

# Problematika uplatnění norem strojírenských tolerancí v praxi

24.11.2015

Ladislav Pešička, TNK č. 7 (GPS)

## Oblasti „Rozměrové a geometrické specifikace produktů (GPS)“:

**a) rozměrové a geometrické tolerance pro zajištění funkce součástí, jejich výroby, kontroly a montáže,**

**b) textura povrchu součástí (drsnot, vlnitost, základní profil),**

**c) měřicí prostředky a postupy, vyhodnocení**

### Oblast a) a její dopad na:

- výkresovou dokumentaci (tolerance obsahuje prakticky každý technický výkres,
- výrobu a výrobní postupy, texturu povrchu, měřicí zařízení a vyhodnocení, montáž součástí apod.)
- nárůst počtu norem s rozrůstajícími se dalšími požadavky, často i v rozdílném časovém sledu, např.:

ISO 8062 (tolerance odlitků ...) sestává z následujících částí:

– Část 1: Slovník - zavedena v r. 2008

– Část 2: Pravidla – zavedena v r. 2015

– Část 3: Všeobecné tolerance a přídávky – zavedena v r. 2008

– Část 4: Všeobecné tolerance v soustavě základen - r. 2016

- **nárůst nových pojmů a definic v rozsahu přes 200 norem (odhadem cca 600 až 800 termínů a definic)**
- **zpřesňování specifikací rozměrových a geometrických tolerancí**
- **nové požadavky na konstruktéry při předpisu požadavků GPS na výkresech (např. filtrů a filtrace, indikace orientace prvků, plošná indikace textury povrchu apod.)**

**Ukázka problematiky GPS na několika normách**

První - ČSN EN ISO: 2692: **2015** - Geometrické tolerování - Požadavek maxima materiálu, minima materiálu a reciprocity **V angličtině**

Druhá - ČSN EN ISO 1101: **2014** Geometrické tolerování – Tolerance tvaru, orientace, umístění a házení **Zavedena v angličtině**

ČSN EN ISO 1101: **2016** GPS – Geometrické tolerování – Tolerance tvaru, orientace, umístění a házení **Připravuje se – bude v češtině?**

Třetí - ČSN EN ISO 5458: **2016** Geometrické specifikace produktu (GPS) – Geometrické tolerování – Tolerování polohy a konfigurace **Připravuje se – bude v češtině?**

Čtvrtá - ISO/DIS 17450-4 Geometrické specifikace produktu - Základní pojmy - Část 4: Geometrické charakteristiky pro kvantifikaci úchytky tvaru, orientace, umístění a házení - **Připravuje se**

Pátá - ČSN EN ISO xxxx: **201?** Technická dokumentace produktu - Definovaný tvar sražení **Připravuje se**

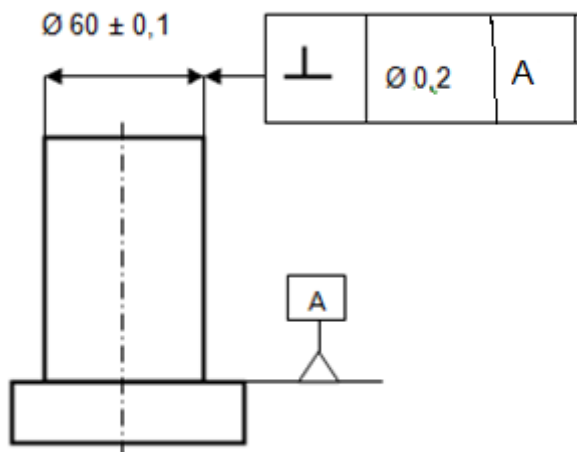
Šestá - ISO: 16792: 2006 Technická dokumentace produktu - Postupy definování dat digitálního produktu **Nezavedena v ČSN**

## První norma - ukázka

ČSN EN ISO: 2692: 2015 - GPS – Geometrické tolerování - Požadavek maxima materiálu (MMR), minima materiálu (LMR) a reciprocity (RPR) **Zavedena v angličtině**

### Běžný způsob tolerování v ISO:

- vzájemná **nezávislost** rozměrových a geometrických tolerancí, např.

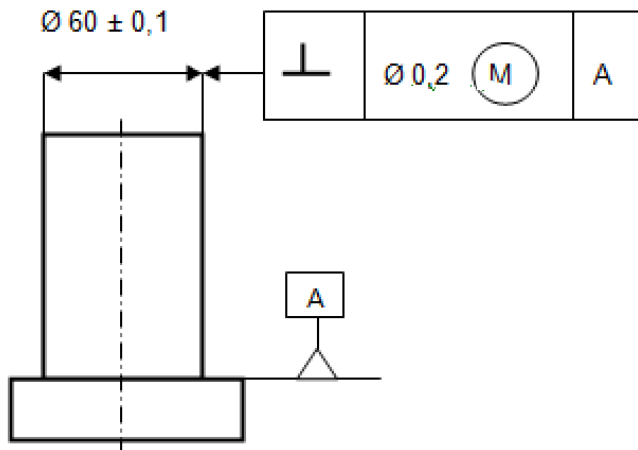


V tolerančním poli může mít osa libovolný tvar i směr.

| Průměr čepu<br>( $\varnothing 60 \pm 0,1$ ) | Tolerance kolmosti osy<br>( $\varnothing 0,2$ ) |
|---|---|
| Max. rozměr 60,1                            | <b>0,2</b>                                      |
| Mezilehlý 60                                | <b>0,2</b>                                      |
| Min. rozměr 59,9                            | <b>0,2</b>                                      |

## Tolerování podle ČSN EN ISO 2692:

- vzájemná **závislost** rozměrových a geometrických tolerancí.  
Geometrická tolerance ve vazbě na max. materiálu (M v kroužku)

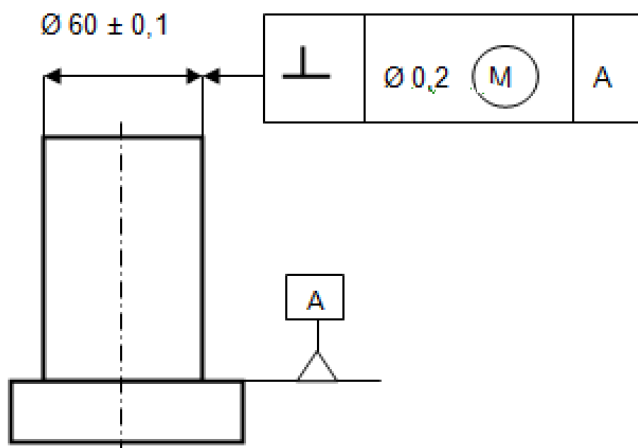


Hodnota tolerančního pole (0,2) je indikována **jen** pro max. rozměr prvku (čepu).  
Rozměry nesmí překročit virtuální požadavek, zde 60,3

| Průměr čepu (Ø 60 ±0,1) | Tolerance kolmosti se značkou (M) |
|-------------------------|-----------------------------------|
| Max. rozměr 60,1        | <b>0,2</b>                        |
| mezilehlý 60            | ? <b>norma neřeší</b>             |
| Min. rozměr 59,9        | ? <b>norma neřeší</b>             |

Účel: zajistit montáž obdobně tolerovaných protikusů.

## Tolerování podle americké normy ASME Y 14.5

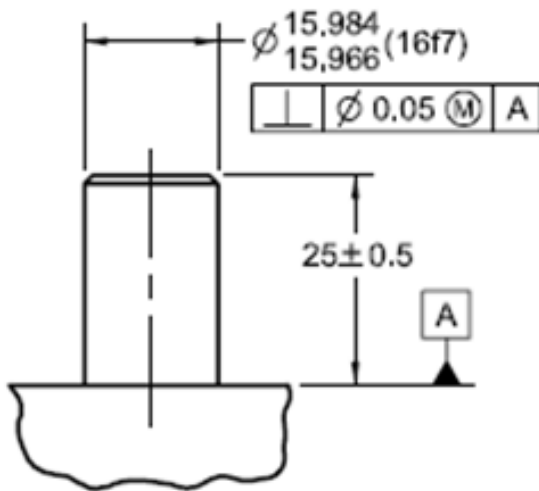


Toleranční pole (0,2) pro max. rozměr prvku (čepu), ale lze stanovit také změnu tolerance v rámci celého rozsah rozměru čepu.

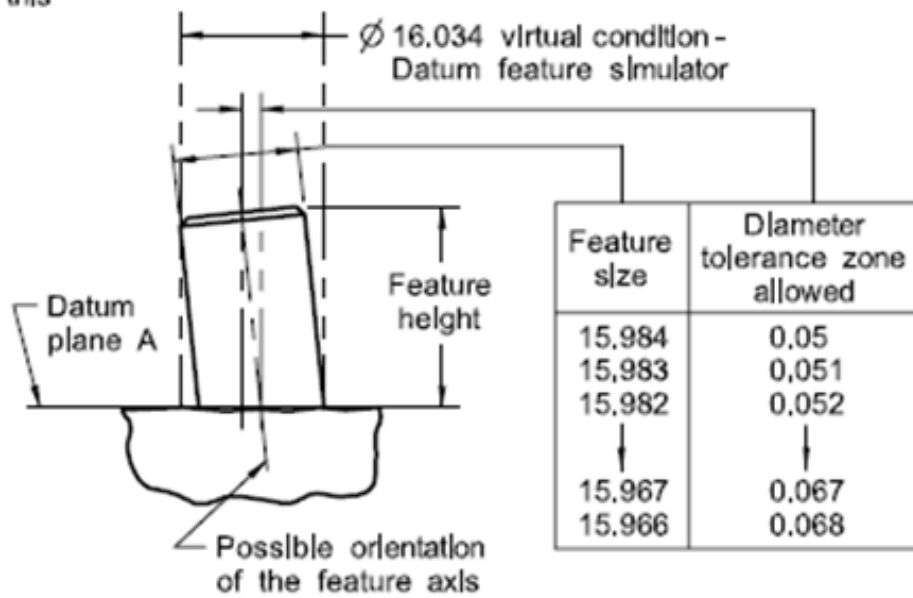
| Průměr čepu<br>( $\varnothing 60 \pm 0,1$ ) | Virtuální rozměr<br>( $V = 60,1 + 0,2$ ) | tolerance kolmosti<br>( $\varnothing$ tol. pole 0,2) |
|---|--|--|
| Max. rozměr 60,1                            | 60,3                                     | 0,2  |
| Mezilehlý 60,04                             |  | 0,26   |
| Mezilehlý 60                                |  | 0,3  |
| Min. rozměr 59,9                            |  | 0,4  |

Příklady z ASME jsou názornější a umožňují při vzájemné vazbě rozměrových a geometrických tolerancí stanovit jejich optimum.

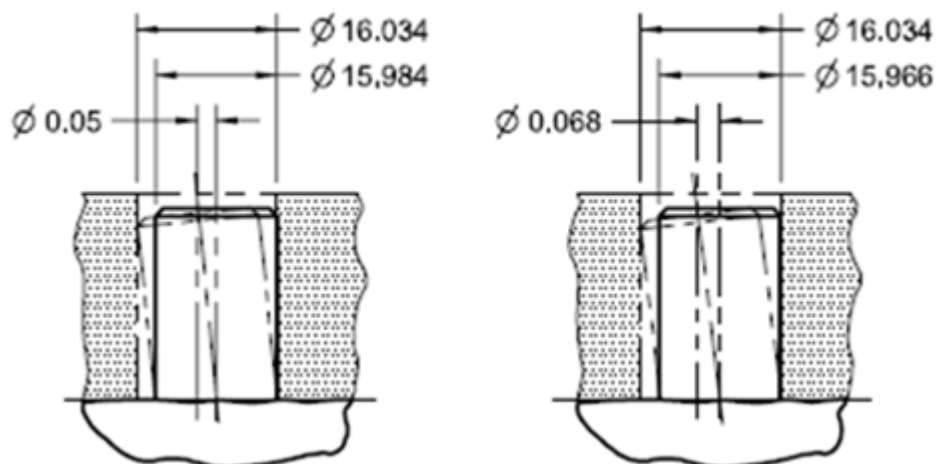
This on the drawing



Means this

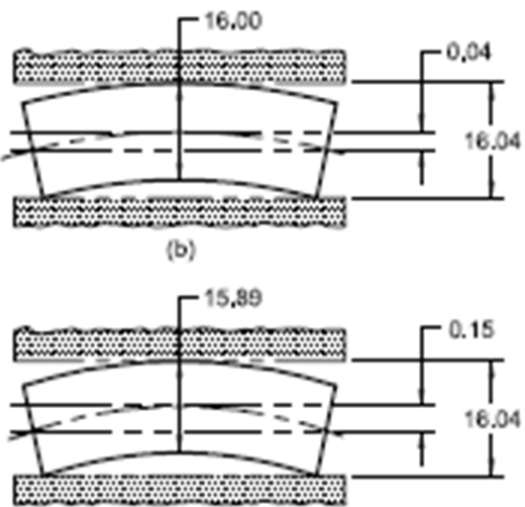
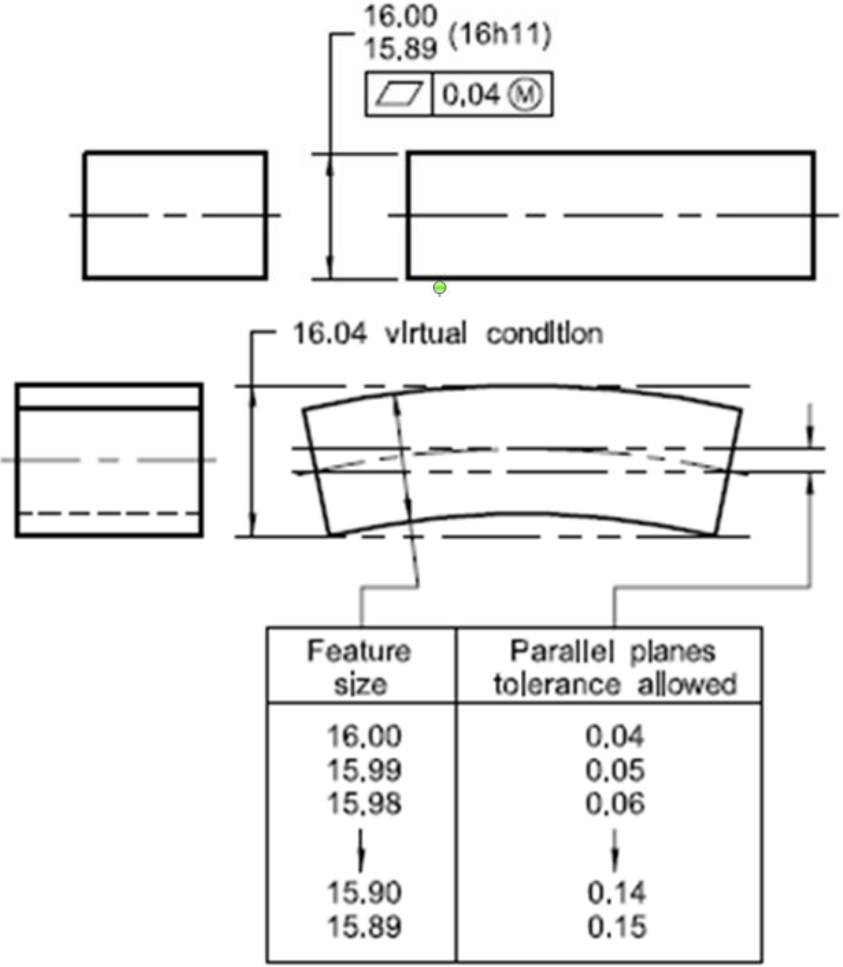


Acceptance boundary

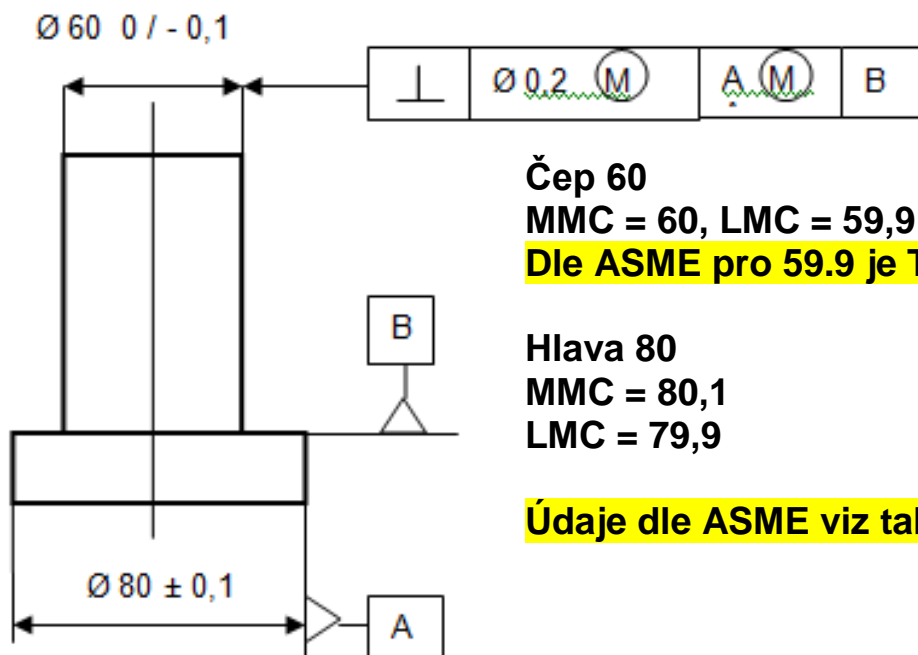




Požadavek na maximum materiálu lze využít i pro nerotační součásti, viz příklad z ASME pro obdélníkovou součást.



Častý požadavek maxima materiálu ještě k určité základně

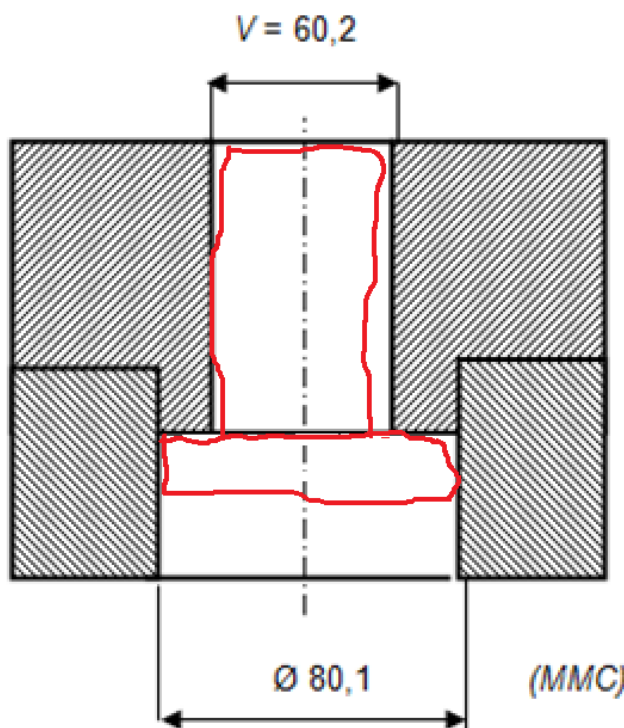


Čep 60  
 MMC = 60, LMC = 59,9 T = 0,2  
 Dle ASME pro 59.9 je T = 0,3

Hlava 80  
 MMC = 80,1  
 LMC = 79,9

Údaje dle ASME viz tab.

Příklad kalibru pro kontrolu tol. na max. materiálu podle ASME.



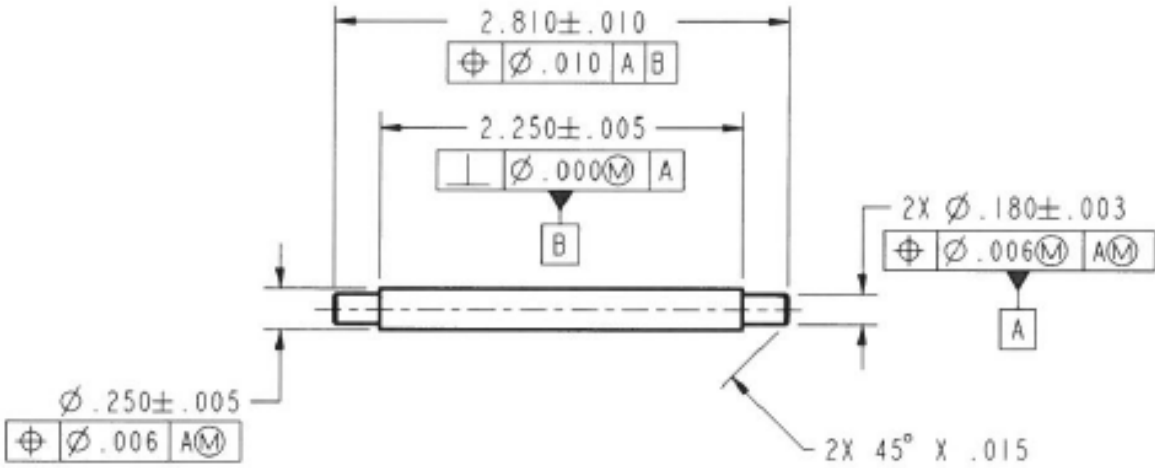
Pokud bude čep na min. mat. (59,9) a hlava rovněž na min. mat. (79,9), může se zvětšit tolerance T (Ø 0,2) na hodnotu Ø 0,5 při zachování montáže.

Konstruktér může pro zabezpečení funkce součástí s ohledem na jejich uložení volit vyváženě jak rozměrové, tak i geometrické tolerance.

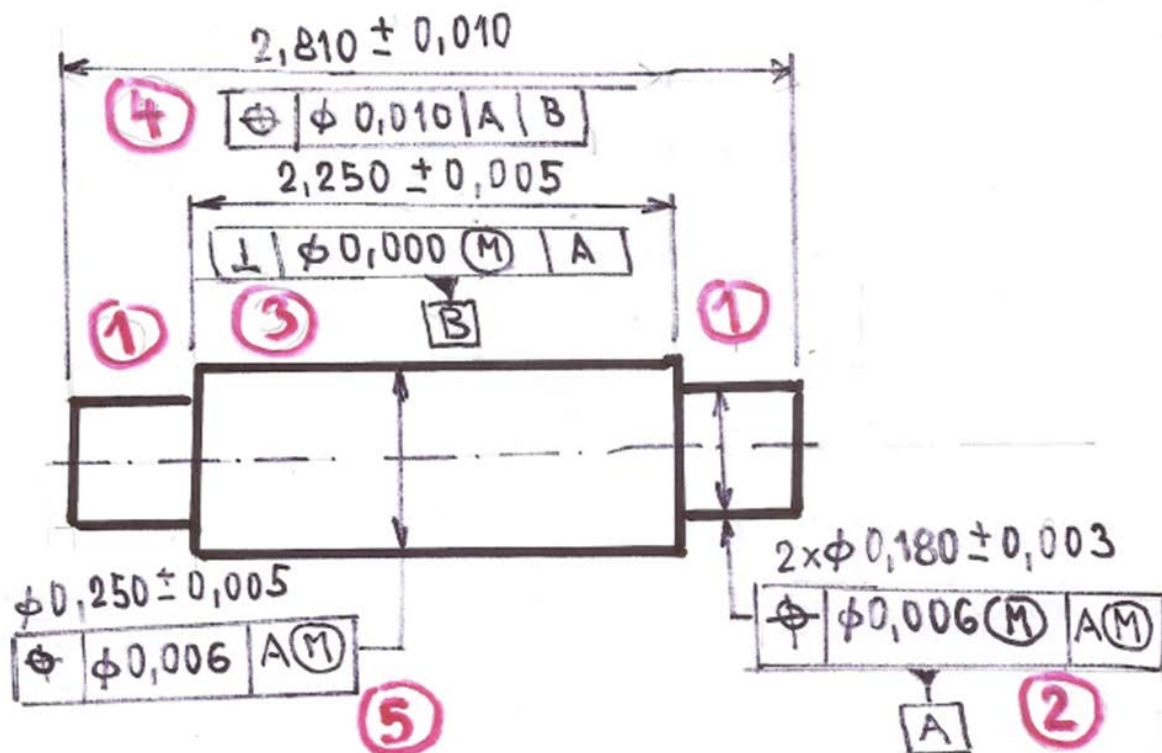
| Čep              | T (tolerance)    |                  |
|------------------|------------------|------------------|
|                  | 60 (max. mat.)   | 0,2              |
| 59,9 (min. mat.) | 0,3              | 0,5              |
|                  | 80,1 (max. mat.) | 79,9 (min. mat.) |
|                  | Hlava            |                  |

**Problematika spojená s ISO 2692**

**Často nepřesné použití požadavku maxima materiálu, např.:**



Překresleno s vyznačením pochybností



- 1 – rozdílné konce součásti bez zajištění souměrnosti?
- 2 – dva konce hřídele jako základna A pro další odvolávky?
- 3 – kolmost čela specifikována ve válcovém tolerančním poli?
- 4 – dtto pro konce součásti?
- 5 – tolerance polohy vztažená k pravému či levému čepu?

Druhá norma:

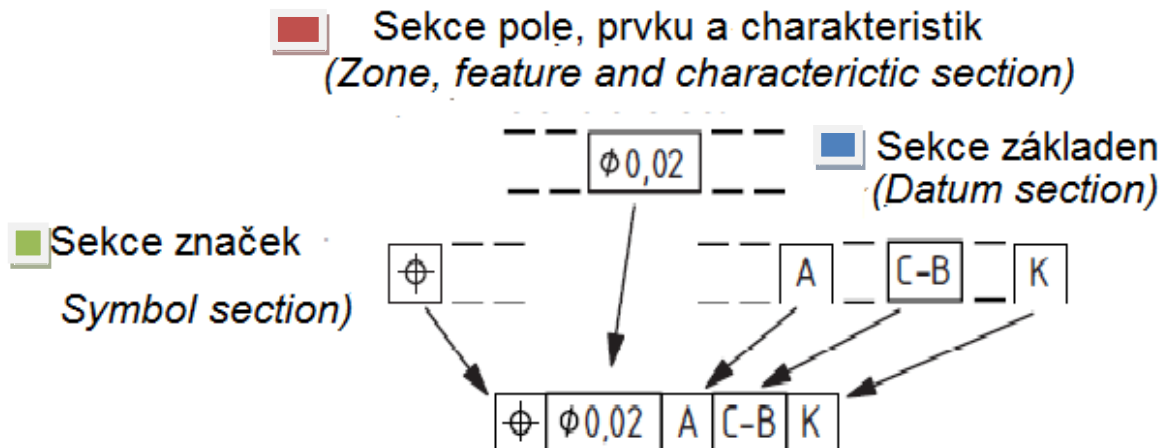
ČSN EN ISO 1101: **2014** GPS – Geometrické tolerování – Tolerance tvaru, orientace, umístění a házení **Zavedena v angličtině**

ČSN EN ISO 1101: **2016** GPS – Geometrické tolerování – Tolerance tvaru, orientace, umístění a házení **Připravuje se – bude v češtině?**

Formální porovnání s dřívější ČSN EN ISO 1101 (českou verzí) a připravovanou:

| Položky                 | Dřívější ČSN | Připravovaná ČSN     |
|-------------------------|--------------|----------------------|
| Počet stran             | 60           | 140 (dvojazyčná 180) |
| Počet obrázků           | 170          | 220                  |
| Počet příloh            | 3            | 7                    |
| Počet základních značek | 19           | 19                   |
| Počet doplň. značek     | 17           | 45                   |
| Další značky            | -            | 19                   |
| <b>Celkem značek</b>    | <b>36</b>    | <b>86</b>            |

## Toleranční rámeček (nový název bude „Indikátor tolerance“)



## ■ Sekce značek – značky jednotlivých tolerancí

| <i>Tolerance</i>   | <i>Charakteristiky</i>   |
|--------------------|--|
| <i>Tvar</i>        | Přímost, rovinnost, kruhovitost, válcovitost, čára profilu, povrch profilu             |
| <i>Orientatace</i> | Rovnoběžnost, kolmost, sklon, čára profilu, povrch profilu                             |
| <i>Umístění</i>    | Poloha, soustřednost (středů), souosost (os), souměrnost, čára profilu, povrch profilu |
| <i>Házení</i>      | Obvodové házení, celkové házení  |

## Sekce pole, prvku a charakteristiky

| Toleranční pole |         |           |          |         | Tolerovaný prvek   |          |                 |             | Charakteristika |   | Mater.požadavky | Stav |
|-----------------|---------|-----------|----------|---------|--------------------|----------|-----------------|-------------|-----------------|---|-----------------|------|
|                 |         |           |          |         | Filtr <sup>a</sup> |          | Přiřazený prvek | odvoz.prvek |                 |   |                 |      |
| tvar            | šířka   | kombinace | nestejně | omezení | typ                | indikace |                 |             |                 |   |                 |      |
| Ø<br>S<br>ø     | 0,02    | CZ        | UZ+0,2   | O       | G                  | 0,8-     |                 |             | C               | P |                 |      |
|                 | 0,02-   | SZ        | UZ-0,3   | Z       | S                  | 250      |                 |             | CE              | V |                 |      |
|                 | 0,01    |           | UZ+0,1   | V       | ∴                  | 0,8-     |                 |             | CI              | T |                 |      |
|                 | 0,1/75  |           | <->      | A       |                    | 250      |                 |             | G               | Q |                 |      |
|                 | 0,1/75  |           | +0,2     |         |                    | 500-     |                 |             | GE              |   |                 |      |
|                 | x75     |           | UZ+0,2   |         |                    | 15       |                 |             | GI              |   |                 |      |
|                 | 0,2/ø4  |           | <-> -0,3 |         |                    | 500-     |                 |             | X               |   |                 |      |
|                 | 0,2/75  |           | UZ-      |         |                    | 15       |                 |             | N               |   |                 |      |
|                 | x30°    |           | 0,2<-> - |         |                    | ...      |                 |             |                 |   |                 |      |
|                 | 0,3/10° |           | 0,3      |         |                    |          |                 |             |                 |   |                 |      |
| x30°            |         | ...       |          |         |                    |          |                 |             |                 |   |                 |      |

**Značky v sekci tolerančního pole**

|  |                      |
|--|----------------------|
| <b>Sdružená pole</b>                                 | <b>CZ</b>            |
| <b>Jednotlivá pole</b>                               | <b>SZ</b>            |
| <b>Nestejněměrně uspořádané pole (specifikované)</b> | <b>UZ</b>            |
| <b>Offsetové pole (nespecifikované)</b>              | <b>OZ</b>            |
| <b>Variabilní úhel</b>                               | <b>VA</b>            |
| <b>Minimax (Chebyshev) prvku</b>                     | <b>Ⓒ<sup>a</sup></b> |
| <b>Nejmenší čtverce (Gauss) prvku</b>                | <b>Ⓔ<sup>a</sup></b> |
| <b>Minimální opsání prvku</b>                        | <b>Ⓓ<sup>a</sup></b> |
| <b>Tangenta prvku</b>                                | <b>Ⓓ<sup>a</sup></b> |
| <b>Maximální vepsání prvku</b>                       | <b>ⓧ<sup>a</sup></b> |

**Značky odvozených elementů prvku**

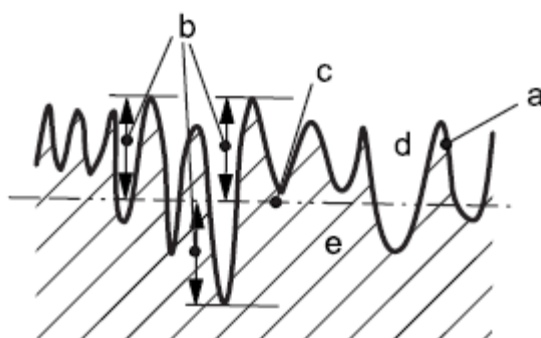
|                                      |                      |
|--------------------------------------|----------------------|
| <b>Median prvku</b>                  | <b>Ⓐ<sup>a</sup></b> |
| <b>Předpokládané toleranční pole</b> | <b>⒫<sup>a</sup></b> |



**Značky referenčních prvků přiřazených elementů**




|   |    |
|---|----|
| Minimax (Chebyshev) prvku bez omezení                           | C  |
| Minimax (Chebyshev) prvku s vnějším materiálovým omezením       | CE |
| Minimax (Chebyshev) prvku s vnitřním materiálovým omezením      | CI |
| Nejmenší čtverce (Gauss) prvku bez omezení                      | G  |
| Nejmenší čtverce (Gauss) prvku s vnějším materiálovým omezením  | GE |
| Nejmenší čtverce (Gauss) prvku s vnitřním materiálovým omezením | GI |
| Minimální opsání prvku  | N  |
| Maximální vepsání prvku   | X  |

Příklad pro minimax se značkou C

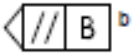
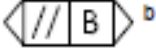
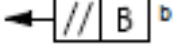




a) Minimax (Chebyshev) association without additional constraints

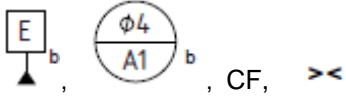
**Identifikátory tolerovaných prvků**

|                                    |   |
|------------------------------------|---|
| <b>Mezi</b>                        |  |
| <b>Spojité prvek</b>               | <b>UF</b>   |
| <b>Malý průměr</b>                 | <b>LD</b>   |
| <b>Velký průměr</b>                | <b>MD</b>   |
| <b>Střední průměr</b>              | <b>PD</b>   |
| <b>Vše vše po obrysu (profilu)</b> |   |
| <b>Přes všechny (profily)</b>      |  |

### Pomocné indikátory

|                                |   |
|--------------------------------|---|
| Jakýkoliv průřez               | ACS   |
| Indikátor průsečíku rovin      |  |
| Indikátor orientace rovin      |  |
| Indikátor směru prvku          |   |
| Indikátor souboru rovin        |  |
| Teoreticky přesný rozměr (TED) |  |

### Značky převzaté z jiných norem

|  |  |
|--|--|
| Element specifikace stavu materialu    | $(M)^a$ , $(L)^a$ , $(R)^a$  |
| Element specifikace stavu              | $(F)^a$  |
| Značky související se základnami       |  |
| Značka související s tolerancí rozměru | $(E)^a$  |

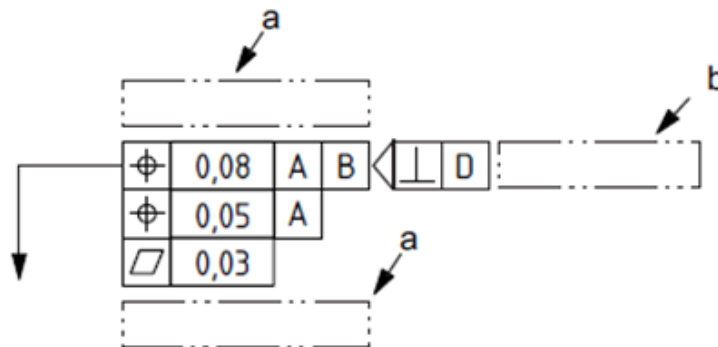
## Sekce základen

Označení základny samostatné, společné, soustavy základen, cíle-  
ných základen, základen při max. materiálu, apod.

---

**Zpřesňování požadavků**, např.:

- indikace sousedící s indikátorem tolerance (horní / dolní, vložené)

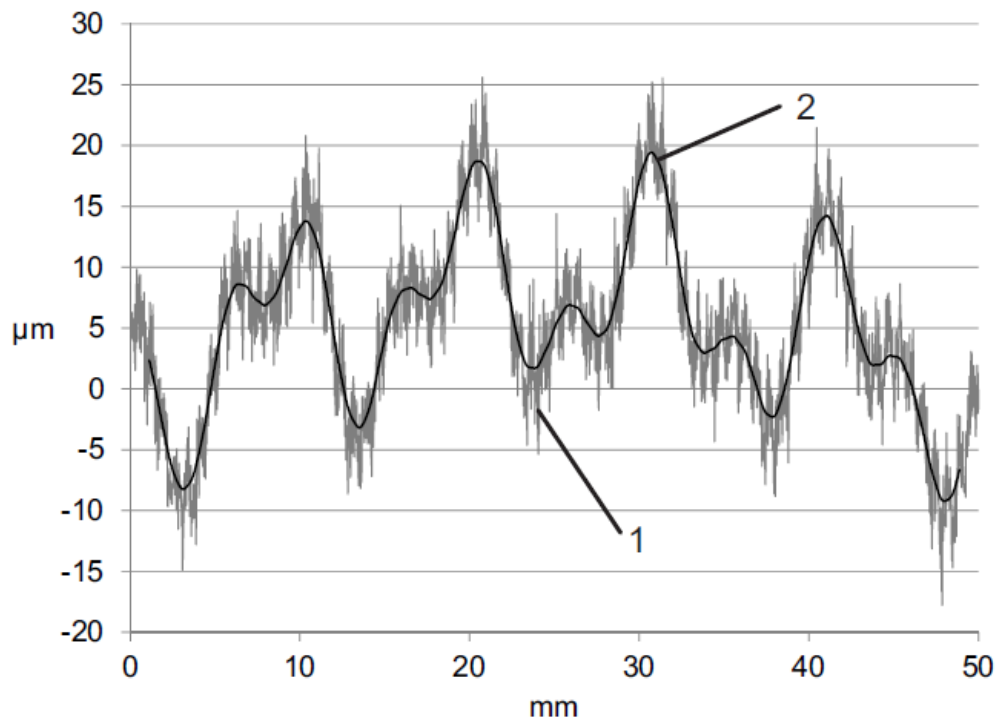


- a Horní/dolní sousedící oblasti indikace
- b Vložené sousedící oblasti indikace

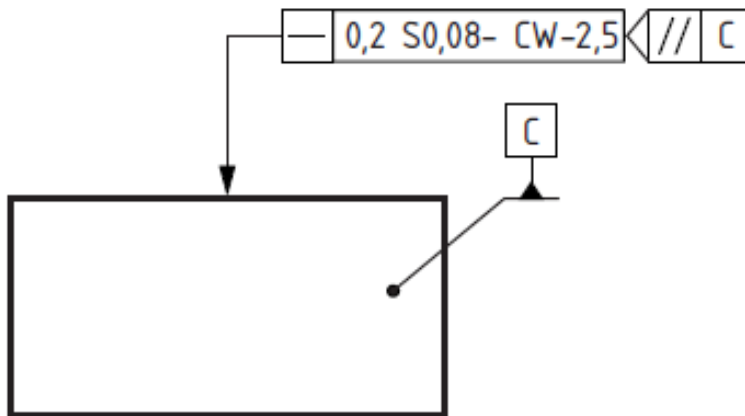
- indikace proměnné tolerance (mezi)

- filtrování

- indikace výchozího filtrování pro výkres (TF, TFF, TFO, TFL)
- předpis druhu filtru  
(G, SW, CW, RG, RS, OB, OH, OD, CB, CH, CD, AB, AH, AD, F, H apod.)
- příklady filtrace.



- předpis filtrace v indikátoru tolerance, např.



Co zamýšlel konstruktér touto specifikací:

Specifikace prvku, který je filtrován 0,08 mm dlouhovlnným spline filtrem a 2,5 mm krátkovlnným komplexním vlnkovým filtrem, které dohromady tvoří pásmovou propust, která zachovává vlnové délky mezi 0,08 mm a 2,5 mm, tj. účinně vytváří tento druh specifikace vlnitosti. Každá jednotlivá filtrovaná čára musí být přímá v tolerančním poli, definovaném jako prostor mezi dvěma čarami, vzdálenými o 0,2 mm od sebe. Čáry jsou orientovány rovnoběžně s rovinou C.

Problematika tolerancí je řešena jak základní normou 1101, ale i jinými normami, což znesnadňuje orientaci.

Třetí norma:

**ČSN EN ISO 5458: 2016 Geometrické specifikace produktu – Geometrické tolerování – Tolerování polohy a konfigurace **Připravuje se – bude v češtině?****

Tato norma bude bezprostředně navazovat na ČSN EN ISO 1101.

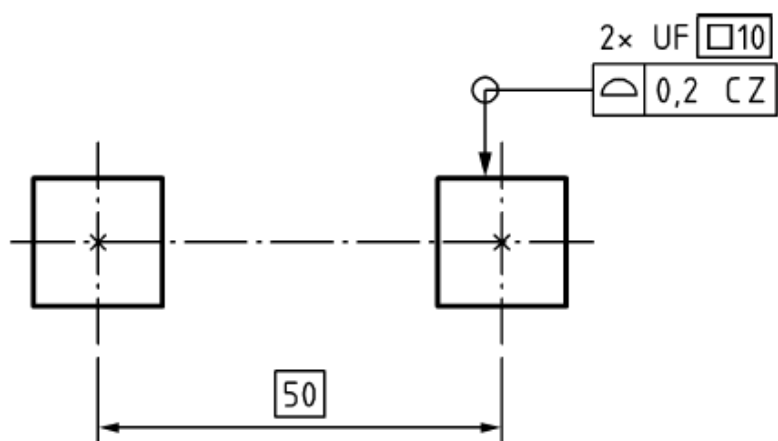
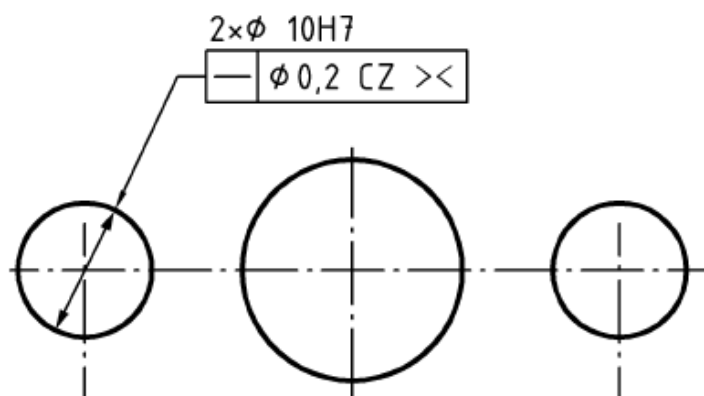
Norma stanoví doplňující pravidla normy ISO 1101 pro geometrické tolerance tvaru, orientace, umístění nebo házení. Tato pravidla platí, pokud:

- jedna geometrická specifikace se aplikuje na více než jeden geometrický prvek uvažovaný jednotlivě nebo jako spojitý prvek nebo jako konfigurace specifikace GPS;
- více než jedna geometrická specifikace musí být ustavena současně s orientací a/nebo omezením umístění mezi nimi.

Norma operuje s pojmy v různých konfiguracích, např.:

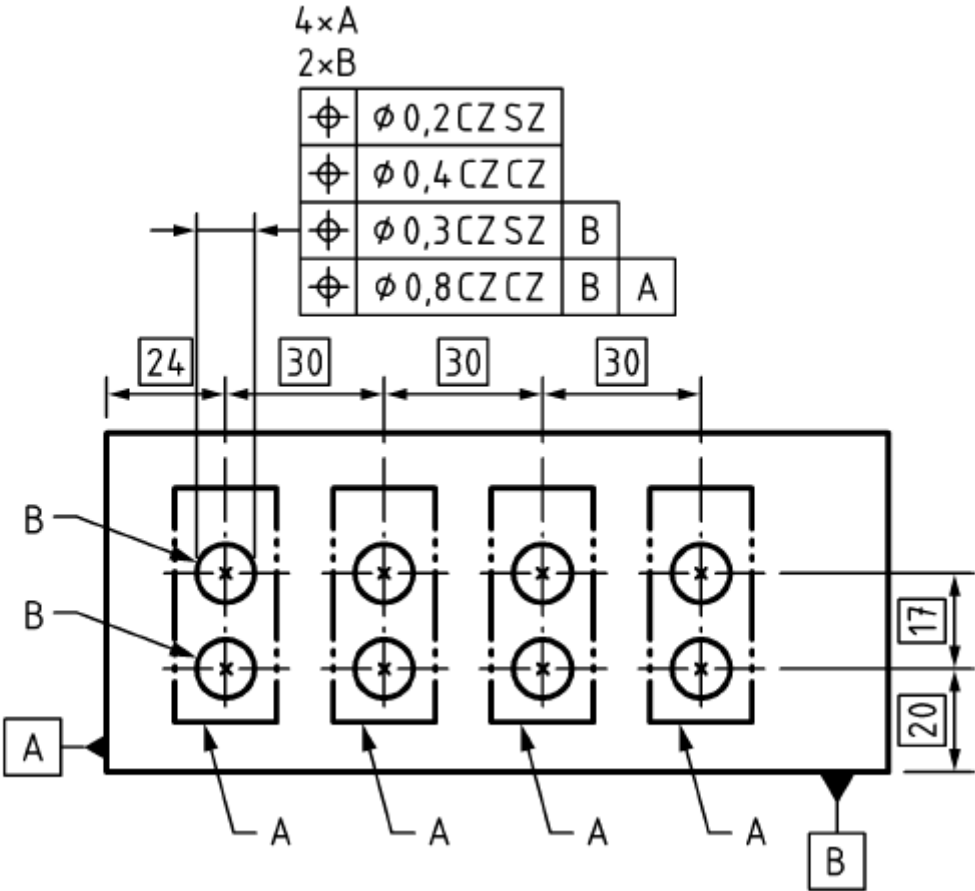
- simultánní požadavek SIM,
- jen přibližně  $><$
- kombinované pole CZ
- samostatné pole SZ
- implicitní a explicitní TED

### Ukázky některých kombinací s CZ:

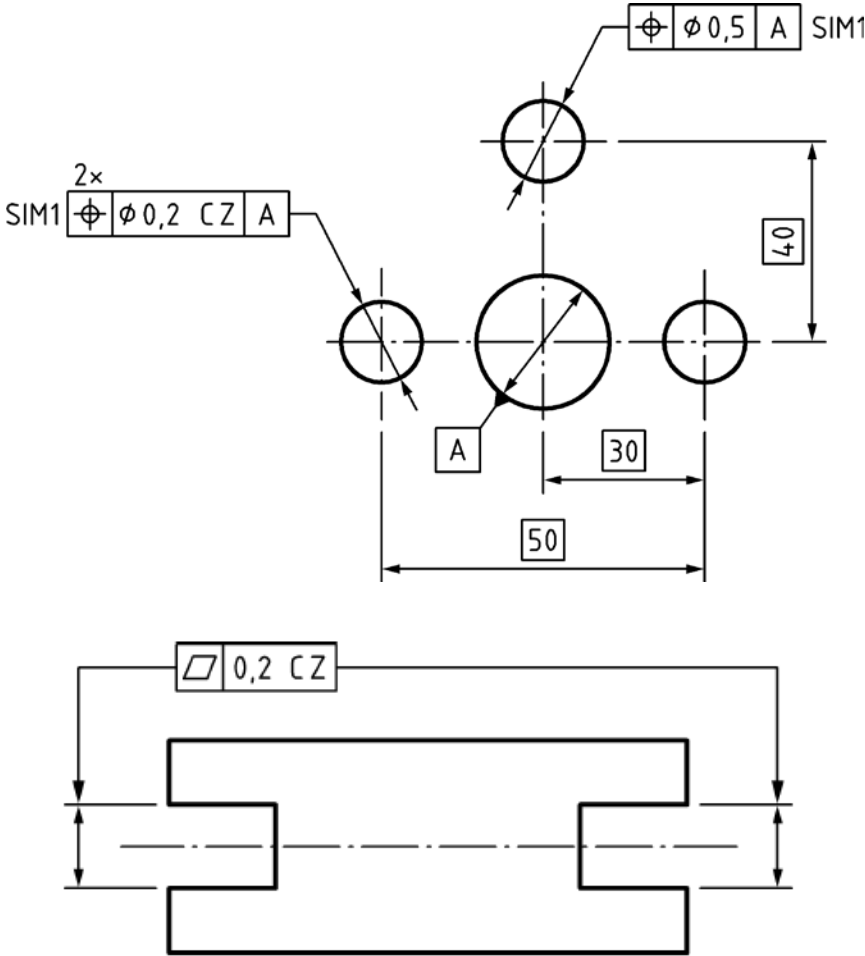




**Kombinace modifikátorů CZ a SZ nebo kombinace CZ a CZ**



Další kombinace



Čtvrtá norma:

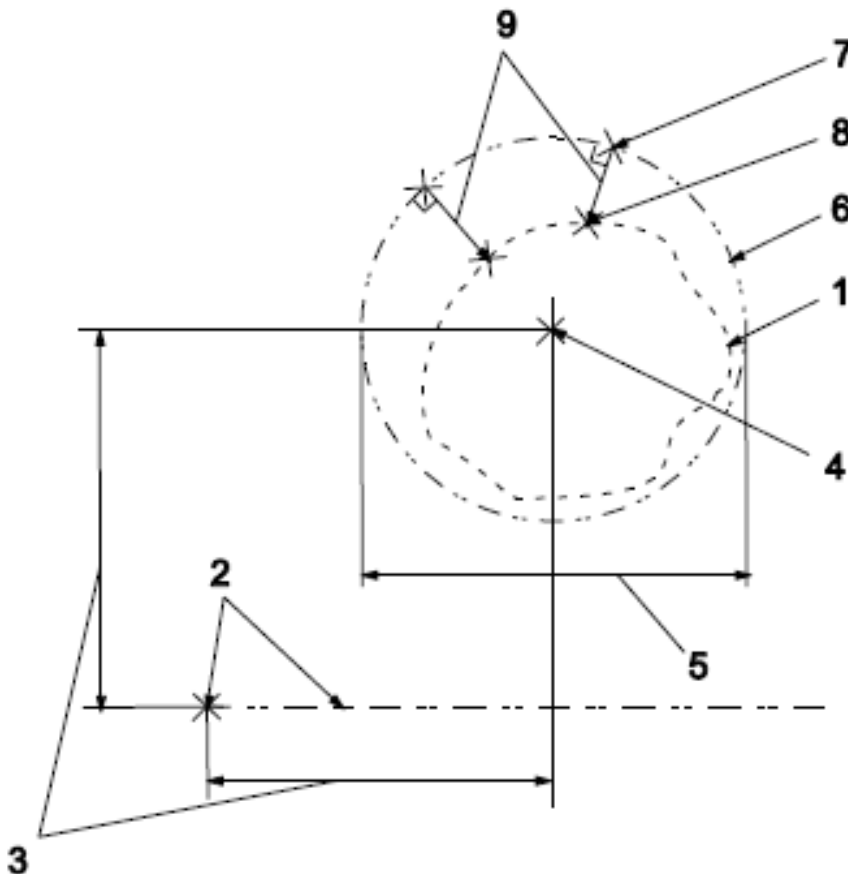
ISO/DIS 17450-4 Geometrické specifikace produktu - Základní pojmy  
- Část 4: Geometrické charakteristiky pro kvantifikaci úchyly tvaru,  
orientace, umístění a házení - **Připravuje se, bude v češtině?**

Souvisí s ISO 1101

Ukázka:

funkce kvantifikace - matematické funkce pomocí souboru hodnot pozorovaných na variační křivce, definující geometrickou charakteristiku jako kvantitu.

Příklad místní geometrické odchylky umístění od referenční kružnice



- 1 Extrahovaná integrální čára, základní tolerovaný prvek
- 2 Soustava základen (složená rovina a přímka)
- 3 Specifikovaná vzdálenost umístění referenčního prvku 6
- 4 Situační prvek od umístění referenčního prvku 6
- 5 Specifikovaný rozměr referenčního prvku 6
- 6 Referenční prvek, kterým je kružnice v tomto příkladu
- 7 Bod referenčního prvku

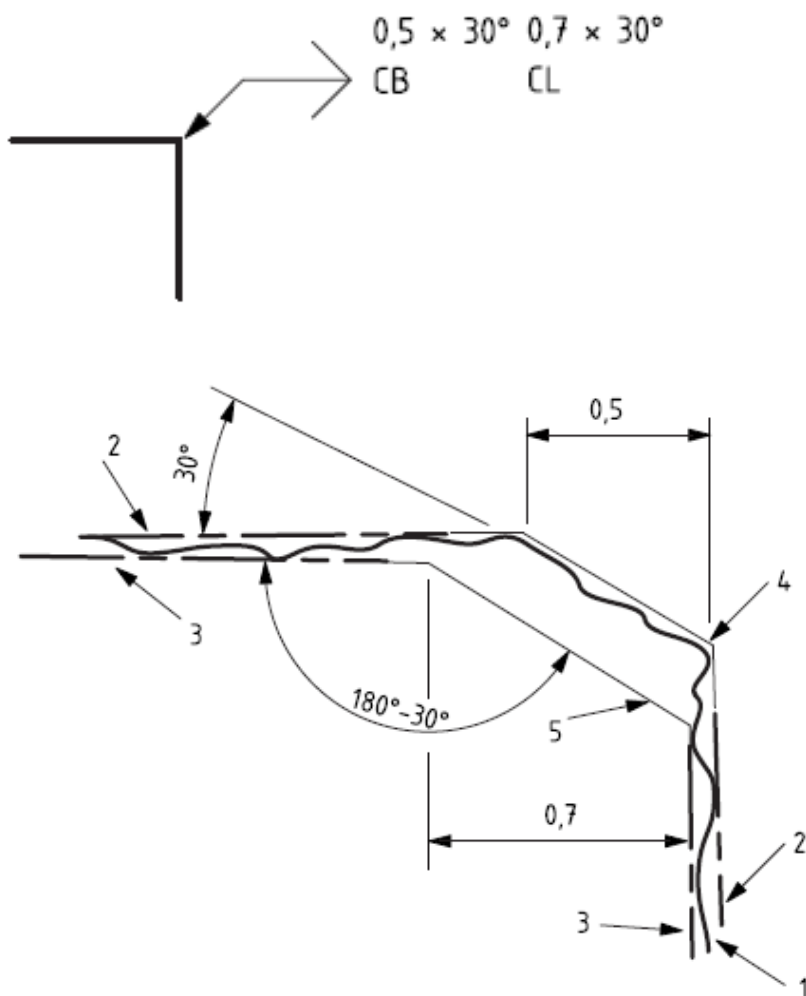
8 Homologní extrahovaný bod tolerovaného prvku k referenčnímu bodu: definovaný ze 7 od protínající přímky místně kolmé k 6

9 Příklad popsané místních geometrických úchylek

Pátá norma:

ČSN EN ISO xxxx: 201? Technická dokumentace produktu - Definovaný tvar sražení **Připravuje se**

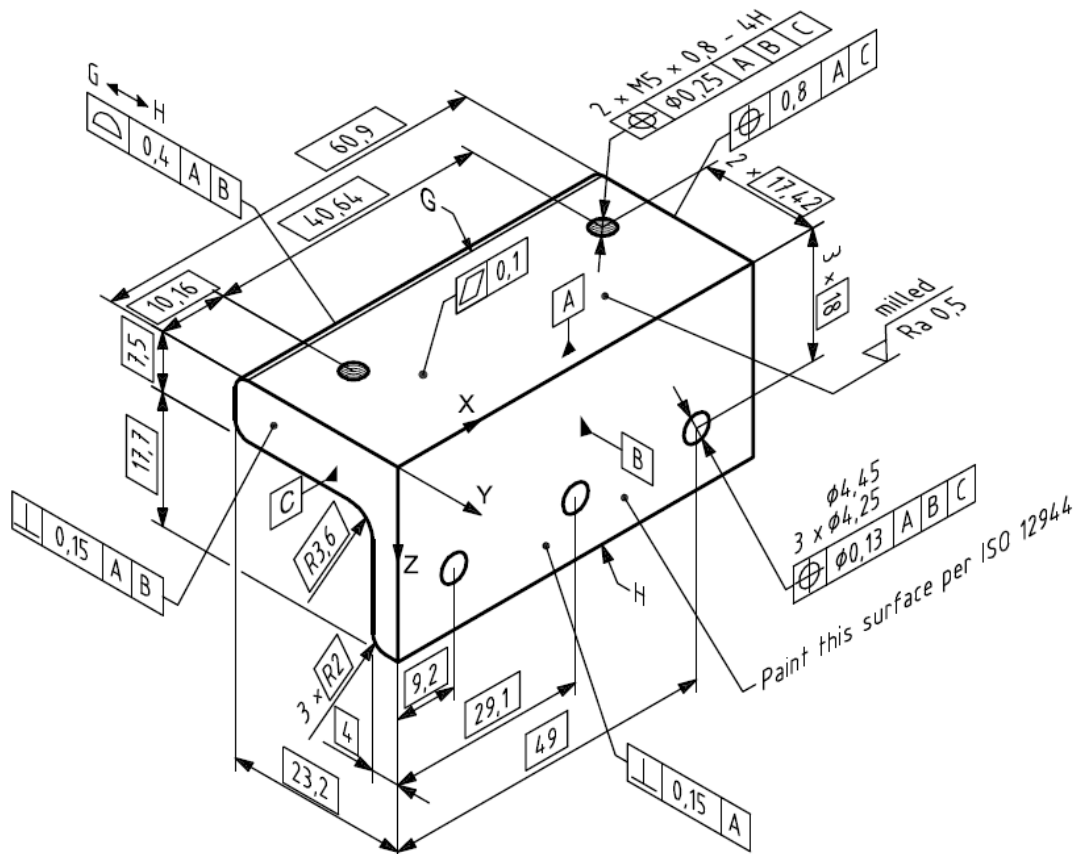
Že lze problém vytvořit i z pouhého sražení, dokazuje návrh normy z oblasti Geometrické specifikace produktu – viz ukázka



Šestá norma:

ISO: 16792: 2006 Technická dokumentace produktu - Postupy defini-  
nování dat digitálního produktu **Nezavedena v ČSN**

Ukázka:



## Možné resumé

a) normy ISO GPS sice **zpřesňují** požadavky na výrobky, ale zároveň přinášejí **ztrátu přehlednosti** pro běžnou praxi.

- **rozdílné** požadavky na produkty a možnosti hromadné výroby (automobilky apod.) a malé strojírenské firmy (údržbářská a kusová výroba apod.). Kdysi výběry z norem či dílenské tabulky pro předpokládanou produkci.

b) konstruktér, který je odpovědný za výkres, je normami **manipulován** i do identifikací, ve kterých nemusí být odborníkem, např.

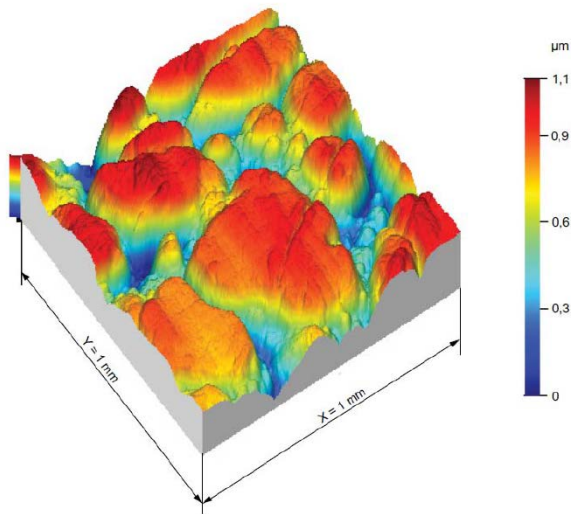
- předpisy geometrických tolerancí společně s filtry a způsoby filtrace,

- předpisy rozměrových a geometrických tolerancí v závislosti na slévárenských postupech (formování do písku či kovových forem, vytavitelný model, apod.),

**Příklad k b):****Toleranční stupeň P všeobecných tolerancí odlitků**

|   | Ruční formování do písku<br>( <i>Sand cast hand moulding</i> ) | Strojní formování do písku a skořepinové formy<br>( <i>Sand čast machine mould and shell moulding</i> ) | Kovové trvalá forma<br>( <i>Metallic permanent mould</i> ) | Tlakové liti<br>( <i>Pressure die casting</i> ) | Vytavitelný model<br>( <i>Investment casting</i> ) |
|---|--|---|--|---|--|
| Ocel<br>( <i>Steel</i> )                              | 11 - 14  | 8 - 12  | -  | -   | 4 - 9  |
| Sedá litina<br>( <i>Grey iron</i> )                   | 11 - 14  | 8 - 12  | 7 - 9  | -   | 4 - 9  |
| S.G. litina<br>( <i>S.G. iron</i> )                   | 11 - 14  | 8 - 12  | 7 - 9  |   |  |
| Tvárná litina<br>( <i>Maleable iron</i> )             | 11 - 14  | 8 - 12  | 7 - 9  |   |  |
| Slitiny mědi<br>( <i>Copper alloys</i> )              | 10 - 13  | 8 - 10  |  |   |  |
| Slitiny zinku<br>( <i>Zinc alloys</i> )               | 10 - 13  |   |  |   |  |
| Slitiny lehkých kovů<br>( <i>Light metal alloys</i> ) | 9 -  |   |  |   |  |

- V GPS plošné metody předpisu textury povrchu (drsnosti, vlnitosti, základního profilu apod.), namísto profilové metody (možnost porovnávacích etalonů apod.).



c) problematika úrovně zvládnutí nových požadavků v technické dokumentaci se nejvíce projeví při **kooperacích** mezi různými podniky,

d) problematika zvládnutí nových požadavků GPS **při výuce** na technických školách,

e) problematika zvládnutí nových požadavků **v malých firmách** bez většího technického zázemí.