

11. ELEMENTY DO POŁĄCZEŃ „WAŁ-PIASTA”

11.1. POŁĄCZENIA WPUSTOWE

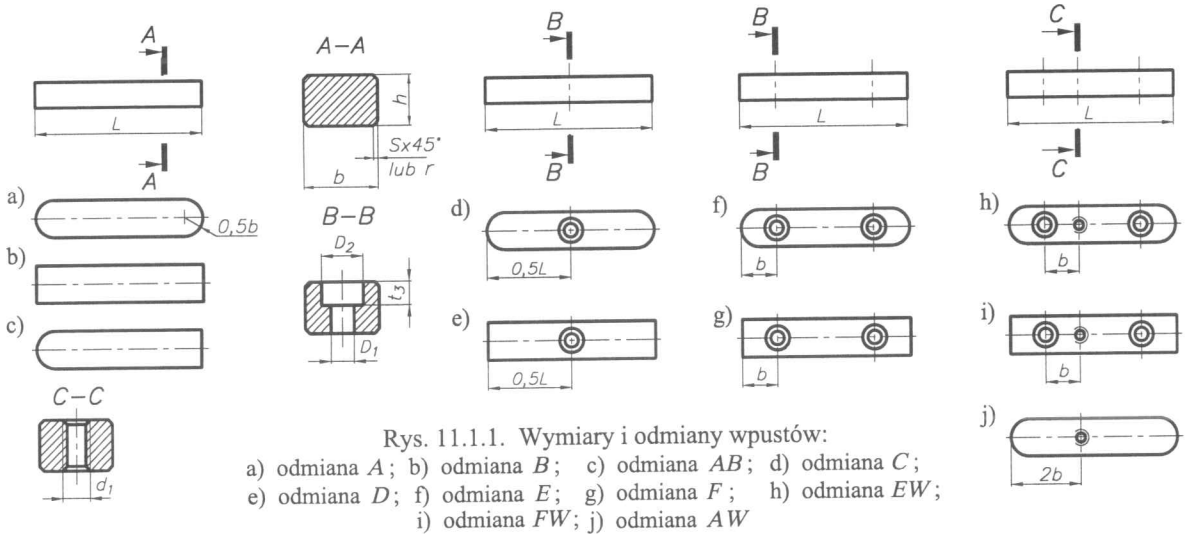
11.1.1. WPUSTY PRYZMATYCZNE PN-70/M-85005

1. WYMIARY WPUSTÓW I ROWKÓW (tabl. 11.1.1... 11.1.3, rys. 11.1.1...11.1.3).
2. PASOWANIA WPUSTÓW (rys. 11.1.3, rys. 11.1.4, tabl. 11.1.1).
3. CHROPOWATOŚĆ POWIERZCHNI (rys. 11.1.3).
4. TOLERANCJE KSZTAŁTU I POŁOŻENIA (rys. 11.1.3).
 - 4.1. Równoległość \parallel rowka wpustowego - $0,5 IT_n$ szerokości rowka;
 - 4.2. Symetria \equiv rowka wpustowego - $2,0 IT_n$ szerokości rowka (IT_n - tabl. 19.3.3).
5. OBLICZENIA WYTRZYMAŁOŚCIOWE.

PRZYKŁAD OZNACZENIA:

- wpustu pryzmatycznego zaokrąglonego pełnego (A), o szerokości $b = 12$ mm, wysokości $h = 8$ mm i długości $L = 56$ mm:
Wpust pryzmatyczny A 12x8x56
PN-70/M-85005
- wpustu pryzmatycznego pełnego zaokrąglonego jednostronnie (AB) o szerokości $b = 12$ mm, wysokości $h = 8$ mm i długości $L = 6$ mm:
Wpust pryzmatyczny AB 12x8x56
PN-70/M-85005

Materiał – stal o wytrzymałości $R_m \geq 590$ MPa.



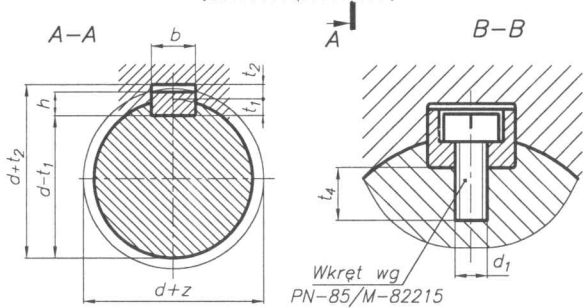
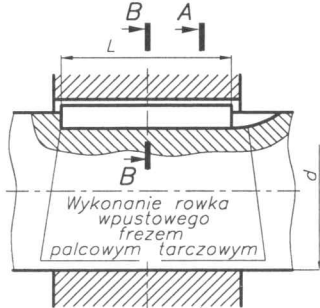
Rys. 11.1.1. Wymiary i odmiany wpustów:

- odmiana A; b) odmiana B; c) odmiana AB; d) odmiana C;
- odmiana D; f) odmiana E; g) odmiana F; h) odmiana EW;
- odmiana FW; j) odmiana AW

Tabl. 11.1.1. Podstawowe wymiary wpustów pryzmatycznych oraz rowków na wpusty w zależności od średnic wału, mm

PN-70/M-85005

Wał		Wpust				Rowek na wpust							z				
d		b h9	h (h ≤ 6 mm h9; (h > 6 mm h11))	Promień zaokrąglenia r lub ścięcie s x 45° max min		Szerokość					Głębokość			Promień zaokrąglenia R			
						odchyłki dla połączeń "wał-piasta"			t ₁	t ₂							
						ruchowych		zwykłych			spoczynk.						
ponad	do					w wałe H9	w piąście D10	w wał N9	w piąście JS9	w wał i piąście P9			max	min			
6	8	2	2	0,25	0,16	2	+0,025	+0,060	-0,004	±0,0125	-0,006	1,2	1,0	0,16	0,08	2,5	
8	10	3	3			3	0	+0,020	-0,029	-0,031	1,8	1,4	0,16	0,08	4	3,5	
10	12	4	4			4	+0,030	+0,078	0	±0,015	-0,012	2,5 +0,1	1,8 +0,1	0,16	0,08	4	
12	17	5	5	0,40	0,25	5	0	+0,030	-0,030	-0,042	3,0	2,3	0,25	0,16	5	5	
17	22	6	6			6					3,5	2,8	0,25	0,16	6	6	
22	30	8	7			8	+0,036	+0,098	0	±0,018	-0,015	4,0	3,3	0,25	0,16	8	8
30	38	10	8	0,6	0,4	10	0	+0,040	-0,036	-0,051	5,0	3,3	0,4	0,25	8	8	
38	44	12	8			12	+0,043	+0,120	0	±0,0215	-0,018	5,0	3,3	0,4	0,25	8	8
44	50	14	9			14	0	+0,050	-0,043	-0,061	5,5	3,8	0,4	0,25	9	9	
50	58	16	10			16					6,0	4,3	0,4	0,25	11	11	
58	65	18	11			18					7,0 +0,2	4,4 +0,2	0,4	0,25	11	11	
65	75	20	12	0,8	0,6	20	+0,052	+0,149	0	±0,026	-0,022	7,5	4,9	0,6	0,4	12	12
75	85	22	14			22	0	+0,065	-0,052	-0,074	9,0	5,4	0,6	0,4	14	14	
85	95	25	14			25					9,0	5,4	0,6	0,4	14	14	
95	110	28	16			28					10	6,4	0,6	0,4	16	16	
110	130	32	18			32	+0,062	+0,180	0	±0,031	-0,026	11	7,4	0,6	0,4	18	18
130	150	36	20	1,2	1,0	36	0	+0,080	-0,062	-0,088	12	8,4	1,0	0,7	21	21	
150	170	40	22			40					13	9,4	1,0	0,7	23	23	
170	200	45	25			45					15	10,4	1,0	0,7	26	26	
200	230	50	28			50					17 +0,3	11,4 +0,3	1,0	0,7	28	28	
230	260	56	32	2,0	1,6	56	+0,074	+0,220	0	±0,037	-0,032	20	12,4	1,6	1,2	32	32
260	290	63	32			63	0	+0,100	-0,074	-0,106	20	12,4	1,6	1,2	32	32	
290	330	70	36			70					22	14,4	1,6	1,2	36	36	
330	380	80	40	3,0	2,5	80			0	±0,044	-0,037	25	15,4	2,5	2,0	40	40
380	440	90	45			90	+0,087	+0,260	0		-0,037	28	17,4	2,5	2,0	45	45
440	500	100	50			100	0	+0,120	-0,087	-0,124	31	19,5	2,5	2,0	40	40	



Wartość $d+z$ określa najmniejszą średnicę otworu współosiowego, przez który można przesunąć wał z włożonym wpustem.

Rys. 11.1.2. Główne wymiary połączeń „wał-piasta” wpustem pryzmatycznym

Tabl. 11.1.2. Długości wpustów $l = f(b)$ PN-70/M-85005

$l =$	6	8	10, 12	14, 16	18, 20	22, 25	28, 32
	$b=2,3$	$b=4$	$b=5$	$b=6$	$b=8$	$b=10$	$b=12$
$l =$	36	40	45	50	56	63	70
	$b=14$	$b=16$	$b=18$	$b=20$	$b=22$	$b=25$	$b=28$
							$b=32$
							$b=36$
							$b=40$
$l =$	110	125	140	160	180	200	220
	$b=45$	$b=50$	$b=56$	$b=63$	$b=70$	$b=80$	

Tabl. 11.1.3. Wymiary nawiercenia, nagwintowania, mm oraz wymiary wkrętów dla wpustów PN-70/M-85005

b	8	10	12	14, 16	18, 20	22	25	28	32	36, 40	45, 50	56, 63	70	80	90	100
D_1	3,4	3,4	4,5	5,5	6,6	6,6	9	11	11	14	14	14	18	18	18	18
D_2	5,5	5,5	8	9,5	11	11	14	16,5	16,5	20	20	20	26	26	26	26
t_3	2,4	2,4	3,4	4,2	4,8	4,8	6	7	7	8	8	8	10,5	10,5	10,5	10,5
t_4	7	8	10	10	12	13	15	15	17	22	22	20	17	18	18	18
d_1	M3	M3	M4	M5	M6	M6	M8	M10	M10	M12	M12	M12	M16	M16	M16	M16
Wkręt	M3x8	M3x10	M4x10	M5x10	M6x12	M6x16	M8x16	M10x16	M10x20	M12x25	M12x30	M12x35	M16x40	M16x45	M16x50	M16x55

5. OBLICZENIA WYTRZYMAŁOŚCIOWE

PARAMETRY ZADANE:

- Moment obrotowy T , N·m.
- Średnica wału $d_{\text{wał}}$, mm.
- Długość piasty L_p , mm.
- Warunki pracy (k_A).

Średnica wału określa wymiary przekroju poprzecznego wpustu b i h (tabl. 11.1.1).

Długość wpustu l jest określana przez długość piasty $l \leq L_p$ (pierwszy mniejszy wymiar) i dobiera się z tabl. 11.1.2.

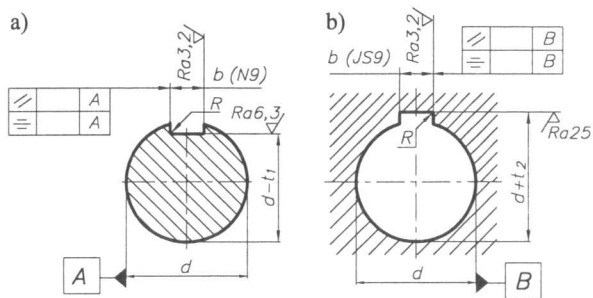
Naciski powierzchniowe, MPa
$$p = \frac{4k_A T 10^3}{h l d} \leq p_{\text{dop}}$$

Naprężenia ścinające, MPa
$$\tau = \frac{2k_A T 10^3}{b l d} \leq k_\tau$$

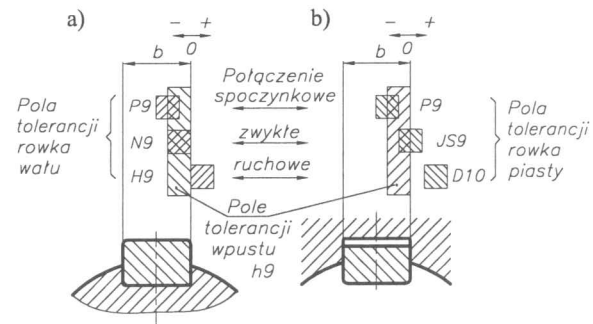
Parametry wpustów dobrane są w taki sposób, że decydującymi naprężeniami są naciski powierzchniowe.

Dla połączeń nieruchomych:

- przy pasowaniach mieszanych $p_{\text{dop}} = 80 \dots 150$ MPa;
- przy pasowaniach ciasnych $p_{\text{dop}} = 110 \dots 200$ MPa.



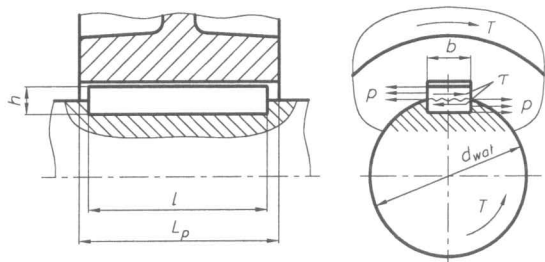
Rys. 11.1.3. Miejsca osadzenia wpustów: a) na wale; b) w piastce



Rys. 11.1.4. Rozmieszczenie pól tolerancji połączeń „wał-piasta”: a) połączenie „wał-wpust”; b) połączenie „wpust-piasta”

Uwaga! \leftarrow - początek szeregu długości wpustów o odpowiedniej szerokości;
 \leftarrow - koniec szeregu długości wpustów o odpowiedniej szerokości.

W przypadku wykonania na wale kilku wpustów zaleca się rozmieścić ich w jednej płaszczyźnie i jeżeli istnieje możliwość - wykonać o jednakowej szerokości.



Rys. 11.1.5. Schemat obliczeniowy do sprawdzenia wytrzymałości wpustu

Mniejsze z tych wartości poleca się dla piast z żeliwa oraz dla ciężkich warunków pracy.

Dla połączeń ruchomych (przesuwanie piasty wzdłuż wału) $p_{\text{dop}} = 20 \dots 30$ MPa.

11.2. POŁĄCZENIA WIELOWYPUSTOWE

11.2.1. POŁĄCZENIA RÓWNOLEGŁE

W połączeniach wielowypustowych ogólnego przeznaczenia występują trzy rodzaje osiowań:

- na wewnętrznej średnicy (d) wg PN-ISO 14:1994;
- na zewnętrznej średnicy (D);
- na bokach wypustów (B).

Z osiowań na d i D korzysta się w przypadkach przekazywania momentu obrotowego z obciążeniami wzdłużnymi.

Osiowanie na d - dla $HB_{\text{wał}} > 350$, $HB_{\text{tulejka}} > 350$.

Osiowanie na D - dla $HB_{\text{wał}} > 350$, $HB_{\text{tulejka}} < 350$.

Z osiowań na B korzysta się w przypadkach przekazywania dużych niestałych momentów obrotowych zmiennego kierunku bez obciążeń wzdłużnych, gdy dokładność osiowania nie ma decydującego wpływu.

Rozróżnia się trzy rodzaje połączeń: przesuwane, luźne oraz spoczynkowe.

1. ZARYS WAŁKA I OTWORU ORAZ GŁÓWNE WYMIARY POŁĄCZENIA (rys. 11.2.1, tabl. 11.2.1).
2. PASOWANIA ELEMENTÓW POŁĄCZENIA (tabl. 11.2.2, rys. 11.2.2).
3. CHROPOWATOŚĆ POWIERZCHNI (rys. 11.2.3).
4. TOLERANCJE KSZTAŁTU I POŁOŻENIA (rys. 11.2.3).

Tolerancja symetrii \equiv - IT7 szerokości wypustu B .

Tabl. 11.2.1. Podstawowe wymiary nominalne połączeń wielowypustowych równoległych, mm, oraz ich parametry

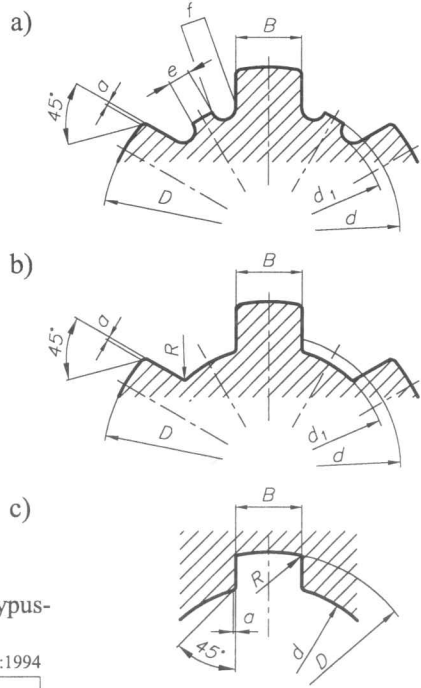
PN-ISO 14:1994

Seria lekka												
d	Oznaczenie	Liczba wypustów N	D	B	d_1 min	f max	e max	a max	R max	d_{sr}	h	S_F mm ² /mm
23	6x23x26	6	26	6	22,1	1,25	3,54	0,3	0,2	24,5	0,9	66
26	6x26x30		30	6	24,6	1,84	3,85	0,3	0,2	28,0	1,4	118
28	6x28x32		32	7	26,7	1,77	4,03	0,3	0,2	30,0	1,4	126
32	8x32x36	8	36	6	30,4	1,89	2,71	0,4	0,3	34,0	1,2	163
36	8x36x40		40	7	34,5	1,78	3,46	0,4	0,3	38,0	1,2	182
42	8x42x46		46	8	40,4	1,68	5,03	0,4	0,3	44,0	1,2	211
46	8x46x50		50	9	44,6	1,61	5,75	0,4	0,3	48,0	1,2	230
52	8x52x58	10	58	10	49,7	2,72	4,89	0,5	0,5	55,0	2,0	440
56	8x56x62		62	10	53,6	2,76	6,38	0,5	0,5	59,0	2,0	472
62	8x62x68		68	12	59,8	2,48	7,31	0,5	0,5	65,0	2,0	520
72	10x72x78		78	12	69,6	2,54	5,45	0,5	0,5	75,0	2,0	750
82	10x82x88	10	88	12	79,3	2,67	8,62	0,5	0,5	85,0	2,0	850
92	10x92x98		98	14	89,4	2,36	10,08	0,5	0,5	95,0	2,0	950
102	10x102x108		108	16	99,9	2,23	11,49	0,5	0,5	105	2,0	1050
112	10x112x120		120	18	108,8	3,23	10,72	0,5	0,5	116	3,0	1740
Seria średnia												
d	Oznaczenie	Liczba wypustów N	D	B	d_1 min	f max	e max	a max	R max	d_{sr}	h	S_F mm ² /mm
11	6x11x14	6	14	3,0	9,9	1,6	-	0,3	0,2	12,5	0,9	34
13	6x13x16		16	3,5	12,0	1,5	0,32	0,3	0,2	14,5	0,9	39
16	6x16x20		20	4,0	14,5	2,1	0,16	0,3	0,2	18,0	1,4	76
18	6x18x22		22	5,0	16,7	2,0	0,45	0,3	0,3	20,0	1,4	84
21	6x21x25		25	5,0	19,5	2,0	1,95	0,3	0,2	23,0	1,4	97
23	6x23x28		28	6,0	21,3	2,3	1,34	0,3	0,2	25,5	1,9	145
26	6x26x32		32	6,0	23,4	2,9	1,65	0,4	0,3	29,0	2,2	191
28	6x28x34	34	7,0	25,9	2,9	1,70	0,4	0,3	31,0	2,2	205	
32	8x32x38	8	38	6,0	29,4	3,3	0,15	0,4	0,3	35,0	2,2	308
36	8x36x42		42	7,0	33,5	3,0	1,02	0,4	0,3	39,0	2,2	343
42	8x42x48		48	8,0	39,5	2,9	2,57	0,4	0,3	45,0	2,2	396
46	8x46x54		54	9,0	42,7	4,1	0,86	0,5	0,5	50,0	3,0	600
52	8x52x60		60	10	48,7	4,0	2,44	0,5	0,5	56,0	3,0	672
56	8x56x65		65	10	52,2	4,7	2,50	0,5	0,5	61,0	3,5	854
62	8x62x72		72	12	57,8	5,0	2,40	0,5	0,5	67,0	4,0	1072
72	10x72x82	10	82	12	67,4	5,4	-	0,5	0,5	77,0	4,0	1540
82	10x82x92		92	12	77,1	5,4	3,00	0,5	0,5	87,0	4,0	1740
92	10x92x102		102	14	87,3	5,2	4,50	0,5	0,5	97,0	4,0	1940
102	10x102x112		112	16	97,7	4,9	6,30	0,5	0,5	107	4,0	2140
112	10x112x125		125	18	106,3	6,4	4,40	0,5	0,5	119	5,5	3260

Wymiary d_1 , f , e , a , R do informacji

5. PRZEDSTAWIENIE POŁĄCZEŃ NA RYSUNKACH TECHNICZNYCH (rys. 11.2.4).

6. OBLICZENIA WYTRZYMAŁOŚCIOWE.



Rys. 11.2.1. Zarys:

- a) wałka dla osiowania na d ;
- b) wałka dla osiowania na D lub B ;
- c) zarys otworu

PRZYKŁAD OZNACZENIA połączenia wielowypustowego równoległego o parametrach $N=8$, $d=36$ mm, $D=40$ mm, $B=7$ mm osiowanego na d dla pasowań

na d $\frac{H7}{f7}$, na D $\frac{H10}{a11}$, na B $\frac{H9}{d11}$:

$$\sqsupset d-8x36 \frac{H7}{f7} \times 40 \frac{H10}{a11} \times 7 \frac{H9}{d11};$$

- otworu tego połączenia:

$$\sqsupset d-8x36H7 \times 40H10 \times 7H9;$$

- wałka tego połączenia:

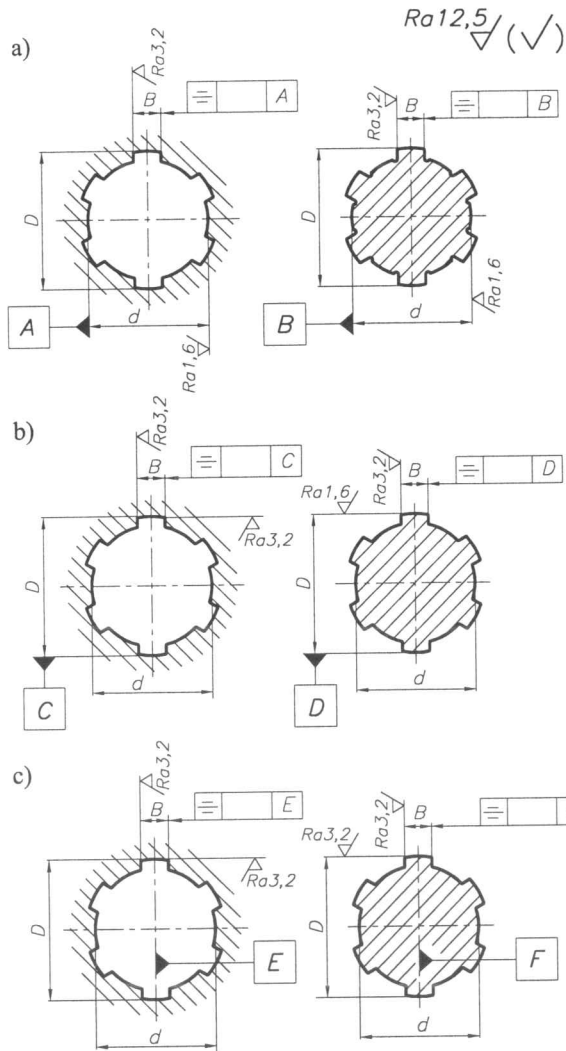
$$\sqsupset d-8x36f7 \times 40a11 \times 7d11;$$

- tego samego pasowania osiowanego na D dla pasowań na D $\frac{H8}{h7}$, na B $\frac{H9}{h10}$:

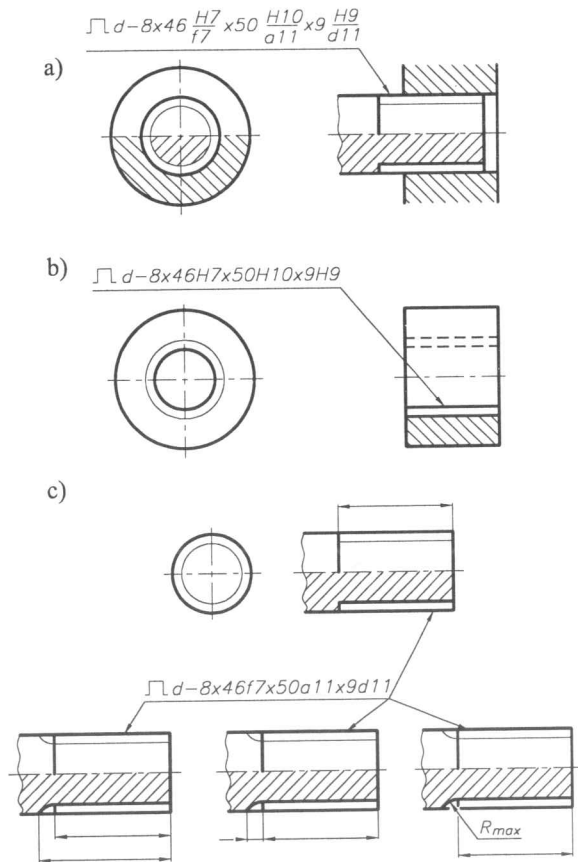
$$\sqsupset D-8x36x40 \frac{H8}{h7} \times 7 \frac{H9}{h10};$$

- tego samego pasowania osiowanego na B dla pasowań na B $\frac{H8}{h7}$, na D $\frac{H11}{a11}$:

$$\sqsupset B-8x36x40 \frac{H11}{a11} \times 7 \frac{H8}{h7};$$



Rys. 11.2.3. Tolerancje kształtu i położenia oraz chropowatość powierzchni dla osiwań:
a) na d ; b) na D ; c) na B



Rys. 11.2.4. Przedstawienie na rysunku technicznym wg EN ISO 6413:1994:
a) połączenia wielowypustowego równoległego;
b) tulejki wielowypustowej;
c) wałka wielowypustowego

6. OBLICZENIE WYTRZYMAŁOŚCIOWE

PARAMETRY ZADANE:

1. Moment obrotowy T , N·m.
2. Wymiary wielowypustowego połączenia.
3. Długość robocza połączenia L , mm.
4. Warunki pracy.

OBLICZA SIĘ:

1. Wysokość roboczą zęba, mm (rys. 11.2.5)
 $h = 0,5(D - d) - 2a$ h - (tabl. 11.2.1).
2. Średnicę średnią połączenia, mm
 $d_{sr} = 0,5(D + d)$ d_{sr} - (tabl. 11.2.1).

3. Jednostkowy sumaryczny statyczny moment płaszczyzny roboczych powierzchni połączenia względem osi wału, mm^3/mm

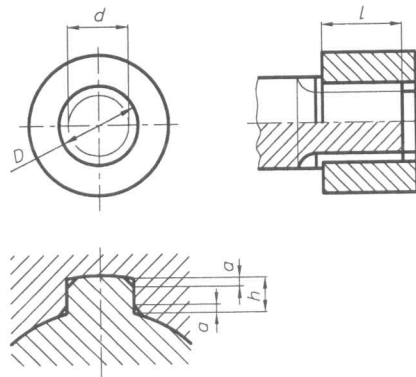
$$S_F = 0,5 d_{sr} h N. \quad S_F - \text{(tabl. 11.2.1)}$$

4. Naciski powierzchniowe, MPa

$$P = \frac{2T \cdot 10^3}{d_{sr} h N l} = \frac{10^3 T}{S_F l} \leq P_{dop}. \quad P_{dop} - \text{(tabl. 11.2.3)}$$

Tabl. 11.2.3. Naprężenia dopuszczalne p_{dop}

Rodzaj połączenia	Warunki pracy	P_{dop} , MPa	
		Powierzchnia zęba bez obróbki cieplnej	z obróbką cieplną
Spoczynkowe	Ciężkie	35...50	40...70
	Średnie	60...100	100...140
	Lekkie	80...120	120...200
Przesuwane pod obciążeniem	Ciężkie	—	3...10
	Średnie	—	5...15
	Lekkie	—	10...20

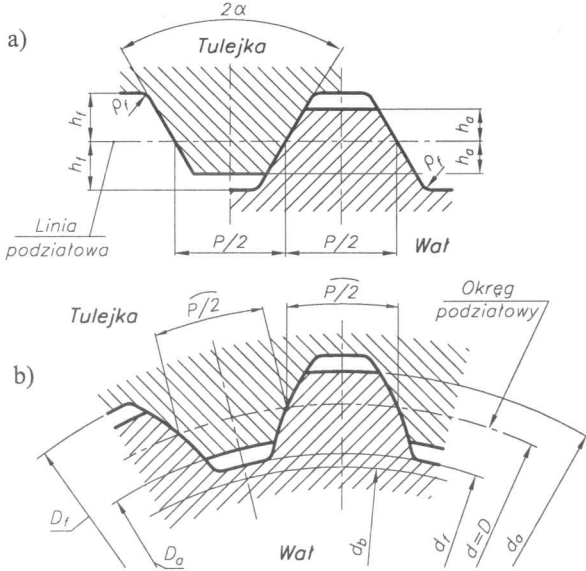


Rys. 11.2.5. Wymiary niezbędne do obliczeń

11.2.2. POŁĄCZENIA WIELOWYPUSTOWE EWOLWENTOWE WALCOWE

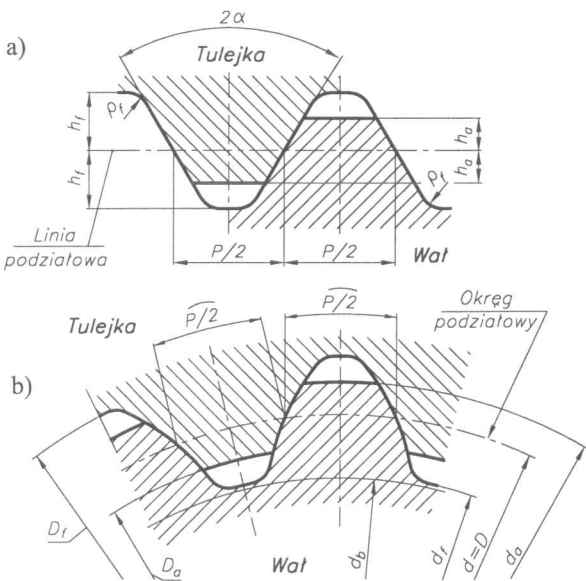
W połączeniach wielowypustowych ewolwentowych walcowych występują dwa rodzaje osiowań:

- na bokach zębów (S) wg PN-ISO 4156+A1:1999:
 - dla kąta zarysu $\alpha = 30^\circ$;
 - przy płaskim zarysie dna wrębu międzyzębnego (rys. 11.2.6a,b).
 - przy wyokrąglonym zarysie dna wrębu międzyzębnego (rys. 11.2.7a,b).
 - dla kąta zarysu $\alpha = 37,5^\circ$ oraz $\alpha = 45^\circ$ przy wyokrąglonym zarysie dna wrębu międzyzębnego;
 - na zewnętrznej średnicy (D) (rys. 11.2.8a,b);
- Korzystanie z rodzajów osiowań S i D (11.2.1).
Możliwe jest wykonanie połączenia z osiowaniem na d .



Tys. 11.2.6. Połączenie wielowypustowe ewolwentowe z osiowaniem na bokach zębów (S) dla płaskiego zarysu dna wrębu międzyzębnego:

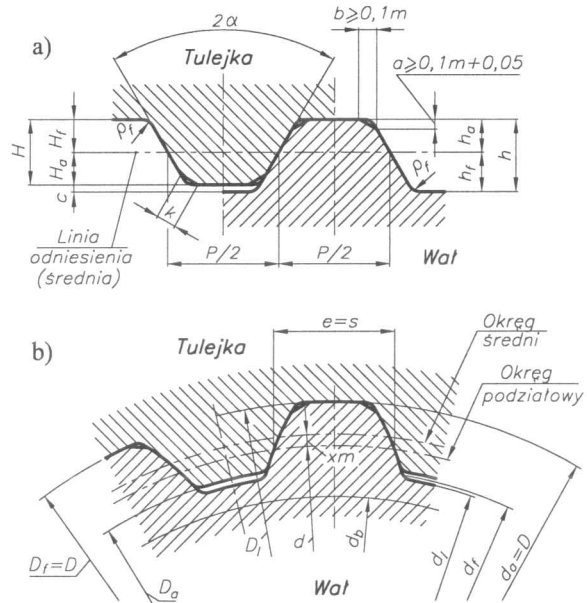
a) zarys odniesienia; b) zarys zębów wałka i tulei



Rys. 11.2.7. Połączenie wielowypustowe ewolwentowe z osiowaniem na bokach zębów (S) dla wyokrąglonego zarysu dna wrębu międzyzębnego:

a) zarys odniesienia; b) zarys zębów wałka i tulei

1. PODSTAWOWE PARAMETRY POŁĄCZEŃ (znamiennowe średnice, moduły oraz liczby zębów) (tabl. 11.2.4, 11.2.5). Zależności dla wyznaczenia wymiarów połączeń osiowanych na D (tabl. 11.2.6); osiowanych na S - wg PN-ISO 4156+A:1999.
2. PASOWANIA W POŁĄCZENIACH.
3. CHROPOWATOŚĆ POWIERZCHNI.
4. TOLERANCJE KSZTAŁTU I POŁOŻENIA.
5. PRZEDSTAWIENIE POŁĄCZEŃ NA RYSUNKACH TECHNICZNYCH (rys. 11.2.9).
6. OBLICZENIA WYTRZYMAŁOŚCIOWE (11.2.1 p. 6).



Tys. 11.2.8. Połączenie wielowypustowe ewolwentowe z osiowaniem na zewnętrznej średnicy (D):

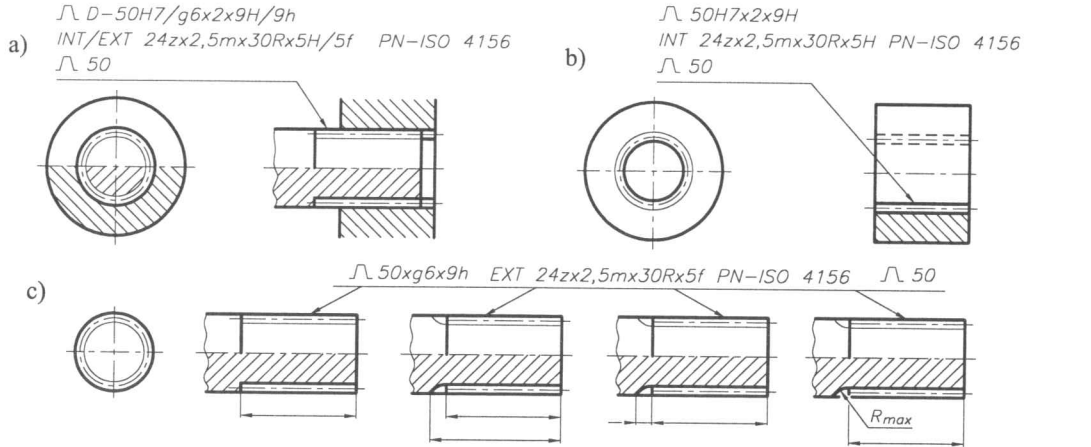
a) zarys odniesienia; b) zarys zębów wałka i tulei

Tabl. 11.2.4. Podstawowe parametry ewolwentowych połączeń osiowanych na bokach zębów (S)

PN-ISO 4156+A1:1999

Moduł m , mm	0,25 0,50 0,75 1,00 1,25 1,50 1,75 2,0 2,5 3,0 4,0
	5,0 6,0 8,0 10
Liczba zębów $z = 6 \div 100$.	
Kąt zarysu $\alpha = 30^\circ$ ($m = 0,25 \dots 10$ mm)	
- dla płaskiego dna wrębu:	$h_o = 0,5m$; $h_f = 0,75m$; $\rho_f = 0,2m$;
- dla wyokrąglonego dna wrębu:	$h_o = 0,5m$; $h_f = 0,9m$; $\rho_f = 0,4m$;
$\alpha = 37,5^\circ$ ($m = 0,25 \dots 10$ mm)	
- dla wyokrąglonego dna wrębu:	$h_o = 0,45m$; $h_f = 0,7m$; $\rho_f = 0,3m$;
$\alpha = 45^\circ$ ($m = 0,25 \dots 2,5$ mm)	
- dla wyokrąglonego dna wrębu:	$h_o = 0,4m$; $h_f = 0,6m$; $\rho_f = 0,25m$.
Klasa dokładności wielowypustów -	4, 5, 6, 7 wg ISO-R 286 p.1.

5. PRZEDSTAWIENIE POŁĄCZEŃ EWOLWENTOWYCH (WIELOKARBOWYCH) NA RYSUNKACH TECHNICZNYCH



Rys. 11.2.9. Przedstawienie na rysunku technicznym:

- a) połączenia wielowypustowego ewolwentowego (wielokarbowego);
 b) tulejki wielowypustowej; c) wałka wielowypustowego

