



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 1.1.2/03/17

**METODIKA PROVOZNÍHO MĚŘENÍ MĚŘICÍMI
MIKROSKOPY**

Praha

říjen 2017

Vzorový metodický postup byl zpracován a financován ÚNMZ v rámci Plánu standardizace – Program rozvoje metrologie 2017

Číslo úkolu: VII/3/17

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 měření a kalibrace prováděné na univerzálních mikroskopech v kalibračních nebo kontrolních dílenských laboratořích. Postup popisuje měření pomocí mikroskopů s klasickými optickými systémy odměřování, hlavní pozornost je však zaměřena na stroje vybavené elektronickými digitálními odměřovacími systémy. Rozsah měření bývá (150 až 250) mm x (50 až 150) mm, existují však i stroje s rozsahem (1000 x 300) mm. Rozlišení bývá u optických systémů zpravidla (1,0 až 0,5) μm , u elektronických systémů až 0,1 μm .

V dnešní době se vyrábějí pro přímé optické měření spíše malé dílenské mikroskopy. Řada starších velkých mikroskopů byla přestavěna a vybavena elektronickým odečítáním délky a navazujícím vyhodnocováním pomocí software pro měření geometrie v rovině.

2 Související normy a metrologické předpisy

| | | |
|----------------------|---|-------|
| KP1.1.3/01/13 | Měřicí mikroskop (Kalibrační postup ČMS) | [L1] |
| KP1.1.1/13/07/N | Měřítka – plochá, tenká, ohebná a stáčecí (KP ČMS) | [L2] |
| ČSN EN ISO 3650 | Geometrické specifikace produktu (GPS) - Etalony délek - Koncové měřky | [L3] |
| ČSN EN ISO 9001 | Systémy managementu kvality - Požadavky | [L4] |
| ČSN EN ISO 10012 | Systémy managementu měření - Požadavky na procesy měření a měřicí vybavení | [L5] |
| ČSN EN ISO/IEC 17025 | Posuzování shody - Všeobecné požadavky na způsobilost zkušebních a kalibračních laboratoří | [L6] |
| EA-4/02 M:2013 | Vyjadřování nejistot měření při kalibraci | [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 v GPS, při kalibraci měřicího vybavení a při ověřování výrobku | [L10] |
| ČSN EN ISO 1 | Geometrické požadavky na výrobky (GPS) - Referenční teplota pro specifikace geometrických a rozměrových vlastností | [L11] |
| ČSN 25 0051 | Normální teplota pro srovnávání měřených hodnot závislých na teplotě | [L12] |
| TNI 01 0115 | Mezinárodní metrologický slovník - Základní a všeobecné pojmy a přidružené termíny (VIM) | [L13] |
| | Katalogy a návody výrobců, prodejců a uživatelů mikroskopů | [L14] |

3 Kvalifikace pracovníků provádějících měření

Kvalifikace pracovníků provádějících měření na mikroskopu 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

Dílenský (nástrojářský mikroskop) je měřicí stroj pro kontrolu náradí a výrobků na dílně zpravidla podle okulárových šablon.

Univerzální mikroskop je dvousouřadnicový optický měřicí stoj s příslušenstvím pro různé měřicí úlohy. Stroj může být alternativně vybaven software pro měření geometrie v rovině.

Rozsah měření je největší rozměr, který lze na daném stroji měřit.

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 prisuzovány měřené veličině.

BMC je nejlepší měřicí schopnost, definovaná jako nejistota měření, která se dosahuje na předmětu, jehož vlastnosti jsou téměř ideální, za běžných podmínek měření.

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

- Univerzální mikroskop potřebného rozsahu měření,
- univerzální příslušenství,
- měřicí software,
- sada koncových měrek potřebného rozsahu. Jde o pracovní etalon minimálně 4. sekundárního řádu a 2. třídy přesnosti, podle ČSN EN ISO 3650,
- 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 odmašťovací, 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

Měření na mikroskopu se provádí za těchto referenčních podmínek:

- teplota prostředí (20 ± 1) °C,
- teplotní rozdíl mezi měřidlem a měřeným předmětem max. 0,2 °C,
- klidné prostředí bez průvanu a nadměrné prašnosti,
- suché prostředí s relativní vlhkostí do 75 %.

Před měřením musí být měřený předmět umístěn min. 1/2 hodiny poblíž měřicího stroje.

Teplota měřeného předmětu a mikroskopu a 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.

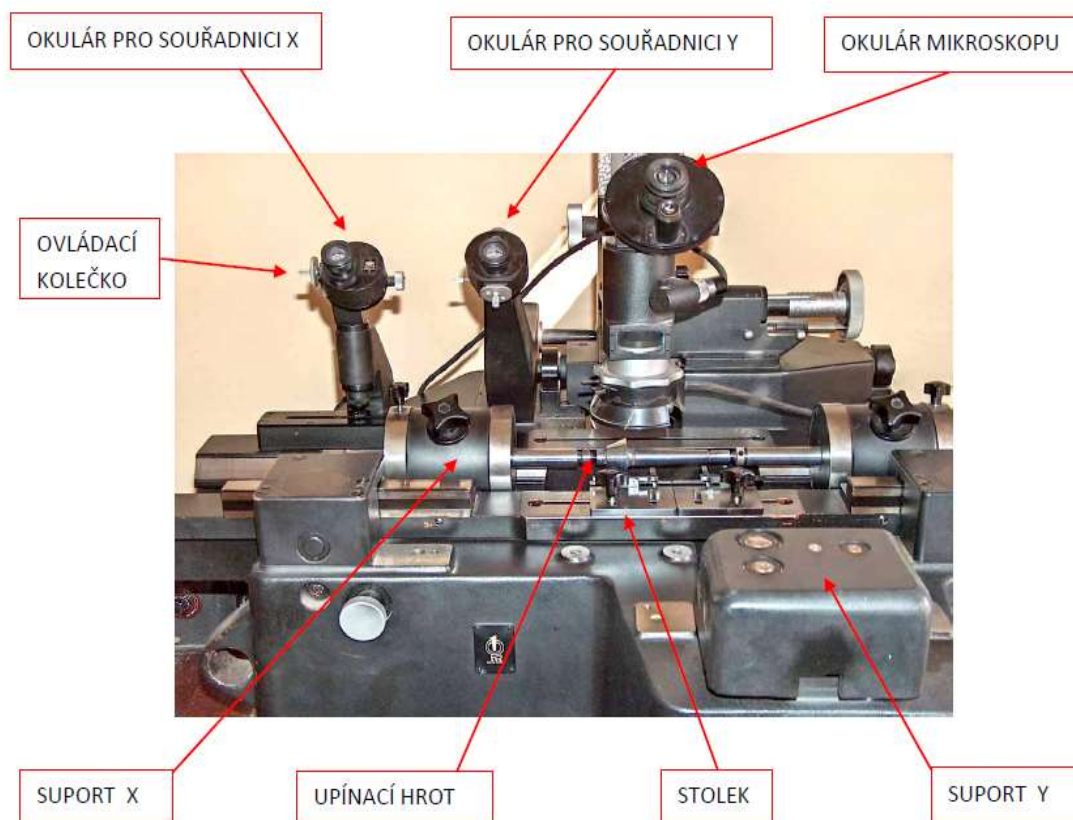
7 Metrologické meze využití metody měření

Optická měření dosahují obecně vyšší nejistoty měření, než měření kontaktní. Pro některá měření, jsou však nepostradatelné pokud jde zejména o drobné součásti, měkké povrchy, složité rovinné útvary apod. Optické metody umožňují analyzovat komplexně součásti a odhalit problémy s jejich celkovou geometrií.

Pro zaručení správnosti měření má být teplota měřených předmětů, měřidel i okolního prostředí blízka normální teplotě 20 °C. Odchytky 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.

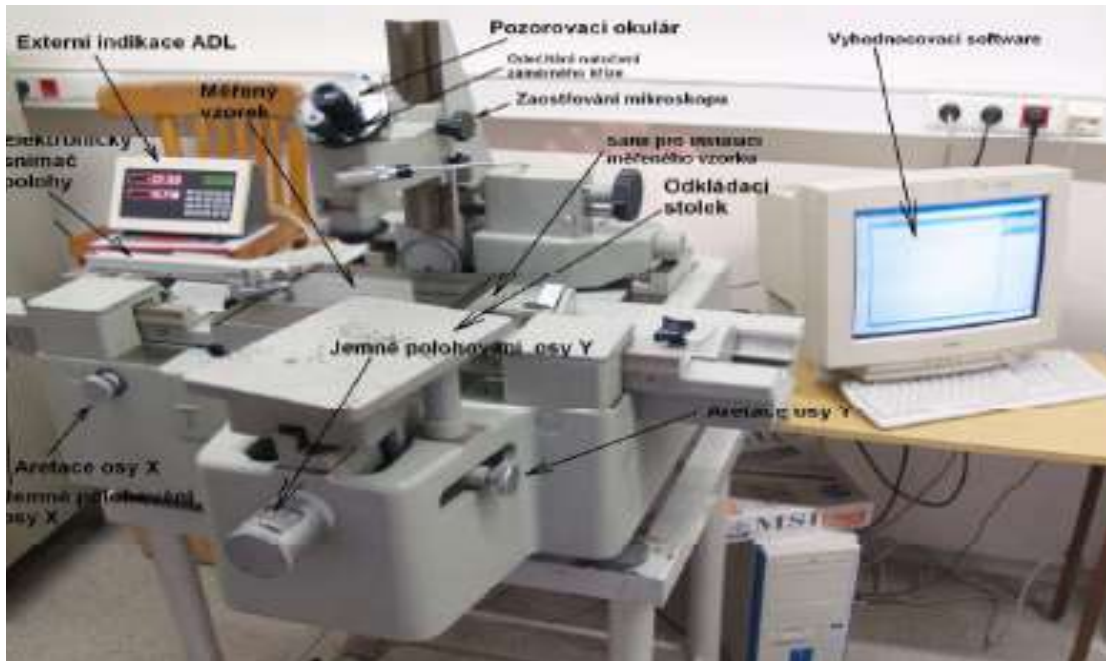
7.1 Univerzální měřicí mikroskop

Univerzální měřicí mikroskop je v různém provedení jedním z důležitých strojů pro měření v kontrolních laboratořích. Je to velmi univerzální stroj s bohatým příslušenstvím pro bezkontaktní měření ve dvou na sebe kolmých osách ve vodorovné rovině. Stroj je určen k měření délek, průměrů a roztečí děr, měření úhlů, závitů, rádiusů, a úchylek tvaru a polohy. Výhodou těchto strojů klasického provedení je, že při správném zacházení mají velkou životnost.



Obr. č. 1: Dílenský měřicí mikroskop

Univerzální mikroskopy s odečtem pomocí optického spirálového mikroskopu se vyráběly řadu let a byly častým vybavením metrologických laboratoří. Již řadu let však nevyhovují hlavně z důvodu produktivity měření. Díky dobré mechanické přesnosti vedení a dostatečné tuhosti celého stroje je možno provést modernizaci přístroje na úroveň, jaká je požadována od současných měřicích mikroskopů, tedy přímé digitální odměřování měřené polohy s výstupem na počítač a možností zpracování naměřených dat s výstupem ve formě měřicího protokolu.



Obř. č. 2: Pohled na modernizovaný mikroskop

Nepřesnost (nejistota měření) byla u původní verze univerzálního mikroskopu ZEISS definována výrazem $\pm(2,5 + L/80) \mu\text{m}$, kde $L(m)$ je měřený rozměr v ose x a v rovině stolku. Po provedené digitalizaci a elektronické korekci nelinearity dosahuje nejistota měření v rovině stolku v celém pracovním rozsahu mikroskopu $\pm 1 \mu\text{m}$. Digitalizací lze zpřesnit odměřovací systém a tedy složku nejistoty závislou na délce. Základní nejistota měření se však výrazně nezlepší, neboť je závislá na možnostech optického najetí operátorem.

Příkladem mimořádně velkého měřicího mikroskopu je LEITZ-STRASMANN s měřicím rozsahem 1000 mm x 300 mm. Stroj pochází ze sedmdesátých let a je z výroby vybaven motorickým pojezdem ve dvou osách a digitálním odměřováním s rozlišením 0,5 μm . Mezi hroty unese součást o hmotnosti až 200 kg. Nejistota pro optická měření byla stanovena výrazem $\pm(3 + 3L) \mu\text{m}$, kde L je měřená délka v rovině stolu. Stroj měl v původní výbavě mechanický kalkulátor, který zvládal základní úlohy geometrie v rovině (rozteč středů děr, vzdálenost bodu od přímky apod.). V devadesátých letech byl stroj připojen na počítač a vybaven softwarem pro měření geometrie v rovině.



Obr. č. 3: Velký měřicí mikroskop LEITZ-STRASMANN

7.2 Dílenské mikroskopy

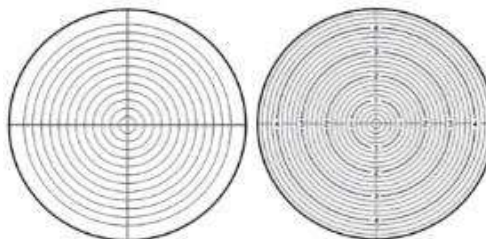
Malé dílenské mikroskopy mají rozsah měření obvykle 50 mm x 50 mm odečítání i pojezd je realizován digitálními mikrometrickými hlavami. V příslušenství je sada objektivů pro různá zvětšení a ohniskové destičky se šablonami pro kontrolu profilů, úhlů a radiusů.



Malý měřicí mikroskop MA 331ES

| Zvětšení | 10x | 20x | 30x | 50x | 100x |
|-----------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Zorné pole | 13,8 | 6,9 | 4,6 | 2,7 | 1,3 |
| Pracovní rozsah | 55 mm | 50 mm | 54 mm | 48 mm | 28 mm |

Šablony:



Obr. č. 4: Malý měřicí mikroskop MA 331ES



Obr. č. 5: Úhломěrný stolek



Obr. č. 6: Velký dílenský mikroskop ZEISS

Mikroskop má měřicí rozsah 150x50 mm a digitální čtení s rozlišením 1 μm .

Je vybaven otočným stolem s úhlovým dělením. V bohatém příslušenství jsou čtyři výměnné objektivy pro celkové zvětšení 10x až 50x. Váha stroje je asi 80 kg

Mikroskop se již nevyrábí, ve výrobních podnicích jsou však stále běžné i jeho předchozí verze s optickým čtením pomocí spirálového mikrometru.

7.3 Speciální mikroskopy

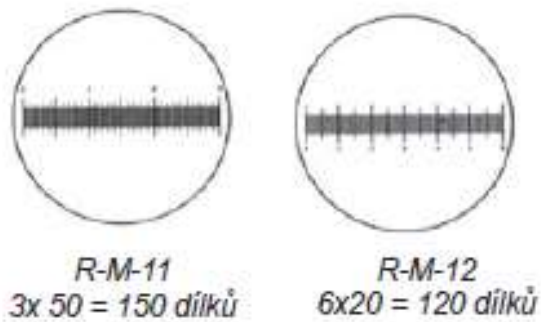
Pro měření povrchového profilu byl vyvinut mikroskop pracující metodou světelného řezu (systém Schmalz) mikroskop má dva objektivy, vzájemně otočené o 90° a s měřeným povrchem svírající úhel 45°. Jedním objektivem se promítá proužek světla a druhým objektivem se pozoruje vřížený stín. Tyto přístroje byly zcela nahrazeny dotykovými profiloměry, případně profiloměry s optickými snímači na fokusačním principu.



Přístroji klasické konstrukce, které v různém provedení nabízí řada výrobců, jsou mikroskopy pro měření tvrdosti. Měřicí rozsah je omezen a rozměr vtisku se odečítá na měřítku nebo na ohniskové destičce.

| Typ | MA121-11 | MA121-12 |
|-----------------|----------|----------|
| Zvětšení | 42x | 25x |
| Zorné pole | 3 mm | 6 mm |
| Dělení stupnice | 0,02 mm | 0,05 mm |

Obr. č. 7: Mikroskopy pro měření tvrdosti



Obr. č. 8: Mikroskopy pro měření tvrdosti – odečítání hodnot

Vývojové trendy

V současné době se nabízejí jak jednoduché dílenské mikroskopy klasické konstrukce s manuálním posuvem a s měřicím rozsahem 50 mm x 50 mm, tak i pokročilé mikroskopy s motorickými pojezdy, automatickým zaostřováním a rozsahem použití od měření rozměrů dílců až po metalografii. Velké dílenské mikroskopy jsou v praxi nahrazovány buď profilprojektory, nebo CNC stroji s kamerovým systémem. Obecnou snahou je eliminovat pracné a zdlouhavé najíždění pomocí klasických optických systémů.



Quick Vision STREAM PLUS

Je vybaven vysoce citlivou CCD skenovací kamerou

| | |
|---------------|--------------------------------|
| Rozlišení: | 0,1 μm |
| Přesnost: | $(1,3 + 0,3L/100) \mu\text{m}$ |
| Rozsah měření | až 600 x 650 x 250 mm |

Obr. č. 9: Quick Vision STREAM PLUS

8 Kontrola měřidla před použitím a příprava na měření

Pro mikroskop má být zpracován plán periodických kalibrací a provozních kontrol a nastavení. Provozní kontroly a nastavení závisí na konstrukci stroje a vycházejí s návodu výrobce. Zpravidla obsahují tyto úkony:

- kontrola vzhledu, čistoty a úplnosti příslušenství,
- kontrola platnosti kalibrace stroje i etalonů,
- kontrola plynulosti posuvu měřicí části nebo měřicího stolku,
- výběr, nastavení a seřízení příslušenství pro požadovanou měřicí úlohu.

Mikroskop musí být prostý prachu a jiných nečistot a vodící plochy být správně namazány. Příslušenství mikroskopu má být uloženo na vyznačených místech. Kalibrace mikroskopu musí být v době měření platná. Stroj s prošlou platností kalibrace nesmí být použit k měření a musí být znovu kalibrován. Všechny pohyblivé části se musí posouvat plynule a bez patrné vůle.

Mikroskop, který vykazuje nedostatky, nelze dále k měření používat.

9 Postup měření

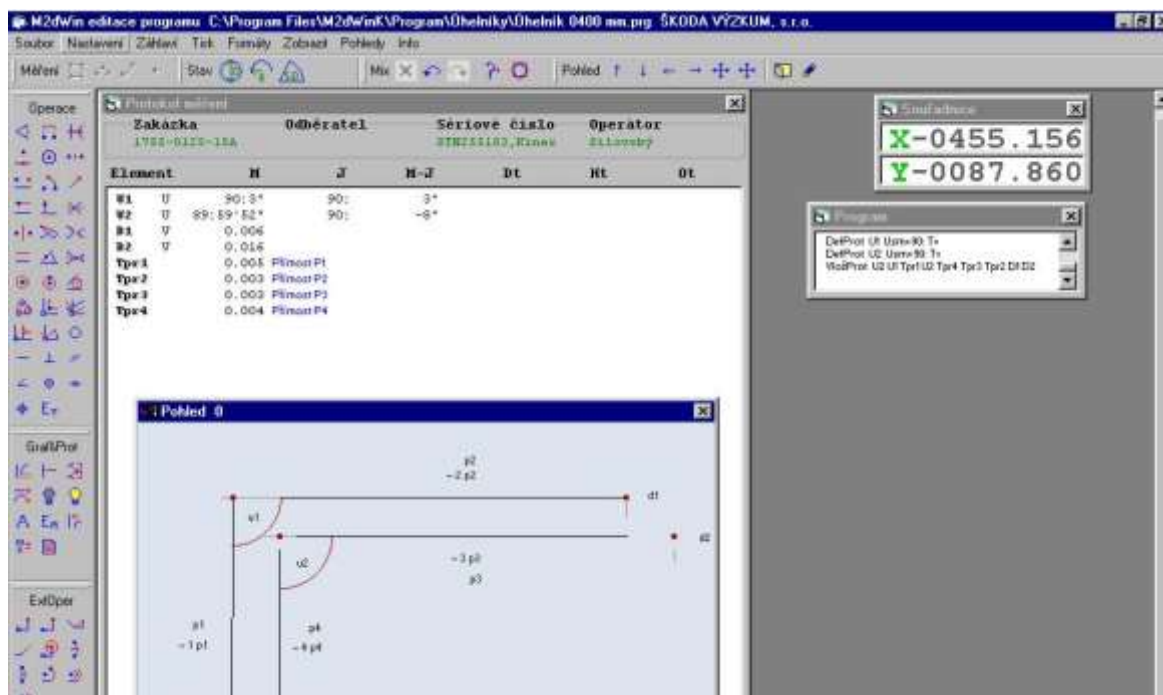
Popis základních měřicích úloh přehledně ukazuje možnosti měření na mikroskopu. Pro jednotlivé měřicí úlohy byly zpracovány detailní kalibrační postupy, kde lze zjistit podrobnosti. Postup měření popisovaný v následujících článcích se týká jak klasických měření na mikroskopech, tak využití měřicího programu. Možnosti software mění některé postupy měření a mnohé příslušenství klasických mikroskopů se stává zbytečným. Software používaný na mikroskopech je často shodný se software SMS, který je zredukovaný pouze na měření ve dvou souřadnicích.

Při měření a kalibraci na mikroskopu nemá být pomíjena důležitost vyrovnání teplot etalonu, měřeného kusu a stroje. Měřený kus musí být několik hodin před měřením umístěn v klimatizovaném prostředí laboratoře. Přesné vyrovnání teplot se provádí uložení měřeného předmětu na stolku stroje. Vyrovnání teploty se kontroluje dotykovým (těliskovým) teploměrem.

9.1 Měření geometrie v rovině

Měřicí mikroskop má hlavní využití při měření geometrie na převážně dvourozměrných výrobcích, na šablonách, při kalibraci úhelníků a případně přímosti pravítek. Stroj je určen k měření délek, průměrů děr, měření úhlů, rádiusů, závitů, a k proměřování různých tvarů a vyhodnocování jejich geometrických parametrů. Vyhodnocování úchylek tvaru a polohy manuálním způsobem je však velmi pracné a často je nutné úchytky pouze odhadovat. Potíže při odečtu měřených hodnot na spirálovém mikrometru a při následném vyhodnocování vedly k hromadné digitalizaci mikroskopů a vybavení měřicím softwarem.

Program **M2DWin** umožňuje přímo zpracovávat polohy naměřených bodů, konstruovat z nich jednotlivé tvary a ty pak vyhodnocovat. Výsledkem programu je protokol s hodnotami naměřených veličin i zobrazení měřených tvarů a jejich vlastností. Ukázka programového prostředí M2DWin je na následujícím obrázku.

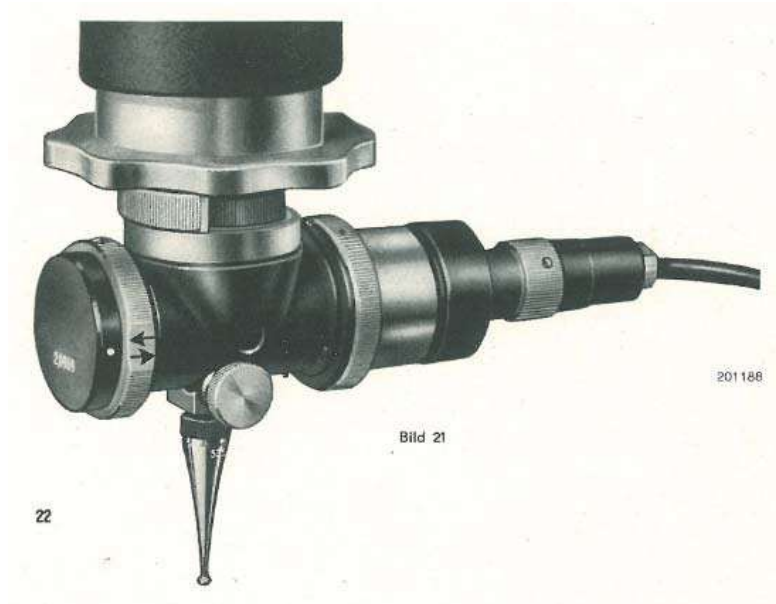


Obr. č. 10: Ukázka programového prostředí M2DWin

Program je schopen snímat jednotlivé body pomocí menu a to buď jako součást kruhu, oblouku, přímky, nebo samostatných bodů. Před snímáním je nutné zvolit typ snímaného tvaru a po nasnímání bodů pomocí stisku pedálu se snímání ukončí kliknutím na pravé tlačítko myši. Na nasnímáných útvarech je možno měřit úhly, vzdálenosti a geometrické tolerance, jako jsou přímost, kolmost, sklon, soustřednost a další parametry. Pomocí rozsáhlého menu konstrukčních funkcí je také možno vytvářet nové útvary – přímky, kruhy, jejich části a spojnice a ty použít k odměřování požadovaných údajů na měřené součástce. Lze také posouvat a otáčet soustavou souřadnic. Jednotlivé prvky se na ploše zobrazují a je možné je pomocí nástrojových ikon označit, zadat k nim jejich jmenovité hodnoty, hodnoty tolerance a výsledné hodnoty vložit do protokolu o měření. K tištěnému protokolu lze také přidat obrazovou dokumentaci a to jak změřených tak i zkonstruovaných tvarů. Během celého měření je automaticky vytvářen program měření, který pak lze s výhodou použít pro opakované vyhodnocování stejných součástí.

9.2 Kontaktní měření na mikroskopu

Klasické universální mikroskopy bývají vybaveny dotykem pro kontaktní měření. Třetí pomocná souřadnice Z se zpravidla odečítá opticky. Také nulový indikátor polohy kontaktu bývá optický. Použitím doteku se měření zpřesní a rozšíří možnosti měření. Pomocí doteku lze například měřit kuželovitost kuželových pouzder a kalibrů. Pokud je k dispozici sada T- kontaktů, lze měřit vnitřní závit. Takto vybavený stroj lze považovat za předchůdce SMS. Digitalizace třetí souřadné osy však bývá obtížná a v praxi zpravidla neproveditelná.

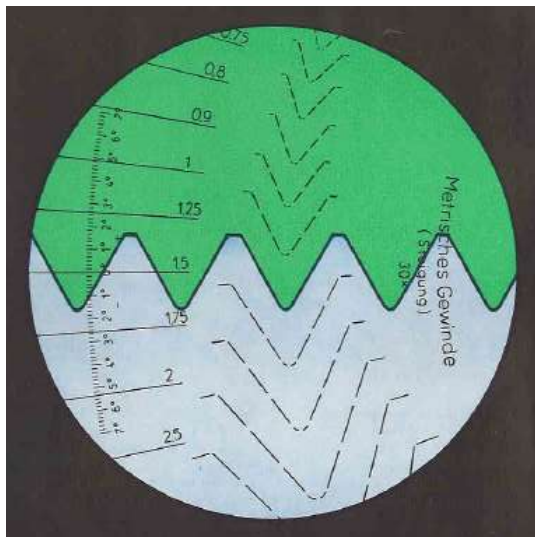


Obr. č. 11: Měřicí hlavice

9.3 Měření závitů

Měření středního průměru vnějších závitů se klasicky provádí pomocí závitových šablon. Měřený šroub se vyrovná do osy měření x , nejlépe upnutím mezi hroty. Příslušnou šablonou se najede na profil závitů z jedné strany a odečte (vynuluje) se souřadnice y .

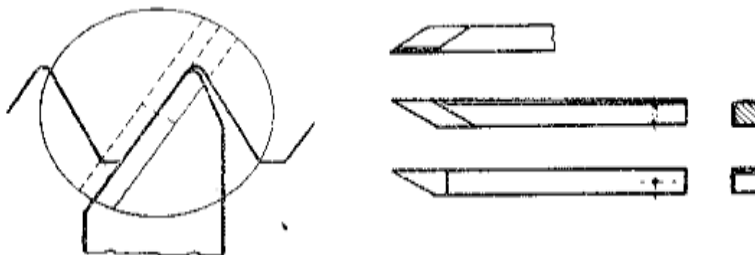
Potom se přejeďte souřadnicí y na druhou stranu a šablonou se opět najede do profilu. Rozdíl souřadnic y odpovídá střednímu průměru závitů.



Šablonu použijeme také pro měření rozteče závitů. Rozteč měříme odjetím v ose x o několik (např. 10) závitů.

Podle šablony můžeme posoudit úhel, profil i opracování závitů, což je neocenitelná výhoda mikroskopu proti jiným metodám. Pro omezení rozptylu procházejícího světla a zpřesnění měření se mohou použít měřicí nožíky.

Obr. č. 12: Měřicí šablona pro měření rozteče závitů

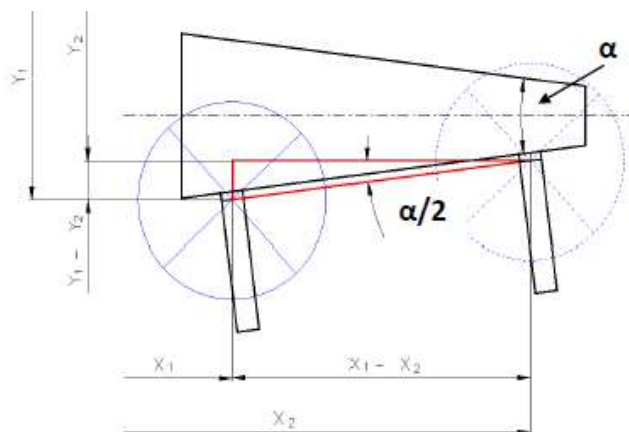


Obr. č. 13: Použití měřicích nožíků

9.4 Měření kuželů

Měření vnějších kuželů (kuželových kalibrů) předpokládá speciální příslušenství. Je to speciální stolek s příčnými hroty, který umožňuje odjetí o přesnou míru. Dále jsou potřebné nožové doteky s měřicí hranou v ose stroje. Pro měření vnitřních kuželů je pak třeba měřicí stolek, který umožňuje přesné odjetí měřené kuželové díry ve svislé ose Z.

Rotační součást s kuželovou plochou upneme mezi dva hroty. Kolmo k povrchové přímce kužele přiložíme dva nožíky, které jsou součástí příslušenství mikroskopu, a upevníme je ke stolku. Nožíky jsou opatřeny ryskou, na kterou lze spolehlivě zaostřit objektivem mikroskopu. Střed nitkového kříže v okuláru mikroskopu zaměříme na libovolný bod na



rysce nožíku. Pojízdíme při tom suportem v ose X a ose Y. V okulárech se spirálovými stupnicemi odečteme souřadnice polohy tohoto bodu. Souřadnici X_1 a souřadnici Y_1 . Stejným postupem určíme souřadnice bodu na rysce druhého nožíku X_2 a Y_2 .

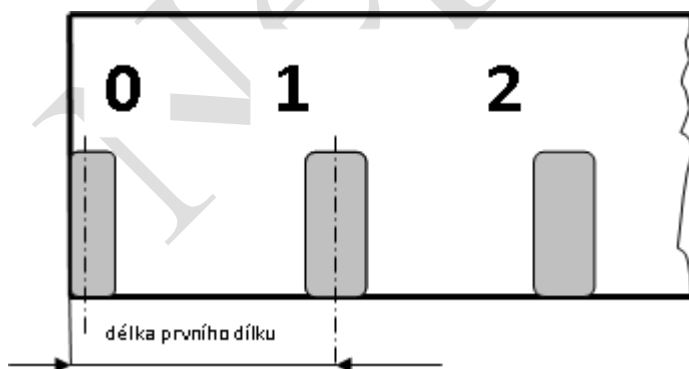
Vrcholový úhel kužele pak vypočítáme.

$$\tan \frac{\alpha}{2} = \frac{Y_1 - Y_2}{X_1 - X_2}$$

Obr. č. 14: Schéma měření kuželů

9.5 Kalibrace čárkových měřitek

Při kalibraci čárkových měřitek je důležité srovnat osu měřítka do osy měření. Najíždí se na střed rysek buď záměrným křížem, nebo lépe dvouryskou, pokud je k dispozici vhodný objektiv. Protože je měřicí rozsah mikroskopu často nedostatečný, je třeba kalibrované měřítko překládat a přenášet naměřenou chybu na další měřené úsek. Přitom je třeba brát ohled na měřítka a počátkem stupnice na hraně.



Obr. č. 15: Při odečítání je nutné najíždět na středy rysek

10 Stanovení nejistoty měření na mikroskopu

Má se stanovit nejistota měření na mikroskopu, které dosahu je určitý pracovník při měření optickým najetím na hranu měřeného objektu. Mikroskop byl digitalizován, korigovaná chyba měřicího systému o rozsahu měření 150 mm nepřesáhne 1 μm . Teplota prostředí v místě měření je $(20 \pm 1) \text{ }^\circ\text{C}$. Deset zkušebních měření provede určitý pracovník na koncové měrce 100 mm umístěné na různých místech v ose měřicího systému. Nevyrovnání teploty koncové měrky a lože s odměřovacím systémem se předpokládá do 0,2 $^\circ\text{C}$.

Použitá měřidla:

- mikroskop ZEISS rozsahu (150 x 50) mm, kalibrováný s nejistotou odměřování $U = 1 \text{ } \mu\text{m}$. Okulár se záměrným křížem,
- koncová měrka 100 mm tř. 2, kalibrována s nejistotou $U = (0,2 + 2L) \text{ } \mu\text{m}$, $\alpha = 11,5 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$,
- dotykový teploměr s rozlišením min. 0,2 $^\circ\text{C}$, kalibrováný,
- prostorový teploměr, kalibrováný.

Podmínky při měření:

- teplota prostředí $(20 \pm 1) \text{ }^\circ\text{C}$,
- nevyrovnání teplot 0,2 $^\circ\text{C}$.

Naměřené hodnoty:

I. Série měření

| | | | | |
|----------|----------|----------|----------|----------|
| 100,0020 | 100,0035 | 100,0020 | 100,0020 | 100,0030 |
|----------|----------|----------|----------|----------|

II. Série měření

| | | | | |
|----------|---------|---------|---------|---------|
| 100,0010 | 99,9990 | 99,9975 | 99,9980 | 99,9970 |
|----------|---------|---------|---------|---------|

Stanovení standardní nejistoty typu A:

Střední naměřená hodnota: $L_M = 100,0005 \text{ mm}$

Směrodatná odchylka: $s = 2,4 \text{ } \mu\text{m}$

Počet měření: $n = 10$

$$u_A = \frac{s}{\sqrt{n}} = \frac{2,4}{\sqrt{10}} = 0,76 \text{ } \mu\text{m}$$

Stanovení standardní nejistoty typu B:

Výchozí rovnice má pro tento případ tvar:

$$L_C = L_E + L_M + \Delta t \cdot \alpha \cdot L + \Delta \alpha \cdot \Delta T \cdot L$$

kde:

L_C naměřená délka,

L_E délka etalonu (měrky),

L_M měřená délka,

Δt rozdíl teploty měrky a měřidla (systému) 0,2 $^\circ\text{C}$,

ΔT odchylka teploty měřidla od normální teploty 1 $^\circ\text{C}$,

| | |
|--------------------|---|
| L | jmenovitá délka 0,1 m, |
| $\Delta \alpha$ | rozdíl součinitelů teplotní roztažnosti měřky $\alpha = 11,5 \pm 1$ a odměřovacího systému $\alpha = 11,5 \pm 1$, z toho $\Delta \alpha = 2 \mu\text{m}/\text{m} \cdot ^\circ\text{C}$, |
| $\alpha \cdot L$ | citlivostní koeficient $11,5 \cdot 0,1 = 1,15 \mu\text{m}/^\circ\text{C}$, |
| $\Delta T \cdot L$ | citlivostní koeficient $1 \cdot 0,1 = 0,1 \text{ m} \cdot ^\circ\text{C}$. |

Faktor rozdělení b je převrácenou hodnotou koeficientu rozdělení, viz [L10]:

- normální rozdělení: $b = \frac{1}{2} = 0,5$
- rovnoměrné rozdělení: $b = \frac{1}{\sqrt{3}} \approx 0,6$

Tabulka standardních nejistot

| Zdroje nejistot | Ozn. | Odhad veličiny [mm] | Meze nejistoty [μm] | Faktor rozdělení b | Citlivostní koeficient k | Příspěvek k nejistotě [μm] |
|--|-----------------|---------------------|--|----------------------|----------------------------|---|
| Koncová měrka 100 mm 2. tř. 4. řád $U = (0,2 + 2L) \mu\text{m}$, L (m) | L_E | 100,0005 | 0,4 | 0,5 | 1 | 0,20 |
| Měřicí systém (digitalizovaný) $U = 1 \mu\text{m}$ | L_M | 0 | 1 | 0,5 | 1 | 0,50 |
| Teplotní rozdíl měrka – mikroskop Max. 0,2 $^\circ\text{C}$ v průběhu měření | Δt | - | 0,2 | 0,6 | 1,15 | 0,14 |
| Rozdíl teplotní roztažnosti $\Delta \alpha = 2 \mu\text{m}/\text{m} \cdot ^\circ\text{C}$ Odchylka teploty od normál. $\Delta T = 1 ^\circ\text{C}$ | $\Delta \alpha$ | - | 2 | 0,6 | 0,1 | 0,12 |
| Měřený rozměr | L_C | 100,0005 | Nejistota u ($k = 1$) μm | | | 0,57 |

Standardní kombinovaná nejistota:

$$u = \sqrt{u_A^2 + u_B^2} = \sqrt{0,76^2 + 0,57^2} = 0,95 \mu\text{m}$$

Rozšířená standardní kombinovaná nejistota měření:

$$U = 2 \cdot u = 2 \cdot 0,95 \cong 2 \mu\text{m}$$

Stanovená nejistota měření na mikroskopu platí pro měření za daných podmínek a pro daného pracovníka.

Postup stanovení nejistoty při kalibraci měřicího mikroskopu je uveden v literatuře [L1].

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:

- a) 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 1.1.2/03/17)
- 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.

Metodické postupy je možné evidovat, aktualizovat i schvalovat v elektronické podobě.

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.

Neprodejné