



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 1.1.8/01/16

Defektoskopické etalony

(měrky K1 a K2)

Praha

Říjen 2016

Vzorový kalibrační postup byl zpracován a financován ÚNMZ v rámci Plánu standardizace – Program rozvoje metrologie 2016

Číslo úkolu: VII/1/16

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

Řešitel: Česká metrologická společnost

Zpracoval: Ing. Richard Silovský

© 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 defektoskopické etalony měrky K1 a K2 pro měření konzistence vzorku materiálu vyjádřená jako hloubka v desetinách milimetru, do které svisle vnikne normalizovaná jehla za stanovených podmínek teploty, zatížení a doby zatěžování.

Kalibrace popsaná v tomto kalibračním postupu se týká jak prvotní kalibrace, popř. vstupní kontroly penetračních jehel a kontrolních kuželů v dané organizaci (dále jen PK), tak i rekalibrace během používání (dále jen RK).

2 Související normy a metrologické předpisy

TNI 01 0115	Mezinárodní metrologický slovník - Základní a všeobecné pojmy a přidružené termíny (VIM)	[L1]
ČSN EN ISO 2400	Nedestruktivní zkoušení - Zkoušení ultrazvukem - Specifikace pro kalibrační měrku č. 1	[L2]
ČSN EN ISO 7963	Nedestruktivní zkoušení - Zkoušení ultrazvukem - Specifikace pro kalibrační měrku č. 2	[L3]
ČSN EN 1330-4	Nedestruktivní zkoušení - Terminologie - Část 4: Termíny používané při zkoušení ultrazvukem	[L4]
EA-4/02	Vyjadřování nejistot měření při kalibracích	[L5]
EA-4/07	Návaznost měřicího a zkušebního zařízení na státní etalony	[L6]
ČSN EN ISO/IEC 17025	Posuzování shody - Všeobecné požadavky na způsobilost zkušebních a kalibračních laboratoří	[L7]
ČSN EN ISO 10012	Systémy managementu řízení-Požadavky na procesy měření a měřicí vybavení	[L8]

3 Kvalifikace pracovníků provádějících kalibraci

Kvalifikace pracovníků provádějících kalibraci defektoskopických etalonů měrek K1 a K2 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

Kalibrační měrka - těleso z materiálu se specifikovaným složením, drsností povrchu, tepelným zpracováním a geometrickým tvarem, pomocí kterého se může ultrazvukový přístroj posuzovat a kalibrovat POZNÁMKA viz EN 12223 a ISO 7963. Kalibrační měrky musí být vyrobeny z oceli jakosti S355J0, specifikované v EN 10025-2, nebo z oceli

ekvivalentní jakosti. Rozměry kalibrační měrky K1 musí odpovídat obrázku č. 1.

Kalibrační měrka K2 se liší od kalibrační měrky K1 popsané v ISO 2400 velikostí a tvarem. Kalibrační měrka č. 2 je mnohem menší, má menší hmotnost a její geometrie je mnohem jednodušší. Rozsah použití není tak velký jako u větší měrky; především není vhodná pro úplnou kontrolu ultrazvukového přístroje. Měrka K2 přesto umožňuje během praktického zkoušení jednoduchou, občasnou kontrolu kalibrace časové základny a citlivosti ultrazvukového zařízení. Kromě toho je vhodná pro kontrolu úhlu svazku a bodu výstupu miniaturních úhlových sond.

Referenční měrka - těleso z materiálu, které obsahuje definované reflektory, které se používají pro nastavení zesílení ultrazvukového zařízení, za účelem porovnávání zjištěných indikací s indikacemi od známých reflektorů.

Zkušební měrka - každé definované a vyzkoušené těleso z materiálu, které umožňuje přezkoušet přesnost a/nebo výkonnost ultrazvukového systému.



Obrázek č. 1 - Nastavovací měrky K1; K2; schodová měrka

Ultrazvukový přístroj - přístroj pro nedestruktivní zkoušení, který ve spojení se sondou vysílá a přijímá ultrazvukové vlny

Chyba měření - je algebraický rozdíl mezi indikovanou hodnotou a pravou (skutečnou) hodnotou měřené veličiny (tolerance).

Další pojmy a definice jsou obsaženy v příslušných normách ISO 5577 a EN 1330-4 (viz čl. 2), a v publikacích zaměřených na metrologickou terminologii.

5 Měřidla a pomocná měřicí zařízení pro kalibraci

- Měřicí mikroskop s rozlišitelností alespoň 0,001 mm, vybavený programem pro měření geometrie v rovině,
- lapovací prostředky – lapovací kámen (arkansas, žula), lapovací brousek (Moravitcarbo), lapovací papír,
- čisticí prostředky - čistý benzín, např. lékárenský, vata, optická utěrka,
- mazací a konzervační prostředky - lékárenská vazelína, popř. hodinářský olej,
- vlasový vlhkoměr, navázaný na etalon,
- 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.

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 defektoskopických etalonů měrek K1 a K2 se provádí za těchto referenčních podmínek:

- teplota prostředí (20 ± 3) °C,
- vlhkost vzduchu max. 75% RH (nekorozní prostředí).

Před vlastní kalibrací se defektoskopické etalony měrka K1 a K2 umístí alespoň na 1 hodinu do místnosti s referenční teplotou. Relativní vlhkost vzduchu se měří vlhkoměrem před zahájením kalibrace. Účelem sledování vlhkosti je zajistit nekorozní prostředí a zabránit orosení přístroje. Závislost výsledku měření tloušťky vrstev na vlhkosti prostředí není známa, závislost na teplotě považujeme za nepodstatnou.

7 Rozsah kalibrace

- Kontrola dodávky při vstupní kontrole (viz čl. 8.1),
- předběžná kontrola a případná úprava (viz čl. 8.2),
- měření metrologických parametrů (viz kap. 9),
- vyhodnocení kalibrace (čl. 10).

8 Kontrola dodávky a příprava ke kalibraci

8.1 Kontrola dodávky

Převzetí defektoskopických etalonů měrek K1 a K2 k prvotní kalibraci nebo k rekalibraci stvrzuje pracovník kalibrační laboratoře svým podpisem na kopii objednávky nebo na formuláři k tomu určeném. Při přebírání defektoskopických etalonů měrek K1 a K2 se překontroluje, zda typ, evidenční číslo, výrobní číslo odpovídají údajům na objednávce nebo na dodacím listu, dodaném podkladu (evidenční karta, výpis z počítačové evidence měřidel). (RK)

8.2 Čištění a předběžná kontrola

Při předběžné kontrole měřidla se provede:

- sejmutí značek, kterými bylo měřidlo opatřeno při předchozí kalibraci (pouze RK),
- zjištění, zda nemá defektoskopických etalonů měrek K1 a K2 viditelné závady znemožňující kalibraci, kontrola povrchu nebo příliš drsný povrch,
- případná oprava lehce poškozených částí defektoskopických etalonů měrek K1 a K2 lapovací kamenem, popřípadě lapovacím papírem,
- celkové očištění defektoskopických etalonů měrek K1 a K2 lékárenským benzínem.

Mají-li poškození takový charakter, že je nelze odstranit uvedeným způsobem, předepíše se u defektoskopických etalonů měrek K1 a K2 pokyn k celkové opravě nebo k vyřazení.

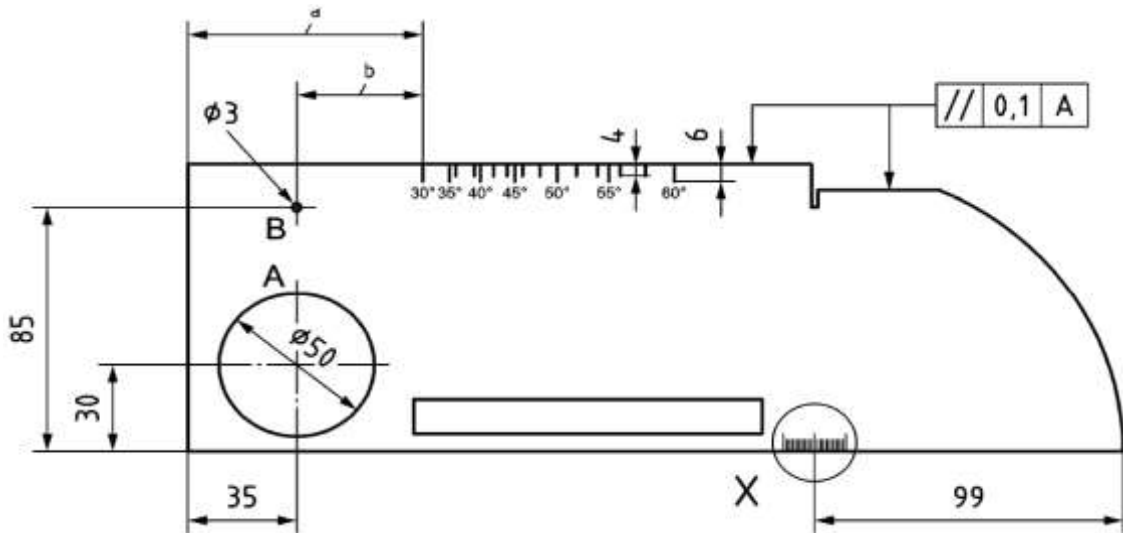
8.3 Příprava měřidla

Defektoskopické etalony měrky K1 a K2 necháme společně s měřicím mikroskopem v kontrolovaném prostředí na 1 hodinu v laboratoři s referenční teplotou vhodnou ke kalibraci v rozmezí $(20 \pm 1) ^\circ\text{C}$.

9 Postup kalibrace

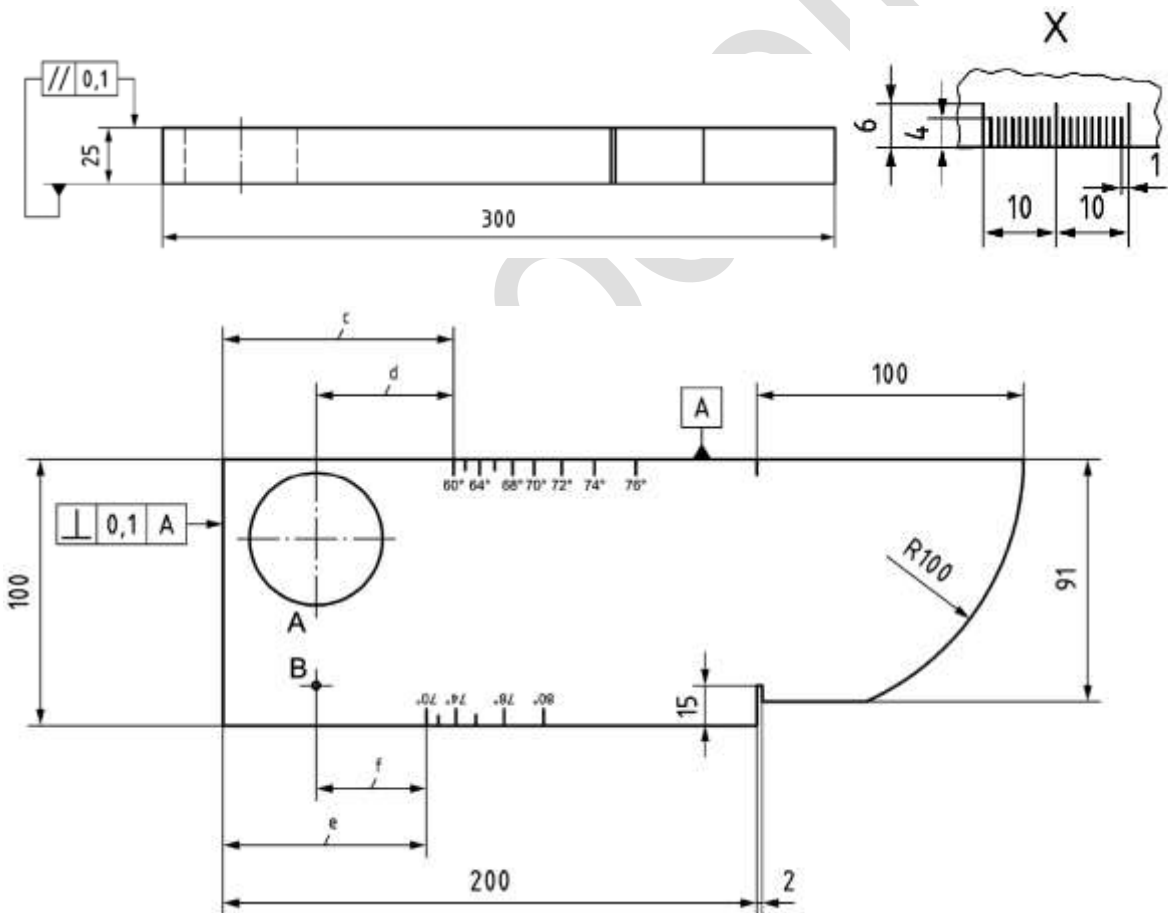
Měření se provádí optickou metodou pomocí měřicího mikroskopu s využitím programu pro měření geometrie v rovině. Defektoskopické etalony měrek K1 a K2 položíme na pracovní skleněnou desku mikroskopu, vystředíme v obecné poloze, aby spodní hrana byla co nejvíce rovnoběžná s rovinou měření měřicího mikroskopu a směrem podélného pohybu mikroskopu. Měřicím mikroskopem zjistíme skutečnou polohu měrky.

Najížděním nitkového měřicího kříže na zaostřený obrys (hranu) defektoskopických etalonů měrek K1 a K2, zaneseme jednotlivé body površek měrek K1 i K2 v souřadném systému měřicího mikroskopu. Pro každý zaostřený obrys (hranu) snímáme minimálně 5 bodů. Moderními způsoby vyhodnocování v programu pro měření geometrie v rovině vyhodnotíme přímost jednotlivých hran defektoskopických etalonů měrek K1 a K2, vytvoříme obraz nasnímané měrky a vyhodnotíme vzdálenosti porovnáním s předpisem dovolených odchylek.



Hodnoty v mm

Obrázek č. 2 - Defektoskopická měrka K1



Obrázek č. 3 – Rozměry kalibrační měrky K1 s mezními úchylkami

Mezní úchylky, pokud není stanoveno jinak $\pm 0,10$ mm.

Mezní úchylky délky rysek pro označení úhlů a indexů $\pm 0,4$ mm.

Opracování všech povrchů $Ra \leq 0,8$ μm .

Výška značek úhlů 5 mm.

Vzdálenost <i>a</i> od hrany mm	Vzdálenost <i>b</i> od hrany mm	Ryska s popisem	Ryska bez popisu	Vzdálenost <i>c</i> od hrany mm	Vzdálenost <i>d</i> od hrany mm	Ryska s popisem	Ryska bez popisu
75,4	40,4	30°		87,0	52,0	60°	
84,0	49,0	35°		91,4	56,4		62°
85,9	50,9		36°	96,5	61,5	64°	
91,7	56,7		39°	102,4	67,4		66°
93,7	58,7	40°		109,3	74,3	68°	
98,0	63,0		42°	117,4	82,4	70°	
102,6	67,6		44°	127,3	92,3	72°	
105,0	70,0	45°		139,6	104,6	74°	
107,5	72,5		46°	155,3	120,3	76°	
112,7	77,7		48°				
118,4	83,4	50°		Vzdálenost <i>e</i> od hrany	Vzdálenost <i>f</i> od hrany	Ryska s popisem	Ryska bez popisu
124,6	89,6		52°	76,2	41,2	70°	
131,3	96,3		54°	81,2	46,2		72°
135,0	100,0	55°		87,3	52,3	74°	
138,8	103,8		56°	95,2	60,2		76°
147,0	112,0		58°	105,6	70,6	78°	
156,2	121,2	60°		120,1	85,1	80°	

Tabulka č. 1 - Vzdálenosti rysek od jednotlivých hran

Při této metodě se nejprve změní rozměry měrky s přesností na 0,01 mm. U oblastí určených pro používání se kontrolou ověří, že v místech pro přiložení sondy nevykazují toleranci tloušťky větší než 0,01 mm.

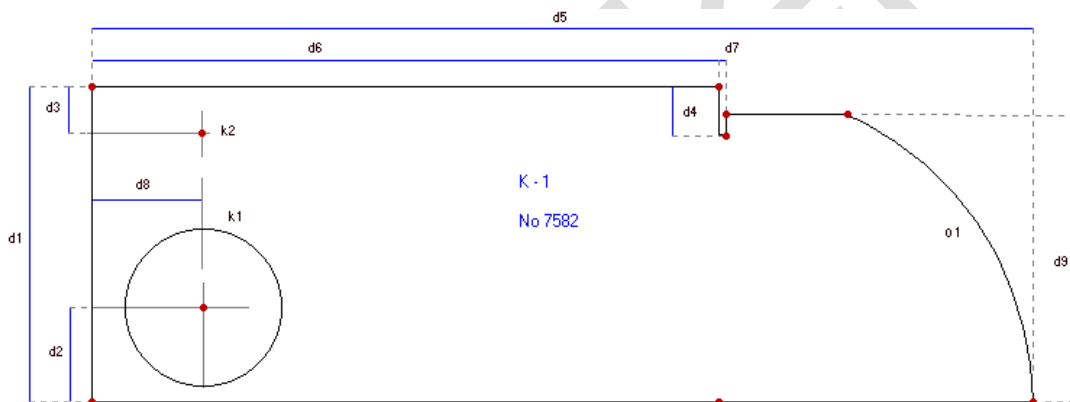
Pro měření doby průchodu se použije přístroj ve spojení s přímou sondou (přesnost měření časového rozdílu je 0,2 %). Vypočtou se rychlosti šíření 1 (tzn. dráha/čas). Doba průchodu se změní v různých směrech, tzn. ve dvou různých místech o tloušťce 25 mm (1 místo v oblasti čtvrtkruhu a druhé těsně u velkého otvoru) a v jednom místě o tloušťce 100 mm. Měření se musí provést při teplotě od 17 °C do 23 °C.

Podélné vlny - použije se širokopásmová sonda o jmenovité střední frekvenci nejméně 5 MHz a o průměru měniče 10 mm až 15 mm. Měří se rozdíl doby průchodu mezi prvním a druhým koncovým echem.

Příčné vlny - pro všechny směry se použije širokopásmová sonda příčných vln s úhlem 0°, frekvencí 4 MHz až 5 MHz a o průměru měniče 10 mm až 15 mm. Měří se rozdíl doby průchodu mezi prvním a druhým koncovým echem. S ohledem na polarizaci příčných vln se v každém místě provedou dvě měření, a to jedno při rovině polarizace rovnoběžné s delší stranou měrky a druhé při rovině polarizace ve směru kolmém k prvnímu měření. Pro každou kalibrační měrku se uvede nejméně šest hodnot rychlostí příčných vln.

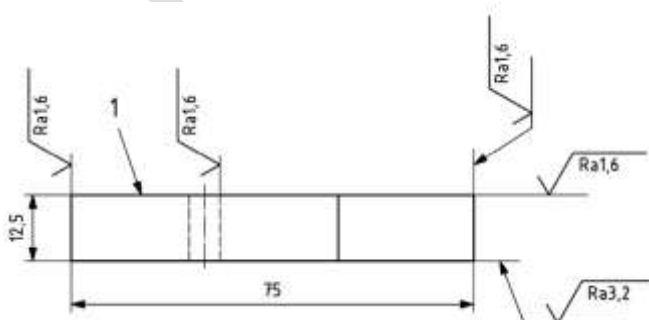
Název - označení	Jmenovitá hodnota mm	Tolerance dle ČSN ISO 2400 hodnoty v mm	Naměřená hodnota mm	Nejistota měření <i>U</i> mm
Délka - D1	100	±0,1	99,94	±0,01
Délka - D2	30	±0,1	29,93	±0,01
Délka - D3	15	±0,1	15,03	±0,01
Délka - D4	15	±0,1	15,57	±0,01
Délka - D5	300	±0,1	300,05	±0,01
Délka - D6	200	±0,1	199,90	±0,01
Délka - D7	2	±0,1	2,25	±0,01
Délka - D8	35	±0,1	35,01	±0,01
Délka - D9	91	±0,1	91,00	±0,01
Průměr - K1	50	±0,1	50,00	±0,01
Průměr - K2	1,5	±0,1	3,01	±0,01
Oblouk - O1	100	±0,1	99,95	±0,01
Tloušťka měrky	25	±0,1	25,03	±0,01

Tabulka č. 2 – Změřených hodnot pro měrku K1

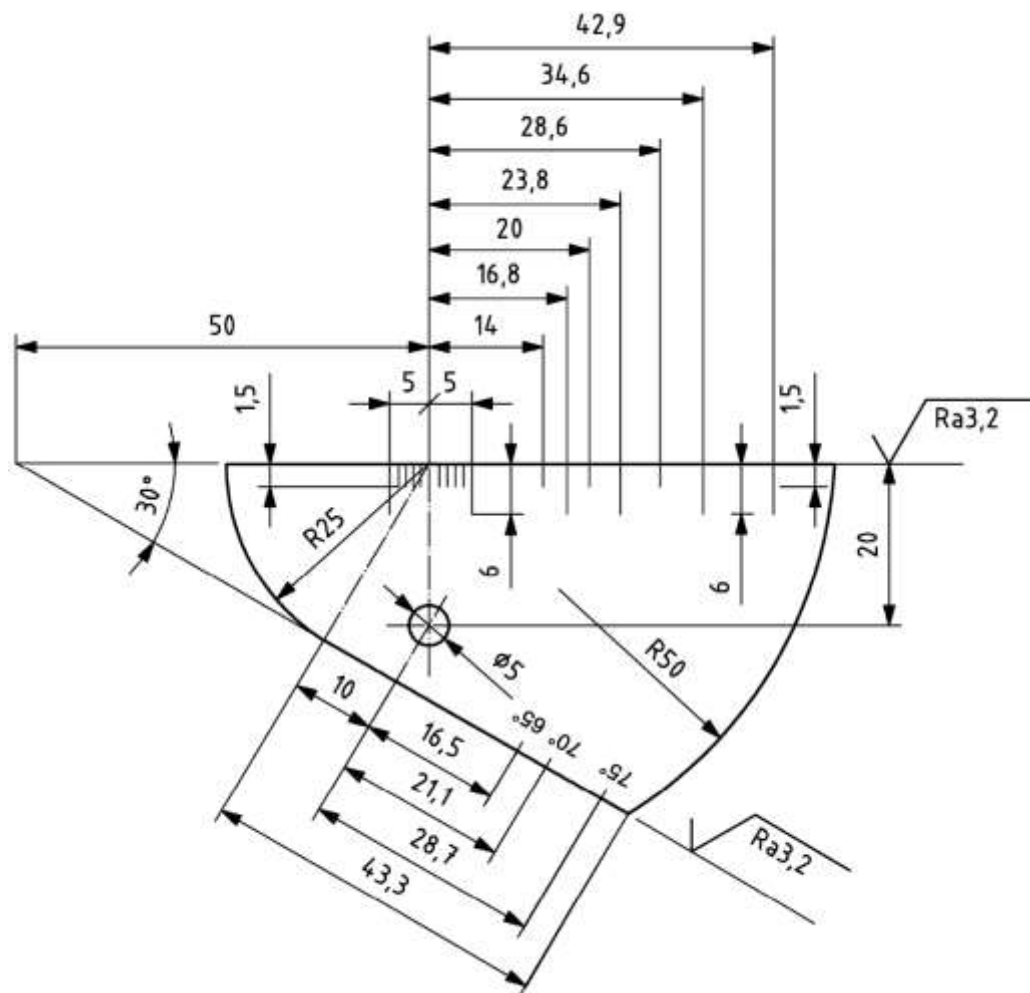


Obrázek č. 4 - měrky K1 změřená na mikroskopu

Rozměry měrky jsou uvedeny na obrázku. Mezní úchytky měrky jsou ±0,1 mm, kromě délky gravírované stupnice, která má mezní úchytky ±0,5 mm. Hodnoty průměrné drsnosti povrchu *Ra* jsou definovány v souladu s ISO 4287. Tloušťka měrky může být větší než 12,5 mm.



Obrázek č. 5 - Rozměry měrky K2

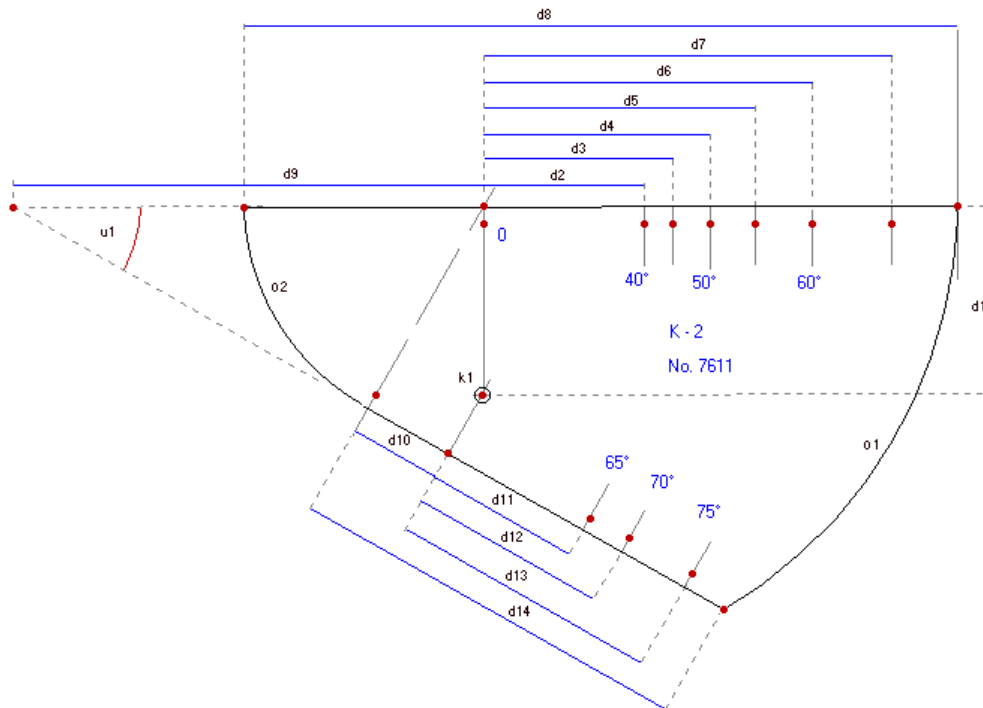


Obrázek č. 6 – Rozměry kalibrační měrky K2 s mezními úchytkami

Název - označení	Jmenovitá hodnota	Naměřená hodnota	Název - označení	Jmenovitá hodnota	Naměřená hodnota
Délka - D1	20	19,91	Délka - D11	16,5	16,22
Délka - D2	16,8	16,87	Délka - D12	21,1	20,89
Délka - D3	20	20,02	Délka - D13	28,7	28,58
Délka - D4	23,8	23,81	Délka - D14	43,3	42,71
Délka - D5	28,6	28,58	Úhel - U1	30°	29°47'24"
Délka - D6	34,6	34,65	Průměr - K1	1,5	1,52
Délka - D7	42,9	43,00	Oblouk - O1	50	49,95
Délka - D8	75	75,07	Oblouk - O2	25	24,60
Délka - D9	50	49,39	Tloušťka měrky	25	24,98
Délka - D10	10	9,40			

Tabulka č. 3 – Změřených hodnot pro měrku K1

Jmenovité hodnoty a tolerance $\pm 0,1 \text{ mm}$ dle ČSN EN ISO 7963
Hodnoty v *mm*; Rozšířená nejistota měření $\pm 0,01 \text{ mm}$



Obrázek č. 7 – Nasnímaný hodnocený obraz měrky K2

10 Vyhodnocení kalibrace

10.1 Postup vyhodnocení

Měřené hodnoty, resp. úchyly od jmenovité hodnoty se zanesou do záznamu o kalibraci, resp. do kalibračního listu. Zjištěné úchyly zvětšené o rozšířenou nejistotu měření U se porovnají s celkovými dovolenými chybami.

10.2 Postup v případě neshody

V případě, že defektoskopické etalony měrek K1 a K2 nevyhovují včetně rozšířené nejistoty měření požadavkům normy, předpisu výrobce nebo požadavku zákazníka, označí kalibrační laboratoř měřidlo jako nevyhovující 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. Pokud nelze s ohledem na nejistotu měření jednoznačně prohlásit shodu nebo neshodu se specifikací, je nejlepší formou uvádění výsledků kalibrační tabulka a (nebo) kalibrační graf.

11.1 Náležitosti kalibračního listu

Kalibrační list by měl obsahovat tyto údaje:

- 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 defektoskopických etalonů měrek K1 a K2,
- e) datum přijetí defektoskopických etalonů měrek K1 a K2 (nepovinné), datum provedení kalibrace a datum vystavení kalibračního listu,
- f) určení specifikace uplatněné při kalibraci nebo označení kalibračního postupu (v tomto případě KP 1.1.8/01/16),
- 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 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 kalibrační laboratoř zpracovala záznam o měření (s uvedenými měřenými 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. 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 při kalibraci (příklad výpočtu)

Nejistota kalibrace je stanovena pro měření defektoskopických etalonů měrek K1 a K2 mikroskopem s optickým najížděním podle odstavce 9. Mikroskop má základní nejistotu $4 + 7 \cdot L \text{ } \mu\text{m}$ (pro $L = 1 \text{ m}$). Uvažuje se normální teplota prostředí $(20 \pm 1)^\circ\text{C}$, teplotní rozdíl mezi mikroskopem a měřeným defektoskopickým etalonem měrky K1 nebo K2 nejvýše

0,5 °C a normální součinitel délkové teplotní roztažnosti ($11,5 \pm 1$) $\mu\text{m}/\text{m}^\circ\text{C}$ pro mikroskop i defektoskopických etalonů měrek K1 a K2.

Veličina		Meze nejistot	Typ rozdělení	Dílčí nejistota	Koefic. citlivosti	Příspěvek k nejistotě
Nejistota z opakovaných měření $u_A = 2,5 \mu\text{m}$	u_A	2,5 μm	norm. $k = 1$	2,5 μm	1	2,5 μm
Nejistota přímosti měřených povrchů	L_p	3 μm	rovnom. $\sqrt{3}$	1,73 μm	2	3,5 μm
Mikroskop - základní nejistota $U = 5 \mu\text{m}$	L_d	5 μm	norm. $k = 2$	2,5 μm	1	2,5 μm
Teplotní rozdíl mezi mikroskopem a měřenou jehlou – odhad 0,5°C	Δt	0,5°C	rovnom. $\sqrt{3}$	0,29°C	$\alpha = 11,5 \mu\text{m}/\text{m}^\circ\text{C}$ $L = 0,1 \text{ m}$	0,067 μm
Vliv rozdílu teplotní roztažnosti stejný materiál, délka 300 mm, $\alpha = 11,5 \pm 1 \mu\text{m}/\text{m}^\circ\text{C}$ teplota okolí (20 ± 1) °C	α	1 $\mu\text{m}/\text{m}^\circ\text{C}$	rovnom. $\sqrt{3}$	0,6 $\mu\text{m}/\text{m}^\circ\text{C}$	$\Delta t = 1^\circ\text{C}$ $L = 0,1 \text{ m}$	0,1 μm
Výsledný průměr penetrační jehly	D_x	Nejistota kalibrace u pro $k = 1$				4,98 μm
		Rozšířená nejistota kalibrace U pro $k = 2$				10 μm

Rozšířená nejistota kalibrace defektoskopických etalonů měrek K1 a K2 na vzdálenosti průměru 100 mm je naměřená hodnota $99,94 \text{ mm} \pm 0,01 \text{ mm}$.

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 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).