



**Česká metrologická společnost, z.s.**

**Novotného lávka 5, 116 68 Praha 1**

**tel/fax: 221 082 254**

**e-mail: cms-zk@csvts.cz**

**www.csvts.cz/cms**

**Metodika provozního měření**

**MPM 1.1.1/03/17**

**METODIKA PROVOZNÍHO MĚŘENÍ MEZNÍMI KALIBRY**

**Praha**

říjen 2017

**Vzorový metodický postup** byl zpracován a financován ÚNMZ v rámci Plánu standardizace – Program rozvoje metrologie 2017

**Číslo úkolu:** VII/3/17

**Zadavatel:** Česká republika – Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, organizační složka státu

**Řešitel:** Česká metrologická společnost, z.s.

© ÚNMZ, ČMS

**Neprodejné:** Metodika je volně k dispozici na stránkách ÚNMZ a ČMS. Nesmí však být dále komerčně šířena.

## 1 Předmět metodiky

Mezní kalibry slouží ke kontrole mezních rozměrů hřídelů a děr. Skládají se ze dvou funkčních částí:

**Dobrá strana** – slouží ke kontrole rozměrové meze maxima materiálu u hřídelí, resp. rozměrové meze minima materiálu u díry.

**Zmetková strana** – slouží ke kontrole rozměrové meze minima materiálu u hřídelí resp. rozměrové meze maxima materiálu u díry.

Metodika popisuje použití dílenských, kontrolních a porovnávacích kalibrů v provedení:

- válečkové trny (do průměru 100 mm),
- ploché kalibry (průměr 80 mm až 250 mm),
- odpichy s kulovými konci (do průměru 800 mm),
- mezní kroužky,
- třmenové mezní kalibry.

## 2 Související normy a metrologické předpisy

Čeněk Nenáhlo, dipl. tech.	Základy měření vybraných geometrických veličin - ČMS Praha 1996	[L1]
Čeněk Nenáhlo, dipl. tech	Měření vybraných geometrických veličin – ČMS Praha 2009	[L2]
Kalibrační postup KP 1.1.1/05/13	Měřicí přípravek (pro kontrolu délkových, popř. geometrických parametrů) - ČMS Praha 2013	[L3]
Kalibrační postup KP 1.1.1/16/11N	Měřicí trny - ČMS Praha 2011	[L4]
EA 4/02 M:2013	Vyjadřování nejistot měření při kalibraci	[L5]
TNI 01 0115	Mezinárodní metrologický slovník – Základní a všeobecné pojmy a přidružené termíny (VIM)	[L6]
ČSN 25 3100	Kalibry hladké pro díry a hřídele. Druhy	[L7]
ČSN 25 3101	Hladké kalibry pro díry a hřídele. Technické předpisy	[L8]
ČSN 25 3102	Kalibry hladké pro rozměry do 500 mm. Mezní úchytky	[L9]
ČSN 25 3110	Mezní měřidla. Válečkové kalibry oboustranné prům. 1 až 30 mm	[L10]
ČSN 25 3120	Mezní měřidla. Válečkové kalibry jednostranné prům. přes 30 až 100 mm	[L11]
ČSN 25 3123	Mezní měřidla. Válečkové kalibry jednostranné prům. přes 30 až 100 mm	[L12]
ČSN 25 3126	Mezní měřidla. Válečkové kalibry oboustranné prům. přes 30 až 100 mm	[L13]
ČSN 25 3140	Mezní měřidla. Ploché kalibry jednostranné prům. 60 až 160 mm	[L14]
ČSN 25 3142	Mezní měřidla. Ploché kalibry jednostranné prům. 60 až 160 mm	[L15]

ČSN 25 3170	Mezní měřidla. Třmenové kalibry oboustranné. Rozsah 3 až 100 mm	[L16]
ČSN 25 3172	Mezní měřidla. Třmenové kalibry oboustranné. Rozsah 2 až 103 mm	[L17]
ČSN 25 3180	Mezní měřidla. Třmenové kalibry jednostranné plechové. Rozsah 2 až 100 mm	[L18]
ČSN 25 3182	Mezní měřidla. Třmenové kalibry jednostranné plechové. Rozsah 3 až 500 mm	[L19]
ČSN 25 3185	Mezní měřidla. Třmenové kalibry jednostranné na zápichy. Rozsah 3 až 300 mm	[L20]
ČSN 25 3196	Mezní měřidla. Třmenové kalibry jednostranné. Rozsah 105 až 500 mm	[L21]

### 3 Kvalifikace pracovníků provádějících měření

Kvalifikace pracovníků provádějících měření pomocí mezních kalibrů je dána příslušným předpisem organizace. Tito pracovníci se seznámí s metodickým postupem upraveným na konkrétní podmínky daného pracoviště provádějícího měření a případnými (interními) souvisejícími předpisy.

Doporučuje se potvrzení odborné způsobilosti těchto pracovníků prokázat vhodným způsobem, například osvědčením o interním zaškolení, o absolvování odborného kurzu, v krajním případě certifikátem odborné způsobilosti. Úroveň školení závisí na zařazení pracovníka, důležitosti prováděné měřicí operace, případně specifickými požadavky zákazníka (odběratele produktů).

### 4 Názvosloví, definice

**Jmenovitý rozměr** – výkresem předepsaný základní rozměr.

**Mezní rozměry** – výkresem povolené krajní rozměry (dva).

**Skutečný rozměr** – rozměr naměřený, který leží mezi mezními rozměry.

**Dobrá strana mezního kalibru** – horní mezní rozměr hřídele resp. dolní mezní rozměr díry.

**Zmetková strana kalibru** – dolní mezní rozměr hřídele resp. horní mezní rozměr díry.

**Mezní úchylka** – rozdíl mezi jmenovitým rozměrem a jakýmkoli rozměrem naměřeným.

**Skutečná úchylka** – rozdíl mezi rozměrem jmenovitým a rozměrem skutečným.

Další termíny a definice viz TNI 01 0115.

## 5 Měřidla a pomocná měřicí zařízení

- Příložné a dotykové teploměry,
- odkládací stolky a držáky,
- čisticí prostředky: technický benzín nebo jiné odmašťovací, utěrka.

### 5.2 Prostředky pro popis a údržbu

- Odmagnetovací přístroj,
- popisovací přístroj, popř. elektrické značkovací pero,
- jemný brousek, speciální keramický brousek, např. Arkansas, jemný brusný pilník, brusné papíry atd.,
- čisticí prostředky: čistý benzín, např. lékárenský, vata, vlasový štětec, lněná utěrka, popř. jelenice,
- mazací a konzervační prostředky.

Poznámka: Všechna použitá měřidla a pomocná měřicí zařízení musí být navázány na etalon vhodného rozsahu a přesnosti a musí mít platnou kalibraci.

## 6 Obecné podmínky měření – veličiny ovlivňující výsledky měření

Provozní měření pomocí mezních kalibrů se provádí za těchto referenčních podmínek:

- Teplota prostředí ( $20 \pm 5$ ) °C,
- teplotní rozdíl mezi kalibrem a měřeným předmětem max. 2 °C,
- klidné prostředí bez průvanu na vlivu klimatizace,
- prostředí bez nadměrné prašnosti (dosedající na měřené plochy),
- suché prostředí s relativní vlhkostí přibližně do 75 %
- případné pomocné pomůcky (stojánky apod.) by měli být rovněž vytemperovány na teplotu použitých měřidel – odchylka max. 2 °C,
- pracovník provádějící kontrolu musí při měření používat konstantní sílu při zasouvání kalibrů do děr a na hřídele a v optimálním případě být zacvičen zkušeným pracovníkem, aby případně celý kolektiv používal při měření obdobnou sílu.

Před měřením musí být kalibry a případné měřicí pomůcky umístěny min. 1/2 hodiny poblíž měřeného předmětu.

Teplota měřeného předmětu a měřidel a teplota prostředí se zjišťuje před zahájením měření a po jeho skončení. Při delší době měření se kontrolují také průběžně. Ke zjištění teploty materiálu, kalibrů a pomůcek se použijí příložné nebo dotykové teploměry.

### Zdroje chyb měření

- tvar, materiál a další vlastnosti měřené součásti,
- kalibr včetně etalonu použitého při jeho kalibraci,

- postup měření (metoda)
- pracovní prostředí při měření a v něm působící ovlivňující veličiny (teplota a délková roztažnost),
- subjektivní chyby pracovníka provádějícího měření.

Možnosti eliminace těchto vlivů jsou uvedeny v článku č. 9.

## 7 Metrologické meze využití metody měření

Metodika popisuje použití dílenských, kontrolních a porovnávacích kalibrů v provedení (uvedeno též ve článku č. 1 tohoto postupu):

- válečkové trny (do průměru 100 mm),
- ploché kalibry (průměr 80 mm až 250 mm),
- odpichy s kulovými konci (do průměru 800 mm),
- mezní kroužky,
- třmenové mezní kalibry.

Přesnost měření vychází z přesnosti použitých kalibrů. Tolerance jsou uvedeny v normách pro jednotlivé typy kalibrů (viz čl. č. 2 tohoto postupu)

## 8 Kontrola měřidla před použitím a příprava na měření

### 8.1 Kontrola dodávky

Zkontroluje se dodávka co do počtu a kompletnosti odpovídá dokumentaci a porovná se s objednávkou, popř. jiným (interním) dokumentem nebo s požadavkem na měření (jsou-li k dispozici kritéria přijatelnosti – výkres, dodací podmínky apod.).

### 8.2 Čištění a předběžná kontrola

Důkladně se očistí měřené plochy a podle potřeby odmagnetují. Vizually se kontrolují funkční a měřicí plochy, případné ostré hrany, mechanická narušení a korodovaná místa. Kalibry s těmito poškozenými měřicími plochami se předají k odbornému ošetření.

### 8.3 Příprava měřeného předmětu

Vyžádají se potřebné dokumenty k měření: technický výkres měřeného předmětu, resp. jeho konstrukční dokumentace, potřebné technické normy, v případě potřeby se vyžádá i protilehlá součást, do které má být měřený předmět pasován nebo vsouván.

Měřené předměty, které neodpovídají stanoveným podmínkám dodávky, nelze měřením dále kontrolovat.

Mezní kalibry, které vykazují nedostatky, případně nemají prokázanu metrologickou návaznost, nelze dále k měření používat.

## 9 Postup měření

### 9.1 Rozdělení mezních kalibrů

- Dílenské kalibry (využívané ke kontrole děr a hřídelů ve výrobě),
- kontrolní kalibry (využívané při kontrolních procesech mezioperačních a výstupních kontrol),
- porovnávací kalibry (využívané při kontrole dílenských kalibrů, případně při kalibraci).

### 9.2 Typy hladkých kalibrů

- Kalibry válcové pro kontrolu děr,
- kroužky – kalibry pro kontrolu hřídelů,
- kalibry třmenové pro kontrolu výrobků velkých rozměrů.

Na každý mezní rozměr je nutné použít kalibr pro:

- dobrou stranu, kterou se kontroluje mez maxima materiálu u hřídele, resp. mez minima materiálu u díry,
- zmetkovou stranu, kterou se kontroluje mez minima materiálu u hřídele, resp. mez maxima materiálu u díry.

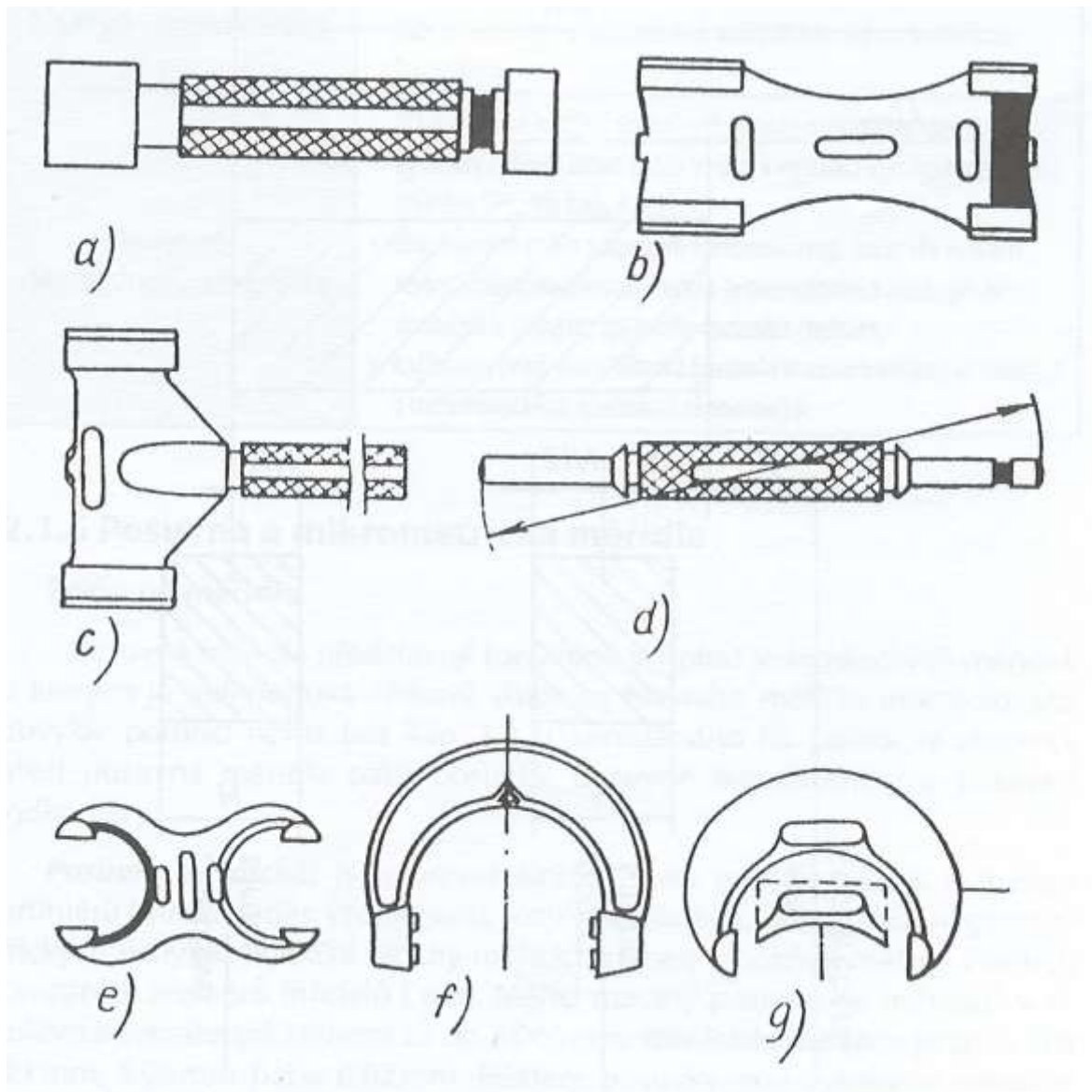
Poznámka:

Pro **díry** je dolním mezním rozměrem průměr největšího geometricky správného obalového válce, který může být vepsán do díry tak, aby se těsně dotýkal nejvíce vystupujících bodů povrchu. Rozměr kalibru ideálního geometrického tvaru přiléhajícího k díře bez vůle, nesmí být menší, než je mez maxima materiálu. [L1]

Pro **hřídele** je horním mezním rozměrem průměr nejmenšího geometricky správného obalového válce, který může být opsán hřídeli tak, aby se těsně dotýkal nejvíce vystupujících bodů povrchu. Rozměr kalibru ideálního geometrického tvaru přiléhajícího ke hřídeli bez vůle, nesmí být větší, než je mez maxima materiálu. [L1]

Výše uvedený výklad mezních rozměrů platí pro pevná nedeformující se tělesa, nikoli pro například pro dlouhé tyče a trubky, kde může být tolerance tvaru větší než tolerance průměru tyče nebo trubek. Vychází se zde z takzvaného **Taylorova principu**, podle kterého má:

- dobrá strana kalibru odpovídat svým tvarem a rozměry geometricky ideálnímu protikusu (kontrolou pomocí dobré strany kalibru se má zajistit vzájemná zaměnitelnost obrobků),
- zmetková strana kalibru umožňovat kontrolu jednotlivých rozměrů pokud možno bodově (to proto, aby se zjistilo případné překročení příslušného mezního rozměru).

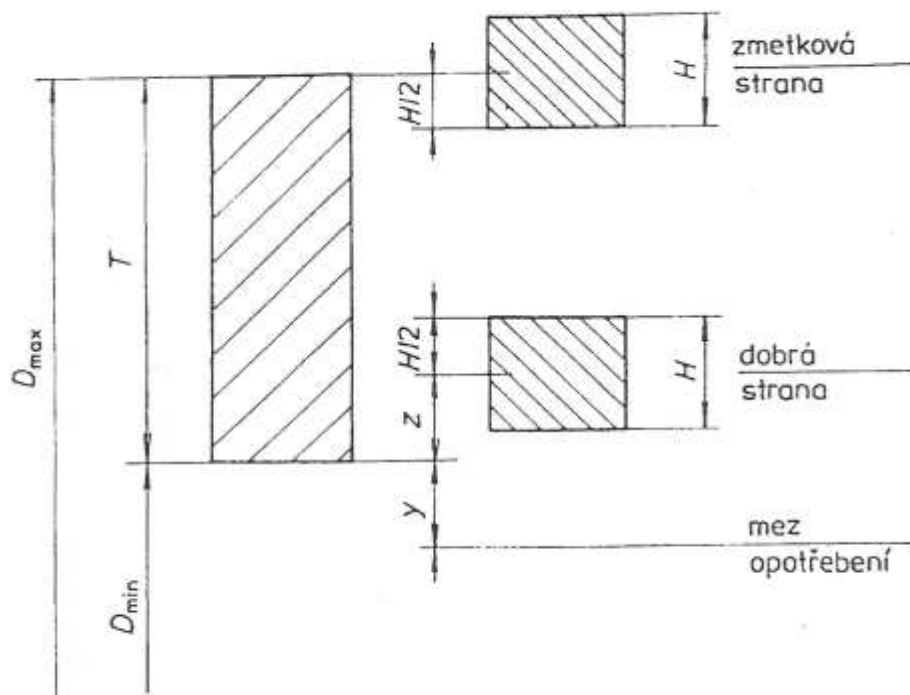


Kde:

- a, válečkový kalibr,
- b, plochý oboustranný kalibr s dobrou a zmetkovou stranou,
- c, plochý jednostranný kalibr s dobrou nebo zmetkovou stranou,
- d, mezní odpich s kulovými plochami s dobrou nebo zmetkovou stranou,
- e, třmenový oboustranný kalibr,
- f, třmenový jednostranný kalibr s dobrou a zmetkovou stranou
- g, třmenový jednostranný kalibr s dobrou nebo zmetkovou stranou.

**Obr. č. 1:** Příklady vybraných typů mezních kalibrů (podle [L1])





Kde:

$T$  – výrobní tolerance obrobku,

$D_{max}$ ,  $D_{min}$  – mezní rozměry obrobku,

$H$  – výrobní tolerance kalibru,

$z$  – posunutí tolerančního pole dobré strany kalibru,

$y$  – dovolená mez opotřebení dobré strany kalibru.

**Obr. č. 2:** Mezní kalibry - rozměry a tolerance (podle [L1])

Z uvedeného je zřejmé, že uvedený princip nelze ve všech případech dodržet a to pro kontrolu meze minima materiálu u děr. Zde není pro zmetkovou stranu k dispozici vhodný kalibr a je zapotřebí jej nahradit stupnicovým měřidlem. Za nejvhodnější lze považovat mikrometrický odpich.

Podle zmíněného Taylorova principu vzniká následné uspořádání mezních kalibrů:

	Kalibr do díry	Kalibr na hřídel
Dobrá strana kalibru	Válečkový čep	Kroužek
Zmetková strana kalibru	(Dvoubodový odpich)	Třmenový kalibr

## 9.3 Vlastní postup měření

### 9.3.1 Výhody a nevýhody použití mezních kalibrů

#### *Výhody mezních kalibrů*

- Snadno se zjistí zaměnitelnost kontrolovaných součástí,
- snadno se zjistí smontovatelnost kontrolovaných součástí,
- měření je rychlé, relativně pohodlné a snadné,
- měření nevyžaduje přílišné požadavky na kvalifikaci pracovníka provádějícího měření.

#### *Nevýhody mezních kalibrů*

- Nelze zjistit skutečnou hodnotu měřeného rozměru,
- z předchozího vyplývá, že výsledky není možno využít k regulaci výrobních procesů,
- jednoduchost a monotónnost měření při měření velkých počtů výrobků může vést k chybám,
- vzhledem k otírání měřených ploch jejich nutným posunem při měření vyžaduje kalibrace ve velmi krátkých kalibračních lhůtách, což zvyšuje ekonomickou nákladnost měření,
- protože na každý konkrétní rozměr je zapotřebí minimálně dvou kalibrů (dobrá a zmetková strana), vyžaduje metoda velkého množství kalibrů,
- z předchozího vyplývají velké nároky na skladový prostor.

Při menším množství kontrolovaných rozměrů však převažují výhody nad nevýhodami a proto se využívání hladkých mezních kalibrů dosud hojně využívá.

### 9.3.2 Základní pravidla a postup správného měření pomocí hladkých kalibrů

#### *Úkony před sérií měření*

- Zjistit dobu platnosti kalibrace používaného kalibru,
- seznámit se s měřicím postupem,
- zajistit správné osvětlení pracoviště,
- zkontrolovat, zda není kalibr poškozen nebo zkorodován – v opačném případě tento kalibr nepoužívat a předat k opravě.
- ochránit kalibr a měřený předmět před nárazy, pádem na tvrdou podložku a vibracemi,

#### *Vlastní měření*

- přesvědčit se že měřené plochy předmětu a měřicí plochy kalibru jsou dokonale čisté, zbavené olejů, vazelín, řezné kapaliny, vody apod.,

- přesvědčit se, že teplota kalibru a měřeného tělesa jsou vyrovnaná,
- kalibr jemně nasadit na měření místo,
- **dobrá strana válečkového kalibru musí měřenou dírou projít, brzděna jen adhezí povrchu, ve svislé poloze vlastní vahou nebo v obecné poloze silou jí odpovídající.**
- **zmetková strana válečkového kalibru se nesmí dostat do měřené díry vůbec nebo jen s použitím nepřiměřené síly,**
- **dobrá strana kroužku nebo třmenového kalibru musí obdobně přejít přes kontrolovaný hřídel ve svislé poloze jen vlastní vahou nebo v obecné poloze silou jí odpovídající,**
- **zmetkový kroužek nebo zmetková strana třmenového kalibru se nesmí dát vsunout na kontrolovaný hřídel bez vyvinutí nepřiměřené síly nebo vůbec,**
- měření opakovat minimálně dva až třikrát a při každém opakovaném měření opětovně měřené plochy očistit,
- pokud se kalibr během používání poškodí, předá se k opravě nebo vyřazení,

#### *Po ukončení měření*

- kalibry odkládat po měření na dřevěnou nebo plstěnou podložku umístěnou na chráněném místě, na této podložce nesmí být umístěno jiné nářadí ani materiál,
- po skončení měření umístit kalibry do ochranných pouzder nebo přihrádek tak, aby se mezi sebou nedotýkaly,
- nebudou-li kalibry po delší dobu užívány, opatřit je tenkou vrstvou konzervačního oleje nebo vazelíny,
- po provedené opravě musí kalibr projít kalibračním procesem.

#### *Eliminace negativních vlivů na měření*

Ke zvýšení přesnosti a spolehlivosti měření pomocí mezních hladkých kalibrů je zapotřebí omezit vlivy mající na měření negativní účinky. Jde zejména o:

- neužívat nekalibrovaná měřidla nebo kalibry s prošlou kalibrační lhůtou
- dodržení stálé teploty prostředí pokud možno blížící se teplotě 20 °C, pro kterou jsou kalibry vypočítány,
- vytemperování teploty kalibru a měřeného tělesa tak, aby rozdíly jejich teploty byly minimální (maximálně v desetínách K),
- zamezit přímému osvětlení měřicí plochy sluncem a jiným sálavým zdrojům tepla,
- kontrola stavu měřicí plochy kalibru (mechanické poškození, koroze, nečistoty, vlhkost, mastnota apod.)
- kontrola stavu měřicí plochy měřeného tělesa (drsnost povrchu, mechanické poškození, koroze, nečistota, otřepy, vlhkost, mastnota apod.),
- při měření postupovat co nejjemněji, bez použití násilí,
- kalibry nasazovat co nejméně šikmo k měřicí ploše,
- zamezit vibracím při měření.

## 10 Stanovení nejistoty měření při (příklad)

Smysluplnost stanovení velikosti nejistoty měření při použití mezních kalibrů je sporná. Důvodem je, že mezní kalibry pouze stanoví, zda rozměr měřené plochy předmětu vyhovuje, či nevyhovuje daným tolerancím. Výsledkem měření tedy není stanovení konkrétní velikosti veličiny.

Z výše uvedeného důvodu je uveden jen obecný postup stanovení nejistoty měření a případné příspěvky k nejistotě měření vztahující se ke kontrole děr a hřídelí pomocí mezních kalibrů.

Přesto lze stanovit základní příspěvky k nejistotě měření, které měření ovlivňují.

### Nejistotu typu A

Z výše uvedených důvodů nelze stanovit nejistotu typu A (nejsou k dispozici konkrétní naměřené rozměry a jejich odchylky).

### Nejistoty typu B

Příspěvky k nejistotě lze hledat následujících oblastech:

- nejistota měření stanovená při kalibraci použitého mezního kalibru (její hodnotu by měl uvádět kalibrační list použitého kalibru),
- stav povrchu měřeného předmětu (měřené plochy). Je daný způsobem jeho opracování a projevuje se drsností povrchu,
- ovalita (hranatost) měřeného předmětu jsou geometrické odchylky od ideálního tvaru díry nebo hřídele způsobené stavem výrobního zařízení měřeného předmětu. Zvláště u hranatosti může dojít k nesouladu mezi hodnotami rozměru zjišťované dvoubodovým měřením a rozměrem použitého mezního válečkového kalibru nebo kroužku,
- geometrické vady povrchu (otřepy, rýhy apod.) musí být pře měření dokonale odstraněny,
- nečistoty na povrchu (špína, oleje, zbytky konzervačních látek, třísky po obrábění, brusný prach apod.) musí být co nejdokonaleji odstraněny,
- rozdíly teplot na měřené ploše a mezi kalibrem a měřeným předmětem (hodnoty teploty musí být měřeny vhodným dotykovým teploměrem nebo musí být dodržena dostatečně dlouhá doba temperování),
- subjektivní chyby měřiče (velikost síly vyvíjené na kalibr při měření).

Základní postup případného stanovení rozšířené nejistoty měření vychází z následujících vztahů (viz EA 4/02 - Vyjadřování nejistot měření při kalibraci - [L5]).

$$U_c = 2 \sqrt{u_1^2 + u_2^2 + u_3^2 + u_4^2 + u_5^2 + u_6^2 + u_7^2}$$

Kde:

$U_C$  - celková nejistota měření

$u_1$  - nejistota uvedená v kalibračním listu kalibru

$u_2$  - vliv stavu povrchu měřeného předmětu

- $u_3$  - ovalita resp. hranatost díry nebo hřídele
- $u_4$  - vady povrchu
- $u_5$  - vliv nečistot na povrchu díry nebo hřídele (popř. kalibru)
- $u_6$  - rozdíly teplot mezi kalibrem a měřeným předmětem
- $u_7$  - subjektivní chyby pracovníka provádějícího měření

Žádná ze složek standardní kombinované nejistoty není dominantní, u většiny složek bylo odhadnuto rovnoměrné rozdělení, výsledné rozdělení pravděpodobnosti lze odhadnout jako normální s koeficientem rozšíření  $k = 2$ ; rozšířenou kombinovanou nejistotu měření lze tedy stanovit jako:

$$U = k.U_C = 2.U_C$$

Kde:

- $U$  – kombinovaná nejistota měření
- $k$  – koeficient rozšíření
- $U_C$  - celková nejistota měření

## 11 Záznamy o měření

Pokud má organizace stanoveny konkrétní záznamy o měření, využijí se. Úroveň záznamu je dána důležitostí měřicí operace a jeho rozsah stanoví odpovědný pracovník subjektu (technolog, metrolog atd.)

**Tyto záznamy by měly obsahovat například:**

- a) identifikace pracoviště provádějícího měření,
- b) pořadové číslo záznamu, očíslování jednotlivých stran, celkový počet stran,
- c) informace o měřidle a jeho identifikace,
- d) veličiny ovlivňující měření v okamžiku měření a způsob jejich kompenzace,
- e) název výrobní operace,
- f) datum měření, (případně i čas),
- g) označení použité metodiky měření (v našem případě např. MPM 1.1.1/03/17)
- h) měřidla použitá při měření a jejich identifikace,
- i) obecné vyjádření o návaznosti výsledků měření,
- j) výsledky měření a s nimi spjatou rozšířenou nejistotu měření a/nebo prohlášení o shodě s danou technologickou tolerancí,
- k) jméno pracovníka, provádějícího měření, jméno a podpis odpovědného (vedoucího) pracovníka, razítko pracoviště.

## 12 Péče o metodický postup

Originál metodického postupu je uložen u jeho zpracovatele, další vyhotovení jsou předána příslušným pracovníkům podle rozdělovníku (viz čl. 13.1 tohoto postupu).

Změny, popř. revize metodického postupu provádí jeho zpracovatel. Změny schvaluje vedoucí zpracovatele nebo metrolog organizace.

### 13 Rozdělovník, úprava a schválení, revize

Uvedený příklad je pouze orientační a subjekt si může tuto dokumentaci upravit podle interních předpisů o řízení dokumentů.

#### 14.1 Rozdělovník

Metodický postup		Převzal		
Výtisk číslo	Obdrží útvar	Jméno	Podpis	Datum

#### 14.2 Úprava a schválení

Metodický postup	Jméno	Podpis	Datum
Upravil			
Úpravu schválil			

#### 14.3 Revize

Strana	Popis změny	Zpracoval	Schválil	Datum

#### Upozornění

Tento metodický postup je třeba považovat za vzorový. Doporučuje se, aby jej organizace přizpůsobila svým požadavkům s ohledem na své metrologické vybavení a konkrétní podmínky.