

Současné možnosti využití technických norem lícování

Vypracoval: Ing. SKOPAL Jaroslav, CSc., ČVUT Fakulta strojní – Ústav strojírenské technologie

© Agentura ČAS 2018

Tento dokument může být bezplatně šířen v jakémkoliv formátu nebo na jakémkoliv nosiči bez zvláštního povolení, pokud nebude šířen za účelem zisku ani materiálního nebo finančního obohacení. Musí být reprodukován přesně a nesmí být použit v zavádějícím kontextu. Bude-li tento dokument znovu vydáván, musí být uveden jeho zdroj a datum zveřejnění. Všechny obrázky, grafy a tabulky mohou být použity bez povolení, pokud bude uveden zdroj.

OBSAH

	Strana
Předmluva	4
Předmět úkolu	4
1 Současné možnosti využití technických norem lícování	5
1.1 Úvod	5
2 A – Všeobecné údaje	5
2.1 Obecné informace	5
2.2 Rozsah	6
2.3 Výběr základních pojmů	6
2.4 Specifikace na výkrese	10
3 Soustavy uložení	11
3.1 ISO systémem uložení uvádí dvě soustavy	11
3.2 Předpis tolerování	12
3.3 Základní toleranční stupně a jejich hodnoty	12
3.4 Toleranční interval	12
3.5 Stanovení mezních úchylek	18
3.6 Stanovení mezních úchylek s použitím tabulek normy ČSN EN ISO 286-1	18
4 B – Informace z praxe	19
4.1 Orientační výběr tolerančních stupňů	19
4.2 Praktické výběry tolerančních tříd	19
4.3 Praktické výběry uložení	19
4.4 Praktický výpočet tolerancí	23
4.5 Praktické teplotní koeficienty	24
4.6 Praktické vazby hodnot textury povrchu na toleranční stupně	25
4.7 Požadavek obálky	25
5 Závěr	26
Bibliografické citace	27

Předmluva

Technická normalizace, která je podmnožinou standardizace zaznamenává v celosvětovém [2] i evropském [1] měřítku značného rozšíření. Postupné tvoření standardů pokrývá značný rozsah lidských aktivit. V technické oblasti na úrovni ISO je jich včetně zaniklých technických komisí registrováno 323. Následnickou komisí po komisích pro oblast drsnost povrchu, lícování úchyly tvaru a polohy byla ustanovena od roku 1996 komise ISO/TC 213 Rozměrové a geometrické specifikace produktu a jejich ověřování (GPS) [2].

Předmět úkolu

Informovat technickou veřejnost o možnostech aplikace ISO systém kódu pro tolerance lineárních rozměrů v technické praxi.

1 Současné možnosti využití technických norem lícování

1.1 Úvod

Podklad je určen především pro malé a střední firmy k rychlejší orientaci v těch mezinárodních normách ISO GPS, které se zabývají rozměrovou a geometrickou specifikací obrobků.

Poznámka Pod pojmem „obrodek“ se v rámci norem ISO GPS rozumí jakákoliv vyráběná součást a to bez ohledu na výrobní proces. Obrobkem tedy může být například součást třískově obráběná (soustružením, frézováním, vrtáním, pilováním, apod.), ale také odlévaná, tvářená za tepla i studena, lisovaná, apod.

Podklad se zabývá vzájemným uložením hladkých strojních součástí, tj. podmínek pro montáž dvou souvisejících obrobků k dosažení potřebné funkce. Vztahuje se na dva typy prvků, kterými mohou být:

- válcové prvky (válcová díra a hřídel), nebo
- dva paralelní protilehlé povrchy (např. boky drážek a boky per).

Poznámka Pro zjednodušení jsou také dva paralelní povrchy považovány za typ hřídele a typ díry. „Prvkem“ je míněna určitá část obrobku, vymezená přirozenými hranicemi obrysů a vyznačená samostatnými kótami.

Potřeba mezí a uložení pro obrobky je dána především požadavkem funkce, vzájemné zaměnitelnosti a vymezení nepřesnosti výrobních metod. Při volbě vhodného uložení, které vyhovuje požadované funkci, je potřeba zajistit, že výroba obrobku bude provedena tak, aby jeho skutečný rozměr ležel v rozsahu dvou dovolených mezí, tj. v příslušné toleranci.

Z funkčního hlediska mají mít dvě související součásti, tj. součást s prvkem „díra“ a součást prvku „hřídel“ po vzájemné montáži předepsaný vztah, tj. tvořit uložení s vůlí, přechodné nebo pevné.

Pro konkrétní případy uložení těchto součástí musí proto konstruktér volit optimální kombinaci funkčních a výrobních podmínek. Užitečným pomocníkem je v tomto případě mezinárodní norma ISO 286, nazývaná dnes jako „ISO systém kódu pro tolerance lineárních rozměrů“, dříve známá jako „Lícovací soustava ISO“.

Poznámka Mezinárodní norma lícovací soustavy byla jednou z nejprogressivnějších mezinárodních norem, umožňující zavádění hromadné výroby a vzájemné zaměnitelnosti (výměny) součástí.

2 A – Všeobecné údaje

2.1 Obecné informace

Uložení hladkých součástí je v současné době zajištěno mezinárodní a evropskou normou:

- ČSN EN ISO 286-1 (01 4201) Geometrické specifikace produktu (GPS) – ISO systém kódu pro tolerance lineárních rozměrů – Část 1: Základní úchyly, tolerance a uložení,
- ČSN EN ISO 286-2 (01 4201) Geometrické specifikace produktu (GPS) – ISO systém kódu pro tolerance lineárních rozměrů – Část 2: Tabulky normalizovaných tolerančních tříd a mezních úchylek pro díry a hřídele.

Pro specifikaci podmínek uložení dvou různých obrobků uvádí zmíněná norma systém kódu pro tolerance lineárních rozměrů, stanovených na vzájemné celosvětové dohodě [3].

Předpokládané podmínky použití ISO systému kódu pro tolerance lineárních rozměrů prvků, určující uložení za předpokladu, že jmenovité rozměry díry a hřídele, nebo obdobně dvou paralelních protilehlých rovinných povrchů (například drážky a pera) jsou totožné.

Uvedená norma se nevztahuje na lícování jiných prvků, než které představují hladké součásti. Proto se nevztahuje například na závitové prvky (šrouby a matice) které mají svoji soustavu uložení.

Obecně se pro uložení součástí používají tři jeho rozsahy (viz též výběr základních pojmů):

- uložení s vůlí (též nazývané hybné), zajišťující pohyb smontovaným součástí jak rotační, tak posuvný,
- uložení přechodné, kdy při montáži součástí se může vyskytnout jak vůle, tak přesah,

- uložení s přesahem (též nazývané pevné), kdy součást s prvkem hřídel je vždy větší než součást s prvkem díra a pro montáž je potřeba nalisování (za studena nebo za tepla) a vytvoří pevné spojení.

Všechna tři uvedená uložení mají při konstrukci strojních zařízení a jejich montáži svůj význam.

Ale samotné rozměrové tolerance uložení, specifikované v uvedené ISO 286 nemusí být dostatečné pro zabezpečení zamýšlené funkce. Proto mohou být současně požadovány například specifikace geometrických tolerancí prvků (podle ČSN EN ISO 1101), požadavek specifikace obálky (podle ČSN EN ISO 14405-1), či specifické požadavky na texturu povrchu, apod.

2.2 Rozsah

Mezinárodní ISO systém kódu pro tolerance lineárních rozměrů (dále jen ISO systém kódu) obsahuje:

- rozsah jmenovitých rozměrů od 0 mm do 500 mm a celkově 20 tolerančních stupňů (s označením IT01, IT0 a IT11 až IT18) a
- rozsah jmenovitých rozměrů přes 500 mm do 3150 mm a celkově 18 tolerančních stupňů (s označením IT 1 až IT 18).

Poznámka ISO systém kódu vychází z původního Bulletinu ISA 25, který obsahoval jmenovité rozměry v rozsahu jen od 0 mm do 500 mm. Šlo o tehdejší soustavu, založenou jen na zkušenostech z vlastní praxe průmyslových podniků. Tehdejší soustava tedy neměla základ v matematicky odvozených souvislostech. Proto také obsahovala rozdílné vzorce tolerančních stupňů v rozsahu uvedených jmenovitých rozměrů a určité mezery ve výsledcích.

Později byly především pro potřeby velkých průmyslových podniků vyvinuty hodnoty pro základní tolerance jmenovitých rozměrů v rozmezí přes 500 mm do 3150 mm a byly rovněž zařazeny v ISO systému kódu. Doplněné toleranční stupně na opačné straně rozsahů, tj. toleranční stupně IT01 a IT0 patří mezi málo používané v průmyslové praxi a jsou uvedeny mimo základní část normy.

ISO systém kódu platí pro tolerance a uložení [10] hladkých obrobených součástí. Pro jednodušší výklad a názornost vyobrazení je ISO systém kódu vztažen na nejpoužívanější válcové prvky součástí se zavedenými termíny hřídel a díra, ale platí i pro zmiňované prvky dvou paralelních protilehlých povrchů.

Referenční teplota pro rozměry a uložení v ISO systému kódu je 20 °C, v souladu s požadavkem normy ČSN EN ISO 1.

2.3 Výběr základních pojmů

Pro rychlou orientaci v ISO systému kódu je vhodné uvést alespoň několik volně interpretovaných základních českých termínů a definic, protože norma ČSN EN ISO 286-1 a -2:

- **hřídel** – termín k označení všech vnějších prvků součásti, včetně těch, které nejsou válcového tvaru,
 - *jednotný hřídel* – hřídel použitý jako základ v soustavě jednotného hřídele (horní úchylka jednotného hřídele je rovna nule), [5]
- **díra** – termín k označení všech vnitřních prvků součásti, včetně těch, které nejsou válcového tvaru, [4]
 - *jednotná díra* – díra použitá jako základ v soustavě jednotné díry (dolní úchylka jednotné díry je rovna nule), [4]
- **jmenovitý rozměr** – rozměr, k němuž se stanoví mezní rozměry pomocí horní a dolní úchylky,
- **skutečný rozměr** – rozměr prvku, zjištěný měřením,
- **horní mezní rozměr** – největší dovolený rozměr prvku,
- **dolní mezní rozměr** – nejmenší dovolený rozměr prvku,
- **nulová čára** – přímkou, představující v grafickém znázornění jmenovitý rozměr. Kladné úchylky se zobrazují nad přímkou, záporné úchylky pod přímkou,
- **úchylka** – algebraický rozdíl mezi rozměrem (skutečným či mezním) a jmenovitým rozměrem,
 - *mezní úchylky* – horní a dolní úchylka,

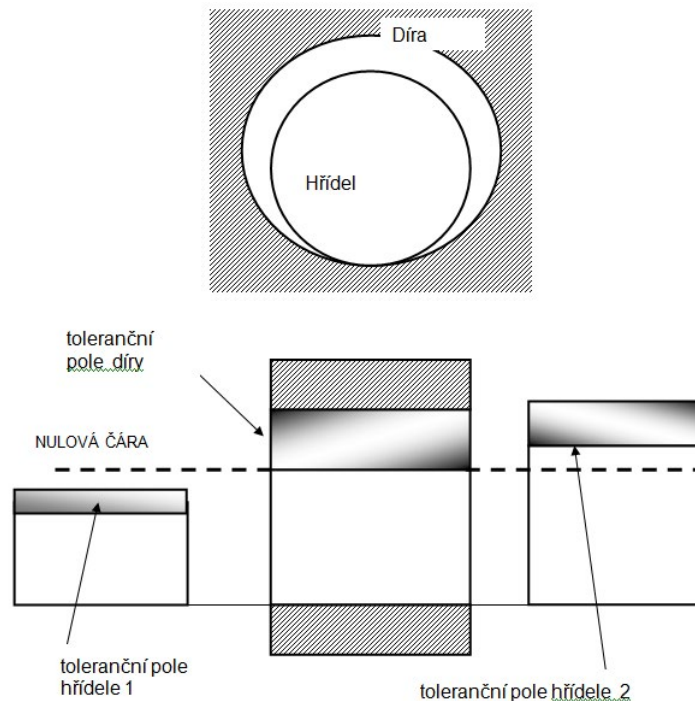
- *horní úchylka* (*ES, es*) – rozdíl mezi horním mezním rozměrem a jmenovitým rozměrem,
- *dolní úchylka* (*EI, ei*) – rozdíl mezi dolním mezním rozměrem a jmenovitým rozměrem,
- *základní úchylka* – úchylka určující polohu tolerančního intervalu vzhledem k nulové čáře (může to být horní či dolní úchylka, podle toho, která je blíže k nulové čáře),
- **základní tolerance** (*IT*) – každá tolerance, která je uvedena v soustavě,
- **toleranční stupeň** – soubor tolerancí se stejnou úrovní přesnosti pro všechny jmenovité rozměry (např. *IT7*),
- **toleranční interval** – grafické vyjádření oblasti mezi horním a dolním mezním rozměrem. Je určen velikostí tolerance a polohou vzhledem k nulové čáře,
- **toleranční třída** – označení kombinace základní úchylky s tolerančním stupněm,
- **tolerance uložení** – aritmetický součet tolerancí obou prvků tvořících uložení,
- **soustava jednotného hřídele** – uspořádaný soubor uložení, v němž se dosahuje požadovaných vůlí a přesahů přiřazením děr různých tolerančních tříd k hřídelím jednotné toleranční třídy,
- **soustava jednotné díry** – uspořádaný soubor uložení, v němž se dosahuje požadovaných vůlí a přesahů přiřazením hřídelí různých tolerančních tříd k dírám jednotné toleranční třídy.

Kromě toho je potřeba do výčtu pojmů zahrnout ty, které mají vztah k vlastnímu uložení:

- **vůle** – rozdíl mezi rozměrem díry a rozměrem hřídele, když je průměr hřídele menší než průměr díry,
 - *nejmenší vůle* – rozdíl mezi dolním mezním rozměrem díry a horním mezním rozměrem hřídele,
 - *největší vůle* – rozdíl mezi horním mezním rozměrem díry a dolním mezním rozměrem hřídele,
- **přesah** – rozdíl před spojením mezi rozměrem díry a rozměrem hřídele, když průměr hřídele je větší než průměr díry,
 - *nejmenší přesah* – rozdíl mezi horním mezním rozměrem díry a dolním mezním rozměrem hřídele,
 - *největší přesah* – rozdíl mezi dolním mezním rozměrem díry a horním mezním rozměrem hřídele,
- **uložení** – vztah mezi vnějším rozměrovým prvkem a vnitřním rozměrovým prvkem (díra a hřídel stejného druhu), které jsou smontované,
 - *uložení s vůlí* – uložení, které vždy poskytuje vůli mezi dírou a hřídelem, který je smontovaný, tj. dolní mezní rozměr díry je buď větší, nebo v extrémním případě, roven než horní mezní rozměr hřídele,
 - *uložení s přesahem* – uložení, které vždy poskytuje přesah mezi dírou a hřídelem, který je smontovaný, tj. horní mezní rozměr díry je buď menší než dolní mezní rozměr hřídele, nebo extrémním případě je mu roven,
 - *uložení přechodné* – uložení, které může poskytovat buď vůli, nebo přesah mezi dírou a hřídelem po smontování.

Grafické vyjádření některých pojmů [12]

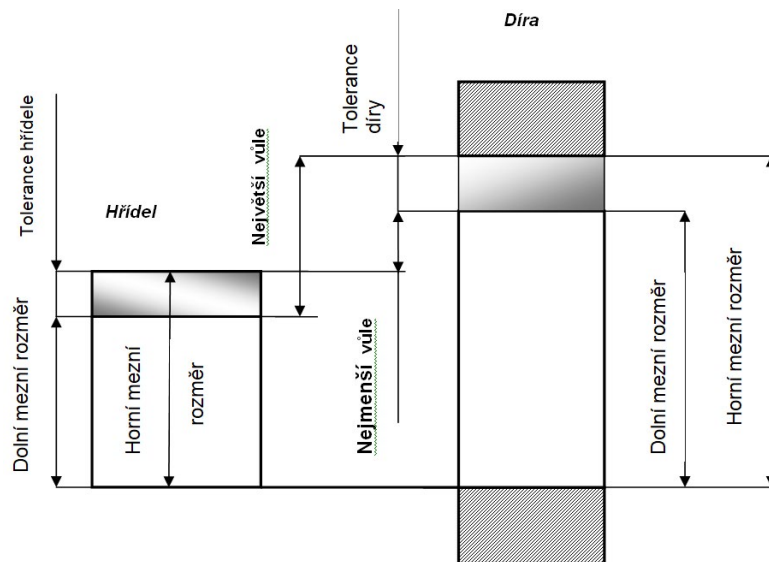
a) Způsob vyjádření uložení díry a hřídele – viz obrázek 1.



Obrázek 1 – Jednoduchá ilustrace uložení [6], [7], [8], [9]

b) Způsob vyjádření uložení díry a hřídele s vůlí – viz obrázek 2.

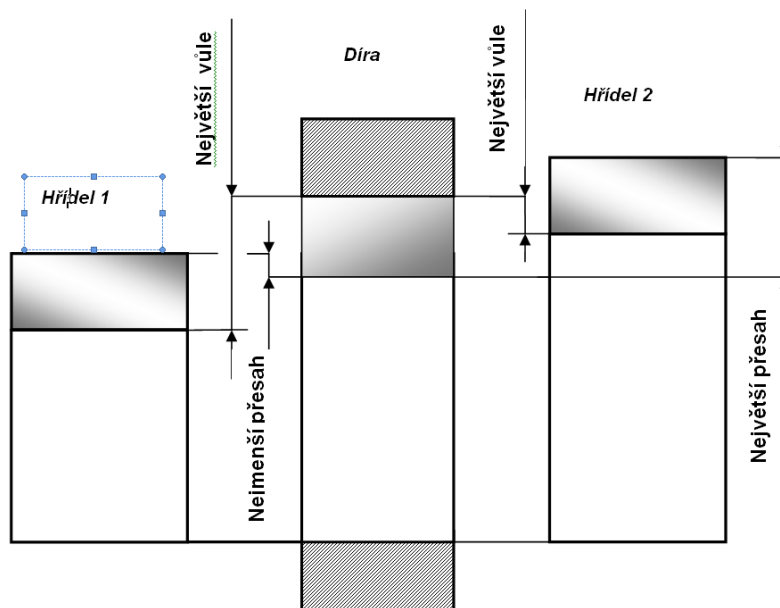
Poznámka Ve schématu je zvýrazněna nejmenší a největší vůle, vyplývající z tolerance díry a tolerance hřídele.



Obrázek 2 – Jednotná ilustrace uložení s vůlí [6], [7], [8], [9]

c) Způsob vyjádření uložení díry a hřídele s přechodným uložení – viz obrázek 3.

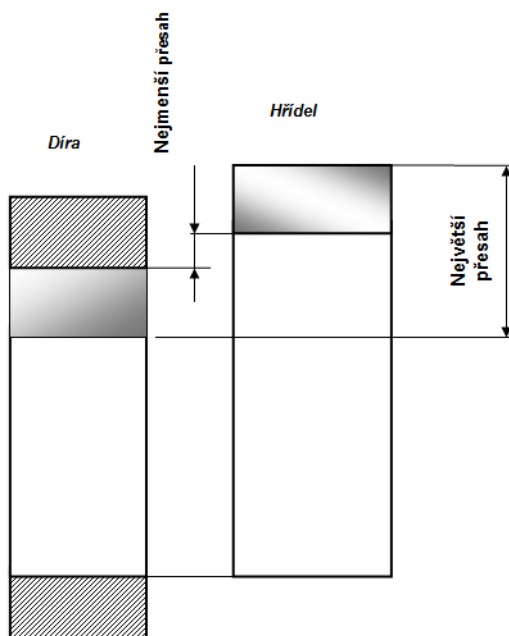
Poznámka Schematické znázornění přechodného uložení je zobrazeno pomocí dvou hřídelí na obrázku 3. Ve schématu je u hřídele s označením 1 zvýrazněn nejmenší přesah a největší vůle a u hřídele s označením 2 největší přesah a nejmenší vůle.



Obrázek 3 – Jednoduchá ilustrace přechodového uložení [6], [7], [8], [9]

d) Způsob vyjádření uložení díry a hřídele s přesahem – viz obrázek 4.

Poznámka Ve schématu je zvýrazněna nejmenší a největší přesah, vyplývající z tolerance díry a tolerance hřídele.



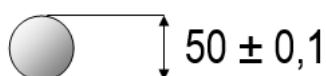
Obrázek 4 – Jednoduchá ilustrace uložení s přesahem [6], [7], [8], [9]

Mezi pojmy, které se vyskytují v souvislosti s uplatněním ISO systémem kódu, patří také:

- mez maxima materiálu – mezní rozměr prvku, jemuž odpovídá největší objem materiálu prvku, který:
 - u vnějšího prvku (hřídele) je horním mezním rozměrem,
 - u vnitřního prvku (díry) je dolním mezním rozměrem.
- mez minima materiálu - mezní rozměr prvku, jemuž odpovídá nejmenší objem materiálu prvku, který:
 - u vnějšího prvku (hřídele) je dolním mezním rozměrem,
 - u vnitřního prvku (díry) je horním mezním rozměrem.

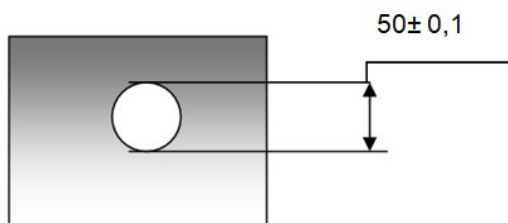
Příklady jsou uvedeny na obrázku 5.

Prvek typu hřídel



Mez maxima materiálu u hřídele je 50,1 mm,
u díry je 49,9 mm

Prvek typu díra

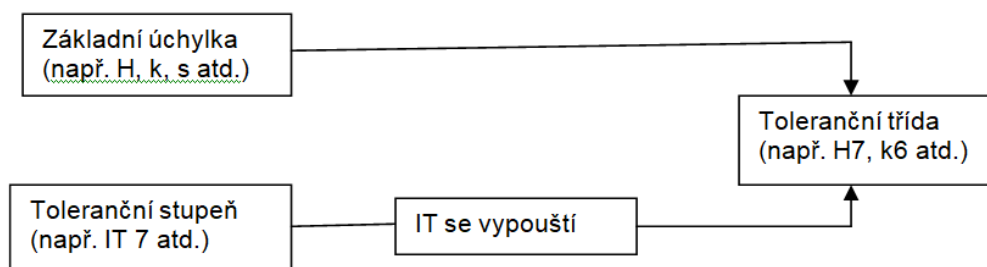


Mez minima materiálu u hřídele je 49,9 mm,
u díry je 50,1 mm

Obrázek 5 – Meze maxima a minima [6], [7], [8], [9]

2.4 Specifikace na výkrese

Specifikace toleranční třídy – obsahuje písmene základní úchylky a čísla tolerančního stupně (bez označení IT), například H11 (pro díru), g6 (pro hřídel), apod. Příklad zápisu specifikace je uveden na obrázku 6.



Obrázek 6 – Schéma specifikace uložení toleranční třídou na výkrese [6], [7], [8], [9]

Specifikace tolerovaného rozměru – obsahuje jmenovitý rozměr a toleranční třídu, například 32 H7, 120 g6, atd., nebo mezní úchylku, například $160 \pm 0,3$, apod.

Pokud se na technickém podkladu vyskytuje společná specifikace uložení – obsahuje společný jmenovitý rozměr a oddělené toleranční třídy díry a hřídele, například 120 H7 / g6, apod.

3 Soustavy uložení

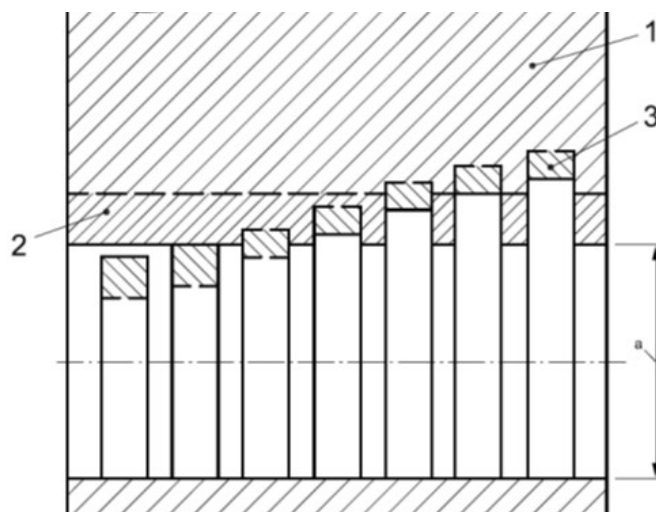
3.1 ISO systémem uložení uvádí dvě soustavy

- soustavu jednotné díry nebo
- soustavu jednotného hřídele.

U soustavy jednotné díry je základní úchylka díry rovna nule, tj. dolní mezní úchylka je nula.

U soustavy jednotného hřídele je základní úchylka hřídele rovna nule, tj. horní mezní úchylka je nula.

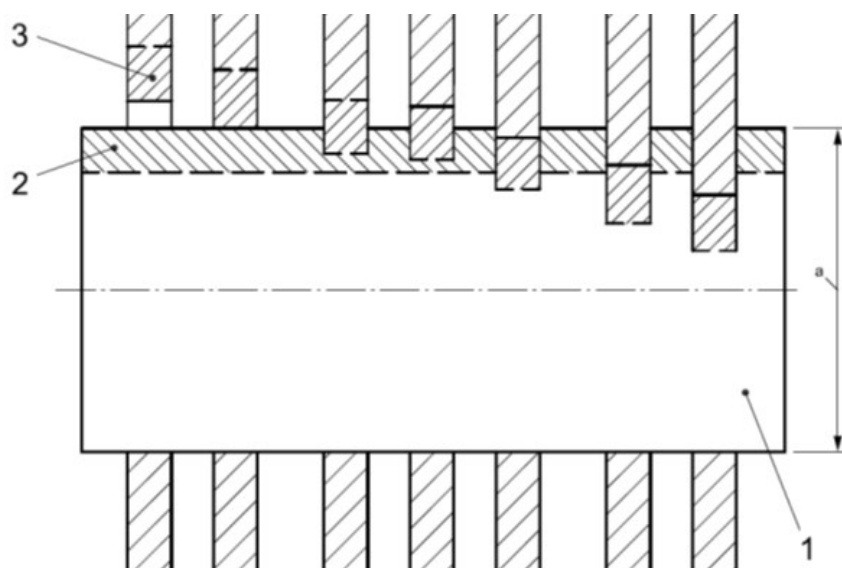
Grafická příklad soustavy jednotné díry je uveden na obrázku 7.



- 1 jednotná díra H
- 2 toleranční interval jednotné díry
- 3 toleranční interval různých hřídelů
- ^a jmenovitý rozměr

Obrázek 7 – Ilustrace soustavy jednotné díry (ČSN EN ISO 286-1)

Grafická příklad soustavy jednotného hřídele je uveden na obrázku 8.



- 1 jednotný hřídel **h**
- 2 toleranční interval jednotného hřídele
- 3 toleranční interval různých děr
- ^a jmenovitý rozměr

Obrázek 8 – Ilustrace soustavy jednotného hřídele (ČSN EN ISO 286-1)

Z uvedených soustav v našich průmyslových firmách se v převážné většině využívá **soustava jednotné díry**.

Vychází to i z historické zkušenosti, kdy bylo výrobně jednodušší k nejprve zhotovené díře přizpůsobit související hřídel.

Soustava jednotného hřídele se spíše uplatní tam, kde se jako hřídel využívá tažená ocel.

3.2 Předpis tolerování

Rozměrové prvky mohou být tolerovány použitím buď:

- ISO systémem kódu, např. $\text{Ø}50 \text{ H}8$ nebo
- použitím $+ a -$ tolerováním podle ISO 14405-1, např. $\text{Ø}65 \pm 0,05$.

Použití obou způsobů tolerování je rovnocenné.

3.3 Základní toleranční stupně a jejich hodnoty

Hodnoty základních tolerancí jsou uvedeny v tabulce 1. V každém sloupci jsou hodnoty pro jeden toleranční stupeň. Tyto stupně jsou označeny od IT01 do IT18 a každý řádek v tabulce 1 představuje jeden rozsah rozměrů. Rozsahy rozměrů jsou uvedeny v prvním sloupci tabulky 1, až do hodnoty do 3 150 mm.

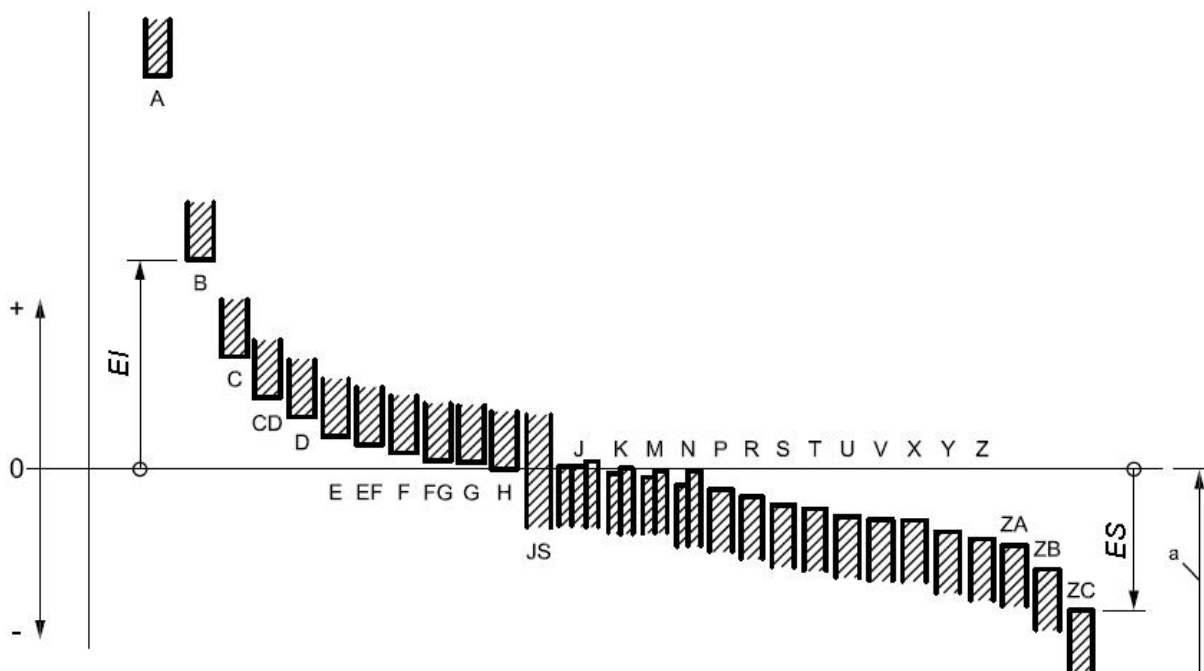
3.4 Toleranční interval

Toleranční interval je proměnlivá hodnota obsažená mezi horním a dolním mezním rozměrem. Toleranční třída vyjadřuje polohu tolerančního intervalu vzhledem k jmenovitému rozměru pomocí základní úchytky. Informace na polohu tolerančního intervalu tj. na základní úchytku, je označena jedním nebo více písmeny, nazývané identifikátory základní úchytky.

Poznámka Toleranční interval je nový název pro dříve používaný výraz „toleranční pole“. Toto označení v současnosti se používá pouze u geometrických tolerancí.

Toleranční interval je proměnná hodnota obsažená mezi horním a dolním mezním rozměrem. Třída tolerance stanoví pozici tolerančního intervalu relativně k jmenovitému rozměru, prostřednictvím základní úchytky. Informaci o pozici v tolerančním poli např. základní úchytky je identifikována písmenem (písmeny), nazývanými základní úchytkou identifikace.

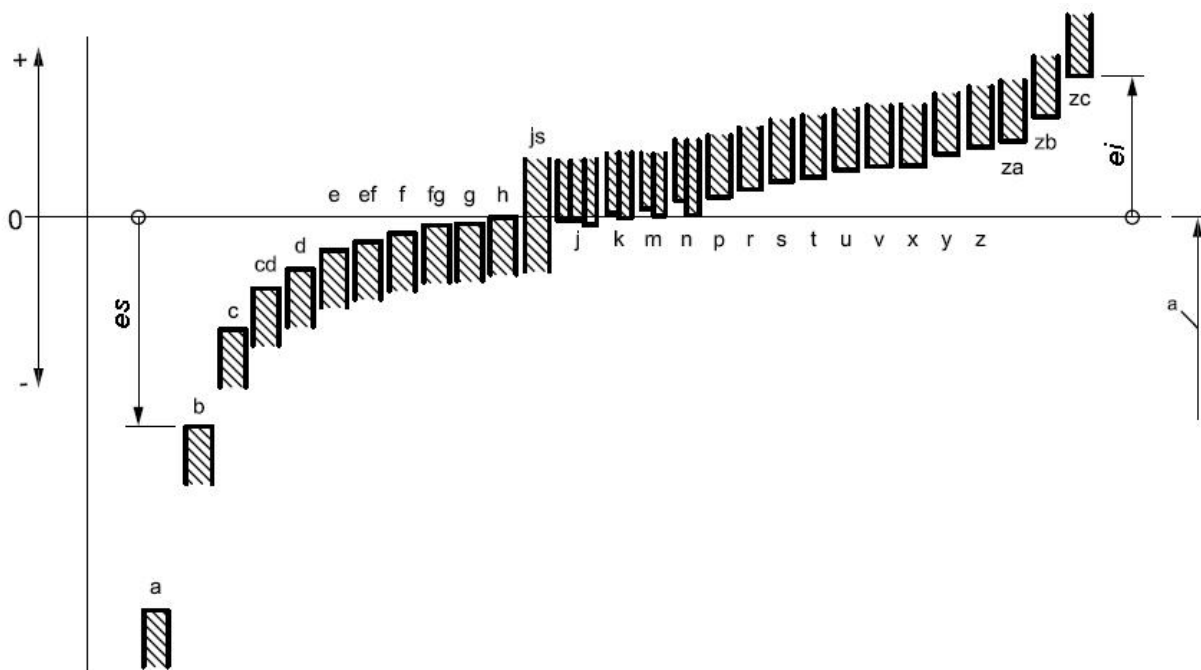
Informativní grafický přehled pozice tolerančních intervalů k jmenovitým rozměrům a znaménkům (+ nebo -) základních úchylek děr a hřídel je uveden na obrázku 9 pro soustavu jednotné díra a na obrázku 10 pro soustavu jednotného hřídele.



EI, ES základní úchylky děr

a jmenovitý rozměr

Obrázek 9 – Ilustrace základních úchylek děr (ČSN EN ISO 286-1)



ei, es základní úchylky hřídelů

a jmenovitý rozměr

Obrázek 10 – Ilustrace základních úchylek hřídelů (ČSN EN ISO 286-1)

Hodnoty základních tolerančních stupňů jsou uvedeny v tabulce 1.

Tabulka 1 – Ilustrace hodnot (ČSN EN ISO 286-1)

Jmenovitý rozměr mm		Základní toleranční stupně																			
		IT01	IT0	IT1	IT2	IT3	IT4	IT5	IT6	IT7	IT8	IT9	IT10	IT11	IT12	IT13	IT14	IT15	IT16	IT17	IT18
Přes	Do	Základní toleranční hodnoty																			
		μm									mm										
—	3	0,3	0,5	0,8	1,2	2	3	4	6	10	14	25	40	60	0,1	0,14	0,25	0,4	0,6	1	1,4
3	6	0,4	0,6	1	1,5	2,5	4	5	8	12	18	30	48	75	0,12	0,18	0,3	0,48	0,75	1,2	1,8
6	10	0,4	0,6	1	1,5	2,5	4	6	9	15	22	36	58	90	0,15	0,22	0,36	0,58	0,9	1,5	2,2
10	18	0,5	0,8	1,2	2	3	5	8	11	18	27	43	70	110	0,18	0,27	0,43	0,7	1,1	1,8	2,7
18	30	0,6	1	1,5	2,5	4	6	9	13	21	33	52	84	130	0,21	0,33	0,52	0,84	1,3	2,1	3,3
30	50	0,6	1	1,5	2,5	4	7	11	16	25	39	62	100	160	0,25	0,39	0,62	1	1,6	2,5	3,9
50	80	0,8	1,2	2	3	5	8	13	19	30	46	74	120	190	0,3	0,46	0,74	1,2	1,9	3	4,6
80	120	1	1,5	2,5	4	6	10	15	22	35	54	87	140	220	0,35	0,54	0,87	1,4	2,2	3,5	5,4
120	180	1,2	2	3,5	5	8	12	18	25	40	63	100	160	250	0,4	0,63	1	1,6	2,5	4	6,3
180	250	2	3	4,5	7	10	14	20	29	46	72	115	185	290	0,46	0,72	1,15	1,85	2,9	4,6	7,2
250	315	2,5	4	6	8	12	16	23	32	52	81	130	210	320	0,52	0,81	1,3	2,1	3,2	5,2	8,1
315	400	3	5	7	9	13	18	25	36	57	89	140	230	360	0,57	0,89	1,4	2,3	3,6	5,7	8,9
400	500	4	6	8	10	15	20	27	40	63	97	155	250	400	0,63	0,97	1,55	2,5	4	6,3	9,7
500	630			9	11	16	22	32	44	70	110	175	280	440	0,7	1,1	1,75	2,8	4,4	7	11
630	800			10	13	18	25	36	50	80	125	200	320	500	0,8	1,25	2	3,2	5	8	12,5
800	1 000			11	15	21	28	40	56	90	140	230	360	560	0,9	1,4	2,3	3,6	5,6	9	14
1 000	1 250			13	18	24	33	47	66	105	165	260	420	660	1,05	1,65	2,6	4,2	6,6	10,5	16,5
1 250	1 600			15	21	29	39	55	78	125	195	310	500	780	1,25	1,95	3,1	5	7,8	12,5	19,5
1 600	2 000			18	25	35	46	65	92	150	230	370	600	920	1,5	2,3	3,7	6	9,2	15	23
2 000	2 500			22	30	41	55	78	110	175	280	440	700	1 100	1,75	2,8	4,4	7	11	17,5	28
2 500	3 150			26	36	50	68	96	135	210	330	540	860	1 350	2,1	3,3	5,4	8,6	13,5	21	33

Bližší údaje rozdělení písmen základních úchylek pro soustavu jednotné díry je v tabulce 2.

Pro ilustraci je uvedena také tabulka 3, která uvádí hodnoty základních úchylek pro díry A až M. Hodnoty úchylek jsou v μm.

Tabulka 2 – Ilustrace základních úchylek děr (ČSN EN ISO 286-1)

Díry – označení základních úchylek velkými písmeny, například:			
A až G	H	JS	P až Z
Kladná základní úchylka = EI		Oboustranná základní úchylka = $EI = ES$	Záporná základní úchylka = ES
Poznámka: ES – horní mezní úchylka pro díru, EI – dolní mezní úchylka pro díru Základní úchylka = úchylka bližší k nulové čáře			

Ukázka části tabulky pro hodnoty úchylek děr A až M je v tabulce 3. Hodnoty úchylek jsou v μm .

Tabulka 3 – Ukázka hodnot děr (ČSN EN ISO 286-1)

Jmenovitý rozměr mm		Hodnoty fundamentální úchytky																		
		Dolní mezní úchytky, <i>EI</i>											Horní mezní úchytky, <i>ES</i>							
Přes	Do včetně	Všechny stupně normalizovaných tolerancí												IT6	IT7	IT8	Do včetně IT8	Přes IT8	Do včetně IT8	Přes IT8
		A ^a	B ^a	C	CD	D	E	EF	F	FG	G	H	JS							
—	3	+270	+140	+60	+34	+20	+14	+10	+6	+4	+2	0	číslo stupně normalizované tolerance	+2	+4	+6	0	0	-2	-2
3	6	+270	+140	+70	+46	+30	+20	+14	+10	+6	+4	0		+5	+6	+10	-1 + Δ		-4 + Δ	-4
6	10	+280	+150	+80	+56	+40	+25	+18	+13	+8	+5	0		+5	+8	+12	-1 + Δ		-6 + Δ	-6
10	14	+290	+150	+95	+70	+50	+32	+23	+16	+10	+6	0		+6	+10	+15	-1 + Δ		-7 + Δ	-7
14	18																			
18	24	+300	+160	+110	+85	+65	+40	+28	+20	+12	+7	0		+8	+12	+20	-2 + Δ		-8 + Δ	-8
24	30																			
30	40	+310	+170	+120	+100	+80	+50	+35	+25	+15	+9	0		+10	+14	+24	-2 + Δ		-9 + Δ	-9
40	50	+320	+180	+130																
50	65	+340	+190	+140	+100	+60		+30		+10	0			+13	+18	+28	-2 + Δ		-11 + Δ	-11
65	80	+360	+200	+150																
80	100	+380	+220	+170	+120	+72		+36		+12	0			+16	+22	+34	-3 + Δ		-13 + Δ	-13
100	120	+410	+240	+180																
120	140	+460	+260	+200	+145	+85		+43		+14	0			+18	+26	+41	-3 + Δ		-15 + Δ	-15
140	160	+520	+280	+210																
160	180	+580	+310	+230	+170	+100		+50		+15	0			+22	+30	+47	-4 + Δ		-17 + Δ	-17
180	200	+660	+340	+240																
200	225	+740	+380	+260	+190	+110		+56		+17	0			+25	+36	+55	-4 + Δ		-20 + Δ	-20
225	250	+820	+420	+280																
250	280	+920	+480	+300	+210	+125		+62		+18	0			+29	+39	+60	-4 + Δ		-21 + Δ	-21
280	315	+1 050	+540	+330																
315	355	+1 200	+600	+360																

Ukázka části tabulky pro hodnoty úchylek hřídelů *a* až *j* je v tabulce 4. Hodnoty úchylek jsou v μm.

Tabulka 4 – Ukázka hodnot hřídelů *a* až *js* (ČSN EN ISO 286-1)

Jmenovitý rozměr mm		I Horní mezní úchylka, <i>es</i>												Dolní mezní úchylka, <i>ei</i>		
Přes	Do včetně	Všechny stupně normalizovaných tolerancí												IT5 a IT6	IT7	IT8
		<i>a</i> ^a	<i>b</i> ^a	<i>c</i>	<i>cd</i>	<i>d</i>	<i>e</i>	<i>ef</i>	<i>f</i>	<i>fg</i>	<i>g</i>	<i>h</i>	<i>js</i>	<i>j</i>		
–	3	–270	–140	–60	–34	–20	–14	–10	–6	–4	–2	0		–2	–4	–6
3	6	–270	–140	–70	–46	–30	–20	–14	–10	–6	–4	0		–2	–4	
6	10	–280	–150	–80	–56	–40	–25	–18	–13	–8	–5	0		–2	–5	
10	14	–290	–150	–95	–70	–50	–32	–23	–16	–10	–6	0	číslo stupně normalizované tolerance	–3	–6	
14	18															
18	24	–300	–160	–110	–85	–65	–40	–25	–20	–12	–7	0		–4	–8	
24	30															
30	40	–310	–170	–120	–100	–80	–50	–35	–25	–15	–9	0		–5	–10	
40	50	–320	–180	–130												
50	65	–340	–190	–140	–100	–60		–30		–10	0			–7	–12	
65	80	–360	–200	–150												
80	100	–380	–220	–170	–120	–72		–36		–12	0			–9	–15	
100	120	–410	–240	–180												
120	140	–460	–260	–200	–145	–85		–43		–14	0			–11	–18	
140	160	–520	–280	–210												
160	180	–580	–310	–230	–170	–100		–50		–15	0			–13	–21	
180	200	–660	–340	–240												
200	225	–740	–380	–260	–190	–110		–56		–17	0			–16	–26	
225	250	–820	–420	–280												
250	280	–920	–480	–300	–210	–125		–62		–18	0		–18	–28		
280	315	–1 050	–540	–330												
315	355	–1 200	–600	–360												

Ukázka části tabulky pro hodnoty úchylek hřídelů *k* až *z* je v tabulce 5. Hodnoty úchylek jsou v μm .

Tabulka 5 – Ukázka hodnot hřídelů k až z (ČSN EN ISO 286-1)

Jmenovitý rozměr mm		H Dolní mezní úchylka, e_i													
Přes	Do včetně	IT4 až IT7	Do včetně IT3 a přes IT7	Všechny stupně normalizovaných tolerancí											
				k	m	n	p	r	s	t	u	v	x	y	z
–	3	0	0	+2	+4	+6	+10	+14		+18		+20		+26	
3	6	+1	0	+4	+8	+12	+15	+19		+23		+28		+35	
6	10	+1	0	+6	+10	+15	+19	+23		+28		+34		+42	
10	14	+1	0	+7	+12	+18	+23	+28		+33		+40		+50	
14	18											+39			+45
18	24	+2	0	+8	+15	+22	+28	+35		+41	+47	+54	+63	+73	
24	30														+41
30	40	+2	0	+9	+17	+26	+34	+43		+48	+60	+68	+80	+94	+112
40	50														
50	65	+2	0	+11	+20	+32	+41	+53	+66	+87	+102	+122	+144	+172	
65	80						+43	+59	+75	+102	+120	+146	+174	+210	
80	100	+3	0	+13	+23	+37	+51	+71	+91	+124	+146	+178	+214	+258	
100	120						+54	+79	+104	+144	+172	+210	+254	+310	
120	140	+3	0	+15	+27	+43	+63	+92	+122	+170	+202	+248	+300	+365	
140	160						+65	+100	+134	+190	+228	+280	+340	+415	
160	180						+68	+108	+146	+210	+252	+310	+380	+465	
180	200	+4	0	+17	+31	+50	+77	+122	+166	+236	+284	+350	+425	+520	
200	225						+80	+130	+180	+258	+310	+385	+470	+575	
225	250						+84	+140	+196	+284	+340	+425	+520	+640	
250	280	+4	0	+20	+34	+56	+94	+158	+218	+315	+385	+475	+580	+710	
280	315						+98	+170	+240	+350	+425	+525	+650	+790	

3.5 Stanovení mezních úchylek

Stanovení mezních úchylek pro dané tolerované rozměry, tj. transformace z toleranční třídy na $+/-$ tolerování může být podle:

- tabulek 1 a 2 nebo 3 z ISO 286-1 nebo
- tabulek z ISO 286-2 (pro vybrané případy).

3.6 Stanovení mezních úchylek s použitím tabulek normy ČSN EN ISO 286-1

Toleranční třídy jsou rozloženy do identifikovaných základních úchylek a číselných normalizovaných tolerančních stupňů.

Příklad Tolerované rozměry – díra 90 H7 a hřídele 90 f6 pro uložení 90 H7/f6

kde

90 = jmenovitý rozměr pro oba prvky

H7 = základní úchylka identifikovaná pro díru

f6 = základní úchylka identifikovaná pro hřídel

4 B – Informace z praxe

4.1 Orientační výběr tolerančních stupňů

Podle výrobního sortimentu lze k němu přiřadit následující toleranční stupně

IT01 až IT6 – obvykle pro výrobu měřidel (kalibrů, apod.)

IT5 až IT12 – rozsah pro běžnou strojírenskou výrobu

IT11 až IT16 – obvykle pro polotovary

4.2 Praktické výběry tolerančních tříd

Rozsah 20 tolerančních tříd podle normy ISO 286 dává možnost velkého množství vzájemných kombinací, které jsou pro určité výrobní obory nadbytečné.

Proto, pokud tomu nebrání jiné okolnosti, měl by uživatel vybírat toleranční třídy z odpovídajících tříd pro díry a hřídele, které jsou uvedené v tabulce 6 a 7, podle doporučení normy ISO 286-1. Výběr by měl být přednostně proveden z tolerančních tříd uvedených v rámečcích.

Tabulka 6 – Výběr tolerančních tříd děr [4], [6]

				G6	H6	JS6	K6	M6	N6	P6	R6	S6	T6			
			F7	G7	H7	JS7	K7	M7	N7	P7	R7	S7	T7	U7	X7	
		E8	F8	H8	JS8	K8	M8	N8	P8	R8						
	D9	E9	F9	H9												
	C10	D10	E10	H10												
A11	B11	C11	D11	H11												

Tabulka 7 – Výběr tolerančních tříd hřídelů [5], [7]

					g5	h5	js5	k5	m5	n5	p5	r5	s5	t5		
		f6	g6	h6	js6	k6	m6	n6	p6	r6	s6	t6	u6	x6		
		e7	f7	h7	js7	k7	m7	n7	p7	r7	s7	t7	u7			
	d8	e8	f8	h8												
	b9	c9	d9	e9	h9											
			d10	h10												
a11	b11	c11		h11												

4.3 Praktické výběry uložení

Podle získaných zkušeností lze u běžných uložení celkový normalizovaný soubor zjednodušit na výběr tak, jak uvádí příklad následujících tabulek. Tabulka 8 se týká uložení pro systém jednotné díry, tabulka 9 pro systém jednotného hřídele. Toto zúžení má význam na unifikaci nářadí, měřidel, apod. Proto si také řada firem podle svého oborového zaměření, složitosti výroby, apod. vytváří vlastní výběry.

Poznámka U ukázek firemních podkladů jsou většinou zachovány původní termíny.

Tabulka 8 – Uložení s jednotnou dírou podle doporučení ISO 286 [4]

Jedn. díra	Toleranční třídy pro hřídele															
	Uložení s vůlí				Přechodné uložení				Uložení s přesahem							
H 6					g5	h5	js5	k5	m5	n5	p5					
H 7				f6	g6	h6	js6	k6	m6	n6	p6	r6	s6	t6	u6	x6
H 8			e7	f7		h7	js7	k7	m7			s7		u7		
H 9			d8	e8	f8	h8										
H 10	b9	c9	d9	e9		h9										
H 11	b11	c11	d10			h10										

Tabulka 9 – Uložení s jednotným hřídelem podle doporučení ISO 286 [5]

Jednotný hřídel	Toleranční třídy pro díry															
	Uložení s vůlí				Přechodné uložení				Uložení s přesahem							
h 5					G6	H6	JS6	K6	M6	N6	P6					
h 6				F7	G7	H7	JS7	K7	M7	N7	P7	R7	S7	T7	U7	X7
h 7			E8	F8		H8										
h 8			D9	E9	F9	H9										
h 9				E8	F8	H8										
			D9	E9	F9	H9										
	B11	C10	D10			H10										

Příklad firemního výběru pro jednotnou díru, kde výrobky nepřesahují rozměr 500 mm, je uveden v tabulce 10.

Tabulka 10 – Příklad firemního výběru uložení pro běžnou strojírenskou výrobu [8]

Jednotná díra	Toleranční třídy pro hřídele												
	a	d	e	f	g	h	js	k	m	n	p	r	s
	Uložení												
H7			e8	f7	g6	h6	js6	k6	m6	n6	p6	r6	s6
H8				f7		h7	js7	k7		n7			
			e8			h8							
		d9				h9							
H11	a11					h11							
Druh uložení	Hybné (s vůlí)					přechodné				Nehybné (s přesahem)			

Poznámka – výraznější toleranční intervaly jsou určeny pro přednostní použití

Firemní výběry jsou také obvykle doprovázeny příklady vlastních typických výrobků, usnadňující volbu uložení a současně snižující požadavky na nářadí a měřidla. Pro ilustraci jsou uvedeny dva příklady: A [7] – Tabulka 11a B [8] – Tabulka 12, upravené pro tento podklad. Nelze je považovat za obecně použitelné návody, pouze ilustrují vlastní pohledy na danou tematiku.

Tabulka 11 – Příklad A firemního podkladu pro volbu uložení [9]

Uložení		montáž	Příklady
S přesahem			
Lisované s velkým přesahem	H8/x8 < \varnothing 24 H8/u8 > \varnothing 24	Velkou silou, rozdílné teploty součástí	Náboje ozubených a jiných kol na hřídeli, příruby
Lisované se středním přesahem	H7/s6 H7/r6	Velkou silou, nejlépe za rozdílných teplot součástí	Ložisková pouzdra, náboje spojkových kotoučů
Přechodná			
Pevná s nepatrnou vůlí nebo přesahem	H7/n6	Nalisování malou silou	Věnce ozubených kol, lícované šrouby, kotvy el. motorů na hřídeli
Shodná s malou vůlí nebo přesahem	H7/k6	Pryžovou nebo měděnou paličkou	Demontovatelné náboje ozubených kol, řemenic, ručních kol, pák
Posuvná s malou vůlí nebo nepatrným přesahem	H7/js6 (j6)	Zatlačením rukou	Lehce demontovatelné náboje ozubených kol, řemenic, pouzder
S vůlí			
Smykové s nepatrnou vůlí	H7/h6 H8/h9	Nasunutí bez použití větší síly, po namazání se dají ještě posouvat rukou.	Výměnná kola, stavěcí kroužky, válcová vedení
Smyková	H11/h9 (H11/h11)	Hřídele z tažených tyčí H11	Snadno smontovatelné díly, např. rozpěrné kroužky, součásti upevněné na hřídeli kolíky, šrouby, apod.
Točná s velmi malou vůlí	H7/g6 G7/h6	Běžně smontovatelná bez znatelné vůle	Posuvná ozubená kola, spojkové kotouče, tyče posuvné v ložiskách
Točná	H7/f7 F8/h6 H8/f7 F8/h9	Se znatelnou vůlí	Hlavní uložení výrobních strojů, posuvných tyčí, zalomených hřídelů, apod.
Volnější točná	H8/e8 E9/h9	S větší vůlí	Uložení dlouhých hřídelů, např. zemědělských strojů
Točné se značnou vůlí	H8/d6 D10/h9 (H11/d9) D10/h11	S velkou vůlí	Vícekrát uložené hřídele výrobních a pístových strojů, hřídele z tažených tyčí h9
S velkou vůlí u součástí s velkými tolerancemi	C11/h9 C11/h11 (H11/c11) A11/h11 (H11/a11)	S maximální vůlí	Otočné čepy, západky, vidlicové šrouby brzdových táhel, apod. Také uložení součástí určených ke svaření

Tabulka 12 – Příklad B firemního podkladu pro volbu uložení [9]

Uložení s vůlí
<p>H11/a11, H11/c11, H11/c9, H11/d11, A11/h11, C11/h11, D11/h11 Uložení s velkou vůlí u součástí s velkými tolerancemi. Použití – Otočné čepy, západky, uložení součástí určených ke svaření, uložení vystavená účinkům koroze, znečištění prachem a tepelným nebo mechanickým deformacím.</p>
<p>H9/C9, H9/d10, H9/d9, H8/d9, H8/d8, D10/h9, D9/h9, D9/h8 Točné uložení se značnou vůlí bez větších požadavků na přesnost vedení hřídele. Použití – Vícekrát uložené hřídele výrobních a pístových strojů, součásti, které se otáčejí jen zřídka, nebo se pouze kývají.</p>
<p>H9/e9, H8/e8, H7/e7, E9/h9, E8/h8, E8/h7 Točné uložení s větší vůlí bez zvláštních požadavků na přesnost uložení. Použití – Uložení dlouhých hřídelí, např. u zemědělských strojů, ložiska čerpadel, ventilátorů a pístových strojů.</p>
<p>H9/f8, H8/f8, H8/f7, H7/f7, F8/h7, F8/h6 Točné uložení s menší vůlí při běžných požadavcích na přesnost uložení. Použití – Hlavní uložení obráběcích strojů. Běžná uložení hřídelí, ložiska regulátorů, včetně obráběcích strojů, uložení posuvných tyčí.</p>
<p>H8/g7, H7/g6, G7/h6 Točné uložení s velmi malou vůlí pro přesné vedení hřídele. Po smontování bez znatelné vůle. Použití – součásti obráběcích strojů, posuvná ozubená kola a spojkové kotouče, čepy klikových hřídelí, písty hydraulických strojů, tyče posuvné v ložiscích, včetně brousících strojů.</p>
Uložení smykové
<p>H11/h11, H11/h9 Smykové uložení u součástí s velkými tolerancemi. Součásti se dají do sebe lehce zasunout a pootáčet. Použití – Snadno demontovatelné díly, rozpěrné kroužky, součásti strojů upevněné na hřídele kolíky, šrouby, nýtování nebo svarem.</p>
<p>H8/h9, H8/h8, H8/h7, H7/h6 Smykové uložení s nepatrnou vůlí pro přesná vedení a středění součástí. Montáž nasunutím bez použití větší síly, po namazání se dají součásti otáčet a posouvat rukou. Použití – přesná vedení strojů a přípravků, výměnná kola, stavěcí kroužky, válcová vedení.</p>
Uložení přechodné
<p>H8/j7, H7/js6, H7/j6, J7/h6 Posuvné uložení s malou vůlí nebo nepatrným přesahem. Součásti se dají složit nebo rozebrat ručně. Použití – Lehce rozebíratelná uložení nábojů ozubených kol, řemenic a pouzder, stavěcí kroužky, často vyjímaná ložisková pouzdra.</p>
<p>H8/k7, H7/k6, K8/h7, K7/h6 Shodné uložení s malou vůlí nebo malým přesahem. Součásti lze spojit nebo rozebrat bez použití velké síly pryžovou palicí. Použití – Demontovatelná uložení nábojů ozubených kol a řemenic, ruční kola, spojky, brzdové kotouče.</p>
<p>H8/p7, H8/m7, H8/n7, H7/m6, H7/n6, M8/h6, N8/h7, N7/h6 Pevné uložení s nepatrnou vůlí nebo malým přesahem. Montáž uložení lisováním malou silou. Použití – Pevné zátky, narážena pouzdra, kotvy elektromotorů na hřídeli, věnce ozubených kol, lícované šrouby.</p>
Uložení s přesahem
<p>H8/r7, H7/p6, H7/r6, P7/h6, R7/h6 Lisované uložení se zaručeným přesahem. Montáž součástí lze běžně provádět lisováním za studena. Použití – Náboje spojkových kotoučů, ložisková pouzdra.</p>
<p>H8/s7, H8/t7, H7/s6, H7/t6, S7/h6, T7/h6 Lisované uložení se středním přesahem. Montáž součástí lisováním za tepla, lisování za studena lze provádět pouze za použití velkých sil. Použití – Trvalé spojení ozubených kol s hřídelí, ložisková pouzdra</p>
<p>H8/u8, H8/u7, H8/x8, H7/u6, U8/h7, U7/h6 Lisované uložení s velkým přesahem. Montáž lisováním velkou silou za rozdílných teplot součástí. Použití – Trvalé spojení ozubených kol s hřídelí, příruby, apod.</p>

4.4 Praktický výpočet tolerancí

Pro kompletní výpočty tolerancí slouží vzorce a tabulky v první a druhé části normy ČSN EN ISO 286.

K urychlení vyhledávání a výpočtu byly vymyšleny také různé firemní výběry či pomůcky např. ve formě kalkulátoru.

Jeden zmíněný kalkulátor je dostupný na adrese: [3]

<http://www.amesweb.info/FitTolerance/FitTolerance.aspx>

Na následujícím příkladu je ukázka zadání údajů:

Zadán jmenovitý rozměr 10, tolerance díry H7, tolerance hřídele h6.

Tabulka 13 – Zadání příkladu v kalkulátoru [3]

INPUT PARAMETERS			
Parameter	Value		Unit
Nominal Size	<input type="text" value="10"/>		mm
Hole Tolerance	<input type="text" value="H"/>	<input type="text" value="7"/>	---
Shaft Tolerance	<input type="text" value="h"/>	<input type="text" value="6"/>	---
<input type="button" value="Calculate"/>			

Výsledné hodnoty příkladu v kalkulátoru jsou na obrázku 14.

Tabulka 14 – Zobrazený výsledek příkladu v kalkulátoru [3]

RESULTS		
HOLE		
Parameter	Value	Unit
Designation	10 H7	---
Hole Upper Deviation	15	µm (0.001mm)
Hole Lower Deviation	0	µm (0.001mm)
Maximum Hole Size	10.015	mm
Minimum Hole Size	10	mm
SHAFT		
Parameter	Value	Unit
Designation	10 h6	---
Shaft Upper Deviation	0	µm (0.001mm)
Shaft Lower Deviation	-9	µm (0.001mm)
Maximum Shaft Size	10	mm
Minimum Shaft Size	9.991	mm
FIT		
Parameter	Value	Unit
Designation	10 H7/h6	---
Fit Type	Clearance fit	---
Maximum Clearance	24	µm (0.001mm)
Minimum Clearance	0	µm (0.001mm)

4.5 Praktické teplotní koeficienty

Pokud je zmíněna podniková praxe, lze se setkat u problematiky uložení s řadou faktorů, které také mají vliv na stálost a charakter uložení.

Je to například pravděpodobnost skutečných rozměrů ($\pm 2\sigma$ normální křivky četnosti), deformace materiálu při uložení s přesahem, textura povrchu, geometrické tolerance a také například teplotní roztažnost. Příklad podnikové pomůcky pro její stanovení uvádí tabulka 15.

Norma ISO 286 uvádí hodnoty rozměrů a uložení při referenční teplotě 20° C, v souladu s požadavkem normy ČSN EN ISO 1. Ovšem v dílenských podmínkách (obzvláště u rozměrných výrobků) nelze teplotu okolí 20°C zajistit. Podle firemní tabulky lze provést výpočtem teplotní korekci naměřených rozměrů – viz tabulka 15. Je určena pro 4 základní materiály.

Tabulka 15 – Součinitel teplotní délkové roztažnosti [11]

Vzorec pro výpočet			
$\Delta d = \alpha \cdot d \cdot \Delta t$		Legenda Δd – zvětšení rozměru α – součinitel tepelné roztažnosti d – specifikovaný rozměr Δt – rozdíl teplot ve °C	
Součinitel tepelné roztažnosti α na 1 stupeň Celsia pro:			
uhlíková ocel	šedá litina	bronz	mosaz
$12 \cdot 10^{-6}$	$10,5 \cdot 10^{-6}$	$18 \cdot 10^{-6}$	$18,5 \cdot 10^{-6}$

4.6 Praktické vazby hodnot textury povrchu na toleranční stupně

Pro běžnou potřebu volby hodnot drsnosti povrchu k příslušným tolerančním stupňům uvádí tabulka 16.

Tabulka 16 – Toleranční stupně a drsnost povrchu [7]

Rozměry [mm]		Toleranční stupeň							
		IT5	IT6	IT7	IT8	IT9	IT10	IT11	IT12
přes	do	Drsnosti povrchu Ra							
1	3	0,2	0,4	0,4	1,6	1,6	3,2	3,2	6,3
3	6			0,8	3,2			6,3	
6	10	0,4	0,8	1,6	3,2	6,3	12,5	25	50
10	30								
30	50	0,8	1,6	3,2	6,3	12,5	25	50	100
50	80								
80	120	1,6	3,2	6,3	12,5	25	50	100	200
120	180								
180	250	3,2	6,3	12,5	25	50	100	200	400
250	315								
315	400	6,3	12,5	25	50	100	200	400	800
400	500								

4.7 Požadavek obálky

Ve smyslu normy ČSN EN ISO 14405-1 je možní doplnit specifikaci rozměrové tolerance například požadavkem obálky. V tom případě se za toleranční stupeň uvede modifikátor ⓔ , například:

90 H7 ⓔ / f6 ⓔ .

5 Závěr

Technické normy lícování mají trvalou a nezastupitelnou roli v rozvoji průmyslové výroby. Jejich téměř 100letá tradice od jejich vzniku tuto skutečnost prokázala. Jejich využití zejména pro vzájemnou zaměnitelnost je jedním z předpokladů racionalizace výroby. Dalším přínosem je dosažení růstu odborné způsobilosti realizátorů výroby. Odborný je v současné době podmíněn postupným pronikáním digitalizace výrobních procesů a systémů. Společným jmenovatelem systémového a procesního a procesního řešení výroby je prokázání kvality. Kvalita, prokazována na základě inherentních charakteristik, které jsou vymezeny v práci uvedeným tolerančním intervalem mezních hodnot. Velikost tolerančního intervalu je ukazatelem nejen finanční náročnosti procesu, nýbrž i jak bylo uvedeno, odborné způsobilosti jeho realizátorů. Uvedený poznatek není novinkou, nýbrž výsledkem dlouholeté zkušeností podnikatelů. K správnosti terminologické realizaci překladů technických norem GPS je možné zamyšlení nad překladem pojmu doporučit, že překlad pojmu *feature* – prvek, nevystihuje plně jeho význam.

Obsah uvedené práce je, z pohledu aktivit technické normalizace příspěvkem nejen k dosažení vedle zmíněného prokázání kvality nýbrž i k dosažení udržitelného rozvoje výroby v podmínkách EU.

Bibliografické citace

- [1] European Committee for Standardization [viděno 15. 10. 2018]. Dostupné z <https://www.cen.eu>
- [2] International Organization for Standardization [viděno 15. 10. 2018]. Dostupné z <https://www.iso.org>
- [3] Limits, fits and tolerances calculator [viděno 15. 10. 2018] on line. Dostupné z <https://www.amesweb.info/FitTolerance/FitTolerance.aspx>
- [4] Soustava jednotné díry [viděno 15. 10. 2018] on line. Dostupné z <http://www.technicke-kresleni.wz.cz/web/?soustava-jednotne-diry,41>
- [5] Soustava jednotného hřídele [viděno 15. 10. 2018] on line. Dostupné z <http://www.technicke-kresleni.wz.cz/web/?soustava-jednotneho-hridele,42>
- [6] Modifikace [4] o zkušenosti autora publikace o praktickou aplikací výběru uložení v TOS Čelákovice
- [7] Modifikace [7] o zkušenosti autora publikace o praktickou aplikací výběru uložení v TOS Čelákovice
- [8] Příklady doporučených uložení pro výrobu v TOS Čelákovice – autor Skopal vypracováno 1975
- [9] Příklady doporučených uložení pro výrobu v TOS Čelákovice – autor Skopal vypracováno 1975
- [10] Tolerance a uložení [viděno 15. 10. 2018] on line. Dostupné z <http://www.mitcalc.com/doc/tolerances/help/cz/tolerances.htm>
- [11] Součinitel teplotní délkové roztažnosti [viděno 15. 10. 2018] on line. Dostupné z <http://www.fyzika007.cz/struktura-a-vlastnosti-latek/teplotni-roztaznost-pevnych-teles>
- [12] Obrázky pro grafické vyjádření některých pojmů.(výběr) upraveno pro praktické použití autorem. [viděno 15. 10. 2018] on line. Dostupné z <http://www.mitcalc.com/doc/tolerances/help/cz/tolerances.htm>