



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 2.3.2/06/15

TVRDOMĚRNÉ DESTIČKY BRINELL

Praha

Říjen 2015

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

Číslo úkolu: VII/1/15

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

Řešitel: Česká metrologická společnost

© ÚNMZ, ČMS

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

1 Předmět kalibrace

Kalibrační postup popisuje práce spojené s kalibracemi tvrdoměrných destiček metodou Brinell.

Princip měření:

Vnikací těleso daného tvaru a materiálu (tvrdokovová kulička) je zatlačováno do měřeného materiálu statickou silou. Měří se průměr vytvořeného vtisku, který se dosadí do příslušného vztahu a vypočte se tvrdost podle Brinella

Tvrdoměrná destička slouží v oboru měření tvrdosti k přenosu míry ze státního etalonu (etalon nejvyššího řádu v zemi) na nižší etalonážní řády.

Tvrdoměrná destička musí splňovat následující podmínky:

- Musí mít tloušťku nejméně 16 mm pro kuličku 10 mm; 12 mm pro kuličku 5 mm a 6 mm pro menší kuličky,
- musí být odmagnetována,
- rovinnosti, rovnoběžnosti a drsnosti pro tvrdoměrné destičky Brinell

Tabulka 1

Průměr kuličky [mm]	Odchylka rovinnosti ploch [mm]	Odchylka rovnoběžnosti na 50 mm [mm]	Přípustná drsnost povrchu Ra [μm]	
			Zkušební plocha	Opěrná plocha
10	0,040	0,050	0,3	0,8
5	0,030	0,040	0,2	0,8
< 5	0,020	0,030	0,1	0,8

Mezní vlnová délka pro měření drsnosti je 0,8 mm

- měrná a opěrná plocha musí být bez vrubů, škrábanců, koroze, atd.,
- měrná a opěrná plocha musí být před měřením řádně očištěna od konzervačních prostředků,
- z tvrdoměrné destičky nesmí být následně odstraněn materiál - její tloušťka musí být v průběhu kalibrace vyznačena s přesností 0,01 mm, nebo měrná plocha musí být opatřena identifikační značkou.

Tvrdoměrné destičky se nemohou používat, jestliže:

- Na opěrné ploše jsou vtisky,
- jsou zkorodované,

- měrná plocha je přebroušena,
- na měřené ploše se nemohou provést další vtisky, protože nelze dodržet předepsané vzdálenosti jednotlivých vtisků, respektive vzdálenosti vtisku od okraje tvrdoměrné destičky. Viz. bod 9.2.

2 Související normy a metrologické předpisy

EA – 4/02:2013	Vyjadřování nejistot měření při kalibracích	[1]
ČSN EN ISO 6506-1	Kovové materiály – zkouška tvrdosti podle Brinella – Část 1: Zkušební metoda	[2]
ČSN EN ISO 6506-2	Kovové materiály – zkouška tvrdosti podle Brinella – Část 2: Ověřování a kalibrace zkušebních zařízení	[3]
ČSN EN ISO 6506-3	Kovové materiály – zkouška tvrdosti podle Brinella – Část 3: Kalibrace referenčních destiček	[4]
ASTM E 10	Standard Test Methods for Brinell Hardness of metallic Materials	[5]
TNI 01 0115	Mezinárodní metrologický slovník - Základní a všeobecné pojmy a přidružené termíny (VIM)	[6]
ČSN EN ISO 10012	Systémy managementu měření - Požadavky na procesy měření a měřicí vybavení.	[7]
ČSN EN ISO/IEC 17025	Posuzování shody - Všeobecné požadavky na způsobilost zkušebních a kalibračních laboratoří	[8]

3 Kvalifikace pracovníků provádějících kalibraci

Kvalifikace pracovníků provádějících kalibraci tvrdoměrných destiček metodou Brinell je dána příslušným předpisem organizace. Tito pracovníci se seznámí s kalibračním postupem upraveným na konkrétní podmínky kalibrační laboratoře nebo obdobného pracoviště provádějícího kalibrace 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 Definice tvrdosti

Tvrdomost je definována jako odolnost povrchových částí hmoty proti místnímu porušení nehomogenním vnikáním cizího tělesa, nebo odolnost proti oddělování částí povrchu nebo úseku hmoty.

4.2 Použitá označení

D průměr kuličky v mm

F zkušební zatížení v N

d průměr vtisku v mm (aritmetický průměr dvou na sebe kolmých průměrů d_1 a

	d_2 téhož vtisku).
H_i	hodnota tvrdosti v místě i -tého vtisku na destičce
H	hodnota tvrdosti kalibrované tvrdoměrné destičky
R	nehomogenita tvrdosti
U	rozšířená nejistota
u_i	nejistota i – tého vlivu
s	směrodatná odchylka
H_p	hodnota tvrdosti primární destičky.

5 Prostředky potřebné pro kalibraci

- Tvrdoměr Brinell – musí splňovat požadavky normy ČSN EN ISO 6506-2 s přihlednutím k odchylkám, které se vztahují k tvrdoměrům sloužící ke kalibraci tvrdoměrných destiček,
Dovolená mezní odchylka celkového zatížení musí být podle tabulky 2.

Tabulka 2

Rozsah zkušebního zatížení F	Tolerance %
Všechny stupnice	$\pm 0,1$

- vnikací tělesa Brinell musí splňovat následující požadavky:

Tabulka 3

Průměr kuličky [mm]	Mezní úchyly [mm]
$d < 1$	0,001
$1 \leq d < 2,5$	0,0005
$d \geq 2,5$	0,00025

- sady tvrdoměrných destiček pro každou stupnici tvrdosti – vždy měkká, středně tvrdá a tvrdá,
- teploměr,
- technický líh na čištění tvrdoměrných destiček,
- vhodné utěrky,
- lihové fixy na označení měřených vtisků apod.

Poznámka: 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

Kalibrace tvrdoměrných destiček se musí provádět při teplotě prostředí $(23 \pm 5)^\circ \text{C}$.

7 Rozsah kalibrace

Rozsahy měření jsou uvedené v tabulce 4.

Tabulka 4

Symbol tvrdosti	Průměr kuličky <i>D</i> mm	Rozsah	Zkušební zatížení <i>F</i> nominální hodnota
HBW 10/3000	10	(20 ÷ 650) HBW	29,24 kN
HBW 10/1500	10		14,71 kN
HBW 10/1000	10		9,807 kN
HBW 10/500	10		4,903 kN
HBW 10/250	10		2,452 kN
HBW 10/100	10		980,7 N
HBW 5/750	5		7,355 kN
HBW 5/250	5		2,452 kN
HBW 5/125	5		1,226 kN
HBW 5/62,5	5		612,9 N
HBW 5/25	5		245,2 N
HBW 2,5/187,5	2,5		1,839 kN
HBW 2,5/62,5	2,5		612,9 N
HBW 2,5/31,25	2,5		306,5 N
HBW 2,5/15,625	2,5		153,2 N
HBW 2,5/6,25	2,5		61,29 N
HBW 1/30	1		294,2 N
HBW 1/10	1		49,03 N
HBW 1/5	1		24,52 N
HBW 1/2,5	1		12,26 N
HBW 1/1	1	9,807 N	

Tvrdomost podle Brinella se označuje symbolem HBW (kulička tvrdokovová – W) pro tvrdost ne větší než 650.

8 Kontrola dodávky a příprava kalibrace

8.1 Kontrola dodávky

Provede se kontrola výrobce a výrobního čísla tvrdoměrné destičky podle objednávky zákazníka. Další postupy kontroly dodávky jsou popsány v interních dokumentech organizace.

8.2 Čištění a předběžná kontrola

Vizuálně se prohlédne tvrdoměrná destička, jestli není zkorodovaná, jestli na ní nejsou nějaká mechanická poškození, jestli nejsou na opěrné straně vtisky nebo není spotřebovaná z více jak 50 % - nelze dodržet vzdálenosti mezi vtisky, respektive vzdálenosti mezi vtisky a okraji destiček. Jestli není viditelně přebroušena měřená a opěrná plocha.

Tvrdoměrná destička, která nevyhověla při vnější prohlídce, se vyřadí z dalších zkoušek.

8.3 Příprava měřidla

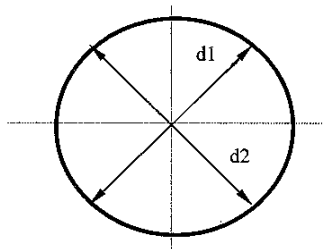
Před kalibrací se musí tvrdoměrná destička zbavit veškerých nečistot a různých nejčastěji papírových štítků s evidenčním číslem apod. Použije se k tomu technický líh nebo podobná čistidla, která rozpouštějí mastnotu.

9 Postup kalibrace

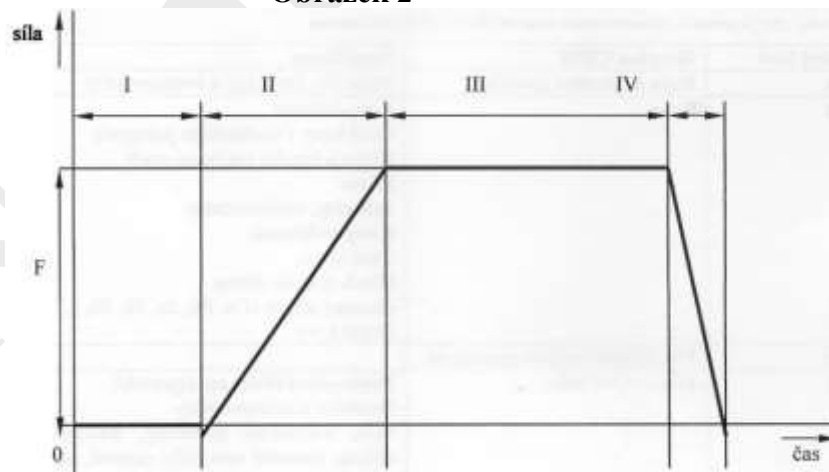
9.1 Princip kalibrace

Zkouška spočívá ve vtláčování vnikacího tělesa (tvrdokovové kuličky o průměru D) do povrchu zkoušeného tělesa při působení zkušebního zatížení za určitých podmínek - obrázek 2. Měří se dva na sebe kolmé průměry vtisku, který zůstane po odlehčení - obrázek 1. Při zkoušce musí být použito některé zkušební zatížení podle tabulky a toto zatížení musí být vybráno tak, aby průměr vtisku d byl v rozmezí hodnot od $0,24 D$ do $0,6 D$.

Obrázek 1



Obrázek 2

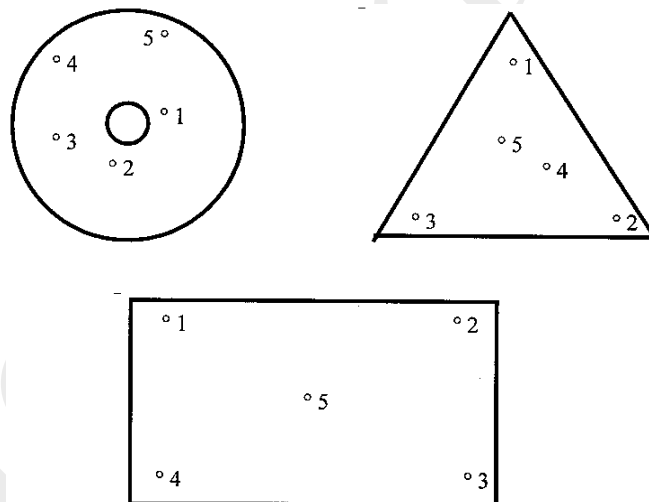


- I přisuv vnikacího tělesa ke měřenému tělesu
- II doba náběhu požadovaného zkušebního zatížením
- III doba působení zkušebním zatížení
- IV úplné odlehčení

9.2 Vlastní pracovní postup

1. Před měřením se musí provést nejméně 10 vtisků na tvrdoměrnou destičku, která je u každého etalonového tvrdoměru. Tím se přístroj a hydraulika zahřeje do provozní teploty.
2. Na destičce se provede nejméně 5 vtisků rozmístěných podle obrázku 3. Vzdálenost mezi středy dvou sousedních vtisků musí být alespoň 4 násobek průměru vtisku pro materiály s tvrdostí větší nebo rovné 150 HBW a nejméně 6 násobek hodnoty průměru vtisku pro materiály s tvrdostí menší než 150 HBW. Vzdálenost středu každého vtisku od okraje tvrdoměrné destičky musí být alespoň 2,5 násobek hodnoty průměru vtisku pro materiály s tvrdostí větší nebo rovné 150 HBW a nejméně 3 násobek hodnoty průměru vtisku pro materiály s tvrdostí menší než 150 HBW.
3. Rychlost přibližování vnikacího tělesa k měřené ploše nesmí přesáhnout 1 mm/s.
4. Čas od kontaktu vnikacího tělesa s měřeným povrchem až do dosažení plného zkušebního zatížení nesmí být menší než 6 s a větší než 8 s.
5. Doba působení celkového zatížení F je 10 až 15 s.

Obrázek 3



10 Vyhodnocení kalibrace

1. Měření průměrů jednotlivých vtisků.
2. Hodnota průměru vtisku se dosadí do níže uvedeného vztahu a vypočte se hodnota tvrdosti (k vyhodnocení tvrdosti se mohou použít tabulky).
3. Aritmetický průměr zjištěných tvrdostí je pak hodnotou tvrdosti tvrdoměrné destičky.
4. Vypočte se nehomogenita tvrdosti a jeho hodnota se srovná s hodnotou dovolené nehomogenity - pokud hodnota nehomogenity destičky je rovna nebo menší než

dovolená nehomogenita, destička vyhovuje a je možné ji používat jako etalonovou tvrdoměrnou destičku.

5. Vypočte se nejistota měření tvrdoměrné destičky.
6. Na tvrdoměrnou destičku se vyznačí kalibrační značka a konečné dvojčíslí roku, ve kterém byla kalibrace provedena (při kalibraci nové tvrdoměrné destičky se na ni vyznačí použitá stupnice).
6. Vystaví se kalibrační list.

10.1 Výpočet tvrdosti

Tvrdomost podle Brinella je vyjádřena jako poměr zkušebního zatížení k povrchu vtisku, jenž se uvažuje jako kulový vrchlík o průměru rovném průměru kuličky D a průměru podstavy rovném průměru vtisku d . Hodnota tvrdosti podle Brinella se stanovuje ze dvou na sebe kolmých průměrů d_1 a d_2 vtisku. Do výpočtu se dosazuje aritmetický průměr d hodnot d_1 a d_2 .

$$HBW = \frac{102 \cdot 10^{-3} \cdot 2 \cdot F}{\pi \cdot D \cdot (D - \sqrt{D^2 - d^2})} \quad (1)$$

Pozn.: Konstanta

$$102 \cdot 10^{-3} = \frac{1}{g} = \frac{1}{9,80665} \quad (2)$$

Síla se dosazuje v N, průměr kuličky a průměr vtisku se dosazují v mm.

Poměr

$$\frac{0,102 \cdot F}{D^2} \quad (3)$$

musí být vybrán s ohledem na zkoušený materiál a jeho tvrdost podle následující tabulky:

Tabulka 5

Materiál	Tvrdomost podle Brinell	$\frac{0,102 \cdot F}{D^2}$
Ocel		30
Litina ¹⁾	< 140	10
	≥ 140	30
Měď a slitiny mědi	< 35	5
	35 až 200	10
	> 200	30
Lehké kovy a jejich slitiny	< 35	1,25 2,5
	35 až 80	5
		10
		15
> 80	10	
	15	
Olovo, cín		1
		1,25

¹⁾ Při zkouškách litiny musí být minimální průměr kuličky 2,5 mm

10.2 Výpočet nehomogenity tvrdosti

Nehomogenita v % se vypočte ze vztahu

$$R = \frac{d_{\max} - d_{\min}}{\bar{d}} \cdot 100 \quad (4)$$

Kde je:

d_{\max} aritmetický průměr dvou na sebe kolmých průměrů největšího vtisku
 d_{\min} aritmetický průměr dvou na sebe kolmých průměrů nejmenšího vtisku
 \bar{d} průměrná hodnota z průměrů všech vtisků

Dovolené rozptyly tvrdosti

Tabulka 6

\bar{d} [mm]	Maximální dovolená hodnota nehomogenity % z \bar{d}
$\bar{d} < 0,5$	2,0
$0,5 \leq \bar{d} \leq 1$	1,5
$\bar{d} > 1$	1,0

Pozn.: Pro hodnotu tvrdosti menší než 200 HBW může být maximální dovolená hodnota nehomogenity 2,0 % z \bar{d} .

11 Kalibrační list

Výsledky měření by měly být uváděny v souladu s normou ČSN EN ISO 17025 a jejího článku 5.10 – Uvádění výsledků. Nejčastěji se výsledky kalibrace uvádějí v kalibračním listě.

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 tvrdoměrné destičky,
- datum přijetí destičky ke kalibraci (nepovinné), datum provedení kalibrace a datum vystavení kalibračního listu,
- určení specifikace uplatněné při kalibraci nebo označení kalibračního postupu (v tomto případě KP 2.3.2/06/15),
- podmínky, za nichž byla kalibrace provedena (teplota okolního prostředí),
- měřidla použitá při kalibraci, s čísly jejich kalibračních listů,
- obecné vyjádření o návaznosti výsledků měření (etalony použité při kalibraci), s čísly jejich kalibračních listů,
- výsledky měření a s nimi spjatou rozšířenou nejistotu měření,
- jméno pracovníka, který měřidlo kalibroval, jméno a podpis odpovědného (vedoucího) pracovníka, razítko kalibrační laboratoře.

Akreditovaná kalibrační laboratoř navíc uvede přidělenou kalibrační značku, 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 archivovat jej.

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. 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 tvrdoměrnou destičku kalibrační značkou. Kalibrační značka se na tvrdoměrné destičky vyznačuje na měrné ploše mechanicky (gravírování) 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. U tvrdoměrných destiček se papírové štítky nepoužívají. Problematické je jejich nalepení. Na zpětnou plochu se to nesmí, protože by mohlo dojít ke zkreslení výsledků, Na měrnou plochu se štítek nalepit může, ale zmenší se plocha k měření. Jediným místem je bok destičky.

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)

Nejistota měření je parametr přidružený k výsledku měření, který charakterizuje rozptyl hodnot, které by mohly být důvodně přisuzovány k měřené veličině.

Měřená veličina je při kalibraci označována jako výstupní veličina Y , závislá na určitém počtu vstupních veličin X_i dle funkční závislosti:

$$Y = f(X_1, X_2, \dots, X_N)$$

Tato funkce reprezentuje postup měření a metodu stanovení a popisuje, jak jsou hodnoty výstupní veličiny Y stanovovány z hodnot vstupních veličin X_i .

14.1 Základní rozdělení nejistot

Nejistoty měření se rozdělují na dvě základní skupiny:

Nejistota typu A – je založena na stanovení nejistoty statistickou analýzou série pozorování.

Nejistota typu B – je založena na stanovení nejistoty jiným způsobem než statistickým vyhodnocením série pozorování. V tomto případě vychází stanovení standardní nejistoty z nějaké jiné odborné znalosti.

Stanovení nejistoty typu A

Postup stanovení nejistoty typu A lze použít tehdy, pokud bylo za stejných podmínek provedeno několik nezávislých měření. Nejistota typu A se pak vypočte ze vztahu:

$$u_A = \sqrt{\frac{1}{n(n-1)} \sum_1^n (x_i - \bar{x})^2} \quad (5)$$

Kde je:

n počet měření

x_i i -té měření

\bar{x} je průměrná hodnota z naměřených hodnot.

Stanovení nejistoty typu B

Postup pro stanovení nejistoty typu B je založen na stanovení nejistoty vztahující se

k odhadu x_i vstupní veličiny X_i jiným způsobem než statistickou analýzou série pozorování. Příslušná standardní nejistota je určena odborným úsudkem na základě všech dostupných informací o možné variabilitě veličiny X_i . Nejistoty náležící do této kategorie mohou být odvozeny na základě:

- údajů z dříve provedených měření,
- zkušenosti s chováním a vlastnostmi příslušných materiálů a zařízení nebo jejich obecné znalosti,
- údajů výrobce,
- údajů uváděných v kalibračních listech nebo jiných certifikátech,
- nejistot referenčních údajů převzatých z příruček.

14.2. Nejistoty při kalibraci tvrdoměrných destiček

$$U_c = 2\sqrt{u_1^2 + u_2^2 + u_3^2 + u_4^2 + u_5^2} \quad (6)$$

Kde: u_1 nejistota primární tvrdoměrné destičky pro $k = 1$ – použije se pro nepřímou kalibraci tvrdoměru.

u_2 nejistota měření na tvrdoměru primární destičku – v případě, že tvrdoměr je kalibrován nepřímou metodou od kalibrační akreditované laboratoře, může se měření primární destičky vynechat a jako hodnotu nejistoty se použije nejistota v kalibračním listě tvrdoměru pro $k = 1$. Protože se používají k nepřímé kalibraci tři sady tvrdoměrných desítek (měkká, středně tvrdá a tvrdá) použije se hodnota nejistoty od destičky, jejíž hodnota se co nejvíce přibližuje předpokládané tvrdosti kalibrované tvrdoměrné destičky.

u_3 rozlišovací schopnost měřicího zařízení.

u_4 nejistota časového driftu primární destičky – zpravidla je jeho hodnota 0, protože mezi dvěma rekalibracemi primární destičky se hodnota tvrdosti považuje stálá.

u_5 nejistota vlivem nehomogenity kalibrované tvrdoměrné destičky.

Tabulka 7

Veličina X_i	Odhad x_i	Nejistota $u(x_i)$	Typ rozdělení	Koeficient citlivosti c_i	Příspěvek k nejistotě $u_i(y)$
X_1 [HBW]	x_1	u_1	Normální	1	$u_1(y)$
X_2 [HBW]	x_2	u_2	Normální	1	$u_2(y)$
X_3 [μm]	x_3	u_3	Rovnoměrné	$\frac{HD + \sqrt{D^2 - d^2}}{d \sqrt{D^2 - d^2}}$	$u_3(y)$
X_4 [HBW]	x_4	u_4	Trojúhelníkové	1	$u_4(y)$
X_5 [HBW]	x_5	u_5	Normální	1	$u_5(y)$
Standardní nejistota u					u
Rozšířená standardní nejistota U pro $k = 2$					U

14.3 příklad výpočtu

Tvrdomost primární tvrdoměrné destičky – 234 HBW10/3000

Nejistota primární tvrdoměrné destičky – 1 HBW10/3000 pro $k = 1$ z kalibračního listuChyba rozlišovací schopnosti měřicího zařízení $\delta = 0,1 \mu\text{m}$ z dokumentaceNejistota driftu $u_4 = 0$ **Tabulka 8****Stanovení nejistoty u_2 – měření tvrdoměru primární destičkou**

Pořadové číslo měření	Naměřený průměr vtisku [mm]	Vypočtená hodnota tvrdomosti HBW10/3000 [H]
1	3,940	236
2	3,945	236
3	3,940	236
4	3,931	237
5	3,945	236
Průměrná hodnota H_p	3,940	236
Směrodatná odchylka s_2		1,004

(7)

$$u_2 = \frac{t \cdot s_2}{\sqrt{n}} = \frac{1,14 \cdot 1,004}{\sqrt{5}} = 0,51$$

Koeficient t pro 5 měření $t = 1,14$ **Tabulka 9****Stanovení nejistoty u_5 – měření kalibrované destičky vliv nehomogenity**

Pořadové číslo měření	Naměřený průměr vtisku [mm]	Vypočtená hodnota tvrdomosti HBW10/3000 [H]
1	3,816	252
2	3,805	254
3	3,810	253
4	3,811	253
5	3,810	253
Průměrná hodnota H		253
Směrodatná odchylka s_5		0,756

(8)

$$u_5 = \frac{t \cdot s_5}{\sqrt{n}} = \frac{1,14 \cdot 0,756}{\sqrt{5}} = 0,39$$

Koeficient t pro 5 měření $t = 1,14$

Stanovení nejistoty u_3 – nejistota měřicího zařízení

$$u_3 = \frac{\delta}{2\sqrt{3}} = \frac{0,1}{2\sqrt{3}} = 0,029$$

(9)

Stanovení koeficientu citlivosti pro nejistotu u_3

$$c_3 = -\frac{H}{d} \cdot \frac{D + \sqrt{D^2 - d^2}}{\sqrt{D^2 - d^2}} = -125,08$$

(10)

Kde $H = 236$ HBW10/3000; $d = 3,940$ mm; $D = 10$ mm

Tabulka 11

Veličina X_i	Odhad x_i	Nejistota $u(x_i)$	Typ rozdělení	Koeficient citlivosti c_i	Příspěvek k nejistotě $u_i(y)$
H_1 [HBW]	234	1,0 HBW	Normální	1	1,00 HBW
H_2 [HBW]	234	0,51 HBW	Normální	1	0,51 HBW
l [μm]	0	0,029 μm	Rovnoměrné	-125,08	-0,004 HBW
D [HBW]	0	0 HBW	Trojúhelníkové	1	0 HBW
H_5 [HBW]	255	0,39 HBW	Normální	1	0,39 HBW
Standardní nejistota u					1,19 HBW
Rozšířená standardní nejistota U pro $k = 2$					2,38 HBW

14.4 Zápis výsledku

$$H = (253,0 \pm 2,4) \text{ HBW } 10/3000$$

Uvedená rozšířená nejistota měření je součinem standardní nejistoty měření a koeficientu rozšíření $k = 2$, který při normálním rozdělení odpovídá pravděpodobnosti pokrytí přibližně 95 %. Standardní nejistota byla určena v souladu s dokumentem EA - 4/02.

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 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).

Neprodejné