

Technologia lotnicza

Naddatki obróbkowe

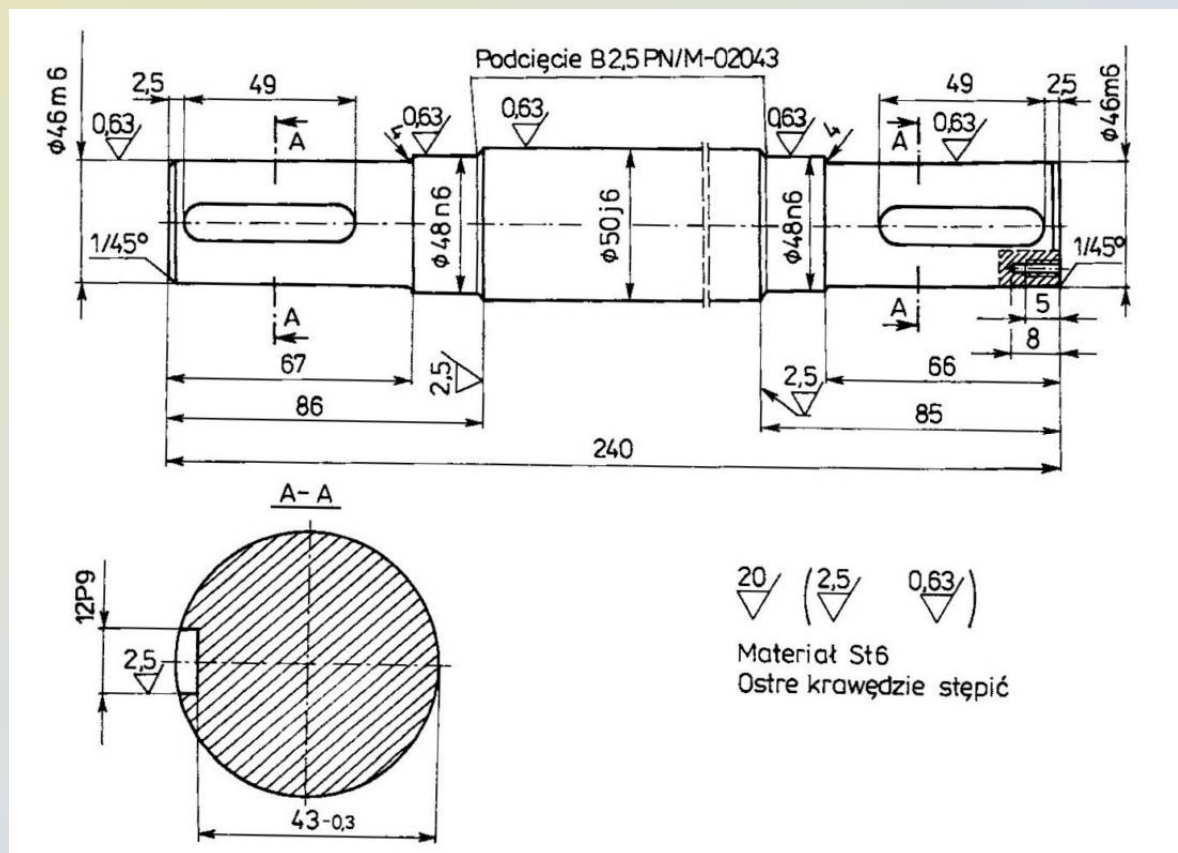


**Kolejność postępowania
przy wyznaczaniu
wielkości nadatku**

Naddatki obróbkowe

Przykład

Dla produkowanej średnioseryjnie części przedstawionej na rysunku dobrać średnicę półfabrykatu w postaci pręta walcowanego o dokładności wykonania IT15



Naddatki obróbkowe

Największa średnica:

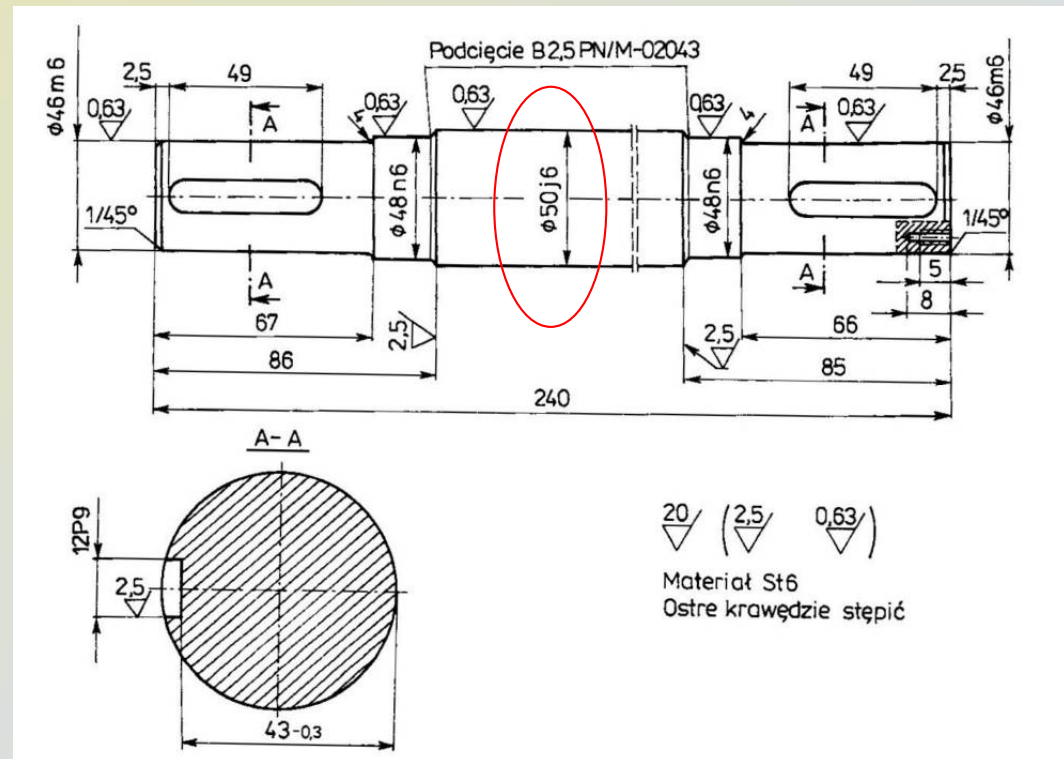
$$\Phi 50 j6 = \Phi 50_{-0.005}^{+0.011}, T = 0.016 \text{ mm}$$

Tolerancja pręta walcowanego wg DIN 1013:

$$T_{pf} = 1.6 \text{ mm}$$

Współczynnik K_o

$$K_o = \frac{1.6 \text{ mm}}{0.016 \text{ mm}} = 100$$



Ponieważ $K_o > 50$ należy zastosować obróbkę zgrubną, kształtującą i wykańczającą. Dla produkcji średnioseryjnej można dobrać naddatki posługując się normatywami (tabela na następnym slajdzie)

Naddatki obróbkowe

Tablica III-1. Naddatki na obróbkę powierzchni zewnętrznych

Średnica nominalna d , mm	Chropowatość powierzchni R_a , μm do	Rodzaj obróbki	Stan materiału obrabianego	Produkcja jednostkowa i małoseryjna							Odchyłka wykonania, mm
				długość, mm							
				do 100	100+ +250	250+ +400	400+ +630	630+ +1000	1000+ +1600	1600+ +2500	
< 10	20	toczenie zgrubne	walcowany	2,5	3,0	3,0	3,5	-	-	-	-
	2,5	toczenie kształtujące	-	0,9	1,0	1,2	1,3	-	-	-	-0,3
	0,63	szlifowanie kłowe	miękki	0,3	0,3	0,4	0,4	-	-	-	-0,1
	0,63	szlifowanie kłowe	twardy	0,3	0,4	0,4	0,5	-	-	-	-
	0,63	szlifowanie bezkłowe	miękki	0,3	0,3	0,3	0,3	-	-	-	-0,06
10+18	20	toczenie zgrubne	walcowany	2,5	3,0	3,0	3,5	4,0	-	-	-
	2,5	toczenie kształtujące	-	1,0	1,1	1,2	1,4	1,7	-	-	-0,4
	0,63	szlifowanie kłowe	miękki	0,3	0,4	0,4	0,5	0,5	-	-	-0,12
	0,63	szlifowanie kłowe	twardy	0,3	0,4	0,4	0,5	0,7	-	-	-
	0,63	szlifowanie bezkłowe	miękki	0,3	0,3	0,3	0,3	0,4	-	-	-0,07
18+30	20	toczenie zgrubne	walcowany	3,0	3,0	3,5	4,0	4,5	5,5	-	-
	2,5	toczenie kształtujące	-	1,2	1,3	1,4	1,6	1,8	2,2	-	-0,5
	0,63	szlifowanie kłowe	miękki	0,3	0,4	0,4	0,5	0,6	0,7	-	-0,14
	0,63	szlifowanie kłowe	twardy	0,4	0,4	0,5	0,5	0,7	0,9	-	-
	0,63	szlifowanie bezkłowe	miękki	0,3	0,3	0,3	0,4	0,4	-	-	-0,08
30+50	20	toczenie zgrubne	walcowany	3,0	3,5	3,5	4,0	4,5	5,5	7,0	-
	2,5	toczenie kształtujące	-	1,3	1,4	1,5	1,7	2,0	2,4	3,0	-0,6
	0,63	szlifowanie kłowe	miękki	0,4	0,4	0,4	0,4	0,6	0,7	1,0	-0,17
	0,63	szlifowanie kłowe	twardy	0,4	0,4	0,5	0,6	0,7	0,9	1,2	-
	0,63	szlifowanie bezkłowe	miękki	0,3	0,3	0,3	0,4	0,4	-	-	-0,1
30+50	0,63	szlifowanie bezkłowe	twardy	0,3	0,3	0,4	0,4	0,5	-	-	-

Naddatek na obróbkę zgrubną – 3.0mm

Naddatek na obróbkę kształtującą – 1.3mm

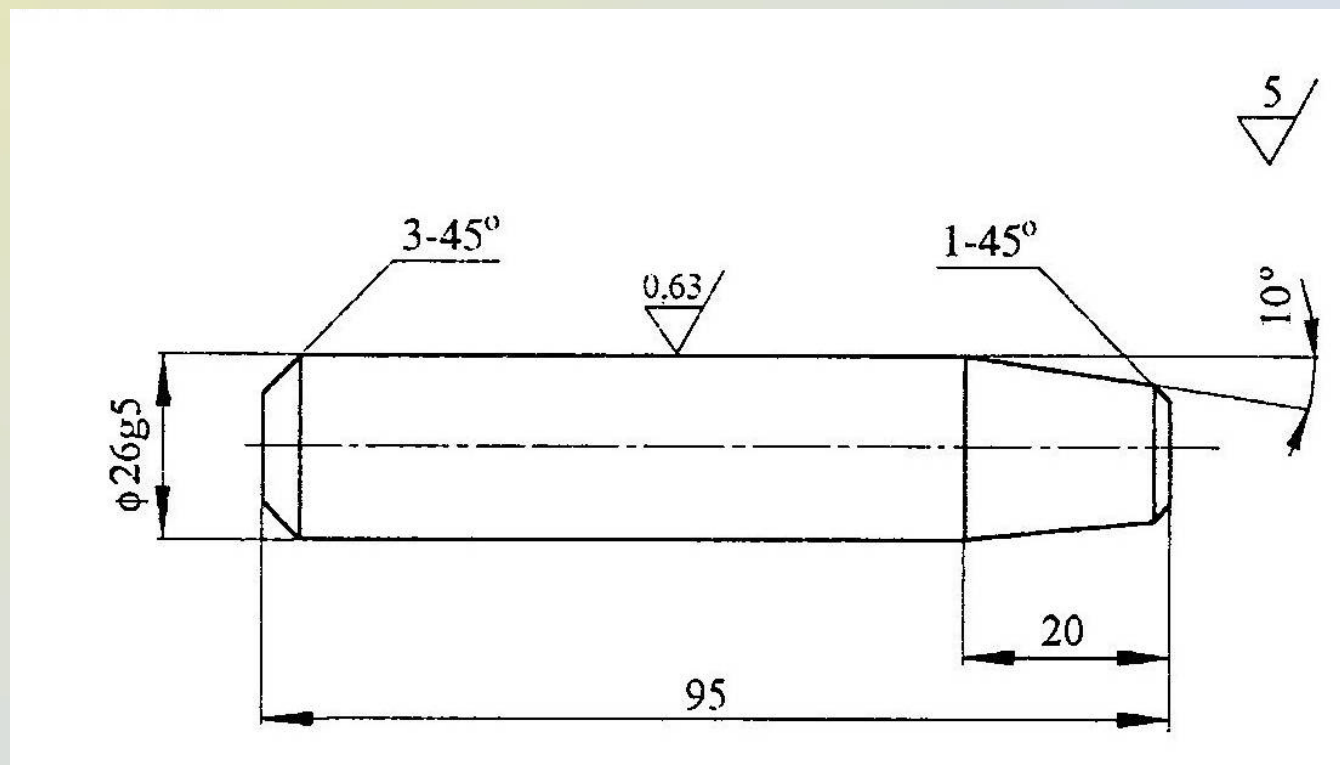
Naddatek na obróbkę wykańczającą – 0.4mm

Średnica półfabrykatu = $50+3+1.3+0.4=54.7\sim 55\text{mm}$

Naddatki obróbkowe

Przykład

Dla produkowanej wielkoseryjnie części przedstawionej na rysunku dobrać średnicę półfabrykatu w postaci pręta walcowanego o dokładności wykonania IT15



Naddatki obróbkowe

Największa średnica:

$$\Phi 26 j6 = \Phi 50_{-0.016}^{-0.007}, T = 0.009mm$$

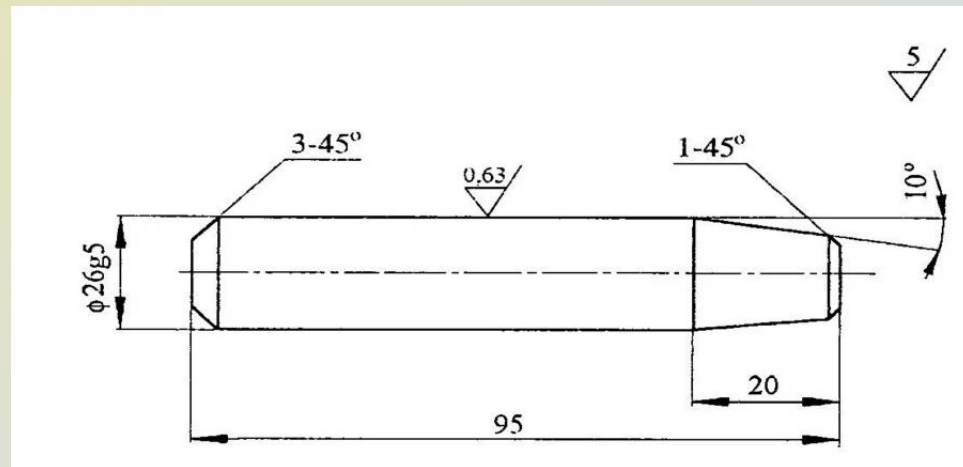
Tolerancja pręta walcowanego wg DIN 1013:

$$T_{pf} = 1.2mm$$

Współczynnik K_o

$$K_o = \frac{1.2mm}{0.009mm} \approx 133$$

Ponieważ $K_o > 50$ należy zastosować obróbkę zgrubną, kształtującą i wykańczającą. Dla produkcji wielkoseryjnej należy skorzystać z metody analityczno-obliczeniowej, tzn. obliczyć wartości poszczególnych naddatków



Naddatki obróbkowe

Naddatek na obróbkę zgrubną

Z tabeli dotyczącej półfabrykatów:

$$T = 1000 \mu\text{m}$$

$$R_z = 150 \mu\text{m}$$

$$W = 150 \mu\text{m}$$

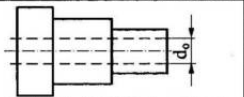

$$S = 400 \mu\text{m}$$

Z tabeli dotyczącej obróbki zgrubnej:

$$\varepsilon = 370 \mu\text{m}$$

$$2Z_{o(zgrubna)} = 1000 + 2 \left(150 + 150 + \sqrt{400^2 + 370^2} \right) \approx 2690 \mu\text{m}$$

Tabl. 6.5. Normatywy podstawowe składowe

1	Stal węglowa walcowana wg PN-62/H-93200. Pręty prostowane z dopuszczalną krzywizną 2 mm na 1 m	4	Zewnętrzne powierzchnie obrotowe	
2	Toczenie wałów gładkich, wielostopniowych i drążonych $\frac{d_o}{d_{sr}} \leq 0,5$	5	Mocowanie w uchwycie lub tulei zaciskowej $\frac{l}{d_{sr}} \leq 3$	
3	Mała sztywność obrabiarek			

1	Długość wału obrobionego	l, mm	10-16		16-25		25-40		40-63		63-100		100-160									
2	Średnia średnica wału	d_{sr} , mm	4-6,3	6,3-10	10-16	6,3-10	10-16	16-25	10-16	16-25	25-40	16-25	25-40	40-63	25-40	40-63	63-100	40-63	63-100	100-160	63-100	100-160
3	Sztywność sumaryczna obrabiarki	j_r , N/ μm	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	12	12	12	12	12	12	12	12	12	18	18	18	18	18	18
4	Wartość tolerancji walcowania	T, μm	800	800	800	800	800	900	800	900	1100	900	1100	1500	1100	1500	2300	1500	2300	3400	1500	3400
5	Ujemna wartość odchyłki walcowania	F_w , μm	500	500	500	500	500	500	500	700	500	700	1100	700	1100	1700	1100	1700	2500	1100	2500	
6	Wysokość chropowatości powierzchni walcowanej	R_z , μm	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150
7	Głębokość uszkodzonej warstwy wierzchniej	W, μm	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150
8	Całkowita wartość odchyteń przestrzennych	S, μm	64	64	64	100	100	100	160	160	160	262	252	252	400	400	400	600	640	640	640	640

Naddatki obróbkowe

Naddatek na obróbkę kształtującą

Z tabeli dotyczącej obróbki zgrubnej:

$$T = 398 \mu\text{m}$$

$$Rz = 42 \mu\text{m}$$

$$W = 50 \mu\text{m}$$

$$S = 52 \mu\text{m}$$

Z tabeli dotyczącej obróbki kształtującej:

$$\varepsilon = 80 \mu\text{m}$$

$$2Z_{o(k)} = 398 + 2 \left(42 + 50 + \sqrt{52^2 + 80^2} \right) \approx 773 \mu\text{m}$$

Naddatki obróbkowe

Naddatek na obróbkę wykańczającą

Z tabeli dotyczącej obróbki kształtującej:

$$T = 126 \mu\text{m}$$

$$Rz = 20 \mu\text{m}$$

$$W = 25 \mu\text{m}$$

$$S = 6,5 \mu\text{m}$$

Z tabeli dotyczącej obróbki wykańczającej:

$$\varepsilon = 40 \mu\text{m}$$

$$2Z_{o(\text{wyk})} = 126 + 2 \left(20 + 25 + \sqrt{6,5^2 + 40^2} \right) \approx 297 \mu\text{m}$$

Naddatek całkowity

$$2Z_o = 2Z_{o(\text{zgrubna})} + 2Z_{o(k)} + 2Z_{o(\text{wyk})}$$

$$2Z_o = 2690 \mu\text{m} + 773 \mu\text{m} + 297 \mu\text{m} = 3760 \mu\text{m} = 3.760 \text{mm}$$

$$\Phi_{pf} = 26 + 3.760 = 29.760 \text{mm} \approx 30 \text{mm}$$

Toczenie

Toczeniem nazywamy taki rodzaj obróbki skrawaniem, w którym ruch główny, **obrotowy o prędkości n** wykonuje przedmiot obrabiany napędzany od wrzeciona tokarki (lub stołu w przypadku tokarek karuzelowych), a ruchy posuwowe, **o prędkość v** , wykonują najczęściej jednoostrzowe narzędzia zwane nożami tokarskimi.



Toczeniem osiąga się dokładności **klasy IT 7-14** i chropowatości **$Ra=0,32-20\mu m$** . Stosowane jest w produkcji od jednostkowej i masowej

Proces produkcyjny – pojęcia podstawowe

Ze względu na takie czynniki, jak kształt i rodzaj powierzchni przedmiotu obrabianego, warunki procesu itp. występuje wiele odmian tego procesu.

Uwzględniając położenie powierzchni obrabianej wyróżnić można:

- toczenie powierzchni zewnętrznych,
- toczenie powierzchni wewnętrznych.

Ze względu na kształt powierzchni obrabianej toczenie można podzielić na:

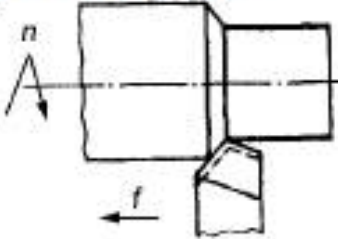
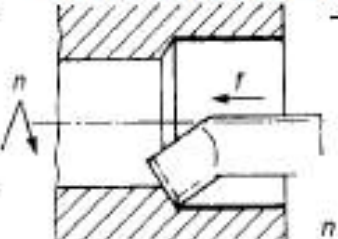
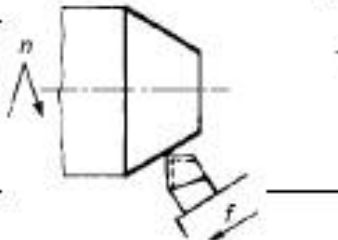
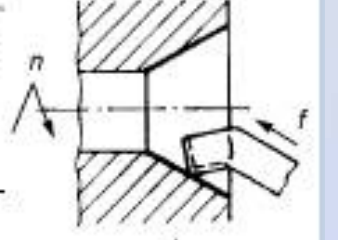
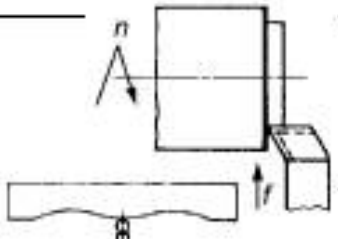
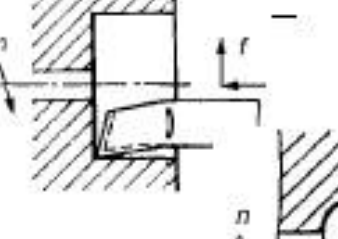
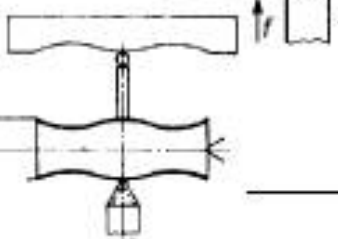
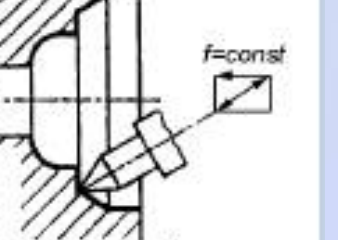
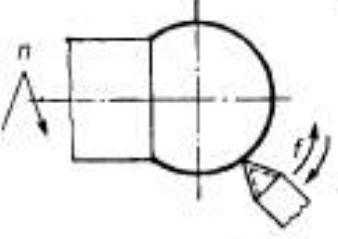
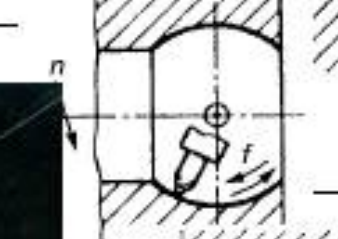
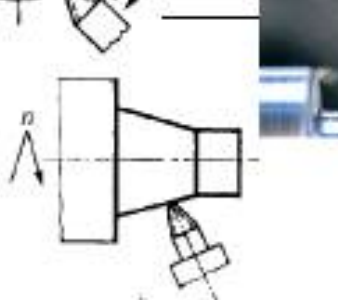
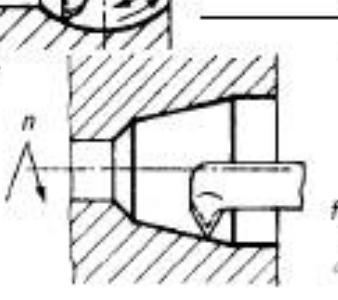
- toczenie powierzchni walcowych,
- toczenie powierzchni stożkowych,
- toczenie powierzchni kształtowych

Toczenie dzieli się także ze względu na kierunek ruchu posuwowego:

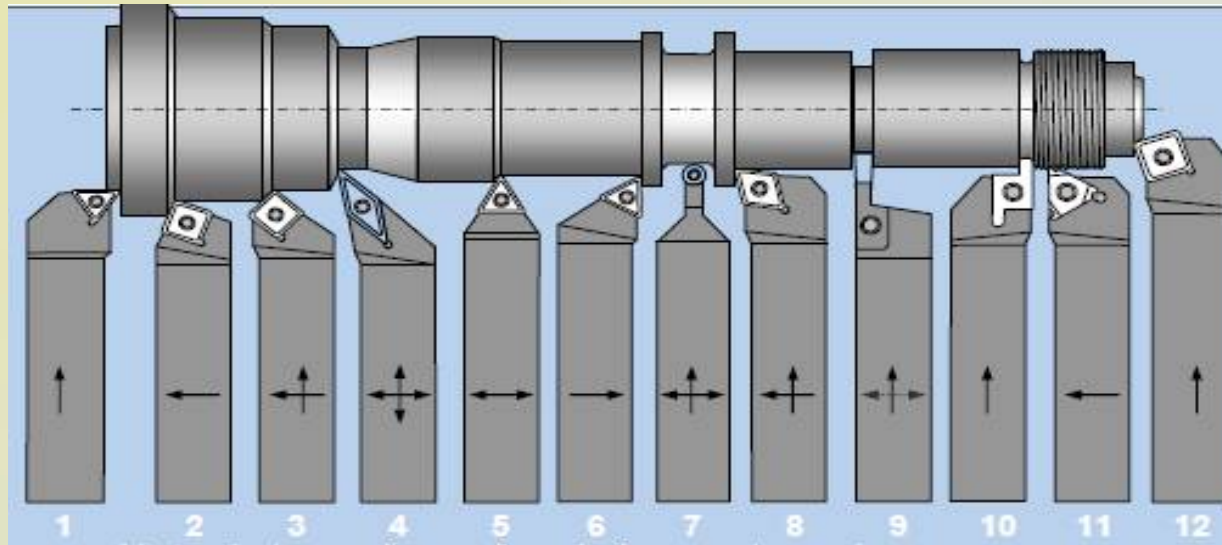
- toczenie wzdłużne – kierunek ruchu posuwowego jest równoległy do osi obrotowej przedmiotu obrabianego,
- toczenie poprzeczne (planowanie) – kierunek ruchu posuwowego jest prostopadły do osi obrotowej przedmiotu obrabianego,
<https://www.youtube.com/watch?v=nIWwDMEitxg>
- toczenie profilowe.

<https://www.youtube.com/watch?v=8EsAxOnzEms>

Toczenie

T O C Z E N I E	Zewnętrzne	Wewnętrzne
Wzdłużne		
Skośne		
Poprzeczne i planowanie		
Kształtowe		
Powierzchni kulistych		
Ze sterowaniem numerycznym CNC		

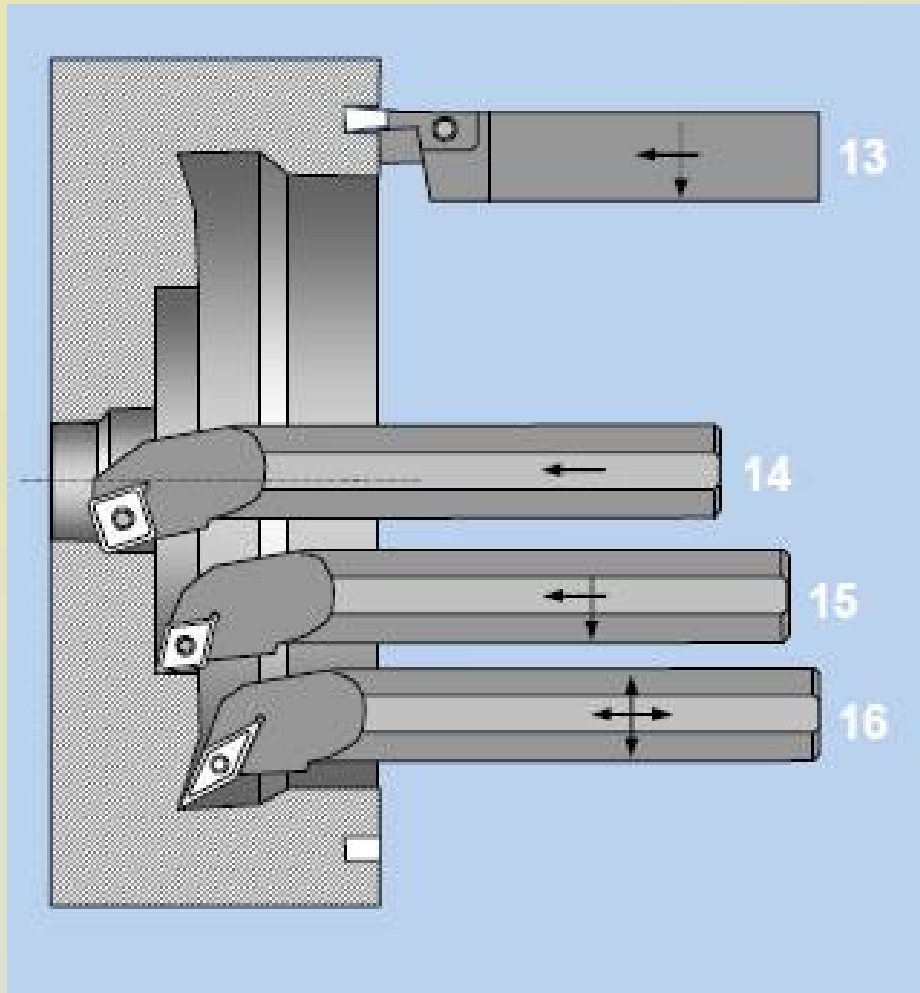
Toczenie powierzchni zewnętrznych



Noże do toczenia powierzchni zewnętrznych:

1. - poprzecznego
2. - wzdłużnego
3. - wzdłużnego i poprzecznego
4. - kopiowego
5. - wzdłużnego w obu kierunkach
6. - wzdłużnego z prostopadłym zakończeniem czoła
7. - toczenia kształtowego i do wybierania tzw. „kieszeni”
8. - poprzecznego i wzdłużnego
9. - przecinającego lub wcinającego toczenia kanałków
10. - kanałków kształtowych
11. - gwintów
12. - poprzecznego

Toczenie powierzchni wewnętrznych



Noże do toczenia powierzchni wewnętrznych:

13. - kanałków na powierzchniach czołowych

14. - wzdłużnego otworów przelotowych

15. - wzdłużnego otworów nieprzelotowych

16. - kopiowego powierzchni wewnętrznych

Proces produkcyjny – pojęcia podstawowe

Podczas procesu toczenia przedmiot obrabiany obraca się z pewną prędkością obrotową n . Znając tą prędkość oraz średnicę przedmiotu obrabianego d , można określić **prędkość skrawania** (często sytuacja jest odwrotna, tzn. znając prędkość skrawania musimy wyznaczyć prędkość obrotową przedmiotu). Jest to prędkość ruchu narzędzia względem przedmiotu obrabianego. Dla toczenia prędkość skrawania odpowiada prędkości obwodowej przedmiotu obrabianego na średnicy toczenia i oblicza się ją ze wzoru

$$v_c = \frac{\pi d n}{1000} [m / \text{min}]$$

d [mm] – średnica przedmiotu obrabianego

n [obr/min] – prędkość obrotowa wrzeciona

Proces produkcyjny – pojęcia podstawowe

Kolejnym parametrem charakteryzującym proces skrawania jest **posuw**. W przypadku toczenia parametr ten określa odległość, o jaką przemieszcza się narzędzie podczas jednego pełnego obrotu przedmiotu obrabianego. Podczas toczenia posuw wyrażamy wzorem:

$$f = \frac{100v_f}{n} [mm / obr]$$

v_f [m/min] – prędkość posuwu

n [obr/min] – prędkość obrotowa wrzeciona

Proces produkcyjny – pojęcia podstawowe

Głębokość skrawania (dosuw) a_p jest to odległość pomiędzy powierzchnią, która ma być skrawana, oraz powierzchnią, która jest już obrobiona. Parametr ten jest zawsze mierzony pod kątem prostym do kierunku ruchu posuwowego narzędzia i wyrażany wzorem:

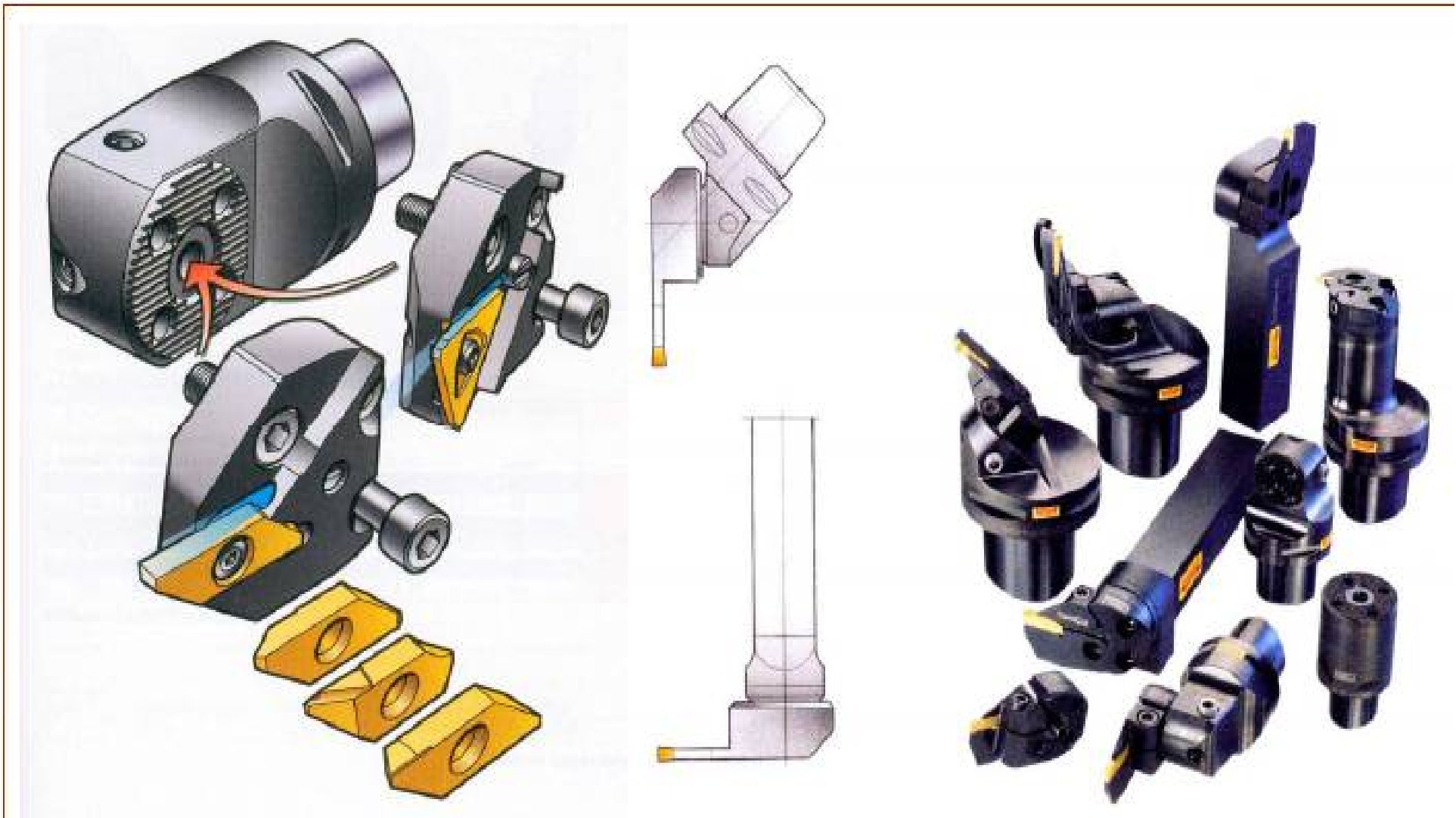
$$a_p = \frac{d - d_1}{2} [mm]$$

d [mm] – średnica przedmiotu obrabianego przed obróbką

d_1 [mm] – średnica przedmiotu już obrobionego

Toczenie

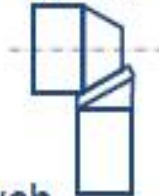
Narzędzia modułowe to takie, których różne kombinacje można budować z określonej liczby części składowych (modułów):



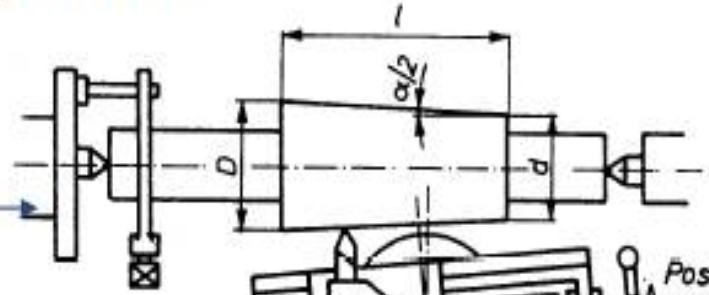
Toczenie

Toczenie stożków można wykonywać następującymi sposobami:

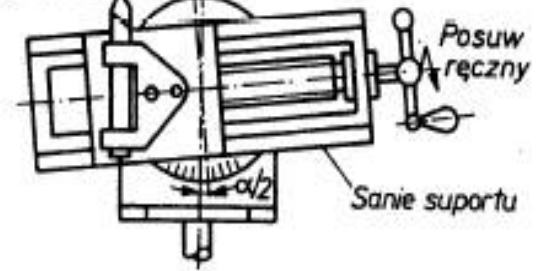
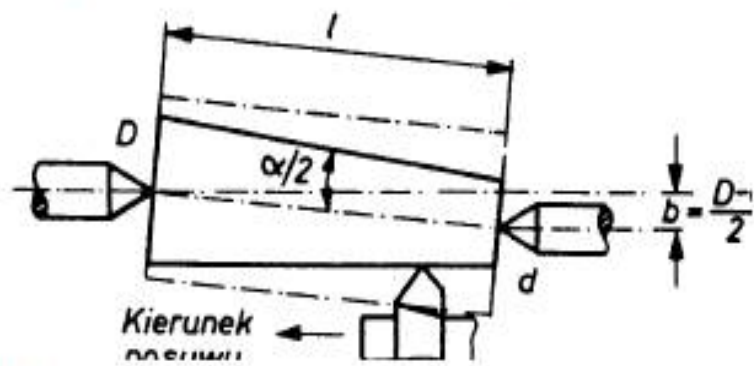
Nożami kształtowymi



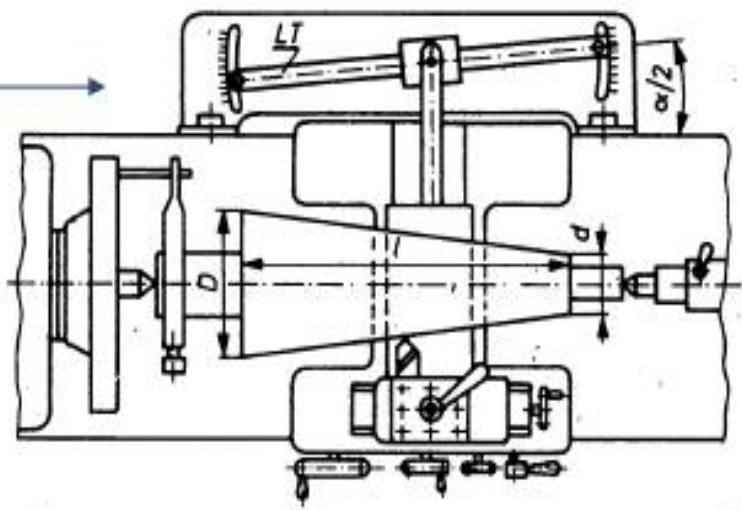
Z użyciem skręconych sanek narzędziowych



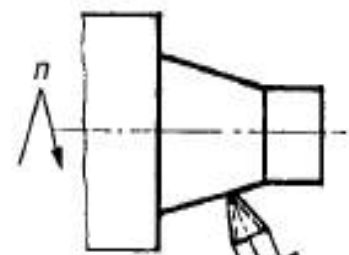
Z przesuniętym konikiem



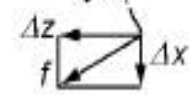
Za pomocą liniału



Za pomocą toczenia kopiowego



Za pomocą układu CNC i interpolacji liniowej.



Wytaczanie

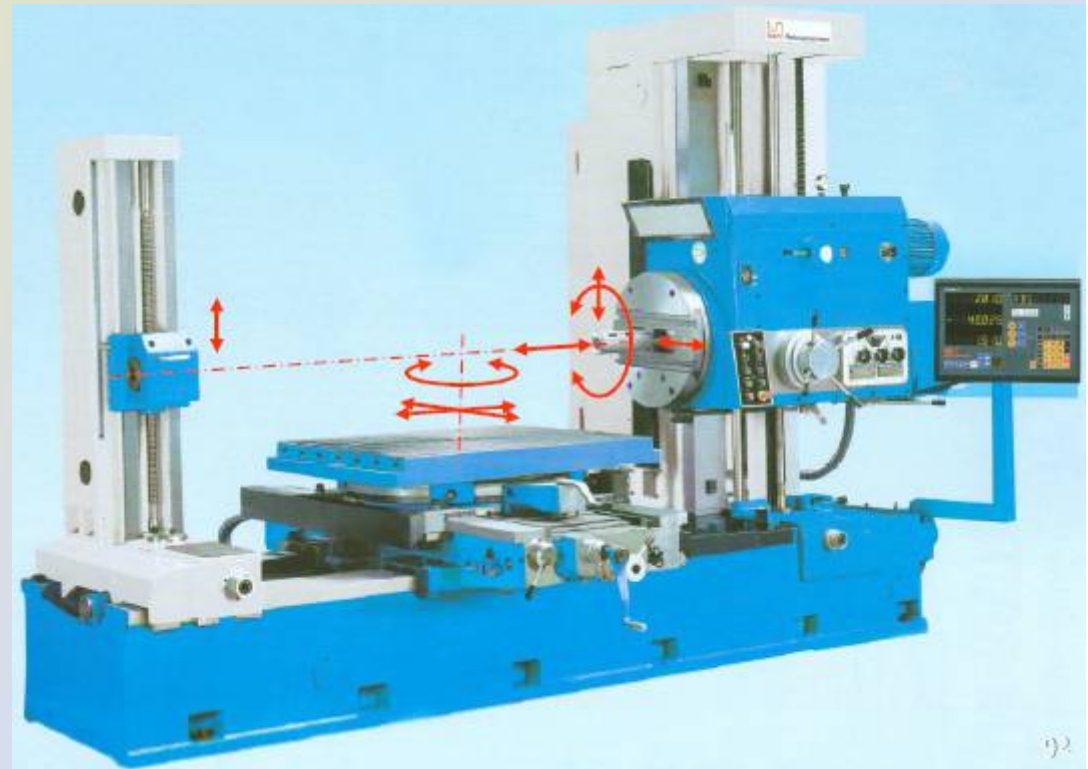
Wytaczanie na wiertarko-frezarkach (wytaczarkach) realizowane jest do wykonywania otworów, powierzchni przynależnych do tych otworów oraz powierzchni sprzężonych, tzn. związanych z sobą wymiarami, jak np. otwory pod łożyska w korpusach przekładni zębatych, itp.

Ze względu na znaczne rozmiary wytaczarek obrabia się na nich przedmioty duże.

Głównym ruchem roboczym jest tu zawsze **ruch obrotowy narzędzia**. Ruch posuwowy wykonuje narzędzie lub przedmiot, zamocowany bezpośrednio na stole lub w uchwycie obróbkowym.

Na wiertarko-frezarkach można

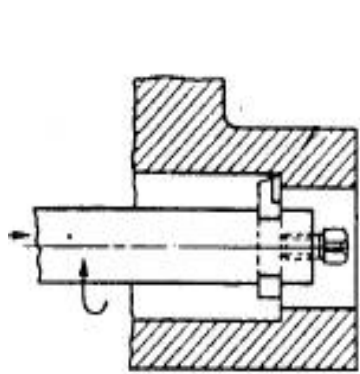
- wiercić,
- pogłębiać,
- frezować itp



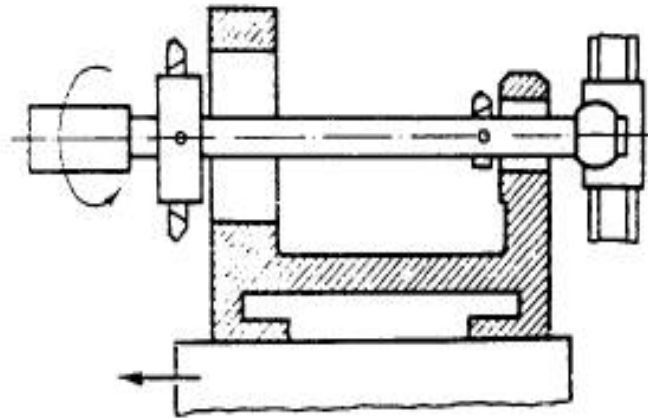
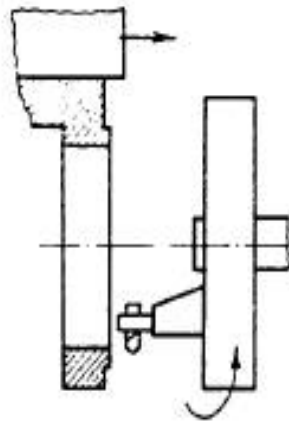
<https://www.youtube.com/watch?v=SD22vIlg3c>

Wytaczanie

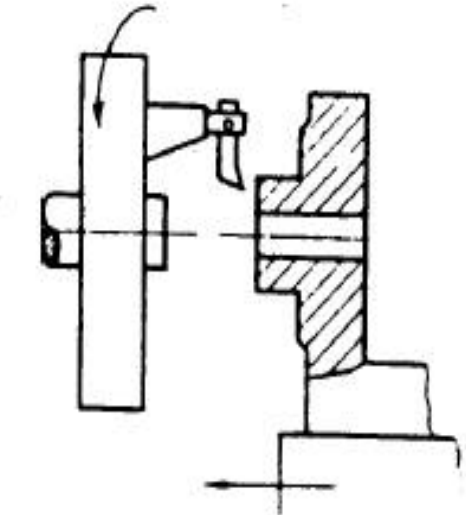
Przykładowe prace wykonywane na wiertarko-frezarkach (wytaczarkach):



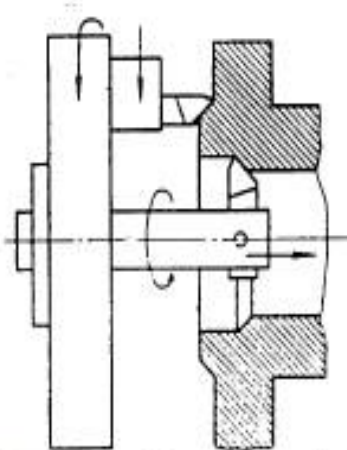
Wytaczanie otworów: wytaczadłem od wrzeciona i nożem z tarczy



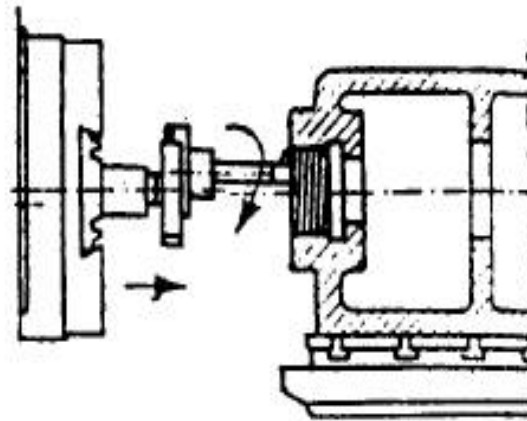
Wytaczanie dwu otworów nożami zamocowanymi w wytaczadle



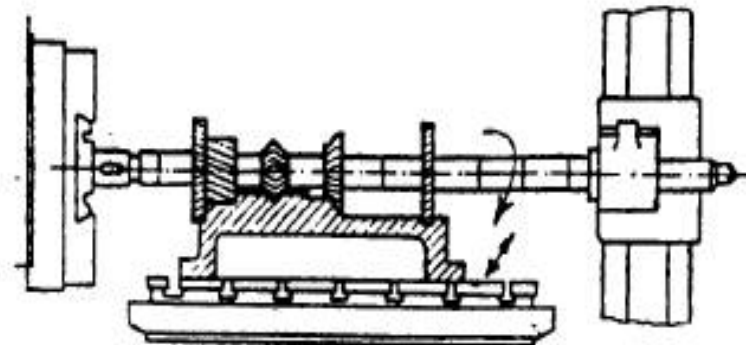
Obtaczanie powierzchni zewnętrznych



Wytaczanie otworu i obróbka powierzchni czołowej



Nacinanie gwintu wewnętrznego



Frezowanie powierzchni zespołem frezów

Wytaczanie

Wytaczanie można realizować także na frezarkach (centrach frezarskich):



Wytaczadła dwuostrzowe zgrubne

Wytaczaniem osiąga się dokładności klasy IT 6-12 i chropowatości $Ra=0,16-20\mu m$.

Stosowane jest w produkcji od jednostkowej do masowej.



Głowica wytaczarska z mikrometryczną dokładnością nastawiania średnicy



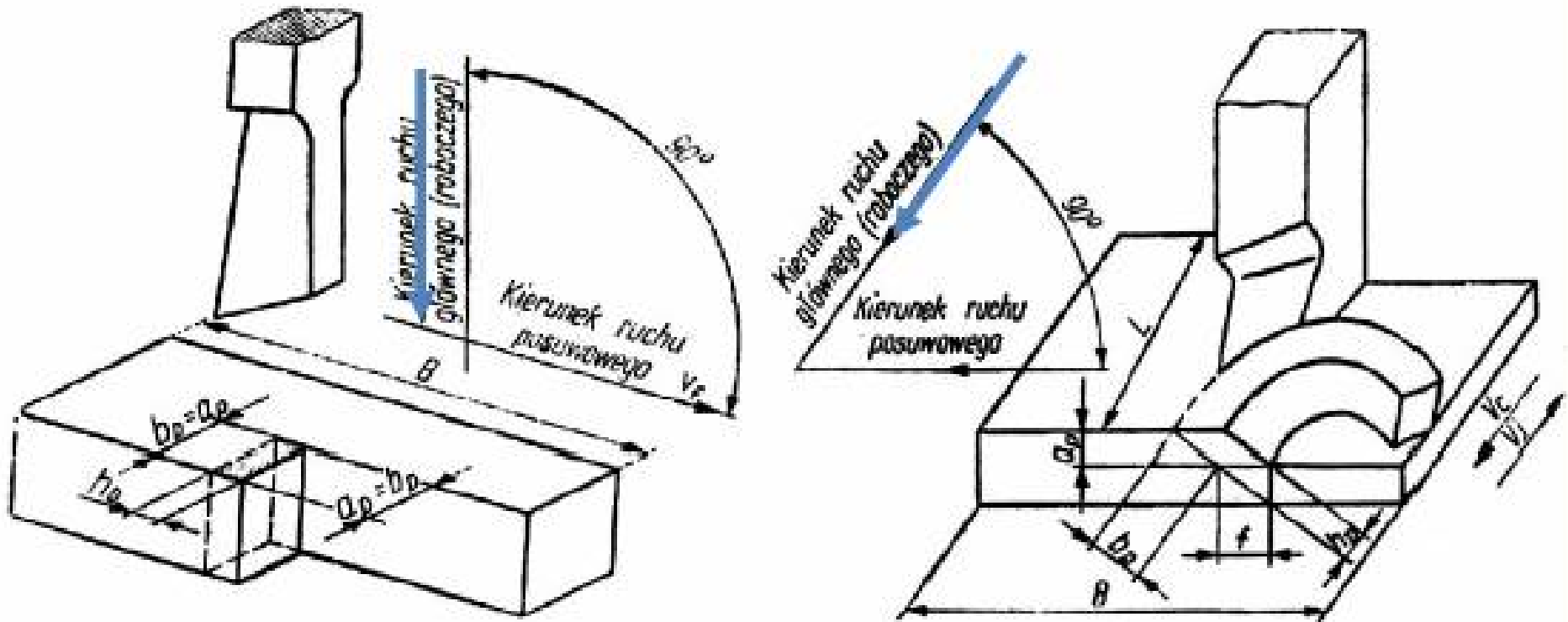
Głowica wytaczarska z mikrometryczną dokładnością nastawiania średnicy i cyfrowym odczytem

Struganie

Struganie jest sposobem obróbki, w którym zarówno ruch narzędzia jak i obrabianego przedmiotu są ruchami prostoliniowymi. Ze względu na to czy ruchem głównym jest ruch narzędzia, czy przedmiotu, rozróżnia się struganie poprzeczne i wzdłużne.

W **struganiu poprzecznym** ruchem głównym jest ruch narzędzia, a ruchem posuwowym (skokowym) ruch przedmiotu (wraz ze stołem strugarki).

Struganie poprzeczne może być **poziome** lub **pionowe**. Pionowe struganie poprzeczne nazywa się **dłutowaniem**.



Struganie

Istnienie posuwu powrotnego przy struganiu i dłutowaniu jest przyczyną stosunkowo małej wydajności tych sposobów obróbki skrawania. Dlatego w produkcji seryjnej i masowej są one zastępowane innymi, bardziej wydajnymi sposobami, a przede wszystkim frezowaniem. Geometria ostrza noży strugarskich jest ustalana na tych samych zasadach jak dla noży tokarskich, z wyjątkiem kąta pochylenia głównej krawędzi ostrza. W nożach strugarskich kąt ten jest zawsze ujemny (o wartości do -20°) dla uniknięcia uderzenia wierzchołkiem ostrza podczas wcinania się w materiał skrawany. Praca noży strugarskich i dłutowniczych, ze względu na przerywany charakter skrawania, jest cięższa od pracy noży tokarskich. Podczas każdorazowego wcinania się w materiał ostrze noża jest obciążane dynamicznie, co wpływa ujemnie na jego trwałość

<https://www.youtube.com/watch?v=7F0Zxf1GUuw>

<https://www.youtube.com/watch?v=MLxGShVWWpo>

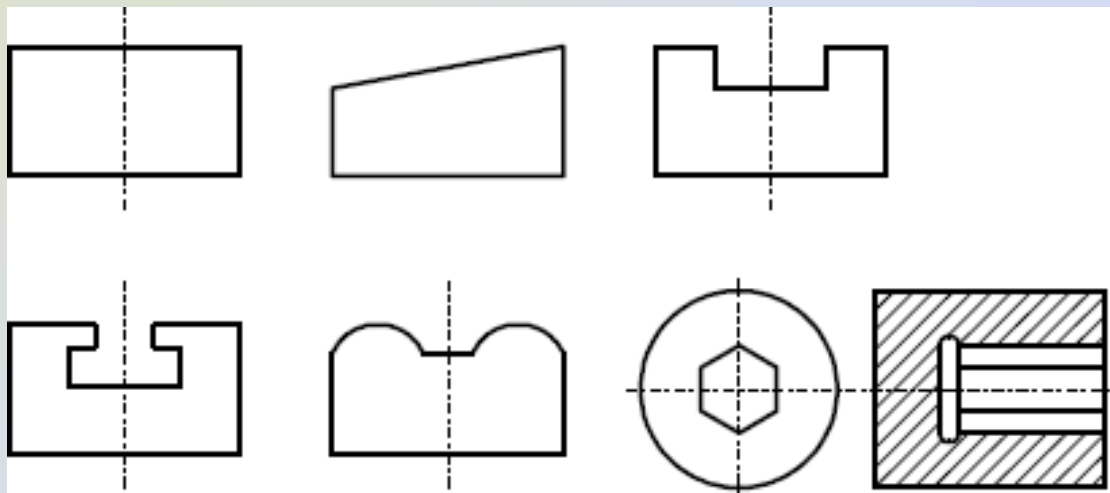
<https://www.youtube.com/watch?v=E9iopWPd5Bq>

Struganie i dłutowanie

Do zalet strugania i dłutowania należy:

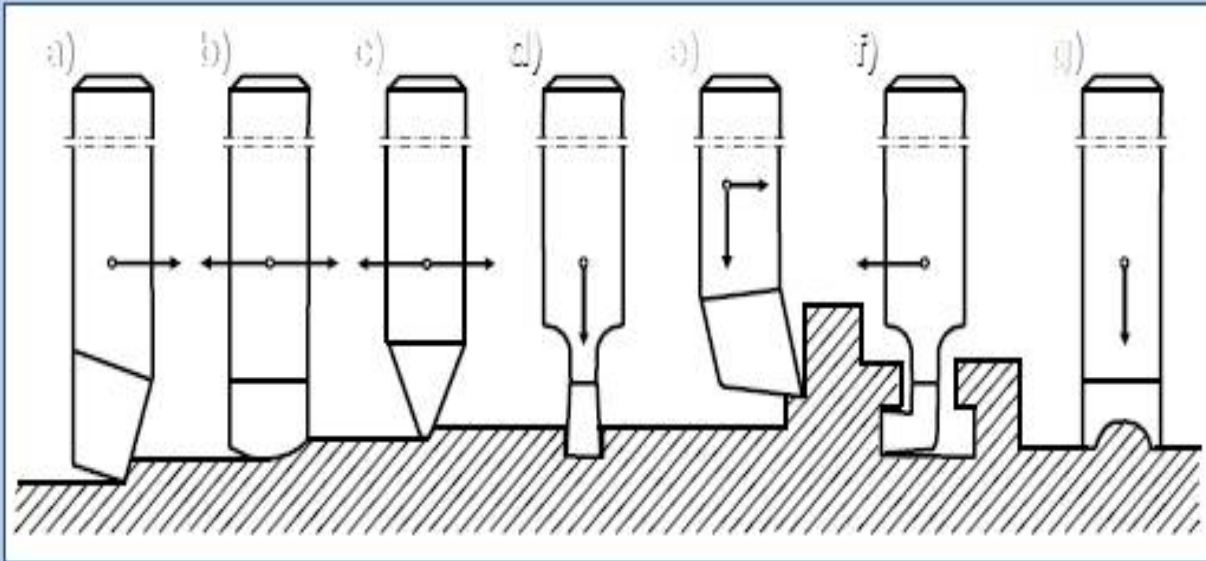
- możliwość osiągnięcia dużej dokładności klasy **IT 7-14** i chropowatości **$Ra=0,32-20\mu m$** .
- dobre efekty technologiczne podczas obróbki elementów długich i wąskich oraz powierzchni przerywanych,
- możliwość obróbki powierzchni trudnodostępnych,
- łatwość przezbrajania obrabiarki do kolejnych zadań.

Wadą strugania i dłutowania jest: mała wydajność, wynikająca z istnienia ruchu jałowego jak i ograniczenia prędkości skrawania, a także uderzeniowego charakteru pracy narzędzi. Z tych względów struganie i dłutowanie stosuje się w produkcji jednostkowej i małoseryjnej oraz na wydziałach remontowych, gdzie obrabia się na ogół pojedyncze elementy maszyn wymagające częstego przezbrajania obrabiarki.

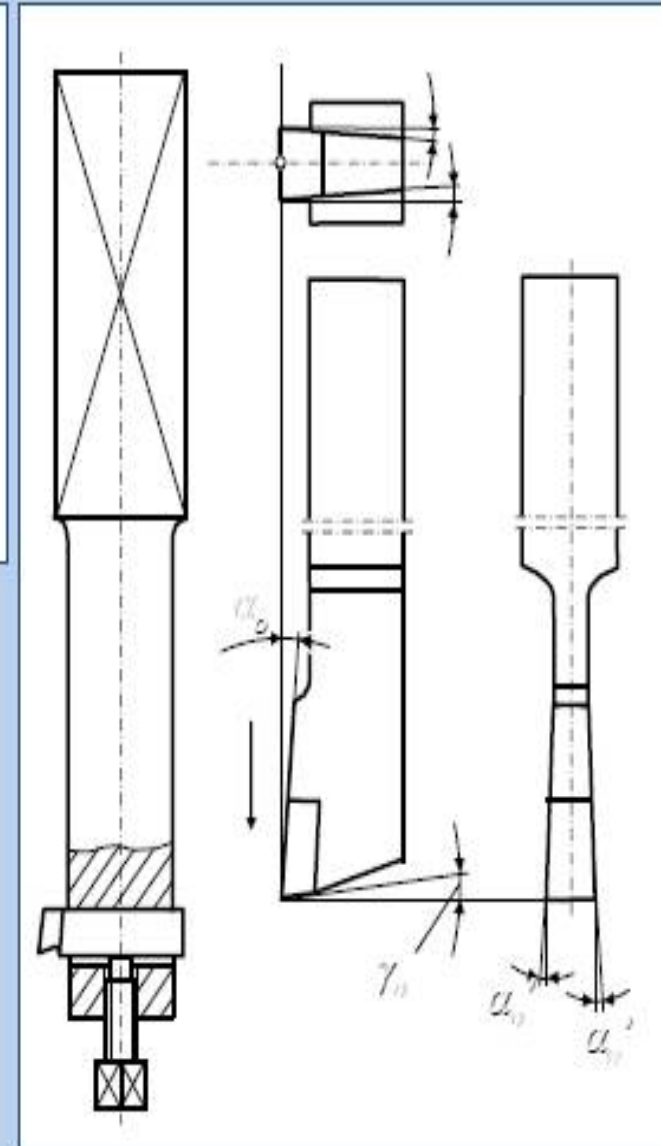


Struganie i dłutowanie

Narzędzia



Noże strugarskie: a) zdzierak prosty, b) wykańczak szeroki, c) wykańczak szpiczasty, d) przecinak, e) boczny wygięty, f) hakowy, g) kształtowy



Wiercenie

Wierceniem kształtuje się otwory za pomocą narzędzi zwanych **wiertłami**.

Wiercenie można realizować nie tylko na wiertarkach ale także na tokarkach, wytaczarkach oraz na frezarkach.

W wierceniu ruchy główne (**obrotowe**) może realizować narzędzie (na wiertarkach, wytaczarkach i frezarkach) lub przedmiot obrabiany (na tokarkach).

Otwory można wykonywać za pomocą:

- wiercenia nieprzelotowego

- wiercenia przelotowego

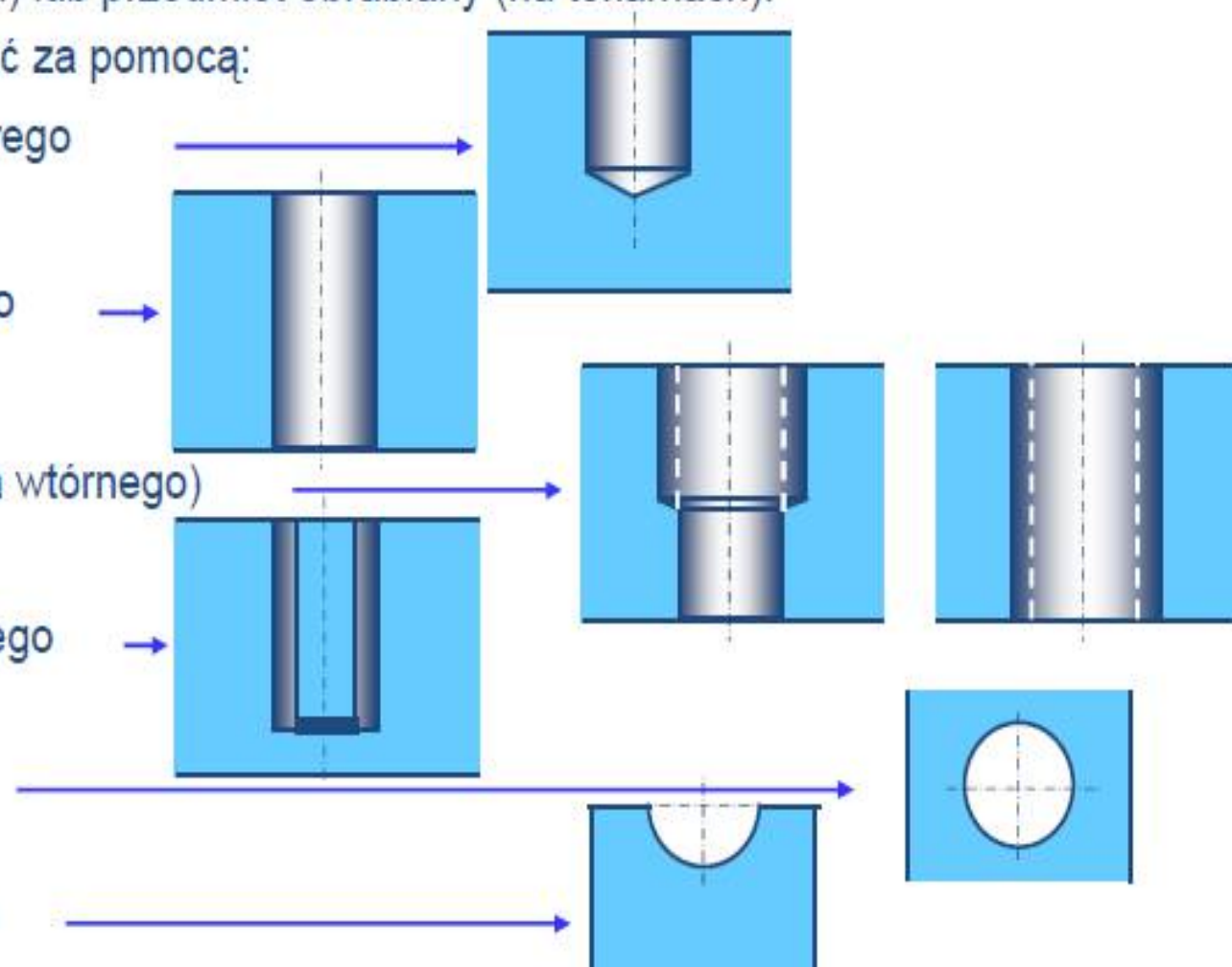
- powiercania (wiercenia wtórnego)

- wiercenia trepanacyjnego

a także:

- w pełnym materiale

- w niepełnym materiale



Wiercenie

Wierceniem osiąga się dokładności klasy IT 11-12 i chropowatości $Ra=5-20\mu m$.

Narzędziami specjalnymi, np. wiertłorozwiertakami, wiertłami o 4 łysinkach, itp. można osiągać znaczne większe dokładności, np. IT 7-8.

Wiercenie stosowane jest w produkcji od jednostkowej do masowej.

$$v_f = fn = f_z zn$$

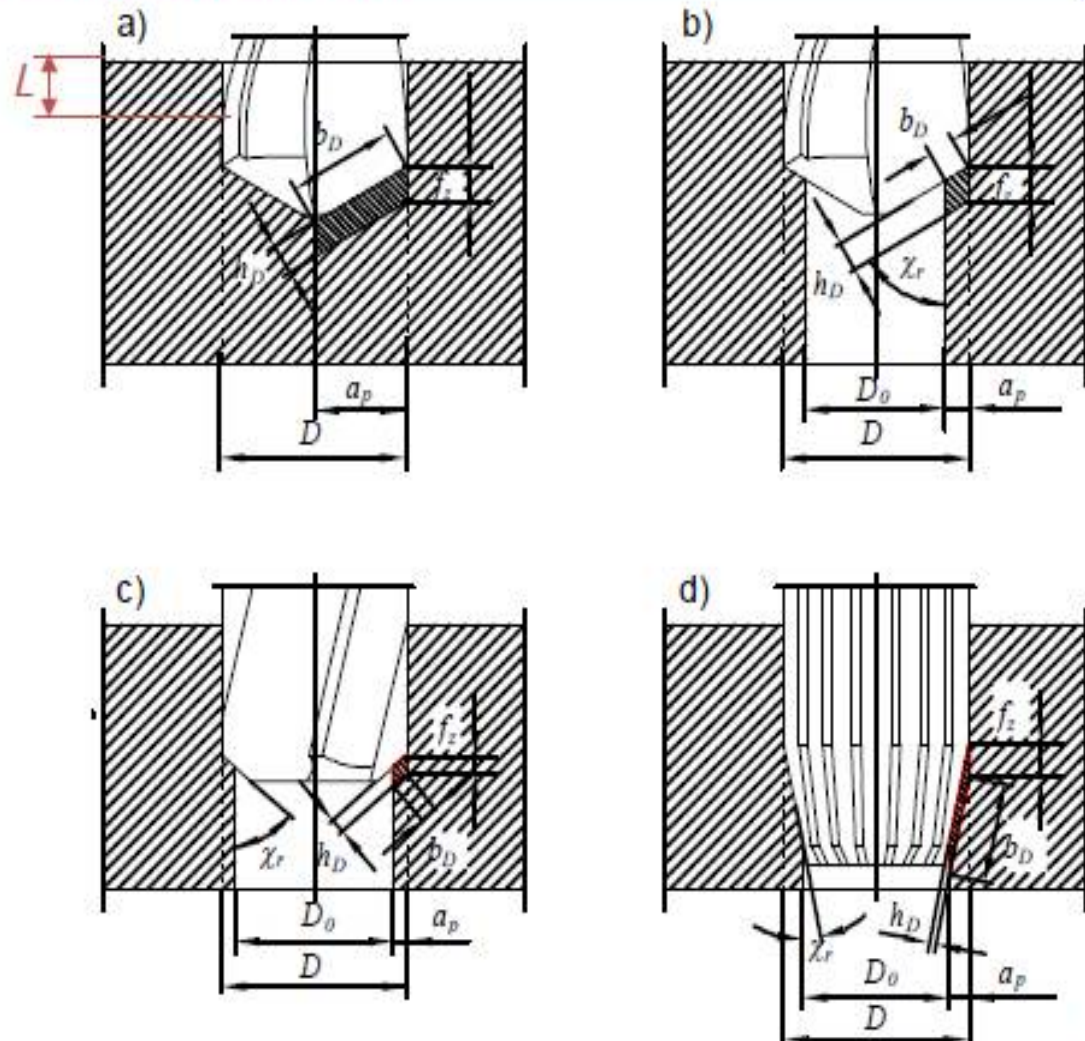
gdzie:

- v_f - prędkość posuwu (posuw minutowy) w mm/min,
- f - posuw na jeden obrót w mm/obr,
- f_z - posuw na jedno ostrze mm/1 ostrze,
- n - prędkość obrotowa ruchu głównego w obr/min,
- z - liczba ostrzy narzędzia.

Głębokość skrawania a_p

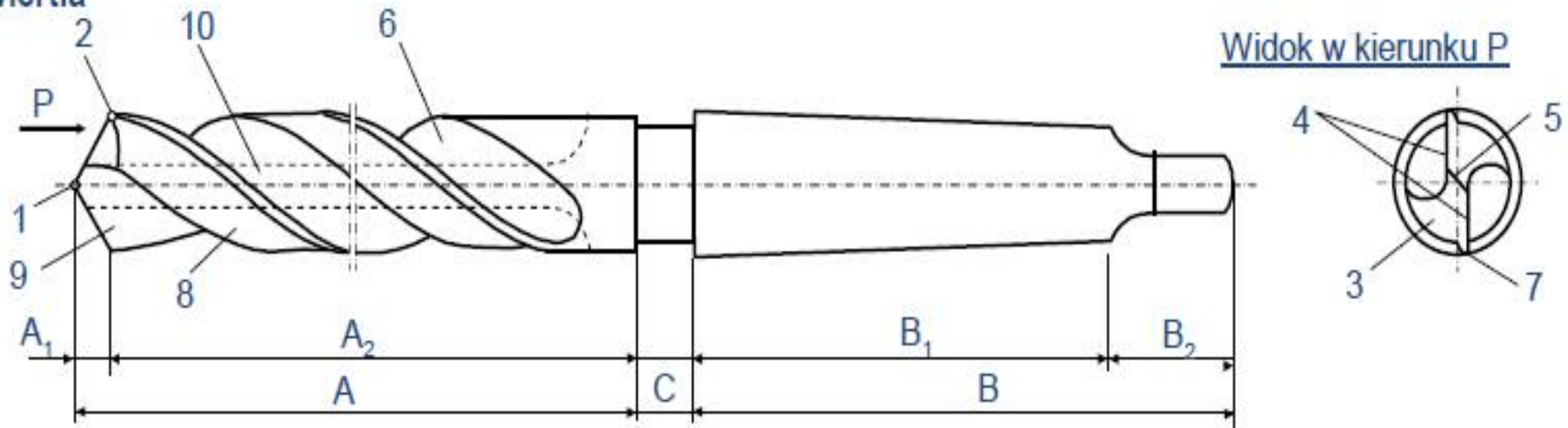
$$a_p = \frac{D - D_o}{2}$$

Głębokość wiercenia L



Wiercenie

Wiertła



Budowa wiertła krętego dwuostrzowego: 1 – wierzchołek; 2 – naroże; 3 – powierzchnia przyłożenia główna; 4 – krawędzie skrawające główne; 5 – krawędź poprzeczna (ścin);

6 – rowek wiórowy; 7 – powierzchnia przyłożenia pomocnicza, pierwsza (łysinka);

a) 8 – powierzchnia przyłożenia pomocnicza, druga; 9 – powierzchnia natarcia; 10 – rdzeń



Wiertła czterostrzowe

z czterema łysinkami prowadzącymi:

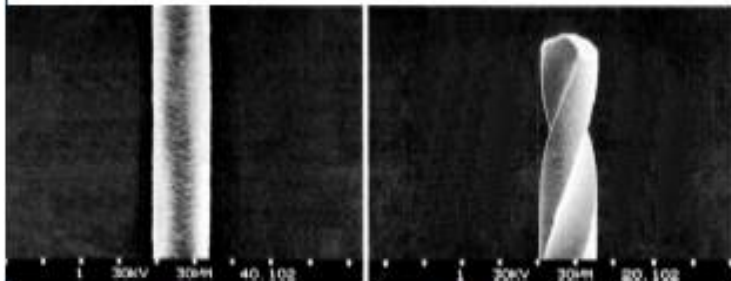
a) kręte firmy Dormer,
b) z rowkami prostymi firmy Kennametal

c) kręte firmy Mapal



Wiercenie

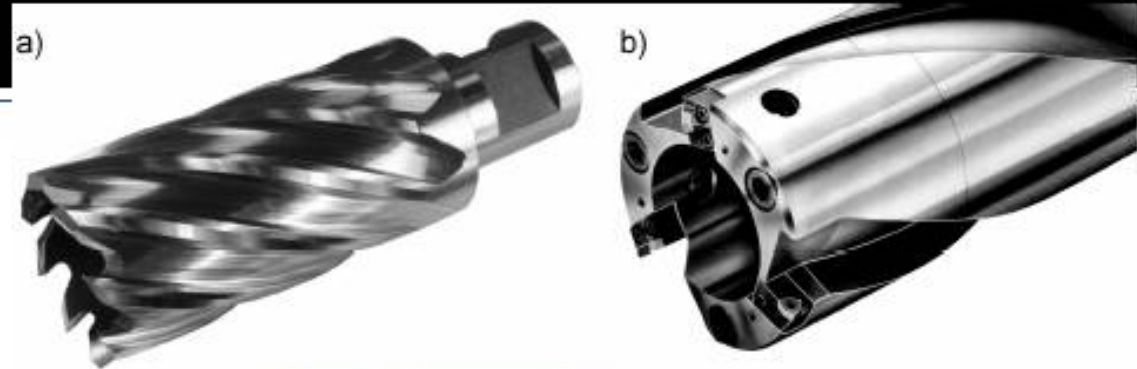
Wiertła



Włos i wiertło $d=0,05$ mm

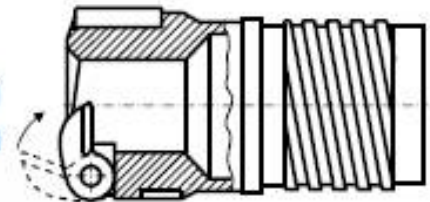


Wiertło trzyostrzowe



Wiertła trepanacyjne

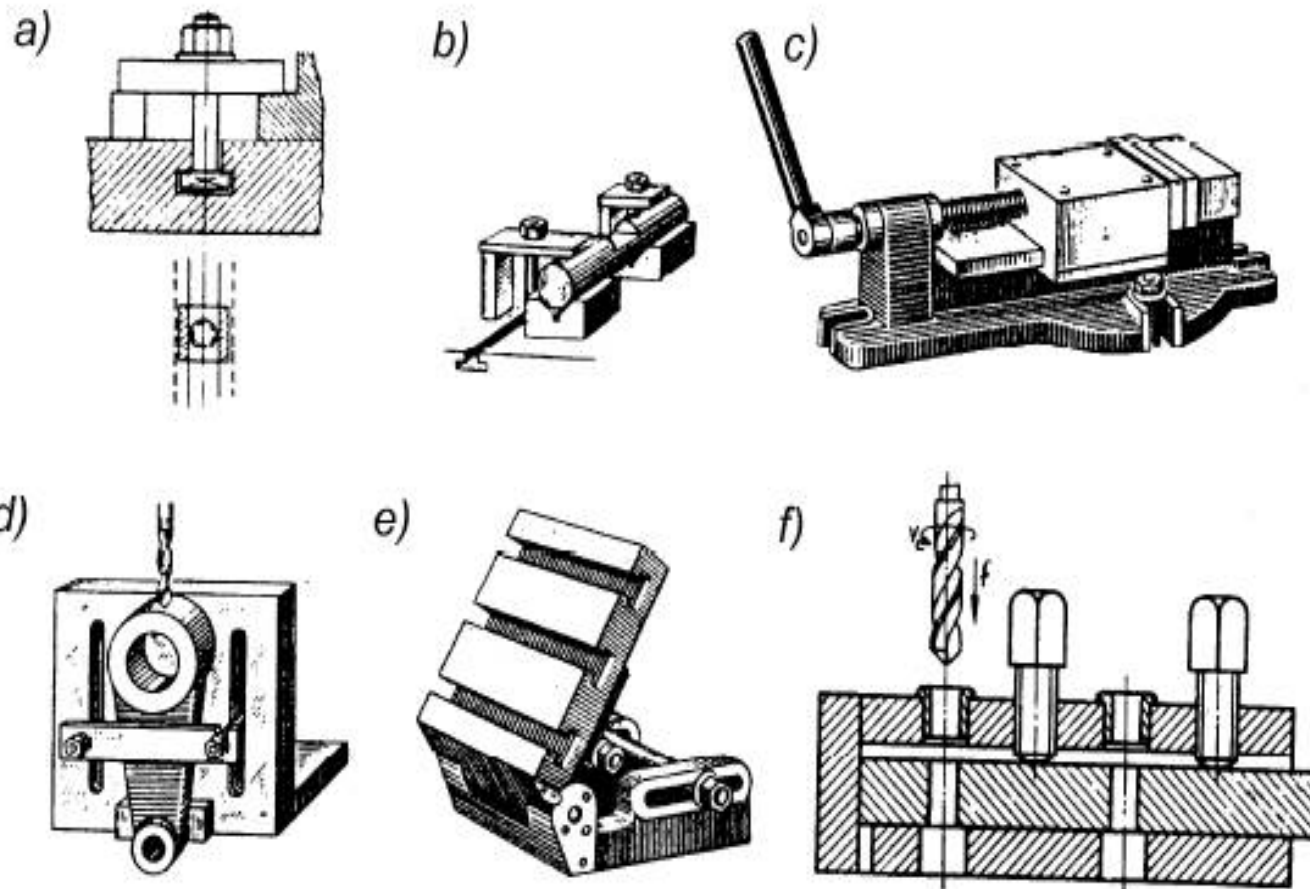
Głowiczka do podcinania rdzeni po wierceniu trepanacyjnym



Wiertła stopniowe jednolite i składane

Wiercenie

Mocowanie przedmiotów na wiertarkach



- Sposoby mocowania przedmiotów na wiertarkach oraz uchwyty obróbkowe:
- a) - mocowanie za pomocą śrub i docisków, b) - mocowanie na podstawie pryzmowej,
 - c) - imadło maszynowe, d) - kątownik stały, e) - kątownik (stół) pochylony,
 - f) - mocowanie w uchwycie wiertarskim specjalnym

Wiercenie

Wiertarki



stołowa



słupowa



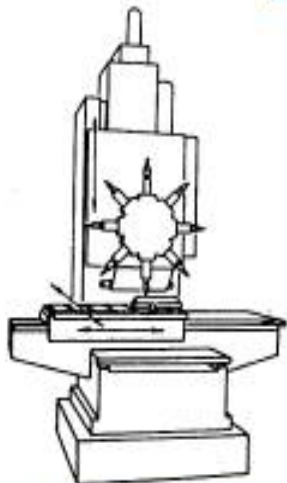
łupowa



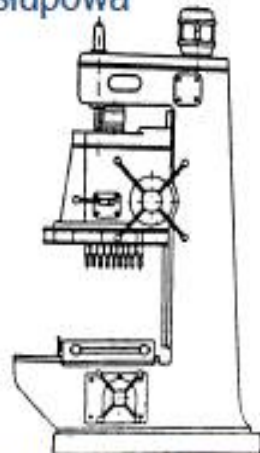
kadłubowa



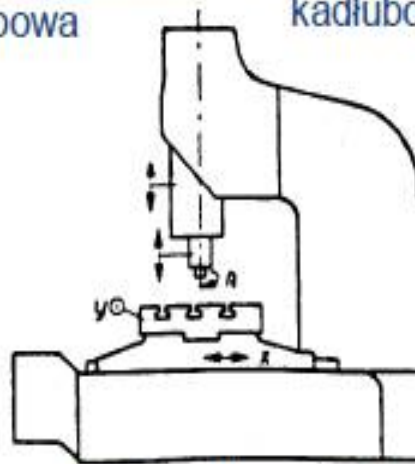
promieniowa



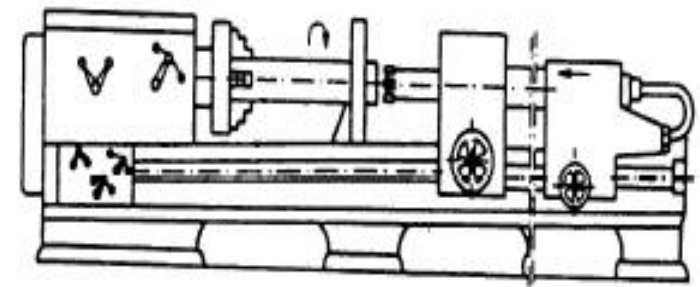
rewolwerowa



wielowrzecionowa



współrzędnościowa



do głębokich otworów

Wiercenie

Dzisiaj coraz częściej do wykonywania głębokich otworów o małych średnicach stosuje się pełnowęglikowe wiertła dwuostrzowe z rowkami śrubowymi lub prostymi. W obu przypadkach wiertła mają wewnętrzne doprowadzenie chłodziwa.

