

Technická dokumentácia

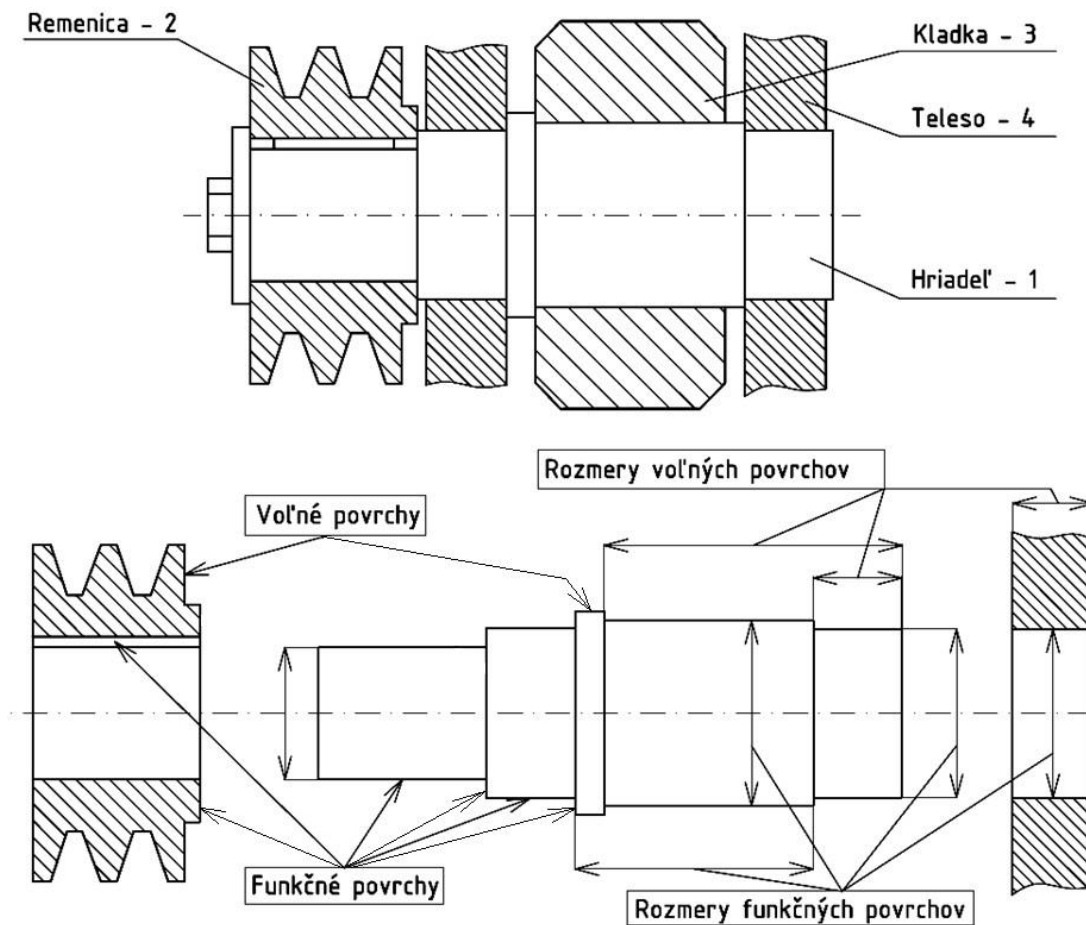
Prednáška V.

**Presnosť dĺžkových a uhlových rozmerov
Tolerovanie rozmerov**

Ing. Jozef Maščenik, PhD.

6.1 KLASIFIKÁCIA ROZMEROV SÚČIASTKY Z HĽADISKA FUNKCIE

Ak máme navrhnuť a predpísať správne rozmery súčiastok, musíme v prvom rade poznať *vzájomný vzťah a funkciu* súčiastok. Povrch každej súčiastky tvoria *funkčné* a *voľné povrchy*. Tie povrchy súčiastok, ktoré sa stýkajú s povrchmi iných súčiastok sú funkčné (združené), ostatné povrchy súčiastok sú voľné. Na *obr. 6.1* je príklad jednoduchej montážnej jednotky. Funkčné povrchy hriadeľa, remenice a telesa sú vyznačené.



Obrázok 6.1 Funkčné a voľné povrchy súčiastok

Rozmery, ktoré určujú funkčné povrchy musia byť tolerované, rozmery voľných povrchov môžu byť netolerované.

Tolerancie funkčných rozmerov sa predpisujú podľa sústavy tolerancií a uložení ISO v uvedených normách:

- ISO 286-1: 1988 (STN EN 20286-1: 2001) „*Sústava tolerancií a uložení ISO. Časť 1: Základné ustanovenia na tolerancie, odchýlky a uloženia.*“

- ISO 286-2: 1988 (STN EN 20286-2: 2001) „*Sústava tolerancií a uložení ISO. Časť 2: Tabuľky tolerančných stupňov a medzných odchýlok pre diery a hriadele.*“

Rozmery voľných povrchov sa tolerujú predpisom takzvaných „všeobecných tolerancií“:

- ISO 2768-1: 1989 (STN ISO 2768-1: 1992) „*Všeobecné tolerancie. Nepredpísané medzné odchýlky dĺžkových a uhlových rozmerov.*“

6.2 ZÁKLADNÉ POJMY PRI TOLEROVANÍ

V norme STN EN 20286-1 sú uvedené základné pojmy a definície súvisiace s tolerovaním funkčných rozmerov, všeobecné zásady vytvorenia sústavy tolerancií a uložení a tabuľky číselných hodnôt tolerancií a základných odchýlok.

Pre označenie geometrických prvkov obrobku, ohraničených kontaktnými funkčnými plochami spájaných súčiastok, boli zavedené pojmy:

- **Hriadel'** – termín používaný na označenie vonkajších geometrických prvkov obrobku.
- **Diera** – termín používaný na označenie vnútorných geometrických prvkov obrobku.

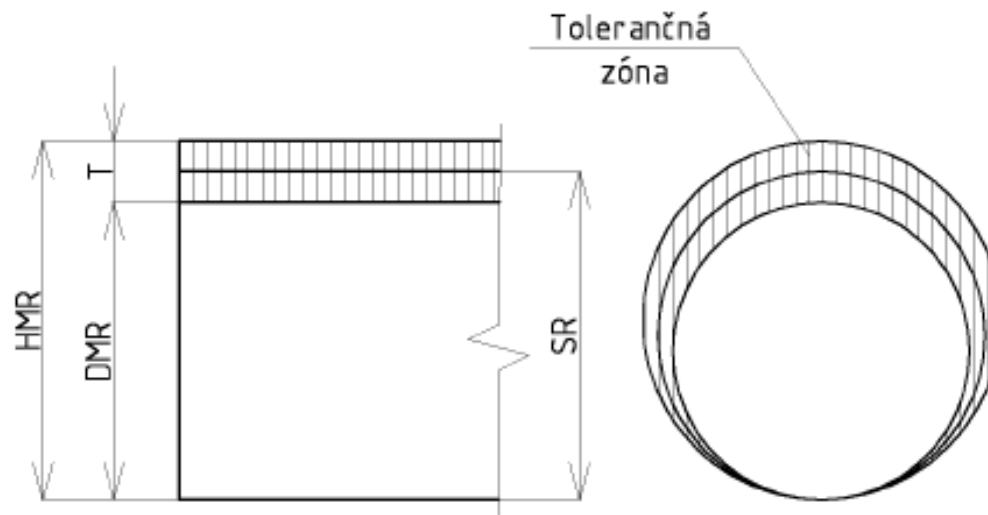
Pre jednoduchosť sa uvažuje s obrobkom kruhového prierezu. Všeobecným názvom *diera* alebo *hriadel'* označujeme aj obrobky nekruhového prierezu, tvar ohraničený dvoma rovnobežnými plochami so šírkou medzery alebo hrúbkou steny obrobku.

Pre rozmery geometrických prvkov boli zavedené pojmy (obr. 6.2):

- **Menovitý rozmer MR** – rozmer uvedený na technickom výkrese, ku ktorému sa vzťahuje používanie horných a dolných odchýlok.
- **Skutočný rozmer SR** - rozmer zistený meraním na hotovej vyrobenej súčiastke.
- **Medzné rozmery** – dva krajné dovolené rozmery geometrického prvku, medzi ktorými musí nachádzať skutočný rozmer **SR** alebo ktorým sa môže v krajnom prípade rovnať

Poznáme dva medzné rozmery:

- **Horný medzný rozmer HMR** pre dieru (D_{max}), **hmr** pre hriadel' (d_{max}) – najväčší dovolený rozmer geometrického prvku.
- **Dolný medzný rozmer DMR** pre dieru (D_{min}), **dmr** pre hriadel' (d_{min}) - najmenší dovolený rozmer geometrického prvku.

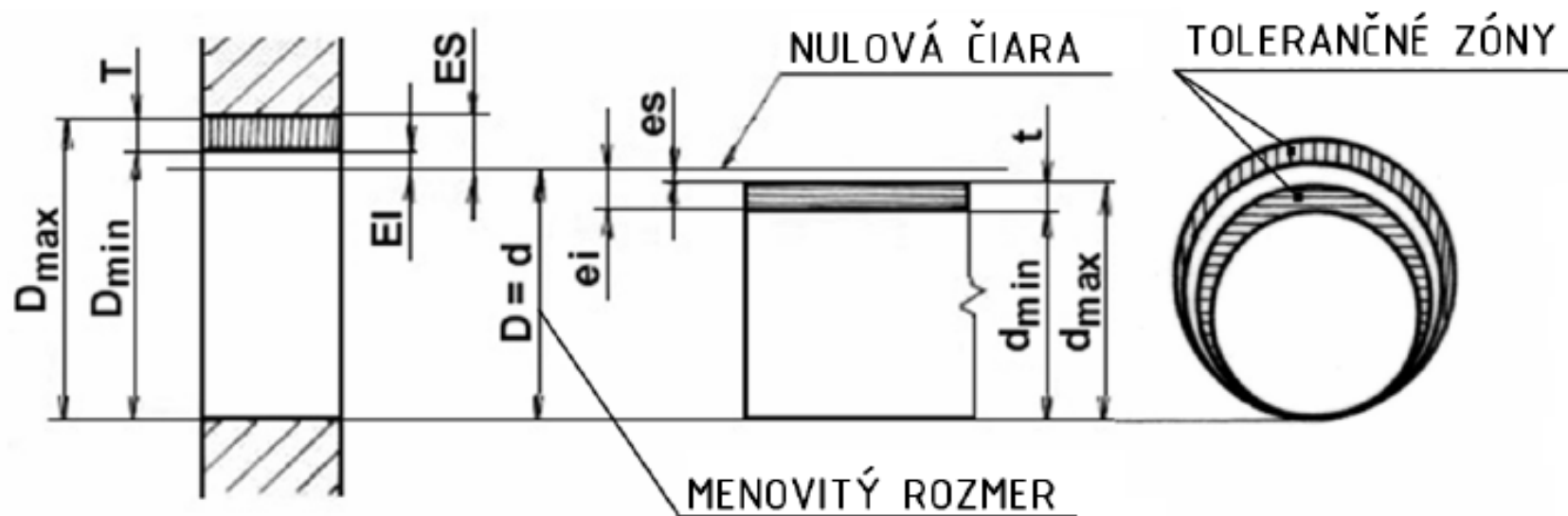


Obrázok 6.2 Grafické zobrazenie tolerančnej zóny hriadeľa

Pre sústavu tolerancií, to znamená sústavu normalizovaných tolerancií a odchýlok boli definované pojmy (obr. 6.3):

- **Nulová čiara** – čiara, zodpovedajúca menovitému rozmeru, ku ktorej sú v grafickom znázornení tolerančných zón a uložení zobrazené odchýlky rozmerov.
- **Medzné odchýlky** – horná odchýlka a dolná odchýlka. Medzné odchýlky sú kladné alebo záporné, prípadne nulové.
- **Horná odchýlka** (pre diery *ES* pre hriadeľ *es*) - algebraický rozdiel medzi HMR a menovitým rozmerom MR
- **Dolná odchýlka** - (pre diery *EI* pre hriadeľ *ei*) - ako algebraický rozdiel medzi DMR a menovitým rozmerom MR .

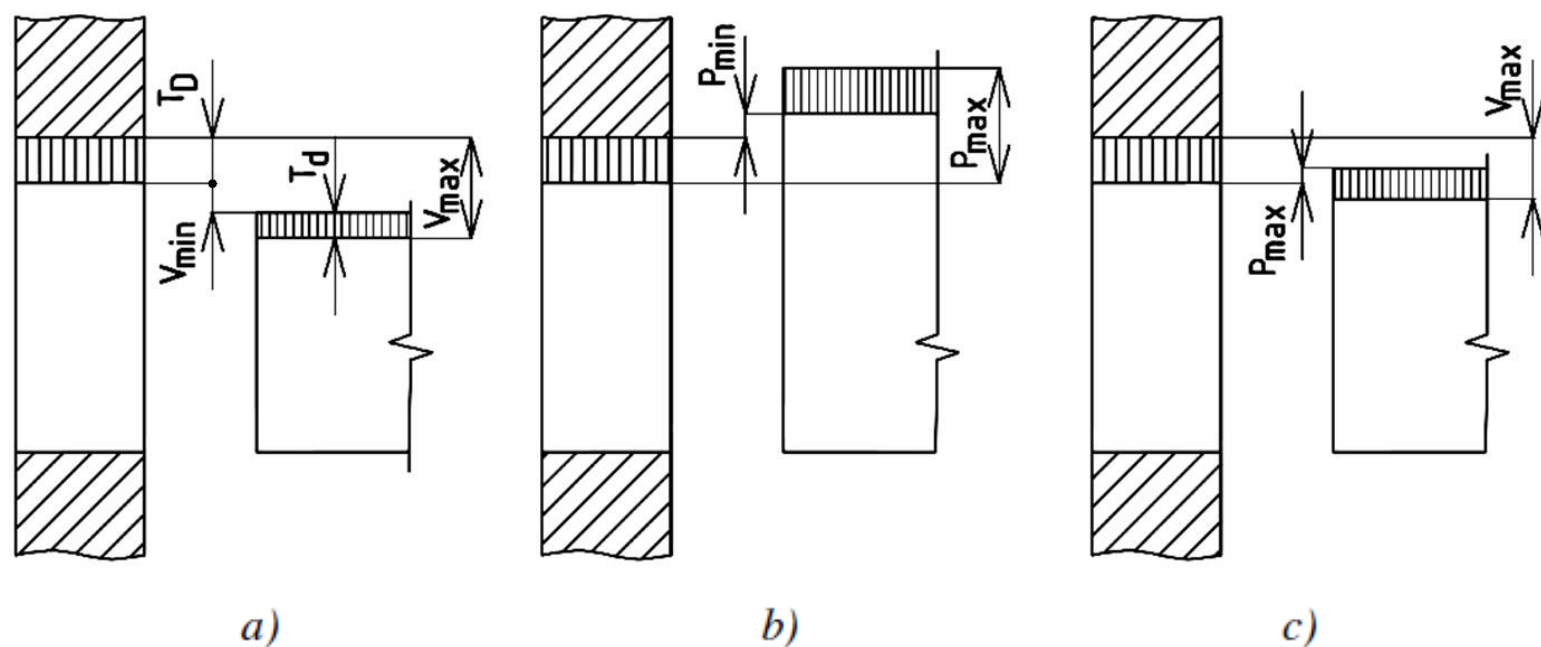
- **Základná odchýlka** – odchýlka, ktorá určuje polohu tolerančnej zóny vzhľadom na nulovú čiaru. Táto odchýlka môže byť kladná alebo záporná. Podľa dohody je to odchýlka bližšia k nulovej čiare.
- **Tolerancia rozmeru** (pre dieru T pre hriadeľ t) – rozdiel medzi horným a dolným medzným rozmerom, alebo aj rozdiel medzi hornou a dolnou odchýlkou.
- **Tolerančná zóna** – v grafickom znázornení tolerancie je to zóna ohraničená dvoma čiarami, ktoré zobrazujú hornú a dolnú odchýlku a určujúca veľkosť tolerancie a jej polohu vzhľadom na nulovú čiaru.



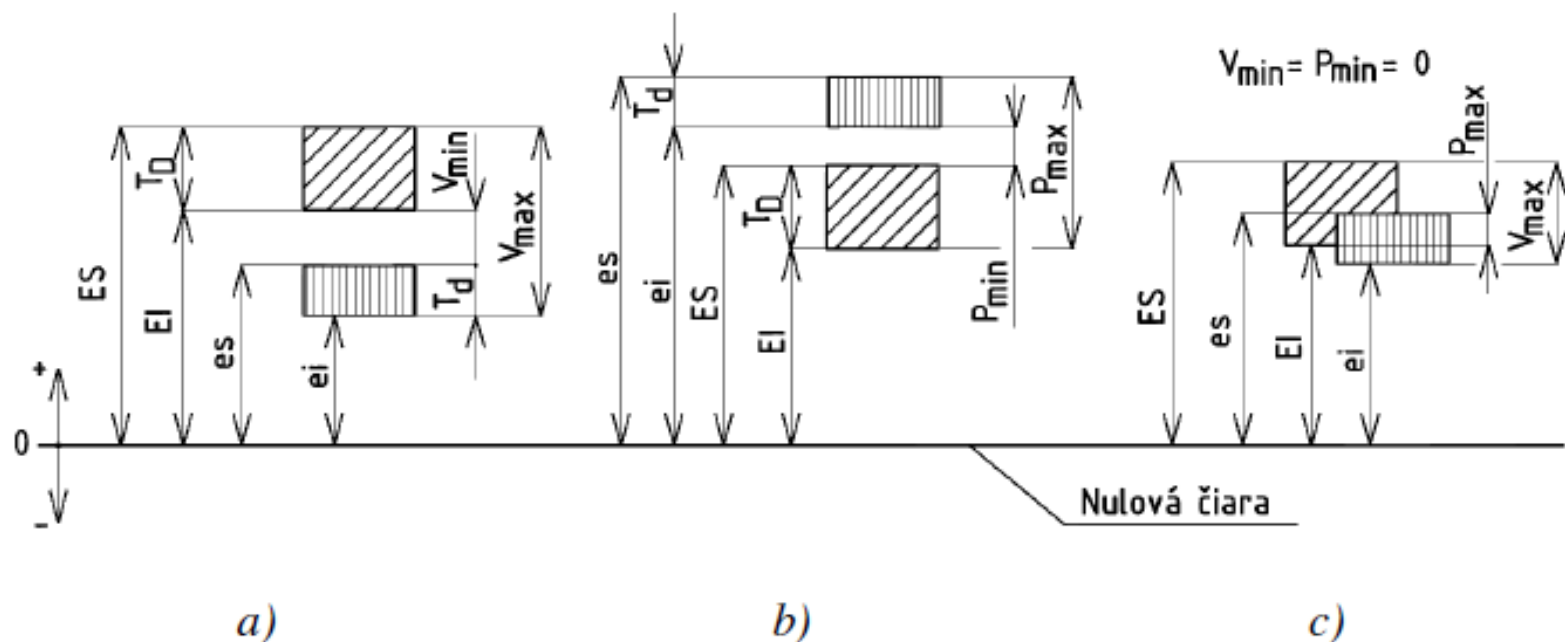
Obrázok 6.3 Grafické zobrazenie tolerančných zón diery a hriadeľa

Vzájomný vzťah vyplývajúci z rozdielu rozmerov dvoch prvkov (diery a hriadeľa), ktoré majú rovnaký menovitý rozmer, pred ich spojením je označený pojmom **uloženie**. Norma definuje tri druhy uloženia:

- **Uloženie s vôľou** (obr. 6.4a, 6.5a) – dolný medzný rozmer diery je vždy väčší ako horný medzný rozmer hriadeľa. V grafickom znázornení leží tolerančná zóna diery nad tolerančným poľom hriadeľa,
- **Uloženie s presahom** (obr. 6.4b, 6.5b) – horný medzný rozmer diery je vždy menší ako dolný medzný rozmer hriadeľa. V grafickom znázornení leží tolerančná zóna diery pod tolerančným poľom hriadeľa,
- **Uloženie prechodné** (obr. 6.4c, 6.5c) – v spojení sa môže vyskytnúť vôľa aj presah. V grafickom znázornení sa tolerančné zóny diery a hriadeľa prekrývajú úplne alebo čiastočne.



Obrázok 6.4 Grafické zobrazenie tolerančných zón a uložení dier a hriadeľov



Obrázok 6.5 Zjednodušené zobrazenie tolerančných zón a uložení dier a hriadeľov

Princíp vytvorenia sústavy ľahšie pochopíme, ak si uvedomíme, že každý rozmer tolerovaný podľa sústavy a uložení ISO je definovaný tromi parametrami:

- menovitým rozmerom,
- šírkou tolerančnej zóny – hodnotou normalizovanej tolerancie,
- polohou tolerančnej zóny k menovitému rozmeru (nulovej čiare) – hodnotou základnej odchýlky.

6.3 SÚSTAVY TOLERANCIÍ A ULOŽENÍ

S rozvíjaním technických odvetví a medzinárodného obchodu stalo sa nevyhnutnosťou vytvorenie sústavy tolerancií a uložení na medzinárodnej úrovni. Na zjednotenie predpisu tolerancií a uložení, výroby a merania rozmerov funkčných povrchov, bola zavedená norma STN EN ISO 20286-1 a STN EN ISO 20286-2 (*Sústava tolerancií a uložení ISO*). Sústava tolerancií a uložení ISO uvádza v norme 20 stupňov presnosti, ktoré sa vzájomne rozlišujú podľa veľkosti normalizovanej tolerancie. Stupeň presnosti sa označuje poradovým číslom napr. 01, 0, 1, 2 až 18. Normalizované tolerancie podľa stupňov presnosti sa označujú spojením veľkých písmen *IT* (*International Tolerancegrade*) s poradovým číslom stupňa presnosti, napr. *IT01*, *IT0*, *IT1*, *IT2* až *IT18*. Norma STN EN ISO 20286-1 vysvetľuje vyššie uvedené pojmy nasledovne:

- **Normalizovaná tolerancia** – ktorákoľvek z tolerancií sústavy ISO.
- **Normalizované tolerančné stupne** – súbor tolerancií (napr. IT7) zodpovedajúci rovnakej úrovni presnosti pre všetky menovité rozmery v danom rozsahu.
- **Tolerančná trieda** – termín používaný pri kombinácii základnej odchýlky a tolerančného stupňa (napr. h7, D11).
- **Tolerančná jednotka** – faktor, ktorý je funkciou menovitého rozmeru a používa sa na určenie číselnej hodnoty normalizovanej tolerancie sústavy. Pre výpočet hodnoty normalizovaných tolerancií IT2 až IT18 bola zavedená tolerančná jednotka *i* (prípadne *I*), ktorá je funkciou menovitého rozmeru a zahŕňa vplyv výroby a merania.

$$i = 0,45\sqrt[3]{D} + 0,001.D \quad \text{pre } D \leq 500\text{mm}$$

$$I = 0,004.D + 2,1 \quad \text{pre } D > 500 - 3150\text{mm}$$

Tabuľka 6.1 Číselné hodnoty tolerancií podľa tolerančných stupňov IT pre menovité rozmery do 400mm

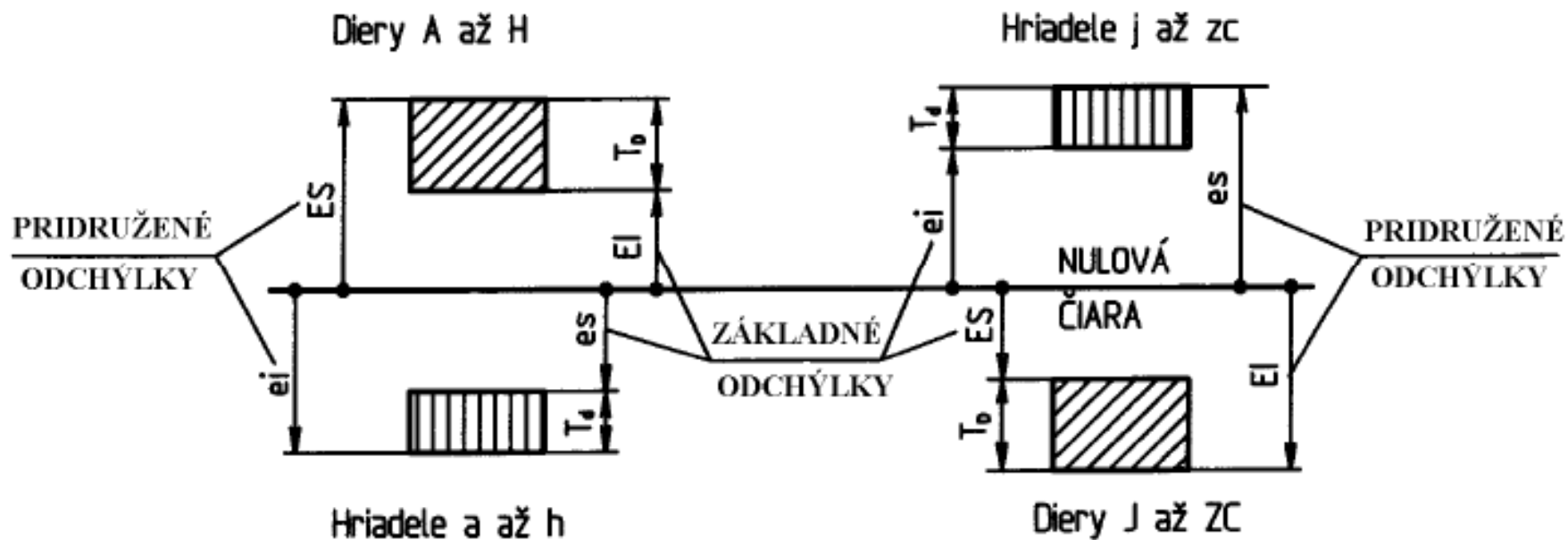
Menovitý rozmer mm		Tolerančné stupne									
		IT4	IT5	IT6	IT7	IT8	IT9	IT10	IT11	IT12	IT13
nad	do vrátane	Hodnota normalizovanej tolerancie μm									
		3	6	4	5	8	12	18	30	48	75
6	10	4	6	9	15	22	36	58	90	150	220
10	18	5	8	11	18	27	43	70	110	180	270
18	30	6	9	13	21	33	52	84	130	210	330
30	50	7	11	16	25	39	62	100	160	250	390
50	80	8	13	19	30	46	74	120	190	300	460
80	120	10	15	22	35	54	87	140	220	350	540
120	180	12	18	25	40	63	100	160	250	400	630
180	250	14	20	29	46	72	115	185	290	460	720
250	315	16	23	32	52	81	130	210	320	520	810
315	400	18	25	36	57	89	140	230	360	570	810

6.3.1 ODCHÝLKY A POLOHA TOLERANČNÝCH ZÓN

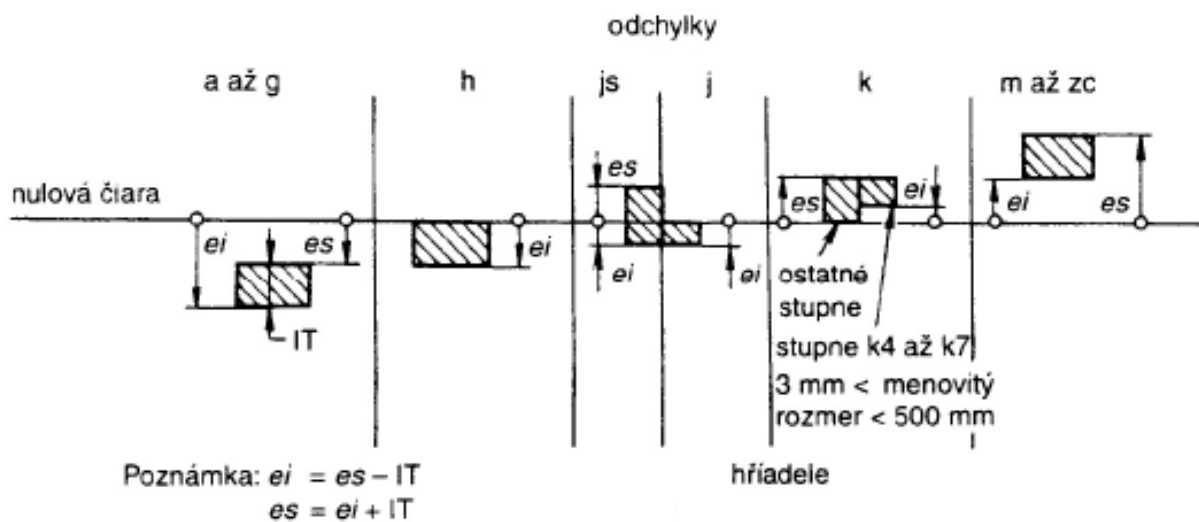
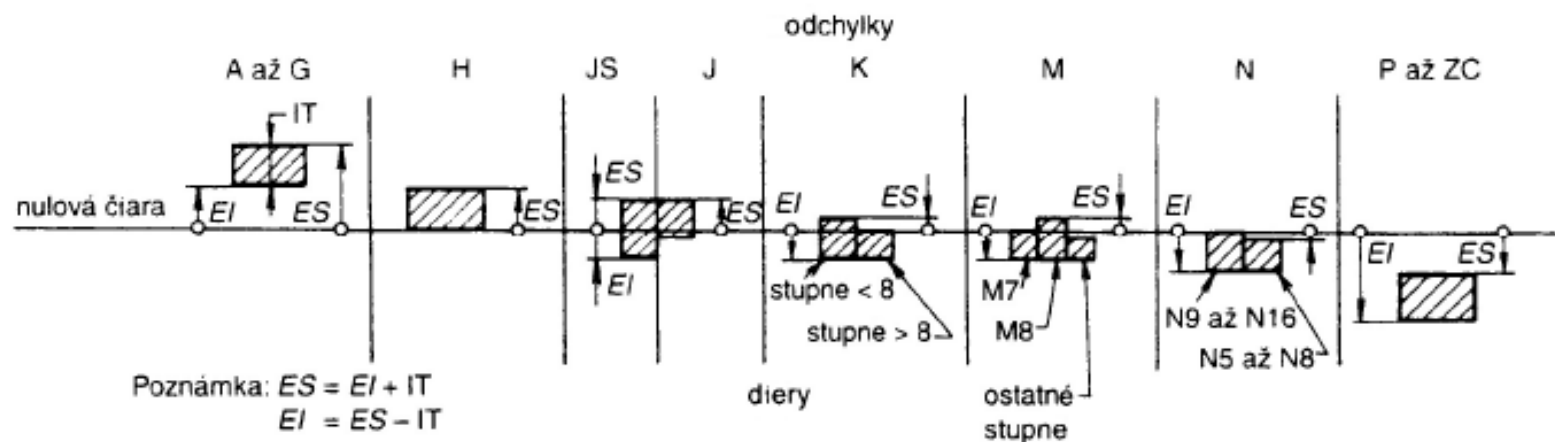
Sústava tolerancií a uložení ISO určuje 28 polôh tolerančných zón diery a 28 polôh tolerančných zón hriadeľov. Základné odchýlky (polohy tolerančných zón) sa označujú pre diery veľkými písmenami (A...ZC) a pre hriadele malými písmenami (a...zc) *obr. 6.8*.

V sústave tolerancií a uložení ISO základná odchýlka určuje polohu tolerančnej zóny vzhľadom k menovitému rozmeru, to znamená k nulovej čiare. Základná odchýlka je tá z medzných odchýlok, ktorej absolútna hodnota je menšia (je bližšie k nulovej čiare). Hodnoty základných odchýlok hriadeľov sú stanovené väčšinou pomocou empirických vzorcov alebo ich nájdete v *tabuľke 6.2* a *tabuľke 6.3*. Pridružená odchýlka sa určí pripočítaním alebo odpočítaním tolerancie IT (*obr. 6.6, obr. 6.7*), napr.:

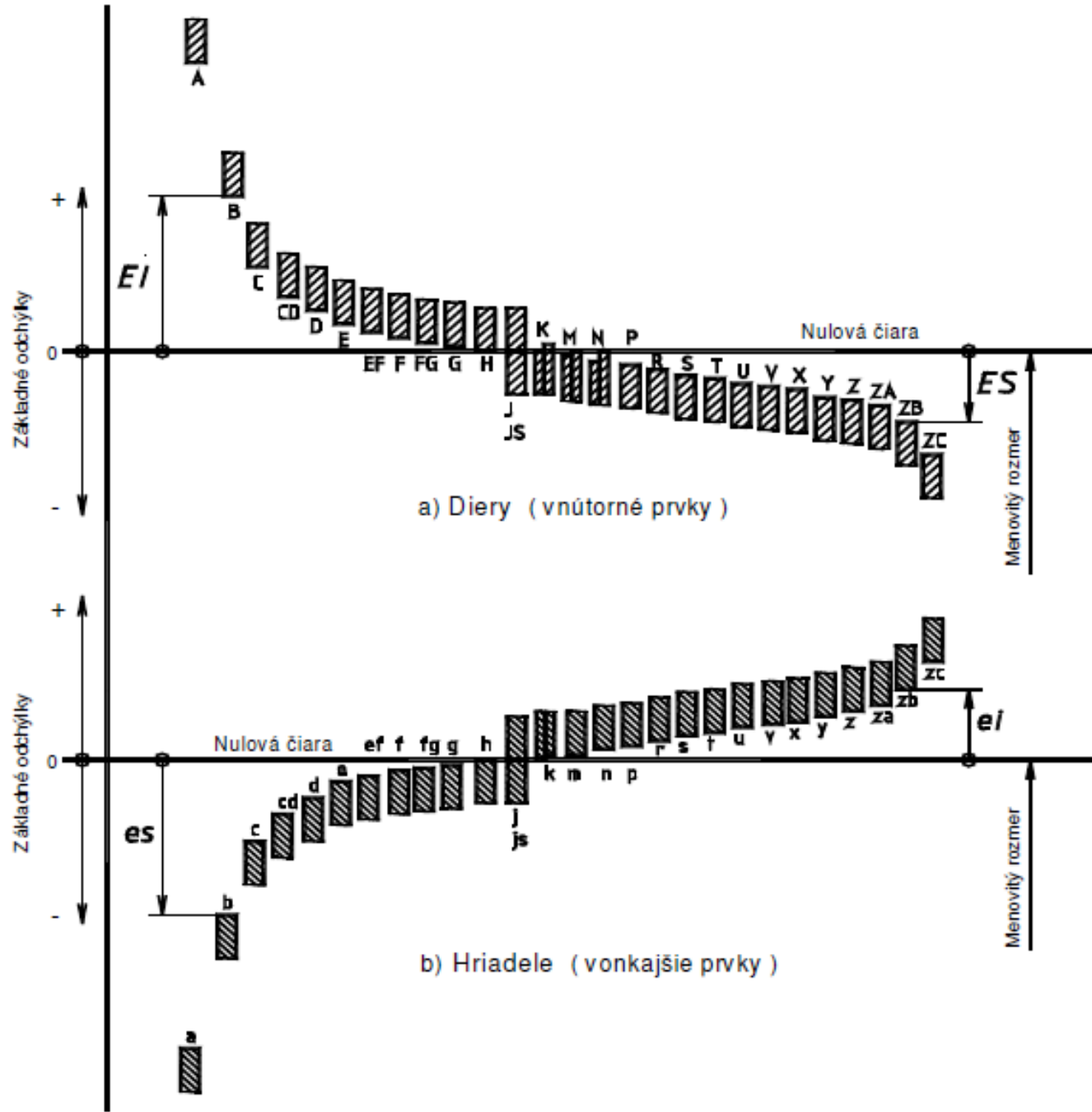
- ak je základnou odchýlkou horná odchýlka es , vypočíta sa pridružená dolná odchýlka ei odčítaním základnej tolerancie $ei = es - IT$,
- ak je základnou odchýlkou dolná odchýlka ei , vypočíta sa pridružená horná odchýlka es pripočítaním základnej tolerancie $es = ei + IT$.



Obrázok 6.6 Základné a pridružené odchýlky



Obrázok 6.7 Základné a pridružené odchýlky dier a hriadeľov vrátane zvláštneho pravidla



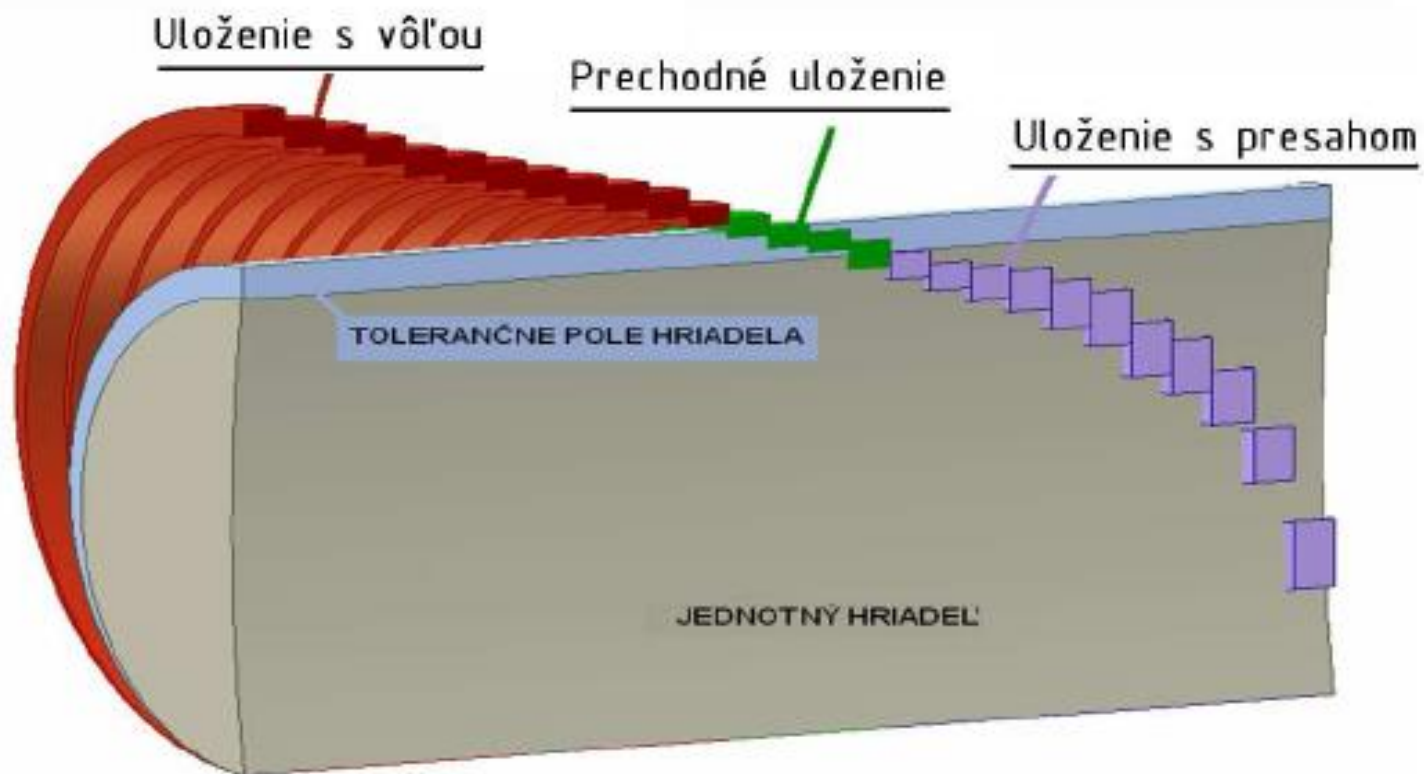
Obrázok 6.8 Zjednodušené zobrazenie polôh základných odchýlok pre diery a hriadele

6.3.2 SÚSTAVA JEDNOTNEJ DIERY A JEDNOTNÉHO HRIADEĽA

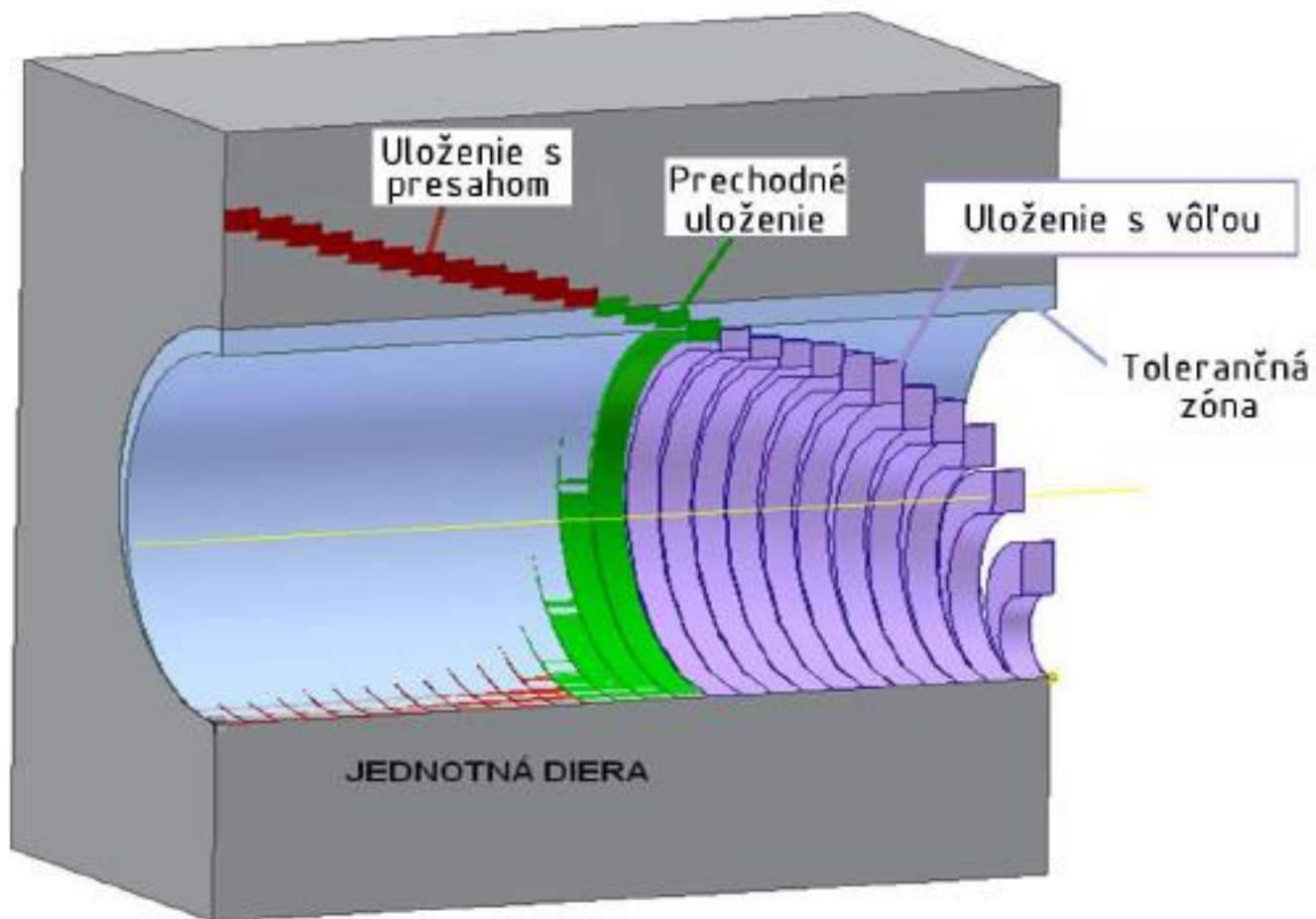
Pre prehľadnosť a z konštrukčných a ekonomických dôvodov sa odporúčajú dva spôsoby združenia dier a hriadeľov, čiže dve sústavy uložení:

- **uloženia v sústave jednotnej diery** – požadované vôle a presahy sa dosahujú kombináciou rôznych tolerančných zón hriadeľov od a až po zc , s tolerančnou zónou jednotnej diery H , t.j. s dierou, ktorá má dolnú odchýlku $EI = 0$ (obr. 6.9a),
- **uloženia v sústave jednotného hriadeľa** – požadované vôle a presahy sa dosahujú kombináciou rôznych tolerančných zón hriadeľov os A až po ZC , s tolerančnou zónou jednotnej diery h , t.j. s dierou, ktorá má hornú odchýlku $es = 0$ (obr. 6.9b).

Z hľadiska funkčných vlastností sú obidve sústavy rovnocenné. Vo všeobecnom strojárstve sa dáva obyčajne prednosť sústave jednotnej diery, pre ktorú je potrebný menší počet špeciálnych obrábacích nástrojov a meradiel.



Obrázok 6.9a Sústava jednotného hriadeľa



Obrázok 6.9b Sústava jednotnej diery

Tabuľka 6.2 Číselné hodnoty základných odchyľok hriadeľov

Menovitý rozmer (v mm)		HODNOTA ZÁKLADNEJ ODCHÝLKY HRIADEĽOV (v mikrometroch)														
		Horná odchýlka - e_s (pre všetky tolerančné stupne)											Dolná odchýlka - e_i			
													IT5 a IT6	IT7	IT8	
nad	do	$a^{1)}$	$b^{1)}$	c	cd	d	e	ef	f	fg	g	h	$js^{2)}$	j		
-	$3^{1)}$	-270	-140	-60	-34	-20	-14	-10	-6	-4	-2	0	± IT <i>n</i> /2, kde <i>n</i> je poradové číslo tolerančného stupňa	-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		-50	-32		-16		-6	0		-3	-6	
14	18	-290	-150	-95		-50	-32		-16		-6	0		-3	-6	
18	24	-300	-160	-110		-65	-40		-20		-7	0		-4	-8	
24	30	-300	-160	-110		-65	-40		-20		-7	0		-4	-8	
30	40	-310	-170	-120		-80	-50		-25		-9	0		-5	-10	
40	50	-320	-180	-130		-80	-50		-25		-9	0		-5	-10	
50	65	-340	-190	-140		-100	-60		-30		-10	0		-7	-12	
65	80	-360	-200	-150		-100	-60		-30		-10	0		-7	-12	
80	100	-380	-220	-170		-120	-72		-36		-12	0		-9	-15	
100	120	-410	-240	-180		-120	-72		-36		-12	0		-9	-15	
120	140	-460	-260	-200		-145	-85		-43		-14	0		-11	-18	
140	160	-520	-280	-210		-145	-85		-43		-14	0		-11	-18	
160	180	-580	-310	-230		-145	-85		-43		-14	0		-11	-18	
180	200	-660	-340	-240		-170	-100		-50		-15	0		-13	-21	
200	225	-740	-380	-260		-170	-100		-50		-15	0		-13	-21	
225	250	-820	-420	-280		-170	-100		-50		-15	0		-13	-21	
250	280	-920	-480	-300		-190	-110		-56		-17	0		-16	-26	
280	315	-1050	-540	-330		-190	-110		-56		-17	0	-16	-26		
315	355	-1200	-600	-360		-210	-125		-62		-18	0	-18	-28		
355	400	-1350	-680	-400		-210	-125		-62		-18	0	-18	-28		
400	450	-1500	-760	-440		-230	-135		-68		-20	0	-20	-32		
450	500	-1650	-840	-480		-230	-135		-68		-20	0	-20	-32		

HODNOTA ZÁKLADNEJ ODCHÝLKYHRIADEŤOV (v mikrometroch) - pokračovanie

Dolná odchýlka - ei

*IT4 až
IT7*

Pre všetky tolerančné stupne

Menovitý rozmer (v mm)		Pre všetky tolerančné stupne														
nad	do	$k^{3)}$	m	n	p	r	s	t	u	v	x	y	z	za	zb	zc
-	3 ¹⁾	0	+2	+4	+6	+10	+14		+18		+20		+26	+32	+40	+60
3	6	+1	+4	+8	+12	+15	+19		+23		+28		+35	+42	+50	+80
6	10	+1	+6	+10	+15	+19	+23		+28		+34		+42	+52	+67	+97
10	14	+1	+7	+12	+18	+23	+28		+33		+40		+50	+64	+90	+130
14	18	+1	+7	+12	+18	+23	+28		+33	+39	+40		+60	+77	+108	+150
18	24	+2	+8	+15	+22	+28	+35		+41	+47	+54	+63	+73	+98	+136	+188
24	30	+2	+8	+15	+22	+28	+35	+41	+48	+55	+64	+75	+88	+118	+160	+218
30	40	+2	+9	+17	+26	+34	+43	+48	+60	+68	+80	+94	+112	+148	+200	+274
40	50	+2	+9	+17	+26	+34	+43	+54	+70	+81	+97	+114	+136	+180	+242	+325
50	65	+2	+11	+20	+32	+41	+53	+66	+87	+102	+122	+144	+172	+226	+300	+405
65	80	+2	+11	+20	+32	+43	+59	+75	+102	+120	+146	+174	+210	+274	+360	+480
80	100	+3	+13	+23	+37	+51	+71	+91	+124	+146	+178	+214	+258	+335	+445	+585
100	120	+3	+13	+23	+37	+54	+79	+104	+144	+172	+210	+254	+310	+400	+525	+690
120	140	+3	+15	+27	+43	+63	+92	+122	+170	+202	+248	+300	+365	+470	+620	+800
140	160	+3	+15	+27	+43	+65	+100	+134	+190	+228	+280	+340	+415	+535	+700	+900
160	180	+3	+15	+27	+43	+68	+108	+146	+210	+252	+310	+380	+465	+600	+780	+1000
180	200	+4	+17	+31	+50	+77	+122	+166	+236	+284	+350	+425	+520	+670	+880	+1150
200	225	+4	+17	+31	+50	+80	+130	+180	+258	+310	+385	+470	+575	+740	+960	+1250
225	250	+4	+17	+31	+50	+84	+140	+196	+284	+340	+425	+520	+640	+820	+1050	+1350
250	280	+4	+20	+34	+56	+94	+158	+218	+315	+385	+475	+580	+710	+920	+1200	+1550
280	315	+4	+20	+34	+56	+98	+170	+240	+350	+425	+525	+650	+790	+1000	+1300	+1700
315	355	+4	+21	+37	+62	+108	+190	+268	+390	+475	+590	+730	+900	+1150	+1500	+1900
355	400	+4	+21	+37	+62	+114	+208	+294	+435	+530	+660	+820	+1000	+1300	+1650	+2100
400	450	+5	+23	+40	+68	+126	+232	+330	+490	+595	+740	+920	+1100	+1450	+1850	+2400
450	500	+5	+23	+40	+68	+132	+252	+360	+540	+660	+820	+1000	+1250	+1600	2100	+2600

1) Základné odchýlky hriadeľov (*dier*) a *b* (*A* a *B*) sa nepoužívajú pre menovité rozmery menšie alebo rovné 1 mm.

2) Pre tolerancie *js 7 až js 11* (*JS 7 až JS 11*), ak *n* je nepárne číslo, sa číselné hodnoty nahradia najbližšou nižšou párnou hodnotou tak, že výsledok odchýlky, t. j. $\pm ITn/2$, môže byť vyjadrený v mikrometroch.

3) Pre tolerancie *k8 až k13* a nad *k17* je hodnota dolnej odchýlky hriadeľa *ei* rovná nule.

Tabuľka 6.3 Číselné hodnoty základných odchýlok dier

Menovitý rozmer (v mm)		HODNOTA ZÁKLADNEJ ODCHYLKY DIER (v mikrometroch)																		
		Dolná odchýlka - EI (pre všetky tolerančné stupne)											Horná odchýlka - ES							
		nad	do	A ¹⁾	B ¹⁾	6	C	7	D	8	E	F	G	H	JS ²⁾	IT6	IT7	IT8	do IT8	nad IT8
J																K ³⁾		M ^{4) 5)}		
-	3 ¹⁾	+270	+140	+60	+20	+14	+6	+2	0	± IT <i>n</i> /2, kde <i>n</i> je poradové číslo tolerančného stupňa	+2	+4	+6	0	0	-2	-2			
3	6	+270	+140	+70	+30	+20	+10	+4	0		+5	+6	+10	-1+Δ	0	-4+Δ	-4			
6	10	+280	+150	+80	+40	+25	+13	+5	0		+5	+8	+12	-1+Δ	0	-6+Δ	-6			
10	14	+290	+150	+95	+50	+32	+16	+6	0		+6	+10	+15	-1+Δ	0	-7+Δ	-7			
14	18	+290	+150	+95	+50	+32	+16	+6	0		+6	+10	+15	-1+Δ	0	-7+Δ	-7			
18	24	+300	+160	+110	+65	+40	+20	+7	0		+8	+12	+20	-2+Δ	0	-8+Δ	-8			
24	30	+300	+160	+110	+65	+40	+20	+7	0		+8	+12	+20	-2+Δ	0	-8+Δ	-8			
30	40	+310	+170	+120	+80	+50	+25	+9	0		+10	+14	+24	-2+Δ	0	-9+Δ	-9			
40	50	+320	+180	+130	+80	+50	+25	+9	0		+10	+14	+24	-2+Δ	0	-9+Δ	-9			
50	65	+340	+190	+140	+100	+60	+30	+10	0		+13	+18	+28	-2+Δ	0	-11+Δ	-11			
65	80	+360	+200	+150	+100	+60	+30	+10	0		+13	+18	+28	-2+Δ	0	-11+Δ	-11			
80	100	+380	+220	+170	+120	+72	+36	+12	0		+16	+22	+34	-3+Δ	0	-13+Δ	-13			
100	120	+410	+240	+180	+120	+72	+36	+12	0		+16	+22	+34	-3+Δ	0	-13+Δ	-13			
120	140	+460	+260	+200	+145	+85	+43	+14	0		+18	+26	+41	-3+Δ	0	-15+Δ	-15			
140	160	+520	+310	+210	+145	+85	+43	+14	0		+18	+26	+41	-3+Δ	0	-15+Δ	-15			
160	180	+580	+310	+230	+145	+85	+43	+14	0		+18	+26	+41	-3+Δ	0	-15+Δ	-15			
180	200	+660	+340	+240	+170	+100	+50	+15	0		+22	+30	+47	-4+Δ	0	-17+Δ	-17			
200	225	+740	+380	+260	+170	+100	+50	+15	0		+22	+30	+47	-4+Δ	0	-17+Δ	-17			
225	250	+820	+420	+280	+170	+100	+50	+15	0		+22	+30	+47	-4+Δ	0	-17+Δ	-17			
250	280	+920	+480	+300	+190	+110	+56	+17	0		+25	+36	+55	-4+Δ	0	-20+Δ	-20			
280	315	+1050	+540	+330	+190	+110	+56	+17	0	+25	+36	+55	-4+Δ	0	-20+Δ	-20				
315	355	+1200	+600	+360	+210	+125	+62	+18	0	+29	+39	+60	-4+Δ	0	-21+Δ	-21				
355	400	+1350	+680	+400	+210	+125	+62	+18	0	+29	+39	+60	-4+Δ	0	-21+Δ	-21				
400	450	+1500	+760	+440	+230	+135	+68	+20	0	+33	+43	+66	-5+Δ	0	-23+Δ	-23				
450	500	+1650	+840	+480	+230	+135	+68	+20	0	+33	+43	+66	-5+Δ	0	-23+Δ	-23				

Menovitý rozmer (v mm)		HODNOTA ZÁKLADNEJ ODCHÝLKY DIER (v mikrometroch)										Hodnoty Δ pre tolerančné stupne						
		Horná odchýlka – ES																
		do IT8	nad IT8	pre tolerančné stupne nad IT7 ⁵⁾														
nad	do	N ^{5) 6)}		P	R	S	T	U	V	X	Y	Z	IT 3	IT 4	IT 5	IT 6	IT 7	IT 8
-	3 ¹⁾	-4	-4	-6	-10	-14		-18		-20		-26	0	0	0	0	0	0
3	6	-8+ Δ	0	-12	-15	-19		-23		-28		-35	1	1,5	1	3	4	6
6	10	-10+ Δ	0	-15	-19	-23		-28		-34		-42	1	1,5	2	3	6	7
10	14	-12+ Δ	0	-18	-23	-28		-33		-40		-50	1	2	3	3	7	9
14	18	-12+ Δ	0	-18	-23	-28		-33	-39	-40		-60	1	2	3	3	7	9
18	24	-15+ Δ	0	-22	-28	-35		-41	-47	-54	-63	-73	1,5	2	3	4	8	12
24	30	-15+ Δ	0	-22	-28	-35	-41	-48	-55	-64	-75	-88	1,5	2	3	4	8	12
30	40	-17+ Δ	0	-26	-34	-43	-48	-60	-68	-80	-94	-112	1,5	3	4	5	9	14
40	50	-17+ Δ	0	-26	-34	-43	-54	-70	-81	-97	-114	-136	1,5	3	4	5	9	14
50	65	-20+ Δ	0	-32	-41	-53	-66	-87	-102	-122	-144	-172	2	3	5	6	11	16
65	80	-20+ Δ	0	-32	-43	-59	-75	-102	-120	-146	-174	-210	2	3	5	6	11	16
80	100	-23+ Δ	0	-37	-51	-71	-91	-124	-146	-178	-214	-258	2	4	5	7	13	19
100	120	-23+ Δ	0	-37	-54	-79	-104	-144	-172	-210	-254	-310	2	4	5	7	13	19
120	140	-27+ Δ	0	-43	-63	-92	-122	-170	-202	-248	-300	-365	3	4	6	7	15	23
140	160	-27+ Δ	0	-43	-65	-100	-134	-190	-228	-280	-340	-415	3	4	6	7	15	23
160	180	-27+ Δ	0	-43	-68	-108	-146	-210	-252	-310	-380	-465	3	4	6	7	15	23
180	200	-31+ Δ	0	-50	-77	-122	-166	-236	-284	-350	-425	-520	3	4	6	9	17	26
200	225	-31+ Δ	0	-50	-80	-130	-180	-258	-310	-385	-470	-575	3	4	6	9	17	26
225	250	-31+ Δ	0	-50	-84	-140	-196	-284	-340	-425	-520	-640	3	4	6	9	17	26
250	280	-34+ Δ	0	-56	-94	-158	-218	-315	-385	-475	-580	-710	4	4	7	9	20	29
280	315	-34+ Δ	0	-56	-98	-170	-240	-350	-425	-525	-650	-790	4	4	7	9	20	29
315	355	-37+ Δ	0	-62	-108	-190	-268	-390	-475	-590	-730	-900	4	5	7	11	21	32
355	400	-37+ Δ	0	-62	-114	-208	-294	-435	-530	-660	-820	-1000	4	5	7	11	21	32
400	450	-40+ Δ	0	-68	-126	-232	-330	-490	-595	-740	-920	-1100	5	5	7	13	23	34
450	500	-40+ Δ	0	-68	-132	-252	-360	-540	-660	-820	-1000	-1250	5	5	7	13	23	34

4) Zvláštne prípady: pre tolerančnú zónu diery **M6** v rozsahu rozmerov nad 250 do 315 mm, ES = -9 μ m (namiesto -11)

5) Pre určenie hodnôt dier **K**, **M** a **N** do 8. tolerančného stupňa a odchýlok **P** až **ZC** do 7. tolerančného stupňa vrátane, sa použije hodnota Δ uvedená v tabuľke 2. (Príklad.: pre rozmery 18 až 30 mm pre K7 je $\Delta = 8 \mu$ m, potom ES = -2 + 8 = + 6 μ m pre rozmery 18 až 30 mm pre S6 je $\Delta = 4 \mu$ m, potom ES = -35 + 4 = - 31 μ m).

6) Základné odchýlky **N** pre tolerančný stupeň IT8 sa nepoužívajú pre rozmery menšie alebo rovné 1 mm.

Tabuľka 6.6 Charakteristika odporúčaných druhov uložení a príklady najčastejšieho použitia

Uloženie		Charakteristika uloženia	Príklady použitia
SJD	SJH		
Uloženie s vôľou			
H11/a11 H11/b11	A11/h11 B11/h11	Uloženie s veľmi veľkou vôľou a s veľkými výrobnými toleranciami.	Uloženie pák a ťahadiel u strojov a zariadení s malými nárokmi. Veľmi zriedkavé použitie.
H11/d11	D11/h11	Uloženie s veľkou zaručenou vôľou a s veľkými výrobnými toleranciami.	Uloženia pák a ťahadiel; klzné ložiská kladiek, čapy hriadeľov podradných strojov.
H8/d9 H9/d9	D9/h8 D9/h9	Uloženie s veľkou vôľou u súčiastok s menšou výrobnou presnosťou.	Uloženia rôznych pák a ťahadiel, voľné kotúče a remenice.
H8/e8 H7/f7	E9/h8 F8/h6	Uloženie so značnou vôľou u súčiastok s väčšou výrobnou presnosťou.	Klzné ložiská prístrojov, čerpadiel, kompresorov; posuvné objímky na hriadeľoch; uloženie posuvných kameňov.
H7/g6	G7/h6	Uloženie s veľmi malou vôľou u súčiastok, ktoré je potrebné vyrobiť s veľkou presnosťou.	Vretená a šmýkadlá obrábacích strojov; piesty na valcoch hydromotorov; výmenné a posuvné ozubené kolesá.

<p>H8/h8 H8/h7</p>		<p>Šmykové uloženie so zriedkavým pohybom a s menšou presnosťou. Po mazaní možnosť posúvania rukou.</p>	<p>Strediace pohyby súčiasťok; uloženie ručných kľúk, kulís a pod.; nastavovacie a dištančné krúžky; ozubené kolesá.</p>
<p>H11/h11</p>		<p>Uloženia súčiasťok, ktoré sa dajú do seba ľahko zasunúť s malou vôľou pri veľkej tolerancii.</p>	<p>Rozperné krúžky a puzdrá na hriadeli; dĺžky vodiacich čapov a ložísk; súčiasťky (prvky) zvarkov.</p>
<p>Uloženie prechodné</p>			
<p>H6/js5 H7/js6</p>	<p>JS7/h6</p>	<p>Uloženie s nepatrnou vôľou alebo presahom; súčiasťky sa dajú ľahko zložiť alebo rozobrať rukou alebo údermi dreveným kladivkom.</p>	<p>Uloženie výmenných ozubených kolies a remeníc; centrovanie viek; často rozoberané súčiasťky (ručné kolesá, stavacie krúžky, obežné kolesá).</p>
<p>H6/k5 H7/k6</p>	<p>K7/h6</p>	<p>Uloženie už s malým presahom; súčiasťky možno spojiť a rozobrať ručne alebo miernym tlakom.</p>	<p>Zriedka rozoberané súčiasťky (poistené proti otáčaniu); spojky, kľuky, ozubené kolesá, páky, montážne kolíky a pod.</p>
<p>H7/m6 H7/n6</p>	<p>M7/h6 N7/h6</p>	<p>Uloženie spravidla už s malým presahom; súčiasťky možno už obtiažnejšie zložiť alebo rozobrať väčšou silou. Obvykle sa montáž a demontáž uskutočňuje lisom alebo montážnymi pomôckami.</p>	<p>Súčiasťky, ktoré majú byť pevne uložené. Musia sa poistiť proti vzájomnému pootočeniu; ozubené kolesá, spojky, páky, kľuky na čapoch; hrubostenné ložiskové puzdrá, licované skrutky, valcové kolíky.</p>

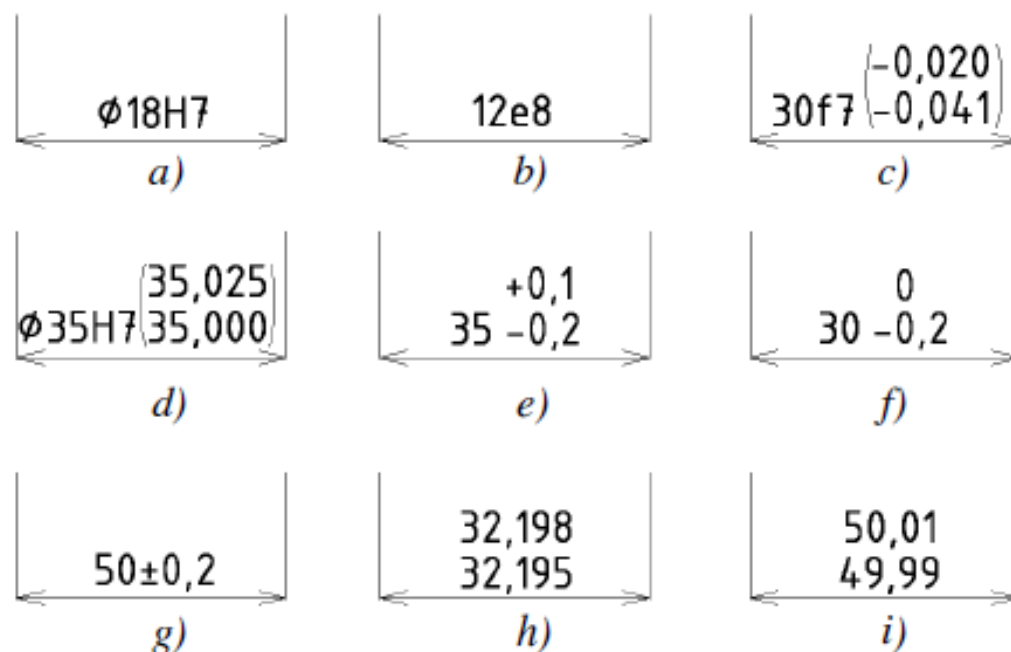
Uloženie s presahom

<p>H7/p6 H7/r6</p>	<p>P7/h6 R7/h6</p>	<p>Uloženie so zaručeným presahom; súčiastky sa dajú zložiť alebo rozobrať len veľkou lisovacou silou za studena, prípadne zložiť za tepla</p>	<p>Súčiastky, ktoré majú byť pevne uložené bez zvláštneho poistenia proti otáčaniu; ložiskové puzdrá, nalisované ozubené kolesá, náboje spojok, vence ozubených kolies.</p>
<p>H7/s6 H7/s7</p>	<p>S7/h6</p>	<p>Uloženie s veľkým presahom; súčiastky možno zložiť len veľmi veľkou lisovacou silou za studena alebo montovať za tepla.</p>	<p>Súčiastky, ktoré sú trvale nasadené na hriadeľoch a ktoré prenášajú veľké striedavé alebo nárazové zaťaženie. Netreba ich poisťovať voči otáčaniu.</p>
<p>H7/t6 H7/u7</p>	<p>T7/h6 U8/h7</p>	<p>Uloženie s veľmi veľkým presahom; súčiastky sa dajú zložiť len za tepla a sú prakticky nedemontovateľné.</p>	<p>Súčiastky, ktoré majú byť zhotovené z jedného kusa, ale z výrobných dôvodov sa zhotovujú ako skladané.</p>

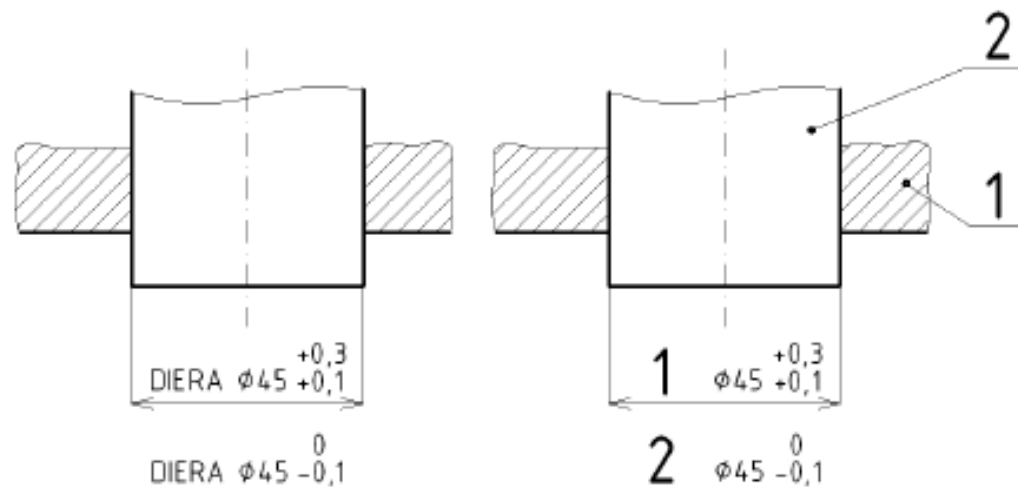
6.4 PREDPIS PRESNOSTI ROZMEROV NA VÝROBNÝCH A ZOSTAVNÝCH VÝKRESOCH

Predpis presnosti rozmerov podľa ISO 406 (STN ISO 406: 1995) „*Technické výkresy. Tolerovanie dĺžkových a uhlových rozmerov. Predpisovanie na výkresoch*“ možno realizovať nasledujúcimi spôsobmi:

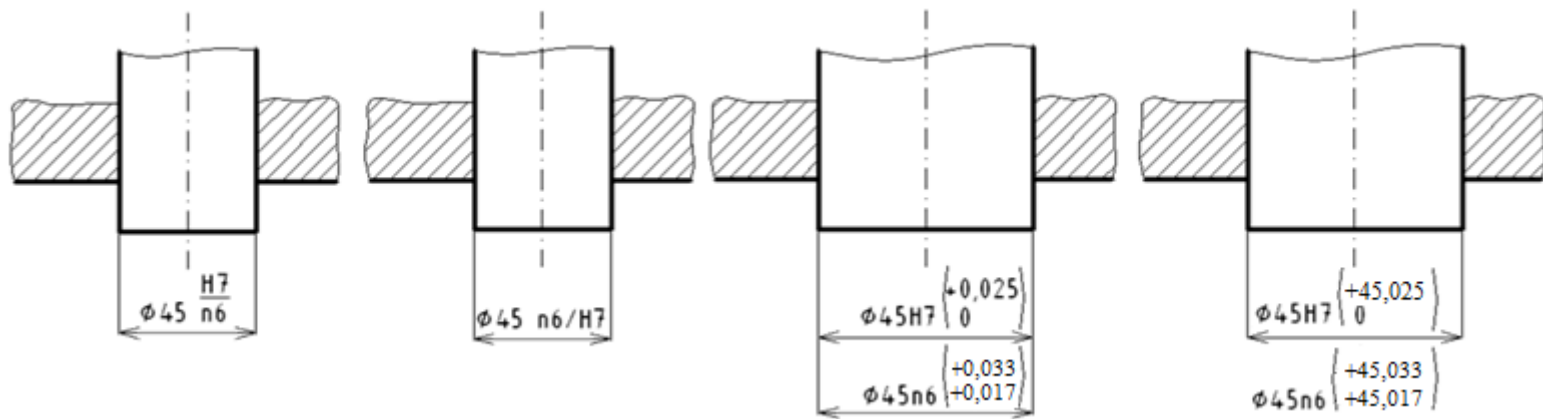
- tolerančnými značkami (*obr. 6.10a,b*),
- tolerančnými značkami spolu s číselnými medznými odchýlkami umiestnenými v zátvorke (*obr. 6.10c*),
- tolerančnými značkami spolu s medznými rozmermi umiestnenými v zátvorke (*obr. 6.8d*),
- číselnými medznými odchýlkami (*obr. 6.10e,f,g*),
- medznými rozmermi (*obr. 6.10h,i*), medzné rozmery sa predpisujú hodnotami horného a dolného medzného rozmeru.



Obrázok 6.10 Predpis presnosti rozmerov na výrobnom výkrese



Obrázok 6.11 Predpis presnosti rozmerov na zostavnom výkrese



Obrázok 6.12 Zápis pomocou tolerančných značiek ISO na výkresoch zostáv

6.5 VŠEOBECNÉ TOLERANCIE

6.5.1 VŠEOBECNÉ TOLERANCIE DĚLŤKOVÝCH A UHLOVÝCH ROZMEROV

Rozmery voľných povrchov, ktoré nie je potrebné tolerovať podľa jednotnej sústavy tolerancií a uložení alebo jednotlivo predpisom medzných odchýlok, tolerujú sa predpisom **všeobecných tolerancií**. Tieto tzv. nepredpísané medzné odchýlky dĚlťkových a uhlových rozmerov pre súčiasťky zhotovené trieskovým obrábaním a pre súčiasťky zhotovené z plechu stanovuje norma ISO 2768-1: 1989 (STN ISO 2768-1: 1992) „*Všeobecné tolerancie. Nepredpísané medzné odchýlky dĚlťkových a uhlových rozmerov*“ Odchýlky sú v norme stanovené pre štyri presnosti:

- f – jemná (najpresnejšia)
- m – stredná
- c – hrubá
- v – veľmi hrubá

Všeobecné medzné odchýlky rozmerov sa na výkrese predpíšu zápisom obsahujúcim označenie príslušnej normy a zvoleného stupňa presnosti, napr.: ISO 2768 – m. Zápis sa uvedie v titulnom bloku v rubrike „*Všeobecné tolerancie*“, príp. v jeho blízkosti. Odchýlky v zvolenom stupni presnosti **platia pre všetky rozmery uvedené na výkrese okrem:**

- dĚlťkových alebo uhlových rozmerov, pre ktoré je určená zápisom príslušná tolerancia (napr. $\varnothing 40H7$, $50\pm 0,1$, $R80_{max}$ a pod.),
- informatívnych rozmerov uvedených v rámčekoch,
- teoretických rozmerov uvedených v rámčekoch.

Ak sú požadované menšie medzné odchýlky, alebo sú prípustné väčšie medzné odchýlky pre rozmery niektorého prvku súčiastky ako určuje uvedená norma, predpisujú sa požadované odchýlky priamo v obraze súčiastky za príslušný menovitý rozmer.

V tabuľke 6.7 až tabuľke 6.9 sú uvedené všeobecné medzné odchýlky dĺžkových a uhlových rozmerov, určené v STN ISO 2768 – 1.

Tabuľka 6.7 Všeobecné medzné odchýlky dĺžkových rozmerov (okrem skosenia hrán)

Trieda presnosti		Medzné odchýlky pre základný rozsah rozmerov (mm)					
Označenie	Názov	0,5 do 3	nad 3 do 6	6 30	30 120	120 400	400 1000
f	jemná	±0,05	±0,05	±0,1	±0,15	±0,2	±0,3
m	stredná	±0,1	±0,1	±0,2	±0,3	±0,5	±0,8
c	hrubá	±0,2	±0,3	±0,5	±0,8	±1,2	±2
v	veľmi hrubá	-	±0,5	±1	±1,5	±2,5	±4

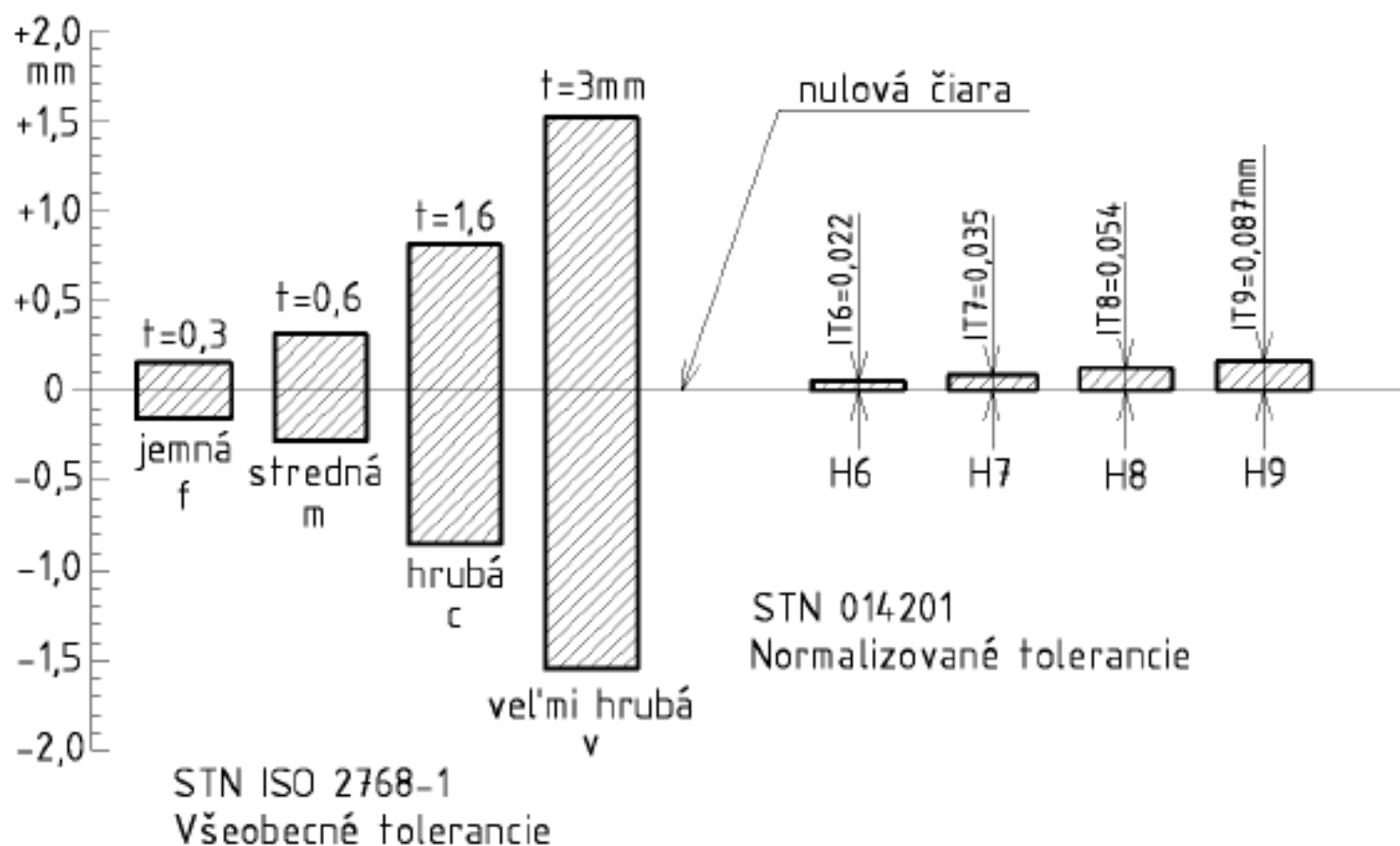
Tabuľka 6.8 Všeobecné medzné odchýlky skosenia a zaoblenia hrán

Trieda presnosti		Medzné odchýlky pre základný rozsah rozmerov (mm)		
Označenie	Názov	0,5do 3	nad 3do 6	nad 6
f	jemná	±0,2	±0,5	±1
m	stredná			
c	hrubá	±0,4	±1	±2
v	veľmi hrubá			

Tabuľka 6.9 Všeobecné medzné odchýlky uhlových rozmerov

Trieda presnosti		Medzné odchýlky uhla pre rozsah rozmerov jeho kratšieho ramena(mm)				
Označenie	Názov	do 10	nad 10 do 50	50 120	120 400	cez 400
f	jemná	±1°	±0°30′	±0°20′	±0°10′	±0°5′
m	stredná	±1°	±0°30′	±0°20′	±0°10′	±0°5′
c	hrubá	±1°30′	±1°	±0°30′	±0°15′	±0°10′
v	veľmi hrubá	±3°	±2°	±1°	±0°30′	±0°20′

Na obr. 6.13 sú pre vzájomné porovnanie uvedené polohy tolerančných zón a v rovnakej mierke veľkosti všeobecných tolerancií pre jednotlivé triedy presnosti a veľkosti normalizovaných tolerancií IT6 až IT9 (pre rovnakú hodnotu menovitého rozmeru 100 mm).



Obrázok 6.13 Porovnanie veľkosti tolerančných polí všeobecných a normalizovaných tolerancií

6.5.2 VŠEOBECNÉ GEOMETRICKÉ TOLERANCIE

Norma ISO 2768-2: 1989 (STN ISO 2768-2: 1995) „*Všeobecné tolerancie. Nepredpísané geometrické tolerancie*“ určuje nepredpísané geometrické tolerancie (tvaru, smeru a polohy) pre tie prvky, ktoré ich nemajú jednotlivo na výkrese prepísané a podstatne zjednodušuje predpis geometrických tolerancií na výkresoch. Hodnoty všeobecných tolerancií odpovedajú triedam obvyklej dielenskej presnosti a zapisujú sa všeobecným zápisom na výkrese v titulnom bloku v predpísanom riadku. Všeobecný predpis podľa uvedenej normy sa používa hlavne pre súčiastky vyhotovené trieskovým obrábaním. Norma stanovuje všeobecné geometrické tolerancie v troch triedach presnosti:

H – presná

K – stredná

L – hrubá

Pri výbere triedy presnosti sa musí vziať do úvahy požadovaná presnosť súčiastky, prípadne aj obvyklá trieda presnosti dielne. Norma STN ISO 2768-2 určuje hodnoty všeobecných tolerancií pre priamosť, rovinnosť, kruhovitosť, rovnobežnosť, kolmosť, súmernosť a kruhové hádzanie. Všeobecné tolerancie valcovitosti nie sú stanovené.

Odchýlky valcovitosti zahŕňajú v sebe tri zložky odchýlok: kruhovitosti, priamosti a rovnobežnosti protiľahlých tvoriacich čiar. Tieto sú určené hodnotou predpísanej alebo všeobecnej tolerancie.

6.5.3 PREDPISOVANIE VŠEOBECNÝCH TOLERANCIÍ NA VÝKRESOCH

Všeobecné tolerancie dĺžkových a uhlových rozmerov a všeobecné geometrické tolerancie sa musia na výkrese predpísať pomocou spoločného odkazu, ktorý sa uvedie vo vnútri alebo blízkosti titulného bloku. Predpis sa skladá z čísla normy ISO a zo značiek tried presnosti v poradí:

- trieda pre všeobecné tolerancie dĺžkových a uhlových rozmerov,
- trieda pre všeobecné geometrické tolerancie.

Príklad: **ISO 2768 – mK**

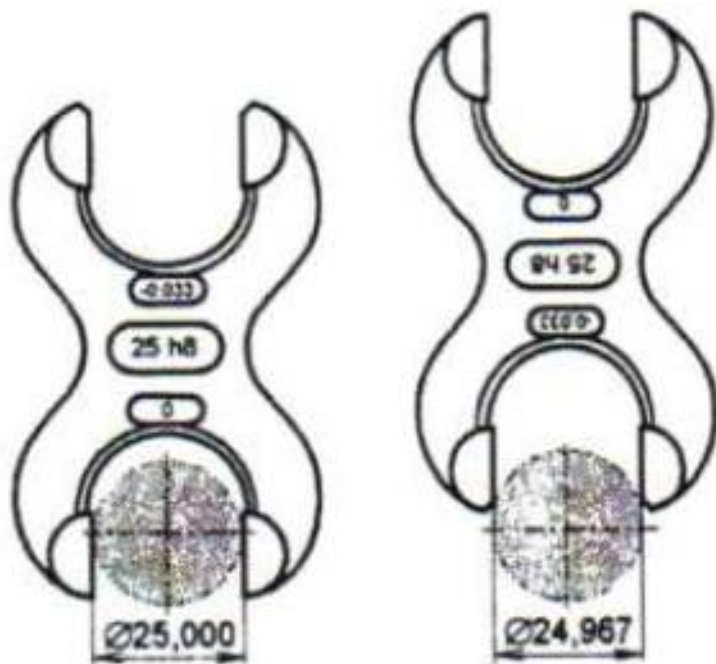
Ak sa nevyžaduje uplatnenie, napr. všeobecných geometrických tolerancií, vynechá sa v predpise na výkrese príslušné písmeno (H, K, L) a uvedie sa napr.: **ISO 2768 – m**.

6.6 KONTROLA A MERANIE TOLEROVANÝCH DĹŽKOVÝCH ROZMEROV

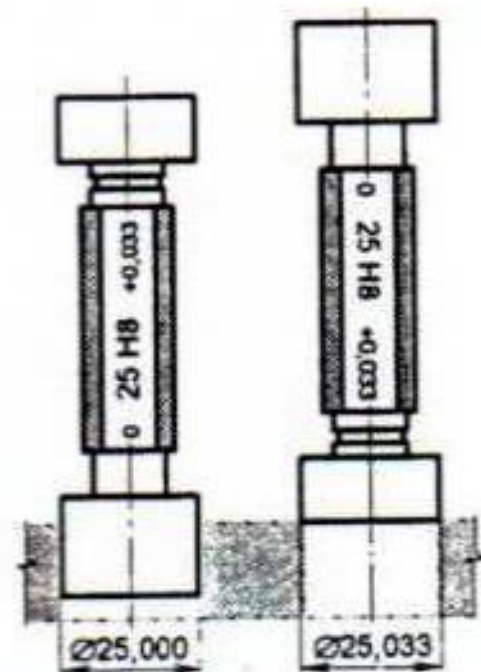
Pre kontrolu dĺžkových rozmerov sa používajú:

- **pevné meradlá na kontrolu dier a hriadeľov** – s pevne nastavenými meracími plochami: medzné strmeňové kalibre na meranie hriadeľov (*obr. 6. 14*), medzné valčekové kalibre na meranie dier (*obr. 6. 15*), ploché kalibre, odpichy s guľovými plochami a pod..
- **nastaviteľné meradlá** – s pohyblivými, nastaviteľnými plochami: posuvné meradlá, mikrometrické meradlá, meradlá s ukazovateľom na stupnici, číselníkové odchýlkomery a pod..

Kontrola tolerovaných rozmerov pomocou medzných kalibrov je najrýchlejšia a najspoľahlivejšia. Medznými kalibrami nemeráme skutočný rozmer geometrického prvku, ale len kontrolujeme, či sa jeho skutočný rozmer nachádza medzi dolným a horným medzným rozmerom.



Obrázok 6.14 Kontrola priemeru hriadeľa medzným strmeňovým kalibrom



Obrázok 6.15 Kontrola priemeru diery medzným valčekomým kalibrom

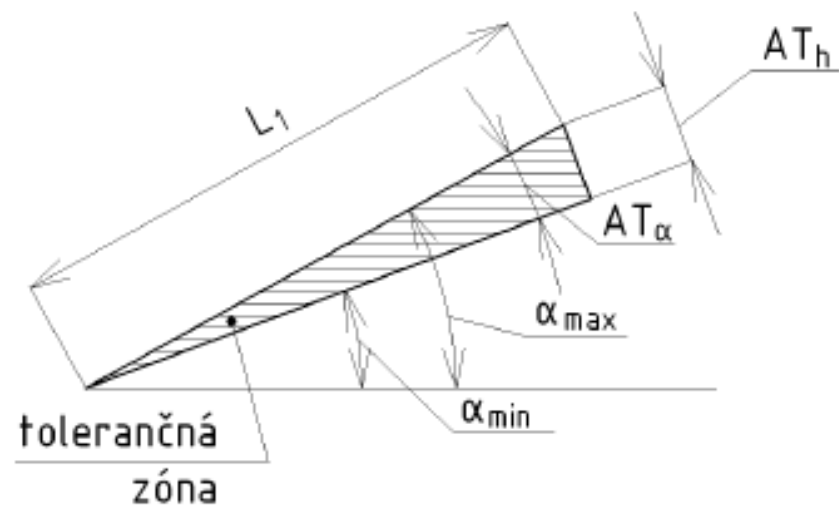
6.7 TOLEROVANIE UHLOVÝCH ROZMEROV

Uhlové rozmery je možné tolerovať dvomi rozdielnymi spôsobmi v závislosti od spôsobu kótovania rovinných uhlov na výkrese. Veľkosti rovinných uhlov je možné na výkrese kótovať:

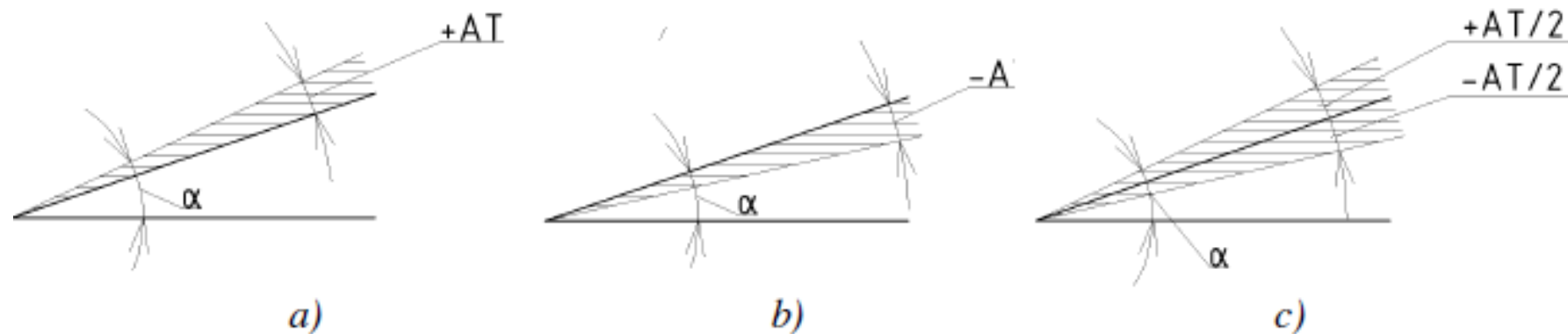
- priamo udaním **hodnoty uhla** v stupňoch, minútach a sekundách,
- nepriamo udaním **sklonu** (úkosu).

Priamo udané uhly funkčných povrchov súčiasťok sa tolerujú predpisom tolerancie uhla, čo je rozdiel medzi najväčším (α_{\max}) a najmenším (α_{\min}) medzným uhlom. Označuje sa AT_{α} - ak je vyjadrená v uhlových jednotkách, alebo AT_h - ak je vyjadrená dĺžkou úsečky na kolmici k strane uhla, ktorá leží proti uhlu AT_{α} vo vzdialenosti L_1 od vrcholu uhla (obr. 6.16). Voči menovitému uhlu α môže byť tolerancia (obr. 6.17) jednostranná $+AT$, $-AT$, alebo symetrická $\pm AT/2$. Číselné hodnoty tolerancií AT_{α} a AT_h sú určené normou STN 01 4270: 1977 „Základné pravidlá zameniteľnosti. Tolerancie uhlov“ v 17 stupňoch presnosti.

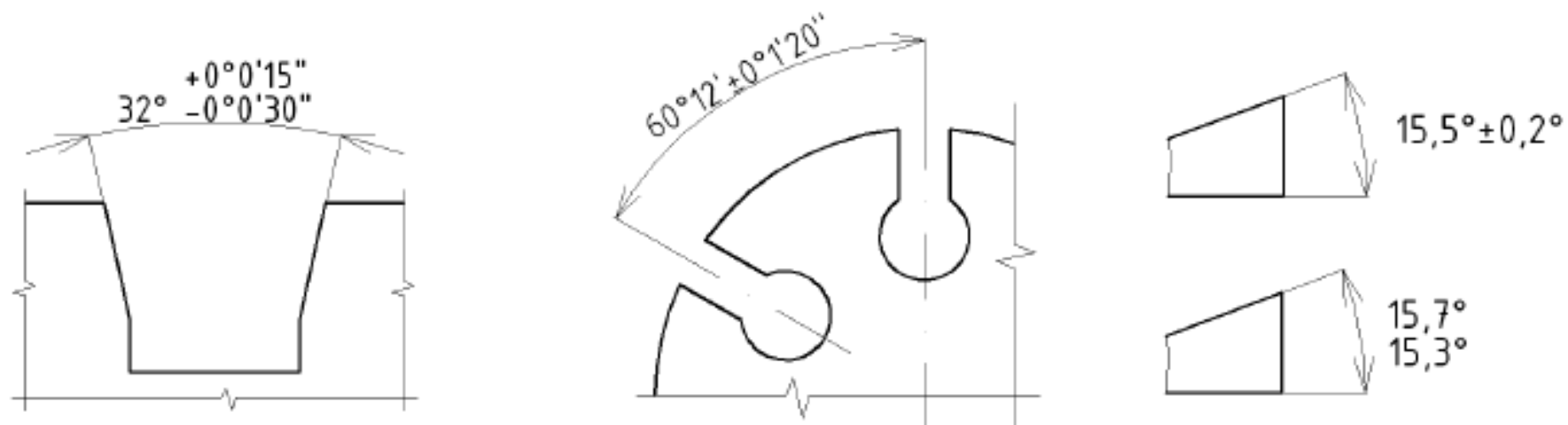
Všeobecné pravidlá na zapisovanie medzných odchýlok dĺžkových rozmerov platia aj pre zapisovanie medzných odchýlok uhlových rozmerov ale pri menovitej hodnote uhla a hodnotách medzných odchýlok sa vždy musia uviesť meracie jednotky (obr. 6.18).



Obrázok 6.16 Tolerančná zóna rovinného uhla



Obrázok 6.17 Odporúčané polohy tolerančnej zóny rovinného uhla



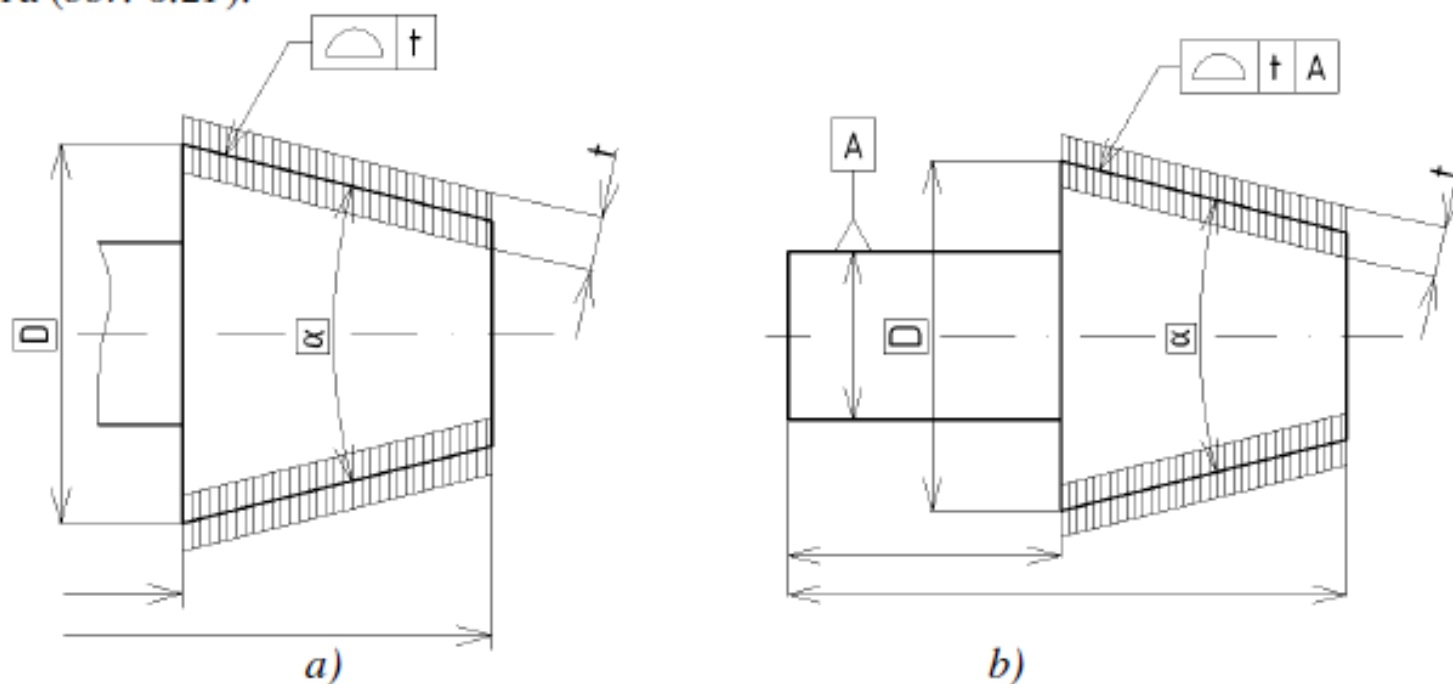
Obrázok 6.18 Príklady zápisu tolerancií uhlov

Pri nepriamom predpise veľkosti rovinného uhla pomocou sklonu (úkosu) sa môže tento tolerovať predpísaním geometrických tolerancií sklonu (hodnota AT_h).

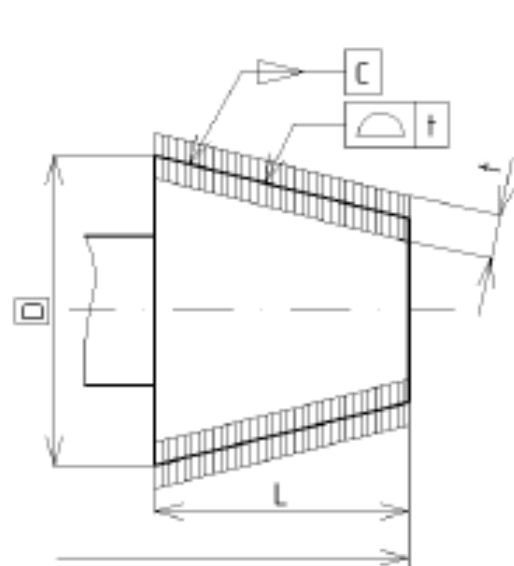
6.8 TOLEROVANIE KUŽEĽOV

Metódy tolerovania kužeľov určuje norma ISO 3040: 1990 (STN ISO 3040:1995) „*Technické výkresy. Kótovanie a tolerovanie kužeľov*“. Sú to:

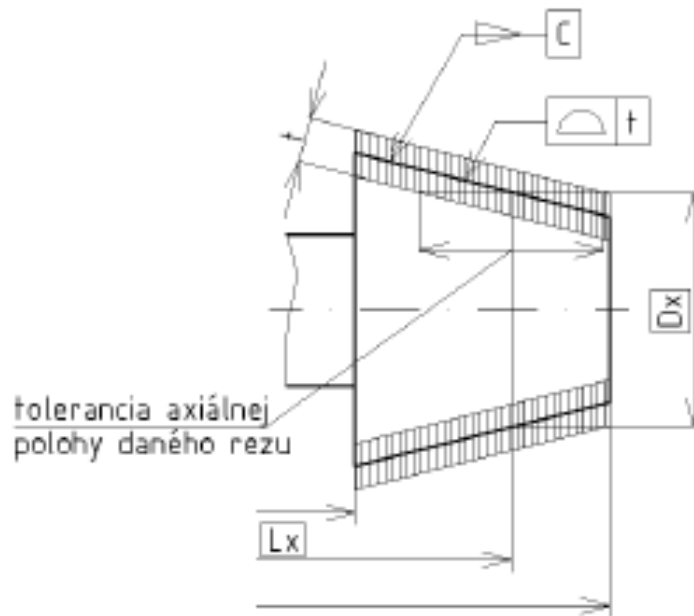
- tolerovanie kužeľov pri danom uhle kužeľa α , bez väzby na základňu, s väzbou na základňu (*obr. 6.19a,b*),
- tolerovanie kužeľov pri danej kužeľovitosti C (*obr. 6.20a*),
- tolerovanie kužeľov pri danej kužeľovitosti C so súčasným určením axiálnej polohy kužeľa (*obr. 6.20b*),
- tolerovanie kužeľov pri danej kužeľovitosti C oddelené od tolerance axiálnej polohy kužeľa (*obr. 6.21*).



Obrázok 6.19 Tolerovanie kužeľov pri danom vrcholovom uhle kužeľa α
a) bez väzby na geometrický tvar, b) s väzbou na os valcovej plochy

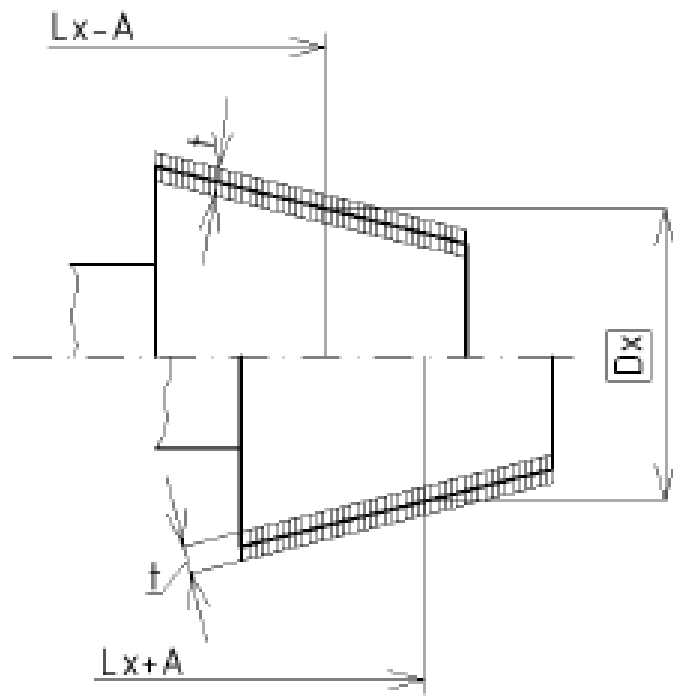
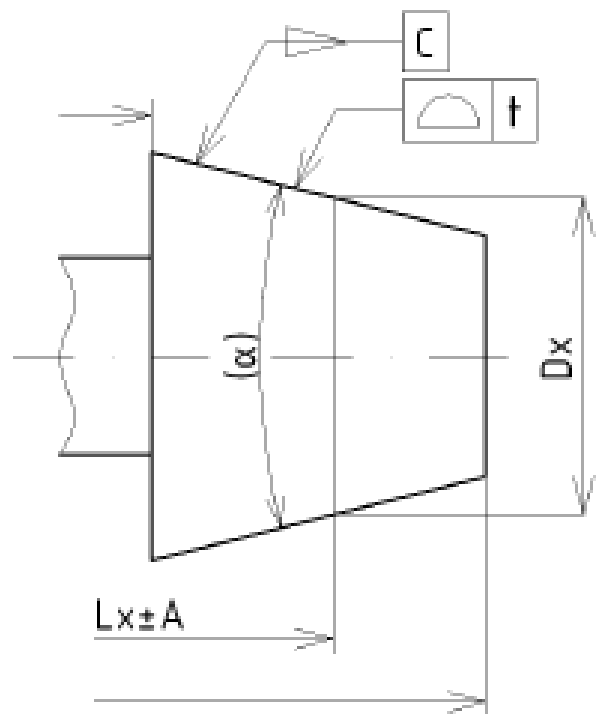


a)



b) so súčasným určením axiálnej polohy kužeľa

Obrázok 6.20 Tolerovanie kužeľov pri danej kužeľovitosti C



a) predpis na výkrese

b) Grafické zobrazenie

Obrázok 6.21 Tolerovanie kužeľov pri danej kužeľovitosti C oddelené od tolerance axiálnej polohy kužeľa

6.9 TOLEROVANIE ZÁVITOV

Tolerovanie závitov zabezpečuje vytváranie vhodných geometrických vzťahov medzi vonkajšími a vnútornými závitmi. Tieto vzťahy vytvárajú požadované závitové uloženie konkrétneho závitového spojenia. Podľa STN 01 4001 (*Závity. Terminológia.*) sú určené tieto závitové spojenia:

- závitové uloženie s vôľou, ktoré zaisťuje vôľu po zaskrutkovaní,
- závitové uloženie prechodné, u ktorého sa môže vyskytnúť pred zaskrutkovaním presah, alebo aj vôľa po zaskrutkovaní,
- závitové uloženie s presahom, ktoré zaisťuje pred zaskrutkovaním vždy závitový presah.

V prevažnej väčšine prípadov je požadované závitové uloženia s vôľou. Iné druhy závitových uložení sú využívané zriedkavo, len v prípade špeciálnych konštrukčných riešení.

6.9.1 TOLEROVANIE METRICKÝCH ZÁVITOV

Zásady tolerovania metrických závitov určuje norma ISO 965:1998 (STN ISO 965: 2000) „*Metrické závitky ISO. Tolerancie*“, ktorá sa skladá z týchto častí:

- *Časť 1: Princípy a základné údaje*
- *Časť 2: Medzné rozmery vonkajších a vnútorných závitov na všeobecné použitie.*

Stredná kvalita

- *Časť 3: Odchýlky pre závitky*
- *Časť 4: Medzné rozmery galvanizovaných vnútorných závitov. Poloha tolerančného poľa H a G*
- *Časť 5: Medzné rozmery galvanizovaných vonkajších závitov. Poloha tolerančného poľa h*

Poloha medzných profilov závitku je predpísaná tolerančnými zónami dvoch priemerov závitku:

- u vonkajšieho závitku (závitku skrutky) tolerančnými zónami *stredného priemeru závitku d_2* a *veľkého priemeru závitku d*
- u vnútorného závitku (závitku matice) tolerančnými zónami *stredného priemeru závitku D_2* a *veľkého priemeru závitku D* .

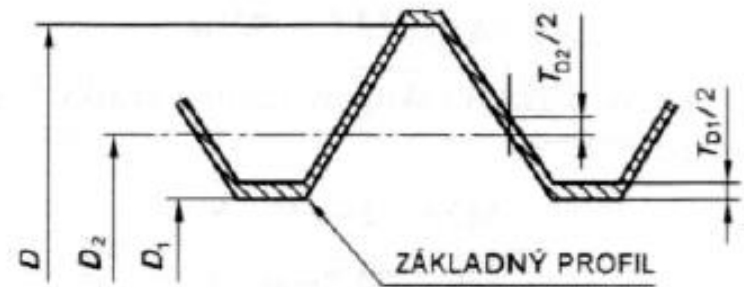
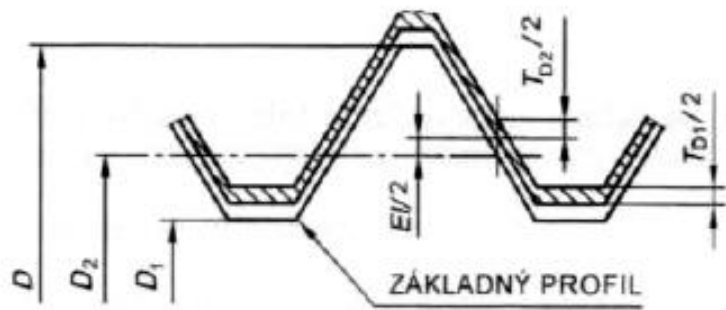
Tolerančný systém uvádza tolerancie definované pomocou stupňov presnosti a polohy tolerančných polí a ich výberu. Systém poskytuje:

- a) **Skupinu stupňov presnosti** pre každý zo štyroch priemerov závitov (*Tabuľka 6.10*).
- b) **Skupinu polohy tolerančných polí** – **G** a **H** pre vnútorné závitov (obr. 6.22a,b),
- **e, f, g, a h** pre vonkajšie závitov (obr. 6.23a,b).
- c) **Výber odporúčaných kombinácií** stupňov presnosti a polohy tolerančných polí pre zvolenú triedu presnosti (jemná, stredná, hrubá) a dĺžku zaskrutkovania - *Tabuľka 6. 11, Tabuľka 6.12.*

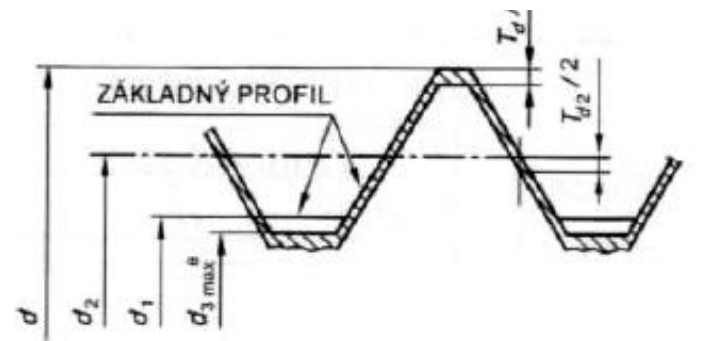
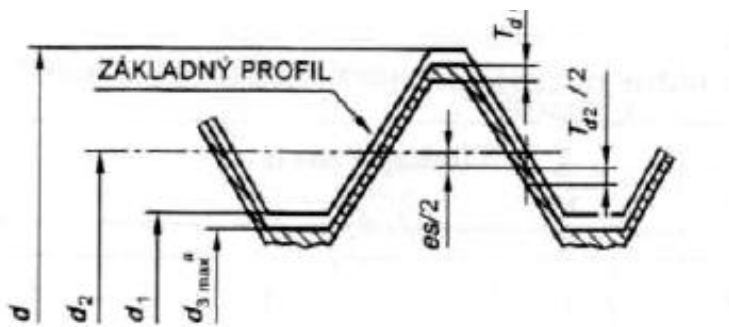
Tabuľka 6.10 Stupne presnosti priemerov závitov

Druh závitov	Priemer závitov	Stupeň presnosti
Závit skrutky	d	4,6,8
	d ₂	3,4,5,6,7,8,9,10*
Závit matice	D ₂	4,5,6,7,8,9*
	D ₁	4,5,6,7,8

*Len pre závitov súčiastok z plastov.



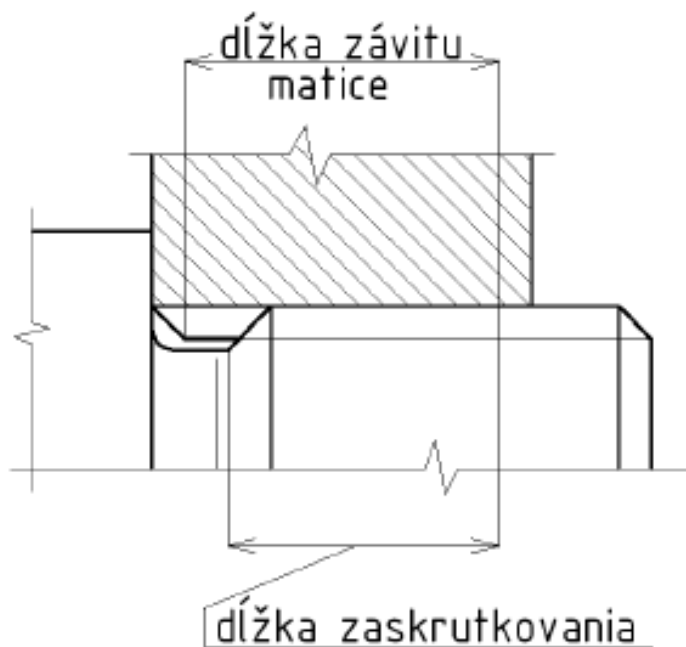
Obrázok 6.22 Vnútorne závitky s polohou tolerančného poľa a) G , b) H



Obrázok 6.23 Vonkajšie závitky s polohou tolerančného poľa a) e, f, g , b) h

Voľba vhodnej tolerančnej zóny a stupňa presnosti závisí aj od dĺžky zaskrutkovania. Dĺžky zaskrutkovania (*obr. 6.23*) sa u metrických závitov delia na:

- krátke – **S**,
- normálne – **N**,
- dlhé – **L**.



Obrázok 6.23 Dĺžka zaskrutkovania závitu

Tabuľka 6.11 Odporúčané tolerančné zóny pre vnútorné závit

Trieda presnosti	Poloha tolerančnej zóny G			Poloha tolerančnej zóny H		
	S	N	L	S	N	L
jemná	-	-	-	4H	5H	6H
stredná	(5G)	6G	(7G)	5H	6H	7H
hrubá	-	(7G)	(8G)	-	7H	8H

Tabuľka 6.12 Odporúčané tolerančné zóny pre vonkajšie závit

Trieda presnosti	Poloha tolerančnej zóny e			Poloha tolerančnej zóny f			Poloha tolerančnej zóny g			Poloha tolerančnej zóny h		
	S	N	L	S	N	L	S	N	L	S	N	L
jemná	-	-	-	-	-	-	-	(4g)	(5g4g)	(3h4h)	4h	(5h4h)
stredná	-	6e	(7e6e)	-	6f	-	(5g6g)	6g	(7g6g)	(5h6h)	6h	(7h6h)
hrubá	-	(8e)	(9e8e)	-	-	-	-	8g	(9g8g)	-	-	-

6.9.1 PREDPISOVANIE TOLERANCIÍ METRICKÝCH ZÁVITOV NA VÝKRESE

Úplné označenie závitú na výkrese súčiastky sa skladá:

- Označenie druhu a veľkosti závitú,
- Označenie tolerančného poľa,
- Označenie dĺžkovej skupiny.

Označenie tolerančného poľa závitú sa skladá z:

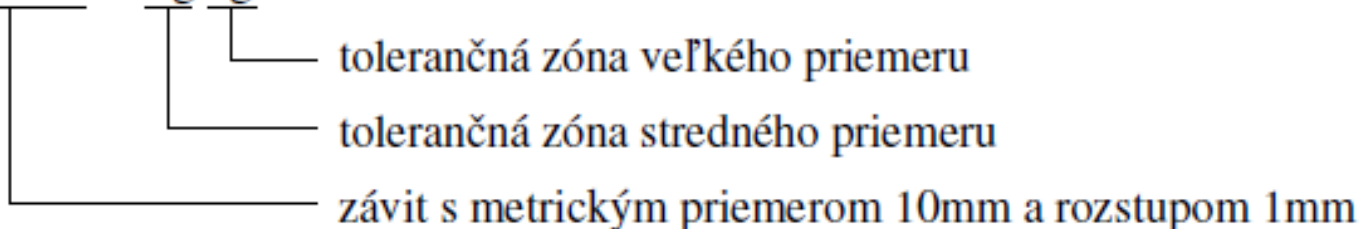
- číslice označujúcej stupeň presnosti,
- písmena označujúceho polohu tolerančného poľa, malé písmeno pre vonkajšia závitú (skrutka), veľké písmeno pre vnútorné závitú (matica).

Príklady označenia vonkajších závitov:

Vonkajší závit jednochodový

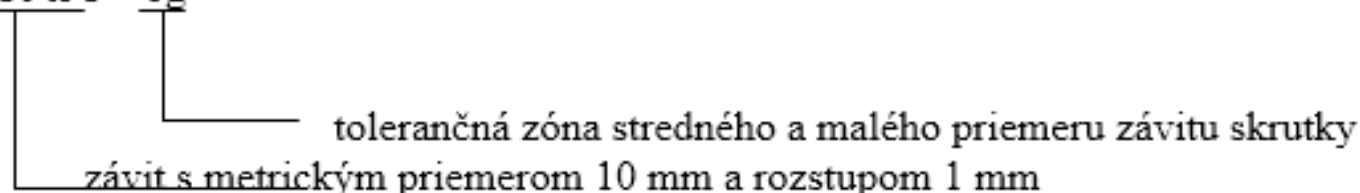
- ak tolerančné polia pre stredný a veľký priemer závitú sú *rôzne*:

M10 x 1 – 5g 6g



- ak tolerančné polia pre stredný a veľký priemer závitu sú *rovnaké*

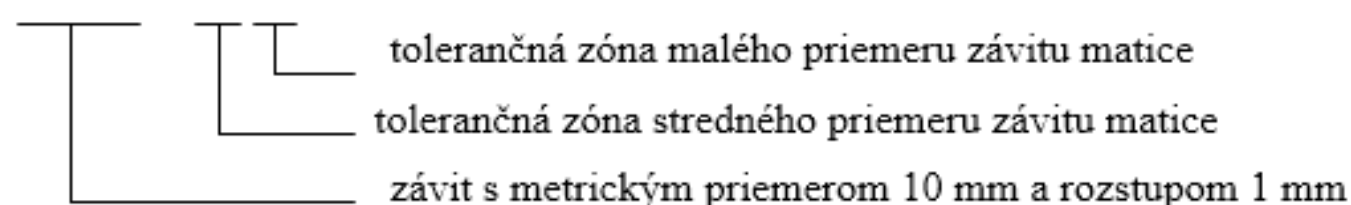
M10 x 1 – 6g



Vnútorňý závit jednochodový

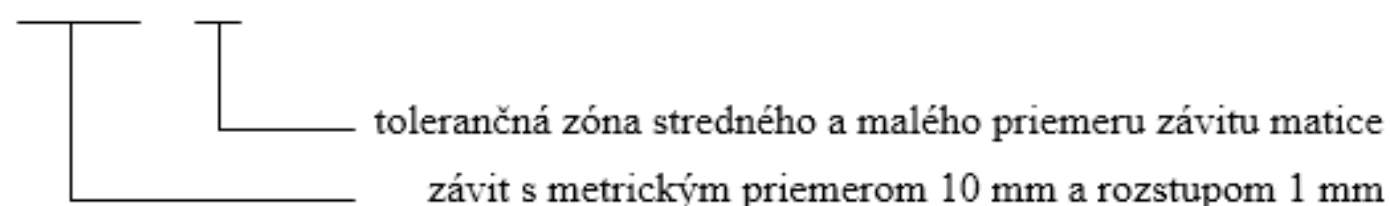
- ak tolerančné polia pre stredný a veľký priemer závitu sú *rôzne*:

M10 x 1 – 5G 6G



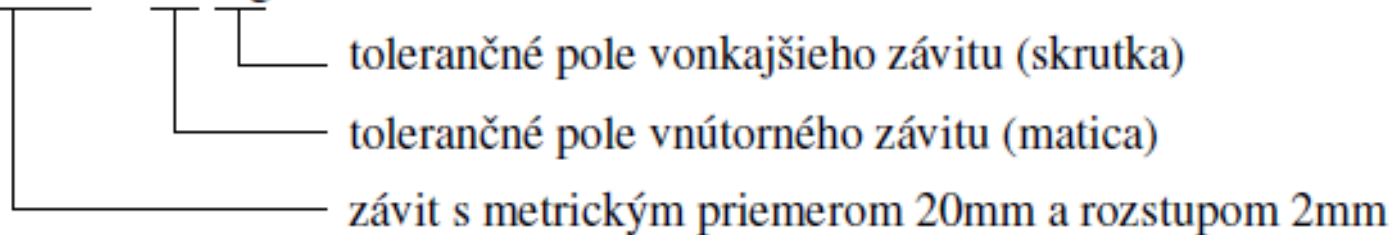
- ak tolerančné polia pre stredný a veľký priemer závitu sú *rovnaké*

M10 x 1 – 6G



Druh uloženia súčiastok so závitmi

M20 x 2 – 6H/6g

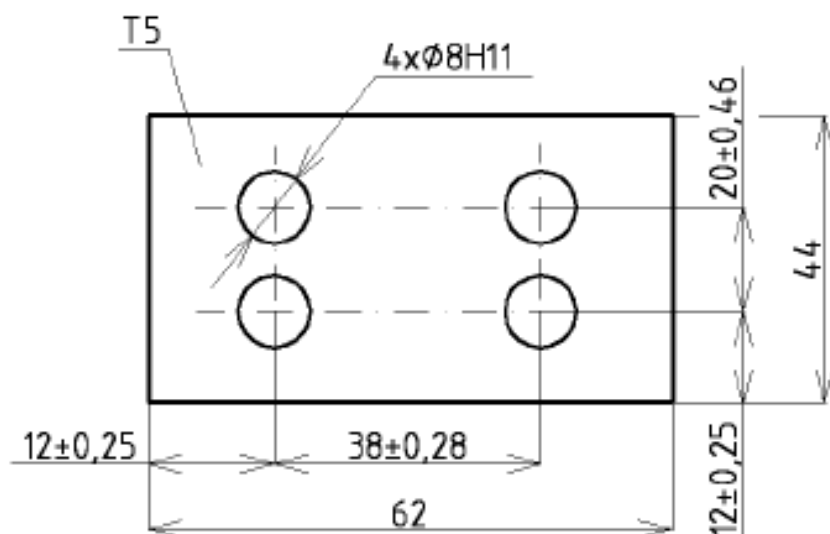


Označenie dĺžkovej skupiny závitov krátky **S** a dlhý **L** sa vkladá za označenie tolerančného poľa oddelené pomlčkou. Vynechanie označenie znamená skupinu normálny **N**.

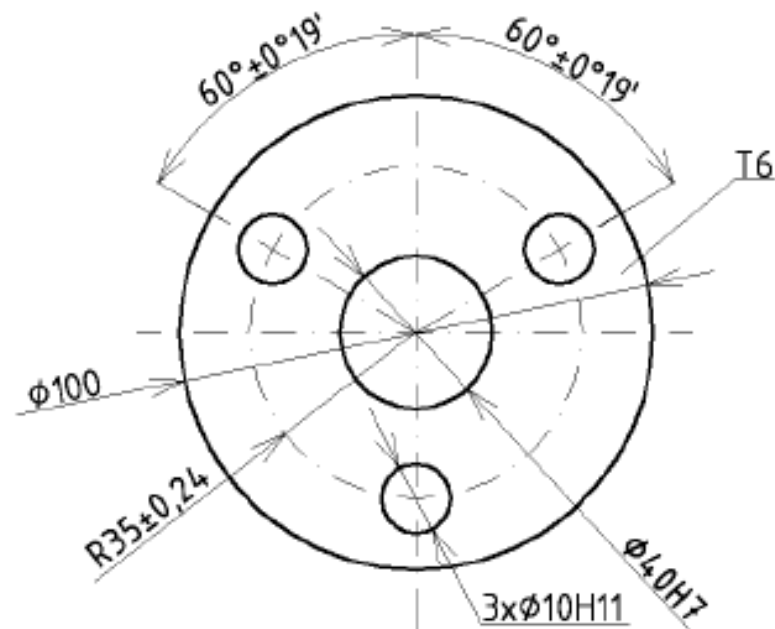
Príklad: M20 x 2 – 5H - S
M6 – 7H/7g6g - L

6.10 TOLEROVANIE POLOHY OSÍ DIER MEDZNÝMI ODCHÝLKAMI MENOVIÝCH ROZMEROV SÚRADNÍC

Pri tolerovaní osí dier v pravouhlej súradnicovej sústave (*obr. 6.24*) sa príslušné medzné odchýlky menovitých rozmerov súradníc určia pomocou vzťahov uvedených v STN 01 4260.



Obrázok 6.24 Predpis tolerancie polohy osí dier medznými odchýlkami v pravouhlej súradnicovej sústave



Obrázok 6.25 Predpis tolerancie polohy osí dier v polárnej súradnicovej sústave