

## 6. Rysowanie osi i wałów

### 6.1. Wiadomości wstępne

**Wałki maszynowe** są częściami maszyn, zazwyczaj o przekroju kołowym, przeważnie z wieloma uskokami. Poszczególne uskoki tworzą stopnie wałka, które czasami określa się mianem **segmentów**. Wałki powszechnie dzieli się na dwie grupy:

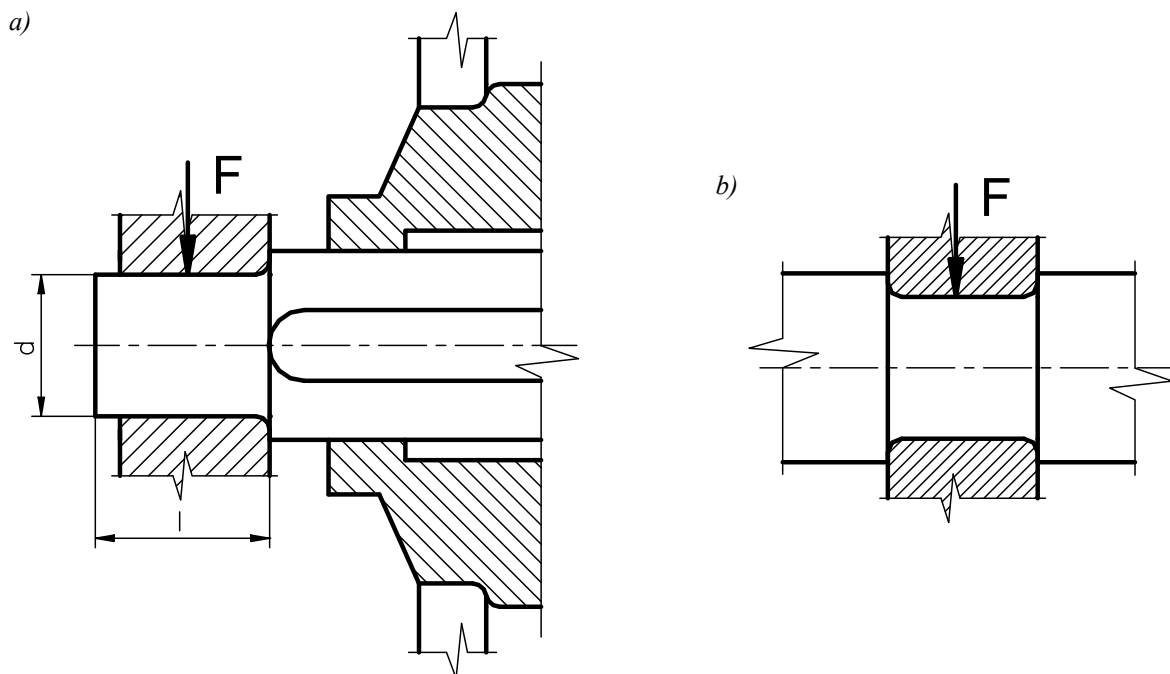
- wały,
- osie.

**Walem** nazywa się część maszynową o przekroju kołowym, która obraca się wokół swej osi wzdłużnej i przenosi moment obrotowy między osadzonymi na niej częściami. Przykładem wału może być tarcza sprzęgła i koło zębate. Na skutek działających na wał sił i momentów w wale występują naprężenia zginające i skręcające oraz naprężenia ściskające i rozciągające.

**Oś** jest częścią maszynową, która swoim kształtem przypomina wał. Służy ona do utrzymywania w określonym położeniu osadzonych na niej i obracających się innych części maszyn, np. kół. Osie przenoszą na podpory siły działające na te części. Oś może być **stała** i jest wtedy nieruchoma. Wówczas części osadzone są na niej obrotowo – mogą się poruszać ruchem obrotowym. W przypadku, gdy oś jest **ruchoma**, obraca się ona wraz z osadzonymi na niej spoczynkowo częściami. Przykładem są tu osie kół wagonowych.

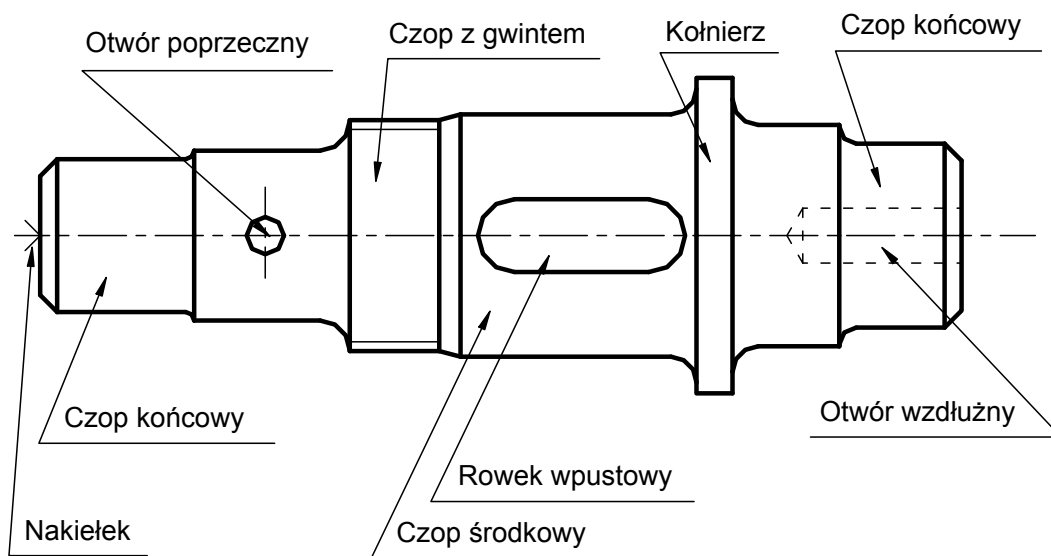
Osie w przeciwieństwie do wału nie przenoszą momentu obrotowego, a co za tym idzie nie są obciążone momentem skręcającym, lecz momentem zginającym w największym stopniu.

Odcinki wałów i osi stykające się z innymi częściami mechanizmu, które mogą być ruchome lub nieruchome nazywa się **czopami** (rys. 6.1 i 6.2.). W zależności od tego, czy czop tworzy z częścią na nim osadzoną pasowanie ruchowe czy też pasowanie spoczynkowe, rozróżnia się **czopy ruchowe** i **czopy spoczynkowe**. Czopy ruchowe mogą być obrotowe, przesuwne lub obrotowo-przesuwne, w zależności od rodzaju możliwych ruchów względnych części osadzonych na czopach.



Rys. 6.1. Czopy poprzeczne: a) końcowy; b) środkowy.

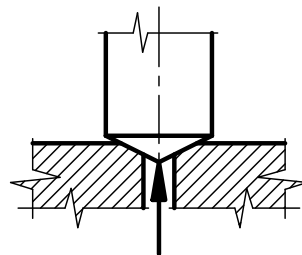
Czop umieszczony na końcu wału lub osi nazywa się **czopem końcowym** (rys. 6.1a), natomiast w przypadku, gdy umieszczony jest on w części środkowej, to wówczas nosi nazwę **czopu środkowego** (rys. 6.1b). Czopy końcowe walcowe i stożkowe wałów są znormalizowane.



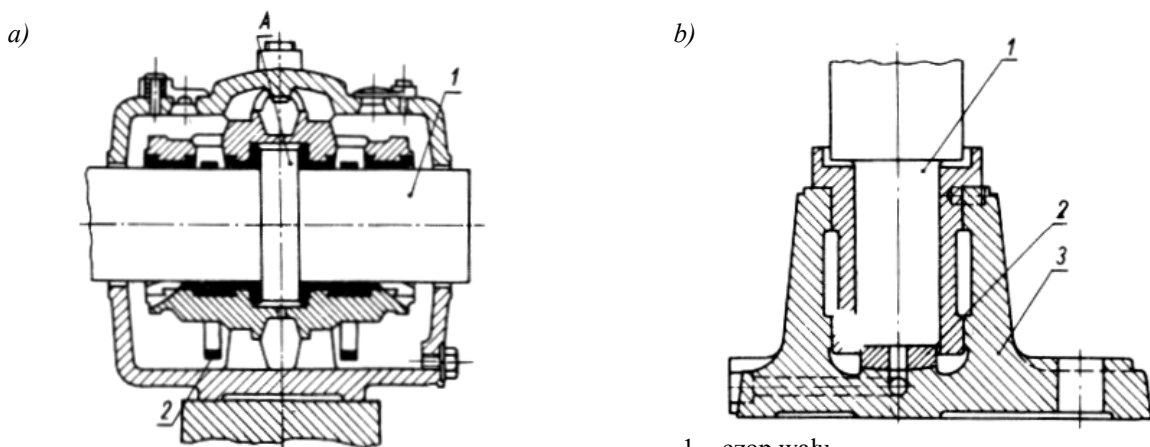
Rys. 6.2. Wałek i jego szczegóły konstrukcyjne.

W zależności od kierunku przenoszenia sił rozróżnia się czopy:

- ◆ poprzeczne (rys. 6.1),
- ◆ wzdłużne (rys. 6.3),
- ◆ poprzeczno-wzdłużne (rys. 6.4).



Rys. 6.3. Czop wzdłużny.



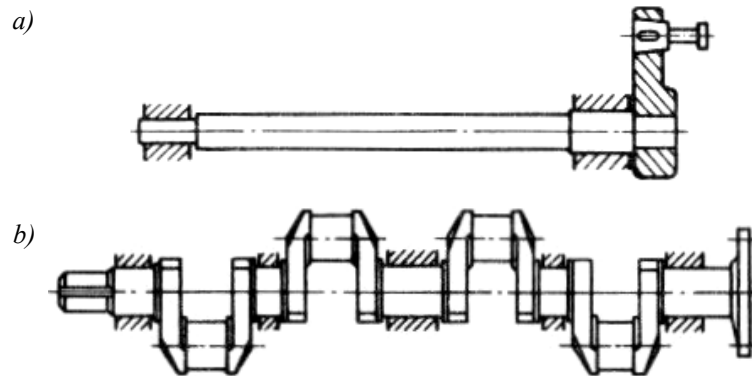
1 – czop wału,  
A – pierścieniowy występ – kołnierz,  
2 – pierścienie smarujące łożysko.

1 – czop wału,  
2 – płytkę oporową, zwana potocznie *kamieniem*,  
3 – kadłub.

Rys. 6.4. Czopy poprzeczno-wzdłużne: a) poziome; b) pionowe [4].

Wały i osie mogą być:

- **gładkie**, gdy ich przekrój poprzeczny jest jednakowy na całej długości,
- **kształtowe**, gdy przekrój kołowy jest różny na długości wału, a więc różne odcinki mają różne wymiary poprzeczne (rys. 6.5a); najczęściej są to wały schodkowe lub stopniowe,
- **pełne**, wykonane z litego materiału,
- **drążone**, czyli z otworem wzdłużnym.



Rys. 6.5. Wały: a) korbowy; b) wykorbiony [4, 10].

Wały można sklasyfikować również jako:

- proste,
- korbowe (rys. 6.5a),
- wykorbione (rys. 6.5b),
- sztywne,
- podatne, a wśród nich giętne, skrętne, giętno-skrętne,
- dwupodporowe (rys. 6.5a),
- wielopodporowe (rys. 6.5b).

Poza tym, że poszczególne stopnie wałków mają różne średnice, na niektórych z nich występują także inne szczegóły konstrukcyjne, które należy w sposób uproszczony lub szczegółowy odwzorować na rysunku. Do szczegółów tych należą:

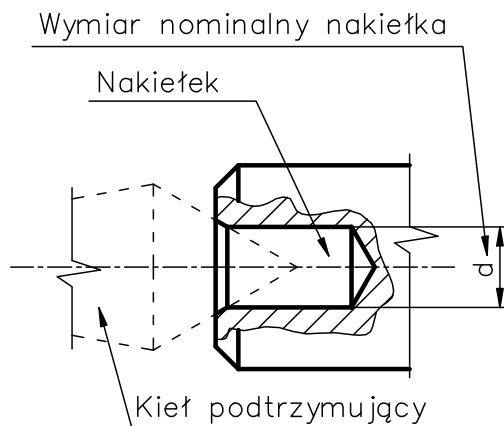
- nakielki,
- podcięcia obróbkowe,
- otwory poprzeczne przelotowe,
- otwory poprzeczne nieprzelotowe,
- otwory wzdłużne przelotowe,
- otwory wzdłużne nieprzelotowe,
- czopy nagwintowane,
- rowki wpustowe,
- elementy wielowypustowe.

## 6.2. Nakielki

**Nakielki** są drobnymi nawierceniami, wykonanymi po stronie skrajnych powierzchni czołowych wałka przy użyciu specjalnych narzędzi, zwanych **nawiertakami**. Nakielki stwarzają możliwość podpierania wałka w czasie obróbki (rys. 6.6).

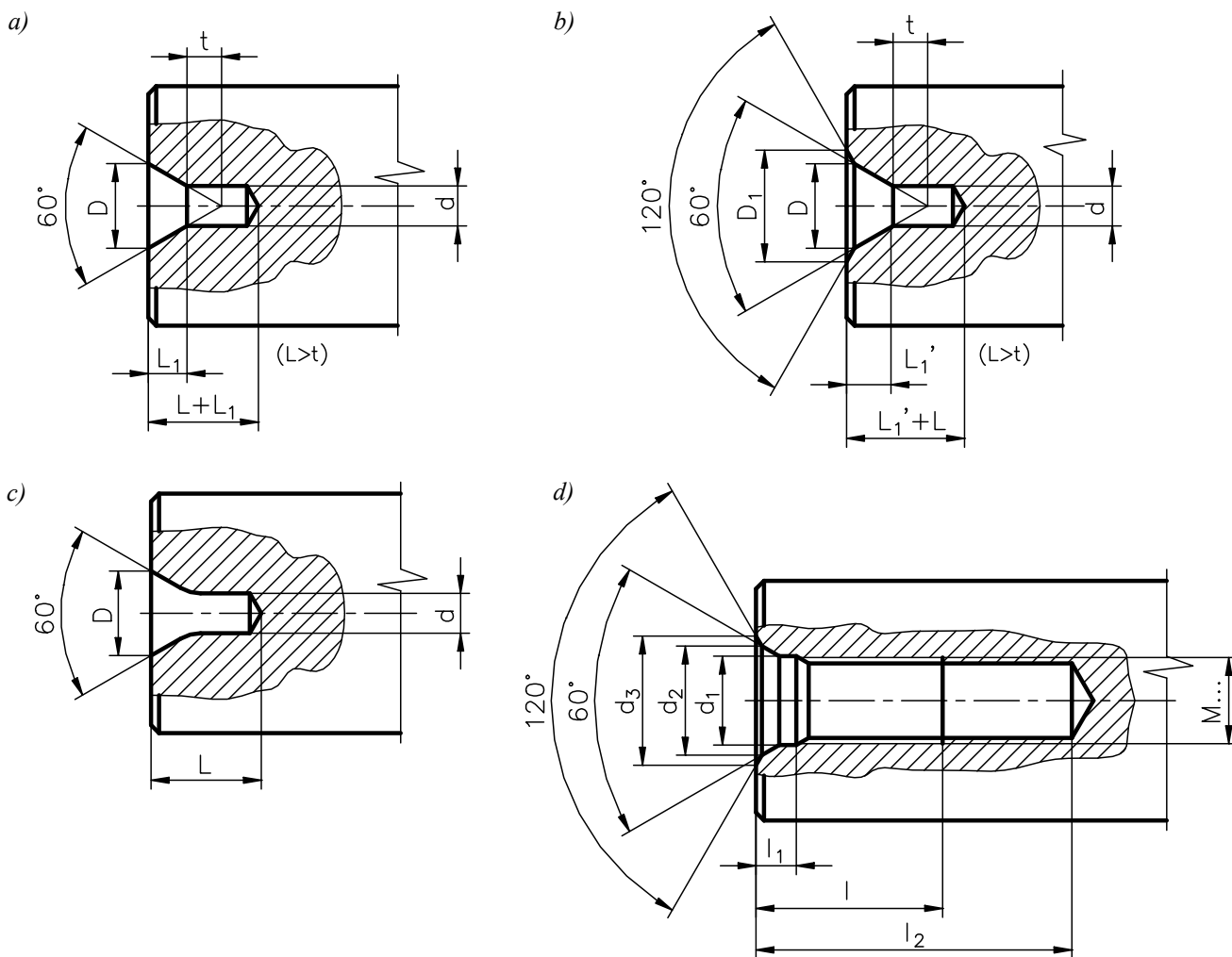
Po ostatecznym wykonaniu wałka nakielki często stają się zbędne. Po wykończeniu obróbki zdarza się, że są one usuwane. Wyróżnia się następujące **rodzaje nakielków**:

- **zwykłe**, oznaczane jako **A**,
- **chronione**, oznaczane jako **B**,
- **lukowe**, oznaczane jako **R**,
- **z gwintem**.



Rys. 6.6. Nakiełek wykorzystywany w czasie obróbki wałka.

Wymiary nakiełków są znormalizowane i dobiera się je w zależności od średnicy czopa. Na rysunku 6.7 przedstawiono wszystkie rodzaje nakiełków wraz ze sposobem ich wymiarowania. Te rysunki poglądowe wykorzystać można przy wykonywaniu rysunków wykonawczych wałów i osi. Należy przy tym jednak pamiętać o takim sposobie rysowania szczegółów, aby nie zaciemnić rysunku. Wymiary nakiełków zaprezentowano w tabelach 6.1 i 6.2.



Rys. 6.7. Sposoby wymiarowania i rysowania nakiełków: a) zwykły (**A**); b) chroniony (**B**); c) łukowy (**R**); d) z gwintem.

Tabela 6.1.

## Wymiary nakielków wewnętrznych 60° (zwykłych (A), chronionych (B), lukowych (R))

$d_{\text{wał}}$		$d$	$D$	$D_1$	$L_1$	$L_1'$	$t$
ponad	do						
[mm]		[mm]					
----	16	1,00	2,12	3,15	0,97	1,27	0,90
16	32	1,60	3,35	5,00	1,52	1,99	1,40
		2,00	4,25	6,30	1,95	2,54	1,80
32	56	2,50	5,30	8,00	2,42	3,20	2,20
		3,15	6,70	10,0	3,07	4,03	2,80
56	80	4,00	8,50	12,5	3,90	5,05	3,50
80	120	6,30	13,2	18,0	5,98	7,36	5,50
120	----	10,0	21,2	28,0	9,70	11,66	8,70

Tabela 6.2.

## Wymiary nakielków z gwintem

$d$	gwint	$d_1$	$d_2$	$d_3$	$l_{\text{min}}$	$l_1$	$l_{2 \text{ min}}$
[mm]							
6,0	M6	6,4	8,0	8,5	16,0	4,0	24,0
10	M10	10,5	12,5	13,2	24,0	5,0	38,0
12	M12	13,0	15,0	16,0	28,0	6,0	50,0
16	M16	17,0	20,0	23,0	32,0	8,0	70,0
20	M20	21,0	36,0	30,0	40,0	11,0	70,0
24	M24	25,0	31,0	36,0	50,0	12,0	90,0
30	M30	31,0	38,0	45,0	65,0	14,0	110,0
36	M36	37,0	45,0	52,0	80,0	16,0	160,0
48	M48	50,0	60,0	68,0	100,0	20,0	180,0

Na rysunkach wykonawczych wałów nakielki przedstawia się zazwyczaj w sposób umowny. Znak graficzny uproszczonego przedstawiania nakielków należy rysować linią cienką, zachowując wymiary pokazane na rysunku 6.8. Odstęp pomiędzy znakiem graficznym nakielka a linią zarysu przedmiotu nie może być mniejszy niż 0,7 mm. Sposoby przedstawienia i oznaczenia nakielków podano w tabeli 6.3.

Rys. 6.8. Znak graficzny nakiełków i jego wymiary ( $h$  – wysokość pisma).

Tabela 6.3.

## Przedstawianie i oznaczanie nakiełków

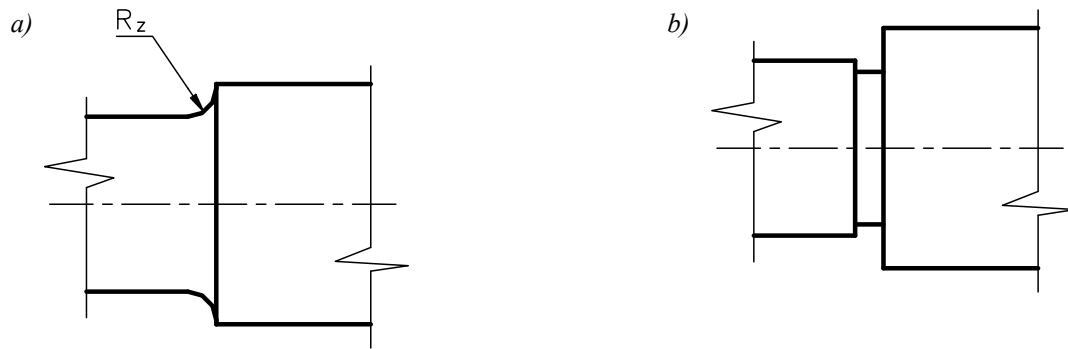
Określenie nakielka	Przedstawienie na rysunku	Oznaczenie na rysunku
Nakiełek dopuszczalny w gotowym wyrobie		
Nakiełek niedopuszczalny w gotowym wyrobie		
Nakiełek wymagany w gotowym wyrobie		

## 6.3. Podcięcia obróbkowe

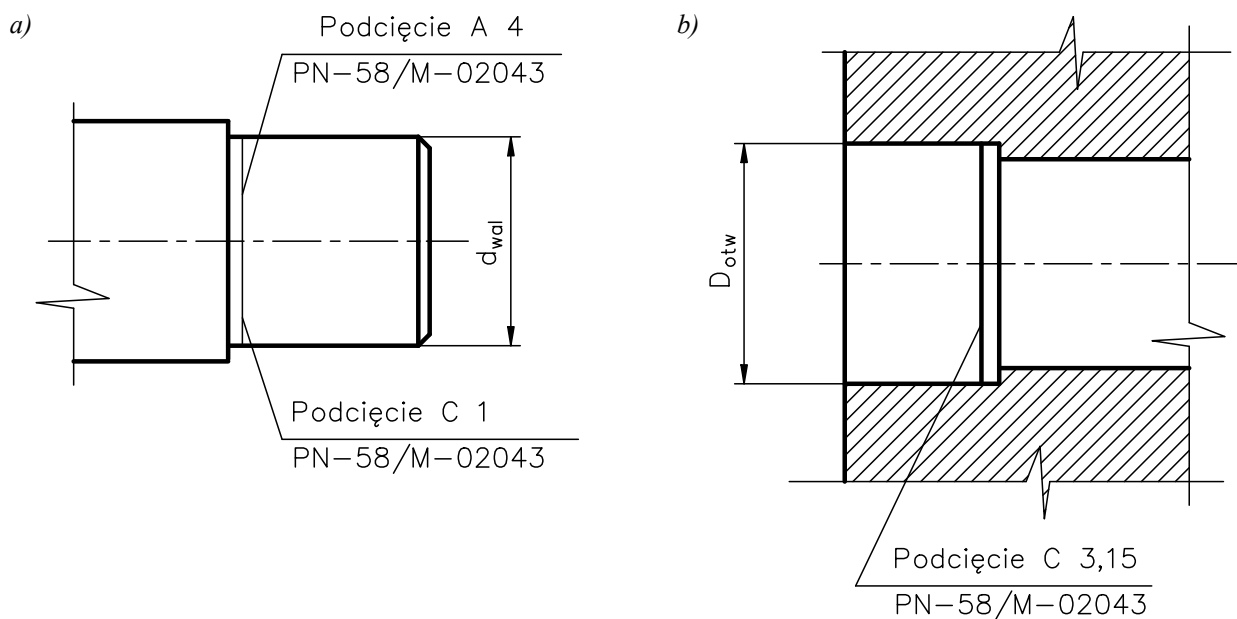
Względy wytrzymałościowe i technologiczne powodują, że na granicy pomiędzy kolejnymi stopniami osi i wałków stosuje się specjalne rozwiązania konstrukcyjne, które pełnią rolę koncentratorów naprężeń lub są wykorzystywane do nakładania różnych elementów na wałki. Zazwyczaj są to **zaokrąglenia** (rys. 6.9a) lub **podcięcia obróbkowe** (rys. 6.9b).

Zaokrąglenia posiadają znormalizowane promienie  $R_z$ , które wynoszą od 0,1 mm do 125 mm. Odnosi się to także do podcięć obróbkowych (tab. 6.4).

Rozróżnia się cztery **rodzaje podcięć obróbkowych**, które oznacza się literowo **A**, **B**, **C** i **D**. Podcięcia obróbkowe dobiera się w zależności od średnicy czopa wału (tab. 6.5). W przypadku podcięć **A** i **B**, podstawowym parametrem, czyli wielkością nominalną, jest wymiar  $b$ , natomiast w przypadku podcięć **C** i **D** jest to wymiar  $r$ . Podcięcia na rysunkach przedstawia się w sposób umowny. Dotyczy to zarówno wałów wielostopniowych, jak i otworów wielostopniowych. Na rysunku 6.10a przedstawiono przykład oznaczania podcięcia obróbkowego rodzaju **A** o szerokości  $b$  (podcięcia obróbkowego rodzaju **C** o promieniu  $r$ ), natomiast na rysunku 6.10b – przykład podcięcia obróbkowego wewnętrznego rodzaju **C** o promieniu  $r$ .

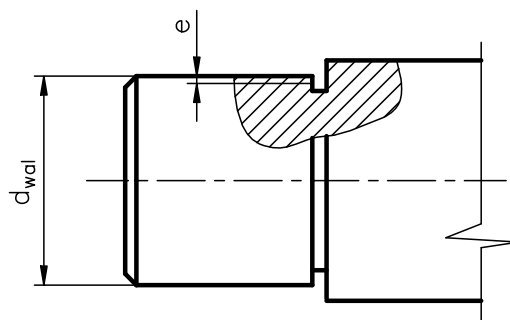


Rys. 6.9. Przejścia pomiędzy stopniami wałka: a) zaokrąglenia; b) podcięcia obróbkowe.



Rys. 6.10. Przykład oznaczenia: a) podcięcia obróbkowego rodzaju *A* o szerokości  $b = 4$  mm (podcięcia obróbkowego rodzaju *C* o promieniu  $r = 1$  mm); b) podcięcia obróbkowego wewnętrznego rodzaju *C* o promieniu  $r = 3,15$  mm.

Podcięcie wykorzystuje się w zależności od wymagań konstrukcyjnych. Podcięcia *A* i *C* stosuje się dla jednej pracującej powierzchni walcowej, natomiast podcięcia *B* i *D* stosuje się dla dwóch pracujących powierzchni prostopadłych do siebie. Ponadto podcięcia *B* i *D* stosuje się w przedmiotach podlegających obciążeniom zmiennym. Dobór podcięć *B* i *D* przedstawiono na rysunku 6.11, a także w tabeli 6.6.



Rys. 6.11. Dobór podcięć *B* i *D*.

Tabela 6.4.

## Podcięcia obróbkowe

Rodzaj podcięcia	Podcięcie obróbkowe zewnętrzne, na wale	Podcięcie obróbkowe wewnętrzne, w oprawie
A		
B		
C		
D		



Tabela 6.5.

## Wymiary podcięć obróbkowych

$d_{\text{wał}}$		Rodzaje podcięć										
		A i B					C i D					
ponad	do	$b$	$a$	$b_1$	$c$	$R_1$	$R$	$a_1$	$b_2$	$b_3$		
[mm]		[mm]										
----	3	1	$0,1^{+0,05}_0$	0,8	0,5	0,25	----	----	----	----	----	
3	10	2	0,2	$^{+0,1}_0$	1,5	1,0	0,4	1,0	0,2	$^{+0,1}_0$	1,6	1,4
10	18							1,6	2,5		2,2	
18	30							2,5	3,4			
30	80	4	0,3	3,3	1,5	0,6	2,5	0,3	$^{+0,1}_0$	3,7	3,4	
80	----	6	0,4	5,0	2,3	1,0				3,7	3,4	

Tabela 6.6.

## Zastosowanie podcięć rodzaju B i D

$d_{\text{wał}}$		Podcięcie	
		B	D
ponad	do	$e_{\text{min}}$	
[mm]		[mm]	
----	3	1,6	----
3	10	2,0	----
10	18	2,5	3,0
18	30	2,5	4,0
30	80	3,2	5,5
80	----	4,5	7,0

## 6.4. Elementy wielowypustowe

Niektóre czopy osi i wałków ukształtowane są w sposób szczególny – występują na nich charakterystyczne występy, zwane *wypustami*. Na obwodzie czopa występuje od kilku do kilkunastu wypustów. Ich minimalna liczba wynosi 6.

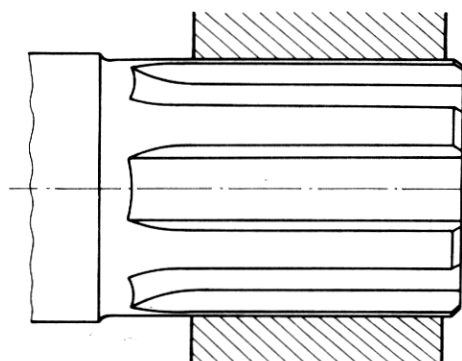
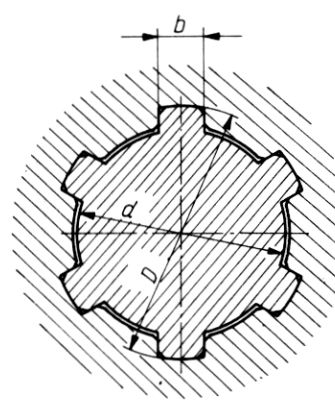
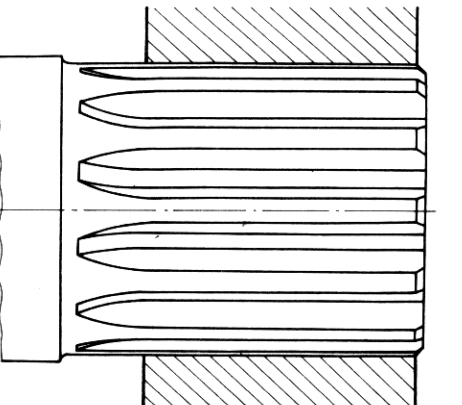
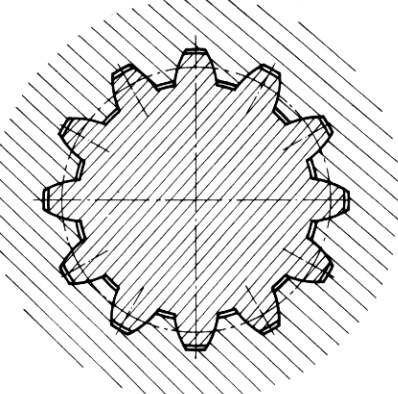
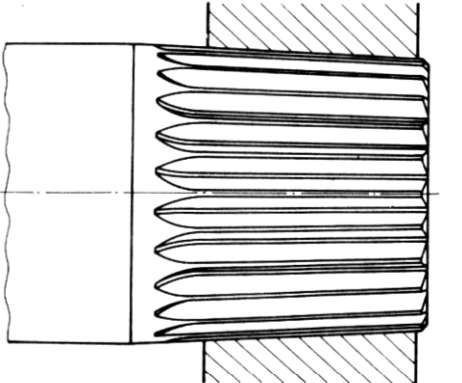
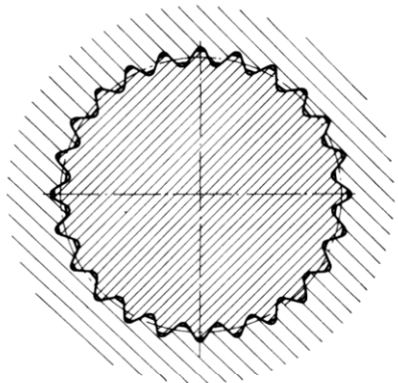
Czopy wielowypustowe współpracują z otworami podobnie ukształtowanymi, tworząc *połączenie wielowypustowe*. Połączenia te powstają przez wyfrezowanie bezpośrednio na czopach występów, które współpracują z rowkami w piastach. Rowki w piastach wykonuje się za pomocą przeciągania.

W praktyce stosuje się kilka rozwiązań konstrukcyjnych połączeń wielowypustowych (tab. 6.7):

- równoległe,
- ewolwentowe,
- wielokarbowe.

Tabela 6.7.

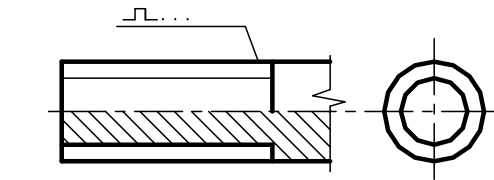
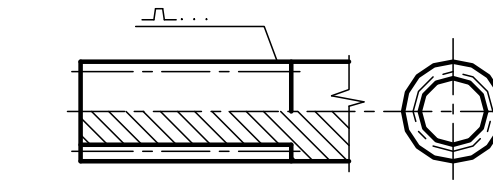
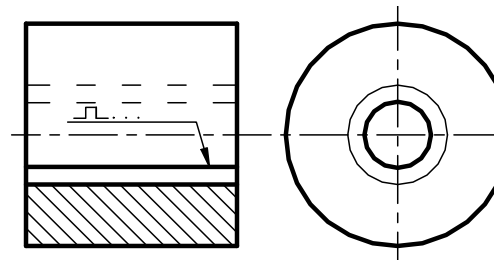
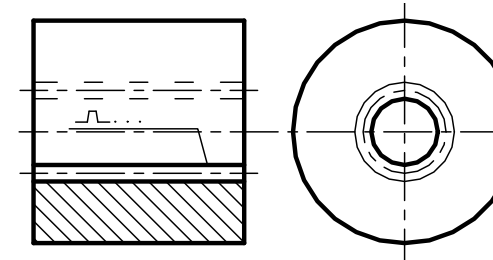
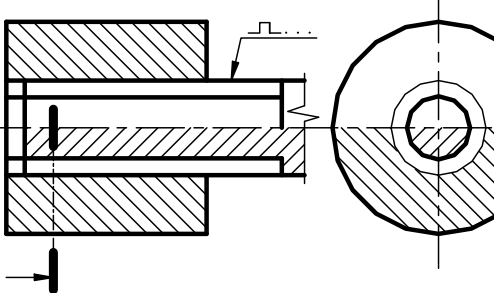
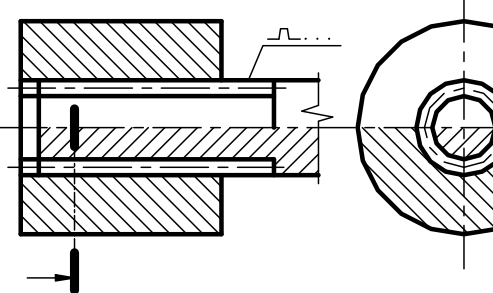
Poglądowe przedstawienie połączeń wielowypustowych [1, 7, 10, 14]

Typ połączenia wielowypustowego	Sposób przedstawienia połączenia	
równoległe		
ewolwentowe		
wielokarbowe		

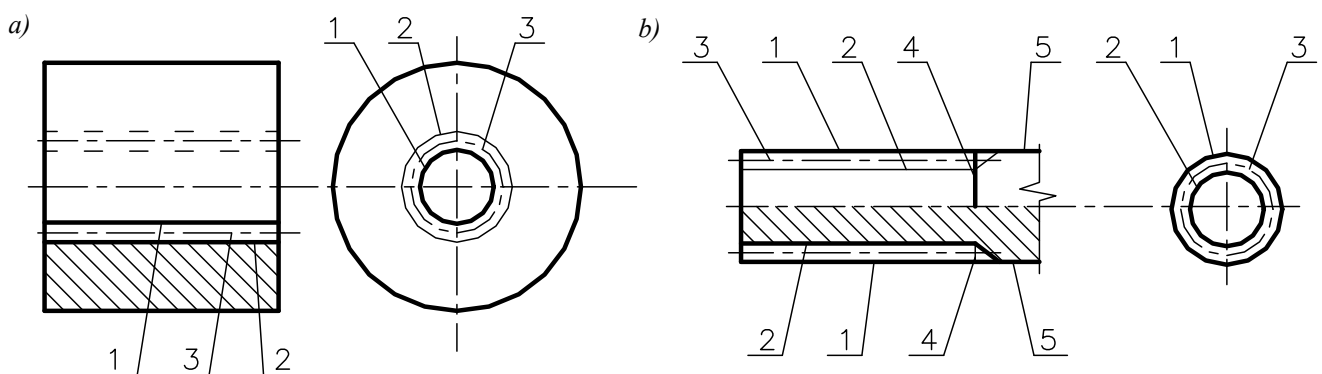
Na rysunkach technicznych połączenia wielowypustowe i wielokarbowe rysuje się w sposób uproszczony (tab.6.8) lub kompletny (tab.6.9). Zgodnie z Polską Normą unika się jednak przedstawienia kompletnego, stosując przedstawienie uproszczone.

Tabela 6.8.

Uprozczone przedstawianie połączeń wielowypustowych

Element złącza	Złącze wielowypustowe równoległe	Złącze wielowypustowe ewolwentowe i wielokarbowe
Walek		
Piasta		
Złącze		

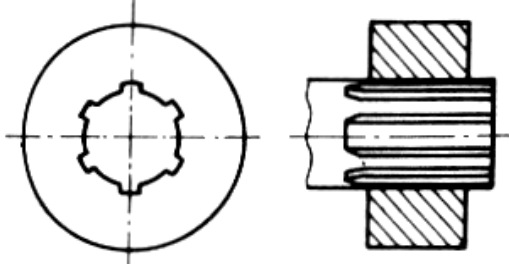
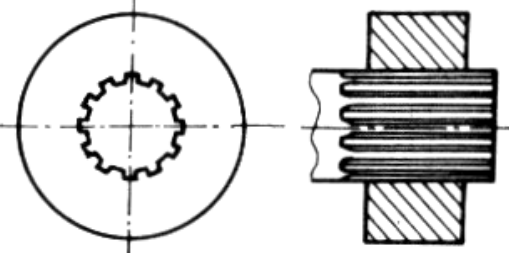
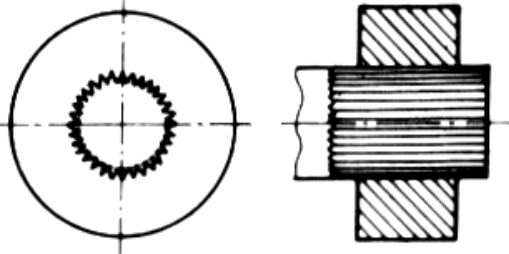
Uprozczone przedstawianie połączeń wielowypustowych przyjmuje inną postać w widoku a inną w przekroju. Różnice wynikają ze stosowania odmiennych grubości linii rysunkowych. Rysunek 6.12 obrazuje te różnice prezentując w półwidoku – półprzekroju wielowypust dla piasty i dla wałka.



Rys. 6.12. Obowiązujące rodzaje i grubości linii przy uproszczonym przedstawianiu połączeń wielowypustowych a) piasta; b) walek: 1 – powierzchnia wierzchołków – linia gruba ciągła, 2 – powierzchnia dna wrębów: na widoku – linia ciągła cienka; na przekroju – linia ciągła gruba, 3 – powierzchnia podziałowa w połączeniach ewolwentowych i wielokarbowych – linia punktowa cienka, 4 – długość użytkowa wielowypustu – linia ciągła gruba, 5 – wyjście rowków – linia o tej samej grubości, jaka była zastosowana do narysowania powierzchni dna wrębów; wyjście rowków rysuje się tylko w razie konieczności).

Tabela 6.9.

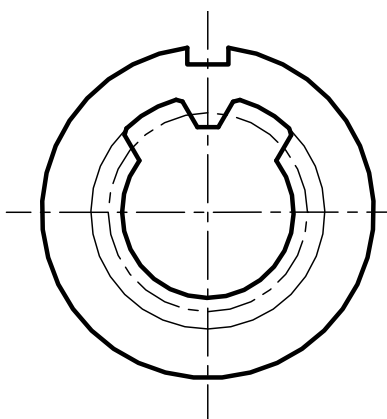
Kompletne przedstawianie połączeń wielowypustowych [1, 7, 10, 14]

Typ połączenia wielowypustowego	Sposób przedstawienia połączenia
równoległe	
ewolwentowe	
wielokarbowe	

W widoku zarysy i krawędzie wielowypustu zewnętrznego (wałka) lub wielowypustu wewnętrznego (piasty) rysuje się tak, jakby były częściami pełnymi bez wypustów i karbów, ograniczonymi walcami, przedstawiającymi powierzchnie wierzchołków.

W przekrojach wzdłużnych wałki i piasty rysuje się w taki sposób, jakby wypusty lub karby leżały naprzeciw siebie i pokazuje się je jako nieprzekrojone bez uwzględnienia podziałki.

Dopuszcza się zaznaczenie jednego lub dwóch wypustów lub karbów na rysunku części z elementem wielowypustowym, za pomocą linii ciągłej grubej, gdy istnieje konieczność zaznaczenia położenia wypustów lub karbów względem płaszczyzny symetrii (rys. 6.13).

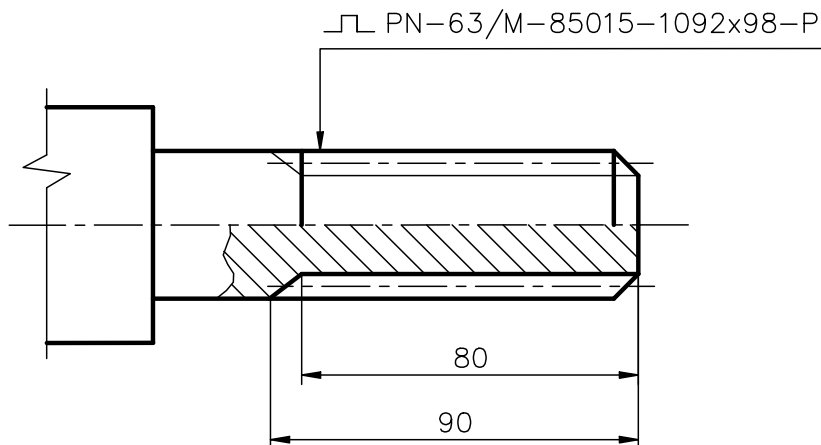


Rys. 6.13. Oznaczenie położenia wypustów względem płaszczyzny symetrii .

Wszystkie szczegóły konstrukcyjne elementów wielowypustowych (np. głębokość rowka, liczba wypustów, długość wypustu, promień zaokrąglenia, ścięcia) są znormalizowane. Z tego powodu stosuje się uproszczone rysowanie i wymiarowanie tych elementów (rys. 6.14). Uprozczone wymiarowanie składa się z trzech elementów:

- znaku graficznego wielowypustu (rys. 6.15),
- numeru normy przedmiotowej, określającej konstrukcję, czyli budowę wielowypustu,
- podstawowych parametrów wielowypustu.

Przykładowe znormalizowane oznaczenie elementów wielowypustowych prezentuje tabela 6.10.



#### Objaśnienia:

- 10 – liczba wypustów,
- 92 – wewnętrzna średnica  $d$ ,
- 98 – zewnętrzna średnica  $D$ ,
- $d$  – osiowanie na średnicy  $d$ ,
- $P$  – połączenie przesuwne,
- 120 – użyteczna długość wypustów,
- 140 – całkowita długość wypustów,
- ┌┐ – symbol graficzny wielowypustu równoległego.
- ∧ – symbol graficzny wielowypustu wielokarbowego.

Rys. 6.14. Przykład wymiarowania wałka wielowypustowego.



Rys. 6.15. Symbol graficzny połączenia wielowypustowego: a) równoległego; b) ewolwentowego i wielokarbowego [7].

Tabela 6.10.

#### Znormalizowane oznaczenie elementów połączeń wielowypustowych [1, 7, 23]

Lp.	Wyszczególnienie	Oznaczenie według PN
1.	Wałek wielowypustowy równoległy, ogólnego przeznaczenia, 8-wypustowy, spoczynkowy (s), o średnicach $d = 36$ mm, $D = 40$ mm, osiowany na średnicy $D$	┌┐ PN-63/M-85015 – 8x36x40 D – s
2.	Otwór wielorowkowy równoległy, 8-rowkowy, spoczynkowy, o średnicach $d = 36$ mm, $D = 40$ mm, osiowany na średnicy $D$	┌┐ PN-63/M-85015 – 8x36x40 D – s
3.	Wałek wielokarbowy o średnicy nominalnej $d = 20$ mm, w wykonaniu dokładnym (D)	∧ PN-63/M-85014 – w – 20 D
4.	Otwór wielokarbowy o średnicy nominalnej $d = 36$ mm, w wykonaniu zgrubnym (Z)	∧ PN-63/M-85014 – o – 36 Z

#### Norma rozróżnia:

◆ trzy rodzaje połączeń (złącz):

- S – spoczynkowe,
- P – przesuwne,
- L – luźne,

◆ trzy rodzaje połączeń (złącz):

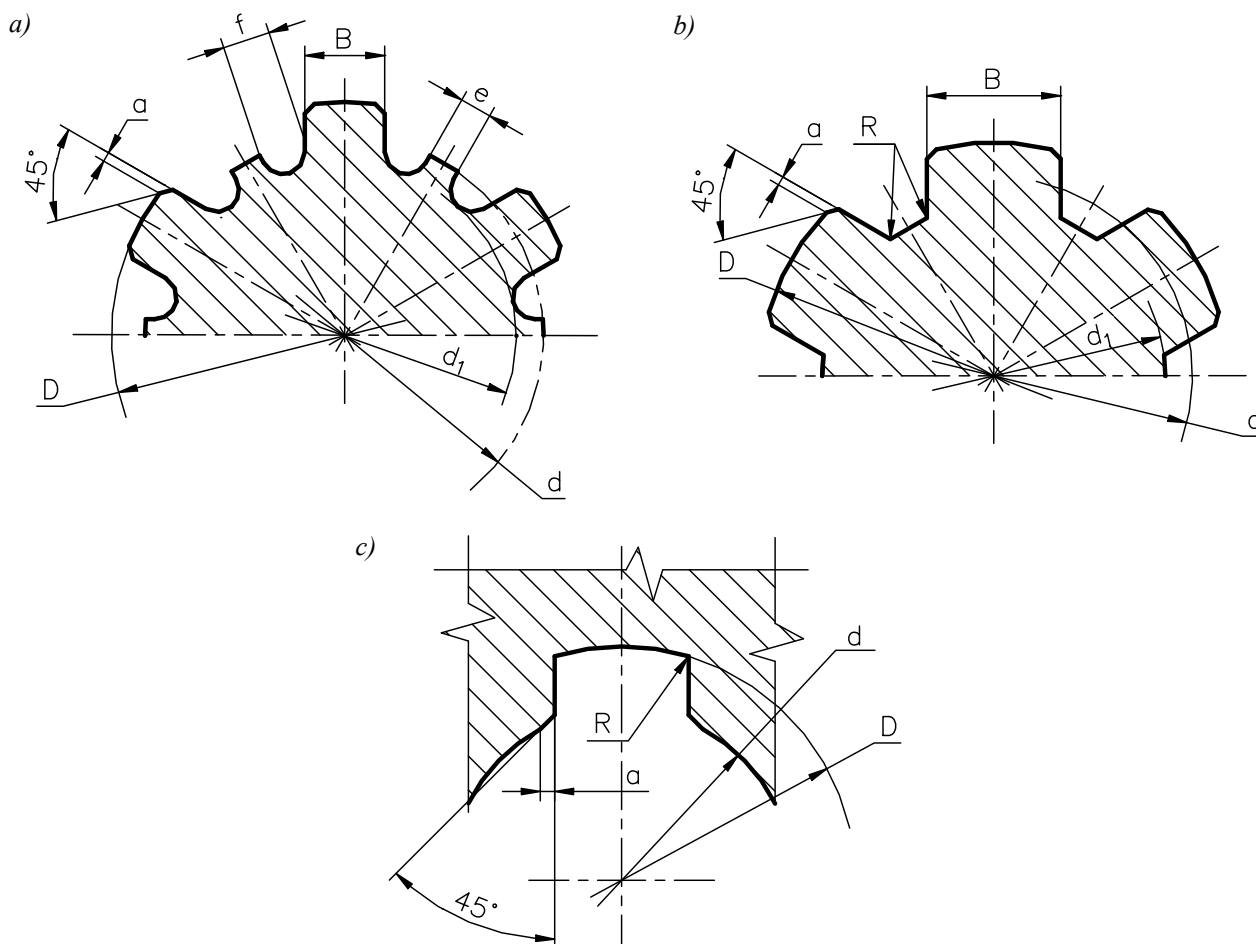
- na wewnętrznej średnicy ( $d$ ),
- na zewnętrznej średnicy ( $D$ ),
- na bokach wypustów (B).

Piasta osadzona na wale za pomocą połączenia wielowypustowego może być środkowana (osiowana) na:

- ★ bocznych powierzchni wypustów – **osiowanie na  $B$** ,
- ★ zewnętrznej średnicy wału – **osiowanie na  $D$** ,
- ★ wewnętrznej średnicy wału – **osiowanie na  $d$** .

Szczegółowy zarys połączenia wielowypustowego wraz z podziałem na sposób osiowania prezentuje rysunek 6.16.

O wyborze środkowania decydują względy konstrukcyjne i technologiczne. Osłabienia wału zastosowaniem połączenia wielowypustowego jest mniejsze niż w przypadku stosowania połączenia wpustowego. Zaletą stosowania połączeń wielowypustowych jest większa sztywność wału.



Rys. 6.16. Zarys równoległy połączenia wielowypustowego: a) dla wałka osiowanego na  $d$ ; b) dla wałka osiowanego na  $D$  lub  $B$ ; c) dla otworu.

Rozróżnia się dwa typy połączeń wielowypustowych (lekki i średni) o różnych wymiarach wypustów (tab. 6.11), których liczba wynosi 6, 8 lub 10.

Połączenia wielowypustowe podzielić można na:

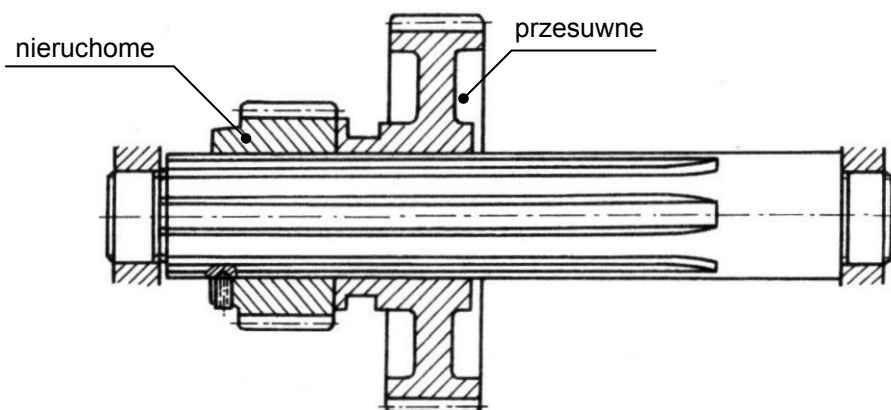
- ✓ **nieruchome**, które wykorzystuje się do stałego połączenia piasty z wałem,
- ✓ **przesuwne**, które wykorzystuje się w konstrukcjach, w których dopuszcza się ruch wzdłużny piasty na wale.

Rysunek 6.17 przedstawia połączenie nieruchome i przesuwne połączenie wielowypustowe. Lewe koło osadzone jest spoczynkowo, a prawe przesuwnie. W przypadku, gdy wymagana jest bardzo dokładna współosiowość łączonych elementów, zastosowanie znajdują połączenia wielowypustowe o zarysie równoległym lub ewolwentowym. Dotyczy to zarówno połączeń przesuwnych, jak i nieruchomych. Jedynie w przypadku połączeń nieruchomych, gdy współosiowość łączonych elementów nie musi być dokładna, stosuje się połączenia wielokarbowe.

Tabela 6.11.

## Podstawowe wymiary nominalne połączeń wielowypustowych równoległych [mm]

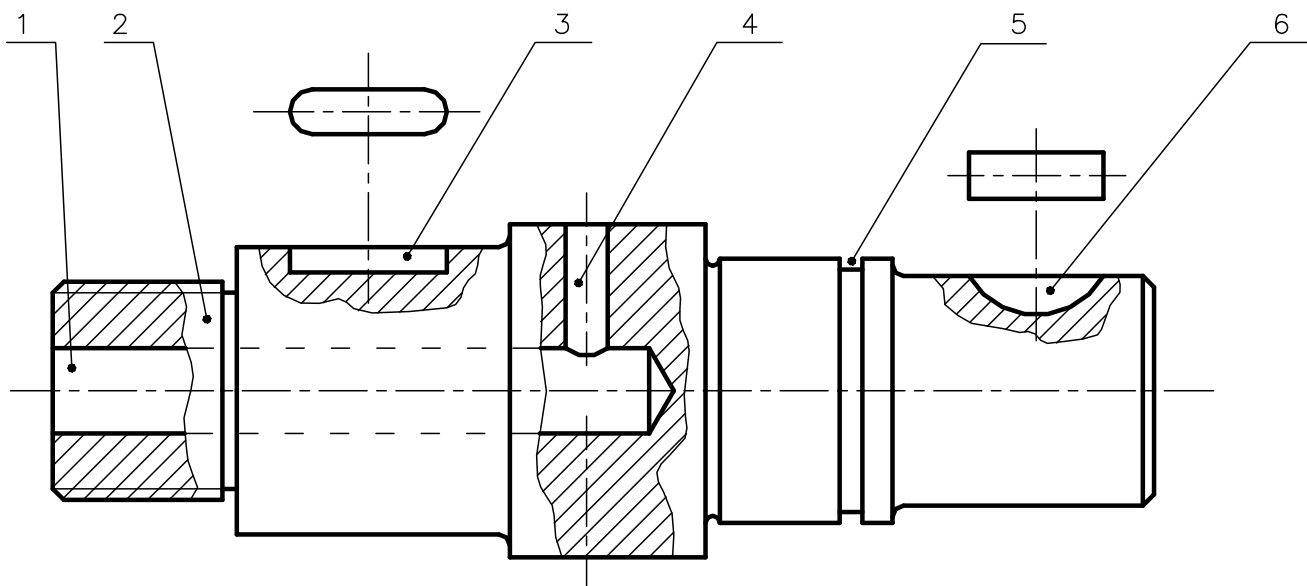
Seria lekka											
$d$	Oznaczenie	Liczba wypustów $N$	$D$	$B$	$d_1$	$f$	$e$	$a$	$R$	$d_{sr}$	$H$
23	6 x 23 x 26	6	26	6	22,1	1,25	3,54	0,3	0,2	24,5	0,9
26	6 x 26 x 30		30	6	24,6	1,84	3,85	0,3	0,2	28,0	1,4
28	6 x 28 x 32		32	7	26,7	1,77	4,03	0,3	0,2	30,0	1,4
32	8 x 32 x 36	8	36	6	30,4	1,89	2,71	0,4	0,3	34,0	1,2
36	8 x 36 x 40		40	7	34,5	1,78	3,46	0,4	0,3	38,0	1,2
42	8 x 42 x 46		46	8	40,4	1,68	5,03	0,4	0,3	44,0	1,2
46	8 x 46 x 50		50	9	44,6	1,61	5,75	0,4	0,3	48,0	1,2
52	8 x 52 x 58		58	10	49,7	2,72	4,89	0,5	0,5	55,0	2,0
56	8 x 56 x 62		62	10	53,6	2,76	6,38	0,5	0,5	59,0	2,0
62	8 x 62 x 68		68	12	59,8	2,48	7,31	0,5	0,5	65,0	2,0
72	10 x 72 x 78	10	78	12	69,6	2,54	5,45	0,5	0,5	75,0	2,0
82	10 x 82 x 88		88	12	79,3	2,67	8,62	0,5	0,5	85,0	2,0
92	10 x 92 x 98		98	14	89,4	2,36	10,08	0,5	0,5	95,0	2,0
102	10 x 102 x 108		108	16	99,9	2,23	11,49	0,5	0,5	105	2,0
112	10 x 112 x 120		120	18	108,8	3,23	10,72	0,5	0,5	116	3,0
Seria średnia											
$d$	Oznaczenie	Liczba wypustów $N$	$D$	$B$	$d_1$	$f$	$e$	$a$	$R$	$d_{sr}$	$H$
11	6 x 11 x 14	6	14	3,0	9,9	1,6	-	0,3	0,2	12,5	0,9
13	6 x 13 x 16		16	3,5	12,0	1,5	0,32	0,3	0,2	14,5	0,9
16	6 x 16 x 20		20	4,0	14,5	2,1	0,16	0,3	0,2	18,0	1,4
18	6 x 18 x 22		22	5,0	16,7	2,0	0,45	0,3	0,3	20,0	1,4
21	6 x 21 x 25		25	5,0	19,5	2,0	1,95	0,3	0,2	23,0	1,4
23	6 x 23 x 28		28	6,0	21,3	2,3	1,34	0,3	0,2	25,5	1,9
26	6 x 26 x 32		32	6,0	23,4	2,9	1,65	0,4	0,3	29,0	2,2
28	6 x 28 x 34		34	7,0	25,9	2,9	1,70	0,4	0,3	31,0	2,2
32	8 x 32 x 38	8	38	6,0	29,4	3,3	0,15	0,4	0,3	35,0	2,2
36	8 x 36 x 42		42	7,0	33,5	3,0	1,02	0,4	0,3	39,0	2,2
42	8 x 42 x 48		48	8,0	39,5	2,9	2,57	0,4	0,3	45,0	2,2
46	8 x 46 x 54		54	9,0	42,7	4,1	0,86	0,5	0,5	50,0	3,0
52	8 x 52 x 60		60	10	48,7	4,0	2,44	0,5	0,5	56,0	3,0
56	8 x 56 x 65		65	10	52,2	4,7	2,50	0,5	0,5	61,0	3,5
62	8 x 62 x 72		72	12	57,8	5,0	2,40	0,5	0,5	67,0	4,0
72	10 x 72 x 82		82	12	67,4	5,4	-	0,5	0,5	77,0	4,0
82	10 x 82 x 92	10	92	12	77,1	5,4	3,00	0,5	0,5	87,0	4,0
92	10 x 92 x 102		102	14	87,3	5,2	4,50	0,5	0,5	97,0	4,0
102	10 x 102 x 112		112	16	97,7	4,9	6,30	0,5	0,5	107	4,0
112	10 x 112 x 125		125	18	106,3	6,4	4,40	0,5	0,5	119	5,5



Rys. 6.17. Przykład połączenia wielowypustowego nieruchomego i przesuwne [10, 14, 22].

### 6.5. Inne szczegóły konstrukcyjne wałków

Inne elementy konstrukcyjne wałków, takie jak rowki wpustowe, rowki na pierścieniu osadce, otwory wzdłużne, otwory poprzeczne, czopy nagwintowane itp., rysuje się zgodnie z zasadami rysunku technicznego. Zasady ich rysowania, wymiary, uproszczenia rysunkowe itp. regulują Polskie Normy, odrębnie dla każdego elementu konstrukcyjnego. Sposób rysowania wymienionych powyżej elementów konstrukcyjnych w najbardziej ogólny sposób przedstawiono na rysunku 6.18. Należy jednak zaznaczyć, że projekt wałka wymaga często narysowania każdego elementu konstrukcyjnego w sposób uszczegółowiony, dzięki czemu unika się wątpliwości przy wykonaniu projektowanego wyrobu.



Rys. 6.18. Elementy konstrukcyjne wałków: 1 – otwór wzdłużny, 2 – czop nagwintowany, 3 – rowek wpustowy, 4 – otwór poprzeczny, 5 – rowek na pierścieniu osadcy, 6 – rowek na wpust czółenkowy.

Poniżej w kolejnych podpunktach zaprezentowano rozwiązania konstrukcyjne miejsc osadzania kół, wymiary otworów i ich rozmieszczenie w przekroju wału, wymiary ścięć, podtoczenia, dobór wpustów itp. W omówieniu tym pominięto wymiary otworów wzdłużnych i poprzecznych. Projektując i rysując wał należy pamiętać, aby nie dobrać otworu wzdłużnego większego bądź równego najmniejszej średnicy któregoś z czopów wału. Dobór średnic otworów wzdłużnych powinien być wykonywany z rozsądkiem. Te same uwagi dotyczą doboru i rysowania otworów poprzecznych.



### 6.5.1. Wymiary ścięć w funkcji średnicy wału i promienie zaokrągleń

Ścięcia potocznie określa się mianem *fazek*. Występują one zazwyczaj na czopach końcowych wału (rys. 6.19a), przy czym wielkość ścięcia uzależniona jest od średnicy wału (tab. 6.12). Ścięcia mogą także występować na czopach środkowych wałów i wówczas można je dobierać na podstawie podanych poniżej tabeli. Jednak zazwyczaj ścięcia na czopach środkowych projektuje się według uznania, biorąc pod uwagę względy konstrukcyjne, technologiczne i użytkowe. Ich wymiary mogą wtedy okazać się bardzo różne od podanych poniżej.

Tabela 6.12.

Wymiary ścięć w funkcji średnicy wału,  $c = f(d_{\text{wał}})$

$d_{\text{wał}}$	[mm]	...	10 ÷ 18	20 ÷ 38	30 ÷ 48	50 ÷ 75	80 ÷ 125	190 ÷ 320	...
<b>c</b>		...	0,6	1,0	1,6	2,0	3,2	4,0	...

W niektórych przypadkach zamiast ścięcia krawędzi pod kątem  $45^\circ$  stosuje się *promienie zaokrąglenia krawędzi wału* (tab. 6.13). Promienie zaokrąglenia, podobnie jak i ścięcia, wykonuje się w celu uniknięcia efektu karbu, wywołanego ostrą krawędzią, która w sytuacjach krytycznych prowadzi do koncentracji naprężeń, co może być przyczyną zniszczenia wału. Promienie zaokrąglenia mogą również pojawić się na czopach środkowych. Wówczas ich wymiary mogą okazać się różne od podanych poniżej.

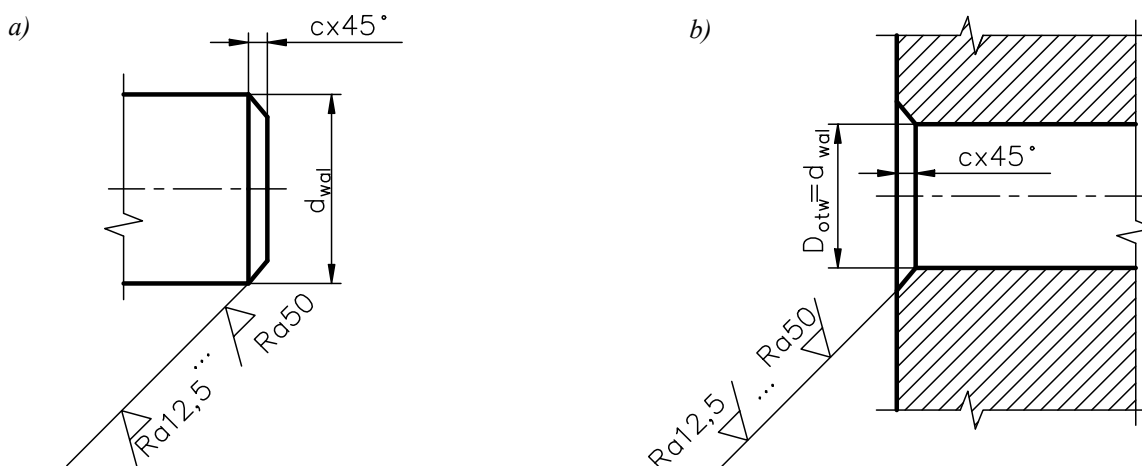
Tabela 6.13.

Wartości promieni zaokrąglenia [mm]

<b>Szereg</b>	<b>1*</b>	...	0,4	0,6	1,0	1,6	2,5	4,0	...
	<b>2</b>	...	0,5	0,8	1,2	2,0	3,0	5,0	...

\* Szereg 1 jest uprzywilejowany.

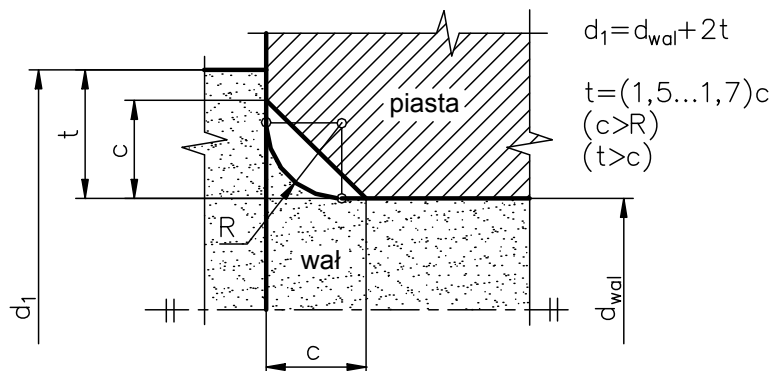
Takie same wymiary ścięć i promieni zaokrąglenia, jakie dotyczą wałów, odpowiadają także otworom (rys. 6.19b). W tym przypadku ich zadanie polega również na łagodzeniu efektu karbu. Ścięcia i promienie zaokrąglenia mogą występować nie tylko na krawędziach skrajnych otworów, ale także pomiędzy przejściem jednego otworu w drugi. Ich wymiary są wówczas określane według innych kryteriów.



Rys. 6.19. Wymiary ścięć: a) dla wału; b) dla oprawy.

### 6.5.2. Ścięcia, promienie zaokrągleń oraz wysokości odsadzeń wału

W przypadku, gdy na danym czopie umieszczany jest inny element konstrukcyjny (np. koło zębate, łańcuchowe, pasowe), zachodzi konieczność odpowiedniego przygotowania przejścia pomiędzy czopami oraz piasty osadzanego na czopie elementu konstrukcyjnego. Średnice dwóch sąsiednich czopów są ściśle ze sobą powiązane, a przejście pomiędzy nimi jest „łagodne” promieniem zaokrąglenia (rys. 6.20). Pozwala to zredukować efekt działania karbu i koncentrację naprężeń.



Rys. 6.20. Ustalanie piasty do odsadzenia wału.

Piasta w miejscu osadzenia również jest dostosowywana poprzez zastosowanie odpowiedniego ścięcia. Odpowiednie wymiary ścięć piasty i promienie zaokrągleń dla wałów są znormalizowane i dobiera się je w zależności od średnicy wału (tab. 6.14).

Tabela 6.14.

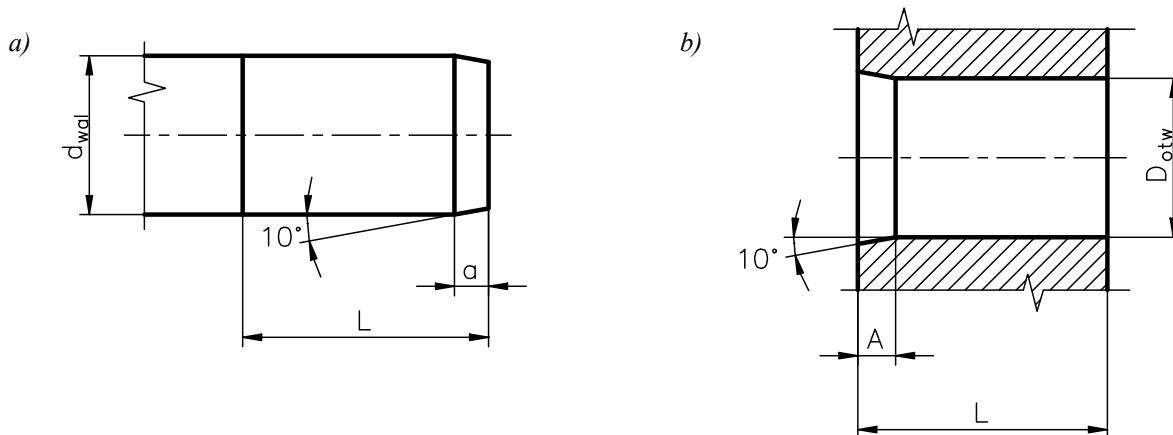
Zalecane wymiary ścięć

$d_{\text{wał}} (D)$		$\leq 20$	$\leq 30$	$\leq 45$	$\leq 70$	$\leq 100$	$\leq 150$
$R \begin{smallmatrix} 0 \\ -0,4 \end{smallmatrix}$	[mm]	1,0	1,6	2,0	2,5	3,0	4,0
$c \begin{smallmatrix} +0,4 \\ 0 \end{smallmatrix}$		1,2	2,0	2,5	3,0	4,0	5,0

### 6.5.3. Wymiary ścięć do połączeń wciskowych

Zastosowanie połączenia wciskowego wymaga odpowiedniego przygotowania zarówno czopa wału wciskanego w otwór (rys. 6.21a), jak i samego otworu (rys. 6.21b). W przypadku połączeń wciskowych stosuje się łagodne ścięcia pod kątem  $10^\circ$ . Mogą one występować nie tylko na czopach końcowych, ale także na czopach pośrednich, które są jednym z elementów połączenia wciskowego.

Charakterystyczne dla połączeń wciskowych wymiary ścięć są znormalizowane i dobiera się je w zależności od średnicy czopa wału lub w zależności od średnicy otworu w przypadku oprawy (tab. 6.15).



Rys. 6.21. Ścięcia dla połączeń wciskowych: a) wał; b) oprawa.

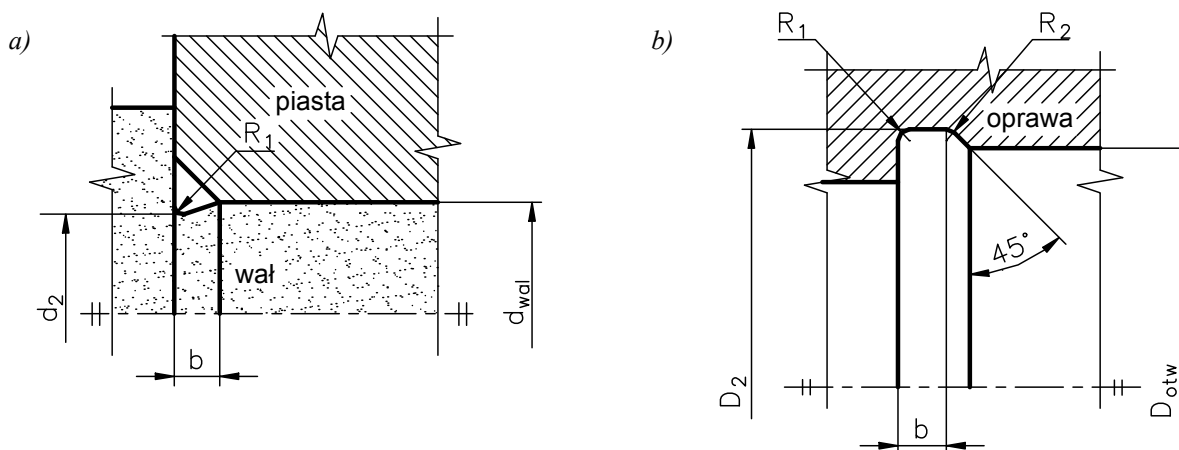
Tabela 6.15.

Wymiary ścięć do połączeń wciskowych [mm]

$d_{wal}, D_{otw}$	Wymiar	Rodzaj pasowania			
		$H/p, H/r$ $H/s, H/t$	$H7/u6$ $H8/u8$	$H7/x6$ $H8/x8$	$H7/z6$ $H8/z8$
do 50	a	0,5	1,0	1,5	2,0
	A	1,0	1,5	2,0	2,5
50 ÷ 100	a	1,0	2,0	2,0	3,0
	A	1,5	2,5	2,5	3,5
100 ÷ 250	a	2,0	3,0	4,0	5,0
	A	2,5	3,5	4,5	6,0

### 6.5.4. Podtoczenia

Podtoczenia, podobnie jak omówione wcześniej elementy konstrukcyjne, mogą występować nie tylko na wałku, ale także w oprawie, np. piasty koła zębatego (rys. 6.22). Wykonuje się je w celu lepszego dopasowania piasty do wałka (rys. 6.22a) lub wałka do oprawy (rys. 6.22b). Podtoczenia na wałkach wykonuje się na czopach, na których ma być osadzany jakiś element konstrukcyjny (np. koło zębate, koło łańcuchowe, koło pasowe). Wymiary podtoczeń są określone przez Polską Normę i zależą od średnicy wałka lub średnicy otworu (tab. 6.16).



Rys. 6.22. Wymiary podtoczeń: a) dla wału; b) dla otworu.

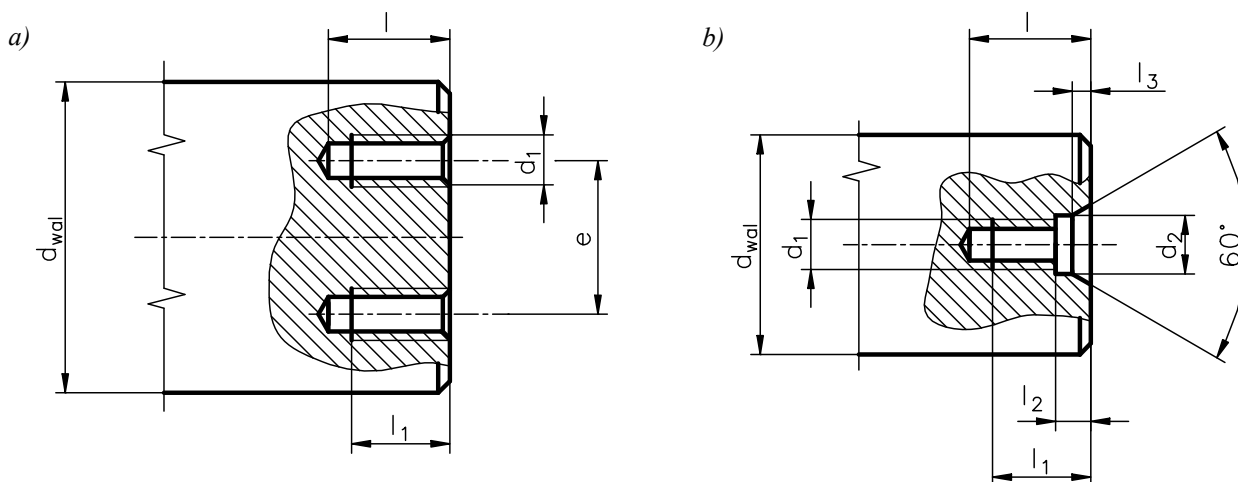
Tabela 6.16.

Wymiary podtoczeń [mm]					
$d_{\text{wał}}, D_{\text{otw}}$	$b$	$d_2$	$D_2$	$R_1$	$R_2$
10 ÷ 50	3	$d_{\text{wał}} - 0,5$	$D_{\text{otw}} + 0,5$	1,0	0,5
>50 ÷ 100	4	$d_{\text{wał}} - 1,0$	$D_{\text{otw}} + 1,0$	1,6	0,5
>100	5	$d_{\text{wał}} - 1,5$	$D_{\text{otw}} + 1,5$	2,0	1,0

### 6.5.5. Rozmieszczenie w przekroju wału otworów dla dwóch śrub lub dla pojedynczej śruby

Otworki w przekroju wałów wykonuje się na czopach końcowych i wykorzystuje się je do mocowania dekli lub płytek zabezpieczających przemieszczanie się innych elementów umieszczonych na czopach wałów. Wymiary otworów uzależnione są od średnicy czopa wału i są regulowane przez Polską Normę (tab. 6.17 i 6.18).

W budowie maszyn stosuje się jeden lub dwa otworki dla śrub (rys. 6.23). Dobór liczby otworów również jest uwarunkowany średnicą czopa wału. Dla czopów o średnicy do 35 mm stosuje się zawsze jeden otwór. Powyżej tej średnicy można stosować jeden lub dwa otworki (tab. 6.17 i 6.18).



Rys. 6.23. Rozmieszczenie i wymiary: a) dla dwóch śrub w przekroju wału; b) dla pojedynczej śruby w przekroju wału.

Tabela 6.17.

### Rozmieszczenie i wymiary otworów dla dwóch śrub w przekroju wału [mm]

$d_{\text{wał}}$	$d_1$	$l_{\text{min}}$	$l_{1\text{min}}$	$e$
35,36,38,40,42	M8	14	10	20
45				20
48,50,53				25
55,56,60	M12	21	16	30
63,65,70				36
71,75,80				40
85,90				45
95,100	M16	25	19	50

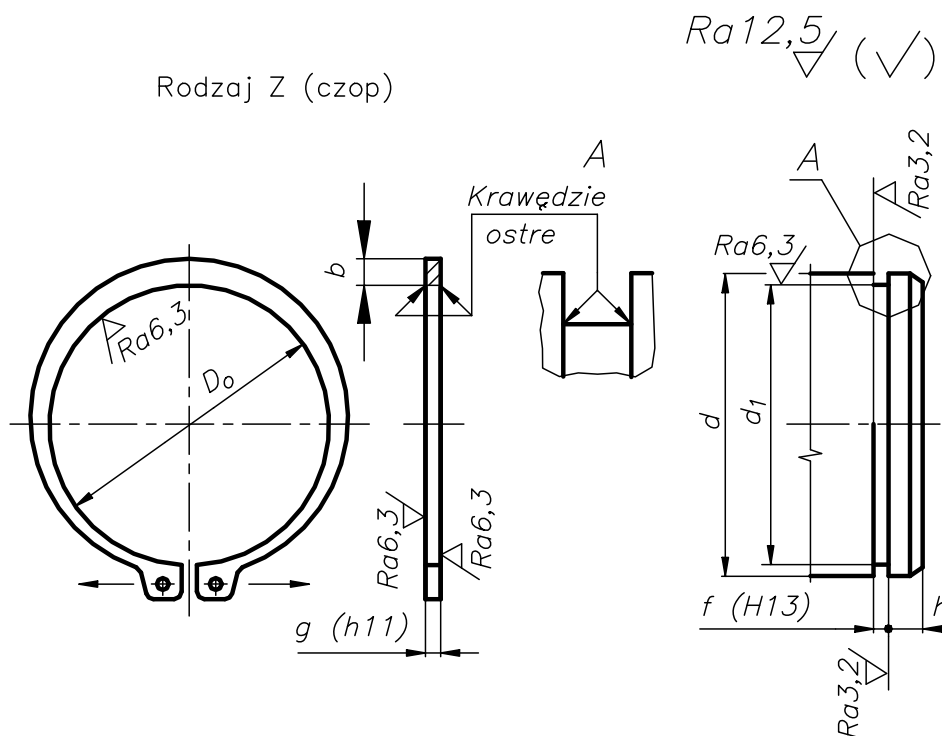
Tabela 6.18.

Rozmieszczenie i wymiary otworów dla pojedynczej śruby w przekroju wału [mm]

$d_{\text{wał}}$	$d_1$	$d_2$	$l_{\text{min}}$	$l_{1\text{min}}$	$l_2$	$l_3$
12, 14, 16	M4	4,3	14	10	3,2	2,5
18, 19	M5	5,3	17	12,5	4,0	2,8
20, 22, 24	M6	6,4	21	16	5,0	3,1
25, 28	M8	8,4	25	19	6,0	3,6
30, 32, 35, 36	M10	10,5	30	22	7,5	4,7
38, 40, 42	M12	13	37,5	28	9,5	6
45, 48, 53	M16	17	45	36	12	7
55, 56, 60, 63, 65	M20	21	53	42	15	9
70, 71	M24	25	63	50	18	13
80, 85, 90	M30	31	75	60	22	16
95, 100, 105	M36	37	90	71	25	16

### 6.5.6. Rowki na pierścieniu osadcze

Osadzenie łożyska na wałku uwarunkowane jest zastosowaniem pierścienia osadczego sprężynującego, co z kolei wymaga odpowiedniego przygotowania czopa wału, na którym ma być osadzone łożysko, poprzez wykonanie na nim rowka na zewnętrzny pierścień osadczy rodzaju Z (rys. 6.24). Umieszczenie łożyska w piąście wymaga również odpowiedniego przygotowania piasty poprzez wykonanie rowka na wewnętrzny pierścień osadczy rodzaju W (rys. 6.25). Wymiary obu wymienionych powyżej pierścieni osadczych są znormalizowane i regulowane Polską Normą (tab. 6.19 i 6.20).

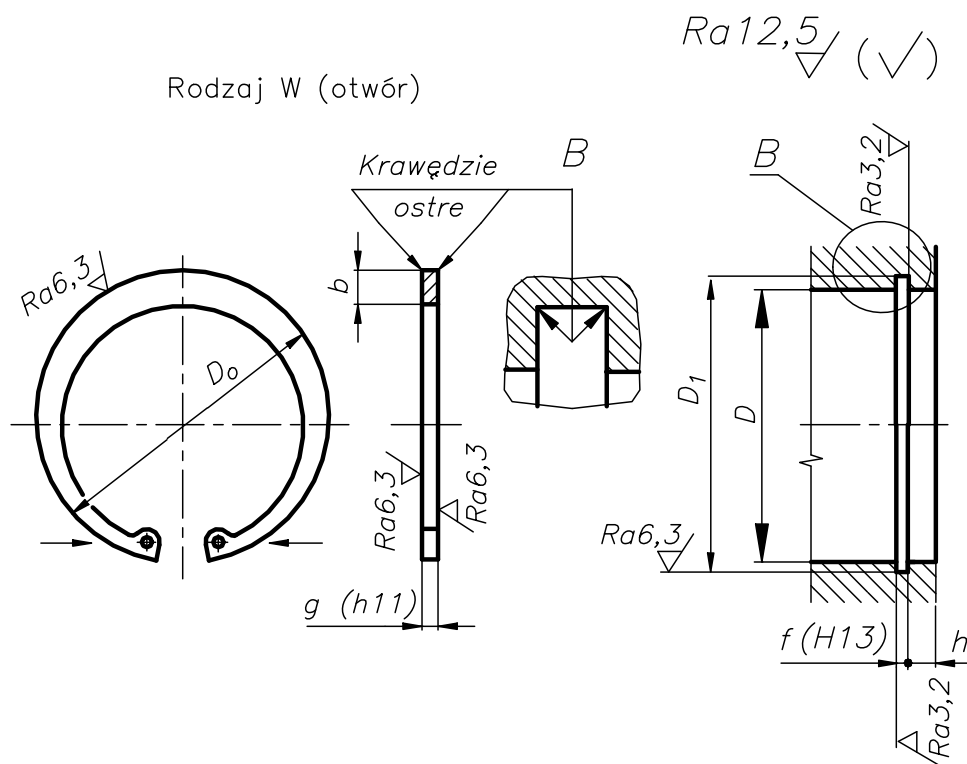


Rys. 6.24. Pierścienie osadcze rodzaju Z i wymiary rowków na czopie [1].

Tabela 6.19.

## Podstawowe wymiary pierścieni osadczyc rodzaju Z i wymiary rowków na czopie (wg PN-81/M-85111)

$d$	$D_o$	$d_1$	$b$	$g$	$f$	$h$	$d$	$D_o$	$d_1$	$b$	$g$	$f$	$h$							
[mm]							[mm]													
17	15,7	+0,21	16,2	2,3	1,00	1,10	1,2	45	41,5	+0,39	42,5	4,7	1,75	1,85	3,8					
18	16,5		17,0	2,4	1,20	1,30	1,5	48	44,5		-0,78	45,5				5,0				
20	18,5		19,0	2,6				50	45,8	47,0		5,1								
22	20,5		21,0	2,8				55	50,8	52,0	5,4									
24	22,2		22,9	3,0				56	51,8	53,0	5,5	2,00	2,15							
25	23,2		23,9	3,0				60	55,8	57,0	5,8									
26	24,2		24,9	3,1				63	58,8	60,0	6,2	+0,46	-0,92	2,50	2,65					
28	25,9		26,6	3,2				1,50	1,60	2,1	65					60,8	62,0	6,3		
30	27,9		28,6	3,5							70					65,5	67,0	6,6		
32	29,6		30,3	3,6							72					67,5	69,0	6,8		
35	32,2	33,0	3,9	75							70,5					72,0	7,0			
36	33,2	34,0	4,0	3,0	3,0	80	74,5				76,5					7,4				
38	35,2	36,0	4,2			85	79,5				81,5					7,8				
40	36,5	37,5	4,4			+0,54	3,00				3,15					5,3				
42	38,5	39,5	4,5														90	84,5	86,5	8,2
		-0,78					3,8													
			94,5			-1,08					96,5	9,0								



Rys. 6.25. Pierścienie osadze rodzaju W i wymiary rowków w otworze [1].

Tabela 6.20.

## Podstawowe wymiary pierścieni osadczycy rodzaju W i wymiary rowków otworze (wg PN-81/M-85111)

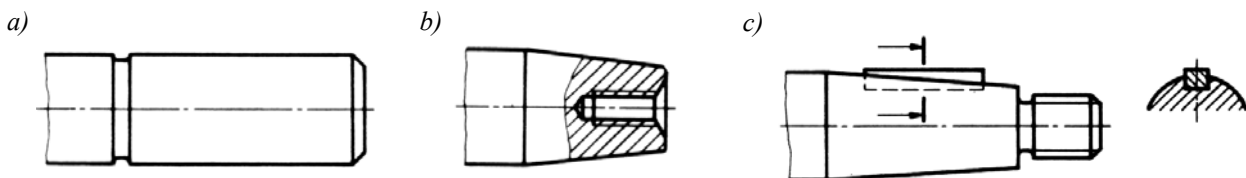
$d$	$D_o$	$d_1$	$b$	$g$	$f$	$h$	$d$	$D_o$	$d_1$	$b$	$g$	$f$	$h$										
[mm]							[mm]																
37	39,8	+0,50	39,0	3,6	1,50	1,60	3,0	75	79,5	+0,92	78,0	6,6	2,50	2,65	4,5								
38	40,8	-0,25	40,0	3,7				80	85,5	-0,46	83,5	7,0											
40	43,5	+0,78	42,5	3,9	1,75	1,85	3,8	85	90,5	+1,08	88,5	7,2	3,00	3,15	5,3								
42	45,5	-0,39	44,5	4,1				88	93,5		-0,54	91,5				7,4							
45	48,5	+0,92	47,5	4,3				90	95,5		-0,54	93,5				7,6							
47	50,5		49,5	4,4				100	105,5			104,0				8,4							
48	51,5		50,5	4,5				105	112,0			109,0				8,7							
50	54,2	-0,46	53,0	4,6	2,00	2,15	4,5	110	117,0	+1,26	114,0	9,0	4,00	4,15	6,0								
55	59,2		58,0	5,0				120	127,0		124,0	9,7											
56	60,2		59,0	5,1				130	137,0		134,0	10,2											
60	64,2		63,0	5,4				140	147,0		144,0	10,7											
62	66,2		65,0	5,5				150	158,0		155,0	11,2											
63	67,2		66,0	5,6				160	169,0		165,0	11,6											
65	69,2		68,0	5,8				170	179,5		175,0	12,2											
70	74,5		73,0	6,2				180	189,5		185,0	13,2											
								2,50	2,65														7,5

## 6.5.7. Przykładowe rozwiązania w konstruowaniu i rysowaniu czopów końcowych wałów

Normy Polskie regulują także kształt czopów końcowych wałów. Mogą one być *walcowe* (rys. 6.26a) lub *stożkowe* (rys. 6.26b i 6.26c).

Na **czopach końcowych walcowych** często wykonuje się w miarę potrzeby podcięcie lub rowek na pierścieniu osadzczy. Czopy te często zawierają otwory na śruby, podobnie jak czopy stożkowe, które w większości przypadków mają kształt pokazany na rysunku 6.26b. Na końcowych czopach walcowych często wykonuje się także gwint zewnętrzny.

Dość ciekawym rozwiązaniem są **czopy końcowe stożkowe** z rowkiem wpustowym, po którym może występować krótki (rzędu 10 do 25 mm) czop walcowy z gwintem zewnętrznym na całej długości (rys. 6.26c).

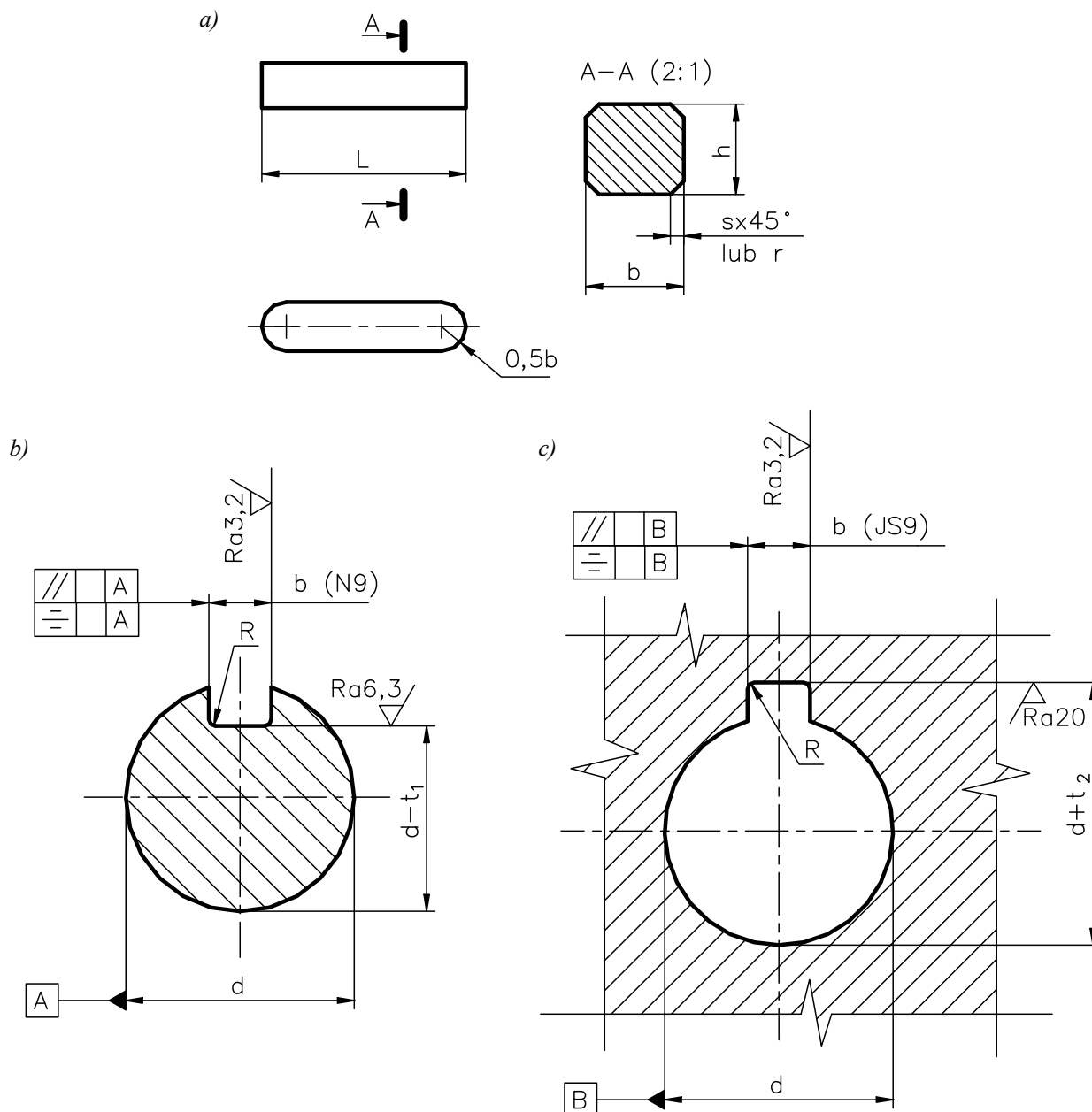


Rys. 6.26. Czopy końcowe wałów: a) walcowy; b) i c) stożkowy [1, 2].

## 6.5.8. Wymiary wpustów pryzmatycznych i czółenkowych. Wymiary rowków na wpust

Poniżej podano podstawowe parametry wpustów pryzmatycznych odmiany A (rys. 6.27) i czółenkowych (rys. 6.28 i 6.29), które wykorzystuje się w osadzaniu kół zębatych, łańcuchowych lub pasowych na wałkach. Długość i szerokość wpustów oraz rowków na wpust dobiera się w zależności od średnicy wału (tab. 6.21, 6.22

i 6.23). Stosowanie tego połączenia w porównaniu do połączenia wielowypustowego powoduje znaczne osłabienie wału. Źle wykonany rowek wpustowy staje się koncentratorem naprężeń i powoduje efekt karbu.



Rys. 6.27. Wpusty pryzmatyczne odmiany A: a) wymiary; b) miejsce osadzania na wale; c) miejsce osadzania na piąście.

Tabela 6.21.

Długości wpustów pryzmatycznych [mm]

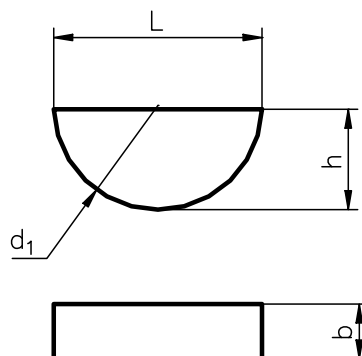
<b>b max</b>								2←					3←		4←
<b>L =</b>	6	8	10	12	14	16	18	20	22	25	28	32	36	40	45
<b>b min</b>	→2, 3	→4	→5		→6		→8		→10		→12		→14		→16
<b>b max</b>		5←		6←		8←	10←			12←	14←	16←	18←	20←	22←
<b>L =</b>	50	56	63	70	80	90	100	110	125	140	160	180	200	220	250
<b>b min</b>	→18	→20	→22	→25	→28	→32	→36, 40	→45	→50	→56	→63	→80			



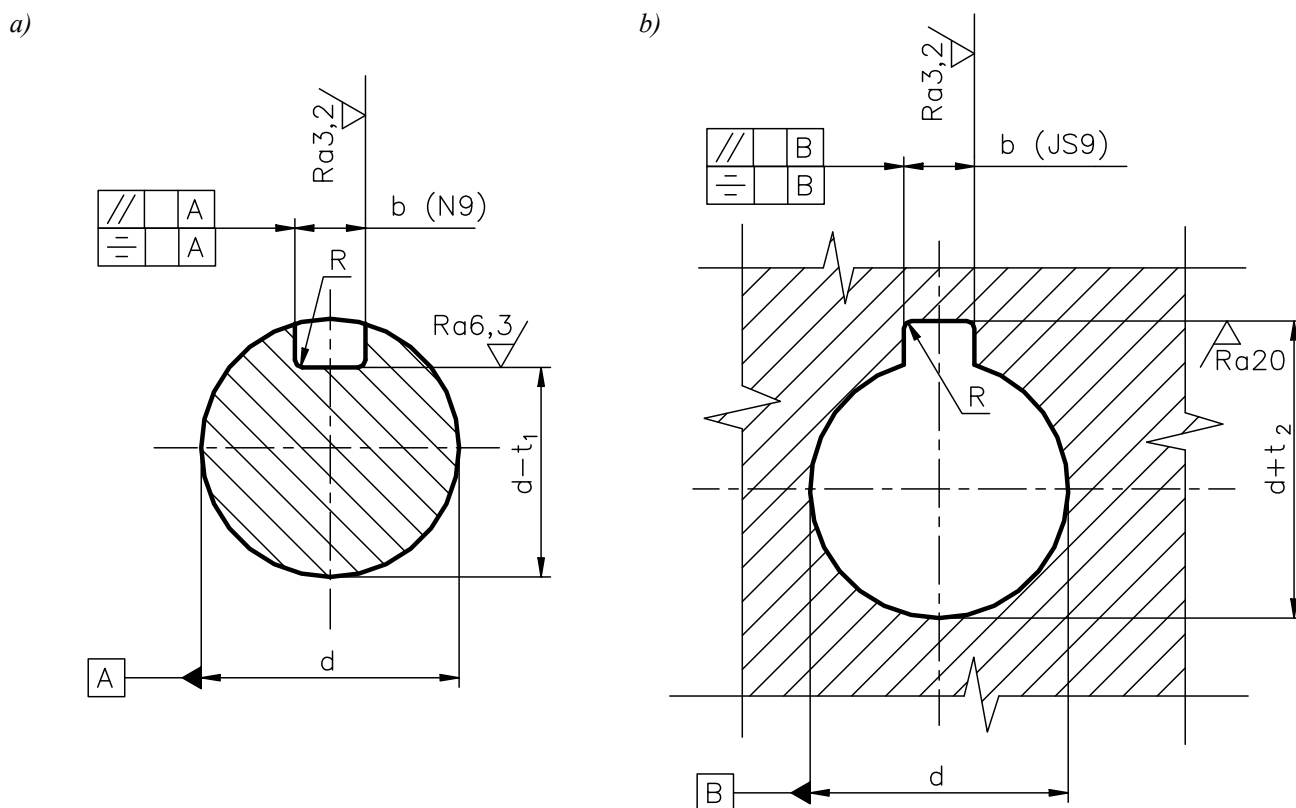
Tabela 6.22.

Podstawowe wymiary wpustów pryzmatycznych oraz rowków na wpust [mm]

Wał		Wpust				Rowek na wpust													
d	ponad	do	b	h9	h (h ≤ 6 mm h9; h ≥ 6 mm h11)	s x 45° lub r		Szerokość					Głębokość				R		z
						max	min	b	Odchyłki dla połączeń „wał-piasta”			t1	t2	Max	min				
									ruchowych	zwykłych	spocz.								
						w wale H9	w piastce D10	w wale N9	w piastce JS9	w wale i piastce P9									
6	8	2	2	0,25	0,16	2	+0,025	+0,060	-0,004	±0,0125	-0,006	1,2	+0,1	1,0	+0,1	0,16	0,08	2,5	
8	10	3	3			3	0	+0,020	-0,029			1,8		1,4		0,16	0,08	3,5	
10	12	4	4	0,40	0,25	4	+0,030	+0,078	0	±0,0150	-0,012	2,5	0	1,8	0	0,16	0,08	4,0	
12	17	5	5			5	0	+0,030	-0,030			3,0		2,3		0,25	0,16	5,0	
17	22	6	6	0,60	0,40	6	+0,036	+0,098	0	±0,0180	-0,015	3,5	+0,2	2,8	+0,2	0,25	0,16	6,0	
22	30	8	7			8	0	+0,040	-0,036			4,0		3,3		0,25	0,16	8,0	
30	38	10	8	0,80	0,60	10	+0,043	+0,120	0	±0,0215	-0,018	5,0	0	3,3	0	0,40	0,25	8,0	
38	44	12	8			12	0	+0,050	-0,043			5,5		3,8		0,40	0,25	9,0	
44	50	14	9	1,20	1,00	14	+0,052	+0,149	0	±0,0260	-0,022	6,0	+0,3	4,3	+0,3	0,40	0,25	11,0	
50	58	16	10			16	0	+0,065	-0,052			6,0		4,4		0,40	0,25	11,0	
58	65	18	11	2,00	1,60	18	+0,062	+0,180	0	±0,0310	-0,026	7,0	0	4,4	0	0,60	0,40	12,0	
65	75	20	12			20	0	+0,080	-0,062			7,5		4,9		0,60	0,40	14,0	
75	85	22	14	3,00	2,50	22	+0,074	+0,220	0	±0,0370	-0,032	9,0	+0,3	5,4	+0,3	0,60	0,40	14,0	
85	95	25	14			25	0	+0,100	-0,074			9,0		5,4		0,60	0,40	14,0	
95	110	28	16	3,00	2,50	28	+0,087	+0,260	0	±0,0440	-0,037	10,0	0	6,4	0	0,60	0,40	16,0	
110	130	32	18			32	0	+0,120	-0,087			11,0		7,4		0,60	0,40	18,0	
130	150	36	20	3,00	2,50	36	+0,074	+0,220	0	±0,0370	-0,032	12,0	+0,3	8,4	+0,3	1,00	0,70	21,0	
150	170	40	22			40	0	+0,080	-0,062			12,0		8,4		1,00	0,70	21,0	
170	200	45	25	3,00	2,50	45	+0,087	+0,260	0	±0,0440	-0,037	13,0	0	9,4	0	1,00	0,70	23,0	
200	230	50	28			50	0	+0,100	-0,074			13,0		9,4		1,00	0,70	23,0	
230	260	56	32	3,00	2,50	56	+0,074	+0,220	0	±0,0370	-0,032	15,0	+0,3	10,4	+0,3	1,00	0,70	26,0	
260	290	63	32			63	0	+0,100	-0,074			15,0		10,4		1,00	0,70	26,0	
290	330	70	36	3,00	2,50	70	+0,087	+0,260	0	±0,0440	-0,037	17,0	0	11,4	0	1,00	0,70	28,0	
330	380	80	40			80	0	+0,120	-0,087			17,0		11,4		1,00	0,70	28,0	
380	440	90	45	3,00	2,50	90	+0,087	+0,260	0	±0,0440	-0,037	20,0	0	12,4	0	2,50	2,00	40,0	
440	500	100	50			100	0	+0,120	-0,087			20,0		12,4		2,50	2,00	40,0	
						100	0	+0,120	-0,087	±0,0440	-0,124	31,0		19,4		2,50	2,00	50,0	



Rys. 6.28. Wymiary wpustów czółenkowych.



Rys. 6.29. Wymiary rowków w miejscach osadzania wpustów czółenkowych: a) na wale; b) na piaście.

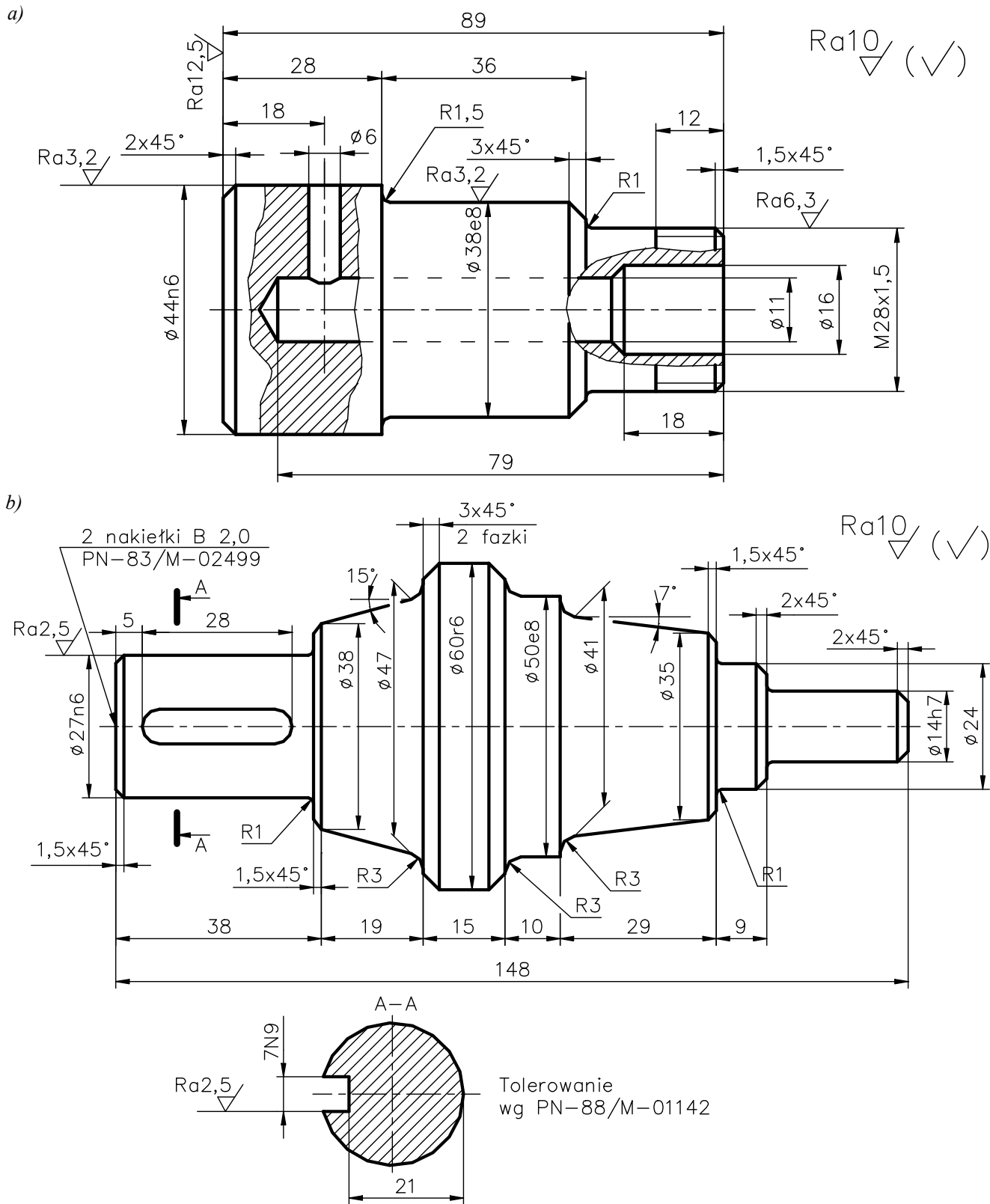
Tabela 6.23.

Podstawowe wymiary wpustów czółenkowych oraz rowków na wpust [mm]

Walec				Wpust			Rowek na wpust							
<i>d</i>				<i>b x h</i> <i>b (h9)</i> <i>h (h12)</i>	<i>L</i>	<i>D<sub>1</sub></i>	Szerokość			Głębokość		Promień zaokrąglenia		
szereg 1		szereg 2					<i>b</i>	Odchyłki dla połączeń „wał-piasta”			<i>t<sub>1</sub></i> <sup>+0,1</sup> <sub>0</sub>	<i>t<sub>2</sub></i> <sup>+0,1</sup> <sub>0</sub>	<i>R</i>	
ponad	do	ponad	do					mieszanych	właczanych	<i>max</i>			<i>min</i>	
							w wale N9	w piaście JS9	w wale i piaście P9					
6	8	10	12	2,0x2,6	6,8	7	2	-0,004	+0,0125	-0,006	1,8	1,0	0,16	0,08
				2,0x3,7	9,7	10					2,9	1,0		
8	10	12	17	2,5x3,7	9,7	10	3	-0,029	-0,0125	-0,031	2,9	1,0		
				3,0x3,7	9,7	10					2,5	1,4		
				3,0x5,0	12,6	13					3,8	1,4		
10	12	17	22	4,0x5,0	12,6	13	4				3,5	1,8		
				4,0x6,5	15,7	16					5,0	1,8		
12	17	22	30	5,0x6,5	15,7	16	5	0	+0,0150	-0,012	4,5	2,3		
				5,0x7,5	18,6	19					5,5	2,3		
17	22	30	38	6,0x7,5	18,6	19	6	-0,030	-0,0150	-0,042	5,0	2,8		
				6,0x9,0	21,6	22					6,5	2,8		
				6,0x10,0	24,5	25					7,5	2,8		
22	30	38	44	8,0x9,0	21,6	22	8	0	+0,0180	-0,015	6	3,3		
				8,0x11,0	27,3	28					8	3,3		
30	38	44	50	10,0x13,0	31,4	32	10	-0,036	-0,0180	-0,051	10	3,3	0,40	0,25

### 6.6. Uwagi o rysowaniu osi i wałów

Na rysunkach wykonawczych osie i wały przedstawia się w zasadzie *bez uproszczeń* (rys. 6.30). W szczególnych przypadkach, czego przykładem mogą być rysunki w dużym pomniejszeniu, zarysy osi i wałów można upraszczać, prezentując dokładny kształt uproszczonych fragmentów przedmiotu (rys. 6.33 i 6.34).



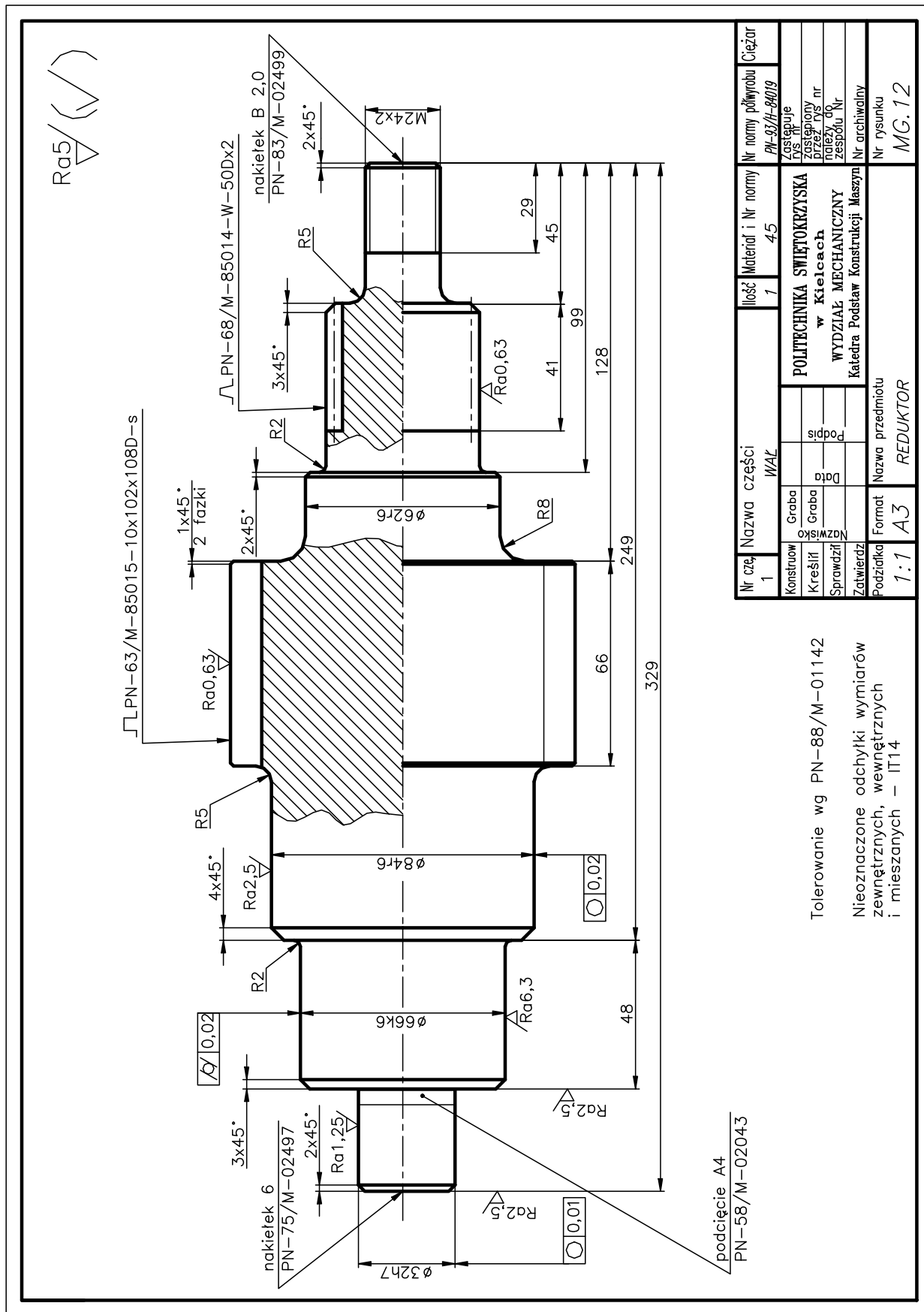
Rys. 6.30. Rysunek: a) osi; b) wałka.

Na rysunkach złożeniowych osie i wały rysuje się stosując *uproszczenia rysunkowe pierwszego stopnia* bez powiększanych fragmentów przedmiotu lub *uproszczenia drugiego stopnia*, polegające na pomijaniu gwintów, wielowypustów itp. Pomijanie wymienionych szczegółów można zastosować wówczas, gdy pokazanie ich na rysunku jest zbędne lub gdy rysunek złożeniowy wykonuje się w pomniejszeniu.

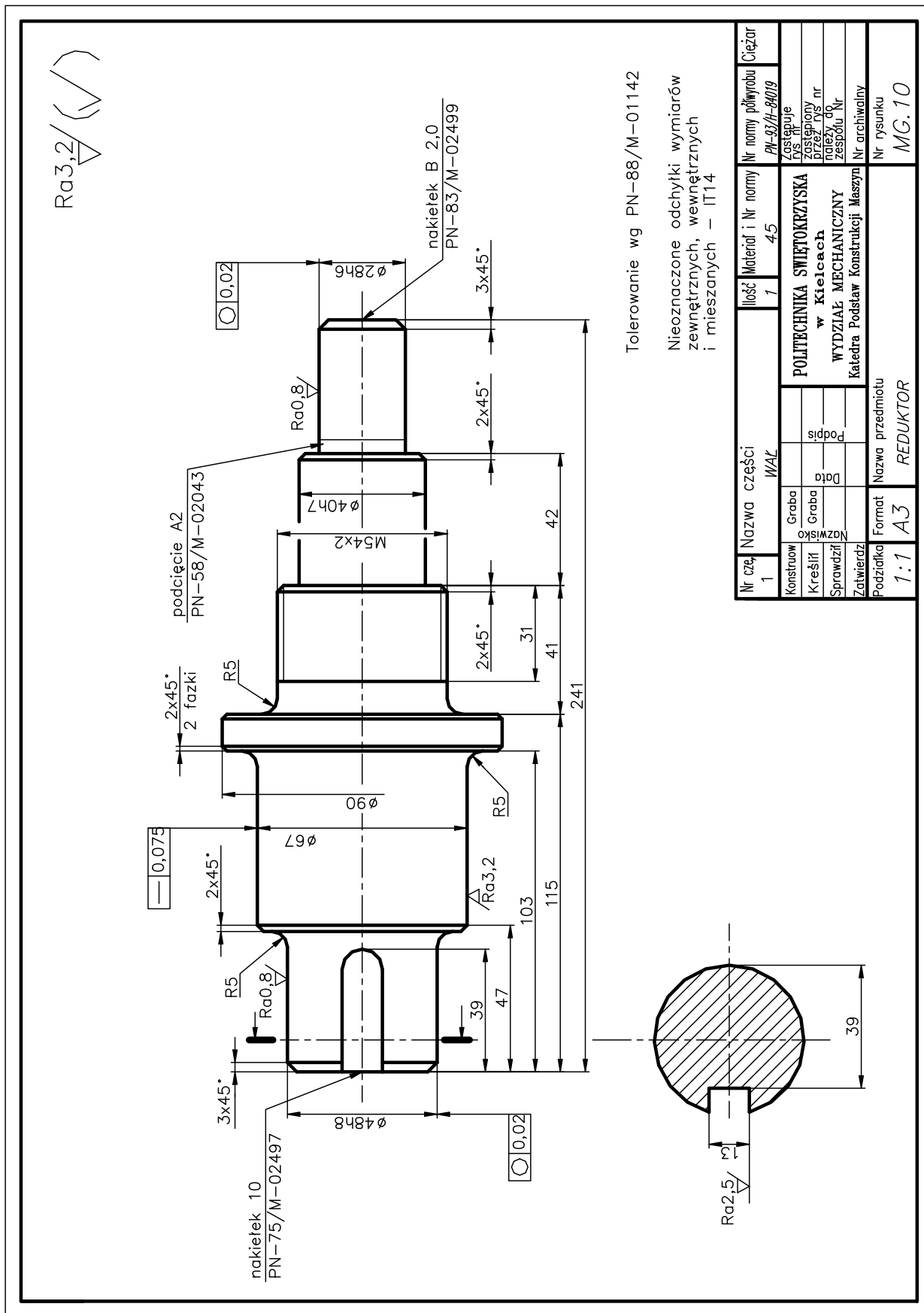
### 6.7. Rysunki wykonawcze wałów

Podczas opracowywania rysunku wykonawczego osi lub wałka należy ściśle stosować się do *reguł* określonych w Polskiej Normie:

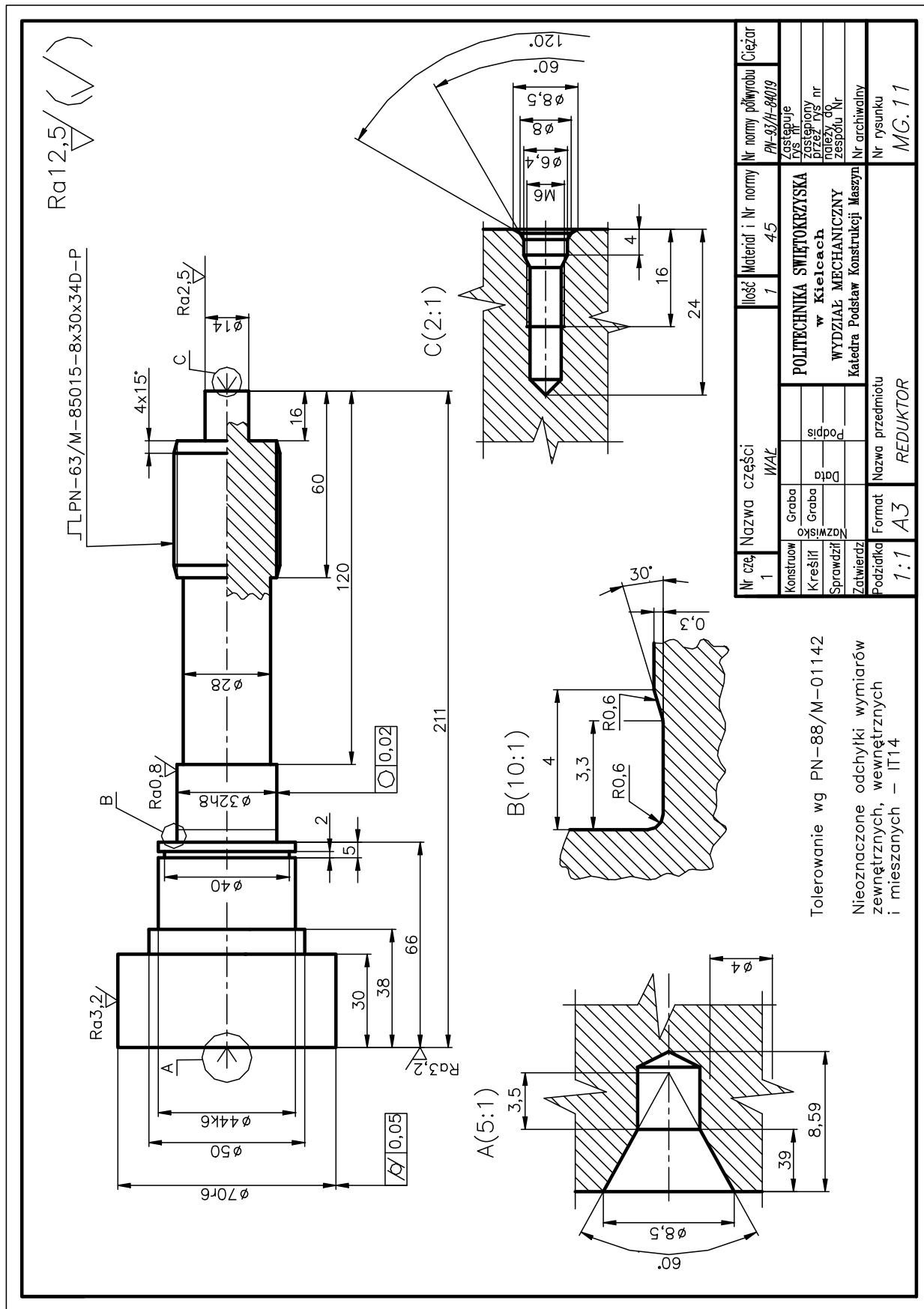
- ◆ osie i wałki o prostej budowie wystarczy przedstawić w jednym rzucie – rzucie głównym (rys. 6.31),
- ◆ w rzucie głównym wałek należy przedstawić w położeniu poziomym, z czopami o większych średnicach po lewej stronie arkusza rysunkowego (rys. 6.32 i 6.33),
- ◆ rysunki osi lub wałków o budowie bardziej złożonej muszą zawierać poza rzutem głównym także rzuty dodatkowe – często są to przekroje poprzeczne lub kłady przesunięte oraz rzuty cząstkowe – obrazujące różne szczegóły nie widoczne lub nie zwymiarowane w rzucie głównym (rys. 6.33),
- ◆ należy odzwierciedlić wszystkie szczegóły konstrukcyjne występujące na poszczególnych stopniach (rys. 6.34),
- ◆ wymiarując wałek lub oś należy podać średnicę każdego stopnia (czopu) oraz w sposób bezpośredni lub pośredni określić jego długość,
- ◆ szczegóły konstrukcyjne należy wymiarować według zasad określonych w Polskich Normach.



Rys. 6.31. Rysunek wykonawczy wałka w jednym rzucie.



Rys. 6.32. Rysunek wykonawczy wałka w jednym rzucie i kładzie miejscowym



Rys. 6.33. Rysunek wykonawczy wałka wraz z przedstawieniem szczegółów.

