

Čtení výkresové dokumentace pro  
pracovníky ve strojírenství – **GD&T**  
(**G**eometric **D**imensioning and **T**olerancing)

Studijní materiál

# I. KAPITOLA 1

## 1. Normalizace technických výkresů

Výhody normalizace:

- umožňuje sériovou, hromadnou a plynulou výrobu a tím výrobu zrychluje a zlevňuje;
- z hospodárňuje výrobu a tím snižuje ceny výrobků;
- zjednodušuje a urychluje práci konstruktéra, zvyšuje produktivitu práce;
- umožňuje snazší a rychlejší výměnu opotřebovaných nebo poškozených normalizovaných součástí;
- zmenšuje potřebu skladů náhradních součástí a polotovarů;

Druhy norem:

- Mezinárodní normy ISO (International Organization for Standardization)
- Evropské normy EN pro potřebu zemí EU
- České technické normy ČSN
- Oborové normy ON
- Podnikové normy PN

Základní oblasti norem ISO GPS (rozměrové a geometrické specifikace produktu):

- Normy všeobecných a teoretických požadavků,
- Normy tolerancí rozměrových a geometrických (nezávislých a závislých) pro součásti:
  - obráběné (tolerance všeobecné, individuální, lícování apod.),
  - tvarované (tolerance odlítků, výlisků, výkovků apod.),
- Normy textury povrchu: profilová a plošná metoda (drsnot, vlnitost),
- Normy metrologických požadavků pro:
  - měřící zařízení (souřadnicové měřící stroje, ruční měřidla apod.),
  - měřící postupy, oblast nejistot,
  - filtry, filtrace.

Základní definice:

- **Normativní dokument** obsahuje směrnice pro činnost zúčastněných subjektů.  
Do normativních dokumentů patří:
  - Normy.
  - Technické specifikace.
  - Předpisy a pravidla pro postup.
- **Norma** je dokument, který vznikl na základě shody zúčastněných subjektů a je schválený uznávaným orgánem. Stanovuje pravidla činností a je zaměřený na dosažení optimálního

uspořádání.

## 2. Druhy technických dokumentů ve strojírenství podle norem ISO

Výkres:

- a) Výkres součásti – zobrazuje samostatnou součást, která nemůže být dále demontována.  
*Zobrazuje součást podle zásad technického kreslení, určuje rozměry, tolerance a jakost povrchu. Dále specifikuje materiál součásti s požadavky na tepelné zpracování a povrchovou úpravu. Uvádí způsob výroby (obrobek, výkovek, odlitek) a další údaje potřebné ke kompletnímu zhotovení součásti.*  
Uvedené údaje se zobrazují přímo v obraze nebo v popisovém poli výkresu a rohovém razítku.
- b) Výkres sestavy – je výkres montážního kompletu sestaveného z výkresů součástí, výkresů podsestav, výkresů konstrukcí, polotovarů a nakupovaných dílů. Je doplněn seznamem částí.
- c) Výkres podsestavy – nižší stupeň výkresu sestavy zobrazující montážní podskupinu.
- d) Výkres konstrukce – výkres součásti vytvořené z trvale spojených částí npř. svařením. Součást musí být plně specifikována (svary, obrábění atd.) a doplněna seznamem částí.
- e) Obrysový výkres – výkres určující vnější rozměry a rozložení hmotnosti výrobku. Slouží pro balení, transport a instalaci výrobku.

Model (třírozměrný fyzický nebo digitální obraz jmenovitého tvaru výrobku):

- a) Model součásti (konstrukce) – 3D zobrazení součásti ve skutečných (nebo poměrových) rozměrech.
- b) Model montáže – 3D zobrazení montované sestavy obvykle s označením jednotlivých dílů.
- c) Model instalace – zobrazení celého místa (okolí) instalace, bývá obvykle doplněn postupem instalace.
- d) Kolizní model – zobrazení prostorových dispozic a určení míst možných kolizí sousedících částí.

Schéma (poskytuje přehled a propojení objektů):

- a) Schéma blokové – zobrazuje propojení objektů včetně zpětných vazeb pomocí blokových značek.
- b) Schéma obvodové – zobrazuje propojení obvodů pomocí grafických značek. Obvyklé použití v elektrotechnice.
- c) Funkční schéma – zobrazuje propojení jednotlivých prvků pomocí grafických značek. Obvyklé použití v hydraulice.
- d) Síťové schéma - zobrazuje propojení mezi různými druhy funkčních schémat. Používá se např. ve stavebnictví pro společné zobrazení rozvodů el. energie, vzduchu, vody, odpadů apod. v budově.

Textový dokument (technický dokument, který je tvořen slovním zpracováním a může obsahovat vysvětlující nákresy):

- a) Technická specifikace – obsahuje požadavky na produkt a jejich ověření po zhotovení.
- b) Specifikace požadavků – stanovuje požadavky zákazníků a správních orgánů na produkt.
- c) Specifikace zkoušek - popisuje provedení zkoušek včetně použitých zkušebních zařízení.

- d) Výpočtový list – dokumentuje výpočty související se zhotoveným produktem.
- e) Montážní instrukce – stanovuje postup technologii montáže celku.

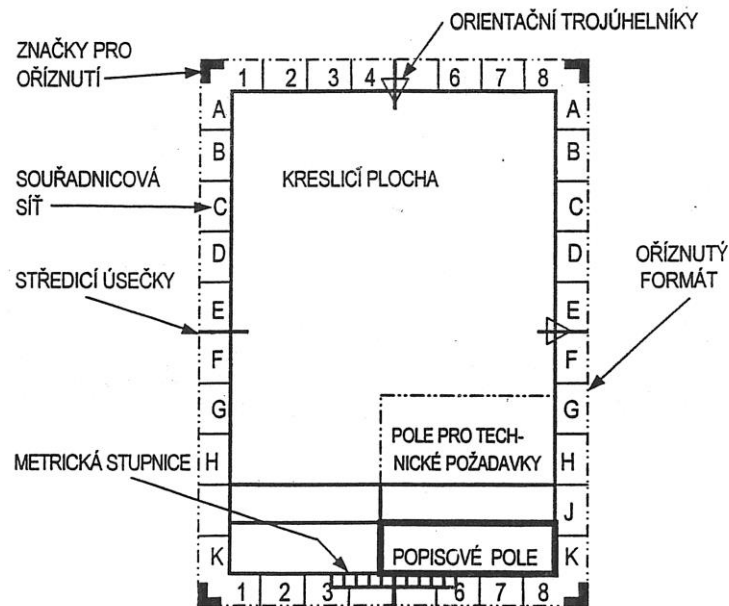
Další dokumenty:

- a) Grafy – pomocí pravoúhlých os zobrazují vztah dvou veličin. Ve strojírenství používané jsou grafy funkcí, nomogramy, sloupcové grafy.
- b) Seznamy – specifikace položek. Příkladem je kusovník na výkrese sestavy, který specifikuje název dílů, jejich počet a umožňuje jejich identifikaci.

### 3. Formáty a úprava výkresů

Stanovuje mezinárodní norma ČSN ISO 5457 (01 3110) a to jak formáty, tak úpravu výkresových listů. Stanovuje tyto úpravy technických výkresů:

- umístění popisového pole výkresu,
- lem a rámeček kreslicího pole,
- středící značky a doporučuje zavést:
  - orientační značky,
  - metrickou porovnávací stupnici (porovnávací měřítko),
  - souřadnicovou síť,
  - značky pro oříznutí formátu.



Obr. 1: Úprava výkresového listu

Formáty řady ISO-A jsou odvozeny od formátu A0, který má plošný obsah  $1\text{m}^2$  a délku strany v poměru 1:√2, tj. 841 x 1 189 mm. Menší formáty vzniknou z formátu A0 rozpůlením delší strany obdélníku.

Tabulka Formáty řady ISO-A.

Tabulka 1: Formáty řady ISO-A

Označení	Rozměry (mm)
A0	841 x 1 189
A1	594 x 841
A2	420 x 594
A3	297 x 420
A4	210 x 297

## 4. Měřítka

Měřítka udávají poměr velikosti rozměru na výkrese k rozměrům skutečným. Jejich velikost a způsob zapisování na všech druzích technických výkresů se volí podle:

- účelu a obsahu výkresu,
- složitosti a hustoty kresby zobrazeného předmětu,
- požadavků na čitelnost a přesnost kresby.

Tabulka 2: Druhy měřítek




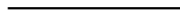
Skutečná velikost	Měřítka zmenšení	Měřítka zvětšení
1:1	1:2, 1:5, 1:10, 1:20, 1:50, 1:100	2:1, 5:1, 10:1, 20:1, 50:1

## 5. Druhy čar a jejich použití

Pro zobrazování se používají tyto druhy čar:

- a) plné čáry – čáry plynulé (nepřerušované),
- b) přerušované čáry- to jsou čáry, u kterých se pravidelně opakují stejné obrazové prvky (čárkovaná, tečkovaná, čerchovaná, čerchovaná se dvěma tečkami)

Podle vzájemného poměru tlouštěk dělíme čáry na **tenké, tlusté a velmi tlusté**.

	plná tlustá	viditelné obrysové hrany
	čárkovaná tenká	neviditelné hrany
	čerchovaná tenká	osy rotace a souměrnosti
	plná tenká	šrafování, vynášecí a kótovací čáry

## 6. Popisování výkresů

Výkresy se popisují písmeny velké abecedy s arabskými číslicemi. Výjimkou je psaní měřících jednotek (např. kg, mm), kde se použijí písmena malé abecedy.

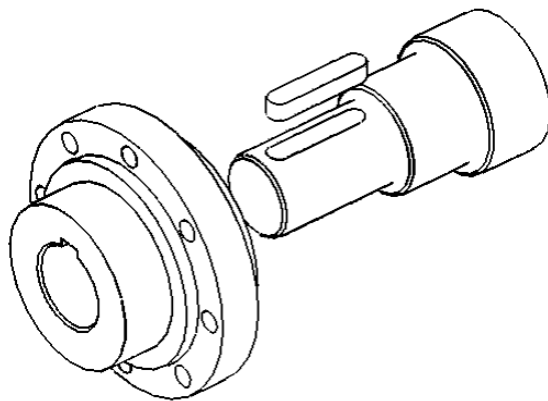
Výška písma se v závislosti na složitosti a velikosti výkresu volí zpravidla 3,5; 5; 7; 10; 14 mm. Tloušťka čáry, kterou se písmo kreslí, bývá 0,1 jeho výšky.

## II. KAPITOLA 2

### A. Názorné zobrazování

#### 1. Axonometrické (kosoúhlé) promítání

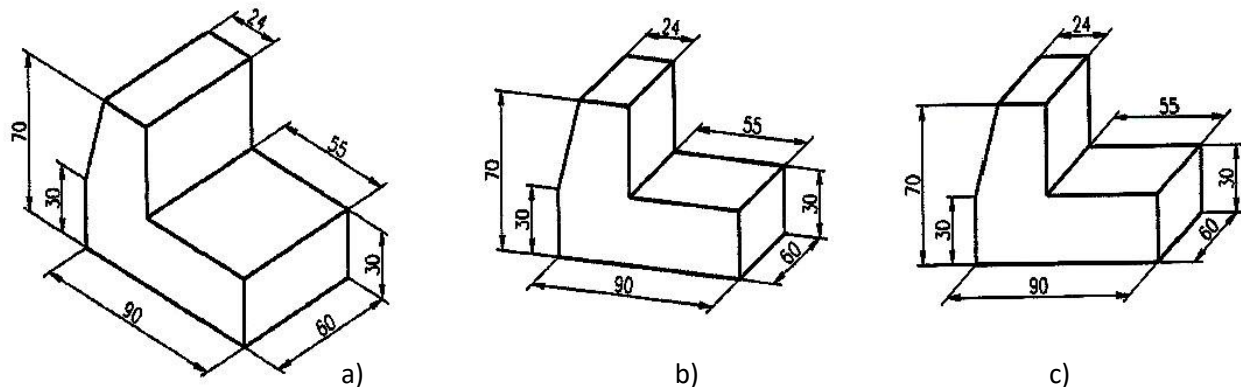
Při tomto způsobu zobrazování se snažíme zachytit obraz součásti tak, jak ji spatříme při běžném pohledu. Nevýhodou je zkracování délek a úhlů, naopak předností je vysoká názornost (Obr. 2).



Obr. 2: Axonometrické promítání

Doporučené metody axonometrického zobrazení na technických výkresech jsou:

1. Technická izometrie („izometrická axonometrie“) – všechny tři osy svírají úhel  $120^\circ$  a všechny délky se nanášejí ve stejném měřítku, tedy  $1 : 1 : 1$  (Obr. 3 a)).
2. Technická dimetrie („dimetrická axonometrie“) – úhel mezi osami  $x$  a  $y$  je větší než  $120^\circ$  a zbývající dva úhly jsou menší, délky se nanášejí například v měřítku  $1 : 0,5 : 1$ , takže v takovém případě je rozměr ve směru osy  $y$  zkrácen na polovinu (Obr. 3 b)).
3. Kosoúhlá dimetrie (kavalírní axonometrie, kabinetní axonometrie, planimetrie) – v kabinetní axonometrii je průmětna je obvykle svislá a průměty os  $x$  a  $y$  svírají úhel  $45^\circ$  (nebo  $135^\circ$ ). Délky ve směru os  $x$  a  $z$  se nezkracují, ve směru třetí osy se zkracují na polovinu (Obr. 3 c)).
4. Kosoúhlá trimetrie - každý z úhlů je jiný a délky se nanášejí na osy v různých měřítkách, například  $0,9 : 0,5 : 1$ .



Obr. 3: a) Technická izometrie, b) technická dimetrie, c) kosoúhlá dimetrie

#### Pravidla pro axonometrické zobrazování:

- poloha souřadných os se volí taková, aby jedna z nich (obvykle osa z) byla svislá;
- zobrazovaný předmět je umístěn tak, aby hlavní obraz (např. průčelí) předmětu, osy ap. byly rovnoběžné se souřadnými rovinami;
- předmět má být orientován tak, aby hlavní obraz odpovídal zvolenému hlavnímu obrazu při zobrazení předmětu v pravouhlém promítání;
- pokud to není nezbytné, nezobrazují se na výkrese osy ani stopy rovin souměrnosti předmětu;
- zakryté obrysy a hrany se nezobrazují, není-li to nutné;
- plochy v řezu se šrafuji tenkými souvislými čarami přednostně se sklonem  $45^\circ$  k osám nebo k obrysovým čarám obrazů řezů nebo průřezů;
- plochy rovnoběžné se souřadnými rovinami se šrafuji rovnoběžně se souřadnými osami.

## B. Technické zobrazování

### 2. Pravoúhlé promítání na několik průmětů

Jedná se o nerozšířenější způsob zobrazování ve strojnickém kreslení.

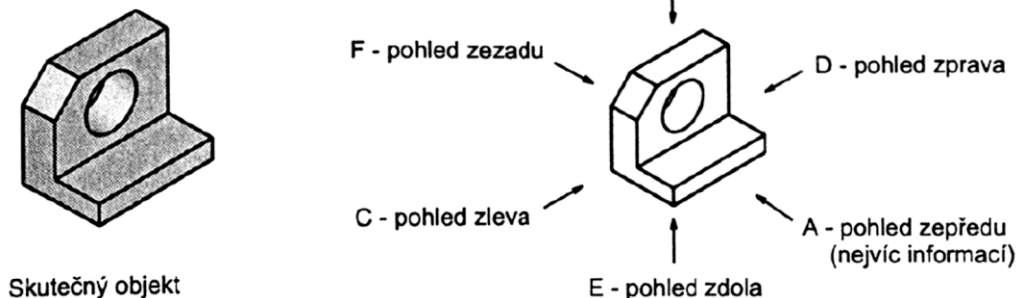
Promítáme na tři až šest navzájem kolmých průmětů, které můžeme považovat za tři až šest stěn krychle.

Pravoúhlé promítání (Mongeovo promítání) je rovnoběžné promítání, jehož směr svírá s průmětnou pravý úhel ( $90^\circ$ ). Obrazy získané pravoúhlým promítáním jsou dvourozměrné, systematicky umístěné ve vzájemném vztahu. V praxi se užívá promítání na několik navzájem kolmých hlavních průmětů (obvykle na tři), popř. na další pomocné průmětny. Počet použitých průmětů, včetně pomocných, je závislý na složitosti zobrazovaného předmětu. Optimální počet obrazů se volí takový, při němž je předmět zcela určený, a jeho tvary jsou dostatečně jasné.

Předmět se může zobrazit až v šesti hlavních obrazech uvedených v pořadí priority v obrázku 3. Za hlavní obraz ("pohled zepředu") se volí takový obraz, který obsahuje nejvíce informací.

Poznámka: Pod pojem "pohled" se pro účely výkladu promítání zahrnují i pohledy na řezy nebo průřezy (viz dále).

### Pohledy na objekt

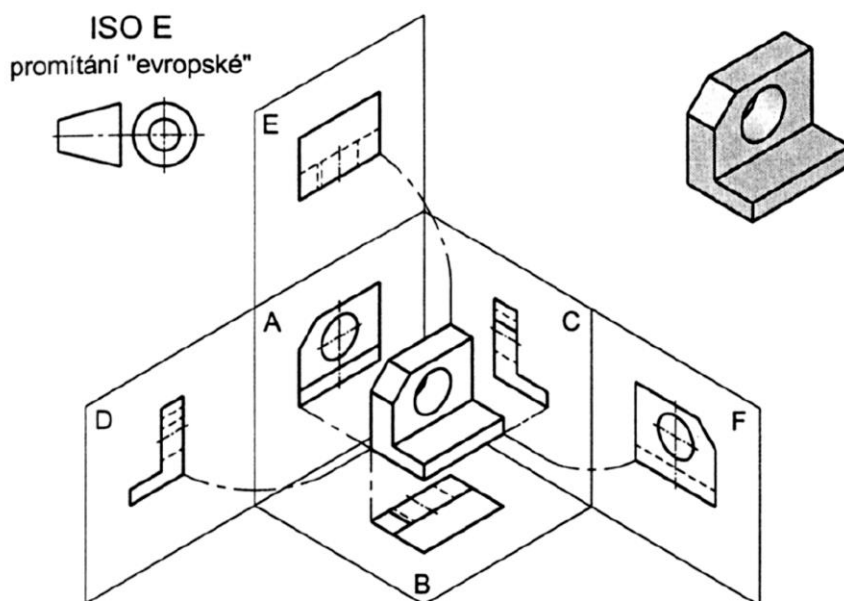


Skutečný objekt

Obr. 4: Označení a pojmenování pohledů

### Metoda promítání v 1. kvadrantu (metoda 1)

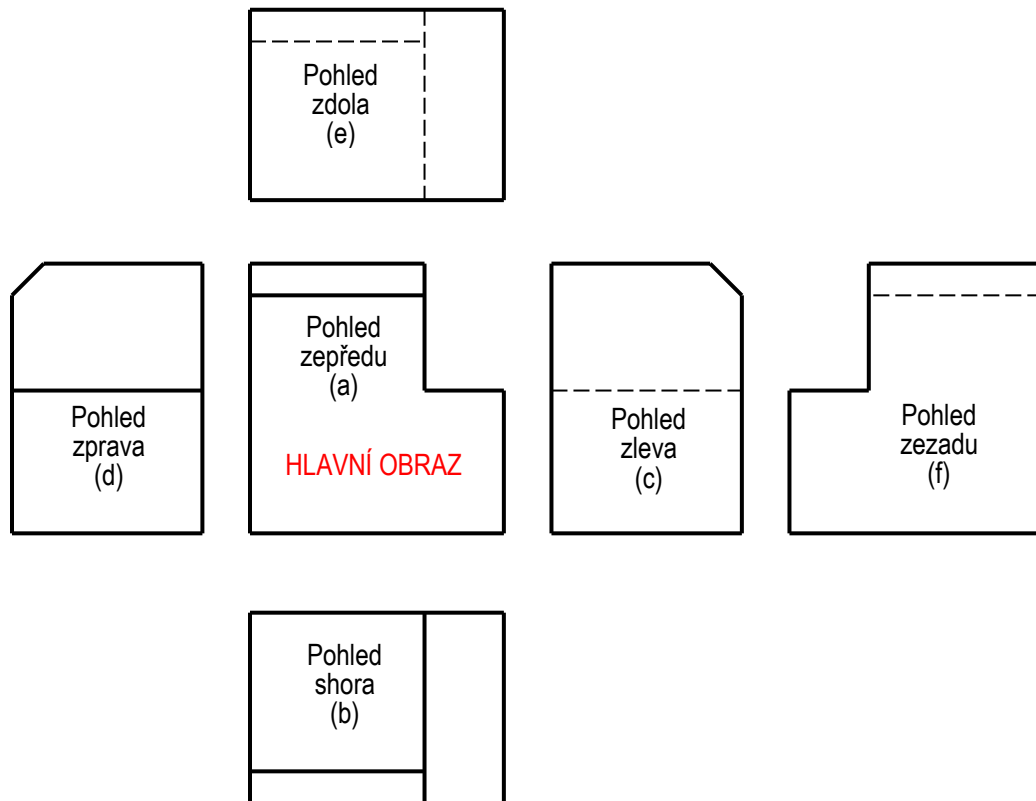
Promítání v 1. kvadrantu je způsob pravoúhlého promítání, při němž je zobrazovaný předmět umístěn mezi pozorovatelem a průmětnami (Obr. 5).



Obr. 5: Promítání – metoda 1

Poznámka: Tento způsob promítání byl původně nazýván „evropským“ a označován ISO E. Mezinárodní i naše norma tento způsob promítání označuje pojmem „metoda 1“.

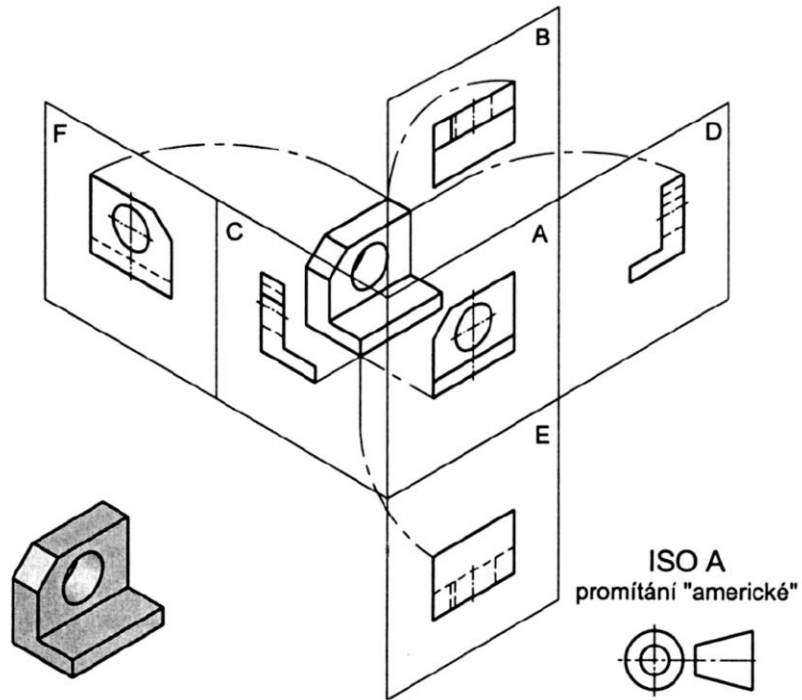
Umístění sdružených obrazů na kreslicí ploše výkresu vzhledem k hlavnímu obrazu při promítání metodou 1. kvadrantu ukazuje Obr. 6.



Obr. 6: Umístění obrazů vzhledem k hlavnímu obrazu při metodě 1

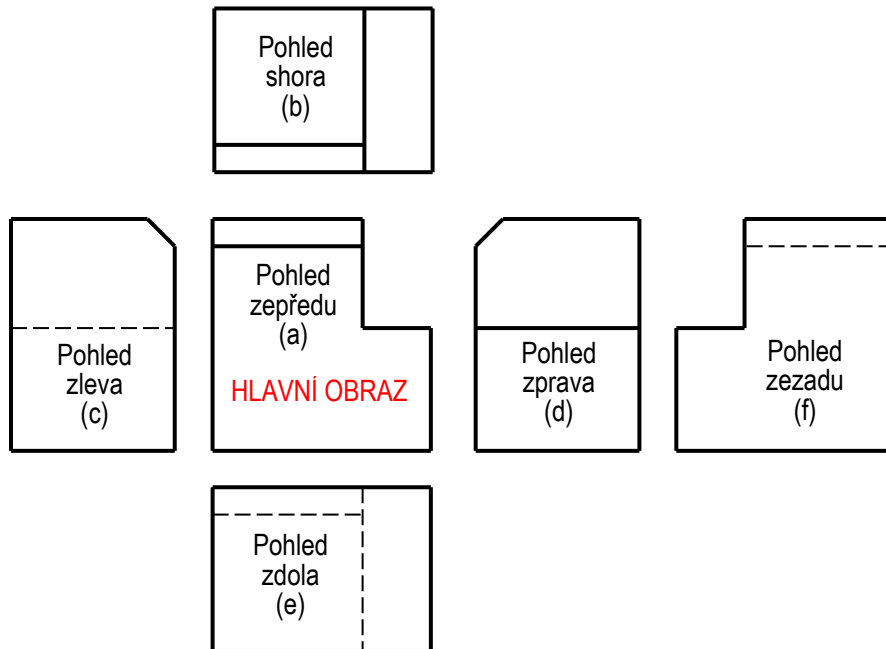
### Metoda promítání ve 3. kvadrantu (metoda 3)

Promítání ve 3. kvadrantu je způsob pravoúhlého promítání, při němž je zobrazovaný předmět umístěn (pro pozorovatele) za průmětnami (Obr. 7).



Obr. 7: Promítání – metoda 3

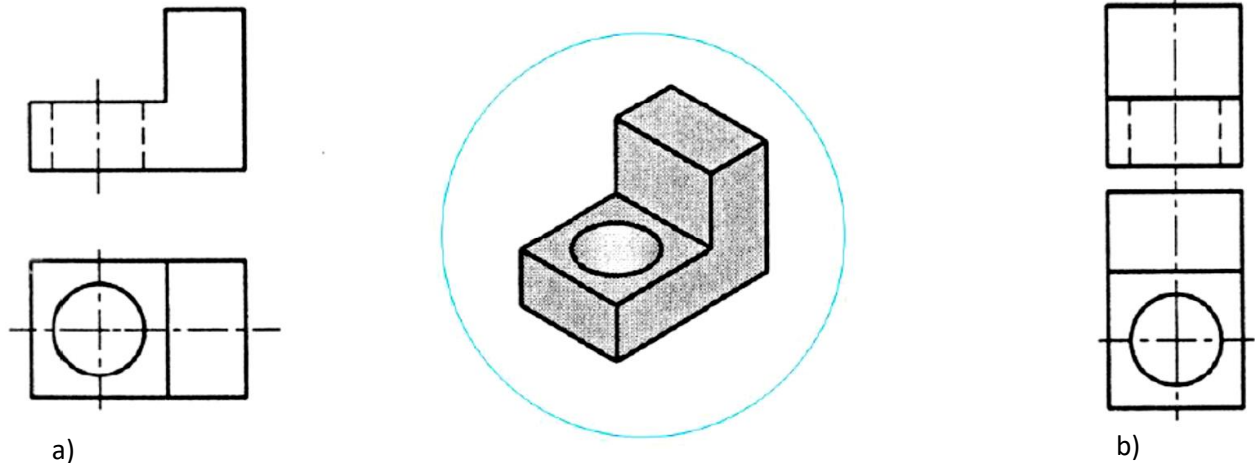
Umístění sdružených obrazů na kreslicí ploše výkresu vzhledem k hlavnímu obrazu při promítání metodou 1. kvadrantu ukazuje Obr. 8.



Obr. 8: Umístění obrazů vzhledem k hlavnímu obrazu při metodě 1

*Poznámka: Tento způsob promítání byl původně nazýván "americkým" a označován ISO A. Mezinárodní i naše norma tento způsob promítání označuje pojmem „metoda 3“.*

### Volba pohledů na objekt



Obr. 9: Volba pohledů: a) Vhodná volba, b) nevhodná volba

### Pravidla:

- Pohled zezadu můžeme umístit úplně vpravo, nebo úplně vlevo vedle pohledu zprava
- Pokud na výkresové ploše není dostatek místa, lze sružené pohledy umístit i na jiném místě výkresu, případně jiném listu.  
Takové obrazy musím náležitě označit, aby bylo jasné, o jaký obraz se jedná.  
Tyto obrazy mohou být posunuty, nebo posunuty a otočeny.
- Velmi používaná kombinace sružených obrazů je kombinace pohled zepředu, pohled shora a pohled zleva.
- Při volbě počtu obrazů je nutné zvážit optimální počet pro plné zobrazování objektů
- Viditelné obrysy se kreslí souvislou tlustou čarou.
- Zakryté obrysy a hrany se kreslí tenkou čárkovanou čarou a to jen tehdy, je-li jejich zakreslení funkční (zmenšení počtu obrazů předmětu, zvýšení názornosti zobrazení, definování tvaru předmětu apod.).

### Tvary a rozměry značek metod promítání

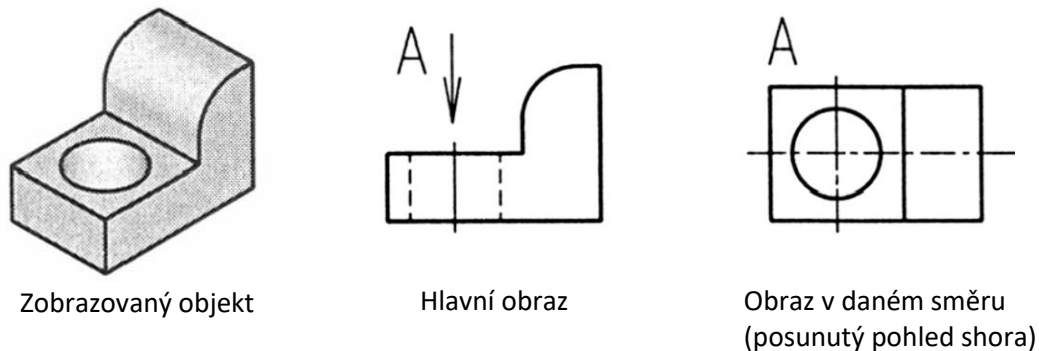
Značka metody promítání (obr. 10) se umísťuje na výkresu v popisovém poli nebo v jeho blízkosti v případě, že by mohlo dojít k nejasnostem při výkladu použité metody promítání.



Obr. 10: Značky metod promítání

### Metoda promítání v daném směru

Jestliže není možné umístit obrazy na kreslicí ploše podle pravidel sdružování obrazů metodou promítání 1 nebo 3, umístí se obrazy posunuté na vhodné místo, popř. na další list a označí se písmeny velké abecedy. Směr pohledů na hlavní obraz se vyznačí šipkami a odpovídajícími písmeny. Jedno z možných umístění obrazů při použití této metody ukazuje Obr. 11.



Obr. 11: Promítání v daném směru

## 3. Pohledy

### Druhy pohledů

- Úplný.
- Částečný.
- Místní.
- Rozvinutý.

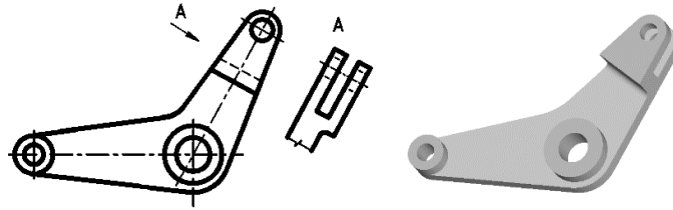
### Částečný pohled

Použijeme promítání na pomocnou průmětnu. Pomocné průmětny se používá v případech, kdy nelze zobrazit předmět podle pravidel pravoúhlého promítání na průměty k sobě tak, aby nedošlo ke zkreslení promítaného předmětu. Pomocný průmět se umísťuje ve směru promítání.

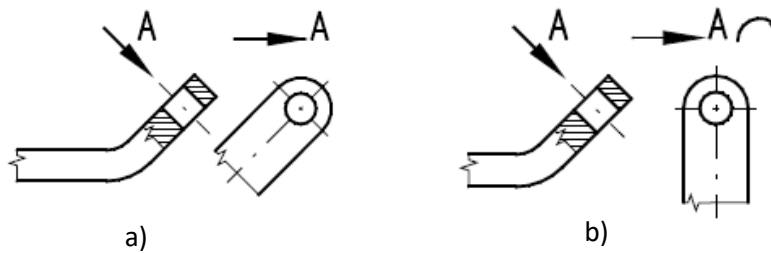
*Poznámky:*

*Částečný pohled lze posunout, případně i pootočit.*

*Obraz nakreslený v částečném pohledu je ukončen tenkou čárkou od ruky nebo čárou se zlomy.*



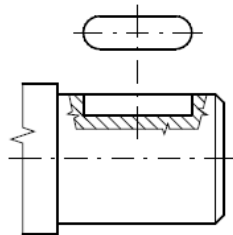
Obr. 12: Částečný pohled na vidlici úhlové páky



Obr. 13: Částečný pohled a) posunutý, b) posunutý a pootočený

### Místní pohled

Použije se v případě, že je třeba zobrazit tvar pouze určitého konstrukčního prvku – např. drážky pro pero apod.



Obr. 14: Místní pohled – drážka pro pero

## III. KAPITOLA 3

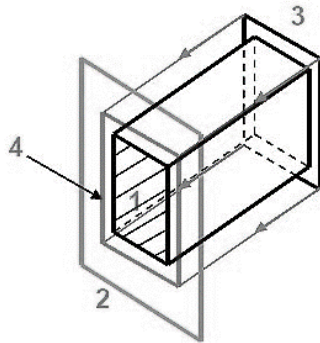
### 1. Řezy a průřezy

#### Řezy

Řez je obraz předmětu rozříznutého myšlenou rovinou (nebo jinou rozvinutelnou plochou, např. válcovou) promítnutý na průmětnu rovnoběžnou s rovinou řezu. Přitom se nezobrazují části předmětu ležící před rovinou řezu, avšak zobrazují se části předmětu ležící za rovinou řezu. Materiál součásti v řezu

se vyznačuje šrafováním. Myšlená rovina řezu se vede tak, aby se v obrazu řezu zobrazily charakteristické tvary předmětu.

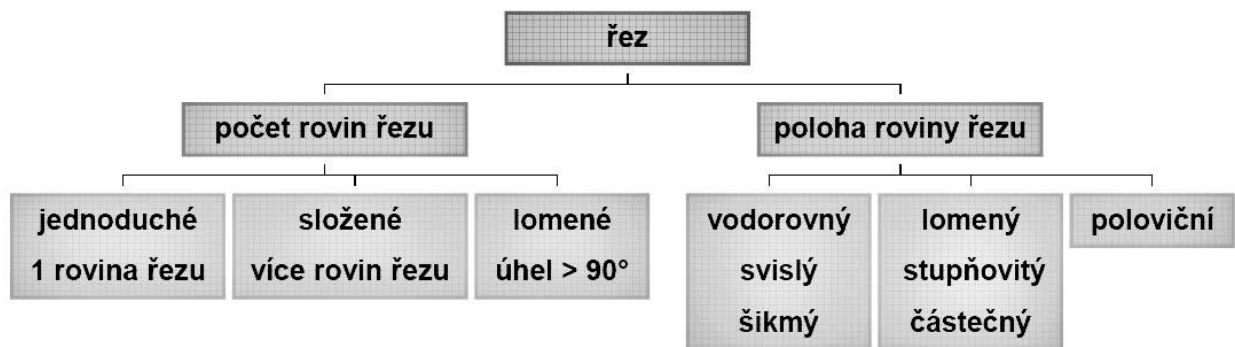
*Poznámka: Není-li to nutné z hlediska úplnosti zobrazení předmětu, nemusí se části předmětu ležící za rovinou řezu kreslit podrobně.*



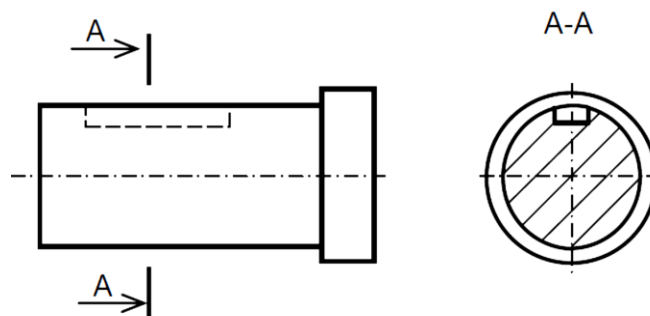
- 1- řez
- 2- rovina řezu
- 3- hrany ležící za rovinou řezu
- 4- promítnuté hrany v řezu

Obr. 12: Promítané hrany do roviny řezu

### Druhy řezů



Obr. 13: Druhy řezů

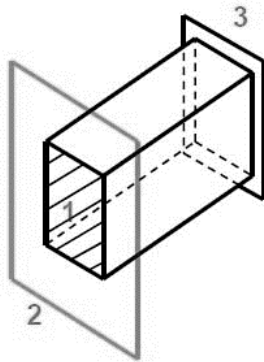


Obr. 14: Řez součástí provedený jednou řezovou rovinou

### Průřezy

Průřez je obraz předmětu rozříznutého myšlenou rovinou (nebo jinou rozvinutelnou plochou, např.

válcovou) promítnutý na průmětnu rovnoběžnou s rovinou průřezu. Přitom se nezobrazují části předmětu ležící před rovinou řezu, ani za rovinou řezu. Materiál součásti v ploše průřezu se vyznačuje šrafováním. Rovina průřezu má vždy procházet nejužším místem. Průřezu se nesmí použít v případě, že by se obraz "rozpadl" na dvě nebo více částí.

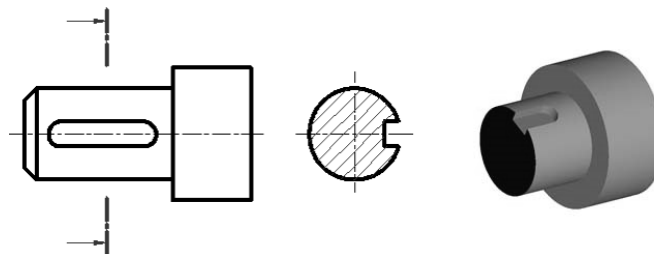


- 1- řez
- 2- rovina řezu
- 3- hrany ležící za rovinou řezu

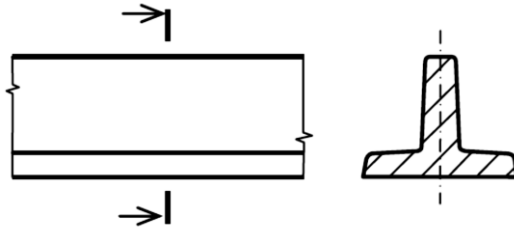
Obr. 15: Promítané hrany do roviny průřezu

### Druhy průřezů

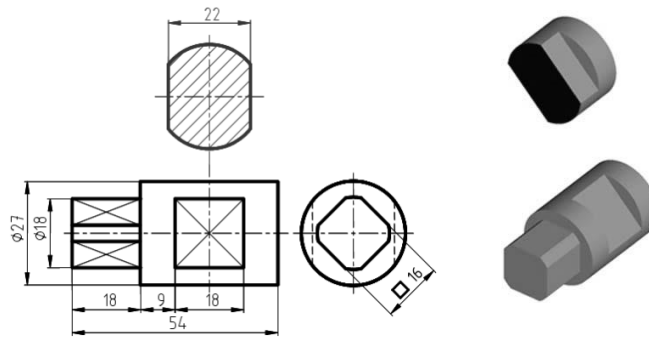
- Sdružený (Obr. 17);
- vysunutý (Obr. 18);
- vysunutý pootočený (Obr. 19 a));
- vkreslený tenkou čarou (Obr. 19 b));
- vkreslený do přerušeni obrazu (Obr. 20);
- lokální průřez (Obr. 21).



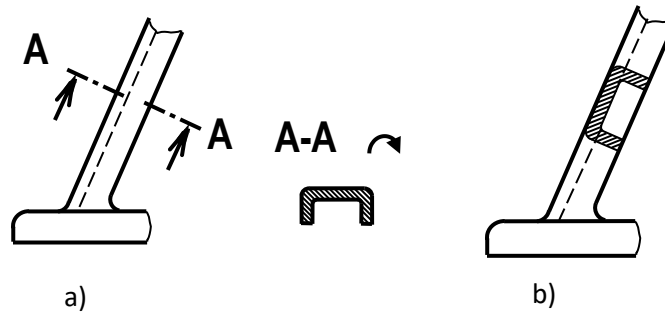
Obr. 16: Průřez součásti provedený jednou řezovou rovinou



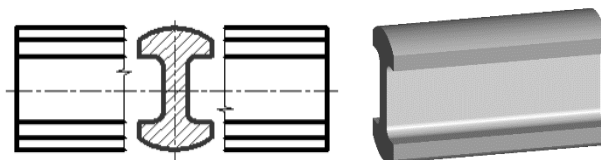
Obr. 17: Sdržený průřez



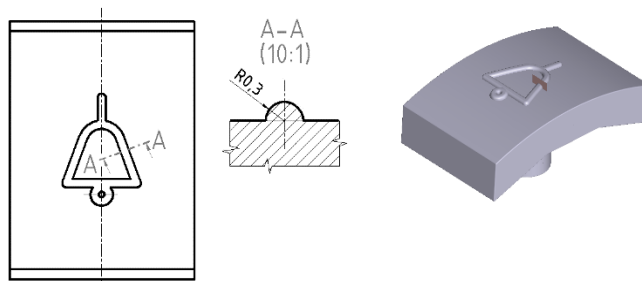
Obr. 18: Vysunutý průřez



Obr. 19: a) Vysunutý a pootočený, b) Vkreslený průřez



Obr. 20: Vkreslený průřez do přerušení obrazu



Obr. 21: Lokální průřez (zvonkové tlačítko)

## Základní pravidla

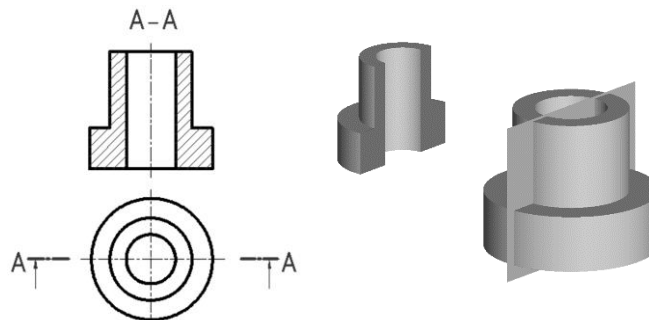
- Řez se kreslí především u dutých součástí, aby bylo možné zobrazit a zakótovat vnitřní podrobnosti.
- Řez prochází nejtenčím místem průřezu.
- V obraze řezu se zobrazují i hrany a plochy za rovinou řezu.
- Vnitřní původně skryté hrany se v řezu zobrazují tlustou plnou čarou jako viditelné hrany a obrysy.
- Průřez se kreslí, aby bylo možné zobrazit a zakótovat profil materiálu, pokud jej není možné zobrazit a zakótovat v pohledu.
- Průřez zobrazuje pouze hrany a plochy v rovině řezu, hrany a plochy za rovinou řezu se nezobrazují.

## Roviny řezů/průřezů a jejich označování

Myšlená plocha řezu se vyznačuje v obraze tenkou čerchovanou čarou v celém průběhu, první a poslední dvě čárky s tečkami jsou kresleny tlustě. Podle normy se obvykle kreslí jen tyto první a poslední prvky, zejména je-li průběh roviny řezu jednoznačný. Myšlená plocha řezu a obraz řezu se označují shodnými písmeny velké abecedy. Nestačí-li písmena abecedy, mohou se písmena kombinovat s číslicemi.

### Poznámky:

1. Je-li poloha roviny řezu zřejmá (leží např. v rovině souměrnosti) a je-li obraz řezu umístěn podle pravidel promítání, nemusí se ani rovina řezu, ani obraz řezu označovat.
2. Není-li poloha roviny řezu zřejmá, nebo je-li v obraze více rovin řezu, musí se označit rovina řezu i obraz řezu.



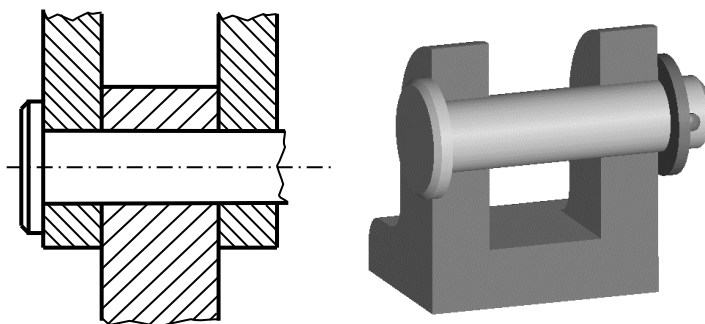
Obr. 22: Vyznačení řezné plochy a označení řezu

## Podélný řez

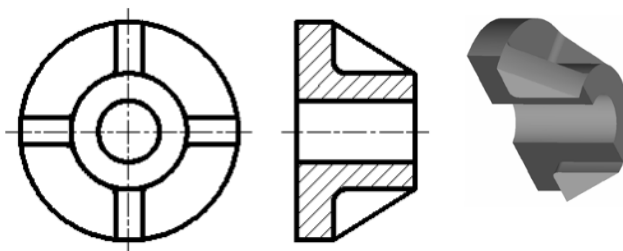
Podélný řez je takový řez, kdy rovina řezu prochází podélnou osou předmětu (např. osou rotace, rovinou souměrnosti ap.).

V podélném řezu se nekreslí:

- plné součásti vyrobené z tyčí (šrouby, čepy, kolíky, nýty, klíny, pera aj.) (Obr. 23);
- plné součásti vyrobené z plechů nebo pásů;
- dlouhé plné součásti se shodným tvarem průřezů (např. hřídele);
- žebra, ramena kol, výztuhy (Obr. 24) apod.

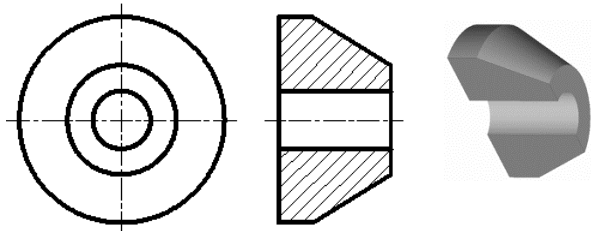


Obr. 23: Podélný řez spojením s čepem



Obr. 24: Podélný řez součástí s žebrem

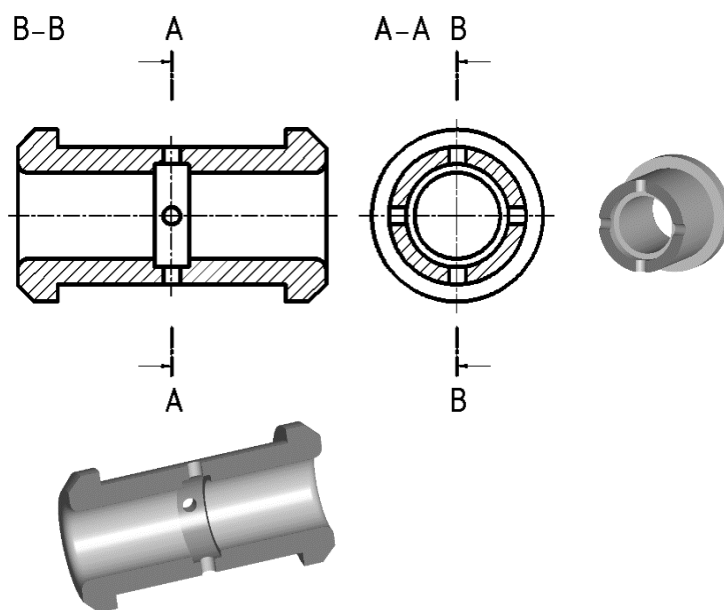
Pozor! Pokud by konstruktér žebra omylem vyšrafoval, mohlo by dojít k mylnému přečtení výkresu (Obr. 25).



Obr. 25: Mylné vyšrafování žeber => jiná součást

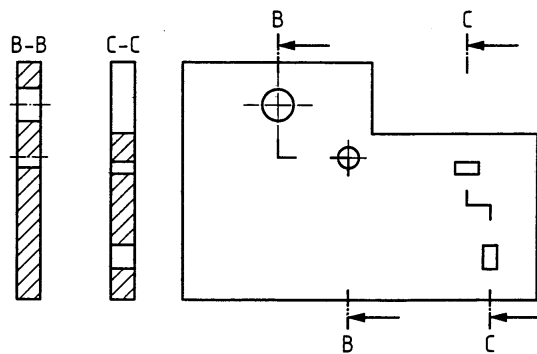
### Příčný řez

Příčný řez (Obr. 26) vznikne tehdy, prochází-li rovina řezu kolmo na podélnou osu předmětu (např. na osu rotace).

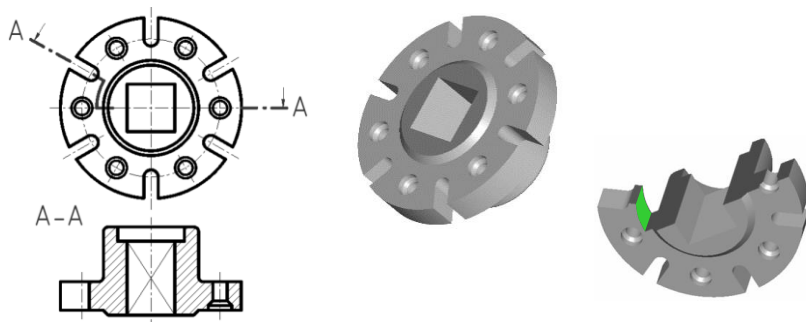


Obr. 26: Příčný řez A-A a podélný řez B-B

### Lomený řez



Obr. 27: Lomené řezy – lineární přechod



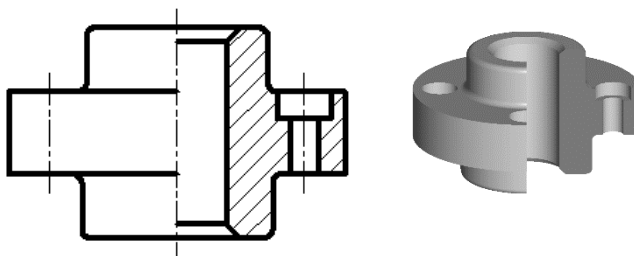
Obr. 28: Lomený řez – obloukový přechod

Poznámky:

1. Pokud je řezná rovina lomená pouze jedenkrát, musí být úhel lomu větší než  $90^\circ$ .
2. Šikmá část řezu se otočí ve směru promítání do jedné roviny.
3. V obrazu řezu se zobrazují pouze hrany ve směru promítání.

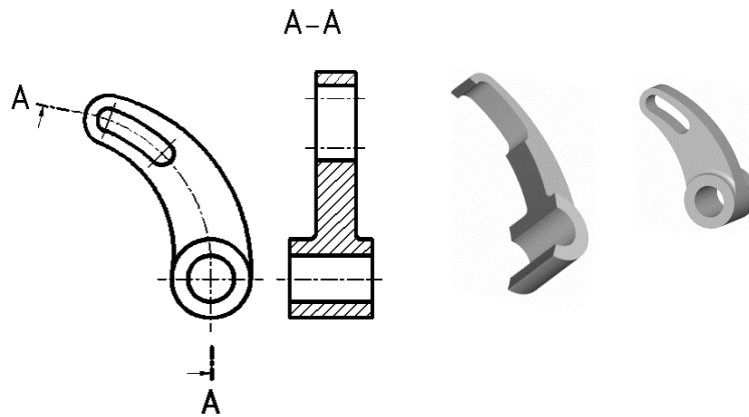
### Částečný řez

Částečný řez (poloviční řez) (Obr. 29) je možné nakreslit u souměrných (obvykle rotačních) součástí tak, že jedna polovina se zobrazí v řezu, druhá v pohledu.



Obr. 29: Poloviční řez

## Rozvinutý řez



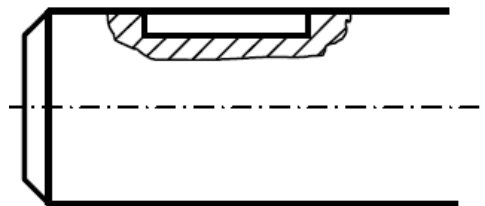
Obr. 30: Rozvinutý řez

### Poznámky:

1. Řezná plocha je zakřivená.
2. Obraz řezu se rozvine do roviny.

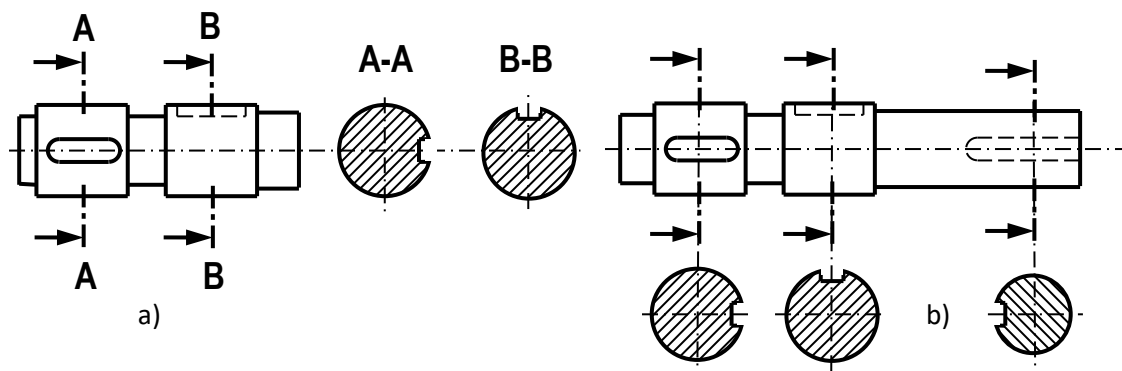
## Lokální řez (místní)

Místní řez (Obr. 31) se v obrazu pohledu ohraničí tenkou nepravidelnou čarou od ruky a vyšrafuje se. Užívá se k zobrazení prvku, který by jinak nebyl v pohledu patrný, popř. by se zobrazil čárkovanou čarou jako zakrytý.



Obr. 31: Lokální řez

## Sled průřezů (popř. řezů)



Obr. 32: a) Sled sdružených průřezů, b) sled vysunutých průřezů

### Grafické označování materiálů

Vyznačení materiálů ploch v řezech a průřezech předměty se provádí šrafováním těchto ploch. Ke šrafování se obecně užívá rovnoběžných tenkých souvislých čar skloněných přednostně pod úhlem  $45^\circ$ . Hustota šrafování se řídí velikostí šrafované plochy;

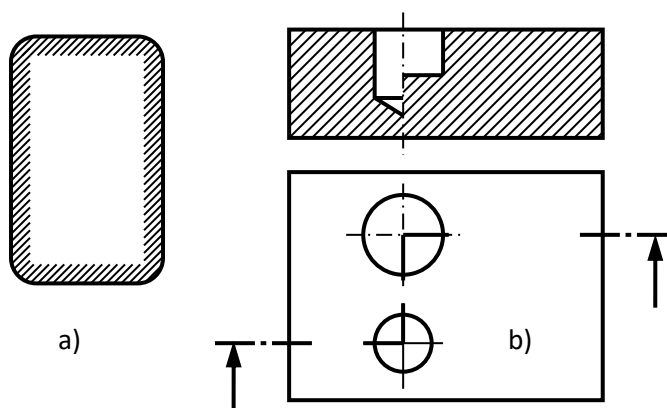
*Poznámka: Úhel šrafování  $45^\circ$  je stanoven obvykle vzhledem k obrysovým čarám nebo ke stopám rovin souměrnosti („osám“).*

### Plochy velkých rozměrů

Plochy velkých rozměrů se mohou šrafovat jen po okrajích do přiměřené vzdálenosti od obrysových čar (Obr. 33 a)).

### Plochy lomeného řezu

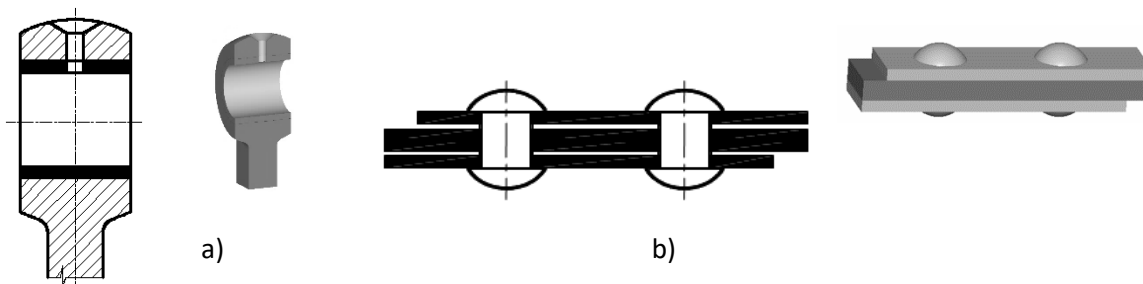
Pokud je řez jednou součástí proveden dvěma rovnoběžnými rovinami, užije se pro obě plochy shodné šrafování (Obr. 33 b)).



Obr. 33: a) Plocha velkých rozměrů, b) plochy lomeného řezu

### Úzké plochy zobrazené v řezu

Úzké plochy zobrazené v řezu, kde by bylo šrafování obtížné, se mohou vyplnit (vyčernit) (Obr. 34).

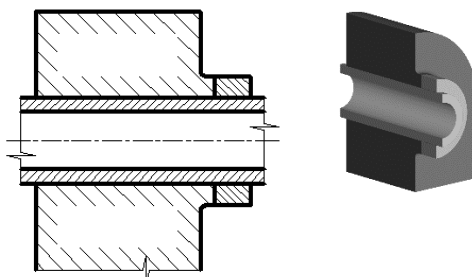


Obr. 34: a) Vyplnění úzkých ploch v řezu, b) vzájemně se stýkající vyčerněné úzké plochy

*Poznámka: Mezery mezi vyčerněnými plochami by měly být nejméně 0,7 [mm].*

### Šrafování sousedících ploch

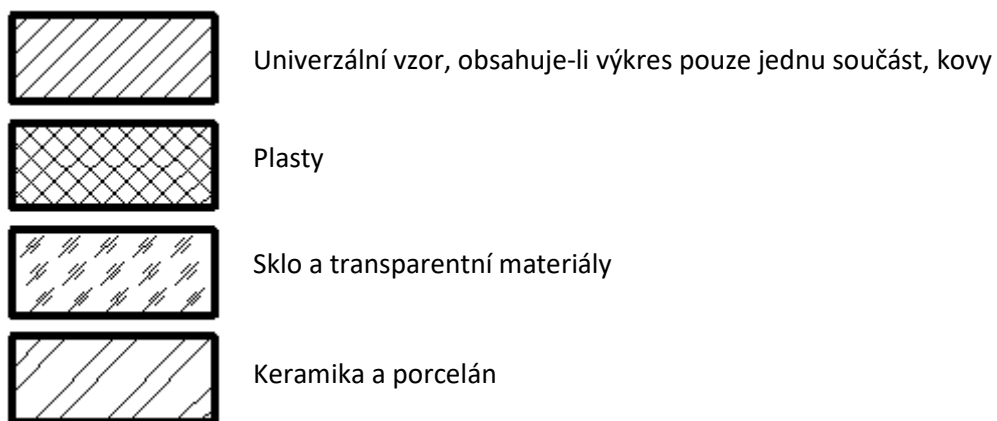
Pokud jsou v řezu zobrazeny součásti vzájemně se stýkající, šrafuje se každá z nich šrafování s jiným sklonem, popř. s jinou hustotou (Obr. 35).



Obr. 35: Šrafování sousedících ploch

### Grafické rozlišení ploch podle druhu materiálu

Pokud je potřeba graficky rozlišit plochy v řezech podle druhu materiálu součásti, použije se grafického označení jiným druhem čar nebo pod. Význam takového grafického označení je obvykle třeba uvést na výkresu.



Obr. 36: Grafické rozlišení ploch podle druhu materiálu

## 2. Průniky a přechody

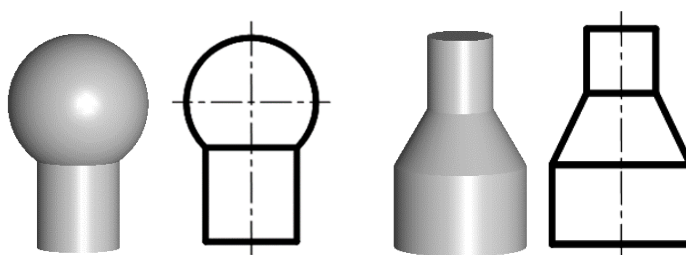
### Průniky

U tvarově složitých geometrických těles vznikají průniky v místech, kde jedno těleso vniká do druhého.

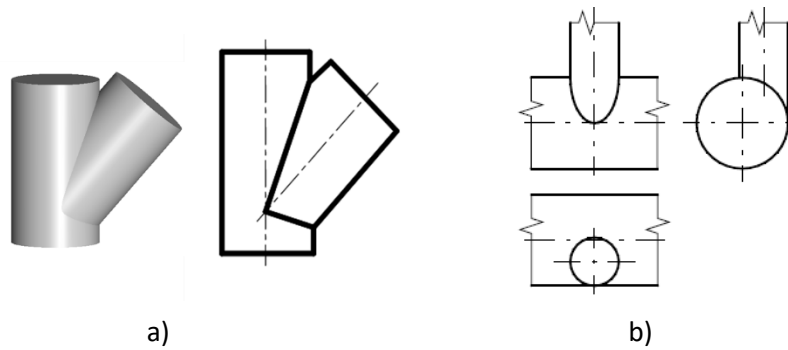
#### a) Průniky důležité pro konstrukci a výrobu

- Kreslí se tlustou nepřerušovanou čarou, např. u nádob svařovaných z plechů, části potrubních systémů, obrobené součásti a další.
- Jejich tvar se přibližuje skutečnému tvaru průniky podle požadovaného stupně přesnosti.

#### Rotační tělesa



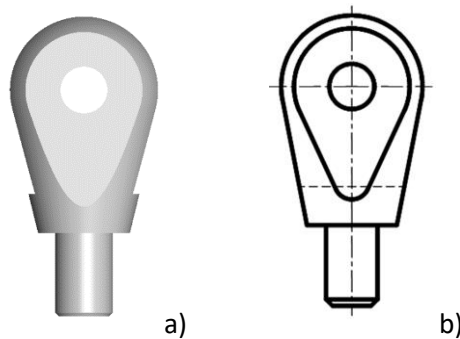
Obr. 37: Kreslení přesných průniků



Obr. 38: Kreslení přesných průníků: a) Stejný průměr trubek, b) rozdílný průměr trubek

### b) Průniky důležité pro správnou představu o tvaru součásti

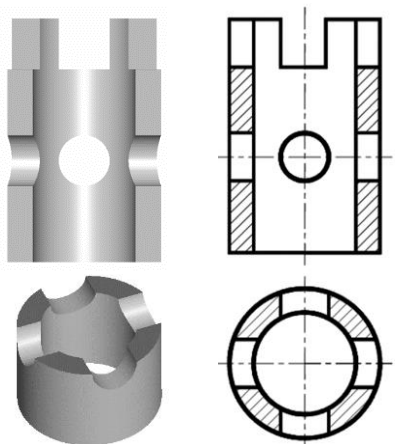
- Kreslí se tlustou nepřerušovanou čarou.
- Kreslení tvaru se zjednodušuje (nejčastěji úsečky, kruhové oblouky ...)



Obr. 39: Vidlice spojení s čepem: a) skutečný tvar průniku, b) zjednodušený tvar průniku

### c) Průniky nedůležité jak pro konstrukci a výrobu, tak i pro správnou představu o tvaru součásti

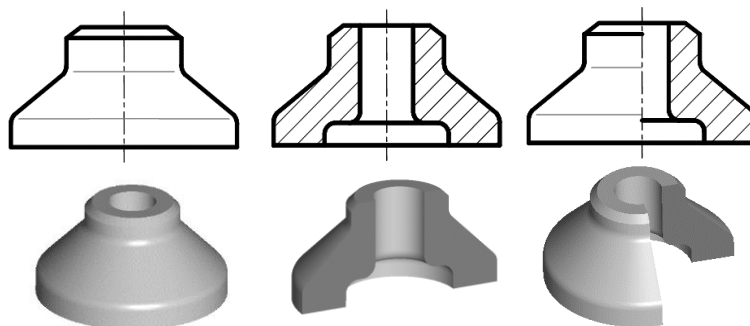
- Kreslí se tlustou nepřerušovanou čarou.
- Kreslení tvaru se zjednodušuje (nejčastěji úsečky, kruhové oblouky ...), (přesné vykreslování přechodu by v tomto případě bylo zbytečně pracné a v některých případech by mohlo i ztížit správné čtení výkresu a jeho přehlednost).



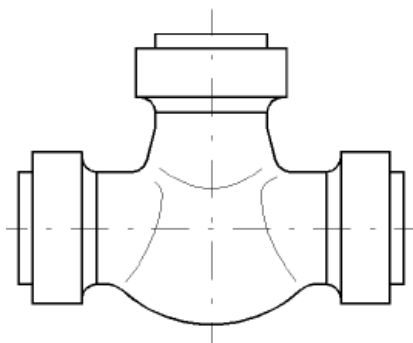
Obr. 40: Kreslení nedůležitých průniků

### c) Průniky neurčité - přechody

Kreslí se tenkou nepřerušovanou čarou nedotaženou k obrysu, např. tělesa se zaoblenými přechody (odlitky, výkovky, výlisky, výtisky ...).



Obr. 41: Kreslení neurčitých průniků u součásti se zaoblenými hranami



Obr. 42: Kreslení neurčitých průniků u součásti (T – kus) potrubního systému

# IV. KAPITOLA 4

## 1. Úvod do kótování

Kóta je číselná hodnota vyjádřená v příslušných měřicích jednotkách (mm) a graficky zobrazena na technickém výkrese spolu s čarami, značkami a poznámkami tak, aby byl příslušný prvek plně určen.

Kóty určují velikost a vzájemnou polohu tvarových prvků. Na výkrese výrobku se posuzují se zřetelem k:

- funkci výrobku [F];
- postupu jeho výroby a montáže/ demontáže [V], [M/D];
- ke způsobu kontroly jeho rozměrů [K];
- optimalizaci rozměrových funkčních podmínek [O].

### Způsoby a pravidla kótování

Kótovací čára se nesmí ztotožňovat s obrysovou čarou, pomocnou čarou, odkazovou čarou nebo osou, ani nesmí být jejich pokračováním.

Výběr z pravidel kótování:

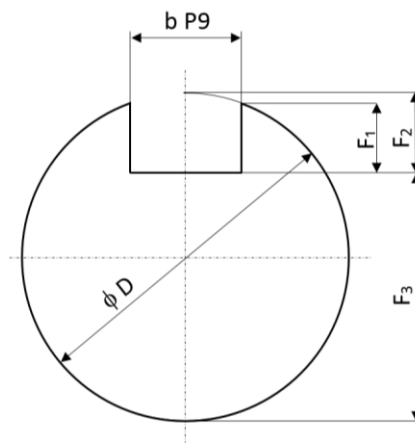
- Všechny informace o rozměrech potřebné k úplnému a srozumitelnému popsání předmětů musí být uvedeny přímo na výkrese, pokud nejsou uvedeny v souvisejících dokumentech (v popisovém poli nebo v kusovníku).
- Na výkrese se nemá uvádět více kót než je nutné k popsání předmětu. Žádný prvek nesmí být určen více než jedním rozměrem. Výjimkou mohou být kóty potřebné k určení rozměrů před dokončující operací (rozměr před chromováním).
- Kóta musí mít správnou polohu.
- Kóty se mají sdružovat (z důvodu přehlednosti).
- Kótovací čáry se nesmějí křížit.
- Kóta ani šipka nesmějí být přerušeny.
- Kóty se umísťují v tom pohledu nebo řezu, v němž je jasný jejich vztah ke kótovanému prvku. Kóty téhož prvku se umísťují pokud možno do jednoho obrazu.
- Na výkrese smí být použity jen stejné jednotky pro všechny rozměry, aniž by se uváděla jejich značka ([mm] ve strojírenství).
- Užívají-li se na výkrese jiné jednotky, musí se ke kótě připojit jejich značka.
- Na výkrese se neuvádějí kóty související s výrobním postupem nebo kontrolou, s výjimkou těch, které jsou rozhodující z hlediska zajištění funkce nebo zaměnitelnosti.
- Přednostně se mají na výkrese používat funkční kóty.
- Nekótuje se od neviditelných hran.
- Rozměry opakujících se prvků se kótují jen na jednom prvku.
- Rozměry, které vyplývají ze zobrazení, se nemusí kótovat.
- V souměrných obrazech, je-li v nich vyznačena osa, se mohou kótovat konstrukční prvky souměrně pouze na jedné rovině.

## Východiska pro správné kótování

Zavedeme si následující systém (pořadí nesouvisí s důležitostí):

### F – V – M/D – K – O

Vhodnost zakótování si budeme demonstrovat na všeobecně známém způsobu kótování hloubky drážky pro pero.



Obr. 43: Kótování drážky pro pero

Tab. 1: Posouzení vhodnosti zakótování hloubky drážky

Označení kóty	F	V	M/D	K	O
F <sub>1</sub>	✓	X	-	X	-
F <sub>2</sub>	✓	✓	-	±	-
F <sub>3</sub>	✓	±	-	✓	-

Z tabulky je možné vyčíst, že pokud se dodrží to, co je předepsáno na výkrese, je z hlediska zakótování dle funkce vše v pořádku. Z tohoto vyplývá, že pokládat kótování z hlediska funkce za prioritní není vždy smysluplné a takovýto požadavek je neopodstatněný.

*Poznámka: Funkcí spojení s perem je přenášet točivý moment z hřídele na náboj nebo naopak. Jedná se o tvarový styk a přenos se realizuje přes boky pera a drážek. Pokud je spojení s perem správně vypočítáno a dodrženo to, co je na výkrese, k přenosu momentu dojde z navrženou bezpečností a z toho vyplývá, že funkce je zajištěna.*

Zakótování pomocí F<sub>1</sub> je nevhodné z hlediska výroby, jelikož frézař se nejprve dotkne povrchu válce o  $\phi D$  a pak vyfrézuje drážku o hloubce F<sub>2</sub>. Pro měření je tento způsob zakótování hloubky drážky také nevhodný. Pokud bychom v rámci výrobních tolerancí posunuli drážku doprava/ doleva od hlavní osy symetrie, tak nám vyjde hloubka drážky pro každý bok odlišná, což je považováno za nevhodné z hlediska měření. Problém bychom mohli vyřešit pouze tehdy, pokud bychom znali funkci stavební skupiny.

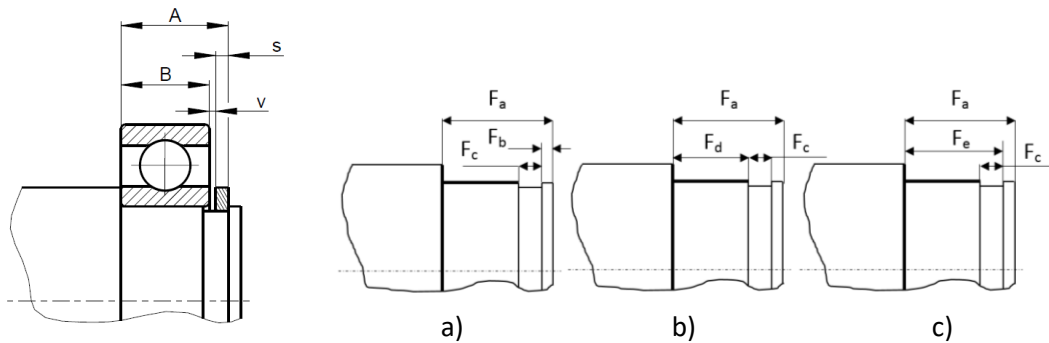
V tomto případě je rozhodující tlak na boku drážky a tudíž budeme kontrolovat výšku nižšího z boků, zda leží v požadované toleranci.

Zakótování pomocí F<sub>2</sub> je vhodné z hlediska výroby. Z hlediska měření pouze tehdy, pokud není průchozí a její délka je přiměřená k měřidlu (tak, abychom mohli nalézt povrchu válce o  $\phi D$ ).

Zakótování pomocí  $F_3$  je vhodné z hlediska měření. Z hlediska výroby se musí hloubka přepočítávat na  $F_2$ . Z výsledku této analýzy vyplývá, že v kusové výrobě, kde se klade důraz na kontrolu, budeme hloubku drážky pro pero kótovat pomocí  $F_3$ . V sériové výrobě, kde je priorita položená na výrobu, budeme preferovat zakótování hloubky pomocí  $F_2$ .

Kritérium M/D by nám pomohlo rozhodnout, jaké navrhnout uložení pera v drážce. Z funkce je zřejmé, že vůle mezi bokem pera a drážkou je nežádoucí (mohlo by docházet k rázu a tím ke snížení životnosti celku), naopak přílišný přesah není vhodný pro snadnou montáž/demontáž tohoto rozebíratelného spojení. Z této úvahy vyplývá, že je navrženo uložení přechodné tak, aby pravděpodobnost vzniku přesahu byla vyšší než pravděpodobnost vzniku vůle.

Kritérium „O“ nám pomůže rozhodnout o způsobu zakótování např. drážky pro pružný kroužek tak, abychom dosáhli minimalizace vůle (rozměrová funkční podmínka) mezi bokem ložiska a kroužku.



Obr. 44: Minimalizace funkční podmínky  $V \rightarrow \min$

Postupujeme tak, že vycházíme z principu nastavení co možná nejhoršího možného stavu rozměrových řetězců s ohledem na požadavek minimalizace vůle.

- Příklad zakótování dle obr. 44, a)

Tento způsob zakótování polohy drážku je nevhodný, jelikož vzhledem k zajištění montáže kroužku je nutné zajistit „v“. Z tohoto vyplývá, že  $F_a$  musí být tolerována do plusu. Vzhledem k tomu, že čelní plocha čepu hřídele není plocho funkční, není vhodné, aby poloha této plochy byla tolerována (zbytečné náklady navíc).

- Příklad zakótování dle obr. 44, b)

V tomto případě si musíme nejprve určit, vzhledem kvůli, zvětšující ( $F_a$ ;  $F_c$ ) a zmenšující ( $B$ ;  $s$ ) členy řetězce. Z obrázku je vidět, že všechny zmiňované kóty vůli zvětšují, a tudíž nedojde k požadované optimalizaci a tudíž tento způsob zakótování také nemůžeme doporučit.

- Příklad zakótování dle obr. 44, b)

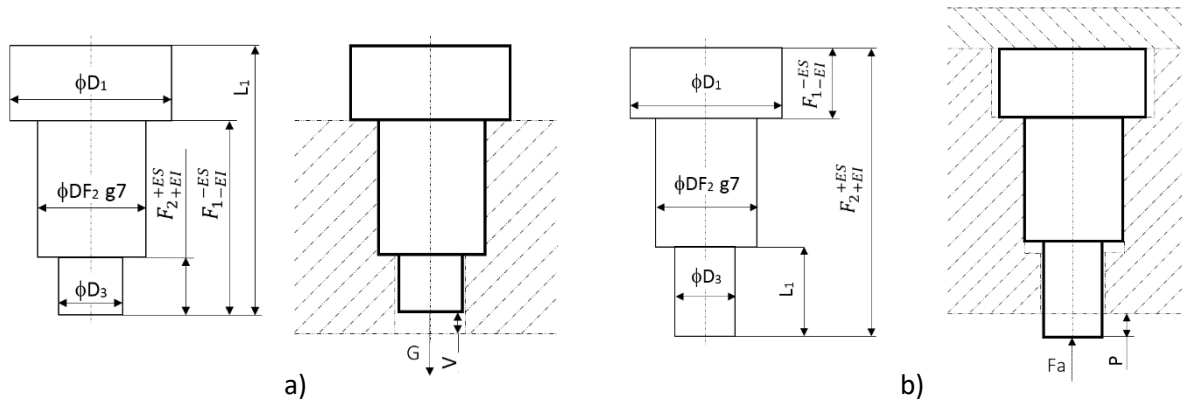
V tomto případě zvětšování členu  $F_c$  nemá vliv na velikost vůle, jinak vše ostatní je stejné jako v předcházejícím případě. Tento způsob zakótování je tedy nejvhodnější, jelikož bylo dosaženo alespoň drobné optimalizace.

### Kótování s prioritním požadavkem na zajištění funkce strojní části

Na obr. 45 jsou zobrazeny dvě strojní části, které vizuálně téměř nejde od sebe rozeznat. Aby bylo možné části správně zakótovat, je nezbytné znát funkci součásti a její zástavbu do sestavení strojní skupiny.

Z obr. 45 a) je vidět, že je nutné zajistit to, aby poslední část čepu nevyčnívala z plné části, jelikož by mohlo dojít ke vzájemné kolizi sousedících částí. Předpokládejme působení gravitační síly „G“, z čehož

vyplývá, že spodní dosedací plocha hlavy čepu je plochou funkční a tvoří kótovací základnu. Od této základny musíme vést funkční kótu  $F_1$  s úchytkami do mínusu. Kladné úchytky u kótu  $F_2$  jsou nutné proto, aby nedošlo k náhodnému dosednutí na některou ze dvou ploch. Výše jsme uvedly, že funkční je dosedací plocha hlavy čepu a tedy nutné zajistit, aby došlo k dosednutí právě na tuto plochu. Uložení z vřítí zajišťuje (u čepu) funkční kóta  $\phi DF_2 g7$  (vedení a středění čepu).  $\phi D_3$  není funkční a proto je ponechána ve všeobecných tolerancích. Kóty  $\phi D_1$  a  $L_1$  jsou uvedeny proto, jelikož udávají největší rozměry čepu (nutno znát z důvodu balení, dopravy, skladování ...).



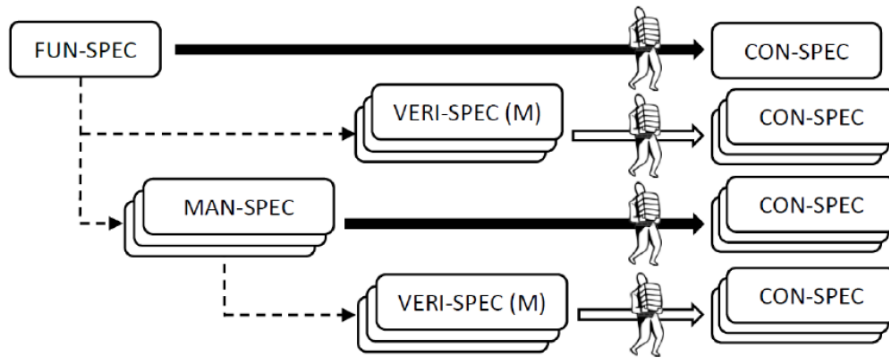
Obr. 45: Kótování dle funkce

Z obr. 45 b) je vidět, že je nutné zajistit to, aby poslední část čepu vyčnívala z plné části. Předpokládejme působení síly „ $F_a$ “, z čehož vyplývá, že horní dosedací plocha hlavy čepu je plochou funkční a tvoří kótovací základnu. Od této základny musíme vést funkční kótu  $F_2$  s úchytkami do plusu tak, aby byla zajištěna rozměrová funkční podmínka „ $P$ “. Funkční kóta  $F_1$  musí být tolerována do mínusu tak, aby se hlava čepu vždy vešla do dutiny po přišroubování horní desky.

Funkční a kontrolní kóta (platí obecně pro veškerou GPS)

#### Druhy specifikací (ISO/DTS 21619):

- **Specifikaci obecně**, jako požadavky uvedené v dokumentu (ISO 9000: 2015), přičemž „dokumentem“ může být např. výkres nebo digitalizované informace.
- **Specifikace funkce** (označení FUN-SPEC), jako dokument s požadavky na funkci. Zodpovídá konstruktér.
- **Specifikace výroby** (označení MAN-SPEC), jako dokument s požadavky na proces výroby. Jeden nebo více MAN-SPEC lze odvodit z FUN-SPEC, například s přihlédnutím ke znalosti výrobních procesů. MAN-SPEC vždy musí být v soulad s FUN-SPEC. MAN-SPEC nemůže nikdy nahradit nebo změnit FUN-SPEC (ta je řídící), proto FUN-SPEC nikdy nesmí být z nějakého důvodu odstraněna.
- **Specifikace ověřování** (označení VERI-SPEC), jako dokument s požadavky na související proces výroby. Existují dva typy VERI-SPEC a to:
  - VERI-SPEC (F) v souvislosti s FUN-SPEC, a
  - VERI-SPEC (M) v souvislosti s MAN-SPEC.
- **Specifikace dohody** (kontraktu, označení CON-SPEC) mezi výrobcem a zákazníkem.



Obr. 46: Znáornění vazeb

Výrobní společnosti si funkční a verifikační charakteristiky stanovují v interních směrnících.

### **Technická a funkční charakteristika** (vychází z FUN – SPEC/MAN – SPEC)

(CTF - Technical and Functional Characteristic)

- Rozměrová veličina, která může být měřena (délka, hmotnost, čas, frekvence ...)
- nebo hodnotitelný cílový parametr (např. složení materiálu, barva posuzované dle hlavního vzorkovníku, OK/NOK kritérium...)

konečného výrobku, jehož shoda s požadavky zaručuje, že produkt splňuje všechny požadavky uvedené v technické specifikaci (specifikaci požadavků na vlastnosti TP).

**Validační plán** popisuje úkoly, které musí být provedeny, aby bylo zaručeno, že produktová/procesní řešení splňují všechny technické požadavky.

Tento plán plní dodavatel v těch částech, za které je zodpovědný.

Popisuje:

- přístup zdůvodnění, výpočtů, zkoušek ...
- kontrola výsledků, jestli jsou v rámci mezí tolerance

**Dodavatel:**

- Navrhne řešení výroby výrobku a vývojový diagram přidruženého výrobního procesu.
- Určuje a upřednostňuje CTF pro každý požadavek (nominální hodnota + tolerance) modelováním případu pro zajištění potřebné funkce.
- Vytváří první část validačního plánu: provádí výpočty, hodnocení nebo zkoušky k odůvodnění relevance navrhovaného řešení s ohledem na kritické požadavky, provozní bezpečnost a spolehlivost.
- Hodnocení průmyslové proveditelnosti navrhovaných řešení.
- Dokončuje validační plán ověřením výsledků, zda leží v tolerančních mezích pro každou CTF.
- Modifikuje navrhovaná řešení tak, aby byla relevantní a proveditelná, jestliže výsledky hodnocení jsou negativní.

**Hlavní očekávání a výsledky této aktivity jsou:**

- Validovaná definice výrobku

- Pro každý požadavek: seznam související CTF definovaných pro produkt (pro měřitelné fyzikální veličiny, tolerance jsou aplikovány na CTF)
- Důvodové zprávy k výpočtům, testování a návrhu výrobku.
- Diagram výrobního procesu.
- Reporty proveditelnosti navrhovaných řešení v praxi.
- Definitivní verze validačního plánu.

Souběžně odběratel hodnotí u dodavatelských řešení integrovatelnost do systému v částech, v nichž přispívají do celého systému. Výsledky a potřebné informace odesílá dodavateli.

Prvky dokladující způsobilost produktu jsou získávány v průběhu celé vývojové fáze.

V průběhu těchto činností je odhadována vhodnost a proveditelnost produkt-process řešení při srovnání s požadavky.

Tento odhad je vytvořen a ověřen postupně odběratelem po přezkumu odůvodnění a seznamu CTF předložený dodavatelem během hodnocení projektu.

Aktivita je dokončena, když jsou řešení modifikována a proveditelná a související CTFs byly dostatečně identifikovány a definovány.

### **Definování měřicího a monitorovacího systému**

Definování je založeno na detailním konstrukčním návrhu produktu/ výrobního procesu, pro něž byly analyzovány rizikové faktory. Dodavatel určuje všechny charakteristiky, které mají být sledovány a zaznamenávány do kontrolního plánu. Ve výrobě kontrolní plán zaručuje, že je výrobek v souladu s konstrukčním návrhem.

Definování sledované charakteristiky (vychází z VERI-SPEC a MAN - SPEC):

Charakteristika dokončeného výrobku, nebo přetvářeného produktu v průběhu procesu, nebo výrobního procesu, která je vyjádřena jako měřitelná fyzikální veličina hodnotitelného cílového parametru:

- který je možný sledovat v hromadné výrobě a tak zaručit, že produkt je v souladu s jeho definicí při co nejnižších nákladech
- a/nebo výkonnost výrobního procesu.

### **Definování sledované významné charakteristiky:**

(Definition of a Monitored Essential Characteristic CSE)

Sledovaná charakteristika:

- shoda nezbytná pro plynulost výrobního toku, v sousledných stupních výrobního toku, je možné vyrábět ve shodě a tím zajistit, že dokončená komponenta nebo celé vozidlo je v souladu s jeho definicí.
- nebo ta, která se může negativně projevit u koncového zákazníka.

Pro danou část, by CSE měl přednostně CTF, ale může být také charakteristikou meziprojektu nebo výjimečně parametrem procesu. Na základě seznamu CTF, souvisejících zákaznických rizik, prozatímni nebo známé složitosti procesů a variability, dodavatel navrhuje seznam CSE.

Odběratel a dodavatel se dohodnou na CSE a tyto CSE jsou formalizovány v kontrolním plánu součásti.

### Kontrolní plán produktu

Kontrolní plán produktu (Product Control Plan - PCP) je dokument stanovený dodavatelem a úředně potvrzený odběratelem, který vyjmenovává vlastnosti součásti, jejichž dodržování musí být prokazováno dodavatelem v průběhu vývoje a i v průběhu plné výroby. Obsah tohoto seznamu se mění postupně od seznamu CTF stanoveného ve fázi návrhu k seznamu CSE stanoveného na základě analýzy reálné výroby a produkce.

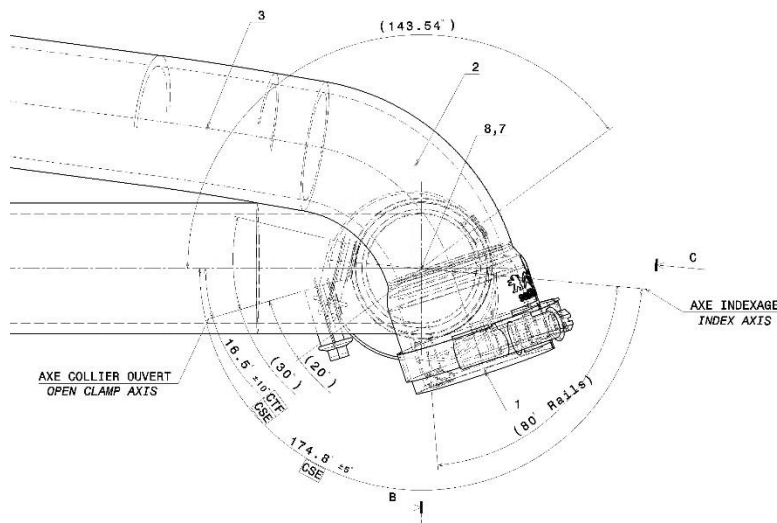
PCP shrnuje následující:

- kritérium pro kontrolu shody charakteristik,
- metody a / nebo kontrolní prostředky použité ke kontrole kritérií, které musí být respektovány,
- podmínky kontrol (odběr vzorků, typ výběru, frekvence ...)

Hlavními výstupy jsou:

- Monitorovací systém výrobního procesu
- Kontrolní plán produktu/ části (PCP)

Aktivita je dokončena, když se odběratel domnívá, že plánovaný systém je schopen zajistit shodu výrobku.



Obr. 47: Definice CTF/CSE na výkrese

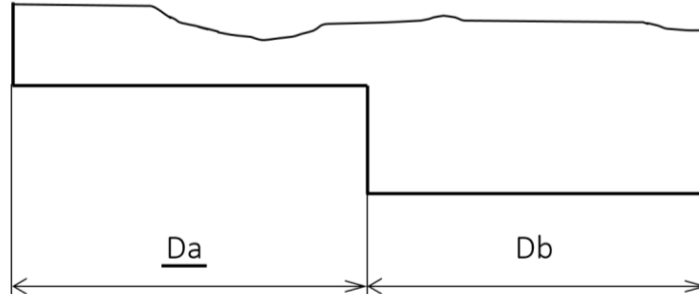
*Poznámka: Více o způsobu označování souvisejících charakteristik je uvedeno v sub-kapitole: Významné a kritické znaky.*

### Informativní kóta

Je to přibližný rozměr uvedený pouze pro informaci v oblých závorkách. Bývá odvozena z jiných rozměrů.

## Podtržená kóta

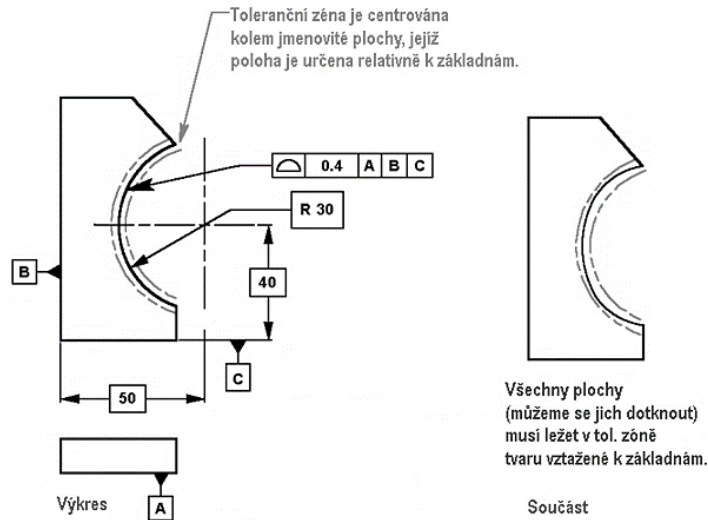
Kóta, která očividně neodpovídá nakreslené velikosti (měřítku zobrazení), se podtrhává úsečkou.  
Poznámka: Toto pravidlo se neuplatňuje v případě, kdy není na výkresovém listě uvedeno měřítko.



Obr. 48: Podtržená kóta

## Teoreticky přesná kóta (TED)

Pokud je tvar a poloha prvků tolerována pomocí tolerancí uváděných v rámečku (tolerance tvaru plochy, poloha osy otvoru ...), je nutné jmenovitý tvar/polohu definovat pomocí teoreticky přesných rozměrů. Na výkrese jsou tyto kóty uváděné také v rámečku.



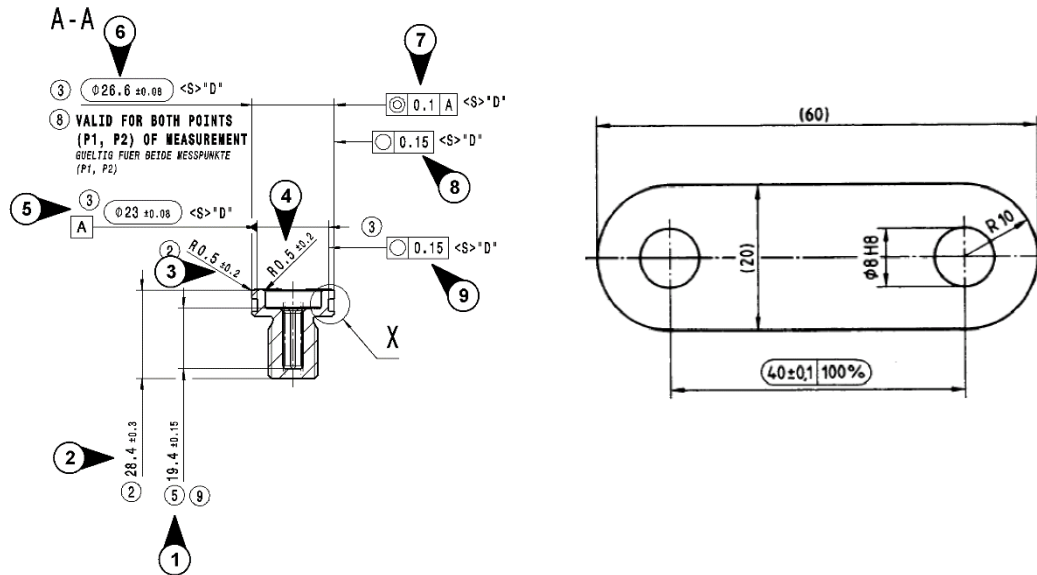
Obr. 49: Použití teoreticky přesných rozměrů

## Kontrolní kóta pro kontrolu zákazníkem při přejímce

V případě potřeby se význam kontroly rozměrů a rozsah uvede v oválu.

Pokud jsou v oválu pouze rozměry, znamená to, že tyto rozměry budou kontrolovány zákazníkem při přejímce.

Pokud jsou v oválu uvedena procenta (viz příklad v obrázku 100%), znamená to, že rozměry budou podrobeny 100% kontrole zákazníkem při přejímce.



Obr. 50: Použití kót a doplňkového údaje v oválu

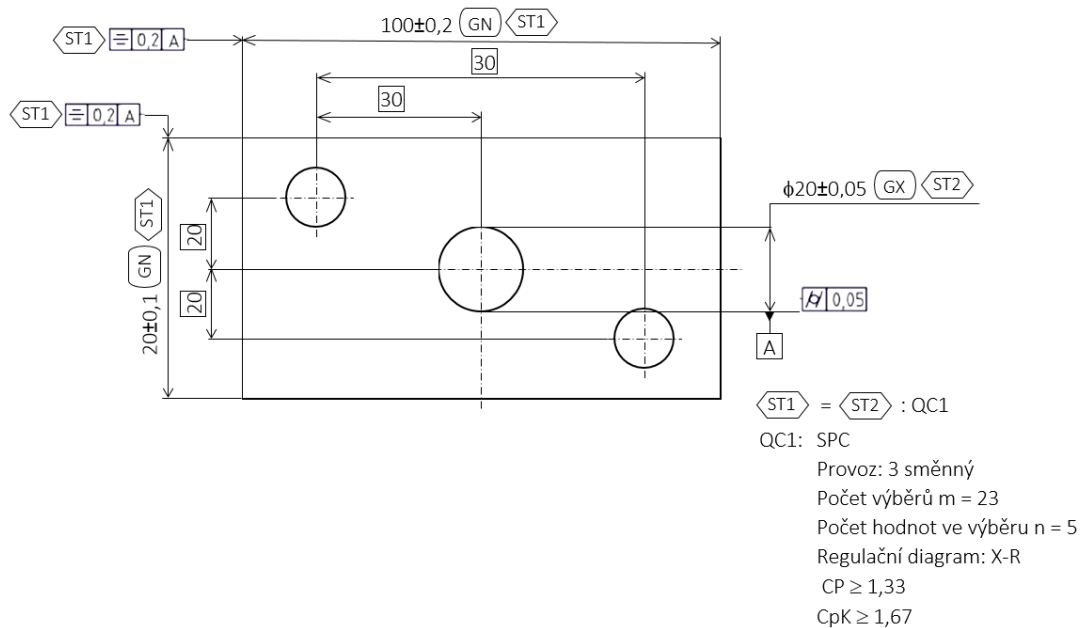
## Specifikace populace

Kromě běžně na výkresech uváděných individuálních geometrických specifikací, narůstá společně s rozvojem měřících metod a prostředků a průběžného sledování a řízení procesů potřeba označení a indikace populačních specifikací, které se používají pro určování populačních charakteristik.

Charakteristiky jsou určovány na základě získaného souboru charakteristických hodnot na populaci výrobků, která vzniká v průběhu výrobního procesu.

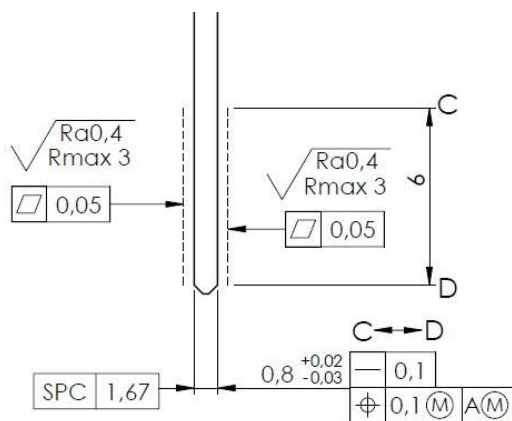
Aritmetický průměr nebo standardní odchylka globální individuální charakteristiky na populaci výrobků je populační charakteristika.

Charakteristiky populace jsou statisticky významné pouze tehdy, pokud je hodnota založena na globálních individuálních charakteristikách. Např. nejmenší průměr opsané kružnice profilu válcového prvku (GN) má pro daný válcovitý prvek jedinečnou hodnotu. Proto populační charakteristika založená na této individuální charakteristické hodnotě bude statisticky významná. Dvoubodový průměr (LP) daného válcového prvku se bude měnit v závislosti na poloze měření a na odchylkách tvaru prvku.



Obr. 51: Specifikace populace

Kontrolní kóta doplněná údaji pro statistickou kontrolu procesu



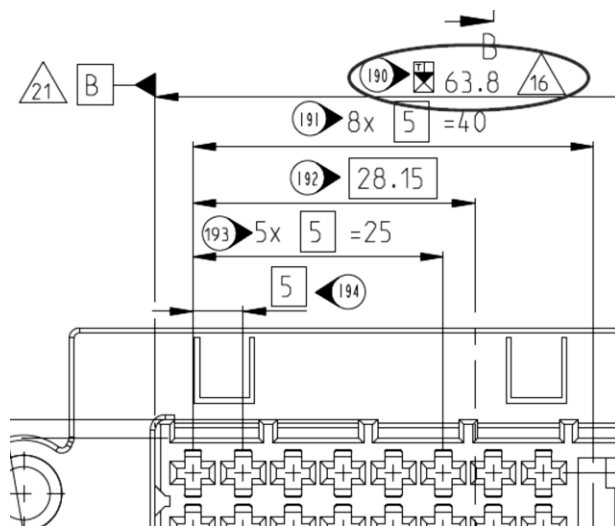
Obr. 52: Doplnkový údaj pro SPC ( $CpK \geq 1.67$ )

**Poznámka:**

K posouzení technické stability se používají dva ukazatele:

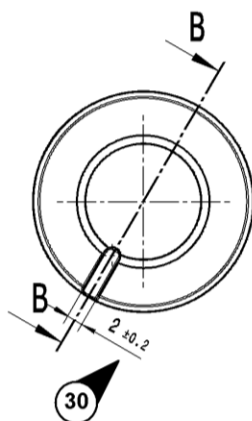
- míra způsobilosti procesu udržet se v tolerančních mezích CP ( $CP \geq 1.33$ )
- míra využití způsobilosti procesu udržet se v tolerančních mezích CpK ( $CPK < 1.00$  (Poor, incapable),  $1.00 < CpK < 1.67$  (Fair),  $CpK \geq 1.67$  (Excellent, Capable)).

## Významné a kritické znaky



Obr. 53: Symbol obálky na výkrese

- SC – Significant Characteristic – významný znak
- CC - Critical Characteristic – kritický znak
- C: SC/CC – vyžadováno zákazníkem
- T: SC/CC – vyžadováno z hlediska zajištění funkce



**36** \* SINK MARKS FROM RIBS, MARKS FROM EJECTOR PINS AND MISMATCH + BURRS ON SPLIT LINES UP TO 0.2 ALLOWED  
 EINFALLSTELLEN DURCH RIPPEN, NARBEN VON AUSWERFERSTIFTEN UND VERSATZ + GRAT DURCH FORMTRENUNG BIS 0.2 ZULÄSSIG

**53** \* VISIBLE OUTER SURFACE: VDI 3400 CLASS 33 /u/  
 ÄUSSERE SICHTFLÄCHEN: VDI 3400 KLASSE33 /u/

**54** \* REMAINING AREAS: WITHOUT SURFACE STRUCTURE  
 ÜBRIGE BEREICHE: OHNE OBERFLÄCHENSTRUKTUR

"D" - PART MHN 910 010 /u/ DOCUMENTATION MANDATORY FOR DESIGNATION WITH "D" "D" - TEIL MHN 910 010 /u/ DOKUMENTATIONSPFLICHTIGE ANGABEN SIND MIT "D" GEKENNZEICHNET		(7)
<b>39</b>	<b>&lt;S&gt;</b> SAFETY/ CRITICAL FEATURE SICHERHEITSKRITISCHES MERKMAL	(8X)
<b>40</b>	INSPECTION DIMENSIONS : MHN 416 020 /u/ PRUEFFMASS:	(2X)

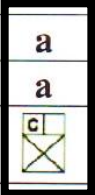
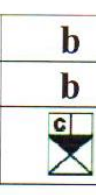
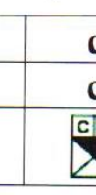

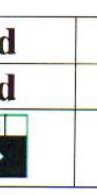
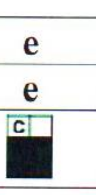
Obr. 54: Označení kritického prvku z hlediska bezpečnosti,

## Výběr symbolu pro danou charakteristiku

Tabulka 3: Popis symbolů

Charakteristika	Symbol	Poznámka
Kontrola kalibrem (Go/ No Go)		Kontrola: Atributivní
Tahová zkouška.	a	Znak definovaný zákazníkem
Vizuální kontrola (př. otřepy)	f	Znak definovaný z hlediska funkce

Tabulka 4: Přiřazení symbolů ke grafickým znakům (obálkám)

<b>a</b>	<b>b</b>	<b>c</b>	<b>d</b>	<b>e</b>	<b>f</b>
<b>a</b>	<b>b</b>	<b>c</b>	<b>d</b>	<b>e</b>	<b>f</b>
					

**Doložení (dokumentem) požadováno/ DmbA / (dokumenty se zvláštními požadavky na archivaci)  
D-Parts (Safety-Documet Parts):**

V souladu s VDA Vol. 1 (1998) může být ze zákona, nebo na základě kontraktu požadována klasifikace dokumentace a záznamů jako DmbA.

DmbA je náhradou staršího označení „D-Part“.

DmbA dokumenty by měly být označeny



DmbA stanovuje požadavky pouze udržování a archivaci dokumentace a záznamů (ne pro kontrolu a měření a zajištění funkčnosti produktu)

**Speciální znak určený k archivaci je označen „D“.**

**Kritický prvek z hlediska bezpečnosti je označen symbolem <S>**

Identifikace údajů specifikovaných na výkrese

Identifikace specifikací na výkrese rozčleněním výkresu na sektory pomocí souřadnicové sítě (viz. obr. 1) se ukázala jako nedostatečná a z tohoto důvodu je potřeba každé, nejen geometrické specifikaci produktu – kóta, tolerance délkových rozměrů, tolerance tvaru a polohy, jakost povrchu, technologické zpracování, poznámka ...) přiřadit jednoznačný kód (většinou pořadové číslo), které se uvádí v tzv. „slzičkách“ (viz. obr. 52), anebo v kroužcích. K jednotlivým specifikacím pak lze přidávat další informace prostřednictvím softwarových produktů pro správu technické dokumentace (správa údajů o výrobcích, PDM (Product Data Management)).

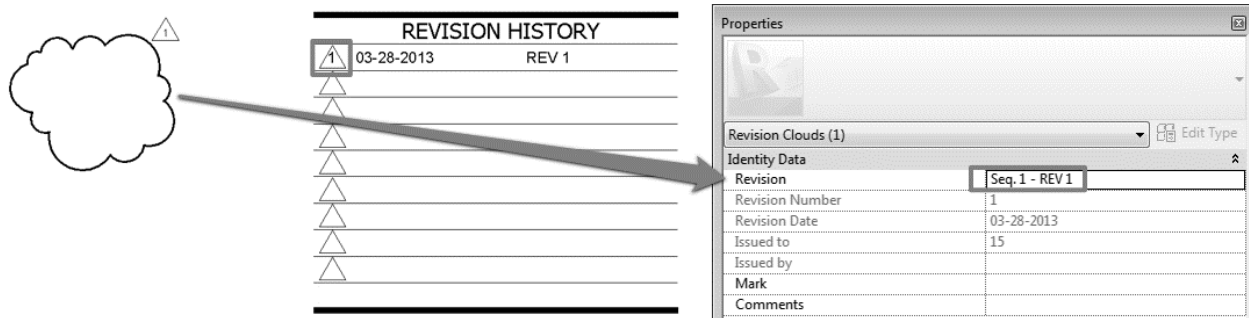
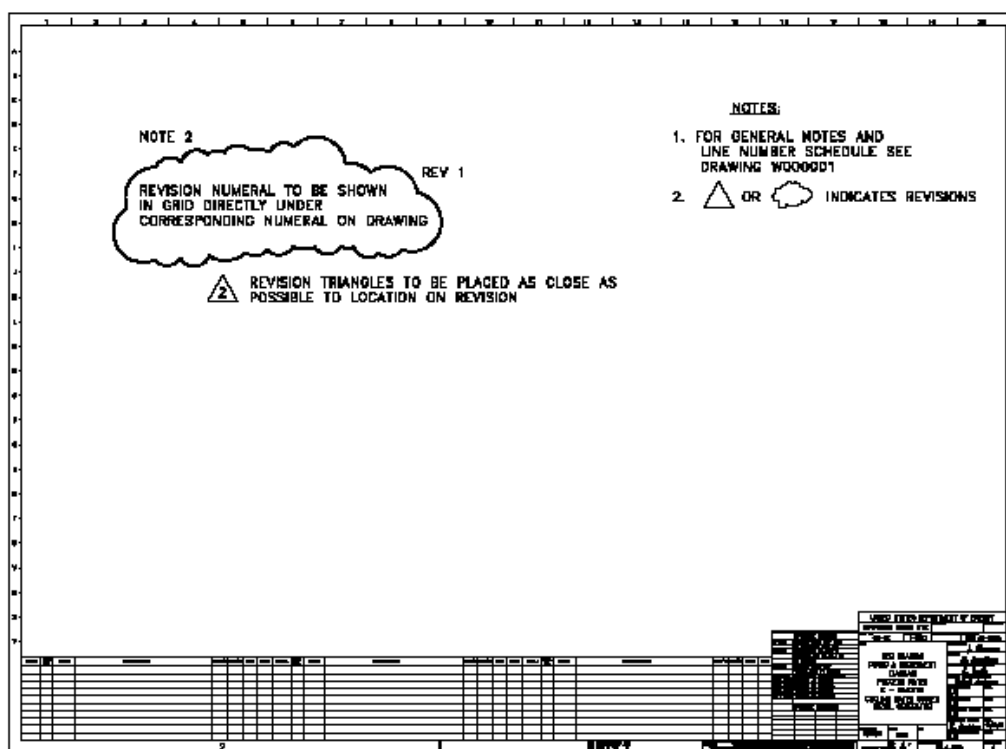
Revize

Existují dva běžné způsoby záznamu revizí na výkresech obr. 53. Prvním z nich je způsob oblak, kde každá změna je uzavřena v ručně kresleném tvaru „oblak“, jak je vidět na obrázku níže. Druhý způsob zahrnuje umístění trojúhelníku s číslem revize vedle každé ovlivněné části výkresu. Metoda „oblak“ označuje

změny pouze z poslední revize, zatímco druhá metoda odkazuje na všechny revize výkresu, protože všechny předchozí revizní trojúhelníky zůstanou na výkresu.

Čísla a bloky revizí jsou obzvláště užitečné při zkoumání vývoje specifického systému nebo součásti prostřednictvím srovnání různých revizí.

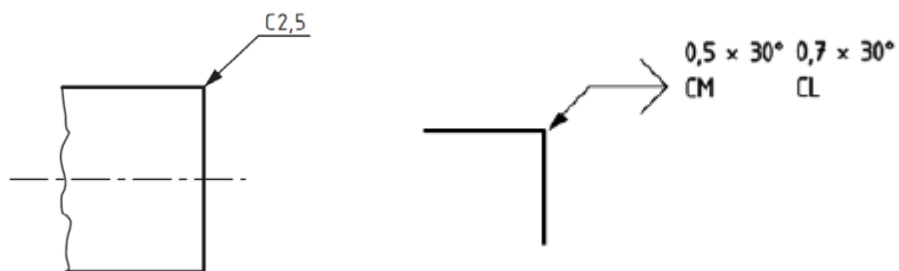
V automobilovém průmyslu trojúhelník obecně znamená "významný vlastnost (significant characteristic SC)". Často je také používán pro označení poznámek. Toto však záleží na zákazníkovi.



Obr. 55: Označení revizí na výkrese

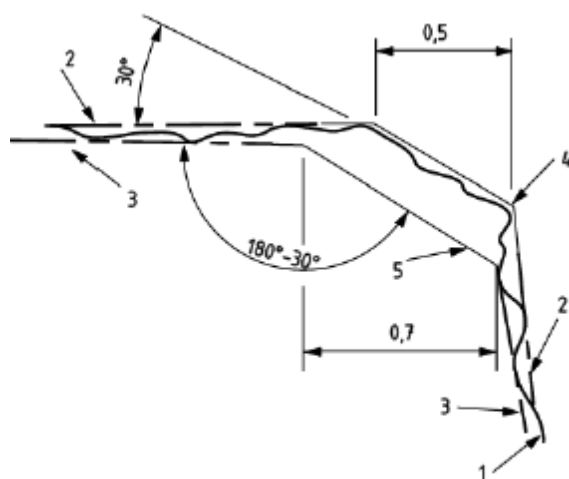
Grafické a písmenové značky

C – sražení



Obr. 56: Značka pro sražení a příklad specifikace sražení při max. a min. materiálu (C = chamfer; CM = chamfer maximum material boundary; CL chamfer least material boundary)

*Poznámka: Pokud je v označení nahrazeno C písmenem P, znamená to, že je nutné data převzít z CAD*

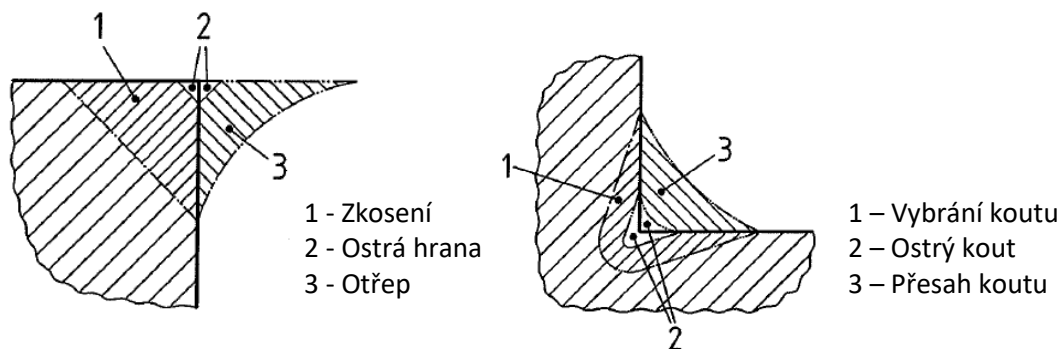


Obr. 57: Sražení specifikované na obr. 56

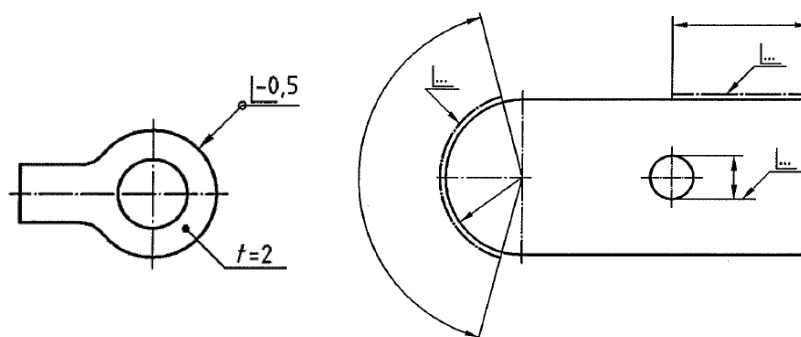
Na obr. 57 můžeme vidět hranice vymezující toleranční pole definované pro produkt vyrobený na maximum/ minimum materiálu.

### **Označování hran a koutů neurčitých tvarů**

Jedná se například o odstranění ostrých otřepů vnějších hran (odjehlení) a u vnitřních koutů jde především o úpravu, která je nutná především z hlediska spasování součástí.



Obr. 58: Označování hran a koutů



Obr. 59: Předpis platí po obrysu/ ve specifikované části prvku

Tabulka 5: Označování hran a koutů

Značka	Význam	Vysvětlení
		Na vnější hraně je povolen otřep do 0,3; směr otřepu není určen
		Na vnější hraně je povolen otřep; rozměr a směr otřepu nejsou určeny
		Na vnější hraně je povolen otřep do 0,3; směr otřepu je určen

		Vnější hrana bez otřepu; zkosení do 0,3
		Vnější hrana bez otřepu; zkosení od 0,1 do 0,5
		Vnější hrana bez otřepu; zkosení není určeno
		Na vnější hraně může zůstat otřep do 0,05 a nebo může být zkosena do 0,05 (může zůstat i ostrá hrana); směr otřepu není určen
		Vnitřní hrana s možným vybráním do 0,3; směr vybrání není určen
		Vnitřní hrana s vybráním od 0,1 do 0,5; směr vybrání není určen
		Vnitřní hrana s možným vybráním do 0,3; směr vybrání je určen
		Vnitřní hrana s možným přesahem do 0,3
		Vnitřní hrana s přesahem od 0,3 do 1,0

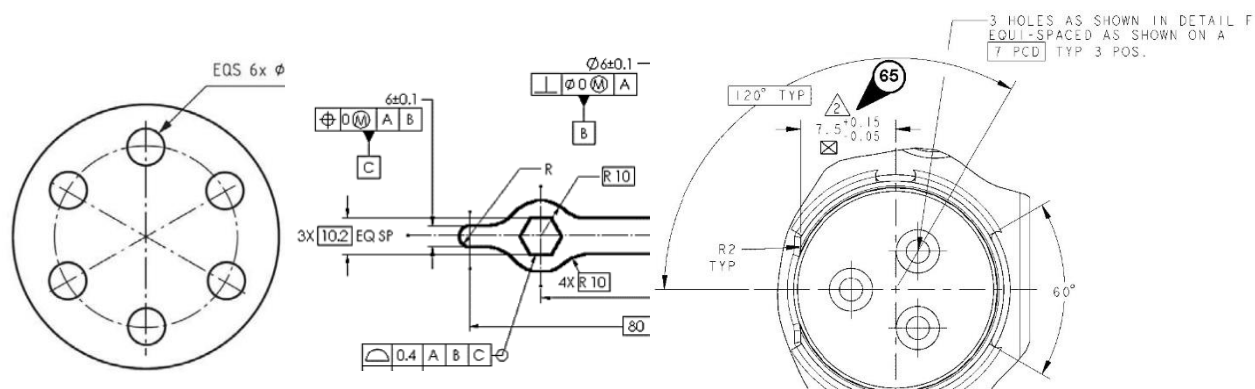
Tabulka 6: Indikátory specifikace přechodů (hrany a kouty)

Symbol	Význam	
C	Chamfer	Sražení
CF	Chamfer of consistent (fixed) dimensions	Sražení o neměnných (stálých) rozměrech
CL	Chamfer least materiál boundary	Sražení při minimu materiálu
CM	Chamfer maximum materiál boundary	Sražení při maximu materiálu

D	Length of the tolerated feature from the specification origin	Poloha tolerovaného prvku od specifikovaného počátku
E/EF/EL/EM	Ellipse	Eliptický přechod
P/PF/PL/PM	Profile defined by CAD	Profil přechodu definovaný pomocí CAD
R/RF/RL/RM	Rádus	Zaoblený (poloměrový) přechod
T	Profile tolerance value	Hodnota tolerance profilu přechodu

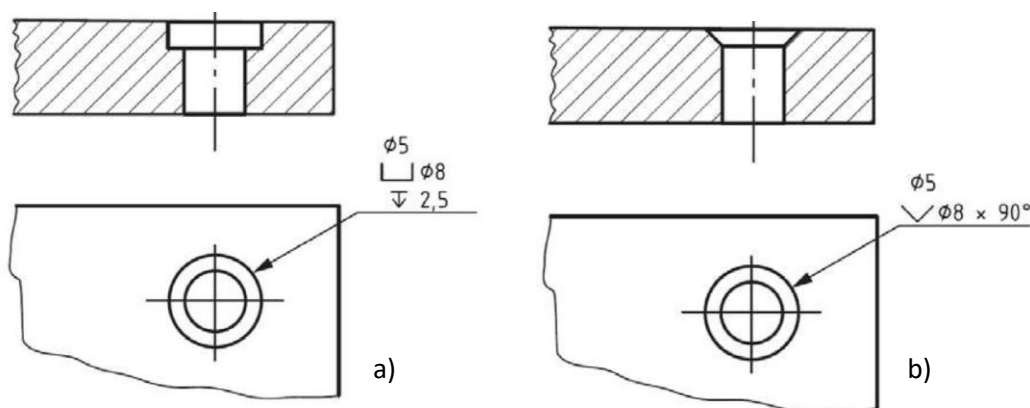
EQS (EQ SP; EQUI-SPACED) – rovnoměrné rozložení

V případech, kdy se je brán zvláštní zřetel na design výrobku, je nutné především u prvků pole zajistit jejich rovnoměrné rozložení v poli prvků (vhodné pohledové vlastnosti). Pokud bychom prvky v poli rozmístili jen na základě specifikovaných tolerancí, mohlo by dojít k jejich nerovnoměrnému rozložení a tím narušení harmonie designu.



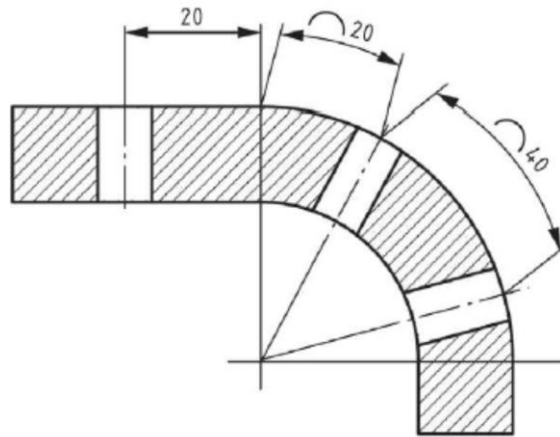
Obr. 60: Rovnoměrné rozložení prvků

Zahloubení a zapuštění



Obr. 61: a) Válcové zahloubení díry; b) Grafické označení zapuštění

## Délka oblouku

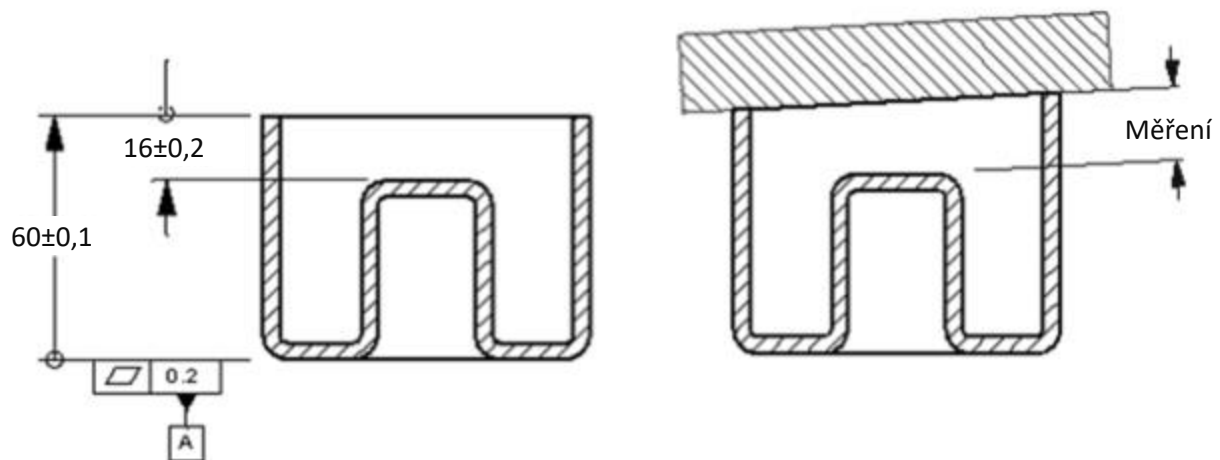


Obr. 62: Grafické označení délky oblouku

## Symbol počátku

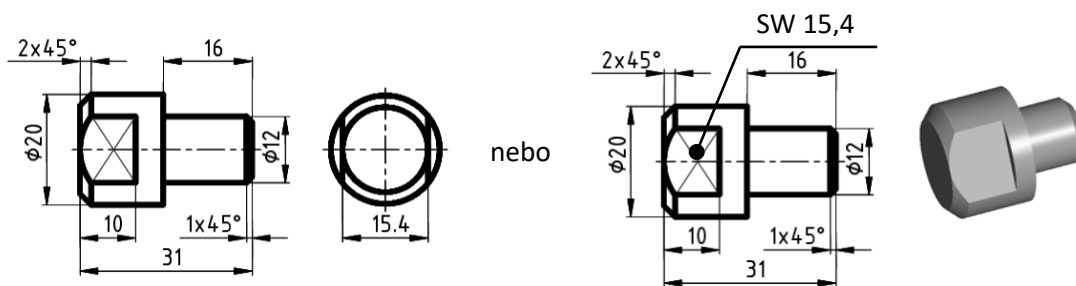
U jednoduchých součástí může být velmi efektivně použit počátek kótování. Symbolem počátku je určen požadavek kontroly rozměru  $16 \pm 0,2$  při poloze kelímku, která odpovídá jeho reálnému upevnění v sestavě.

*Poznámka: Stejného výsledku bychom dosáhli, kdybychom horní plochu zvolili za základnu a na horní plochu výstupku aplikovali geometrickou toleranci tvaru profilu.*



Obr. 63: Počátek měření

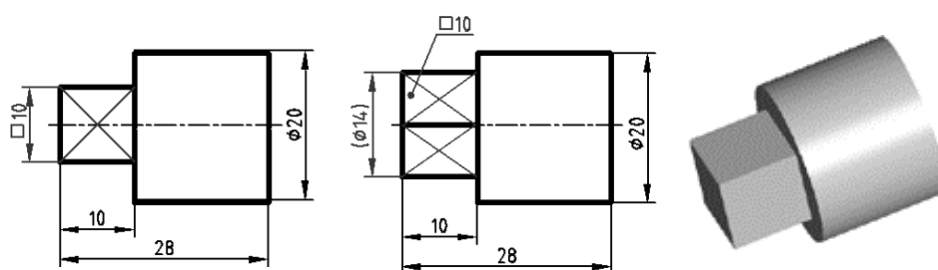
## SW - šířka zploštění



Obr. 64: Šířka zploštění

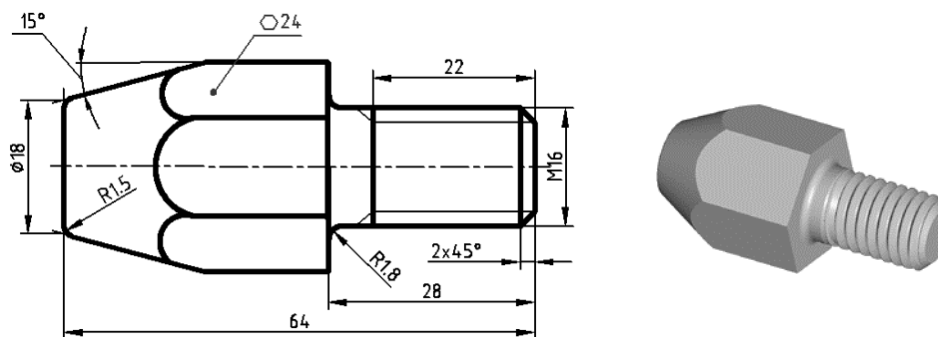
## Označování hranolů

### Čtyřhrany



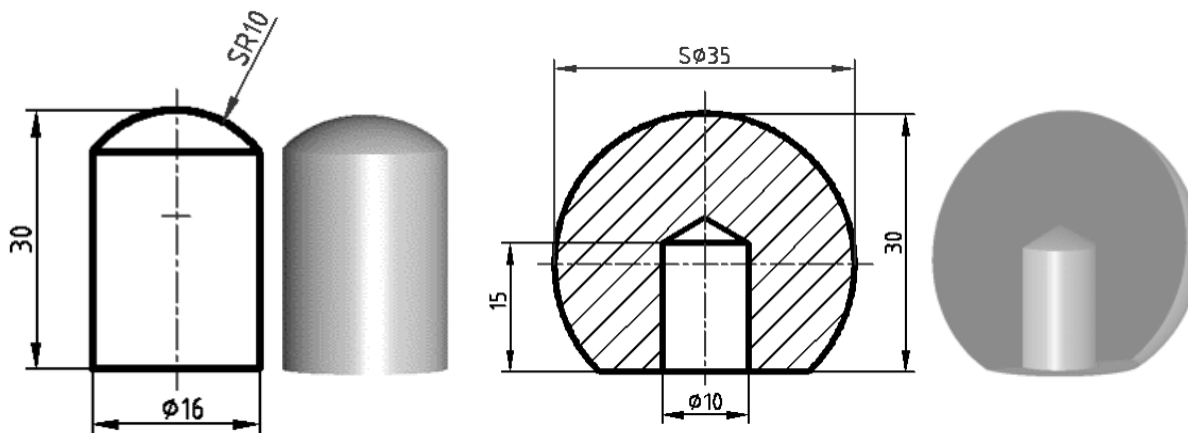
Obr. 65: Označování čtyřhranů

### Šestihrany



Obr. 66: Označování šestihranů

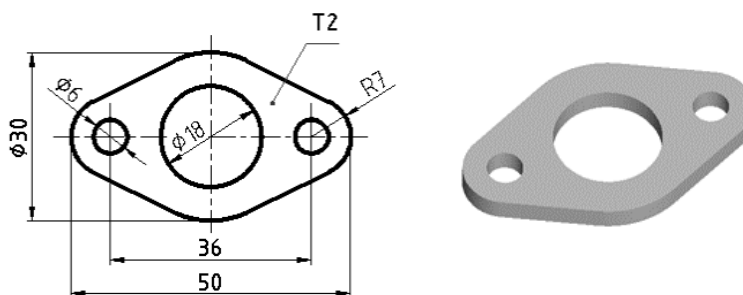
## Koule a kulové vrchlíky



Obr. 67: Označování koulí a kulových vrchlíků

### Tloušťka desek

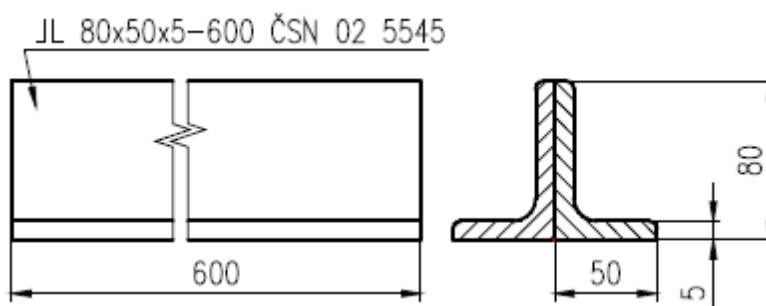
*Poznámka: Můžeme ho použít pouze v případě, že tloušťku součásti už neobrábíme a na plochy nevztahujeme geometrické tolerance.*



Obr. 68: Tloušťka příruby

### Označování profilů

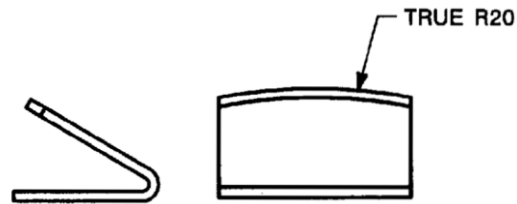
*Poznámka: Je také možné zjednodušeně kótovat normalizované profily (L, I, U). Můžeme zde rovněž uvést polohu profilů a délku.*



Obr. 69: Označování profilů

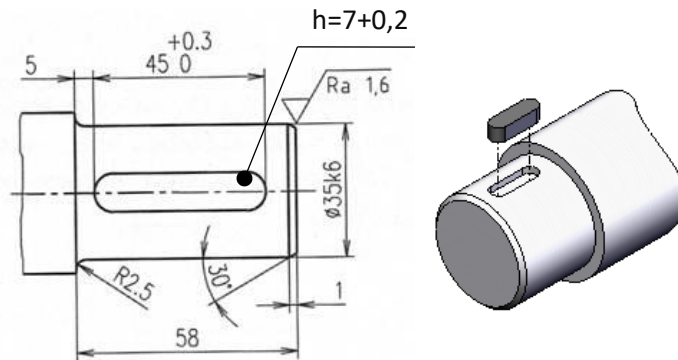
## TRUE R

*Poznámka: Používá se u nerotačních součástí, kde je potřeba čtenáře ujistit, že v rovině daného pohledu se jedná skutečně o prvek s daným poloměrem.*



Obr. 70: Označení skutečného poloměru

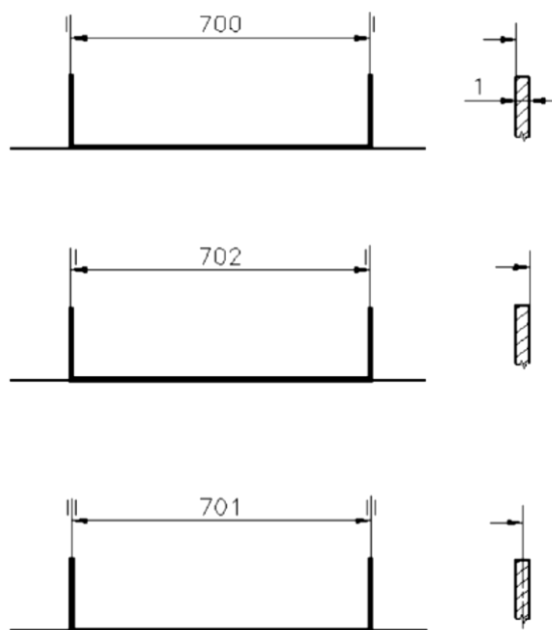
## Hloubka drážky – h



Obr. 71: Označení hloubky drážky

## Značky pro kótování tenkých součástí

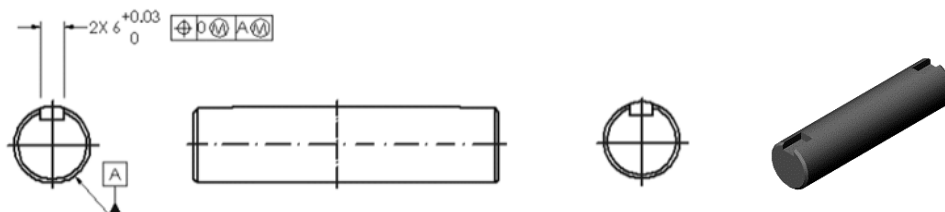
Aby bylo zřejmé, zda jde u kótovaných tenkých součástí o vnitřní nebo vnější rozměr či střední rozměr a to bez nutnosti kreslit součást ve větším měřítku či s podrobností, lze použít smluvní značky.



Obr. 71: Značky pro kótování tenkých částí

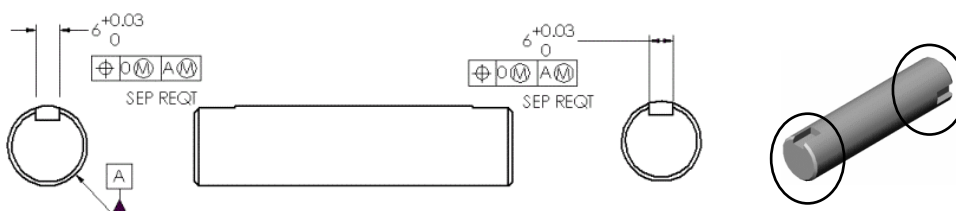
„Separate Requirements“ (SEP REQT) - zrušení vzájemných vazeb mezi prvky pole

*Poznámka: Pozor na předpoklad „simultánních“ požadavků dle části 4.5.12 normy Y14.5. Americká norma říká, že pokud poloha konstrukčních prvků je vztažena ke stejným referenčním základnám, tak se tyto prvky považují za součást pole.*



Obr. 72: Drážky jsou považovány za součást pole, jejich vzájemná orientace je vázaná tolerancí umístění

Pokud chceme zrušit vzájemnou vazbu mezi drážkami, jež určuje jejich vzájemnou orientaci, tak musíme na výkrese tento požadavek předepsat poznámkou: „Separate Requirements“ (SEP REQT).

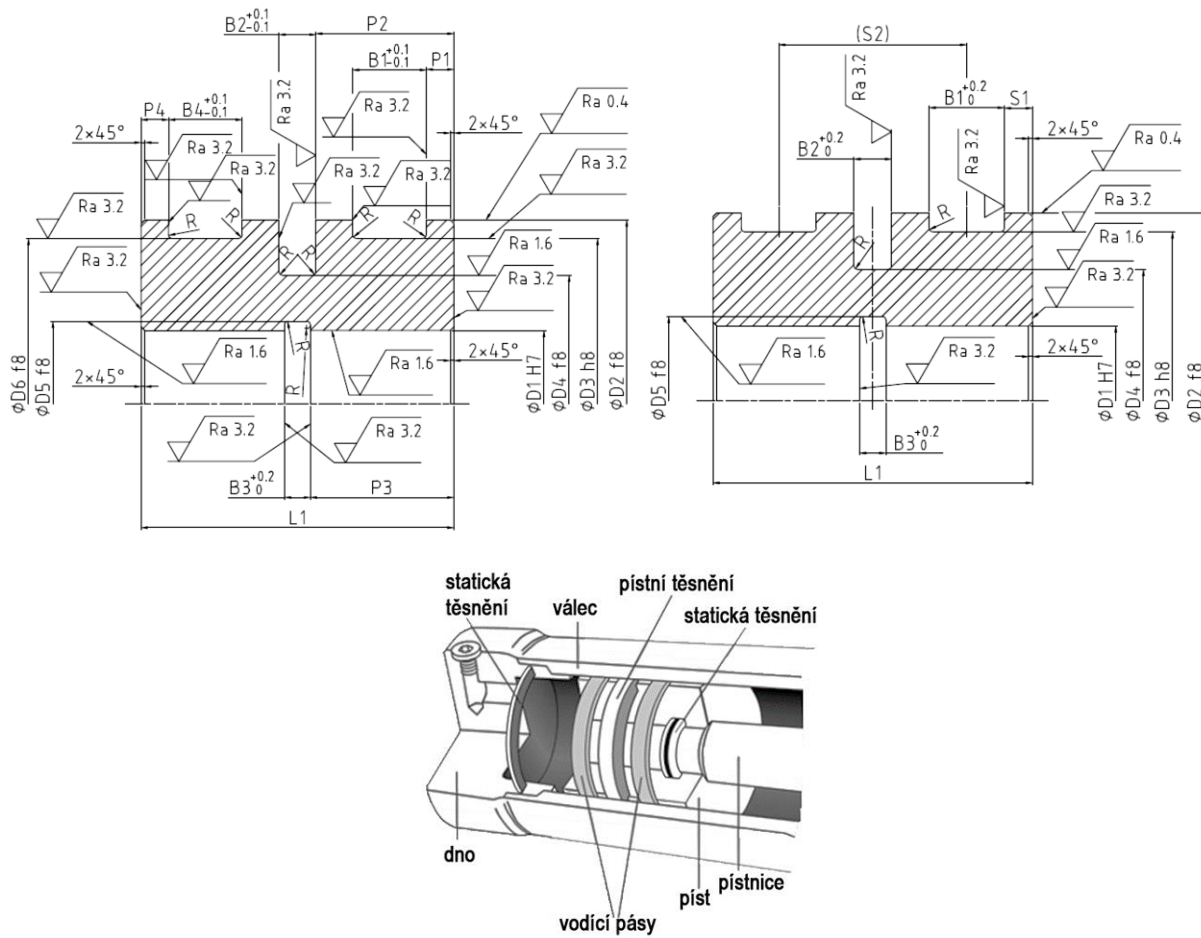


Obr. 73: Drážky nejsou považovány za součást pole, jejich vzájemná orientace není již požadována – je nepodstatná vzhledem k funkci

## Osy

Na technických výkresech rozeznáváme následující typy os:

- Rotace.
- Celkové symetrie objektu.
- Elementárních konstrukčních prvků (díry, drážky, zápichy, zaoblení ...)



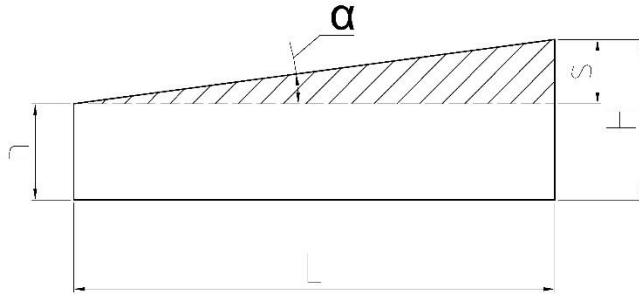
Obr. 74: Geometrická specifikace pístu hydromotoru bez a s využitím os

## Značka sklonu (úkosu)

Na výkresech se kótuje sklon 1 : x; kde

$$x = \frac{1}{s} = \frac{1}{H - h}$$

Před poměr, např. 1:10, se píše značka sklonu čarou.

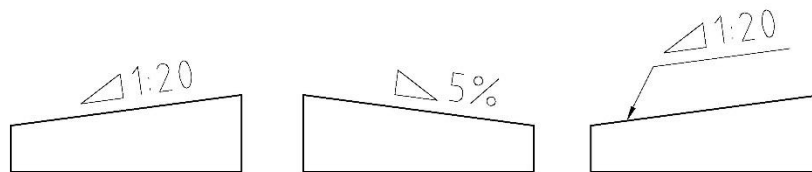


Obr. 75: Parametry sklonu

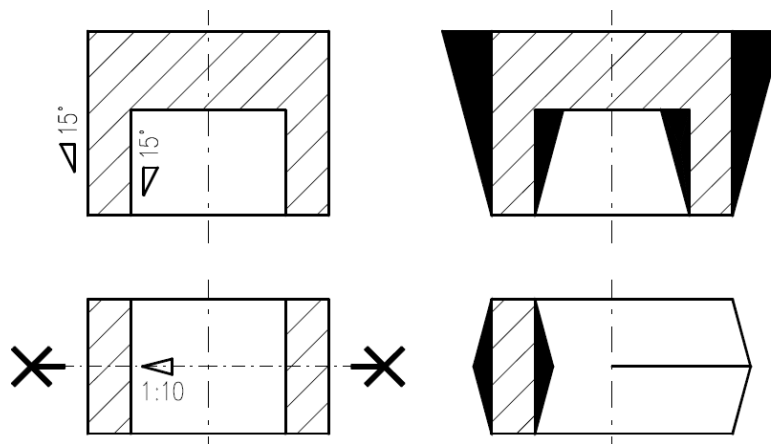
Značka sklonu je orientovaná shodně se sklonem čáry profilu anebo plochy.  
Sklon se někdy také udává v procentech.

Počet procent:

$$p = \frac{100}{x}; \text{ Např.: } \Delta = \frac{1}{20} = 0,05; p = \Delta * 100 = 5\%$$



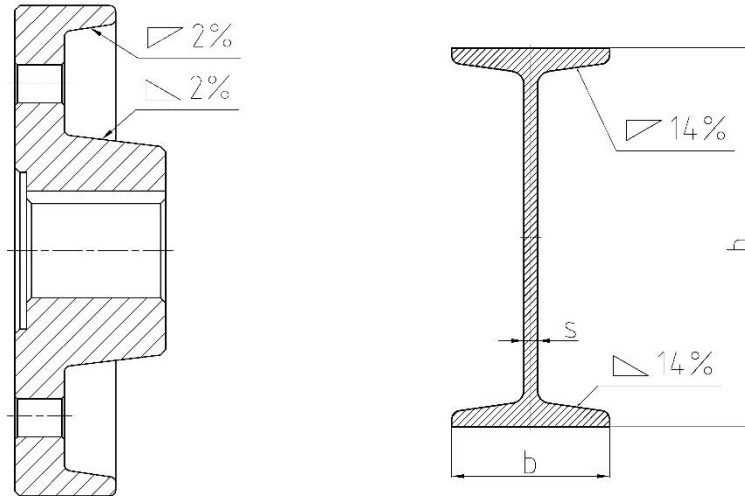
Obr. 76: Použití a orientace značky sklonu (úkosu, zúžení ...)



Obr. 77: Předepisování sklonu na výkresech odlitků/výkovek.

**Poznámka:**

*Malé sklony/úkosy se na technických výkresech nevykreslují a proto je důležitá správná orientace značky sklonu!*



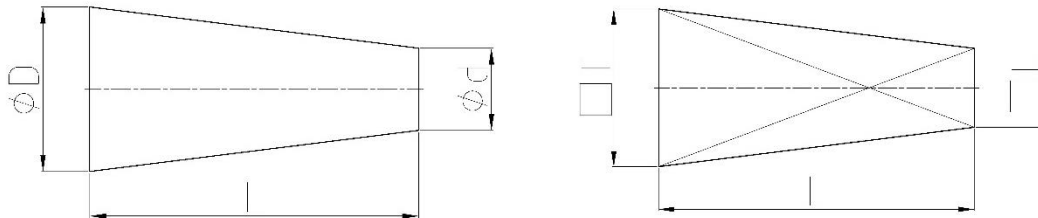
Obr. 78: Předepisování sklonu (odlitky/výkovky, válcované profily)

### Značka kuželovitosti/ jehlanovitosti

Do výkresu zapisujeme ve tvaru 1 : x(x<sub>p</sub>), kde

$$C = \frac{D - d}{L}; x = \frac{1}{C} = \frac{L}{D - d}$$

$$C_p = \frac{T - t}{L}; x_p = \frac{1}{C_p} = \frac{L}{T - t}$$

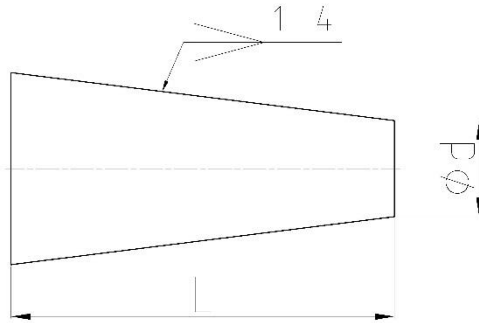


Obr. 79: Parametry kuželovitosti/ jehlanovitosti

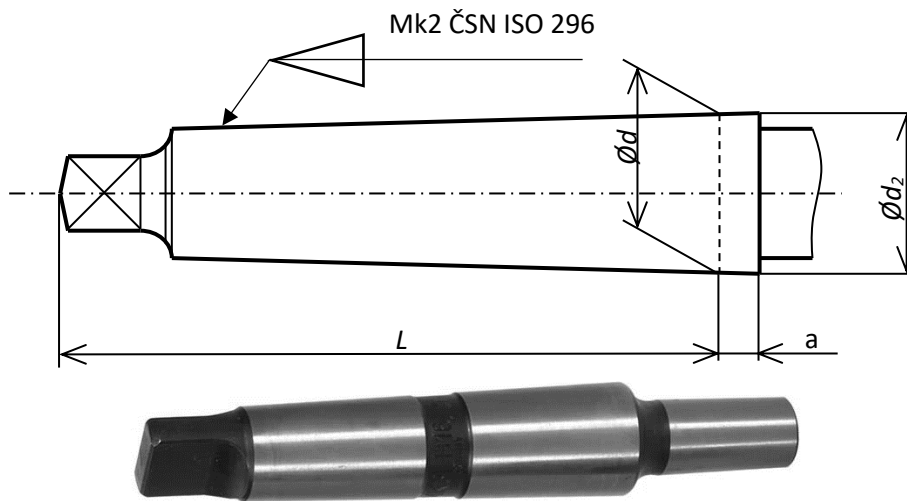
### A) Funkční kužel

Funkčním kuželem se rozumí kužel, jehož kuželová plocha má nějakou funkci. Jedná se např. o upínací kužele nástrojů, i nichž je třecí moment přenášen pomocí tření vznikajícímu mezi kuželovou plochou stopky nástroje a kuželovou plochou dutiny vřetena.

*Poznámka: Předpis pro Morse kužel určuje pouze kuželovitost. Neuvádí však, jaká část nekonečného kužele s danou kuželovitostí se má použít. Z tohoto důvodu je nutné kromě kuželovitosti uvádět ještě tzv. kontrolní průměr ležící ve vzdálenosti „a“ od počátku kužele. Počátek rozměru „a“ často předchází ještě krátká válcová část o  $\phi d$ , která umožňuje opravu (přebroušení) kužele po jeho poškození. Toto předpokládá vytvoření silnější rázuvzdorné a ořezuvzdorné povrchové vrstvy (např. cementování a kalení ...).*



Obr. 80: Použití a orientace značky kuželovitosti



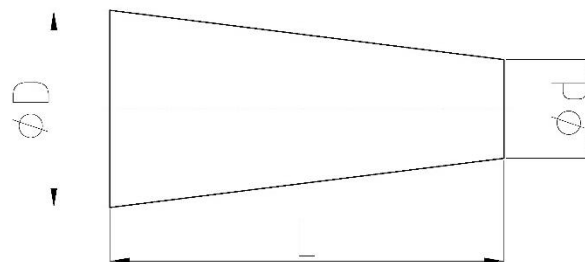
Obr. 81: Samosvorný kužel nástrojové stopky

Tabulka 7: Rozměr stopky Morse podle DIN 228

Kužel	$\varnothing d$	$L$	$\varnothing d_2$	$a_{min}$	$\alpha/2$
MK 2	17,780	75	18,0	5,0 + 1,4	1°25'50''

### A) Nefunkční kužel

Nefunkčním kuzelem se rozumí kužel, jehož kuželová plocha nemá žádnou funkci. Jedná se např. o redukční části potrubních systémů, kde jsou důležitější než přechodový kužel počáteční a koncový průměr kužele.



Obr. 82: Kótování nefunkčního kužele



Obr. 83: Redukce vzduchovodu

### Značky zápichů

Osazené plochy hřídelů (F, G, E) nebo plochy stejného jmenovitého průměru s různými mezními úchylkami (D) se oddělují pro usnadnění obrábění nebo z funkčních důvodů zápichy. Tvary zápichů a jejich rozměry jsou normalizovány v ČSN 01 4960. Normalizované zápichy se nemusí kreslit podrobně, označují se jen symbolicky (např. F2,5 × 0,3 ...).

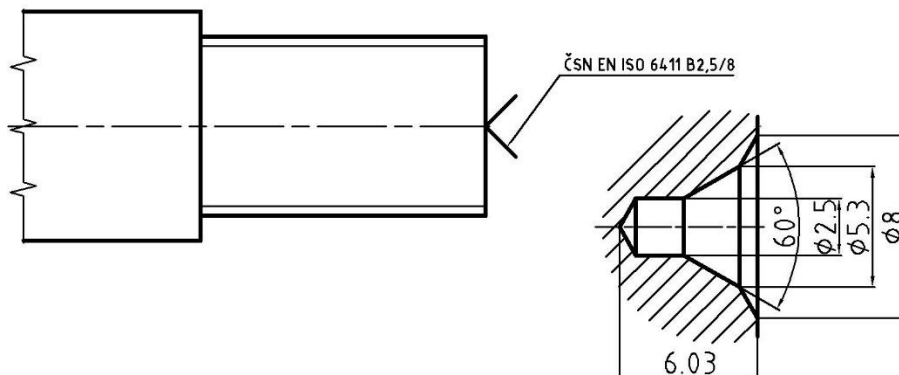


Obr. 84: Specifikace zápichů na výkrese

### Značky středících důlků

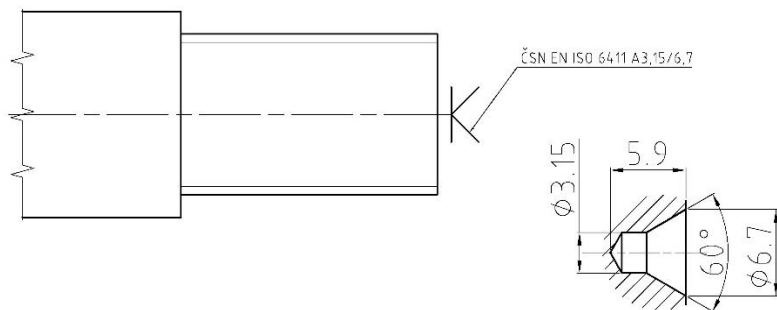
Slouží pro upnutí hřídelů při obrábění nebo kontrole rozměrů. Normalizované středící důlky se nekreslí, jen se označí normalizovanou značkou. Podle umístění značky se předepíše, zdali důlek musí, může nebo nesmí zůstat na produktu.

A) Středící důlek (provedení B) musí zůstat na hotové součásti



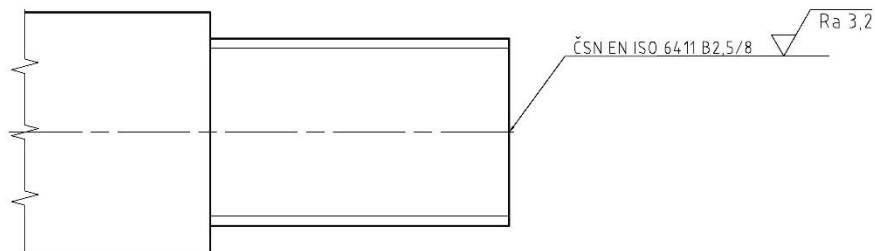
Obr. 85: Značka pro středící důlek, který musí zůstat na součásti

B) Středící důlek (provedení A) nesmí zůstat na hotové součásti



Obr. 86: Značka pro středící důlek, který nesmí zůstat na součásti

C) Středící důlek (provedení B) může (nemusí) zůstat na hotové součásti



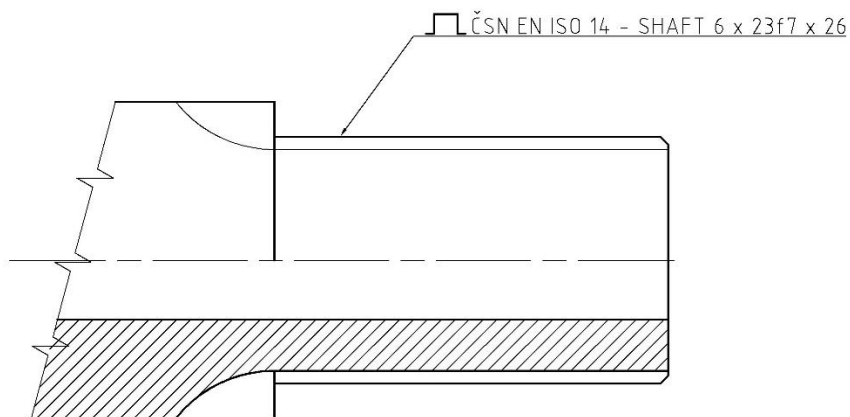
Obr. 87: Značka pro středící důlek, který může zůstat na součásti

### Značky drážkování

Drážkování hřídelů a nábojů je normalizováno v různých provedeních. Rozměry, drsnost ploch a mezní úchytky jsou uvedeny v normách. Hřídele a náboje s drážkováním se nejčastěji znázorňují zjednodušeně. Zobrazení se provede v pohledu nebo v řezu, na výkresech sestavení se přednostně znázorňuje hřídel.

A) Rovnoboké drážkování

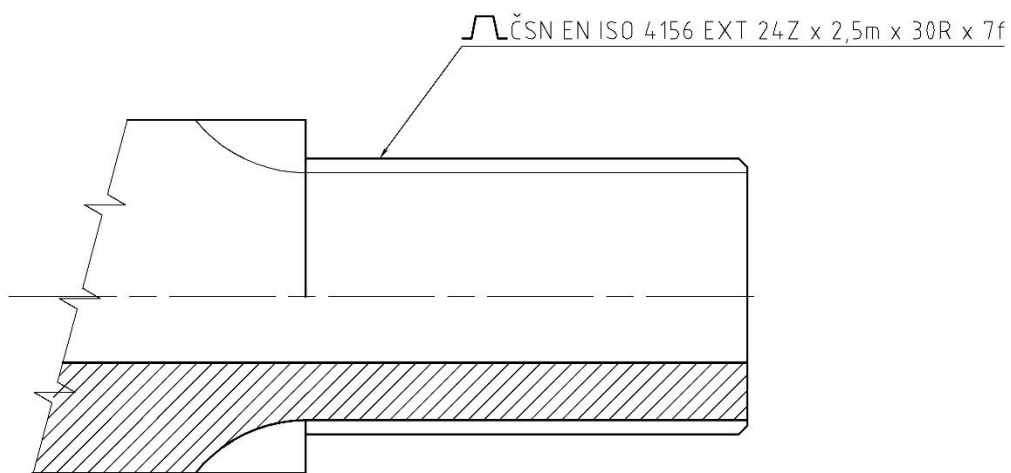
- SHAFT/HOLE – vnější/vnitřní drážkování



Obr. 88: Značka pro rovnoboké drážkování

### B) Evolventní (involutní) drážkování

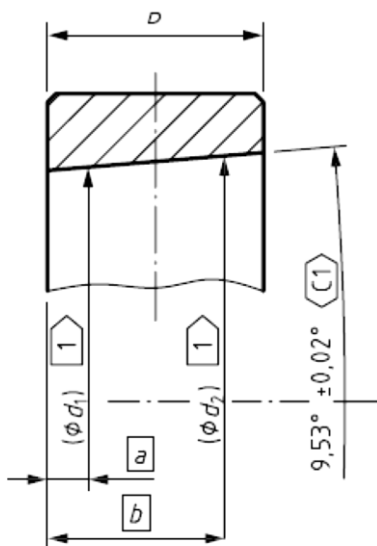
- EXT/INT – vnější/vnitřní drážkování
- Z – počet zubů/drážek
- m – modul
- R/P – tvar dna (oblé/ploché)



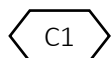
Obr. 89: Značka pro evolventní drážkování

### Charakteristika odvozená ze specifikace jiných parametrů

Vypočítávaná charakteristika se označí písmenem C (calculated) a číslem ukazatelů na specifikované parametry na výkrese, ze kterých se odvozovaná charakteristika počítá.



Obr. 60: Odvození velikosti vrcholového úhlu kužele



Charakteristika počítaná z průměrů  $d_1$  a  $d_2$



Prostřední charakteristika získaná jako maximální vepsaná kružnice (kritérium přiřazení dle indikátoru GX), která je použita pro výpočet souvztažné charakteristiky C1.

## 2. Nejistoty specifikace při kótování

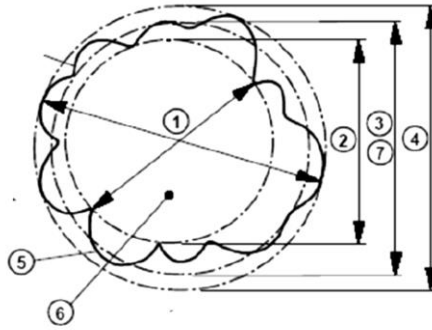
Nejistota specifikace – kvantifikuje blízkost předpisu specifikace k funkci. Je v odpovědnosti konstruktéra. Se zvyšujícími se nároky a požadavky na technické systémy a v souladu s rozvojem měřicí techniky a výrobních prostředků a technologií, je vytvářen neustálý tlak na snižování nejistot v průběhu specifikace geometrických parametrů produktů a nejistot měření. Na tento změněný stav si vynutil změnu a tvorbu nových norem týkajících se GPS.

### Příklad:

$\varnothing 50 \pm 0,05$  tj. 50,05 až 49,95 (1).

Co chtěl konstruktér předepsat?

- největší vepsaný průměr, nebo
- nejmenší opsaný průměr, nebo
- průměr nejmenších čtverců? ...

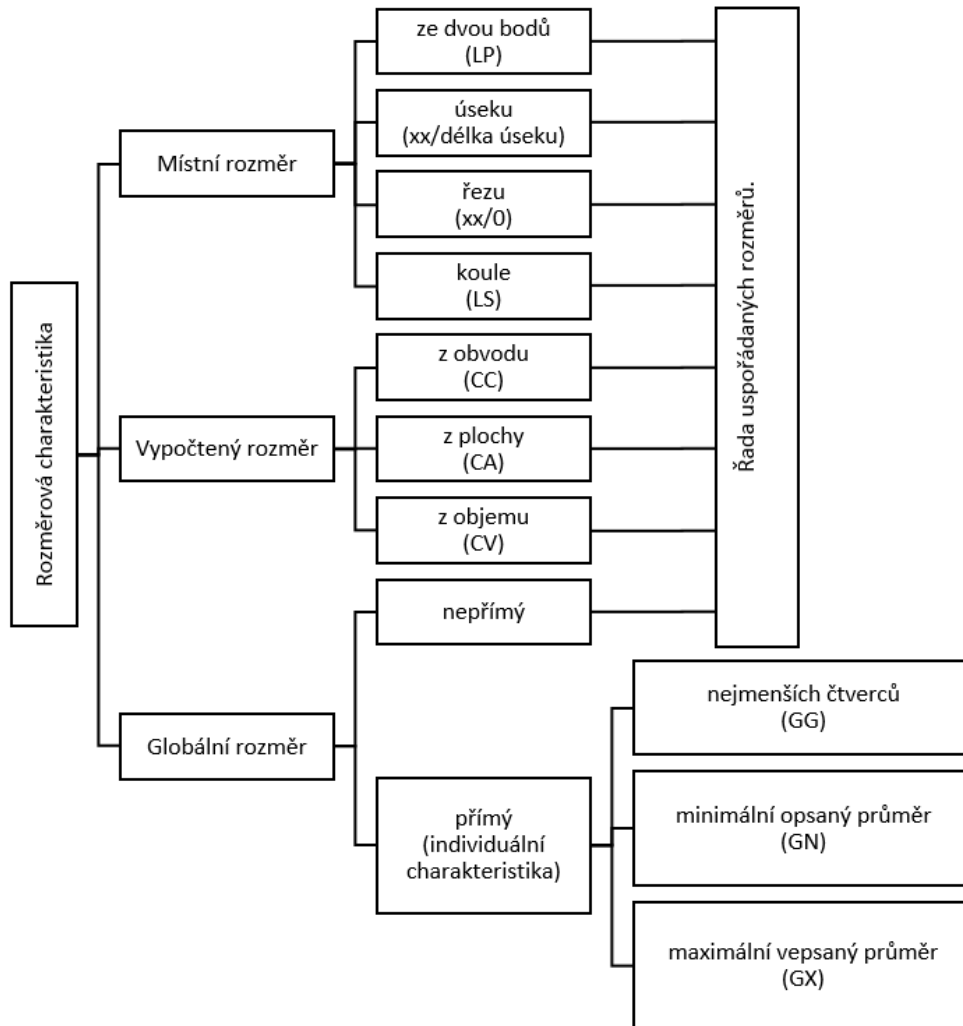


Obr. 61: Specifikace zjištění průměrové charakteristiky profilu válcového prvku

Tabulka 7: Nejistota specifikace

### Technický produkt

<p>Geometrická specifikace produktu (strojní části) funkce, s určitou nejistotou specifikace.</p>	<p>Ověřování (sledování) geometrických specifikací produktu na základě jeho specifikace, s určitou nejistotou měření.</p>
---	---



Obr. 62: Schéma rozměrů

### Metody specifikace požadavků

Dříve - předpis obvykle jen standardních operátorů podle norem,  
 Dnes - zpřesnění použitím modifikátorů, které mění základní předpis podle specifických požadavků (speciální operátory).

⇒ Vysoký počet nových pojmů, ale i značek na výkresech.

Tabulka 8: Výběr identifikátorů

Identifikátor (v oválu)	Význam
LP	Dvoubodový rozměr
LS	Místní rozměr definovaný koulí
GG	Kružnice nejmenších čtverců (kritérium přiřazení)
GX	Maximální vepsaná kružnice (kritérium přiřazení)
GN	Minimální opsaná kružnice (kritérium přiřazení)
CC	Průměr z obvodu (vypočítaný rozměr)
CA	Průměr z plochy (vypočítaný rozměr)
CV	Průměr z objemu (vypočítaný rozměr)
SX	Maximální rozměr (uspořádané řady)
SN	Minimální rozměr (uspořádané řady)
SA	Průměrný rozměr (uspořádané řady)
SM	Středový rozměr (uspořádané řady)
SD	Průměrný rozměr (uspořádané řady)
SR	Rozsah rozměru (uspořádané řady)

#### Příklady některých definic:

**rozměrový prvek** - geometrická forma, definovaná délkovou nebo úhlovou velikostí, kterou je rozměr. Rozměrovými prvky mohou být válec, koule, dva paralelní protilehlé povrchy, kužel nebo klín.

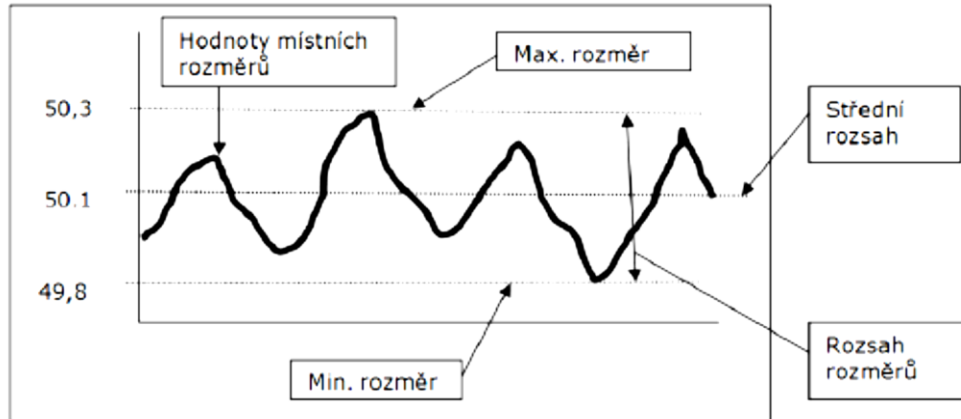
**rozměrová charakteristika** - charakteristika definovaná na získaném prvku. Rozměr lze hodnotit více než jednou rozměrovou charakteristikou (např. průměr dvěma body, průměr přiřazeného prvku k získanému prvku apod.)

**místní (délkový) rozměr (charakteristiky)** – rozměrová charakteristika je vymezena nejednoznačným výsledkem vyhodnocení podél a/nebo kolem rozměrového prvku. Pro daný prvek existuje nekonečně mnoho místních rozměrů.

**dvoubodový rozměr** - místní délkový rozměr, definovaný vzdáleností mezi dvěma opačnými body na rozměrovém prvku Dvoubodový rozměr na válci se nazývá dvoubodový průměr a je definován v ISO 14660 -2 jako místní průměr na získaném válci. Dvoubodový rozměr na dvou opačných rovinách se nazývá dvoubodová vzdálenost a je definován v ISO 14660-2 jako místní rozměr dvou paralelních získaných povrchů.

**globální (délkový) rozměr (charakteristika)** - rozměrová charakteristika definována jedinečným výsledkem hodnocení podél a kolem tolerovaného rozměrového prvku

**uspořádaná řada rozměrů** - charakteristika rozměru definovaná matematicky z homogenního souboru hodnot relativně k místnímu rozměru získaného podél a/nebo kolem tolerovaného prvku.



Obr. 63: Uspořádaná řada rozměrů

Např. Operátor středního rozsahu z uspořádané rozměrové řady:  $\phi 50,15$  **SM** apod.

Tabulka 9: Výběr některých označení a značek

### Popis

Kontaktní prvek  
 Nesouměrně položené tol. pole  
 Kombinované pole (společné pole)  
 Jednotlivé pole  
 Společná tolerance  
 Nestejnoměrně uspořádané pole (se specifikovaným offsetovým tolerančním polem)  
 Offsetové pole (nespecifikované toleranční offsetové pole)  
 Variabilní úhel  
 Spojitý prvek  
 Řízený rádius – měřený profil ležící uvnitř obloukového rohového tol. pole musí být skutečnou křivkou bez plošek a změn směru  
 Malý průměr  
 Velký průměr  
 Roztečný rozměr (průměr roztečné kružnice)  
 Opakující se rozměr (3x, 4x...)  
 Čárový prvek  
 Nekonvexní  
 Libovolný průřez v příčném směru  
 Specifikovaný průřez v příčném směru  
 Libovolný průřez v podélném směru  
 Specifikovaný průřez v podélném směru  
 V libovolné části prvku  
 V určené části prvku  
 Statistická tolerance – předepisuje nutnost vzájemného přiřazení dílů v sestavě na základě statistického vyhodnocení tolerancí dílčích rozměrů. Tento přístup umožňuje i při rozšíření tolerančního pole rozměrů dílčích prvků dokonce zvýšit přesnost stavební skupiny při jejich vzájemném smontování.  
 Medián prvku (např. střední prvek - osa rotace, symetrie, lokálního prvku ...)

### Označení

CF  
 UZ  
 CZ  
 SZ  
 CT  
 UZ  
 OZ  
 VA  
 UF  
 CR  
 LD  
 MD  
 PD (PCD)  
 TYP  
 LE  
 NC  
 ACS  
 SCS  
 ALS  
 SLS  
 APF  
 SPF



Podmínka volného stavu (poddajné části)

Požadavek obálky

Reciprocita

Požadavek maxima materiálu

Požadavek minima materiálu

Tangenta prvku

Předpokládané toleranční pole

Mezi

Vše po obrysu (profilu)

Přes všechny profily

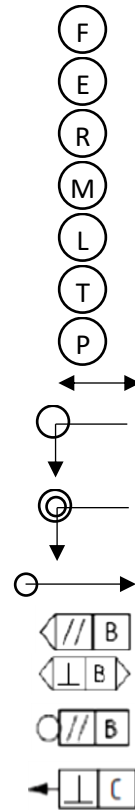
Počátek měření

Indikátor průsečiku rovin

Indikátor orientace rovin

Indikátor souboru ploch

Indikátor orientace (směru) prvku



Tabulka 10: Příklady aplikací identifikátorů

$10 \pm 0,1$ $\text{\textcircled{E}}$	Požadavek obálky
$10 \pm 0,1$ $\text{\textcircled{GX}}$ / 5 SPF	V blíže určené (specifikované) poloze části prvku (.../5)
$10 \pm 0,1$ $\text{\textcircled{GG}}$ / 5	Omezení na určitou délku (část prvku)
$10 \pm 0,1$ $\text{\textcircled{GX}}$ / 5 APF	V libovolné poloze určené části prvku (.../5)
$10 \pm 0,1$ $\text{\textcircled{GX}}$ / 0	V určeném průřezu ( .../0)
$10 \pm 0,1$ $\text{\textcircled{GX}}$ / 0 SCS	Specifikace průřezu v příčném směru(SCS)
$2 \times 10 \pm 0,1$ $\text{\textcircled{E}}$	Určení počtu prvků (TYP...)
$2 \times 10 \pm 0,1$ $\text{\textcircled{E}}$ CT	Společná tolerance v poli dvou prvků
$10 \pm 0,1$ $\text{\textcircled{LP}}$ $\text{\textcircled{SA}}$ $\text{\textcircled{F}}$	Ověřováno ve volném (bez přitlaku) stavu
$10 \pm 0,1$ A $\longleftrightarrow$ B	Mezi A a B

### Příklady zápisu některých modifikátorů

a) Zápis do dvou řádek

$+0,3 \begin{pmatrix} \text{GN} \end{pmatrix} /15$   
 $2 \times \phi 80 \quad -0,2 \begin{pmatrix} \text{LP} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \text{SA} \end{pmatrix}$

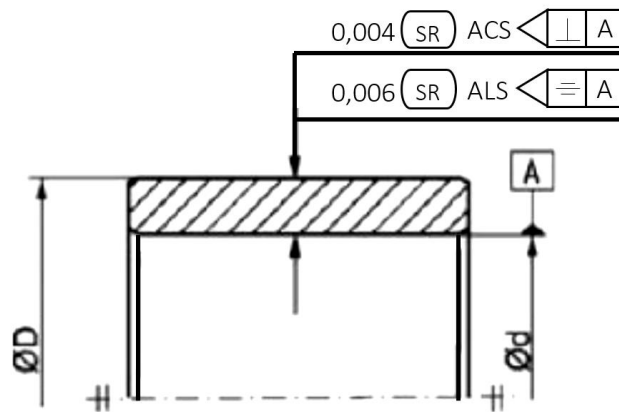
b) zápis do jedné řádky

$2 \times \phi 80 \quad [+0,3 \begin{pmatrix} \text{GN} \end{pmatrix} /15 ] - [-0,2 \begin{pmatrix} \text{LP} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \text{SA} \end{pmatrix} ]$

**Poznámky:**

- (GN) – maximální vepsání v úseku 15 [mm]
- (SA) – průměrná hodnota z rozměrové řady
- (LP) – ověřování dvoubodovým měřením

**Příklad využití např. při kótování rozsahu rozměrů (modifikátor SR) z uspořádané řady rozměrů**



Obr. 64: Kótování rozsahu rozměrů

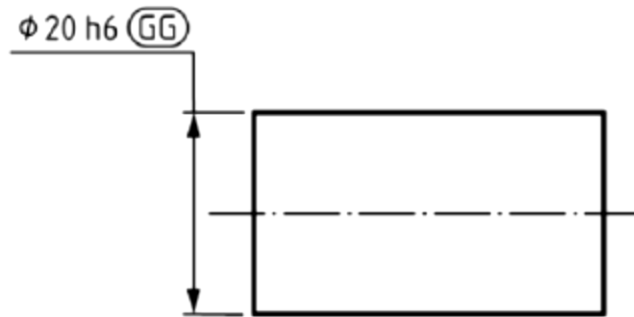
**Poznámka:**

Naměřená hodnota rozsahu rozměrů zjišťovaná v průřezu kolmém na základnu nesmí překročit mezní hodnotu = 0,004 a v podélném řezu rovnoběžném se základnou mezní hodnotu = 0,006.

Příklady specifikace na výkresech

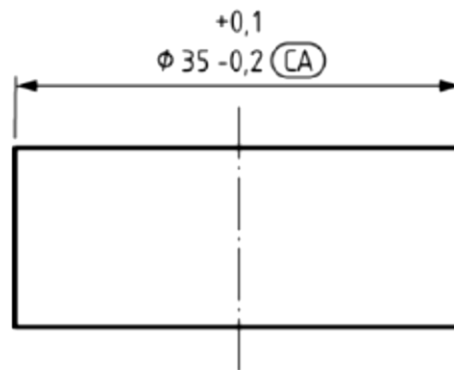
**Operátory společné pro horní i dolní mezní rozměry.**

- a) Předpis speciálního operátoru specifikace na bázi rozměru nejmenších čtverců (použit modifikátor GG).



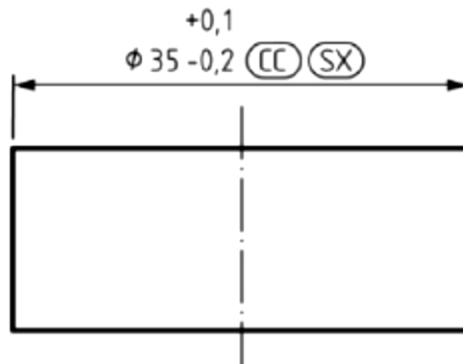
Obr. 65: Specifikace definovaná na bázi rozměru nejmenších čtverců

- b) Předpis speciálního operátoru specifikace na bázi průměru z plochy. Platí jak pro horní mezní rozměr (ULS), tak pro dolní mezní rozměr (LLS).



Obr. 66: Specifikace definovaná na bázi průměru z plochy

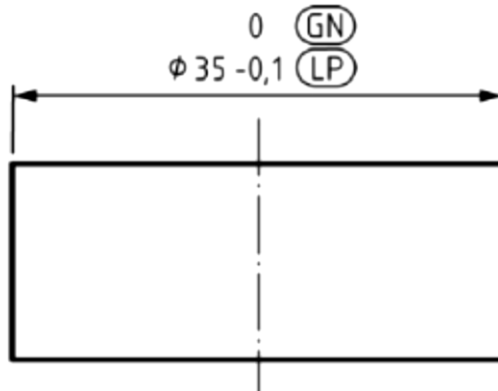
- c) Specifikace operátorů: maximální rozměr (SX) na bázi obvodu (CC) pro jakýkoliv průřez na celém rozměrovém prvku, aplikovaný pro horní i dolní mezní rozměr.



Obr. 67: Specifikace definovaná dvěma operátory

### Operátory rozdílné pro horní i dolní mezní rozměry.

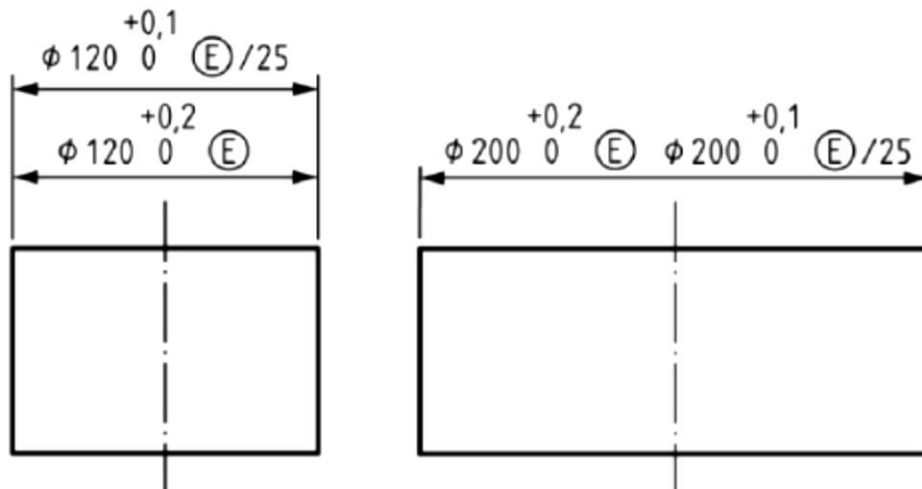
- a) Rozměr minimální opsané kružnice (GN) se vztahuje na horní mezní rozměr. Dvoubodový rozměr (LP) je aplikován pro dolní mezní rozměr.



Obr. 68: Operátory rozdílné pro horní i dolní mezní rozměry

### Další možnosti, jak uvádět specifikace na výkresech

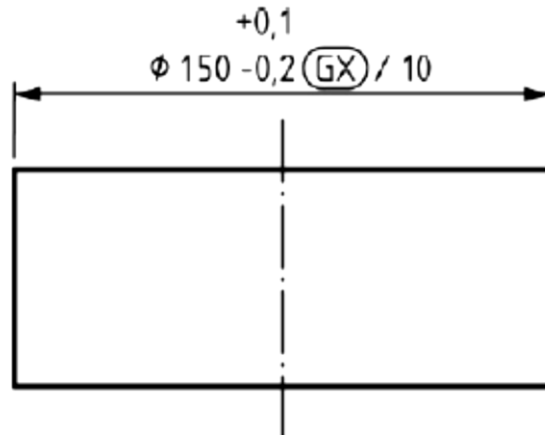
*Poznámka: Další příklady aplikace modifikátoru E v kroužku (obálky).*



Obr. 69: Aplikace modifikátoru obálky

### Omezení specifikace

Příklad omezení specifikace na určitou část rozměrového prvku. Maximální vepsání kružnice platí pro jakýkoliv úsek 10 [mm] na tomto prvku.



Obr. 70: Omezení specifikace

### 3. Kótování

#### Kótovací a pomocné čáry

##### Kótovací čára

- kreslí se rovnoběžně s kótovaným rozměrem
- nesmí být částí ani pokračováním osy nebo hrany
- kreslí se plnou tenkou čarou

##### Hraniční značka

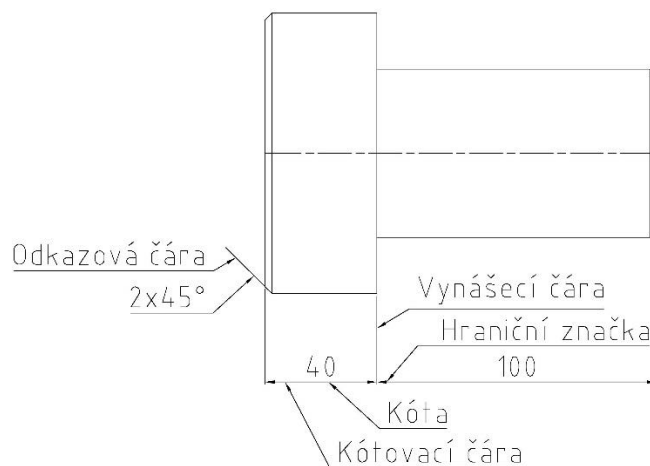
- zakončují kótovací čáru

##### Pomocná (vynášecí čára)

- vycházejí z kótovaného rozměru
- ohraničují kótovací čáru
- kreslí se plnou tenkou čarou
- kreslí se kolmé ke směru kótovaného prvku. Je-li to nezbytné, mohou být kresleny šikmé, avšak spolu rovnoběžné.

##### Kóta (kótovací text)

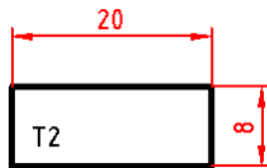
- číslo vyjadřující skutečnou velikost kótovaného rozměru



Obr. 71: Terminologie kótování

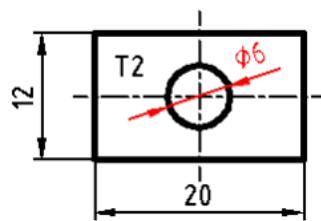
## Rozdělení kótování podle tvaru konstrukčních prvků

### Délková kóta



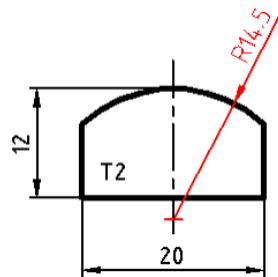
Obr. 72: Délková kóta

### Průměrová kóta



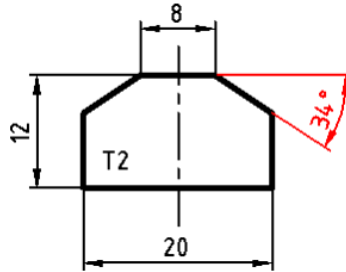
Obr. 73: Průměrová kóta

### Poloměrová kóta



Obr. 74: Poloměrová kóta

## Úhlová kóta

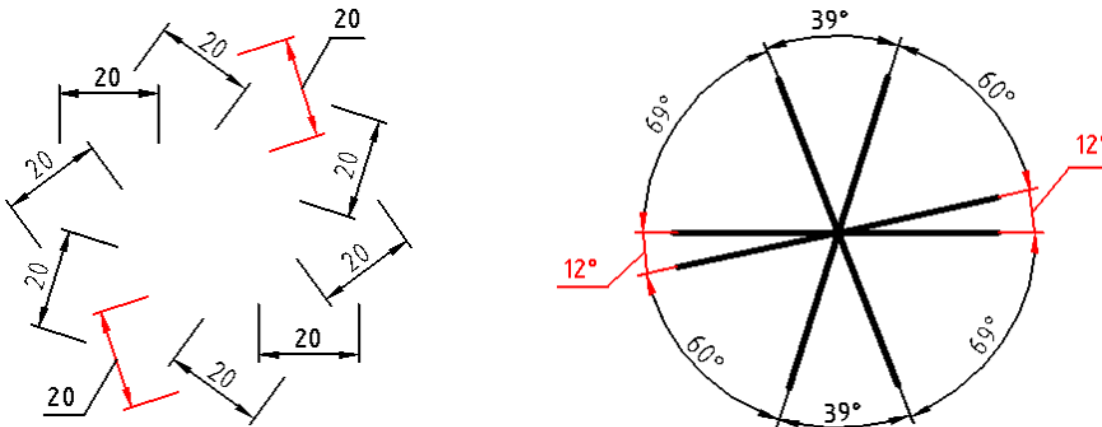


Obr. 75: Poloměrová kóta

## Umístění kótovacího textu

Kótovací text se píše doprostřed kótovací čáry nad kótovací čáru.

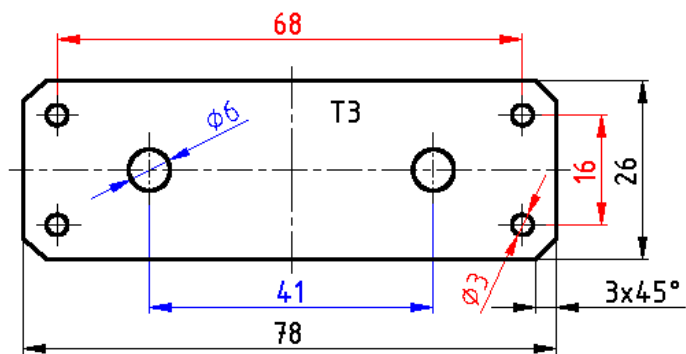
Pokud není dostatek místa pro kótovací text, lze jej napsat na prodlouženou kótovací čáru vně.



Obr. 76: Umístění kótovacího textu

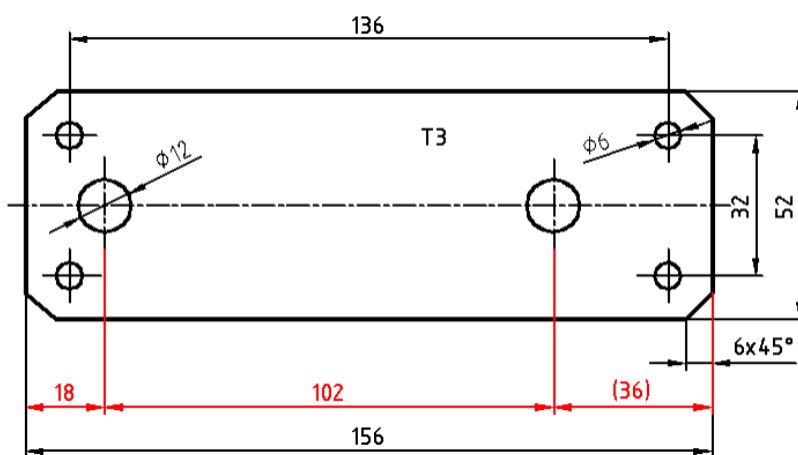
## Zásady kótování - úplnost

- Výkres musí obsahovat všechny rozměry potřebné pro výrobu a kontrolu
- Každý rozměr se kótuje pouze jednou
- Při opakujících se prvcích se kótuje tvar jednoho prvku a poloha ostatních prvků
- Výkres nesmí být „překótován“, nesmí obsahovat nadbytečné kóty



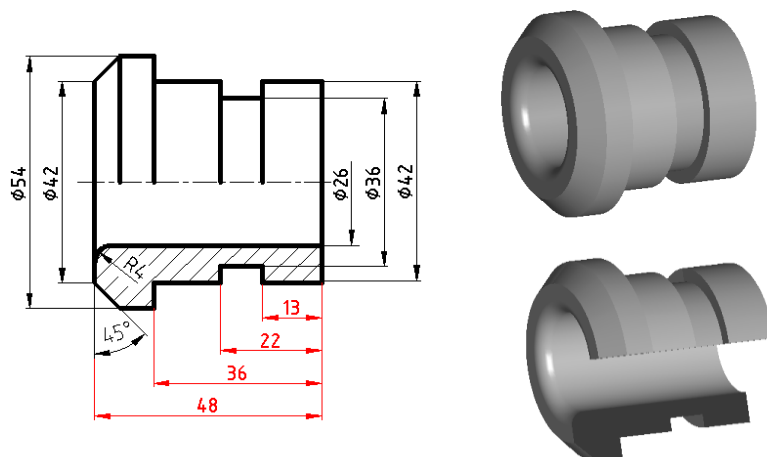
Obr. 77: Zásady kótování – úplnost

Soustavy kót - řetězcová kóta



Obr. 78: Řetězové kótování

Soustavy kót – společná základna



Obr. 79: Kótování od základny

# V. KAPITOLA 5

## 4. Kvalitativní parametry v obrazové dokumentaci

- Tolerování a lícování rozměrů
- Úchylky geometrického tvaru
- Úchylky geometrické polohy
- Drsnost povrchu
- Zvláštní úprava povrchu

## C. Tolerování a lícování rozměrů

### 5. Předpis přesnosti - tolerance

- Aby výrobky plnily požadovanou funkci a byl zaručen jejich spolehlivý provoz, musejí být vyrobeny v určité přesnosti
- Náklady na výrobu rostou progresivně s výrobní přesností
- Je nutné vymezit takovou přípustné nepřesnosti, aby zajistili požadované vlastnosti výrobku i jeho ekonomickou výrobu
- Optimální volba přesnosti:
  - Znalost funkce výrobku
  - Technologické výrobní zázemí
  - Ekonomická rozvaha
  - Znalost problematiky tolerování a předpisu přesnosti na technických výkresech

Tolerance:

1. Délkových a úhlových rozměrů
  - a. Předepsané ČSN ISO 129-1
  - b. Nepředepsané ČSN ISO 2768-1
2. Geometrické tolerance
  - a. Předepsané ČSN ISO 1101
  - b. Nepředepsané ČSN ISO 2768-2

Přesnost rozměrů lze na výkresu předepsat:

**Předepsané tolerance**

**ČSN ISO 129-1**

- Mezními úchylkami vyjádřenými číselně
- Mezními rozměry
- Omezením rozměru v jednom směru

- Toleranční značkou ISO

Nepředepsané tolerance

ČSN ISO 2768-1

- Rozměr, na něž se vztahují všeobecné mezní úchytky podle ČSN ISO 2768-1/05

## Tolerování délkových a úhlových rozměrů

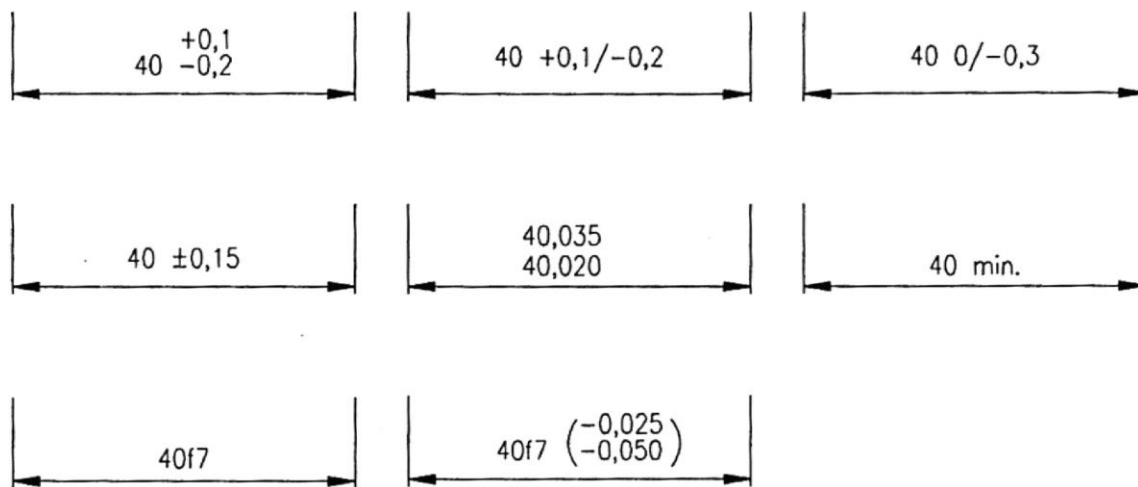
Předepsané tolerance dle normy:

ČSN 129-1: Technické výkresy - Kótování a tolerování - Část 1: Všeobecná ustanovení

- Tato norma je českou verzí mezinárodní normy ISO 129-1:2004
- První část normy stanoví společná pravidla a metody kótování a předepisování mezních úchytek na všech druzích technických výkresů
- Mezní úchytky rozměrů určují pouze skutečné rozměry prvku při dvoubodovém měření » nikoli jejich tvary

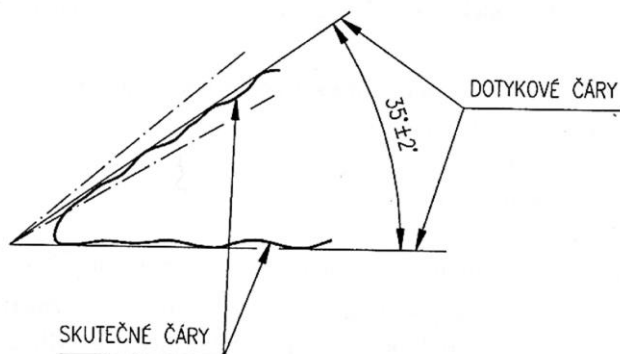
Přesnost rozměrů lze na výkresu předepsat:

- Mezními úchytkami vyjádřenými číselně
- Mezními rozměry
- Omezením rozměru v jednom směru
- Toleranční značkou ISO



Obr. 80: Předepsání přesnosti rozměrů na výkrese

Mezní úchytky tolerance úhlů určují obecný směr přímk nebo přímkových povrchů » nikoli jejich tvary



Obr. 81: Tolerování úhlů

## Nepředepsané tolerance dle normy:

### ČSN ISO 2768-1 : Všeobecné tolerance. Nepředepsané mezní úchytky délkových a úhlových rozměrů

- Tato část ISO 2768 je určena ke zjednodušení předpisu na výkresech a stanoví
- nepředepsané mezní úchytky délkových a úhlových rozměrů ve čtyřech třídách
- Hodnoty všeobecných tolerancí odpovídají třídám obvyklé dílenské přesnosti
- Příslušná toleranční třída se zvolí a předepíše na výkrese.
- Vztahuje se pouze na následující rozměry, které nemají jednotlivě předepsány mezní úchytky:
  - délkové rozměry (např. vnější rozměry, vnitřní rozměry, stupňovité rozměry, průměry,
  - poloměry, rozteče, poloměry zaoblení a velikosti zkosení hran)
  - úhlové rozměry, včetně obvykle nekótovaných úhlových rozměrů, např. pravých úhlů (90°),
  - pokud není odkaz na ISO 2768-2, nebo úhlů pravidelných mnohoúhelníků
  - délkové a úhlové rozměry vzniklé obrobením smontovaných součástí
- Nevztahuje se na následující rozměry
  - délkové a úhlové rozměry, které se odvolávají na jiné normy o všeobecných tolerancích
  - pomocné rozměry uvedené v závorkách
  - teoreticky přesné rozměry uvedené v pravoúhlých rámečcích.

4 třídy přesnosti pro mezní úchytky délkových rozměrů kromě zkosené hran

Tabulka 10: Třídy přesnosti – délkové rozměry

Třída přesnosti		Mezní úchytky pro základní rozsah rozměrů					
Označení	Název	Přes	3	6	30	120	400
		Do	6	30	120	400	1000
<i>f</i>	<i>Jemná</i>	+0,05	+0,05	+0,1	+0,15	+0,2	+0,3
<i>m</i>	<i>Střední</i>	+0,1	+0,1	+0,2	+0,3	+0,5	+0,8
<i>c</i>	<i>Hrubá</i>	+0,2	+0,3	+0,5	+0,8	+1,2	+2
<i>v</i>	<i>Velmi hrubá</i>	-	+0,5	+1	+1,5	+2,5	+4

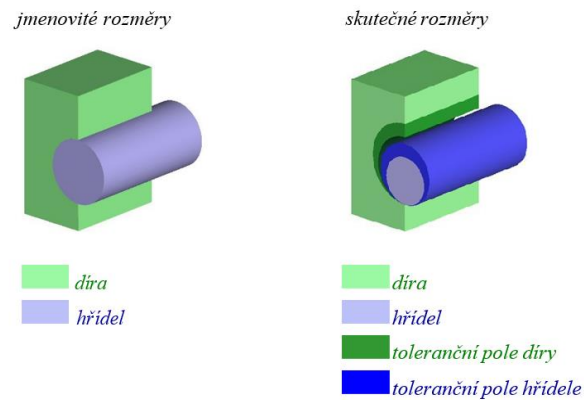
Na výkres se třída přesnosti uvede do technických podmínek nad popisové pole, např.: **ISO 2768 - m**

4 třídy přesnosti pro mezní úchytky zkosení a zaoblení hran

Tabulka 11: Třídy přesnosti – zkosení a zaoblení hran

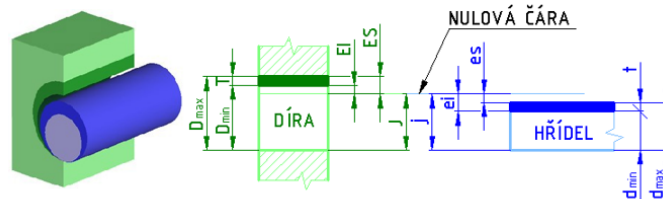
Třída přesnosti		Mezní úchytky pro základní rozsah rozměrů		
Označení	Název	Přes	3	6
		Do	6	-
<i>f</i>	<i>Jemná</i>	+0,2	+0,5	+1
<i>m</i>	<i>Střední</i>			
<i>c</i>	<i>Hrubá</i>	+0,4	+1	+2
<i>v</i>	<i>Velmi hrubá</i>			

# Lícování



Obr. 82: Jmenovité x skutečné rozměry

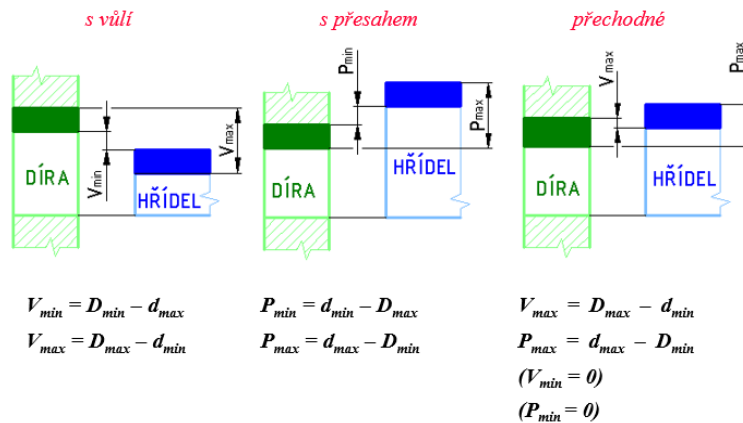
# Terminologie



$D_{\max}$	<i>horní mezní rozměr díry</i>	$d_{\max}$	<i>horní mezní rozměr hřídele</i>
$D_{\min}$	<i>dolní mezní rozměr díry</i>	$d_{\min}$	<i>dolní mezní rozměr hřídele</i>
J	<i>jmenovitý rozměr díry</i>	j	<i>jmenovitý rozměr hřídele</i>
ES	<i>horní mezní úchylka díry</i>	es	<i>horní mezní úchylka hřídele</i>
EI	<i>dolní mezní úchylka díry</i>	ei	<i>dolní mezní úchylka hřídele</i>
T	<i>tolerance díry</i>	t	<i>tolerance hřídele</i>

Obr. 83: Lícování – terminologie

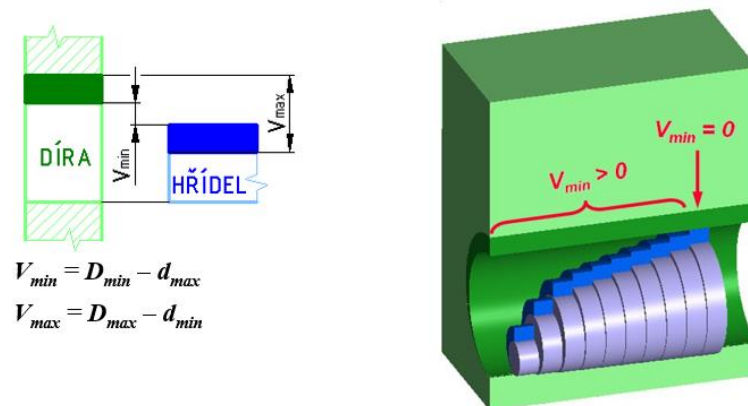
## Druhy uložení



Obr. 84: Druhy uložení

## Uložení s vůlí

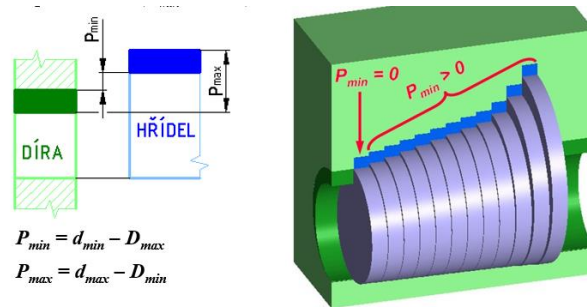
- V uložení s vůlí je vždy skutečný průměr hřídele menší ( $V_{min} > 0$  mm) nebo roven ( $V_{min} = 0$  mm) skutečnému průměru díry
- V grafickém znázornění je toleranční pole díry nad tolerančním polem hřídele ( $V_{min} > 0$  mm) nebo se toleranční pole díry dotýká svým spodním okrajem horního okraje tolerančního pole hřídele ( $V_{min} = 0$  mm)



Obr. 85: Uložení s vůlí

## Uložení s přesahem

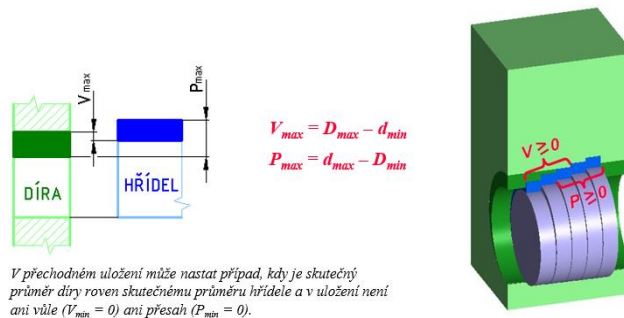
- V uložení s přesahem je vždy skutečný průměr hřídele větší ( $P_{\min} > 0$  mm) nebo roven ( $P_{\min} = 0$  mm) skutečnému průměru díry
- V grafickém znázornění je toleranční pole díry pod tolerančním polem hřídele ( $P_{\min} > 0$  mm) nebo se toleranční pole díry dotýká svým horním okrajem dolního okraje tolerančního pole hřídele ( $P_{\min} = 0$  mm)



Obr. 86: Uložení s přesahem

## Přechodné uložení

- V přechodném uložení je buď skutečný průměr díry větší nebo roven skutečnému průměru hřídele (v uložení je vůle o velikosti  $V = 0$  až  $V_{\max}$ ) nebo je skutečný průměr díry menší nebo roven skutečnému průměru hřídele (v uložení je přesah o velikosti  $P = 0$  až  $P_{\max}$ )
- V grafickém znázornění se toleranční pole díry a hřídele překrývají



Obr. 87: Uložení přechodné

## Toleranční stupně (stupně přesnosti)

Čím je toleranční stupeň nižší, tím jsou požadavky na přesnost výroby přísnější (tím je v grafickém znázornění výška tolerančního pole nižší)

Výroba měřicích přístrojů a kalibrů

Tabulka 12: Výroba měřicích přístrojů a kalibrů

<i>Stupeň přesnosti</i>	<i>IT01</i>	<i>IT0</i>	<i>IT1</i>	<i>IT2</i>	<i>IT3</i>	<i>IT4</i>
<i>Tolerance</i>	<i>Definováno zvlášť pro každý stupeň</i>					

Běžná výroba

Tabulka 13: Běžná výroba

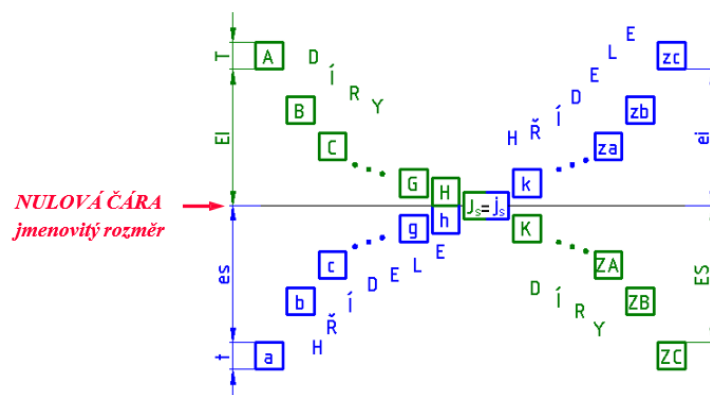
<i>Stupeň přesnosti</i>	<i>IT5</i>	<i>IT6</i>	<i>IT7</i>	<i>IT8</i>	<i>IT9</i>	<i>IT10</i>	<i>IT11</i>
<i>Tolerance</i>	<i>7 i</i>	<i>10 i</i>	<i>16 i</i>	<i>25 i</i>	<i>40 i</i>	<i>64 i</i>	<i>100 i</i>

Výroba polotovarů

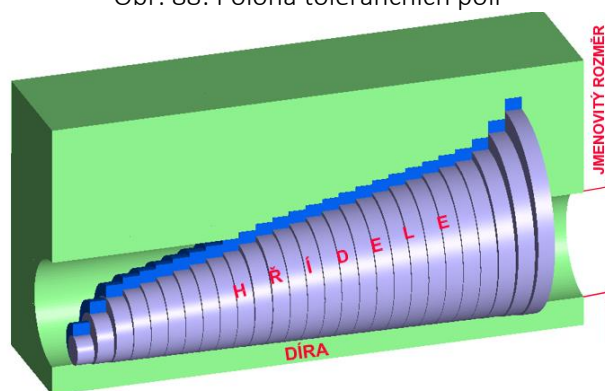
Tabulka 14: Výroba polotovarů

<i>Stupeň přesnosti</i>	<i>IT12</i>	<i>IT13</i>	<i>IT14</i>	<i>IT15</i>	<i>IT16</i>	<i>IT17</i>	<i>IT18</i>
<i>Tolerance</i>	<i>160 i</i>	<i>250 i</i>	<i>400 i</i>	<i>640 i</i>	<i>1000 i</i>	<i>1600 i</i>	<i>2500 i</i>

## Poloha tolerančních polí děr a hřídelů - vzhledem k nulové čáře



Obr. 88: Poloha tolerančních polí



Obr. 89: Poloha tolerančních polí

## Příklady užití některých uložení v soustavě jednotné díry

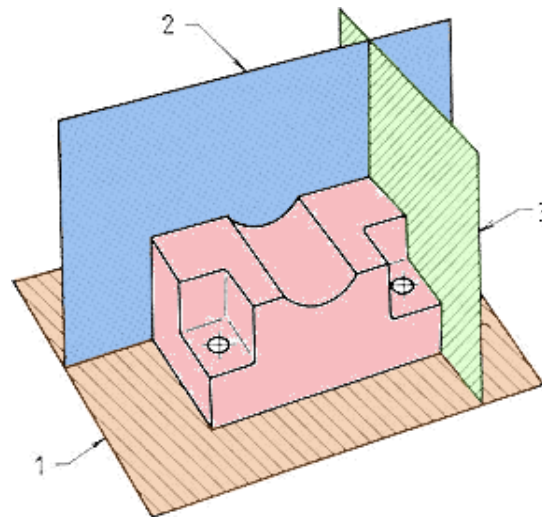
Tabulka 15: Příklady užití některých uložení

<i><b>Uložení</b></i>	<i><b>Charakteristika</b></i>	<i><b>Příklad</b></i>
<i><b>H11 / d11</b></i>	<i>Uložení se zaručenou vůlí pro součásti s velkými tolerancemi</i>	<i>Odnímatelné páky, táhla</i>
<i><b>H7 / f7</b></i>	<i>Uložení s menší vůlí pro součásti, které je třeba vyrobit s větší přesností</i>	<i>Posuvné objímky, ložiska přístrojů, kluzná ložiska</i>
<i><b>H7 / g6</b></i>	<i>Uložení s malou vůlí pro součásti vyrobené se značnou přesností</i>	<i>Hydraulické písty, vedení ventilů</i>
<i><b>H7 / j,6</b></i>	<i>Přechodné uložení s nepatrnou vůlí nebo přesahem pro součásti pojištěné proti otáčení, které se musí často rozebrat</i>	<i>Ruční kolečka, oběžná kola čerpadel</i>
<i><b>H7 / k6</b></i>	<i>Přechodné uložení pro součásti, které se dají složit nebo rozebrat mírným tlakem</i>	<i>Lícované šrouby, kroužky přístrojových ložisek</i>
<i><b>H7 / p6</b> <b>H7 / r6</b></i>	<i>Uložení s přesahem – součásti se dají složit nebo rozebrat zastudena velkým tlakem nebo zatepla</i>	<i>Věnce ozubených kol</i>
<i><b>H7 / s6</b></i>	<i>Uložení s velkým přesahem – součásti se dají složit zastudena mocným tlakem nebo zatepla</i>	<i>Součásti vyráběné z několika částí – zděře</i>

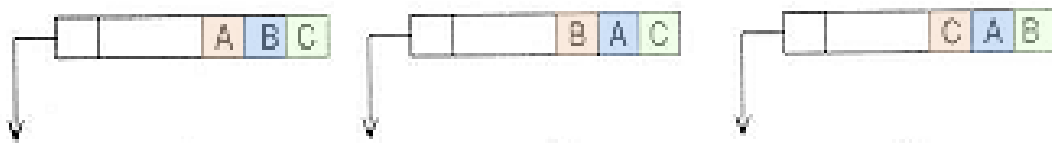
# D. Tolerování geometrických vlastností

## Reference konstrukce

Základny a soustavy základen - ČSN ISO 5459

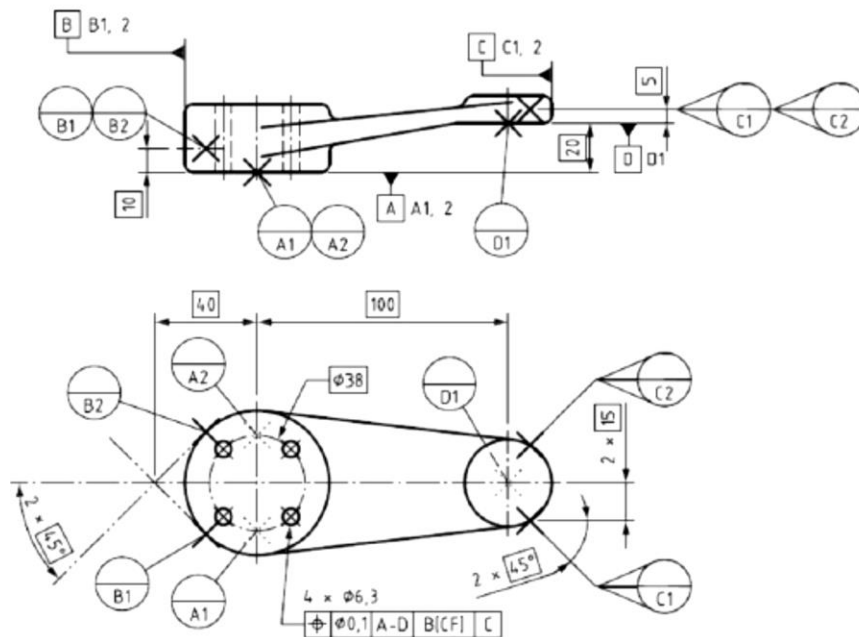


Obr. 90: Bázová soustava základen



Obr. 91: Primární, sekundární a terciální základna

Aplikace značek – základna, cílená základna, pohyblivá cílená základna, základna z kontaktních prvků

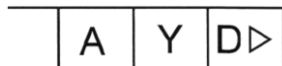


Obr. 92: Specifikace referenčních prvků na výkrese

Pohyblivá základna



Pohyblivá základna v rámečku řízení tvaru:

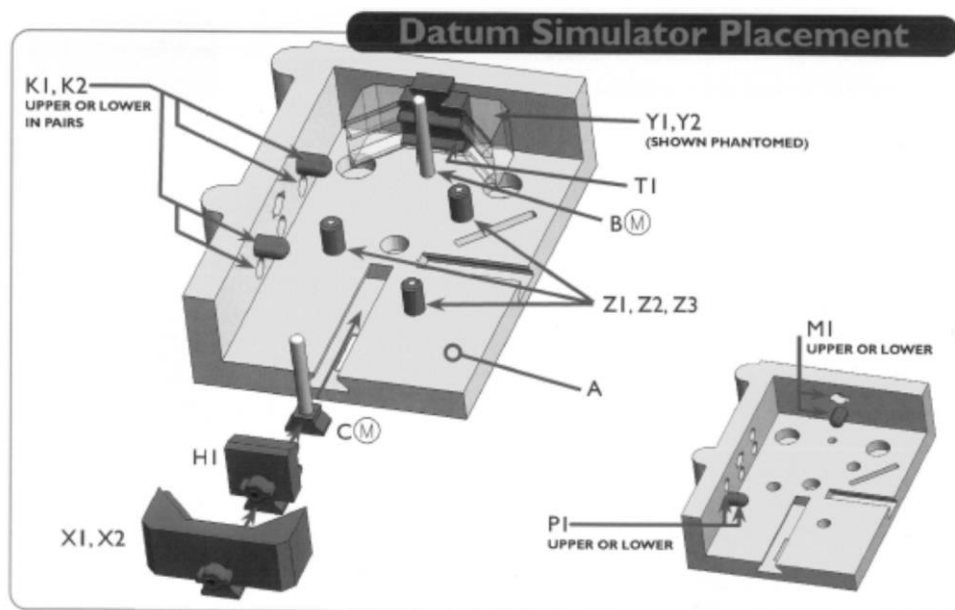


Symbol následuje za označením základního prvku



Značka cílené pohyblivé základny

Ukázky aplikací v dokumentaci



Obr. 93: Simulátory základních prvků



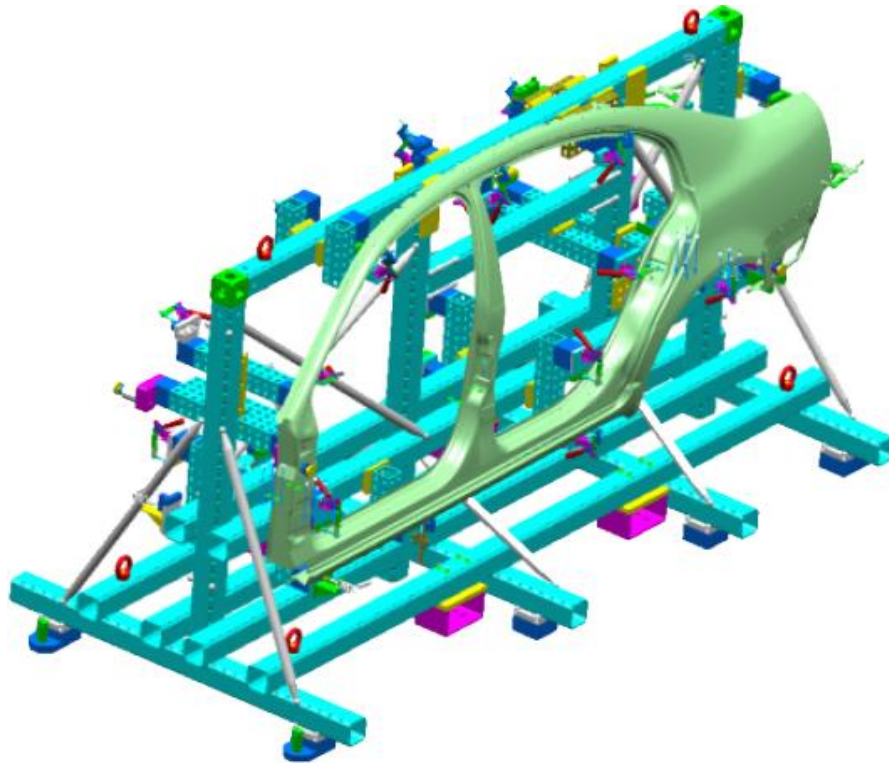
## Referenční body konstrukce

Podobně jako referenčních základních rovin lze pro ustavení, zajištění správné pozice a orientace součásti použít referenčních bodů. Stanovení RPS by mělo být založeno opět na funkčním přístupu, přičemž záleží především na tom, pro jaké účely RPS použijeme:

- RPS pro potřeby konstruktérů
- RPS pro měření na odměřovacích strojích (CMM)
- RPS pro konstrukci kubiců a lér
- RPS pro upnutí v měřících přípravcích

RPS	Identifikátor RPS bodu	Poznámka
1	číslo RPS bodu v RPS tabulce	
FxHy	popis/typ RPS bodu	F – čelní plocha H - díra x(y,z) – měřené souřadnice Referenční bod (počáteční) by měl mít definovány všechny souřadnice: Fxyz Ø14.5+0.2
14.5+0.2	rozměr pro plochu Fx	F Ø - kruhová plocha
10+1 x 20+1	rozměr pro plochu Fx	H - plocha určeného tvaru
14.5+0.2	rozměr pro otvor Hy	H Ø – kruhová díra
8+0.2 x 4+0.2	rozměr pro otvor Hy	H - oválná díra
<b>Příklad předpisu na výkrese:</b>	<b>RPS (nebo jen P) 1 Fxy Ø14.5+0.2</b>	
CATIA: podpora RPS bodů pro automobilový průmysl podle podnikové normy VW 010 55		

Obr. 95: RPS body



Obr. 96: Komplexní kubing

## Tolerování geometrických vlastností

Předepsané tolerance dle normy:

ČSN EN ISO 1101 : Geometrické specifikace výrobků (GPS) - Geometrické tolerování - Tolerance tvaru, orientace, umístění a házení

- Norma obsahuje definice tolerancí tvaru, orientace, umístění a házení a pravidla pro předepisování těchto tolerancí ve výrobní dokumentaci
- Při výrobě jednotlivých prvků je nutné dodržet nejen určité přesnosti rozměrů, ale i přesnosti geometrické – polohy, tvaru apod.
- Z hlediska dodržení funkce některých prvků, je nutné předepsat přímo na výkresu číselně velikost tolerancí
- Druh tolerance se vyznačí grafickou značkou

Tolerováním geometrických vlastností se rozumí zejména předepsání vhodných geometrických tolerancí.

Předepsané geometrické tolerance se mohou vztahovat

- k jednomu prvku;
- ke dvěma nebo více prvkům.

## Symbyly tolerančních charakteristik





### A) K jednomu prvku

Tabulka 16: Bez vztahu k referenčnímu prvku

NAZEV		ZKRATKA ČSN	ZKRATKA ISO	ZNACKA
<b>TOLERANCE VZTAHUJICI SE K JEDNOMU PRVKU:</b>				
TOLERANCE TVARU	PRIMOSTI	TFL	ST STR	—
	ROVNNO STI	TFE	FL FLA	
	KRUHOVITOSTI	TFK	CR CIR	
	VALCOVITOSTI	TFZ	CY CYL	
	PROFILU PODÉLNÉHO ŘEZU	TFP	V normě ISO neobsaz eno	==

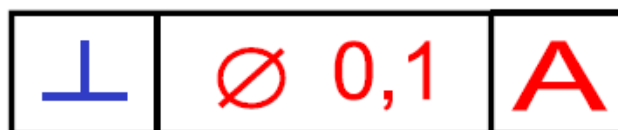
### B) Ke dvěma nebo více prvkům

Tabulka 17: Vztahující se k referenčnímu prvku

<b>TOLERANCE VZTAHUJICI SE KE DVĚMA NEBO VÍCE PRVKŮM:</b>				
TOLERANCE SMĚRU	SKLONU	TPN	AN ANG	
	KOLMOSTI	TPR	PE PER	
	ROVNOBEZNOSTI	TPA	PA PAR PRL	
	RŮZNOBEZNOSTI	TPX	V normě ISO neobsaz eno	

TOLERANCE POLOHY	SOUOSOSTI	TPC	CA CAX COA	
	SOUSTREDNOSTI	-	CO CON	
	UMISTENI	TPP	PO POS	
	SOUMERNOSTI	TPS	SY SYM	
TOLERANCE HÁZENÍ	KRUHOVÉHO HÁZENÍ OBVODOVÉHO	TCR	CR CRO	
	KRUHOVÉHO HÁZENÍ ČELNÍHO	TCA	AR ARO	
	HÁZENÍ V DANÉM SMĚRU	TCD	V normě ISO neobsazeno	
	CELKOVÉHO HÁZENÍ OBVODOVÉHO	TCTR	TR TRO	
	CELKOVÉHO HÁZENÍ ČELNÍHO	TCTA	V normě ISO neobsazeno	
TOLERANCE VZTAHUJICI SE K JEDNOMU PRVKU NEBO KE DVEMA (A VÍCE) PRVKŮM:				
TOLERANCE TVARU	TVARU PLOCHY	TCE	PS PFS	
	TVARU ČARY	TCL	PL PFL	

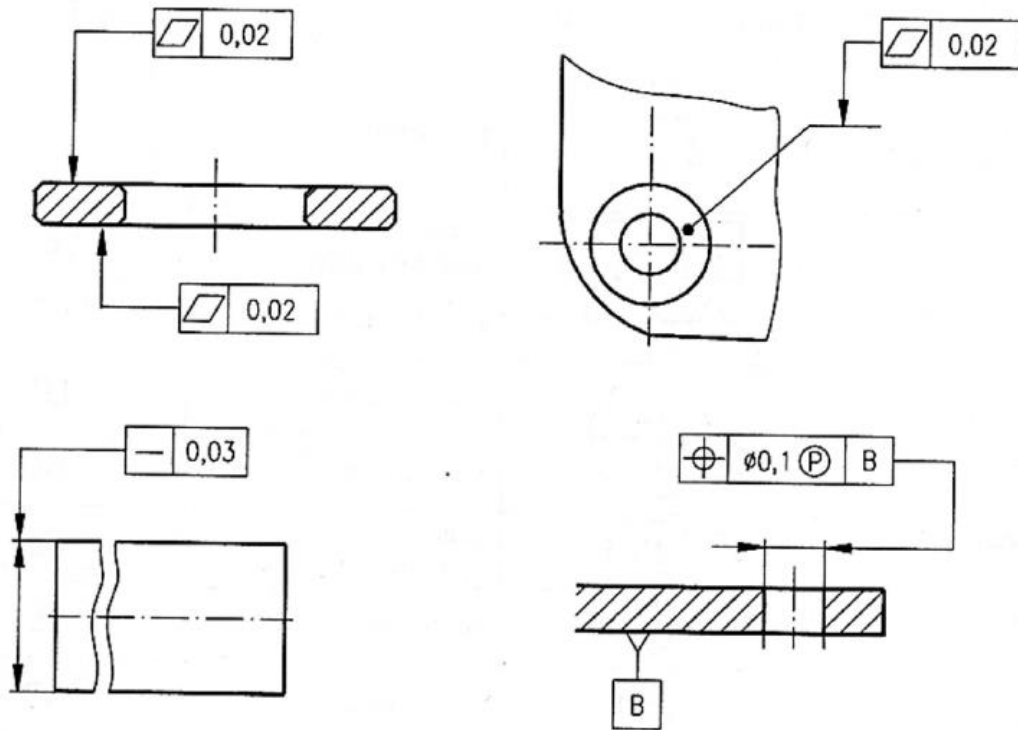
Rozdělení tolerančního rámečku



Obr. 97: Toleranční rámeček

1. Pole – značka geometrické charakteristiky
2. Pole – číselná hodnota tolerance v mm
3. Pole – zápis písmene označuje základnu, společnou základnu nebo soustavu základen



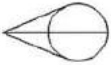



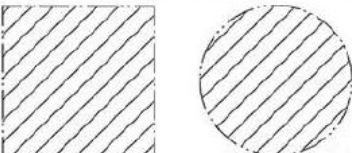
Propojení tolerančního rámečku s tolerovaným prvkem



Obr. 98: Tolerančního rámeček s tolerovaný prvek

## Cílené základny

Tabulka 18: Značky cílených základen

Popis	Značka
Indikátor základního prvku	
Identifikátor základního prvku	Velká písmena (A, B, C, AA, atd.)
Orámování jednotlivé cílené základny	
Orámování pohyblivé cílené základny	
Bod cílené základny	
Uzavřená čára cílené základny	
Neuzavřená čára cílené základny	
Rovina cílené základny	

## Značky modifikátorů

Tabulka 19: Značky modifikátorů

Značka	Popis
[PD]	Roztečný průměr
[MD]	Velký průměr
[LD]	Malý průměr
[ACS]	Řez
[ALS]	Podélný řez
[CF]	Kontaktní prvek
[DV]	Variabilní vzdálenost (pro společnou základnu)
[PT]	(typ situačního prvku) Bod
[SL]	(typ situačního prvku) Přímka
[PL]	(typ situačního prvku) Rovina
><	Pouze pro omezení orientace
Ⓟ	Vysunutí (pro sekundární nebo terciární základnu)
Ⓛ	Požadavek minima materiálu
Ⓜ	Požadavek maximu materiálu

## Základní pravidlo tolerování

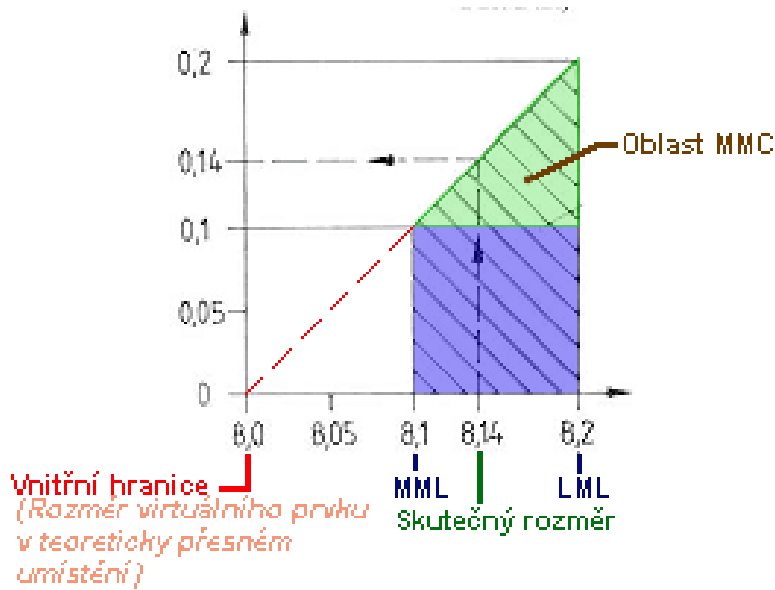
**Geometrické tolerance určují úchytku tvaru, směru nebo polohy prvku bez vztahu k rozměrům prvku. Uplatňují se nezávisle na skutečných místních rozměrech prvků a mohou dosahovat největších hodnot bez ohledu na to, je-li prvek na maximu materiálu nebo ne.**

Vzájemná závislost rozměrů a geometrie může být vyjádřena

1. Podmínkou obalové plochy
2. Podmínkou maxima/minima materiálu
3. Podmínkou reciprocity

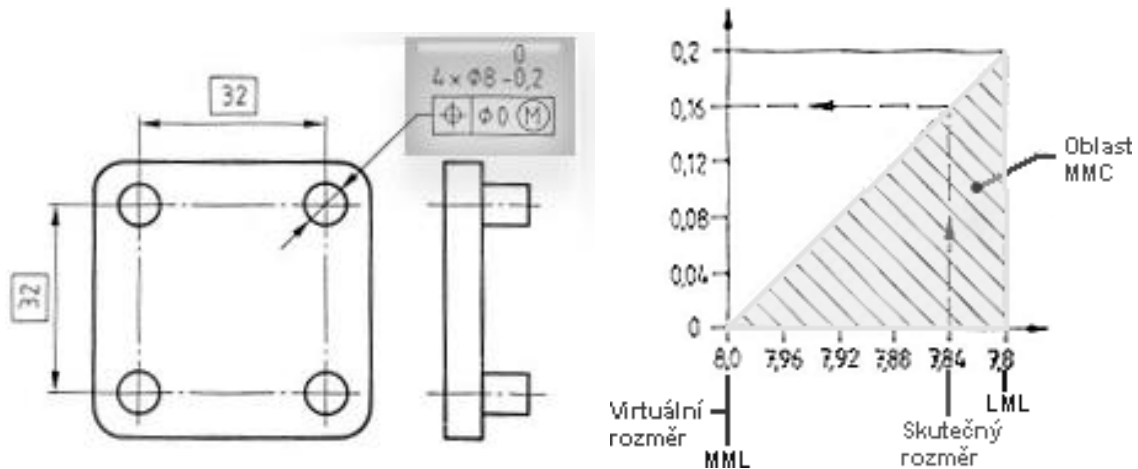
### Podmínka maxima/minima materiálu

Vztah mezi skutečným rozměrem prvku (průměrem díry) a dovolenou úchytkou umístění je zobrazen grafem v diagramu. V rozsahu mezních rozměrů  $\varnothing 8,1$  až  $\varnothing 8,2$  se pohybuje v závislosti na skutečném rozměru dovolená úchytko umístění od 0,1 mm pro rozměr díry na maximu materiálu (MML= $\varnothing 8,1$ ) do 0,2mm pro rozměr díry na minima materiálu (LML =  $\varnothing 8,2$ ). Například pro průměr díry 8,14 lze podle grafu určit dovolenou úchytku umístění 0,14 mm:



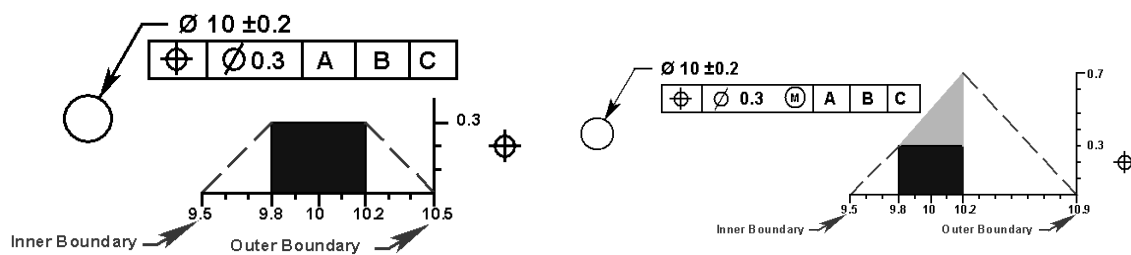
Obr. 99: Toleranční bonus při aplikaci podmínky maxima materiálu

Lze také předepsat nulový průměr tolerančního pole umístění. Prakticky nikdy nedojde k tomu, že skutečné rozměry prvku (zde průměr čepu) budou vyrobeny na mezích maxima nebo minima materiálu, není tento požadavek nereálný. Protože se vždy bude skutečný rozměr lišit od rozměru na maximum materiálu, bude mít válcové toleranční pole umístění vždy určitý průměr, daný rozdílem mezi průměrem čepu na maximum materiálu a jeho skutečným průměrem:



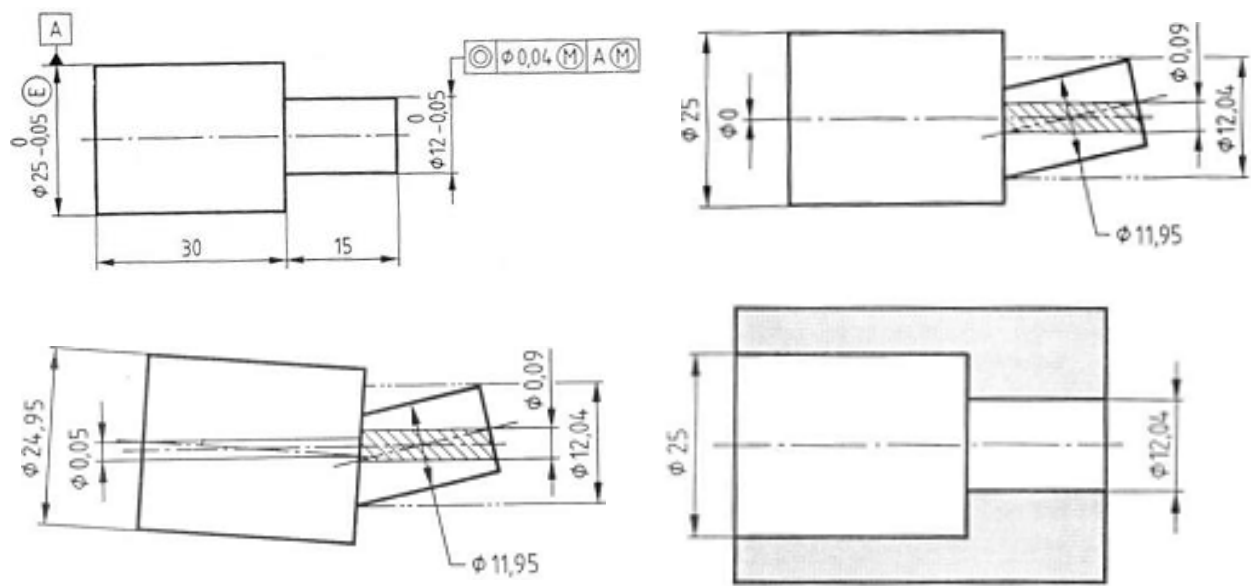
Obr. 100: Nulová tolerance

## Zajištění smontovatelnosti X zajištění vzájemné polohy



Obr. 101: Zajištění vzájemné polohy

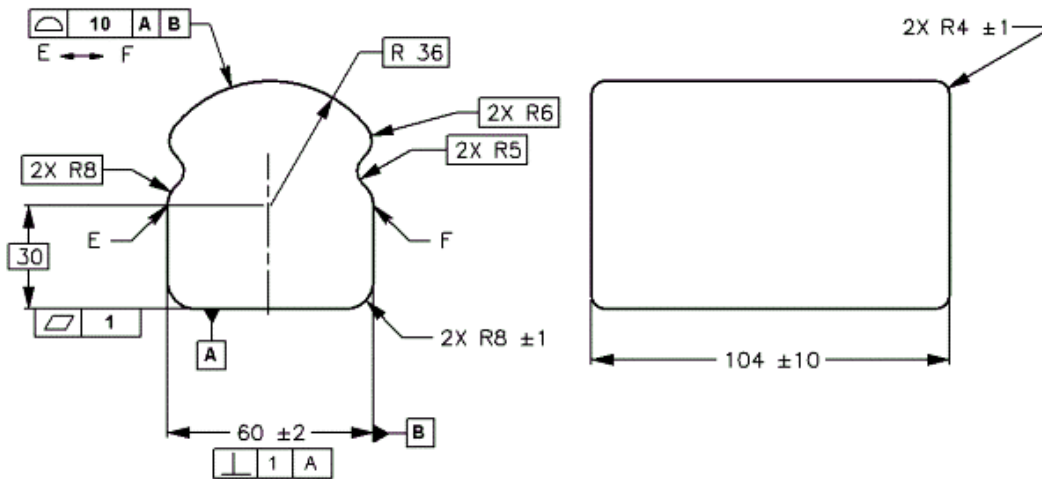
V některých případech je výhodné předepsat závislost geometrické tolerance na skutečných rozměrech jak tolerovaného prvku, tak základního prvku. Na obrázku je předepsána tolerance sousosti čepu  $\phi 12$  s válcovou hlavou  $\phi 25$ . Tolerance sousosti je závislá na skutečném průměru čepu a současně na skutečném průměru hlavy. Základnou je osa hlavy, k ní se měří úchylka sousosti osy čepu.



Obr. 102: Závislost geometrické tolerance na skutečných rozměrech jak tolerovaného prvku, tak základního prvku

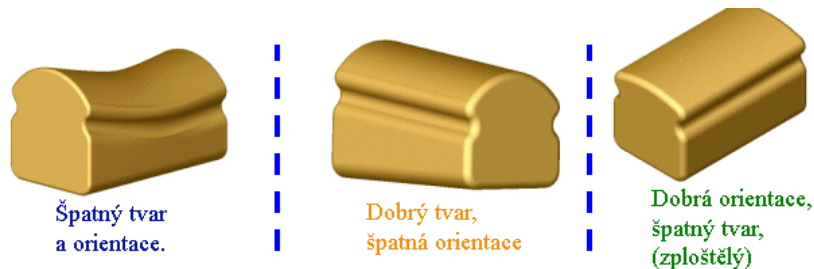
## Složený toleranční rámeček

Zákazník požaduje dodržení správného tvaru



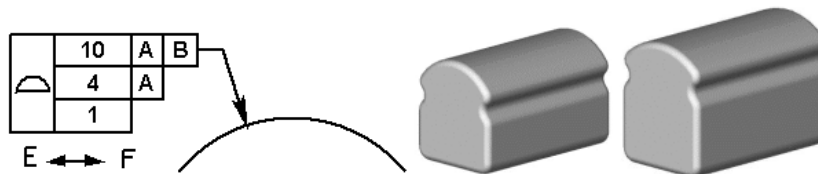
Obr. 103: Specifikace geometrie strojní části

Podle výkresu mohou nastat tyto neakceptovatelné případy



Obr. 104: Možné následky špatné specifikace tvaru prvku

Použití složeného tol. rámečku



Obr. 105: Složený toleranční rámeček

### Poznámky:

*V horním segmentu rámečku je určena poloha tvarového prvku vůči základnám (větší tolerance).*

*V středním segmentu rámečku je zpřesněna orientace prvku na 4 [mm] relativně k základně A. Tolerance tvaru je vzhledem k požadavkům nedostatečná.*

*V dolním segmentu rámečku je zpřesněna tolerance tvaru – nejsou definovány základny.*



## Nepředepsané tolerance

ČSN ISO 2768-2 : Všeobecné tolerance. Část 2: Nepředepsané geometrické tolerance

Tato druhá část ČSN ISO 2768 je určena ke zjednodušení předpisu na výkresech a stanoví nepředepsané geometrické tolerance pro ty prvky, které je nemají jednotlivě předepsány. Hodnoty všeobecných tolerancí odpovídají třídám obvyklé dílenské přesnosti

Platí pro:

Všechny netolerované geometrické tolerance kromě:

- válcovitosti,
- tvaru daného profilu
- tvaru dané plochy
- sklonu
- souososti
- umístění
- celkového házení

### 3 třídy přesnosti pro tolerance přímosti a rovinnosti

Tabulka 20: Tolerance přímosti a rovinnosti

Třída přesnosti		Tolerance přímosti a rovinnosti pro rozsah jmenovitých délek					
		do 10	přes 10	přes 30	přes 100	přes 300	přes 1000
			do 30	do 100	do 300	do 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

Označení na výkresu: **Přesnost ISO 2768K**

### 3 třídy přesnosti pro tolerance kolmosti

Tabulka 21: Tolerance kolmosti

Třída přesnosti		Tolerance kolmosti pro rozsah jmenovitých délek kratší strany			
		do 100	přes 100	přes 300	přes 1000
			do 300	do 1000	do 3000
	H	0,2	0,3	0,4	0,5
	K	0,4	0,6	0,8	1
	L	0,6	1	1,5	2

### 3 třídy přesnosti pro tolerance souměrnosti

Tabulka 22: Tolerance souměrnosti

Třída přesnosti		Tolerance kolmosti pro rozsah jmenovitých délek kratší strany			
		do 100	přes 100	přes 300	přes 1000
			do 300	do 1000	do 3000
	H	0,5			
	K	0,6	0,8	1	
	L	0,6	1	1,5	2

## E. Struktura povrchu

Stav a vlastnosti povrchu jsou dány mechanickým, tepelným nebo jiným způsobem jeho opracování.

Na jakosti povrchu závisí spolehlivost, životnost výrobku, zaměnitelnost při zachování funkční stability.

A. Z pohledu funkce rozlišujeme:

1. Stykové plochy
  - Umístění jedné části v druhé – uložení
  - Dosedající jedna na druhou
  - Se zvláštním stykem (bodovým, přímkovým apod.)
2. Volné plochy
  - Ovlivňující okolí (např. hydraulický, optický, mechanický apod.)
  - Technologický (upnutí při výrobě, při kontrole apod.)
  - Nedůležité (nezáleží na vzhledu, hladkosti apod.)

B. Z pohledu výroby rozlišujeme plochy vytvořené:

1. úběrem materiálu
2. bez úběru materiálu (původní technologií)

Termíny, definice a parametry pro určování struktury povrchu stanovuje norma ČSN EN ISO 4287: Geometrické požadavky na výrobky (GPS) - Struktura povrchu: Profilová metoda - Termíny, definice a parametry struktury povrchu.

Tato norma stanoví termíny, definice a parametry pro určování struktury povrchu (drsnosti, vlnitosti a základního profilu) profilovou metodou.

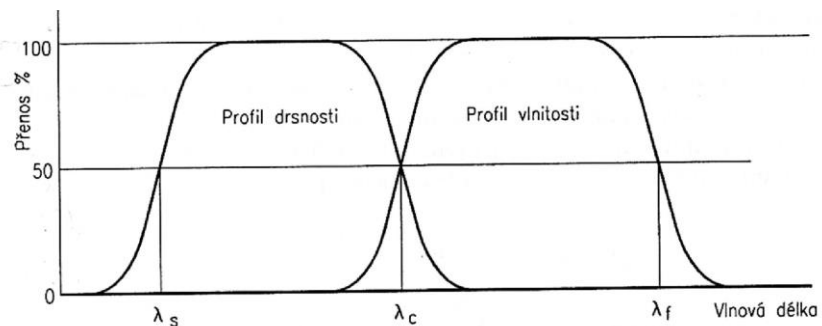
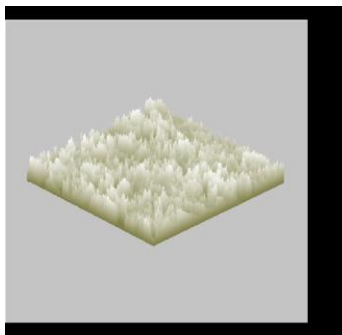
### Struktura povrchu

Souhrn nerovností struktury povrchu s relativně malými vzdálenosti od geometricky ideálního povrchu představuje tzv. drsnost povrchu.

Drsnost povrchu se snímá a vyhodnocuje speciálními přístroji a nezahrnuje v sobě jevy způsobené vadami materiálu nebo náhodným poškozením.

Rozlišení mezi periodickým a neperiodickým profilem je subjektivní.

Je definováno několik profilů – profil drsnosti a vlnitosti, které definují filtry profilů a jejich rozhraní.



Obr. 107: Profil drsnosti a vlnitosti

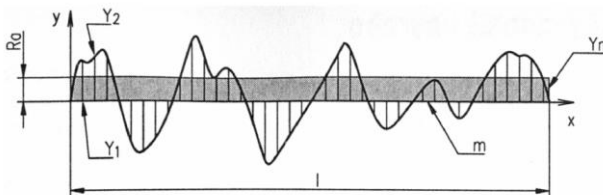
## Základní parametry struktury povrchu

Norma ČSN EN ISO 4287 zavádí definice parametrů profilu:

- Průměrná aritmetická úchylka posuzovaného profilu Ra (Pa, Wa)
  - Nazývá se též „Střední aritmetická úchylka“ a příslušnou normou (viz. výše) je
  - definována jako aritmetický průměr absolutních hodnot pořadnic Y(x) v rozsahu základní délky
  - Jednotky  $\mu\text{m}$
  - Vzorec pro statistickou metodu určení Ra:

$$Ra = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |y_i| = \frac{|y_1| + |y_2| + |y_3| + \dots + |y_n|}{n}$$

- Doporučené základní délky l [mm] jsou 0,08 0,25 0,8 2,5 8 25mm



## Střední aritmetická úchylka povrchu Ra [ $\mu\text{m}$ ]

Tabulka 23: Řada hodnot parametru Ra

Parametr	Praktická řada hodnot											
<b>Ra</b>	50	25	12,5	6,3	3,2	1,6	0,8	0,4	0,2	0,1	0,05	0,025

Tabulka 24: Typické metody výroby povrchu

Střední aritmetická úchylka povrchu Ra [ $\mu\text{m}$ ]	Typická metoda výroby povrchu
0,012 0,025 0,05 0,1 0,2 0,4 0,8	Dokončovací metody (broušení, lapování, apod.)
1,6 3,2 6,3 12,5	Běžné obrábění (soustružení, frézování, apod.)
25 50 100 200 400	Povrch polotovarů (výkovky, odlitky, apod.)

## Vztah mezi drsností povrchu a předepsanou tolerancí

Požadovanou drsnost lze do určité míry zvolit podle rozměrové tolerance. Vychází se zde ze základního předpokladu, že drsnost povrchu nepřesáhne určitou část rozměrové tolerance.

Vztah mezi drsností a tolerancí je:

$$R_z = K \times T_D$$

$R_z$  - maximální výška profilu

$T_D$  - rozměrová tolerance

K - součinitel

Součinitel K se volí v závislosti na rozsahu rozměrů dané tolerance, také závisí na typu uložení. Vzhledem k potřebě menšího opotřebení v případě kluzného pohybu v uložení s vůlí jsou hodnoty drsnosti nižší.

Součinitel K

Rozsah jmenovitých rozměrů		
D [mm]		K
od	do	
	18	0,20 - 0,25
18	50	0,15 - 0,20
50		0,10 - 0,15

Součinitel K vzhledem k uložení

Uložení	K
s vůlí	0,05 - 0,07
přechodné	0,08 - 0,1
s přesahem	0,1 - 0,12

## Vzájemná souvislost mezi parametry

Jelikož nejčastěji používaným parametrem drsnosti bývá střední aritmetická úchylka profilu  $R_a$ , je na základě velkého počtu měření získán vztah:

$$R_z = k \times R_a^B$$

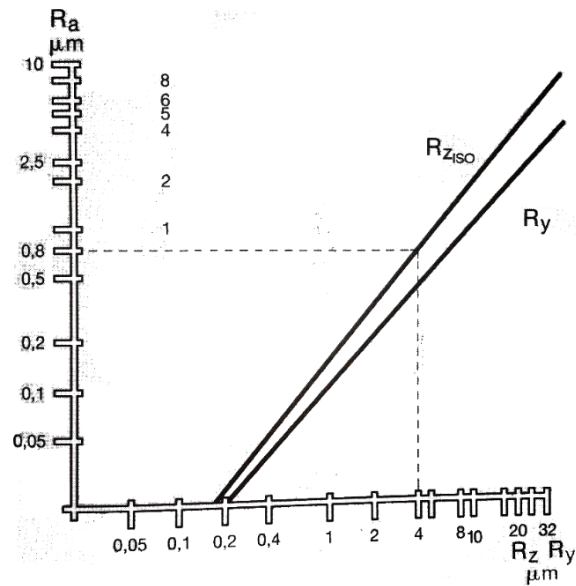
$R_a$  - střední aritmetická úchylka profilu

k, B - konstanty závislé na způsobu obrábění

Mezi některými parametry je možnost hledat více či méně přesné vzájemné souvislosti.

**V případě  $R_a$  je možné říci, že maximální výška profilu  $R_z$  je čtyřikrát větší.**

Tuto závislost nám ukazuje graf náže. Znalost závislostí nám výrazně pomůže zvolit hodnotu parametru vzhledem k požadovaným funkčním vlastnostem.



Graf - Převod  $R_a - R_z$

Z výše uvedeného plyne, že pro základní způsoby třískového obrábění platí:

$$K = 4; B = 1$$

Tudíž

$$R_z = 4 \times R_a$$

## Vyhodnocení měření drsnosti

Charakteristiky drsnosti, zvláště parametry vertikální  $R_t$ ,  $R_z$ ,  $R_{z1max}$  a  $R_a$ , se pohybují v rozmezí od -20% do +30%. Jedna samotná naměřená hodnota proto nemůže podávat žádnou komplexní výpověď o respektování tolerovaných parametrů.

V normě ČSN EN ISO 4288 příloze A je tato skutečnost upřesněna:

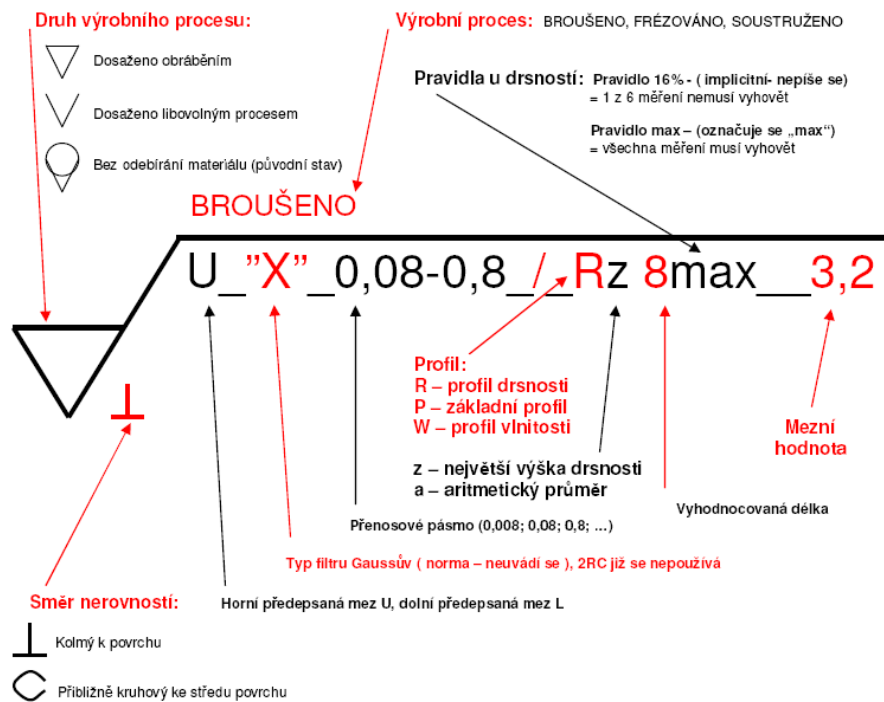
a) **Pravidlo Maxima**

- Povrch odpovídá požadavku maxima, jestliže žádná z naměřených hodnot parametru na celém kontrolovaném povrchu nepřesáhne ani v jednom případě předepsanou hodnotu horní meze.

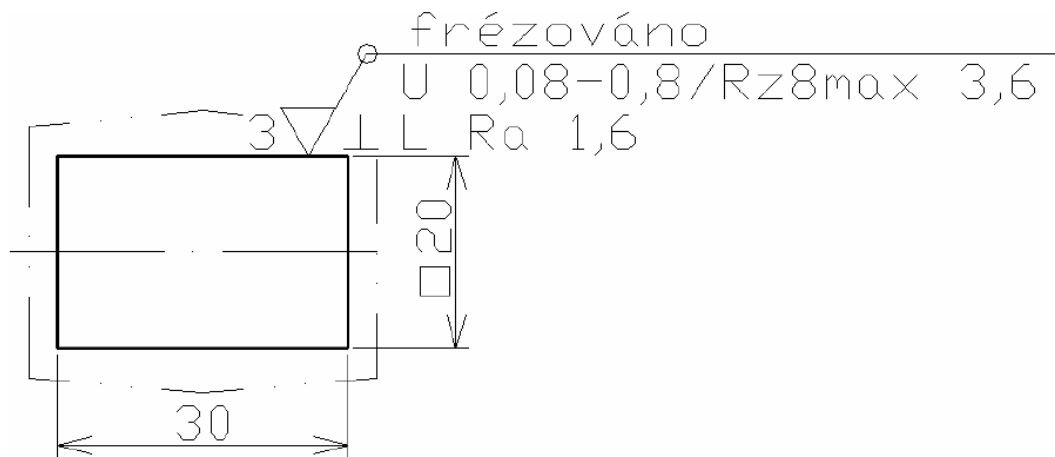
b) **Pravidlo 16%**

- Povrch je považován za přijatelný, jestliže ne více než 16% všech naměřených hodnot parametru na vyhodnocované délce přesahuje předepsanou hodnotu této horní meze. Pravidlo je standardní, nepředepisuje se. Mezní hodnotu smí překročit 16% naměřených hodnot.

## Značka drsnosti – úplná



Obr. 108: Parametry drsnosti

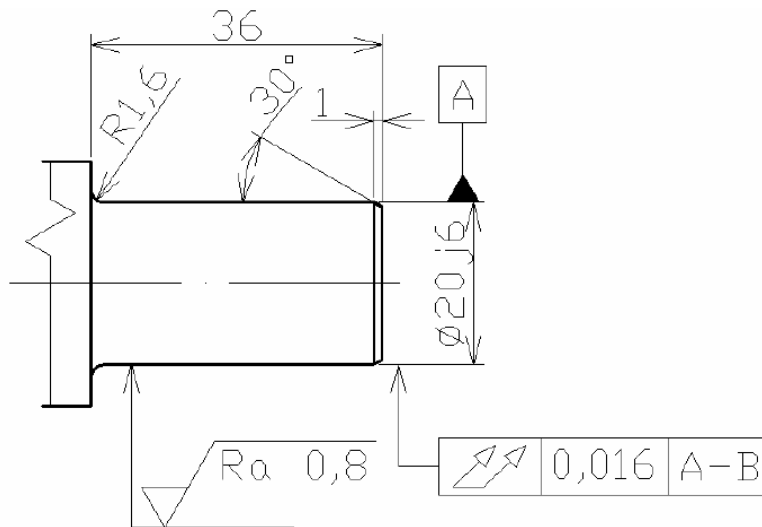


Obr. 109: Úplná grafická značka

Vysvětlení výše uvedené úplné grafické značky:

- Předepsaná jedna jednostranná horní mez a jedna dolní mez
- Pro obě meze: Gaussův filtr dle ČSN EN ISO 11 562 [28]
- Pro horní mez: přenosové pásmo – 0,08-0,8 mm
- Pro dolní mez: Standardní přenosové pásmo (ISO 4288 [25], ISO 3274 [29])
- Pro horní mez:  $Rz = 3,6 \mu m$
- Pro dolní mez:  $Ra = 1,6 \mu m$
- Pro horní mez:  $ln = 8 \cdot lr \text{ mm}$
- Pro dolní mez: standardní vyhodnocovaná délka (ISO 4288 [25])
- Pro horní mez: pravidlo maxima
- Pro dolní mez: pravidlo 16 % (ISO 4288 [25])
- Výrobním procesem bude odebrání materiálu frézováním
- Směr nerovností bude kolmý na průmět v pohledu, ve kterém je značka použita
- Přídavek na obrábění musí být 3 mm.

## Implicitní značení



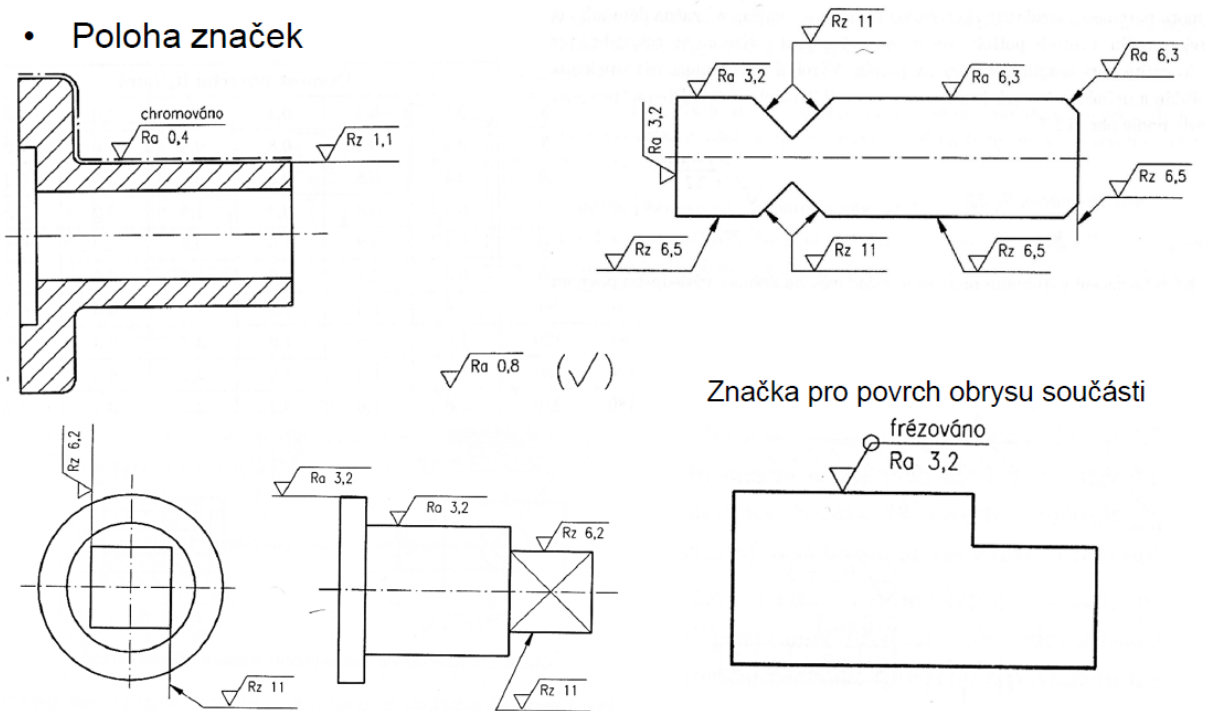
Obr. 110: Implicitní grafická značka

Vysvětlení výše uvedeného implicitního grafického značení:

- Jediná předepsaná horní mez
- Gaussův filtr dle ČSN EN ISO 11 562 [27]
- Standardní přenosové pásmo (ISO 4288 [25], ISO 3274 [29])
- $R_a = 0,8 \mu\text{m}$
- Standardní vyhodnocovaná délka (ISO 4288 [25])
- Standardní pravidlo 16% (ISO 4288 [25])
- Výrobním procesem bude libovolný způsob odebrání materiálu
- Směr nerovností je bez požadavků
- Bez přídavků na obrábění

## Označování struktury povrchu

- Poloha značek

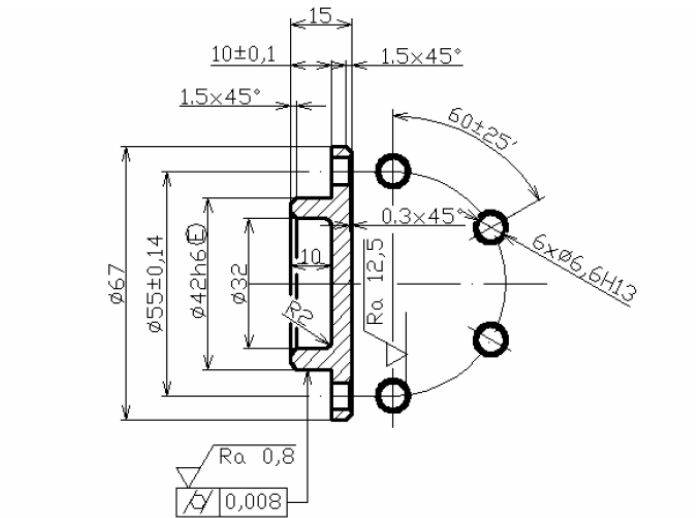


Obr. 111: Označování drsnosti povrchu na výkrese

## Zjednodušené označování požadavků na strukturu povrchu

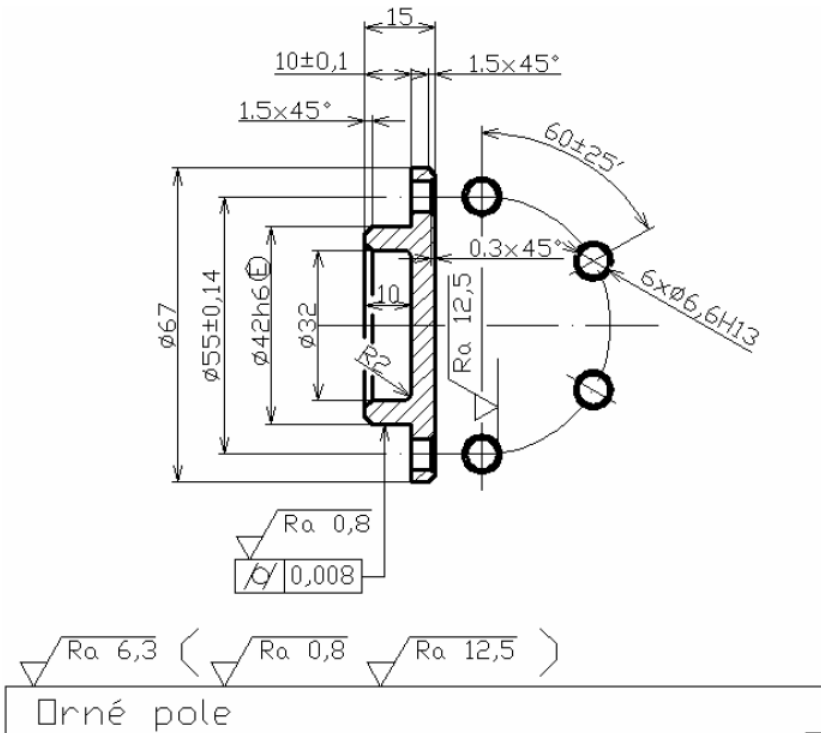
Většina povrchů má obdobný požadavek

Pokud je požadována stejná struktura povrchu na více ploch (zpravidla nejvíce ploch na součásti), uvádí se tzv. všeobecná grafická značka, která se umísťuje těsně nad popisové pole. Za touto všeobecnou značkou následuje základní značka v závorce nebo v závorce uvedeme značky s odlišnými požadavky, které jsou již vyznačeny na výkrese. To má za následek uvědomění si, že existují jiné požadavky na SP, odlišné od všeobecného požadavku.



$\sqrt{Ra 6,3}$  (  $\sqrt{\quad}$  )  
 Popisové pole

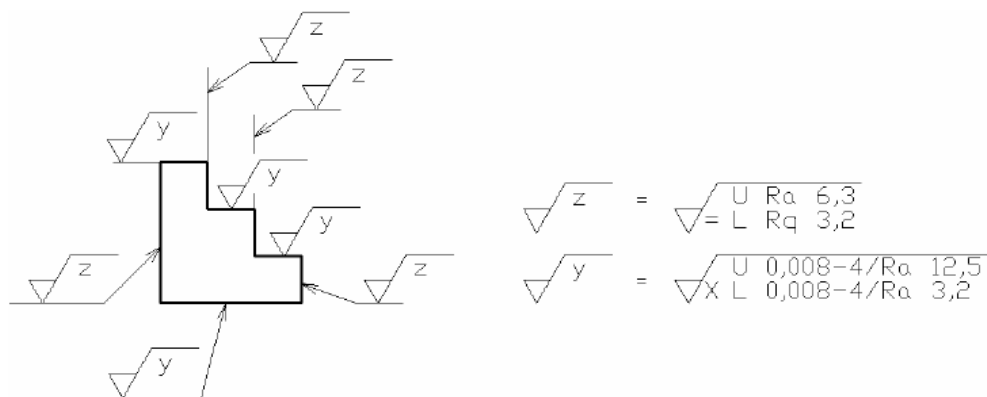
Obr. 112: Značka v závorce



$\sqrt{Ra 6,3}$  (  $\sqrt{Ra 0,8}$   $\sqrt{Ra 12,5}$  )  
 Ornné pole

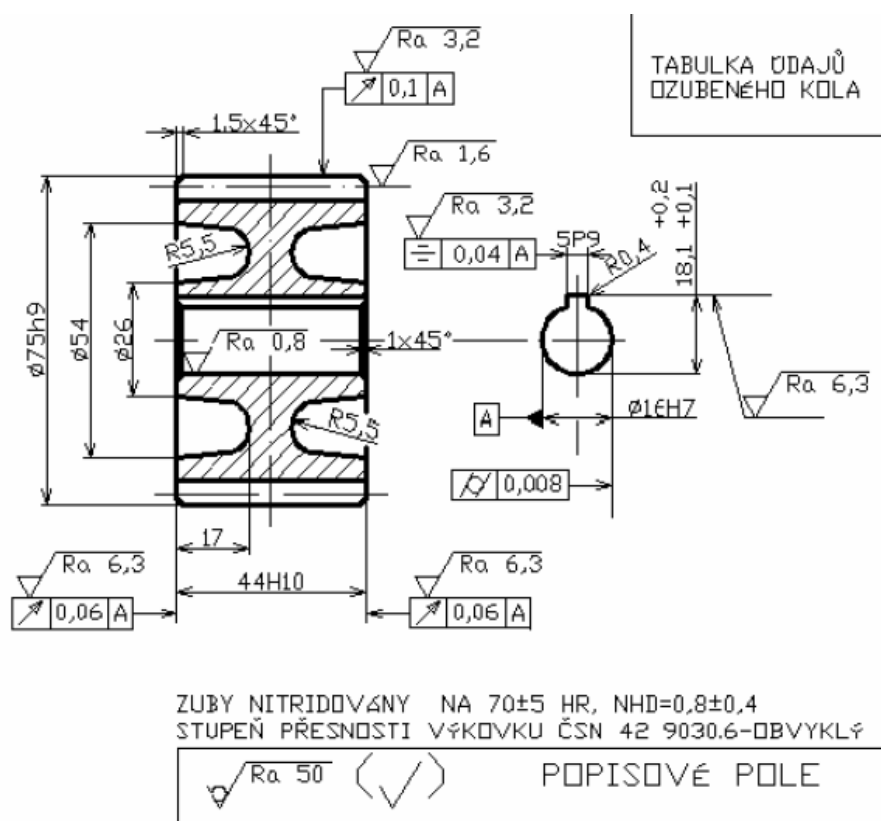
Obr. 113: V závorce uvedeny značky s odlišnými požadavky

## Společné požadavky na několik povrchů



Obr. 114: Označení grafickou značkou s písmenem

## Příklad značení drsností na výkrese dle normy ISO 1302 (2002)



Obr. 115: Značení podle ČSN EN ISO 1302 (2002)

# Seznam použitých norem

ČSN ISO 129-1 / 05 (01 3130) Kótování a tolerování - všeobecná ustanovení

ČSN ISO 2768-2/ 94 (01 4406) Nepředepsané geometrické tolerance.

ČSN EN ISO 1101 / 06 (01 4120) Geometrické tolerování. Tolerance tvaru, orientace umístění a hazení.

ČSN EN ISO 2692/ 07 (01 4123) - Geometrické tolerování. Požadavek maxima materiálu (MMR), požadavek minima materiálu (LMR) a požadavek reciprocity (RPR).

ČSN ISO 8015/12 (01 4204) Geometrické specifikace produktu (GPS) - Základy - Pojmy,

ČSN ISO 2768-1 / 92 (01 4240) Nepředepsané mezní úchytky délkových a úhlových rozměrů.

CSN EN ISO 4287/99 (01 4450) Struktura povrchu: Profilová metoda- Termíny, definice a parametry struktury povrchu.