

ZAPIS TOLERANCJI I PASOWAŃ

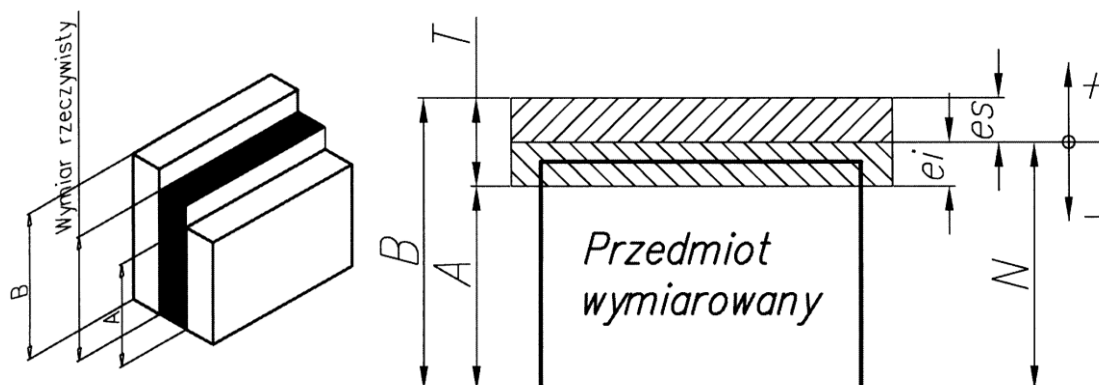
Wymiary nominalne N są to wymiary przedmiotów podawane na rysunkach.

Wymiary rzeczywiste uzyskane w praktyce są zawsze nieco większe lub nieco mniejsze od wymiarów nominalnych ze względu na błędy wykonania przedmiotów.

Tolerowanie wymiarów polega na podawaniu dwóch wymiarów granicznych: **dolnego** A i **górnego** B **między**, którymi powinien się znaleźć wymiar nominalny.

Tolerancja T wymiaru jest to różnica pomiędzy górnym i dolnym wymiarem granicznym.

$$T = B - A$$



Rys. 1. Wymiar rzeczywisty w układzie wymiarów granicznych

Odchyłka górna wymiaru: ES - dla wymiaru wewnętrznego, es - dla wymiaru zewnętrznego, jest zawsze różnicą $B-N$.

Odchyłka dolna wymiaru: EI - dla wymiaru wewnętrznego, ei - dla wymiaru zewnętrznego jest zawsze różnicą $A-N$.

Zachodzą następujące związki:

dla wymiarów zewnętrznych (wałków)

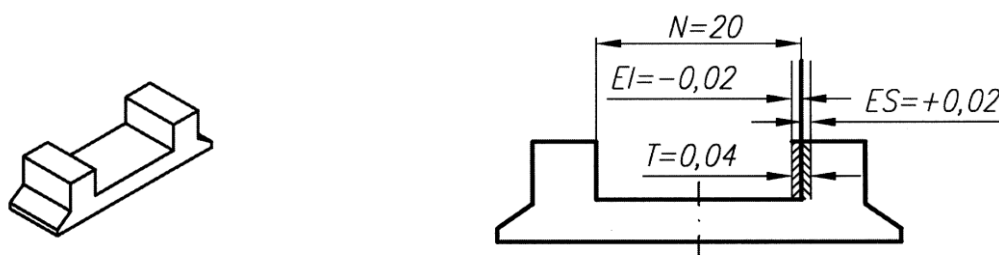
$$Aw = N + ei, \quad Bw = N + es, \quad T = es - ei,$$

dla wymiarów wewnętrznych (otworów)

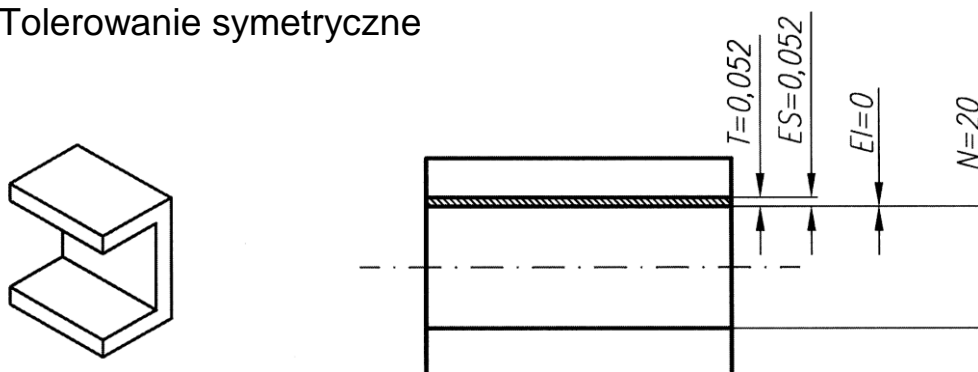
$$Ao = N + EI, \quad Bo = N + ES, \quad T = ES - EI$$

Rodzaje tolerowań:

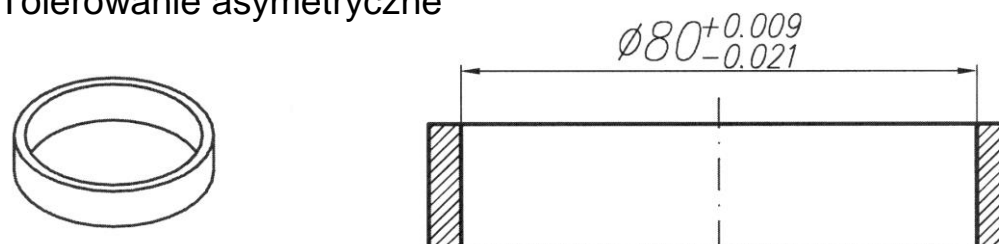
- tolerowanie symetryczne** – obie odchyłki są jednakowe i różnią się tylko znakiem
- tolerowanie asymetryczne** – jedna z odchyłek jest równa zero,
- tolerowanie asymetryczne dwustronne** – dwie odchyłki o różnych znakach i wartościach,
- tolerowanie asymetryczne jednostronne** – dwie odchyłki o jednakowym znaku.



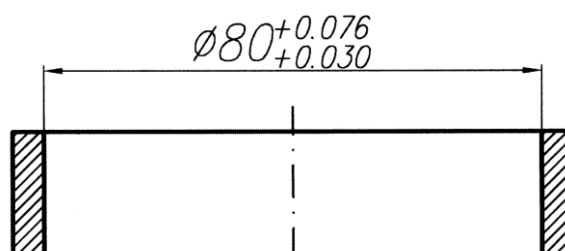
Rys. 2. Tolerowanie symetryczne



Rys. 3. Tolerowanie asymetryczne



Rys. 4. Tolerowanie asymetryczne dwustronne



Rys. 5. Tolerowanie asymetryczne jednostronne

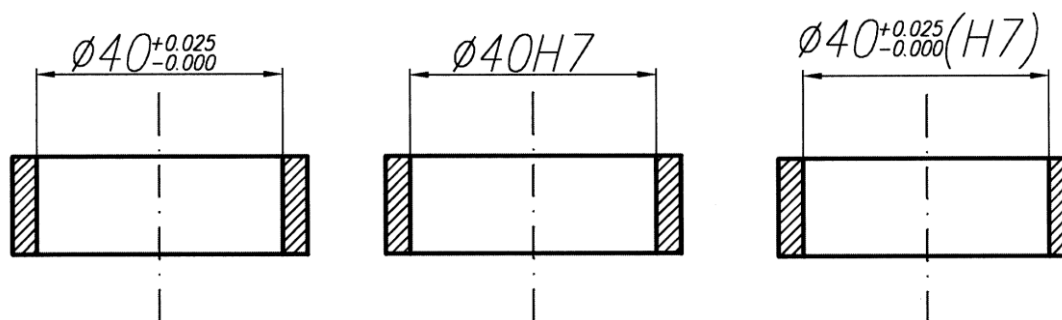
Tolerowanie normalne – odchyłki dobierane są wg normy PN-EN 20286-2:1996

Tolerowanie swobodne – odchyłki dobierane są wg uznania konstruktora.

Zapis tolerowań

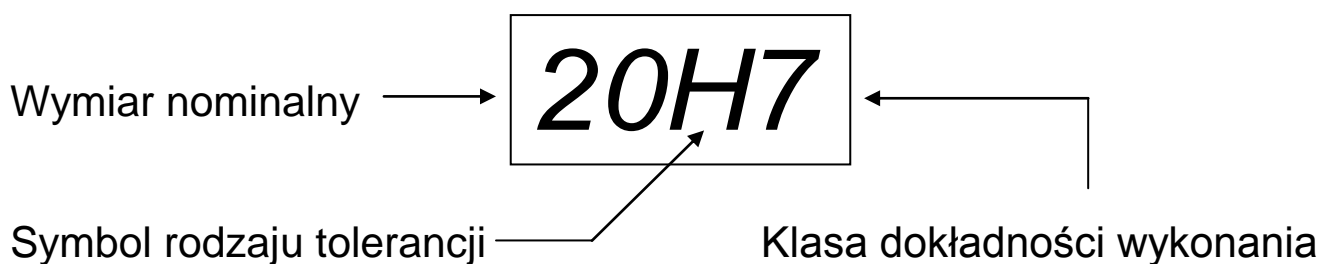
Tolerowanie normalne można zapisać:

- symbolicznie (tolerowanie symboliczne),
- za pomocą odchyłek (tolerowanie liczbowe),
- sposobem mieszanym (tolerowanie mieszane).



Rys. 6. Zapis wymiarów tolerowanych

Znaczenie znaków w zapisie tolerowania

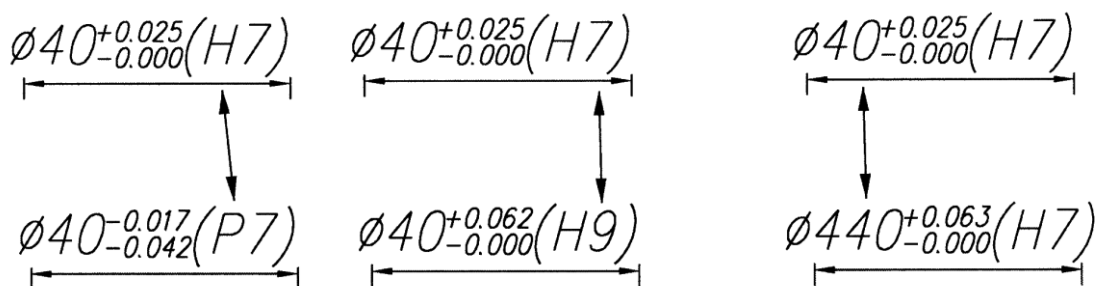


Norma **PN-EN 20286-2** przewiduje 18 klas dokładności: IT1-IT18, stosowane są również klasy dokładności IT0, IT01(ISO-286-1).

- klasy IT0,IT01,IT1 ÷ IT5 najdokładniejsze (narzędzia pomiarowe, urządzenia precyzyjne),
- IT5÷IT11 średnio dokładne (części maszyn),
- IT12÷ IT16 mało dokładne oraz wymiary nietolerowane.

W budowie maszyn: nietolerowane „otwory” wykonuje się wg tolerancji H14, a nietolerowane „wałki” wg tolerancji h14.

Wartości odchyłek są uzależnione od: rodzaju tolerancji określonej symbolem, klasy dokładności, wartości wymiaru nominalnego.



Rys. 7. Wartości odchyłek w zależności od rodzaju tolerancji, klasy dokładności wykonania i wartości wymiaru nominalnego

Tablica 1. Wartości liczbowe tolerancji normalnych klas IT dla wymiarów normalnych do 3150 mm wg PN-ISO 286

Wymiar nominalny mm		IT11	IT12	IT13	IT14	IT15	IT16	IT17	IT18	IT19	IT20	IT21	IT22	IT23	IT24	IT25	IT26	IT27	IT28
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

Wybór pól tolerancji

Tablica 2a. Tolerancje wałków ogólnego przeznaczenia wg PN-ISO 1829:1996

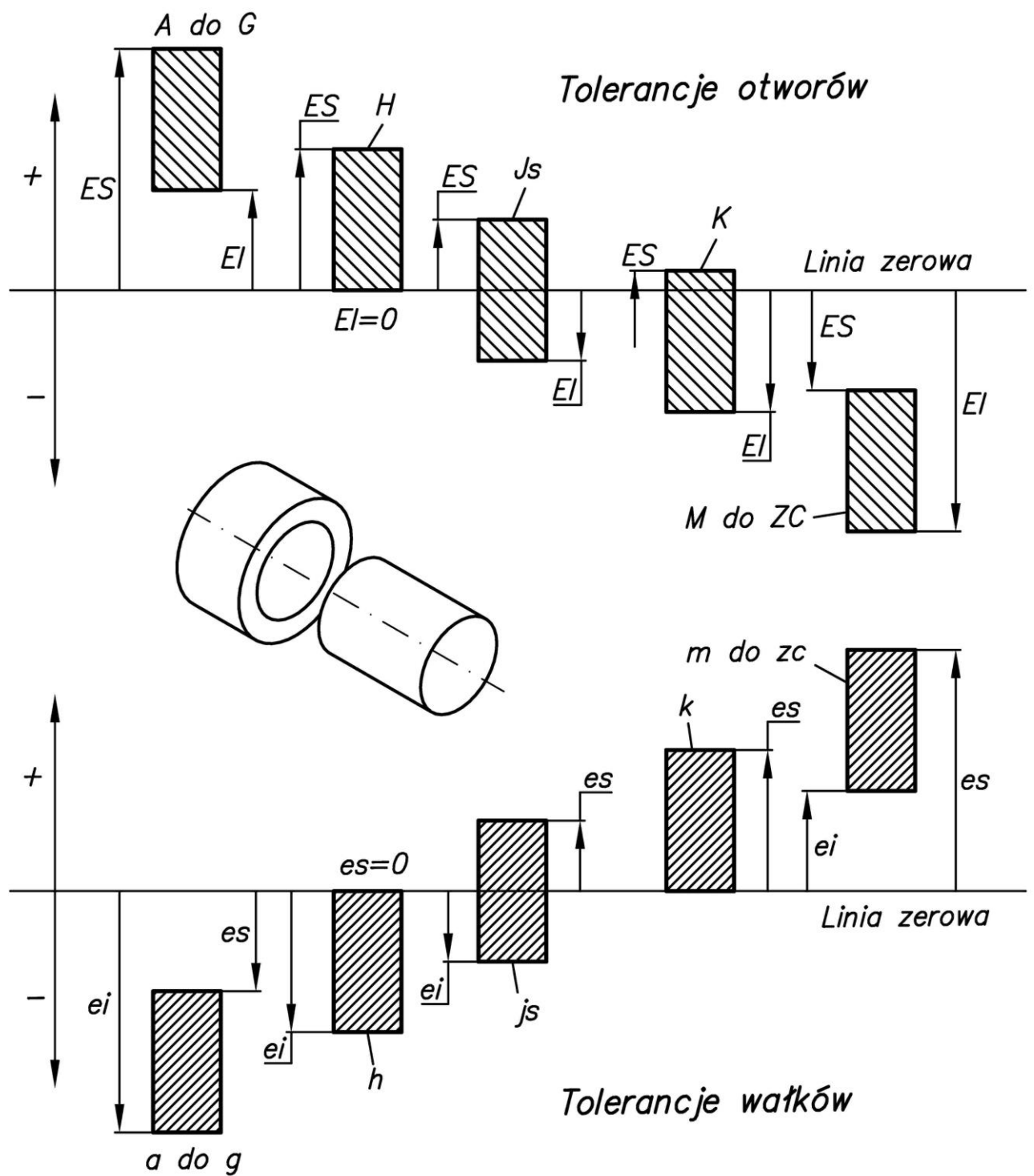
Klasa dokładności	Symbol tolerancji																
5								g5	h5	js5	k5	m5	n5	p5	r5	s5	t5
6						f6	g6	h6	js6	k6	m6	n6	p6	r6	s6	t6	
7					e7	f7		h7	js7	k7	m7	n7	p7	r7	s7	t7	u7
8				d8	e8	f8		h8									
9				d9	e9			h9									
10				d10													
11	a11	b11	c11					h11									

W pierwszej kolejności należy stosować tolerancje zawarte w ramkach

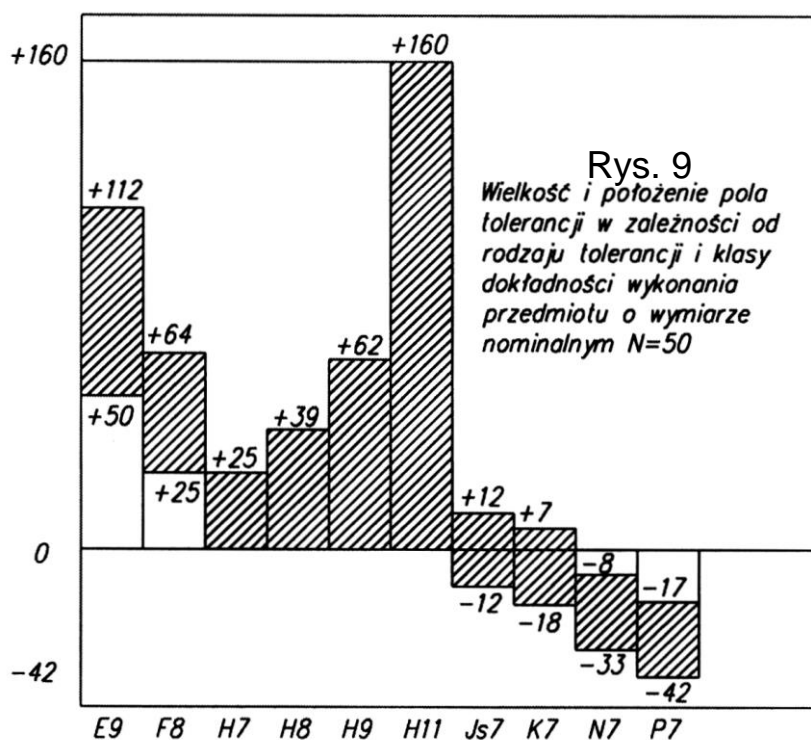
Tablica 2b. Tolerancje otworów ogólnego przeznaczenia wg PN-ISO 1829:1996

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



Rys. 8. Położenie pól tolerancji wałków i otworów w zależności od symbolu rodzaju tolerancji



Tablica 3. Odchyłki otworów normalnych uprzywilejowanych w zakresie wymiarów od 1 do 500 mm

Przedział wymiarów normalnych mm		Pole tolerancji									
powyżej	do	E9	F8	H7	H8	H9	H11	Js7	K7	N7	P7
od 1	3	+39 +14	+20 +6	+10 0	+14 0	+25 0	+60 0	+5 -5	0 -10	-4 -14	-6 -16
3	6	+50 +20	+28 +10	+12 0	+18 0	+30 0	+75 0	+6 -6	+3 -9	-4 -16	-8 -20
6	10	+61 +25	+35 +13	+15 0	+22 0	+36 0	+90 0	+7 -7	+5 -10	-4 -19	-9 -24
10	14	+75	+43	+18	+27	+43	+110	+9	+6	-5	-11
14	18	+32	+16	0	0	0	0	-9	-12	-23	-29
18	24	+92	+53	+21	+33	+52	+130	+10	+6	-7	-14
24	30	+40	+20	0	0	0	0	-10	-15	-28	-35
30	40	+112 +50	+64 +25	+25 0	+39 0	+62 0	+160 0	+12 -12	+7 -18	-8 -33	-17 -42
40	50	+134	+76	+30	+46	+74	+190	+15	+9	-9	-21
50	65	+60	+30	0	0	0	0	-15	-21	-39	-51
65	80	+159	+90	+35	+54	+87	+220	+17	+10	-10	-24
80	100	+72	+36	0	0	0	0	-17	-25	-45	-59
100	120	+185	+106	+40	+63	+100	+250	+20	+12	-12	-28
120	140	+85	+43	0	0	0	0	-20	-28	-52	-68
140	160										
160	180										
180	200	+215	+122	+46	+72	+115	+290	+23	+13	-14	-33
200	225	+100	+50	0	0	0	0	-23	-33	-60	-79
225	250										
250	280	+240	+137	+52	+81	+130	+320	+26	+16	-14	-36
280	315	+110	+56	0	0	0	0	-26	-36	-66	-88
315	355	+265	+151	+57	+89	+140	+360	+28	+17	-16	-41
355	400	+125	+62	0	0	0	0	-28	-40	-73	-98
400	450	+290	+165	+63	+97	+155	+400	+31	+18	-17	-45
450	500	+135	+68	0	0	0	0	-31	-45	-80	-108

Tablica 4a. Odchyłki wałków normalnych uprzywilejowanych w zakresie wymiarów od 1 do 500 mm

Przedział wymiarów normalnych w mm		Pole tolerancji							
powyżej	do	d9	d11	e8	f7	g6	h6	h7	h8
1	3	-20	-20	-14	-6	-2	0	0	0
		-45	-80	-28	-16	-8	-6	-10	-14
3	6	-30	-30	-20	-10	-4	0	0	0
		-60	-105	-38	-22	-12	-8	-12	-18
6	10	-40	-40	-25	-13	-5	0	0	0
		-76	-130	-47	-28	-14	-9	-15	-22
10	14	-50	-50	-32	-16	-6	0	0	0
14	18	-93	-160	-59	-34	-17	-11	-18	-27
18	24	-65	-65	-40	-20	-7	0	0	0
24	30	-117	-195	-73	-41	-20	-13	-21	-33
30	40	-80		-50	-25	-9	0	0	0
40	50	-142	-240	-89	-50	-25	-16	-25	-39
50	65	-100	-100	-60	-30	-10	0	0	0
65	80	-174	-290	-106	-60	-29	-19	-30	-46
80	100	-120	-120	-72	-36	-12	0	0	0
100	120	-207	-340	-126	-71	-34	-22	-35	-54
120	140	-145	-145	-85	-43	-14	0	0	0
140	160	-245	-395	-148	-83	-39	-25	-40	-63
160	180								
180	200	-170	-170	-100	-50	-15	0	0	0
200	225	-285	-460	-172	-96	-44	-29	-46	-72
225	250								
250	280	-190	-190	-110	-56	-17	0	0	0
280	315	-320	-510	-191	-108	-49	-32	-52	-81
315	355	-210	-210	-125	-62	-18	0	0	0
355	400	-350	-570	-214	-119	-54	-36	-57	-89
400	450	-230	-230	-135	-68	-20	0	0	0
450	500	-385	-630	-232	-131	-60	-40	-63	-97

Tablica 4b. Odchyłki wałków normalnych uprzywilejowanych w zakresie wymiarów od 1 do 500 mm

Przedział wymiarów normalnych w mm									
powyżej	do	h9	h11	js6	k6	n6	p6	r6	s6
1	3	0	0	+3,0	+6	+10	+12	+16	+20
		-25	-60	-3,0	0	+4	+6	+10	+14
3	6	0	0	+4,0	+9	+16	+20	+23	+27
		-30	-75	-4,0	+1	+8	+12	+15	+19
6	10	0	0	+4,5	+10	+19	+24	+28	+32
		-36	-90	-4,5	+1	+10	+15	+19	+23
10	14	0	0	+5,5	+12	+23	+29	+34	+39
14	18	-43	-110	-5,5	+1	+12	+18	+23	+28
18	24	0	0	+6,5	+15	+28	+35	+41	+48
24	30	-52	-130	-6,5	+2	+15	+22	+28	+35
30	40	0	0	+8,0	+18	+33	+42	+50	+59
40	50	-62	160	-8,0	+2	+17	+26	+34	+43
50	65	0	0	+9,5	+21	+39	+51	+60	+72
65	80	-74	-190	-9,5	+2	+20	+32	+41	+53
								+62	+78
								+43	+59
80	100	0	0	+11	+25	+45	+59	+73	+93
100	120	-87	-220	-11	+3	+23	+37	+51	+71
								+6	+101
								+54	+79
120	140	0	0	+12,5	+28	+52	+68	+88	+117
140	160	-100	-250	-12,5	+3	+27	+43	+63	+92
								+90	+125
								+65	+100
160	180	0	0	+14,5	+33	+60	+79	+93	+133
180	200	-115	-290	-14,5	+4	+31	+50	+68	+108
								+106	+151
								+77	+122
200	225	0	0	+16,0	+36	+66	+88	+109	+159
225	250	-130	-320	-16,0	-4	+34	+56	+80	+130
								+113	+169
								+84	+140
250	280	0	0	+18,0	+40	+73	+98	+126	+190
280	315	-140	-360	-18,0	-4	+37	+62	+94	+158
								+130	+202
								+98	+170
315	355	0	0	+20,0	+45	+80	+108	+144	+226
355	400	-155	-400	-20,0	+5	+40	+68	+108	+190
								+150	+244
								+114	+208
400	450	0	0	+20,0	+45	+80	+108	+166	+272
450	500	-155	-400	-20,0	+5	+40	+68	+126	+232
								+172	+292
								+132	-252

PASOWANIA

Pasowanie jest to połączenie dwóch elementów o jednakowym wymiarze nominalnym i różnych odchyłkach.

Pasowanie luźne (ruchowe) jest to połączenie, w którym występuje luz, elementy pasowane mogą się przemieszczać względem siebie.

Pasowanie mieszane jest to połączenie, w którym może wystąpić niewielki luz lub niewielki wcisk (luz ujemny),

Pasowanie ciasne jest to połączenie, w którym występuje wcisk, elementy pozostają w spoczynku względem siebie po zmontowaniu.

$$L_{min} = A_o(\text{otworu}) - B_w(\text{wałka}) = EI - es$$

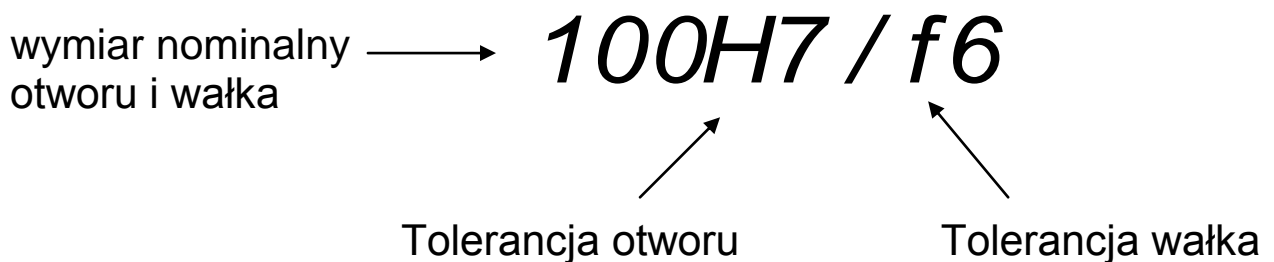
$$L_{max} = B_o(\text{otworu}) - A_w(\text{wałka}) = ES - ei$$

$L_{min}, L_{max} > 0$ – pasowanie luźne,

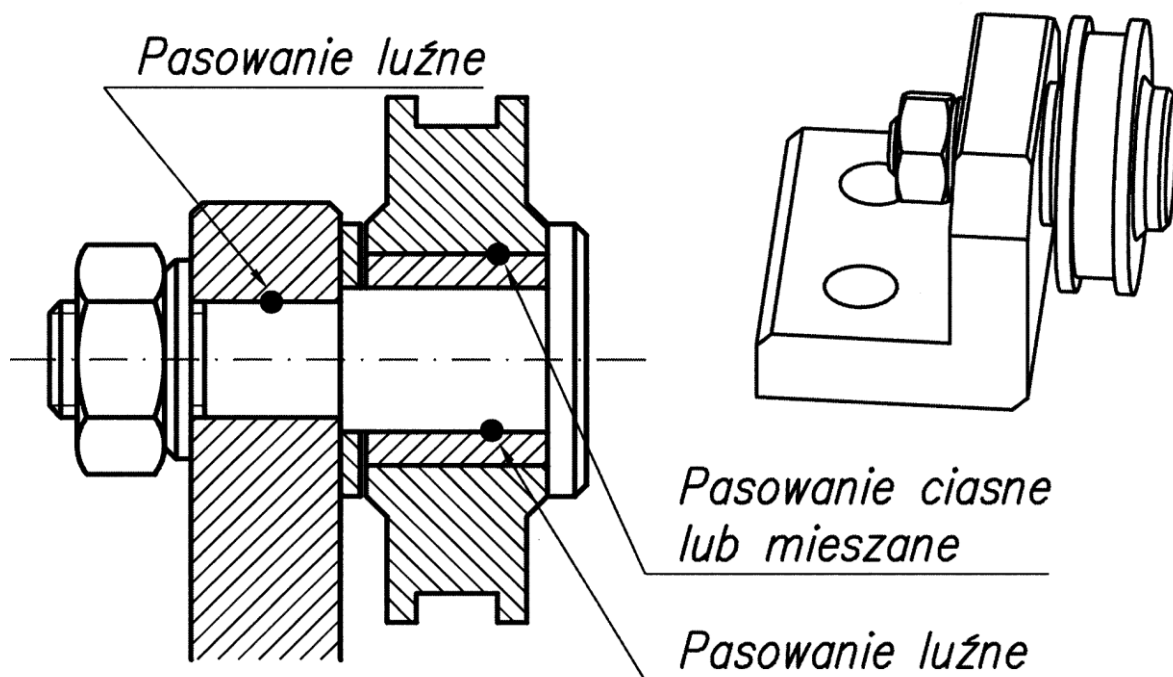
$L_{min} < 0, L_{max} > 0$ – pasowanie mieszane,

$L_{min}, L_{max} < 0$ – pasowanie ciasne.

Zapis pasowania



Zastosowanie pasowań



Rys. 10. Przykłady pasowań

Zasady pasowania

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 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.

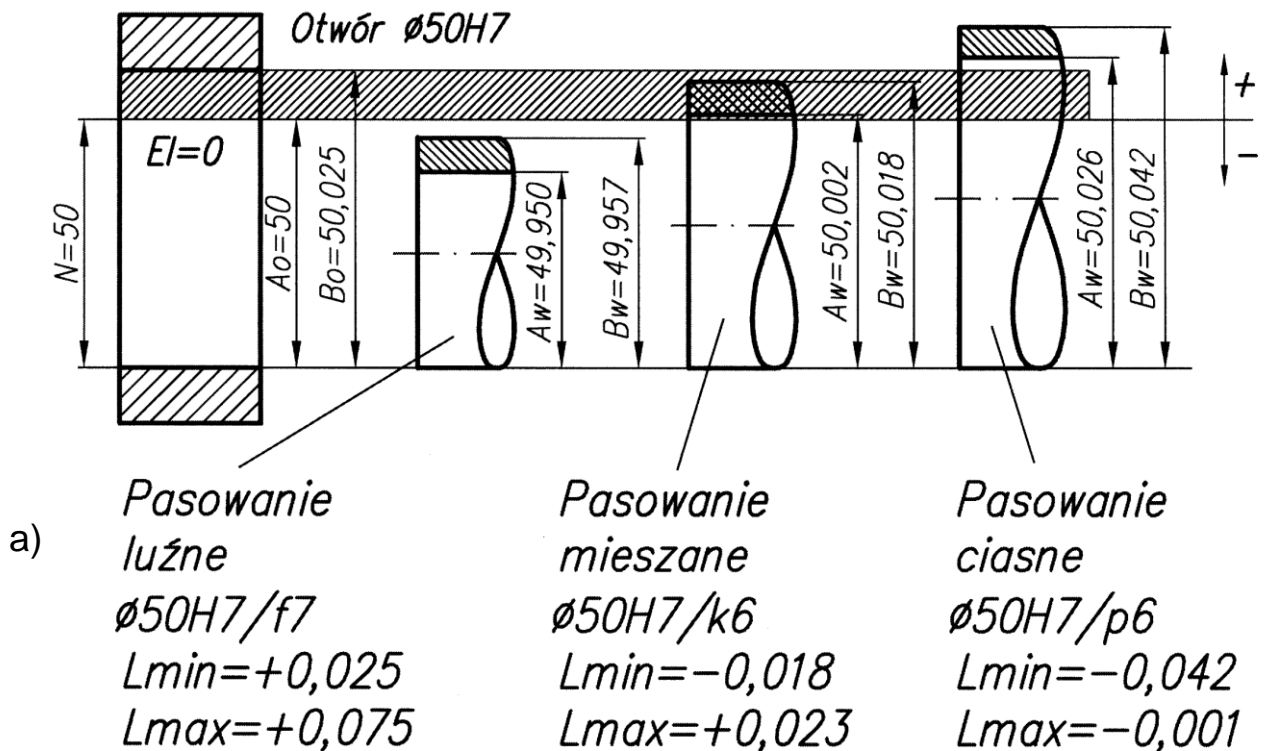
Symbole tolerancji:

(A – H), (a – h) – dotyczą pasowań luźnych,

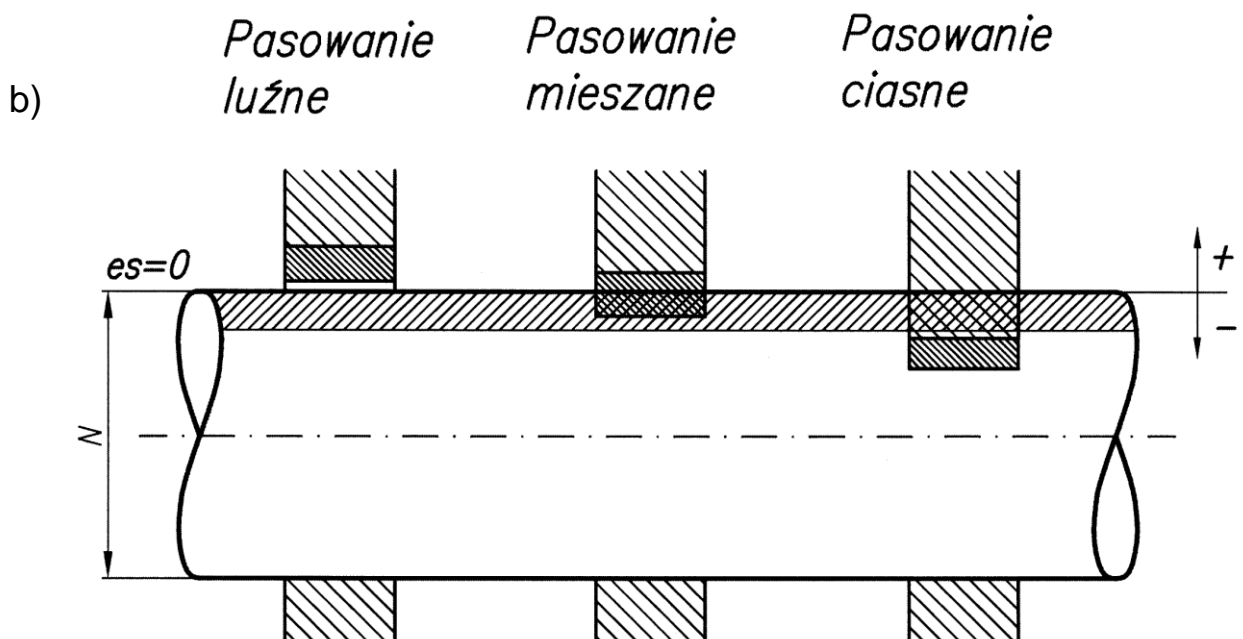
(J – N), (j – n) – dotyczą pasowań mieszanych,

(P – U), (p – u) – dotyczą pasowań ciasnych.

Położenie pól tolerancji przy pasowaniu wg zasady stałego otworu



Położenie pól tolerancji przy pasowaniu wg zasady stałego wałka



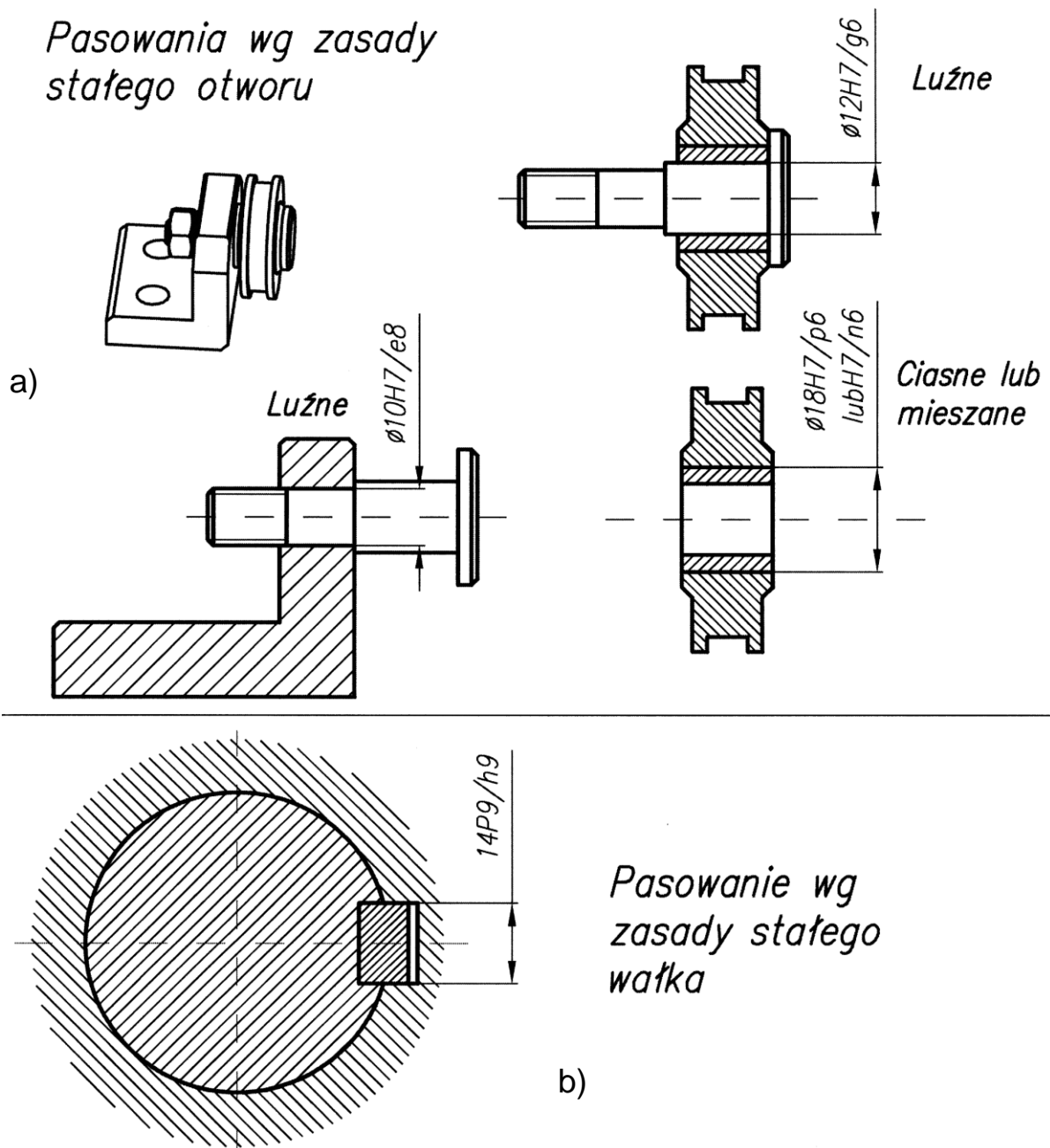
Rys. 11. Położenie pól tolerancji w zależności od rodzaju pasowania:
a) pasowania wg zasady stałego otworu,
b) pasowania wg zasady stałego wałka.

W budowie maszyn częściej stosuje się zasadę stałego otworu niż zasadę stałego wałka.

Zasada stałego otworu umożliwia zmniejszenie liczby rozmiarów narzędzi i sprawdzianów do pomiaru otworów.

Zasadę stałego wałka stosuje się w przypadku potrzeby osadzenia wielu elementów na wałku, którego średnica na pewnej długości jest stała.

Przykłady pasowań wg zasady stałego otworu i stałego wałka.



Rys. 12. Przykłady pasowań:

a) wg zasady stałego otworu, b) wg zasady stałego wałka

Pasowania normalne

Tablica 5. Pasowania normalne wg zasady 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

Tablica 6. Pasowania normalne wg zasady 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

Tablica 7. Własności i dobór pasowań

Symbol pasowania	Właściwości połączenia	Przykłady zastosowań
U8/h7 H8/s7 S7/h6 H7/r6 R7/h6	Części są mocno połączone z dużym wciskiem. ich montaż wymaga dużych nacisków lub nagrzewania albo oziębiania części w celu uzyskania połączenia skurczowego. Połączenie jest trwałe nawet w przypadku dużych sił i nie wymaga dodatkowych zabezpieczeń	Łączenie z wałami kół zębatych, tarcz sprzęgieł, wieńców kół z tarczami, tulei z piastami itp.
H7/p6 P7/h6	Części są mocno połączone, ich montaż wymaga dużych nacisków, demontaż jest przewidziany tylko podczas głównych remontów. Stosowane jest dodatkowe zabezpieczenie przed przemieszczeniem części pod wpływem dużych sił	Koła zębate napędowe na wałach ciężkich maszyn (wstrząsarki, łamacze kamieni), tuleje łożyskowe, kołki, pierścienie ustalające, wpusty itp.
H7/n6 N7/h6	Montaż części oraz ich rozdzielanie wymaga dużego nacisku. Ponieważ może wystąpić luz należy części zabezpieczyć przed przemieszczeniem	Tuleje łożyskowe w narzędziach, wieńce kół z kołami, dźwignie i korby na wałach, tuleje w korpusach maszyn, koła i sprzęgła na wałach
H7/m6 M7/h6	Części są mocno osadzone. Łączenie i rozłączanie wykonywane jest poprzez mocne uderzenia ręcznym młotkiem. Części należy zabezpieczyć przed przemieszczeniem	Wewnętrzne pierścienie łożysk tocznych, koła pasowe, koła zębate, tuleje, dźwignie, osadzone na wałach, korby, sworznie tłokowe, sworznie łączące, kołki ustalające itp.
H7/k6	Części przywierają do siebie, montaż i demontaż nie wymaga dużej siły, za pomocą lekkiego ręcznego młotka. Części należy zabezpieczyć przed przemieszczeniem	Wewnętrzne pierścienie łożysk tocznych, części sprzęgieł, koła pasowe, koła zamachowe, dźwignie ręczne na wałach, kołki śruby, sworznie ustalające itp.
H7/j6 J7/h6	Montaż części wymaga lekkich uderzeń młotka, lub nawet można go wykonać ręką. Pasowanie przeznaczone dla części o częstym montażu i demontażu. Konieczne jest zabezpieczenie łączonych części przed przemieszczeniem	Zewnętrzne pierścienie łożysk tocznych osadzone w osłonach, koła zębate wymienne i koła pasowe na wałach, często wymieniane tuleje łożyskowe, panewki itp.
H7/h6	Części po nasmarowaniu można ręcznie przesuwając względem siebie. Pasowanie nadaje się do tych połączeń, które powinny umożliwiać wolne przesuwanie części względem siebie	Zewnętrzne pierścienie łożysk tocznych, pierścienie uszczelniające, prowadzenia różnego rodzaju, łożyska ślizgowe z bardzo małym luzem, narzędzia na trzpieniach itp.

c. d. Tablicy 7. Własności i dobór pasowań

Symbol pasowania	Właściwości połączenia	Przykłady zastosowań
H8/h9 H9/h8	Części dają się łatwo łączyć i można je bez wysiłku przesuwają	Pierścienie ustalające, elementy konstrukcyjne, które wymagają przesuwania względem innych elementów, łożyska ślizgowe itp.
H11/h11	Części można łatwo złożyć. Pasowanie cechuje stosunkowo mały luz przy dość dużych tolerancjach wykonawczych	Części lutowane lub spawane, kołkowane lub zaciskane na wałkach, tuleje dystansowe
H7/g6 G7/h6	Połączenie ruchowe bez znacznego luzu, części można swobodnie przesuwają i obracać względem siebie	Łożyska ślizgowe (np. korbowodów), elementy, które wykonują ruch względny ale bez nadmiernego luzu
H7/f7	Połączenie ruchowe ze znacznym luzem, części mogą się poruszać ze średnimi prędkościami	Łożyska i prowadnice ślizgowe (np. popychacze zaworowe) itp.
H8/e8 E8/h9	Połączenia mają znaczny luz, części mogą się obracać z dużymi prędkościami	tłoki w cylindrach, wały w długich łożyskach itp.
H11/d9 H11/d11 D11/h11	Połączenia wykazują duże luzy, części mają duże tolerancje wykonawcze	Połączenia nitów z otworami, części z niedostatecznym smarowaniem, koła pasowe luźno osadzone na wałach itp.
H11/c11	Połączenia z dużymi luzami, części mają duże tolerancje wykonawcze	Łożyska maszyn i mechanizmów rolniczych, sprzętu gospodarstwa domowego itp.

ZAPIS STRUKTURY GEOMETRYCZNEJ POWIERZCHNI

Chropowość powierzchni jest parametrem struktury geometrycznej. Chropowość powierzchni jest zbiorem bardzo drobnych wzniesień i zagłębień (mikronierówności) występujących na tej powierzchni. Chropowość powierzchni jest ściśle związana ze sposobem wytwarzania przedmiotów a w szczególności zależy od rodzaju obróbki powierzchni przedmiotów. Najczęściej do określenia chropowości powierzchni ma zastosowanie parametr Ra , to jest średnie arytmetyczne odchylenie profilu chropowości od linii średniej.

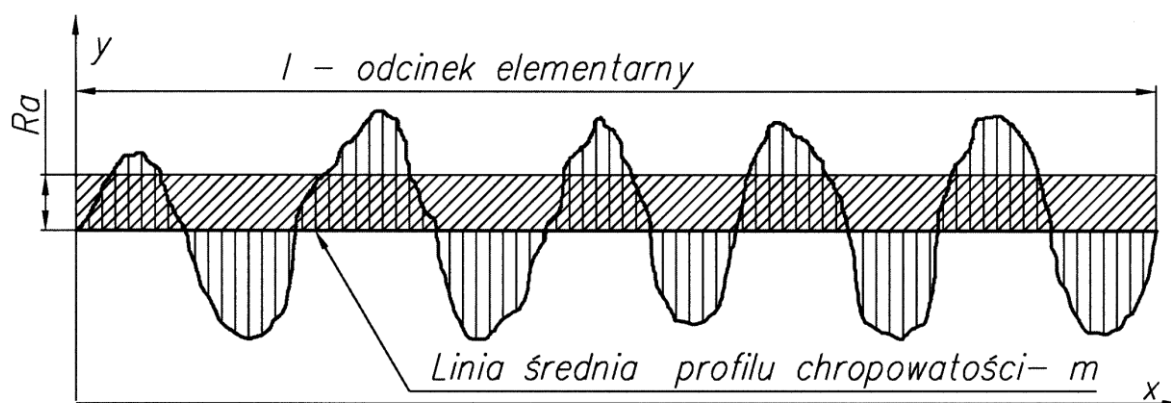
$$Ra = \frac{1}{l} \int_0^l |y(x)| dx$$

gdzie: $y(x)$ - profil chropowości, l – odcinek elementarny.

W przybliżeniu:

$$Ra = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |y_i|$$

gdzie: y_i - odchylenie i – tego punktu profilu, n – liczba punktów podziału odcinka elementarnego.

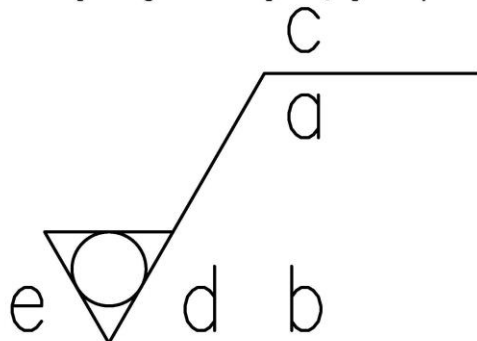


Rys. 13. Profil nierówności

Parametr chropowości	Wartości liczbowe w μm									
	0,008	0,010	0,012	0,016	0,020	0,025	0,032	0,040	0,050	0,063
Średnie arytmetyczne odchylenie profilu od linii średniej Ra	0,080	0,100	0,125	0,160	0,20	0,25	0,32	0,40	0,50	0,63
	0,80	1,00	1,25	1,60	2,0	2,5	3,2	4,0	5,0	6,3
	8,0	10,0	12,5	16,0	20	25	32	40	50	63
	80	100	125	160	200	250	320	400		

Oznaczanie chropowatości powierzchni przedmiotów na rysunkach

Symbol graficzny struktury geometrycznej powierzchni z zaznaczonymi miejscami do opisu wymagań dotyczących powierzchni

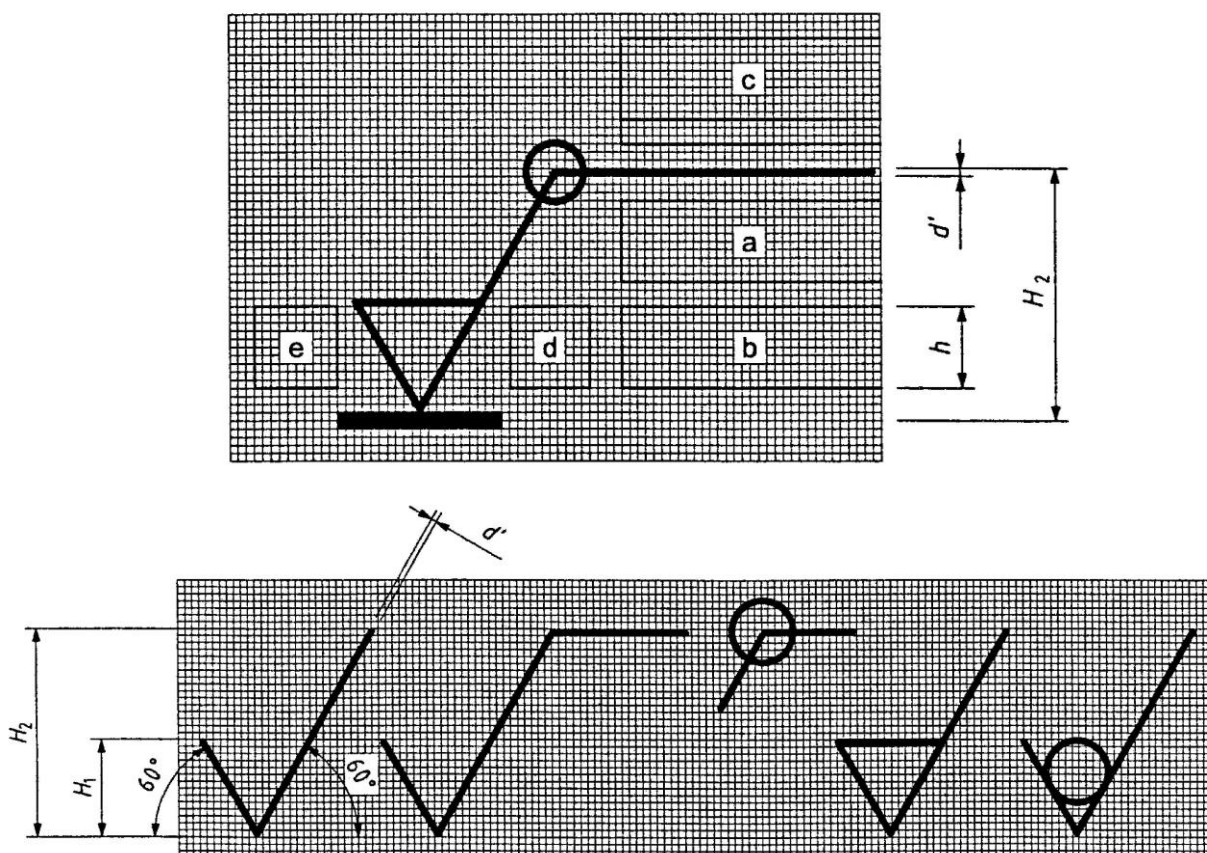


miejsca a,b– na podawanie wymagań odnośnie struktury geometrycznej powierzchni np. Ra i Rz.

miejsce c– na podawanie metody wytwarzania np szlifowanie,

miejsce d– na podawanie symbolu nierówności powierzchni i ich kierunku np. "=", "X", i "M" patrz tabela,

miejsce e – na podawanie nadatku obróbkowego jeśli jest wymagany w mm




Rys. 14. Wymiary symboli graficznych struktury geometrycznej powierzchni

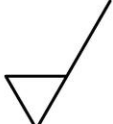
Wymiary w milimetrach

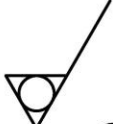
Wysokość cyfr i liter, h (patrz ISO 3098-2)	2,5	3,5	5	7	10	14	20
Grubość linii dotyczących symboli, d'	0,25	0,35	0,5	0,7	1	1,4	2
Grubość linii dotyczących pisma, d							
Wysokość, H_1	3,5	5	7	10	14	20	28
Wysokość, H_2 (minimum) ^a	7,5	10,5	15	21	30	42	60

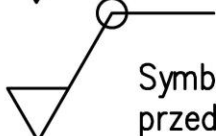
^a H_2 zależy od liczby linii w oznaczeniu.

Symbol graficzny struktury geometrycznej powierzchni

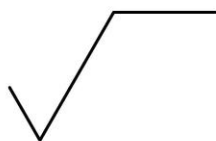
 Podstawowy symbol graficzny struktury geometrycznej powierzchni

 Rozszerzony symbol graficzny struktury geometrycznej powierzchni oznaczający, że jest wymagane usunięcie materiału

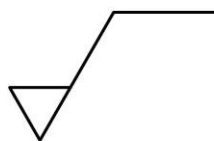
 Rozszerzony symbol graficzny struktury geometrycznej powierzchni oznaczający, że nie dopuszcza się usunięcia materiału

 Symbol graficzny dotyczący wszystkich powierzchni wokół zarysu przedmiotu

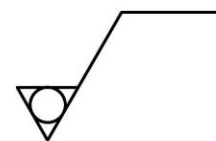
Kompletny symbol graficzny struktury geometrycznej powierzchni powstały po dodaniu dodatkowej linii



Dopuszczalny każdy sposób wykonania

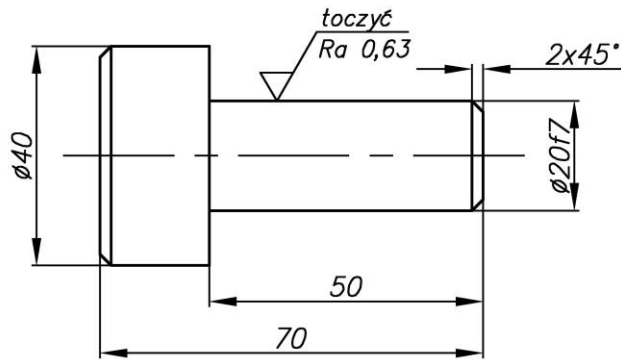


Wymagane usunięcie materiału

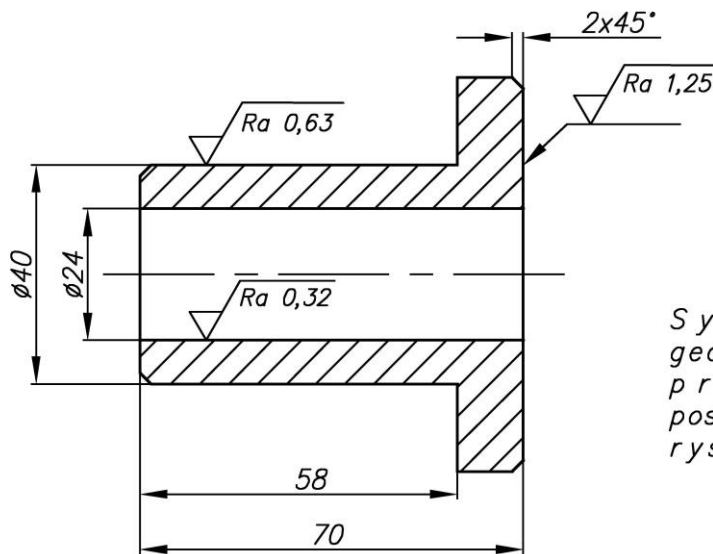


Niedopuszczalne usunięcie materiału

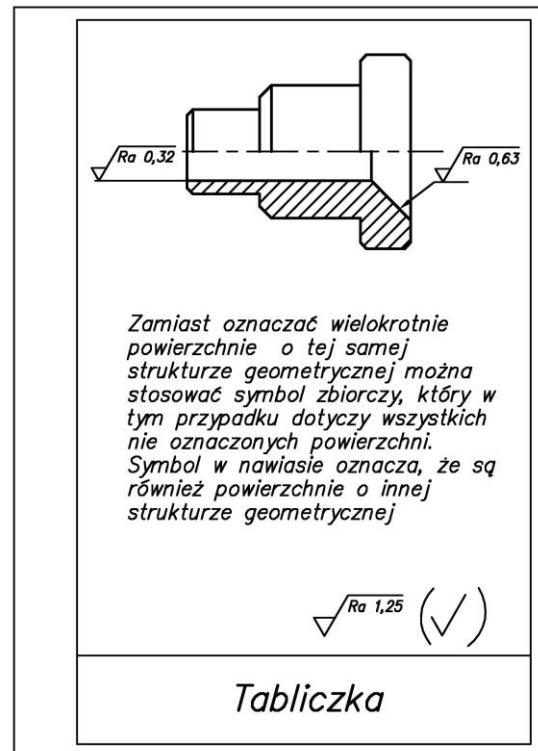
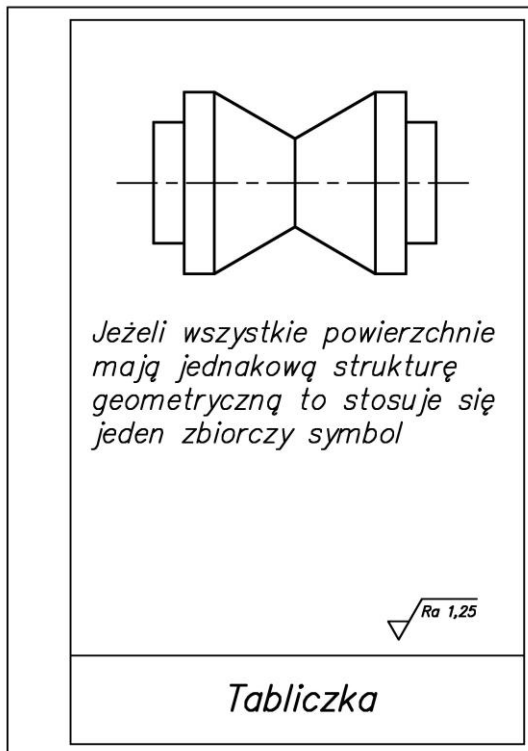
Rys. 15. Warianty symboli graficznych struktury geometrycznej powierzchni



Dla powierzchni nie oznaczonych nie stawia się wymagań odnośnie struktury geometrycznej powierzchni




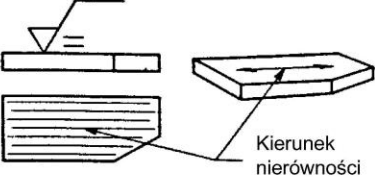

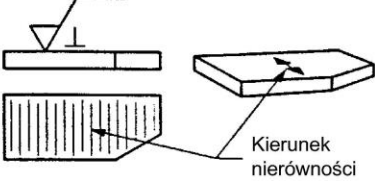

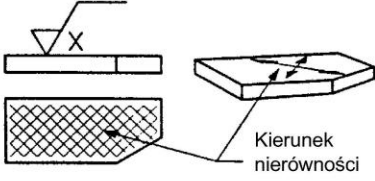

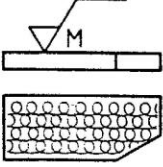

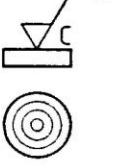

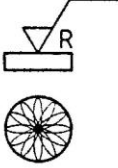

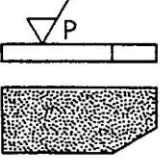
Symbole struktury geometrycznej powierzchni przyporządkowane poszczególnym powierzchniom rysuje się linią cieką



Rys. 16. Oznaczanie struktury geometrycznej powierzchni na rysunkach

EN ISO 1302:2002

Podawanie oznaczeń nierówności powierzchni

Symbol graficzny	Interpretacja i przykład	
	<p>Nierówności powierzchni równoległe do widoku płaszczyzny rzutowania, do której stosuje się symbol</p>	
	<p>Nierówności powierzchni prostopadłe do widoku płaszczyzny rzutowania, do której stosuje się symbol</p>	
	<p>Nierówności powierzchni skrzyżowane w dwóch ukośnych kierunkach do widoku płaszczyzny rzutowania, do której stosuje się symbol</p>	
	<p>Nierówności powierzchni wielokierunkowe</p>	
	<p>Nierówności powierzchni, w przybliżeniu, współśrodkowe względem środka powierzchni, do której stosuje się symbol</p>	
	<p>Nierówności powierzchni, w przybliżeniu, promieniowe względem środka powierzchni, do której stosuje się symbol</p>	
	<p>Nierówności powierzchni szczególne, bez określonego kierunku, lub punktowe</p>	

Jeśli jest konieczne sprecyzowanie obrazu powierzchni, której nie da się jasno określić niniejszymi symbolami, to należy ją określić umieszczając odpowiednią uwagę do rysunku.

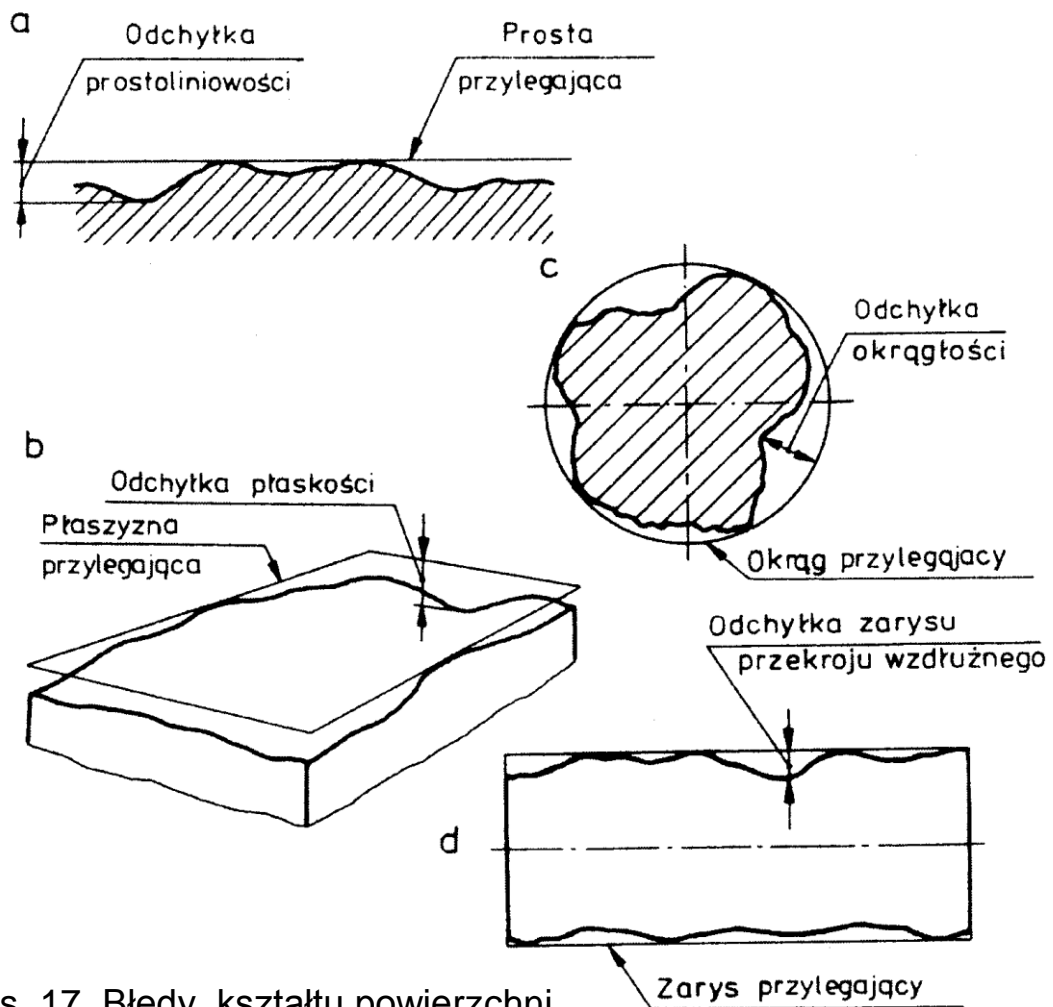
Zależność chropowatości powierzchni od rodzaju obróbki

Tablica 8. Ekonomicznie osiągalne chropowatości powierzchni części metalowych w zależności od rodzaju obróbki mechanicznej

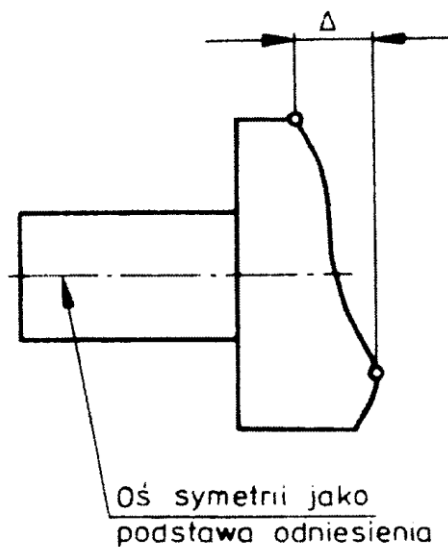
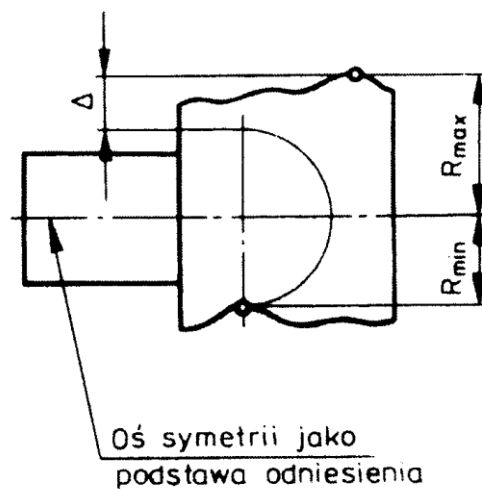
Rodzaj obróbki		Wartości liczbowe chropowatości Ra w μm											
		80	40	20	10	5	2,5	1,25	0,63	0,32	0,16	0,08	0,04
Cięcie	nożycami												
	piłą												
Toczenie i wytaczanie	zgrubne												
	dokładne												
	bardzo dokładne												
Wiercenie	do średnicy 15 mm												
	powyżej średnicy 15 mm												
Struganie	zgrubne												
	dokładne												
	bardzo dokładne												
Frezowanie cylindryczne	zgrubne												
	dokładne												
Frezowanie czołowe	zgrubne												
	dokładne												
	bardzo dokładne												
	szybkościowe												
Rozwiercanie	zgrubne												
	dokładne												
	bardzo dokładne												
Szlifowanie wałków i płaszczyzn	zgrubne												
	dokładne												
	bardzo dokładne												
	wewnętrzne												
Obróbka ślusarska (piłowanie)													
Gwintowanie narzynką													
Gwintowanie nożem	zgrubne												
	dokładne												
Czyszczenie płótnem ściernym													
Polerowanie	dokładne												
	bardzo dokładne												
Docieranie	dokładne												
	bardzo dokładne												
Wartości liczbowe chropowatości Ra w μm		80	40	20	10	5	2,5	1,25	0,63	0,32	0,16	0,08	0,04

Tablica 9. Osiągalne chropowatości powierzchni części metalowych w zależności od rodzaju obróbki bezwiórowej

Rodzaj obróbki		Wartości liczbowe chropowatości Ra w μm											
		80	40	20	10	5	2,5	1,25	0,63	0,32	0,16	0,08	0,04
Odlewanie w piasku	zwykle												
	dokładne												
Odlewanie w kokilach	zwykle												
	dokładne												
Odlewy wtryskowe	zwykle												
	dokładne												
Kucie	zgrubne												
	zwykle												
	dokładne												
Prasowanie	zgrubne												
	zwykle												
Natryskiwanie	dokładne												
	zgrubne												
	zwykle												
Polerowanie bezwiórowe	dokładne												
	zgrubne												
zwykle													

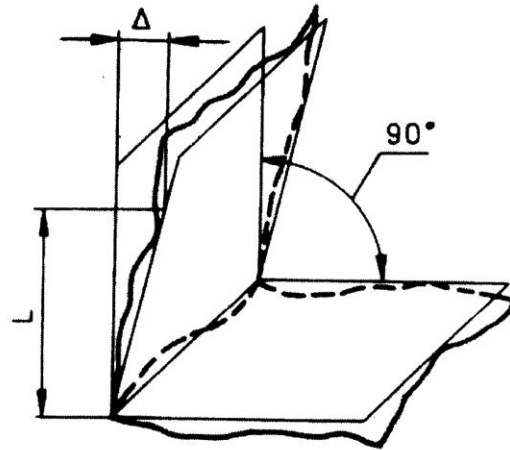
BŁĘDY MAKROSTRUKTURY

Rys. 17. Błędy kształtu powierzchni

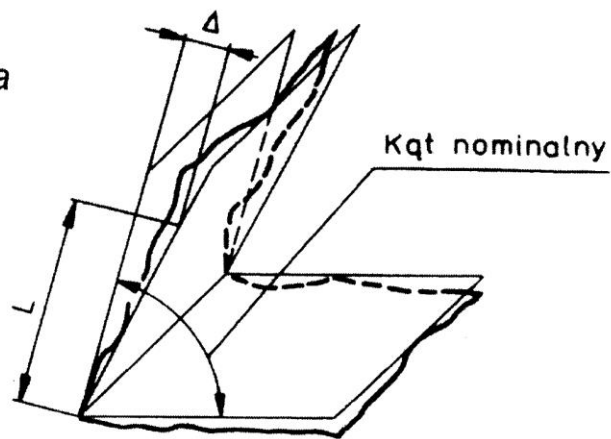
odchyłki bicia osiowego*odchyłki bicia promieniowego*

Rys. 18. Błędy bicia

Odchyłka prostopadłości

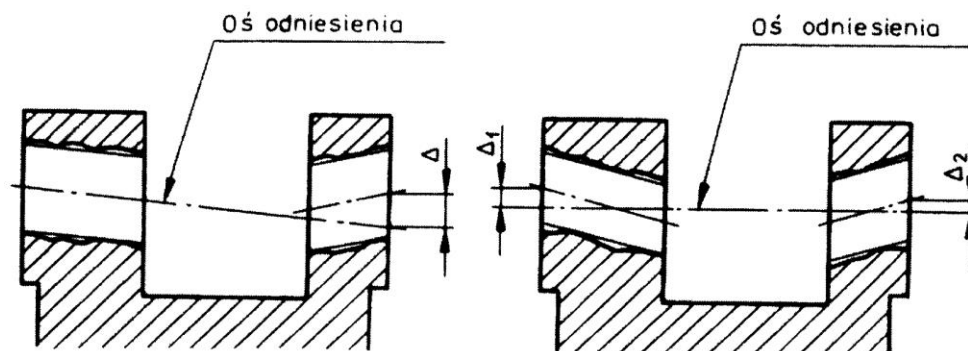


Odchyłka nachylenia



Rys. 19. Błędy kąta

Odchyłka współosiowości



Rys. 20. Błędy równoległości

Literatura:

1. Dobrzański T., Rysunek Techniczny Maszynowy. WNT, Warszawa, 2004.
2. Lubiński Z., Kociszewski M., Szczurek K.: Rysowanie i projektowanie części maszyn. Wydawnictwa Szkolne i Pedagogiczne. Warszawa, 1989.
3. Praca zbiorowa. Mały poradnik Mechanika. Tom II. WNT, Warszawa, 1994.
4. Rydzanicz I., Zapis Konstrukcji. Podstawy. Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Wrocław, 1996.
5. PN-EN ISO 1302.