

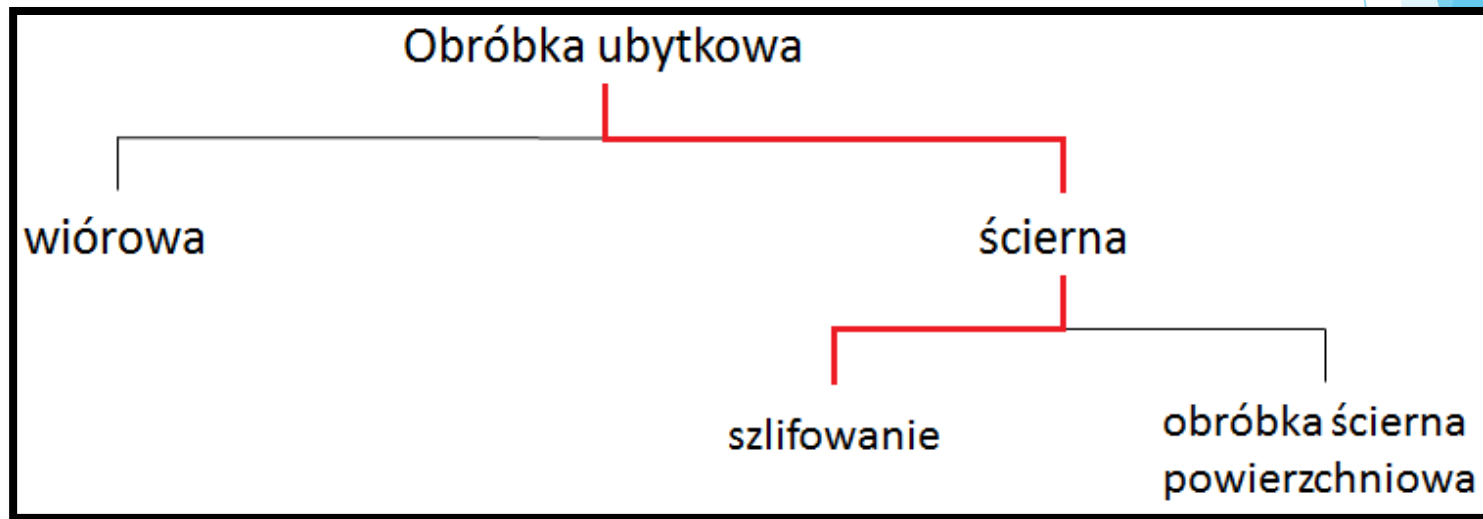
SZLIFOWANIE JAKO SPOSÓB OBRÓBKI WYKOŃCZENIOWEJ CZĘŚCI KLASY WAŁ



Szlifowanie



Jeden ze sposobów obróbki ubytkowej, w którym wykorzystuje się narzędzia ścierna. Proces ten zaliczany jest do obróbki wykończeniowej – cechuje go mała chropowatość powierzchni przedmiotu obrabianego i duża dokładność wymiarowo-kształtowa.



Rys. 1. Podział obróbki skrawaniem

Szlifowanie - podział



Ze względu na kształt przedmiotu obrabianego:

- wałów,
- otworów,
- płaszczyzn.

Ze względu na kierunek ruchu narzędzia:

- wzdłużne,
- poprzeczne (wglębne).

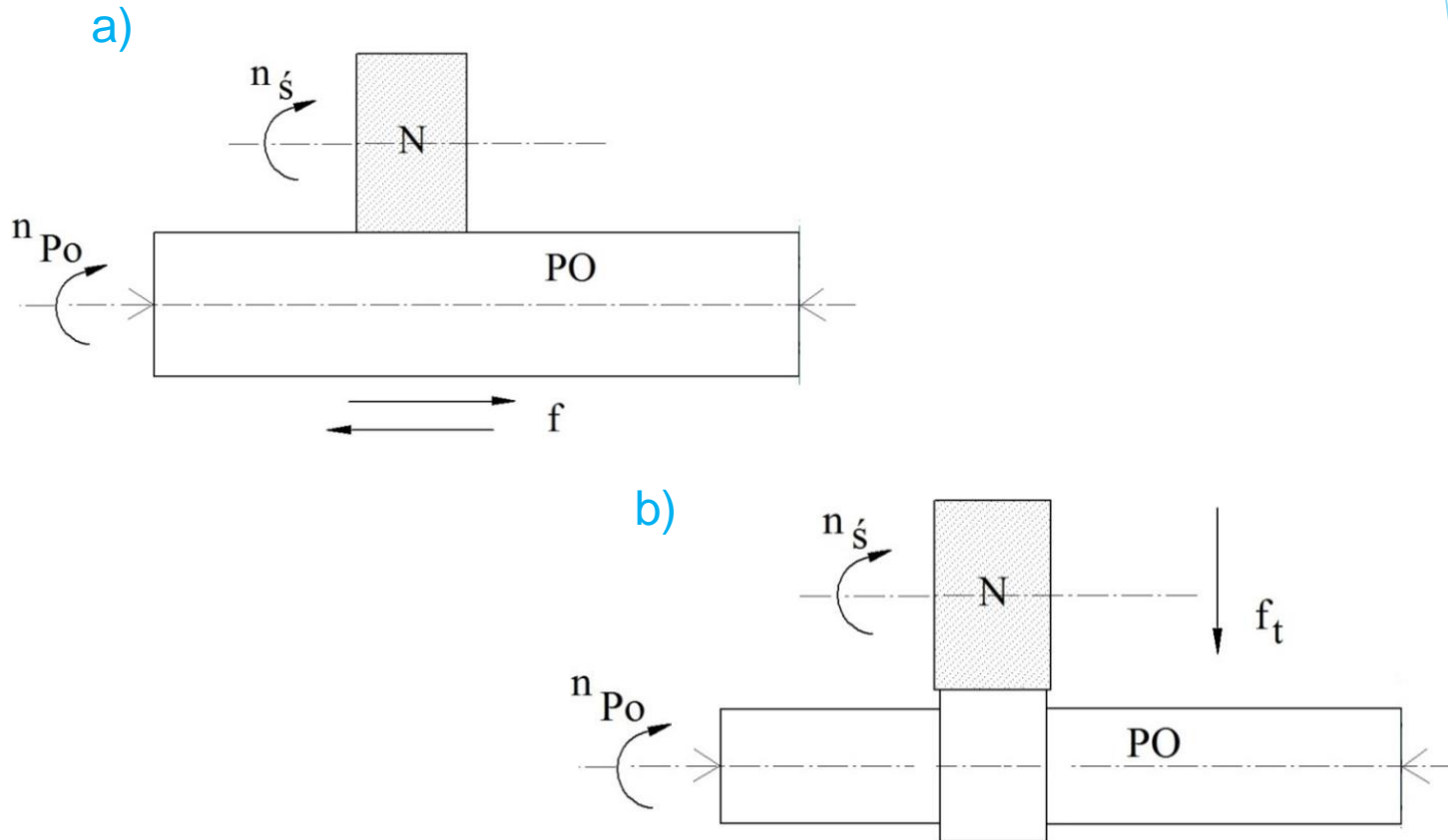
Ze względu na położenie narzędzia względem przedmiotu obrabianego:

- obwodowe,
- czołowe.

Ze względu na sposób mocowania przedmiotu obrabianego:

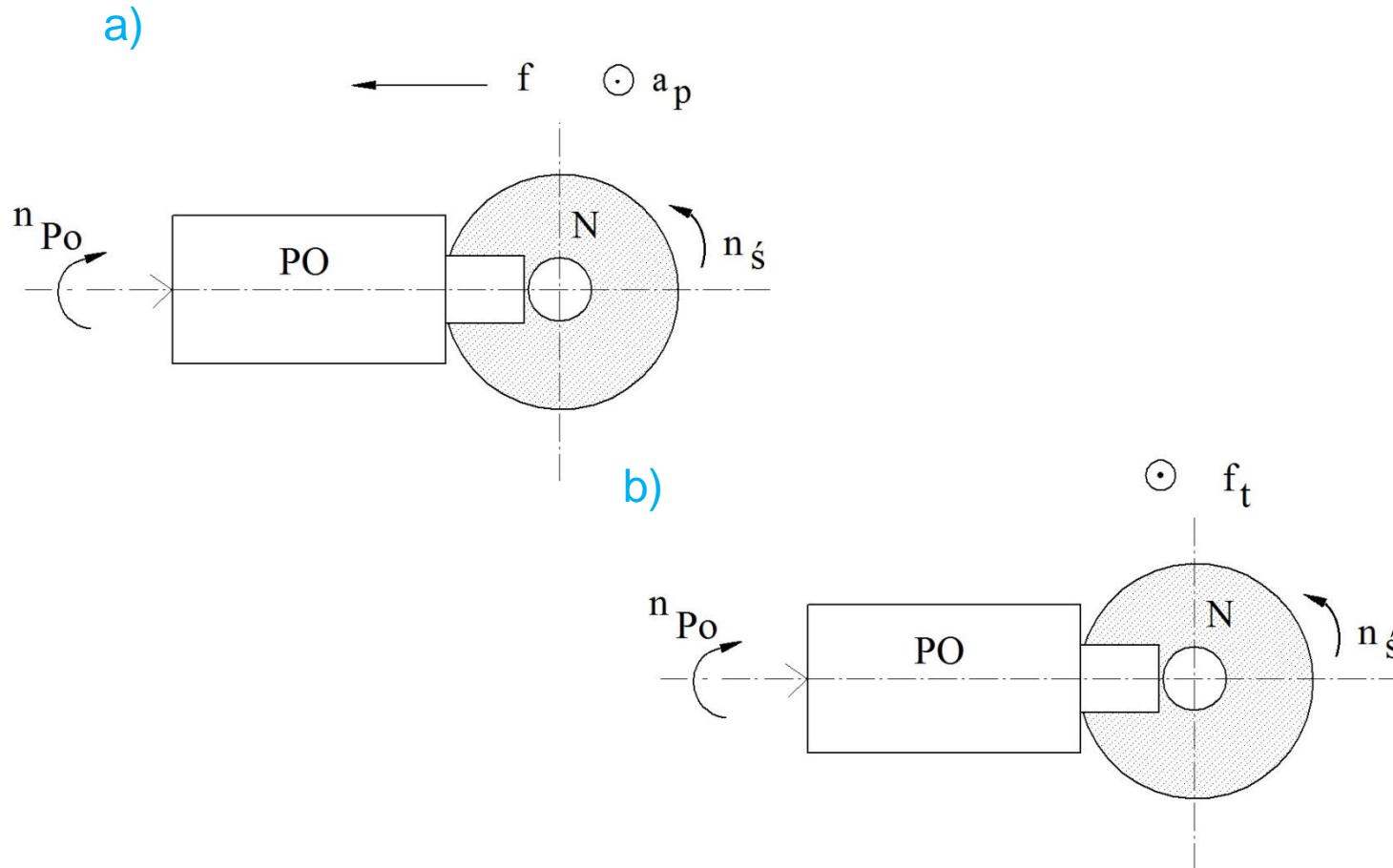
- kłowe,
- bezkłowe.

Szlifowanie wałów



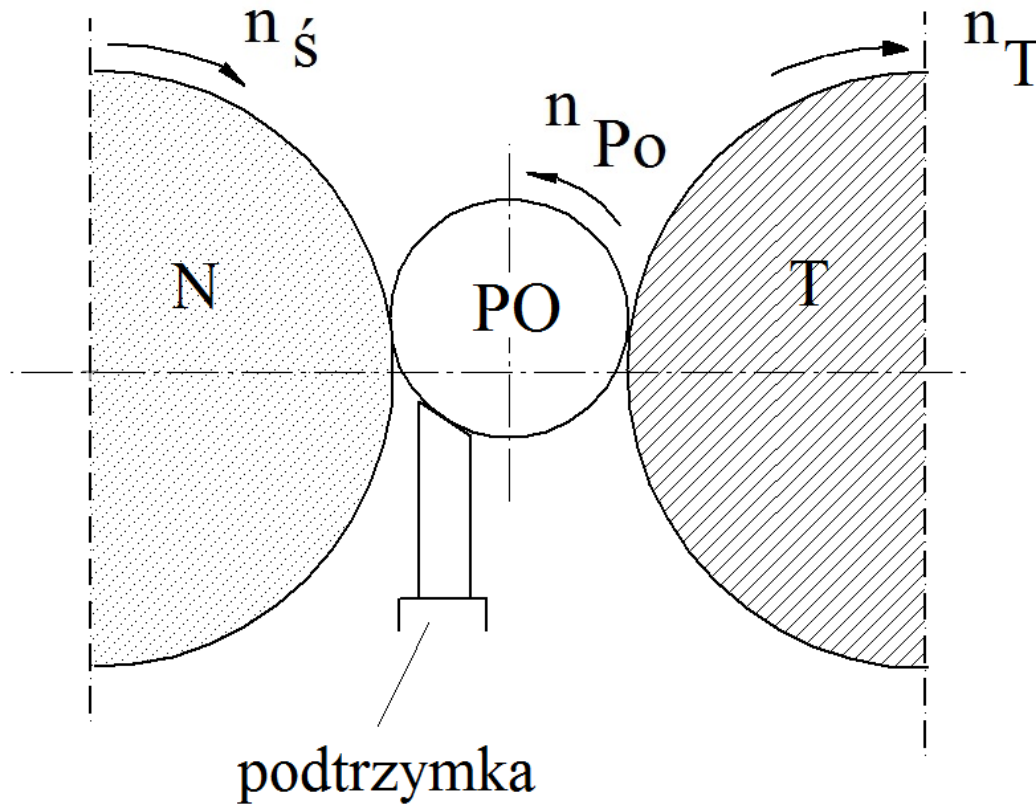
Rys. 2. Kinematyka szlifowania kłowego obwodowego: a) wzdłużnego, b) poprzecznego; PO – przedmiot obrabiany, N – narzędzie, n_{Po} – obroty przedmiotu obrabianego, $n_{\acute{s}}$ – obroty narzędzia, f – posuw wzdłużny, f_t – posuw poprzeczny

Szlifowanie wałów



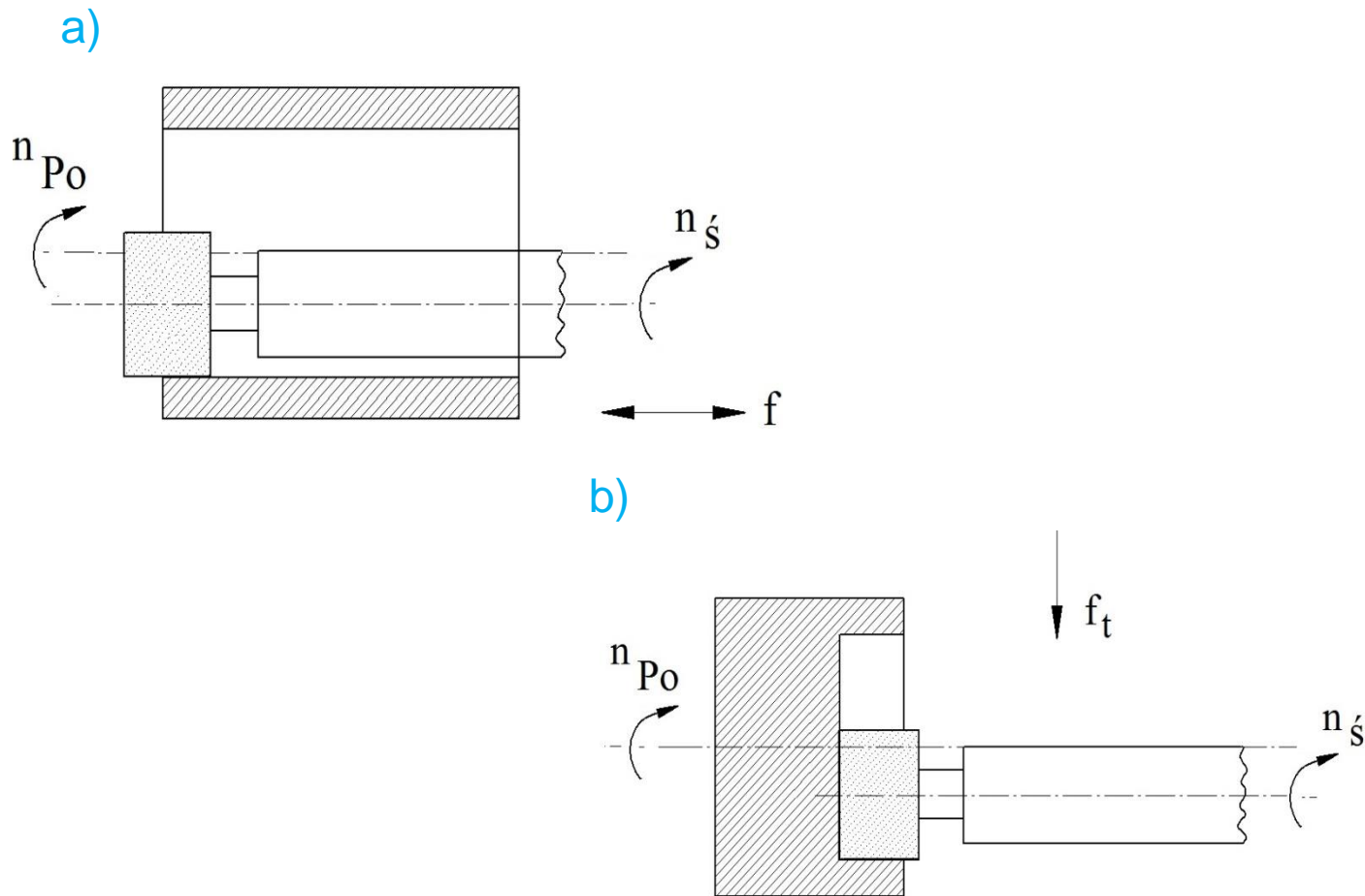
Rys. 3. Kinematyka szlifowania kłowego czółowego: a) wzdłużnego, b) poprzecznego; PO – przedmiot obrabiany, N – narzędzie, n_{PO} – obroty przedmiotu obrabianego, n_s – obroty narzędzia, f – posuw wzdłużny, f_t – posuw poprzeczny

Szlifowanie wałów



Rys. 4. Kinematyka szlifowania bezkłowego; *PO* – przedmiot obrabiany, *N* – narzędzie, *T* – tarcza prowadząca, n_{PO} – obroty przedmiotu obrabianego, n_s – obroty narzędzia, n_T – obroty tarczy prowadzącej

Szlifowanie otworów

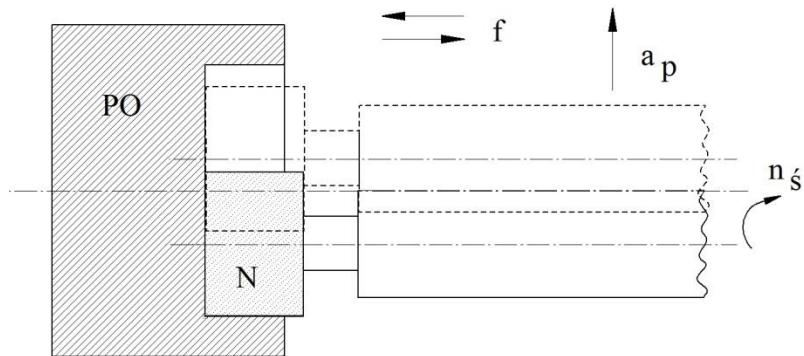


Rys. 5. Kinematyka szlifowania kłowego obwodowego: a) wzdłużnego, b) poprzecznego; PO – przedmiot obrabiany, N – narzędzie, n_{PO} – obroty przedmiotu obrabianego, n_s – obroty narzędzia, f – posuw wzdłużny, f_t – posuw poprzeczny

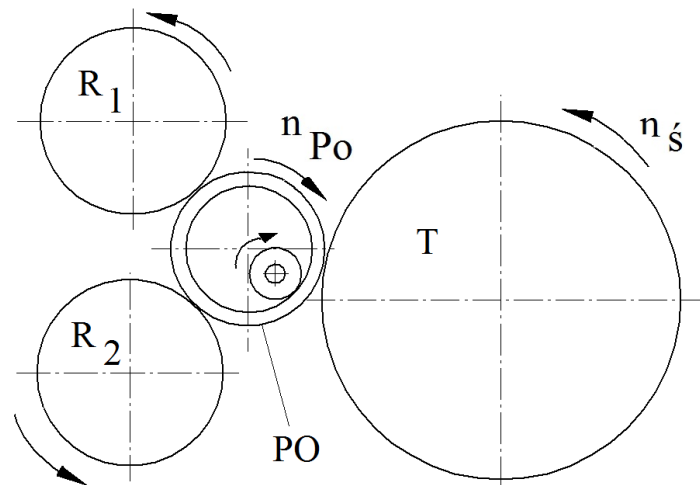
Szlifowanie otworów



a)

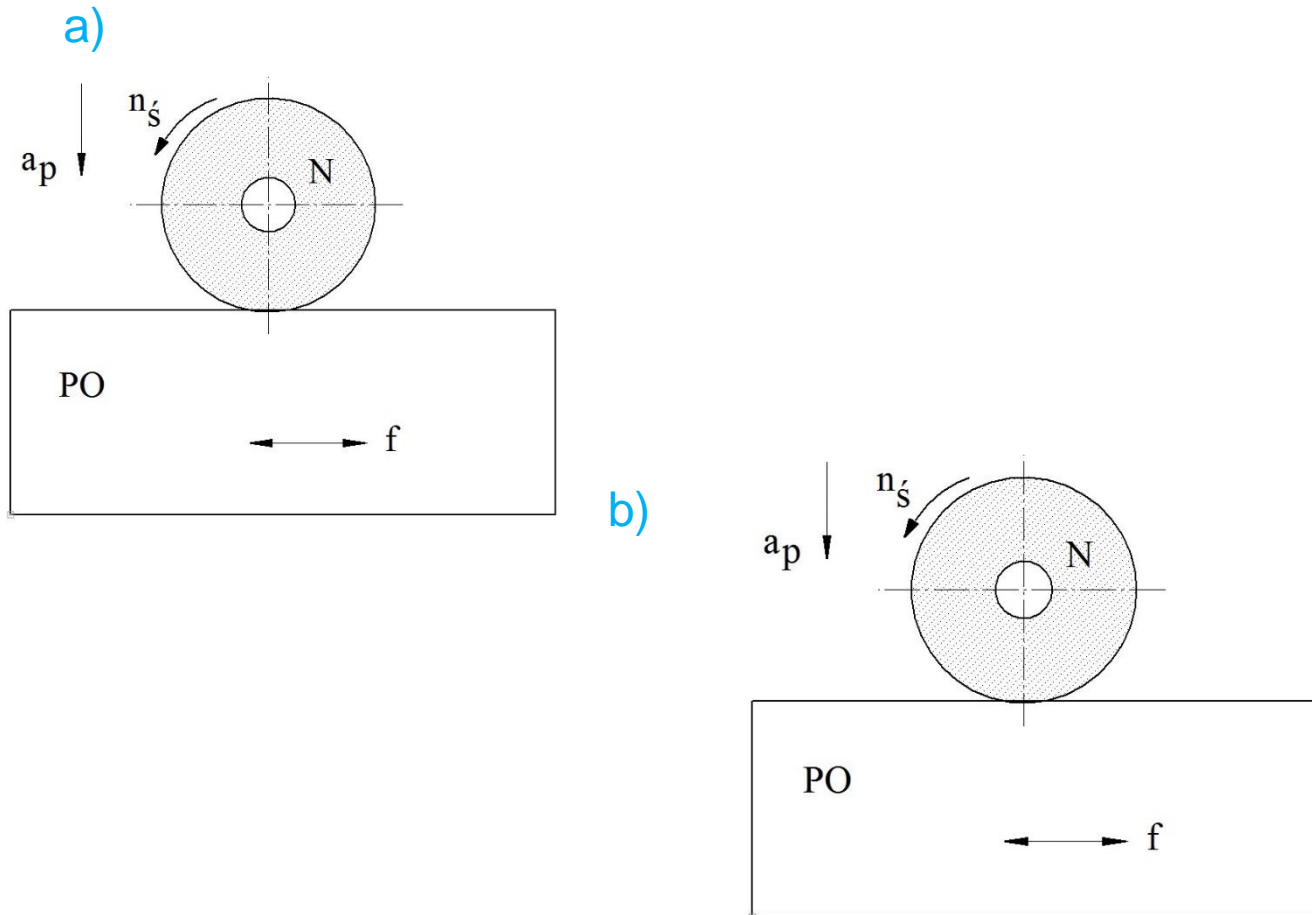


b)



Rys. 6. Kinematyka szlifowania: a) kłowego obiegowego (planetarnego), b) bezkłowego; PO – przedmiot obrabiany, N – narzędzie, n_{PO} – obroty przedmiotu obrabianego, $n_ś$ – obroty narzędzia, f – posuw wzdłużny, a_p – dosuw ściernicy, T – rolka prowadząca, R_1 – rolka dociskowa, R_2 – rolka podtrzymująca

Szlifowanie płaszczyzn

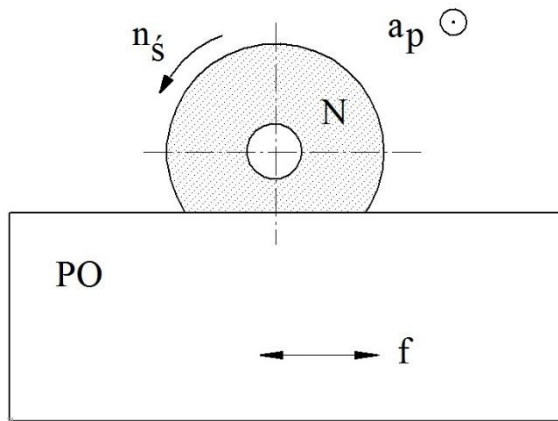


Rys. 7. Kinematyka szlifowania obwodowego: a) wzdłużnego, b) poprzecznego; PO – przedmiot obrabiany, N – narzędzie, n_s – obroty narzędzia, f – posuw wzdłużny, a_p – dosuw ściernicy

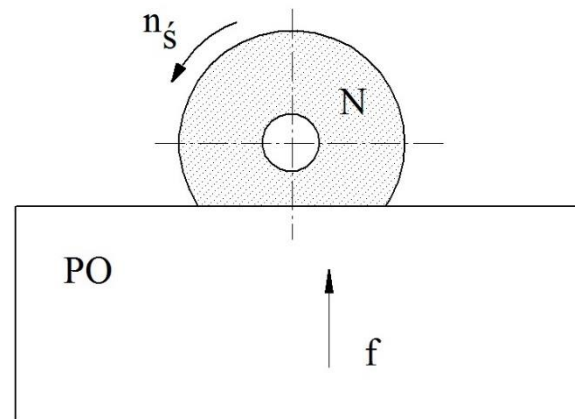
Szlifowanie płaszczyzn



a)



b)

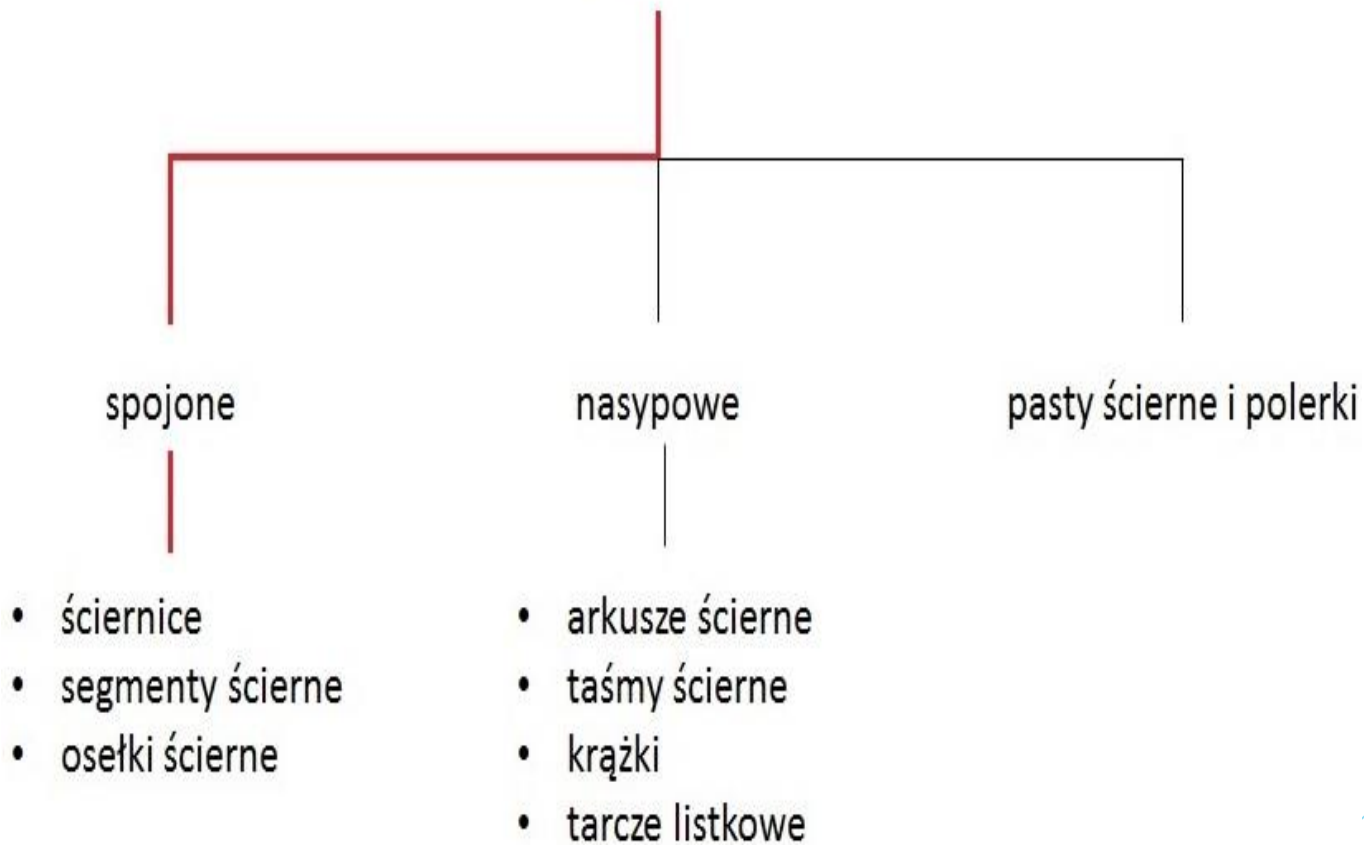


Rys. 8. Kinematyka szlifowania obwodowego: a) wzdłużnego, b) poprzecznego; PO – przedmiot obrabiany, N – narzędzie, n_s – obroty narzędzia, f – posuw wzdłużny, a_p – dosuw ściernicy

Podział narzędzi ściernych



Narzędzia ścierne



Cechy narzędzi ściernych spojonych



- kształt i wymiary,
- rodzaj i gatunek materiału ściernego,
- numer (wielkość ziarna),
- struktura,
- twardość,
- rodzaj spoiwa,
- warunki eksploatacji.

Oznaczanie ściernic konwencjonalnych



T1 - 250x50x127 - 99C - 60 O 7 V 43

Rodzaj i typ narzędzia

Wymiary narzędzia

Rodzaj materiału ściernego

Numer ziarna

Twardość

Struktura

Rodzaj spoiwa

Dopuszczalna prędkość [m/s]

Rys. 9. Oznaczanie ściernic konwencjonalnych według PN-71/M-59101

Oznaczenie ściernic konwencjonalnych



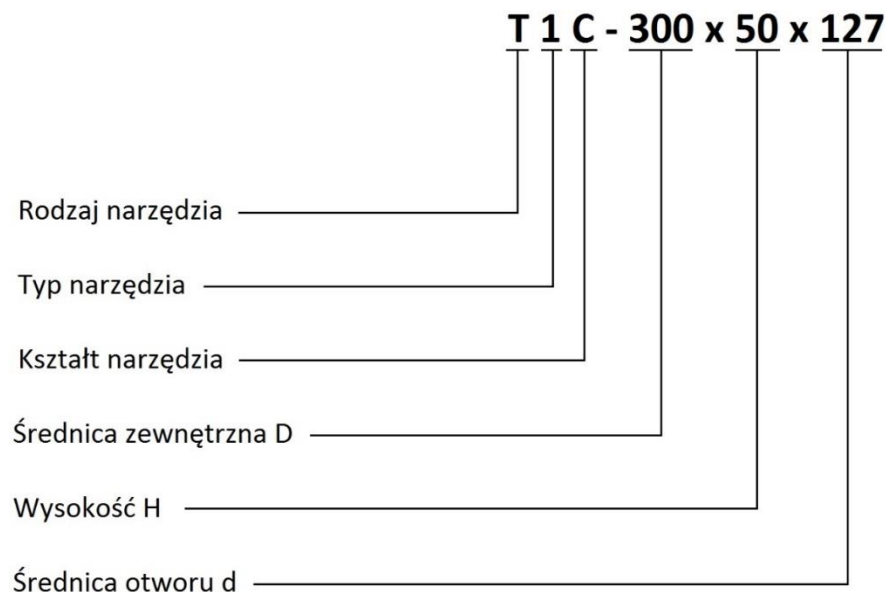
Rys. 10. Oznaczenie przykładowej ściernicy konwencjonalnej: 1 – Wymiary narzędzia; 2 – Ograniczenia; 3 – Barwny pas; 4 – Przeznaczenie; 5 – Nazwa producenta, 6 – Typ i kształt narzędzia; 7 – Norma bezpieczeństwa; 8 – Dopuszczalna prędkość obwodowa; 9 – Oznaczenie artykułu (rodzaj ziarna, numer ziarna, twardość, typ spoiwa); 10 – Piktogramy; 11 – Dopuszczalna prędkość obrotowa; 12 – Kod EAN (Hitachi Group)

Rodzaj i typ narzędzia



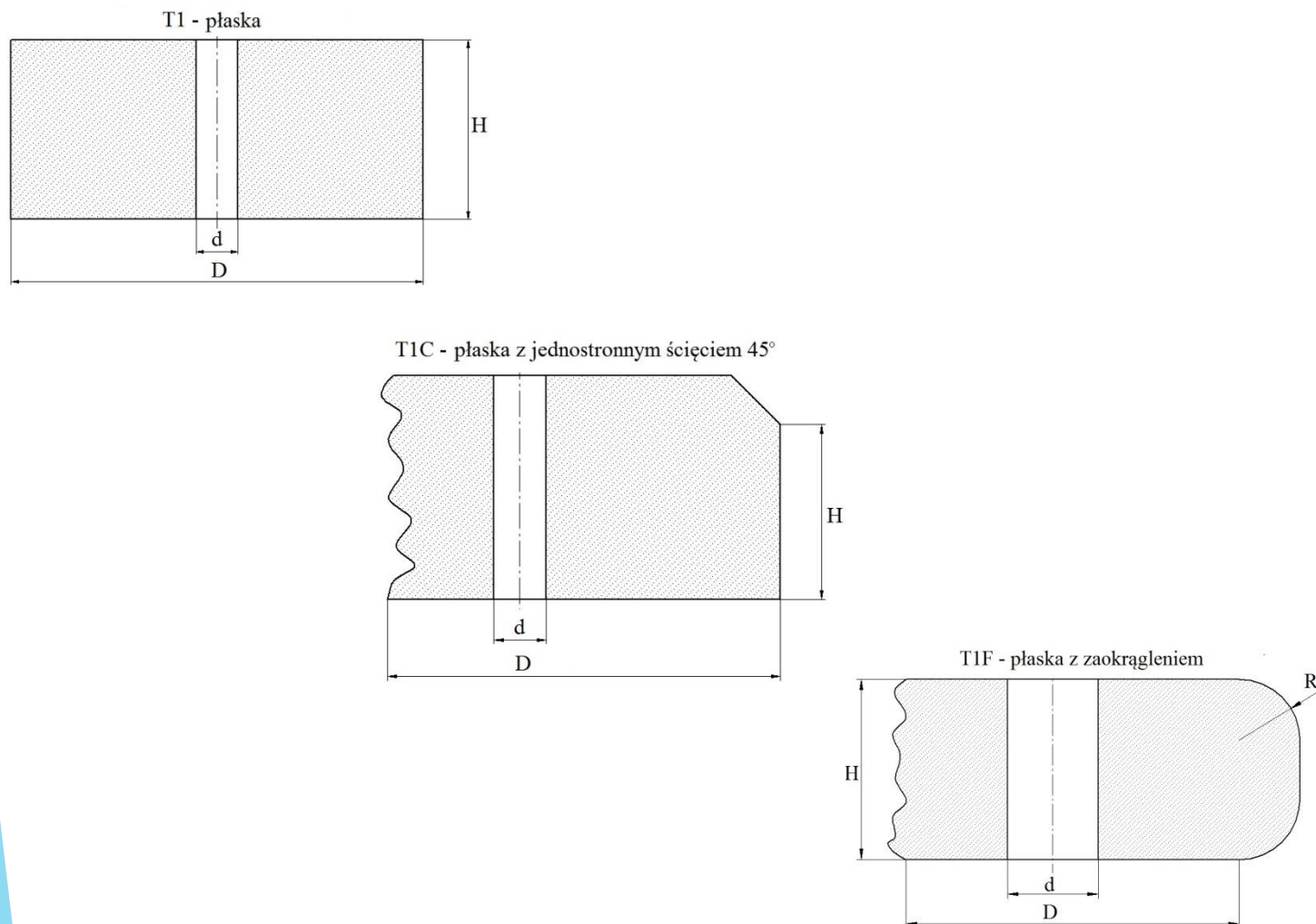
Rodzaj i typ narzędzia ściernego dobiera się w zależności od jego przeznaczenia, a w szczególności od kształtu i wymiarów PO oraz odmiany i sposobu szlifowania.

- ▶ **T** – ściernice (nasadzane i trzpieniowe),
- ▶ **S** – segmenty ścierne,
- ▶ **O** – osełki ścierne.



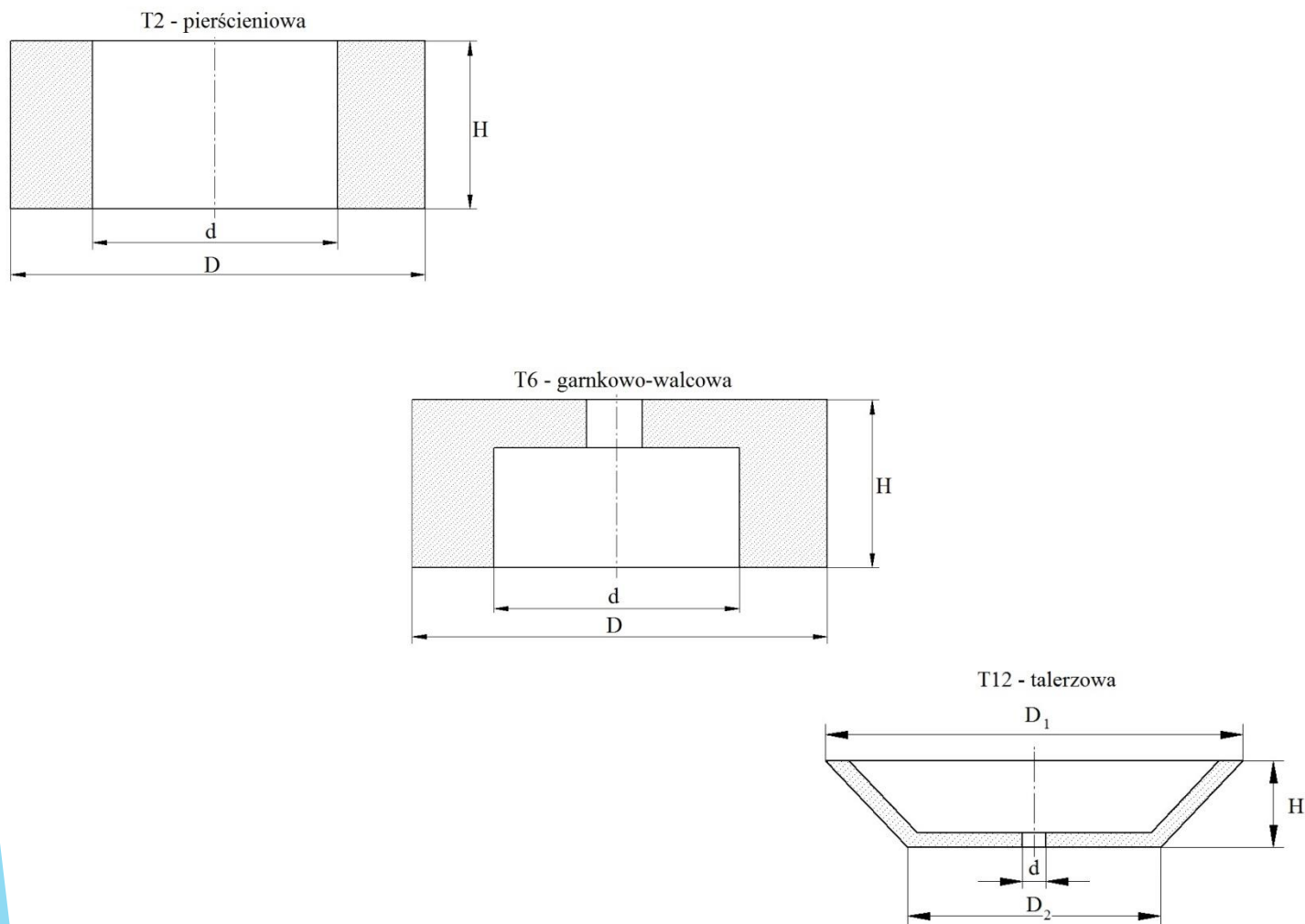
Rys. 11. Oznaczanie kształtu i wymiarów narzędzi ściernych spojonych

Rodzaj i typ narzędzia



Rys. 12. Przykładowe kształty ściernic

Rodzaj i typ narzędzia

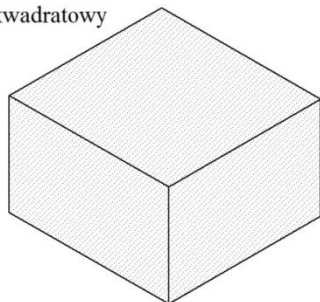


Rys. 12. Przykładowe kształty ściernic

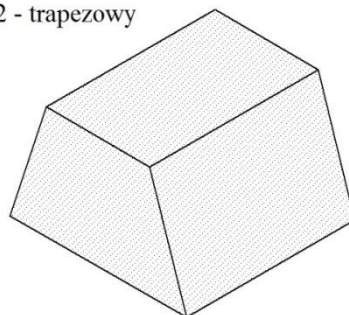
Rodzaj i typ narzędzia



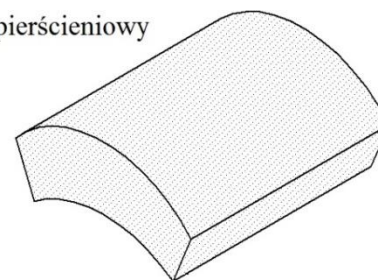
S1 - kwadratowy



S2 - trapezowy



S4 - pierścieniowy

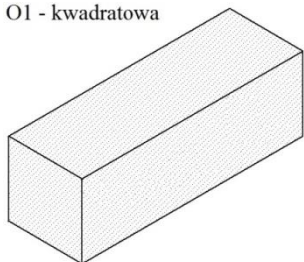


Rys. 13. Przykładowe kształty segmentów ściernych

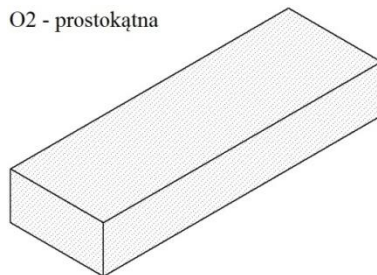
Rodzaj i typ narzędzia



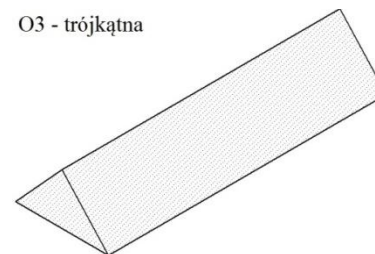
O1 - kwadratowa



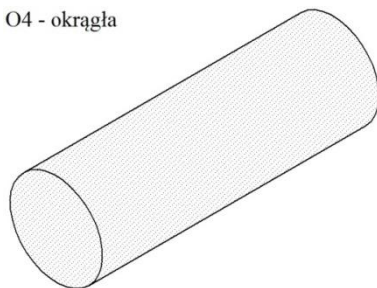
O2 - prostokątna



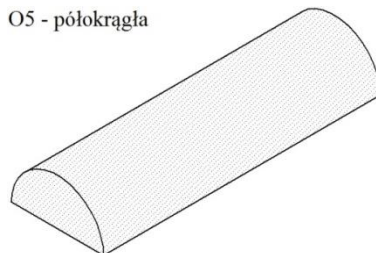
O3 - trójkątna



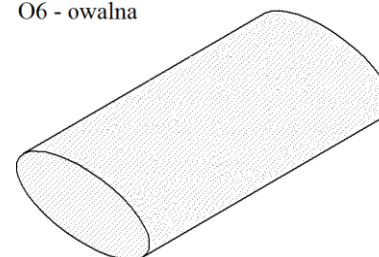
O4 - okrągła



O5 - półokrągła



O6 - owalna

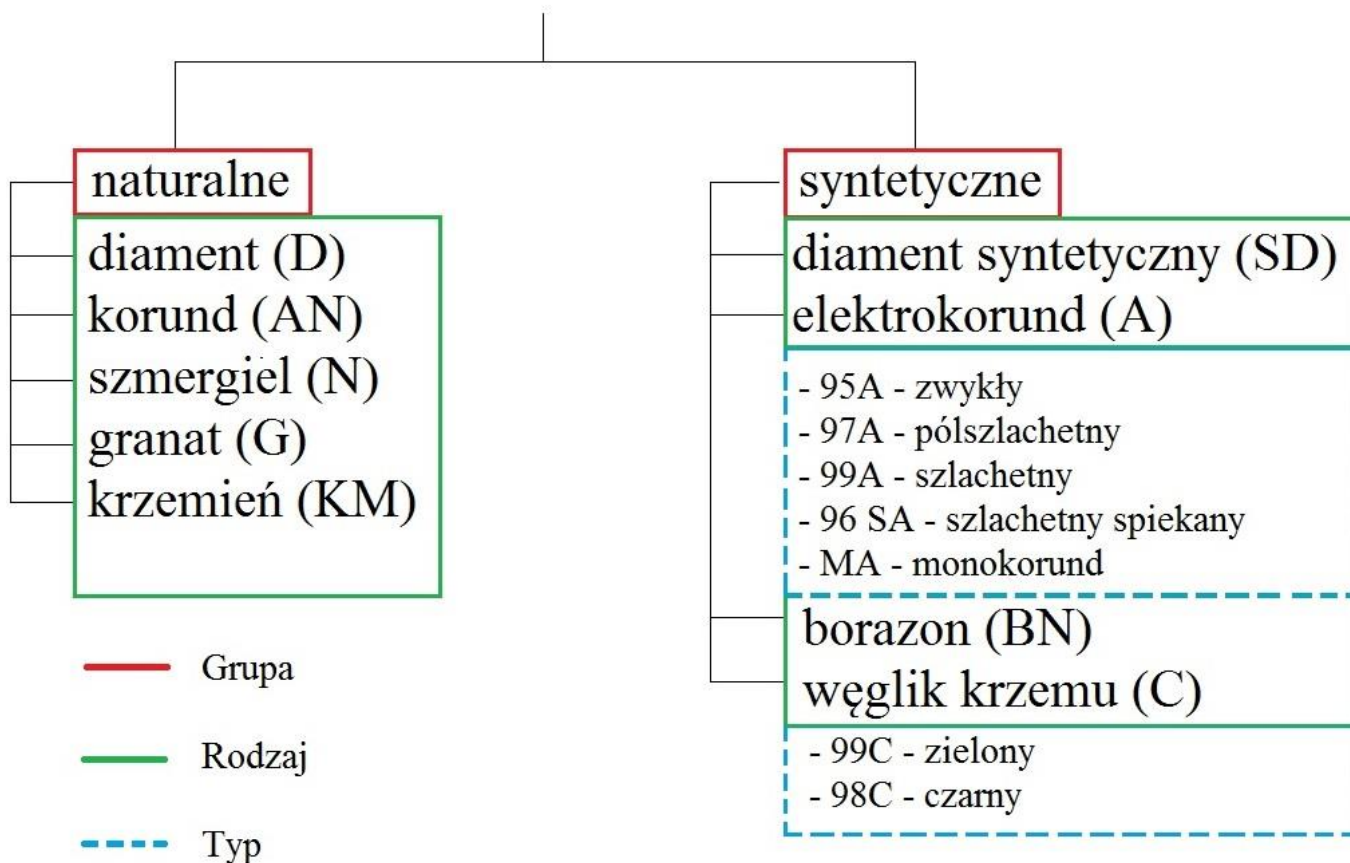


Rys. 13. Przykładowe kształty oselek ściernych

Gatunek i rodzaj materiału ściernego



Materiały ścierne



Rys. 14. Podział najczęściej wykorzystywanych materiałów ściernych

Numer ziarna



Numer ziarna (granulacja, ziarnistość) to cecha określająca zakres wymiarów charakterystycznych ziaren ściernych.

Wymiar charakterystyczny ziarna ściernego to szerokość prostopadłościanu opisanego na ziarnie lub średnia boków prostokąta opisanego na ziarnie w płaszczyźnie obserwacji (materiały super twarde).

Dobierając wielkość ziarna należy rozważyć:

- rodzaj obróbki (zgrubna, wykończeniowa),
- pożądaną gładkość obrabianej powierzchni,
- rodzaj obrabianego materiału:
 - ✓ materiały twarde i kruche – ziarno drobne,
 - ✓ materiały miękkie i ciągliwe – ziarno grube,
- oczekiwaną wydajność.

Numer ziarna



Numer ziarna		Wymiar charakterystyczny [μm]
Ziarno grube	P16	1400 - 1180
	P24	850 - 710
	P30	710 - 600
Ziarno średnie	P36	600 - 500
	P40	500 - 425
	P60	300 - 250
Ziarno drobne	P80	212 - 180
	P100	150 - 125
	P120	125 - 106
Ziarno b.drobne	P150	106 - 75
	P180	90 - 63
	P220	75 - 53
Mikroziarno	P240	46,5 - 42,5
	P280	38,00 - 35,00
	P320	30,70 - 27,70
	P360	24,30 - 21,30
	P400	18,30 - 16,30

- Należy stosować jak największe ziarno umożliwiające uzyskanie pożądanej dokładności.
- Nie należy stosować zbyt dużych naddatków szlifując drobnym ziarnem, gdyż powoduje to wzrost zużycia warstwy ścierniej i pogorszenie dokładności przedmiotu obrabianego.

Tab. 1. Oznaczenie i zakres wymiarów ziaren ściernych zgodnie z PN-85/M-59108

Twardość



Twardość to parametr określający siłę potrzebną do wyrwania ziarna z otaczającego je spoiwa, uzależniony od wytrzymałości spoiwa oraz jego zawartości w objętości ściernicy.

Twarde ściernice:

- miękkie materiały,
- małe, wąskie powierzchnie styku,
- profilowanie,
- z zastosowaniem chłodziwa,
- podwyższenie żywotności ściernicy.

Miękkie ściernice:

- twarde materiały,
- wyroby dla których nie można pozwolić na wzrost ciepła (np. cienkościenne cylindry, ostre krawędzie)
- wyroby o dużych rozmiarach,
- powierzchnie przerywane,
- szybkie zbieranie dużych nadatków.

Twardość	B. miękka			Miękka				Średnia				Twarda			B. twarda				
	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	W	Z
Oznaczenie																			
Porowatość [%]	49,5	48,0	46,5	45,0	43,5	42,0	40,5	39,0	37,5	36,0	34,5	33,0	31,5	30,0	28,5	27,0	25,5	24,0	22,5

Tab. 2. Oznaczanie twardości narzędzi ściernych

Struktura



Struktura to parametr określający objętościowy udział ziarna w całkowitej objętości ściernicy:

$$V = V_z + V_{sp} + V_o \quad (1)$$

gdzie:

V – objętość ściernicy, 100%

V_z – objętość ziaren ściernych, %

V_{sp} – objętość spoiwa, %

V_o – objętość porów, %

$$V_z = 62 - 2N \quad (2)$$

gdzie:

N – oznaczenie struktury narzędzia ściernego – numer umowy odpowiadający zawartości procentowej ścierniwa w narzędziu ściernym.

Struktura

Wybór struktury narzędzia ściernego zależy od:

- właściwości obrabianego materiału,
- właściwości materiału spoiwa,
- pożądanej chropowatości powierzchni przedmiotu obrabianego,
- sposobu szlifowania.

Oznaczenie struktury N	Zwarta					Średnia				Otwarta					
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Objętość ziaren ściernych V_z [%]	62	60	58	56	54	52	50	48	46	44	42	40	38	36	34

Tab. 3. Symbole struktury narzędzi ściernych

Rodzaj spoiwa



Spoiwa nieorganiczne:

- -ceramiczne (V),
- magnezytowe (Mg),
- metalowe galwaniczne (G),
- metalowe spiekane (M),
- krzemianowe lub silikatowe (K).

Spoiwa organiczne:

- żywiczne sztuczne (B),
- gumowe (R),
- -z żywicy naturalnej:
 - ▶ szelaku (E),
 - ▶ klejowe do narzędzi nasypowych (K).

Prędkość robocza



Dopuszczalna prędkość robocza narzędzia ściernego to graniczna prędkość określana przez normy (np. DIN EN 12413, DIN EN 13743, PN-61/M-59122), której przekroczenie powoduje rozerwanie narzędzia na skutek działania sił odśrodkowych, sił skrawania i drgań.

$$V_s = \frac{\pi D n}{60 \cdot 1000} \quad (3)$$

$$n = \frac{V_s \cdot 1000 \cdot 60}{\pi D} \quad (4)$$

gdzie:

V_s – dopuszczalna prędkość obwodowa narzędzia, [m/s]

n – dopuszczalna prędkość obrotowa narzędzia, [obr/min]

D – średnica zewnętrzna narzędzia, [mm]

Prędkość robocza



Prędkość narzędzia ściernego dobierana jest w zależności od:

- pożądaney jakości powierzchni,
- rodzaju spoiwa (np. spoiwo ceramiczne: 35 – 45 m/s; spoiwo żywiczne: 45 – 80 m/s),
- twardości narzędzia,
- numeru ziarna,
- sposobu szlifowania,
- wielkości zdejmowanego naddatku,
- rodzaju obróbki poprzedzającej szlifowanie.

Prędkość robocza



- W praktyce nie stosuje się maksymalnych prędkości roboczych ściernicy ze względu na intensywne zużywanie się narzędzia i znaczny wzrost temperatury.
- W przeciętnych warunkach prędkość obwodowa V_s narzędzia ściernego wynosi 15 - 35 m/s.
- Dla ściernic twardych należy stosować mniejsze prędkości, by nie powodować nadmiernego nagrzewania szlifowanej części.
- Dla miękkich ściernic i małych głębokości szlifowania przyjmuje się większe prędkości obwodowe V_s , aby zapobiec nadmiernemu zużyciu się ściernicy.

Prędkość przedmiotu obrabianego



Szlifowanie	Prędkość przedmiotu obrabianego V_{PO} [m/min]	
	zgrubne	wykończeniowe
wałów	12 - 25	15 - 55
otworów	20 - 40	20 - 50
płaszczyzn	8 - 30	15 - 20

Tab. 4. Prędkości ruchu przedmiotu obrabianego V_{PO}

Dosuw ściernicy



Głębokość skrawania (a_p) podczas szlifowania określana jest terminem **dosuw ściernicy**.

Dosuw ściernicy dobiera się w głównej mierze w zależności od rodzaju i sposobu szlifowania.

Szlifowanie	Dosuw ściernicy [mm]	
	zgrubne	wykończeniowe
wałów	0,01 - 0,08	0,002 - 0,015
otworów	0,006 - 0,03	0,01
płaszczyzn	0,015 - 0,04	0,005 - 0,015

Tab. 5. Orientacyjne zakresy wartości dosuwu ściernicy podczas szlifowania

Podsuv



- Wartości posuwu wzdłużnego f (mm/obr) i posuwu poprzecznego f_t (mm/przejście) uzależnione są od szerokości narzędzia.
- Podczas szlifowania zgrubnego, wartości f i f_t powinny być większe od połowy szerokości narzędzia.
- Podczas szlifowania wykończeniowego, wartości f i f_t wynoszą zwykle 0,2 – 0,3 szerokości narzędzia.

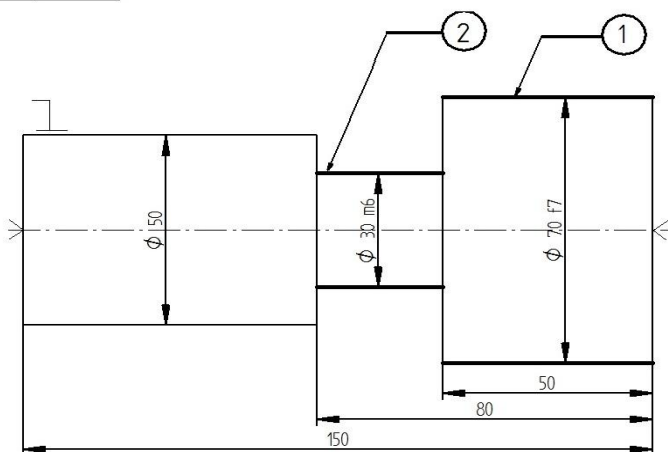


Przykładowe karty technologiczne szlifowania



Wymiar	Odczytka
Ø30 m6	+0,02 +0,01
Ø70 f6	-0,03 -0,06

0,63/



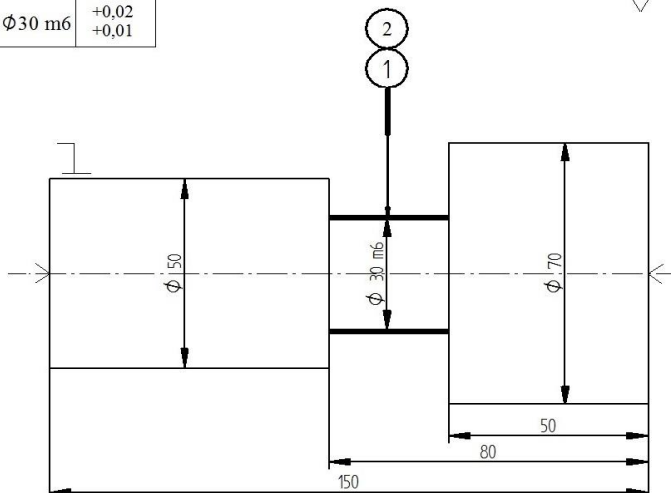
Stanowisko		Symbol	Nazwa operacji		Nr op.
Szlifierka		DMG 108	Szlifowanie		80
Nr zabiegu:	Nazwa zabiegu:	Wyposażenie			Sprawdziany
		Przyrządy	Narzędzia		
1	Szlifować Ø70f6 na L = 50	PZRa – 150 PZTa – 10	T1-127x25x12 -95A-180 J 4 B 50	MSJa 70f6	
2	Szlifować Ø30m6 na L = 30	PZKB3	T1-127x25x12 -95A-180 J 4 B 50	MSJa 30m6	

Nr zabiegu	1	2			
Głęb. skr. [mm]	0,02	0,4			
Ilość przejść/Ilość przejść wyiskrzających	20/7	1/5			
V _{PO} [m/min]	40	40			
n _{PO} [obr/min]	182	94			
f [mm/obr _{PO}]	0,3 x H	0,3 x H			
V _s [m/s]	43	43			
n _s [obr/min]	6470	6470			



Wymiar	Odchyłka
$\varnothing 30\ m6$	$+0,02$ $+0,01$

0.63/



Stanowisko	Symbol	Nazwa operacji			Nr op.
Szlifierka	DMG 108	Szlifowanie			80
Nr zabiegu:	Nazwa zabiegu:	Wyposażenie			Sprawdziany
		Przyrządy	Narzędzia		
1	Szlifować zgrubnie $\varnothing 30$ na L = 30	PZRa – 150 PZTa – 10	T1- 150x20x32 -95A-60 M 7 B 50	MSJa 30m6	
2	Szlifować wykończeniowo $\varnothing 30m6$ na L = 30	PZKB3	T1- 200x20x51 -38A-60 K 5 VS3 35		

Nr zabiegu	1	2							
Głęb. skr.[mm]	0,04	0,008							
Ilość przejść/Ilość przejść wyiskrzających	8/5	10/10							
V_{PO} [m/min]	25	35							
n_{PO} [obr/min]	265	318							
f [mm/obr _{PO}]	0,3 x H	0,3 x H							
V_s [m/s]	43	32							
n_s [obr/min]	5478	3057							



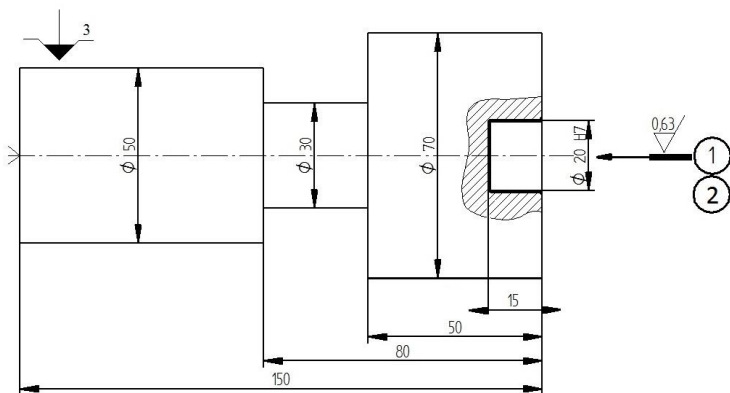
POLITECHNIKA LUBELSKA

WYDZIAŁ MECHANICZNY

KARTA OPERACYJNA

**Str.
13**

Wymiar	Odchyłka
$\Phi 20\ H7$	$+0,02$ 0



Stanowisko	Symbol	Nazwa operacji	Nr op.
Szlifierka	J G1 - E	Szlifowanie	80
Nr zabiegu:	Nazwa zabiegu:	Wyposażenie	
		Przyrządy	Narzędzia
1	Szlifować zgrubnie $\Phi 20$ na L = 15	PUTp 200	Średnicówka mikrometryczna 0-20
	Szlifować wykończeniowo $\Phi 20H7$ na L = 15		

Nr zabiegu	1	2						
Głęb. skr. [mm]	0,02	0,005						
Ilość przejść/Ilość przejść wyiskrzających	17/8	12/10						
V_{p0} [m/min]	25	40						
n_{p0} [obr/min]	398	637						
f [mm/obr _{p0}]	0,5 x H	0,2 x H						
V_s [m/s]	20	35						
n_s [obr/min]	23 800	41 700						

DZIĘKUJĘ ZA UWAGĘ !!!

**SZLIFOWANIE JAKO SPOSÓB OBRÓBK
WYKOŃCZENIOWEJ CZĘŚCI KLASY WAŁ**

**POLITECHNIKA LUBELSKA
Katedra Podstaw Inżynierii Produkcji
mgr inż. Elżbieta Doluk**

Projekt „Politechnika Lubelska - Regionalna Inicjatywa Doskonałości”
- finansowany ze środków Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego



Ministerstwo
Nauki
i Szkolnictwa
Wyższego

