



Fakulta strojní VŠB-TUO

Přednáška č.4
Tolerování



Fakulta strojní VŠB-TUO

Tolerování

Pro sériovou a hromadnou výrobu je nutná zaměnitelnost a vyměnitelnost součástí strojů. Aby se mohla dodržet tato podmínka je nutné vyrobit součást v určitých mezích z hlediska:

1. úchytky rozměrů,
2. úchytky tvaru,
3. úchytky vzájemné polohy,
4. úchytky drsnosti povrchu.

Při kontrole se uplatňuje základní princip tolerování – nezávislost tolerancí.



Fakulta strojní VŠB-TUO

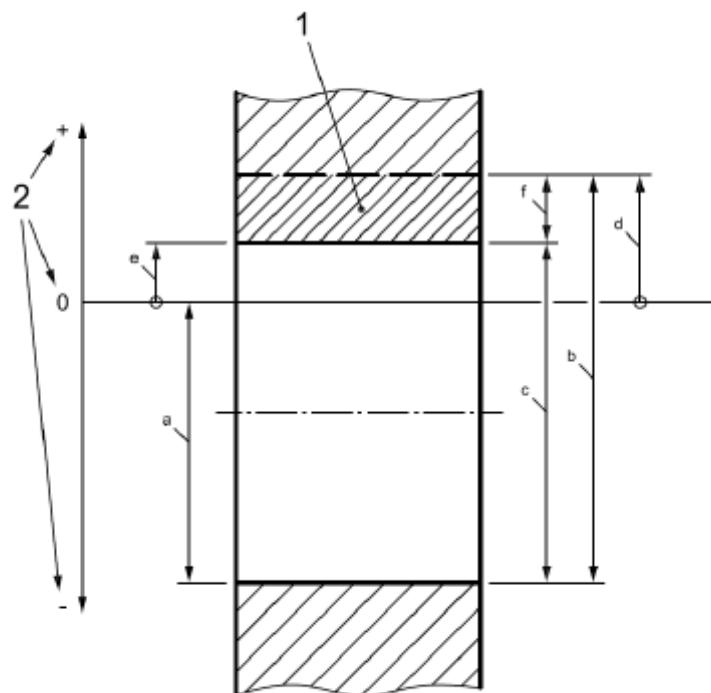
Základní pojmy

- jmenovitý rozměr (JR) - rozměr prvku dokonalého tvaru, jak je určen výkresovou specifikací (jsou k němu vztaženy mezní úchytky)
- mezní rozměr – krajní dovolený rozměr prvku
- skutečný rozměr – rozměr přiřazeného integrálního prvku
- horní mezní rozměr (HMR, hmr) – největší dovolený rozměr prvku
- dolní mezní rozměr (DMR, dmr) - nejmenší dovolený rozměr prvku
- mezní úchytky – ES nebo EI od jmenovitého rozměru
- úchytky – algebraický rozdíl mezi mezním rozměrem a JR
- horní mezní úchytky (ES, es) - rozdíl mezi HMR(hmr) a JR
- dolní mezní úchytky (EI, ei) - rozdíl mezi DMR(dmr) a JR
- tolerance (T) - rozdíl mezi HMR(hmr) a DMR(dmr)
$$\text{HMR} - \text{DMR} = T, \text{ hmr} - \text{dmr} = T$$
- normalizovaná tolerance (IT) – jakákoli tolerance, která patří do systému ISO
- toleranční interval (pole) – prostor vymezený horním a dolním mezním rozměrem, jehož velikost je dána hodnotou normalizované tolerance a poloha je dána vzhledem k nulové čáře fundamentální úchytkou (máme 28 tolerančních intervalů pro díry a pro hřídele rovněž 28)
- fundamentální (základní) úchytky – mezní úchytky, určená pozicí tolerančního intervalu ve vztahu ke jmenovitému rozměru

Pozn.- fialově jsou napsána dřívější označení podle staré normy



Fakulta strojí VŠB-TUO



Legenda

- 1 toleranční interval
- 2 znaménko pro úchylky
- ^a Jmenovitý rozměr.
- ^b Horní mezní rozměr.
- ^c Dolní mezní rozměr.
- ^d Horní mezní úchylka.
- ^e Dolní mezní úchylka (v tomto případě také fundamentální úchylka).
- ^f Tolerance.

POZNÁMKA Horizontální souvislá čára, která omezuje toleranční interval, představuje fundamentální úchylky pro díru. Přerušovaná čára, která omezuje toleranční interval, představuje jinou mez úchylky pro díru.

Obrázek 1 – Zobrazení definic (v příkladu je použita díra)



Fakulta strojní VŠB-TUO

Uložení součástí

Uložení je tvořeno prvky dvou součástí, z nichž jeden má charakter hřídele a druhý díry.

Přitom hřídel ani díra nemusí mít pouze kruhový průřez! Například pero a drážka v hřídeli a náboji.

Druhy uložení

Charakter uložení je dán předpisem společného jmenovitého rozměru a mezních úchylek.

Uložení s vůlí - uložení, které při montáži vždy poskytuje vůli mezi dírou a hřídelem (patří zde i uložení s vůlí rovnou nule, př.: H/h).

Výpočet maximální a minimální vůle:

$$v_{max} = HMR - dmr, v_{min} = DMR - hmr.$$

Uložení s přesahem - uložení, které při montáži vždy poskytuje přesah mezi dírou a hřídelem (HMR díry je buď menší nebo v extrémním případě roven dmr hřídele).

Výpočet maximálního a minimálního přesahu:

$$p_{max} = hmr - DMR, p_{min} = dmr - HMR$$

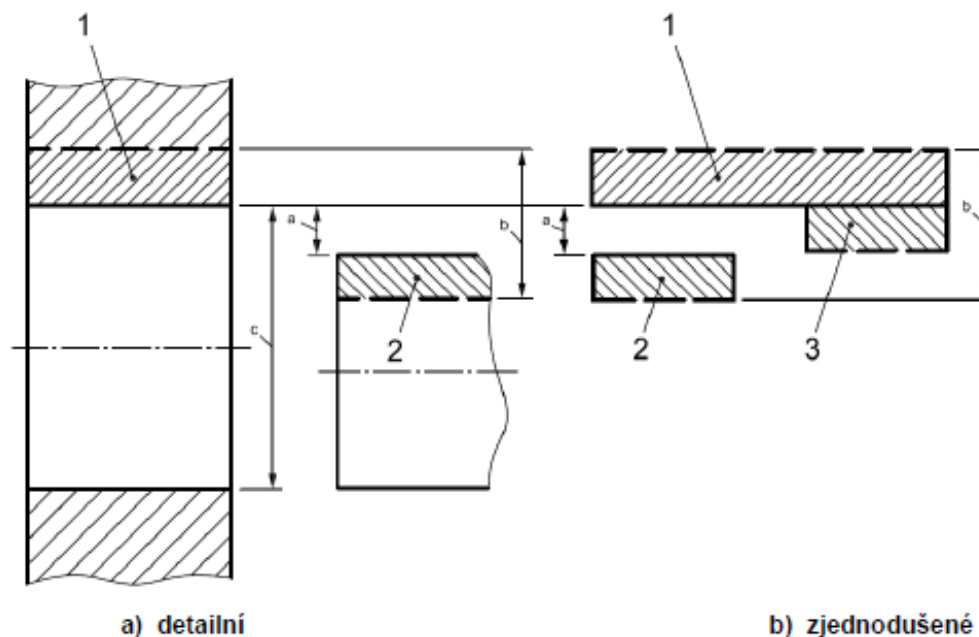
Uložení přechodné - uložení, které může poskytovat při montáži buď vůli nebo přesah.

Výpočet maximálního přesahu a vůle:

$$p_{max} = hmr - DMR, v_{max} = HMR - dmr.$$

Fakulta strojní VŠB-TUO

Uložení s vůlí



Legenda

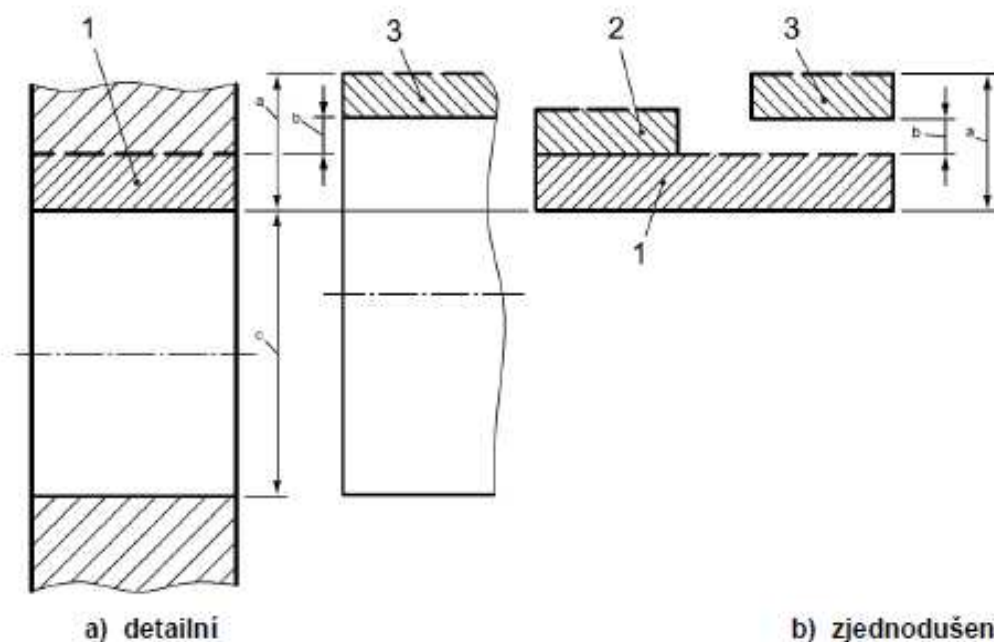
- 1 toleranční interval díry
- 2 toleranční interval hřídele, případ 1: pokud je horní mezní rozměr hřídele menší než dolní mezní rozměr díry, je minimální vůle větší než nula
- 3 toleranční interval hřídele, případ 2: pokud je horní mezní rozměr hřídele stejný jako dolní mezní rozměr díry, je minimální vůle nulová
- ^a Minimální vůle.
- ^b Maximální vůle.
- ^c Jmenovitý rozměr = dolní mezní rozměr díry.

POZNÁMKA Horizontální souvislá čára, která omezuje toleranční intervaly, představuje fundamentální úchylky. Přerušovaná čára, která omezuje toleranční intervaly, představuje jiné mezní úchylky.

Obrázek 2 – Zobrazení definic uložení s vůlí (jmenovitý model)

Fakulta strojní VŠB-TUO

Uložení s přesahem



Legenda

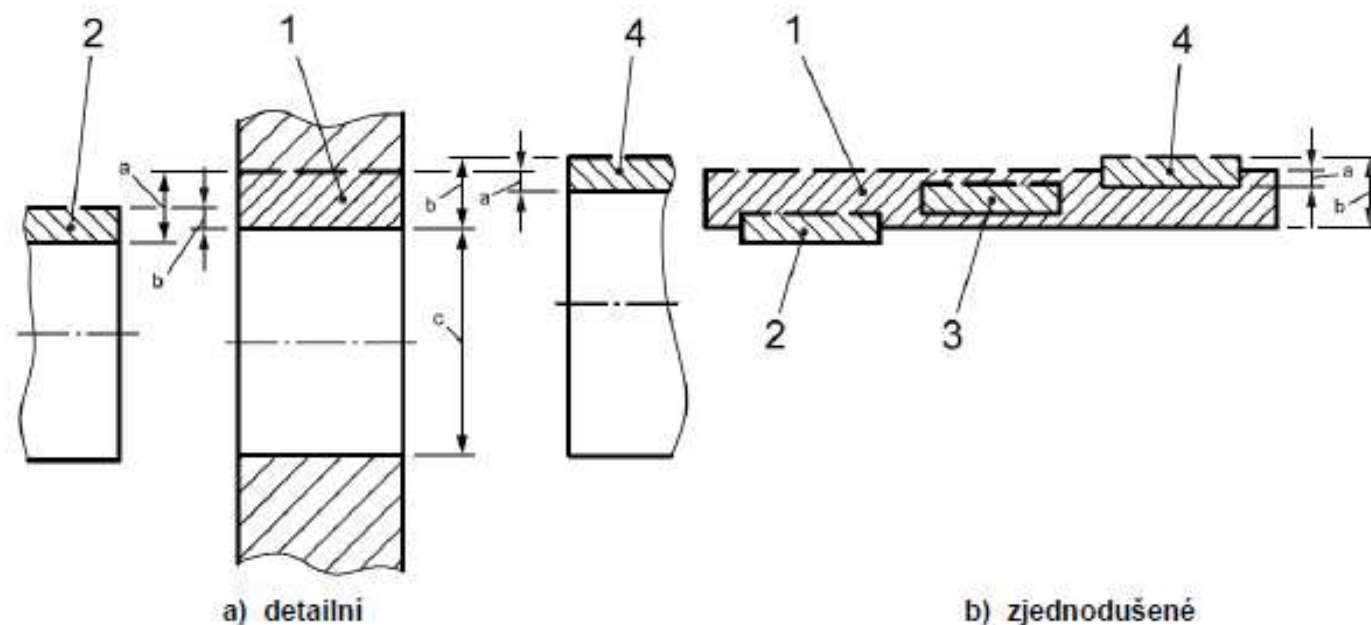
- 1 toleranční interval díry
- 2 toleranční interval hřídele, případ 1: pokud je dolní mezní rozměr hřídele stejný jako horní mezní rozměr díry, je minimální přesah roven nule
- 3 toleranční interval hřídele, případ 2: pokud je dolní mezní rozměr hřídele větší než horní mezní rozměr díry, je minimální přesah větší než nula
- ^a Maximální přesah.
- ^b Minimální přesah.
- ^c Jmenovitý rozměr = dolní mezní rozměr díry.

POZNÁMKA Horizontální souvislá čára, která omezuje toleranční intervaly, představuje fundamentální úchytky. Přerušovaná čára, která omezuje toleranční intervaly, představuje jiné mezní úchytky.

Obrázek 3 – Zobrazení definic uložení s přesahem (jmenovitý model)

Fakulta strojní VŠB-TUO

Uložení přechodné



Legenda

- 1 toleranční interval díry
- 2-4 toleranční interval hřídele (jsou uvedeny některé možné umístění)
- ^a Maximální vůle.
- ^b Maximální přesah.
- ^c Jmenovitý rozměr = dolní mezní rozměr díry.

POZNÁMKA. Horizontální souvislá čára, která omezuje toleranční intervaly, představuje fundamentální úchytky. Přerušovaná čára, která omezuje toleranční intervaly, představuje jiné mezní úchytky.

Obrázek 4 – Zobrazení definic přechodného uložení (jmenovitý model)



Fakulta strojní VŠB-TUO

Stupeň normalizované tolerance IT

Stupně normalizované tolerance jsou označeny písmeny IT, s následujícím číslem stupně, např. IT8.

Hodnoty normalizovaných tolerancí jsou uvedeny v tabulce 1.

V každém sloupci jsou uvedeny tolerance pro jeden stupeň zahrnující rozsah normalizovaných tolerancí IT01-IT18.

Každý řádek v tabulce 1 představuje jeden rozsah rozměrů.

Příklady použití IT ve strojírenství:

- IT01-IT4 výroba měřidel a kalibrů
- IT3 - IT7 výroba ložisek a zbraní
- IT5 - IT11 přesné a všeobecné strojírenství
- IT11 – IT16 výroba polotovarů
- IT13 – IT18 kovové konstrukce



Fakulta strojní VŠB-TUO

Volba uložení

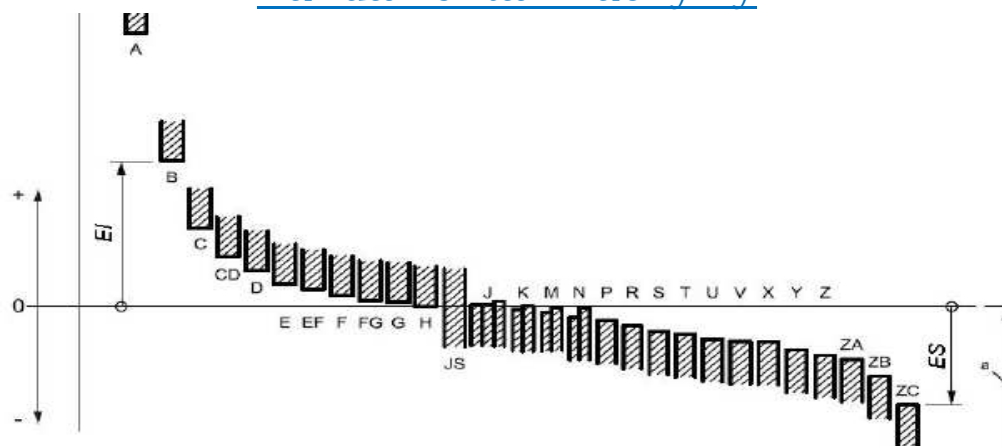
Uložení volíme z hlediska funkce vzájemně uložených prvků a z hlediska nákladů na výrobu (požadované přesnosti). Doporučují se dva způsoby sdružování děr a hřídelí:

- system uložení základní (jednotné) díry (nejpoužívanější z ekonomického hlediska nejvýhodnější), kdy dosahujeme požadovaných vůlí či přesahů spojováním různých tolerančních intervalů hřídelí s dírou H ($EI=0$),
- system uložení základního (jednotného) hřídele - požadovaných vůlí či přesahů dosahujeme spojováním základního hřídele h ($es=0$) s různými tolerančními intervaly děr.
- uložení smíšené - například uložení těsného pera v hřídeli a náboji P9/e7 podle ČSN.

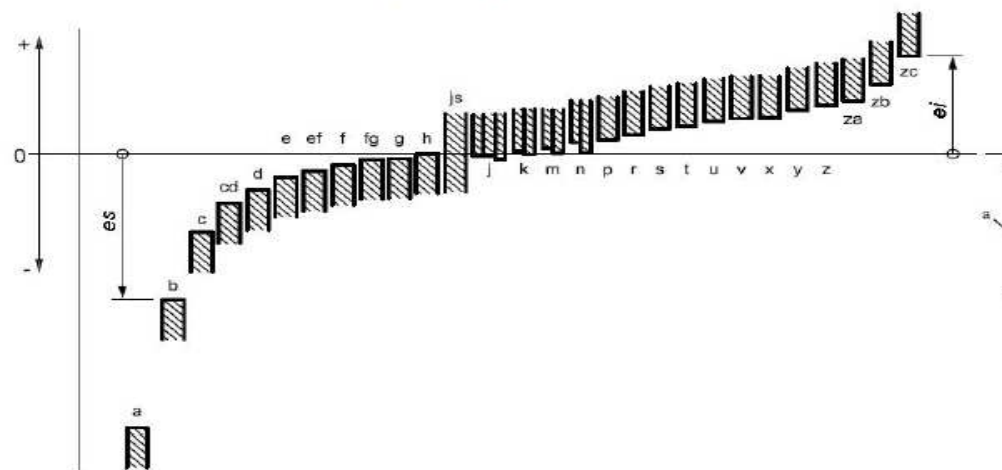
Příklady uložení s vůlí: - H7/h6 - výměnná kola, stavěcí kroužky,
- H7/g6 – posuvná ozubená kola a spojkové kotouče,
- H7/f7, H8/f7- uložení zalomených hřídelí,

Příklady uložení přechodného: - H7/n6 –věnce ozubených kol na hřídeli, lícované šrouby,
- H7/k6 – uložení nábojů ozubených kol, řemenic, pák

Příklady uložení s přesahem: - H7/s6, H7/r6 – náboje spojkových kotoučů, ložiskových pouzder



a) Díry (vnitřní rozměrový prvek)



b) Hřídele (vnější rozměrový prvek)

Legenda

Ei, ES fundamentální úchytky děr (příklady)

ei, es fundamentální úchytky hřídelů (příklady)

^a Jmenovitý rozměr.

POZNÁMKA 1 Podle úmluvy, fundamentální úchytky je v případě stanovení nejbližší mez k jmenovitému rozměru.

POZNÁMKA 2 Pro podrobnosti ohledně fundamentálních úchytek pro J/j , K/k , M/m a N/n viz obrázky 8 a 9.

Obrázek 7 – Schematické znázornění umístění tolerančního intervalu (fundamentální úchytky) vzhledem k jmenovitému rozměru



Fakulta strojní VŠB-TUO

ČSN EN ISO 286-1

Tabulka 1 – Hodnoty stupňů normalizovaných tolerancí pro jmenovité rozměry až do 3 150 mm

Jmenovitý rozměr mm		Stupně normalizovaných tolerancí																			
		IT01	IT0	IT1	IT2	IT3	IT4	IT5	IT6	IT7	IT8	IT9	IT10	IT11	IT12	IT13	IT14	IT15	IT16	IT17	IT18
Přes	Do včetně	Hodnoty normalizovaných tolerancí																			
		μm										mm									
—	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	1	1,4
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	1,2	1,8
6	10	0,4	0,6	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	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	1,8	2,7
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	2,1	3,3
30	50	0,6	1	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	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	3	4,6
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	3,5	5,4
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	4	6,3
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	4,6	7,2
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	5,2	8,1
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	5,7	8,9
400	500	4	6	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	1 000			11	15	21	28	40	56	90	140	230	360	560	0,9	1,4	2,3	3,6	5,6	9	14
1 000	1 250			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
1 250	1 600			15	21	29	39	55	78	125	195	310	500	780	1,25	1,95	3,1	5	7,8	12,5	19,5
1 600	2 000			18	25	35	46	65	92	150	230	370	600	920	1,5	2,3	3,7	6	9,2	15	23
2 000	2 500			22	30	41	55	78	110	175	280	440	700	1 100	1,75	2,8	4,4	7	11	17,5	28
2 500	3 150			26	36	50	68	96	135	210	330	540	860	1 350	2,1	3,3	5,4	8,6	13,5	21	33



Tabulka 2 – Hodnoty fundamentálních úchylek pro díry A až M

Hodnoty fundamentální úchylky v mikrometrech

Jmenovitý rozměr mm		Hodnoty fundamentální úchylky																					
		Dolní mezní úchylka, E_i											Horní mezní úchylka, E_s										
Přes	Do včetně	Všechny stupně normalizovaných tolerancí											IT6	IT7	IT8	Do včetně IT8	Přes IT8	Do včetně IT8	Přes IT8				
		A ^a	B ^a	C	CD	D	E	EF	F	FG	G	H								JS	J	K ^{c,d}	M ^{b,c,d}
—	3	+270	+140	+60	+34	+20	+14	+10	+6	+4	+2	0					+2	+4	+6	0	0	-2	-2
3	6	+270	+140	+70	+46	+30	+20	+14	+10	+6	+4	0					+5	+6	+10	-1 + Δ		-4 + Δ	-4
6	10	+280	+150	+80	+56	+40	+25	+18	+13	+8	+5	0					+5	+8	+12	-1 + Δ		-6 + Δ	-6
10	14	+290	+150	+95	+70	+50	+32	+23	+16	+10	+8	0					+6	+10	+15	-1 + Δ		-7 + Δ	-7
14	18																						
18	24	+300	+160	+110	+85	+65	+40	+28	+20	+12	+7	0					+8	+12	+20	-2 + Δ		-8 + Δ	-8
24	30																						
30	40	+310	+170	+120	+100	+80	+50	+35	+25	+15	+9	0					+10	+14	+24	-2 + Δ		-9 + Δ	-9
40	50	+320	+180	+130																			
50	65	+340	+190	+140		+100	+60		+30		+10	0					+13	+18	+28	-2 + Δ		-11 + Δ	-11
65	80	+360	+200	+150																			
80	100	+380	+220	+170		+120	+72		+36		+12	0					+16	+22	+34	-3 + Δ		-13 + Δ	-13
100	120	+410	+240	+180																			
120	140	+460	+260	+200		+145	+85		+43		+14	0					+18	+26	+41	-3 + Δ		-15 + Δ	-15
140	160	+520	+280	+210																			
160	180	+580	+310	+230		+170	+100		+50		+15	0					+22	+30	+47	-4 + Δ		-17 + Δ	-17
180	200	+660	+340	+240																			
200	225	+740	+380	+260		+190	+110		+56		+17	0					+25	+36	+55	-4 + Δ		-20 + Δ	-20
225	250	+820	+420	+280																			
250	280	+920	+480	+300		+210	+125		+62		+18	0					+29	+39	+60	-4 + Δ		-21 + Δ	-21
280	315	+1 050	+540	+330																			
315	355	+1 200	+600	+360		+230	+135		+68		+20	0					+33	+43	+66	-5 + Δ		-23 + Δ	-23
355	400	+1 350	+680	+400																			
400	450	+1 500	+760	+440		+260	+145		+76		+22	0								0		-26	
450	500	+1 650	+840	+480																			
500	560					+290	+160		+80		+24	0								0		-30	
560	630																						
630	710					+320	+170		+86		+26	0								0		-34	
710	800																						
800	900					+350	+195		+98		+28	0								0		-40	
900	1 000																						
1 000	1 120					+390	+220		+110		+30	0								0		-48	
1 120	1 250																						
1 250	1 400					+430	+240		+120		+32	0								0		-58	
1 400	1 600																						
1 600	1 800					+480	+260		+130		+34	0								0		-68	
1 800	2 000																						
2 000	2 240					+520	+290		+145		+38	0								0		-76	
2 240	2 500																						
2 500	2 800																						
2 800	3 150																						

Úchylky = ± ITn/2, kde n je číslo stupně normalizované tolerance

^a Fundamentální úchylky A a B nesmí být použity pro jmenovité rozměry ≤ 1 mm.
^b Zvláštní případ: pro toleranční třídu M6 v rozsahu nad 250 mm až do 315 mm včetně, $E_s = -9 \mu\text{m}$ (namísto $-11 \mu\text{m}$ podle výpočtu).
^c Pro stanovení hodnot K a M, viz 4.3.2.5.
^d Pro Δ hodnoty, viz tabulku 3.



Fakulta strojní VŠB-TUO

Tabulka 3 – Hodnoty fundamentálních úchylek pro díry N až ZC

Hodnoty fundamentální úchytky a Δ hodnoty v mikrometrech

Jmenovitý rozměr mm		Hodnoty fundamentální úchytky Horní mezní úchytky, ES														Hodnoty pro Δ							
Přes	Do včetně	Do včetně IT8	Přes IT8	Do včetně IT7	Stupně normalizovaných tolerancí přes IT7												Stupně normalizovaných tolerancí						
		N^{h8}		P až ZC ^h	P	R	S	T	U	V	X	Y	Z	ZA	ZB	ZC	IT3	IT4	IT5	IT6	IT7	IT8	
—	3	–4	–4		–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	0		–15	–19	–23		–28		–34		–42	–52	–67	–97	1	1,5	2	3	6	7	
10	14	–12 + Δ	0		–18	–23	–28		–33		–40		–50	–64	–90	–130	1	2	3	3	7	9	
14	18										–39		–45		–60	–77							–108
18	24	–15 + Δ	0		–22	–28	–35		–41	–48	–55	–64	–75	–88	–118	–160	–218	1,5	2	3	4	8	12
24	30									–48	–60	–68	–80	–94	–112	–148	–200						
30	40	–17 + Δ	0		–26	–34	–43		–54	–70	–81	–97	–114	–136	–180	–242	–325	1,5	3	4	5	9	14
40	50									–70	–81	–97	–114	–136	–180	–242	–325						
50	65	–20 + Δ	0		–32	–41	–53	–66	–87	–102	–122	–144	–172	–226	–300	–405	2	3	5	6	11	16	
65	80					–43	–59	–75	–102	–120	–146	–174	–210	–274	–360	–480							
80	100	–23 + Δ	0		–37	–51	–71	–91	–124	–146	–178	–214	–258	–335	–445	–585	2	4	5	7	13	19	
100	120					–54	–79	–104	–144	–172	–210	–254	–310	–400	–525	–690							
120	140	–27 + Δ	0		–43	–63	–92	–122	–170	–202	–248	–300	–365	–470	–620	–800	3	4	6	7	15	23	
140	160					–65	–100	–134	–190	–228	–280	–340	–415	–535	–700	–900							
160	180					–68	–108	–146	–210	–252	–310	–380	–465	–600	–780	–1 000							
180	200					–77	–122	–166	–236	–284	–350	–425	–520	–670	–880	–1 150							
200	225	–31 + Δ	0		–50	–80	–130	–180	–258	–310	–385	–470	–575	–740	–960	–1 250	3	4	6	9	17	26	
225	250					–84	–140	–196	–284	–340	–425	–520	–640	–820	–1 050	–1 350							
250	280	–34 + Δ	0		–56	–94	–158	–218	–315	–385	–475	–580	–710	–920	–1 200	–1 550	4	4	7	9	20	29	
280	315					–98	–170	–240	–350	–425	–525	–650	–790	–1 000	–1 300	–1 700							
315	355	–37 + Δ	0		–62	–108	–190	–268	–390	–475	–590	–730	–900	–1 150	–1 500	–1 900	4	5	7	11	21	32	
355	400					–114	–208	–294	–435	–530	–660	–820	–1 000	–1 300	–1 650	–2 100							
400	450	–40 + Δ	0		–68	–126	–232	–330	–490	–595	–740	–920	–1 100	–1 450	–1 850	–2 400	5	5	7	13	23	34	
450	500					–132	–252	–360	–540	–660	–820	–1 000	–1 250	–1 600	–2 100	–2 600							
500	560	–44			–78	–150	–280	–400	–600														
560	630					–155	–310	–450	–660														

Hodnoty stupňů normalizované tolerance přes IT7 zvýšené o Δ



Tabulka 4 – Hodnoty fundamentálních úchylek pro hřídele a až j

Hodnoty fundamentální úchylky v mikrometrech

Jmenovitý rozměr mm		Hodnoty fundamentální úchylky												Dolní mezní úchylka, e_i		
Přes	Do včetně	Horní mezní úchylka, e_s												IT5 a IT6	IT7	IT8
		Všechny stupně normalizovaných tolerancí														
		a ^a	b ^a	c	cd	d	e	ef	f	fg	g	h	js			
–	3	–270	–140	–60	–34	–20	–14	–10	–6	–4	–2	0	Úchylky = ± ITn/2, kde n je číslo stupně normalizované tolerance	–2	–4	–6
3	6	–270	–140	–70	–46	–30	–20	–14	–10	–6	–4	0		–2	–4	
6	10	–280	–150	–80	–56	–40	–25	–18	–13	–8	–5	0		–2	–5	
10	14	–290	–150	–95	–70	–50	–32	–23	–16	–10	–6	0		–3	–6	
14	18															
18	24	–300	–160	–110	–85	–65	–40	–25	–20	–12	–7	0		–4	–8	
24	30															
30	40	–310	–170	–120	–100	–80	–50	–35	–25	–15	–9	0		–5	–10	
40	50	–320	–180	–130												
50	65	–340	–190	–140	–100	–60		–30		–10	0	–7		–12		
65	80	–360	–200	–150												
80	100	–380	–220	–170	–120	–72		–36		–12	0	–9		–15		
100	120	–410	–240	–180												
120	140	–460	–260	–200	–145	–85		–43		–14	0	–11		–18		
140	160	–520	–280	–210												
160	180	–580	–310	–230	–170	–100		–50		–15	0	–13		–21		
180	200	–660	–340	–240												
200	225	–740	–380	–260	–190	–110		–56		–17	0	–16		–26		
225	250	–820	–420	–280												
250	280	–920	–480	–300	–210	–125		–62		–18	0	–18		–28		
280	315	–1 050	–540	–330												
315	355	–1 200	–600	–360	–230	–135		–68		–20	0	–20		–32		
355	400	–1 350	–680	–400												
400	450	–1 500	–760	–440	–260	–145		–76		–22	0					
450	500	–1 650	–840	–480												
500	560				–290	–160		–80		–24	0					
560	630															
630	710				–320	–170		–86		–26	0					
710	800															
800	900				–350	–195		–98		–28	0					
900	1 000															
1 000	1 120				–390	–220		–110		–30	0					
1 120	1 250															
1 250	1 400				–430	–240		–120		–32	0					
1 400	1 600															
1 600	1 800				–480	–260		–130		–34	0					
1 800	2 000															
2 000	2 240				–520	–290		–145		–38	0					
2 240	2 500															
2 500	2 800															
2 800	3 150															

^a Fundamentální úchylky a a b nesmí být použity pro jmenovité rozměry ≤ 1 mm.



Fakulta strojní VŠB-TUO

Stanovení specifického uložení na základě zkušeností

Stupně tolerancí a fundamentální úchylna (pozice tolerančního intervalu) by měly být vybrány z této mezinárodní normy pro díry a hřídele, uspořádané v souladu s minimálními a maximálními vůlemi nebo přesahy s nejvhodnějším souběhem potřebných podmínek použití.

Pro normální běžné strojírenské účely je požadované uložení jen v malém počtu z mnoha možných. Obrázek 12 a 13 indikuje uložení, které bude založeno na souběhu mnoha potřebných běžných technických uspořádání. Nicméně z ekonomických důvodů první výběr uložení by měl být kdykoliv možný uskutečnit v tolerančních třídách, jejichž kódy jsou vidět v rámečcích (viz obrázek 12 a 13).

Uspokojivá uložení jsou získána následujícími kombinacemi v systému základních děr (viz obrázek 12) nebo speciálními aplikacemi kombinací v systému základních hřídelí (viz obrázek 13).

Základní díra	Toleranční třídy pro hřídele															
	Uložení s vůlí				Uložení přechodné				Uložení s přesahem							
H 6					g5	h5	js5	k5	m5	n5	p5					
H 7				f6	g6	h6	js6	k6	m6	n6	p6	r6	s6	t6	u6	x6
H 8			e7	f7		h7	js7	k7	m7			s7		u7		
H 9		d8	e8	f8		h8										
H 10	b9	c9	d9	e9		h9										
H 11	b11	c11	d10			h10										

Obrázek 12 – Preferovaná uložení pro systém základní díry



Fakulta strojní VŠB-TUO

ČSN EN ISO 286-1

Základní hřídel	Toleranční třídy pro díry																	
	Uložení s vůlí				Uložení přechodné				Uložení s přesahem									
h 5					G6	H6	JS6	K6	M6			N6	P6					
h 6						F7	G7	H7	JS7	K7	M7	N7	P7	R7	S7	T7	U7	X7
h 7						E8	F8	H8										
h 8					D9	E9	F9	H9										
h 9						E8	F8	H8										
					D9	E9	F9	H9										
	B11	C10	D10					H10										

Obrázek 13 – Preferovaná uložení pro systém základního hřídele



Fakulta strojní VŠB-TUO

Všeobecné tolerance – ISO 2768

ČSN ISO 2768-1 Nepředepsané mezní úchytky délkových a úhlových rozměrů

Všeobecné mezní úchytky délkových rozměrů jsou uvedeny v tabulkách 1 a 2.

Tabulka 1 – Mezní úchytky délkových rozměrů kromě zkosení hran
(zaoblení a zkosení hran viz tabulka 2)

Rozměry v mm

Třída přesnosti		Mezní úchytky pro základní rozsah rozměrů							
Označení	Název	0,5 ¹⁾ do 3	přes 3 do 6	přes 6 do 30	přes 30 do 120	přes 120 do 400	přes 400 do 1000	přes 1000 do 2000	přes 2000 do 4000
f	jemná	±0,05	±0,05	±0,1	±0,15	±0,2	±0,3	±0,5	–
m	střední	±0,1	±0,1	±0,2	±0,3	±0,5	±0,8	±1,2	±2
c	hrubá	±0,2	±0,3	±0,5	±0,8	±1,2	±2	±3	±4
v	velmi hrubá	–	±0,5	±1	±1,5	±2,5	±4	±6	±8

¹⁾ U jmenovitého rozměru pod 0,5 mm se mezní úchytky předepíše za odpovídající jmenovitý rozměr.

Tabulka 2 – Mezní úchytky zkosení a zaoblení hran

Rozměry v mm

Třída přesnosti		Mezní úchytky pro základní rozsah rozměrů		
Označení	Název	0,5 ¹⁾ do 3	přes 3 do 6	přes 6
f	jemná	±0,2	±0,5	±1
m	střední			
c	hrubá	±0,4	±1	±2
v	velmi hrubá			

¹⁾ U jmenovitého rozměru pod 0,5 mm se mezní úchytky předepíše za odpovídající jmenovitý rozměr.



Fakulta strojní VŠB-TUO

ČSN ISO 2768-2 Nepředepsané geometrické tolerance

Tabulka 1 – Všeobecné tolerance přímosti a rovinnosti

Rozměry v mm

Třída přesnosti	Tolerance přímosti a rovinnosti pro rozsah jmenovitých délek					
	do 10	přes 10 do 30	přes 30 do 100	přes 100 do 300	přes 300 do 1000	přes 1000 do 3000
H	0,02	0,05	0,1	0,2	0,3	0,4
K	0,05	0,1	0,2	0,4	0,6	0,8
L	0,1	0,2	0,4	0,8	1,2	1,6

5.1.2 Kruhovitost

Všeobecná tolerance kruhovitosti je rovna číselné hodnotě tolerance průměru, ale v žádném případě nesmí být větší, než příslušná hodnota tolerance kruhového obvodového házení podle tabulky 4 (viz příklady v článku B.2).

5.1.3 Válcovitost

Všeobecné tolerance válcovitosti nejsou stanoveny.

POZNÁMKY

1 Úchylka válcovitosti zahrnuje tři složky: úchylku kruhovitosti, úchylku přímosti a úchylku rovnoběžnosti protilehlých tvořících čar. Každá z těchto složek je kontrolována svou jednotlivě předepsanou nebo všeobecnou tolerancí.

2 Má-li být z funkčních důvodů úchylka válcovitosti menší, než je výsledek kombinace všeobecných tolerancí kruhovitosti, přímosti a rovnoběžnosti (viz článek B.3), předepíše se k příslušnému prvku tolerance válcovitosti ve shodě s ISO 1101.

Někdy, např. v případě uložení, je vhodné předepsat požadavek kontroly pomocí obalové plochy \textcircled{E} .

5.2 Tolerance sdužených prvků

5.2.1 Všeobecně

Tolerance uvedené v článku 5.2.2 až 5.2.6 platí pro prvky, které jsou mezi sebou ve vzájemném vztahu a které nemají vlastní samostatný přispis.

5.2.2 Rovnoběžnost

Všeobecná tolerance rovnoběžnosti je rovna číselné hodnotě tolerance rozměru nebo tolerance přímosti/rovinnosti, podle toho, která z nich je větší. Delší z obou prvků se považuje za základnu; mají-li prvky stejnou jmenovitou délku, může být za základnu považován kterýkoliv z nich (viz článek B.4).



Fakulta strojní VŠB-TUO

ROZMĚROVÉ OBVODY- UZAVŘENÉ OBVODY KÓT

Rozměrové obvody (R.O.) se vyskytují buď na jedné součásti nebo ve skupině součástí, nebo se mohou lišit svým uspořádáním a pak je dělíme na :

- přímkové (lineární)
- rovinné a prostorové (nelineární).

Rozměrový obvod je uzavřené seskupení několika na sebe navazujících rozměrů. V každém rozměrovém obvodu bývají nejméně dva dílčí členy a jeden uzavírací člen.

Uzavírací člen je buď výrobně, nebo montážně výsledný rozměr.

Dílčí členy obvodu jsou buď zmenšující, nebo zvětšující.

Zvětšující člen je člen, jehož zvětšováním se uzavírací člen zvětšuje nebo se jeho zmenšováním uzavírací člen zmenšuje.

Zmenšující člen je člen, jehož zvětšováním se uzavírací člen zmenšuje nebo se jeho zmenšováním uzavírací člen zvětšuje.



Fakulta strojní VŠB-TUO

V rozměrovém obvodu je uzavřený okruh rozměrů, které jsou rozhodující při řešení zadané úlohy a jsou rozhodující pro vzájemnou polohu prvků jedné nebo několika součástí. Uzavírací členy jsou zpravidla nezakótované na výrobních výkresech (vůle) anebo pokud jsou uvedeny, jsou to rozměry v závorce (nevztahují se na ně žádné mezní úchytky).

Typy rozměrových obvodů:

- zvětšující - všechny dílčí členy při svém zvětšování zvětšují uzavírací člen,

- zmenšující - alespoň jeden dílčí člen při svém zvětšování zmenšuje uzavírací člen.

Podle způsobu výpočtu dělíme rozměrové obvody:

- konstrukční - stanovujeme mezní úchytky dílčích členů na základě daných mezních úchytek uzavíracího členu,

- kontrolní počítáme mezní úchytky uzavíracího členu na základě daných mezních úchytek všech dílčích členů.

Pro výpočet rozměrových obvodů používáme nejčastěji metodu maximum-minimum, která zaručuje úplnou montážní zaměnitelnost a vychází z podmínek dodržení požadovaných mezních úchytek uzavíracího členu při jakékoli kombinaci skutečných rozměrů dílčích členů.

V každém rozměrovém obvodu se tolerance uzavíracího členu rovná součtu tolerancí všech dílčích členů!!!

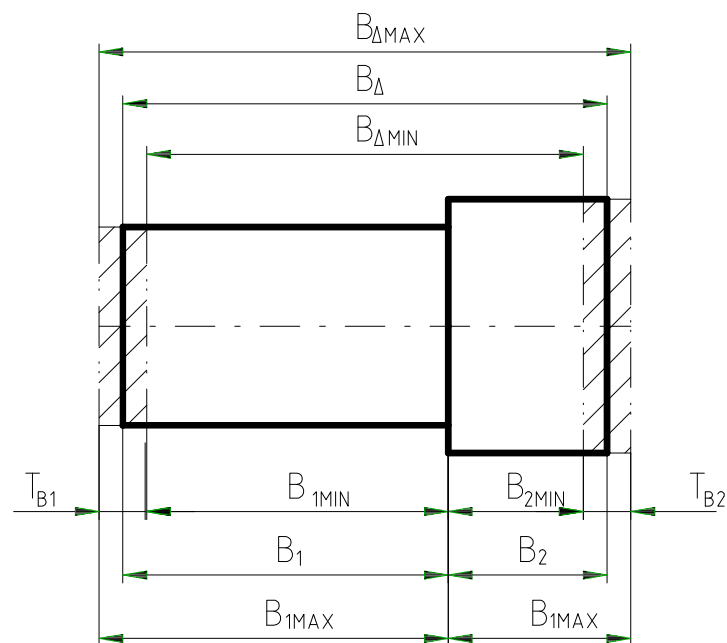
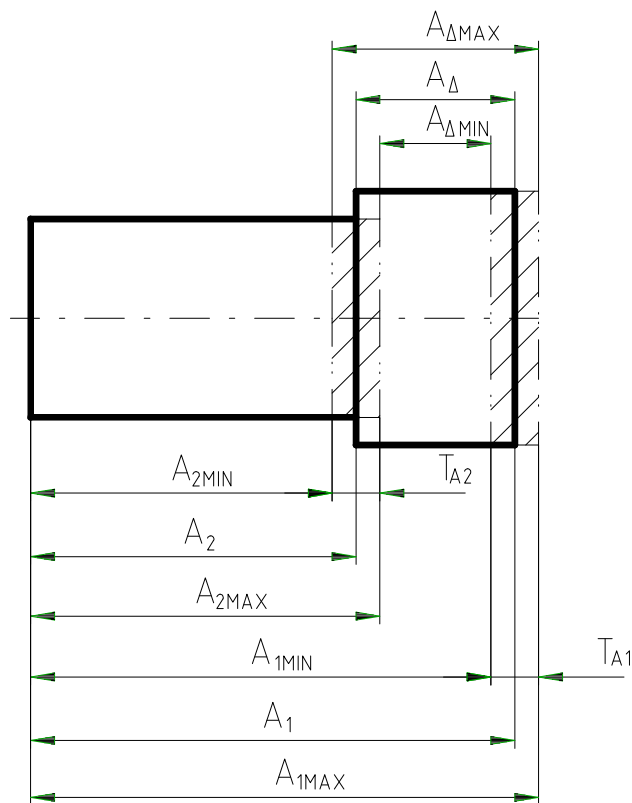


Fakulta strojní VŠB-TUO

Příklad postupu výpočtu rozměrových obvodů:

a) zmenšující rozměrový obvod
(konstrukční úloha)

b) zvětšující rozměrový obvod
(kontrolní úloha)





Fakulta strojní VŠB-TUO

Zmenšující rozměrový obvod

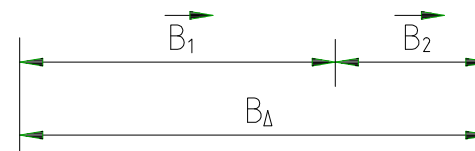
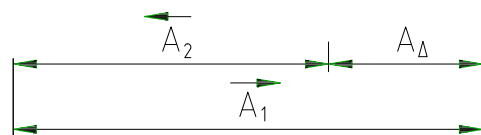
Zvětšující rozměrový obvod

1. Stanovení rozměrů všech členů R.O.:

A_1, A_2, A_Δ , kde A_1 je neznámá

B_1, B_2, B_Δ , kde B_Δ je neznámá

2. Schéma rozměrového obvodu a určení jednotlivých jeho členů:



3. Kontrola realizovatelnosti- určení tolerance hledaného členu:

$$T_{A\Delta} = \sum_{i=1}^n T_i$$

$$T_{B\Delta} = \sum_{i=1}^n T_i$$

$$T_{A\Delta} = T_{A1} + T_{A2}$$

$$T_{A1} = T_{A\Delta} - T_{A2} > 0$$

$$T_{B\Delta} = T_{B1} + T_{B2}$$

$$T_{B\Delta} > 0$$

Tolerance hledaného členu musí být vždy větší než nula (teoreticky maximálně rovna nule) jinak je rozměrový obvod neřešitelný a musí se provést nějaká úprava (změna úchylek některého členu, konstrukční úprava...).

Vysvětlivky: 1 až $(j-1)$ - zvětšující členy R.O.

j až n - zmenšující členy R.O.

4. Stanovení jmenovitého rozměru hledaného členu:

$$A_\Delta = \sum_{i=1}^{j-1} A_i - \sum_{j=i}^n A_i$$

$$B_\Delta = \sum_{i=1}^{j-1} B_i - \sum_{j=i}^n B_i$$

$$A_\Delta = A_1 - A_2$$

$$B_\Delta = B_1 + B_2$$

$$A_1 = A_\Delta + A_2$$



Fakulta strojní VŠB-TUO

5. Stanovení horního mezního rozměru uzavíracího členu a hledaného členu:

$$A_{\Delta\max} = \sum_{i=1}^{j-1} A_{i\max} - \sum_{j=1}^n A_{j\min}$$

$$A_{\Delta\max} = A_{1\max} - A_{2\min}$$

$$A_{1\max} = A_{\Delta\max} + A_{2\min}$$

$$B_{\Delta\max} = \sum_{i=1}^{j-1} B_{i\max} - \sum_{j=1}^n B_{j\min}$$

$$B_{\Delta\max} = B_{1\max} + B_{2\max}$$

6. Stanovení dolního mezního rozměru uzavíracího členu a hledaného členu:

$$A_{\Delta\min} = \sum_{i=1}^{j-1} A_{i\min} - \sum_{j=1}^n A_{j\max}$$

$$A_{\Delta\min} = A_{1\min} - A_{2\max}$$

$$A_{1\min} = A_{\Delta\min} + A_{2\max}$$

$$B_{\Delta\min} = \sum_{i=1}^{j-1} B_{i\min} - \sum_{j=1}^n B_{j\max}$$

$$B_{\Delta\min} = B_{1\min} + B_{2\min}$$

7. Stanovení velikosti tolerančního pole hledaného členu a kontrola správnosti výpočtu s bodem 3.

$$T_{A1} = A_{1\max} - A_{1\min}$$

$$T_{B\Delta} = B_{\Delta\max} - B_{\Delta\min}$$

8. Stanovení mezních úchylek hledaného členu:

$$ES_{A1} = A_{1\max} - A_1$$

$$EI_{A1} = A_{1\min} - A_1$$

$$ES_{B\Delta} = B_{\Delta\max} - B_{\Delta}$$

$$EI_{B\Delta} = B_{\Delta\min} - B_{\Delta}$$

Výsledný rozměr zapíšeme pomocí jmenovitého rozměru a horní a dolní úchytky.



Fakulta strojní VŠB-TUO

