

Zavedení metrologických postupů pro zahájení výroby nového produktu ve strojírenství.

Roman Hrnčář

Bakalářská práce
2011



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

nascannované zadání s. 1

nascannované zadání s. 2

*** naskenované Prohlášení str. 1***

*** naskenované Prohlášení str. 2***

ABSTRAKT

Práce se zabývá vytvořením metrologických postupů nového výrobku ve firemním prostředí. Shrnuje poznatky z oboru metrologie. Vypracované postupy měření, kalibrací a kontrol byly zavedeny do výroby.

Klíčová slova: metrologie, měření, kalibrace

ABSTRACT

This baccalaurean essay is focusing on the metrological requirement by the implementation of a new product into a production. It summarises findings from the metrological branch.

Keywords: metrology, measurement, calibration.

Citát:

„Měřit vše měřitelné, neměřitelné učinit měřitelným“

Galileo Galilei †1643

Poděkování:

Chtěl bych zde poděkovat za odborné vedení, dobré připomínky a cenné rady při zpracování mé práce mému vedoucímu doc. Dr. Ing. Vladimíru Patovi.

Taktéž neopomenu poděkovat mé rodině, firmě Linde Wiemann, která mi umožnila přístup k podnikovým datům a i ostatním lidem, kteří mi jakýmkoliv způsobem při vypracování mé práce pomohli.

Prohlašuji, že odevzdaná verze bakalářské/diplomové práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

OBSAH

ÚVOD	11
I TEORETICKÁ ČÁST	12
1 METROLOGIE	13
1.1 ROZDĚLENÍ METROLOGIE	13
1.1.1 Vědecká metrologie	13
1.1.2 Legální metrologie	13
1.1.3 Průmyslová metrologie	13
1.1.4 Proces měření	14
1.2 VYMEZENÍ POJMŮ V METROLOGII	15
1.2.1 Přesnost	15
1.2.2 Jednotka.....	15
1.2.3 Hodnota veličiny	16
1.2.4 Opakovatelnost.....	16
1.2.5 Reprodukovatelnost.....	16
1.2.6 Měřidlo	16
1.2.7 Měřicí zařízení	16
1.2.8 Monitorování.....	17
1.2.9 Shoda výrobků	17
1.2.10 Referenční materiál	17
1.2.11 Etalony – zhmotnělá míra	17
1.2.12 Ověřování a kalibrace měřidel	17
1.2.13 Kalibrační postup	18
1.2.14 Rekalibrace a rekalibrační intervaly.....	19
1.2.15 Návaznost měřidel.....	19
1.2.16 Nejistoty měření	21
1.2.17 Justování.....	23
1.2.18 Evidence měřidel.....	23
1.2.19 Kalibrační list.....	24
1.2.20 Metrologický řád.....	24
1.2.21 Matice odpovědnosti	25
2 MĚŘENÍ	25
2.1 PODMÍNKY MĚŘENÍ	25
2.2 DĚLENÍ MĚŘÍCÍCH METOD.....	25
2.2.1 Dle fyzikálního principu	25
2.2.2 Dle způsobu určení měřené délky	26
2.2.3 Dle zajišťování měřené veličiny	26
2.3 ROZDĚLENÍ MĚŘIDEL DLE VÝSTUPNÍHO SIGNÁLU	27
2.3.1 Analogový přístroj	27
2.3.2 Digitální přístroj	27
2.4 ROZDĚLENÍ MĚŘIDEL Z HLEDISKA PODNIKOVÉ METROLOGIE.....	27
2.4.1 Etalony – zhmotněná míra	27
2.4.2 Stanovená měřidla	27
2.4.3 Pracovní měřidla	28
2.4.4 Orientační měřidla.....	28

2.5	MĚŘIDLA DÉLKY A JEJICH ROZDĚLENÍ	29
2.6	MĚŘIDLA PRO VYHODNOCOVÁNÍ SVARŮ	30
2.7	CHYBY MĚŘENÍ	32
2.7.1	Systematické chyby	32
2.7.2	Náhodné chyby	32
2.7.3	Hrubé chyby	32
2.8	ZÁZNAMY PROCESŮ MĚŘENÍ	33
3	PODNIKOVÁ METROLOGIE	33
3.1	VÝBĚR ÚKOLŮ PODNIKOVÉ METROLOGIE ZE ZÁKONA O METROLOGII	33
3.2	VÝBĚR ÚKOLŮ PODNIKOVÉ METROLOGIE Z NOREM ČSN ISO ŘADY 9000	34
3.3	VŠEOBECNÉ POŽADAVKY SYSTÉMU MANAGEMENTU MĚŘENÍ	34
3.4	ODPOVĚDNOST MANAGEMENTU	35
3.4.1	Metrologické zabezpečení	35
3.4.2	Zaměření na zákazníka	35
3.5	NÁKLADY NA MĚŘÍCÍ PŘÍSTROJ	35
3.5.1	Náklady na údržbu a kalibraci měřicího přístroje	36
3.5.2	Náklady na spotřebu energií	36
3.5.3	Náklady na pracoviště	36
3.5.4	Osobní náklady	36
3.5.5	Celkové náklady na měřicí operaci	36
3.6	ANALÝZA A ZDOKONALOVÁNÍ SYSTÉMU ŘÍZENÍ MĚŘENÍ	36
3.6.1	Auditování a monitorování	37
3.6.2	Náprava chyb	37
3.6.3	Zdokonalování	38
4	ZPŮSOBILOST MĚŘIDLA	38
4.1	METODIKA ZPŮSOBILOSTI MĚŘIDEL	39
4.1.1	Metoda SPC	39
4.1.2	Dlouhá metoda GRR – metoda průměru a rozpětí	42
II	PRAKTICKÁ ČÁST	45
5	URČENÍ ZNAKŮ A POPIS VÝROBKU	46
5.1	CÍLE PRAKTICKÉ ČÁSTI	46
5.2	POPIS VÝROBKU	46
5.3	MĚŘENÉ ZNAKY	49
6	VÝPOČET C_p A C_{pk}	49
6.1	METODIKA MĚŘENÍ	49
6.2	VYŠETŘOVÁNÍ ZPŮSOBILOSTI MĚŘIDEL – POSUVNÉ MĚŘIDLO	50
6.2.1	Metoda SPC	50
6.3	VYŠETŘOVÁNÍ ZPŮSOBILOSTI MĚŘIDEL – WELDING EXPERT	53
6.3.1	Metoda SPC	53
6.4	VYŠETŘOVÁNÍ ZPŮSOBILOSTI MĚŘIDEL – 3D CNC MĚŘÍCÍ STROJ	55
6.4.1	Dlouhá metoda GRR	55
7	METROLOGICKÉ POSTUPY	58
8	EVIDENCE MĚŘIDEL	60

8.1	ZAEVIDOVÁNÍ A PŘEHLED MĚŘIDEL V PODNIKU	60
9	METROLOGICKÝ ŘÁD.....	64
9.1	ÚČEL A CÍLE DOKUMENTU	64
9.2	ROZSAH PLATNOSTI.....	64
9.3	METROLOGIE VE SPOLEČNOSTI.....	64
9.3.1	Práva a povinnosti	64
9.4	PŘESTUPKY V OBLASTI METROLOGIE	66
9.5	POŘÍZENÍ, ZAČLENĚNÍ DO PROCESU A LIKVIDACE MĚŘIDLA.....	66
9.6	ZAJIŠTĚNÍ NESHODNÉHO MĚŘIDLA	67
9.7	ROZDĚLENÍ MĚŘIDEL.....	68
9.7.1	Etalon	68
9.7.2	Měřidla nestanovená – podléhají pouze cyklické kalibraci	68
9.7.3	Měřidla vyhrazená.....	68
9.7.4	Měřidla pomocná	69
9.8	IDENTIFIKACE MĚŘIDEL.....	69
9.9	OVĚŘOVÁNÍ, KALIBRACE A PŘEZKOUŠENÍ MĚŘIDEL	69
9.9.1	Etalon společnosti LWB	69
9.9.2	Nestanovená měřidla.....	69
9.10	OZNAČENÍ KALIBRAČNÍHO STAVU	70
9.11	MATICE ODPOVĚDNOSTI.....	71
9.12	EVIDENCE MĚŘIDEL.....	71
9.12.1	Vybavení nových měřidel dokladem o prvotní kalibraci.....	71
9.12.2	Značení a evidence měřidel po provedené kalibraci	72
9.13	VYŘAZOVÁNÍ MĚŘIDEL	72
	ZÁVĚR	74
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	75
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....	77
	SEZNAM OBRÁZKŮ	78
	SEZNAM TABULEK.....	79
	SEZNAM PŘÍLOH.....	80

ÚVOD

Již v dávných dobách, kdy člověk začal budovat svá obydlí, vyměřovat pole, prodávat zboží, počítat čas, přemýšleli lidé, jak docílit toho, aby bylo možné kdykoliv a kdekoliv postavit dům, který nespadne, neošidit se o cennou půdu nebo nerozprodat zboží bez zisku. Již před třemi tisíci lety ve starém Egyptě existoval zákon, kde hrozil trest smrti každému staviteli, který nezkalibroval své měřidlo délky při úplňku. Tehdejší mírou délky byl loket, který byl definován jako délka předloktí od lokte ke špičce nataženého prostředníčku vládnoucího faraona. Prvotní měření bylo přeneseno na černou žulu a do ní vytesáno a každý pracovník na staveništi dostal dřevěnou kopii. Tím byla zajištěna na každém staveništi stejná jednotka délky.

Ač se nám může zdát, že tento systém je nám v čase i prostoru velice vzdálen, je v trochu pozměněné verzi používán dodnes. Poměrně nedávno, v počátcích průmyslové revoluce v roce 1799 v Paříži, byla ustanovena desetinná metrická soustava uložením dvou platinových etalonů – kilogramu a metru. To byl základ pro Mezinárodní soustavu jednotek (SI).

V dnešním světě, konkrétně v Evropě, představují celkové náklady na měření celých 6 % celkového hrubého národního produktu. Metrologie má v dnešním světě nepostradatelný význam, ať už v personálním, firemním nebo vědeckém měřítku. Každodenně a kdekoliv se setkáváme s měřením, ať už vážíme zboží v obchodech, platíme složenky za energie v domě nebo si měříme tlak. Ve firemním prostředí, kde se výroba snaží produkovat co nejméně vadných kusů, v době, kdy je firemní politika ovlivňována pojmy jako Štíhlá výroba, Six Sigma a Lean Sigma, je metrologie silným nástrojem, který je jedním ze základních nástrojů jakosti. Proto se také v moderním průmyslu náklady na měření pohybují mezi 10 až 15 % celkových výrobních nákladů. A nakonec i věda, která je zcela odkázána na měření. Schopnost používat měřidla má zásadní význam pro vědecké vyhodnocování získaných výsledků.

Metrologie je pravděpodobně nejstarší mezioborovou vědou na světě a zvládnutí její aplikace je nutností prakticky ve všech oblastech lidského života. Pod svou slupkou skrývá poznatky ze všech vědních oborů, aby propojila lidské činnosti navzájem napříč demografickými a profesními hranicemi. Za tisíciletí lidské existence se potvrdilo, že život se stává snadnějším, jestliže lidstvo spolupracuje v oblasti metrologie.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 METROLOGIE

Metrologie, někdy též označována jako metronomie, je věda o měření. Toto slovo pochází z řečtiny, kde metron znamená měřidlo a logos je výraz pro řeč. Metrologie se zabývá a definuje měření různých fyzikálních, chemických a technických veličin napříč spektrem vědních oborů. [1]

1.1 Rozdělení metrologie

Metrologii lze obecně rozdělit do 3 hlavních kategorií:

1.1.1 Vědecká metrologie

Vědecká metrologie plní úlohu vývoje a organizace etalonů a jejich uchováváním. Hledá nové řešení pro zásadní problémy měření a určuje budoucí směr metrologie. [1]

1.1.2 Legální metrologie

Legální metrologie zajišťuje přesnost a měření v těch oblastech, kde tato měření zprůhledňují ekonomické transakce, zajišťují zdraví a zabezpečují bezpečnost. [3]

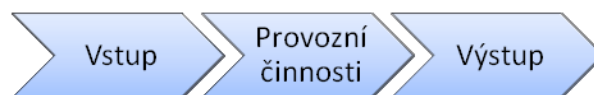
1.1.3 Průmyslová metrologie

Průmyslová metrologie, jak již název sám napovídá, zajišťuje přesnost měření v průmyslu, ve výrobních a zkušebních procesech.

Dále lze rozlišit ještě metrologii fundamentální, ta ale není v mezinárodním měřítku definována. Představuje nejvyšší úroveň přesnosti v dané oblasti užití. Fundamentální metrologii lze charakterizovat jako metrologii vědeckou, doplněnou o části legální a průmyslové metrologie, pro které je potřeba vědecké kompetence. [1]

1.1.4 Proces měření

V současné době, s přirozenými požadavky na kvalitu výrobků, procesů a služeb, vzrůstají i nároky na metrologické zabezpečení činností všech úseků organizací zabezpečujících poskytování služeb nebo výrobu výrobků. Metrologické zabezpečení neboli management měření, představuje důležitou součást řízení kvality. Aby bylo možné řídit variabilitu libovolného procesu, je třeba vědět, co by měl proces dělat, co se může pokazit a co proces dělá. Poznatky o tom, co proces dělá, se vyhodnocují na základě vyhodnocení parametrů procesu. Tyto parametry získáváme kontrolou, což není nic jiného, než sledování parametrů procesu, rozpracovaných dílů nebo dokončených produktů za pomoci vhodných etalonů a měřících zařízení, která umožní uživateli rozhodnout se, zdali proces pracuje stabilizovaným způsobem a s přijatelnou variabilitou. Tato kontrolní činnost je již sama o sobě procesem.

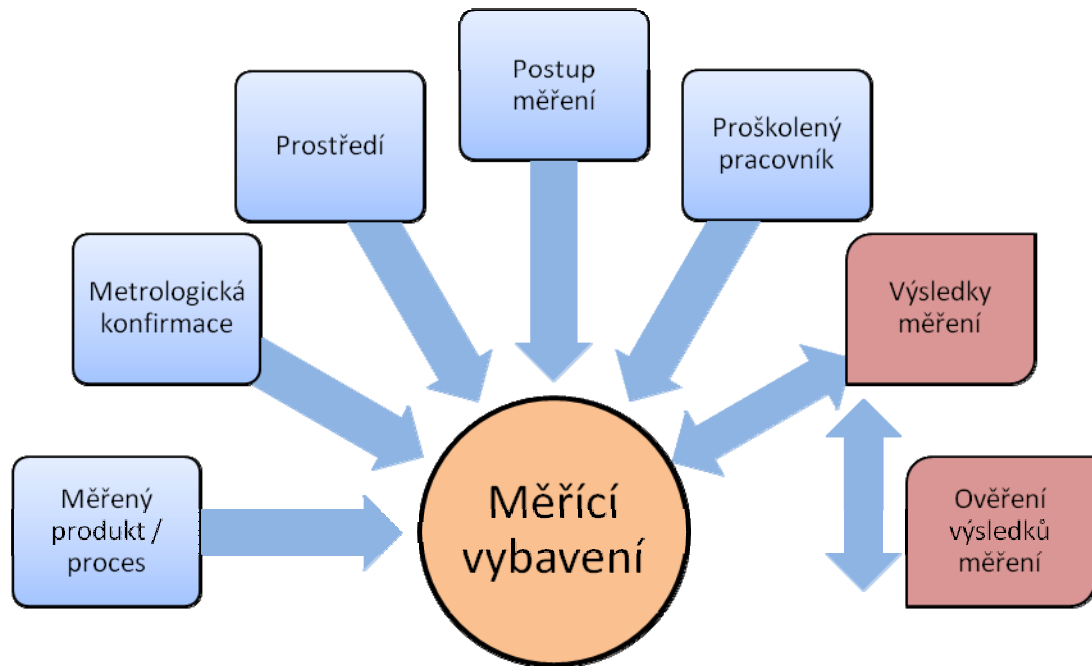


Obrázek 1: Zobrazení výrobního procesu



Obrázek 2: Princip řízení výrobního procesu

Proces měření je dle normy ISO 1001:2003 charakterizován jako sled úkonů ke stanovení hodnoty veličiny, zahrnující též činnost související se zabezpečením platnosti a správnosti tohoto měření a správnou interpelací výsledků tak, aby byly snadno pochopitelné a použitelné pro daný účel.



Obrázek 3: Schématicky zázorněný proces měření

Tento proces je vždy doplňkem jiných procesů, nemůže tudíž existovat sám o sobě. Je nutné jej vymezit, protože se dnes používá výraz „měření“ i v oblastech, které nemají s metrologií nic společného. Nebudou zde zahrnuty analýzy finančních, ekonomických, obchodních nebo marketingových útvarů, protože v těchto oblastech termín „měření“ nabývá jiného pojmu, nesplňující metrologická hlediska. Neznamená to, že tyto analýzy nejsou v rámci systému důležité, protože slouží k zvýšení spokojenosti zákazníků a poskytují prostor k neustálému zlepšování procesů. Nicméně pro vlastní systémy měření se bere ohled pouze na klasická metrologická hlediska.

1.2 Vymezení pojmů v metrologii

1.2.1 Přesnost

Těsnota shody mezi výsledkem měření a pravou hodnotou měřené veličiny.

1.2.2 Jednotka

Bližší určená veličina definovaná a přijatá konvencí, se kterou jsou porovnávány jiné veličiny stejného druhu za účelem vyjádření jejich hodnot ve vztahu k této veličině.

1.2.3 Hodnota veličiny

Velikost blíže určené veličiny obecně vyjádřena jako jednotka násobená číselnou hodnotou.

1.2.4 Opakovatelnost

Těsnost shody mezi výsledkem po sobě následujících měření téže měřené veličiny provedených za stejných podmínek

1.2.5 Reprodukovatelnost

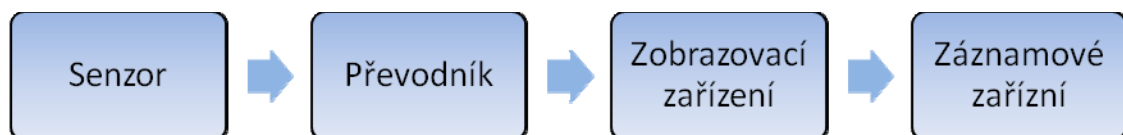
Těsnost shody mezi výsledkem po sobě následujících měření téže měřené veličiny provedených za pozměněných podmínek

1.2.6 Měřidlo

Měřidlo je obecné označení pro přístroj, nástroj nebo pomůcku, která se používá pro měření.

1.2.7 Měřící zařízení

Prostředek pro převod naměřených veličin na ekvivalentní informaci. Jsou to všechna měřidla, etalony a referenční materiály.



Obrázek 4: Princip měřícího zařízení

1.2.8 Monitorování

Soubor procesů a činností, sloužících ke sledování a vyhodnocování údajů důležitých pro řízení.

1.2.9 Shoda výrobků

Shodou výrobků se rozumí porovnávání shod mezi technickými požadavky a navazujícími technickými normami.

1.2.10 Referenční materiál

Je to látka nebo materiál, dostatečně homogenní, jejíž jedna nebo více složek jsou dostatečně stanoveny k použití pro kalibraci měřícího vybavení, nebo pro stanovení hodnot materiálů.

1.2.11 Etalony – zhmotnělá míra

Používají se pro kalibraci pracovních měřidel. Základem jednotnosti a správnosti měření pro danou veličinu je hlavní etalon, který se musí povinně v dané lhůtě kalibrovat akreditovanými laboratořemi. Ve velkých firemních provozech na hlavní etalony navazují pracovní etalony a to z důvodu velkého počtu měřidel pro kalibraci a tudíž není možné tato měřidla kalibrovat v požadovaných lhůtách. Pro kontrolu mezi lhůtami kalibrací (např. v případě drobného poškození měřidla) se používají kontrolní etalony.

1.2.12 Ověřování a kalibrace měřidel

Ověřování podléhají stanovená měřidla, která provádí hlavní metrologické orgány. Hlavní etalony, pracovní etalony, pracovní měřidla podléhají kalibraci, kde kalibraci může provést pracovník měřícího střediska ve firmě, akreditovaná laboratoř, či externí metrolog. Ověřování a kalibrace jsou dva pojmy, které nelze zaměňovat.

Kalibrace měřicího přístroje je soubor úkonů, které vytváří závislost mezi měřícím přístrojem a pravými hodnotami danými etalonem. Porovnává se hodnota zobrazovaná měřícím přístrojem a skutečnou hodnotou etalonu.

1.2.13 Kalibrační postup

Dokument, ve kterém jsou stanoveny kalibrační metody pro daný typ měřidla. Tyto postupy jsou doporučovány normou ČSN ISO 9001:2001, kde se doporučuje vytvořit, dokumentovat a udržovat kalibrační postupy. Kalibrační postup by měl obsahovat:

- podrobný popis měřidla,
- prostředky nutné pro kalibraci daného měřidla,
- popis měřících metod pro kalibraci,
- podmínky měření, obzvláště hodnot, ovlivňující měření,
- přejímací kritéria,
- opatření v případě neuspokojivých výsledků.

Kalibrační postup se obvykle skládá z těchto částí:

1. předmět kalibrace, tj. přesná specifikace kalibrovaného měřidla, jeho metrologických vlastností,
2. odkazy na normy a směrnice, včetně těch podnikových,
3. názvosloví a definice týkající se kalibrovaného měřidla a kalibrační metody,
4. požadavky na kvalifikaci zainteresovaných pracovníků,
5. obecné podmínky kalibrace, tj. čas kalibrace, teplota prostředí apod.,
6. prostředky potřebné ke kalibraci – etalony, nástroje pro údržbu i případné opravy,
7. příprava měřidla ke kalibraci – odmagnetování, čištění,
8. popis vlastní zkoušky měřidla,
9. vyhodnocení kalibrace, stanovení nejistot měření, postup při neshodě,
10. zpracování protokolu o kalibraci (dle normy ČSN EN 45001),
11. postup při řízení dokumentace kalibračního postupu a jeho uchování v aktuálním stavu.

Obsah jednotlivých kalibračních postupů se může měřit v závislosti na druhu měřidla nebo podle měřené veličiny.

1.2.14 Rekalibrace a rekaliбраční intervaly

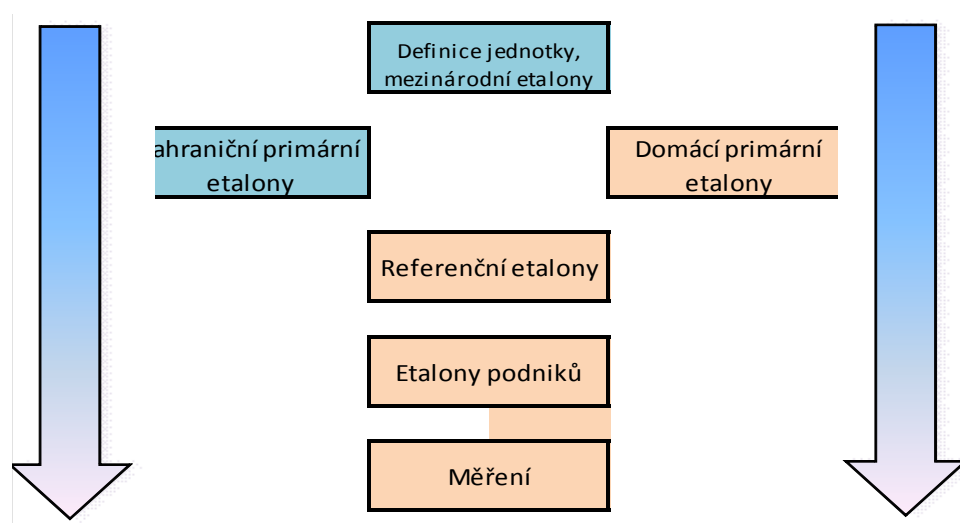
Rekalibrace je periodická kalibrace závislá na několika činitelích, zejména na:

- typu měřidla,
- četnosti a náročnosti použití měřidla,
- doporučení výrobce měřidla,
- opotřebení funkčních ploch,
- prostředí, kde se měřidlo používá,
- technické intuici.

Všeobecně lze říci, že nekalibrační termín musí být kratší, než doba, kdy měřidlo změní významně své měřící schopnosti. Prvotní stanovení nekalibračního intervalu bývá většinou navrženo na základě kalibračních intervalech jiných srovnatelných uživatelů, dále na minimalizaci nebezpečí, že dané měřidlo přestane vyhovovat požadavkům měření a také na minimalizaci nákladů kalibrací.

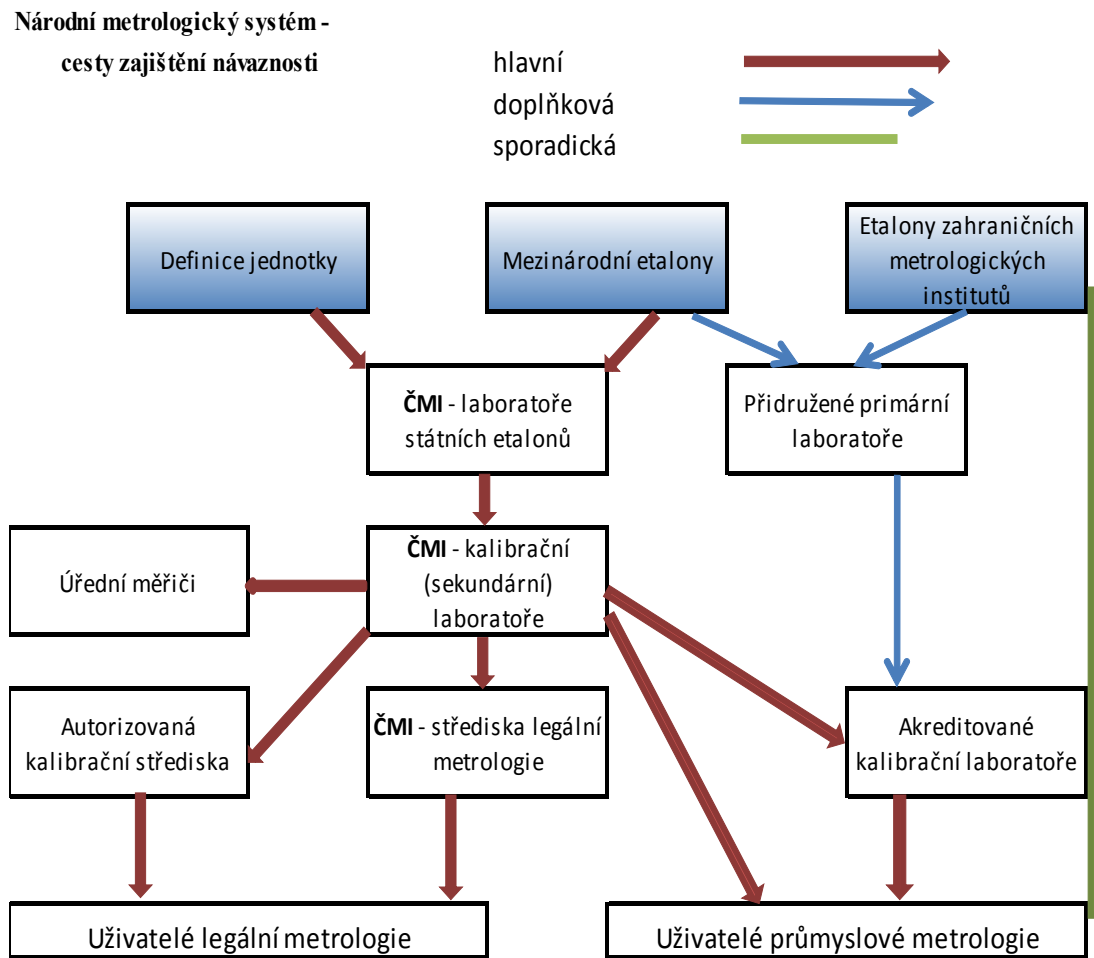
1.2.15 Návaznost měřidel

Návazností měřidel se rozumí vhodný vztah mezi pracovním měřidlem a pracovním etalonem, mezi etalonem a hlavním etalonem, mezi hlavním etalonem a etalonem vyššího sekundárního řádu – Český metrologický institut (ČMI).



Obrázek 5: Řetězec návaznosti etalonů

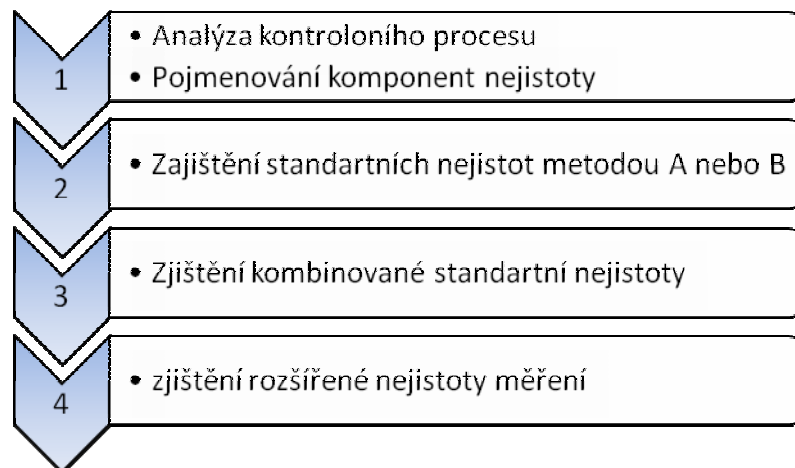
Stanovení návaznosti měřidel je otázkou nejen metrologickou, ale i ekonomickou. Čím více stupňů návaznosti bude mezi pracovními měřidly a hlavními etalony, tím více se musí zvýšit požadavky na přesnost kalibrace hlavního etalonu, pokud požadujeme zachovat stejnou nejistotu měření kalibraci všech pracovních měřidel. V ideálním případě by neměla nejistota měření překročit jednu desetinu dovolené chyby kalibrovaného měřidla.



Obrázek 6: Zajištění návaznosti v národním metrologickém systému

1.2.16 Nejistoty měření

Jsou parametry přiřazené výsledku měření, které charakterizují rozptýlení (variabilitu) hodnot měřeného znaku. Zajišťuje je norma DIN V ENV 13005:1999, která obsahuje stanovení propočtu nejistoty měření, přičemž jsou zde uvedeny působící komponenty.



Obrázek 7: Přehled nejistot měření

Standardní nejistoty typu A → statistické vyhodnocení řad naměřených hodnot.

Ke zjištění nejistoty měření se vychází z řady n jednotlivých naměřených hodnot, které byly provedeny za definovaných podmínek zkoušky, a to pomocí směrodatné odchytky s_n jednotlivých naměřených hodnot.

$$s_n = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} \quad (1.1)$$

Standardní nejistota měření v případech kdy je výsledek měření určen jen jedním měřením:

$$u(x_a) = s_n \quad (1.2)$$

Vícenásobným opakováním $n > 1$ dostaneme:

$$u(x_a) = \frac{s_n}{\sqrt{n}} \quad (1.3)$$

Pro stanovení výběrové směrodatné odchytky s_n se doporučuje dle posledních trendů minimálně $n > 25$ opakovaných měření, v praxi se již začíná vyskytovat počet měření $n = 30$.

Pokud se s_n vyhodnocuje z $n < 10$ opakovaných měření, měla by se standardní nejistota měření spočítat i dle metody B.

Standardní nejistoty typu B → pokud se z jakéhokoliv důvodu nedá určit standardní odchylka typu A, dají se ohodnotit odpovídající standardní nejistoty z předchozích informací, a to z:

- údajů z dřívějších měření,
- zkušeností nebo obecných znalostí o chování a vlastnostech materiálů a měřících přístrojů,
- údajů výrobce,
- údajů z potvrzení kalibračních listů a z certifikátů,
- naměřených hodnot z $n < 10$ měření.

$$u(x_b) = \frac{U}{k} \quad (1.4)$$

kde U je rozšířená nejistota měření a k je koeficient rozšíření. (vysvětleno níže)

Kombinovaná standardní nejistota typu C → stanoví se ze všech složek nejistoty určených podle metody A a B pomocí kvadratického sčítání:

$$u(y) = \sqrt{\sum_{i=1}^n u_i^2} \quad (1.5)$$

Rozšířená nejistota měření → získá se násobením kombinované standardní nejistoty $u(y)$ faktorem rozšíření k :

$$U = k \cdot u(y) \quad (1.6)$$

Pro praxi je přijatelné, že faktor rozšíření pro kombinovanou standardní nejistotu, kde je rozdělení pravděpodobnosti přibližně normální, se volí $k = 2$. Tímto dostaneme interval se spolehlivostí přibližně 95 %.

1.2.17 Justování

Postup, jímž se měřicí přístroj uvede do funkčního stavu odpovídající účelu, kterému má sloužit.

1.2.18 Evidence měřidel

Pro srozumitelné zajištění úkonů plynoucích z předchozích odstavců je potřeba zavést a udržovat v aktuálním stavu evidenci měřidel, včetně termínů kalibrací, stavů měřidel, popř. i jmény pracovníků. Tomuto systému se věnují normy ČSN ISO 9000, ČSN ISO 10012 a ČSN EN 45001 a také podnikové předpisy. Aby tento systém plnil svou funkci, musí být plně integrován do systému řízení jakosti. Tento systém by měl vyhovovat následujícím obecným požadavkům:

- být součástí podnikového informačního a řídicího systému,
- trvale se rozvíjet,
- programové prostředí by mělo být uživatelsky přívětivé,
- umožnit vedení evidence měřidel a etalonů dle různých kritérií,
- možnost automatického oznamování termínů kalibrací/ rekalibrací,
- archivovat protokoly o kalibraci.

O každém měřidle by měly být v IS uvedeny tyto informace:

- identifikační číslo měřidla,
- vlastník měřidla,
- výrobní a inventární číslo měřidla,
- název, typ a značka výrobce měřidla,
- kategorie měřidla,
- měřicí rozsah, rozlišitelnost, třída přesnosti,
- datum pořízení měřidla, respektive datum odepsání měřidla,
- intervaly kalibrací/ rekalibrací,
- identifikace kalibračního postupu,
- datum kalibrace, datum ukončení kalibrace,
- výsledek kalibrace,
- údaje o nejistotě měření.



Obrázek 8: Ukázky kalibračních známek

[S laskavým svolením firmy Linde-Wiemann]

1.2.19 Kalibrační list

Kalibrační list je výstupem kalibrační procedury, musí být opatřený razítkem a podepsaný kvalifikovaným pracovníkem. Slouží jako doklad o provedené kalibraci s výsledkem kalibrace. [2]

1.2.20 Metrologický řád

Každý podnik, který pracuje s měřidly, má stanovena pravidla v metrologickém řádu pro daná měřidla, podle nichž se řídí. Za dodržování a aktuálnost odpovídá hlavní metrolog organizace, který je řádně obeznámen se způsoby používání měřidel, která se nachází v daném podniku. Podnikový řád by měl obsahovat:

- obsah,
- cíl,
- pojmy, definice a zkratky,
- odpovědnost a pravomoc,
- rozdělení měřidel,
- volba měřidel,
- evidence a značení měřidel,
- výdej měřidel,
- kalibrace měřidel,
- ověřování měřidel,
- vyřazování měřidel,

- přílohy, související dokumenty, např. evidenční karta měřidla, seznamy měřidel, etalonů, matice odpovědnosti apod.

1.2.21 Matice odpovědnosti

Je to grafická organizační pomůcka, která přehlednou formou vyjadřuje odpovědnost útvarů a výrobních linek v určité oblasti. Matice odpovědnosti je zobrazována jako tabulka, kde v horizontálním směru je jednotlivá pracovní činnost a ve vertikálním směru pracovní středisko, funkce. V průsečíku příslušného řádku a sloupce je vhodným symbolem vyznačen druh aktivity určitého střediska, např. schvaluje, provádí, je informován.

2 MĚŘENÍ

Měření je číselné zkoumání vlastností předmětů, obvykle porovnávaných s přijatou jednotkou. Výsledkem měření je tedy číslo, udávající poměr zkoumané veličiny k jednotce. Princip měření je založen na fyzikálním jevu nebo jevech. Při měření je vždy zapotřebí dodržovat jistý postup, což je sled úkonů nutných k provedení měření.

2.1 Podmínky měření

Podmínky měření jsou určeny postupem měření. Rozlišujeme:

- Referenční podmínky, tj. podmínky, které jsou předepsány pro funkční přezkoušení přístroje, kalibrací nebo pro vzájemné srovnatelnosti výsledků měření.
- Pracovní podmínky, tj. podmínky, které jsou předepsány pro použití daného měřícího zařízení a jejich dodržení zaručuje, že specifikované metrologické charakteristiky použitého měřícího zařízení se nacházejí v rozsahu daných mezních hodnot.

2.2 Dělení měřících metod

2.2.1 Dle fyzikálního principu

- mechanické,
- elektrické,

- elektromagnetické,
- optické,
- akustické,
- časové.

2.2.2 Dle způsobu určení měřené délky

- Definiční – je rovna základní definici veličiny.
- Odvozené – je odvozena na jiných principech a základech než definice veličiny.

2.2.3 Dle zajišťování měřené veličiny

- Přímé – měření hodnoty sledované veličiny je založeno na definici měřené veličiny.
- Nepřímé – hodnota sledované veličiny je zajišťována nepřímo, tj. výpočtem, grafem, tabulkou.
- Absolutní – měřením je zajišťována prostá hodnota v příslušných jednotkách, aniž bychom znali její hodnotu v některém speciálním případě (např. v určitém místě, čase).
- Relativní – měřením je zjišťována pouze změna měřené veličiny oproti zvolené referenční hodnotě.
- Kontaktní – měřící zařízení je v přímém kontaktu s měřeným produktem.
- Bezkontaktní – měřící zařízení není v kontaktu s měřeným produktem.
- Komparační – hodnota měřené veličiny je porovnávána s řadou různých výsledků hodnot téhož druhu a hledá se ta hodnota, která se co nejméně liší od naměřené hodnoty.
- Kompenzační – tato metoda se může použít pouze tam, kde hodnoty mohou nabývat jak kladné, tak i záporné hodnoty. Metoda je založena na kompenzaci hodnoty měřené veličiny hodnotou opačného znaménka veličiny téhož druhu.
- Omezovací – metoda vhodná pro měření periodických dějů.

2.3 Rozdělení měřidel dle výstupního signálu

2.3.1 Analogový přístroj

Měřená veličina je sledována plynule a průběh jejího údaje je téměř totožný jako průběh měřené veličiny.

2.3.2 Digitální přístroj

Ke tvorbě výstupního signálu je použito stejně velkých jednotek – digitů, na jaké se dá měřená veličina rozdělit. Údaj přístroje vzniká po krocích (digitech) přetržitě, tj. od nuly až po hodnotu odpovídající hodnotě měřené veličiny v okamžiku měření. Rozlišitelnost přístroje je totožná hodnotě jednoho digitu.

2.4 Rozdělení měřidel z hlediska podnikové metrologie

2.4.1 Etalony – zhmotněná míra

Etalony slouží ke kalibraci pracovních měřidel. Základním etalonem je hlavní etalon (popř. hlavní podnikový etalon), na který se vztahuje povinná kalibrační lhůta. Pokud je zapotřebí, můžou na hlavní etalon navázat pracovní etalony. Tato možnost se vyskytuje hlavně v podnicích, kde je počet měřidel příliš velký a nestihly by se všechny v řádných termínech kalibrovat.

2.4.2 Stanovená měřidla

Stanovená měřidla jsou měřidla, která jsou stanovena vyhláškou. Ve vyhlášce jsou kromě druhů stanovených měřidel stanoveny i termíny jejich ověření. Tato měřidla jsou ověřovány orgány státní metrologie.

2.4.3 Pracovní měřidla

Pracovní měřidla, podléhající pravidelné kalibraci, jsou vyhláškou č 69/1991 Sb. Měřidla, která při používání mají vliv na jakost a kvalitu výroby, na ochranu životního prostředí a na bezpečnost práce. Kalibrace mohou provádět:

- vlastní firemní metrologická střediska,
- externí metrologická střediska,
- metrologické orgány (ČMI, AMS),
- jiné organizace, které jsou navázány na etalony státních nebo o v bdočných zahraniční, orgánů.

Nasazení pracovních měřidel v průmyslovém reprodukčním procesu je však takové povahy, že ne vždy se vyžaduje periodická kalibrace. Kalibrace měřidel v průmyslové praxi je činnost náročná jak finančně, tak i časově. Proto je nutné posuzovat, jestli je vhodné rekalibrace provádět, nebo jestli je možno s ohledem na nižší požadavky měřidla od této kalibrace ustoupit. [3]

2.4.4 Orientační měřidla

Jde o skupinu měřidel, která nemají bezprostřední význam pro řízení výrobních procesů a neovlivňují finální jakost výrobku nebo jeho částí, bezpečnost nebo životní prostředí. Jedná se o měřidla používaná v pomocných profesích, např. na údržbě, ve skladech nebo v rozvodech energií. Ve strojírenském podniku to mohou být jednoduchá měřidla - pravítka, teploměry, v chemickém průmyslu např. dřevěné měrky na měření objemu v zásobnících apod.

Tato skupina měřidel není popsána v právních metrologických předpisech ani není rozvedena v normách, musí se při zavedení do podniku dodržovat určitá pravidla:

- Pro zařazení měřidel mezi orientační měřidla nerozhoduje druh měřidel, ale účel jeho použití. Začneme-li používat měřidlo pro účely, které dále uvádíme, musíme neprodleně tato měřidla převést mezi měřidla pracovní.
- Existují-li v některém podniku prokazatelně měřidla, která nepotřebují kalibraci (např. svinovací metry), lze je zařadit mezi orientační měřidla.
- Podmínky pro orientační měřidla by měly být zaneseny v dokumentaci podniku, v metrologickém řádu.

- Nelze mezi orientační měřidla zařadit pracovní měřidla z důvodu nedostatečné pracovní kapacity nebo z ekonomických důvodů.

Mezi tato měřidla nesmí být zařazena měřidla, která se používají při:

- kalibraci a mezilhůtové kontrole měřidel,
- kontrole přesnosti výrobních zařízení,
- v souvislosti s bezpečností práce a ochranou životního prostředí,
- monitorování ovlivňujících veličin,
- prokazování shody se specifikovanými požadavky.

I když tato měřidla nepodléhají kalibraci, kontrolují se funkce měřidla z hlediska mechanické funkčnosti.

2.5 Měřidla délky a jejich rozdělení

Většina, téměř 70 % všeho měření ve strojírenství, představuje měření délky. Obecně se dají rozdělit na tato:

- koncové měrky,
- pevná měřidla, kalibry,
- posuvná měřidla a mikrometrická měřidla,
- měřicí stroje s převodem,
- měřicí stroje optické,
- měřicí stroje dálkové (dálkoměry),
- mikroskopy,
- měřidla na měření malých děr,
- měřidla na měření velkých rozměrů,
- více-rozměrová měřidla,
- měřicí a kontrolní automaty,
- souřadnicové stroje. [4]

2.6 Měřidla pro vyhodnocování svarů

Pro vyhodnocování kvality svarů se používají 2 druhy zkoušení:

- destrukční,
- nedestrukční.

Destrukční metody (rozlomení, roztržení, makrovýbrusy, apod) jsou vhodné při velkých sériích výrobků, protože je možné statisticky, z určitého množství destrukční kontrolou zničených dílů, určit průběžnou jakost výroby a postupným snižováním kontrol vlastně výrobu zlevnit. Vyhodnocování formou makrovýbrusů se provádí tak, že se vyhodnocovaný svar rozřízne na 2 části, následně projde tato část lázní kyseliny dusičné a po naleptání dojde k oplachu destilovanou vodou a vyleštění.

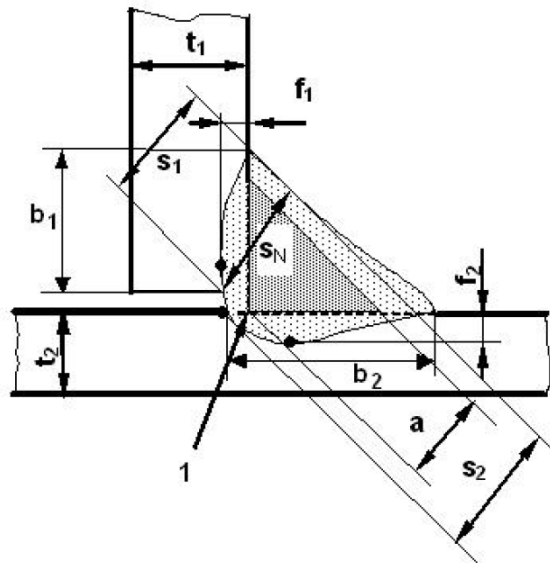
Technik zodpovědný za kvalitu svarů tyto připravené svary kontroluje pomocí optického zařízení, kde v případě zařízení Welding Expert pokládá svary na horní skleněnou desku, uvnitř přístroje se nachází kamera s vysokým rozlišením, která převede obraz na monitor Pc, kde technik odměřuje ve vhodném vyhodnocovacím programu požadované míry.



Obrázek 9: *Welding Expert* – přístroj na vyhodnocování svarů

Jelikož jsme německá firma, vyhodnocujeme svary dle normy VW 01106-1 (datum vydání 2009). [12]

Na obrázku je přehled měřených znaků na svaru:



Obrázek 10: Přehled měřených znaků na svaru [12]

Legenda:

$S_{1,2}$	výška svaru	$\geq 0,7 t_{\min}$
S_N	nejmenší výška svaru	$\geq S_{1,2}$ a $S_N \geq 0,7 t_{\min}$
a	skutečná výška svaru	$\leq 0,7 t_{\min}$
$f_{1,2}$	hloubka průvarů	$\geq 0,2 \text{ mm}$
h	špalt	$\geq t_2$
$b_{1,2}$	délka průvarů	

Nedestrukční metody (rentgen, ultrazvuk, vířivé proudy, magnetická metoda, šumivé proudy a řada dalších) jsou nákladné na pořízení přístrojů, na soustavné školení obsluhy, na provoz, servis a kalibraci těchto zařízení. Existuje však jedna metoda na zjišťování jakosti svárů, která je finančně nenáročná a ve svém důsledku pro výrobní firmu (která vždy zodpovídá za vyrobené svařence) velmi žádoucí. Tato metoda se jmenuje Vizualní kontrola svárů.

2.7 Chyby měření

Každé měření je provázenou určitou chybou, protože neexistuje žádná metoda ani přístroj, které by byly absolutně přesné. Tato chyba způsobuje odchylku mezi skutečnou a naměřenou hodnotou.

Chyby se vyjadřují v absolutních nebo elativních hodnotách a lze je dělit podle jejich působení na chyby:

- systematické,
- náhodné,
- hrubé.

Podle svého zdroje je lze ještě dělit na chyby přístroje, pozorování a vyhodnocení.

2.7.1 Systematické chyby

Tyto chyby jsou při stálých podmínkách stále co do velikosti i znamínka. Z velké části je lze poměrně přesně určit a jejich vliv kompenzovat, tudíž se sníží jejich vliv. Zbytek, který nelze zkorigovat se označuje jako nevylučitelné systematické chyby. Jako případ můžeme uvést vliv teploty na kovový díl měřený 3D souřadnicovým strojem v klimatizovaném měřícím středisku. Teplota je stabilně nastavena na určitou teplotu, proto je možné softwarově kompenzovat vliv teploty na roztažnost materiálu.

2.7.2 Náhodné chyby

Náhodné chyby působí zcela nahodile a nelze je nikdy vyloučit. Při opakovaném měření se mění jejich velikost i znamínko. Pro určení jejich velikosti se provádí opakovaná měření s použitím statistických metod, odpovídajících patřičnému pravděpodobnostnímu modelu, reprezentovanému zákonem rozdělení příslušné náhodné chyby. Náhodné chyby v klasické teorii chyb zastupuje směrodatná odchylka s .

2.7.3 Hrubé chyby

Tyto chyby jsou zcela nepředvídatelné, u měření, zatížené hrubou chybou, není možné vyhodnotit žádný směrodatný výsledek. Omezit riziko jejich vzniku lze dodržováním postupu měření, podmínek měření a kvalifikovanou obsluhou.

2.8 Záznamy procesů měření

Metrologické zabezpečení musí udržovat záznamy k prokázání souladu s požadavky na proces měření, včetně:

- Úplného popisu zavedených procesů měření, včetně všech prvků (např.: obsluhy, měřícího vybavení nebo kontrolních etalonů) a provozních podmínek.
- Údajů získaných řízením procesu měření, včetně všech informací odpovídající nejjistotě měření.
- Opatření realizovaných na základě údajů řízení procesu měření.
- Datum(y), ve kterých byla provedena činnost měření.
- Identifikace jakýchkoli odpovídajících dokumentů prověřování.
- Identifikace osob odpovědných za poskytování informací ze záznamů.
- Schopnosti zaměstnanců.

Musí být zajištěno, že pouze oprávněné osoby jsou oprávněny vytvářet, vydávat nebo rušit záznamy.

3 PODNIKOVÁ METROLOGIE

3.1 Výběr úkolů podnikové metrologie ze zákona o metrologii

Povinnosti v oblasti jednotnosti a správnosti měřidel a měření jsou definovány zákonem o metrologii č. 505/1990 Sb. (nov. Č. 20/1993 Sb. novelizována č. 119/2000 Sb.) a navazující vyhláškou č. 69/1991 Sb. (novelizována č. 231/1993 sb.).

Z těchto specifikací vyplývá:

- stanovit návaznost měřidel používaných v podniku,
- používat měřící jednotky stanovené zákonem a státní technickou normou,
- dle potřeby zařazovat pracovní etalony mezi hlavní etalony a pracovní měřidla,
- používat stanovená měřidla pouze pro stanovený účel a po dobu platnosti jejich ověření,
- provést prvotní kalibraci a etalonů, pokud tak již nebylo provedeno výrobcem,
- poskytovat pracovníkům pověřených orgánů (ÚNMZ, ČMI, AMS) podporu při plnění úkolů v podniku stanovených zákonem o metrologii,

- zajišťovat jednotnost a správnost pracovních etalonů a pracovních měřidel,
- vést evidenci stanovených měřidel a hlavních etalonů podléhajících ověření,
- vytvořit metrologické předpoklady pro ochranu zdraví,
- při montáži měřidel do měřicího systému zajistit kalibraci celého systému.

3.2 Výběr úkolů podnikové metrologie z norem ČSN ISO řady 9000

Normy ČSN ISO 9000 specifikují i druhy měřidel, označovaných jako KMZZ, neboli kontrolní měřicí a zkušební vybavení. Jsou to míry a měřicí přístroje, snímače, speciální zkušební a programové vybavení, přípravky a technologická vybavení, které můžou ovlivnit znaky procesu, výrobku nebo služby. Jde o měřidla používaná při vývoji, servisu nebo uvádění do výroby výrobků.

Norma v článku ČSNOSP 9001 v článku 4.11 definuje prvky KMZZ podléhající kalibraci a způsoby jejich aplikace:

- najít potřebné druhy měření, jejich potřebnou přesnost a zvolit vhodná měřidla,
- označit všechny měřicí prostředky, které mohou ovlivnit jakost ve výrobě a ve stanovených intervalech je kalibrovat pomocí etalonů, podléhajících hlavnímu etalonu,
- vytvořit, dokumentovat a uchovávat kalibrační postupy,
- uchovávat výsledky kalibrací KMZZ,
- zajistit vhodné podmínky pro kalibrace KMZZ,
- bezpečně manipulovat a uchovávat s KMZZ tak, aby nemohlo dojít k jejich poškození,
- chránit KMZZ tak, aby nemohlo dojít k poškození jejich kalibračního stavu.

3.3 Všeobecné požadavky systému managementu měření

Systém managementu měření musí zajistit, aby specifikované metrologické požadavky byly splněny. Tyto jsou odvozeny od požadavků na produkt a jsou potřebné jak pro měřicí vybavení, tak pro procesy měření. Požadavky smí být vyjádřeny jako maximálně dovolená chyba, povolená nejistota, rozsah, stálost, rozlišitelnost, podmínky prostředí nebo dovednost obsluhy.

System managementu měření sestává z:

- Řízení navrženého procesu měření.
- Metrologického uznání měřícího vybavení.
- Nezbytných podpůrných procesů.

Procesy měření v systému měření musí být řízeny a všechny měřící vybavení musí být uznána.

3.4 Odpovědnost managementu

3.4.1 Metrologické zabezpečení

Organizace musí stanovit metrologické zabezpečení. Vrcholové vedení organizace musí zajistit dostupnost nezbytných zdrojů ke stanovení a udržování metrologického zabezpečení, které musí stanovit, dokumentovat a udržovat systém řízení měření a průběžně zlepšovat jeho efektivnost.

3.4.2 Zaměření na zákazníka

Požadavky zákazníka na měření musí být určeny a převedeny na metrologické požadavky a musí být prokázáno, že systém managementu měření splňuje metrologické požadavky zákazníka

3.5 Náklady na měřící přístroj

Tyto náklady tvoří odpisy pořizovací hodnoty měřícího stroje. Doby odpisování jsou různé pro jednotlivé skupiny průmyslových oborů. V pořizovací ceně měřícího přístroje jsou většinou zahrnuty: nákupní cena měřícího přístroje, daň, náklady na dopravu, pojištění během přepravy a instalace.

3.5.1 Náklady na údržbu a kalibraci měřícího přístroje

Určují se odhadem. Obvykle se uvažuje až 4 % pořizovací hodnoty přístroje dle požadavků na přesnost a složitost měřícího stroje. U mimořádně náročných strojů to může být až 7 %.

3.5.2 Náklady na spotřebu energií

Tyto náklady jsou určeny vesměs spotřebou elektřiny, výjimečně spotřebou plynu nebo vody.

3.5.3 Náklady na pracoviště

Uvažují se dle velikosti plochy pracoviště a dle technologického vybavení, jako jsou digestoře, klimatizace, osvětlení, jeřáby a jiné. V nákladech jsou zahrnuty i odpisy budov, údržba a osvětlení.

3.5.4 Osobní náklady

Je to poměrná část platu přepočítaná na jednu odpracovanou hodinu.

3.5.5 Celkové náklady na měřící operaci

Celkové náklady na měřící operaci tvoří součet všech nákladů.

Porovnáním nákladů na měřící operaci nám umožní lepší konkurenční schopnost jak v absolutní výši nákladů, tak v relativní velikosti jednotlivých složek.

3.6 Analýza a zdokonalování systému řízení měření

Metrologické zabezpečení musí plánovat a zavést monitorování, analýzu a potřebná zdokonalování k zajištění shody systému řízení měření s mezinárodní normou a k nepřetržitému zdokonalování systému managementu měření.

3.6.1 Auditování a monitorování

Metrologické zabezpečení musí používat auditování, monitorování a ostatní vhodné techniky k určení vhodnosti a efektivity systému managementu měření. Musí také monitorovat informace spojené se spokojeností zákazníka, zda-li jsou splněny jeho metrologické potřeby.

3.6.2 Náprava chyb

Metrologické zabezpečení musí zajistit zjištění jakýchkoliv chyb a okamžitě musí přijmout opatření.

→ Nesprávný proces měření

Je-li znám proces měření, který poskytuje, nebo je očekáváno, že bude poskytovat nesprávné výsledky, musí se vhodně identifikovat a nesmí být používán do té doby, dokud nejsou přijata vhodná opatření.

→ Vadné měřicí vybavení

Jakékoliv měřidlo, o kterém je známo nebo se předpokládá, že je:

- poškozeno,
- přetíženo,
- bude měřit nesprávně,
- bylo s ním špatně zacházeno,
- má poškozenou nebo žádnou plombu / ochranný prvek,
- bylo vystaveno nepříznivým účinkům,

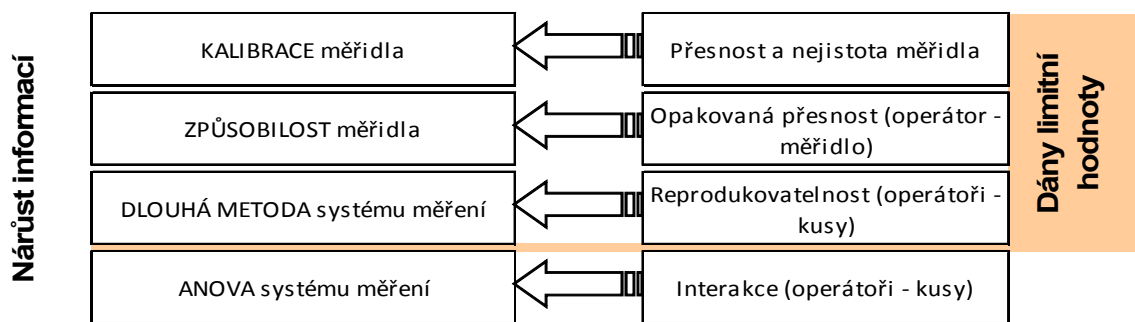
musí být vyřazeno, nebo nápadně označeno, aby nemohlo dojít k záměně a k následným špatným výsledkům měření. Chyba musí být ověřena a musí o ní být vypracovaná zpráva. Dokud nebude měřidlo opraveno / vyměněno, nesmí být vráceno k používání. Vadné měřicí zařízení, které bude vráceno zpět k užívání, musí být jasně označeno a musí být zajištěno, že změněný stav zahrnuje identifikaci jakéhokoliv omezení při použití.

3.6.3 Zdokonalování

Metrologické zabezpečení musí plánovat a řídit neustálé zdokonalování systému managementu měření, založené na výsledcích auditů, přezkoumání managementu nebo jiných souvisejících faktorů, jako je zpětná vazba od zákazníka. Metrologické zabezpečení musí přezkoumat a identifikovat potencionální možnosti ke zdokonalení systému řízení měření a modifikovat ho, pokud je to nezbytné.

4 ZPŮSOBILOST MĚŘIDLA

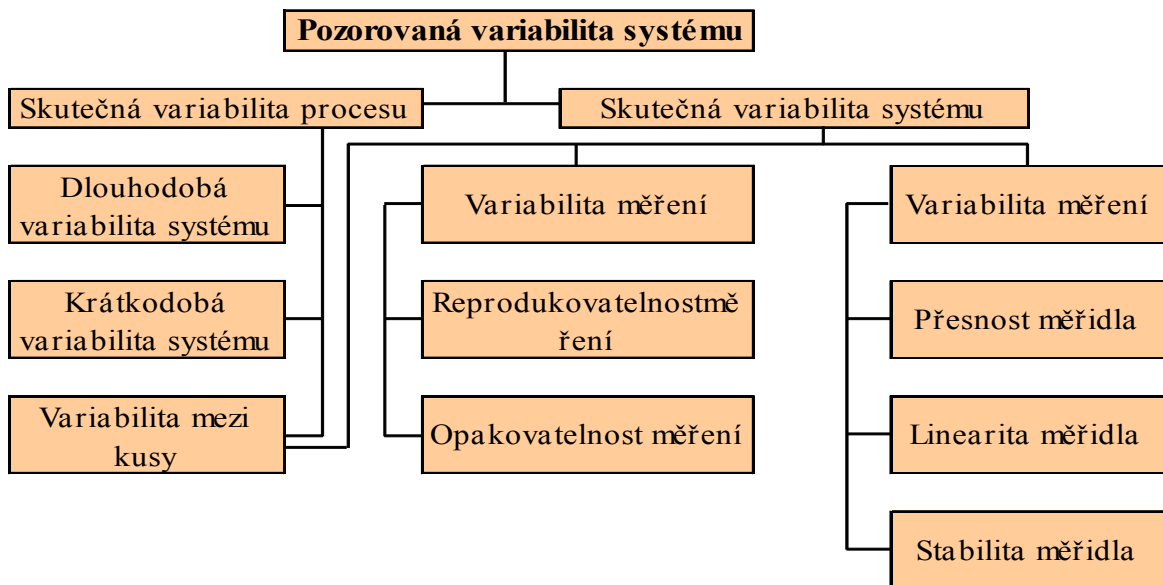
Cílem statistického zkoumání procesu je analýza vlivů, které působí na proces a způsobují jeho variabilitu.



Tabulka 1: Vlivy variability procesu

Způsobnost měřidla je míněná především způsobnost dodatečně důvěryhodně plnit funkci, ke které je měřidlo určeno. To znamená, že je nutné především stanovit, s jakou přesností chceme měřit. Podle toho zvolíme vhodné měřidlo a stanovíme podmínky nasazené v procesu.

Princip sledování měřidel v čase spočívá v tom, že vyšetříme měřidlo v daném časovém úseku okamžiku, zjistíme statistické charakteristiky naměřených dat a porovnáme je s měřeními provedenými v dalších časových okamžicích, které vhodně graficky zobrazíme. Sledování kvality měřidla v čase nám umožňuje aktuálně reagovat na okamžitý stav měřidla, proto můžeme stanovit, zda je měřidlo použitelné bez omezení, omezeně použitelné nebo zda je měřidlo neshodné.



Tabulka 2: Možné příčiny variability procesu

Tento princip sledování měřidla v čase nám taktéž umožní reálně stanovit anebo upravit nekalibrační interval. K hodnocení způsobilosti měřícího zařízení je nutné vhodně stanovit znaky kvality, které nejvíce ovlivňují výslednou kvalitu výrobku. K těmto znakům patří:

- přesnost,
- opakovatelnost,
- stabilita,
- linearita,
- reprodukovatelnost.

4.1 Metodika způsobilosti měřidel

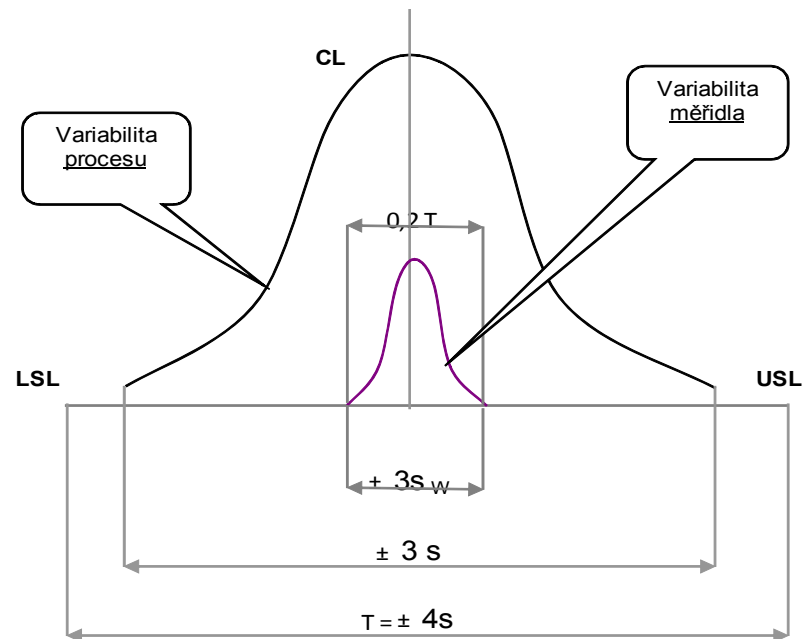
4.1.1 Metoda SPC

U metody SPS posuzujeme způsobilost měřidla z hlediska přesnosti a opakovatelnosti. Tato metoda je založena na metodice firmy Bosch (Ford), která předpokládá normální rozdělení náhodné veličiny.

Tato metoda je založena na určení charakteristik polohy (\bar{X}) a variability (s_w) měřícího zařízení. Spočívá v opakovaném měření kalibrovaného etalonu v místě používání měřícího zařízení, které provádí poučený pracovník. Jmenovitou (pravou) hodnotu etalonu je třeba

stanovit tak, aby se nacházela uvnitř používaného rozsahu měřicího zařízení. Přednostně se volí jmenovitá hodnota etalonu tak, aby ležela ve středu tolerance příslušného měřeného znaku.

Výsledky posouzení charakterizují indexy způsobilosti měřicího zařízení C_g a C_{gk} , které určují, zda výsledek měření etalonu leží s pravděpodobností 99,7% ve zvoleném pásmu tolerance měřicího zařízení. Šířka pásma tolerance měřicího zařízení je stanovena jako 20% šířky pásma tolerančního pole procesu.



Obrázek 11: Šířka pásma tolerance měřicího zařízení

Postup pro vyšetřování způsobilosti měřidel metodou SPC:

- min. 50 měření etalonu,
- stejná obsluha,
- stejné měřicí zařízení,
- stejný měřicí postup,
- stejné podmínky prostředí.

Výpočet:

Výběrový průměr při měření etalonu:

$$\bar{X} = \sum_{i=1}^n X_{mi} \quad (4.1)$$

Kde: $i = 1, 2, \dots, n$ $n=50$

Výběrová směrodatná odchylka naměřených hodnot při měření etalonu:

$$S_w = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (X_{mi} - \bar{X}_m)^2} \quad (4.2)$$

Potom co určíme (\bar{X}) a (S_w) použijeme výpočtové schéma pro určení indexů schopnosti měřicího zařízení c_g a c_{gk} :

→ pokud nám není známá směrodatná odchylka procesu, použijeme ve výpočtu velikost tolerančního pole procesu:

$$c_g = \frac{0,2 T}{\pm 3 S_w} \quad (4.3)$$

$$c_{gU} = \frac{(x_s + 0,1T) - \bar{X}}{3 S_w}, \quad c_{gL} = \frac{x_m - (x_s - 0,1T)}{3 S_w} \quad (4.4/4.5)$$

pak $c_{gk} = \min(c_{gU}, c_{gL})$

→ pokud známe směrodatnou odchylku procesu, použijeme:

$$c_g = \frac{0,2 \cdot (6s)}{\pm 3 \cdot S_w} \quad (4.6)$$

$$c_{gU} = \frac{(x_s + 0,1 \cdot (6s)) - \bar{X}}{3 S_w}, \quad c_{gL} = \frac{x_m - (x_s - 0,1 \cdot (6s))}{3 S_w} \quad (4.7/4.8)$$

pak $c_{gk} = \min(c_{gU}, c_{gL})$

- s výběrová směrodatná odchylka,
- x_s konvenčně pravá hodnota normálu,
- x_{mi} naměřené hodnoty při měření normálu,
- x_m výběrový průměr při měření normálu.

Měřidlo je způsobilé v případě, že:

$(c_g) \geq 1,33$ při posouzení opakovatelnosti,

$(c_{gk}) \geq 1,33$ při posouzení přesnosti a opakovatelnosti.

4.1.2 Dlouhá metoda GRR – metoda průměru a rozpětí

Tato metoda je určena pro zjištění celkové variability měřicího zařízení, zejména v závislosti na opakovatelnosti a reprodukovatelnosti měření. Ve výpočtovém schématu je vyhodnocena schopnost měřidla indexem (%GRR), ve kterém je zohledněn požadavek na změnu podmínek měření, především změna obsluhy a časový odstup při opakovaném měření.

Před použitím Dlouhé metody je nutné prokázat schopnost měřidla pomocí indexů c_g a c_{gk} .

Při použití Dlouhé metody je nezbytné dodržovat tyto podmínky:

- měření provádět na 10 očíslovaných výrobcích (z výrobního procesu),
- provádět min. 2 opakovaná měření,
- různá obsluha (min. 3 operátoři),
- stejné měřicí zařízení,
- dodržet časové rozpětí mezi opakovanými měřeními,
- mohou být změněny podmínky měření.

Postup při vyšetřování způsobilosti měřidel dlouhou metodou:

Měřidlem, které je vyhovující z hlediska indexů c_g a c_{gk} , změří postupně všichni operátoři (A, B, C) 10 označených součástí a hodnoty zapíše do tabulky naměřených hodnot. Tento postup se provede celkem (2-3) krát. Po vyplnění naměřených dat se provede výpočet. Dále se provede analýza naměřených dat pomocí výpočtového schématu, podle kterého se zjistí opakovatelnost a reprodukovatelnost měřicího zařízení.

Výpočet (%GRR):

N počet měření

M počet opakování

Z počet operátorů

Opakovatelnost:

$$EV = \bar{R} \cdot k_1 \quad (4.9)$$

$$\%EV = \frac{EV}{TV} \cdot 100 \quad (4.10)$$

Reprodukovatelnost:

$$AV = \sqrt{\frac{(X_{DIFF} \cdot k_2)^2 - EV^2}{(M \cdot N)}} \quad (4.11)$$

$$\%AV = \frac{AV}{TV} \cdot 100 \quad (4.12)$$

Opakovatelnost a reprodukovatelnost:

$$GRR = \sqrt{EV^2 + AV^2} \quad (4.13)$$

$$\%GRR = \frac{R\&R}{TV} \cdot 100 \quad (4.14)$$

Variabilita měřicího zařízení:

$$PV = R_p \cdot k_3 \quad (4.15)$$

Založená na toleranci:

$$PV = \sqrt{TV^2 - GRR^2} \quad (4.16)$$

Celková variabilita měřicího zařízení:

$$TV = \sqrt{GRR^2 + PV^2} \quad (4.17)$$

Založená na toleranci:

$$TV = T/6 \quad (4.18)$$

Hodnocení schopnosti měřicího zařízení provedeme na základě rozhodnutí o procentuálním vyjádření nepřesnosti měřidla pro danou toleranci výrobního procesu:

(%GRR) > 10%	měřidlo vyhovuje,
10% < %GRR < 30%	měřidlo je částečně použitelné,
30% < %GRR	měřidlo nevyhovuje.

II. PRAKTICKÁ ČÁST

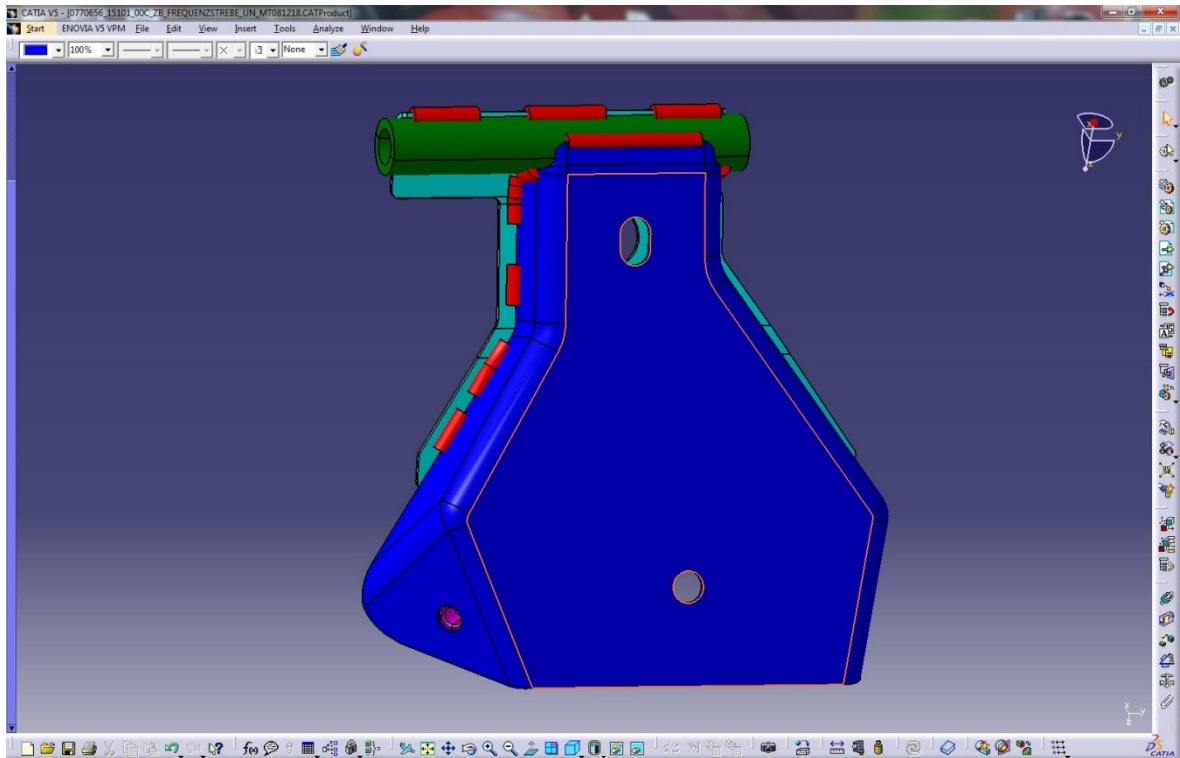
5 URČENÍ ZNAKŮ A POPIS VÝROBKU

5.1 Cíle praktické části

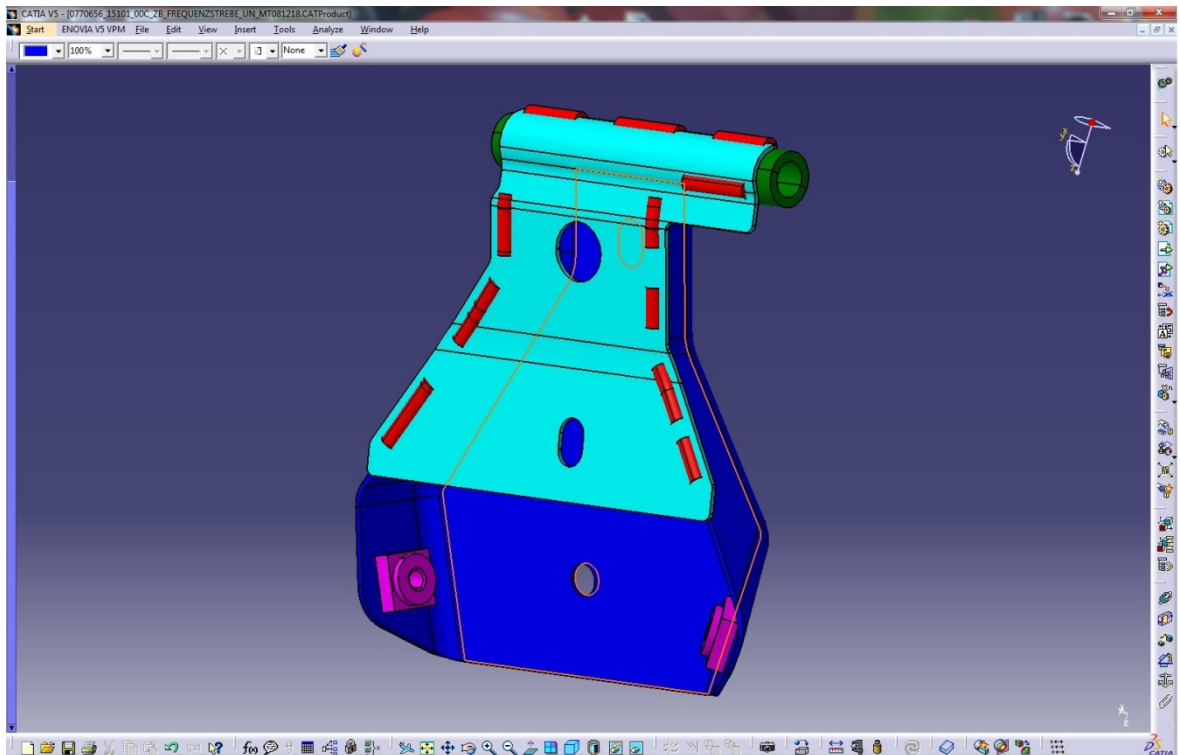
V této části mé bakalářské práce chci zpracovat a vyhodnotit metrologické postupy pro měřené znaky nově zaváděného projektu – Frequenzstrebe (název dle zákazníka), do výroby nově vzniklé firmy, zabývající se svařováním pro automobilový průmysl, dle požadavků zákazníka. Podle těchto postupů bude kontrolován vstup materiálu, kvalita svarů i pozice požadovaných znaků vyráběného dílu specifikovaného níže. Výsledkem bude ověření vhodnosti plánovaných měřidel, metrologický postup pro měření tohoto dílu a protokol vstupní kontroly. V rámci této práce zpracuji i návrh metrologického řádu pro firmu a vývojové diagramy, podle nichž se bude řídit zavádění dalších metrologických postupů pro nové projekty. Navrhnou také jednoduchou podnikovou evidenci měřidel.

5.2 Popis výrobku

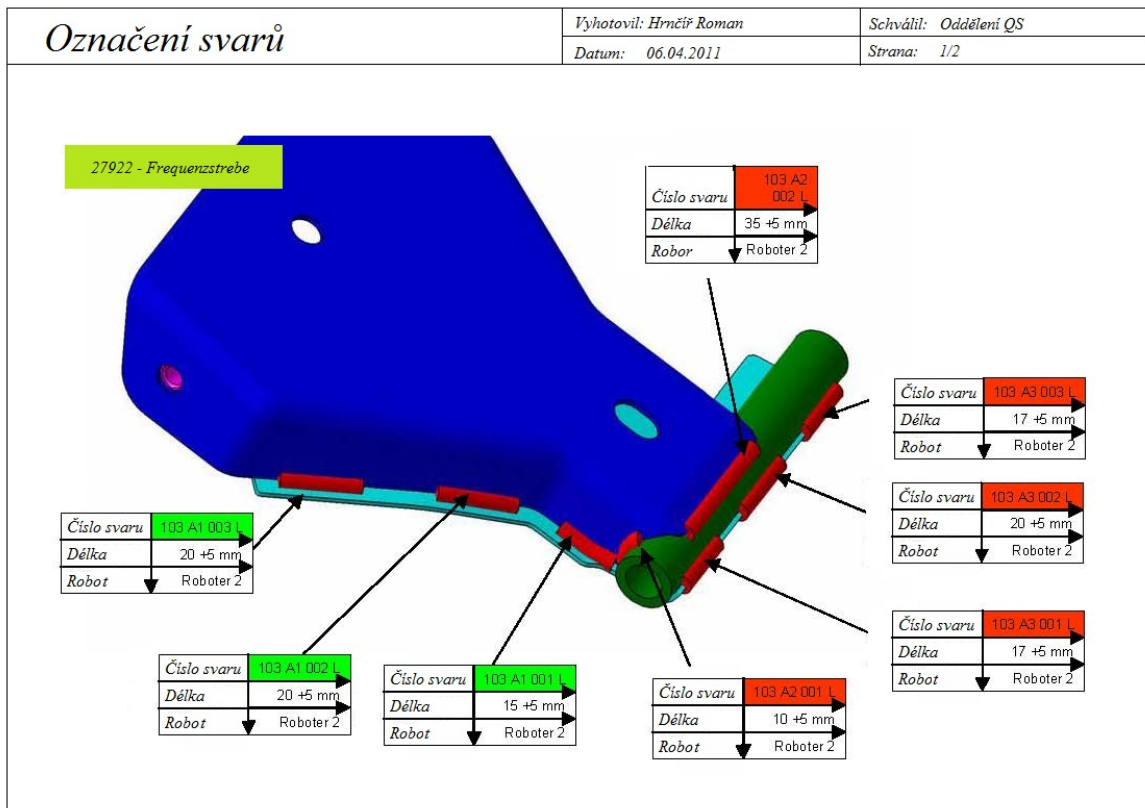
Jedná se o kovový výrobek, sloužící jako bezpečnostní prvek, tzv. D-Teil, pro řízení automobilu automobilky Porsche, spadající pod Vw, určený pro typ Porsche Cayenne a VW Tuareg. Tento díl je součástí systému, který v případě autonehody přestřihne řídicí tyč automobilu, aby nedošlo k sekundárnímu zranění řidiče účinkem setrvačnosti lidského těla po nárazu nebo vnitřnímu protržení airbagu. Svařovaný výrobek se skládá ze 4 různých dílů (viz příloha – výkres sestavy). Plechové výlisky jsou produkovány naší mateřskou společností, horní trubka a navařovací matice jsou nakupované díly. Svařování je metodou MAG CNC svařovacími roboty.



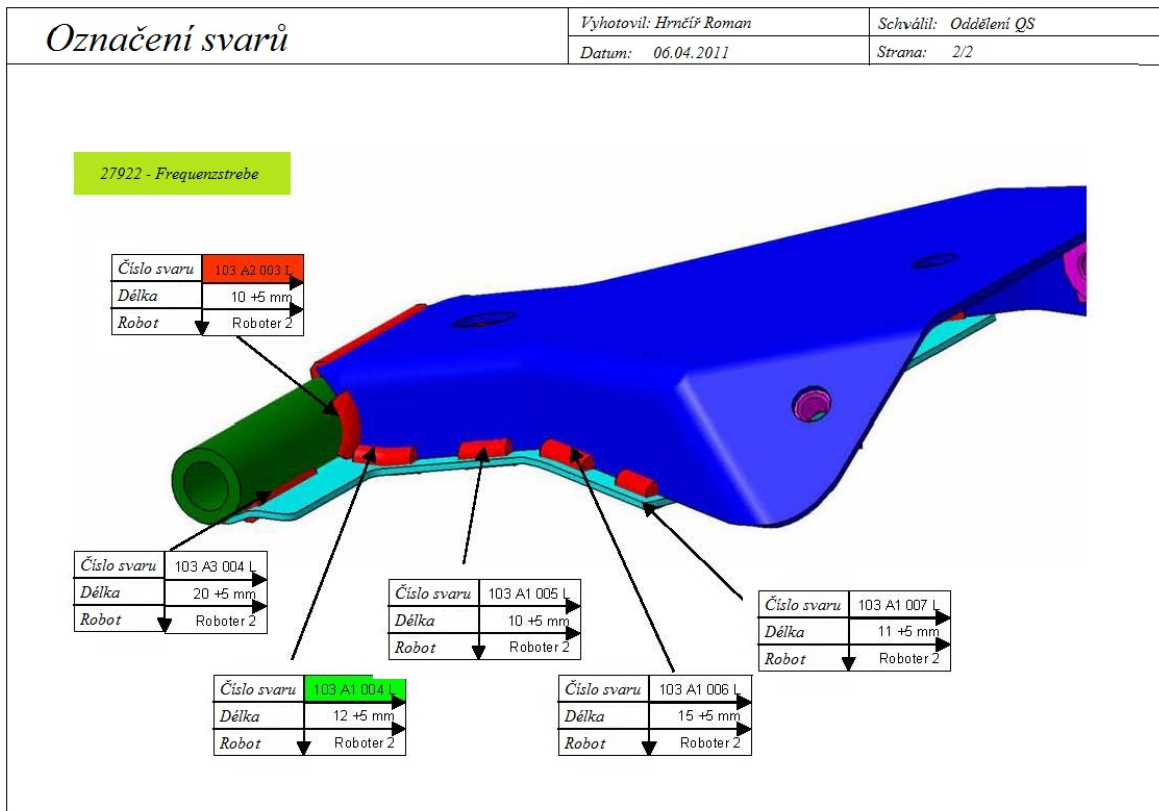
Obrázek 12: Frequenzstrebe – přední strana



Obrázek 13: Frequenzstrebe – zadní strana



Obrázek 14: Přehled svarů strana A



Obrázek 15: Přehled svarů strana B

5.3 Měřené znaky

Zákazník určil tyto měřené geometrické znaky (označení dle výkresu):

Název znaku:	Popis znaku:	Tolerance: [mm]
A	délka trubky	± 1
B	vnější průměr trubky	$\pm 0,5$
C	vnitřní průměr trubky	$\pm 0,5$
D	poloha díry KRE 3 vůči konci trubky	$\pm 0,5$
E	poloha díry KRE 3 vůči díře KRE 4 v Xové ose	$\pm 0,5$
F	poloha díry KRE 3 vůči díře KRE 4 v Yové ose	$\pm 0,5$

Tabulka 3: seznam znaků

A dále požaduje vyhodnocování svarů v týdenních intervalech.

6 VÝPOČET C_P A C_{PK}

6.1 Metodika měření

Požadavek na kontrolu určených znaků je možné rozdělit podle způsobu měření na:

- znaky měřitelné klasickými měřidly,
- znaky měřitelné pouze na 3D CNC měřícím stroji,
- znaky měřitelné pouze systémem Welding Expert (svary).

Mezi znaky, u kterých je vhodné použití klasického měřidla, v tomto případě posuvné měřidlo, jsem zařadil znaky: A, B, C. Naopak znaky nutné měřit na souřadnicovém měřícím stroji jsou D, E, F, G. Zohlednil jsem při tomto rozdělení i to, že horní trubku je nutné měřit při vstupní kontrole, zatímco pozice děr v 2D nelze změřit jinak, než za použití již zmiňovaného 3D měřícího stroje. Svary budou vyhodnocovány na systému Welding expert.

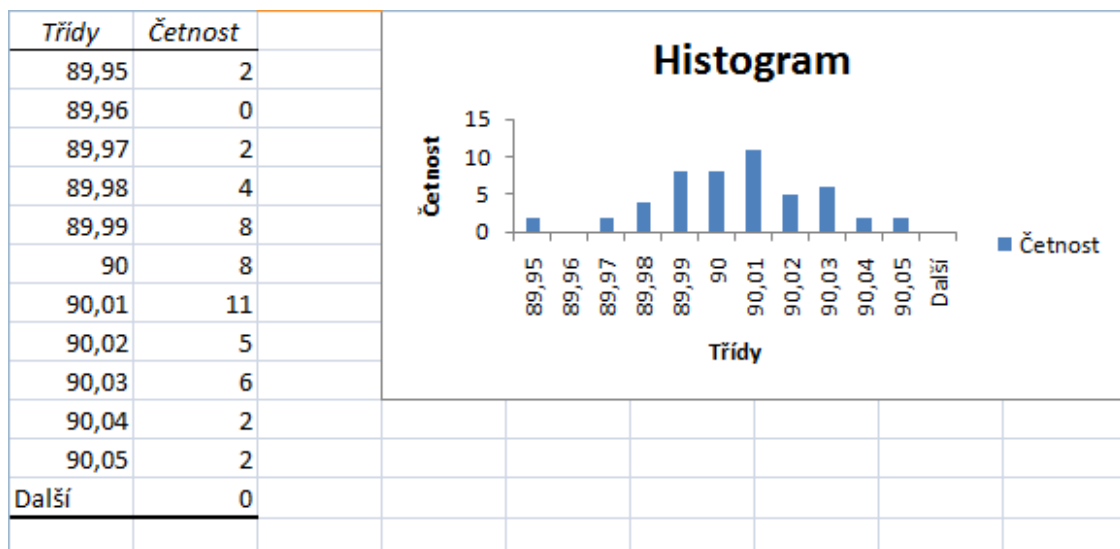
6.2 Vyšetřování způsobilosti měřidel – posuvné měřidlo

6.2.1 Metoda SPC

Měřený znak pro posuvné měřidlo má hodnotu $93 \text{ mm} \pm 1 \text{ mm}$, proto jsem dle metodiky SPC provedl na etalonu (Johansonovy koncové měřky) o délce 90 mm provedl 50 měření posuvným měřidlem a mám tyto hodnoty:

Měření ze dne 20.04.2011									
Data pro způsobilost měřidla - posuvné měřidlo									
Jednotky [mm]									
Nr.	Hodnota	Nr.	Hodnota	Nr.	Hodnota	Nr.	Hodnota	Nr.	Hodnota
1	90,01	11	90,03	21	90,03	31	90,02	41	90,01
2	90,02	12	90,03	22	90,05	32	90,05	42	90,02
3	90,01	13	90,01	23	89,99	33	90,01	43	90,03
4	90,03	14	89,99	24	89,98	34	89,98	44	90,02
5	90,04	15	89,85	25	89,99	35	90	45	89,98
6	90,01	16	89,99	26	90	36	89,99	46	90
7	89,98	17	90,01	27	90	37	90	47	89,99
8	89,97	18	90	28	90,01	38	89,97	48	89,99
9	90,04	19	89,99	29	90,03	39	90,01	49	89,87
10	90,01	20	90,02	30	90,01	40	90	50	90
Měřidlo typ: posuvné měřidlo digitální Výrobce: Mitutoyo Rozlišitelnost: 0,01 mm T = 2 mm Maximální dovolená chyba: $\pm 0,2 \text{ mm}$									

Tabulka 4: Hodnoty pro SPC pro znak A



Tabulka 5: Histogram pro hodnotu znaku A

Metodu SPC lze použít pouze při konstantním rozptylu, který lze ověřit i použitím histogramu. Jak je vidno z tabulky č. 5, rozptyl je v pořádku, proto lze provést numerický výpočet.

Výběrový průměr: (dle vzorce 4.1)

$$\bar{X} = \quad . 4500,07$$

$$\bar{X} = \underline{\underline{90,001 \text{ mm}}}$$

Výběrová směrodatná odchylka: (dle vzorce 4.2)

$$S_w = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_{mi} - \bar{x}_m)^2}$$

$$S_w = \underline{\underline{0,035 \text{ mm}}}$$

Dále počítáme schopnost měřidla : (dle vzorce 4.3 / 4.4 / 4.5)

$$c_g = \frac{0,2}{\pm 3,0,03499}$$

$$\underline{\underline{c_g = 3,81}}$$

$$c_{gU} = \frac{(90 + 0,1,2) - 90,014}{3,0,034699}$$

$$\underline{\underline{c_{gU} = 1,78}}$$

$$c_{gL} = \frac{90,014 - (90 - 0,1,2)}{3,0,034699}$$

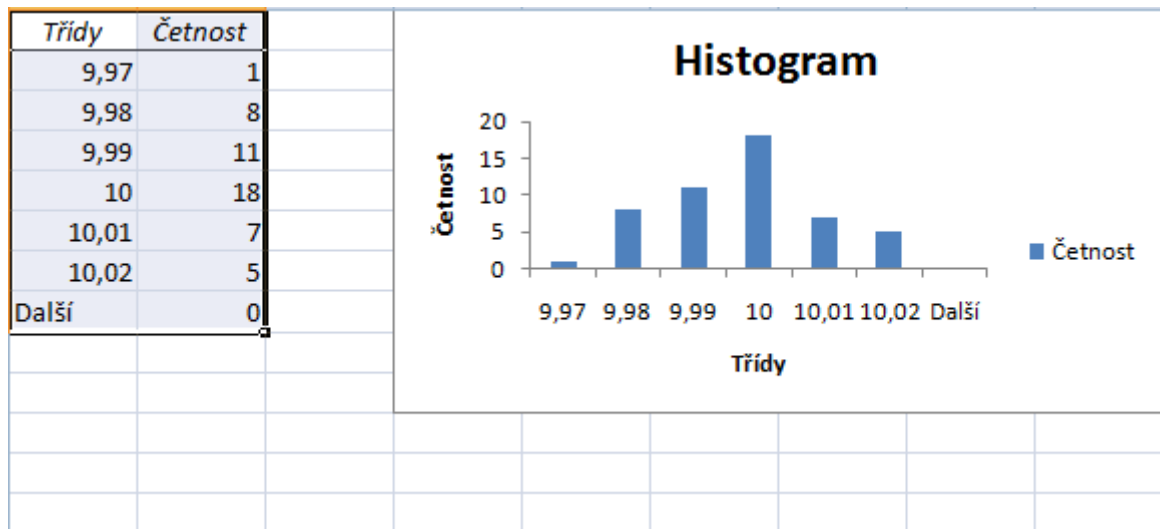
$$\underline{\underline{c_{gL} = 2,05}}$$

$$\text{pak } c_{gk} = \min(c_{gu}, c_{gL}) = 1,78$$

Analogicky i pro znaky B a C, kde je míra dle výkresu $9 \text{ mm} \pm 0,5 \text{ mm}$ a $14 \text{ mm} \pm 0,5 \text{ mm}$.
 Hodnoty pro SPC jsem odečítal na 10 mm etalonu - Johansonova koncová měrka:

Měření ze dne 20.04.2011									
Data pro způsobilost měřidla - posuvné měřidlo Jednotky [mm]									
Nr.	Hodnota	Nr.	Hodnota	Nr.	Hodnota	Nr.	Hodnota	Nr.	Hodnota
1	10,02	11	9,99	21	9,98	31	10	41	10
2	10,01	12	10	22	10	32	9,99	42	10,01
3	10	13	10	23	10,01	33	9,98	43	9,99
4	10	14	9,99	24	10,02	34	9,98	44	9,98
5	9,99	15	10,01	25	10	35	9,97	45	9,99
6	9,98	16	10,02	26	9,99	36	10	46	10
7	9,99	17	10,02	27	9,98	37	9,99	47	10
8	10	18	10	28	9,98	38	10,01	48	10
9	10	19	10	29	9,99	39	10,02	49	10,01
10	9,98	20	9,99	30	10	40	10	50	10,01
Měřidlo typ: posuvné měřidlo digitální					Výrobce: Mitutoyo				
Rozlišitelnost: 0,01 mm					T = 2 mm				
Maximální dovolená chyba: $\pm 0,2 \text{ mm}$									

Tabulka 6: Hodnoty pro SPC, znak B a C



Tabulka 7: Histogram pro znaky B a C

$$\bar{X} = 9,997 \text{ mm}$$

$$S_w = 0,012 \text{ mm}$$

$$\underline{c_g} = 5,42$$

$$\underline{c_{gU}} = 2,78$$

$$\underline{c_{gL}} = 2,63$$

$$\text{pak } c_{gk} = \min(c_{gu}, c_{gL}) = 2,63$$

Posuvné měřidlo je způsobilé pro měření všech požadovaných znaků jak z hlediska opakovatelnosti, tak i z hlediska přesnosti.

6.3 Vyšetřování způsobilosti měřidel – Welding Expert

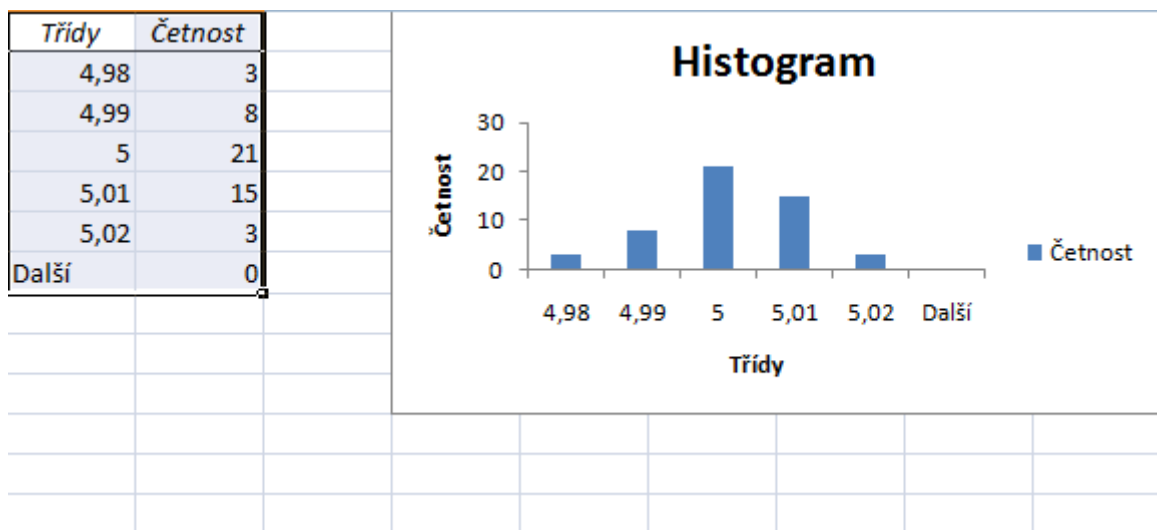
Popis principu: svar se pokládá na skleněnou desku na horní straně přístroje a je zesponu snímám digitální kamerou. Obraz je převeden na monitor počítače, kde je možné jej pomocí grafických programů změřit.

6.3.1 Metoda SPC

Na skleněnou desku jsem položil 5 mm Johansonovu koncovou měрку a provedl jsem 50 měření.

Měření ze dne 21.04.2011									
Data pro způsobilost měřidla - Welding Expert Jednotky [mm]									
Nr.	Hodnota	Nr.	Hodnota	Nr.	Hodnota	Nr.	Hodnota	Nr.	Hodnota
1	5	11	5	21	5	31	5,01	41	5
2	5,01	12	5	22	5	32	5,01	42	5,01
3	5,01	13	4,99	23	5,01	33	5	43	5,02
4	5	14	4,99	24	5,02	34	5	44	4,99
5	5	15	4,98	25	5,01	35	5,02	45	4,99
6	5,01	16	5	26	5	36	4,99	46	4,98
7	5,01	17	5	27	5	37	4,99	47	5
8	5	18	5,01	28	5	38	5	48	5
9	4,99	19	5	29	5,01	39	5	49	5,01
10	4,98	20	5,01	30	5,01	40	4,99	50	5,01
Měřidlo typ: vyhodnocování svarů					Výrobce: Welding Expert				
Rozlišitelnost: 0,01 mm					T = 0,4 mm				
Maximální dovolená chyba: ±0,2 mm									

Tabulka 8: Hodnoty pro SPC – svary



Tabulka 9: Histogram pro hodnoty z Welding Expert

$$\bar{X} = 5,001 \text{ mm}$$

$$S_w = 0,009 \text{ mm}$$

$$c_g = 2,78$$

$$c_{gU} = 1,34$$

$$\underline{c_{gL}} = 1,43$$

$$\text{pak } c_{gk} = \min(c_{gu}, c_{gL}) = 1,43$$

Welding Expert je způsobilý pro měření svarů jak z hlediska opakovatelnosti, tak i z hlediska přesnosti.

6.4 Vyšetřování způsobilosti měřidel – 3D CNC měřící stroj

6.4.1 Dlouhá metoda GRR

Nejdříve musím prokázat schopnost měřidla pomocí indexů c_g a c_{gk} .

Na 3D CNC měřícím stroji jsem napsal program, který provede automaticky měření požadovaných znaků. Pro vyšetření způsobilosti měřidla dle GRR jsem se zaměřil nejprve na vzdálenost 108,4 – znak G.

Z výroby bylo odebráno celkem 3x po 10 kusech, které byly očíslovány a 3 operátoři jsme naměřili celkem 30 hodnot.

Vypracoval jsem následně formulář v programu Microsoft Excel, kde jsou nadefinovány i výpočtové vzorce:

List sběru dat a základního zpracování													
Operátor	opakování	Dílek										Děly $i = 1 \dots n$ Opakování $j = 1 \dots r$ Operátori $k = 1 \dots z$	
(\bar{x})	($\hat{0}$)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
A	1	108,41	108,42	108,42	108,41	108,40	108,39	108,39	108,40	108,40	108,40	Jednotky [mm]	
	2	108,37	108,41	108,40	108,40	108,41	108,42	108,39	108,39	108,39	108,41		
	3	108,41	108,41	108,39	108,40	108,40	108,39	108,39	108,39	108,40	108,40		
Průměr		108,397	108,413	108,403	108,403	108,403	108,400	108,390	108,393	108,397	108,403	108,4003	Aritmetický průměr
Rozpětí		0,01	0,01	0,03	0,01	0,01	0,03	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	Průměr naměřených rozdílů R_a
B	1	108,40	108,40	108,42	108,41	108,41	108,42	108,42	108,41	108,41	108,40	Jednotky [mm]	
	2	108,42	108,40	108,41	108,41	108,44	108,41	108,41	108,40	108,40	108,41		
	3	108,41	108,41	108,38	108,39	108,40	108,39	108,39	108,40	108,41	108,41		
Průměr		108,410	108,403	108,403	108,403	108,417	108,407	108,407	108,403	108,407	108,407	108,4067	Aritmetický průměr
Rozpětí		0,02	0,01	0,04	0,02	0,02	0,03	0,03	0,01	0,01	0,01	0,02	Průměr naměřených rozdílů R_b
C	1	108,40	108,40	108,41	108,42	108,40	108,41	108,40	108,41	108,41	108,40	Jednotky [mm]	
	2	108,40	108,40	108,40	108,41	108,40	108,40	108,41	108,40	108,39	108,40		
	3	108,42	108,40	108,41	108,41	108,40	108,41	108,40	108,40	108,45	108,40		
Průměr		108,407	108,400	108,407	108,413	108,400	108,407	108,403	108,403	108,417	108,400	108,4057	Aritmetický průměr
Rozpětí		0,02	0,00	0,01	0,01	0,00	0,01	0,01	0,01	0,02	0,00	0,01	Průměr naměřených rozdílů R_c
\bar{X}_{st}		108,404	108,406	108,404	108,407	108,407	108,404	108,400	108,400	108,407	108,403	108,40	
R_p		0,0067											
R		0,0140											
X_{DIFF}		0,0047											
$UCLR = R \cdot D_4$		0,03612	Podmínka: $UCL > (R_a, R_b, R_c)$										
Výpracoval: Hrnčíř Roman											Datum: 20.4.2011		
Měřidlo typ: 3DCNC měřicí stroj						Výrobce: Hevzei							
Rozlišitelnost: 0,001 mm						T = 0,5 mm							
Maximální dovolená chyba: $\pm 0,02$ mm													

Tabulka 10: Metoda GRR – Data pro způsobilost měřidla


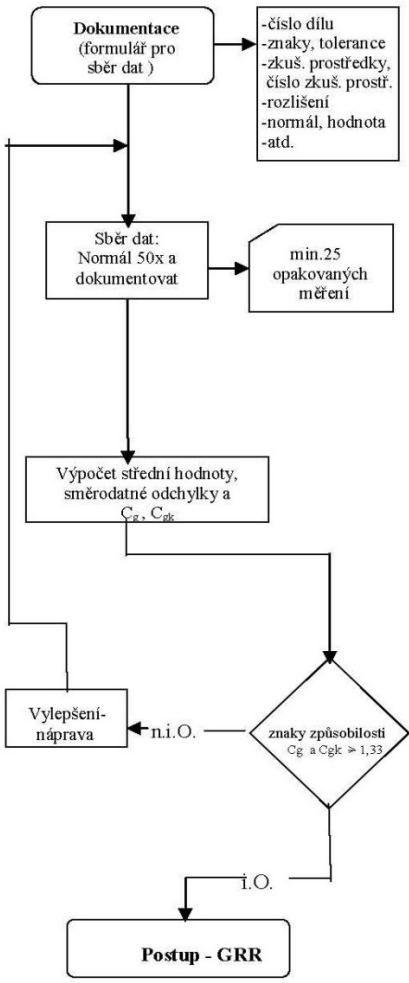
Výsledné hodnoty byly doplněny do Protokolu o opakovatelnosti a reprodukovatelnosti měřidla:

Protokol o opakovatelnosti a reprodukovatelnosti měřidla					
Číslo dílu:		Název měřidla:	Wenzel	Datum:	21.4.2011
Znaky:	D, E, F, G	Číslo měřidla:		Provedl:	Hrnčář
Specifikace:	Poloha v 3D	Typ měřidla:	3D		
Hodnoty z listu pro sběr dat:					
R = 0,0140		$X_{diff} = 0,0047$		$R_p = 0,0067$	
Analýza měřicí jednotky			% celkové variability (TV)		
Opakovatelnost	$EV = R \cdot K_1$	0,0028	$\%EV = (EV/TV) \cdot 100$	3,332112	
Reprodukovatelnost	$AV = \sqrt{(X_{DIFF} \cdot K_2)^2 - (EV^2 / r \cdot n)}$	0,0027	$\%AV = (AV/TV) \cdot 100$	3,2761061	
Opakovatelnost a reprodukovatelnost	$GRR = \sqrt{EV^2 + AV^2}$	0,0039	$\%GRR = (GRR/TV) \cdot 100$	4,6728837	
Variabilita dílu	$PV = \sqrt{TV^2 - GRR^2}$	0,0832	$\%PV = (PV/TV) \cdot 100$	99,890761	
Celková variabilita	$TV = T / 6$	0,0833	$ndc = (PV/GRR) \cdot 1,41$	30,141126	
Výpočtové konstanty:					
K_1	Počet opakování	K_2	Počet operátorů	K_3	Počet měření
0,8862	2	0,7071	2	0,7071	2
0,5908	3	0,5231	3	0,5231	3
				0,4467	4
				0,403	5
				0,3742	6
				0,3534	7
				0,3375	8
				0,3249	9
				0,3146	10
D_4	Počet opakování				
3,27	2				
2,58	3				
Hodnocení studie:					
$\%GRR < 10\%$	systém měření se považuje za přijatelný				
$10\% < \%GRR < 30\%$	systém měření může být přijatelný podle důležitosti použití, nákladů na měřicí zařízení atd.				
$30\% < GRR$	systém měření se považuje za nepřijatelný				
Podmínka: ndc (počet třídicích intervalů) > 5					


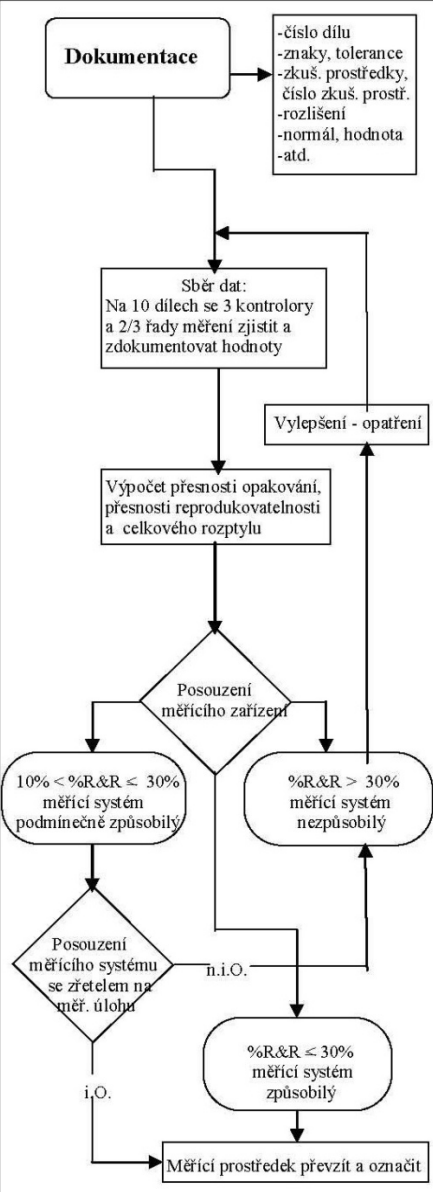
Tabulka 11: Protokol o opakovatelnosti a reprodukovatelnosti měřidla

Dle výsledku je 3D CNC měřicí stroj způsobilý z hlediska opakovatelnosti a reprodukovatelnosti

7 METROLOGICKÉ POSTUPY

		Analýza měřicích systémů (postupů)		QM- Pracovní instrukce
Pracovní instrukce pro: QS, Metrologa			Označení dílu: Všechny měřicí prostředky	
Průběh postupu metody SPC				
Zadání	Odpovědnost	Spolupráce	Dílčí zadání	
	<p>Metrolog, QS</p> <p>Metrolog, QS (Dodavatel)</p> <p>Metrolog QS (Dodavatel)</p> <p>Metrolog, QS</p>		<p>Předat do výroby formulář s vyplněnými údaji.</p> <p>50 měření (min. 25), přičemž musí být normál stále zpět přikládán.</p> <p>Ruční vyhodnocení na formuláři pro výpočet c_g a c_{gk} respektive s QS-STAT u LW.</p> <p>Měřicí prostředek n.i.O. náprava-vylepšení u dodavatele.</p> <p>Jestliže je měřicí prostředek i.O. označit kontrolní nálepkou a provést postup GRR.</p>	
Stav revize: 2 Strana 1 z 2 F0ZQW0	Změněno: 25.03.2011 QS Breclav	Přezkoušeno pro umístění v systému: 25.03.2011 QS Dillenburg	Vypracoval: Hrcir Roman: 25.03.2011 Metrolog	

Obrázek 16: Vývojový diagram metody SPC

		Analyza měřicích systémů (postupů)		QM- Pracovní instrukce
Pracovní instrukce pro: QS, Metrologa		Označení dílu: Všechny měřicí prostředky		
Průběh postupu GRR				
Zadání	Odpovědnost	Spolupráce	Dílicí zadání	
				
<p>Metrolog QS</p> <p>Výroba</p> <p>Dodavatel</p> <p>Metrolog QS</p> <p>Metrolog QS</p> <p>Metrolog, QS</p>				
<p>Předat do výroby formulář s vyplněnými údaji.</p> <p>3 kontrolní měří 2/3 řady měření po 10 dílech odebraných z výrobního procesu a očíslovaných 1 – 10. Naměřené hodnoty se zapíší do formuláře a předají do QS.</p> <p>Výpočet způsobilosti s SW QS-STAT. Pokud je měř. systém způsobilý, bude informováno PPL a měrové středisko. Pokud je měř. systém podmíněně způsobilý, musí se posoudit, je-li měř. systém pro danou měřicí úlohu akceptovatelný. Pokud je měř. systém nezpůsobilý, musí následovat náprava – vylepšení a opakovat postup GRR.</p> <p>Měřicí prostředek označit zkušební nálepkou</p>				
Stav revize: 2 Strana 2 z 2 FOZQWO	Změněno: 25.03.2011 Breclav	Přezkoušeno pro umístění v QM-systému: 25.03.2011 Dillenburg	Vypracoval: Hrnčíř Roman 25.03.2011 Metrolog	

Obrázek 17: Vývojový diagram – Metoda GRR

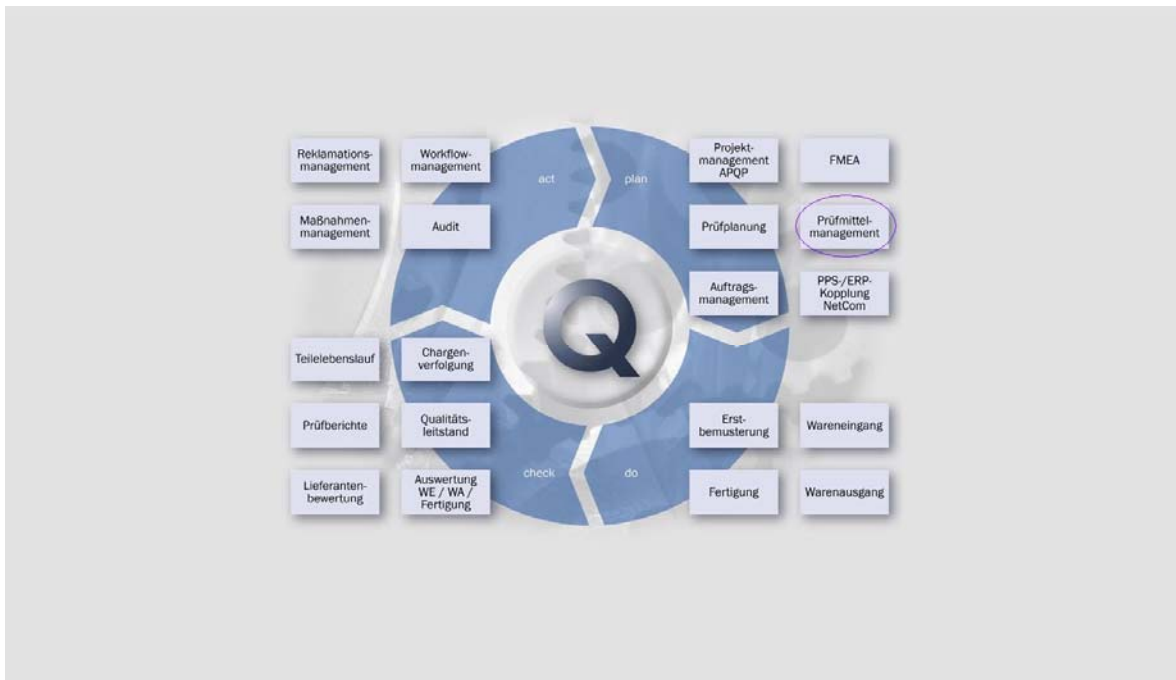
Tyto metrologické postupy jsou zpracovány formou vývojových diagramů pro usnadnění postupu při další prvovýrobě.

8 EVIDENCE MĚŘIDEL

V celém společenství firem spadající pod Linde-Wiemann se používá vnitropodnikový program CAQ – počítačová podpora jakosti, který je rozčleněn do několika subsystémů, Jedním z nich je i systém evidence měřidel.

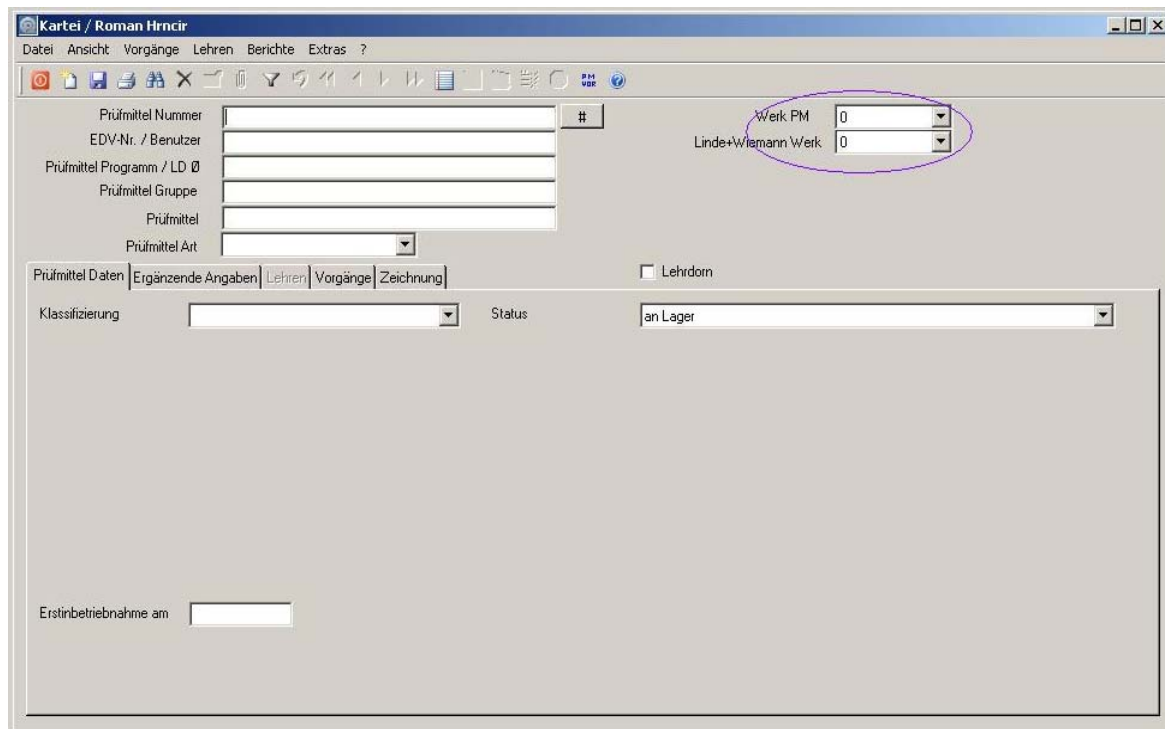
8.1 Zaevidování a přehled měřidel v podniku

Po otevření programu CAQ se nám zobrazí vstupní obrazovka s jednotlivými moduly. Zvolíme „Management kontroly měřidel“.



Obrázek 18: Vstupní obrazovka programu CAQ

Zobrazí se nám obrazovka s prázdnými poli. Nejprve je potřeba zvolit závod, ze kterého chceme zobrazit evidovaná měřidla.



Obrázek 19: Prázdna karta s výběrem závodu

Po zvolení požadovaného závodu, v případě závodu LW Břeclav je to číslo 8 (pořadí otevření závodu po mateřské firmě), najedeme kurzorem do pole Prüfmittel Nummer (Číslo měřidla) a dvojitým poklikem do prázdného pole se nám zobrazí celková nabídka všech měřidel v závodu. Z této nabídky si vybereme požadované. Nabídku je možno třídit dle čísla měřidla, názvu měřidla nebo i podle oddělení, kde je měřidlo používáno.

Samozřejmě pokud je nám číslo měřidla známo, můžeme jej napsat rovnou a potvrdíme klávesou Enter.

Prüfmittel Nummer	EDV-Nr. / Benutzer	Prüfmittel Programm / LD. Ø	Eigentümer	Prüfmittel Gruppe	Prüfmittel	Werk	
MU8-0006	Messuhr			MU 10 mm (0,01)	Messuhr	8	
MU8-0007	Messuhr			MU 3 mm (0,01)	Messuhr	8	
MU8-0008	Messuhr			MU 3 mm (0,01)	Messuhr	8	
MU8-0009	Messuhr			MU 3 mm (0,01)	Messuhr	8	
MU8-0010	Montáž		Linde+Wiemann	MU 10 mm (0,01)	Messuhr	8	
MU8-0011	Digitalmessuhr			MU 10 mm (0,01)	Messuhr	8	
MU8-0012	Messuhr			MU 10 mm (0,01)	Messuhr	8	
MU8-0013	DigitalMessuhr			MU 10 mm (0,01)	Messuhr	8	
MU8-0014	Messuhr			MU 10 mm (0,01)	Messuhr	8	
MU8-0015	Messuhr			MU 10 mm (0,01)	Messuhr	8	
MU8-0016	Messuhr		L+W	MU 10 mm (0,01)	Messuhr	8	
MU8-0017	Messuhr			MU 10 mm (0,01)	Messuhr	8	
MU8-0018	Messuhr			MU 10 mm (0,01)	Messuhr	8	
MU8-0019	002-3315-16		Linde & Wiemann	MU 10 mm (0,10)	Messuhr	8	
MU8-0020	Messuhr			MU 10 mm (0,01)	Messuhr	8	
MU8-0021	002-7989 An AL8-57		Linde & Wiemann	MU 10 mm (0,01)	Messuhr	8	
MV-0033	Messvorrichtung			002-7725	MV	Messvorrichtung	8
MV-0036	Messvorrichtung			002-7701	MV	Messvorrichtung	8
MV-0037	Messvorrichtung			002-7715/16	MV	Messvorrichtung	8
MV8-0001	002-3315/16	Metrolog	Linde & Wiemann	AL	Abstecklehre	8	
MV8-0002	2-7901/02			MV	Messvorrichtung	8	
PM-0015	3D-Messmaschine			PM	Prüfmittel allgemein	8	
PM-0018	Vaha logistika		vaha 0,02-8kg	PM	Prüfmittel allgemein	8	
PM-0019	vaha logistika			PM	Prüfmittel allgemein	8	
PM-0020	vaha logistika			PM	Prüfmittel allgemein	8	
PM-0021	keramicka desticka se stupn...			PM	Prüfmittel allgemein	8	
PM8-0001	viskomer			PM	Prüfmittel allgemein	8	
PM8-0002	Pneumatisch.			PM	Prüfmittel allgemein	8	
PM8-0003	Temperaturmess.			PM	Prüfmittel allgemein	8	
PM8-0004	Messkeil			PM	Prüfmittel allgemein	8	
PM8-0005	Artos Roman			PM	Prüfmittel allgemein	8	

Obrázek 20: Seznam všech měřidel v podniku

Pro ukázkou jsem vybral vyznačenou položku, jedná se o posuvné měřidlo. Kliknutím potvrdíme.

The screenshot shows the 'Kartei / Roman Hrnec' application window. The main data entry area contains the following information:

- Prüfmittel Nummer: PM8-0005
- EDV-Nr. / Benutzer: Artos Roman
- Prüfmittel Programm / LD. Ø: (empty)
- Prüfmittel Gruppe: PM
- Prüfmittel: Prüfmittel allgemein
- Prüfmittel Art: Messgeräte
- Werk PM: 8 (circled in purple)
- Linde+Wiemann Werk: 8 (circled in purple)

Below the main data entry, there are tabs for 'Prüfmittel Daten', 'Ergänzende Angaben', 'Lehren', 'Vorgänge', and 'Zeichnung'. The 'Prüfmittel Daten' tab is active, showing:

- Klassifizierung: mit Überwachung
- Status: im Einsatz
- Prüfintervall: 24 Monat(e)
- Prüftermin: 01.04.2013
- Karenzintervall: vor Prüftermin / nach Prüftermin, 30 Tag(e)
- Erstinbetriebnahme am: 01.09.2005

Obrázek 21: Vybrané měřidlo – karta s daty k měřidlu

Po načtení dat k měřidlu se nám přehledně zobrazí jméno pracovníka, kterému je měřidlo svěřeno, skupinu měřidel, pod kterou měřidlo spadá, druh měřidla. Na kartě Prufmittel Daten (data k měřidlu) se zobrazují intervaly kalibrací a termín kalibrace.

Obrázek 22: Karta s dodatečnými informacemi

Vorgangsdátum	Status	PM-Fähigkeit	Prüfer	Zustand	Zusatzinfo
11.04.2011	im Einsatz				
06.11.2009	im Einsatz		Karel Elsner (k.elsner)		
14.08.2009	an Lager				
15.11.2007	im Einsatz		Karel Elsner (k.elsner)		
02.10.2007	gesperrt				MSG_KarenzDatumJeber
07.04.2006	im Einsatz				

Obrázek 23: Karta s historií měřidla

9 METROLOGICKÝ ŘÁD

9.1 Účel a cíle dokumentu

Tento dokument zajišťuje jednotnost evidence, hospodaření a manipulace s měřidly, správnost, přesnost, jednotnost a opakovatelnost měření v souladu se zněním platných zákonů.

9.2 Rozsah platnosti

- Veškeré činnosti uvedené v tomto interním předpise jsou řízeny v jednotlivých společnostech jednotně, dle zásad ve směrnici uvedených.
- Řád je interním předpisem a je platný ve společnosti Linde-wiemann s.r.o Břeclav

9.3 Metrologie ve společnosti

- Správcem hlavního podnikového etalonu spol. Linde-Wiemann s.r.o. Břeclav a etalonů nižších řádů je metrolog společnosti Linde-Wiemann s.r.o Břeclav
- Správcem vyhrazených měřidel je vedoucí útvaru, jemuž jsou tato měřidla vyhrazena.
- Správcem měřidel laboratoře je vedoucí tohoto oddělení, správu měřidel vykonává dle interních předpisů laboratoře.
- Uživateli jsou všichni zaměstnanci podle své odbornosti a způsobilosti. Vedoucí (nebo jejich zástupci) specializovaných útvarů jsou skupinovými uživateli odpovědnými za měřidla trvale propůjčená do užívání zaměstnancům jejich útvarů.
- Skladová a účetní evidence nesouvisí s evidencí metrologickou a není součástí tohoto dokumentu.
- Dozor nad metrologickým pořádkem vykonává metrolog společnosti Linde-Wiemann s.r.o Břeclav, dále jen LWB

9.3.1 Práva a povinnosti

Právo používat měřidla je:

- Je všeobecné pro všechny zaměstnance podle jejich kvalifikace, odbornosti a specifikace účelu použití měřidel.
- Z tohoto oprávnění jsou vyjmuta vyhrazená měřidla, jež jsou v trvalém držení specializovaných útvarů, tato měřidla smějí být použita pouze pro daný účel a uživatelem je zaměstnanec daného útvaru. Tuto činnost řídí a kontrolují vedoucí jednotlivých odborných útvarů.
- Právo použití a manipulace s hlavním podnikovým etalonem LWB je vyhrazeno pouze metrologovi společnosti LWB.

Povinnosti uživatele měřidla:

- Sledovat technický a metrologický stav zapůjčených měřidel (mechanické poškození, ztráta nebo poškození kalibračního štítku, ukončení platnosti kalibrace).
- Každou neshodu neprodleně hlásit nadřízenému, nebo správci měřidla, který zajistí přezkoušení a nápravu u metrologa.

Povinnosti metrologa:

- Hlavní povinností metrologa společnosti LWB je dozor nad dodržováním metrologického pořádku a kázně.
- Koncipuje podnikové metrologické dokumenty a koordinuje je s platnými zákony a normami.
- Je odpovědný za správu a pravidelnou kontrolu hlavního podnikového etalonu společnosti LWB.
- Odpovídá za řízení, koordinaci a vyhodnocování externích kalibrací. Provádí opravy měřidel bez zásahů do funkčních částí, zařizuje externí opravy měřidel u výrobce, nebo autorizovaných opravců.
- Provádí vstupní přezkoušení a značení ocelových svinovacích měřidel.
- Kontroluje vedení metrologické evidence měřidel, správu a archivaci kalibračních listů vyhrazených pracovních měřidel, má výkonnou odpovědnost za správu a archivaci ověřovacích listů etalonů a stanovených měřidel.
- Je odpovědný za evidenci a provádění změn u měřidel v SW CAQ.
- Spolupracuje při uzavírání smluv, na jejichž základě jsou prováděny kalibrace u externích firem.

- Spolupracuje při schvalování požadavků na aktualizaci a doplňování souboru měřidel. V odůvodněných případech neshody neřešitelné interním postupem navrhuje a zajišťuje Úřední měření dle § 21 zákona 505 / 1990 Sb. v platném znění a příslušného metodického pokynu o metrologii (MPM) u akreditovaného orgánu.
- Provádí namátkové kontroly metrol. stavu měřidel na všech pracovištích společnosti.
- Metrolog kontroluje a klasifikuje vyřazená měřidla.
- Provádí metodické školení zaměstnanců v oblasti metrologie

Oznamovací povinnost:

Oznamovací povinnost se týká všech zaměstnanců přímo či nepřímo se účastnících procesu realizace zakázky, a to prostřednictvím svých přímých nadřízených, tzn. každý zaměstnanec je povinen, pokud možno neprodleně, nahlásit jakékoliv nedodržení nebo porušení metrologické kázně.

9.4 Přestupky v oblasti metrologie

Za přestupek a hrubé porušení pracovní kázně se považuje:

- Používání vlastních (neregistrovaných), nezkalibrovaných měřidel, či měřidel s prošlou dobou kalibrace.
- Zcizení, úmyslné nebo zaviněné poškození nebo zaviněná ztráta měřidla.
- Úmyslné přestavování a demontáž funkčních prvků měřidel.
- Nevhodné a nesprávné používání, ukládání a skladování měřidel.
- Vědomé zanedbání oznamovací povinnosti.

9.5 Pořízení, začlenění do procesu a likvidace měřidla

- 1) Podnět k nákupu měřidla
- 2) Konzultace s přímým nadřízeným
- 3) Vystavení objednávky
- 4) Schválení objednávky

- 5) Nákup měřidla
- 6) Vstupní přejímka
- 7) Kvalifikace, identifikace a evidence měřidla
- 8) Kontrola dokladů o ověření
- 9) Označení kalibračního stavu
- 10) Zařazení do procesu
- 11) Cyklická kalibrace
- 12) Oprava nebo omezení použití
- 13) Vyřazení, fyzická likvidace měřidla

9.6 Zajištění neshodného měřidla

- Je-li v průběhu procesu realizace zakázky nebo při kontrole zjištěno použití měřidla, které je mimo kalibrační stav (prošla expirace, poškození, demontované části, neodborné nebo samovolné seřízení, stržené nebo nečitelné označení), odpovědný zaměstnanec - mistr, kontrolor okamžitě zastaví práci na výrobku, měřidlo předá metrologovi společnosti LWB k posouzení a zajistí zpětné ověření předchozích měření (verifikaci). Verifikaci provádí zaměstnanec oddělení Kontrola jakosti měřidlem tohoto oddělení a o výsledku ověření předchozích měření vloží poznámku do technologické průvodky. Do evidenční karty měřidla provede realizátor zakázky záznam o výsledku ověření předchozích měření.
- Je-li při kalibraci zjištěna hrubá neshoda měřidla, vyhledá správce měřidla v záznamech poslední uživatele a ve spolupráci s realizátorem zakázky zjistí dostupnost posledních dávek tímto měřidlem měřených. Jsou-li tyto dávky dostupné, provede oddělení Kontrola jakosti verifikaci měření (zpětné ověření). Do evidenční karty měřidla provede realizátor zakázky záznam o výsledku ověření předchozích měření.
- Nejsou-li zjištěné dávky dostupné, je kontaktován zákazník k provedení verifikace uvedených dávek u něj.

9.7 Rozdělení měřidel

9.7.1 Etalon

- Společnost LWB vlastní hlavní podnikový etalon IV. řádu v oboru délka v rozsahu 0,5 – 400 mm s přesností 0,00001 mm.
- Pracovní etalon délky IV. řádu v rozsahu 1 – 100 mm a pracovní etalon IV. řádu délky 10 – 300 mm.

9.7.2 Měřidla nestanovená – podléhají pouze cyklické kalibraci

- Svinovací ocelové metry 1 – 3 m,
- posuvná měřítka digitální,
- posuvné hloubkoměry,
- 3D CNC měřicí stroj,
- mikrometrické dutinoměry,
- digitální úchylkoměry,
- digitální tloušťkoměry,
- kalibry válečkové hladké,
- kalibry válečkové závitové,
- kalibry ploché
- úhlooměry optické,
- teploměry,
- momentové klíče.

9.7.3 Měřidla vyhrazená

- ampérmetry,
- voltmetry,
- ohmmetry,
- měřidla tloušťky vrstvy,
- ultrazvukový přístroj na kontrolu svarů,
- laboratorní teploměry.

9.7.4 Měřidla pomocná

- pravítka,
- skládací metry,
- měrky,
- spároměrky,
- šablony.

9.8 Identifikace měřidel

- Každé pracovní měřidlo je při pořízení a převzetí do stavu nesmazatelně (elektrickou jehlou, vyleptáním, rytinou, vypálením) označeno evidenčním číslem měřidla. U měřidel, jejichž velikost nebo konstrukce nedovoluje tento způsob, je označení provedeno na připojeném štítku, visače nebo na stálém obalu (pouzdru) měřidla. Toto číslo náleží měřidlu trvale po dobu životnosti.
- Na každé pracovní měřidlo je vystavena evidenční karta obsahující nejdůležitější data. V této kartě jsou zaznamenávány údaje o všech změnách (kalibrace, opravy, vyřazení apod.).
- Každé pracovní měřidlo je registrováno v SW CAQ.

9.9 Ověřování, kalibrace a přezkoušení měřidel

9.9.1 Etalon společnosti LWB

Hlavní podnikový etalon ověřuje orgán akreditovaný ČIA (Českým institutem pro akreditaci).

9.9.2 Nestanovená měřidla

- Etalony pracovní a kontrolní jsou kalibrovány externě.
- U měřidel s přesností 1 mm (svinovací ocelové metry) provádí pouze vstupní přezkoušení metrolog společnosti LWB pomocí kontrolního přípravku navázaného na HPE.

- Ostatní nestanovená měřidla kalibrují externí akreditovaná střediska metrologických a kalibračních služeb.
- Měřidla délky přesnosti 0,01 mm podléhají vyžádané kontrole vrácených měřidel porovnáním s pracovními a kontrolními etalony.
- Kalibrační cyklus určuje metrolog společnosti LWB s přihlédnutím k frekvenci používání a k provozním podmínkám, který taktéž zajišťuje kalibrace.
- Kalibrace měřidel zařazených jako hmotný investiční majetek, většinou se jedná o měřidla speciální, zajišťuje metrolog společnosti LWB.
- Kalibrace měřidel na objednávku, nebo jako součást technologických zařízení se řídí předpisy dodavatele nebo objednatele.
- Kalibrace měřidel, jež jsou součástí strojů nebo mechanismů, se řídí předpisy výrobce nebo předpisy servisního orgánu. Tato měřidla musí být uskladněna odděleně od ostatních, nepodléhají evidenci a případná kalibrace se u nich provádí až před zabudováním.

9.10 Označení kalibračního stavu

Veškerá evidovaná měřidla musí být řádně označena dle aktuálního stavu. V případě, že bude nalezeno neoznačené měřidlo, musí být prověřen stav v systému a náležitě označeno.

Každý pracovník, jemuž je měřidlo svěřené, je povinen si sám ověřovat termín další kalibrace svěřeného měřidla.



Obrázek 24: Znamky označující stav měřidla

[s laskavým svolením Linde-Wiemann]

9.11 Matice odpovědnosti

	Legenda: S - schvaluje P - provádí O - spolupracuje X - spolupracuje na vyžádání L - je informován	Vedení podniku	Vedoucí ÚŘJ	Technická kontrola	středisko	Technická normalizace	Technologické projekty	Výrobní technologie	Mechanik	Výdejna nářadí	Techn. Řízení	Výpočetní středisko	Právní útvar	Revize, kontrolní útvar	Ekonomický úsek	Personální úsek	Závaody, provozy	Uživatelé měřidel
		1.	Řízení podnikové metrologie	S	P		O	O			O	O	O	O		L	O	O
2.	Zpracování a organizace norem	S	O		O	O			O	O	P		O	L	L	L	L	L
3.	Dozor nad metrolog. pořádkem	S	P		O	O		O	O	O	O	O	X	O			L	L
4.	Výběr pracovníků pro metrologii		S	O	O										O	P	O	
5.	Školení pracovníků v oblasti metrologie		S	O	O	L		L	L	L			X			P	L	L
6.	Stanovení návaznosti měřidel a etalonů		S		O		L		O	O		O						X
7.	Výběr pracoviště pro kalibraci		S	O	P				O	O						X	X	
8.	Vedení metrologické evidence	L	S		P				O	O		O					O	O
9.	Určování rekalibračních lhůt	S		O	P				O	O	O	L	L	L			L	L
10.	Zpracování kalibračních metod		S		P	X		O	L	L							L	L
11.	Zpracování plánu kalibrace		S		P				O	O		O					L	L

Tabulka 12: Matice odpovědnosti

Legenda k matici:

S	spolupracuje
P	provádí
O	zodpovídá
L	je informován

9.12 Evidence měřidel

9.12.1 Vybavení nových měřidel dokladem o prvotní kalibraci

- Každé nové měřidlo s výjimkou pomocných měřidel (měřících zařízení) musí být vybaveno kalibračním listem.
- Pokud tento doklad není součástí dodávky (příloha záručního listu, nebo certifikátu), zajistí správce prvotní kalibraci nebo ověření u příslušné externí akreditované laboratoře.

9.12.2 Značení a evidence měřidel po provedené kalibraci

- Pověřený zaměstnanec převezme dodávku zkalibrovaných měřidel a provede kontrolu počtu a fyzického stavu. Zjistí-li při příjmu neshody, provede registraci chyb v informačním systému CAQ a následně zpracuje podklady pro reklamaci.
- Nevyhovující měřidla odloží zvlášť a předá je metrologovi společnosti LWB k posouzení.
- Měřidla vyřazená z používání označí červenou nálepkou s nápisem „Uzavřeno“, pokud tak neučinilo kalibrační středisko, a zajistí provedení fyzické likvidace měřidla, metrologovi použitelné náhradní díly.
- U vyhovujících měřidel ověří shodu evidenčního čísla měřidla se záznamy v kalibračním listu a provede záznam do CAQ, (datum kalibrace, výsledek, číslo kalibračního listu, expiraci, popř. jiné důležité údaje).
- Vyhovující měřidla označí kalibračním štítkem s vyznačenou dobou platnosti kalibrace (expirací).
- Označená a zaevidovaná vyhovující měřidla vrátí do oběhu
Kalibrační listy měřidel spravuje a uchovává příslušný správce pro případnou následnou kontrolu dle interních předpisů.

9.13 Vyřazování měřidel

- Poškození, ztráta měřidla:

Přímý nadřízený uživatele vystaví Protokol o vyřazení měřidla a uživatel předá měřidlo s protokolem (příp. pouze protokol) metrologovi LWB, který posoudí možnost opravy měřidla (interní, nebo externí). Ztracené nebo neopravitelné měřidlo bude vyřazeno z evidence. Případ poškození nebo ztráty měřidla vinou zaměstnance a případná náhrada škody je dále řešena.

- Vyřazení při kalibraci, ztráta přesnosti nebo čitelnosti zjištěná mimo kalibraci:
Zaměstnanec předá měřidlo s Protokolem o vyřazení měřidla metrologovi LWB, který posoudí možnost omezení rozsahu měření daného měřidla, nebo jeho přeřazení mezi měřidla pomocná. U měřidel klasifikovaných metrologem jako nevyhovující schvaluje jejich fyzickou likvidaci na návrh metrologa manažer jakosti společnosti LWB.

→ Vyřazení nepotřebných měřidel – odprodej:

Měřidla pro společnosti zbytečná nebo nepotřebná budou po konzultaci s jinými odděleními společnosti LWB, které by o daná měřidla projevily případný zájem, vyřazena z evidence a nabídnuta prostřednictvím oddělení Nákup a prodej k odprodeji. Metrolog společnosti LWB vybaví podle potřeby tato měřidla záznamem Osvědčení o stavu měřidla.

→ Vyjmutí vyřazených měřidel z evidence:

Správce měřidla provede záznam o vyřazení měřidla do Evidenční karty. Evidenční karta spolu s Protokolem o užívání, případně s kopií Osvědčení o stavu měřidla, ukládá dle Nr 046 Skartační a archivní řád.(po dobu 5let i v SW CAQ).

ZÁVĚR

Cílem této bakalářské práce bylo zpracovat kompletní metrologickou část pro výrobu nového svařeného dílu v naší společnosti, která se skládá z:

určení měřených znaků,

vyhodnocená způsobilosti vybraných měřidel metodami SPC i GRR,

vypracování metrologických postupů obsažených v příloze,

vývojových diagramů pro potencionální další zavádění metrologických postupů,

formuláře pro vstupní kontrolu,

ukázky evidence měřidel

a dle normy ČSN EN ISO 9001 metrologického řádu.

Do přílohy jsem uvedl i výsledky měření na 3D CNC měřícím stroji a výsledky vyhodnocování kvality svarů.

Všechny výsledky mé práce byly implementovány do firemního systému řízení metrologie a kvality a jsou reálně používány.

Všechny výstupy mé práce byly tvořeny v souladu se Zákonem 505/1990 Sb. o metrologii v platném znění a jeho navazujícími předpisy a dále s normou ISO 9001 a s normou ISO 10012 Systémy managementu měření – požadavky na procesy měření a měřící vybavení.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] VAČKAŘ, J a kol: Jakost a strojírenská technologie. Brno. VUT. 1993.
- [2] ČECH, J. a kol: Strojírenská metrologie. Brno. VUT. 1994.
- [3] TŮMOVÁ, O.: Metrologie a hodnocení procesu. 2. vydání. Vydavatelství technická literatura BEN. 2009.
- [4] NENADÁL, J.: Měření v systémech managementu jakosti. 2. vydání. Vydavatelství: Management Press. 2001.
- [5] NENADÁL, J. NOSKIEVIČKOVÁ, D. PETRÁKOVÁ., D. PLURA, J. TOŠKENOVSKÁ, J.: Moderní systémy řízení jakosti. 1. Vydání. Vydavatelství: Management Press. 2002.
- [6] PERNÍKÁŘ, J. TYKAL, M. VYČKAŘ, J.: Jakost a metrologie. Skripta VUT FS. Akademické nakladatelství CERM, Brno 2001.
- [7] PERNÍKÁŘ, J.: Technická měření. Brno. VUT. 2000.
- [8] HORÁLEK, V.: Analýza systémů měření (MSA). Praha. ČSJ. 2003.
- [9] JANEČEK, Z.: Management jakosti. Západočeská univerzita. FE. ZČU 1997.
- [10] ČSN 010115 Slovník základních a všeobecných terminů v metrologii. Praha. ČSNI. 1996.
- [11] ISO 9001:2000 článek: 7.6 Řízení monitorovacích a měřících zařízení.
- [12] Zákon o metrologii 505 a navazující předpisy na tento zákon.
- [13] ČSN EN ISO 10012 Systémy managementu měření - Požadavky na procesy měření a měřicí vybavení.
- [14] VW 01106-1:2009-08 článek 5.4.5 Vyhodnocování svarů.
- [15] Česká společnost pro jakost: Management jakosti v automobilovém průmyslu - způsobilost kontrolních procesů. 1. Vydání. Vydavatelství České společnosti pro jakost Praha.
- [16] Česká společnost pro jakost: Analýza systému měření. 3. vydání. Vydavatelství České společnosti pro jakost Praha. 2005.

[17] HOFMANN, J.: Taschenbuch der Messtechnik. 1.vydání. Vydavatelství: Fachbuchverlag, Leipzig. 2004.

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

SPC	Statistické řízení procesu.
S_w	Variabilita měřicího zařízení.
x	Poloha měřicího zařízení.
x_{mi}	Naměřené hodnoty při měření normálu.
x_m	Výběrový průměr při měření normálu.
C_g, C_{gk}	Způsobilost měřicího zařízení.
LSL	Dolní hranice tolerance.
USL	Horní hranice tolerance.
T	Tolerance
n	Počet měření.
M	Počet opakování.
Z	Počet operátorů.
EV	Opakovatelnost
k_1	Konstanta - počet opakování.
AV	Reprodukovatelnost.
x_{diff}	Rozdíl mezi max. a min. průměry měření.
k_2	Konstanta – počet operátorů.
GRR	Metoda průměru a rozpětí.
TV	Celková variabilita měřicího zařízení.
R_p	Rozpětí průměrů dílů.
k_3	Konstanta – počet měření.
mm	Milimetr.
LWB	Linde-Wiemann Břeclav.
ndc	Třídící interval.

SEZNAM OBRÁZKŮ

<i>Obrázek 1: Zobrazení výrobního procesu</i>	1
<i>Obrázek 2: Princip řízení výrobního procesu.....</i>	1
<i>Obrázek 3: Schématicky znázorněný proces měření.....</i>	15
<i>Obrázek 4: Princip měřicího zařízení.....</i>	16
<i>Obrázek 5: Řetězec návaznosti etalonů</i>	19
<i>Obrázek 6: Zajištění návaznosti v národním metrologickém systému.....</i>	20
<i>Obrázek 7: Přehled nejistot měření</i>	21
<i>Obrázek 8: Ukázky kalibračních známek.....</i>	24
<i>Obrázek 9: Welding Expert – přístroj na vyhodnocování svarů</i>	30
<i>Obrázek 10: Přehled měřených znaků na svaru [12]</i>	31
<i>Obrázek 11: Šířka pásma tolerance měřicího zařízení.....</i>	40
<i>Obrázek 12: Frekvencestrebe – přední strana</i>	47
<i>Obrázek 13: Frekvencestrebe – zadní strana.....</i>	47
<i>Obrázek 14: Přehled svarů strana A</i>	48
<i>Obrázek 15: Přehled svarů strana B</i>	48
<i>Obrázek 16: Vývojový diagram metody SPC.....</i>	58
<i>Obrázek 17: Vývojový diagram – Metoda GRR</i>	59
<i>Obrázek 18: Vstupní obrazovka programu CAQ.....</i>	60
<i>Obrázek 19: Prázdná karta s výběrem závodu</i>	61
<i>Obrázek 20: Seznam všech měřidel v podniku.....</i>	62
<i>Obrázek 21: Vybrané měřidlo – karta s daty k měřidlu</i>	62
<i>Obrázek 22: Karta s dodatečnými informacemi</i>	63
<i>Obrázek 23: Karta s historií měřidla.....</i>	63
<i>Obrázek 19: Znamky označující stav měřidla.....</i>	70

SEZNAM TABULEK

<i>Tabulka 1: Vlivy variability procesu</i>	38
<i>Tabulka 2: Možné příčiny variability procesu.....</i>	39
<i>Tabulka 3: seznam znaků.....</i>	49
<i>Tabulka 4: Hodnoty pro SPC pro znak A</i>	50
<i>Tabulka 5: Histogram pro hodnotu znaku A</i>	50
<i>Tabulka 6: Hodnoty pro SPC, znak B a C</i>	52
<i>Tabulka 7: Histogram pro znaky B a C</i>	52
<i>Tabulka 8: Hodnoty pro SPC – svary.....</i>	54
<i>Tabulka 9: Histogram pro hodnoty z Welding Expert</i>	54
<i>Tabulka 10: Metoda GRR – Data pro způsobilost měřidla</i>	56
<i>Tabulka 11: Protokol o opakovatelnosti a reprodukovatelnosti měřidla</i>	57
<i>Tabulka 12: Matice odpovědnosti.....</i>	71

SEZNAM PŘÍLOH

- P I Výkres s měřenými znaky
- P II Formulář vstupní kontroly
- P III Metrologické postupy
- P IV Měřicí protokol z 3D CNC Wenzel
- P V Měřicí protokol z vyhodnocování svarů
- P VI Kalibrační listy k posuvnému měřidlu, 3D CNC měřicímu stroji, Koncovým měrkám a Weldingu Expert