

ŠKODA AUTO VYSOKÁ ŠKOLA, O.P.S.

Studijní program: B6208 Ekonomika a management

Studijní obor: 6208R088 Podniková ekonomika a management provozu

MĚŘICÍ POSTUPY V PROCESU KALIBRACE MĚŘIDEL

Martin BARTOŇ

Vedoucí práce: Ing. et Ing. Martin Folta, Ph. D., EUR ING

Tento list vyjměte a nahrad'te zadáním bakalářské práce

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci vypracoval (a) samostatně s použitím uvedené literatury pod odborným vedením vedoucího práce.

Prohlašuji, že citace použitých pramenů je úplná a v práci jsem neporušil (a) autorská práva (ve smyslu zákona č. 121/2000 Sb., o právu autorském a o právech souvisejících s právem autorským).

V Mladé Boleslavi dne 30.11. 2018

Děkuji Ing. et Ing. Martinu Foltovi, Ph. D., EUR ING za odborné vedení bakalářské práce, poskytování rad a informačních podkladů. Dále bych chtěl poděkovat všem mým kolegům z metrologické laboratoře za pomoc a rady, které mi poskytli v době vypracování této bakalářské práce.

Obsah

| | |
|---|----|
| Úvod | 7 |
| 1 Laboratoř | 8 |
| 1.1 Metrologická laboratoř | 8 |
| 1.2 Činnosti metrologické laboratoře | 8 |
| 1.2.1 Vzorkování | 9 |
| 1.2.2 Měření kruhovitosti a sousosti | 10 |
| 1.2.3 Měření drsnosti povrchu | 11 |
| 1.2.4 Evidence měřidel a přípravků | 11 |
| 1.2.5 Ostatní činnosti | 12 |
| 2 Měřidla a jejich kalibrace | 13 |
| 2.1 Metrologie | 13 |
| 2.2 Subjekty působící v oblasti metrologie | 14 |
| 2.3 Měřidla a měřící zařízení | 16 |
| 2.4 Kalibrace a ověřování měřidel | 17 |
| 3 Analýza měřících postupů při kalibraci měřidel | 19 |
| 3.1 Nastavovací kroužky | 20 |
| 3.2 Číselníkový úchylkoměr | 22 |
| 3.3 Závitové porovnávací trny | 24 |
| 3.4 Závitové kalibry vnitřní | 27 |
| 3.5 Shrnutí | 29 |
| 4 Návrh opatření pro měření v procesu kalibrace měřidel | 32 |
| 4.1 Měřící stanice OPTIMAR 100 | 32 |
| 4.2 Zamezení délkové roztažnosti měřidel | 33 |
| 4.3 Vývojový diagram | 34 |
| 4.4 Shrnutí | 34 |
| Závěr | 36 |
| Seznam literatury | 38 |
| Seznam příloh | 41 |

Seznam použitých zkratk a symbolů

| | |
|----------------|--|
| μm | mikrometr |
| mm | milimetr |
| m ² | metr čtverečný |
| kg | kilogram |
| MS | Microsoft |
| ČR | Česká republika |
| EU | Evropská unie |
| MPO | Ministerstvo průmyslu a obchodu |
| ÚNMZ | Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a zkušebnictví |
| ČSN | česká státní norma |
| ČMI | Český metrologický institut |
| ČIA | Český institut pro akreditaci |
| AMS | Autorizovaná metrologická střediska |
| SKS | Střediska kalibrační služby |
| SW | software |
| USB | Universal Serial Bus |

Úvod

V dnešní době je kladen velký důraz na kvalitu výrobků, aby byla zajištěna konkurenceschopnost. Ovšem aby toto platilo, je zapotřebí vlastnit i kvalitní stroje, nástroje a v neposlední řadě hlavně měřidla, která určí, zdali je výrobek vhodný pro další zpracování, či nikoliv. Každé měřidlo se opotřebovává a je nutné ho po určitém čase zkontrolovat a zkalibrovat. Tyto procesy se provádí v metrologické laboratoři, kterou společně s jejími hlavními činnostmi autor popíše v následující bakalářské práci.

Cílem bakalářské práce je popsat činnosti metrologické laboratoře provádějící měření v procesu kalibrace nových i stávajících měřidel ve výrobní organizaci. Tyto postupy blíže analyzovat a poté navrhnout opatření, která povedou ke zlepšení kvality měření v procesu kalibrace měřidel.

V teoretické části autor popisuje metrologickou laboratoř ve výrobním závodě na hydraulická zařízení a budou blíže charakterizovány hlavní činnosti metrologické laboratoře. Poté je definováno co je to metrologie, jaké subjekty s ní souvisejí a jak se vzájemně ovlivňují. Následně je charakterizován pojem měřidla a vysvětlen rozdíl mezi kalibrací a ověřováním měřidel.

V praktické části jsou detailně charakterizovány postupy zkoumání rozměru čtyř měřidel v procesu kalibrace a vysvětleny některé metody měření, které s tím souvisejí. Těmi měřidly jsou nastavovací kroužky, číselníkové úchylkoměry, porovnávací závitové trny a vnitřní závitové kalibry. Tato měřidla jsou ve výrobním procesu hojně používána, a proto se musí kontrolovat, aby nedocházelo ke špatnému měření. Mezi popisovanými metodami je například třídrátková metoda pro měření středního průměru závitu nebo metoda měření číselníkových úchylkoměrů. Poté je navrženo opatření, které povede ke zlepšení stávajícího stavu měření některých měřidel v podobě modernizace měřícího zařízení. Tou je měřicí stanice pro měření číselníkových úchylkoměrů. Dále je navržena clona, která zamezí délkové roztažnosti materiálu. V poslední podkapitole je navrhován vývojový diagram, který zjednoduší pracovní postup při kalibraci měřidel.

1 Laboratoř

Pod pojmem laboratoř se může skrývat velké množství definic. Ale to pravé vysvětlení je, že je to pracoviště specializované na výzkumy, technická měření, různé rozbory a posudky v profesionálním prostředí, ale i na školní úrovni.

1.1 Metrologická laboratoř

Metrologická laboratoř je nedílnou součástí každé společnosti produkující výrobky, na které je kladen důraz na vysokou přesnost. Zajišťuje evidenci a kontrolu všech používaných nástrojů i přípravků ve výrobě, aby měla správnou a bezchybnou funkci. Mimo jiné také kontroluje výrobky, které není schopen pracovník změřit na pracovišti. Bez těchto důležitých funkcí metrologické laboratoře by se žádná výrobní společnost neobešla.

Laboratoř by se měla nacházet na klidném místě, které je zbaveno hluku a vibrací spojených s výrobním prostředím. Proto se často místnost umísťuje pod povrch země a má dvojité zdi. Další potřebnou vlastností pro správnou funkci laboratoře je stálé klimatické prostředí. Teplota by se měla být co nejvíce konstantní v rozmezí od 18°C do 22°C a zároveň by se neměla změnit o více jak 2°C za jednu hodinu. Relativní vlhkost se udržuje na 55%, avšak by neměla přesáhnout 80% při teplotě 22°C. (ČSN EN ISO/IEC 17025; 2018)

Uvnitř jsou přístroje pro měření rovinných i kruhových ploch, mikroskopy, mnoho druhů etalonů, kalibrů a přípravků pro správné naměření hodnot daného výrobku. Všechna měřidla jsou zaevidována v systému a každý jejich pohyb je zaznamenán do historie měřidla.

1.2 Činnosti metrologické laboratoře

Metrologická laboratoř provádí řadu činností důležitých pro kvalitní a bezproblémový chod společnosti. Jako taková je součástí oddělení kvality a pomáhá řešit různé problémy např. v oblasti reklamací. Její hlavní činností je ale kontrola, kalibrace a evidence měřidel, proces vzorkování, měření drsnosti povrchů a v neposlední řadě měření rozměrů a tvarů, které jsou důležité pro další vývoj výrobku.

1.2.1 Vzorkování

Vzorkování je proces, který zjišťuje, v jaké kvalitě se podařilo danou sérii výrobků vyrobit. Tím je myšleno, zdali se shodují všechny rozměry výrobku s uvedenými ve výrobním výkrese, zda má výrobek všechny otvory, které má mít. Záleží také na drsnosti povrchu a to jak vnějšího, tak i vnitřního, pokud má daný produkt nějaké otvory. Měří se také různé úhly a kolmosti, bez kterých by výrobek byl nepoužitelný pro další zpracování.

Provádí se vždy, když se začíná vyrábět nový typ produktu. Bez tohoto kroku by bylo velice riskantní začít vyrábět nový produkt, a proto se klade veliký důraz na tuto činnost. S tím je spojen i veliký důraz na použitá měřidla. V dnešní době se již používají 3D měřicí stroje, který můžete vidět na obrázku 1. Tyto stroje mají různě dlouhé a veliké doteky z rubínu, zirkonu nebo nitridu křemíku. Pomocí těchto nástrojů je schopen 3D měřicí stroj změřit obrobek s přesností 1,6 μm . Zároveň také změří přesné polohy komor včetně jejich úhlů a drsností. Měření se provádí na co nejméně upnutí, tak aby se předešlo chybám s tím spojených.

Při procesu vzorkování mohou nastat neplánované chyby v měření. Jednou možnou chybou je, že výrobek není dostatečně očištěný od nečistot spojených s výrobou, jako jsou zbytky materiálu po obrábění nebo zbytky olejové emulze. Tím je zanesena chyba, která může změnit celou kvalitu série výrobků. Další možnou vadou při měření je, že přístroj určený k měření není delší dobu kalibrován a tím může být zanesena další nesrovnalost. Před každým měřením by výrobek měl být nějakou dobu v metrologické laboratoři, aby se stabilizovala tepelná roztažnost, která u některých materiálů způsobuje veliké rozdíly. V neposlední řadě je také možná chyba lidského faktoru. Tyto chyby mohou být typu špatného upnutí na měřicí desku přístroje, použití nevhodného nástroje pro měření, chybné čtení z výkresu nebo nedodržení pracovního postupu obecně. (VDA 2, 2013)

Pokud se všem těmto chybám bude pracovník vyvarovat, poté je dobrý předpoklad pro kvalitní změření a ohodnocení daného vzorku.



Zdroj: Vlastní zdroj

Obr. 1 3D měřící stroj

1.2.2 Měření kruhovitosti a sousosti

Měření kruhovitosti válcového tvaru je další důležitou činností, kterou provádí metrologická laboratoř. Provádí se na stroji tomu určeném, který je na obrázku 2. Přístroj má kruhovou otáčející se desku, na kterou se připevne výrobek. Do hlavičky stroje se upne dotek, který je podobný jako na měřícím 3D stroji, který dokáže změřit kruhovitost s přesností na $0,03 \mu\text{m}$. Měření se provádí v několika rovinách, které si stanoví sám operátor stroje. Rozměry, kde se bude měřit kruhovitost, se zaznamenají do specifikace ve speciálním programu k tomu určeném.

Tento přístroj umí také změřit kromě kruhovitosti i sousost. To je když má výrobek na jednom otvoru více rozdílných průměrů a všechny mají být na jedné středové ose. K této činnosti se používají stejné nástroje, jako na měření kruhovitosti, jediný rozdíl je v použité předvolbě ve speciálním programu.

Mezi hlavní chyby při měření kruhovitosti a sousosti je špatně očištěný výrobek. Dotek je velice citlivý na jakoukoliv nečistotu, a to i na tu, která není pouhým okem viditelná. Proto se musí výrobek vždy pečlivě očistit, a pokud je to nutné tak i jemným plátnem přelapovat. (MM Průmyslové spektrum, 2013)

V programu se při vyhodnocování dají dělat i různé úpravy a to v podobě filtrování. Výsledkem je vždy protokol, kde jsou jednotlivé výsledky popsány a graficky znázorněny. Protokol z měření kruhovitosti je v příloze 1.



Zdroj: Vlastní zdroj

Obr. 2 Stanice pro měření kruhovitosti a souososti

1.2.3 Měření drsnosti povrchu

U mnoha výrobků je kladen požadavek na drsnost povrchu. Drsnost je definována jako souhrn nerovností plochy s velmi malou vzdáleností, které vznikají při obrábění. K měření těchto ploch slouží speciální přístroj, který dokáže změřit nerovnosti od 0,025 μm . Provádí se to u výrobků, u kterých není vyžadováno jiné měření. Přístroj má svoji tiskárnu a jako výsledek je vytisknut protokol, na kterém je zaznamenáno, jakou má daný povrch drsnost. Nejčastěji se naměřené hodnoty pohybují do 50 μm . Výsledek je v jednotkách R_a , což je průměrná aritmetická odchylka profilu. (ČSN EN ISO 4288; 1999)

1.2.4 Evidence měřidel a přípravků

S produkcí výrobků, ať v malé či velké výrobě, jsou spojena různá měřidla a přípravky. Pokud jich je malé množství, do několika kusů, tak si je každý pracovník ohlídá sám, ale pokud jich je několik desítek tisíc v celé výrobě, tak je zapotřebí jejich evidence. Tu má na starosti metrologická laboratoř, která je spravuje a hlídá

jejich platnost, která se pohybuje dle jednotlivého druhu měřidla. Ta je od několika měsíců až po několik let.

Pokud má společnost více měřidel, je vhodné na jejich správu a evidenci použít speciální počítačový software. Tyto programy jsou schopny daná měřidla zaevidovat a poté podle jejich názvu zpět filtrovat. Dále hlídají platnost měřidel a ukládají jejich historii. Ke každému měřidlu je také možné do programu uložit kalibrační list. Speciální funkcí programu je filtrace měřidel a jejich následný export do MS Office, kde se poté nechají dělat další úpravy.

Softwary, které jsou používány v procesech kalibrace, musí být dokumentovány, identifikovány a regulovány, aby byla zajištěna jejich aktuálnost a správná funkce. Programy a jeho revize musí být přezkoušeny a validovány před jeho prvním použitím a odsouhlaseny k používání a archivaci. Revize se musí provádět v nezbytných intervalech k zajištění všech platných výsledků měření. (ČSN EN ISO 10012; 2013)

1.2.5 Ostatní činnosti

Mezi méně časté činnosti metrologické laboratoře patří jednoduché a drobné opravy jednotlivých měřidel. Mezi tyto opravy se řadí například vyčištění strojek číselníkového úchylkoměru, nebo výměna baterií v digitálních posuvkách a jiných měřidlech.

Jelikož je laboratoř částí oddělení kvality, které řeší reklamace, a proto je občas zapotřebí provést analýzu vadného výrobku, aby se zjistilo, zdali je pochybení na straně výrobce, způsobeno špatnou výrobou, nebo na straně uživatele, způsobeno špatným užíváním. Metrologická laboratoř výrobek rozebere, vyčistí, přeměří a vydá stanovisko.

Další méně častou činností laboratoře je pomoc při vývoji nového komponentu. Je to metoda, kdy konstruktér navrhne např. tři výrobní postupy jednoho výrobku. Poté se tyto produkty vyrobí v malých sériích přibližně po 20 kusech a po metrologické laboratoři je požadována analýza, která určí, z těch tří výrobních postupů je ten nejvhodnější, který má nejlepší výsledky.

2 Měřidla a jejich kalibrace

2.1 Metrologie

Definicí, co je to metrologie, je dlouhá řada a mnoho variant, které mají ve výsledku velice podobný význam. Proto je zde uvedena jedna, která říká: „Metrologie je vědní a technický obor, který se v širším smyslu zabývá měřením. V užším slova smyslu je to disciplína, která se zabývá zjišťováním jednotnosti a přesnosti měření.“ (Tůmová, 2009, str. 58)

Metrologie se dá rozčlenit na dvě hlavní části. A to **oblast teorie měření** a **oblast měřicí techniky**. První oblast v metrologii zahrnuje teorii veličin, která sleduje vlastnosti zkoumaných objektů, procesů či jevů. Další teorií je teorie modelování soustav, která se zabývá nalezením vhodného modelu s požadovanými vlastnostmi. Třetí teorií je diagnostika chyb a nejistot, která souvisí s testováním a simulací. Poslední, je teorie odhadu, jenž umožňuje najít náhradu chybějících prvotních informací. (Mlčoch, 1971)

Druhá oblast vědy se zabývá měřicí technikou, do které spadají veškeré technické prostředky, kterými získáváme hodnoty ze zkoumaného předmětu.

Metrologie se lze také dělit dle řešených problémů na dílčí disciplíny, které znázorňuje následující tabulka 1.

Tab. 1 Dílčí disciplíny metrologie

| Disciplína | Řešený problém |
|--|--|
| Teoretická (vědecká) metrologie | Řeší teoretické otázky a dělí se podle měřících metod nebo metrologických veličin. |
| Aplikovaná (praktická) metrologie | Využívá teorii v praxi, zabývá se měřením v určitém oboru a určitých hodnot. |
| Obecná metrologie | Řeší problémy, které jsou pro všechny obory stejné, bez ohledu na měřené veličiny. |

| | |
|-----------------------------|---|
| Legální metrologie | Zajišťuje a vyhlašuje legální postupy dle metrologického a technického charakteru, které se následně používají. |
| Státní metrologie | Je zajišťována úřady řízenými státem. |
| Podniková metrologie | Zabývá se řešením problematiky v organizaci, konkrétně metrologického pořádku spojeným s kvalitou. |

Zdroj: Tůmová, 2009, str. 59

2.2 Subjekty působící v oblasti metrologie

Správné fungování metrologie v České republice zajišťuje několik organizací mezi sebou vzájemně propojené, které v následující kapitole budou popsány společně s jejich hlavními činnostmi.

- a) **Ministerstvo průmyslu a obchodu ČR (MPO)** je sídlem na Praze 1. Zajišťuje správný chod průmyslu a veškerého obchodu v České republice. Mimo jiné také řídí státní politiku v oboru metrologie, dále vypracovává koncepce rozvoje metrologie a řídí jiné organizace spojené s metrologií jako ČMI a ÚNMZ. V neposlední řadě rozhoduje o výši opravných prostředků proti ÚNMZ.
- b) **Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a zkušebnictví (ÚNMZ).** Tento úřad zajišťuje správnou legislativní činnost, spravuje činnost orgánů státní metrologie. Zabezpečuje, aby byly přebrány technické předpisy v oblasti Evropské unie (EU). Dále stanovuje měřidla, která budou podléhat povinnému ověřování. ÚNMZ je také kompetentní ve schvalování metrologických předpisů státních etalonů a certifikovaných referenčních materiálů a rozhoduje o pokutách. V neposlední řadě vydává jak ČSN normy, tak i ČSN ISO normy nebo ČSN IEC normy.
- c) **Český metrologický institut (ČMI)** zajišťuje odbornou a výkonnou činnost státní metrologie. Zabezpečuje českou státní etalonáž jednotek a stupnic fyzikálních i technických veličin. Zároveň uchovává, zdokonaluje a mezinárodně porovnává všechny etalony včetně přenesení hodnot jednotek na sekundární etalony. ČMI provádí výzkum a vývoj v oboru státní metrologie. Zaručuje účast na mezinárodních výzkumech v oblasti legální a

vědecké metrologie. Vypracovává metodiky pro ověřování stanovených měřidel a kalibrační metodiky pro pracovní měřidla. Vykonává státní metrologickou kontrolu, školení a vydává osvědčení o odborné způsobilosti. Registruje výrobce i oprávce měřidel a provádí certifikace výrobků pro metrologické účely. V oboru metrologie zajišťuje systém vědeckotechnických informací a poskytuje konzultace pro metrologická pracoviště v ČR.

- d) Český institut pro akreditaci (ČIA, o.p.s.)** je nestátní obecně prospěšná společnost, která spravuje akreditační systém v ČR. S tím souvisejí akreditace zkušebních a kalibračních míst a středisek podle Zákona č. 505/1990 Sb. o metrologii podle jeho platného znění. Zastupuje Českou republiku v odborných mezinárodních organizacích. Dále uděluje, odnímá nebo mění osvědčení o udělené akreditaci, zároveň rozhoduje o jeho neudělení či pozastavení. Stanovuje kvalifikační požadavky na posuzovatele a na pracovníky akreditovaných míst. Společně s tím vede i registr žadatelů o akreditaci a registr akreditačních dokumentů.
- e) Autorizovaná metrologická střediska (AMS).** Přesnou definici říká Zákon č. 505/1990 Sb. o metrologii: *„Autorizovanými metrologickými středisky jsou subjekty, které Úřad na základě jejich žádosti autorizoval k ověřování stanovených měřidel nebo certifikaci referenčních materiálů po prověření úrovně jejich metrologického a technického vybavení Českým metrologickým institutem a po prověření kvalifikace odpovědných zaměstnanců, která je doložena certifikátem způsobilosti vydaným akreditovanou osobou nebo osvědčením o odborné způsobilosti vydaným Úřadem. Pro účely autorizace může být využito zjištění prokázaných při akreditaci. Náležitosti žádosti o autorizaci a podmínky pro autorizaci stanoví ministerstvo vyhláškou. Na udělení autorizace není právní nárok. Neplní-li autorizovaný subjekt povinnosti stanovené zákonem nebo podmínkami stanovenými v rozhodnutí o autorizaci, nebo pokud o to požádá, Úřad rozhodnutí o autorizaci pozastaví, změní nebo zruší.“* (Zákon č. 505/1990 Sb. o metrologii)

- f) **Střediska kalibrační služby (SKS)** jsou společnosti, které provádějí externí ale i interní kalibrace. Tyto organizace byly schváleny a akreditovány ČIA na základě jejich žádosti.

2.3 Měřidla a měřicí zařízení

Aby byly produkty kvalitně vyrobené, je zapotřebí kontrolovat jejich tvary a rozměry. K tomu slouží různá měřidla, která jsou obecně definována jako: *„Zařízení používaná k měření buď samostatně, nebo ve spojení s dalšími přídatnými zařízeními tvořící ucelená měřicí zařízení nebo systémy, které slouží k měření.“* (Tůmová, 2009, str. 58)

Základní rozdělení měřidel dělí tuto část na tři podskupiny a to na **míru, měřicí přístroje a měřicí transduktory**.

Míra je měřidlo, které je během svého používání schopno reprodukovat trvalým způsobem jednu nebo více hodnot dané veličiny. Těmito měřidly jsou např. závaží, odměrné válce nebo délková měřidla. Míra se dále dělí na míru soběstačnou a nesoběstačnou. Soběstačná míra je měřidlo, které dokáže znázornit naměřenou hodnotu bez pomoci jiného měřidla. Nesoběstačná míra je opakem soběstačné. Další členění míry je míra s jednou a více hodnotami. Míra s jednou hodnotou je například závaží, které má konstantní hmotnost. Míra s více hodnotami je např. odměrný válec nebo délkové měřidlo, tato měřidla umí znázornit různé hodnoty.

Další podskupinou jsou **měřicí přístroje**. Do této skupiny se řadí měřidla, která stanovují hodnotu měřené veličiny. Patří sem velké složité (3D měřicí stroj), ale i malé jednoduché přístroje (posuvné měřidlo nebo mikrometr).

Poslední částí základního dělení měřidel jsou **měřicí transduktory** neboli převodníky. Jsou to zařízení, která v měřicí soustavě poskytují výstupní veličinu, jejíž vztah ke vstupní veličině je určen. Jsou to např. termočlánky, proudové transformátory nebo pH elektrody. (Dynybyl, 2009)

Měřidla lze rozdělit i jinými způsoby např. dle zákona č. 505/1990 Sb. o metrologii se měřidla dělí takto:

- a) **Etalony** - je to měřidlo, které slouží k realizaci a uchování jednotky a k jejímu přenosu na jiné měřidlo nižší třídy.

- b) Stanovená měřidla** - jsou měřidla, která MPO určí a tyto měřidla se musí pravidelně ověřovat s ohledem na jejich význam.
- c) Nestanovená měřidla (pracovní)** - tyto měřidla nejsou ani etalony ani stanovenými měřidly. Aby se mohla používat, musí být v pravidelných cyklech kalibrována.
- d) Certifikované referenční materiály** - Certifikované referenční materiály a ostatní referenční materiály jsou materiály nebo látky přesně stanoveného složení nebo vlastností, používané zejména pro ověřování nebo kalibraci přístrojů, vyhodnocování měřících metod a kvantitativní určování vlastností materiálů. (Zákon č. 505/1990 Sb. o metrologii)

2.4 Kalibrace a ověřování měřidel

Kalibrace měřidel

Je to proces, při kterém se zjišťuje, zdali má dané měřidlo správný rozměr. Provádí se na ostatních měřidlech, jako jsou etalony a pracovní měřidla nestanovená. Při kalibraci je důležité dodržet pracovní postupy, které jsou v každé metrologické laboratoři podobné a přitom odlišné. Kromě rozměru se také provádí vizuální kontrola, aby měřidlo nebylo na aktivní ploše poškozené. Pokud má měřidlo nějaký nedostatek, který nejde vyřešit opravou, musí se vyřadit z evidence. Naopak když je v pořádku, dostane měřidlo kalibrační známku, na které je vytištěn měsíc a rok příští kalibrace. (Managing for Quality and Performance Excellence)

Frekvenci kalibrace určuje metrologická laboratoř a u každého typu měřidel to může být rozdílné. Tato volba záleží na následujících faktorech:

- *Typ a druh měřidla*
- *Doporučení výrobce*
- *Požadovaná přesnost*
- *Veličiny ovlivňující činnost měřidla*
- *Pracovní podmínky, za nichž se měřidlo používá*

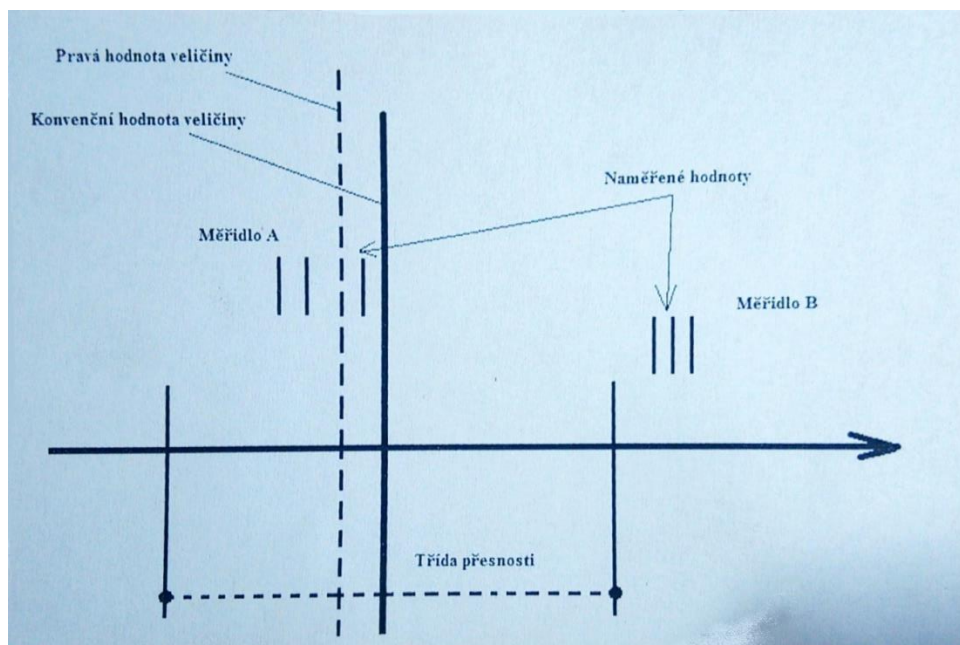
- *Záznamy z údržby nebo servisu měřidla*
- *Informace obsažené v protokolech dříve provedených kontrol*
- *Počtu již provedených porovnání s etalony při navazování měřidla*
- *Staří měřidla*

(Tůmová, 2009, str. 98)

Ověřování měřidel

Ověřování měřidel se provádí u stanovených měřidel. Hlavní rozdíl mezi ověřováním a kalibrací je ten, že u stanovených měřidel stát stanoví meze, ve kterých se může dané měřidlo pohybovat a nemělo by je přesáhnout. Pokud se tak stane, je nutné dané měřidlo vyřadit. Každé stanovené měřidlo, musí mít svojí dokumentaci, aby bylo možné zpětně zkontrolovat historii měřidla.

Na obrázku 3 je znázorněno ověřování dvou měřidel, **A** a **B**. Každé měřidlo bylo přeměřeno a zaznamenáno třikrát. Měřidlo **A** je v toleranční mezi a tudíž je v pořádku. Měřidlo **B** je mimo tyto meze, a proto musí být dáno na opravu nebo vyřazeno. (Tůmová, 2009)



Zdroj: Tůmová, 2009, str. 97

Obr. 3 Princip ověření stanovených měřidel

3 Analýza měřících postupů při kalibraci měřidel

V této kapitole autor analyzoval současný stav postupů měření měřidel v procesu kalibrace. Analýza byla prováděna metodou pozorování zkušeného pracovníka v metrologické laboratoři, prostudováním si pracovních postupů a následně měl autor příležitost si jednotlivé postupy měření vyzkoušet pro lepší pochopení této činnosti metrologa.

Kalibrace měřidel se provádí v metrologické laboratoři, za přesně stanovených postupů, které se musí dodržovat, aby bylo měřidlo správně změřeno, mohlo se označit kalibrační známkou a mohlo být předáno do skladu měřidel do výrobního procesu.

Před samotným měřením je zapotřebí si opatřit správné nástroje, zkontrolovat jejich stav, aby nebyly poškozeny a nevnikla se chyba do měření. Poté si očistit a vizuálně zkontrolovat zkoumané měřidlo. Následně je možné zahájit kalibraci měřidla.

Pokud je měřidlo ve správném stavu, bez vad, které by způsobovali nepřesnosti, může se měřidlo označit kalibrační známkou, na které je kleštičkami vyznačen měsíc a vytištěn rok příští kontroly. Následně se naměřené hodnoty zapíší do evidenčního softwaru (SW), ve kterém se uchovává historie všech měření daného měřidla.

3.1 Nastavovací kroužky

Nastavovací kroužky jsou speciální měřidla pro zjišťování daného průměru hřídele na vyráběném výrobku. Těchto kroužků je velké množství, protože je nelze jinak nastavit, mají pouze jeden daný rozměr, se kterým nelze hýbat. Jsou to velice přesná měřidla a jejich rozměry se udávají v tisícinách milimetrů. Nastavovací kroužky (obr. 4) jsou vždy v páru, s rozdílem 0,005 milimetru z důvodu horní a dolní tolerance rozměru.



Zdroj: Vlastní zdroj

Obr. 4 Dvojice nastavovacích kroužků

Před zahájením samotného měření v procesu kalibrace je zapotřebí provést několik věcí, které eliminují zanesení chyby do měření. Nejprve je nutné měřidlo řádně očistit od nečistot a drobné koroze. To se provádí lapovacím brouskem-plátnem, které dokonale zbaví měřidlo drobné koroze a nečistot na aktivní ploše. Poté následuje kontrola rozměru měřidla, s pořadovým číslem kroužku. Tyto údaje se musí shodovat jak na měřidle, tak i v evidenčním programu. Následně je nutné nechat měřidlo alespoň jednu hodinu temperovat na teplotu metrologické laboratoře. Mezi tím si pracovník seřídí mikroskop a přístroj na měření kruhovitosti a zjistí si, jaké jsou pravé rozměry a tolerance daného měřidla.

Při kalibraci měřidla se mikroskopem zjistí, zda měřidlo nemá výrazné rýhy na pracovní ploše, které by znehodnocovali měřidlo a vnášeli chybu při měření. Následně je provedena vizuální kontrola úplnosti a označení zmetkových stran. Poté následuje samotné měření nastavovacího kroužku. To se provádí v rovině rysek, které jsou na čele měřidla, a 3 mm od krajů kroužku. Rozměr se stanoví pomocí speciálního měřidla s doteky a etalonovými kroužky, které mají certifikovaný rozměr. Měřidlo je podobné číselníkovému úchylkoměru a má sadu vyměnitelných doteků. Na každý celý průměr musí být jiný dotek. Aby bylo možné určit rozměr nastavovacího kroužku, je nutné si seřadit měřidlo na etalonovém kroužku, které mají přesné rozměry. Kýváním měřidlem doleva a doprava (obr. 5) se hledá vratný bod, což je nejvyšší hodnota, která vymezí střed rozměru a otočným ciferníkem se nastaví rozměr etalonového kroužku. Ten má například rozměr 10,005 mm, tudíž na ciferníku je nutné nastavit 0,005 mm od nuly do plusových hodnot. Vždy se používají tyto kroužky ve dvojici, a to proto, aby se určila horní a dolní mez. Poté se přejde na nastavovací kroužek a stejnými pohyby a následným odečtem hodnoty z ciferníku měřidla se určí rozměr kroužku.



Zdroj: Vlastní zdroj

Obr. 5 Kontrola rozměru nastavovacího kroužku

Pokud je rozměr nastavovacího kroužku v pořádku, přejde se ke kontrole tvaru. Zde se stanovuje kruhovitost, přímost a rovnoběžnost s ohledem na přípustnou

kuželovitost. Toto měření je prováděno na přístroji, který měří kruhovitost a souosost, jenž byl popsán v kapitole 1.2.2.

Jestliže jsou všechny naměřené hodnoty uvnitř tolerančních mezí, jež stanovuje tabulka 2, je nutné tyto hodnoty zaprotokolovat do evidenčního programu a připevnit kalibrační známku s vytištěným rokem a měsícem příští kontroly měřidla. Periodu kontrol si stanovuje metrologická laboratoř sama, pro tyto měřidla je určena lhůta 3 let. Následně je na měřidle provedena konzervace, aby nedocházelo ke korozi. Jako konzervační látka se používá ochranný protikorozní tuk.

Tab. 2 Dovolené úchyly rozměrů

| Př. | | 0 - 30 | 0 - 60 | 60 - 90 | Nad 90 |
|-----|--------------|----------|----------|----------|----------|
| I. | úchylka | ± 0.0005 | ±0.0007 | ± 0.0009 | ± 0.001 |
| | kruhovitost | 0.0012 | 0.0018 | 0.0024 | 0.0028 |
| | rovnoběžnost | 0.001 | 0.0014 | 0.0018 | 0.002 |
| II. | úchylka | ± 0.001 | ± 0.0015 | ± 0.002 | ± 0.0025 |
| | kruhovitost | 0.0024 | 0.0035 | 0.0045 | 0.0055 |
| | rovnoběžnost | 0.002 | 0.003 | 0.004 | 0.005 |

Zdroj: Interní dokumentace

Pokud tyto dovolené úchyly jsou překročeny, následuje rozhodnutí vedoucího metrologické laboratoře. Jestliže je možné a finančně výhodné měřidlo opravit, předá se na opravu, pokud je to nevýhodné, měřidlo se vyřadí z evidence a dále ho není možné používat pro účely měření.

3.2 Číselníkový úchylkoměr

Je délkové měřidlo, které zobrazuje odchylky od rozměru, při vystředování rotačních součástí nebo odchylky tvaru. Číselníkových úchylkoměrů je veliké množství. Jsou mechanické, digitální, páčkové. Dále se mohou lišit svými rozsahy měření od několika málo milimetrů po několik desítek až stovek milimetrů. Mají různé doteky, které se dají vyměnit. Pro přesnější práci je možné úchylkoměr

upnout do speciálního držáku (obr. 6), který má magnetickou podstavu a tudíž je možné ho připevnit přímo na stroj.



Zdroj: Vlastní zdroj

Obr. 6 Číselníkový úchylkoměr s mechanickým převodem a upínacím stojanem

Na začátku kalibrace těchto měřidel je nutné nejprve zkontrolovat, zdali je měřidlo kompletní, nemá-li výrazné vady na vzhledu a musí mít vyraženo výrobní číslo. Pokud ho nemá, musí být alespoň opatřeno evidenčním číslem. Poté se měřidlo očistí, stanoví se jeho popis a označení, nechá se alespoň 30 minut temperovat a poté je možné začít samotné měření.

To je možné provádět dvěma způsoby. Ten první je možný pouze pro číselníkové úchylkoměry s rozsahem do 25 mm. Měřidlo se upne do speciálního měřicího stojánku s otočným kotoučem, který má uvnitř zabudovaný velice jemný závit, který když se otáčí, tak pohybuje pinolou se stupnicí, a ta působí na dotek měřeného číselníkového úchylkoměru. Druhý způsob je spíše určený pro úchylkoměry s rozsahem nad 25 mm. Toto měření se provádí na přístroji pro délkové měření, který má digitální odpočet naměřené hodnoty a má přesnost na tisícin milimetru.

Pokud je měřidlo správně upnuto do měřicího zařízení, je nutné ještě před samotným měřením vyzkoušet, zdali měřidlo v nějakém bodě nevázne. To se provede kontrolní jízdou od nuly do maxima a opačně. Jestliže je vše v pořádku, poté je možné zahájit měření. To je prováděno ve dvou směrech. Nejprve se měří od nuly do maximální polohy měřidla a poté zase nazpět. Před měřením se nastaví ručička do výchozí polohy a to minimálně 1/10 otáčky až maximálně 1/4 otáčky před nulu. Toto nastavení se provádí ze dvou důvodů. První je, aby bylo při měření najížděno ručičkou na hodnoty stále ze stejného směru. Druhý je, když se provádí měření z druhého směru, aby se končilo až v minusových hodnotách a tudíž bylo možné naměřit opět nulu. Měření se provádí podle kalibračního listu (příloha 2), kde jsou předepsány hodnoty, které se mají na ciferníku či displeji zobrazit. Kalibrační listy nejsou univerzální, liší se dle druhu a rozsahu číselníkových úchylkoměrů. Poté se ke každé předepsané hodnotě zaznamená naměřená odchylka, která může být záporná ale i kladná. Z těchto naměřených hodnot se poté počítá vyhodnocení, které rozhodne o dalším naložení s měřidlem.

Ovšem než se začne počítat vyhodnocení, je nutné nejprve spočítat hysterezi, což je rozdíl naměřených odchylek při jedné předepsané hodnotě. U hodnoty, kde je největší rozdíl, se následně provádí opakované měření. To je měření jedné hodnoty v jednom směru, které se opakuje desetkrát, a odchylky od hodnoty se opět zaznamenávají do příslušných tabulek. U některých typů úchylkoměru je již tato hodnota předepsána.

Pokud je vyhodnocení v pořádku, všechny hodnoty jsou v tolerančních mezích, je měřidlu dána kalibrační známka s měsícem a rokem příští kontroly. Perioda kontrol je stanovena na dva roky. Ovšem na druhou stranu, pokud vyhodnocení vykáže nějaké nesrovnalosti s normami, je nutné měřidlo dočasně pozastavit z výrobního procesu a nechat opravit. Pokud oprava není možná, je nutné měřidlo vyřadit z evidence.

3.3 Závítové porovnávací trny

Jsou to měřidla, která slouží ke kontrole vnitřních závítových kalibrů. Tato měřidla jsou v sadě po šesti kusech (obr. 7). Tři kusy jsou pro dobrou stranu a tři pro zmetkovou. Na každou stranu je to maximální, minimální a opotřebovaný rozměr

závitu. Při kontrole vnitřních závitových kalibrů by měl jít našroubovat pouze minimální rozměr, maximální a opotřebovaný by tam neměli jít. Pokud jdou, je kalibr již špatný.



Zdroj: Vlastní zdroj

Obr. 7 Sada závitových porovnávacích trnů

Jako před každým měřením i zde je nutné nejprve pečlivě očistit měřidlo, aby na něm nebyly nečistoty, které by vnášely chybu při měření. Dále je nutné zkontrolovat, zdali má identifikační číslo a není poškozený. Poté se nechá měřidlo alespoň jednu hodinu temperovat na teplotu laboratoře.

Metod jak změřit rozměr měřidla je více. Jednou z nich je **metoda se speciálními doteky**, které jsou speciálně vyrobené na dané stoupání závitu. Tato metoda je relativně jednoduchá na provedení. Doteky se upnou na měřicí zařízení, kterým může být digitální měřicí přístroj, mikrometr a další podobná měřidla. Mezi ně se poté vloží závitové měřidlo a zkontroluje se naměřená hodnota s předepsanou hodnotou v tabulkách.

Druhá možnost jak změřit závitový trn, je tzv. **třídrátková metoda**. Tento postup je založen na vkládání mezi zkoumané měřidlo a ploché doteky trojici speciálních drátků. Drátky mají kruhovitý průřez a jsou na aktivní ploše broušené. V jedné sadě (obr. 8) je více průměrů drátků, protože si to vyžadují různé velikosti závitů.

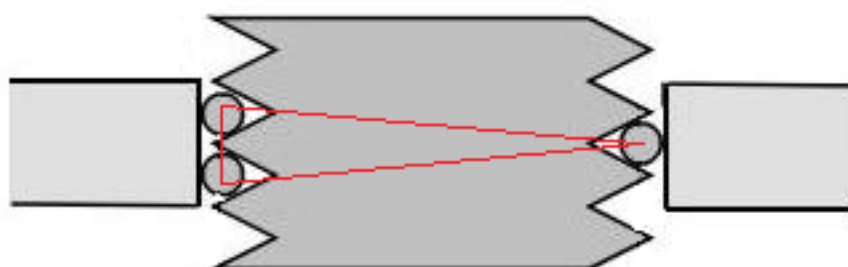
Sada má rozsah od průměru 0,17 mm do průměru 6,33 mm. Na jednu stranu se vloží jeden drátek a naproti jsou zbylé dva.



Zdroj: Vlastní zdroj

Obr. 8 Sada drátků pro měření závitů

Je nutné, aby byly drátky rozmístěny do pomyslného trojúhelníku (obr. 9), aby byla zajištěna stabilita měření. Pokud by byly drátky k jedné straně, mohlo by dojít ke zkřížení drátků a tím i chybnému měření.



Zdroj: Vlastní zdroj

Obr. 9 Umístění drátků v závitu

At' je zvolena metoda s doteky nebo s drátky, postup měření je vždy stejný. Nejprve se měří na začátku závitu, a to tři závity od čela. Měří se na dvou místech, které jsou vůči sobě o 90° otočeny. Poté je stejný postup na středu délky závitu a na konci. Zde jsou ale měření čtyři.

Pokud jsou změřené hodnoty uvnitř tolerančních polí, je možné měřidlo označit kalibrační známkou. Perioda měření je zde stanovena na 6 let. Pokud jsou hodnoty mimo toleranci, je nutné měřidlo vyřadit z provozu.

3.4 Závité kalibry vnitřní

Jsou to měřidla, která se používají ve strojní výrobě ke kontrole vyrobených závitů, zdali jsou v pořádku a nemají nějakou konstrukční vadu. Tyto kalibry jsou vždy v páru (obr. 10). Jeden má vyhovující závit, a druhý je zmetkový, označený červenou tečkou nebo proužkem. Takový kalibr - kroužek, pokud jde našroubovat, určí špatný výrobek.



Zdroj: Vlastní zdroj

Obr. 10 Závité kroužky

Před zkoušením rozměru, je nutné měřidlo očistit a vizuálně zkontrolovat. Na těchto měřidlech se nepřipouští žádné vady na měřící ploše. Následně se nechá

měřidlo minimálně jednu hodinu temperovat a poté je možné zahájit zkoušení rozměru. To jde dvěma možnými způsoby. První je **závitovými porovnávacími trny** (viz kapitola 3.3) nebo pomocí **dvoukuličkové metody** na digitálním délkovém měřidle.

Měření pomocí závitových porovnávacích trnů je jednoduché. Spočívá v našroubování trnu do měřeného kroužku. Nejde-li našroubovat trn s opotřebeným závitem do kalibru, poté je v pořádku. Projde-li ale tento závitový trn, je kroužek špatný a musí se vyřadit. Kontrolní trn s minimálním rozměrem závitu musí jít našroubovat bez použití síly. Trn s maximálním rozměrem závitu naopak nesmí jít našroubovat dále než jednu otáčku z každé strany. Tato metoda se používá pro závitové kalibry vnitřní s rozměrem do 12 mm, protože další metoda neumožňuje měřit menší rozměry než je tento.

Druhá metoda je určena pro kroužky s rozměrem nad 12 mm. Používají se speciální kuličkové doteky, které se připevní na posuvné části délkoměru. Kuličky mají různé velikosti pro různá stoupání závitů (viz tabulka 3).

Tab. 3 Tabulka průměru doteku kuličky a stoupání závitu

| Ø kuličky doteku | Stoupání závitu |
|------------------|-----------------|
| 0,8 | 0,8 – 1,75 |
| 1,35 | 2 - 3 |
| 1,8 | 3 - 4 |
| 2,3 | 4 |

Zdroj: Interní dokumentace

K této metodě jsou také zapotřebí Johnsonovi měrky, kterými si seskládáme střední průměr závitu měřeného kroužku. Tento blok, se umístí do přípravku mezi čelisti s přesnými výřezy a utáhne se, aby se rozměr nezměnil (obr. 11). Čelisti jsou dva druhy. Pro metrické závity je to úhel 60°, pro trubkové závity je to úhel 55°. Takto nastavený přípravek se umístí na měřicí stůl délkového měřidla. Pomocí takto nastaveného přípravku se „vynuluje“ délkové měřidlo. Přípravek se vyjme a místo něho se vloží již zkoušený závitový kroužek. Měřícím stolem se najde tzv. vratný bod. To je místo, kde je maximální průměr kroužku.



Zdroj: Vlastní zdroj

Obr. 11 Přípravek pro měření vnitřních závitových kalibrů

Měření probíhá dvakrát z každé strany, vždy pootočen o 90°. Hodnoty nesmí přesáhnout toleranční pole, které je určeno v tabulkách. Pokud je kroužek v pořádku, bez závad, vylepí se mu kalibrační známka s datem příští kontroly. Perioda kontrol je stanovena jednou za dva roky. Pokud jsou toleranční meze překročeny, musí se dát měřidlo opravit nebo vyřadit z provozu.

3.5 Shrnutí

V této kapitole se autor věnoval podrobné analýze postupů měření měřidel v procesu jejich kalibrace. Jsou zde podrobně popsány postupy čtyř měřidel, a to nastavovací kroužky, číselníkové úchylkoměry, závitové porovnávací trny a závitové kalibry vnitřní. Tato měřidla jsou hojně používána v každé strojní výrobě, proto je důležitá jejich přesnost.

V první části jsou analyzovány měřící postupy u nastavovacích kroužků. Tato měřidla jsou vždy v páru, kde se jednotlivé rozměry těchto dvou měřidel liší o 0,005 mm. To je z důvodu vymezení horní a dolní tolerance. Měření probíhá číselníkovým úchylkoměrem se speciálními doteky. Aby se mohla zahájit

kalibrace, musí být měřidlo řádně očištěno, zkontrolováno a hlavně musí mít správnou teplotu laboratoře. Pokud je toto zajištěno, může se začít měřit. Tato metoda měření má výhodu v rychlosti, je možné ji provádět kdekoliv v metrologické laboratoři a pro více nastavovacích kroužků je možné použít jedno měřidlo, protože se mění pouze speciální doteky. Naopak za nevýhodu autor považuje nižší přesnost v měření. Ta může být způsobena špatným úhlem pohledu na ciferník měřidla nebo chybným pracovním postupem.

Ve druhé části byl popisován postup kontroly přesnosti číselníkových úchylkoměrů. Tato měřidla se používají v každém provozu a mnohdy nesou následky neúplně šetrného zacházení, opotřebení a proto je nutné je kontrolovat, zdali vykazují správné hodnoty. Nejprve, než se zahájí měření, je nutné si zjistit, jaký má dané měřidlo rozsah. Pokud je do 25 mm, poté se používá stacionární stojánek s otočným kotoučem a pinolou se stupnicí. V opačném případě, pokud je rozsah větší jak 25 mm, se používá délkoměr s digitálním odečtem. Aby bylo měření kvalitní, musí se nejprve zkontrolovat, zdali někde měřidlo nevázne a popřípadě ho opravit a promazat. Naměřené hodnoty se poté zapisují do předdefinovaného protokolu, ze kterého se následně vypočítává vyhodnocení. Jako hlavní nevýhodu zde autor spatřuje nepřesnost v měření, způsobenou špatným odečtem jak ze stupnice kalibračního měřidla, tak i z ciferníku či displeje měřeného úchylkoměru.

V následující subkapitole byla provedena analýza závitových porovnávacích trnů. Jsou to měřidla, kterými se kontrolují vnitřní závitové kalibry a jsou používány pouze v metrologické laboratoři. U těchto měřidel je více metod, jak zjistit jejich rozměr. Buď je to speciálními doteky, které se přidělají na pasometr, nebo se to provádí pomocí třídrátkové metody. Před zahájením měření je nutné závity řádně očistit, aby se nevnášela chyba při měření. Následně je nutné naměřené hodnoty kontrolovat s tabulkami. Závitové porovnávací trny jsou v sadách po šesti kusech. Vždy jsou tři od dobrého a tři od zmetkového závitu. Každá tato trojice pak obsahuje maximální, minimální a opotřeбенý závit. Zde se autor domnívá, že je to stabilní metoda měření, při které nevznikají neshody.

Posledními analyzovanými měřidly jsou vnitřní závitové kalibry. Tato měřidla se na rozdíl od předchozích používají ve výrobě ke kontrole vyrobených závitů. Před kontrolou se musí nechat kalibr alespoň jednu hodinu temperovat, aby byla

správná teplota pro kalibraci. Samotná kalibrace může probíhat více metodami. Jedna z nich je pomocí závitových porovnávacích trnů, kde maximální a opotřeбенý rozměr závitu nesmí jít našroubovat dále jak jednu otáčku z každé strany. Naopak minimální rozměr závitu musí jít našroubovat až do konce a bez použití síly. Druhá metoda spočívá v měření závitů pomocí kuliček připevněných na speciální držáky. Ty se následně upnou do měřicího zařízení. Kuličky mají různé rozměry a naměřené hodnoty se musí kontrolovat s tabulkami. Tuto metodu je možné používat pro závitové kalibry s rozměrem závitu nad 12 mm. Tyto metody jsou jednoduché a rychlé, proto se zde nevnášší mnoho chyb při měření.

Pokud měřidlo projde měřicím postupem a je schváleno k používání ve výrobě, musí se jeho hodnoty zaevidovat do programu, aby byla zajištěna jeho historie. Poté se odstraní stará kalibrační značka a nalepí se nová s datem příští kontroly. Všechna měřidla mají stanovenou periodicitu kontrol, která se liší s každým druhem měřidla. Posledním krokem při kalibraci je měřidlo nakonzervovat, aby nedocházelo ke korozi.

Výstupem procesu kalibrace měřidel je tzv. kalibrační list, který potvrzuje, že kalibrace byla provedena. Tento list může být jak v listinné, tak i v elektronické podobě. Je na něm uvedeno, kým byla provedena, kdy a kde, jaké hodnoty byly naměřeny a jaké má měřidlo tolerance. Společnost je povinna tyto listy skladovat a uchovávat pro případ kontroly.

4 Návrh opatření pro měření v procesu kalibrace měřidel

Po analýze současných postupů měření v procesu kalibrace a konzultace s příslušnými pracovníky metrologické laboratoře byla nalezena místa, která se mohou optimalizovat. V této kapitole budou navržena opatření, která by usnadnila práci a zvýšila efektivitu při měření. V první subkapitole je popsán přístroj na měření číselníkových úchylkoměrů, který eliminuje možné chyby a automaticky vyhodnocuje výsledky měření. Další navrhované opatření se týká délkové roztažnosti kovů, které je způsobeno vyzařováním tělesného tepla. Poslední subkapitola je věnována vývojovým diagramům, které autor postrádá v pracovních postupech.

4.1 Měřicí stanice OPTIMAR 100

Jednou z činností, které provádí metrologická laboratoř v rámci měření v procesu kalibrace měřidel je kontrola číselníkových úchylkoměrů. Tato činnost byla již popsána v kapitole 3.2, kde jsou popsány i způsoby, jak lze tato měřidla kontrolovat. Ve výše popisovaných metodách je vyšší riziko zanesení chyby, které může být způsobeno lidským faktorem. Ty nejčastější mohou být způsobeny špatným odečtem ze stupnice, či špatným postupem při samotném měření. Další nevýhoda je v ručním zapisování všech hodnot do kalibračního protokolu a následné vyhodnocování. Proto je navrhován přístroj, který všechny tyto zápory eliminuje.

Měřicí stanice Optimar 100 od společnosti Mahr spol. s r.o. je velice přesný digitální přístroj s rozsahem délky měření až 100 mm. Nahrazuje dosavadní metody měření v procesu kalibrace a to s několikanásobně vyšší přesností. Dále sám zaznamená všechny naměřené hodnoty a vypočítá výsledné parametry. Cílem tohoto přístroje je zkrátit čas při zkoušení úchylkoměrů a zpřesnit měření. Pro pracovníka by to znamenalo i kvalitnější podmínky pro práci.

Jednou z výhod tohoto stroje je rychlá analýza obrazu pomocí kamery, která je připevněna k základně. Další výhodou jsou jeho malé rozměry. Samotná stanice má obdélníkovou podstavu s rozměry 235 x 213 mm a výšku 480 mm. Ovšem aby byla sestava kompletní, musí být pod měřicí stanicí ještě základna, na které je sloup s již zmiňovanou kamerou a stálým LED osvětlením, které nepožaduje denní světlo. Takto sestavené zařízení má rozměry 550 x 400 x 600 mm a hmotnost

20kg. Aby mohla stanice fungovat, je zapotřebí mít počítač s USB portem 3.0 a operačním systémem Windows 7 nebo 10. Přesnost měření je 0,02 μm . Samotné používání přístroje je jednoduché a školení zajistí dodavatel zařízení. Hlavní výhodou je, že během měření není zapotřebí přítomnosti operátora. (CW CompositesWorld, 2018)

Jediná nevýhoda, kterou toto zařízení má, je vysoká pořizovací cena. Ta se pohybuje okolo 33 000 € za měřicí stanici s počítačem, monitorem a optickou myší, jak je vidět na obrázku 12. Cena také zahrnuje školení, kalibraci a uvedení celého zařízení do provozu.



Zdroj: CW CompositesWorld, 2018

Obr. 12 Měřicí stanice pro měření číselníkových úchylkoměrů

4.2 Zamezení délkové roztažnosti měřidel

Hlavním problémem, který nastává při měření, je délková roztažnost měřidel. Tím jak člověk dýchá a vyzařuje tělesné teplo, tak ovlivňuje i okolní předměty včetně zkoušených měřidel.

To lze zabránit kvalitní ventilací nebo prouděním vzduchu ve všech částech místnosti. Proudění vzduchu lze vyřešit přenosným ventilátorem, ovšem ten způsobuje vibrace, které mohou rušit jiné přístroje při práci.

Dalším řešením, jak se zbavit nadměrného tepla, je použití průhledného štítu s upínacím mechanismem na desku stolu, který odvede vyzařované teplo bokem mimo měřidla. Ten by musel mít takové rozměry, které by nebránili pracovníkovi ve výkonu měření. Ideální velikost je, aby štít zakrýval celý měřicí stroj a uprostřed byly vyvrtané dva otvory, kterými by bylo možné obsluhovat měřidla. Materiál je navrhován z polymetakrylátu, neboli plexiskla, který je lehký a odolný nárazu. Autor provedl průzkum cen nabízených výrobků na trhu a průměrná cena 1 m² tohoto materiálu při síle stěny 2mm je 350 Kč bez DPH.

4.3 Vývojový diagram

Dalším navrhovaným řešením pro zlepšení práce při metrologických činnostech je využívání vývojových diagramů v pracovních postupech. Vývojové diagramy vedou pracovníka bod po bodu, ke správnému konci. Pomocí takto vytvořených diagramů (příloha 3) lze uspořit mnoho času ve výkonu práce, protože pracovník nemusí hledat správné řešení a rozhodnutí v dlouhých textech v pracovních postupech, které může navíc špatně pochopit. Vývojové diagramy jsou stručně, ale výstižně formulovány. Společně s grafickou úpravou je tento nástroj velice dobrý. Autor zde vytvořil jednoduchý univerzální vývojový diagram, který lze použít pro více měřidel. Zároveň si myslí, že by bylo vhodné ho zařadit do pracovních postupů, ve kterých chybí.

4.4 Shrnutí

V první části této kapitoly se autor zaměřil na přístroj, který měří číselníkové úchylkoměry. Tento přístroj se skládá z počítače a speciálního měřidla, které má svoji základnu. Měřidlo se upne do upínacího zařízení a počítačový software následně změří dané měřidlo s přesností 0,02 μm. Poté co je ukončeno měření, proběhne automaticky vyhodnocení, které v současnosti vypracovává pracovník metrologické laboratoře. Mezi hlavní výhody tohoto zařízení patří bezchybnost měření, kterou toto zařízení má. Do záporných stránek se řadí cena, která přesahuje 30 000€.

V další subkapitole autor navrhuje výrobu zařízení, které by odvádělo tělesné teplo vyzařované pracovníkem. Toto teplo záporně ovlivňuje zkoumaná měřidla, která následně mohou vykazovat hodnoty mimo toleranční pole.

Poslední část je zaměřena na vývojové diagramy, které zjednodušují pochopení pracovních postupů při kalibraci jednotlivých měřidel. Autor zde jeden vývojový diagram navrhl, a myslí si, že by se do pracovních postupů mohl zařadit.

Aby byla zajištěna kvalitní kalibrace měřidel, je nutné mít nejen kvalitní měřicí zařízení, které eliminuje co nejvíce chyb, ale také mít odborně proškolené pracovníky. Pokud jedna z těchto složek nebude zajištěna, je zde velké riziko špatně odvedené kalibrace a tím i následně vyrobené produkty.

Závěr

Cílem bakalářské práce bylo charakterizovat základní východiska v oboru metrologie a popsat činnosti metrologické laboratoře provádějící měření v procesu kalibrace nových i stávajících měřidel. V praktické části autor analyzoval jednotlivé postupy měření v procesu kalibrace měřidel a navrhl některá opatření, která vedou ke zlepšení kvality měření.

V teoretické části bakalářské práce byla popsána metrologická laboratoř společně s jejími hlavními činnostmi, kterými jsou vzorkování, měření kruhovitosti a souososti, měření drsnosti povrchu a evidence měřidel do softwaru. Poté byl definován obor metrologie a subjekty, které s ním souvisejí a jejich vzájemná vazba. Dále autor definoval, co to jsou měřidla a jejich hlavní rozdělení do třech skupin, kterými jsou míra, měřicí přístroje a měřicí transduktory. Na závěr teoretické části byl charakterizován rozdíl mezi kalibrační měřidel a ověřováním měřidel.

V praktické části bakalářské práce autor nejprve popsal a zanalyzoval současný stav zkoumání rozměru měřidel v procesu kalibrace měřidel. Tato část je zaměřena na čtyři druhy měřidel, kterými jsou nastavovací kroužky, číselníkové úchylkoměry, závitové porovnávací trny a vnitřní závitové kalibry. Tato měřidla jsou hojně používána ve strojní výrobě, a proto je zapotřebí, aby byla zajištěna jejich vysoká kvalita měření. Následně jsou popsány jednotlivé metody, které blízce souvisejí s těmito činnostmi. Mezi popsané metody patří například zjišťování rozměru nastavovacích kroužků. Zde je používáno měřidlo s číselníkovým ciferníkem a pomocí vyměnitelných doteků je možné tímto měřidlem zkoumat více průměrů. Dále je popsána třídrátková metoda, která se používá k měření velikosti závitu u závitových porovnávacích trnů. Tuto metodu je možné nahradit jinou metodou, která je jednodušší pro práci, ale je k ní zapotřebí mít měřidlo, na které se uchyť speciální doteky ve tvaru daného zkoumaného závitu. Následně je možné mezi tyto doteky vložit závitový trn a změřit velikost. Naměřené hodnoty se musí vždy shodovat buď s hodnotou napsanou na měřidle, nebo uvedenou v tabulkách. Všechny hodnoty mají stanovené toleranční meze, ve kterých se musejí pohybovat. Pokud tomu tak není, je nutné měřidlo vyřadit nebo opravit.

Součástí praktické části bylo také navržení opatření, které vede ke zlepšení kvality měření některých měřidel. Autor zde navrhoval zakoupení nového měřicího přístroje pro číselníkové úchylkoměry, u kterého pracovník uchytí zkoumaný číselníkový úchylkoměr a spustí program. Celé měření a následné vyhodnocení provádí samotný program automaticky s velikou přesností. Dalším návrhem bylo vytvoření ochranného štítu z průhledného materiálu proti působení tepla vyzařované lidským tělem. Toto teplo ovlivňuje zkoumaná měřidla tím, že mění svojí skutečnou velikost a následně mohou být mimo toleranční pole. Posledním navrhovaným opatřením byla implementace vývojového diagramu do pracovních postupů pro lepší pochopení těchto činností. Všechna tato opatření vedou ke zlepšení produktivity práce při měření v procesu kalibrace.

Seznam literatury

TŮMOVÁ, Olga. *Metrologie a hodnocení procesů*. Praha: BEN, 2010. 231 s. ISBN 978-80-7300-249-7.

MLČOCH, L. *Strojírenská metrologie*. 1. vydání Praha: ČVUT, 1971. 313 s.

DYNYBYL, V. – KOLEKTIV AUTORŮ. *Výkonová metrologie.: Experimentální podpora vývoje a inovací mechanismů ve strojírenství*. 1. vydání Praha: ČVUT, 2009 ISBN 978-80-01-04325-7.

Dr. Ing. ŠINDELÁŘ, Václav, CSc. a Ing. TŮMA, Zdeněk. *METROLOGIE její vývoj a současnost*. Praha: Česká metrologická společnost, 2002

Zákon č. 505/1990 Sb. o metrologii [online] 2017 [cit. 2018-08-24]. Dostupné z: <https://www.tzb-info.cz/pravni-predpisy/zakon-c-505-1990-sb-o-metrologii>

EVANS, James R., LINDSAY, William M. *Managing for Quality and Performance Excellence*. Mason, OH: Cengage Learning, 2016. 701 pages. ISBN 9781305662544

NENADÁL, Jaroslav – kolektiv autorů. *Management kvality pro 21. století*. Praha: MANAGEMENT PRESS, 2018 ISBN 978-89-7261-561-2

VDA 2, Zjišťování kvality před sériovou výrobou, 5. přepracované vydání 2012 (české 2013), Česká společnost pro jakost, Novotného Lávká 5, Praha 1, ISBN 978-80-02-02443-9

ČSN EN ISO/IEC 17025 (015253) - Všeobecné požadavky na kompetenci zkušebních a kalibračních laboratoří. Praha: Česká agentura pro standardizaci, 2018. Třídící znak 01 5253

ČSN EN ISO 4288 (014449) – Geometrické požadavky na výrobky (GPS) – Struktura povrchu: Profilová metoda – Pravidla a postupy pro posuzování struktury povrchu. Praha: ČESKÝ NORMALIZAČNÍ INSTITUT, 1999. Třídící znak 01 4449

ČSN EN ISO 10012 (010360) – Systémy managementu měření – Požadavky na procesy měření a měřicí vybavení. Praha: ČESKÝ NORMALIZAČNÍ INSTITUT, 2003. Třídící znak 01 0360

Interní dokumentace ARGO Hytos s.r.o. 2018

MM Průmyslové spektrum, *Objektivní měření kruhovitosti* [online]. 2013 [cit. 2018-11-07] Dostupné z: <https://www.mmspektrum.com/clanek/objektivni-mereni-kruhovitosti.html>

CW CompositesWorld, *Mahr expands OPTIMAR 100* [online]. 2018 [cit. 2018-09-18]. Dostupné z: www.compositesworld.com

Seznam obrázků a tabulek

Seznam obrázků

| | |
|--|----|
| Obr. 1 3D měřicí stroj | 10 |
| Obr. 2 Stanice pro měření kruhovitosti a souosotí..... | 11 |
| Obr. 3 Princip ověření stanovených měřidel..... | 18 |
| Obr. 4 Dvojice nastavovacích kroužků | 20 |
| Obr. 5 Kontrola rozměru nastavovacího kroužku | 21 |
| Obr. 6 Číselníkový úchylkoměr s mechanickým převodem a upínacím stojanem | 23 |
| Obr. 7 Sada závitových porovnávacích trnů | 25 |
| Obr. 8 Sada drátků pro měření závitů | 26 |
| Obr. 9 Umístění drátků v závitě | 26 |
| Obr. 10 Závitové kroužky | 27 |
| Obr. 11 Přípravek pro měření vnitřních závitových kalibrů | 29 |
| Obr. 12 Měřicí stanice pro měření číselníkových úchylkoměrů | 33 |

Seznam tabulek

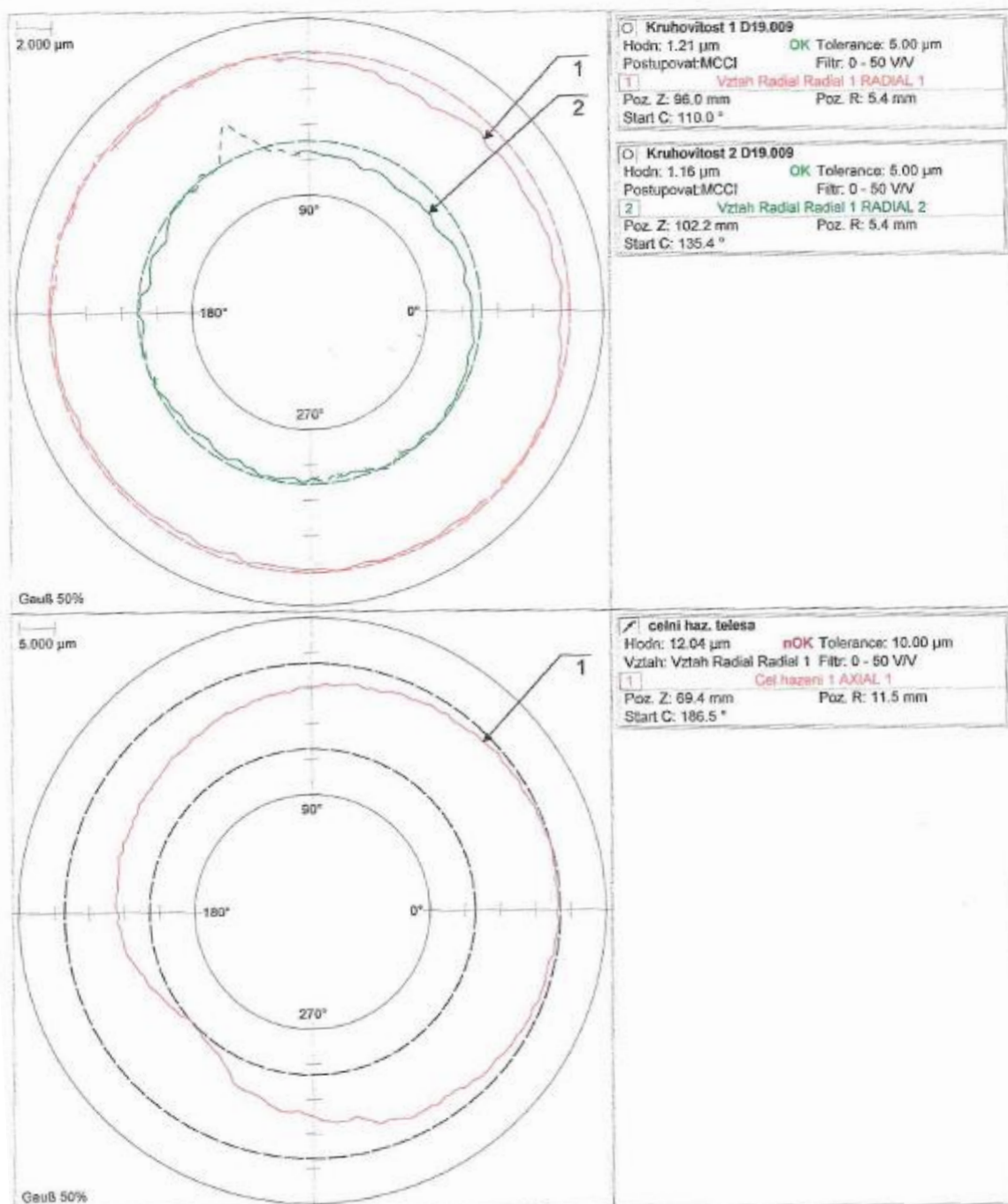
| | |
|--|----|
| Tab. 1 Dílčí disciplíny metrologie..... | 13 |
| Tab. 2 Dovolené úchyly rozměrů | 22 |
| Tab. 3 Tabulka průměru doteku kuličky a stoupání závitů..... | 28 |

Seznam příloh

| | |
|--|----|
| Příloha č. 1 Protokol měření kruhovitosti | 42 |
| Příloha č. 2 Kalibrační protokol číselníkového úchylkoměru | 43 |
| Příloha č. 3 Vývojový diagram procesu kalibrace měřidel | 44 |

Příloha č. 1 Protokol měření kruhovitosti

| | | |
|--|---------------|---|
| Dodavatel | Test plan | hommel etamic F4000 |
| Zakazka | Etalon | |
| Merici zarizeni FORM 4004-550 | Cislo vykresu | |
| Nazev vykresu MEIDLO SOUOSOSTI | Kontrolor | SW-Version V 8.22 |
| Poznamka | | Datum 29.04.2016 |
| | | Uhrzeit 10:45:11 |



Příloha č. 2 Kalibrační protokol číselníkového úchylkoměru

| <u>KALIBRAČNÍ LIST</u> | | | | | | | | | | |
|---|----|-----|--------|----|-----|--------------------|----|-----|----|--------|
| Číselníkový úchylkoměr : 1/1000 | | | | | | Volný zdvih: 60 mm | | | | |
| Číslo: | | | | | | Uživatel: | | | | |
| Datum: | | | | | | Platí do: | | | | |
| Měřil: | | | | | | Podpis: | | | | |
| Certifikační list má platnost dva roky . Po této době je držitel pracovního měřidla povinen předložit měřidlo k novému ověření bez vyzvání. | | | | | | | | | | |
| S | I. | II. | S | I. | II. | S | I. | II. | C | VR |
| 0 | | | 0.800 | | | 17.500 | | | | 30.000 |
| 0.005 | | | 0.850 | | | 20.000 | | | 1 | |
| 0.010 | | | 0.900 | | | 23.500 | | | 2 | |
| 0.015 | | | 0.950 | | | 25.000 | | | 3 | |
| 0.020 | | | 1.000 | | | 27.500 | | | 4 | |
| 0.025 | | | 1,500 | | | 30.000 | | | 5 | |
| 0.030 | | | 2,000 | | | 30.020 | | | 6 | |
| 0.035 | | | 2,500 | | | 30.040 | | | 7 | |
| 0.040 | | | 3,000 | | | 30.060 | | | 8 | |
| 0.050 | | | 3,500 | | | 30.080 | | | 9 | |
| 0.080 | | | 4,000 | | | 30.100 | | | 10 | |
| 0.100 | | | 4,500 | | | 30.105 | | | | |
| 0.150 | | | 5,000 | | | 30.110 | | | | |
| 0.200 | | | 5,500 | | | 32.500 | | | | |
| 0.250 | | | 6,000 | | | 35.000 | | | | |
| 0.300 | | | 6,500 | | | 37.500 | | | | |
| 0.350 | | | 7,000 | | | 40.000 | | | | |
| 0.400 | | | 7,500 | | | 42.500 | | | | |
| 0.450 | | | 8,000 | | | 45.000 | | | | |
| 0.500 | | | 8,500 | | | 47.500 | | | | |
| 0.550 | | | 9,000 | | | 50.000 | | | | |
| 0.600 | | | 9,500 | | | 52.500 | | | | |
| 0.650 | | | 10,000 | | | 55.000 | | | | |
| 0.700 | | | 12.500 | | | 57.500 | | | | |
| 0.750 | | | 15.000 | | | 60.000 | | | | |

S ... stupnice : hodnoty v mm
 I.... měření v hodnotě stoupající [v mikrometrech]
 II. ... měření v hodnotě klesající [v mikrometrech]
 VR ... variační rozpětí: opakované měření v místě s největší hysterezí
 Hystereze : μm
 Přesnost v rozsahu 0,1 mm : μm
 Přesnost v rozsahu 1,00 mm : μm
 Přesnost v rozsahu 10,0 mm : μm
 Přesnost v celém rozsahu: μm
 Variační rozpětí: μm
 Teplota vzduchu v laboratoři při měření: C°
 Vlhkost vzduchu v laboratoři při měření: %

Třída přesnosti : strana 1 z 1

vydáno:

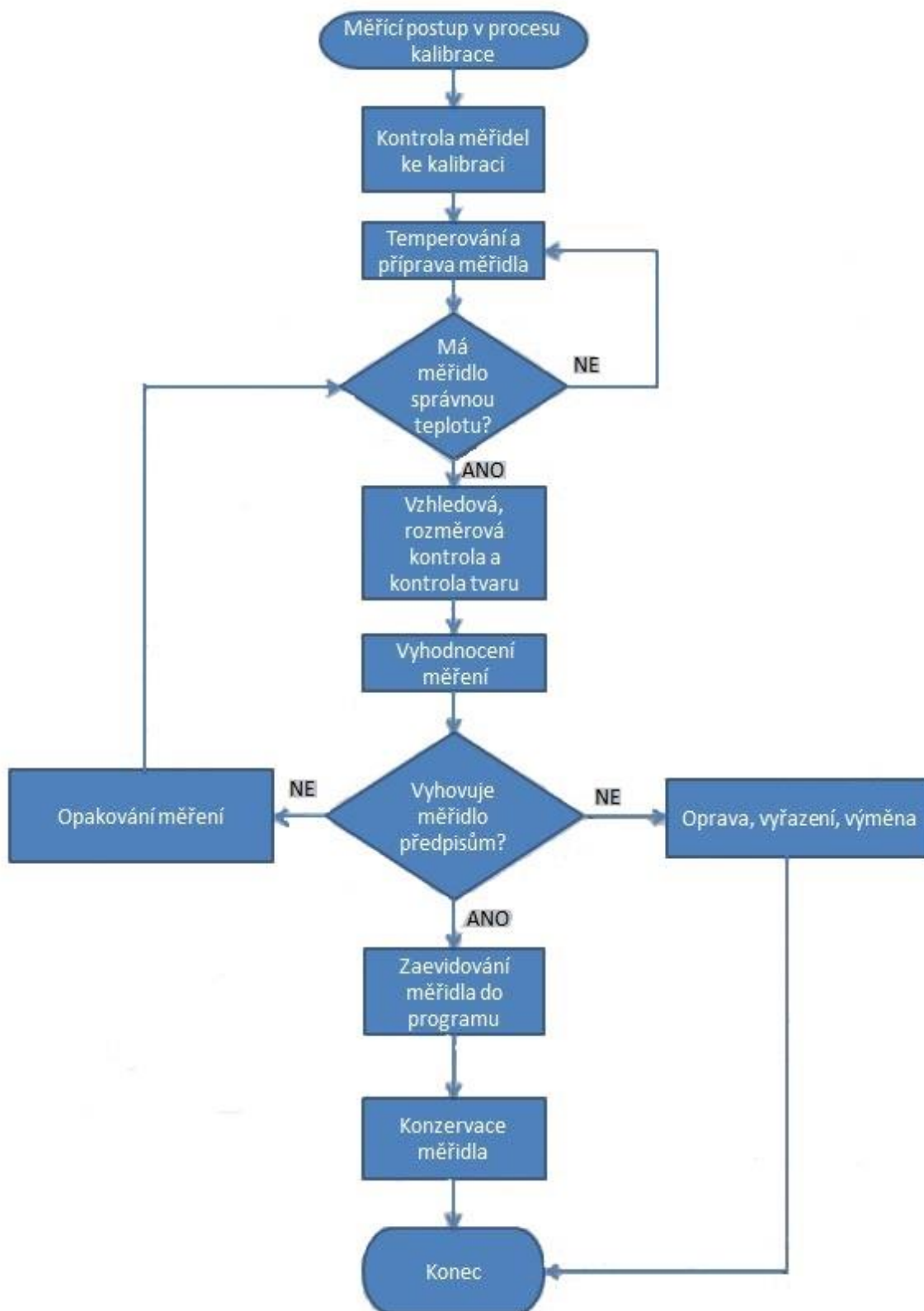
změna:

vypracoval QMH:

schválil QM:

F 11-126-7.1

Příloha č. 3 Vývojový diagram procesu kalibrace měřidel



ANOTAČNÍ ZÁZNAM

| | | | |
|----------------------|--|----------------------|------|
| AUTOR | Martin Bartoň | | |
| STUDIJNÍ OBOR | 6208R186 Podniková ekonomika a řízení provozu, logistiky a kvality | | |
| NÁZEV PRÁCE | Měřicí postupy v procesu kalibrace měřidel | | |
| VEDOUCÍ PRÁCE | Ing. et Ing. Martinu Foltovi, Ph. D., EUR ING | | |
| KATEDRA | KLRK - Katedra logistiky a řízení kvality | ROK ODEVZDÁNÍ | 2018 |
| POČET STRAN | 44 | | |
| POČET OBRÁZKŮ | 12 | | |
| POČET TABULEK | 3 | | |
| POČET PŘÍLOH | 3 | | |
| STRUČNÝ POPIS | <p>Tato bakalářská práce je zaměřena na metrologickou laboratoř a její hlavní činnosti. Popisuje a definuje co je to metrologie, k jakému účelu slouží a proč je ve výrobních společnostech důležitá. Cílem bakalářské práce je popsat pracovní postupy při měření měřidel v procesu kalibrace měřidel a navrhnou opatření, která povedou ke zlepšení kvality prováděné práce. V praktické části, jsou popsány pracovní postupy kalibrace čtyř měřidel, která se často vyskytují ve strojní výrobě. V závěru bakalářské práce byla na základě pozorování zkušeného pracovníka a následné konzultace navrhuta opatření, která zvýší kvalitu práce a zlepší pracovní podmínky. Navrhovanými opatřeními je zakoupení měřicího přístroje pro číselníkové úchylkoměry, zamezení délkové roztažnosti měřidel a implementaci vývojových diagramů do pracovních postupů.</p> | | |
| KLÍČOVÁ SLOVA | Metrologie; metrologická laboratoř; měřidla; pracovní postupy; kalibrace měřidel | | |

ANNOTATION

| | | | |
|-----------------------------|--|-------------|-------------|
| AUTHOR | Martin Bartoň | | |
| FIELD | 6208R186 Business Administration and Operations, Logistics and Quality Management | | |
| THESIS TITLE | Measure processes in the gauge calibration process | | |
| SUPERVISOR | Ing. et Ing. Martinu Foltovi, Ph. D., EUR ING | | |
| DEPARTMENT | KLRK - Department of Logistics and Quality Management | YEAR | 2018 |
| | | | |
| NUMBER OF PAGES | 44 | | |
| NUMBER OF PICTURES | 12 | | |
| NUMBER OF TABLES | 3 | | |
| NUMBER OF APPENDICES | 3 | | |
| | | | |
| SUMMARY | <p>This bachelor thesis is focused on metrology laboratory and its main activities. It describes and defines what metrology is, what purpose it serves and why it is important in manufacturing companies. The aim of the bachelor thesis is to describe the workflows in the measurement of gauges in the gauge calibration process and to propose measures that will improve the quality of the work performed. In the practical part of this work, the working procedures for the calibration of four gauges, which are often found in machine production, are described. At the end of the bachelor thesis, on the basis of the observation of the experienced worker and the subsequent consultation, measures were proposed to increase the quality of work and improve working conditions. Suggested options are the purchase of a meter for dial gauges, the avoidance of gauging lengths and the implementation of flowcharts in workflows.</p> | | |
| KEY WORDS | <p>Metrology; metrology laboratory; gauges; work instructions; calibration of gauges</p> | | |