



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 1.1.2/11/20

POSUVNÝ HLOUBKOMĚR

(Podle ČSN EN ISO 13385-2: 2020)

Praha

Prosinec 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 metrologických charakteristik posuvných hloubkoměrů v základním provedení a v provedení s nosem (háčkem) v měřicím rozsahu do 1000 mm

- s analogovou indikací pomocí nonia s dělením 0,05 mm a 0,02 mm a s kruhovým číselníkem
- s digitální indikací na displeji

Kalibrační postup vychází z normy ČSN EN ISO 13385-2: 2020, která nově definuje chyby posuvných hloubkoměrů a zavádí nové pojmy i přístupy k jejich kalibraci.

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 13385-2:2020 anglicky	GPS - Rozměrové měřicí vybavení – Část 2: Konstrukce a metrologické charakteristiky posuvných hloubkoměrů	[L1]
ČSN EN ISO 14253-1:2018 anglicky	GPS – Zkouška obrobků a měřidel měřením – Část 1: Pravidla rozhodování pro prokázání shody nebo neshody se specifikacemi	[L2]
ČSN EN ISO 14253-2:2012	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 EN ISO 3650:2000	GPS – Etalony délek – Koncové měrky	[L4]
ČSN 99 0652	POSUVNÁ MĚŘIDLA s nonickou diferencí 0,02 mm - Technické požadavky	[L5]
ČSN 25 3327	Dlouhé držáky základních měrek	[L6]
ČSN EN ISO 9001:2018 oprava Opr.1	Systémy managementu jakosti - Požadavky	[L7]
ČSN EN ISO 10012:2003	Systémy managementu měření - Požadavky na procesy měření a měřicí vybavení.	[L8]
ČSN EN ISO/IEC 17025:2018	Posuzování shody - Všeobecné požadavky na kompetenci zkušebních a kalibračních laboratoří	[L9]
TNI 01 0115	Mezinárodní metrologický slovník - Základní a všeobecné pojmy a přidružené termíny (VIM)	[L10]
EA 4/02 M:2013	Vyjádření nejistoty měření při kalibraci	[L11]

3 Kvalifikace pracovníků provádějících kalibraci

Kvalifikace pracovníků provádějících kalibraci posuvných hloubkoměrů 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

4.1 Termíny

Posuvný hloubkoměr – měřicí přístroj pro určení velikosti odstupňování, osazení a hloubky děr na základě pohybu posuvného doteku (posuvníku) po stupnici, která je spojena s měřicím dotekem na nosníku.

Kontakt měřicího doteku – kontakt mezi měřicí plochou 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.

Chyba částečného kontaktu s povrchem – chyba indikace při měření etalonů částí měřicí plochy hlavních doteků.

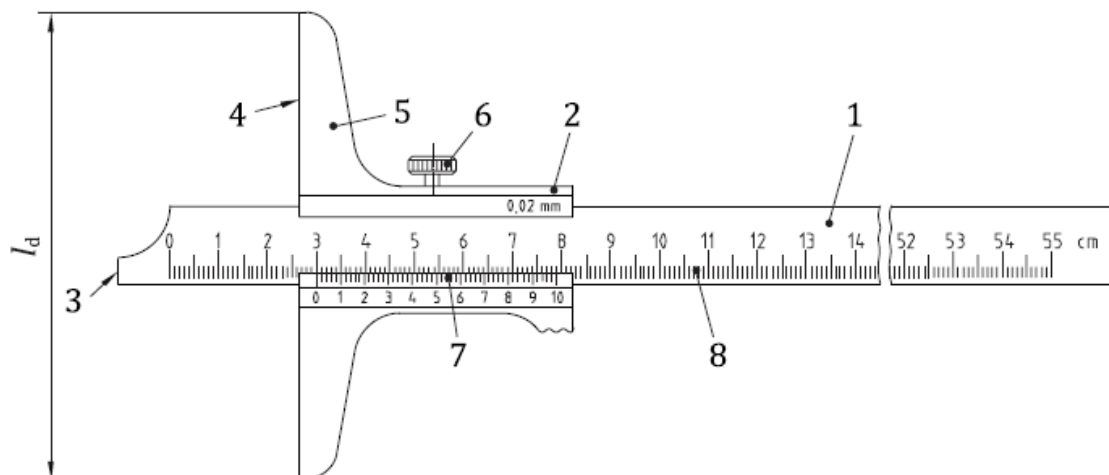
Posunutá chyba (Shift error) – chyba indikace při měření etalonů všemi ostatními doteky kromě hlavních doteků.

MPE (Maximum permissible error) – největší dovolená chyba měření.

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

4.2 Konstrukce a názvosloví

Příklad konstrukce posuvného hloubkoměru s noniem je na obr. 1

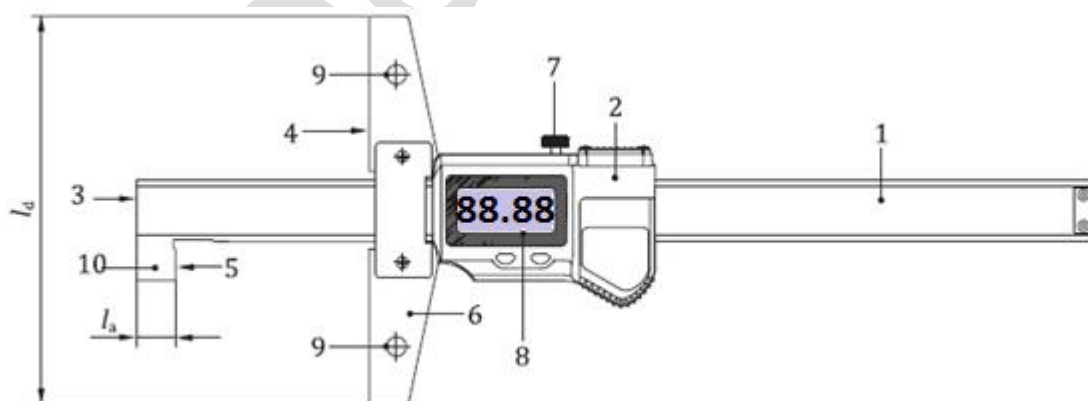


Obr. č. 1 Posuvný hloubkoměr s noniem s dělením 0,02 mm

Legenda

- | | |
|-------------------------|-----------------------------|
| 1 nosník | 6 zajišťovací šroub |
| 2 posuvník | 7 nonius |
| 3 měřicí dotek hloubky | 8 hlavní stupnice |
| 4 dotek měřicí základny | l_d délka měřicí základny |
| 5 měřicí základna | |

Příklad konstrukce digitálního hloubkoměru s nosem (háčkem) a s upevňovacími dírami pro rozšíření měřicí základny



Obr. č. 2 Posuvný digitální hloubkoměr

Legenda

1 nosník	7 zajišťovací šroub
2 posuvník	8 digitální displej
3 měřicí dotek hloubky	9 upevňovací díry pro rozšíření základny
4 dotek měřicí základny	10 nos (háček)
5 dotek měřicího nosu (háčku)	l_d délka měřicí základny
6 měřicí základna	l_a šířka nosu (háčku)

5 Měřidla a pomocná měřicí zařízení pro kalibraci

- sada koncových měrek do 100 mm, pracovní etalon minimálně 5. sekundárního řádu a 2. třídy přesnosti (2 sady),
- sada koncových měrek do 1000 mm, pracovní etalon minimálně 5. sekundárního řádu a 2. třídy přesnosti (2 sady),
- sada koncových měrek na mikrometry (doporučena),
- příslušenství koncových měrek ČSN 25 3327 (pro delší rozměry),
- průměrná deska,
- mikrometr (alternativně podle ČSN 99 0652)
- nožové pravítko (alternativně podle ČSN 99 0652)
- tělískový teploměr s měřicím rozsahem min 16 °C až 26 °C s hodnotou dílku stupnice min. 0,2 °C, popř. jiný teploměr obdobných parametrů,
- vlhkoměr,
- odmagnetovací přístroj,
- lupa zvětšovací 6x až 8x,
- šroubováky různých šířek (0,9 mm až 3,5 mm),
- speciální keramický brousek, lapovací kámen,
- jemný smirkový papír, lapovací papír,
- 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 posuvných hloubkoměrů se provádí za těchto podmínek:

teplota prostředí:	20 °C ± 2 °C,
teplotní rozdíl mezi etalonem a kalibrovaným hloubkoměrem:	max. 2 °C,
vlhkost vzduchu:	50% ± 15% relat.

Minimální doba temperování hloubkoměru a příslušných etalonů pro jmenovité rozměry do 1000 mm je 30 min.

Teplota kalibrovaného hloubkoměru, etalonů 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 kalibrované hloubkoměry umístěny poblíž etalonů v místnosti, kde se kalibrace provádí. Kalibrace nesmí být zahájena dříve, než hloubkoměry i etalony dosáhnou uvedené teploty.

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

7 Rozsah kalibrace

Kalibrace posuvných hloubkoměrů se člení na tyto úkony:

- kontrola posuvných hloubkoměrů předložených ke kalibraci (viz čl. 8.1),
- čištění a úpravy hloubkoměru (viz čl. 8.2),
- kontrola způsobilosti hloubkoměru pro kalibrování (viz čl. 8.3),
- stanovení chyby částečného kontaktu E hlavních doteků (viz čl. 9.1),
- stanovení posunuté chyby S ostatních doteků (viz čl. 9.2).

7 Předběžná kontrola a úprava posuvného hloubkoměru

8.1 Kontrola posuvných hloubkoměrů předložených ke kalibraci

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

Překontroluje se, zda hloubkoměr není mechanicky poškozen. Vizuálně se překontrolují měřicí doteky. 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 hloubkoměrů s kruhovým číselníkem nesmí být ohnutý ukazovatel a musí se pohybovat v konstantní výšce nad číselníkem. Zkontroluje se plynulost chodu ukazovatele a stabilní zajištění nulové polohy číselníku.

U číslicových hloubkoměrů se všechny dekády se nastaví pokud možno na "8". Všechny číslice musí být úplné (všechny segmenty) a dobře čitelné. V libovolné poloze posuvníku 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 posuvného hloubkoměru

U hloubkoměrů s noniemi se lehce poškozené plochy upraví, např. lapovacím papírem, poškozené hrany vodicích ploch nosníku hloubkoměru se upraví jemným pilníkem a dočistí lapovacím kamenem, místa napadená korozi se očistí smirkovým plátnem. Posuvný hloubkoměr se očistí, všechny měřicí plochy se odmastí, hloubkoměr se podle potřeby odmagnetuje.

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

Posuvný hloubkoměr se podle možností seřídí. Pohyb posuvníku musí být plynulý, bez zadržávání a pouze s minimální vůlí v celém měřicím rozsahu.

8.3 Kontrola způsobilosti posuvného hloubkoměru pro kalibrování

Před kalibrací se kontrolují doteky, aby se zjistily možné problémy způsobené nekolmostí či místním opotřebením. Pokud je posuvník zajištěn ustavovacím zařízením, nebo pojistným šroubem, nesmí se velikost indikace analogových hloubkoměrů měnit. U hloubkoměrů s digitální indikací se dovoluje změna o jeden digit. U digitálních hloubkoměrů se na rovné ploše nastaví nula, jako referenční bod. Referenční bod analogových hloubkoměrů je zpravidla pevně nastaven a případná chyba se přenáší do metrologických charakteristik (početní korekce není dovolena).

9 Postup kalibrace

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

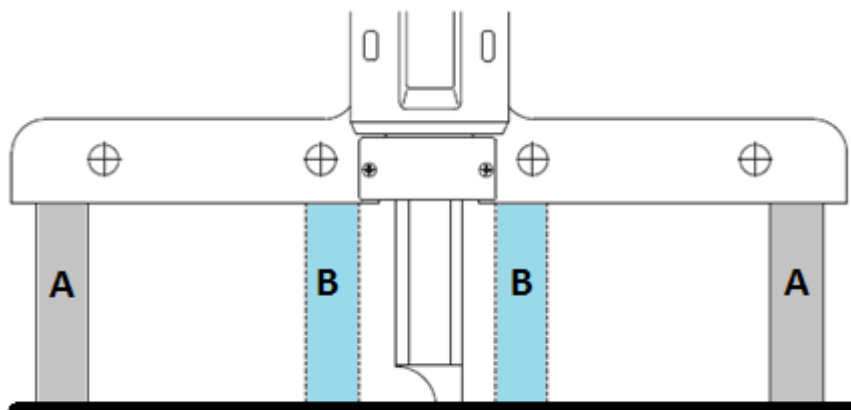
Chyba částečného kontaktu s povrchem je chyba indikace, kdy se pro měření na etalonu používá jen část měřicí plochy doteku. Tato chyba se vyhodnotí jako rozdíl mezi hodnotou měřenou hloubkoměrem a hodnotou etalonu.

Chyba částečného kontaktu se zkouší pomocí páru stejných koncových měrek ustavených na průměrné desce tak, aby plocha doteku měrek se základnou měřidla byla co nejmenší. Měření se provádí jako vícenásobná zkouška v celém měřicím rozsahu hloubkoměru a v různých vzdálenostech od nosníku, viz Obr. č. 3.

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

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

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



Obr. č. 3 Stanovení chyby částečného kontaktu pomocí dvojice měrek u konců základny (A) a u nosníku (B)

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

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

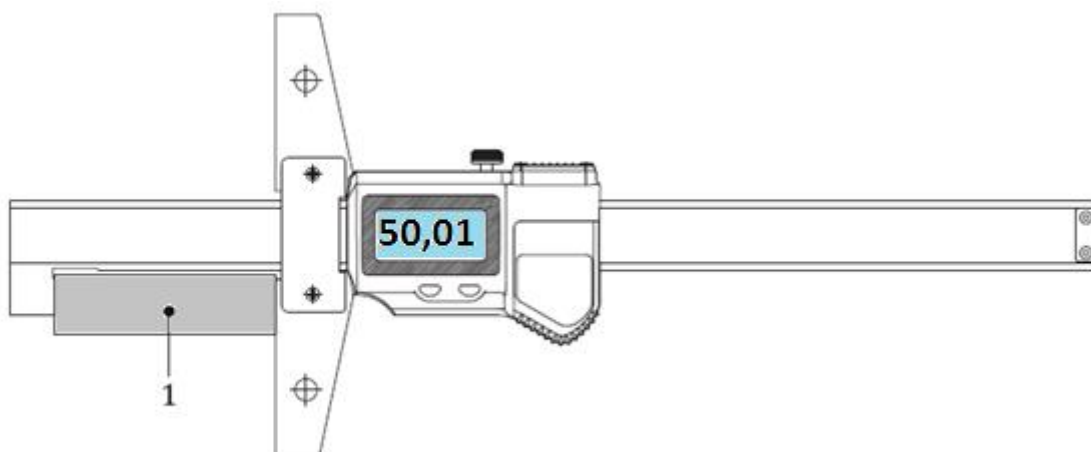
Tab. č. 1 Minimální počet zkušebních bodů pro stanovení chyby částečného kontaktu v závislosti na měřicím rozsahu posuvného hloubkoměru

9.2 Posunutá chyba S (omezená S_{MPE})

Posunutá chyba je chyba indikace při měření metodou úplného nebo částečného kontaktu za použití všech měřicích doteků hloubkoměru, kromě těch doteků, na kterých byla nastavena nula. (viz obr. č. 4).

Po nastavení nuly na hlavních dotecích se měří pomocí nosu (háčku) na koncové měrce. Posunutá chyba, se vypočítá jako rozdíl (včetně znaménka) mezi čtením na hloubkoměru a referenční hodnotou etalonu s přihlédnutím k šířce nosu.

Každý typ měření, pro které je hloubkoměr vybaven, má být zkoušen samostatně alespoň v jednom bodě a to měřením na vhodném etalonu. Pro zkoušení mohou být použity koncové měrky podle ČSN EN ISO 3650.



Obr. č. 4 Příklad stanovení posunuté chyby

Legenda

1 koncová měrka

Rozdíly v kalibraci podle ČSN 99 0652

Norma ČSN 99 0652 je dosud platnou normou pro měřidla s nonickou diferencí 0,02 mm a s měřicím rozsahem do 630 mm. Podle normy ČSN 99 0652 se měří ještě šířka nosu l_a (viz Obr. 2) pomocí mikrometru a rovinnost (resp. přímost) měřicí základny např. nožovým pravítkem. Dovolené chyby (MPE) jsou pro měření hlavním dotekem i nosem shodné.

Horní mez měřicího rozsahu mm	Nos posuvných hloubkoměrů l_a mm
100	5 + 0,02
200	
250	
310	
400	
630	10 + 0,02

Tab. č. 2 Šířka nosu a její tolerance u hloubkoměrů podle ČSN 99 0652

10 Vyhodnocení kalibrace

10.1 Vyhodnocení podle ČSN EN ISO 13385-2

Všechny chyby indikace musí vyhovovat příslušným dovoleným chybám MPE. Dovolené chyby E_{MPE} a S_{MPE} by měl udávat pro nové hloubkoměry výrobce. Pro rekalibrace používaných posuvných hloubkoměrů by měl hodnoty MPE stanovit uživatel měřidla. Pokud nejsou hodnoty MPE stanoveny jinak, vychází se z tabulky uvedené v příloze normy ČSN EN ISO 13385-2:

Měřená délka, l mm	Digitální krok 0,01 mm		Interval analogové stupnice 0,02 mm		Interval analogové stupnice 0,05 mm	
	E_{MPE} μm	S_{MPE} μm	E_{MPE} μm	S_{MPE} μm	E_{MPE} μm	S_{MPE} μm
$0 \leq l \leq 50$	± 20	± 30	± 20	± 40	± 50	± 50
$50 < l \leq 100$	± 30	± 50	± 40	± 60	± 50	± 100
$100 < l \leq 200$	± 30	± 50	± 40	± 60	± 100	± 100
$200 < l \leq 300$	± 40	± 60	± 40	± 60	± 100	± 100
$300 < l \leq 400$	± 40	± 60	± 40	± 60	± 100	± 100
$400 < l \leq 500$	± 50	± 70	± 60	± 80	± 100	± 100
$500 < l \leq 600$	± 50	± 70	± 60	± 80	± 150	± 150
$600 < l \leq 700$	± 60	± 80	± 60	± 80	± 150	± 150
$700 < l \leq 800$	± 60	± 80	± 60	± 80	± 150	± 150
$800 < l \leq 1000$	± 70	± 90	± 80	± 100	± 150	± 150

Tab. č. 3 Hodnoty dovolených chyb MPE v měřicím rozsahu do 1000 mm

Norma ČSN 99 0652 uvádí největší dovolené chyby jednotně pro všechny čelisti a doteky. Největší dovolené chyby zahrnují úchytky 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 $\pm (20 + 0,05 \cdot L) \mu\text{m}$, 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. 4 Hodnoty dovolených chyb hloubkoměrů podle ČSN 99 0652

POZNÁMKA: Dovolené chyby podle ČSN 99 0652 jsou poněkud menší, než

velikost dovolené chyby částečného kontaktu E_{MPE} pro obdobná měřidla. Ze shora uvedeného vzorce lze v nouzi vycházet při stanovení chyby pro rozsahy přes 630 mm.

10.3 Návrh minimálního kalibračního plánu

Měřená délka mm	Dovolené chyby krok 0,01 mm		Dovolené chyby dělení 0,02 mm		Dovolené chyby dělení 0,05 mm		Horní mez měřicího rozsahu kalibrovaného posuvného hloubkoměru mm					
	E_{MPE} μm	S_{MPE} μm	E_{MPE} μm	S_{MPE} μm	E_{MPE} μm	S_{MPE} μm	150	200	300	500	750	1000
	0	±20	±30	±20	±40	±50	±50	X	X	X	X	X
22,8	±20	±30	±20	±40	±50	±50	X	X				
40,3	±20	±30	±20	±40	±50	±50	X	X	X	X	X	
70,2	±30	±50	±40	±60	±50	±100	X	X	X	X	X	X
107,7	±30	±50	±40	±60	±100	±100	X	X	X	X	X	X
150	±30	±50	±40	±60	±100	±100	X	X	X	X	X	
200	±30	±50	±40	±60	±100	±100		X	X	X		X
300	±40	±60	±40	±60	±100	±100			X	X	X	X
500	±50	±70	±60	±80	±100	±100				X	X	X
600	±50	±70	±60	±80	±150	±150						
750	±60	±80	±60	±80	±150	±150					X	X
1000	±70	±90	±80	±100	±150	±150						X

Tab. č. 5 Měřené délky měrek a příslušné dovolené chyby MPE

Kalibrační délky jsou voleny tak, aby splnily požadavky normy ČSN EN ISO 13385-2, 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.

10.4 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 kalibrovaný posuvný hloubkoměr 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:

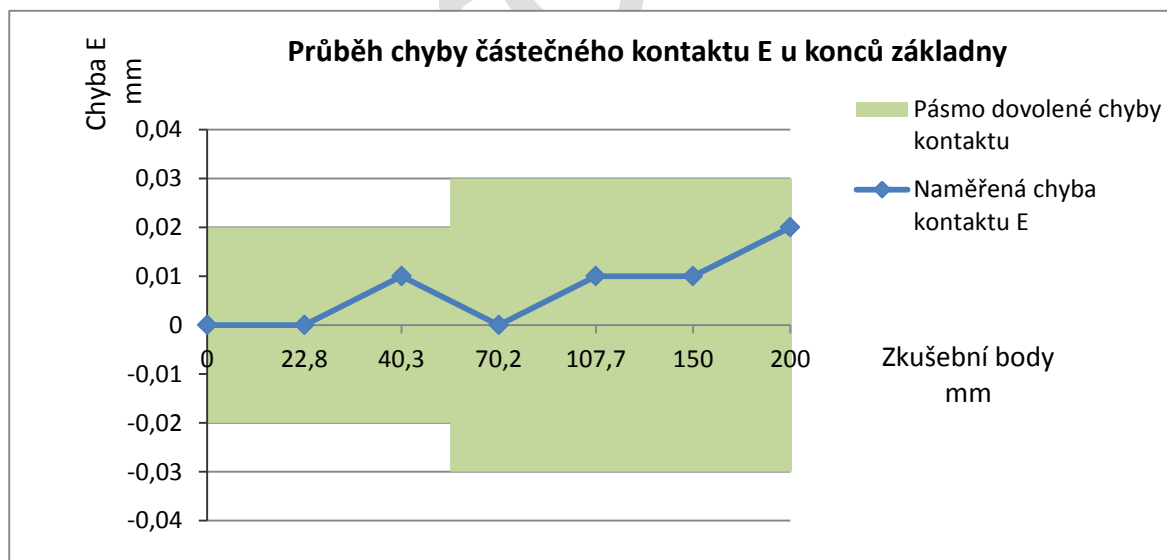
Metrologická charakteristika digitálního hloubkoměru 200 mm s nosem	Označení dovolené chyby	Zkušební míra *) mm	Dovolená chyba indikace μm	Naměřená chyba μm	Nejistota $U(k=2)$ μm
Chyba měření hlavními doteky hloubkoměru	E_{MPE}	200	± 30	+ 20	± 15
Chyba měření nosem (háčkem)	S_{MPE}	50	± 30	+ 10	± 15

*) uvede se míra, na které se naměřila největší chyba

Tab. č. 1 Příklad uvedení výsledku kalibrace posuvného digitálního hloubkoměru 200 mm s nosem 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 konců základny neboť lze předpokládat, že právě zde bude chyba částečného kontaktu největší.

Zkušební body	0	22,8	40,3	70,2	107,7	150	200
Naměřená chyba kontaktu E	0	0	0,01	0	0,01	0,01	0,02
	0,02	0,02	0,02	0,03	0,03	0,03	0,03
Pásmo dovolené chyby kontaktu	-0,02	-0,02	-0,02	-0,03	-0,03	-0,03	-0,03



Obr. č. 8 Kalibrační body digitálního hloubkoměru s rozsahem 200 mm

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 posuvného hloubkoměru,
- e) datum přijetí hloubkoměru ke kalibraci (nepovinné), datum provedení kalibrace a datum vystavení kalibračního listu,
- f) určení specifikace uplatněné při kalibraci nebo označení kalibračního postupu (v tomto případě KP 1.1.2/11/20),
- 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 hloubkoměr 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 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 kalibrovaný posuvný hloubkoměr 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 posuvného hloubkoměru (příklad)

Posuvný hloubkoměr se kalibruje dvojicí koncových měrek 200 mm třídy 2, které jsou vyrobené také z oceli a slouží jako pracovní etalon. Měřicí rozsah hloubkoměru je 200 mm. Příklad je uveden ve dvou verzích, pro hloubkoměry s noniem 0,02 mm a digitální a dále pro hloubkoměry s dělením nonia 0,05 mm.

14.1 Standardní nejistota typu A

Při stanovení chyby částečného kontaktu se hledá největší hodnota chyby, měření se neprůměrují, viz čl. 9.1. Proto nejistota z opakovaných měření odpadá.

14.2 Stanovení standardní nejistoty typu B

Při kalibraci se použije měrka 200 mm třídy 2:

Jmenovitá hodnota	Největší dovolená úchylka
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 hloubkoměru a do výpočtu nejistoty se proto nezahrne. Uživatel hloubkoměru 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:

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

Význam jednotlivých členů v rovnici je popsán v tabulce:

Veličina	Označení	Střední hodnota mm	Meze nejistot μm	Typ rozdělení	Dílčí nejistota μm	Citlivostní koeficient μm·K ⁻¹	Příspěvek k nejistotě μm
Čtená hodnota na hloubkoměru při měření sestavy měrek	l_{iX}	200,02	-	-	-	-	-
Délka užitých měrek 200 mm - II. tř. úchylka stř. hodnoty max. ± 2,0 μm	l_S	-200	2 μm	2 norm.	1 μm	-1	-1
Nevyrovnaní teploty posuvky a měrek max. ± 2 °C při rovnoměrném rozdělení	Δt	0	2 °C	1,73 rovnom.	1,15 °C	2,30 $L_S \cdot \alpha$	2,66 μm·K ⁻¹
Rozlišitelnost 0,01 mm dig. hloubkoměru (interval ±10 μm pro posuvky nonické)	δl_{iX}	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

Tab. č. 6 Stanovení nejistoty kalibrace posuvného hloubkoměru s dělením nonia 0,02 mm a digitálního

Rozšířená nejistota:

$$U_E = k \cdot u(E_X) = 2 \cdot 6,43 = 12,86 \mu\text{m}$$

Po zaokrouhlení nahoru a převedení na mm:

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

Výsledná zjištěná chyba hloubkoměru s dělením nonia 0,02 mm nebo digitálního:

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

V nejistotě výsledku kalibrace hloubkoměrů s dělením nonia 0,05 mm se projeví horší rozlišitelnost při odečtu nonia.

Veličina	Označení	Střední hodnota mm	Meze nejistot	Typ rozdělení	Dílčí nejistota	Citlivostní koeficient	Příspěvek k nejistotě μm
Čtená hodnota na hloubkoměru při měření sestavy měrek	l_{ix}	200,05	-	-	-	-	-
Délka užitých měrek 200 mm - II.tř. úchylka 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. $\pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$ při rovnoměrném rozdělení	Δt	0	2 $^\circ\text{C}$	1,73 rovnom.	1,15 $^\circ\text{C}$	2,30 $L_S \cdot \alpha$ $\mu\text{m} \cdot \text{K}^{-1}$	2,66
Rozlišitelnost nonia 0,05 mm (interval $\pm 25 \mu\text{m}$ s rovnom. rozdělením)	δl_x	0	25 μm	1,73 rovnom.	14,43 μm	1,00	14,43
Chyba měření částečného kontaktu	E_X	0,05				$u(E_X) =$	14,71

Tab. č. 7 Stanovení nejistoty kalibrace posuvného hloubkoměru s dělením nonia 0,05 mm

Rozšířená nejistota:

$$U_E = k \cdot u(E_X) = 2 \cdot 14,71 = 29,42 \mu\text{m}$$

Po zaokrouhlení nahoru a převedení na mm:

$$U_E = \pm 0,03 \text{ mm}$$

Výsledná zjištěná chyba hloubkoměru s noniem 0,05 mm:

Na rozsahu 200 mm má hloubkoměr chybu $E = 0,05 \text{ mm} \pm 0,03 \text{ mm}$

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 digitálních a nomických hloubkoměrů 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 .

Tabulku dovolených chyb (Tab. č. 3) můžeme nyní zjednodušit a doplnit odhadem nejistot:

Měřená délka, l mm	Digitální krok 0,01 mm		Dělení 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. 8 Dovolené chyby a nejistoty hloukoměrů digitálních a s nonickým dělením 0,02 mm

Měřená délka, l mm	Dělení analogové stupnice 0,05 mm		Nejistoty	
	E_{MPE} mm	S_{MPE} mm	U_E mm	U_S mm
$0 \leq l \leq 50$	$\pm 0,05$	$\pm 0,05$	0,03	0,03
$50 < l \leq 100$	$\pm 0,05$	$\pm 0,1$	0,03	(0,05)
$100 < l \leq 200$	$\pm 0,1$	$\pm 0,1$	0,03	-
$200 < l \leq 500$	$\pm 0,1$	$\pm 0,1$	0,04	-
$500 < l \leq 1000$	$\pm 0,15$	$\pm 0,15$	0,05	-

Tab. č. 9 Dovolené chyby a nejistoty hloukoměrů s nonickým dělením 0,05 mm

15 Validace

Kalibrační metody podléhají validaci v souladu s normou ČSN EN ISO/IEC 17025 čl. 7.2.2. 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

Tento kalibrační postup byl zcela přepracován podle normy ČSN EN ISO 13385-2 z roku 2020. Tato norma byla převzata v anglickém originále, proto může být překlad některých nově zavedených termínů sporný.

Neprodává se