

Délková měření ve strojírenství

Výukový materiál

Ivana Čípová

Tento materiál byl vytvořen v rámci projektu CZ. 1.07/1.1.24/01.0134
Rozvoj technického a přírodovědného vzdělávání na SOŠ a SOU v Kopřivnici

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

O projektu Rozvoj 2014

Základní údaje o projektu:

Název projektu:	Rozvoj přírodovědného a technického vzdělávání na SOŠ a SOU v Kopřivnici
Název operačního programu:	OP Vzdělávání pro konkurenceschopnost
Prioritní osa:	7.1 Počáteční vzdělávání
Oblast podpory:	7.1.1 Zvyšování kvality ve vzdělávání
Předkladatel:	Vyšší odborná škola, Střední odborná škola a Střední odborné učiliště, Kopřivnice, příspěvková organizace
Partner projektu:	Porgest, a.s.
Rozpočet projektu:	9 288 965,12 Kč
Doba realizace:	14. 02. 2012-31. 12. 2014 (46 měsíců)

Cílem projektu, zkráceně nazvaného Rozvoj 2014, je zvýšení kvality výuky přírodovědných i technických předmětů a odborného výcviku na VOŠ, SOŠ a SOU Kopřivnice prostřednictvím inovací obsahu příslušných vzdělávacích modulů, tvorby nových výukových i metodických materiálů a pořízení moderního vybavení pro výuku odpovídajících předmětů.

Projekt je řešen v těsné spolupráci s podniky - zaměstnavateli v regionu, abychom dosáhli co nejužšího propojení výuky s praxí. Využíváme zkušenosti partnera projektu – firmy Porgest, a. s. i dalších podniků, které projevíly zájem s námi spolupracovat.

Modernizace výuky je zaměřena na tři oblasti:

- svařování,
- strojírenství,
- přírodní vědy (fyzika, chemie, biologie).

V období realizace projektu bylo vytvořeno celkem 10 vzdělávacích modulů zahrnujících metodické texty pro učitele, výukové texty pro žáky, prezentace i videosekvence. Bylo obnoveno vybavení svářečské dílny a strojní laboratoře, doplněno vybavení chemické laboratoře a vybudována nová učebna přírodovědných předmětů. Další informace a výstupy projektu jsou k dispozici na stránkách projektu www.voskop.cz/rozvoj.

Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky.

OBSAH

Vysvětlivky k ikonám	5
1 Bezpečnost práce při měření	6
1.1 Provozní řád a bezpečnostní předpisy v technickém měření	6
Provozní řád strojní laboratoře (dílenn, učeben) technického měření.....	7
Bezpečnostní předpisy a provozní řád strojní laboratoře (dílenn) technického měření	8
1.2 Hygiena a péče žáků o zdraví	9
1.1 Nejčastější příčiny nekvalitní práce (pracovních úrazů).....	9
2 Dějiny měření (metrologie)	11
2.1 Prvopočátky měření	12
2.1.1 Měření a Česká země	12
2.1 Věda v měření (metrologii)	13
2.2 Metrologie a právo	15
2.2.1 To nejdůležitější z paragrafů zákona č. 505/1990 Sb.	16
3 Základní pojmy metrologie	18
3.1 Metrologická terminologie	19
3.2 Teorie chyb v měření	22
3.2.1 Soustava jednotek SI	23
3.3 Základní dílenská a laboratorní měřidla, třídy přesnosti	29
3.4 Zpracování výsledků měření	32
3.4.1 Základní popis zpracování výsledků měření.....	36
4 Kalibrace, ověřování měřidel a měřicích přístrojů	38
4.1 Kalibrace měřidel a měřicích přístrojů	39
4.1.1 Postup kalibrace měřidel a měřicích přístrojů	40
5 Kalibrační postup	43
6 Kalibrační postup	47
7 Kalibrační postup	49
7.1 Ověřování měřidel a měřicích přístrojů	53
7.2 Firemní evidence měřidel a měřicích přístrojů	54
8 Měřidla	57
8.1 Základní péče při měření o měřidla	58

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

OBSAH

8.2	Měření délkových rozměrů.....	59
8.2.1	Základní měřidla pro délková měření	59
8.3	Posuvná měřidla	61
8.3.1	Posuvné hloubkoměry a výškoměry	68
8.4	Třmenové mikrometry	70
8.5	Základní rovnoběžné měřky.....	78
8.6	Úchylkoměr	82
8.7	Pasametr	88
8.8	Meotast.....	91
8.9	Optikátor.....	93
8.10	Profilprojektor.....	95
8.11	Dílenský mikroskop	99
8.12	Dutinoměr	101
8.13	Universální délkoměr	103
8.13.1	Kalibry	106
9	Přílohy	114
	Seznam obrázků	118
	Seznam tabulek	121
	Použitá literatura zdroje.....	122

Vysvětlivky k ikonám



CÍLE

Na začátku každého tématu jsou uvedeny cíle. Formulují konkrétní vědomosti, to, co se od vás očekává a co si vyzkoušíte, co budete znát a umět v hodinách kontroly a měření.



PRŮVODCE STUDIEM

Prostřednictvím průvodce studiem k Vám budu promlouvat. Upozorním vás na důležitá místa v textu, na informace důležité ke studiu.



KONTROLNÍ OTÁZKY

U těchto kontrolních otázek si zkontrolujete, jak jste pochopili a osvojili si důležité informace z předvedeného učiva. Zda dokážete správně a bezpečně aplikovat učivo při řešení praktických a teoretických problémů. Otázky můžete konzultovat se svým vyučujícím na konci probraného tématu.

1 Bezpečnost práce při měření



CÍLE

Po prostudování této kapitoly byste měli být schopni:

- formulovat „provozní řád“ v technickém měření,
- popsat pokyny a ustanovení nutná při technickém měření,
- zdůvodnit nejčastější příčiny pracovních úrazů či nepřesnosti měření,
- vyjmenovat povinnosti pracovníka při měření,
- vysvětlit hygienu a péči o zdraví.



PRŮVODCE STUDIEM

Péče o bezpečnost a ochranu zdraví při práci je ukotvena v ústavě ČR. Je to jedna ze základních zásad práva na zajištění bezpečnosti a ochrany zdraví při práci a je popsána v Zákoníku práce.

Každý žák (pracovník) musí dodržovat dané pokyny pro vykonávanou práci. Nedodržování bezpečnostních předpisů, lehkomyšlnost a lajdáctví vede k velmi těžkým úrazům a tím i k nevratnému poškození vlastního zdraví, ale i zdraví kolegů (spolužáků).

Další důležitou úlohou při práci je dodržování pravidel a zásad při práci s měřidly a přístroji k měření určenými.

1.1 Provozní řád a bezpečnostní předpisy v technickém měření

Cílem provozního řádu a bezpečnostních předpisů je vytvořit příznivé podmínky pro vyučování, zajištění zdraví a bezpečnosti ve škole při výuce v předmětech týkajících se měření a práce s měřidly.

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Dodržování a plnění řádu, pravidel a zásad je nutné žákům vštěpovat již od první vyučovací hodiny technického měření. Je velice nutné, aby si žáci si uvědomovali správné dodržování provozního řádu, bezpečnostních předpisů a práci s měřidly pro svou budoucí pracovní kariéru. V dnešní době již neexistuje odvětví, kde by dodržování předpisů nebylo prioritou a základní podmínkou práce nebo každodenní činnosti pracovníka.

Při technickém měření v laboratořích nebo dílnách se žáci musí seznámit a hlavně naučit pravidla, předpisy a zásady při měření a péči o měřidla.

Základní provozní řád a bezpečnostní předpisy obsahují důležité body pro provoz a organizaci při měření.

Provozní řád strojní laboratoře (dílen, učeben) technického měření

1. Žák je povinen dostavit se do laboratoře (dílen) včas.
2. Každý žák si do laboratoře vezme pomůcky: sešit, psací a kreslicí pomůcky, tiskopisy pro vypracování laboratorních zpráv, kalkulačku, strojnické (díleenské) tabulky, popřípadě učebnici.
3. Každá pracovní skupina musí mít nejméně jednu učebnici a jedny strojnické (díleenské) tabulky. Na teoretické hodiny nosí učebnici každý žák.
4. Všichni žáci jsou povinni setrvat na pracovišti (strojní laboratoř, učebna, dílny), které jim bylo přiděleno.
5. Všichni žáci jsou povinni dodržovat bezpečnostní předpisy pro práci ve strojní laboratoři (dílnách) nebo na dalších přidělených pracovištích.
6. Před započatím práce si vedoucí skupiny (žák) zkontroluje, zda přidělené měřicí zařízení je úplné a v pořádku. Zjištěné nedostatky nahlásí vyučujícímu.
7. Měřicí přístroje a zařízení je třeba před započatím práce odkonzervovat, po skončení měření vytřít do sucha a opět nakonzervovat.
8. Každou závadu nebo poškození přístroje či zařízení je třeba ihned ohlásit vyučujícímu. Zaviněná poškození nebo zničení přístrojů žák v plné výši uhradí.
9. Není dovoleno používání a manipulace s jinými přístroji a zařízeními, než které byly žáku přiděleny.

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

10. V laboratoři (dílnách) se při hodinách měření pracuje bez přestávky, při hodinách teorie se dělají přestávky podle potřeby.
11. Během přestávky se nikdo v laboratoři nebo přiděleném pracovišti či učebně nezdržuje (ve výjimečných případech pod dohledem vyučujícího).
12. Ze zadaných měření je třeba vypracovat zprávu o měření na předepsaný tiskopis. Ostatní měření musí mít žák zpracované v pracovním sešitě.

Bezpečnostní předpisy a provozní řád strojní laboratoře (dílenn) technického měření

1. Měřidla při práci musíme udržovat čistá, před začátkem práce je nutné odmastit dotykové plochy a po ukončení měření je zase zpětně nakonzervovat vazelínou (olejem).
2. Žáci a obsluha měřidel a měřicích přístrojů musí dodržovat návod pro obsluhu a použití všech měřidel a měřicích přístrojů.
3. Všichni žáci (pracovníci) musí s měřidly zacházet šetrně a nesmí je vystavovat nárazům (klepat s nimi, nechat je padat na zem, používat je k jiným činnostem, než k jakým jsou určeny).
4. Žáci (pracovníci) by měli při práci dbát na správné propojení měřidla s výpočetní technikou. Používat napájecí zdroje elektrického proudu nepoškozené, pravidelně kontrolované a správně zapojené.
5. Žáci musí zaznamenávat do tabulek naměřených hodnot jen své vlastní odečtené hodnoty na měřidle.
6. Jakékoliv závady na měřidle nebo měřicím přístroji žáci musí neprodleně nahlásit vyučujícímu. Žák nesmí nikdy opravovat zapůjčené měřidlo, měřicí přístroj, používanou výpočetní techniku, napájecí zdroje sám.
7. Žák musí mít vhodný oděv, měl by používat bavlněné rukavice určené na měření.

Na začátku školního roku musí být žáci proškoleni a seznámeni s provozním řádem a bezpečnostními předpisy. Toto proškolení stvrdí svým podpisem na školním závazném dokumentu.

1.2 Hygiena a péče žáků o zdraví

Každý žák je povinen dodržovat osobní hygienu, nosit pracovní oděv, obuv a další ochranné pracovní prostředky, které jsou čisté a vhodné pro vykonávanou práci.

Každý si své zdraví musí chránit a dbát na ošetření i drobných zranění. Každý úraz musí být evidován v knize drobných úrazů.

V laboratoři (dílnách, učebně) je nutné používat předepsané pracovní a ochranné pomůcky (ochranné brýle, bavlněné rukavice, plášť a další bezpečnostní prostředky dle činnosti).

Na pracovišti při práci s měřidly je žák povinen dodržovat hygienu, není dovoleno jíst (špinavé, neumyté ruce, nesoustředění se na práci).

Pracoviště určená pro výuku musí být prostorově vyhovující, musí mít vhodné osvětlení, dostatek čerstvého vzduchu. Nepřípustný je nadměrný hluk.

Pracoviště (laboratoř, dílny, učebna) školy musí být schváleny hygienikem a bezpečnostním technikem.

Žáci jsou při výuce každoročně opětovně proškoleni v zásadách bezpečnosti práce a pravidlech používání měřidel a měřicích přístrojů.

1.1 Nejčastější příčiny nekvalitní práce (pracovních úrazů)

Všechna měřidla a měřicí přístroje jsou konstruovány tak, aby byla ve všech směrech zajišťována bezpečnost při práci s nimi. V žádném případě však správná konstrukce nezaručuje úplnou bezpečnost obsluhy.

Mezi nejčastější příčiny pracovních úrazů a nekvalitní práce patří:

- nepoužívání předepsaných ochranných pomůcek,
- nedostatečné ustrojení žáka (pracovníka),
- povrchní seznámení s funkcí měřidel a měřicích přístrojů a prováděnou prací,
- provádění práce, která nebyla zadána a vysvětlena vyučujícím předmětu,
- vykonávání práce nedbale a vyrušování jiných žáků při práci,

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

- používání vadných nebo nevhodných měřidel a měřicích přístrojů a pomůcek při práci,
- vykonávání práce za sníženého vnímání a nesoustředění,
- špatná organizace práce, nevhodná manipulace s materiálem, nepořádek na pracovním stole či pracovišti,
- neukázněné chování a nepozornost na pracovišti.



KONTROLNÍ OTÁZKY

- 1/ Vyjmenujte nejčastější příčiny nekvalitního měření nebo možného úrazu!
- 2/ Vyjmenujte zásady provozního řádu!
- 3/ Vyjmenujte body provozního řádu a zdůvodněte je!
- 4/ Vyjmenujte ochranné pracovní prostředky při měření a práci s měřidly!
- 5/ Svými slovy vysvětlíte povinnosti žáka při měření!
- 6/ Analyzujte nejčastější příčiny nekvalitní práce a chyb při měření!
- 7/ Vysvětlíte význam dodržování zásad správného měření při práci!

2 Dějiny měření (metrologie)



CÍL

Po prostudování této kapitoly byste měli být schopni:

- formulovat počátky měření v českých zemích,
- popsat uplatňování vědy v měření – metrologii,
- orientovat se v základních právních předpisech.



PRŮVODCE STUDIEM

V dnešní době všichni vidíme a sledujeme obrovský vývoj nových technologií nejen ve strojírenství, ale ve všech odvětvích. Informace přijímáme ze všech médií: z televize, z rádia, z internetu atd. Jsme přehlceni informacemi, co je nyní a jak to bude za pár let. Vzpomeneme si ještě, jak to bylo před 20 lety. Ovšem zaskočí nás otázka, jak to bylo v 18. nebo 19. století. Jaké byly prvopočátky továrních strojů. Jak to všechno začalo.

Metrologie jako obor v oblasti měření se stále vyvíjí a zasahuje do většiny oblastí hospodářství, průmyslu, obrany, ekologie a ochrany zdraví atd. Je to aplikovaný obor využívající poznatků z fyziky a je základem přesnosti měření ve všech odvětvích vědy.

Spojením metrologie s vědou a obory vojenství, farmacie, strojírenství, potravinářství, chemie a dalších s sebou nese i nutnost právních úprav zákonů o metrologii.

2.1 Prvopočátky měření

S rozvojem oborů, technologií, techniky se rozvíjely a zdokonalovaly i techniky měření, měřidla a měřicí přístroje. Začínalo se od toho, co bylo pro danou dobu nejdůležitější: měření času, měření délky, hmotnosti, ale také teploty. Jednotky, které používáme dnes, prošly vývojem a změnami.

Dalo by se říci, že s vývojem lidstva a hlavně vědeckotechnickou revolucí došlo k obrovskému rozvoji odvětví. Ruku v ruce s tím šel i vývoj měření.

Již ve starém Egyptě, Babylónii či v antickém Římě přičítali měření velkou váhu. Jen si představte stavbu pyramid, chrámů a mnohých dalších monumentálních staveb. Přece bez znalosti měření by tyto stavby nikdy nestály a určitě by nevydržely až do dnešních dob. Dnes si můžeme s velkým obdivem prohlížet tyto a další stavby doby dávno minulé a obdivovat um a znalosti tehdejších stavbařů.

Jak by rozdělovali půdu, vážili zboží, měřili látku na šaty atd.? Ustanovili si prostě jednotku, kterou všeobecně užívali, a tak obchodovali a budovali.

Z této doby se také dochovaly, ač nedokonalé či jen částečné, dokumenty o používání různých měřicích jednotek. Určitě znáte aspoň některé jednotky, podle kterých se měřilo, jako například palec, loket, dlaň, stopa. Jsou to vlastně jednotky odvozené z rozměrů části lidského, někdy také zvířecího těla.

Když si tyto jednotky převedeme na různě velké lidi a jejich různě dlouhé či krátké tělesné končetiny, zjistíme, že v tom byl pěkný zmatek. Neexistovala žádná organizace pro normalizaci jednotek, žádný řád a pravidla, ještě nebyla uzákoněna mezinárodní soustava jednotek, jak ji známe dnes (soustava SI).

2.1.1 Měření a Česká země

V českých zemích to bylo obdobné. Ovšem za vlády Přemysla Otakara II (roku 1268) se datuje první snaha sladit jednotky do určitých pravidel, která by se používala.

Z té doby známe například **pražský loket**, jeho míra byla cca 60cm, jednotku **píd'**, což bylo přibližně 10 prstů. Pro srovnání 1 **prst** byl bezmála v šířce 4 **zrn ječmene**. 1 loket se zase rovnal asi 3 pídím.

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Z české historie můžeme zmínit také Karla IV, který se snažil o zavedení měrných jednotek. Ovšem i u nás měla klíčový význam rozvíjející se manufakturní a postupem času průmyslová výroba.

Od doby Rakouska- Uherska se datuje měrové sjednocení tzv. dolnorakouské jednotky, ale ani tímto ustanovením nebylo dosaženo sjednocení a kontrola jednotek míry byla nedostatečná.

Rok 1871 vše změnil. Byl vydán zákon, tzv. metrický měrový systém. Jak už z pojmenování můžeme odvodit, byl to zákon definující jednotky délek - metr, váhy (hmotnosti) - kg a postupně další jednotky - litr a jejich násobky či dělení. Není bez zajímavosti, že tento zákon a s menšími úpravami platil neuvěřitelných 91let (do roku 1962).

V roce 1922 se Československo stalo členem Metrické konvence (založená roku 1875 – od tohoto roku bylo členem 18 států včetně Rakouska- Uherska). Metrická konvence sjednotila systém a podílela se na vzniku pracovišť, jednotek měření a etanolů, dohod v oblasti měření.

Postupně docházelo ke vzniku laboratoří, měřicích pracovišť, ústavů a úřadu pro normalizaci, jejichž náplní byl vývoj a výzkum metrologie.

2.1 Věda v měření (metrologii)

Můžeme dnes s jistotou říci, že bez měření se neobejde žádný obor. Nenajdeme obor, kde by nám řekli: „Měření nepotřebujeme, u nás se vůbec neměří.“ Nebo znáte snad obor, kde se vůbec nepoužívá měření???

Měření – metrologie se v dnešní době používá v péči o zdraví nás všech občanů (i zvířat, rostlin...), ve sledování životního prostředí, v obchodě, při výrobě výrobků – strojírenství, stavebnictví, energetice, v oblasti dopravy a spojů, v diagnostice a zkoušení nových, ale i již použitých výrobků. Geologové měří podle stupňů otřesy půdy, astronomové rychlost světla. V neposlední řadě můžeme říci, že i sport se neobejde bez měření. Měření délky tratí, výšky, rychlosti, času a hmotnosti.

Měření (metrologie), jak si již sami dokážete odvodit, má velký význam pro všechny obory v našem životě. Proto rozvíjení vědeckého vývoje a výzkumu oboru měření má pro pracovní i soukromý život zásadní význam.

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Vznikají dokonalejší, přesnější měřidla, přístroje a stroje. Ty jsou používány pro výrobu nových a dokonalejších výrobků ve všech oborech. Kdo by nechtěl dokonalejší počítač, telefon, plně pasivní dům atd.?

Mezi hlavní úkoly vědy o měření patří definovat mezinárodně uznávané jednotky pro měření (metr, kilogram...) a měření pomocí nově se rozvíjejících vědeckých metod. Důležitým úkolem je pořizování a uchovávání dokumentace a zdokumentování měření.

Víte sami, že věda a výzkum posunují hranice nemožného či nedosažitelného stále dál. A to, co jsme si před pár lety nedokázali představit, je dnes běžnou záležitostí (chytré mobilní telefony, laserové paprsky...).

Metrologii všeobecně dělíme do tří základních kategorií:

1/ Fundamentální metrologie – je základem. Její klíčovou oblastí je soustava měřicích jednotek, metody měření, etalony, soustava fyzikálních konstant.

2/ Průmyslová metrologie – jejím úkolem je infrastruktura zajišťující správné měření ve výrobě, zkušebnictví.... Zajišťuje kalibraci etalonů, měřidel používaných v praxi.

3/ Legální metrologie – zajišťuje ochranu pracovníků a občanů před důsledky nekvalitního měření v oblasti obchodní a úřední, pracovních podmínek a BOZP.

V Metrologii (měření) rozeznáváme:

1/ metrologické veličiny – měřicí jednotky - etalony a jejich definování v oblasti fyzikálních veličin - jednotek, technických veličin, realizaci, uchovávání, zabezpečení jednotnosti měření, porovnávání, navazování a ověřování včetně kalibrace měřidel,

2/ měřicí metody – jejich cílem jsou teorie a principy měření, zajištění funkce měřidel používaných v odvětvích průmyslových, výrobních a zkušebních procesech. Volba metod, přesnosti, způsob přípravy, analýza výsledků. Zpracování teorie chyb a statistika, využití programování a výpočetní techniky,

3/ měřicí prostředky - prvořadou oblastí je rozdělení a vlastnosti měřicích prostředků, měřidla, míry, měřicí přístroje a stroje. Patří zde ověřování kalibrace, zkoušky, kontrola měřidel, vhodná volba měřidla,

4/ měřicí osoby – (ne každý měří přesně, zodpovědně a spolehlivě). Vlivy vlastností pracovníka provádějícího měření, průběh a výsledek měření. Hledá způsoby jak odstranit, omezit vliv chyb pracovníka při měření a tím zdokonalit a zpřesnit tuto činnost. Pojmenovat pracovníka pozorovatele v zájmu přesnosti a jednotnosti měření.

Měření má již v dnešní době jednu z klíčových úloh v jakémkoliv oboru. Náklady na měření stoupají s jejím vývojem přesnosti a stává se tak nedílnou součástí našeho pracovního, ale i soukromého života. Ve firmách bývá zřízen úsek kvality OŘJ – odbor řízené jakosti (dříve úsek kontroly). V rámci oboru vznikalo a vzniká mnoho úřadů a institucí, organizací, zabývajících se sjednocováním a zpřesňováním měření a měřících přístrojů a strojů.

U nás je to například:

- **Ministerstvo průmyslu a obchodu** - zajišťuje řízení a koncepci státní politiky,
- **Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a zkušebnictví** - zajišťuje legislativní činnost, řídí činnost orgánů státní metrologie,
- **Český metrologický institut** - laboratoře, uchovávání a spravování etalonů, zabezpečuje českou státní etanoláž jednotek a stupnic, mezinárodně porovnává státní etalony, výzkum, vývoj,
- **Český institut pro akreditaci** - buduje a zajišťuje akreditační systém podle norem (ČSN EN, ČSN ISO), akreditace zkušebních a kalibračních laboratoří,
- **Podniková (firemní) metrologie.**

2.2 Metrologie a právo

Proto, aby vše správně fungovalo, byla nastavena funkčnost, jistota, bezpečí a ochrana před nekvalitou, jsou v České republice vydány právní předpisy.

Zákon č. 505/1990 Sb., zákon č. 119/2000 Sb., zákon č. 137/2002 Sb., zákon č. 226/2003 Sb., zákon č. 444/2005 – jsou základními ustanoveními o metrologii.

Cílem vydávání systému zákonů a právních úprav je zajištění ochrany práv a povinností osob a jednotnosti a správnosti měření a měřících přístrojů používaných v praxi.

Všechny informace o legislativě k metrologii najdeme na stránkách [www. cmi.cz](http://www.cmi.cz) (Legislativní rámec metrologického systému ČR). Dalším důležitým informačním zdrojem pro metrologii je vyhláška č. 264/2000 Sb. Ministerstva průmyslu a obchodu - jejím obsahem jsou základní měřicí jednotky, ostatní jednotky a jejich označování.

2.2.1 To nejdůležitější z paragrafů zákona č. 505/1990 Sb.

Zákonné měřicí jednotky §2 – všechny subjekty a orgány státní správy jsou povinny používat základní měřicí jednotky, jejich označování, násobky a díly stanovené vyhláškou.

Měřidla §3 - udává hodnoty měřených veličin (+ pomocné měřicí zařízení).

Jsou zde zahrnuty: etalony, pracovní měřidla stanovená, pracovní měřidla nestanovená, certifikované referenční materiály.

Návaznost měřidel §5 – zařazení měřidel do systému posoupnosti začínající etalonem pro účel činnosti.

Ověřování a kalibrace měřidel §9

- Ověřením měřidla se potvrzují požadované metrologické vlastnosti. Měřidlo po kladném ověření se opatří značkou a ověřovacím listem (při záporném zjištění se vypíše negativní ověřovací list).
- Kalibrací měřidel se potvrdí či vyvrátí jeho metrologické vlastnosti, porovnané s etalonem (vyššího řádu). Měřidlo se označí kalibrační značkou a kalibračním listem.

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ



KONTROLNÍ OTÁZKY

- 1/ Formulujte v základních bodech počátky měření v českých zemích.
- 2/ Popište uplatňování vědy v měření - metrologii.
- 3/ Vyjmenujte některé z institucí zabývajících se metrologií.
- 4/ Vysvětlete zákon, který zabezpečuje právní úpravu metrologie.
- 5/ Vyjmenujte další právní úpravy zákonů zabývajících se metrologií a vysvětlete, co je jejich účelem.

3 Základní pojmy metrologie



CÍL

Po prostudování této kapitoly byste měli být schopni:

- vyjmenovat základní pojmy používané v metrologii,
- rozdělit metrologické veličiny,
- vyjmenovat třídy jednotek podle SI,
- vysvětlit termín metrologie (čím se zabývá, co obsahuje),
- vysvětlit a vyjmenovat druhy chyb ovlivňujících přesnost měření,
- definovat metrologické pojmy.



PRŮVODCE STUDIEM

S vývojem metrologie se stále ujasňují, zpřesňují, rozšiřují i termíny a definice. Jsou to informace a vědomosti pro práci v metrologii velmi důležité. Musíme si uvědomit, že v práci budeme komunikovat, spolupracovat s ostatními pracovníky znalými oboru. Ti s námi budou diskutovat v odborných termínech a to samé budou očekávat od nás ostatních. Asi by nebylo příjemné ptát se, co daný termín znamená nebo o čem se diskutuje. Proto je nutné umět se v metrologii se správně vyjadřovat a používat odborné termíny.

V různých předmětech jak na základní tak také na střední škole je vám prezentováno mnoho informací v termínech veličin. Již víme, že pokud se chceme například zvážit, změřit (tělesné míry), musíme vědět, že se vážíme v kilogramech, měříme délku svého těla v metrech, kupujeme si nápoje v litrech a jejich odvozených jednotkách. A právě k tomuto účelu existuje tzv. měřicí systém, který nám zaručí objektivnost výsledků. Měřicí systémy slouží jako základ pro technickou veřejnost, pro pracovníky konstrukcí, provozů, ale i pro školství a veřejnost.

Tyto měřicí systémy měří a vyhodnocují jednotlivé veličiny v příslušných jednotkách, které jsou součástí mezinárodních a národních technických norem a soustav. A právě proto je nutné, aby každý člověk ovládal alespoň základy z běžných fyzikálních veličin a jejich jednotek. Přece se nechceme nechat ošidit v obchodě, restauraci, nebo při zadávání zakázky stavby svého domu.

3.1 Metrologická terminologie

V České republice vyšel v roce 2009 (pod označením VIM3 – TNI010115) **Mezinárodní metrologický slovník základních a všeobecných termínů v metrologii**. Stala se z něj bible metrologů. Jsou v něm evidovány termíny používané v oboru. Tak jako vše kolem nás i tento slovník se po různých dlouhých časových obdobích zpřesňuje. Jmenované vydání je druhé rozšířené a zpřesněné.

Metrologie je vědní, technický obor, jehož cílem je zabývat se veškerými poznatky týkajícími se měření, praktického provádění měření a správného hodnocení výsledku. Zahrnuje vše o měření z oblasti teorie i praxe a také nejistoty v měření a obory, ve kterých se měření využívá.

Měření známe jako běžně používaný termín od malička. Používáme jej k zjišťování naší výšky, váhy, měření teploty i tlaku při nemoci, ale i venkovní, v obchodě vážíme zboží atd. Je to pojem používaný v běžné komunikaci.

Měřená veličina je veličina, která má být měřena (např. tlak páry daného vzorku vody při 35°C). Další rozšířenou specifikací může být například přesnější udání dalších potřebných veličin jako je tlak, teplota, čas...

Metoda měření znamená popis logického organizování činností použitých při měření.

Postup měření je podrobný popis měření podle jednoho nebo více měřicích principů a dané metody měření založený na modelu měření a zahrnující jakýkoliv výpočet k získání výsledku měření.

Výsledek měření pro nás znamená soubor hodnot veličiny přiřazený měřené veličině společně s jakoukoliv další dostupnou relevantní informací (v poznámce bývá uvedeno, že je to úplný údaj výsledku měření včetně informace o nejistotě měření).

Veličina je vlastnost jevu tělesa nebo látky, která má velikost, jež může být vyjádřena jako číslo.

Základní veličina znamená veličinu jako ustálený způsob ve zvolené podmnožině dané soustavy veličin, z níž žádná veličina podmnožiny nemůže být vyjádřena pomocí jiných veličin.

Odvozená veličina je veličina v soustavě veličin definovaná pomocí základních veličin této soustavy.

Hodnota veličiny označuje číslo společně vyjadřující velikost veličiny. Např. délka dané tyče 8,06 m nebo 806 cm.

Základní jednotka je měřicí jednotka, která je přijata konvencí pro základní veličinu.

Odvozená jednotka měřicí jednotka pro odvozenou veličinu.

Důležitou činností při každé práci je kontrola. **Bez kontroly není vedení.** Kontrola měřidel je jednou z nejdůležitějších činností v oblasti měření.

Kontrolou měřidel označujeme soubor činností, v kterých jsou zahrnuty některé z následujících bodů:

- **Schválení typu:** rozhodnutí o tom, že typ měřidla vyhovuje předepsaným požadavkům.
- **Ověřování:** soubor činností, které se skládají ze zkoušky měřidla, jeho označení úřední značkou a z vystavení ověřovacího listu, kterým se konstatuje a potvrzuje, že měřidlo odpovídá předepsaným požadavkům.
- **Prvotní ověření:** ověření měřidla, které dosud nebylo ověřeno.
- **Následné ověření:** ověření měřidla, které již bylo prvně ověřeno.



Obr. 1 Ověřování momentového klíče (foto TATRA TRUCKS a.s.)

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

- **Periodické ověřování:** ověřování měřidla, prováděné v určitých časových intervalech předepsaným způsobem (např. první ověření 01/2012 následné 01/2014).
- **Zamítnutí ověření měřidla:** rozhodnutí potvrzující, že měřidlo nevyhovuje příslušným předpisům pro ověřování a zakazující jeho používání pro účely, kde je ověření povinné.
- **Zánik platnosti ověření:** zrušení platnosti ověření, pokud měřidlo neodpovídá předepsaným požadavkům.
- **Označení měřidla:** umístění úředních značek nebo plomb (kalibrační značky) na měřidle v souladu s předpisy.
- **Uchovávání etalonu:** všechny operace potřebné k zachování metrologických vlastností etalonu ve vyhovujících mezích.

Do oblasti metrologie také patří **termíny pro dokumentaci**. Mezi základní dokumenty můžeme zařadit ověřovací list, certifikát schválení typu, zamítací list. Poté tam patří značky na měřidle, tj. úřední značka ověření měřidla, značka schválení typu, značka úřadu, zamítací značka, plomba.

Etalony – jsou to měřidla sloužící k realizaci a uchovávání této jednotky nebo stupnice a k jejímu přenosu na měřidla nižší přesnosti. Uchováváním etalonu se rozumí všechny úkony potřebné k zachování metrologických charakteristik etalonu ve stanovených mezích.

Měřidla, která jsou používána za okolností, kdy **nesprávným měřením mohou být významně poškozeny zájmy osob, je poškozená strana oprávněna vyžádat si jejich ověření nebo kalibraci a vydání osvědčení o výsledku**.



Obr. 2 Pracovní etalon (foto TATRA TRUCKS a.s.)

3.2 Teorie chyb v měření

U každého měření veličin, které provádíme ve škole, ale i na pracovišti, se dopouštíme chyb. Příčinou těchto chyb může být nepřesnost přístrojů (nekalibrované, poškozené, opotřebené), mohou to být nestandardní podmínky při měření (změny teploty, vlhkost vzduchu...), nebo také nedokonalost jedince při měření.

Sebemenší odchýlení od technologického postupu měření zpravidla vede k nesprávným výsledkům měření.

Správnost používaných měřidel zajišťuje v potřebném rozsahu jejich uživatel (firma, pracovník, odpovědná osoba) kalibrací, pokud není pro dané měřidlo vhodnější jiný způsob či metoda.

- **Chyba měření** – naměřená hodnota veličiny minus referenční hodnota veličiny.
- **Přesnost měření** – těsnost shody mezi naměřenou hodnotou veličiny a pravou hodnotou naměřené veličiny.

Co to vlastně je chyba v měření? Je to rozdíl mezi skutečnou hodnotou a hodnotou naměřenou, (tou, co pracovník, žák... naměří v momentálních podmínkách a přiděleným měřidlem).

Podle příčin vzniku dělíme chyby do tří skupin:

- **Hrubé chyby** jsou způsobeny výjimečnou příčinou, nesprávným zapsáním výsledku, náhlým selháním měřicího přístroje, nesprávným nastavením podmínek pokusu, manipulací, zpracováním apod. Naměřená hodnota se při opakovaném měření značně liší od ostatních hodnot. Takové měření je třeba ze zpracování vyloučit, aby nezkreslovalo výsledek měření.
- **Systematické (soustavné) chyby** jsou způsobeny použitím nevhodné nebo méně vhodné měřicí metody, nepřesným měřidlem či měřicím přístrojem, případně osobou pozorovatele. Tyto chyby zkreslují numerický výsledek měření zcela pravidelným způsobem:

1/ buď jej za stejných podmínek vždy zvětšují,

2/ nebo vždy zmenšují a to bez ohledu na počet opakovaných měření.

Často se navenek neprojevují a lze je odhalit až při porovnání s výsledky z jiného přístroje. Existují i systematické chyby, způsobené stárnutím nebo opotřebením měřicího přístroje a také chyby, způsobené referenční teplotou (tj. teplota 20°C při měření).

- **Náhodné chyby** kolísají náhodně co do velikosti znaménka (+, -) při opakování měření, vznikají spolupůsobením velkého počtu náhodných vlivů, které nemůžeme předvídat.

Systematické chyby ovlivňují správnost.

Náhodné pak přesnost výsledku.

Na rozdíl od hrubých a systematických chyb, které můžeme správnou metodou měření, přesnými přístroji a pečlivostí práce odstranit, se náhodné chyby vyskytují zcela zákonitě při každém měření a nemůžeme je ovlivnit. Na okolnostech měření závisí, jak se ke skutečné hodnotě veličiny přiblížíme.

Nekontrolovatelné vlivy, které se při opakování měření mění náhodně a nezávisle na vlivech kontrolovaných, jsou příčinou vzniku náhodné chyby.

Chybu nemůžeme nikdy stanovit, lze ji pouze odhadnout!

V praxi vznikají chyby nejčastěji z těchto banálních příčin:

- z nerovnosti a z nečistot na měřeném předmětu,
- z nepřesnosti měřidla (opotřebení, vůle...),
- z chyby v ustavení měřidla při měření (pootočení, šikmost...),
- z nadměrného tlaku na měřidlo nebo měřený objekt (deformace),
- z osobních chyb obsluhy (malá praxe, nedodržení postupu měření, chyby při odečítání...)

3.2.1 Soustava jednotek SI

Mezinárodní soustava jednotek SI (Système International d'Unités) vychází ze soustavy MKSA a dále ji rozvíjí. Používání jednotek soustavy SI bylo v bývalém Československu uzákoněno od 1. 8. 1974. V dnešní době je soustava SI zakotvena v ČSN ISO 31-0 (01 1300) Jednotky soustavy lze rozdělit do několika kategorií:

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

- základní jednotky SI,
- odvozené a doplňkové jednotky SI,
- odvozené jednotky SI se zvláštními názvy, povolené pro ochranu lidského zdraví.

Základní jednotky soustavy SI

Základní veličina	Jednotka	Značka
délka	metr	m
hmotnost	kilogram	kg
čas	sekunda	s
elektrický proud	ampér	A
termodynamická teplota	kelvin	K
látkové množství	mol	mol
svítivost	kandela	cd

Tabulka 1 Základní jednotky SI

Definice základních jednotek:

Metr – je délka dráhy, kterou proběhne světlo ve vakuu za dobu $1/299\,792\,458$ sekundy,

Kilogram – se rovná hmotnosti mezinárodního prototypu kilogramu,

Sekunda – je doba trvání $9\,192\,631\,770$ period záření, které odpovídá přechodu mezi dvěma hladinami velmi jemné struktury základního stavu atomu cesia 133,

Ampér – je stálý elektrický proud, který při průchodu dvěma přímými rovnoběžnými nekonečně dlouhými vodiči zanedbatelného kruhového průřezu umístěnými ve vakuu ve vzdálenosti 1 metru od sebe vyvolá mezi nimi sílu 2×10^{-7} newtonu na 1 metr délky vodičů,

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Kelvin – je $1/273,16$ díl termodynamické teploty trojného bodu vody,

Mol – je látkové množství soustavy, která obsahuje právě tolik elementárních jedinců (entit), kolik je atomů v $0,012$ kilogramu uhlíku ^{12}C . Při udávání látkového množství je třeba elementární jedince (entity) specifikovat; mohou to být atomy, molekuly, ionty, elektrony, jiné částice nebo blíže určená seskupení částic,

Kandela – je svítivost zdroje, který v daném směru vysílá monochromatické záření s kmitočtem 540×10^{12} hertzů a jehož zářivost v tomto směru je $1/683$ wattu na steradián.

Prakticky se dají základní veličiny realizovat těmito způsoby:

Délka se realizuje pomocí několika doporučených vlnových délek záření laserů (čar atomu vodíku, molekuly jódu a dalších) a lamp (Kr, Hg, Cd),

Hmotnost je dána porovnáním s prototypem z PtIr,

Čas se realizuje pomocí frekvence atomových (cesiových) hodin. Mnoho těchto hodin se mezinárodně podílí na ustanovování časové stupnice TAI (z ní je pro praxi odvozen UTC),

Elektrické veličiny (obecně) jsou od nedávné doby doporučeny realizovat kvantovými etalony pomocí Josephsonova jevu (el. napětí) a Hallova jevu (el. odpor),

Termodynamická teplota se realizuje pomocí mezinárodní stupnice ITC-90 (interpolace definovaných teplotních bodů v rozsahu od $0,65\text{ K}$ do nejvyšších teplot měřitelných optickými pyrometry),

Látkové množství se realizuje pomocí poměru hmotností elementárních jedinců vůči atomu ^{12}C ,

Fotometrickými veličinami (jakou je například svítivost) se zabývá *la Commission internationale de l'éclairage (CIE)*.

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Odvozené a doplňkové jednotky SI

Odvozená veličina	Zvláštní název	Značka	Vyjádření pomocí základních a odvozených jednotek SI
rovinný úhel	radián	rad	$1 \text{ rad} = 1 \text{ m/m} = 1$
prostorový úhel	steradián	sr	$1 \text{ sr} = 1 \text{ m}^2/\text{m}^2 = 1$
kmitočet	hertz	Hz	$1 \text{ Hz} = 1 \text{ s}^{-1}$
síla	newton	N	$1 \text{ N} = 1 \text{ kg} \cdot \text{m/s}^2$
tlak, napětí	pascal	Pa	$1 \text{ Pa} = 1 \text{ N/m}^2$
energie, práce, tepelné množ.	joule	J	$1 \text{ J} = 1 \text{ N} \cdot \text{m}$
výkon, zářivý tok	watt	W	$1 \text{ W} = 1 \text{ J/s}$
elektrický náboj, el. množství	coulomb	C	$1 \text{ C} = 1 \text{ A} \cdot \text{s}$
elektromotorické napětí	volt	V	$1 \text{ V} = 1 \text{ W/A}$
kapacita	farad	F	$1 \text{ F} = 1 \text{ C/V}$
elektrický odpor	ohm	Ω	$1 \Omega = 1 \text{ V/A}$
elektrická vodivost	siemens	S	$1 \text{ S} = 1 \Omega^{-1}$
magnetický tok	weber	Wb	$1 \text{ Wb} = 1 \text{ V} \cdot \text{s}$
magnetická indukce	tesla	T	$1 \text{ T} = 1 \text{ Wb/m}^2$
indukčnost	henry	H	$1 \text{ H} = 1 \text{ Wb/A}$
Celsiova teplota	Celsiův stupeň ¹⁾	$^{\circ}\text{C}$	$1 \text{ }^{\circ}\text{C} = 1 \text{ K}$
světelný tok	lumen	lm	$1 \text{ lm} = 1 \text{ cd} \cdot \text{sr}$
osvětlení	lux	lx	$1 \text{ lx} = 1 \text{ lm/m}^2$

1) Celsiův stupeň je zvláštní název pro jednotku kelvin užívaný pro udávání Celsiovy teploty

Tabulka 2 Odvozené a doplňkové jednotky SI

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Vedlejší jednotky soustavy SI

Veličina	Název	Značka	Vztah k hlavní jednotce
čas	minuta	min	60 s
	hodina	hod	3 600 s
	den	d	86 400 s
rovinný úhel	(úhlový) stupeň	°	$(\pi/180)$ rad
	(úhlová) minuta	'	$(\pi/10\,800)$ rad
	vteřina	"	$(\pi/648\,000)$ rad
	grad, gon	g, gon	$(\pi/200)$ rad
délka	astronomická jednotka	AU	$1,49598 \cdot 10^{11}$ m
	paprsek	pc	$3,0857 \cdot 10^{16}$ m
	světelný rok	ly	$9,4605 \cdot 10^{15}$ m
plošný obsah	hektar	ha	10^4 m ²
objem	litr	l, L	10^{-3} m ³
hmotnost	tuna	t	10^3 kg
	atomová hmotn. jednotka	u	$1,660\,57 \cdot 10^{-27}$ kg
délková hmotnost	tex	tex	10^{-6} kg.m ⁻¹
optická mohutnost	dioptrie	D	1 m ⁻¹
energie	elektronvolt	eV	$1,602\,19 \cdot 10^{-19}$ J
zdánlivý výkon	voltampér	V. A	
jalový výkon	var	var	

Tabulka 3 Vedlejší jednotky soustavy SI

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Všechny výše uvedené veličiny jsou v základních jednotkách, ale v praxi často potřebujeme znát také násobky těchto jednotek, ať už menší nebo větší. Proto existují normalizované předpony, které jsou násobkem 10^x a vhodně danou jednotku doplňují, viz Tab. č. 4.

Činitel	Předpona		Činitel	Předpona	
	Název	Značka		Název	Značka
10^{24}	yotta	Y	10^{-1}	deci	d
10^{21}	zetta	Z	10^{-2}	centi	c
10^{18}	exa	E	10^{-3}	mili	m
10^{15}	peta	P	10^{-6}	mikro	μ
10^{12}	tera	T	10^{-9}	nano	n
10^9	giga	G	10^{-12}	piko	p
10^6	mega	M	10^{-15}	femto	f
10^3	kilo	k	10^{-18}	atto	a
10^2	hekto	h	10^{-21}	zepto	z
10	deka	da	10^{-24}	yokto	y

Tabulka 4 Dekadické násobky a díly soustavy SI

3.3 Základní dílenská a laboratorní měřidla, třídy přesnosti

Pro zjištění rozměru dané veličiny budeme vždy potřebovat nějaké měřidlo. Bez měřidel se žádný pracovník ve výrobě a kontrole neobejde. Pomocí měřidel jsme schopni velice rychle ověřit, zda produkty naší práce jsou vyrobeny v pořádku. Proto je velice důležité, abychom dokonale zvládli techniku měření, měřili co nejdůsledněji a nejpečlivěji, s velkou trpělivostí a soustředěností. Před měřením musíme být schopni ověřit, zda dané měřidlo je v pořádku a u jednoduchých měřidel jej umět seřadit. Velice důležité je uchovávat měřidla v čistotě a v suchu a v místnostech s konstantní vlhkostí.

Kontrola se zabývá zjišťováním jakosti výrobku. Ve strojírenských podnicích a firmách se touto kontrolou zabývá útvar OŘJ (Odbor řízení jakosti). V praxi se kontrola dělí nejčastěji do 3 oblastí:

- Vstupní kontrola - zabývá se kontrolou materiálu a polotovarů dodávaných do firmy,
- Výrobní kontrola - (mezioperační, aktivní kontrola) - kontrola mezi jednotlivými operacemi ve výrobě,
- Výstupní kontrola - (konečná) - kontrola konečného výrobku, zde se kontrolují nejen délkové a úhlové rozměry, ale také i všechny předepsané parametry výrobku.

Úkoly OŘJ (odbor řízení jakosti):

- 1/ kontrolovat jakost materiálu, polotovaru, výrobku, produktu,
- 2/ dohlížet na správné skladování materiálů, polotovarů i výrobků, měřidel,
- 3/ kontrolovat výrobní postupy, které mají vliv na jakost výrobků,
- 4/ udržovat a kontrolovat měřidla, pravidelně je dávat ke kalibraci - ověření,
- 5/ pečlivě kontrolovat správnost výrobků dle výrobní dokumentace, dělit na opravitelné či neopravitelné zmetky,
- 6/ zajišťovat a navrhovat následné opravy a změny.

Měření - je zjišťování skutečné hodnoty kontrolované veličiny pomocí měřidel.

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Měření lze rozdělit na:

- Přímé - hodnota měřené veličiny se stanoví přímo a to tak, že se odečte přímo na měřidle,
- Nepřímé - měří se jiné veličiny, které mají známý vztah k veličině, kterou zjišťujeme.

Obě tato měření lze dále rozdělit dle toho, jakou hodnotu nám měřidlo poskytne:

- Měření absolutní - z měřidla odečteme absolutní hodnotu měřené veličiny,
- Měření porovnávací - na měřidle odečteme pouze odchylku skutečné hodnoty od předem nastavené.

Měřidla lze dělit dle několika hledisek:

A) funkce:

- měřidla pevná - nemají pohyblivé části (kalibry, základní měrky, měřidla roztečí),
- měřidla posuvná - mají nastavitelné měřicí doteky.

B) principu měření:

- mechanické,
- optické,
- elektrické - měření je založeno na změně některé elektrické veličiny (odpor, proud, napětí, kapacita, atd.),
- pneumatické - měří se množství vzduchu procházejícího štěrbinou,
- měřicí stroje - univerzální nebo velmi často speciální jednoúčelová zařízení.

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

C) stupně mechanizace:

- jednouúčelové - dá se s nimi měřit pouze jeden rozměr (kalibry, šablony, přípravky, atd.),
- univerzální - (posuvné měřítko, mikrometry, otáčkoměry, atd.),
- poloautomatická,
- automatická - stroj provede veškerá měření,
- speciální.

a/



b/



Obr. 3 a/ měřidla posuvná, univerzální

b/ měřidla pevná, jednouúčelová (foto TATRA TRUCKS a.s.)

Z dalších hledisek lze měřidla dělit na dílenská a laboratorní, popřípadě dle dalších hledisek.

Každé měřidlo se vyznačuje třídou přesnosti, tzn. jak přesnou hodnotu dané veličiny je konkrétní měřidlo schopno poskytnout. Přesnost měřidla je dána jeho konstrukcí a při správném zacházení a kalibraci je uchována po dlouhou dobu. Nejběžnější přesnosti měření pro běžná měřidla jsou uvedeny v **tab. č. 5**. Přesnost měření můžeme ale negativně ovlivnit také my, a to nesprávným měřicím postupem, nesprávným odečítáním hodnot, nebo používáním znečištěného měřidla.

Přesnost měření (mm)	Druh měřidla
0,2 - 0,5	ocelové měřítko, obkročné a dutinové hmatadlo, šablony
0,05 - 0,1	posuvné měřítko, dílenské kalibry, hloubkoměr
0,01 - 0,05	mikrometr, parametr, úhloměr, porovnávací kalibr
0,001 - 0,005	základní měrky

Tabulka 5 Přesnosti měření pro běžná měřidla

3.4 Zpracování výsledků měření

Při kontrole výrobku, měřidla provádíme opakování měření, abychom za stejných podmínek vyloučili jakékoliv chyby.

Náhodné chyby dle normy TNI 01 0115 – chyba se při opakovatelných měřeních mění nepředvídatelným způsobem.

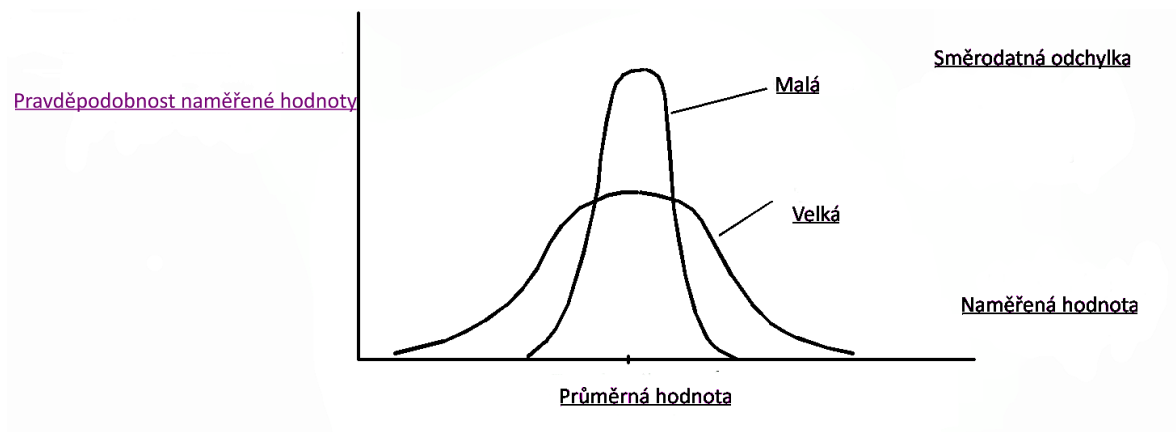
Z oblasti statistiky je možné náhodné chyby definovat dvěma způsoby:

- 1/ chyby malé se vyskytují častěji než chyby velké,
- 2/ chyby kladné a chyby záporné mají stejnou četnost.

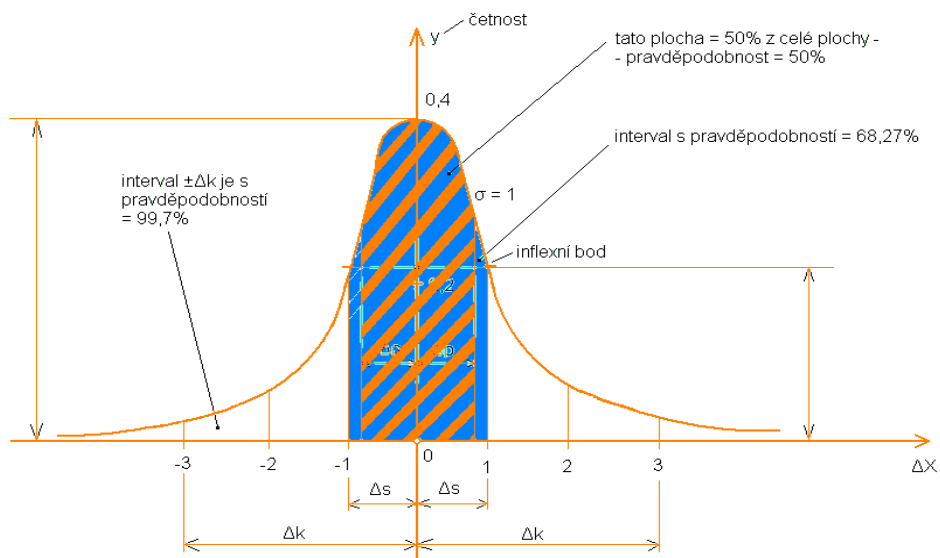
Náhodné chyby – opakování měření stejného výrobku, stejným měřidlem, za stejných podmínek se liší. Ke grafickému rozložení chyb používáme Gaussovu křivku.

Gaussova křivka – je grafickým vyjádřením rozložení náhodných chyb, má normální rozdělení N (μ , σ^2) a předpokládá, že platí Gaussův zákon popsany vztahem:

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ



Obr. 4 Gaussovo rozložení náhodné veličiny pro různé směrodatné odchylky (různý rozptyl) měřené veličiny



Obr. 5 Gaussova křivka

Přesnější měření – křivka je užší a vyšší.

Méně přesné měření – křivka je nižší a širší.

- plocha pod křivkami musí být vždy stejná (u stejného druhu měření),

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

- na **osu y** se vynáší četnost chyb,
- na **osu x** kladné a záporné hodnoty chyb,
- **Δk** - krajní chyba - určuje interval, kde leží naměřené hodnoty s pravděpodobností $P = 99,7\%$,
- **Δs** - směrodatná (standardní) odchylka - leží naměřené hodnoty s pravděpodobností
 $P = 68,27\%$ (poloha inflexního bodu - je používána nejčastěji),
- **Δp** - pravděpodobná chyba - skutečná hodnota vyskytuje se s pravděpodobností $P = 50\%$.

Proto, aby byl omezen vliv náhodných chyb, provádíme měření několikrát po sobě (n – krát- $5x$; $10x$, $20x$). Výsledek pak uvádíme jako aritmetický průměr naměřených hodnot a zohledňujeme ho pomocí nejistoty měření nebo pravděpodobnou chybou.

Čím větší počet měření provedeme, tím blíže se bude aritmetická hodnota rovnat skutečné veličině.

Při opakovaném počtu přímého měření: $n \geq 10$

Základní postup výpočtu:

Opakovaně n krát změříme produkt, naměřené hodnoty označíme **$x_1, x_2, x_3 \dots$** atd.

Nejpravděpodobnější hodnota veličiny je **aritmetický průměr** z naměřených hodnot:

$$\bar{x} = \frac{x_1 + x_2 + x_3 + \dots + x_n}{n} = \bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n},$$

x_i - jsou naměřené hodnoty, n - počet měření

Pro každou naměřenou hodnotu určíme její odchylku od aritmetického průměru Δx_i

$$\Delta x_1 = \bar{x} - x_1, \Delta x_2 = \bar{x} - x_2, \dots, \Delta x_n = \bar{x} - x_n$$

Hodnoty odchylek jsou kladné i záporné, součet všech odchylek je roven nule. To znamená, že součet všech kladných odchylek je stejně velký jako součet všech záporných odchylek.

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Průměrná odchylka Δx je aritmetickým průměrem absolutních hodnot všech odchylek.

$$\Delta x = \frac{\bar{x} - x_1 + \bar{x} - x_2 + \dots + \bar{x} - x_n}{n}$$

Průměrnou odchylku **zaokrouhlíme na jednu platnou číslici**, průměrnou hodnotu veličiny zaokrouhlíme v řádu odchylky.

Výsledek měření zapíšeme ve tvaru $x = \bar{x} \pm \Delta x$

Pro posouzení přesnosti měření je významná **relativní odchylka**. Určíme ji jako podíl absolutní průměrné odchylky a aritmetického průměru veličiny:

$$\delta x = \frac{\Delta x}{\bar{x}} 100\%$$

Za přesné považujeme měření s relativní odchylkou menší než 1%.

Rozptyl naměřených hodnot **výběrová směrodatná odchylka**

(může být označována jako - σ , σ_n , s_n):

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n}}$$

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Návod pro vypracování souboru naměřených hodnot:

1. Naměřené hodnoty n_i zapíšeme do pracovního listu – tabulky - sloupec naměřených hodnot.

2. Vypočítáme aritmetický průměr naměřených hodnot $\bar{x} = \frac{x_1 + x_2 + x_3 + \dots + x_n}{n} = \bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}$,

Aritmetický průměr uvádíme s přesností o jedno desetinné místo větší než naměřené hodnoty.

3. Určíme a zapíšeme odchylky jednotlivých měření od aritmetického průměru Δx_i .

4. Vypočítáme průměrnou odchylku Δx jako aritmetický průměr absolutních hodnot všech odchylek.

5. Průměrnou odchylku zaokrouhlíme na jednu platnou číslici.

6. Aritmetický průměr naměřených hodnot zaokrouhlíme na stejný počet desetinných míst, jako má průměrná odchylka.

7. Určíme relativní odchylku měření a vyjádříme ji v procentech.

8. Výsledek měření zapíšeme $x = \bar{x} \pm \Delta x$, $\delta x = \frac{\Delta x}{\bar{x}} 100\%$

3.4.1 Základní popis zpracování výsledků měření

Popis měřidla:

- Typ měřidla
- Zaručená přesnost
- Měřicí rozsah – odkud kam se může ručička pohybovat, (pracovní rozsah – největší možné naměřené hodnoty)
- Princip měřidla
- Hlavní části měřidla
- Ovládací prvky
- Seřizovací plochy s popisem seřízení

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Pomůcky – někdy je potřeba použít další pomocná měřidla - u nich je potřeba uvést přesnost a měřicí rozsah).

Popis měření – jaká měřicí metoda byla použita, celý postup vlastního měření a postup práce s naměřenými hodnotami.

Naměřené hodnoty – doplnění tabulky. Každá tabulka bude mít název. Zpracování hodnot, popřípadě graf.

Závěr – slovně úlohu vyhodnotíme.

Počet desetinných míst je stejný jako odhadovaná přesnost měřidla.



KONTROLNÍ OTÁZKY

- 1/ Vysvětlete, jak dělíme metrologické veličiny?
- 2/ Popište uplatňování vědy v měření - metrologii.
- 3/ Vyjmenujte některé z institucí zabývajících se metrologií.
- 4/ Vysvětlete chyby v měření.
- 5/ Definujte a vysvětlete tři skupiny příčin vzniku chyb!
- 6/ Co je a k čemu slouží Gaussova křivka chyb?
- 7/ Jak vypočítáte odchylku měření?

4 Kalibrace, ověřování měřidel a měřicích přístrojů



CÍL

Po prostudování této kapitoly byste měli být schopni:

- vysvětlit termín kalibrace a ověřování měřidel a měřicích přístrojů,
- zdůvodnit nutnosti kalibrování a ověřování měřidel a měřicích přístrojů,
- vysvětlit přikládání certifikačních kalibračních a ověřovacích listů a orientovat se v nich,
- znát důvody užívání časových kalibračních značek,
- vysvětlit evidenci měřidel a jejich následnou rekaliibraci.



PRŮVODCE STUDIEM

V této malé kapitole se seznámíme se správností a přesností měřidel a měřicích přístrojů. K tomu také patří jejich označování a certifikování, aby jak pracovník, tak i zákazník věděli, že opravdu výrobek, součást, produkt má předepsanou přesnost.

Požadované předepsané vlastnosti měřidel a měřicích přístrojů je třeba pravidelně (periodicky) kontrolovat a správně označit tuto kontrolu.

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Důležitou činností ve formách je evidence měřidel a měřicích přístrojů. Jde o informace k udržení pořádku, přehlednosti a s tím související kontrolu a rekontrolu (kalibraci, rekalibraci a ověřování) všech vlastních měřidel a měřicích přístrojů.

Přece kvalita, přesnost výroby, pořádek spolu úzce souvisí a je to jeden z důležitých úseků každé firmy.

To, co vyrobíme, musíme také umět změřit. Měřit nekvalitními, nepřesnými měřidly by byla práce zbytečně drahá, a v tvrdé konkurenci ostatních firem by firma neobstála.

4.1 Kalibrace měřidel a měřicích přístrojů

Kontrolou měřidel označujeme soubor činností, ve kterých jsou zahrnuty některé z následujících bodů (opakování předešlé kapitoly):

- **Schválení typu:** rozhodnutí o tom, že typ měřidla vyhovuje předepsaným požadavkům,
- **Ověřování:** soubor činností, které se skládají ze zkoušky měřidla, jeho označení úřední značkou a z vystavení ověřovacího listu, kterým se konstatuje a potvrzuje, že měřidlo odpovídá předepsaným požadavkům,
 - **Prvotní ověření:** ověření měřidla, které dosud nebylo ověřeno,
 - **Následné ověření:** ověření měřidla, které již bylo prvně ověřeno,
 - **Periodické ověřování:** ověřování měřidla, prováděné v určitých časových intervalech předepsaným způsobem (např. první ověření 01/2012, následné 01/2014),
 - **Zamítnutí ověření měřidla:** rozhodnutí potvrzující, že měřidlo nevyhovuje příslušným předpisům pro ověřování a zakazující jeho používání pro účely, kde je ověření povinné,
 - **Zánik platnosti ověření:** zrušení platnosti ověření, pokud měřidlo neodpovídá předepsaným požadavkům,
 - **Označení měřidla:** umístění úředních značek nebo plomb (kalibrační značky) na měřidle v souladu s předpisy.

Kalibrace je vlastně soubor operací, při kterých porovnáváme metrologické vlastnosti měřidel s měřidlem metrologicky navázaným, většinou s etalonem. Etalon může být vlastnictvím dané organizace (firmy), nebo kalibrační laboratoře, anebo vlastnictvím přímo ČMI (Český metrologický institut).

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Ve firmách používajících ke své činnosti jakákoliv měřidla se provádí většinou dva druhy kalibrace:

1/ **základní (prvotní) kalibrace** – hned při koupi měřidla či měřicího přístroje firma zajistí nebo provede kalibraci,

2/ **periodická (rekalibrační) kalibrace** – provádí se v pravidelných stanovených intervalech při skladování i používání měřidel a měřicích přístrojů.

U kalibrací existuje malá výjimka. Měřidla, která pracovník nepoužívá k měření přesnosti výrobků, součástí výrobního programu firmy, tzv. nepoužívá je k prokázání shody s požadavkem výrobku (dle výkresové dokumentace, výrobního postupu a s tím spojené kvality), ale slouží pracovníkovi, jako orientační měřidla nemusí podléhat kalibraci.

4.1.1 Postup kalibrace měřidel a měřicích přístrojů

Každá instituce, organizace, firma a její zaměstnanci (pracovníci) vždy pracují podle jasně a přesně daných postupů. Stejně je to i při provádění kalibrací.

Každý pracovník, který provádí kalibraci, musí být předem seznámen s postupem práce a s dokumenty potřebnými ke kalibraci a postupem vyplňování, označování a kontrolování.

Základní informace musí být:

- úplné
- správné
- jasně srozumitelné
- efektivní – účelné

V praxi to znamená, že kalibrační dokument musí obsahovat potřebné a správné informace.

Tyto informace musí být nezpochybnitelné, srozumitelné tak, aby nedošlo k nesprávnému pochopení. No a nic není zadarmo, proto je vždy na prvním místě cena kalibrace (konkurenceschopnost firem provádějících kalibrace), a to souvisí s účelností a efektivitou kalibrace měřidel a měřicích přístrojů.

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Pracovník, který provádí kalibraci, musí mít požadovanou kvalifikaci a musí být proškolen a certifikován v kalibračních postupech, normách, směrnicích, zákonech...

Bodový základní rozbor kalibrace: (záleží na druhu, stupně přesnosti měřidla...)

1/ **Co budeme kalibrovat** – specifikace kalibrovaného měřidla, rozbor metrologických vlastností (přesnost, měřicí rozsah).

2/ **Dokumentace** – přehled příslušných norem, směrnic potřebných ke kalibrovanému měřidlu a s tím spojené odborné termíny a popisy.

3/ **Kde budeme kalibrovat** – pracoviště, kde teplota vzduchu a vlhkost vzduchu nenaruší přesnost a účelnost kalibrace – dodržet optimální podmínky pro kalibraci.

4/ **Prostředky** – čisticí (odkonzervovat) + konzervační prostředky na závěr, nástroje a pomůcky pro potřebné opravy, etalony pro kalibraci.

5/ **Kalibrované měřidlo** – převzetí a prvotní kontrola spojená s kontrolou přebírané dokumentace měřidla určeného ke kalibraci.

6/ **Kalibrace měřidla** – odkonzervování, odmagnetování, potřebná oprava, seřízení a další případné operace vedoucí k úspěšné kalibraci měřidla.

7/ **Přezkoušení** – nutná je vždy zkouška správné kalibrace (rekalibrace) měřidla a s tím spojená kontrola, že provedená kalibrace byla správná. Tato zkouška se zapisuje do kalibrační dokumentace. Nejistota měření, rozhodnutí o pozitivním či negativním výsledku kalibrace, případný návrh na vyřazení měřidla, nebo snížení stupně přesnosti.

8/ **Protokol kalibrace** – na závěr musí pracovník správně vyplnit kalibrační protokol a nalepit kalibrační značku na měřidlo.

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

4.1.1.1 Kalibrační dokumentace


Abychom mohli vypsát kalibrační dokumentaci, musíme znát základní údaje. Mezi tyto údaje především patří – údaje o kalibrovaném měřidle, datum kalibrace, etalony použité při kalibraci měřidla, podmínky kalibrace, výsledek kalibrace, podpis zodpovědné osoby vykonávající kalibraci a razítko kalibrační firmy.

Tabulka 6 Vzor kalibračního postupu + revizní list na str. 33 – 38 (dodala fa. TATRA TRUCK a.s.)



Obr. 6 Posuvné měřidlo

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

 <h3 style="color: green;">Kalibrační postup</h3>		
ML-KP-1-5/97	Název: <h2 style="text-align: center;">Posuvné měřítko</h2>	List : 1 Počet listů: 4 Změna č. : 1
Vypracoval: M.Derka Podpis : Datum : 22.12.2010		Schválil: P.Novobilský Podpis : Datum : 22.12.2010

1) Předmět kalibrace

Tento kalibrační postup se vztahuje na kalibraci posuvných měřitek s nonickou diferencí 0.02; 0.05; 0.1 mm a posuvných měřitek digitálních.

2) Odkazy na normy:

ČSN 25 1200 Posuvná měřidla. Typy

ČSN 25 1202 Posuvná měřidla. Technické požadavky

ČSN 25 1230 Posuvky jednostranné. Základní rozměry

ČSN 25 1231 Posuvná měřidla. Jednostranné posuvky se stavítkem

ČSN 25 1233 Posuvky oboustranné. Základní rozměry

ČSN 25 1234 Posuvná měřidla. Oboustranné posuvky se stavítkem

ČSN 25 1235 Posuvná měřidla. Oboustranné posuvky s kruhovým číselníkem a
hloubkoměrem

ČSN 25 1238 Posuvky oboustranné s hloubkoměrem. Základní rozměry

ČSN 99 0656 Posuvky se stavítkem. Rozměry

ČSN 99 0652 Posuvná měřidla s nonickou diferencí 0.02 mm. Technické požadavky

Firemní dokumentace od výrobce, např. MITUTOYO.

3) Názvosloví

Posuvné měřítko je měřidlo vybavené nonickou stupnicí nebo displejem, které slouží k měření vnějších i vnitřních rozměrů.

Chyba stupnice je rozdíl údaje stupnice a skutečné délky.

Velikost dílku je vzdálenost mezi osami dvou sousedních rysek stupnice.

Celková dovolená chyba zahrnuje úchylku přímosti a rovnoběžnosti měřítka, přímosti a kolmosti rovinných měřicích ploch, dílčí chyby způsobené nepřesnostmi hlavní a pomocné stupnice a jiné faktory mající vliv na přesnost měření.


Pro posuvky s hodnotou dílku 0.05 a 0.1 mm je vypočtena ze vzorce: **$F = \pm (50 + 0.1L) \mu\text{m}$**

kde je:

F...dovolená chyba zkoušené délky v μm ,

L...zkoušená délka v mm

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

 <h3>Kalibrační postup</h3>		
Označení: ML-KP-1-5/97	Název: <h3>Posuvné měřítko</h3>	List : 2 Počet listů: 4 Změna č. : 1
Vypracoval: M.Derka Podpis : Datum : 22.12.2010		Schválil: P.Novobilský Podpis : Datum : 22.12.2010

Dovolená chyba pro posuvky s hodnotou dílku 0.05 a 0.1mm

Tab. 1

Úsek v mm	Dovolená chyba v μm
0	± 50
100	± 60
200	± 70
300	± 80
400	± 90
500	± 100
600	± 110
700	± 120
800	± 130
900	± 140
1000	± 150

Poznámka:

Pro posuvky s horní mezí měřicího rozsahu do 400 mm s hodnotou dílku 0.1 mm se dovoluje i 2. třída přesnosti.
Dovolená chyba pro tyto hloubkoměry je $\pm 100 \mu\text{m}$.

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Pro posuvky s hodnotou dílku 0.02 mm je celková dovolená chyba vypočtena ze vzorce:


$$F = \pm (20 + 0.05L) \mu\text{m}$$

kde je:

F...dovolená chyba zkoušené délky v μm ,

L...zkoušená délka v mm

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

 <h3 style="color: green; text-align: center;">Kalibrační postup</h3>		
Označení: ML-KP-1-5/97	Název: <h3 style="text-align: center;">Posuvné měřítko</h3>	List : 3 Počet listů: 4 Změna č. : 1
Vypracoval: M.Derka Podpis : Datum : 22.12.2010		Schválil: P.Novobilský Podpis : Datum : 22.12.2010

Tab. 2 Dovolená chyba pro posuvky s hodnotou dílku 0.02mm

Úsek v mm	Dovolená chyba v μm
0-160	± 30
160-250	± 35
250-315	± 35
315-400	± 40
400-500	± 45
500-630	± 50

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Tab. 3 Úchyly přímosti hlavního pravítka

úsek v mm		úchylnka v mm	
od	do	třída I.	třída II.
-	300	0.05	0.15
300	500	0.07	0.25
500	1000	0.12	0.40
1000	1500	0.17	-
1500	2000	0.22	-

Osazené konce hlavních ramen posuvek musí odpovídat rozměru $10^{+0.02}$ mm, případně $20^{+0.02}$ mm pro měřidla s hodnotou dílku 0.02mm a $10^{+0.03}$ nebo $20^{+0.03}$ mm pro měřidla s hodnotou dílku 0.05mm a 0.1mm.

Tab. 4 Úchyly rovnoběžnosti měřících ploch v mm

stupnice rovnoběžnost

0.02	0.01
0.05	0.02
0.1	0.03

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ



Kalibrační postup

Označení: ML-KP-1-5/97	Název: Posuvné měřítko	List : 4 Počet listů: 4 Změna č. : 1
Vypracoval: M.Derka Podpis : Datum : 22.12.2010	Schválil: P.Novobilský Podpis : Datum : 22.12.2010	

4) Měřidla a pomůcky určené ke kalibraci:

- kontrolní deska,
- sada koncových měrek 0.5-100mm, 125-500mm –PE,
- třmenový mikrometr s hodnotou dílku 0.001 mm,
- vlasové pravítko,
- čtenářská lupa,
- keramický brousek,
- smirkový papír,
- čisticí prostředky, benzín.

5) Obecné podmínky kalibrace

Kalibrace posuvných hloubkoměrů se provádí za těchto podmínek:

Teplota prostředí: $20^{\circ} \pm 1^{\circ}\text{C}$

Před vlastní kalibrací musí být kalibrované měřidlo umístěno minimálně 0.5 hod. v místnosti s referenční teplotou.

6) Rozsah kalibrace:

- předběžná kontrola,
- kontrola dodávky (jen při prvotní kalibraci),
- funkční kontrola,
- měření metrologických parametrů,
- vyhodnocení kalibrace, záznamy o kalibraci.

7) Vzhledová, předběžná a funkční kontrola

Měřítka posuvek musí mít čísla a rysky stupnice dobře čitelné- kontroluje se prostým okem, přitom rysky musí být dotaženy k hranám pomocné stupnice. Všechny čárky stupnice musí být přímé a stejné šířky - kontroluje se lupou. Po zatažení všech zajišťovacích šroubů musí být posuvná část pevně zafixována. Posuvnou částí se musí dát lehce a plynule posouvat po celém měřicím rozsahu měřidla. Posuvná část musí mít všechny zajišťovací šroubky a podložky. Překontroluje se, zda měřidlo není mechanicky poškozeno, měřicí plochy nesmějí být poškrábány nebo jinak poškozeny. Posuvka se vyčistí benzínem a vytře do sucha, podle potřeby se odmagnetuje. Lehce poškozené hrany se upraví jemným brusným kamenem, místa napadená korozí se očistí jemným smirkovým papírem. Rovinná měřicí plocha se lehce zahladí jemným brusným kamenem. Zkontroluje se označení měřidla evidenčním číslem pro zajištění správné evidence. U měřidel s digitálním provedením se provede kontrola správnosti funkce displeje. Při prvotní kalibraci se posoudí typ měřidla, počet kusů a úplnost jejich příslušenství podle dodacího listu.

8) Měření metrologických parametrů

Pomocí koncových měrek se provede vyhodnocení rovnoběžnosti měřicích ploch, viz tab. 4. Vlasovým pravítkem příslušného rozměru se vyhodnotí úchylka přímosti hlavního pravítka, viz tab. 3. Osazené konce hlavních ramen se změří mikrometrem s hodnotou dílku 0.001mm. Pomocí sady koncových

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

měrek se provede kontrola přesnosti měřidla na čtyřech místech měřicího rozsahu tak, aby se naměřené hodnoty odečítaly i jinou čárkou pomocné stupnice. U posuvek vybavených hloubkoměrem se provede měření na jednom úseku hloubky. Pro posouzení správnosti je nutné porovnat naměřené odchylky na jednotlivých úsecích s povolenými chybami v tab. 1,2.

9) Vyhodnocení a rozhodnutí

Měřidlo, jehož naměřené hodnoty neleží uvnitř předepsaných tolerancí, se označí etiketou s nápisem „Vyřazeno“ a uloží do izolátoru vyřazených měřidel. Internímu zákazníkovi se předá jako doklad o vyřazení měřidla vyplněný tiskopis „Nářadí“. Jedná-li se o kalibraci prvotní, vyplní se „Zamítací list“ se specifikací závady, který slouží jako doklad při reklamaci. V případě opravitelnosti měřidla se vyplní „Dílčí objednávka“ s popisem závady. Měřidlo, které splňuje podmínky popsané v předešlých kapitolách, se označí kalibračním štítkem s vyznačenou dobou platnosti kalibrace. O provedené kalibraci se provedou záznamy do evidenční karty, do informační sítě a do záznamové knihy se zapíše údaje o naměřených hodnotách. Na požádání zákazníka je jako doklad o provedené kalibraci vystaven kalibrační list.

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ



REVIZNÍ LIST

List číslo:

1

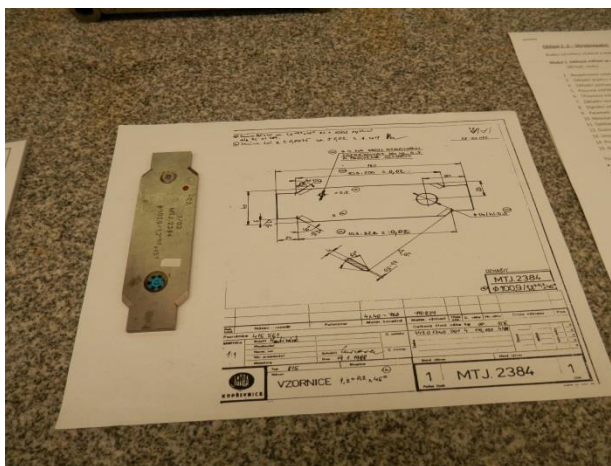
Název dokumentu: **KP-1-5/97 Posuvné měřítko**

Číslo revize:	Výsledek revize:	Provedl:	Datum:
1	Revize provedena – beze změn	Bordovský	10. 9. 2000
2	Revize provedena – beze změn	Maršálek	11. 8. 2003
3	Revize provedena – beze změn	Maršálek	15. 8. 2005
4	Revize provedena – beze změn	Maršálek	27. 8. 2007
5	Revize provedena – beze změn	Maliník	14. 8. 2009
6	Změna hlavičky a bodu č. 9. – vyhodnocení a rozhodnutí	Derka	22. 12. 2010

7.1 Ověřování měřidel a měřicích přístrojů

Ověřením příslušného měřidla se potvrzuje, že měřidlo má požadované metrologické vlastnosti, odpovídá ustanovením o technických normách a stanovených typech měřidel. Měřidlo, u kterého proběhlo ověření autorizovanou metrologickou firmou je opatřeno úřední značkou a je vydán ověřovací list.

Úřední značka je tzv. samolepicí štítek – nálepka, na které je uvedeno poslední dvojčíslí roku (viz. **obr. č. 7** rok 10 - 2010) a označen měsíc, kdy bylo měřidlo ověřeno.



Obr. 7 Úřední značka je tzv. samolepicí štítek (štítek modré barvy), (foto TATRA TRUCKS a.s.)

Ověřovací list tak jako kalibrační list musí obsahovat informační údaje potřebné pro měření a pro další ověření.

Co by nemělo chybět v ověřovacím listu:

- informace o firmě, která ověřila měřidlo a ověřovací list k měřidlu vydala,
- počet stran a číslo ověřovacího listu včetně data vydání, podpisu odpovědného pracovníka a razítka ověřovací firmy,
- základní informace o vlastníku měřidla (pracoviště, kde je měřidlo používáno...),

- základní informace o měřidle (výrobce měřidla, typ, přesnost, rozsah...),
- základní informace o použitých etalonech (název, výrobní číslo, návaznost na státní etalony...),
- podmínky měření (ověření měřidla),
- výsledek ověření měřidla – vyhovuje – nevyhovuje předpisům a povoleným odchylkám,
- umístění a údaje o úřední značce a informace o době platnosti (zániku platnosti).

7.2 Firemní evidence měřidel a měřicích přístrojů

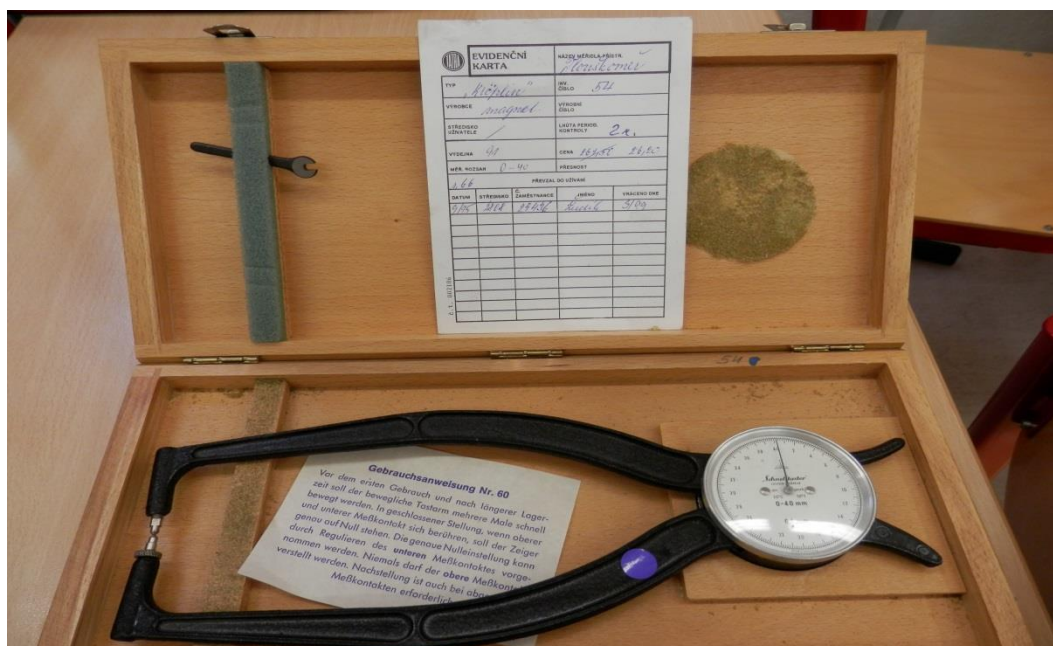
Vše, co je v této kapitole napsáno, by se neobešlo v žádné firmě bez řádné evidence všech měřidel a měřicích přístrojů. Firma, která chce být konkurenceschopná a vyrábět kvalitní výrobky, musí zajistit zákonné požadavky v evidenci veškerých měřidel. Požadavek na řádnou evidenci je stanoven v zákoně o metrologii.

V evidenci měřidel se dnes již většinou využívá softverových programů. Každému měřidlu je přiděleno evidenční číslo, podle kterého pracovník najde veškeré informace o měřidle (kalibraci, ověření, opravě, momentálním vlastníku...viz. **obr. č. 8**).



Obr. 8 Evidenční číslo měřidla č.2/07, A 415 (foto TATRA TRUCKS a.s.)

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ



Obr. 9 Evidenční karta měřidla (foto TATRA TRUCKS a.s.)

Co by měla evidenční karta o měřidle obsahovat:

- evidenční číslo, výrobní číslo měřidla, výrobce měřidla, inventární číslo (může to být kombinace 1 čísla), datum pořízení, cena, přesný název měřidla,
- rozdělení měřidel podle využití – stupeň přesnosti, orientační...,
- metrologické informace o měřidle (rozsah, přesnost...),
- informace o momentálním vlastníkovi měřidla (úsek – konstrukce, výroba, technologie, středisko, osobní číslo vlastníka...),
- údaje o platnosti ověření, kalibrace, (kalibrační a ověřovací listy), periodiky rekaliibrací,
- informace o opravách, závadách, snížení přesnosti, vyřazení a k tomu příslušné dokumenty.

Všechny údaje o měřidlech by měly být přístupné odborným pracovníkům a spolehlivě a zodpovědně vedeny ve firemní evidenci měřidel.

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ



KONTROLNÍ OTÁZKY

- 1/ Vysvětlete termíny kalibrace a ověření měřidla.
- 2/ Jak musí být označována kalibrovaná a ověřená měřidla?
- 3/ Vysvětlete evidenci měřidel ve firmách a jejich nutnost zavedení.

8 Měřidla



CÍL

Po prostudování těchto kapitol byste měli být schopni:

- znát základní péči o měřidla a pravidla při měření rozměrů,
- vyjmenovat popisovaná, používaná měřidla,
- měřit s popisovanými měřidly,
- popsat všechna uvedená měřidla,
- vypracovat laboratorní protokol z měření.



PRŮVODCE STUDIEM

Při výrobě součástí používáme různé druhy měřidel, které vyžadují přesnost určenou výkresovou dokumentací. K dodržení těchto přesností a k měření používáme základní a speciální měřidla. O tyto měřidla se musí stále pečovat (ošetřovat, kalibrovat), aby naměřené veličiny odpovídaly skutečnosti – výkresové dokumentaci. Různorodost měřidel nám dává možnost výběru toho nejpřesnějšího, nejideálnějšího měřidla a měřidla, které svou konstrukcí, rozsahem a přesností zaručí nejvyšší možnou kvalitu výroby.

8.1 Základní péče o měřidla při měření

Ve výuce předmětu Kontrola a měření a v praxi (praktickém vyučování, ve firmách) se neobejdeme bez měřidel. Proto, aby měřidla správně měřila, musíme i těm nejjednodušším věnovat náležitou péči. Pracovat s měřidly musíme dle dodaných návodů a proškolení, aby se nesprávným zacházením měřidla neznehodnotila. Vadná a poškozená měřidla mohou být příčinou neopravitelných nebo i opravitelných zmetků. Což vlastně ve výrobě znamená ekonomické i časové navýšení, které se řeší s viníkem na pracovišti.

Správné měření a starost o měřidla vyžaduje respektování základních zásad při měření.

Měřidla se musí chránit proti hrubému mechanickému poškození (pády, údery). Měřidla vždy odkládáme na čistou a pokud možno měkkou podložku (guma, dřevo, plast, čistá flanelová látka).

Součást měříme vždy za plného klidu (zastavený stroj). Neustále dbáme o čistotu měřidla, ale i čistotu svých rukou při měření.

Dalším důležitým krokem při měření je, že musí být stykové plochy měřidla i měřená součást vždy očištěna i od nejjemnějších třísek a nečistot. Při měření lehce sevřeme pohyblivou čelisti nebo ramenem měřidla měřený rozměr součásti a přečteme na noniu naměřenou hodnotu. Po přečtení hodnoty měřidlo rozevřeme a položíme na podložku u stroje.

Než měřidlo po skončení práce odevzdáme nebo uklidíme, očistíme jej a jemně přetřeme olejem.

Každé měřidlo je třeba po určité době periodicky překontrolovat (kalibrovat), zda jeho přesnost odpovídá přesnosti, pro které je měřidlo používáno. Každé takové měřidlo má vlepenou kalibrovací značku, která udává měsíc a rok další kalibrace (viz. předcházející kapitoly).

Zásady správného použití měřidla a měření rozměrů:

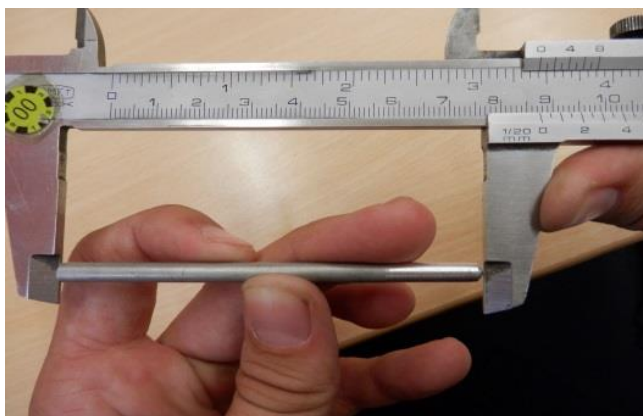
- pracovník musí používat vhodné a nepoškozené měřidlo,
- pracovník musí dodržovat optimální podmínky (teplotu pracoviště) pro měření ($20 \pm ^\circ\text{C}$),
- není dovoleno dotýkat se měřících dotyků holou rukou,
- s měřidly se musí zacházet s citem,
- měřidlo je potřeba přikládat kolmo a rovnoběžně,

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

- při měření je nutné zajistit kvalitní osvětlení,
- na rovinu stupnice je nezbytné se dívat kolmo,
- měřidla je doporučeno odkládat na měkkou podložku,
- použité měřidlo pracovník musí očistit a podle potřeby ošetřit (potřít konzervačním prostředkem).

8.2 Měření délkových rozměrů

Měření délkovými měřidly patří do skupiny přímého měření. Na měřidle odečteme měřený rozměr v jednotkách měřené veličiny.



Obr. 10 Měření délky posuvným měřidlem

8.2.1 Základní měřidla pro délková měření

Skládací metr - byl dlouhou dobu považován za nejlepší pomůcku k měření. Vyrábí se v dřevěné a plastové podobě, ve velikostech 1 nebo 2 metry (pak hovoříme o skládacím dvoumetru). Na koncích je opatřen mosaznými koncovkami, ve kterých bývá umístěna nula. Koncovky jsou důležité z důvodu možného opotřebení dřeva a následné ztráty pevnosti.

Svinovací metr - je podobně jako skládací metr velice oblíbenou pomůckou. Je skladnější - nachází se totiž kompletně v úzké krabičce kruhového nebo čtvercového tvaru. Metr je v ní svinut, odtud pojem svinovací metr. Ven "čouhá" pouze kovový háček. Na krabičce se většinou nachází jezdec, díky němuž je možno po vytažení potřebné délky metr aretovat, aby se nevracel zpět. Při práci je potřeba

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

dávat si pozor na tento kovový háček z důvodu možného uvolnění. Pokud se totiž uvolní, měření se stává nepřesným.

a/

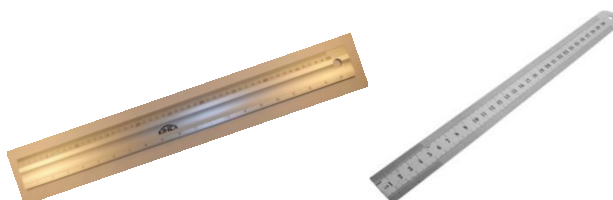


b/



Obr. 11 a/ Svinovací metr b/ Skládací metr

Ocelové měřítko – slouží k měření délek se zaručenou přesností 0,2 – 0,5 mm. Vyrábějí se plochá se šikmou hranou a ohebná. Běžně se plochá měřítka vyrábějí o jmenovitých délkách 500, 1 000, 1 500 a 2 000 mm. Normální ocelová měřítka a zesílená ocelová měřítka se vyrábějí v délkách 300, 500 a 1 000 mm.



Obr. 12 Ocelové měřítko

Pro měření větších délkových rozměrů než cca 2 m se používají **pásma** dlouhá 10 – 50 m. Pásma se vyrábějí plátěná nebo ocelová.

8.3 Posuvná měřidla

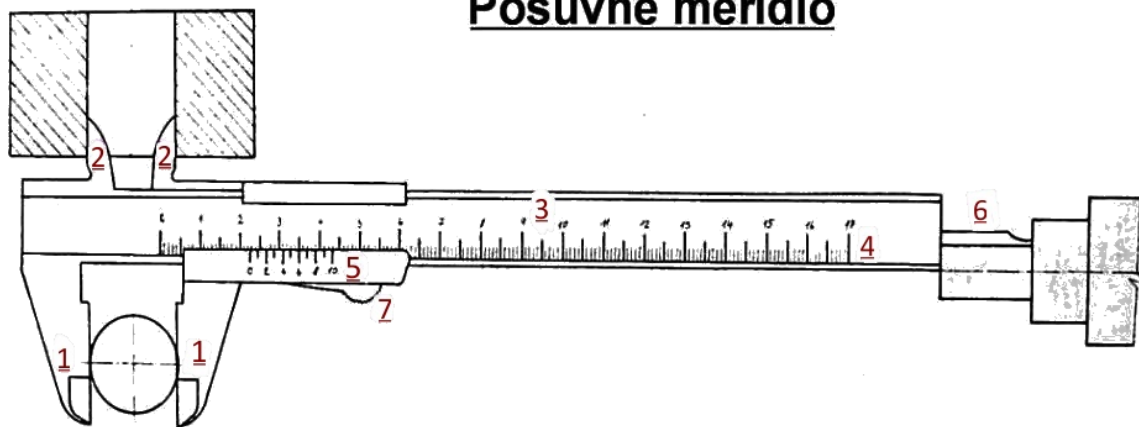
Posuvná měřidla jsou nejrozšířenějšími universálními měřidly pro měření vnitřních a vnějších rozměrů. Tyto měřidla měří s přesností 0,1 mm, 0,05 mm a 0,02 mm. Nejpoužívanější je přesnost 0,1 mm. Na přesnější měření používáme jiná, přesnější měřidla. Konstrukčně jsou posuvná měřidla řešena tak, aby umožňovala měření vnějších průměrů a délek, vnitřních průměrů a hloubek. V praxi se můžeme setkat s posuvnými měřidly délek 150 mm, 250 mm, 400 mm až 2000 mm. Posuvný hloubkoměr umožňuje měřit hloubky děr, osazení, drážky, vybrání s přesností stejnou jako u posuvných měřidel.

Přesnost měření daného měřítka je odvozena od tzv. noniové diferenciální stupnice, která je dělená po 1/10 pro přesnost 0,1mm, 1/20 pro přesnost 0,05 a 1/50 pro přesnost 0,02 mm. Posuvná měřítka se vyrábějí ve dvou provedeních s *posuvným noniem* nebo *otočným ciferníkem*. Dle uspořádání dotyků se používají v několika provedeních a to: s jednoduchými, dvojítymi, nožovými nebo křížovými rameny. Nejběžnějším typem je **posuvné měřítko s hloubkoměrem a dvojítymi rameny**. To umožňuje měřit vnější a vnitřní rozměry, hloubky a osazení.

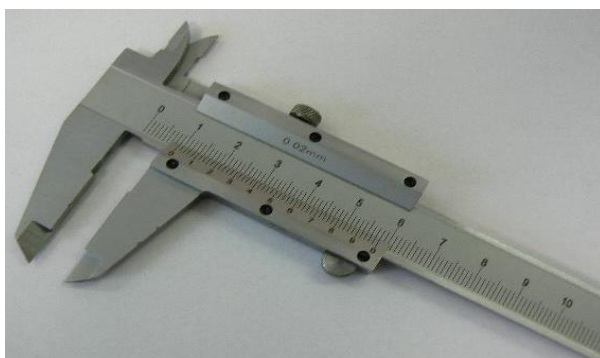
Hlavní části posuvného měřidla:

- ramena (1),
- pomocná ramena (2),
- hlavní měřítko (3)
- hlavní stupnice (4),
- nonius *pomocná stupnice* (5),
- hloubkoměr (6),
- výstředník (7).

Posuvné měřidlo



Obr. 13 Hlavní části posuvného měřidla



Obr. 14 Mechanické posuvné měřítko s hloubkoměrem a dvěma dotečky

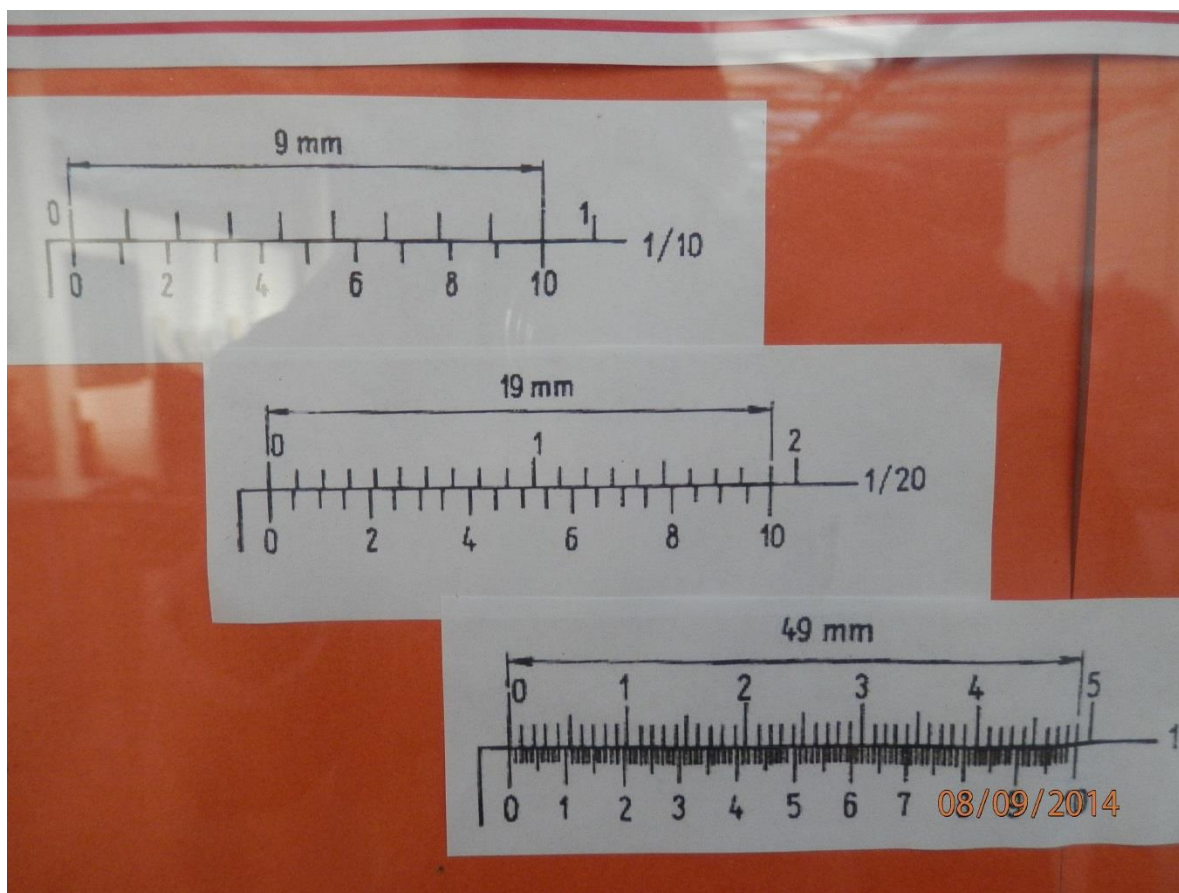


Obr. 15 Digitální posuvné měřítko

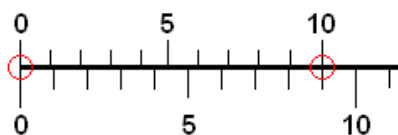
Postup práce s noniem

Pro přesné měření je na posuvné části měřítka vyryta pomocná stupnice, nazývaná nonius. Dílky nonia jsou kratší než dílky hlavní stupnice, u původních měřetek odpovídá deset dílků nonia devíti dílkům hlavní stupnice - proto nonius, noniem je latinsky devět. Jsou-li čelisti měřítka u sebe, kryje se nultý a poslední dílek nonia s nultým a devátým dílkem hlavní stupnice.

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ



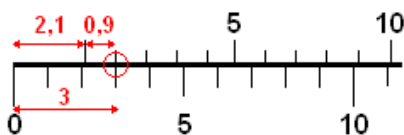
Obr. 16 Dělení noniové stupnice - Noniová stupnice s přesností 0,1_0,2_0,5



Obr. 17 Základní ustavení Noniový stupnice posuvného měřidla

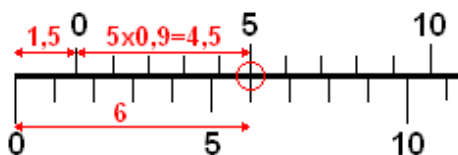
Při měření rozměru v necelých milimetrech je nultý dílek nonia vpravo od rysky hlavní stupnice, udávající celé, a ryska nonia, kryjící se s některou ryskou hlavní stupnice udává desetinu. Na obrázku je měřen rozměr 2,1. Nulová ryska nonia ukazuje 2 celé milimetry, ryska 1 nonia se kryje s ryskou 3 hlavní stupnice. Protože vzdálenost 0. a 1. rysky nonia je 0,9, nultá ryska je ve vzdálenosti $3 - 0,9 = 2,1$ od nuly.

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ



Obr. 18 Odečet vzdálenosti 2,1 mm od nuly

Složitější příklad: měřená vzdálenost je 1,5. Nulová ryska nonia je v polovině mezi jedničkou a dvojkou. Pátá ryska nonia se kryje s ryskou 6 na hlavní stupnici. Je zřejmé, že nultá ryska nonia je ve vzdálenosti $6 - 5 \times 0,9 = 1,5$ od nuly.



Obr. 19 Odečet vzdálenosti 1,5 od nuly

Některá měřítka mají druhou dvojici stupnic - palcovou. Tam někdy není nonius desetinný, ale šestnáctinný, upřesňující poloviny, čtvrtiny a další zlomky palce. Dnešní měřítka také nemívají nonius desetinný, ale přesnější, dlouhý dvacet nebo padesát dílků. Taková měřítka měří na pět nebo dokonce dvě setiny.

Rekapitulace: Na noniu hledejte, které dvě rysky jsou v přesném zákrytu. To je počet desetin, o který jste za celými milimetry.

Při praktickém měření posuvným měřítkem se měřená součást drží v levé ruce a pravou rukou se ovládá měřidlo.

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ



Obr. 20 Měření délky nebo průměru součásti posuvným měřítkem (foto TATRA TRUCKS a.s.)



Obr. 21 Měření vnitřních rozměrů posuvným měřítkem

A hand is holding a vernier caliper vertically on a light-colored wooden table. The caliper's main beam is aligned with the table's surface. The background shows a classroom with red-framed wooden chairs and tables, and large windows with orange blinds.

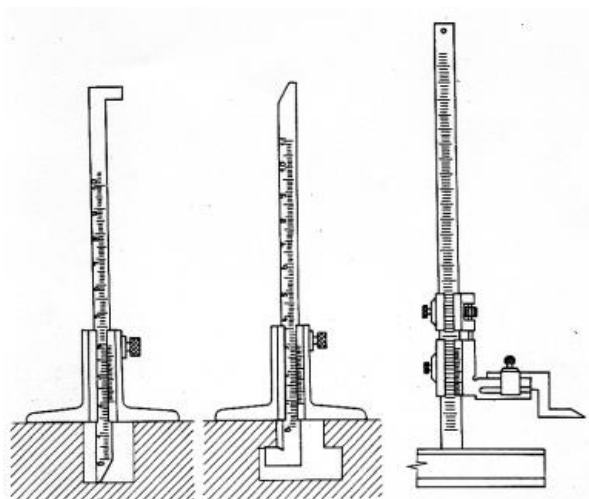
Další měřidla používaná ve firmách k měření hloubky – délky jsou **hloubkoměry**. Pracuje se s nimi stejně jako s posuvnými měřidly.



67

8.3.1 Posuvné hloubkoměry a výškoměry

Posuvné hloubkoměry a výškoměry – používají se pro měření dutin, výškových a délkových rozměrů součástí. Mají hlavní a noniovou stupnici a pracuje se s nimi jako s posuvným měřítkem. Běžně se vyrábějí s jehlovým dotykem a nose.



Obr. 24 Měření pomocí posuvných hloubkoměrů a výškoměrů



Obr. 25 Digitální výškoměry (foto TATRA TRUCKS a.s.)

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ



Obr. 26 Digitální výškoměr – SOMET



Obr. 27 Mechanicky nastavitelný výškoměr



KONTROLNÍ OTÁZKY

- 1/ Jaké znáte základní délková měřidla? Vyjmenujte je!
- 2/ Popište mechanické posuvné měřidlo a předvedte, k jakému měření jej můžete použít!
- 3/ K jakému měření používáte výškoměr?

8.4 Třmenové mikrometry

Mikrometry jsou často používaná dílenská měřidla. Jedná se o mechanická univerzální měřidla, která měří se zaručenou přesností 0,01 mm. Odhadovaná přesnost je $\frac{1}{2}$ zaručené přesnosti. Nejběžnější variantou je **třmenový mikrometr**. Vyrábějí se v rozsahu 0 - 25 mm, 25 - 50 mm, 50 - 75 mm atd. Jsou odstupňovány po 25 mm (0–25, 25–50 až do 200). Pro měření velkých průměrů jsou odstupňovány po 100 mm až po 1000 mm. Používají se pro kontrolu délek a vnějších průměrů obrobků.

Hlavní částí všech mikrometrických měřidel je přesný šroub délky 25 mm se závitem o stoupání 0,5 mm.

Hodnoty rozměru, které jsou dány vzdáleností měřících doteků, se odečítají s přesností 0,01 mm na otáčivém bubínku, rozděleném po obvodu na 50 dílků proti pevné stupnici dělené po 0,5 mm. Velmi důležitou částí mikrometru je řehtačka, která chrání přesný mikrometrický šroub před poškozením a zaručuje stejný měřicí tlak.

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

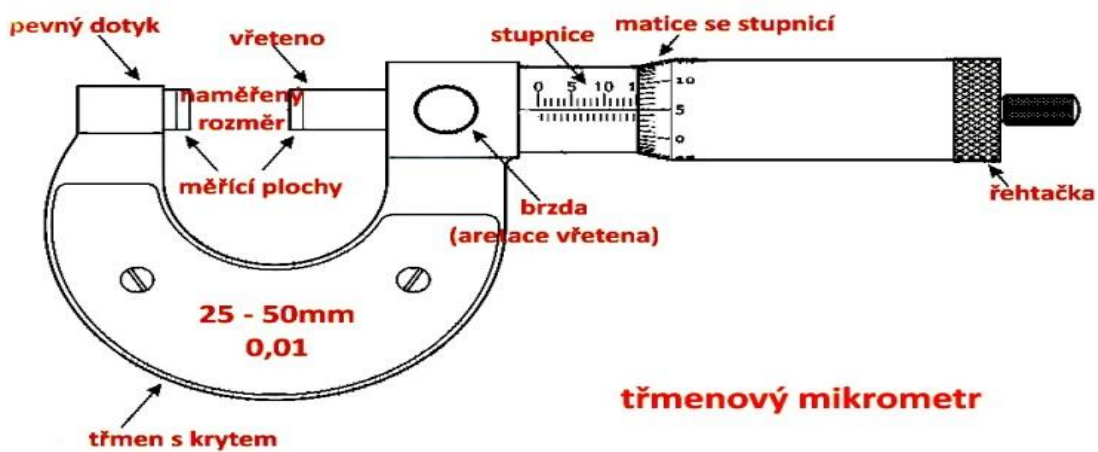


Obr. 28 Třmenový mikrometr s mechanickou stupnicí 50 – 75 mm



Obr. 29 Třmenový mikrometr s digitálním odečítáním

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ



Obr. 30 Popis třmenového mikrometru 25 – 50mm



Obr. 31 Kontrolní pracoviště s měřidly (foto TATRA TRUCKS a.s.)

Postup práce při měření s třmenovým mikrometrem

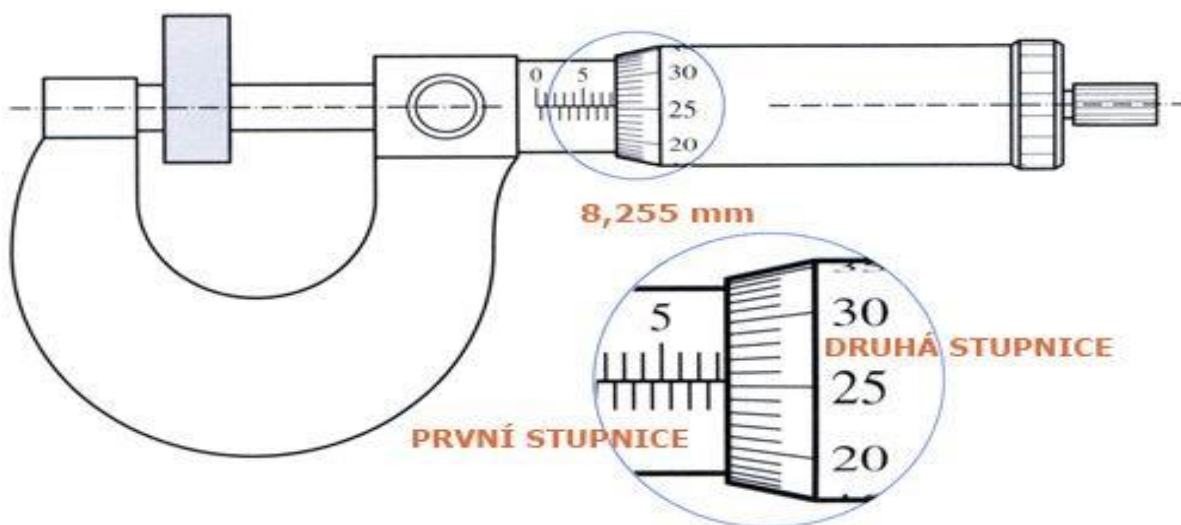
Před vlastním měřením je nutno mikrometr seřídit na nulovou hodnotu pomocí přiloženého klíčku. To se provede tak, že se pomocí řehtačky zlehka dotknou oba dotyky a pomocí klíčku se natočí hlavní stupnice.

Změřený rozměr odečítáme na dvou stupnicích, viz **Obr. č. 31**. Jedna je vodorovná a dvojité s vzájemným přesazením o polovinu dílku. To proto, že druhá stupnice - po obvodu bubínku - má pouze 50 dílků (pro posun o 1 mm musíme tedy otočit 2krát kolem dokola). Naměřenou hodnotu nejprve odečítáme na vodorovné stupnici v celých milimetrech (v našem případě 3 mm), pokud se ukáže také ryska spodního dílku (jako v našem případě), připočítáme ještě 0,5 mm (celkem tedy 3,5 mm). K tomu musíme ještě připočítat údaj na stupnici po obvodu bubínku (v našem případě 4 dílky, tj. 4 setiny, tedy celkem 3,54 mm). Na **Obr. č. 32** je ukázka odečítání hodnot s použitím odhadované přesnosti na 0,005 mm. Na horní stupnici se odkrylo celých 8 mm, na spodní stupnici další čárka vidět není, což znamená, že měřený rozměr bude ležet mezi 8,00 – 8,50 mm. Na otočném bubínku je však celých 25 dílků, což odpovídá hodnotě 0,25 mm, tedy už máme celkovou hodnotu 8,25 mm. Pokud se však podíváme pozorně, tak vidíme, že vodorovná čárka hlavní stupnice neukazuje přesně na 0,25 mm, ale do mezery mezi 0,25 – 0,26 mm. Přesnou polohu nelze určit, takže se pouze odhadne, že se nacházíme v polovině, což odpovídá hodnotě 0,005 mm. Po připočtení k předchozí hodnotě dostaneme výslednou velikost 8,255 mm.

Shrnutí: na hlavní stupnici v její horní polovině se odečítají celé milimetry, na spodní polovině poloviny milimetru (0,5 mm) a na otočném bubínku setiny milimetru (0,01 mm). Jejich vzájemným sečtením dostaneme konečný rozměr.



Obr. 32 Skutečný odečet hodnoty (3,54 mm)



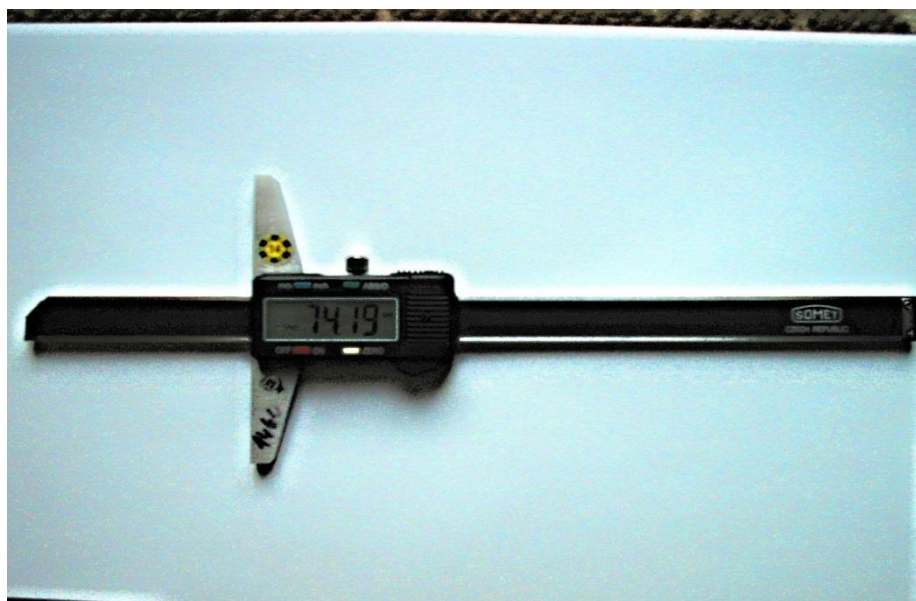
Obr. 33 Skutečný odečet hodnoty (8,255 mm)

Dalšími mikrometrickými měřidly jsou **mikrometrický hloubkoměr**, sloužící k měření hloubek a **mikrometrický odpich**, sloužící k měření vnitřních rozměrů

Mikrometrický hloubkoměr umožňuje měření s přesností 0,01 mm. Slouží k měření děr, drážek, osazení a vybrání.

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Mikrometrický odpich se používá zejména k měření vnitřních rozměrů větších než 50 mm. Měří s přesností 0,01 mm. Oba konce mikrometrických odpichů mají kulové plochy.



Obr. 34 Mikrometrický hloubkoměr (foto TATRA TRUCKS a.s.)



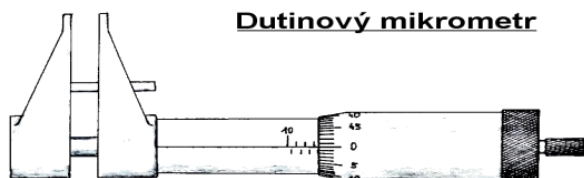
Obr. 35 Mikrometr s úhlovými plochami

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ



Obr. 36 Mikrometrický odpich

Dutinový mikrometr se používá pro měření otvorů, ozubení, drážek a osazení. Obdobně jako mikrometrický odpich.



Dutinový mikrometr

Mikrometrický odpich



Obr. 37 Dutinový mikrometr a mikrometrický odpich

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ



Obr. 38 Měření vnitřního ozubení dutinovým mikrometrem (foto TATRA TRUCKS a.s.)



KONTROLNÍ OTÁZKY

- 1/ Co můžete měřit třmenovým mikrometrem?
- 2/ Jaké druhy mikrometrických měřidel znáte? Vyjmenujte je!
- 2/ Popište třmenový mikrometr a předvedte, k jakému měření jej můžete použít!
- 3/ Za jakých podmínek můžete použít skládací metr k měření rozměrů?
- 4/ K jakému měření používáte výškoměr?

8.5 Základní rovnoběžné měrky

Základní měrky rovnoběžné patří mezi měřidla pevná, jednoúčelová. Dodávají se v sadách a lze z nich složit libovolný rozměr. Měrka je v podstatě hranolek sloužící k laboratornímu měření. V převážné většině se pomocí nich kontrolují jiná měřidla, jež jsou méně přesná. Funkční plochy jsou velmi přesně broušeny. Základní rovnoběžné měrky mají vysoce přesné rovnoběžně lapované plochy s minimálními odchylkami rovnoběžnosti a rovinnosti, mezi kterými je splněna podmínka vzdálenosti několika desítek nanometrů (podle třídy přesnosti měrek).

Měrky měří s přesností 0,001. V této přesnosti se ještě dále měrky dělí na 4 stupně označené 0, 1, 2, 3. Označení je provedeno počtem rysek na nefunkční ploše měrky. Čím méně je rysek, tím jsou měrky přesnější.



Obr. 39 Sada základních měrek rovnoběžných (foto TATRA TRUCKS a.s.)

Základní měrky musí být vyrobeny z vysoce odolného materiálu proti opotřebení. Materiál musí být velmi tvrdý, odolný vůči korozi (pot rukou, vlhkost vzduchu...) a musí mít dobrou přilnavost. Koncové měrky se musí po každém použití nakonzervovat.

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Použití a rozdělení základních měrek (označení použití):

K – kalibrační,

0 – etalonové (ověřování měřidel),

1 – pracovní měřidlo nebo etalon,

2 – dílenské, pro kontrolu posuvných měřidel, mikrometrů nebo komparační měření.

Při kontrole základních měrek se musí brát ohled na jejich rovinnost a rovnoběžnost a správné přilnutí.

Jak pracovat se základními měrkami:

Před sestavením se plochy očistí vatou a technickým benzínem, popřípadě se vlasovým štětcem odstraní prach a nečistoty.

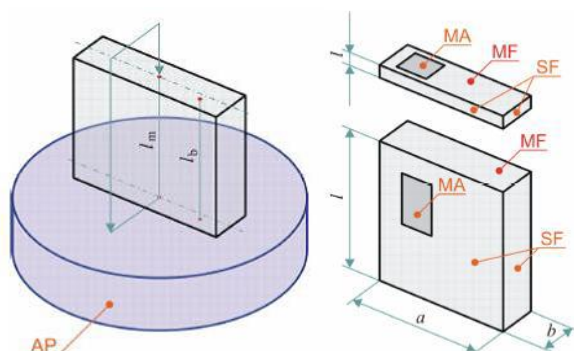
Základní měrky se musí chránit před teplem a dotykem ruky (vlhké). Po použití se základní měrky vyčistí, lehce natrou mazacím tukem a uloží opět do sady základních měrek.

Pro měření jsou stanoveny speciální podmínky – teplota a vlhkost vzduchu v laboratořích, práce v rukavicích.

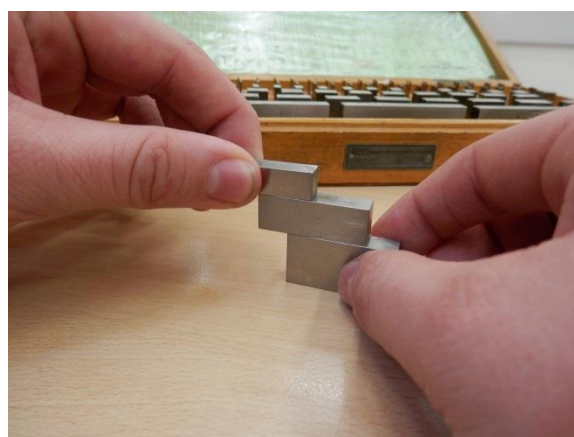
Rozměr ze základních měrek skládáme z co nejmenšího počtu měrek. Maximální doporučený počet složených měrek s ohledem na přesnost je 5.

Měrky do sebe pomalu a lehce zasouváme. Měrky spolu vlivem podtlaku drží. Při sestavování rozměru se vychází z posledních desetinných míst. Základní měrky musí být při sestavování uspořádány vedle sebe tak, aby všechny číslice byly postaveny stejně. Sestavené měrky mohou být spojené maximálně 1 hodinu.

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ



Obr. 40 Popis koncových měrek MA – označení, MF – měřicí plocha, SF – boční plocha,
AP – pomocná rovinná destička



Obr. 41 Práce s kontrolními měrkami



Obr. 42 Sada úhlových kontrolních měrek (foto TATRA TRUCKS a.s.)

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Údržba a správné zacházení s měrkami:

- Lněnou utěrkou odstraníme konzervační tuk.
- Měrky nasouváme a sejímáme od jednoho rohu k druhému.
- Měrky musíme chránit před nárazy, prašným prostředím, magnetizováním, vlhkostí vzduchu.
- Po práci měrky znovu nakonzervujeme.

*Například rozměr **130,535** složíme ze základních měrek:*

$$1,005 + 1,03 + 2,5 + 30 + 100 = \underline{130,535\text{mm}}$$



Obr. 43 Ukázka měřené součásti pomocí nožového pravítka



KONTROLNÍ OTÁZKY

- 1/ Vysvětlete, k jakému měření používáte základní rovnoběžné měrky!
- 2/ S jakou přesností měří základní rovnoběžné měrky?
- 3/ Popište použití a základní rozdělení měrek!
- 4/ Popište údržbu a správné zacházení s měrkami!

8.6 Úchylkoměr

Speciální skupinou měřidel měřících délkové rozměry jsou tzv. **komparační měřidla**. Pomocí těchto měřidel nezjišťujeme absolutní rozměr, ale pouze odchylku od předem nastavené hodnoty. Tato hodnota se nastavuje mezi plochou pracovního stolku, na kterou se pokládá měřená součást a měřícím dotekem měřidla. Měřidla se nastavují pomocí základních měrek. Mezi nejběžnější komparační měřidla patří číselníkový úchylkoměr a pasametr. Nedílnou součástí těchto měřidel je stojánek.

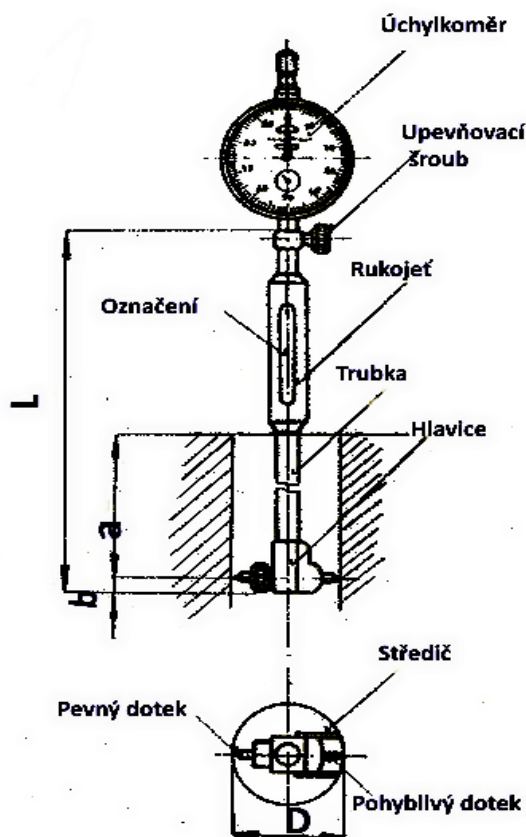
Číselníkový, digitální úchylkoměr se vyrábí s mechanickou stupnicí nebo digitálním ukazatelem, viz Obr. č. 41. Vynulování se provádí natočením kruhové stupnice (ručičková verze). Měřicí rozsah je 10 mm a pracovní rozsah je dán výškou stojanu. Zaručená přesnost je 0,01 mm. Velmi často tvoří součást jiného měřidla. Bývá nejčastěji upevněn do stojánků a používá se nejčastěji k měření obvodové nebo čelní házivosti (sklíčidel, trnů, obrobků) s přesností 0,01 mm.

Nula je na stupnici posouvateľná, a proto je možné nastavit relativní nulu ve kterékoliv poloze dotyku. Nejběžněji se můžeme setkat s úchylkoměry s nejmenším dílkem 0,01 mm, vyrábí se však i tisícinové (nejmenší dílem 0,001 mm) a přesnější. Dotyky úchylkoměrů jsou vyměnitelné a lze si vybrat z celé řady tvarů, velikostí a délek. Dotyk se vybírá zpravidla tak, aby byl bodový dotyk s měřenou součástí přitlačován silou, kterou mu uděluje vratná pružina.



Obr. 44 Mechanický a digitální číselníkový úchylkoměr

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ



Obr. 45 Popis číselníkového úchylkoměru



Obr. 46 Rozložený číselníkový úchylkoměr

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ



Obr. 47 Části číselníkového úchylkoměru



Obr. 48 Stojánek k číselníkovému úchylkoměru

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Při práci s úchylkoměry se musí dát pozor na měřicí dotyk úchylkoměru, který musí být stále kolmý k ose měřené součásti. Tím vyloučíme možnost vzniku chyby.

Velmi často se k měření úchylkoměru využívá stojánek. Stojánek nám slouží k upnutí úchylkoměru, což můžeme využít při měření hloubek, vnitřních otvorů, různých geometrických tvarů součástí.

U měřidel vyžívajících k měření součástí úchylkoměru je ukazatel (stupnice, display) tvořen ručičkou zakončenou tenkou špičkou, anebo je ukazatel tvořen světlým bodem.

Měřená hodnota u měřené součásti je odečítána na pevné nebo pohyblivě nastavitelné stupnici (např. u číselníkových úchylkoměrů k nastavení 0).

Ukazatelem může být i ostrá hrana pohyblivé části měřidla (např. mikrometry).

U moderních měřicích přístrojů s elektrickým převodem měřené veličiny je ukazatel současně stupnicí, protože velikost naměřené veličiny je zobrazena na monitoru počítače.

Při odečítání pomocí optických prvků (např. u dílenského mikroskopu, meotastu, optikátoru) lze odečítat s přesností 0,001 mm a větší.

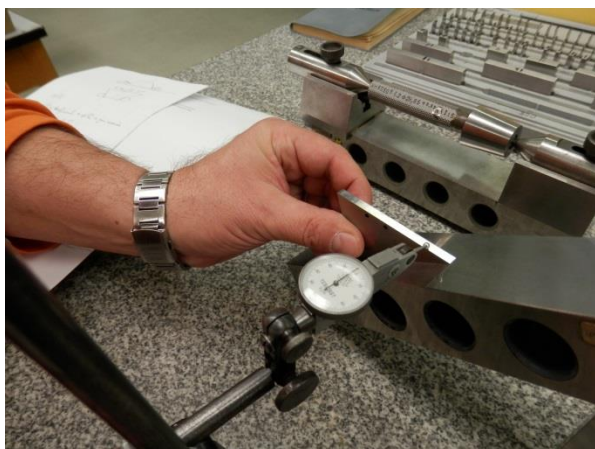
Použití digitálního úchylkoměru:

- 1/ kontrola rovinnosti a rovnoběžnosti ploch obrobků a zjišťování úchylek,
- 2/ kontrola házivosti hřídelů, souososti kol,
- 3/ kontrola rozměrů porovnáním.

Zásady pro měření:

- 1/ Měřit pokud možnou pouze hladké obrobky (velké nerovnosti poškozují mechanismus -> silné opotřebení).
- 2/ Silné nárazy poškozují měřidlo.

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ



Obr. 49 Ukázky měření s číselníkovým úchylkoměrem (foto TATRA TRUCKS a.s.)



Obr. 50 Ukázky měření ozubení s číselníkovým úchylkoměrem (foto TATRA TRUCKS a.s.)

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Měření a kontrola házení ozubeného kola digitálním úchylkoměrem:

Ozubené kolo nasadíme na kontrolní trn a jednotlivé zubové mezery měříme úchylkoměrem pomocí válečků a vyměnitelných dotyků s různými průměry. Průměr válečků nebo kuliček je třeba volit tak, aby do zubové mezery dosedaly pokud možno na roztečném průměru kola.

Tímto způsobem kontrolujeme buď ve všech zubových mezerách, nebo na čtyřech bodech pootočených o 90° (sériová výroba). Měření se provádí na několika místech šířky zubu tak, aby se určil vliv obvodového házení.

Na ozubení kontrolujeme:

- proměřením základních úchylek,
- proměřením souhrnných úchylek při otáčení s kontrolním trnem,
- měření čelních ozubených kol přes zuby - měření tloušťky zubů čelních ozubených kol s přímými zuby přes několik zubů (minimálně přes dva) je nejrozšířenější metodou k přímému stanovení boční vůle. Při jmenovité vzdálenosti os určuje součet úchylek rozměru přes zuby obou zabírajících kol přímo boční vůli.

Výhody tohoto měření:

- a) jednoduché měřidlo,
- b) měřit se dá přímo na stroji při výrobě.



KONTROLNÍ OTÁZKY

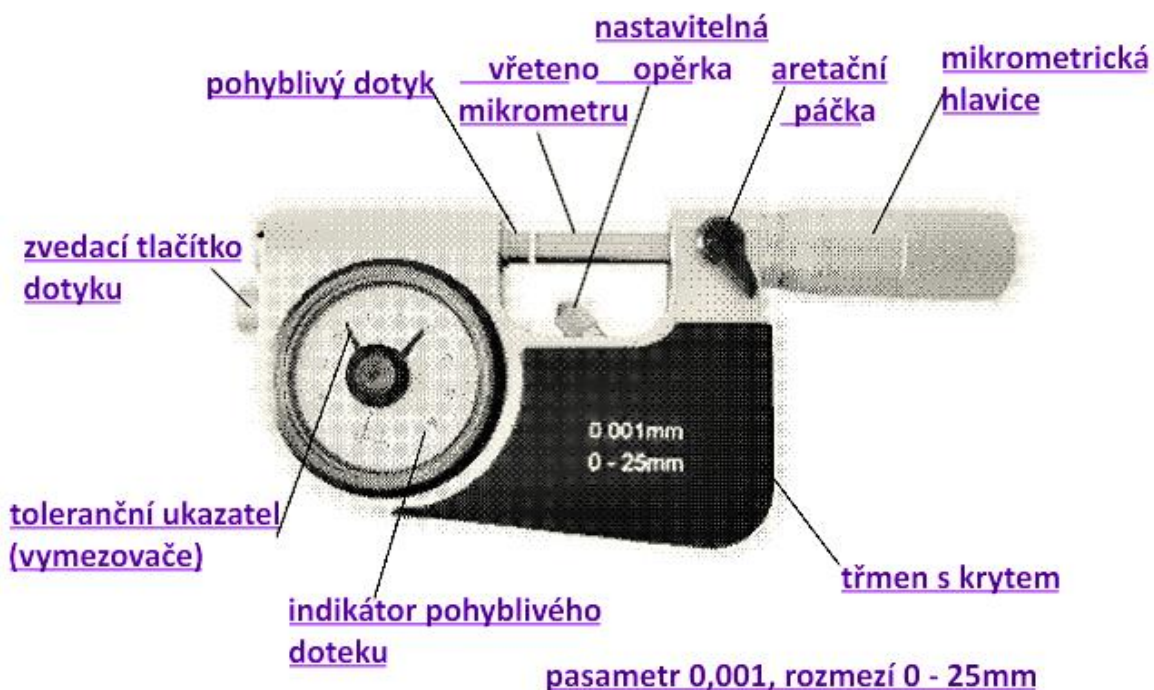
- 1/ Popište číselníkový úchylkoměr!
- 2/ S jakou přesností měří číselníkový úchylkoměr?
- 3/ Vysvětlete výhody měření úchylkoměrem!

8.7 Pasametr

Pasametr je komparační měřidlo s kombinovaným pákovým a ozubeným převodem, viz Obr. č. 48. Není nutno používat stojánku. Seřizovací hodnota se nastavuje mezi pevný (pravý) dotyk a pohyblivý (levý) dotyk. Třetí dotyk je vymezovací. Měřicí rozsah 0 až 25 mm, 25 až 50 mm, 50 až 75 mm a 75 až 100 mm. Na jmenovitý rozměr se nastavují základní měrky nebo vzorky. Měřicí rozsah pasametru mají $\pm 0,08$ mm a dělení stupnice 0,002 mm.



Obr. 51 Pasametr



Obr. 52 Popis pasometru

Popis měření pasametrem

Dotykové a měřicí plochy nejprve důkladně očistíme. Překontrolujeme a nastavíme měřidlo.

Uvolníme aretační páčku a otáčíme mikrometrickou hlavicí, dokud se měřicí plochy nesevrou a ručička indikátoru se nezastaví na nule. Překontrolujeme mikrometrickou hlavicí, zda je také ustavena na nule. Pokud není, otočíme pevnou částí mikrometrické hlavice a nulu nastavíme pomocí klíčku (je součástí měřidla).

Může začít samotné měření.

Uvolníme aretační páčku a otáčíme mikrometrickou hlavicí, až na ní nastavíme měřený rozměr např. 1 a zaaretujeme.

Pro velice přesné měření používáme základní měrky a pomocí klíčku přednastavujeme požadovaný měřený rozměr. Takto dosahujeme velice přesného měření, kde se jen počítá s odchylkou indikátoru.

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Údržba měřidla:

- 1/ Měřidlo udržujeme vždy čisté a bez jakýchkoliv nárazů. Vždy mají vliv na nepřesnost měřidla!
- 2/ Měřidlo nedržíme za měřicí plochy a měřicí plochy používáme jen k měření!
- 3/ Dotykové plochy konzervujeme!
- 4/ Měřidlo nepoužíváme v blízkosti magnetického pole (perfektor, magnetický stůl). Vždy je příčinou nepřesnosti měřidla!
- 5/ Měřidlo udržujeme suché, čisté. Nesmí přijít do styku s vodou, olejem či jinou kapalinou nebo chemickou látkou!



Obr. 53 Ukázka měření s pasametrem (foto TATRA TRUCKS a.s.)

Postup měření např. kontrola válečkového oboustranného kalibru 18H7:

Očistěte měřidlo i měřenou součást. Na dřívku válečkového kalibru zjistěte přesný rozměr kalibru. Připravte si pasametr vložte jej do stojánku. Z koncových měrek rovnoběžných sestavte požadovaný rozměr nejdříve dobré strany válečkového kalibru. Rozměr sestavte ze základních měrek a vložte mezi dotyky pasametru (mezi odpružený a pevný, stavitelný dotyk). Lehce budete otáčet pohybovou maticí tak dlouho, až ručička na stupnici pasametru bude ukazovat nulu. V této poloze zajistěte

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

stavitelnou část maticí pro zajištění polohy pevného dotyku a několikrát odlehčením pohyblivého dotyku pomocí tlačítka zkontrolujte stálost nastavení rozměru.

Měřenou součást vkládejte a vyjímejte pouze při stlačení tlačítka - z důvodu nepoškození povrchu dotyků měřidla a měřené součásti. Vysuňte z pasametru koncové měrky a vložte mezi dotyky měřenou dobrou stranu kalibru. Na stupnici pasametru se zobrazí kladná nebo záporná úchylka od dané (nastavené) hodnoty. Toto měření proveďte 10x a vždy na jiných místech dobré strany kalibru a vypočítejte z naměřených hodnot aritmetický průměr, pravděpodobnou chybu a výsledek měření. Stejný postup měření pasametrem opakujte i pro zmetkovou stranu kalibru 18H7.



KONTROLNÍ OTÁZKY

- 1/ Popište měřidlo pasametru!
- 2/ Vysvětlete a popište měření pasametrem!
- 3/ Jaké zásady při práci s měřidlem musíte dodržovat?

8.8 Meotast

Zvláštní skupinou délkových měřidel jsou měřidla laboratorní. S nimi se na dílně nesetkáme, jsou umístěna v měřicí laboratoři o konstantní teplotě a vlhkosti a měří s nimi předem odborně vyškolený personál. Měřidlo meotast měří se zaručenou přesností 0,001 mm a má měřicí rozsah pouze $\pm 0,1$ mm.

Měřidlo se používá na měření vnějších rozměrů. Velkou výhodou tohoto přístroje je, že při měření součásti se zjistí, zda daný měřený rozměr leží v toleranci a také dojdeme k zjištění skutečné úchylky od jmenovitého rozměru.

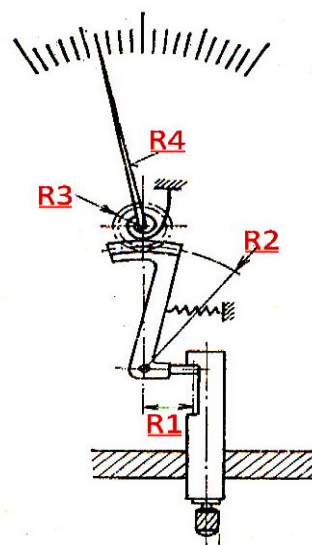


schéma meotastu

Obr. 54 Meotast a schéma meotastu

Popis práce s meotastem:

Měřidlo se skládá z pevné litinové konstrukce, na které je připevněn přesně broušený pracovní stůl pro pokládání měřených součástí. V zadní části je upevněn sloup s lichoběžníkovým závitem. Na tomto sloupu se pohybuje konzola, ve které je uchycen měřicí dotek a půlkruhová stupnice.

Hrubé seřízení přístroje se provádí zespodu konzoly upevněnou kruhovou maticí. Hrubý zdvih se zajistí zezadu umístěným přitlačným šroubem. Jemné vynulování se provádí otáčením šroubu na spodní straně stupnice (na fotografii vpravo).

Pracovní rozsah měřené součásti je dán výškou sloupu.



KONTROLNÍ OTÁZKY

1/ S jakou přesností měří meotast?

2/ Popište nastavení měření s meotastem!

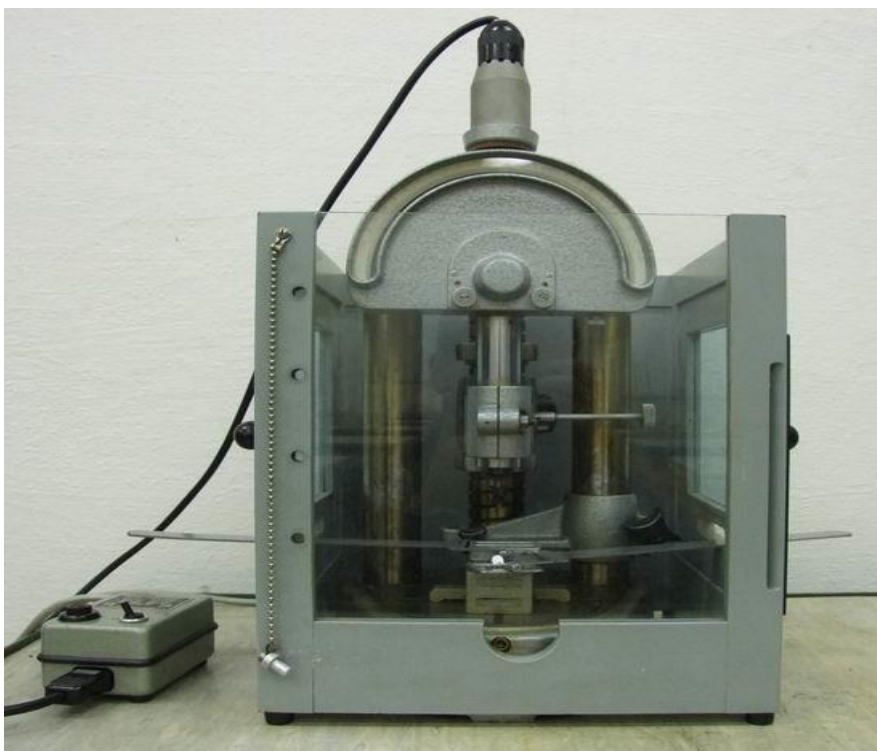
8.9 Optikátor

Optikátor je komparační měřidlo, které má zaručenou přesnost 0,000 1 mm. Je o stupeň přesnější než meotast. Na stupnici se nepohybuje ručička, ale světelný paprsek. Aby nedošlo k ovlivnění měření dechem obsluhy, je celé zařízení umístěno ve skleněné skříni a s měřenou součástí se pohybuje z vnějšku pomocí speciálních držáků.

Popis měřidla optikátoru:

- je šroubovitě vinutá pružina, v jejímž středu je upevněna dutá skleněná ručička,
- hlavice, kde je umístěno měřicí ústrojí a stopka s dotekem, kterým je přenášena naměřená úchylka na ústrojí (dotek je vyměnitelný pro možnost různorodosti měření),
- na osazeném konci stopky je omezovač zdvihu se zvedací páčkou,
- stavítko slouží k nastavení nulové polohy,
- ovládací konce na zadní straně hlavice používáme k ustavení mezních ukazatelů na dovolenou toleranci.

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ



Obr. 55 Optikátor

Hlavní části optikátoru:

- litinový stůl,
- sloup s pohybovým závitem a konzolou,
- matice pod konzolou,
- na horní ploše stolu je umístěn otočný stůl,
- na spodní ploše konzoly je umístěn měřicí dotek s optickým odměřováním, okulár, zrcátko a uvnitř vertikální stupnice.

Zrcátko slouží k nasvícení stupnice pomocí odrazu světla do štěrbin.

Nastavení seřizovacích hodnot:

Hrubé seřízení provádíme pomocí matice pod konzolou nastavením 0 (nebo ± 5 dílků) a zajistíme zezadu šroubem.

Jemné seřízení provádíme posunutím stupnice ve vertikálním směru šroubem za okulárem.

Pracovní rozsah odpovídá maximálnímu zdvihu konzoly. Měřicí rozsah $\pm 0,1\text{mm}$.



KONTROLNÍ OTÁZKY

- 1/ K jakému měření používáte optikátor?
- 2/ Vyjmenujte hlavní části optikátoru!
- 3/ Popište nastavení a seřízení hodnot optikátoru!

8.10 Profilprojektor

Profilprojektor je optický přístroj, který promítá obraz reálné součásti na matnici nebo promítací plochu. Nejčastěji jej používáme na kontrolu tvarově složitých součástí, popř. na kontrolu malých rozměrů. Mezi součásti měřené na tomto přístroji patří vyráběné a kontrolované měrky, měřidla, kalibry, velice přesné části různých přístrojů.

Zvětšení projektorů bývá 10x až 100x, ve speciálních případech můžeme měřicí součást zvětšit i 1000x. Kontrolované součásti je možné pozorovat v odraženém (episkop) nebo procházejícím (diaskop) světle, popř. v kombinaci obou.

Chyba zvětšení by neměla přesáhnout 1,5%. Zvětšený obraz můžeme přeměřovat nebo kontrolovat pomocí šablon se jmenovitým tvarem a tolerančními hranicemi, které slouží pro porovnání.

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Diaprojekce (pozorování procházejícím světlem) je častěji používaná metoda, ale je vhodná spíše pro ploché součástky. Obrys součásti se promítne na matnici jako stínový obraz.

Při epiprojekci (pozorování odraženým světlem) je potřebné osvětlit kontrolovanou stranu silným zdrojem světla ze strany objektivu. Tato metoda je vhodná pro plochy kolmé k optické ose.

Podmínkou dobrého obrazu je, aby pozorovaná součást dobře odrážela světlo. Na matnici se promítá zvětšený obrazec plochy součásti. Při kombinaci obou metod můžeme vidět obrys i povrch součásti současně.



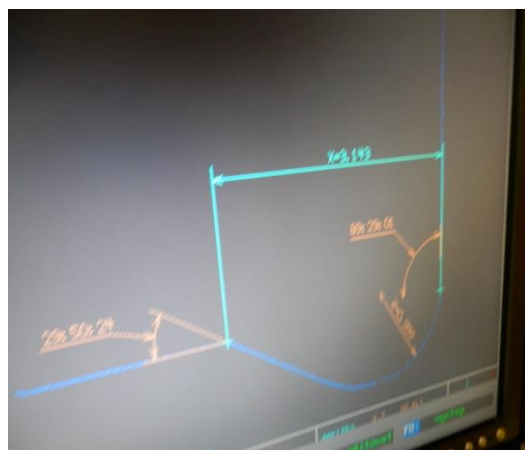
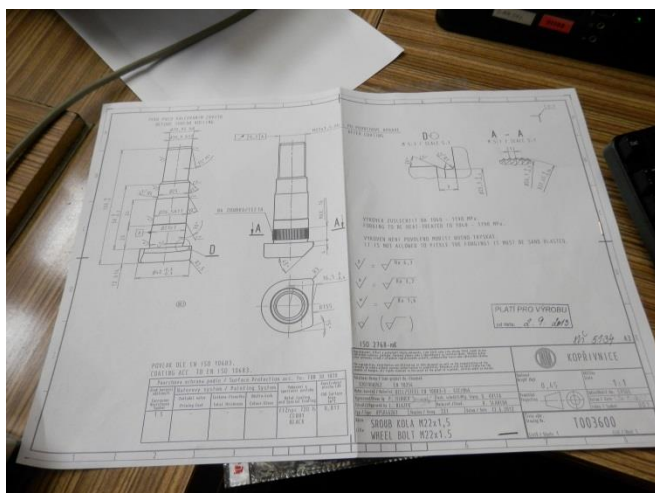
Obr. 56 Profilprojektor

Dalším měřidlem používaným ve firmách je **profilograf**. Profilografem se měří drsnost povrchu součásti. Je to přístroj na měření geometrických vlastností povrchu. Profilograf indikuje a zapisuje tvar profilu tělesa. Nerovnosti povrchu sleduje diamantový hrot, který pohybem nahoru a dolů budí v cívice napětí, které je zesíleno a vedeno do zařízení, zakreslujícího samočinně tvar profilu.

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ



Obr. 57 Ukázka měření drážky v součásti profilografem (foto TATRA TRUCKS a.s.)



Obr. 58 Výkresová dokumentace měřené součásti a výstup z počítače profilografu (foto TATRA TRUCKS a.s.)

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ



Obr. 59 Měřená součást a součást měřicího stroje profilografu – klávesnice s displejem
(foto TATRA TRUCKS a.s.)

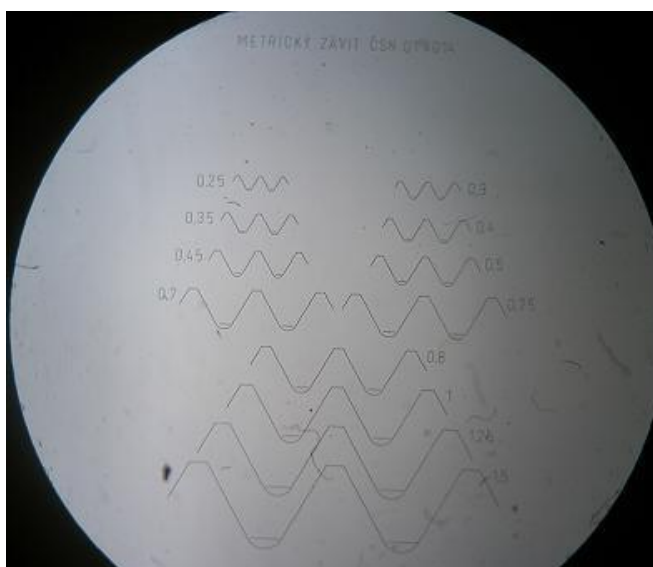


KONTROLNÍ OTÁZKY

- 1/ Vysvětlete, co je to profilprojektor!
- 2/ K jakým měřením se používáte profilprojektor?
- 3/ Vysvětlete, co je to diaprojekce a epiprojekce!
- 4/ Vysvětlete, co je to profilograf a k čemu se používá!

8.11 Dílenský mikroskop

Nejkomplexnější kontrolu úhlů a tvarů (závitů) lze provést na **dílenském mikroskopu**. Pomocí něj jsme schopni změřit přímo všechny základní délkové a úhlové rozměry nejčastěji profilu závitů a pomocí úhlové hlavy také zkontrolovat tvar profilu závitů.



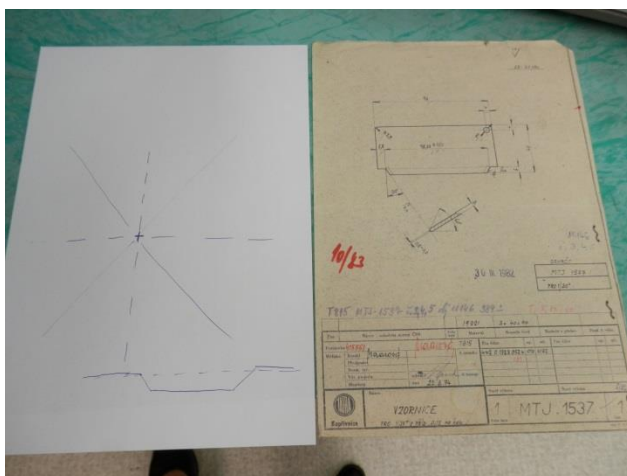
Obr. 60 Dílenský mikroskop Tvary profilu závitů v okuláru dílenského mikroskopu

Dílenský mikroskop je univerzální optický přístroj na měření v pravoúhlých souřadnicích. Pro větší přiblížení součástí, jednodušší rozlišení detailů - závitů nebo různých tvarů kalibrů - pozorujeme nejčastěji v praxi mikroskopem.

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ



Obr. 61 Dílenský mikroskop (foto TATRA TRUCKS a.s.)



Obr. 62 Ukázka měření vzornice (kalibru) na dílenském mikroskopu (foto TATRA TRUCKS a.s.)



Obr. 63 Ukázka ustavení dle kontrolních měrek k měření vzornice (kalibru) na dílenském mikroskopu
(foto TATRA TRUCKS a.s.)

8.12 Dutinoměr

Dutinoměry jsou nazývány také termínem šupita. Tato měřidla již podle názvu dutinoměr slouží k měření dutin, průměrů, čili otvorů. Dutinoměry jsou srovnávací měřidla, kterými zjišťujeme průměry otvorů a jejich úchyly od požadovaného tvaru (kuželovitost, oválnost...).

Jejich základem je úchylkoměr (který již znáte a umíte s ním měřit). Od úchylkoměru vede delší držák – táhlo a na konci tohoto táhla je měřicí dotek. Často je konstrukce dutinoměrů zhotovena tak, aby do otvoru vedl jako třibodový dotyk. A z toho jeden tento dotyk je posuvný a tento posuv je převeden na táhlo k úchylkoměru. Dotyky jsou u měřidla vyměnitelné pro větší variabilitu měření průměrů.

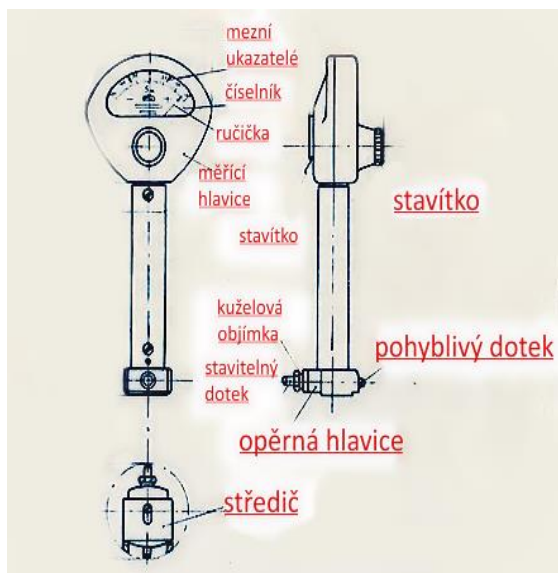
Druhý typ dutinoměru, s kterým je možné se setkat, je dvoubodový dutinoměr. Dotyky tohoto měřidla přenáší informace na táhlo úchylkoměru. Tento typ se nejčastěji používá na měření malých otvorů (od 2mm).

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Postup měření s dutinoměrem:

1/ pracovník nastaví úchylkoměr dutinoměru na nulu nebo na danou hodnotu (nastavovací kroužky, pomocné přípravky pro nastavení dutinoměrů, základní měrky, mikrometr...) – záleží na přesnosti,

2/ po nastavení hodnoty vložíme měřidlo do měřeného otvoru a kývavým (citlivým) pohybem najdeme bod a odečteme odchylku od nastavené hodnoty.



Obr. 64 Dutinoměr

Ukazatel (stupnice, display) – je tvořen ručičkou zakončenou tenkou špičkou nebo je ukazatel tvořen světly bodem.

Měřená hodnota je odečítána na pevné nebo pohyblivě nastavitelné stupnici (např. u číselníkových úchylkoměrů k nastavení 0).

Ukazatelem může být i ostrá hrana pohyblivé části měřidla (např. mikrometry).

U moderních měřicích přístrojů s elektrickým převodem měřené veličiny je ukazatel současně stupnicí, protože velikost naměřené veličiny je zobrazena na monitoru počítače.

Při odečítání pomocí optických prvků (např. u dílenského mikroskopu) lze odečítat s přesností 0,001 mm.



KONTROLNÍ OTÁZKY

- 1/ K jakým měřením používáte dutinoměr?
- 2/ Popište hlavní části dutinoměru!
- 3/ Popište postup měření dutinoměrem!

8.13 Univerzální délkoměr

Používá se pro přesná měření produktů a na kalibraci měřidel (kalibrů, kroužků, úchylkoměrů) na přímé, nepřímé, vnitřní i vnější měření obrobků. Při měření určujeme absolutní hodnotu měřené hodnoty.

Hlavní části univerzálního délkoměru:

- Litinový podstavec
- Koník
- Pinola
- Pracovní stůl
- Měřicí nonius
- Mikroskop

K měření vnitřních rozměrů používáme výměnná ramena. Ramena vsadíme na pinolu a koníka.

Pro měření středních průměrů a stoupání závitů se používá speciálního příslušenství a pro měření vnějších rozměrů závitů se používá třídrátková metoda měření.

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ



Obr. 65 Univerzální délkoměr

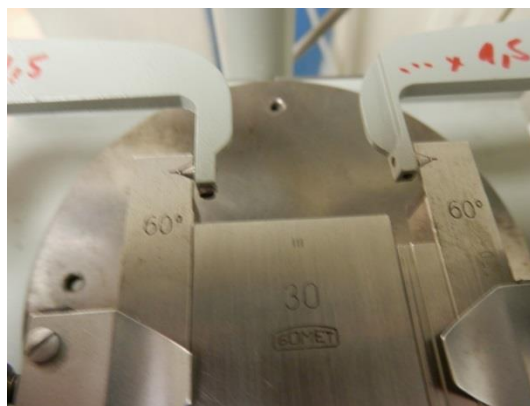


Obr. 66 Délkoměr a jeho měřicí část (foto TATRA TRUCKS a.s.)

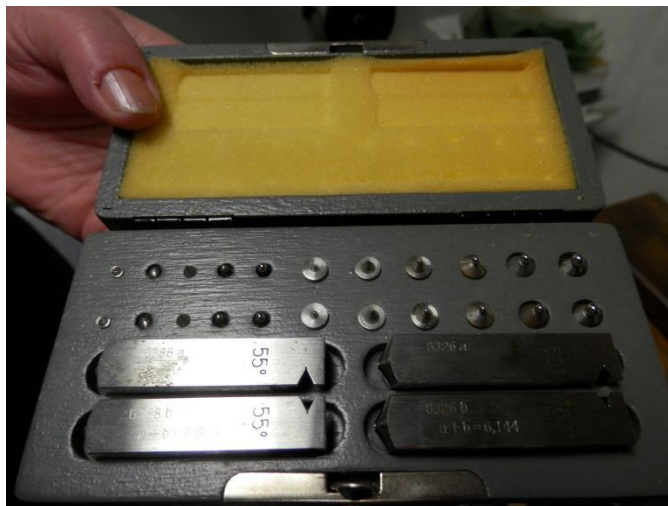
INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ



Obr. 67 Ukázka měření součástí i s pomocnými dotyky (foto TATRA TRUCKS a.s.)



Obr. 68 Měření závitů pomocí drátků a závitového kalibru a jeho ustavení pomocí doteků a koncových měrek na délkoměru (foto TATRA TRUCKS a.s.)



Obr. 69 Sada ustavovacích měrek

8.13.1 Kalibry

Do skupiny univerzálních délkoměrů patří kalibry, tzv. pevná měřidla. Kalibry jsou měřidla různých tvarů a velikostí. Kalibry se používají ne k měření skutečných rozměrů, ale k rozlišení kontrolovaných dílů - součástí - na opravitelné či neopravitelné zmetky, nebo ke zjišťování, zda součást je kvalitní a vyhovuje požadavkům výkresové a výrobní dokumentace. Skutečný rozměr součásti se musí nacházet mezi dvěma mezemi kalibru (dobrá a zmetková strana kalibru).

Správnost či nesprávnost měřené součásti zjistíme tak, že dobrou stranou kalibru musí měřená strana lehce bez větších tlaků projít, zmetková strana se může jen zachytit **projít, však nesmí!!!**

Zmetková strana na kalibrech je označena červenou barvou a dobrá je ještě v provedení delší než zmetková strana.

Pokud součást neprojde dobrou stranou kalibru, znamená to, že máme **opravitelný zmetek** a součást můžeme opravit. Ovšem po projití zmetkové strany je součást zařazena do skupiny **neopravitelných zmetků a musí se vyřadit!!!**

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Kalibry se dělí do 2 skupin:

netoleranční – mají jen jeden tvar, který se porovnává s kontrolovaným kusem,

toleranční – mají dobrou stranu a zmetkovou stranu, které slouží pro kontrolu horního (dolního) mezního rozměru hřídele (díry). Kontrolovaný rozměr leží v tolerančním poli, pokud dobrá strana projde a zmetková neprojde.

V praxi se používají 3 druhy kalibrů:

dílenské – ve výrobě,

přebírací – při přebírání výrobků zákazníkem,

porovnávací – pro kontrolu dílenských a přebíracích kalibrů.

Mezní válečkové kalibry (jednostranné, oboustranné) jsou určeny pro kontrolu rozměrů předepsaných na výkresech. Mezními kalibry se zjišťuje, jestli součást (otvor) byla vyrobena v mezích předepsané tolerance. Kalibry mají mezní rozměry předepsané tolerance a jsou prezentovány dobrou a zmetkovou stranou.

Mezní třmenové kalibry (jednostranné, oboustranné) používáme ke kontrole vnějších rozměrů, hřídelí v rozměru vyznačeném na kalibru.

1/ Kalibry na díry - konstrukce záleží na průměru

- Pro malé průměry – kalibry oboustranné
- Pro větší průměry – kalibry válečkové jednostranné (2 v sadě)
- Pro velké průměry – kalibry ploché
- Pro největší průměry – odpichy

2/ Kalibry na hřídele

- Oboustranné třmenové
- Jednostranné s dobrou i zmetkovou stranou

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

a/ třmenový oboustranný kalibr

b/ válečkový kalibr oboustranný a jednostranný kalibr

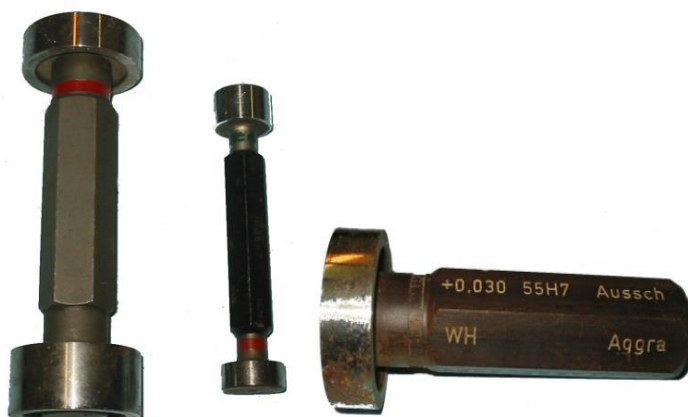
c/ plochý oboustranný kalibr

d/ závitový válečkový kalibr

a/



b/



c/



d/



e/



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

f/



g/



Obr. 70 Kalibr

a/ třmenový oboustranný kalibr pro měření vnějších průměrů

b/ oboustranný a jednostranný válečkový kalibr

c/ plochý oboustranný kalibr

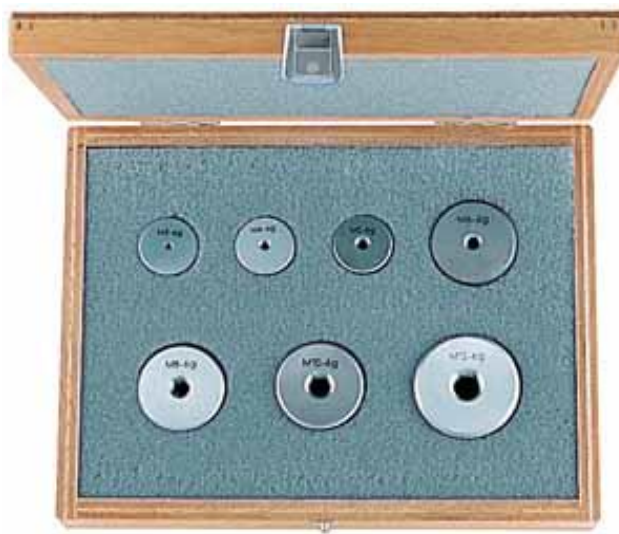
d/ válečkový kalibr závitový

e/ třmenový kalibr na závitů /AGRA/ a válečkový kalibr (foto TATRA TRUCKS a.s.)

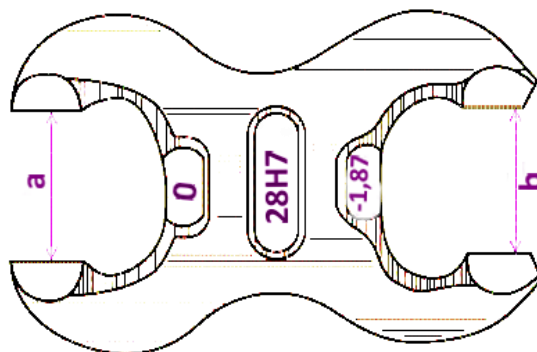
f/ kalibr na měření kuželových děr (foto TATRA TRUCKS a.s.)

g/ kalibrační kroužky na vnější závit

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ



Obr. 71 Sada závitových kalibračních kroužků pro vnější závit



Obr. 72 Měřicí plochy oboustranného třmenového kalibru

a/ dobrá strana

b/ zmetková strana

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Postup měření otvoru součásti kalibrem:

A) do otvoru se vsouvá dobrá strana (kontroluje se její dolní mezní rozměr - DMR)

- a) **projde** – rozměr je větší jako DMR – správně
- b) **neprojde** – rozměr je menší jako DMR – **opravitelný zmetek**

B) do otvoru se vsouvá zmetková strana (kontroluje se její horní mezní rozměr - HMR)

- a) **projde** – rozměr je větší jako HMR – **neopravitelný zmetek**
- b) **neprojde** – rozměr je menší jako HMR – správně

Při přesném měření musíme dbát na správnost a bezpečnost měření. Je velice nutné brát na zřetel teplotu okolí, protože jak již víme z předchozích kapitol, ta má velký vliv na výsledek měření.

Delší držení kalibru v ruce by mohlo negativně ovlivnit měření a zvýšit tak zmetkovitost. Proto by se měl kalibr držet v ruce jen nevyhnutelný čas pro měření.



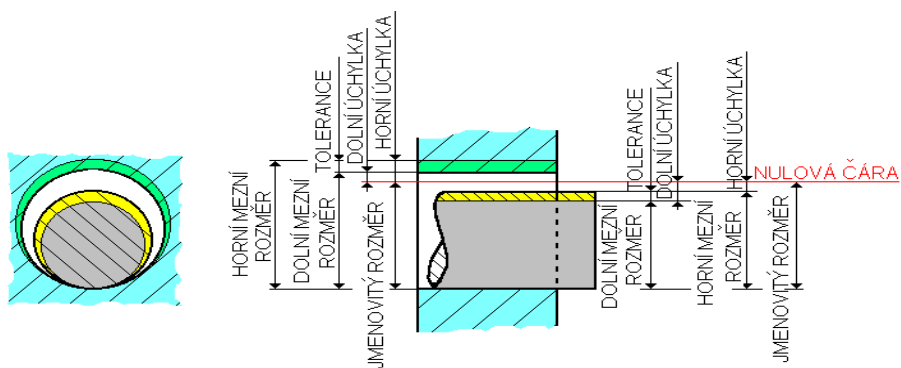
Obr. 73 Měření závitovým kalibrem (foto TATRA TRUCKS a.s.)

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ



Obr. 74 Měření ozubení závitovým kalibrem

SOUSTAVA TOLERANCÍ A ULOŽENÍ „ISO“



Obr. 75 Soustava tolerancí a uložení

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ



KONTROLNÍ OTÁZKY

- 1/ Do jaké skupiny měřidel patří kalibry?
- 2/ Vysvětlete rozdělení kalibrů v praxi!
- 3/ Vysvětlete zásady dodržování držení kalibru v ruce při měření!
- 4/ Vyjmenujte druhy kalibrů!

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

9 Přílohy

Tabulka č. 1. Pro záznam naměřených hodnot

Měření č. n	X mm	X - \bar{x}	
		+	-
1.			
2.			
3.			
4.			
5.			
6.			
7.			
8.			
9.			
10.			
Aritmetický průměr \bar{x}			
Směrodatná odchylka δ_x			

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Tabulka č. 2 Pro kalibraci posuvného měřidla

	Jmenovitá hodnota	Naměřená hodnota
	mm	mm
Hlavní ramena		
Pomocná ramena		
Hloubkoměr		

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Tabulka č. 3. Protokol o měření

PROTOKOL O MĚŘENÍ			Razítko firmy
Datum přijetí	Datum měření	Číslo protokolu	
Název + číslo výkresové dokumentace součásti			
Jmenovitý rozměr součásti			
Podmínky měření			
Použitá měřidla			
Výsledek měření			
Měření provedl + podpis + datum			
Tabulka naměřených hodnot			
Číslo kóty	Hodnoty rozměrů uvádět v mm		Vyhovuje výkresové dokumentaci (č. výkres.dokumentace)
	Jmenovitý rozměr dle výkresové dokumentace	Naměřený rozměr	
1.			
2.			
3.			
4.			
5.			
6.			
7.			
8.			
9.			
10.			
Poznámky o měření			

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Tabulka č. 3. Protokol o měření

PROTOKOL O MĚŘENÍ HÁZIVOSTI OZUBENÉHO KOLA		
Datum přijetí	Datum měření	
Název + číslo výkresové dokumentace součásti		
Jmenovitý rozměr součásti		
Podmínky měření		
Použitá měřidla		
Výsledek měření		
Měření provedl + podpis + datum		
Popis měření		

Seznam obrázků

Obr. 1 Ověřování momentového klíče (foto TATRA TRUCKS a.s.).....	20
Obr. 2 Pracovní etalon (foto TATRA TRUCKS a.s.)	21
Obr. 3 a/ měřidla posuvná, univerzální,	31
Obr. 4 Gaussovo rozložení náhodné veličiny pro různé směrodatné odchylky (různý rozptyl) měřené veličiny.....	33
Obr. 5 Gaussova křivka	33
Obr. 6 Posuvné měřidlo.....	42
Obr. 7 Úřední značka je tzv. samolepící štítek (štítek modré barvy), (foto TATRA TRUCKS a.s.)	53
Obr. 8 Evidenční číslo měřidla č.2/07, A 415 (foto TATRA TRUCKS a.s.)	54
Obr. 9 Evidenční karta měřidla (foto TATRA TRUCKS a.s.)	55
Obr. 10 Měření délky posuvným měřidlem	59
Obr. 11 a/ Svinovací metr b/ Skládací metr.....	60
Obr. 12 Ocelové měřítko	60
Obr. 13 Hlavní části posuvného měřidla	62
Obr. 14 Mechanické posuvné měřítko s hloubkoměrem a dvěma doteky	62
Obr. 15 Digitální posuvné měřítko	63
Obr. 16 Dělení noniové stupnice - Noniová stupnice s přesností 0,1_0,2_0,5	64
Obr. 17 Základní ustavení Noniovy stupnice posuvného měřidla.....	64
Obr. 18 Odečet vzdálenosti 2,1 mm od nuly.....	65
Obr. 19 Odečet vzdálenosti 1,5 od nuly	65
Obr. 20 Měření délky nebo průměru součásti posuvným měřítkem (foto TATRA TRUCKS a.s.)	66
Obr. 21 Měření vnitřních rozměrů posuvným měřítkem	66
Obr. 22 Měření hloubky posuvným měřítkem	67
Obr. 23 Mechanicky nastavitelný hloubkoměr s evidenční kartou (foto TATRA TRUCKS a.s.)	67
Obr. 24 Měření pomocí posuvných hloubkoměrů a výškoměrů.....	68
Obr. 25 Digitální výškoměry (foto TATRA TRUCKS a.s.).....	68
Obr. 26 Digitální výškoměr - SOMET	69
Obr. 27 Mechanicky nastavitelný výškoměr	69
Obr. 28 Třmenový mikrometr s mechanickou stupnicí 50 – 75 mm	71

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Obr. 29 Třmenový mikrometr s digitálním odečítáním.....	71
Obr. 30 Popis třmenového mikrometru 25 – 50mm.....	72
Obr. 31 Kontrolní pracoviště s měřidly (foto TATRA TRUCKS a.s.).....	72
Obr. 32 Skutečný odečet hodnoty (3,54 mm).....	74
Obr. 33 Skutečný odečet hodnoty (8,255 mm).....	74
Obr. 34 Mikrometrický hloubkoměr (foto TATRA TRUCKS a.s.).....	75
Obr. 35 Mikrometr s úhlovými plochami.....	75
Obr. 36 Mikrometrický odpich.....	76
Obr. 37 Dutinový mikrometr a mikrometrický odpich.....	76
Obr. 38 Měření vnitřního ozubení dutinovým mikrometrem (foto TATRA TRUCKS a.s.).....	77
Obr. 39 Sada základních měrek rovnoběžných (foto TATRA TRUCKS a.s.).....	78
Obr. 40 Popis koncových měrek MA – označení, MF – měřicí plocha, SF – boční plocha, AP – pomocná rovinná destička.....	80
Obr. 41 Práce s kontrolními měrkami.....	80
Obr. 42 Sada úhlových kontrolních měrek (foto TATRA TRUCKS a.s.).....	80
Obr. 43 Ukázka měřené součásti pomocí nožového pravítka.....	81
Obr. 44 Mechanický a digitální číselníkový úchylkoměr.....	82
Obr. 45 Popis číselníkového úchylkoměru.....	83
Obr. 46 Rozložený číselníkový úchylkoměr.....	83
Obr. 47 Části číselníkového úchylkoměru.....	84
Obr. 48 Stojánek k číselníkovému úchylkoměru.....	84
Obr. 49 Ukázky měření s číselníkovým úchylkoměrem (foto TATRA TRUCKS a.s.).....	86
Obr. 50 Ukázky měření ozubení s číselníkovým úchylkoměrem (foto TATRA TRUCKS a.s.).....	86
Obr. 51 Pasametr.....	88
Obr. 52 Popis pasametru.....	89
Obr. 53 Ukázka měření s pasametrem (foto TATRA TRUCKS a.s.).....	90
Obr. 54 Meotast a schéma meotastu.....	92
Obr. 55 Optikátor.....	94
Obr. 56 Profilprojektor.....	96
Obr. 57 Ukázka měření drážky v součásti profilografem (foto TATRA TRUCKS a.s.).....	97

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Obr. 58 Výkresová dokumentace měřené součásti a výstup z počítače profilografu (foto TATRA TRUCKS a.s.).....	97
Obr. 59 Měřená součást a součást měřicího stroje profilografu – klávesnice s displejem (foto TATRA TRUCKS a.s.).....	98
Obr. 60 Dílenský mikroskop Tvary profilu závitů v okuláru dílenského mikroskopu	99
Obr. 61 Dílenský mikroskop (foto TATRA TRUCKS a.s.)	100
Obr. 62 Ukázka měření vzornice (kalibru) na dílenském mikroskopu (foto TATRA TRUCKS a.s.)	100
Obr. 63 Ukázka ustavení dle kontrolních měrek k měření vzornice (kalibru) na dílenském mikroskopu (foto TATRA TRUCKS a.s.)	101
Obr. 64 Dutinoměr	102
Obr. 65 Universální délkoměr	104
Obr. 66 Délkoměr a jeho měřicí část (foto TATRA TRUCKS a.s.)	104
Obr. 67 Ukázka měření součástí i s pomocnými dotyky (foto TATRA TRUCKS a.s.)	105
Obr. 68 Měření závitů pomocí drátků a závitového kalibru a jeho ustavení pomocí doteků a koncových měrek na délkoměru (foto TATRA TRUCKS a.s.)	105
Obr. 69 Sada ustavovacích měrek	106
Obr. 70 Kalibr.....	109
Obr. 71 Sada závitových kalibračních kroužků pro vnější závity	110
Obr. 72 Měřicí plochy oboustranného třmenového kalibru	110
Obr. 73 Měření závitovým kalibrem (foto TATRA TRUCKS a.s.)	111
Obr. 74 Měření ozubení závitovým kalibrem	112
Obr. 75 Soustava tolerancí a uložení.....	112

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Seznam tabulek

Tabulka 1 Základní jednotky SI	24
Tabulka 2 Odvozené a doplňkové jednotky SI.....	26
Tabulka 3 Vedlejší jednotky soustavy SI	27
Tabulka 4 Dekadické násobky a díly soustavy SI	28
Tabulka 5 Přesnosti měření pro běžná měřidla.....	32
Tabulka 6 Vzor kalibračního postupu + revizní list na str. 33 – 38 (dodala fa. TATRA TRUCKS a.s.)	42

Použitá literatura zdroje

- [1] BENEŠ, V., et al.: *Dílenské tabulky*. 1. vyd. Úvaly: ALBRA, 2008. 881 s. ISBN 80-7361062-0.
- [2] BOTHE, O.: *Strojírenská technologie IV*. 1. vyd. Praha: SNTL, 1984. 96 s.
- [3] HAVLÍČEK, J., et al.: *Dílenská praxe*. 2. vyd. Praha: SPN, 1962. 266 s.
- [4] Úvod do metrologie – Mezinárodní soustava jednotek SI. [online] [cit. 2010-08-11] dostupný na [www http://artemis.osu.cz:8080/artemis/view.php?ids=1&idr=1&idc=171](http://artemis.osu.cz:8080/artemis/view.php?ids=1&idr=1&idc=171)
- [5] TNI 01 0115 *Mezinárodní metrologický slovník – Základní a všeobecné pojmy a přidružené termíny (VIM)*.
- [6] Portál strojárskéj metrologie TUKE v Košiciach. [online] [cit. 2011-01-21] dostupný na <http://www.tuke.sk/smetrologia>
- [7] PETŘKOVSKÁ, Lenka a Lenka ČEPOVÁ. *STROJÍRENSKÁ METROLOGIE: Studijní opora „Strojírenská metrologie“* [online]. první. Ostrava: Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava, 2011 [cit. 2014-09-01].
- [8] ČECH, J.-PERNIKÁŘ, J.-JANÍČEK, L. : *Strojírenská metrologie*. Skripta VUT, 1998
- [9] PERNIKÁŘ, Jiří. *TECHNICKÁ MĚŘENÍ* [online]. Brno, 2002 [cit. 2014-09-02]. Studijní opora pro obor 23-07-7 Strojírenská metrologie. Vysoké učení technické v Brně.
- [10] MARTINÁK, M. *Kontrola a měření pro 3. ročník SPŠ strojnických*. Praha: SNTL – Nakladatelství technické literatury, n. p., 1989.
- [1] vytvořeny autorem
- [2] PETŘKOVSKÁ, Lenka a Lenka ČEPOVÁ. *STROJÍRENSKÁ METROLOGIE: Studijní opora „Strojírenská metrologie“* [online]. první. Ostrava: Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava, 2011 [cit. 2014-09-01].
- [3] MITUTOYO_Metrologická příručka_ pro přesné měřicí přístroje

Použité kliparty

- [1] <http://www.clker.com/>

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Poděkování



Děkuji společnosti TATRA TRUCKS za možnost uskutečnění stáže v tomto projektu. Děkuji za umožnění praxe, prohlídky úseku kvality, předvedení mnoha praktických měření v praxi i s nafocením fotografií, které mi pomohlo vypracovat tato skripta, vypracovat prezentace a natočit výuková videa.

Děkuji pracovníkům úseku kvality za trpělivost a profesionální přístup a předání mnoha informací k oboru měření a práci s měřidly, měřicími přístroji.