



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

Kalibrační postup

KP 1.1.2/02/20

POSUVKY II.

Číslicové a s nonickou diferencí 0,02 mm

Praha

říjen 2020

Vzorový kalibrační postup byl zpracován a financován ÚNMZ v rámci Plánu standardizace – Program rozvoje metrologie 2020

Číslo úkolu: VII/2/20

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 kalibrace

Tento kalibrační postup se vztahuje na kalibraci posuvek s dělením nonia 0,02 mm a číslicových posuvek s měřicím rozsahem do 1 000 mm. Kalibrační postup vychází z normy ČSN EN ISO 13385-1: 2020, která nově definuje chyby posuvek a zavádí nové pojmy i přístupy ke kalibraci posuvek.

Kalibrace popsaná v tomto kalibračním postupu se týká jak interně prováděných kalibrací a rekalibrací, např. v rámci technické kontroly, tak i externě zadávaných kalibrací prováděných v kalibračních střediscích.

2 Související normy a metrologické předpisy

ČSN EN ISO 13385-1:2020 anglicky	Geometrické specifikace produktu (GPS) - Rozměrové měřicí vybavení - Část 1: Konstrukce a metrologické charakteristiky posuvných měřidel	[L1]
ČSN EN ISO 14253-1:2018 anglicky	Geometrické specifikace produktu (GPS) – Zkouška obrobků a měřidel měřením – Část 1: Pravidla rozhodování pro prokázání shody nebo neshody se specifikacemi	[L2]
ČSN EN ISO 14253-2:2012	Geometrické specifikace produktu (GPS) – Zkouška obrobků a měřidel měřením – Část 2: Návod pro odhad nejistoty měření v GPS, při kalibraci měřicího vybavení a při ověřování výrobku	[L3]
ČSN 99 0652	Posuvná měřidla s nonickou diferencí 0,02 mm. Technické požadavky	[L4]
ČSN EN ISO 3650:2000	Geometrické požadavky na výrobky (GPS) – Etalony délek – Koncové měřky	[L5]
ČSN EN ISO 9001:2018	Systémy managementu kvality - Požadavky	[L6]
ČSN EN ISO 10012:2003	Systémy managementu měření - Požadavky na procesy měření a měřicí vybavení.	[L7]
ČSN EN ISO/IEC 17025:2018	Posuzování shody - Všeobecné požadavky na kompetenci zkušebních a kalibračních laboratoří	[L8]
TNI 01 0115	Mezinárodní metrologický slovník - Základní a všeobecné pojmy a přidružené termíny (VIM)	[L9]
EA 4/02 M:2013	Vyjadřování nejistot měření při kalibracích	[L10]

3 Kvalifikace pracovníků provádějících kalibraci

Kvalifikace pracovníků provádějících kalibraci posuvných měřidel 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 se souvisejícími předpisy.

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

4 Názvosloví, definice

4.1 Termíny

Posuvné měřidlo (posuvka) – měřicí přístroj pro určení velikosti vnější nebo vnitřní míry pomocí pohybu posuvnou čelistí po stupnici, která je spojena s pevnou čelistí.

Kontakt měřicího doteku – kontakt mezi měřicí plochou čelistí a měřeným kusem.

Úplný kontakt měřicího doteku – kontakt mezi celou měřicí plochou čelistí a měřeným kusem.

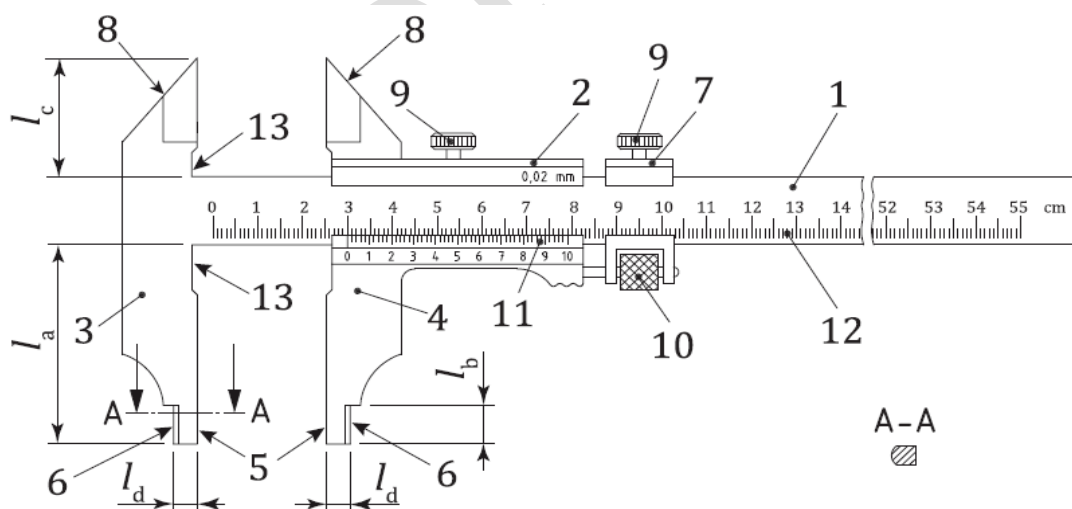
Částečný kontakt měřicího doteku – kontakt mezi částí měřicí plochy čelistí a měřeným kusem.

Přímka kontaktu měřicího doteku – kontakt s měřeným kusem v přímce kolmé k měřicí ploše čelistí.

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

4.2 Konstrukce a názvosloví

Konstrukce posuvky s noniemi s dělením 0,02 mm je na Obr. č. 1



Obr. č. 1 Posuvka s noniemi s dělením 0,02 mm

Legenda

1 nosník
2 posuvník

10 zařízení pro jemné nastavení
11 nonius

3	pevná čelist	12	hlavní stupnice
4	posuvná čelist	13	vybrání
5	měřicí doteky pro vnější měření	l_a	délka čelisti pro vnější měření
6	měřicí doteky pro vnitřní měření	l_b	délka čelisti pro vnitřní měření
8	nožové doteky pro vnější měření	l_c	délka nožových čelisti pro vnější měření
9	zajišťovací šroub	l_d	šířka čelistí pro vnitřní měření

5 Měřidla a pomocná měřicí zařízení pro kalibraci

- Sada koncových měrek do 100 mm, pracovní etalon minimálně 5. sekundárního řádu a 2. třídy přesnosti,
- sada koncových měrek do 1000 mm, pracovní etalon minimálně 5. sekundárního řádu a 2. třídy přesnosti,
- sada koncových měrek na mikrometry (doporučena),
- příslušenství koncových měrek ČSN 25 3327 (pro delší rozměry),
- etalonový kroužek \varnothing 5 mm navázaný na příslušný etalon,
- etalonový kroužek \varnothing 25 až 50 mm navázaný na příslušný etalon,
- měřicí váleček \varnothing 15 mm,
- průměrná deska,
- tělískový teploměr s měřicím rozsahem min 16 °C až 26 °C s hodnotou dílku stupnice min. 0,2 °C, popř. jiný teploměr obdobných parametrů,
- vlasový vlhkoměr,
- odmagnetovací přístroj,
- lupa zvětšovací 6x až 8x,
- šroubováky různých šířek (0,9 mm až 3,5 mm),
- speciální keramický brousek, lapovací kámen,
- smirkový papír Carborundum 320, lapovací papír 500,
- čisticí prostředky (čistý lékařský benzín, miska, vlasový štětec, lněná utěrka, jelenice),
- příslušenství k ošetřování koncových měrek,
- mazací a konzervační prostředky (lékárenská vazelína, hodinářský olej apod.).

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

6 Obecné podmínky kalibrace – referenční podmínky

Kalibrace posuvky se provádí za těchto podmínek:

teplota prostředí:	20 °C \pm 2 °C,
teplotní rozdíl mezi etalonem a kalibrovanou posuvkou:	max. 2 °C,
vlhkost vzduchu:	50 % \pm 15 % relat.

Minimální doba temperování posuvky a příslušných etalonů je 60 minut. Teplota

kalibrované posuvky, etalonu a prostředí v místnosti se měří před zahájením kalibrace a po jejím skončení. Relativní vlhkost vzduchu se měří vlhkoměrem před zahájením kalibrace.

Před vlastní kalibrací mají být kalibrovaná posuvná měřítka umístěna poblíž kalibračního zařízení v místnosti, kde se kalibrace provádí. Kalibrace nesmí být zahájena dříve, než posuvky i kalibrační zařízení dosáhnou uvedené teploty.

Odchylka od normální teploty má být zohledněna při stanovení nejistoty měření.

7 Rozsah kalibrace

Kalibrace posuvek se člení na tyto úkony:

- Kontrola posuvek předložených ke kalibraci (viz čl. 8.1),
- čištění a úpravy posuvky (viz čl. 8.2),
- kontrola způsobilosti posuvky pro kalibrování (viz čl. 8.2),
- stanovení chyby přímky kontaktu (viz čl. 9.1),
- stanovení chyby částečného kontaktu E doteků pro vnější měření (viz čl. 9.2),
- stanovení posunuté chyby S ostatních doteků (viz čl. 9.3),

8 Předběžná kontrola a úprava posuvky

8.1 Kontrola posuvek předložených ke kalibraci

Porovná se počet měřidel, typy a případné příslušenství podle objednávky, resp. její kopie nebo dodacího listu. Zkontroluje se označení posuvky evidenčním číslem. Provede se základní vzhledová kontrola a kontrola úplnosti a funkčnosti posuvky. U číslicových posuvek se kontroluje stav baterie, popřípadě se baterie vymění.

Překontroluje se, zda posuvka není mechanicky poškozena. Vizualně se překontrolují měřicí doteky, včetně případné funkční plochy hloubkoměru. Měřicí plochy nesmějí být poškrabány nebo jinak poškozeny. Šrouby na ustavujícím ústrojí nesmějí být ohnuty, nesmějí mít poškozený závit. Čárková stupnice a její číslice musí být dobře čitelné.

U číslicových posuvek se všechny dekády se nastaví pokud možno na "8". Všechny číslice musí být úplné (všechny segmenty) a dobře čitelné. V libovolné poloze posuvné části musí být měřená hodnota identifikována jednoznačně.

Hrubě poškozená, neopravitelná měřidla se vyřadí z evidence, nebo vrátí zákazníkovi odděleně od měřidel kalibrovaných.

8.2 Čištění a úpravy posuvky

U nonických posuvek se lehce poškozené plochy upraví, např. lapovacím papírem, poškozené hrany vodicích ploch tělesa posuvky se upraví jemným pilníkem a dočistí lapovacím kamenem, místa napadená korozí se očistí smirkovým plátnem. Posuvka se očistí, všechny měřicí plochy se odmastí, posuvka se podle potřeby odmagnetuje.

Číslicové posuvky se pouze očistí a odmastí. Nesmějí být vystavovány působení elektrických nebo magnetických polí.

Posuvka se podle možností seřídí. Pohyb posuvníku musí být plynulý, bez zadržávání a pouze s minimální vůlí v celém měřicím rozsahu. Čelisti pro vnější měření musí být rovnoběžné.

8.3 Kontrola způsobilosti posuvky pro kalibrování

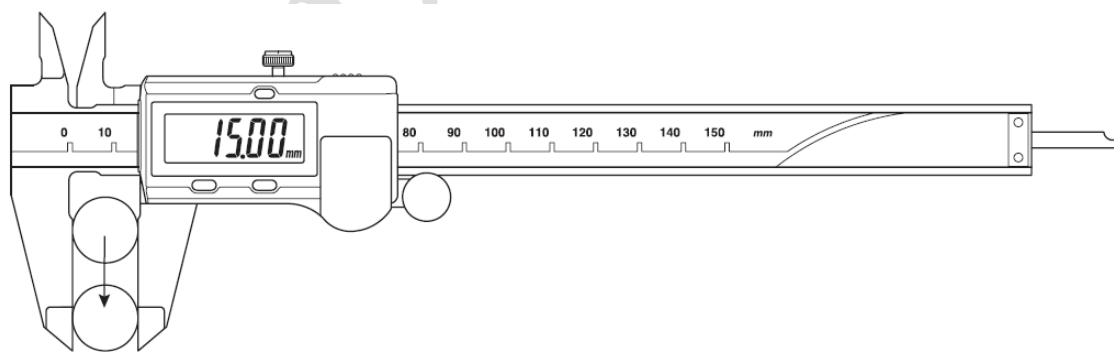
Před kalibrací se kontrolují doteky na průsvit, aby se zjistily možné problémy způsobené nerovnoběžností či místním opotřebením. Pokud je posuvník zajištěn ustavovacím zařízením, nebo zajišťovacím šroubem, nesmí se velikost indikace měnit. Referenční bod analogových posuvek je zpravidla pevně nastaven a případná chyba se přenáší do metrologických charakteristik (početní korekce není dovolena).

9 Postup kalibrace

9.1 Chyba přímky kontaktu (chyba rovinnosti a rovnoběžnosti doteků)

Chyba přímky kontaktu se zjistí pomocí měřicího válečku měřením v různých místech podél měřicích doteků pro vnější měření. Měření detekuje vliv rovnoběžnosti, jakož i chybu rovinnosti a místní opotřebení měřicích doteků. Rovnoběžnost doteků ovlivňuje chybu částečného kontaktu E. Proto je zkouška důležitá u opotřebených posuvek, není však nezbytná u posuvek nových. Zkouška se provádí zpravidla v jednom místě měřicího rozsahu.

Chyba přímky kontaktu se zkouší měřicím válečkem, například o průměru 15 mm, v různých místech podél doteků. Chyba je dána rozpětím naměřených hodnot. Dovolená chyba (MPE) je dána rozpětím příslušné meze E_{MPE} . Pokud je například $E_{MPE} = \pm a$, potom dovolená chyba přímky doteků MPE je $2a$.



Obr. č. 2 Příklad stanovení chyby přímky kontaktu

9.2 Chyba částečného kontaktu s povrchem E (omezená E_{MPE})

Chyba částečného kontaktu povrchu se zkouší pomocí doteků pro vnější měření a to měřením na části plochy koncové měřky. Tato chyba se vyhodnotí jako rozdíl mezi hodnotou měřenou posuvkou a hodnotou etalonu.

Chyba částečného kontaktu se zkouší pomocí koncových měrek jako vícenásobná zkouška v celém měřicím rozsahu posuvky a v různých vzdálenostech od nosníku, viz Obr. č. 2.

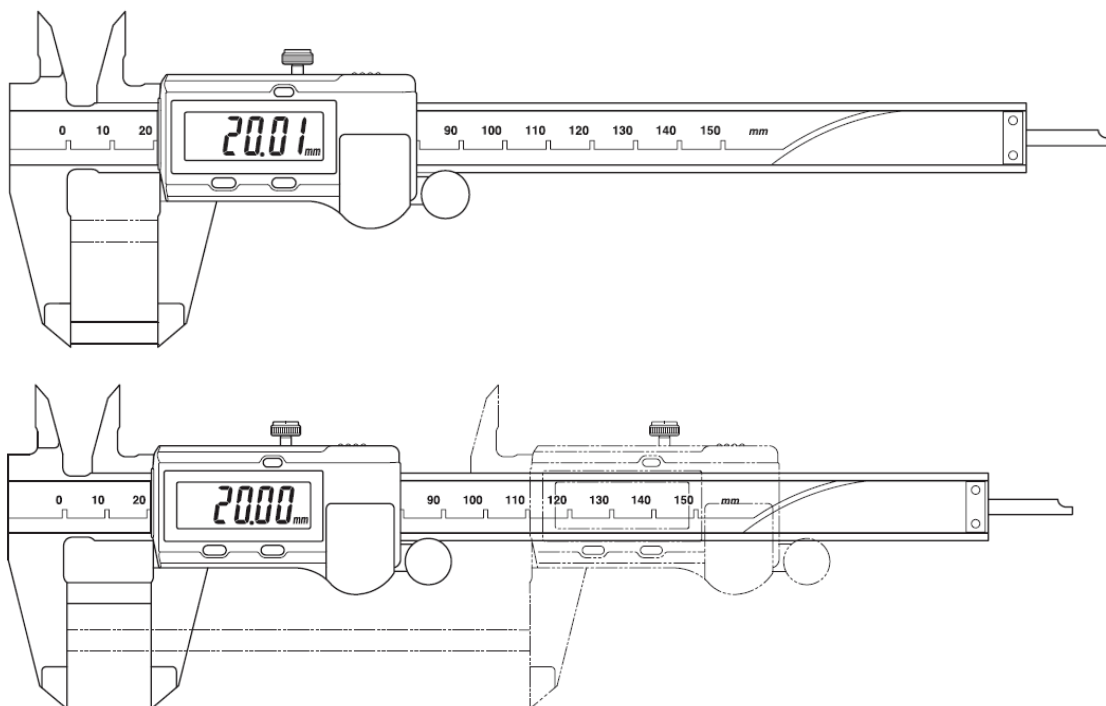
Zkušební body se volí rovnoměrně v měřicím rozsahu posuvky a jejich minimální počet udává Tab. č. 2. Zkušební body mají pokrýt alespoň 90% měřicího rozsahu posuvky a referenční bod 0 se do jejich počtu nezapočítává. Nejkratší a nejdelší měřka se měří v obou krajních polohách, tj. co nejbližší nosníku a u špiček čelistí.

Zkušební body se volí tak, aby se kontrolovalo také dělení stupnice nonia v různých místech.

Průměrování naměřených hodnot není při měření chyby částečného kontaktu dovoleno. Vliv opakovatelnosti se zahrnuje do výsledku zkoušky.

POZNÁMKA 1 Chyba částečného kontaktu s povrchem úmyslně zjišťuje kombinaci různých chyb posuvky včetně chyby stupnice, vlivu měřicí síly, vůle mezi nosníkem a posuvníkem, průhybu nosníku a vlivu rovnoběžnosti a rovinnosti měřicích doteků.

POZNÁMKA 2 Chyba částečného kontaktu s povrchem je ovlivňována chybou přímosti doteků podle odst. 9.1



Obr. č. 3 Příklad stanovení chyby částečného kontaktu u špiček, u nosníku a v celém rozsahu

Počet zkušebních bodů pro stanovení chyby částečného kontaktu určuje Tab. č. 1

Měřicí rozsah méně než nebo rovno mm	Minimální počet zkušebních bodů
150	5
300	6
1000	7
Přes 1000	8

Tab. č. 1 Minimální počet zkušebních bodů pro stanovení chyby částečného kontaktu v závislosti na měřicím rozsahu posuvky

9.3 Posunutá chyba S (omezená S_{MPE})

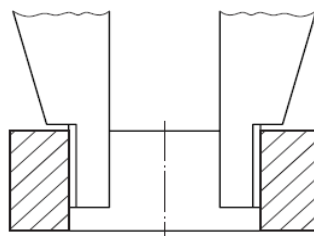
Posunutá chyba je chyba indikace při měření metodou úplného nebo částečného kontaktu za použití všech měřicích doteků posuvky, kromě doteků pro vnější měření. Po nastavení nuly na dotecích pro vnější měření se tato chyba, včetně znaménka, vypočítá jako rozdíl mezi čtením posuvky a referenční hodnotou etalonu.

Uplatnění posunuté chyby závisí na konstrukci posuvky. Zpravidla se posunutá chyba užije pro doteky pro vnitřní měření, hloubkoměr a doteky pro měření schodů.

Každý typ měření, pro které je posuvka vybavena, má být zkoušen samostatně alespoň v jednom bodě a to měřením na vhodném etalonu.

9.3.1 Čelní doteky pro vnitřní měření

Pro zkoušení doteků pro vnitřní měření se užívá nastavovací kroužek, viz Obr. 4. Velikost průměru kroužku pro stanovení zvýšené chyby nemá být větší než 20 mm, zpravidla mezi 20 a 50 mm. Pro některé posuvky může být vhodný i větší průměr.

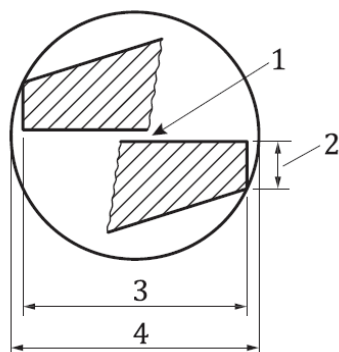


Obr. č. 4 Příklad stanovení posunuté chyby u doteků pro vnitřní měření

9.3.2 Zkřížené nožové doteky pro vnitřní měření

U posuvek, které užívají pro vnitřní měření zkřížené nožové doteky, se může při měření malých průměrů objevit přídavná chyba. Tento efekt závisí na mezeře mezi měřicími doteky a tloušťce břitů měřicích nožů. Posunutá chyba S způsobená zkříženými nožovými

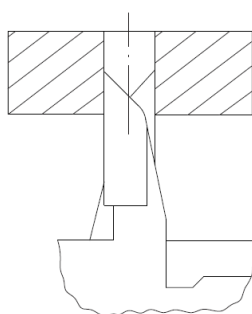
doteky se zkouší měřením malého kroužku o jmenovitém průměru 5 mm.



Legenda

- 1 mezera mezi nožovými doteky
- 2 tloušťka břitů
- 3 měřená velikost
- 4 skutečná velikost

Obr. č. 5 Chyba měření způsobená zkříženými nožovými doteky při měření malé díry



Obr. č. 6 Příklad stanovení posunuté chyby měřením kroužku průměru 5 mm zkříženými nožovými doteky

9.3.3 Hloubkoměr a měření schodů.

Pro měření doteků hloubkoměru a měřidla schodů se užívá deska a koncové měrky, nebo jiné etalony výšky. Výška užitých měrek by měla být menší, než 50 mm, viz Obr. 7.



Obr. č. 7 Příklad stanovení posunuté chyby hloubkoměru a měřidla schodů

9.4 Zvláštní provedení posuvky

Pro posuvky vybavené více stupnicemi se hodnoty MPE vztahují na všechny stupnice. Zkoušet se má v celém rozsahu posuvky na každé ze stupnic.

Pro posuvky vybavené více páry čelistí pro vnější měření se hodnoty MPE vztahují na všechny páry čelistí pro vnější měření. Jeden pár kontaktů pro vnější měření má být zkoušen na chybu částečného kontaktu E , ostatní na posunutou chybu S .

10 Vyhodnocení kalibrace

10.1 Vyhodnocení podle ČSN EN ISO 13385-1

Všechny chyby indikace musí vyhovovat příslušným dovoleným chybám MPE. Dovolené chyby E_{MPE} a S_{MPE} by měl udávat pro nové posuvky výrobce. Pro recalibrace používaných posuvek by měl hodnoty MPE stanovit uživatel. Pokud nejsou hodnoty MPE stanoveny jinak, vychází se z tabulky uvedené v příloze normy ČSN EN ISO 13385-1

Měřená délka, l mm	Digitální krok 0,01 mm		Interval analogové stupnice 0,02 mm	
	E_{MPE} μm	S_{MPE} μm	E_{MPE} μm	S_{MPE} μm
$0 \leq l \leq 50$	± 20	± 30	± 20	± 40
$50 < l \leq 100$	± 30	± 50	± 40	± 60
$100 < l \leq 200$	± 30	± 50	± 40	± 60
$200 < l \leq 300$	± 40	± 60	± 40	± 60
$300 < l \leq 400$	± 40	± 60	± 40	± 60
$400 < l \leq 500$	± 50	± 70	± 60	± 80
$500 < l \leq 600$	± 50	± 70	± 60	± 80
$600 < l \leq 700$	± 60	± 80	± 60	± 80
$700 < l \leq 800$	± 60	± 80	± 60	± 80
$800 < l \leq 1000$	± 0	± 90	± 80	± 100

Tab. č. 2 Hodnoty dovolených chyb MPE v měřicím rozsahu do 1000 mm

Hodnoty MPE pro posuvky přes 1000 mm norma ČSN EN ISO 13385-1 neuvádí.

Norma ČSN 99 0652 uvádí největší dovolené chyby jednotně pro všechny čelisti a doteky. Největší dovolené chyby zahrnují chyby měřicích ploch, dílčí chyby způsobené nepřesností stupnic, vůlí mezi měřítkem a posuvnou částí a jiné faktory mající vliv na výsledek měření. (čl. 17 normy ČSN 99 0652).

Největší dovolené chyby jsou vypočítány ze vzorce $\pm(20 + 0,05 \cdot L)$ μm , kde L je měřicí rozsah v mm.

Měřicí rozsah mm		Největší dovolené chyby μm
přes	do	
0	160	±30
160	250	±35
250	310	±35
315	400	±40
400	500	±45
500	630	±50

Tab. č. 3 Hodnoty dovolených chyb podle ČSN 99 0652

Poznámka:

Definice dovolené chyby podle ČSN 99 0652 je v podstatě stejná, jako definice chyby částečného doteku *E*. Z uvedeného vzorce lze v nouzi vycházet při stanovení chyby pro rozsahy přes 1000 mm.

10.2 Návrh minimálního kalibračního plánu

Měřená délka mm	Dovolené chyby krok 0,01 mm		Dovolené chyby dělení 0,02 mm		Horní mez měřicího rozsahu kalibrované posuvky mm					
	E_{MPE} μm	S_{MPE} μm	E_{MPE} μm	S_{MPE} μm						
	150	200	300	500	750	1000				
0	±20	±30	±20	±40	X	X	X	X	X	X
22,8	±20	±30	±20	±40	X	X				
40,3(41,3)	±20	±30	±20	±40	X	X	X	X	X	
70,2	±30	±50	±40	±60	X	X	X	X	X	X
107,7	±30	±50	±40	±60	X	X	X	X	X	X
150	±30	±50	±40	±60	X	X	X	X	X	
200	±30	±50	±40	±60		X	X	X		X
300	±40	±60	±40	±60			X	X	X	X
500	±50	±70	±60	±80				X	X	X
600	±50	±70	±60	±80						
750	±60	±80	±60	±80					X	X
1000	±70	±90	±80	±100						X

Tab. č. 4 Měřené délky měrek a příslušné dovolené chyby MPE

Kalibrační délky jsou voleny tak, aby splnily požadavky normy ČSN EN ISO 13385-1, tj. přibližně rovnoměrné pokrytí alespoň 90% měřicího rozsahu měřidla stanoveným počtem zkušebních bodů. Kalibrační délky jsou sestaveny z minimálního počtu koncových měrek základních sad a z měrek na mikrometry. Alternativně lze použít měрку ze sady na kontrolu posuvek.

10.3 Postup v případě neshody

Pokud není jiná dohoda mezi dodavatelem a zákazníkem, použije se pro rozhodnutí o shodě nebo neshodě se specifikacemi ČSN EN ISO 14253-1

V případě, že kalibrované posuvné měřidlo nevyhoví specifikaci a nelze prohlásit shodu, uvedou se pouze naměřené hodnoty a příslušná nejistota měření. Zadavatel kalibrace musí být upozorněn na závažné překročení požadavku normy a na neodstranitelná poškození.

11 Kalibrační list

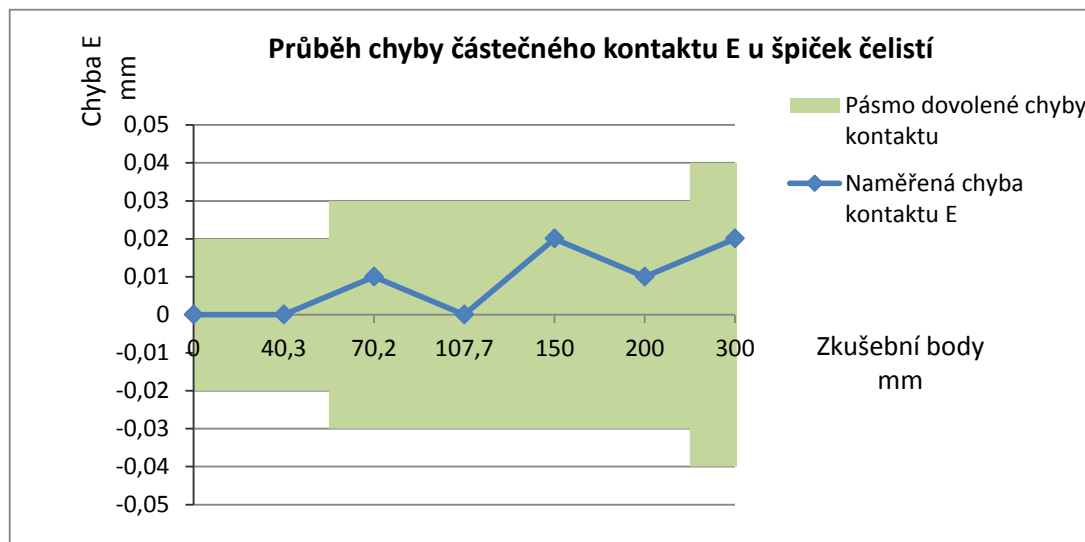
Výsledky kalibrace lze přehledně uvádět tabulkovou formou:

Metrologická charakteristika digitální posuvky 300 mm	Označení dovolené chyby	Zkušební míra mm	Dovolená chyba indikace μm	Naměřená chyba μm	Nejistota U ($k=2$) μm
Přímka kontaktu čelistí pro vnější měření (Rovinnost a rovnoběžnost čelistí)	$ 2 \cdot E_{MPE} $	Vál. Ø 15	40	20	± 15
Částečný kontakt čelistí pro vnější měření (Největší kombinovaná chyba)	E_{MPE}	300	± 40	+20	± 30
Zkřížené nožové doteky pro vnitřní měření	S_{MPE}	Kr. Ø 5	± 30	-10	± 15
Čelní doteky pro vnitřní měření	S_{MPE}	Kr. Ø 25	± 30	-	-
Hloubkoměr	S_{MPE}	22,8	± 30	+10	± 15
Doteky pro měření schodů	S_{MPE}	22,8	± 30	+10	± 15

Tab. č. 1 Příklad uvedení výsledku kalibrace digitální posuvky 300 mm v kalibračním listu

Definice chyby částečného kontaktu s povrchem E jakožto maximální kombinované chyby, která se určuje jinak v krajních polohách a jinak v průběžných kalibračních bodech, komplikuje záznam naměřených hodnot i jejich grafické vyjádření. Proto je pro účely kalibrační křivky vhodné provést všechna měření částečného kontaktu u špiček čelistí. Pokud vyhovuje chyba přímky kontaktu čelistí, lze z konstrukčního principu posuvky předpokládat, že právě u špiček bude chyba částečného kontaktu největší.

Zkušební body	0	40,3	70,2	107,7	150	200	300
Naměřená chyba kontaktu E	0	0	0,01	0	0,02	0,01	0,02
Pásmo dovolené chyby kontaktu	0,02	0,02	0,03	0,03	0,03	0,03	0,04
	-0,02	-0,02	-0,03	-0,03	-0,03	-0,03	-0,04



Obr. č. 8 Kalibrační body digitální posuvky s měřicím rozsahem 300 mm

11.1 Náležitosti kalibračního listu

Kalibrační list by měl obsahovat tyto údaje:

- název a adresu kalibrační laboratoře,
- pořadové číslo kalibračního listu, očíslování jednotlivých stran, celkový počet stran,
- jméno a adresu zadavatele, popř. zákazníka,
- název, typ, výrobce a identifikační číslo kalibrované posuvky,
- datum přijetí posuvky ke kalibraci (nepovinné), datum provedení kalibrace a datum vystavení kalibračního listu,
- určení specifikace uplatněné při kalibraci nebo označení kalibračního postupu (v tomto případě KP 1.1.2/02/20),
- podmínky, za nichž byla kalibrace provedena (hodnoty ovlivňujících veličin apod.),
- měřidla použitá při kalibraci,
- obecné vyjádření o návaznosti výsledků měření (etalony použité při kalibraci),
- výsledky měření a s nimi spjatou rozšířenou nejistotu měření a/nebo prohlášení o shodě s určitou metrologickou specifikací,
- jméno pracovníka, který posuvku 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 měřeními 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 archiovat 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 kalibrovanou posuvku 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 chyby částečného kontaktu posuvky (příklad)

Digitální posuvka vyrobená z oceli se kalibruje koncovými měrkami třídy 2, které jsou vyrobené také z oceli a slouží jako pracovní etalon. Měřicí rozsah posuvky je 300 mm. Digitální krok na posuvce je 0,01 mm. Při kalibraci na míře 200 mm se užije jedna měrka, jak je uvedeno v příkladu.

Standardní nejistota typu A

Při stanovení chyby částečného kontaktu se hledá největší hodnota chyby, měření se neprůměrují, viz čl. 9.2. Proto nejistota z opakovaných měření odpadá.

Stanovení standardní nejistoty typu B

Při kalibraci se použije měrka 200 mm třídy 2:

Jmenovitá hodnota	Největší chyba MPE
200 mm	2,0 μm

Teplotní součinitel se předpokládá normální a pro posuvku i měrky stejný:

$$\alpha = 11,5 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$$

Potom citlivostní koeficient:

$$L_S \cdot \alpha = 200 \cdot 11,5 \cdot 10^{-3} = 2,3 \text{ μm K}^{-1}$$

Předpokládá se, že Abbého chyba se projeví při kalibraci ve zjištěné chybě částečného kontaktu posuvky a do výpočtu nejistoty se proto nezahrne. Uživatel posuvného měřítka musí být zkušený, aby bylo možné správně určit shodu se specifikacemi. Je-li uživatel dostatečně kvalifikovaný, pak jakákoli odchylka ve zkoušených hodnotách spojená s jeho dovednostmi není zahrnuta jako příspěvek k nejistotě měření.

Poznámka:

Dokument EA 4/02 doporučuje volit samostatnou složku nejistoty respektující Abbého princip.

Chybu indikace posuvky E_X při normální teplotě $t_0 = 20 \text{ °C}$ dostaneme z výrazu:

$$E_X = l_{iX} - l_S + L_S \cdot \alpha \cdot \Delta t + \delta l_X$$

Význam jednotlivých členů v rovnici je popsán v tabulce:

Veličina	Označení	Střední hodnota mm	Meze nejistot	Typ rozdělení	Dílčí nejistota	Citlivostní koeficient	Příspěvek k nejistotě μm
Čtená hodnota na posuvce při měření sestavy měrek	l_{iX}	200,02	-	-	-	-	-
Délka užitých měrek 300 mm - II.tř. úchylnka stř. hodnoty max. $\pm 2,0 \mu\text{m}$	l_S	-200	2 μm	2 norm.	1 μm	-1	-1
Nevyrovnaní teploty posuvky a měrek max. $\pm 2 \text{ °C}$ při rovnoměrném rozdělení	Δt	0	2 °C	1,73 rovnom.	1,15 °C	2,30 $L_S \cdot \alpha \mu\text{m} \cdot \text{K}^{-1}$	2,66
Rozlišitelnost 0,01 mm digitální posuvky (interval $\pm 10 \mu\text{m}$ pro posuvky nonické)	δl_X	0	10 μm	1,73 rovnom.	5,77 μm	1,00	5,77
Chyba měření částečného kontaktu	E_X	0,02				$u(E_X) =$	6,43

Rozšířená nejistota:

$$U_E = k \cdot u(E_X) = 2 \cdot 7,09 = 12,86 \mu\text{m}$$

Po zaokrouhlení nahoru a převedení na mm:

$$U_E = \pm 0,013 \text{ mm}$$

Výsledná zjištěná chyba posuvky:

Na rozsahu 200 mm má posuvka chybu $E = 0,020 \text{ mm} \pm 0,013 \text{ mm}$

Významná složka nejistoty U_E vyplývá z digitálního kroku, resp. čtení dílku nonia. Pokud bereme dílek nonia jako interval $\pm 10 \mu\text{m}$, pak vycházejí nejistoty posuvek digitálních a nomických shodně. Posunutá chyba S se zkouší na mírách do 50 mm převážně stejnými prostředky jako chyba částečného kontaktu E a proto i nejistota U_S vyjde shodně s U_E . Pokud by bylo nutné užít kroužek většího průměru, než 50 mm, nebo nejistota stanovení průměru kroužku byla výrazně horší, než u sestavy měrek, zvětší se odhad nejistoty až na $U_S = 0,02 \text{ mm}$. Tabulku dovolených chyb (Tab. č. 2) můžeme nyní zjednodušit a doplnit odhadem nejistot zaokrouhlených nahoru na $\frac{1}{2}$ digitu, což lze někdy odhadnout:

Měřená délka, l mm	Digitální krok 0,01 mm		Interval analogové stupnice 0,02 mm		Nejistoty	
	E_{MPE} mm	S_{MPE} mm	E_{MPE} mm	S_{MPE} mm	U_E mm	U_S mm
$0 \leq l \leq 50$	$\pm 0,02$	$\pm 0,03$	$\pm 0,02$	$\pm 0,04$	0,015	0,015
$50 < l \leq 100$	$\pm 0,03$	$\pm 0,05$	$\pm 0,04$	$\pm 0,06$	0,015	(0,02)
$100 < l \leq 200$	$\pm 0,03$	$\pm 0,05$	$\pm 0,04$	$\pm 0,06$	0,015	-
$200 < l \leq 400$	$\pm 0,04$	$\pm 0,06$	$\pm 0,04$	$\pm 0,06$	0,020	-
$400 < l \leq 600$	$\pm 0,05$	$\pm 0,07$	$\pm 0,06$	$\pm 0,08$	0,020	-
$600 < l \leq 800$	$\pm 0,06$	$\pm 0,08$	$\pm 0,06$	$\pm 0,08$	0,030	-
$800 < l \leq 1000$	$\pm 0,07$	$\pm 0,09$	$\pm 0,08$	$\pm 0,10$	0,030	-

Tab. č. 6 Dovolené chyby a nejistoty posuvek digitálních a s nonickým dělením 0,02 mm

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.

Upozornění

Kalibrační postup je třeba považovat za vzorový. Doporučuje se, aby ho 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).

Změny proti předchozímu vydání z roku 2008

Tento kalibrační postup byl zcela přepracován podle normy ČSN EN ISO 13385-1 z roku 2020. Tato norma byla převzata v anglickém originále, proto může být sporný překlad některých nově zavedených termínů.