

**Technologia lotnicza**

**metody obróbki**

# Frezowanie

---

**Frezowanie** jest to sposób obróbki, w którym wielostrzowe narzędzie, zwane frezem, wykonuje ruch główny obrotowy, a ruchy posuwowe wykonuje najczęściej przedmiot zamocowany na stole frezarki.

Frezowanie stanowi obróbkę, w której praca narzędzia nie jest ciągła. Frez jest **narzędziem wielostrzowym** o kształcie bryły obrotowej. W zależności od rozmieszczenia (wykonania) ostrzy wyróżnia się frezy walcowe, walcowo-czołowe, czołowe. Wykonywane są też frezy stożkowe, kuliste oraz kształtowe. Na powierzchni walcowej ostrza mogą być wykonane jako proste bądź śrubowe.

Praca nieciągła oznacza, iż jednocześnie pracuje tylko część ostrzy freza. Z jednej strony stanowi to korzystną cechę ze względu na warunki chłodzenia. Z drugiej strony grubość warstwy skrawanej (przekrój warstwy skrawanej) jest zmienna co wpływa na przebieg procesu skrawania.

W konsekwencji zmiana ulega obciążeniu i obniżeniu ulega trwałość narzędzia.

# Frezowanie

---

Frezowanie po toczeniu to najczęściej spotykany sposób obróbki skrawaniem.

Cechami charakterystycznymi frezowania jest:

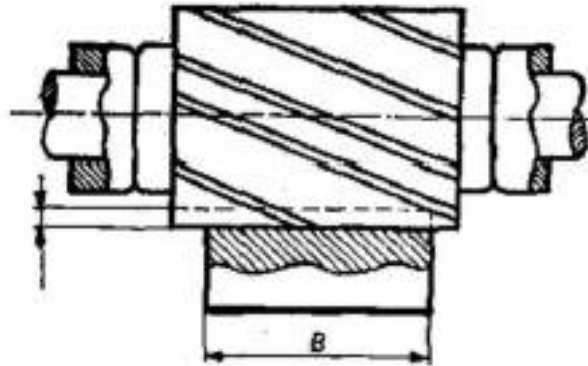
- cykliczność pracy ostrzy,
- zmienność przekroju warstwy skrawanej.

**Frezowaniem obwodowym można uzyskać 10 kl. dokładności i  $R_a = 2,5\mu\text{m}$ .**

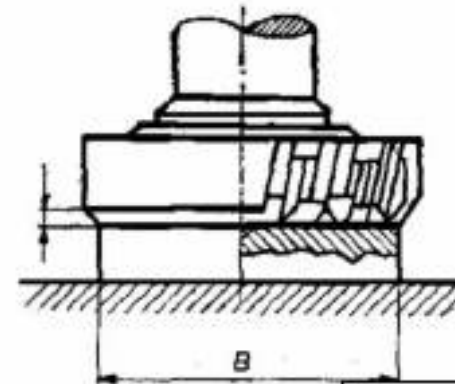
**Frezowaniem czołowym można uzyskać 8 kl. dokładności i  $R_a = 0,63\mu\text{m}$ .**

# Frezowanie

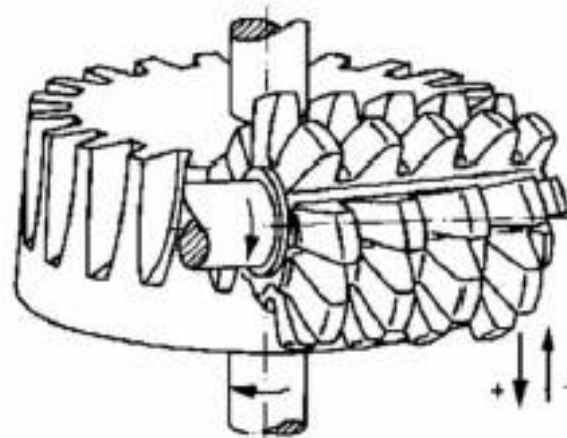
## Odmiany frezowania



obwodowe (walcowe)



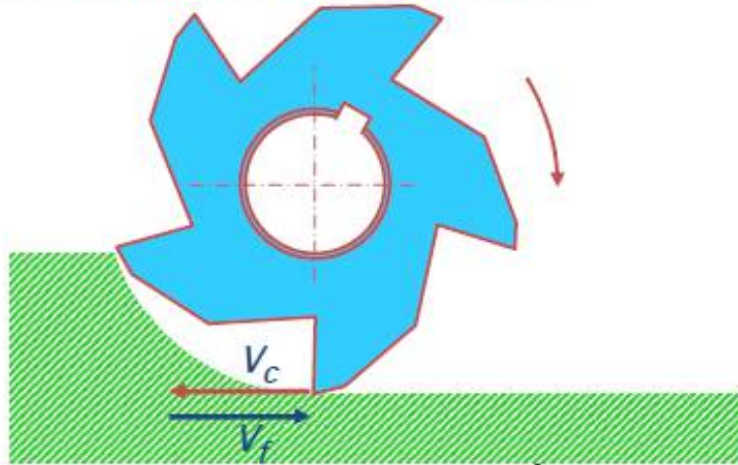
czołowe



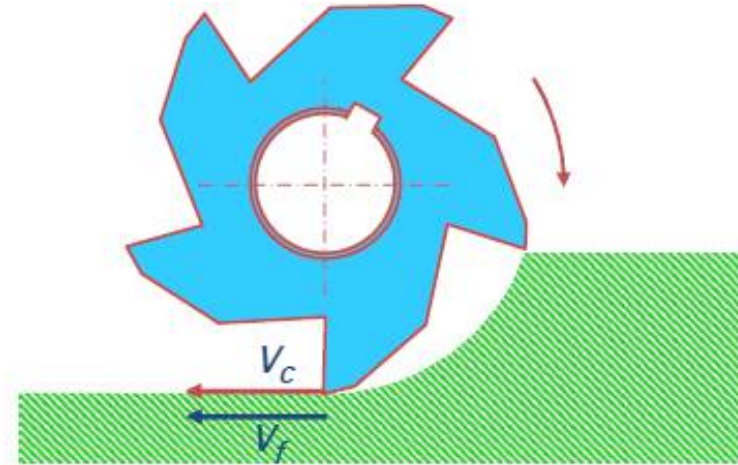
obwiedniowe

# Frezowanie

Ze względu na kinematykę, frezowanie obwodowe można podzielić na:  
**przeciwbieżne** i **współbieżne**



Frezowanie przeciwbieżne



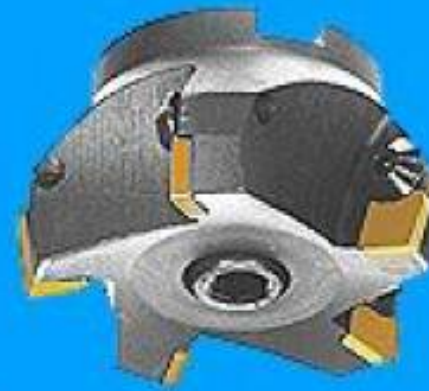
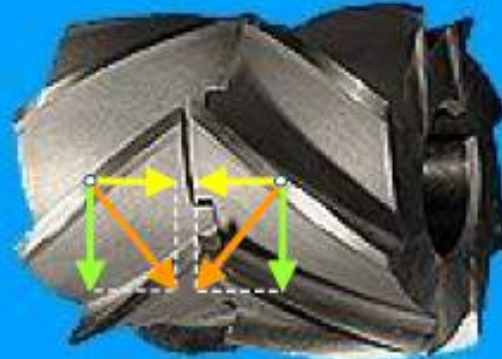
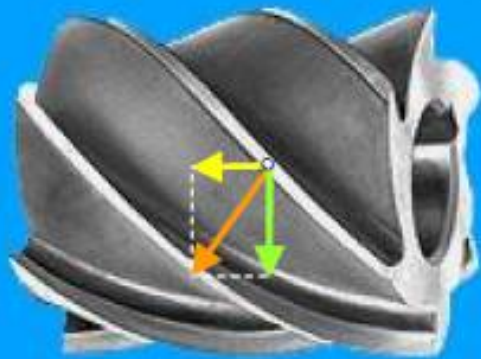
Frezowanie współbieżne

Frezowanie przeciwbieżne stosuje się gdy	Frezowanie współbieżne stosuje się gdy
1. Występują wady i utwardzenia w warstwie wierzchniej półfabrykatu.	1. Jest dobry stan techniczny obrabiarki.
2. W przypadku obróbki bardzo twardych materiałów.	2. Materiał obrabiany silnie się umacnia.
3. Siły skrawanie nie spowodują oderwania przedmiotu od stołu obrabiarki.	3. Wymagana jest mała chropowatość powierzchni po obróbce.



# Frezowanie

Frezy



Frez walcowy



Frezy trzpieniowe

Frez walcowy zespołowy



Frezy walcowo-czołowe nasadzone

Głowice frezowe nasadzone i trzpieniowe



# Frezowanie

Frezy



Frezy kątowe  
nasadzane i trzpieniowe

Frezy kształtowe  
nasadzane i trzpieniowe

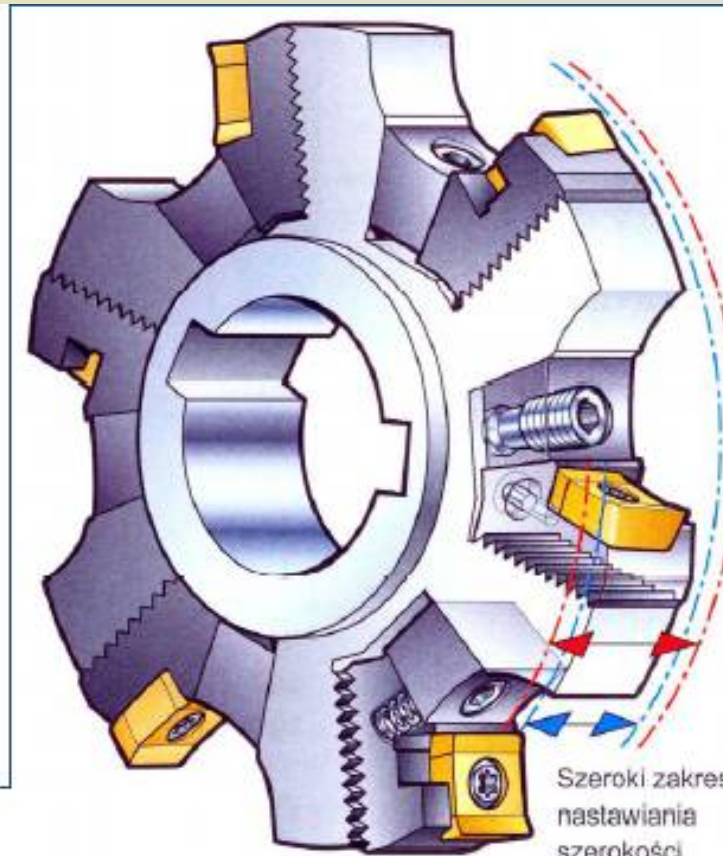


# Frezowanie

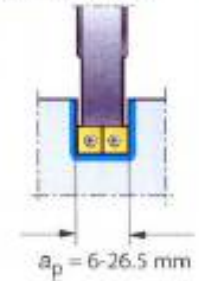
## Frezy



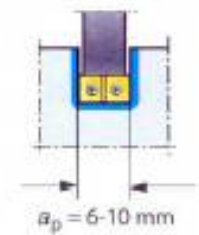
Frezy tarczowe



Pełny rowek  
Wersja z kasetami



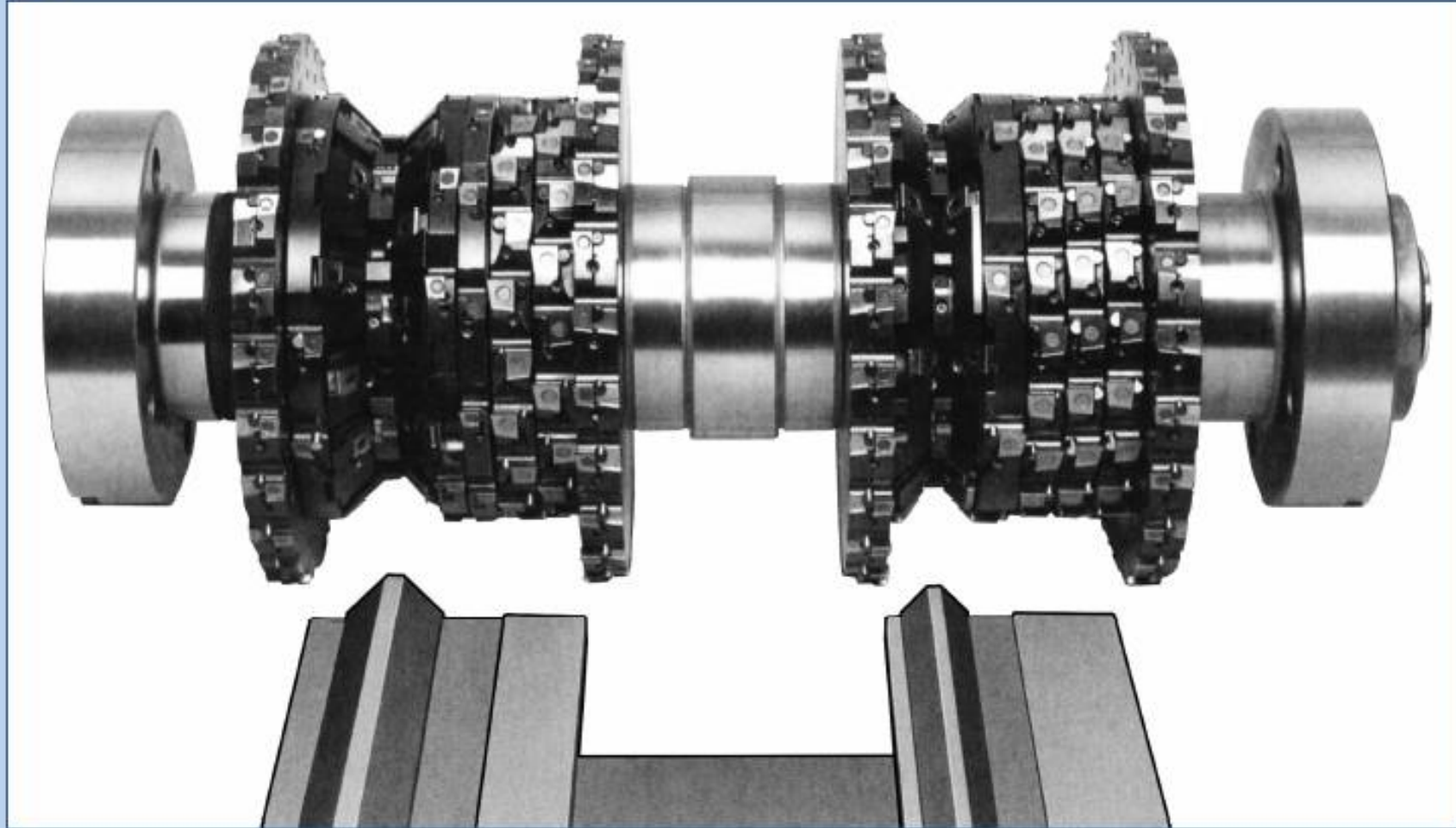
Pełny rowek  
Wersja ze stałymi gniazdami płytek





# Frezowanie

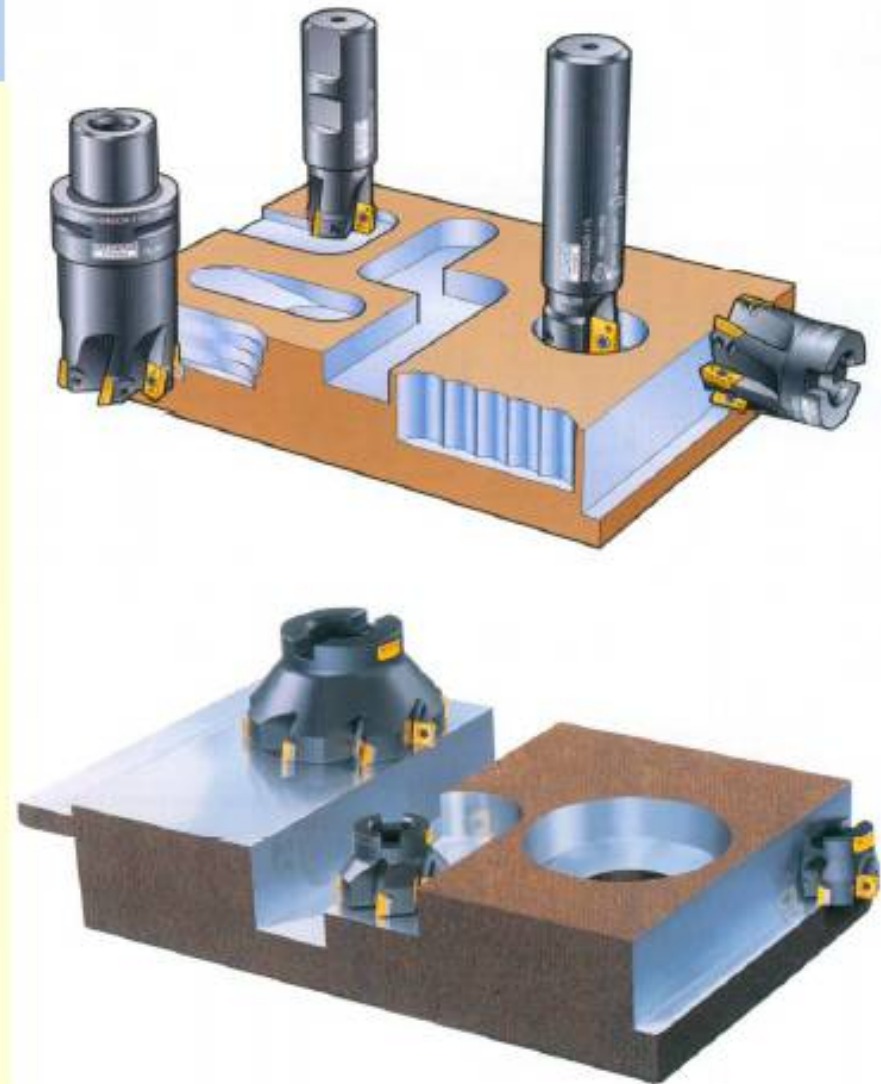
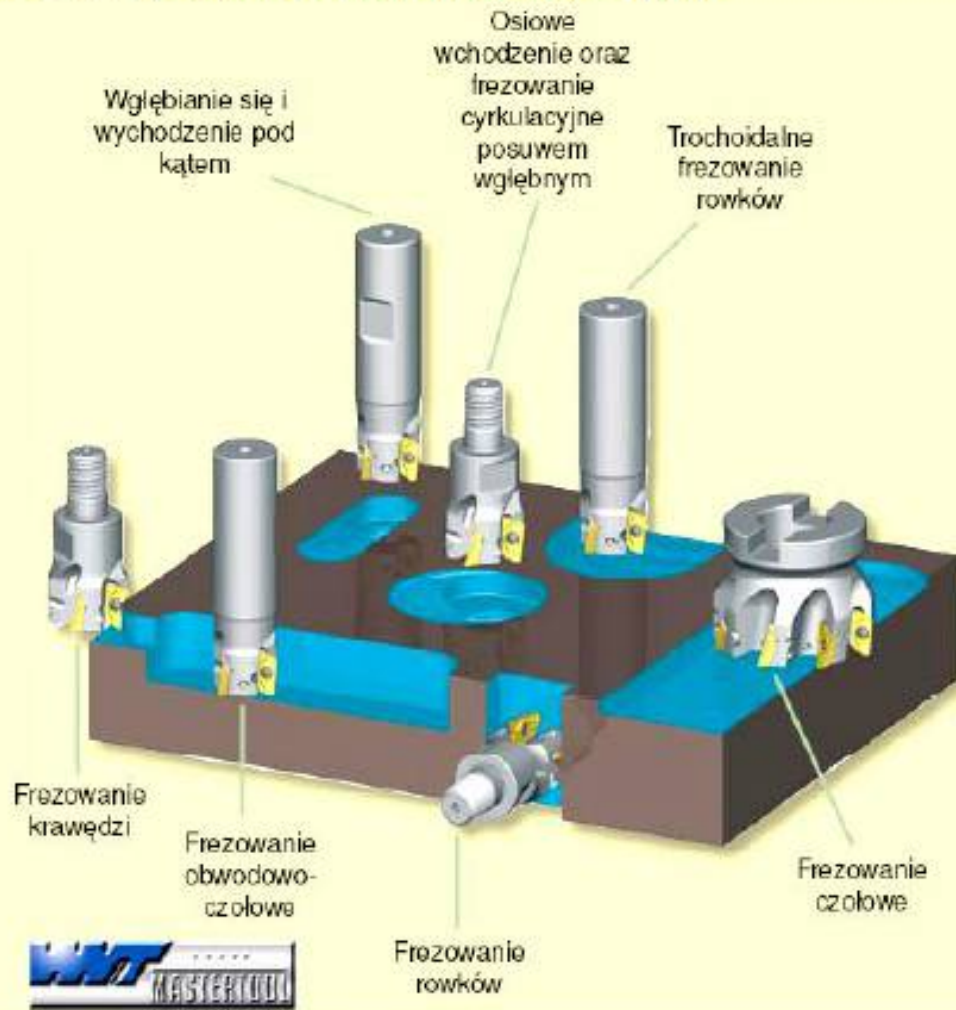
Frezy



Frezy zespołowe

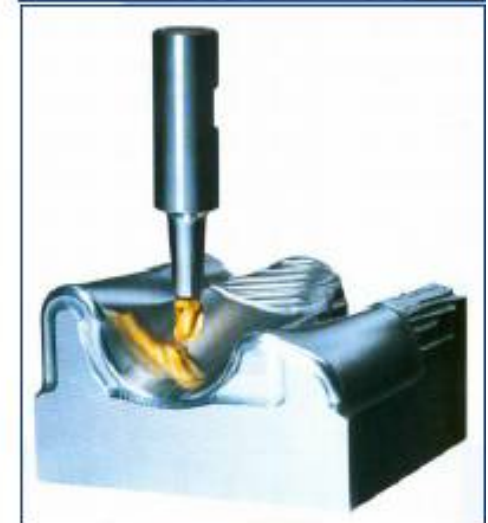
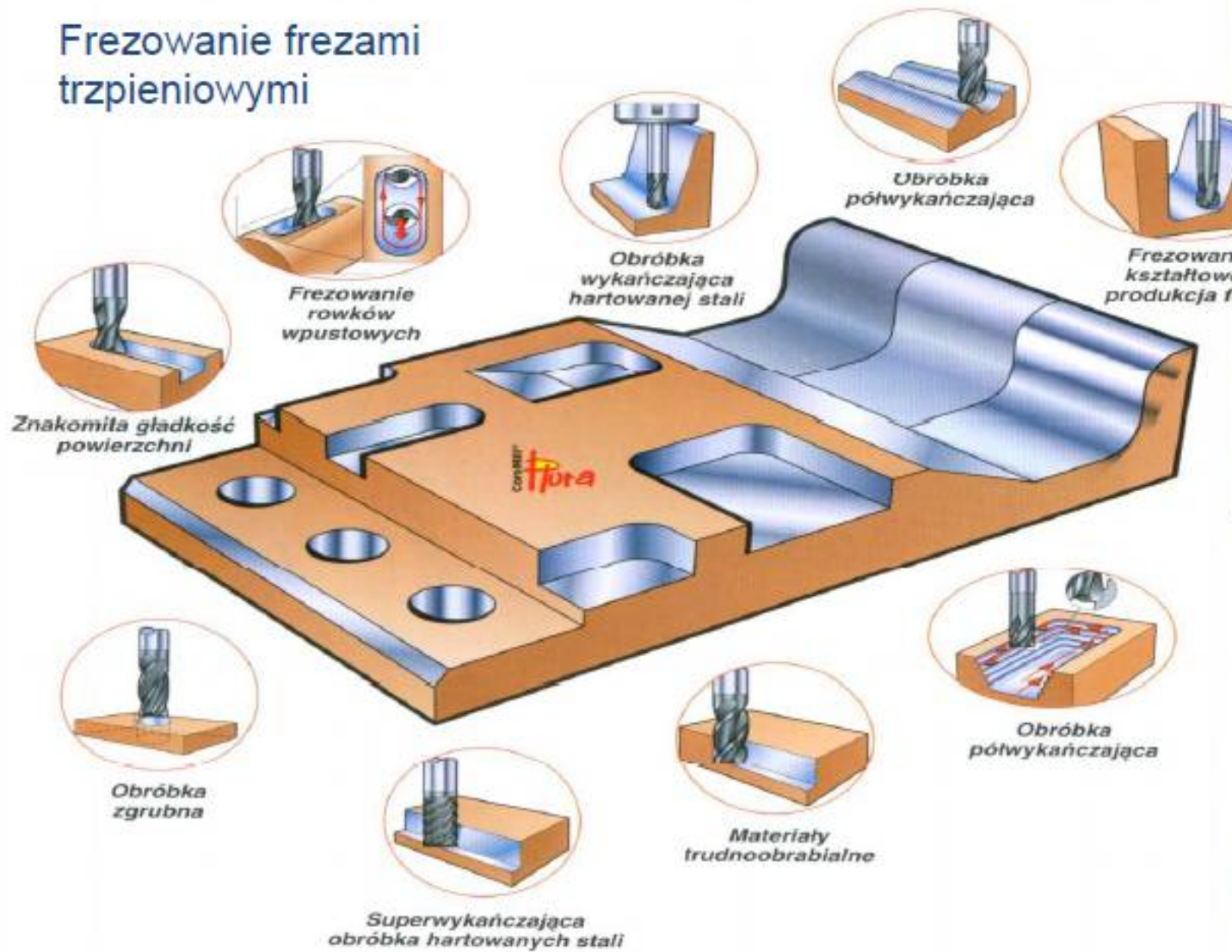
# Frezowanie

## Przykłady kształtowania głowicami frezowymi i frezami trzpieniowymi



# Frezowanie

## Frezowanie frezami trzpieniowymi



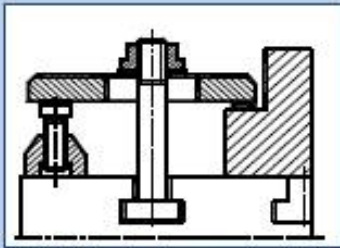


# Frezowanie

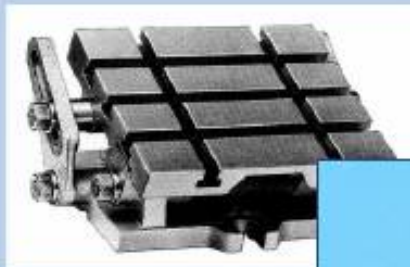


## Frezowanie

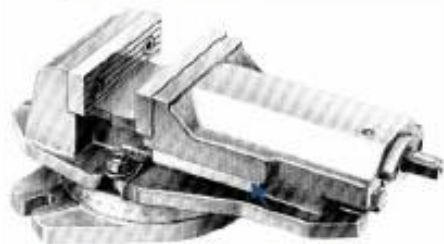
### Sposoby mocowania przedmiotów na frezarkach



Łapami na stole



Na stołach uchylnych



W imadłach obrotowych i kątowych



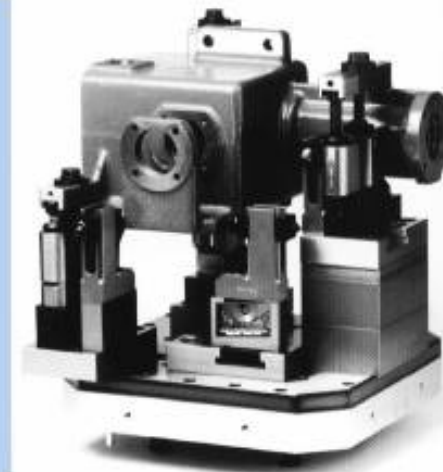
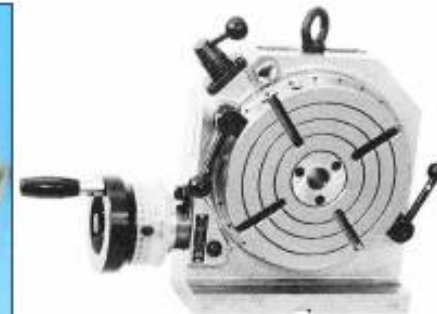
Na podzielnicach



W przyrządach specjalnych i na paletach



Na stołach obrotowych





# Frezowanie

Do parametrów technologicznych frezowania zalicza się:

- ➔ prędkość obrotową  $n$  [obr/min]
- ➔ średnicę freza  $D_c$  [mm]
- ➔ prędkość skrawania  $v_c$  [m/min] – równanie 1
- ➔ prędkość posuwu  $v_f$  [mm/min] – równanie 2
- ➔ posuw na obrót  $f_f$  [mm/obr]
- ➔ posuw na ostrze/ząb  $f_z$  [mm/ząb] – równanie 3
- ➔ szerokość  $a_e$  i głębokość skrawania  $a_p$  [mm]

Numer:	Parametr technologiczny	Równanie:	Składowe:
(1)	prędkość skrawania $v_c$	$v_c = \frac{\pi \cdot D_c \cdot n}{1000}$	$D_c$ – średnica freza $n$ – prędkość obrotowa
(2)	prędkość posuwu $v_f$	$v_f = f_f \cdot n$	$f_f$ – posuw $n$ – prędkość obr.
(3)	posuw na ząb $f_z$	$f_z = \frac{f_f}{z} = \frac{v_f}{z \cdot n}$	$f_f$ – posuw $n$ – prędkość obr. $v_f$ – prędkość posuwu

# Przecinanie

**Przecinanie** materiałów hutniczych (prętów, kształtowników, płyt blach, itp.) może odbywać się:

## Metodami ubytkowymi:

- na tokarce
- na pile ramowej
- na pile tarczowej
- na pile taśmowej
- anodowo-mechanicznie
- elektro-erozyjnie
- tarczami ściernymi
- strunami ściernymi
- strumieniami o wysokiej energii:
- strugą wody
- strugą wodno-ścierną
- strumieniem plazmy
- acetylo-tlenowo
- laserowo.

## Metodami „bezubytkowymi”:

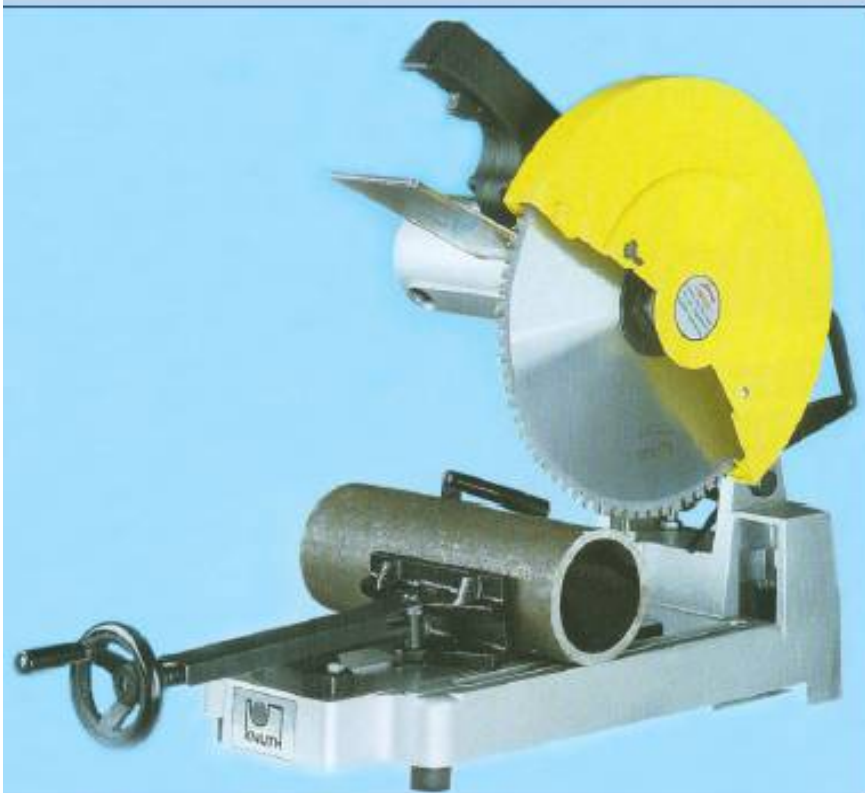
- na gilotynach
- na nożycach
- wykrawanie na prasach



# Przecinanie

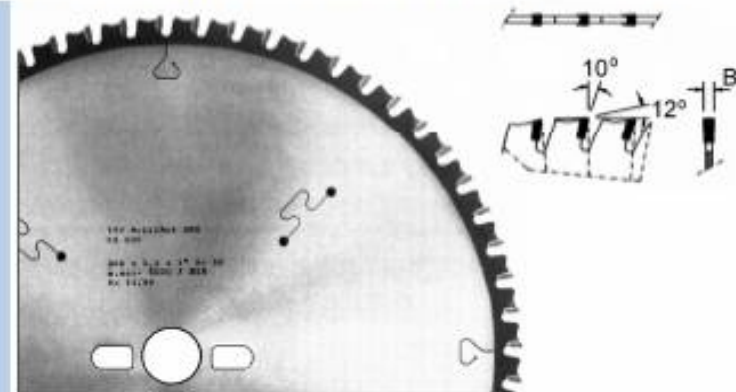
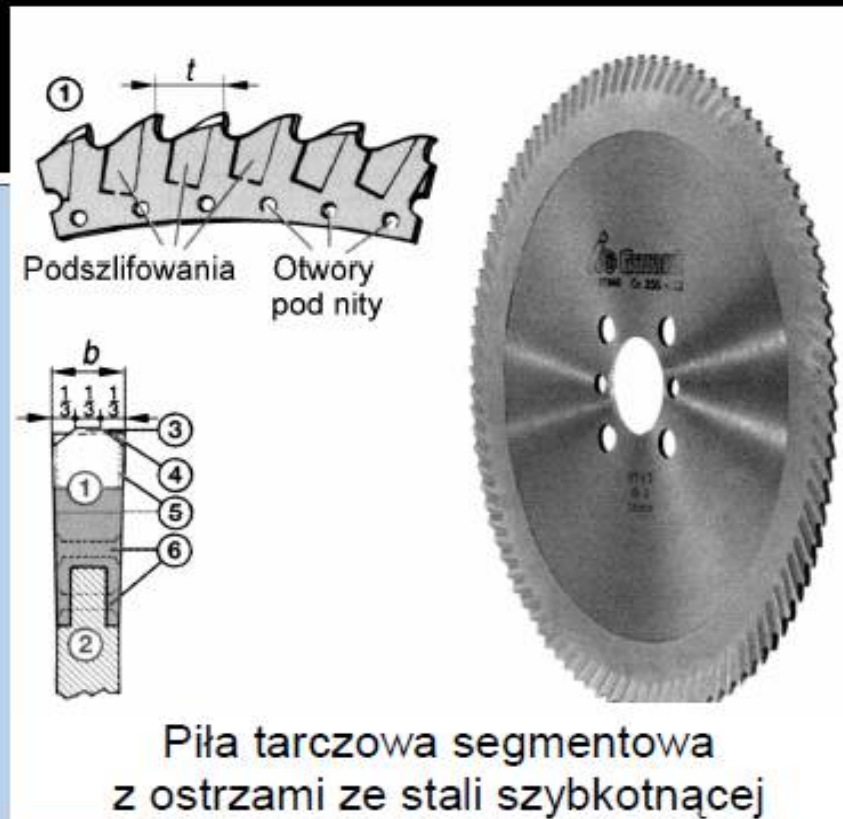


## Przecinanie



Przecinarka tarczowa

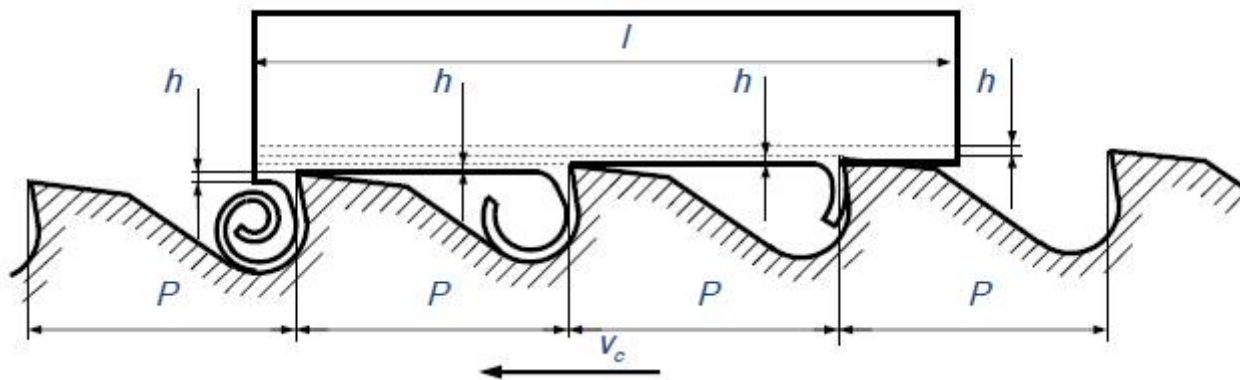
Piła tarczowa segmentowa  
z ostrzami z węglików  
spiekanych



# Przeciąganie

**Przeciąganie** jest sposobem obróbki skrawaniem, w którym naddatek na obróbkę zdejmowany jest wieloostrowym narzędziem zwanym przeciągaczem. Ostrza jego są tak ukształtowane, że każde następne jest wyższe lub szersze względem poprzedniego w kierunku prostopadłym do długości przeciągacza o grubość warstwy skrawanej  $h$ .

Odmianą przeciągania jest przepychanie, w którym narzędzie jest przepychane przez otwór.



Zasada przeciągania:

$l$  – długość przedmiotu przeciąganego,  
 $h$  – grubość warstwy skrawanej,  
 $P$  – podziałka międzyostrzowa

**Zaletami przeciągania jest:**

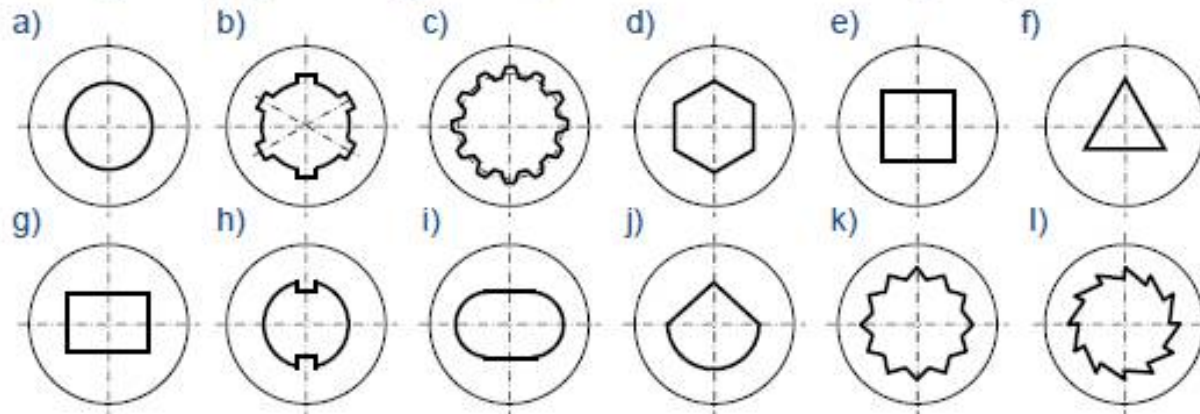
- ➔ bardzo duża wydajność, duża dokładność obróbki (IT6-7,  $Ra=0,16\div0,32\mu m$ )
- ➔ proste obrabiarki.

**Wadą jest:** bardzo skomplikowane i drogie narzędzie, ograniczające stosowanie tego sposobu obróbki do produkcji seryjnej i masowej



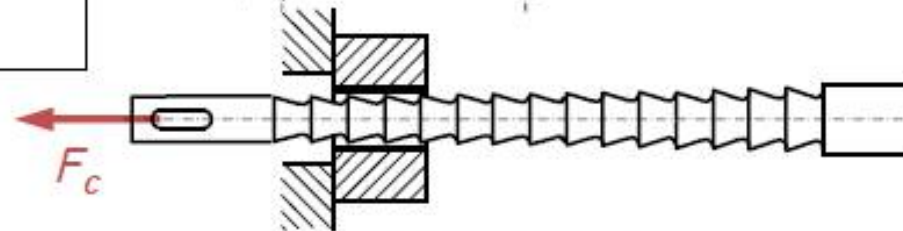
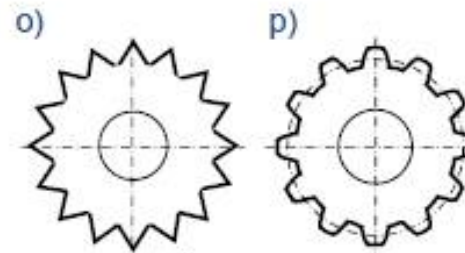
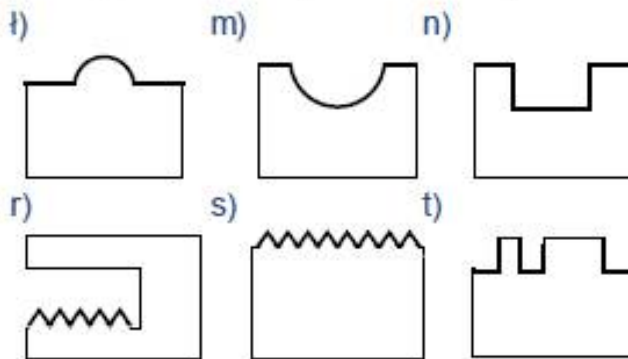
# Przeciąganie

## Przykłady przeciągania powierzchni zewnętrznych



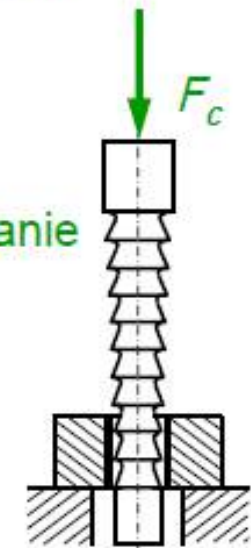
wewnętrznych

zewnątrznych



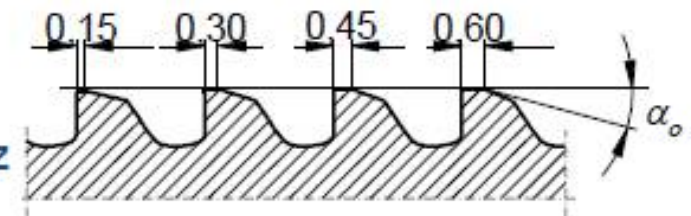
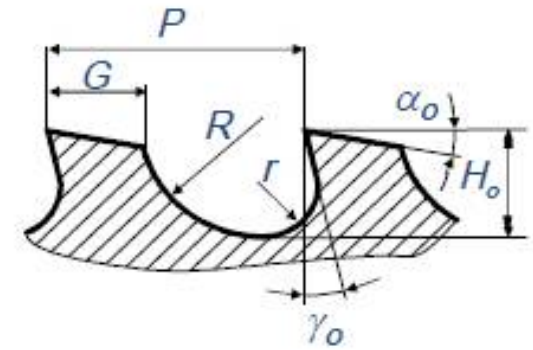
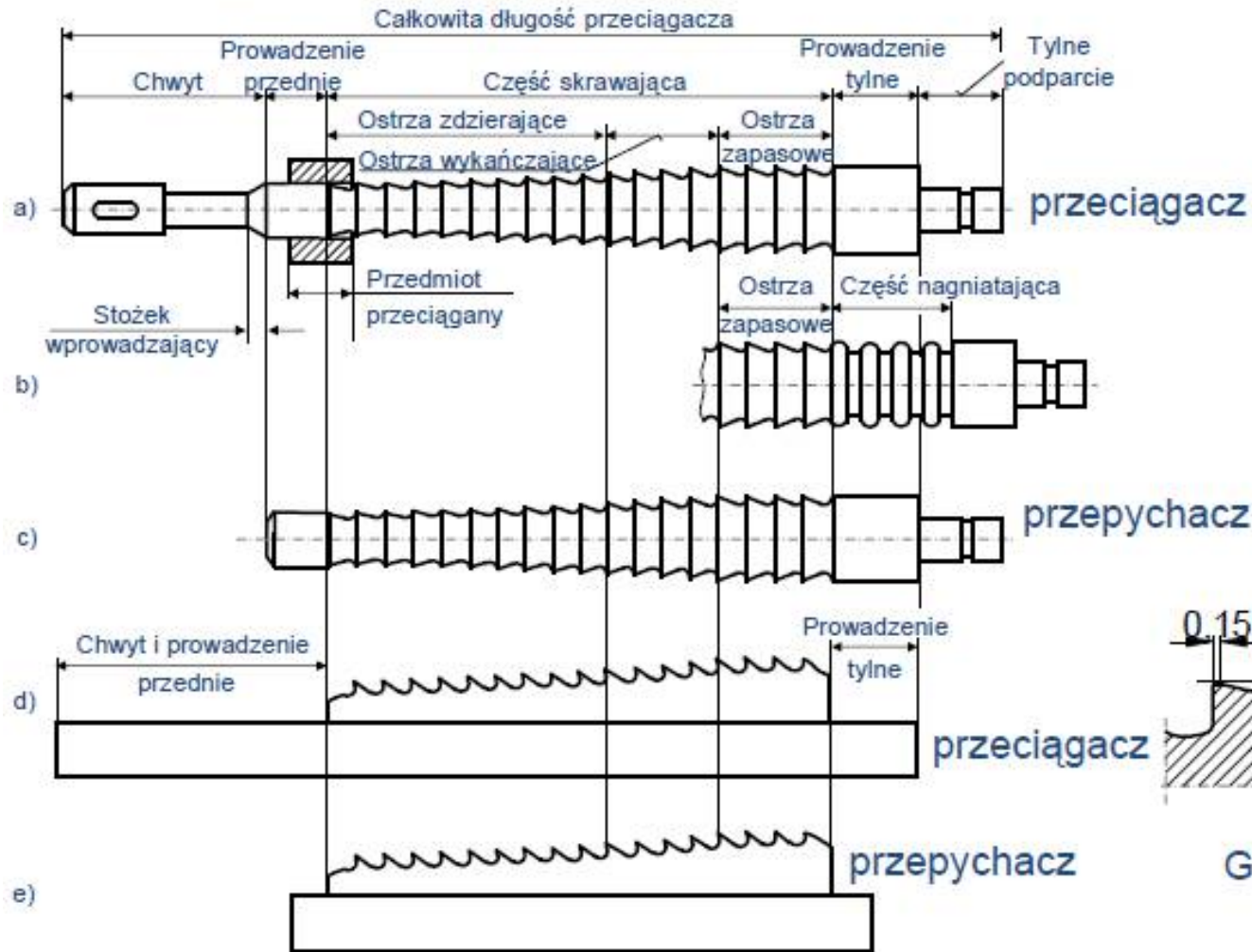
Przeciąganie

Przepychanie



# Przeciąganie

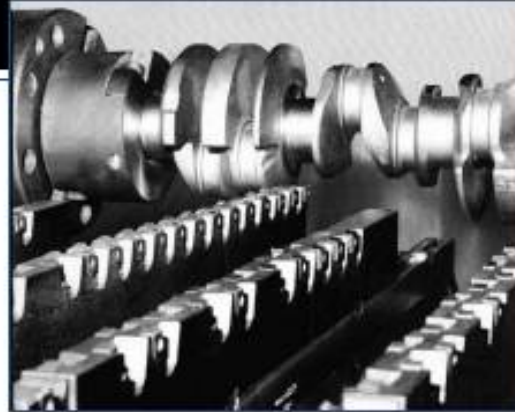
## Przeciągacze i przepychacze



# Przeciaganie



## Przeciaganie

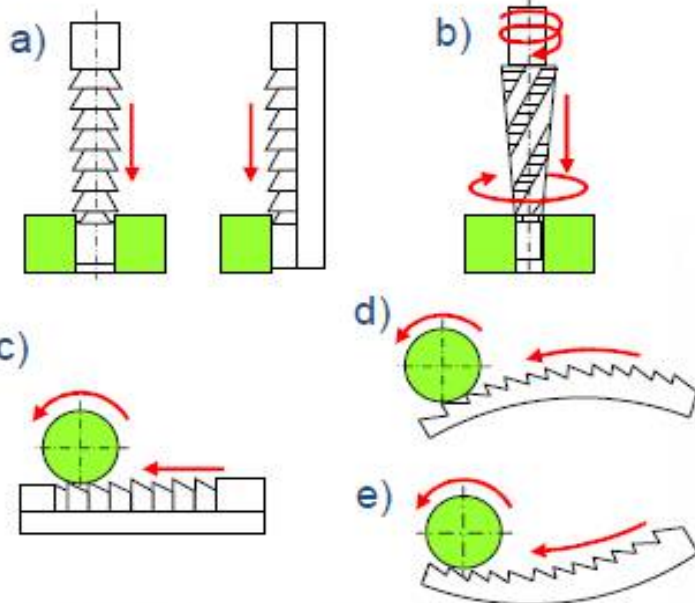


Toczenio-przeciaganie  
wałów korbowych



Przeciagacz obrotowy

do kół zębatych  
zewnątrznych



Najczęściej spotykane odmiany  
kinematyczne przeciagania

Przykłady przeciagaczy  
wielkogabarytowych





# Przeciąganie

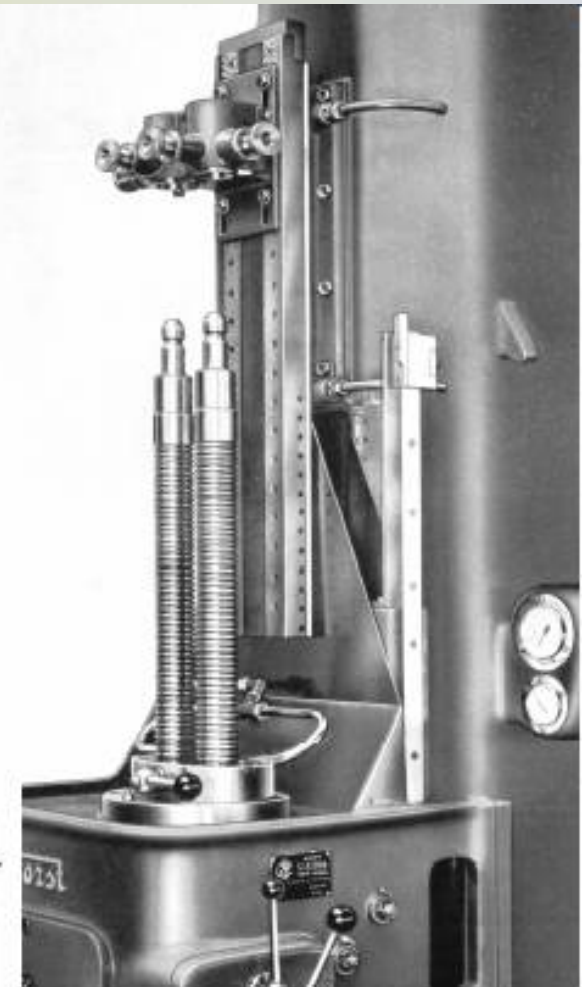
## Przeciagarki

Przeciagarki mają bardzo prostą konstrukcję.

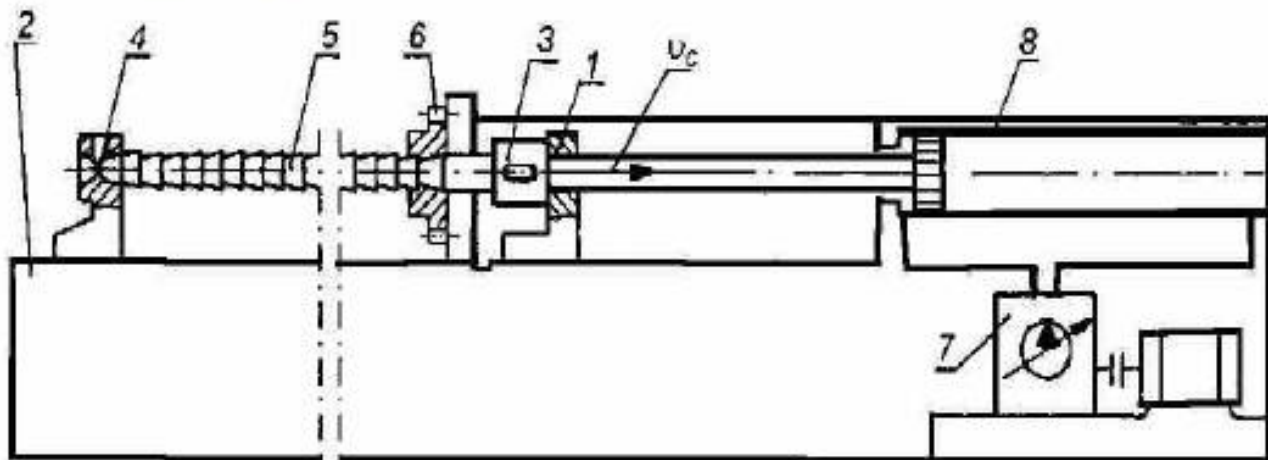
Przepychanie można realizować na prasach.

Dokładność przeciągania nie zależy praktycznie od obrabiarki lecz od narzędzia

Przeciagarka pionowa



Przeciagarka pozioma





# Gwintowanie

**Gwinty** należą do elementów śrubowych, które mogą tworzyć: połączenia rozłączne elementów maszyn oraz części układów kinematycznych, do zmiany rodzaju ruchu i jego przenoszenia.

Gwinty wykonuje się najczęściej metodami: obróbki wiórowej i plastycznej rzadziej erodowaniem, odlewaniem czy formowaniem wtryskowym (tworzywa sztuczne).

**Gwinty mogą być:**

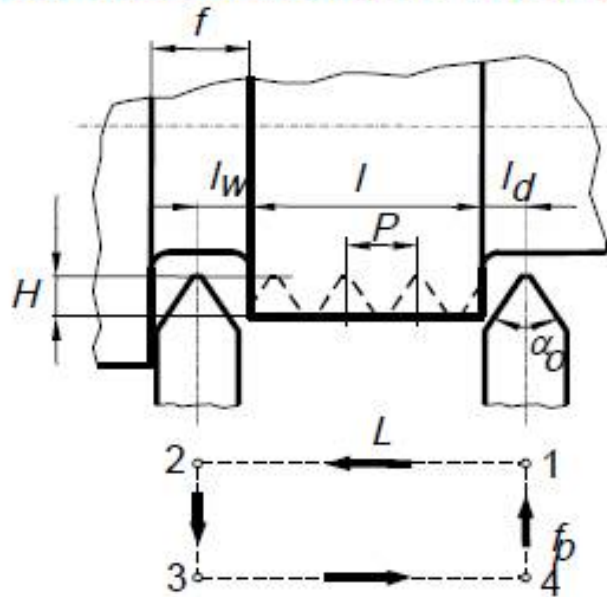
- zewnętrzne i wewnętrzne,
- walcowe i (rzadziej) stożkowe (armatura wodna i hydrauliczna),
- prawo- i lewozwojne,
- jedno- i wielozwojne,
- o zarysie: trójkątnym o kącie zarysu  $60^\circ$  (gwint metryczny) i  $55^\circ$  (gwinty calowe), trapezowym symetrycznym lub niesymetrycznym, prostokątnym, okrągłym,
- metryczne i calowe.

Określając gwint należy także podać:

- średnicę nominalną gwintu (zawsze jako średnicę zewnętrzną gwintu śruby),
- skok gwintu  $P$  (w gwintach metrycznych w mm, w calowych w liczbie zwoi na długość 1 cala).

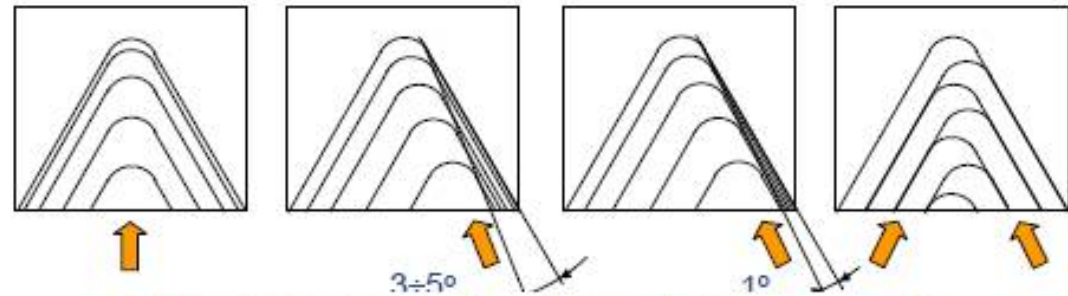
# Gwintowanie

Toczenie gwintów jest obróbką dokładną lecz mało wydajną

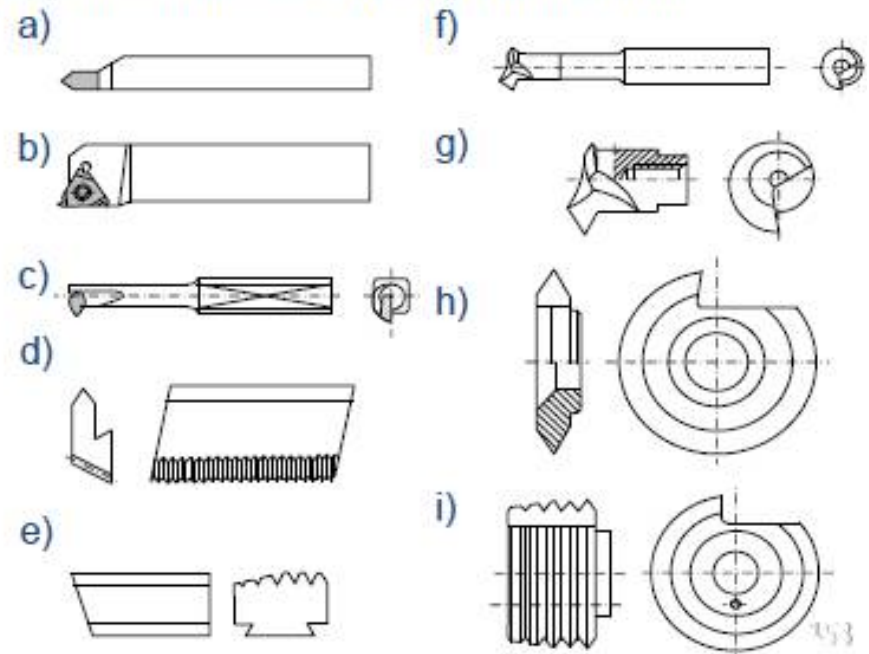


Schemat nacinania gwintów toczeniem

- Przykłady noży tokarskich do gwintów: a) imakowy do gwintów zewnętrznych, b) imakowy do gwintów zewnętrznych składany, c) wytaczak do gwintów wewnętrznych, d) słupkowy z zarysem jednokrotnym, e) słupkowy z zarysem wielokrotnym, f) oprawkowy trzpieniowy, g) oprawkowy nakręcany, h) oprawkowy krążkowy z zarysem jednokrotnym, i) oprawkowy krążkowy z zarysem wielokrotnym



Sposoby wcinania się noża w obrabiany materiał i rozdziału nadatku podczas wykonywania gwintu



# Toczenie gwintów

---

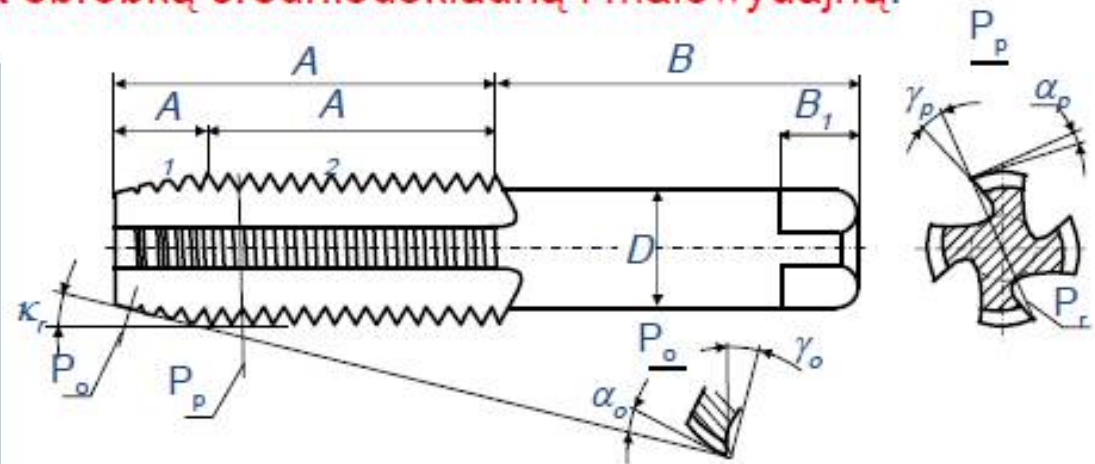
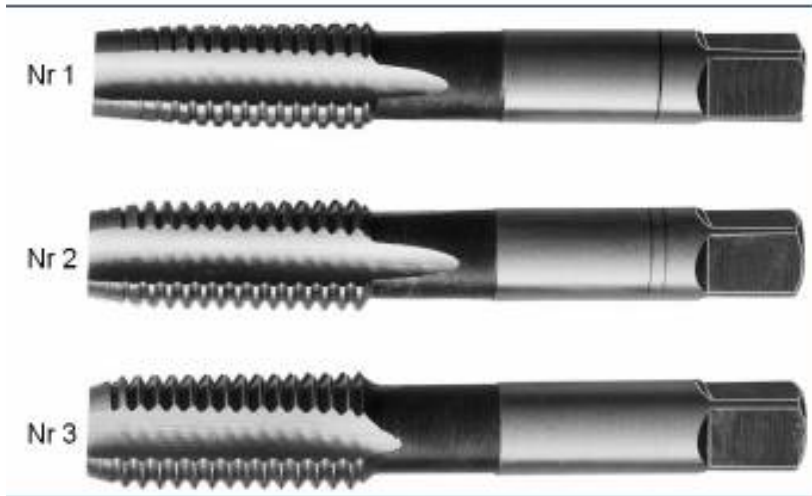
W toczeniu gwintów istnieją 3 metody gwintowania:

- **kierunek radialny** – jest to najczęściej stosowana metoda obróbki gwintów. Tą metodą można toczyć gwinty o mniejszym skoku  $P < 1,5$  mm. Jest to odpowiednia metoda dla materiałów mających tendencje do utwardzania się. Przy większych prędkościach dosuwu możliwe jest występowanie drgań.
- **kierunek boczny** – jest to odpowiednia metoda dla gwintów o dużych skokach  $P > 1,5$  mm oraz gwintów trapezowych. Toczenie gwintów tą metodą zmniejsza obciążenie ale ostrze zużywa się niesymetrycznie i po jednej stronie płytki pojawia się większe zużycie
- **kierunek zmienny** – jest to metoda dla dużych skoków gwintu gdzie występuje duże obciążenie oraz powstają długie wióry. Zużycie płytki odbywa się równomiernie po obu stronach.



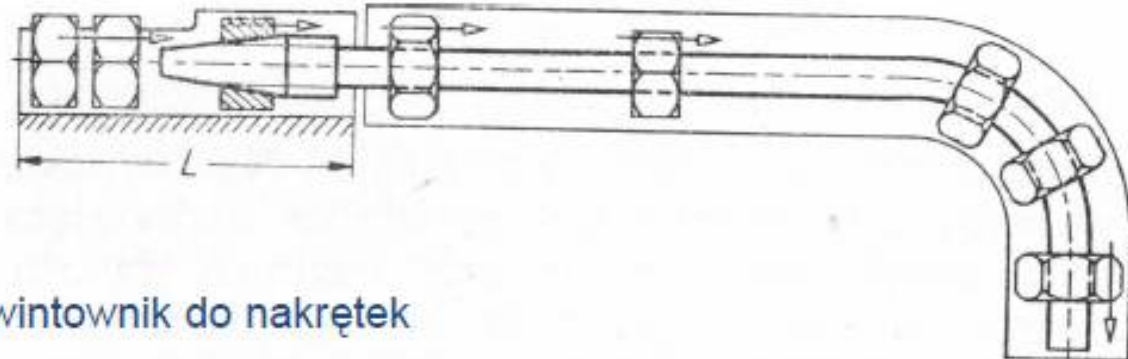
# Gwintowanie

Gwintowanie gwintownikami jest obróbką średniokładną i mało wydajną.



Geometria gwintownika

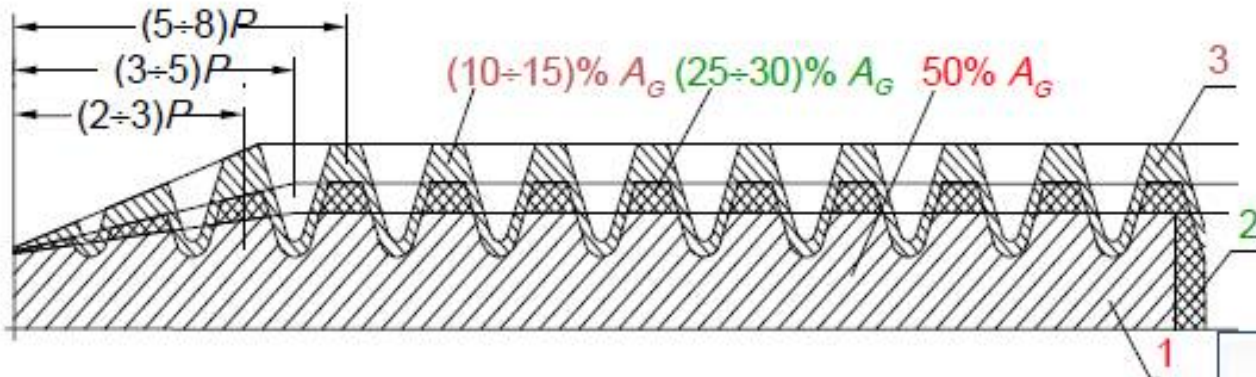
Komplet trzech gwintowników



Gwintownik do nakrętek

# Gwintowanie

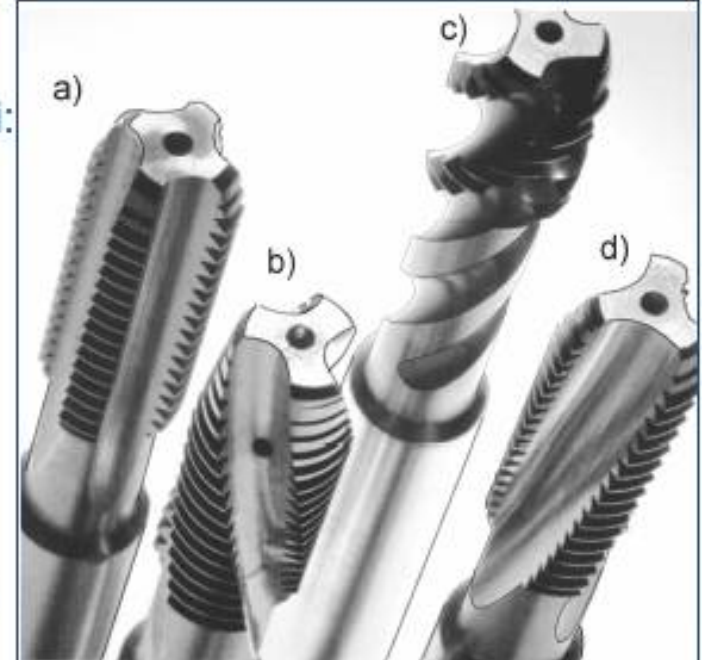
## Gwintowanie gwintownikami



Przykładowy rozdział naddatku podczas obróbki gwintu kompletem gwintowników składającym się z trzech narzędzi:

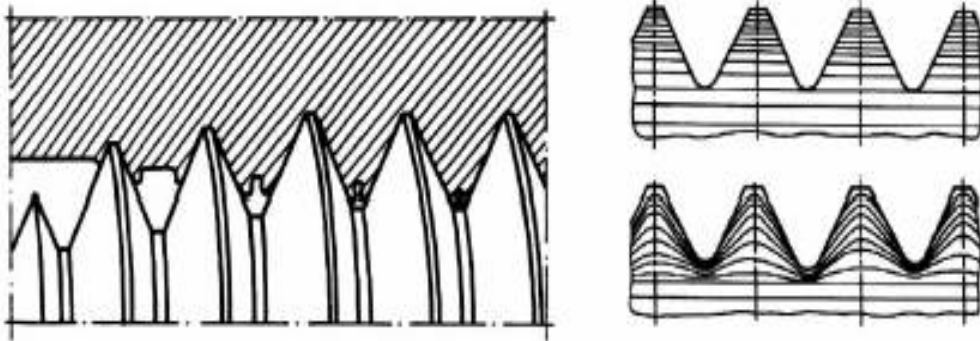
- 1 – gwintownik zdzierak,
- 2 – gwintownik pośredni,
- 3 – gwintownik wykańczak

Gwintowniki prawotnące z rowkami wiórowymi: a) prostymi, b) lewoskrętnymi, c-d) prawoskrętnymi



# Gwintowanie

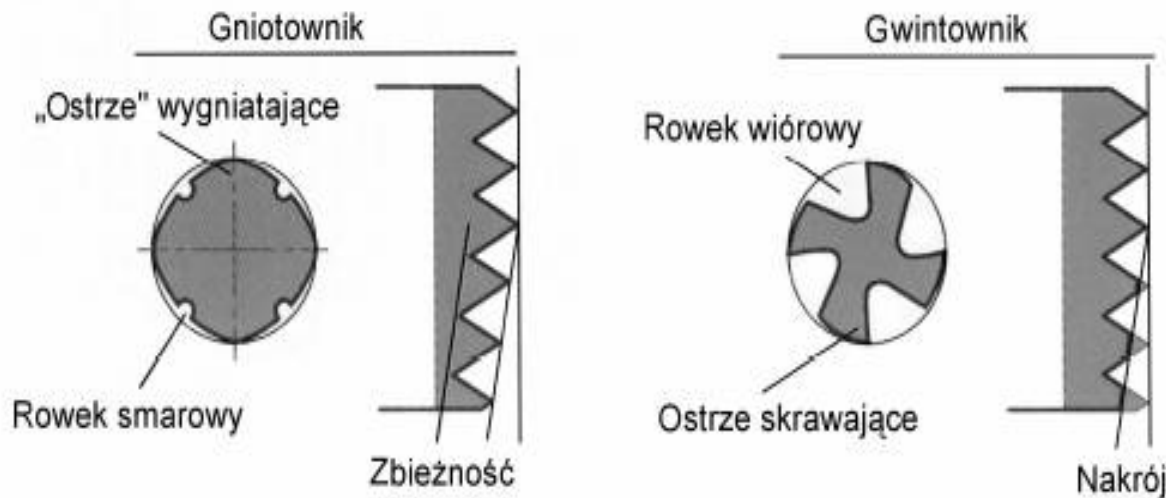
Gwintowanie gniotownikami jest obróbką dokładną i wydajną.



Zasada kształtowania gwintu za pomocą gniotownika oraz rozkład słoje materiału na zarysie gwintu wykonanym metodą skrawania i wygniatania



Gniotowniki z i bez rowków smarowych



Porównanie geometrii gwintownika i gniotownika



# Gwintowanie

Gwintowanie gniotownikami jest obróbką dokładną i wydajną.

## Zalety wygniatania gwintów:

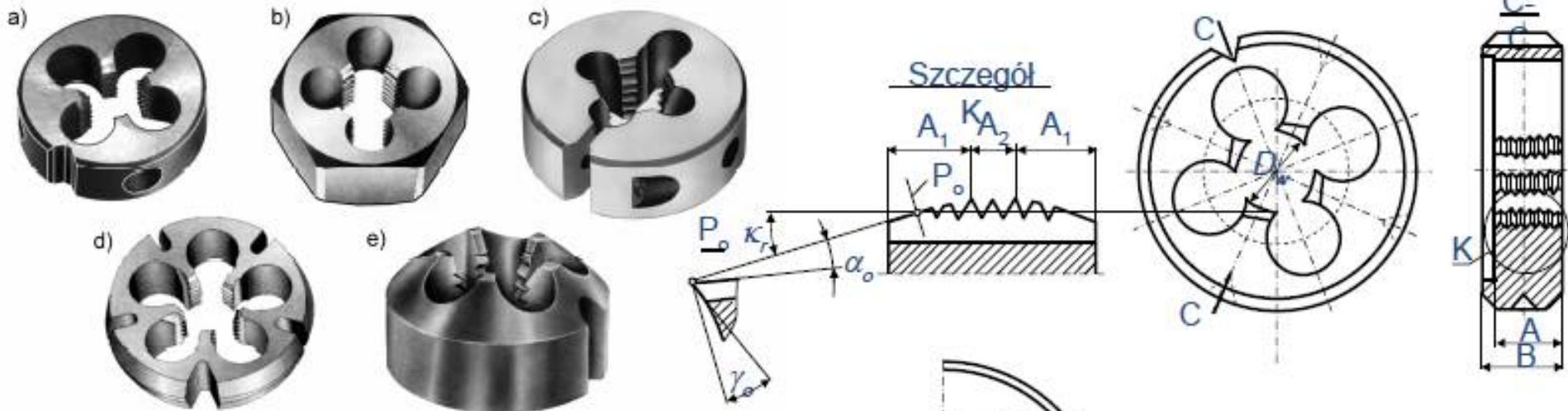
- Stosunkowo łatwe gwintowanie metali trudnoobrabialnych (stale nierdzewne, kwasoodporne, żarowytrzymałe itp.) z uwagi na ich dobre własności plastyczne.
- Możliwość stosowania ponad 2-krotnie większych prędkości gwintowania.
- Wielokrotnie (do kilkunastu razy) większa trwałość (nie żywotność) narzędzia.
- Kilkakrotnie większa wytrzymałość narzędzia na skręcanie (co ma znaczenie w przypadku małych średnic narzędzi).
- Wyższa, w zależności od rodzaju materiału obrabianego, o 15-60% wytrzymałość gwintu na ścinanie i o 30-50% twardość warstwy wierzchniej gwintu.
- Wysoka dokładność wymiarowo-kształtowa i mniejsza chropowatość gwintu.
- Brak wiórów.
- Możliwość wygniatania gwintu podczas montażu (śruba ma kształt zbliżony do gwintownika wygniatającego).

## Wady technologii wygniatania gwintów:

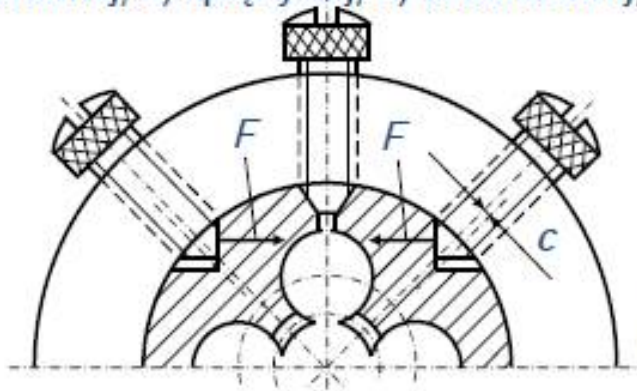
- Konieczność stosowania specjalnych opravek z osiową i promieniową kompensacją położenia gwintownika.
- Konieczna większa dokładność wykonania otworu pod gwint.
- Większe opory gwintowania (około 30%).
- Konieczność stosowania specjalnych olejów (z dodatkiem grafitu) zmniejszających tarcie.

# Gwintowanie

Gwintowanie narzynkami jest obróbką małodokładną i małowydajną.

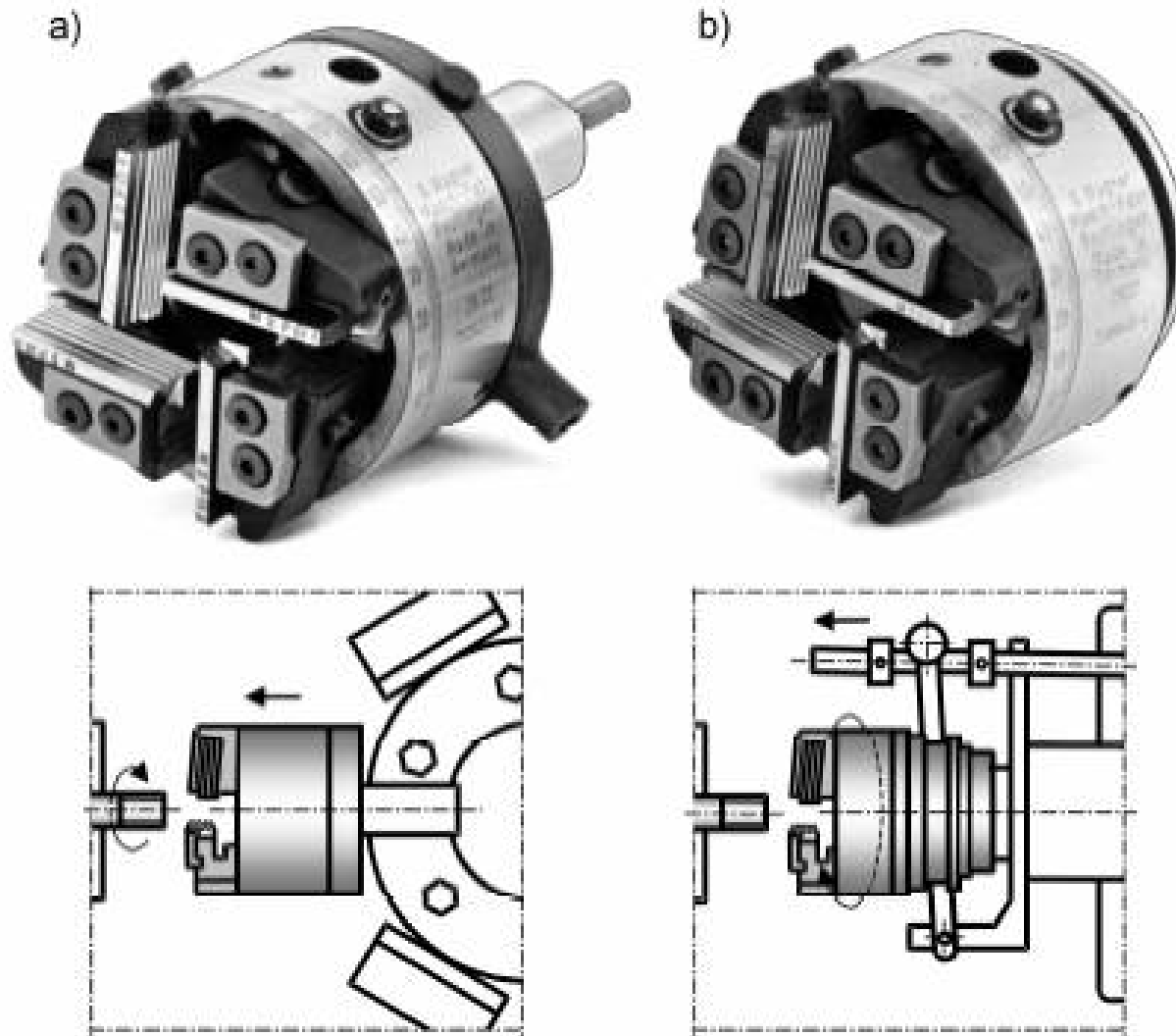


Odmiany narzynek: a) okrągłej, b) sześciokątnej, c) nastawnej, d) sprężystej, e) automatowej, dzwonowej



Sposób zmiany wymiaru narzynki okrągłej, nastawnej

# Gwintowanie

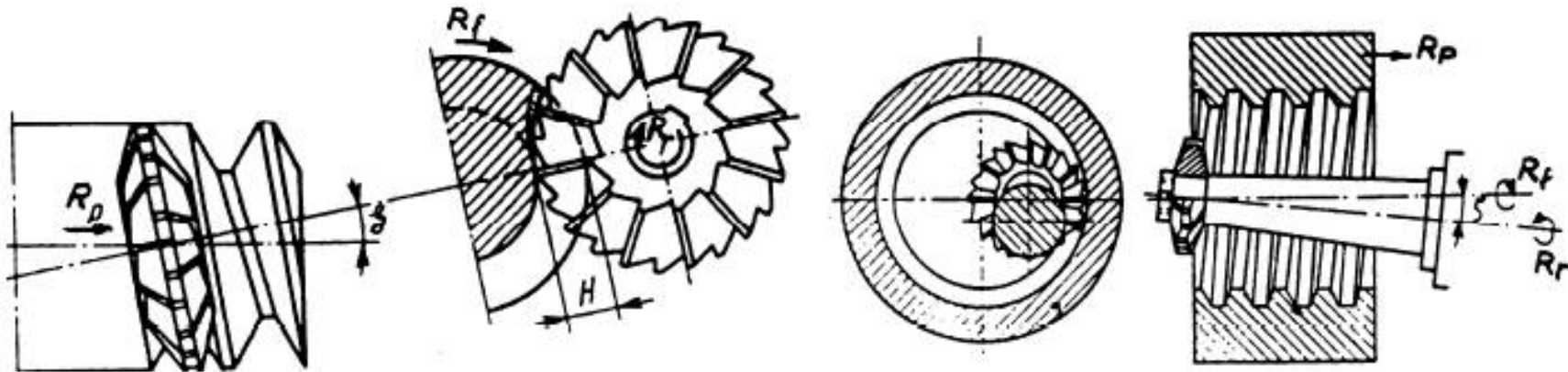


Głowica gwinciarska z nożami stycznymi:  
a) nieobrotowa,      b) obracająca się

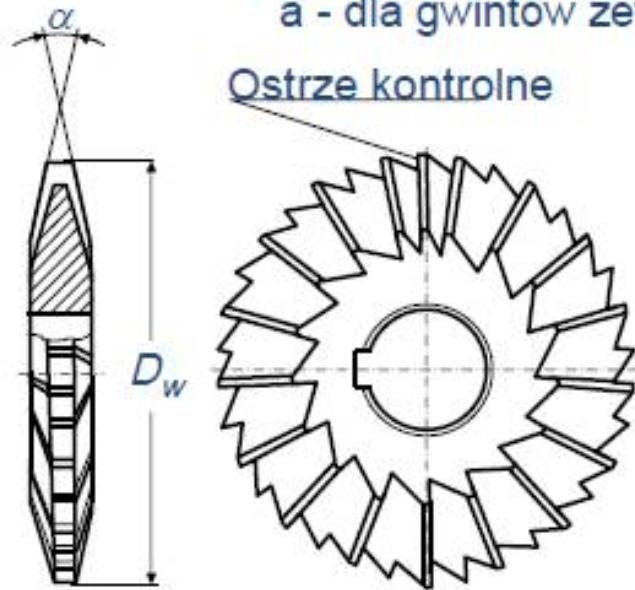


# Gwintowanie

Frezowanie gwintów jest obróbką małodokładną lecz bardzo wydajną.



Schemat frezowania gwintów frezem krążkowym jednokrotnym:  
a - dla gwintów zewnętrznych, b - dla gwintów wewnętrznych

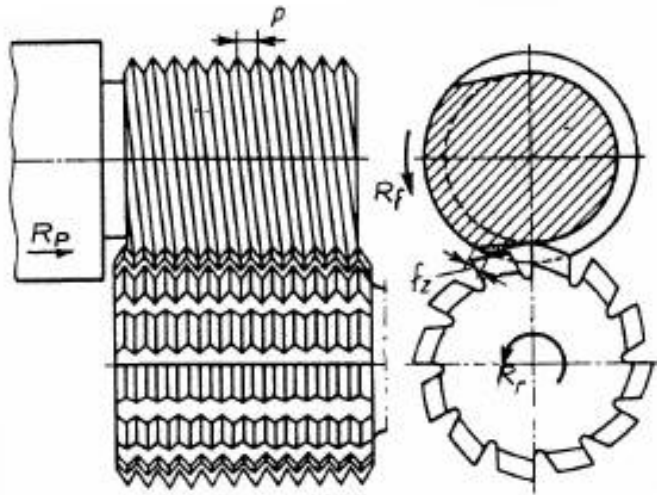


Ostrze kontrolne

Frez krążkowy jednokrotny  
(do gwintów trapezowych)

# Gwintowanie

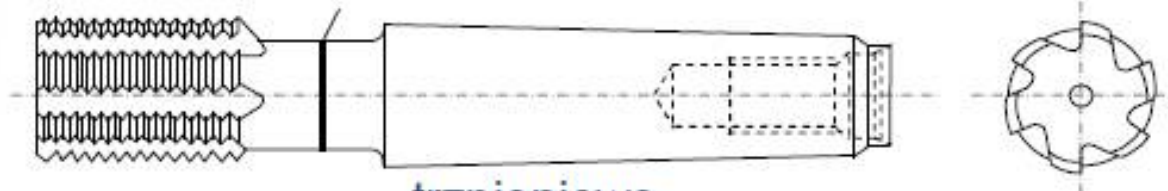
## Frezowanie gwintów



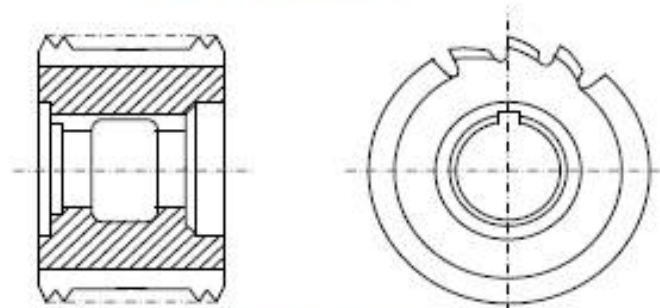
Schemat frezowania gwintów  
frezami wielokrotnymi

Frezy  
wielokrotne

trzcieniowe  
składane



trzcieniowe



nasadzane

# Frezowanie gwintów

---

## Frezowanie gwintów

### Zalety:

- bardzo duża wydajność predestynuje tę obróbkę do zastosowań w produkcji wielkoseryjnej i masowej.
- małe czasy maszynowe w porównaniu z toczeniem.
- małe czasy pomocnicze.
- półautomatyczna praca obrabiarek.
- mały koszt narzędzi w porównaniu z głowicami gwinciarскими.
- małe wymagania odnośnie kwalifikacji operatora.
- możliwość nacinania gwintów dochodzących do dna otworu.
- możliwość otrzymania określonego położenia początku gwintu.

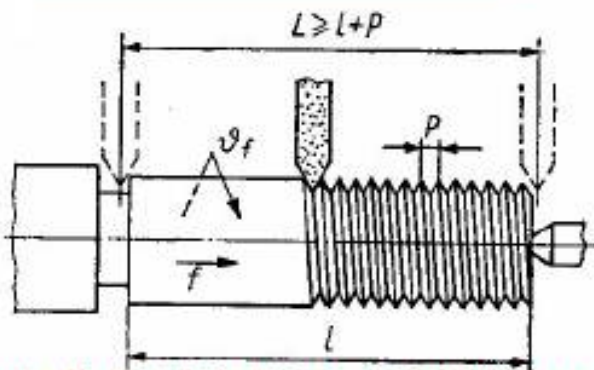
### Wady:

- ograniczone wymiary długości nacinanego gwintu.
- duże czasy przygotowawczo-zakończeniowe.
- mała dokładność nacinanego gwintu.

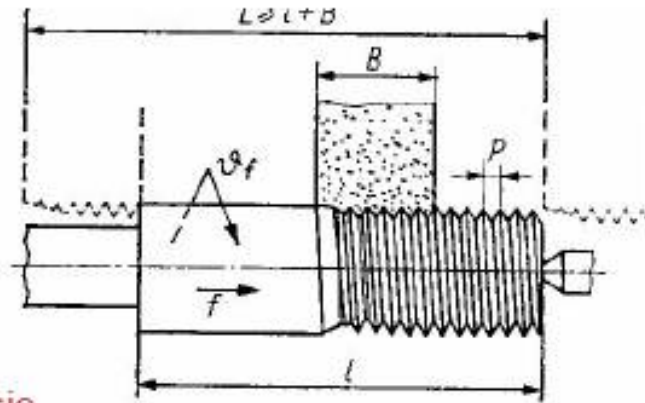


# Gwintowanie

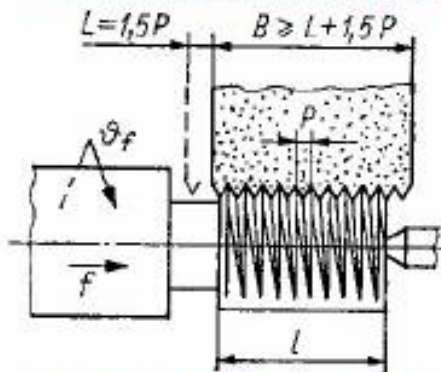
## Szlifowanie gwintów



wzdłużne ściernicą o pojedynczym zarysie

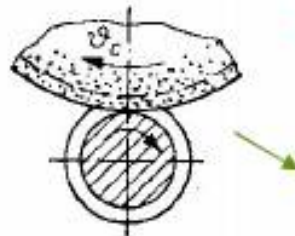


wzdłużne ściernicą o wielokrotnym zarysie jest stosowane głównie w przypadku przedmiotów sztywnych; ściernice mają 5 – 7 zarysów, przy czym od strony wejścia w materiał mają łagodne ścięcie.



poprzeczne ściernicą o wielokrotnym zarysie stosuje się w przypadkach, gdy gwint jest blisko kołnierza, odsadzenia itp.

stosowane jest gdy wymagana jest duża dokładność lub gdy przedmiot z nacinanym gwintem ma małą sztywność



# Obróbka ścierna

---

**Obróbką ścierną** nazywa się takie sposoby obróbki skrawaniem, w których proces obróbkowy dokonywany jest za pomocą narzędzi ściernych lub luźnego ścierniwa tj. narzędzi o nie oznaczonej ściśle liczbie i kształcie ostrzy skrawających, które zamieniają warstwę skrawaną na wióry lub pył o wielkości najczęściej niedostrzegalnej gołym okiem i w pewnej części utlenione.

## **Cechy charakterystyczne obróbki ścierniej:**

- tylko część ostrzy skrawa pozostałe rysują bądź tylko trą o nią,
- rozmiary warstwy skrawanej przypadające na jedno ostrze są bardzo małe – rzędu mikrometrów,
- duże prędkości skrawania (w przypadku szlifowania) mogące przekraczać kilkunastokrotnie prędkości stosowane w obróbce wiórowej materiałów twardych,
- duża energochłonność procesu.

# Obróbka ścierna

---

Wyróżniamy szlifowanie:

- powierzchni obrotowych zewnętrznych,
- szlifowanie powierzchni obrotowych wewnętrznych,
- szlifowanie płaszczyzn,
- uzębień oraz gwintów.

Szlifowanie powierzchni obrotowych zewnętrznych dzielimy na :

- ❖ **Wzdłużne szlifowanie walcowe kłowe**, gdzie obrabiany przedmiot zamocowany jest w kłach i obraca się przeciwnie do narzędzia, ściernica wykonuje ruch główny, występuje również ruch posuwowy narzędzia i przedmiotu obrabianego, kolejne warstwy są usuwane w kolejnych przejściach narzędzia.
- ❖ **Wgłębne szlifowanie walcowe kłowe**, gdzie występuje dosuw promieniowy, prostopadły do osi obrotu przedmiotu obrabianego
- ❖ **Walcowe bezkłowe**, gdzie bazą obróbczą jest średnica zewnętrzna obrabianego wałka. Przedmiot obrabiany jest wprowadzany w ruch obrotowy za tarczą prowadzącą za pomocą siły tarcia. Część opiera się o podtrzymkę. Schemat pokazany jest poniżej



# Obróbka ścierna

---

Wyróżniamy szlifowanie:

- powierzchni obrotowych zewnętrznych,
- szlifowanie powierzchni obrotowych wewnętrznych,
- szlifowanie płaszczyzn,
- uzębień oraz gwintów.

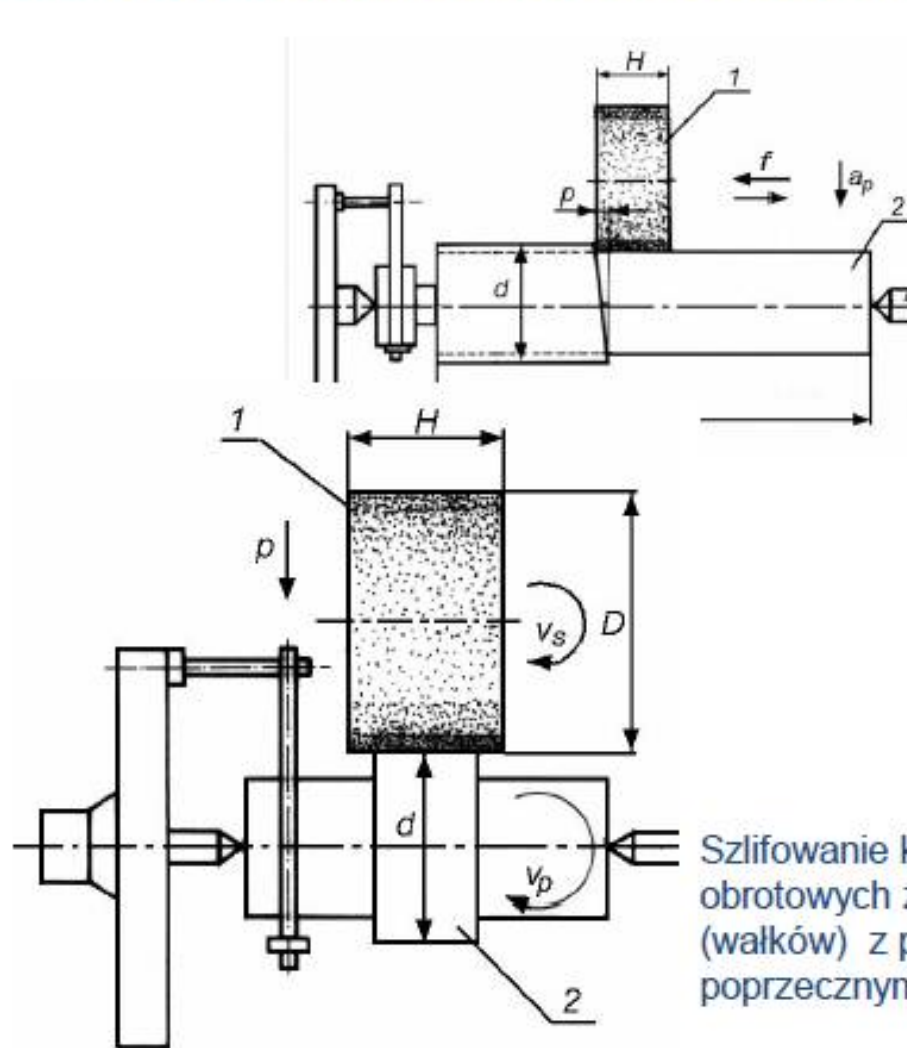
Szlifowanie powierzchni obrotowych zewnętrznych dzielimy na :

- ❖ **Wzdłużne szlifowanie walcowe kłowe**, gdzie obrabiany przedmiot zamocowany jest w kłach i obraca się przeciwnie do narzędzia, ściernica wykonuje ruch główny, występuje również ruch posuwowy narzędzia i przedmiotu obrabianego, kolejne warstwy są usuwane w kolejnych przejściach narzędzia.
- ❖ **Wgłębne szlifowanie walcowe kłowe**, gdzie występuje dosuw promieniowy, prostopadły do osi obrotu przedmiotu obrabianego
- ❖ **Walcowe bezkłowe**, gdzie bazą obróbczą jest średnica zewnętrzna obrabianego wałka. Przedmiot obrabiany jest wprowadzany w ruch obrotowy za tarczą prowadzącą za pomocą siły tarcia. Część opiera się o podtrzymkę.

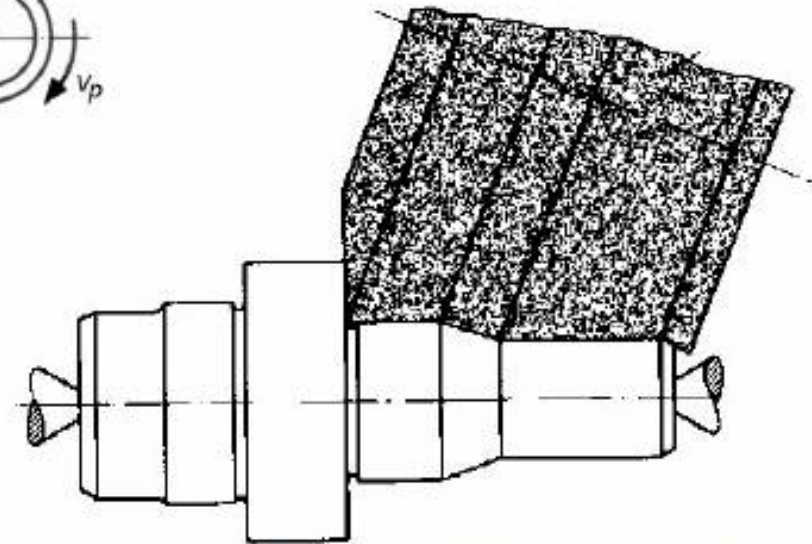
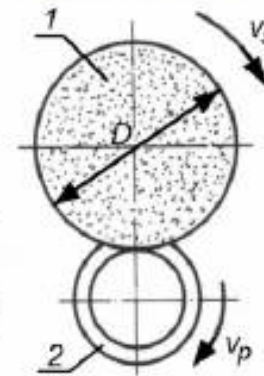
# Obróbka ścierna

## SZLIFOWANIE POWIERZCHNI OBROTOWYCH, ZEWNĘTRZNYCH

Szlifowanie kłowe powierzchni obrotowych zewnętrznych (wałków) z posuwem wzdłużnym



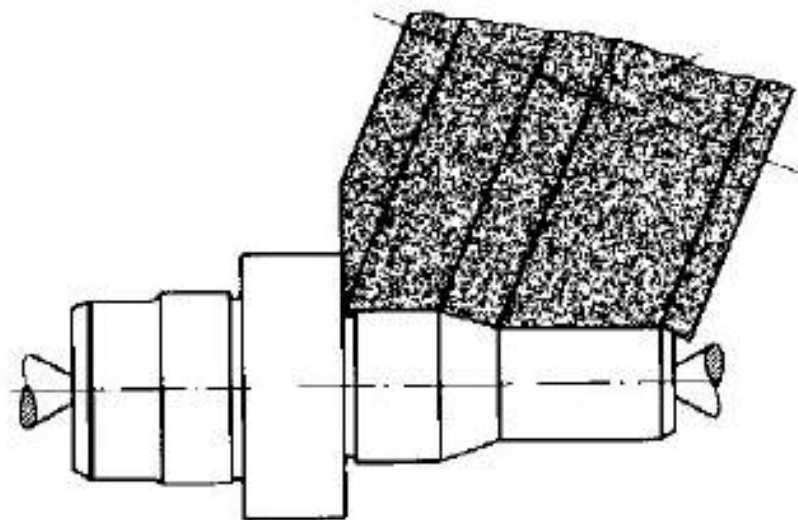
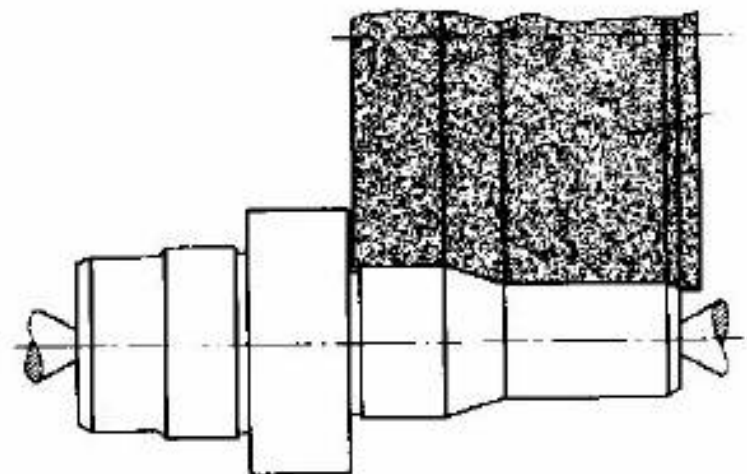
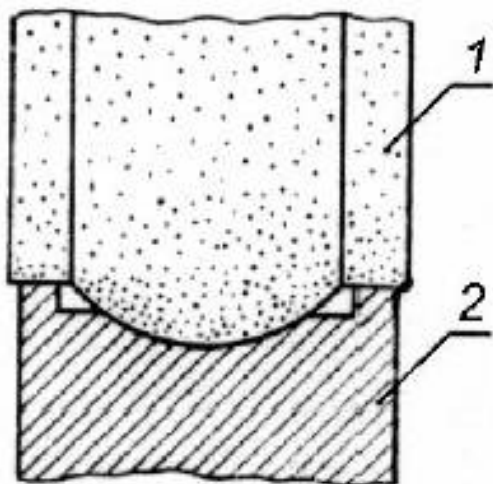
Szlifowanie kłowe powierzchni obrotowych zewnętrznych (wałków) z posuwem poprzecznym



Szlifowanie kłowe powierzchni obrotowych zewnętrznych (wałków) z posuwem skośnym

# Obróbka ścierna

## SZLIFOWANIE KSZTAŁTOWE POWIERZCHNI OBROTOWYCH

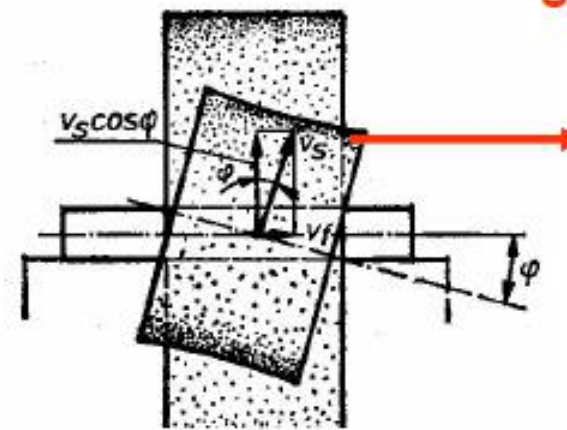
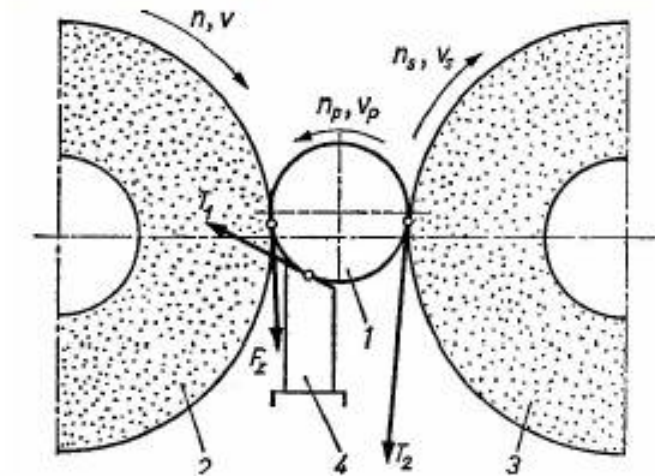




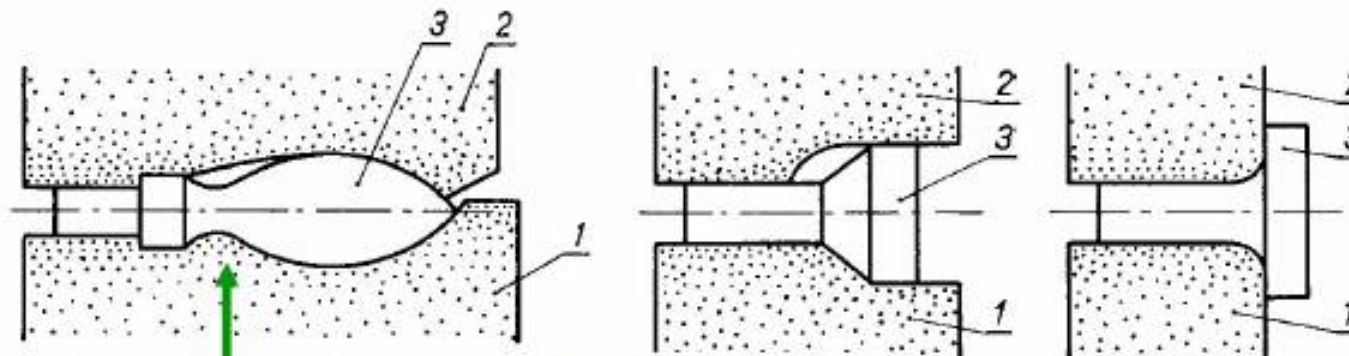
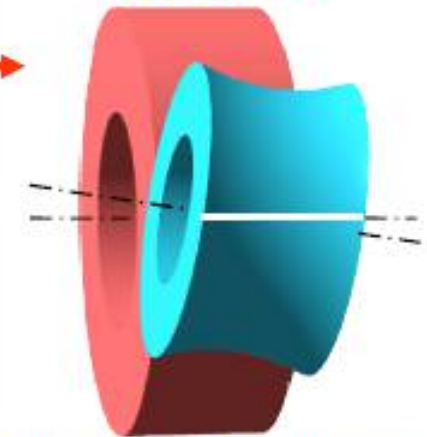
# Obróbka ścierna

## SZLIFOWANIE BEZKŁOWE POWIERZCHNI OBROTOWYCH

W szlifowaniu bezkłowym przedmiot (1) nie jest mocowany ani w kłach ani w uchwycie lecz opiera się o podtrzymkę (4) lub/i boczne listwy prowadzące oraz dociskany jest do tarczy ściemej (2)



**Szlifowanie bezkłowe, wzdłużne**



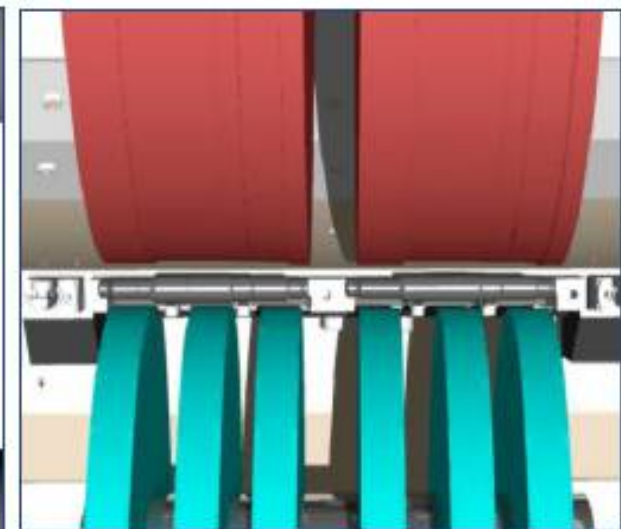
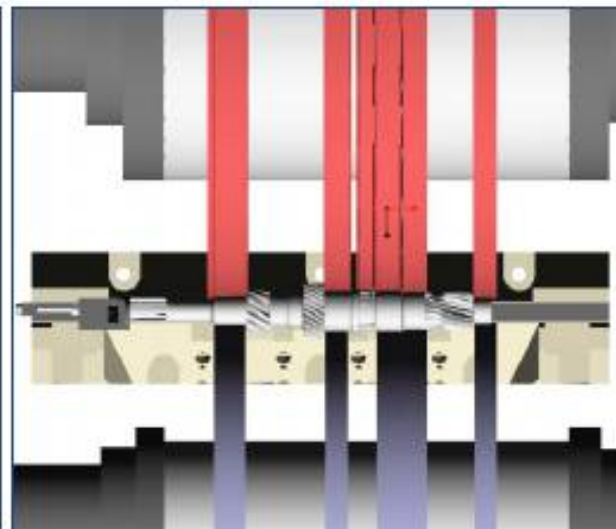
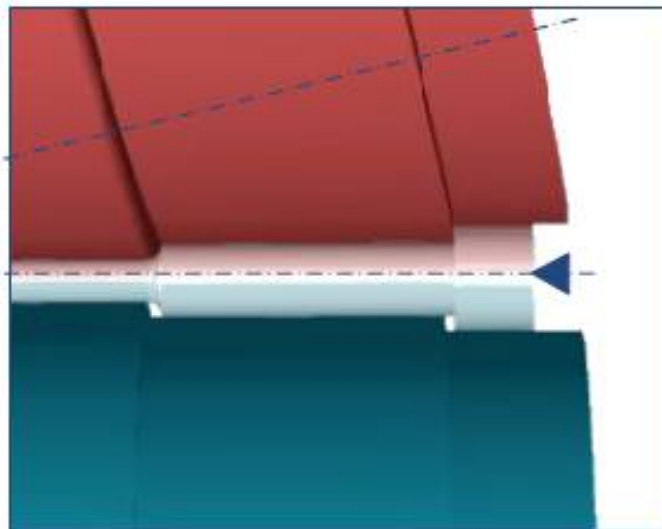
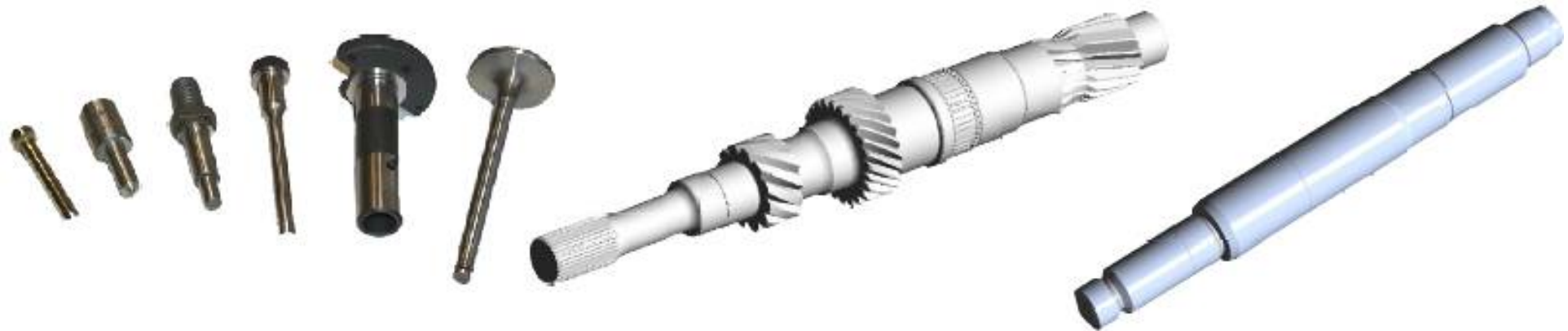
**Szlifowanie bezkłowe, poprzeczne**

**Szlifowanie bezkłowe, kształtowe:**

- 1 – tarcza ścierna,
- 2 – tarcza prowadząca,
- 3 – przedmiot obrabiany

# Obróbka ścierna

## SZLIFOWANIE BEZKŁOWE POWIERZCHNI OBROTOWYCH



# Obróbka ścierna

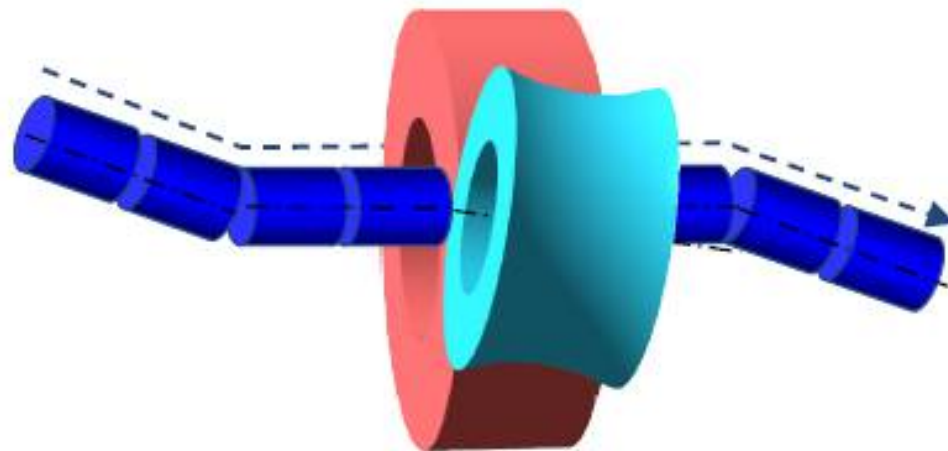
## SZLIFOWANIE BEZKŁOWE

### Zalety szlifowania bezkłowego:

- duża wydajność (bardzo krótkie czasy pomocnicze – w szlifowaniu wzdłużnym przelotowym mogą być zredukowane nawet do zera).
- możliwość łatwej automatyzacji cyklu pracy.

### Wady szlifowania bezkłowego:

- możliwość kopiowania się błędów półfabrykatu ze względu na to, że bazą obróbkową jest powierzchnia obrabiana.
- możliwość powstawania graniastości powierzchni obrotowych.





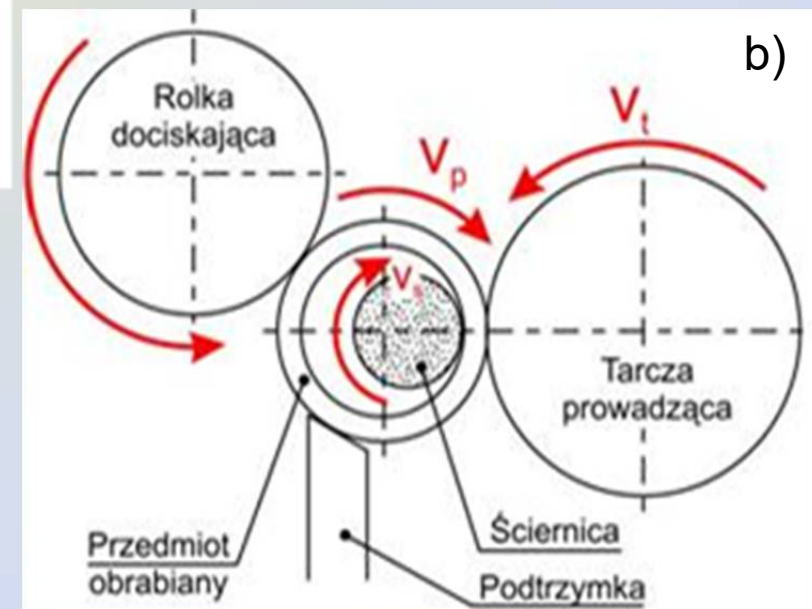
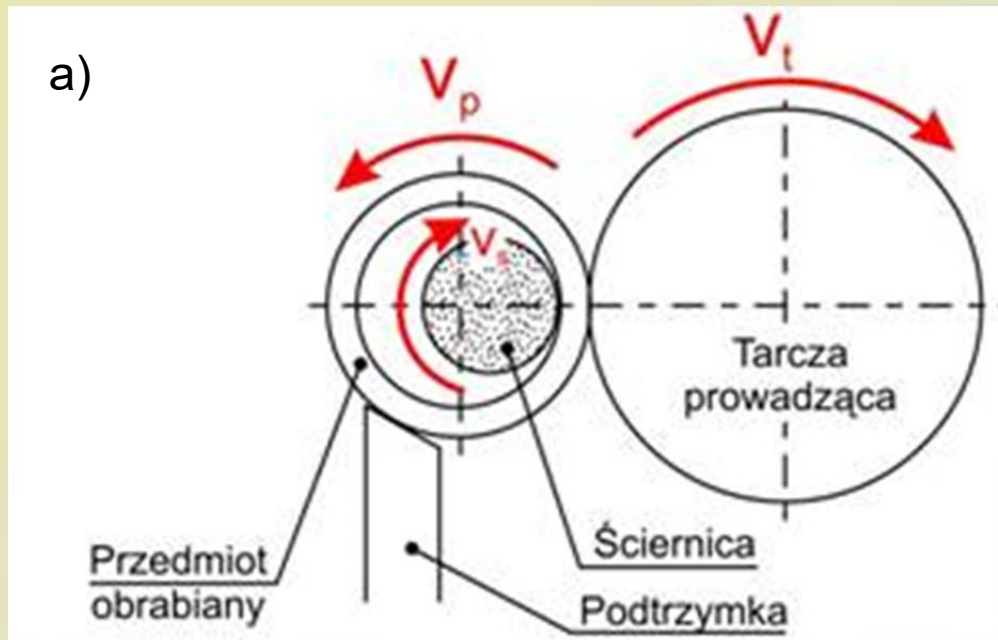
# Obróbka ścierna

---

Szlifowanie powierzchni obrotowych wewnętrznych dzielimy na :

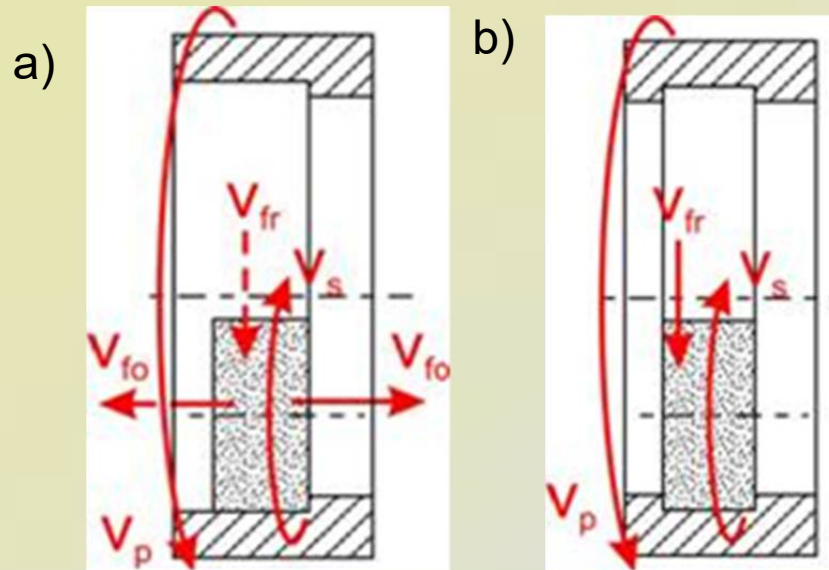
- **Bezłowe**: część obrabiana napędzana jest tarczą prowadzącą, która opiera się na rolce podtrzymującej lub podtrzymce, dodatkowo może być dociskana do tarczy prowadzącej za pomocą rolki.
- **Walcowe** - wzdłużne oraz wgłębne
- **Obiegowe**, zwane inaczej planetarnym, stosowane do szlifowania otworów w przedmiotach, w których nadanie ruchu obrotowego jest niemożliwe lub bardzo trudne do wykonania. Ruchy główne i posuwowe wykonuje ściernica, która porusza się w trajektorii planetarnej dookoła osi otworu przy jego ścianie i jednocześnie wzdłuż osi otworu

# Obróbka ścierna

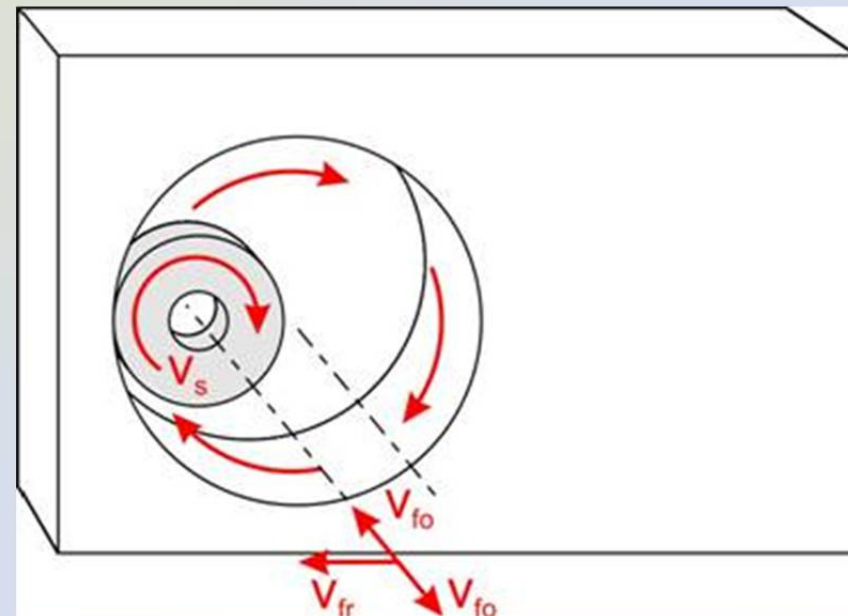


Szlifowanie wewnętrzne bezkłowe: a) z tarczą prowadzącą i podtrzymką, b) z tarczą prowadzącą, podtrzymką i rolką

# Obróbka ścierna



Szlifowanie wewnętrzne walcowe  
a) wzdłużne, b) wgłębne

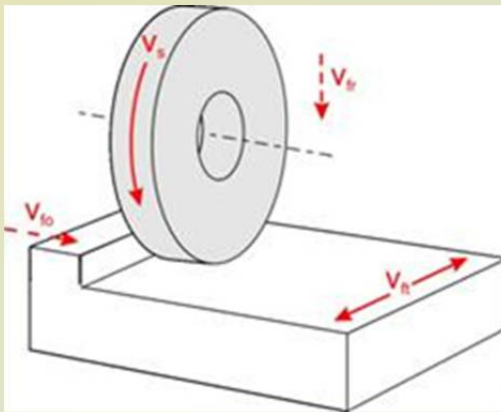


Kinematyka szlifowania wewnętrznego planetarnego

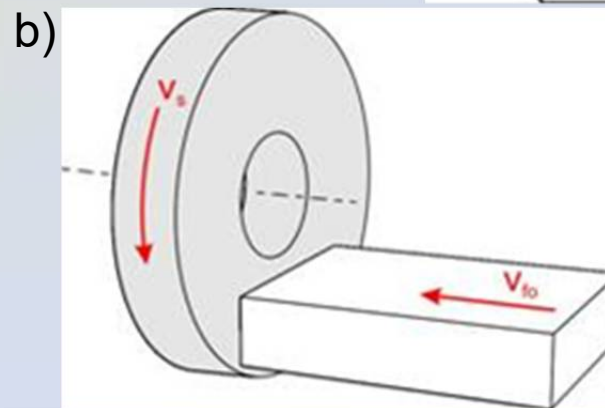
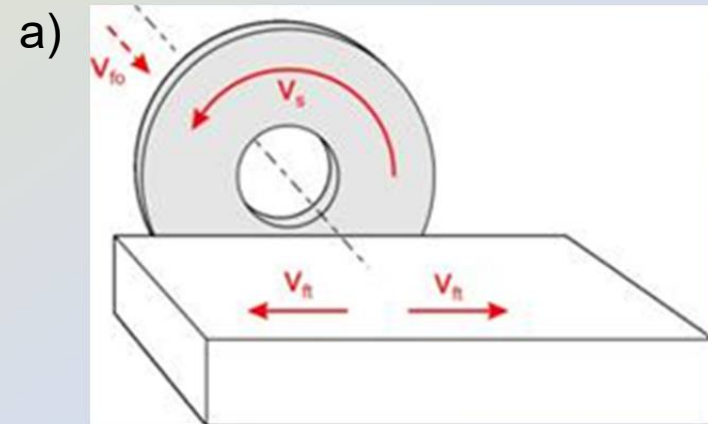


# Obróbka ścierna

**Szlifowanie płaszczyzn** może być wykonywane powierzchnią czołową i obwodową ściernicy. Ruch posuwowy wykonuje ściernica oraz przedmiot obrabiany. Może być realizowane jako przeciwbieżne i współbieżne. Bardziej korzystne jest szlifowanie przeciwbieżne, stosuje się je głównie do obróbki części o niedużej sztywności, od których wymaga się wysokiej dokładności.



Obwodowe szlifowanie płaszczyzn



Czołowe szlifowanie płaszczyzn a) wzdluzne z posuwem stycznym, b) wglębne z ciągłym posuwem osiowym