---|---|
| <b>Szybkie starcie powierzchni przyłożenia</b>                                    |   |   |
|  | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Materiał obrabiany o wysokich właściwościach ściernych.</li> <li>2. Zbyt wysoka prędkość skrawania.</li> <li>3. Zbyt płytkie dosuwy wgłębne.</li> <li>4. Płytką znajduje się powyżej osi obrotu.</li> </ol> | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Niewłaściwy gatunek. Wybierz gatunek o większej odporności na ścieranie.</li> <li>2. Zmniejsz prędkość skrawania.</li> <li>3. Zmniejsz liczbę przejść.</li> <li>4. Ustaw prawidłowo krawędź skrawającą w osi obrotu.</li> </ol> |

**Nadmierne zużycie na powierzchni przyłożenia**

1. Nieprawidłowa metoda dosuwu wgłębego bocznego.
2. Kąt pochylenia płytki nie jest zgodny z kątem wzniosu linii śrubowej gwintu.

1. Zmień metodę dosuwu wgłębego w przypadku geometrii F i geometrii A: 3 - 5° względem zarysu. W przypadku geometrii C: 1° względem zarysu.
2. Zmień płytkę podporową, aby uzyskać prawidłowy kąt pochylenia.

Niezadawalająca jakość wykończenia powierzchni na jednej z bocznych powierzchni gwintu.

**Drgania**

1. Nieprawidłowe mocowanie obrabianego przedmiotu.
2. Nieprawidłowa konfiguracja narzędzia.
3. Nieprawidłowe parametry skrawania.
4. Nieprawidłowe ustawienie krawędzi skrawającej względem osi obrotu.

1. Użyj miękkich szczęk.
2. Jeśli wykorzystywane jest podparcie konikiem, zoptymalizuj wielkość nakiełka i sprawdź nacisk podparcia konikiem/zabieraka czółowego.

Zmniejsz wysięg narzędzia.

Sprawdź, czy tuleja mocująca wytaczaka nie jest zużyta.

Zastosuj trzonek wytaczaka z serii 570-3 (z tłumikiem drgań).

3. Zwiększ prędkość skrawania; jeśli to nie pomoże, zmniejsz znacznie prędkość i spróbuj użyć geometrii F.

4. Ustaw prawidłowo krawędź skrawającą względem osi obrotu.



| ► Problem   | Przyczyna   | Rozwiązanie  |
|---|---|--|
| <b>Niezadawalająca jakość wykończenia powierzchni</b> | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Zbyt mała prędkość skrawania.</li> <li>2. Płytką znajduje się powyżej osi obrotu.</li> <li>3. Brak kontroli wiórów.</li> </ol>  | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Zwiększ prędkość skrawania.</li> <li>2. Ustaw prawidłowo krawędź skrawającą względem osi obrotu.</li> <li>3. Użyj geometrii C oraz zmodyfikowanego dosuwu wciębnego bocznego.</li> </ol>   |
| <b>Słaba kontrola wiórów</b>                          | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Nieprawidłowa metoda dosuwu wciębnego.</li> <li>2. Nieprawidłowa geometria gwintu.</li> </ol>   | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Zmodyfikowany dosuw wciębny boczny 3 - 5°.</li> <li>2. Użyj geometrii C ze zmodyfikowanym dosuwem wciębnym bocznym 1°.</li> </ol>  |
| <b>Płytki zarys</b>                                   | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Nieprawidłowe ustawienie krawędzi skrawającej względem osi obrotu.</li> <li>2. Złamanie płytki.<br/>Nadmierne zużycie.</li> </ol>   | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Ustaw prawidłowo krawędź skrawającą względem osi obrotu.</li> <li>2. Zmień krawędź skrawającą.</li> </ol>  |
| <b>Nieprawidłowy zarys gwintu</b>                     | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Nieodpowiedni zarys gwintu (kął zarysu gwintu oraz promień naroża płytki). Płytki zewnętrzne zastosowane do operacji wewnętrznych, lub odwrotnie.</li> <li>2. Nieprawidłowe ustawienie krawędzi skrawającej względem osi obrotu.</li> <li>3. Oprawka nie jest prostopadła do osi obrotu.</li> <li>4. Błędna wartość skoku ustawiona na obrabiarce.</li> </ol> | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Dobierz prawidłowo oprawkę, płytkę podporową i płytkę skrawającą.</li> <li>2. Ustaw prawidłowo krawędź skrawającą względem osi obrotu.</li> <li>3. Ustaw oprawkę prostopadle.</li> <li>4. Skoryguj ustawienia obrabiarki.</li> </ol> |
| <b>Nadmierne obciążenie krawędzi</b>                  | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Materiał ma tendencję do utwardzania się podczas obróbki; ponadto, głębokości dosuwu wciębnego są za małe dla danej geometrii.</li> <li>2. Nadmierny nacisk na krawędź skrawającą może spowodować wykruszanie.</li> <li>3. Gwint o zbyt małym kącie zarysu.</li> </ol>  | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Zmniejsz liczbę przejęć. Zmień geometrię na F.</li> <li>2. Zastosuj bardziej udarny gatunek.</li> <li>3. Użyj zmodyfikowanego dosuwu wciębnego bocznego.</li> </ol>  |



A

Toczenie

B

Przecinanie i  
toczenie rowków

C

Obróbka gwintów

D

Frezowanie

E

Wiercenie

F

Wytaczanie

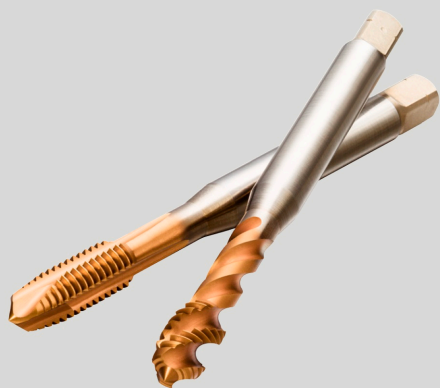
G

Mocowanie  
narzędzi

H

Skrawalność  
Inne informacje

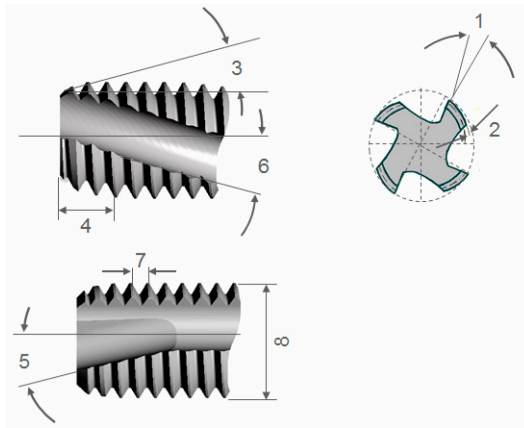
# Gwintowanie z użyciem gwintowników maszynowych



- Teoria C 29
- Proces gwintowania C 30
- Wielkość otworu i położenie pola tolerancji C 33
- Chłodziwo C 34
- Mocowanie narzędzi C 35

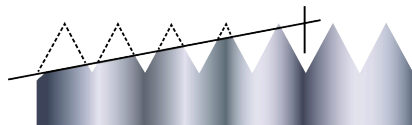
# Teoria gwintowania

## Definicje pojęć



1. Kąt natarcia
2. Zatoczenie nakroju
3. Kąt przystawienia (nakroju)
4. Długość nakroju
5. Kąt pochylenia skośnej powierzchni natarcia
6. Kąt pochylenia linii śrubowej
7. Skok
8. Średnica znamionowa gwintu

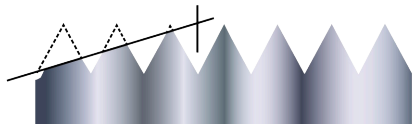
### Długi nakrój



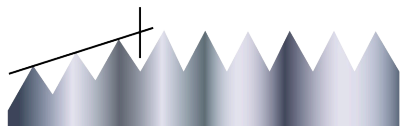
- Duży moment obrotowy
- Optymalna jakość wykończenia powierzchni
- Cienkie wióry
- Mały nacisk na nakrój
- Większa trwałość narzędzia
- Najczęściej stosowane w gwintownikach ze skośną powierzchnią natarcia.

### Średni nakrój

Gwintownik

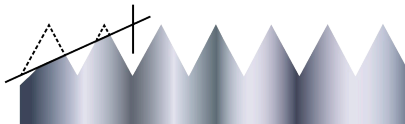


Wygniatak

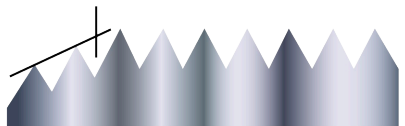


### Krótki nakrój

Gwintownik



Wygniatak



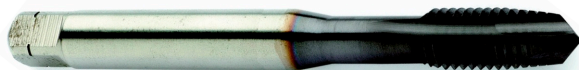
## Różne normy



- ISO  
- ANSI

Normy ISO i ANSI opisują gwintowniki o krótkiej długości całkowitej OAL i są dość podobne.

Wyjątkiem jest średnica chwytu, która w przypadku ANSI wyrażana jest w calach, a w przypadku ISO – w jednostkach metrycznych.



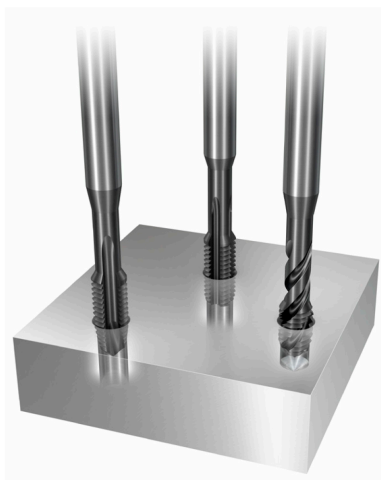
- DIN  
- DIN/ANSI

Norma DIN obejmuje wersje długie, a parametry wyrażane są w jednostkach metrycznych.

DIN ANSI to norma mieszana, w której średnica chwytu opisywana jest według normy ANSI, a długość całkowita według normy DIN.

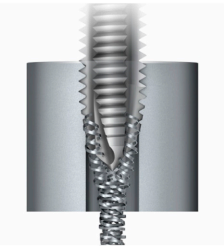
## Proces gwintowania

### Różne rodzaje procesów gwintowania



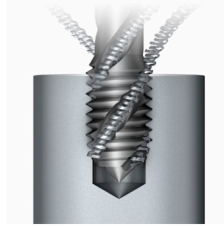
## Geometrie do różnych rodzajów otworów

Gwintownik ze skośną powierzchnią natarcia do otworów przelotowych



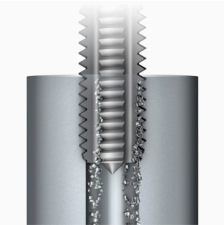
- Najmocniejszy model gwintownika
- Do pracy w trudnych warunkach
- Popycha wióry naprzód, wzdłuż otworu
- Do otworów przelotowych.

Gwintownik ze śrubowymi rowkami wiórowymi do otworów nieprzelotowych



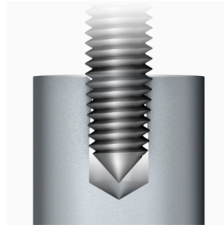
- Najpopularniejszy typ konstrukcji gwintownika
- Przesuwa wióry w górę, wzdłuż chwytu
- Do otworów nieprzelotowych.

Gwintownik z prostymi rowkami wiórowymi do wszystkich otworów



- Do materiałów generujących krótkie wióry, np. żeliwa
- Często stosowany w przemyśle motoryzacyjnym, np. w produkcji pomp i zaworów
- Może być używany do wszystkich typów i głębokości otworów.

Gwintowygniatak - formowanie gwintu (bez wiórów)



- Narzędzie do gwintowania niewytwarzające wiórów
- Do miękkich stali, stali nierdzewnej i aluminium
- Może być używany do wszystkich typów i głębokości otworów
- Poprawia wytrzymałość gwintu w niektórych materiałach, np. w aluminium.

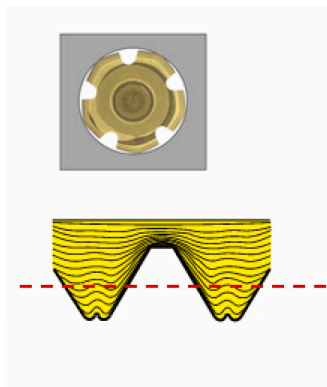
## Procesy formowania gwintu i gwintowania



### Gwintowygniatak

Gwint powstaje przez odkształcenie plastyczne materiału.

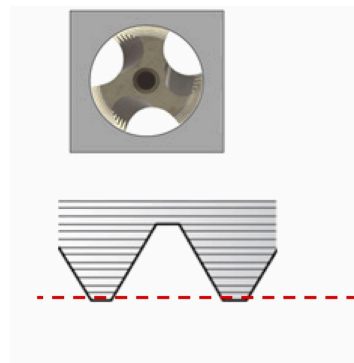
Nie powstają wióry.



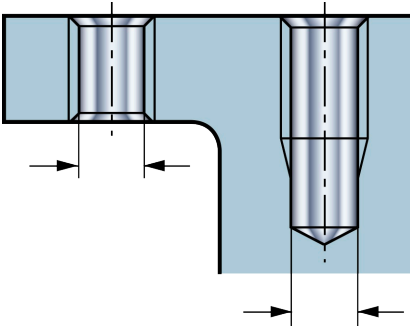
### Gwintownik

Gwintownik wcina się w materiał.

Powstają wióry.



## Wielkość otworu i położenie pola tolerancji



### Wzór na średnicę otworu wstępnego – gwintowniki

$$D = TD - TP$$

D = Średnica otworu mm (cale)

TD = Nominalna średnica gwintu mm (cale)

TP = Skok gwintu mm (cale)

Średnica otworu dla gwintownika M10 x 1.5:

$$10 \text{ mm} - 1.5 \text{ mm} = 8.5 \text{ mm}$$

Średnica otworu dla gwintownika 1/4"-20: .2008" = 1/4 - (.20).

### Wzór na średnicę otworu wstępnego – gwintowygniataki

$$D = TD - (TP/2)$$

D = Średnica otworu mm (cale)

TD = Nominalna średnica gwintu mm (cale)

TP = Skok gwintu mm (cale)

Średnica otworu dla wygniataka M10 x 1.5:

$$10 \text{ mm} - (1.5/2) \text{ mm} = 9.3 \text{ mm}$$

Średnica otworu dla gwintowygniataka 1/4"-20: .

$$.2264" = 1/4 - (20/2).$$

# Chłodziwo

## Element kluczowy dla udanego przebiegu obróbki



W operacji gwintowania, chłodziwo ma kluczowe znaczenie i wpływa na:

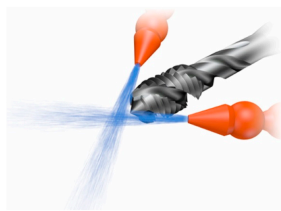
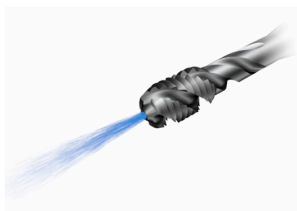
- Odprowadzanie wiórów
- Jakość gwintu
- Trwałość narzędzia.

### Podawanie chłodziwa

Wewnętrzne lub zewnętrzne podawanie chłodziwa

Chłodziwo podawane zewnątrz

Różne rodzaje cieczy obróbkowych



Trzy podstawowe warianty

- Na bazie oleju mineralnego
- Chłodziwo syntetyczne
- Czysty olej.

- Zawsze usprawnia odprowadzanie wiórów, zwłaszcza w materiałach generujących długie wióry i przy gwintowaniu głębokich otworów (2-3 x D)

• Najpopularniejsza metoda chłodzenia

Dwa dodatkowe warianty

- Na bazie oleju roślinnego
- Chłodziwo półsyntetyczne.

- Przy obróbce otworów, których głębokość przekracza 3-krotność średnicy.

- Dla poprawy odprowadzania wiórów, przynajmniej jedną dyszę (dwie dla nieruchomego narzędzia a obrotowego przedmiotu) należy skierować bezpośrednio na oś narzędzia.

Zawsze należy pamiętać

- Jaka ciecz obróbkowa jest stosowana w danej obrabiarce
- Zawartość oleju.

# Mocowanie narzędzia do gwintowania

## Przegląd

### Oprawka do gwintowników z gumową tuleją zaciskową

Umożliwia pewien stopień luzu dla zapewnienia właściwej drogi gwintowania. Często stosowane w małych tokarkach i tokarkach ustawianych ręcznie.



Coromant Capto®

### Zalety i zalecenia

- Gumowe tuleje mogą być używane do różnych mocowań
- Kompensacja nierównomierności posuwu przez ściskanie i rozciąganie.

### Sztywna oprawka zaciskowa z tuleją ER

Przy zastosowaniu tej oprawki nie występuje luz związany ze ścisaniem i rozciąganiem. Oznacza to, że ruch wrzeciona i osi należy dokładnie zsynchronizować. Wymaga to użycia bardziej zaawansowanego sterownika CNC.



Gwintowanie przy użyciu sztywnej oprawki zaciskowej z tuleją ER

**Uwaga!** Zwiększone siły oddziałujące na gwintownik powodują zmniejszenie trwałości narzędzia. Przy dużych prędkościach, np. 6000 obr./min, odwrócenie kierunku obrotów następuje z dużą zwłoką.

### Zalety i zalecenia

- Gwintowanie przy zastosowaniu sztywnej oprawki jest często szybsze
- Mniejszy koszt narzędzi (sztywne oprawki kosztują mniej niż oprawki, w których zastosowano kompensację nierównomierności posuwu przez ściskanie i rozciąganie)
- Bardziej kompaktowe i niezawodne od oprawek, w których zastosowano kompensację nierównomierności posuwu przez ściskanie i rozciąganie
- Mogą wykonywać gwinty z większą precyzją.

## Oprawka szybko mocująca do gwintowników

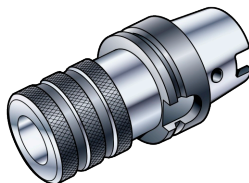
Pierwszy wybór do standardowych operacji gwintowania. Do produkcji zróżnicowanej i wytwarzania mniejszych partii. Głównie do niestabilnych obrabiarek starszego typu.

### Zalety i zalecenia

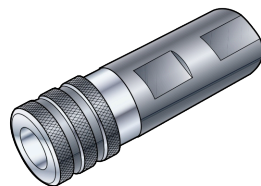
- Łatwe mocowanie gwintownika za pomocą systemu szybkiego mocowania
- Rozciąganie i ściskanie kompensują nierównomierność posuwu
- Adaptery ze sprzęgłem zabezpieczającym lub bez niego.



Złącze Coromant Capto®



Złącze HSK



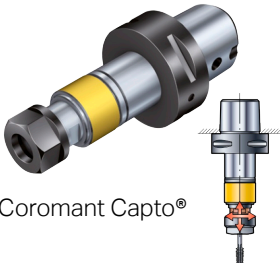
Chwył Weldon

## Oprawki do gwintowania synchronicznego

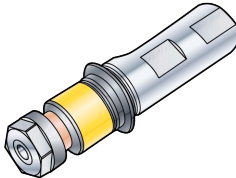
Sztywna oprawka z kompensacją mikroruchów w celu wyeliminowania wykonywania gwintów o zbyt dużych rozmiarach. Pierwszy wybór do obrabierek numerycznych i gwintowania synchronicznego.

### Zalety i zalecenia

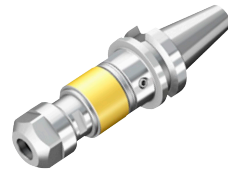
- Duże partie / wysoka precyzja
- Zmniejsza składowe siły działające na boczne powierzchnie gwintownika
- Ograniczenie rzeczywistej kompensacji zapewnia osiągnięcie dokładnych głębokości
- Przeznaczona do narzędzi z wewnętrznym podawaniem chłodziwa pod wysokim ciśnieniem.



Coromant Capto®



Chwyt typu Weldon



Oprawka ze stożkiem  
MAS-BT



# Frezowanie

Frezowanie wykonywane jest za pomocą obracającego się narzędzia wielostrzowego, które porusza się w zaprogramowany sposób prawie w każdym kierunku w stosunku do przedmiotu obrabianego.

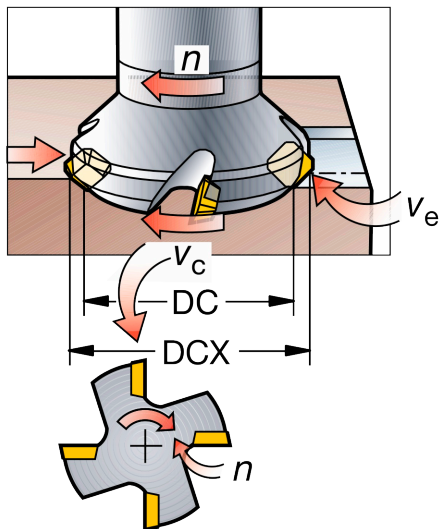
Frezowanie jest najczęściej stosowane do obróbki płaskich powierzchni, lecz wraz z rozwojem obrabiarek i oprogramowania rosną wymagania co do różnorodności wykonywanych kształtów i powierzchni.

- Teoria D 4
- Procedura wyboru D 9
- Przegląd systemu D 13
- Wybór płytek – zasady stosowania D 24
- Wybór narzędzi – zasady stosowania D 29
- Przewyciężanie trudności D 36

# Teoria frezowania

## Definicje pojęć

### Prędkość obrotowa wrzeciona, prędkość skrawania i średnica frezu



$n$  = Prędkość obrotowa wrzeciona, obr./min

$v_c$  = Prędkość skrawania, m/min (stopy/min)

$v_e$  = Efektywna prędkość skrawania m/min (stopy/min)

DC = Średnica frezu, mm (cale)

DCX = Maksymalna średnica skrawania, mm

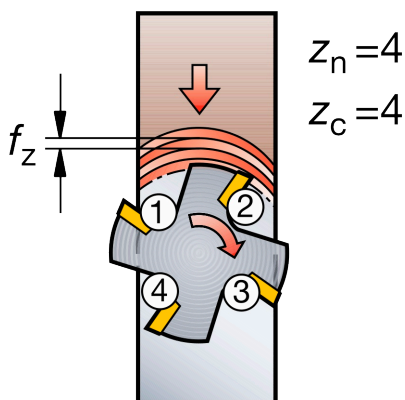
Prędkość obrotowa wrzeciona ( $n$ ) mierzona jest liczbą pełnych obrotów wykonywanych w ciągu minuty.

Prędkość skrawania ( $v_c$ ) w m/min to prędkość obwodowa punktu krawędzi skrawającej obracającego się narzędzia względem przedmiotu obrabianego.

Wartości prędkości skrawania  $v_c$  i  $v_e$ , powiązane są bezpośrednio ze średnicą frezu (DC) i maksymalną średnicą skrawania (DCX)



## Posuw, liczba ostrzy oraz prędkość obrotowa wrzeciona



$f_z$  = Posuw na ostrze, mm/ostrze (cale/ostrze)  
 $v_f$  = Prędkość posuwu, mm/min (cale/min)  
 $z_n$  = Liczba ostrzy we frezie (szt.)  
 $z_c$  = Liczba efektywnych ostrzy (szt.) [w kontakcie roboczym]  
 $f_n$  = Posuw na obrót, mm/obr. (cale/obr.) [ $f_z \times z_c$ ]  
 $n$  = Prędkość obrotowa wrzeciona, obr./min

$$v_f = f_z \times z_c \times n \quad \text{mm/min (cale/min)}$$

Posuw na ostrze,  $f_z$  mm/ostrze (cale/ostrze), jest parametrem frezowania potrzebnym do obliczenia prędkości posuwu. Wartość posuwu na ostrze jest obliczana na podstawie zalecanej maksymalnej grubości wiórów.

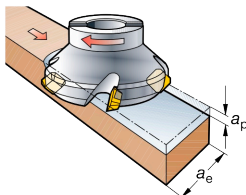
Prędkość posuwu,  $v_f$  mm/min (cale/min), nazywana również posuwem stołu, posuwem obrabiarki lub posuwem minutowym, to posuw narzędzia w stosunku do przedmiotu obrabianego w jednostce czasu zależny od posuwu na ostrze oraz efektywnej liczby ostrzy we frezie.

Liczba dostępnych ostrzy w narzędziu ( $z_n$ ) może być zróżnicowana; służy do określenia prędkości posuwu, natomiast efektywna liczba ostrzy ( $z_c$ ) określa liczbę ostrzy skrawających dany przedmiot obrabiany.

Posuw na obrót ( $f_n$ ) mierzony w mm/obr. (cale/obr.) jest wartością używaną specjalnie do obliczania prędkości posuwu, a jego wartość jest jednym z wyznaczników przy doborze narzędzia do obróbki wykończeniowej

## ► Definicje pojęć

### Głębokość skrawania



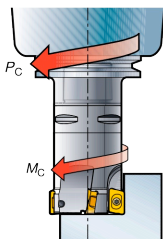
$a_e$  = Szerokość frezowania, mm (cale)  
[w kontakcie roboczym]

$a_p$  = Osiowa głębokość skrawania, mm (cale)

Osiowa głębokość skrawania,  $a_p$  mm (cale), określana jako odległość między powierzchnią obrabianą, a powierzchnią obrobioną, mierzona w kierunku osiowym narzędzia.

Szerokość frezowania lub inaczej głębokość promieniowa,  $a_e$  mm, to szerokość części przedmiotu objęta skrawaniem, zależna od średnicy frezu, mierzona w kierunku promieniowym narzędzia.

### Moc skrawania netto, moment obrotowy oraz opór właściwy skrawania



$a_p$  = Osiowa głębokość skrawania, mm (cale)

$a_e$  = Szerokość frezowania, mm (cale)  
[w kontakcie roboczym]

$v_f$  = Prędkość posuwu, mm/min (cale/min)

$k_c$  = Opór właściwy skrawania N/mm<sup>2</sup>  
(funt-siła/cale<sup>2</sup>)

$P_c$  = Moc skrawania netto, kW (KM)

$M_c$  = Moment obrotowy, Nm (funt-siła stopa)

Moc skrawania netto ( $P_c$ ) to moc, jaką obrabiarka musi zapewnić na krawędziach skrawających w celu realizacji obróbki. Przy doborze parametrów skrawania należy wziąć pod uwagę sprawność obrabiarki.

Moment obrotowy ( $M_c$ ) to wartość momentu obrotowego wytwarzanego przez narzędzie podczas skrawania, którą musi zapewnić obrabiarka.

Wartość oporu właściwego skrawania ( $k_{c1}$ ) to stała materiałowa, wyrażona w N/mm<sup>2</sup> (funt-siła/cale<sup>2</sup>). Wartości te można znaleźć w naszym głównym katalogu oraz w poradniku obróbki skrawaniem.

#### Narzędzia metryczne

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

#### Narzędzie calowe

$$P_c = \frac{a_p \times a_e \times v_f \times k_c}{396 \times 10^3} \text{ KM}$$

#### Narzędzia metryczne

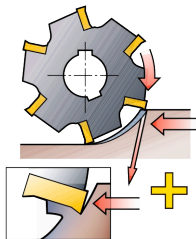
$$M_c = \frac{P_c \times 30 \times 10^3}{\pi \times n} \text{ Nm}$$

#### Narzędzie calowe

$$M_c = \frac{P_c \times 16501}{\pi \times n} \text{ funt-siła stopa}$$

## Frezowanie współbieżne lub przeciwbieżne

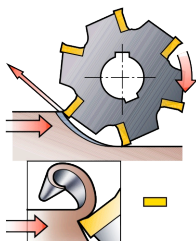
### Frezowanie współbieżne – preferowane



Przedmiot obrabiany przesuwają się w kierunku zgodnym z ruchem pracujących ostrzy freza.

- Przy frezowaniu współbieżnym płytka rozpoczyna skrawanie od dużej grubości wióra. Wiór na wyjściu płytki z materiału ma wartość zerową

### Frezowanie przeciwbieżne



Przedmiot obrabiany przesuwają się w kierunku przeciwnym do ruchu pracujących ostrzy freza

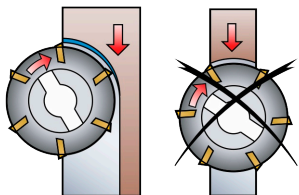
- Przy frezowaniu przeciwbieżnym (konwencjonalnym) grubość wióra przy wejściu w materiał jest zerowa i rośnie aż do wyjścia płytki.

Stosuj zawsze frezowanie współbieżne, aby zapewnić najlepsze warunki skrawania.

## Średnica i położenie frezu

Wybór średnicy frezu jest zazwyczaj dokonywany na podstawie szerokości przedmiotu obrabianego oraz przy uwzględnieniu mocy obrabiarki.

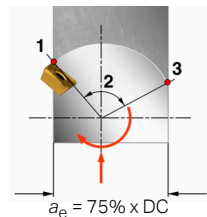
Położenie frezu w stosunku do przedmiotu obrabianego oraz kontakt ostrzy frezu z materiałem są zasadniczymi parametrami gwarantującymi dobre warunki skrawania.



- Średnica frezu powinna być o 20–40% większa niż szerokość frezowania podczas przejścia.
- Zasada 2/3 (np. frez 150 mm (5.906 cala))
  - 2/3 w materiale przedmiotu, 100 mm (3.937 cala)
  - 1/3 poza przedmiotem obrabianym, 50 mm (1.969 cala).
- Przemieszczając oś frezu poza oś symetrii można uzyskać bardziej stabilny i korzystny kierunek sił skrawania.

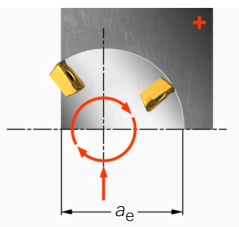
# Formowanie wiórów w zależności od położenia frezu

Kontakt krawędzi skrawającej z materiałem przedmiotu obrabianego:



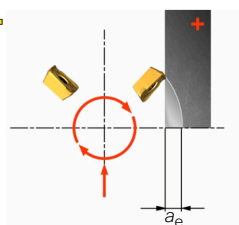
DC = Średnica frezu  
 $a_e$  = kontakt roboczy

1. Wejście w przedmiot obrabiany
2. Kąt opasania w skrawaniu
3. Wyjście z przedmiotu.



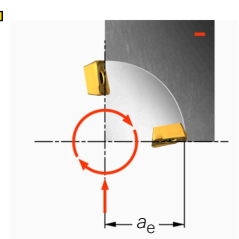
Oś frezu znajduje się wyraźnie w obrębie szerokości przedmiotu,  $a_e > 75\%$  DC.

- Najbardziej korzystne warunki skrawania oraz optymalne wykorzystanie średnicy frezu.
- Początkowe uderzenie przy wejściu w materiał skrawany jest odbierane w środku krawędzi skrawającej, z dala od jej delikatnego wierzchołka.
- Płytkę stopniowo wychodzi z materiału obrabianego.



Oś frezu wychodzi znacznie poza szerokość przedmiotu,  $a_e < 25\%$  DC.

- Uderzenie na wejściu w materiał odbierane jest przez koniec krawędzi skrawającej a obciążenie stopniowo przechodzi na płytkę.



Oś frezu znajduje się w linii z krawędzią przedmiotu,  $a_e = 50\%$  DC.

- Niezalecane.
- Największe obciążenie krawędzi skrawającej przy wejściu w materiał.

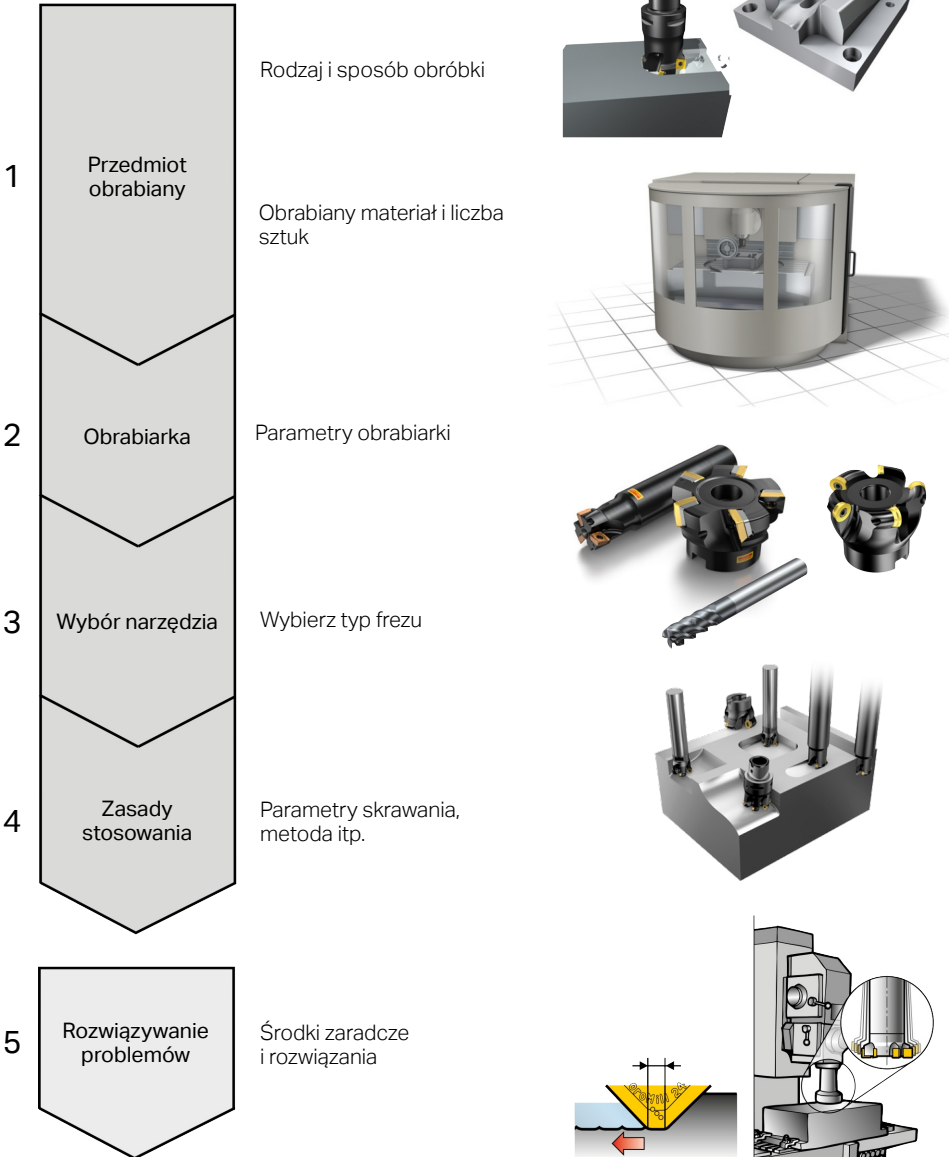


= Zalecane położenia frezu.

= Niezalecane położenia frezu.

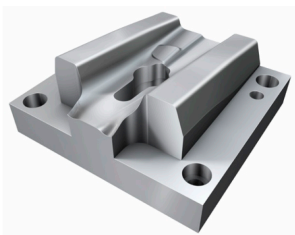
# Procedura wyboru

## Proces planowania produkcji



# 1. Przedmiot i materiał obrabiany

## Parametry do uwzględnienia



### Kształt geometryczny

- Powierzchnia płaska
- Głębokie zagłębienia
- Cienkie ścianki/podstawy
- Kanałki.



### Materiał

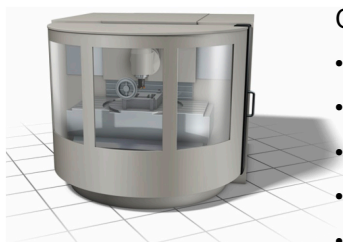
- Skrawalność
- Odlewany lub po obróbce wstępnej
- Formowanie wiórów
- Twardość
- Składniki stopowe.

### Tolerancje

- Dokładność wymiarowa
- Chropowatość powierzchni
- Odształcenie części
- Jednolitość powierzchni.

## 2. Parametry obrabiarki

### Stan i konfiguracja obrabiarki



### Obrabiarka

- Dostępna moc
- Wiek/stan – stabilność
- Pozioma/pionowa
- Typ i rozmiar wrzeciona
- Liczba osi/konfiguracja
- Mocowanie przedmiotu obrabianego.

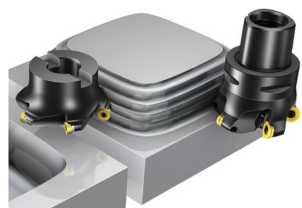
### Mocowanie narzędzi

- Długi wysięg
- Słabe mocowanie
- Bicie osiowe/promienio-we.

## 3. Wybór narzędzi

### Różne sposoby optymalizacji frezowania

#### Frezy z płytkami okrągłymi



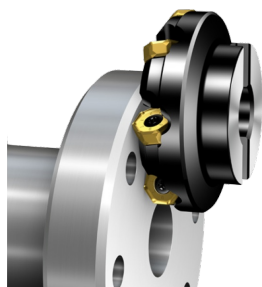
##### Zalety

- Wytrzymałość frezów
- Bardzo wszechstronne narzędzia do frezowania czołowego i profilowania
- Wysokowydajne frezy wielozadaniowe.

##### Wady

- Okrągłe płytki wymagają bardziej stabilnych obrabiarek.

#### Frez czołowy 45°



##### Zalety

- Wszechstronne narzędzia do frezowania czołowego
- Zrównoważone siły promieniowe i osiowe skrawania
- Płynne wejście w obrabiany przedmiot.

##### Wady

- Maks. głębokość skrawania 6-10 mm (.236-.394 cala).

#### Frezy walcowo-czołowe 90°



##### Zalety

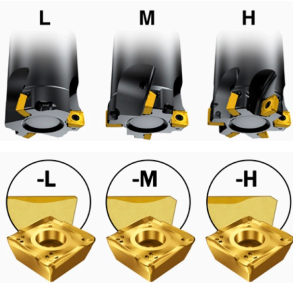
- Duża wszechstronność
- Duża głębokość skrawania
- Małe siły osiowe skrawania (możliwość obróbki przedmiotów cienkościennych)
- Płytki do obróbki lekkiej z czterema krawędziami roboczymi.

##### Wady

- Posuw na ostrze jest stosunkowo mały, gdy  $f_z = h_{ex}$ .

## 4. Zasady stosowania

### Ważne uwagi dotyczące technologii obróbki

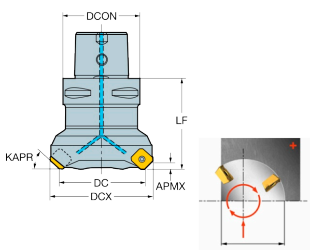


#### Liczba krawędzi skrawających/ podziałka

- Wybór prawidłowej liczby krawędzi lub podziałki jest bardzo ważny.
- Wpływa on na produktywność i stabilność.

#### Stabilność

- Wybierz jak największy rozmiar wrzeciona lub średnicę zewnętrzną.



#### Geometria płytki

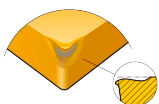
- Wybierz geometrię do obróbki lekkiej, średniej lub ciężkiej.

#### Tworzenie wiórów ze względu na położenie frezu

- Stosuj zawsze frezowanie współbieżne
- Ustaw frez poza osią
- Użyj frezu o średnicy o 20–50% większej od przedmiotu.

## 5. Rozwiązywanie problemów

### Wybrane zagadnienia

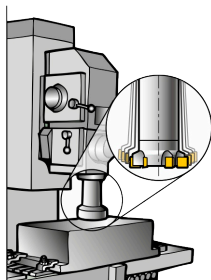


#### Zużycie płytki i trwałość narzędzia

- Określ rodzaj zużycia i w razie konieczności wyreguluj odpowiednio parametry skrawania.

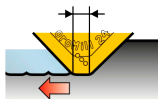
#### Niezadawalająca chropowatość powierzchni

- Sprawdź bicie wrzeciona
- Użyj płytek wiper
- Zmniejsz posuw na ostrze.



#### Drgania

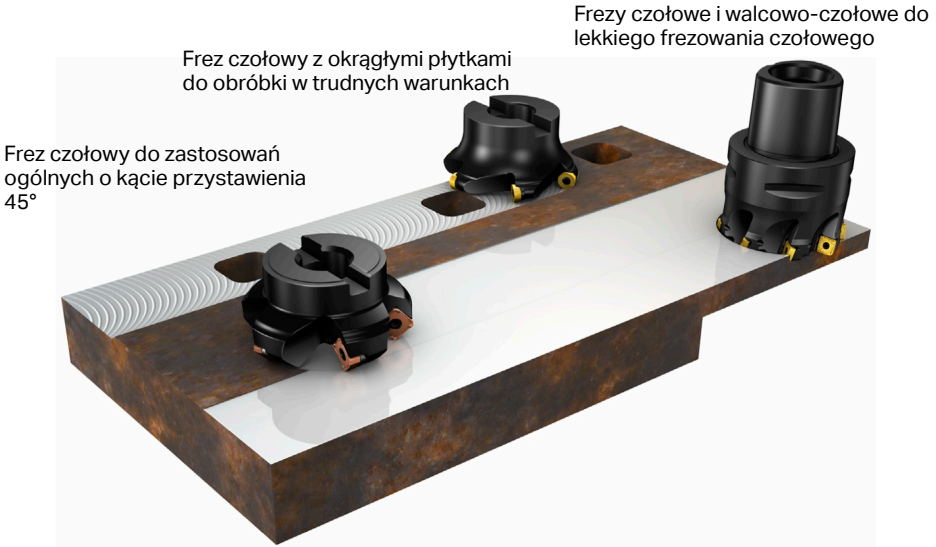
- Słabe mocowanie
- Długi wysięg narzędzia
- Delikatny przedmiot obrabiany
- Niewłaściwy rozmiar stożka wrzeciona.



# Przegląd systemu

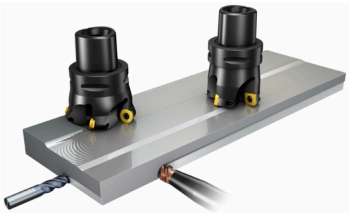
## Frezowanie czołowe

### Frezy do zastosowań ogólnych

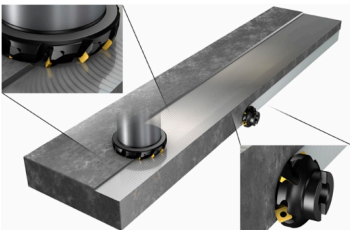


### Frezy przeznaczone do określonych zastosowań

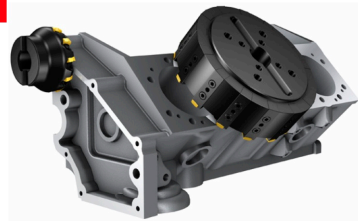
#### Frezowanie czołowe z wysokimi posuwami



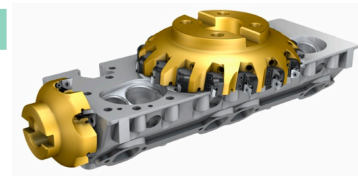
#### Frezowanie czołowe w bardzo trudnych warunkach



#### Frezy czołowe do obróbki żeliwa

**K**


#### Frezy czołowe do obróbki aluminium

**N**


## ► Frezowanie walcowo-czołowe

### Frezy do zastosowań ogólnych

Frez czołowy i walcowo-czołowy do ciężkiej obróbki

Frez czołowy i walcowo-czołowy do lekkiego frezowania walcowo-czołowego

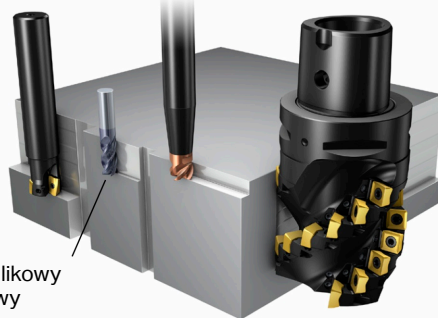


Frez tarczowy używany do frezowania walcowo-czołowego

## Frezy trzpieniowe oraz frezy z długą krawędzią skrawającą

Frez trzpieniowy na płytki wymienne

Frez trzpieniowy z wymienną węglkową częścią roboczą

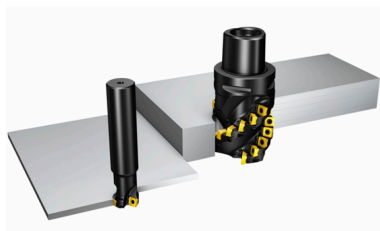


Monolityczny węglkowy frez trzpieniowy

Frez z długą krawędzią skrawającą

Głębokie frezowanie walcowo-czołowe

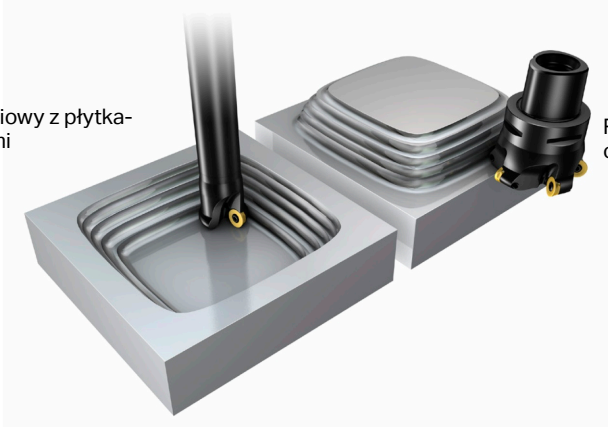
Obróbka krawędzi za pomocą frezów walcowo-czołowych



## ► Profilowanie

### Frezy do zastosowań ogólnych – obróbka zgrubna

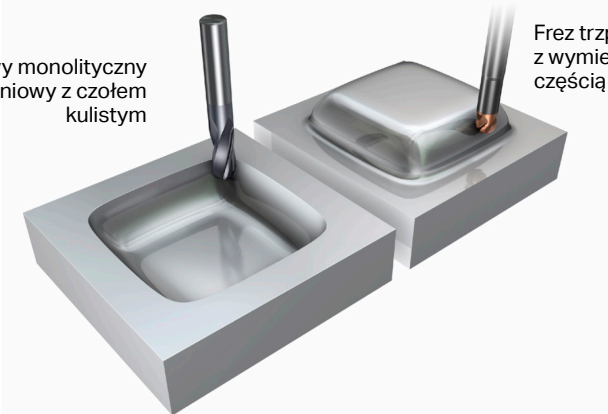
Frez trzpieniowy z płytkami okrągłymi



Frez z płytkami okrągłymi

### Frezy do zastosowań ogólnych – obróbka wykończeniowa

Węglkowy monolityczny frez trzpieniowy z czołem kulistym



Frez trzpieniowy z wymienną węglkową częścią roboczą

## Inne metody

### Frezowanie toczne



### Frezowanie łopatek

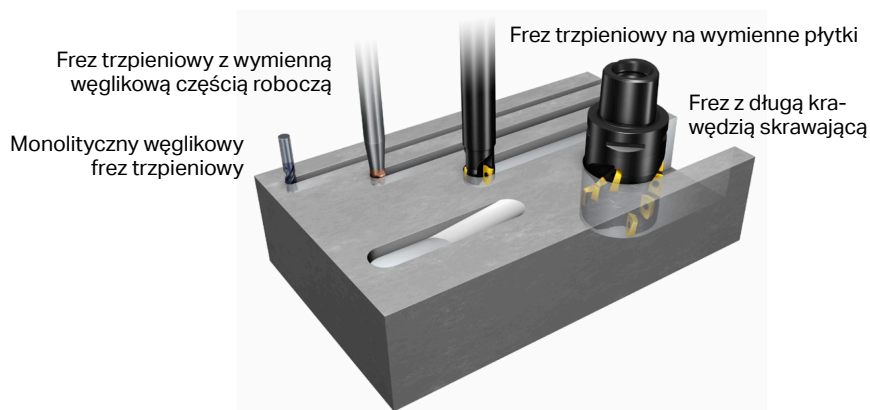


## ► Frezowanie rowków

Frezy do zastosowań ogólnych – promieniowe frezowanie rowków



Frezy do zastosowań ogólnych – osiowe frezowanie rowków



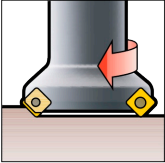
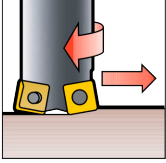
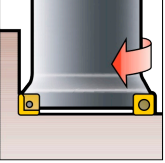
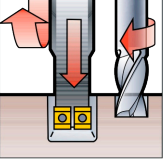
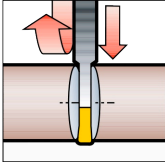
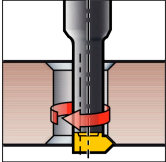

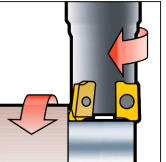
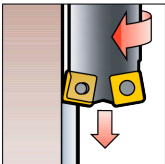
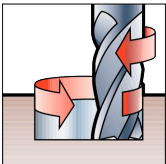
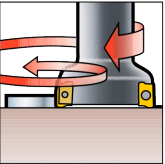
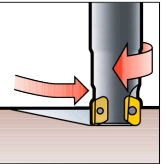
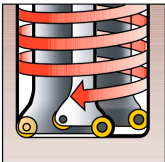
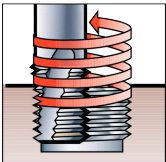
Frezowanie gwintów i płytkich rowków



## Przegląd operacji frezowania

Nowoczesne frezowanie to bardzo wszechstronna metoda obróbki. Przez ostatnich kilka lat, równoległe do rozwoju obrabiarek, frezowanie ewoluowało i obecnie można je wykorzystywać do bardzo wielu zastosowań. Szerokie możliwości obróbki frezarskiej na wieloosiowej obrabiarce sprawiają, że frezowanie staje się rozwiązaniem konkurencyjnym do tradycyjnych metod wytaczania otworów, zagłębień, toczenia powierzchni, gwintowania, itp.

Również rozwój narzędzi otworzył nowe możliwości pozwalając poprawić produktywność, niezawodność i jakość; uzyskano to dzięki zastosowaniu technologii wytrzymałych płytek oraz węgla spiekanego.

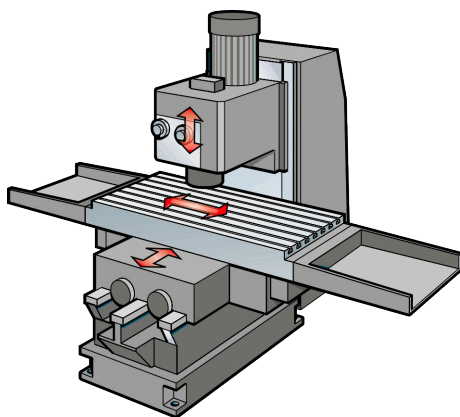
| Frezowanie czołowe  | Frezowanie z wysokim posuwem  | Frezowanie walcowo-czołowe  | Frezowanie rowków   |
|---|---|---|---|
|    |    |    |    |
| Przecinanie   | Fazowanie   | Frezowanie profilowe  | Frezowanie toczne   |
|    |    |    |    |
| Frezowanie wgłębne  | Frezowanie trochoidalne   | Frezowanie kołowe   | Frezowanie liniowe ze skośnym zagłębieniem  |
|  |  |  |  |
| Frezowanie kołowe ze skośnym zagłębieniem   | Frezowanie gwintów  |   |   |
|  |  |   |   |

## Metody frezowania

Frezarki mogą być obsługiwane ręcznie, zautomatyzowane mechanicznie lub zautomatyzowane cyfrowo poprzez numeryczne sterowanie komputerowe (CNC).

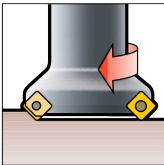
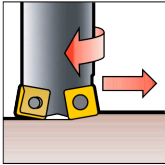
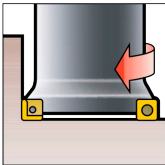
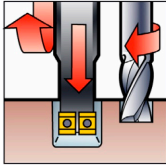
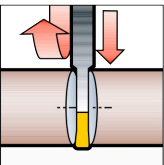
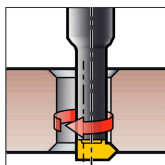
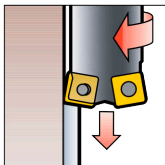
### Konwencjonalne metody frezowania

#### Frezarki pionowe



Konwencjonalne frezarki 3-osiowe najczęściej używane są do obróbki powierzchni płaskich, odsadzeń i kanałków.

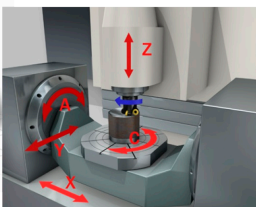
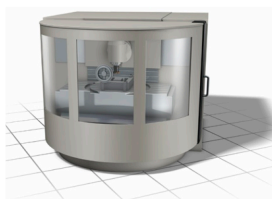
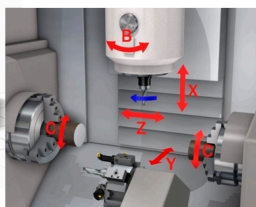
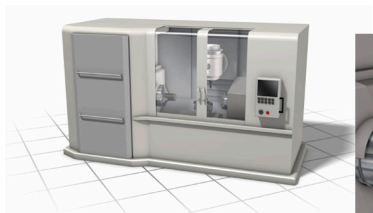
Liczba powierzchni i kształtów innych niż te opisane poniżej wzrosła wraz z rozwojem pięcioosiowych centrów obróbkowych oraz obrabiarek wielozadaniowych.

| Frezowanie czółtowe   | Frezowanie z wysokim posuwem  | Frezowanie walcowo-czołowe  | Frezowanie rowków  |
|---|---|---|--|
|  |  |  |  |
| Przecinanie   | Fazowanie   | Frezowanie wgłębne  |  |
|  |  |  |  |

# Zaawansowane metody frezowania


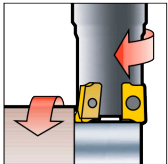
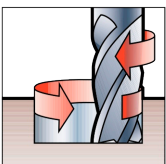
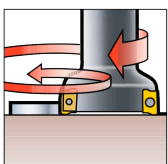
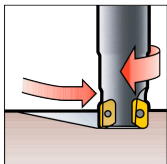
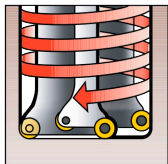
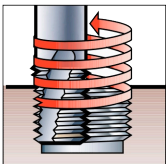
## Nowoczesne obrabiarki 4- lub 5-osiowe

Obecnie rozwój obrabiarek przebiega we wszystkich kierunkach. Centra tokarskie mają możliwości frezowania poprzez narzędzia napędzane, a centra obróbkowe mają możliwości toczenia – są to tzw. tokarko-frezarki lub frezarko-tokarki. Rozwój systemów CAM spowodował wzrost zainteresowania obrabiarkami pięcioosiowymi.



Współczesne trendy i metody obróbki skutkują nowymi możliwościami i wymaganiami stawianymi przed narzędziami skrawającymi:

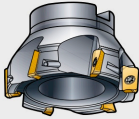

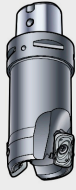
- Większa wszechstronność
- Mniej obrabiarek/hastaw potrzebnych do wykonania przedmiotu
- Większe wysięgi narzędzi
- Mniejsza głębokość skrawania.

| Frezowanie profilowe  | Frezowanie toczone  | Frezowanie trochoidalne   | Frezowanie kołowe   |
|---|---|---|---|
|  |  |  |  |
| Frezowanie liniowe ze skośnym zagłębieniem  | Interpolacja śrubowa  | Frezowanie gwintów  |   |
|  |  |  |   |


## Wybór frezów do frezowania czołowego

| Typ frezu                            |  |              |              |                |
|--------------------------------------|---|--------------|--------------|----------------|
| Zagadnienia                          | Płytki okrągłe  | 10-25°       | 45°          | 90°            |
| Wielkość stożka wrzeciona obrabiarki | ISO 40, 50  | ISO 40, 50   | ISO 40, 50   | ISO 30, 40, 50 |
| Wymagania odnośnie stabilności       | Wysokie   | Wysokie      | Średnie      | Niskie         |
| Obróbka zgrubna                      | Bardzo dobra  | Dobra        | Bardzo dobra | Zadawalająca   |
| Obróbka wykończeniowa                | Zadawalająca  | Zadawalająca | Bardzo dobra | Dobra          |
| Głębokość skrawania $a_p$            | Średnia   | Mała         | Średnia      | Duża           |
| Wszechstronność                      | Bardzo dobra  | Dobra        | Dobra        | Bardzo dobra   |
| Produktywność                        | Bardzo dobra  | Bardzo dobra | Bardzo dobra | Dobra          |

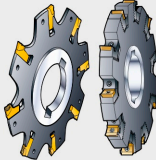
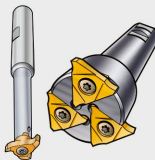
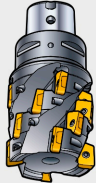
## Wybór frezów do frezowania walcowo-czołowego




| Typ frezu                            |  |  |  |  |
|--------------------------------------|---|---|---|---|
|                                      | 90°   | 90°   | 90°   | 90°   |
| Zagadnienia                          |   |   |   |   |
| Wielkość stożka wrzeciona obrabiarki | ISO 40, 50  | ISO 30, 40, 50  | ISO 40, 50  | ISO 30, 40, 50  |
| Wymagania odnośnie stabilności       | Wysokie   | Wysokie   | Średnie   | Niskie  |
| Obróbka zgrubna                      | Bardzo dobra  | Dobra   | Zadowalająca  | Dobra   |
| Zadowalająca                         | Zadowalająca  | Zadowalająca  | Bardzo dobra  | Dobra   |
| Głębokość skrawania $a_p$            | Duża  | Średnia   | Mała  | Duża  |
| Materiał                             | Wszystkie   | Wszystkie   | Aluminium   | Aluminium   |
| Wszechstronność                      | Bardzo dobra  | Bardzo dobra  | Zadowalająca  | Dobra   |

## Wybór frezów do frezowania profilowego

| Typ frezu                            |  |                     |                     |  |
|--------------------------------------|---|---------------------|---------------------|--|
|                                      | Płytki okrągłe  | Zakończenie kuliste | Zakończenie kuliste | Zakończenie kuliste<br>Węgiel spiekany |
| Wielkość stożka wrzeciona obrabiarki | ISO 40, 50  | ISO 40, 50          | ISO 30, 40          | ISO 30, 40                             |
| Wymagania odnośnie stabilności       | Wysokie   | Średnie             | Średnie             | Niskie                                 |
| Obróbka zgrubna                      | Bardzo dobra  | Dobra               | Zadowolająca        | Zadowolająca                           |
| Obróbka wykończeniowa                | Zadowolająca  | Zadowolająca        | Bardzo dobra        | Bardzo dobra                           |
| Głębokość skrawania $a_p$            | Średnia   | Średnia             | Mała                | Mała                                   |
| Wszechstronność                      | Bardzo dobra  | Bardzo dobra        | Bardzo dobra        | Bardzo dobra                           |
| Produktywność                        | Bardzo dobra  | Dobra               | Dobra               | Dobra                                  |

## Wybór frezów do kanałków i rowków

| Typ frezu                 |  |  |  |
|---------------------------|---|---|---|
| Zagadnienia               | Frez tarczowy   | Frezowanie płytkich rowków  | Długa krawędź skrawająca  |
| Wielkość stożka wrzeciona | ISO 50  | ISO 40, 50  | ISO 40, 50  |
| Rowek otwarty             | Otwarty   | Otwarty   | Otwarty   |
| Rowek zamknięty           | Zamknięty   | Zamknięty   | Zamknięty   |
| Szerokość skrawania       | Mała  | Mała  | Duża  |
| Głębokość skrawania $a_p$ | Mała-Duża   | Mała  | Mała-Duża   |
| Wszechstronność           | Ograniczona   | Dobra   | Dobra   |

| Typ frezu                 |  |  |  |
|---------------------------|--|--|--|
| Zagadnienia               | Frez palcowy na płytce wymienne  | Frez palcowy z wymienną częścią roboczą  | Monolityczny węglkowy frez palcowy   |
| Wielkość stożka wrzeciona | ISO 30, 40, 50   | ISO 30, 40, 50   | ISO 30, 40, 50   |
| Rowek otwarty             | Otwarty  | Otwarty  | Otwarty  |
| Rowek zamknięty           | Zamknięty  | Zamknięty  | Zamknięty  |
| Szerokość skrawania       | Średnia  | Mała   | Mała   |
| Głębokość skrawania $a_p$ | Średnia  | Mała   | Duża   |
| Wszechstronność           | Bardzo dobra   | Bardzo dobra   | Bardzo dobra   |

# Wybór płytek i zasady stosowania

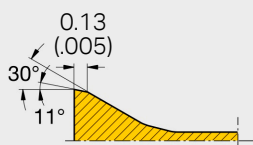


Nowoczesne płytki do frezowania czołowego.

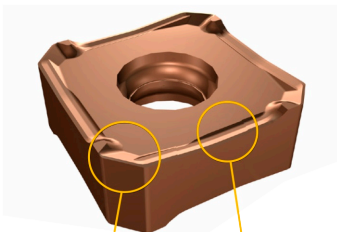
## Kształt nowoczesnej płytki frezarskiej

### Definicje pojęć i konstrukcja geometrii

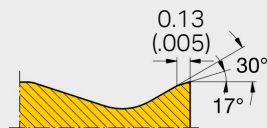
Przekrój naroża



- Ścin wzmacniający o szerokości 0.13 mm (.005 cala)
- Kąt natarcia 30°
- Kąt ścina 11°.



Przekrój głównej  
krawędzi skrawającej



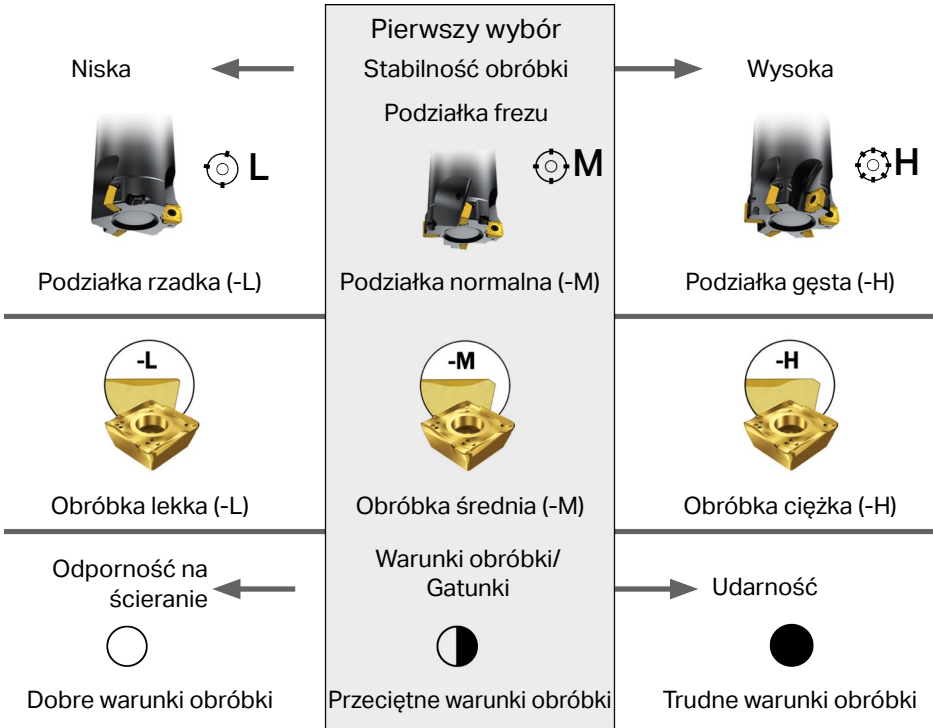
- Ścin wzmacniający o szerokości 0.13 mm (.005 cala)
- Kąt natarcia 30°
- Kąt ścina 17°.

Wzmocnienie naroża

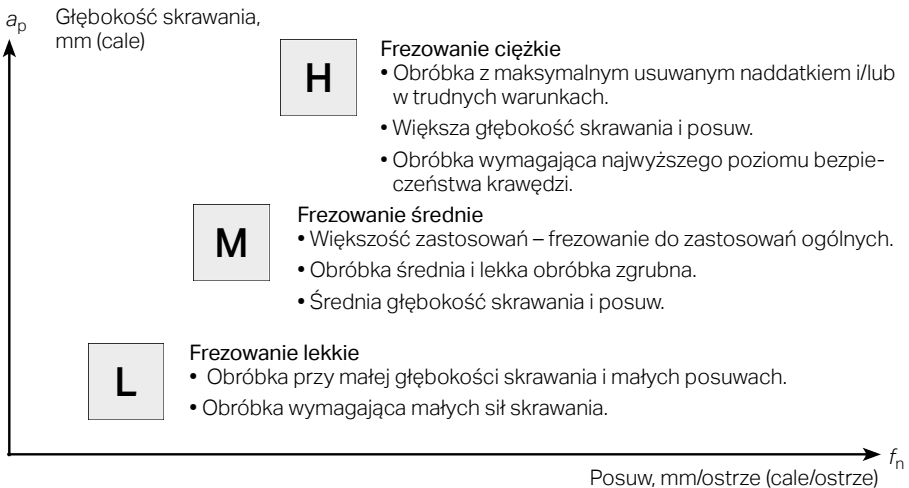
Łamacz wióra

Kształt głównej krawędzi skrawającej

## Wybór narzędzia do frezowania



## Rodzaj zastosowania

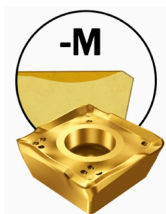


## Dobór geometrii płytki



### Obróbka lekka (-L)

- Bardzo dodatnia
- Obróbka lekka
- Małe siły skrawania
- Niskie posuwy.



### Obróbka średnia (-M)

- Geometria do zastosowań ogólnych
- Średnie posuwy
- Obróbka średnia i lekka obróbka zgrubna.

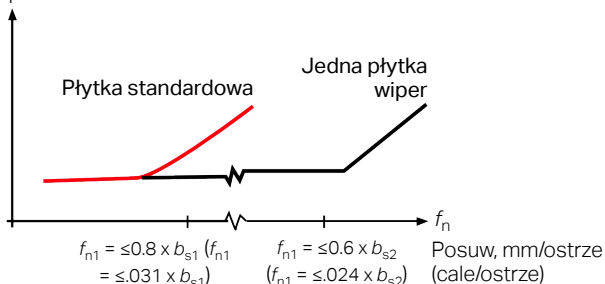


### Obróbka ciężka (-H)

- Wzmocniona krawędź skrawająca
- Obróbka ciężka
- Najwyższy poziom bezpieczeństwa krawędzi
- Wysokie posuwy.

## Uzyskiwanie dobrej jakości powierzchni podczas frezowania

Chropowatość powierzchni

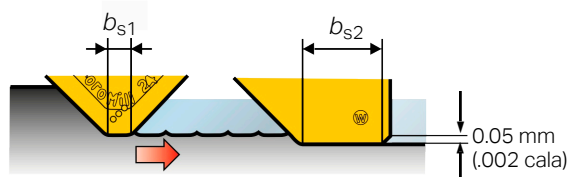


- Zastosuj płytki wiper, aby uzyskać wyższą produktywność oraz dobrą jakość powierzchni

- Ogranicz posuw na obrót do maks. 60% długości krawędzi dogładzającej płytkę Wiper

- Zamontuj prawidłowo płytki wiper

- Ustaw płytki wiper poniżej innych płytek.



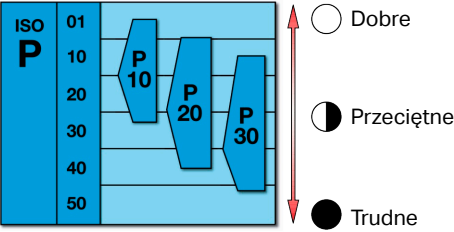
$b_{s1}$ , mm 2.0  
(.079)

8.2  
(.323)

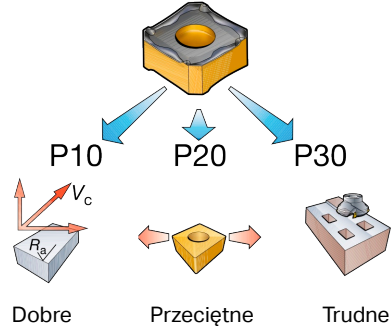
# Jak wybrać gatunek płytki

Należy wybrać geometrię i gatunek odpowiednio do zastosowania.

## Wykres zastosowania gatunków



## Warunki obróbki



## Określ warunki obróbki



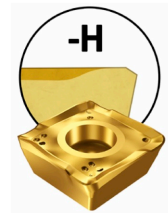
### Dobre warunki obróbki

- Głębokość skrawania 25% maks.  $a_p$  lub mniejsza
- Wysięg poniżej dwukrotnej średnicy frezu
- Skrawanie ciągłe
- Obróbka z chłodziwem lub na sucho.



### Przeciętne warunki obróbki

- Głębokość skrawania 50% maks.  $a_p$  lub większa
- Wysięg na dwie lub trzy średnice frezu
- Skrawanie przerywane
- Obróbka z chłodziwem lub na sucho.



### Trudne warunki obróbki

- Głębokość skrawania 50% maks.  $a_p$  lub większa
- Wysięg na ponad trzy średnice frezu
- Skrawanie przerywane
- Obróbka z chłodziwem lub na sucho.

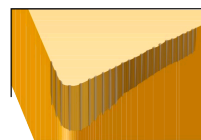
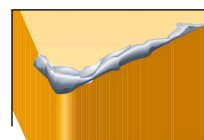
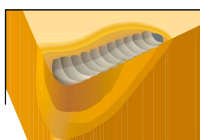
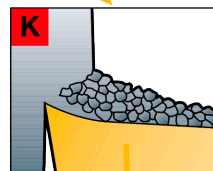
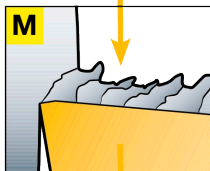
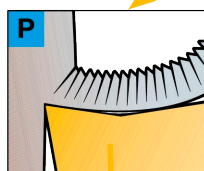
## ► Gatunki zoptymalizowane pod kątem obróbki materiałów z grup ISO P, M i K

Gatunki przeznaczone do obróbki określonych materiałów ograniczają postęp zużycia narzędzia

Materiał obrabiany wpływa na zużycie podczas skrawania na różne sposoby. Gatunki przeznaczone do obróbki określonych materiałów zostały opracowane, aby zapobiegać występowaniu podstawowych mechanizmów zużycia, takich jak np.:

- Starcie na powierzchni przyłożenia, zużycie kraterowe oraz odkształcenie plastyczne podczas obróbki stali
- Powstawanie narostu oraz karbu podczas obróbki stali nierdzewnej
- Starcie na powierzchni przyłożenia oraz odkształcenie plastyczne podczas obróbki żeliwa.

Wybierz geometrię oraz gatunek odpowiednio do obrabianego materiału oraz zastosowania.



ISO P P10-P50



ISO M M10-M40



ISO K K10-K40

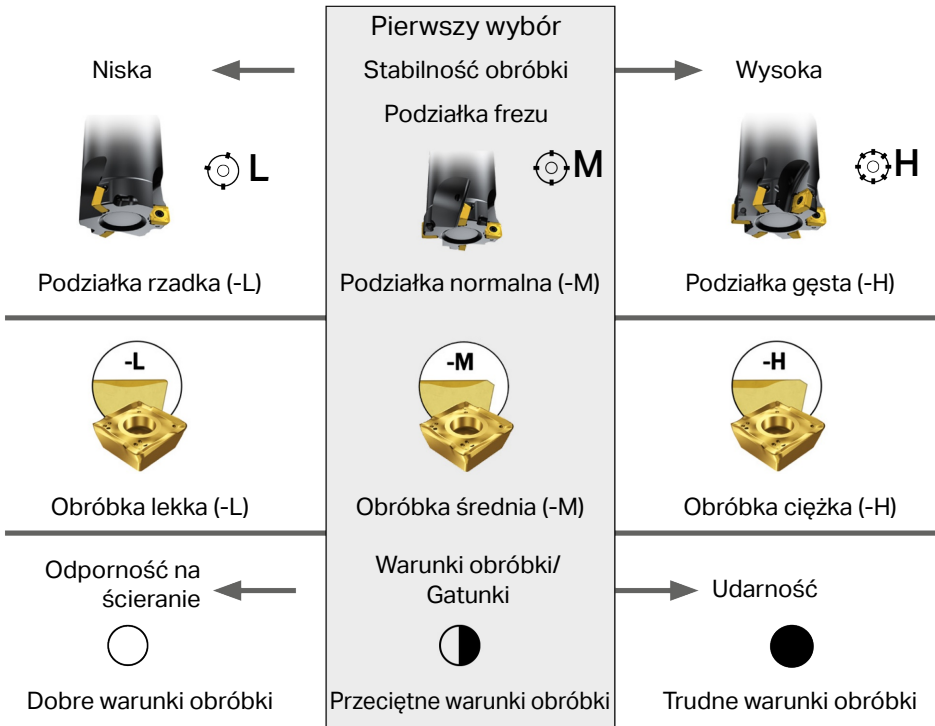


# Jak wybrać frez i właściwie go zastosować



Wysokowydajne frezy czółtowe do małych i średnich głębokości skrawania.

## Wybór narzędzia do frezowania



# Wybór podziałek frezów

Niska



Podziałka rzadka (-L)

- Mniejsza ilość płytek
- Ograniczona stabilność
- Długi wysięg
- Małe obrabiarki/ ograniczona moc
- Głębokie, frezowanie rowków całą szerokością
- Nierównomierna podziałka.

Pierwszy wybór

Stabilność obróbki

Podziałka frezu



Podziałka normalna (-M)

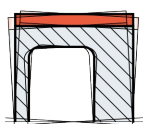
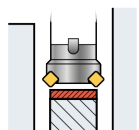
- Ogólnego przeznaczenia
- Odpowiednia do produkcji mieszanej
- Obrabiarki małe i średnie
- Zwykle pierwszy wybór.

Wysoka

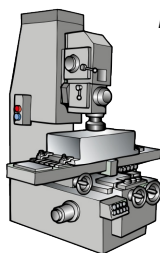


Podziałka bardzo gęsta (-H)

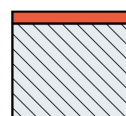
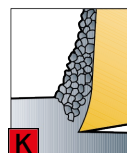
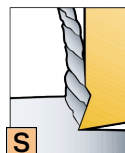
- Duża ilość płytek dla zapewnienia maksymalnej produktywności
- Stabilne warunki obróbki
- Materiały generujące krótkie wióry
- Materiały żaroodporne.

Ograniczona  
stabilność

Długi wysięg

Ograniczona  
moc

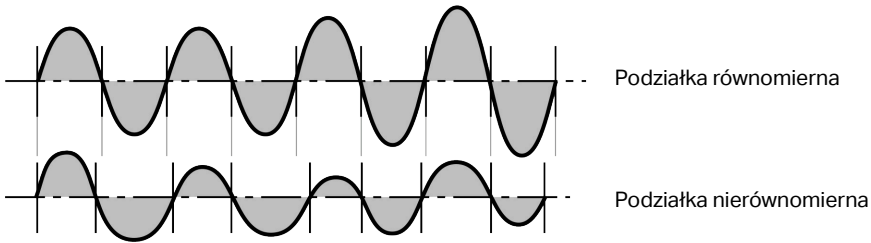
Pierwszy wybór

Stabilne  
warunki  
obróbkiŻeliwo  
(CMC 08)Stopy  
żaroodporne  
(CMC 20)

## Podziałka nierównomierna

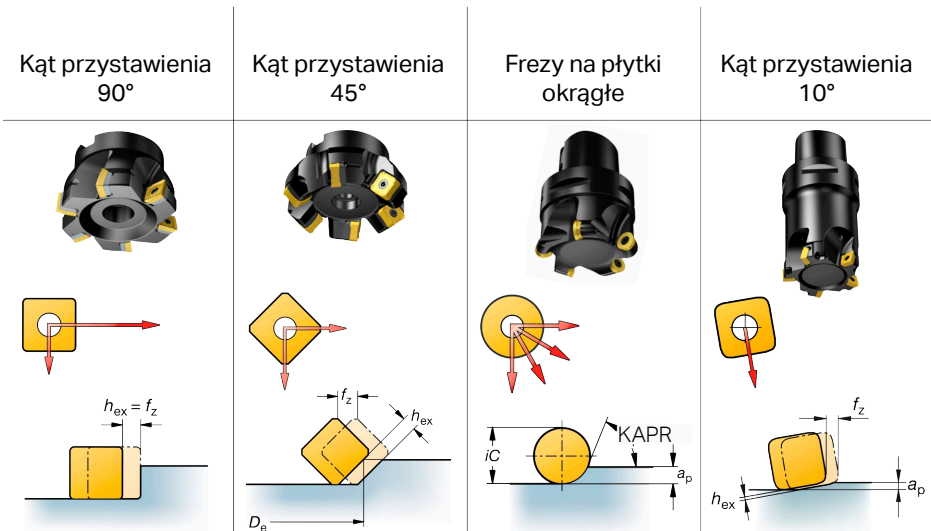
Zasadniczo im rzadsza podziałka frezu, tym mniejsze prawdopodobieństwo wystąpienia drgań harmoniczných. Niekiedy zastąpienie 16-ostrzowego frezu 12-ostrzowym całkowicie eliminuje drgania. Użycie frezu z nierównomierną podziałką może być konieczne w trudniejszych przypadkach, aby wyeliminować kłopotliwe drgania harmoniczne.

Frezy z nierównomierną podziałką mają nierówne odstępy między ostrzami, co wpływa na częstotliwość drgań każdego ostrza. Zmniejsza to niebezpieczeństwo wystąpienia drgań.



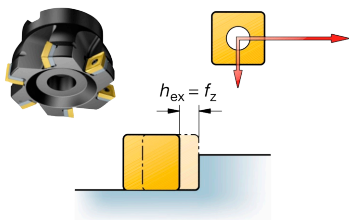
Podziałka nierównomierna sprzyja ograniczeniu drgań.

## Kierunek siły i kąt przystawienia



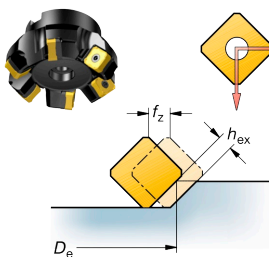
## Kierunek siły całkowitej podczas frezowania

### Wpływ kąta przystawienia (90°)



- Przedmioty cienkościenne
- Przedmioty słabo zamocowane w osi
- Frezy walcowo-czołowe
- $h_{ex} = f_z$  (w przypadku  $a_e > 50\% \times DC$ ).

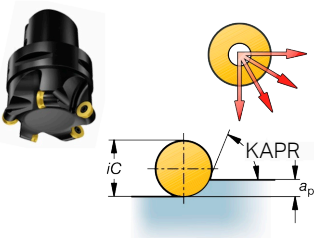
### Wpływ kąta przystawienia (45°)



- Pierwszy wybór do zastosowań ogólnych
- Zredukowane drgania przy dużych wysięgach
- Zmniejszenie grubości wiórów pozwala poprawić produktywność
- $f_z = 1.41 \times h_{ex}$  (kompensacja kąta przystawienia).

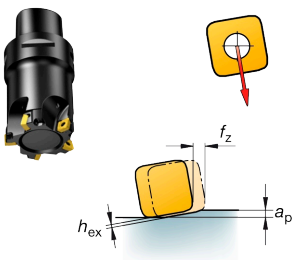
### Wpływ kąta przystawienia (różne wartości)

Dla płytek okrągłych, obciążenia powstające przy formowaniu wiórów i kąt przystawienia zmieniają się wraz z głębokością skrawania.



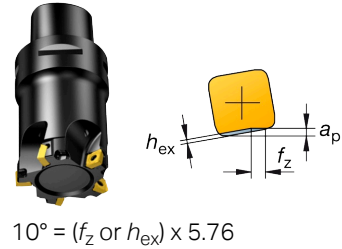
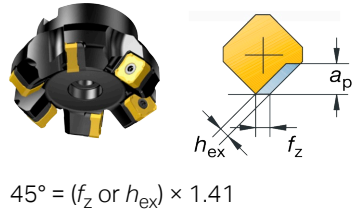
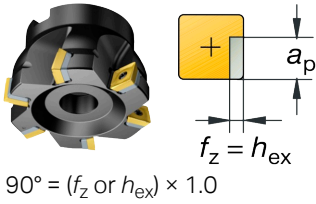
- Najwytrzymalsza krawędź skrawająca z wieloma ostrzami
- Frez do zastosowań ogólnych
- Zmniejszenie grubości wiórów poprawia przebieg obróbki stopów żaroodpornych
- $h_{ex}$  = zależy od  $a_p$ .

### Kąt przystawienia 10°

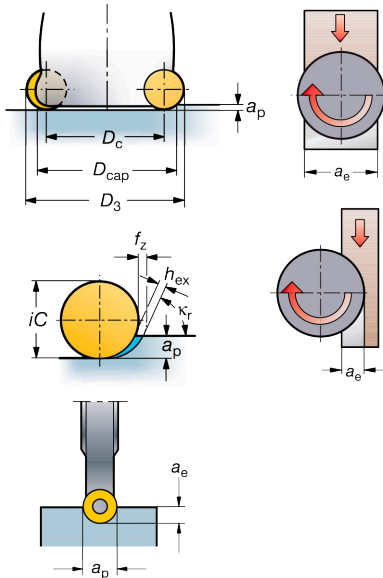


- Frezy do obróbki z wysokim posuwem
- Powstają cienkie wióry, co umożliwia pracę z bardzo wysokim posuwem na ostrze
- Siła jest skierowana w stronę wrzeciona i poprawia stabilność obróbki.

## Kompensacja posuwu dla różnych kątów przystawienia



## Wzory dla frezów z płytkami okrągłymi



Maks. średnica skrawania na określonej głębokości.

$$D_{cap} = DC + \sqrt{iC^2 - (iC - 2 \times a_p)^2}$$

Posuw przy frezowaniu czołowym płytkami okrągłymi ( $a_p < iC/2$ )

$$f_z = \frac{h_{ex} \times iC}{2 \times \sqrt{a_p \times iC - a_p^2}}$$

Posuw przy frezowaniu płytkami okrągłymi w warunkach gdzie  $a_e < D_{cap}/2$  i  $a_p < iC/2$

$$f_z = \frac{h_{ex} \times iC \times D_{cap}}{4 \times \sqrt{a_p \times iC - a_p^2} \times \sqrt{D_{cap} \times a_e - a_e^2}}$$

# Obliczanie parametrów skrawania

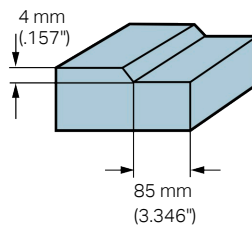
## Przykład frezowania czołowego

Dane:

- Prędkość skrawania,  $v_c = 225$  m/min (738 stopy/min)
- Posuw na ostrze,  $f_z = 0.21$  mm (.0082 cala)
- Liczba ostrzy frezu,  $z_n = 5$
- Średnica frezu, DC = 125 mm (4.921 cala)
- Głębokość skrawania,  $a_p = 4$  mm (.157 cala)
- Szerokość frezowania,  $a_e = 85$  mm (3.346 cala)

Do obliczenia:

- Prędkość obrotowa wrzeciona,  $n$  obr./min
- Prędkość posuwu,  $v_f$  mm/min (cale/min)
- Objętościowa wydajność skrawania,  $Q$  cm<sup>3</sup>/min (cale<sup>3</sup>/min)
- Pobór mocy kW (KM)



### Prędkość obrotowa wrzeciona

Dane:  $v_c = 225$  m/min (738 stopy/min)

jednostki metryczne

$$n = \frac{v_c \times 1000}{\pi \times DC} \quad \text{obr./min}$$

jednostki anglosaskie

$$n = \frac{v_c \times 12}{\pi \times DC} \quad \text{obr./min}$$

$$n = \frac{225 \times 1000}{3.14 \times 125} = 575 \text{ obr./min}$$

$$n = \frac{738 \times 12}{3.14 \times 4.921} = 575 \text{ obr./min}$$

### Prędkość posuwu

Dane:  $n = 575$  obr./min

jednostki metryczne

$$v_f = n \times f_z \times z_n \quad \text{mm/min}$$

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

jednostki anglosaskie

$$v_f = n \times f_z \times z_n \quad \text{cale/min}$$

$$v_f = 575 \times .0082 \times 5 = 23.6 \text{ cala/min}$$

### Wydajność skrawania

Dane  $v_f = 600$  mm/min (23.6 cala/min)

jednostki metryczne

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

$$Q = \frac{4 \times 85 \times 600}{1000} = 204 \text{ cm}^3/\text{min}$$

jednostki anglosaskie

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

$$Q = .157 \times 3.346 \times 23.6 = 12.4 \text{ cala}^3/\text{min}$$

# Moc skrawania netto

Dane: Materiał CMC 02.1

Narzędzia metryczne

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

Narzędzie calowe

$$P_c = \frac{a_e \times a_p \times v_f \times k_c}{396 \times 10^3} \text{ KM}$$

Frezowanie z dużą szerokością skrawania

| ISO | CMC No.                               | Material                              | Specific cutting force $k_c$ 1       | Hardness Brinell                | mc                                   | CT530  |                 | Specific cutting force $k_c$ .016                   | Hardness Brinell                | r                     |
|-----|---------------------------------------|---------------------------------------|--------------------------------------|---------------------------------|--------------------------------------|--|-----------------|---|---------------------------------|-----------------------|
|     |                                       |                                       |                                      |                                 |                                      | Max chip thickness 0.1 – 0.15 – 0.2                                | Cutting speed % |   |                                 |                       |
| P   | 01.1<br>01.2<br>01.3<br>01.4<br>01.5  | Steel                                 | 1500<br>1600<br>1700<br>1800<br>2000 | 125<br>150<br>170<br>210<br>300 | 0.25<br>0.25<br>0.25<br>0.25<br>0.25 | 430-390-50<br>385-350-15<br>365-330-00<br>315-290-60<br>235-210-95 |                 | 216,500<br>233,000<br>247,000<br>260,500<br>291,500 | 125<br>150<br>170<br>210<br>300 | 0<br>0<br>0<br>0<br>0 |
|     |                                       | Unalloyed                             |                                      |                                 |                                      |  |                 |   |                                 |                       |
|     |                                       | C = 0.10 – 0.25%                      |                                      |                                 |                                      |  |                 |   |                                 |                       |
|     |                                       | C = 0.25 – 0.55%                      |                                      |                                 |                                      |  |                 |   |                                 |                       |
|     |                                       | C = 0.55 – 0.80%                      |                                      |                                 |                                      |  |                 |   |                                 |                       |
|     | 02.1<br>02.2                          | Low alloyed (alloying elements 5%)    | 1700                                 | 175                             | 0.25                                 | 300-275-45   | 246,500         | 175   | 0                               |                       |
|     |                                       | Non-hardened                          | 1900                                 | 300                             | 0.25                                 | 195-180-60   | 278,500         | 300   | 0                               |                       |
|     |                                       | Hardened and tempered                 |                                      |                                 |                                      |  |                 |   |                                 |                       |
|     | 03.11<br>03.13<br>03.21<br>03.22      | High alloyed (alloying elements > 5%) | 1950                                 | 200                             | 0.25                                 | 230-205-85   | 282,000         | 200   | 0                               |                       |
|     |                                       | Annealed                              | 2150                                 | 200                             | 0.25                                 | 190-170-65   | 311,000         | 200   | 0                               |                       |
|     |                                       | Hardened tool steel                   | 2900                                 | 300                             | 0.25                                 | 165-150-35   | 420,000         | 300   | 0                               |                       |
|     |                                       |                                       | 3100                                 | 380                             | 0.25                                 | 105-95-85  | 448,500         | 380   | 0                               |                       |
|     | 06.1<br>06.2<br>06.3                  | Castings                              | 1400                                 | 150                             | 0.25                                 | 305-280-50   | 204,000         | 150   | 0                               |                       |
|     |                                       | Unalloyed                             | 1600                                 | 200                             | 0.25                                 | 245-220-00   | 230,500         | 200   | 0                               |                       |
|     |                                       | Low alloyed (alloying elements 5%)    | 1950                                 | 200                             | 0.25                                 | 180-160-45   | 283,500         | 200   | 0                               |                       |
|     | High alloyed (alloying elements > 5%) |                                       |                                      |                                 |                                      |  |                 |   |                                 |                       |

$$P_c = \frac{85 \times 4 \times 600 \times 1700}{60 \times 10^6} = 5.8 \text{ kW}$$

$$P_c = \frac{3.346 \times .157 \times 23.6 \times 246500}{396 \times 10^3} = 7.7 \text{ KM}$$

Powyższe obliczenie jest przybliżone i wykonane dla średniej grubości wiórów ( $h_{ex}$ ) 0.1 mm (.0039 cala).

Aby uzyskać bardziej dokładną wartość mocy skrawania netto ( $P_c$ ) należy wykonać dokładne obliczenia wartości  $k_c$ .

Jednostki metryczne

$$k_c = k_{c1} \times h_m^{-mc} \times \left(1 - \frac{\gamma_o}{100}\right) \text{ N/mm}^2$$

Jednostki anglosaskie

$$k_c = k_{c1} \times h_m^{-mc} \times \left(1 - \frac{\gamma_o}{100}\right) \text{ funt-siła/cal}^2$$

$h_m$  = Średnia grubość wiórów

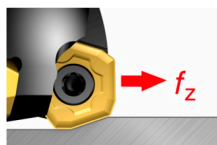
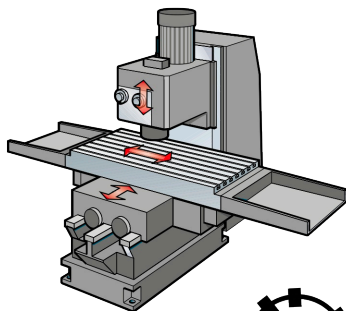
$\gamma_o$  = Kąt natarcia płytki

$m_c$  = Współczynnik kompensacji grubości wiórów

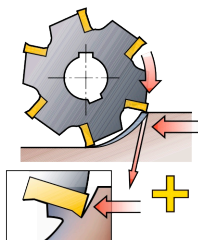
$k_c$  = Opór właściwy skrawania

$k_{c1}$  = Opór właściwy skrawania dla średniej grubości wióra 0.1 mm (.0039 cala).

## Wskazówki dotyczące zastosowań frezarskich



Do 0.50 mm (.020 cala)



### Moc skrawania

- Sprawdź moc znamionową oraz sztywność wrzeciona obrabiarki, upewniając się, że obrabiarka poradzi sobie z wymaganą średnicą frezu.

### Stabilność przedmiotu obrabianego

- Stan mocowania przedmiotu i zagadnienia, które należy uwzględnić.

### Wysięg

- Użyj obrabiarki z jak najkrótszym wysięgiem narzędzia na wrzecionie.

### Wybierz odpowiednią podziałkę frezu

- Użyj podziałki frezu odpowiedniej do danego zastosowania aby mieć pewność, że zbyt wiele płytek nie pozostaje jednocześnie w materiale obrabianym, gdyż może to powodować drgania.

### Zagłębienie frezu w materiale obrabianym

- Upewnij się, że wystarczająca ilość płytek pozostaje stale w materiale obrabianym, zwłaszcza w przypadku wąskich przedmiotów i niejednorodnych powierzchni.

### Wybór geometrii płytek

- W miarę możliwości, użyj wymiennych płytek o dodatniej geometrii zapewniającej lekkie skrawanie i niski pobór mocy.

### Użyj prawidłowego posuwu

- Upewnij się, że stosowany jest prawidłowy posuw na płytkę, aby osiągnąć prawidłowy przebieg skrawania dzięki zalecanej maksymalnej grubości wiórów.

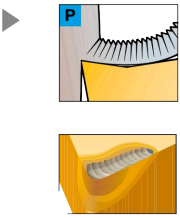
### Kierunek skrawania

- W miarę możliwości, stosuj frezowanie współbieżne.

### Zagadnienia związane z przedmiotem

- Uwzględnij rodzaj materiału i wymagania co do jakości powierzchni, która ma być obrabiana.





P10-P50

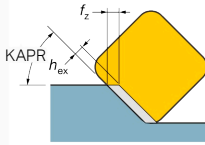


## Wybór gatunku płytki

- Wybierz gatunek odpowiednio do obrabianego materiału oraz zastosowania.

## Narzędzia frezarskie z tłumikiem drgań

- W przypadku dłuższego wysięgu przekraczającego ponad 4-krotnie średnicę narzędzia tendencje do powstawania drgań mogą stać się bardziej widoczne, dlatego zastosowanie frezów z tłumikiem drgań może znacznie poprawić produktywność.



## Kąt przystawienia

- Wybierz najbardziej odpowiedni kąt przystawienia.

## Średnica frezu

- Wybierz prawidłową średnicę odpowiednio do szerokości przedmiotu.

## Położenie frezu

- Ustaw prawidłowo frez.

## Wejście frezu w materiał i wyjście z niego

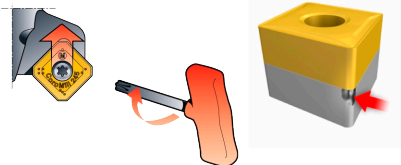
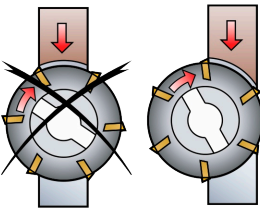
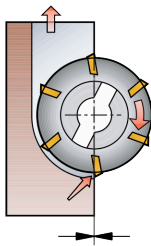
- Można zaobserwować, że przy wchodzeniu w materiał po łuku, grubość wiórów wychodzących z materiału będzie zawsze minimalna, co pozwoli zwiększyć posuw i sprzyja większej trwałości narzędzia.

## Chłodziwo

- Użyj chłodziwa, jeśli uznasz to za niezbędne. Generalnie nie zaleca się stosowania chłodziwa przy frezowaniu.

## Konserwacja

- Postępuj zgodnie ze wskazówkami dotyczącymi konserwacji narzędzi i kontroluj ich zużycie.





# Wiercenie

Wiercenie to proces wykonywania za pomocą narzędzi skrawających walcowych otworów w przedmiocie obrabianym

- Teoria E 4
- Procedura wyboru E 15
- Przegląd systemu E 20
- Zasady stosowania E 26
- Jakość i tolerancje otworów E 38
- Przewyciężenie trudności E 43

# Proces wiercenia



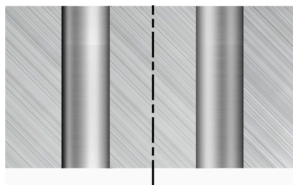
- Wiertło zawsze zagłębia się w przedmiocie obrabianym, uniemożliwiając obserwację przebiegu obróbki.
- Powstawanie wiórów musi być pod kontrolą.
- Odprowadzanie wiórów jest zagadnieniem kluczowym, wpływa ono na jakość otworu, trwałość i niezawodność narzędzia.

## Cztery najczęstsze sposoby wiercenia

### Wiercenie



### Wiercenie trepanacyjne



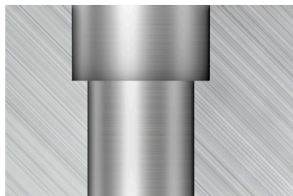
Istnieją cztery najczęstsze sposoby wiercenia:

- Wiercenie
- Wiercenie trepanacyjne
- Wiercenie z fazowaniem
- Wiercenie stopniowe

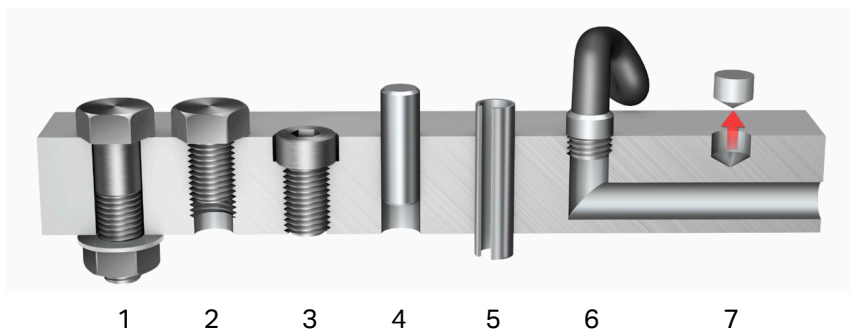
### Wiercenie z fazowaniem



### Wiercenie stopniowe



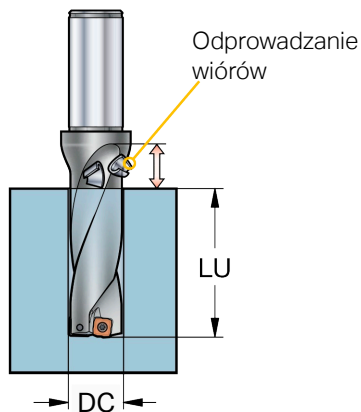
## Najczęściej wykonywane otwory



Najczęściej wykonywane otwory to:

- 1 Otwory z luzem dla śrub
- 2 Otwory z gwintem dla śrub
- 3 Otwory z pogłębieniem
- 4 Otwory posiadające ciasne pasowanie
- 5 Otwory posiadające luźne pasowanie
- 6 Otwory tworzące kanały
- 7 Otwory wyważeniowe (zmniejszające masę).

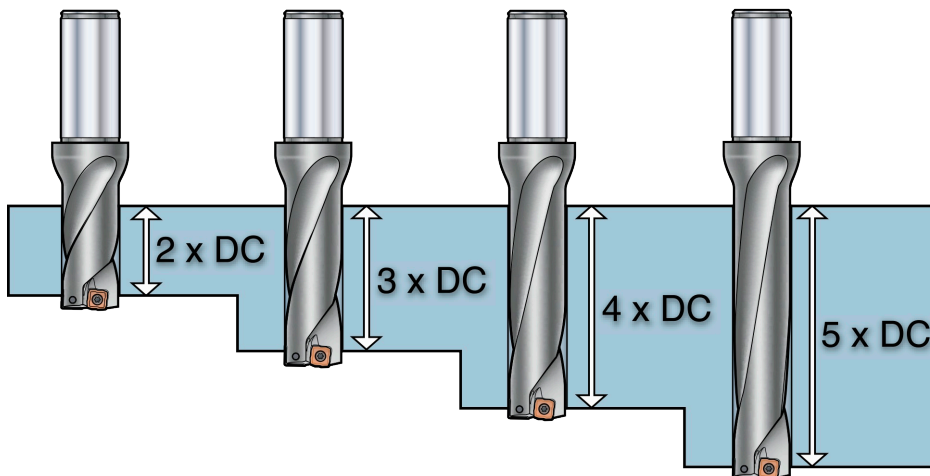
## Maksymalna głębokość otworu



Głębokość otworu (LU) ma istotny wpływ na wybór narzędzia.

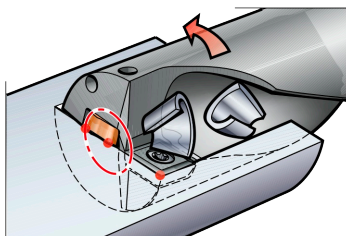
Maksymalna głębokość otworu zależy od jego średnicy DC i długości (LU).

Przykład: maksymalna głębokość otworu  $LU = 3 \times DC$ .

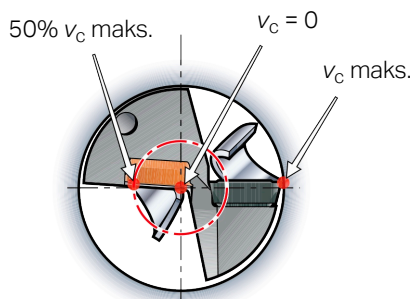


# Teoria wiercenia

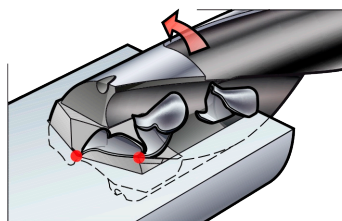
## Prędkości skrawania dla wiertel z wymiennymi płytkami



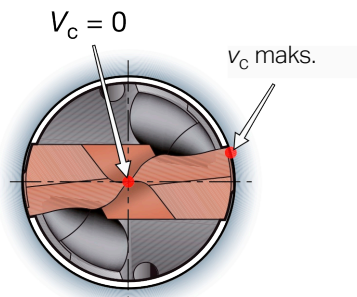
- Prędkość skrawania ( $v_c$ ) dla wiertel z wymiennymi płytkami spada od 100% na obwodzie, do zera w osi wiertła.
- Płytki centralna pracuje w zakresie prędkości od zera do około 50%  $v_c$  maks. Płytki zewnętrzna pracuje od 50%  $v_c$  maks. do 100%  $v_c$  maks.
- Jedna efektywna krawędź skrawająca/obrót ( $z_c$ ).



## Prędkości skrawania dla wiertel monolitycznych i z wymiennymi końcówkami



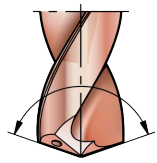
- Dwie efektywne krawędzie skrawające, od osi do obwodu.
- Dwie krawędzie/obrót ( $z_c$ ).



# Monolityczne wiertło węglikowe (SCD) w porównaniu z wiertłem ze stali szybko tnącej (HSS)

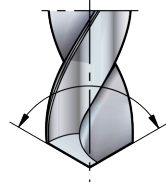
## Kąt wierzchołkowy oraz ścin

### Monolityczne wiertła węglikowe

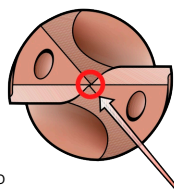


Kąt wierzchołkowy 140°

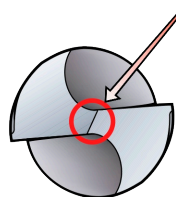
### Wiertło ze stali szybko tnącej



Kąt wierzchołkowy 118°



Ścina



- W monolitycznym wiertle węglikowym ścina jest praktycznie wyeliminowany.
- Ponieważ w monolitycznych wiertłach węglikowych ścina jest bardzo mała, niższa jest wartość siły posuwowej (osiowej).
- Konstrukcja ta poprawia centrowanie i pozwala na skrawanie wiórów blisko osi wiertła. Eliminuje to konieczność centrowania wiertła.

1 Główna krawędź skrawająca

2 Ścina

3 Główna powierzchnia przyłożenia

4 Pomocnicza powierzchnia przyłożenia

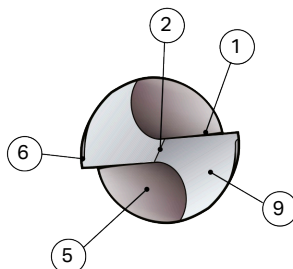
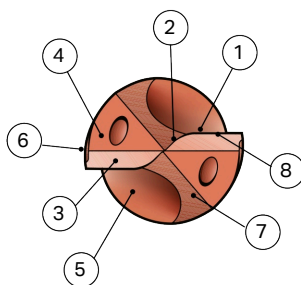
5 Rowek wiórowy

6 Łysinka

7 Trzecia powierzchnia przyłożenia

8 Ścina pod ujemnym kątem natarcia

9 Powierzchnia przyłożenia

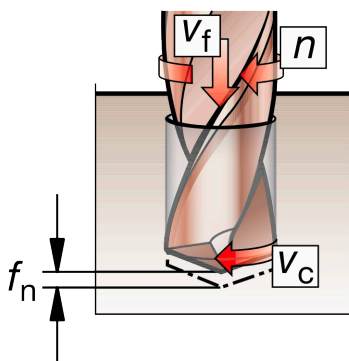


### Monolityczne wiertła węglikowe - Zalety

- Ścina jest praktycznie wyeliminowany
- Główna krawędź skrawająca sięga osi wiertła
- Większa trwałość i produktywność
- Mniejsza wartość siły i moment obrotowy
- Węższe tolerancje

## Definicje pojęć

### Prędkość skrawania



Produktywność przy wierceniu jest silnie związana z prędkością posuwu,  $v_f$ .

$n$  = Prędkość obrotowa wrzeciona obr./min

$v_c$  = Prędkość skrawania m/min (stopy/min)

$f_n$  = Posuw na obrót mm/obr. (cale/obr.)

$v_f$  = Prędkość posuwu mm/min (cale/min)

DC = Średnica wiertła mm (cale)

Narzędzia metryczne

$$v_c = \frac{\pi \times DC \times n}{1000} \text{ m/min}$$

Narzędzia calowe

$$v_c = \frac{\pi \times DC \times n}{12} \text{ stopy/min}$$

$$v_f = f_n \times n \text{ mm/min (cale/min)}$$

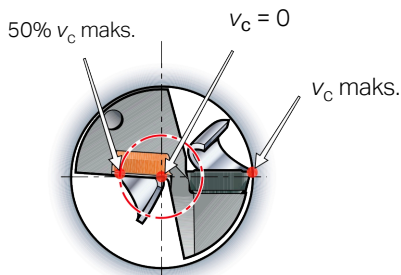
### Prędkości skrawania dla wiertel z wymiennymi płytkami

Prędkość skrawania ( $v_c$ ) dla wiertel z wymiennymi płytkami spada od 100% na obwodzie do zera w osi.

Płytki centralna pracuje w zakresie prędkości od zera do ok. 50%  $v_c$  maks.

Płytki zewnętrzna pracuje od 50%  $v_c$  maks. do 100%  $v_c$  maks.

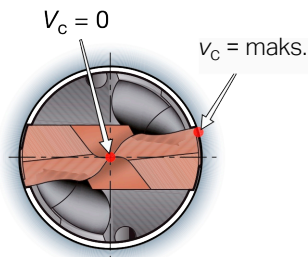
Jedna efektywna krawędź skrawająca/obrót ( $z_c$ ).



### Prędkości skrawania dla wiertel monolitycznych i z wymiennymi końcówkami

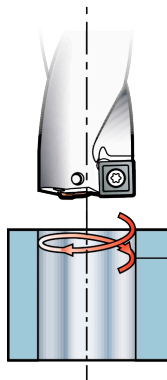
W obróbce uczestniczą jednocześnie dwie krawędzie na całej długości, od osi do obwodu.

Dwie efektywne krawędzie skrawające/obrót  $z_c$ .



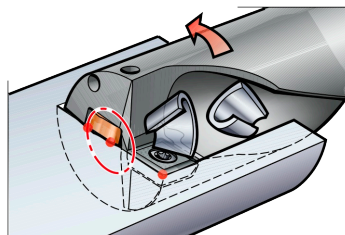
## Wpływ prędkości skrawania – $v_c$ m/min

- Wpływa na moc  $P_c$  kW (KM) i moment obrotowy  $M_c$  Nm (funt-siła stopa).
- Wskaźnik o największym wpływie na trwałość ostrzy.
- Przy większych prędkościach powstają większe temperatury i wzrasta starcie powierzchni przyłożenia, szczególnie zewnętrznego naroża.
- Przy większych prędkościach poprawia się formowanie wiórów w materiałach miękkich, generujących długie wióry, np. stali niskowęglowej.
- Wpływa na poziom hałasu.



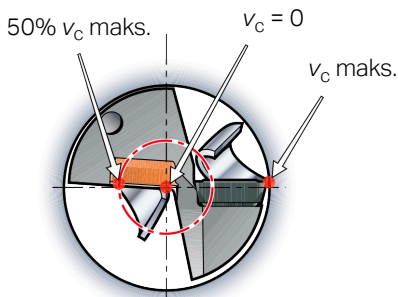
### Zbyt duża prędkość skrawania powoduje:

- szybkie starcie na powierzchni przyłożenia
- deformację plastyczną
- niezadowalającą jakość otworu
- nieprawidłową tolerancję otworu.

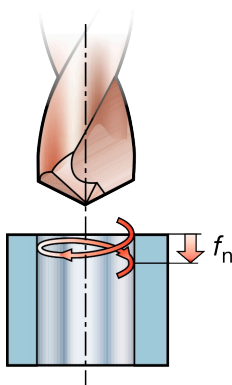


### Zbyt mała prędkość skrawania powoduje:

- powstawanie narostu na krawędzi
- nieprawidłowe odprowadzanie wiórów
- dłuższy czas skrawania
- większe ryzyko złamania wiertła
- złą jakość otworu.



## Posuw



### Wpływ posuwu – $f_n$ mm/obr. (cale/obr.)

- Wpływa na siłę posuwową  $F_f$  (N), moc  $P_c$  kW (KM) i moment obrotowy  $M_c$  Nm (funt-siła stopa).
- Wpływa na formowanie wiórów.
- Wpływa na jakość otworu.
- W pierwszej kolejności wpływa na chropowatość powierzchni.
- Przyczynia się do powstawania naprężeń mechanicznych i cieplnych.

$$f_n = f_z \times 2 \quad \text{mm/obr. (cale/obr.)}$$

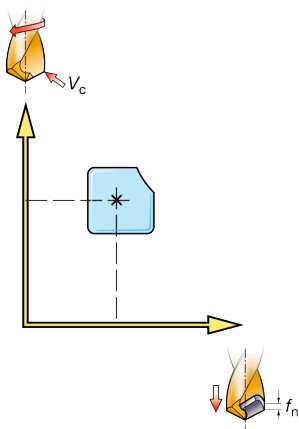
### Duży posuw to:

- trudniejsze łamanie wiórów
- krótszy czas skrawania.

### Mały posuw to:

- dłuższe, cieńsze wióry
- poprawa jakości otworu
- szybsze zużycie narzędzia
- dłuższy czas skrawania.

\*Uwaga: Prędkość posuwu musi być skorelowana z prędkością skrawania.

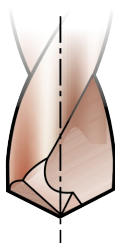


# Obliczanie przybliżonego poboru mocy

CoroDrill® 880



CoroDrill® Delta-C



- $n$  = Prędkość obrotowa wrzeciona obr./min
- $v_c$  = Prędkość skrawania m/min (stopy/min)
- $f_n$  = Posuw na obrót mm/obr. (cale/obr.)
- $v_f$  = Prędkość posuwu mm/min (cale/min)
- DC = Średnica wiertła mm (cale)
- $f_z$  = Posuw na ostrze mm (cale)
- $k_{c1}$  = Opór właściwy skrawania N/mm<sup>2</sup> (lbf stopy/cale<sup>2</sup>)
- $P_c$  = Moc skrawania netto kW (KM)
- $F_f$  = Siła posuwowa (N)
- $M_c$  = Moment obrotowy Nm (lbf stopy)

Jednostki metryczne

$$P_c = \frac{f_n \times v_c \times DC \times k_c}{240 \times 10^3} \text{ kW}$$

Jednostki anglosaskie

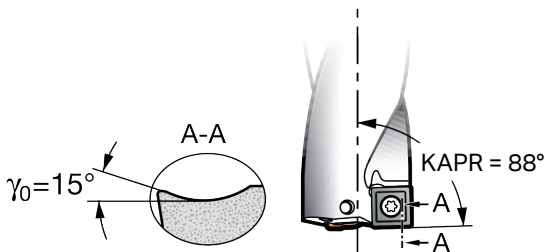
$$P_c = \frac{f_n \times v_c \times DC \times k_c}{132 \times 10^3} \text{ KM}$$

| ISO P     |        |  | Opór właściwy skrawania $k_{c1} 1.0$ N/mm <sup>2</sup> | Opór właściwy skrawania $k_{c1} .0394$ funt-siła/cale <sup>2</sup> | Twardość Brinell |      |
|-----------|--------|--|--|--|------------------|------|
| Kod MC.   | Nr CMC | Materiał                                       |  |  | HB               | mc   |
|           |        | Stal niestopowa                                |  |  |                  |      |
| P1.1.Z.AN | 01.1   | C = 0.1-0.25%                                  | 1500   | 216.500  | 125              | 0.25 |
| P1.2.Z.AN | 01.2   | C = 0.25-0.55%                                 | 1600   | 233.000  | 150              | 0.25 |
| P1.3.Z.AN | 01.3   | C = 0.55-0.80%                                 | 1700   | 247.000  | 170              | 0.25 |
| P1.3.Z.AN | 01.4   | Stal wysokowęglowa, wyżarzana                  | 1800   | 260.500  | 210              | 0.25 |
| P1.3.Z.HT | 01.5   | Hartowana i odpuszczona                        | 2000   | 291.500  | 300              | 0.25 |
|           |        | Niskostopowa<br>(ilość dodatków stopowych ≤5%) |  |  |                  |      |
| P2.1.Z.AN | 02.1   | Niehartowana                                   | 1700   | 246.500  | 175              | 0.25 |
| P2.5.Z.HT | 02.2   | Hartowana i odpuszczona                        | 1900   | 278.500  | 300              | 0.25 |

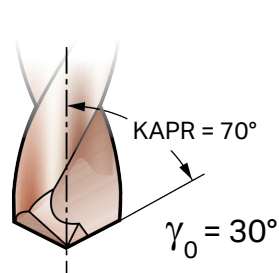
Informacje na temat wartości  $k_{c1}$  – patrz strona H16.

# Obliczanie rzeczywistego poboru mocy

CoroDrill® 880



CoroDrill® Delta-C



Jednostki metryczne

$$P_C = \frac{f_n \times v_c \times DC \times k_C}{240 \times 10^3} \text{ kW}$$

Jednostki anglosaskie

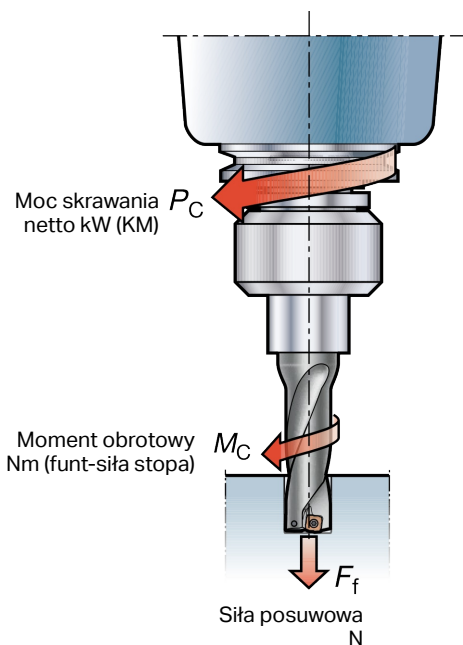
$$P_C = \frac{f_n \times v_c \times DC \times k_C}{132 \times 10^3} \text{ KM}$$

$$k_C = k_{C1} \times (f_z \times \sin KAPR) \times m_C \times \left(1 - \frac{\gamma_0}{100}\right)$$

| ISO P     |        |  | Opór właściwy skrawania<br>$k_{C1} 1.0$<br>N/mm <sup>2</sup> | Opór właściwy skrawania<br>$k_{C1} 0.0394$<br>funt-siła/cal <sup>2</sup> | Twardość Brinell<br>HB | mc   |
|-----------|--------|--|--|--|------------------------|------|
| Kod MC.   | Nr CMC | Materiał                                       |  |  |                        |      |
|           |        | Stal niestopowa                                |  |  |                        |      |
| P1.1.Z.AN | 01.1   | C = 0.1-0.25%                                  | 1500   | 216.500  | 125                    | 0.25 |
| P1.2.Z.AN | 01.2   | C = 0.25-0.55%                                 | 1600   | 233.000  | 150                    | 0.25 |
| P1.3.Z.AN | 01.3   | C = 0.55-0.80%                                 | 1700   | 247.000  | 170                    | 0.25 |
| P1.3.Z.AN | 01.4   | Stal wysokowęglowa, wyżarzana                  | 1800   | 260.500  | 210                    | 0.25 |
| P1.3.Z.HT | 01.5   | Hartowana i odpuszczona                        | 2000   | 291.500  | 300                    | 0.25 |
|           |        | Niskostopowa<br>(ilość dodatków stopowych ≤5%) |  |  |                        |      |
| P2.1.Z.AN | 02.1   | Niehartowana                                   | 1700   | 246.500  | 175                    | 0.25 |
| P2.5.Z.HT | 02.2   | Hartowana i odpuszczona                        | 1900   | 278.500  | 300                    | 0.25 |

Informacje na temat wartości  $k_{C1}$  – patrz strona H16.

# Obliczanie momentu obrotowego i siły posuwowej



$n$  = Prędkość obrotowa wrzeciona (obr./min)

$f_n$  = Posuw na obrót mm/obr. (cale/obr.)

DC = Średnica wiertła mm (cale)

$k_{c1}$  = Opór właściwy skrawania N/mm<sup>2</sup> (funt-siła/cale<sup>2</sup>)

$F_f$  = Siła posuwowa (N)

$M_c$  = Moment obrotowy Nm (funt-siła stopa)

$$F_f \approx 0.5 \times k_c \times \frac{DC}{2} f_n \times \sin \text{KAPR (N)}$$

Jednostki metryczne

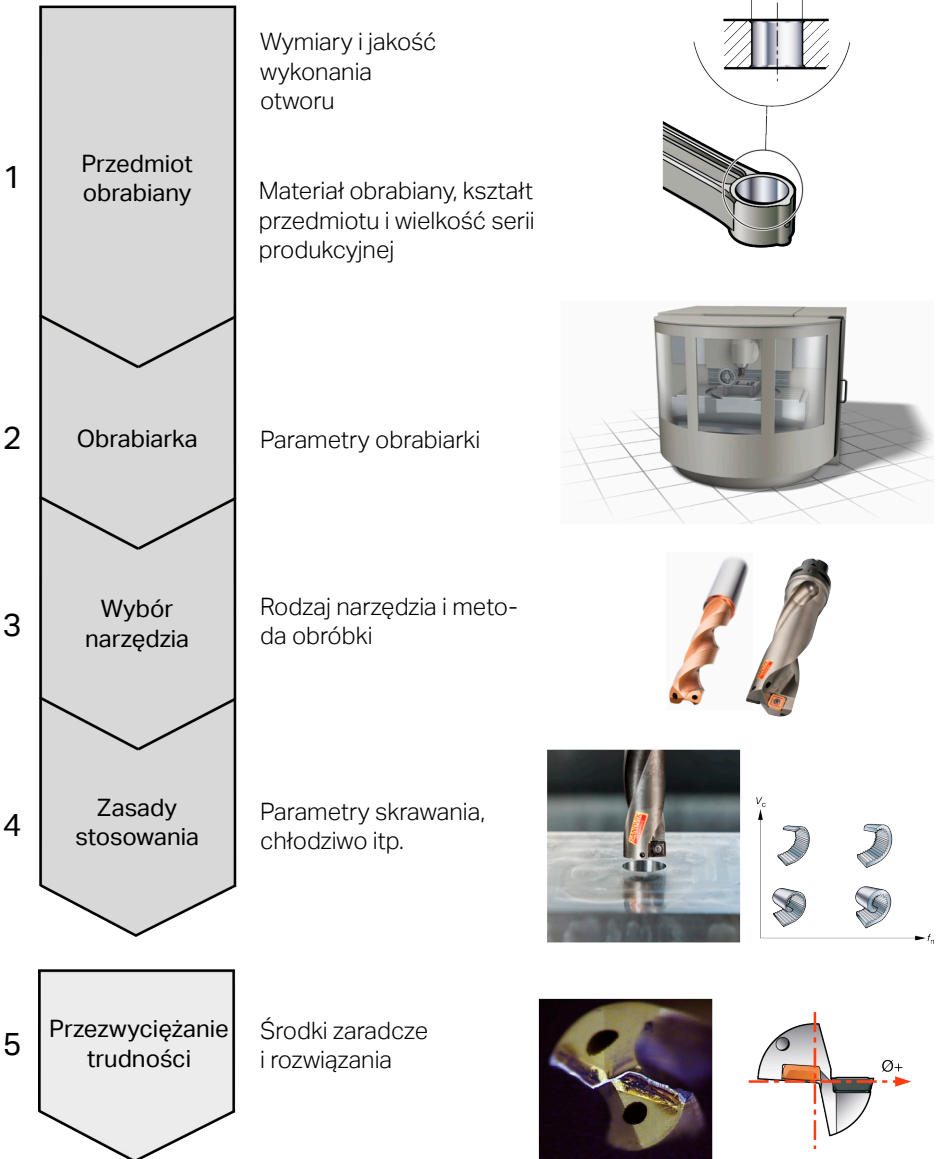
$$M_c = \frac{P_c \times 30 \times 10^3}{\pi \times n} \text{ Nm}$$

Jednostki anglosaskie

$$M_c = \frac{P_c \times 16501}{\pi \times n} \text{ funt-siła stopa}$$

# Procedura doboru narzędzi

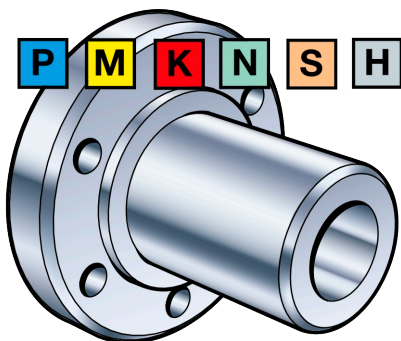
## Proces planowania produkcji



# 1. Przedmiot i materiał obrabiany

## Materiał:

- Skrawalność
- Łamanie wiórów
- Twardość
- Składniki stopowe.

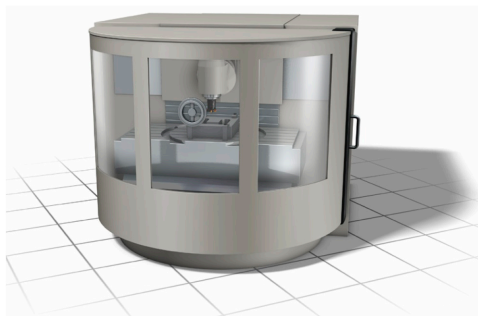


## Przedmiot obrabiany:

- Czy przedmiot obraca się symetrycznie wokół otworu? Czy używane jest wiertło obrotowe, czy nieruchome?
- Mocowanie, rozmiar otworu i głębokość. Czy przedmiot jest wrażliwy na działanie siły posuwowej i/lub drgania?
- Czy potrzebny jest długi wysięg, tj. element przedłużający narzędzie, aby osiągnąć powierzchnię, w której wykonywany jest otwór?
- Właściwości przedmiotu – czy coś komplikuje obróbkę? Czy występują powierzchnie nachylone, wklęsłe lub wypukłe? Otwory krzyżujące się?

## 2. Ważne uwagi dotyczące obrabiarki

### Stan obrabiarki:



- Stabilność obrabiarki
- Prędkość obrotowa wrzeciona
- Podawanie chłodziwa
- Natężenie przepływu i ciśnienie chłodziwa
- Mocowanie przedmiotu obrabianego
- Wrzeciono poziome lub pionowe
- Moc i moment obrotowy
- Magazyn narzędzi.

## 3. Wybór narzędzi wiertarskich

### Różne sposoby wykonania otworu

Podstawowe parametry to:

- Średnica
- Głębokość
- Jakość (tolerancja, chropowatość powierzchni, osiowość).

Rodzaj otworu i wymagana precyzja wpływają na wybór narzędzia.

Przebieg wiercenia w powierzchniach nieregularnych i pochylonych oraz otworów krzyżujących się może być utrudniony.

#### Wiercenie



##### Zalety

- Proste standardowe narzędzia
- Stosunkowo wszechstronne.

##### Wady

- Dwa narzędzia, adaptery i uchwyty podstawowe
- Wymaga dodatkowego narzędzia i ustawień w przypadku otworu stopniowego / z fazowaniem
- W zależności od wyboru
  - Produktyność
  - Jakość otworu.

#### Wiercenie stopniowe / z fazowaniem



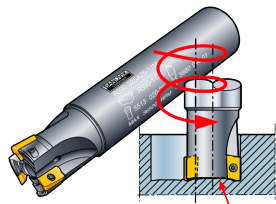
##### Zalety

- Zmniejsza liczbę zabiegów
- Najszybszy sposób wykonania otworu stopniowego / z fazowaniem.

##### Wady

- Wymaga większej mocy i stabilności
- Mniej wszechstronne.

#### Interpolacja śrubowa



##### Zalety

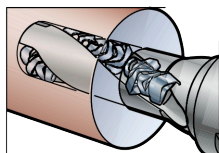
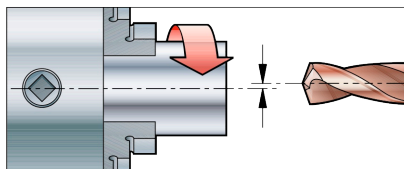
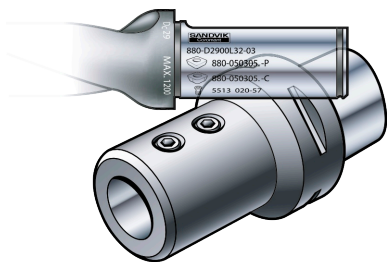
- Proste standardowe narzędzia
- Bardzo wszechstronne
- Małe siły skrawania.

##### Wady

- Dłuższe czasy jednostkowe.

## 4. Zasady stosowania

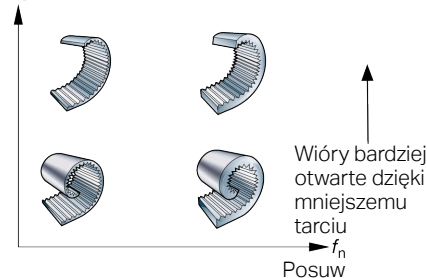
### Ważne uwagi dotyczące technologii obróbki



Prędkość skrawania

Grubsze, sztywniejsze wióry

$V_c$



#### Mocowanie narzędzi

- Stosuj zawsze jak najkrótsze wiertło i wysięg, aby zmniejszyć ugięcie narzędzia i drgania, pamiętając o prawidłowym odprowadzaniu wiórów.
- W celu uzyskania najlepszej stabilności i jakości otworu użyj narzędzi modułowych, hydromechanicznych lub hydraulicznych oprawek narzędziowych.

#### Bicie narzędzia

- Ograniczenie bicia narzędzia ma duże znaczenie dla osiągnięcia dobrych wyników wiercenia.

#### Odprowadzanie wiórów i ciecz obróbkowa

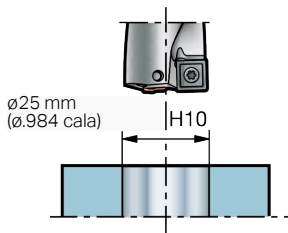
- Tworzenie i odprowadzanie wiórów ma duże znaczenie podczas wykonywania wiercenia i wpływa na jakość otworu.

#### Gatunek i geometria

- Używaj zalecanego gatunku i geometrii.
- Używaj zalecanych parametrów skrawania.
- Aby zapewnić stabilność procesu, zapewnij dobre odprowadzanie wiórów poprzez odpowiednie ustawienie parametrów skrawania.

## 5. Rozwiązywanie problemów

### Wybrane zagadnienia



#### Zużycie płytki i trwałość ostrzy

- Określ objawy zużycia i w razie konieczności dostosuj parametry skrawania lub zmień gatunek.

#### Odprowadzanie wiórów

- Sprawdź przebieg łamania wiórów oraz doprowadzanie cieczy obróbkowej; jeśli to konieczne, zmień łamacz wiórów i/lub dostosuj odpowiednio parametry skrawania.

#### Jakość i tolerancja otworów

- Sprawdź mocowanie wiertła/ przedmiotu, posuw, warunki pracy obrabiarki oraz przebieg odprowadzania wiórów.

#### Parametry skrawania

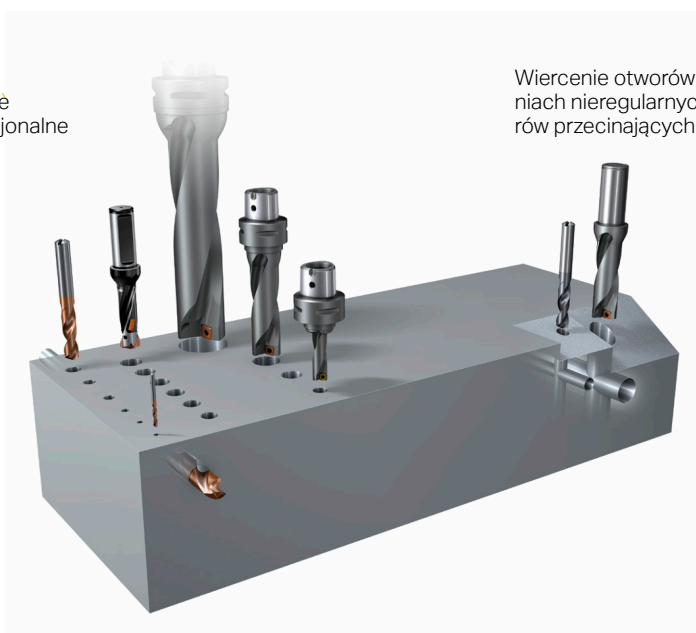
- Prawidłowa prędkość skrawania i posuw są niezbędne do uzyskania wysokiej produktywności i trwałości ostrzy.

# Narzędzia wiertarskie

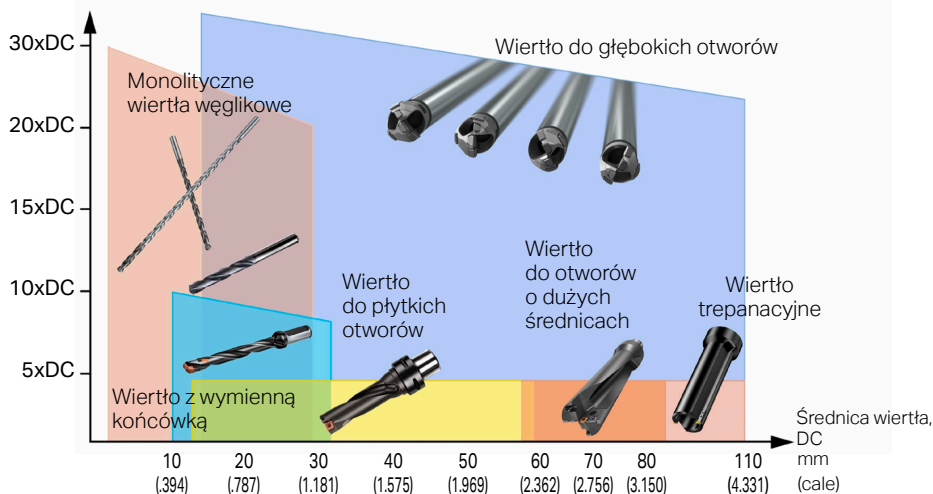
Narzędzia wiertarskie obejmują średnice od 0.30 mm do 110 mm (.0118 cala do 4.331 cala), a w przypadku produktów niestandardowych również większe.

Wiercenie konwencjonalne

Wiercenie otworów w powierzchniach nieregularnych oraz otworów przecinających się

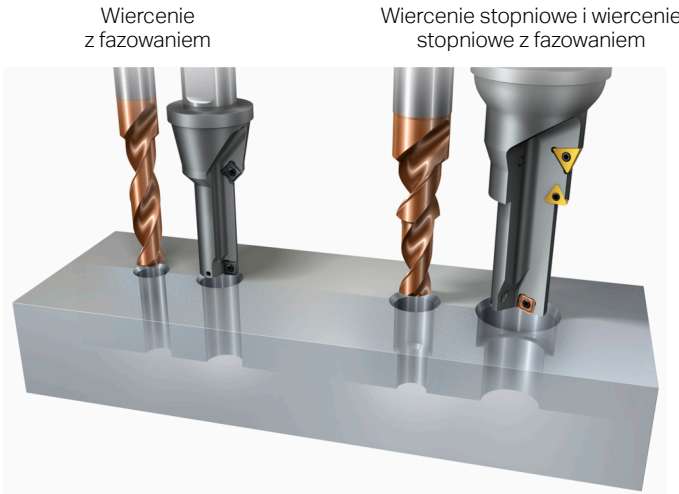


Stosunek długości do średnicy



# Wybór narzędzi wiertarskich

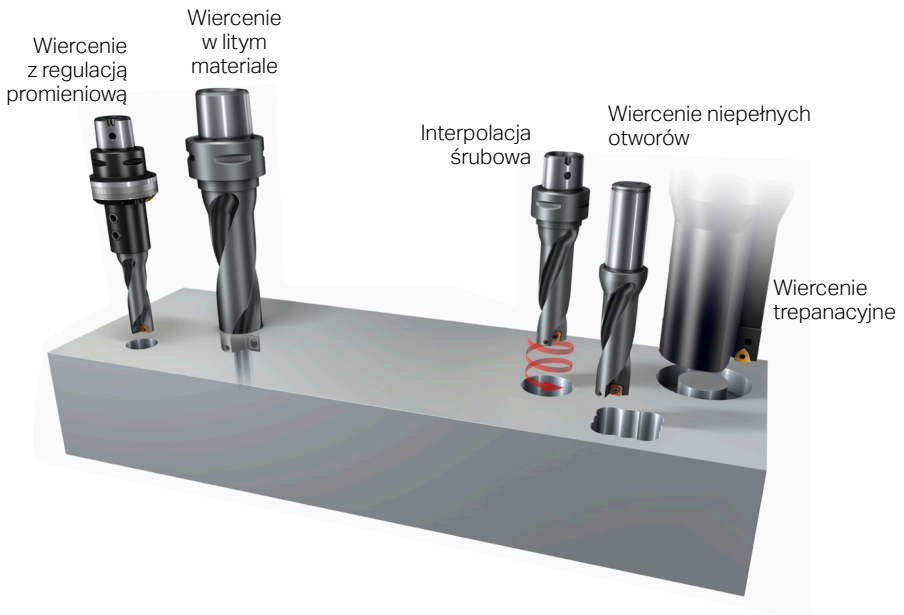
## Wiercenie stopniowe i wiercenie z fazowaniem



Wiercenie z fazowaniem

Wiercenie stopniowe i wiercenie stopniowe z fazowaniem

## Inne metody



Wiercenie z regulacją promieniową

Wiercenie w litym materiale

Interpolacja śrubowa

Wiercenie niepełnych otworów

Wiercenie trepanacyjne

# Średnica i głębokość otworu

## Ustawianie wiertel do płytkich otworów

### Wiertła z wymiennymi płytkami



Pierwszy wybór we wszystkich zastosowaniach z powodu niższego kosztu wykonania otworu. Są to również bardzo wszechstronne narzędzia.

#### Obszary zastosowań

- Otwory o średnicach i dużych średnicach.
- Średnie tolerancje.
- Otwory nieprzelotowe wymagające „płaskiego” dna.
- Wiercenie niepełnych otworów lub wytaczanie.

### Monolityczne wiertła węglikowe



Pierwszy wybór do mniejszych średnic oraz dla otworów o wąskich tolerancjach.

- Małe średnice.
- Otwory położone blisko siebie lub o wąskich tolerancjach.
- Otwory płytkie i średnio głębokie.

### Wiertła z wymienną końcówką



Pierwszy wybór do otworów o średnich średnicach, gdy wymienna końcówka stanowi ekonomiczne rozwiązanie.

- Średnie średnice.
- Wąskie tolerancje otworów.
- Stalowy korpus zapewnia udarność.
- Otwory płytkie i średnio głębokie.

# Wiertła na płytki wymienne

## Wiertło podstawowe

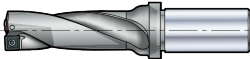


- Najbardziej ekonomiczny sposób wykonania otworu.
- Do wszystkich materiałów obrabianych.
- Standardowe, na zamówienie oraz wiertła specjalne.
- Wszechstronne narzędzie nie tylko do obróbki wiertarskiej.

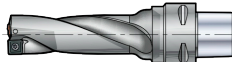
## Systemy mocowania

Dostępne są różne sposoby mocowania, które umożliwiają użytkownikowi montaż wiertła w obrabiarkach prawie wszystkich rodzajów. Producenci nowoczesnych obrabiarek oferują systemy mocowania zintegrowane z wrzecionem.

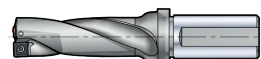
Chwyt cylindryczny



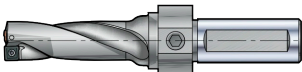
Złącze Coromant Capto®



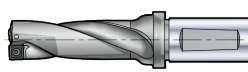
Cylindryczny ze spłaszczeniem



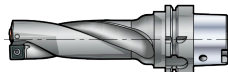
Chwyt P



Whistle Notch



Inne systemy modułowe



# Monolityczne wiertła węglkowe

Podstawowy wybór



Wiertła zoptymalizowane pod kątem określonego materiału



Wiertła zoptymalizowane pod kątem danego zastosowania

Wiertło do fazowania

Precyzyjne wiertło do stali hartowanej



## Wiertła do płytkich otworów – grupy materiałów wg ISO

Grupa materiałów wg ISO

P

M

K

N

S

H



Monolityczne wiertła węglkowe

+++

+++

+++

+++

+++

+++



Wiertła z wymienną końcówką

+++

+++

+++

++

++

+



Wiertła na płytki wymienne

+++

+++

+++

+++

+++

+++

## Duże średnice otworów

### Wiertło do otworów o dużych średnicach



Wiertła z wymiennymi płytkami dostępne są nawet do średnicy 84 mm (3.307 cala).

Toczenie

B

Przełamanie i  
toczenie rowków

C

Obróbka gwintów

D

Frezowanie

E

Wiercenie

F

Wytaczanie

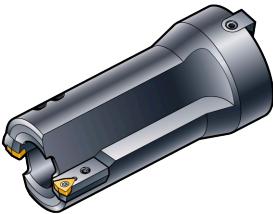
G

Mocowanie  
narzędzi

H

Skrawalność  
Inne informacje

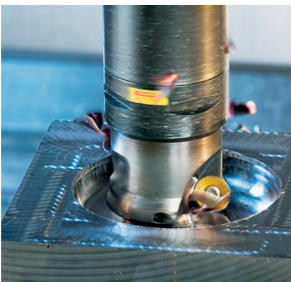
### Wiertło trepanacyjne



Wiercenie trepanacyjne ma zastosowanie w obróbce otworów o dużych średnicach oraz na obrabiarkach niewielkiej mocy, ponieważ w ich przypadku zapotrzebowanie na moc jest mniejsze niż przy wierceniu w litym materiale. Standardowe wiertła trepanacyjne są dostępne do średnicy 110 mm.

Uwaga: Wiertła nadają się wyłącznie do obróbki otworów przelotowych.

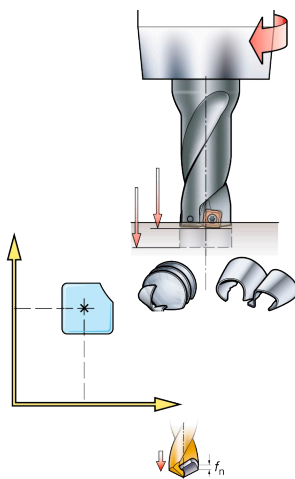
### Frezowanie, interpolacja śrubowa



Frez do interpolacji śrubowej lub kołowej może być stosowany zamiast wiertła lub narzędzi do wytaczania. Metoda ta jest mniej produktywna, ale może stanowić rozwiązanie alternatywne, gdy problemem jest przebieg łamania wiórów.

# Zasady stosowania

## Wiertła na płytki wymienne

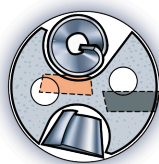


### Standardowa procedura ustawiania

- Użyj jak najkrótszego wiertła.
- Sprawdź długość programową.
- Rozpocznij wiercenie z zalecanym średnim posuwem na głębokość zaledwie 3.2 mm (.125 cala).
- Sprawdź przebieg tworzenia się wiórów oraz zmierz wielkość otworu.
- Sprawdź wiertło, aby upewnić się, że nie występuje przycieranie wiertła w otworze.
- Zwiększ lub zmniejsz posuw i/lub prędkość skrawania odpowiednio do przebiegu tworzenia się wiórów, drgań, chropowatości powierzchni otworu, itp.

## Formowanie wiórów – płytki wymienne

- Poprawa przebiegu odprowadzania wiórów jest wstępnie zapewniona dzięki lepszemu przebiegowi tworzenia się wiórów.
- Długie wióry mogą zakleszczać się w rowkach wiertła.
- Również chropowatość powierzchni może się pogorszyć, a płytki lub narzędzie ulec uszkodzeniu.
- Dla poprawnego wiercenia otworu wymaga wybrania prawidłowej geometrii płytki oraz dobrania odpowiednich parametrów skrawania.
- Stosuj geometrie płytek pasujące do różnych materiałów i warunków skrawania.



Idealne



Zadawalające



Niedopuszczalne

## Wiertło składane w zastosowaniu obrotowym



### Ustawienie

- Jeśli wiercone otwory są za duże lub za małe albo płytka centralna ma tendencję do wykruszeń, często jest to spowodowane ustawieniem wiertła poza osią otworu.
- Obrócenie wiertła o 180° w uchwycie może rozwiązać ten problem.
- Jednak w celu uzyskania precyzyjnych otworów należy upewnić się, że oś wiertła i oś obrotu pokrywają się.
- Wrzeciono obrabiarki oraz uchwyt muszą być w dobrym stanie.

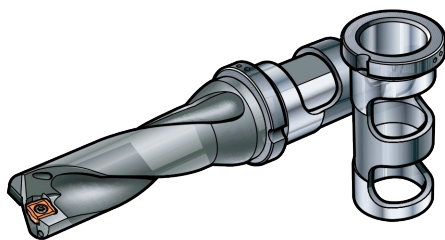
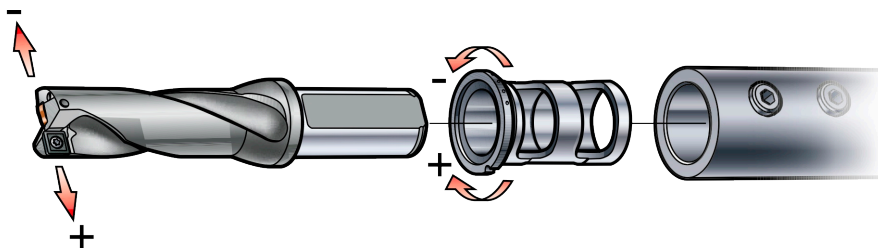
### Ustawienie promieniowe



### Oprawka nastawna

- Regulacja odbywa się poprzez obroty pierścienia ze skalą okalającego oprawkę; zmiana średnicy narzędzia następuje ze skokiem co 0.05 mm (.002 cala).
- Regulacja promieniowa  $-0.2 / +0.7$  mm ( $-.008 / +.028$  cala). Należy zwrócić uwagę, że zakres ustawień dla danego wiertła nie może zostać przekroczony (zakres regulacji jest podany w katalogu na stronach do składania zamówień).
- Może być konieczne zmniejszenie posuwu na obrót ( $f_r$ ) ze względu na dłuższy wysięg narzędzia oraz mniej równomiernego rozkładu sił spowodowanego przesunięciem od osi.
- Tuleje pozwalają dopasować różne oprawki do wiertel z różnej wielkości chwytami wg ISO.

## Tuleja korygująca do wiertel z chwytem ISO 9766



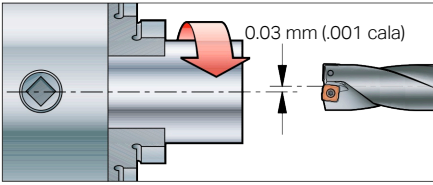
### Wiertło obrotowe – tuleja mimośrodowa

Możliwa jest regulacja średnicy skrawania dla uzyskania węższej tolerancji otworu. Zakres regulacji to ok.  $\pm 0.3$  mm ( $\pm 0.012$ ), jednak regulację w kierunku ujemnym należy przeprowadzać tylko w przypadku, gdy wiertło wykonuje otwory nadwymiarowe (a nie w celu wiercenia otworu o średnicy mniejszej niż nominalna średnica wiertła).

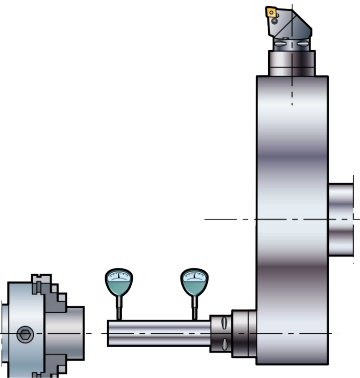
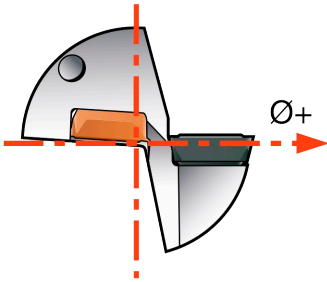
- Jedna kropka to zwiększenie/zmniejszenie średnicy o 0.10 mm (.004 cala).
- Zwiększ średnicę poprzez obrócenie tulei zgodnie z kierunkiem ruchu wskazówek zegara.
- Zmniejsz średnicę poprzez obrócenie tulei przeciwnie do kierunku ruchu wskazówek zegara.
- Do zamocowania wiertła użyj obu śrub po upewnieniu się, że są one wystarczająco długie.

# Wiertło w zastosowaniu nieobrotowym (tokarka)

## Ustawienie



- Całkowite przesunięcie pomiędzy osią wiertła a osią obrotu przedmiotu nie może przekroczyć 0.03 mm (.001 cala).
- Wiertło powinno być zamocowane tak, by powierzchnia czołowa płytki zewnętrznej była równoległa do ruchu poprzecznego obrabiarki (zazwyczaj osi X).



### Czujnik zegarowy oraz trzpień kontrolny

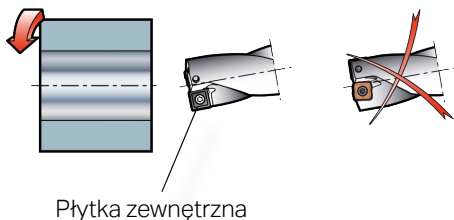
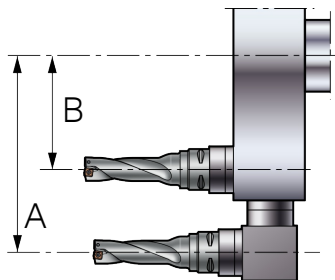
- Niewspółosiowość ma również wpływ na przesunięcie promieniowe, co powoduje wiercenie zbyt dużych i zbyt małych otworów.
- Test można przeprowadzić za pomocą czujnika zegarowego wraz z trzpieniem kontrolnym.

### Wiertło z czterema spłaszczeniami

- Inny sposób to wykonanie wiercenia przy jednakowym ustawieniu każdego z czterech spłaszczeń wokół trzonka wiertła.
- Wykonaj otwory z wiertłem zamocowanym na każdym z czterech spłaszczeń. Pomiar otworu pozwoli sprawdzić współosiowość z wrzecionem obrabiarki.



## Ugięcie głowicy rewolwerowej



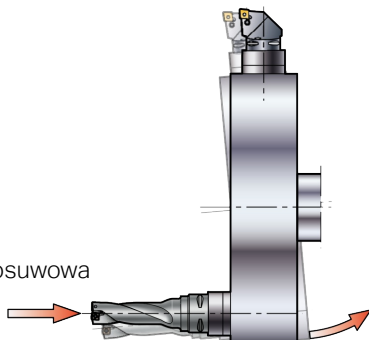
Płytką zewnętrzną

### Rozwiązanie problemu

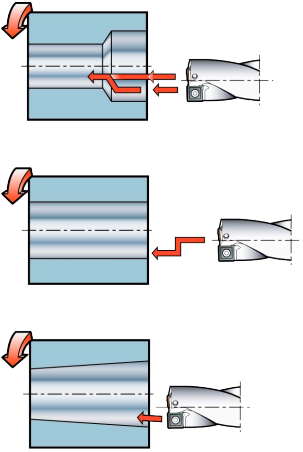
- Ugięcie głowicy rewolwerowej na tokarce CNC może być spowodowane przez siłę posuwową.
  - Przy pierwszym sprawdzeniu, spróbuj zmniejszyć moment zginający poprzez zamocowanie narzędzia w innym gnieździe.
- Ustawienie narzędzia w położeniu B jest korzystniejsze od ustawienia w położeniu A.

- Aby uniknąć zużycia korpusu wiertła oraz śladów cofania wiertła w otworze, ustaw wiertło z płytką zewnętrzną jak na rysunku.
- Ostatecznie, można dokonać zmniejszenia posuwu na obrót ( $f_r$ ), aby obniżyć siłę posuwową.

Siła posuwowa

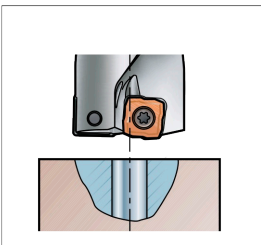
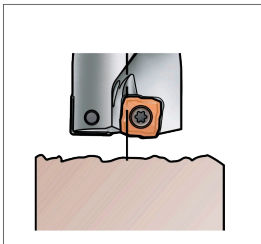


## Przesunięcie promieniowe



- Możliwe jest wiercenie otworów większych od nominalnego rozmiaru wiertła, jak również powiększanie i wykańczanie otworów poprzez późniejsze wytaczanie.
- Nieobrotowe wiertła na płytce wymiennej mogą być również stosowane do wiercenia otworów stożkowych.
- Za pomocą wiertła można również wykonywać fazowanie oraz pogłębienie walcowe.
- Otwór do gwintowania można przygotować w jednym przejściu wraz z fazowaniem.

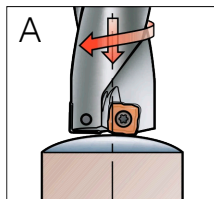
## Zagłębienie w powierzchni nieregularnej oraz wstępnie nawiercone otwory



Zagłębienie lub wyprowadzenie wiertła przez nieregularną powierzchnię zwiększa ryzyko wykruszenia krawędzi skrawających.

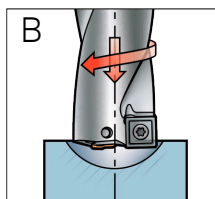
- Dlatego należy zmniejszyć prędkość posuwu.
- Średnica powiększonego otworu nie może być większa niż 25% średnicy wiertła. Większy otwór spowoduje ugięcie narzędzia.
- Zmniejszenie posuwu pozwala jednak na obróbkę wstępnie wywierconych otworów w szerokim zakresie.

## Zagłębianie w powierzchni niepełskiej



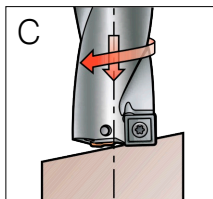
**A**  
Powierzchnia wypukła

- Zazwyczaj nie jest konieczne zmniejszanie posuwu.



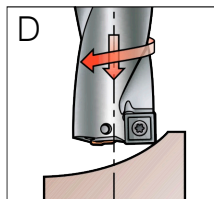
**B**  
Powierzchnia wklęsła

- Zmniejsz posuw do 1/3 wartości normalnej.



**C**  
Powierzchnia nachylona

- Dla nachylenia pod kątem 2–89° zmniejsz posuw do 1/3 wartości normalnej.



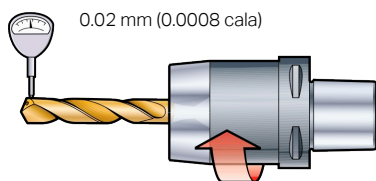
**D**  
Powierzchnia nieregularna

- Zmniejsz posuw do 1/3 wartości normalnej.

## Monolityczne wiertła węglikowe i wiertła z wymienną końcówką

### Ustawienie

#### Wiertło obrotowe

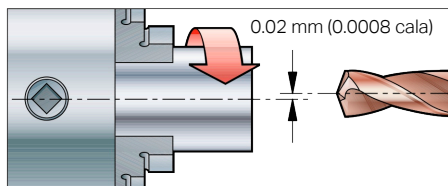


Minimalne bicie narzędzia jest jednym z głównych kryteriów powodzenia obróbki z zastosowaniem monolitycznych wiertel węglikowych.

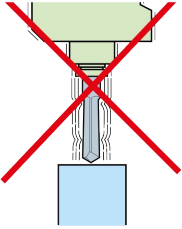
Bicie nie powinno przekroczyć 0.02 mm (.0008 cala) w celu uzyskania:

- wąskiej tolerancji otworu
- niskiej chropowatości powierzchni
- wysokiej i powtarzalnej trwałości ostrzy.

#### Wiertło nieruchome



## ► Mocowanie narzędzi



- Tuleja zaciskowa oraz trzonek narzędzia w złym stanie zaszkodzą nawet przy idealnym ustawieniu.
- Upewnij się, że bicie całkowite nie przekracza 0.02 mm (.0008 cala).
- Zbyt duże bicie można tymczasowo zmniejszyć poprzez obrócenie wiertła lub tulei zaciskowej o 90° lub 180°.

W celu uzyskania najlepszej skuteczności użyj oprawki zaciskowej z mocowaniem hydromechanicznym, hydraulicznym lub termokurczliwym.

## Monolityczne wiertła węglkowe i wiertła z wymienną końcówką



### Monolityczne wiertła węglkowe

- Niezalecane ze względu na ryzyko wykruszenia krawędzi skrawającej.

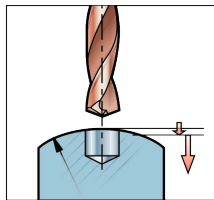


### Wiertła z wymienną końcówką

- Powiększanie otworów metodą wytaczania wstecznego nie jest możliwe, ponieważ nie ma możliwości łamania wiórów.

## Zagłębianie w powierzchni niepełaskie

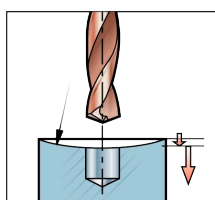
Przy zagłębianiu w powierzchni niepełaskie istnieje ryzyko ugięcia wiertła. Zapobiega się temu zmniejszając prędkość posuwu.



### Powierzchnia wypukła

Wykonaj wiercenie, jeśli promień obrabianej powierzchni jest ponad 4-krotnie większy od średnicy wiertła, a otwór wiercony jest prostopadły do promienia.

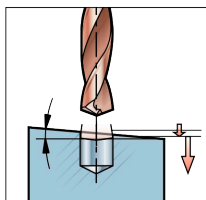
Przy zagłębianiu zmniejsz posuw o 50% zwykłej wartości.



### Powierzchnia wklęsła

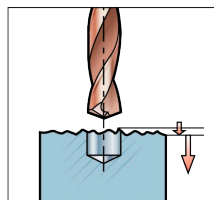
Wykonaj wiercenie, jeśli promień obrabianej powierzchni jest ponad 15-krotnie większy od średnicy wiertła, a otwór wiercony jest prostopadły do promienia.

Przy zagłębianiu zmniejsz posuw o 25% zwykłej wartości.



### Powierzchnia nachylona

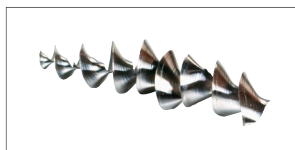
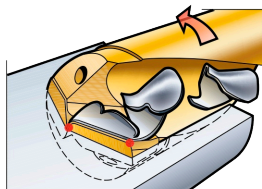
Przy nachyleniu do  $10^\circ$  zmniejsz posuw do  $1/3$  zwykłej wartości przy zagłębianiu. Nachylenie powyżej  $10^\circ$  – wiercenie jest niezalecane. Wykonaj frezem niewielką powierzchnię płaską, a następnie wywierć otwór.



### Powierzchnia nieregularna

Zmniejszyć posuw do  $1/4$  zwykłej wartości, aby zapobiec wykruszeniom krawędzi skrawających.

## Formowanie wiórów – monolityczne wiertła węglukowe i wiertła z wymienną końcówką



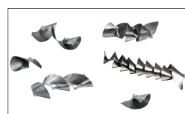
### Pierwszy wiór

**Uwaga:** Pierwszy wiór jest formowany od momentu zagłębiania wiertła w materiał; zawsze jest długi i nie utrudnia obróbki.

- Poprawa przebiegu odprowadzania wiórów jest wstępnie zapewniona dzięki lepszemu przebiegowi tworzenia się wiórów.
- Długie wióry mogą zakleszczać się w rowkach wiertła.
- Również chropowatość powierzchni może się pogorszyć, a płytkę lub narzędzie ulec uszkodzeniu.
- Upewnij się, że używane są właściwe parametry skrawania i geometria wiertła/kończówki, jest dostosowana do różnych materiałów i warunków skrawania.



Idealne



Zadowolające



Zakleszczanie się wiórów

## Doprowadzanie chłodziwa



### Chłodziwo doprowadzane wewnątrz

- Stosowane zawsze, w szczególności przy obróbce materiałów generujących długie wióry oraz przy wierceniu głębszych otworów (4-5 x DC).

### Chłodziwo doprowadzane zewnątrz

- Może być stosowane przy dobrym przebiegu tworzenia wiórów oraz niewielkiej całkowitej głębokości otworu.

### Sprężone powietrze, minimalne smarowanie lub wiercenie na sucho

- Może być skuteczne w sprzyjających warunkach, lecz zwykle nie jest zalecane.

## Ciecz obróbkowa



### Roztwór oleju (emulsja)

- 5 do 12% oleju (10-25% dla stali nierdzewnych).
- dodatki EP (Extreme Pressure - ekstremalne ciśnienie).

### Czysty olej

- zawsze z dodatkami EP.
- zwiększa trwałość narzędzia przy zastosowaniach w materiałach z grup ISO-M i ISO-S
- monolityczne wiertła węglkowe oraz na wymienne płytki dobrze sprawdzają się podczas pracy z czystym olejem.

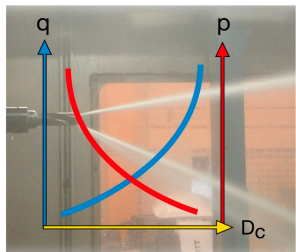
### Rozpylona ciecz obróbkowa lub minimalne smarowanie

- może być stosowane zapewniając dobry przebieg obróbki, szczególnie przy korzystnym formowaniu wiórów.

### Wiercenie na sucho, bez chłodziwa

- może być wykonywane w materiałach generujących krótkie wióry.
- głębokość otworów do 3-krotności średnicy.
- najlepiej sprawdza się przy zastosowaniach poziomych.
- niekorzystny wpływ na trwałość narzędzia.

## Chłodziwo – ważny czynnik wpływający na udany przebieg obróbki



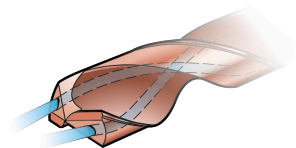
Doprowadzanie chłodziwa jest niezwykle istotne przy wierceniu i wpływa na:

- odprowadzanie wiórów
- jakość otworu
- trwałość narzędzia.

- Pojemność zbiornika z chłodziwem powinna być 5-10 razy większa niż objętość chłodziwa, które pompa dostarcza w ciągu minuty.
- Objętość może zostać sprawdzona przy użyciu stopera oraz wiadra o odpowiednim rozmiarze.

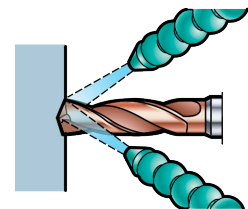
## Chłodziwo

Doprowadzane wewnętrznie lub zewnętrznie



### Chłodziwo doprowadzane wewnętrznie

- Zawsze zalecane w celu uniknięcia zakleszczenia się wiórów.
- Powinno być zawsze stosowane dla otworów o głębokości powyżej 3-krotności średnicy.
- Strumień chłodziwa powinien wypływać z wiertła ustawionego poziomo na co najmniej 30 cm bez opadania.

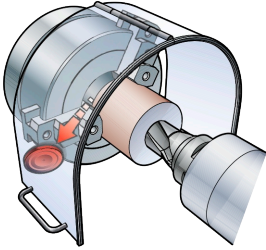


### Chłodziwo doprowadzane zewnętrznie

- Może być stosowane w materiałach generujących krótkie wióry.
- Aby poprawić przebieg odprowadzania wiórów, co najmniej jedna dysza z chłodziwem (dwie, jeśli wiertło jest nieruchome) powinna być skierowana blisko osi narzędzia.
- Może to niekiedy zapobiec powstawaniu narostu na rozgrzanej krawędzi.

# Środki bezpieczeństwa

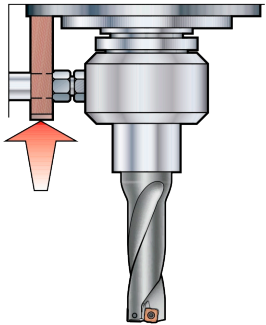
## Chłodziwo doprowadzane wewnątrz



Zabezpieczenie przed niebezpiecznymi tarczami

- Aby uniknąć zniszczenia lub zranienia, ważny jest nadzór nad tarczami z otworu przelotowego, w szczególności przy stosowaniu wiertel nieobrotowych.

## Chłodziwo doprowadzane zewnątrz



Blokada obrotu to ważne zabezpieczenie

- Dla wiertel obrotowych może być konieczne użycie blokady obrotu.
- Jeśli chłodziwo zawiera cząstki wiórów, szczeliny mogą je chwycić i w rezultacie obudowa zacznie się obracać.
- Jeśli złącze obrotowe nie było używane przed długi czas, przed uruchomieniem obrotów wrzeciona sprawdź, czy uchwyt obraca się w obudowie.

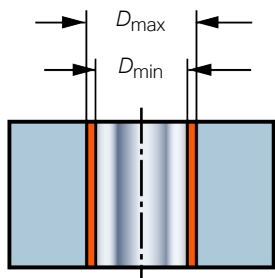
# Jakość otworu i tolerancja

## Sposoby zapewnienia dobrej jakości wierconego otworu



- Obrabiarka powinna być w dobrym stanie.
- Mocowanie narzędzia wpływa na jakość otworu oraz trwałość narzędzia.
- Użyj jak najkrótszego wiertła dla zapewnienia maksymalnej stabilności.
- Łamanie i odprowadzanie wiórów musi przebiegać w zadowalający sposób.
- Ważne jest doprowadzanie i zapewnienie odpowiedniego ciśnienia chłodziwa.

## Średnica nominalna otworu i pole tolerancji



Średnicę otworu określają trzy parametry:

- wartość nominalna (teoretyczna, dokładna wartość)
- szerokość pola tolerancji (długość), np. IT7 zgodnie z ISO
- położenie pola tolerancji (oznaczone dużymi literami zgodnie z ISO).

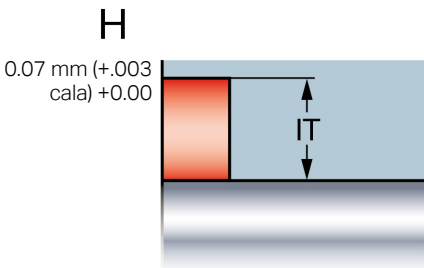
$D_{\max}$  minus  $D_{\min}$  to szerokość pola tolerancji w ramach danej klasy dokładności np. IT 7.

# Tolerancja otworu zgodnie z ISO

| Klasa dokładności | Zakres średnic, mm/cala |                |                |                |                 |                 |                 | Przykłady                                     |
|-------------------|-------------------------|----------------|----------------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|---|
|                   | 3-6                     | 6-10           | 10-18          | 18-30          | 30-50           | 50-80           | 80-120          |   |
|                   | .118-<br>.236           | .236-<br>.394  | .394-<br>.709  | .709-<br>1.181 | 1.181-<br>1.969 | 1.969-<br>3.150 | 3.150-<br>4.724 |   |
| IT6               | 0.008<br>.0003          | 0.009<br>.0004 | 0.011<br>.0004 | 0.013<br>.0005 | 0.016<br>.0006  | 0.019<br>.0007  | 0.022<br>.0009  | Łożyska                                       |
| IT7               | 0.012<br>.0005          | 0.015<br>.0006 | 0.018<br>.0007 | 0.021<br>.0008 | 0.025<br>.0010  | 0.030<br>.0012  | 0.035<br>.0014  |   |
| IT8               | 0.018<br>.0007          | 0.022<br>.0009 | 0.027<br>.0011 | 0.033<br>.0013 | 0.039<br>.0015  | 0.046<br>.0018  | 0.054<br>.0021  | 1) Otwory do gwintowania                      |
| IT9               | 0.030<br>.0012          | 0.036<br>.0014 | 0.043<br>.0017 | 0.052<br>.0020 | 0.062<br>.0002  | 0.074<br>.0029  | 0.087<br>.0034  |   |
| IT10              | 0.048<br>.0019          | 0.058<br>.0022 | 0.070<br>.0028 | 0.084<br>.0033 | 0.100<br>.0039  | 0.120<br>.0047  | 0.140<br>.0055  | Otwory wykonywane standardowymi gwintownikami |
| IT11              | 0.075<br>.0030          | 0.090<br>.0035 | 0.110<br>.0043 | 0.130<br>.0051 | 0.160<br>.0062  | 0.190<br>.0074  | 0.220<br>.0089  |   |
| IT12              | 0.120<br>.0047          | 0.150<br>.0059 | 0.180<br>.0071 | 0.210<br>.0083 | 0.250<br>.0098  | 0.300<br>.0118  | 0.350<br>.0138  |   |
| IT13              | 0.180<br>.0071          | 0.220<br>.0087 | 0.270<br>.0106 | 0.330<br>.0130 | 0.390<br>.0154  | 0.460<br>.0181  | 0.540<br>.0213  |   |

1) Otwory pod gwint wykonywany gwintowygniatkiem (gwint walcowany)

- Wraz ze wzrostem numeracji klasy IT, rośnie szerokość pola tolerancji i zmniejsza się dokładność.
- Im większa średnica przedmiotu w ramach danej klasy dokładności, tym szersze pole tolerancji.



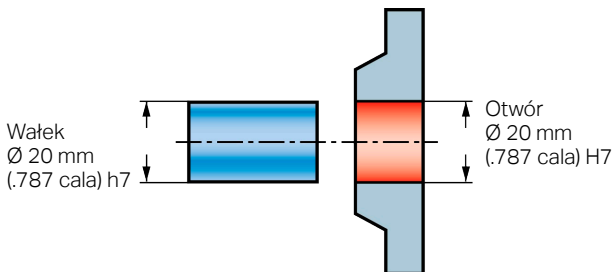
Przykład: Ø 15.00 mm (.591 cala)  
H10

Wartość nominalna: 15.00 mm

Szerokość pola tolerancji: 0.07 mm  
(IT 10 zgodnie z ISO)

Położenie: od 0 do plus  
(H zgodnie z ISO)

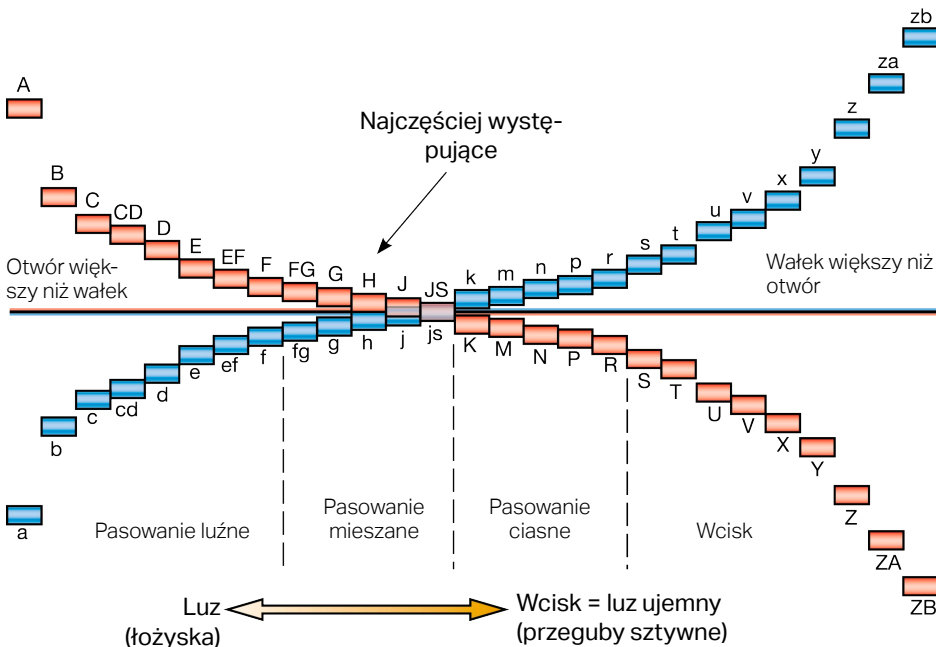
## Tolerancje otworu zgodnie z ISO



Pojęcie tolerancji wymiaru łączy się z zagadnieniem pasowania, odnosząc się do zależności wymiarów wałka i otworu.

## Pasowanie wałka i otworu zgodnie z ISO

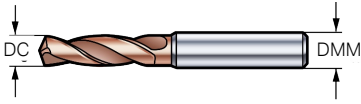
Położenie pola tolerancji wałka jest oznaczone małymi literami, a dużymi – tolerancja otworu. Jest to przedstawione na poniższym rysunku.



# Tolerancja otworu i narzędzia

## Tolerancja otworu uzyskiwana przy stosowaniu różnych narzędzi

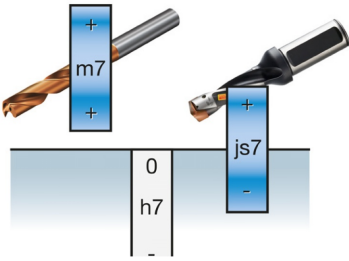
### Tolerancja średnicy wiertła DC



### Tolerancja wiertła

- Wiertło jest szlifowane dla określonej tolerancji średnicy opisanej za pomocą małych liter zgodnie z ISO.

### Tolerancja DC dla monolitycznych wiertel węglkowych lub z wymienną końcówką



### Tolerancja otworu

- Dla nowoczesnych monolitycznych wiertel węglkowych lub z wymienną końcówką, tolerancja otworu jest bardzo zbliżona do tolerancji wiertła.

|                  | Monolityczne wiertła węglkowe | Wiertła z wymienną końcówką | Wiertło na płytce wymienne |
|------------------|-------------------------------|-----------------------------|----------------------------|
| Klasa dokładność |                               |                             |                            |
| IT6              |                               |                             |                            |
| IT7              |                               |                             |                            |
| IT8              |                               |                             |                            |
| IT9              |                               |                             |                            |
| IT10             |                               |                             |                            |
| IT11             |                               |                             |                            |
| IT12             |                               |                             |                            |
| IT13             |                               |                             |                            |

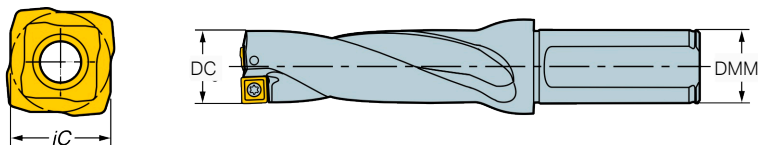
## Wiertła na płytki wymienne

### Tolerancja wiertła

- Tolerancja średnicy wiertła na płytce wymienne wynika z tolerancji gniazda płytki w korpusie wiertła i tolerancji płytki.

### Tolerancja otworu

- Wiertła na wymienne płytki zapewniają optymalne zrównoważenie siły skrawającej oraz dodatnie położenie pola tolerancji (nadwymiarowość) otworu, ponieważ większość otworów ma tolerancję H.

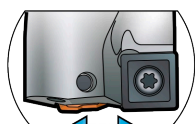


### Głębokość wiercenia 2-3 x DC

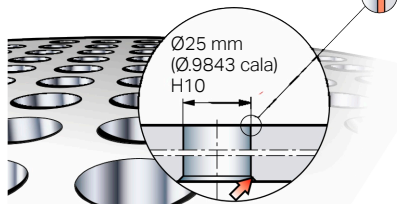
| Średnica wiertła, mm (cale)                     | 12 – 43.99<br>(.472 – 1.732) | 44 – 52.99<br>(1.732 – 2.086) | 53 – 63.5<br>(2.087 – 2.5) |
|---|------------------------------|-------------------------------|----------------------------|
| Odchyłki wymiaru średnicy otworu, mm (cale)     | 0/+0.25<br>(0/+0.0098)       | 0/+0.28<br>(0/+0.011)         | 0/+0.3<br>(0/+0.0118)      |
| Odchyłki wymiaru średnicy wiertła DC, mm (cale) | 0/+0.2<br>(0/+0.0079)        | 0/+0.25<br>(0/+0.0098)        | 0/+0.28<br>(0/+0.011)      |

### Głębokość wiercenia 4-5 x DC

| Średnica wiertła, mm (cale)                     | 12 – 43.99<br>(.472 – 1.732)     | 44 – 52.99<br>(1.732 – 2.086)    | 53 – 63.5<br>(2.087 – 2.5)       |
|---|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|
| Odchyłki wymiaru średnicy otworu, mm (cale)     | 0/+0.4<br>(0/+0.0157)            | 0/+0.43<br>(0/+0.0169)           | 0/+0.45<br>(0/+0.0177)           |
| Odchyłki wymiaru średnicy wiertła DC, mm (cale) | +0.04/+0.24<br>(+0.0016/+0.0094) | +0.04/+0.29<br>(+0.0016/+0.0114) | +0.04/+0.32<br>(+0.0016/+0.0126) |



Ø25.084 mm (Ø.9876 cala)  
Ø25 mm (Ø.9843 cala)



### Jak poprawić tolerancję otworu

Jednym ze sposobów wyeliminowania niedokładności produkcyjnej korpusu wiertła oraz płytek jest jego wstępne ustawienie.

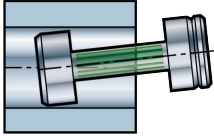
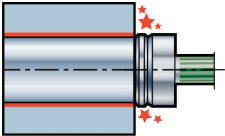
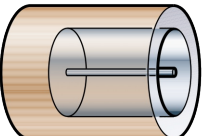
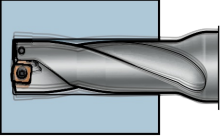
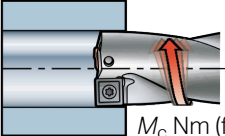
Można to wykonać w tokarce lub za pomocą nastawnego uchwytu/tulei – patrz strona E28.

Można wtedy uzyskać szerokość pola tolerancji (IT) w zakresie 0.10 mm (.004 cala).

Na rozmiar otworu można wpływać poprzez zmianę geometrii jednej z płytek.

# Rozwiązywanie problemów

## Wiertło na płytce wymienne

| Problem  | Rozwiązanie   |  |
|--|---|--|
| <b>Otworki nadwymiarowe</b><br>                   | <b>Wiertło obrotowe</b><br>1. Zwiększ przepływ chłodziwa, wyczyść filtr, wyczyść otwory doprowadzające chłodziwo w wiertle.<br>2. Wypróbuj geometrię do cięższej obróbki dla płytki zewnętrznej wiertła (nie zmieniaj płytki centralnej).   | <b>Wiertło nieobrotowe</b><br>1. Sprawdź ustawienie na tokarce.<br>2. Obróć wiertło o 180°.<br>3. Wypróbuj geometrię do cięższej obróbki dla płytki zewnętrznej wiertła (nie zmieniaj płytki centralnej).  |
| <b>Otworki podwymiarowe</b><br>                   | <b>Wiertło obrotowe</b><br>1. Zwiększ przepływ chłodziwa, wyczyść filtr, wyczyść otwory doprowadzające chłodziwo w wiertle.<br>2. Wypróbuj geometrię do cięższej obróbki dla płytki w osi wiertła oraz geometrię do lekkiego skrawania dla płytki zewnętrznej.  | <b>Wiertło nieobrotowe</b><br>1. Przy zatrzymaniu: Sprawdź ustawienie na tokarce.<br>2. Przy zatrzymaniu: Obróć wiertło o 180°.<br>3. Wypróbuj geometrię do cięższej obróbki dla płytki centralnej wiertła (nie zmieniaj płytki zewnętrznej).  |
| <b>Czopik pozostający w otworze</b><br>           | <b>Wiertło obrotowe</b><br>1. Zwiększ przepływ chłodziwa, wyczyść filtr, wyczyść otwory doprowadzające chłodziwo w wiertle.<br>2. Wypróbuj inną geometrię dla płytki zewnętrznej wiertła oraz ustaw posuw w zalecanym zakresie parametrów skrawania.<br>3. Skróć wysięg wiertła.<br>4. Użyj mniejszego posuwu na pierwszych 3 mm głębokości otworu. | <b>Wiertło nieobrotowe</b><br>1. Sprawdź ustawienie na tokarce.<br>2. Zwiększ przepływ chłodziwa, wyczyść filtr, wyczyść otwory doprowadzające chłodziwo w wiertle.<br>3. Skróć wysięg wiertła.<br>4. Wypróbuj inną geometrię dla płytki zewnętrznej wiertła oraz ustaw posuw w zalecanym zakresie parametrów skrawania. |
| <b>Drgania</b><br>                              | 1. Skróć wysięg wiertła, popraw stabilność przedmiotu obrabianego.<br>2. Zmniejsz prędkość skrawania.<br>3. Wypróbuj inną geometrię dla płytki zewnętrznej wiertła oraz ustaw posuw w zalecanym zakresie parametrów skrawania.  |  |
| <b>Zbyt mały moment obrotowy obrabiarki</b><br> | 1. Zmniejsz posuw.<br>2. Wybierz geometrię do lekkiego skrawania, aby zmniejszyć siłę skrawającą.   |  |

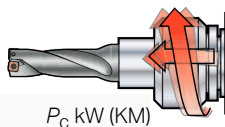
$M_c$  Nm (funt-siła stopy)

Problem

Rozwiązanie

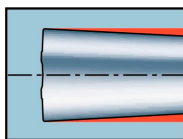
**Zbyt mała moc obrabiarki**

1. Zmniejsz prędkość skrawania.
2. Zmniejsz posuw.
3. Wybierz geometrię do lekkiego skrawania, aby zmniejszyć siłę skrawającą.

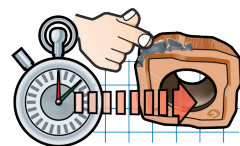
**Niesymetryczny otwór**

Otwór rozszerza się ku podstawie (z powodu zakleszczenia się wióra na płytce centralnej)

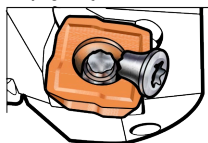
1. Zwiększ przepływ chłodziwa, wyczyść filtr, wyczyść otwory doprowadzające chłodziwo w wiertle.
2. Wypróbuj inną geometrię dla płytki zewnętrznej wiertła oraz ustaw posuw w zalecanym zakresie parametrów skrawania.
3. Skróć wysięg wiertła.

**Mała trwałość narzędzia**

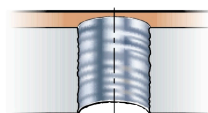
1. Nastaw na większy lub mniejszy posuw w zależności od rodzaju zużycia.
2. Wybierz geometrię do lekkiego skrawania, aby zmniejszyć siłę skrawającą.
3. Zwiększ posuw

**Złamanie śrub mocujących płytkę**

1. Użyj klucza dynamometrycznego, aby dokręcić śrubę, zastosuj środek zapobiegający zapiekaniu (Anti-Seize).
2. Regularnie sprawdzaj i zmieniaj śrubę mocującą płytkę.

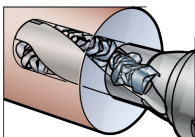
**Wysoka chropowatość powierzchni**

1. Dobra kontrola wiórów jest bardzo istotna.
2. Zmniejsz posuw (jeśli konieczne jest utrzymanie stałej wartości  $v_f$ , zwiększ również prędkość).
3. Zwiększ przepływ chłodziwa, wyczyść filtr, wyczyść otwory doprowadzające chłodziwo w wiertle.
4. Skróć wysięg wiertła, popraw stabilność przedmiotu obrabianego.

**Zakleszczenie wiórów w rowkach wiórowych**

Spowodowane długimi wiórami

1. Sprawdź zalecenia dotyczące geometrii oraz parametrów skrawania.
2. Zwiększ przepływ chłodziwa, wyczyść filtr, wyczyść otwory doprowadzające chłodziwo w wiertle.
3. Zmniejsz posuw w zalecanym zakresie parametrów skrawania.
4. Zwiększ prędkość skrawania w zalecanym zakresie parametrów skrawania.



# Zużycie narzędzia – wiertło na płytki wymienne

| Problem | Przyczyna | Rozwiązanie |
|---------|-----------|-------------|
|---------|-----------|-------------|

## Starcie na powierzchni przyłożenia



- a) Zbyt duża prędkość skrawania.  
b) Gatunek o niewystarczającej odporności na zużycie.

- a) Zmniejsz prędkość skrawania.  
b) Wybierz gatunek bardziej odporny na zużycie.

## Zużycie kraterowe



### Płytką zewnętrzną

- Dyfuzja spowodowana zbyt wysoką temperaturą na powierzchni natarcia płytki.

### Płytką zewnętrzną

- Zastosuj gatunek o większej odporności na zużycie.
- Zmniejsz prędkość.

### Płytką centralną

- Zużycie ściernie spowodowane narostem i przywieraniem.

### Płytką centralną

- Zmniejsz posuw.

### Zalecenia ogólne:

- Wybierz bardziej dodatnią geometrię, tzn. -LM.

## Odształcenie plastyczne (płytką zewnętrzną)



- a) Temperatura skrawania (prędkość skrawania) zbyt wysoka w połączeniu ze zbyt dużym naciskiem (posuw, twardość przedmiotu obrabianego).  
b) Końcowy rezultat nadmiernego starcia na powierzchni przyłożenia i/lub zużycia kraterowego.

- a–b) Wybierz gatunek bardziej odporny na zużycie z lepszą odpornością na deformację plastyczną.  
a–b) Zmniejsz prędkość skrawania.  
a) Zmniejsz posuw.

## Wykruszenia



- a) Niewystarczająca udarność gatunku.  
b) Zbyt słaba geometria płytki.  
c) Powstawanie narostu (BUE).  
d) Nieregularna powierzchnia.  
e) Mała stabilność.  
f) Inkluzje piasku (w żeliwie).

- a) Wybierz bardziej udatny gatunek.  
b) Wybierz silniejszą geometrię.  
c) Zwiększ prędkość skrawania lub wybierz płytkę o bardziej dodatniej geometrii.  
d) Zmniejsz posuw na wejściu.  
e) Popraw stabilność.  
f) Wybierz silniejszą geometrię. Zmniejsz posuw.

| Problem | Przyczyna | Rozwiązanie |
|---------|-----------|-------------|
|---------|-----------|-------------|

### Narost



- |  |   |
|--|---|
| <p>a) Mała prędkość skrawania (zbyt niska temperatura na krawędzi skrawającej).</p> <p>b) Zbyt ujemna geometria skrawająca.</p> <p>c) Bardzo przywierający materiał, taki jak niektóre stale nierdzewne lub czyste aluminium.</p> <p>d) Zbyt niski udział mieszaniny olejowej w cieczy obróbkowej.</p> | <p>a) Zwiększ prędkość skrawania lub zmień płytkę na gatunek z pokryciem.</p> <p>b) Wybierz bardziej dodatnią geometrię, tzn. -LM.</p> <p>c-d) Zwiększ zawartość oleju w mieszaninie oraz objętość/ciśnienie cieczy obróbkowej.</p> |
|--|---|

## Odrowadzanie wiórów – zalecenia ogólne



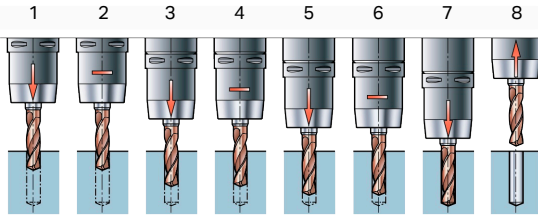
### Punkty kontrolne oraz środki zaradcze

1. Upewnij się, że używane są prawidłowe parametry skrawania oraz geometria wiertła.
2. Skontroluj przebieg tworzenia wiórów (porównaj z rysunkiem na stronie E 26).
3. Sprawdź, czy możesz zwiększyć przepływ i ciśnienie cieczy obróbkowej.
4. Skontroluj krawędzie skrawające. Wykruszenie na krawędzi może powodować powstawanie długich wiórów, ponieważ wióry są rozdzielane. Także duży narost może utrudnić formowanie wiórów.
5. Sprawdź, czy skrawalność nowej partii materiału obrabianego uległa zmianie. Parametry skrawania mogą wymagać skorygowania.
6. Ustaw posuw i prędkość. Patrz diagram na stronie E 18.

# Wiercenie przerywane – monolityczne wiertła węglkowe lub z wymiennymi końcówkami

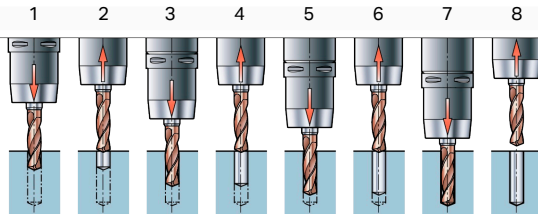
Wiercenie przerywane może być stosowane gdy nie można znaleźć żadnego innego rozwiązania.

Istnieją dwie różne metody wykonywania wiercenia przerywane-go:



**- Metoda 1 optymalna produktywność**

Nie wyciągaj wiertła w odległości większej niż ok. 0.3 mm (.012 cala) od dna otworu. Możesz też zrobić krótki postój nie wyłączając obrotów wiertła, po czym kontynuować wiercenie.



**- Metoda 2 lepsze odprowadzanie wiórów**

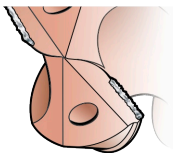
Po każdym cyklu wiercenia, wycofaj wiertło z otworu aby upewnić się, że żaden z wiórów nie zaczepił się na wiertle.

## Zużycie narzędzia – monolityczne wiertła węglikowe lub z wymienną końcówką

Przyczyna

Rozwiązanie

### Narost



1. Za mała prędkość skrawania i zbyt wysoka temperatura krawędzi
2. Zbyt duże ścin o ujemnym kącie natarcia
3. Brak pokrycia
4. Zbyt mała zawartość oleju w cieczy obróbkowej

1. Zwiększ prędkość skrawania lub użyj cieczy obróbkowej doprowadzanej zewnętrznie
2. Zastosuj ostrzejszą krawędź
3. Zastosuj krawędź z pokryciem
4. Zwiększ zawartość oleju w cieczy obróbkowej

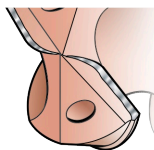
### Wykruszenie na narożu krawędzi



1. Niestabilny uchwyt
2. Zbyt duży TIR
3. Obróbka przerywana
4. Niewystarczająca ilość cieczy obróbkowej (pęknięcia cieplne)
5. Niestabilne mocowanie narzędzia.

1. Sprawdź zamocowanie
2. Sprawdź bicie promieniowe
3. Zmniejsz posuw
4. Sprawdź doprowadzanie cieczy obróbkowej
5. Sprawdź uchwyt narzędziowy

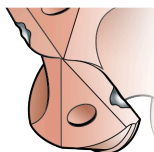
### Duże starcie na powierzchni przyłożenia na krawędzi skrawającej



1. Zbyt duża prędkość skrawania
2. Zbyt mały posuw
3. Zbyt miękki gatunek
4. Brak cieczy obróbkowej

1. Zmniejsz prędkość skrawania
2. Zwiększ posuw
3. Zmień gatunek na twardszy
4. Sprawdź doprowadzanie cieczy obróbkowej

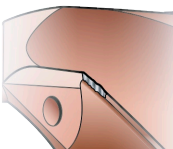
### Wykruszenie krawędzi skrawającej



1. Niestabilne warunki
2. Przekroczone maksymalne dopuszczalne zużycie
3. Zbyt twardy gatunek

1. Sprawdź ustawienie
2. Wymieniaj wcześniej wiertło
3. Zmień na bardziej miękki gatunek

### Zużycie na pomocniczej powierzchni przyłożenia



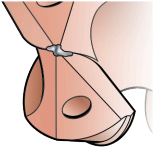
1. Zbyt duże bicie
2. Zbyt rozrzedzona ciecz obróbkowa
3. Zbyt duża prędkość skrawania
4. Materiał o właściwościach ściernych

1. Sprawdź bicie promieniowe
2. Użyj czystego oleju lub silniejszej emulsji
3. Zmniejsz prędkość skrawania
4. Zmień gatunek na twardszy

## Przyczyna

## Rozwiązanie

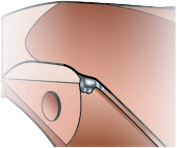
## Zużycie ścinu



1. Zbyt mała prędkość skrawania
2. Zbyt duży posuw
3. Zbyt mały ścin wiertła

1. Zwiększ prędkość skrawania
2. Zmniejsz posuw
3. Sprawdź wymiary

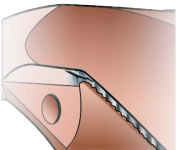
## Zużycie spowodowane deformacją plastyczną



1. Zbyt duża prędkość skrawania i/lub posuw
2. Niewystarczająca ilość podawanej cieczy obróbkowej
3. Nieodpowiednie wiertło/gatunek

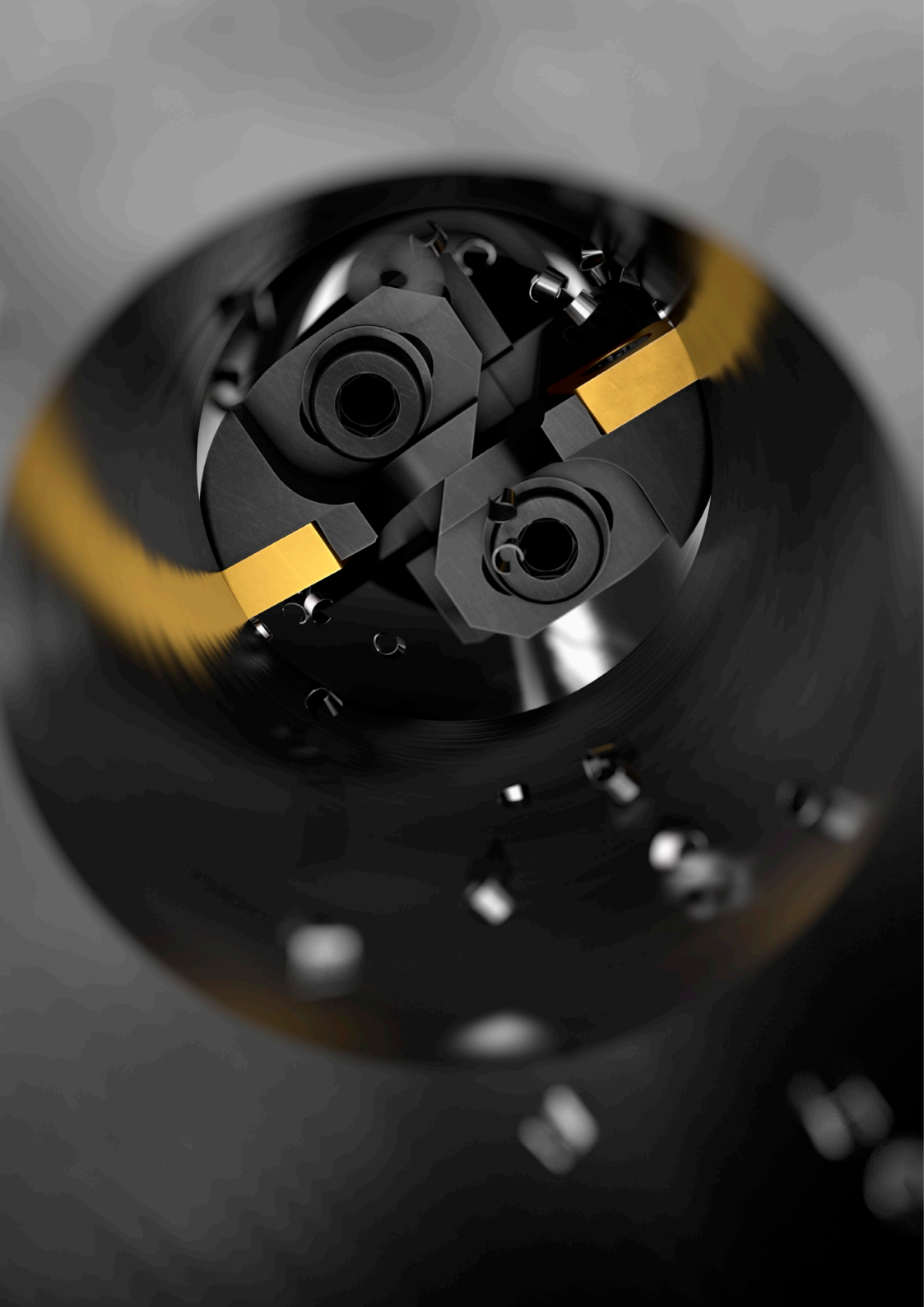
1. Zmniejsz prędkość skrawania i/lub posuw
2. Zwiększ ciśnienie cieczy obróbkowej
3. Użyj twardszego gatunku

## Pęknięcia cieplne (karby)



1. Brak stabilności w doprowadzeniu chłodziwa

1. Sprawdź doprowadzanie cieczy obróbkowej
2. Napełnij zbiornik cieczy obróbkowej



# Wytaczanie

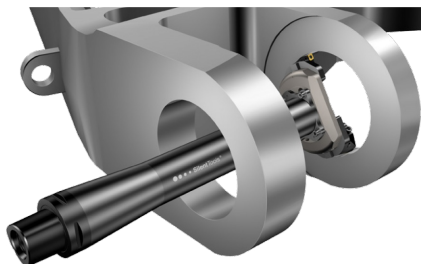
Wytaczanie z użyciem narzędzi obrotowych jest stosowane do obróbki otworów, które zostały wcześniej wykonane za pomocą takich metod jak: wiercenie lub inna wstępna obróbka wiórowa, odlewanie, kucie, wyciskanie, cięcie gazowe itp.

- Teoria F 4
- Procedura wyboru F 8
- Przegląd systemu F 13
- Wybór narzędzia F 16
- Zasady stosowania F 22
- Przewyciężanie trudności F 27

# Teoria wytaczania

## Przebieg wytaczania

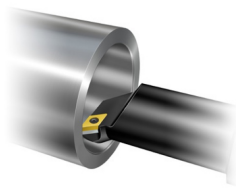
- Zazwyczaj operacje wytaczania są przeprowadzane na centrach obróbkowych oraz na wytaczarkach poziomych.
- Narzędzie obrotowe przemieszcza się wzdłuż osi otworu.



- Większość otworów to otwory przelotowe, często znajdujące się w przedmiotach o skośnych ściankach takich jak obudowy oraz pokrywy.

## Trzy podstawowe metody wytaczania

### Wytaczanie z zastosowaniem nieruchomego narzędzia



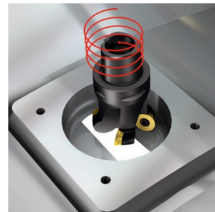
### Wytaczanie z zastosowaniem obrotowego narzędzia



- Przeznaczone tylko do obróbki brył obrotowych na tokarce.
- Profilowanie może być wykonywane za pomocą standardowych wytaczaków.
- Bardzo wszechstronne narzędzia modułowe z wymiennymi głowicami.

- Do obróbki przedmiotów na centrum obróbkowym.
- Wszechstronne narzędzia z możliwością regulacji średnicy.
- Bardzo dobra produktywność podczas obróbki zgrubnej.
- W obróbce wykończeniowej można uzyskać wysoką dokładność wymiarową i niską chropowatość powierzchni.

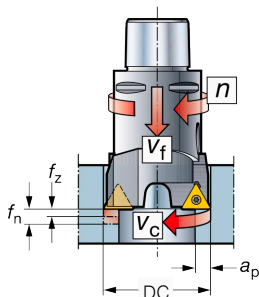
### Frezowanie z interpolacją śrubową



- Bardzo wszechstronne rozwiązanie - jeden frez może być stosowany do różnych średnic.
- Oszczędność miejsca w magazynie narzędziowym.
- Dobre rozwiązanie, gdy łamanie wiórów stwarza problemy.
- Wysokie wymagania co do obrabiarki (w obróbce wykończeniowej).

# Definicje pojęć

## Definicje dotyczące parametrów skrawania



### Prędkość skrawania

Wytaczadło obraca się, wykonując określoną liczbę obrotów ( $n$ ) na minutę i skrawając otwór o określonej średnicy ( $DC$ ). Daje to odpowiednią prędkość skrawania ( $v_c$ ) mierzoną w m/min (stopach/min) na krawędzi skrawającej.

### Posuw na obrót

Osiowe przemieszczenie narzędzia określane jest mianem posuwu ( $f_n$ ). Opisuje się go odcinkiem w mm (calach) przypadającym na każdy obrót. Posuw na obrót jest iloczynem posuwu na ostrze, wyrażonego w mm/obr. (calach/obr.), oraz liczby ostrzy będących w kontakcie z przedmiotem ( $z_c$ ). Posuw to kluczowy parametr decydujący o jakości obrabianej powierzchni, a także o możliwościach geometrii płytki w zakresie formowania wiórów.

### Prędkość posuwu

Prędkość posuwu ( $v_f$ ) określa prędkość ruchu narzędzia wzdłuż osi obrotu i jest ściśle powiązana z produktywnością.

$n$  = prędkość obrotowa wrzeciona, obr./min

$a_p$  = promieniowa głębokość skrawania, mm (cale)

$v_c$  = prędkość skrawania, m/min (stopy/min)

$f_n$  = posuw na obrót, mm/obr. (cale/obr.)

$DC$  = średnica wytaczania, mm (cale)

$v_f$  = prędkość posuwu, mm/min (cale/min)

$f_z$  = posuw na ostrze, mm/obr. (cale/obr.)

$z_c$  = liczba efektywnych ostrzy

### Jednostki metryczne

$$v_c = \frac{\pi \times DC \times n}{1000} \text{ m/min}$$

### Jednostki anglosaskie

$$v_c = \frac{\pi \times DC \times n}{12} \text{ stopy/min}$$

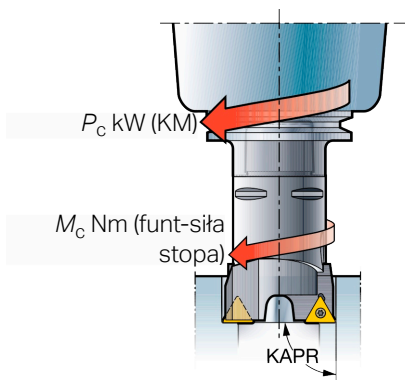
$$v_f = f_n \times n \text{ mm/min (cale/min)}$$

$$f_n = z_c \times f_z \text{ mm/obr. (cale/obr.)}$$

### Promieniowa głębokość skrawania

Głębokość skrawania ( $a_p$ ) to różnica między promieniem otworu przed i po przejściu narzędzia.

# Obliczanie wymaganej mocy i momentu obrotowego



## Moment obrotowy

Moment obrotowy ( $M_c$ ) jest to wartość momentu wymaganego przez narzędzie podczas wytaczania, który obrabiarka musi być w stanie wygenerować.

## Moc skrawania netto

Moc skrawania netto ( $P_c$ ) to moc, jaką obrabiarka musi zapewnić na krawędziach skrawających w celu realizacji obróbki. Przy wyborze parametrów skrawania należy brać pod uwagę sprawność mechaniczną i elektryczną obrabiarki.

## Opór właściwy skrawania

Wartość siły skrawania przypadająca na 1 mm<sup>2</sup> pola przekroju poprzecznego warstwy skrawanej.

Wartość  $k_c$  określa skrawalność danego materiału i jest wyrażona w N/mm<sup>2</sup> (funt-siła/cal<sup>2</sup>).

$n$  = prędkość obrotowa wrzeciona, obr./min

$v_c$  = prędkość skrawania, m/min (stopy/min)

$f_n$  = posuw na obrót, mm/obr. (cale/obr.)

DC = średnica wytaczania, mm (cale)

$k_c$  = opór właściwy skrawania, N/mm<sup>2</sup> (funt-siła/cal<sup>2</sup>)

$P_c$  = moc skrawania netto, kW (KM)

$M_c$  = moment obrotowy, Nm (funt-siła stopa)

KAPR = kąt przystawienia narzędzia

## Jednostki metryczne

$$M_c = \frac{P_c \times 30 \times 10^3}{\pi \times n} \quad (\text{Nm})$$

## Jednostki anglosaskie

$$M_c = \frac{P_c \times 16501}{\pi \times n} \quad (\text{funt-siła stopa})$$

## Moc skrawania netto, kW

$$P_c = \frac{v_c \times a_p \times f_n \times k_c}{60 \times 10^3} \left( 1 - \frac{a_p}{DC} \right)$$

## Moc skrawania netto, HP

$$P_c = \frac{v_c \times a_p \times f_n \times k_c}{132 \times 10^3} \left( 1 - \frac{a_p}{DC} \right)$$

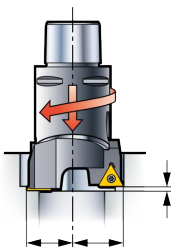
# Metody wytaczania otworów

## Produktywne wytaczanie wielostrzowe



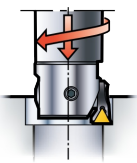
Produktywne wytaczanie wykorzystuje dwa lub trzy ostrza do obróbki zgrubnej otworów o klasie dokładności IT9 lub szerszej, gdzie priorytetem jest wydajność skrawania. W wytaczaniu wielostrzowym na wszystkich suwakach ustawiona jest ta sama średnica i wysokość. Posuw całkowity stanowi iloczyn posuwu każdej płytki i liczby płytek ( $f_n = f_z \times z$ ). Jest to podstawowa konfiguracja dla większości zastosowań z zakresu wytaczania.

## Wytaczanie stopniowe



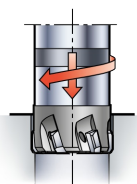
W wytaczaniu stopniowym suwaki ustawione są na różne wysokości osiowe i średnice. Stosuje się je tam, gdzie wymagana jest duża promieniowa głębokość skrawania lub do wytaczania w miękkim materiale (generującym długie wióry). W ramach tej metody cała szerokość wióra dzielona jest na dwa małe, łatwe do obsługi wióry. Posuw i chropowatość powierzchni są takie same, jak przy zastosowaniu jednej płytki ( $f_n = f_z$ ).

## Wytaczanie jednoostrzowe



Zgrubne wytaczanie jednoostrzowe stosowane jest przy materiałach wymagających dobrej kontroli wiórów lub przy ograniczonej mocy obrabiarki. Wykorzystywany jest tylko jeden suwak. Gniazda pozostałych suwaków są chronione przez osłony. Podczas wytaczania wykończeniowego używane jest regulowane narzędzie jednoostrzowe do obróbki otworów o bardziej dokładnych tolerancjach, ( $f_n = f_z$ ).

## Rozwiercanie



Rozwiercanie to lekka obróbka wykończeniowa przeprowadzana za pomocą rozwiertaka wielostrzowego z dużymi posuwami.

# Procedura doboru narzędzi

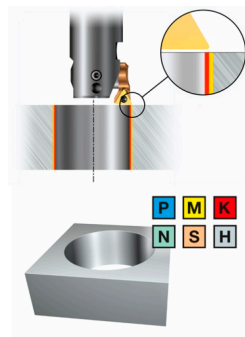
## Proces planowania produkcji

1

Przedmiot obrabiany

Wymiary i tolerancje wykonania otworu

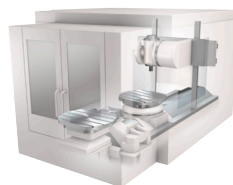
Materiał obrabiany, kształt przedmiotu i wielkość serii produkcyjnej



2

Obrabiarka

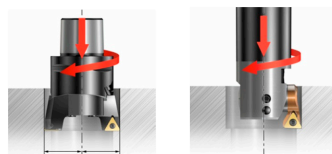
Parametry obrabiarki



3

Wybór narzędzia

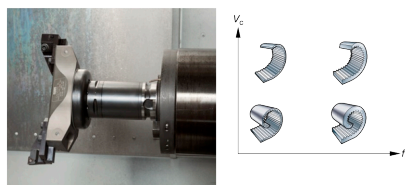
Typ narzędzia



4

Zasady stosowania

Parametry skrawania, chłodziwo itp.



5

Przewyciężanie trudności

Środki zaradcze i rozwiązania



# 1. Przedmiot i materiał obrabiany

Parametry, które należy uwzględnić



**Przedmiot obrabiany**

- Określić rodzaj obróbki i właściwości obrabianego otworu (wymiary, jakość), ograniczenia, rodzaj materiału i typ obrabiarki.
- Mocowanie, siły mocowania i skrawania. Czy przedmiot ma tendencje do wpadania w drgania?

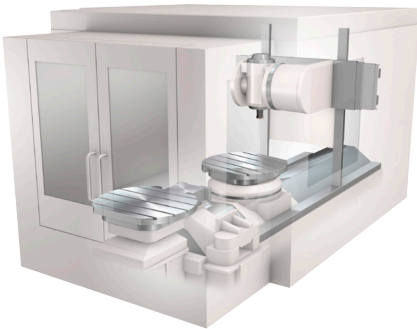
Wybrać narzędzie, które zapewni odpowiedni zakres średnic i głębokość wytaczania, jakość powierzchni i tolerancję.

**Materiał**

- Skrawalność
- Łamanie wiórów
- Twardość
- Zawartość składników stopowych.

## 2. Parametry obrabiarki

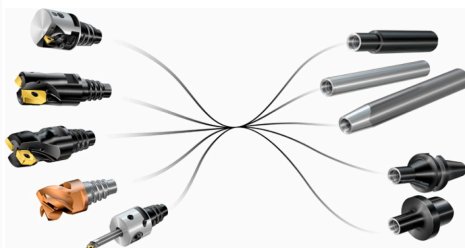
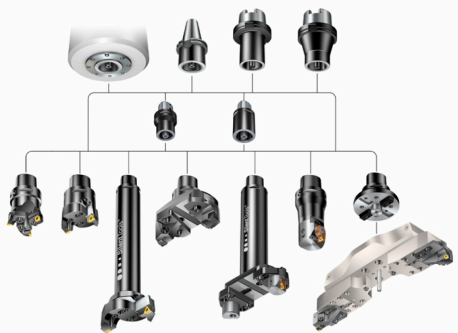
Stan obrabiarki



- Złącze wrzeciona
- Stabilność obrabiarki
- Prędkość obrotowa wrzeciona
- Doprowadzanie chłodziwa
- Ciśnienie chłodziwa
- Mocowanie przedmiotu obrabianego
- Wrzeciono poziome lub pionowe
- Moc i moment obrotowy
- Magazyn narzędziowy.

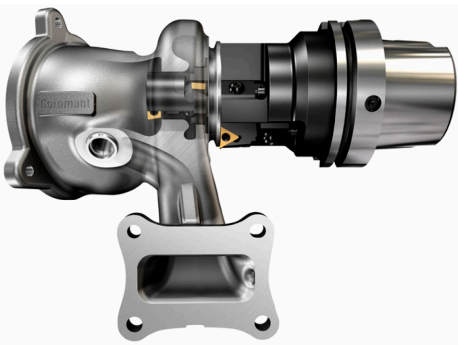
### 3. Wybór narzędzi

Wytrzymałość na zginanie oraz przeniesienie momentu obrotowego to najważniejsze cechy oprawki do zastosowań wytaczarskich. Wybrać narzędzia odpowiednio do konkretnych potrzeb:



- Narzędzia do różnych materiałów, zastosowań i warunków.
- Dokładne mechanizmy regulacji i precyzyjne podawanie chłodziwa podczas wykończenia.
- Optymalizacja produkcji dzięki narzędziom wieloostrzowym.
- Narzędzia o małej lub dużej średnicy.
- Do obróbki bez drgań na długich wy sięgach – używaj narzędzi z tłumieniem drgań.
- Zmniejsz ciężar zespołu narzędzi, aby ułatwić obsługę i zmniejszyć niewyagę.

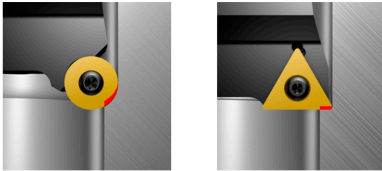
### Rozwiązania niestandardowe



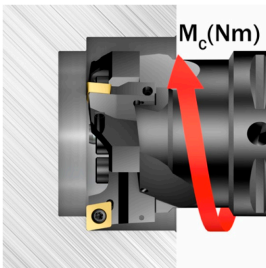
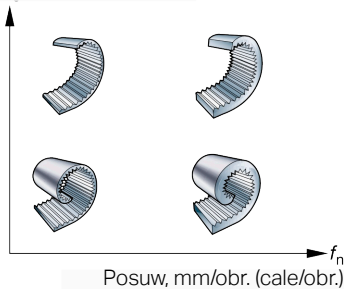
- Często różne operacje wykonywane są za pomocą jednego narzędzia.
- Istnieje możliwość obróbki narzędziem złożonym w jednym przejściu.

## 4. Zasady stosowania

### Istotne uwagi do zastosowań



Prędkość skrawania,  
 $v_c$  m/min (stopy/min)



### Systemy mocowania

- Zawsze używać najmocniejszego złącza i dążyć do maksymalnego skrócenia wysięgu narzędzia.
- Aby uzyskać najlepszą stabilność i jakość otworu, używać złącza Coromant Capto®, narzędzi z tłumieniem drgań oraz redukcji sztokowych.

### Uwagi dotyczące narzędzi

- Wziąć pod uwagę kąt przystawienia, geometrię i gatunek płytki.

### Odprowadzanie wiórów i ciecz obróbkowa

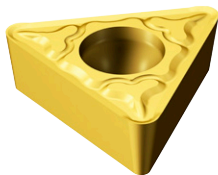
- Formowanie i odprowadzanie wiórów to ważne czynniki w operacji wytaczania, wpływające na jakość i tolerancję otworu.

### Parametry skrawania

- Prawidłowa prędkość skrawania i posuw są niezbędne do uzyskania wysokiej produktywności, trwałości narzędzia jak i jakości otworu.
- Pamiętać o momencie obrotowym i mocy obrabiarki.

## 5. Przewycięzanie trudności

### Istotne uwagi do zastosowań



#### Zużycie płytki i trwałość narzędzia

- Prawidłowa geometria, gatunek i parametry skrawania to niezwykle ważne czynniki w operacjach wytaczania.

#### Odprowadzanie wiórów

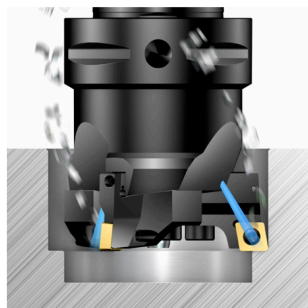
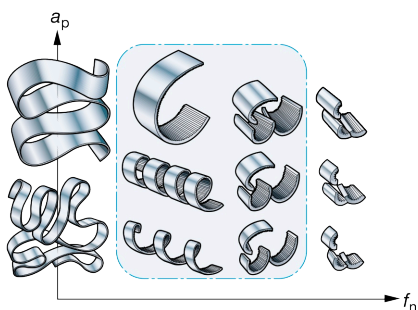
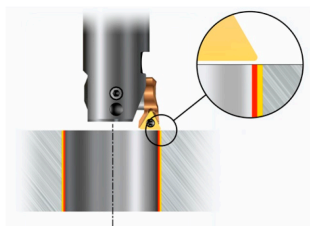
- Sprawdzić łamanie wiórów oraz ich odprowadzanie z cieczą obróbkową.

#### Jakość otworu i tolerancje

- Sprawdzić mocowanie narzędzia i przedmiotu, posuw, warunki pracy obrabiarki oraz odprowadzanie wiórów.

#### Parametry skrawania

- Prawidłowa prędkość skrawania, posuw i głębokość skrawania są niezwykle ważne dla uzyskania wysokiej produktywności i trwałości narzędzia oraz dla uniknięcia drgań.



A

Toczenie

B

Przecinanie i obróbka rowków

C

Obróbka gwintów

D

Frezowanie

E

Wiercenie

F

Wytaczanie

G

Systemy mocowania

H

Skrawalność  
Inne informacje

# Przegląd systemu

## Narzędzia do wytaczania zgrubnego

Operacje wytaczania zgrubnego przeprowadzane są w celu powiększenia istniejącego otworu i przygotowania go do obróbki wykończeniowej.

Adapter z tłumieniem drgań i wytaczadło dwuostrzowe

Wytaczadło dwuostrzowe o dużej średnicy

Wytaczadło dwuostrzowe lub jednoostrzowe



## Narzędzia do wytaczania wykończeniowego

Operacje wytaczania wykończeniowego przeprowadzane są w celu uzyskania otworu o wymaganej dokładności wymiarowej i chropowatości powierzchni.

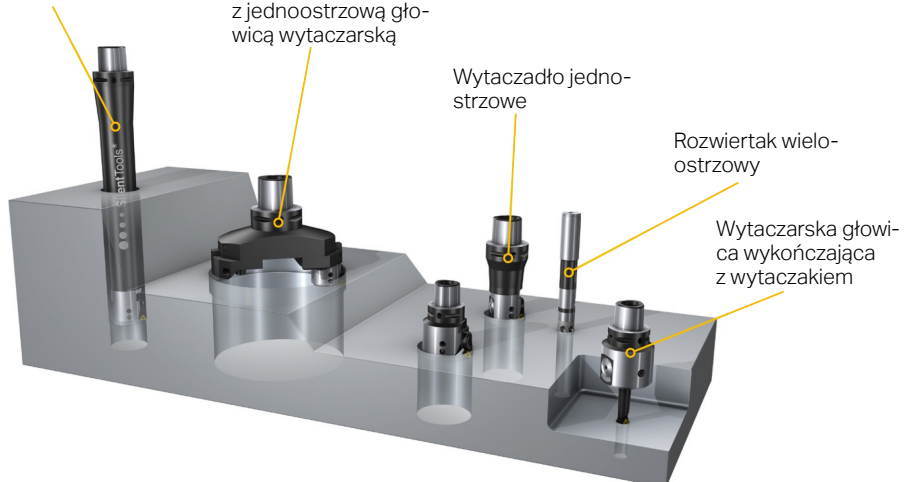
Adapterem z tłumieniem drgań i wytaczadło jednoostrzowe

Adapter modułowy z jednoostrzową głowicą wytaczarską

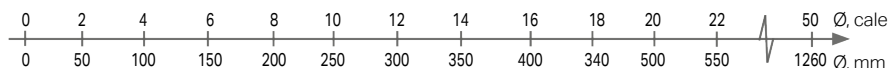
Wytaczadło jednoostrzowe

Rozwiertak wielostrzowy

Wytaczarska głowica wykończająca z wytaczakiem



## Wytaczanie zgrubne



Narzędzia do wytaczania zgrubnego z dwiema płytkami  $\varnothing 23-170$  mm (0.908-6.893")



Narzędzia do wytaczania zgrubnego z trzema płytkami  $\varnothing 36-306$  mm (1.4-12")



Narzędzia do wytaczania zgrubnego z tłumieniem drgań i dwiema płytkami  $\varnothing 25-150$  mm (1-6")



Narzędzia do wytaczania zgrubnego o dużej średnicy z dwiema płytkami  $\varnothing 150-1260$  mm (6-50")



Narzędzia do wytaczania zgrubnego o dużej średnicy (lekkie) z dwiema płytkami.  $\varnothing 148-300$  mm (5.82-11.81")



Narzędzia do wytaczania zgrubnego o dużej średnicy (z tłumieniem drgań) z dwiema płytkami.  $\varnothing 148-300$  mm (5.82-11.81")

## Wytaczanie wykończeniowe otworów o małych średnicach



Precyzyjne głowice wycarzarskie z węglkowym wytaczakiem  $\varnothing 1-8.2$  mm (0.04-0.320")



Precyzyjne głowice wycarzarskie z wytaczakiem na węglkowe płytki wymienne  $\varnothing 6-20$  mm (0.24-0.79")



Precyzyjne głowice wycarzarskie z wytaczakiem na płytki lub wytaczakiem do obróbki rowków  $\varnothing 8-32$  mm (0.31-1.26")



Rozwiertak wielostrzowy  $\varnothing 3.97-31.75$  mm (.156 - 1.25")

## Wytaczanie wykończeniowe otworów o średnich średnicach



Wytaczadło wykończeniowe ze złączem gwintowym Ø19-36 mm (0.75-1.42")



Wytaczadło wykończeniowe z chwytem cylindrycznym Ø19-36 mm (0.75-1.42")



Wytaczadło wykończeniowe ze złączem Coromant Capto Ø19-167 mm (0.75-6.58")

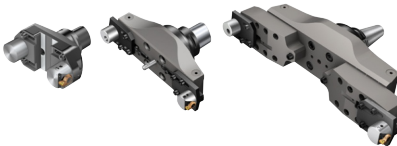


Wytaczadło wykończeniowe (z tłumieniem drgań) ze złączem Coromant Capto Ø23-167 mm (0.91-6.58")



Wytaczadło wykończeniowe (lekkie) ze złączem Coromant Capto Ø69-167 mm (2.716-6.575")

## Wytaczadło wykończeniowe otworów o dużych średnicach



Wytaczadło wykończeniowe Ø150-1275 mm (5.9-50")



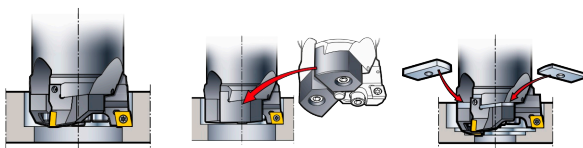
Wytaczadło wykończeniowe (z tłumieniem drgań) Ø150-315 mm (5.9-12.4")



Wytaczadło wykończeniowe (lekkie) ze złączem Coromant Capto lub mocowaniem trzpieniowym Ø150-315 mm (5.9-12.4")

# Wybór narzędzia

## Obróbka zgrubna



Produktywne wytaczanie

Wytaczanie jednoostrzowe

Wytaczanie stopniowe

### Produktywne wytaczanie wieloostrzowe

- Wysoka wydajność skrawania.
- Wytaczanie wieloostrzowe, płytki na tym samym poziomie.

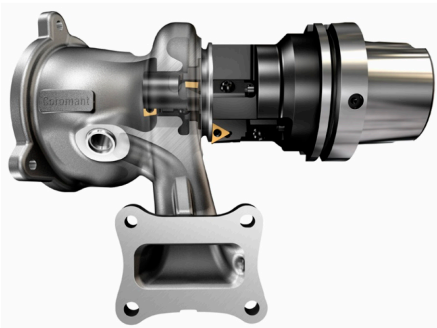
### Wytaczanie stopniowe

- Do wytaczania zgrubnego przy dużych głębokościach skrawania.
- Lepsza kontrola wiórów.

### Wytaczanie jednoostrzowe

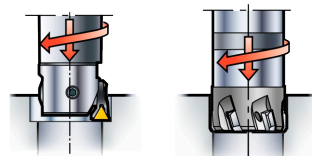
- Lepsza kontrola wiórów.
- Mniejsze wymogi co do mocy obrabiarki

## Rozwiązania niestandardowe



F 16

## Obróbka wykończeniowa



Wytaczanie jednoostrzowe

Rozwiercanie

### Wytaczanie jednoostrzowe

- Bardzo precyzyjne wytaczanie.
- Klasa tolerancji IT6.
- Możliwość regulacji z dokładnością do 0,002 mm (0.00008").

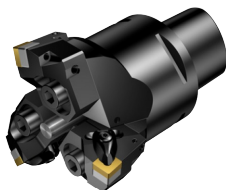
### Rozwiercanie

- Bardzo dobra jakość powierzchni przy dużych prędkościach zagłębiania.
- Odpowiednie do produkcji masowej.

- Często różne operacje wykonywane są za pomocą jednego narzędzia.
- Istnieje możliwość obróbki narzędziem złożonym w jednym przejściu.

## Narzędzia do wytaczania zgrubnego

### Narzędzie do wytaczania zgrubnego z trzema płytkami



Najlepszym wyborem zalecanym dla obrabiarek o średniej i dużej mocy jest narzędzie do wytaczania zgrubnego z trzema krawędziami skrawającymi pozwalające na optymalizację produktywności. Dodatkowo istnieje możliwość skonfigurowania na wytaczanie jednostrzowe i stopniowe.

Toczenie

B

Przećnianie i obróbka rowków

### Narzędzie do wytaczania zgrubnego z dwiema płytkami



Narzędzie do wytaczania zgrubnego z dwiema krawędziami skrawającymi to pierwszy wybór dla obrabiarek o małej i średniej mocy, do pracy w niestabilnych warunkach lub wytaczania otworów o dużych średnicach.

C

Obróbka gwintów

D

Frezowanie

### Lekkie narzędzie do wytaczania zgrubnego



Zmniejszenie ciężaru zespołu narzędzia, zmniejszenie niewyważenia, łatwiejsza wymiana i obsługa narzędzia. Do wytaczania otworów o dużych średnicach z większą stabilnością, bez konieczności zwiększania ciężaru narzędzia.

E

Wiercenie

F

Wytaczanie

### Narzędzie do wytaczania zgrubnego z tłumieniem drgań do długich wysięgów



Narzędzia do wytaczania zgrubnego z tłumieniem drgań zalecane są do wysięgów większych niż 4-krotność średnicy złącza.

G

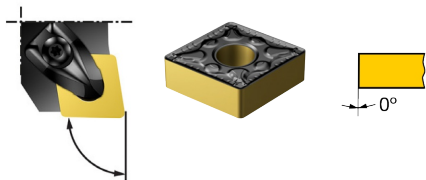
Systemy mocowania

H

Skrawalność  
Inne informacje

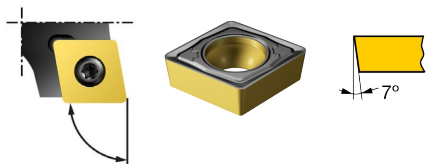
## Suwaki do narzędzi do wytaczania zgrubnego

### Suwaki z płytkami ujemnymi



- Do stabilnych warunków wybierz płytki ujemne z uwagi na lepszą ekonomikę obróbki.
- Użyj płytek ujemnych do trudnych zastosowań, wymagających mocnych płytek oraz większego bezpieczeństwa obróbki.

### Suwaki z płytkami dodatnimi



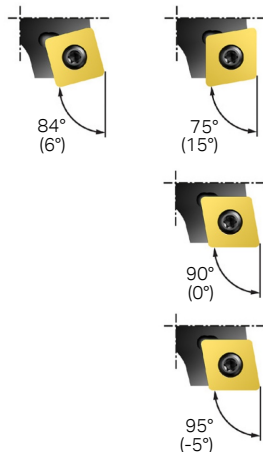
- Przy wytaczaniu zgrubnym korzystne jest użycie płytek o dodatnim kształcie podstawowym, pracujących z mniejszymi siłami skrawania niż płytki ujemne.
- Mały kąt wierzchołkowy oraz promień naroża to czynniki sprzyjające zmniejszeniu sił skrawania.

## Kąt przystawienia i kształt płytki

Kąt przystawienia narzędzi wytaczarskich określa rozkład składowych siły skrawania w kierunku promieniowym i osiowym. Duży kąt przystawienia KAPR (mały PSIR) wywo-

łuje dużą siłę osiową, natomiast mały kąt przystawienia KAPR (duży PSIR) skutkuje dużą siłą promieniową.

### Płytki dodatnie



Do obróbki przerywanej, w przypadku wtrąceń w materiale obrabianym, do wytaczania otworów w zestawach materiałowych itp. Tylko do otworów przelotowych.

Najlepszy wybór do wytaczania ogólnego i stopniowego oraz do obróbki występów.

Do obróbki z dużymi posuwami lub przy zastosowaniu płytek wiper w celu uzyskania lepszego wykończenia powierzchni w stabilnych warunkach skrawania.

### Płytki ujemne



## Narzędzia do wytaczania wykończeniowego

### Jednoostrzowe narzędzie do wytaczania wykończeniowego



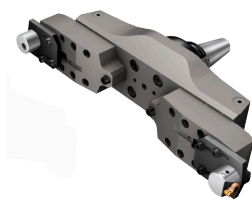
Jednoostrzowe narzędzie do wytaczania wykończeniowego to najlepszy wybór do operacji tego typu.

Toczenie

B

Przećnianie i obróbka rowków

### Lekkie narzędzie do wytaczania wykończeniowego



Zmniejszenie ciężaru zespołu narzędzia, zmniejszenie niewyważenia, łatwiejsza wymiana i obsługa narzędzia. Do wytaczania otworów o dużych średnicach z większą stabilnością, bez konieczności zwiększania ciężaru narzędzia.

C

Obróbka gwintów

D

Frezowanie

### Głowica wykończająca do wiertaków



Do małych średnic wymagana jest głowica wykończająca do wiertaków.

E

Wiercenie

### Narzędzia Silent Tools do długich wysięgów



Narzędzia Silent Tools (z tłumieniem drgań) stanowią najlepszy wybór do wysięgów dłuższych niż 4-krotność średnicy złącza.

F

Wytaczanie

### Rozwiertak wielostrzowy



Rozwiertaki wielostrzowe są zalecane do pracy z dużymi posuwami w produkcji masowej.

G

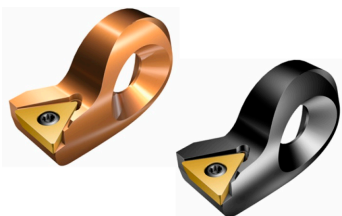
Systemy mocowania

H

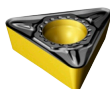
Skrawalność  
Inne informacje

## Wkładki do wykończeniowych narzędzi wytaczarskich

### Zalecenia ogólne



Płytki dodatnie o kącie przyłożenia 7°



Płytki dodatnie o kącie przyłożenia 11°

### Kąt przystawienia

wpływa na rozkład siły skrawania w kierunku promieniowym i osiowym. Największy kąt przystawienia KAPR (najmniejszy PSIR) powoduje zwiększenie sił osiowych, co ma korzystny wpływ na proces wytaczania. W przeciwieństwie do mniejszego kąta przystawienia KAPR (większego PSIR), który skutkuje powstawaniem większych sił promieniowych, co powoduje drgania podczas wytaczania.

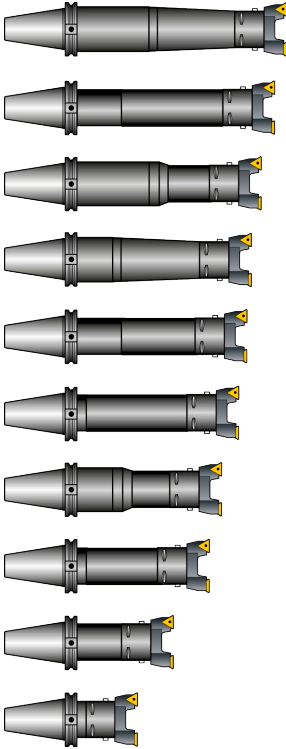
### Kształt płytki

wybrać w zależności od stopnia zaangażowania krawędzi skrawającej. Większy kąt naroża zapewnia wyższą odporność i niezawodność płytki, ale także wymaga użycia obrabiarki o większej mocy i ma silniejszą tendencję do wpadania w drgania wskutek znacznej długości kontaktu krawędzi skrawającej z materiałem. Zmniejszenie kąta naroża płytki może zwiększyć stabilność narzędzia i możliwe ruchy promieniowe, co powoduje zmniejszenie drgań i oporu skrawania. Najlepszy wybór to płytki dodatnie o kącie przyłożenia 7° i kształtach podstawowych.

### Promień naroża płytki

to czynnik kluczowy dla procesu wytaczania. Wybór promienia naroża zależy od głębokości skrawania i posuwu, co wpływa na wykończenie powierzchni, przebieg łamania wiórów i wytrzymałość płytki. Duży promień naroża powoduje większe odchylenie wytaczadła niż mały promień naroża oraz ma silniejszą tendencję do popadania w drgania. Korzystanie z płytek o geometrii do lekkiej obróbki, cienkie pokrycia oraz mały promień naroża przy niewielkiej głębokości skrawania również wpływają na zmniejszenie sił skrawania.

## Wysięg narzędzia



- Wybrać jak najkrótszy adapter dla danego zastosowania.
- Wybrać jak największą średnicę/rozmiar adaptera.
- Do długich wysięgów (dłuższych niż 4-krotność średnicy złącza) używać adapterów z tłumieniem drgań.
- Jeśli to możliwe, używać adaptera stożkowego, aby zwiększyć sztywność statyczną i zmniejszyć ugięcie.
- Jeśli to możliwe, przy długich wysięgach zadbać o sztywne mocowanie na styku z kołnierzem wrzeciona.

# Zasady stosowania









## Tolerancja wymiaru średnicy otworu

Na tolerancję wymiaru średnicy otworu wpływ mają:

- mocowanie oprawki narzędziowej
- zamocowanie przedmiotu obrabianego
- stopień zużycia płytek itd.

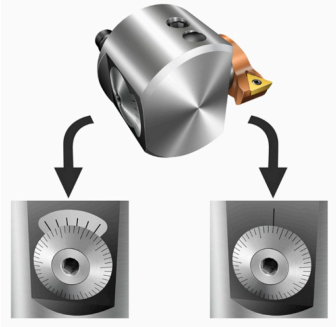
Ostateczną regulację zawsze przeprowadzać po pomiarze średnicy otworu, gdy narzędzie wciąż pozostaje zamocowane we wrzecionie obrabiarki. Pozwala to uniknąć niedopasowań między wrzecionem obrabiarki a przyrządem do ustawiania narzędzi, ugięcia promieniowego i niekorzystnego zużycia płytki.

## Narzędzia do wytaczania i rozwiercania

|     | Narzędzie do wytaczania zgrubnego z wieloma ostrzami<br> | Jednoostrzowe narzędzie do wytaczania wykończeniowego<br> | Rozwiertak wielostrzowy do obróbki wykończeniowej z dużym posuwem<br> |
|-----|---|--|--|
| IT6 |   |    |    |
| IT7 |   |    |    |
| IT8 |   |  |  |
| IT9 |    |  |  |

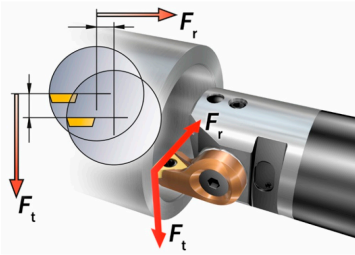
# Narzędzia do wytaczania wykończeniowego

## Mechanizm regulacji położenia ostrza do wytaczania wykończeniowego



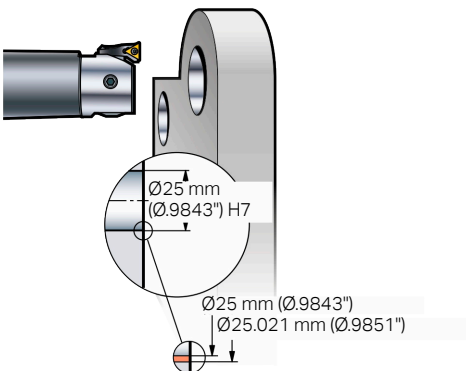
Jednoostrzowe narzędzia do wytaczania wykończeniowego dają możliwość regulacji ostrza z mikrometryczną dokładnością.

## Ugięcie narzędzia



- Podczas obróbki z użyciem narzędzi do wytaczania wykończeniowego z jednym ostrzem będzie występować ugięcie promieniowe powodowane przez opory skrawania.
- Głębokość skrawania oraz długość wysięgu mają wpływ na ugięcie promieniowe narzędzia do wytaczania.
- Ugięcie może być przyczyną zbyt małego rozmiaru otworu oraz drgań.
- Przeważnie konieczne jest tzw. przejście pomiarowe, po którym następuje ostateczna regulacja narzędzia.

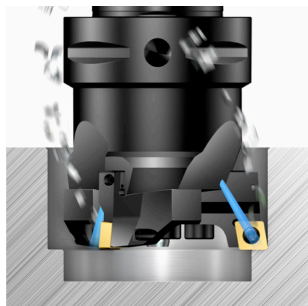
## Tolerancja otworu



# Narzędzia do wytaczania – informacje ogólne

## Doprowadzanie cieczy obróbkowej

Podstawowymi zadaniami cieczy obróbkowej są: odprowadzanie wiórów, chłodzenie i smarowanie narzędzia oraz przedmiotu obrabianego.



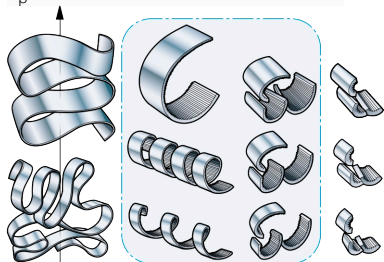
- Zastosowanie cieczy obróbkowej pozwala zoptymalizować odprowadzanie wiórów, chłodzenie oraz smarowanie.
- Chłodziwo wpływa na jakość otworu oraz trwałość narzędzia.
- Wewnętrzne doprowadzenie cieczy obróbkowej jest zalecane ze względu na możliwość skierowania cieczy bezpośrednio do strefy skrawania.

## Kontrola i odprowadzanie wiórów

Formowanie i odprowadzanie wiórów ma kluczowe znaczenie dla przebiegu wytaczania, szczególnie w przypadku otworów nieprzelotowych.

W sytuacji idealnej wióry powinny mieć powtarzalny kształt przecinka lub spirali.

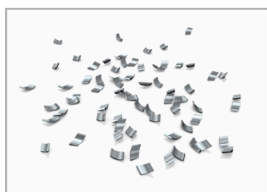
Głębokość skrawania,  
 $a_p$  mm (cale)



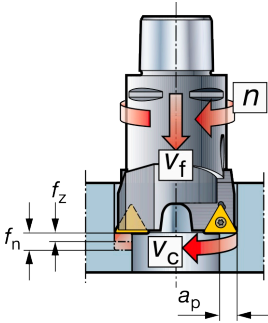
Posuw, mm/obr. (cale/obr.)  
 $f_n$

### Czynniki decydujące o przebiegu łamania wiórów:

- mikro- i makrogeometria płytki
- promień naroża
- kąt przystawienia
- głębokość skrawania
- posuw
- prędkość skrawania
- materiał.



## Zalecenia dotyczące parametrów skrawania



Ustawienia właściwej prędkości skrawania ( $v_c$ ) i posuwu ( $f_n$ ) zależą od zastosowania. Zwiększenie prędkości skrawania lub posuwu zwiększa ryzyko obniżenia poziomu niezawodności i powtarzalności obróbki, skutkuje gorszym odprowadzaniem wiórów, zakleszczaniem się wiórów i stopniem katastroficznym płytki. W szczególności dotyczy to obróbki głębokich otworów. Niska prędkość skrawania może zwiększać prawdopodobieństwo powstania narostu, co powoduje niską jakość wykończenia powierzchni, wzrost oporów skrawania i zmniejszenie trwałości narzędzia. Parametry skrawania należy dobierać dla danego gatunku i geometrii płytki z następującymi wyjątkami:

### - Wytaczanie zgrubne

Maks. wartość początkowa  $v_c = 200$  m/min (656 stóp/min).

### - Wytaczanie wykończeniowe z użyciem wytaczadeł:

Maks. wartość początkowa  $v_c = 240$  m/min (787 stóp/min).

### - Wytaczanie wykończeniowe z użyciem głowic z wytaczakami:

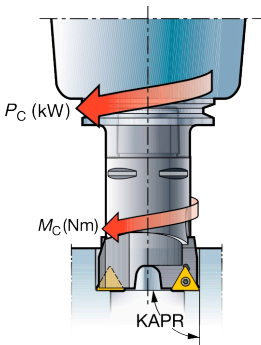
Maks. wartość początkowa  $v_c = 90 - 120$  m/min (295 - 394 stóp/min).

### - Wytaczanie wykończeniowe:

Maks. APMX = 0.5 mm (.020 cale).

### Prędkość skrawania jest ograniczona głównie przez:

- tendencje do drgań
- odprowadzanie wiórów
- długie wysięgi.



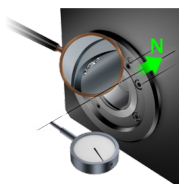
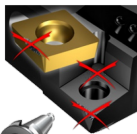
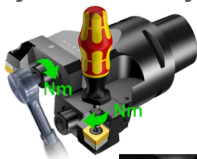
### Posuw i głębokość skrawania

Nadmierne zagłębienie ostrza skrawającego, duża głębokość skrawania ( $a_p$ ) lub posuw ( $f_n$ ) mogą być przyczyną drgań i zwiększonego poboru mocy. Zbyt mała głębokość skrawania sprawi, że płytka będzie trzeć po powierzchni przedmiotu, powodując jedynie jej zadrapania i otarcia, czego skutkiem będzie pogorszenie wyników pracy pod względem zużycia narzędzia i wykończenia powierzchni.

### Moc skrawania i moment obrotowy

Przy wytaczaniu należy upewnić się, że obrabiarka zapewnia wystarczającą moc i moment obrotowy.

## Konserwacja narzędzia oraz korzystanie z klucza dynamometrycznego



- Korzystać z klucza dynamometrycznego, aby zawsze dokręcać śruby płytek i zespołów narzędzia zalecanym momentem siły.
- Regularnie kontrolować płytki i ich gniazda pod kątem zanieczyszczeń oraz uszkodzeń. Oczyszczyć wszystkie elementy zespołu przed złożeniem
- Wymieniać zużyte lub zniszczone części zamienne.
- Przynajmniej raz w roku nasmarować olejem wszystkie elementy zespołu oraz mechanizm regulacji do wytaczania wykończeniowego.
- Używać odpowiedniego zamocowania zespołu oraz przyrządu do ustawiania narzędzi.
- Nigdy nie mocować narzędzi z tłumieniem drgań bezpośrednio w imadle. Cienkie ścianki adapterów mogą łatwo ulec deformacji.
- Sprawdzać wrzeciono obrabiarki, bicie, zużycie i siłę mocującą.

## Zasady stosowania rozwiertaków



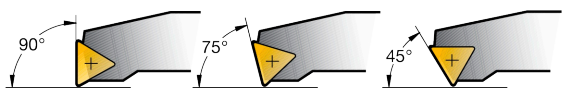
- Nie należy zakładać, że podczas rozwierania uda się poprawić odchyłki położenia lub prostoliniowości otworu.
- Odchyłka prostoliniowości otworu wstępnego nie powinna przekraczać 0.05 mm (.0020 cala).
- Małe bicie jest bardzo ważne przy operacji rozwierania.
- Maksymalne bicie nie powinno przekraczać 5 mikrometrów.
- Upewnić się, że rozwiertak jest współosiowy ze wstępnie wykonanym otworem.
- Wybrać jak najkrótszą oprawkę oraz trzonek.
- Ciecz obróbkowa w postaci emulsji daje lepszą trwałość narzędzia niż olej.
- Stosować zalecane parametry skrawania.

# Przewyciężanie trudności

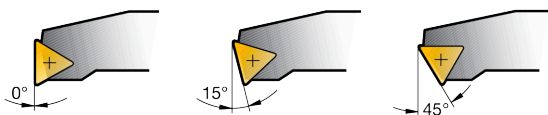
## Czynniki wpływające na powstawanie drgań

Tendencje do powstawania drgań rosną w kierunku w prawo.

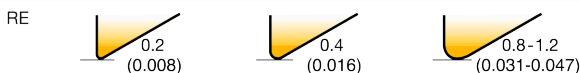
Kąt przystawienia KAPR



Kąt przystawienia PSIR



Promień naroża



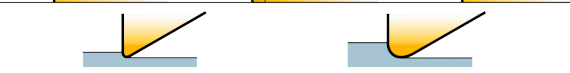
Mikro- i makrogeometria



Konstrukcja krawędzi skrawającej



Głębokość skrawania



- Zmniejszyć prędkość skrawania.
- Zastosować wytaczanie stopniowe.
- Wybrać dwuostrzowe narzędzie do wytaczania zgrubnego.
- Wybrać geometrię i gatunek do lekkiej obróbki.
- Zastosować mniejszy promień naroża.
- Sprawdzić mocowanie przedmiotu.
- Sprawdzić wrzeciono obrabiarki, zużycie, mocowanie itd.
- Zwiększyć głębokość skrawania (przy obróbce wykończeniowej).
- Zmniejszyć głębokość skrawania (przy obróbce zgrubnej).
- Przy długich wsięęgach użyć narzędzi z tłumieniem drgań.
- Upewnić się, że wszystkie elementy zespołu są prawidłowo złożone i dokręcone właściwym momentem obrotowym.
- Zmniejszyć lub zwiększyć posuw.
- Użyć korpusu o jak największej średnicy.
- Użyć jak najkrótszego wsięęgu narzędzia.

## Zużycie płytki

Stopień zużycia płytki i środki zaradcze stosowane przy wytaczaniu są zwykle bardzo podobne do tych, które stosuje się dla toczenia.

## Łamanie wiórów



### Przyczyna

Zbyt intensywne łamanie wiórów

### Rozwiązanie

- Zwiększyć prędkość skrawania.
- Zmniejszyć posuw.
- Zmienić geometrię na inną z bardziej otwartym łamaczem wiór.



Wióry zbyt długie.

- Zwiększyć posuw.
- Zmniejszyć prędkość skrawania.
- Zmienić geometrię na inną z bardziej zamkniętym łamaczem wiórów.

## Drgania narzędzia



Zbyt duży posuw.  
Zbyt duża prędkość.  
Zbyt duża głębokość skrawania.

- Zmniejszyć posuw.
- Zmniejszyć prędkość.
- Zastosować wytaczanie stopniowe.



Zbyt duże opory skrawania.

- Zmniejszyć głębokość skrawania.
- Użyć płytek dodatkich.
- Zastosować mniejszy promień naroża.

## Ślady na powierzchni przedmiotu



Zbyt duży posuw.

- Użyć płytki Wiper z ostrzem nożowym.
- Zastosować większy promień naroża.
- Zmniejszyć posuw.



Przyczyna

Rozwiązanie

## Zużycie płytki



Niewłaściwe parametry skrawania.

- Zmienić krawędź skrawającą i znaleźć przyczynę powstałego zużycia – wziąć pod uwagę parametry skrawania, geometrię i gatunek płytki.

## Wióry rysujące powierzchnię

Nieprawidłowe łamanie wiórów.

- Zmienić parametry skrawania.
- Zmienić geometrię płytki.

## Chropowatość powierzchni



Zła jakość powierzchni.

- Zwiększyć prędkość.
- Użyć chłodziwa.
- Użyć gatunku cermetowego.

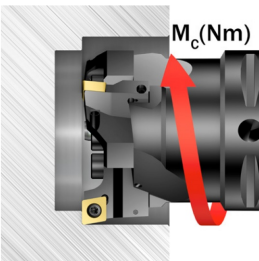
## Zbyt mała moc obrabiarki



Moc obrabiarki jest zbyt mała.

- Zmniejszyć parametry skrawania.
- Zastosować wytaczanie stopniowe.
- Zmniejsz liczbę efektywnych ostrzy
- Zmniejsz głębokość skrawania.

## Moc skrawania i moment obrotowy



Przy wytaczaniu zgrubnym upewnić się, że obrabiarka zapewnia wystarczającą moc i moment obrotowy.

Ważne parametry to:

- Posuw.
- Liczba płytek.
- Średnica.
- Głębokość skrawania.



# Systemy mocowania

Mocowanie narzędzia skrawającego może w ogromnym stopniu wpływać na jego produktywność i działanie. Dlatego wybór odpowiednich systemów mocujących jest niezwykle ważny. Niniejszy rozdział pomoże w podjęciu tej decyzji dzięki wskazówkom dotyczącym stosowania i konserwacji systemów mocowania.

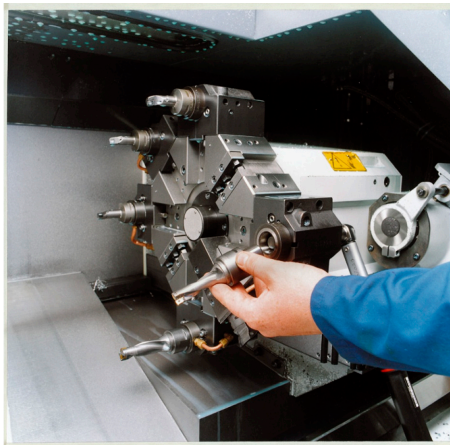
- Historia i podstawy G 4
- Dlaczego warto wybrać modułowy system narzędziowy G 8
- Centra tokarskie G 16
- Centra obróbkowe G 25
- Obrabiarki wielozadaniowe G 30
- Uchwyty G 35

# Systemy mocowania

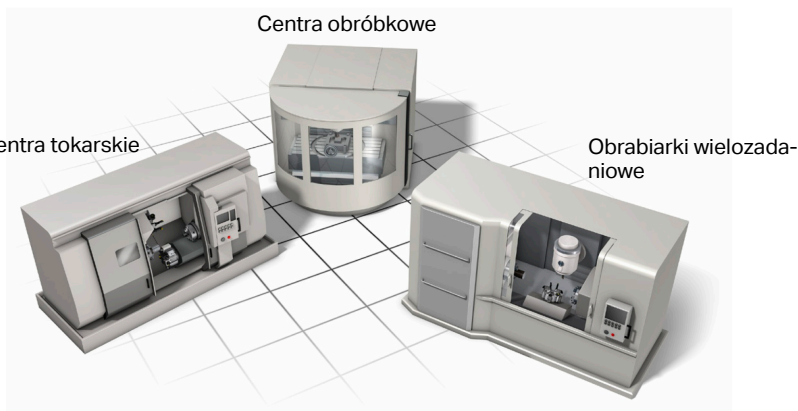
- Złącze do mocowania narzędzia w obrabiarce odgrywa bardzo znaczącą rolę w procesie skrawania.

- Stabilność, czas wymiany narzędzia, precyzja, wszechstronność, modułowość, obsługa oraz sposób przechowywania to cechy o zasadniczym znaczeniu dla przebiegu obróbki.

- W porównaniu do konwencjonalnych narzędzi trzonkowych system z funkcją szybkiego mocowania może zwiększyć efektywny czas skrawania w centrach tokarskich o 25%.



## Współczesne systemy mocowania narzędzi



- Systemy narzędziowe ewoluowały ze względu na potrzebę wypracowania nowych standardów obróbki.

- Konstrukcja tych systemów w większości stanowiła kontynuację rozwiązań zastosowanych w złączach wrzecion obrabiarrek, czego nie regulowały żadne normy.

- Obecnie istnieje ponad 35 typów złączy

do wrzecion oraz taka sama liczba dodatkowych systemów narzędziowych; ich wymiennność oraz dostępność asortymentu są bardzo niskie.

## Historia stożków do gniazd wrzeciona



- Pierwsza wersja stożka do gniazda wrzeciona obrabiarki pojawiła się w latach 20. XX wieku i została znormalizowana (DIN) w 1974 roku.
- Stożek był konstrukcją stosowaną w większości wrzecion obrabiarek; długi stożek zapewniał bezpieczne połączenie i stabilność.
- Dziś rozwiązanie to nadal jest popularne (w różnych wielkościach). Wykorzystywany jest stożek o zbieżności 7/24. Nie nadaje się on jednak do stosowania z narzędziami tokarskimi.

Toczenie

B

Przećmianie i obróbka rowków

C

Obróbka gwintów

D

Frezowanie

## Złącza narzędzi obrotowych



- Obecnie wzrasta różnorodność złączy narzędzi obrotowych dostępnych na rynku.
- Niestety systemy te nie zostały zaprojektowane tak, aby łączyć możliwość zamocowania w gnieździe wrzecionie z funkcją złącza narzędzi modułowych.
- Żaden z tych systemów nie nadaje się do stosowania z narzędziami tokarskimi.

E

Wiercenie

F

Wytaczanie

G

Systemy mocowania

H

Skrawalność  
Inne informacje

# Coromant Capto®

## 1 system na 3 polach zastosowania

- Złącze Coromant Capto® wprowadzono w 1990 roku.
- Złącze Coromant Capto® zostało opisane normą ISO w 2008 roku.
- Coromant Capto® to prawdziwie uniwersalny, modułowy system narzędziowy, przeznaczony do stosowania w:
  - centrach tokarskich
  - centrach obróbkowych
  - obrabiarkach wielozadaniowych



## Historia systemu Coromant Capto®

- Centrum obróbkowe / narzędzia obrotowe



Uchwyty jednolite

Varilock

Adaptory Coromant Capto®



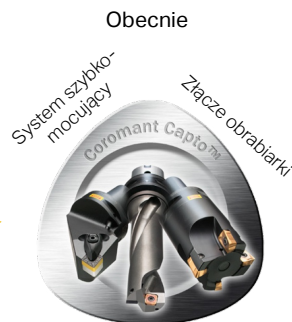
- Centrum tokarskie / narzędzia tokarskie



Nóż trzonkowy

Block Tool System

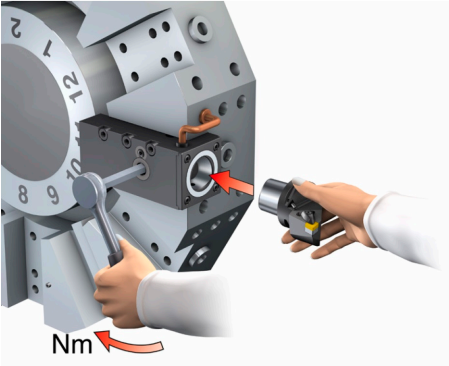
Adaptory Coromant Capto®



Modułowość

# Historia systemu Coromant Capto®

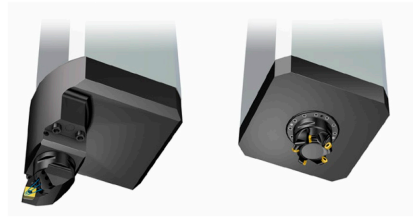
## System szybkococujący



- Centra tokarskie
- Tokarki karuzelowe

Lepsze wykorzystanie obrabiarki

## Integracja z wrzecionem



- Obrabiarki wielozadaniowe
- Tokarki karuzelowe
- Centra obróbkowe z możliwością toczenia

Większa stabilność i wszechstronność

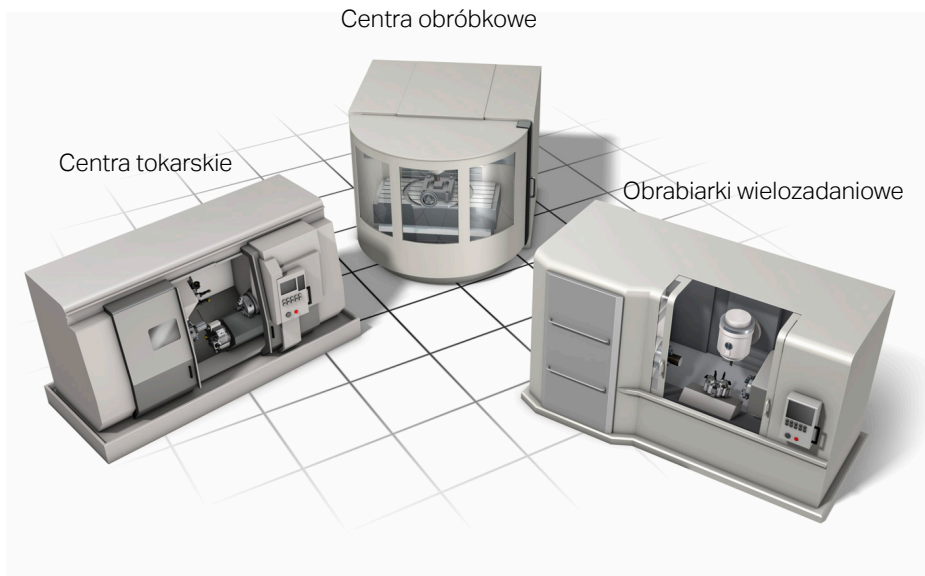
## System narzędzi modułowych



- Centra obróbkowe
- Obrabiarki wielozadaniowe
- Tokarki karuzelowe

Większa elastyczność

## Gwałtowny rozwój obrabiarek



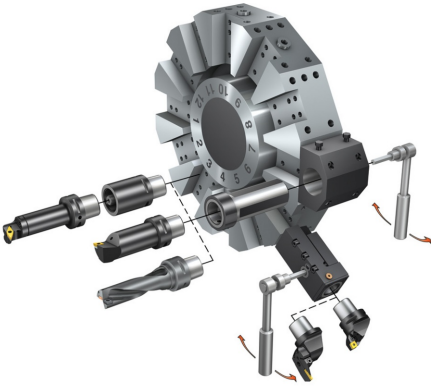
### Trendy

#### Obrabiarki i techniki obróbki

- Obrabiarki wielozadaniowe wymagające jednego systemu mocowania dla wrzecion oraz głowic rewolwerowych.
- Różnego typu głowice rewolwerowe do wielozadaniowych obrabiarek oraz centrów tokarskich.
- Więcej narzędzi wielofunkcyjnych do obrabiarek wielozadaniowych.
- Narzędzia obrotowe w centrach tokarskich.

- Ogromny potencjał złącz w układzie sterowania obrabiarki dla systemów wysoko zautomatyzowanych.
- Trójwymiarowe modele narzędzi i uchwytów do wirtualnej kontroli przebiegu procesu obróbki.
- Możliwość integracji różnych technologii produkcji w mniejszej liczbie obrabiarek.
- Wysokie ciśnienie chłodziwa.

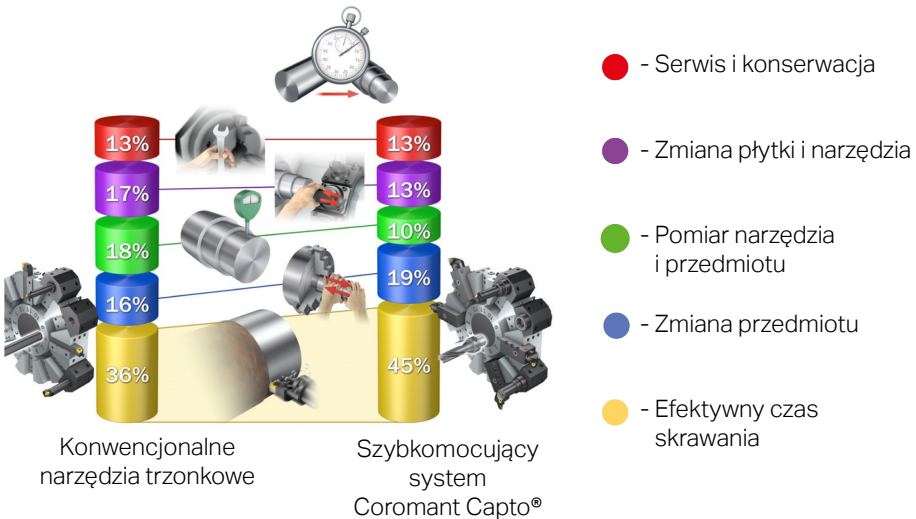
## Kiedy stosować szybkoomocujący system narzędziowy



- Obrabiarka wymaga częstych zmian konfiguracji.
- Pomiary podczas skrawania są niezbędne do uzyskania prawidłowych wymiarów.
- Obróbka jest przeprowadzana z dużymi parametrami skrawania przy stosunkowo małej trwałości narzędzia.
- Jeden operator obsługuje więcej niż jedną obrabiarkę.

## Krótsze przestoje centrów tokarskich

Tylko 36% czasu obróbki wykorzystywane jest do skrawania metalu



Szybkomocujący system narzędziowy pozwala zwiększyć produktywność o 25%

A

Dlaczego warto wybrać modułowy system narzędziowy

Toczenie

## System Coromant Capto®

W obrabiarkach jakiego typu i wielkości potrzebny jest modułowy system narzędziowy?

B

Przecinanie i obróbka rowków

C

Obróbka gwintów

D

Frezowanie

E

Wiercenie

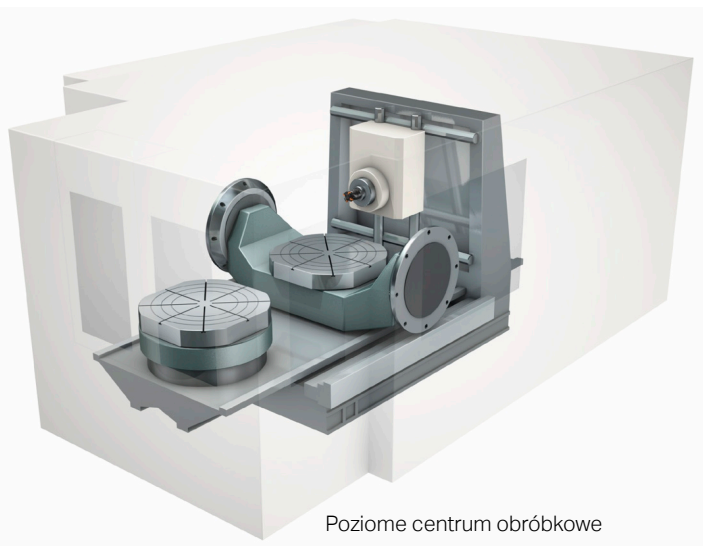
F

Wytaczanie

G

Systemy mocowania

H

Skrawalność  
Inne informacje

Poziome centrum obróbkowe

Centrum obróbkowe wyposażone w:

- złącze Coromant Capto® o rozmiarze C6 lub większe
- stożki 7/24 o rozmiarze 40 lub większe
- HSK63 lub większe.
- Obrabiarka wielozadaniowa z koniecznością stosowania długich wysięgów
- Pionowe centrum tokarskie
- Centrum tokarskie z SL\*.

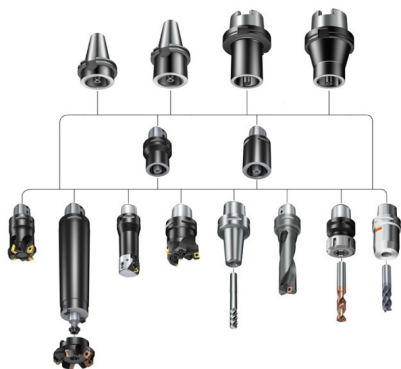
\*SL to uniwersalny modułowy system adapterów z wymiennymi głowicami.

## Minimalizuje zapas uchwytów narzędziowych

Łącząc ze sobą uchwyty podstawowe, oprawki i przedłużki lub redukcje (w razie potrzeby), można tworzyć wiele różnych zestawów do różnych obrabiarek.

### Modułowe

ISO 40 ISO 50 HSK 100 HSK 63



Liczba elementów w modułowych systemach narzędziowych:  
 $4 + 2 + 8 = 14$  elementów

### Jednolite



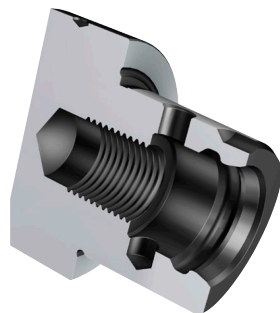
Łącznie 64 elementy

Narzędzia modułowe umożliwiają stosowanie bardzo dużej liczby złożeń narzędziowych przy bardzo niewielkiej liczbie elementów.

## Złącze Coromant Capto®

Wyjątkowe złącze Coromant Capto® wyróżnia się dzięki kilku charakterystycznym cechom:

- Szlifowana powierzchnia styku kołnierza z szlifowanym trygonalnym stożkiem zapewnia maksymalną stabilność dzięki dwóm powierzchniom styku oraz dokładnemu pasowaniu.
- Cztery rowki pod chwytak zmieniają narzędzia.
- Dostępne jest wybranie do pozycjonowania kąтового narzędzia skrawającego.



Jedynie uniwersalne złącze do wszystkich zastosowań spełniające wszystkie wymogi.

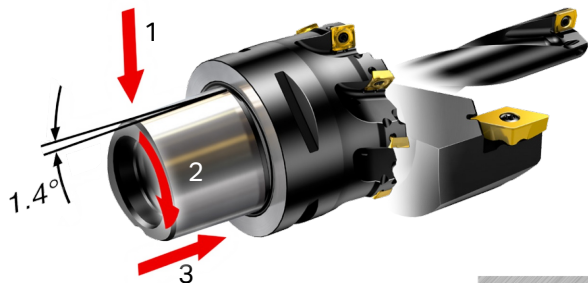
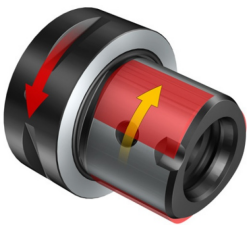
## Cechy i korzyści złącza

Podstawową cechą złącza jest odebranie 3 stopni swobody narzędzia

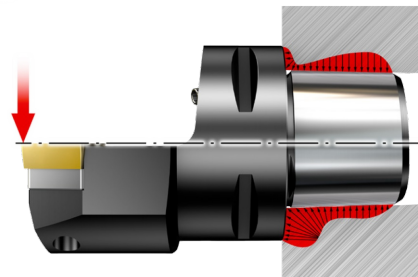
1. Stożek złącza zapewnia centrowanie.
2. Mały kąt stożka umożliwia przekazanie całej siły do styku kołnierzewego. Wytrzymałe złącze wielokątne zapewnia mocniejszy zacisk niż w innych systemach. Ma to duże znaczenie dla wytrzymałości na zginanie.
3. Przekrój w kształcie trygonalnym nie tylko centruje, ale także zapewnia właściwą orientację bez stosowania zabieraka, co eliminuje problem luzów w złączu. Kształt ten jest wyjątkowy również ze względu na jego zdolność do przenoszenia dużego momentu obrotowego z wykorzystaniem trzech powierzchni styku.

Ze względu na powyższe cechy – styk promieniowy i osiowy oraz funkcję samoczynnego centrowania – złącze charakteryzuje się niezwykle dużą powtarzalnością ustawienia, w zakresie 2 mikrometrów (0,0008 cali).

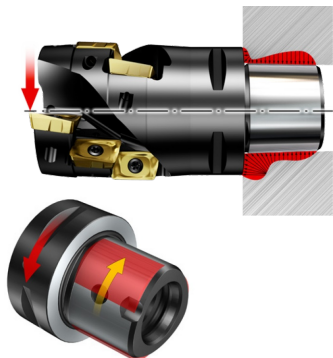
Rowki na chwytak zostały zaprojektowane w sposób zapewniający maksymalną wytrzymałość na zginanie i dużą siłę mocującą ze względu na fakt, że wielokąt Capto ma większą powierzchnię.



Odbiera 3 stopnie swobody



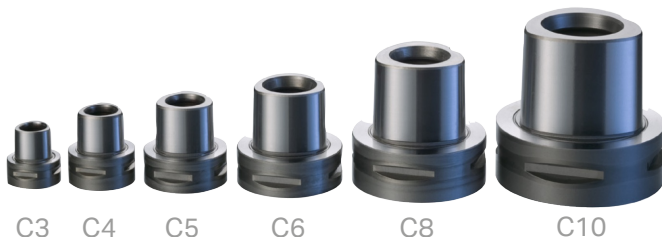
## Przenoszenie momentu



Przenoszenie momentu obrotowego odbywa się dzięki wielokątnemu kształtowi, bez pośrednictwa sworzni czy wpustów.

- Brak sworzni, klinów itd.
- Brak luzu w złączu
- Symetryczny rozkład obciążenia
- Dwie powierzchnie styku / duża siła mocująca.

## Sześć różnych rozmiarów złącza



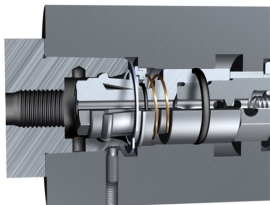
C3 = D 32 mm (1.260 cala)  
 C4 = D 40 mm (1.575 cala)  
 C5 = D 50 mm (1.969 cala)

C6 = D 63 mm (2.480 cala)  
 C8 = D 80 mm (3.150 cala)  
 C10 = D 100 mm (3.937 cala)

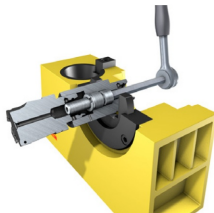
## Różne metody mocowania

Jedno złącze oferuje dwie metody mocowania.

### Mocowanie tuleją segmentową



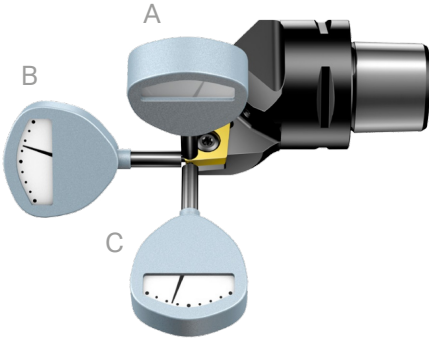
### Mocowanie śrubą centralną



Mocowanie umożliwiające szybkowymienność i automatyczną wymianę narzędzia.

Do mocowań modułowych, np. przy stosowaniu przedłużek oraz uchwytyłów podstawowych.

## Doskonała powtarzalność mocowania oraz gwarantowana wysokość krawędzi skrawającej w osi



- Powtarzalna powtarzalność mocowania w zakresie  $\pm 2$  mikrometrów ( $\mu\text{m}$ ) wysokości krawędzi skrawającej w osi, długości oraz wymiaru promieniowego (A),(B),(C).
- Eliminacja lub minimalizacja konieczności wykonywania wstępnych przejść pomiarowych (dobry już pierwszy obrabiany przedmiot)

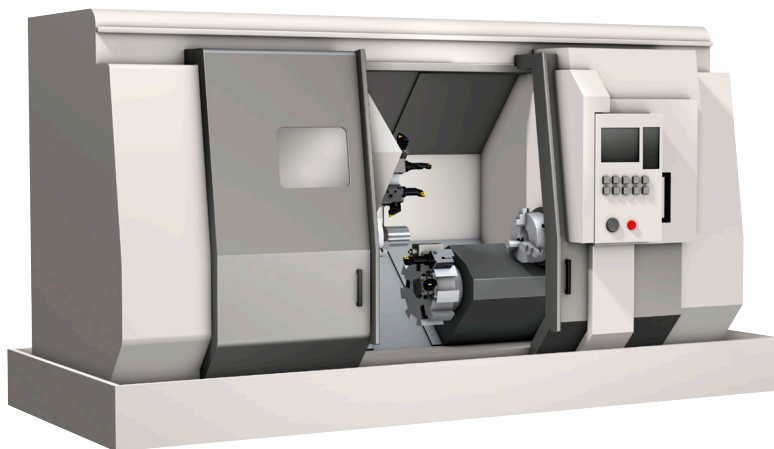
## Mniej drgań dzięki stabilnemu złączeniu

Złącze Coromant Capto® jest znakomite do mocowania wytaczaka w obróbce wewnętrznej, na co pozwala silny, bezpieczny zacisk wokół całego wielokąta.



Standardowy wytaczak często mocuje się za pomocą 2-3 śrub. Taki sposób mocowania powoduje powstawanie drgań, złą jakość wykończenia powierzchni, szybkie zużycie płytek oraz przestoje w produkcji spowodowane koniecznością wyregulowania parametrów i pomiaru detalu.

# Szybkomocujące systemy narzędziowe do centrów tokarskich



## Co to jest centrum tokarskie?

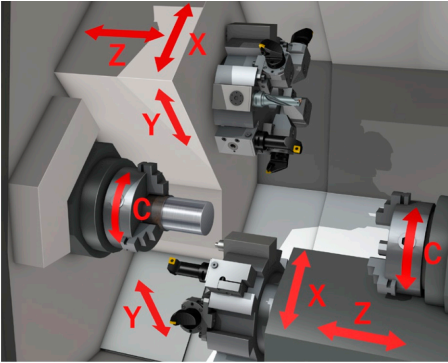
- Tokarki i centra tokarskie skrawają obracający się przedmiot za pomocą nieruchomego narzędzia skrawającego.
- Narzędzie skrawające porusza się równoległe i prostopadle do osi przedmiotu nadając mu kształt.
- Narzędzie skrawające przystawione do przedmiotu obrabianego będącego bryłą obrotową.

## Centrum tokarskie oferuje szeroki wybór konfiguracji

- Układ poziomy lub pionowy
- Dodatkowe wrzeciono do obróbki dwustronnej
- Narzędzia napędzane
- Oś Y do wytaczania i frezowania mimośrodowego.

# Konfiguracja centrum tokarskiego

## Obrót wrzeciona i definiowanie osi



- Wiele programów do wieloosiowych obrabiarek pozwala na toczenie w zakresie obróbki zgrubnej, toczenia rowków, gwintowania i obróbki wykończeniowej.

## Szybkomocujące systemy narzędziowe do centrów tokarskich



System szybkomocujący pozwala na:

- szybszą i wydajniejszą wymianę narzędzia
- obsługę płytek, które mogą być wymieniane poza obrabiarką
- możliwości nastawy wstępnej.

Najbardziej ekonomiczny system do:

- małych partii produkcyjnych, skrócenia czasów przezbrojenia
- operacji wymagających częstej wymiany płytek.

Do zamocowania lub odmocowania wystarczy obrót klucza o mniej niż 180°

## Typowe uchwyty mocujące do centrów tokarskich

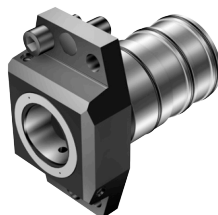
**Kątowy uchwyt VDI**  
z ciągnem napędzanym  
krzywką



**Chwyt prostokątny**  
z ciągnem napędzanym  
krzywką



**Uchwyt automatyczny**  
sterowany hydraulicznie



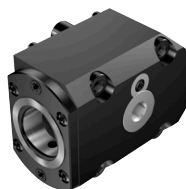
**Prosty uchwyt VDI**  
z ciągnem napędzanym  
krzywką



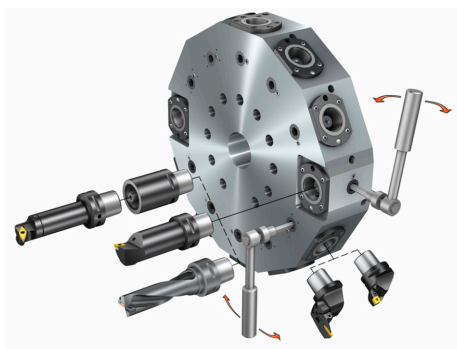
**Chwyt cylindryczny**  
mocowaniem tuleją  
segmentową



**Specjalne zastosowania**  
z ciągnem napędzanym  
krzywką



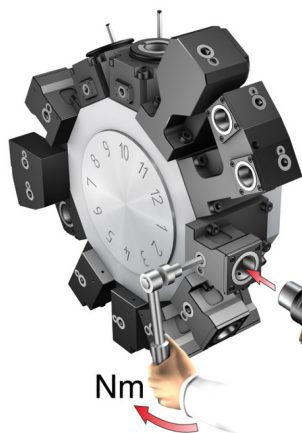
## Różne sposoby montażu złącza szybkomocującego zintegrowane bezpośrednio w głowicy rewolwerowej



Złącze Coromant Capto® bezpośrednio zintegrowane z głowicami rewolwerowymi jest najlepszym rozwiązaniem do uzyskania jego maksymalnej wydajności.

## Różne sposoby montażu złącza szybkocmocującego

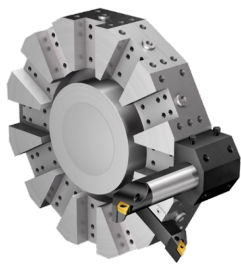
### Konwersja przy użyciu standardowych uchwytów mocujących



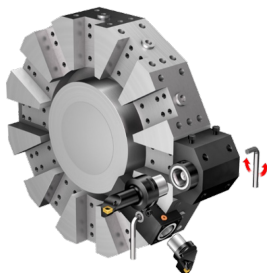
Użycie Coromant Capto® jako złącza obrabiarki za pośrednictwem uchwytów mocujących to dobra alternatywa w sytuacji, gdy bezpośrednia integracja jest niemożliwa (istniejące maszyny).

Pięciokrotnie szybsza wymiana narzędzia w porównaniu z konwencjonalnymi narzędziami trzonkowymi.

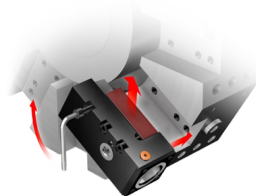
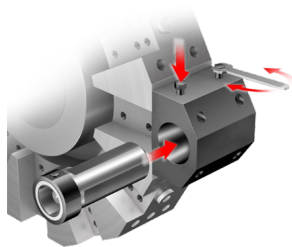
Tokarki można łatwo wyposażyć w szybkocmocujące złącza narzędziowe Coromant Capto® przy użyciu standardowych uchwytów mocujących. Brak potrzeby modyfikacji głowicy rewolwerowej czy specjalnych oprawek.



Narzędzia do obróbki wewnętrznej



Narzędzia do obróbki zewnętrznej

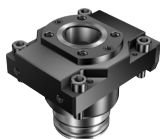


# Uchwyty mocujące do różnych obrabiarek

## Coromant Disc Interface (CDI)



- Uniwersalne i symetryczne złącze z możliwością obrotu o 180°.
- To samo złącze dla uchwytów narzędziowych statycznych i z napędem. Mogą być one używane we wszystkich pozycjach.
- Wyższa wydajność skrawania.
- Większa trwałość narzędzia skrawającego.
- Lepsza jakość przedmiotu obrabianego.
- Dłuższe wiertła w przypadku wiercenia promieniowego.
- Zwiększenie produkcji.
- Bardziej racjonalne gospodarowanie narzędziami.
- Mniejsze nakłady na systemy narzędziowe.



Uchwyt statyczny,  
prosty



Uchwyt z napędem do  
wiertła/frezu, prosty



Uchwyt statyczny,  
kątowy



Uchwyt z napędem do  
wiertła/frezu, kątowy

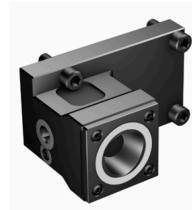
## Złącze śrubowe Coromant Capto (CBI)



- Uniwersalne i symetryczne złącze, z możliwością obrotu w zakresie 180°.
- To samo złącze dla uchwytów narzędziowych statycznych i z napędem.
- Uchwyty statyczne i z napędem mogą być używane we wszystkich pozycjach.
- Wyższa wydajność skrawania.
- Większa trwałość narzędzia skrawającego.
- Lepsza jakość przedmiotu obrabianego.
- Dłuższe wiertła w przypadku wiercenia promieniowego.
- Zwiększenie produkcji.
- Bardziej racjonalne gospodarowanie narzędziami.
- Mniejsze nakłady na systemy narzędziowe.



Napędzany uchwyt narzędziowy



Uchwyt mocujący do toczenia zewnętrznego



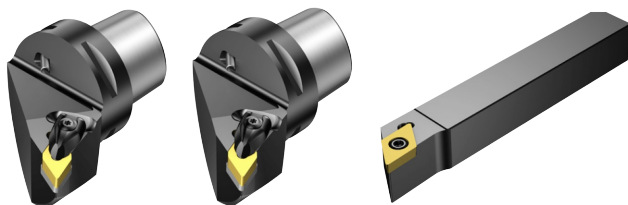
Uchwyt mocujący do toczenia wewnętrznego



Podwójny uchwyt mocujący do toczenia zewnętrznego do wymiany narzędzi na osi Y

## System szybkomocujący

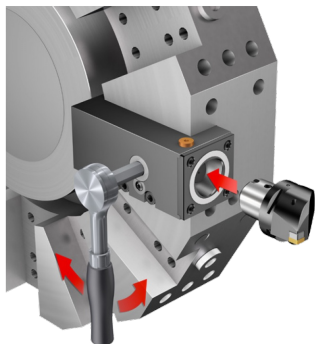
### Zmiana płytki przy użyciu bliźniaczych narzędzi



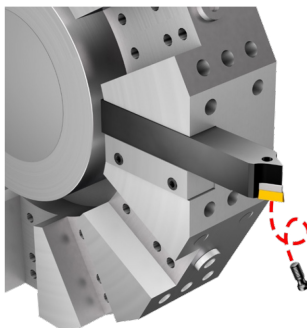
- Krótsze przestoje
- Niewielka lub zerowa konieczność przejść pomiarowych. Większa rentowność

- Bez ryzyka zagubienia w wiórach drobnych śrub mocujących
- Ergonomiczność
- Gniazdo płytki łatwe do wyczyszczenia poza obrabiarką.

0.5 min



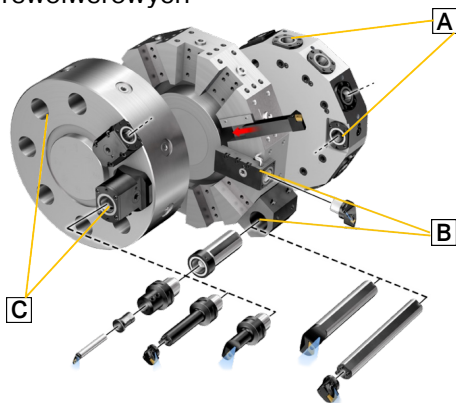
1.5 min



Zmiana na bliźniacze narzędzie za pomocą systemu szybkomocującego odbywa się szybciej niż zmiana płytki w obrabiarce.

## Różne sposoby montażu złącza szybkomocującego

Alternatywne systemy narzędziowe dla konwencjonalnych głowic rewolwerowych



**A** Uchwyty mocujące sterowane hydraulicznie

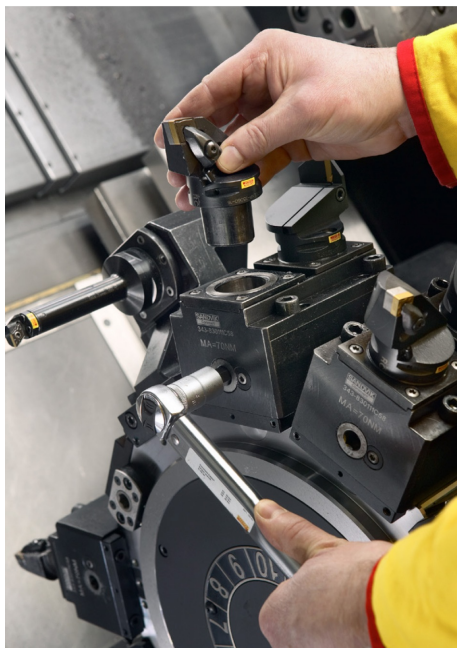
- Ręczna wymiana narzędzia po naciśnięciu przycisku
- Możliwość całkowicie automatycznej wymiany narzędzia.

**B** Trzonkowe uchwyty mocujące

- Narzędzia z trzonkiem kwadratowym i okrągłym oraz systemy skrawania do obróbki zewnętrznej i wewnętrznej.

**C** Uchwyty mocujące do głowic rewolwerowych VDI

- Kątowe i proste uchwyty mocujące do obróbki zewnętrznej i wewnętrznej.

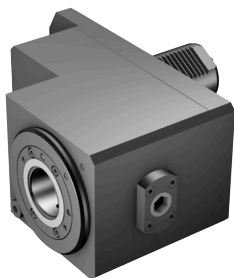


Przykład instalacji.



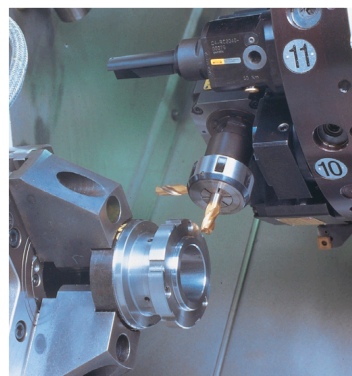
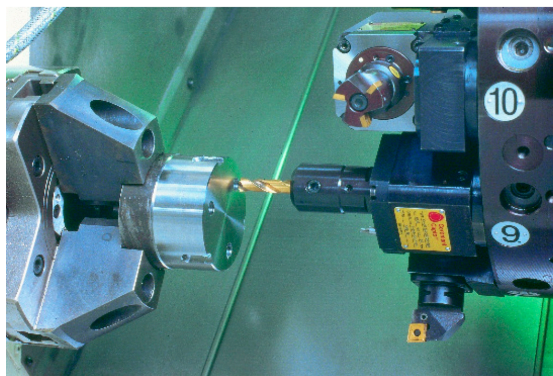
## Uchwyty narzędziowe Coromant Capto® z napędem

Uchwyty narzędziowe z napędem to klucz do znaczącego wzrostu ekonomiki obróbki: operacje frezowania, toczenia i wiercenia są obsługiwane w jednym mocowaniu.



- Możliwość dostarczenia napędzanych uchwytów narzędziowych do obrabiarek o specyficznych wymaganiach.

- Wymiary wrzeciona
  - Typ i model obrabiarki
  - Maksymalna średnica odchylanej głowicy rewolwerowej
  - Maksymalna długość narzędzia.



Przykład instalacji.

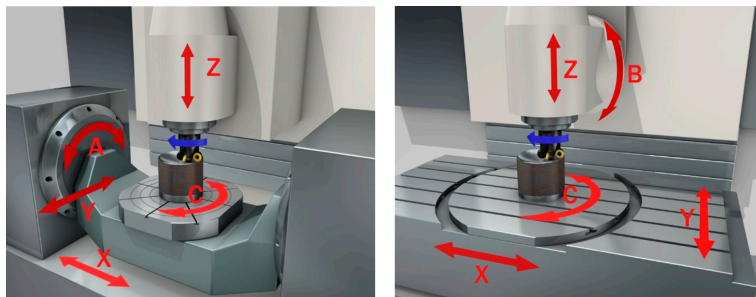
# Modułowe systemy narzędziowe do centrów obróbkowych



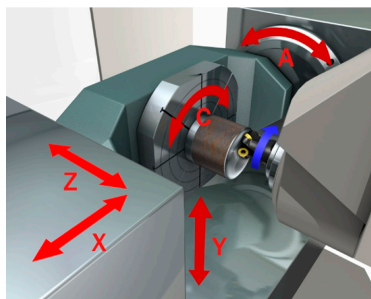
## Co to jest centrum obróbkowe?

- Centrum obróbkowe to wielofunkcyjna obrabiarka, która standardowo umożliwia wytaczanie, wiercenie i frezowanie.
- Centra obróbkowe mogą występować w układzie poziomym i pionowym.
- pięcioosiowe centra obróbkowe oprócz trzech standardowych osi (X/Y/Z) dysponują dwiema osiami dodatkowymi).

## Obrót wrzeciona i definiowanie osi



## Konfiguracja poziomego centrum obróbkowego



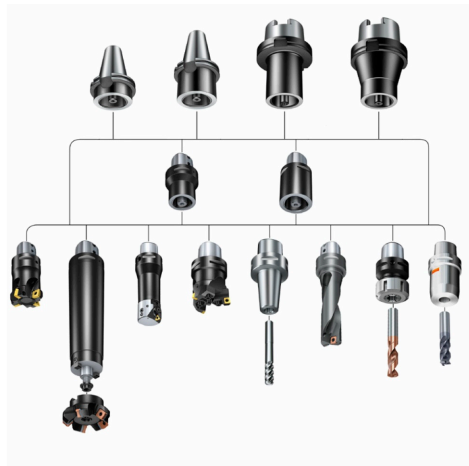
## Centra obróbkowe mogą być konstrukcjami poziomymi lub pionowymi

- Podstawowy typ posiada trzy osie. Wrzeciono zamontowane jest wzdłuż osi Z.
- Cztero- i pięcioosiowe centra obróbkowe posiadają dodatkowo więcej osi (A/B/C) oprócz trzech zwykłych osi (X/Y/Z).
- W przypadku niektórych 5-osiowych centrów obróbkowych, wyposażonych w wózek, piąta oś porusza się wokół osi X. (Oś A), natomiast w centrach wyposażonych w głowicę w osi B, piąta oś porusza się wokół osi Y. (Oś B).
- Często oś B steruje nachyleniem samego narzędzia skrawającego, a osie A i C umożliwiają obrót przedmiotu obrabianego.

## Modułowe systemy narzędziowe do centrów obróbkowych

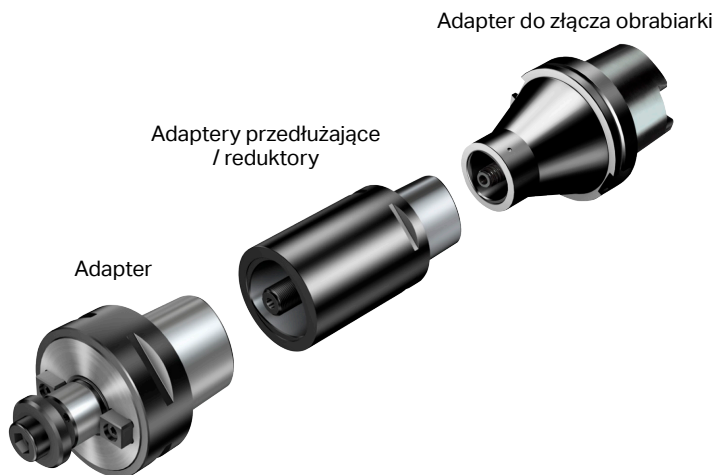
Modułowy system narzędziowy zintegrowany z centrami obróbczymi oferuje wiele korzyści:

- Elastyczny system narzędziowy – tych samych narzędzi można używać na kilku obrabiarkach oraz na kilku złączach obrabiarek.
- Elastyczny system narzędziowy – można stworzyć własne zestawy i znacznie zmniejszyć potrzebę zastosowań specjalnych.
- Mniejsze zapasy magazynowe narzędzi.



## Stwórz własne zestawy

Używaj adapterów Coromant Capto® ze wszystkimi złączami wrzeciona



## Minimalizuje zapas uchwytów narzędziowych w centrach obróbkowych

Narzędzia modułowe umożliwiają stosowanie bardzo dużej liczby złożań narzędziowych przy bardzo niewielkiej liczbie elementów!

### Modułowe



### Jednolite



Liczba elementów w modułowych systemach narzędziowych:

$$4 + 2 + 30 + 10 = 46 \text{ elementów.}$$

Liczba złożań w przypadku narzędzi jednolitych:

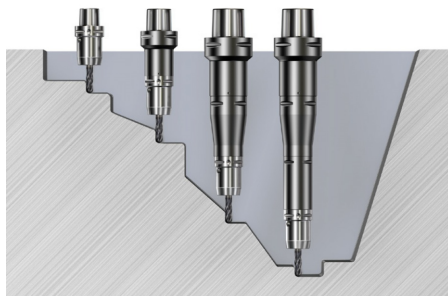
$$4 \times 3 \times (30 + 10) = 480 \text{ elementów.}$$

## Kombinacja zapewniająca optymalną sztywność

### Adaptory przedłużające i redukcyjne

Aby osiągnąć powierzchni obrabianej, często konieczne jest stosowanie elementów przedłużających. Modułowy system Coromant Capto® pozwala na

zbudowanie zestawu umożliwiającego uzyskanie odpowiedniej długości.

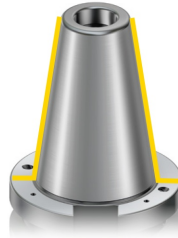


- Należy używać jak najmniejszych długości, szczególnie gdy wymagane są długie wysięgi.
- Dzięki narzędziom modułowym zawsze możliwe jest zastosowanie optymalnych parametrów skrawania w celu poprawy produktywności!
- Narzędzia modułowe składa się w kilka minut!
- Możliwość uzyskania węższych tolerancji.

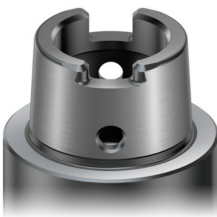
## Do wszystkich najpopularniejszych złączy obrabiarek



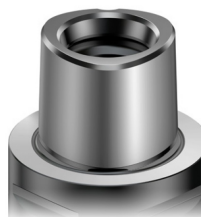
CAT-V 40  
CAT-V 50  
CAT-V 60  
ISO 40  
ISO 50  
ISO 60  
MAS-BT 30  
MAS-BT 40  
MAS-BT 50  
MAS-BT 60



CAT-V BIG PLUS® 40  
CAT-V BIG PLUS® 50  
  
ISO BIG PLUS® 40  
ISO BIG PLUS® 50  
  
MAS-BT BIG PLUS® 30  
MAS-BT BIG PLUS® 40  
MAS-BT BIG PLUS® 50

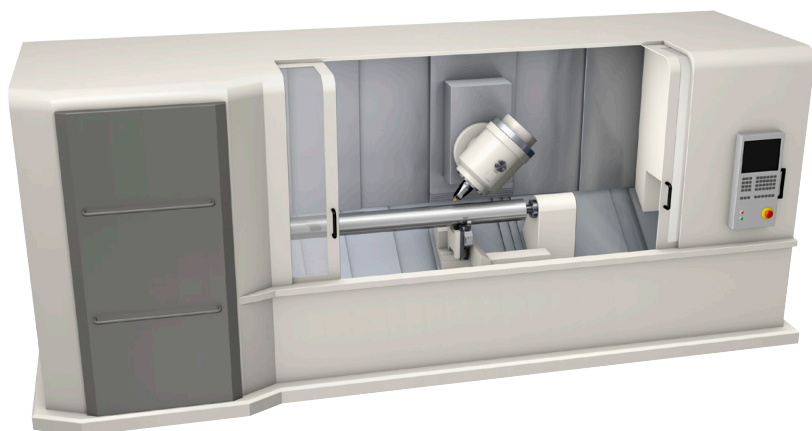


HSK A/C 40  
HSK A/C 50  
HSK A/C 63  
HSK A/C 80  
HSK A/C 100  
HSK A/C 125  
HSK A/C 160  
HSK A/C/T 40  
HSK A/C/T 63  
HSK A/C/T 100  
HSK F 80 (ze sworzniami)



Coromant Capto® C3  
Coromant Capto® C4  
Coromant Capto® C5  
Coromant Capto® C6  
Coromant Capto® C8  
Coromant Capto® C10

# Modułowe systemy narzędziowe do obrabiarek wielozadaniowych

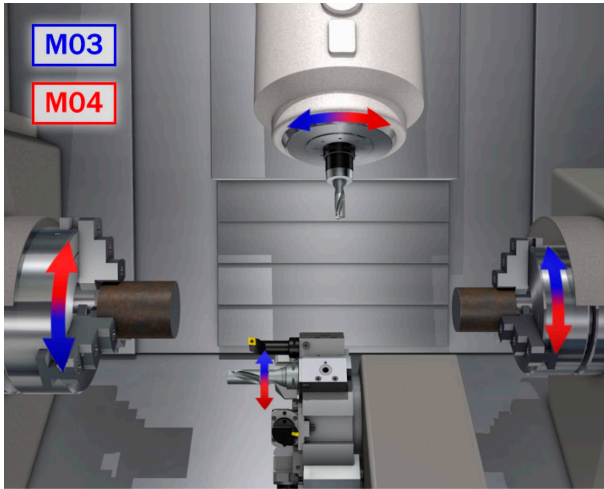


## Co to jest obrabiarka wielozadaniowa?

- Obrabiarki wielozadaniowe mają różne konstrukcje:
  - układ poziomy lub pionowy.
  - dwa wrzeciona (główne i dodatkowe) oraz wrzeciono osi B umożliwiające frezowanie oraz toczenie przedniej i tylnej powierzchni detalu.
  - każde wrzeciono służy jako uchwyt przedmiotu umożliwiający obróbkę wielosiową przedniej i tylnej powierzchni przedmiotu.
- W obrabiarkie wielozadaniowej można wykonać przedmiot, uzbrajając obrabiarkę tylko raz; przykład: toczenie, frezowanie, kształtowanie oraz frezowanie powierzchni kątowych i szlifowanie.
- Obrabiarki wielozadaniowe łączą w sobie funkcje centrum tokarskiego i frezarskiego.

## Definiowanie kierunku obrotu wrzeciona

Język programowania stosowany do definiowania kierunku obrotu wrzeciona

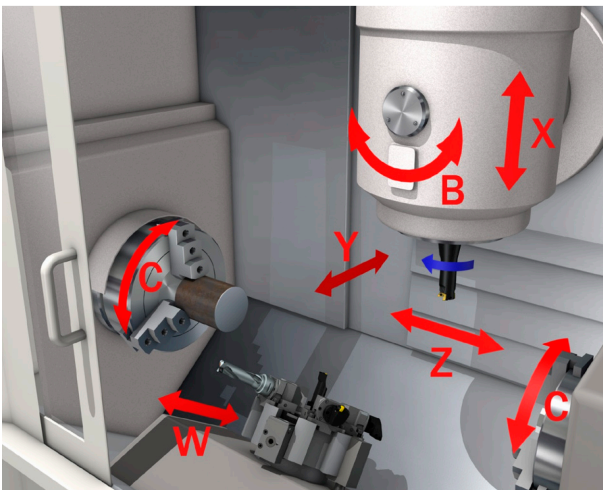


**M03** = Kierunek obrotów wrzeciona zgodnie z ruchem wskazówek zegara

**M04** = Kierunek obrotów wrzeciona przeciwnie do ruchu wskazówek zegara

## Konfiguracja obrabiarki wielozadaniowej

Obrót wrzeciona i definiowanie osi

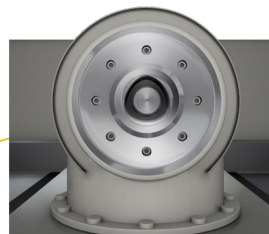
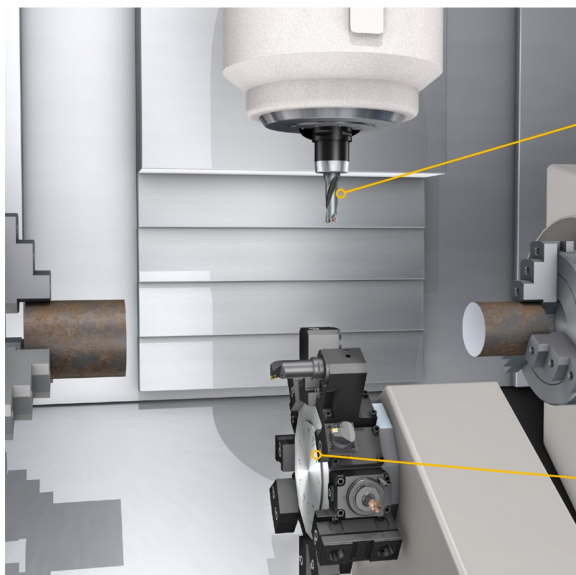


## Jak używać modułowego systemu narzędziowego w obrabiarce wielozadaniowej

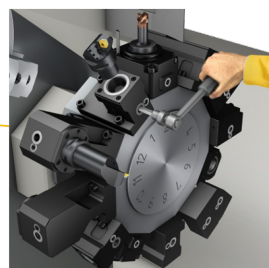
Wrzeczono frezarskie obrabiarki wielozadaniowej powinno obsługiwać zarówno narzędzia obrotowe jak i nieruchome. Coromant Capto® to jedyny system narzędziowy, który oferuje bezkompromisowe rozwiązanie w tym zakresie.

Dlatego obrabiarki wielozadaniowe wymagają systemu narzędziowego o nieprzekraczalnej sztywności i powtarzalnej dokładności promieniowej i osiowej, tak jak Coromant Capto®.

Obrabiarki wielozadaniowe są często używane w obróbce w zakresie od obróbki zgrubnej do wykańczającej realizowanej z jednym uzbrojeniem.



System narzędziowy Coromant Capto® jest bezpośrednio zintegrowany z wrzeczkiem.



Głowica rewolwerowa z systemem narzędziowym Coromant Capto®

## Nowe narzędzia wielofunkcyjne do obrabiarek wielozadaniowych

Aby wykorzystać zalety wszechstronnych obrabiarek wielozadaniowych oraz zoptymalizować ich wydajność, wymagane jest niekiedy uruchamianie ich z dedykowanymi systemami narzędziowymi. Narzędzia te współpracują tylko z Coromant Capto i zostały opracowane specjalnie do wielozadaniowych obrabiarek, oferując:

- dostępność, stabilność oraz wyższą produktywność
- krótszy czas wymiany narzędzia
- mniejszy zestaw narzędzi w magazynie
- redukcję kosztów – jedno narzędzie zastępuje kilka innych.



Narzędzia wielofunkcyjne  
– jedno narzędzie frezarskie i cztery tokarskie w jednym



Narzędzia bliźniacze  
– dwa narzędzia tokarskie w jednym



Małe głowice rewolwerowe  
– cztery narzędzia tokarskie w jednym

## Indywidualna mała głowica rewolwerowa

### Cztery głowice skrawające w jednym uchwycie narzędziowym



Wybierz jedną z wielu wymiennych głowic skrawających do toczenia, przecinania i toczenia rowków lub gwintów, aby stworzyć zoptymalizowane narzędzie.

- Krótszy czas wymiany narzędzia
- Mniejsza liczba zestawów narzędzi w magazynie
- Do obróbki zewnętrznej i wewnętrznej.



## Użycie adapterów w obrabiarce wielozadaniowej

### Adaptory narzędziowe do narzędzi trzonkowych



Oprawki tokarskie do

- trzonków
- wytaczaków
- listew
- małych głowic rewolwerowych

...umożliwiający użycie narzędzi trzonkowych również w obrabiarce wielozadaniowej z modułowym systemem narzędziowym zintegrowanym z wrzecionem.

### Oprawka narzędziowa z listwą do przecinania



### Oprawka narzędziowa do wytaczaka



# Uchwyty

## Zalety korzystania z uchwytów hydraulicznych

Uchwyt hydrauliczny w wersji Heavy Duty

Uchwyt hydrauliczny w wersji Slender

Uchwyt hydrauliczny w wersji Pencil

Skurczowy



Tuleje otwarte



Tuleje zamknięte

Mocowanie bezpośrednie

Mocowanie bezpośrednie

Oprawka zaciskowa z tuleją ER



Tuleje bez uszczelnienia



Tuleje uszczelnione

Toczenie

B

Przełamanie i obróbka rowków

C

Obróbka gwintów

D

Frezowanie

E

Wiercenie

F

Wytaczanie


























G


Systemy mocowania

H

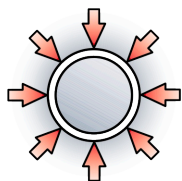
Skawalność  
Inne informacje

## Dobór uchwytów

|  | Uchwyt hydrauliczny   | Oprawka termokurczliwa  | Uchwyt mechaniczny  | Oprawka zaciskowa z tuleją ER   | Oprawki Weldon z mocowaniem bocznym, ISO 9766                                       |
|--|---|---|---|---|---|
| Zabezpieczenie przed wysunięciem narzędzia z oprawki, przenoszenie momentu |    |    |    |    |    |
| Łatwość obsługi  |    |    |    |    |    |
| Precyzja, małe bicie   |    |    |    |    |    |
| Elastyczność   |    |    |    |    |    |
| Dostępność   |  |  |  |  |  |

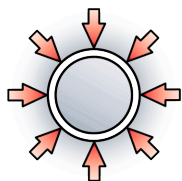
 Bardzo dobre Dobre Do przyjęcia

## Uchwyty hydrauliczne



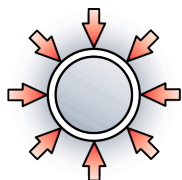
- Najlepsze na rynku zabezpieczenie przed wysunięciem narzędzia z oprawki – powtarzalność siły mocującej za każdym razem.
- Niewielkie bicie <math>< 4 \mu\text{m}</math> (.00016") dla 2.5 x DC - duża precyzja powtarzalności.
- Łatwość obsługi przy pomocy klucza dynamometrycznego, gwarantującego bezpieczne mocowanie.

## Oprawka termokurczliwa



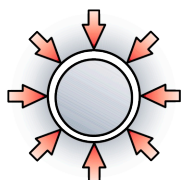
- Ochrona przed wysunięciem narzędzia z oprawki i precyzja obróbki.
- Możliwość stosowania małej średnicy zewnętrznej – dobra dostępność.
- Symetryczna konstrukcja.

## Uchwyty mechaniczne



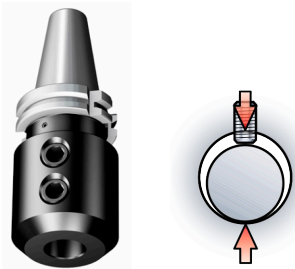
- Możliwość stosowania tulei cylindrycznych – duża wszechstronność.
- Mniejsza dostępność z powodu konstrukcji (często w wersji Heavy Duty).

## Oprawka zaciskowa z tuleją ER



- Duża elastyczność w zakresie średnicy mocowania dzięki tulejom zaciskowym.
- Niezależność od tolerancji trzonka h6.
- Niskie przeniesienie momentu obrotowego i małe bicie.

## Oprawki Weldon z mocowaniem bocznym, ISO 9766

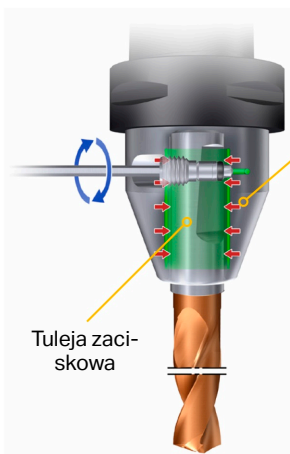


- Efektywne przenoszenie momentu obrotowego.
- Mała precyzja – mała żywotność narzędzia i niska jakość wykończenia powierzchni.

## Uchwyty hydrauliczne

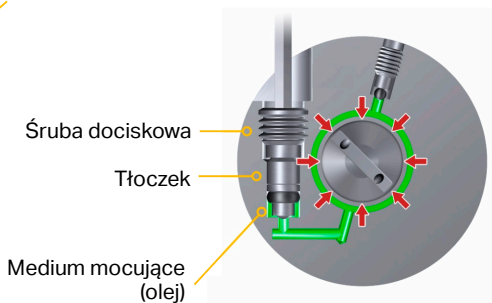
### Sekret wysokiej precyzji i zabezpieczenia przed wysunięciem narzędzia z oprawki

- Nowa generacja uchwytów hydraulicznych zapewnia najwyższy stopień precyzji i największą zdolność przenoszenia momentu obrotowego.
- Sekret precyzji i bezpieczeństwa oprawek CoroChuck 930 stanowi konstrukcja membrany, umożliwiając bezpieczne zamocowanie chwytu narzędzia za pomocą dwóch podpór z każdej strony.



Membrana

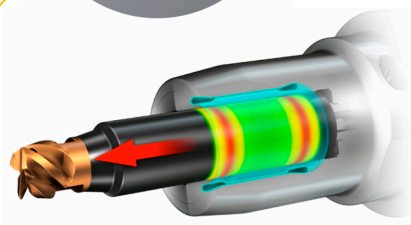
Tuleja zaciśkowa



Śruba dociskowa

Tłoczek

Medium mocujące (olej)



## Starajmy się zminimalizować długość programową



- Ważne, by w celu zwiększenia stabilności i zmniejszenia odkształcenia zapewnić jak najkrótszą długość programową.
- Zmniejszenie długości o zaledwie 20% może spowodować znaczące zmniejszenie ugięcia (-50%).

## Wpływ bicia na trwałość narzędzia



- Bicie powinno wynosić  $< 0.006$  mm ( $< .001$  cala).
- Na każde 0.01 mm (.0004 cala) bicia spadek trwałości narzędzia wynosi aż do 50%.
- Większe skutki dla narzędzi o mniejszej średnicy.

A

Uchwyty

Toczenie

## Wymagania dotyczące mocowania narzędzi

### Zastosowanie – obróbka zgrubna i półwykańczająca

B

Przecinanie i obróbka rowków



- Główne kryterium = siła mocująca
- Możliwość przenoszenia dużego momentu obrotowego
- Najlepszą wydajność zapewniają trzonki cylindryczne
- Wszeczhronność tulejek zaciskowych.

C

Obróbka gwintów

### Zastosowanie – Obróbka wykańczająca

D

Frezowanie



- Główne kryterium = bicie
- Wpływ na trwałość narzędzia, jakość i precyzję wykonania przedmiotu.

E

Wiercenie

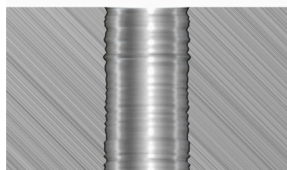
### Niewyważenie w uchwytach narzędziowych



Skutki niewyważenia w uchwytach narzędziowych:

F

Wytaczanie



- niska jakość wykończenia powierzchni
- szersze tolerancje wymiarów detali
- zmniejszenie trwałości narzędzia
- przedwczesne zużycie wrzeciona obrabiarki.

G

Systemy mocowania

H

Skrawalność  
Inne informacje

G 40



A

Toczenie

B

Przełamanie i obróbka rowków

C

Obróbka gwintów

D

Frezowanie

E

Wiercenie

F

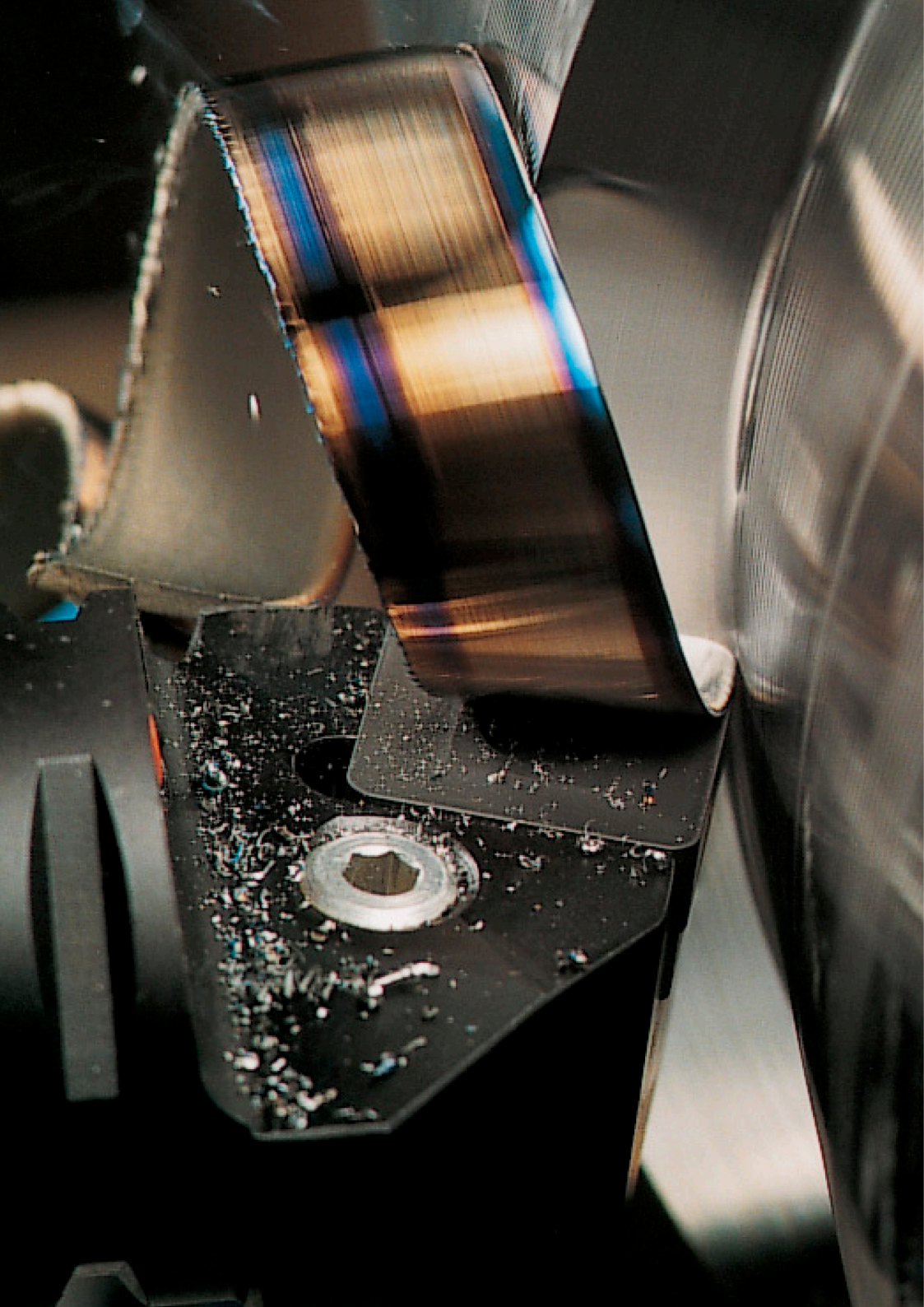
Wylaczanie

G

Systemy mocowania

H

Skrawalność  
Inne informacje



# Skrawalność

Odpowiedni dobór materiału narzędziowego (gatunku) i geometrii do obrabianego materiału to istotny czynnik dla bezproblemowego i wydajnego przebiegu obróbki.

- Materiały obrabiane H 4
- Wytwarzanie węglików spiekanych H 18
- Ostrze skrawające H 29
- Materiały narzędziowe H 40
- Zużycie i konserwacja narzędzia H 52


## Inne informacje

- Ekonomia obróbki H 63
- ISO 13399 - branżowy standard H 78
- Wzory i definicje H 81
- E-learning H 92

# Materiały obrabiane

## Sześć głównych grup

Zgodne z normą ISO standardowe grupy materiałów dzielą się na sześć różnych typów. Każdy z nich posiada określoną skrawalność oraz stawia specyficzne wymagania w stosunku do narzędzi skrawających.

|   |                   |   |                        |   |                |
|---|-------------------|---|------------------------|---|----------------|
| ISO<br><b>P</b>   | Stal              | ISO<br><b>M</b>   | Stal nierdzewna        | ISO<br><b>K</b>   | Żeliwo         |
|  |                   |  |                        |  |                |
| ISO<br><b>N</b>   | Metale nieżelazne | ISO<br><b>S</b>   | Superstopy żaroodporne | ISO<br><b>H</b>   | Stal hartowana |
|  |                   |  |                        |  |                |

**P** Najwięcej przedmiotów obrabianych zalicza się do grupy materiałowej P reprezentowanej w wielu gałęziach przemysłu.

**N** Grupa materiałowa N znajduje zastosowanie przede wszystkim w produkcji samolotów i felg aluminiowych.

**M** Materiały z grupy M są często spotykane w branży petrochemicznej, przetwórczej, w przemyśle rur i kołnierzy oraz w przemyśle farmaceutycznym.

**S** Trudne w obróbce materiały z grupy S stosuje przemysł lotniczy i energetyczny oraz producenci turbin gazowych.

**K** W grupie K przeważają komponenty samochodowe, części maszyn i elementy stosowane w hutnictwie.

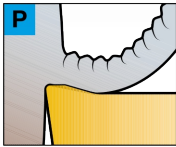
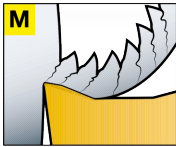
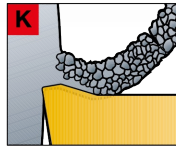
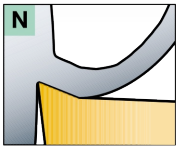
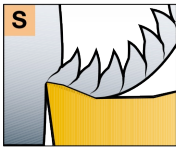
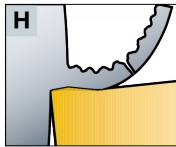
**H** Materiały hartowane z grupy H można spotkać w wielu gałęziach przemysłu, m.in. w rozległym sektorze samochodowym, w branży odlewniczej i w produkcji maszyn.

## Czynniki wpływające na formowanie i odprowadzanie wiórów

Przy ocenie skrawalności materiału należy uwzględnić następujące czynniki:

- Klasyfikację obrabianego materiału ze względu na właściwości metalurgiczne/ mechaniczne.
- Stosowaną mikro- i makrogeometrię ostrza skrawającego.

- Materiał narzędziowy (gatunek), np. węgiel spiekany z pokryciem, ceramika, CBN lub PCD itp. Czynniki te mają niezwykle istotny wpływ na skrawalność materiału.

|   |                   |   |                        |   |                |
|---|-------------------|---|------------------------|---|----------------|
| ISO<br><b>P</b>   | Stal              | ISO<br><b>M</b>   | Stal nierdzewna        | ISO<br><b>K</b>   | Żeliwo         |
|  |                   |  |                        |  |                |
| ISO<br><b>N</b>   | Metale nieżelazne | ISO<br><b>S</b>   | Superstopy żaroodporne | ISO<br><b>H</b>   | Stal hartowana |
|  |                   |  |                        |  |                |

**P** Dla materiałów z grupy ISO P charakterystyczne są długie wióry, stosunkowo płynnie usuwane ze strefy skrawania. Właściwości materiałów zmieniają się w zależności od zawartości węgla.

- Niska zawartość węgla = miękki, przywierający materiał.
- Wysoka zawartość węgla = kruchy materiał.

Siły skrawania i moc niezbędna do obróbki zmieniają się w niewielkim stopniu.

**M** Siły skrawania powstające przy obróbce materiałów z grupy ISO M są większe niż w przypadku zwykłej stali; wytwarzane wióry mają strukturę warstwową, nieregularną. Istnieje wiele rodzajów stali nierdzewnej. Materiały z tej grupy mogą być bardzo podatne lub bardzo odporne na łamanie wióra, w zależności od składu i sposobu hartowania stopu.

**K** Materiały z grupy ISO K mogą formować zarówno wióry krótkie, jak i długie. Przy obróbce materiałów z tej grupy nie wymaga zazwyczaj wysokiej mocy obrabiarek. Należy pamiętać, że wióry powstające przy obróbce bardzo kruchego żeliwa szarego różnią się znacznie od wiórów właściwych dla żeliwa sferoidalnego, przypominających wióry typowe dla stali.

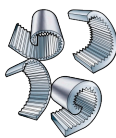
**N** Mimo małego poboru mocy na  $\text{mm}^3$  ( $\text{cal}^3$ ), zaleca się wyliczenie wymaganej mocy maksymalnej ze względu na duży współczynnik usuwania materiału.

**S** Materiały z tej grupy mają zróżnicowane właściwości, ale przy obróbce generowane są przeważnie duże siły skrawania.

**H** Zazwyczaj powstają wióry ciągłe, rozgrzane do czerwoności. Wysoka temperatura sprzyja zmniejszeniu parametru  $k_{C1}$  i jest korzystna dla przebiegu obróbki.

# Złożony świat obróbki skrawaniem

## Parametry wpływające na przebieg skrawania



### Materiał obrabiany

**P**

Stal

**M**

Stal nierdzewna

**K**

Żeliwo

**N**

Metale nieżelazne

**S**

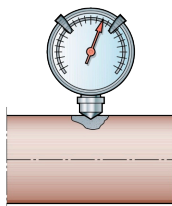
Stopy żaroodporne

**H**

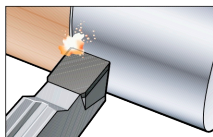
Stal hartowana

Grupy materiałowe ISO podzielone są na sześć różnych typów, z których każdy ma określone właściwości jeśli chodzi o skrawalność.

### Twardość

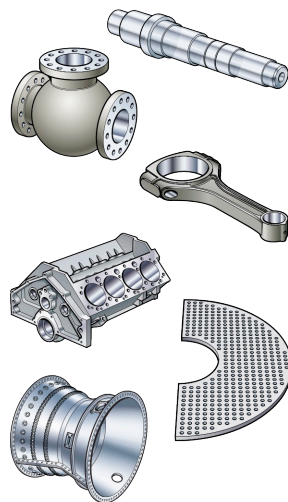


Twardość wg skali Brinella

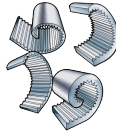


Zazwyczaj istnieje związek między twardością obrabianego materiału i trwałością narzędzia, jak również między parametrami obróbki i rodzajem geometrii oraz gatunkiem. Im większa twardość materiału, tym mniejsza trwałość narzędzia i szybsze zużycie ostrza skrawającego.

### Przedmiot obrabiany



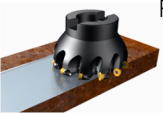
W zależności od kształtu przedmiotu obrabianego, mocowania i sposobu obróbki należy dobrać narzędzia zależnie od różnych zastosowań z zakresu toczenia, frezowania, wiercenia itp.



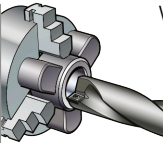
## Zastosowania



Toczenie



Frezowanie



Wiercenie

**R** **H** Zgrubna/  
Ciężka

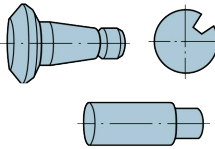
**M** Obróbka średnia

**L** Wykończeniowa/  
Lekka

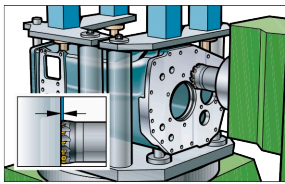
Wyróżniamy trzy podstawowe rodzaje obróbki wymagające użycia różnych narzędzi, płytek i gatunków. Wybór może również zależeć od stopnia obciążenia ostrza skrawającego, od obróbki wykończeniowej do zgrubnej.

## Warunki

Warunki skrawania

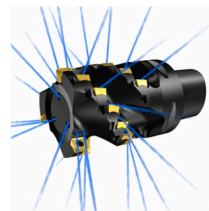


Zamocowanie

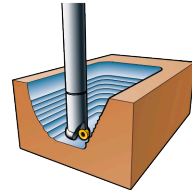


Wszystkie komponenty różnią się wyglądem, kształtem i rozmiarem. Niektóre z nich wymagają odmiernej nastawy oraz zwrócenia szczególnej uwagi na warunki mocowania przedmiotu obrabianego i narzędzia skrawającego.

## Warunki obróbki



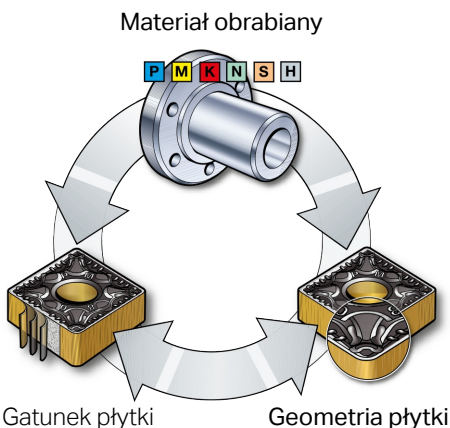
Obróbka z chłodziwem



Obróbka na sucho

Optymalne warunki obróbki dla węglików to praca w stałej, wysokiej temperaturze. Węgliki stanowią zatem najlepszy wybór przy obróbce na sucho, w zależności od wymogów przedmiotu obrabianego i warunków obróbki. Stworzono jednak specjalne gatunki węglikowe przystosowane zarówno do obróbki na sucho jak i na mokro, w zależności od materiału przedmiotu obrabianego i wymogów jakościowych.

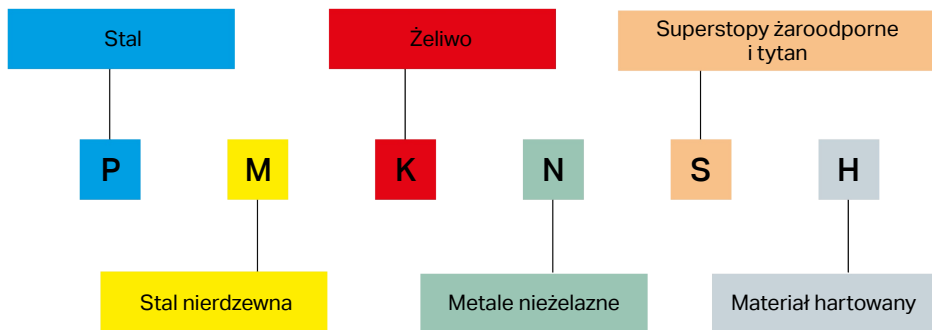
## Zależności między materiałem obrabianym a geometrią i gatunkiem narzędzia do jego obróbki



- Dobór optymalnej geometrii i gatunku do obrabianego materiału to kluczowy warunek udanej obróbki.
- Przy planowaniu cyklu obróbki należy zawsze brać pod uwagę trzy podstawowe czynniki przedstawione obok.
- Kluczem do powodzenia jest wiedza i zrozumienie wzajemnych zależności tych czynników.

## Materiały obrabiane, główne grupy

Materiały są sklasyfikowane przy użyciu kodów MC



Każda grupa materiałów dzieli się na podgrupy w zależności od twardości materiału, współczynnika  $k_{c1}$  oraz właściwości metalurgicznych i mechanicznych.

\* MC = Nowa klasyfikacja materiałów, która zastąpiła kody CMC (Coromant Material Classification).

## Struktura kodów MC

Struktura została opracowana w taki sposób, aby kod MC mógł za pomocą liter i cyfr wyrażać różne cechy i charakterystyki materiału obrabianego.

### Przykład 1:

Kod P1.2.Z.AN ma następujące znaczenie:

P = kod ISO dla stali

1 = grupa materiałów: stal niestopowa

2 = podgrupa materiałów: zawartość węgla  $0.25\% \leq 0.55\% C$

Z = proces produkcji: kute/walcowane/ciągnione na zimno

AN = obróbka cieplna: wyżarzane, dostarczane wraz z wartościami twardości

### Przykład 2:

Kod N1.3.C.UT ma następujące znaczenie:

N = kod ISO dla metali nieżelaznych

1 = grupa materiałów: stopy aluminium

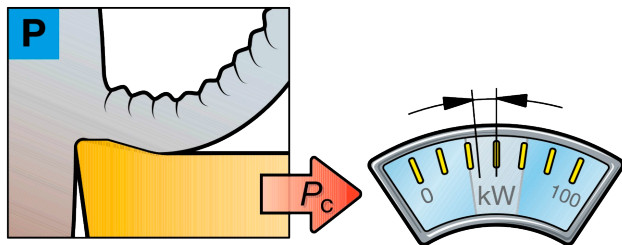
3 = podgrupa materiałów: nieżelazne z zawartością krzemu (Si)  
1-13%

C = proces produkcji: odlewane

UT = bez obróbki termicznej

Dzięki uwzględnieniu nie tylko składu materiału, lecz także procesu produkcji i obróbki cieplnej, które wpływają na właściwości mechaniczne, uzyskano dokładniejszy opis, umożliwiający udzielanie bardziej trafnych zaleceń odnośnie parametrów skrawania.

# Stal ISO P – charakterystyka ogólna



## Właściwości podczas obróbki:

- Długie wióry.
- Stosunkowo łatwa i płynna kontrola wiórów.
- Stal niskowęglowa ma tendencję do przywierania, dlatego zaleca się stosowanie ostrych krawędzi skrawających.
- Opór właściwy skrawania  $k_c$ :  
1500–3100 N/mm<sup>2</sup>  
(217,500–449,500 funtów/cal<sup>2</sup>).
- Siły skrawania i moc obrabiarki dla materiałów z grupy ISO P są umiarkowane.

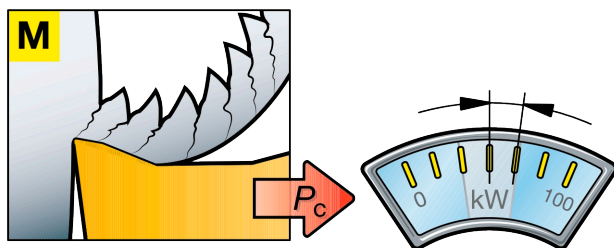
## Czym jest stal?

- Stal to największa grupa obrabianych materiałów.
- Stal może występować w stanie nieulepszonym lub ulepszonym cieplnie o twardości do 400 HB.
- Stal to obrobiony plastycznie stop żelaza z węglem, w którym najważniejszym składnikiem jest żelazo (Fe).
- W stalach niestopowych zawartość węgla wynosi poniżej 0,8%; zawierają one wyłącznie żelazo, bez domieszek innych metali.
- W stali stopowej zawartość węgla nie przekracza 1,7%; ten rodzaj stali zawiera dodatki metali takich jak Ni, Cr, Mo, V, W.

Patrz szczegółowe informacje o kodach MC w katalogach produktów.

| ISO      | MC | Materiał   |
|----------|----|--|
| <b>P</b> | P1 | Stal niestopowa                                      |
|          | P2 | Stal niskostopowa<br>(ilość dodatków stopowych ≤5%)  |
|          | P3 | Stal wysokostopowa<br>(ilość dodatków stopowych >5%) |
|          | P4 | Spieki stalowe                                       |

# Stal nierdzewna ISO M – charakterystyka ogólna



## Właściwości podczas obróbki:

- Długie wióry.
- Dobra kontrola wióra w stalach ferrytycznych, trudna w stalach austenitycznych i typu duplex.
- Opór właściwy skrawania:  
1800–2850 N/mm<sup>2</sup>  
(261,000–413,250 funtów/cal<sup>2</sup>).
- Podczas obróbki generowane są duże siły skrawania, tworzy się narost, wydzielana się duża ilość ciepła oraz występuje utwardzenie na powierzchni przedmiotu.

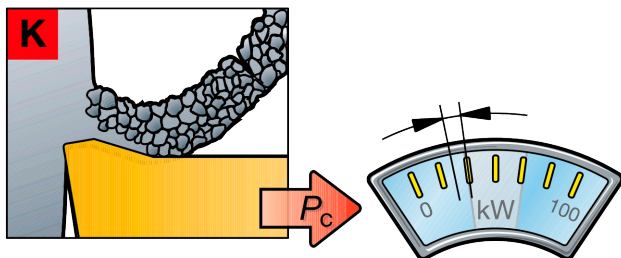
## Czym jest stal nierdzewna?

- Stal nierdzewna to stopy o zawartości przynajmniej 11–12% chromu.
- Zawartość węgla w tych stopach jest zazwyczaj niska (maks. 0.01%).
- W stalach tych stosuje się dodatki niklu (Ni), molibdenu (Mo) i tytanu (Ti).
- Warstwa Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> na powierzchni stopu zabezpiecza go przed korozją.

Patrz szczegółowe informacje o kodach MC w katalogach produktów.

| ISO      | MC | Materiał                                   |
|----------|----|--|
| <b>M</b> | P5 | Ferrytyczna/martensytyczna stal nierdzewna |
|          | M1 | Austenityczne stale nierdzewne             |
|          | M2 | Superaustenityczne, Ni≥20%                 |
|          | M3 | Duplex (austenityczno-ferrytyczne)         |

# Żeliwo ISO K – charakterystyka ogólna



## Właściwości podczas obróbki:

- Materiał dający krótkie wióry.
- Dobra kontrola wiórów w każdych warunkach.
- Opór właściwy skrawania: 790–1350 N/mm<sup>2</sup> (114,550–195,750 funtów/cal<sup>2</sup>).
- Obróbka z dużymi prędkościami skrawania prowadzi do zużycia ściernego.
- Umiarkowane siły skrawania.

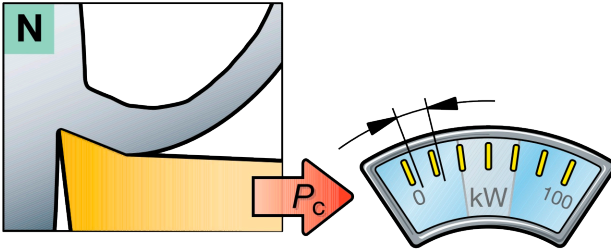
## Czym jest żeliwo?

- Istnieją trzy podstawowe typy żeliwa: szare (GCI), sferoidalne (NCI) i wermikularne (CGI).
- Żeliwo to stop żelaza z węglem o dość dużej zawartości krzemu (Si) (1–3%).
- Zawartość węgla wynosi ponad 2% – jest to maksymalny współczynnik rozpuszczalności węgla w fazie austenitycznej.
- Chrom (Cr), molibden (Mo) i wanad (V) tworzą węgliki, które zwiększają twardość i wytrzymałość żeliwa, ale obniżają jego skrawalność.

Patrz szczegółowe informacje o kodach MC w katalogach produktów.

| ISO      | MC | Materiał   |
|----------|----|--|
| <b>K</b> | K1 | Żeliwo ciągliwe                                  |
|          | K2 | Żeliwo szare                                     |
|          | K3 | Żeliwo sferoidalne                               |
|          | K4 | Żeliwo o zwartym graficie (CGI)                  |
|          | K5 | Żeliwo sferoidalne hartowane izotermicznie (ADI) |

# Materiały nieżelazne ISO N – charakterystyka ogólna



## Właściwości podczas obróbki:

- Długie wióry.
- W przypadku stopów kontrola wiórów jest stosunkowo łatwa.
- Aluminium (Al) ma tendencję do przywierania, dlatego zaleca się stosowanie ostrych krawędzi skrawających.
- Opór właściwy skrawania:  
350–700 N/mm<sup>2</sup>  
(50,750–101,500 funtów/cal<sup>2</sup>).
- Siły skrawania i moc obrabiarki dla materiałów z grupy ISO N są umiarkowane.

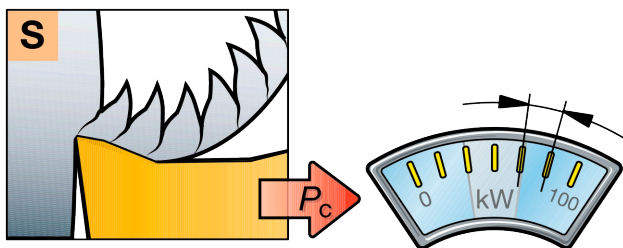
## Czym są materiały nieżelazne?

- Do tej grupy należą miękkie metale niezawierające żelaza o twardości poniżej 130 HB.
- Przeważają stopy aluminium (Al) o maksymalnej zawartości krzemu (Si) do 22%.
- Miedź, brązy, mosiądze.
- Tworzywa sztuczne.
- Kompozyty (Kevlar).

| ISO      | MC | Materiał                 |
|----------|----|--------------------------|
| <b>N</b> | N1 | Stopy na bazie aluminium |
|          | N2 | Stopy na bazie magnezu   |
|          | N3 | Stopy na bazie miedzi    |
|          | N4 | Stopy na bazie cynku     |

Patrz szczegółowe informacje o kodach MC w katalogach produktów.

# Superstopy żaroodporne i tytan ISO S charakterystyka ogólna



## Właściwości podczas obróbki:

- Długie wióry.
- Problemy z kontrolą wiórów (wióry segmentowe).
- Kąt natarcia ujemny dla płytek ceramicznych, dodatni dla płytek węglkowych.
- Opór właściwy skrawania:  
Dla superstopów żaroodpornych:  
2400–3100 N/mm<sup>2</sup>  
(348,000–449,500 funtów/cal<sup>2</sup>).

Dla tytanu:  
1300–1400 N/mm<sup>2</sup>  
(188,500–203,000 funtów/cal<sup>2</sup>).

- Dość duże siły skrawania i pobór mocy.

Patrz szczegółowe informacje o kodach MC w katalogach produktów.

## Czym są superstopy żaroodporne?

- Do superstopów żaroodpornych (HRSA) zalicza się wiele wysokostopowych materiałów na bazie żelaza, niklu, kobaltu lub tytanu.

Grupy stopów: na bazie żelaza (Fe), na bazie niklu (Ni), na bazie kobaltu (Co)

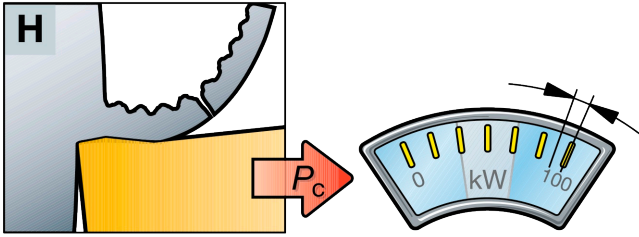
Warunki: wyżarzane, przesycone w obróbce cieplnej, starzone walcowane, kute, odlewane.

## Właściwości:

- Większy dodatek stopowy (większa zawartość Co niż Ni) przekłada się na większą odporność cieplną, wytrzymałość na rozciąganie i odporność na korozję.

| ISO      | MC | Materiał                 |
|----------|----|--------------------------|
| <b>S</b> | S1 | Stopy na bazie żelaza    |
|          | S2 | Stopy na bazie niklu     |
|          | S3 | Stopy na bazie kobaltu   |
|          | S4 | Stopy na bazie tytanu    |
|          | S5 | Stopy na bazie wolframu  |
|          | S6 | Stopy na bazie molibdenu |

# Stal hartowana ISO H – charakterystyka ogólna



## Właściwości podczas obróbki:

- Długie wióry.
- Dobra kontrola wiórów.
- Wymagany ujemny kąt natarcia.
- Opór właściwy skrawania:  
2550–4870 N/mm<sup>2</sup>  
(369,750–706,150 funtów/cal<sup>2</sup>).
- Dość duże siły skrawania i pobór mocy.

## Czym jest stal hartowana?

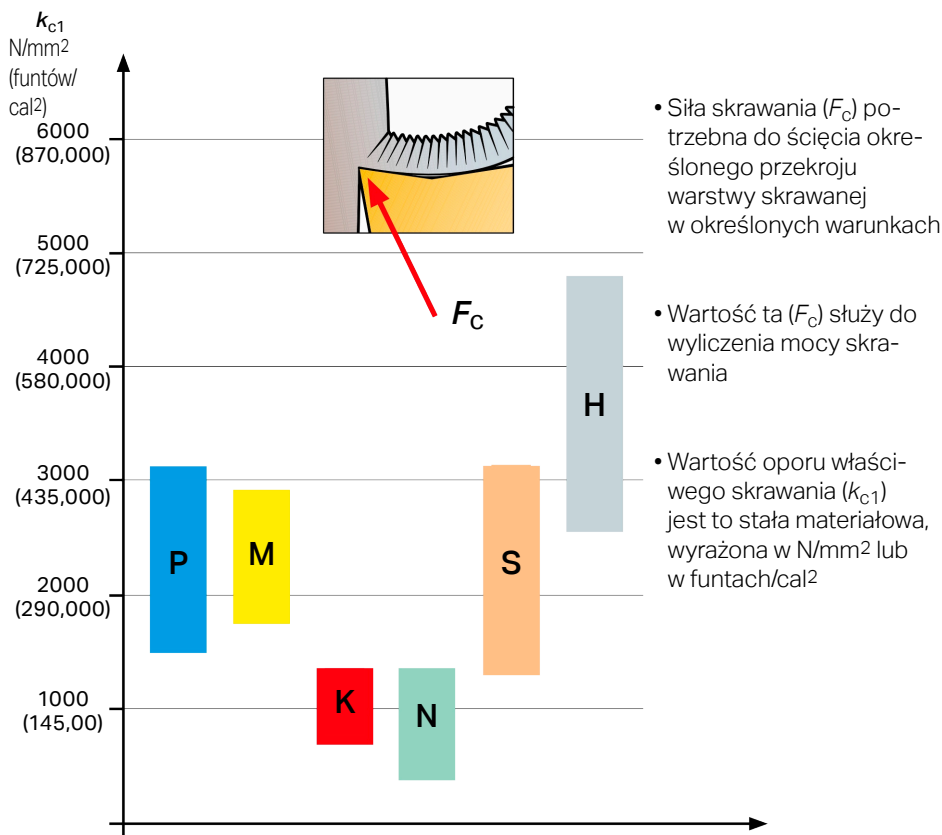
- Stal hartowana to najmniej liczna grupa obrabianych materiałów.
- Do tej grupy należą stale hartowane i odpuszczane o twardości od 45 do 65 HRC.
- Zazwyczaj twardość obrabianych komponentów mieści się w zakresie 55–68 HRC.

Patrz szczegółowe informacje o kodach MC w katalogach produktów.

| ISO      | MC | Materiał          |
|----------|----|-------------------|
| <b>H</b> | H1 | Stale (45-65 HRC) |
|          | H2 | Żeliwo zabilone   |
|          | H3 | Stellit           |
|          | H4 | Ferro-TiC         |

## Opór właściwy skrawania $k_{c1}$

$k_{c1}$  – wartość tabelaryczna  $k_c$  dla grubości warstwy skrawanej 1 mm (.0394")



Patrz szczegółowe obliczenia w rozdziale dotyczącym wzorów.

Wartości  $k_{c1}$  mierzone w N/mm<sup>2</sup> (funtach/cal<sup>2</sup>)

**P** 1500 – 3100  
(217,500 – 449,500)

**N** 350 – 1350  
(50,750 – 195,750)

**M** 1800 – 2850  
(261,000 – 413,250)

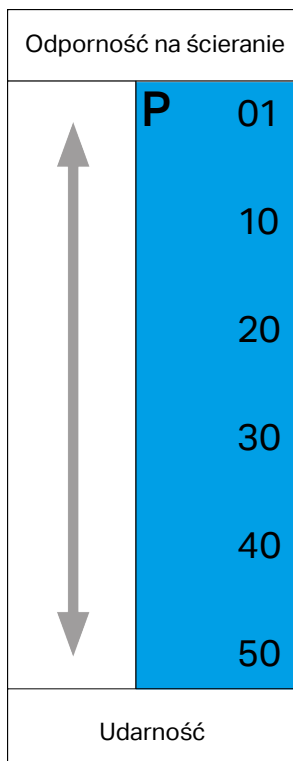
**S** 1300 – 3100  
(188,500 – 449,500)

**K** 790 – 1350  
(114,550 – 195,750)

**H** 2550 – 4870  
(369,750 – 706,150)

# Terminologia ISO w grupie materiałów ISO P

## Rodzaje i warunki obróbki



P01: Wewnętrzne i zewnętrzne toczenie wykończeniowe; duża prędkość skrawania; mały obszar łamania wióra; dobra jakość wykończenia powierzchni; ścisłe tolerancje; brak drgań.

P10: Toczenie; toczenie kopiowe; toczenie gwintów; frezowanie; duża prędkość skrawania; mały i średni obszar łamania wióra.

P20: Toczenie; toczenie kopiowe; średnia prędkość skrawania; planowanie z małą powierzchnią wióra; przeciętne i trudne warunki obróbki.

P30: Toczenie; frezowanie; planowanie; średnia i mała prędkość skrawania; średni i duży obszar łamania wióra; ciężkie warunki obróbki.

P40: Toczenie; planowanie; frezowanie; przecinanie; toczenie rowków; mała prędkość skrawania; duży obszar łamania wióra; duży kąt odpadania wióra; ciężkie warunki obróbki.

P50: W zastosowaniach wymagających dużej udarności narzędzia w toczeniu, planowaniu, toczeniu rowków, przecinania; mała prędkość skrawania, duży obszar łamania wióra, duży kąt odpadania wióra, bardzo ciężkie warunki obróbki.

Powyższy wykres dotyczy grupy materiałów ISO P. Zależności te mają zastosowanie także dla innych grup materiałów M, K, N, S, H.

A

Wytwarzanie węglików spiekanych

Toczenie

B

Przecinanie i  
obróbka rowków

C

Obróbka gwintów

D

Frezowanie

E

Wiercenie

F

Wytaczanie

G

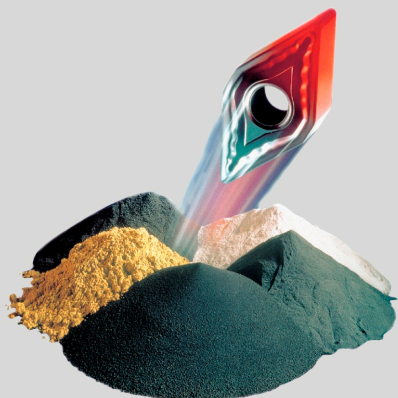
Systemy moc-  
wania

H

Skrawalność  
Inne informacje

## Wytwarzanie węglików spiekanych

Produkcja płytek węglkowych to niezwykle starannie zaprojektowany proces, w którym geometria i gatunek tworzą krawędź skrawającą zapewniającą najlepszą wydajność płytki dla danego zastosowania..



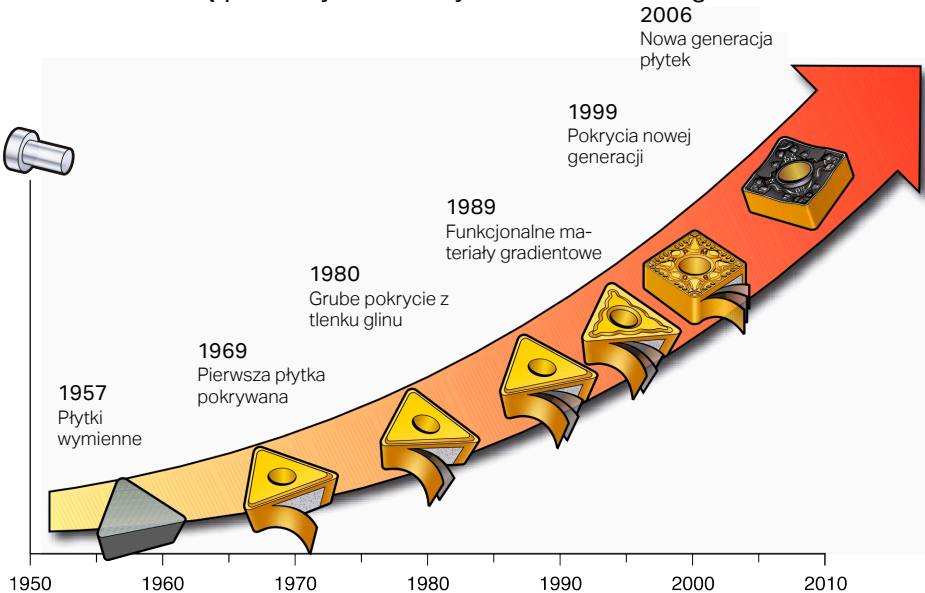
## Rozwój materiałów do produkcji narzędzi

Poprzez ciągłe rozwijanie podłoży, pokryć i geometrii możliwe jest zwiększanie produktywności i oszczędności dla użytkownika końcowego.

Znaczny postęp w dziedzinie produktywności miał miejsce w latach 60. i 70., kiedy wprowadzono pierwsze pokrycia.

Kolejne etapy rozwoju to wprowadzanie zaawansowanych podłoży, nowych geometrii i kształtów krawędzi, nowych technologii pokrywania i obróbki wykańczającej krawędzi po nałożeniu pokrycia.

### Kształtowanie się produktywności użytkownika końcowego



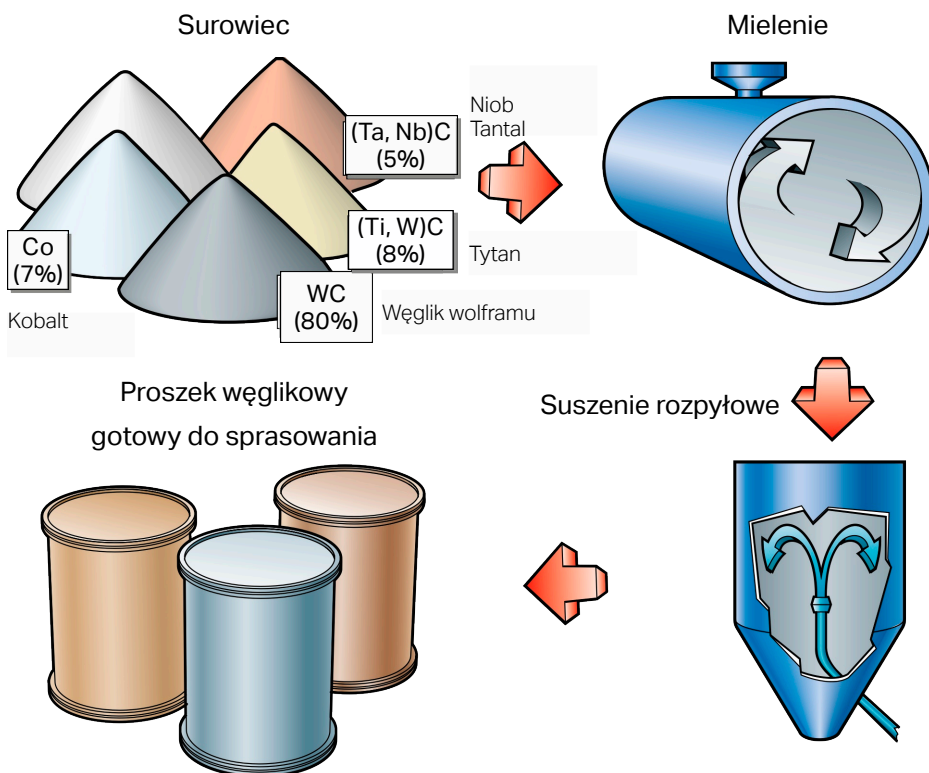
## Wytwarzanie proszku węglkowego

Płytkę węglkową tworzą dwa podstawowe składniki:

- węgiel wolframu (WC)
- kobalt (Co)

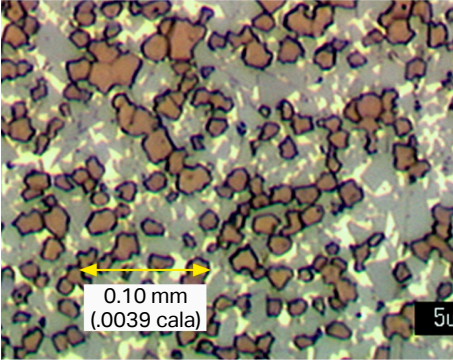
Inne materiały stosowane w płytkach węglkowych to węgliki tytanu, tantalu i niobu. Gatunki różnią się między sobą rodzajem stosowanego proszku węglkowego i składem procentowym składników.

Proszek jest mielony i suszony rozpytowo, przesiewany i wsypywany do pojemników.



## Proszek wolframu

### Wielkość ziaren węglika wolframu

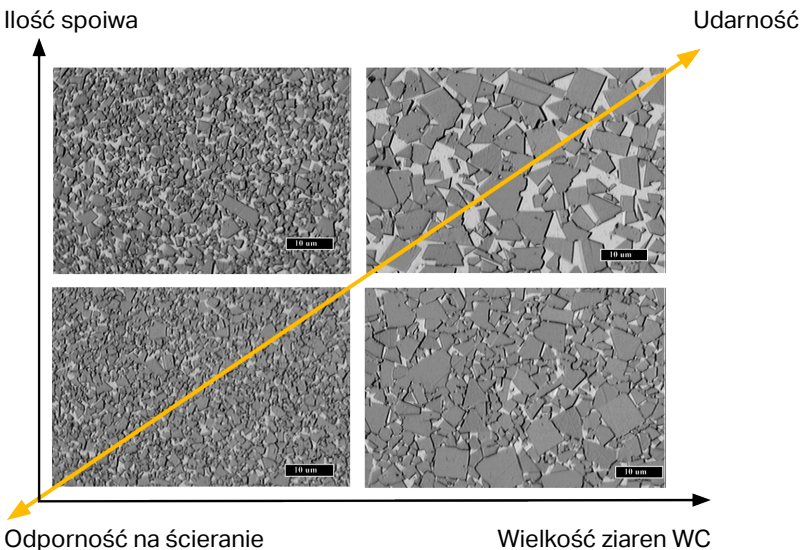


Podstawowy surowiec do produkcji węglików spiekanych stanowi koncentrat rudy wolframu. Proszek wolframowy wytwarzany jest z trójtlenku wolframu uzyskiwanego na drodze reakcji chemicznych z surowca. Zmieniając warunki redukcji, można uzyskać proszek wolframowy o różnej wielkości ziaren. Po osuszeniu ziarna węglkowe są małe i mają różną wielkość w zależności od gatunku.

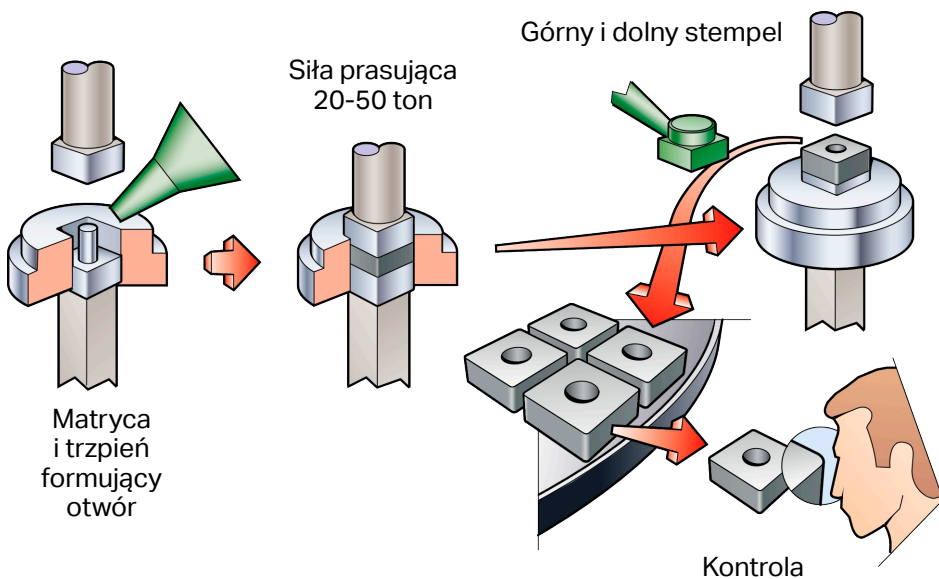
## Podstawowe właściwości węglików spiekanych

Niezależnie od wielkości ziaren węglika wolframu (WC), istotnym czynnikiem wpływającym na właściwości węglika jest ilość spoiwa. Zwiększanie zawartości kobaltu, wraz ze wzrostem rozmiaru ziaren węglika wolframu (WC), poprawia udarność przy

jednoczesnym obniżeniu twardości, co zmniejsza odporność podłoża na zużycie.



# Prasowanie proszku



Do prasowania stosuje się kilka elementów:

- Górny i dolny stempel
- Trzpień formujący otwór
- Matryca.

Technologia prasowania:

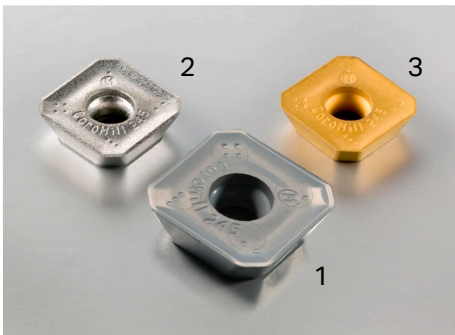
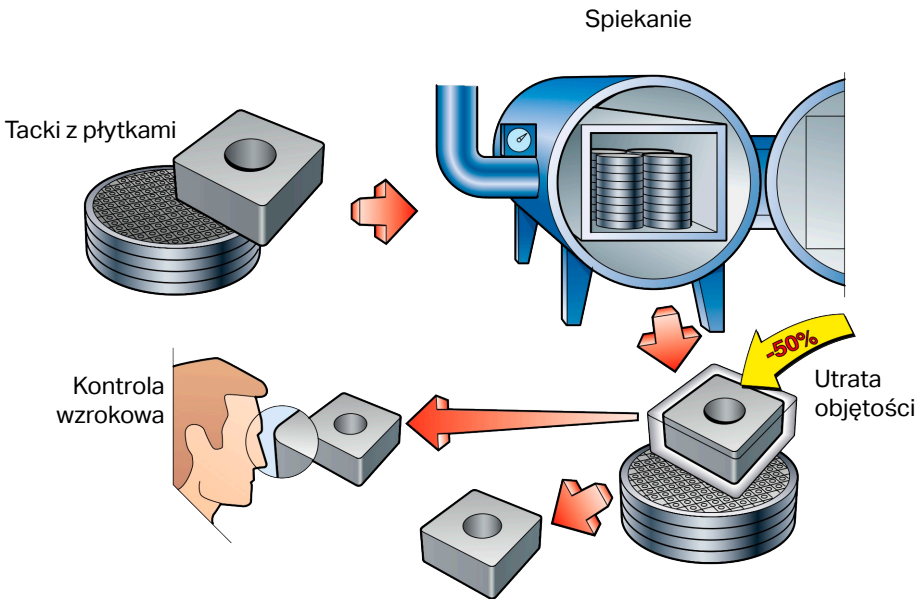
- Proszek jest wsypywany do komory
- Górny i dolny stempel zbliżają się, działając siłą 20-50 ton
- Płytką jest chwyтана przez manipulator i umieszczana na grafitowej tacce
- Wykonywany jest pomiar wagi losowo wybranej płytki.

Porowatość płytki na tym etapie wynosi 50%.

## Spiekanie sprasowanych płytek

Spiekanie przebiega w następujący sposób:

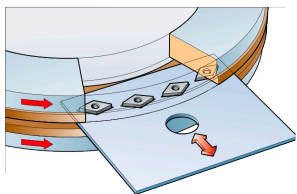
- Tacki z płytkami są umieszczane w piecu próżniowym.
- Temperatura w piecu wzrasta do  $\sim 1400^{\circ}\text{C}$  ( $\sim 2550^{\circ}\text{F}$ ).
- Kobalt rozpuszcza się i spaja ziarna
- Każdy wymiar płytki zmniejsza się o 18%, w sumie płytka kurczy się o ok. 50% objętości.



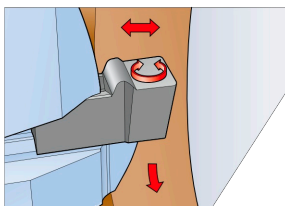
1. Płytką przed spiekaniem
2. Płytką po spiekaniu
3. Płytką z pokryciem

## Różne warianty procesu szlifowania

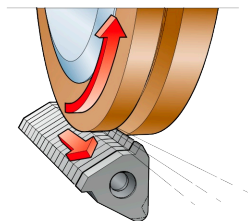
Od góry i od dołu



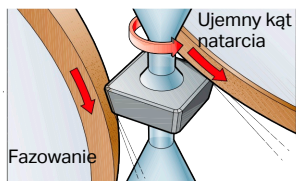
Swobodne profilowanie



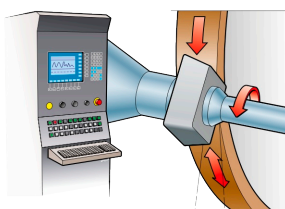
Profilowanie



Fazowanie – ujemny kąt natarcia

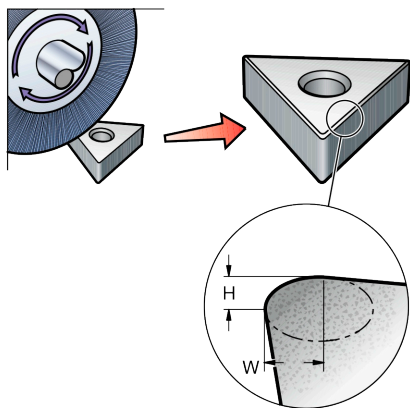


Peryferyjna



## Wzmocnienie krawędzi skrawającej

Mikrogeometria płytki jest ostatecznie kształtowana przez zaokrąglenie krawędzi skrawającej.

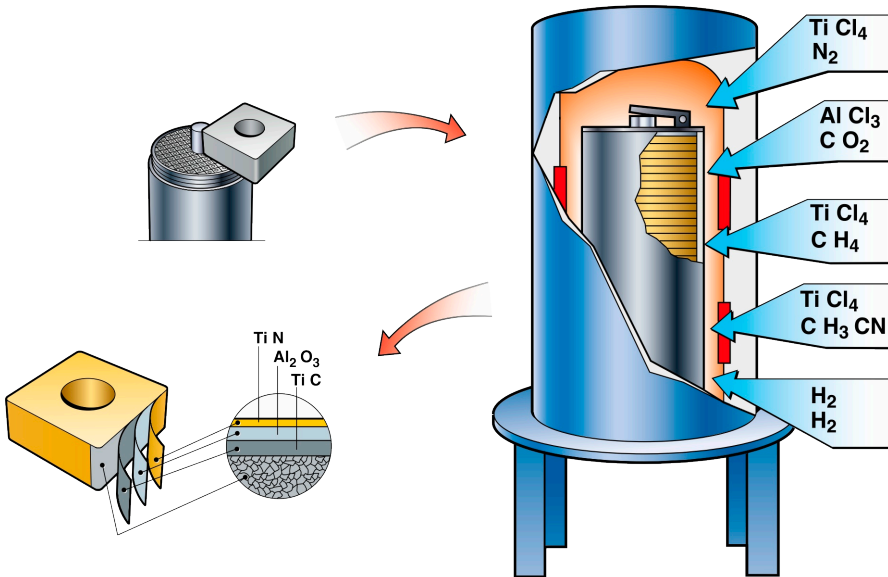


- Krawędź jest zaokrąglana przed nałożeniem pokrycia.
- Zależność między szerokością a wysokością zaokrąglenia zależy od zastosowania.

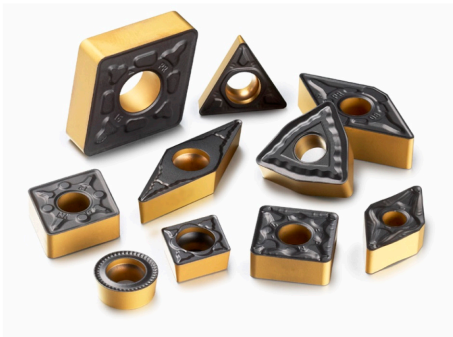
Średnica zaokrąglenia krawędzi wynosi tyle, co średnica włosa:  $\sim 80 \mu\text{m}$  ( $\sim .0031$  cala).

## CVD – Osadzanie chemiczne z fazy gazowej

Płytki ułożone w stos są umieszczane w piecu, do komory wprowadza się mieszaninę gazów, przewody zostają opróżnione, po czym wprowadzona zostaje kolejna porcja gazów. Procedura ta jest powtarzana do momentu, aż wszystkie warstwy powłoki zostaną nałożone. Proces wykonywany jest w temperaturze ok. 900°C (1650°F) przez 30 godzin. Grubość powłoki to ok. 2-20 mikrometrów (.00008-.0008 cala).



### Zalety powłok nakładanych metodą CVD

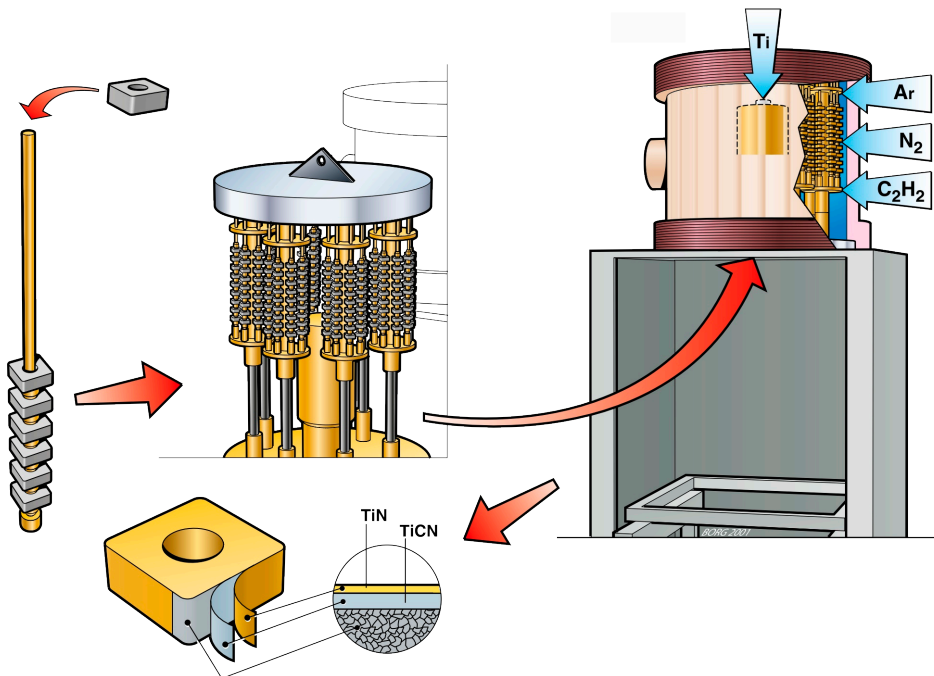


- Możliwość nakładania grubych powłok.
- Możliwość nakładania wyrównanej warstwy powłoki.
- Bardzo dobre przyleganie do podłoża węglkowego.
- Bardzo dobra odporność na ścieranie.
- Możliwość nakładania powłok tlenkowych.

## PVD – Osadzanie fizyczne z fazy gazowej

Płytki na tackach umieszcza się w komorze do nakładania pokryć. Metalowe elektrody źródłowe umieszcza się na ściankach komory reakcyjnej. Najbardziej popularnym metalem źródłowym jest tytan (Ti). Elektrody są ogrzewane do temperatury jonizacji metalu.

Jony z elektrod są przenoszone na płytki na cząsteczkach gazu. W miarę schładzania płytek jony osadzają się na ich powierzchni, tworząc pokrycie.



Grubość pokrycia to 2-6 mikrometrów (.00008-.0002 cala) w zależności od zakresu zastosowań płytki.

TiN, Ti(C,N), (Ti,Al)N, (Ti,Al,Cr)N i tlenki glinu to pokrycia najczęściej nakładane metodą PVD.

Zalety pokryć nakładanych metodą PVD

- Metoda PVD pozwala uzyskać dużą udatność ostrza.
- Metoda PVD pozwala zachować ostrość ostrza skrawającego.
- Metoda PVD może być stosowana na końcówkach lutowanych.
- Metoda PVD może być stosowana na narzędziach z węglików spiekanych.

## Pokrycia nakładane metodą PVD i CVD

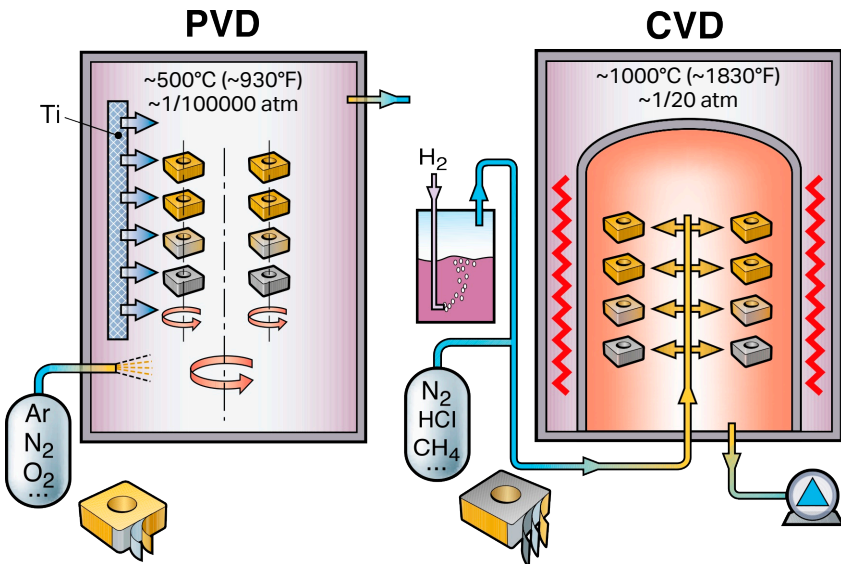
### PVD (osadzanie fizyczne z fazy gazowej)

W metodzie PVD pokrycie powstaje w wyniku osiadania oparów metalu na powierzchni płytki. W ten sam sposób w wyniku kondensacji wilgotnego powietrza na zimnej drodze powstaje warstewka lodu.

W metodzie PVD pokrycie powstaje w dużo niższej temperaturze niż w przypadku metody CVD. Typowa temperatura technologiczna w metodzie PVD wynosi ok. 500°C (930°F). Grubość pokrycia to 2-6 mikrometrów (.00008-.0002 cala) w zależności od zakresu zastosowań płytki.

### CVD (osadzanie chemiczne z fazy gazowej)

W metodzie CVD pokrycie powstaje w wyniku reakcji chemicznej kilku gazów. Temperatura, czas, przepływ i skład gazów są ściśle monitorowane w celu regulacji procesu osadzania warstw. W zależności od rodzaju pokrycia temperatura w komorze reakcyjnej wynosi od 800 do 1100 stopni Celsjusza (od 1470 do 2000°F). Grubsze pokrycie wymaga dłuższego czasu nakładania. Najcieńsze pokrycie nakładane metodą CVD może mieć grubość niecałych 4 mikrometrów (.00016 cala), najgrubsze – ponad 20 mikrometrów (.0008 cala).

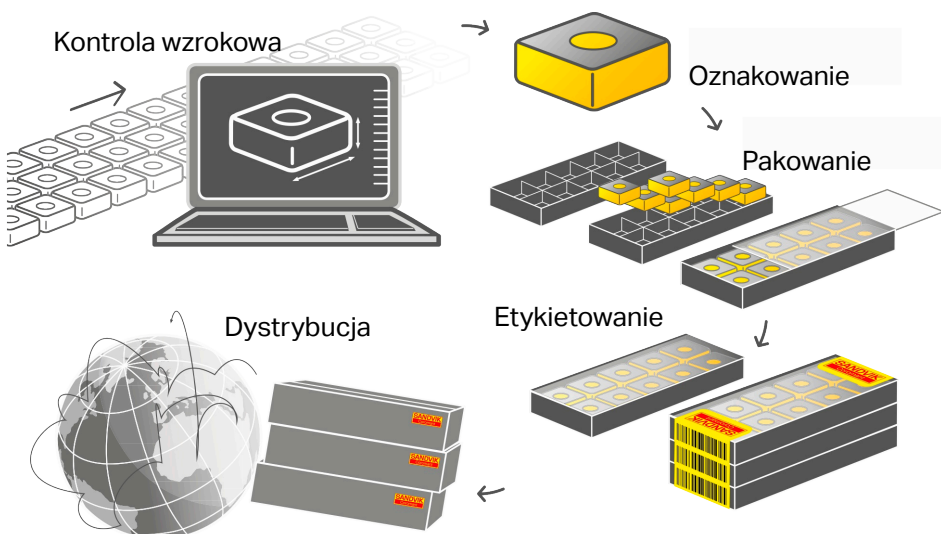


- Cieńsze pokrycie
- Ostrzejsze krawędzie
- Większa udarność

- Grubsze pokrycie
- Większa odporność na ścieranie
- Odporność cieplna

## Kontrola wzrokowa, oznaczenie i pakowanie

Przed zapakowaniem każda płytką jest ponownie sprawdzana i porównywana z wzorcem i zamówieniem partii. Za pomocą lasera płytką jest znakowana odpowiednim gatunkiem, po czym zostaje umieszczona w szarym pudełku z drukowaną etykietą. Płytką jest teraz gotowa do wysyłki do klienta.



## Krawędź skrawająca

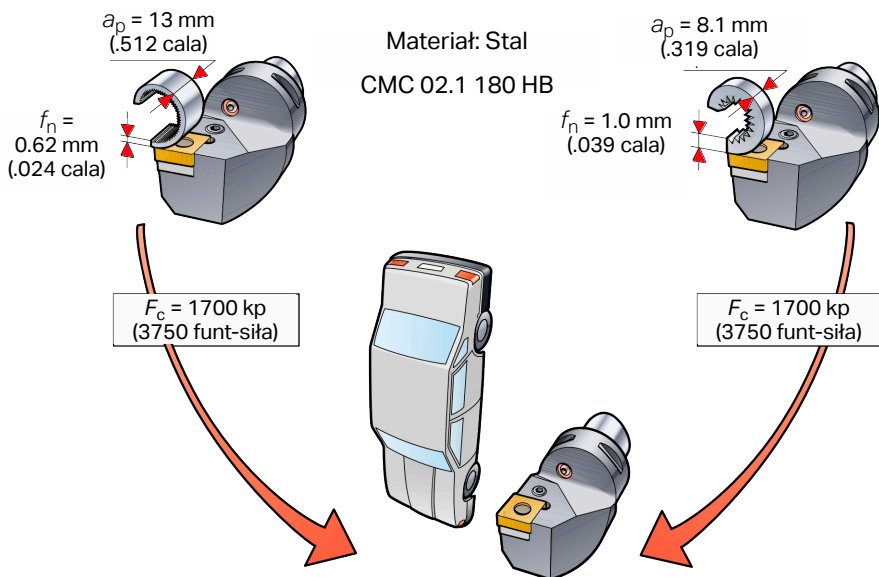
Kształt krawędzi skrawającej i geometrii płytki ma kluczowe znaczenie dla formowania wióra, trwałości narzędzia i parametrów posuwu podczas obróbki.



## Duża siła skrawania działająca na krawędź skrawającą

Węglik spiekany charakteryzuje się dużą wytrzymałością na ściskanie i nie ulega deformacji plastycznej pod wpływem wysokiej temperatury. Przy dobrym podparciu płytki węglak nie łamie się nawet pod wpływem dużych sił skrawania ( $F_c$ ).

Aby ułatwić zrozumienie, w jak ciężkich warunkach pracuje krawędź skrawająca, poniżej zamieszczono dwa przykłady różnych warunków działających na narzędzie skrawające. W obu przypadkach na krawędź skrawającą wywierana jest mniej więcej ta sama siła skrawania ( $F_c$ ).



Siła styczna działająca w przedstawionych przypadkach jest porównywalna z ciężarem samochodu osobowego.

Obliczanie  $F_c$  dla materiału wg MC z grupy P2 (stal niskostopowa) o twardości 180 HB  
Opór właściwy skrawania  $k_{c1} = 2100 \text{ N/mm}^2$  (304,563 funta/cal<sup>2</sup>)

$$F_c = k_{c1} \times a_p \times f_n$$

$$F_c = 2100 \text{ N/mm}^2 \times 13 \text{ mm} \times 0.62 \text{ mm} = 16926 \text{ niutonów (N)} = 1700 \text{ kp}$$

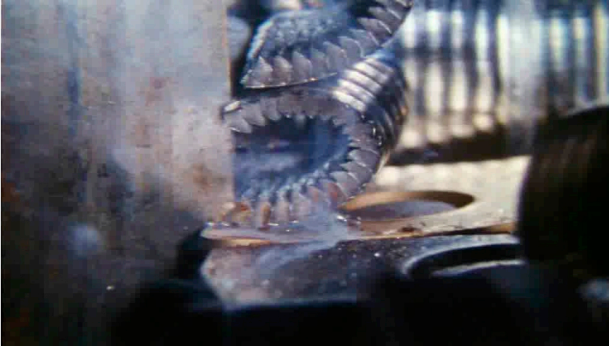
$$F_c = 304,563 \text{ funtów/cal}^2 \times .512'' \times .024'' = 3742 \text{ funt-siła (lbf)} = 1700 \text{ kp}$$

1 lbf = 0.4535 kilogram-siła (kg),

1 N = 0.101 kg

kp = kilogram-siła

## Obróbka zaczyna się od ostrza skrawającego

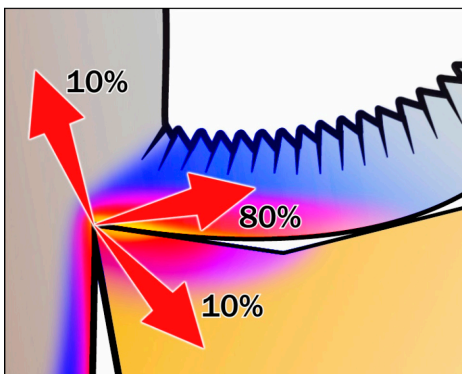


Typowy przebieg łamania wióra sfilmowany superszybką kamerą.

## Temperatura w strefie skrawania

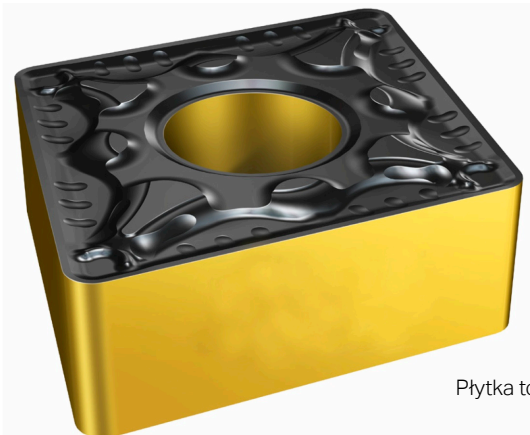
Największa ilość ciepła powstaje podczas obróbki na powierzchni płytki, 1000°C (1832°F), w obszarze łamacza wióra i w pobliżu ostrza skrawającego.

Jest to obszar, gdzie występują największe odkształcenia materiału, co w połączeniu z tarcim wióra o powierzchnię płytki powoduje powstawanie wysokiej temperatury.



- Kąt natarcia, geometria i posuw odgrywają ważną rolę w procesie formowania wiórów.
- Kluczowe znaczenie ma odprowadzanie wysokiej temperatury ze strefy skrawania przez wióry (80%).
- Pozostałe ciepło oddawane jest równomiernie do przedmiotu i narzędzia.

## Konstrukcja nowoczesnej płytki



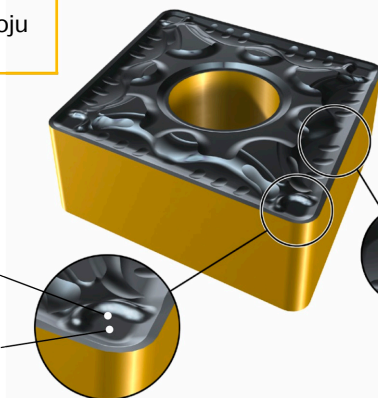
Płytki tokarska do obróbki stali.

## Określenia i definicje związane z geometrią płytki

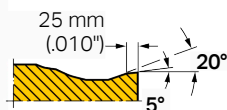
## Geometria w przekroju promienia naroża

Makrogeometria z łamaczem wiórów

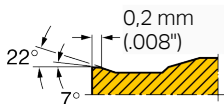
Geometria do małych głębokości skrawania



## Geometria w przekroju głównej krawędzi skrawającej

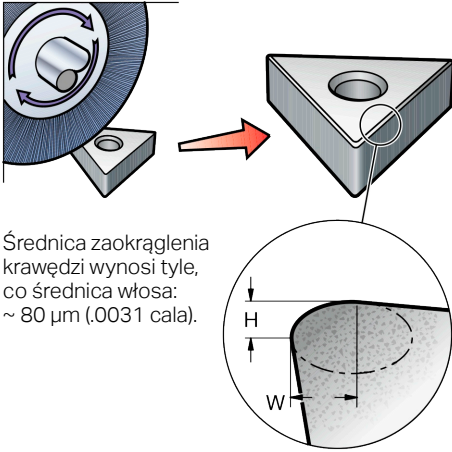


- Ścin wzmocniający o szerokości 0,25 mm (.010")
- Kąt natarcia 20°
- Kąt ścina 5°



## Wzmocnienie krawędzi skrawającej

Mikrogeometria płytki jest ostatecznie kształtowana przez zaokrąglenie krawędzi skrawającej.

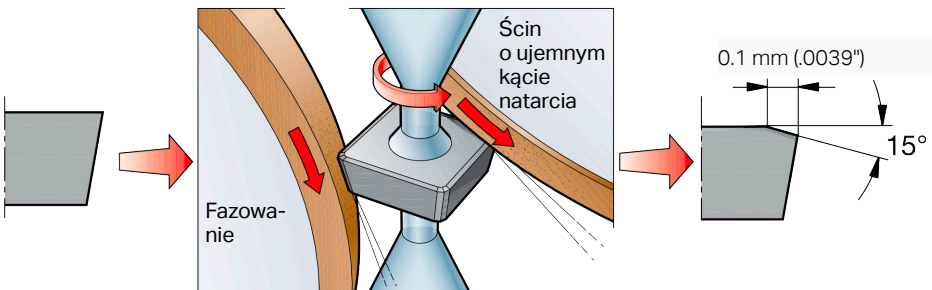


Średnica zaokrąglenia krawędzi wynosi tyle, co średnica włosa:  $\sim 80 \mu\text{m}$  (.0031 cala).

- Zaokrąglenie ostrza ER (Edge Roundness) wykonuje się przed powlekaniami, dzięki czemu krawędź skrawająca uzyskuje ostateczny kształt (mikrogeometrię).
- Zależność między szerokością a wysokością zaokrąglenia zależy od zastosowania.

## Ścin o ujemnym kącie natarcia wzmacnia krawędź

Płytki do frezowania często posiadają ścin o ujemnym kącie natarcia i wzmocnione naroża, co zwiększa jego wytrzymałość i bezpieczeństwo w obróbce przerywanej.

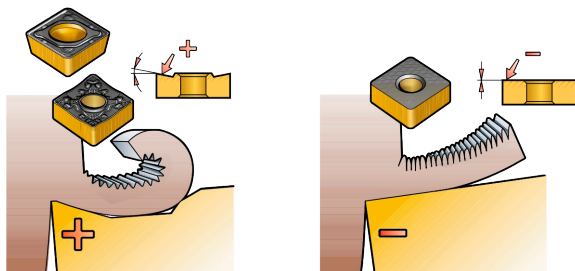


- Ścin o ujemnym kącie natarcia wzmacnia krawędź, lecz także tworzy większe siły skrawania.

## Kąt natarcia płytki

Rozróżnia się dodatni i ujemny kąt natarcia.

W związku z tym istnieją ujemne i dodatnie płytki, których kąty przyłożenia wynoszą zero lub plus kilka stopni. Wartość ta determinuje, w jaki sposób można przechylić płytkę w uchwycie narzędziowym, co daje w rezultacie ujemny lub dodatni kąt natarcia.



### Dodatnia i ujemna akcja skrawania

W obróbce tokarskiej potrzeba wytrzymałej krawędzi skrawającej, nadającej się do długich, ciągłych przejść, często w wysokiej temperaturze. Z tych względów, krawędź powinna dobrze realizować łamanie wiórów oraz być odporna na różne rodzaje zużycia i deformację plastyczną.

Frezowanie zawsze przebiega w sposób przerywany, dlatego krawędź powinna cechować się dużą udarnością i odpornością na wykruszenia. Przy dużych zmianach temperatury wynikających z przerywanego charakteru obróbki istotna jest też odporność na pęknięcia cieplne.

Krawędź płytek używanych do wiercenia musi być mocna, odpowiednia do obróbki z bardzo małymi a nawet zerowymi pręd-

- Kąt natarcia płytki zawiera się między czołem płytki a linią poziomą wytyczoną z przedmiotu obrabianego.

kościami skrawania, jakie występują w osi wiertła.

Podczas wiercenia przeważnie stosuje się chłodziwo, głównie do odprowadzania wiórów, przez co krawędź narażona jest dodatkowo na częste zmiany temperatury. Wióry powinny łamać się na krótkie odcinki, aby ich odprowadzanie z wierconego otworu i dalej przez wąskie rowki odbywało się sprawnie.

# Najwyższe osiągi w obróbce skrawaniem

## Płytki dedykowane do różnych zastosowań

Istnieją duże różnice wymagań co do geometrii i gatunku płytek pomiędzy płytkami stosowanymi do toczenia, frezowania i wiercenia.

P

M

K

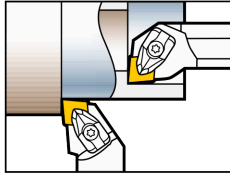
N

S

H

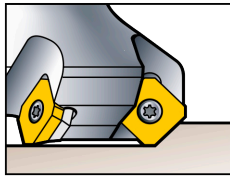


### Toczenie



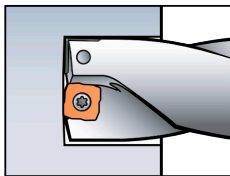
- W obróbce tokarskiej potrzeba wytrzymałej krawędzi skrawającej, nadającej się do długich, ciągłych przebiegów, często w wysokiej temperaturze.
- Dobre łamanie wiórów.
- Duża odporność na różne rodzaje zużycia i deformację plastyczną.

### Frezowanie



- Obróbka zawsze przebiega w sposób przerywany, dlatego krawędź powinna cechować się dużą udarnością i odpornością na wykruszenia.
- Przy dużych zmianach temperatury wynikających z przerywanego charakteru obróbki istotna jest też odporność na pęknięcia cieplne.

### Wiercenie

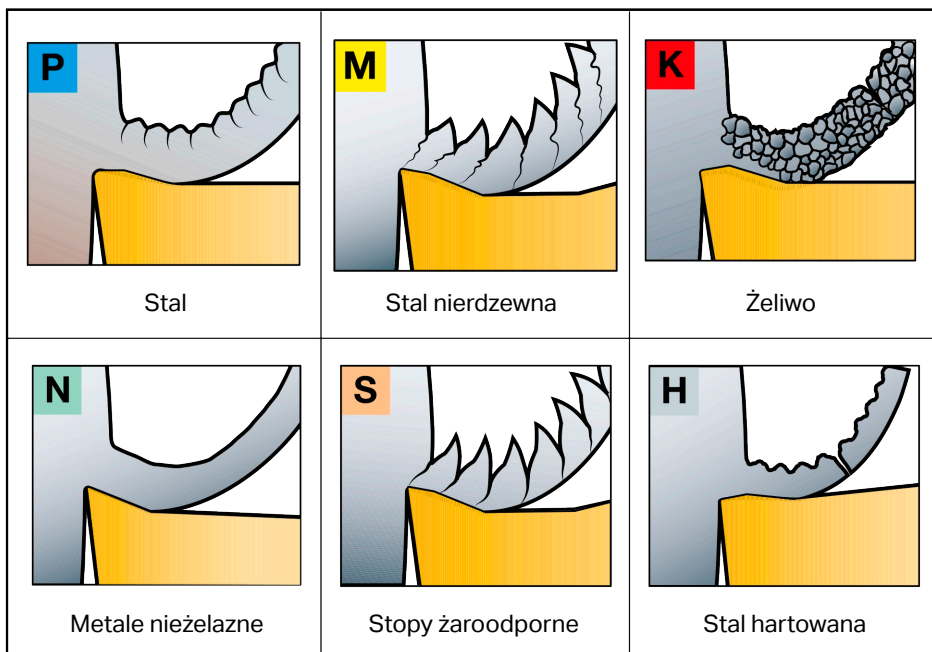


- Krawędź płytek używanych do wiercenia musi być mocna, odpowiednia do obróbki z bardzo małymi a nawet zerowymi prędkościami skrawania, jakie występują w osi wiertła.
- Chłodziwo stosowane głównie w celu odprowadzania wiórów naraża krawędź na częste zmiany temperatury.
- Wióry powinny łamać się na krótkie odcinki, aby ich odprowadzanie z wierconego otworu i dalej przez wąskie rowki odbywała się sprawnie.

## Sześć głównych grup obrabianych materiałów

### Różne właściwości w zakresie usuwania wiórów

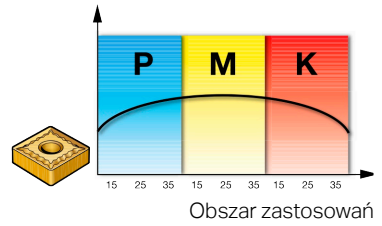
W zależności od obrabianego materiału, formowaniu wiórów towarzyszą duże siły skrawania i wydzielanie dużych ilości ciepła. Przekłada się to na małe prędkości skrawania i naprężenia adhezyjne. Z drugiej strony w materiałach takich jak aluminium, stале niestopowe i żeliwa kruche występują mniejsze siły podczas skrawania.



# Od uniwersalnych do zoptymalizowanych płytek tokarskich

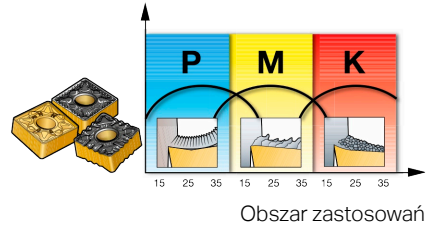
## Płytki do zastosowań ogólnych

- Uniwersalna geometria
- Optymalizacja przy użyciu gatunków
- Zagrożenia dla wydajności



## Płytki dedykowane

- Optymalizowane geometrie i gatunki
- Wydajność zoptymalizowana pod kątem materiału obrabianego i skrawalności

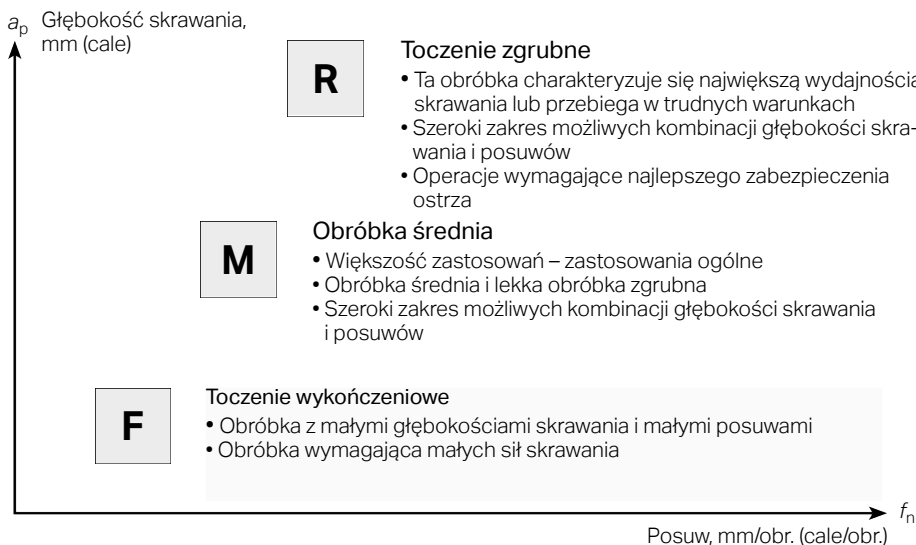


## Specjalne płytki do obróbki materiałów z obszarów ISO P, M, K i S

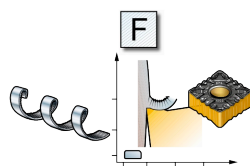
Różne mikro- i makrogeometrie są dostosowane do różnych wymogów w zastosowaniach i materiałach.

| Materiał obrabiany | Obróbka wykończeniowa | Obróbka średnia | Obróbka zgrubna |
|--------------------|-----------------------|-----------------|-----------------|
| <b>P</b>           |                       |                 |                 |
| <b>M</b>           |                       |                 |                 |
| <b>K</b>           |                       |                 |                 |
| <b>S</b>           |                       |                 |                 |

## Rodzaj zastosowania – Toczenie

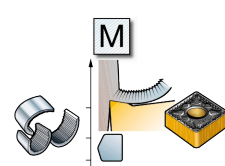


## Dobór geometrii płytki do toczenia



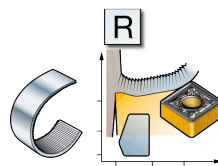
### Wykończeniowa (F)

- Bardzo dodatnia
- Obróbka wykończeniowa
- Małe siły skrawania
- Małe posuwy.



### Średnia (M)

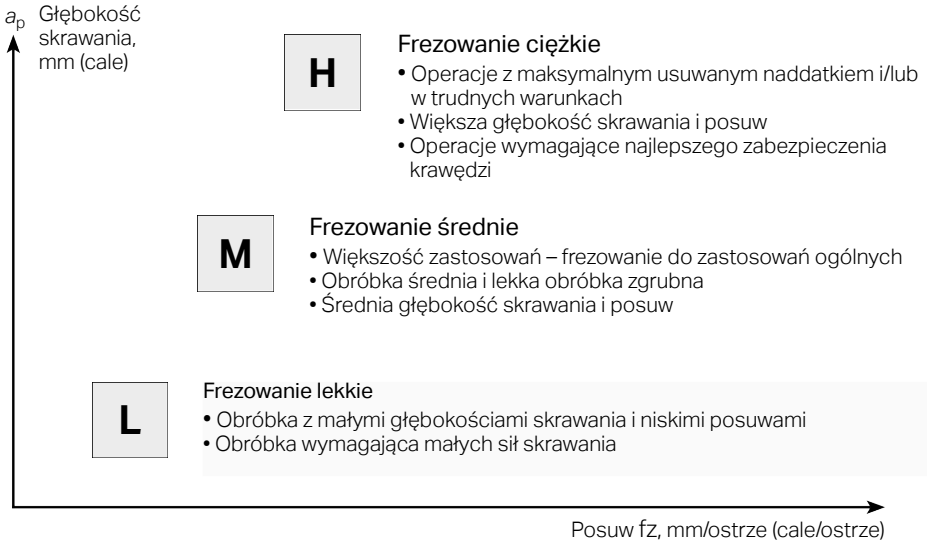
- Geometria do zastosowań ogólnych
- Średnie posuwy
- Obróbka średnia i lekka obróbka zgrubna.



### Zgrubna (R)

- Wzmocniona krawędź skrawająca
- Obróbka zgrubna
- Najlepsze zabezpieczenie krawędzi
- Duże posuwy.

# Rodzaj zastosowania – Frezowanie



## Dobór geometrii płytki do frezowania



### Obróbka lekka (-L)

- Bardzo dodatnia
- Lekka obróbka
- Małe siły skrawania
- Małe posuwu.



### Obróbka średnia (-M)

- Geometria do zastosowań ogólnych
- Średnie posuwu
- Obróbka średnia i lekka obróbka zgrubna.



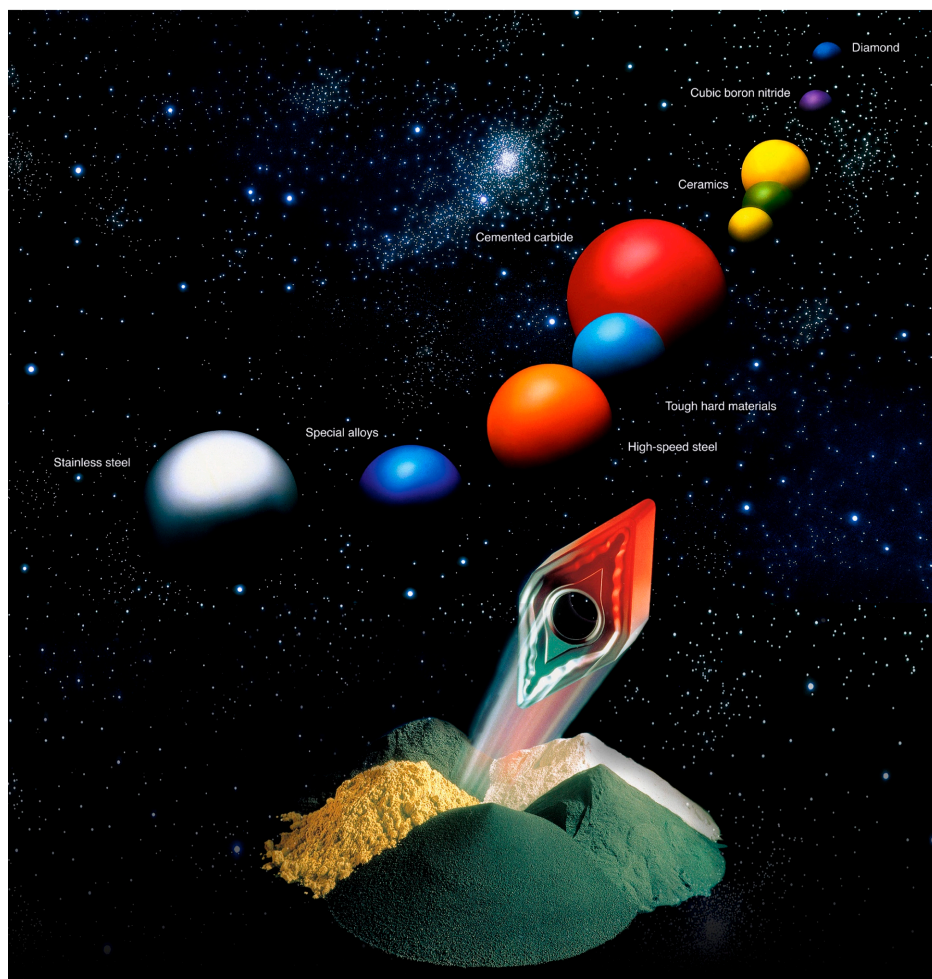
### Obróbka ciężka (-H)

- Wzmocniona krawędź skrawająca
- Ciężka obróbka
- Najlepsze zabezpieczenie krawędzi
- Duże posuwu.

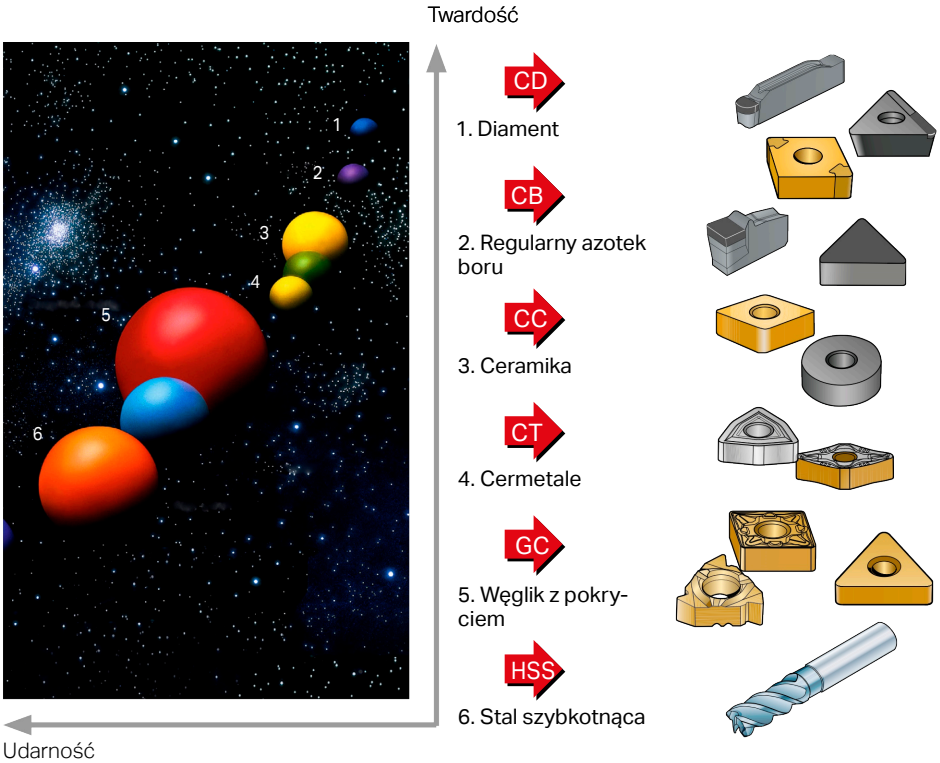
# Materiały narzędziowe

Wybór odpowiedniego materiału narzędziowego i jego gatunku to istotny czynnik, który należy uwzględnić przy planowaniu obróbki.

Przy doborze materiału do zastosowania wskazane jest wykorzystanie podstawowej wiedzy o materiałach do produkcji narzędzi i ich właściwościach. Dotyczy to także wiedzy o obrabianym materiale, rodzaju i kształcie komponentu, warunkach obróbki i wymaganiach co do jakości wykończenia powierzchni dla danego zastosowania.



# Różne materiały do produkcji narzędzi skrawających



Idealny materiał narzędzia skrawającego powinien:

- być twardy i tym samym odporny na ścieranie i deformację plastyczną
- być wytrzymały i odporny na złamania
- nie wchodzić w reakcje chemiczne z materiałem obrabianym
- być chemicznie stabilny i tym samym odporny na utlenianie i dyfuzję
- cechować się dużą odpornością na nagłe zmiany temperatury.

# Główna oferta materiałów narzędziowych



- Niepokrywany węgiel spiekany (HW)
- Węgiel spiekany z pokryciem (HC)
- Cermet (HT, HC)
- Ceramika (CA, CN, CC)
- Regularny azotek boru (BN)
- Diamenty polikrystaliczne (DP, HC)

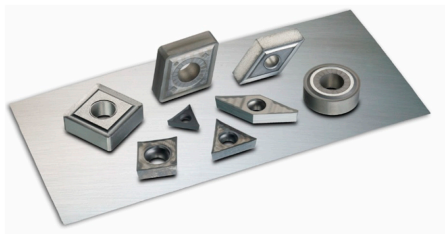
- (HW) Niepokrywany spiek zawierający głównie węgiel wolframu (WC).
- (HT) Niepokrywany spiek, nazywany również cermetalem, zawierający głównie węgiel tytanu (TiC) albo azotki tytanu (TiN) lub obydwie te składniki.
- (HC) Cermet taki, jak powyżej, ale powlekany.
- (CA) Ceramika składająca się z tlenków zawierająca głównie tlenek glinu ( $Al_2O_3$ ).

- (CM) Mieszana ceramika zawierająca głównie tlenek glinu ( $Al_2O_3$ ) oraz domieszki niebędące tlenkami.
- (CN) Ceramika z azotku zawierająca głównie azotek krzemu ( $Si_3N_4$ ).
- (CC) Ceramika jak powyżej, lecz pokrywana.
- (DP) Diamenty polikrystaliczne <sup>1</sup>
- (BN) Regularny azotek boru <sup>1</sup>

<sup>1</sup>) Polikrystaliczny diament i regularny azotek boru są również nazywane supertwardymi materiałami skrawającymi.

## Niepokrywany węgiel spiekany

### Charakterystyka, cechy i korzyści



- Operacje średnie i trudne; toczenie, frezowanie i wiercenie stali, superstopów żaroodpornych, tytanu, żeliwa i aluminium.
- Bardzo dobra kombinacja odporności na ścieranie oraz udarowości.
- Daje dużą ostrość krawędzi skrawającej.
- Dobre zabezpieczenie ostrza, ale ograniczona odporność na ścieranie przy większych prędkościach skrawania.
- Niewielka część dostępnego asortymentu gatunków.



## ► Węglik spiekany z pokryciem

### Charakterystyka, cechy i korzyści



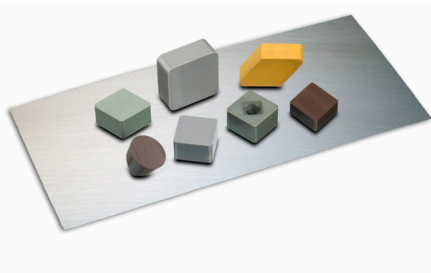
- Uniwersalne do wszystkich komponentów i materiałów w obróbce tokarskiej, frezowaniu i wierceniu.
- Doskonała kombinacja odporności na ścieranie oraz udarności w różnych zastosowaniach.
- Szeroki asortyment gatunków o gradientowych podłożach spiekanych o zróżnicowanej twardości i udarności oraz pokryciach nakładanych metodą CVD i PVD.
- Wykazuje bardzo dobrą odporność na ścieranie, duża trwałość narzędzia.
- Największy, stale poszerzany asortyment.

## Cermetal



- Stosowany w obróbce wykańczającej i półwykańczającej wymagającej ścisłych tolerancji i dobrej jakości wykończenia powierzchni.
- Stabilne chemicznie, twarde podłoże odporne na ścieranie.
- Skład: węglik spiekany na bazie tytanu (TiC, TiCN) ze spoiwem kobaltowym.
- Pokrywany metodą PVD – większa odporność na ścieranie i trwałość narzędzia. Właściwości „samoostrzące”. Ograniczona udarność.
- Dość niski udział w asortymencie płytek.

## Ceramika



- W zależności od rodzaju ceramiki gatunki te są stosowane przede wszystkim w obróbce żeliwa i stali, materiałów hartowanych i superstopów żaroodpornych.
- Gatunki ceramiczne charakteryzuje dobra odporność na ścieranie i twardość w wysokiej temperaturze. Szeroki zakres zastosowań w obróbce różnych materiałów i komponentów.
- Płytki ceramiczne są dość kruche, dlatego zaleca się ich stosowanie w stabilnych warunkach. Udarność poprawia zastosowanie domieszek lub wiskersów.
- Dość niewielki udział w rynku; rosnące zastosowanie w przemyśle lotniczym oraz obróbce stali hartowanych i żeliwa.

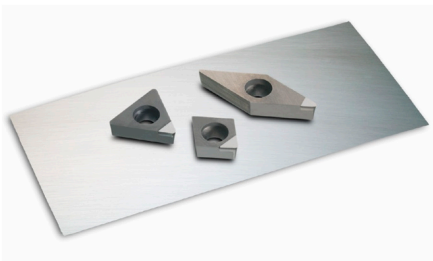
## Regularny azotek boru

### Charakterystyka, cechy i korzyści



- Do toczenia wykańczającego stali hartowanych, obróbki zgrubnej żeliwa szarego z dużymi prędkościami i toczenia zgrubnego walców żeliwa białego/zabielanego.
- Do zastosowań wymagających nadzwyczajnej odporności na ścieranie i udarność.
- Skład: azotek boru ze spoiwem ceramicznym lub z azotku tytanu.
- Odporny na wysokie temperatury powstające przy obróbce z dużymi prędkościami skrawania.
- Obszar zastosowań specjalnych, niewielki asortyment płytek. Obserwuje się tendencję wzrostową w obróbce materiałów bardzo twardych.

## Diamant polikrystaliczny



- Toczenie zwykłego aluminium w niskich temperaturach oraz bardzo podatnego na ścieranie aluminium nadeutektycznego. Obróbka niemetali i metali nieżelaznych.
- Gatunki bardzo odporne na ścieranie. Podatne na wykuszanie.
- Wlutowane w płytkę naroża z diamentu polikrystalicznego (końcówka diamentowa) lub cienka warstwa pokrycia diamentowego nakładanego na podłoże.
- Duża trwałość narzędzia, doskonała odporność na ścieranie. Ulega uszkodzeniu w wysokich temperaturach. Łatwo rozpuszcza się w żelazie.
- Dość niewielki udział w rynku, zastosowania specjalne.

A

Toczenie

B

Przecinanie i  
obróbka rowków

C

Obróbka gwintów

D

Frezowanie

E

Wiercenie

F

Wytaczanie

G

Systemy mocowania

H

Skrawalność  
Inne informacje

# Rozwój materiałów do produkcji narzędzi

Rozwój materiałów narzędziowych od początku XX wieku do chwili obecnej wyraża się w skróceniu czasu obróbki komponentu o długości 500 mm i średnicy 100 mm (19.685 cali długości, średnica 3.937 cala).

Na początku zeszłego wieku narzędzia były wykonane z materiałów tylko trochę twardszych od materiałów obrabianych. Dlatego trwałość narzędzi była bardzo niska, a stosowana prędkość skrawania i posuw bardzo niewielkie.

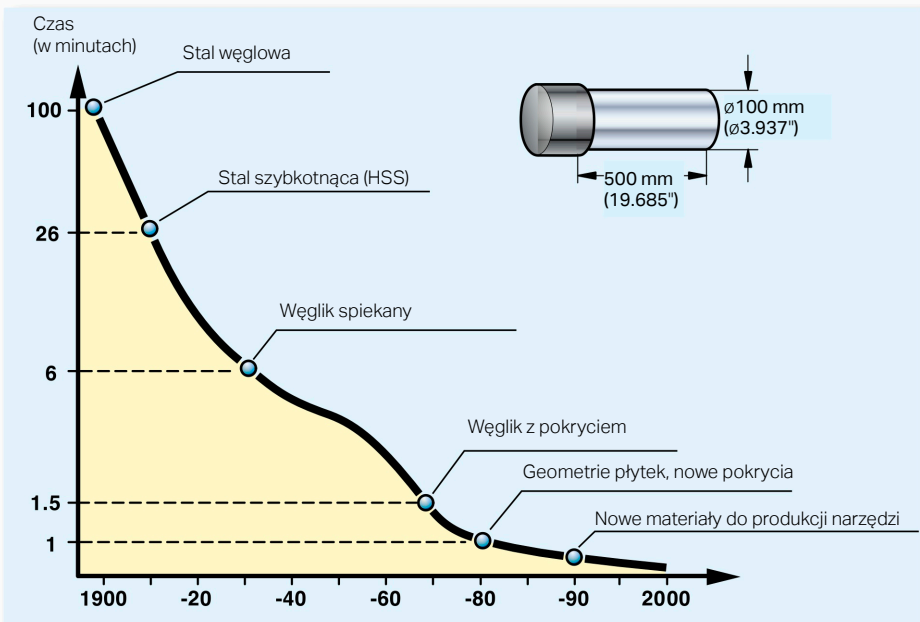
Sytuacja zmieniła się wraz z wprowadzeniem stali szybko tnącej, która pozwoliła skrócić czas obróbki.

Dwadzieścia lat później obróbka tego samego przedmiotu z zastosowaniem niepokrywanego węgla spiekanego zajęła niewyobrażalnie krótki czas: 6 minut.

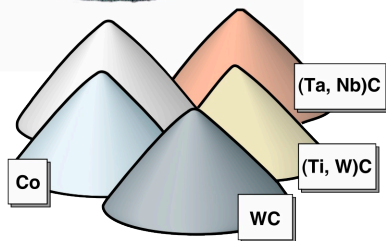
Pokrywane węgliki spiekane pozwoliły skrócić czas obróbki do 1,5 minuty.

Nowoczesne zaawansowane geometrie i pokrycia pozwalają na wykonanie obróbki stalowego pręta o długości 500 mm (19.685 cala) w czasie poniżej 1 minuty.

Nowe materiały opracowane niezależnie od węglików pokrywanych i niepokrywanych – np. cermet, regularny azotek boru czy diament – pozwoliły zoptymalizować i zwiększyć produktywność.

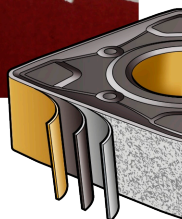
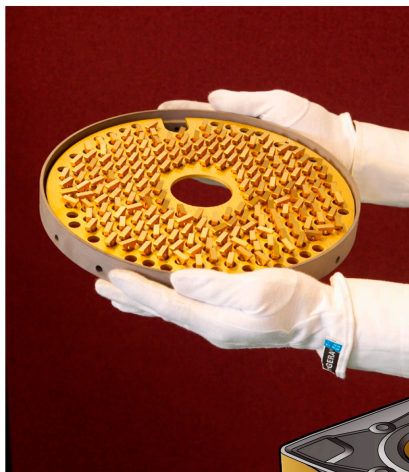


## Co to jest węgiel spiekany i gatunek?



- Węgiel spiekany to proszkowy materiał metaliczny, w skład którego wchodzi:
  - twarde cząsteczki WC (węglika wolframu)
  - spoiwo metaliczne – kobalt (Co)
  - twarde cząsteczki Ti, Ta, Nb (węglików tytanu, tantalum, niobu).
- Gatunek określa twardość lub udarność płytki i zależy od mieszanki składników tworzących podłoże.

## Pokrywanie węglików spiekanych



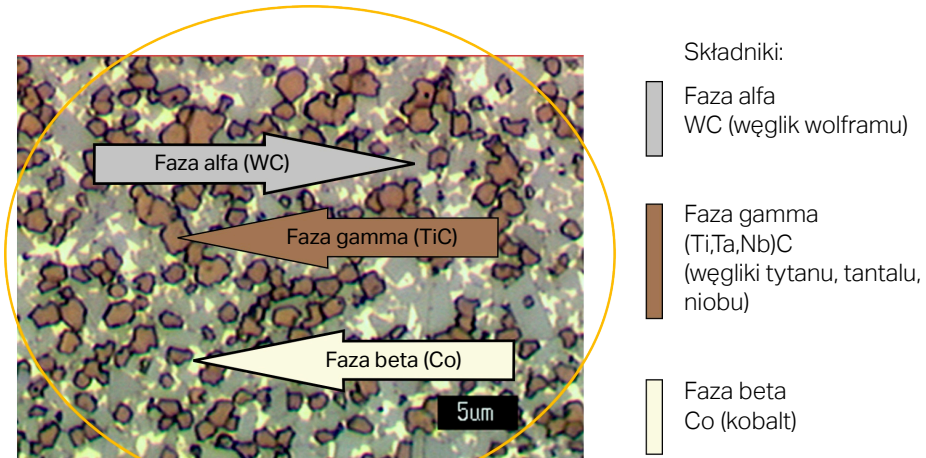
- Pokrycie węglików spiekanych wynaleziono w latach 60. XX w.
- Zastosowano cienką warstwę pokrycia z azotku tytanu o grubości zaledwie kilku mikrometrów. Oznaczało to natychmiastową poprawę ogólnej wydajności materiału węglowego.
- Pokrycia zwiększają odporność na ścieranie, a tym samym trwałość narzędzia, pozwalają też na zastosowanie wyższych parametrów skrawania.
- Nowoczesne gatunki są pokrywane różnego rodzaju pokryciami z węglików, azotków i tlenków.

## Mikrostruktura węglików spiekanych

Węgiel spiekany składa się z twardych cząsteczek (węglikowych) umieszczonych w spoiwie.

W większości przypadków stosowane jest spoiwo kobaltowe (Co), niekiedy też niklowe (Ni). Cząsteczki twarde to węgiel wolframu (WC) z ewentualną domieszką fazy gamma (węglików i azotków tytanu, tantal i niobu).

Faza gamma charakteryzuje się lepszą twardością i mniejszą reaktywnością w wysokiej temperaturze, dlatego często stosowana jest w gatunkach przeznaczonych do obróbki w wysokich temperaturach. Węgiel wolframu wykazuje lepszą odporność na ścieranie.



Składniki:

Faza alfa  
WC (węgiel wolframu)

Faza gamma  
(Ti,Ta,Nb)C  
(węgliki tytanu, tantal, niobu)

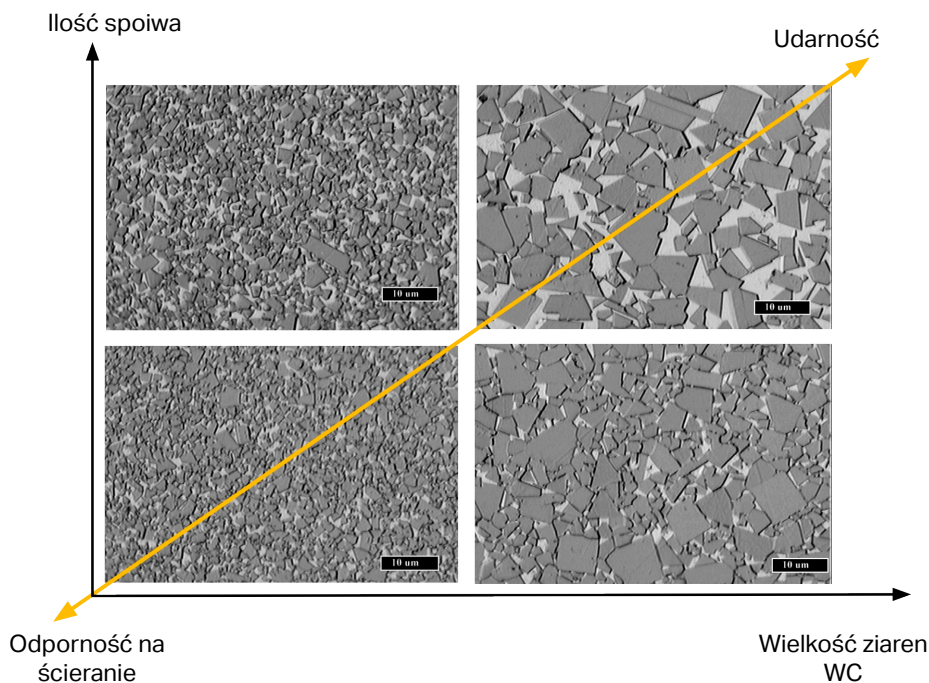
Faza beta  
Co (kobalt)

Średnica włosa  
= 50-70 µm (.0020-.0028")

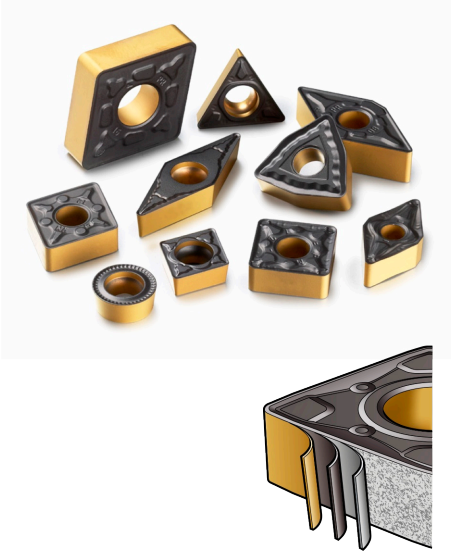
## Podstawowe właściwości

Wielkość ziaren węgliku wolframu i procentowa zawartość spoiwa (kobaltu) to dwa istotne czynniki wpływające na właściwości substratu węglkowego. Zawartość Co w gatunkach płytek Sandvik Coromant wynosi zazwyczaj 4-15% całkowitej masy.

Wraz ze wzrostem zawartości Co i wielkości ziaren węgliku poprawia się udarność substratu, ale też obniża się jego twardość. W efekcie podłoże jest mniej odporne na deformację plastyczną, a narzędzie ma gorszą odporność na zużycie i trwałość.



# Struktura pokrycia



Na właściwości płytki ma wpływ wiele czynników:

- Technologia nakładania pokrycia
- Materiał, z którego wykonane jest pokrycie
- Grubość pokrycia
- Obróbka końcowa
- Ukształtowanie powierzchni.

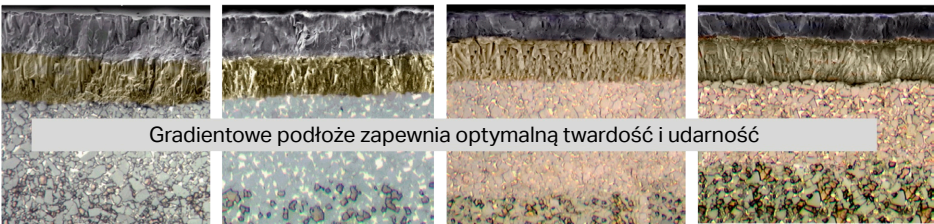
## Przykłady nowoczesnych gatunków do toczenia stali

### Ukształtowanie kolejnych warstw pokrycia

Odporność na ścieranie

**P**

Udarność



ISO P01 – P15

ISO P05 – P30

ISO P10 – P35

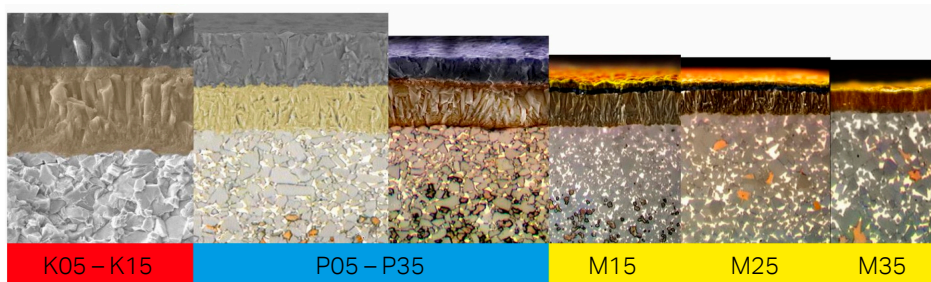
ISO P20 – P45

Grubsze warstwy pokrycia to większa odporność na ścieranie.

Twardsze podłoże to większa odporność na deformację.

# Struktura gatunków

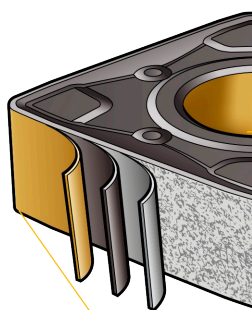
Pokrycia i podłoża różnią się w zależności od zastosowania



Grubsze warstwy pokrycia to większa odporność na ścieranie.

Twardsze podłoże to większa odporność na deformację.

Gatunek w znaczącym stopniu wpływa na osiągi płytki



– Chroni przed działaniem czynników chemicznych i wpływem ciepła

TiCN

– Odporne na zużycie mechaniczne pokrycie nakładane metodą MTCVD

Funkcyjny gradient

– Zapewnia optymalną twardość i udarność

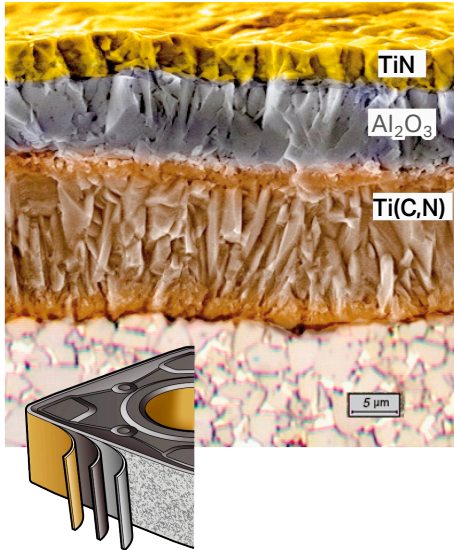
Węgiel spiekany

– Odporność na deformację plastyczną

# Właściwości różnych materiałów pokrywowych

## Pokrycie metodą CVD

### Osadzanie chemiczne z fazy gazowej



- Najczęściej stosowane pokrycia nakładane metodą CVD to obecnie TiN, Ti(C,N) i  $Al_2O_3$ .
- TiCN zapewnia odporność na starcia na powierzchni przyłożenia.
- $Al_2O_3$  chroni przed wysokimi temperaturami (odporność na deformację plastyczną).
- TiN ułatwia identyfikację zużycia i estetyczny wygląd.

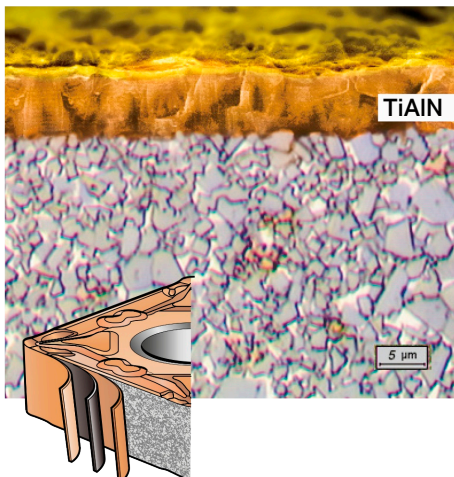
TiN = azotek tytanu

Ti(C,N) = węgiel azotku tytanu

$Al_2O_3$  = tlenek aluminium

## Pokrycie metodą PVD

### Osadzanie fizyczne z fazy gazowej



- Pokrycia nakładane metodą PVD są zazwyczaj bardziej udatne od pokryć CVD.
- Pokrycia nakładane metodą PVD są często stosowane z podłożami drobnoziarnistymi na ostrych krawędziach skrawających.
- Grubość warstw pokrycia nakładanego metodą PVD wynosi zwykle od 3 do 6 mikrometrów (.0001 – .0002 cala).
- Pokrycie jest nakładane w temperaturze ok. 500°C (932°F).

TiAlN = Azotek tytanu aluminium

A

Zużycie i konserwacja narzędzia

Toczenie

B

Przecinanie i  
obróbka rowków

C

Obróbka gwintów

D

Frezowanie

E

Wiercenie

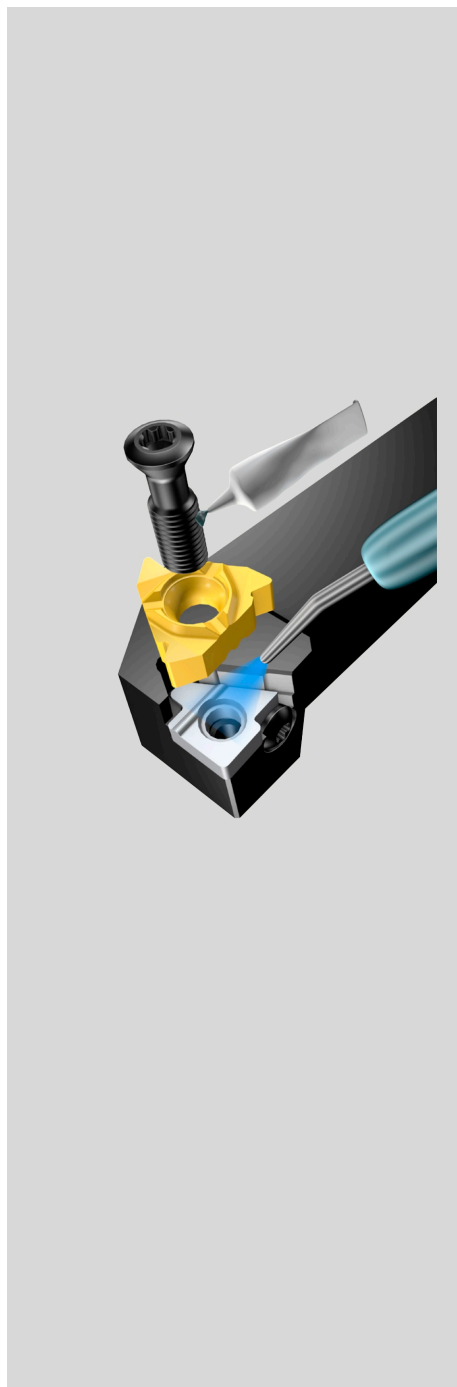
F

Wytaczanie

G

Systemy mocowania

H

Skrawalność  
Inne informacje

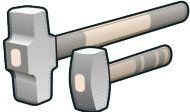
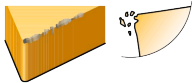
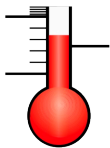
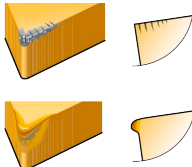

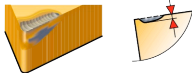




## Zużycie i konserwacja narzędzia

- Zużycie narzędzia H 53
- Konserwacja H 61

H 52

# Trudne warunki skrawania metalu

## Różne mechanizmy zużycia oddziałujące na płytki

| Rodzaj obciążenia | Symbol  | Obraz zużycia   | Przyczyna   |
|-------------------|---|---|---|
| Mechaniczne       |    |    | Obciążenia mechaniczne krawędzi płytki powoduje jej wykruszenia.                    |
| Termiczne         |    |    | Zmiany temperatury powodują pęknięcie i deformację plastyczną (PD) krawędzi płytki. |
| Chemiczne         |    |    | Zużycie wskutek reakcji chemicznej węgla z materiałem obrabianym.                   |
| Ścierne           |   |  | Wtrącenia SiC w żeliwie powodują starcie krawędzi płytki.                           |
| Adhezyjne         |  |  | Przywierające materiały mają tendencję do tworzenia narostu.                        |

BUE = narost

PD = deformacja plastyczna

# Wygląd i przyczyna zużycia; środki zaradcze

## Najczęściej występujące objawy zużycia

### Starcie na powierzchni przyłożenia (zużycie ściernie)

Starcie na powierzchni przyłożenia należy do najczęściej występujących rodzajów zużycia i występuje na powierzchni przyłożenia płytki (narzędzia). Jest to preferowany typ zużycia.



#### Przyczyna

Podczas skrawania dochodzi do utraty materiału narzędziowego na powierzchni przyłożenia z powodu tarcia o powierzchnię materiału przedmiotu obrabianego. Zużycie zazwyczaj zaczyna się na linii ostrza i stopniowo postępuje w dół.

#### Środek zaradczy

Zmniejszenie prędkości skrawania połączone z jednoczesnym zwiększeniem posuwu zwiększy trwałość narzędzia, zachowując przy tym produktywność.

### Zużycie kraterowe (chemiczne)



#### Przyczyna

Zużycie kraterowe powstaje w następstwie kontaktu wiórów z powierzchnią natarcia płytki (narzędzia).

#### Środek zaradczy

Zmniejszenie prędkości skrawania i wybór płytki (narzędzia) o właściwej geometrii i z pokryciem bardziej odpornym na zużycie zwiększy trwałość narzędzia.

### Deformacja plastyczna (termiczna)

Deformacja plastyczna to trwała zmiana kształtu ostrza skrawającego, w trakcie której doszło do odkształcenia ostrza w kierunku do wewnątrz (wgniecenie ostrza) lub w dół (zagłębienie ostrza).



Zagłębienie ostrza

#### Przyczyna

Ostrze skrawające wystawione jest na działanie dużych sił skrawania i temperatur, przez co powstają naprężenia przekraczające granicę plastyczności i wytrzymałość temperaturową narzędzia.

#### Środek zaradczy

Deformacji plastycznej można zaradzić, wybierając gatunki o mniejszej reaktywności termicznej. Pokrycia zwiększają odporność płytki (narzędzia) na deformację plastyczną.



Wgniecenie ostrza

## Złuszczenie się pokrycia

Złuszczenie się występuje zwykle przy obróbce materiałów przywierających



### Przyczyna

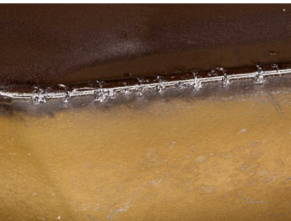
Może powstać obciążenie adhezyjne, przy którym ostrze skrawające narażone jest na obciążenia rozciągające. Może to spowodować oddzielenie się pokrycia i w rezultacie odstąpienie dolnych warstw lub podłoża.

### Środek zaradczy

Zwiększenie prędkości skrawania oraz wybór płytki z ciemniejszym pokryciem ograniczy złuszczenie się narzędzia.

## Pęknięcia ciepłne

Pęknięcia to wąskie szczeliny, w których wskutek rozerwania doszło do powstania nowych powierzchni granicznych. Niektóre pęknięcia dotyczą jedynie pokrycia, natomiast inne sięgają aż do podłoża. Pęknięcia grzebieniowe są mniej więcej prostopadłe do linii ostrza i zazwyczaj są pęknięciami cieplnymi.



### Przyczyna

Pęknięcia grzebieniowe powstają wskutek nagłych wahań temperatury.

### Środek zaradczy

Aby zapobiec pęknięciom, można użyć bardziej udatnego gatunku płytki i zastosować chłodziwo w dużych ilościach lub wcale.

## Wykruszanie mechaniczne

Wykruszanie polega na powstawaniu drobnych uszkodzeń krawędzi ostrza. Różnica między wykruszaniem i pęknięciem polega na tym, że płytki po wykruszeniu można nadal używać.



### Przyczyna

Istnieje wiele kombinacji mechanizmów zużycia, które mogą powodować wykruszanie. Jednak najczęściej mają one charakter termiczno-mechaniczny i adhezyjny.

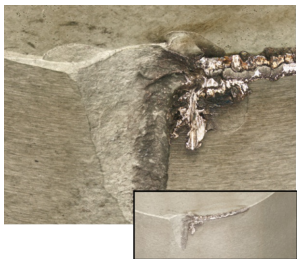
### Środek zaradczy

W celu ograniczenia wykruszania można użyć różnych środków zaradczych w zależności od tego, jaki mechanizm (lub mechanizmy) zużycia był jego przyczyną.



## Karb

Karb cechuje się rozległymi miejscowymi uszkodzeniami przy maksymalnej prędkości skrawania, lecz może także wystąpić na pomocniczej krawędzi skrawającej.



### Przyczyna

Zależy od tego, czy karb spowodowany jest przede wszystkim przez czynniki chemiczne i przyrasta w sposób bardziej regularny, jak na zdjęciu, czy też przyczyną są czynniki adhezyjne lub termiczne powodujące bardziej nieregularne przyrastanie. W tym drugim przypadku utwardzanie się materiału i tworzenie się zadziorów są ważnymi czynnikami powodującymi przyrastanie karbu.

### Środek zaradczy

W przypadku materiałów utwardzających należy wybrać mniejszy kąt przystawienia i/lub zmniejszyć głębokość skrawania.

## Wykruszenie

Wykruszenie polega na odłamaniu się znacznej części ostrza skrawającego, po którym płytką nie może być już stosowana.



### Przyczyna

Ostrze skrawające zostało wystawione na oddziaływanie obciążenia przekraczającego jego możliwości. Mogło to być skutkiem pozwolenia na nadmierny postęp zużycia, który spowodował wzrost sił skrawania. Wykruszenie mogło również wystąpić wcześniej wskutek nieprawidłowych parametrów skrawania lub problemów ze stabilnością podczas nastawy.

### Środek zaradczy

Określić pierwotny rodzaj zużycia i zapobiec mu, wybierając prawidłowe parametry skrawania i sprawdzając stabilność nastawy.

## Narost (adhezyjny)

Narost (BUE) to nagromadzenie się materiału przy powierzchni natarcia.



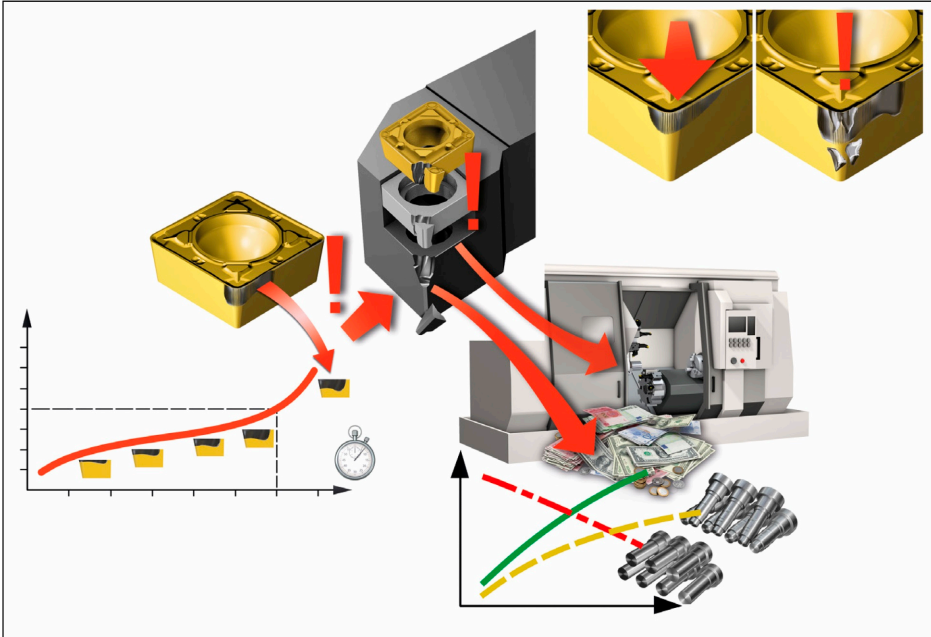
### Przyczyna

Przywierający materiał może zbierać się na powierzchni natarcia oddzielając krawędź skrawającą od materiału. Powoduje to wzrost sił skrawania, co prowadzi do awarii lub odłączenia się i zabrania części pokrycia, a nawet warstw podłoża.

### Środek zaradczy

Zwiększenie prędkości skrawania może zapobiec tworzeniu się narostu. W przypadku miękkich, bardziej przywierających materiałów może pomóc użycie bardziej ostrego ostrza.

# Skutki zaniedbania konserwacji narzędzia

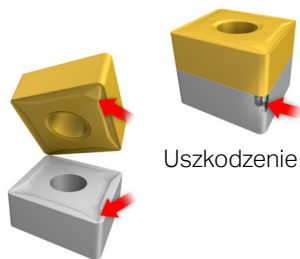


- Uszkodzone płytki
- Uszkodzone płytki podporowe
- Uszkodzone oprawki
- Uszkodzone przedmioty obrabiane
- Uszkodzona obrabiarka

Wynik:

- Spadek produkcji
- Wyższe koszty produkcji

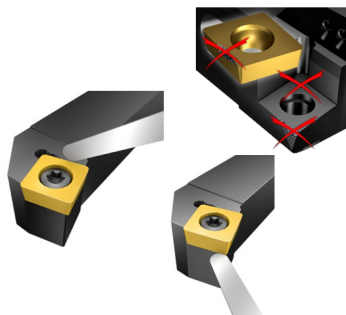
## Kontrola zużycia narzędzia



Odcisnięte powierzchnie płytki skrawającej

### Kontrola wzrokowa płytek podporowych i ich gniazd

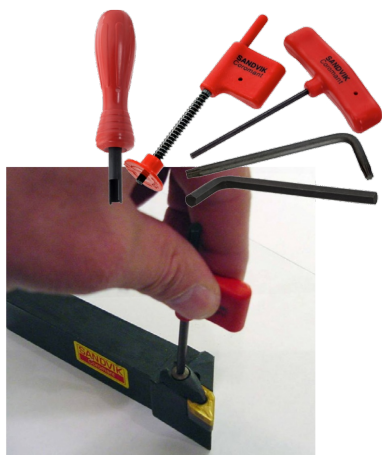
- Uszkodzenie płytki podporowej.
- Oczyszczyć gniazdo płytki oraz uszkodzone miejsce i podparcie ostrza skrawającego.
- Jeśli to konieczne, przełożyć lub wymienić płytkę podporową.
- Upewnić się, że płytkę jest ustawiona prawidłowo względem punktów podparcia.
- Ważne jest, aby się upewnić, że naroża płytki podporowej nie zostały utracone podczas obróbki lub obsługi.



### Kontrola gniazd

- Uszkodzone gniazda lub odkształcenia plastyczne.
- Gniazda wyrobiły się wskutek zużycia. Płytkę nie przylega ściśle do powierzchni oporowych. Do sprawdzenia wielkości szczeliny używać blaszek o grubości 0.02 mm (0.0008 cala)
- Niewielkie szczeliny w narożach, między płytką podporową a spodem gniazda.

## Znaczenie stosowania odpowiednich kluczy



### Dlaczego należy stosować odpowiednie klucze?

- Zwiększają trwałość śruby i klucza.
- Zmniejszają ryzyko zderzenia śruby.

### Jak prawidłowo przykręcić śrubę mocującą płytkę?

- Ważne jest, aby użyć odpowiedniego klucza.
- Zawsze stosować prawidłowy moment obrotowy. Wartości momentu są podane na narzędziu i w katalogu.
- Postępować zgodnie ze zdrowym rozsądkiem!

## Klucze Torx Plus®

Nm (funt-siła  
na cal)

Torx Plus firmy Sandvik Coromant

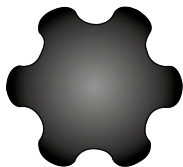


## Torx Plus® a Torx

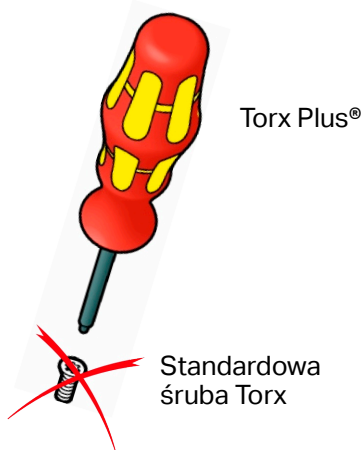
### Przekrój poprzeczny

Torx Plus®

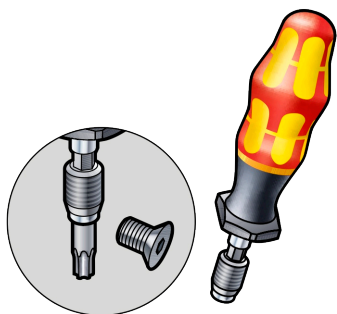
Torx



Torx Plus jest zarejestrowanym znakiem towarowym firmy Camcar Textron (USA)

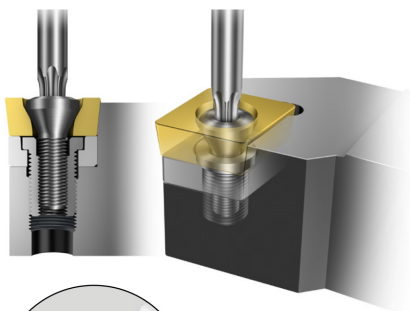


## Klucze Torx Plus® z możliwością regulacji momentu siły



- Narzędzia do przecinania i toczenia rowków wymagają użycia klucza z możliwością regulacji momentu obrotowego, ponieważ jego wartość nie zależy od wielkości śruby.
- Klucza należy używać dla wszystkich narzędzi zaopatrzonych w śrubę mocującą płytki.

## Śruby mocujące płytki (śruby dociskowe)

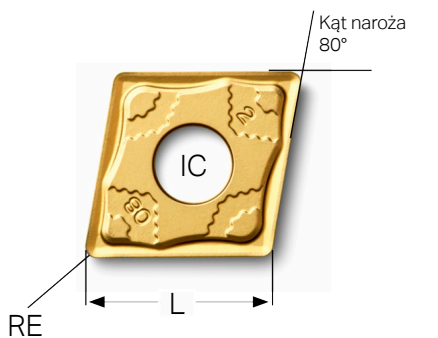
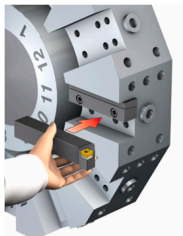


- Gwinty, łby i gniazda śruby Torx powinny być w dobrym stanie.
- Należy stosować odpowiednie klucze.
- Podczas dokręcenia śruby stosować prawidłowy moment siły.
- Nałożyć dostateczną ilość substancji smarującej, aby nie dopuścić do zakleszczenia śruby. Substancją smarującą należy pokryć także gwint i łby śrub.
- Wymienić zużyte lub zniszczone śruby.

### Ważne!

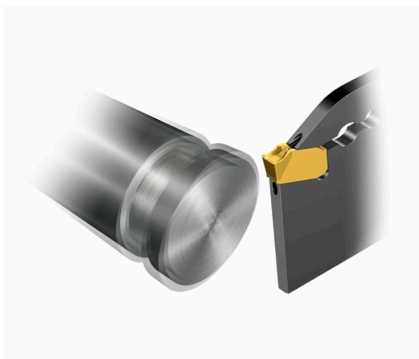
Do łbów i gwintów śrub należy stosować środki zapobiegające zapiekaniu

## Konserwacja narzędzi



L = długość krawędzi skrawającej (wielkość płytki)

RE = promień naroża



### Powierzchnie styku

- Zawsze należy sprawdzać, czy powierzchnie podparcia i styku oprawek, frezów i wiertel nie są uszkodzone lub zabrudzone.
- Podczas wytaczania szczególnie ważną rolę odgrywa mocowanie. Jeśli trzonek nie jest przymocowany do końcówki oprawki, powstaje długi wysięg i istnieje ryzyko powstawania drgań.

### Bezpieczeństwo produkcji

- Aby zapewnić dobry spływ wiórów, ważne jest, by wybrać odpowiednią wielkość, kształt, geometrię i promień naroża płytki.
  - Należy wybrać mocną, wydajną płytkę o jak największym kącie wierzchołkowym.
  - Należy wybrać mocną płytkę o jak największym promieniu naroża.
  - Jeśli występuje tendencja do drgań, zastosować płytkę o mniejszym promieniu naroża.

### Stabilność

- Stabilność to czynnik kluczowy dla efektywności obróbki, mający wpływ na koszty i produktywność.
- Należy upewnić się, że wyeliminowano luzy, nadmierny wysięg, słabe punkty itp. w układzie oraz że stosowane narzędzia mają kształt i wielkość odpowiednie do zastosowania.

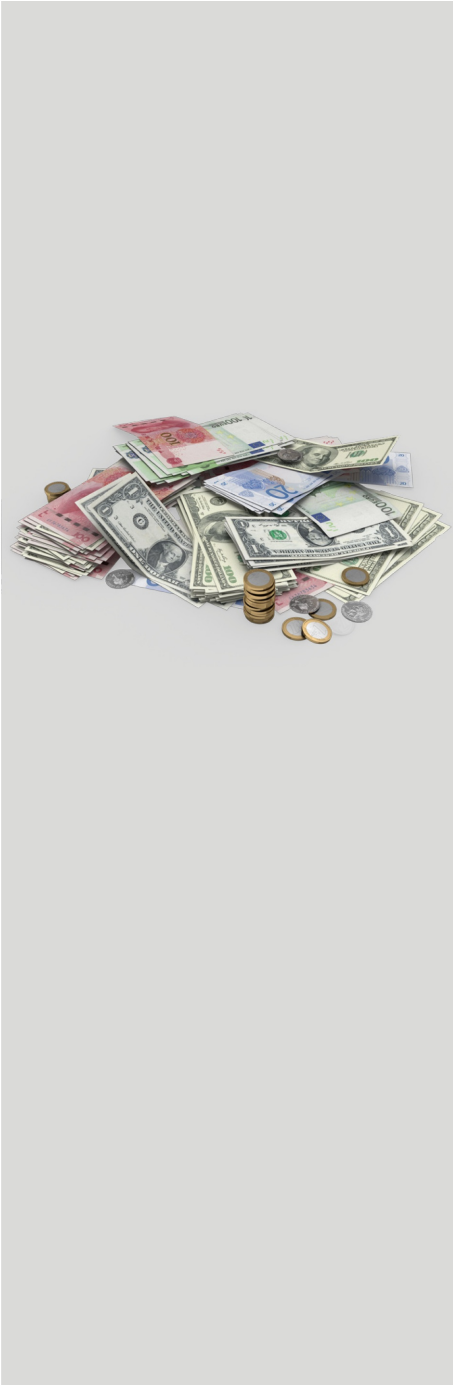
## Korzystanie z płytek



Płytki umieszczane są w oddzielnych przegródach opakowań, aby zapobiec stykaniu się płytek ze sobą, co mogłoby spowodować uszkodzenie węgla poprzez powstanie mikropęknięć i/lub wykruszeń. Rezultatem mogłoby być pogorszenie wydajności i trwałości płytki. Zaleca się pozostawienie płytek w oryginalnym opakowaniu do momentu ich zastosowania w procesie obróbki.

## Podsumowanie listy kontrolnej konserwacji

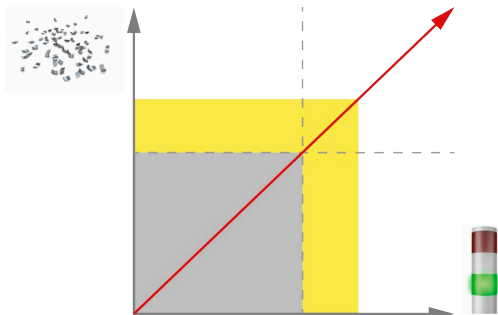
- Skontrolować zużycie krawędzi skrawającej i płytek podporowych.
- Upewnić się, że gniazdo płytki jest czyste.
- Upewnić się, że płytka została prawidłowo osadzona.
- Upewnić się, że stosowane są odpowiednie klucze i wkrętaki.
- Śruby płytek powinny być prawidłowo przykręcone.
- Nasmarować śruby przed montażem zestawu.
- Sprawdzić, czy powierzchnie styku narzędzia, uchwytu i wrzeciona są czyste i nieuszkodzone.
- Sprawdzić mocowanie wytaczaków oraz skontrolować powierzchnie przyłączeniowe
- Uporządkowany, utrzymywany w dobrym stanie i wyposażony w stosowną dokumentację magazyn narzędzi sprzyja zmniejszeniu kosztów produkcji.
- Stabilność to czynnik kluczowy we wszystkich rodzajach obróbki.



# Ekonomika obróbki

Jak zwiększyć ekonomikę obróbki H 64

## Więcej sztuk przedmiotu w tym samym czasie



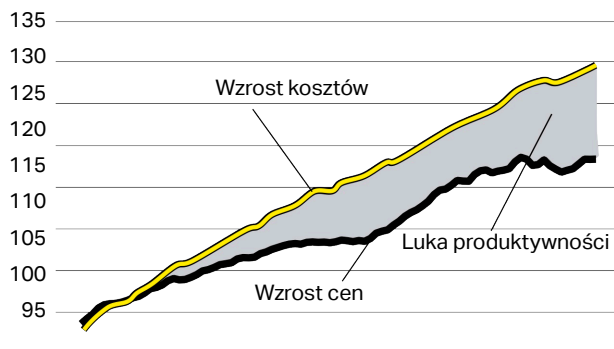
### Definicja produktywności

Wartość produkcji podzielona przez nakłady i koszty surowców.

=  $\frac{\text{Wartość produkcji}}{\text{Nakłady}}$

## Zamykanie luki produktywności

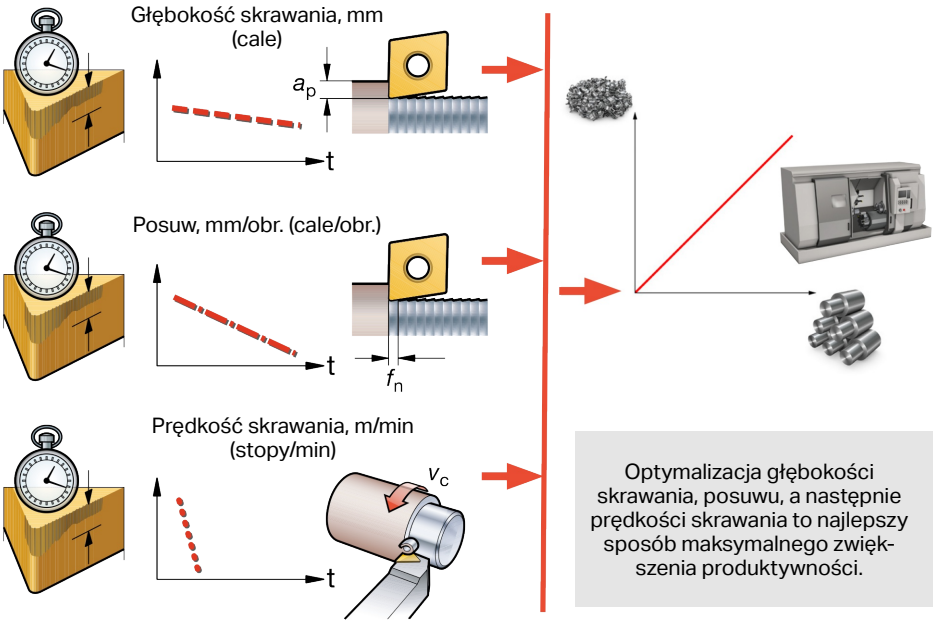
We wszystkich sektorach prowadzonej działalności ponoszone koszty (np. wynagrodzenia, surowce, sprzęt itp.) rosną szybciej niż ceny towarów. Różnicę tę można wyrównać tylko poprzez nieustanne zwiększanie wydajności, a tym samym produktywności. Redukowanie luki produktywności to jedyny sposób, by zachować konkurencyjność i utrzymać się na rynku.



Źródło: Przemysł mechaniczny w ramach OECD.

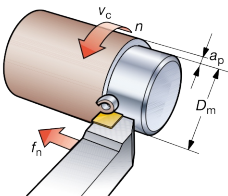
# Jak zwiększyć ekonomikę obróbki

Na trwałość narzędzi wpływ mają trzy najważniejsze parametry obróbki: prędkość i głębokość skrawania oraz posuw. Najmniejsze znaczenie dla trwałości ma głębokość skrawania, a następnie posuw. Największy wpływ na trwałość płytki ma prędkość skrawania.



Objętościowa wydajność skrawania „Q” jest to ilość materiału usuwanego w jednostce czasu, cm<sup>3</sup>/min (cal<sup>3</sup>/min).

## Toczenie



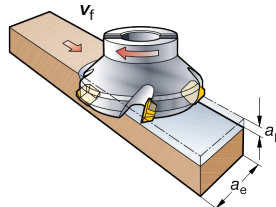
Jednostki metryczne

$$Q = v_c \times a_p \times f_n$$

Jednostki anglosaskie

$$Q = v_c \times a_p \times f_n \times 12$$

## Frezowanie



Jednostki metryczne

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

Jednostki anglosaskie

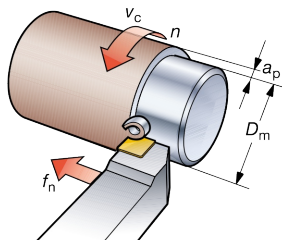
$$Q = a_p \times a_e \times v_f$$

## Optymalizacja produktywności – przykłady

Objętościowa wydajność skrawania dla stałej głębokości skrawania 3.0 mm (.118 cala) przy zastosowaniu:

**P** Stal niskostopowa, Płytką: CNMG 432-PM 4225 (CNMG 120408-PM 4225)  
MC P2

Twardość, HB 180



|   |                |               |                       |
|---|----------------|---------------|-----------------------|
| $a_p$ mm (cale)                                       | 3.0<br>(.118)  | 3.0<br>(.118) | 3.0<br>(.118)         |
| $f_n$ , mm/obr.<br>(cale/obr.)                        | 0.15<br>(.006) | 0.3<br>(.012) | <b>0.5<br/>(.020)</b> |
| $v_c$ , m/min<br>(stopy/min)                          | 425<br>(1394)  | 345<br>(1132) | <b>275<br/>(902)</b>  |
| $Q$ , cm <sup>3</sup> /min<br>(cal <sup>3</sup> /min) | 191<br>(12)    | 310<br>(19)   | <b>412*<br/>(25)*</b> |

\* Najniższa prędkość skrawania i najwyższy posuw = najlepsza produktywność

Trzykątne płytki W lub dwustronna bądź jednostronna płytki C

**P** Stal niskostopowa, Płytki trygonalna  
MC P2

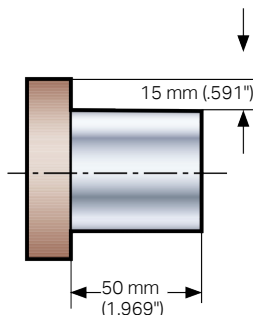
Twardość, HB 180

Płytki trygonalna

Płytki: dwustronna do obróbki średniej.

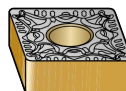


Ilość przejść / głębokość skrawania,  $a_p$  3/4 mm  
(.118 / .157 cala)  
1/3 mm  
(.039 / .118 cala)  
Czas obróbki,  $T_C$  22 sekundy



Płytki rombowa

Płytki: dwustronna do obróbki średniej.



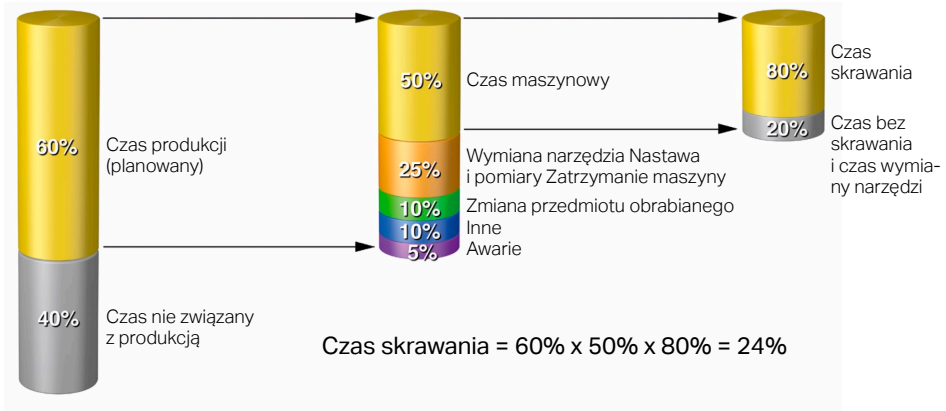
Ilość przejść / głębokość skrawania,  $a_p$  3/5 mm  
(.118 / .197 cala)  
Czas obróbki,  $T_C$  16 sekundy

Płytki: jednostronna do obróbki ciężkiej.

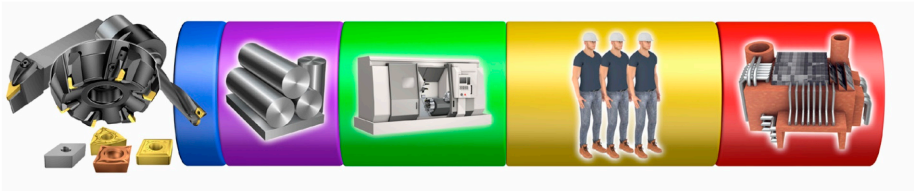


Ilość przejść / głębokość skrawania,  $a_p$  2/7.5 mm  
(.079 / .295 cala)  
Czas obróbki,  $T_C$  8 sekund

# Czas zwiększający wartość



# Ekonomika obróbki



## • Koszty zmienne

- Koszty związane wyłącznie z produkcją:
- narzędzia skrawające, materiały eksploatacyjne (3%)
  - materiały obrabiane (17%).

## • Koszty stałe

- Koszty generowane nawet w czasie przerw w produkcji:
- obrabiarki i oprawki narzędziowe (27%)
  - pracownicy (31%)
  - utrzymanie budynków, administracja, itp. (22%).

## Wykorzystanie obrabiarki

### Koszt, trwałość narzędzia i produktywność

Koszty narzędzi to parametr, który łatwo zmierzyć i o którego zredukowanie zawsze się zabiega. Jednak nawet obniżenie ceny o 30% przekłada się na spadek kosztu wyprodukowania jednego przedmiotu zaledwie o 1%.

Podobny wynik – oszczędność kosztów o 1% – uzyskujemy zwiększając trwałość narzędzi o 50%.

Zwiększenie parametrów skrawania o zaledwie 20% powoduje znaczący spadek kosztów wykonania jednego przedmiotu i uzyskanie oszczędności rzędu 15%.

#### • Obniżenie kosztów:

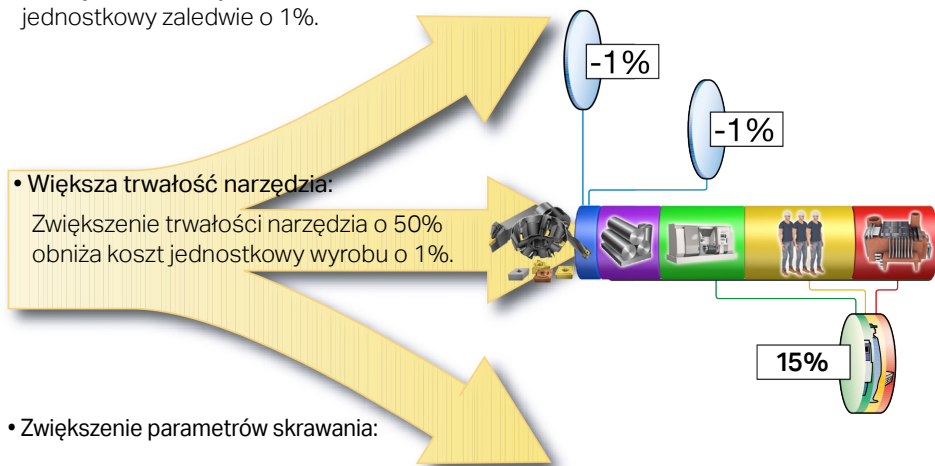
Obniżenie ceny o 30% zmniejsza całkowity koszt jednostkowy zaledwie o 1%.

#### • Większa trwałość narzędzia:

Zwiększenie trwałości narzędzia o 50% obniża koszt jednostkowy wyrobu o 1%.

#### • Zwiększenie parametrów skrawania:

Podwyższenie parametrów skrawania o 20% zmniejsza całkowity koszt jednostkowy o ponad 15%.





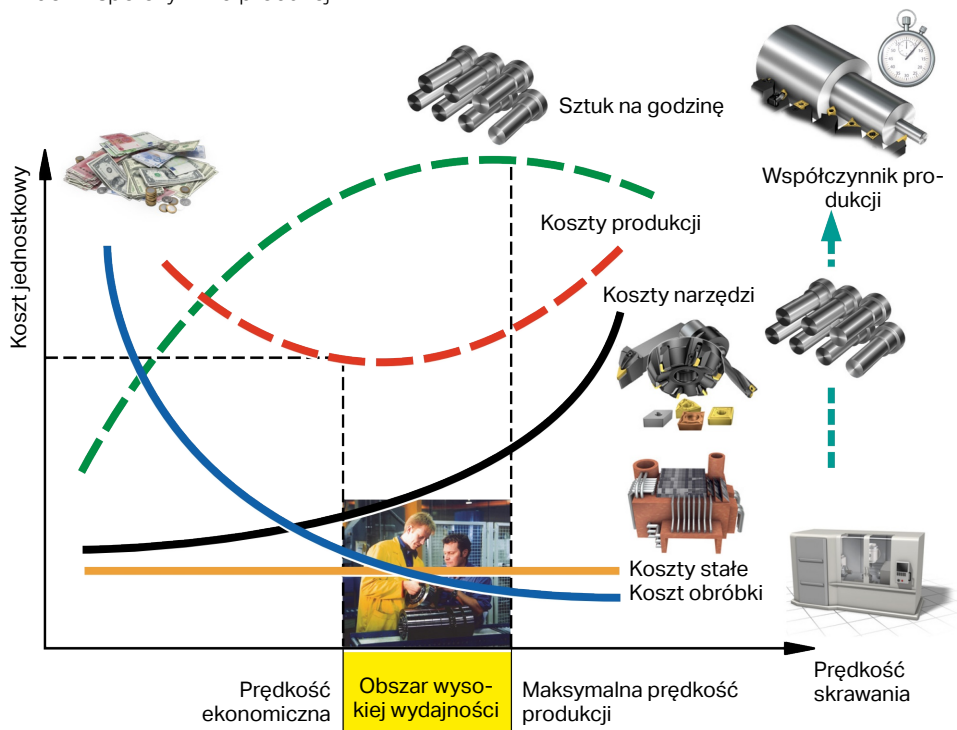
# Ekonomika obróbki

## Parametry skrawania a koszty

- Prędkość skrawania nie ma wpływu na koszty stałe.
- Zwiększenie prędkości skrawania pozwala wyprodukować więcej części na godzinę, co przekłada się na zmniejszenie kosztu jednostkowego.
- Zwiększenie prędkości skrawania przekłada się na wzrost zużycia narzędzi, a zatem i na koszt jednostkowy przedmiotu. Po dodaniu wszystkich kosztów uzyskujemy krzywą całkowitego **Kosztu produkcji**.

1. Zwiększenie prędkości powoduje, że ilość wyprodukowanych **sztuk przedmiotu na godzinę** wzrasta do momentu, gdy zbyt długi czas wymiany narzędzi powoduje odwrócenie tendencji i spadek współczynnika produkcji.
2. **Krzywa kosztów produkcji** osiąga najniższą wartość dla najbardziej ekonomicznej prędkości skrawania.
3. **Krzywa kosztów produkcji** osiąga najwyższą wartość dla największej prędkości skrawania.

Wartości prędkości skrawania z tego zakresu to **Obszar wysokiej wydajności** produkcji, który powinien być obszarem docelowym.



# Podstawa zaleceń dotyczących parametrów skrawania

## Korekcja prędkości skrawania w celu zwiększenia trwałości ostrza lub objętościowej wydajności skrawania

### Trwałość ostrza

- Wszystkie zalecane parametry skrawania są podane dla 15-minutowej trwałości narzędzia.
- Trwałość ostrza 15 min = współczynnik 1.0.
- W celu wydłużenia trwałości krawędzi skrawających należy pomnożyć prędkość skrawania przez współczynnik korekcyjny.

### Zwiększenie trwałości ostrza (przykład)

- Zalecane przez nas parametry skrawania to 225 m/min (738 stóp/min).
- Aby zwiększyć trwałość ostrza o 30%, patrzymy na współczynnik dla 20 minut trwałości narzędzia = 0.93.
- W celu wydłużenia trwałości krawędzi skrawających należy pomnożyć prędkość skrawania przez współczynnik korekcyjny.
- $225 \text{ m/min} \times 0.93 = 209 \text{ m/min}$   
( $738 \text{ stóp/min} \times 0.93 = 686 \text{ stóp/min}$ ).

|                          |      |     |      |      |      |      |      |
|--------------------------|------|-----|------|------|------|------|------|
| Trwałość narzędzia (min) | 10   | 15  | 20   | 25   | 30   | 45   | 60   |
| Współczynnik korekcji    | 1.11 | 1.0 | 0.93 | 0.88 | 0.84 | 0.75 | 0.70 |

### Większa objętościowa wydajność skrawania

- Zalecane parametry skrawania są podane dla 15-minutowej trwałości ostrza.
- Aby uzyskać większą objętościową wydajność skrawania, przesunęlibyśmy się w przeciwnym kierunku w tabeli. Zmniejszenie liczby minut trwałości ostrza zwiększa objętościową wydajność skrawania.
- W celu zwiększenia wydajności objętościowej należy pomnożyć prędkość skrawania przez współczynnik korekcyjny.

### Większa objętościowa wydajność skrawania (przykład)

- Zalecane parametry skrawania to 225 m/min (738 stóp/min).
- Aby zwiększyć objętościową wydajność skrawania o 10%, patrzymy na współczynnik dla 10 minut = 1.11.
- W celu zwiększenia wydajności objętościowej należy pomnożyć prędkość skrawania przez współczynnik korekcyjny.
- $225 \text{ m/min} \times 1.11 = 250 \text{ m/min}$   
( $738 \text{ stóp/min} \times 1.11 = 819 \text{ stóp/min}$ ).

## Korekcja prędkości skrawania w zależności od twardości

## Twardość

- Zalecenia odnośnie prędkości skrawania opierają się o twardość materiałów wzorcowych.
- Twardość metalu mierzy się w skali twardości Brinella (HB) lub w skali twardości Rockwella „C” (HRC), na przykład: ISO/ANSI P = 180 HB, ISO/ANSI H = 60 HRC.
- Kolumna Twardość (HB) to podstawowa twardość dla każdej grupy materiałów, a prędkości skrawania zalecane są dla tej twardości podstawowej (uwaga: używany materiał może być twardszy/miększy).
- Każda grupa materiałów ISO/ANSI jest powiązana z mnożnikiem uwzględniającym zmniejszoną/zwiększoną twardość materiału (przykładowo grupa ISO/ANSI P = 180 HB i posiada mnożnik 1.0).
- Skorzystaj z poniższego wykresu ze współczynnikami korekcyjnymi i przemnoż współczynnik przez zalecaną prędkość skrawania dla wybranego gatunku płytki.

| ISO/<br>ANSI | MC(1) | HB(2)     | Zmniejszona twardość |      |      | 0   | Zwiększona twardość |      |      |      |      |
|--------------|-------|-----------|----------------------|------|------|-----|---------------------|------|------|------|------|
|              |       |           | -60                  | -40  | -20  |     | +20                 | +40  | +60  | +80  | +100 |
| P            | P2    | HB 180    | 1.44                 | 1.25 | 1.11 | 1.0 | 0.91                | 0.84 | 0.77 | 0.72 | 0.67 |
| M            | M1    | HB 180    | 1.42                 | 1.24 | 1.11 | 1.0 | 0.91                | 0.84 | 0.78 | 0.73 | 0.68 |
| K            | K2    | HB 220    | 1.21                 | 1.13 | 1.06 | 1.0 | 0.95                | 0.90 | 0.86 | 0.82 | 0.79 |
|              | K3    | HB 250    | 1.33                 | 1.21 | 1.09 | 1.0 | 0.91                | 0.84 | 0.75 | 0.70 | 0.65 |
| N            | N1    | HB 75     |                      |      | 1.05 | 1.0 | 0.95                |      |      |      |      |
| S            | S2    | HB 350    |                      |      | 1.12 | 1.0 | 0.89                |      |      |      |      |
| H            | H1    | HRC(3) 60 |                      |      | 1.07 | 1.0 | 0.97                |      |      |      |      |

1) MC = kod klasyfikacji materiałów

2) HB = skala twardości Brinella

3) HRC = skala twardości Rockwella

## Przykład tabeli zamiany skali twardości

Specyfikacje materiałowe mogą być podane w różnej formie, na przykład: HB, HRC, Wytrzymałość na rozciąganie lub Opory właściwe skrawania.

| Wytrzymałość na rozciąganie |                            | Vickers | Brinell | Rockwell |       |
|-----------------------------|----------------------------|---------|---------|----------|-------|
| N/mm <sup>2</sup>           | Funt-siła/cal <sup>2</sup> | HV      | HB      | HRC      | HRB   |
| 255                         | 36,975                     | 80      | 76.0    | –        | –     |
| 270                         | 39,150                     | 85      | 80.7    | –        | 41.0  |
| 285                         | 41,325                     | 90      | 85.5    | –        | 48.0  |
| 305                         | 44,225                     | 95      | 90.2    | –        | 52.0  |
| 320                         | 46,400                     | 100     | 95.0    | –        | 56.2  |
| 350                         | 50,750                     | 110     | 105     | –        | 62.3  |
| 385                         | 55,825                     | 120     | 114     | –        | 66.7  |
| 415                         | 60,175                     | 130     | 124     | –        | 71.2  |
| 450                         | 65,250                     | 140     | 133     | –        | 75.0  |
| 480                         | 69,600                     | 150     | 143     | –        | 78.7  |
| 510                         | 73,950                     | 160     | 152     | –        | 81.7  |
| 545                         | 79,025                     | 170     | 162     | –        | 85.0  |
| 575                         | 83,375                     | 180     | 171     | –        | 87.5  |
| 610                         | 88,450                     | 190     | 181     | –        | 89.5  |
| 640                         | 92,800                     | 200     | 190     | –        | 91.5  |
| 660                         | 95,700                     | 205     | 195     | –        | 92.5  |
| 675                         | 97,875                     | 210     | 199     | –        | 93.5  |
| 690                         | 100,050                    | 215     | 204     | –        | 94.0  |
| 705                         | 102,225                    | 220     | 209     | –        | 95.0  |
| 720                         | 104,400                    | 225     | 214     | –        | 96.0  |
| 740                         | 107,300                    | 230     | 219     | –        | 96.7  |
| 770                         | 111,650                    | 240     | 228     | 20.3     | 98.1  |
| 800                         | 116,000                    | 250     | 238     | 22.2     | 99.5  |
| 820                         | 118,900                    | 255     | 242     | 23.1     | –     |
| 835                         | 121,075                    | 260     | 247     | 24.0     | (101) |
| 850                         | 123,250                    | 265     | 252     | 24.8     | –     |
| 865                         | 125,425                    | 270     | 257     | 25.6     | (102) |
| 900                         | 130,500                    | 280     | 266     | 27.1     | –     |
| 930                         | 134,850                    | 290     | 276     | 28.5     | (105) |
| 950                         | 137,750                    | 295     | 280     | 29.2     | –     |
| 965                         | 139,925                    | 300     | 285     | 29.8     | –     |
| 995                         | 144,275                    | 310     | 295     | 31.0     | –     |

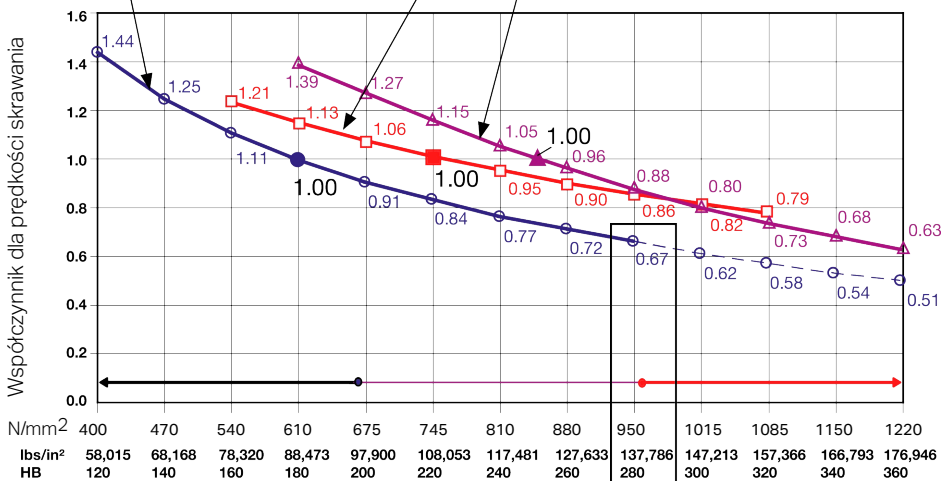
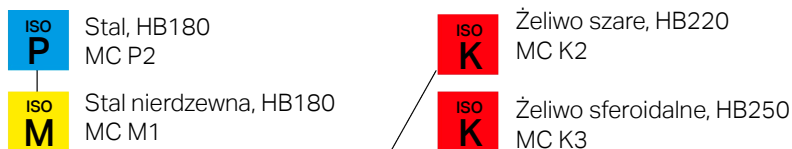
Materiał przedmiotu obrabianego (dopasuj do informacji na wykresie)

Wytrzymałość na rozciąganie = 950 N/mm<sup>2</sup>  
(137,750 funt-siła/cal<sup>2</sup>)

HB = 280, HRC = 29.2

## Przykład tabeli zamiany, wyszukiwanie współczynnika twardości

## Wykres dla materiałów P, M i K

Opory właściwe skrawania N/mm<sup>2</sup>(funt-siła/cal<sup>2</sup>)

Twardość Brinella (HB)

Materiał obrabiany klienta

Stal 4140

Wytrzymałość na rozciąganie =

950 N/mm<sup>2</sup>(137,786 funt-siła/cal<sup>2</sup>)

HB = 280, HRC = 29.2

Obliczanie współczynnika

twardości = 0.67

## Korekcja prędkości skrawania w zależności od twardości

### Przykład:

- Zalecane parametry skrawania to 415 m/min (1360 stóp/min) dla grupy materiałowej P Stal 180 HB.
- Materiał obrabiany klienta = 280 HB materiał Stal P.
- Obliczanie współczynnika twardości, materiał klienta = 280 HB – materiał wzorcowy 180 HB = +100 HB zwiększonej twardości (współczynnik = 0.67).
- Użyj współczynnika, aby ponownie obliczyć prędkość skrawania dla twardości skrawania 415 m/min x 0.67 = 278 m/min (1360 stóp/min x 0.67 = 911 stóp/min).

| ISO/<br>ANSI | MC(1) | HB(2)     | Zmniejszona twardość ← |      |      |     | → Zwiększona twardość |      |      |      |      |
|--------------|-------|-----------|------------------------|------|------|-----|-----------------------|------|------|------|------|
|              |       |           | -60                    | -40  | -20  | 0   | +20                   | +40  | +60  | +80  | +100 |
| P            | P2    | HB 180    | 1.44                   | 1.25 | 1.11 | 1.0 | 0.91                  | 0.84 | 0.77 | 0.72 | 0.67 |
| M            | M1    | HB 180    | 1.42                   | 1.24 | 1.11 | 1.0 | 0.91                  | 0.84 | 0.78 | 0.73 | 0.68 |
| K            | K2    | HB 220    | 1.21                   | 1.13 | 1.06 | 1.0 | 0.95                  | 0.90 | 0.86 | 0.82 | 0.79 |
|              | K3    | HB 250    | 1.33                   | 1.21 | 1.09 | 1.0 | 0.91                  | 0.84 | 0.75 | 0.70 | 0.65 |
| N            | N1    | HB 75     |                        |      | 1.05 | 1.0 | 0.95                  |      |      |      |      |
| S            | S2    | HB 350    |                        |      | 1.12 | 1.0 | 0.89                  |      |      |      |      |
| H            | H1    | HRC(3) 60 |                        |      | 1.07 | 1.0 | 0.97                  |      |      |      |      |

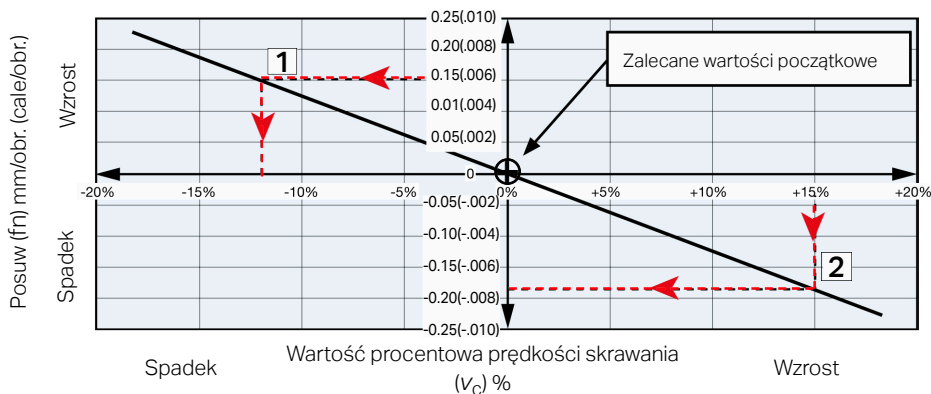
- 1) MC = kod klasyfikacji materiałów
- 2) HB = skala twardości Brinella
- 3) HRC = skala twardości Rockwella

## Korekcja prędkości skrawania i posuwu przy toczeniu

### Jak korzystać z wykresu

Wykres ilustruje prostą metodę dostosowania wartości początkowych dla prędkości skrawania i zaleceń odnośnie posuwu.

Zalecane parametry skrawania dla płytek podane są dla 15-minutowej trwałości narzędzia (czasu skrawania), przy kontynuacji formowania wiórów, co nie zmienia się dla wartości z wykresu.



### Przykład 1: Poprawa produktywności

- Wzrost posuwu o 0.15 (.006"), dający w efekcie nową wartość początkową wynoszącą 0.45 mm/obr. (.018 cal/obr.).
- Obliczamy nową prędkość skrawania dla -12% na podstawie wykresu na przecięciu linii posuwu z wykresem wartości początkowej i osią prędkości skrawania.
- Nowe parametry skrawania = 0.45 mm/obr. (.018 cal/obr.) i  $415 \times .88 = 365$  m/min ( $1360 \times .88 = 1197$  stóp/min) Objętość skrawania +30%.

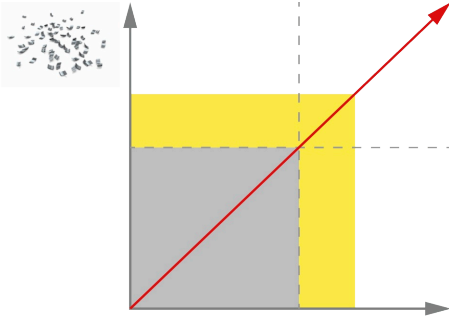
### Przykład 2: Lepsza jakość wykończenia powierzchni

- Zwiększenie prędkości skrawania o 15% w celu uzyskania nowej wartości początkowej wynoszącej 477 m/min (1564 stóp/min).
- Obliczamy nowy posuw dla -0.175 (-.0075") na podstawie wykresu na przecięciu linii prędkości z wykresem wartości początkowej i osią posuwu.
- Nowe parametry skrawania = 477 m/min (1564 stóp/min) i  $0.3 - 0.175 = 0.125$  mm/obr. (.012" - .0075" = .0045 cali/obr.) Poprawa jakości wykończenia powierzchni.

### ⊕ Zalecane wartości początkowe

CNMG 12 04 08-PM  
(CNMG 432 - PM)  
Gatunek P15  
Głębokość skrawania:  
3 mm  
Posuw: 0.3 mm/obr  
Prędkość skrawania:  
415 m/min

## Jak można zwiększyć produktywność?

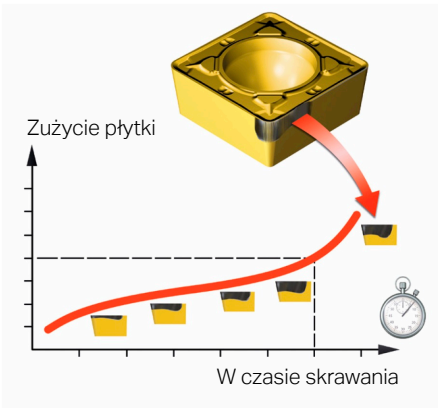


### Co wziąć pod uwagę

- Należy określić twardość materiału w skali HB, opory właściwe skrawania lub wytrzymałość na rozciąganie N/mm<sup>2</sup> (funt-siła/cal<sup>2</sup>).
- Wybrać właściwą geometrię.
- Wybrać właściwy gatunek.
- Użyć podanych wartości parametrów skrawania, wprowadzić korektę uwzględniającą współczynnik twardości materiału.
- Stworzyć stabilne środowisko dla komponentów i narzędzi.



## Wskazówki zwiększające trwałość narzędzia



- Określić twardość materiału w skali HB, opory właściwe skrawania lub wytrzymałość na rozciąganie N/mm<sup>2</sup> (funt-siła/cal<sup>2</sup>).
- Użyć podanych wartości parametrów skrawania, wprowadzić korektę uwzględniającą współczynnik twardości materiału.
- Stworzyć stabilne środowisko dla komponentów i narzędzi.
- Wybrać prawidłową kombinację promienia naroża i geometrii.
- W miarę możliwości stosować frezowanie współbieżne zamiast konwencjonalnego.
- Wykorzystać wszystkie dostępne naroża płytki
- Rozważyć zastosowanie zużytych płytek do fazowania.

Dobra stabilność = Efektywna obróbka

A

ISO 13399 – branżowy standard

Toczenie

B

Przecinanie i  
obróbka rowków

C

Obróbka gwintów

D

Frezowanie

E

Wiercenie

F

Wytyczanie

G

Systemy mocowania

H

Skrawalność  
Inne informacje

# ISO 13399 branżowy standard

ISO 13399

H 79



H 78

# ISO 13399 – branżowy standard

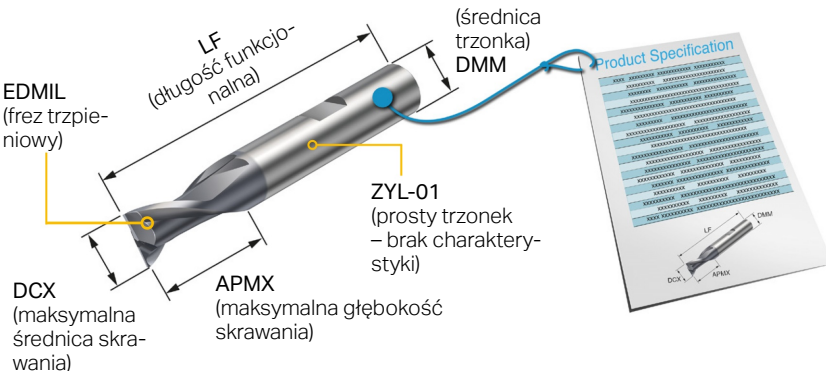
Zróznicowana terminologia, którą posługują się różni producenci, utrudnia gromadzenie i wymianę informacji. Jednocześnie, coraz więcej funkcji nowoczesnych systemów produkcji bazuje na dostępie do stosownych, szczegółowych danych.



Jeden język ma nieocenione znaczenie dla komunikacji między systemami, ale ułatwi też życie ich użytkownikom. ISO 13399 to międzynarodowa norma ułatwiająca wymianę danych dotyczących narzędzi skrawających oraz uznawany na całym świecie sposób opisywania danych narzędzi skrawających.

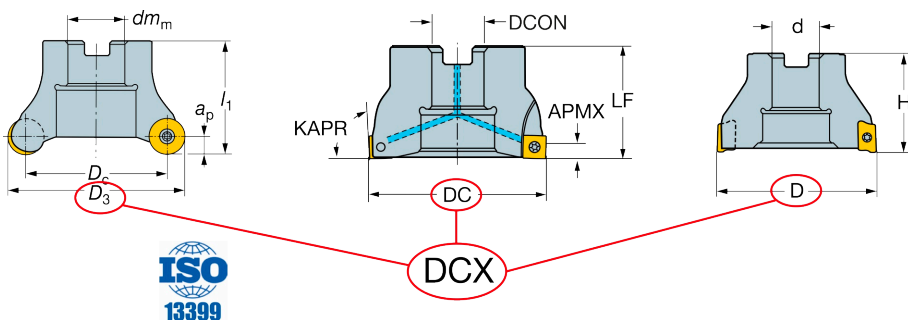
## ISO 13399 - Co norma ta oznacza dla branży

Międzynarodowa norma definiuje atrybuty narzędzia, na przykład długość funkcjonalną, średnicę skrawania lub maksymalną głębokość skrawania, w znormalizowany sposób. Każde narzędzie definiuje się przy użyciu znormalizowanych parametrów.



## ISO 13399 – Co norma ta oznacza dla branży

Ujednoczenie parametrów i definicji w całej branży znacząco ułatwia komunikację między systemami elektronicznymi zarządzającymi danymi narzędziowymi. Rysunek demonstruje, że różni dostawcy używają określeń D3, DC oraz D w odniesieniu do średnicy. Wprowadza to zamieszanie i stanowi problem dla programistów. Zgodnie ze standardem ISO 13399, średnica zawsze jest oznaczana jako DCX.



Pełna lista parametrów jest dostępna na stronie [www.sandvik.coromant.com](http://www.sandvik.coromant.com)

## Wzory i definicje

|                  |      |
|------------------|------|
| Glosariusz pojęć | H 82 |
| Toczenie         | H 84 |
| Frezowanie       | H 86 |
| Wiercenie        | H 88 |
| Wytaczanie       | H 90 |

## E-learning

|                                      |      |
|--------------------------------------|------|
| Informacje o e-learningu i aplikacji | H 92 |
|--------------------------------------|------|

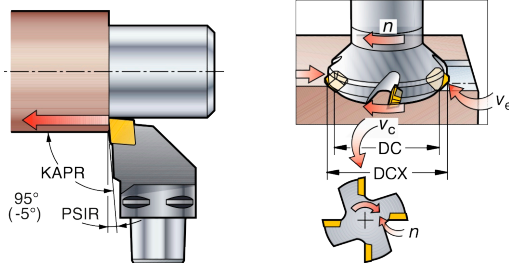
$$v_f = n \times f_z \times z \times n$$

$$n = \frac{v_c \times 10^3}{\pi \times D_m}$$

$$v_c = \frac{\pi \times D_m \times n}{10^3}$$

## Glosariusz pojęć

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



**$a_e$  (Szerokość frezowania)** kontakt roboczy narzędzia i obrabianego przedmiotu, mierzony w kierunku równoległym do płaszczyzny Pfe (pierwotny kierunek ruchu/ powstający kierunek skrawania) i prostopadłym do posuwu. Mierzony w milimetrach (mm) lub calach.

**$a_p$  (Głębokość skrawania)** głębokość skrawania w kierunku prostopadłym do posuwu. Uwaga: W przypadku wiercenia  $a_p$  oznacza promieniową głębokość skrawania; ten sam symbol jest używany do oznaczenia osiowej głębokości/ szerokości skrawania przy frezowaniu. Mierzony w milimetrach (mm) lub calach.

**DC (Średnica skrawania)** średnica okręgu zarysowanego przez referencyjny punkt obróbki obracający się wokół osi narzędzia obrotowego. Uwaga: Chodzi o średnicę zewnętrznej powierzchni obrabianego. Mierzony w milimetrach (mm) lub calach.

**$D_{cap}$  (Średnica skrawania na głębokości skrawania)** średnica znajdująca się w odległości  $a_p$  od płaszczyzny Pfe i poprowadzona przez punkt PK, mierzona na płaszczyźnie podstawowej 1 (Bp 1). Mierzony w milimetrach (mm) lub calach.

**$D_m$  (Średnica obrabianego przedmiotu)** średnica obróbki przedmiotu obrabianego. Mierzony w milimetrach (mm) lub calach.

**$F_f$  (Siła posuwu)** składowa siłowa powstająca wskutek rzutu prostopadłego w kierunku posuwu (tj. zgodnym z kierunkiem wektora  $v_f$ ). Siła posuwu dotyczy danej szerokości i jest mierzona w niutonach (N) i funt-siłach (lbf).

**$f_n$  (Posuw na obrót)** przesuwanie się narzędzia w kierunku posuwu podczas jednego obrotu przedmiotu obrabianego. Niezależne od liczby efektywnych ostrzy skrawających na narzędziu. W przypadku toczenia odległość mierzona jest podczas jednego całkowitego obrotu przedmiotu obrabianego. Mierzony w milimetrach/ obrót lub calach/obróty.

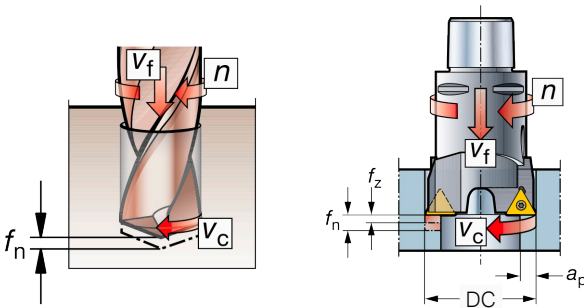
**$f_z$  (Posuw na ostrze)** przemieszczenie narzędzia w kierunku ruchu posuwowego odpowiadające obrotowi ruchu głównego o kąt podziatki międzyostrzowej (o jedno ostrze). W przypadku toczenia odległość mierzona jest podczas jednego całkowitego obrotu przedmiotu obrabianego. Mierzony w milimetrach/ostrze lub calach/ostrze.

**$h_{ex}$  (Maksymalna grubość wiórów)** to maksymalna grubość niezdeformowanego wióra pod kątem prostym do ostrza skrawającego, na którą wpływ mają kąt przystawienia, przygotowanie ostrza płytki oraz posuw na ostrze. Należy jednak pamiętać, że różne promieniowe szerokości skrawania i różne kąty przystawienia wymagają dostosowania posuwu w celu utrzymania prawidłowej grubości wióra. Mierzony w milimetrach (mm) lub calach.

**$h_m$  (Średnia grubość wiórów)** to średnia grubość niezdeformowanego wióra pod kątem prostym do ostrza skrawającego, na którą wpływ mają kąt przystawienia, przygotowanie ostrza płytki oraz posuw na ostrze. Należy jednak pamiętać, że różne promieniowe szerokości skrawania i różne kąty przystawienia wymagają dostosowania posuwu w celu utrzymania prawidłowej grubości wióra. Mierzony w milimetrach (mm) lub calach.

**KAPR (Kąt przystawienia)** kąt zawarty między krawędzią skrawającą a wektorem posuwu narzędzia, mierzony na płaszczyźnie równoległej do płaszczyzny XY.

**$k_c$  (Opór właściwy skrawania)** wartość siły skrawania przypadająca na 1 mm<sup>2</sup> pola przekroju poprzecznego warstwy skrawanej. (Współczynnik oporu właściwego skrawania dla kombinacji materiału i narzędzia) i jest mierzony w niutonach na milimetr kwadratowy (N/mm<sup>2</sup>) oraz funtach na cal kwadratowy (funt/cal<sup>2</sup>).



$$P_c = \frac{v_c \times DC \times f_n \times k_c}{240 \times 10^3}$$

$k_{c1}$  (Współczynnik oporu właściwego skrawania) siła/przekrój warstwy skrawania dla grubości wiórów wynoszącej 1 mm (0.0394") otrzymywanej w kierunku stycznym. (Stała materiałowa: współczynnik oporu właściwego skrawania. Tradycyjnie nazywany  $k_c$  1.1) i jest mierzony w niutonach na milimetr kwadratowy (N/mm<sup>2</sup>) oraz funtach na cal kwadratowy (funt/cal<sup>2</sup>).

$l_m$  (Długość obrabianego przedmiotu) długość kontaktu narzędzia podczas wszystkich przejść. Mierzony w milimetrach (mm) lub calach.

$M_c$  (Wzrost oporu właściwego skrawania) wzrost oporu właściwego jako funkcja zredukowanej grubości wiórów. Można go znaleźć we właściwościach materiału obrabianego w tabelach parametrów skrawania i jest mierzony jako proporcja. Jest również ściśle związany ze współczynnikiem oporu właściwego skrawania ( $k_{c1}$ ).

$n$  (Prędkość obrotowa wrzeciona) częstotliwość obrotów wrzeciona. Mierzona w obrotach na minutę (obr./min).

$P_c$  (Moc skrawania) moc pobierana w procesie skrawania. Mierzona w kilowatach (kW) lub koniach mechanicznych (KM)

KAPR (Kąt przystawienia) kąt zawarty między ostrzem skrawającym a płaszczyzną prostopadłą do płaszczyzny posuwu narzędzia, mierzony na płaszczyźnie równoległej do płaszczyzny XY.

$Q$  (Wydajność skrawania) definiowana jako objętość usuniętego materiału podzielona przez czas obróbki. Innym sposobem na zdefiniowanie parametru  $Q$  jest wyobrażenie sobie „chwilowej” wydajności skrawania materiału jako prędkości, z jaką skrawane pole przekroju materiału przemieszcza się przez przedmiot obrabiany. Jest ona mierzona w centymetrach sześciennych na

minutę (cm<sup>3</sup>/min) oraz w calach sześciennych na minutę (cal<sup>3</sup>/min).

$T_c$  (Czas maszynowy) okres czasu zagłębienia w ciągu wszystkich przejść. Mierzony w minutach.

$v_c$  (Prędkość skrawania) chwilowa prędkość ruchu wybranego punktu na ostrzu skrawającym w stosunku do przedmiotu obrabianego. Mierzona metrach na minutę lub stopach na minutę.

$v_f$  (Prędkość posuwu) chwilowa prędkość ruchu posuwowego rozpatrywanego punktu krawędzi skrawającej w stosunku do przedmiotu obrabianego. Mierzony w milimetrach na minutę lub calach na minutę.

$\gamma_0$  (efektywny kąt natarcia) Opór właściwy maleje o 1 procent wraz z każdym kolejnym stopniem kąta natarcia. Mierzony w stopniach.

$Z_c$  (liczba efektywnych ostrzy skrawających) liczba pracujących efektywnie ostrzy w narzędziu.

$Z_n$  (liczba ostrzy skrawających) liczba ostrzy skrawających w narzędziu.

# Wzory i definicje dla toczenia – JEDNOSTKI METRYCZNE

Prędkość skrawania, m/min

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

Prędkość obrotowa wrzeciona,  
obr./min

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

Czas maszynowy, min

$$T_c = \frac{l_m}{f_n \times n}$$

Wydajność skrawania, cm<sup>3</sup>/min

$$Q = v_c \times a_p \times f_n$$

Opory właściwe skrawania

$$k_c = k_{c1} \times \left( \frac{1}{h_m} \right)^{m_c} \times \left( 1 - \frac{\gamma_0}{100} \right)$$

Średnia grubość wiórów

$$h_m = f_n \times \sin \text{KAPR}$$

Moc skrawania, kW

$$P_c = \frac{v_c \times a_p \times f_n \times k_c}{60 \times 10^3}$$



| Symbol     | Oznaczenie/<br>definicja        | Jednostki            |
|------------|---------------------------------|----------------------|
| $D_m$      | Średnica obrabianego przedmiotu | mm                   |
| $f_n$      | Posuw na obrót                  | mm/obr.              |
| $a_p$      | Głębokość skrawania             | mm                   |
| $v_c$      | Prędkość skrawania              | m/min                |
| $n$        | Prędkość obrotowa wrzeciona     | obr./min             |
| $P_c$      | Moc skrawania                   | kW                   |
| $Q$        | Wydajność skrawania             | cm <sup>3</sup> /min |
| $h_m$      | Średnia grubość wiórów          | mm                   |
| $h_{ex}$   | Maksymalna grubość wiórów       | mm                   |
| $T_c$      | Czas maszynowy                  | min                  |
| $l_m$      | Długość obrabianego przedmiotu  | mm                   |
| $k_c$      | Opór właściwy skrawania         | N/mm <sup>2</sup>    |
| KAPR       | Kąt przystawienia               | stopnie              |
| $\gamma_0$ | Efektyny kąt natarcia           | stopnie              |

# Wzory i definicje dla toczenia JEDNOSTKI ANGLOSASKIE

Prędkość skrawania, stopy/min

$$v_c = \frac{\pi \times D_m \times n}{12}$$

Prędkość obrotowa wrzeciona, obr./min

$$n = \frac{v_c \times 12}{\pi \times D_m}$$

Czas maszynowy, min

$$T_c = \frac{l_m}{f_n \times n}$$

Wydajność skrawania  
cale<sup>3</sup>/min

$$Q = v_c \times a_p \times f_n \times 12$$

Opory właściwe skrawania

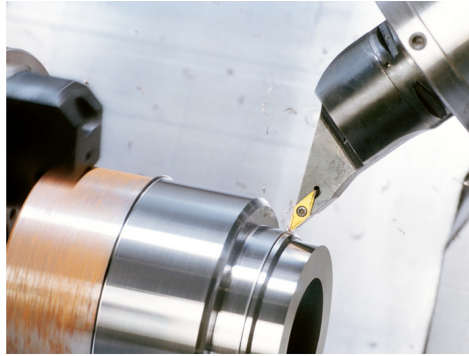
$$k_c = k_{c1} \times \left( \frac{0.0394}{h_m} \right)^{m_c} \times \left( 1 - \frac{\gamma_0}{100} \right)$$

Średnia grubość wiórów

$$h_m = f_n \times \sin(90 \text{ PSIR})$$

Moc skrawania, HP

$$P_c = \frac{v_c \times a_p \times f_n \times k_c}{33 \times 10^3}$$



| Symbol     | Oznaczenie/<br>definicja        | Jednostki              |
|------------|---------------------------------|------------------------|
| $D_m$      | Średnica obrabianego przedmiotu | cale                   |
| $f_n$      | Posuw na obrót                  | cale/obr.              |
| $a_p$      | Głębokość skrawania             | cale                   |
| $v_c$      | Prędkość skrawania              | stopy/min              |
| $n$        | Prędkość obrotowa wrzeciona     | obr./min               |
| $P_c$      | Moc skrawania                   | HP                     |
| $Q$        | Wydajność skrawania             | cale <sup>3</sup> /min |
| $h_m$      | Średnia grubość wiórów          | cale                   |
| $h_{ex}$   | Maksymalna grubość wiórów       | cale                   |
| $T_c$      | Czas maszynowy                  | min                    |
| $l_m$      | Długość obrabianego przedmiotu  | mm                     |
| $k_c$      | Opór właściwy skrawania         | funt/cal <sup>2</sup>  |
| PSIR       | Kąt odchylenia                  | stopnie                |
| $\gamma_0$ | Efektywny kąt natarcia          | stopnie                |

# Wzory i definicje dla frezowania – JEDNOSTKI METRYCZNE

Prędkość posuwu, mm/min

$$v_f = f_z \times n \times z_c$$

Prędkość skrawania, m/min

$$v_c = \frac{\pi \times D_{\text{cap}} \times n}{1000}$$

Prędkość obrotowa wrzeciona,  
obr./min

$$n = \frac{v_c \times 1000}{\pi \times D_{\text{cap}}}$$

Posuw na ostrze, mm

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

Posuw na obrót, mm/obr.

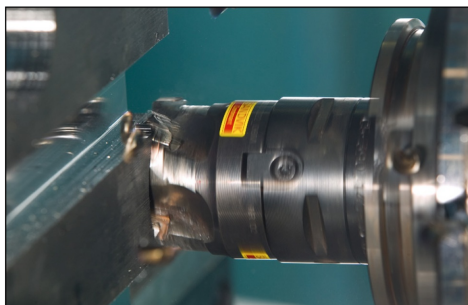
$$f_n = \frac{v_f}{n}$$

Moc skrawania, kW

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

Moment obrotowy, Nm

$$M_c = \frac{P_c \times 30 \times 10^3}{\pi \times n}$$



| Symbol           | Oznaczenie/<br>definicja   | Jednostki            |
|------------------|--|----------------------|
| $a_e$            | Kontakt roboczy  | mm                   |
| $a_p$            | Głębokość skrawania  | mm                   |
| $D_{\text{cap}}$ | Średnica skrawania przy rzeczywistej<br>głębokości skrawania $a_p$ | mm                   |
| DC               | Średnicę frezu   | mm                   |
| $f_z$            | Posuw na ostrze  | mm/ostre             |
| $f_n$            | Posuw na obrót   | mm/obr               |
| $n$              | Prędkość obrotowa wrzeciona  | obr/min              |
| $v_c$            | Prędkość skrawania   | m/min                |
| $v_f$            | Prędkość posuwu  | mm/min               |
| $z_c$            | Efektywna liczba ostrzy  | szt.                 |
| $h_{\text{ex}}$  | Maksymalna grubość wiórów  | mm                   |
| $h_m$            | Średnia grubość wiórów   | mm                   |
| $k_c$            | Opór właściwy skrawani   | N/mm <sup>2</sup>    |
| $P_c$            | Moc netto  | kW                   |
| $M_c$            | Moment obrotowy  | Nm                   |
| $Q$              | Wydajność skrawani   | cm <sup>3</sup> /min |
| KAPR             | Kąt przystawienia  | stopnie              |

# Wzory i definicje dla frezowania JEDNOSTKI ANGLOSASKIE

Prędkość posuwu, cale/min

$$v_f = f_z \times n \times z_c$$

Prędkość skrawania, stopy/min

$$v_c = \frac{\pi \times D_{\text{cap}} \times n}{12}$$

Prędkość obrotowa wrzeciona, obr./min

$$n = \frac{v_c \times 12}{\pi \times D_{\text{cap}}}$$

Posuw na ostrze, w calach

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

Posuw na obrót, cale/obr.

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

Wydajność skrawania, cale<sup>3</sup>/min

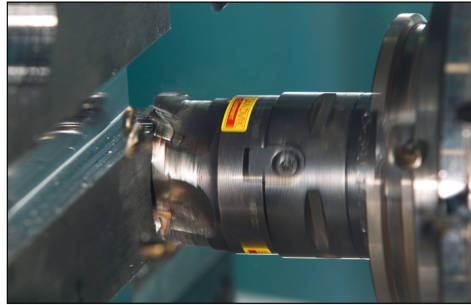
$$Q = a_p \times a_e \times v_f$$

Moc skrawania, HP

$$P_c = \frac{a_e \times a_p \times v_f \times k_c}{396 \times 10^3}$$

Moment obrotowy, funty x stopa

$$M_c = \frac{P_c \times 16501}{\pi \times n}$$



| Symbol           | Oznaczenie/<br>definicja  | Jednostki             |
|------------------|---|-----------------------|
| $a_e$            | Kontakt roboczy   | cale                  |
| $a_p$            | Głębokość skrawania   | cale                  |
| $D_{\text{cap}}$ | Średnica skrawania przy rzeczywistej głębokości skrawania $a_p$ | cale                  |
| DC               | Średnicę frezu  | cale                  |
| $f_z$            | Posuw na ostrze   | cal/ostrze            |
| $f_n$            | Posuw na obrót  | cal/obr               |
| $n$              | Prędkość obrotowa wrzeciona                                     | obr/min               |
| $v_c$            | Prędkość skrawania  | cal/min               |
| $v_f$            | Prędkość posuwu   | cal/min               |
| $z_c$            | Efektywna liczba ostrzy   | szt.                  |
| $h_{\text{ex}}$  | Maksymalna grubość wiórów                                       | cale                  |
| $h_m$            | Średnia grubość wiórów  | cale                  |
| $k_c$            | Opór właściwy skrawania   | funt/cal <sup>2</sup> |
| $P_c$            | Moc netto   | HP                    |
| $M_c$            | Moment obrotowy   | funt x stopa          |
| $Q$              | Wydajność skrawania   | cal <sup>3</sup> /min |
| PSIR             | Kąt przystawienia   | stopnie               |

# Wzory i definicje dla wiercenia – JEDNOSTKI METRYCZNE

Prędkość posuwu, mm/min

$$v_f = f_n \times n$$

Prędkość skrawania, m/min

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

Prędkość obrotowa wrzeciona, obr./min

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

Siła posuwu, N

$$F_f \approx 0.5 \times k_c \times \frac{DC}{2} \times f_n \times \sin KAPR$$

Wydajność skrawania, cm<sup>3</sup>/min

$$Q = \frac{v_c \times DC \times f_n}{4}$$

Moc skrawania, kW

$$P_c = \frac{v_c \times DC \times f_n \times k_c}{240 \times 10^3}$$

Moment obrotowy, Nm

$$M_c = \frac{P_c \times 30 \times 10^3}{\pi \times n}$$



| Symbol | Oznaczenie/<br>definicja    | Jednostki            |
|--------|-----------------------------|----------------------|
| DC     | Średnica wiertła            | mm                   |
| $f_n$  | Posuw na obrót              | mm/obr.              |
| $n$    | Prędkość obrotowa wrzeciona | obr./min             |
| $v_c$  | Prędkość skrawania          | m/min                |
| $v_f$  | Prędkość posuwu             | mm/min               |
| $F_f$  | Siła posuwowa               | N                    |
| $k_c$  | Opór właściwy skrawania     | N/mm <sup>2</sup>    |
| $M_c$  | Moment obrotowy             | Nm                   |
| $P_c$  | Moc skrawania               | kW                   |
| $Q$    | Wydajność skrawania         | cm <sup>3</sup> /min |
| KAPR   | Kąt przystawienia           | stopnie              |

# Wzory i definicje dla wiercenia JEDNOSTKI ANGLOSASKIE

Prędkość posuwu, cale/min

$$v_f = f_n \times n$$

Prędkość skrawania, stopy/min

$$v_c = \frac{\pi \times DC \times n}{12}$$

Prędkość obrotowa wrzeciona,  
obr./min

$$n = \frac{v_c \times 12}{\pi \times DC}$$

Siła posuwu, N

$$F_f \approx 0.5 \times k_c \times \frac{DC}{2} \times f_n \times \sin \text{PSIR}$$

Uwaga: DC należy zamienić na milimetry

Wydajność skrawania,  
cale<sup>3</sup>/min

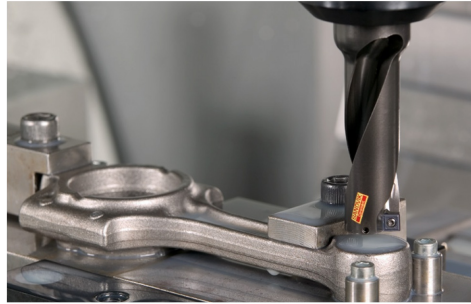
$$Q = v_c \times DC \times f_n \times 3$$

Moc skrawania, HP

$$P_c = \frac{v_c \times DC \times f_n \times k_c}{132 \times 10^3}$$

Moment obrotowy, funt x stopa

$$M_c = \frac{P_c \times 16501}{\pi \times n}$$



| Symbol | Oznaczenie/<br>definicja    | Jednostki              |
|--------|-----------------------------|------------------------|
| DC     | Średnica wiertła            | cale                   |
| $f_n$  | Posuw na obrót              | cale/obr.              |
| $n$    | Prędkość obrotowa wrzeciona | obr/min                |
| $v_c$  | Prędkość skrawania          | stopy/min              |
| $v_f$  | Prędkość posuwu             | cal/min                |
| $F_f$  | Siła posuwowa               | N                      |
| $k_c$  | Opór właściwy skrawania     | funt/cal <sup>2</sup>  |
| $M_c$  | Moment obrotowy             | funt x stopa           |
| $P_c$  | Moc skrawania               | HP                     |
| $Q$    | Wydajność skrawania         | cale <sup>3</sup> /min |
| PSIR   | Kąt odchylenia              | stopnie                |

# Wzory i definicje dla wytaczania – JEDNOSTKI METRYCZNE

Prędkość posuwu, mm/min

$$v_f = f_n \times n$$

Prędkość skrawania, m/min

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

Prędkość obrotowa wrzeciona,  
obr./min

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

Posuw na obrót, mm/obr.

$$f_n = z_c \times f_z$$

Wydajność skrawania, cm<sup>3</sup>/min

$$Q = \frac{v_c \times DC \times f_n}{4}$$

Moc skrawania, kW

$$P_c = \frac{v_c \times a_p \times f_n \times k_c}{60 \times 10^3} \left( 1 - \frac{a_p}{DC} \right)$$

Moment obrotowy, Nm

$$M_c = \frac{P_c \times 30 \times 10^3}{\pi \times n}$$

H 90



| Symbol | Oznaczenie/<br>definicja  | Jednostki            |
|--------|---|----------------------|
| DC     | Średnica wiertła  | mm                   |
| $f_n$  | Posuw na obrót  | mm/obr.              |
| $n$    | Prędkość obrotowa wrzeciona   | obr./min             |
| $v_c$  | Prędkość skrawania  | m/min                |
| $v_f$  | Prędkość posuwu   | mm/min               |
| $F_f$  | Siła posuwowa   | N                    |
| $k_c$  | Opór właściwy skrawania   | N/mm <sup>2</sup>    |
| $M_c$  | Moment obrotowy   | Nm                   |
| $P_c$  | Moc skrawania   | kW                   |
| $Q$    | Wydajność skrawania   | cm <sup>3</sup> /min |
| KAPR   | Kąt przystawienia   | stopnie              |
| $z_c$  | Liczba efektywnych ostrzy<br>( $z_c = 1$ do wytaczania stopniowego) | szt.                 |

Siła posuwu, N

$$F_f \approx 0.5 \times k_c \times a_p \times f_n \times \sin \text{KAPR}$$

# Wzory i definicje dla toczenia JEDNOSTKI ANGLOSASKIE

Prędkość posuwu, cale/min

$$v_f = f_n \times n$$

Prędkość skrawania, stopy/min

$$v_c = \frac{\pi \times DC \times n}{12}$$

Prędkość obrotowa wrzeciona,  
obr./min

$$n = \frac{v_c \times 12}{\pi \times DC}$$

Posuw na obrót, cale/obr.

$$f_n = z_c \times f_z$$

Wydajność skrawania,  
cale<sup>3</sup>/min

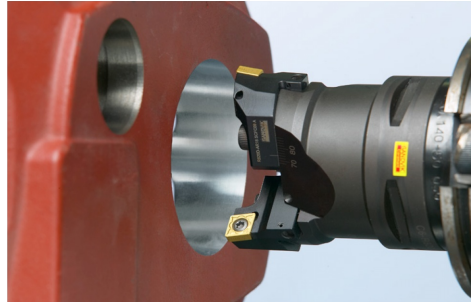
$$Q = v_c \times DC \times f_n \times 3$$

Moc skrawania, HP

$$P_c = \frac{v_c \times a_p \times f_n \times k_c}{132 \times 10^3} \left( 1 - \frac{a_p}{DC} \right)$$

Moment obrotowy  
funt x stopa

$$M_c = \frac{P_c \times 16501}{\pi \times n}$$



| Symbol | Oznaczenie/<br>definicja  | Jednostki              |
|--------|---|------------------------|
| DC     | Średnica wiertła  | cale                   |
| $f_n$  | Posuw na obrót  | cale/obr               |
| $n$    | Prędkość obrotowa wrzeciona   | obr/min                |
| $v_c$  | Prędkość skrawania  | stopy/min              |
| $v_f$  | Prędkość posuwu   | cale/min               |
| $F_f$  | Siła posuwowa   | N                      |
| $k_c$  | Opór właściwy skrawania   | funt/cal <sup>2</sup>  |
| $M_c$  | Moment obrotowy   | funt x stopa           |
| $P_c$  | Moc skrawania   | HP                     |
| $Q$    | Wydajność skrawania   | cale <sup>3</sup> /min |
| PSIR   | Kąt odchylenia  | stopnie                |
| $z_c$  | Liczba efektywnych ostrzy<br>( $z_c = 1$ do wytaczania stopniowego) | szt.                   |

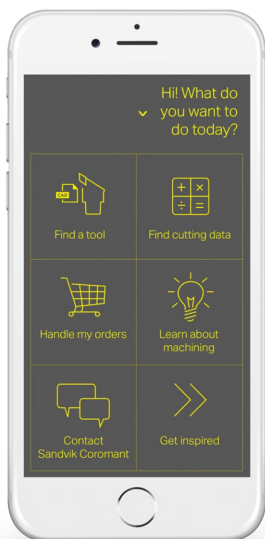
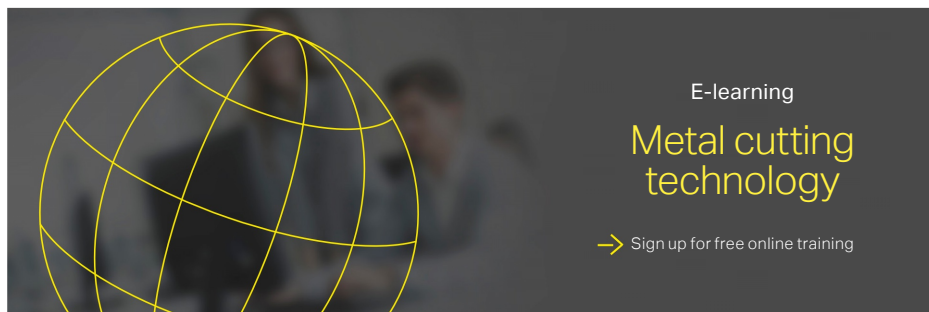
Siła posuwu, N

$$F_f \approx 0.5 \times k_c \times a_p \times f_n \times \sin KAPR$$

## Szkolenie online na poziomie uniwersyteckim

Szkolenie e-learningowe Metal Cutting Technology to idealne uzupełnienie tradycyjnych zajęć, lub idealne rozwiązanie dla tych, którzy chcą zdobywać nowe umiejętności w dowolnym miejscu. Poznaj podstawy Metal Cutting Technology dzięki kompleksowym 75 kursom, których zakres obejmuje większość zastosowań obróbki skrawaniem. Zapisuj swoje postępy i śledź swoje osiągnięcia w miarę zdobywania wiedzy.

Zarejestruj się na [metalcuttingknowledge.com](http://metalcuttingknowledge.com) i rozpocznij darmowe szkolenie.



## Wsparcie na wyciągnięcie ręki

Nauka obróbki skrawaniem wymaga inżynierskiego sposobu myślenia i dobrego wsparcia po drodze. Sandvik Coromant dostarcza nieodpłatnie kilku zaawansowanych i użytecznych kalkulatorów i aplikacji na urządzenia mobilne.

Znajdź potrzebne wsparcie na stronie [sandvik.coromant.com/apps](http://sandvik.coromant.com/apps)

Zapraszamy do kontaktu:  
Sandvik Polska Sp. z o.o.,  
ul. Domaniewska 39A, 02-672 Warszawa, Polska  
tel.: +48 22 647-38-80, E-mail: [pl.coromant@sandvik.com](mailto:pl.coromant@sandvik.com)  
[www.sandvik.coromant.com/pl](http://www.sandvik.coromant.com/pl)

C-2920:40 pl-PL © AB Sandvik Coromant 2017.11

