

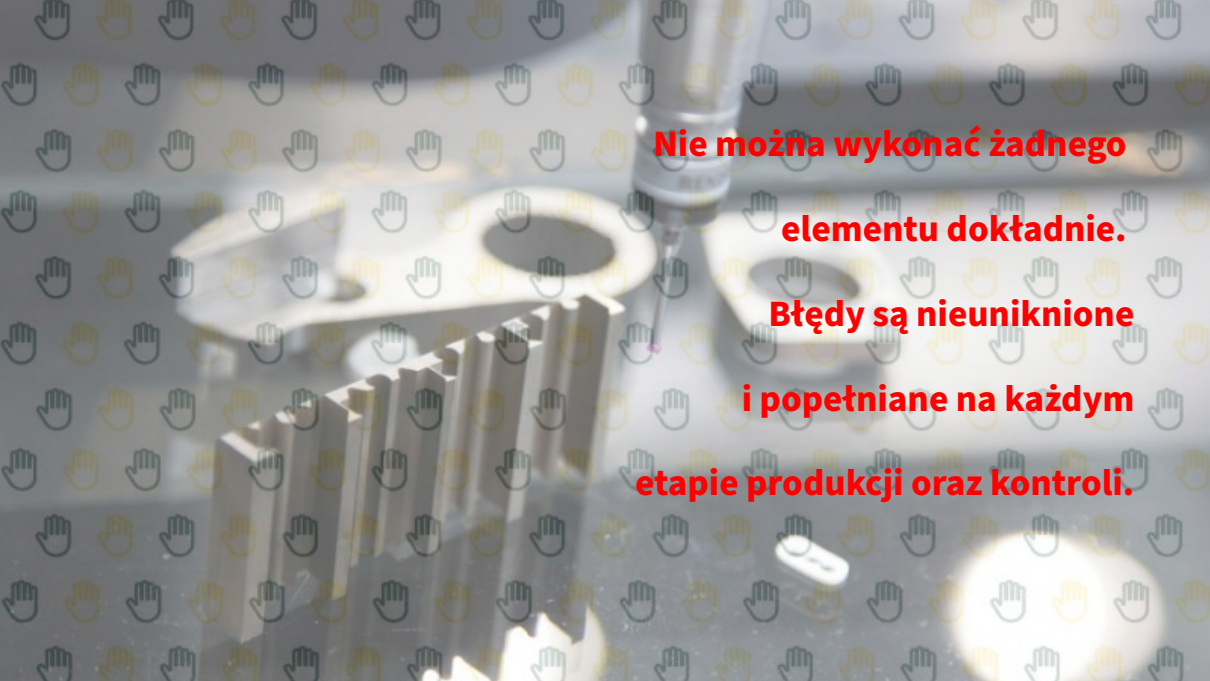


Wydział Mechaniczny Energetyki i Lotnictwa
Politechnika Warszawska

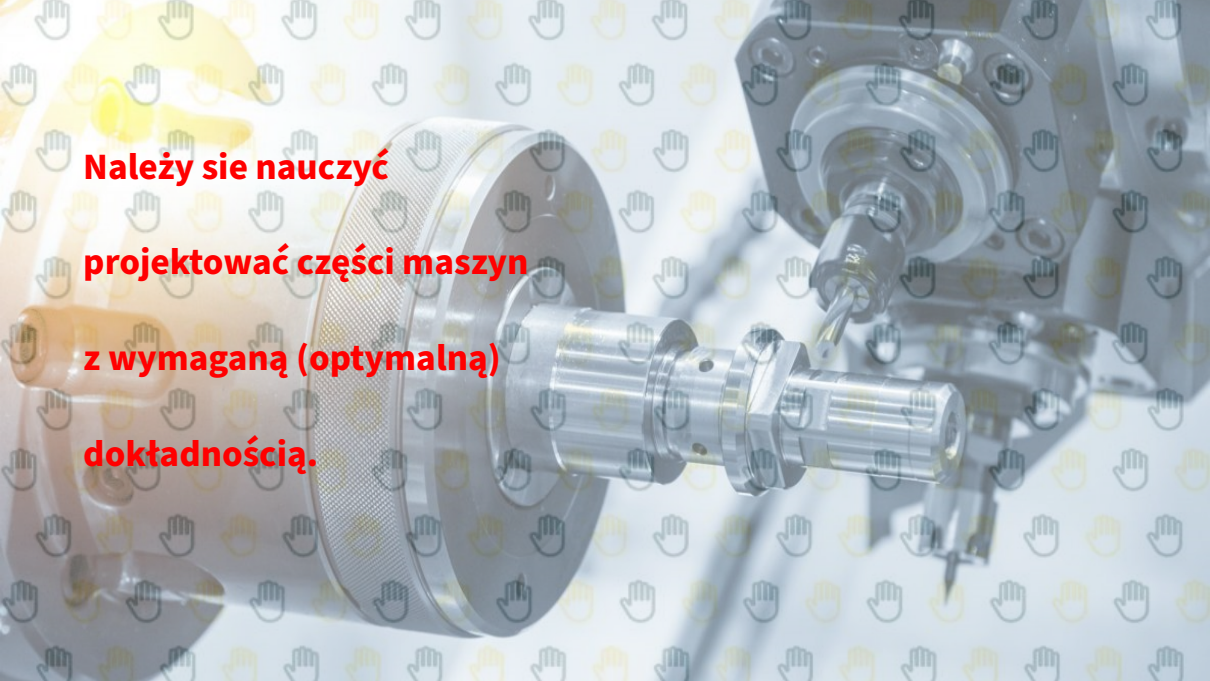
Zapis Konstrukcji

mgr inż. Grzegorz Kamiński

2 marca 2025

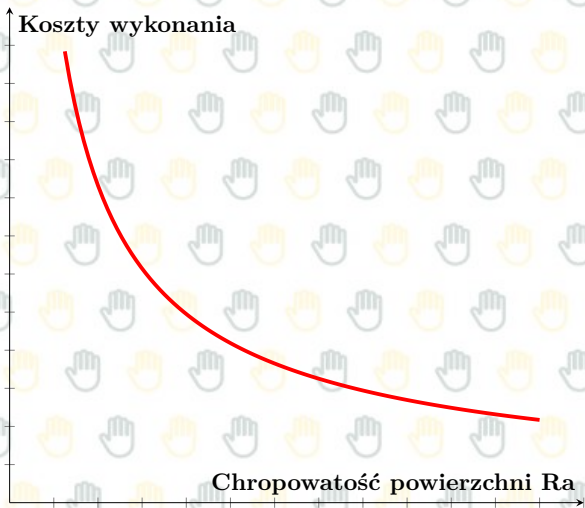


**Nie można wykonać żadnego
elementu dokładnie.
Błędy są nieuniknione
i popełniane na każdym
etapie produkcji oraz kontroli.**



**Należy się nauczyć
projektować części maszyn
z wymaganą (optymalną)
dokładnością.**

Koszty wykonania



Zależność kosztów wykonania od wartości chropowatości powierzchni

Koszty wykonania



Zależność kosztów wykonania wymiarów liniowych od wielkości tolerancji

Definicja oznaczeń

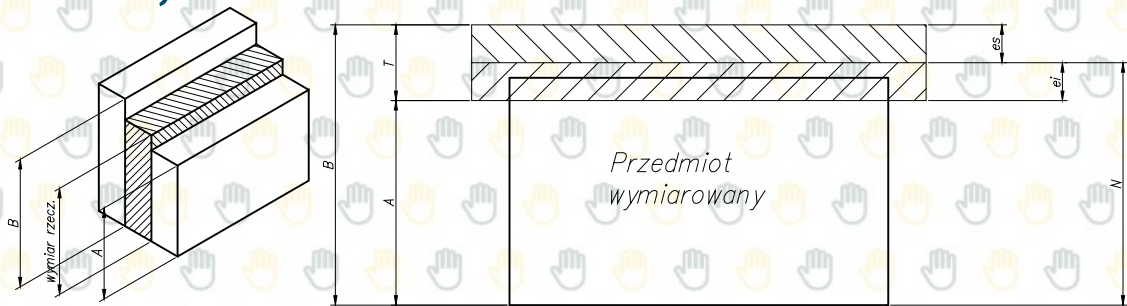


Wymiar nominalny — wymiar przedmiotu podawany na rysunku.

Wymiar rzeczywisty — wymiar uzyskany w praktyce uwzględniający błędy wykonania.

Tolerowanie wymiarów — podanie dwóch wymiarów granicznych pomiędzy którymi powinien znaleźć się wymiar nominalny.

Definicja oznaczeń



Tolerancja T — różnica pomiędzy górnymi i dolnym wymiarem granicznym ($T = B - A$).

Odchyłka górna wymiaru: ES — dla wymiaru zewn., es — dla wymiaru wew., zdefiniowana jako $B - N$.

Odchyłka dolna wymiaru: EI — dla wymiaru zewn., ei — dla wymiaru wew., zdefiniowana jako $A - N$.

Definicja oznaczeń



Wymiar tolerowany jest to wymiar o ustalonych odchyłkach granicznych [1]:
dla wymiarów zewnętrznych:

$$A_w = N + ei \quad B_w = N + es \quad T = es - ei$$

dla wymiarów wewnętrznych:

$$A_o = N + EI \quad B_o = N + ES \quad T = ES - EI$$

Rodzaje tolerancji

symetryczne — obie odchyłki są jednakowe i różnią się tylko znakiem,

$$\varnothing 50 \pm 0,5$$

asymetryczne — jedna z odchyłek jest równa zero,

$$\varnothing 50_{-0,03}$$

asymetryczne dwustronne — dwie odchyłki o różnych znakach i wartościach,

$$\varnothing 50^{+0,05}_{-0,03}$$

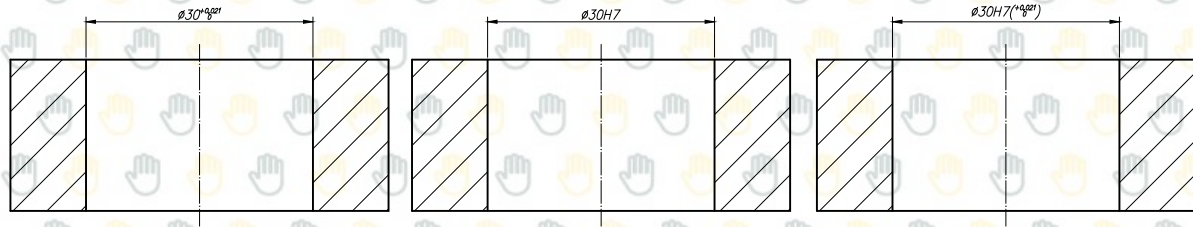
asymetryczne jednostronne — dwie odchyłki o jednakowym znaku.

$$\varnothing 50^{+0,05}_{+0,01}$$

Zapis tolerancji

normalne — odchyłki dobierane są wg normy,

swobodne — odchyłki dobierane są wg uznania konstruktora.



Znaczenie znaków w zapisie tolerancji

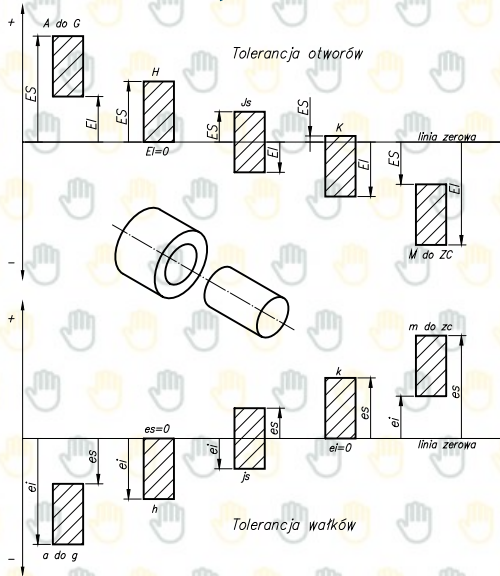
50H7

wymiar nominalny

symbol rodzaju tolerancji

klasa dokładności
wykonania

Zakresy pól tolerancji



Klasy wykonania

Wymiar nominalny		IT5	IT6	IT7	IT8	IT9	IT10	IT11	IT12	IT13	IT14
powyżej	do										
mm		μm							mm		
-	3	4	6	10	14	25	40	60	0,1	0,14	0,25
3	6	5	8	12	18	30	48	75	0,12	0,18	0,30
6	10	6	9	15	22	36	58	90	0,15	0,22	0,36
10	18	8	11	18	27	43	70	110	0,18	0,27	0,43
18	30	9	13	21	33	52	84	130	0,21	0,33	0,52
30	50	11	16	25	39	62	100	160	0,25	0,39	0,62
50	80	13	19	30	46	74	120	190	0,30	0,46	0,74
80	120	15	22	35	54	87	140	220	0,35	0,54	0,87
120	180	18	25	40	63	100	160	250	0,40	0,63	1,00
180	250	20	29	46	72	115	185	290	0,46	0,72	1,15
250	315	23	32	52	81	130	210	320	0,52	0,81	1,30
315	400	25	36	57	89	140	230	360	0,57	0,89	1,40
400	500	27	40	63	97	155	250	400	0,63	0,97	1,55
500	630	32	44	70	110	175	280	440	0,70	1,10	1,75
630	800	36	50	80	125	200	320	500	0,80	1,25	2,00
800	1000	40	56	90	140	230	360	560	0,90	1,40	2,30
1000	1250	47	66	105	165	260	420	660	1,05	1,65	2,60
1250	1600	55	78	125	195	310	500	780	1,25	1,95	3,10
1600	2000	65	92	150	230	370	600	920	1,50	2,30	3,70
2000	2500	78	110	175	280	440	700	1100	1,75	2,80	4,40
2500	3150	96	135	210	330	540	860	1350	2,10	3,30	5,40

Klasy wykonania

$$T = 10^{0,2 \cdot (n-1)} \cdot (0,45 \cdot \sqrt[3]{D} + 0,001 \cdot D) \quad (1)$$

* T — tolerancja w μm

* D — wymiar tolerowany,

* n — klasa wykonania.

Tolerancje ogólnego przeznaczenia

Tolerancje wałków

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
8				d8	e8	f8		h8								
9				d9	e9			h9								
10				d10												
11	a11	b11	c11					h11								

Tolerancje otworów

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								

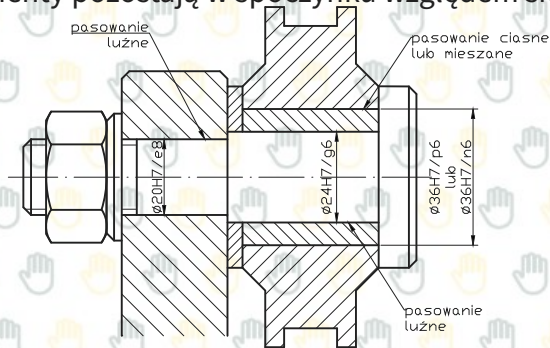
Pasowania

pasowanie — połączenie dwóch elementów o jednakowym wymiarze nominalnym i różnych odchyłkach [2].

luźne — elementy pasowane mogą się przemieszczać względem siebie,

mieszane — może wystąpić niewielki luz lub niewielki wcisk,

ciasne — elementy pozostają w spoczynku względem siebie po zmontowaniu.



Zapis pasowania

50H7/f6

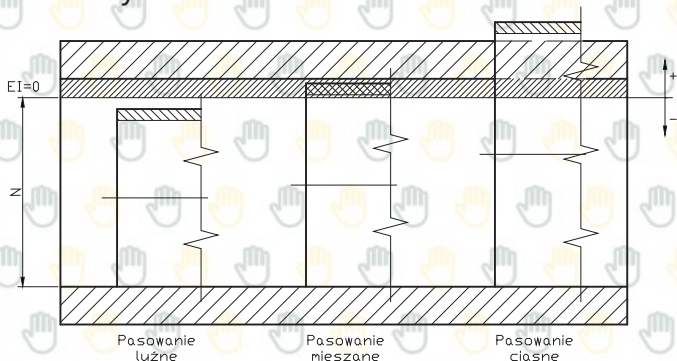
wymiar nominalny wałka
i otworu

tolerancja otworu

tolerancja wałka

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.



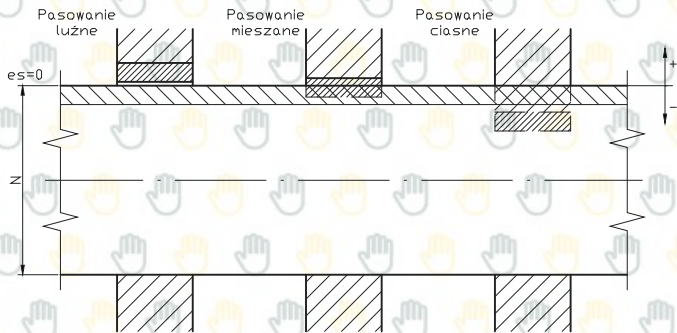
W budowie maszyn **częściej stosuje się** zasadę stałego otworu, gdyż umożliwia ona zmniejszenie liczby rozmiarów narzędzi i sprawdzianów do pomiaru otworów.

Zasada stałego otworu

Nazwa pasowania	Pole tolerancji otworu podstawowe							
	H5	H6	H7	H8	H9	H10	H11	H12
Luźne	H5/h4	H6/f6	H7/c8	H8/c8	H9/d9	H10/d10	H11/a11	H12/b12
	H5/g7	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					

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.



Zasadę stałego wałka stosuje się w przypadkach, gdy wymagane jest osadzenie wielu elementów na wałku, którego średnica na pewnej długości jest stała.

Zasada stałego wałka

Nazwa pasowania	Pole tolerancji wałka 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	D8/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	H10/h9			
					H9/h8				
Mieszane	Js5/h4	Js5/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						

Stosowane pasowania

Pasowanie	Właściwości połączenia	Przykłady zastosowania
U8/h7 H8/s7 S7/h6 H7/r6 R7/h6	Części są mocno połączone z dużym wciskiem. Ich montaż wymaga dużych nacisków lub podgrzewania albo oziębienia części w celu uzyskania połączenia skurczowego. Połączenie jest trwałe nawet w przypadku dużych sił i nie wymaga dodatkowych zabezpieczeń.	Łączenie z wałami kół zębatach, tarcz sprzęgieł, wieńców kół z tarczami, tulei z piastami itp.
H7/p6 P7/h6	Części są mocno połączone, ich montaż wymaga dużych nacisków, a demontaż jest przewidziany tylko podczas generalnych 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
H7/n6 N7/h6	Montaż części oraz ich rozdzielenie wymaga dużego nacisku. Może wystąpić luz, dlatego należy zabezpieczyć części 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 uderzenie ręcznym młotkiem. Części należy zabezpieczyć przed przemieszczaniem części.	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 osadzonych w osłonach, koła zębate wymienne i koła pasowe na wałach, często wymieniane tuleje łożyskowe, panewki, itp.

Stosowane pasowania

Pasowanie	Właściwości połączenia	Przykłady zastosowania
H7/h6	Części po nasmarowaniu można przesuwając ręcznie 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.
H8/h9 H9/h8	Części dają się łatwo łączyć i można je bez wysiłku przesuwając.	Pierścienie ustalające, elementy konstrukcyjne, które wymagają przesuwania względem innych elementów, łożyska ślizgowe, itp.
H11/h11	Części można łatwo złożyć. Pasowanie cechuje się stosunkowo małym luzem 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 przesuwając i obracać względem siebie.	Łożyska ślizgowe (np. korbowodów), elementy które wykonują ruch względny ale bez nadmiernego luzu
H7/h7	Połączenia ruchowe ze znacznym luzem, części mogą się poruszać ze średnimi prędkościami.	Łożyska i prowadnice ślizgowe (np. popychacze zaworowe), itp.
H8/e8 E8/h9	Połączenia wykazują duże luzy, części mają duże tolerancje wykonawcze.	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	Połączenie z dużymi luzami, części mają duże tolerancje wykonawcze.	Łożyska maszyn i mechanizmów rolniczych, sprzętu gospodarstwa domowego, itp.

Wymiary nietolerowane

Wymiary zewnętrzne i wewnętrzne nietolerowane na rysunkach technicznych należy zawsze wykonać zgodnie z zasadą tolerowania w głąb materiału

Przyjmuje się wtedy tzw. tolerancję warsztatową, tzn. stosuje się dokładności zdefiniowane w klasach od 12-16 (najczęściej jest to 13 klasa dokładności).

Wymiary nietolerowane - inne podejście

Wybierając klasę tolerancji należy wziąć pod uwagę odpowiedni poziom zwyczajnej dokładności warsztatowej.

Tolerancje ogólne wymiarów liniowych i kątowych obowiązują, gdy na rysunku lub w związanych z nimi specyfikacjach powołano się na normę ISO 2768 [3].

Odchyłki graniczne wymiarów liniowych

klasa tolerancji		odchyłki graniczne od wymiarów nominalnych							
oznaczenie	nazwa	0,5 do 3	3 do 6	6 do 30	30 do 120	120 do 400	400 do 1000	1000 do 2000	2000 do 4000
f	dokładna	$\pm 0,05$	$\pm 0,05$	$\pm 0,1$	$\pm 0,15$	$\pm 0,2$	$\pm 0,3$	$\pm 0,5$	
m	średniodokładna	$\pm 0,1$	$\pm 0,1$	$\pm 0,2$	$\pm 0,3$	$\pm 0,5$	$\pm 0,8$	$\pm 1,2$	± 2
c	zgrubna	$\pm 0,2$	$\pm 0,3$	$\pm 0,5$	$\pm 0,8$	$\pm 1,2$	± 2	± 3	± 4
v	bardzo zgrubna		$\pm 0,5$	± 1	$\pm 1,5$	$\pm 2,5$	± 4	± 6	± 8

Wymiary nietolerowane - inne podejście

Odchyłki graniczne wymiarów krawędzi załamanych (promienie zaokrągleń i szerokości ścieg)

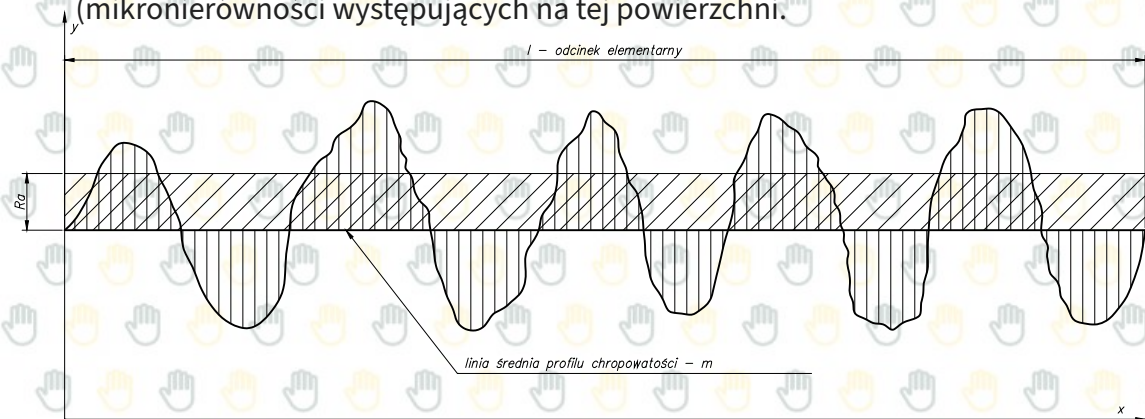
klasa tolerancji		odchyłki graniczne od wymiarów nominalnych		
oznaczenie	nazwa	0,5 do 3	3 do 6	6 do 30
f	dokładna	$\pm 0,2$	$\pm 0,5$	± 1
m	średniodokładna			
c	zgrubna	$\pm 0,4$	± 1	± 2
v	bardzo zgrubna			

Odchyłki graniczne wymiarów kątowych

klasa tolerancji		odchyłki graniczne dla przedziału długości krótszego ramienia kąta				
oznaczenie	nazwa	do 10	10 do 50	50 do 120	120 do 400	powyżej 400
f	dokładna	$\pm 1^\circ$	$\pm 0^\circ 30'$	$\pm 0^\circ 20'$	$\pm 0^\circ 10'$	$\pm 0^\circ 5'$
m	średniodokładna					
c	zgrubna	$\pm 1^\circ 30'$	$\pm 1^\circ 30'$	$\pm 1^\circ 30'$	$\pm 1^\circ 30'$	$\pm 1^\circ 30'$
v	bardzo zgrubna	$\pm 3^\circ$	$\pm 2^\circ$	$\pm 1^\circ$	$\pm 0^\circ 30'$	$\pm 0^\circ 20'$

Chropowatości

Chropowatość powierzchni jest zbiorem bardzo drobnych wzniesień i zagłębień (mikronierówności występujących na tej powierzchni).



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

Znak chropowatości

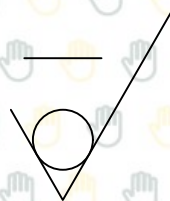
Norma ISO 29120 [4] wprowadziła widoczną zmianę w wyglądzie znaków chropowatości:



Podstawowy symbol graficzny
struktury geometrycznej powierzchni

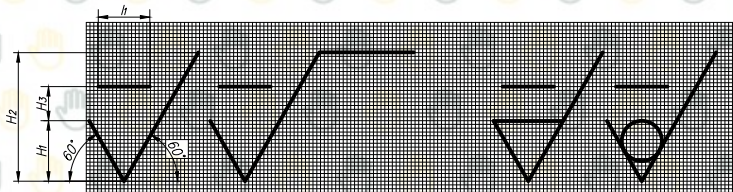


Rozszerzony symbol graficzny
oznaczający, że jest wymagane
usunięcie materiału



Rozszerzony symbol graficzny
oznaczający, że nie dopuszcza się
usunięcia materiału

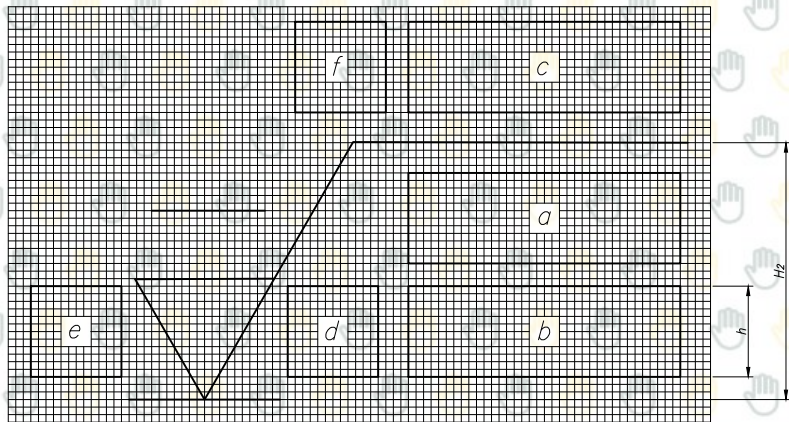
Znaki chropowatości



Wymiary symboli zgodnie z normą ISO 3098 [5]

wysokość cyfr i liter (h)	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)	7,5	10,5	15	21	30	42	60
wysokość (H_3)	2	2,5	3,5	5	7	10	14
długość (l_1)	3	4,5	6	8,5	12	17	24

Znaki chropowatości



a — wymaganie dotyczące struktury geometrycznej powierzchni;

b — drugie wymaganie dotyczące struktury geometrycznej powierzchni;

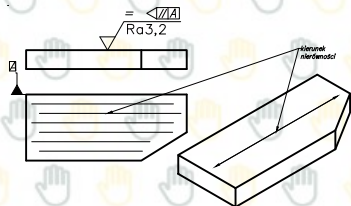
c — metoda wytwarzania;

d — oznaczenie kierunku profilu;

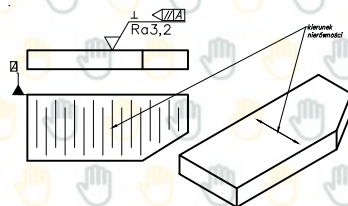
e — współczynnika długości oceny;

f — nierówności powierzchni i ich kierunek.

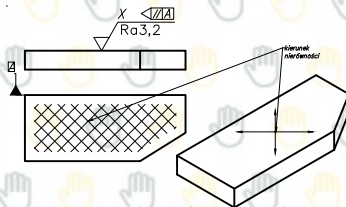
Kierunkowość struktury



Nierówności pow. równoległe do widoku pł. rzutowania

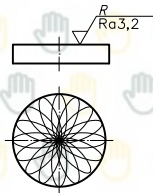


Nierówności pow. prostopadłe do widoku pł. rzutowania

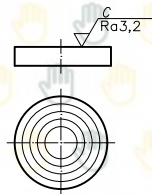


Nierówności skrzyżowane do dwóch ukośnych kierunków do widoku pł. rzutowania

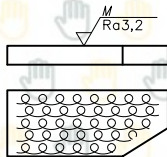
Kierunkowość struktury



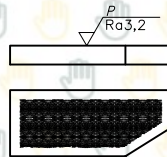
Nierówności pow. w przybliżeniu promieniowe względem środka pow.



Nierówności pow. w przybliżeniu współśrodkowe względem środka pow.

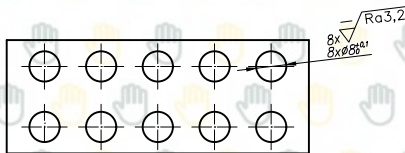


Nierówności pow. wielokierunkowe

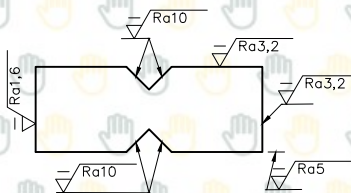


Nierówności pow. szczególne, bez określenia kierunku, lub punktowe

Chropowatości powierzchni



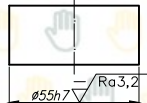
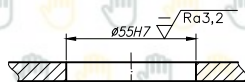
Oznaczenie chropowatości powtarzalnych elementów



Miejsce i ukierunkowanie symbolu graficznego: na zarysie, na linii odniesienia lub na linii wskazującej

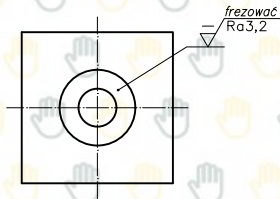


Miejsce i ukierunkowanie symbolu graficznego. Orientacja tak, aby było czytelne.

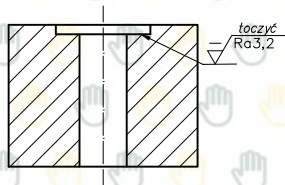


Wymagania struktury geometrycznej powierzchni podawane razem z wymiarami

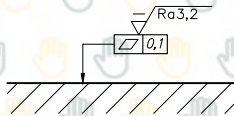
Chropowatości powierzchni



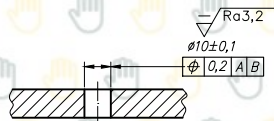
Miejsce i ukierunkowanie symbolu graficznego na linii odniesienia



Miejsce i ukierunkowanie symbolu graficznego na linii wskazującej

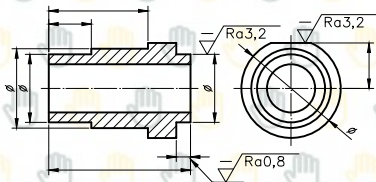


Wymagania struktury geometrycznej powierzchni podawane z tolerancjami geometrycznymi

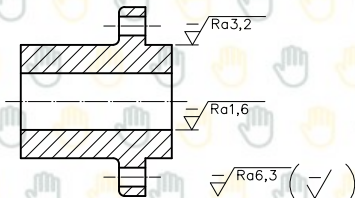


Wymagania struktury geometrycznej powierzchni podawane z wymiarem i tolerancjami geometrycznymi

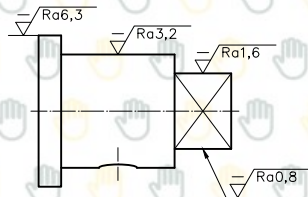
Chropowatości powierzchni



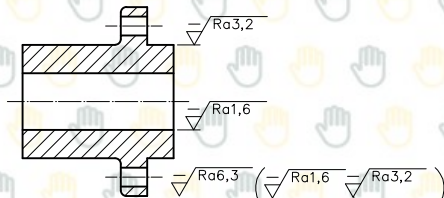
Miejsce i ukierunkowanie symbolu graficznego na powierzchniach walcowych i płaskich



Uproszczony sposób przedstawiania informacji o chropowatości. Informacja umieszczona nad tabelką



Miejsce i ukierunkowanie symbolu graficznego na powierzchniach walcowych i płaskich, gdy wymagane są indywidualne wartości chropowatości

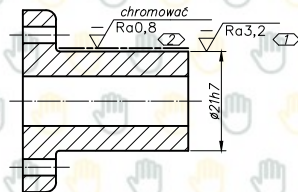


Pełny sposób przedstawiania informacji o chropowatości. Informacja umieszczona nad tabelką

Chropowatości powierzchni



Uproszczony sposób zapisu chropowatości. Wytłumaczenie zapisu powinno znaleźć się nad tabelką rysunkową, w pobliżu rzutu zawierającego uproszczony zapis, w uwagach ogólnych



Miejsce i ukierunkowanie symbolu graficznego na powierzchniach wymagających odpowiedniej chropowatości przed i po obróbce

Zalecane przyporządkowanie parametru chropowatości Ra klasom wykonania ISO

Zakres wymiarowy		Klasa wykonania ISO							
od	do	5	6	7	8	9	10	11	
1	6	0,4	0,8	0,8	1,6	1,6	3,2	3,2	
6	10	0,4	0,8	0,8	1,6	3,2	6,3	12,5	
10	18	0,8	0,8	0,8	1,6	3,2	6,3	12,5	
18	80	0,8	0,8	1,6	3,2	3,2	6,3	12,5	
80	250	0,8	1,6	1,6	3,2	3,2	6,3	12,5	
250	500	0,8	1,6	1,6	3,2	6,3	12,5	25	

Chropowatość a wykonanie

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												
wiercenie	bardzo dokładne												
	średnica <15 mm												
struganie	średnica >15 mm												
	zgrubne												
frezowanie cylindryczne	dokładne												
	bardzo dokładne												
frezowanie czołowe	zgrubne												
	dokładne												
rozwiercanie	bardzo dokładne												
	szybkościowe												
szlifowanie wałków i płaszczyzn	zgrubne												
	dokładne												
obróbka ślusarska (pilowanie)	bardzo dokładne												
	wewnętrzne												
nacinanie gwintu narzynką													
gwintowanie nożem	zgrubne												
	dokładne												
czyszczenie papierem ściernym													
polerowanie	dokładne												
	bardzo dokładne												
docieranie	dokładne												
	bardzo dokładne												
Wartości liczbowe Ra w μm		80	40	20	10	5	2,5	1,25	0,63	0,32	0,16	0,08	0,04

Chropowatość a wykonanie

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	zwykłe												
	dokładne												
Odlewanie w kokilach	zwykłe												
	dokładne												
Odlewy wtryskowe	zwykłe												
	dokładne												
Kucie	zgrubne												
	zwykłe												
	dokładne												
Prasowanie	zgrubne												
	zwykłe												
	dokładne												
Natryskiwanie	zgrubne												
	zwykłe												
	dokładne												
Polerowanie bezwiórowe	zgrubne												
	zwykłe												

Bibliografia

- [1] *ISO 286-1:2010. Specyfikacje geometrii wyrobów (GPS) – Układ kodowania ISO tolerancji wymiarów liniowych – Część 1: Podstawy tolerancji, odchyłek i pasowań.*
- [2] *ISO 286-2:2010. Specyfikacje geometrii wyrobów (GPS) – Układ kodowania ISO tolerancji wymiarów liniowych – Część 2: Tablice klas tolerancji normalnych oraz odchyłek granicznych otworów i wałków.*
- [3] *ISO 2768-1:1989. Tolerancje ogólne – Tolerancje wymiarów liniowych i kątowych bez indywidualnych oznaczeń tolerancji.*
- [4] *ISO 21920-1:2021. Specyfikacje geometrii wyrobów (GPS) – Struktura geometryczna powierzchni: Profil – Część 1: Oznaczenie struktury geometrycznej powierzchni.*
- [5] *ISO 3098-2:2002. Dokumentacja techniczna wyrobu – Pismo – Część 2: Alfabet łaciński, cyfry i znaki.*



Dziękuję
za uwagę

grzegorz.kaminski@pw.edu.pl