



# ZKM

# P02 Technické kreslení

Ing. Jan Kracík, Ph.D. (převzato od Ing. Jan Novosád, Ph.D.)  
Katedra energetických zařízení

[jan.kratick@tul.cz](mailto:jan.kratick@tul.cz)

# Obsah

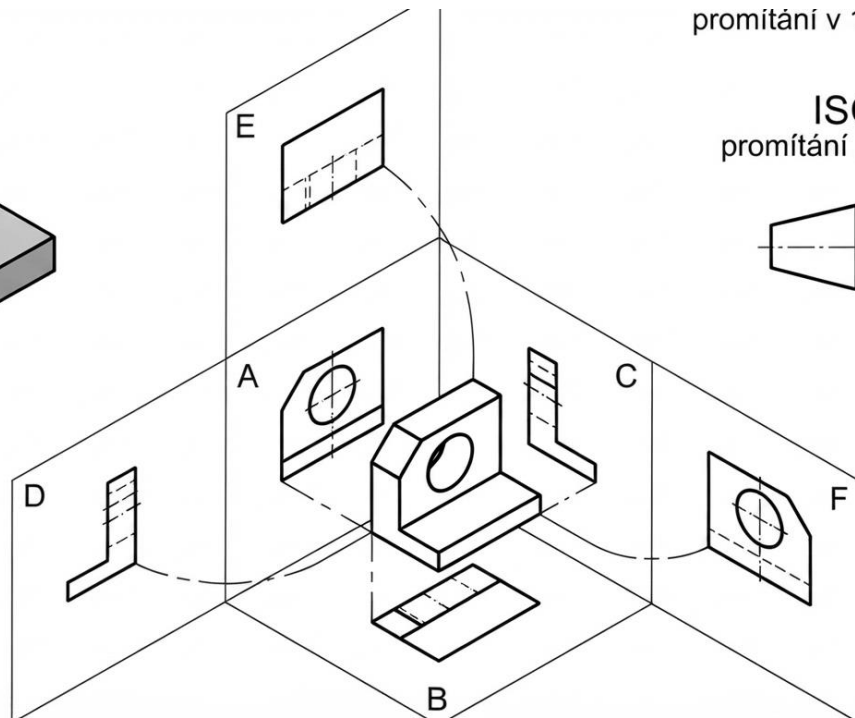
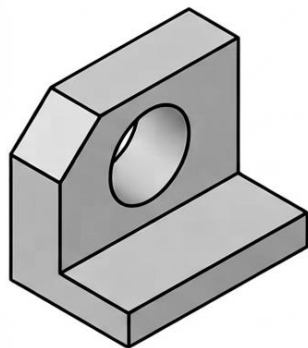
- Pravidla zobrazování
- Kótování prvků
- Tolerance, uložení
- Drsnost povrchu
- Další požadavky uváděné na výkrese

# Technické kreslení – hlavní zásady

**Technické kreslení je základním prostředkem pro návrh, výrobu i kontrolu výrobků a představuje klíčovou součást technické komunikace.**

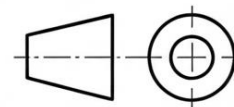
- Dodržování norem (zejména ČSN, ISO).
- Přehlednost a jednoznačnost.
- Zobrazení předmětu podle pravidel promítání, vč. řezů a detailů.
- Popis všech důležitých rozměrů, tolerancí a technických požadavků.

# Technické kreslení

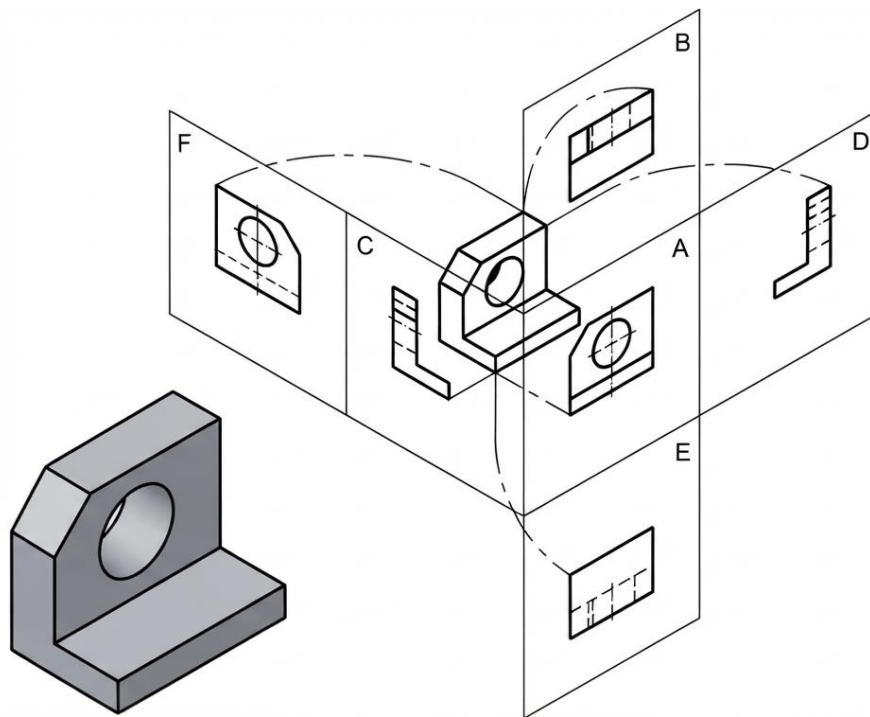


promítání v 1.kvadrantu

ISO - E  
promítání „evropské“

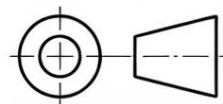


# Technické kreslení



promítání v 3. kvadrantu

ISO - A  
promítání „americké“



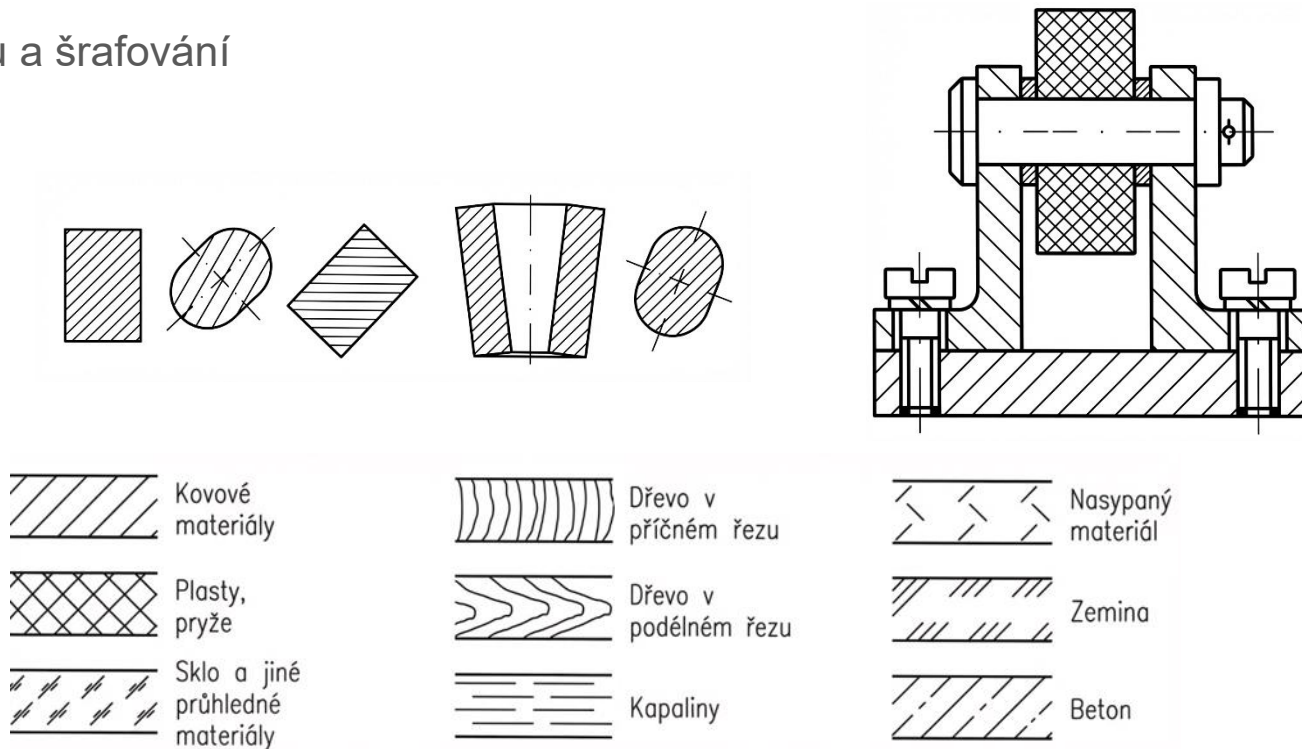
# Technické kreslení

## **Pravidla pro zobrazování na výkresech:**

- Počet obrazů volíme co nejmenší (ale takový aby bylo těleso úplně zobrazeno).
- Pro umístování a zobrazování pohledů platí pravidla pravoúhlého promítání.
- Hlavní pohled (zepředu) by měl co nejvíce vystihovat tvar předmětu.
- Předmět by měl být zobrazen ve funkční poloze nebo v poloze vhodné pro výrobu.

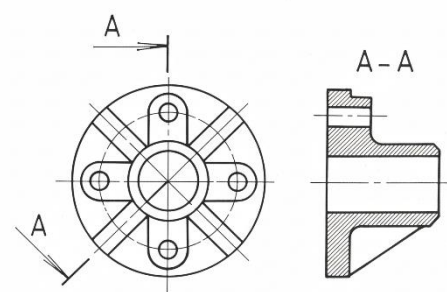
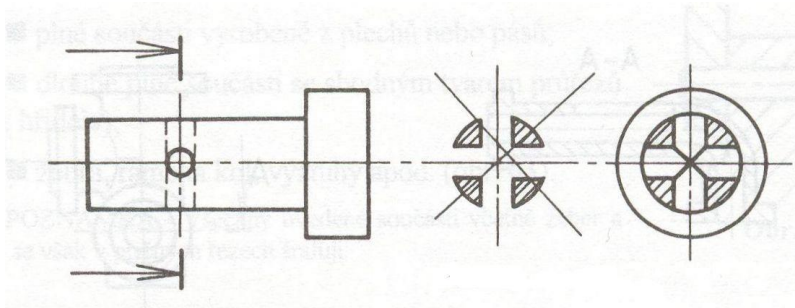
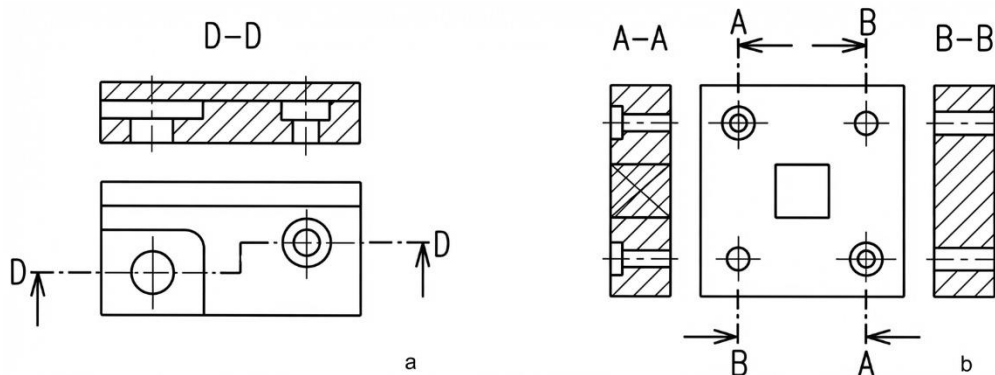
# Technické kreslení

## Kreslení řezů a šrafování



# Technické kreslení

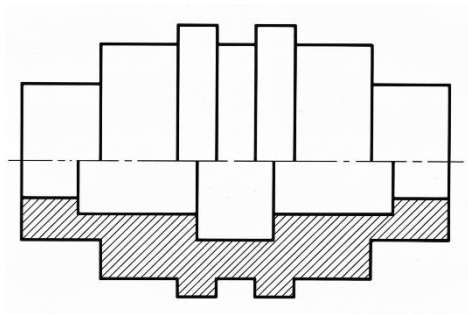
## Označování řezů, lomené řezy



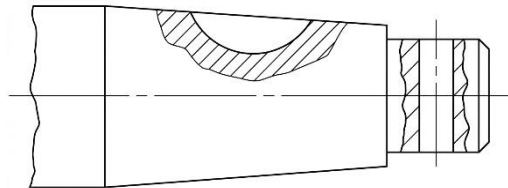
# Technické kreslení

Poloviční řez (a) a místní řez (b)

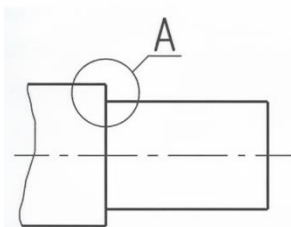
a)



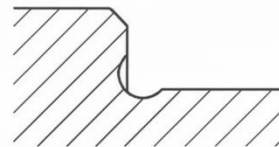
b)



Tvarové podrobnosti

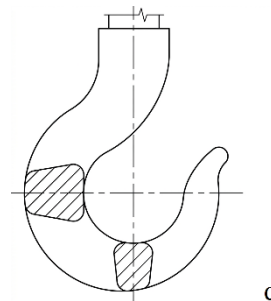
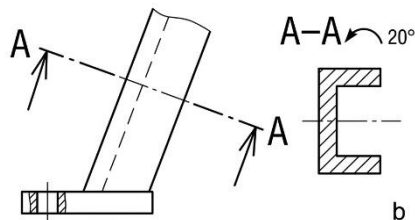
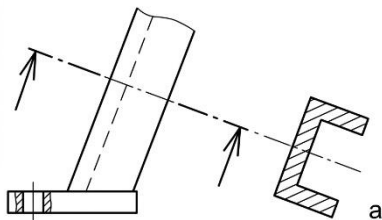


A (5:1)

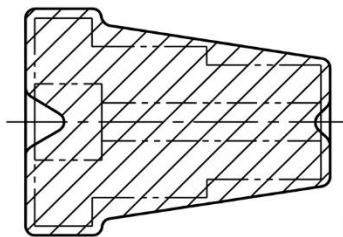
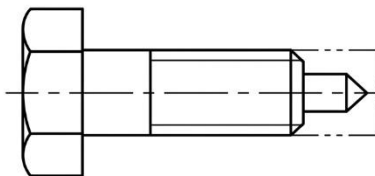
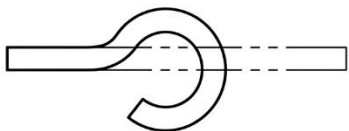


# Technické kreslení

## Průřez, další možnosti kreslení



## Obrysy výchozího a konečného tvaru (polotovary)

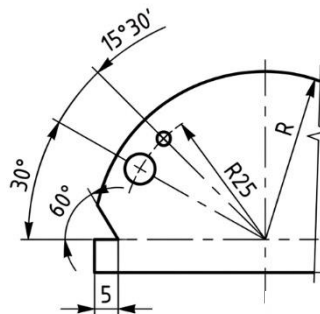


# Technické kreslení

## Kótování – zásady a pravidla

1. Kóta je číslo určující velikost rozměrů nebo polohu předmětu bez ohledu na měřítko.
2. Délkové rozměry na výkrese se kótují v milimetrech.
3. Rovinné úhly se kótují v úhlových stupních a značky jednotek se uvádí vždy.
4. Každý prvek na výkrese se kótuje pouze jednou.
5. Kóty se umísťují do pohledu nebo řezu, v němž je jasný vztah ke kótovanému prvku.
6. Všechny informace o rozměrech potřebné k úplnému popsání předmětu musí být uvedeny na výkrese.
7. Kótovací čáry se nemají protínat, nesmí splývat s jinou čarou (osou, hranou)!!
8. Vše co je na výkrese musí být kontrolovatelné.

## Provedení kót, hraničící šipky



### Značka počátku (základna kótování)

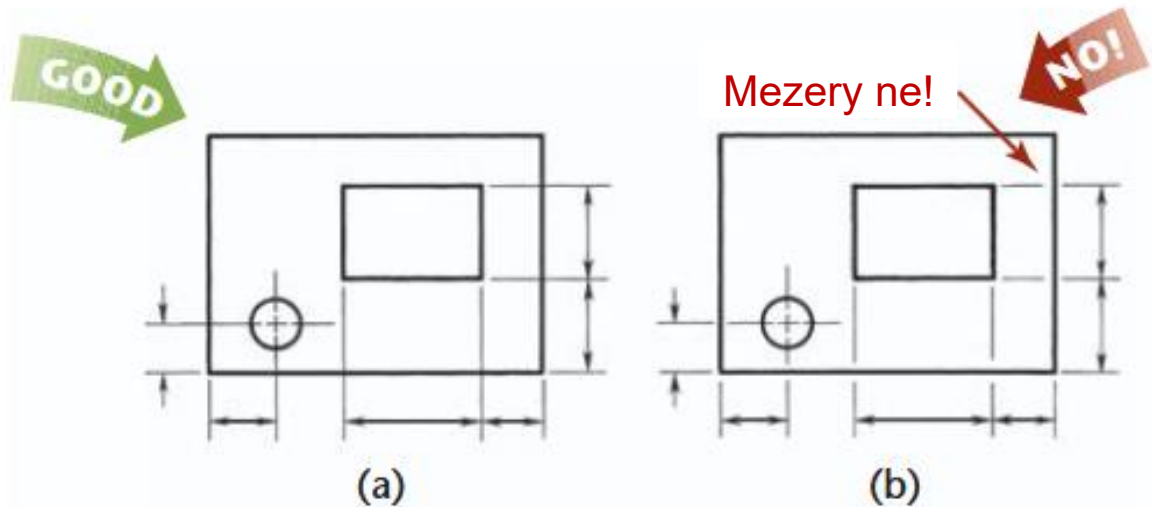


## Kótování průměrů



# Technické kreslení

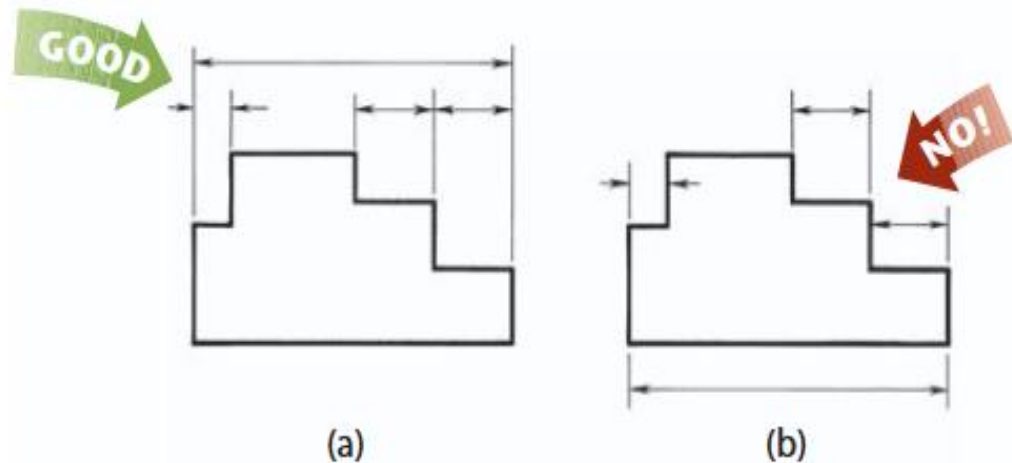
Další příklady a doporučení



Křížení čar

# Technické kreslení

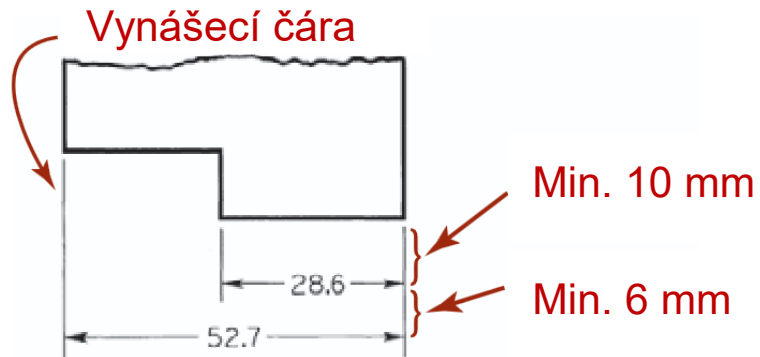
Další příklady a doporučení



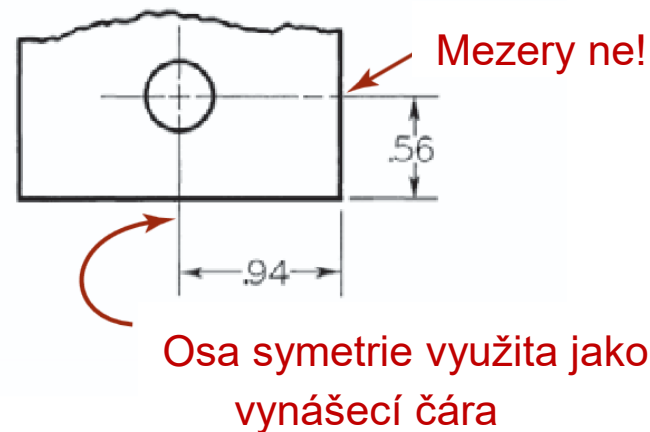
Sdružené (řetězcové) kótování

# Technické kreslení

## Další příklady a doporučení



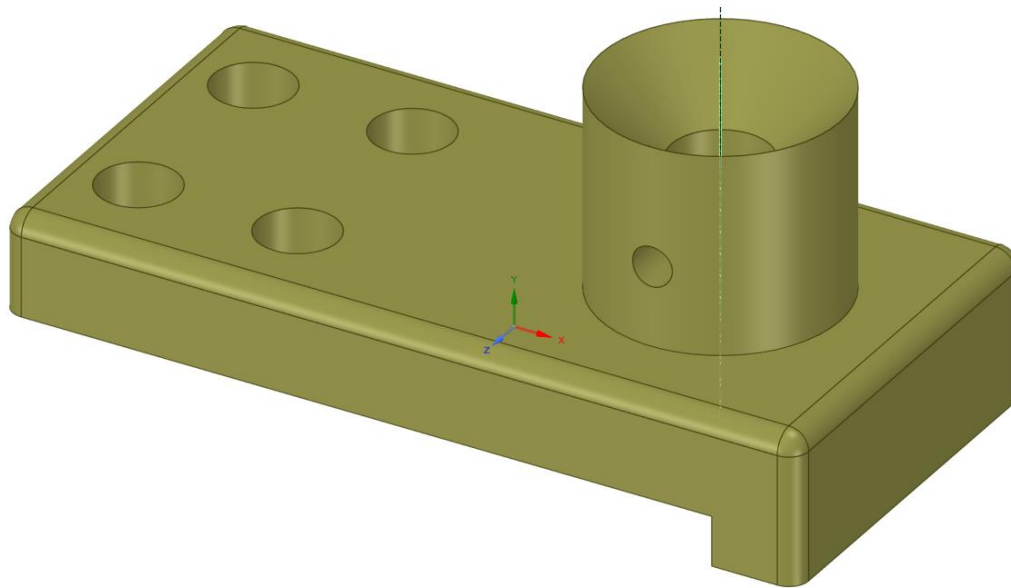
Vynášecí čáry



Osy symetrie

# Technické kreslení

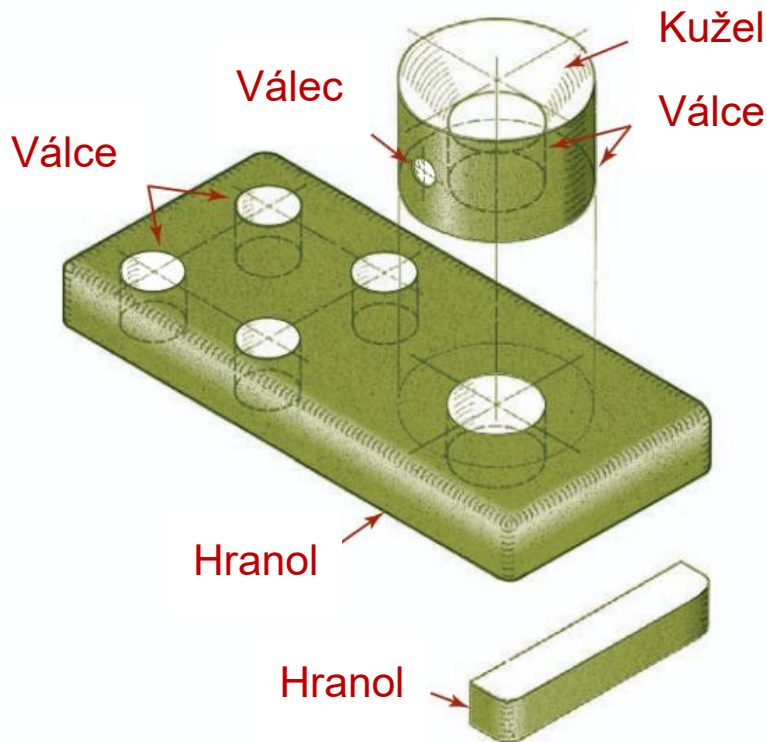
Další příklady a doporučení



# Technické kreslení

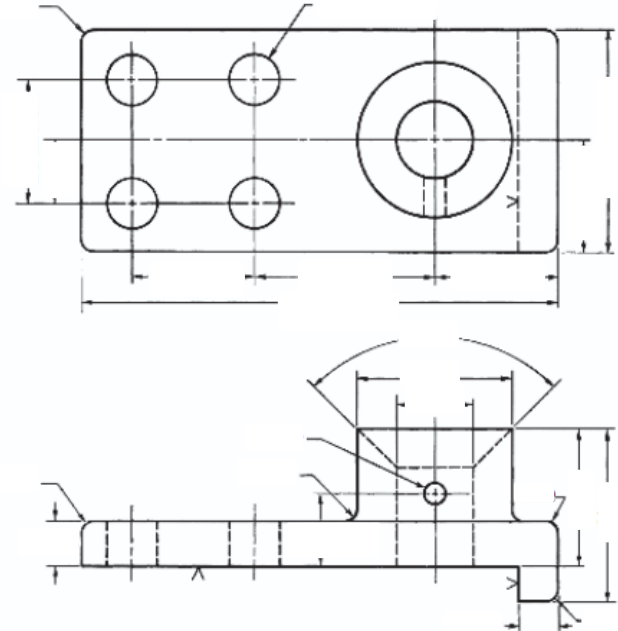
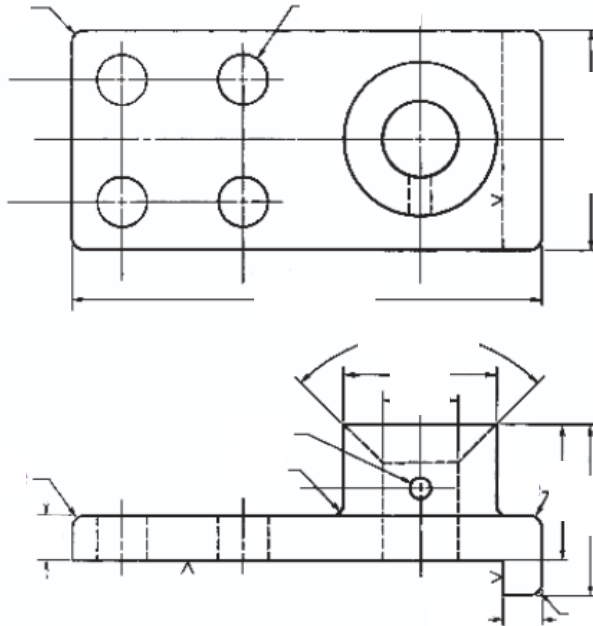
## Další příklady a doporučení

- Válec vnější – 1x
- Válec vnitřní – 6x
- Kužel vnitřní – 1x
- Hranol vnější – 2x
- + další prvky jako sražení a zaoblání



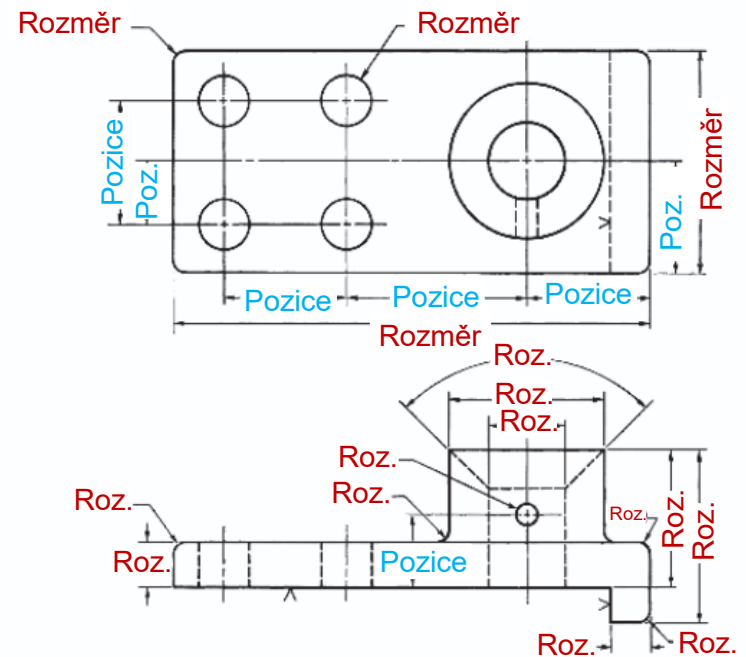
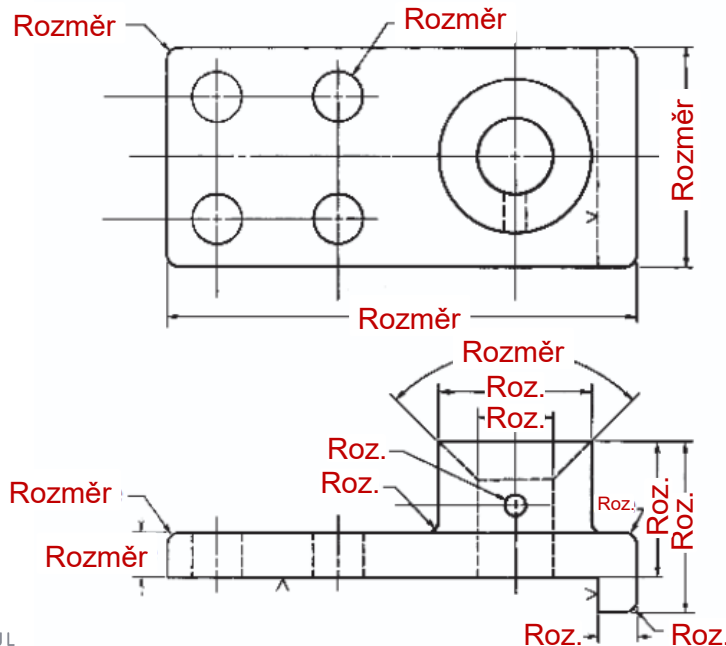
# Technické kreslení

## Další příklady a doporučení



# Technické kreslení

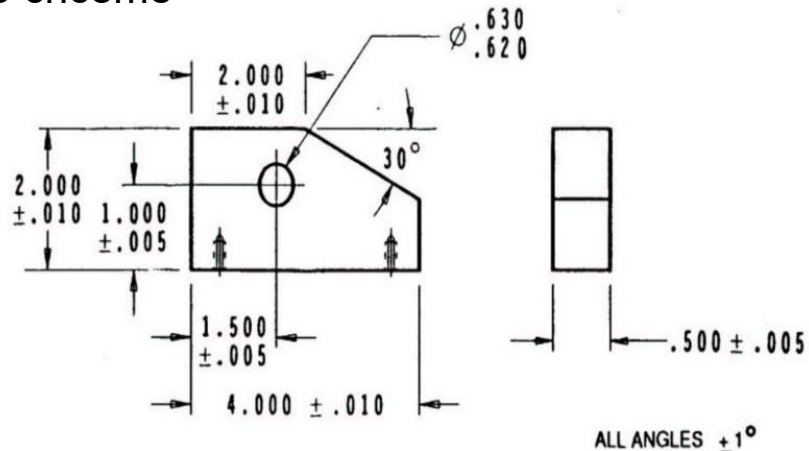
## Další příklady a doporučení



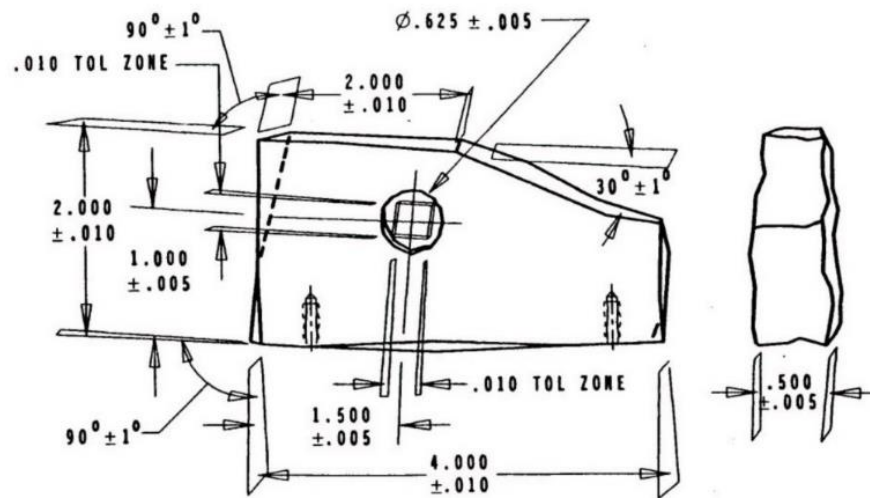
# Technické kreslení

## Význam tolerancí

To chceme



To dostaneme



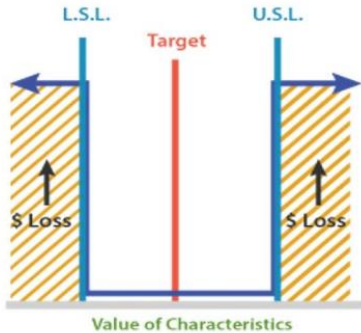
# Technické kreslení

## Tolerance

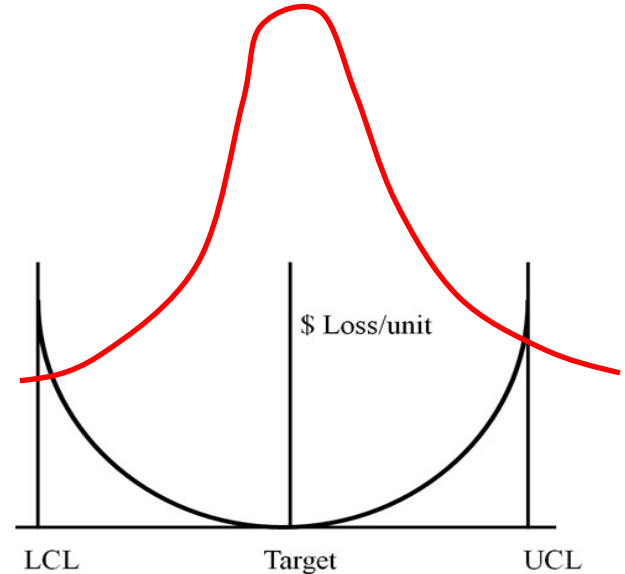
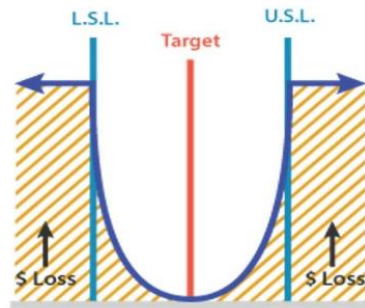
- Funkčnost
- Náklady
- Jak měřit?
- Taguchiho metoda

# Taguchiho metoda

Good/No Good Interpretation of Loss



Taguchi - Continuous Interpretation of Loss



$$L(y) = k \cdot (y - \text{target})^2$$

# Technické kreslení

## Tolerance

- Tolerování délkových rozměrů
- Předepsané rozměry jsou pouze teoretické!
- Výrobou vznikají nepřesnosti způsobené:
  - technologií výroby,
  - vlastní výrobou (otupený nástroj, apod.),
  - lidským faktorem.
- Tolerování – předepisování rozměrů v mezích
- Netolerované rozměry dle ISO 2768-f až v.

# Technické kreslení

## Tolerance

| Třída přesnosti |             | Mezní úchytky pro základní rozsah rozměrů |                |                 |                   |                    |                     |                      |                      |
|-----------------|-------------|-------------------------------------------|----------------|-----------------|-------------------|--------------------|---------------------|----------------------|----------------------|
| označení        | název       | 0,5<br>do 3                               | přes 3<br>do 6 | přes 6<br>do 30 | přes 30<br>do 120 | přes 120<br>do 400 | přes 400<br>do 1000 | přes 1000<br>do 2000 | přes 2000<br>do 4000 |
| f               | jemná       | $\pm 0,05$                                | $\pm 0,05$     | $\pm 0,1$       | $\pm 0,15$        | $\pm 0,2$          | $\pm 0,3$           | $\pm 0,5$            | –                    |
| m               | střední     | $\pm 0,1$                                 | $\pm 0,1$      | $\pm 0,2$       | $\pm 0,3$         | $\pm 0,5$          | $\pm 0,8$           | $\pm 1,2$            | $\pm 2,0$            |
| c               | hrubá       | $\pm 0,2$                                 | $\pm 0,3$      | $\pm 0,5$       | $\pm 0,8$         | $\pm 1,2$          | $\pm 2,0$           | $\pm 3,0$            | $\pm 4,0$            |
| v               | velmi hrubá | –                                         | $\pm 0,5$      | $\pm 1,0$       | $\pm 1,5$         | $\pm 2,5$          | $\pm 4,0$           | $\pm 4,0$            | $\pm 8,0$            |

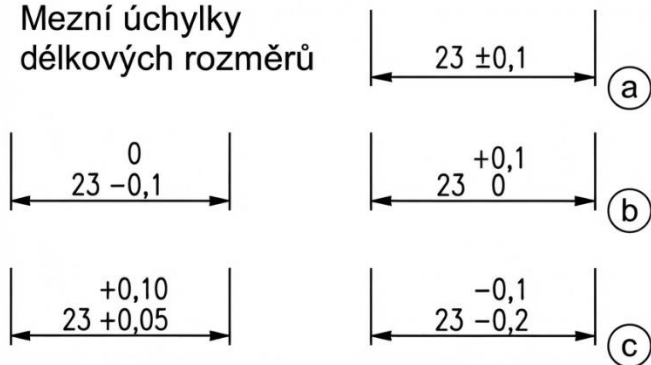
# Technické kreslení

## Tolerance

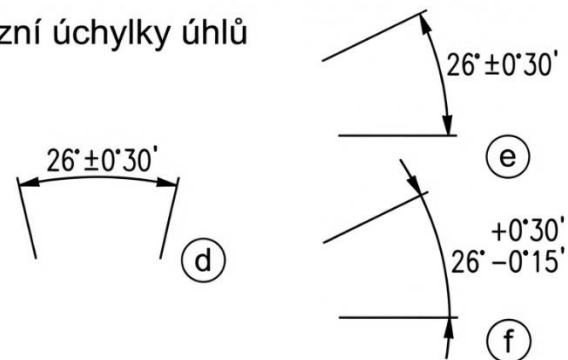
U funkčních rozměrů je nutné předepsat tolerance pomocí:

- **mezních úchylek,**
- **tolerančních značek.**

Mezní úchyly  
délkových rozměrů



Mezní úchyly úhlů

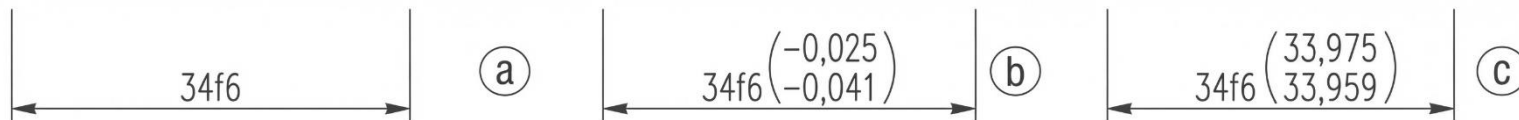


# Technické kreslení

## Tolerance

U funkčních rozměrů je nutné předepsat tolerance pomocí:

- mezních úchylek,
- **tolerančních značek.**



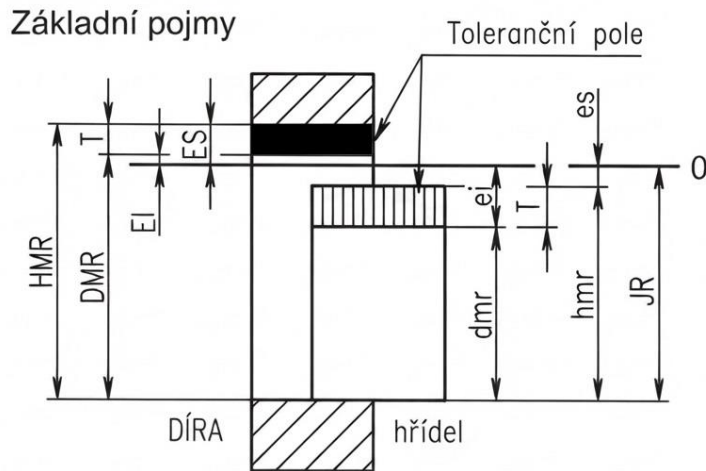
# Technické kreslení

## Toleranční značky

- Tolerovaný rozměr se skládá z **jmenovitého rozměru a toleranční značky** (Př. 100H7).
- 20 tolerančních stupňů: IT 01, IT 0–5 měřidla, IT 6–11 běžná výroba, IT 12–18 polotovary.

# Technické kreslení

## Grafické znázornění tolerančních polí



JR – jmenovitý rozměr  
0 – nulová čára  
T – tolerance

### DÍRA:

HMR – horní mezní rozměr  
DMR – dolní mezní rozměr  
ES – horní úchylka  
EI – dolní úchylka

### hřídel:

hmr – horní mezní rozměr  
dmr – dolní mezní rozměr  
es – horní úchylka  
ei – dolní úchylka

Zjednodušené zobrazení:



# Technické kreslení

## **Jmenovitý rozměr (JR, nulová čára)**

- základní rozměr vůči, kterému jsou vztaženy tolerance

## **Horní mezní rozměr (HMR, hmr) a dolní mezní rozměr (DMR, dmr)**

- hraniční rozměry, skutečný rozměr musí ležet mezi těmito rozměry jinak se jedná o zmetek

## **Horní mezní úchylka (ES, es)**

- vyjadřuje rozdíl mezi HMR (hmr) a JR

# Technické kreslení

## **Dolní mezní úchylka (EI, ei)**

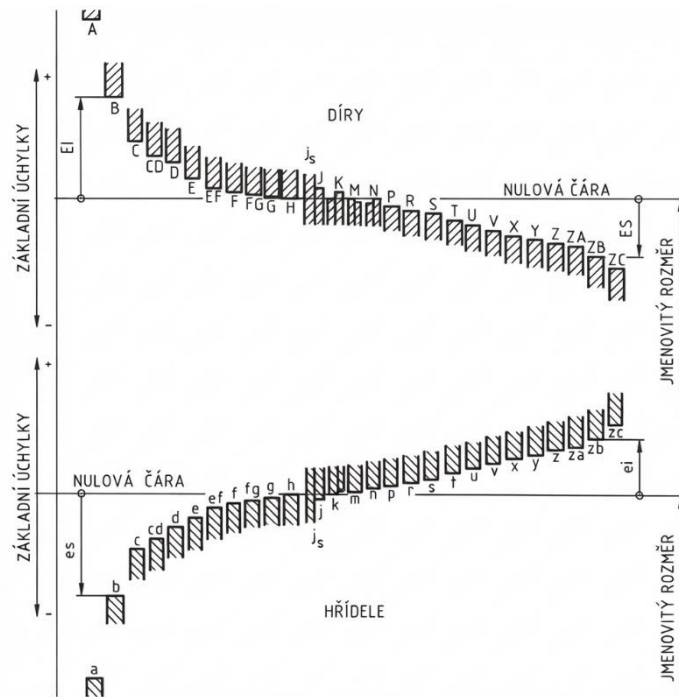
- vyjadřuje rozdíl mezi DMR (dmr) a JR

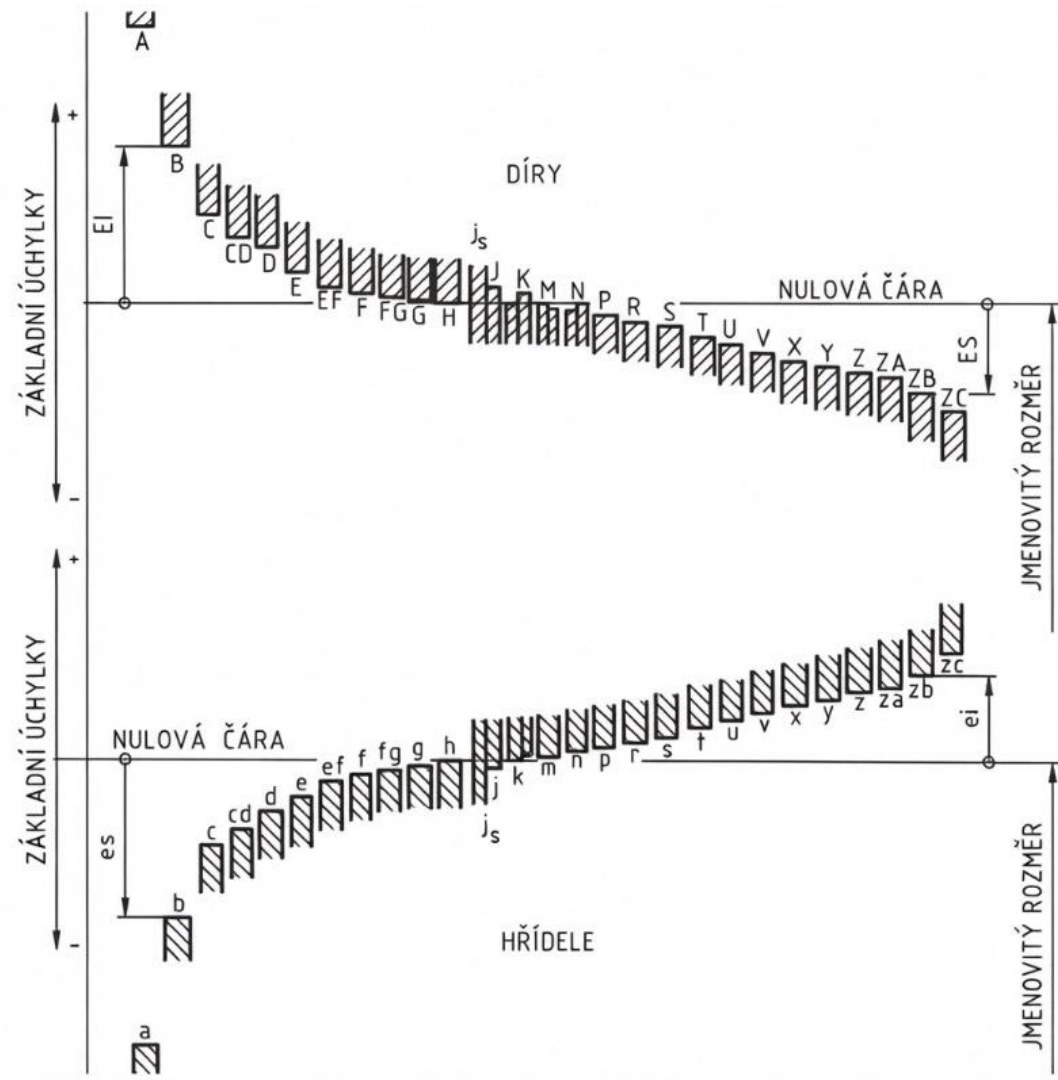
## **Tolerance**

- rozdíl mezi HMR (hmr) a DMR (dmr), udává se jako kladné číslo a vyjadřuje dovolenou přesnost nebo nepřesnost výroby

# Technické kreslení

**Toleranční značka = toleranční pole + toleranční stupeň**





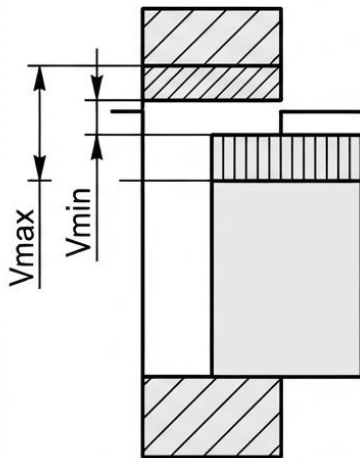
# Technické kreslení

**Uložení je vzájemný stav dvou strojních součástí** (hřídel vložený do díry):

- **uložení s vůlí** – umožňuje vzájemný pohyb součástí,
- **uložení s přesahem** – zaručuje vzájemnou nepohyblivost,
- **uložení přechodné** – v závislosti na rozměrech se může vyskytovat vůle nebo přesah.

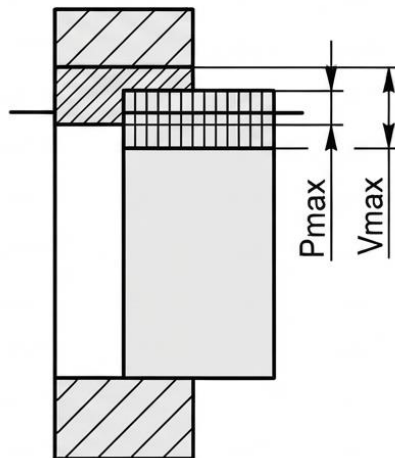
# Technické kreslení

Uložení s vůlí



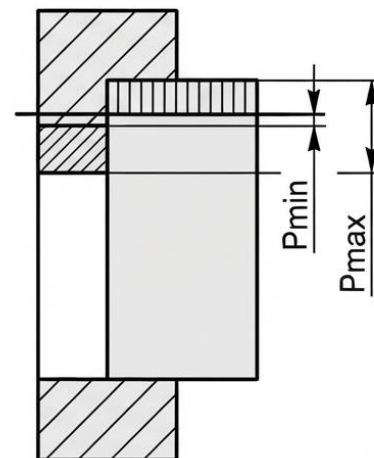
$$\begin{aligned} V_{\max} &= HMR - dmr \\ V_{\min} &= DMR - hmr \end{aligned}$$

Uložení přechodné



$$\begin{aligned} V_{\max} &= HMR - dmr \\ P_{\max} &= hmr - DMR \end{aligned}$$

Uložení s přesahem

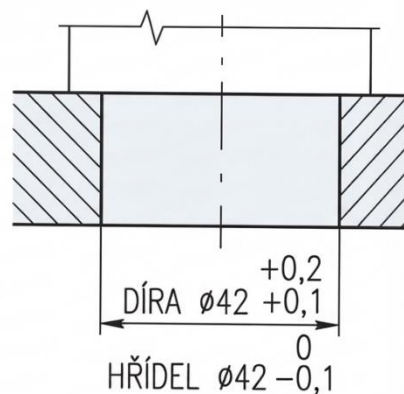
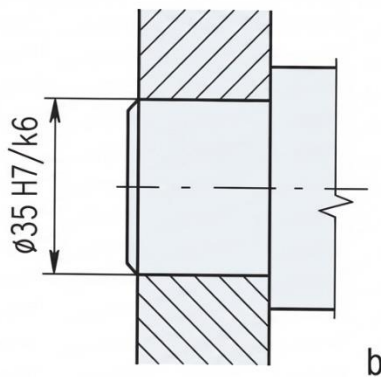
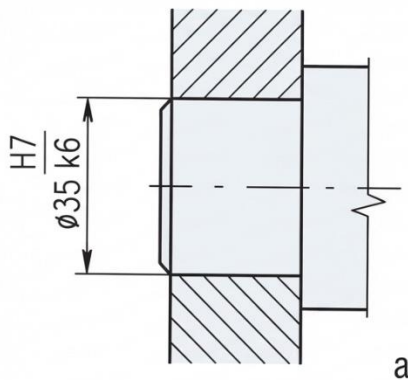


$$\begin{aligned} P_{\max} &= hmr - DMR \\ P_{\min} &= dmr - HMR \end{aligned}$$

# Technické kreslení

V praxi existují dvě základní toleranční soustavy:

- **soustava jednotné díry** (tolerance vztaženy k tol. poli díry - H),
- **soustava jednotného hřídele** (tolerance vztaženy k tol. poli hřídele - h).

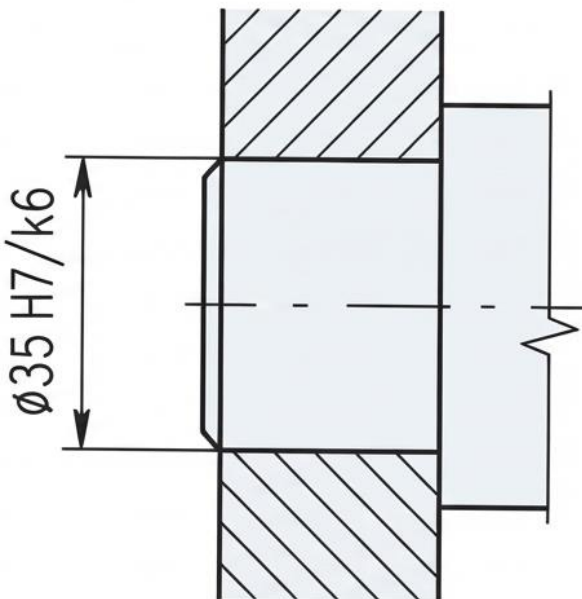


# Technické kreslení

## Příklad toleranční soustavy

Určete typ uložení pro příklady:

- a) **Ø35H7/k6,**
- b) **Ø35H7/f7,**
- c) **Ø35G7/h6**



# Technické kreslení

## Geometrické tolerance

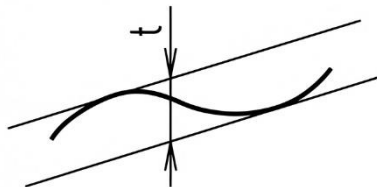
- Pro správnou funkci součásti je třeba kromě tolerance rozměrů uvažovat i geometricky správný tvar funkčních ploch.
- Na výkrese se obecně předepisují: **ISO 2768 – mK**, kde poslední písmeno značí přesnost; M – nejvyšší, K – střední, L – nejnižší.
- Geometrické tolerance se mohou vztahovat k jednomu prvku (rovinnost, kruhovitost ..) nebo k více prvkům (kolmost rovnoběžnost, házení ..)

| Geometrické tolerance |                           | Značka                                                                               |
|-----------------------|---------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Tvaru</b>          | Přímosti                  | —                                                                                    |
|                       | Rovinnosti                |   |
|                       | Kruhovitosti              |   |
|                       | Válcovitosti              |   |
|                       | Tvaru profilu             |   |
|                       | Tvaru plochy              |   |
| <b>Směru</b>          | Rovnoběžnosti             | //                                                                                   |
|                       | Kolmosti                  |   |
|                       | Sklonu                    |   |
| <b>Polohy</b>         | Umístění                  |   |
|                       | Soustřednosti a souososti |   |
|                       | Souměrnosti               |   |
| <b>Házení</b>         | Kruhového                 |   |
|                       | Celkového                 |  |

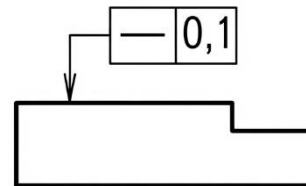
# Technické kreslení

## Geometrické tolerance přímosti a rovinnosti.

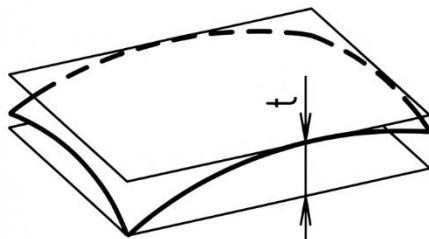
Vysvětlení tolerance



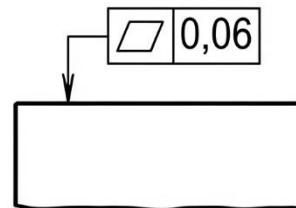
Příklad předpisu



Vysvětlení tolerance



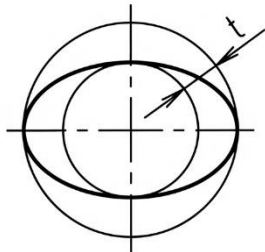
Příklad předpisu



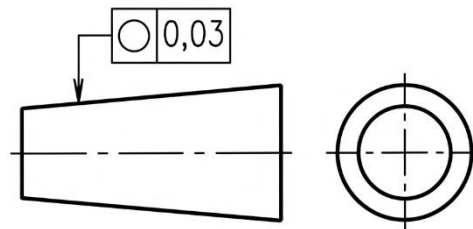
# Technické kreslení

## Geometrické tolerance kruhovitosti a válcovitosti.

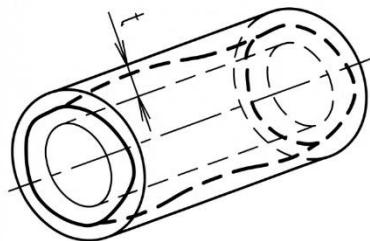
Vysvětlení tolerance



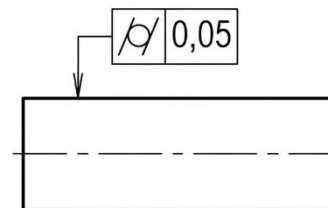
Příklad předpisu



Vysvětlení tolerance



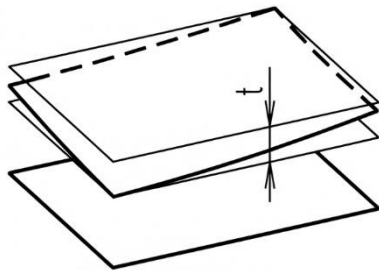
Příklad předpisu



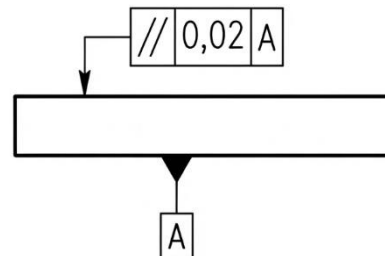
# Technické kreslení

## Geometrické tolerance rovnoběžnosti a kolmosti.

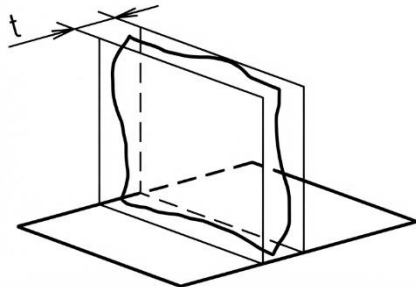
Vysvětlení tolerance



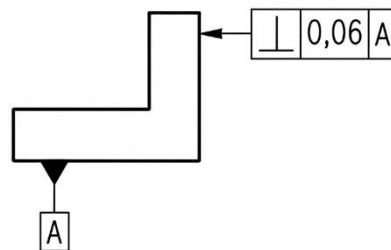
Příklad předpisu



Vysvětlení tolerance

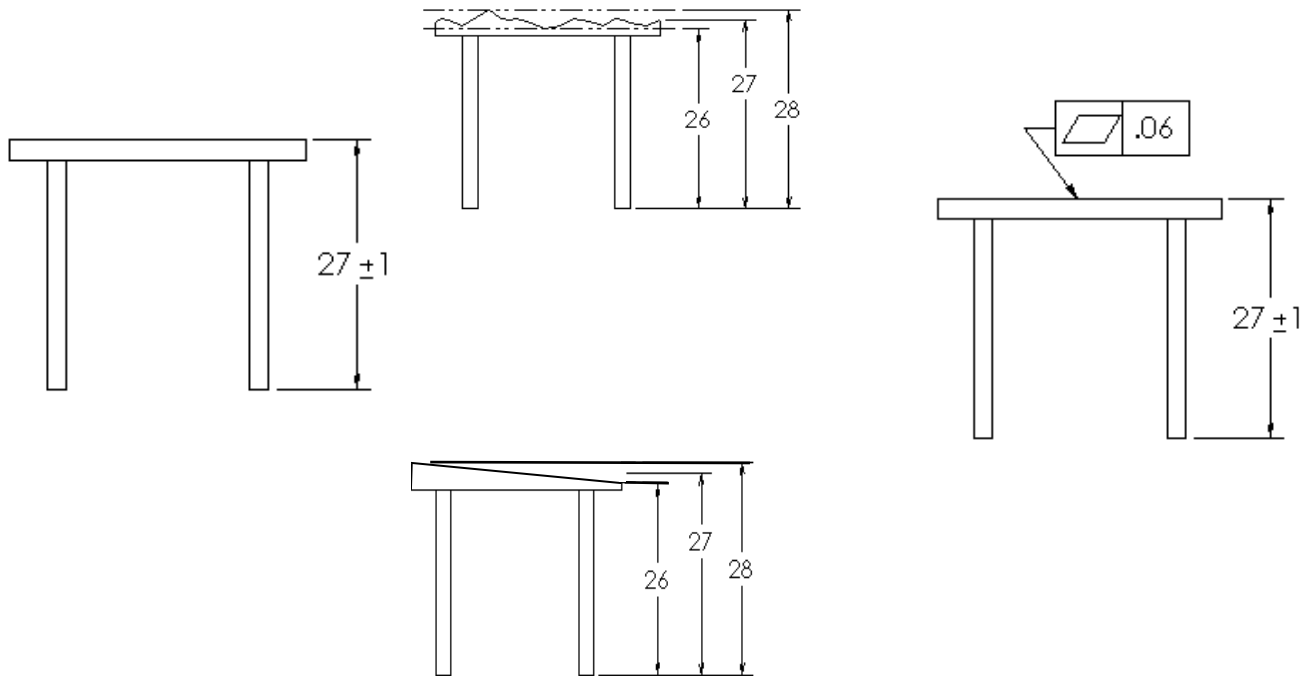


Příklad předpisu



# Technické kreslení

## Geometrické tolerance

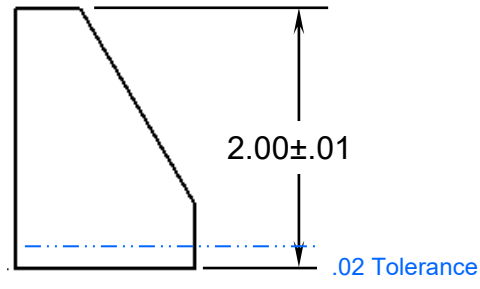
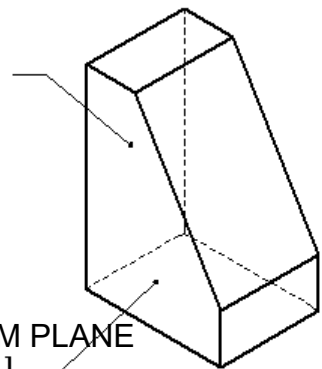


# Technické kreslení

## Geometrické tolerance

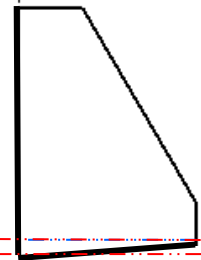
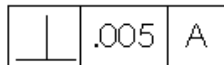
LEFT SIDE IS  
PLANE 2

BOTTOM PLANE  
PLANE 1



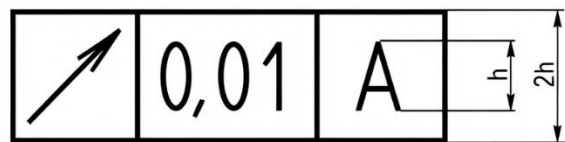
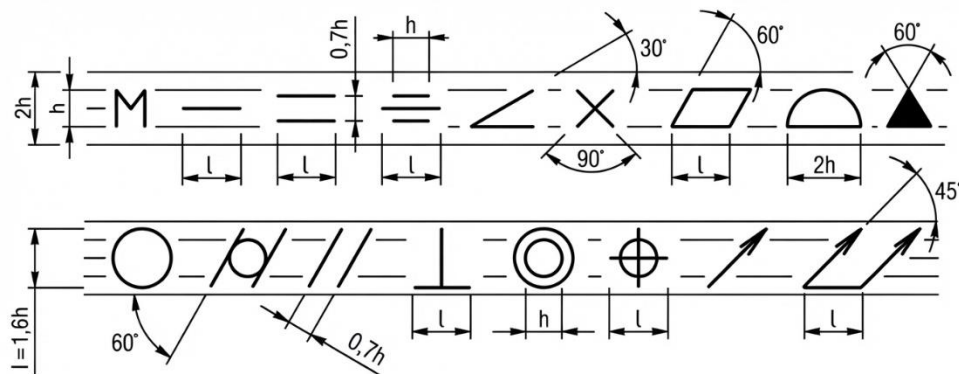
A

.005 Tolerance Zone

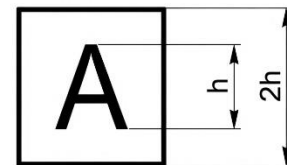
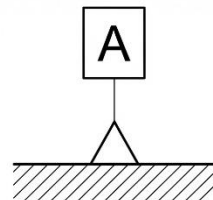
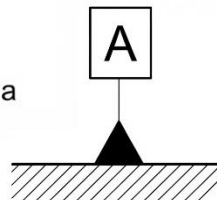


# Technické kreslení

## Zásady kreslení značek na výkrese



$h$  je výška písma



# Technické kreslení

## Vztah mezi geometrickou tolerancí a tolerancí rozměru

- Tímto pravidlem se stanovují vztahy mezi tolerancemi rozměrů (délek a úhlů) a tolerancemi geometrickými.
- Výkresy, na které je vztaženo pravidlo nezávislosti se označují v popisovém poli nebo jeho blízkosti.
- TOLEROVÁNÍ ISO 8015 se doplňuje ISO 2768 – mK
- m - třída přesnosti délkových a úhlových rozměrů
- K - třída přesnosti geometrických tolerancí

# Technické kreslení

## Struktura povrchu

- Funkce součásti závisí, kromě délkových a geometrických tolerancí, i na nerovnostech, které na výrobku zůstávají po příslušné technologii výroby.
- Jde o nerovnosti, které na povrchu součásti zanechává např. řezný nástroj, brusivo, jiskrový výboj, otisky forem apod.

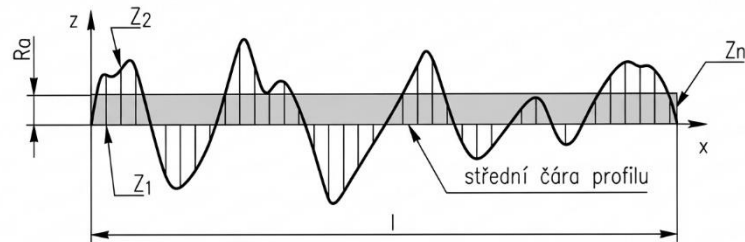
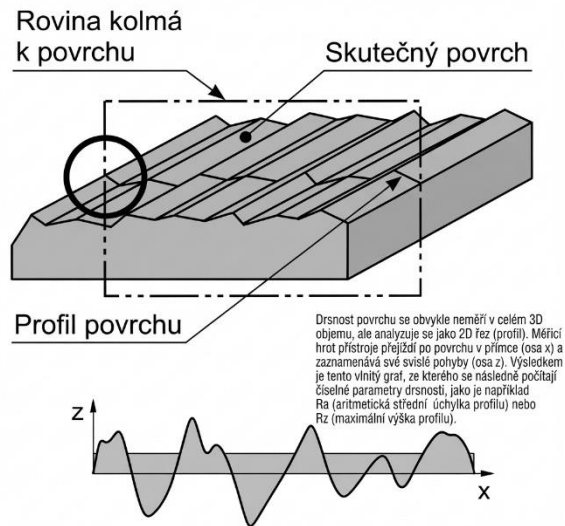
# Technické kreslení

## Struktura povrchu (2)

- Nedokonalosti povrchu – rýhy, trhliny, póry, staženiny, koroze; způsobené náhodně výrobou a skladováním: nezahrnují se do hodnocení struktury povrchu!!
- Struktura povrchu – opakované i náhodné úchyly geometrického tvaru.
- Člení se na: Drsnost povrchu (složku s nejmenší roztečí nerovností), vlnitost povrchu a základní profil (složku s největší roztečí nerovností).

# Technické kreslení

## Profil drsnosti (tzv. R-profil) se měří speciálními přístroji



Výpočet průměrné aritmetické úchylny profilu  $R_a$ :

$$R_a = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |z_i| = \frac{|z_1| + |z_2| + |z_3| + \dots + |z_n|}{n}$$

$$R_a = \frac{1}{l} \int_0^l |z(x)| dx$$

# Technické kreslení

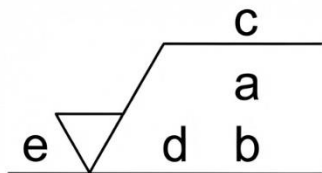
| Ra (μm)      | Směrnice pro použití                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|--------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>0,012</b> | Nejhladší funkční plochy, které mají mít co nejmenší opotřebení při vysokých tlacích nebo vysokou zobrazivost. Měřicí plochy nejpřesnějších měřidel, např. základních měrek, metalografické výbrusy.                                                                                       |
| <b>0,025</b> | Kluzné plochy s velkou kluznou rychlostí a s velkým tlakem, které mají co nejmenší opotřebení, funkční plochy valivých ložisek. Měřicí plochy přesných měřidel, např. některých kalibrů.                                                                                                   |
| <b>0,05</b>  | Velmi přesné funkční plochy, které mají mít malé opotřebení; úložné plochy měřících přístrojů, činné plochy kalibrů a některých měřidel. Volné plochy se stupnicemi k optickému odečítání.                                                                                                 |
| <b>0,1</b>   | Kluzné plochy hřídelů pro přesná uložení s malou vůlí, čelní opěrné plochy axiálních ložisek, lapované písty a díry hydraulických zařízení.<br>Činné plochy měřidel. Leštěné plochy s nízkou zobrazivostí; základní povrch pro ozdobné elektrolytické pokovování těžkými neželeznými kovy. |
| <b>0,2</b>   | Kluzné plochy smykadel a přesných ložiskových pouzder, přesná vedení s občasným pohybem a středící plochy měřících přístrojů, přípravků. Těsnící kuželové plochy. Volné povrchy leštěné pro zvýšení únavové pevnosti. Přesné technologické základny pro další operace a kontrolu.          |

# Technické kreslení

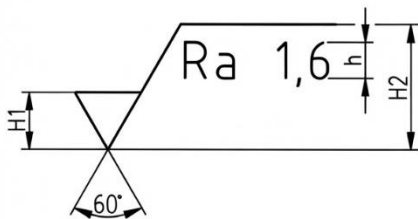
|             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|-------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 0,4         | Kluzné plochy se střední kluznou rychlostí a středním tlakem; vodící plochy u obráběcích strojů. Stykové plochy nepohyblivých rozebíratelných uložení a za studena lisovaných uložení menších rozměrů. Funkční plochy broušených ozubených kol, šneků, vaček; boky závitů pohybových šroubů. Volné plochy se stupnicemi. Základní povrch pod výstelky ložisek. |
| 0,8         | Kluzné plochy s menší kluznou rychlostí (běžné provedení). Stykové plochy pro narážená a lisovaná uložení; válcové středící plochy rozebíratelné. Těsnicí plochy před zabroušením. Funkční plochy řemenic pro obvodovou rychlost nad $10 \text{ m.s}^{-1}$ . Leštěné plochy rukojetí, pák a tlačítek.                                                          |
| 1,6         | Kluzné plochy hřídelů a ložisek s občasným nebo ručním pohybem. Vodicí plochy s občasným vzájemným pohybem, např. drážky pro klíny a pera. Stykové plochy dělených skříní a vík pro tenká a tvrdší těsnění.                                                                                                                                                    |
| 3,2         | Kluzné plochy s velmi malou kluznou rychlostí a bez nároku na přesnost uložení. Stykové plochy bez velkých požadavků na těsnost a přesnost styku; těsnicí plochy pro měkká těsnění, volné plochy otáčejících se součástí obrobené pro dynamické vyvážení, plochy pro netmelené nátěry.                                                                         |
| 6,3<br>12,5 | Hrubě obrobené dosedací plochy bez vzájemného pohybu. Volné obrobené plochy, které nejsou funkční, např. čelní plochy hřídelů, ozubených kol a řemenic; obrobené plochy pro upínání při výrobě, plochy pro návary.                                                                                                                                             |

# Technické kreslení

## Zásady pro kreslení značky na výkrese:



- a – hodnota parametru  $R_a$  [ $\mu\text{m}$ ] s uvedením značky
- b – dvoustranná specifikace  $R_a$  [ $\mu\text{m}$ ]
- c – výrobní proces
- d – směr nerovností (stopy po nástroji)
- e – přídavek na obrábění [mm]



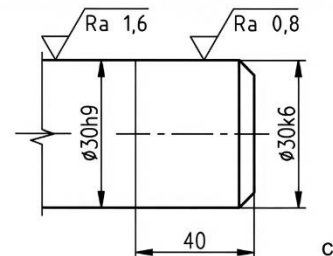
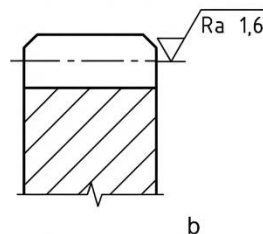
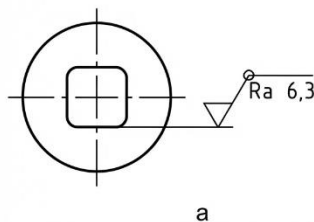
**h** je výška písma kót

**h = 3,5 mm**

**H1 = 5 mm**

**H2 = 11 mm**

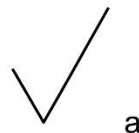
čára značky je nakreslena souvislou tenkou čarou



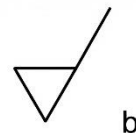
# Technické kreslení

## Variety značek struktury povrchu:

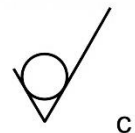
- značka označující povrch obrobený i neobrobený (a),
- značka označující povrch obrobený (b),
- značka označující povrch neobrobený (c).



a

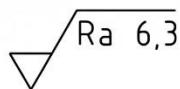


b

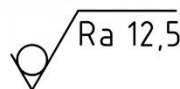


c

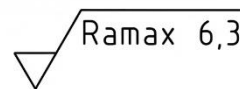
## Variety značek: (a-f)



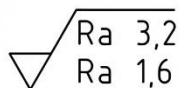
(a)



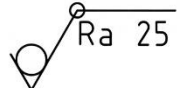
(b)



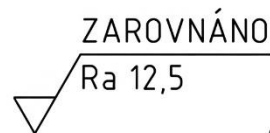
(c)



d



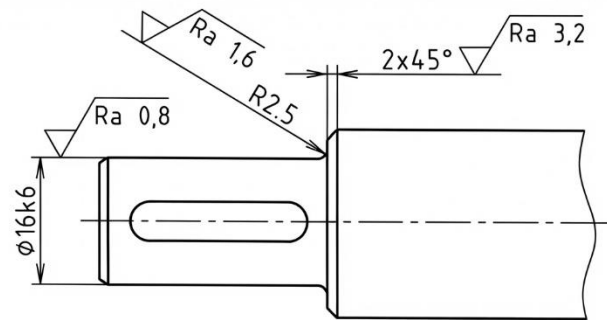
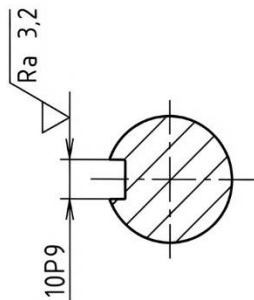
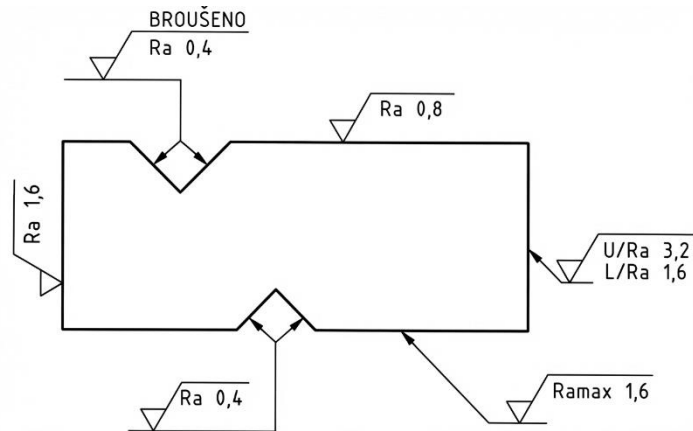
e



f

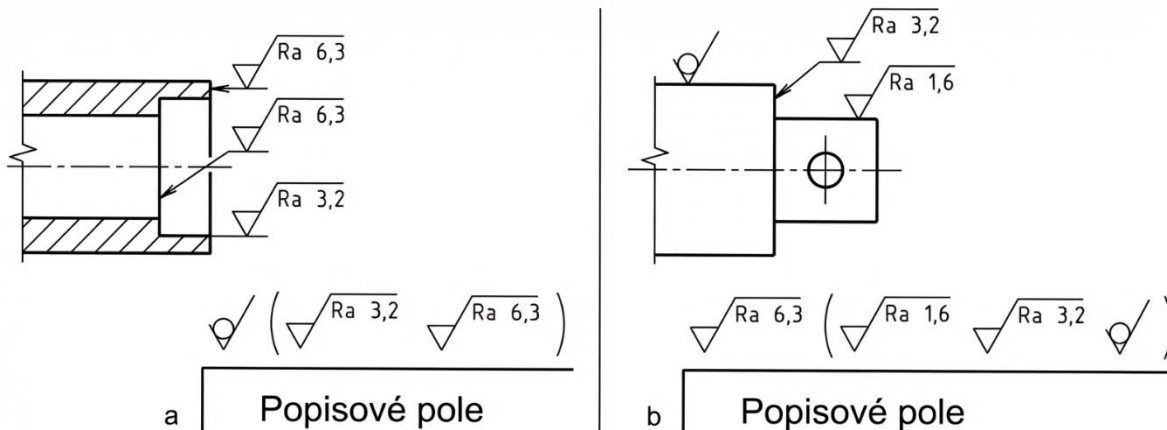
# Technické kreslení

Orientace značek a jejich umisťování.



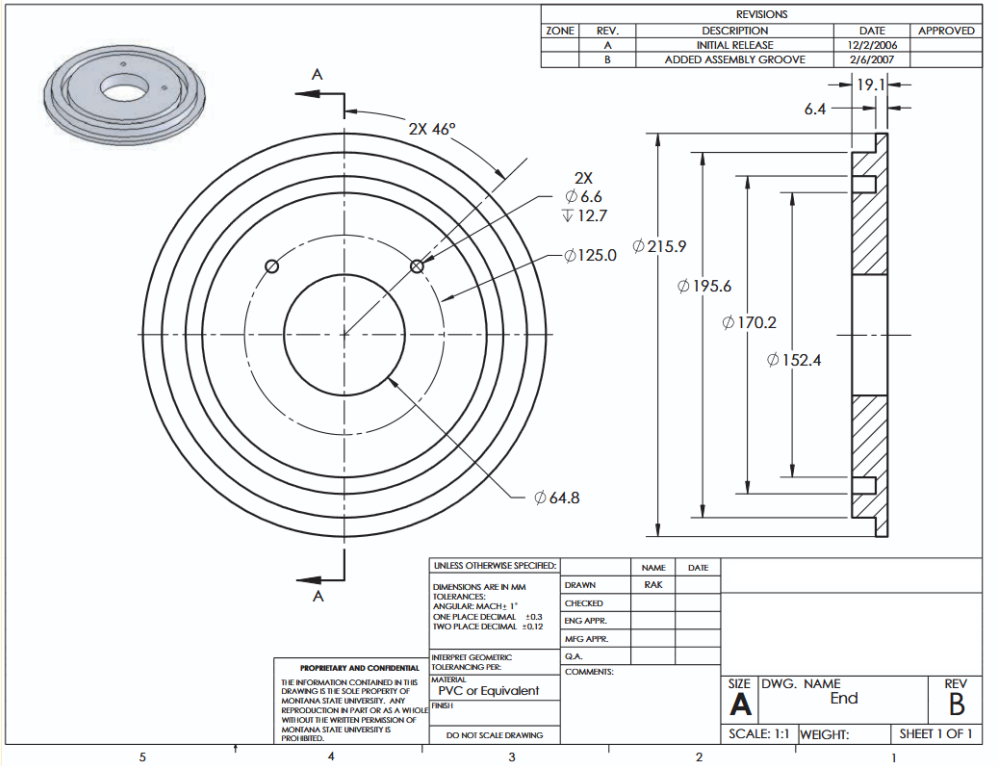
# Technické kreslení

**Pokud se na výkrese vyskytuje více požadavků na strukturu povrchu, předepíše se převládající značka před závorku a ostatní požadavky se zapíší v oblých závorkách nad popisové pole.**



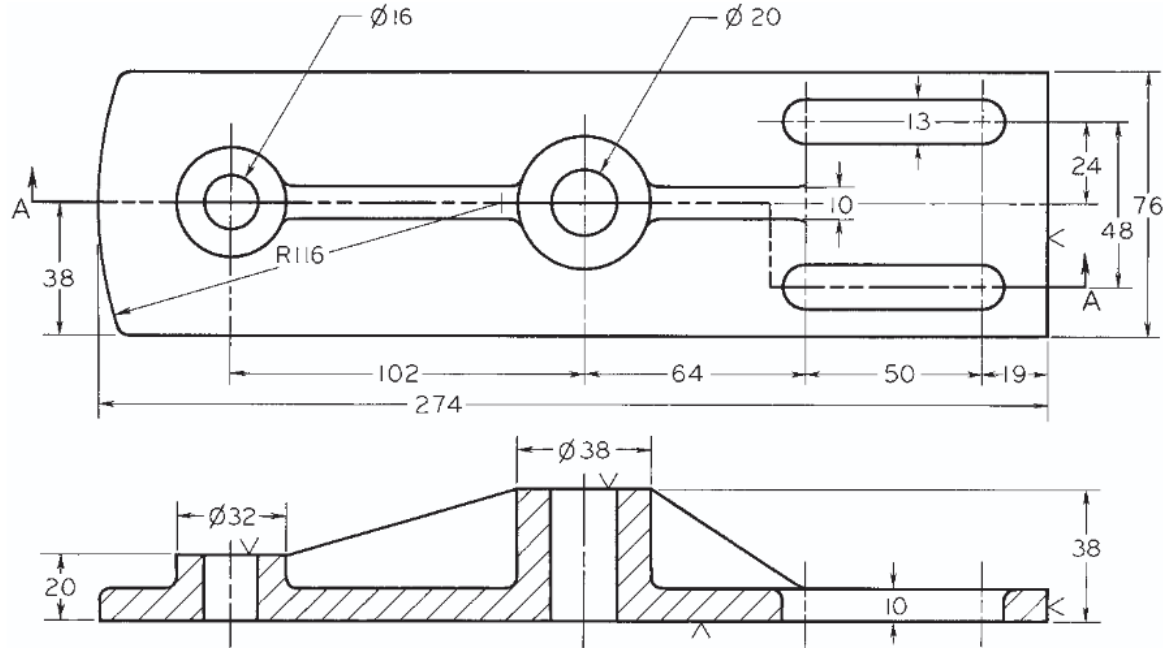
# Technické kreslení

## Příklady



# Technické kreslení

## Příklady





# Děkuji za pozornost

Ing. Jan Kracík, Ph.D.  
Katedra energetických zařízení

[jan.kracik@tul.cz](mailto:jan.kracik@tul.cz)