



Česká metrologická společnost

Novotného lávka 5, 116 68 Praha 1

tel/fax: 221 082 254

e-mail: cms-zk@csvts.cz

www.csvts.cz/cms

Kalibrační postup

KP 1.1.4/04/15

KONTROLNÍ PRAVÍTKO

Nepronásklejně

Praha

Říjen 2015

Vzorový kalibrační postup byl zpracován a financován ÚNMZ v rámci Plánu standardizace – Program rozvoje metrologie

Číslo úkolu: VII/2/15

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

Řešitel: Česká metrologická společnost

Zpracoval: Ing. Vladislav Batěk

© ÚNMZ, ČMS

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

1 Předmět kalibrace

Tento kalibrační postup se vztahuje na kalibraci plochých kontrolních pravítek z oceli. Alternativně je možno postup použít při kalibraci pravítek jiného provedení (mostových), nebo i z jiných materiálů (granit, hliník).

Kalibrace popsané v tomto kalibračním postupu se týkají jak prvotní kalibrace, popř. vstupní kontroly pravítek v dané organizaci (dále jen PK), tak i rekalibrace během používání (dále jen RK).

2 Související normy a metrologické předpisy

ČSN 25 5100	Kontrolní a rýsovací nářadí. Ocelová pravítka, úhelníky a trojúhelníky. Přehled.	[1]
ČSN 25 5101	Kontrolní a rýsovací nářadí. Ocelová pravítka, úhelníky a trojúhelníky. Všeobecná ustanovení	[2]
ČSN 25 5102	Kontrolní a rýsovací nářadí. Přesnost průměrných ploch a hran ocelových pravítek a úhelníků	[3]
ČSN 25 5110	Kontrolní a rýsovací nářadí. Kontrolní pravítka	[4]
ČSN 25 5111	Kontrolní a rýsovací nářadí. Dílenská pravítka	[5]
ČSN 25 5502	Kontrolní a rýsovací nářadí. Přesnost průměrných ploch desek a hranolů	[6]
ČSN 01 4421 (neplatná, dostupná na ČSN on line)	Základní pravidla zaměnitelnosti. Měření úchylek přímosti	[7]
ČSN EN ISO 12780-1	Geometrické specifikace produktu (GPS) – Přímost-Část 1: Slovník a parametry přímosti	[8]
ČSN EN ISO 12780-2	Geometrické specifikace produktu (GPS) – Přímost-Část 2: Operátory specifikace	[9]
DIN 874 Blatt 1	Lineale. Flachlineale aus Stahl	[10]
VDI/VDE/DGQ 2618 Blatt 18	Prüfanweisung für Flachlineale	[11]
PN 25 5110 (KINEX *)	Pravítko pro kontrolu rovinnosti – 2 a 3 stupeň přesnosti	[12]
PN 25 5111 (KINEX *)	Pravítko pro kontrolu rovinnosti – 4 stupeň přesnosti	[13]
TNI 01 0115	Mezinárodní metrologický slovník – Základní a všeobecné pojmy a přidružené termíny (VIM)	[14]
ČSN EN ISO 10012	Systémy managementu měření - Požadavky na procesy měření a měřicí vybavení.	[15]
ČSN EN ISO/IEC 17025	Posuzování shody - Všeobecné požadavky na způsobilost zkušebních a kalibračních laboratoří	[16]
EA-4/02 M:2013	Vyjádření nejistoty měření při kalibraci	[17]
ČSN EN ISO 14253-1	Geometrické specifikace produktu (GPS) - Zkouška obrobků a měřidel měřením - Část 1: Pravidla rozhodování pro prokázání shody nebo neshody se specifikacemi	[18]
ČSN EN ISO 14253-2	Geometrické specifikace produktu (GPS) - Kontrola obrobků a měřicího vybavení měřením - Část 2: Návod pro odhad nejistoty měření při kalibraci měřicího vybavení a při ověřování výrobku	[19]

*) Normy jsou dostupné na www.kinex.cz/data/normy

3 Kvalifikace pracovníků provádějících kalibraci

Kvalifikace pracovníků provádějících kalibraci kontrolních pravítek je dána příslušným předpisem organizace. Tito pracovníci se seznámí s kalibračním postupem upraveným na konkrétní podmínky kalibrační laboratoře nebo obdobného pracoviště provádějícího kontroly měřidel a souvisejícími předpisy.

Doporučuje se potvrzení odborné způsobilosti těchto pracovníků prokázat vhodným způsobem, například osvědčením o odborné způsobilosti, osobním certifikátem apod.

4 Názvosloví, definice

Kontrolní pravítka - pravítka s přesností průměrných ploch podle II. a III. stupně přesnosti dodávaná v délkách 500 až 5000 mm.

Dílenská pravítka - pravítka s přesností průměrných ploch podle IV. stupně přesnosti dodávaná v délkách 500 až 3000 mm

Další termíny a definice jsou obsaženy v příslušných normách, v TNI 01 0115 a v publikacích věnovaných metrologické terminologii.

5 Prostředky potřebné ke kalibraci

- Sada koncových měrek, pracovní měrky 5. řádu,
- průměrná deska třídy přesnosti 00 nebo 0,
- číselníkový úchylkoměr s dělením 0,001 mm se stojánkem,
- libela s dělením minimálně 0,02 mm/m s měřicím můstkem,
- sada mikrometrů,
- tělískový teploměr s měřicím rozsahem min (16 až 26) °C s hodnotou dílku stupnice min 0,2 °C, popř. jiný teploměr obdobných parametrů, navázaný na etalon,
- vlhkoměr,
- čisticí prostředky (lékařský benzín, miska, lněná utěrka, smirkový papír, lapovací destička, jemný pilník),
- mazací a konzervační prostředky (lékárenská vazelína, hodinářský olej apod.

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 kalibrace

Kalibrace kontrolních pravítek se provádí za těchto referenčních podmínek:

Teplota prostředí: $(20 \pm 2) ^\circ\text{C}$

Změna teploty vzduchu za 1 hodinu: max. $1 ^\circ\text{C}$

Relativní vlhkost vzduchu: max. 70 % relat.

Před vlastní kalibrací mají být pravítko a přístroj použitý ke kalibraci umístěny v místnosti, kde se kalibrace provádí. Kalibrace nesmí být zahájena dříve, než měřidla dosáhnou uvedené teploty.

7 Rozsah kalibrace

- Kontrola dodávky a příprava (čl. 8),
- měření přímosti a rovinnosti pomocí příměrné desky (čl. 9.1),
- měření přímosti pomocí libely (čl. 9.2),
- další způsoby měření přímosti (čl. 9.3),
- měření rovnoběžnosti dvou příměrných ploch (čl. 9.4),
- vyhodnocení kalibrace (čl. 10).

8 Kontrola dodávky a příprava ke kalibraci

8.1 Kontrola dodávky

Zkontroluje se typ a počet dodaných pravítek, porovná se podle objednávky nebo podle dodacího listu. Kontroluje se, zda označení měřidla evidenčním číslem odpovídá údajům v objednávce. (PK, RK)

Při recalibraci se kontroluje označení na měřidle a v dodaném podkladu (evidenční karta, výpis z počítačové evidence měřidel). (pouze RK)

Převzetí pravítka ke kalibraci stvrzuje pracovník kalibrační laboratoře svým podpisem na kopii objednávky nebo na formuláři k tomu určeném.

8.2 Čištění a předběžná kontrola

Zjistí se, zda měřidlo nemá viditelné závady (koroze, naražená místa, rýhy na funkčních plochách, nečitelné označení). (PK, RK)

Pravítko se vyčistí smirkovým papírem, funkční plochy se opraví lapovací destičkou, naražené hrany dílenských pravítek se opraví pilníkem. Sejmou se značky, kterými bylo měřidlo opatřeno při předchozí kalibraci. (pouze RK)

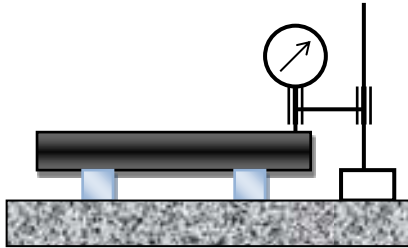
Funkční plochy se očistí pomocí utěrky a technického benzínu. Pravítko, které nevyhovělo při vnější prohlídce, se vyřadí z dalších zkoušek. (PK, RK)

8.3 Příprava měřidla

Pravítko se položí na příměrnou desku, kde se teplotně stabilizuje přibližně půl hodiny. Předběžně se pravítko kontroluje, zda sedí celou funkční plochou na desce.

9 Postup kalibrace

9.1 Měření přímosti a rovinnosti pomocí průměrné desky



Pravítko se podloží na průměrné desce třídy přesnosti minimálně 0 dvěma stejnými koncovými měrkami v bodech minima průhybu, tj. 0,223 násobku délky pravítka od jeho konců. Úchylka přímosti se zkouší vkládáním koncových měrek mezi desku a pravítko, nebo úchylkoměrem. Při měření úchylkoměrem je třeba konce pravítka vyrovnat do stejné výšky, což se provede podložením měrkami. Pro posouzení vlivu průhybu je vhodné kontrolovat pravítko také v otočené poloze.

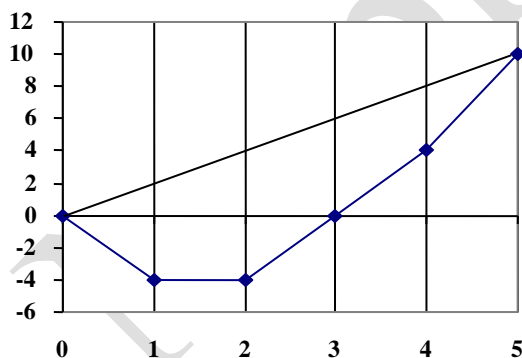
9.2 Měření přímosti pomocí libely

Pomocí libely známé citlivosti lze měřit přímost pravítka krokovou metodou. Metoda je vhodná i pro dlouhá průměrná pravítka. Pro přesné měření je vhodné použití měřicího můstku. Měření pomocí libely se vyhodnocuje zpravidla graficky. Podle délky kroku měřicího můstku se dílek libely přepočte na sklony. Naměřené sklony se pak vynášejí do grafu tak, aby na sebe navazovaly stejně, jako na sebe navazují jednotlivé kroky libely.

Krok číslo	0	1	2	3	4	5
Čtené dílky	0	-1	0	1	1	1,5
Sklony dílčí (μm)	0	-4	0	4	4	6
Sklony nasčítané	0	-4	-4	0	4	10

Příklad na vedlejším obrázku představuje měření rovinnosti pravítka délky 1 m libelou s dělením 0,02 mm/m umístěné na můstku délky 200 mm. Jeden dílek libely pak na dané délce můstku představuje sklon:

$$\text{Dílek} = 0,02 / 1000 \times 200 = 0,004 \text{ mm} = 4 \mu\text{m}$$



Naměřené dílky v jednotlivých krocích přepočteme v tabulce na sklony a vyneseme do grafu. Spojnice počátečního a koncového bodu grafu je referenční přímkou, od které vyhodnocujeme úchylku přímosti. V našem příkladu je úchylka přímosti přibližně 8 μm . Nasčítané sklony v posledním řádku tabulky jsou souřadnicemi koncových bodů a umožňují sestavit graf počítačem.

9.3 Další způsoby měření přímosti

Pro měření přímosti pravítek lze využít také souřadnicové měřicí stroje, popřípadě měřicí mikroskopy. Nejpřesnější měření malých pravítek umožňují profilografy. Pro měření přímosti je také možno využít přesných optických metod pomocí autokolimátoru, nebo laseru, v některých případech i nivelačního přístroje. Existují i speciální přímoměrné přístroje, kde je referenční přímka vytvářena buď optickým paprskem, nebo napnutou ocelovou strunou. Pro měření přímosti ve svislé poloze lze též využít některých typů kruhoměrů.

Použití těchto strojů a metod závisí na možnostech laboratoře, délce měřených pravítek a

požadované přesnosti měření a proto nebude detailně popisováno.

9.4 Měření rovnoběžnosti dvou průměrných ploch

Rovnoběžnost průměrných ploch se měří pomocí mikrometru alespoň na pěti místech rozložených rovnoměrně po celé délce pravítka. Dovolená úchylka rovnoběžnosti průměrných ploch a hran čtyřhranného pravítka je rovná mezní úchylice příslušné přímosti průměrné plochy.

10 Vyhodnocení kalibrace

10.1 Postup vyhodnocení

Pokud je výsledkem měření zjištěná čára (profilový graf), vyhodnocuje se přímost zpravidla stanovením nejmenší zóny podle ČSN EN ISO 12780. V praxi jsou pravítka zpravidla ohnutá a zjištěná čára je vyduťtá nebo vypuklá. Potom se spojí oba konce zjištěné čáry přímkou a s touto přímkou se vede rovnoběžka tak, aby profil přímosti ležel ve vymezené zóně. Šířkou této zóny je pak dána úchylka přímosti. U metod měření přímosti úchylkoměrem od průměrné desky postupuje zpravidla tak, že konce pravítka srovnáme různou velikostí podložných měrek do stejné výšky od referenční roviny. Největší odchylku výšky od koncových bodů, naměřenou na průměrné ploše, pak považujeme za úchylku přímosti (rovinnosti) pravítka.

Zjištěná přímost pravítka se vyhodnotí podle tab. I. uvedené v ČSN 25 5102, která je zde pro příklad uvedena ve zkrácené verzi:

Délka pravítka <i>L</i> (mm)	Stupeň přesnosti průměrných ploch a hran (μm)			
	I	II	III	IV
500	4	7	14	30
750	5	9,5	19	40
1000	6	12	24	50
1500	8	17	34	70
2000	10	22	44	90
2500	12	27	54	110
3000	14	32	64	130
4000	18	42	84	170
5000	22	52	104	210

Obdobná německá norma DIN 874 uvádí také čtyři stupně přesnosti, označené 00 až 2. Pro plochá pravítka do 500 mm uvádí shodné tolerance.

Délka pravítka <i>l</i> (mm)	Tolerance rovinnosti v μm pro stupeň přesnosti:			
	00	0	1	2
do 500	4	7	12	21
750	6	9,5	17	27
1000	8	12	21	33
1500	-	17	29	46
2000	-	22	37	58
2500	-	27	46	71
3000	-	32	54	83
4000	-	42	71	108
5000	-	-	87	133

Z porovnání obou tabulek vyplývá, že tolerance pro II. stupeň podle ČSN odpovídají stupni 0 podle DIN. Pro ostatní stupně pak platí, že ČSN má větší rozdíly mezi jednotlivými stupni tolerancí, než DIN.

10.2 Postup v případě neshody

V případě, že kalibrované pravítko nevyhoví udanému stupni přesnosti, přeřadí se do odpovídajícího nižšího stupně přesnosti. Měřidlo, jehož chyba zmenšená o nejistotu měření neodpovídá ani nejmírnějším požadavkům normy nebo zadavatele, označí laboratoř jako vadné a předá zadavateli kalibrace odděleně od vyhovujících měřidel.

11 Kalibrační list

Výsledky měření by měly být uváděny v souladu s normou ČSN EN ISO 17025 a jejího článku 5.10 – Uvádění výsledků. Jednou z forem je kalibrační list. Zejména pokud nemůžeme s ohledem na nejistotu rozhodnout, zda měřidlo vyhovuje či nevyhovuje předpisu, je vhodné uvádět kalibračním graf.

11.1 Náležitosti kalibračního listu

Kalibrační list by měl obsahovat tyto údaje:

- a) název a adresu kalibrační laboratoře,
- b) pořadové číslo kalibračního listu, očíslování jednotlivých stran, celkový počet stran,
- c) jméno a adresu zadavatele, popř. zákazníka,
- d) název, typ, výrobce a identifikační číslo kalibrovaného pravítka,
- e) datum přijetí pravítka ke kalibraci (nepovinně), datum provedení kalibrace a datum vystavení kalibračního listu,
- f) určení specifikace uplatněné při kalibraci nebo označení kalibračního postupu (v tomto případě KP 1.1.4/04/15),
- g) podmínky, za nichž byla kalibrace provedena (hodnoty ovlivňujících veličin apod.),
- h) měřidla použitá při kalibraci,
- i) obecné vyjádření o návaznosti výsledků měření (etalony použité při kalibraci),
- j) výsledky měření a s nimi spjatou rozšířenou nejistotu měření a/nebo prohlášení o shodě s určitou metrologickou specifikací,
- k) jméno pracovníka, který kontrolní pravítko kalibroval, jméno a podpis odpovědného (vedoucího) pracovníka, razítko kalibrační laboratoře.

Akreditovaná kalibrační laboratoř navíc uvede číslo laboratoře a odkaz na osvědčení o akreditaci. Součástí kalibračního listu je též prohlášení, že uvedené výsledky se týkají pouze kalibrovaného předmětu a kalibrační list nesmí být bez předběžného písemného souhlasu kalibrační laboratoře publikován jinak, než celý.

Pokud provádí kalibrační, resp. metrologická laboratoř kalibraci pro vlastní organizaci, může být kalibrační list zjednodušen, případně vůbec nevystavován (výsledky kalibrace mohou být uvedeny např. v kalibrační kartě měřidla nebo na vhodném nosiči, popř. v elektronické paměti). V tomto případě je vhodné, aby kalibrační laboratoř zpracovala záznam o měření (s uvedenými měřenými hodnotami) a archivovala ho.

11.2 Protokolování

Originál kalibračního listu se předá zadavateli kalibrace. Kopii kalibračního listu si ponechá kalibrační laboratoř a archivuje ji po dobu nejméně pěti let, nebo po dobu

stanovenou zadavatelem, zároveň se záznamem o kalibraci. Doporučuje se archivovat záznamy a kalibrační listy chronologicky. Výsledky kalibrace se mohou v souladu s případnými podnikovými metrologickými dokumenty zanášet do kalibrační karty měřidla nebo ukládat do vhodné elektronické paměti.

11.3 Umístění kalibrační značky

Po provedení kalibrace může kalibrační laboratoř označit kalibrované měřidlo kalibrační značkou, popř. kalibračním štítkem nejčastěji s uvedením čísla kalibračního listu, datem provedení kalibrace, případně s logem laboratoře. Pokud to není výslovně uvedeno v některém interním podnikovém metrologickém předpisu nebo kupní smlouvě se zákazníkem, nesmí kalibrační laboratoř uvádět na svém kalibračním štítku datum příští kalibrace, protože stanovení kalibrační lhůty měřidla je právem a povinností uživatele.

12 Péče o kalibrační postup

Originál kalibračního postupu je uložen u jeho zpracovatele, další vyhotovení jsou předána příslušným pracovníkům podle rozdělovníku (viz čl. 13.1 tohoto postupu). Změny, popř. revize kalibračního postupu provádí jeho zpracovatel. Změny schvaluje vedoucí zpracovatele (vedoucí kalibrační laboratoře 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.

13.1 Rozdělovník

Kalibrační postup		Převzal		
Výtisk číslo	Obdrží útvar	Jméno	Podpis	Datum

13.2 Úprava a schválení

Kalibrační postup	Jméno	Podpis	Datum
Upravil			
Úpravu schválil			

13.3 Revize

Strana	Popis změny	Zpracoval	Schválil	Datum

14 Stanovení nejistoty měření (příklad výpočtu)

Měří se přímota pravítka délky 750 mm pomocí granitové průměrné desky třídy přesnosti 00 a pomocí číselníkového úchylkoměru s dělením 0,001 mm ve stojánku. Pravítko se podloží na desce koncovými měrkami ve vzdálenosti 0,223 délky pravítka od jeho konců. Měrky se volí tak, aby konce pravítka byly ve stejné výšce od desky s přesností 2 μm . Největší úchylka přímosti desky je 4 μm . Chyba úchylkoměru je 2 μm . Předpokládá se ohnutí pravítka a vliv teploty se zanedbává.

Výchozí rovnice má tvar:

$$S_x = S_n + S_i + \Delta S$$

kde:

S_x – přímota zkoušeného pravítka

S_n – přímota referenční desky

S_i – úchylka přímosti indikovaná úchylkoměrem

ΔS – nevyrovnání konců pravítka do stejné výšky

Tabulka pro výpočet nejistot

Veličina	Meze nejistot	Typ rozdělení	Dílčí nejistota	Koeficient	Příspěvek k nejistotě	
Přímota desky třídy přesnosti 00 Mezní úchylka přímosti 4 μm	S_n	4 μm	rovnom. $\sqrt{3}$	2,3 μm	1	2,3 μm
Úchylkoměr Největší naměřená chyba 2 μm	S_i	2 μm	norm. $k = 2$	1 μm	1	1,0 μm
Nevyrovnání konců pravítka Největší chyba 2 μm	ΔS	2 μm	rovnom. $\sqrt{3}$	1,2 μm	1	1,2 μm
Měřená úchylka přímosti pravítka	S_x	Nejistota kalibrace u pro $k = 1$				2,9 μm
		Rozšířená nejistota kalibrace U pro $k = 1$				5,8 μm

Rozšířená nejistota měření přímosti:

$$U = 5,8 \mu\text{m} (k = 2)$$

Vypočítaná rozšířená nejistota měření odpovídá svou velikostí v nejlepší případě toleranci pravítka třídy přesnosti I (resp. 00 podle DIN).

Z velikosti vypočítané nejistoty měření je patrné, že metoda je vhodná jen pro pravítka nižších tříd přesnosti.

15 Validace

Kalibrační metody podléhají validaci v souladu s normou ČSN EN ISO/IEC 17025 čl. 5.4. Validační zpráva je uložena v archivu sekretariátu ČMS.

Změny proti předchozímu vydání

Tento kalibrační postup byl upraven s přihlédnutím k novým metrologickým předpisům a normám a podle připomínek uživatelů. Dále byl doplněn o příklad stanovení nejistoty měření při kalibraci a validaci použité metody.

Upozornění

Kalibrační postup je třeba považovat za vzorový. Doporučuje se, aby jej organizace přizpůsobila svým požadavkům s ohledem na své metrologické vybavení a konkrétní podmínky. V případě, že střediskem provádějícím kalibraci je akreditovaná kalibrační laboratoř, měl by být kalibrační postup navíc upraven podle příslušných předpisů (zejména MPA a EA).

Neprodejně