

**Technologia lotnicza**

**metody obróbki**

# Rozwiercanie

Rozwiercanie stosuje się w celu zwiększenia dokładności wymiarowo-kształtowej wierconych otworów (IT6 do IT10) i zmniejszenia chropowatości powierzchni  $Ra=0,32$  do  $5 \mu\text{m}$ .

Rozwiercaniem nie poprawia się położenia osi kształtowanego otworu.

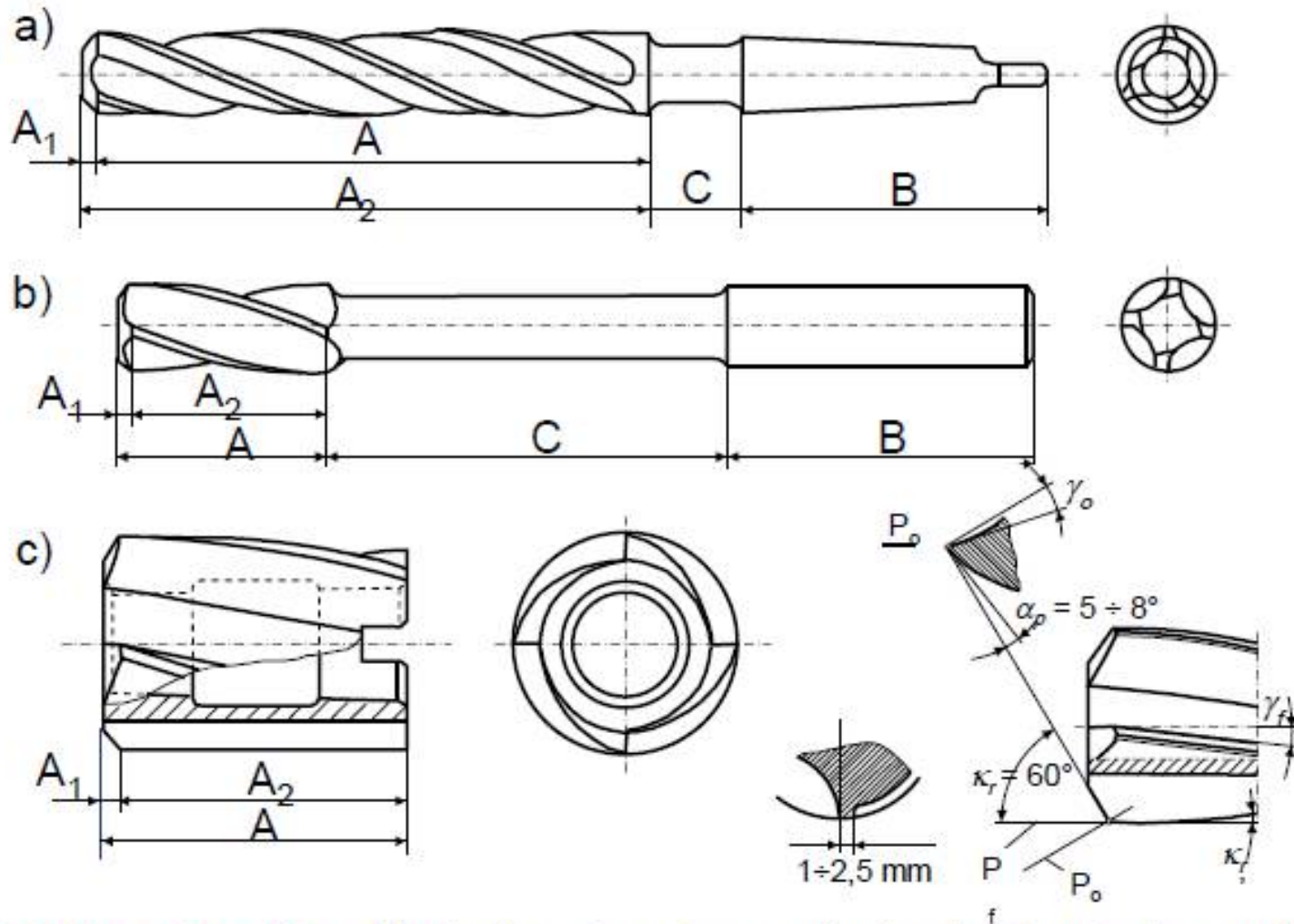
Rozróżnia się:

- rozwiercanie zgrubne przy użyciu rozwiertaka zdzieraka, stosuje się w celu uzyskania otworu o dokładności **IT9 do IT11** i chropowatości  **$Ra=2,5$  do  $5 \mu\text{m}$**  lub, gdy otwór musi być ponownie rozwiercany w celu osiągnięcia jeszcze lepszej jakości powierzchni, większej dokładności wymiarowo - kształtowej,
- rozwiercanie wykończeniowe, za pomocą rozwiertaka wykańczaka, stosuje się w celu uzyskania otworu o dokładności **IT6 do IT9** i chropowatości  **$Ra < 2,5 \mu\text{m}$** ,

Oprócz rozwiercania otworów cylindrycznych, stosowane jest również rozwiercanie otworów stożkowych, jako obróbka ostateczna pod kołki stożkowe lub, jako obróbka wstępna pod szlifowanie lub docieranie.

# Rozwiercanie

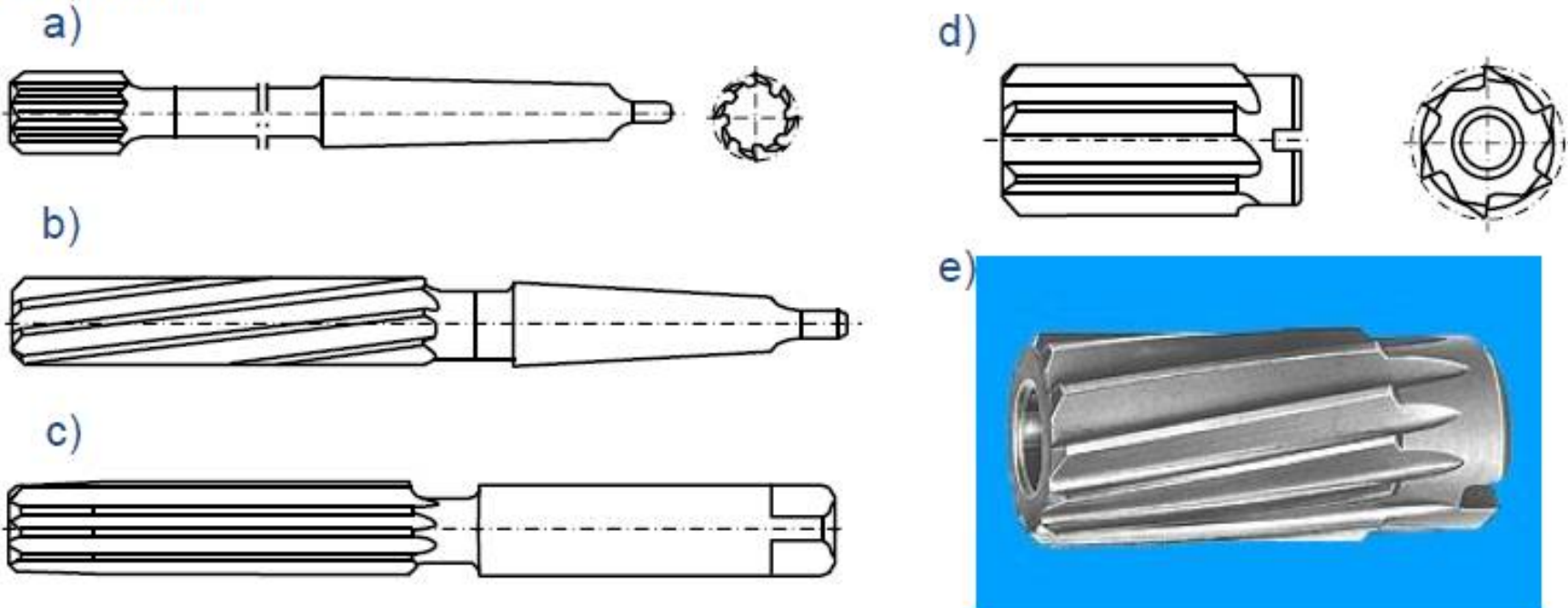
## Rozwiertaki



Rodzaje **rozwiertaków zdzieraków**: a) trzpieniowy, trzyostrzowy, długi, z chwytem stożkowym Morse'a, b) trzpieniowy, maszynowy z chwytem walcowym, c) nasadzany, czteroostrzowy, z gniazdem stożkowym

# Rozwiercanie

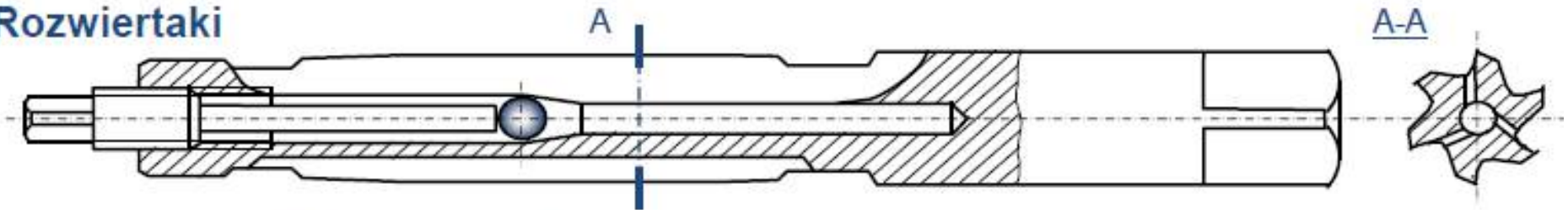
## Rozwiertaki



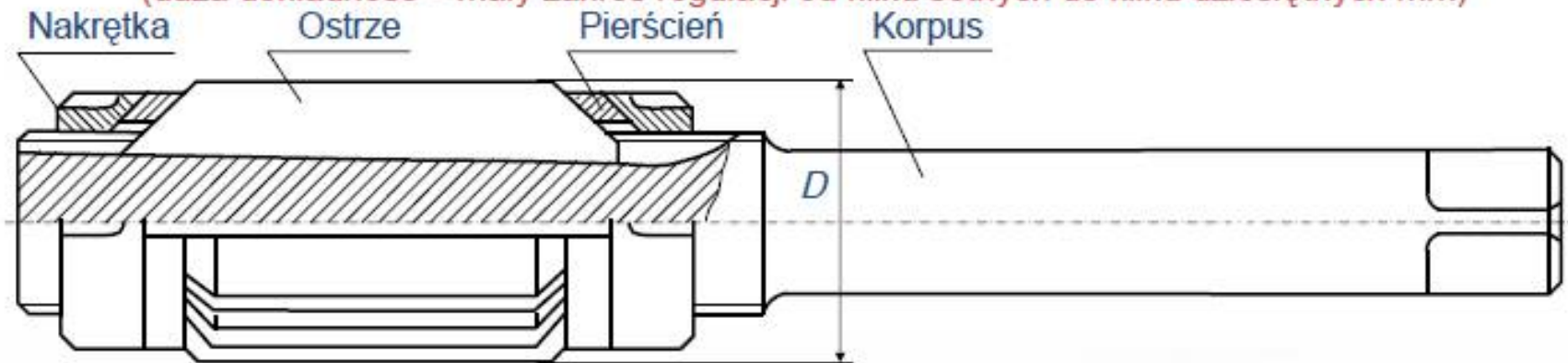
Rodzaje **rozwiertaków wykańczaków** do otworów walcowych: a) maszynowy, trzpieniowy, z rowkami wiórowymi prostymi, z chwytem stożkowym Morse'a, b) maszynowy, trzpieniowy, długi, z rowkami wiórowymi śrubowymi, z chwytem stożkowym Morse'a, c) ręczny, długi, z rowkami wiórowymi prostymi, z chwytem walcowym, z zabierakiem kwadratowym, d) maszynowy, nasadzany, z rowkami wiórowymi prostymi, z gniazdem stożkowym, e) maszynowy, nasadzany, z rowkami wiórowymi śrubowymi, z gniazdem stożkowym

# Rozwiercanie

## Rozwiertaki



Budowa rozwiertaka rozpreźnego, ręcznego do otworów walcowych  
(duża dokładność – mały zakres regulacji od kilku setnych do kilku dziesiątych mm)



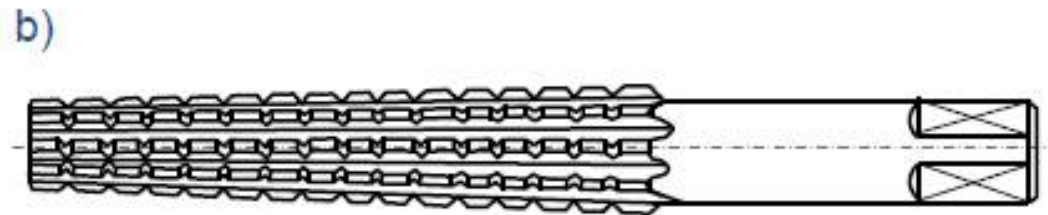
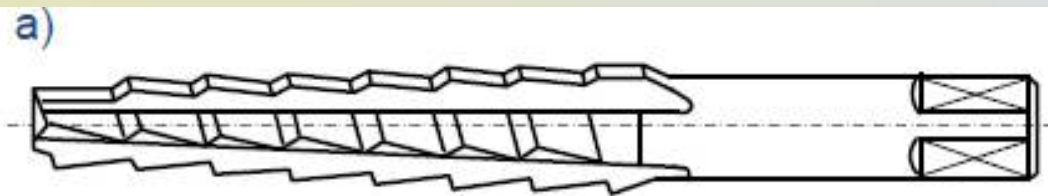
Budowa rozwiertaka nastawnego do otworów walcowych  
mała dokładność – duży zakres regulacji (od kilku dziesiątych do kilku mm)

# Rozwiercanie

## Rozwiertaki

Komplet rozwiertaków do  
otworów stożkowych:

- a) wstępny,
- b) zdzierak,
- c) wykańczak

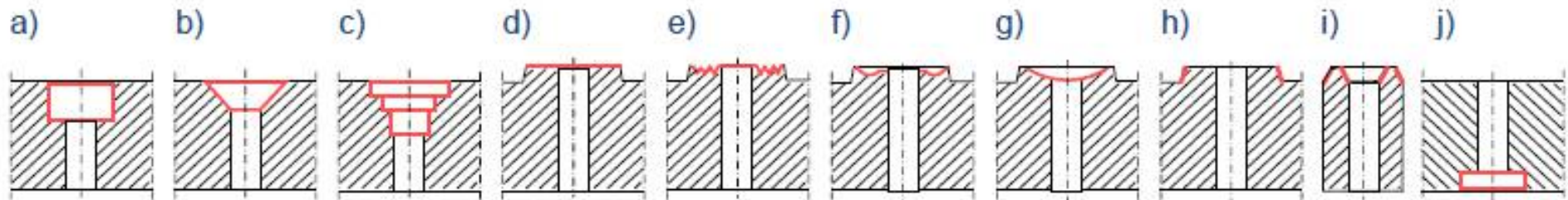


Rozwiertaki do otworów stożkowych o zbieżności 1:50 z rowkami wiórowymi:

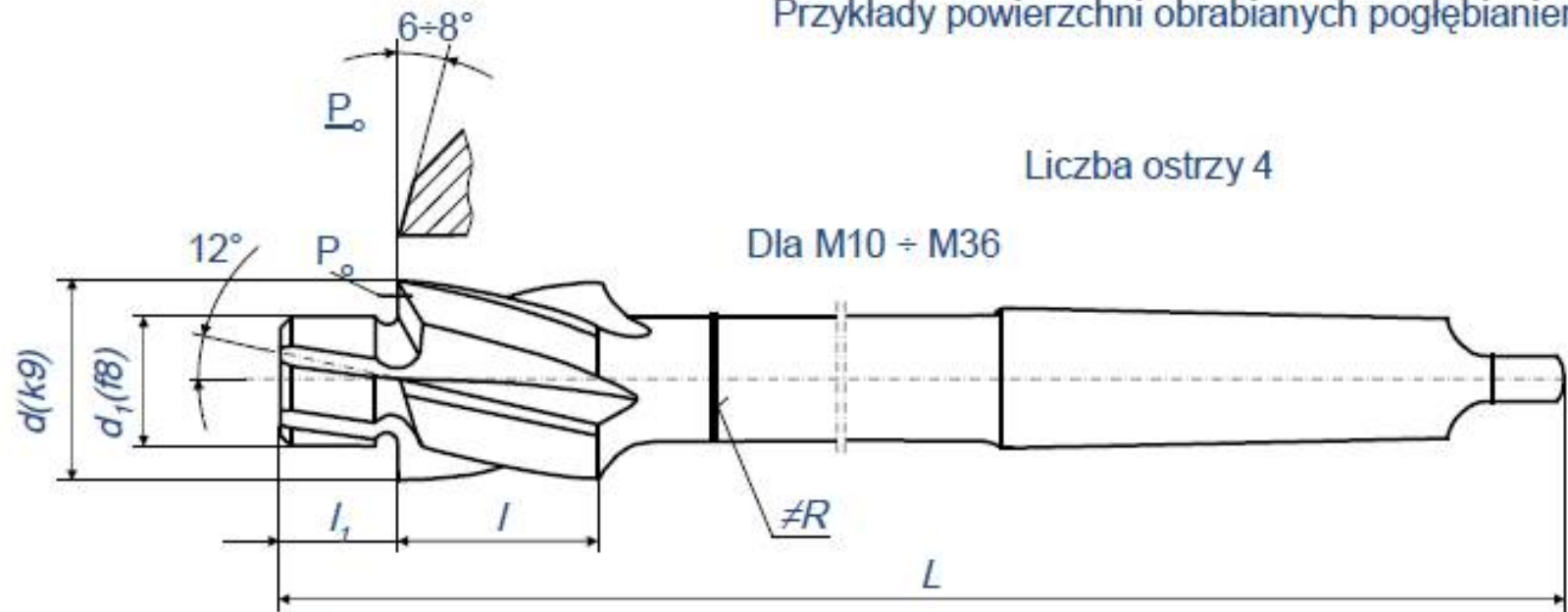
- a) prostymi, b) śrubowymi (firma Dolfamex)

# Pogłębianie

**Pogłębianie** to powiększanie lub inne kształtowanie otworów na części ich długości, a także powierzchni zewnętrznych, bezpośrednio przynależnych do otworu.



Przykłady powierzchni obrabianych pogłębianiem



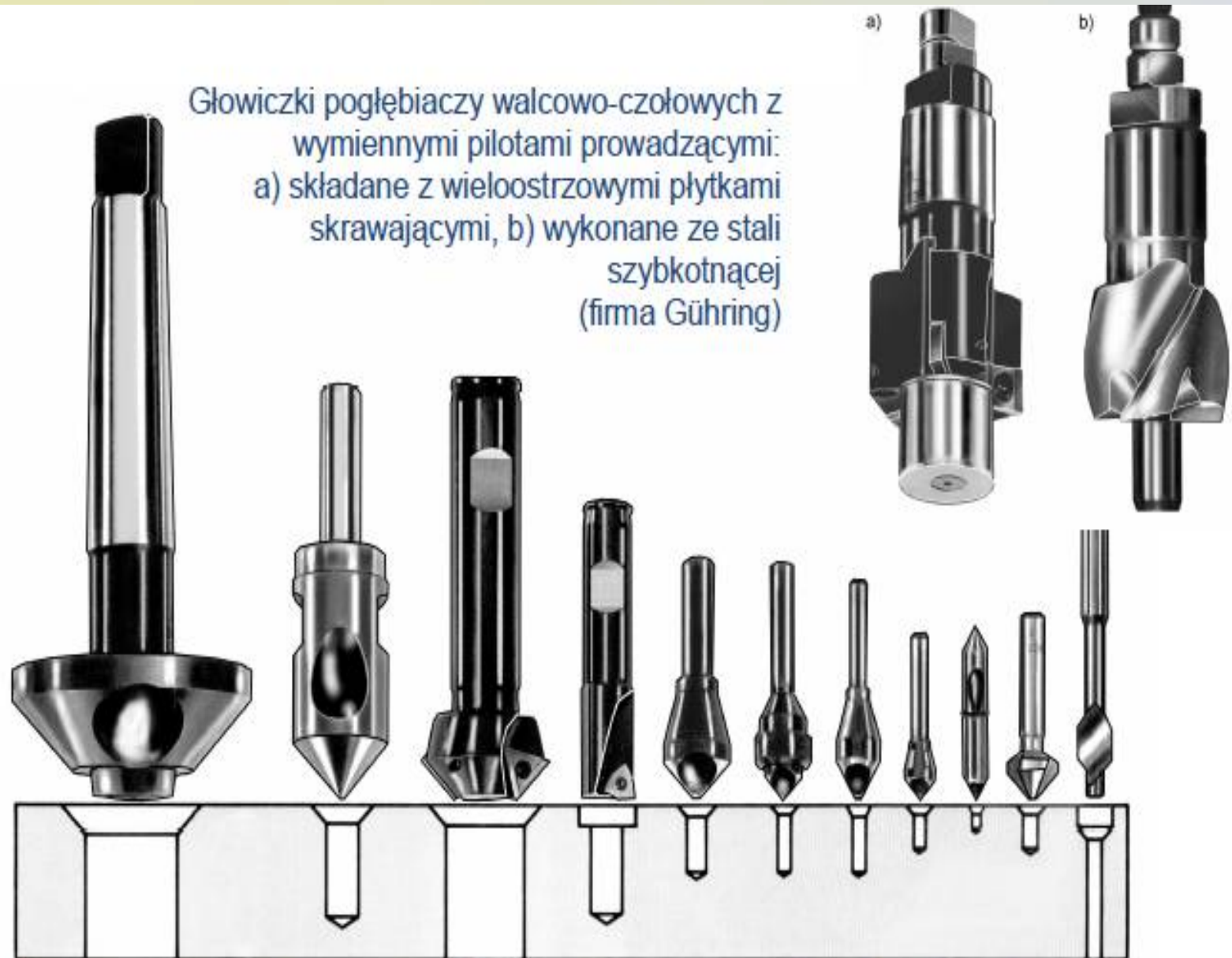
Pogłębiacz walcowo-czołowy ze stałym pilotem prowadzącym

# Pogłębianie

## Pogłębiacze

Głowiczki pogłębiaczy walcowo-czołowych z wymiennymi pilotami prowadzącymi:

a) składane z wielostrzowymi płytkami skrawającymi, b) wykonane ze stali szybko tnącej (firma Gühring)



Przykłady wybranych pogłębiaczy i kształtowanych nimi powierzchni (firma Komet)



# Pogłębianie

## Pogłębiacze



Pogłębiacze nakładane na  
oprawkę wiertła oraz  
wymienne płytki o różnych  
kształtach krawędzi  
skrawających (firma  
Kennametal Hertel)



Pogłębiacz  
wielostopniowy z ostrzami  
ze spieku diamentowego  
PD (firma Rübige)



Pogłębiacz tylny: a) głowiczka skrawająca z ostrzami z węglików spiekanych,  
b) trzpień, na który nakładana jest głowiczka skrawająca (firma Gühring)

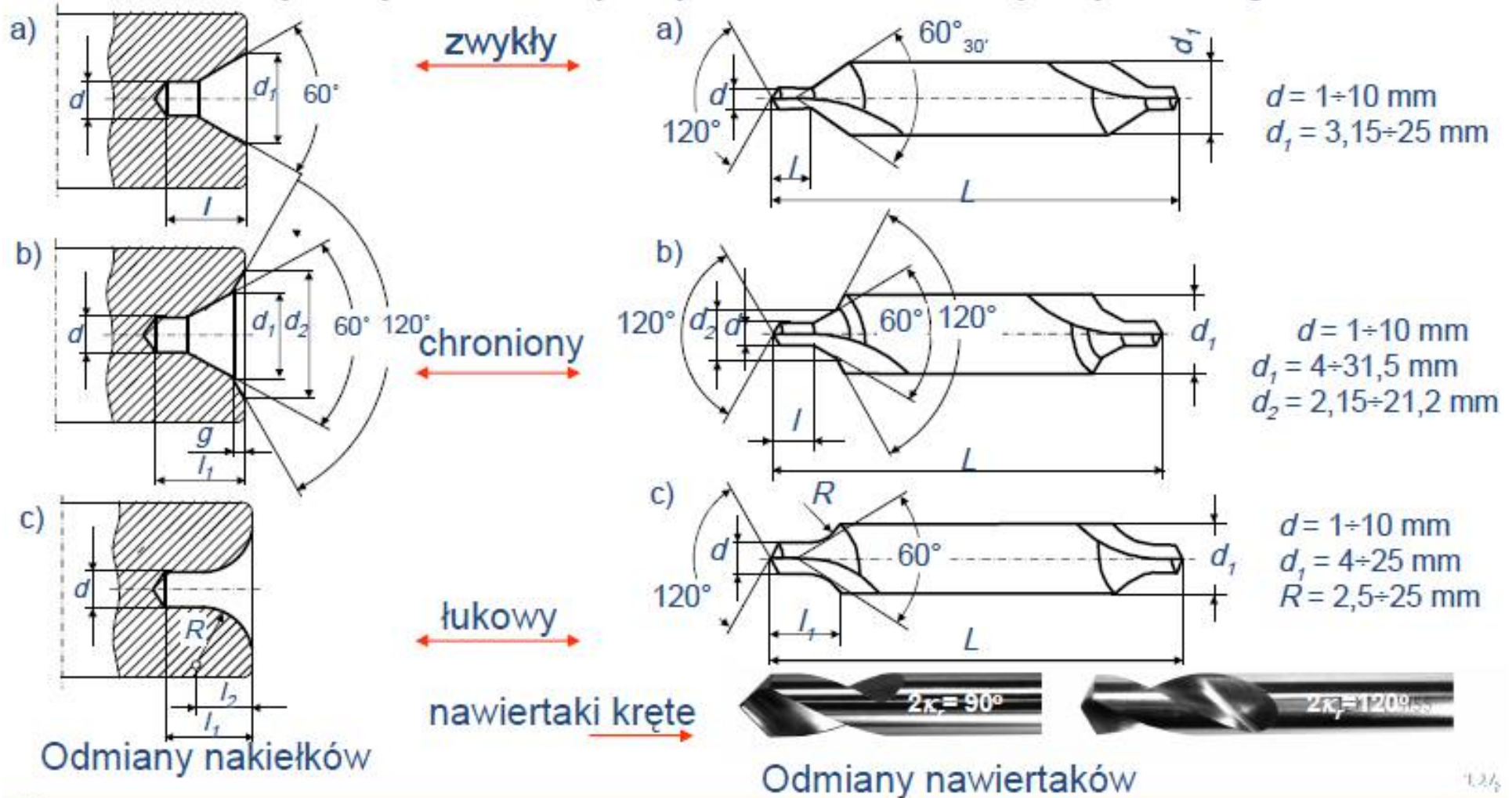


Pogłębiacz tylny  
skrzydełkowy  
(firma ERIX)

# Pogłębianie

**Nawiercanie** jest to sposób obróbki służący do wykonywania nakiełków.

**Nawiertaki** są narzędziami do wykonywania nakiełków w jednym zabiegu.



# Nakiełki

---

**Nakiełki** są to otwory dostosowane zarysem do kłów obrabiarki lub uchwytu obróbkowego i spełniają rolę powierzchni ustalających przedmiot w czasie obróbki lub montażu

Stosowane są trzy typy nakiełków:

- nakiełki zwykłe - **typ A** stosowane dla przedmiotów o małej dokładności wykonania, lub w przypadku, gdy po jednej lub kilku operacjach nakiełki będą usunięte, (np. baza obróbkowa dla otworu osiowego),
- nakiełki chronione - **typ B** stosowane najczęściej podczas wykonywania długich wałów maszynowych. Powierzchnia stożkowa o kącie  $120^\circ$  chroni powierzchnię czołową przed nierównościami, spowodowanymi wybiciem materiału przez kiel tokarki.
- nakiełki łukowe – **typ R** są stosowane dla wałów z materiałów trudno obrabialnych, a kształt nakiełka ma na celu zwiększenie sztywności narzędzia wykonującego nakiełek.

# 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:

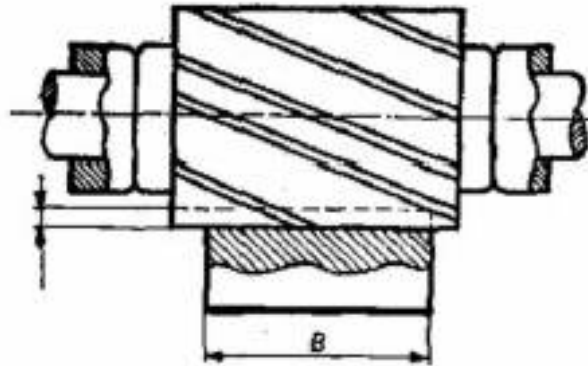
- cykliczność pracy ostrzy,
- zmienność przekroju warstwy skrawanej.

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

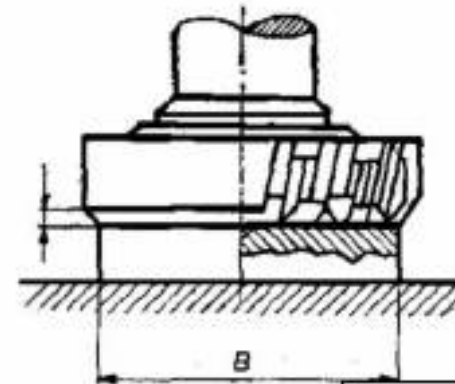
**Frezowaniem czołowym można uzyskać 8 kl. dokładności i  $R_a = 0,63\mu\text{m}$ .**

# Frezowanie

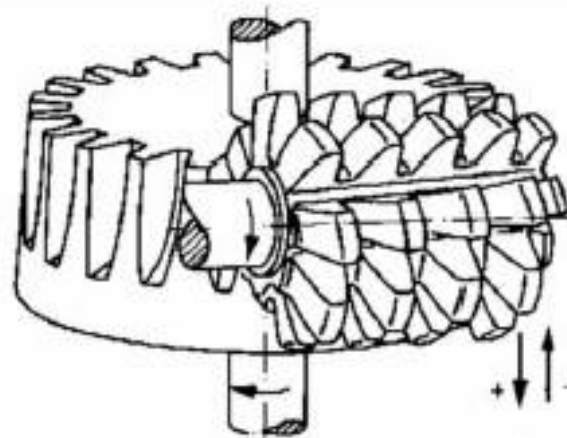
## Odmiany frezowania



obwodowe (walcowe)



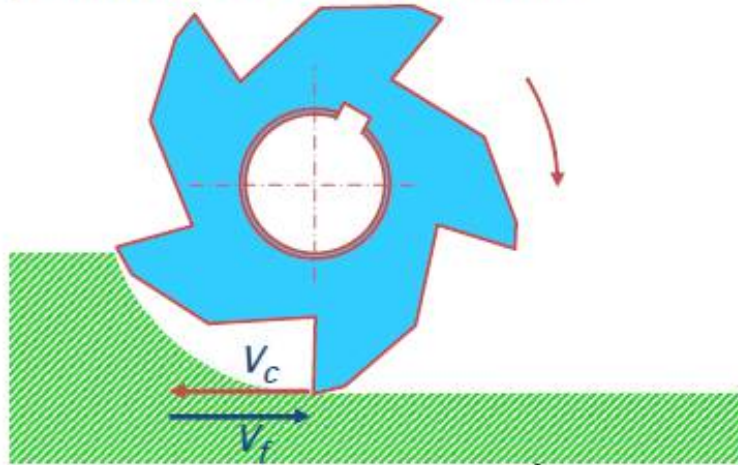
czołowe



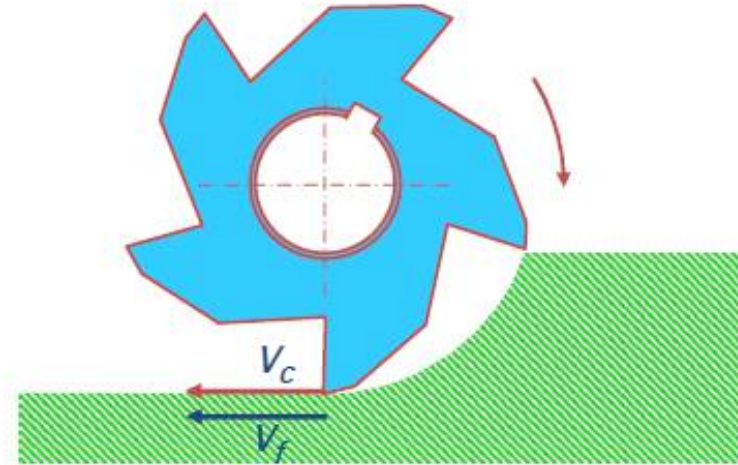
obwiedniowe

# Frezowanie

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



Frezowanie przeciwbieżne

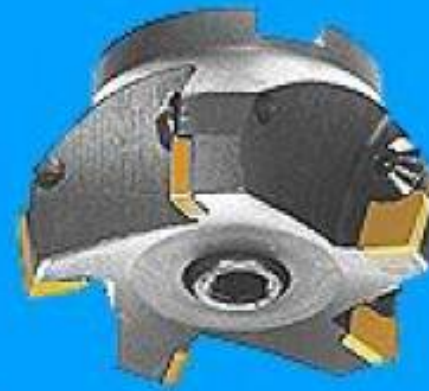
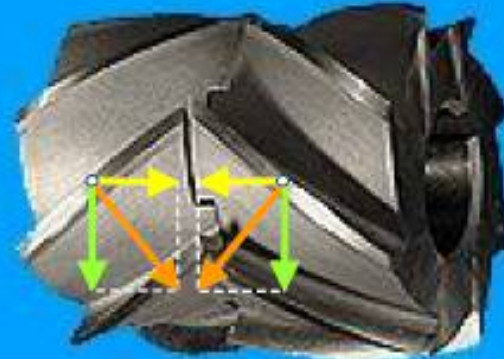
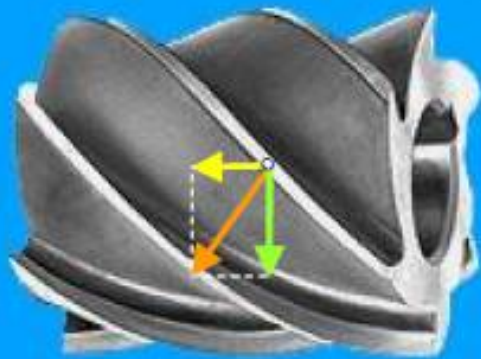


Frezowanie współbieżne

| Frezowanie przeciwbieżne<br>stosuje się gdy                               | Frezowanie współbieżne<br>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 nasadzane

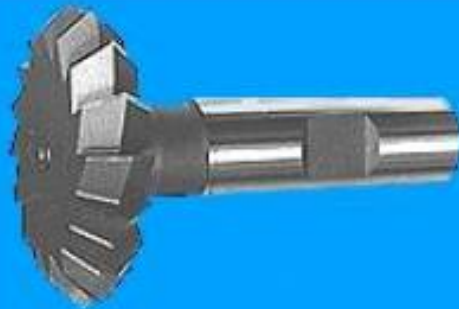
Główce frezowe nasadzane i trzpieniowe





# Frezowanie

Frezy



Frezy kątowe  
nasadzane i trzpieniowe

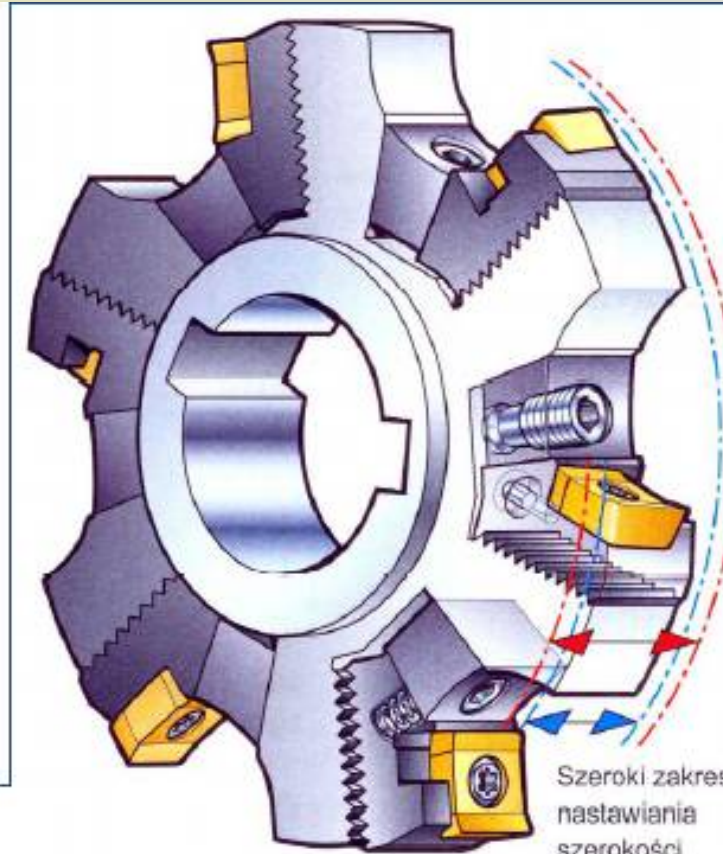
Frezy kształtowe  
nasadzane i trzpieniowe

# Frezowanie

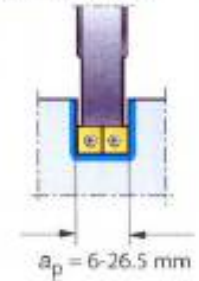
## Frezy



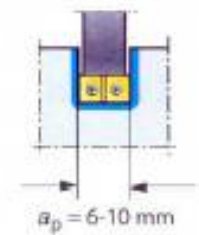
Frezy tarczowe



Pełny rowek  
Wersja z kasetami

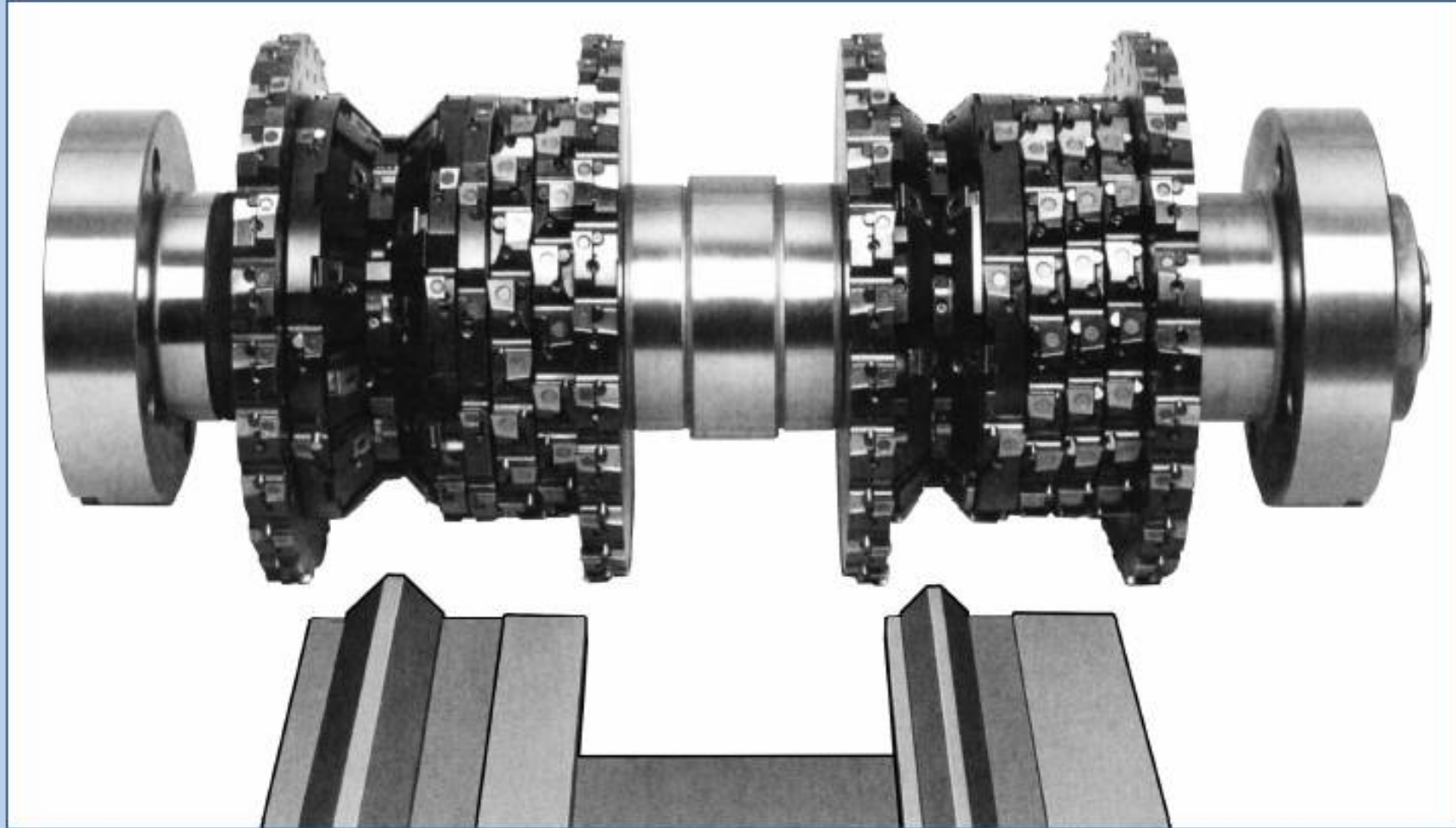


Pełny rowek  
Wersja ze stałymi gniazdami płytek



# Frezowanie

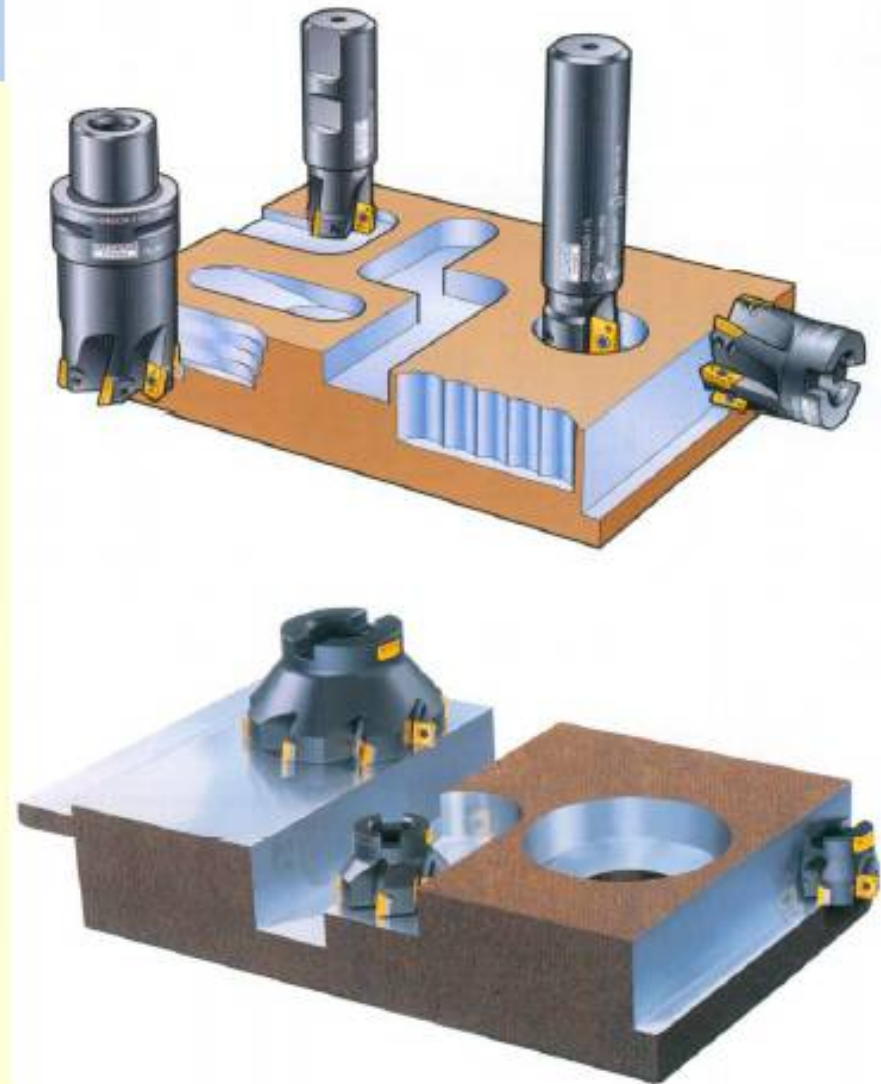
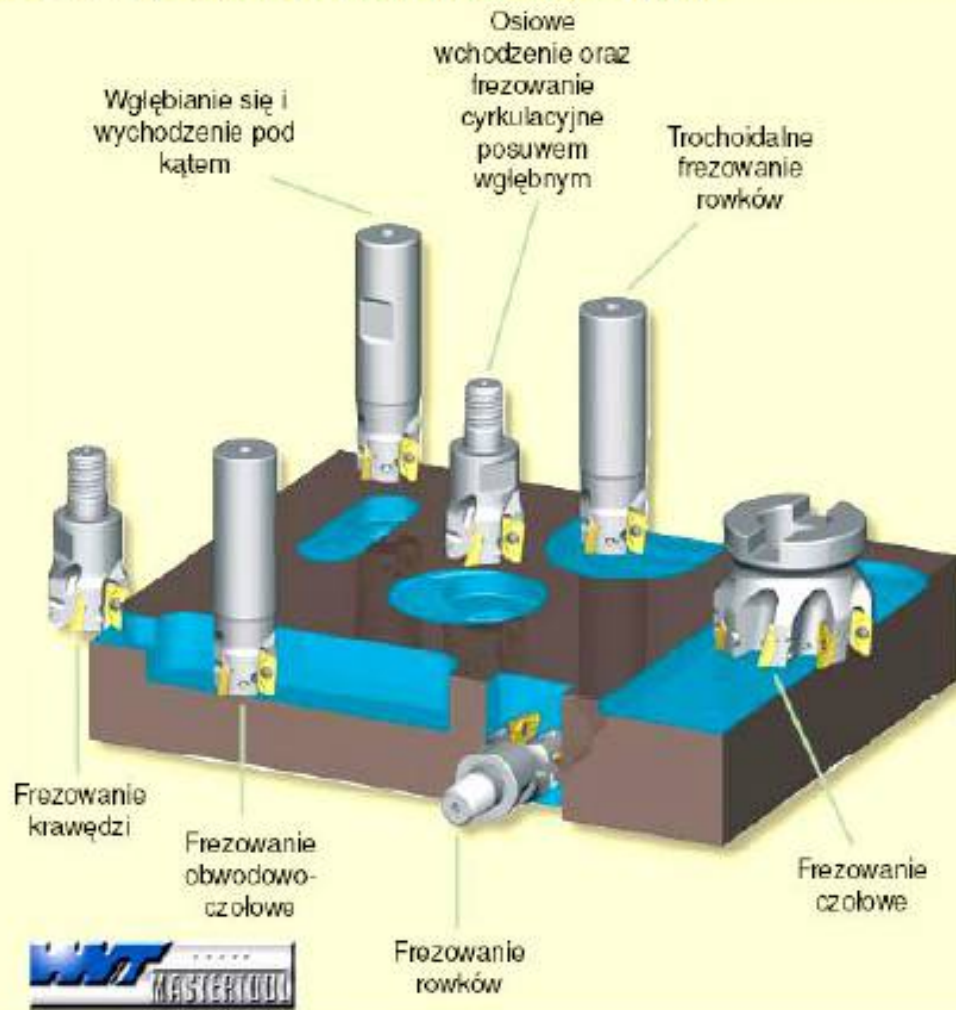
Frezy



Frezy zespołowe

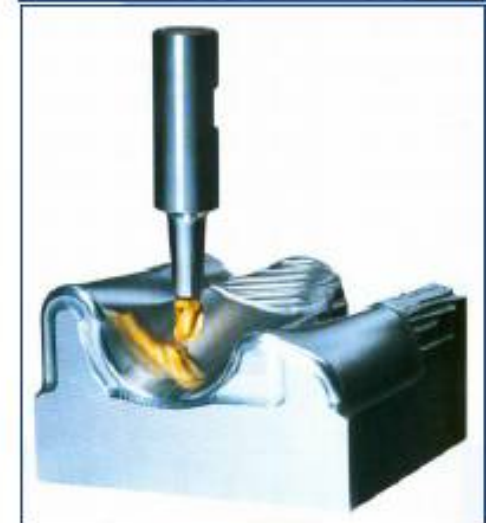
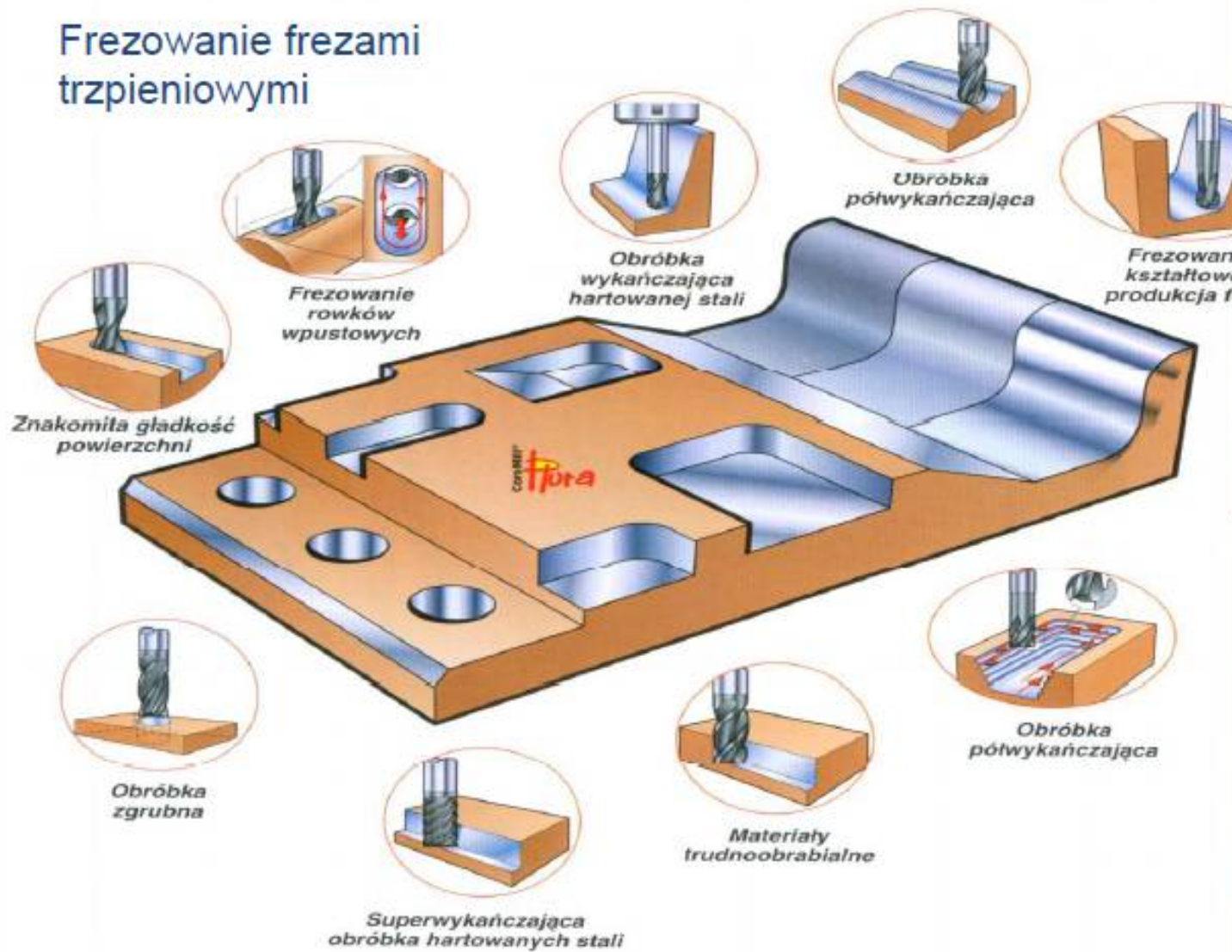
# Frezowanie

## Przykłady kształtowania głowicami frezowymi i frezami trzpieniowymi



# Frezowanie

## Frezowanie frezami trzpieniowymi

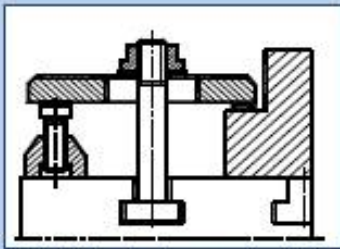


# Frezowanie

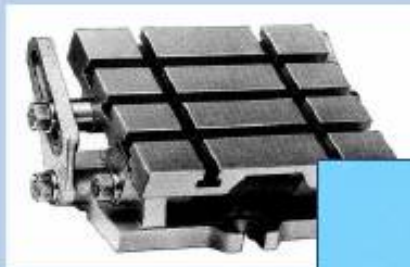


## Frezowanie

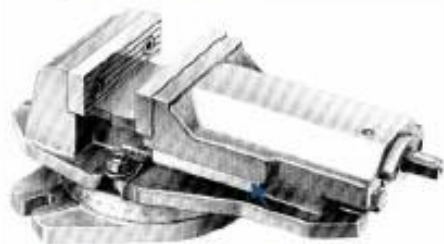
### Sposoby mocowania przedmiotów na frezarkach



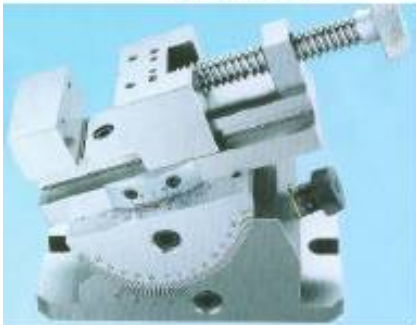
Łapami na stole



Na stołach uchylnych



W imadłach obrotowych i kątowych



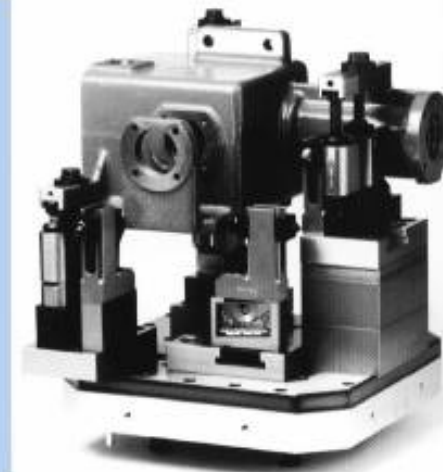
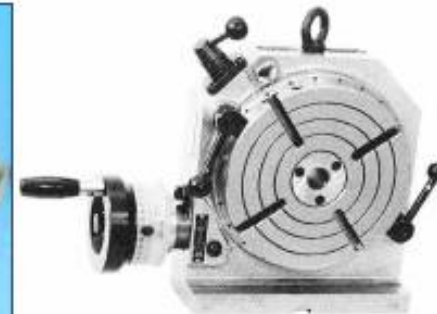
Na podzielnicach



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<br>$n$ – prędkość obrotowa               |
| (2)    | prędkość posuwu $v_f$    | $v_f = f_f \cdot n$                           | $f_f$ – posuw<br>$n$ – prędkość obr.                            |
| (3)    | posuw na ząb $f_z$       | $f_z = \frac{f_f}{z} = \frac{v_f}{z \cdot n}$ | $f_f$ – posuw<br>$n$ – prędkość obr.<br>$v_f$ – 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

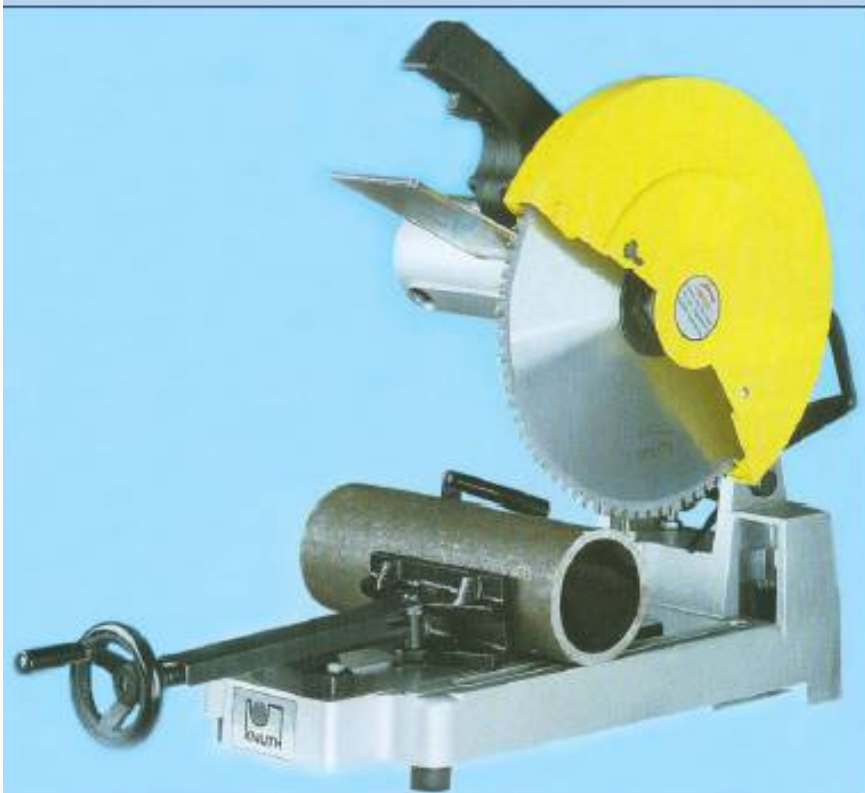




# Przecinanie

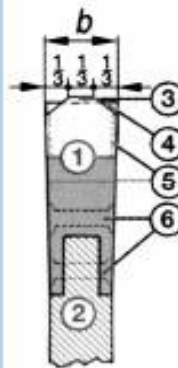
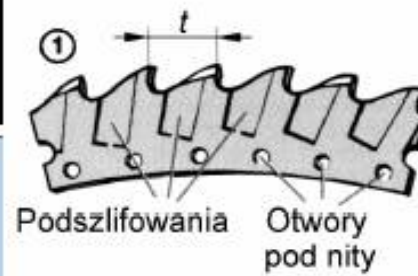


## Przecinanie

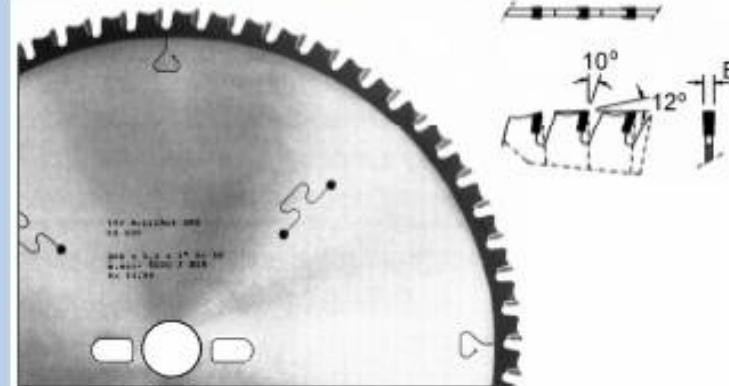


Przecinarka tarczowa

Piła tarczowa segmentowa  
z ostrzami z węglików  
spiekanych



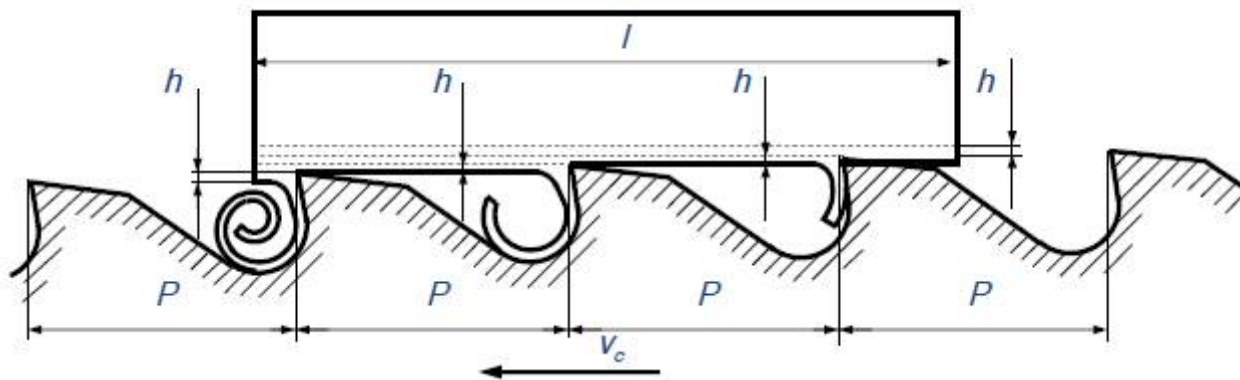
Piła tarczowa segmentowa  
z ostrzami ze stali szybko tnącej



# 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

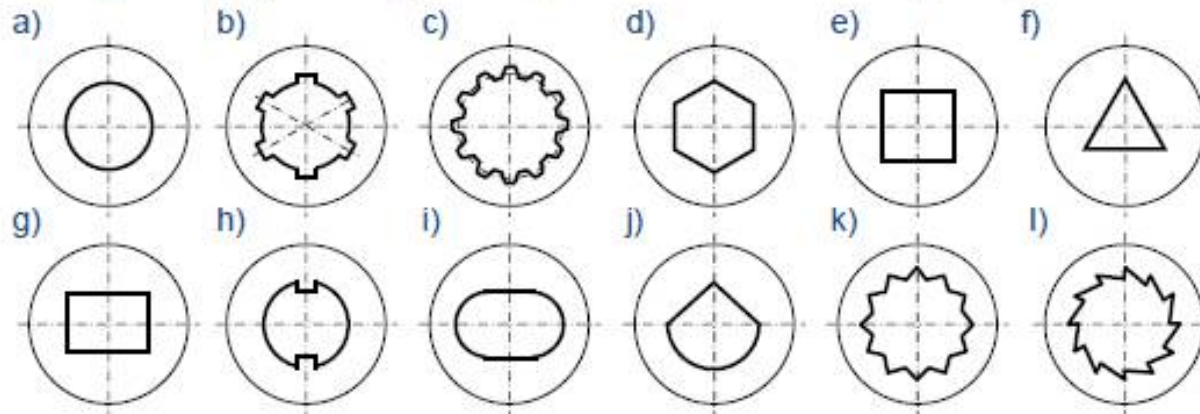
**Zaletami przeciągania jest:**

- ➔ 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

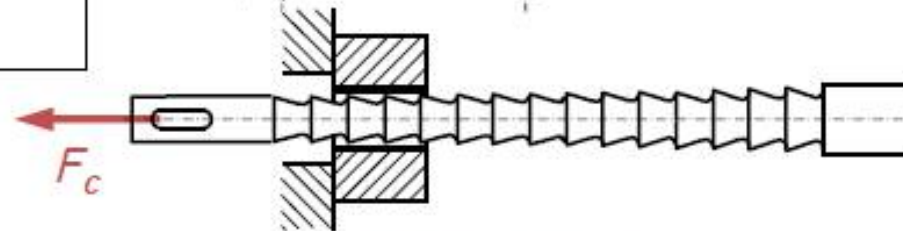
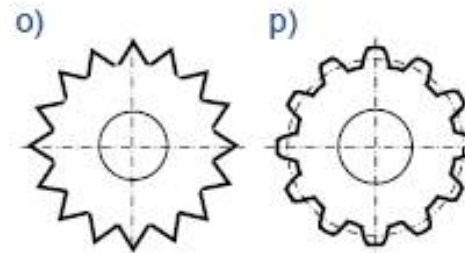
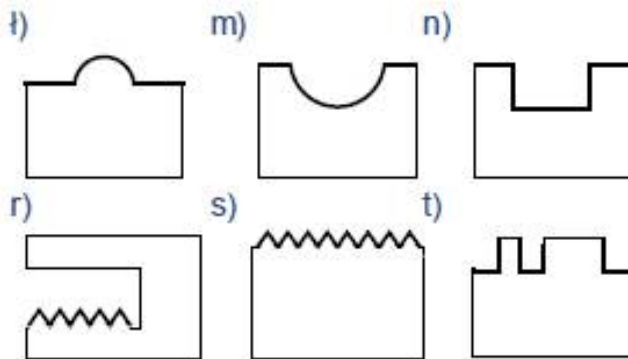
# Przeciąganie

## Przykłady przeciągania powierzchni zewnętrznych



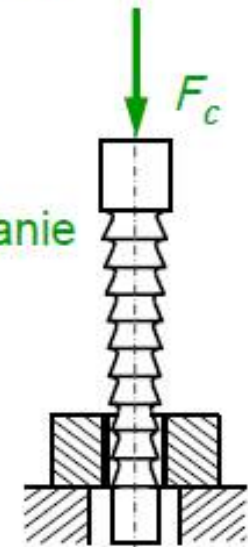
wewnętrznych

zewnętrznych



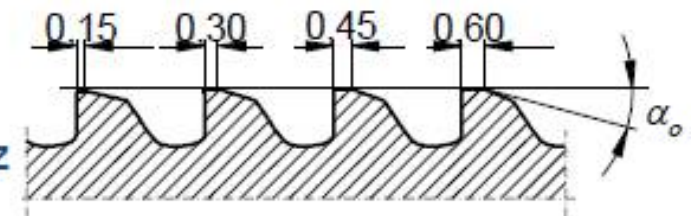
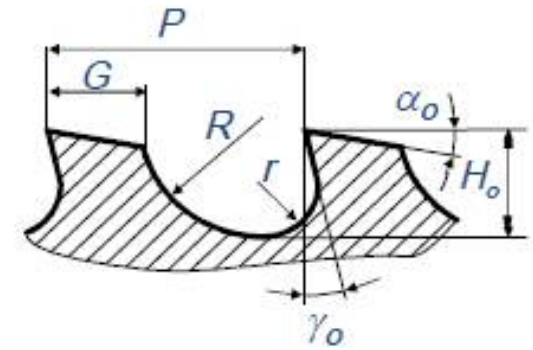
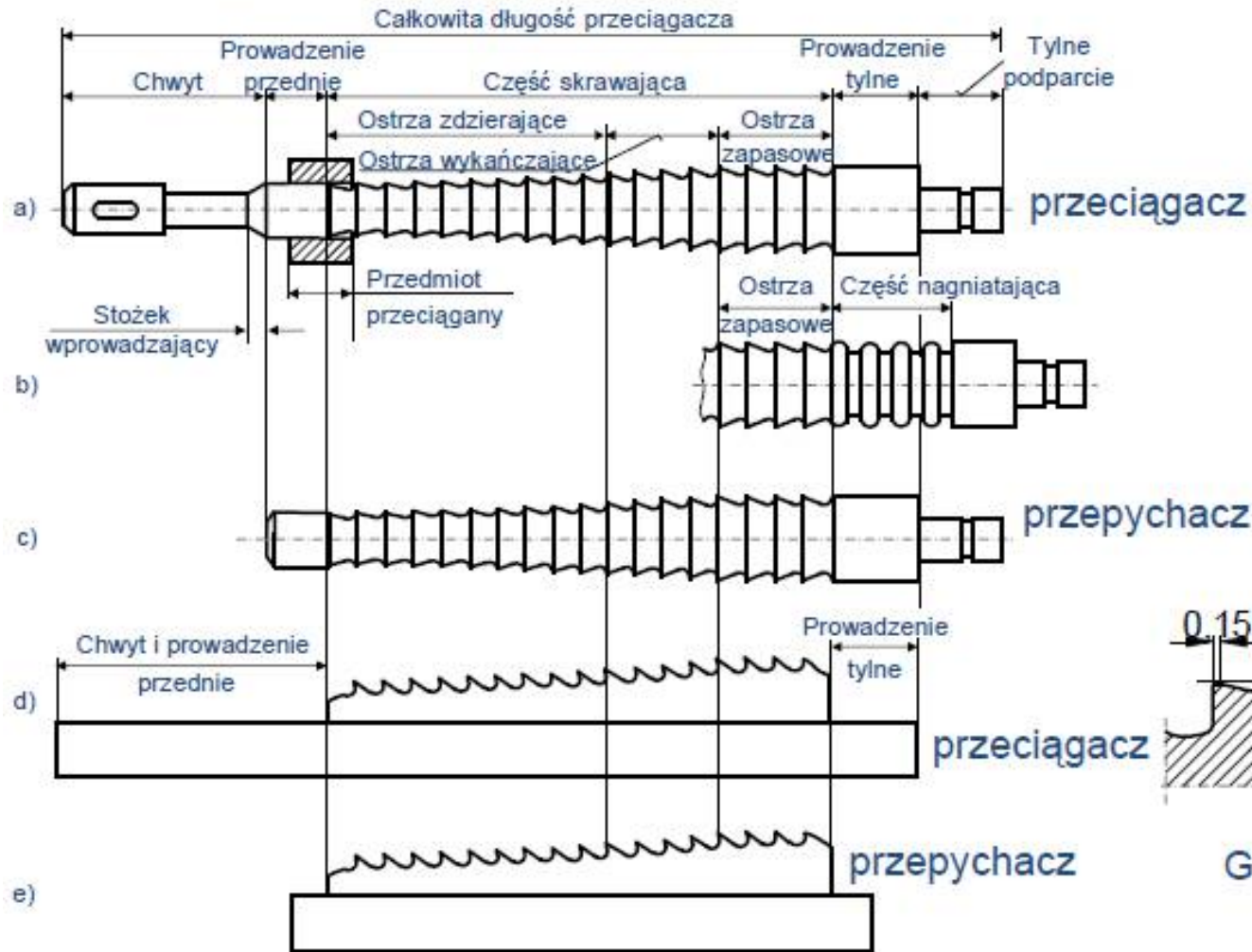
Przeciąganie

Przepychanie



# Przeciąganie

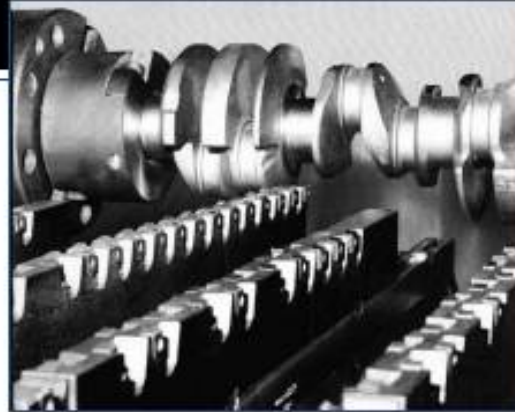
## Przeciągacze i przepychacze



# Przeciąganie



## Przeciąganie

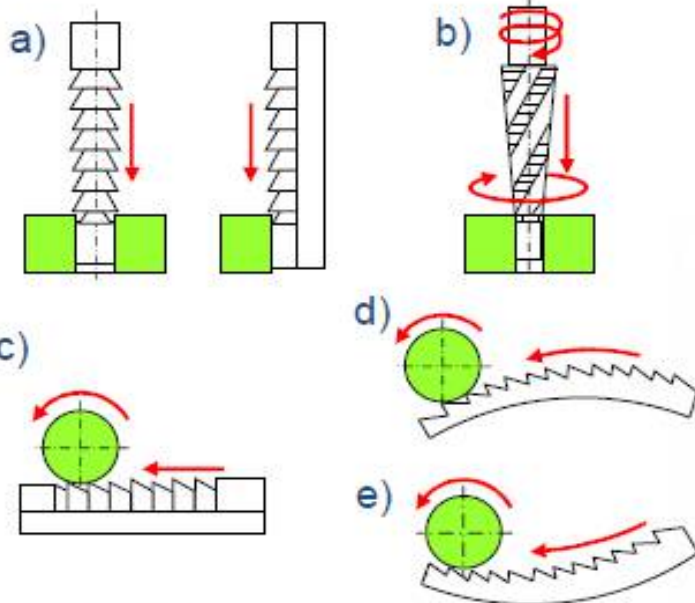


Toczenie-przeciąganie  
wałów korbowych



Przeciagacz obrotowy

do kół zębatych  
zewnątrznych



Najczęściej spotykane odmiany  
kinematyczne przecięgania

Przykłady przecięgaczy  
wielkogabarytowych



do kół zębatych  
wewnętrznych



# Przeciąganie

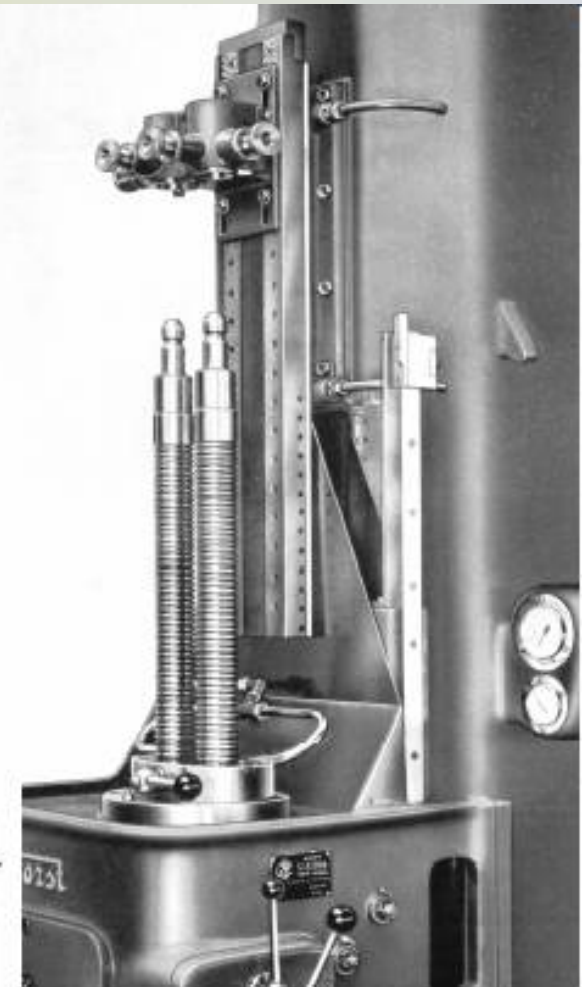
## Przeciagarki

Przeciagarki mają bardzo prostą konstrukcję.

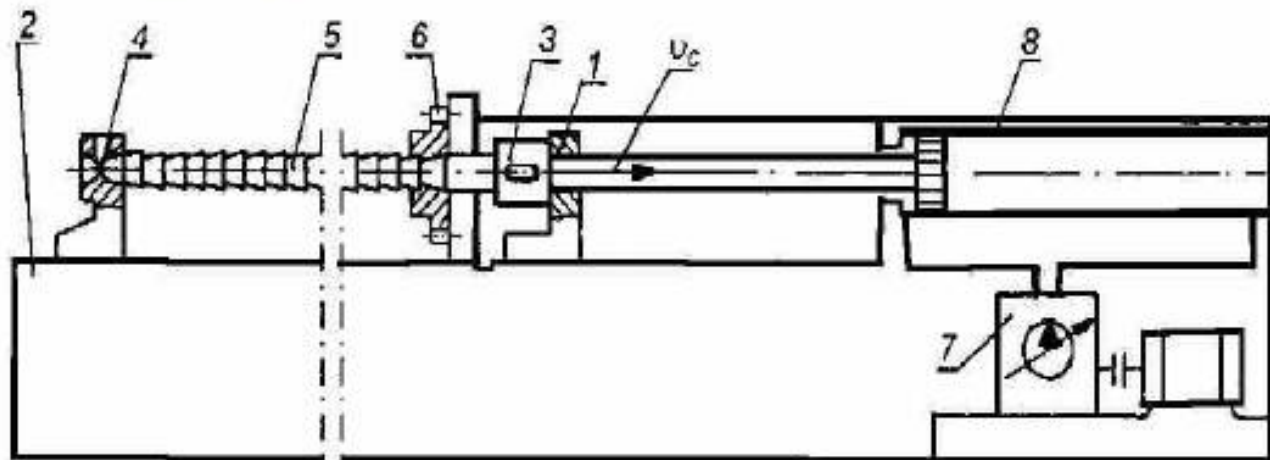
Przepychanie można realizować na prasach.

Dokładność przecięgania 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:**

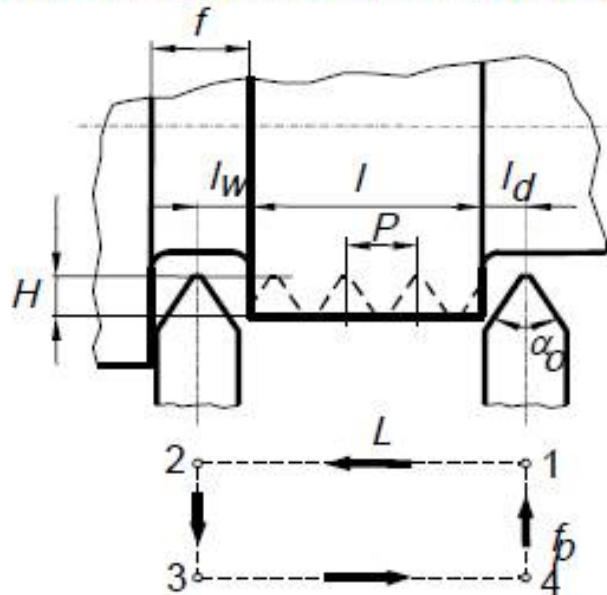
- zewnętrzne i wewnętrzne,
- walcowe i (rzadziej) stożkowe (armatura wodna i hydrauliczna),
- prawo- i lewozwojne,
- jedno- i wielozwojne,
- o zarysie: trójkątnym o kącie zarysu  $60^\circ$  (gwint metryczny) i  $55^\circ$  (gwinty calowe), trapezowym symetrycznym lub niesymetrycznym, prostokątnym, okrągłym,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

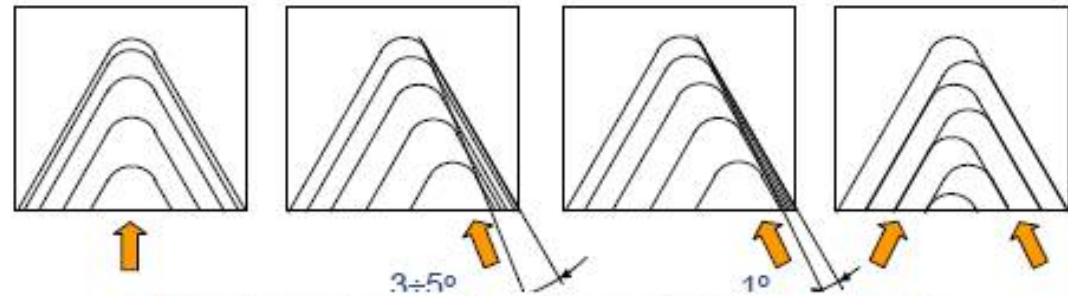
# Gwintowanie

Toczenie gwintów jest obróbką dokładną lecz mało wydajną

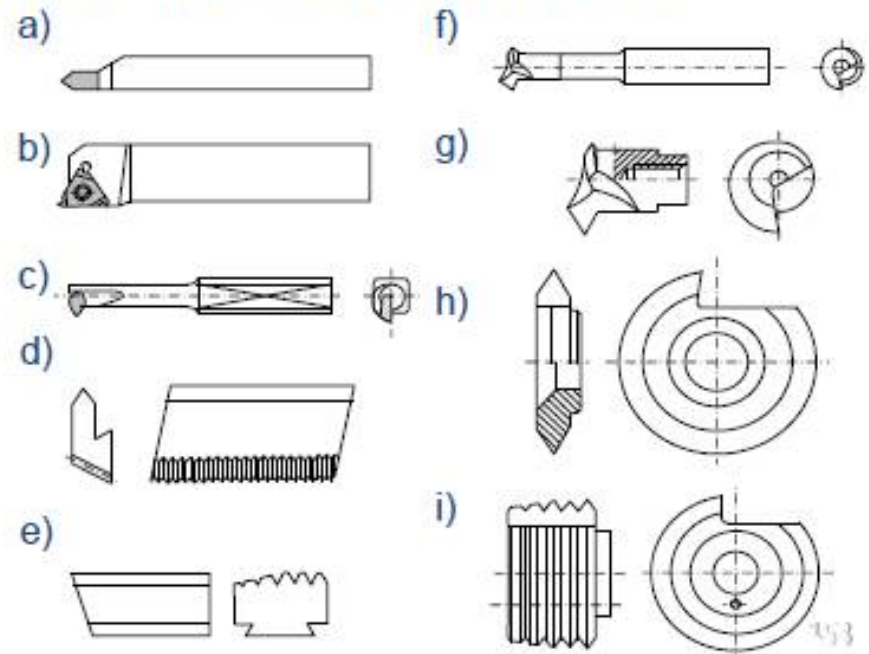


Schemat nacinania gwintów  
toczeniem

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 rozdzielenia nadatku podczas wykonywania gwintu





# Toczenie gwintów

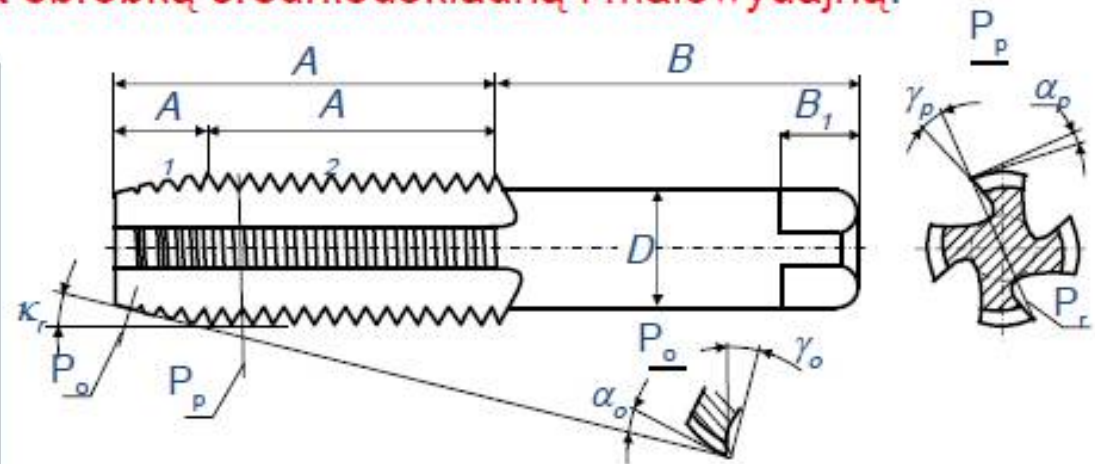
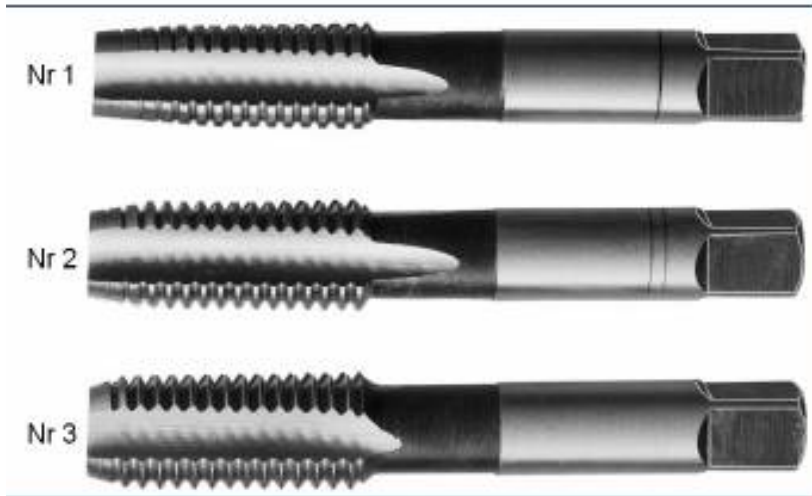
---

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.

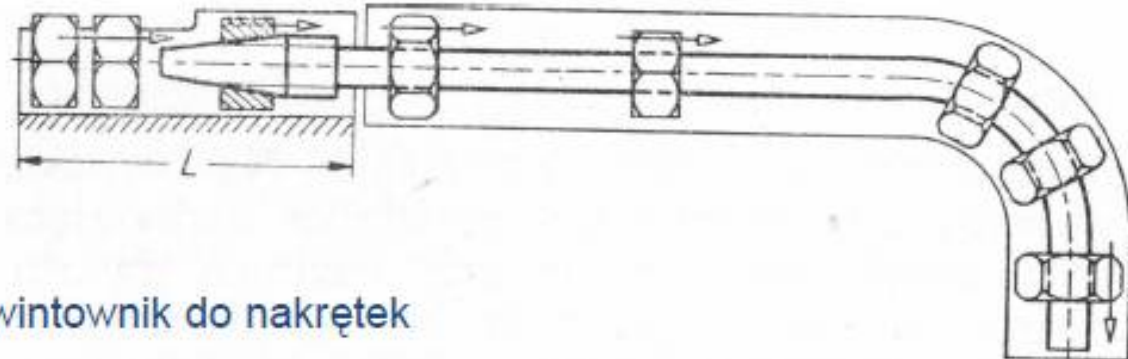
# Gwintowanie

Gwintowanie gwintownikami jest obróbką średniokładną i mało wydajną.



Geometria gwintownika

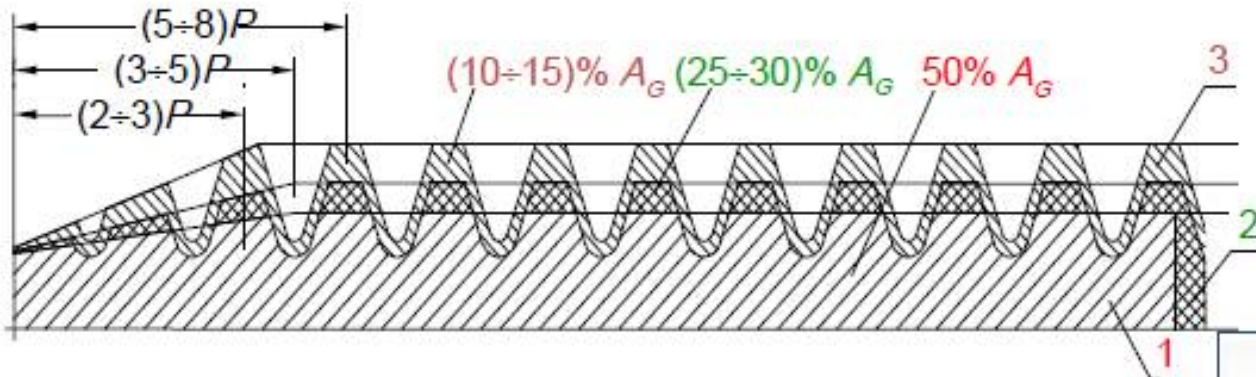
Komplet trzech gwintowników



Gwintownik do nakrętek

# Gwintowanie

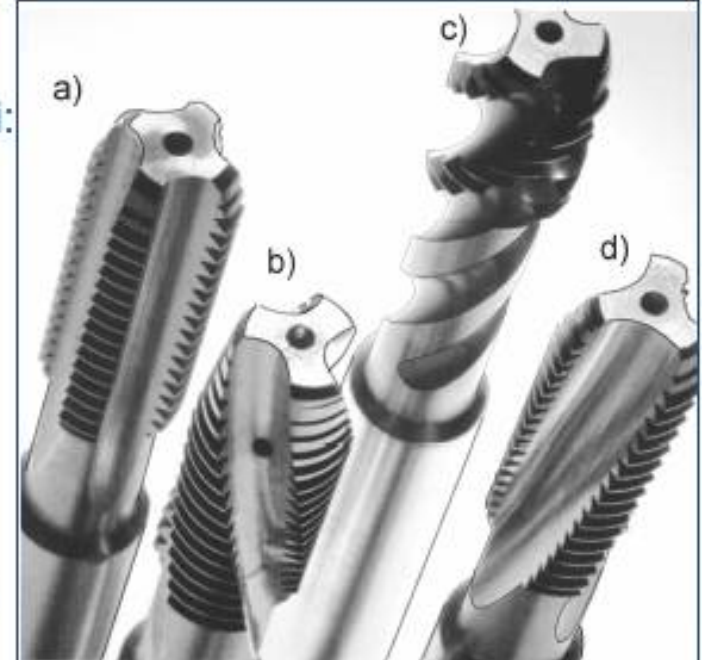
## Gwintowanie gwintownikami



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

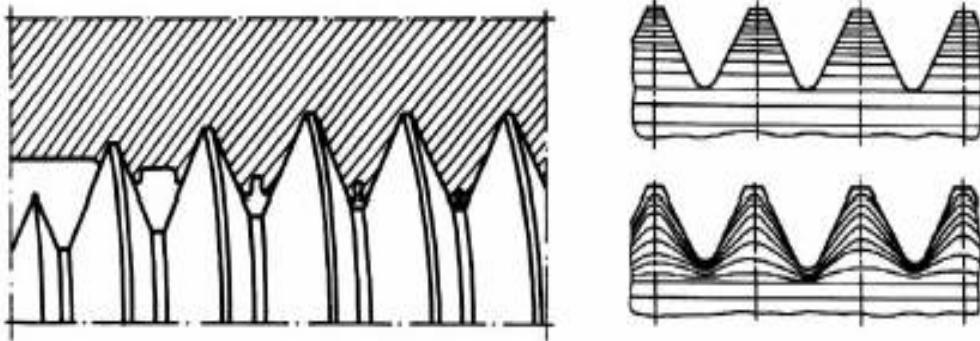
- 1 – gwintownik zdzierak,
- 2 – gwintownik pośredni,
- 3 – gwintownik wykańczak

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



# Gwintowanie

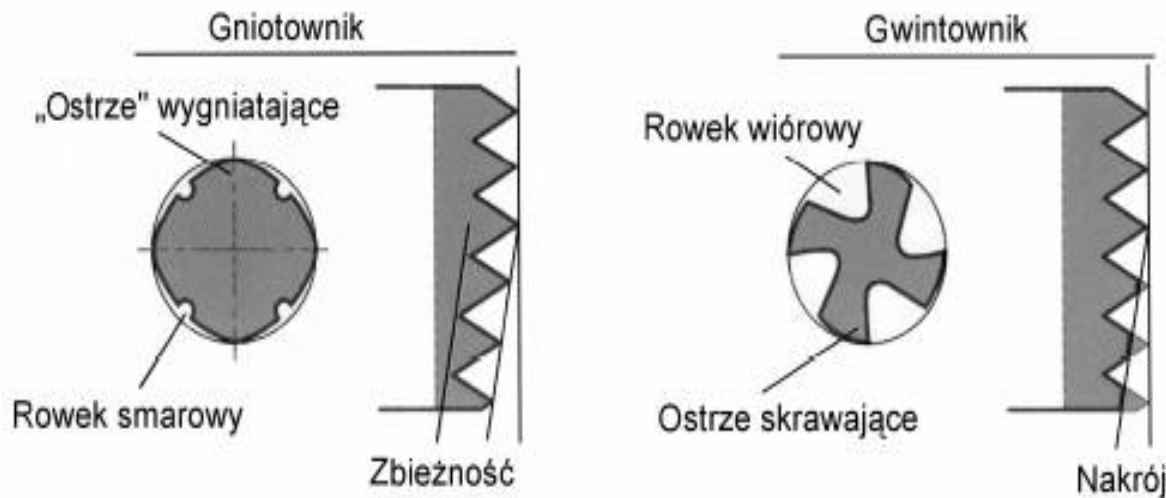
Gwintowanie gniotownikami jest obróbką dokładną i wydajną.



Zasada kształtowania gwintu za pomocą gniotownika oraz rozkład słoju 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:

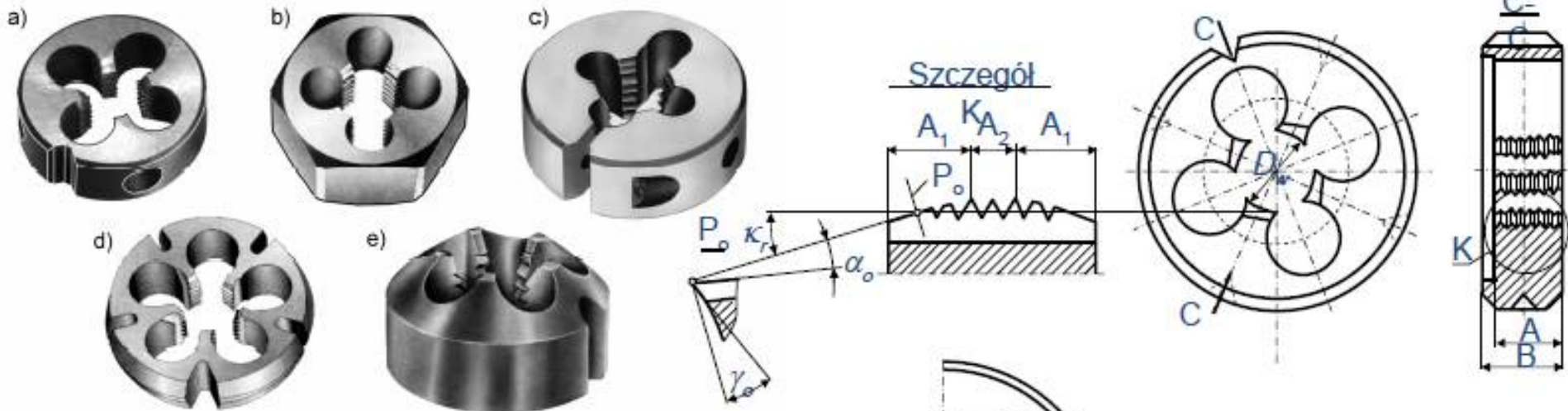
- Stosunkowo łatwe gwintowanie metali trudnoobrabialnych (stale nierdzewne, kwasoodporne, żarowytrzymałe itp.) z uwagi na ich dobre własności plastyczne.
- Możliwość stosowania ponad 2-krotnie większych prędkości gwintowania.
- Wielokrotnie (do kilkunastu razy) większa trwałość (nie żywotność) narzędzia.
- 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:

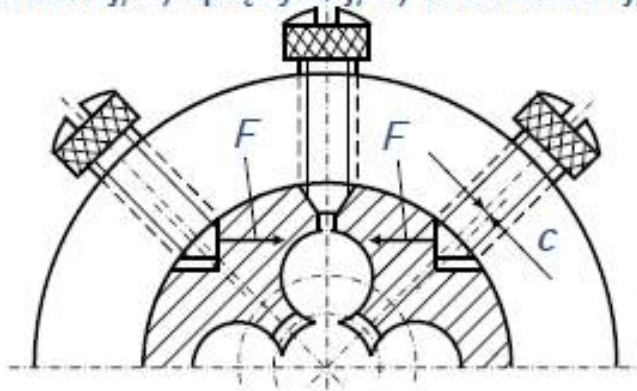
- Konieczność stosowania specjalnych opravek z osiową i promieniową kompensacją położenia gwintownika.
- Konieczna większa dokładność wykonania otworu pod gwint.
- Większe opory gwintowania (około 30%).
- Konieczność stosowania specjalnych olejów (z dodatkiem grafitu) zmniejszających tarcie.

# Gwintowanie

Gwintowanie narzynkami jest obróbką małodokładną i małowydajną.

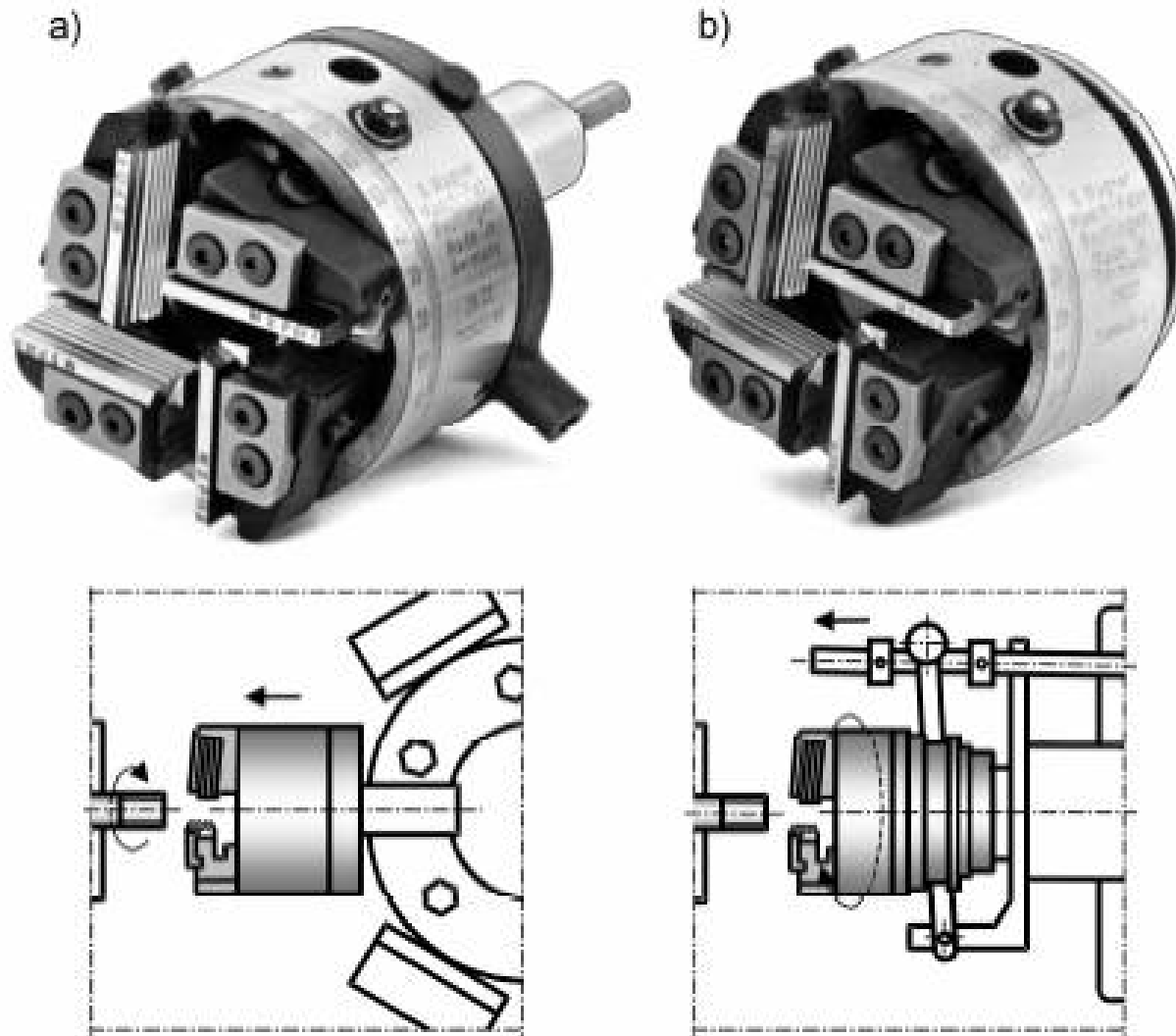


Odmiany narzynek: a) okrągłej, b) sześciokątnej, c) nastawnej, d) sprężystej, e) automatowej, dzwonowej



Sposób zmiany wymiaru narzynki okrągłej, nastawnej

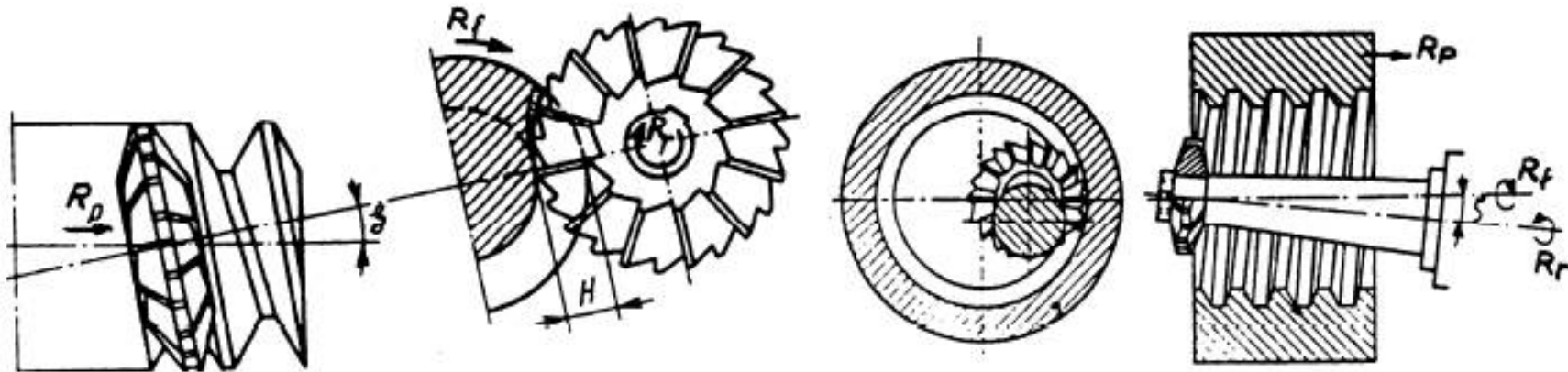
# Gwintowanie



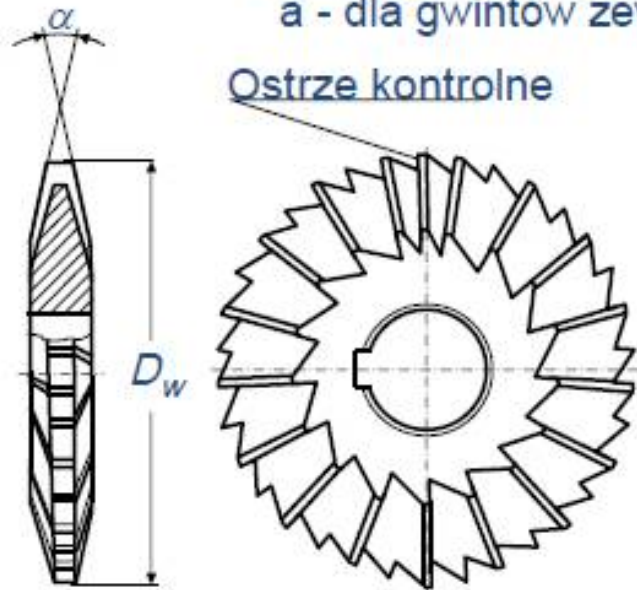
Głowica gwinciarska z nożami stycznymi:  
a) nieobrotowa,      b) obracająca się

# Gwintowanie

Frezowanie gwintów jest obróbką małodokładną lecz bardzo wydajną.



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



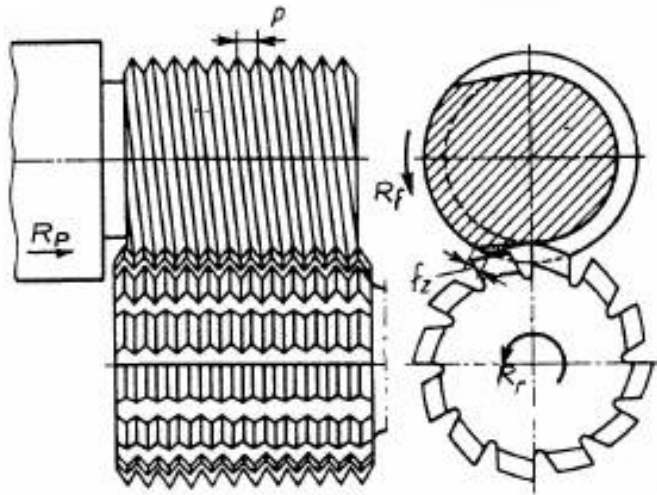
Ostrze kontrolne

Frez krążkowy jednokrotny  
(do gwintów trapezowych)



# Gwintowanie

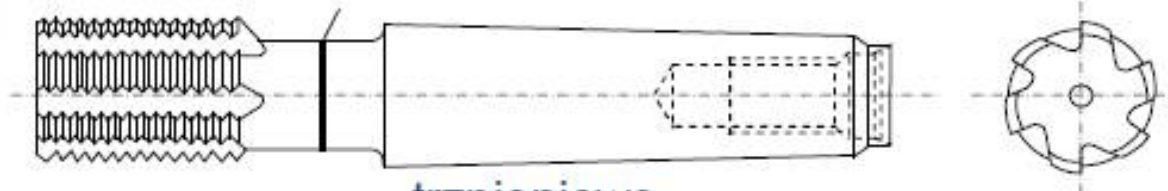
## Frezowanie gwintów



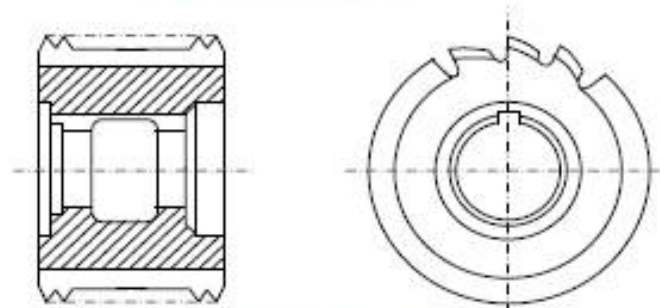
Schemat frezowania gwintów  
frezami wielokrotnymi

Frezy  
wielokrotne

trzcieniowe  
składane



trzcieniowe



nasadzone

# Frezowanie gwintów

---

## Frezowanie gwintów

### Zalety:

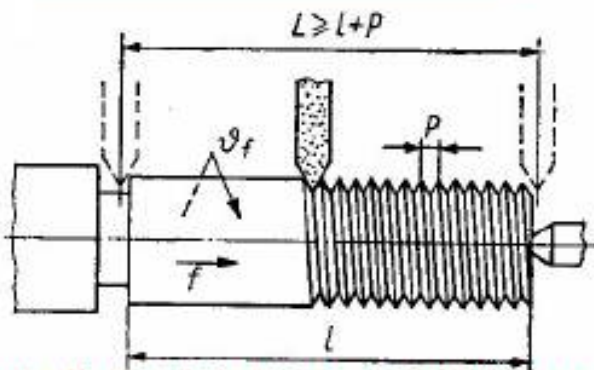
- bardzo duża wydajność predestynuje tę obróbkę do zastosowań w produkcji wielkoseryjnej i masowej.
- małe czasy maszynowe w porównaniu z toczeniem.
- małe czasy pomocnicze.
- półautomatyczna praca obrabiarek.
- mały koszt narzędzi w porównaniu z głowicami gwinciarскими.
- małe wymagania odnośnie kwalifikacji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

### Wady:

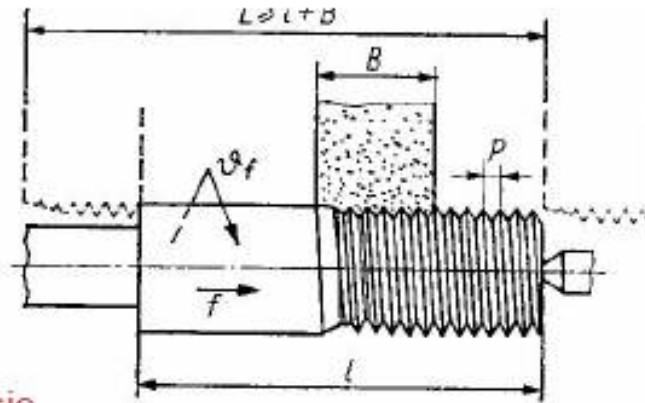
- ograniczone wymiary długości nacinanego gwintu.
- duże czasy przygotowawczo-zakończeniowe.
- mała dokładność nacinanego gwintu.

# Gwintowanie

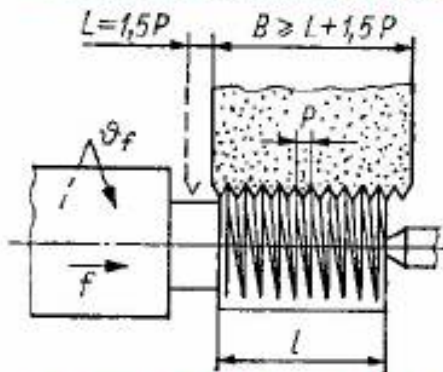
## Szlifowanie gwintów



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

