

VŠB – TU OSTRAVA, Fakulta bezpečnostního inženýrství



Rozměrová a tvarová přesnost, přesnost polohy, drsnost povrchu

Ing. Eva Veličková

Obsah:

1. Rozměrová a tvarová přesnost, přesnost polohy, montáž.	2
2. Tolerance rozměrů	4
3. Geometrická tolerance.....	5
3.1 Hlavní druhy uložení, toleranční soustavy	7
3.2 Poloha tolerančních polí děr a hřídelů.....	8
4. Drsnost povrchu	9
5. Šroubové spoje	14
5.1 Rozdělení závitů.....	15
5.2 Tolerování závitů.....	16

11. Rozměrová a tvarová přesnost, přesnost polohy, montáž.

Stroj sestává z mnoha součástí spojených různým způsobem. Rozměry součástí je nutno volit tak, aby jejich spojení a styk byly správné a vyhovovaly předepsané funkci a vyměnitelnosti. K tomuto účelu je nutno dodržet tři související faktory:

- ❖ rozměry součástí
- ❖ geometrický tvar a vzájemnou polohu ploch součástí
- ❖ drsnost povrchu součástí

Skutečné plochy vyrobených součástí se liší od ideálních (teoretických) ploch svými rozměry, tvarem a vzájemnou polohou. Tzn. nejsou vyrobeny s absolutní přesností. Protože výrobu součástí lze zajistit pouze s určitou přesností, je vhodné předepisovat dovolenou nepřesnost výše uvedených faktorů formou úchylek rozměrů, úchylek tvaru a polohy a úchylek drsnosti povrchu. Požadavek dodržení úchylek (dovolené nepřesnosti) se týká především funkčních ploch, tj. těch, které se stýkají s jinými a zajišťují správnou funkci součástí. Někdy je třeba dodržet s určitou přesností rozměry a tvar tzv. volných ploch z hlediska např. tuhosti součástí, nebo vyvážení aj. Pro vytváření, popř. předepisování vzájemného geometrického vztahu mezi plochami, které jsou v sobě uloženy nebo na sebe dosedají, se používá všeobecný název lícování.

Základní pojmy v lícování

Rozměr – číselně vyjádřená hodnota délky (délkový rozměr) nebo úhlu (úhlový rozměr) v obvyklých jednotkách

Jmenovitý rozměr – rozměr, k němuž jsou vztaheny mezní úchytky

Skutečný rozměr – rozměr zjištěný měřením

Místní skutečný rozměr – rozměr vzdálenosti dvou libovolných protilehlých bodů průřezu

Mezní rozměry – dva krajní přípustné rozměry prvku, mezi nimiž musí ležet (nebo jim být nejvýše rovný) skutečné rozměry prvku

Horní mezní rozměr – největší přípustný rozměr prvku

Dolní mezní rozměr – nejmenší přípustný rozměr prvku

Úchylka – algebraický rozdíl mezi rozměrem a jmenovitým rozměrem

Mezní úchylka – algebraický rozdíl mezi mezním rozměrem a jmenovitým rozměrem

Skutečná úchylka – algebraický rozdíl mezi skutečným rozměrem a jmenovitým rozměrem

Úchylka může být kladná nebo záporná, popř. nulová. Úchytky se označují písmeny *e* (hřídel), *E* (díra) z francouzského écart.

Horní úchylka – algebraický rozdíl mezi horním mezním rozměrem a jmenovitým rozměrem

Dolní úchylka – algebraický rozdíl mezi dolním mezním rozměrem a jmenovitým rozměrem

Rozměrová tolerance – algebraický rozdíl mezi horním mezním rozměrem a dolním mezním rozměrem (je vždy kladná, nebo teoreticky 0 – v praxi nikdy)

Základní tolerance – každá hodnota tolerance rozměru uvedena tabelárně v soustavě tolerancí a uložení ISO 286

Toleranční pole – prostor vymezený horním a dolním mezním rozměrem. Velikost tolerančního pole je dána velikostí hodnoty tolerance, poloha tolerančního pole je udána vzhledem k nulové čáře základní úchylkou

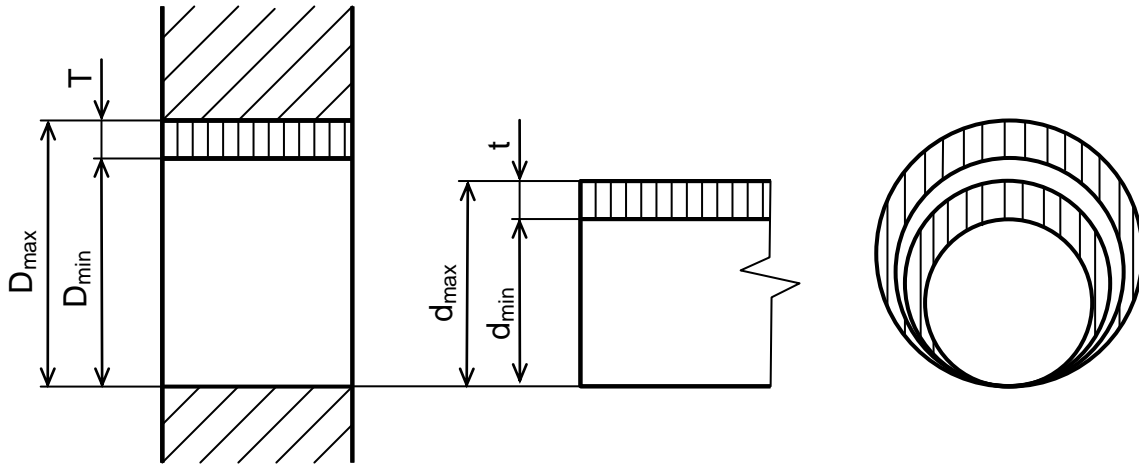
Nulová čára – čára zobrazující jmenovitý rozměr

Základní úchylka – úchylka udávající polohu tolerančního pole

Mez maxima materiálu – ten z mezních rozměrů prvku, při němž má součást největší objem materiálu

Mez minima materiálu – ten z mezních rozměrů prvku, při němž má součást nejmenší objem materiálu

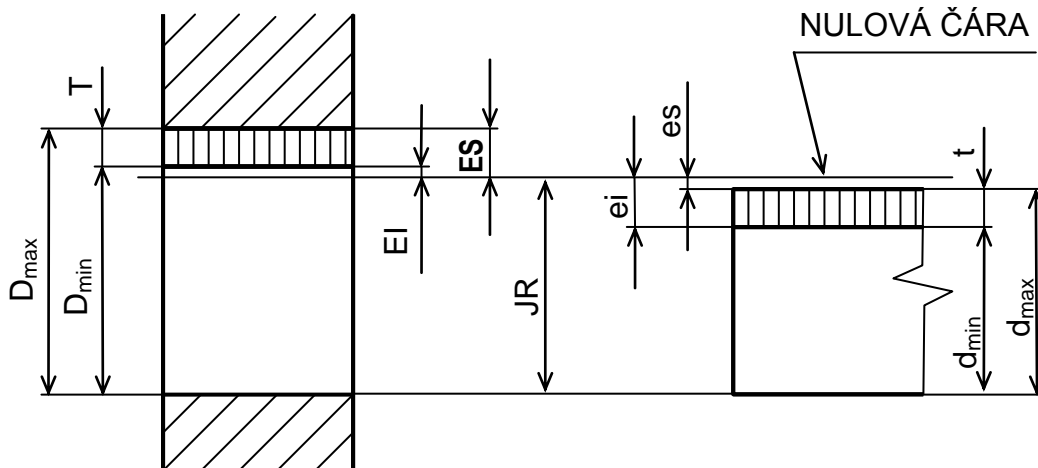
Mezní rozměry a toleranční pole díry a hřídele:



- D_{max} horní mezní rozměr díry
- d_{max} horní mezní rozměr hřídele
- D_{min} dolní mezní rozměr díry
- d_{min} dolní mezní rozměr hřídele
- T tolerance rozměru díry
- t tolerance rozměru hřídele

Mezi maximálním a minimálním rozměrem musí ležet skutečný rozměr součásti. Rozdíl mezi horním mezním rozměrem a dolním mezním rozměrem je dovolená výrobní nepřesnost neboli tolerance rozměru (je vždy kladné číslo).

Mezní úchylky společného jmenovitého rozměru hřídele a díry:



- ES, es horní mezní úchylka
- EI, ei dolní mezní úchylka
- JR jmenovitý rozměr

Tolerance je rozdíl mezi horním a dolním mezním rozměrem, nebo také algebraický rozdíl mezi horní a dolní mezní úchylkou.

$$T = D_{\max} - D_{\min} = | ES - EI |$$

$$ES = D_{\max} - JR$$

$$EI = D_{\min} - JR$$

$$t = d_{\max} - d_{\min} = | ei - es |$$

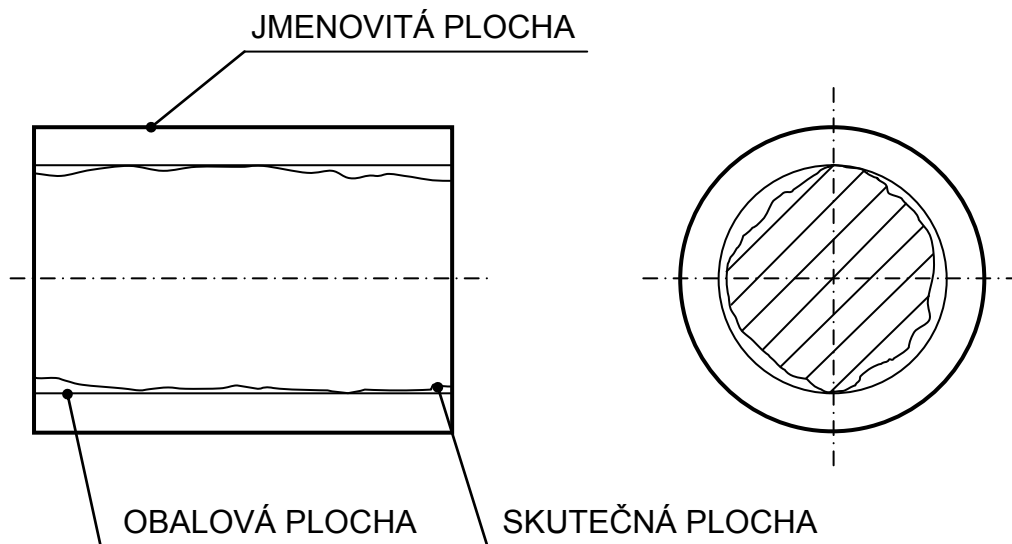
$$es = d_{\max} - JR$$

$$ei = d_{\min} - JR$$

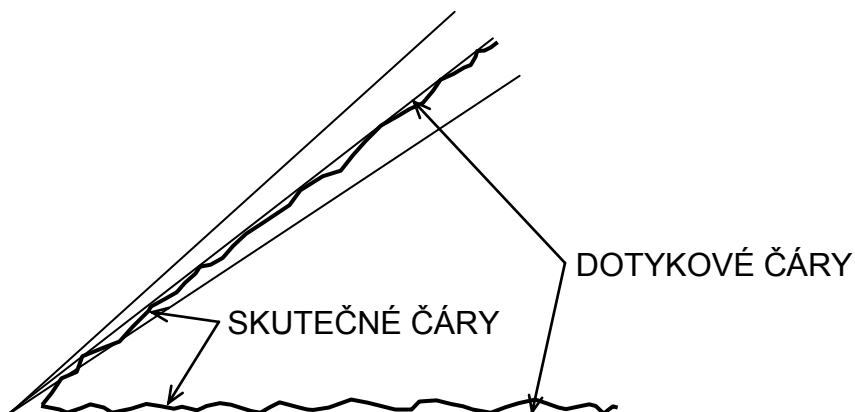
11.1 Tolerance rozměrů

- ◆ délkových
- ◆ úhlových

Mezní úchylky délkových rozměrů – určují pouze skutečné místní rozměry prvku, nikoliv úchylky jeho tvaru.

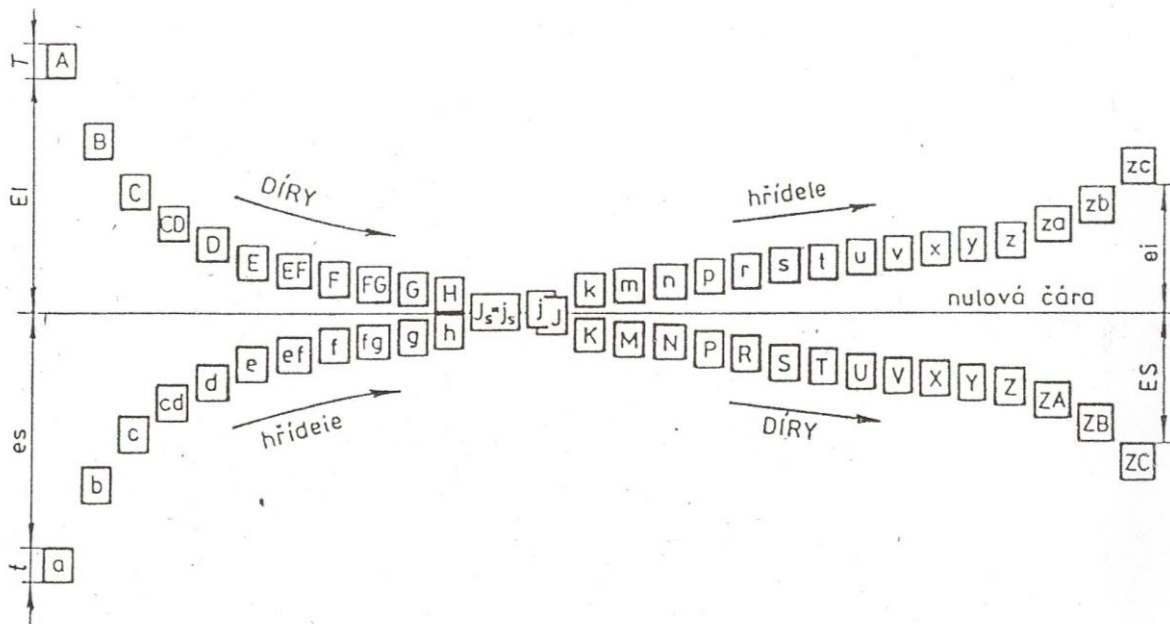


Mezní úchylky úhlových rozměrů – určují obecný směr přímků nebo přímkových prvků, ne úchylky tvaru. Měří se v úhlových jednotkách.



11.2 Poloha tolerančních polí děr a hřídelů

Soustava obsahuje přesně stanovená toleranční pole pro díry a toleranční pole pro hřídele.



Polohy tolerančních polí vzhledem k jmenovitému rozměru se v lícovací soustavě ISO předepisují písmeny malé a velké abecedy. Poloha tolerančních polí děr se označuje písmeny velké abecedy, poloha tolerančních polí hřídelů písmeny malé abecedy.

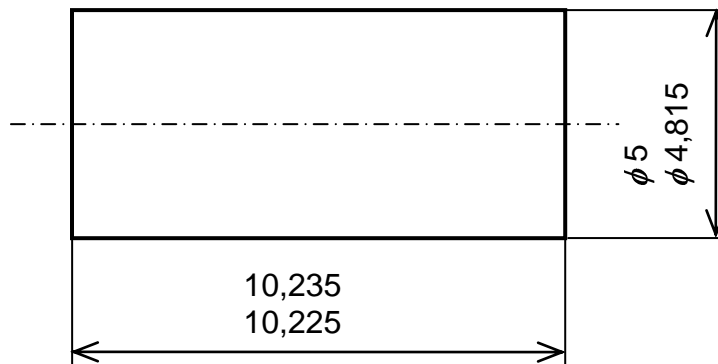
Aby se vyhovělo požadavkům na přesnost výroby, zavádí soustava **20 stupňů přesnosti**, které se označují IT 01, IT 0, IT 1IT 18.

Sdružením písmene určujícího polohu tolerančního pole s číslicí určující toleranční stupeň dostaneme toleranční značku. Např. H7, r5, C8. Př. 80 G7 má toleranci +40 μm , +10 μm , pak jsou mezní rozměry 80,040mm; 80,010 mm.

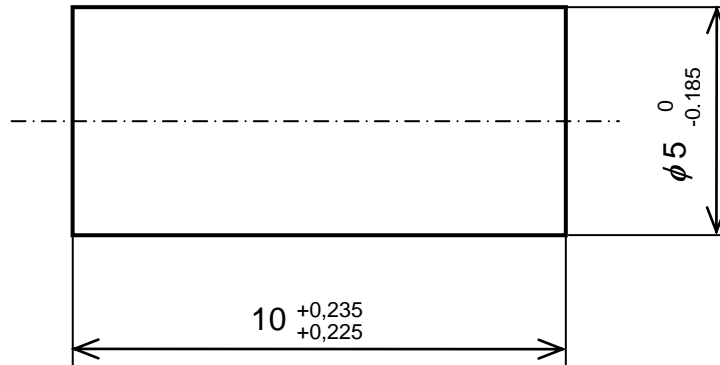
Připojením toleranční značky k jmenovitému rozměru jsou určeny číselně mezní úchytky. Velikosti úchytek pro různé rozměry, stupně přesnosti a jednotlivá písmena (toleranční pole) jsou uvedeny v lícovacích tabulkách.

Předepisování přesnosti délek a průměrů

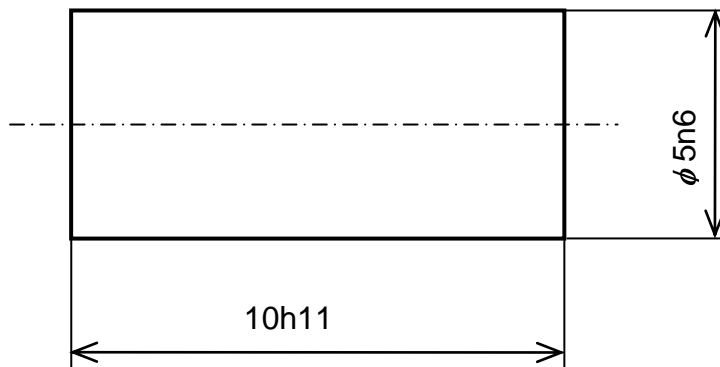
- ❖ předepisování dolního a horního mezního rozměru



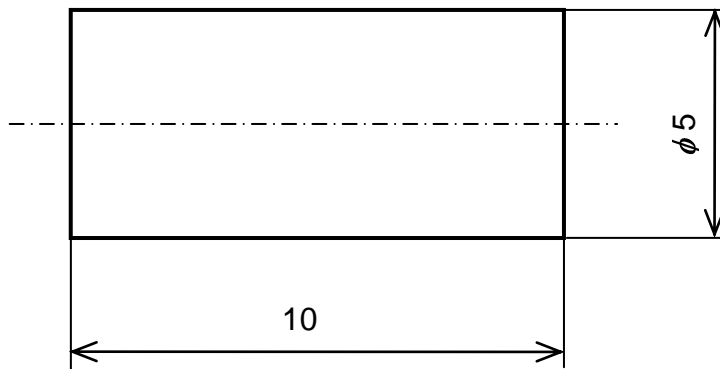
- ❖ předepisování jmenovitého rozměru s mezními úchylkami



- ❖ předepisování jmenovitého rozměru s toleranční značkou podle soustavy tolerancí a uložení ISO



- ❖ užití nepředepsaných mezních úchylek rozměrů



Na výkresu je v popisovém poli uvedeno ISO 2768 – x, kde x představuje jednu ze čtyř tříd přesnosti tříd přesnosti (přesná *f*, střední *m*, hrubá *c*, velmi hrubá *v*), těch rozměrů, které nemají mezní úchytky předepsány individuálně.

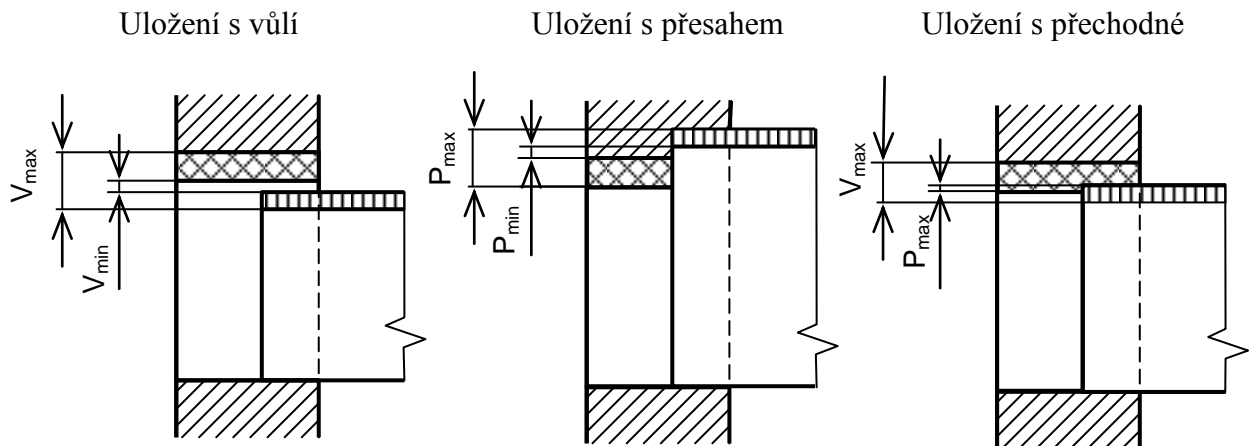
Tabulka nepředepsaných mezních úchylek délkových rozměrů podle ISO 2768-1:

Rozměry a úchytky v milimetrech

Mezní úchytky pro rozsahy jmenovitých rozměrů								
Třída přesnosti	přes 0,05 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
přesná <i>f</i>	±0,05	±0,05	±0,1	±0,15	±0,2	±0,3	±0,5	–
střední <i>m</i>	±0,1	±0,1	±0,2	±0,3	±0,5	±0,8	±1,2	±2
hrubá <i>c</i>	±0,2	±0,3	±0,5	±0,8	±1,2	±2	±3	±4
velmi hrubá <i>v</i>	–	±0,5	±1	±1,5	±2,5	±4	±6	±8

11.3 Hlavní druhy uložení, toleranční soustavy

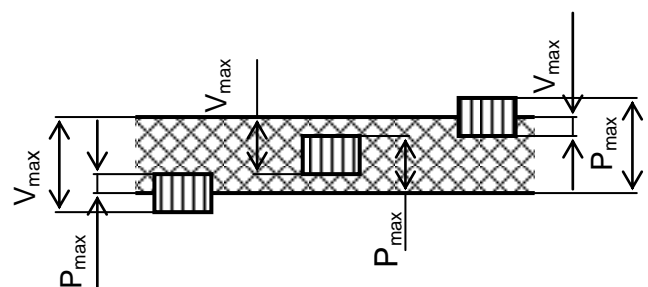
Vzájemný vztah dvou strojních součástí, který si nejnázorněji představíme jako vztah válcového hřídele a díry se nazývá uložení. Jsou-li skutečné rozměry sružených ploch vyrobeny v předepsané toleranci, budou vlastnosti uložení záležet při stejném jmenovitém rozměru zejména na poloze a velikosti jejich rozměrových tolerancí. Podle toho rozlišujeme 3 základní druhy uložení.



Je zaručena určitá vůle mezi vzájemně uloženými součástmi. Počítá se i s případem, že dolní mezní rozměr díry se rovná hornímu meznímu rozměru hřídele.

Je zaručen vždy určitý přesah, který zabezpečuje požadovanou nehybnost (pevnost) spojení. Skutečný rozměr hřídele je vždy větší než skutečný rozměr díry.

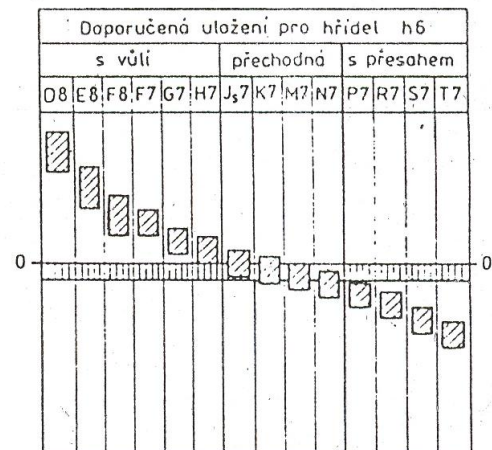
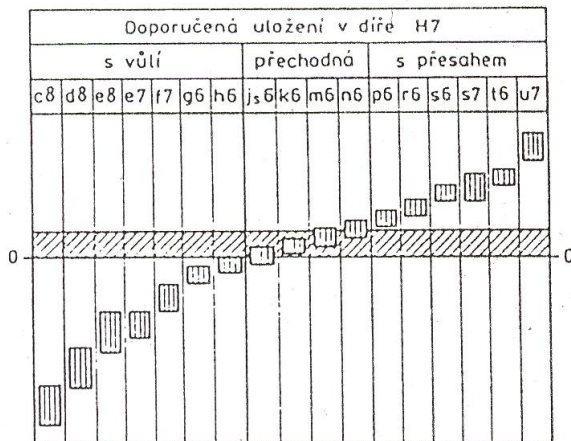
Může nastat jak vůle tak přesah.



11.3.1 Jednotná soustava tolerancí a uložení

Sdružením dvou tolerančních značek pro díru a pro hřídel je předepsáno uložení. Např. H7/p6. Doporučují se dva způsoby sdružování děr a hřídelů, neboli dvě soustavy uložení:

- ♦ uložení v soustavě jednotné díry (dosahuje se různých vůlí a přesahů spojováním různých hřídelů s dírou **H** tj. dírou, která má dolní úchylku nulovou)
- ♦ uložení v soustavě jednotného hřídele (dosahuje se různých vůlí a přesahů spojováním různých děr s hřídelem **h** tj. hřídel, který má horní úchylku nulovou).



Nejčastěji se používá soustava jednotné díry, protože různé velikosti hřídelů se dají snadněji vyrobit než průměr díry.

11.3.2 Příklady obvykle užívaných uložení

Uložení s přesahem:

montáž: lisování velkou silou, většinou i za rozdílných teplot

použití: náboje ozubených a jiných kol na hřídelích, příruby, náboje spojkových kotoučů, ložisková pouzdra

Uložení přechodné:

montáž: lisování malou silou, pryžovou nebo měděnou palicí, zatlačení rukou

použití: kotvy elektromotorů na hřídeli, věnce ozubených kol, licované šrouby, demontovatelná uložení nábojů ozubených kol, řemenic, ručních kol a pák, lehce rozebíratelná uložení např. nábojů ozubených kol, řemenic, pouzder

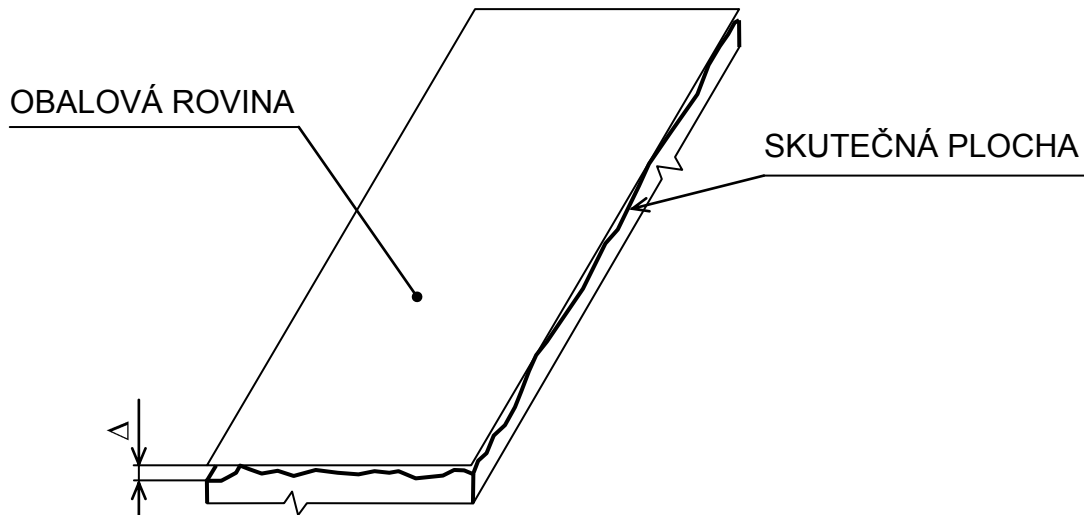
Uložení s vůlí:

montáž: nasunutím bez použití větší síly, součásti se dají posouvat rukou, podle použitých tolerancí jsou součásti běžně smontovatelné bez znatelné vůle, se znatelnou vůlí, s větší vůlí, s velkou vůlí nebo s maximální vůlí

použití: výměnná kola, stavěcí kroužky, válcová vedení, snadno smontovatelné díly, např. rozpěrné kroužky, posuvná kola a spojkové kotouče, tyče posuvné v ložiskách, hlavní uložení výrobních strojů, uložení posuvných tyčí, uložení zalomených hřídelů, uložení dlouhých hřídelů (např. u zemědělských strojů), vícekrát uložené hřídele výrobních a pístových strojů, hřídele z ocelových tažených tyčí kruhových, otočné čepy, západky, vidlicové šrouby brzdových táhel a také uložení součástí určených ke svaření

11.4 Geometrická tolerance












Mezní úchytky rozměrů se předepisují k přesným geometrickým tvarům součástí. Skutečně vyrobené součásti však nemají přesný geometrický tvar, stejně jako nemají absolutně přesné rozměry. Proto je třeba tolerovat i geometrický tvar a polohu ploch součástí.



Skutečná plocha	- plocha ohraničující součást a odděluje ji od okolního prostředí
Jmenovitá plocha	- ideální plocha, jejíž jmenovitý tvar je určen výkresem nebo jinou technickou dokumentací
Obalová plocha	- má tvar jmenovité plochy, dotýká se skutečné plochy, leží vně materiálu součásti
Úchylka tvaru skutečné plochy od tvaru jmenovité plochy (Δ)	- vyjadřuje největší vzdálenost bodů skutečné plochy od obalové plochy, ve směru normály k obalové ploše
Tolerance tvaru	- největší dovolená hodnota úchytky tvaru
Úchytky polohy	- vzdálenosti vyjadřující polohu posuzované plochy nebo čáry vzhledem k její jmenovité poloze, která se určí jmenovitými délkovými příp. úhlovými rozměry vzhledem ke zvoleným základnám

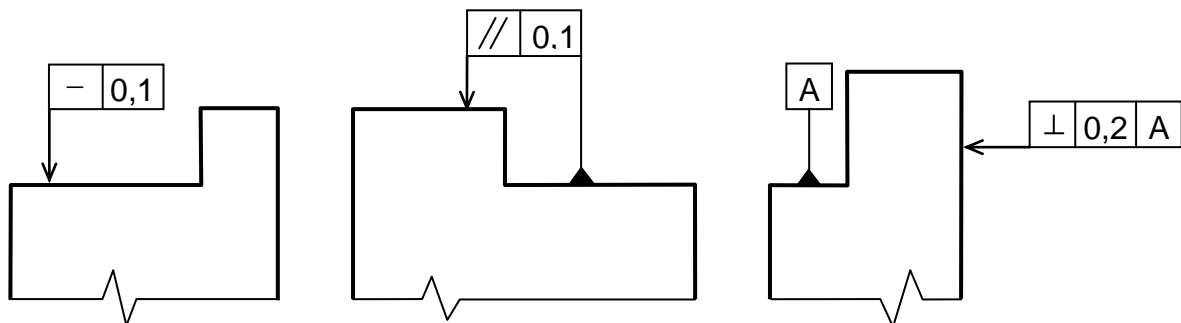
Tolerance tvaru a polohy se předepisují na výkrese stanoveným označením, ale jen tehdy, je-li to nutné z funkčních nebo technologických důvodů.

Značky pro úchytky tvaru a polohy:

tolerance tvaru	tolerance přímosti	-
	tolerance rovinnosti	
	tolerance kruhovitosti	
	tolerance válcovitosti	
	tolerance profilu podélného řezu	=
tolerance polohy	tolerance rovnoběžnosti	//
	tolerance kolmosti	
	tolerance sklonu	
	tolerance souososti	
	tolerance souměrnosti	
	tolerance jmenovité polohy prvku	
	tolerance různoběžnosti os	×
souhrnné tolerance tvaru a polohy	tolerance obvodového házení tolerance čelního házení tolerance házení v daném směru	
	tolerance úplného obvodového házení tolerance úplného čelního házení	
	tolerance tvaru daného profilu tolerance tvaru dané plochy	

Značka a číselná hodnota tolerance, případně označení základny se zapisují do tolerančního rámečku, rozděleného na 2 nebo 3 pole: značka tolerance, číselná hodnota tolerance v mm, označení základny písmenem. Toleranční rámeček se spojuje pomocí čáry zakončené šipkou s obrysovou čarou, přičemž šipka musí směřovat k obrysové čáře tolerovaného prvku ve směru měřené úchytky.

Značení tolerancí tvaru a polohy na výkrese:

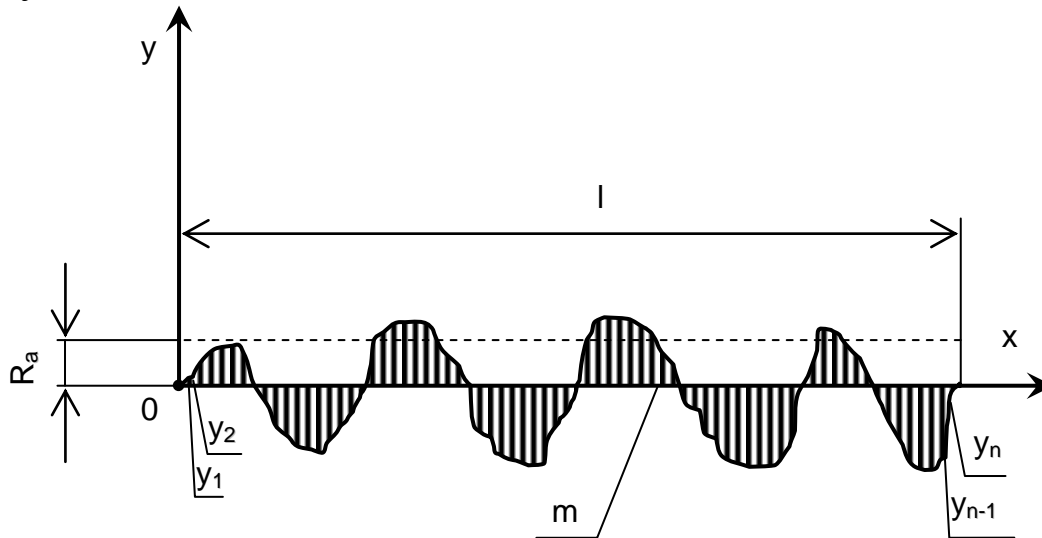


11.5 Drsnost povrchu

Skutečný povrch součásti je vrstva, která ohraničuje součást a odděluje ji od okolí. Tato vrstva se liší od ideálního povrchu různými nerovnostmi. **Drsností povrchu** rozumíme část geometrických nerovností s poměrně malou vzdáleností sousedních nerovností. Tyto geometrické nerovnosti jsou způsobeny stopami nástrojů při třískovém obrábění nebo jinými vlivy při zhotovování konečného tvaru povrchu součásti – lití, lisování atd.

Základní charakteristikou drsnosti povrchu je střední aritmetická úchylka profilu R_a tj. střední aritmetická hodnota absolutních hodnot úchylek y_i profilu v rozsahu základní délky l .

Absolutní hodnoty úchylek se odečítají ke střední aritmetické čáře profilu m , která rozděluje skutečný profil tak, že v rozsahu základní délky jsou součty ploch po obou jejích stranách stejné.



m – střední čára profilu

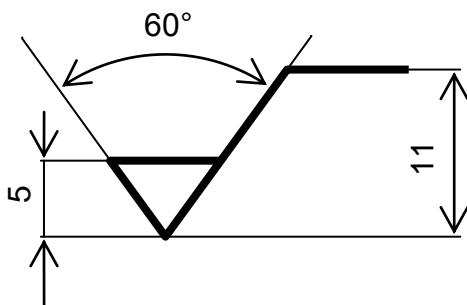
R_a – střední aritmetická úchylka profilu

y_i – hodnota úchylky i-tého bodu profilu od střední čáry profilu

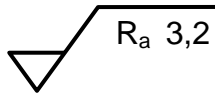
$$R_a = \frac{|y_1| + |y_2| + \dots + |y_n|}{n} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |y_i|$$

Na výrobních výkresech se předepisuje drsnost povrchu číselnou hodnotou střední aritmetické úchylky profilu R_a v μm .

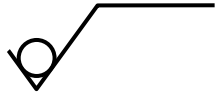
Grafická značka drsnosti má normou stanovenou velikost, prakticky se kreslí tak, aby odpovídala svými rozměry ostatním grafickým prvkům na výkrese.



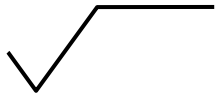
Délka vodorovného praporku se volí podle potřeby.



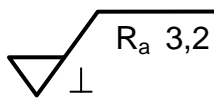
značka pro předepsání drsnosti obrobeného povrchu



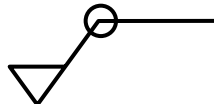
značka pro předepsání drsnosti neobrobeného povrchu vyrobeného odléváním, kováním, válcováním



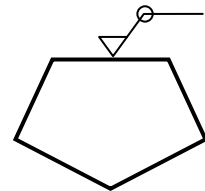
značka pro předepsání drsnosti povrchu vyrobeného libovolným způsobem výroby



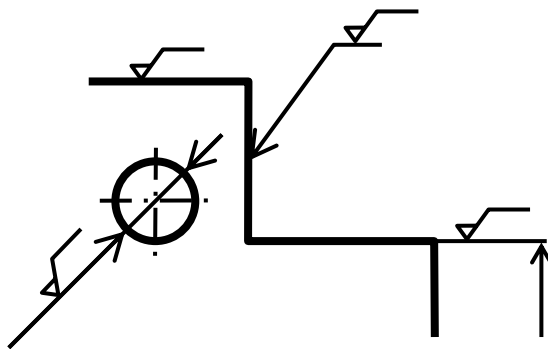
značka pro předepsání drsnosti obrobeného povrchu se značkou pro směr stop po nástroji na povrchu



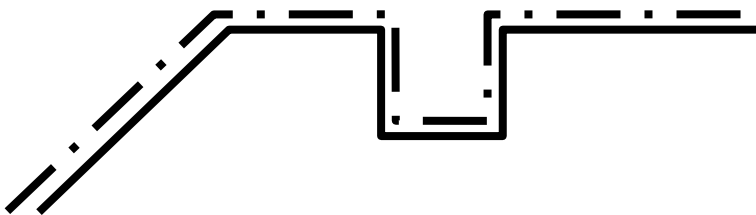
značka pro předepsání drsnosti obrobeného povrchu pro stejnou drsnost ploch po nesouvislém obvodu



Značky drsnosti se kreslí plnou tenkou čarou (plnou čarou stejné tloušťky jako kóty). Značky drsnosti lze umístit na obrysové čáře, pomocné čáře, kótovací čáře, na praporek odkazové čáry.



Drsnost složitého profilu se předepíše na čerchované čáře, která tento obrys kopíruje.



Značky pro směr stop po nástroji na povrchu:

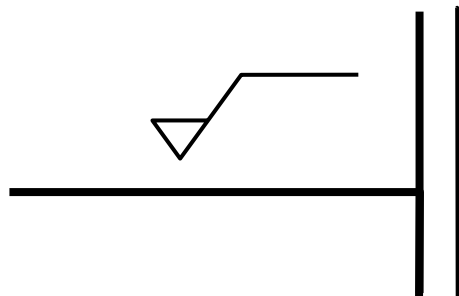
≡	stopy rovnoběžné s delší stranou plochy
⊥	stopy kolmé na delší stranu plochy
×	stopy křížové, na sebe kolmé
R	stopy radiální (dostředné)
P	stopy bodové nepravidelné
C	stopy kruhové centrické

Hodnoty drsností povrchu jsou udávány v číselné řadě v μm : 0,012; 0,025; 0,05; 0,1; 0,2; 0,4; 0,8; 1,6; 3,2; 6,3; 12,5; 25; 50; 100; 200; 400.

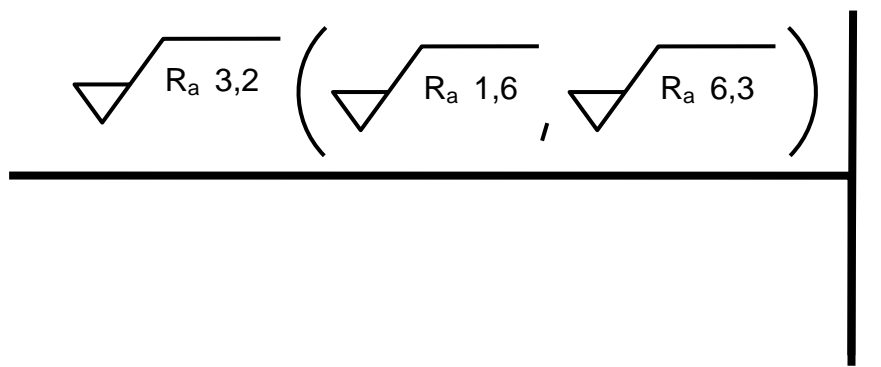
Hodnoty drsnosti dosažené jednotlivými druhy výroby:

broušení	0,012 – 0,4
honování a superfinišování	0,012 – 0,1
lapování	0,05 – 0,1
soustružení	0,2 – 1,6
hoblování	1,6 – 3,2
vrtání, vyvrtávání	0,4 – 1,6
frézování	0,8 – 3,2
volné kování	50 – 400
odlévání, zápusťkové kování	12,5 – 50
hrubé odlévání	100 – 400

Jestli-že mají mít všechny plochy předmětu stejnou drsnost povrchu, je účelné umístit značky drsnosti nad popisové pole, v obraze se již nekreslí.



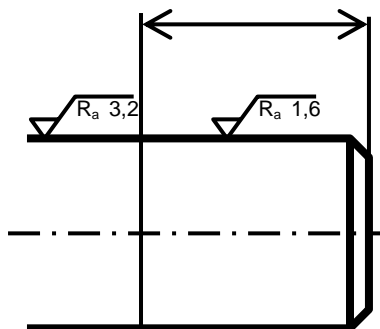
Jestli-že je na výkrese několik ploch se stejnou drsností a kromě toho plochy s jinými drsnostmi, pak není nutno plochy se stejnou hodnotou drsnosti na výkrese označovat a tato značka se uvede jako první opět nad popisové pole výkresu, za ní budou značky drsnosti všech dalších povrchů v závorce.



Jsou-li na předmětu plochy, jejichž drsnost se nestanoví, nelze označení nad popisovým polem výkresu použít.

U prvků, které se na výkrese opakují (díry, zuby, drážky,....) se drsnost předepisuje jen jednou.

Má-li být na různých částech téhož povrchu různá drsnost, je třeba označit hranice jednotlivých úseků tenkou plnou čarou.



Označení drsnosti funkčních ploch ozubených kol, evolventních drážek,....., jejichž profil není zobrazen, se umísťuje na čaru roztečné plochy.

