



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

Metodika provozního měření

MPM 1.2.2/01/18

Metodika měření úhloměry ve strojírenství

Praha

říjen 2018

Vzorový metodický postup byl zpracován a financován ÚNMZ v rámci Plánu standardizace – Program rozvoje metrologie 2018

Číslo úkolu: VII/3/18

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 metodiky

Tento metodický postup se vztahuje na dílenské měření pomocí úhloměřů ve strojírenství obloukové s dílkem stupnice 1°, univerzální s dílkem nonia 5'. Měřicí rozsah je omezený pouze rozsahem daného měřidla u obloukových (0÷180)°, univerzální mají rozsah (0÷360)°. Odečet hodnoty může být analogový nebo digitální. Úhlooměry mají ve výrobě významné místo při zjišťování odchylek tvaru a polohy v měřicích přípravcích a ke kontrole úhlu obrobků, nastavení i nástrojů. Jsou také ideálním pomocníkem k ustavování obrobků na strojích. Další rozdělení je v různých modifikacích těchto druhů dle typu odčítání měřené hodnoty, např. s číselníkem. Rozdíly jsou především v přesnosti, délce ramene nebo ve způsobu jejich upnutí.

2 Související normy a metrologické předpisy

PN 25 1613	Uhlomer obloukový - KINEX	[L1]
ČSN 99 1031	Mechanické úhlooměry s noniem	[L2]
ČSN EN ISO 3650	Geometrické požadavky na výrobky (GPS) - Etalony délek - Koncové měrky	[L3]
ČSN EN ISO 9001	Systémy managementu jakosti - Požadavky	[L4]
ČSN EN ISO 10012	Systémy managementu měření - Požadavky na procesy měření a měřicí vybavení	[L5]
ČSN EN ISO/IEC 17025	Všeobecné požadavky na kompetenci zkušebních a kalibračních laboratoří	[L6]
EA-4/02 M:2013	Vyjádření nejistoty měření při kalibracích	[L7]
ČSN EN ISO 14253-1	Geometrické specifikace produktu (GPS) - Zkouška obrobků a měřidel měřením - Část 1: Pravidla rozhodování pro prokázání shody nebo neshody se specifikacemi	[L9]
ČSN EN ISO 14253-2	Geometrické specifikace produktu (GPS) - Kontrola obrobků a měřicího vybavení měřením - Část 2: Návod pro odhad nejistoty měření, při kalibraci měřicího vybavení a při ověřování výrobku	[L10]
ČSN EN ISO 1	Geometrické specifikace produktu (GPS) - Referenční teplota pro specifikace geometrických a rozměrových vlastností	[L11]
ČSN 25 0051	Normální teplota pro srovnávání měřených hodnot závislých na teplotě	[L12]
ČSN 25 3710	Kontrolní a rýsovací nářadí. Sinusová pravítka	[L13]
TNI 01 0115	Mezinárodní metrologický slovník - Základních a všeobecné pojmy a přidružené termíny v metrologii (VIM)	[L14]

Další potřebné dokumenty

Katalogy a návody výrobců úhloměřů obsahující specifikace metrologických charakteristik.

Příslušné podnikové směrnice a dokumenty.

3 Kvalifikace pracovníků provádějících měření

Kvalifikace pracovníků provádějících měření pomocí úhloměřů ve strojírenství je dána příslušným předpisem organizace. Tito pracovníci se seznámí s metodickým postupem upraveným na konkrétní podmínky daného pracoviště provádějícího měření a případnými (interními) souvisejícími předpisy.

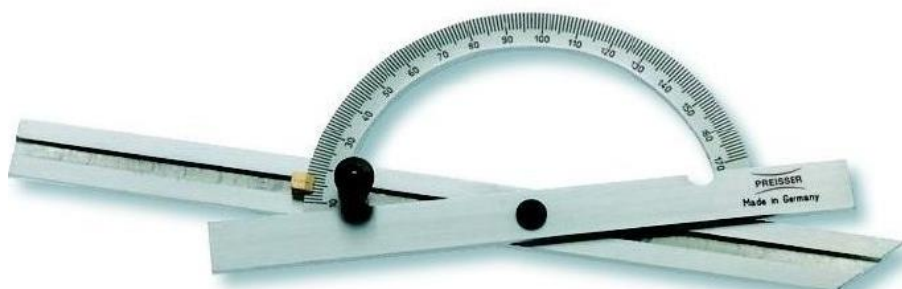
Doporučuje se potvrzení odborné způsobilosti těchto pracovníků prokázat vhodným způsobem, například osvědčením o interním zaškolení, o absolvování odborného kurzu, v krajním případě certifikátem odborné způsobilosti. Úroveň školení závisí na zařazení pracovníka a důležitosti prováděné měřicí operace.

4 Názvosloví, definice

Obloukový úhloměř je základní dílenský úhloměř s rozsahem stupnice $(0\div 180)^\circ$, mají rozlišitelnost po 1° . Mohou být použity pro přesnější měření úhlů.



Obloukový úhloměř s otevřenou polokruhovou stupnicí $(0\div 180)^\circ$, odhad čtení $\frac{1}{2}$ díku $0,5^\circ$ ($30'$)



Obloukový úhloměř s ryskou je přesnější varianta obloukového úhloměru s uzavřenou polokruhovou stupnicí $(0\div 180)^\circ$ a podélně nastavitelným ramenem. Odhad čtení $\frac{1}{4}$

díku $0,25^\circ$ ($15'$)

Universální úhlooměry se uplatňují pro přesnější měření úhlů ve strojírenství rozsah měření $0^\circ \div 360^\circ$ v 4 kvadrantech po 90° dělení je po 1° nebo 2° a na noniusové stupnici odečítáme s rozlišitelností 5 minut. Existuje mnoho variant metody odčítání měřeného úhlu viz doplňující obrázky.



Úhloměr s noniem rozlišitelnost $5'$



Úhloměr digitální rozlišitelnost $1'$

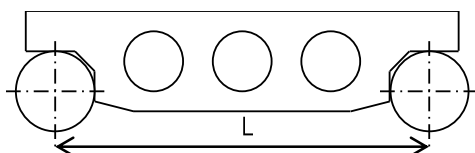


Úhloměr s číselníkem rozlišitelnost $5'$



Úhloměr optický s noniem rozlišení $5'$

Sinusové pravítko – je určeno pro realizaci přesných úhlů pomocí koncových měrek. Konstrukčně je upraveno tak, že je použitelné pro úhly od 0° do 60° . Po větší úhly je sinusové pravítko nevhodně konstruované pomocí sinusového pravítka a koncovými měrkami vzniká tzv. kosinová chyba. Základním parametrem sinusového pravítka je jmenovitá vzdálenost opěrných válečků L pro výpočet důležitá odvěsna pravoúhlého trojúhelníka.



Jmenovitá vzdálenost opěrných válečků L je stálá vzdálenost os uprostřed válečků daná výrobcem. Při nastavovaném úhlu je funkční délkou vzdálenost dotykových bodů válečků, která se liší od jmenovité vzdálenosti vlivem úchylek geometrického tvaru válečků.

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

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

Kontrolor (ve smyslu tohoto metodického postupu) je pracovník provádějící měření pomocí úhlooměru – obloukový, univerzální, sinusové pravítka.

Další pojmy a definice jsou obsaženy v příslušných normách (viz čl. 2), a v publikacích zaměřených na metrologickou terminologii.

5 Měřidla a pomocná měřicí zařízení

- Obloukový úhloměr potřebného rozsahu měření a rozlišení,
- univerzální úhloměr potřebného rozsahu měření a rozlišení s příslušenstvím,
- sinusové pravítka, $L = 200$ mm,
- průměrná deska, nejlépe granitová, třídy přesnosti 0,
- sada koncových měrek pro kontrolní nastavení před samotným měřením, Sady 0,5 až 100 mm. Jde o pracovní etalon minimálně 5. sekundárního řádu a 2. třídy přesnosti,
- lupa se zvětšením 6x,
- teploměr dotykový (tělískový) s měřicím rozsahem min (16 až 26) °C s hodnotou dílku stupnice min 0,2 °C, popř. jiný teploměr obdobných parametrů, navázaný na etalon,
- teploměr prostorový s rozsahem min (10 až 30) °C s rozlišením min 1°C,
- čisticí prostředky: technický benzín nebo jiné odmašťovadlo, utěrka.

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 měření – veličiny ovlivňující výsledky měření

Provozní měření pomocí úhlooměru pro strojírenství se provádí za těchto referenčních podmínek:

- teplota prostředí (20 ± 5) °C,
- teplotní rozdíl mezi měřidlem a měřeným předmětem max. 2 °C,
- klidné prostředí bez průvanu a nadměrné prašnosti,
- suché prostředí s relativní vlhkostí přibližně do 75 %.

Před měřením musí být úhloměr umístěný min. 1/2 hodiny poblíž měřeného předmětu.

Teplota měřeného předmětu a úhlooměru musí být sobě blízká. Teplota prostředí se zjišťuje před zahájením měření a po jeho skončení, popř. se kontrolují průběžně.

Ostatní podmínky prostředí nemají v rozumných mezích přímý vliv na výsledek měření a posuzují se subjektivně podle podmínek daného pracoviště.

7 Metrologické meze využití metody měření

Úhlooměry obloukovými, univerzálními s noniem a pomocí sinusových pravítkem které jsou určené pro statické měření úhlů na čistých předmětech (obrocích). Přímým měřením pomocí úhloměřů měříme odchylky sevření dvou hran kontrolovaného dílu obrobku.

Nepřímým měřením úhlu pomocí sinusového pravítka lze měřit různé úkosy, kužele, sklony apod. Měření úhlu je založené na trigonometrických funkcích. Po odměření potřebných rozměrů lze stanovit úhel početní metodou.

Drsnost povrchu by měla být do hodnoty $Ra = 3,2 \mu\text{m}$ případně $6,4 \mu\text{m}$. Pro zaručení správnosti měření má být teplota měřených předmětů, měřidel i okolního prostředí blízká normální teplotě 20°C . Odchylky od normálních podmínek měření vedou vždy k zhoršení přesnosti měření a to i v případě, že jsou používány správné postupy měření a výsledky jsou na normální podmínky korigovány.

Normální teplota pro udávání výsledků délkových měření je 20°C . Pokud nemůže být normální teplota při měření dodržena, musí být výsledky měření na tuto teplotu přepočítány. K tomu je potřeba znát součinitele teplotní roztažnosti měřeného předmětu a nastavovací měřky.

8 Kontrola měřidla před použitím a příprava na měření

Překontroluje se, zda úhloměr nebo sinusové pravítko není mechanicky poškozeno, pohyblivé pravítko vyčistíme utěrkou (popř. vatou a benzínem). Proveďte vizuální kontrolu měřidla. Čárky hlavní i noniusové stupnice tak i číslice musí být dobře čitelné v celém měřicím rozsahu – odstranit případnou nečistotu, zejména se zjistí případná poškození nebo koroze funkčních ploch.

U univerzálních úhloměřů s digitálním čtením měřené hodnoty se provádí kontrola stavu napětí baterie, zda není zobrazený symbol nízkého napětí baterie a tedy i nutnosti její výměny.

Lehce poškozená místa (drobná poškození, koroze) se opraví a po úpravě znovu očistí. Především funkční plochy hlavního a pomocného ramene příkládaného na součást k základně.

Měřidlo, které vykazuje nedostatky, nelze dále k měření používat a je nutné jej předat ke kalibraci (případně opravě).

Zkontroluje se označení úhlooměru evidenčním číslem a kalibrační značkou. Kalibrace měřidla musí být v době měření platná. Měřidlo s prošlou platností kalibrace nesmí být použito k měření a musí být znovu kalibrováno.

Měřený předmět se umístí v prostorách, kde lze zajistit alespoň základní podmínky pro měření (viz kap. 6). Měřený předmět musí být před měřením očištěný od případné koroze, zbytků chladicí a mazací kapaliny apod. Očištění se provede benzínem, nebo jiným rozpouštědlem schváleným pro dané pracoviště. Očištění se provede pečlivě zejména v místě měření.

9 Postup měření

Při měření a odečítání úhlů s přesností na minuty, v případě přesného měření i sekund, musíme mít na paměti, že počítáme v šedesátkové soustavě. Takže ve chvíli, kdy spočítáme větší množství minut (sekund) než násobek šedesáti, musíme takovýto součet minut (sekund) zapsat pouze počet nad 60. Za každých celých šedesát minut (sekund) přičítáme nebo odečítáme jeden stupeň (minutu).

Zásady správného měření úhlů:

- před použitím měřidla očistíme povrchy pracovních předmětů od pilin a jiných nečistot, které by mohly měřidlo poškodit a zkreslit výsledek,
- při měření úhlů musíme dbát na správnou polohu přiložených pravítek úhlooměru, měřenou součást vkládáme mezi ramena úhlooměru,
- při kontrole průsvitem rameny úhlooměru, držíme pracovní předmět s přiloženým měřidlem proti světlu,
- při kontrole úchylek tvaru a polohy musí být číselníkové úchylkoměry upevněny ve stojanech,
- polohu ramen po přiložení a před přečtením měřené hodnoty zajistíte aretačním šroubem.

Příklad:

Sčítání úhlů:

$$125^{\circ} 24' + 24^{\circ} 31' = 149^{\circ} 55'$$

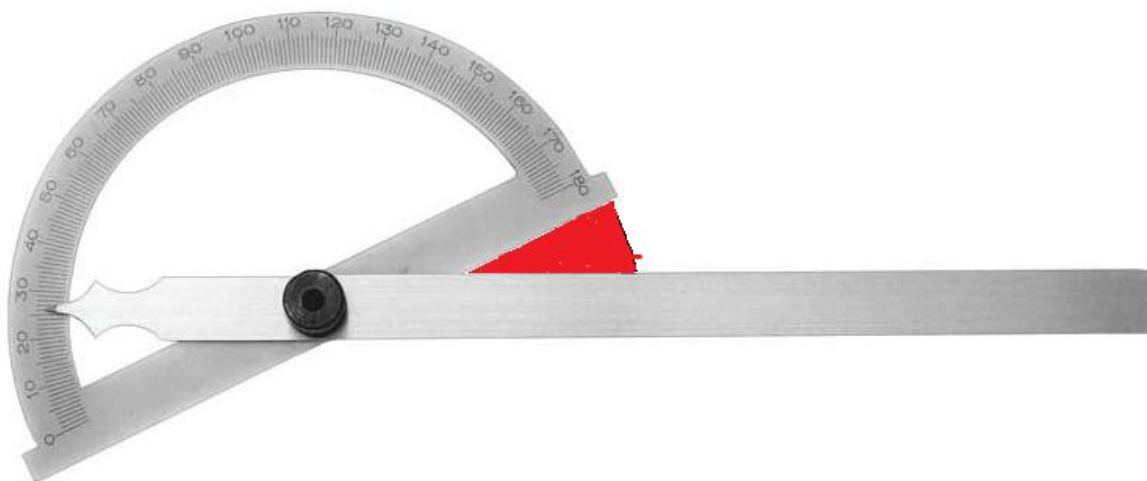
$$45^{\circ} 43' + 21^{\circ} 33' = 66^{\circ} 16'$$

Odečítání úhlů:

$$135^{\circ} 42' - 33^{\circ} 24' = 102^{\circ} 18'$$

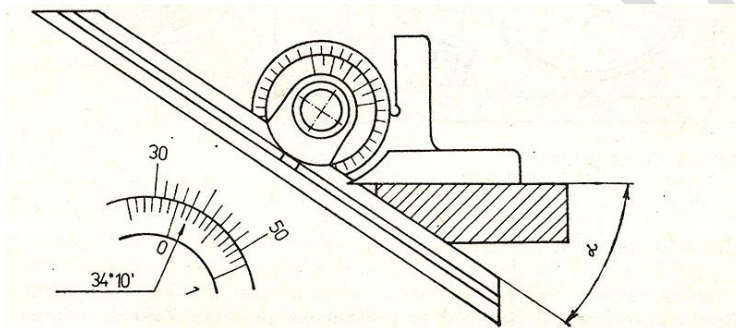
$$25^{\circ} 4' - 9^{\circ} 51' = 15^{\circ} 13'$$

Měříme-li úhly za pomoci úhlooměru který se zpravidla skládá z rovné části (pravítka) a obloukové části (úhlooměru), sevřeme měřený předmět mezi základnu a pohyblivé rameno a následně odečteme měřenou hodnotu dle rozlišení měřidla.

Přímé měření úhlu úhloměrem

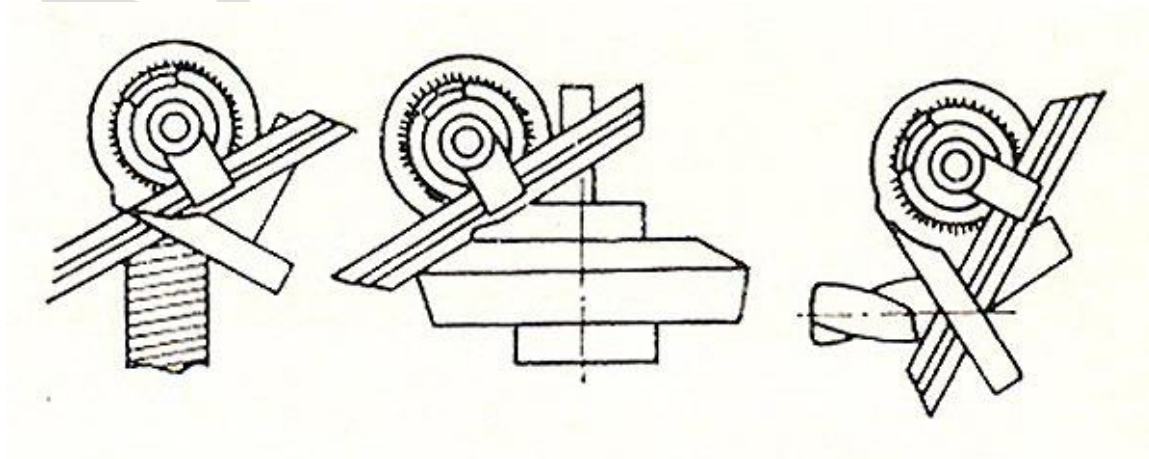
Měření úhlu obloukovým úhloměrem s detailem odčítání úhlu

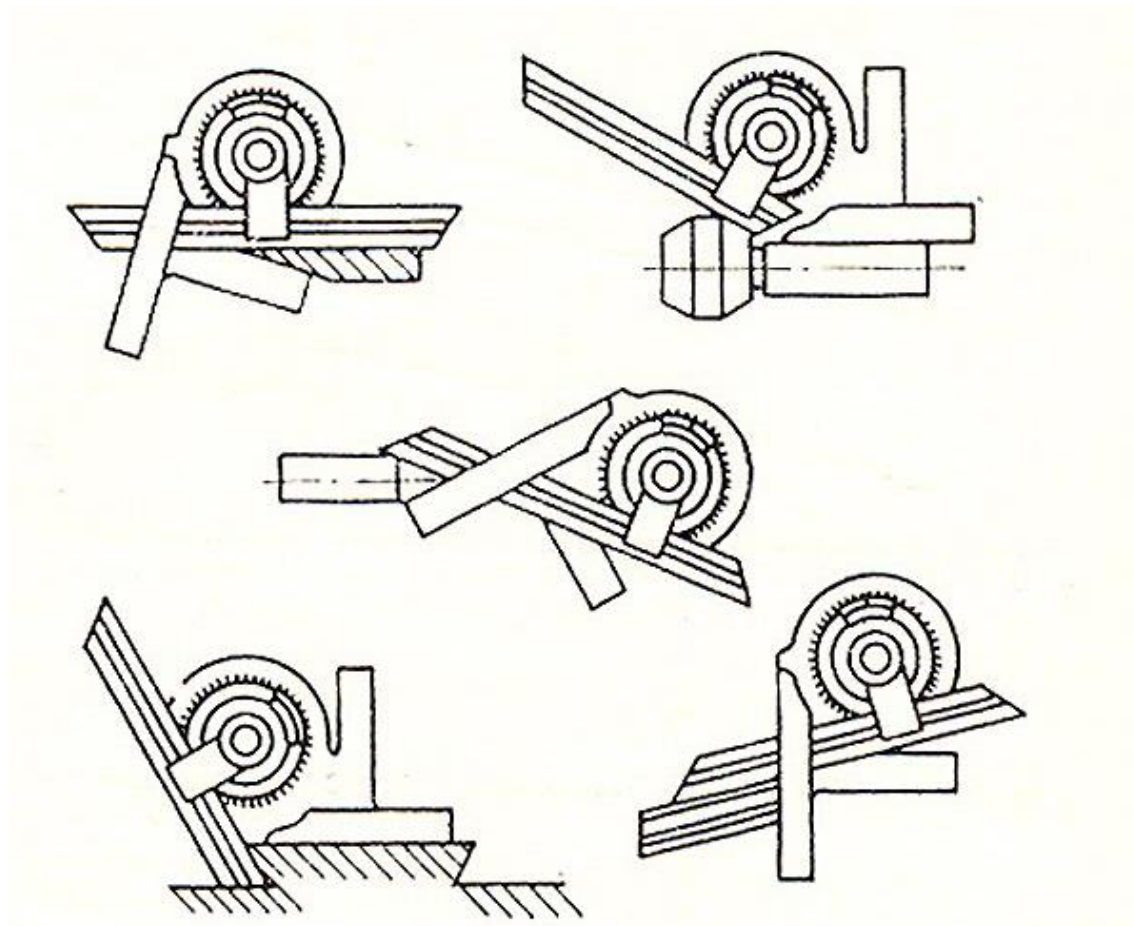
Měřený úhel 26° , rozlišitelnost měřidla 1° , odhad čtení měřené hodnoty $\frac{1}{2}$ dílku $0,5^\circ$



Měření úhlu univerzálním úhloměrem s detailem odčítání úhlu pomocí nonia

Měřený úhel $34^\circ 10'$, rozlišitelnost měřidla $5'$, odhad čtení měřené hodnoty $\frac{1}{2}$ dílku $2,5'$

Příklady měření univerzálním úhloměrem

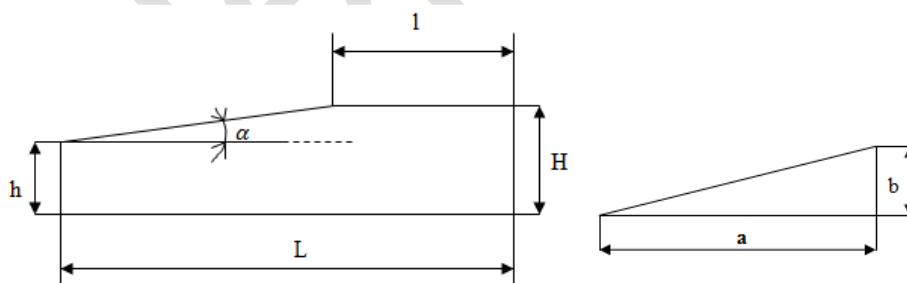


Nepřímé měření úhlu sinusovým pravítkem

Jsou to metody nepřímého měření úhlů založené na trigonometrických funkcích. Lze jimi měřit úkosy, kužele, sklony apod.

Zjištění úhlu početní metodou

Odměříte na součásti rozměry potřebné pro výpočet úhlů.



$$a = L - l$$

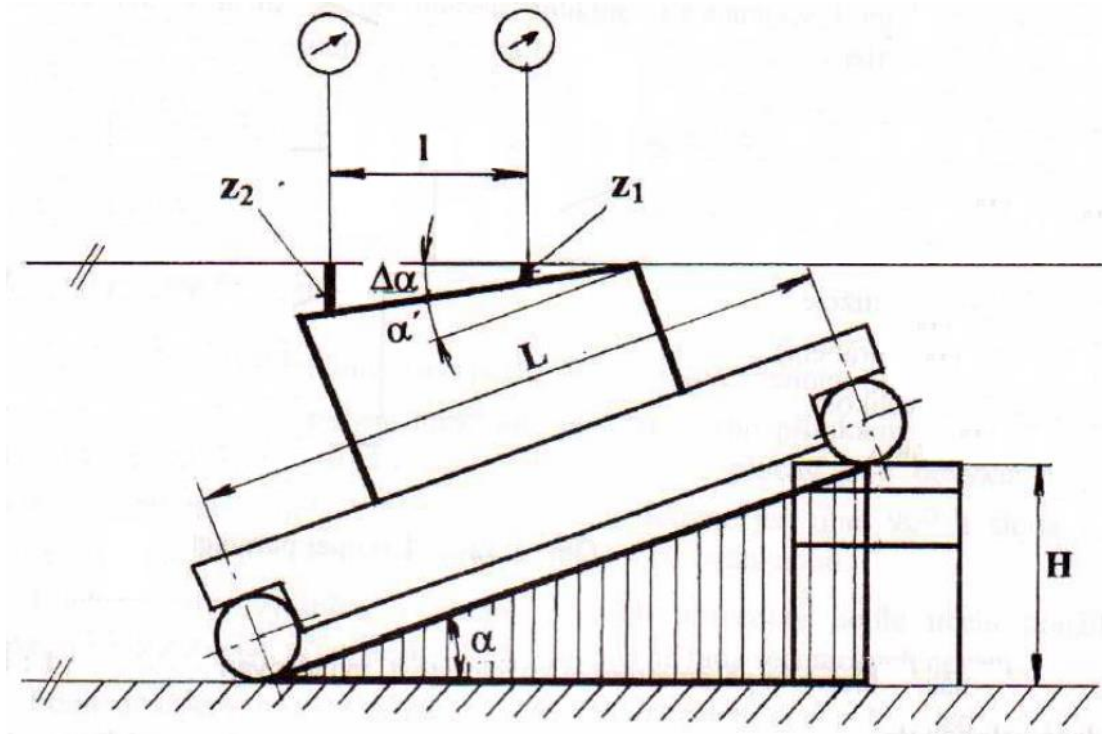
$$b = H - h$$

Výpočet úhlu je dán vztahem

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{H - h}{L - l}$$

Při měření se sinusové pravítko o známé délce L položí jedním válečkem na rovnou desku, pod druhý váleček se vkládají základní koncové měřky o rozměru H . Hodnota H se vyjádří na základě vztahu:

$$H = L \cdot \sin \alpha$$



kde:

- α - měřený úhel (jmenovitá hodnota)
- α' - měřený úhel (vyrobená hodnota)
- $\Delta\alpha$ - rozdíl úhlu $\alpha - \alpha'$
- L - rozteč os válečků
- H - rozměr sestavený z koncových měrek
- $z_2 ; z_1$ - údaje úchylkoměru

Poznámka: Pro malé úhly $\Delta\alpha$ není přesnost délky l významná.

Měřený úhel se stanoví podle vztahů:

$$\sin \alpha = \frac{H}{L}$$

$$\alpha = \arcsin \frac{H}{L}$$

$$\operatorname{tg} \Delta\alpha = \frac{(z_2 - z_1)}{l}$$

Správná hodnota měřeného úhlu součásti se zjistí tak, že se úchylkoměrem přejíždí po horní ploše měřené součásti, která leží na nastaveném sinusovém pravítku. Je-li úhel přesně dodržen, úchylkoměr neukáže žádnou úchylku. Úchylka úhlu je dána rozdílem

úchylkoměru na měřené délce.

Upevněte do stojánku číselníkový úchylkoměr. Sinusové pravítko položte na průměrnou desku a na pravítko položte měřenou součást. Sestavte z koncových měrek vypočítaný rozměr H a vypoďte základními měrkami jeden váleček sinusového pravítka. Správnost úhlu α zjistíte tak, že po horní straně kontrolované součásti přejedete číselníkovým úchylkoměrem. Je-li úhel α správný úchylkoměr neukáže žádnou úchylku.

10 Stanovení nejistoty měření při (příklad)

Měříme úhel obrobku $\alpha = (35^\circ \pm 20')$ pomocí univerzálního úhlooměru v dílenských podmínkách. Obrobek je vyrobený z vysoce legované oceli, součinitel teplotní roztažnosti přibližně $\alpha = (14 \pm 3) \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$. Měření se bude opakovat vždy 3x ve dvou sériích. Po každé sérii 3 měření se kontroluje nastavení nulového bodu kontrolou na průměrnou desku. Před měřením se teplotně stabilizuje obrobek i univerzální úhloměr minimálně půl hodiny přiložením vedle měřeného výrobku. Teplota měřeného obrobku a měřidel se kontroluje dotykovým teploměrem. Informativně se změří teplota prostředí.

Použitá měřidla:

- Univerzální úhloměr rozsahem $(0-360)^\circ$, rozlišitelností $5'$,
- pomocné měřidlo průměrná deska,
- dotykový teploměr s rozlišením min. $0,2^\circ\text{C}$, kalibrovaný,
- prostorový teploměr (informativní).

Podmínky při měření:

- Teplota obrobku 23°C ,
- teplota měřidel 23°C při zahájení měření, do konce měření nepřesáhne 24°C ,
- teplota okolního vzduchu 23°C .

Naměřené hodnoty úhloměrem:

I. Série měření

Měřená hodnota	$35^\circ 15'$	$35^\circ 08'$	$35^\circ 10'$
----------------	----------------	----------------	----------------

II. Série měření

Měřená hodnota	$35^\circ 11'$	$35^\circ 08'$	$35^\circ 14'$
----------------	----------------	----------------	----------------

Střední naměřená hodnota: $\alpha = 35^\circ 11'$

Směrodatná odchylka: $s = 2,23'$

Stanovení standardní nejistoty z opakovaných měření způsobem A u_A :

$$u_A = \frac{s}{\sqrt{n}} \cdot k_A = \frac{2,23}{\sqrt{6}} \cdot 1,3 = 1,29'$$

kde: s - Směrodatná odchylka určená na kalkulátoru (někdy označená $s_{(n-1)}$)
 n - Počet měření
 k - Koefficient určený v závislosti na počtu měření podle následující tabulky:

n	2	3	4	5	6	7	8	9
k	7,0	2,3	1,7	1,4	1,3	1,3	1,2	1,2

Pro zjednodušení přidáme nejistotu u_A do tabulky pro odhad nejistoty.

Tabulka standardních nejistot

Zdroje nejistot	Odhad veličiny α	Meze nejistoty	Faktor rozdělení b	Citlivostní koeficient k	Příspěvek k nejistotě
Úhloměr univerzální $U = 3,2'$	$35^\circ 11'$	3,2	0,5	1	1,60
Rozlišitelnost $5'$ použitého univerzální úhloměr $1/2$ dílku	-	5	0,5	1	2,50
Nejistota typu A z opakovaných měření	-	1,29	1	1	1,29
Měřený úhel	$35^\circ 11'$	Nejistota u ($k=1$) μm			3,24

Stanovení rozšířené nejistoty:

Za předpokladu, že výsledné rozdělení pravděpodobnosti je normální, koeficient rozšíření $k=2$, vyjde po zaokrouhlení nahoru rozšířená nejistota:

$$U = 2 \cdot 3,24 = 6,48' = 7'$$

Výsledek měření:

Po zaokrouhlení je výsledný úhel obrobku přepočtený na normální teplotu:

$$\alpha = 35^\circ 11' \pm 7'$$

Naměřená hodnota včetně nejistoty vyhovuje předpisu. Stanovená nejistota měření čerpá přibližně třetinu tolerance. Postup měření i výsledek lze prohlásit za vyhovující.

11 Záznamy o měření

Pokud má organizace stanoveny konkrétní záznamy o měření, využijí se. Úroveň záznamu je dána důležitostí měřicí operace a jeho rozsah stanoví odpovědný pracovník subjektu (technolog, metrolog atd.)

Tyto záznamy mohou obsahovat například:

- identifikace pracoviště provádějícího měření,

- b) pořadové číslo záznamu, očíslování jednotlivých stran, celkový počet stran,
- c) informace o měřidle,
- d) veličiny ovlivňující měření v okamžiku měření a způsob jejich kompenzace,
- e) název výrobní operace,
- f) datum měření, (případně i čas),
- g) označení použité metodiky měření (v našem případě např. MPM 1.2.2/01/18)
- h) měřidla použitá při měření,
- i) obecné vyjádření o návaznosti výsledků měření,
- j) výsledky měření a s nimi spjatou rozšířenou nejistotu měření a/nebo prohlášení o shodě s danou technologickou tolerancí,
- k) jméno pracovníka, provádějícího měření, jméno a podpis odpovědného (vedoucího) pracovníka, razítko pracoviště.

12 Péče o metodický postup

Originál metodického postupu je uložen u jeho zpracovatele, další vyhotovení jsou předána příslušným pracovníkům podle rozdělovníku (viz čl. 13.1 tohoto postupu).

Změny, popř. revize metodického postupu provádí jeho zpracovatel. Změny schvaluje vedoucí zpracovatele 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

Metodický postup		Převzal		
Výtisk číslo	Obdrží útvar	Jméno	Podpis	Datum

13.2 Úprava a schválení

Metodický postup	Jméno	Podpis	Datum
Upravil			
Úpravu schválil			

13.3 Revize

Strana	Popis změny	Zpracoval	Schválil	Datum

Upozornění

Tento metodický postup je třeba považovat za vzorový. Doporučuje se, aby jej organizace přizpůsobila svým požadavkům s ohledem na své metrologické vybavení a konkrétní podmínky.

Neprodává se