



Rysunek Techniczny

Tolerowanie wymiarów oraz kształtu i położenia. Chropowatość powierzchni.

Rodzaje wymiarów

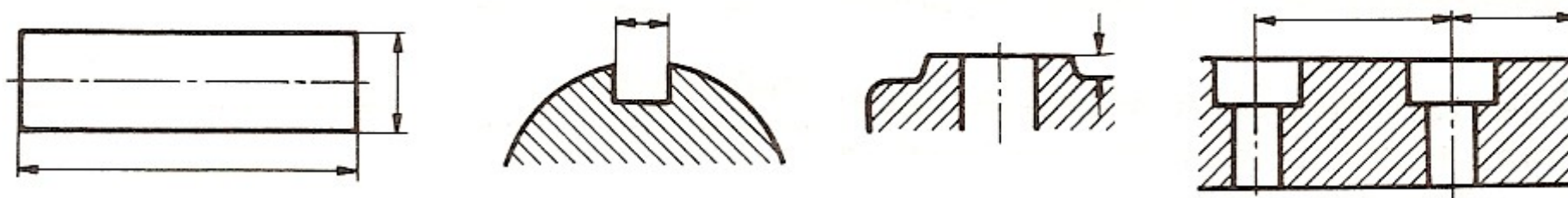
Ze względu na żadaną dokładność wykonania wymiary dzieli się na:

- **swobodne** – takie, których rzeczywista wartość nie ogrywa większej roli; dla wymiarów takich nie podaje się tolerancji,
- **tolerowane** – takie, których rzeczywista wartość musi się zawierać w pewnych granicach,
- **teoretyczne** – takie, dla których nie przewiduje się żadnych odchyłek (są to zwykle wymiary potrzebne do obliczania wymiarów narzędzi, sprawdzianów lub uchwytów).

Wymiar nominalny

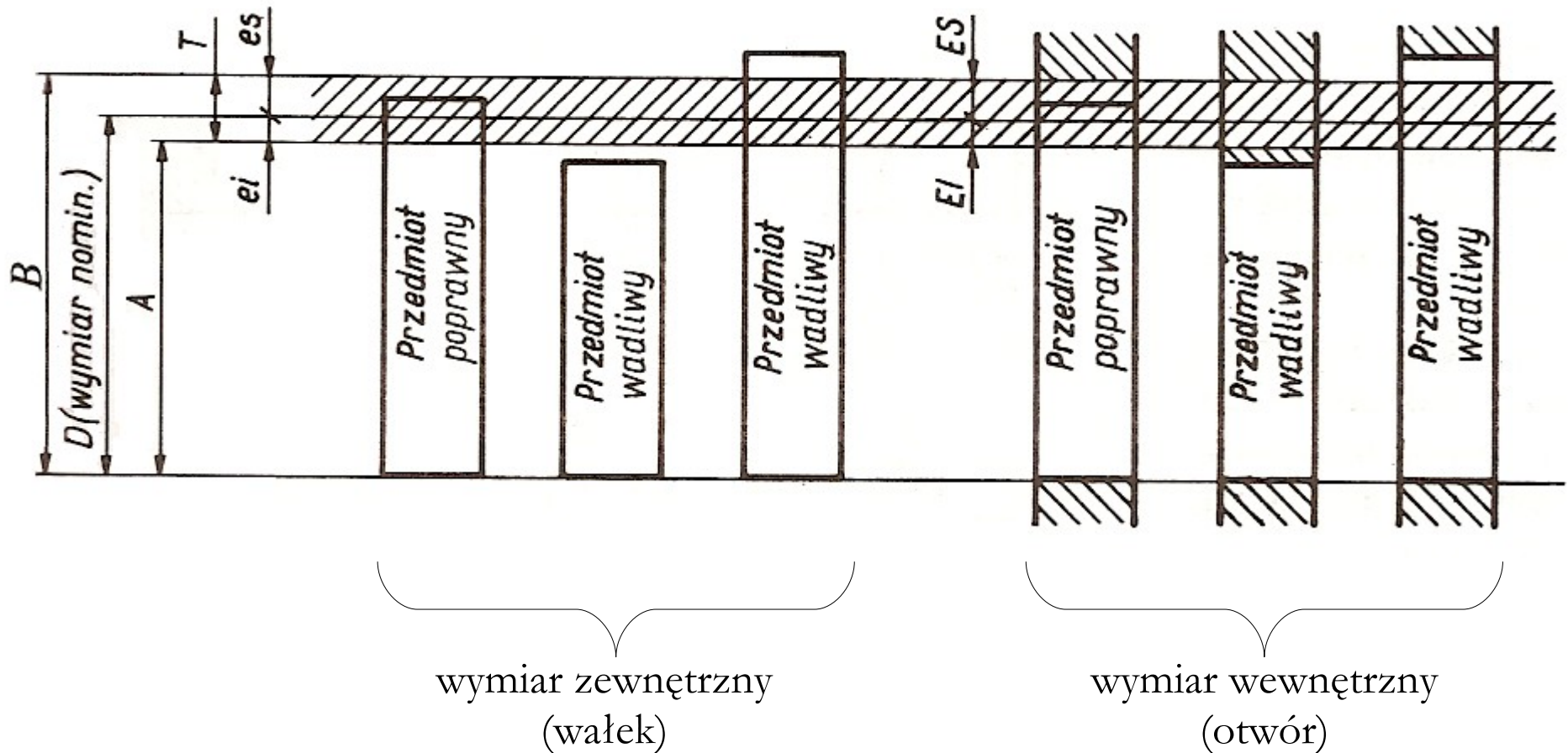
Wymiar nominalny (oznaczany **D** lub **N**) – wymiar przedmiotu, względem którego definiuje się **odchyłki**. Wymiar nominalny i odchyłki wyznaczają zakres, w którym powinny zawierać się rzeczywiste wymiary przedmiotów. Rozróżnia się:

- **wymiary zewnętrzne**, np.: długość, szerokość, wysokość, średnica wałka, grubość ścianki itd.
- **wymiary wewnętrzne**, np.: średnica otworu, szerokość rowka itd.
- **wymiary mieszane**, np.: głębokość rowka, wysokość nadlewka itd.
- **wymiary pośrednie** (których nie można zmierzyć bezpośrednio), np.: rozstawienie otworów, odległość osi otworu od krawędzi itp.



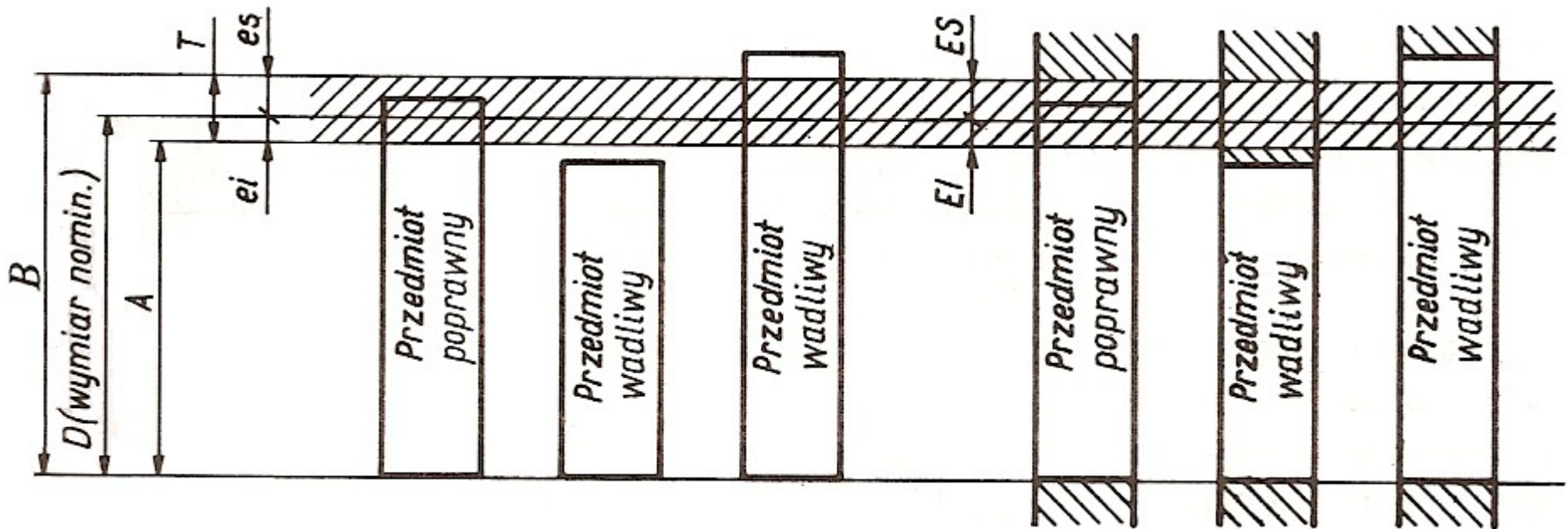
Tolerancja

Tolerancja T – jest to różnica między wymiarem górnym **B** (większym) a wymiarem dolnym **A** (mniejszym). Tolerancja jest zawsze dodatnia.



Odchyłka górna i dolna

Odchyłka górna (ES – dla wymiaru wewnętrznego, es – dla wymiaru zewnętrznego) – różnica między wymiarem górnym B i wymiarem nominalnym D .



$$A = D + EI$$
$$B = D + ES$$

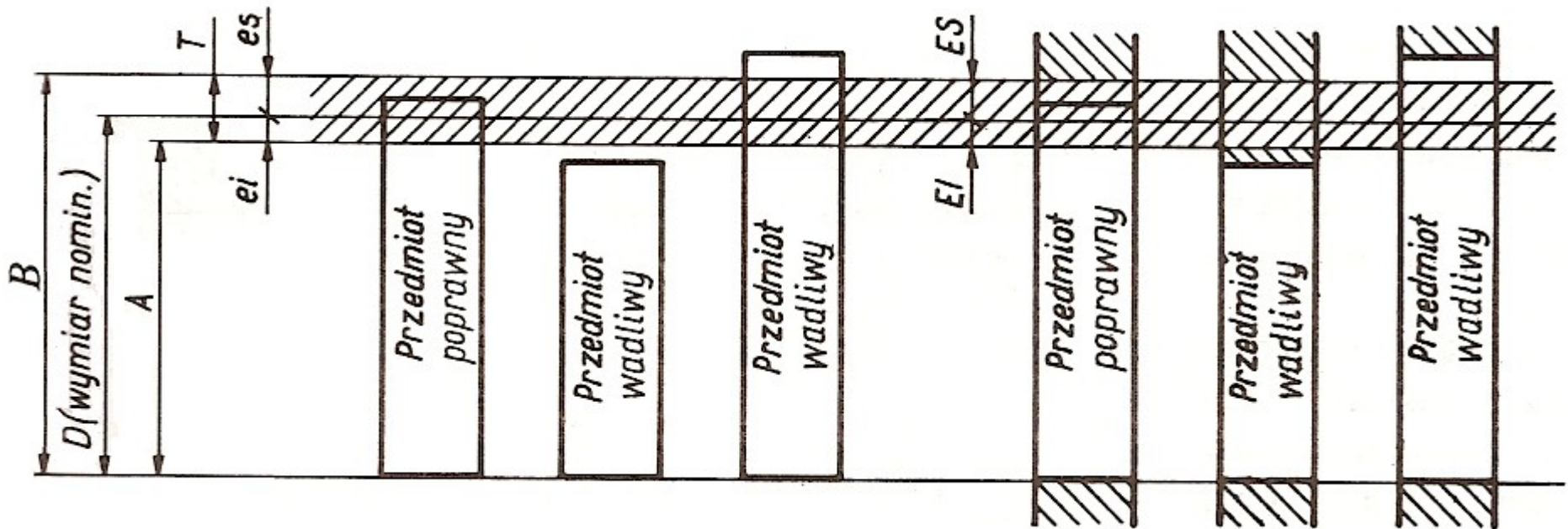
$$A = D + ei$$
$$B = D + es$$

$$T = B - A$$

$$T = ES + EI$$
$$T = es + ei$$

Odchyłka górna i dolna

Odchyłka dolna (EI – dla wymiaru wewnętrznego, ei – dla wymiaru zewnętrznego) – różnica między wymiarem dolnym A i wymiarem nominalnym D .



$$A = D + EI$$
$$B = D + ES$$

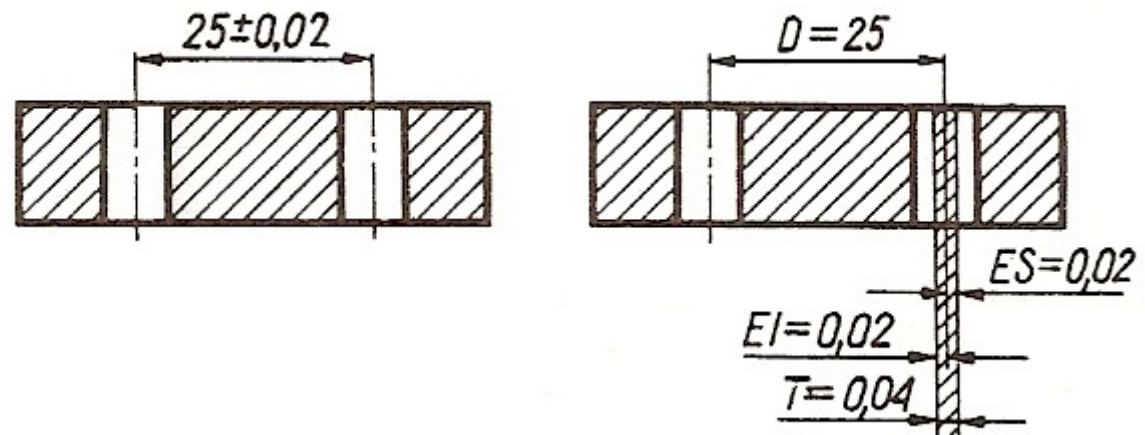
$$A = D + ei$$
$$B = D + es$$

$$T = B - A$$

$$T = ES + EI$$
$$T = es + ei$$

Pole tolerancji

Pole tolerancji – obszar zawarty pomiędzy wymiarami granicznymi.



Pole tolerancji oznacza się poprzez podanie wymiaru nominalnego, za którym zawiera się odchyłki: **górną** – w postaci indeksu górnego, i **dolną** – w postaci indeksu dolnego, np.:

$$25_{-0,05}^{+0,02}$$

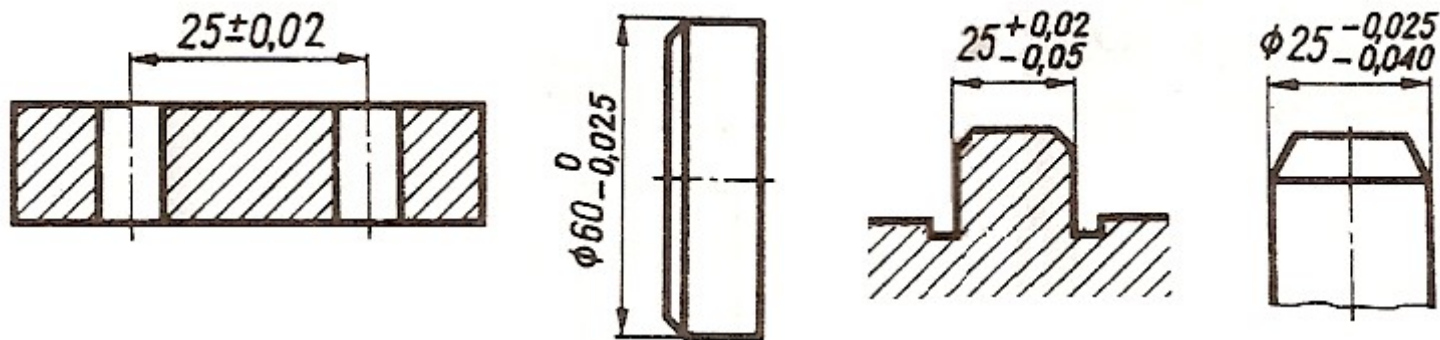
$$\phi 10_0^{+0,05}$$

$$5 \pm 0,02$$

Rodzaje tolerancji

Tolerowanie może być:

- **symetryczne** – gdy wartości odchyłek są jednakowe a różne są znaki,
- **asymetryczne** – gdy jedna z odchyłek równa się zeru,
- **asymetryczne dwustronne** – gdy wartości i znaki odchyłek są różne,
- **jednostronne** – gdy obie odchyłki mają jednakowe znaki.

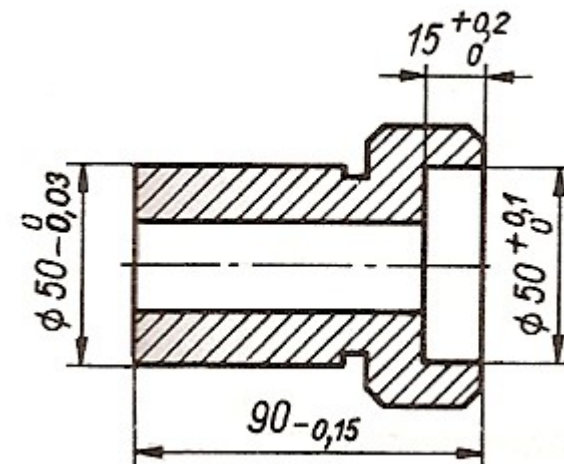
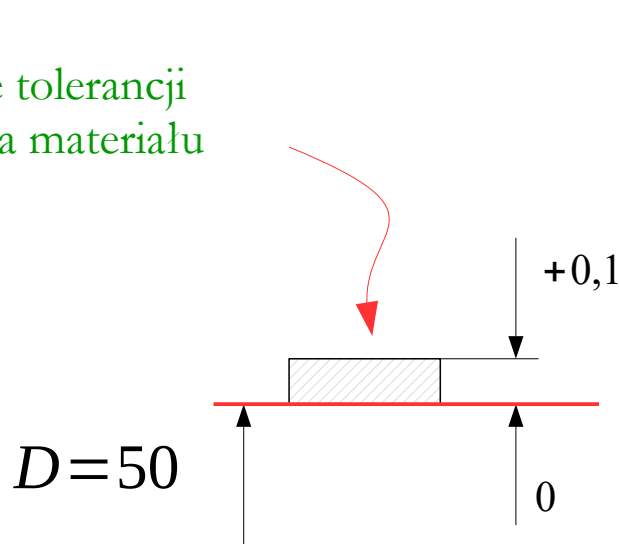


Tolerowanie w głąb materiału

Tolerowanie w głąb materiału – tolerowanie asymetryczne, przy którym odchyłka dopuszcza tylko zmniejszenie ilości materiału. Cechy:

- wymiar nominalny określa największą objętość przedmiotu,
- odchyłki wymiarów zewnętrznych są ujemne,
- odchyłki wymiarów wewnętrznych (i części wymiarów mieszanych) są dodatnie.

Wejście w pole tolerancji wymaga odjęcia materiału

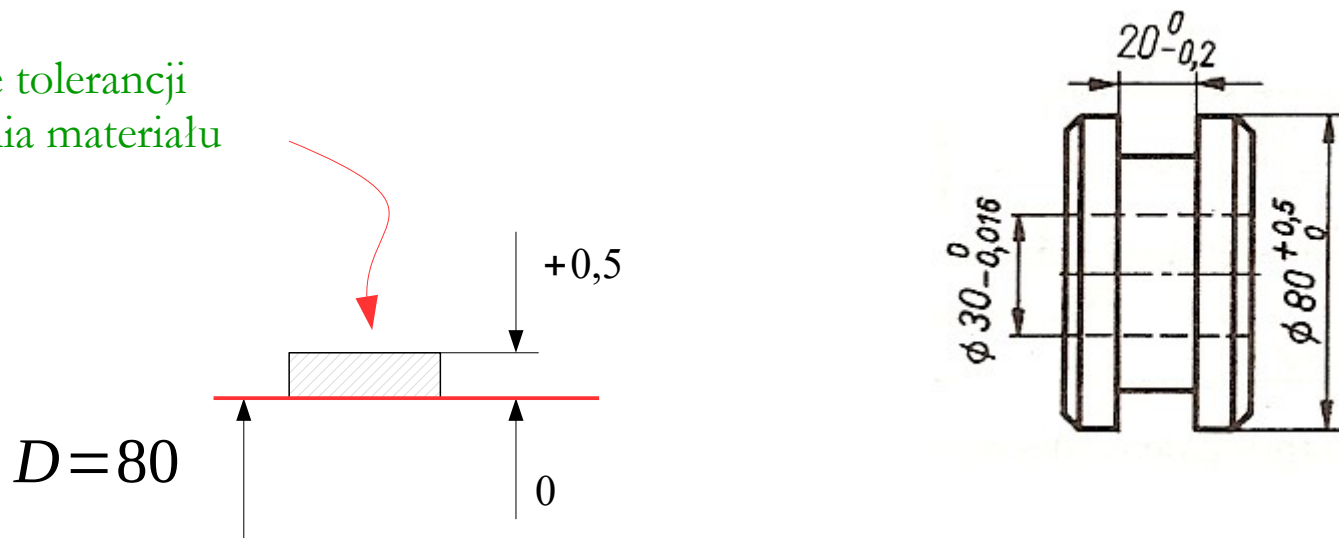


Tolerowanie na zewnątrz materiału

Tolerowanie na zewnątrz materiału – tolerowanie asymetryczne, przy którym odchyłka dopuszcza tylko zwiększenie ilości materiału. Cechy:

- wymiar nominalny określa najmniejszą objętość przedmiotu,
- odchyłki wymiarów zewnętrznych są dodatnie,
- odchyłki wymiarów wewnętrznych (i części wymiarów mieszanych) są ujemne.

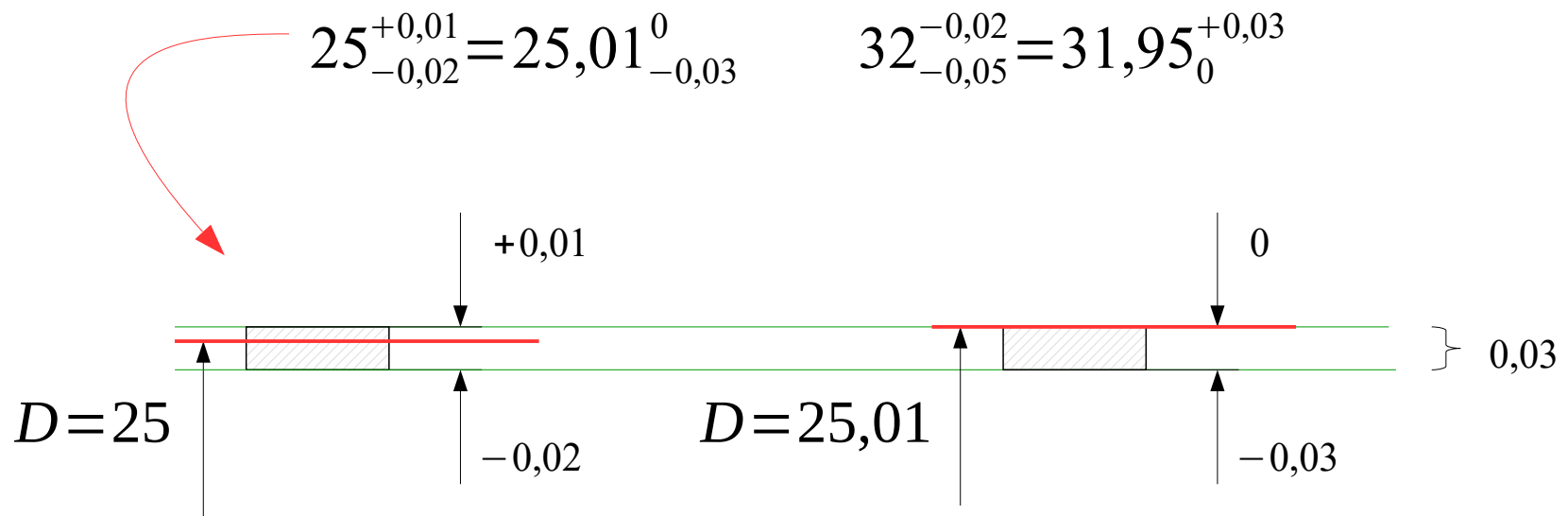
Wejście w pole tolerancji wymaga dodania materiału



Przeliczanie tolerancji

Każdy wymiar tolerowany w jeden sposób można przekształcić w wymiar mu równoważny:

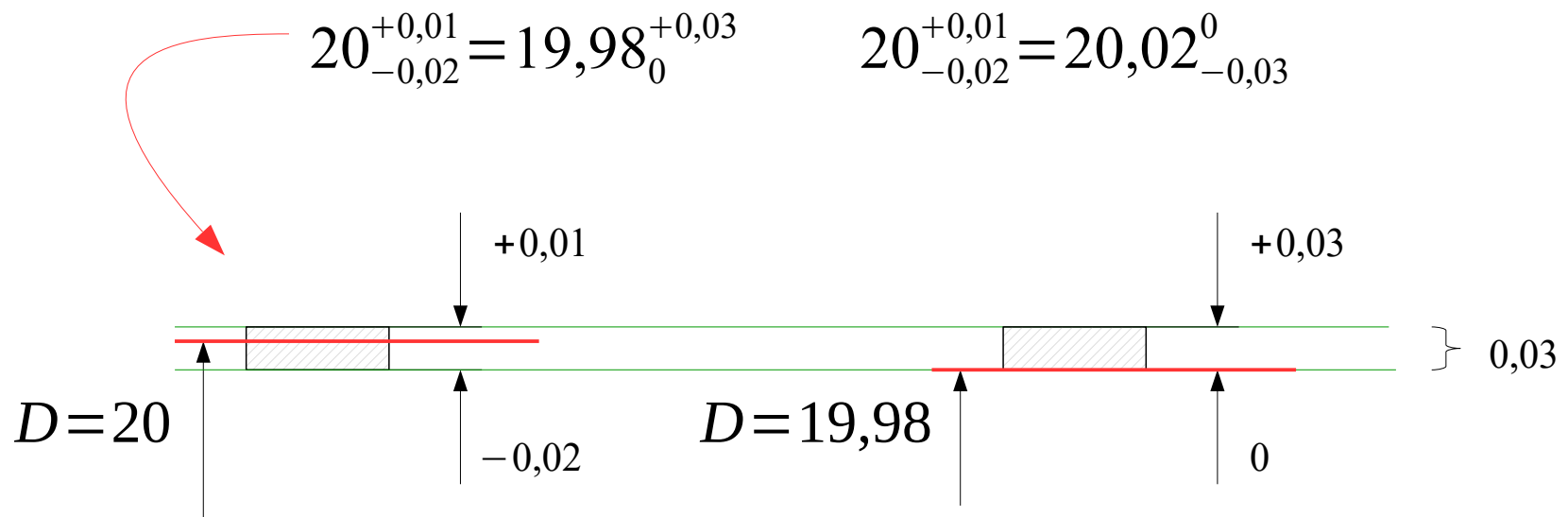
- wymiar tolerowany w głąb materiału – wówczas za wymiar nominalny przyjmuje się wymiar **B** (dla wymiaru zewnętrznego) lub **A** (dla wymiaru wewnętrznego)



Przeliczanie tolerancji

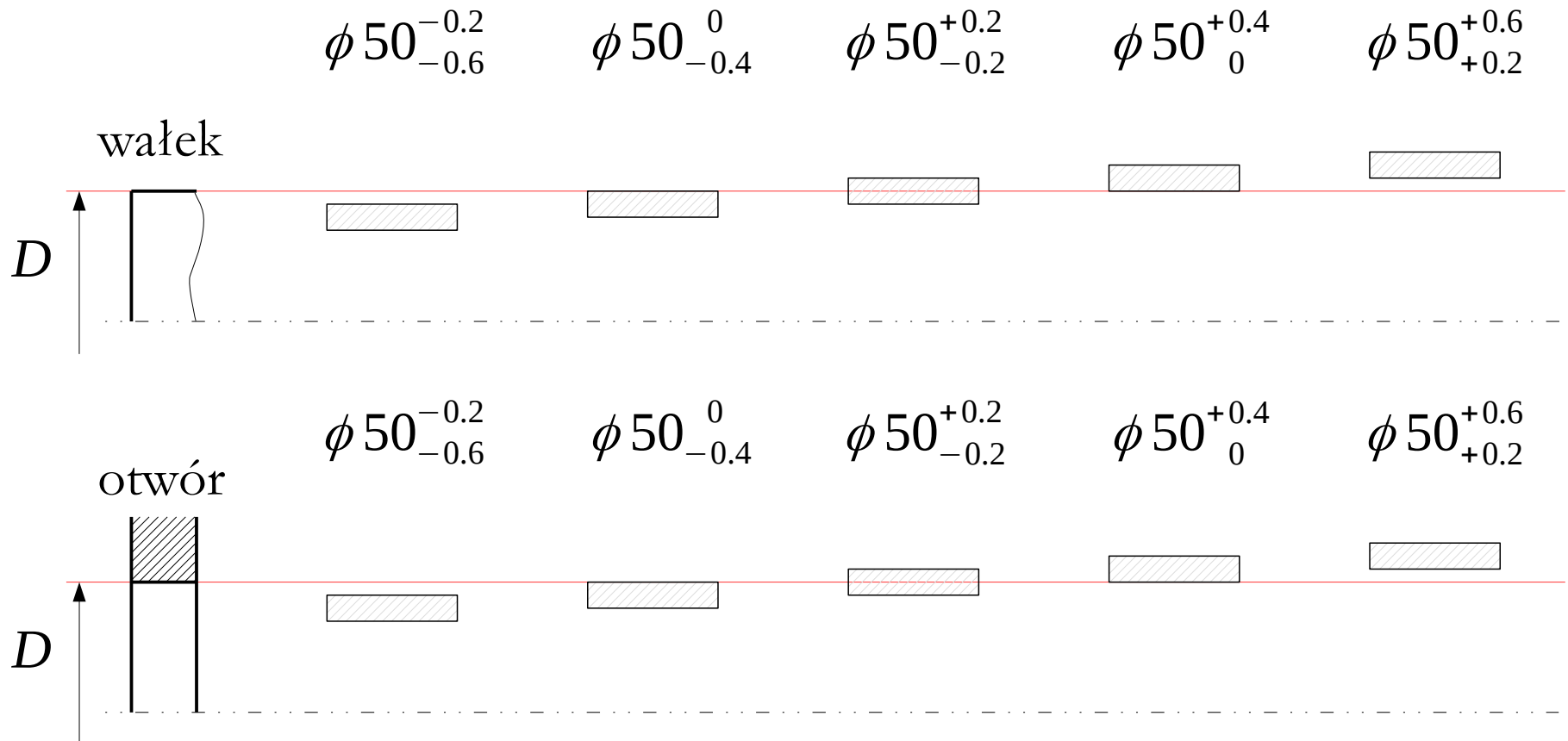
Każdy wymiar tolerowany w jeden sposób można przekształcić w wymiar mu równoważny:

- wymiar tolerowany na zewnątrz materiału – wówczas za wymiar nominalny przyjmuje się wymiar **A** (dla wymiaru zewnętrznego) lub **B** (dla wymiaru wewnętrznego)



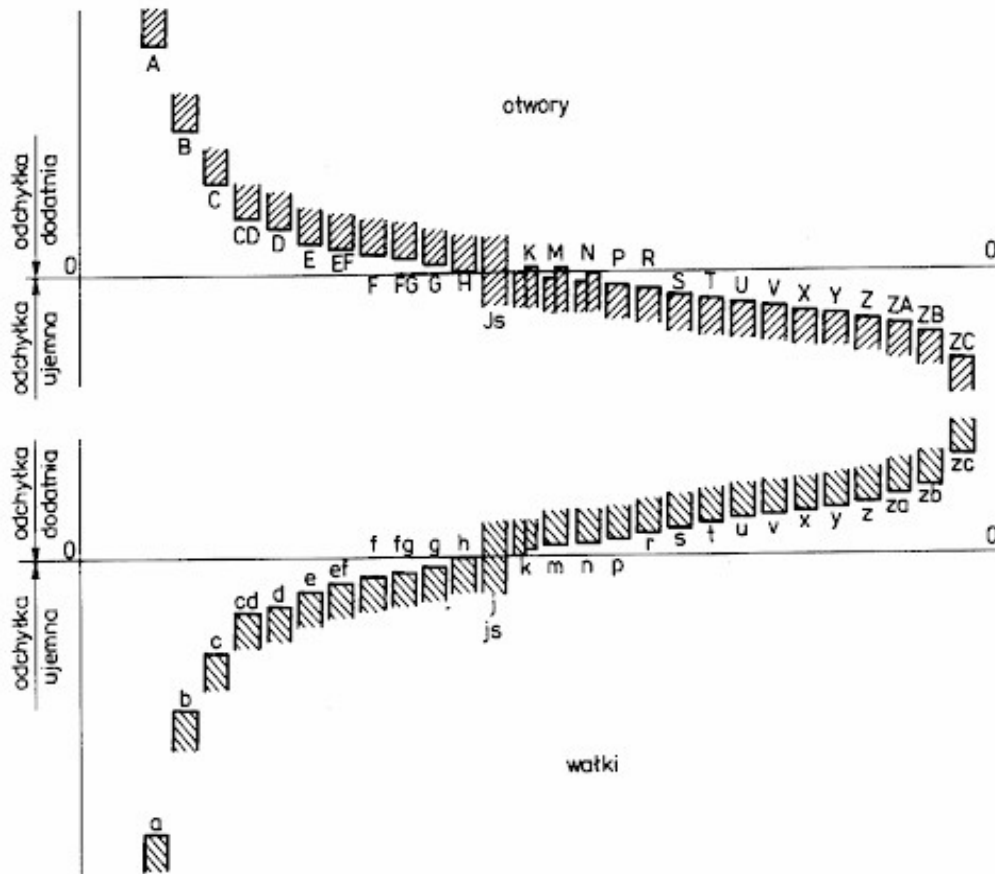
Położenie pola tolerancji

Pola tolerancji mogą mieć różne położenia względem wymiaru nominalnego.



Położenie pola tolerancji

Układ pól tolerancji – znormalizowany system położenia górnych i dolnych odchyłek wymiarowych.



Konkretne wartości odchyłek zależą od wartości wymiaru nominalnego oraz od przyjętej klasy dokładności.

Otwory – wielkie litery
Wałki – małe litery

Klasa dokładności

Klasa dokładności – dopuszczalna szerokość pola tolerancji.

- 1÷4 – klasy narzędzi mierniczych,
- 5÷12 – klasy powierzchni obrabianych,
- 13÷17 – klasy powierzchni surowych.

Jeżeli wymiar nie posiada zdefiniowanych odchyłek, to wykonuje się go zgodnie z przyjętą klasą dokładności. W budowie maszyn jest to zazwyczaj **klasa IT 14**.

Dopuszczalne odchyłki wymiarów nietolerowanych podaje się w dokumentacji konstrukcyjnej w postaci jednego zapisu ogólnego dla wszystkich części.

Klasa dokładności

Wymiar nominalny mm		IT11	IT3	IT4	IT5	IT6	IT7	IT8	IT9	IT10	IT11	IT12	IT13	IT14	IT15	IT16	IT17	IT18	
po- wyżej	do	Tolerancje T																	
		μm											mm						
-	3	0,8	1,2	2	3	4	6	10	14	25	40	60	0,1	0,14	0,25	0,4	0,6	1	1,4
3	6	1	1,5	2,5	4	5	8	12	18	30	48	75	0,12	0,18	0,3	0,48	0,75	1,2	1,8
6	10	1	1,5	2,5	4	6	9	15	22	36	58	90	0,15	0,22	0,36	0,58	0,9	1,5	2,2
10	18	1,2	2	3	5	8	11	18	27	43	70	110	0,18	0,27	0,43	0,7	1,1	1,8	2,7
18	30	1,5	2,5	4	6	9	13	21	33	52	84	130	0,21	0,33	0,52	0,84	1,3	2,1	3,3
30	50	1,5	2,5	4	7	11	16	25	39	62	100	160	0,25	0,39	0,62	1	1,6	2,5	3,9
50	80	2	3	5	8	13	19	30	46	74	120	190	0,3	0,46	0,74	1,2	1,9	3	4,6
80	120	2,5	4	6	10	15	22	35	54	87	140	220	0,35	0,54	0,87	1,4	2,2	3,5	5,4
120	180	3,5	5	8	12	18	25	40	63	100	160	250	0,4	0,63	1	1,6	2,5	4	6,3
180	250	4,5	7	10	14	20	29	46	72	115	185	290	0,46	0,72	1,15	1,85	2,9	4,6	7,2
250	315	6	8	12	16	23	32	52	81	130	210	320	0,52	0,81	1,3	2,1	3,2	5,2	8,1
315	400	7	9	13	18	25	36	57	89	140	230	360	0,57	0,89	1,4	2,3	3,6	5,7	8,9
400	500	8	10	15	20	27	40	63	97	155	250	400	0,63	0,97	1,55	2,5	4	6,3	9,7
500	630	9	11	16	22	32	44	70	110	175	280	440	0,7	1,1	1,75	2,8	4,4	7	11
630	800	10	13	18	25	36	50	80	125	200	320	500	0,8	1,25	2	3,2	5	8	12,5
800	1000	11	15	21	28	40	56	90	140	230	360	560	0,9	1,4	2,3	3,6	5,6	9	14
1000	1250	13	18	24	33	47	66	105	165	260	420	660	1,05	1,65	2,6	4,2	6,6	10,5	16,5
1250	1600	15	21	29	39	55	78	125	195	310	500	780	1,25	1,95	3,1	5	7,8	12,5	19,5
1600	2000	18	25	35	46	65	92	150	230	370	600	920	1,5	2,3	3,7	6	9,2	15	23
2000	2500	22	30	41	55	78	110	175	280	440	700	1100	1,75	2,8	4,4	7	1	17,5	28
2500	3150	26	36	50	68	96	135	210	330	540	860	1350	2,1	3,3	5,4	8,6	3,5	21	33

Wartości liczbowe tolerancji normalnych klas IT dla wymiarów normalnych do 3150 mm wg PN-ISO 286

$$1 \text{ mm} = 1000 \mu \text{ m}$$

Oznaczenia tolerancji wałków i otworów

Klasa dokładności	Symbol tolerancji																		
5										g5	h5	js5	k5	m5	n5	p5	r5	s5	t5
6						f6				g6	h6	js6	k6	m6	n6	p6	r6	s6	t6
7					e7	f7				h7	js7	k7	m7	n7	p7	r7	s7	t7	u7
8				d8	e8	f8				h8									
9				d9	e9					h9									
10				d10															
11	a11	b11	c11							h11									

W pierwszej kolejności należy stosować tolerancje zawarte w ramkach

położenie pola tolerancji (tu: otworu)

H7

klasa dokładności

Klasa dokładności	Symbol tolerancji																		
6										G6	H6	Js6	K6	M6	N6	P6	R6	S6	T6
7								F7		G7	H7	Js7	K7	M7	N7	P7	R7	S7	T7
8					E8	F8				H8	Js8	K8	M8	N8	P8	R8			
9				D9	E9	F9				H9									
10				D10	E10					H10									
11	A11	B11	C11	D11						h11									

W pierwszej kolejności należy stosować tolerancje zawarte w ramkach

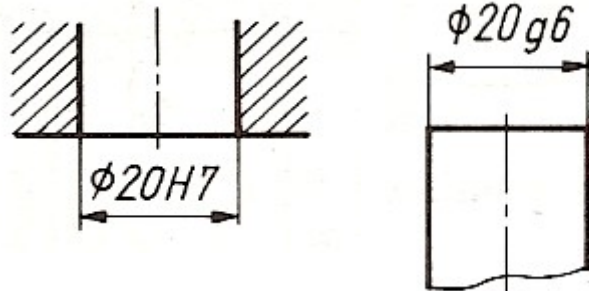
Tolerancje wałków (u góry) i otworów (u dołu) ogólnego przeznaczenia wg PN-ISO 1829:1996

Tolerowanie normalne

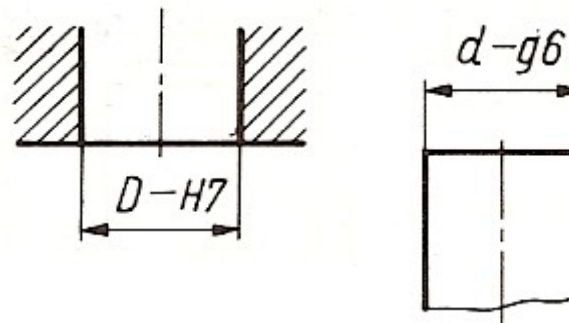
Tolerowanie normalne – jest to tolerowanie wymiarów przez dobranie odpowiednich odchyłek z norm. Rozróżnia się tu trzy warianty zapisu:

1. Za wymiarem nominalnym podaje się symbol literowy, odpowiadający odchyłkom dobranym dla danego wymiaru (a). Jeżeli wymiar nominalny jest określony literą, to symbol tolerancji oddziela się od wymiaru nominalnego poziomą kreską (b). Tolerowanie symboliczne stosuje się wówczas, gdy przewiduje się sprawdzanie wymiarów tolerowanych sprawdzianami różnicowymi.

a)



b)

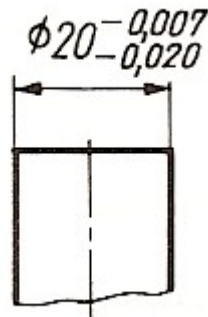
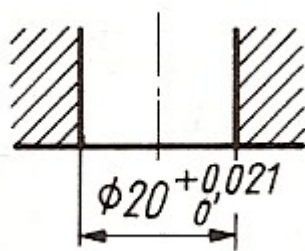


Sprawdzian
pierścieniowy
do wałków

Tolerowanie normalne

Tolerowanie normalne – jest to tolerowanie wymiarów przez dobranie odpowiednich odchyłek z norm. Rozróżnia się tu trzy warianty zapisu:

2. Za wymiarem nominalnym podaje się odchyłki dobrane z normy w postaci wartości liczbowych. Ten sposób tolerowania stosuje się wówczas, gdy przewiduje się sprawdzanie wymiarów tolerowanych uniwersalnymi przyrządami pomiarowymi.

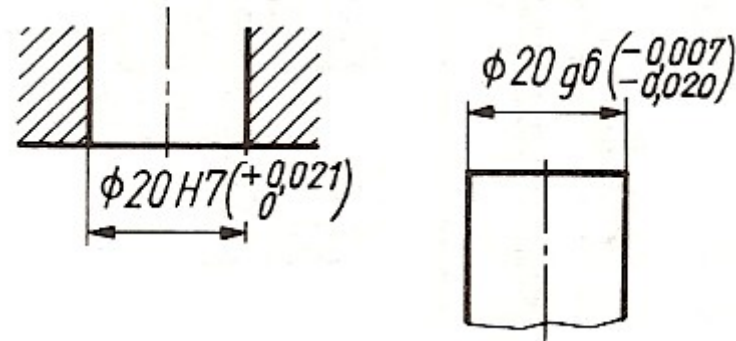


Śruba
mikrometryczna

Tolerowanie normalne

Tolerowanie normalne – jest to tolerowanie wymiarów przez dobranie odpowiednich odchyłek z norm. Rozróżnia się tu trzy warianty zapisu:

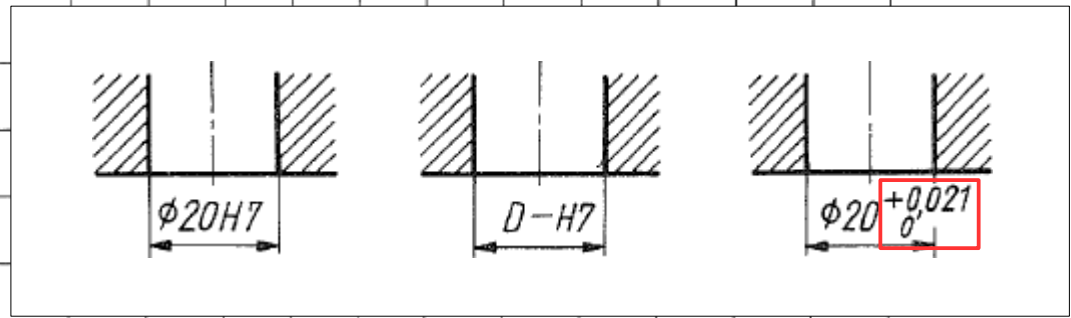
3. Za wymiarem nominalnym podaje się zarówno symbol umowny jak i odchyłki dobrane z normy w postaci wartości liczbowych. Ten sposób tolerowania stosuje się wówczas, gdy nie wiadomo jak będą sprawdzane wymiary nominalne.



Odczytywanie odchyłek z tablic

Tablica 7.1. Odchyłki w μm części stonowanych normalnych otworów i wałków

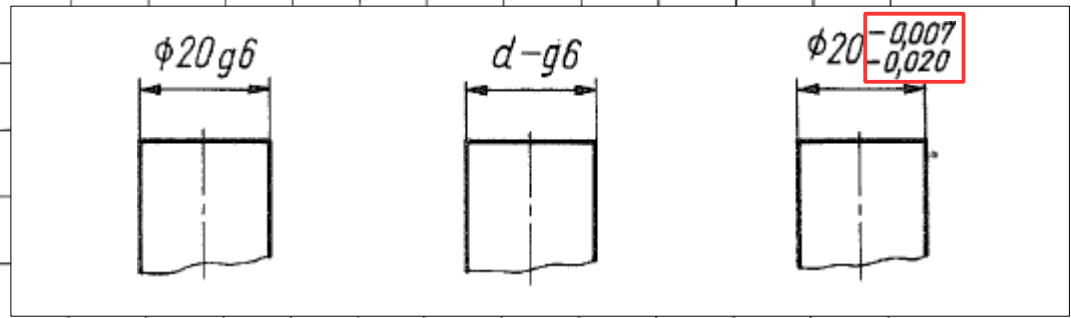
Wymiar nominalny mm	Otwór H6	Wałki				Otwór H7	Wałki							Otwór H8	Wałki					Otwór H11	Wałek h11
		m5	k5	h5	g5		p6	n6	m6	k6	h6	g6	f7		h7	h8	e8	d9			
do 3	+6 0	+6 +2	+4 0	0 -4	-2 -6	+10 0	+12 +6	+10 +4	+8 +2	+6 0	0 -6	-2 -8	-6 -16	+14 0	0 -10	0 -14	-14 -28	-20 -45	+60 0	0 -60	
ponad 3 do 6	+8 0	+9 +4	+6 +1	0 -5	-4 -9	+12 0	+20 +12	+16 +8	+12 +4	+9 +1	0 -8	-4 -12	-10 -22	+18 0	0 -12	0 -18	-20 -38	-30 -60	+75 0	0 -75	
ponad 6 do 10	+9 0	+12 +6	+7 +1	0 -6	-5 -11	+15 0	+24 +15	+19 +10	+15 +6	+10 +1	0 -9	-5 -14	-13 -28	+22 0	0 -15	0 -22	-25 -47	-40 -76	+90 0	0 -90	
ponad 10 do 18	+11 0	+15 +7	+9 +1	0 -8	-6 -14	+18 0	+29 +18	+23 +12	+18 +7	+12 +1	0 -11	-6 -17	-16 -34	+27 0	0 -18	0 -27	-32 -59	-50 -93	+110 0	0 -110	
ponad 18 do 30	+13 0	+17 +8	+11 +2	0 -9	-7 -16	+21 0	+35 +22	+28 +15	+21 +8	+15 +2	0 -13	-7 -20	-20 -41	+33 0	0 -21	0 -33	-40 -73	-65 -117	+130 0	0 -130	
ponad 30 do 50	+16 0	+20 +9	+13 +2	0 -11	-9 -20	+25 0	+42 +26	+33 +17	+25 +9	+18 +2	0 -16	-9 -25	-25 -50	+39 0	0 -25	0 -39	-50 -89	-80 -142	+160 0	0 -160	
ponad 50 do 80	+19 0	+24 +11	+15 +2	0 -13	-10 -23	+30 0	+51 +32	+39 +20	+30 +11	+21 +2	0 -19	-10 -29	-30 -60	+46 0	0 -30	0 -46	-60 -106	-100 -174	+190 0	0 -190	
ponad 80 do 120	+22 0	+28 +13	+18 +3	0 -15	-12 -27	+35 0	+59 +37	+45 +23	+35 +13	+25 +3	0 -22	-12 -34	-36 -71	+54 0	0 -35	0 -54	-72 -126	-120 -207	+220 0	0 -220	
ponad 120 do 180	+25 0	+33 +15	+21 +3	0 -18	-14 -32	+40 0	+68 +43	+52 +27	+40 +15	+28 +3	0 -25	-14 -39	-43 -83	+63 0	0 -40	0 -63	-85 -148	-145 -245	+250 0	0 -250	
ponad 180 do 250	+29 0	+37 +17	+24 +4	0 -20	-15 -35	+46 0	+79 +50														
ponad 250 do 315	+32 0	+43 +20	+27 +4	0 -23	-17 -40	+52 0	+88 +56														
ponad 315 do 400	+36 0	+46 +21	+29 +4	0 -25	-18 -43	+57 0	+98 +62														
ponad 400 do 500	+40 0	+50 +23	+32 +5	0 -27	-20 -47	+63 0	+108 +68														
ponad 500 do 630	+44 0	—	—	0 -32	—	+70 0	+122 +78														
ponad 630 do 800	+50 0	—	—	0 -36	—	+80 0	+138 +88	+100 +50	+80 +30	+50 0	0 -50	-24 -74	-80 -160	+125 0	0 -80	0 -125	-160 -285	-290 -490	+500 0	0 -500	
ponad 800 do 1000	+56 0	—	—	0 -40	—	+90 0	+156 +100	+112 +56	+90 +34	+56 0	0 -56	-26 -82	-86 -176	+140 0	0 -90	0 -140	-170 -310	-320 -550	+560 0	0 -560	



Odczytywanie odchyłek z tablic

Tablica 7.1. Odchyłki w μm częściach stosowanych normalnych otworów i wałków

Wymiar nominalny mm	Otwór H6	Wałki				Otwór H7	Wałki							Otwór H8	Wałki					Otwór H11	Wałek h11
		m5	k5	h5	g5		p6	n6	m6	k6	h6	g6	f7		h7	h8	e8	d9			
do 3	+6 0	+6 +2	+4 0	0 -4	-2 -6	+10 0	+12 +6	+10 +4	+8 +2	+6 0	0 -6	-2 -8	-6 -16	+14 0	0 -10	0 -14	-14 -28	-20 -45	+60 0	0 -60	
ponad 3 do 6	+8 0	+9 +4	+6 +1	0 -5	-4 -9	+12 0	+20 +12	+16 +8	+12 +4	+9 +1	0 -8	-4 -12	-10 -22	+18 0	0 -12	0 -18	-20 -38	-30 -60	+75 0	0 -75	
ponad 6 do 10	+9 0	+12 +6	+7 +1	0 -6	-5 -11	+15 0	+24 +15	+19 +10	+15 +6	+10 +1	0 -9	-5 -14	-13 -28	+22 0	0 -15	0 -22	-25 -47	-40 -76	+90 0	0 -90	
ponad 10 do 18	+11 0	+15 +7	+9 +1	0 -8	-6 -14	+18 0	+29 +18	+23 +12	+18 +7	+12 +1	0 -11	-6 -17	-16 -34	+27 0	0 -18	0 -27	-32 -59	-50 -93	+110 0	0 -110	
ponad 18 do 30	+13 0	+17 +8	+11 +2	0 -9	-7 -16	+21 0	+35 +22	+28 +15	+21 +8	+15 +2	0 -13	-7 -20	-20 -41	+33 0	0 -21	0 -33	-40 -73	-65 -117	+130 0	0 -130	
ponad 30 do 50	+16 0	+20 +9	+13 +2	0 -11	-9 -20	+25 0	+42 +26	+33 +17	+25 +9	+18 +2	0 -16	-9 -25	-25 -50	+39 0	0 -25	0 -39	-50 -89	-80 -142	+160 0	0 -160	
ponad 50 do 80	+19 0	+24 +11	+15 +2	0 -13	-10 -23	+30 0	+51 +32	+39 +20	+30 +11	+21 +2	0 -19	-10 -29	-30 -60	+46 0	0 -30	0 -46	-60 -106	-100 -174	+190 0	0 -190	
ponad 80 do 120	+22 0	+28 +13	+18 +3	0 -15	-12 -27	+35 0	+59 +37	+45 +23	+35 +13	+25 +3	0 -22	-12 -34	-36 -71	+54 0	0 -35	0 -54	-72 -126	-120 -207	+220 0	0 -220	
ponad 120 do 180	+25 0	+33 +15	+21 +3	0 -18	-14 -32	+40 0	+68 +43	+52 +27	+40 +15	+28 +3	0 -25	-14 -39	-43 -83	+63 0	0 -40	0 -63	-85 -148	-145 -245	+250 0	0 -250	
ponad 180 do 250	+29 0	+37 +17	+24 +4	0 -20	-15 -35	+46 0	+79 +50														
ponad 250 do 315	+32 0	+43 +20	+27 +4	0 -23	-17 -40	+52 0	+88 +56														
ponad 315 do 400	+36 0	+46 +21	+29 +4	0 -25	-18 -43	+57 0	+98 +62														
ponad 400 do 500	+40 0	+50 +23	+32 +5	0 -27	-20 -47	+63 0	+108 +68														
ponad 500 do 630	+44 0	—	—	0 -32	—	+70 0	+122 +78														
ponad 630 do 800	+50 0	—	—	0 -36	—	+80 0	+138 +88	+100 +50	+80 +30	+50 0	0 -50	-24 -74	-80 -160	+125 0	0 -80	0 -125	-160 -285	-290 -490	+500 0	0 -500	
ponad 800 do 1000	+56 0	—	—	0 -40	—	+90 0	+156 +100	+112 +56	+90 +34	+56 0	0 -56	-26 -82	-86 -176	+140 0	0 -90	0 -140	-170 -310	-320 -550	+560 0	0 -560	



Tolerowanie swobodne

Tolerowanie swobodne – jest to tolerowanie wymiarów przez dobranie odchyłek według uznania konstruktora. Tolerowanie swobodne jest zawsze tolerowaniem liczbowym.

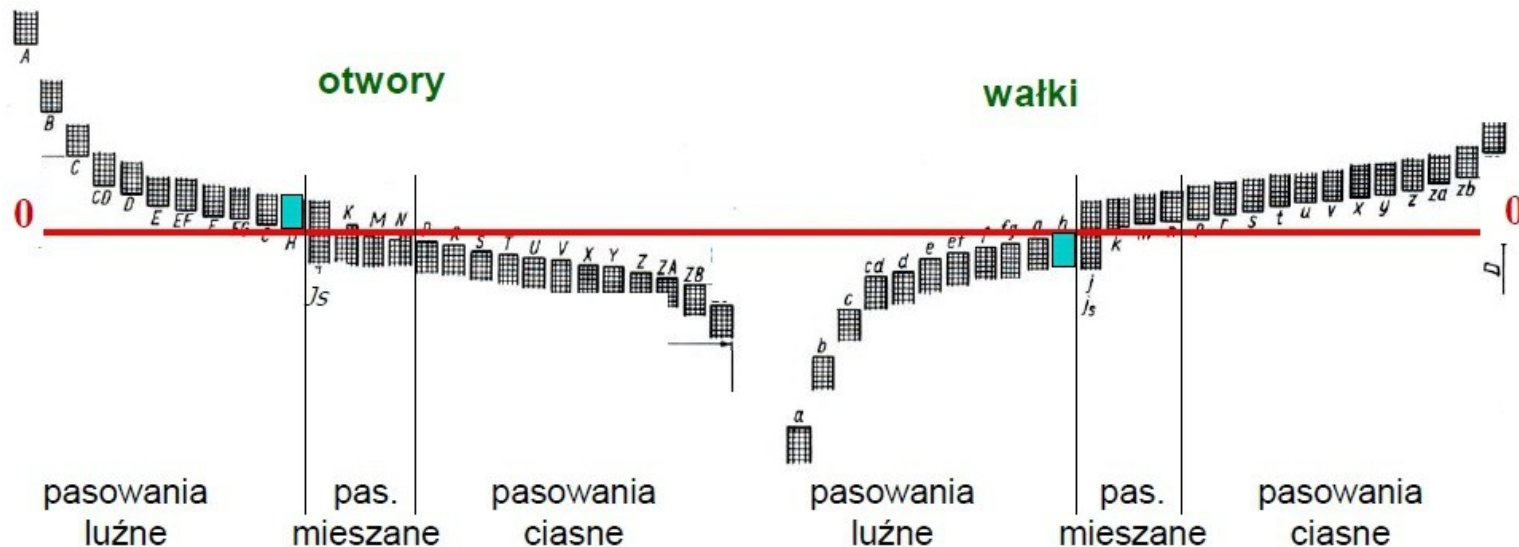
Przy tolerowaniu swobodnym wymiary zewnętrzne i wewnętrzne należy tolerować w głąb materiału.

Tolerowanie na zewnątrz materiału stosuje się głównie w odniesieniu do wymiarów tych powierzchni i wyrobów, które mają naddatki obróbkowe.

Pasowanie

Pasowanie – charakter współpracy połączonych części, obejmującej i obejmowanej (np. tulei i wałka), określony różnicą ich wymiarów przed połączeniem. Rozróżnia się pasowania:

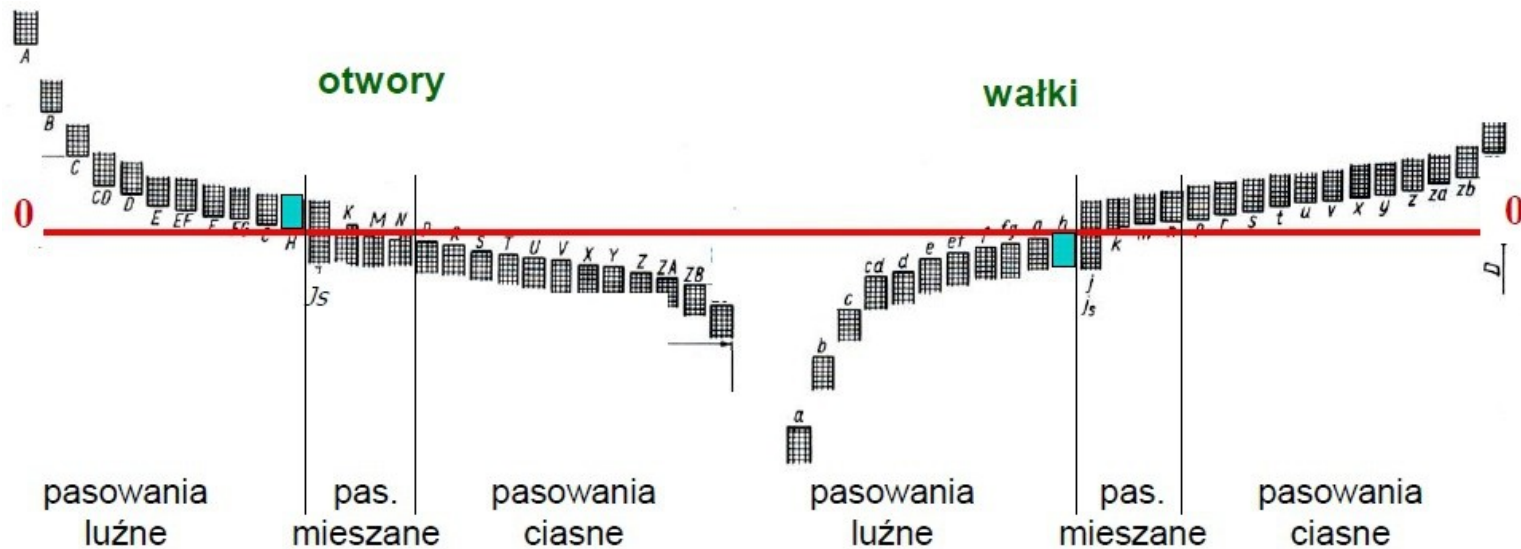
- **luźne** – w których zawsze występuje luz (lub jest równy zero),
- **mieszane** – w których może występować zarówno luz jak i wcisk,
- **ciasne** – w których zawsze występuje wcisk.



Pasowanie

Nazwy pasowań.

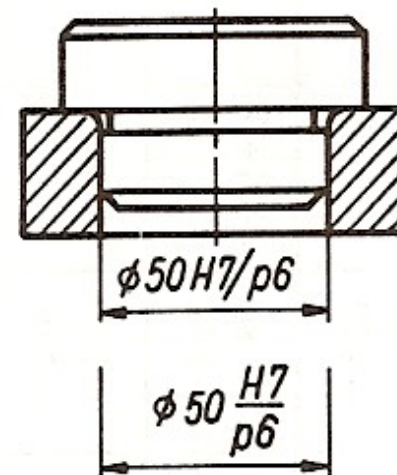
A, a	przestronne, bardzo luźne	M, m	wciskane
B, b	przestronne luźne	N, n	mocno wciskane
C, c	przestronne zwykłe	P, p	bardzo lekko wślazane
CD, cd	przestronne obrotowe	R, r	lekko wślazane
D, d	obrotowe bardzo luźne	S, s	wślazane
E, e	obrotowe luźne	T, t	mocno wślazane
EF, ef	obrotowe półluźne	U, u	bardzo mocno wślazany 1
F, f	obrotowe zwykłe	V, v	bardzo mocno wślazany 2
FG, fg	obrotowe półciasne	X, x	bardzo mocno wślazany 3
G, g	obrotowe ciasne	Y, y	bardzo mocno wślazany 4
H, h	suwliwe lub podstawowe	Z, z	bardzo mocno wślazany 5
JS, js	przyłgowe symetryczne	ZA, za	bardzo mocno wślazany 6
J, i	Przyłgowe	ZB, zb	bardzo mocno wślazany 7
K, k	lekko wciskane	ZC, zc	bardzo mocno wślazany 8



Pasowanie

Przy wpisywaniu na rysunek tolerancji wspólnego wymiaru nominalnego połączonych części można korzystać z jednej linii wymiarowej, przy czym:

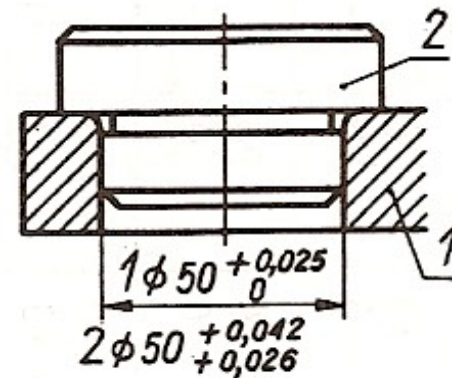
- a) w przypadku tolerowania symbolicznego – za wspólnym wymiarem nominalnym umieszcza się symbol pasowania tolerancji wymiaru wewnętrznego (otworu) oraz symbol pasowania tolerancji wymiaru zewnętrznego (wałka) rozdzielone znakiem ułamka.



Pasowanie

Przy wpisywaniu na rysunek tolerancji wspólnego wymiaru nominalnego połączonych części można korzystać z jednej linii wymiarowej, przy czym:

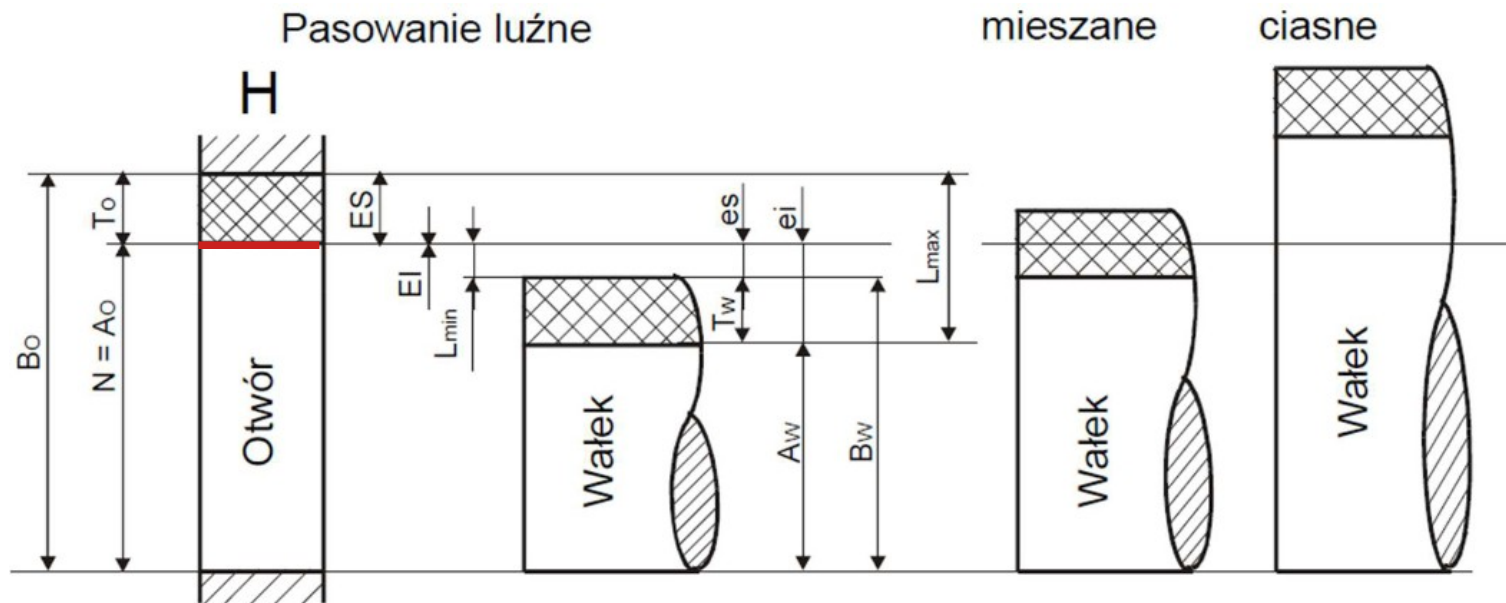
- b) w przypadku tolerowania liczbowego – tolerowany wymiar wewnętrzny pisze się nad linią wymiarową, a wymiar zewnętrzny pod nią, poprzedzając je wskazówkami, który wymiar której z połączonych części dotyczy.



Zasada stałego otworu

Zasada stałego otworu – średnicę otworu toleruje się zawsze w głąb materiału, $EI=0$ (tolerowanie asymetryczne), żądane pasowanie uzyskuje się poprzez dobranie odchyłek wałka.

Przykłady: 10H7/f6 – pasowanie luźne, 10H7/s7 – pasowanie ciasne.



Zasada stałego otworu

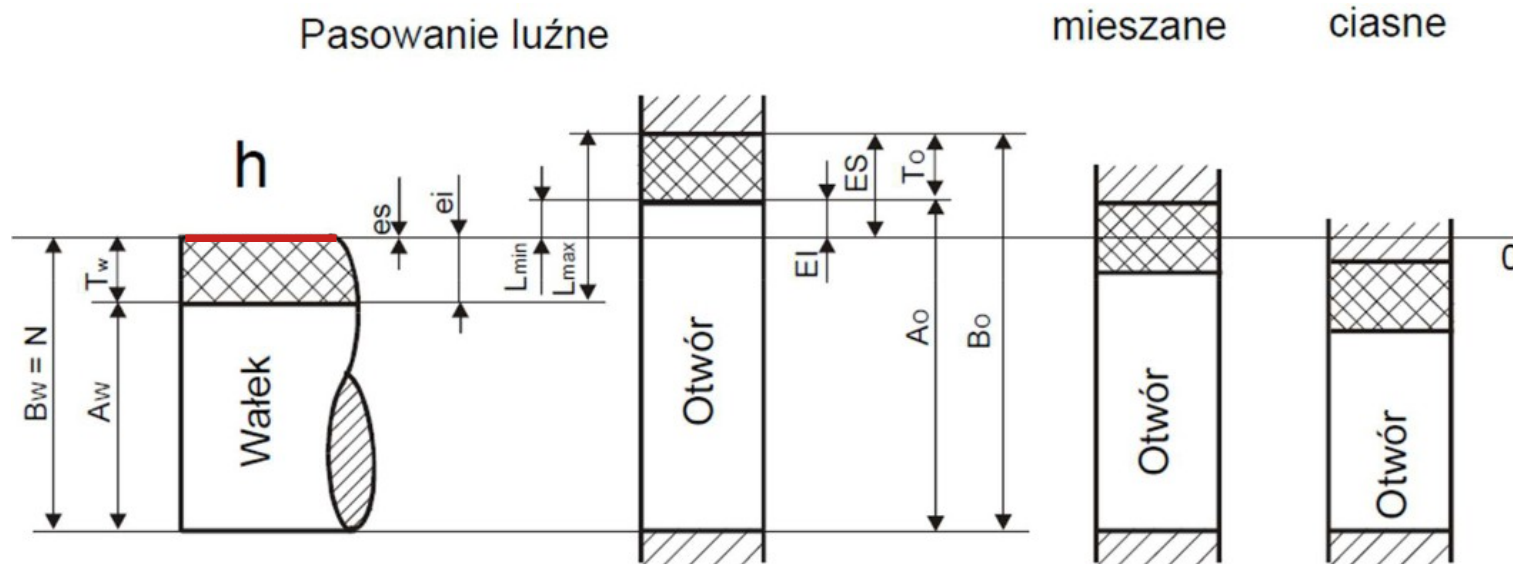
Nazwa pasowania	Pole tolerancji otworu podstawowego							
	H5	H6	H7	H8	H9	H10	H11	H12
Luźne	H5/g6	H6/f6	H7/c8	H8/c8	H9/d9	H10/d10	H11/a11	H12/b12
	H5/h4	H6/g5	H7/d8	H8/d8	H9/e8	H10/h9	H11/b11	H12/h12
		H6/h5	H7/e8	H8/d9	H9/e9	H10/h10	H11/c11	
			H7/f7	H8/e8	H9/f8		H11/d11	
			H7/g6	H8/e9	H9/f9		H11/h11	
			H7/h6	H8/f8	H9/h8			
				H8/f9	H9/h9			
				H8/h7				
				H8/h8				
				H8/h9				
Mieszane	H5/js4	H6/js5	H7/js6	H8/js7				
	H5/k4	H6/k5	H7/k6	H8/k7				
	H5/m4	H6/m5	H7/m6	H8/m7				
	H5/n4	H6/n5	H7/n6	H8/n7				
Ciasne		H6/p5	H7/p6	H8/s7				
		H6/r5	H7/r6	H8/u8				
		H6/s5	H7/s6	H8/x8				
			H7/s7	H8/z8				
			H7/t6					
			H7/u7					

- pasowania uprzywilejowane

Zasada stałego wałka

Zasada stałego wałka – średnicę wałka toleruje się zawsze w głąb materiału, $es=0$ (tolerowanie asymetryczne), żądane pasowanie uzyskuje się poprzez dobranie odchyłek otworu.

Przykłady: 10F8/h6 – pasowanie luźne, 10S7/h6 – pasowanie ciasne.



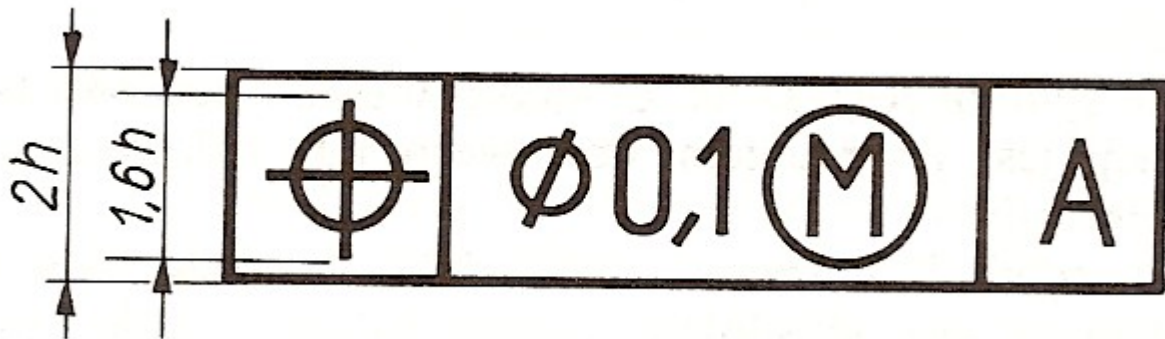
Zasada stałego wałka

Nazwa pasowania	Pole tolerancji otworu podstawowego								
	h4	h5	h6	h7	h8	h9	h10	h11	h12
Luźne	G5/h4	F7/h5	D8/h6	D8/h7	D8/h8	D9/h9	D10/h10	A11/h11	B12/h12
	H5/h4	G6/h5	E8/h6	E8/h7	D9/h8	D10/h9	H10/h10	B11/h11	H12/h12
		H7/h5	F7/h6	F8/h7	E8/h8	E9/h9		C11/h11	
			F8/h6	H8/h7	E9/h8	F9/h9		D11/h11	
			G7/h6		F8/h8	H8/h9		H11/h11	
			H7/h6		F9/h8	H9/h9			
					H8/h8				
					H9/h8	H10/h9			
Mieszane	Js5/h4	Js6/h5	Js7/h6	Js8/h7					
	K5/h4	K6/h5	K7/h6	K8/h7					
	M5/h4	M6/h5	M7/h6	M8/h7					
	N5/h4	N6/h5	N7/h6	N8/h7					
Ciasne		P6/h5	P7/h6	U8/h7					
			R7/h6						
			S7/h6						

- pasowania uprzywilejowane

Tolerowanie kształtu i położenia

Oznaczenie tolerancji kształtu lub położenia składa się ze **znaku tolerancji** i **jej wartości liczbowej** w milimetrach. Dane te wpisuje się w ramkę prostokątną podzieloną na dwa (tolerancja kształtu) lub trzy (tolerancja położenia) pola: w lewym polu umieszcza się znak tolerancji, w prawym jej wartość liczbową. Ramki rysuje się liniami cienkimi lub liniami o grubości pisma liczb wymiarowych na rysunku. Wysokość liter i cyfr w ramkach powinna być równa wysokości liczb wymiarowych **h**. Wysokość ramki powinna być dwukrotnie większa niż wysokość pisma.

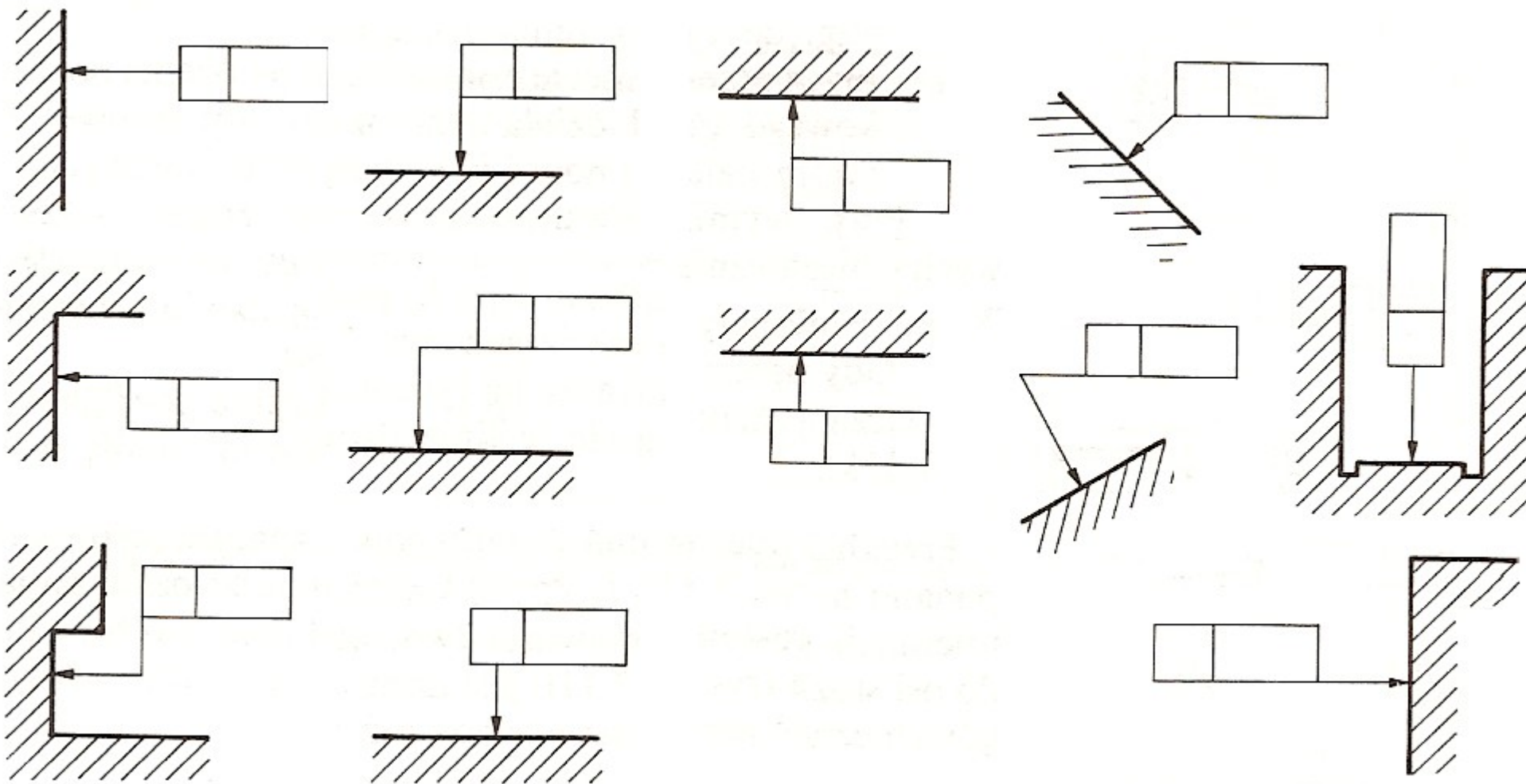


Tolerowanie kształtu i położenia

Ramkę oznaczenia tolerancji umieszcza łączy się linią zakończoną grotem z linią zarysu (lub jej przedłużeniem) tego elementu przedmiotu, do którego odnosi się tolerancja. Ramkę należy rysować w położeniu poziomym, a jeżeli się nie da to w położeniu pionowym tak, aby można ją było czytać od prawej strony rysunku. Linia łącząca powinna wychodzić z lewej strony ramki (z jej środka lub brzegu). Linia łącząca może być kilkakrotnie łamana.

Sposoby umieszczania ramek oznaczeń względem tolerowanych elementów przedmiotów.

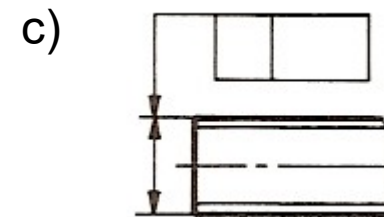
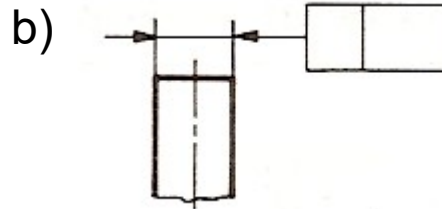
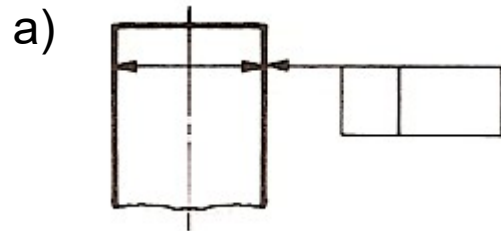
Tolerowanie kształtu i położenia



Sposoby umieszczania ramek oznaczeń względem tolerowanych elementów przedmiotów.

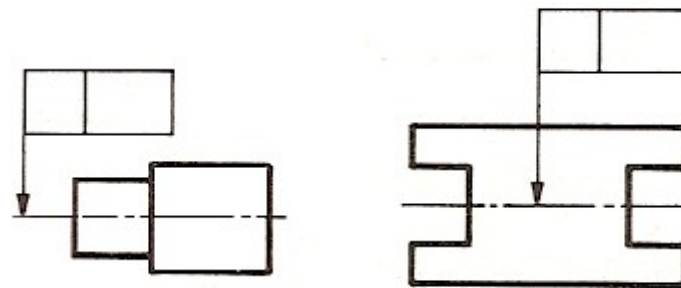
Tolerowanie kształtu i położenia

Jeżeli tolerancja dotyczy osi lub płaszczyzny symetrii jakiegoś **pojedynczego elementu**, to koniec linii łączącej powinien leżeć na przedłużeniu linii wymiarowej tego elementu (a). W przypadku braku miejsca grot linii łączącej może zastąpić grot linii wymiarowej (b). W ten sam sposób oznacza się tolerancję walca podziałowego gwintu (c).



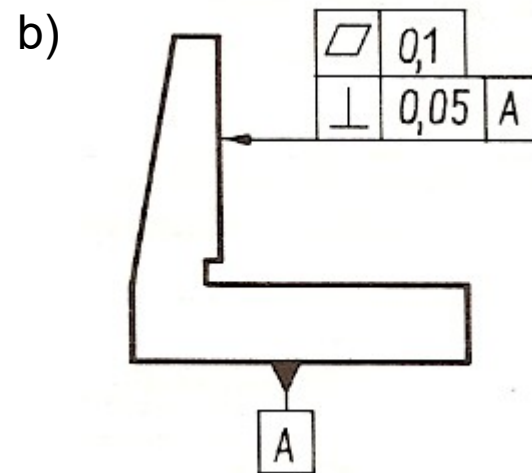
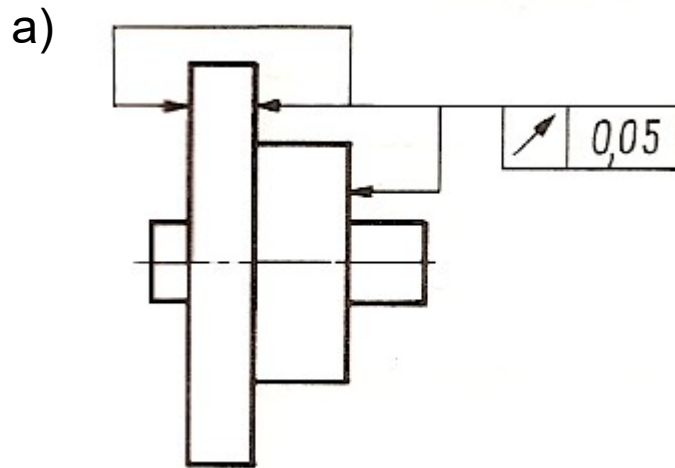
Tolerowanie kształtu i położenia

Gdy tolerancja ma dotyczyć wspólnej osi lub płaszczyzny symetrii **dwóch elementów** przedmiotu, a z rysunku wynika wyraźnie, dla których elementów oś lub płaszczyzna jest wspólna, to linię łączącą doprowadza się do osi lub do śladu płaszczyzny symetrii.

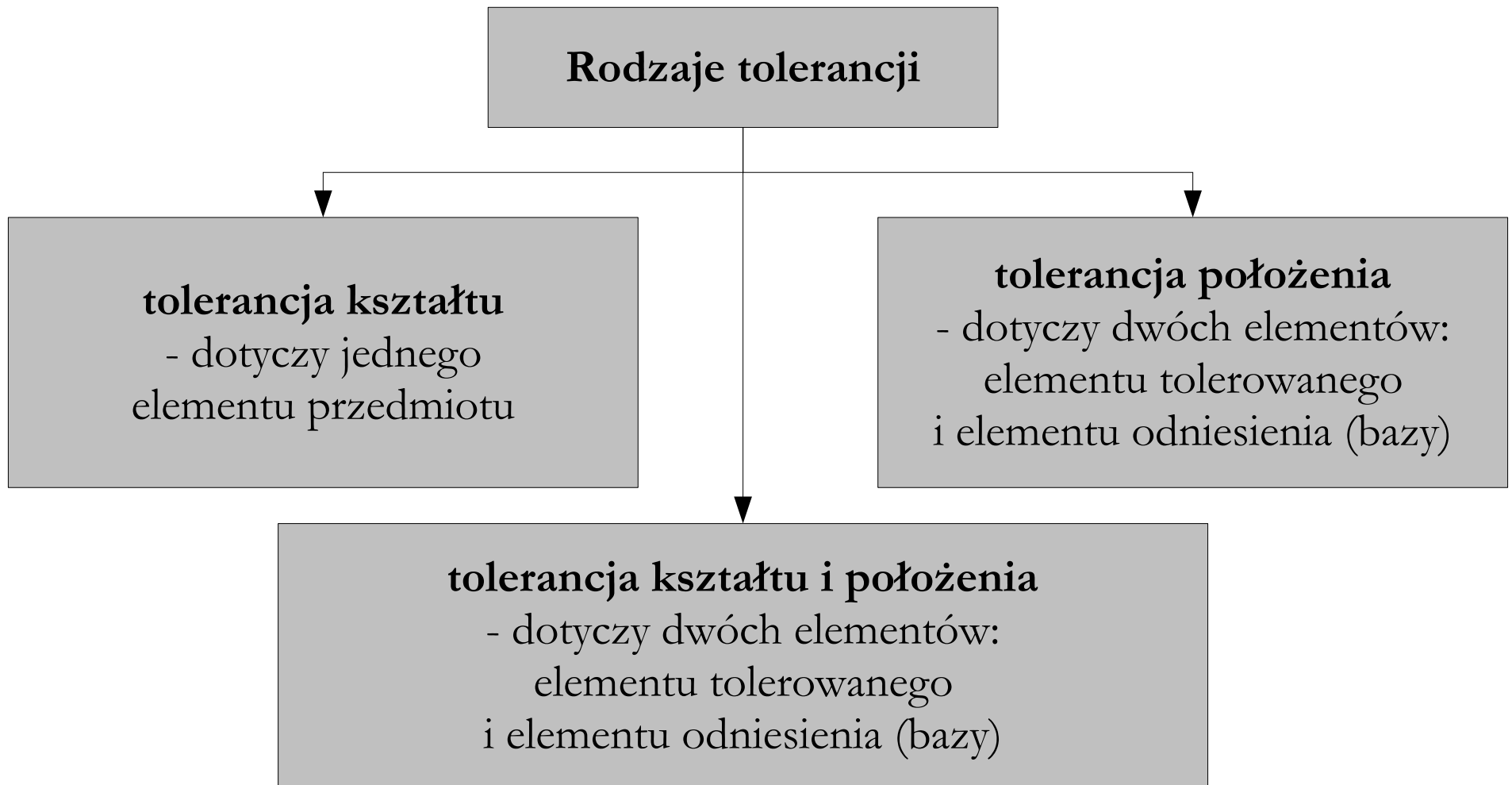


Tolerowanie kształtu i położenia

Jeżeli na rysunku powtarza się ta sama tolerancja, to oznaczenie podaje się tylko raz, prowadząc odgańlenia linii łączącej do wszystkich jednakowo tolerowanych elementów przedmiotu (a). Gdy zaś dla jednego elementu trzeba podać dwie różne tolerancje, to ramki oznaczeń można połączyć (b).








Rodzaje tolerancji










Znaki tolerancji





Tolerancje kształtu:

-  - tolerancja prostoliniowości
-  - tolerancja płaskości
-  - tolerancja okrągłości
-  - tolerancja walcowości
-  - tolerancja zarysu przekroju wzdłużnego

Tolerancje położenia:

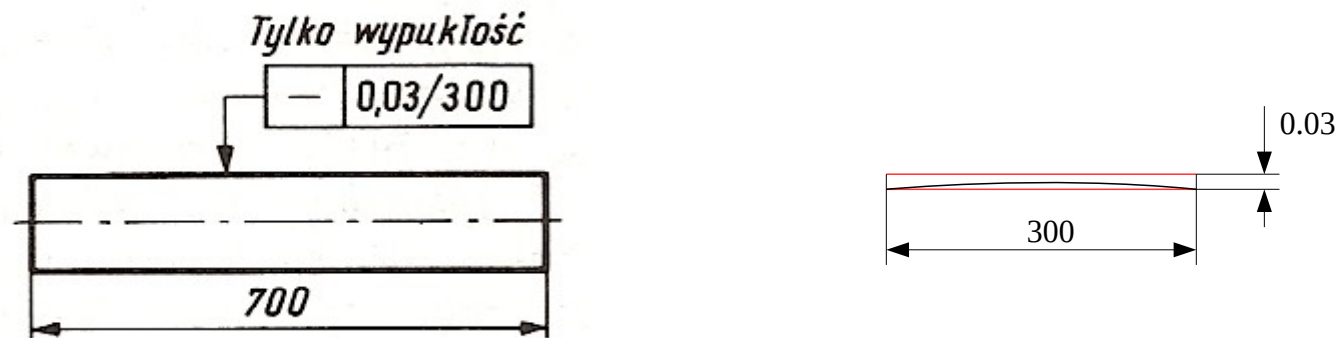
-  - tolerancja równoległości
-  - tolerancja prostopadłości
-  - tolerancja nachylenia
-  - tolerancja współosiowości
-  - tolerancja symetrii
-  - tolerancja pozycji
-  - tolerancja przecinania się osi

Tolerancje kształtu i położenia:

-  - tolerancja bicia osiowego / bicia promieniowego / bicia w wyznaczonym kierunku
-  - tolerancja bicia promieniowego całkowitego / bicia osiowego całkowitego
-  - tolerancja kształtu wyznaczonego zarysu
-  - tolerancja kształtu wyznaczonej powierzchni

Przykłady tolerancji kształtu

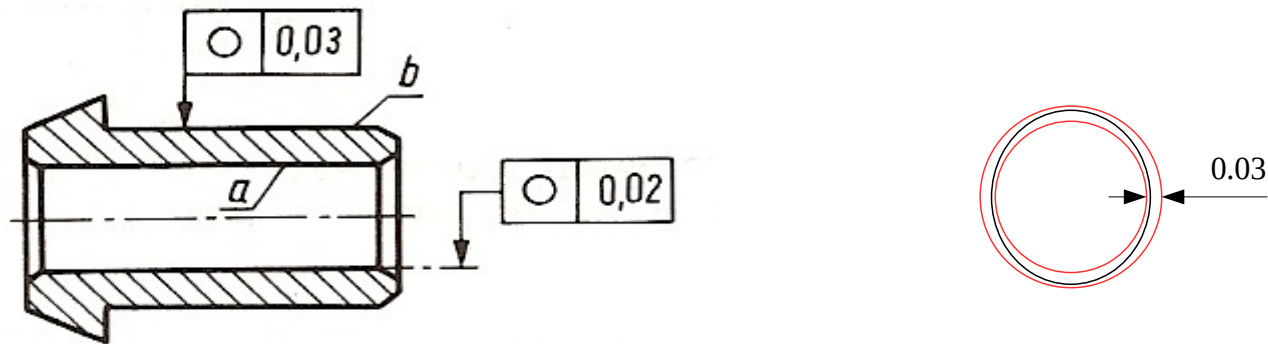
Tolerancja prostoliniowości tworzących i osi powierzchni obrotowych



Odchyłka prostoliniowości rzeczywistej tworzącej walca nie może przekroczyć 0.3 mm na długości 300 mm w dowolnym miejscu całej długości walca, przy czym może on mieć kształt tylko walcowy lub lekko beczułkowaty, a nie wklęsły.

Przykłady tolerancji kształtu

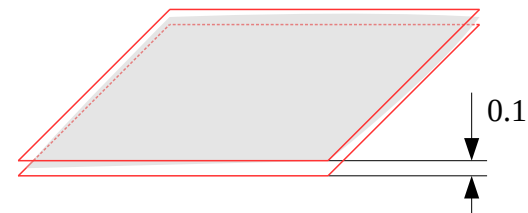
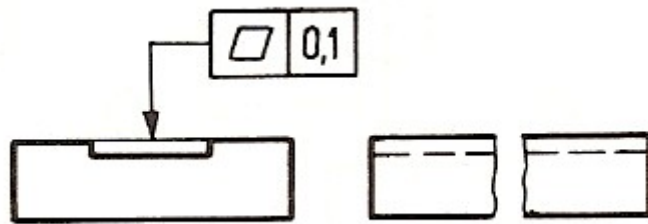
Tolerancja okrągłości



Odchyłka okrągłości zarysu rzeczywistego powierzchni walcowych **a** i **b** nie może przekroczyć 0.02 i 0.03 mm w dowolnym przekroju prostopadłym do osi, na całej długości każdej z powierzchni (zarys powierzchni w dowolnym przekroju musi się znaleźć między dwoma współśrodkowymi okręgami, odległymi od siebie o wartość tolerancji).

Przykłady tolerancji kształtu

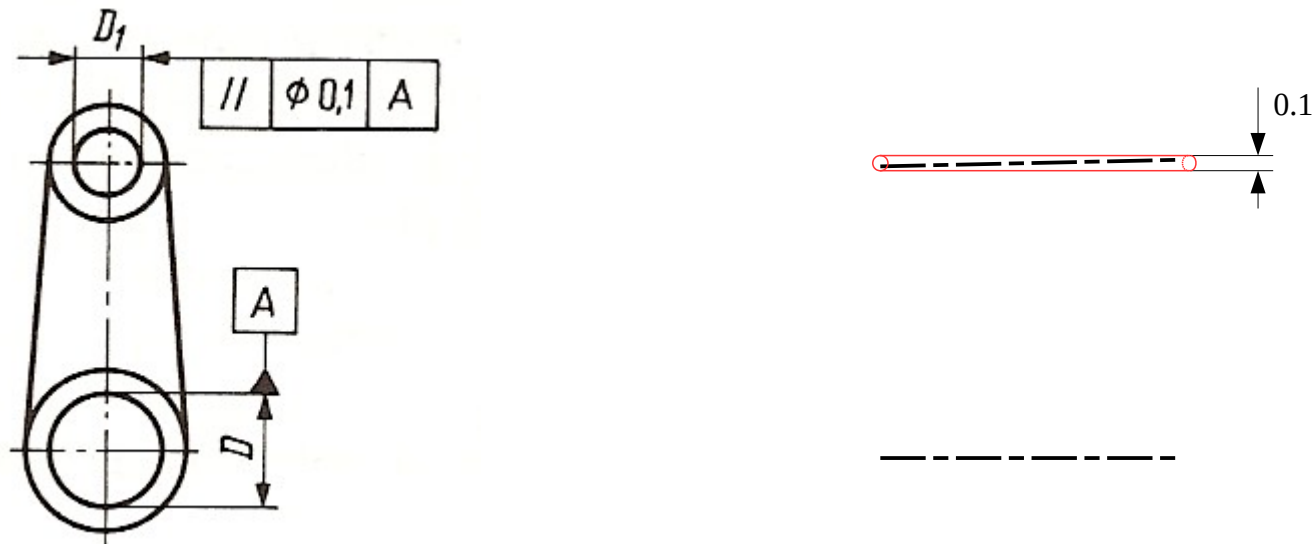
Tolerancja płaskości



Odchyłka płaskości wspólnej płaszczyzny nie może przekroczyć 0.1 mm we wszystkich kierunkach i na całej płaszczyźnie (rzeczywisty kształt obu płaszczyzn cząstkowych musi się zawierać między dwiema poziomymi płaszczyznami odległymi od siebie o 0.1 mm).

Przykłady tolerancji położenia

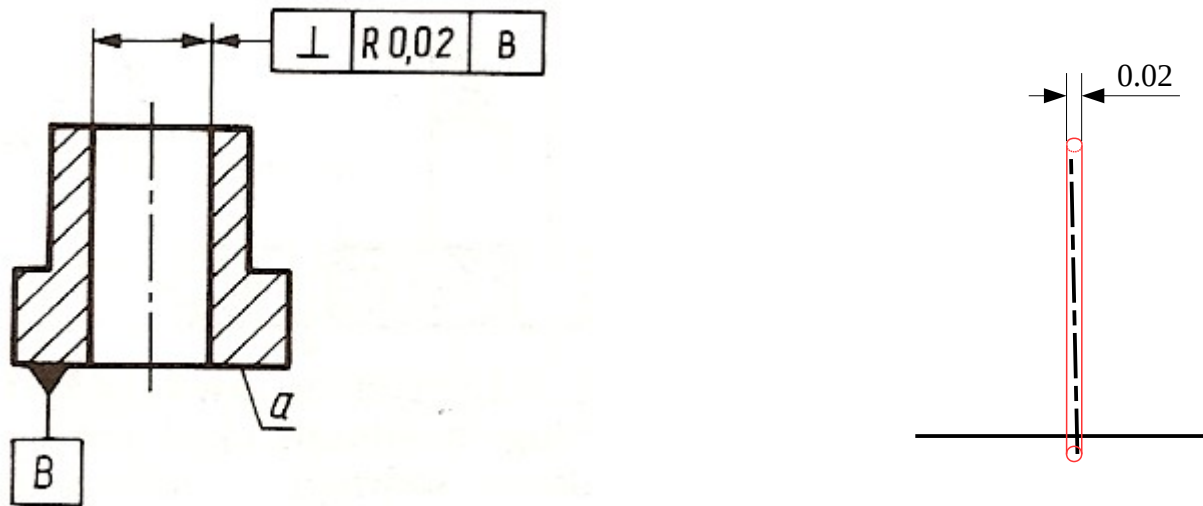
Tolerancja równoległości dwóch osi



Odchyłka równoległości osi otworu **I** względem osi otworu **II** nie może przekroczyć w żadnym kierunku 0.1 mm (oś otworu **I** musi znaleźć się wewnątrz walca o średnicy 0.1 mm i o osi równoległej do osi otworu **II**).

Przykłady tolerancji położenia

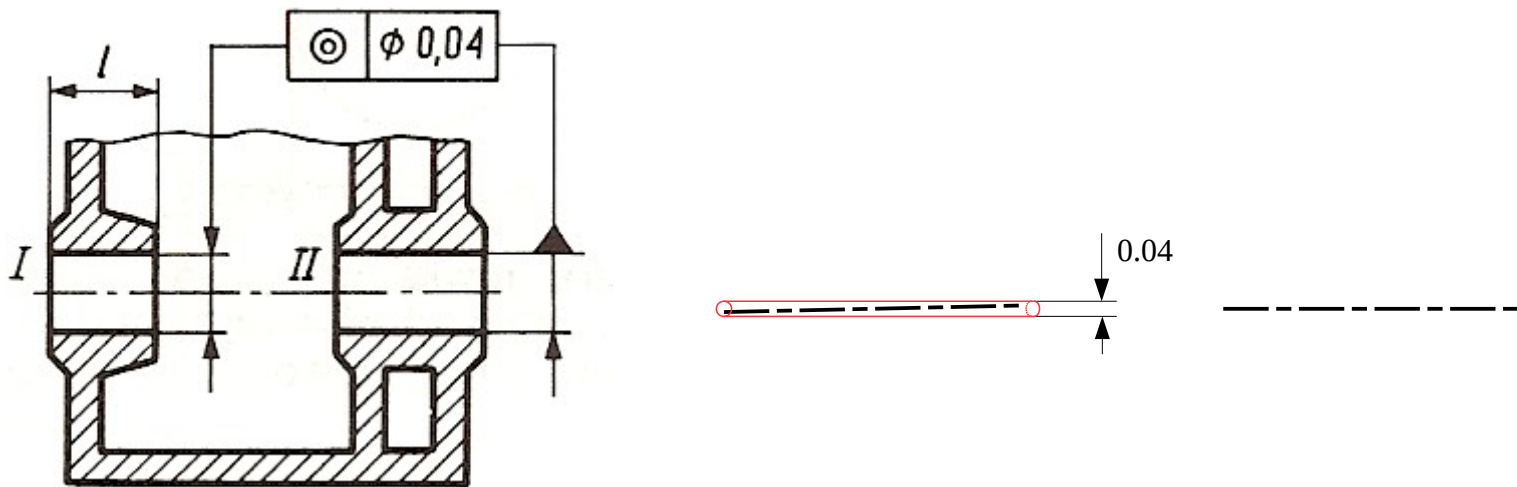
Tolerancja prostopadłości dwóch osi



Odchyłka prostopadłości osi otworu względem bazy **B** nie może przekroczyć 0.04 mm w żadnym kierunku i na całej długości otworu (oś rzeczywistego otworu musi się znaleźć wewnątrz walca o promieniu 0.02 mm, którego oś jest prostopadła do płaszczyzny **B**).

Przykłady tolerancji położenia

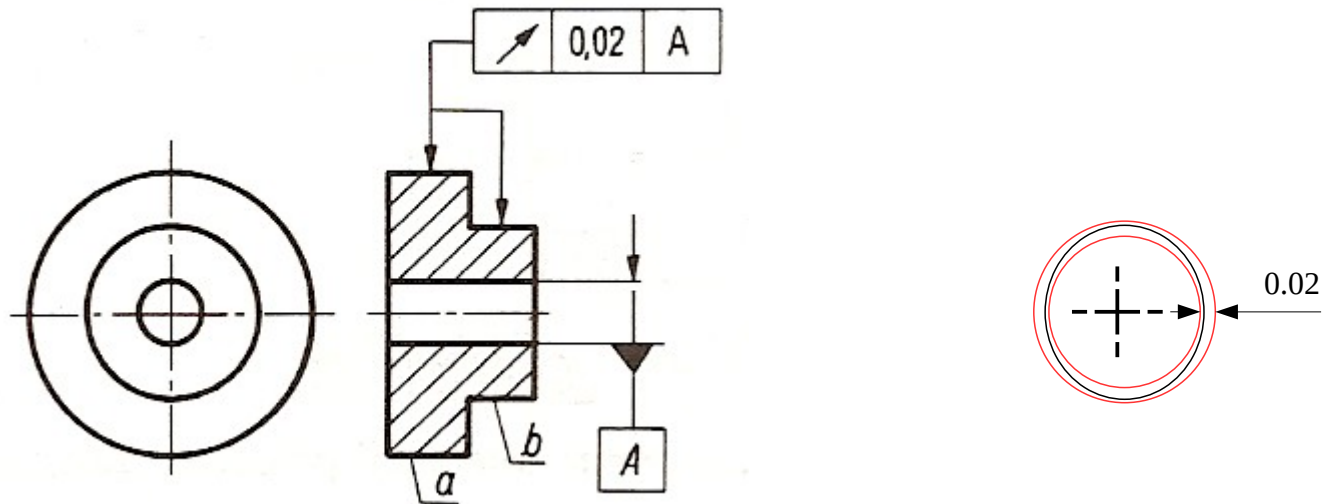
Tolerancja współosiowości powierzchni



Odchyłka współosiowości otworu **I** względem otworu **II** (bazy) nie może przekroczyć 0.04 mm na długości l (oś rzeczywistego otworu **I** musi się znaleźć wewnątrz walca o średnicy 0.04 mm, współosiowego z otworem **II**).

Przykłady tolerancji kształtu i położenia

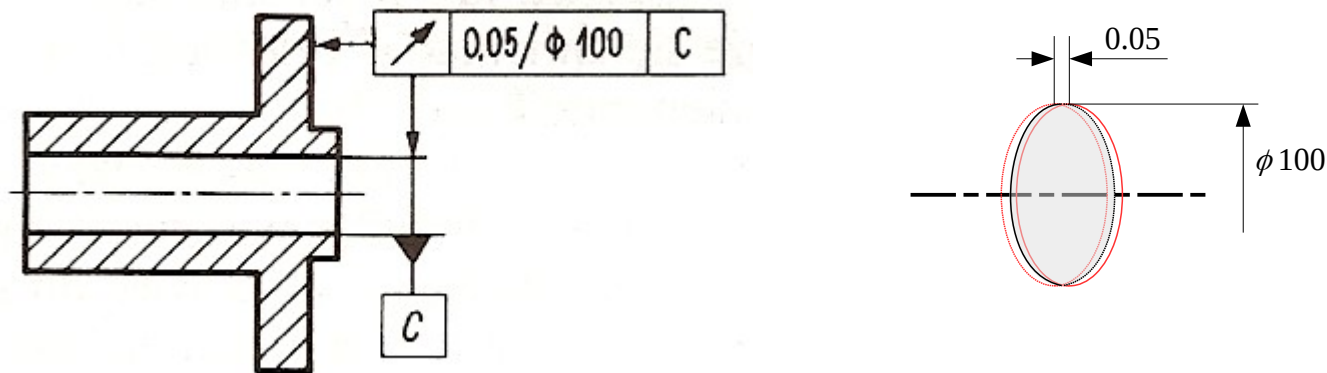
Tolerancja bicia poprzecznego



Bicie poprzeczne powierzchni **a** i **b** względem osi otworu nie może przekroczyć 0.02 mm (rzeczywisty zarys każdej z powierzchni – **a** i **b** – musi znaleźć się między dwoma okręgami współśrodkowymi z osią otworu **A** i oddalonymi od siebie o 0.02 mm).

Przykłady tolerancji kształtu i położenia

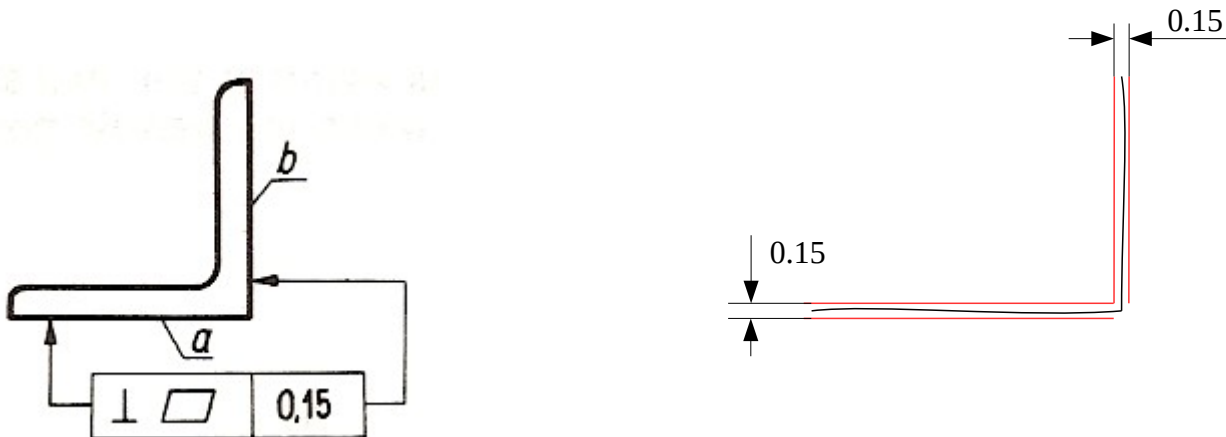
Tolerancja bicia wzdluznego



Bicie wzdluzne płaszczyzny kołnierza względem osi otworu (bazy), mierzone na średnicy 100 mm, nie może przekroczyć 0.05 mm (rzeczywisty zarys płaszczyzny powinien się znaleźć na powierzchni walca o średnicy 100 mm, między dwiema płaszczyznami prostopadłymi do jego osi i oddalonymi od siebie o 0.05 mm).

Przykłady tolerancji kształtu i położenia

Tolerancja złożona prostopadłości i płaskości

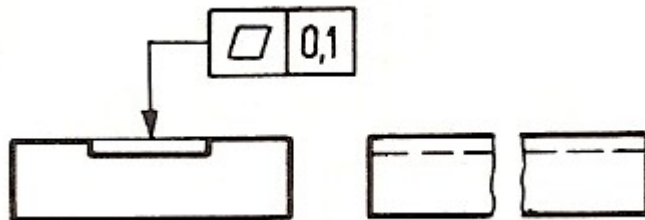


Sumaryczna odchyłka każdej z rzeczywistych powierzchni **a** i **b** nie może przekroczyć 0.15 mm (każda z tych powierzchni musi się znaleźć między dwiema płaszczyznami prostopadłymi do drugiej powierzchni i oddalonymi od siebie o 0.15 mm).

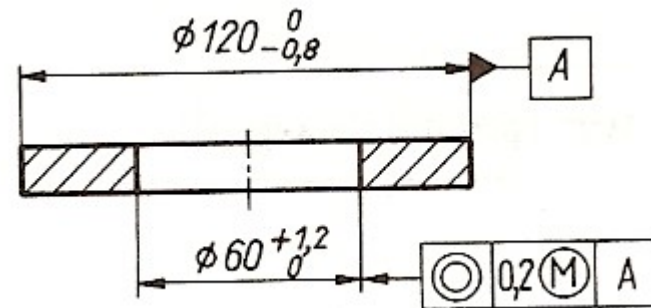
Tolerancja niezależna i zależna

Tolerancja niezależna – występuje wtedy, gdy jej wartość jest niezmienna, niezależnie od rzeczywistych wymiarów tolerowanego elementu przedmiotu i elementu odniesienia.

Tolerancja zależna – występuje wtedy, gdy jej wartość może się zmieniać, zależnie od rzeczywistych wymiarów (z danego pola tolerancji) tolerowanego elementu przedmiotu i elementu odniesienia. Znakiem tolerancji zależnej jest litera **M** w kółku.



Przykład tolerancji niezależnej

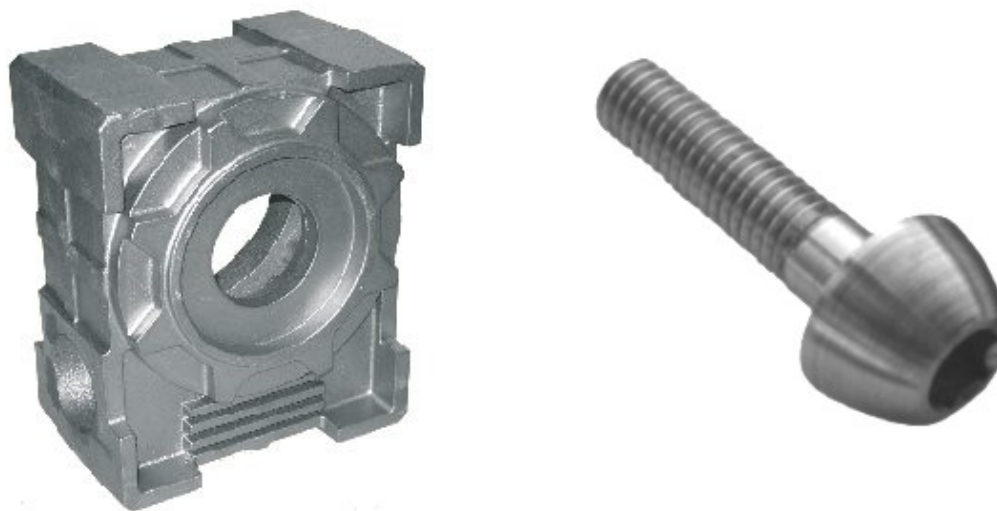


Przykład tolerancji zależnej

Chropowatość powierzchni

Chropowatość – elementy struktury geometrycznej powierzchni, uformowane w czasie procesu jej kształtowania, nie zawierające falistości i odchyłek kształtu.

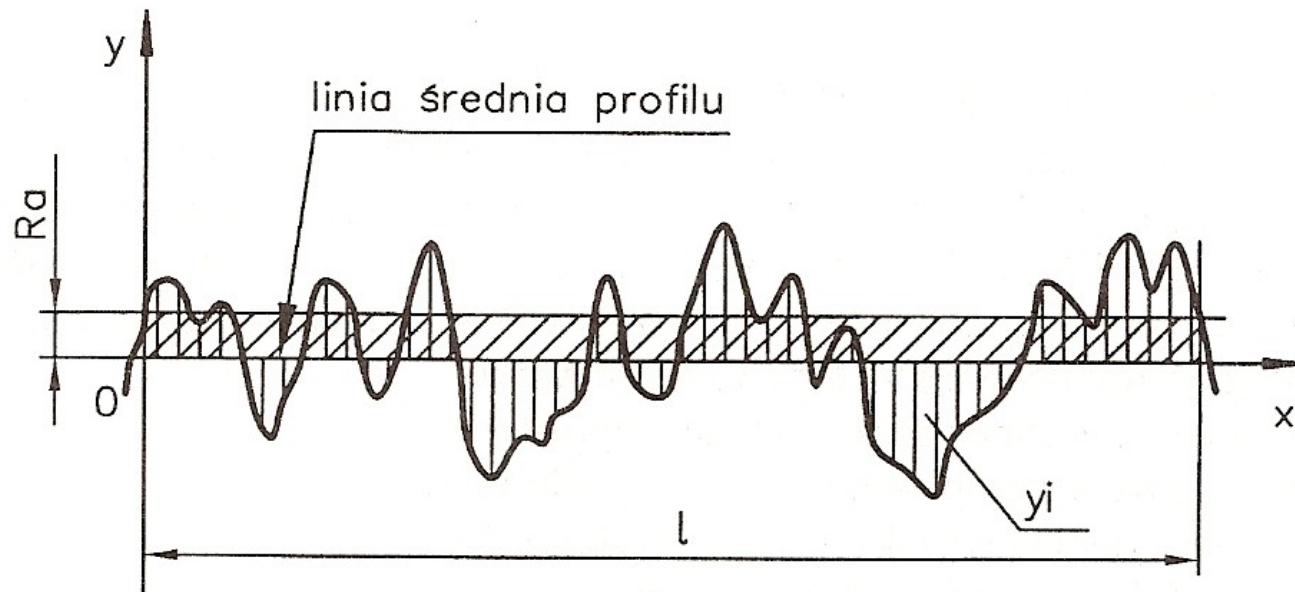
UWAGA: w roku 2002 weszła nowa norma (PN-EN ISO 1302:2002), która zawiera wiele istotnych zmian, w stosunku do normy poprzedniej – należy mieć tego świadomość i nie korzystać ze starych materiałów.



Parametry opisujące chropowatość

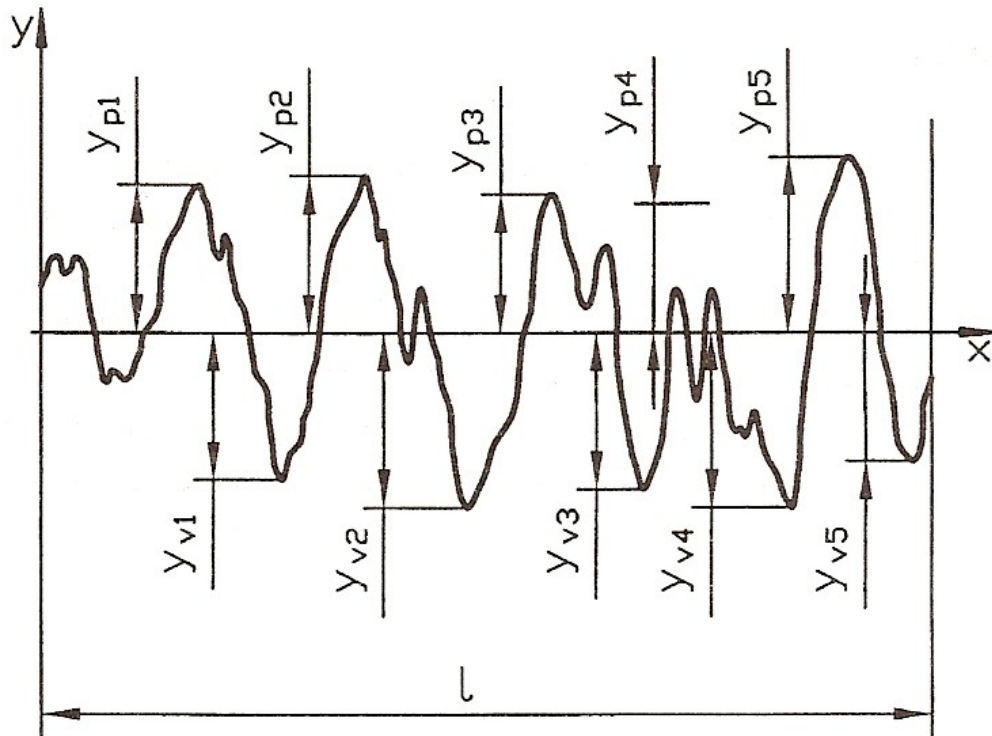
Średnie arytmetyczne odchylenie profilu chropowatości Ra – jest to średnia arytmetyczna wartość bezwzględnych odchyleń profilu y od linii średniej m , w przedziale odcinka elementarnego l .

$$Ra = \frac{1}{l} \int_0^l |y(x)| dx \approx \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |y_i|$$



Parametry opisujące chropowatość

Wysokość chropowatości wg 10 punktów Rz – jest to średnia arytmetyczna wartość bezwzględnych wysokości pięciu najwyższych wgłębień profilu chropowatości i głębokości pięciu najniższych wgłębień profilu chropowatości w przedziale odcinka elementarnego l .



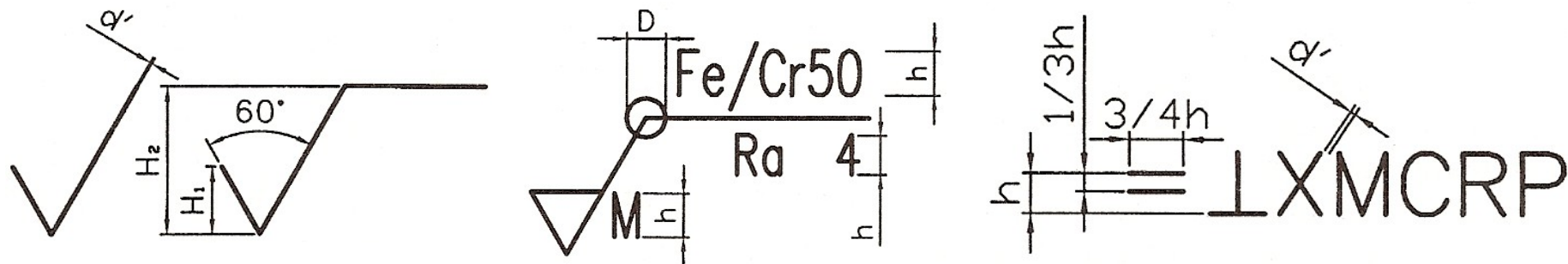
$$Ra = \frac{1}{5} \left(\sum_{i=1}^5 |y_{pi}| + \sum_{i=1}^5 |y_{vi}| \right)$$

Zalecane wartości parametrów Ra i Rz

Ra	Rz	Ra	Rz	Ra	Rz	Ra	Rz
400	1600	20	80	1,25	6,3	0,063	0,32
320	1250	16	63	1	5	0,050	0,25
250	1000	12,5	50	0,8	4	0,040	0,20
200	800	10	40	0,63	3,2	0,032	0,16
160	630	8	32	0,5	2,5	0,025	0,125
125	500	6,3	25	0,4	2	0,020	0,100
100	400	5	20	0,32	1,6	0,016	0,080
80	320	4	16	0,25	1,25	0,012	0,063
63	250	3,2	12,5	0,2	1	0,010	0,050
50	200	2,5	10	0,16	0,80	0,008	0,040
40	160	2	-	0,125	0,63		0,032
32	125	-	8	0,1	0,50		0,025
25	100	1,6	-	0,08	0,40		
Wartości zalecane parametrów podano w ramkach							

Wartości liczbowe parametrów **Ra** i **Rz** w μm .

Symbole graficzne i ich znaczenie



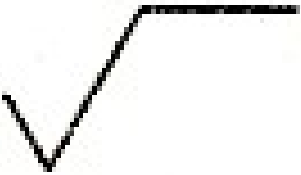
Wysokość cyfr i liter, h	2,5	3,5	5	7	10	14	20
Grubość linii symboli, d'	0,25	0,35	0,5	0,7	1	1,4	2
Grubość linii pisma, d	0,25	0,35	0,5	0,7	1	1,4	2
Wysokość, H_1	3,5	5	7	10	14	20	28
Wysokość, H_2	7,7	10	15	21	30	42	60

Symbole stosowane do opisu chropowatości powierzchni

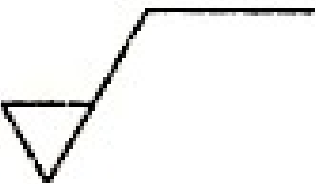
Symbole graficzne i ich znaczenie



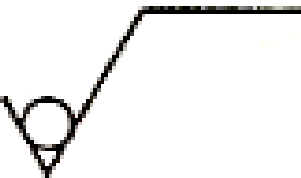
- symbol ogólny, który nie określa żadnych wymagań dotyczących chropowatości powierzchni. Stosowany zazwyczaj do wskazania zbiorowej chropowatości.



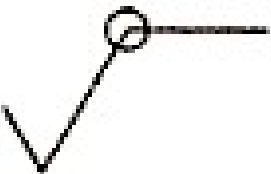
- wskazanie wymogu dotyczącego chropowatości powierzchni bez podania sposobu jej uzyskania.



- wskazanie, że powierzchnia ma być wykonana jedną z technik ubytkowych, tzn. musi dojść do usunięcia materiału.

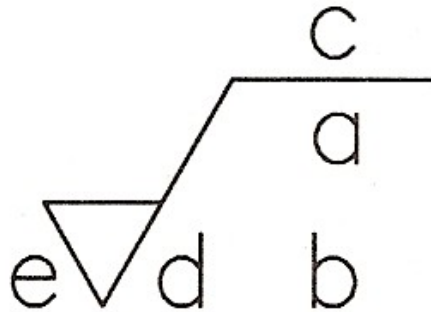


- wskazanie, że powierzchnia nie może być wykonana technikami ubytkowymi, tzn. nie może dojść do usunięcia materiału.



- wskazanie, że na całym obwodzie elementu wymagana jest ta sama struktura.

Symbole graficzne i ich znaczenie



- a** – wartość chropowatości w μm , np. Ra 0.8;
- b** – inne wymagane wartości parametrów, np. Rz 4;
- c** – specyficzne wymagania dotyczące wykonania powierzchni, np. obrabiać cieplnie;
- d** – kierunkowość struktury geometrycznej powierzchni;
- e** – wartość naddatku na obróbkę.

W miarę potrzeb w poszczególnych pozycjach można podać dodatkowe informacje uzupełniające.

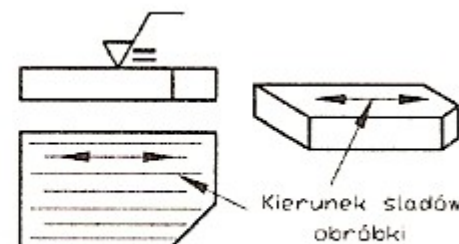
Kierunkowość struktury geometrycznej

Symbol
graficzny

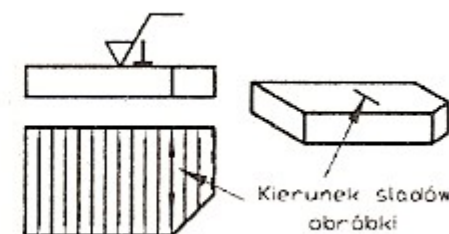
Interpretacja i przykłady



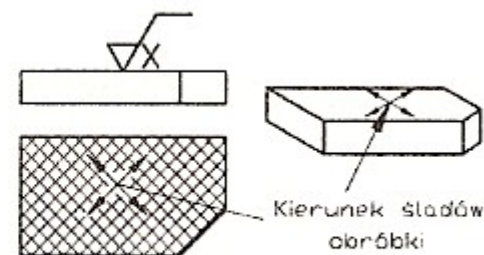
Ślady obróbki równoległe do płaszczyzny rzutu powierzchni, dla której symbol jest stosowany



Ślady obróbki prostopadłe do płaszczyzny rzutu powierzchni, dla której symbol jest stosowany



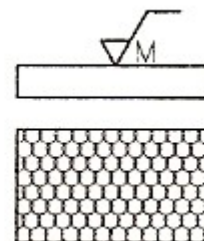
Ślady obróbki skrzyżowane w dwóch ukośnych kierunkach względem płaszczyzny rzutu powierzchni, dla której symbol jest stosowany



Kierunkowość struktury geometrycznej

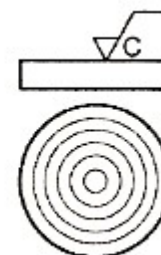
M

Wielokierunkowe ślady obróbki



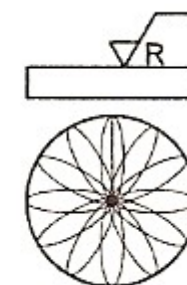
C

Ślady obróbki w przybliżeniu współśrodkowe względem środka powierzchni, dla której symbol jest stosowany



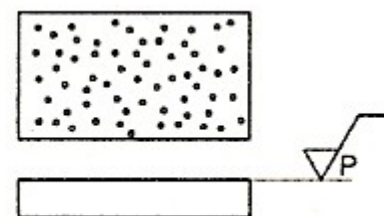
R

Ślady obróbki w przybliżeniu promieniowe względem środka powierzchni, dla której symbol jest stosowany



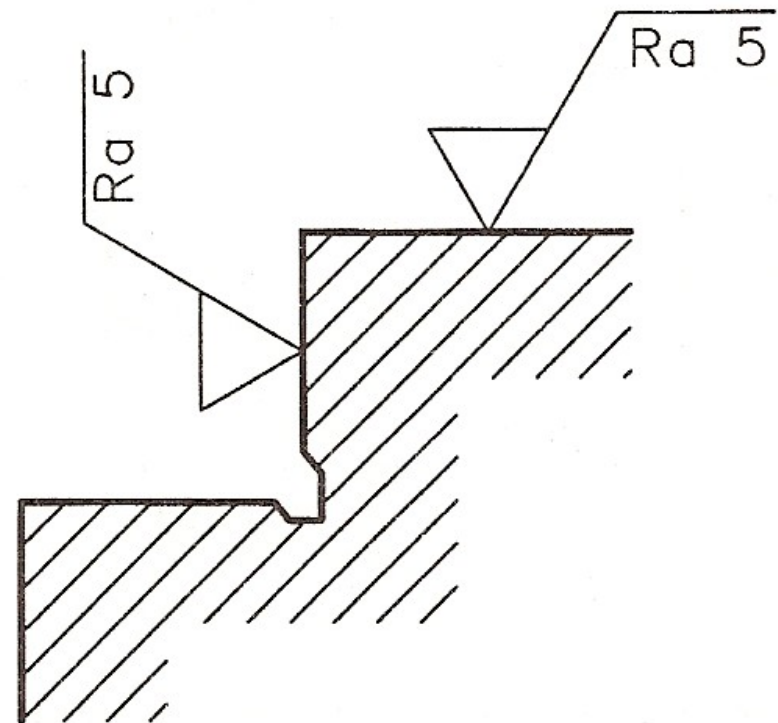
P

Ślady obróbki szczególne, tzn.: bez możliwości wyróżnienia kierunku lub punktowe



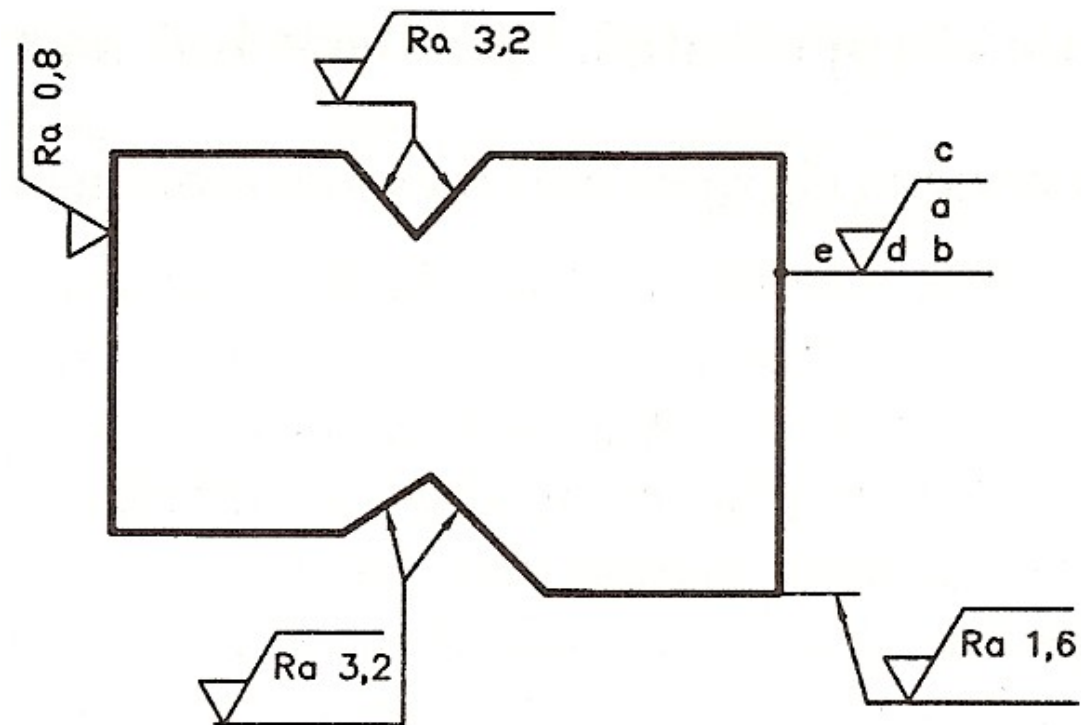
Zasady dotyczące oznaczeń chropowatości

- Symbol graficzny wraz z zapisami wymagań powinien być tak umieszczony, aby można go było czytać od dolnej lub prawej strony rysunku.



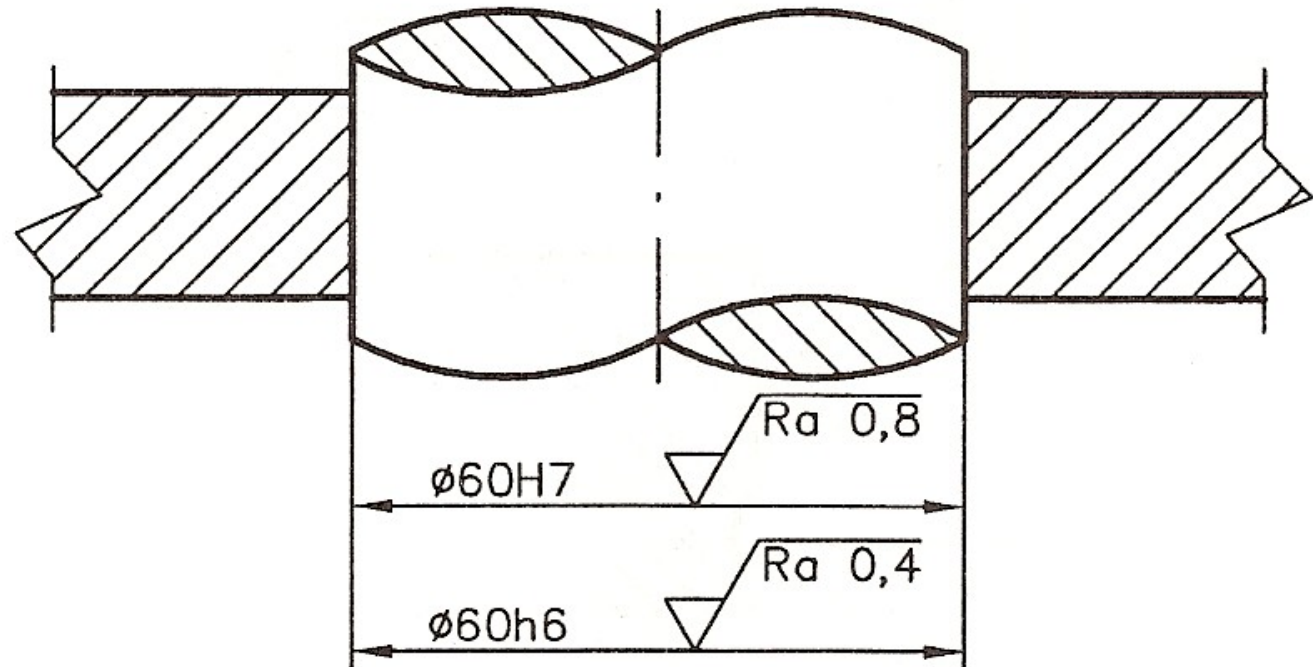
Zasady dotyczące oznaczeń chropowatości

- Jeżeli jest to konieczne, symbol graficzny lub linia odniesienia może się stykać z powierzchnią za pomocą linii odniesienia zakończonej strzałką.



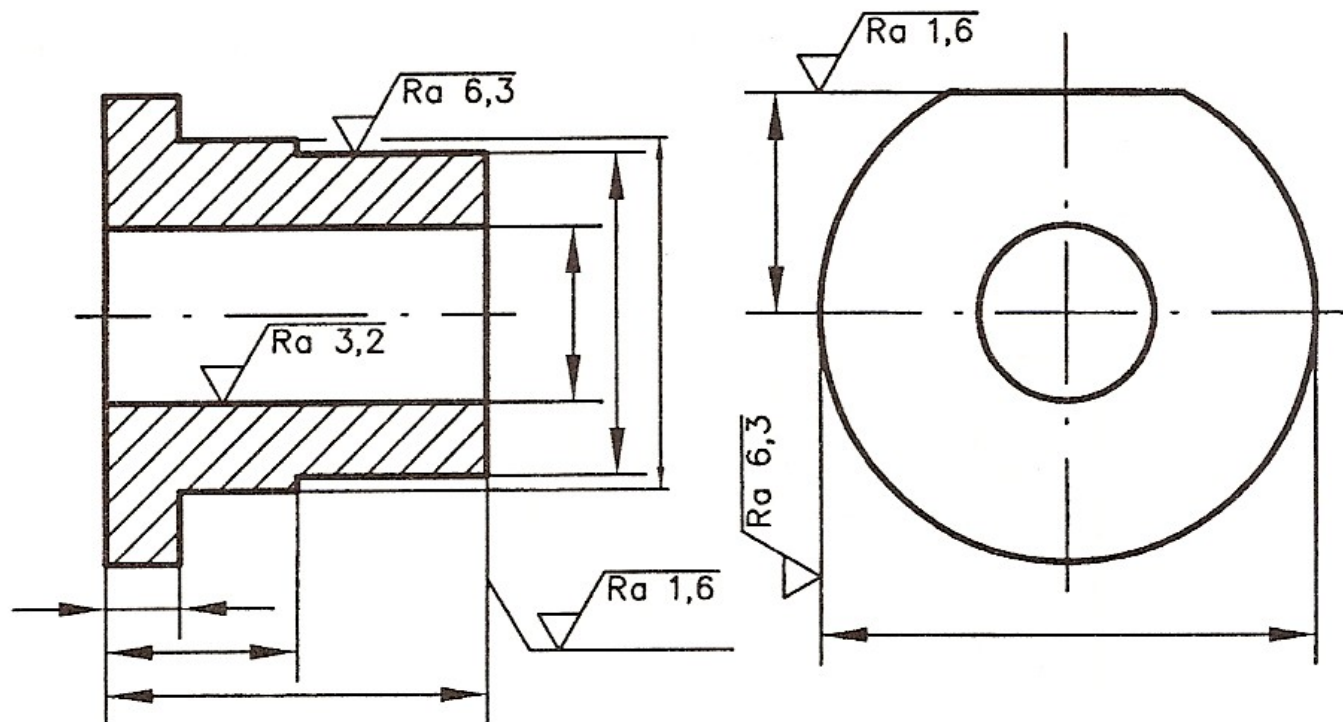
Zasady dotyczące oznaczeń chropowatości

- Wymagania dotyczące chropowatości powierzchni można podać w powiązaniu z wymiarami.



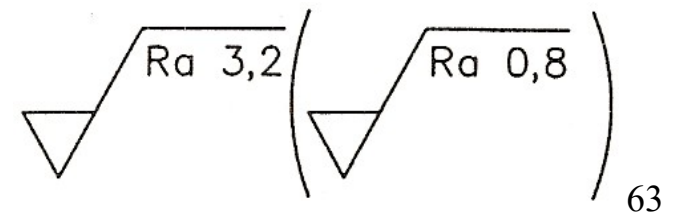
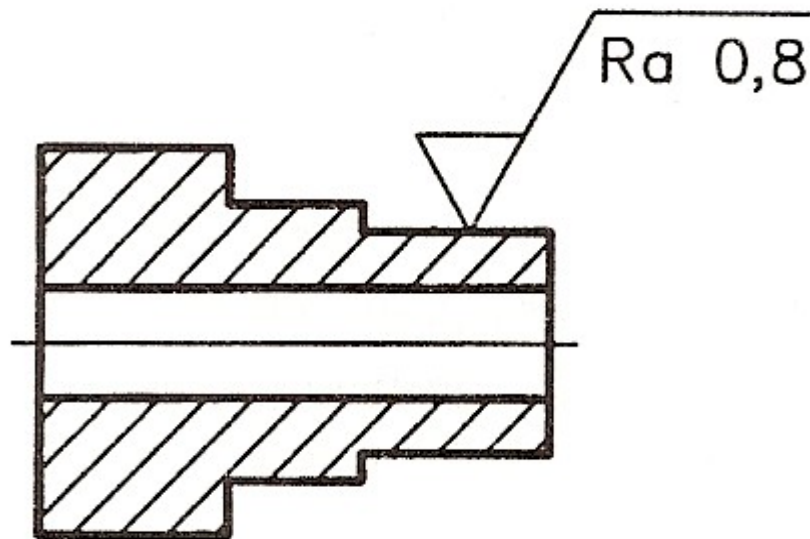
Zasady dotyczące oznaczeń chropowatości

- Symbol graficzny powinien być stosowany tylko jeden raz dla danej powierzchni, najlepiej na tym rzucie, na którym podawane są wielkości charakteryzujące tę powierzchnię.



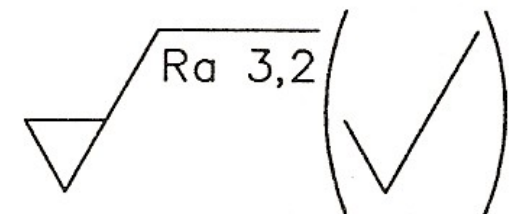
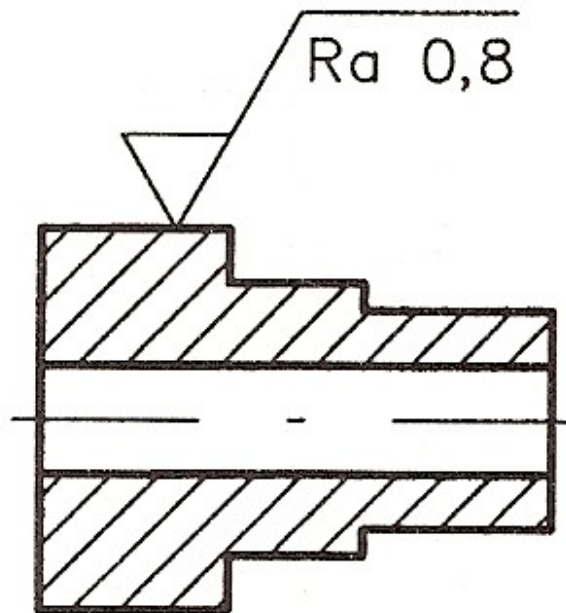
Oznaczanie wspólnych wymagań

Gdy dla większości powierzchni wymagana jest taka sama struktura geometryczna, to podaje się ją raz (nad tabliczką rysunkową – wcześniej w prawym górnym rogu rysunku). Wyjątki od tej struktury zaznaczone na rysunku – w celu podkreślenia, że takie istnieją – wymienia się za wskazaniem ogólnym w nawiasach zwykłych.



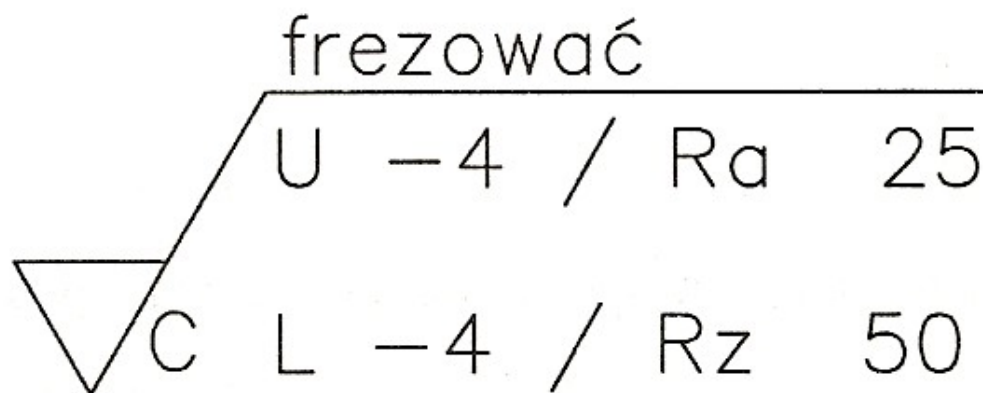
Oznaczanie wspólnych wymagań

W nawiasie zwykłym za oznaczeniem wymagań wspólnym można podać jedynie symbol ogólny. Taki zapis oznacza, że na rysunku znajdują się powierzchnie (dodatkowo opisane gdzieś na rysunku) o strukturze odbiegającej od tej, która została opisana oznaczeniem wymagań wspólnych.



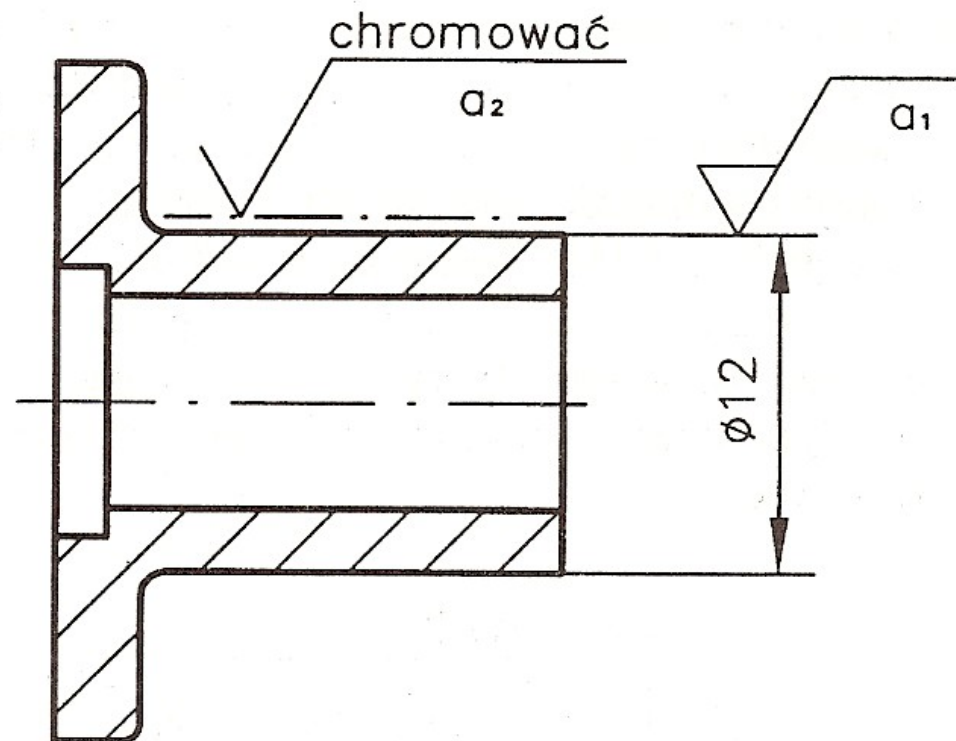
Oznaczanie chropowatości granicznych

Jeżeli w oznaczeniach podano jedną wartość parametru opisującego chropowatość, to przyjmuje się ją jako górną granicę tego parametru. Jeżeli istnieje potrzeba podania również granicy dolnej, to umieszcza się ją pod granicą górną. Aby uniknąć pomyłek z parametrem **b** opisu struktury, zaleca tu się podawanie liter **U** (*upper*) i **L** (*lower*), oznaczających odpowiednio granicę górną i dolną.



Chropowatość przed i po obróbce

Jeżeli nie ustalono inaczej, wartości liczbowe chropowatości odnoszą się do struktury geometrycznej powierzchni po obróbce cieplnej lub pokryciu. W przypadku konieczności określenia chropowatości przed i po obróbce, należy to wykonać jak na rysunku poniżej.



Wpływ rodzaju obróbki na chropowatość

Toczenie:

- wstępne: 40 – 20
- kształtujące: 10 – 5
- wykańczające: 2,5 – 1,25
- bardzo dokładne: 1,25 – 0,35

Wiercenie i rozwiercanie: 40 – 10

Pogłębianie: 20 – 5

Rozwiercanie:

- wstępne: 5 – 2,5
- wykańczające: 1,25 – 0,63

wartości liczbowe
chropowatości
powierzchni
obrobionej
różnymi sposobami
obróbki ubytkowej
(w μm)

Wpływ rodzaju obróbki na chropowatość

Frezowanie obwodowe:

- wstępne: 80 – 40
- kształtujące: 20 – 10
- wykańczające: 5 – 2,5

Frezowanie czołowe:

- wstępne: 80 – 40
- kształtujące: 20 – 10
- wykańczające: 5 – 2,5
- bardzo dokładne: 1,25 – 0,63

Dogładzanie oscylacyjne: 0,32 – 0,01

Przeciąganie: 5 – 0,32

wartości liczbowe
chropowatości
powierzchni
obrobionej
różnymi sposobami
obróbki ubytkowej
(w μm)

Wpływ rodzaju obróbki na chropowatość

Szlifowanie kłowe zewnętrznych pow. obr.:

- wstępne: 5
- kształtujące: 2,5 – 1,25
- wykańczające: 0,63 – 0,32
- bardzo dokładne: 0,32 – 0,16

Szlifowanie bezkłowe zewnętrznych pow. obr.:

- wstępne: 5
- kształtujące: 2,5 – 1,25
- wykańczające: 0,63
- bardzo dokładne: 0,32

Szlifowanie uchwytove wewnętrznych pow. obr.:

- kształtujące: 2,5 – 1,25
- wykańczające: 0,63
- bardzo dokładne: 0,32

wartości liczbowe
chropowatości
powierzchni
obrobionej
różnymi sposobami
obróbki ubytkowej
(w μm)

Wpływ rodzaju obróbki na chropowatość

Szlifowanie płaszczyzn:

- wstępne: 5
- kształtujące: 2,5 – 1,25
- wykańczające: 0,63 – 0,32
- bardzo dokładne: 0,16

Gładzenie (honowanie): 0,32 – 0,16

Docieranie docierakami: 0,08 – 0,01

wartości liczbowe
chropowatości
powierzchni
obrobionej
różnymi sposobami
obróbki ubytkowej
(w μm)

Klasa dokładności a chropowatość

Klasa dokładności wymiaru	Parametr Ra chropowatości dla powierzchni części klasy		Klasa dokładności wymiaru	Parametr Ra chropowatości dla powierzchni części klasy	
	walek	otwór		walek	otwór
01	-	-	9	5 - 0,63	5 - 0,63
0	-	-	10	10 - 0,63	10 - 1,25
1	0,32 - 0,02	0,63 - 0,02	11	10 - 1,25	10 - 1,25
2	0,32 - 0,04	0,63 - 0,04	12	20 - 2,5	40 - 2,5
3	0,63 - 0,04	0,63 - 0,08	13	40 - 5	40 - 5
4	0,63 - 0,08	0,63 - 0,08	14	40 - 10	40 - 10
5	1,25 - 0,08	1,25 - 0,08	15	80 - 10	80 - 10
6	1,25 - 0,16	1,25 - 0,16	16	80 - 20	80 - 20
7	2,5 - 0,16	2,5 - 0,32	17	-	-
8	5 - 0,32	5 - 0,32	18	-	-

Przybliżona zależność między klasą dokładności wykonania a chropowatością powierzchni Ra.

Oznaczenie obróbki cieplnej

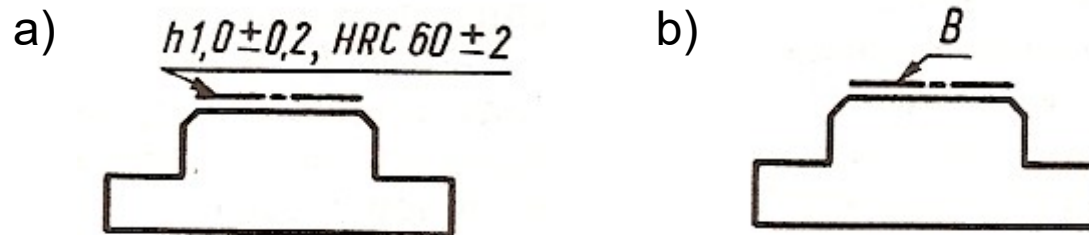
Przy oznaczaniu obróbki cieplnej przedmiotów, na rysunkach należy podawać wymagania dotyczące własności materiału po obróbce cieplnej (twardość materiału, wytrzymałość na rozciąganie itp.), w kolejności:

- nazwa rodzaju obróbki cieplnej,
- głębokość **h** warstwy utwardzonej wraz z dopuszczalnymi odchyłkami,
- twardość (HRC, HV, HB) wraz z dopuszczalnymi odchyłkami.



Oznaczenie obróbki cieplnej

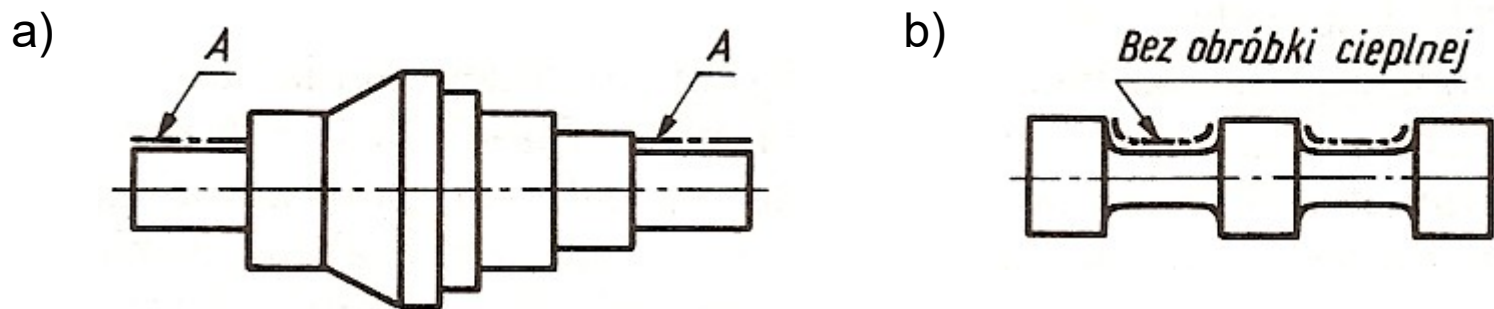
Przykład, gdy jedna powierzchnia ma być poddana obróbce cieplnej.



Powierzchnię zaznacza się linią punktową grubą w odległości ok. 2 grubości zarysu (ale nie mniej niż 0,8 mm) i nad doprowadzającą do niej linią odniesienia wpisuje się dane dotyczące obróbki cieplnej (a) lub wielką literę, której znaczenie wyjaśnia się w wymaganiach technicznych (b).

Oznaczenie obróbki cieplnej

Przykład, gdy kilka powierzchni ma podlegać jednakowej obróbce cieplnej.



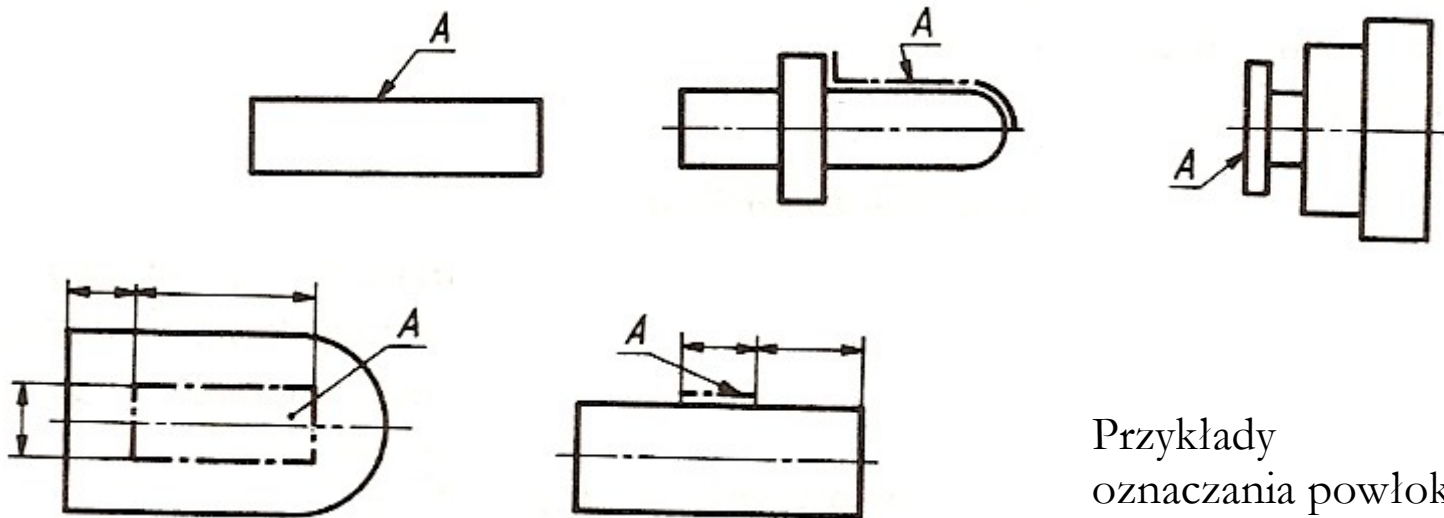
Stosuje się tu dwa rozwiązania:

- gdy te powierzchnie stanowią mniejszość w porównaniu z pozostałymi, to opisuje się je bezpośrednio poprzez zapis lub literę (a),
- gdy te powierzchnie stanowią większość, to obróbkę cieplną opisuje się w wymaganiach technicznych, a na rysunku oznacza się pozostałe powierzchnie (b).

Oznaczenie powłok

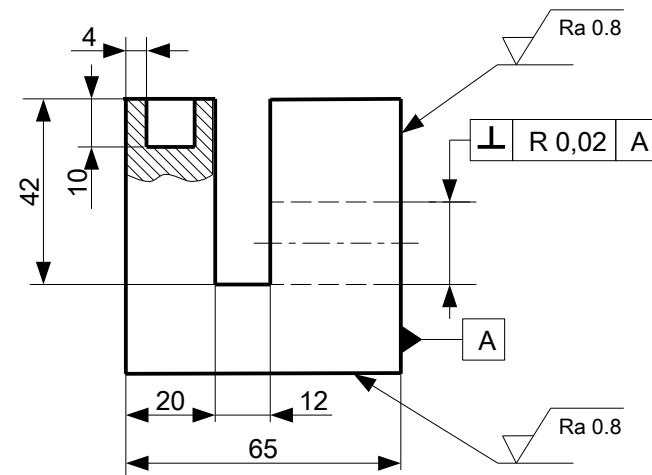
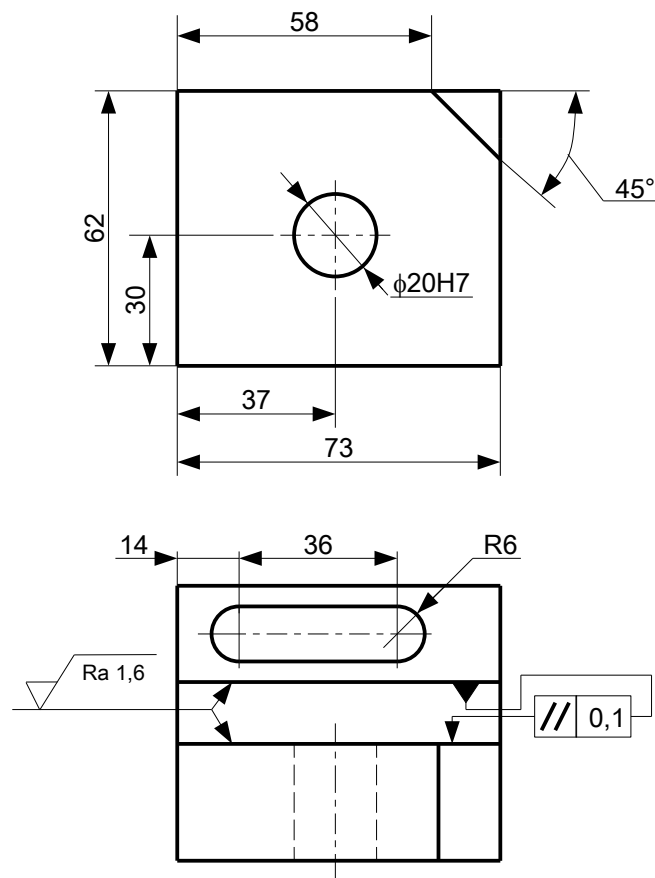
Powierzchnię, na którą ma być nałożona powłoka oznacza się na rysunku wielką literą, wpisaną nad linią odniesienia. Rodzaj powłoki i dotyczące jej wymagania podaje się słownie w wymaganiach technicznych, np.;

powierzchnia A: emalia...



Przykłady
oznaczania powłok.

Przykład rysunku



$\sqrt{\text{Ra 6.3}}$ (✓)

Ostre krawędzie załupione

Tolerowanie wg PN-8H/M-01142

Tolerancje wymiarów nietolerowanych: h14; H14; \pm IT14/2

Podsumowanie

Zagadnienia:

Rodzaje wymiarów, wymiar nominalny, tolerancja, odchyłka górna i dolna, pole tolerancji, rodzaje tolerancji, tolerowanie w głąb materiału, tolerowanie na zewnątrz materiału, przeliczanie tolerancji, położenie pola tolerancji, klasa dokładności, oznaczania tolerancji wałków i otworów, tolerowanie normalne, odczytywanie odchyłek z tablic, tolerowanie swobodne, pasowanie, zasada stałego otworu, zasada stałego wałka, tolerowanie kształtu i położenia, rodzaje tolerancji, znaki tolerancji, przykłady tolerancji kształtu, przykłady tolerancji położenia, przykłady tolerancji kształtu i położenia, tolerancja niezależna i zależna, chropowatość powierzchni, parametry opisujące chropowatość, zalecane wartości parametrów Ra i Rz, symbole graficzne i ich znaczenie, kierunkowość struktury geometrycznej, zasady dotyczące oznaczeń chropowatości, oznaczanie wspólnych wymagań, oznaczanie chropowatości granicznych, chropowatość przed i po obróbce, wpływ rodzaju obróbki na chropowatość, klasa dokładności a chropowatość, oznaczenie obróbki cieplnej, oznaczenie powłok.

UNIVERSITY OF WARMIA AND MAZURY IN OLSZTYN
The Faculty of Technical Sciences
POLAND, 10-957 Olsztyn, M. Oczapowskiego 11
tel.: (48)(89) 5-23-32-40, fax: (48)(89) 5-23-32-55
URL: <http://www.uwm.edu.pl/edu/sobieski/> (in Polish)



Dziękuję za uwagę

Wojciech Sobieski

Olsztyn, 2008-2024