



ZACHODNIOPOMORSKI UNIWERSYTET
TECHNOLOGICZNY
w Szczecinie



KATEDRA MECHANIKI

Przewodnik do ćwiczeń projektowych
z podstaw konstrukcji maszyn

Ćwiczenie nr 1

Podstawy tolerancji wymiarów liniowych i pasowań

Dr inż. Rafał Grzejda

Szczecin 2020

Cel ćwiczenia

Zapoznanie się z układem tolerancji wymiarów liniowych na podstawie normy PN-EN ISO 286-1:2011P [4] w celu nabycia umiejętności:

- określania odchyłek granicznych dla wymiarów nominalnych,
- dobierania pasowań wałków i otworów

w zakresie dotyczącym konstruowania elementów maszyn.

Definicje (na podstawie norm [4, 6] oraz prac [1, 2, 3])

Element wymiarowalny – kształt geometryczny określony przez wymiar liniowy lub kątowy (którym może być wymiar zewnętrzny lub wewnętrzny).

Otwór – element wymiarowalny wewnętrzny przedmiotu (walcowy lub nie walcowy).

Wałek – element wymiarowalny zewnętrzny przedmiotu (walcowy lub nie walcowy).

Wymiar nominalny – wymiar zewnętrzny lub wewnętrzny elementu o idealnym kształcie, który zdefiniowano za pomocą specyfikacji na rysunku technicznym. (Na potrzeby tego przewodnika przyjmuje się oznaczać wymiar nominalny symbolem N)

Odchyłka podstawowa – odchyłka graniczna, za pomocą której określa się położenie przedziału tolerancji względem wymiaru nominalnego (oznaczenia przykładowe: F, k).

Odchyłka graniczna dolna – różnica pomiędzy wymiarem granicznym dolnym i wymiarem nominalnym (oznaczenia: EI dla otworu, ei dla wałka).

Odchyłka graniczna górna – różnica pomiędzy wymiarem granicznym górnym i wymiarem nominalnym (oznaczenia: ES dla otworu, es dla wałka).

Wymiar graniczny dolny (LLS) – najmniejszy dopuszczalny wymiar elementu wymiarowalnego.

Na podstawie tej definicji można napisać poniższe zależności

$$LLS = N + EI \quad \text{dla otworu} \quad (1)$$

$$LLS = N + ei \quad \text{dla wałka} \quad (2)$$

Wymiar graniczny górny (ULS) – największy dopuszczalny wymiar elementu wymiarowalnego.

Na podstawie podanej definicji można zapisać wzory

$$ULS = N + ES \quad \text{dla otworu} \quad (3)$$

$$ULS = N + es \quad \text{dla wałka} \quad (4)$$

Tolerancja – różnica pomiędzy wymiarem granicznym górnym i wymiarem granicznym dolnym (różnica między odchyłką graniczną górną i odchyłką graniczną dolną).

Można więc napisać następujące zależności

$$T_o = ULS - LLS = (N + ES) - (N + EI) = ES - EI > 0 \quad \text{dla otworu} \quad (5)$$

$$T_w = ULS - LLS = (N + es) - (N + ei) = es - ei > 0 \quad \text{dla wałka} \quad (6)$$

Tolerancja normalna (IT) – każda tolerancja uwzględniona w układzie kodowania ISO tolerancji wymiarów liniowych.

Luz – różnica pomiędzy wymiarem otworu i wymiarem wałka, w przypadku gdy średnica wałka jest mniejsza niż średnica otworu.

Luz minimalny – w pasowaniu luźnym, różnica pomiędzy wymiarem granicznym dolnym otworu i wymiarem granicznym górnym wałka.

Wobec tego można napisać poniższą formułę

$$L_{\min} = (N + EI) - (N + es) = EI - es \geq 0 \quad (7)$$

Luz maksymalny – w pasowaniu luźnym lub mieszanym, różnica pomiędzy wymiarem granicznym górnym otworu i wymiarem granicznym dolnym wałka.

Prawdziwy jest więc następujący zapis

$$L_{\max} = (N + ES) - (N + ei) = ES - ei > 0 \quad (8)$$

Wcisk – różnica pomiędzy wymiarem otworu i wymiarem wałka przed ich skojarzeniem, w przypadku gdy średnica wałka jest większa niż średnica otworu.

Wcisk minimalny – w pasowaniu ciasnym, różnica pomiędzy wymiarem granicznym górnym otworu i wymiarem granicznym dolnym wałka.

Zależność tę można napisać w postaci

$$W_{\min} = (N + ES) - (N + ei) = ES - ei < 0 \quad (9)$$

Wcisk maksymalny – w pasowaniu ciasnym lub mieszanym, różnica pomiędzy wymiarem granicznym dolnym otworu i wymiarem granicznym górnym wałka.

Można wobec tego zapisać wzór

$$W_{\max} = (N + EI) - (N + es) = EI - es < 0 \quad (10)$$

Pasowanie – wzajemna relacja pomiędzy wałkiem i otworem, o tym samym wymiarze nominalnym, przed ich połączeniem.

Pasowanie luźne – rodzaj pasowania, w którym po połączeniu pomiędzy otworem a wałkiem zawsze występuje luz (wymiar graniczny dolny otworu jest większy lub równy w stosunku do wymiaru granicznego górnego wałka).

Można to napisać w postaci poniższej zależności

$$L_{\max} > L_{\min} \geq 0 \quad (11)$$

Pasowanie mieszane – rodzaj pasowania, w którym po połączeniu pomiędzy otworem a wałkiem może wystąpić luz i wcisk.

Definicję tę można zapisać jako

$$L_{\max} > 0 > L_{\min} = W_{\max} \quad (12)$$

Pasowanie ciasne – rodzaj pasowania, w którym po połączeniu pomiędzy otworem a wałkiem zawsze występuje wcisk (wymiar graniczny górny otworu jest mniejszy lub równy w stosunku do wymiaru granicznego dolnego wałka).

Można to zapisać w postaci

$$0 > W_{\min} > W_{\max} \quad (13)$$

Tolerancja pasowania – suma tolerancji wymiarów otworu i wałka tworzących pasowanie.

Na podstawie powyższej definicji można napisać wzór

$$T = T_o + T_w \quad (14)$$

Tolerancja pasowania luźnego – różnica pomiędzy luzem maksymalnym i minimalnym elementów tworzących pasowanie.

Dowodem na to jest wyprowadzenie

$$T = T_o + T_w = ES - EI + es - ei = (ES - ei) - (EI - es) = L_{\max} - L_{\min} \quad (15)$$

Tolerancja pasowania mieszanego – suma luzu maksymalnego i wcisku maksymalnego elementów tworzących pasowanie.

Dowodem na to jest następujące wyprowadzenie

$$T = T_o + T_w = ES - EI + es - ei = (ES - ei) - (EI - es) = L_{\max} + W_{\max} \quad (16)$$

Tolerancja pasowania ciasnego – różnica pomiędzy wciskiem maksymalnym i minimalnym elementów tworzących pasowanie.

Dowodem na to jest poniższe wyprowadzenie

$$T = T_o + T_w = ES - EI + es - ei = -(EI - es) + (ES - ei) = W_{\max} - W_{\min} \quad (17)$$

Układ pasowań stałego otworu – grupa pasowań, dla których odchyłka podstawowa otworu jest równa 0 (odchyłka graniczna dolna otworu wynosi 0).

Układ pasowań stałego wałka – grupa pasowań, dla których odchyłka podstawowa wałka jest równa 0 (odchyłka graniczna górna wałka wynosi 0).

Przykłady obliczeń

1. Ustalić odchyłki graniczne dla wymiarów tolerowanych.

φ30F8		
Szukana	Wartość [mm]	Źródło
T_o	+0,033	tab. 1
ES	+0,053	wzór (5)
EI	+0,020	tab. 2

φ50k5		
Szukana	Wartość [mm]	Źródło
T_w	+0,011	tab. 1
es	+0,013	wzór (6)
ei	+0,002	tab. 5

φ80N7		
Szukana	Wartość [mm]	Źródło
T_o	+0,030	tab. 1
ES	-0,009	tab. 3
EI	-0,039	wzór (5)

2. Określić rodzaj pasowania w połączeniu.

φ100K6/d5					
Szukana	Wartość [mm]	Źródło	Szukana	Wartość [mm]	Źródło
T_o	+0,022	tab. 1	T_w	+0,015	tab. 1
ES	0,004	tab. 2 i 3	es	-0,120	tab. 4
EI	-0,018	wzór (5)	ei	-0,135	wzór (6)
$ES - ei = 0,004 - (-0,135) = +0,139 > 0 \Rightarrow L_{\max} = +0,139$ $EI - es = -0,018 - (-0,120) = +0,102 > 0 \Rightarrow L_{\min} = +0,102$					} Pasowanie luźne (11)

$\phi 70M7/h6$					
Szukana	Wartość [mm]	Źródło	Szukana	Wartość [mm]	Źródło
T_o	+0,030	tab. 1	T_w	+0,019	tab. 1
ES	0	tab. 2 i 3	es	0	tab. 4
EI	-0,030	wzór (5)	ei	-0,019	wzór (6)
$ES - ei = 0 - (-0,019) = +0,019 > 0 \Rightarrow L_{\max} = +0,019$ $EI - es = -0,030 - 0 = -0,030 < 0 \Rightarrow W_{\max} = -0,030$					} Pasowanie mieszane (12)

$\phi 25H7/p6$					
Szukana	Wartość [mm]	Źródło	Szukana	Wartość [mm]	Źródło
T_o	+0,021	tab. 1	T_w	+0,013	tab. 1
ES	+0,021	wzór (5)	es	+0,035	wzór (6)
EI	0	tab. 2	ei	+0,022	tab. 5
$ES - ei = +0,021 - (+0,022) = -0,001 < 0 \Rightarrow W_{\min} = -0,001$ $EI - es = 0 - (+0,035) = -0,035 < 0 \Rightarrow W_{\max} = -0,035$					} Pasowanie ciasne (13)

Tab. 1. Wartości tolerancji dla wybranych klas tolerancji normalnych i wymiarów nominalnych do 500 mm
(na podstawie norm PN-EN ISO 286-1: 2011P [4] oraz PN-EN ISO 286-2: 2010E [5])

Wymiar nominalny [mm]		Klasa tolerancji normalnych																	
		IT01	IT0	IT1	IT2	IT3	IT4	IT5	IT6	IT7	IT8	IT9	IT10	IT11	IT12	IT13	IT14	IT15	IT16
Powyżej	Do	Wartość tolerancji [μm]												Wartość tolerancji [mm]					
0	3	0,3	0,5	0,8	1,2	2	3	4	6	10	14	25	40	60	0,1	0,14	0,25	0,4	0,6
3	6	0,4	0,6	1	1,5	2,5	4	5	8	12	18	30	48	75	0,12	0,18	0,3	0,48	0,75
6	10							6	9	15	22	36	58	90	0,15	0,22	0,36	0,58	0,9
10	18	0,5	0,8	1,2	2	3	5	8	11	18	27	43	70	110	0,18	0,27	0,43	0,7	1,1
18	30	0,6	1	1,5	2,5	4	6	9	13	21	33	52	84	130	0,21	0,33	0,52	0,84	1,3
30	50						7	11	16	25	39	62	100	160	0,25	0,39	0,62	1	1,6
50	80	0,8	1,2	2	3	5	8	13	19	30	46	74	120	190	0,3	0,46	0,74	1,2	1,9
80	120	1	1,5	2,5	4	6	10	15	22	35	54	87	140	220	0,35	0,54	0,87	1,4	2,2
120	180	1,2	2	3,5	5	8	12	18	25	40	63	100	160	250	0,4	0,63	1	1,6	2,5
180	250	2	3	4,5	7	10	14	20	29	46	72	115	185	290	0,46	0,72	1,15	1,85	2,9
250	315	2,5	4	6	8	12	16	23	32	52	81	130	210	320	0,52	0,81	1,3	2,1	3,2
315	400	3	5	7	9	13	18	25	36	57	89	140	230	360	0,57	0,89	1,4	2,3	3,6
400	500	4	6	8	10	15	20	27	40	63	97	155	250	400	0,63	0,97	1,55	2,5	4

Tab. 2. Wartości odchyłek podstawowych otworów A do M dla wymiarów nominalnych do 500 mm (na podstawie normy PN-EN ISO 286-1: 2011P [4])

Wymiar nominalny [mm]		Wartość odchyłki podstawowej [μm]																		
		Odchyłka graniczna dolna, EI											Odchyłka graniczna górna, ES							
Powyżej	Do	Wszystkie klasy tolerancji normalnych											IT6	IT7	IT8	Do IT8	Pow. IT8	Do IT8	Pow. IT8	
		A	B	C	CD	D	E	EF	F	FG	G	H	JS	J		K		M ^a		
0	3	+270	+140	+60	+34	+20	+14	+10	+6	+4	+2	0	JS	+2	+4	+6	0	0	-2	-2
3	6			+70	+46	+30	+20	+14	+10	+6	+4									
6	10	+280	+150	+80	+56	+40	+25	+18	+13	+8	+5	+6	+10	+15	-2+Δ	-6+Δ	-6			
10	14			+95	+70	+50	+32	+23	+16	+10	+6							+8	+12	+20
14	18	+290	+160	+110	+85	+65	+40	+28	+20	+12	+7	+10	+14	+24	-4+Δ	-8+Δ	-8			
18	24			+120	+100	+80	+50	+35	+25	+15	+9							+13	+18	+28
24	30	+130	+100	+140	+60	+30	+10	+36	+12	+16	+22	+34	-6+Δ	-11+Δ	-11					
30	40	+310		+170	+150											+120	+72	+14	+14	+18
40	50	+320	+180	+170	+100	+100	+50	+15	+15	+22	+30	+47	-8+Δ	-15+Δ	-15					
50	65	+340	+190	+180	+120	+72	+145	+85	+30							+10	+25	+36	+55	-9+Δ
65	80	+360	+200	+190	+145	+85	+170	+100	+30	+10	+29	+39	+60	-10+Δ	-20+Δ	-20				
80	100	+380	+220	+200	+145	+85	+190	+110	+30	+10							+33	+43	+66	-11+Δ
100	120	+410	+240	+210	+145	+85	+210	+125	+30	+10	+33	+43	+66	-12+Δ	-23+Δ	-23				
120	140	+460	+260	+220	+145	+85	+230	+135	+30	+10							+33	+43	+66	-13+Δ
140	160	+520	+280	+230	+145	+85	+230	+135	+30	+10	+33	+43	+66	-14+Δ	-23+Δ	-23				
160	180	+580	+310	+240	+145	+85	+230	+135	+30	+10							+33	+43	+66	-15+Δ
180	200	+660	+340	+250	+145	+85	+230	+135	+30	+10	+33	+43	+66	-16+Δ	-23+Δ	-23				
200	225	+740	+380	+260	+145	+85	+230	+135	+30	+10							+33	+43	+66	-17+Δ
225	250	+820	+420	+270	+145	+85	+230	+135	+30	+10	+33	+43	+66	-18+Δ	-23+Δ	-23				
250	280	+920	+480	+280	+145	+85	+230	+135	+30	+10							+33	+43	+66	-19+Δ
280	315	+1050	+540	+290	+145	+85	+230	+135	+30	+10	+33	+43	+66	-20+Δ	-23+Δ	-23				
315	355	+1200	+600	+300	+145	+85	+230	+135	+30	+10							+33	+43	+66	-21+Δ
355	400	+1350	+680	+310	+145	+85	+230	+135	+30	+10	+33	+43	+66	-22+Δ	-23+Δ	-23				
400	450	+1500	+760	+320	+145	+85	+230	+135	+30	+10							+33	+43	+66	-23+Δ
450	500	+1650	+840	+330	+145	+85	+230	+135	+30	+10	+33	+43	+66	-24+Δ	-23+Δ	-23				

^a – W przypadku otworu M6 ,dla wymiarów nominalnych z zakresu (250 mm, 315 mm), ES = -9 μm (zamiast -11 μm według obliczenia).

Tab. 3. Wartości odchyłek podstawowych otworów N do ZC dla wymiarów nominalnych do 500 mm (na podstawie normy PN-EN ISO 286-1: 2011P [4])

Wymiar nominalny [mm]		Wartość odchyłki podstawowej [μm]															Poprawka Δ																																																						
		Odchyłka graniczna górna, ES																																																																					
Powyżej	Do	Do IT8	Pow. IT8	Do IT7	Klasa tolerancji normalnych powyżej IT7												3	4	5	6	7	8																																																	
		N		P do ZC	P	R	S	T	U	V	X	Y	Z	ZA	ZB	ZC																																																							
0	3	-4	-4	0	Wartości odchyłek jak dla klas tolerancji normalnych powyżej IT7, powiększone o Δ	-6	-10	-14	-	-18	-	-20	-	-26	-32	-40	-60	0	0	0	0	0	0																																																
3	6	-8+Δ	0			-12	-15	-19		-23		-28		-35	-42	-50	-80	1	1,5	1	3	4	6																																																
6	10	-10+Δ				-15	-19	-23		-28		-34		-42	-52	-67	-97			2		2	6	7																																															
10	14	-12+Δ				-18	-23	-28		-33		-39		-45	-60	-77	-108			-150		1,5	2	3	4	8	12																																												
14	18					-22	-28	-35		-41		-48		-55	-64	-75	-88			-118					-160	-218	4	8	12																																										
18	24	-15+Δ				-26	-34	-43		-48		-60		-68	-80	-94	-112			-148					-200	-274	2	3	5	9	14																																								
24	30					-32	-41	-53		-66		-87		-102	-122	-144	-172			-226					-300	-405			4	5	9	14																																							
30	40	-17+Δ				-37	-51	-71		-91		-124		-146	-178	-214	-258			-335					-445	-585			2	4	5	6	7	13	19																																				
40	50					-43	-54	-79		-104		-144		-172	-210	-254	-310			-400					-525	-690										6	11	16																																	
50	65	-20+Δ				-43	-63	-92		-122		-170		-202	-248	-300	-365			-470					-620	-800										3	4	6	7	15	23																														
65	80					-50	-65	-100		-134		-190		-228	-280	-340	-415			-535					-700	-900																7	15	23																											
80	100	-23+Δ				-50	-77	-122		-166		-236		-284	-350	-425	-520			-670					-880	-1150																3	4	6	9	17	26																								
100	120					-56	-80	-130		-180		-258		-310	-385	-470	-575			-740					-960	-1250																						8	17	26																					
120	140	-27+Δ				-56	-84	-140		-196		284		-340	-425	-520	-640			-820					-1050	-1350																						4	5	7	11	21	32																		
140	160					-62	-94	-158		-218		-315		-385	-475	-580	-710			-920					-1200	-1550																												9	20	29															
160	180	-31+Δ				-62	-98	-170		-240		-350		-425	-525	-650	-790			-1000					-1300	-1700																												4	5	7	11	21	32												
180	200					-68	-108	-190		-268		-390		-475	-590	-730	-900			-1150					-1500	-1900																																		10	20	29									
200	225	-34+Δ				-68	-114	-208		-294		-435		-530	-660	-820	-1000			-1300					-1650	-2100																																		5	5	7	13	23	34						
225	250					-68	-126	-232		-330		-490		-595	-740	-920	-1100			-1450					-1850	-2400																																								11	21	32			
250	280	-37+Δ				-68	-132	-252		-360		-540		-660	-820	-1000	-1250			-1600					-2100	-2600																																								5	5	7	13	23	34
280	315			-68	-132	-252	-360	-540	-660	-820	-1000	-1250	-1600	-2100	-2600	13	23			34																																																			
315	355	-40+Δ	-68	-132	-252	-360	-540	-660	-820	-1000	-1250	-1600	-2100	-2600	5	5	7	13	23	34																																																			
355	400		-68	-132	-252	-360	-540	-660	-820	-1000	-1250	-1600	-2100	-2600							13				23	34																																													
400	450	-40+Δ	-68	-132	-252	-360	-540	-660	-820	-1000	-1250	-1600	-2100	-2600							5	5	7	13	23	34																																													
450	500		-68	-132	-252	-360	-540	-660	-820	-1000	-1250	-1600	-2100	-2600																																																									

Tab. 4. Wartości odchyłek podstawowych wałków a do j dla wymiarów nominalnych do 500 mm (na podstawie normy PN-EN ISO 286-1: 2011P [4])

Wymiar nominalny [mm]		Wartość odchyłki podstawowej [μm]														
		Odchyłka graniczna górna, es												Odchyłka graniczna dolna, ei		
Powyżej	Do	Wszystkie klasy tolerancji normalnych												IT 5 i IT6	IT7	IT8
		a	b	c	cd	d	e	ef	f	fg	g	h	js	j		
0	3	-270	-140	-60	-34	-20	-14	-10	-6	-4	-2	0	js	-2	-4	-6
3	6			-70	-46	-30	-20	-14	-10	-6	-4					
6	10	-280	-150	-80	-56	-40	-25	-18	-13	-8	-5	0	js	-3	-5	-
10	14	-290		-95	-70	-50	-32	-23	-16	-10	-6					
14	18		-300	-160	-110	-85	-65	-40	-25	-20	-12	-7	0	js	-4	-6
18	24	-120			-85	-65	-40	-25	-20	-12	-7					
24	30	-310	-170	-120	-100	-80	-50	-35	-25	-15	-9	0	js	-5	-10	-
30	40	-320	-180	-130		-100	-60	-30	-10							
40	50	-340	-190	-140	-	-100	-60	-	-30	-	-10	0	js	-7	-12	-
50	65	-360	-200	-150		-100	-60		-30		-10					
65	80	-380	-220	-170	-	-120	-72	-	-36	-	-12	0	js	-9	-15	-
80	100	-410	-240	-180		-120	-72		-36		-12					
100	120	-460	-260	-200	-	-145	-85	-	-43	-	-14	0	js	-11	-18	-
120	140	-520	-280	-210		-145	-85		-43		-14					
140	160	-580	-310	-230	-	-170	-100	-	-50	-	-15	0	js	-13	-21	-
160	180	-660	-340	-240		-170	-100		-50		-15					
180	200	-740	-380	-260	-	-190	-110	-	-56	-	-17	0	js	-16	-26	-
200	225	-820	-420	-280		-190	-110		-56		-17					
225	250	-920	-480	-300	-	-210	-125	-	-62	-	-18	0	js	-18	-28	-
250	280	-1050	-540	-330		-210	-125		-62		-18					
280	315	-1200	-600	-360	-	-230	-135	-	-68	-	-20	0	js	-20	-32	-
315	355	-1350	-680	-400		-230	-135		-68		-20					
355	400	-1500	-760	-440	-	-230	-135	-	-68	-	-20	0	js	-20	-32	-
400	450	-1650	-840	-480		-230	-135		-68		-20					
450	500	-1650	-840	-480	-	-230	-135	-	-68	-	-20	0	js	-20	-32	-
		-1650	-840	-480		-230	-135		-68		-20					

Tab. 5. Wartości odchyłek podstawowych wałków k do zc dla wymiarów nominalnych do 500 mm (na podstawie normy PN-EN ISO 286-1: 2011P [4])

Wymiar nominalny [mm]		Wartość odchyłki podstawowej [μm]																	
		Odchyłka graniczna dolna, ei																	
Powyżej	Do	IT4 do IT7	Do IT3 i pow. IT7	Wszystkie klasy tolerancji normalnych															
				k	m	n	p	r	s	t	u	v	x	y	z	za	zb	zc	
0	3	0	0	+2	+4	+6	+10	+14	-	+18	-	+20	-	+26	+32	+40	+60		
3	6	+1		+4	+8	+12	+15	+19		+23		+28		+34	+40	+42	+52	+67	+97
6	10			+6	+10	+15	+19	+23		+28		+33		+39	+45	+50	+64	+90	+130
10	14			+7	+12	+18	+23	+28		+33		+39		+45	+60	+77	+108	+150	
14	18			+8	+15	+22	+28	+35		+41		+48		+55	+64	+75	+88	+118	+160
18	24			+2	+9	+17	+26	+34	+43	+48	+60	+68	+80	+94	+112	+148	+200	+274	
24	30	+9			+17	+26	+34	+43	+54	+70	+81	+97	+114	+136	+180	+242	+325		
30	40	+11			+20	+32	+41	+53	+66	+87	+102	+122	+144	+172	+226	+300	+405		
40	50	+11			+20	+32	+43	+59	+75	+102	+120	+146	+174	+210	+274	+360	+480		
50	65	+3			+13	+23	+37	+51	+71	+91	+124	+146	+178	+214	+258	+335	+445	+585	
65	80			+13	+23	+37	+54	+79	+104	+144	+172	+210	+254	+310	+400	+525	+690		
80	100			+15	+27	+43	+63	+92	+122	+170	+202	+248	+300	+365	+470	+620	+800		
100	120						+65	+100	+134	+190	+228	+280	+340	+415	+535	+700	+900		
120	140						+68	+108	+146	+210	+252	+310	+380	+465	+600	+780	+1000		
140	160	+4		+31	+50	+77	+122	+166	+236	+284	+350	+425	+520	+670	+880	+1150			
160	180					+80	+130	+180	+258	+310	+385	+470	+575	+740	+960	+1250			
180	200					+84	+140	+196	+284	+340	+425	+520	+640	+820	+1050	+1350			
200	225					+20	+34	+56	+94	+158	+218	+315	+385	+475	+580	+710	+920	+1200	+1550
225	250								+98	+170	+240	+350	+425	+525	+650	+790	+1000	+1300	+1700
250	280	+21		+37	+62	+108	+190	+268	+390	+475	+590	+730	+900	+1150	+1500	+1900			
280	315		+114			+208	+294	+435	+530	+660	+820	+1000	+1300	+1650	+2100				
315	355		+5			+40	+68	+126	+232	+330	+490	+595	+740	+920	+1100	+1450	+1850	+2400	
355	400	+132		+252	+360			+540	+660	+820	+1000	+1250	+1600	+2100	+2600				
400	450	+23		+40	+68			+126	+232	+330	+490	+595	+740	+920	+1100	+1450	+1850	+2400	
450	500		+132			+252	+360	+540	+660	+820	+1000	+1250	+1600	+2100	+2600				

Literatura

1. Białas S.: Tolerancje geometryczne. Warszawa: PWN, 1986.
2. Jezierski J.: Analiza tolerancji i niedokładności pomiarów w budowie maszyn. Warszawa: WNT, 2003.
3. Skoć A., Spałek J.: Podstawy konstrukcji maszyn, tom 1, Obliczenia konstrukcyjne, tolerancje i pasowania, połączenia. Warszawa: WNT, 2006.
4. PN-EN ISO 286-1: 2011. Specyfikacje geometrii wyrobów (GPS). Układ kodowania ISO tolerancji wymiarów liniowych. Część 1: Podstawy tolerancji, odchyłek i pasowań.
5. PN-EN ISO 286-2: 2010E. Specyfikacje geometrii wyrobów (GPS). System kodowania ISO dla tolerancji wymiarów liniowych. Część 2: Tablice klas tolerancji normalnych oraz odchyłek granicznych otworów i wałków.
6. PN-EN ISO 14405-1: 2016-12. Specyfikacje geometrii wyrobów (GPS). Tolerowanie wymiarów. Część 1: Wymiary liniowe wewnętrzne lub zewnętrzne.